

觀塘工業港建置 FSRU 可行性評估(LEB0800001)

期中報告書

台灣中油股份有限公司天然氣事業部

Report No.: 2020-9618 (10247278-004), Rev. 1

Document No.: 1034900

Date: 2021-01-15



Project name: 觀塘工業港建置 FSRU 可行性評估(LEB0800001) DNV GL AS, Taiwan Branch
 Report title: 期中報告書 Oil & Gas Asia Pacific - APAC
 Customer: 台灣中油股份有限公司天然氣事業部, Taiwan Operation
 台北市 110 信義區松仁路 3 號 13 樓 6F-3, No.25, Chenggong 2nd Rd.,
 Customer contact: 賴冠廷 先生 Cienjhen District
 Date of issue: 2021-01-15 806 Kaohsiung
 Project No.: 10247278 Taiwan
 Organisation unit: Taiwan Operation Tel: +886 7 5367759
 Report No.: 2020-9618 (10247278-004), Rev. 1
 Document No.: 1034900
 Applicable contract(s) governing the provision of this Report:

Objective:

本工作係配合台灣中油公司觀塘第三座 LNG 接收站，以民國 2023 年 1 月供氣為目標，為確保如期供氣，研擬替代方案，委託 DNV GL 評估浮動式 LNG 接收站 (Floating Storage Re-gasification Unit，以下簡稱 FSRU 之技術可行性評估。DNV GL 針對工作項目提供此專業服務，主要項目為 FSRU 技術可行性評估及 LNGC 靠泊 FSRU 之真時操船模擬，本案最後並提出 FSRU 之技術可行性評估報告。

Prepared by: Verified by: Approved by:

黃至賢 · Huang, Chih Hsien Jack
Pipeline Engineer

盛曉霞 博士 · Sheng, XiaoXia Ph.D
Project Manager

張仁榮 博士 · Chang Ren Rong Roger Ph.D
Head of Department

吳育霖 · Wu, Yu Lin Marcus
Pipeline Engineer

[Name]
[title]

Copyright © DNV GL 2021. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distribution:

- ☒ Unrestricted distribution (internal and external)
☐ Unrestricted distribution within DNV GL Group
☐ Unrestricted distribution within DNV GL contracting party
☐ No distribution (confidential)

Keywords:

FSRU、LNG 船、海氣象條件、FSRU 發展趨勢、
FSRU 商業模式、FSRU 操作風險及環境影響

Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
0	2020-12-04	First issue	黃至賢、吳育霖	盛曉霞	張仁榮
1	2021-02-03	Revised follow CPC's comments	黃至賢、吳育霖	盛曉霞	張仁榮

目錄

1	前言	1
1.1	本報告工作內容	2
2	背景資料及分析	9
2.1	背景資料整理及分析	9
2.2	國內法規整理分析	19
2.3	國外法規整理分析	22
3	市場船型資料蒐集與分析	29
3.1	FSRU 船型及發展趨勢	29
3.2	觀塘專用港 FSRU 評估	53
4	可作業性評估	68
4.1	接收站要求	68
4.2	方法論 (Methodology)	69
4.3	研究假設 Study Assumptions	71
4.4	2017 年海氣象數據彙整 (2017 Metocean Summary)	73
4.5	颱風模型 (Modelling of Typhoons)	75
4.6	分析結果 (Result)	77
4.7	小結 (Conclusion)	82
5	觀塘港 FSRU 環境影響分析	83
5.1	環境基線 (Environmental Baseline)	83
5.2	環境可行性評估之方法 (APPROACH TO ENVIRONMENTAL FEASIBILITY ASSESSMENT)	91
5.3	陸上 LNG 接收站與 FSRU 施工期間對環境影響之高階比對分析 (HIGH LEVEL COMPARISON OF CONSTRUCTION IMPACTS FROM ONSHORE LNG TERMINAL VS. FSRU)	93
5.4	陸上 LNG 接收站與 FSRU 運轉期間環境因子之高階比對分析 (HIGH LEVEL COMPARISON OF OPERATIONAL EMISSIONS FROM ONSHORE LNG TERMINAL VERSUS FSRU)	94
5.5	小結 (Conclusion)	99
6	觀塘港 FSRU 商業模式	102
6.1	商業模式分析	104
6.2	資本性支出成本分析	110
6.3	FSRU 經營成本分析	114

6.4	FSRU 租船費率分析	116
6.5	FSRU 合約形式	122
6.6	租船期程	131
6.7	小結	136
6.8	建議	139
7	作業模式分析與規劃	140
7.1	觀塘港 FSRU 危害分析	140
7.2	LNG 卸收作業及緊急應變處置	156
8	結論與建議	200
8.1	總結	200
8.2	建議	204
9	參考資料	206

表目錄

表 1-1：CPC FSRU 選型及氣量要求(CPC 提供)	2
表 1-2：交付指引	4
表 1-3：專有名詞對照表	5
表 2-1：測站資料	10
表 2-2：中央氣象局統計竹圍觀測站潮位（2000－2019）	13
表 2-3：FSRU 靠泊拖船配置	18
表 3-1：一般浮動式 LNG 接收站與陸上接收站比較的優勢	30
表 3-2：LNG 船尺寸範圍	31
表 3-3：FSRU 列表	32
表 3-4：目前市場 4 個主要的 FSRUs 船家/營運商	36
表 3-5：目前正在建造的 FSRU	37
表 3-6：球型(Moss)與薄膜型(Membrane)容載系統差異比較	40
表 3-7：Höegh 與 Golar FSRU 再氣化線型式(source: Wartsila)	43
表 3-8：當前可供本案租賃潛在 FSRU	46
表 3-9：具有租賃潛力的 FSRU 主要技術資料	48
表 3-10：210,000～220,000 m ³ 等級 LNG 船列表(source: GIIGNL Annual Report ^{/25/})	50
表 3-11：FSRU / LNG 船等級組合與繫泊配置假設	53
表 3-12：環境負荷[kN]	59
表 3-13：風速限制分析結果	64
表 4-1：浮動式 LNG 接收站流量範圍	68
表 4-2：FSRU 與 LNG 船組合條件(假設在 20%儲存餘裕空間情況)	70
表 4-3：FSRU 基本假設	71
表 4-4：LNG 船基本假設	71
表 4-5：環境基本假設	72
表 4-6：2017 年北苗海域風速與風向	73
表 4-7：不同 FSRU 與 LNG 船等級組合之可作業性分析彙整	76
表 4-8：2.5 MTPA LNG 輸入量分析成果－考量 30%保留儲存量	79
表 4-9：2.5 MTPA LNG 輸入量分析成果－考量 20%保留儲存量	79
表 4-10：考量 1 個颱風情況 2.5 MTPA 輸入量之可作業性評估結果	80
表 4-11：考量 2 個颱風情況 2.5 MTPA 輸入量之可作業性評估結果	80
表 4-12：考量 4 個颱風情況 2.5 MTPA 輸入量之可作業性評估結果	80
表 5-1：本案施工及營運階段可能產生之環境影響可行性評估比較表	101
表 6-1：英文縮寫中譯	105
表 6-2：整合模式優劣分析	105
表 6-3：商戶模式優劣分析	106
表 6-4：設備利用者模式優劣分析	107
表 6-5：商業模式比較表	108
表 6-6：FSRU 新建價格（2006－2018 年）	110
表 6-7：FSRU 與 LNG 船單價比較表	111

表 6-8：FSRU 預估價格	112
表 6-9：二手 LNG 船價格 (Moss Type)	112
表 6-10：二手 LNG 船價格 (Membrane Type)	113
表 6-11：二手 LNG 船改裝 FSRU 預估價格	113
表 6-12：新建 FSRU 經營成本(年)	114
表 6-13：改裝 FSRU 經營成本(年)	115
表 6-14：統計 FSRU 市場租船費率	116
表 6-15：新建 FSRU 市場租船費率分析	117
表 6-16：改裝 FSRU 市場租船費率分析	118
表 6-17：考量 30% 餘裕空間情況 FSRU 的年度花費	120
表 6-18：考量 20% 餘裕空間情況 FSRU 的年度花費	121
表 6-19 公開招標及詢問船舶經紀優缺點比較	124
表 6-20：國際間知名船舶經紀人列表	125
表 6-21：合約主要項次	126
表 6-22：計畫 FSRU 要求	128
表 6-23：長期與短期合約比較	130
表 6-24：新建與改裝 FSRU 比較	136
表 7-1：風險項目發生機率量測標準(L)	143
表 7-2：風險項目影響程度量測標準(L)	144
表 7-3：節點	145
表 7-4：建議列表	148
表 7-5：典型高壓輸氣臂設計與操作參數參考	160
表 7-6：低溫軟管彙整	172
表 7-7：陸上天然氣管線可採用之國際規範與標準	196

圖目錄

圖 1-1：初期港型示意圖	1
圖 2-1：新屋觀測站統計四季風速分布	10
圖 2-2：潮位站位置圖	12
圖 2-3：竹圍漁港每月潮位統計圖（2000—2019）	12
圖 2-4：台北新觀測樁觀測海流向向量分布圖（2017.11—2018.11）	14
圖 2-5：新竹浮標站統計四季波浪分布	15
圖 2-6：港型平面配置圖（民國 2025 年港口竣工）	17
圖 2-7：港型平面配置圖（民國 2022 年 FSRU 服役初期）	18
圖 2-8：不同利益相關者針對 FSRU 規範級別	22
圖 2-9：目前全球 FSRU 船隊船級歸屬	26
圖 2-10：目前全球 FSRU 船隊船級歸屬（運行中+建造中）	27
圖 2-11：國際海上法規層級	27
圖 3-1：典型的 FSRU LNG 輸出至接收站示意圖	29
圖 3-2：目前市場當中 LNG 船尺寸範圍	32
圖 3-3：LNG 船安裝再氣化模組改裝為 FSRU(Source: Golar LNG)	35
圖 3-4：新建或改裝 FSRU 的船廠	38
圖 3-5：市場中 FSRU LNG 儲存空間發展趨勢	39
圖 3-6：附帶蒸汽加熱水/乙二醇中間介質的閉迴路系統	42
圖 3-7：海水直接加熱開迴路系統	42
圖 3-8：中間介質進行開迴路系統加熱	42
圖 3-9：FSRU 再氣化技術使用分布	44
圖 3-10：觀塘每月海水表面溫度統計（2000~2019） ^{/23/}	45
圖 3-11：2019 年統計之 LNG 船（以船舶等級為分類條件）(source: GIIGNL Annual Report ^{/25/})	49
圖 3-12：210,000~220,000 m ³ 等級 LNG 船船東(source: GIIGNL Annual Report ^{/25/})	49
圖 3-13：桃園觀塘港 FSRU 碼頭配置	54
圖 3-14：桃園觀塘港 FSRU 靠泊碼頭海床深度	55
圖 3-15：颱風侵台路徑圖(1897-2014) ^{/28/}	55
圖 3-16：桃園觀塘港 FSRU 碼頭與海岸關係圖	58
圖 3-17：海事管制區 250m 指示位置	60
圖 3-18：快速解纜鉤 ^{/30/}	61
圖 3-19：觀塘工業港 FSRU 接收站繫泊配置及設備列表	64
圖 3-20：觀塘工業港 149,000 與 216,000m ³ 等級 FSRU 接收站繫泊配置 OrcaFlex 模型	65
圖 3-21：船舶並排	66
圖 3-22：觀塘工業港 149,000m ³ 與 216,000m ³ 等級 FSRU-LNG 船並排繫泊配置 OrcaFlex 模型	66
圖 4-1：2017 年平均風速	74
圖 4-2：2017 年陣風風速	74

圖 4-3：2017 年預估波高	74
圖 4-4：可用於模擬颱風侵襲時間之常態機率分佈圖（考量 1949 至 2020 年間颱風歷史）	75
圖 4-5：2017 年 2 個颱風案例	76
圖 4-6：滿足每年進口容量之 LNG 船船次(MTPA)	77
圖 4-7：滿足每年 2.5 MTPA 條件抵達之 LNG 船數量與標稱數量比較	77
圖 4-8：滿足每年 0.8 MTPA 條件抵達之 LNG 船數量與年營運量比較	78
圖 5-1：觀塘工業區(港)計畫之水深調查等深線	84
圖 5-2：海域(左圖)及潮間帶(右圖)生態調查範圍圖(2015 - 2016)	86
圖 5-3：「觀塘工業區(港)」計畫欲覆蓋及浚挖區域區域示意圖(Dec 2009)	87
圖 5-4：觀新藻礁保護區之藻礁體	88
圖 5-5：「桃園觀新藻礁野生動物保護區」與本可行性研究地區(「觀塘工業區(港)」內)之相對區域圖	88
圖 5-6：潮間帶礁體沙埋區(G1 及 G3 區)及潮間帶礁體裸露區(G2 區)之航照圖(2015 年 4 月 5 日)	89
圖 5-7：2017 年進行之礁體裸露調查航照圖	89
圖 5-8：「觀塘工業區(港)」範圍內柴山多杯孔珊瑚(<i>Polycyathus chaishanensis</i>)位置及本案相關規劃示意圖	90
圖 5-9：觀塘工業區(港)防波堤及碼頭相對位置圖	94
圖 5-10：陸上 LNG 接收站及大潭電廠發電機組海水之進排水和排水位置圖	97
圖 6-1：觀塘工業港內 FSRU 與 LNG 船靠泊示意圖	103
圖 6-2：整合模式 (Integrated model)	105
圖 6-3：商戶模式 Merchant model	106
圖 6-4：設備利用者模式 Tolling model	107
圖 6-5：CPC 商業模式	109
圖 6-6：新建 LNG 船價格趨勢	111
圖 6-7：租船型式	122
圖 6-8：FSRU 租船合約準備流程	124
圖 6-9：典型 FSRU 新建期程	132
圖 6-10：典型改裝 FSRU 期程	133
圖 6-11：市場找尋已新建 FSRU 期程	134
圖 6-12：市場找尋已改裝 FSRU 期程	135
圖 7-1：屏障管理模型	140
圖 7-2：風險矩陣	143
圖 7-3：四種主要工作模式原理簡圖	157
圖 7-4：Excelerate 船舶上的高壓輸氣體歧管	159
圖 7-5：FSRU BW Singapore 右舷低壓與高壓歧管	160
圖 7-6：Excelerate FSRU 配置圖	160
圖 7-7：CPC LNG 觀塘接收站陸上卸料平台與歧管配置圖	161
圖 7-8：典型 FSRU 的 LNG 製造流程	163
圖 7-9：碼頭旁並排傳輸配置的 LNG 船與 FSRU	168

圖 7-10：使用於並排傳輸配置的低溫軟管系統	169
圖 7-11：並排停靠配置軟管輸送典型配置	170
圖 7-12：FSRU Excellence 低溫軟管並排傳輸(credit: excelerateenergy.com) ..	171
圖 7-13：低溫軟管一般配置[Source: Excelerate]	171
圖 7-14：典型船用卸料臂配置(credit: mechanicalengineeringsite.com)	173
圖 7-15：典型 LNG 船用卸料臂工作範圍示意圖(credit: SIGTTO)	174
圖 7-16：FSRU Toscana 與補給 LNG 船以船用卸料臂（硬臂）連接 LNG 歧管 ^{/59/} ...	175
圖 7-17：並排 LNG 船與 FSRU 洩漏保護機制：水幕	176
圖 7-18：Exquisite FSRU 上以直徑 10 英吋 LNG 軟管連接[資料來源：Höegh LNG]	177
圖 7-19：LNG 採樣探針範例	180
圖 7-20：電熱汽化器(範例)	180
圖 7-21：氣體取樣容器(範例)	181
圖 7-22：高壓輸氣管自 FSRU 輸送至陸上（埃及）	183
圖 7-23：Excelerate FSRU 船艙海水回送（Jebel Ali）	185
圖 7-24：直接海水再氣化系統（蒸汽調節加熱器）系統流程圖	188
圖 7-25：（附有選擇性的蒸汽微調加熱器）的 LNG 再氣化系統流程圖	189
圖 7-26：使用海水-丙烷系統（附有選擇性的蒸汽微調加熱器）的 LNG 再氣化系統流程圖	190
圖 7-27：FSRU 專案陸上區域案例（Aqaba FSRU）	192

1 前言

台灣中油公司(以下簡稱 CPC)為供應未來電力、北部民生及工業用戶市場持續成長之新增用氣需求，另配合政府非核家園及溫室氣體減量的能源結構轉型政策，能源局規劃 2025(114)年天然氣發電占比將達 50%目標，規劃於桃園觀塘工業區(港)興建國內第三座 LNG 接收站。

本工作係研擬第三座 LNG 接收站前期，評估採用浮動式 LNG 接收站 FSRU (Floating Storage Regasification Unit)供氣之技術可行性評估(含真時操船模擬)，提出引進 FSRU 之可行方案及技術可行性評估報告。

本計畫之真時操船模擬，因第三座 LNG 接收站初期營運階段時外廓防波堤工程尚未全部完成，將依 CPC 提供之港型模擬至北防波堤 67 號沉箱(如下圖 1-1 所示)，其中南防波堤及東防波堤 II 於初期亦尚未建置。為了解 FSRU 營運初期防波堤未建置前最嚴峻操船之情境，以及風速以 15m/sec 之操航條件，為本案規劃以初期營運階段情境 LNG 船靠泊 FSRU 之操船模擬可能遇到的風險並提出建議。

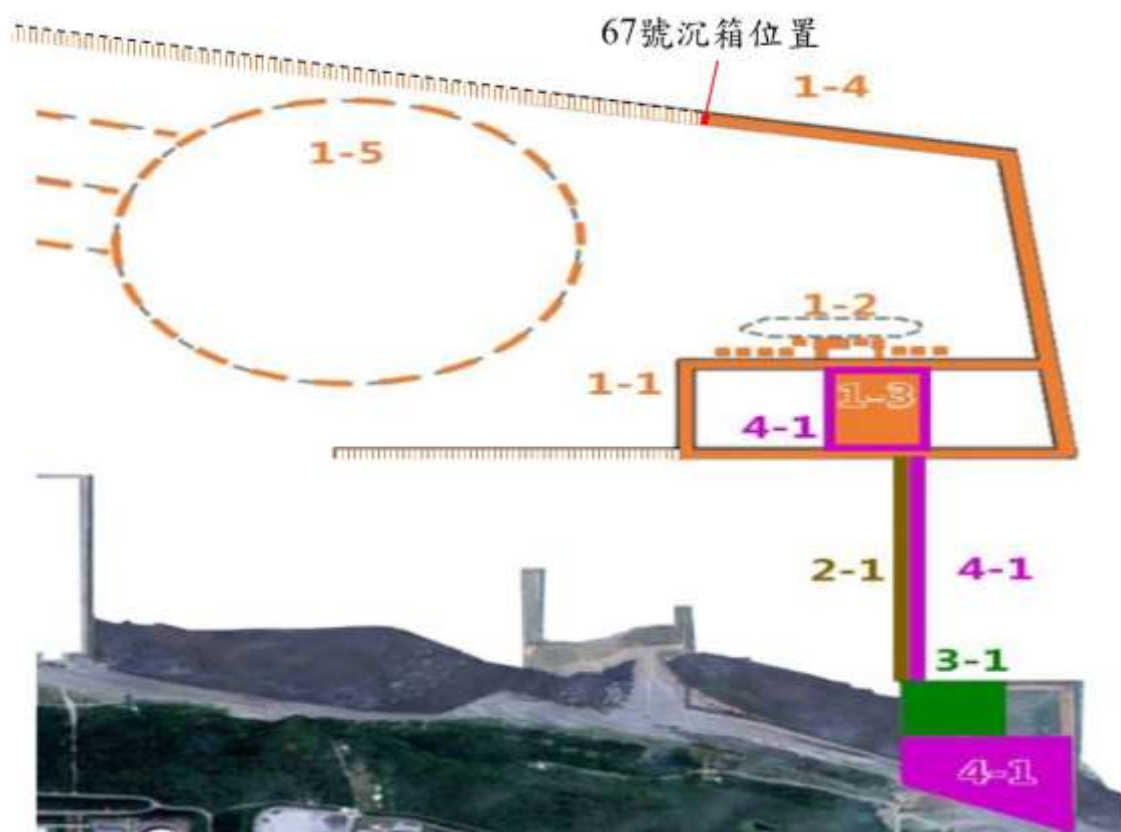


圖 1-1：初期港型示意圖

依據 CPC 所提供第三接收站未來供氣量要求，為本案 FSRU 選擇一重要參考，本案將規劃尖峰天然氣供應量為 400 噸/小時以及 FSRU 大於 2.5 MTPA (百萬噸每年)為基準，如下表 1-1 CPC 所提供之資訊。

表 1-1：CPC FSRU 選型及氣量要求(CPC 提供)

Year	尖峰用量(噸/小時) Peak (Ton/H)	年營運量(百萬噸/年) Annum Production (MTPA)
2023	137	0.83
2024	382	2.30
2025	382	2.40
2026	382	2.43
2027	382	2.36
2028	382	2.43
CPC Plan using 400T/H peak & > 2.5 MTPA for FSRU selection		

1.1 本報告工作內容

本專案工作項目及範圍依據 CPC 專案 LEF0800001 工作說明書之內容，配合 CPC 第三座 LNG 接收站未完成前研擬替代供氣方案，DNV GL 依據合約項目提出此工作計畫書，最後並提出 FSRU 之技術可行性評估報告。本報告主要為依合約要求，提送可行性要求之期中報告。

本專案所有工作項目摘要如下；其中項次 F 和 G 為下一階段之工作報告，其餘工作項目將於本次期中報告中交付：

- A. 觀塘工業專用港周遭蒐集整理與分析：本項目主要工作內容包含，觀塘工業專用港海域海氣象、水文及港型配置、拖船、規劃營運量及台電大潭電廠用氣需求條件等資料彙整。觀塘工業專用港可作業天數、可作業之天候條件、港型設備需求之項目等分析。
- B. 市場船型資料蒐集與分析：本項目主要工作內容包含，蒐集適合船型資料、發展趨勢分析；研擬 3 個等級之 FSRU 分別為 216,000 m³ (210,000 m³~220,000 m³) 級、180,000 m³ (170,000 m³~190,000 m³) 級、149,000 m³ (135,000 m³~160,000 m³) 級等級船型配置方案；提出 FSRU 對應碼頭繫泊佈置、NG(氣態天然氣)輸送設備佈置及規格和 LNG 船的繫泊要求，並對繫泊方案進行初步評估，包括對新增設備成本估算、所需繫泊能力的安排和初步評估的建議；蒐集租賃市場租金，租賃期間費用結構計算；FSRU 之油、水、電、物料、人員更替、垃圾等相關後勤補給需求規劃。

- C. FSRU 法規適用性：本項目主要工作內容包含，船員勞動條件、船員出入、國籍限制、勞健保、船舶監理、船舶檢驗及其他港務等法規之適用性；收集現有的資訊和 FSRU 資料確定可能發生的關鍵性的環境和社會影響；運營期間的主要環境影響因素。至少包括對海洋環境的影響，以及運營期間 FSRU 對大氣排放的影響；提出減少環境影響的建議。
- D. FSRU 建置之商業模式與推動期程分析：本項目主要工作內容包含，評估新建 FSRU 之推動程序、租用規範與契約擬訂及期程分析；評估改造 FSRU 之推動程序、租用規範與契約擬訂及期程分析；新建或改造租用優缺點分析及建議。
- E. 作業模式分析與規劃：本項目主要工作內容包含，LNG 船對 FSRU、FSRU 對岸靠泊作業基準；LNG 卸收作業基準；LNG 氣化後自 FSRU 輸送至下游作業程序(含緊急應變處置)之研擬；可能之危害辨識同時評估船碰風險 (ship collision risk) 的影響，並提出建議。
- F. 真時操船模擬試驗：本項目主要工作內容包含，3D 港模建置，3 種 FSRU 等級船模建置，90 趟真時操船模擬試驗，模擬之環境條件為至北防波堤 67 號沉箱及風速 15m/sec；真時操船模擬試驗報告書，含海流數值模擬計算、操船模擬機及相關設備、原理與方法說明、操船模擬試驗使用船舶之特性、操航計畫、操船模擬試驗之航跡資料(包含每一次操航航次之船舶軌跡資料及其分析及統計)、模擬結果分析、操船安全評估及拖船配置，並將試驗報告摘要及結論建議納入評估報告內。
- G. 編寫可行性評估報告書。

期中報告書針對以上陳列 A 至 E 項進行資料彙整及分析，詳細工作內容及期中成果報告書交付指引如下表 1-2 所示。

表 1-2：交付指引

工作項目	執行內容	對應本報告章節
3.1.1	依觀塘工業專用港海域海氣象、水文及港型配置、拖船、規劃營運量及台電大潭電廠用氣需求條件等資料彙整。	2.1
3.1.2	可作業天數、可作業之天候條件、港型設備需求之項目等分析。	4
3.2.1	蒐集適合 FSRU 船型資料、發展趨勢分析。	3.1
3.2.2	依據觀塘工業專用港資料分析，研擬 3 個等級船型配置方案(搭配 LNG 船營運模式)	3.2
3.2.3	依工作項目 3.2.2 之 FSRU 船型配置，提出 FSRU 對應碼頭繫泊佈置、NG(氣態天然氣)輸送設備佈置規格和 LNG 船的繫泊要求，並對繫泊方案進行初步評估，包括對新增設備成本估算、所需繫泊能力的安排和初步評估的建議。	3.2
3.2.4	協助蒐集 FSRU 租賃市場租金，租賃期間費用結構計算。	6.1~6.4
3.2.5	FSRU 之油、水、電、物料、人員更替、垃圾等相關後勤補給需求規劃。	7.2.8
3.3.1	觀塘工業專用港建置 FSRU 之船員勞動條件、船員出入、國籍限制、勞健保、船舶監理、船舶檢驗及其他港務等法規之適用性。	2.2
3.3.2	環境可行性研究，主要收集現有的資訊和 FSRU 資料確定可能發生的關鍵性的環境和社會影響。	5.1
3.3.3	評估 FSRU 於運營期間的主要環境影響因素。至少包括對海洋環境的影響，以及運營期間 FSRU 對大氣排放的影響(提供廢氣排放量，冷排水排放量)。	5.4
3.3.4	提出減少環境影響的建議。	5.5
3.4.1	評估新建 FSRU 之推動程序、租用規範與契約擬訂及期程分析(租賃市場租金，租賃期間費用結構計算)。	6.6
3.4.2	評估改造 FSRU 之推動程序、租用規範與契約擬訂及期程分析(租賃市場租金，租賃期間費用結構計算)。	6.6
3.4.3	提出新建或改造租用優缺點分析及建議。	6.7
3.5.1	LNG 船對 FSRU、FSRU 對岸靠泊作業基準。	3.2.3
3.5.2	LNG 卸收作業基準(LNG 船至 FSRU、取樣化驗、計量、緊急應變處置)規劃，含 PFDs、控制及營運邏輯研擬(Control and operating philosophy)、General Plot Plan 及控制系統描述等。	7.2.4

工作項目	執行內容	對應本報告章節
3.5.3	LNG 氣化後自 FSRU 輸送至下游作業程序(含緊急應變處置)之研擬。	7.3
3.5.4	危害辨識 (HAZID, Identification of Hazard and Critical Events)：廠商應依據 FSRU 欲設置時觀塘工業專用港設施現況及環境，進行危害辨識，同時評估船碰風險 (ship collision risk) 的影響，並提出建議。	7.1

本報告中專有名詞整理如下表 1-3：

表 1-3：專有名詞對照表

專有名詞 Terms	中文釋義 Definition
Acoustic Water Column. Profiler, AWCP	剖面海流表面波浪與潮汐之監測系統，AWCP 是很具代表性的一種多功能海象觀測儀器，其觀測包含波高、波向、剖面的海流、潮位及水溫。
Bare boat charter	空船租船合約
Biochemical oxygen demand	生物需氧量
BOG Compressor	蒸發氣壓縮機
BOG Recondenser	蒸發氣再冷凝器
Boil-Off-Gas, BOG	蒸發氣，LNG 船設計在-163°C 下運輸 LNG，儘管儲槽隔熱設計能限制吸收外部熱量，即使少量熱量進入儲藏系統中也會造成 LNG 的輕微蒸發；這種自然的蒸發現象是不可避免的，必須將 BOG 自儲槽中去除以維持壓力平衡。
Clarkson Research database	克拉克森研究數據庫
Crustose Coralline Algae, CCA	殼狀珊瑚藻
Cryogenic hoses	低溫軟管
Delivered ex ship, DES	目的港船上傳輸
Distributed Control System, DCS	分布式控制系統
Emergency Shut-down, ESD	緊急停機
Engineering, Procurement, Construction, EPC	統包
Environmental baseline	環境基線

專有名詞 Terms	中文釋義 Definition
Expression of Interest, EOI	招標意向書
Failure Mode Effect Criticality Analysis, FMECA	失效模式影響性與關鍵性分析法
Floating Storage Regasification Unit, FSRU	浮動式 LNG 接收站
Fore/Aft/Spring/Breast/	船艏/船尾/倒纜/橫纜
Freight on board, FOB	港船上傳輸
Gas Chromatography	氣相層析
Gas Sales Agreement, GAS	氣體銷售協議
Hazard and Operability Risk Assessment, HAZOP	危害和可操作性風險評估
Hazard Identification, HAZID	危害辨識
High Integrity Pressure Protection System, HIPPS	高壓完整性保護系統
High Modulus Polyethylene, HMPE	高模數聚乙烯
HP Vent Stack	高壓排放塔
Independent Wire Rope Core, IWRC	獨力式索芯
Integrated Model	整合模式
Intermediate Fluid Vaporiser, IFV	中間介質氣化器
International Labour Organization, ILO	國際勞工組織
International Maritime Organization, IMO	國際海事組織
International Safety Management, ISM	國際安全管理規定
International Union for Conservation of Nature, IUCN	國際自然保護聯盟
Liquified Natural Gas	液化天然氣，將氣田生產的天然氣經淨化處理，去除了一些有價值的成份如氫，和一些高分子碳氫化合物，以及一些對下游產業不利的成分如硫、氮、水等，並經一連串超低溫液化後獲得的常壓下是液體的天然氣。一般液化天然氣處在普通大氣壓下，但通過降溫到約零下 163 攝氏度來液化。 LNG 無色、無味、無毒且無腐蝕性，主要含甲烷（CH₄），具有熱值大、性能高、

專有名詞 Terms	中文釋義 Definition
	安全環保及不易爆炸等特點，其體積約為同量氣態天然氣體積的 1/600，LNG 的重量僅為同體積水的 45%左右，熱值為 52MMBtu/t (1MMBtu=2.52×108cal)。
Liquefied Natural Gas Carrier	LNG 船
Loaded/Ballast	裝載/壓載
Low Pressure, LP/High Pressure, HP manifolds	低壓/高壓歧管
LP Flare Tip	低壓燃燒塔
Major Accident Event, MAE	重大事故
Marine Exclusion Zone, MEZ	海事管制區
Marine Loading Arm, MLA	船用卸料臂
Master limited partnerships, MLPs	業主有限合夥制
Membrane type LNG Containment System	薄膜型 LNG 容載系統
Merchant Model	商戶模式
Million Tonnes Per Annum, MTPA	每年百萬噸, MTPA
Minimum Break Load, MBL	最小斷裂荷載
Moss type LNG Containment System	球型 LNG 容載系統
O&M (Operation & Maintenance) Agreement, OMA	經營與管理協議
Oil Industries International Marine Forum, OCIMF	國際石油工業海洋論壇
Open Rack Vaporiser, ORV	開架式氣化器
Open-loop/Closed-loop	開迴路/閉迴路
Polycyathus chaishanensis	柴山多杯孔珊瑚
Powered Emergency Release Coupler, PERC	電動緊急釋放耦合器
Pressure Indicator Transmitter, PIT	壓力指示傳送器
Printed Circuit Heat Exchangers	板式熱交換器
Private Automatic Branch Exchange, PABX	(初級) 控制室私用自動分支交換

專有名詞 Terms	中文釋義 Definition
Process Shut-down, PSD	製程關閉
Quantitative Risk Assessment, QRA	定量風險評估
Quick-Release Hook, QRH	快速解纜鉤
Regasification	再氣化
Remotely Operated underwater Vehicle, ROV	水下無人載具
Safe Working Load, SWL	安全工作荷載容許值
Sales Purchase Agreement, SPA	LNG 買賣協議
SCHOTTEL Rudderpropeller, SRP	SRP 推進器具有各種功率選擇和輸入方向，可為任何船型和應用提供合適的方案。相應的方位模塊可用於 Z 形驅動、L 形驅動和 ZY 混合驅動，使模組適用於臥式電動、立式電動或組合式直接發動機以及臥式電機連接。
Secondary loss	二次損失：由於大風使卸料臂斷開連結造成的氣體損失，二次損失可被視為是斷開連結時的氣體損失，LNG 並不會損失但是氣體輸出量會略有減少。
Shell Heat Exchangers	殼式熱交換器
Ship-to-ship, STS	船舶並排
Ship-to-Shore Link, SSL	船到岸連接
Society of International Gas Tanker and Terminal Operators ,SIGTTO	國際油輪和碼頭營運商協會
Standard developing organization, SDO	標準制定組織
Steam dump system	蒸氣排放系統
Submerged Combustion Vaporiser, SCV	沉浸式燃燒器
Suction drum	進口吸力罐
Swiss Cheese Model	屏障管理模型
Temperature Indicator Transmitter, TIT	溫度指示傳送器
Terminal User Agreement, TUA	接收站用戶協議
The International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)	國際海上人命安全公約

專有名詞 Terms	中文釋義 Definition
Time charter	定期租船合約
Time Charter Party Agreement, TCP	定期租船協議
Tolling Model	收費模式
Tube Heat Exchangers	管式熱交換器
Vapor Return Arms	回氣臂
Vapor Return Blower	回氣鼓風機
Ventilation Mast	通風管桅
Voith Schneider Propeller, VSP	VSP 推進器係一種參考海豚尾鰭上下擺動方式而發明的船舶推進器，VSP 推進器一般裝設有 4 至 6 個朝下刀片式深入水中之螺旋槳，在垂直旋轉同時，每一螺旋槳葉片又可改變其進水流開口角度，來形成不同槳翼距離，進而讓船隻左右擺動產生推進力
Voyage charter	航次租船合約
Weather Window	氣候窗：完成繫泊操作所需持續進行及因應突發事件時間。天氣預報必須在整個氣候窗內顯示皆低於操作極限的天氣以便進行操作。
World Association for Waterborne Transport Infrastructure, PIANC	世界水上運輸基礎設施協會

2 背景資料及分析

本報告評估及分析所需要之背景資料，如風、潮位、海流、波浪等；以及所須依循之國內外法規將於本章節中說明。

2.1 背景資料整理及分析

本小節整理依據《2017 及 2018 年港灣環境資訊網海氣象觀測資料年報》^{/1/、/2/}北苗海域風浪潮流觀測資料與中央氣象局網站之資料，概述觀塘工業港周圍海氣象（風、潮位、海流、波浪）狀況。

2.1.1 風

由於觀塘工業區東部有中央山脈屏障，較少直接遭受颱風的侵襲，桃園冬季之東北季風期一般始於十月下旬，至翌年三月，風力強，氣溫低，盛行於十一月至翌年二月，這段期間為強烈之東北風，風速可 15.4 m/s；夏季西南季風始於五月至九月，風力較弱，天氣較晴朗，但午後多雷陣雨，尤其七月至九月常有颱風，因地理因素之緣故，桃園市是臺中

市之外，颱風最不容易造成嚴重災情的都市。觀塘工業港風速及風向統計資料指出，夏季風向以西南西向為主，2017、2018 兩年平均風速約在 4.6m/s，冬季風向則以東北向為主，平均風速為達 6.7 m/s；2018 年統計資料中，夏季以輕風與和風為主共佔 86.6 %，冬季資料則以和風與強風為主佔比 82.4 %，如下圖 2-1 所表示；新屋觀測站 2018 年夏季最大風速觀測值為 15.0 m/s（西南向），冬季最大風速則為 14.3 m/s（東北東向），海氣象測站資訊與資料來源如下表 2-1。

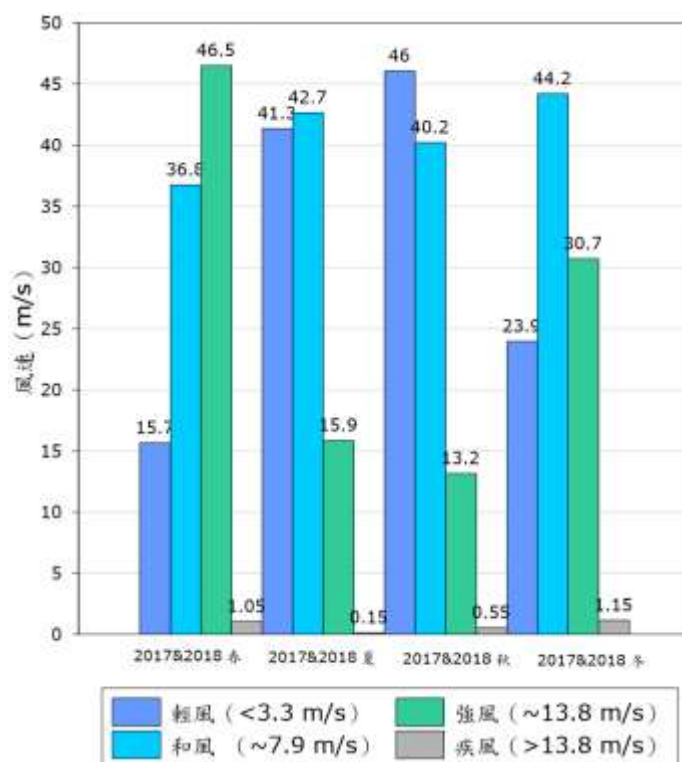


圖 2-1：新屋觀測站統計四季風速分布

表 2-1：測站資料

測站	經緯度座標		施測時間	資料來源
	X	Y		
新屋測站 【風力】	25°00'57"N	121°02'36"E	2017/12－2018/11	港灣環境資訊網海氣象觀測資料年報 ^{2/}
竹圍漁港 【潮汐】	25°07'05"N	121°14'36"E	2000－2019	中央氣象局

新竹外海 浮標站 【波浪】	24°45'39N	120°50'38"E	2017/12－2018/11	港灣環境資訊 網海氣象觀測 資料年報 ^{/2/}
臺北港外 海新觀測 樁測站 【海流】	25°10'54"N	121°22'33"E	2017/12－2018/11	港灣環境資訊 網海氣象觀測 資料年報 ^{/2/}

2.1.2 潮位

竹圍漁港為鄰近觀塘工業港潮位站，如圖 2-2，採用潮波流儀以壓力感測器測得水壓變化時間序列，圖 2-3 為中央氣象竹圍漁港 19 年潮汐資料每月潮位統計圖，平均高潮位 (Mean High Water Level, MHWL) 為+1.455 公尺，平均低潮位 (Mean Low Water Level, MLWL) 為-1.424 公尺，平均潮差 (Mean Tidal Range, MTR) 為 2.879 公尺，考量天文潮影響時，由天文潮引起曾發生之最高高潮位 (Highest High Water Level, HHWL) 為+2.425 公尺，最低低潮位 (Lowest Low Water Level, LLWL) 為-2.440 公尺，潮位資訊整理如下表 2-2；因氣象及其他因素所造成之異常潮位不歸類於最高高潮位，其潮位可能更高。



圖 2-2：潮位站位置圖

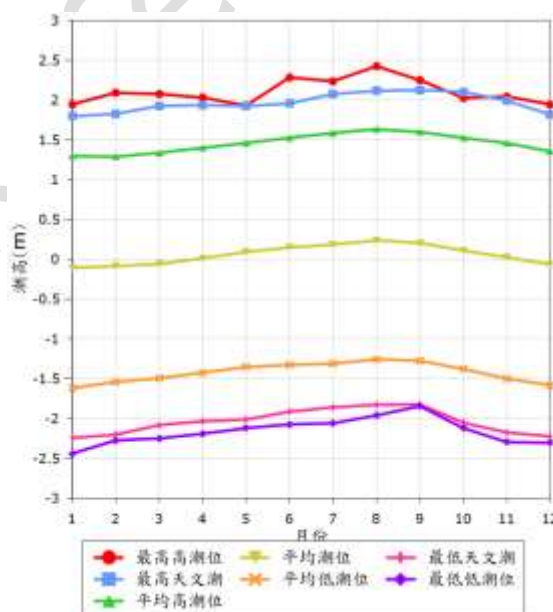


圖 2-3：竹圍漁港每月潮位統計圖（2000—2019）

表 2-2：中央氣象局統計竹圍觀測站潮位（2000－2019）

最高高潮位 (HHWL)	+2.425M
平均高潮位 (MHWL)	+1.455M
平均潮位 (MWL)	+0.057M
平均低潮位 (MLWL)	-1.424M
最低低潮位 (LLWL)	-2.440M
平均潮差 (MTR)	2.879M

2.1.3 海流

鄰近觀塘工業港之海流資料來源為港研中心台北港新觀測樁 2017 年 12 月至翌年 11 月量測資料，採用剖面海流表面波浪與潮汐之監測系統 Acoustic Water Column Profiler, AWCP 量測海流，AWCP 依照使用在不同水深（即固定在海床上之儀器位置到水表面來設定量測不同的間距）量測海流剖面流速，取每一層之總和平均代表不同水層間的海流流速、流向。海岸流受沿岸海流及潮流影響，通常平行於海岸線，主要由沿岸流、吹送流、潮流及黑潮所組成，台北新觀測樁量測之海流方向以東北向、西南向佔大多數，僅有少數東西與南北向之海流，如圖 2-4。當冬季季風達到 16.6 m/s 時，其最大流速可達到 2.4 節，其流向為方向為東北向；觀測資料利用調和分析方法將觀測海流分解為計算潮流與殘流（或稱為非潮流，其中包含天文流），船舶進入港口時主要受到潮流影響，殘流則對於港口內外砂質傳輸有密切關係，然而殘流的形成與潮流非對稱性有關，部分殘流仍可能對船舶進港的航行造成影響。冬季觀測海流流向北北西流速約 0.509 m/s，夏季觀測海流流向北北東流速 0.428 m/s，若僅考量潮流，四季之平均流速、最大流速相近，其平均流速介於 0.412—0.421 m/s 間，主要流向皆為北北東向，最大潮流流速介於 0.933—0.974 m/s 間，且為東北東向，其餘海流組成因素（殘流）形成之海流夏季與冬季差異不大，流速冬季約為 0.183 m/s，夏季為 0.179 m/s，需要注意殘流於秋季與冬季之量測最大流速分別為南南西向 1.065 m/s、西南向 1.252 m/s。

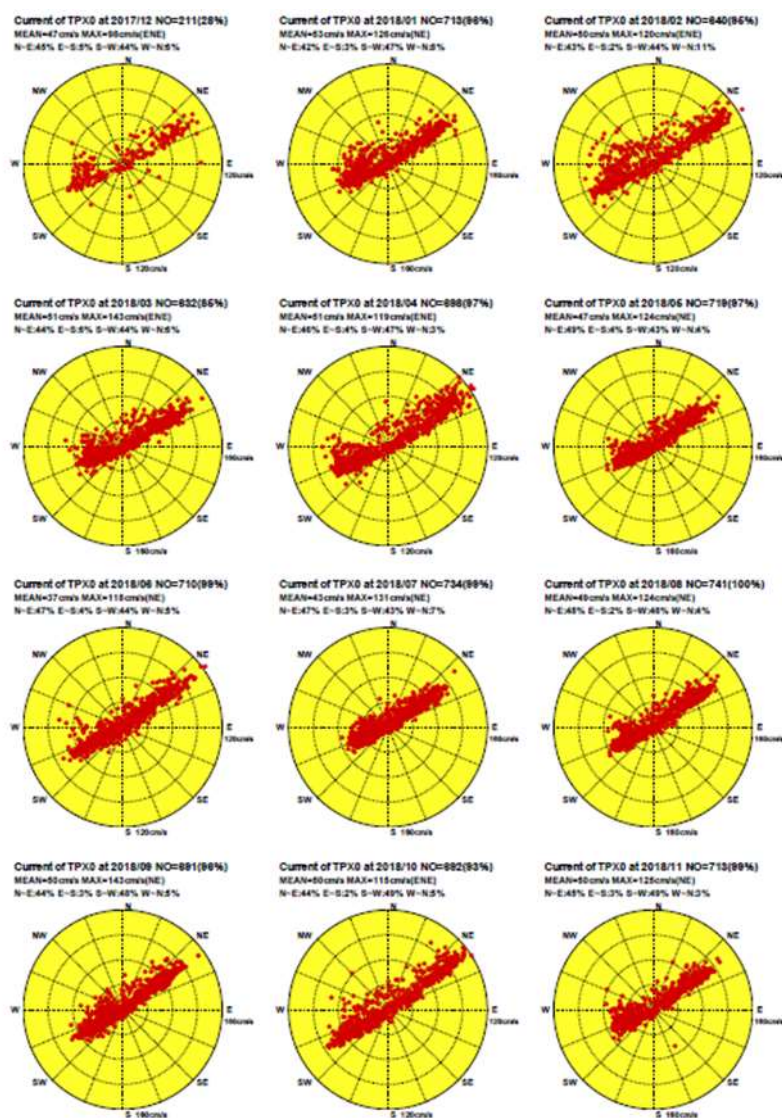


圖 2-4：台北新觀測樁觀測海流向向量分布圖（2017.11－2018.11）

2.1.4 波浪

觀塘工業港鄰近波浪資料參考新竹外海浮標站，新竹外海浮標站波浪儀隸屬於中央氣象局(CWB)所有，波浪資料由中央氣象局提供，採用剖面海流表面波浪與潮汐之監測系統 Acoustic Water Column Profiler, AWCP 有兩個分離波高量測模式，分別量測平靜波浪與攪動的浪況。全年平均波高約為 1.03 公尺，平均週期 4.7 秒，全年主波向以北向為主。冬季(12 月~2 月)平均波高約為 1.62 公尺，平均週期 5.2 秒，夏季(6 月~8 月)平均波高約為 0.65 公尺，平均週期為 4.5 秒；如下圖 2-5，觀塘工業港波浪全年以 0.5—1.5 公尺小浪或小於小浪為主，僅在冬季有較高比例的中浪，夏季以小浪為主，佔統計資料 98 %，冬季則以小浪與中浪為主總計 92.1 %。

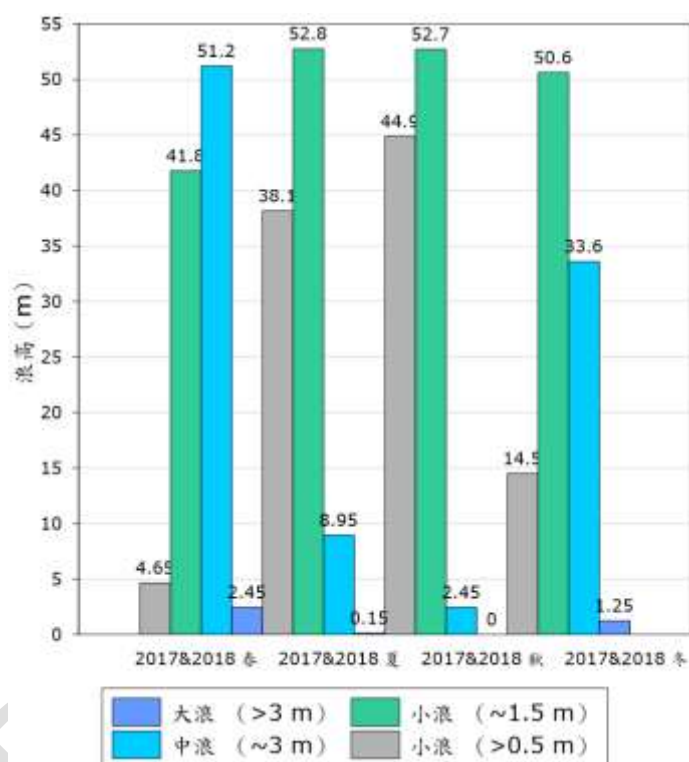


圖 2-5：新竹浮標站統計四季波浪分布

2.1.5 港型配置

CPC 辦理「三接迴避替代方案」，於觀塘工業港中建置港口完整規劃平面配置如下

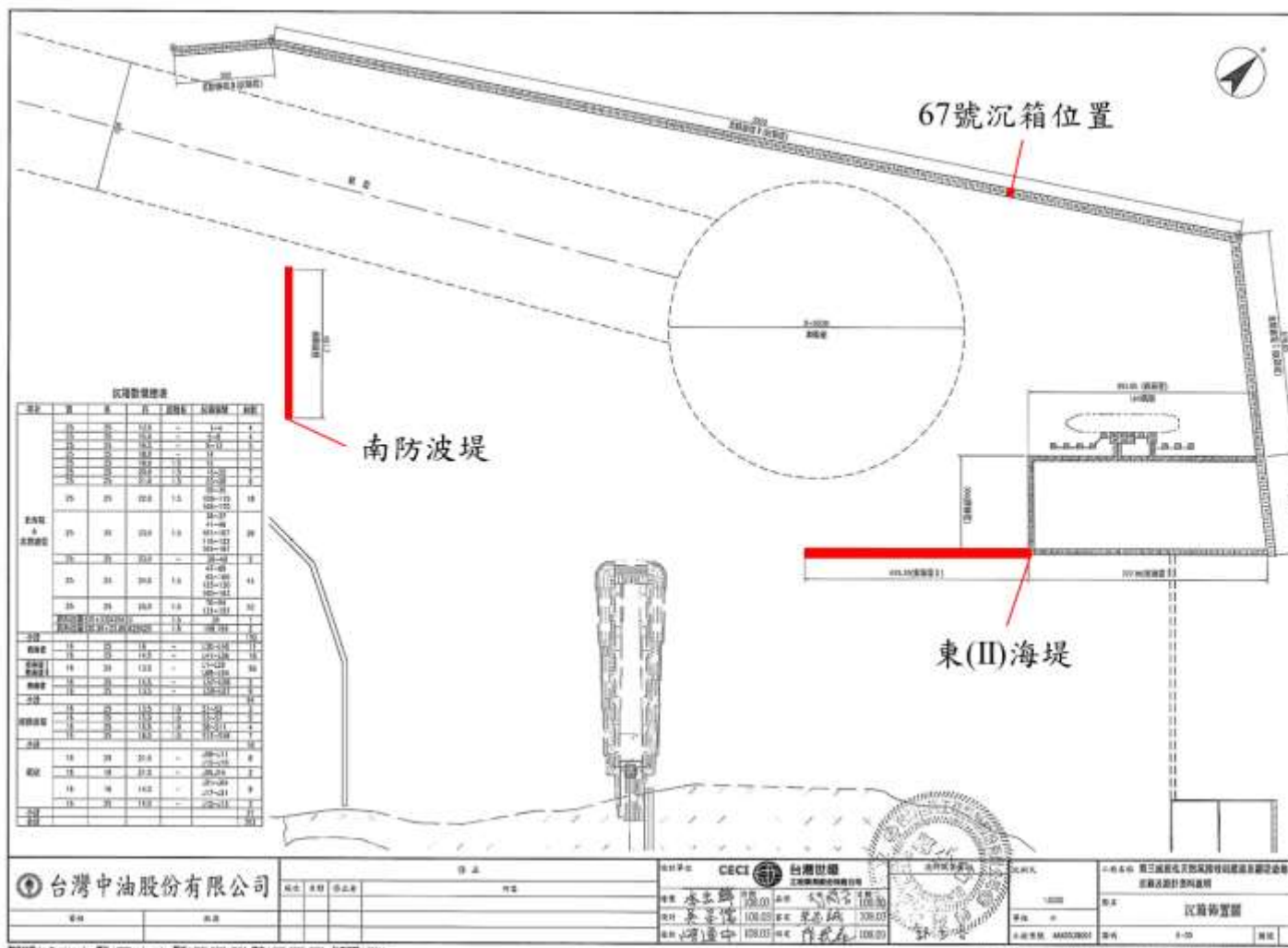
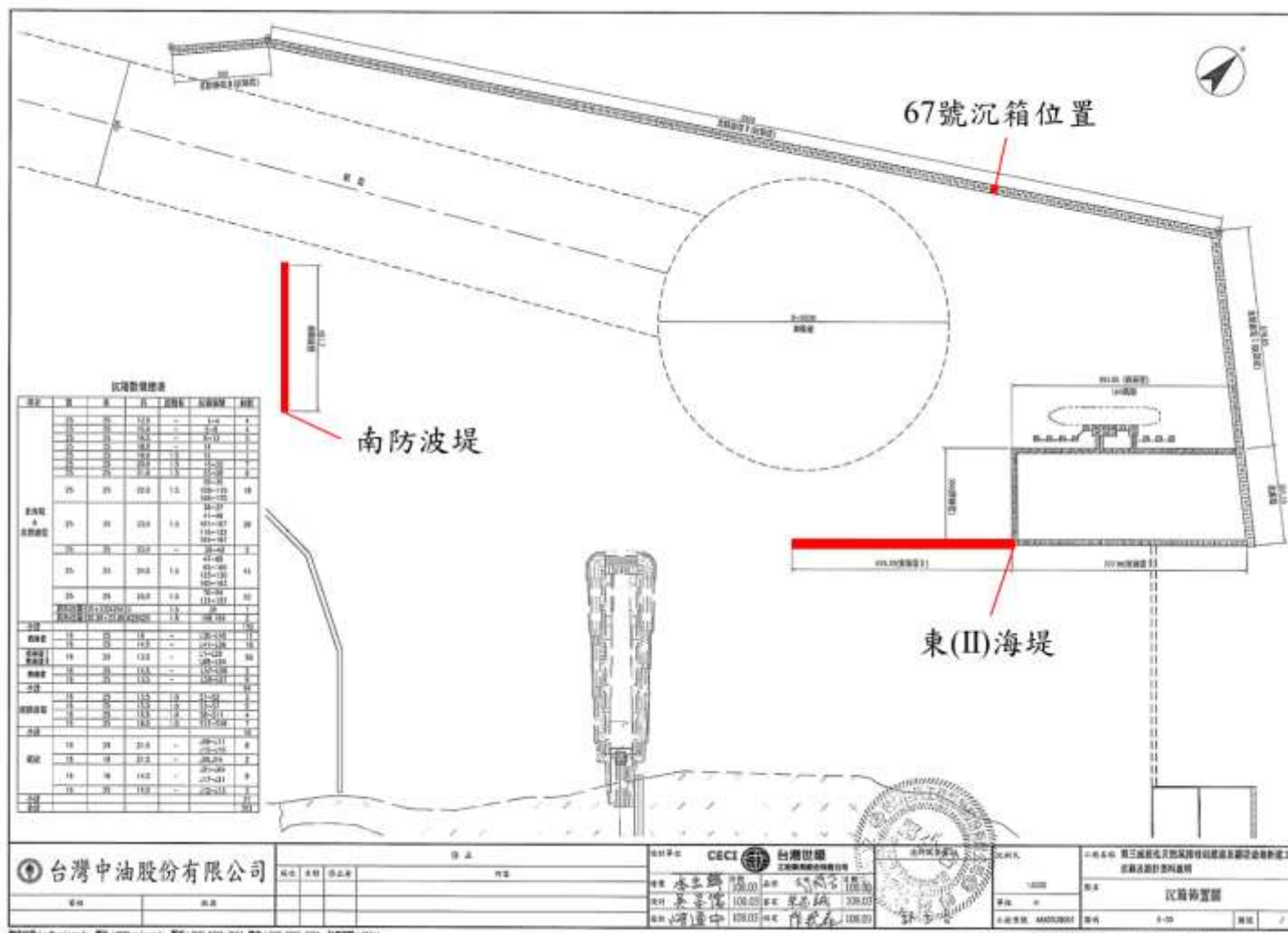


圖 2-6，第三接收站和 LNG 儲槽到民國 2025 年才完工，為確保如期供氣，研擬評估浮動式 LNG 接收站 FSRU 為替代供氣方案，於第三接收站正式啟用前提供 LNG 船氣化之功能，提供天然氣給予大潭火力發電廠使用。民國 2022 年供氣時，港口北側防波堤僅建置至 67 號沉箱位置，且東 II 堤、南堤未建造，如圖 2-7，，本專案配合民國 2022 年施工完成進度，執行北防波堤建置至 67 號沉箱之操船模擬，以較嚴格情況考量進港操船條件；民國 2022 年後港口沉箱陸續建置，港內因防波堤提供之遮蔽效應，得以有效應對風、波、潮流等自然條件，隨著港口建造進行，提高港區靜穩度對於通航安全及操作風險皆有正面效益，預估未來將有更平穩之操作條件。



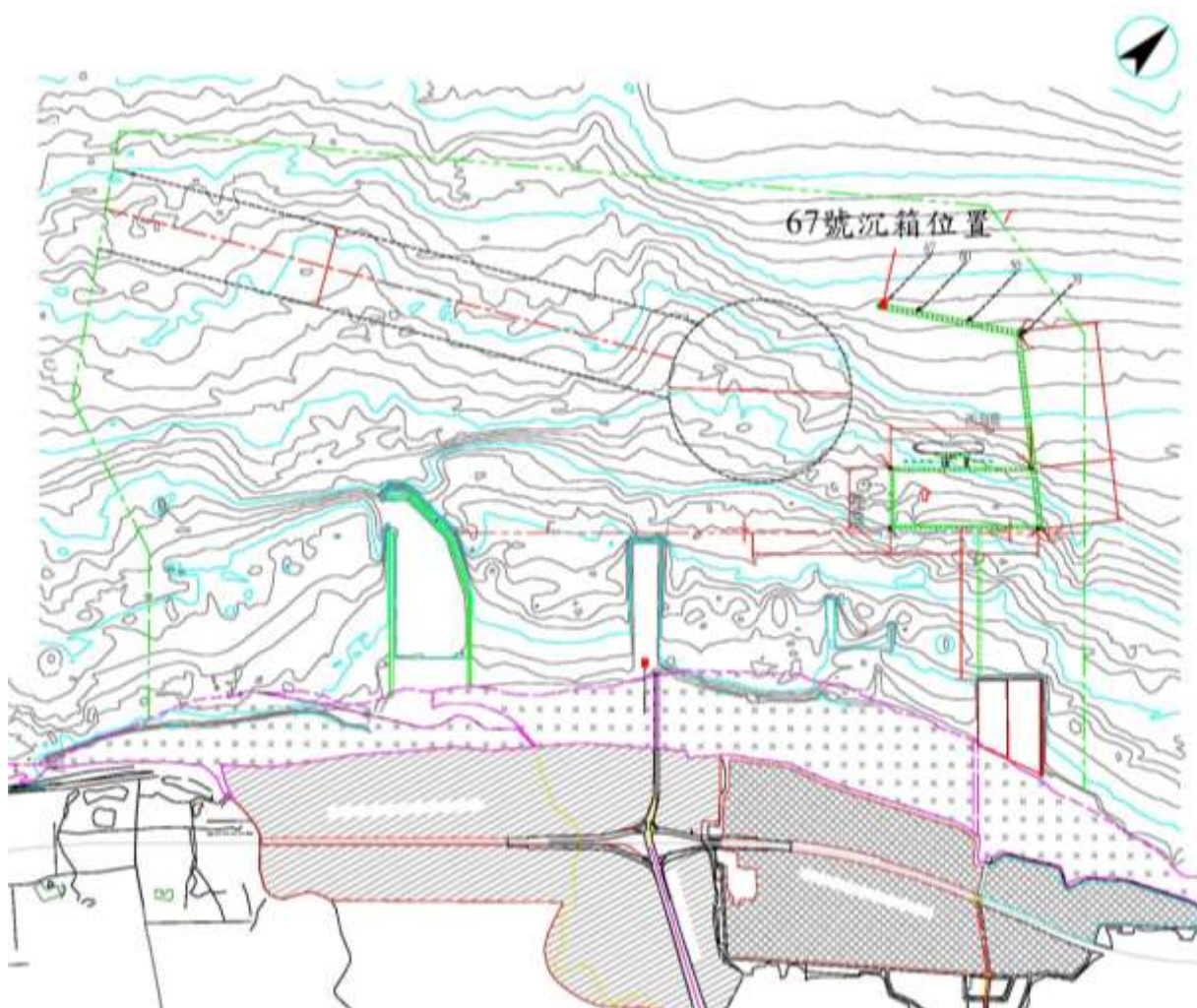


圖 2-7：港型平面配置圖（民國 2022 年 FSRU 服役初期）

FSRU 船靠泊時，觀塘工業港內有 2 艘 60 噸 SRP 協助以及 3 艘 60 噸 VSP 可在觀塘工業港內協助靠泊，考量 FSRU 作業安全防護需求及拖船需定期檢查、上架維護、或因應各類突發狀況等，共配置 5 艘拖船於港口中，觀塘工業港所規範拖船規格整理如下表 2-3，拖船試航船速於輕負荷下（即裝載公試時所需油水物料、人員等情況），主機組最大連續額定出力做試行測試時，船速不得少於 12.0 節；新船試俾繫樁拉力不低於 66 公噸，且於 25 年營運期間不低於 60 公噸。

表 2-3：FSRU 靠泊拖船配置

港勤船舶種類	數量 (艘)	船長 (m)	船寬 (m)	型深 (m)	吃水 (m)
60 噸拖力級 SRP	2	30.00－38.00	≥11.5	≥4.65	≤5.95
60 噸拖力級 VSP	3			≥4.60	≤6.55

2.2 國內法規整理分析

我國之船員勞動條件、船員出入、國籍限制、勞健保、船舶監理、船舶檢驗及其他港務等法規適用於觀塘工業專用港建置 FSRU 彙整於本小節中。

2.2.1 船員勞動條件

我國現行「船員法」^{/3/}第四章第 26 條～第 57 條，針對船員的勞動條件與福利做了詳細的規範；FSRU 船員的勞動條件與福利應可行上述規範，船員勞動條件依據船員法執行，隨船人員勞動條件依據勞動基準法執行；FSRU 作業性質與目前於台灣作業之風電工程船不同，但仍可視需求向勞動主管機關申請較彈性的計算基準。

參照我國現行勞動基準法^{/4/}第 84-1 條，FSRU 船員的工作性質應可屬「其他性質特殊之工作」。勞動基準法^{/4/}第 84-1 條規定：「經中央主管機關核定公告之下列工作者，得由勞雇雙方另行約定，工作時間、例假、休假、女性夜間工作，並報請當地主管機關核備，不受第三十條、第三十二條、第三十六條、第三十七條、第四十九條規定之限制。一、監督、管理人員或責任制專業人員。二、監視性或間歇性之工作。三、其他性質特殊之工作。前項約定應以書面為之，並應參考本法所定之基準且不得損及勞工之健康及福祉」

此外，行政院勞工委員會於民國 93 年 2 月 1 日，核定「交通部所屬各港務局港勤工作船舶之拖船、起重船船員」為勞動基準法^{/4/}第 84 條之 1 之工作者，並自 93 年 2 月 12 日起施行（依據勞動部民國 103 年 12 月 18 日勞動條 3 字第 1030132588 號公告，廢止交通部所屬各港務局港勤工作船舶之起重船船員適用勞動基準法第 84 條之 1 規定）。爰此，FSRU 船員的勞動條件制定應可參考港勤拖船船員的雇傭契約（如台灣港務港勤公司）。

2.2.2 船員出入管理

台灣中油股份有限公司天然氣事業部制定有「永安液化天然氣廠門禁管理要點」，觀塘工業專用港 FSRU 船員出入港管理辦法應可參考之。上述要點之第四章《人員進出》第 27 條第五項，針對 LNG 船進港期間船員進出做了如下的規定：LNG 船之船員進出永安廠，由船務代理公司造冊，憑外事局核發之登岸證及護照，經值勤保全人員或授權人員查驗無誤後，由船務代理公司專車護送 LNG 船之船員出、進廠區。

此外，依據我國現行「海岸巡防機關執行臺灣地區商港及工業專用港安全檢查作業規定」^{/5/}，海岸巡防機關得以針對入出臺灣地區商港及工業專用港之人員（包括船員）執行安全檢查。再者，觀塘工業專用港 FSRU 船員之駐留員額規範，亦應依據現行「商港港務管理規則」^{/6/}第 14 條之規定：停泊船舶均應保持機動，最少應有三分之一船員分別駐留艙面及輪機兩部，並應各有甲級船員一人負責，俾有足以操縱船舶航行及應付緊急事變之能力。

2.2.3 船員國籍限制

依據 FSRU 國際市場現況，台灣中油股份有限公司未來所承租之 FSRU 應屬外國籍，而非本國籍 FSRU 之船員國籍限制，航港局預估會仿效非本國籍從事離岸風力發電工程船舶之相關規範。依據現行「非本國籍工作船申請停泊國際商港以外之其他港灣口岸作業要點^{/7/}」之第七點第(六)項規定，非本國籍工作船之工作範圍為從事離岸風力發電工程建置、維修及除役者，應檢附本國籍船員比例為該船船員最低安全配額證書所載人數至少三分之一之船員名單。但經公告船員職缺徵才至少七日，無足額本國籍船員應徵或應徵條件不符者，得檢附本國籍船員（實習生）培訓計畫書提送航港局。此外，非本國籍從事離岸風力發電工程船舶僱用本國籍船員時，亦應依照「外國籍船舶僱用本國籍船員申請作業流程（外僱程序）」辦理。

2.2.4 船員勞健保

依照我國現行「勞工保險條例^{/8/}」第 8 條，參加海員總工會或船長公會為會員之外僱船員，得準用本條例之規定參加勞工保險。又依照我國現行「全民健康保險法^{/9/}」第 8 條，參加海員總工會或船長公會為會員之外僱船員，得準用本法之規定參加全民健康保險。而誠如上述，台灣中油股份有限公司未來所承租之 FSRU 應屬外國籍，服務於外國籍 FSRU 之本國籍船員應可依據上述「勞工保險條例」第 8 條及「全民健康保險法」第 8 條，參加我國勞工保險與全民健康保險。

服務於 FSRU 之外國籍船員，若雇主為本國法人，外國人經雇主向勞動部申請聘僱許可，並經核准後即可持勞動部之核准函及居留證，向勞保局及健保局辦理加保事宜。依據「外國籍船員僱用許可及管理規則」第 13 條規定，需加入勞工保險後始得上船服務；若外籍人士如領有居留證明文件，自受雇日起應參加健保。若雇主為外國法人，則由外國法人在臺設立之分公司或代表人辦事處提出申請，未設立分公司或代表人辦事處者，由訂約之事業機構或授權之代理人提出申請。依據「勞工保險條例」第 8 條，外籍船員可透過職業工會(海員總工會)加保勞保；外籍船員如領有居留證明文件，可透過職業工會(海員總工會)加保健保，健保起保日為自在臺居留滿 6 個月(連續居住達 6 個月或曾出境 1 次未逾 30 日，實際居住期間扣除出境日數後達 6 個月)。

2.2.5 船舶管理

我國航政主管機關所進行之船舶監理（監督管理）業務包括申請購建船舶、船舶丈量、各項檢查（特別檢查、定期檢查、臨時檢查）、所有權、抵押權或租賃權之保存、設定、移轉、變更等登記，而負責執行船舶監理業務的單位則為交通部航港局各航務中心的監理科（船舶登記）與海技科（船舶檢查、丈量及載重線勘劃）。至於船舶監理所涉及的國內法規包括船舶法^{/10/}、船舶檢查規則^{/11/}、船舶設備規則^{/12/}、船舶艙區劃分規則^{/13/}、船舶載重線勘劃規則^{/14/}、船舶丈量規則^{/15/}、船舶防火構造規則^{/16/}等。

2.2.6 船舶檢驗

依據我國現行「船舶檢查規則」第 3 條，船舶應分別施行特別檢查、定期檢查、臨時檢查。航行國際航線適用國際公約規定之船舶，應依海上人命安全國際公約、防止船舶污染國際公約、船舶有害防污系統管制國際公約、海上避碰規則國際公約、海事勞工公約、特種用途船舶安全章程及其議定書、修正案規定施行檢查。特別一提，由於 FSRU 屬於特殊船舶，依據我國現行「船舶檢查規則」第 6 條，具有特殊設計、構造、型式、用途或性能之船舶，確認按照本規則全部或一部實施有困難時，得由船舶所有人或船長列舉事實及理由，並檢具經航政機關認可之造船技師簽證或經驗船機構審核認可之圖說文件，申請航政機關組成專案小組審議後決定之。

2.2.7 其他港務法規

依據我國現行「海岸巡防機關執行臺灣地區商港及工業專用港安全檢查作業規定」，海岸巡防機關得以針對入出臺灣地區商港及工業專用港之人員及船舶執行安全檢查，而安全檢查項目則包括人員檢查、物品檢查及船舶檢查。

經濟部依據「產業創新條例^{17/}」第四十九條訂定「工業專用港或工業專用碼頭規劃興建經營管理辦法^{18/}」，該辦法第五章《工業專用港之港務管理》針對船舶入出港、船舶停泊及停航、港區安全、以及港區行業管理等事項做了詳細規範。其中，第三節《港區安全》針對船舶裝卸危險品（包括天然氣）做了詳細規範，相關條文包括第 39 條、第 40 條、第 41 條、第 43 條、以及第 45 條等。

2.2.8 小結

綜上所述，有關 FSRU 船員的勞動條件，因其工作性質可屬勞動基準法第 84-1 條之「其他性質特殊之工作」，故其工作時間、例假、休假、女性夜間工作等，得由勞雇雙方另行約定，並報請當地主管機關核備，而不受勞動基準法其他各條文之限制。值得關注行政院勞工委員會於民國 93 年 2 月 1 日核定「交通部所屬各港務局港勤工作船舶之拖船」為勞動基準法第 84 條之 1 之工作者，故 FSRU 船員的勞動條件制定應可參考港勤拖船船員的雇傭契約。至於 FSRU 船員出入管理，觀塘工業專用港應可參考台灣中油股份有限公司天然氣事業部所制定之「永安液化天然氣廠門禁管理要點」。此外，關於 FSRU 船員的國籍限制，應可依據現行「非本國籍工作船申請停泊國際商港以外之其他港灣口岸作業要點」之第七點第(六)項規定辦理。再者，服務於 FSRU 之本國籍船員應可依據「勞工保險條例」及「全民健康保險法」，參加我國勞工保險與全民健康保險，服務於 FSRU 之外國籍船員視其雇主為本國或外國法人，分別進行相關申請流程。特別一提依據我國現行「船舶檢查規則」第 6 條，由於 FSRU 屬於特殊船舶，確認按照本規則全部或一部實施有困難時，得由船舶所有人或船長列舉事實及理由，申請航政機關組成專案小組審議後決定之。此外，FSRU 船舶也必須遵守我國現行「海岸巡防機關執行臺灣地區商港及工業專用港安全檢查作業規定」、「工業專用港或工業專用碼頭規劃興建經營管理辦法」以及經濟部工業局及交通部航港局核可觀塘港營運之相關作業規定。

2.3 國外法規整理分析

2.3.1 典型的法規架構 (FSRU Regulatory framework for a typical FSRU)

圖 2-8 顯示 FSRU 運行安全等級要求，船級社(Classification Societies)依照圖 2-8 中的規則驗證和確保 FSRU 設計與施工安全、品質和維護的要求；船旗國主管機關（不一定為船舶所在國家）定義船舶救生與通訊要求，並自行驗證其合規性或並與認可第三方接洽進行驗證，倘若有國家的主管機關，則由主管機關定義規範並驗證操作許可與發配許可證、污染源控制與工作環境安全的合規性；FSRU 船東和運營商可遵守任何公司標準額外定義船舶相關的可靠性、可操作性要求。

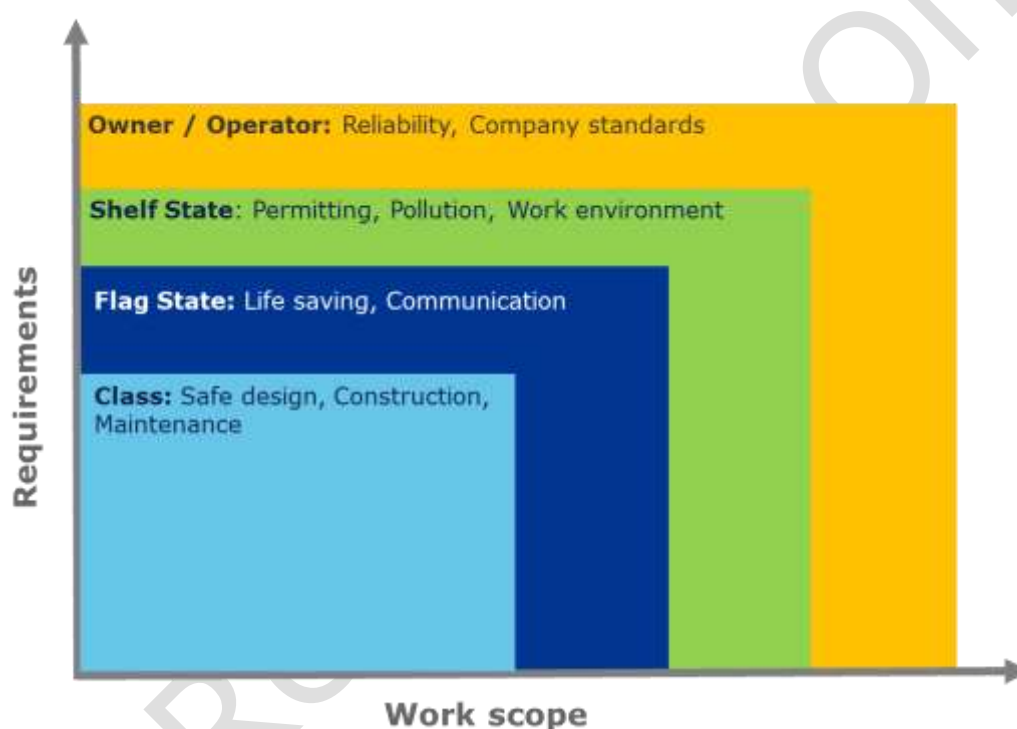


圖 2-8：不同利益相關者針對 FSRU 規範級別

需要注意圖 2-8 是 FSRU 在運行過程中可能必須遵守的規定或要求。

2.3.2 典型 FSRU 的等級架構 (Class framework for a typical FSRU)

FSRU 可歸類為「船舶」或「海上設施」，船東與營運商大體上陳述要將 FSRU 歸類為船舶(Marine regime)還是離岸設施(Offshore regime)，將 FSRU 歸類船舶或海上設施的決定取決於商業影響性；如 FSRU 船東或營運商與當地公用事業機構簽訂相當於 FSRU 生命的長期合約，於船東立場就有可能不希望於船上安裝推進系統，故可將 FSRU 歸類為離岸設施，總體而言，大部分 FSRU 採用船舶方式運營，這樣可使 FSRU 更具有靈活性，並且輕鬆地從一個位置移動到其他位置。

租賃部署船隻方面，通常由營運商（如：Höegh）決定船隻等級和船旗，採船舶制度常用於 FSRU 來保持靈活性，對於台灣而言，颱風帶來的風險意味 FSRU 必須能夠靠船體本身動力航行，故建議 CPC 可採用船舶制度營運方式。

根據國際船舶安全構造公約，歸類為船舶的 FSRU 需要遵守每兩年半的入塢要求，但可以根據船旗國主管機關接受程度來延長入塢時間，船旗國主管機關應提供與離岸或海事制度接受度相關要求，根據上述兩種分類將會要求 FSRU 需要達成船級社規範和要求。

歸類為「船舶」專案的 FSRU 本質上被定義為具有處理系統（即船上的再氣化系統）的自走式 LNG 船，故必須遵守國際海事組織（International Maritime Organization, IMO）對於 LNG 船的要求，例如：

- 散裝液化氣體船舶建造與設備國際規範^{/19/}
- 各船級社氣體船舶規範

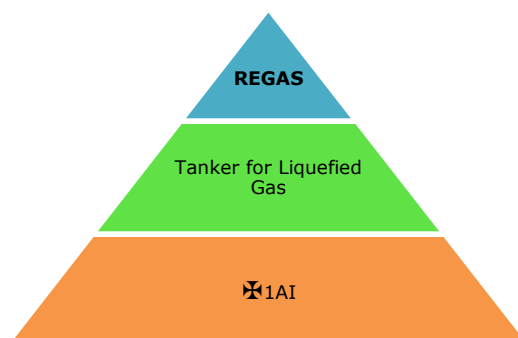
依據 DNV GL 船級之 FSRU 視為船舶的專案可分為如下：

A. ⚓ 1AI 液化氣體船, REGAS

當前運行中多數 FSRU 皆遵照此分類，因歸屬於此類型船舶配有推進系統，具有操作上的靈活性。

歸類為海事專案 FSRU 本質上被定義為具有儲氣設施的船形海上結構，一般而言這類 FSRU 並非自走式（即船上沒有推進引擎），此類結構必須遵守離岸分類規範，例如：

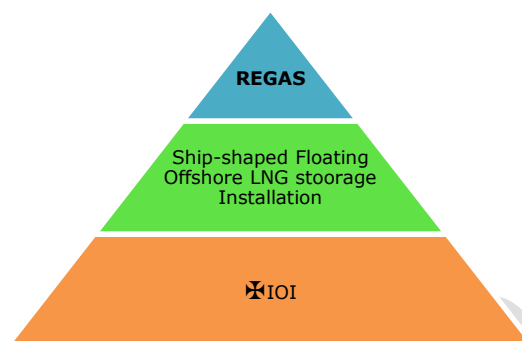
- 浮動 LNG 生產和儲槽的分類規則 (Rules for Classification of Floating LNG Production and Storage Units)



B. ⚓ IOI 船形浮式海上 LNG 儲存裝置，REGAS

當 FSRU 處在定義為船舶或海上設施，對於再氣化的要求和前述相同，DNV GL REGAS 規定須聲明滿足船舶晃動影響、延伸危險區域、低溫釋放物保護、防火、氣體偵測、防毒、住所通風性、安全逃生、船隻並排卸收，製程關閉（Process Shut-down, PSD），緊急停機（Emergency Shut-down, ESD）和製程失效的風險評估等。

FSRU 分類（即船舶與海上設施）的安全級別相同的。



2.3.3 主要海上法規與規範 (Main Offshore Rules and Regulation)

FSRU 設計用於全球運行所以需要遵照國際規則（如：船級要求、船旗國和遵守國際海事組織，IMO），但由於 FSRU 亦作為近岸 LNG 接收站運行，因此 FSRU 同樣受到該國內法規和規範約束（如本報告中 2.2 節所說明），各國間法規和規範可能會有很大差異。

標準對於石油天然氣業技術面的定義至關重要，無論是來自不同國家、地區、國際還是本行業的標準制定組織（Standard developing organization, SDO），相關領域上良好標準使日漸複雜和全球化的石油天然氣業中在勘探、開發和營運各層面變得更加容易。

石油天然氣業的法規通常由國家監管機關制定，除了國際勞工組織（International Labour Organization, ILO）和 IMO 等一些例外，由於來自不同專業背景與文化的人撰寫法規，無意間形成全球法規的差異，技術面的潛在差異難以明定。多數監管機關在定義其計劃、法規、指南或其他文件時皆採用標準；海上作業與所有設計同樣受到各類法規監管，設計人員在船舶設計專案中習慣採用 IMO 及 SOLAS 法規，但離岸設計必須考量新法規，各種離岸相關法規在設計領域中引導船舶設計師。

離岸設施擴展至世界各地，設計存在特定國家或地區上的差異，國家監管機構制定用於海上石油業的材料、設備、系統和結構的標準；目前共有 11 個船級社屬於國際船級社協會，LNG 船與 FSRU 四個主要船級社協為 DNV GL、美國驗船協會（American Bureau of Shipping, ABS）、必維國際檢驗集團（Bureau Veritas, BV）和勞氏驗船協會（Lloyd's Register, LR）。

2.3.4 國際海事組織 (The International Maritime Organization, IMO)

國際海事組織 International Maritime Organization

IMO 為聯合國成立負責管理國際海上安以及防止船舶造成海洋污染的組織，IMO 制定並採用國際船原法規與標準；IMO 由 174 個會員國組成（IMO 2020），其重要海上規範為國際海上人命安全公約 Safety of Life at Sea, SOLAS。

Safety of Life at Sea, SOLAS

《國際海上人命安全公約 SOLAS^{/20/}》是一項國際級海上人命安全公約，條約主要職責為規範結構物、設備與操作的最低標準並確保其安全性，當涉及商船時，SOLAS 被視為至關緊要的安全公約，船旗國須負責確保旗下船舶符合 SOLAS 的要求。

2.3.5 國際船級社協會 (International Association of Classification Societies, IACS)

誠如上述，所有位於國際水域作業的船隻必須由國際船級社進行分類，並具有符合法規和規定的註冊證書，船隻分類目的在於驗證船體結構強度、完整性以及船上所有設備、配備的可靠性和功能^{/21/}，會由船東決定入級於哪間船級社；一般船級社和設計公司和得緊密合作已完成政府之法令規定。

目前 IACS 由以下 11 個成員組成：

- 美國驗船協會 (American Bureau of Shipping, ABS)
- 必維國際檢驗集團 (Bureau Veritas, BV)
- 中國船級社 (China Classification of Shipping, CCS)
- 克羅埃西亞驗船協會 (Croatian Register of Shipping, CRS)
- 挪威船級社 (Det Norske Veritas Germanischer Lloyd, DNV GL)
- 印度驗船協會 (Indian Register of Shipping, IRS)
- 韓國驗船協會 (Korean Register of Shipping, KRS)
- 勞氏驗船協會 (Lloyd's Register, LR)
- 日本海事協會 (Nippon Kaiji Kyokai, NKK)
- 波蘭驗船協會 (Polish Register of Shipping, PRS)
- 義大利驗船協會 (Registro Italiano Navale, RINA)
- 俄羅斯海事協會 (Russian Maritime Register of Shipping, RS)

FSRU 涉及以下船級社，詳如圖 2-9：

- 入級 DNV GL 23 個 FSRU (其中 22 個正在運行，而 1 個已擱置)

- 入級 BV 14 個 FSRU 的（目前正在運行 13 個 FSRU，已解體 1 個），
- 正在建設中入級 ABS 有 3 個 FSRU
- LR 有 2 個運行中的 FSRU，其中一個正在建造中的 FSRU
- 入級 RINA 有個 FSRU
- 入級 NKK 有 1 個 FSRU

上述內容整理於圖 2-10

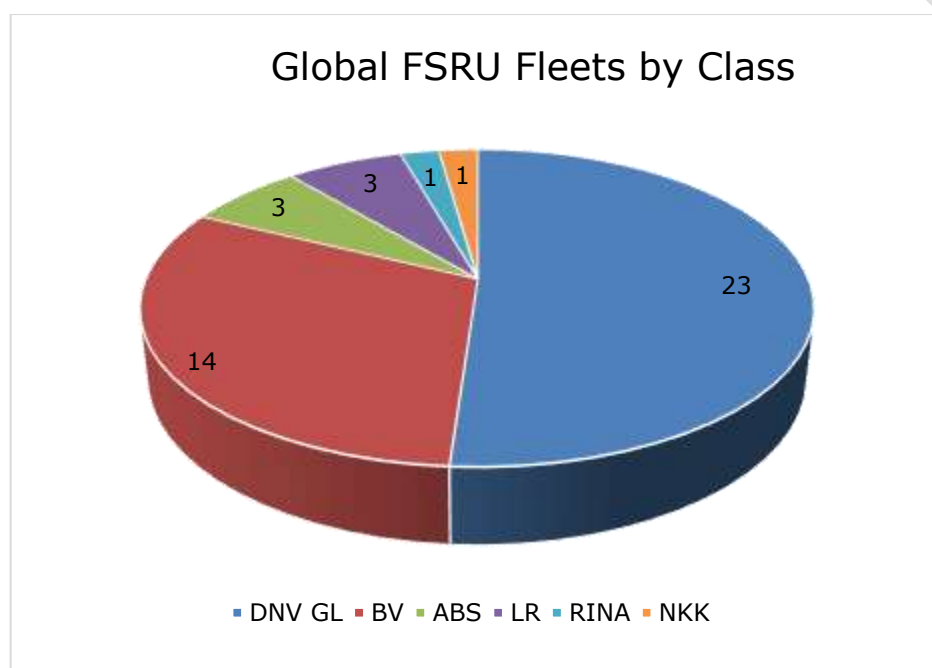


圖 2-9：目前全球 FSRU 船隊船級歸屬

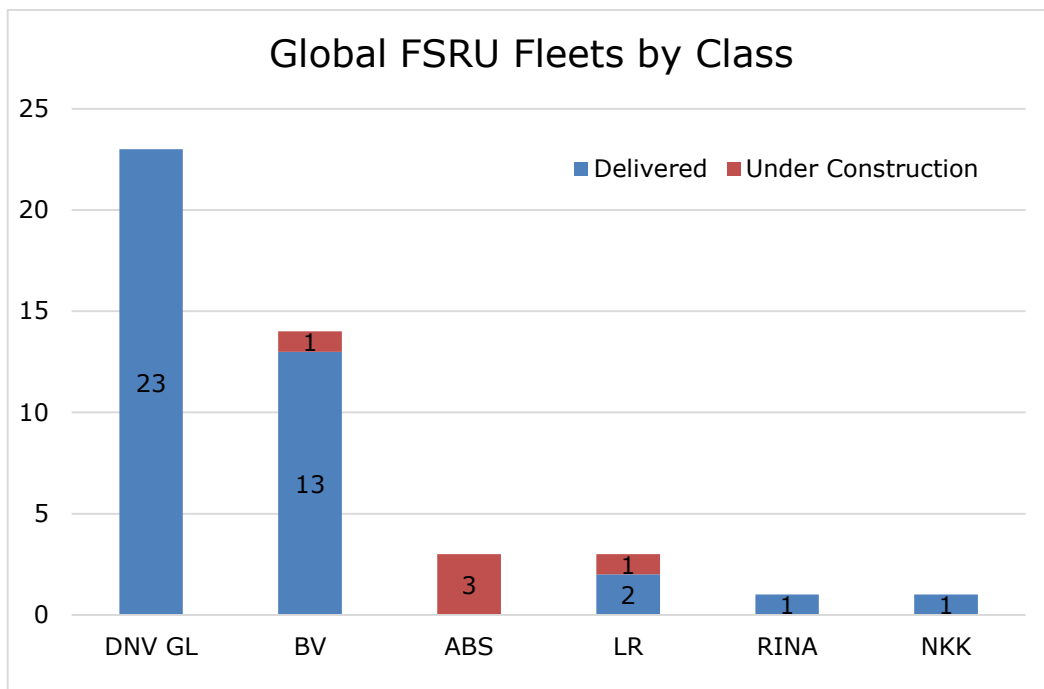


圖 2-10：目前全球 FSRU 船隊船級歸屬（運行中+建造中）

2.3.6 國家監管機構 (National Regulators)

除國際勞工組織和國際海事組織等一些國際例外，海上法規通常由國家監管機構制定，多數監管機構使用標準來擬定計劃、法規、指南或其他監管文件，這些相關法規等文件層級結構如下圖 2-11 所示 FSRU 於現有的法規屬危險物品船舶，適用既有法規；港埠作業規定可參考永安液化天然氣接收站、麥寮工業區專用港等相關管理及作業辦法。FSRU 作業可參考所列國際安全作業規定，並無顯著會造成禁止運行之問題。

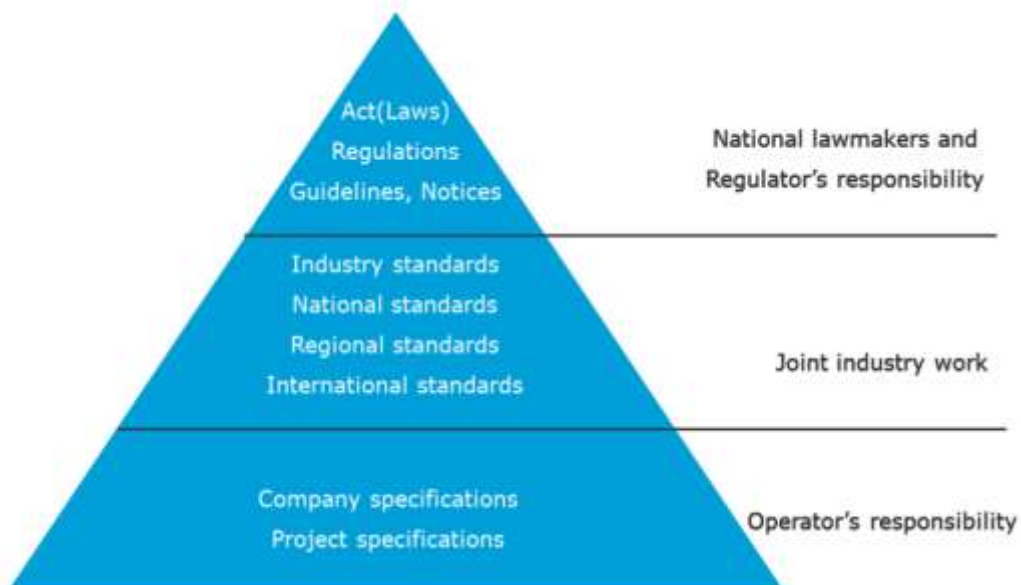


圖 2-11：國際海上法規層級

若不使用如下列出的標準，石油天然氣業及監管機構將無法有效率運作：

- 印度石油工業安全局(Oil Industry Safety Directorate, OISD, India)
- Canada
 - 加拿大-新斯科舍省海上石油委員會(Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Board, CNSOPB)
 - 加拿大-紐芬蘭與拉布拉多近海石油委員會(Canada-Newfoundland and Labrador Offshore Petroleum Board, C-NLOPB)
- 國家能源局(National Energy Board, NEB)
- 中國海洋石油總公司(China National Offshore Oil Company, CNOOC, China)
- 丹麥能源署(Danish Energy Agency, DEA, Denmark)
- 紐西蘭勞工部(Department of Labour, DoL, New Zealand)
- 泰國礦物燃料部(Department of Mineral Fuels, DMF, Thailand)
- Ministero dello Sviluppo Economico (MES), Italy
- 巴西國家石油天然氣和生物燃料局(National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels, ANP, Brazil)
- 國家海洋石油安全局(National Offshore Petroleum Safety Authority, NOPSA)
- 澳大利亞石油安全局(Australia Petroleum Safety Authority, PSA)
- 俄羅斯聯邦自然資源部(The Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, MNR)
- 俄羅斯聯邦工業和能源部(The Ministry of Industry and Energy of the Russian Federation, Minpromenergo)
- 荷蘭國家礦山監督局(State Supervision of Mines, SODM, The Netherlands)
- 英國健康與安全執行局(UK Health and Safety Executive, HSE, UK)
- United States represented by:
 - 美國海岸警衛隊(US Coast Guard, USCG)
 - 美國礦產管理處(US Minerals Management Service 或 US MMS)

3 市場船型資料蒐集與分析

3.1 FSRU 船型及發展趨勢

3.1.1 FSRU 接收站概述 (FSRU Terminal Overview)

LNG 的運輸船 (Liquefied Natural Gas, LNGC) 卸收 LNG 至 FSRU，FSRU 將 LNG 存儲於儲槽中，並於對 LNG 進行再氣化，然後透過天然氣管線將高壓天然氣沿碼頭或直接由海上輸出至陸上。

FSRU 涵蓋傳統陸上接收站操作時的所有要素，LNG 儲存於 FSRU 儲槽內，FSRU 接收 LNG 後再氣化供應天然氣，LNG 透過儲槽內泵浦送到進口壓力槽/再冷凝器，然後再由外部的高壓泵增加 LNG 的壓力，輸送到再氣化系統，通過輸氣臂輸出高壓天然氣，製程時需要經由加熱系統來提供氣化熱量，上述說明可依照第 3.1.7 節中 LNG 氣化技術描述。

FSRU 船體擁有所有預計在陸上預計建設的公用設施，包括壓力保護裝置與電力設施（供應船本體的電力），FSRU 的典型示意圖，如圖 3-1 所示，圖中說明主要步驟和設備如上一段的描述。

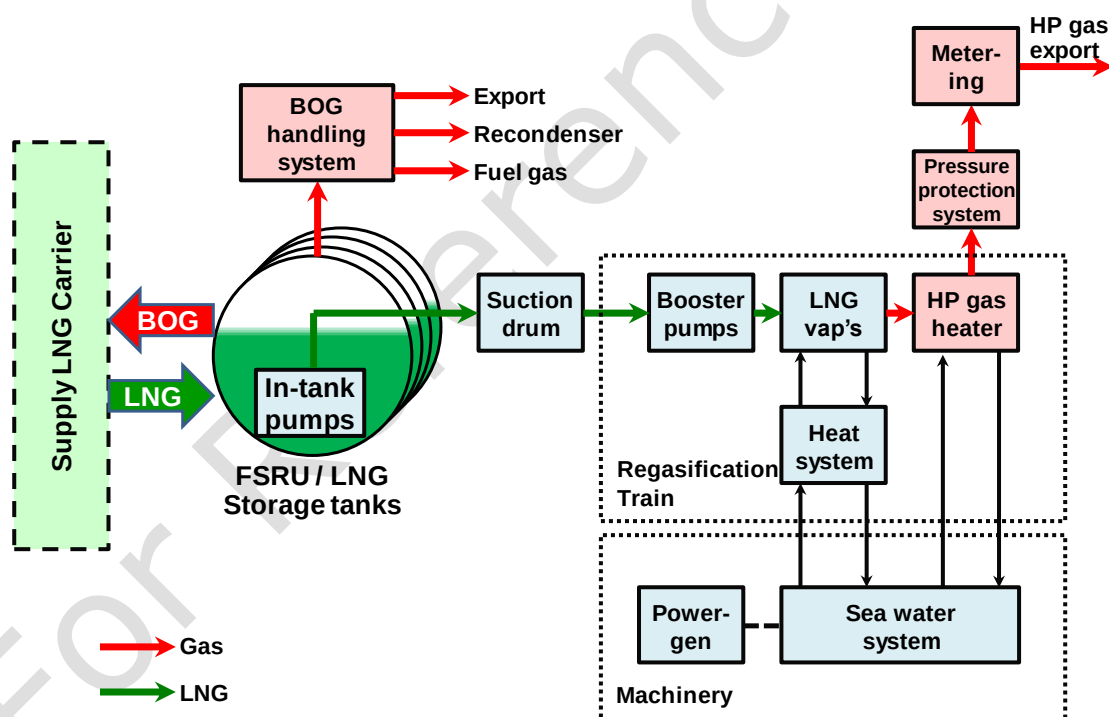


圖 3-1：典型的 FSRU LNG 輸出至接收站示意圖

FSRU 專案與陸上接收站相比具有許多優勢，包括減少陸上陸地空間、縮短部署時間、降低資本性成本支出與更彈性的部署。由於 FSRU 的彈性程度較高，使它們被應用為解決臨時氣化需求的方案，如在陸上接收站建設時，可輔助預先提供天然氣，目前在智利兩個進口接收站即為此情況。FSRU 的便利性使得更多由市場中進口的 LNG 能夠滿足短期天然氣需求，比起根據 40 年的使用期限的陸上再氣化設施，在短期程需求的承諾期限層面具有更大的靈活度，表 3-1 總結了浮動式 LNG 接收站與陸上 LNG 接收站常見的優勢比較。

表 3-1：一般浮動式 LNG 接收站與陸上接收站比較的優勢

Floating Terminal (e.g. FSRU) 浮動式接收站	Onshore Terminal 陸上接收站
– Reduced onshore land footprint for both equipment and safety zones 減少設備以及安全區的陸上面積 – Shorter deployment time 較短的布署時間 – Lower CAPEX cost 較低的資本性支出成本 – Multiple established suppliers 多家知名供應商可提供不同類型的服務 – Commissioning largely delivered at shipyard (improved quality control) 試俾主要在較具規模船廠進行 – Greater flexibility for contracting, deployment and replacement 簽訂合約、布署與更換具有較高彈性 – Use for ancillary services (e.g. bunkering) 用於輔助服務，如輸氣	– Can achieve higher reliability/availability 可以達到更高的可靠度/可用性 – Greater storage buffer capacity 較大的儲存緩衝容量 – Less susceptible to metocean conditions (i.e. LNGC) 較不受到海洋環境影響 – Reduced OPEX cost due to easier inspection and maintenance access 由於易於檢查與維護，降低營運成本 – Greater flexibility for modification and expansion 修改與擴展的靈活度較高 – Longer design life 設計生命較長

3.1.2 FSRU 當前現有 FSRUs 船隻 (History and current fleet of FSRUs)

傳統陸上 LNG 輸入端和再氣化設施運行超過六十年，坎維島(Canvey Island)上的第一個永久性 LNG 接收站於 1964 年 10 月建成，此後，綜觀全球 LNG 進口的行業迅速發展，截至 2020 年 9 月為止，目前在 31 個國家包括已封存與正在興建的接收站共有 116 個陸上接收站。截至 2019 年底，大於 30,000 m³ 等級 LNG 運輸船總數為 541 艘，另外還有 126 艘已訂購的 LNG 船，其中 43 艘有望在 2020 年前交付，LNG 船可分為五個尺寸範圍，如表 3-2 所示。

表 3-2：LNG 船尺寸範圍

Category 分類	Capacity Size Range 儲槽容量範圍	Notes 備註
Small 小型	Up to 90,000 m ³	Mediterranean -Max ~75,000 m ³
Conventional (Small) 傳統 (小型)	120,000 - 149,999 m ³	Atlantic-Max ~ 165,000 m ³
Conventional (Large / New) 傳統 (大型/新建)	150,000 - 182,000 m ³	
Q-Flex	210,000 - 220,000 m ³	Qatar Q-class (Flexibility)
Q-Max	263,000 - 266,000 m ³	Qatar Q-class (Maximum)

與陸上接收站相比下，浮動式 LNG 接收站(Floating regasification storage units, FSRUs)運作歷史較短暫，2005 年第一台新建造的 FSRU 交付給 Excelerate Energy（以下簡稱 Excelerate），同年 Excelerate 第一個 FSRU 專案(Offshore Gulf Gateway project)於墨西哥灣上開始運作。自 2005 年第一個 FSRU 專案，截至 2020 年 9 月，FSRU 船總數已發展到 40 艘，還有其餘幾艘正在建造或進行考量中。

FSRU 可以為特定/潛在客戶提供服務的專案客製，也可以由現有的 LNG 船進行改裝。下表 3-3 列出了當前與原本 FSRU 名稱列表、新造船隻建造年份、進行改裝 FSRU 年份。此外，表中包括船舶 LNG 儲存能力、儲存系統、設計營運量（Million Tonnes Per Annum, MTPA）和船東，目前統計 FSRU 船隊大多數仍為新建單位，僅有少數由較舊 LNG 船改裝而成。目前全世界（LNG 船儲槽容量 $\geq 120,000$ m³，參見下圖 3-2），大多數新建的 FSRU 都使用薄膜型(Membrane)船舶，目前有兩個儲槽容量較小的新型 FSRU 使用 C 型（加壓）儲槽，然而目前世界上 FSRU 以 C 型儲槽打造在經濟性不大可行。起初主要針對價格低廉船齡較老球型(Moss) LNG 船改裝 FSRU，近兩次案例中則是對較新的 Membrane 型 LNG 船進行改裝，目前 Membrane 型 LNG 船為改裝的首選，因為此類型船舶提供較為平坦的甲板空間可安裝 LNG 再氣化設備。

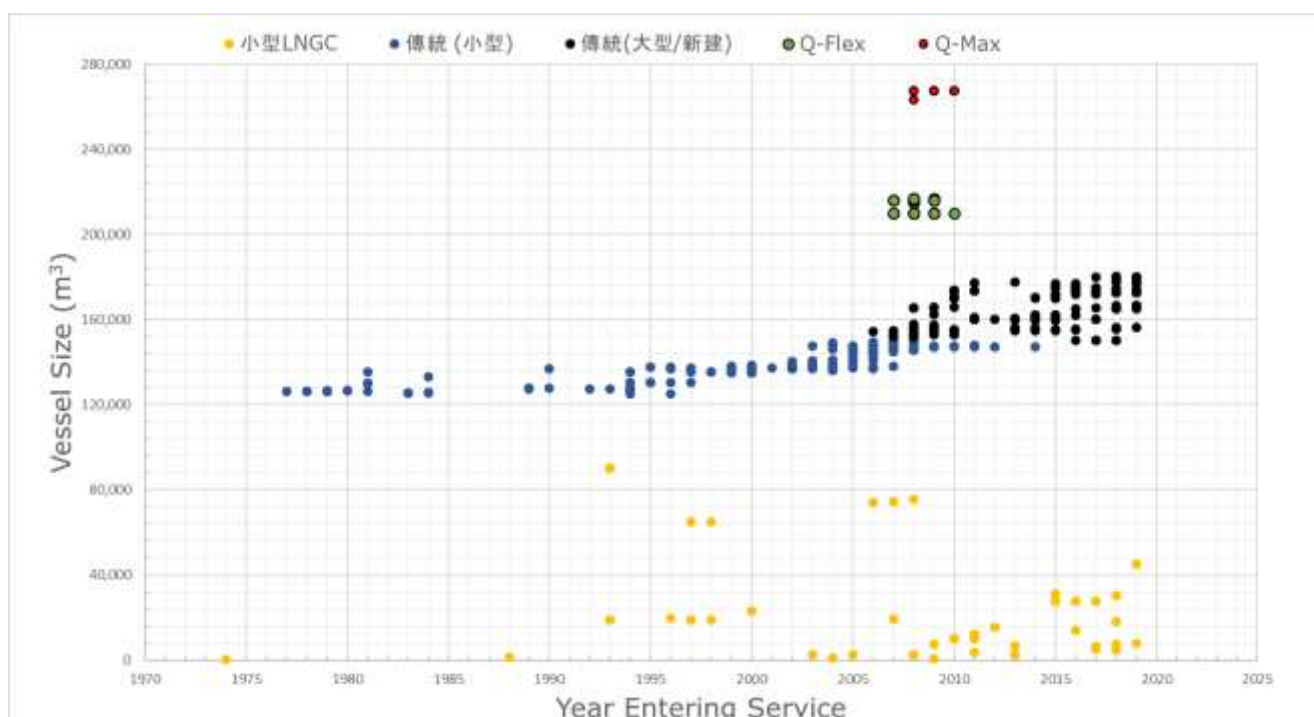


圖 3-2：目前市場當中 LNG 船尺寸範圍

2005 年至 2010 年間，早期建造的 FSRU 產能為 138,000~151,000 m³，自 2014 年來新建的 FSRU 都超過 170,000 m³（其中不包括兩個 C 型 FSRU 與 160,000 m³ Golar Eskimo，Golar Eskimo 為迄今唯一帶有硬臂可供並排 LNG 傳輸的 FSRU）。

表 3-3：FSRUs 列表

Vessel Name 船舶名稱	(ex Name) 舊稱	Built 打造年分	(Conv.)	Capacity (k m ³)	Cargo System	MTPA	Owner
Golar Freeze		1977	2010	125.0	Moss	3.6	Golar LNG
Nasantara Regas Satu	(Khannur)	1977	2012	125.0	Moss	3.0	Golar LNG
Golar Spirit		1981	2008	129.0	Moss	1.8	Golar LNG
KARMOL LNGT Powership	(Dwiputra)	1994	2020	127.4	Moss		KARMOL
FSRU Toscana	(Golar Frost)	2003	2013	137.5	Moss	2.8	OLT Offshore
Golar Winter		2004	2009	137.0	Membrane	3.8	Golar LNG
LNG Croatia	(Golar Viking)	2005	2020	140.2	Membrane	2.0	LNG Croatia-Golar LNG
Excellence		2005		138.0	Membrane	3.8	Excelerate Energy
Excelsior		2005		138.0	Membrane	3.5	Excelerate Energy
Summit LNG	(Excelerate)	2006		138.0	Membrane	3.8	Excelerate Energy
Explorer		2008		150.9	Membrane	6.0	Excelerate Energy
Express		2009		151.0	Membrane	3.8	Excelerate Energy
Exquisite		2009		150.9	Membrane	4.8	Nakilat-Excelerate

Vessel Name 船舶名稱	(ex Name) 舊稱	Built 建造年分	(Conv.)	Capacity (k m ³)	Cargo System	MTPA	Owner
BW Paris	(BW GDF Suez Paris)	2009	2019	171.8	Membrane	4.2	BW Gas
Neptune	(GDF Suez Neptune)	2009		145.1	Membrane	3.7	Höegh LNG
Cape Ann	(GDP Suez Cape Ann)	2010		145.1	Membrane	3.7	Höegh LNG
Exemplar		2010		150.9	Membrane	4.8	Excelerate Energy
Expedient		2010		150.9	Membrane	5.2	Excelerate Energy
Experience		2014		173.4	Membrane	6.0	Excelerate Energy
Golar Eskimo		2014		160.0	Membrane	3.8	Golar LNG
Golar Igloo		2014		170.0	Membrane	5.8	Golar LNG
Höegh Gallant		2014		170.0	Membrane	2.8	Höegh LNG
Independence		2014		170.0	Membrane	4.0	Höegh LNG
PGN FSRU Lampung		2014		170.0	Membrane	2.9	Höegh LNG
BW Singapore		2015		170.0	Membrane	5.7	BW Gas
Golar Tundra		2015		170.0	Membrane	5.5	Golar LNG
Höegh Grace		2016		170.0	Membrane	4.0	Höegh LNG
BW Integrity		2017		170.0	Membrane	5.0	BW Gas
Höegh Giant		2017		170.0	Membrane	3.7	Höegh LNG
MOL FSRU Challenger		2017		263.0	Membrane	4.1	MOL
S188	(Exmar FSRU)	2017		25.0	Type C	4.6	Exmar Offshore
Golar Nanook		2018		170.0	Membrane	5.5	Golar LNG
Höegh Esperenza		2018		170.0	Membrane	6.0	Höegh LNG
Höegh Gannet		2018		170.0	Membrane	5.5	Höegh LNG
Karunia Dewata		2018		26.0	Type C	0.3	JSK Group
Marshal Vasilevskiy		2018		174.0	Membrane	2.0	Gazprom
BW Magna		2019		173.4	Membrane	5.7	BW Gas
Höegh Galleon		2019		170.0	Membrane	3.7	Höegh LNG
Turquoise	(Turkey FSRU)	2019		170.0	Membrane	5.7	Kolin Construction
Excelerate Sequoia		2020		173.4	Membrane	6.0	Maran Gas Maritime

3.1.3 LNG 船與 FSRU 主要差異 (Key Differences between an LNGC and an FSRU)

要將現有的 LNG 船改裝為 FSRU，需進行大量修改和翻新，以下總結改裝的主要項目，由以下項目指出 LNG 船和 FSRU 之間的主要差異：

- 安裝再氣化裝置或再氣化產線（圖 3-3 為 Moss 型 LNG 船改裝為 FSRU 再氣化模組示意圖）。
- 安裝蒸發器壓縮設備 (BOG system)。
- 為出口的高壓氣體安裝硬式卸料臂，以及出口歧管連接。
- LNG 儲槽中安裝 LNG 進料泵（取代現有的貨泵），以向再氣化設備供應 LNG。
- 在現有主甲板歧管區上安裝船用 LNG 卸料臂或滑槽和低溫軟管的存儲裝置，以便船上的 LNG 氣體卸料與蒸發氣回收。
- 在主甲板上安裝快速解纜鉤和碰墊，使 LNG 船靠泊於 FSRU 旁邊得以順利進行 LNG 輸送。
- 安裝吊臂、鏈條製動器以及錨索相關設備，以便將碼頭繫泊纜繩拉入連接至 FSRU。
- 引擎室內安裝帶有專用再冷凝器的新型汽輪發電機，包括相關的配電盤和變壓器。
- 在泵浦室中安裝海水泵浦，以向 LNG 氣化器提供海水。
- 在引擎室安裝氮氣製造器，並在主甲板、貨物區域安裝緩衝罐。
- 安裝新的管線系統，其中包括 LNG/燃氣系統、氣體出口/排放系統、蒸汽系統、海水系統的閥門與儀表。
- 升級現有的自動化系統，涵蓋新的氣體監測或控制套件、配電盤、氣體出口、貨物系統等。
- 再氣化自動化系統與整合既有的自動化系統整合。
- 安全系統升級，包括緊急停機、運作過程停機、火災和氣體監測、滅火、灑水系統等。



圖 3-3：LNG 船安裝再氣化模組改裝為 FSRU(Source: Golar LNG)

因應桃園觀塘港臨時 FSRU 一案，正常情況下，FSRU 不會離泊，而是透過 LNG 船卸收 LNG 到 FSRU 的儲槽中，本案第 7.2 節介紹 LNG 從 LNG 船輸送到 FSRU 的選項，針對桃園觀塘港一案，建議使用低溫軟管進行輸送，因為此技術可幾乎可和所有 FSRU 兼容。

除了上述 FSRU 和 LNG 船之間差異外，FSRU 還需要進一步考慮以下層面：

- FSRU 的安全保護區和海事管制區
- 靠近人口地點，需考量風險分類和法規適用性
- FSRU 船舶推進力不是必備的，或可以考慮採用其他方法
- 考慮 FSRU 潛在晃動的問題時，用來選擇儲槽類型
- 需要/不需要進到乾船塢的連續運行（需船籍歸屬國和港口管理部門接受）
- 再氣化與餘裕的能力是多少
- 再氣化技術選擇和當地環境限制
- FSRU 繫泊方式的選擇
- 人員配備、船員資格和當地法規要求等

3.1.4 FSRU 船東及艦隊營運商 FSRU Ownership and Fleet Operators

FSRU 先驅是總部位於美國的 Excelerate Energy（以下簡稱 Excelerate）。Excelerate 是 LNG 儲存和再氣化服務廠商，也是接入全球市場點的開發商。2001 年，Excelerate 首次於船舶訂單將氣化設備納入第一台 FSRU 的設計中，2005 年至 2010 年間陸續建立 8 艘新船組成船隊，該船隊成立目的為專案供氣和再氣化服務，隨後又加入 1 艘，總計 9 艘於船隊當中；2019 年，與新進入 FSRU 市場的 Maran Gas Maritime 簽署為期 5 年的空船租賃協議（BareBoat Charter, BBC），2020 年交付於 Maran 公司的 FSRU（Excelerate Sequoia）可以選擇在 5 年的 BBC 協議中購買該船。

隨後分別由位於挪威的 Höegh LNG 和 Golar LNG 開始提供 FSRU 服務，如同 Excelerate，Höegh LNG 透過全新打造的船舶進入市場，而 Golar LNG 最初透過 4 艘改裝的船舶進入市場，這三個公司 FSRU 艦隊承接大部分的相關業務，2016 年以來，隸屬位於挪威 BW 集團的 BW 燃氣公司成為第四大 FSRU 服務廠商，這四個 FSRU 船隊船家/營運商利用表 3-4 中列出的 FSRU 船隻尋找專案與機會提供服務並透過租船製造營收，其他擁有 FSRU 的公司多為新公司僅具 1-2 艘的船隻。

表 3-4：目前市場 4 個主要的 FSRUs 船家/營運商

#	Excelerate Energy	Höegh LNG	Golar LNG	BW Gas
1	Excellence	Neptune	Golar Freeze	BW Paris
2	Excelsior	Cape Ann	Nasantara Regas Satu	BW Singapore
3	Summit LNG	Höegh Gallant	Golar Spirit	BW Integrity
4	Explorer	Independence	Golar Winter	BW Magna
5	Express	PGN FSRU Lampung	Golar Eskimo	
6	Exquisite	Höegh Grace	Golar Igloo	
7	Exemplar	Höegh Giant	Golar Tundra	
8	Expedient	Höegh Esperenza	Golar Nanook	
9	Experience	Höegh Gannet	LNG Croatia	
10	Excelerate Sequoia*	Höegh Galleon		

* Owned by Maran Gas Maritime chartered by Excelerate Energy.
Maran Gas Maritime 承租但由 Excelerate Energy 承租

除前面提到兩個較小的 FSRU 以外，另外仍有 5 艘其他 FSRU 正在運行；其中 2 個是為了專案而建造，分別為 OLT Offshore 的 FSRU Toscana 和 KARMOL 的 Karmol LNGT Powership；其他專案分別為 MOL 的 FSRU Challenger、Kolin Construction 的 Turquoise。考量桃園觀塘工業港建立 FSRU 一案的適用期限，未來勢必無法使用已經部署的 FSRU，除非原有租約或未來計畫被取消；以下敘述為案例，MOL 的 FSRU Challenger 最初根據為期 20 年的烏拉圭 FSRU 專案合約(FSRU GNL Del Plata)提供服務，一直到該專案被取消重新分配給 Turkish 專案，FSRU 預計 2020 年將由該專案移至香港。俄羅斯天然氣工業股份公司(Gazprom)的 Marshal Vasilevskiy 是為了 Kaliningrad 的 Gazprom 接收站而打造的，但目前作為 LNG 船營運，表 3-5 陳列目前造船廠正建造的 FSRU。

表 3-5：目前正在建造的 FSRU

FSRU Name FSRU 名稱	Year for Built 打造 年分	New Built / Convert 新建/改裝	Owner 船東	LNG Storage LNG 儲槽 (m ³)	Storage Type 儲槽類型	Regas Capacity 再氣化能力 (mmscfd)	Regas 再氣化 系統
Jafrabad FSRU	2020	New built	Swan Energy	180,000	Membrane		
HYUNDAI ULSAN 3095	2020	New built	Botas International	170,000	Membrane	1000	
Transgas Power (HUDONG-ZHONGHUA H1786A)	2021	New built	Dynagas	174,000	Membrane	500-750	Open & Closed
HUDONG-ZHONGHUA H1787A	2021	New built	Dynagas	174,000	Membrane	500-750	Open & Closed
SAMSUNG HI Koje 2255	2021	New built	PT Jawa Satu Regas PT	170,000	Membrane		
Wilhelmshaven FSRU	2023	New Built	MOL	263,000	Membrane		

3.1.5 FSRU 建造與改裝船廠 (Yards for FSRU Newbuilding or Conversion)

考量於桃園觀塘港因應短期氣化需求來建造一艘新的 FSRU，在商業價值上並不可行，迄今解決短暫需求的臨時方案可尋找正在建設中的尚未分配的船隻或是可能考慮舊的 LNG 船改裝。圖 3-4 顯示已交付新建的 FSRU 或將 LNG 船改裝為 FSRU 清單，當中包括正在建造的 FSRU 的造船廠，目前在 FSRU 新建市場中，韓國船廠佔據當前 FSRU 建造市場 75%，三個主要韓國船廠分別是：

- 大宇造船場(Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering, DSME)
- 現代造船廠 Hyundai
- 三星造船廠 Samsung

概而論之，改裝較有利於 LNG 船船東，若運輸公司已擁有船隻，這種改裝方法較有商業價值，並且可以避免較高的新船打造成本，目前有主導地位的 FSRU 改裝船廠位於新加坡，包括：

- 吉寶造船廠 Keppel Shipyard
- 勝科海事 Sembcorp Marine

2017 年以來，中國部分造船廠開始進入小型 FSRU 的市場，用於小規模（25,000 m³ 等級 LNG 儲槽）或 170,000 m³ 等級 FSRU，惠生 Wison 和 PaxOcean 建造了小型 FSRU，分別為 25,000 和 26,000 m³。

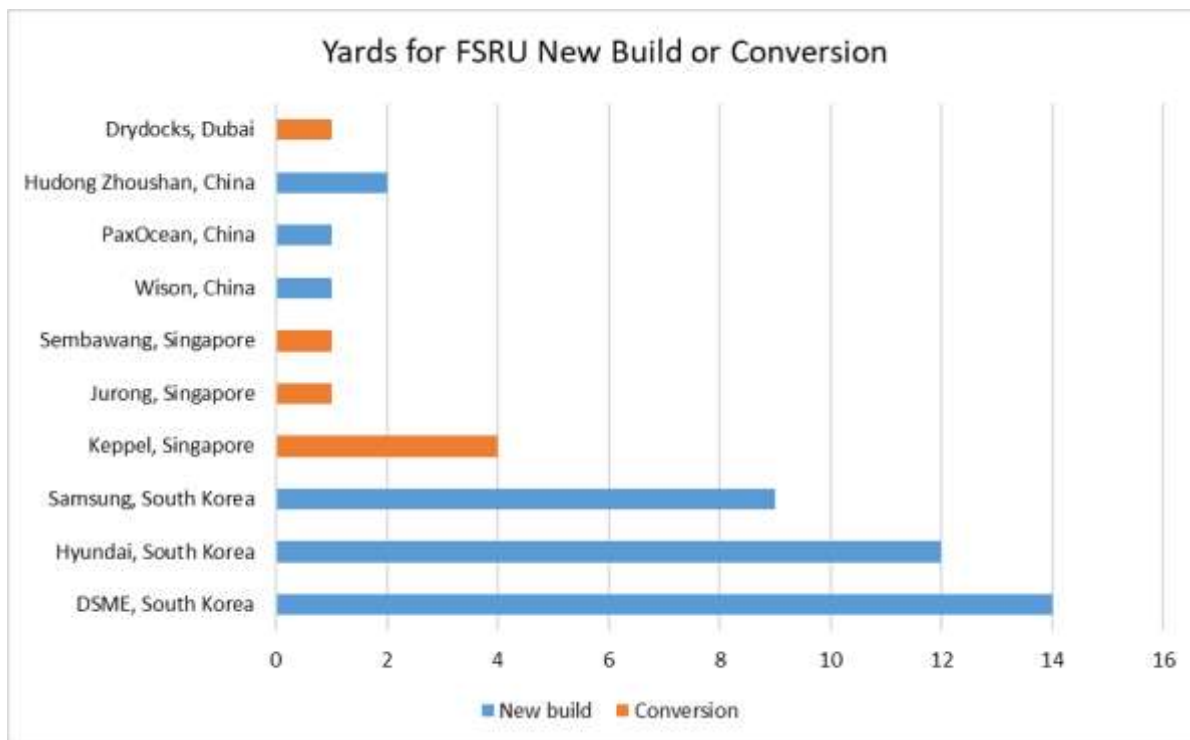


圖 3-4：新建或改裝 FSRU 的船廠

3.1.6 FSRU 液化天然氣容量尺寸與容載型式 (FSRU Size for LNG Storage Capacity and Type of Containment)

LNG 業得益於當前經濟規模，故市場隨趨勢需要更多的 LNG 運輸船，上圖 3-5 明顯指出用於 FSRU 的 LNG 儲槽尺寸的發展趨勢。

用於 FSRU 的 LNG 儲槽尺寸：

- 多數 FSRU 船的 LNG 儲槽容量為 125,000~180,000 m³。
- 大多數包括訂單在內新建的 FSRU，通常使用 Membrane 型的 LNG 儲槽，其容量約為 170,000 m³。
- 改裝較舊船隻 Moss 型 LNG 儲槽的 FSRU 船隻通常容量僅有 125,000~137,000 m³（這是當時建造船隻最大的 LNG 船尺寸）。
- 當前最大的 FSRU 為 263,000 m³（相當於 Q-Max LNG 船），其中一艘交付（MOL FSRU Challenger），另一艘在仍在建造。
- 有兩個採用 C 型儲槽的小型 FSRU（25,000 m³ 和 26,000 m³）。

- 市場上沒有大小為 216,000 m³（相當於 Q-Flex LNG 船）的 FSRU。

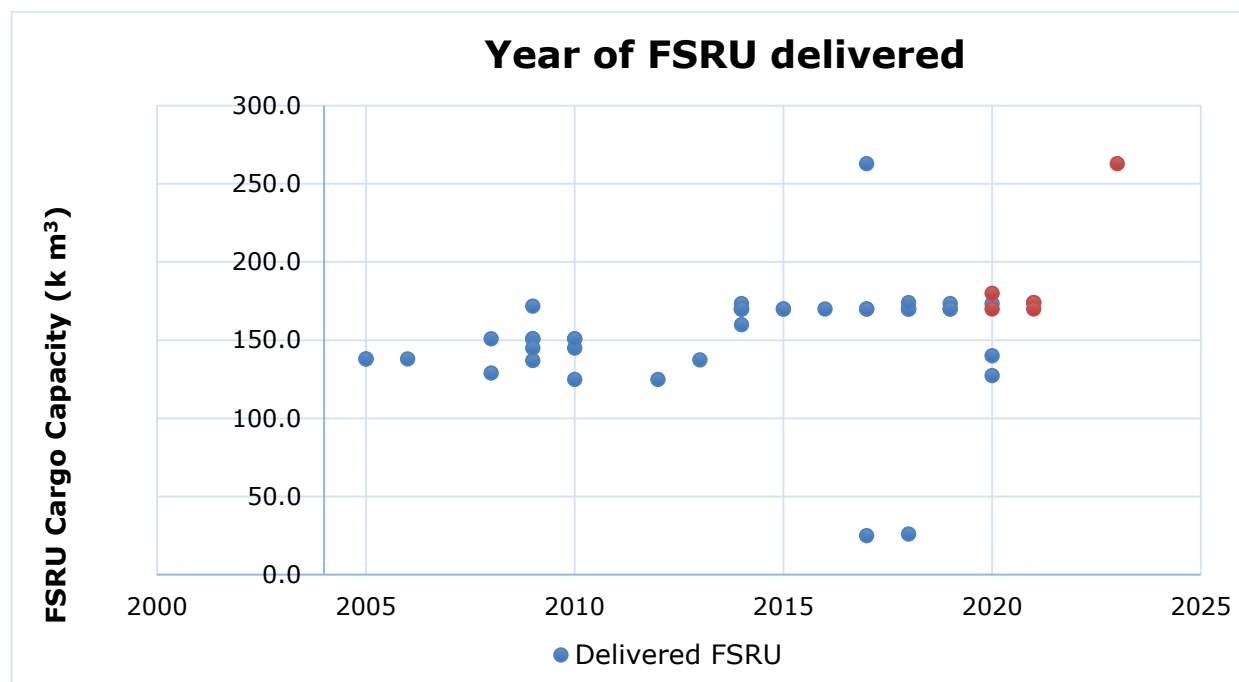


圖 3-5：市場中 FSRU LNG 儲存空間發展趨勢

所有新建的 FSRU（不包括兩個小型船隻）均使用 Membrane 型船槽，Excelerate、Höegh FSRU 所有儲槽亦使用 Membrane 型船槽。

Moss 型 FSRU 在部分充填(Partial filling)時不易受到晃動的影響，但通常尺寸較小，下表 3-6 列出了 Moss 型和 Membrane 型 LNG 容載系統的主要優點和缺點，Membrane 型和 Moss 型的容載系統均被考量為適用於 FSRU。

就以晃動風險而言，Moss 型儲槽顯然是兩種型式中較好的選擇，然而有鑑於本案現場海洋環境平穩，且在觀塘工業港建造了防波堤，因此預計晃動的風險低，Membrane 型同樣適合本案。

表 3-6：球型(Moss)與薄膜型(Membrane)容載系統差異比較

	Moss type 球型	Membrane type 薄膜型
Advantages 優點	Mature, proven and widely used technology for floating LNG applications. Tanks constructed and installed as independent units. Easy access for inspection and repair offshore. - 技術成熟並為廣泛使用的浮動 LNG 技術。 - LNG 儲槽作為獨立的單元建造和安裝。 - 易於檢修和海上維修。	Mature, proven and widely used technology for floating LNG applications. Provides better deck space for topside equipment when compared to Moss containment system. Space efficient (larger tanks at lower costs), allowing opportunity to receive LNG parcel from larger LNGCs ($> 150,000\text{m}^3$). - 技術成熟並為廣泛使用的浮動 LNG 技術。 - 與 Moss 型相比，為頂部設備提供了更好的甲板空間。 - 具有較大空間優勢（儲槽更大，成本更低），將有機會從更大的 LNG 船（$> 150,000\text{m}^3$）接收 LNG。
Disadvantages 缺點	Large structures, therefore leaving limited deck space for topside equipment. However, for the send-out capacity considered, it is expected that the topside equipment (regasification skid) can be fit in the available deck space of the FSRU. Existing LNG vessel with moss containment system are generally older vessels and are with capacities of less than $150,000\text{m}^3$. - 此型式為大型結構，因此為頂部設備留出了有限的甲板空間。但是考量輸送能力，可以將頂部設備（再氣化滑板）安裝在 FSRU 可用甲板區域中。 - 現有的 Moss 型容載系統的 LNG 船通常是較舊的船，容量小於 $150,000\text{m}^3$。	Sloshing risk can potentially be mitigated by implementing a cargo management plan to avoid critical filling levels under defined environmental conditions. However, an assessment should be carried out to ensure that sloshing risk, if present at the location of interest, can be mitigated and membrane tank technology provider shall be consulted to confirm the risk and the risk mitigations. Leak detection, inspection and repair of membrane tanks are generally not possible to be performed offshore, which would normally pose a problem for permanently moored system. However, GTT has developed a hydraulic arm which can be introduced into the tank through the gas dome to facilitate access to all areas of the tank for inspection and eventual repair, minimizing the requirement for the installation of scaffolding. - 可通過實施貨物管理計劃避免晃蕩風險，進一步避免在規定的環境條件下達到臨界的充填水平。若存在於敏感的位置，應先評估以確保減輕晃蕩的風險，應諮詢薄膜式儲存技術廠商來確認風險和緩解風險方法。 - 通常無法在海上進行薄膜式儲槽的洩漏檢測、檢查和維修，永久性繫泊系統會因此產生問題。但是，GTT 已開發出一種液壓卸料臂，可以通過 Gas dome 插入到儲槽中，以便進入儲槽所有區域進行檢查與最終維護的需求，大幅度地減少了安裝鷹架的需求。

3.1.7 FSRU 的再氣化技術(Regasification Technology for FSRU)

LNG 再氣化需要熱源提供氣化能量，將 LNG 提高至足以氣化天然氣的溫度來將 LNG 由液態轉為氣態。世界上陸上的 LNG 進口和再氣化接收站，LNG 再氣化主要由開架式氣化器（Open Rack Vaporiser, ORV）和沉浸式燃燒器（Submerged Combustion Vaporiser, SCV）技術主導；ORV 通常在海水溫度較高處使用，SCV 則作為備用，單純的 SCV 用於較冷的氣候。

常應用於陸上 LNG 氣化技術，可能不容易被直接應用於船上做為海上浮動式方案，如：

- 在船舶運動期間，採用陸上 LNG 氣化技術 ORV，LNG 填充管束上落水幕的問題仍需有待解決。
- 水池中的氣壓變形導致 FSRU 晃動，因此使用 SCV 存在了氣焰燃燒時穩定性的問題。
- 由於空間需求大，空氣氣化器不合適（僅陸上小規模運用中適用）。

離岸再氣化技術設施重點在於殼管式(Shell and Tube)熱交換器、板式(Printed Circuit)熱交換器等技術，這些技術直接或通過中間介質氣化器（Intermediate Fluid Vaporiser, IFV）中的中間介質（例如丙烷或水和乙二醇的混合物）使用蒸汽或海水等熱介質進行熱交換；使用丙烷作為中間介質時氣化器並不會凍結，但丙烷具有高危險性，需要安排定期檢查並納入安全風險評估及應變計劃中。

以下常見氣化選項可用於 FSRU：

- 閉迴路：蒸汽作為熱源，直接氣化 LNG 或加熱來提供 LNG 氣化器中間介質熱量（圖 3-6），因此除了使用氣體提高鍋爐中的蒸汽外，對環境沒有任何影響。
- 開迴路：以海水用作熱源，海水直接通過 LNG 氣化器（圖 3-7）或通過中間介質（圖 3-8）。
- 組合系統：同時使用開迴路和閉迴路，可以利用組合系統（如，可以直接使用海水，首先要用船上鍋爐的蒸汽加熱海水），海水幾乎可以在與抽取時相同的溫度下返回，減少對海洋生物影響，但必須使用殺菌劑以防止管線結垢。

圖 3-7 和圖 3-8 顯示海水直接作為熱源或中間介質系統（乙二醇、水或丙烷）的 FSRU 的開迴路海水系統簡化示意圖。

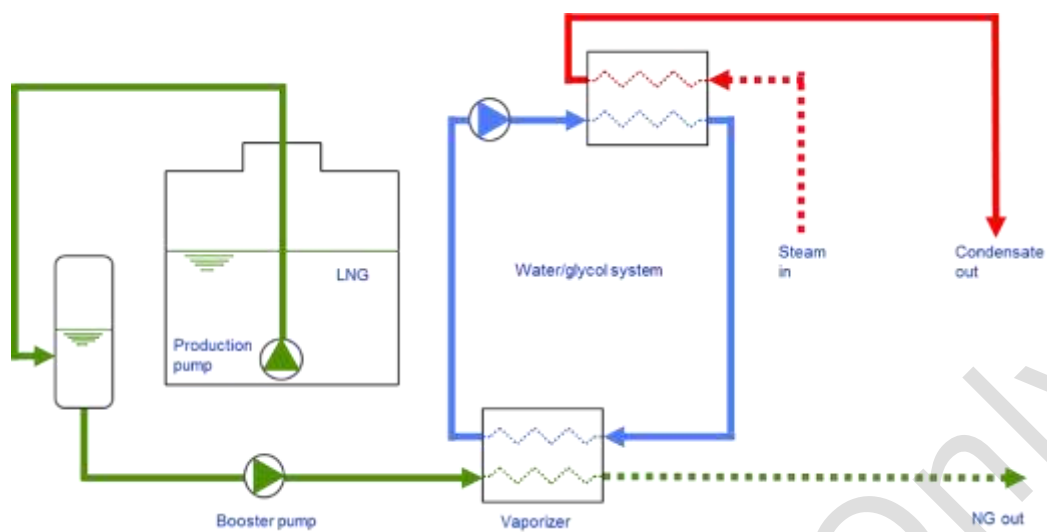


圖 3-6：附帶蒸汽加熱水/乙二醇中間介質的閉迴路系統

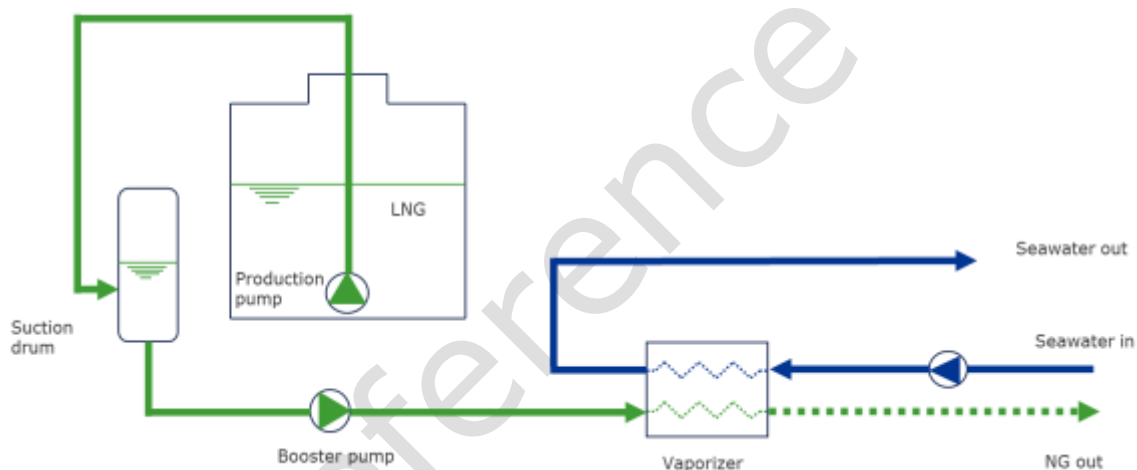


圖 3-7：海水直接加熱開迴路系統

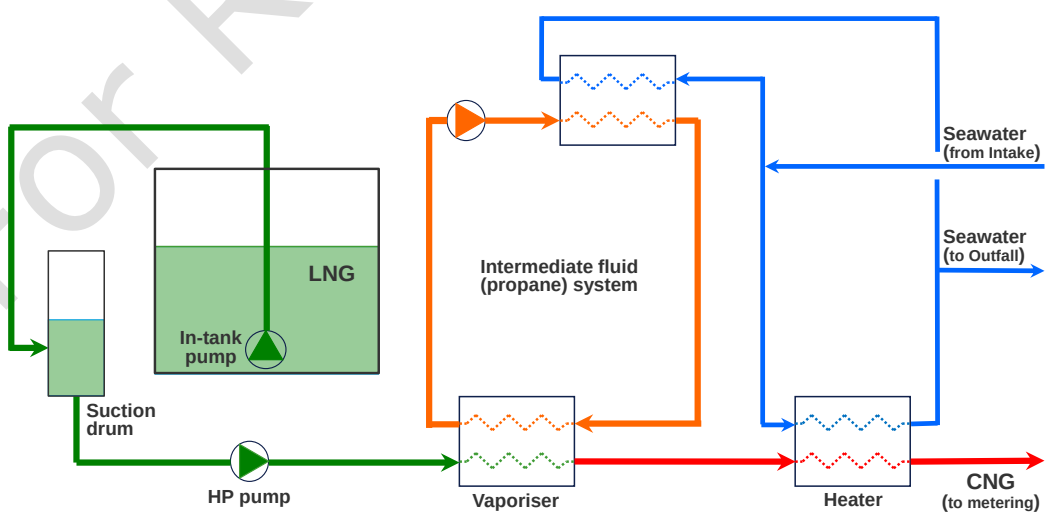


圖 3-8：中間介質進行開迴路系統加熱

當前 FSRU 市場中大多為開迴路系統和組合式 LNG 氣化系統（詳如圖 3-9），最初的 8 台 Excelerate 新建的 FSRU，每艘配備 6 台再氣化設備線，每艘船均能根據需要在開迴路、閉迴路或聯合運行間進行功能切換，為了完成離岸 LNG 氣化的任務，所有 Excelerate 新建於 2005 至 2010 年的 FSRU 均可通過以下三種方式之一來進行氣化操作^{/22/}：

- 閉迴路模式，其中來自 FSRU 鍋爐的蒸汽用於加熱再氣化設備中流經管殼式氣化器循環的水，因此此模式下 FSRU 海水使用量最少。
- 開迴路模式，通過 FSRU 的海水箱吸入相對溫度較暖的海水，以溫度較高的海水作為熱源，穿過管殼式氣化器的外殼使 LNG 氣化，在此過程中海水溫度降低了約為 7°C，因此開迴路模式不適用於低於 7.2°C 海水溫度。
- 組合模式，當 FSRU 鍋爐的蒸汽加熱時，可以使用溫度介於 7.2°C 和 14.4°C 間的海水，為 LNG 氣化提供足夠的熱量。

Golar Spirit（巴西港口改裝的 FSRU）使用來自鍋爐的蒸汽直接加熱和蒸發 LNG，Wartsila 油氣系統（以前稱為 Hamworthy 油氣系統）為許多 Höegh 和 Golar FSRU 設計了再氣化模組，陳列如表 3-7。

大部分 FSRU 再氣化能力均滿足大於 360 mmscfd（約 3 MTPA）的輸氣率，再氣化設備通常由氣化線安排，通常設置 3 至 4 列氣化線，其中 1 列為備用，每列線再氣化能力約為 1.5 MTPA，配置氣化量主要根據設計基本負荷/峰值負荷加氣能力要求以及維護注意事項，再氣化線的線佈置主要基於甲板空間和甲板容量，較大的甲板空間和甲板容量可增加再氣化線的可擴展性。

表 3-7：Höegh 與 Golar FSRU 再氣化線型式(source: Wartsila)

FSRU	Trains	Per train (tonne/hr)	FSRU capacity (tonne/hr)	Regas system
GDF Suez Neptune	3 x 33%	210	630	Steam heated water-glycol
GDF Suez Cape Ann	3 x 33%	210	630	Steam heated water-glycol
Golar Winter	3 x 50%	230	460	Seawater-propane
Golar Freeze	3 x 50%	230	460	Seawater-propane
Nauantara Regas Satu (Golar Khannur)	3 x 50%	220	440	Seawater-propane
PGN FSRU Lampung	3 x 33%	112	336	Seawater-propane
Independence	4 x 33%	115	345	Seawater-propane

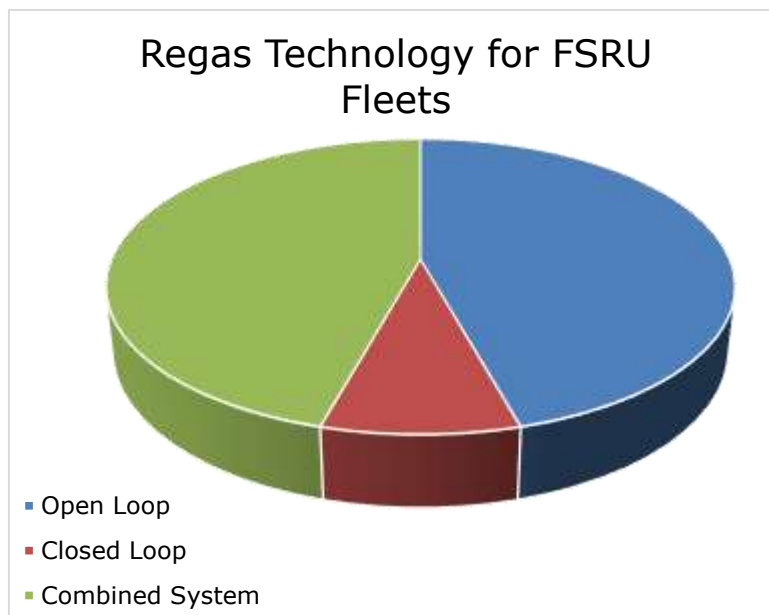


圖 3-9：FSRU 再氣化技術使用分布

開迴路系統透過燃燒 FSRU 上的 BOG 來加熱產生蒸氣，與開迴路系統相比其收益損失與大氣排放都比較高。開迴路系統明顯的降低燃料的需求，開迴路系統通常只需要閉迴路燃料需求約三分之一。開迴路系統依靠海水作為加熱介質，出水溫度降低約 7°C 左右，因此開迴路系統需要於溫暖海水的區域才能有效運行，FSRU 得運用組合模式，FSRU 鍋爐中的蒸汽將 7°C 至 14°C 的海水加熱，供給殼管式熱交換器足夠的熱量氣化 LNG。

除上述殼管式熱交換器外，一些 FSRU 再氣化機組中利用板式熱交換器（Printed Circuit Heat Exchangers, PCHE），以丙烷作為介質使開迴路能在低至 8°C 的環境進行再氣化（開迴路設計使用海水作為加熱介質，在海水與 LNG 中間具有丙烷迴路，避免在熱交換器中凍結）；與板式熱交換器相比，管殼式換熱器的極限海水進口溫度約為 14°C ，根據圖 3-10 桃園月海面溫度數據統計，從 2000 年到 2019 年，本案區域全年平均海水溫度都在 14°C 以上，建議可以考慮採用開迴路系統，於某些月份（12 月至 3 月），海水溫度可能降至 11.5°C ，在此期間若 FSRU 再氣化是配備殼管式熱交換器，可考慮採用閉迴路模式或是組合模式，若再氣化線配備 PCHE，則觀塘港 FSRU 全年均可以開迴路操作。

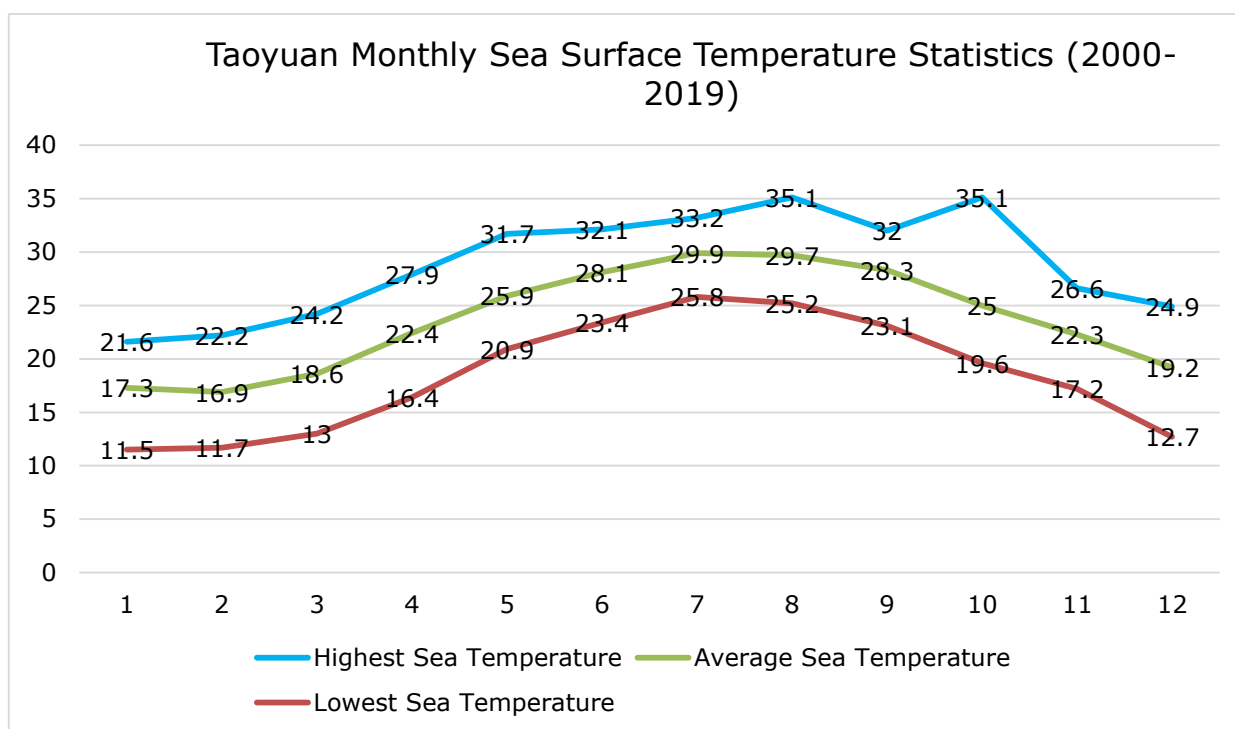


圖 3-10：觀塘每月海水表面溫度統計（2000～2019）^{/23/}

3.1.8 潛在可租賃的 FSRU (Potential FSRUs for Lease)

FSRU 可作為浮動式 LNG 接收站組或作為常規 LNG 船來為船東製造營收，船東會尋求高商業價值的再氣化專案，通常 FSRU 船東會尋找投資組合使其營收最大，並在尋找專案時抓準時機投資新船隻，如，Höegh LNG 許多 FSRU 現今以 LNG 船的形式運行，該公司目前有四艘可用船隻，該公司主要目標是確保所有短期 LNG 船合約在 2021 年底前可獲得長期 FSRU 合約。目前這些船隻用於四個專案；其中兩個在澳洲，一個具有獨家經營權，另一個已簽署定期租船合同，剩餘兩個專案，其中一個在印度具有獨家經營權，在 2023 年一項拉丁美洲啟動的專案擁有優先競標的權利。除此之外，Höegh LNG 目前於印度、南美和菲律賓陸續招標，再加上兩個雙邊項目，其中一個位於大西洋盆地，可能在 2021 年啟動，另一個位於 Cyprus 的專案已經提交^{/24/}。

目前市面上有許多新建的 FSRU，包括正在打造、尚未設置於專案當中（無論出於何種原因，如：延遲，推遲和取消專案）以及執行任務中的 FSRU，下表 3-8 列出了目前尚未部署於專案上的 FSRU，桃園觀塘港可透過租賃方式來建立 FSRU 一案。總結上述 FSRU 的一些關鍵技術資料（詳如表 3-9，包含儲槽容量、再氣化能力、儲槽尺寸、吃水深與船舶噸位）。

表 3-8：當前可供本案租賃潛在 FSRU

FSRU Name FSRU 船名	Owner 船東	Storage 容量(m ³)	Status 狀態
EXPRESS	Excelerate Energy	150,900	Now operating as LNGC 目前作為 LNG 船
EXEMPLAR	Excelerate Energy	150,900	Now operating as LNGC 目前作為 LNG 船
GOLAR SPIRIT	Golar LNG	129,000	Laid up since June 2017 自 2017 年 06 月起擱置
NUSANTARA REGAS SATU (ex Khannur)	Golar LNG	125,000	In operation from 2012. Charter to PTNR, expiry date Q4 2022. 2012 年開始運作，FSRU 租賃合約 2022 年第 4 季到期。
GOLAR IGLOO	Golar LNG	170,000	Currently chartered to Kuwait National Petroleum Company, expiry date Q4 2021. 目前租賃給科威特石油公司，租約有效日期至 2021 年第 4 季。
GOLAR TUNDRA	Golar LNG	170,000	Now operating as LNGC 目前作為 LNG 船
HÖEGH GALLEON	Höegh LNG	170,000	Now operating as LNGC. Intermediate charter to 1H 2021. 現在作為 LNG 船，中期租約至 2021 年前半年度
HÖEGH GANNET	Höegh LNG	170,000	Now operating as LNGC. Intermediate charter to 1H 2021 with a 1-year extension option. 現在作為 LNG 船，中期租約至 2021 年前半年度，並有 1 年延長合約選擇
HÖEGH GIANT	Höegh LNG	170,000	Now operating as LNGC. Intermediate charter to Naturgy till end of 2020 with a 1-year extension option. 現在作為 LNG 船，與 Naturgy 公司中期租約至 2020 年，並有 1 年延長合約選擇
HÖEGH ESPERANZA	Höegh LNG	170,000	Höegh Esperanza is currently on contract with CNOOC until June 2021. The time charter is for 3 years with a one-year extension option. Followed by longer term charter to AGL to end of 2030 (conditional on FID) Höegh Esperanza 目前與 CNOOC 簽有合約，合約期至 2021 年 6 月；合約期長 3 年，有 1 年延長合約選擇，隨後是到 2030 年底與 AGL 長期租約（以 FID 為條件）
HÖEGH GALLANT	Höegh LNG	170,000	Now operating as LNGC. Long term contract with HLNG to 2025. 現在作為 LNG 船，與 HLNG 長期租約至 2021 年前半年度

FSRU Name FSRU 船名	Owner 船東	Storage 容量(m ³)	Status 狀態
BW Paris (ex BW GDF Suez Paris)	BW LNG	171,800	Now operating as LNGC 目前作為 LNG 船
MARSHAL VASILEVSKIY (ex Kaliningrad FSRU)	Gazprom	174,100	Now operating as LNGC 目前作為 LNG 船

目前市場競爭，FSRU 船東往往傾向訂立中長期租船合約的目標，取得新合約的過程競爭激烈，包含篩選與招標過程，於市場中熟稔的 FSRU 參與人有豐富的安全記錄和操作經驗較具有競爭優勢，考慮 FSRU 潛在合約或租賃時，要考慮許多問題，包括：

- FSRU 佈署經驗和船舶品質
- 技術能力（包括派遣要求）以及經考驗的安全運營歷史和聲譽
- FSRU 機組人員素質和經驗
- 行業聲譽和客戶服務
- 財務歷史和財務穩定
- 滿足客戶要求和期許
- 租船價格的競爭力
- 合約條款 – 願意在租船協調過程接受某些運作過程風險，如允許不可抗外力事件而停止租船

表 3-9：具有租賃潛力的 FSRU 主要技術資料

FSRU Name FSRU 船名	Owner 船東	LNG Storage LNG 容量 (m ³)	Base/Peak Regas Capacity 再氣化能力 (mmscfd)	Regas (Open/ Closed Loop) 再氣化系統	Tonnage (DWT) 噸位	Dimensions (length LOA x beam) 尺寸	Draft (m) 吃水深度
EXPRESS	Excelerate Energy	150,900	500 / 600	Open & Closed	83,277	291.0m x 43.5 m	12.4m
EXEMPLAR	Excelerate Energy	150,900	500	Open & Closed	83,125	291m x 43.5 m	12.4m
GOLAR SPIRIT	Golar LNG	129,000	242	Closed	80,239	289m x 44.6m	12.5m
NUSANTARA REGAS SATU (ex Khannur)	Golar LNG	125,000	485	Open (IFV)	73,074	293m x 41.66m	15m
GOLAR IGLOO	Golar LNG	170,000	728 / 750	Open (IFV)	87,015	292.5m x 43.4 m	12.3m (summer)
GOLAR TUNDRA	Golar LNG	170,000	728	Open (IFV)		280.6m x 43.4 m	12.2m (summer)
HÖEGH GALLEON	Höegh LNG	170,000	750		82,250	297.5m x 43.4m	12.5m
HÖEGH GANNET	Höegh LNG	170,000	1000		92,008	294m x 46m	12.6m
HÖEGH GIANT	Höegh LNG	170,000	750	Open (IFV)	92,008	294m x 46m	12.6m
HÖEGH ESPERANZA	Höegh LNG	170,000	750	Open & Closed	92,008	294m x 46m	12.6m
HÖEGH GALLANT	Höegh LNG	170,000	500	Open (IFV)	93,663	294m x 46m	12.6m
BW Paris (ex BW GDF Suez Paris)	BW LNG	171,800	550-750	Open Loop		294m x 42m	11.5m
MARSHAL VASILEVSKIY (ex Kaliningrad FSRU)	Gazprom	174,100	600		93,292	294.7m x 46.4m	12.5m (summer)

3.1.9 改裝為 FSRU 的 LNG 船 LNG Carrier Fleets (216,000 m³ Size) for FSRU Conversion)

當前市場中沒有為 216,000 m³ 等級的 Q-Flex LNG 船改裝的 FSRU，若桃園觀塘港需要 216,000 m³ 等級 FSRU，則需要下訂新船隻，或者採購再改裝現有的 Q-Flex LNG 船，2007 至 2010 年間共建造 31 艘 Q-Flex LNG 船，列於下表 3-10，在考量這些船隻的規模與船齡，這些船隻會維持著較高的轉售價格。

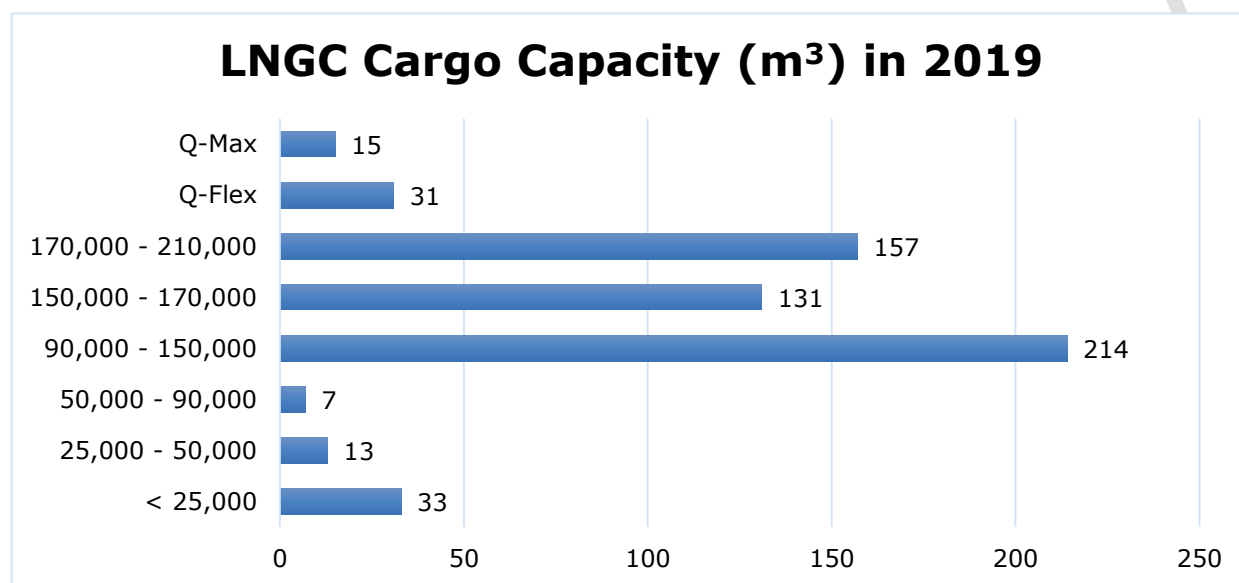


圖 3-11：2019 年統計之 LNG 船（以船舶等級為分類條件）(source: GIIGNL Annual Report^{/25/})

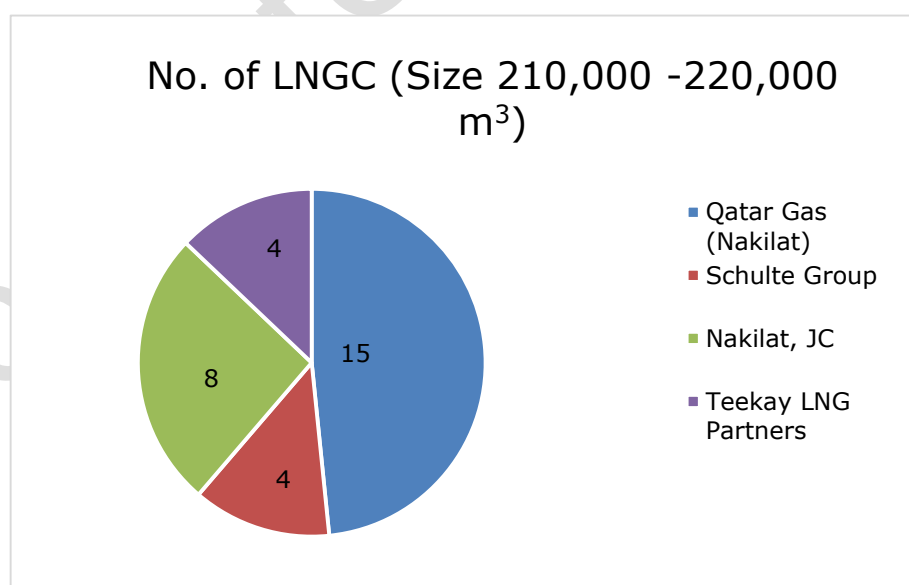


圖 3-12：210,000~220,000 m³ 等級 LNG 船船東(source: GIIGNL Annual Report^{/25/})

表 3-10 : 210,000~220,000 m³ 等級 LNG 船列表 (source: GIIGNL Annual Report/^{25/})

Sr. No.	Built	Vessel Name	Capacity (m ³)	CCS	Owner	Builder	Manager
1	2007	Al Gattara	216,224	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	HHI	Nakilat Shipping
2	2007	Al Ruwais	210,100	Membrane	Schulte Group	DSME	Pronav Ship Mngt
3	2007	Al Safliya	210,134	Membrane	Schulte Group	DSME	Pronav Ship Mngt
4	2007	Tembek	216,000	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	SHI	Nakilat Shipping
5	2008	Al Aamriya	210,168	Membrane	Nakilat, JC	DSME	MOL LNG Europe
6	2008	Al Ghariya	210,100	Membrane	Schulte Group	DSME	Pronav Ship Mngt
7	2008	Al Gharrafa	216,224	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	HHI	Nakilat Shipping
8	2008	Al Hamla	216,000	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	SHI	Nakilat Shipping
9	2008	Al Huwaila	217,000	Membrane	Teekay LNG Partners	SHI	Teekay Shpg. (Gla)
10	2008	Al Kharsaah	217,000	Membrane	Teekay LNG Partners	SHI	Teekay Shpg. (Gla)
11	2008	Al Khuwair	217,000	Membrane	Teekay LNG Partners	SHI	Teekay Shpg. (Gla)
12	2008	Al Oraiq	210,100	Membrane	Nakilat, JC	DSME	K Line LNG Shpg.
13	2008	Al Sahla	216,200	Membrane	Nakilat, JC	HHI	NYK LNG Shipmngt.
14	2008	Al Shamal	217,000	Membrane	Teekay LNG Partners	SHI	Teekay Shpg. (Gla)
15	2008	Al Thumama	216,200	Membrane	Nakilat, JC	HHI	NYK LNG Shipmngt.
16	2008	Al Utouriya	215,000	Membrane	Nakilat, JC	HHI	NYK LNG Shipmngt.
17	2008	Duhail	210,100	Membrane	Schulte Group	DSME	Pronav Ship Mngt
18	2008	Fraiha	210,100	Membrane	Nakilat, JC	DSME	MOL LNG Europe
19	2008	Murwab	210,100	Membrane	Nakilat, JC	DSME	MOL LNG Europe
20	2008	Umm Al Amad	210,101	Membrane	Nakilat, JC	DSME	K Line LNG Shpg.

Sr. No.	Built	Vessel Name	Capacity (m ³)	CCS	Owner	Builder	Manager
21	2009	Al Ghashamiya	217,000	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	SHI	STASCO (Shell)
22	2009	Al Karaana	210,191	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	DSME	STASCO (Shell)
23	2009	Al Kharaitiyat	216,200	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	HHI	STASCO (Shell)
24	2009	Al Khattiya	210,196	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	DSME	STASCO (Shell)
25	2009	Al Nuaman	210,184	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	DSME	STASCO (Shell)
26	2009	Al Rekayyat	216,200	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	HHI	STASCO (Shell)
27	2009	Al Sadd	210,100	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	DSME	STASCO (Shell)
28	2009	Al Sheehaniya	210,166	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	DSME	STASCO (Shell)
29	2009	Mesaimeer	216,200	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	HHI	Nakilat Shipping
30	2009	Onaiza	210,100	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	DSME	STASCO (Shell)
31	2010	Al Bahiya	210,185	Membrane	Qatar Gas (Nakilat)	DSME	STASCO (Shell)

3.1.10 FSRUs 市場未來趨勢與小結 Conclusions and Future Trends for FSRUs

除某些小眾市場外，目前 FSRUs 全球趨勢相當明瞭，市場上新的船隻根據可靠與標準化設計打造，市場趨勢顯示過去 6 年內多數已交付與目前仍在建設中的新造船隻將繼續採納 170,000~180,000 m³ 的 LNG 儲槽容量打造，換言之，這是 LNG 業「LNG 船標準尺寸」，可預期短期至中期發展上，此容量等級區間仍會是打造時的首選尺寸。

當前有一個已經建造但最終專案取消的 Q-Max 等級 FSRU，以及一個考量特定專案並在建設中的船隻，並沒有建造中或訂購 Q-Flex 等級的 FSRU。Q-Max 和 Q-Flex 等級 FSRU 屬於本行業的客製訂單，預計目前考量短期或中期，有投資機會的 FSRU 均不會採用 Q-Flex 等級的船隻；實際上自 2010 年以來已經沒再打造過 Q-Max 或 Q-Flex 尺寸的 LNG 船。通常針對特定專案才會選擇改裝 LNG 船，LNG 船改裝成 FSRU 沒有定性化趨勢，DNV GL 推測會與打造新的 FSRU 趨勢不同；改裝的範圍會取決於容載系統類型（球型或薄膜型），也可能會根據 LNG 船本身條件而有所不同。

針對桃園觀塘港的 FSRU 一案，總結 FSRU 典型的時間需求尺度：

- 新建 – 通常在訂購後約 36 個月後完成。
- LNG 船改造 – 期程長度取決於修改程度，但通常在船隻採購後並通知進行改造約 18 個月完成。
- 現有船隻的租賃（包括正在建造的） – 一旦任何現有的短期 LNG 船租船合約到期或是正在建造但並未分配的船舶交付皆可考慮被承租。

3.2 觀塘專用港 FSRU 評估

本小節回顧 FSRU 和 LNG 船採用繫泊設備停泊港口上的能力，可行性評估的因素包括：

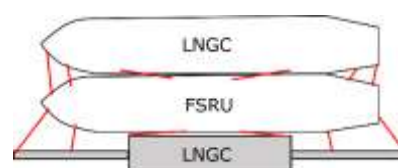
- 泊位附近的水深
- 環境負荷
- 碼頭容量
- 繫泊能力

針對桃園 FSRU 繫泊提出 3 種配置，各類型的 FSRU，其中包含 149,000、180,000 和 216,000 m³ 等級，與碼頭和繫泊設備荷載能力進行評估。本研究根據表 3-11 給訂的 FSRU 與 LNG 船組合要求進行評估，由於本案要求之繫泊配置，可行性研究僅考慮了 FSRU-LNG 船並排方式，其中值得注意的是並排方式大幅降低基礎設施成本與土地使用量，對於一些 LNG 運營商而言並排卸載方式為首要選擇。

表 3-11：FSRU / LNG 船等級組合與繫泊配置假設

Class type 船舶等級 (m ³)	DWT (t)	Length (m)	Beam (m)	T (m)	LNG vol. (m ³)
149,000 (138,000-160,000)	80,661	283.5	43.7	12.1	145,984
180,000 (160,000-190,000)	92,446	295.8	46.3	11.5	172,791
216,000 (210,000-220,000)	106,879	315.2	50.0	13.0	216,200

其中，DWT 為載重噸位；L 為船長，Beam 為船寬，T 為吃水深；LNG vol 為船泊儲槽容量。



Side-by-side mooring
configuration

船舶並排配置

首先，我們考量了碼頭可利用性，對水深、場址特性與環境負荷進行評估，將所有 FSRU 與 LNG 船（如：180,000 和 216,000 m³ 等級）並排停泊進行卸載整體可行性評估。

基於 OCIMF MEG4^{/26/} 中典型繫泊原理，針對 FSRU 和 LNGC 各個可行方案提出了繫泊配置和設備需求。有鑒於本公司在 FSRU 繫泊設計與實務經驗，並採用極限風速評估繫泊的能力，將同時考量 LNG 船解纜以及颱風期間 FSRU 解纜操作。

3.2.1 FSRU 配置 (FSRU Configuration)

3.2.1.1 碼頭可利用性 (Jetty availability)

目前 CPC 觀塘港專用碼頭的總長度為 694m，配置詳如圖 3-13 所示，不論 LNG 船與 FSRU 並排配置與否，一般碼頭都應該具有提供足夠的容量承受靠泊、環境或繫泊產生之荷載。

CPC 當前碼頭設計預計可用於 256,000 LNG 船（即 Q-Max 型）靠泊。因此，在此情況假設下，本案中考慮 3 個可能繫泊於碼頭的 FSRU 等級均小於 Q-Max 等級的 LNG 船。

為了進行高階可行性評估，可將碼頭允許最大排水限度與船舶組合之排水量進行比較，用以檢查碼頭結構、護舷和繫泊設備的適用性，此外本分析對防波堤保護水域中並排佈置的船隻，考量在風速與海流環境負荷下的碼頭荷載能力。可注意的一點是當第二艘船舶停泊第一艘船舶旁邊時提供部分屏蔽效應，故本案粗略假設第二艘船僅會將其自身約 50 %排水量加載於第一艘船上，本計報告書中 3.2.1.4 和 3.2.2.2 節將進一步評估 LNG 船和 FSRU 總負荷與碼頭繫泊能力的關係。

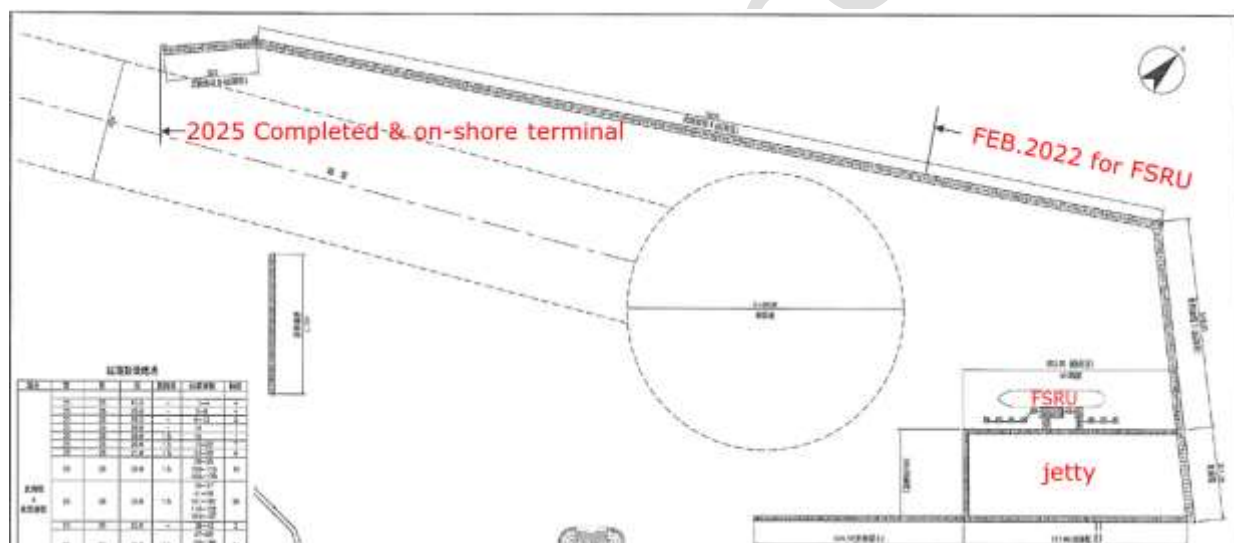


圖 3-13：桃園觀塘港 FSRU 碼頭配置

3.2.1.2 水深 (Water depth)

圖 3-14 中為局部觀塘港等深線圖，泊位附近確定最小水深為 17m，本案假定此水深為最低天文潮位 (Lowest Astronomical Tide, LAT)，考量船隻的最大吃水深度為 13m，故此位置於最低潮位時，海床底部與船底距離為 4m，繫泊指南要求考量船舶運動情況下，至少需要 0.5m 的距離，本港口防波堤遮蔽區域可為 3 個 FSRU 等級提供足夠船底間隙，並且有足夠大的迴船池 (900m) 輔助靠泊操作，然而應注意在此可行性評估中並未考量潮汐變化和暴潮情境，建議於未來在細部設計時予以考慮。

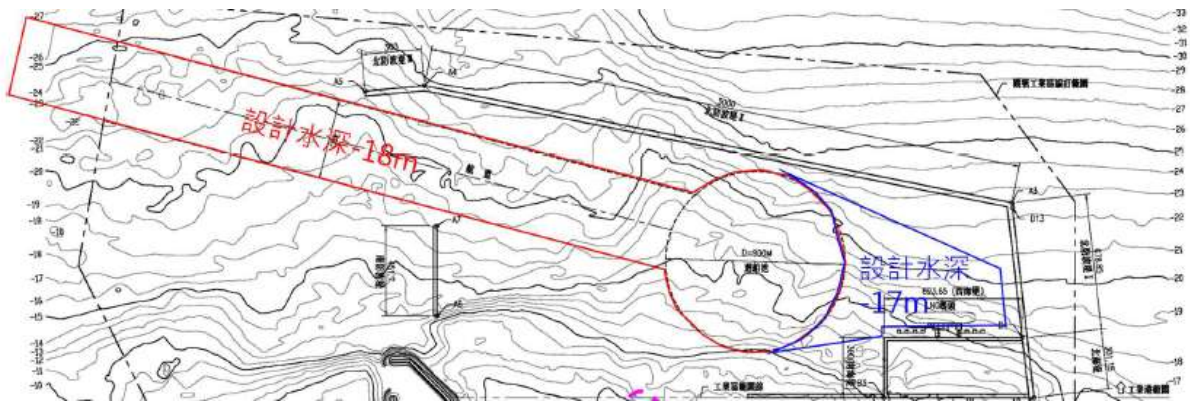


圖 3-14：桃園觀塘港 FSRU 靠泊碼頭海床深度

3.2.1.3 場址特性(Site characterisation)

A. 風(Wind)

LNG 船乾舷較高，並對風速對船舶上部結構有較多影響，與其他船舶相比 LNG 船和 FSRU 受風影響大。國際油輪與碼頭經營者協會(Society of International Gas Tanker and Terminal Operators, SIGTTO)、國際石油工業海洋論壇(Oil Industries International Marine Forum, OCIMF)、世界水上運輸基礎設施協會(World Association for Waterborne Transport Infrastructure, PIANC)提出風速影響 LNG 船時的運行條件建議，一般的停泊風速限制^{/26/}為 20~25 節（約 10~13 m / s），氣體卸載和卸收臂解開連結風速限制為 28~30 節（即 14~15 m / s）。

若為 Q-Max Zarga LNG 船停泊處極限風速限制為 23 m / s，最大允許浪高 1.5 m^{/27/}，根據本報告書第 4 章之資料指出桃園觀塘工業港 LNG 船解開連結限制為每分鐘風速大於 25 m / s。

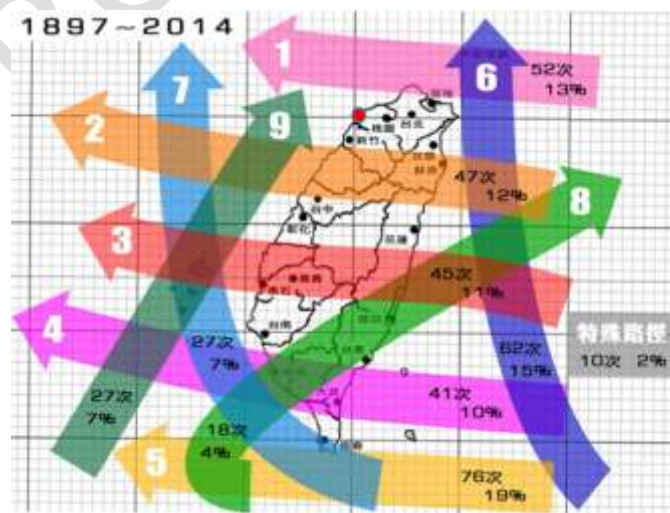


圖 3-15：颱風侵台路徑圖(1897-2014)^{/28/}

圖 3-15/²⁸/顯示 1897 年至 2014 年之間台灣遭遇颱風的軌跡，圖中紅點表示桃園觀塘工業港位置，由圖可看出軌跡 1、2 和 9 通過時鄰近本案研擬之 FSRU 碼頭，資料指出最大風速可達到為 75m / s。

在保持不更動碼頭及船舶設計下，FSRU 將無法以此風速和碼頭保持連接，本案假設颱風期間 FSRU 將直接解纜離開港口。

斷開連結限制取決於 FSRU 繫泊、LNG 船繫泊、卸料臂氣體輸送要求，本案設計繫泊與動力分析的結果用以評估 LNG 船和 FSRU 斷開限制條件，若分析之斷開限制越高，FSRU 的可用性越高，能夠正常運行時間也就越大。

第 3.2.2 節中本公司提供極限風速下 FSRU 繫泊配置與 LNG 船、FSRU 斷開連結的設備需求建議。

B. 波浪(Wave)

需保護 LNG 船免受波浪侵襲，考量波浪極限取決於作用在 LNG 船體上的波浪方向，一般會將 1.5m 作為 LNG 船卸載操作極限波浪條件。需要注意較小儲槽的 LNG 船在波高較小情況下就可能承受更大的動力加載。

建造防波堤得以避免 LNG 船遭受波浪侵襲，圖 3-16 顯示計劃中桃園觀港工業港 FSRU 碼頭、防波堤位置、建議 FSRU 與 LNG 船並排配置，圖中箭頭指出主要波浪方向，其中箭頭長度與累積發生機率成比例；假設於 2022 年僅有部分防波堤完工，綠色箭頭表示預計不會直接侵襲碼頭的波浪方向，而來自西北方的波浪（即圖中橙色箭頭）可能於防波堤周圍發生繞射到達碼頭，來自西方的波浪（即圖中紅色箭頭）將直接侵襲碼頭。

當前的可行性研究中，基於防波堤保護港池免受波浪侵擾、缺乏評估波浪荷載作用所需的船舶數據，本報告書第 3.2.2 節進行繫泊分析時採用較大的安全係數（Factor of safety, FoS），以安全係數間接考量了波浪荷載作用。

建議未來在本案細部設計階段時應直接考量波浪作用力，根據 OTG18/²⁹/，針對繫泊系統應進行動態分析，分析時應考量風、海流，其中包括淺水效應、經過船隻、波浪或湧浪和潮汐；繫泊纜繩應足夠柔順，以允許船舶在波浪中運動或由於過往船隻的尾流而運動，若繫泊繩索過長可能導致較高的瞬間荷載；需要適當的平衡。然而須注意，本港口海上交通為可控的限制區域，可明訂不允許其餘船隻航行進入此專用碼頭（請參閱本報告書第 3.2.1.5 節）。

FSRU 繫泊纜繩和連接點設置須能提供長期使用，因此承載能力設計中需要考量反覆作用產生的疲勞荷載，對於此類評估應使用本案地點的相關數據，而預計定期更換的構件可不進行特殊分析，這類構件組件替換間隔應當包括在操作手冊中。針對觀塘工業港一案特別需要注意防波堤為陸續延伸建置，在 2022 年僅有一部分防波堤完工，碼頭將面對更多的海浪與潮流影響。

C. 海流(Current)

海流帶給繫泊系統負載，過大的負載可能導致繫泊纜繩斷裂和船隻脫離，繫泊系統應滿足特定環境設計條件，故需要決定限制海流流速；由經驗與資料指出，當前海流速度可考量為風速加上潮流速度的 10%根據內部資料指出台灣西北部潮差約為 4m，潮流速度為 0.75m / s，因此假設標稱（即沿碼頭的縱向）近岸海流流速 1m / s，此流速為 LNG 船解纜極限風速加上潮流流速的 10%，此假設將採用於 3.2.1.4 節分析，需要注意對於碼頭或近岸碼頭繫泊設備，以 1 m / s 的海流速度做為考量。

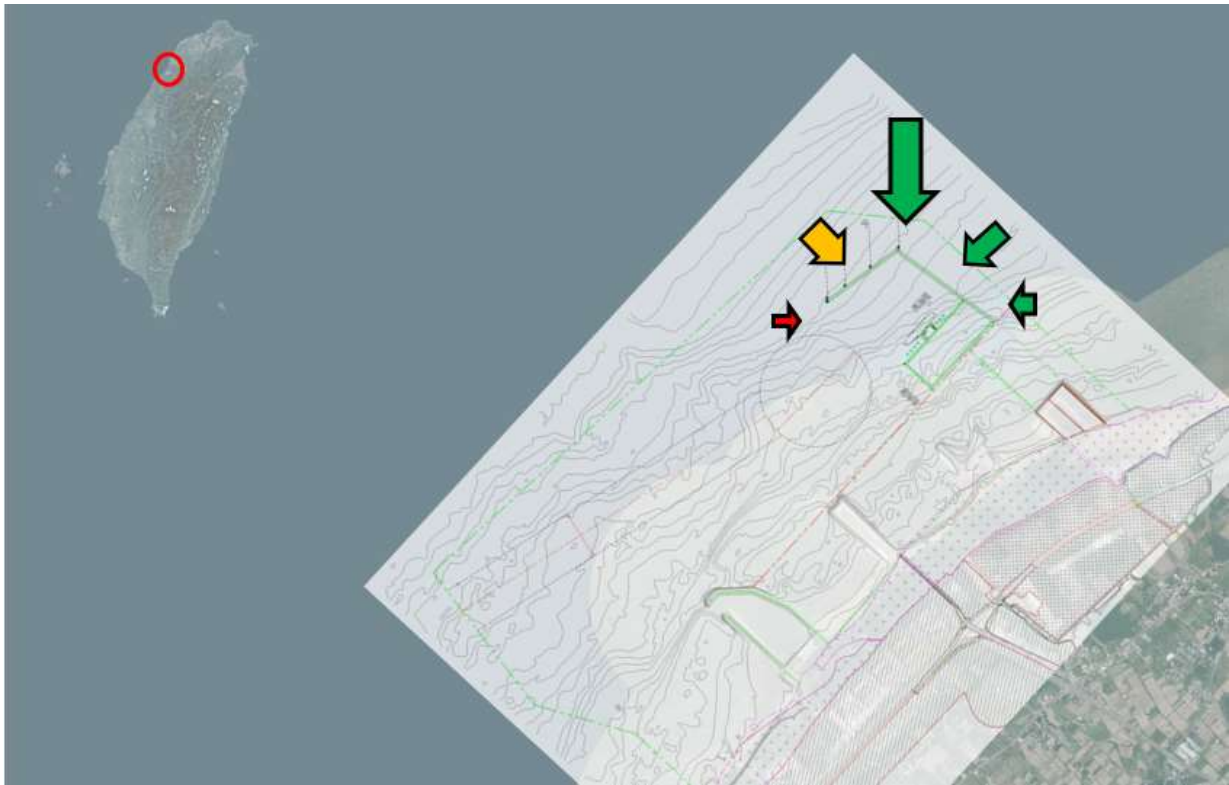


圖 3-16：桃園觀塘港 FSRU 碼頭與海岸關係圖

3.2.1.4 環境負荷(Environmental loading)

根據 OCIMF MEG4/^{26/}，風和海流負荷考量於碼頭或近海碼頭繫泊計算公式當中，於文獻中提供典型的 LNG 船繫泊分析適當的荷載係數，計算需輸入船體尺寸（詳如表 3-11 所示）、縱向與橫向風阻面積，將 290m × 42m 轉換 LNG 船的內部資料後按比例縮放來取得這些船舶參數；計算模型中已考量不同儲槽型式，目前市面上大於 137,000m³ 等級的 FSRU 主要以薄膜型的儲槽為主。

FSRU 船舶的環境負荷作用於以下兩種情境；分別為裝載、壓載狀態下 FSRU 的船舶，以及裝載狀態的 FSRU 與壓載狀態的 LNG 船組合，FSRU 壓載搭配裝載的 LNG 船組合載重通常會有較小風阻面積，在這種情境下會假設風速為主導，需要的繫泊力量較低，因此這個情境不包括繫泊作用力分析中，載重時船舶吃水深度如表 3-11 所示，壓載船舶吃水深度則考量為載重情況的 75%。

針對海流考量，由於存在海岸與防波堤，因此僅考慮西南向的海流，建議於將來設計階段使用此地點環境資料以及可取得之波浪方向變化。採用海流正面直接作用於裝載的船舶，保守地假設海流負荷情況；沒有海流作用搭配極限風速的環境條件同樣考量繫泊分析當中，因為海流作用力可能降低某些繫泊時的繩索張力。

表 3-12：環境負荷[kN]

Case	FSRU	LNGC	Wind load 25m/s 風速條件			Current load 1m/s 海流條件
No.	Class	Class	0deg (head)	45deg (quartering)	90deg (beam)	0deg (head)
1	149,000 (L)	-	886	2305	3653	70
2	149,000 (B)	-	939	2528	4013	70
3	149,000 (L)	180,000 (B)	1875	4175	6567	140
4	149,000 (L)	216,000 (B)	1918	4332	6820	154
5	180,000 (L)	-	935	2495	3959	70
6	180,000 (B)	-	989	2717	3699	70
7	180,000 (L)	180,000 (B)	1924	4201	6597	140
8	180,000 (L)	216,000 (B)	1967	4358	6850	154
9	216,000 (L)	-	966	2607	4139	84
10	216,000 (B)	-	1031	2875	4569	84
11	216,000 (L)	180,000 (B)	1955	4316	6777	154
12	216,000 (L)	216,000 (B)	1997	4374	6868	168

* (L) and (B) denote loaded and ballast condition respectively. The loaded draught is presented in 表 3-11. The ballast draught is taken as 75% of the laden draught.

(L)與(B)分別表示裝載及壓載狀態，裝載狀態吃水深度列於表 3-11 中，壓載狀態則以 75%裝載吃水深度為考量。

對於各個組合條件，假定相鄰船隻避風等級為一定程度，大型船舶由較小型船的船體遮蔽，受風面積會減少 90%；遮蔽面積假定為 90%用以考量卸載期間裝載條件可能的變化，不同裝載條件便產生不同程度的船體乾舷防護。碼頭設計應具有足夠的能力承受由碰墊傳遞至碼頭的負荷，表 3-12 各個案例分析中最大環境負荷為 6868kN。

由 CPC 建議的碼頭繫泊配置（詳如圖 3-19）顯示桃園觀塘港卸收碼頭配有六個碰墊，本案將最大環境負荷分配四個碰墊上，即每個碰墊所需載荷 1717kN，保守假設配置中的六個碰墊不會同時承受環境負荷，本計畫中 3.2.2.2 節中採用以上假設建議碰墊設備。

3.2.1.5 海事管制區(Marine exclusion zones)

通常需要進行海上交通研究評估 FSRU 碼頭安全性，然而進行定量風險評估需要大量的細部資料，這些資料在計畫可行性評估階段通常無法獲得，本案採用定性方式考量桃園觀塘 FSRU 碼頭海上的交通影響性。

碰撞發生可能會在 FSRU 或 LNG 船儲槽造成破洞，並導致 LNG 儲槽氣密性喪失，為了避免此情況發生，會於船舶周圍規劃海事管制區（Marine Exclusion Zone, MEZ）來降低船隻的碰撞風險；海事管制區面積取決於以下幾個因素，包括通過鄰近區域的船舶大小與密度、法規要求以及可用的災害減緩因子。

通常於碼頭周圍 250m 設置管制區，如圖 3-17 所示，由圖可見計劃中的防波堤建設可形成 FSRU 與 LNG 船的指定繫泊位置 250m 內與任何可能進入碼頭的海上交通（如：運輸油輪，漁船，休閒船等）的天然屏障。考量到本案計畫區域為一個 CPC LNG 船專用碼

頭，以及現有港口基礎設施與防波堤，因此推斷桃園觀塘港 FSRU 碼頭沒有面臨外部海上交通風險。

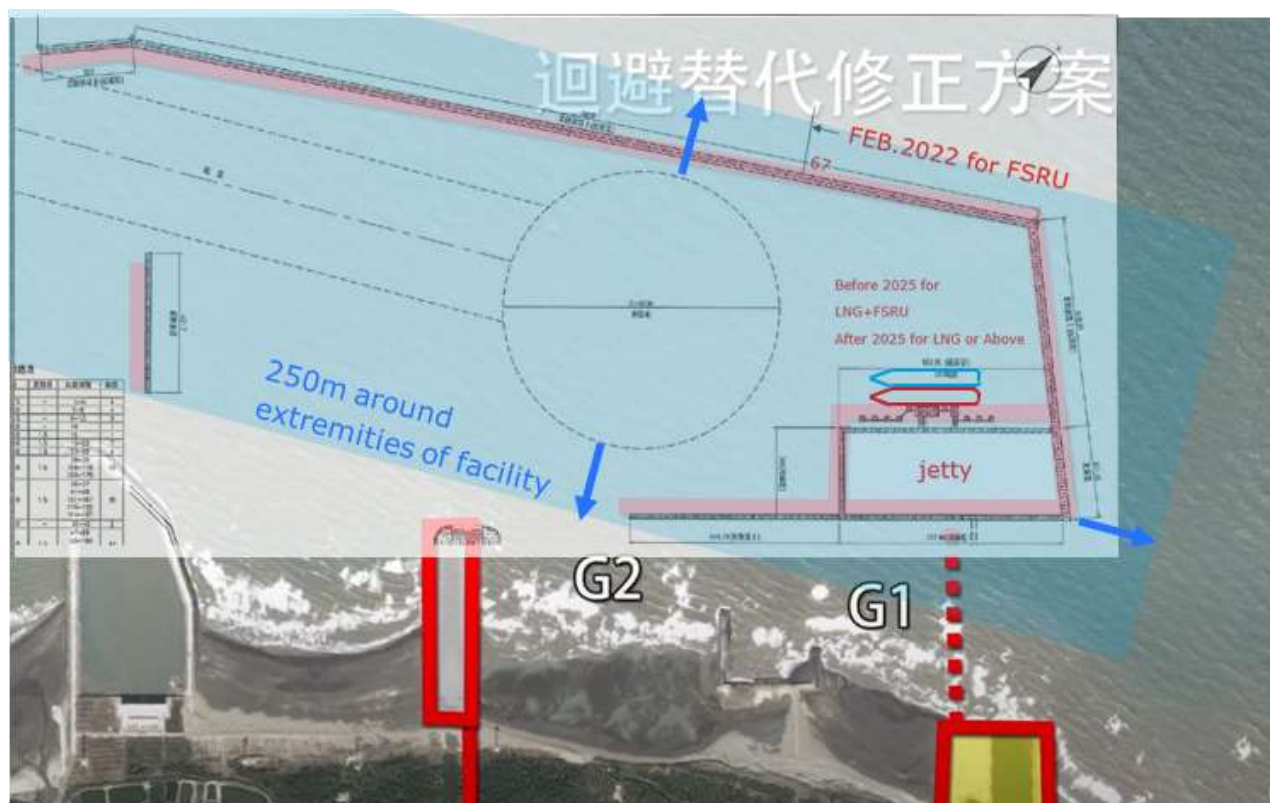


圖 3-17：海事管制區 250m 指示位置

3.2.2 FSRU 繫泊配置(FSRU Mooring Configuration)

3.2.2.1 FSRU/LNG 船繫泊基本要求 General requirements for FSRU / LNGC mooring

於停泊時大型船隻標準繫泊系統採用倒纜約束船艏與船尾，由橫纜提供束制力防止船舶運動遠離碼頭，碰墊則侷限船隻朝碼頭方向移動。傳統倒纜與橫纜可利用船上既有的絞盤和系統，安裝上相對較便宜，此繫泊系統可以快速連接或解纜，若需要維護亦可輕易更換纜線；這樣的繫泊系統缺點是需要固定的繩索以確保繫泊時負載平衡，並保持船隻在適當的位置。繫泊系統在垂直方向通常非常僵硬，換言之，繫泊系統需手動調整因應潮汐變化和吃水深度，隨著時間的推移，永久性繫泊需要不斷進行手動調整纜繩張力，此舉將可能產生龐大的運營成本。2015 年，Q-Max Zarga LNG 船因繫泊意外造成人員嚴重傷亡，機組人員靠近緊繃的繫泊纜繩構成安全上的隱患^{/27/}。

目前多數採用自動化繫泊系統可因應潮汐變化自動調整纜繩長度（如：泊位上下滑動的墊片擋板和張力恆定絞盤或液壓缸），這些設備可在潮汐、吃水和荷載改變時保持纜繩水平張力，纜繩繫泊系統應根據特定地點條件並考量系統複雜度和損壞模式仔細地評估適用性。

在緊急情況或惡劣環境條件下，繫泊系統需要快速解纜使船舶可快速斷開與陸上設施連接，同時得以輕易更換繫泊纜繩。快速解纜鉤如下圖 3-18 所示。SIGTTO 建議所有繫泊點使用快速解纜鉤，且單個解纜鉤上不得連接多條繫泊纜繩。



圖 3-18：快速解纜鉤^{/30/}

建議以接收站操作室的中央數值讀取器監視繫泊纜線張力和船隻偏移，有助於確保纜線張力保持良好平衡控制於安全範圍內。

LNG 船停泊於過去 6 年（2011~2017）內發生 44 起事故^{/27/}，從過去 LNG 船繫泊失敗案例汲取的經驗應包括在現有繫泊設計當中（如：使用高模數聚乙烯(High Modulus Polyethylene, HMPE)繩索應考量壓縮疲勞效應），考量緊急應變計劃和繫泊設計時應考量其失效風險並具有足夠的安全餘度。

長期連接的繫泊系統設計需選擇適合長期使用的連接器、繫泊纜繩和船隻繫泊設備，應格外小心繫泊纜繩導角並確保在任何接觸點都有摩擦保護。FSRU 船與一般貿易船舶不同，繫泊纜繩持續荷載（每年可能為 1 或 2 次因颱風而有中斷連接的情況，請參閱本報告書第 4 章，因此減少在熱點地區（如：船用導纜器）設備長期作用的衰減非常重要，因應時應提供足夠的保護，防止紫外線、溫度和其他退化機制造成的損壞，此外應明確規定所有繫泊設備（包括絞盤、繫纜柱、導索器、鈎鉤和繫泊纜繩）的檢查與報廢標準，特別需要注意絞盤制動器，制動器具有故障和退化的前例。

3.2.2.2 本案 FSRU 碼頭繫泊系統初步尺寸配置 (Mooring system preliminary sizing for Taoyuan FSRU terminal)

A. FSRU

碼頭和繫泊設備的設計必須能夠承受最大的風力值、浪及潮汐（請參閱第 3.2.1.3 節）。假設 FSRU 在颱風情況下繫泊設備將解纜與陸上設施分離，因此預估 FSRU 解纜極限值考量有颱風條件下的最大數值。

FSRU 繫泊系統配置如圖 3-19 所示（圖中表格的 FSRU 繫泊設備將於本小節詳述），FSRU 繫泊系統由 6 條船尾橫纜、6 條船艏橫纜和 6 條倒纜（其中 3 條船尾和 3 條船艏）組成共 18 條。繫纜繩直徑為 44mm 的獨立式索芯 (Independent Wire Rope Core, IWRC) 鋼繩，其最小斷裂荷載 (Minimum Break Load, MBL) 約為 140t~150t，纜繩繩尾添加纖維材質（如：聚酯或尼龍）來吸收衝擊載荷；若纜繩添加纖維質材質，纜繩的最小斷裂荷載應考慮合適的材料係數，設計階段還需注意纖維纜繩非線性勁度以及預應力敏感度。

以下數據可供本案參考，Q-Max Zarga LNG 船上有 20 條繫泊纜繩，斷裂荷載約為 140t，碼頭側的繫纜繫鉤安全工作荷載 (Safe Working Load, SWL) 容許值約為 150t。

DNV GL 基於 FSRU 繫泊系統內部數據以及製造商手冊^{/31/}的碰墊能力值相關資料建議本案採用 6 組額定反作用力 2511 kN 的 Trelleborg supercone 碰墊 (SCN 2000 F0.9)。

離岸海事設施動力分析軟體 OrcaFlex 基於極限風速資料評估繫泊系統及設備，本分析以 OrcaFlex 模擬 149,000 與 216,000m³ 等級 FSRU 典型繫泊模式，如圖 3-20 所示（149,000 與 180,000 等級 FSRU 繫泊系統模式相似），以最小斷裂荷載 140t 與 2 倍安全係數，並假設動態放大作用倍率約 15%，在考量 600kN 左右繫泊極限張力於 1 分鐘極限平均風速情況下，分析各等級船舶於裝載與壓載的風速限制整理於下表 3-13。

特別注意此處假設 LNG 船並排 FSRU 繫泊並非主要控制因素，LNG 船解纜準則由 FSRU 與承載著兩艘船環境負荷碼頭繫泊能力決定，基於上述假設來評估容納一艘 FSRU 或 LNG 船與 FSRU 連結時繫泊設備的能力。

表 3-13：風速限制分析結果

Case No.	FSRU Class	LNGC Class	Wind limit [m/s]
1	149,000 (L)	-	31.5
2	149,000 (B)	-	30.0
3	149,000 (L)	180,000 (B)	23.0
4	149,000 (L)	216,000 (B)	22.5
5	180,000 (L)	-	30.0
6	180,000 (B)	-	28.5
7	180,000 (L)	180,000 (B)	22.5
8	180,000 (L)	216,000 (B)	22.0
9	216,000 (L)	-	29.0
10	216,000 (B)	-	27.5
11	216,000 (L)	180,000 (B)	22.0
12	216,000 (L)	216,000 (B)	22.0

* (L) and (B) denote loaded and ballast condition respectively. The loaded draught is presented in 表 3-11. The ballast draught is taken as 75% of the laden draught.

* The wind limits are to the nearest ½ m/s.

* (L)與(B)分別表示裝載及壓載狀態，裝載狀態吃水深度列於表 3-11 中，壓載狀態則以 75%裝載吃水深度為考量。

*風速限制取最接近 0.5 m/s

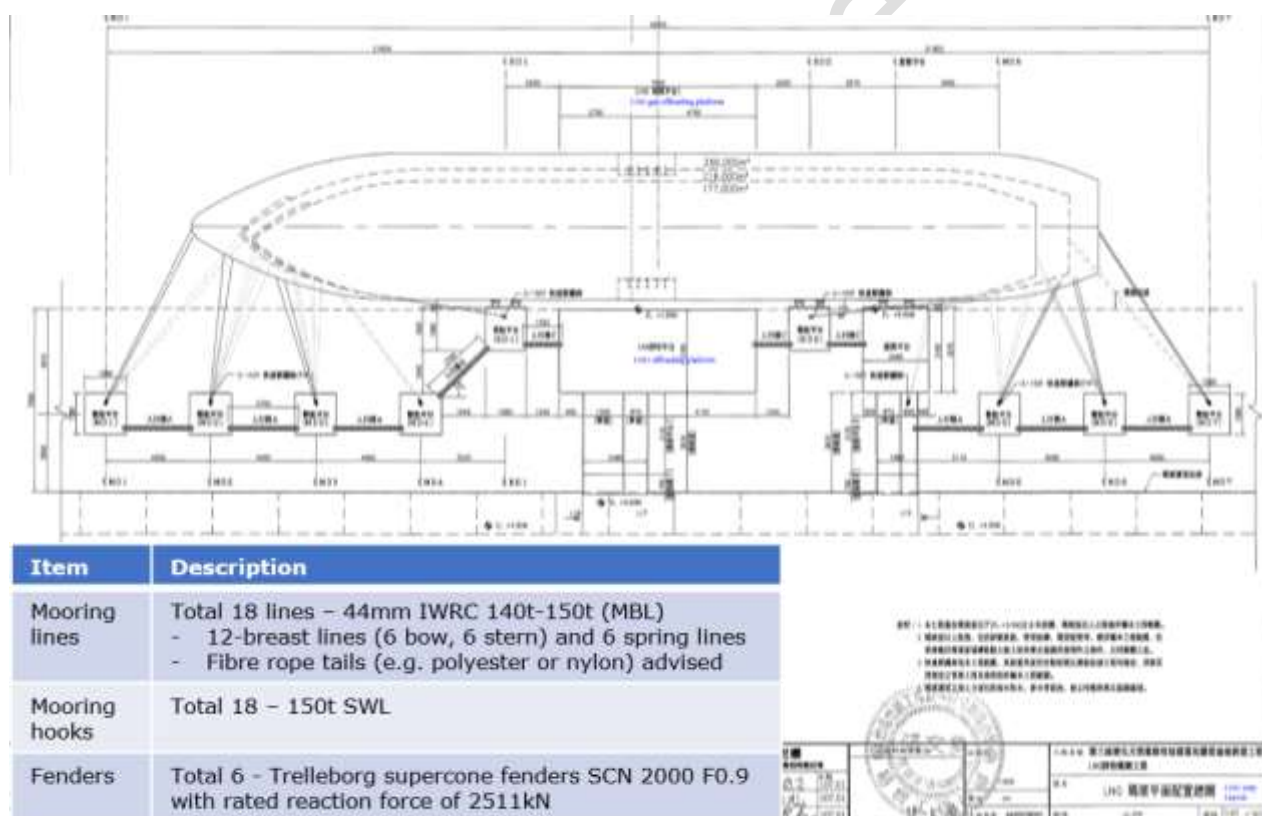


圖 3-19：觀塘工業港 FSRU 接收站繫泊配置及設備列表

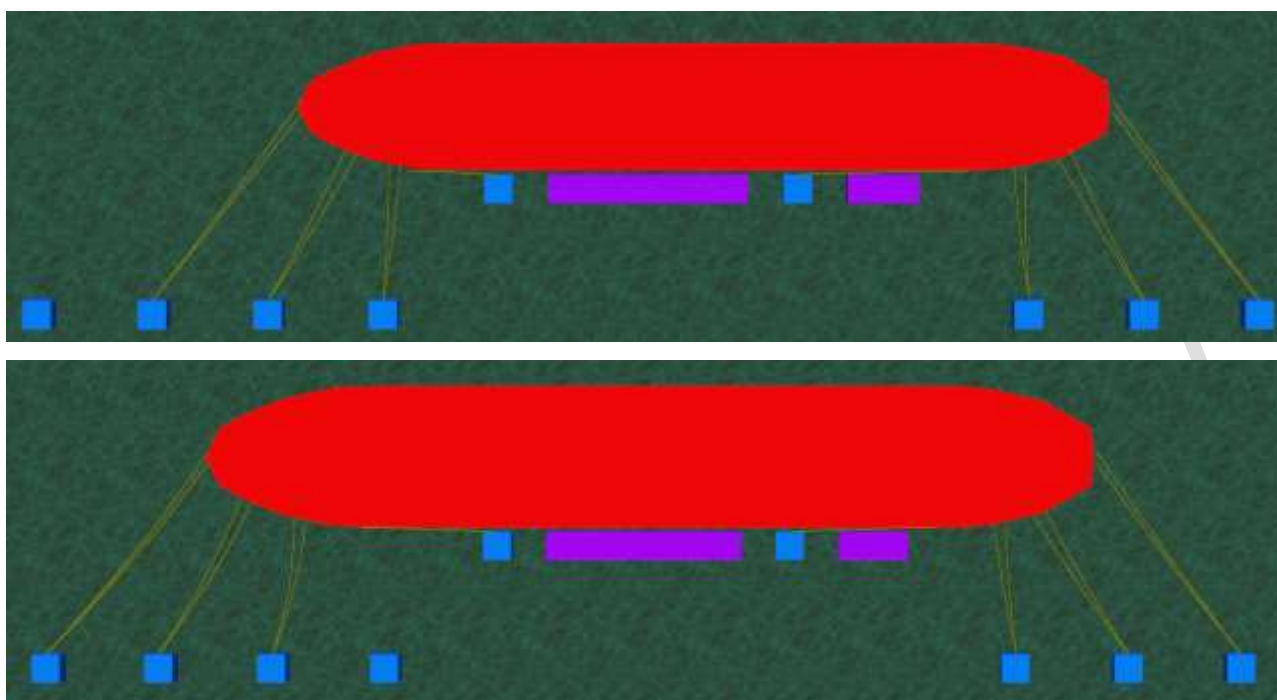


圖 3-20：觀塘工業港 149,000 與 216,000m³ 等級 FSRU 接收站繫泊配置 OrcaFlex 模型

B. LNGC

與 FSRU 解纜與陸上設備段開連結限制條件相比，LNG 船預期不會在更惡劣的環境下進行並排靠泊，如同第 3.2.1.3 節所述 LNG 船解纜風速限制為 25m/s，本小節將評估在此風速條件下確認 FSRU 繫泊系統是否有足夠荷載能力。OrcaFlex 軟體中 FSRU 模型（詳如圖 3-22 LNG 船繫泊所示），LNG 船以物理連接的方式連接到 FSRU，LNG 船與 FSRU 連接分析案例則依照表 3-13 考量纜繩極限張力的風速限制來進行 LNG 船並排 FSRU 繫泊系統評估。

下圖 3-21 中展示一種並排繫泊可用的設備，LNG 船傾向於提供自己船上能與絞盤相容的繫泊設備，FSRU 應具備足夠的封閉式導索器、繫船柱與碰墊等設備來連接各種等級的 LNG 船，於 OCIMF MEG4/²⁶/第 4.9 節提供更多關於船舶並排繫泊指引。

並排時繫泊設備要求和操作限制應建立在一系列 LNG 船等級的繫泊分析，分析則需要包含船舶動態耦合動力分析與船舶過往船隻的影響，於未來 FSRU 選定時建議須做詳細的計算分析。

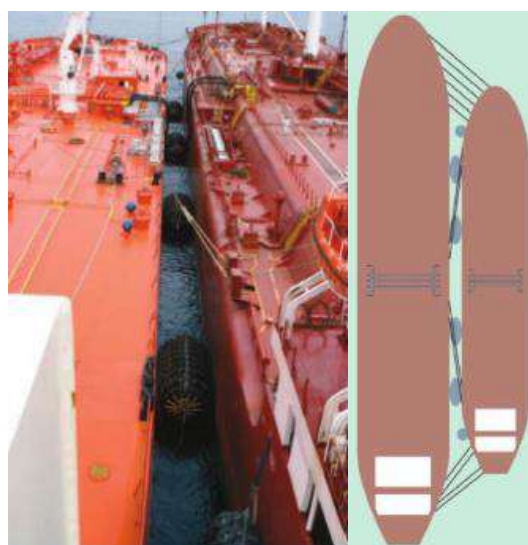


圖 3-21：船舶並排

更高強度 FSRU 繫泊系統會增加較多的 LNG 船型可運用性，纜繩強度提升可以增加纜繩的生命週期，得以減少維護階段的成本，前端工程設計階段需要對特定的繫泊配置進行細部分析，包括纜繩、繫船柱、碰墊和繫船平台於極端環境、操作過程與材料疲勞情況下結構能力的評估。

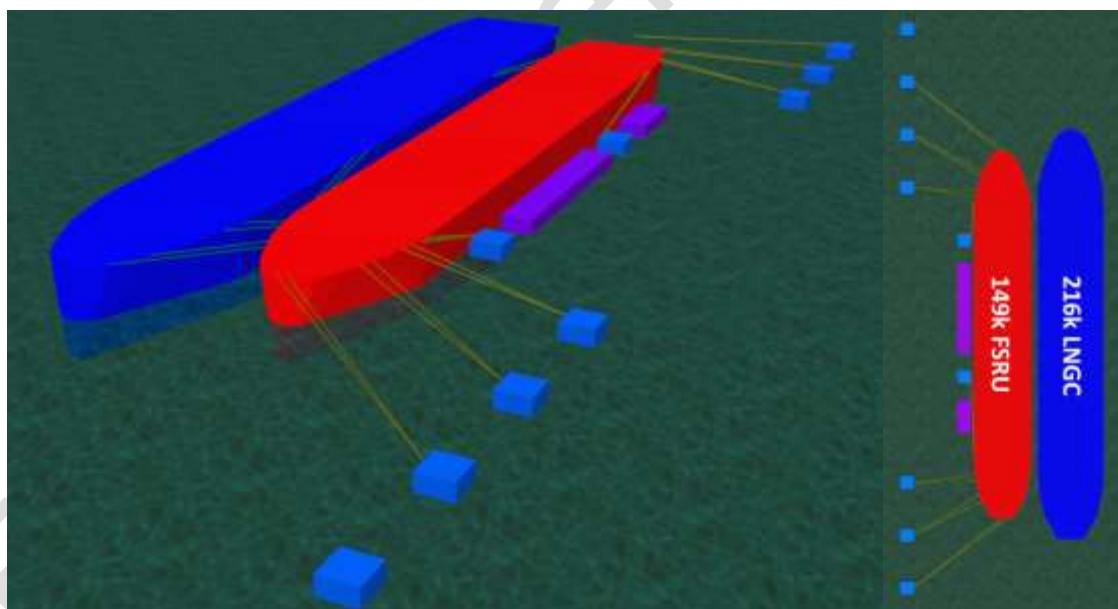


圖 3-22：觀塘工業港 149,000m³ 與 216,000m³ 等級 FSRU-LNG 船並排繫泊配置 OrcaFlex 模型

3.2.3 FSRU 繫泊與 LNG 繫泊於 FSRU 操作標準(Mooring operation criteria for LNG Carrier to FSRU, and FSRU mooring)

LNG 船和 FSRU 通常會使用船上的繫泊設備，SIGTTO、OCIMF 與 PIANC 已為 LNG 船制定繫泊操作條件的建議，同時包含並排繫泊的指引，本案於桃園觀塘工業港來訪的 LNG 船和 FSRU 也須符合並遵照以上單位提出之指引要求。

第 3.2.2.2 節中針對本案要求各等級 FSRU 與 LNG 船組合案例進行繫泊操作標準評估，其中包含了一般情況下 FSRU 初步繫泊和碰墊設備需求，關於設備的要求整理於本報告書第 3.2.2.1 節中；DNVGL-ST-N001^{/32/}和 OTG18^{/29/}提供有效管理碼頭繫泊系統的指引，在進行繫泊系統細部設計及製定操作手冊時應遵照上述指引，此外建議操作手冊需包括繫泊設備正常操作下的使用參數與標準，並且敘述系統和程序以確保系統保持在限制範圍內，建議的繫泊操作參數或標準包含：

- 設計使用壽命；
- 容許環境條件；
- 容許纜繩張力；
- 解纜標準；
- 檢查與報廢標準（如：容許腐蝕和磨損與各類型設備老化；構件潛變、纜繩扭結、紫外線/化學/溫度造成的老化）；
- 製造商制定之報廢標準；
- 鄰近船舶通行要求等。

4 可作業性評估

4.1 接收站要求

參考表 1-1 CPC 要求本案分析之 FSRU 須具備每年接收並氣化能力從初期 0.83 百萬噸至後期 2.5 百萬噸(Million Tonnes Per Annum, MTPA)LNG 的氣化能力要求，此項要求為目前於全球服務 FSRU 能力所及範圍之內，當前市場上最大進口率約可至 6MTPA，並整理分析如下表 4-1 所示。

表 4-1：浮動式 LNG 接收站流量範圍

	LNG Requirement (rounded) LNG 要求 (四捨五入)	
Million tonnes LNG delivered (nominal) per annum 每年 LNG 船輸量 (MTPA)	2.5	0.83
LNG volume regas per day (m ³ /day) 1 LNG 每日氣化體積(m ³ /日) 1	15,220.70	5,053.27
Send out (mmscfd) 2 輸出率 (mmscfd) 2	304	101
保證最大輸出量(m ³ /hr)	900	320

1: LNG Relative Density is assumed to be 0.44.

2: Assumes a gas use onboard the FSRU for power generation and heating of LNG at 0.8% (based on public data).

1: LNG 相對密度假設 0.44

2: 基於公開資料假設 FSRU 上使用於發電和供熱的 LNG 為 0.8%

4.2 方法論 (Methodology)

4.2.1 主要觀點 (Key Aspects)

本案在考量典型的海洋環境下建置陸上第三接收站分析模型，亦即適用於觀塘工業港天然氣輸送與 LNG 船卸料操作條件來限制 FSRU 操作，估算本案各船舶組合之可作業性。

分析中依據海氣象歷年平均值評估海洋環境條件，本案採用一年連續風速量測資料，並對港內波浪以及為應 FSRU 計劃設置的防波堤有效性做出假設。

4.2.2 FSRU 尺寸評估 (FSRU Sizing Review)

DNV GL 使用以下參數建置模型評估 FSRU 在天氣限制下的可作業性，並且對於以下常見的操作變因進行敏感性分析：

- A. FSRU LNG 儲存量
- B. LNG 船儲槽容量和貨運量大小
- C. LNG 進口率（分別設定為 2.5MTPA 和 0.83MTPA）
- D. 以下 FSRU 影響因素，如：
 - a). 關閉再氣化設施前最小 LNG 殘餘量，和 FSRU 最大儲存量
 - b). 用於加熱的氣體損失量
 - c). 操作允許觸發點（如：允許夜間操作）。
 - d). 天氣條件限制
 - e). 比較 2015-2018 之風浪條件，其中風浪條件較具有挑戰性，因此本報告以觀塘港周遭 2017 年風浪高度量測資料^{/1/}為參考依據。

4.2.3 船舶組合(Vessel Combinations)

本案執行之可作業性評估與第 6 章 FSRU 和 LNG 船組合配置的商業模式研究結果相關，如附件 A 中表 A.1 與表 A.2，船舶組合整理如表 4-2，對 150,000、170,000、改裝之 216,000m³ 等級 FSRU 與 135,000 m³、177,000 m³、216,000 m³ 等級的 LNGC 的組合建置模型進行評估，若於商業模式分析成果顯示不建議採用之船舶組合，再本章節當中不再進行分析（註：灰色部分並未模擬）。

表 4-2：FSRU 與 LNG 船組合條件(假設在 20%儲存餘裕空間情況)

FSRU	FSRU Filling FSRU 重填 (80%) for contingency	LNGC 135,000 Loading Limit 135,000 m ³ LNG 船裝載限制 (95%)	LNGC 177,000 Loading Limit 177,000 m ³ LNG 船裝載限制 (95%)	LNGC 216,000 Loading Limit 216,000 m ³ LNG 船裝載限制 (95%)	Remarks (Typical harbour cost) 備註 (港口典型花 費) ²
135,000 (Moss) Converted	108K/48.6KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100,000- 200,000
145,000 (Moss) converted	116K/52.2KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100,000- 200,000
149,000 (Memb) NB	119.2K/53.6KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100,000- 200,000
150,000 (Memb) Converted	120K/54KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100,000- 200,000
170,000 (Memb) Converted	136K/61.2KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100,000- 200,000
180,000 (Memb) NB	144K/64.8KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100,000- 200,000
216,000 (Memb) Converted	172.8K/77.8KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100,000- 200,000
260,000 (Memb) NB	208K/93.6KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100,000- 200,000
260,000 (Memb) Converted	208K/93.6KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100,000- 200,000

1. The availability for 20% and 30% reserve storage combinations will be presented. The combinations shown in orange and red will be investigated to determine the level of reserve possible before partial filling operations must be recommended.

2. Unit: USD/visit

1 呈現 20%和 30%保留儲存組合的可作業性，本小節將對橙色與紅色組合進行調查，確保可能的儲氣量然後才建議進行部分充填操作。

2. 單位：美金/趟

4.3 研究假設 Study Assumptions

下表 4-3 至表 4-5 列出 FSRU 和 LNG 船的可作業性研擬及運作環境限制等基本假設條件。

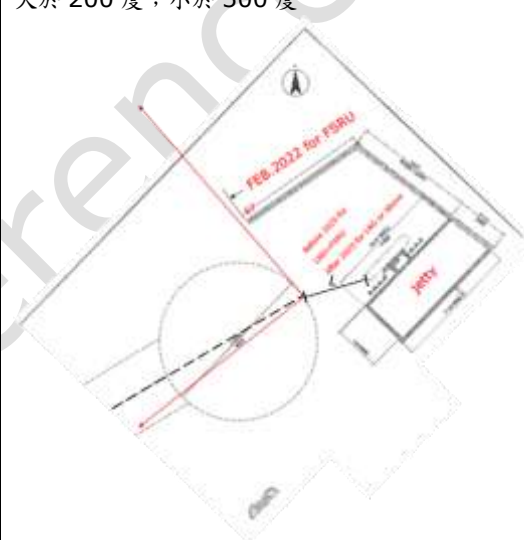
表 4-3 : FSRU 基本假設

Variable 變數	Value 數值
FSRU Capacity (m ³ LNG) FSRU 儲槽容量(m ³)	150,000 m ³ 170,000 m ³ 216,000 m ³ (改裝自 LNGC)
LNG import rate MTPA (gas send out rate mmscfd) LNG 年進口量(MTPA) (氣體輸出率 mmscfd)	2.50 MTPA (300 mmscfd) 0.83 MTPA (100 mmscfd)
LNG Consumption per day 每日 LNG 消耗量	15,100 m ³ /day (2.5MTPA) 5,013 m ³ /day (0.83MTPA)
LNG Relative Density LNG 相對密度	0.44
FSRU Ullage limit (minimum filling on the FSRU) FSRU 空缺限制(FSRU 最小存量)	2%
FSRU Maximum Filling limit FSRU 最大充填限制	98.5%
Reserve Storage 保留儲槽容量	20% and 30%
Night time Unloading ops (at start) 夜間卸料操作(開始階段)	No(進出港口不得在晚上執行，但卸料允許於晚上進行。)
Boil of Gas rate 蒸發率	0.15%/day
LNG Transfer rate (for loading of LNG from LNGC) LNG 輸送率(從 LNG 船卸料)	9,000 m ³ /hr
Environmental restrictions 環境限制	參照表 4-5

表 4-4 : LNG 船基本假設

Variable	Value
LNGC Capacity (m ³ LNG) LNG 船儲槽容量 (m ³)	135,000 m ³ 177,000 m ³ 216,000 m ³
Full cargo Parcel size (95%) 滿載貨運量 (95%)	128,250 m ³ 168,150 m ³ 205,200 m ³

表 4-5：環境基本假設

Variable	Value
氣體輸出卸料臂的風速限制	根據以往的專案經驗最高陣風為 25m/s^{/33/} 由於陣風平均風速值資料存在不確定性，因此本報告依照 2017 年數據考量已考量 25m/s 陣風風速限制，主要假設風速限制用於作業期間的 3 個小時。（根據行業專案經驗） 影響：當風速高於門檻值時，卸料臂即會斷開連接同時停止氣體傳輸，但船舶仍保持繫泊狀態。假定在這種情況下，FSRU 上的 LNG 存量沒有變化，採用 3 個小時所需時間考量重新安全地連接卸料臂。
LNGC 進港與卸料風速限制	根據海事運營相關研究為 25m/s 陣風
LNG 船進港與卸料波高限制	根據海事運營相關研究，波高限制為 1.5m。這說明卸料軟管連接時 LNG 船和 FSRU 的運動限制。
於接收站內 FSRU 操作波高限制	波高限制為 2.5m，並未將此資料應用於分析，係因為影響 FSRU 繫泊碼頭內定向扇形區域並未達到此波高。
波高假設	由於沒有完整海氣象資訊，本次分析根據指定區域內每天記錄兩次的波浪高度與風速之間的關係來假設影響可作業性的波高； 採用示性波高已經將風速影響納入考量，由於風速對波高的影響的因素多變（取決於許多因素），為保守起見將該因素訂為平均因數加一個標準偏差。
波浪方向性限制（使用羅盤風向：北方 = 0 度）	大於 200 度；小於 300 度  依照內部執行專案經驗進行保守假設，原點選擇與航道中心平行並距離碼頭一個船身的距離，將防波堤周圍存在一定程度的折射考量於分析當中。本次分析以運營初期防波堤狀態進行假設，接收站於港口遮蔽區域免受其他波浪方向影響，波浪影響限制以風向作為考量。

4.4 2017 年海氣象數據彙整 (2017 Metocean Summary)

本案以台灣北部擬評估地點提供的海氣象資訊，其中包括方向和規模等歷史資料。表 4-6 整理自 2017 年港灣環境資訊網海氣象觀測資料年報新觀測樁測站^{1/}(測站 X1)，其風速特性與鄰近觀塘港的新屋站相近，表中中的數據顯示季節變化概要，風和波浪通常來自東北(NE)和北(N)；夏季來自西南方(SW)區域的風浪有可能進入防波堤內。

表 4-6：2017 年北苗海域風速與風向

Table 1.2b: Statistical table of important statistics of wind speed and direction after repairing at main station 1 in Beimiao in 2017														
序 號	日期 (年/月)	觀測 點數	風速 平均值 (m/s)	平均風 風速/風向 (m/s)/(來 向)	最大風 風速/風向 (m/s)/(來向)	輕風 < 3.3 (%)	和風 ~7.9 (%)	強風 ~13.8 (%)	疾風 > 13.8 (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	主要風向 方向/百分 比
Sr.No.	Date (year/month)	Number of observation points	Avg. wind speed (m/s)	Mean wind Wind speed/directio n	Max wind Wind speed/direction	Light breeze < 3.3 (%)	gentle breeze ~7.9 (%)	Gale ~13.8 (%)	Blast >13.8 (%)	Wind direction N-E (%)	Wind direction E-S (%)	Wind direction S-W (%)	Wind direction W-N (%)	Main wind direction Direction/%
1	2016/12	744(100%)	8.1	7.2/ENE	16.1/ESE	11	31.2	55.1	2.7	79	13.2	2.7	5.1	NE /48.5%
2	2017/01	744(100%)	7.5	6.7/NE	15.5/NE	13.4	34.1	50.9	1.5	79	9.5	4.6	6.9	NE /48.7%
3	2017/02	672(100%)	7.6	6.4/NE	15.4/NE	17.1	33.2	47.6	2.1	74.4	12.1	5.8	7.7	NE /40.8%
4	2017/03	744(100%)	5.6	4.3/NE	15.1/NE	29.4	44.9	25.5	0.1	60.5	23.5	7.1	8.9	NE /34.4%
5	2017/04	720(100%)	5.4	2.1/ENE	14.8/W	35.1	38.8	25.6	0.6	41	27.1	13.6	18.3	NE /15.6%
6	2017/05	744(100%)	4.9	2.5/ENE	14.2/ESE	32.7	51.9	15.3	0.1	45.6	28.6	14.7	11.2	NE /23.3%
7	2017/06	720(100%)	4.5	3.1/WSW	15.0/W	41.1	44.9	12.9	1.1	23.8	8.3	52.6	15.3	WSW/31.4 %
8	2017/07	744(100%)	3.3	.8/ESE	24.5/NNE	62.4	34	2.8	0.8	23	42.5	19.4	15.2	ESE/14.7%
9	2017/08	744(100%)	5.5	1.7/WSW	15.9/W	34.4	41.1	23.4	1.1	15.3	27.3	42.3	15.1	WSW/22.8 %
10	2017/09	720(100%)	4.5	.6/NE	12.0/NNE	38.8	47.8	13.5	0	31.9	26.7	18.1	23.3	SE /11.9%
11	2017/10	744(100%)	8.6	8.2/NE	18.9/NE	10.9	26.3	59.5	3.2	84.1	10.5	2.3	3.1	NE /51.9%
12	2017/11	720(100%)	7.9	7.2/ENE	16.0/ENE	10.4	37.8	48.3	3.5	81.9	11.7	2.8	3.6	ENE/42.5%
13	2017/冬	2160(100%)	7.7	6.8/NE	16.1/ESE	13.8	32.8	51.3	2.1	77.6	11.6	4.3	6.5	NE /46.2%
14	2017/春	2208(100%)	5.3	3.0/ENE	15.1/NE	32.4	45.2	22.1	0.3	49.1	26.4	11.8	12.7	NE /24.5%
15	2017/夏	2208(100%)	4.4	1.4/WSW	24.5/NNE	46	39.9	13	1	20.7	26.2	38	15.2	WSW/19.5 %
16	2017/秋	2184(100%)	7	5.3/NE	18.9/NE	19.9	37.2	40.7	2.2	66.2	16.2	7.6	9.9	NE /31.8%
17	2017/年	8760(100%)	6.1	3.4/NE	24.5/NNE	28.1	38.8	31.7	1.4	53.2	20.2	15.5	11.1	NE /26.9%

下圖 4-1 至圖 4-3 顯示平均風速、陣風速度和波高。2017 年統計資料作為本案可行性研究唯一可用的時間序列，透過風速可以觀察到兩個颱風的影響；這些颱風分別是：

- 2017 年 07 月 29 日至 07 月 31 日的海棠颱風。
- 2017 年 08 月 20 日至 08 月 22 日的颱風哈多（警告發布日期）

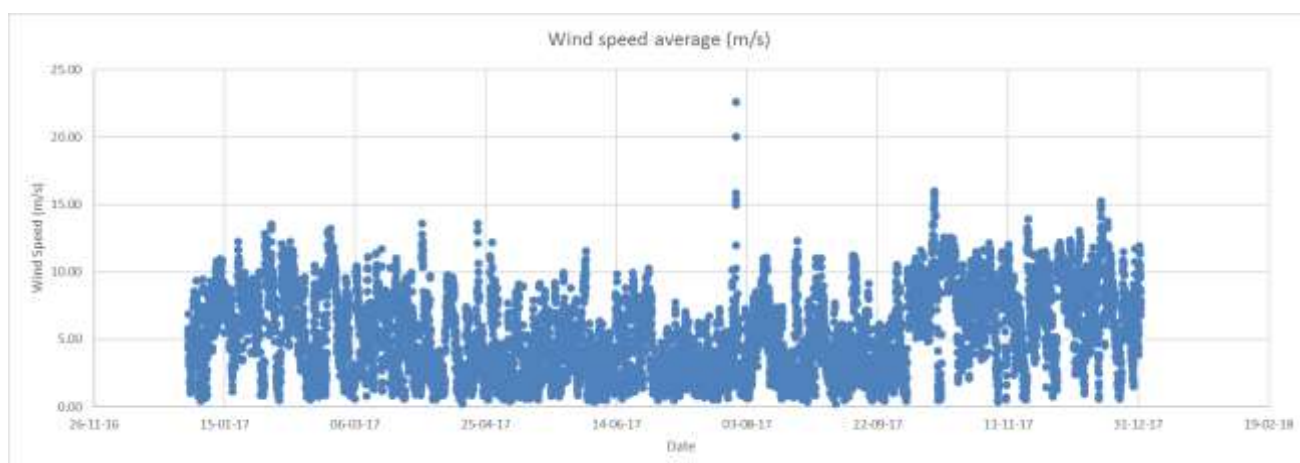


圖 4-1：2017 年平均風速

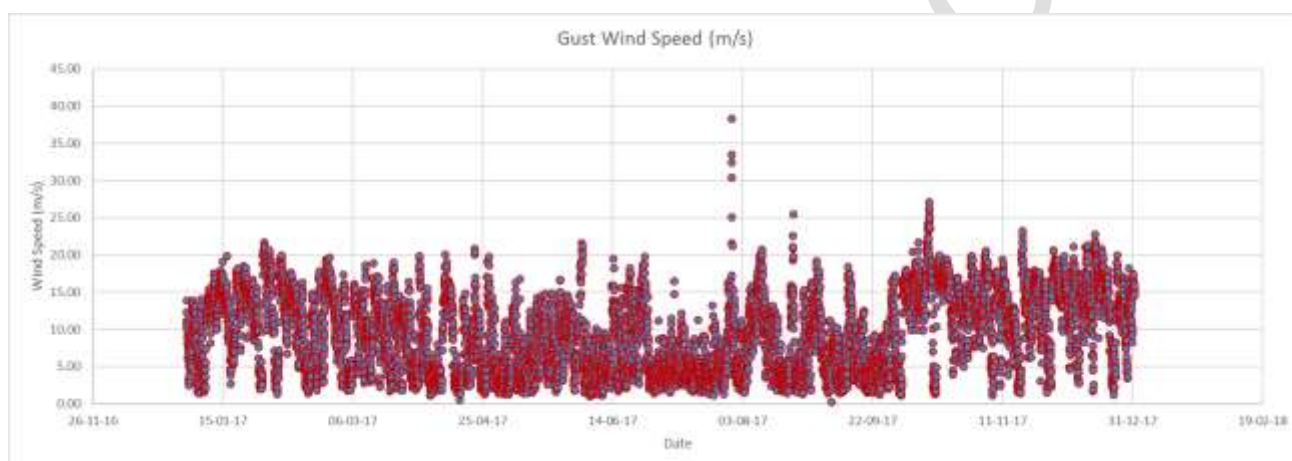
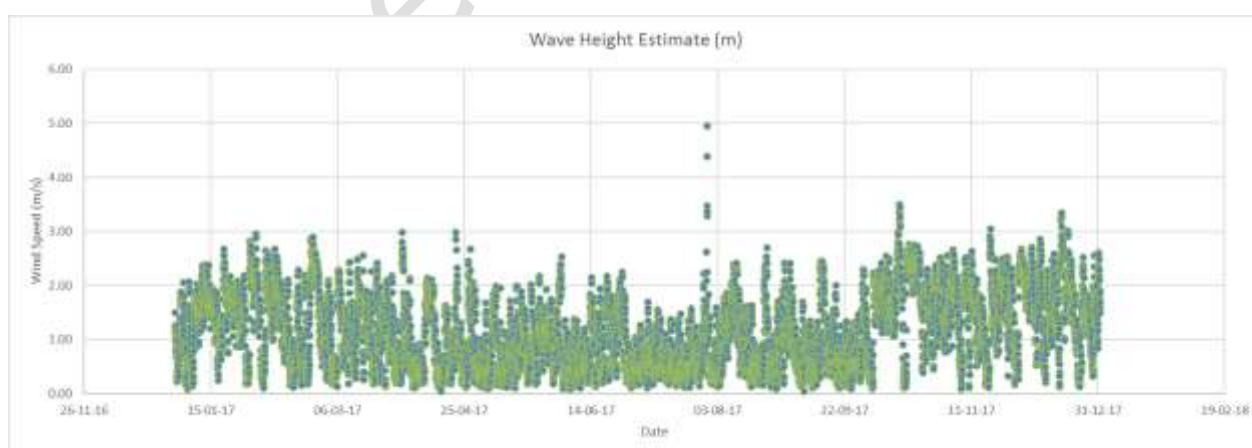


圖 4-2：2017 年陣風風速



(註：波浪高度估算圖並未顯示可能影響防波堤區域的臨界波向)

圖 4-3：2017 年預估波高

4.5 颱風模型 (Modelling of Typhoons)

2017 年資料共有 5 個颱風記錄，其中 2 個對於風、浪統計資料具有一定影響性，針對颱風數量與持續時間對天然氣輸送的影響進行個案的研究。本案基於以下假設建立分析模型：

- A. 既有台灣的颱風數據。
- B. 雖然桃園觀塘地區僅受颱風路線 1、2 和 9 的限制較大(參考本報告圖 3-15)，經與 CPC 討論，本報告假設所有颱風都會導致 FSRU 關閉和斷開連接。
- C. 颱風統計分布用於假設颱風侵襲台灣發生日期。
- D. 颱風數量影響建模模擬依每年可能遭遇 1、2 和 4 個颱風做模擬，每個颱風持續（含前後）時間約在 7 到 10 天之間隨機分布。
- E. 平均颱風造成之影響，將上述案例皆模擬 10 次。

根據每月颱風歷史分佈繪製以下分佈曲線圖 4-4，從中得出平均值與標準差的常態分佈，本分析中使用常態分佈建置 2017 年颱風侵台發生時間，颱風影響持續時間隨機分布在為 7 到 10 天之間，假定颱風發生期間並未重疊，上述為較為保守的做法，係因颱風重疊會縮短 FSRU 斷開連接考量的總時間。

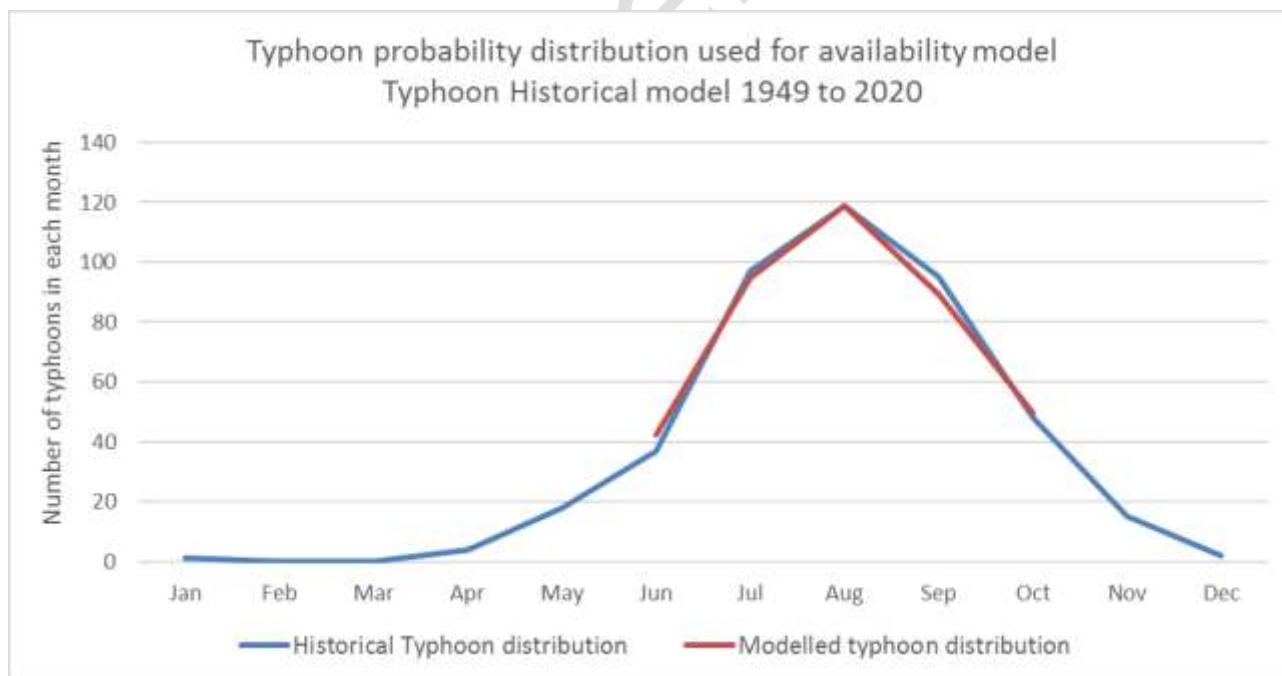


圖 4-4：可用於模擬颱風侵襲時間之常態機率分佈圖（考量 1949 至 2020 年間颱風歷史）

在 2017 年時間關係圖中考量上述兩個颱風影響台灣案例分析成果如下：

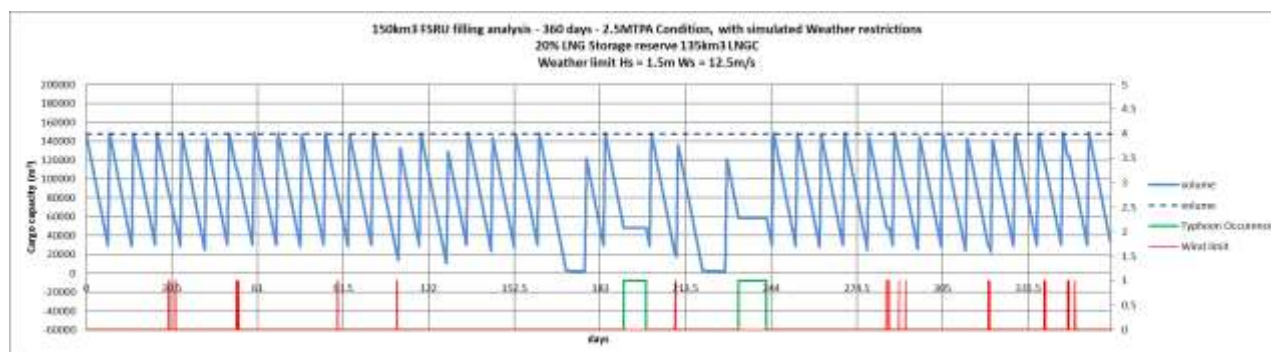


圖 4-5：2017 年 2 個颱風案例

颱風對於 FSRU 和 LNGC 影響區間些微不同。下列船舶組合的可作業性基準線如下表 4-7 所示，針對 150,000 m³ 至最大等級的 LNG 船和不同等級的 FSRU 進行評估來了解可作業性範圍，下表空白格表示沒有進行分析之案例。

表 4-7：不同 FSRU 與 LNG 船等級組合之可作業性分析彙整

			2.5MTPA			0.8MTPA		
			FSRU Size			FSRU Size		
			150k	170k	216k	150k	170k	216k
Parcel Size	155k	Annual Send Out achieved	2,372,142	2,380,999	2,400,998	819,957	819,957	819,957
			94.9%	95.2%	96.0%	98.8%	98.8%	98.8%
	180k	Annual Send Out achieved		2,433,453	2,377,788		819,957	815,604
				97.3%	95.1%		98.8%	98.3%
	216k	Annual Send Out achieved			2,400,996			819,957
					96.0%			98.8%

4.6 分析結果 (Result)

4.6.1 LNG 氣體輸出頻率 (Delivery Frequency of LNG Cargoes)

為達到 CPC 天然氣需求量的要求，年度 LNG 船標稱需求數量呈現於下圖 4-6；這些裝運數量取整數計算，如：使用 216,000 m³ 的 LNG 船來滿足 2.5MTPA 的 LNG 進口量至少需要 28 批裝運，而對於 135,000 m³ 的 LNGC，則需要至少 44 批裝運，與上述計算標稱值比較，猶可作業性分析決定的裝運數量將會更少。

本案評估時假設完整的作業時間，其中包含用於卸料、LNG 船抵港以及離港時間總共 36 小時，上述時間已涵蓋 LNG 船繫泊所有操作、監控流程、取樣、泵浦升壓、卸料與關閉操作，最後解除繫泊與離開繫泊設備等操作，基於這些假設應足以分析可作業性，但在詳細研究中應進一步評估。

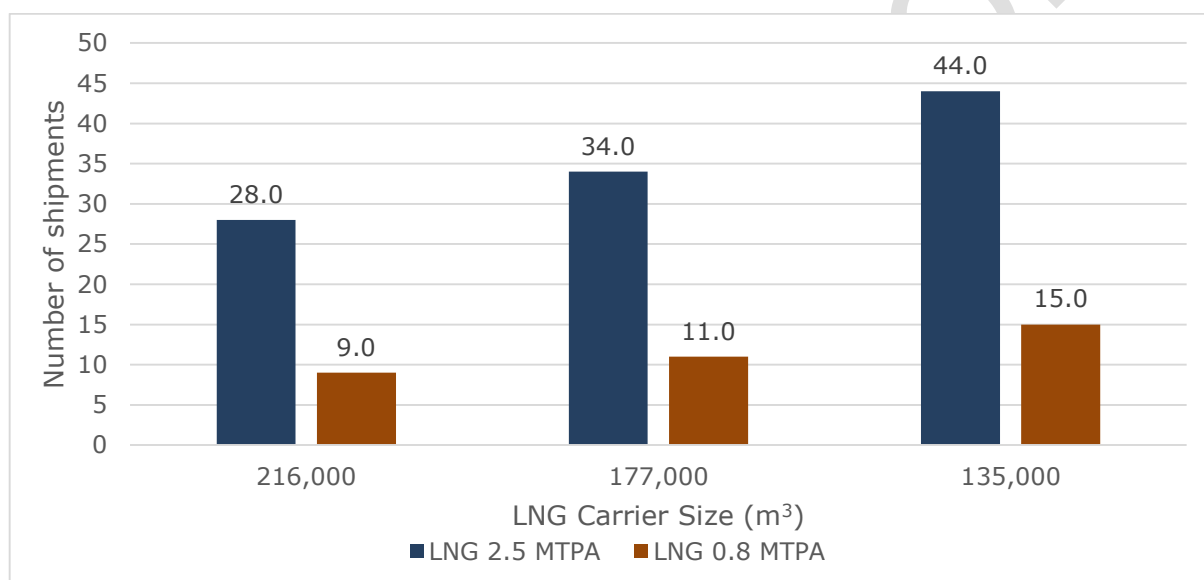


圖 4-6：滿足每年進口容量之 LNG 船船次(MTPA)

將上述標稱表現與以下圖表比較結果呈現於本報告 4.6.2 節中。

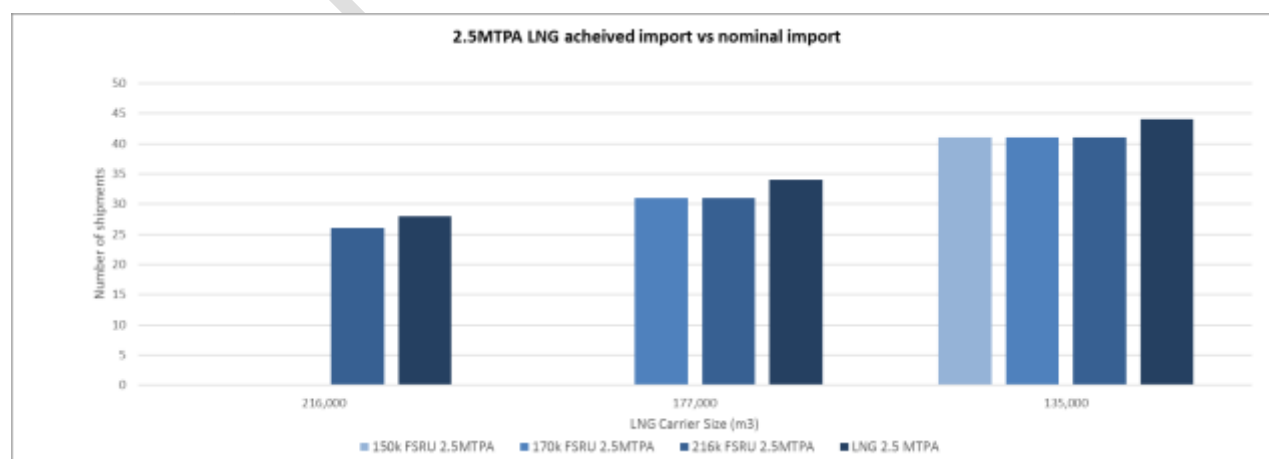


圖 4-7：滿足每年 2.5 MTPA 條件抵達之 LNG 船數量與標稱數量比較

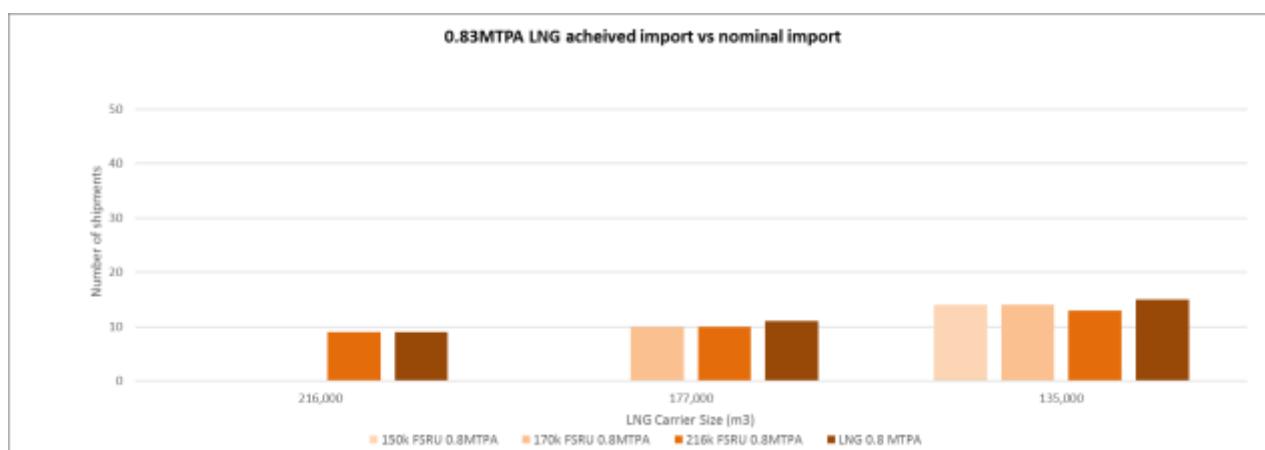


圖 4-8：滿足每年 0.8 MTPA 條件抵達之 LNG 船數量與年營運量比較

4.6.2 圖表呈現之成果 – 無颱風情況 (Tabulated Results – Non typhoon case)

本小節統整不同的 FSRU 保留儲存量，考量 20%與 30%的保留儲存量評估天然氣輸送可作業性和裝運數量。

- 在可能有保留儲存量的組合，單元格為綠色。
- 若確定的最大保留儲存量在 10%內，單元格會顯示橙色，視為略微減少保留儲存量。
- 若為可以執行之操作，但需要改變保留儲存量大於 10%時，單元格顯示為紅色。
- 灰色單元格表示不可能發生的情況，即 LNG 氣體量等於 LNG 船輸出量時。
- 當單元格為紅色時操作為可行的，但操作會具有挑戰性，需要平衡有限儲備量與 LNG 船延遲輸入的風險。但是有許多設施可以定期並適當地管理這些風險。

由下表 4-8 中結果顯示，對於 30%的高保留存儲容量，只有尺寸較大 FSRU 與尺寸較小 LNG 船的組合供可作業性評估參考；但是如有黃色標記顯示的情況，在這些組合下可能有一些組合將導致 FSRU 保留存儲量略有減少。分析結果表明，將 FSRU 與近似規模的 LNG 船進行匹配較難以滿足儲存量需求，再者可作業性的變化並不會受到保留儲存量顯著影響，分析當中所有 FSRU 和 LNGC 組合中年度可作業性差異僅為 1.2%。

由下表 4-9 中的結果指出，對於 20%的中等保留存儲量，會有較多 FSRU 與 LNG 船船舶組合供可作業性評估參考；但是如有黃色標記顯示的情況，在這些組合情況下將部分減少 FSRU 保留儲存量來達成組合選項；如表 4-8 所示兩種組合的年度可作業性評估差異不明顯。

表 4-8 : 2.5 MTPA LNG 輸入量分析成果 – 考量 30%保留儲存量

FSRU	FSRU Filling (90%)	FSRU Filling 30% reserve	LNGC 135,000 Loading Limit (95%)	LNGC 177,000 Loading Limit (95%)	LNGC 216,000 Loading Limit (95%)
150,000 (Memb) Converted	135K/60.75KTon	120K/54KTon 30% = 3.0 days	94.8% availability Maximum 8 days without send out 41 Shipments 19% Reserve		
170,000 (Memb) Converted	153K/62KTon	136K/61.2KTon 30% = 3.4 days	95.2% availability Maximum 8 days without send out 41 Shipments 28% Reserve	95.1% availability Maximum 10 days without send out 31 Shipments 5% Reserve	
216,000 (Memb) Converted	194.4K/87.5KTon	172.8K/77.8KTon 30% = 4.3 days	96% availability Maximum 8 days without send out 41 Shipments	95.1% availability Maximum 9 days without send out 31 Shipments 26% reserve	96% availability Maximum 9 days without send out 26 Shipments 10% Reserve

表 4-9 : 2.5 MTPA LNG 輸入量分析成果 – 考量 20%保留儲存量

FSRU	FSRU Filling (90%)	FSRU Filling 20% reserve	LNGC 135,000 Loading Limit (95%)	LNGC 177,000 Loading Limit (95%)	LNGC 216,000 Loading Limit (95%)
150,000 (Memb) Converted	135K/60.75KTon	120K/54KTon 20% = 2.0 days	94.8% availability Maximum 8 days without send out 41 Shipments 19% Reserve		
170,000 (Memb) Converted	153K/62KTon	136K/61.2KTon 20% = 2.3 days	95.1% availability Maximum 8 days without send out 41 Shipments	95.1% availability Maximum 10 days without send out 31 Shipments 5% Reserve	
216,000 (Memb) Converted	194.4K/87.5KTon	172.8K/77.8KTon 20% = 2.9 days	96% availability Maximum 8 days without send out 41 Shipments	95.1% availability Maximum 9 days without send out 31 Shipments	96% availability Maximum 9 days without send out 26 Shipments 10% Reserve

4.6.3 颱風影響 (Typhoon Impact)

以下為 1、2 和 4 個獨立颱風事件分析結果，使用的 2017 年數據中會發現兩次颱風情況下的影響。

表 4-10：考量 1 個颱風情況 2.5 MTPA 輸入量之可作業性評估結果

			2.5MTPA			0.8MTPA		
			FSRU Size			FSRU Size		
			150k	170k	216k	150k	170k	216k
LNGC Size	155k	Annual Send Out achieved	2,317,687	2,326,496	2,393,177	800,258	800,258	800,258
			92.7%	93.1%	95.7%	96.4%	96.4%	96.4%
	180k	Annual Send Out achieved		2,294,409	2,320,150		771,297	795,934
				91.8%	92.8%		92.9%	95.9%
	216k	Annual Send Out achieved			2,351,191			799,762
					94.0%			96.4%

表 4-11：考量 2 個颱風情況 2.5 MTPA 輸入量之可作業性評估結果

			2.5MTPA			0.8MTPA		
			FSRU Size			FSRU Size		
			150k	170k	216k	150k	170k	216k
LNGC Size	155k	Annual Send Out achieved	2,270,683	2,285,264	2,324,833	780,249	781,096	781,309
			90.8%	91.4%	93.0%	94.0%	94.1%	94.1%
	180k	Annual Send Out achieved		2,239,743	2,271,815		748,198	777,417
				89.6%	90.9%		90.1%	93.7%
	216k	Annual Send Out achieved			2,292,819			779,170
					91.7%			93.9%

表 4-12：考量 4 個颱風情況 2.5 MTPA 輸入量之可作業性評估結果

			2.5MTPA			0.8MTPA		
			FSRU Size			FSRU Size		
			150k	170k	216k	150k	170k	216k
LNGC Size	155k	Annual Send Out achieved	2,270,683	2,285,264	2,324,833	780,249	781,096	781,309
			90.8%	91.4%	93.0%	94.0%	94.1%	94.1%
	180k	Annual Send Out achieved		2,239,743	2,271,815		748,198	777,417
				89.6%	90.9%		90.1%	93.7%
	216k	Annual Send Out achieved			2,292,819			779,170
					91.7%			93.9%



根據以上整理結果，自表 4-10 至表 4-12 可以發現：

- A. 每一個颱風對於可作業性影響約 2-3%左右；這是基於以下假設：颱風效應使氣體暫停輸出 7-10 天。
- B. 每年颱風的數量將影響可作業性。
- C. 這個可作業性的特點需要進一步研究，可作業性評估時應使用歷史數據來進一步調查颱風實際造成之影響，其中歷史數據應包含實際的颱風警報時間。

4.7 小結 (Conclusion)

可作業性研究意旨在確立整個建模年份（2017 年）的可作業性基準，並確定可以進一步評估的緩解措施，減少因天氣因素導致停機時間對可作業性的影響。本模型簡化部分實際情況，如：恆定的輸氣量，貨運量的大小無變化、天氣因素導致停機事件（颱風）發生前不會更動 FSRU 操作，在上述情況下可透過調整輸氣量來減輕已辨識的潛在事件，分析成果反映出 LNG 船短期交付中潛在困難點。

分析結果顯示本案具有很高的可作業性，詳如分析結果，確立無論是直接或是間接的颱風條件，都會降低 FSRU 的可作業性；在此時間區間無颱風條件下，2.5MTPA 和 0.83MTPA 分析結果分別為 96%、98%，皆為高可作業性；但每一個颱風對於可作業性影響約 2-3% 左右。

考量在較大的 LNG 保留量（即：較小的貨運量）操作，以較低的氣體輸氣率可以使 LNG 兩次運輸之間有更長的間隔時間，因此對遠程颱風的影響更具彈性。

- 較大等級 FSRU 與較小等級 LNG 船的典型營運組合，可以具有靈活應對惡劣天氣影響營運的能力，這樣的組合提供最高的可作業性。
- 本案分析指出 FSRU 與碼頭連接未超出繫泊限制，其可作業性的提高主要由影響 LNG 船停靠的風速氣候窗來驅動。
- 持續一段時間的高風速強況下，儘管 FSRU 能夠安全地繫泊在碼頭邊，但持續高風速情況將導致 FSRU 至碼頭的高壓天然氣卸料臂斷開，可作業性會出現了一些二次損失，這些區間是主要發生於冬季的個別事件。
- 使用容量為 216,000 m³ 等級 FSRU 和較小 LNG 船貨運時，分析在沒有颱風情況下的可作業性超過 98%。
- 雖然 2017 年是台灣天氣典型的一年，但應該進行評估模擬更多和更長時間下的推算，藉此提供更好可作業性分析成果輸出，更好地了解停機的時間季節性影響；建議建模至少 7 年以上的時間，優先選擇 10 年。
- 防波堤可提高實質可作業性，在海洋環境負荷的限制下，完整的防波堤可以提高 15% ~ 20% 的可作業性，因此，建議盡快調查防波堤對波浪大小改變和對靠泊位至波浪方向改變等狀況的影響。

5 觀塘港 FSRU 環境影響分析

本章節係包含下述內容，以評估浮動式 LNG 接收站(以下簡稱 FSRU)之環境可行性：

- 本案係利用環境基線(environmental baseline)，來評估 FSRU 對於周遭環境區域之敏感性，進而考慮設置 FSRU 可能造成的環境影響。
- 本章節闡述了本案對於環境可行性之評估方法。
- 本案係比對已評估及核准的陸上 LNG 接收站(Onshore LNG terminal)之相關案例，藉此評估本案 FSRU 可能進行之施工作業及營運期間所產生之環境影響。
- 本章節係提供相關結論與建議。

5.1 環境基線 (Environmental Baseline)

本章節描述有關桃園市觀塘工業港設置 FSRU 預定地之環境基線(environmental baseline)。行政院環境保護署(Environment Protection Agency, EPA)係中華民國環境保護事務的最高主管機關，係依據相關法、律、條例、通則、細則等環境保護相關法律或命令，保護環境執行攸關國土環境之事務，並維持優良的公共衛生標準。本案將依《環境影響評估法^{/34/}》及其施行細則實施環境可行性評估作業。

本案係參考桃園市觀塘工業區工業專用港環之「桃園市觀塘工業區工業專用港環境影響說明書環境影響現況差異分析及對策檢討暨環境影響差異分析報告^{/35/}」(以下簡稱環差報告)作為環境影響之評估依據。該環差報告乃變更至原計畫—2000 年之「桃園市觀塘工業區工業專用港環境影響說明書^{/36/}」(以下簡稱原環說書)，至今已辦理多次環境差異分析工作。該環差報告乃為 CPC 依政府機關及專家學者所提之意見，以新修訂開發面積規模縮減「迴避替代修正方案」(業經環評審查通過)所提出，該計畫之陸上 LNG 接收站規劃營運量為 300 萬噸/年(3MTPA)，並於 2018 年 11 月 30 日核定。本章節所採用之環境基線參照位置位於觀塘工業區(港)預定站址開發範圍內，預定設置 FSRU 之 LNG 碼頭。相關環境基線之環境參數皆參考至上述環差報告，以及相關現有之環境監測或採樣之數據外，DNV GL 根據環差報告分析的環境基準進行總結，但並無另外進行或提供任何有關環境監測或採樣之作業或數據。

5.1.1 周圍環境 (Surrounding Environment)

觀塘工業區(港)計畫站址位於桃園市觀音區塘尾一帶沿岸，採填海造地建成，利用部分既有填區並新增外海填區。其陸上 LNG 接收站將設置於沿岸之既有填區。觀塘工業區(港)計畫站址之東北方係為「大潭濱海特定工業區」、「桃園環保科技園區」以及「桃園科技工業區」；南方系為「桃園觀新藻礁野生動物保護區」。周圍鄰近多條主要幹道，包含台 61 線(西部濱海快速公路)、西濱公路、台 66 線(東西向快速道路觀音大溪線)及台 15 線省道等。鄰近地區包含桃園市觀音區之觀音里及大潭里之住宅聚落、工業區等，距離最近之觀音里聚落(甘泉寺、桃園市觀音區觀音國民小學鄰近地區)約為 2.5 公里。位於此聚落之觀賞者因距離較遠或受建物阻隔影響，計畫可視性較小(無法直接被觀賞到)，故對視覺影響甚

微。環差報告指出，觀塘工業區(港)計畫站址近年之環境現況與原環說書之環境概況並無顯著差異。另外本公司獲悉，該環差報告現階段已完成審查，並審核修正通過。

5.1.2 氣候 (Weather)

依環差報告所調查之資訊可得，本區域之各月最高氣溫之年平均值可達攝氏 26.0°C，桃園國際機場附近測站 10 年之年平均風速約為 5.9 m/sec。

近百年間(1897-2014)，颱風侵台路徑以方向及總數量之百分比表示，詳圖 3-15 所示。編號 1、2、7、9 之颱風侵台路徑將影響預定停泊於 LNG 碼頭之 FSRU，颱風數量百分比之總和近 39 %。根據 1947-2011 年間之統計數據，此四種路徑影響了桃園地區之颱風數量約為每年 0.9 個，但近兩年並不無直接侵入台灣的颱風。根據環差報告之推測，觀塘工業區(港)計畫陸上 LNG 接收站站址區域海岸的淘刷與淤積現象與颱風效應有關(新增描述)；2005 年，台灣北部接連被兩個颱風襲擊，導致了本案預定放置 FSRU(詳圖 5-2 點 G1)之下潮帶的礁體部分露出紀錄。

5.1.3 沿岸地形與探測 (Coastal Topography and bathymetry)

依環差報告所調查之資訊可得知觀塘工業區(港)沿岸全區之海床坡度大多約為 1:100(小於 1°)，近岸區域(特別是在鄰近港的區域)之水深約莫在 3-5 公尺左右。離岸 3 公里左右，水深大多可深達 30 公尺以上，西南部地區更可深達 40 公尺(詳見圖 5-1)。海域以沙、沉泥、卵礫石、生物礁及貝殼覆蓋其表面。

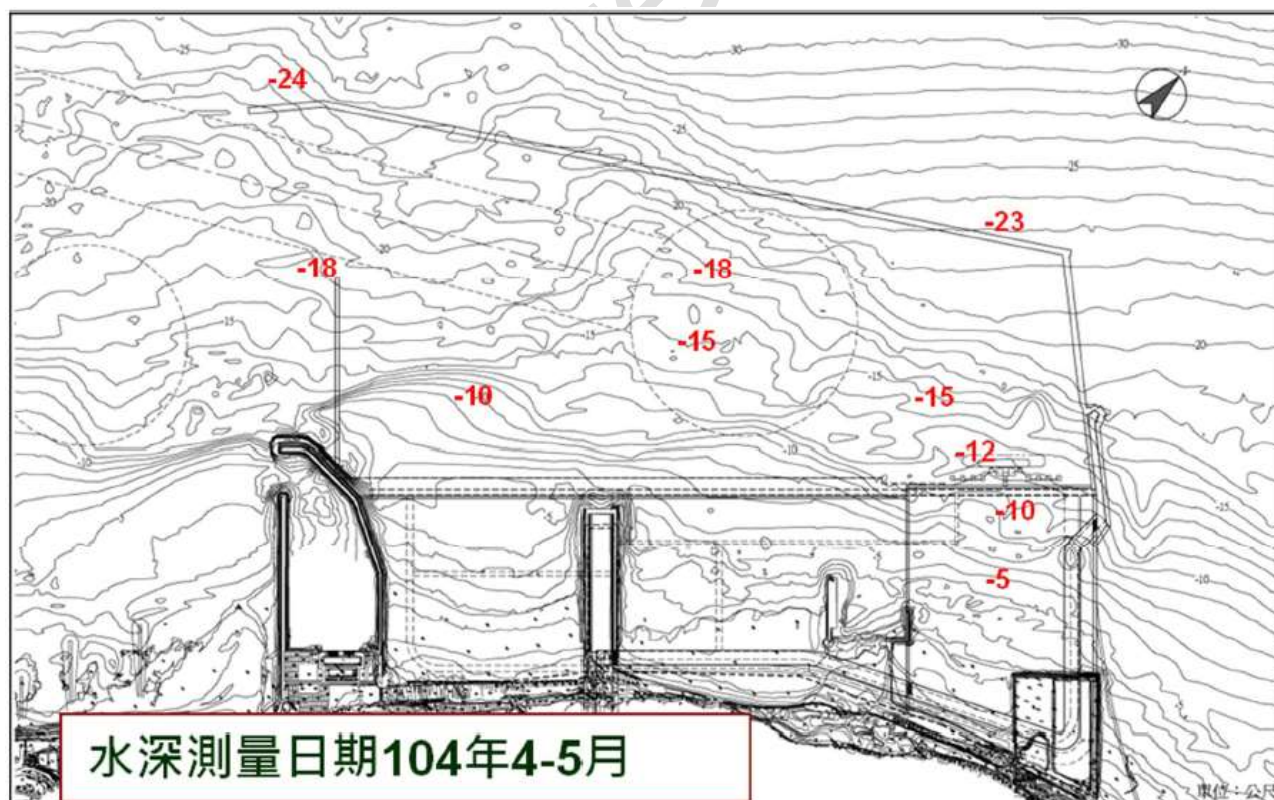


圖 5-1：觀塘工業區(港)計畫之水深調查等深線

5.1.4 空氣品質 (Air Quality)

原環說書於觀塘工業區(港)鄰近之大潭新村、觀音國中、清華高中、大覺寺附近民宅及永安國中等 5 處進行空氣品質監測；環差報告亦於 2015 年 5 月，進行了此 5 處之空氣品質檢測。其監測結果與原環說書之監測結果並無顯著差異，各項空氣汙染物濃度皆符合空氣品質標準。

5.1.5 海域(含潮間帶)水質與底泥 (SeaWater Quality and Sediment)

依環差報告所調查之資訊可得，潮間帶測站所測得之水溫約為 24.3~27.3°C；海域測站之水溫約為 28.4~30.8°C，鹽度為 32.5~33.9psu。其調查結果顯示，潮間帶及海域各測站之所有水質，包含溶氧量(dissolved oxygen)、酸鹼值(pH)、溫度、生化需氧量(biochemical oxygen demand)、硝酸鹽(nitrate)、懸浮載(suspended solids)、重金屬等，皆符合環境基準值。其調查結果與原環說書之內容無顯著差異，且海域測站所測得之底泥(sediment)重金屬含量較原環說書所測更低。

5.1.6 海洋棲息地 (Marine Habitats)

5.1.6.1 海域生態 (Marine Ecology)

環差報告已於 2015 年 6 月至 2016 年 9 月間，針對觀塘工業區(港)區域進行了多次海域生態調查，其測點包含「觀塘工業區(港)」區域之 G1 區(I3)、G2 區(I4)、G3 區；「桃園觀新藻礁野生動物保護區」之 I5、觀音區、新屋區；及觀塘工業區(港)北部之「白玉區」大堀溪口測站 I1、觀音溪口測站 I2(詳圖 5-2 右圖紅色三角標記處)。

環差報告之調查結果顯示，「觀塘工業區(港)」附近之海域底質屬於礁石(硬底質)及泥沙(軟底質)混和。潮間帶底棲生物(benthic)主要為螺類、二枚貝類、蟹類為主，另有多種魚類及藻礁生態生物群。雖此處底棲生物及魚類物種組成豐富，但有被記錄到的物種數量並不多。然而，G1 處之潮間帶雖佈有藻礁，但大多數皆為死亡礁體且已被泥沙掩埋，故此處礁體之生長情形原本就不良好。

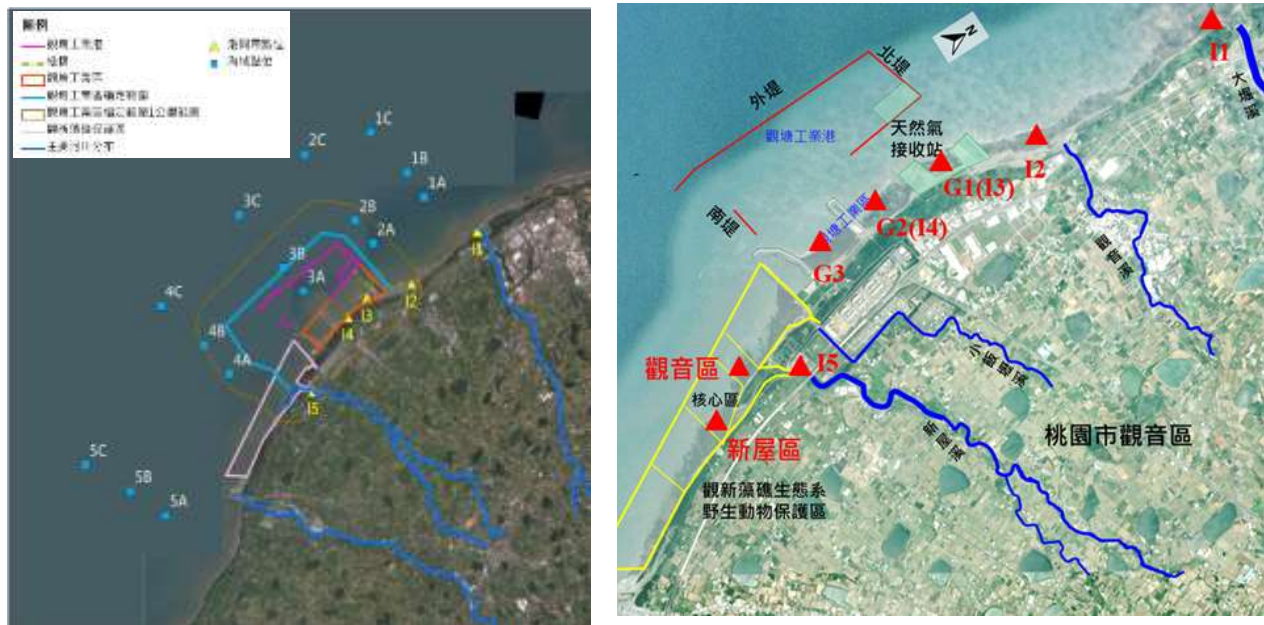


圖 5-2：海域(左圖)及潮間帶(右圖)生態調查範圍圖(2015 - 2016)

5.1.6.2 FSRU 預定放置地之海洋生態調查(Marine ecology survey of FSRU location)

計畫欲覆蓋及浚挖區域區域如下圖 5-3 所示，環差報告於 2017 年 3 月完成「觀塘工業區(港)」之水下無人載具(ROV)藻礁攝影調查，另於 2018 年進行第二次水下攝影補充調查作業，調查結果顯示此區域之海水濁度高、透光度很低、海床被泥沙覆蓋，僅有少部分底棲生物(benthic)，生物多樣性不豐富。於調查區域內共發現 9~16 種物種，包含有固著性底棲生物(如珊瑚)、非固著性底棲生物(如螃蟹、蝦)、鮫類(如鱈)、無脊椎動物(如水母 29 個體、鎖管 10 個體)、魚類 26 個體。綜上所述，其生物多樣性不算豐富，且無觀察到特殊或保育類海洋生物物種。

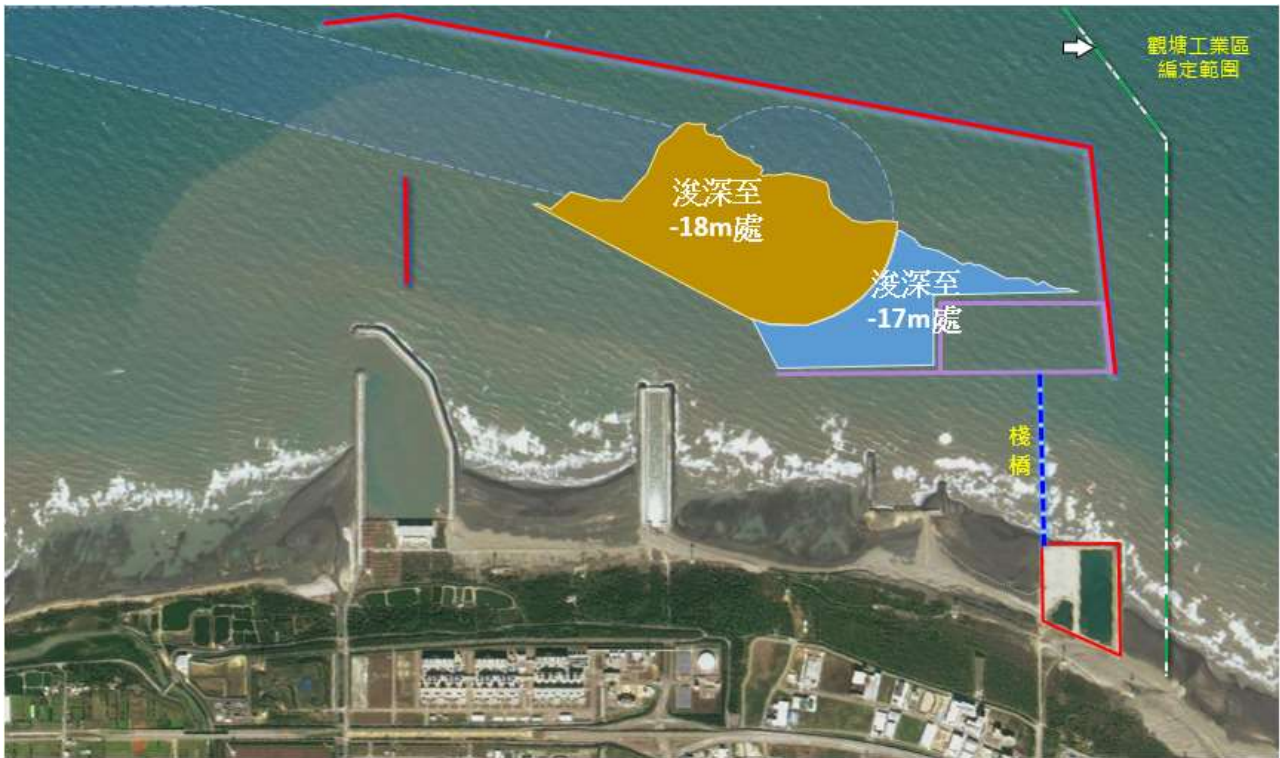


圖 5-3：「觀塘工業區(港)」計畫欲覆蓋及浚挖區域區域示意圖(Dec 2009)

5.1.6.3 藻礁(Coastal reefs)

殼狀珊瑚藻(Crustose Coralline Algae, CCA)或稱藻礁珊瑚紅藻(Reef-building Coralline Algae)，其老化的鈣化藻體可成為礁體結構的一部份，為許多海洋軟體動物(molluscs)提供育苗棲息地(nursery habitats)，在珊瑚礁生態系中扮演了重要的角色，為重要的造礁生物(reef-building organisms)。

桃園市海岸線長度約 46 公里，從竹圍漁港到永安漁港約 27 公里為藻礁地形。為人所知的造礁生物除了主要形成珊瑚礁(coral-based reefs)的造礁珊瑚外，殼狀珊瑚藻亦會以殼狀腹面覆蓋在珊瑚的動物骨骼上，成為珊瑚礁體的一部份。依據環差報告所提供之資訊，其調查地之生物礁均以礫岩為最初發育基底，大部份礁體(reefs)早期為珊瑚礁發育，後期則以殼狀珊瑚藻為主要造礁生物。然而，殼狀珊瑚藻在此海岸成為了較佔優勢的鈣化生物，其層層向上生長的特性堆積成具多孔隙的礁體，經年累月後形成藻礁(如圖 5-4)。



圖 5-4：觀新藻礁保護區之藻礁體

「桃園觀新藻礁野生動物保護區」已於 2014 年 7 月 7 日起公告正式成為台灣第 20 個野生動物保護區，現以受到我國相關法令之全面保護，而「觀塘工業區(港)」之開發範圍已避開該保護區範圍(詳圖 5-5)。



圖 5-5：「桃園觀新藻礁野生動物保護區」與本可行性研究地區(「觀塘工業區(港)」內)之相對區域圖

環差報告在 2015 年於「觀塘工業區(港)」範圍內的潮間帶進行礁體裸露調查，其依據當時之環境現況大致上將本區域劃分為潮間帶礁體沙埋區(G1 及 G3 區)及潮間帶礁體裸露區(G2 區)，詳見圖 5-6。G1 區及 G3 區當時之環境現況相似，均為沙灘底質，無發現有礁體裸露之情形。G2 區位於 G1、G3 區之間，為裸露之礁體沉積物及沙灘底質。



圖 5-6：潮間帶礁體沙埋區(G1 及 G3 區)及潮間帶礁體裸露區(G2 區)之航照圖(2015 年 4 月 5 日)

環差報告於民國 106 年進行之礁體裸露調查中發現，G1 區約有 4.8 公頃礁體裸露之情形，G2 區則約有 19.5 公頃裸露(與颱風及港埠之工程有關)，詳如圖 5-7。



圖 5-7：2017 年進行之礁體裸露調查航照圖

5.1.6.4 柴山多杯孔珊瑚(Polycyathus chaishanensis)

CPC 於 2018 年 11 月 7 日成立了「觀塘工業區(港)生態保育執行委員會」，為實踐對環境保護的承諾及維護藻礁永存等具體作為。在 2017 年 5 月 1 日正式被林務局依照野生動物保育法公告為一級保育類之柴山多杯孔珊瑚(Polycyathus chaishanensis)，被發現於「觀塘工業區(港)」之 G1、G2 區(詳如圖 5-8)。CPC 之「迴避替代修正方案」乃為避開藻礁與該保育類物種而提出，工業港規劃設計採用開放式結構，作業區與港口間之通道採棧橋連接，以保持海水的自然流通，並最大程度的減少對藻礁及該保育類物種的生態影響。原北面擬建之防波堤則重新規劃，以達到上述之目的。

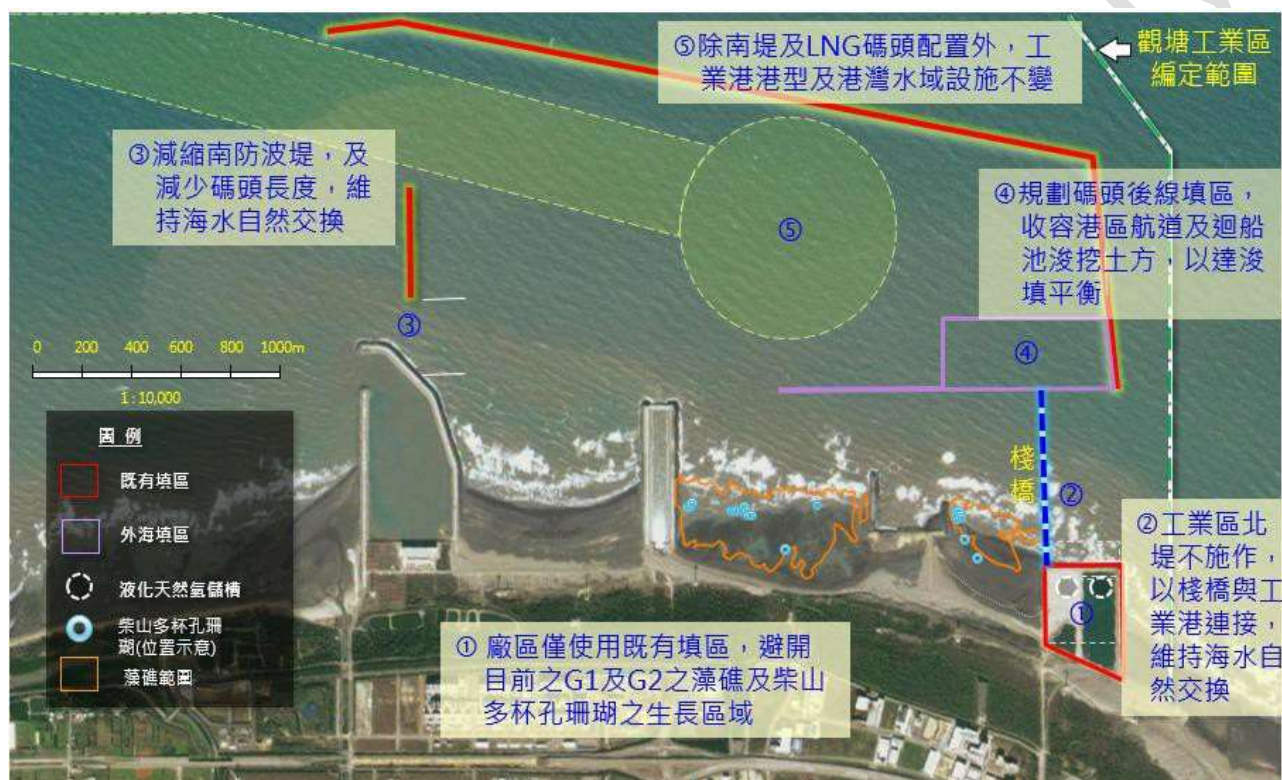


圖 5-8：「觀塘工業區(港)」範圍內柴山多杯孔珊瑚(Polycyathus chaishanensis)位置及本案相關規劃示意圖

5.1.6.5 小結(Summary)

於本案預定設置FSRU之位址南方為「桃園觀新藻礁野生動物保護區」，於2014年7月7日，依《野生動物保育法^{137/}》公告劃定為野生動物保護區及重要棲息環境，係為重要之環境敏感受體。該保護區內富含多種且大量海洋生物，也是保育類生物的生態棲地，如殼狀珊瑚藻、柴山多杯孔珊瑚、以及被國際自然保護聯盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)列為瀕臨絕種的紅肉丫髻鮫(路易氏雙髻鯊 Sphyrna lewini)及綠蠵龜等。觀新海岸在未建造突堤之前，因漂沙作用之影響，潮間帶大部分為沙埋的堆積地形。由於突堤的新建，產生了突堤效應，在缺乏沙源補充淤積之情況下，觀新藻礁出現了永久裸露之現象，而礁體之裸露，則有助於恢復藻礁生態之生物多樣性。

本案預定設置FSRU之位置目前規劃位於「觀塘工業區(港)」內，非屬「桃園觀新藻礁野生動物保護區」之範圍。該位址之海域與潮間帶大部分尚呈現沙埋的沙灘底質，僅部分區域由於颱風的因素，近年來有部分裸露之情況。礁體之厚度隨海水深度而逐漸變小，且被沙泥覆蓋。依據環差報告之調查，此處之海洋生態之生物多樣性並不豐富，底棲生物不多。

5.1.7 噪音及振動 (Noise and Vibration)

依據環差報告於2015年於台15與桃93交界口、台15跟桃94鄉道交界附近民宅、台15與桃92交界附近民宅、大潭國小、鎮平宮、下埔活動中心等6處所進行之噪音振動調查結果顯示，噪音主要來源為交通所影響，而振動則與受鄰近道路交通振動影響有關。

噪音監測值除平日日間與夜間時段測值及假日夜間時段測值超過環境音量標準值之規定限值外，其餘時段測值皆符合環境音量標準規定限值。相關測值相較原環說書測值無明顯差異，部分測值較原環說書測值為低。振動監測值除部分測站之日夜間振動量略高外，其餘測站平日與假日之日、夜間振動值均符合標準。原環說書與各測點於各時段之振動值均符合日本振動法規之振動標準，現階段環境背景振動現況較原環說書時期測值為低。

5.1.8 漁業 (Fisheries)

「觀塘工業區(港)」係為工業用途之港口，並無漁港設施，臨近之漁港為北邊桃園市大園區之竹圍漁港及南邊桃園市新屋區的永安漁港。該港座落於中壢區漁會所劃定之專用漁業權漁場範圍內，原東鼎公司與台電公司已於2001年與中壢區漁會就漁業權做補償並簽訂協議，故中壢區漁會已撤銷漁業權，漁場劃定範圍不包括觀塘工業區(港)、台電大潭電廠進出水口、各港區範圍及其航道之海域。

5.2 環境可行性評估之方法 (APPROACH TO ENVIRONMENTAL FEASIBILITY ASSESSMENT)

本案為設置FSRU進行環境可行性之評估，參考由業主所提供之文件(已由業主或相關單位審查通過)：

- 於2018年11月30日核定之「桃園市觀塘工業區工業專用港環境影響說明書環境影響現況差異分析及對策檢討暨環境影響差異分析報告^{/35/}」
- 「第三座LNG接收站迴避替代方案可行性研究報告^{/33/}」(以下簡稱替代方案可行報告)
- 開工會議時由業主提供之相關資訊

由於本案設置FSRU之位址及相關資訊與陸上LNG接收站具高度相關性，故本公司採用「環境影響現況差異分析及對策檢討暨環境影響差異分析報告^{/35/}」以及「第三座LNG接收站迴避替代方案可行性研究報告^{/36/}」之相關數據進行高階比對分析(high-level comparative assessment)，已評估環境可行性。係利用環境基線(environmental

baseline)，來評估 FSRU 對於周遭環境區域之敏感性，進而考慮設置 FSRU 可能造成的環境影響。

於正常流量之情況下，陸上 LNG 接收站規劃再氣化量(regasification capacities)以及最大型 FSUR 再氣化量：

- 陸上 LNG 接收站規劃之 再氣化量：300 萬噸/年(MTPA)；
- FSRU 之再氣化量：250 萬噸/年(2.5MTPA)。

由於本案所預估之最大型 FSRU 再氣化量小於現階段陸上 LNG 接收站所規劃設計之規模。經保守評估，設置案之環境影響應比陸上 LNG 接收站更輕微，相關評估結果詳以下章節。

依據替代方案可行報告第九章之結論第 2 點：「本計畫經評估在環境影響、工程技術及人力資源、財務規劃及經濟效益上均屬可行」。本案之環境可行性評估將替代方案可行報告以及「桃園市觀塘工業區工業專用港環境影響說明書環境影響現況差異分析及對策檢討暨環境影響差異分析報告」視為已被相關主管機關核准內容及結論，並視其為「第三座 LNG 接收站迴避替代方案投資計畫」整體之一部份。

該計畫選址位於環境敏感地區(Environmentally Sensitive Area)，為避開該保護區內之野生動物及其棲息環境，對其開發面積規模進行縮減，並通過「迴避替代修正方案」。避免了裸露的藻礁和柴山多杯孔珊瑚，將開發面積從 232 公頃減少到 23 公頃，並對該工業港採開放式配置，以保持海水的自然交換，從而減少任何可能對當地生態環境所造成的影響。如同環差報告第七章之描述：「本迴避替代修正方案…。浮游植物、浮游動物、魚卵、仔稚魚及底棲動物等幼生物種活動亦不受影響。」。

5.3 陸上 LNG 接收站與 FSRU 施工期間對環境影響之高階比對分析 (HIGH LEVEL COMPARISON OF CONSTRUCTION IMPACTS FROM ONSHORE LNG TERMINAL VS. FSRU)

陸上 LNG 接收站與 FSRU 於工程施工期間對環境之影響係為本環境可行性評估的一部分。兩者工程施工期間對環境之影響主要差異在於相關製程設施（如 LNG 儲存和再氣化設施）之設置位置，前者設置於陸上，而 FSRU 則設置於海（船）上。根據其差異，施工地點、方法與項目將有所不同。然而，仍有相似或皆須進行之工程，如疏浚(dredging)工程等。相關工程施工期間之影響評估如下：

5.3.1 浚挖及防波堤工程 (Dredging and Construction of Breakwater)

浚挖過程中造成的水體擾動可能引起的底泥中污染物的釋放和擴散，造成水中懸浮載濃度暫時性的增加以及溶氧量減少，造成水體缺氧，其可能危害到海洋生態。此外，浚挖工程所產生之污泥、土石方等，應依據相關法規之規範進行處置。

為保障 LNG 船(Liquefied Natural Gas Carrier)於港區內之航行及港口停泊之安全，不管是建置陸上 LNG 接收站或者是本案，皆須進行浚挖工程。浚挖工程之工作範圍包括港域航道浚挖、迴船池浚挖及靠泊區浚挖。根據替代方案可行報告，假設以 LNGC 吃水 12 公尺之前提之下，將需約 350 萬立方公尺之土石方(面積約 96.1 公頃)，以其辦理該計畫之填海造地作業，應能夠符合浚填平衡之規劃原則。

DNV GL 估計，一艘儲槽容量(tank capacity)為 216,000 m³ 之 FSRU，將需要約高達 13.5 公尺的吃水深度，該吃水深度已大於「第三座 LNG 接收站迴避替代方案可行性研究報告」所假設之 LNGC 吃水 12.5 公尺。若採用該尺寸大小之 FSRU，則需增加其浚挖之土石方量，現階段尚未估計出增加之土石方量，建議於未來 FSRU 選定後，於詳細設計須列入考量。

根據上述，浚挖工程之於本案與建置陸上 LNG 接收站對環境之影響可能相同甚至更多。然而，相關工程期間可能產生之土方量及浚填平衡之規劃原則以於環差報告中敘明，且已通過相關主管機關之審查，因此採用儲槽容量不超過 216,000 m³ 之 FSRU 應為較合適之規劃。若選擇儲槽等於或超過 216,000 m³ 等級之 FSRU，則需更進一步的考慮及評估浚挖工程以及增加土石方量可能對環境造成的影響。

此外設置 FSRU 所需之防波堤經評估後，採用「第三座 LNG 接收站迴避替代方案投資計畫」所規劃設計之防波堤即可，但不須俟其完全建置完工，FSRU 即可開始運轉。如圖 5-9 所示，2022 年 2 月完成到 67 號沉箱即可，其餘部分預計於 2025 年前完工，將用於陸上 LNG 接收站。因此，可推論出防波堤工程部分之環境影響設置 FSRU 應小於建置陸上 LNG 接收站。有關防波堤對於港內流體動力學之相關考量將於其他章節討論之。

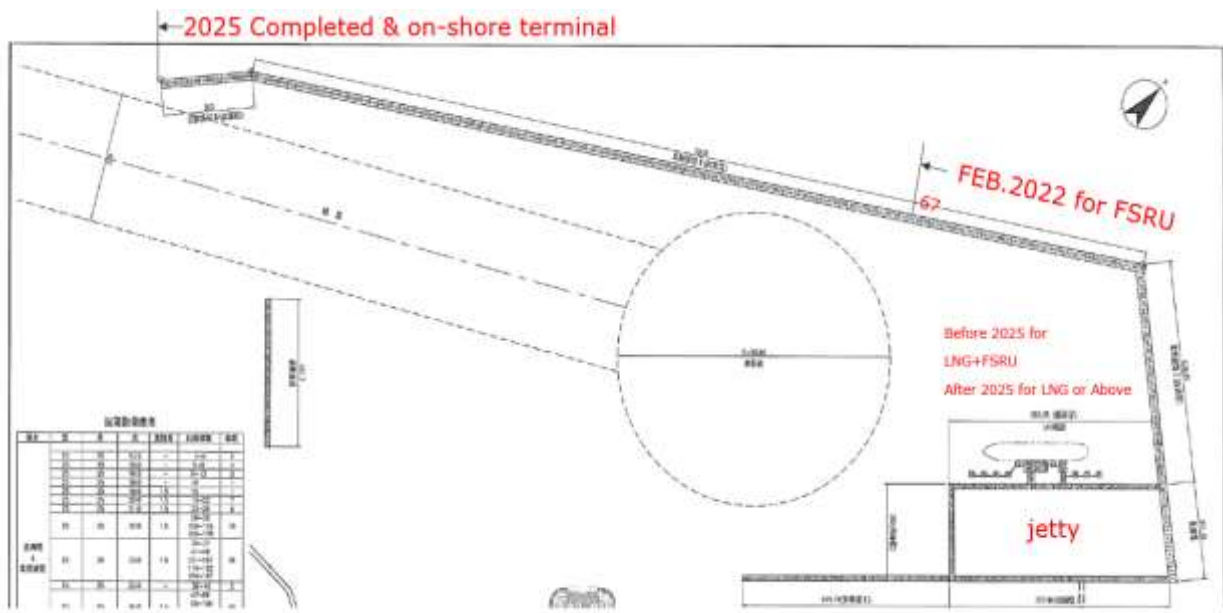


圖 5-9：觀塘工業區(港)防波堤及碼頭相對位置圖

5.3.2 噪音及振動 (Noise and Vibration)

本案於工程施工期間所產生之噪音及振動主要來自於近岸/陸上或碼頭設施之施工機具及交通，可能包含打樁、浚挖、鑽探、工地設施(如發電機、壓縮機等)、材料運輸、施工車輛等。原環說書已分別就各項環境因子提出環境保護對策，其環境因子亦包含了噪音及振動。該環差報告針對噪音及振動相關對策之檢討及修正，皆為維持原環說書所承諾之環境保護對策。相關環境保護對策詳見環差報告第 8 章。

由於 FSRU 大部分之建造作業皆於提供建造服務之廠商廠內完成，僅部分施工作業將於現場及近岸/陸上或碼頭施作。經推論，相對於陸上 LNG 接收站之工程施工期間，於陸上施作工程所產生之噪音及振動應減少許多。因此，FSRU 工程施工期間噪音及振動對環境之影響應為可接受之程度。

5.4 陸上 LNG 接收站與 FSRU 運轉期間環境因子之高階比對分析 (HIGH LEVEL COMPARISON OF OPERATIONAL EMISSIONS FROM ONSHORE LNG TERMINAL VERSUS FSRU)

本章節將依序描述運轉期間 LNG 再氣化程序中相關的環境因子，包括空氣污染排放物、海水交換、噪音、交通、廢棄物等。原計畫之陸上 LNG 接收站再氣化製程為一開迴路(open-loop)系統，採用開架式氣化器(ORV, Open Rack Vaporiser)技術。經過 ORV 之海水將提供熱量予 LNG 使其氣化，爾後將會被排放回海洋，由於該海水之熱量已提供予 LNG，故較原來海水溫度低，稱之為「冷排水」。然而，為符合本案之可行性評估需求，FSRU 應假設其可能具有開迴路系統、閉迴路(closed-loop)系統或兩者兼具之情形。開迴路系統將產生上述之冷排水，閉迴路系統則將因為燃燒天然氣提供熱量予再氣化製程而產生氣體之排放。上述水及氣體之排放將於本章敘之：

5.4.1 空氣汙染排放物 (Air Emissions)

LNG 再氣化程序運轉期間可能產生之空氣汙染物如下所示：

- 再氣化過程中鍋爐燃燒所產生之排放物。若 FSRU 採用閉迴路系統再氣化，則其所產生的燃燒排放物可能比陸上 LNG 接收站更多，詳見章節 5.4.1.2。
- 蒸發氣(BOG, Boil-off gas)，該氣體之產生將取決於運轉模式之選擇而有差異。
- 因緊急情況啟動緊急發電機與柴油引擎消防泵浦所產生之廢氣，經評估其發生頻率低且對環境造成之影響應有限，故不再做進一步之考慮。

5.4.1.1 陸上 LNG 接收站 (Onshore LNG Terminal)

蒸發氣，陸上 LNG 接收站可能產生蒸發氣(以下簡稱 BOG)之情形如下：

- 從 LNG 船卸載 LNG(卸收)至接收站儲槽之作業期間。
- LNG 儲槽自然產生。

當 LNG 在儲存、運輸及操作之期間，皆會有部分 BOG 產生，若於儲槽或其他封閉的槽體內，將造成該槽體內部之壓力上升而導致相關危害。於卸收期間，船上儲槽內之 LNG 將經由卸料臂輸送至陸上 LNG 儲槽，船上儲槽將產生內壓變化(形成負壓)。為使船上儲槽之內壓維持在一定範圍內，陸上儲槽內部分產生之 BOG 將由回氣臂(Vapor Return Arms)經回氣鼓風機泵回至船上儲槽。於非卸收期間，陸上儲槽所產生的 BOG 將經由 BOG 壓縮機(BOG Compressor)進行壓縮後，送至 BOG 再凝結器(Recondenser)進行液化，再經 LNG 高壓泵浦送至 LNG 氣化器(如，開架式氣化器氣化成常溫天然氣(NG)。若 BOG 產生量過大，則可送入 BOG 壓縮機(BOG Compressor)前經旁通送至低壓燃燒塔(Flare Stack)進行燃燒。

緊急排放設施(Emergency emissions facility)，原計畫之陸上 LNG 接收站為應變緊急事故之發生，設有低壓燃燒塔(LP Flare Tip) 與高壓排放塔(HP Vent Stack)。

- 低壓燃燒塔(LP Flare Tip)：主要供陸上 LNG 儲槽緊急狀況發生時。當 LNG 儲槽壓力過高時，需進行洩壓、釋放多餘氣體，該氣體需經燃燒塔予以燒棄後才能排放。
- 高壓排放塔(HP Vent Stack)：主要供高壓設備移輸氣管線緊急狀況發生時，可由人工開啟排放。

於環差報告及替代方案可行報告中，並未量化相關緊急排放設施可能排放之氣體。然而，考量其僅為緊急情況啟用，故應不會有大量之相關排放氣體產生。相關氣體之排放應符合我國《空氣汙染防制法》^{38/}及其施行細則之相關規定。陸上 LNG 接收站製程之設計並未採用開迴路系統之開架式氣化器，故應無其他氣體之排放問題。

FSRU

FSRU 所採用之相關製程應與陸上 LNG 接收站相似，唯一差別在於前者置於海(船)上後者則置於陸上，相關 BOG 之產生方式與前面描述之內容相同。再者，FSRU 氣化量甚比陸上 LNG 接收站所規劃之(且 FSRU 之儲槽應比陸上儲槽更小)為小，所以相關 BOG 氣體之產生量將不會高於原規劃之設計。然而，由於 FSRU 比陸上儲槽具有較小的操作能力(儲槽體積較小)，進而造成了 BOG 之比例相對的上升，通常可能由大約 0.05% 提升至大約 0.15%。但整體來說，有關 BOG 對環境之影響應低於原評估之影響。上述內容僅針對整體操作能力進行比對評估，亦未進行量化之評估。

緊急排放設施(Emergency emissions facility)，為進行評估比對，假設現階段 FSRU 亦設有 5.4.1.1 所提之緊急排放設施，且相關功能亦與陸上 LNG 接收站相同。相關之緊急排放設施大部分的使用目的皆與 LNG 儲槽所產生的 BOG 之緊急處置有關，且 FSRU 上的 LNG 儲槽甚比陸上 LNG 接收站之儲槽容量為小。因此能夠推論出本 FSRU 緊急排放設施之總排放量應不會比陸上 LNG 接收站高，整體來說，有關此部分對環境之影響應低於原評估之影響。

閉迴路系統之燃燒排放，其中一種閉迴路系統進行再氣化之方法，為採用燃燒天然氣之方式加熱水，利用高溫的水來間接加熱 LNG，以避免直接加熱 LNG。在燃燒天然氣之過程中，將產生部分煙道氣(flue gas)。經 DNV GL 初步估計，一般情況下，總天然氣產量之 1.5% 將會被提去燃燒，而每氣化一噸的 LNG 將會產生 5.5 公斤的二氧化碳。為降低煙道氣中 SO_x 之含量，通常再天然氣氣化燃燒前，須加裝前處理(pre-treatment)的設施去除硫化物。

綜上所述，若 FSRU 採用閉迴路系統進行再氣化，該空氣污染物排放之環境影響問題將比陸上 LNG 接收站使用開迴路系統之開架式氣化器更大。建議上述 FSRU 之空氣污染排放物需要更進一步之量化分析，應藉由我國法規「空氣品質模式評估技術規範」所認可之相關模擬評估其對環境的影響，以確認該影響為環境可接受之。

5.4.2 海水排放 (Seawater Discharge)

LNG 在氣化過程中，可能產生之廢污水如下：

- 再氣化過程所產生之低溫海水－「冷排水」；
- 為避免浮游微生物或懸浮微粒附著，在抽取海水時，可能添加的氯系化學藥劑(chlorine-based chemicals)或經電解產生微量次氯酸鈉(NaClO)。

於 LNG 再氣化之過程中，海水將被作為熱交換之介質，形成低於 7°C 之「冷排水」。而在抽取海水時，為避免浮游微生物或懸浮微粒附著管線內部，可能添加氯系化學藥劑或經電解產生微量次氯酸鈉(NaClO)進行殺菌消毒防止海洋生物污染管線。爾後經曝曬等其他除氯過程，保證其水質項目及限值符合相關環保法規（如：《水污染防治法^{/39/}》、《放流水標準^{/40/}》等）後才與以排放。

根據替代方案可行報告之原規劃設計，該陸上 LNG 接收站將採用 6 台 ORV(每台 200 噸/小時)進行 LNG 之再氣化，並抽取台電公司大潭電廠之溫排水(高溫海水)做為其熱源，進而產生所謂的「冷排水」(低溫海水)，經處理後再排放回海洋。為了降低台電公司大潭電廠之溫排水產生之溫升效應，6 台 ORV 所產生之冷排水將經由原管線路徑排放至台電公司大潭電廠之溫排水渠道與該電廠產生之溫排水混和。陸上 LNG 接收站及大潭電廠發電機組海水之進排水位置圖詳圖 5-10 所示。

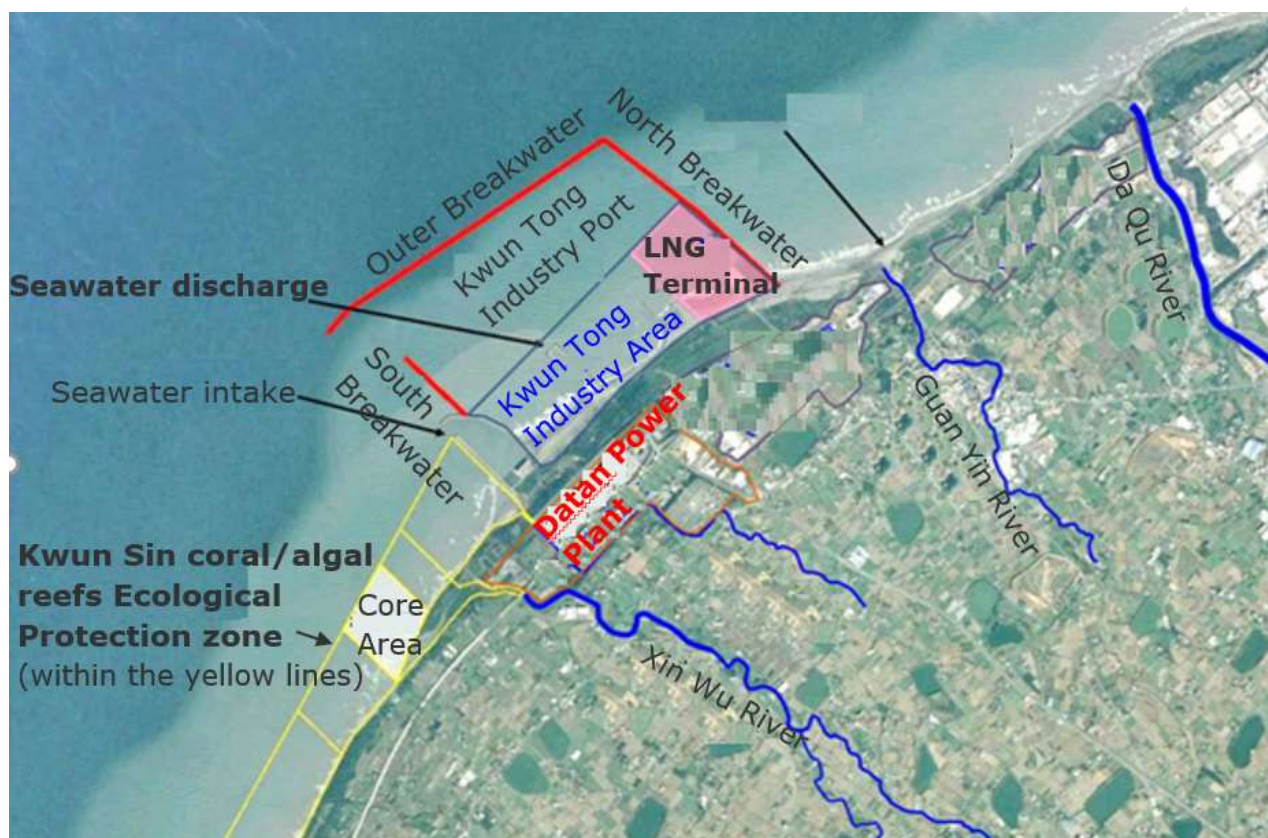


圖 5-10：陸上 LNG 接收站及大潭電廠發電機組海水之進排水和排水位置圖

放流水水溫標準，有關放流水之相關水溫標準應依據《放流水標準》之規定，放流水直接排放於海洋者，其放流口水溫不得超過攝氏四十二度，且距排放口五百公尺處之表面水溫差不得超過攝氏四度。為了解 LNG 港興建前後大潭電廠溫排水之擴散傳輸情形，環差報告及替代方案可行報告亦有進行相關數值模擬分析評估，依據其分析結果顯示，在未興建 LNG 港前，大潭電廠之溫排水於最差之條件之下，距排放口 500 公尺處之表面水溫差保守估計為 3.49°C，與《放流水標準》所規定之不得超過 4°C 相差 0.51°C；在興建 LNG 港後，會因規劃有隔離水道而造成電廠溫排水藉由隔離水道南北流通的海流進行擴散傳輸，也會使台電但不會對表面水溫差造成過多的變動，亦不會超過所規定之相關數值。

關於 FSRU 之冷排水排放位置，CPC 現階段尚未決定之，故其排放位置可能與原先規劃之地點有所差異，可能緊鄰 FSRU 停泊位置。由於冷排水之溫度將比上述之溫排水更低，且該冷排水可能直接於 FSRU 停泊之處進行處理後排放（而不是進入台電公司大潭電

廠之溫排水渠道)。因此，為確保選用之方案符合《放流水標準》之規定，且環境影響達到可接受之程度，還需由 CPC 進行更進一步的詳細分析及數值模擬。

海水之需求量，依據替代方案可行報告所提出之評估結果，每再氣化一公斤之 LNG 將需要 20-25 公斤之海水。DNV GL 藉此估算，有關陸上 LNG 接收站以及 FSRU 之海水需求量如下：

- 陸上 LNG 接收站：在 LNG 尖峰需求用氣量為 900 噸/小時 (790 萬噸/年(7.9MTPA)) 之條件下，其海水需求量約為 18,000~22,500 噸/小時。惟正常之再氣化量為 300 萬噸/年(3MTPA)。
- FSRU(於開迴路系統之操作條件下)：於抽取 29.7°C 之海水及排放 22.7°C 之冷排水時，在 LNG 尖峰需求用氣量為 400 噸/小時(350 萬噸/年(3.5MTPA))之條件下，其海水需求量約為 8,000~10,000 噸/小時。惟正常之再氣化量為 250 萬噸/年(2.5MTPA)。

由於，在相同之操作條件(正常需求用氣量)下，FSRU 之再氣量化小於陸上 LNG 接收站之再氣量化(2.5MTPA<3MTPA)。因此，在使用開迴路(open-loop)系統時，FSRU 之再氣化所需海水總消耗也應小於陸上 LNG 接收站所需的量。經推論，FSRU 之海水需求量應較陸上 LNG 接收站更少更能夠被接受。

添加化學藥劑之海水處理設施，為避免海洋中的生物生長於抽取海水之管線內，導致管線發生阻塞、腐蝕等問題，台電公司大潭電廠之海水引水道內加入了氯系化學藥劑以確保上述之情形不會發生。然而自然界的生物對氯是相當敏感的，尤其鹵化物對生物的影響更大，若冷卻水中含有大量的餘氯則可能導致生物生理或基因上的永久傷害。為降低上述之風險，將定期每日進行相關之化學檢測，以確保其符合相關排放之標準。由於 FSRU 所需之海水量小於陸上 LNG 接收站的，故其所需之氯系化學藥劑量應較陸上 LNG 接收站更少所以更能被接受。然而，同上所述 FSRU 之冷排水排放位置尚未決定，且評估該位置非本可行性評估之工作範圍，相關化學藥劑之處理及排放應於設置本 FSRU 前進行更進一步的詳細研究，以確保選用之方案符合《放流水標準》之規定，且對環境影響應為可接受之程度。此外，應特別考慮該地區環境受體之特殊性質進行評估。

FSRU 採用開迴路排放海水將造成船舶周圍溫度降低，冷排水將導致溫度梯度比相鄰的海水更僅密，冷排水由海面並下降至海床，外在環境水流形成的剪力與冷排水混合並稀釋向下沉降的冷排水，稀釋效果會隨著水深的增加而提高，而隨著排出速度增加而減少。因此，減少冷排水排放量或增加排放位置海水溫度將會增加稀釋效果，同時降低港口內局部蓄冷風險。在沒有海流時，海床上會形成穩定的溫度分層，根據其他相似的 FSRU 專案，若要確保動態的冷排水不會持續存在，將需要約 0.1 m/s 的海水流速在邊界處與冷排水混合。

目前 FSRU 規劃排水位置與陸上 LNG 接收站的排放點不同，FSRU 將位於三面防波堤圍成的區域當中，該區域的水體受外在環境影響較小，冷排水較可能持續存在，然而平行於海岸線的沿岸流亦有可能影響港內的海水溫度；建議細部設計時確實掌握港內海水流動情況，確定該流域的水流速度對於溫度的影響，若無法達到環境法規之要求，建議採用閉迴路或是混和迴路系統（如圖 7-25、圖 7-26 所示）。

5.4.3 防波堤所造成之流體動力學影響 (Hydrodynamic Impacts due to Breakwater)

本案採用「第三座 LNG 接收站迴避替代方案投資計畫」所規劃設計之防波堤即可，但不須要完全建置，FSRU 即可開始運轉。如圖 5-9 所示，2022 年 2 月當 FSRU 計畫投入運行時完成到 67 號沉箱，其餘部分預計於 2025 年前完工，將用於陸上 LNG 接收站。因此，可推論出防波堤工程設置之流體動力學影響，FSRU 應小於建置陸上 LNG 接收站。

5.4.4 噪音 (Noise)

FSRU 營運期間之噪音來源將可能來自於動力產生設備(鍋爐)、LNG 泵浦、壓縮機、氣化器等機械設備。根據其他 FSRU 或 FSU 之相關案例顯示，該技術之運維操作將不會產生過多的噪音。FSRU 相關設施之操作音量應比陸上 LNG 接收站為小或更低。經推論，本案設置 FSRU 應符合相關法規之規定，且對環境影響輕微。

5.4.5 交通 (Traffic)

FSRU 營運期間可能產生之陸上交通量應相當稀少，對比於陸上 LNG 接收站之交通影響，FSRU 應維持原評估結果或更小。推論本案設置 FSRU 應符合相關法規之規定，且對環境影響輕微。

5.4.6 廢棄物 (Waste)

FSRU 營運期間可能產生之廢棄物（包含人員生活廢棄物等）量應相當稀少。若於 FSRU 營運期間有維護之必要需進行浚挖作業等所產生之污泥或土石方，應根據相關法規進行處置。對比於陸上 LNG 接收站可能產生之廢棄物影響，FSRU 應維持原評估結果或更小。推論本案設置 FSRU 應符合相關法規之規定，且對環境影響應為可接受之程度。

5.5 小結 (Conclusion)

有關本案於施工及營運期間之相關高階環境可行性評估，總結於下表 5-1，如前述之內容，本高階環境可行性評估系參考「環境影響現況差異分析及對策檢討暨環境影響差異分析報告^{/35/}」以及「第三座 LNG 接收站迴避替代方案可行性研究報告^{/33/}」之報告結果，透過陸上 LNG 接收站與 FSRU 再氣化能力規模差異進行推論，並辨別兩者於施工及營運間之差異，進而分析比對本案設置 FSRU(包含施工及營運階段)可能產生之環境影響。由於陸上 LNG 接收站之環差報告已被相關主管機關核可，故應可將其視為相關環境影響已被視為可接受之程度，而本案 FSRU 之規模(包含工程、製程、相關需求量及排放量)相較陸上 LNG 接收站為小，其相關環境影響應可順利被相關主管機關核可。



由下表可得知，本案相關環境影響初步之評估皆屬可接受範圍。然而，仍有部分不同於陸上 LNG 站之設計及規劃，如氣體及海水排放以及浚挖工程等，將造成本案最終之環境影響評估產生些許差異，這需要未來詳細設計實作較完善的評估。

因此，建議在設置 FSRU 正式批准之前，對 FSRU 可能採用閉迴路(closed-loop)系統操作所產生之氣體排放，和可能產生之冷排水排放採取進一步之詳細調查及分析，以確保符合相關環境保護之法規及排放標準，且不會造成任何嚴重之環境影響。若選擇了較大 (216,000 m³) 的 FSRU，則可能需要進一步調查分析相關可能進行的浚挖工程，及其對環境之影響。

表 5-1：本案施工及營運階段可能產生之環境影響可行性評估比較表

	環境影響項目	陸上 LNG 接收站	FSRU
施工階段	浚挖及防波堤工程 (Dredging and Construction of Breakwater)	可接受	較小規模之 FSRU 應可被接受。 若採用 216,000 m ³ 之 FSRU，則相關浚挖工程之影響應被另外詳細調查及分析。
	噪音及振動(Noise and Vibration)	可接受	可被接受
	交通(Traffic)	可接受	可被接受
營運階段	空氣污染物排放(Air Emissions)	可接受	若採用閉迴路(closed-loop)系統，則相關空氣汙染物之排放可能產生。建議 CPC 未來於 FSRU 詳細設計階段，須執行相關詳細的調查及分析，以確保相關環境影響為可被接受之程度。
	海水排放(Seawater Discharge)	可接受	採用開迴路(open-loop)系統海水之抽取及排放位置及溫度皆尚未確定，建議未來應執行相關調查及分析以確保其排放符合《放流水標準》之相關規範(如海水溫差等)。以確保環境不會產生負面效應(如過多餘氣之排放)。
	防波堤(Breakwater)	可接受	可被接受
	噪音(Noise)	可接受	可被接受
	交通(Traffic)	可接受	可被接受
	廢棄物(Waste)	可接受	可被接受

由於陸上 LNG 接收站之環差報告已被相關主管機關核可，故應可將其視為相關環境影響已被視為可接受之程度。

6 觀塘港 FSRU 商業模式

本案為觀塘工業港的第三 LNG 接收站之可行性評估，預計於 2023 年 01 月商轉供應天然氣，由台灣 CPC(以下簡稱 CPC)委託本公司評估浮動式 LNG 接收站之可行性，本章研究項目之範圍為觀塘工業港 FSRU 商業模式分析、包含：

- A. 蒐集租賃市場租金，租賃期間費用結構計算
- B. 評估新建 FSRU 之推動程序、租用規範與契約擬訂及期程分析（包含：租賃市場租金，租賃期間費與租賃結構計算）
- C. 評估改造 FSRU 之推動程序、租用規範與契約擬訂及期程分析（包含：租賃市場租金，租賃期間費與租賃結構計算）
- D. 提出新建或改造租用優缺點分析及建議
 - a). FSRU 和 LNG 船的配置將採用船舶並排 (Ship to Ship, STS)的方式 (如上圖範例)；船型依合約要求如下配置：
 - b). FSRU 分析尺寸分別為：
 - 216,000 m³ (210,000 m³~220,000 m³)等級
 - 180,000 m³ (170,000 m³~190,000 m³)等級
 - 149,000 m³ (135,000 m³~160,000 m³)等級
 - c). LNG 船分析尺寸分別為：
 - 216,000 m³ 等級
 - 177,000 m³ 等級

本案之靠泊配置採用船舶並排的方式，如下圖 6-1 所示，依合約研擬分析三個等級 FSRU，分別為 216,000 m³ (210,000 m³~220,000 m³) 等級、180,000 m³ (170,000 m³~190,000 m³) 等級、149,000 m³ (135,000 m³~160,000 m³) 等級，與尺寸分別為 177,000 m³ 等級與 216,000 m³ LNG 船進行商業模式分析，說明新建與改裝的 FSRU 推動程序、租用規範與契約擬定，並且進行兩不同類型 FSRU 之期程分析，提出租用新建或改造 FSRU 的優缺點及建議。

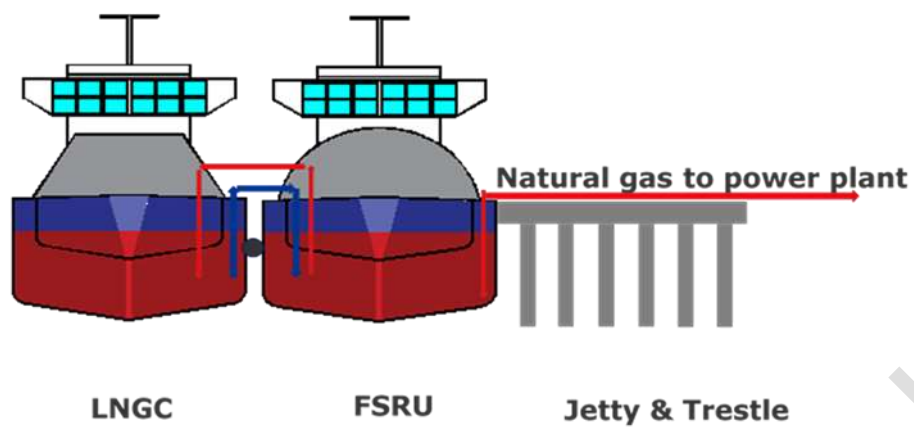


圖 6-1：觀塘工業港內 FSRU 與 LNG 船靠泊示意圖

6.1 商業模式分析

6.1.1 FSRU 商業模式類型

LNG 接收站經營時採用的商業模式一般可分為整合模式(Integrated Model)、商戶模式(Merchant Model)或設備利用者模式(Tolling Model)等三種類型^{/41/}，採用 FSRU 時，上述三種模式皆可使用。

FSRU 功能與陸上接收站相同，整合模式是最初專用於陸上碼頭的商業模式，FSRU 靠泊之 LNG 接收站係提供該天然氣之公司所擁有，並且持有進口 LNG 所有權，由天然氣公司負責 LNG 運輸、存儲和氣化，再將天然氣輸送到管網路或直接運送至用戶端，如：發電廠、工業用戶、家庭用戶；FSRU 靠泊之 LNG 接收站的設計、建造與安裝通常由承包商以統包(Engineering, Procurement, Construction, EPC)方式執行，此商業模式擁有產業中的各項目，並操作整體價值鏈，包括 LNG 運輸和再氣化。商戶模式相較於整合模式稍加複雜，FSRU 靠泊之 LNG 接收站為單一集團持有或採購 LNG 的多個集團共同持有，經由集團將 LNG 氣化後再出售給客戶，一般而言商戶模式中，接收站的經營者不會是生產 LNG 原料氣體的所有者，他們僅將 LNG 出售給有需求之「商業用戶」；經營買賣的商戶自 LNG 購買價格與天然氣銷售價格落差間獲利，有部分 FSRU 所有權者對這種方法進行研究成為 LNG 交易者，這樣的經營模式與擁有並運營 FSRU 的正常商業模式大相逕庭，然而販賣者以此經營模式可以將有限資源集中，在業務上與船隻的所有權迅速擴展。設備利用者模式，直接由能源公司提供簡易的安排，租賃選項非常適合短期合約，FSRU 靠泊之 LNG 接收站擁有者透過收費直接將儲槽空間出租供能源公司操作，如：LNG 供應商或天然氣購買商（包括費用在內），本小節將逐一說明 FSRU 經營時的三種商業模式。

採用整合模式(Integrated Model)的公司，以自行經營或租賃兩種方式來經營再氣化裝置與天然氣管線，購買 LNG 並將 LNG 氣化後輸送至發電廠，將 LNG 燃燒轉化為電力，運作方式如下圖 6-2，圖上各英文縮寫整理如表 6-1。整合模式控制整體 LNG 產業鏈，也就是 LNG 與天然氣的供應、原料運輸、FSRU 靠泊之 LNG 接收站經營，本模式優點為股東利益一致，有利於多元化經營與風險管理，然而此模式需要額外的投資經營整體 LNG 產業鏈，並非僅僅融資經營其中一部分；整合模式優劣分析如下表 6-2。

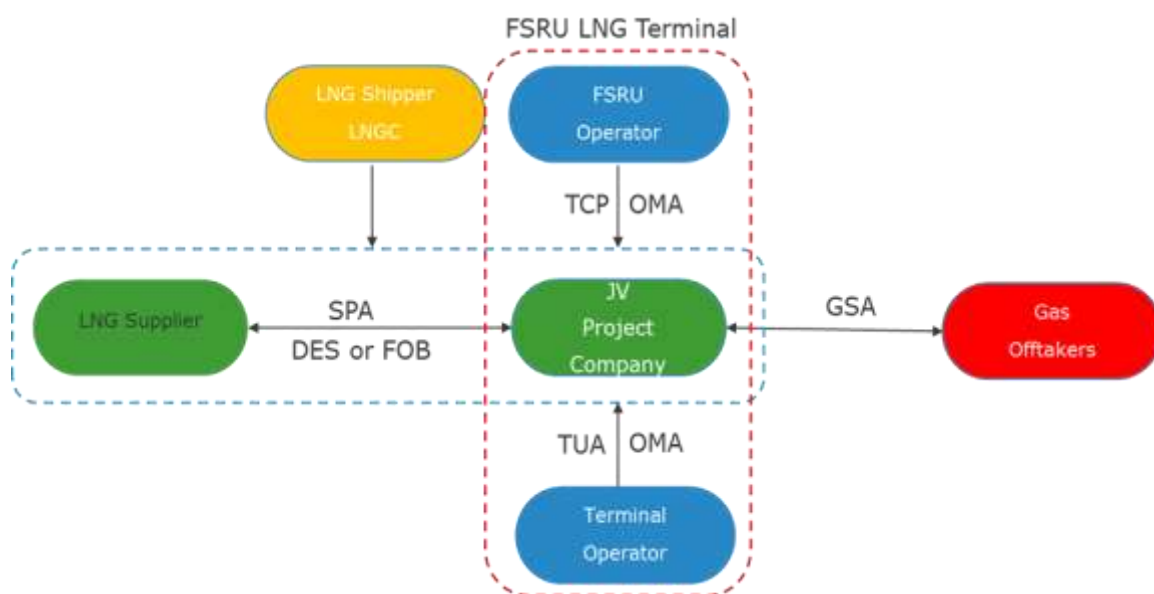


圖 6-2：整合模式 (Integrated model)

表 6-1：英文縮寫中譯

縮寫	英文全名	中譯
SPA	Sales Purchase Agreement	LNG 買賣協議
GSA	Gas Sales Agreement	氣體銷售協議
OMA	O&M (Operation & Maintenance) Agreement	經營與管理協議
TCP	Time Charter Party Agreement	定期租船協議
TUA	Terminal User Agreement	接收站用戶協議
DES	Delivered ex ship	目的港船上傳輸
FOB	Freight on board	港船上傳輸

表 6-2：整合模式優劣分析

Pros 優點	Cons 缺點
採用此模式的公司（CPC 或合資公司），其股東利益一致，有利於整個產業鏈中多元化經營和風險管理 - 整合管理控制整體產業鏈 - LNG 進口較其他模式單純且安全 - 合約簡單明瞭 - 採用此模式的公司（CPC 或合資公司）依照出资比例支付相關費用 - 減少稅金與會計項目支出 - 減少交易上額外支出	- 採用此模式的公司（CPC 或合資公司）擁有所有資產 ➢ 增加投資風險 - 在不利於投資的市場缺乏獲利能力

商戶模式(Merchant Model)中，FSRU 靠泊之 LNG 接收站開發商持有商品與接收站資產，也就是 LNG 供應、擁有 LNG 船或是 FSRU、使用其資產向需求市場供應商品，如下圖 6-3。採用此模式的公司與 LNG 供應商簽訂合約來交付 LNG，其中以氣態形式交付商品的合約稱為「氣體銷售協議」(Gas Sales Agreement, GSA)；當採用此模式公司以 LNG 的形式交付商品合約時，則稱為 LNG 買賣協議 (Sale and Purchase Agreement, SPA)。接收站的所有權者可以確保其 LNG 供應在進口端以目的港船上傳輸 (Delivered Ex-Ship, DES) 的方式，同樣可以在出口端或液化終端以港船上傳輸 (Freight on Board, FOB) 的方式進行，CPC 於此模式當中較接近氣體採購者(Gas Offtakers)的角色；採用商戶模式的公司優劣分析如下表 6-3，作為終端的氣體接收者，與採用商戶模式的開發商之間會有較單純的合約模式。

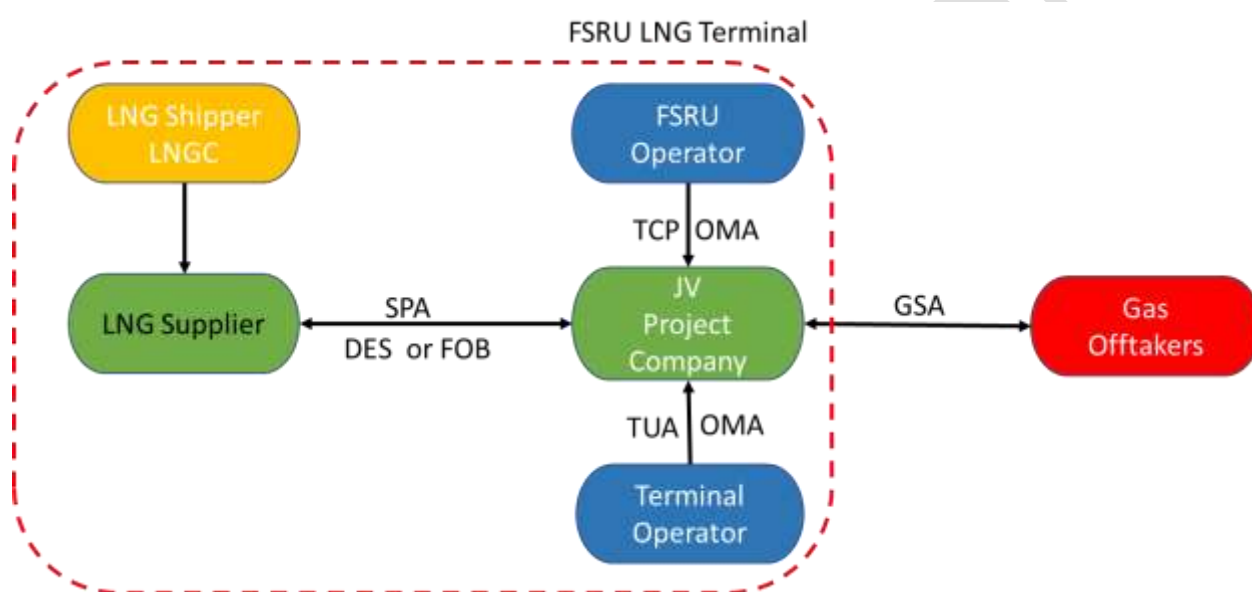


圖 6-3：商戶模式 Merchant model

表 6-3：商戶模式優劣分析

Pros 優點	Cons 缺點
- FSRU LNG 接收站開發商有最少接收站操作與採購風險 - FSRU LNG 接收站開發商有最小前期資本需求（不需要 LNG 船與接收站成本） - FSRU LNG 接收站開發商，如小型客戶或是信譽較差的買家同樣可以獲獲得 LNG 供應 - FSRU LNG 接收站開發商有抓住 LNG 採購與船運價格上揚的潛在時機 - FSRU LNG 接收站開發商可以高度訂製設施來滿足需求 - 終端客戶在 FSRU LNG 接收站開發商管理下有較單純的合約	- FSRU LNG 接收站開發商承擔潛在的市場風險 - FSRU LNG 接收站開發商承擔潛在的經濟風險 - 對於開發商而言並非所有位置都適合做為接收站（如：海洋條件和吃水深度皆為可能影響因素） - 對終端客戶而言，供應商有履行交貨義務的風險 - 終端客戶可能會支付更高的價格來補償開發商承擔的風險

設備利用者模式(Tolling Model)當中，如圖 6-4 所示，設備資產的所有權者（FSRU 接收站的開發商）不直接擁有商品（天然氣或 LNG），在此模式中，無論是船運中、接收站中的 LNG，還是接收站入口端、出口端的天然氣，皆由第三方持有，第三方會向接收站所有權者或運營商支付費用重新氣化 LNG，此項操作的價格可以固定、可變或任意組合。

商品所有權者將與接收站的所有者或運營商簽訂接收站用戶協議（Terminal User Agreement, TUA），TUA 描述雙方的權責，其中包括天然氣容量、停泊時間安排、付款和不可抗外力等議題，TUA 一項補充協議是定期租船協議（Time Charter Party Agreement, TCP），商品所有權者根據該協議租用船舶以接收和運送 LNG 至目的地；定期租船協議下的租船費率，包括固定費率（資本性成本）以及可變費率（可變成本）會根據適當的因素進行索引；下表 6-4 為採用本模式之優劣分析。

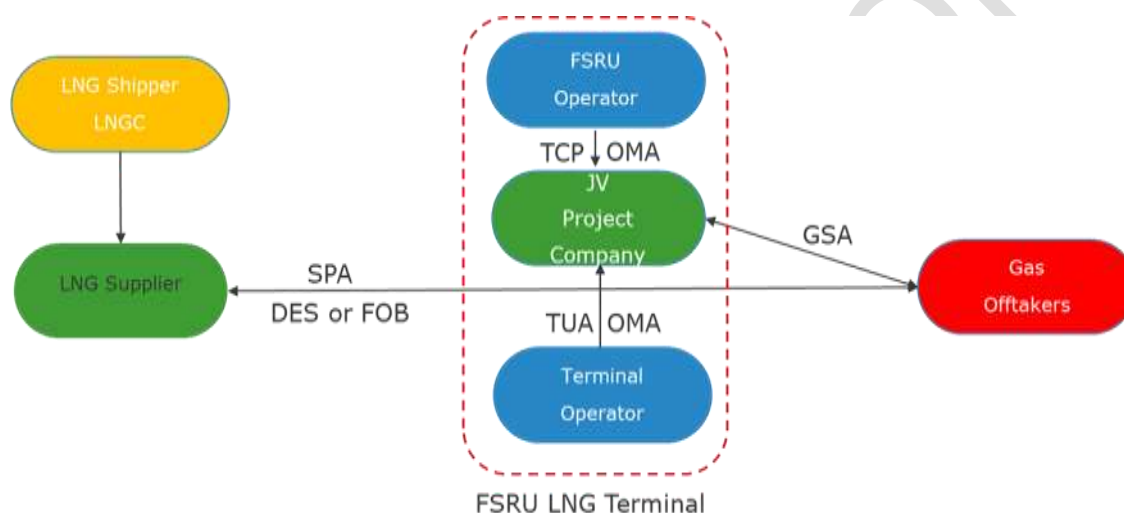


圖 6-4：設備利用者模式 Tolling model

表 6-4：設備利用者模式優劣分析

Pros 優點	Cons 缺點
- 對於客戶或是商戶，LNG 船日益商品化，因此可以有競爭力地獲得保障 - 客戶或是商戶可以清楚識別運輸操作風險，從而提高供應鏈的可靠性和可融資性 - 客戶或是商戶沒有前期投資或資產風險，風險由開發商或接收站所有權者承擔 - 客戶或是商戶在 FSRU 方案中，可以租用特定期限的船隻，使該解決方案適合於橋接式方案 - 對於所有集團而言，可以在很短的時間內使接收站上線，特別是在有船隻可投機的情況下	- 對於各方可能導致商業糾紛與不一致性 - 對於各方，LNG 供應商、LNG 托運人和 LNG 買方（有時是集合商）會使合約的調整變得複雜 - 對於各方而言可能無法控制 LNG 船的期程 - 對於各方，整體航運市場可能處於高張力，供應船或接收站船舶的租船費率可能很高 - 對於擁有者及開發商而言，開發商客製的接收站船舶降低其重新部署可能性，因此提高了租船費率。

6.1.2 CPC 的 FSRU 商業模式

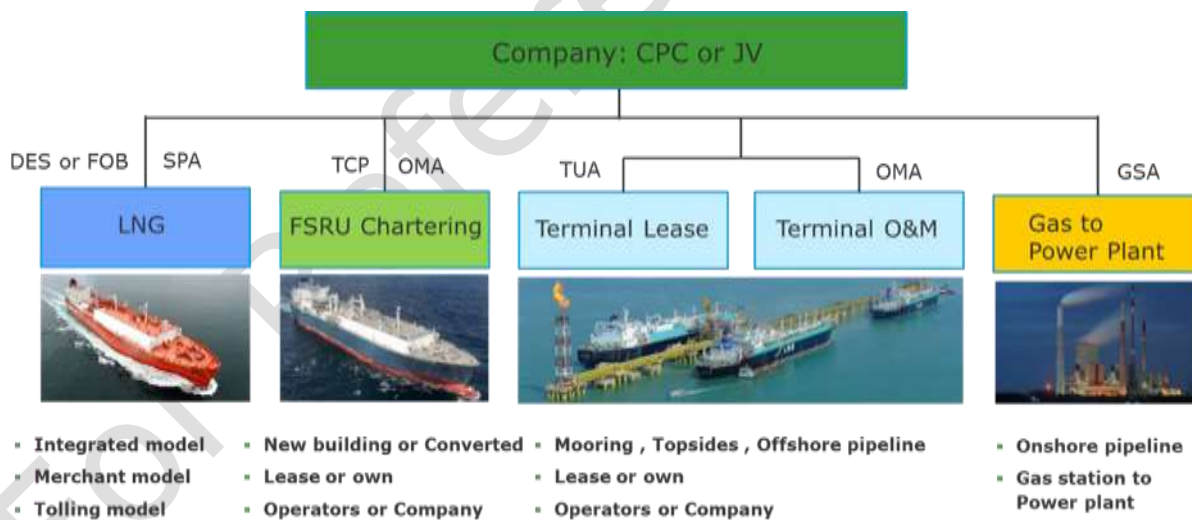
CPC 作為 FSRU 靠泊之 LNG 接收站開發商，最重要的是建構商務要素，在整體天然氣產業鏈中大幅地創造經濟價值，分析三種 FSRU 靠泊之 LNG 接收站模式後，基於 CPC 條件下，「整合模式」最適合 CPC 業務發展需求，分析詳如下表 6-5 所示；CPC 既有條件貼近整合模式所需之相關要求，目前 CPC 已有長期合作的 LNG 供應商以及 LNGC 合作夥伴，另外 CPC 也擁有計畫興建 LNG 接收站與輸氣管線，若租用 FSRU 在整合模式下發展業務有分化風險與利於進行風險管理的優勢，此外建議 CPC 參考圖 6-5 商業模式，並透過以下兩點建議發展接收站商業模式；目前於服務於印尼 SK E&S 公司的 BROMO FSRU 同樣採取整合模式。

- 執行分隔措施(Ring-fence)來推估 LNG 需求幅度：
 - 擁有 FSRU 靠泊之 LNG 接收站所需的全部資本性投資來保護公司遭遇額外的商務風險
 - 管理所有合約（SPA、GSA 及 TUA）
- FSRU 靠泊之 LNG 接收站發展方向
 - 在整體計畫設定清楚目標並保有一致性
 - 清楚定義專案介面與供應範圍
 - 確認財務有可靠性的天然氣承購人

表 6-5：商業模式比較表

判斷標準	整合模式 Integrated Model	商戶模式 Merchant Model	設備利用者模式 Tolling Model	CPC 條件
LNG 供應/船運	模式中已確保 ○	需要開發新 LNG 供應商 △	氣體承攬商需要開發新 LNG 供應商及 LNG 船 X	現有 LNG 供應商擁有 177K、216K 的 LNG 船
定期租船協議(TUA)下 LNG 接收站及管線	模式中已計畫 ○	模式中已計畫 ○	需發展新的定期租船協議 X	計畫投資碼頭、防波堤、浚挖以及管線
5 年期 FSRU 租賃 (一般為 10 年期以上)	對於 FSRU 操作商吸引力低 △	對於 FSRU 操作商吸引力低 △	對於 FSRU 操作商吸引力極低 X	5 年期 FSRU 租賃
合約簡易性	TCP & OMA, GSA ◎	TCP & OMA, GSA, SPA ○	TCP & OMA, GSA ○	
策略性投資偏好	模式包含所有投資 X	除 LNG 供應外的所有投資 △	僅有 FSRU 及接收站設施 ◎	
商務風險	所有控制及管理風險 ◎	除了 NG 供應外的所有控制及管理 ○	LNG 供應及 LNG 船引致業務風險 X	
整體吸引力	高	中	低	

◎: Excellent (最佳), ○: Good (佳), △: Rather Inferior(尚可), X: Inferior(不推薦)



資料來源：FSRU LNG Import Project: European Gas Conference LNG Focus Day Jan 2016 NAVIGANT^{42/}

圖 6-5：CPC 商業模式

6.2 資本性支出成本分析

6.2.1 FSRU 與 LNG 船價格趨勢

FSRU 可採用新建或是利用現有 LNG 船進行改造，目前於市場上新建造的 FSRU 船隻價格約落在 2.5~3 億美金之間，下表 6-6 整理 Clarkson Research^{/43/}上公布 2006 - 2018 年間新建 FSRU 建造價格。

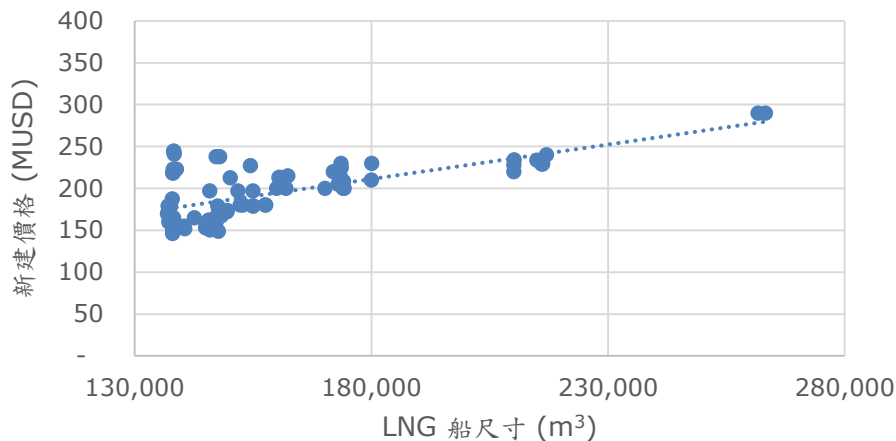
表 6-6：FSRU 新建價格（2006 - 2018 年）

Name	Built	Capacity (m ³)	Price (MUSD)
Summit LNG	2006	138,000	200.00
Excelsior	2005	138,000	147.00
Cape Ann	2010	145,000	290.00
Neptune	2009	145,130	290.00
Expedient	2010	150,900	268.00
Exemplar	2010	150,900	268.00
Golar Eskimo	2014	160,000	200.00
BW Integrity	2017	170,000	250.00
Golar Tundra	2015	170,000	200.00
BW Singapore	2015	170,000	250.00
Independence	2014	170,000	250.00
Golar Igloo	2014	170,000	200.00
Höegh Esperanza	2018	170,032	300.00
Höegh Giant	2017	170,032	300.00
Höegh Grace	2016	170,032	300.00
Höegh Gallant	2014	170,051	250.00
Experience	2014	173,400	280.00
Marshal Vasilevskiy	2018	174,100	295.00
MOL FSRU Challenger	2017	263,000	300.00

資料來源：Clarkson Research^{/43/}

以現有 LNG 船進行 FSRU 改造費用約 1 億美金，但資本性成本計算仍需要加上購買 LNG 船價格，購買 LNG 船的成本差異主要來自船齡；假若以 1.5 億美金的價格購買近乎全新的 LNG 船，以此船隻進行再氣化設施改裝，成本總計預估將會達 2.50 億美金，已經近似於打造全新的 FSRU 之價格，但其優勢在於可於 18 個月內竣工，反觀新建船舶需要 36 個月；若採用較老的 LNG 船進行改造，採購船隻價格會較便宜，可降低整體打造的資本性成本。改裝 FSRU 成本涵蓋再氣化設備的供給與安裝，其中包含高壓泵浦、氣化器、計量站、氣體出口臂或出口軟管，滿足額外增加的公用系統用電、用於氣化的水循環設備再加上永久繫泊所需任何修正，如：進口動力，符合港口當局規定的船體塗料等。早期用改裝 FSRU 的方式非常受歡迎，近年多數廠商放棄改裝轉而打造新的 FSRU，其可能原因為需要更大 LNGC 才得改裝為 FSRU。

下圖 6-6 整理船舶規格和價格間相關性，圖中顯示新建造的 LNG 船價格與規模呈現正相關，全新的 LNG 船成本約介於 1.5-2.5 億美金之間。



資料來源：Clarkson Research^{43/}

圖 6-6：新建 LNG 船價格趨勢

6.2.2 新建 FSRU 與 LNG 船單價

新建 FSRU 與 LNG 船單價比較如下表 6-7 所整理，新建 FSRU 單價大致上比 LNG 船價格來的更高，主要是因為 FSRU 使用的設備較 LNG 船來的更多，如氣化系統設備等，本報告中比較不同此尺寸的單價；149,000 m³、170,000 m³、263,000 m³ 等級的 FSRU 單價分別約為 180 萬美金、176 萬美金與 114 萬美金，表 6-7 統計結果顯示隨著 FSRU 等級增加，其單價下降。根據表 6-7 估算 FSRU 單價，由本公司預估計畫指定等級 FSRU 價格，分析成果整理如下表 6-8；新建 FSRU 價格下限介於 2.53~3.00 億美金，價格上限約在 2.68~3.40 億美金。

表 6-7：FSRU 與 LNG 船單價比較表

儲槽容量	FSRU		LNG 船		價差	儲槽類型	動力類型
	價格 (年分)	單價	價格 (年分)	單價			
149,000 m ³ (135,000~160,000 m ³)	268 (2010)	1.80	197 (2008)	1.3	71	Membrane	Steam Turbine
170,000 m ³	300 (2018)	1.76	220 (2016)	1.3	80	Membrane	Diesel Electric
180,000 m ³ (170,000~190,000 m ³)			230 (2018)	1.3		Membrane	Diesel 2Stroke
216,000 m ³ (210,000~220,000 m ³)			240 (2008)	1.1		Membrane	Diesel 2Stroke
263,000 m ³	300 (2017)	1.14	290 (2008)	1.1	10	Membrane	Diesel Electric

單價：價格/儲槽容量，（價格單位 MUSD/Km³）

表 6-8：FSRU 預估價格

船舶等級	價格範圍 / Km ³	預估最低價格	預估最高價格	Remarks 備註
149,000 m ³ (135,000~160,000 m ³)	1.7~1.8	253	268	
180,000 m ³ (170,000~190,000 m ³)	1.5~1.7	270	306	
263,000 m ³ (210,000~263,000 m ³)	1.15~1.3	300	340	

價格範圍/K：DNV GL 設定每單位金額範圍
價格單位：MUSD /Km³

6.2.3 二手 LNG 船價格及其改裝價格分析

統計自克拉克森研究數據庫 (Clarkson Research database)，Moss 型與 Membrane 型 LNG 船改造為 FSRU 改裝價格，分別整理於表 6-9 與表 6-10。考量 150,000 m³ Moss 型 LNG 船船齡較年輕，不容易在二手市場上購買；135,000 ~ 145,000 m³ Moss 型 LNG 船，因其船齡較大，預計在二手市場上相對容易買到。

180,000 m³ Membrane 型的二手 LNG 船，考量船齡小、可用船數量較少，很難在市場上購買，170,000 m³ Membrane 型的二手 LNG 船，考慮到船齡(10 年以上)以及大量可用船隻，在船舶市場上相對於 180,000 m³ 等級容易購買。

表 6-9：二手 LNG 船價格 (Moss Type)

船舶等級	二手價格 (MUSD)	船齡 (年)	購買可能性	Remarks 備註
135,000 m ³	10~15	20	◎	
145,000 m ³	20~30	15	○	
150,000 m ³	100~120	5	X	

◎: Excellent (最佳), ○: Good (佳), △: Rather Inferior(尚可), X: Inferior(不推薦)

表 6-10：二手 LNG 船價格 (Membrane Type)

船舶規格	二手價格 (MUSD)	船齡 (年)	購買可能性	Remarks 備註
145,000 m ³	60~90	10~15	◎	
150,000 m ³	80~100	12~14	○	
160,000 m ³	120~160	5~10	△	
170,000 m ³	120~160	小於 10	◎	
180,000 m ³	No data	小於 3	X	
216,000 m ³	140~170	小於 13	△	
263,000 m ³	170~180	小於 12	△	

◎: Excellent (最佳), ○: Good (佳), △: Rather Inferior(尚可), X: Inferior(不推薦)

據二手 LNG 船價來計算改裝 FSRU 價格，參考自 DNV GL 的內部數據庫和經驗，對應於各船舶等級的再氣化設備、工程成本、改裝工程成本估算整理於下表 6-11，改裝的 FSRU 價格約在在 0.9 ~ 2.8 億美金範圍內，實際上，改裝 FSRU 的價格取決於 LNG 儲存系統 (Cargo Containment System, CCS) 容量大小、類型以及船齡；改裝 263,000 m³ 等級 FSRU 的價格與新建造 260,000 m³ 價格相似，但是改裝 FSRU 的優勢在於可於 18 個月內完成，打造全新 FSRU 則需要 36 個月(不包含採購所需時程)。

表 6-11：二手 LNG 船改裝 FSRU 預估價格

船舶等級 (類型)	二手 LNG 船 (MUSD)	再氣化設備	工程成本	改造成本	Total 總計	Remarks 備註
135,000 m ³ (Moss)	10-15	45	5	30	90-95	
145,000 m ³ (Moss)	20-30	45	5	30	100-110	
150,000 m ³ (Membrane)	80-100	45	5	30	160-180	
170,000 m ³ (Membrane)	120-160	55	5	40	220-260	
216,000 m ³ (Membrane)	140-170	55	5	40	240-270	
263,000 m ³ (Membrane)	170-180	55	5	40	270-280	

價格單位：MUSD

備註：二手 LNG 船價格取決於船齡

6.3 FSRU 經營成本分析

FSRU 經營成本需要考量下列幾點，基本上 FSRU 的經營成本與 LNG 船類似，根據「2018/19 LNG 船船舶運營成本年度審查和預測報告^{/44/}」分別整理新建與改裝 FSRU 在經營階段所需要的成本於表 6-12 與表 6-13。

- 人員費用：包含船上以及陸上管理人員
- 保險：船體和機器、保護與賠償
- 儲藏：甲板儲藏、客艙儲藏、安全物件、防護設備、化學藥品、氣體、繫纜繩、繩索、輸送軟管以及維護用漆
- 備用設備：主要推進裝置、發電機、ER 輔助機、氣體和壓載系統
- 潤滑油：ME 氣缸油、ME 系統專用油、輔助發動機油
- 維修與保養：主機公司重新調整發電機
- 乾船塢：進行維護
- 管理與行政、燃油等

表 6-12：新建 FSRU 經營成本(年)

船舶規格	149,000 m ³ (135,000~160,000 m ³)	180,000 m ³ (170,000~190,000 m ³)	263,000 m ³ (210,000~263,000 m ³)
人員	6,100	6,100	6,100
保險	1,350	1,850	2,050
儲藏	630	700	800
餘裕設備	780	940	1,200
潤滑油	480	1,100	1,400
維修與保養	400	470	550
乾船塢	0	0	0
管理與行政	1,330	1,340	1,400
燃油	11,370	11,370	11,370
總計	22,410	23,830	24,840

價格單位：KUSD

資料來源：Drewery, Ship Operating Costs/Annual Review and Forecast Report 2018/19^{/44/}

表 6-13：改裝 FSRU 經營成本(年)

船舶規格	135,000 m ³ (Moss)	145,000 m ³ (Moss)	150,000 m ³ (Membrane)	170,000 m ³ (Membrane)	216,000 m ³ (Membrane)	263,000 m ³ (Membrane)
船齡	20	15	12	10	13	12
人員	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100
保險	1,580	1,580	1,580	2,030	2,200	2,400
儲藏	700	700	700	800	900	1,000
餘裕設備	870	870	870	950	1,100	1,200
潤滑油	540	540	540	590	650	750
維修與保養	430	430	430	470	510	560
乾船塢	1,840	1,840	1,840	2,000	2,200	2,400
管理與行政	1,330	1,330	1,330	1,340	1,400	1,400
燃油	11,370	11,370	11,370	11,370	11,370	11,370
總計	24,730	24,730	24,730	25,620	26,400	27,150

價格單位：KUSD

資料來源：Drewery, Ship Operating Costs/Annual Review and Forecast Report 2018/19^{/44/}

6.4 FSRU 租船費率分析

6.4.1 FSRU 市場租船費率分析

FSRU 市場租船費率需要考量多種變數，難以精確的決定市場上租賃 FSRU 價格，考量諸多因素如：新建 FSRU 或改裝 LNG 運輸船價格、租船時間、租船合約和條件、承租人信貸關係、特定轄區內的風險（FSRU 部署國家的現行法律和稅收制度）等。FSRU 開發商和運營商一般選擇日租方式租賃 FSRU，根據目前統計，如下表 6-14，市場上價格日租金約介於 11 至 15.5 萬美元間，若參考 Fernley 的租金預估，2020 年 FSRU 每日租船費率約介於 11~14 萬美元。

考量新建、改裝兩條件下的租船費率如表 6-15 與表 6-16，本公司以 15 % 的緊急應變費用，並考量 20 年租期的租船費用加上 8 % 的利息來估計每年平均的資本性成本支出、平均經營成本；依照選擇船舶等級不同，預估新建的 FSRU 每日花費約介於 10.8 萬~13.4 萬美元間，改裝的 FSRU 則介於 5.4 萬~11.4 萬美元間。

表 6-14：統計 FSRU 市場租船費率

公司名稱	運營商	船舶規格	新建／改裝	租船時間(年分)	租船費率
PGN Lampung	Höegh	170K	新建		126,027
Independence	Höegh	170K	新建		154,794
Esperanza	Höegh	170K	新建		128,493
Atacama FSRU	Golar	170K	新建	15 (2015)	150,685
Colombia FSRU	Höegh	170K	新建	20 (2016)	114,520
Myanmar FSRU		170K	新建	10 (2017)	140,000
Summit	Excelerate				111,500

單位：USD/日

資料來源：1. FSRU Tariffs Paper Government of Pakistan - A paper by QED Consulting 24th July 2013^{45/}

2. The Oxford Institute for Energy Studies. July 2017^{46/}

表 6-15：新建 FSRU 市場租船費率分析

船舶等級 (類型)	資本性 支出成本 ¹ (MUSD)	緊急應變費 用 (MUSD) (15%)	每年平均 資本性支出成 本 ² (MUSD)	每年平均 經營成本 ³ (MUSD)	年度總成 本 (MUSD)	總計單日 租船費率 (USD/Day)	生產氣體成本 (2.44MTPA) (USD/MMBTU)	生產氣體成本 (1MTPA) (USD/MMBTU)	生產氣體成本 (2MTPA) (USD/MMBTU)	生產氣體成本 (3MTPA) (USD/MMBTU)
149,000 m ³ (135,000~ 160,000 m ³)	268	40.2	31.4	8.2	39.6	108,500	5.26	5.63	5.32	5.21
180,000 m ³ (170,000~ 190,000 m ³)	306	45.9	35.9	8.7	44.4	122,200	5.29	5.71	5.35	5.24
263,000 m ³ (210,000~ 263,000 m ³)	340	51	39.9	9.1	49	134,300	5.32	5.78	5.39	5.26

單位：MUSD

1. DNV GL 預估新建 FSRU 資本性支出成本
2. 每年平均資本性支出成本：依據「2020 年 4 月亞太經濟合作組織能源工作組於亞太區域之最佳化小規模淺層 LNG 運輸船與 FSRU 研究^{/47/}」估算
3. 每年平均經營成本：根據「2018/19 LNG 船舶船運營成本年度審查和預測報告^{/44/}」估算
4. 假設 LNG 成本為 5 USD/MMBTU

表 6-16：改裝 FSRU 市場租船費率分析

船舶等級 (類型)	資本性 支出成本 ¹ (MUSD)	緊急應變費用 (MUSD) (15%)	每年平均 資本性支出成本 ² (MUSD)	每年平均 經營成本 ³ (MUSD)	年度總成本 (MUSD)	總計單日 租船費率 (USD/Day)	生產氣體成本 (2.44MTPA) (USD/MMBTU)	生產氣體成本 (1MTPA) (USD/MMBTU)	生產氣體成本 (2MTPA) (USD/MMBTU)	生產氣體成本 (3MTPA) (USD/MMBTU)
135,000 m ³ (Moss)	90	13.5	10.6	9.03	19.7	53,900	5.13	5.31	5.16	5.10
145,000 m ³ (Moss)	100	15	11.7	9.03	20.73	56,800	5.14	5.33	5.16	5.11
150,000 m ³ (Membrane)	160	24	18.7	9.03	27.8	76,200	5.18	5.44	5.22	5.15
170,000 m ³ (Membrane)	220	33	25.8	9.4	35.2	96,400	5.23	5.56	5.28	5.19
216,000 m ³ (Membrane)	240	36	28.1	9.7	37.8	103,600	5.25	5.60	5.30	5.20
263,000 m ³ (Membrane)	270	40.5	31.6	9.9	41.5	113,700	5.27	5.66	5.33	5.22

1. DNV GL 預估改裝 FSRU 資本性支出成本

2. 每年平均資本性支出成本：依據「2020 年 4 月亞太經濟合作組織能源工作組於亞太區域之最佳化小規模淺層 LNG 運輸船與 FSRU 研究^{47/}」估算

3. 每年平均經營成本：根據「2018/19 LNG 船舶船運營成本年度審查和預測報告^{44/}」估算

4. 假設 LNG 成本為 5 USD/MMBTU

為因應緊急情況分別考量 30%與 20%餘裕空間時(參考附錄 B)，部分充填成本的年度總成本計算方式如下述。目前在全球的船運市場統計每次部分充填的費用約在 100~200K USD，以下表 6-17 新建 FSRU 149,000 m³ 等級搭配 135,000 m³ 等級 LNG 船為例，採用此配置時，每年天然氣卸載次數為 53 趟，由 LNG 船上卸載 LNG 至 FSRU 船並氣化為天然氣，LNG 船上剩餘的 LNG 送至鄰近港口卸載，本案假設每次部分充填需花費 150K，每年總計部分充填成本即為卸在趟數與單次充填成本相乘，以此配置年度總花費為 795 萬美金。

表 6-17 與表 6-18 為分別考量 30%與 20%餘裕空間的分析成果。表 6-17 顯示 135,000 m³ 等級 LNG 船搭配 180,000 m³ 新建的 FSRU 是一個高度經濟性的組合，並不會出現新建 FSRU 部分充填的問題；當考量採用改裝的 FSRU 時，135,000~145,000 m³ Moss 型的 FSRU 搭配任意規模 LNG 船皆是最佳經濟組合，每年花費約在 2860 ~ 2900 萬美元之間，但是若發生部分充填情況，LNG 船極度可能需要在 CPC 現有的 LNG 永安接收站或台中接收站上卸載剩餘的 LNG，採用 170,000 m³ Membrane 型的 FSRU 搭配 135,000 m³ LNG 船為最佳經濟組合，這樣的組合下不會發生部分充填的問題，每年花費為 3520 萬美元，而採用較大等級 216,000 m³、260,000 m³ Membrane 型 FSRU 分別搭配 135,000 m³、135,000 m³ 與 170,000 m³ LNG 船，不會有部份充填的問題，採用 216,000 m³ Membrane 型 FSRU 年度花費為 3780 萬美元，260,000 m³ Membrane 型 FSRU 年度花費為 4150 萬美元。

考量 FSRU 內需要 20 %餘裕空間的分析結果，如下表 6-18，同樣指出 135,000 m³ 等級 LNG 船搭配 180,000 m³ 新建的 FSRU 是一個高度經濟性的組合，並不會出現新建 FSRU 部分充填的問題；當考量採用改裝 FSRU 時，135,000~145,000 m³ Moss 型的 FSRU 搭配任意規模 LNG 船皆是最佳經濟組合，每年花費約在 2750~2790 萬美元之間，採用 170,000 m³ Membrane 型的 FSRU 搭配 135,000 m³ LNG 船為最佳經濟組合，這樣的組合下不會發生部分充填的問題，每年花費為 3520 萬美元。在考量 20 %餘裕空間情況下，採用 216,000 m³、260,000 m³ Membrane 型改裝的 FSRU 會有較多的 LNG 船搭配選項，對應 216,000 m³ 可搭配 135,000 m³ 與 177,000 m³ 等級 LNGC 船，花費為 3780 萬美元，對應 260,000 m³ 搭配本案分析的三種 LNG 船等級皆可採用的組合，每年花費為 4150 萬美元。

表 6-17：考量 30% 餘裕空間情況 FSRU 的年度花費

OK Mid NG :partial filling

FSRU	新建/改裝	租賃 FSRU 成本	135,000 m ³ LNG 船			177,000 m ³ LNG 船			216,000 m ³ LNG 船			部分充填 成本 (USD/次)
			裝載 次數	部分充填 成本	總計 年度成本	裝載 次數	部分充填 成本	總計 年度成本	裝載 次數	部分充填 成本	總計 年度成本	
135,000 m ³ (Moss)	改裝	19.7	59	8.9	28.6	59	8.9	28.6	59	8.9	28.6	150K
145,000 m ³ (Moss)	改裝	20.73	55	8.3	29.03	55	8.3	29.03	55	8.3	29.03	150K
149,000 m ³ (135,000~160,000 m ³)	新建	39.6	53	7.95	47.55	53	7.95	47.55	53	7.95	47.55	150K
150,000 m ³ (Membrane)	改裝	27.8	53	7.9	35.7	53	7.9	35.7	53	7.9	35.7	150K
170,000 m ³ (Membrane)	改裝	35.2	47	0	35.2	47	7.1	42.3	47	7.1	42.3	150K
180,000 m ³ (170,000~190,000 m ³)	新建	44.6	44	0	44.6	44	6.6	51.2	44	6.6	51.2	150K
216,000 m ³ (Membrane)	改裝	37.8	38	0	37.8	38	5.7	43.5	38	5.7	43.5	150K
260,000 m ³ (Membrane)	改裝	41.5	31	0	41.5	31	0	41.5	31	4.7	46.2	150K
263,000 m ³ (210,000~263,000 m ³)	新建	49.0	31	0	49.0	31	0	49.0	31	4.7	53.7	150K

單位：MUSD/年

若最大保留儲存量調整於 10% 內，單元格會顯示橙色，視為略微減少保留儲存量。

若為可以執行之操作但需調整保留儲存量大於 10% 時，單元格顯示為紅色

表 6-18：考量 20% 餘裕空間情況 FSRU 的年度花費

OK Mid NG :partial filling

FSRU	新建/改裝	租賃 FSRU 成本	135,000 m ³ LNG 船			177,000 m ³ LNG 船			216,000 m ³ LNG 船			部分充填 成本 (USD/次)
			裝載 次數	部分充填 成本	總計 年度成本	裝載 次數	部分充填 成本	總計 年度成本	裝載 次數	部分充填 成本	總計 年度成本	
135,000 m ³ (Moss)	改裝	19.7	52	7.8	27.5	52	7.8	27.5	52	7.8	27.5	150K USD
145,000 m ³ (Moss)	改裝	20.73	48	7.2	27.9	48	7.2	27.9	48	7.2	27.9	150K USD
149,000 m ³ (135,000~160,000 m ³)	新建	39.6	47	7.0	46.6	47	7.0	46.6	47	7.0	46.6	150K USD
150,000 m ³ (Membrane)	改裝	27.8	47	7.0	34.8	47	7.0	34.8	47	7.0	34.8	150K USD
170,000 m ³ (Membrane)	改裝	35.2	41	0	35.2	41	6.2	41.4	41	6.2	41.4	150K USD
180,000 m ³ (170,000~190,000 m ³)	新建	44.6	39	0	44.6	39	5.9	50.5	39	5.9	50.5	150K USD
216,000 m ³ (Membrane)	改裝	37.8	33	0	37.8	33	0	37.8	33	5.0	42.8	150K USD
260,000 m ³ (Membrane)	改裝	41.5	27	0	41.5	27	0	41.5	27	0	41.5	150K USD
263,000 m ³ (210,000~263,000 m ³)	新建	49.0	27	0	49.0	27	0	49.0	27	0	49.0	150K USD

單位：MUSD/年

若最大保留儲存量調整於 10% 內，單元格會顯示橙色，視為略微減少保留儲存量。

若為可以執行之操作但需調整保留儲存量大於 10% 時，單元格顯示為紅色

6.5 FSRU 合約形式

一般情況下，租船市場包括船東、租船人和經紀人，合約安排型式有三種，如下圖 6-7，分別為航次租船合約(Voyage charter)，定期租船合約(Time charter)和空船租船合約(Bare boat charter)^{/48/}。在航運市場的合約當中，進行交易的船東以合約中訂定的單價運輸貨物，定期租船以每天為基準租用船舶，該租船合約由租船方於法源基礎訂定，合約中已經載明了交易各項條款，本小節後續逐一說明租船合約型式、租賃步驟與目前市場中的船舶經紀人。

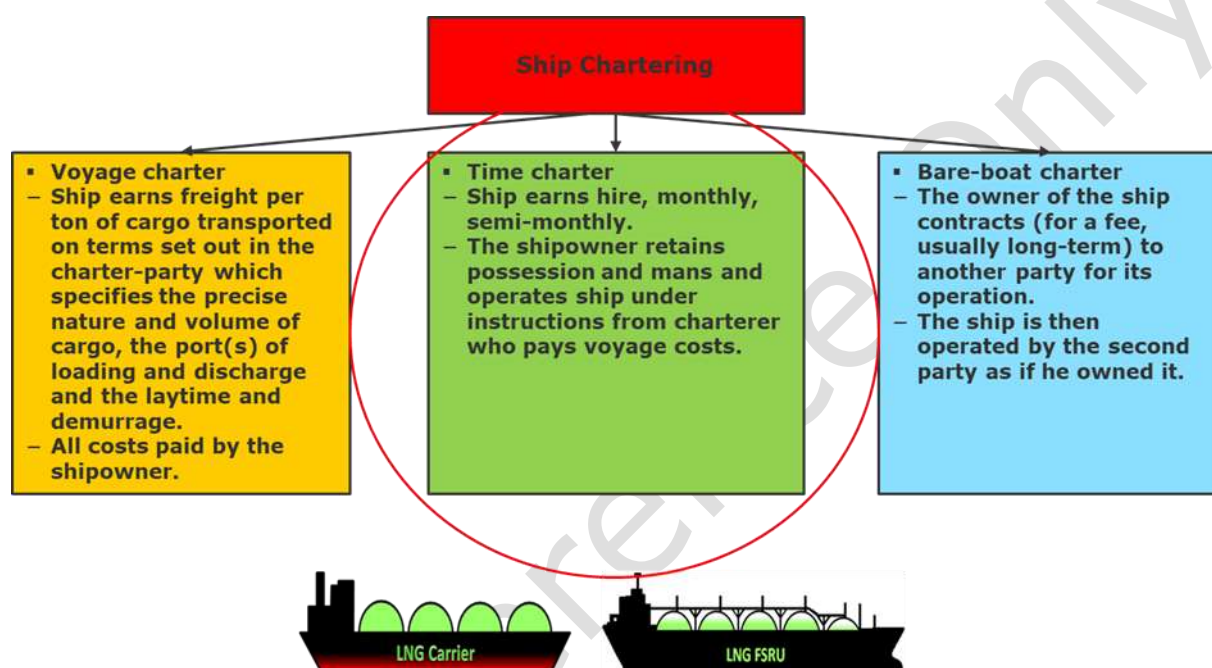


圖 6-7：租船型式

6.5.1 租船型式

航次租船(Voyage charter)，本合約型式用於以航次為考量租船市場，與集裝箱班輪運輸交易完全不同，航次租船的運費依按每單位貨物運費支付，例如：每噸 20 美元。在這樣安排下，除可能的貨物裝卸之外船東通常支付所有費用，船東需負責船舶運行管理以及航行計劃，承擔著營運與運輸市場的風險，若沒有可用的貨物、船舶損壞或必須等待貨物，船東將在營收上有虧損。

定期租船(Time charter)，租船的合約中規定每日或每月固定租船費用，例如：每天 150,000 美元，這種安排之下船東仍要承擔操作風險，若營運過程中船舶發生故障，船東將得不到航運的報酬，燃料、港口費、裝卸費用和其他與貨物有關的費用由承租人支付，不管市場條件如何變動，市場風險由船東承擔，承租人僅需依照合約規定支付每日的租金（除非租船費率以特定方式與市場一同考量）。定期租船合約執行時，船舶承租人對運載期貨物的船舶具有操作控制權，而船東掌握船舶所有權和管理權，定期租船合約的期限可以是考量一趟航程所需時間、考量時間間距（幾個月或是幾年時間）；租船時，船東繼續支付船舶的營運成本（即船員薪資與船舶維護修理費用），船舶承租人直接支付船舶的商

業營運並以及所有航程費用（如：燃油、港口停泊和運河通行費用）和貨物處理費用，採用定期租船合約時，船東可以從過往經驗了解船舶營運成本，並且固定收取的每日或每月的租船費（如：每天 150,000 美元），船東能在這樣安排下有明確的基礎規劃船舶預算。

空船租賃(Bare boat charter)，本質上是一種基於財務的安排，船舶承攬人僅需承擔船舶的融資成本，船東為船舶資金來源，故由船東收取船舶租賃費用來支付相關花費，船舶承攬人承擔運營成本、航運成本以及和貨物相關的成本，由船舶承攬人來承擔運營和運輸市場的風險。最後，若一家公司希望擁有船舶全部的營運控制權卻不希望持有該船舶，可以安排空船租賃合約，在這種安排下，將船舶交給租船人一個特定的期限，通常為 10 到 20 年間，不一定由專業船東的投資者來購買船隻，船舶承攬人管理該船，並支付所有營運及航行費用。此合約型式的船東通常是人壽保險公司等金融機構，不熟悉於船舶操作，也不須了解特定航海技能。

6.5.2 FSRU 租船合約及準備步驟

FSRU 專案中有兩種承包方式，可為租賃或自己持有，會由開發商決定選擇哪種方式，通常取決於資本性成本的可用性以及短期或長期的市場需求^{/49/}。開發商會考量租船期限以及租船期限的彈性空間；若開發商決定租賃 FSRU，他們必須考慮到租船期限，在 FSRU 行業早期，常見的租船期限為 10 年，合約中簽定每日租金，船東可以在 8 年內回收資本性成本與融資成本，剩餘的 2 年為獲利期，因此 FSRU 船東可能會對租約彈性較高的客戶收取更高的費用，而已經完全償還融資貸款的二手船船東在租約彈性度需求具有較高的競爭力；對致力於單個客戶（如：工業或發電設施）的 FSRU 專案，租船合約通常需要與基礎電力購買協議具有相同期限（通常約為 15 年以上）。

2007 年，Golar 與 Petrobas 簽訂兩艘 FSRU 定期租船合約，自那時 FSRU 合約結構已產生改變，2007 年市場起以長期租船為特點，租期至少都在 10 至 15 年間，早期採用較傳統固定的合約架構，原因可能為推動合約由貸款銀行進行，當時貸款銀行意識到這個新興行業相關的發展與技術風險。現今 FSRU 租船時間長度變化大，短期租船合約做為陸上碼頭開發過渡時期的解決方案，或海上天然氣開採商業化前的中期解決方案。

儘管多數專案開發商傾向於選擇租賃 FSRU 的合約，可以料想 FSRU 專案由不同部分組成（如：海事相關基礎設施開發商、碼頭所有權者、港口），同樣包括不同的融資安排，不同融資集團間的相互作用將會是至關重要的因素，因為這樣的交互作用會使債權人產生複雜問題，如：安全協議，終止與執行行動，而介入專案的經營當中，租船合約準備流程如下圖 6-8 所示，若中油公司採用公開招標方式，準備合約方式會與洽詢船舶經紀人有所不同，下表 6-19 分別比較兩者間的優缺點。

- A. 首先由（CPC）根據準備好 FSRU 招標意向書（Expression of Interest, EOI）發送給船舶經紀人，再根據技術與商業評估選擇船舶經紀人。

- B. 選擇船舶經紀人來進行市場調查並發送意向書到 FSRU 的船舶經營公司（FSRU 運營商）。
- C. 船舶經紀人收到提案並遵照招標公司許可，基於技術與商業評估選擇船舶經營公司（FSRU 運營商）。
- D. 船舶經紀人與選定經營 FSRU 的船舶公司、協調租船費率與合約，合約內容需要經由招標公司的審查和批准。
- E. 招標公司與 FSRU 基於技術與商業評估選擇船舶經營公司（FSRU 運營商）簽訂合約。

表 6-19 公開招標及詢問船舶經紀優缺點比較

	優點	缺點
公開招標	1. 最大限度內選擇投標商。 2. 競爭程度激烈，為招標人選擇報價合理、施工工期短、信譽好的承包商，可為招標人提供最大限度的選擇範圍。 3. 招標程序嚴密，有利於招標人防範綁標風險，確保招標的效果。	1. FSRU 資訊不足。 2. 公開招標時間漫長。 3. 耗費人力、時間、資源。 4. EPC 招標時間較長。
詢問船舶經紀人	1. 非常了解 FSRU 營運商的所有細節，並具備解答您所有與之相關問題的能力 2. 可根據公司須尋找租船合約，找到更符合租船費率之船舶 3. 避免投資上的不確定性。	1. 備金結構的設置將與業主收取額外費用。 2. 市場資訊不透明。

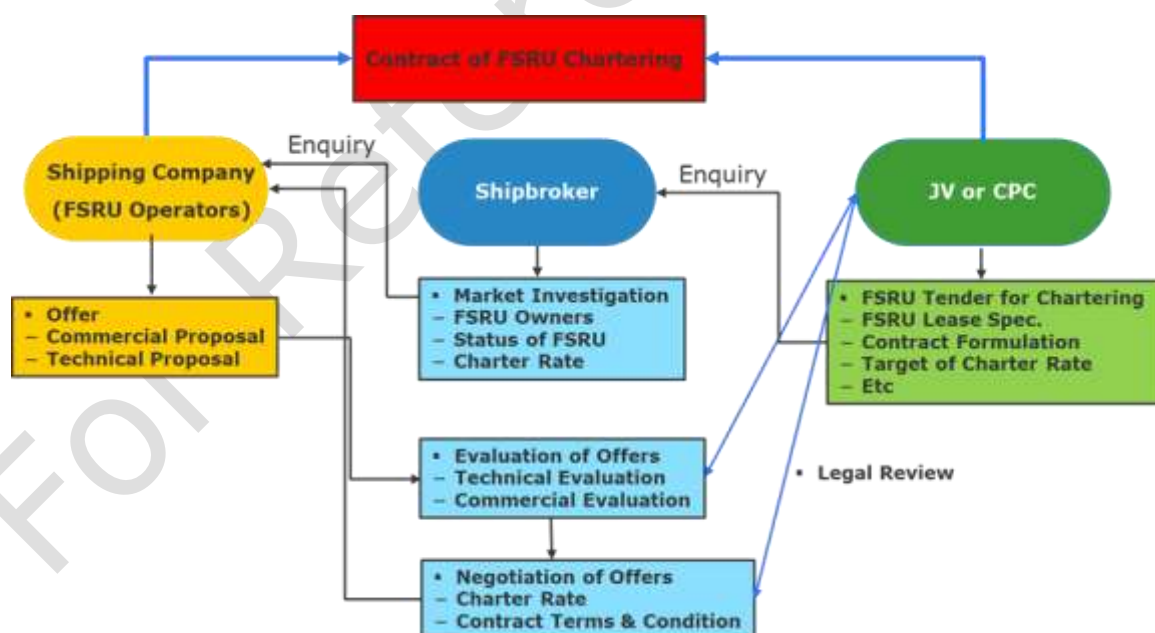


圖 6-8：FSRU 租船合約準備流程

6.5.3 FSRU 船舶經紀人

船舶經紀人是代表船舶所有人、船舶承租人，作為船舶購買、租賃的條件、海上運輸商品和服務、服務合約談判的專業代理商和中間協調者，從事買賣的經紀人主要在新建造FSRU 市場中提供經紀服務，作為買方和船廠間的仲介，租船經紀人在租船市場中，協助閒置的船舶找到有競爭力的海上運輸合約；簡而言之，船舶經紀人和船舶承攬是一種代理行為的慣例，其中，租船經紀人代表委託人（即船東和船舶承攬人）的談判條件，影響托運人（船舶承攬人）和承租人對特定船隻的租船利益，另一方面，船東則將同一艘船出租，船舶租賃的過程可視為船舶於船東與承攬人兩面向進出市場，整個過程由船舶經紀人（租船經紀人）來協助，國際間知名船舶經紀人整理於下表 6-20。

表 6-20：國際間知名船舶經紀人列表

Name of FSRU Brokers	HQ Location
Fearnleys	Oslo
Clarksons Platou	London
Braemer ACM	London
Poten & Partners	New York

6.5.4 合約格式

租船合約本文主要項次如下表 6-21 陳列：

表 6-21：合約主要項次

項次	英文	中譯
1	DEFINITIONS AND INTERPRETATION	定義和解釋
2	FSRU LEASE AND MOORING PROCUREMENT	FSRU 租賃與繫泊採購
3	FSRU LEASE PERIOD	FSRU 租賃時間
4	FSRU & MOORING SPECIFICATIONS AND CHARACTERISTICS	FSRU 和繫泊規範與特性
5	ALTERATIONS TO THE FSRU & MOORING	FSRU 和繫泊設備變更
6	DELIVERY, REDELIVERY AND CANCELLATION	交付、再交付與取消交付
7	BUNKERS AT DELIVERY AND REDELIVERY	運輸船交付與再交付
8	COMPANY TO PROVIDE	租賃船舶公司應提供
9	OWNER TO PROVIDE	FSRU 船東應提供
10	CONDUCT OF FSRU' S PERSONNEL	FSRU 人員行為約束
11	FSRU TEMPERATURE AND LNG RETENTION	FSRU 溫度與 LNG 保留
12	HIRE	聘僱
13	PAYMENTS OF HIRE	支付租金
14	FSRU DEPLOYMENT AND OPERATION	FSRU 部署與操作
15	ASSIGNMENT BY OWNER	所有權轉讓
16	ASSIGNMENT BY COMPANY	公司轉讓
17	LOSS OF FSRU	FSRU 損失
18	OFF-HIRE	停租
19	SHIP TO SHIP TRANSFERS	船對船傳輸
20	MAINTENANCE	維修
21	WARRANTY COMPENSATION	保修補償
22	FSRU & MOORING PERFORMANCE REVIEW	FSRU 與繫泊性能檢閱
23	SECURITY	安全
24	LAYING-UP AND RELOCATION	擱置和重新定位
25	CONDITIONS OF USE	使用條件
26	INSURANCE	保險
27	BUSINESS PRINCIPLES	商業原則
28	POLLUTION AND EMERGENCY RESPONSE	污染和緊急處理
29	EXPERT DETERMINATION	專業鑑定
30	LAW AND ARBITRATION	法律與仲裁
31	GOVERNING LANGUAGE	合約語言

6.5.5 租賃規章與基本要素

一般而言，FSRU 根據定期租船夥伴(Time Charter Party, TCP)合約來進行船舶租賃，在合約指定時間區間內，由出租人將齊全的設備且有船員值守的船舶交予承租人；FSRU 出租人通常是 FSRU 的船東，船員則通常為出租人的員工。

租賃條件將由提供船舶的「船東」與租賃船舶的「租船人」（如 CPC）之間訂定；CPC 與船東的合約中各項條款指出對於 FSRU 使用的需求。此處初步建議 CPC 開發觀塘工業港陸上天然氣接收站在租用 FSRU 時，應包括港口營運過程中所需的基礎設施（如：天然氣管線等），FSRU 未來於計畫中將用於 LNG 的進口、儲存與再氣化天然氣輸出到天然氣管線中。

CPC 和船東針對已同意的條款與相關條件需要於租賃合約中充分列出，船東則依照該項專案合約將 FSRU 租給 CPC（合約中可指定任何其他目的，滿足 CPC 滿足業務上的需求，如：打算從船上輸送 LNG 的需求量）；本小節其餘部分補充主要的租賃規範和合約涵蓋的條款。

租賃合約中必須提供明確的定義、縮寫與名詞解釋清單，CPC 於合約中考慮所有要求並確保合約的內容完整性，項目如：「再氣化速率」及說明 FSRU 再氣化 LNG 的輸送速率，以及建立於什麼基礎之上（最小/最大壓力和溫度）。除了必要條款詳細信息以外，應具有一定靈活性，例如租用開始的時間（可為固定日期，也可以為時間區間，保留一定的靈活性來適應合約的任何一方）。此外，CPC 應該有「損害」保護條款，以防止船東未能在約定日期內或指定窗口交付 FSRU。

CPC 於合約當中可要求簽約方提供 FSRU 的使用敘述與條件等，涵蓋了交貨到觀塘港接收站整個期間及各項條款。如：船東必須承諾保有船級並遵守船級社的所有規範與要求，確保船舶適合其既定用途（接收、儲存、再氣化、輸送再氣化的天然氣等）。合約中獨立條款保護 CPC 受到任何被定義的不合格故障或缺陷影響；此外，合約應該說明船東的設施與義務，內容通常會指定船東負責操作、維護和修理（或在必要時進行設備更換），其備用的零件也應包含在合約內，並承擔其他各種義務。

另一方面，CPC 則必須對其設施履行租賃合約中的義務，如：參照石油天然氣業標準負責設施的建設和安裝（包括碼頭與海上裝卸臂等相關設備），以及設備維護和修理；此外可考慮要求執行 HAZID / HAZOP / QRA 等評估，以保護船東與 CPC 雙方的利益。

合約條款中列出建構租賃或僱用 FSRU 的所有要素，指定租船費率通常以每日費率表示，營運成本亦須撰寫於合約中，通過計算方法分析各種要素，並詳細說明如何調整、限制等因素。其中可能會要求包括「公開賬本」或審計權的義務，租船費用亦可能受到通貨膨脹/價格指數/每年固定增長等影響。在某些天然氣供應情況下，FSRU 可能不會依照合約所規定的費率提供天然氣；條款當中應涵蓋這樣的可能性以及如何減少租用費率，同樣地應包括停工、所有構成停工的事件，此些事件將要求由船東來承擔指定的罰款（如：計劃中的 FSRU 維護期程超過計劃指定的維護時間）。

對於 LNG 船前往接收站的義務，包括要求 LNG 船的設備與兼容性，以及對於船東和 CPC 的責任；CPC 應考量對 LNG 和天然氣規格的要求，制定相關規範與義務，並且需要考慮有關不合格 LNG 與天然氣的相關規定。

其他條款應涵蓋：

- 關於發票與付款的義務
- LNG 與天然氣的所有權與損失風險
- 定期進入乾船塢
- 定期維護
- 計劃以外的維護
- 修改合約
- 不可抗外力因素
- 終止合約
- 海事保證
- 環安衛
- 保險
- 稅收
- 爭議處理方式等

依據 CPC 所提供第三接收站未來供氣量要求，為本案 FSRU 合約內容中重要考量，本案規劃尖峰天然氣供應量為 400 噸/小時以及 FSRU 2.5 MTPA (百萬噸每年)為基準，整理 FSRU 合約要求條件整理於下表 6-22。

表 6-22：計畫 FSRU 要求

項次	FSRU Requirement
年度天然氣通量 (MPTA)	2.5
平均每日流量 (Ton)	6,850
LNG 年度需求 (m ³)	5,500,000
平均每日流量 (m ³)	15,070
保證供應能力(Ton/h)	400
保證出口壓力(Kg/m ³)	80

在進行 FSRU 租賃規劃時應當注意以下陳列項目：

A. 工作範疇

- a). FSRU 操作與維護
- b). FSRU 接收、儲存與卸載 LNG
- c). 再氣化 LNG 與卸壓閥氣體可操作壓力約在 80 - 90 帕
- d). 氣體最好在最近的登陸點運送

B. 租約期間

- a). 可參閱雙方所制定之 FSRU 合約主要項次，CPC 可自行決定將協議期限縮短為 5 年或更長 5-20 年

C. FSRU 規範

- a). 可參閱雙方所制定之 FSRU 合約主要項次

D. 合約條款和條件

- a). 可參閱雙方所制定之 FSRU 合約主要項次

E. 邀約

- a). FSRU 的所有者/運營商徵求意向書，以短期（5 年）或長期（20 年）租賃 FSRU
- b). EOI 投標辦公室的授權人員執行
- c). 短期（5 年）和長期（20 年）的商業合約應單獨用密封信件提交^{1,2}

F. 報價詳情

a). 包括以下所提供 FSRU 規範的技術報價

- FSRU 詳細規格
- 氣化器細節
- 各種再氣化速率下，每天燃料消耗量（公噸/ MMBTU）
- FSRU 操作與維護經驗
- 可作業日期

G. 入圍標準

a). FSRU 可提供的技術規格

b). 再氣化能力

c). FSRU 操作與維護經驗

d). 租船費率與燃料費用

e). FSRU 可用性

1：期限為 5 年和 20 年明確具有指示性的商業報價可單獨提交，並註明以下參數：

每日租船費率（包括租金、營運和維護成本，但不包括燃料成本）、各種再氣化率下，每天的燃料成本（公噸/ MMBTU）

2：對於部屬日期（自部署日起 5 年或 20 年），具有明確指示性合約均應在密封信件中單獨提交

考量長期以及短期合約內容，整理期各項因素及優缺點比較於表 6-23。

表 6-23：長期與短期合約比較

項目	A：20 年租賃合約	B：滿 5 年租期後簽訂 20 年租賃合約	C：5 年租賃合約
船東偏好	穩定且持續商業利益	穩定且持續商業利益	不持續的商業利益
	◎	○	X
租船費率	新建：108~134 KUSD/day 改裝：54~114 KUSD/day	較 A 方案高	三方案中最高
	◎	○	X
優點	租船費率與年度花費較低 選擇方案更有彈性 可改裝現有船隻	與方案 A 優點相近，僅有租船費率稍微 增加	符合本案需求
缺點	超過本案需求	與方案 A 相近	目前市場上可用船隻有 限 最高的租船費率

◎: Excellent (最佳), ○: Good (佳), △: Rather Inferior(尚可), X: Inferior(不推薦)

6.6 租船期程

本章節針對 FSRU 可能情形進行期程分析，主要有四種情況；其中分別考量新建、改造 FSRU 期程，或於市場中尋找現有新建或已完成改裝的 FSRU 期程。參考「The Outlook for Floating Storage and Regasification Units (FSRUs)^{/46/}」，一般新建之 FSRU 期程至少為 36 個月，如下圖 6-9 所示，主要考量項目分別為可行性評估、前端工程設計、計畫核定、預算編列、統包招標後完成最終投資決定；FSRU EPC 又包含採購、建造、安裝羅盤以及試俾等階段；接收的碼頭亦須進行採購、浚深、建造與試俾；陸上接收站則考量採購、場地整備、土木工程、設備安裝與試俾。若由現有的 LNG 船改造，則至少需要 18 個月時程，如下圖 6-10 所示，改裝 FSRU 主要考量項目與新建 FSRU 相似，僅有統包內容不同，即採購、改造與試俾。圖上並不包含規格設計所需時間，預估至少需要 4 至 6 個月的時間。

若於目前市場中尋找 FSRU，租船費率的合約時間需考量 CPC 以 FSRU 靠泊之 LNG 接收站執行作業的時間點，如前面章節所述，FSRU 租船的合約發展可以分為 3 個階段，船舶經紀人要對於 FSRU 進行招標準備、投標與訂定合約，招標準備時備妥租賃規範、合約格式及租船費率決定、船舶經紀人邀請與選擇；投標階段進行市場調查、FSRU 船東邀請、評估與協調；最後於合約準備階段分兩次進行合約檢閱，最後提交與船東簽訂之合約，適用於 CPC 新建、改裝 FSRU 靠泊之 LNG 接收站準備租船合約期程如下圖 6-11 與圖 6-12。

依照 CPC 的要求，於 2022 年需要完成供氣的目標，不管新建或是由市場中的 LNG 船進行改造，皆不能符合 CPC 現階段的需求，唯有從市場中找尋已改造或現有可行之新建 FSRU，而最快的方式可透過 FSRU 專業船舶經紀人於市場找尋合適的 FSRU，包含提出規格需求、合約模式以及談判相關事宜等。

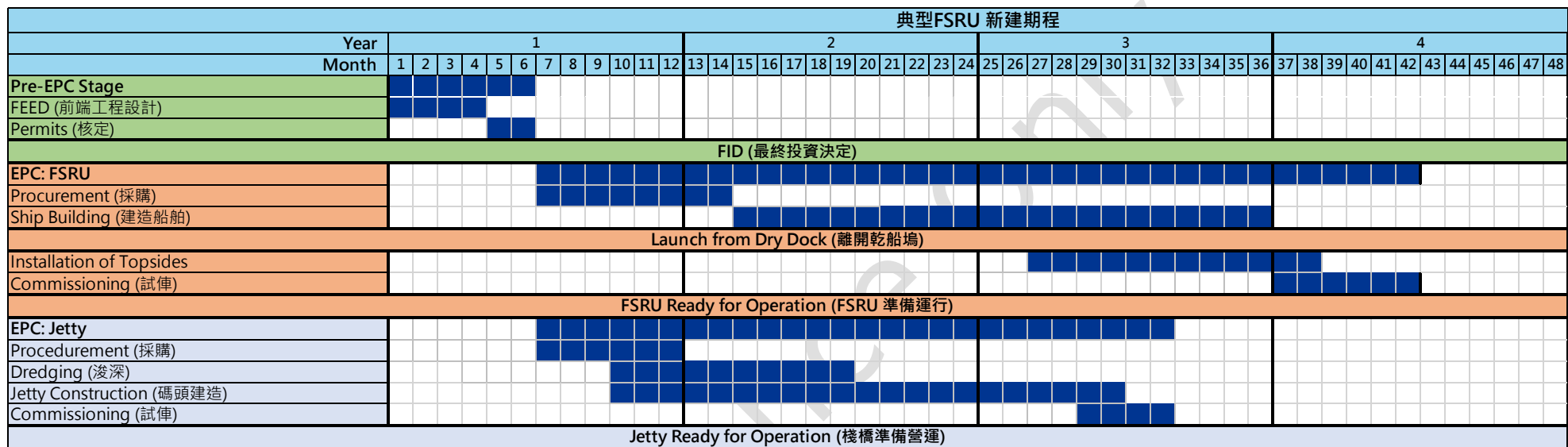


圖 6-9：典型 FSRU 新建期程

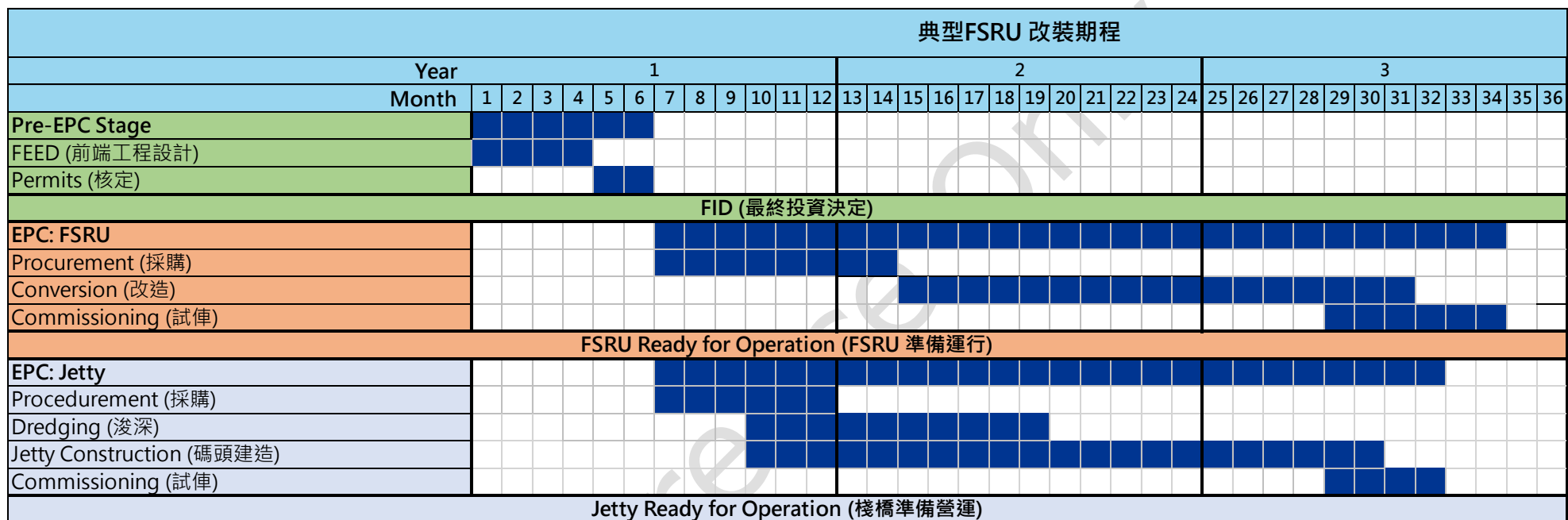


圖 6-10：典型改裝 FSRU 期程

	新建FSRU 租船期程																							
Year	1												2											
Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
FSRU 招標準備	■	■	■																					
FSRU 租賃規範	■																							
合約格式及租船費率	■																							
船舶經理人邀請與選擇		■	■																					
船舶經理人投標階段				■	■	■	■	■																
市場調查				■																				
FSRU 船東邀請					■	■																		
FSRU 船東評估							■																	
FSRU 船東協調								■																
合約準備階段									■	■	■	■												
第一階段合約檢閱									■	■														
第二階段合約檢閱											■													
合約定稿												■												

圖 6-11：市場找尋已新建 FSRU 期程

	改裝FSRU 租船期程																							
Year	1												2											
Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
FSRU 招標準備	■	■																						
FSRU 租賃規範	■																							
合約格式及租船費率	■																							
船舶經理人邀請與選擇		■																						
船舶經理人投標階段			■	■	■	■	■																	
市場調查			■																					
FSRU 船東邀請				■	■																			
FSRU 船東評估						■																		
FSRU 船東協調							■																	
合約準備階段							■	■	■	■														
第一階段合約檢閱							■																	
第二階段合約檢閱								■																
合約定稿									■															

圖 6-12：市場找尋已改裝 FSRU 期程

6.7 小結

DNV GL 針對 CPC 觀塘工業港 FSRU 設置之商業模型分析做出以下幾點結論：

- A. 根據本報告分析結果與本公司既往經驗，以新建 FSRU、改裝 FSRU 等 2 種情況將 CPC FSRU LNG 接收站進行比較，其優缺點整理如下表 6-24。

表 6-24：新建與改裝 FSRU 比較

項目	新建 FSRU	改裝 FSRU
資本性支出成本	2.5~3 億美金 X	1~2.7 億美金 ◎
經營成本	考量運行、維修、檢查和燃料成本，OPEX 小於改裝的 FSRU OPEX：每天 2.2 萬-2.5 萬美金 (取決於管轄區域以及稅金) ◎	OPEX：每天 2.4 萬-2.7 萬美金 (取決於管轄區域以及稅金) △
於乾船塢維護	可能不需要乾船塢 ◎	每 5 年需要對接 1 到 2 個月的乾船塢，以便定期將船移至維修船廠 X
建造時間	27~36 月 X	18 月 ◎
安全性	採用新技術 ◎	進行改裝 △
船隻壽命	30 年 ◎	15~20 年 X
租賃上的優點	營運費用低 因為沒有進乾船塢需求，可作用時間長	因資本性成本較低，經濟可行性較佳 建設週期短，進入業務速度快 租船費率較低
租賃上的缺點	租船費率較高 建設期間較長，進入業務晚	營運成本較高 安全性及船隻生命小於新建 FSRU

◎: Excellent (最佳), ○: Equal(適合), △: Rather Inferior(尚可), X: Inferior(不推薦)

- B. 基於中 CPC 情況來檢視三種 FSRU 靠泊 LNG 接收站模式，整合模式為 CPC 較適合發展的商業模式，主要考量為 CPC 擁有 FSRU 靠泊之接收站所需的全部投資金額，在合約管理得以全面掌握，擁有專案 100 % 權益，可以避免公司在商業上的外部風險。

C. 若 FSRU 中儲槽容量不足，要存儲自 LNG 船卸載的 LNG 會發生部分充填，CPC 在以下兩種情況可參考本公司建議分別為：

a). FSRU 儲槽 30%餘裕空間

- 135,000~150,000 m³ 部分充填的 FSRU 對應到 135,000、177,000、216,000 m³ 等級 LNG 船。
- 170,000~216,000 m³ 部分充填的 FSRU 對應到 177,000、216,000 m³ 等級 LNG 船
- 260,000 m³ FSRU 最佳的組合為 177,000 m³ 等級 LNG 船
- 必要時，260,000 m³ FSRU 與 216,000 m³ 等級 LNG 船可作為組合

b). FSRU 儲槽 20%餘裕空間

- 135,000~150,000 m³ 部分充填的 FSRU 對應到 135,000、177,000、216,000 m³ 等級 LNG 船
- 170,000~180,000 m³ 部分充填的 FSRU 對應到 177,000、216,000 m³ 等級 LNG 船
- 216,000 m³ 部分充填的 FSRU 對應 216,000 m³ 等級 LNG 船；未發生部分充填 216,000 m³ FSRU 可與 177,000 m³ LNG 船組合
- 260,000 m³ FSRU 可與 177,000、216,000 m³ LNG 船組合，而 177,000 m³ 等級 LNG 船為最佳組合

D. 考量 FSRU 資本性支出成本，新建 FSRU 價格目前市場上的價格在 2.95~3 億美金之間，由本公司估算新建 FSRU 的價格訂出高低範圍，新建 FSRU 價格下限介於 2.53~3.00 億美金，價格上限約在 2.68~3.40 億美金。

E. 根據二手 LNG 船價格、再氣化單價、改裝工程成本、改裝成本估算改裝的 FSRU 價格，改裝的 FSRU 的價格在 0.9~2.7 億美金的區間，價格取決於 LNG 儲存系統 (Cargo Containment System, CCS) 容量和類型；考量改裝規格為 263,000 m³ 等級的 FSRU 價格與新建 260,000 m³ 等級的價格相似，但是改裝的 FSRU 優勢在於可於 18 個月時間內完成，新造船則需要 36 個月(不包含採購所需時程)。

F. 本公司預估 FSRU 營運成本，根據儲槽大小，新建的 FSRU 營運成本在每天 22,410~24,840 美元之間，改裝 FSRU 的營運成本在每天 24,730 ~ 27,150 美元之間。

G. 開發商和營運商選擇以日租船費率來租賃 FSRU，目前市場上單日租金可能介於每天 11 萬~15.5 萬美元之間。本公司在考量 FSRU 價格、15%的緊急應變費用、20 年期限，估計 FSRU 的租船費率，新建的 FSRU 每日花費介於 10.8 萬~13.4 萬美元，改裝的 FSRU 每日花費介於 5.4 萬~11.4 萬美元。

H. 本公司考量租船費率與部分充填成本，新建和改裝的 FSRU 年度總成本分析結果如下陳列：

a). 考慮 30% 餘裕空間時與部分充填情況，計算年度總成本

- 135,000 m³ 等級 LNG 船搭配 180,000 m³ 新建的 FSRU 是一個經濟性的組合，不會出現新建 FSRU 需要部分充填的情況。
- 135,000~145,000 m³ Moss 型改裝的 FSRU 搭配任意等級的 LNG 船皆是最佳經濟組合，每年費用介於 2860~2900 萬美元之間。
- 170,000 m³ Membrane 型改裝的 FSRU 搭配 135,000 m³ 等級 LNG 船為可以採用的組合，並沒有部份充填的問題，每年花費為 3520 萬美元。
- 216,000 m³ Membrane 改裝的 FSRU 搭配 135,000 m³ 等級 LNG 船為可以採用的組合，並沒有部份充填的問題，每年花費為 3780 萬美元。
- 260,000 m³ Membrane 型式改裝的 FSRU 搭配 135,000、170,000 m³ 等級 LNG 船為可以採用的組合，並沒有部份充填的問題，每年花費為 4105 萬美元。

b). 考慮 20% 餘裕空間時與部分充填情況，計算年度總成本

- 135,000 m³ 等級 LNG 船搭配 180,000 m³ 新建的 FSRU 是一個經濟性的組合，不會出現新建 FSRU 需要部分充填的情況。
- 135,000~145,000 m³ Moss 型改裝的 FSRU 搭配任意等級的 LNG 船皆是最佳經濟組合，每年費用在 2750~2790 萬美元之間。
- 170,000 m³ Membrane 型改裝的 FSRU 搭配 135,000 m³ 等級 LNG 船為可以採用的組合，並沒有部份充填的問題，每年花費為 3520 萬美元。
- 216,000 m³ Membrane 改裝的 FSRU 搭配 135,000、170,000 m³ 等級 LNG 船為可以採用的組合，並沒有部份充填的問題，每年花費為 3780 萬美元。
- 260,000 m³ Membrane 型式改裝的 FSRU 搭配 135,000、170,000、216,000 m³ 等級 LNG 船為可以採用的組合，並沒有部份充填的問題，每年花費為 4150 萬美元。

6.8 建議

- A. 首先建議 CPC 選擇合適船舶經紀人以便提前進行市場和 FSRU 營運商研究，然後再簽訂 FSRU 租賃合約。
- B. CPC 必須考慮內部規定與地方法規，決定出 20 %~30 %的緊急應變費用。
- C. CPC 可以根據本公司對商業模式的分析來決定合適 LNG 船與 FSRU 組合。
- D. CPC 應透過船舶經紀人事先檢視現有可供 5 年時間租賃的 FSRU，但仍建議以超過 10 年合約之經濟效益較高。

7 作業模式分析與規劃

7.1 觀塘港 FSRU 危害分析

7.1.1 風險評估(Risk Assessment)

根據國際安全管理 ISM (International Safety Management) 規範規定，公司對於安全管理目標之一為評估其船舶、人員和環境的所有風險並提供適當的防護措施。

風險評估用於充分辨別危害及提出減緩之策略，包含評估人員訓練不足所導致系統程序的潛在風險等；風險評估過程包括以下步驟：

- 危害識別；
- 評估已確定危害相關的風險；
- 採取控制措施來減少不可接受的風險；
- 監控控制措施有效性。

下圖 7-1 的「屏障管理模型(swiss cheese)」比擬說明風險評估：藉由不同風險管控的屏障，如預防、控制、消除或緩和、和緊急應變等措施達到避免重大危害發生的目的。

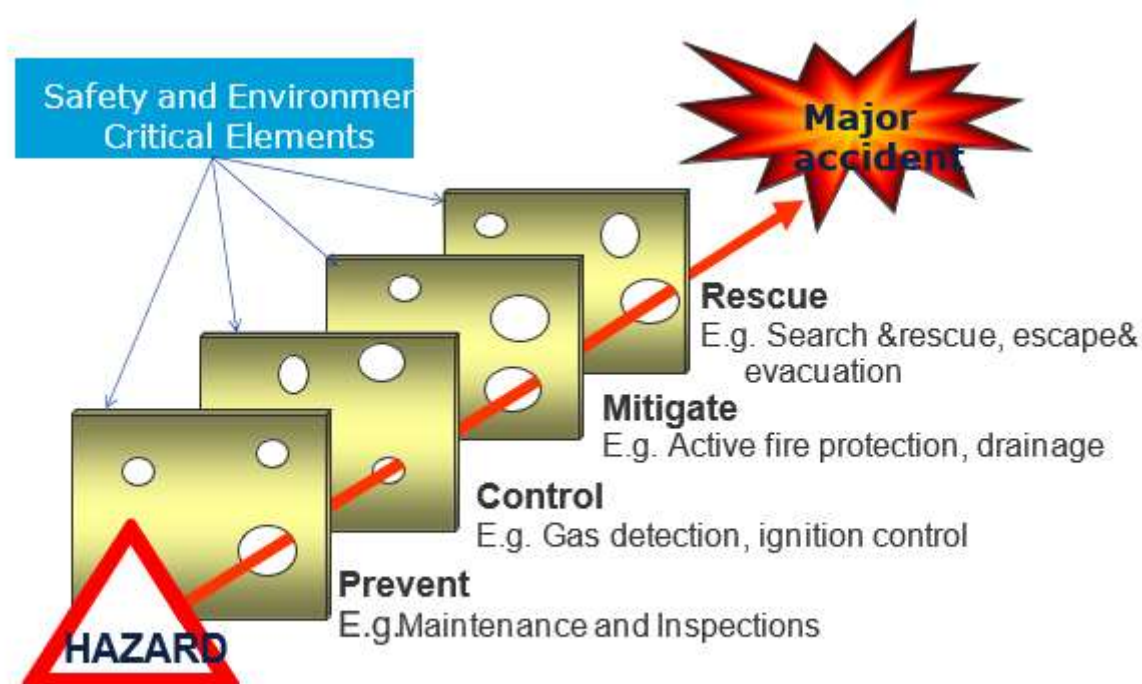


圖 7-1：屏障管理模型

架構化技術用於辨識事故發生場景以及提出預防或控制事故策略；以下陳列為常用於風險評估之技術手法：

- 危害識別 (Hazard Identification, HAZID)
- 假設分析(What-if analysis)
- 失效模式影響性與關鍵性分析法(Failure Mode Effect Criticality Analysis, FMECA)
- 故障樹或事件樹分析(Fault Tree or Event Tree Analysis)

根據 SIGTTO 船上和碼頭的液化氣體處理原則，分析結果應作為後續需要分析情況的清單，並為規範、操作程序、人員培訓等提供建議；由於這是一項高階可行性研究，因此本案選擇使用 HAZID 方法識別潛在危害和可能發生的相關事件，辨別可能危害發生之原因、結果以及預防或是緩解控制，以及後續建議方案以期將風險降到可控制的範圍內。

7.1.2 風險辨識方法(HAZID Methodology)

本案 FSRU 風險辨識是一項桌面研究，並透過和現場人員的確認會議，以期達到輸出的目標。內容包含可能的危害、已辨識原因、結果和阻礙（預防和減災）記錄在本報告附錄 C 所附的 HAZID 工作表中。HAZID^{50/}研究目標如下：

- 確定可能導致重大事故 (Major Accident Event, MAE) 的潛在危害和危險事件；
- 評估提供的預防、控制、緩解措施
- 確認可靠的重大事故
- 確定行動和需要完成行動的責任方

本報告中針對危害辨識方法細節遵循以下概述步驟：

- 危害辨識研究節點：評估裝置的個別區域中的細節，已將船舶分解為一系列的「節點」（請參閱第 7.1.4 節），並對每個節點執行以下步驟。於本專案中 FSRU 可能的危害辨識評估共分類有五個情景節點，分別為 FSRU 進港、繫泊與連接情景、LNGC 進港、繫泊與連接情景、LNG 船輸送 LNG 至 FSRU 情景、FSRU 正常操作情景、以及接收站卸料情景等。
- 辨識危害形成、原因與結果：對於已辨別的危害，將潛在原因以及潛在結果註記於重大事故(Major Accident Event, MAE)內容中。因目前 FSRU 尚未被選定，且很多設備和設施尚未被安裝或確認，於本報告中之危害辨識主要依據 DNV GL 專案經驗和 FSRU 之數據庫結果，以及參考現場和 CPC 所給定之資訊做判定及假設。
- 確定預防和減災措施：每種危害情境均應確定防止事故發生的保護措施以及控制災害持續發展或得減輕其結果的相關配套；確立保障措施工作項目是根據 DNV GL 在相似的 FSRU 專案經驗進行，隨後與 CPC 進行作業風險評估會議驗證。

- 
- 風險等級：根據本報告 7.1.3 節中介紹的風險矩陣完成風險排序。初始風險排序是根據 CPC 所提供之風險矩陣以及 DNV GL 在相似的 FSRU 專案經驗進行，隨後與 CPC 進行作業風險評估會議驗證。
 - 確定行動項目：若評估結果認定當前預防或減災措施不能滿足危害管理或需要進一步評估來了解危害，則記錄行動項目在工作表中。

7.1.3 風險矩陣(Risk Matrix)

由 CPC 提供本公司作業風險評估的風險矩陣如下圖 7-2^{51/}。

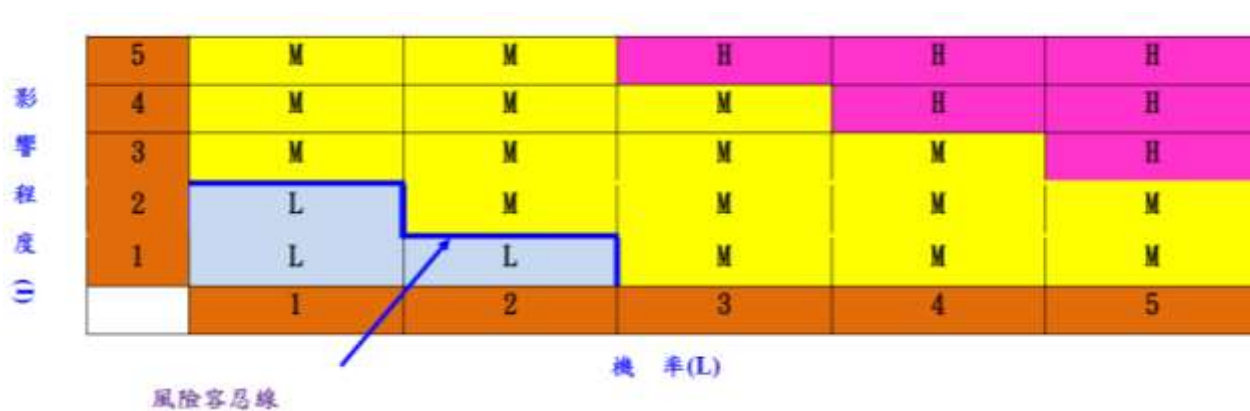


圖 7-2：風險矩陣

風險項目發生機率量測標準與影響程度量測標準分別陳列於表 7-1、表 7-2。

表 7-1：風險項目發生機率量測標準(L)

評分	發生機率	發生情況
5	經常	1 年內絕大部分情況下會發生
4	相當可能	1 年內大部分的情況下會發生
3	可能，但不經常	1 年內有些情況下會發生
2	可能性小，純屬意外	1 年內只會在特殊情況下會發生
1	幾乎不可能	1 年內只會在極少數的情況下發生

表 7-2：風險項目影響程度量測標準(L)

影響程度	財務損失	人員傷亡	業務中斷損失	構面 公司聲譽	民眾意見	違反法令	人力資源
5	超過 9 億元	1 人死亡或 3 人送醫急救	停工/停班超過 30 日曆天以上	國際新聞媒體報導負面新聞或國內 3 家媒體報導負面新聞連續超過 3 天註	民眾大規模遊行抗爭	遭主管機關處以永久性停止營運	因人力資源造成：員工罷工、聚眾滋事或妨礙生產或營運秩序
4	6 億元以上~未滿 9 億元	永久全失能、永久部份失能傷害	停工/停班 16 至 30 日曆天	國際新聞媒體報導負面新聞或國內 3 家媒體報導負面新聞連續超過 2 天註	民眾至中央部會抗爭	1. 相同事件遭主管機關連續罰款，或 2. 單一事件累計罰款金額達 50 萬元(含)以上，或 3. 遭主管機關處以暫時性停止營運	因人力資源造成： 1. 立即影響營運作業之正常進行，或 2. 潛在影響組織長期競爭能力
3	3 億元以上~未滿 6 億元	暫時失能	停工/停班 7 至 15 日曆天	國內 3 家新聞媒體報導負面新聞連續超過 1 天註	民眾透過民代或地方政府向中央部會施壓	1. 相同事件遭主管機關連續警告，或 2. 單一事件累計罰款金額未達 50 萬元，未對營運造成影響	因人力資源造成： 1. 影響營運作業之正常進行，或 2. 潛在影響組織長期競爭能力
2	1.5 億元以上~未滿 3 億元	僅須至診療所或自行簡易處理	短暫業務中斷	國內 2 家新聞媒體報導負面新聞註	眾多民眾電話(或網路)客訴並透過民代或地方政府向本公司施壓	1. 相同事件遭主管機關警告，或 2. 單一事件累計罰款金額未達 25 萬元，未對營運造成影響	因人力資源造成：潛在影響生產及營運作業之正常進行，且發生員工連續性抱怨
1	未滿 1.5 億元	無明顯危害	無明顯危害	國內 1 家新聞媒體報導負面新聞註	少數民眾電話(或網路)客訴	遭主管機關警告但未遭致罰款	因人力資源造成：潛在影響生產及營運作業之正常進行

註：

1. 單位(處室)可依「Reuters Institute Digital News Report」中統計台灣閱聽者最常使用之前十大網路媒體，以及台北市媒體服務代理商協會發布「台灣媒體白皮書」統計閱讀率前十大之報紙及週刊雜誌等平面媒體作為評估參考。
2. 鑒於國內外新聞媒體變動迅速，仍宜依業務經驗判斷，俾符合實際情形。另，所屬同一媒體集團報導相同之負面新聞，評估時應視為 1 家。

風險值定義為發生機率和影響程度乘積【風險值(R) = 機率(L) × 影響程度(I)】

CPC 風險管理程序說明不同風險等級應採取以下措施：

高度風險(H)：需立即採取處理行動。

中度風險(M)：列為次優先處理，需研擬計畫並提供資源，且持續進行監控。

低度風險(L)：予以容忍。

7.1.4 節點(Nodes)

應用架構化方法確保能評估所有相關危害，此方法的一部分是將整個工作範圍劃分為一定數量的節點或是活動，然後對每個節點進行系統性檢查以確定這些節點可能遭遇的相關危害。本案區分為五個節點如下表 7-3 中列出了在此災害辨識評估中所採用的節點，再針對每一節點作細化的分析，詳細分析內容如附件 C 所示。

表 7-3：節點

編號	要點描述
要點 1	FSRU 進港、繫泊與連接
要點 2	LNGC 進港、繫泊與連接
要點 3	LNG 船輸送 LNG 至 FSRU
要點 4	FSRU 正常操作
要點 5	接收站卸料

7.1.5 建議(Summary of Recommendations)

於本 FSRU 可行性階段之危害辨識評估，因目前 FSRU 尚未被選定，且很多設備和設施尚未被安裝或確認，附錄 C 的 HAZID 評估，主要依據 DNV GL 專案經驗和 FSRU 之數據庫結果，其中預防措施和減災策略，是依據專案經驗假設 CPC 已具備此策略下所評估之剩餘風險，針對風險值較高並提出降低風險的建議事項。所整理之建議事項如下表以及如下分類說明，詳細評估細項見本報告附錄 C。

1. FSRU 和陸上繫泊失效情境

- 1.1. FSRU 緊急應變計畫應包括相關的應變與聯繫人（如：港口管理局，緊急應變機構等）；FSRU 應與接收站整合緊急應變計畫。
- 1.2. 建議防波堤工程於碼頭運營前完成或者需降低 FSRU 靠泊天氣（風、潮流和潮汐）標準。

2. FSRU 接近碼頭情境

- 2.1. 確保操縱 FSRU 拖船有足夠動力和餘裕，尤其在較差天候條件下。
- 2.2. FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態。

3. 支援船隻失效(拖船)情境

- 3.1. FSRU 需要從港口撤離並留在港外的安全區域。
- 3.2. 碼頭將安排其他船隻支援靠泊。

4. LNG 船接近 FSRU 情境

- 4.1. 確保協助 LNG 船操航的拖船有足夠動力，LNG 船的靠泊程序進行發展並為可行。

4.2. 建議防波堤工程於碼頭運營前完成或者需降低 FSRU 靠泊天氣（風、潮流和潮汐）標準。

4.3. 沿用 CPC 有經驗及操航訓練之領港。

5. 繫泊失效（LNG 船和 FSRU）情境

5.1. LNG 船應與 FSRU 接收站整合緊急應變計畫。

5.2. 建立特定繫泊計畫（包括：程序、陸上繫泊人員要求以及所需其他機組人員）。

5.3. 建議防波堤工程於碼頭運營前完成或者需降低 FSRU 靠泊天氣（風、潮流和潮汐）標準。

5.4. 繫泊連接設備有安全餘裕空間。

6. LNG 船輸送到 FSRU 冷卻操作情境（一）

6.1. 建議未來應進行定量風險評估（QRA）。QRA 應包括 LNG 卸料，FSRU（正常操作）和 NG 輸送的失效情況。

作為 QRA 的一部分，應分析從 FSRU 排放系統到相鄰設施的最大氣體雲影響，包括最大緩解氣體排放情況和能力。

影響包括未點燃的蒸氣雲大小和火災影響；以為未來操作時危險區域分類、火災與氣體探測系統、消防系統等建置的參考依據。

6.2. 建議卸料系統的溫度和壓力監控及安全連鎖系統的建立^{/52/}。

6.3. 建議 LNG 冷卻之標準操作程序(SOP)建立。

6.4. FSRU 與 LNG 船機組人員應具有豐富經驗並受過處理緊急應變的培訓。

6.5. ESD 系統建立保護隔離 STS 傳輸。

7. LNG 船輸送到 FSRU 冷卻操作情境（二）

7.1. 同上 6.1 之建議。

7.2. FSRU 配備足夠再冷凝器、排出多於的 BOG 或作為燃氣發電。

7.3. 建立最低水平庫存要求以及低液位保護系統。

8. FSRU LNG 儲槽流體性質改變情境

8.1. 建立卸料系統壓力監控和安全連鎖系統&ESD 系統。

8.2. QRA 評估；以為未來操作時危險區域分類、火災與氣體探測系統、消防系統等建置的參考依據。

8.3. 確保所有應急應變計劃適用於所有設施引致的緊急情況。

9. FSRU 再汽化歧管天然氣洩漏情境

- 9.1. 建議 QRA 評估；以未來操作時危險區域分類、火災與氣體探測系統、消防系統等建置的參考依據。
- 9.2. 應具備正確的安裝及操作程序。
- 9.3. 需定期維護和檢查。
- 9.4. 需定期緊急應變演練。

10. FSRU 與碼頭間繫泊纜繩張力不足情境

- 10.1. 需確認在 FSRU 絞盤上提供張力監測系統及 CCTV 安裝。
- 10.2. 繫泊系統需定期維護和檢查。
- 10.3. 火災和氣體檢測系統及消防系統的建制和前述需一併考量。

11. LNG 船與 FSRU 間或 FSRU 與碼頭間不合適的碰墊尺寸情境

- 11.1. 根據動態繫泊分析結果評估碰墊的配置是否得當及定期檢查維護或更換。
- 11.2. 提供足夠的碰墊安全存量。

12. 卸料臂啟動/關閉活動（包括人為疏失）失效情境（一）

- 12.1. 審查並確認 MLA 庫存到通風系統的路線設計（即 FSRU 通風管桅或陸上通風管桅）。
- 12.2. QRA 評估；以為未來操作時危險區域分類、火災與氣體探測系統、消防系統等建置的參考依據。
- 12.3. 定期巡檢。

13. 卸料臂啟動/關閉活動（包括人為疏失）失效情境（二）

- 13.1. 所有碼頭和陸上的 ESDV 位置指示應通過信號發送回 FSRU /陸上，並嵌入 FSRU 緊急關閉原則中。
- 13.2. ESD 系統，安全連鎖系統需定期功能測試。/52/

14. 起火源管制情境

- 14.1. 制定火源管制程序，包括動火管理、控制車輛和未經認證的電氣設備進入靠泊區等。

表 7-4：建議列表

項次	地點/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議
								C	L	R	
1	CPC 觀塘港	FSRU 和陸上繫泊失效	繫泊失效	1) 繫泊絞盤誤操作 2) 繫泊纜繩材料缺陷/繫泊纜繩機械故障 3) 繫泊纜繩管理人為錯誤(如：潮汐作用)	1) FSRU 與碰墊/泊位的碰撞導致潛在的損壞，並可能造成密閉儲槽損壞 2) FSRU 船體和碼頭基礎設施損壞	1) 領港程序與訓練有素人員(能力：包括以模擬器培訓和 FSRU 模擬) 2) 降低 FSRU 停泊天氣(風、潮流和潮汐)標準。 3) 港口主管機關交通管制 4) 風險評估(設計)船上風險評估、JHA(工作前危害評估, Job HAZID Assessment)、工具箱安全會議(船上) 5) 拖船工作會議，領港通信協議 6) 符合目的之拖船選擇 7) 特定繫泊計劃(包括：線路順序、陸上繫泊人員要求以及所需其他機組人員) 8) 拖船即時反應 9) 領港員(和船長)即時反應 10) 確保在 FSRU 繫泊作業期間，泊位附近無船隻移動	1) 緊急應變計劃(ERP)處理緊急情況 2) FSRU 機組人員具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 4) 現場有待用的醫療設備(若有需求將要求陸上提供援助) 5) 防波堤完成可減少 FSRU 受潮流和波浪的影響 6) 繫泊中安全餘裕空間 7) 降低 FSRU 停泊天氣(風、潮流和潮汐)標準。 8) 提高拖船馬力或餘裕於較差天候條件下	3	2	M	1.1) FSRU 緊急應變計畫應包括相關的應變與聯繫人(如：港口管理局，緊急應變機構等)；FSRU 應與接收站整合緊急應變計畫。 1.2) 建議防波堤工程於碼頭運營前完成或者需降低 FSRU 停泊天氣(風、潮流和潮汐)標準。
2	CPC 觀塘港	FSRU 接近碼頭	FSRU 和碼頭之間的碰撞	人為疏失	1) 對 FSRU 的潛在損害 2) 氣密性喪失，失火或爆炸的可能性 3) 潛在的人員傷亡	1) 拖船適用性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 FSRU 所需拖船的數量估計為 4 艘+ 1 艘備用 2) 營運檢查和海事保險程序 3) 船舶移動計劃	1) 緊急應變計劃(ERP)處理緊急情況 2) FSRU 機組人員具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 4) FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態 5) 現場有待用的醫療設備(若有需求將要求陸上提供援助)	4	1	M	2.1) 確保操縱 FSRU 拖船有足夠動力和餘裕，尤其在較差天候條件下 2.2) FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態

項次	地點/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議
								C	L	R	
3	CPC 觀塘港	支援船隻失效(拖船)	LNG 船或 FSRU 和碼頭之間的碰撞	操航期間支援船泊不足以掌握 FSRU 或 LNG 船	1) LNG 船或 FSRU 與碰墊/泊位的碰撞導致潛在的損壞，並可能造成密閉儲槽損壞 2) LNG 船或 FSRU 船體和碼頭基礎設施損壞 3) 潛在的人員傷亡 4) 環境汙染 5) 可能失去氣密性	1) 拖船可靠性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船或 FSRU 所需拖船的數量至少為 4 艘+ 1 艘備用 2) 營運檢查和海事保險程序 3) 港口主管機關與碼頭經營者的天氣標準 4) 船隻移動計劃	1) 中止靠泊條件於相關程序書 2) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 3) FSRU 機組人員具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 現場有待用的醫療設備 (若有需求將要求陸上提供援助) 5) 防波堤完成可減少 LNG 船或 FSRU 受潮流和波浪的影響 6) LNG 船, FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態	4	1	M	3.1) LNG 船或 FSRU 需要從港口撤離並留在港外的安全區域 3.2) 碼頭盡速安排其他船隻支援靠泊
4	CPC 觀塘港	LNG 船接近 FSRU	LNG 船無法順利靠泊、或 FSRU 和 LNG 船之間的碰撞	人為疏失或海況不佳	1) 對 FSRU 的潛在損害 2) 密閉性喪失，失火或爆炸的可能性 3) 潛在的人員傷亡	1) 拖船適用性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 FSRU 所需拖船的數量估計為 4 艘+ 1 艘備用 2) 營運檢查和海事保險程序 3) 操船模擬 4) 船隻移動計劃	1) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 2) FSRU 機組人員具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站具有急應變計畫支援 FSRU 機組人員 4) 防波堤完成可減少 LNG 船或 FSRU 受潮流和波浪的影響 5) FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態 6) 現場有待用的醫療設備 (若有需求將要求陸上提供援助)	4	1	M	4.1) 確保協助 LNG 船操航的拖船有足夠動力，LNG 船的靠泊程序進行發展並為可行。 4.2) 建議防波堤工程於碼頭運營前完成或者需降低 FSRU 停泊天氣 (風、潮流和潮汐) 標準。 4.3) 沿用 CPC 有經驗及操航訓練之領港。

項次	地點/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議
								C	L	R	
5	CPC 觀塘港	繫泊失效 (LNG 船和 FSRU)	繫泊失效	1) 繫泊絞盤誤操作 2) 繫泊纜繩材料缺陷/繫泊纜繩機械故障 3) 繫泊纜繩管理人為錯誤 (如：潮汐作用)	FSRU / LNGC 船體損壞導致事件升級	1) 領港程序與訓練有素人員 (能力：包括以模擬器培訓和 LNG 船模擬) 2) 降低 FSRU 停泊天氣 (風、潮流和潮汐) 標準。 3) 港口主管機關交通管制 4) 風險評估 (設計) 船上風險評估、JHA、工具箱安全會議 (船上) 5) 拖船工作會議，領港通信協議 6) 符合目的之拖船選擇 7) 特定繫泊計劃 (包括：線路順序、陸上繫泊人員要求以及所需其他機組人員) 8) 拖船即時反應 9) 領港員 (和船長) 即時反應 10) 在 FSRU 繫泊作業期間，泊位附近無船隻移動	1) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 2) LNG 船機組人員具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站/FSRU 具有緊急應變計畫支援船上機組人員 4) 現場有待用的醫療設備 (若有需求將要求陸上提供援助) 5) 防波堤完成可減少 LNG 船或 FSRU 受潮流和波浪的影響 6) FSRU 和 LNG 船之間的碰墊維持良好狀態 7) 繫泊中安全餘裕空間	3	2	M	5.1) LNG 船應與 FSRU 接收站整合緊急應變計畫 5.2) 建立特定繫泊計劃 (包括：程序、陸上繫泊人員要求以及所需其他機組人員) 5.3) 建議防波堤工程於碼頭運營前完成或者需降低 FSRU 停泊天氣 (風、潮流和潮汐) 標準。 5.4) 繫泊中安全餘裕空間

項次	地點/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議
								C	L	R	
6	FSRU / LNGC 船	LNG 船輸送到 FSRU 冷卻操作	氣密性損壞	STS (Ship to Ship) 系統冷卻不足，冷卻時間不足	1) 熱應力導致 STS 系統因熱破裂 2) 失去 LNG 氣密性可能導致火災/爆炸 3) 潛在的人員傷亡	1) 裝載系統的溫度和壓力監控及安全連鎖系統 2) LNG 冷卻 SOP 建立 3) 操作人員培訓	1) 包括排氣系統在內的儲槽壓力保護 2) 危險區域分類和點火源控制 3) 火災與氣體探測系統 4) 消防系統 (化學乾粉、噴水和消防栓系統) 5) ESD 保護隔離了 STS 傳輸 6) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 7) FSRU 與 LNG 船機組人員具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 8) 接收站具有急應變計畫支援 FSRU/LNG 船機組人員 9) 現場有待用的醫療設備 (若有需求將要求陸上提供援助)	5	1	M	6.1) 建議未來應進行定量風險評估 (QRA)。QRA 應包括 LNG 卸料，FSRU (正常操作) 和 NG 輸送的失效情況。 作為 QRA 的一部分，應分析從 FSRU 排放系統到相鄰設施的最大氣體雲影響，包括最大氣體排放情況和能力。影響包括未點燃的蒸氣雲大小和火災影響；以為未來操作時危險區域分類、火災與氣體探測系統、消防系統等建置的參考依據。 6.2) 建議卸料系統的溫度和壓力監控及安全連鎖系統的建立 /52/。 6.3) 建議 LNG 冷卻之 SOP 建立 6.4) FSRU 與 LNG 船機組人員應具有豐富經驗並受過處理緊急應變的培訓。 6.5) ESD 系統建立保護隔離 STS 傳輸。

項次	地點/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議
								C	L	R	
7	FSRU / LNGC 船	LNG 船輸送到 FSRU 冷卻操作	氣密性損壞	目的地儲槽冷卻不足，將溫度較低的 LNG 引入儲槽	1) 熱應力導致 STS 系統因熱破裂 2) 失去 LNG 氣密性可能導致火災/爆炸 3) 潛在的人員傷亡 4) VOC 外洩	1) 卸料系統的溫度和壓力監控及安全連鎖系統 2) LNG 冷卻 SOP 建立	1) 包括排氣系統在內的儲槽壓力保護 2) 危險區域分類和點火源控制 3) 火災與氣體探測系統 4) 消防系統 (化學乾粉、噴水和消防栓系統) 5) ESD 保護隔離了 STS 傳輸 6) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 7) FSRU 與 LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 8) 接收站應具有急應變計畫支援 FSRU/LNG 船機組人員 9) 現場有待用的醫療設備 (若有需求將要求陸上提供援助) 10) FSRU 配備足夠再冷凝器或燃燒能力 11) 庫存保持在最低水平之上	5	1	M	7.1) 同上 6.1)之建議。 7.2) FSRU 配備足夠再冷凝器或燃燒能力。 7.3) 建立最低水平庫存要求以及液位保護系統。

項次	地點/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議
								C	L	R	
8	FSRU	FSRU LNG 儲槽流體性質改變	氣密性損壞嚴重時可能導致燃燒/爆炸	FSRU 儲槽中混合不同的流體特性	1) 翻滾導致過多氣體釋放到 FSRU 冷氣孔。 2) 通過桅杆釋放的氣體，如果著火會引起燃燒/爆炸。 3) 潛在的人員傷亡	1) 人為障礙－儲槽中的密度、壓力和分層液位測量 2) 防止側翻程序、貨物計劃 (LNG 輸送到其他液貨艙) 3) 儲槽壓力監控和高壓警報 4) 原有的設計儲槽壓力能夠因應更高的儲槽壓力與高流量警報	1) 包括排氣系統在內的儲槽壓力保護 2) 危險區域分類和點火源控制 3) 火災與氣體探測系統 4) 消防系統 (化學乾粉、噴水和消防栓系統) 5) ESD 保護來隔離 STS 傳輸 6) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 7) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 8) 接收站應具有急應變計畫支援 FSRU/LNG 船機組人員 9) 現場有待用的醫療設備 (若有需求將要求陸上提供援助)	5	1	M	8.1) 建立儲槽壓力監控和連鎖系統&ESD 系統。 8.2) QRA 評估; 以為未來操作時危險區域分類、火災與氣體探測系統、消防系統等建置的參考依據。 8.3) 確保所有應急應變計畫適用於所有設施引致的緊急情況。
9	再汽化歧管	天然氣	設備、閥門或輪緣中的天然氣洩漏	1) 超出設計條件的操作 2) 人為疏失 (例如設計, 組裝, 操作等錯誤) 3) 設備、閥門或輪緣的材料缺陷 4) 消防撞擊 FSRU 或碼頭上的繫泊纜繩	嚴重時導致火災或爆炸	1) 安裝及操作程序 2) 定期維護和檢查 3) 操作員培訓 4) 依設計選擇適合的設備及材料	1) 額定保護設備 2) 火災和氣體檢測系統 3) 消防系統 (乾粉, 噴水, 消防栓系統和消防水監控器) 4) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 5) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 7) 現場有待用的醫療設備 (若有需求將要求陸上提供援助)	4	1	M	9.1) 建議 QRA 評估; 以未來操作時危險區域分類、火災與氣體探測系統、消防系統等建置的參考依據。 9.2) 應具備正確的安裝及操作程序。 9.3) 需定期維護和檢查。 9.4) 需定期緊急應變演練。

項次	地點/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議
								C	L	R	
10	繫泊纜繩	繫泊纜繩張力不足	繫泊失效	1) 繫泊絞盤誤操作 2) 繫泊纜繩材料缺陷/繫泊纜繩機械故障 3) 繫泊纜繩管理人為錯誤(如：潮汐作用)	1) FSRU 漂動 2) 對 FSRU 的潛在損害 3) HP 輸送系統潛在損壞導致天然氣洩漏 4) 著火時可能爆炸導致人員傷亡並損壞結構和設備 5) 潛在的火災升級到鄰近區域，導致人員傷亡和結構與設備損壞	1) 定期維護和檢查 2) 根據疲勞強度要求獲得船級社認可的繫泊纜繩(使用時間超過 2 年) 3) 人員培訓和能力	1) 額定保護設備 2) 火災和氣體檢測系統 3) 消防系統(乾粉，噴水，消火栓系統和消防水監控器) 4) 應急應變計劃(ERP)處理緊急情況 5) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 7) 現場有待用的醫療設備(若有需求將要求陸上提供援助) 8) CCTV	4	2	M	10.1) 需確認在 FSRU 絞盤上提供張力監測系統及 CCTV 安裝。 10.2) 繫泊系統需定期維護和檢查。 10.3) 火災和氣體檢測系統及消防系統的建置和前述需一併考量。
11	碰墊 一般建議	碰墊尺寸	不合適的碰墊尺寸	1) 人為疏失(並非考慮所有因素)	1) 對 FSRU 的潛在損害	1) 選擇符合能力資格和業績的工程公司 2) 船級社的驗證 3) 所有權者/經營者檢查和確認	1) 足夠碰墊安全存量	3	2	M	11.1) 根據動態繫泊分析結果評估，完整碰墊配置。及定期檢查維護或更換。 11.2) 提供足夠的碰墊安全存量。

項次	地點/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議
								C	L	R	
12	CPC 觀塘港	卸料臂 啟動/關閉活動 (包括人為疏失)	氣密性損壞	1) MLA 設備火災事件導致 MLA 庫存 FSRU 通風系統崩潰 註：出於本 HAZID 研究目的，假定 MLA 庫存連接到 FSRU 通風桅杆	1) 天然氣在 FSRU 上釋放以及著火/爆炸的可能性 2) 潛在的人員傷亡	1) 火災和氣體檢測 2) 危險區域分類和點火源控制 3) 手動呼叫點 4) 火氣探測系統 5) 消防系統	1) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 2) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 4) 現場有待用的醫療設備	5	1	M	12.1) 審查並確認 MLA 庫存到通風系統的路線設計 (即 FSRU 通風管桅或陸上通風管桅)。 12.2) 建議 QRA 評估;以為未來操作時危險區域分類、火災與氣體探測系統、消防系統等建置的參考依據。 12.3) 定期異常巡檢。
13	CPC 觀塘港	卸料臂 啟動/關閉活動 (包括人為疏失)	氣密性損壞或失去控制	1) MLA ESDV 故障關閉 2) 設備啟動的通信階層結構	1) 碼頭管線和 MLA 的超壓可能導致氣密性喪失和潛在的氣體外洩 2) 如果點燃將爆炸或著火 3) 潛在的人員傷亡	1) FSRU 過壓保護系統、警報、ESD 和高壓完整性保護系統 (HIPPS)	1) 火災和氣體檢測 2) 危險區域分類和點火源控制 3) 手動呼叫點 4) 火氣探測系統 5) 消防系統 6) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 7) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 8) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 9) 現場有待用的醫療設備	5	1	M	13.1) 所有碼頭和陸上的 ESDV 位置指示應通過信號發送回 FSRU / 陸上，並嵌入 FSRU 緊急關閉原則中。 13.2) ESD 系統，安全連鎖系統定期功能測試/52/。
14	CPC 觀塘港	起火源	起火源	碼頭區未分類的設備/車輛	1) 著火風險增加 (如果沒有密閉性則有可能起火/爆炸) 2) 人員傷亡	控制車輛和未經認證的電氣設備進入靠泊區	1) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 2) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 現場有待用的醫療設備	3	1	M	14) 制定火源管制程序，包括動火管理、控制車輛和未經認證的電氣設備進入靠泊區等

7.2 LNG 卸收作業及緊急應變處置

7.2.1 操作模式(Operating Modes)

停泊於桃園觀塘工業港 LNG 碼頭的 FSRU 四種主要運行方式如下：

A. FSRU 處於保存 LNG 模式，沒有進行再氣化操作

在保存 LNG 模式下，由於部分熱量會洩漏到 FSRU 儲槽中，會有少量的 LNG 持續蒸發（一般而言每天最多蒸發量為 LNG 存量的 0.1%-0.15%）^{/46/}，保存 LNG 模式下主要操作是處理蒸發氣之 BOG（Boil-off Gas, BOG），如下圖 7-3 (a)。

B. FSRU 處於再氣化模式下輸送高壓天然氣

於再氣化模式下，沉浸式 LNG 泵浦(一級泵浦)將低溫液體從單個或多個 FSRU 船上的儲槽輸送到單個或多個再氣化線之機組，LNG 在此處被加壓並加熱氣化輸出成加壓過的天然氣。在本模式下，LNG 的儲存量減少而蒸發氣所佔據的儲槽空間將增加，熱量繼續洩漏到儲槽中，並且會有額外的能量透過沉浸式 LNG 泵浦操作輸入到 FSRU 液體儲槽中，如下圖 7-3 (b)。

C. FSRU 處於等待模式下，LNG 船停泊在旁並將氣體輸送到到 FSRU

停泊在 FSRU 旁邊的 LNG 船輸送 LNG，逐漸增加 FSRU 儲槽中的 LNG 庫存，替代原本於 FSRU 儲槽中的蒸發氣，一些置換後的蒸發氣需要返回 LNG 船上，替代從 LNG 船儲槽中排出的液體體積，其餘由於輸送操作以及持續自然揮發產生的 BOG 需要由 FSRU 進行處理，如下圖 7-3 (c)。

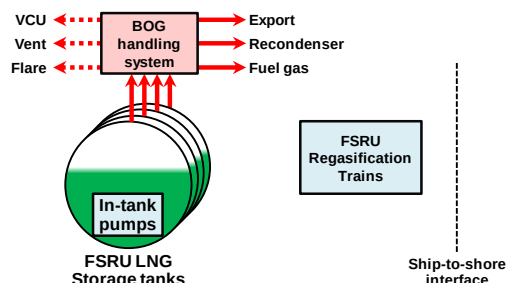
D. LNG 船停泊於 FSRU 旁並將氣體輸送到 FSRU，同時 FSRU 輸送氣體的模式

在此操作模式下，除了將 LNG 從 LNG 船輸送到 FSRU 儲槽之外，FSRU 同時將 LNG 從儲槽泵送到再氣化機組，再將天然氣從 FSRU 送出，如下圖 7-3 (d)。

下圖 7-3 圖框中總結四種主要工作模式間的差異。

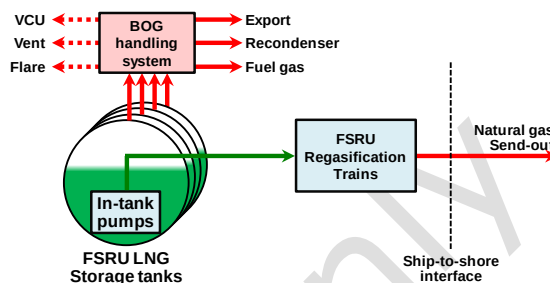
(a) FSRU holding mode, no send-out

FSRU 保存模式，並未進行輸出



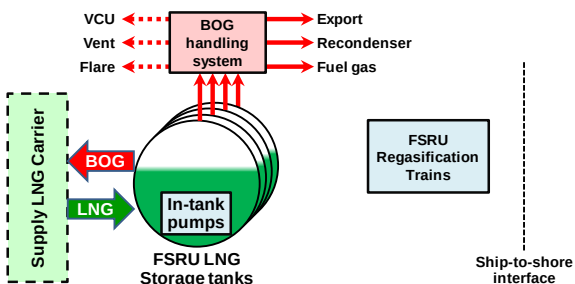
(b) FSRU send-out mode

FSRU 再汽化輸出模式下



(c) LNGC cargo transfer, FSRU holding mode

LNG 船氣體輸送 LNG，FSRU 保存模式



(d) LNGC cargo transfer, FSRU send-out mode

LNG 船氣體輸送 LNG，FSRU 再汽化輸出模式

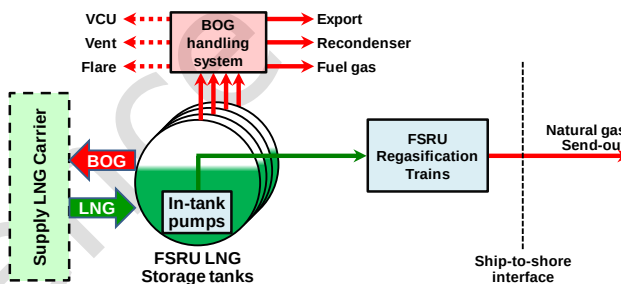


圖 7-3：四種主要工作模式原理簡圖

實際操作上將取決於多樣因素；包括 FSRU 及其設備（尤其是 BOG 處理設備）實際功能及操作範圍，但不限於上述設備、貨艙的壓力管理、天然氣的輸出率以及在接收 LNG 期間的 LNG 輸送率，等等多會影響到整體操作的變化。隨後小節將對各種操作進行概略性描述。

FSRU 操作中一項關鍵問題為 BOG 管理，包含儲槽中自然蒸發散、熱量洩漏到 LNG 儲槽亦或是 LNG 輸送操作期間由 FSRU 操作攜帶進入各獨立儲槽。FSRU 可應用多餘之蒸發氣，以作為燃料發電，或也可以做為鍋爐的燃料來提高氣化能力；如果 BOG 不作為燃料用氣，FSRU 應具有強制增加 BOG 的能力，BOG 處理系統由低荷載和高荷載壓縮機組成，可能具有向陸上輸出加壓天然氣的能力，部分 FSRU 會有 BOG 冷凝的功能。但是再冷凝只有從 FSRU 儲槽中之一級泵取 LNG 進行再氣化的時候才可行。

IGC 規範^{53/}中 A 型和 B 型獨立儲槽的設計蒸氣壓達到 0.7 barg (0.714 kg/cm²)，為儲槽提供了設計基礎；對於薄膜式儲槽而言，IGC 的規定一般設計蒸氣壓不應超過 0.25 (0.255 kg/cm²)barg，倘若可同時考量船體尺寸增加並且適當地考慮支撐絕熱層的強度，則 IGC 規範中對薄膜式儲槽設計蒸氣壓可以增加到 0.7 barg (0.714 kg/cm²)基準。

新設計的薄膜式 FSRU 儲槽設計壓力為 0.7 barg (0.714 kg/cm²)，配有薄膜式儲槽 LNG 船設計蒸氣壓力為 0.25 barg (0.255 kg/cm²)，然而目前 Excelerate 公司薄膜式儲槽的 FSRU 原始船隻採用 0.25 barg (0.255 kg/cm²) 儲槽設計壓力所建造的。與 0.25 barg (0.255 kg/cm²) 的設計基準相比，具有 0.7 barg (0.714 kg/cm²) 液體儲槽設計壓力的 FSRU 可提高其處理蒸發氣的靈活性，LNG 液體儲槽可以吸收更多的蒸發氣，案例如下：

- 無再氣化模式下，燃料氣體消耗處於較低狀態時可以透過增加 LNG 儲槽的壓力來減少蒸發氣產生。
- FSRU 加載 LNG 模式下，蒸發氣可能是從 LNG 船到 FSRU 的加載 LNG 速率的限制因素，當允許壓力增加即有更高的加載速率，此外當 FSRU 具有再冷凝器設備時，增加壓力與再冷凝器的組合可達成更高的加載速率。

蒸氣排放系統(Steam dump system)可安裝於 FSRU 上，此系統足以在發動機停止的情況下，以自然蒸發氣最大設計速率處理由鍋爐產生的多餘蒸發氣，氣體燃燒單位用於處理多餘的蒸發氣。

FSRU 每個液體貨艙都具有一個通風管桅(Ventilation mast)並集結成一個洩壓與排污系統，以達到安全排放系統中任何超過負壓、緊急高壓排氣或燃燒系統的要求。

從 CPC 提供之說明可了解到當陸上 LNG 接收站處於試營運時，計劃將 FSRU 投入階段性的運作直到陸上 LNG 接收站做好準備並開始正常運行為止，在陸上接收站試營運期間，CPC 打算在 FSRU 再氣化天然氣過程同時將 LNG 從 FSRU 輸送到陸上 LNG 儲放設施以進行接收站測試與冷卻；在這種情況下考慮以下第五種操作模式：

E. FSRU 處於再氣化模式輸出天然氣，同時 LNG 輸送到陸上儲槽中

這種可能的運作模式中將會要求 FSRU 把 LNG 從單個或多個 LNG 儲槽泵送到單個或多個再氣化機組，再透過高壓氣體歧管來輸出天然氣；同時能從單個或多個儲槽中泵出 LNG，透過低壓液體歧管輸出到陸上基礎設施。

未來 CPC 進行此運作模式需要進行危害識別、危害和可操作性(HAZOP)研究評估、定量風險評估研究，從風險的角度驗證本項操作模式在下一階段是否可以被接受；要進行這項操作、於 HAZOP 研究評估後、可能會需要修改 FSRU 低溫管線、閥門、洩壓、安全系統、控制系統等，才得以讓 LNG 同時流向再氣化機組和低壓液體歧管，並可能需要分隔 FSRU 儲槽和沉浸式泵浦以更安全的操作，同時建立標準作業程序以及培訓機組人員進行相關作業。

7.2.2 液體與氣體歧管(Liquid and Gas Manifolds)

LNG 船上左右舷具有低壓(Low Pressure, LP)液體歧管，使 LNG 船可從任意一側繫泊碼頭進行卸料，除了液體歧管外，FSRU 輸送再汽化的天然氣至碼頭上還需要高壓(High Pressure, HP)氣體歧管，配置時至少要連接一個氣體歧管到碼頭上；氣體歧管通常用於將天然氣輸送到陸上，但埃及一個專案中是採用高壓輸氣體軟管。一般新建的 FSRU 標準配置會有兩個獨立的氣體歧管，以項液體其管一樣便靈活地從船左舷或右舷輸送高壓天然氣。

最早 8 個新建的 FSRU 組成了 FSRU 概念先驅 **Excelerate** 船隊，這隻船隊船上設備由單邊連接的高壓氣體歧管組成，其中一個 **Excelerate** 船如下圖 7-4 所示。

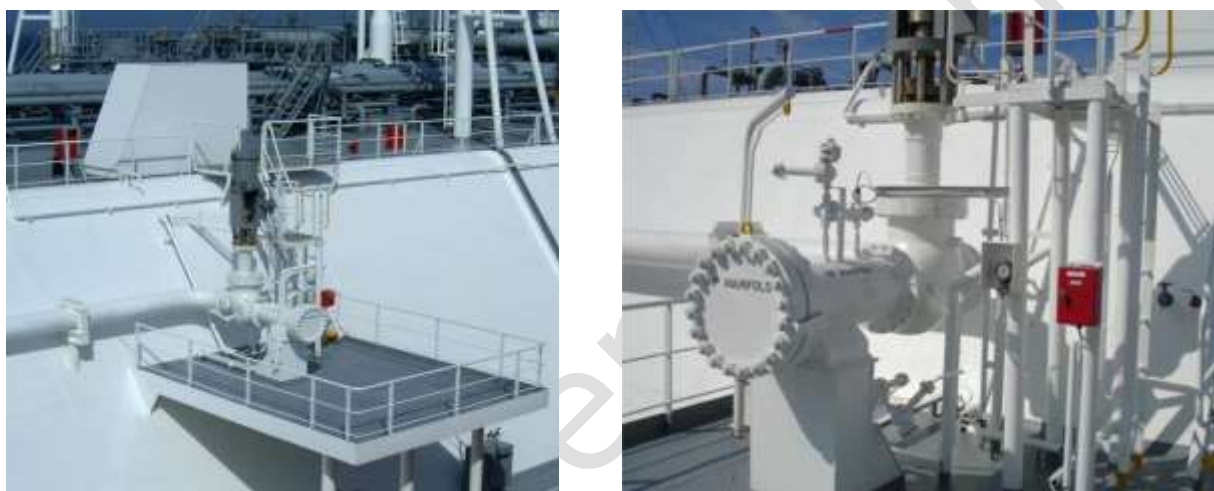


圖 7-4：Excelerate 船舶上的高壓輸氣體歧管

氣體輸送時高壓輸氣臂是極為重要的設備，高壓輸氣臂應在有限的年限內運行以確保設備有適當地維護，FSRU 卸料系統才能發揮其最大的可靠性，對於需要持續輸出氣體的接收站會需要 2 個高壓輸氣臂來達到操作上的靈活性，目前新的 FSRU 所適用高壓歧管可以連接兩個輸氣臂。如下圖 7-5 BW Singapore FSRU 右舷側低壓和高壓歧管各有兩條管線，新加坡 BW 船上左舷和右舷任一側均配備有低壓液體與高壓氣體歧管，兩者之間距約為 30m 的設計。

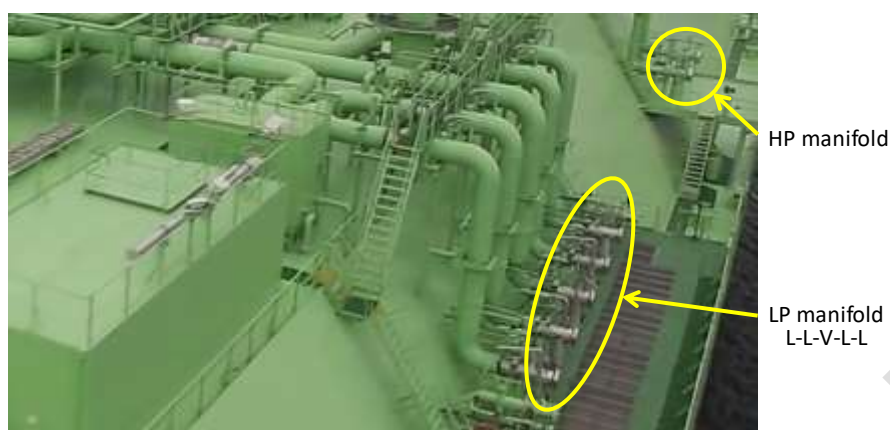


圖 7-5：FSRU BW Singapore 右舷低壓與高壓歧管

快速連接或緊急遮斷系統以及整合在高壓輸氣臂上的高壓緊急關閉閥門和緊急排氣閥是必須被要求安裝的，高壓硬式連接臂設置用意在於可以適應高低不同水位條件，即裝載的氣體和壓載狀態下輸氣臂連接到 FSRU 預期移動範圍，表 7-5 顯示典型高壓氣體輸氣臂設計型式與參數。

表 7-5：典型高壓輸氣臂設計與操作參數參考

	Units	Limit(s)
Design pressure 設計壓力	Bar gauge	150
Design temperature 設計溫度	Degrees Celsius	-20 to +80
Hydraulic test pressure 液壓試驗壓力	Bar gauge	225
Pneumatic test pressure 氣壓試驗壓力	Bar gauge	150

典型的高壓歧管特徵是距離用於輸送 LNG 低壓歧管中心大約 30m。2005-2010 年間新建的 Excelerate FSRU / LNGRV 主要設備區域配置如圖 7-6 所示為例，Excelerate 船隻建造配置有高壓輸氣歧管、離岸繫泊用的轉檣和氣體輸出，Excelerate FSRU / LNGRV 再氣化的位置在船首，但並非所有 FSRU 都是這樣配置。

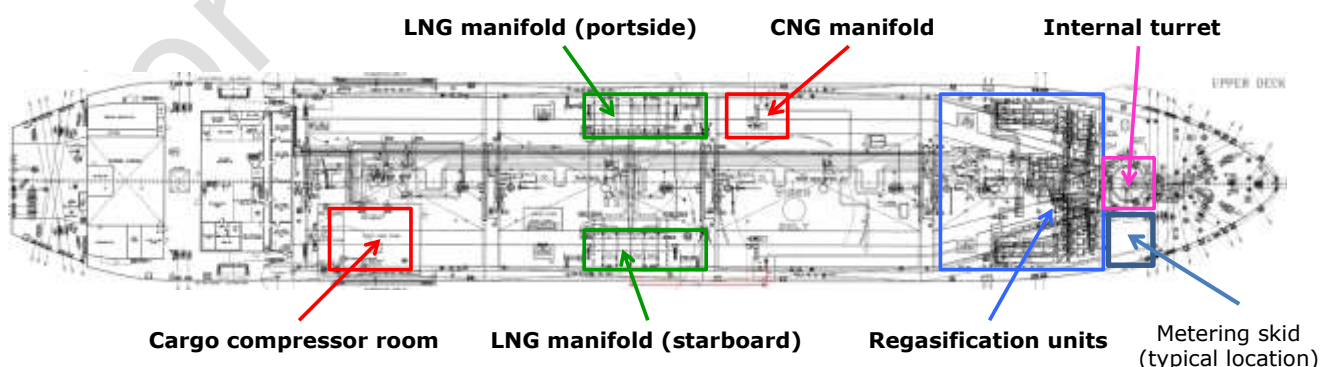


圖 7-6：Excelerate FSRU 配置圖

如下圖 7-7，觀塘工業港目前碼頭設計 LNG 卸料平台尺寸約為 72m，於卸料平台旁停泊一艘船隻時，LNG 卸料臂位於碼頭中心但向船頭方向略微偏移。按照目前的設想，碼頭可能可以於卸料平台上安裝至少一個高壓輸氣臂，但若這樣配置會非常靠近人行通道，目前市場上現有的 FSRU 高壓與低壓歧管的相對位置因不同船隻而有所不同，若為觀塘工業港選擇要選用特定 FSRU 時應進一步評估位置配置。

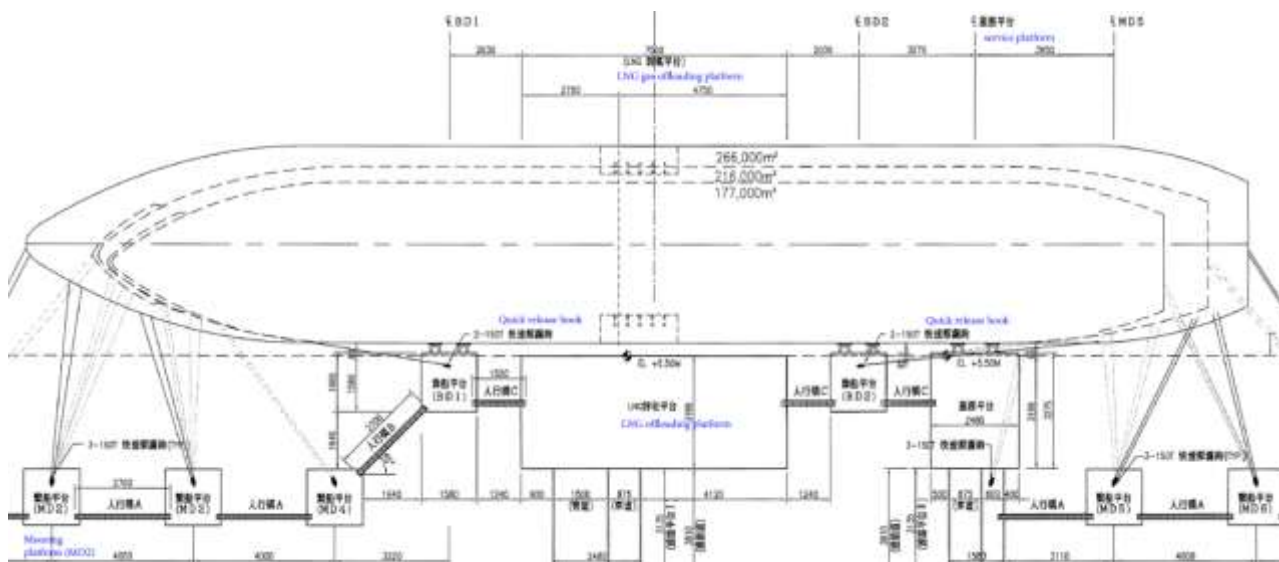


圖 7-7：CPC LNG 觀塘接收站陸上卸料平台與歧管配置圖

7.2.3 FSRU 上舷側製程系統概述

A. FSRU

a). 卸料操作：

FSRU 會與 LNGC 以並排方式停泊於桃園觀塘工業港 LNG 碼頭泊位，LNG 船並排停靠 FSRU 右舷，FSRU 將從 LNG 船的左舷接收 LNG，LNG 可以透過卸料臂從 LNG 船上泵出，如果 FSRU 有安裝低溫軟管也可以通過低溫軟管從 LNG 船上泵送到 FSRU 的 LNG 儲槽。FSRU 會排出儲槽內的蒸發氣以及輸送操作過程產生的其他蒸發氣返回 LNGC，過多的蒸發氣將由 FSRU 的 BOG 蒸發氣系統處理。

b). 再氣化操作：

再氣化製程會由 FSRU 儲槽的沉浸式泵浦開始，儲槽內沉浸式泵浦將 LNG 送出並加壓到 $5.10\text{--}7.14\text{ kg/cm}^2$ ，經分流分配給再氣化機組，提供再氣化機組滿足每小時 400 噸的總再氣化流量，氣化時可使用以開迴路（以海水為加熱源）或閉迴路的再氣化技術，LNG 再氣化製成後輸出壓力在 5°C 時約為 61.18 kg/cm^2 ，輸出壓力是基於大潭火力發電廠燃氣最大工作壓力 $54\text{--}56\text{ kg/cm}^2$ /^{33/}，輸送重新氣化 LNG 會先通過計量設備然後再輸送到天然氣管線系統。

c). 氣體量測/計量系統：

FSRU 應提供輸出氣體計量系統，此系統可安裝於 FSRU 主甲板上再氣化裝置與高壓天然氣輸氣歧管之間。

d). 氣體取樣系統：

氣體取樣系統在儲槽控制室設有監控設備並與自動化整合系統連接，採樣點則遵照 IMO 氣體運輸船規範。

e). BOG 處理系統：

FSRU 應配備蒸發氣處理設備，如：BOG 壓縮機和再冷凝器，BOG 壓縮機將多餘蒸發氣壓力提高到約 $5.10\text{--}7.14\text{ kg/cm}^2$ ，然後將其輸送至 BOG 冷凝器與 LNG 進行冷凝，再將 BOG 連同 LNG 從儲槽泵送往再氣化機組。

f). 公共設施：

海水供應與過濾：海水為再氣化系統提供熱量源，此系統由海水進水泵、過濾與處理系統組成。

其餘公共設施；如：發電，儀表氣源系統等，這些系統可以在適當情況與船舶系統共享。

B. 管線

經再氣化的 LNG 通過碼頭上的高壓氣體軟管或卸料臂送入氣體管線系統。

位於棧橋上的天然氣管線將高壓氣體從碼頭輸送到陸上，陸上管線鋪設至陸上 LNG 接收站並與天然氣輸出口端相接，再進一步將天然氣輸送到大潭火力發電廠。下圖 7-8 為 FSRU 典型運作流程圖。

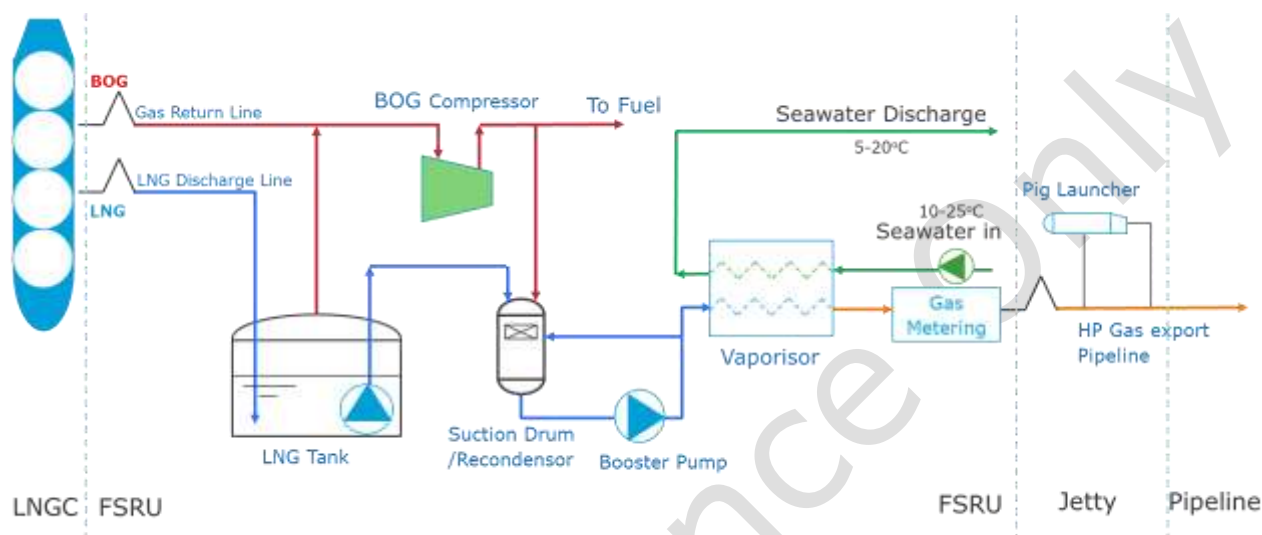


圖 7-8：典型 FSRU 的 LNG 製造流程

- FSRU 上的主要處理設備一般包含：
 - LNG 卸料臂/軟管；
 - 蒸發氣反送臂/軟管；
 - LNG 儲槽；
 - 安裝於儲槽內沉浸式 LNG 泵浦(一級泵浦)；
 - 吸氣鼓/再冷凝器；
 - 高壓 LNG 加壓泵；
 - LNG 氣化器；
 - 氣體量測計量系統；
 - 蒸發氣處理系統（如：BOG 壓縮機）；
 - 海水系統；
 - 流體介質系統（如果船上有配置，如：丙烷或乙二醇-水系統）；
 - 排氣系統；

- 緊急發電；
 - 儀器與儀表空氣系統；
 - 氮氣儲存和氣化裝置；
 - 消防設備；
 - 控制臺和分佈控制系統；
 - 電氣開關設備和變壓器；
 - 維修和停放區。
- 碼頭上主要處理設備通常包括：
 - 高壓天然氣卸料臂；
 - 高壓天然氣輸出管線；
 - PIG 發射器（如果需要）；
 - 消防系統；
 - 公用系統。

7.2.4 LNG 船至 FSRU LNG 輸送操作 (Operation of LNG Transfer from a LNGC to FSRU)

7.2.4.1 船舶岸鏈接與緊急應變(Ship-to-Shore Link and Emergency Response)

船舶/陸上通信線路應依照 SIGTTO 指引將陸上安全防護系統的狀態安全傳送到碼頭，反之亦然；應該提供兩個船舶/陸上電話系統；一個為光學系統(optical system)，另一個則備用的電氣系統(electric system)，FSRU 和碼頭控制室之間得以進行通訊。

用於 FSRU 和碼頭控制室間通信船上/陸上的光學線路會有下列功能：

- 緊急關閉與乾接點雙向訊號；
- 語音電話雙向通訊；
- 碼頭繫泊纜張力監控訊號。

LNG 船卸料過程中，接收位置的 FSRU 操作應透過船上/陸上線路系統作為介面，FSRU 上的系統應設計配有必要的控制和介面以滿足其功能性。LNG 船儲槽的 LNG 可以由固定在碼頭或 FSRU 上的離岸固定式卸料臂（或稱為硬式連接臂 Hard arms），抑或是透過低溫軟管輸送至浮動式 LNG 接收站(FSRU)。輸送系統還涉及同時進行的蒸氣回流輸送到船上，目前世界上已部署許多類似的系統，這些系統可以考慮應用於本案的研究中；隨後的小節中，由高層次觀點說明，包含船用卸料臂和低溫軟管之間的差異，與隨後三個部分逐一分項說明從 LNG 供應船到海上接收站主要配置選擇。

首批 FSRU 進口接收站安裝傳統的船-岸鏈接(Ship-to-Shore Link, SSL)設備，在 2005~2007 年間開發了 SSL 相容性高速反算數位設計，克服了傳統 SSL 系統功能的局限，2009 年 SIGTTO 開始發展 SSL 標準化工作，撰寫，《液化氣體運輸船的 ESD 配置與船上/陸上系統, *ESD arrangements and linked ship/shore systems for liquefied gas carriers*^{/54/}》。ISO 28460 (2010) ^{/55/} 為 37 針和 Miyaki type 6 針系統定義標準插腳輸出，儘管連接器成為標準配置已成趨勢，卻沒有標準插針配置。

Excelerate 專案指定船到岸連接 (SSL) 來提供 FSRU 與岸邊進行通信、數據傳輸和緊急停機信號交換，這些連接被指定為所有 LNG 船連接的標準設計，並且需與 FSRU 完全相容。截至目前我們可了解到連結由一束光纖光纜連接回本地機房面板，面板得以進行以下通信：

- 船到岸緊急停機(Emergency Shutdown, ESD)信號；
- 岸到船緊急停機信號；
- 本地機房與控制室的熱線電話；
- 公眾交換電話網路(Public Switched Telephone Network,)電話線；

- 通往（初級）控制室私用自動分支交換(Public Automatic Branch Exchange, PABX)電話線；
- 船用荷載監控器通信鏈接；
- 數據傳輸；
- 傳輸到製程控制系統的狀態警報，以進行系統故障和異常緊急關閉。

如果從船東/營運商租賃 FSRU，則 FSRU 應安裝有船舶/陸上連接系統，並且需要與 FSRU 營運商確認新建造的標準需至少具有：

- 光纖線路；
- 電力連接 - Pyle / Miyake 連接器；
- 氣動式 ESD 鏈接。

對於所有船隻並排(Ship-to-Ship, STS)輸送操作，每艘 LNG 船和 FSRU 船長將至始至終保持對各自船舶、船員、氣體和設備安全的責任，不應使整體安全受到他人行為影響；每位船長應確實遵守公司推薦的程序，並維持國際認證安全標準，除程序和指引以外還需要參考最新的 STS 相關傳輸操作指引文件，包括：

- OCIMF / SIGTTO STS 傳輸指引^{/56/}；
- OCIMF 繫泊設備指引^{/26/}；
- EN 1474 LNG 的安裝和測試 - 船舶傳輸系統設計和測試^{/57/}。

查核清單是一種風險管理上重要的工具，用於確保操作過程以安全的方式進行，查核清單能對於必要考量的安全因素做提醒，在整個操作過程中始終保持警惕。

所有適用 STS 傳輸操作的檢查表必須由參與 LNG 船和 FSRU 操作的組織者各自完成，當事者雙方各自在進行操作和計劃時就應相互確認檢查表上所有檢查項目均已完成。針對 CPC 桃園觀塘工業港 LNG 船應制定緊急程序來確保氣體輸送期間的安全性，並至少考慮到以下項目：

- 發出警報的程序；
- 緊急情況下終止操作；
- 緊急遮斷器體傳輸線路；
- 準備發動船舶引擎；
- 繫泊設備；

- 緊急停機系統。

連接的 ESD 系統可在緊急情況或異常情況對液體輸送操作進行控制並快速停機，所有 STS 傳輸 LNG 到 FSRU 的操作均應使用連接的 ESD 系統，氣體輸送操作應符合《ESD 配置和液化氣體運輸船連接船上/陸上系統, *ESD arrangements and linked ship/shore systems for liquefied gas carriers*^{54/}》中有關船舶/陸上 ESD 的理念。另外關於緊急停機系統相容性、連接與使用，在安裝之前應詳細評估 LNG 船的 ESD 系統與 FSRU 的相容性，包括仔細確認連接器插針/通道分配等。

ESD 系統要求應遵循《ESD 配置和液化氣體運輸船連接船上/陸上系統》，光學或電氣系統被視為 ESD 系統主要選擇，於跳閘情況下可即時激活提供 LNG 船和 FSRU ESD 系統，並在兩個氣體控制室熱線電話間提供高可靠度和持續連接的功能；同樣可以使用氣動系統作為電氣 ESD 驅動的備案。

7.2.4.2 船舶並排傳輸(Side-by-Side Transfer)

並排傳輸方式是將 LNG 船靠泊在 FSRU 旁形成 FSRU 雙邊際的配置情況，最簡單的形式是兩艘船並排停泊並由碰墊將兩船分開，這樣的配置方式在全球各項 FSRU 專案中常常被使用。LNG 從 LNG 船輸送到 FSRU 上的儲槽是透過位於浮動式 LNG 接收站上的硬臂或由低溫軟管來進行，兩艘船舶皆提供繫泊纜繩於並排時使用，也可以在靠泊碼頭或在開放水域來使用。

可以使用硬臂執行並排傳輸，如義大利離岸的 OLT Toscana 以及約旦近岸的 Golar Eskimo 即採用這樣的系統，在 FSRU 上安裝硬臂會增加建造成本，在本行業並未廣泛地被採用，然而在船舶並排傳輸時，硬臂比軟管更具有輸送上的優勢，包括氣體輸送速率，隨著接收站需求流量增加氣體接收頻率的提高，硬臂輸送上的變得更加顯著，但是就單個 FSRU 專案而言，船上安裝硬臂將限制該 FSRU 服務更多專案的能力，因為硬臂安裝會受限於 FSRU 將採用左舷或是右舷傳輸。

FSRU 僅從右舷側與 LNG 船並排傳輸的情況之下，採用有固定硬臂的 FSTU 繫泊於桃園觀塘工業港 LNG 接收碼頭上是具有可行性的，但是在 FSRU 上安裝硬臂會增加施工成本，因此在整個行業中並未得到廣泛採用。考慮 FSRU 為 CPC 解決用氣需求的臨時解決方案，儘管這樣的方式可行但不建議 CPC 以成本考量來使用硬臂，反之低溫軟管在本行業中廣泛被使用；Golar Eskimo 為少數安裝硬臂於船上的 FSRU，但並不適用於目前桃園觀塘工業港一案，因其硬臂位於船的左舷。圖 7-9 碼頭旁 LNG 船和 FSRU 透過低溫軟管並排傳輸。



圖 7-9：碼頭旁並排傳輸配置的 LNG 船與 FSRU

並排傳輸時若採用柔性低溫軟管系統，每條管線可於 1 小時輸送大於 $1,000\text{m}^3$ 的 LNG，對於大型 LNG 船間的傳輸通常會需要六個低溫液體與兩個氣化軟管，圖 7-10 中顯示 FSRU 與 LNG 船並排連接可用的八根軟管中，有六根已連接（其中，四個管線用於液體輸送，兩個管線用於回收氣體），剩餘兩個未使用。

ExceleRate 在並排靠泊 LNG 輸送系統中首先使用低溫軟管，並進入安全、高效且零事故進行次類操作已有 20 餘年的經驗，2016 年 9 月 ExceleRate 已完成 1000 次船舶商業並排傳輸，到 2019 年 2 月已增加到 1,500^{58/}，軟管輸送技術被建立後，其他 FSRU 營運商就會效仿並採用低溫軟管並排傳輸系統。



(a) Excelsior FSRU 低溫軟管連接



(b) FSRU BW Singapore 利用低溫軟管並排靠泊傳輸液態天然氣

圖 7-10：使用於並排傳輸配置的低溫軟管系統

7.2.4.3 船舶並排 LNG 軟管連接(Ship-to-Ship LNG Hose Connections)

2007 年起 Excelerate 於商業化的專案中，從 LNG 船與 FSRU 船舶並排傳輸 LNG 時採用 8 英寸的低溫軟管，低溫軟管位於 FSRU 上連接到供應的 LNG 船進行 LNG 輸送和蒸發氣回送。

圖 7-12 為 Excellence FSRU 和供應 LNG 的 LNG 船正以軟管輸送，圖 7-13 則展示 (a) Excelerate FSRU 上的 8 條口徑為 8 英寸的 LNG 軟管，有多達六條用於輸送 LNG 與兩條用於蒸發氣回送 (b) 連接於 FSRU 與 LNG 船之間的低溫軟管。

對於使用柔性軟管並排傳輸，FSRU 低壓歧管的每個液體管線都透過 Y 型分流管從兩個柔性軟管中接收 LNG 船上的流體；2005~2010 年間 Excelerate 使用 16 英寸 × 8 英寸的 Y 型分流管，2015 年，Exquisite 與 Explorer 均升級 FSRU 上的軟管系統，調整船上 LNG 傳輸系統為 10 英寸口徑軟管。圖 7-11 為 LNG 船以柔性軟管輸送到 FSRU 的配置圖，軟管通過 Y 型分流管連接，該分流管安裝後為 LNG 船和 FSRU 相互連接。

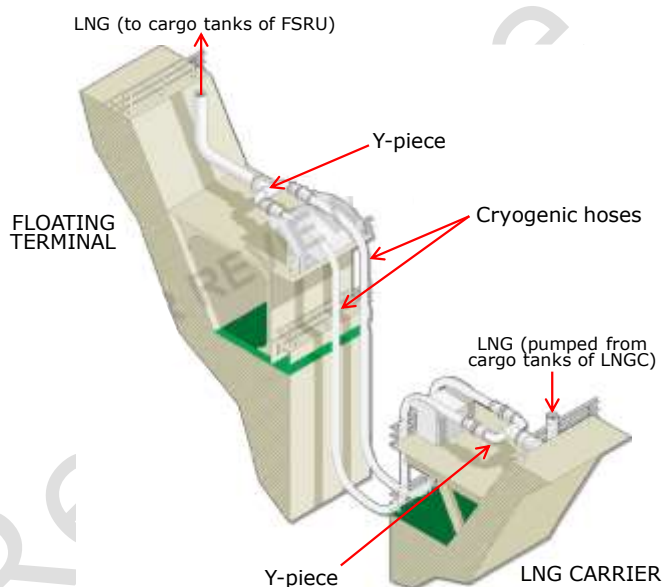


圖 7-11：並排停靠配置軟管輸送典型配置

於 2005-2010 年間的 Excelerate FSRU 船對船系統為例，當時以 6 條口徑 8 英寸的液體軟管，傳輸流量可以達到每條軟管每小時最高 $1,000 \text{ m}^3$ ，總計為每小時 $6,000 \text{ m}^3$ ，實際傳輸流量主要取決於輸送過程管理蒸發氣以及 LNG 再氣化過程與自大氣吸收到儲槽中的熱量。

隨著低溫軟管技術改進，目前 10 英寸軟管已經成為新建 FSRU 的標準配置，每條軟管輸送 LNG 能力提升到每小時 $2,000 \text{ m}^3$ （最高每小時可達 2500 m^3 ）。



圖 7-12 : FSRU Excellence 低溫軟管並排傳輸(credit: excelerateenergy.com)

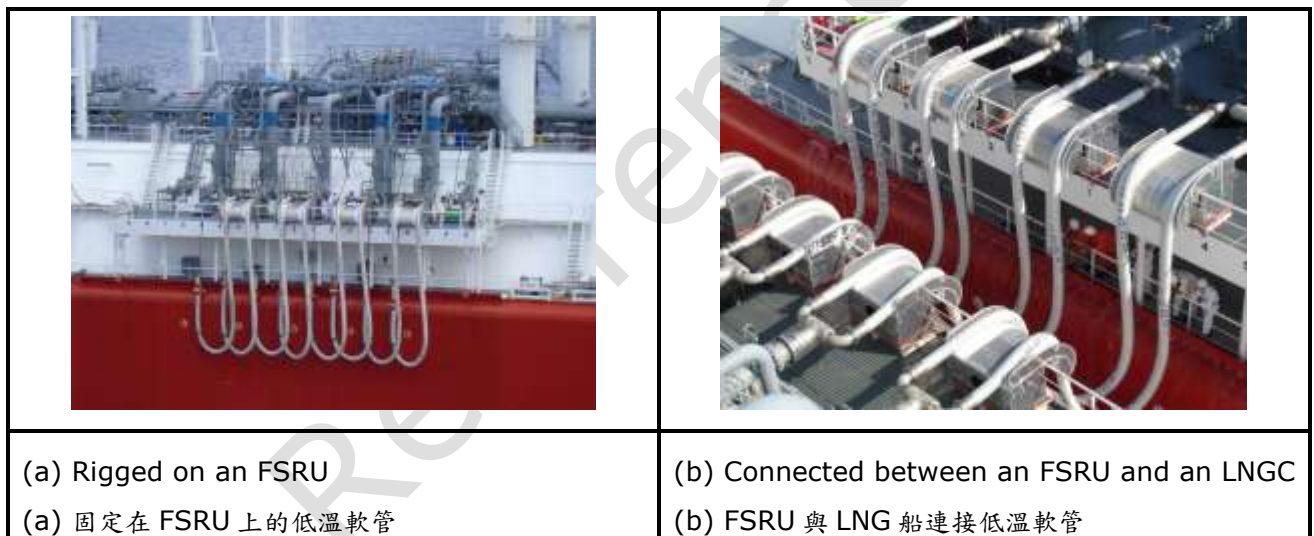


圖 7-13 : 低溫軟管一般配置[Source: Excelerate]

表 7-6：低溫軟管彙整

LNG Transfer System 傳輸系統	Qualification Status & Performance History 資格與歷史表現	Established Reliability Level 可靠度	Suitability for Environmental Conditions 環境情況適應力	Transfer Rates 輸送速率	Operational Costs 操作成本
Ship-to-Ship Hoses	Commercial track record since 2007 In use on several offshore terminals (e.g. Excelerate FSRUs)	Known higher repair and replacement rate than LNG arms (wear and tear) Design life up to 10 years Operating life / change out typically 5 years or 500 offloading operations	Connection criteria of 1.5m – 2m Hs Continuous loading criteria of 2 – 2.5m Hs Same criteria if vessel is disconnected from an STL buoy LNG terminal (mooring / berthing) equipment on board FSRU	Up to 6,000 m ³ /hour deployed on Excelerate FSRUs Up to 9,000 m ³ /hour possible with Höegh design	Support vessel required in-field for berthing and mooring operations Higher wear and tear through life Requires replacement typically every 5 years Additional inspection requirements
並排傳輸軟管	2007 年首次商業化 部分離岸接收站使用 (e.g. Excerlate FSRU)	比 LNG 卸料臂較高的維護與更換速度 (磨損) 最高 10 年設計生命 更換年限五年或 500 次卸料操作	連接標準：波高 1.5 ~ 2m 連續卸料標準：波高 2~2.5m 若船舶與船對陸上系統浮標斷開連結時採相同標準 LNG 接收站與 FSRU 繫泊與靠岸相同設備	Excelerate FSRUs 達到 6000 m ³ /hr Höegh 設計達到 9,000 m ³ /hr	需要支援船隻進行靠岸與繫泊 生命週期中有更高的磨損 需要 5 年更換一次 額外的檢查要求

7.2.4.4 船舶並排卸料臂 (Ship-to-Ship Loading Arms)

在 LNG 接收端和 LNG 船間並排配置條件下，船用卸料臂為鉸接流體傳輸 (articulated fluid-carrying) 管路系統中輸送 LNG 的常規方法，這些卸料臂通常包括：

- 舷外機械臂；
- 內側機械臂；
- 位於舷外機械臂末端的三重旋轉構件；
- 外側與內側機械臂間頂點旋轉構件；
- 基礎直立管；
- 內側機械臂和底座直立管間雙迴轉構件；
- 配重系統；

船用卸料臂的典型總體佈置如圖 7-14。

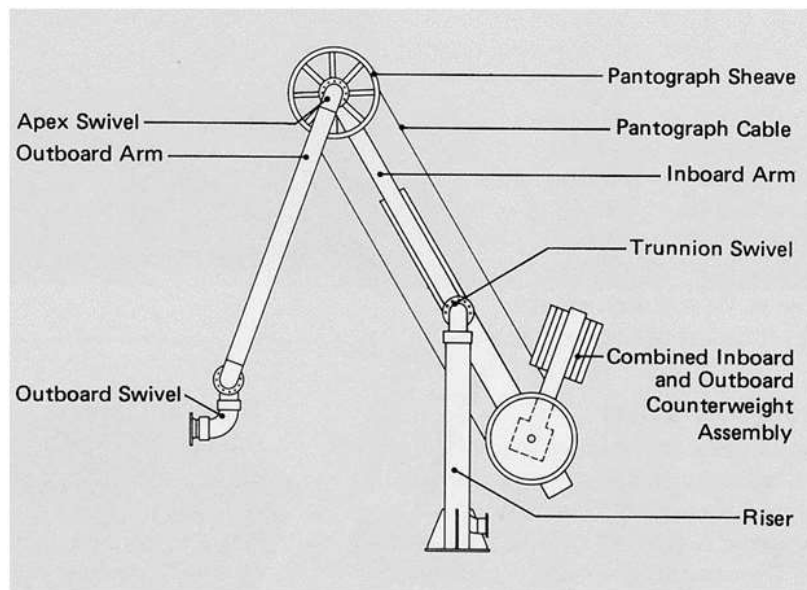


圖 7-14：典型船用卸料臂配置(credit: mechanicalengineeringsite.com)

此外，船用卸料臂附有以下配件，這些配件可於輸送 LNG 時提供保障及有效與可靠的
操作，包括：

- 連接系統；
- 緊急釋放系統；
- 監控和報警系統；
- 定位系統。

船用卸料臂是陸上 LNG 接收站常用的技術且超過 50 多年的使用歷史，通常是由具有
良好的熱膨脹和收縮性的低溫合金特製而成，機械臂使 LNG 輸送過程中得以承受船以及
LNG 船卸載歧管運動之間的高度變化。

船用卸料臂操作範圍有限，下圖 7-15 定義出典型操作範圍，並排停靠時硬臂 LNG 輸
送配置提供相對優良的條件，氣體運輸業指引建議卸料臂與 LNG 船歧管連接，最大容許波
高為 1.5m 至 2m，連續卸載最大波高為 2.5m 至 3m；與軟管連接相比，波高大約為 2m
至 2.5m)。

LNG 卸料臂包括一個直立管與兩個主要可以活動的部分，內側機械臂和外側機械臂末
端具有六個自由度連接輪緣，工作範圍就取決於機械臂長度，工作範圍由以下因素決定：

- 接收 LNG 船最小與最大尺寸。
- 由於潮汐、縱向和橫向漂移引起的船舶運動。

當其中一個卸料臂達到工作範圍極限時，兩個極限開關啟用：

- 首先發出警報停止船舶卸料泵

- 再者斷開連接。

LNG 臂為配重型式，卸料臂可於所有狀態下保持平衡，實際卸料量會根據 GIIGNL 指引中 LNG 船液位變化來確認。

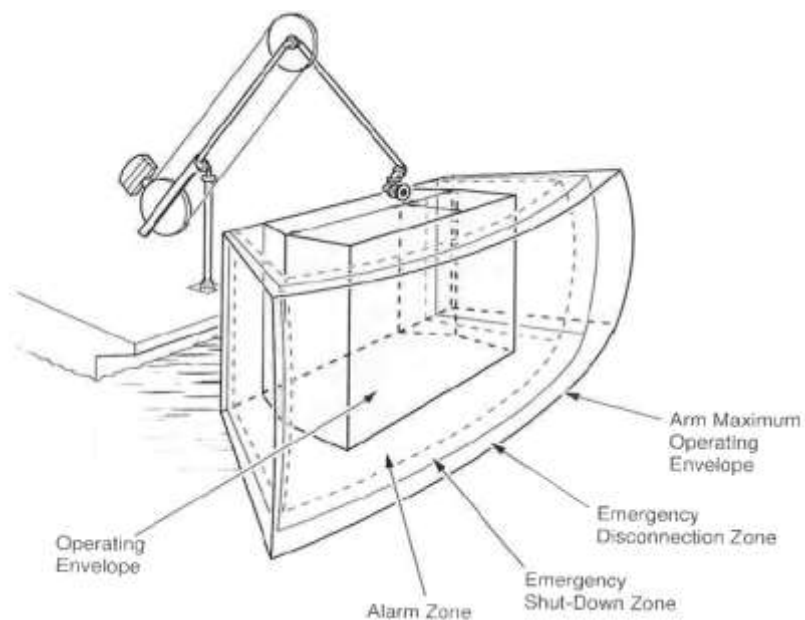


圖 7-15：典型 LNG 船用卸料臂工作範圍示意圖(credit: SIGTTO)

圖 7-16 為配備四個海上卸料臂（硬臂）的 FSRU Toscana，透過船用卸料臂從補給的 LNG 船接收 LNG；其中三個卸料臂用於 LNG 輸送，剩餘卸料臂將蒸發氣回送到 LNG 船上，這樣的安排讓 LNG 每小時最大輸送率達到 $12,000\text{m}^3$ ，船舶卸料臂設計的傳輸系統，使用硬臂操作每小時流向 FSRU 可達到最小 $15,000\text{ m}^3$ 的流量是可行的。



圖 7-16：FSRU Toscana 與補給 LNG 船以船用卸料臂（硬臂）連接 LNG 歧管^{/59/}

對於觀塘工業港 FSRU 一案，FSRU 於港內臨時使用期限僅僅 5 年，建議使用低溫軟管系統的 FSRU，用於該項目的臨時期限。

7.2.4.5 LNG 卸料系統的操作與控制(Operation and Control of LNG Offloading System)

LNG 從靠泊在 FSRU 旁的 LNG 船輸送補給，低溫軟管輸送時使用軟管數量取決於 FSRU 所配備的軟管的直徑與數量，用於 LNG 輸送軟管通常會介於 4 至 6 個，蒸氣回流則通常介於 1 至 2 個軟管。

低溫軟管進行 LNG 輸送時，每條軟管連接到液壓動力裝置以便在緊急情況下釋放。

一旦將 LNG 船安全地停泊在 FSRU 旁，FSRU 上相關機組人員需移動到 LNG 船上進行輸送前的會議與準備將軟管連接，每艘船都有一個船上計劃規定如何進行並排輸送操作。

FSRU 需要進行的準備工作是將軟管連接到低壓歧管，另一端懸掛在滴水盤下方的皮帶上，鞍座與線軸則會在 FSRU 上準備好遵循適當的連接程序，其中包括了用氮氣吹除軟管、FSRU 和 LNG 船之間 ESD 鏈連接，儲槽間 ESD 連接測試與 ESD 暖機測試。

一旦完成所有連接檢查和 ESD 暖機測試並簽屬相關文件就可以開始冷卻軟管，在 LNG 船和 FSRU 側面都會以「水幕」來保護船體以減輕 LNG 洩漏時低溫氣體對鋼材的影響（如圖 7-17），軟管冷卻完成後會進行低溫 ESD 檢查。



圖 7-17：並排 LNG 船與 FSRU 洩漏保護機制：水幕

確認 ESD 功能有效之後，就可以開始將 LNG 從補給 LNG 船輸送到 FSRU，卸料操作完成後需要先把 STS 低溫軟管放空並經由吹除後才能與 LNG 船斷開連接，下圖 7-18 中顯示準備 LNG 船準備使用 STS 系統低溫軟管將 LNG 從 LNG 船輸送到 FSRU 儲槽。

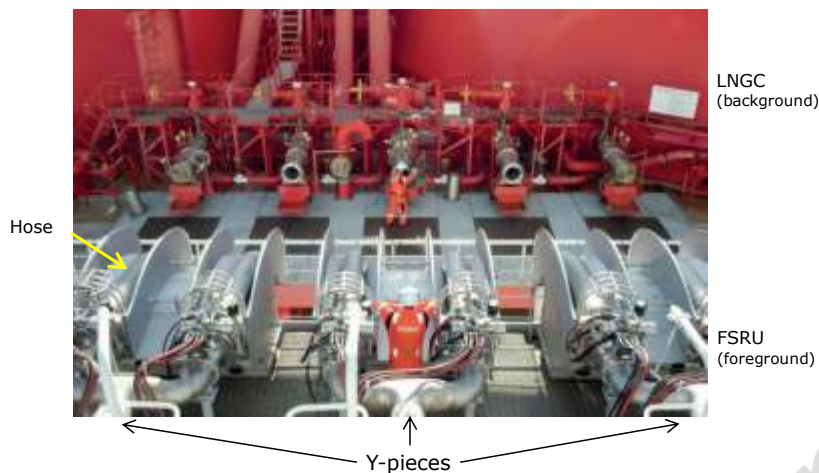


圖 7-18：Exquisite FSRU 上以直徑 10 英吋 LNG 軟管連接[資料來源：Höegh LNG]

LNG 卸料有 3 種操作模式：

- 第一步準備（惰性化 inerting）

LNG 船停靠後 LNG 卸料軟管將會移動到 LNG 船歧管的輪緣上，連接輪緣並以液壓快速連接/斷開接頭來相接。連接完成後，將測試 FSRU 通信電纜與緊急關閉系統。最後於卸載 LNG 之前，用氮氣吹除、排放、惰性化並將氮氣用作氣動流體。

- 第二步冷卻

在船上 LNG 卸料前，LNG 船會以液態天然氣冷卻卸料臂與鄰近管線，然後再打開卸料臂的自動隔離閥。

冷卻卸料臂與軟管為防止熱衝擊的一種操作，冷卻 LNG 卸料臂或軟管的過程透過液體檢測罐裝置進行監控，管線上高位排氣口連接到裝有液位檢測的緩衝罐；卸料臂和生產線冷卻完成後，LNG 到達液體檢測的緩衝罐，液位傳送器和溫度傳送器會檢測到液體，這些傳送器一般會設置於每個 LNG 輸送線和主要卸料管的頂部和底部，在冷卻過程中進行溫度監控以確保相關管線不超過冷卻速率並且完成操作（即，保持管線頂部和底部溫度一致）。

卸料管線上設有表面溫度感測器與壓力指示器，用於冷卻程序和操作的即時監控。

- 第三步 LNG 輸送

一旦惰性化（Inerting）與冷卻操作完成後即可開始卸載 LNG，LNG 透過泵浦從 LNG 儲槽中卸料，並通過其專用的輸氣管線卸到 FSRU 儲槽中。

卸載速率由 LNG 船上進行控制，並逐漸提高到所需的輸送速率，在卸料期間，FSRU 儲槽中的蒸發氣會透過回流氣管線回到 LNG 船儲槽，以隨時保持兩個儲槽壓力平衡，通常

FSRU 儲槽操作壓力會高於 LNG 船的操作壓力，因此蒸發氣就可以自然地從 FSRU 流回 LNG 船。

FSRU 右舷配有 LNG 液體和氣體軟管，液體和氣體軟管在舷外軟管或卸料臂末端配有一個緊急釋放系統，此系統是由兩個球閥間的電動緊急釋放耦合器（Powered Emergency Release Coupler, PERC）。因為 LNG 輸氣臂/軟管在卸載操作過程中會結冰，在緊急情況下 PERC 使管線可以快速斷開連接避免外部結冰。

在 LNG 輸送過程中產生的任何多餘的蒸發氣都由 FSRU 處理，除緊急情況外應避免自 FSRU 上排出多餘的蒸發氣。

當卸料操作完成後，應通過關閉內側的執行開關閥來隔離兩側的卸料臂/軟管。卸料臂/軟管和其相鄰管線中的其餘 LNG 通常是手動排到 LNGC 和 FSRU 的儲槽中，然後用氣態氮吹除。

LNG 輸送操作過程中，LNG 壓力通常由 LNG 船與 FSRU 的卸料歧管進行管控，卸料歧管可以提供 LNG 輸送管線壓力間的偏差警報，檢測 LNG 輸送過程中隔離或阻塞。

歧管和製程管線通常還會配備有溫度感測器，這些溫度感測器獨立用於卸料臂或軟管的操作過程監控，發送器會將連續數據傳到 LNG 船與 FSRU 的分散式控制系統 (Distributed Control System, DCS)。

但是 LNG 輸送操作，存在海洋條件(如風速和浪高)一定程度的局限性。

國際油輪與碼頭經營者協會(Society of International Gas Tanker and Terminal Operators, SIGTTO)，國際石油工業海洋論壇(Oil Industries International Marine Forum, OCIMF) 和世界水運基礎設施協會(World Association for Waterborne Transport Infrastructure, PIANC)提出受風速影響下 LNG 船建議的運作條件。

停泊時典型風速限制為 20~25 節（約 10~13 m/s），氣體輸送和卸料臂斷開連結的風速限制為 28~30 節（14~15 m/s）。

波浪大多由風所造成的，儘管產生的強度可能已下降或改變方向，但是一些波浪由距離港口一定距離的風吹生成，在到達港口時並未完全消散，我們稱這些波浪為湧浪；LNG 船需要受到保護以免受風浪和湧浪及流場的影響。

較小船隻比較大的 LNG 船易遭受波浪及流場影響，波浪限制將取決於作用在 LNG 船上的波浪方向，小型船舶約 0.6m 的波高就可能造成安全性問題，更常見的是將 1.5m 作為限制條件，FSRU 碼頭的位置研擬將受到防波堤的保護，因此預計波浪和湧浪的影響將達到最小。

流經船舶周遭海流會給繫泊系統造成壓力，並可能導致繫泊纜繩故障與船隻脫離，繫泊系統設計時應滿足特定地點的環境條件，但一般而言大於 1 m/s 的海流在工程上被認為具有挑戰性，可能需要增強的繫泊設計。

7.2.4.6 採樣與測試

對於從 LNG 船卸載液態天然氣到 FSRU 船舶的並排傳輸操作，LNG 船負責提供和維持 LNG 船上交接測量系統的體積、溫度與壓力，而接收船 FSRU 則維護其船上交接測量系統，如：氣體採樣和氣體分析系統。

為了達到系列目標而進行採樣和測試：

- 輸送 LNG 前確認條件是否合乎要求
- 交接時確認 LNG 符合商業合約的規格
- 採樣點通常位於：LNG 泵送後的主卸料管，或卸載臂之後的主要卸料管

取樣時應在 LNG 流量達到穩定的期間進行採樣，盡可能將採樣點安裝在靠近貿易交接的位置，避免 LNG 特性於輸送過程發生變化，LNG 採樣會有助於確定品質、雜質水平與能量含量。

為確定 LNG 的品質，必須將採樣的流體從初始狀態調節到最終狀態，即：氣體在環境溫度下不會使 LNG 部分揮發或損失。

因此 LNG 取樣包括以下三個連續操作：

- 1). 提取具有代表性的 LNG
- 2). 樣品完全氣化後的天然氣
- 3). 在將氣體樣品運送到分析儀進行檢測前，先對其進行調節

採樣可採連續或間歇進行，不論是連續採樣和間歇採樣，LNG 都是從 LNG 管線連接，但是兩種採樣方式主要差異是：

- 連續採樣：將氣化器再氣化的 LNG 連續送入氣體樣品架，採樣過程完成後，氣體樣品容器中會充滿來自儲槽的混合氣體以進行離線分析。
- 間歇採樣：來自氣化器再氣化的 LNG 一部分被導引至在線氣相層析 (Gas Chromatography, GC)，另一部分被導引至恆壓浮動活塞樣品容器，收集在 (Constant Pressure Floating Piston, CP / FP) 樣品容器中的氣體樣品同樣用於離線分析。

採樣點可以位於歧管與儲槽之間，如下圖 7-19。

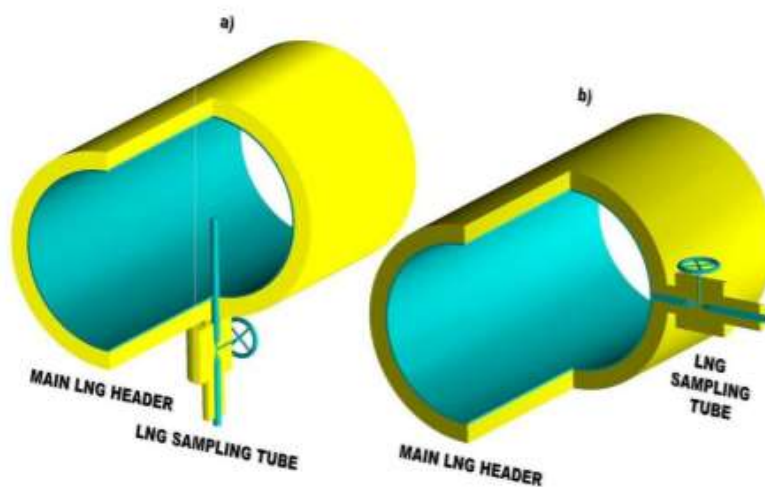


圖 7-19：LNG 採樣探針範例

採樣的再氣化 LNG 通過氣相層析以確定其組成成分，LNG 氣化必須盡可能完整，如此一來獲得的氣體樣品才能準確代表 LNG 的品質，採樣的 LNG 通常直接透過電加熱來氣化，電熱氣化器如下圖 7-20 所示。

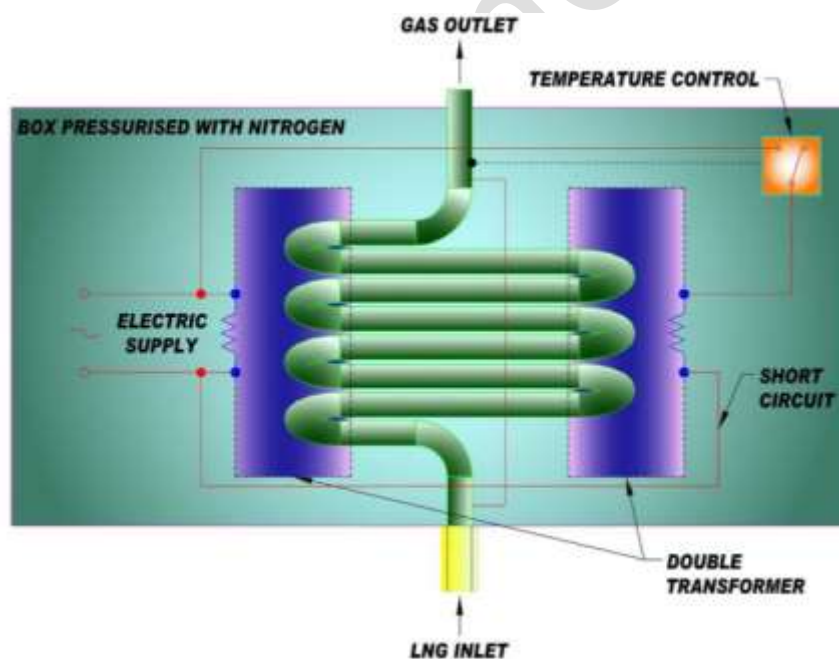


圖 7-20：電熱汽化器(範例)

採樣的 LNG 氣化後可以由以下方式將天然氣樣品輸送以進行分析：

- 氣體樣本容器（圖 7-21）
- 直接由管線連到氣體分析儀

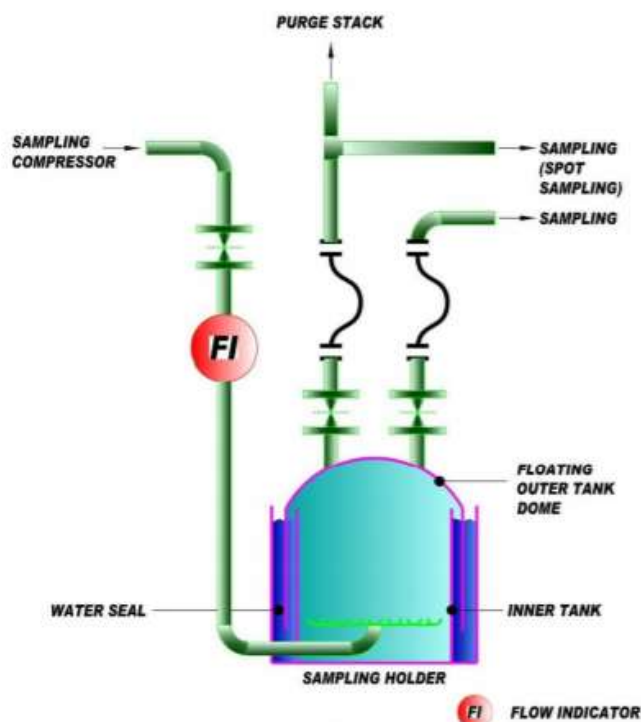


圖 7-21：氣體取樣容器(範例)

管線到氣體分析儀的配置為氣化器出口直接與氣體分析儀連接，卸料或裝載過程中會進行氣體分析，在這個過程當中會需要一套配件，如：調節器、閥門、流量計等，來保持恆定的流量與壓力，且必須確保在容器再存儲氣體樣本前已充分淨化。

對於輸處氣體，通常在卸料臂(MLA, Marine loading arm)的公共集管上與兩個氣相層析儀串聯，色譜儀間歇地提供有關組成、熱值、Wobbe 指數、比重與輸出氣體密度等各方面的數據。

氣體分析可以通過以下方式來進行：

- 直接連接氣化器與氣相層析儀，相對會以頻繁的間隔連續進行分析（如：每 20 分鐘進行一次分析）
- 定期填充樣品容器，可以進行連續分析但是採樣頻率會降低（如：每小時進行兩次分析）；對於定期填充而言，為了確定樣品品質，需要以各數據成分百分比計算平均值。

對於直接抽樣與定期抽樣，都應當對數據庫進行統計處理消除異常值，並確保數據庫有較高的可信度。

7.2.5 FSRU 至陸上的高壓氣體輸送操作(Operation of HP Gas Transfer from FSRU to Onshore)

7.2.5.1 陸上高壓氣體卸料歧管操作與控制(Operation and Control of HP Gas MLA on Jetty)

經 FSRU 再氣化製程產生之高壓氣體，將藉由碼頭側的高壓氣體輸送臂進行卸料作業。

由 FSRU 氣化器氣化之 LNG 將以約 61.18 kg/cm^2 的壓力經陸上管線輸送到陸上 LNG 接收站(CPC 觀塘接收站之距離約 1.2 公里)。此高壓氣體輸出系統的壓力取決於 FSRU 的輸出壓力，並保持在特定範圍內。若 FSRU 的壓力超出此特定範圍，則會觸發壓力傳送器並發出高壓或低壓之警報。

從 FSRU 輸送高壓氣體到陸上 LNG 接收端所需的系統包括一組或兩組卸料臂（1 x 100%或 2 x 100%的配置）。由於高壓氣體卸料臂為重要的設備之一，為確保卸料臂能夠進行有效的維護作業，每一組卸料臂的系統作業時需限制其運作之時間，從而確保 FSRU 高壓天然氣卸料系統（以及接收端）的最大可靠性。當一組卸料臂進行維護或維修時，則可以利用另一組卸料臂繼續操作。

卸料臂(MLA, Marine loading arm)之規格應達到每小時傳送 400 噸之氣體，並於兩個液壓操作之全量式球閥之間配置緊急釋放耦合裝置，如果船隻搖晃過大（或在緊急情況下），則球閥將關閉，卸料臂將自動脫離。

每組卸料臂的下游都應設有驅動閥(actuated valves)，在必要時隔離卸料臂。如果這些控制閥門(XVs)意外關閉下，將會發出差異警報(Discrepancy alarm)。另外，制動閥的下游通常會設置溫度和壓力傳感器，當輸出天然氣的溫度低於最低設計溫度時，將啟動警報或直接停機以保護傳輸管線。

碼頭上通常沒有提供用於高壓氣體輸送操作之製程流量控制系統。高壓氣體輸送的操作控制皆由 FSRU 執行。

每組卸料臂和歧管亦設有氮氣吹除接頭端口(Nitrogen purging port)，以利進行惰性化作業(inserting operation)；高壓氣體卸料臂應配備位置監視系統，該系統將觸發停機和緊急脫離。以埃及的一個專案為例，此專案利用高壓軟管將天然氣輸送到陸上，如圖 7-22 所示。然而 FSRU 輸氣操作的歷史中，使用高壓軟管並沒有像使用高壓氣體卸料臂悠久的歷史，且高壓軟管需要較大的碼頭「佔地面積」。



圖 7-22：高壓輸氣管自 FSRU 輸送至陸上（埃及）

7.2.5.2 FSRU LNG 儲槽操作與控制(Operation and Control of LNG storage tanks in FSRU)

根據《國際船舶載運散裝液化氣體構造與設備規章》^{/53/}，每個液貨艙(cargo tank)應設有指示液位、壓力和溫度的裝置。壓力表和溫度指示裝置應安裝在液體和氣體管路系統中以及氣體冷藏的設備(cargo refrigeration installations)中。

IGC 規範要求需對相關指示儀器進行測試，以確保其在工作條件下的可靠性，並且需按照使用說明書上的建議，定期進行重新校準。

A. 溢流控制

IGC 規範下要求每個液貨艙均應設有液位測量裝置，以確保在液貨艙運作時可以觀測到液位。液位測量裝置設備的設計需能在液貨艙的整個設計壓力範圍內及在氣體工作溫度範圍內的溫度下運行。

每個液貨艙應裝有高液位警報器，該警報器之運行應獨立於其他液位指示器，並在啟動時發出聽覺和視覺警告。

為避免卸料管線中的液體壓力過高，獨立運行之高液位警報器須附加額外的感測器，並應自動觸發緊急遮斷閥，以防止儲槽中的 LNG 液位超過設定液位。高液位警報和能夠自動切斷液貨艙供料作業等設施通常皆為 FSRU 所需要的。

B. 液位指示器

為能夠維持液位指示器的要求液位，每個液貨艙(cargo tank)均應設有液位測量裝置，以確保在液貨艙(cargo tank)運作時可以觀測到液位，此設備的設計應能在整個液貨艙的設計壓力範圍內以及在氣體工作溫度範圍內的溫度下運行。

C. 壓力監控

根據 IGC 規範，每個液貨艙的氣體空間應配備一個直讀式計量錶，且應該能夠在控制台間接顯示該數值，並清楚顯示出最大及最小允許壓力。

駕駛台和控制台上應設有高壓警報器(high-pressure alarm)和低壓警報器(low-pressure alarm)（如果真空條件可靠的前提下），其警報應在達到設定壓力之前就被觸發。

裝有洩壓閥（PRV, pressure relief valves）的液體儲槽可設置一組以上的設定壓力，而每組設定壓力皆須設置高壓警報。此外，為能夠指示出船舶上歧管閥和與陸上連接之軟管間的壓力，應提供能夠在現場讀數之歧管壓力指示器。

根據 IGC 規範之要求，在沒有與外界空氣對流之艙體空間和艙壁與艙壁間之空間也應設有壓力指示器。

D. 溫度監控

根據 IGC 規範，每個液貨艙應至少配備 2 個溫度指示器，其中一個置於液貨艙底部，另一個置於最高允許液位以下附近的位置。此外，液貨艙的溫度指示器應該能夠在的預計運送的氣體操作溫度範圍內提供相關溫度指示。

7.2.6 LNG 再氣化(LNG Regasification)

基於成本考量，將優先選使用海水作為加熱介質的 LNG 再汽化系統，如第 3 章所述，建置 FSRU 具有不同形式的配置和系統。使用海水做為加熱介質的系統可以用殼式蒸發器（STV, shell and tube vaporisers）、板式熱交換器（PCHes, printed circuit heat exchangers）或中間介質蒸發器（IFV, Intermediate Fluid Vaporisers）進行配置。

在商轉規模的 FSRU 中，使用海水做為再氣化系統的加熱介質為一首選，前提是海水品質合適及當地沒有任何有關禁止使用海水之限制或法規。

根據第 3.1.7 節，考慮到本案所處位置桃園觀塘港全年的海水溫度，以開迴路再氣化系統(open loop regasification)配備 PCHes 熱交換器，FSRU 則可以全年運作。

或採用組合式運作模式，考慮本區域在 12 月至 3 月時海水溫度通常位於 7°C 至 14°C 之間；當海水溫度高於 14°C 時，則使用殼管式蒸發器的開迴路再氣化系統。

海水的進、出水位置之選擇須確保海水自然循環完整，以避免冷池效應(cold pond effect)的風險產生。以 Höegh 為例，該 FSRU 的進水位置位於左舷和右舷船尾的海水箱進水（高、低海水箱進水）。該 FSRU 由再氣化設施所排出之海水，則從船艙或右舷約略船舫的位置排出，大約在海平面以下 1-2 m 處。如圖 7-23 所示位於 Jebel Ali 的 Excelerate FSRU，其船艙設置有 FSRU 的再氣化設施，海水從船艙排出。



圖 7-23：Excelerate FSRU 船艙海水回送（Jebel Ali）

為了避免「短路(short-circuiting)」於海水進口處發生，建議在本案後期進行冷排水建模(thermal plume modelling)，如果海水進水口有短路發生，則 FSRU 應選擇使用閉迴路系統或組合式再氣化系統為佳。

LNG 再氣化製程可設有多條產線，如 2005-2010 年的 Exelerate，其為了達到需求吞吐量(throughput capacity)，設置多達 6 條再氣化製程產線，然而相關製程產線的數量將取決於租賃的船隻類型，這些再氣化製程產線應彼此獨立運行，且在模組邊界(module boundary)連接於公共集管(header)。

一般情況下，再氣化製程產線運作時，將採開一備一之方式進行。當其中一條產線若須進行維護或發生無預警跳機之情況時，備用的產線可馬上投入使用。

相關明確配置，包括相關所需的再氣化製程產線及各單元設備之數量（如：LNG 氣化器和加壓泵等）將在本案後續階段與供應商進行討論後決定。

7.2.6.1 製程描述與上舷側再氣化控制系統(Process Description and Process Control for Topsides Regas System)

再氣化和輸出設備通常安裝在甲板上，再氣化製程包括再冷凝器、高壓泵、高壓 LNG 氣化器、計量系統、高壓/低壓管線、閥門等。

再氣化系統單元的主要目的是為了將儲存在 FSRU 液貨艙的 LNG 氣化，產出高壓的天然氣。依 CPC 要求，該裝置的 LNG 最大再氣化能力須達到 400 噸/小時。再氣化裝置包括再氣化產線和一般設備，如 LNG 進料設備、海水供應、蒸發氣再冷凝器和公用設施等。

來自液貨艙的 LNG 在進入再氣化裝置前，將先通過一個蒸發氣再冷凝器。蒸發氣再冷凝器將處理來自液貨艙的蒸發氣體。該蒸發氣再冷凝器將利用 LNG 冷能來液化蒸發氣，並做為緩衝槽向每個設備單元供應，最後 LNG 將進入再氣化產線。

典型的再氣化製程採用海水直接加熱法，此製程為一種既簡單又可靠的方法，且容易操作，非常適合於海上進行相關作業。海水提供了再氣化的熱源，該系統將從船外取得海水，並滿足再氣化加熱的需求。

A. LNG 進口壓力罐(LNG Suction Drum)/BOG 再冷凝器(Recondenser)

在 FSRU 上，LNG 沉浸式泵浦和高壓加壓泵之間安裝一個常見的液體槽，該液體槽可做為 LNG 進口壓力槽或再冷凝器使用。若作為再冷凝器時，則利用 LNG 冷能來液化蒸發氣；當不作為再冷凝器時，可作為 LNG 進口壓力槽以供給 LNG 予各再氣化產線。

液貨艙中的 LNG 沉浸式泵浦以約 5.10-7.14 kg/cm² 的壓力將 LNG 泵入 LNG 進口壓力槽/BOG 再冷凝器。BOG 再冷凝器僅由一槽體所組成，其目的為使 FSRU 液貨艙所產生的蒸發氣液化，蒸發氣首先將經由 BOG 壓縮機壓縮後，再送至 BOG 再凝結器凝結成液體。為達到凝結的目的，將由 LNG 沉浸式泵浦泵出的溫度較低的 LNG 與經 BOG 壓縮機壓

縮後的蒸發氣直接接觸進行熱交換，此混合後的 LNG 流量將由壓縮後的進口蒸發氣流量進行控制。

進口壓力槽中的實際壓力將取決於進入槽中蒸發氣流量和 LNG 流量間的平衡。蒸發氣處於氣液態，而 LNG 處於液態且溫度較低，相對於蒸發氣而言，LNG 量越多將導致溫度降低，反之亦然。當進口壓力槽內的蒸發氣和 LNG 充分混合且熱量傳遞良好，則將呈現飽和狀態，其結果取決於溫度和壓力。

LNG 進口壓力槽/BOG 再冷凝器不僅能夠用於液化，更起到緩衝槽的作用提供了滯留時間，得供給 LNG 予再氣化產線。即使 LNG 沉浸式泵浦停止運作，LNG 進口壓力槽也可能在一段時間內提供 LNG 予再氣化裝置。

LNG 進口壓力槽/BOG 再冷凝器的壓力保持在大約 5.10 kg/cm^2 ，以重新冷凝蒸發氣並防止高壓 LNG 加壓泵發生氣蝕。在正常操作期間，BOG 再冷凝器的壓力和液位可藉由液貨艙供應之 LNG 和天然氣出口管線供應之天然氣來控制。

B. LNG 加壓泵

來自再冷凝器的 LNG 將流入高壓加壓泵，高壓加壓泵為多段式泵浦(multistage pump)與馬達垂直安裝組成，每個 LNG 加壓泵均可獨立操作至所需的再氣化量，為了啟動並保持泵的最小流量（即，額定負載的 40%），應設置泵浦回流管線(pump recycle line)將 LNG 送回 LNG 進口壓力槽/ BOG 再冷凝器。泵浦自身的流動，利用自動控制的最小流量控制閥(Flow control valve)來確保加壓泵維持最小流量。

加壓泵逐一啟動，加壓泵從最小的旁通循環控制閥(bypass recycle control valve)依序啟動至再冷凝器然後關閉泵的輸出閥，當泵浦達到一定轉速後，輸出閥逐步開啟以便於送至集管。

加壓泵的目的地是將 LNG 增壓約 61.18 kg/cm^2 的壓力（此時壓力會取決於流量和 LNG 成分），須使用高壓之原因為氣體輸出管線的壓力應保持相近，此外以海水進行的熱交換時會使天然氣達到超臨界壓力。

再凝結器液位高度同時升高到達容器中的最低液位，為加壓泵提供其所需的吸頭，再冷凝器的液位必須足以確保 LNG 加壓泵有足夠的可用淨正吸水頭(Net Positive Suction Head, NPSH)；重要的是加壓泵的進口必須保持在其液位高度以下來防止氣蝕導致泵的損壞。

如果處於維持的最小輸出量，則在關閉泵之前，應將來自 LNG 輸出加壓泵的最小循環流量引回到 FSRU 儲槽中。

C. 氣化器

LNG 通過高壓加壓泵加壓後進入氣化器，並於氣化器中藉由加熱介質中吸收能量，然後加熱並蒸發，加熱介質可以是直接或通過中間介質氣化器的海水，同時也可以燃燒天然氣產生蒸汽來加熱，流量由高壓加壓泵和海水熱交換器之間的流量控制閥控制。

在氣化的天然氣中，再氣化產線輸送被合併並送至氣體輸出管線，壓力將由壓力控制閥控制以滿足岸上要求的壓力。再氣化系統概述如下：

選項 1：圖 7-24 為直接海水冷卻開循環系統

LNG / 海水熱交換器通常採用殼管式蒸發器(STV)，直接海水冷卻 STV 比中間介質蒸發器(IFV)更簡單且需要較低的成本，相關設備和管線系統也比中間介質蒸發器少。在組合模式時，FSRU 鍋爐以蒸汽進行加熱，當海水溫度低於 14.4°C 的區間範圍時，在組合模式時 FSRU 可以選擇性使用一個微調加熱器以蒸汽進行加熱海水，可以為 LNG 氣化提供足夠的氣化熱量。

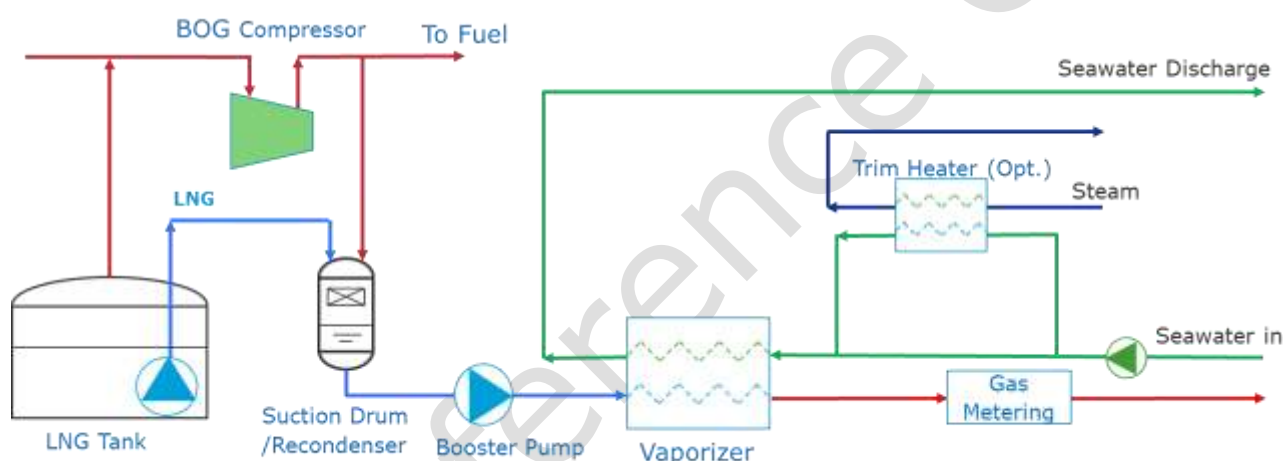


圖 7-24：直接海水再氣化系統（蒸汽調節加熱器）系統流程圖

選項 2：如圖 7-25 所示，以乙二醇作為中間介質的開循環系統

海水流經中間介質氣化器(Intermediate Fluid Vaporiser, IFV) 提供熱能將天然氣加熱到氣化狀態。

中間介質氣化器的造價較高，但氣化器中會引入非腐蝕性的中間介質，使用中間介質可以降低凍結的風險。由於這些安全考量與操作因素，海水不被直接用在加熱 LNG，中間介質氣化器系統通常較其他方法更為安全。

中間介質氣化器使用閉循環水乙二醇作為中的中間介質形成一個閉循環海水加熱再氣化系統，與乙二醇相比水-乙二醇危害特性較小，以水-乙二醇作為中間介質安全性較高。

以水-乙二醇作為加熱介質的不銹鋼殼管式熱交換器（主要氣化器），將來自 LNG 加壓泵的加壓 LNG 從 -160°C 加熱到大約 -15°C，在第二階段將 LNG / NG 在不銹鋼板式加熱

器中加熱到最少 5°C，冷卻後的中間介質會被再循環到海水熱交換器中，然後再被導回到微調加熱器與殼管式熱交換器。

根據 Wärtsilä 的典型布置，每條再氣化輸送線（如：使用乙二醇水 IFV 的開循環）包括：

- 1 台 LNG 加壓泵；
- 1 個 LNG /水-乙二醇熱交換器（主要氣化器）；
- 1 個天然氣/水-乙二醇再氣化機組中利用板式熱交換器（微調加熱器）。

典型的水-乙二醇/海水系統迴路將包括以下設備：

- 1 台水-乙二醇循環泵；
- 1 個水-乙二醇/海水熱交換器；
- 1 組個-乙二醇閉迴路膨脹槽/管線；
- 組合模式循環，當進水海水溫度低於 14°C 時，選擇性使用蒸汽微調加熱器來加熱水-乙二醇。

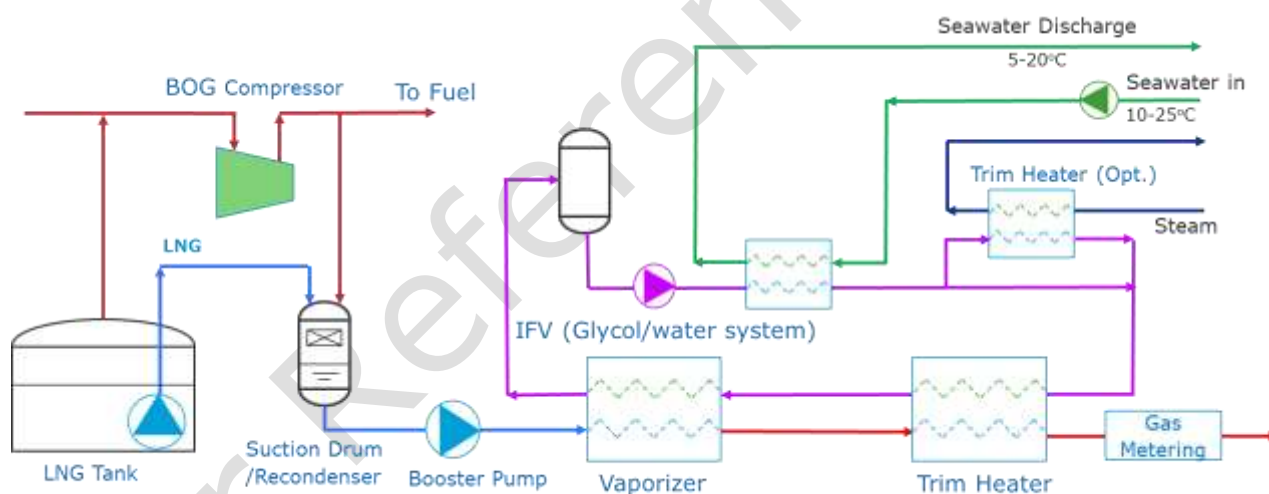


圖 7-25：（附有選擇性的蒸汽微調加熱器）的 LNG 再氣化系統流程圖

選項 3：如圖 7-26 所示丙烷作為開循環中間介質

如果再氣化系統使用丙烷作為中間介質，每條氣化器線路上均有一個封閉丙烷迴路。丙烷通常作為加熱的中間介質，丙烷被 LNG 冷卻後，以海水對丙烷加熱，但是丙烷儲存在船上會增加營運過程中的風險。

典型的丙烷/海水系統將包括以下設備

- 丙烷緩衝槽；

- 丙烷循環泵；
- 丙烷氣化器；
- 天然氣微調加熱器；
- LNG 氣化器；
- 海水泵浦。

中間介質氣化器(Intermediate Fluid Vaporiser, IFV)是由一個以海水進行加熱的閉循環再氣化系統，加熱介質丙烷作為閉循環系統中的中間介質，在 LNG 氣化器中，會將來自 LNG 加壓泵的加壓 LNG 從 -160°C 加熱到大約 -4.5°C ，在第二階段中，LNG/NG 在不銹鋼板式熱交換器與天然氣微調加熱器中被加熱到最少 5°C ，冷卻後的中間介質會被帶往海水熱交換器中循環，然後再導回到微調加熱器(trim heater)與殼管式熱交換器。

當進水海水溫度低於 14°C 時，於組合模式循環中，可以選擇性使用蒸汽的微調加熱器對海水加熱。

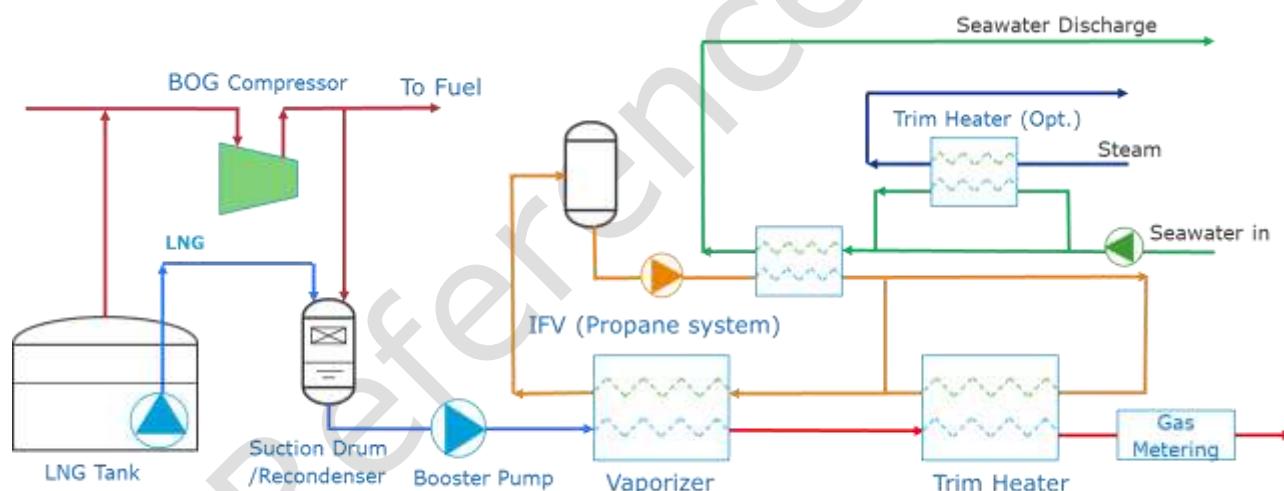


圖 7-26：使用海水-丙烷系統（附有選擇性的蒸汽微調加熱器）的 LNG 再氣化系統流程圖

海水供應系統

海水於再氣化過程中作為 LNG 再氣化的加熱介質。高於 14°C 的海水利用海水泵浦打進 LNG 在氣化系統當中，壓力大約為 $6.63\text{--}7.14\text{ kg/cm}^2$ ，經過處理的海水通過 LNG / 海水熱交換器殼側，經再氣化過程後排出的海水將比汲水口溫度降低約 $5\text{--}7^{\circ}\text{C}$ ，只要將溫度下降保持在此範圍內，通常不會對海洋生物造成任何影響，倘若海水溫度低於 14°C ，主要的氣化器出口輸出流體的溫度可能會低於目標溫度（通常要大於 5°C ），在這種情況下將需要使用微調加熱器；微調加熱器可以使用蒸汽來加熱海水或中間介質，經由氣化後的天然氣最終可達到 5°C 以上的溫度，氣化器的海水需求量會以每公斤 LNG 需要 20-25 公斤海水來估

算，對於 LNG 需求量 2.5MTPA (400 噸/小時)，估計海水需求量為 8,000~10,000 噸/小時。

可以在船上安裝 3 × 50% 海水泵浦 (每一個 4000-5000 m³/hr)，至少要有一台海水泵浦將海水送至再汽化設備上，每個 LNG / 海水的熱交換器海水流量需求為 4000-5000 m³/hr。

為了清除海水中的污垢和其他雜質，在海水泵浦與 LNG / 海水或海水 / 中央介質熱交換器間將安裝海水過濾器，每一台海水泵浦上都需要安裝過濾器。經過防污劑 (如:次氯酸鹽) 進一步處理，FSRU 帶有電氯化海水系統預防海洋生物淤積，可以透過電解含有氯化鈉的海水中生成次氯酸鹽，使用的劑量取決於實際的運行條件以及當地相關法規對氯殘留量的限制。

氣體計量

安裝計量裝置用來精準地確認卸載天然氣的數量與品質，天然氣流量透過計量系統量測後，再由 FSRU 上的高壓歧管和高壓天然氣輸出管線發送到陸上 LNG 接收站，計量裝置是由超音波流量計與氣相層析儀組成，測量時需要涵蓋整個操作過程的讀數，超音波式的量測裝置可讀取流量的總設計能力為 400 噸/小時內，氣相層析儀會安裝在計量器下游；利用分析儀 (包括氣相層析和水分分析儀) 對天然氣進行氣體連續分析，來確保其氣體品質符合 CPC 陸上 LNG 接收站/大潭火力發電廠的氣體規格。測得的參數包括 C1 至 C6+ 合成物、N₂、硫、O₂、煙露點、水含量，總熱值和 Wobbe 指數，這種類型計量單元廣泛用於陸上設施，包括交易流量計系統 (custody transfer systems)，系統的精度不會受到船舶運動影響，因此可以在任何環境條件下使用。

從 FSRU 到管線的氣體流量由交易級計量，每條計量支線皆有超音波計量儀，在上游和下游分別配有球閥和 MOV，流量調節板設置於上游以輸送過程流量保持穩定，每條支線上亦有壓力指示傳送器 (Pressure Indicator Transmitter, PIT) 和溫度指示傳送器 (Temperature Indicator Transmitter, TIT)，分別用於計量氣體過程補償壓力和溫度，此外每個歧管也設有用於惰性的氮氣吹除口。

一組計量裝置一般由 3 個計量器組成，每次運行都會包含一個超音波的流量計，該流量計連接到專用監控流量的電腦，來自所有電腦的天然氣流量傳送到監控的總機上，監控總機會計算出通過計量裝置的總流量，每次運行還會配有電動隔離閥、流量調節器、壓力和溫度傳感器，另外監控電腦也會在計量上游卸料臂的氣相層析儀接收數據。

通常氣體計量模組包括主要的工作流和一個備用氣流，針對天然氣的氣流進行採樣並確定其成分，輸送到流量控制工作站，每個氣流皆有出入口隔離閥，當備用氣體流量計偵測到主要氣體流量計失效時，備用氣體流量計將自動上線，操作時應適當地制定備用原則，使氣體計量得以連續運作而不會有發生中斷之情形。

氣體流量計模組也可跨接歧管將兩個流量計以串聯方式連接進行串聯驗證，為了簡化此功能的管線和閥門設置，其中一個流量計設為主流量計，其他氣流則具有一個跨接管線，將該氣流連接到主流量計上游位置，每個跨接管也都有隔離閥，在正常操作條件下隔離閥可以鎖定關閉，在解鎖並打開交叉閥以及關閉上游致動閥，使氣體通過兩個儀表，針對主流量計進行驗證。

這一源則可在前端工程設計階段與詳細工程設計過程進一步細化，並應和供應商協調以避免由計量引起的 FSRU 停機時間，另外，流量計模組也可以安裝在陸上 LNG 接收端。

輸出氣體計量通常再 FSRU 上進行，常見的做法是將交易流量計設備安裝在天然氣進入管線分配或輸送的上游。舉例來說，圖 7-27 為約旦 Aqaba 泊位處的 Golar Eskimo FSRU，白色標記為陸上主要的配置點（即，輸送管線的連接點），陸上區域內設有氣體流量計/氣相層析儀、高壓完整性保護系統（其中包括排氣口或燃燒塔）、緊急停車系統以及相關的建築物與基礎設施。碼頭南邊連接處有一條可以承受移動式起重機的道路，可將卸料臂吊到卸料平台進行維護。



圖 7-27：FSRU 專案陸上區域案例（Aqaba FSRU）

高壓完整性保護系統（HIPPS, high Integrity Pressure Protection System）

FSRU 與陸上 LNG 接收站管線連接後，假設下游天然氣管線系統與 LNG 接收站額定壓力的設計較 FSRU 值低時，則需要在 FSRU 上安裝高壓完整性保護系統（High Integrity Pressure Protection System, HIPPS）保護下游管線，安裝 HIPPS 是為了保護氣體系統下游免受高壓影響，一般選用三個壓力傳送器檢測，並採 3 選 2(2oo3)邏輯設定，當儀器檢測到高壓時，HIPPS 會正常開啟以防止超壓洩漏導致的危害。

蒸發氣處理系統

在運行過程中，熱量會從外界環境進入 FSRU 儲槽與 LNG 船管線連接產生蒸發氣。在泵浦運行過程中，泵浦輸入的熱能使蒸發氣數量顯著增加，故可以在 FSRU 上設置蒸發氣回收系統，透過壓縮和再冷凝的方式回收蒸發氣，蒸發氣回收系統包括以下關鍵設備：

A. BOG 壓縮入口槽

BOG 壓縮機入口罐帶有除水器來防止任何液體進入壓縮機，離開 BOG 壓縮入口罐的揮發器進入 BOG 壓縮機，將 BOG 壓縮機入口罐中收集的 LNG 間歇地通過 LNG 排放管吹送到 Vent KO 罐或 LNG 儲槽當中。

B. BOG 壓縮機

BOG 壓縮機的功用是維持 FSRU 儲槽中所需絕對壓力，往復式壓縮機用於壓縮蒸發氣；在低壓模式下，BOG 壓縮機將氣體壓縮以達到再冷凝器的壓力水平，在高壓模式下，BOG 壓縮機將氣體壓縮達到氣體管線的輸出壓力。來自 BOG 壓縮機入口罐的蒸發氣進入 BOG 壓縮機；維持最小輸送模式時，第一階段輸出連接到第二，再接續到第三與第四階，在其他模式下，BOG 壓縮機輸送的氣體被發送到再冷凝器（約 4.59 kg/cm^2 ）。

C. BOG 再冷凝器

再冷凝器具有兩個主要功能；再冷凝器頂部裝有一個填充床(Packed bed)，蒸發氣與溫度較低 LNG 接觸來液化此蒸發氣，LNG 自 LNG 輸送管線中流出，再冷凝器操作壓力可確保 LNG 保持於溫度較低狀態，下方位置則作為 LNG 加壓泵浦的儲槽，超出再冷凝需求的 LNG 會流過再冷凝器旁管線與再冷凝器底部流出的 LNG 混合做熱交換。

維持操作模式時，來自 FSRU 儲槽的蒸發氣被輸送到 BOG 壓縮機中，BOG 壓縮機內的蒸發氣經壓縮後輸送到 BOG 再冷凝器；卸料操作模式期間，大多數卸料過程產生之蒸發自，氣體經處理後回到液化儲槽中維持壓力平衡。

正常運行期間，進口壓力槽或再冷凝器的壓力由 LNG 進料速率或填充的蒸發氣控制，液位差異傳送器安裝在 BOG 再冷凝器槽監控液面高度，另外液位傳送器也可以調節流量控制閥限制 LNG 跑到儲槽的流量。

高壓排放系統

正常操作期間基本上不會啟動排放的動作，僅在 LNG 或相關高壓氣體製程系統發生緊急情況，急需進行排氣或降壓時，才會將相關氣體將送至排放系統進行排放作業。

高壓排放系統由一般的集管(headers)組成，需要排放之流體（含部分液體之氣體）於進入排放塔前會先送入氣氣液分離槽(Vent KO Drum)以吹除多餘液體，再於安全高度將氣體排放至大氣。所有排出流體將被導入排氣集管(vent collection headers)，然後流至排放氣液分離槽，該分離槽將分離流體中較大的液滴變成氣、液態分離的狀態，經分離後

的氣體將由排放塔進行排放，液體部分則流在分離槽中，當排放氣液分離槽內部累積之液位過高時，將會停機並隔離碼頭上主要製程設備，排放氣液分離槽將持續注入氮氣以維持無氧的環境，並藉由排放塔與大氣連通，但是目前分離槽的部分並沒有壓力調節。

排放氣液分離槽內部壓力可藉由分散式控制系統(Distributed Control System, DCS)以壓力指示傳送器(pressure indicating transmitters)進行監控，排放氣液分離槽通常是空的且沒有水平調節，排放氣液分離槽內部壓力可藉由 DCS 以壓力指示傳送器監控，傳送器會傳送高液位警報信號給 DCS，液位指示傳送器提供分離槽液位保護機制，將高液位跳脫信號傳給 ESD，一般來說排放氣液分離槽被設計成能適用所有操作溫度之形式，故無設置相關的溫度控制或保護裝置。

排放系統應持續使用氮氣進行吹除，氮氣之流量藉由球型閥調節並由流量傳送器監控；應注意排放氣體之流速則可藉由超音波式流量計量測，排放塔釋放到大氣中整體流速則可用流速傳送器量測。此外，藉由流量累計器(flow totalizers)量測釋放到大氣中的總流量。因應異常事件(如：排放時發生雷擊等)意外著火，排放塔應配置二氧化碳滅火組(Carbon Dioxide Snuffing Package)，二氧化碳的注入將於排放塔之排氣出口

7.2.7 輸出氣體管線(Export Gas Pipeline)

高壓氣體輸出管線將再氣化後的天然氣從碼頭上的高壓卸料臂輸送到陸上的 LNG 接收站，高壓天然氣管線最小長度約為 1.2 公里，與陸上 LNG 接收站的卸料管線和蒸發氣回流管線相似，高壓輸氣管線會在氣化器後與天然氣管連接，並通過陸上的天然氣輸氣管線將天然氣輸送到大潭火力發電廠，依據 CPC 三階可行性評估^{/33/}輸出氣體流量為 900-2000 噸/小時，陸上 LNG 接收站的氣化器所需壓力為 56.25~58.42 kg/cm²；實際陸上碼頭接點上的壓力 58.42 kg/cm²，天然氣輸出管線的工作壓力約為 58.84 kg/cm²。

台灣陸上天然氣管線系統的設計、建造、試俾和運行，需按照國家和國際標準執行，下表 7-7 為陸上天然氣管線典型的國際規範和標準：

表 7-7：陸上天然氣管線可採用之國際規範與標準

Typical Code and Standards for Onshore Gas Pipeline	
API Spec 5L	API 5L Specification for Line Pipe
API Spec 6D	Specification for Pipeline Valves
API RP 1102	Steel Pipelines Crossing Railroads and Highways
API RP 1110	Pressure Testing of Steel Pipelines for the Transportation of Gas, Petroleum Gas, Hazardous Liquids, Highly Volatile Liquids or Carbon Dioxide
API Std 1104	Welding of Pipelines and Related Facilities
ASME B31.8	Gas Transmission and Distribution Piping Systems
ASME B16.5	Pipe Flanges and Flanged Fittings (NPS 1/2 through NPS 24)
ASME B16.9	Factory-Made Wrought Butt-welding Fittings
ASTM A694	Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Forgings for Pipe Flanges, Fittings, Valves, and Parts for High-Pressure Transmission Service
ISO 13623	Petroleum and Natural Gas Industries - Pipeline Transportation Systems
ISO 13847	Petroleum and Natural Gas Industries - Pipeline Transportation Systems - Welding of Pipelines
ISO 14313	Petroleum and Natural Gas Industries - Pipeline Transportation Systems - Pipeline Valves
ISO 15589-1	Petroleum, Natural Gas industries - CP of pipeline systems (onshore)
ISO 15590-1	Petroleum and Natural Gas Industries - Induction Bends, Fittings and Flanges for Pipeline Transportation Systems - Part 1: Induction Bends
ISO 15590-3	Petroleum and Natural Gas Industries - Induction Bends, Fittings and Flanges for Pipeline Transportation Systems - Part 3: Flanges
ISO 10893-11	Non-destructive Testing of Steel Tubes - Part 11: Automated Ultrasonic Testing of the Weld Seam of Welded Steel Tubes for the Detection of Longitudinal and/or Transverse Imperfections
ISO 3183	Petroleum and Natural Gas Industries - Steel Pipe for Pipeline Transportation Systems
ALA 2001	Guidelines for the Design of Buried Steel Pipe
Typical Code and Standards for Valves	
API 6D	Specification for Pipeline and Piping Valves
ASME B16.34	Valves - Flanged, Threaded and Welding End
API 602	Gate, Globe, and Check Valves for Sizes DN 100 (NPS 4) and Smaller for the Petroleum and Natural Gas Industries
API 609	Butterfly Valves: Double-flanged, Lug- and Wafer-type
NORSOK L-001	Piping and valves
ISO 28921-1:2013	Industrial valves — Isolating valves for low-temperature applications — Part 1: Design, manufacturing and production testing
MSS SP-55-2011	Quality Standard for Steel Castings for Valves, Flanges and Fittings and Other Piping Components - Visual Method for Evaluation of Surface Irregularities
EN 12516-2:2014	Industrial valves - Shell design strength - Part 2: Calculation method for steel valve shells
EN ISO 10497	Testing of valves - Fire type-testing requirements
API 607	Fire Test for Quarter-turn Valves and Valves Equipped with Nonmetallic Seats
API 6FA	Standard for Fire Test of Valves
BS EN 12266	Industrial valves. Testing of valves. Tests, test procedures and acceptance criteria. Supplementary requirements
API 598	Valve Inspection and Testing
EN 14141:2013	Valves for natural gas transportation in pipelines - Performance requirements and tests
Typical Code and Standards for Cryogenic Valves	
EN12567	Industrial Valves - Isolating Valves for LNG Specification for suitability and approval verification test
EN1626	Cryogenic Vessels, valves for cryogenic service
EN12300	Cryogenic vessels, cleanliness for cryogenic service
BS 6364	Valves for cryogenic service

7.2.8 後勤補給需求分析(Logistical Requirement)

A. 船員

陸上接收站工作人員通常為本地招聘的培訓人員或者是橫向招聘，但招聘相關業務人員需要時間，倘若 FSRU 為租賃的話，FSRU 營運商會配備專門的技術人員。

對於一般操作人員需符合當地法規，FSRU 通常要求相關人數在 25~34 人之間，主要包含甲乙級船員和 FSRU 上氣化站操作人員，船員需要具備經驗與相關知識並且遵守船級社和船旗國的人員要求。

FSRU 的人員大約為 25-34 人，每天 FSRU 甲級人員最少由以下 12 名組成：

- a). 船長；
- b). 大副；
- c). 二副；
- d). 三副(2 員)；
- e). 輪機長；
- f). 貨運工程師；
- g). 二管輪；
- h). 三管輪；
- i). 電機工程師。

Höegh LNG 甲級船員標準工作期間為 10 週（10 週工作，10 週休假），乙級船員通常為 2 至 9 個月工作，2 至 9 個月為休假，通常租用的 FSRU 上的船員來自全球各地，Höegh LNG 的船員同樣來自世界各地，但其船員並不透過第三方進行招募作業，均為自家所屬船員。

在擁有 FSRU 而非租賃 FSRU 的情況下，於當地僱用船員並進行相關作業培訓是可行的，但會增加營運風險，因此不建議這類做法。

對於繫泊管理方面，不需要單獨的船員甲板部分的船員也可以進行繫泊作業。

船員管理具體注意事項包括：

- a). 維持後勤船員：通常有一個完整的後備船員（因應休假和其他事項；對於租用的 FSRU 而言，屬於船東或營運商的責任）
- b). 船員留任：人員培訓和能力方面需符合 SIGTTO 人員矩陣要求；
- c). 安排人員調動和出入境檢查；

- d). 安排過境船員住宿服務：LNG 進口站點和碼頭安全處的進出安排；
- e). 陸上休假安排。

B. 船上責任

FSRU 船長負責 FSRU 船上所有的安全性，並且有權作單方面做決定以確保 FSRU 及其船員的安全。

船長負責 FSRU 船舶並排的氣體裝載和卸料所有安全事項，並製定一套標準程序，標準程序需涵蓋以下：

- a). 船舶到達前，碼頭進出和繫泊前檢查；
- b). LNG 輸送前的檢查；
- c). LNG 船到 FSRU 管線連接檢查、緊急停機和通信系統檢查；
- d). LNG 輸送操作檢查；
- e). LNG 輸送前的會議和相關資訊交流；
- f). 惰性氣體軟管和 LNG 輸送管線（用於低溫軟管輸送）的吹除檢查；
- g). 緊急停機測試和相關庫存量檢查；
- h). LNG 輸送和蒸發氣回送管檢查；
- i). LNG 輸送軟管排放和吹除惰化
- j). 蒸氣軟管的吹除惰化
- k). 輸送軟管斷開連接；
- l). 船舶並排、解纜繩作業和出港前檢查。

C. 陸上責任

岸上端的責任取決於合約要求，CPC 通常從氣體卸料臂開始負責到氣體管線以及卸料平台上的設施。負責的設備主要取決於接收站實際採用的模型。陸上人員及職責包括：

- a). 船舶技術總監：屬於陸上管理人員，負責並確保所有程序均遵守國際安全管理、船級社規範及海事保險，另外還需要負責 FSRU 預算及計劃的調查、維修、貯材和進入船塢等
- b). 陸上安全維護人員：依據 ISM 要求須派陸上安全維護人員。
- c). 船員部門：負責船員的輪替和休假安排、船員出差和住宿等相關培訓記錄保存。

D. 補給

FSRU 補給品（如燃油、淡水等等）通常由陸上提供，除非陸上或碼頭進行了改建或不可用，才透過補給船。補給品將會由 FSRU 營運商供給，頻率則視需求而定。

E. 電力

一般而言 FSRU 操作所需電力由船上自行發電供應。

F. 廢棄物處理處置

- a). 廢油水：需要集中在廢油水槽中傳送至陸上統一處理，依據船舶污染防治國際公約(The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL)規定，即使船舶靠港停泊時也不得將艙底廢水排出舷外。
- b). 固體廢棄物：存儲在大型廢棄物袋中以便安全卸到陸上處理。
- c). 食物垃圾（如廢棄食品）：存儲在冷藏空間/冷凍室中，同樣也需運送至陸上處理；廢棄物需由合格的承包商負責處理回收，頻率則視需求而定，通常每14到30天一次；除以上項目外，拖船和港口服務通常由承租人自行負責。

FSRU 必須滿足桃園觀塘工業港的所有廢水排放規定和條件，但不限於以下內容：

- a). 非危險廢棄物
- b). 危險廢棄品
- c). 廢水
- d). 廢氣排放

本專案已執行進行高階環境影響評估，對於租用船舶而言，FSRU 船東需要提供船舶設計數據和操作條件並根據港口的相關規定準備相關作業文件。

G. 壓艙水管理

FSRU 上的壓艙水處理系統(Ballast Water Treatment System, BWTS)應符合 IMO 壓艙水管理公約中的要求，壓艙水處理系統主要包括兩個步驟：過濾和消毒。

每艘 FSRU 壓艙水處理系統會有所不同，但在一般情況下，會使用船上發電設備電解槽中氯化鈉中產生次氯酸鈉消毒劑來處理所有進入壓艙櫃的壓艙水。

H. 污水處理

FSRU 通常將配備污水處理設備

8 結論與建議

本計畫為滿足 CPC 第三接收站尚未完成前，以及達到 2022 年初能如期供應大潭火力發電廠天然氣的目標，研擬導入 FSRU 作為短期天然氣供應之技術可行性評估。本計畫評估研擬分析結果指出 FSRU 導入於觀塘工業專用港為一可行的方案；然而觀塘專用港僅受限於冬季風浪較大，以及 FSRU 營運初期外廓防波堤工程尚未完成，增加 LNG 船與 FSRU 靠泊之風險性，根據工作說明書將規劃於下一階段進行操船模擬來進一步了解，並提出建議方案。另 FSRU 僅規劃為短期營運且時程較短暫，新建船隻或從目前市場上尋找船隻進行改造都有緩不濟急的風險，CPC 若僅考量要短期承租，此投資選擇較不符合整體經濟效益，針對 FSRU 技術可行性評估案提出總結及建議如下：

8.1 總結

1. 海氣象(詳細參考本報告第二章所示)

由於觀塘港並未建立該區域風、坡、浪長期調查資料。參考近年來觀塘港周遭調查資訊，摘要如下：一整年平均風速為約 6.7 m/s，屬於疾風(高於 13.8M/sec 風速)，約佔全年 1%且大部分集中於冬季和春季；平均潮位差約 2.9 公尺；平均海流流速約 1 節；全年平均波高約為 1.03 公尺，平均週期約 4.7 秒，全年主波向以北向為主，其中冬季(12 月~2 月)平均波高約為 1.62 公尺，平均週期約 4.5 秒。

2. 法規面(詳細參考本報告第 2.2 及 2.3 節所示)

- 2.1. 針對船員的勞動條件與福利，可參考我國現行「船員法」執行。
- 2.2. FSRU 船員出入管理，觀塘工業專用港應可參考台灣中油股份有限公司天然氣事業部所制定之「永安 LNG 廠門禁管理要點」。
- 2.3. 根據國際船舶安全構造公約，海上作業與所有設計同樣受到各類法規監管，設計人員在船舶設計專案中習慣採用國際海事組織(International maritime organization, IMO)及國際海上人命安全公約(The International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS)法規。

3. 市場分析(詳細參考本報告第三章所示)

- 3.1. 自 2005 年第一個 FSRU 專案起，截至 2020 年 9 月 FSRU 船艦總數已發展到 40 艘，還有幾艘正在建造或進行規畫中。FSRU 主要關鍵技術資料包括儲槽容量、再氣化能力、儲槽尺寸、吃水深與船舶噸位等。
- 3.2. FSRU 專案與陸上接收站相比具有許多優勢，包括減少陸上陸地空間、縮短部署時間、降低資本性成本支出與更彈性的部署、以及建造時程較短的優勢。
- 3.3. FSRU 市場上除了新建外，其餘大多由現有的 LNG 船依業主需求改造成 FSRU。且 FSRU 需求量存在愈來愈大的趨勢。

3.4. 受限於觀塘專用港之腹地，本案以 LNG 船與 FSRU 並排配置規劃，當前並排方式除了大幅降低基礎設施成本與土地使用量，對於一些 LNG 運營商而言並排卸載方式大多為首要選擇。

3.5. 一般而言，與岸上接收站相比，FSRU 具有以下缺點，如：容易受到運動和海況的影響、可作業性與可靠性較低、儲槽緩衝區容量較小，OPEX 較高，設計壽命較短等。

4. 商業模式(詳細參考本報告第六章所示)

4.1. FSRU 典型的期程需求：

- 新建 – 通常在訂購後約 30-36 個月完成。
- 改裝 – 工期取決於修改程度，但通常在船隻採購後約 18 個月並通知完成。目前 Membrane 型 LNG 船為改裝的首選，因為此類型船舶提供可安裝 LNG 再氣化設備提供較為平坦的甲板空間。
- 現有船隻的租賃（包括正在建造的）—— 一旦任何現有的短期 LNG 船租船合約到期或是正在建造但並未分配的船舶交付，通常在訂購後約 12 個月內可完成，依 CPC 供氣時效性的要求，FSRU 租賃方式應較適合本案需求。

4.2. FSRU 商業模式一般可分為整合模式(Integrated Model)、商戶模式(Merchant Model)或設備利用者模式(Tolling Model)等三種類型；基於 CPC 條件下，「整合模式」最適合 CPC 業務發展需求，分析詳如表 6-5 所示。

4.3. 當前，新建 FSRU 單價大致上比 LNG 船價格來的更高，主要是因為 FSRU 使用的設備較 LNG 船來的更多，主要增加氣化系統設備等，本報告中比較不同此尺寸的單價；149,000 m³、170,000 m³、263,000 m³ 等級的 FSRU 單價(Km³)大約分別為 170~180 萬美金、150~170 萬美金與 115~130 萬美金；但價格可能隨市場需求而有所變動。

4.4. 當前，FSRU 有部分改造自既有 LNG 船，改造價格取決於 LNG 船型、船齡、以及業者對氣化設備的要求等，基本上價格變動較大，一般會以船齡大於 10 年比較符合經濟效益；詳見本報告 6.2.3。

4.5. FSRU 經營成本 (OPEX) 年大約為 22-25 M USD；詳見本報告 6.3。經營成本會較新建之 FSRU 成本高一些。

4.6. FSRU 市場租船費率需要考量多種變數，難以精確的決定市場上租賃 FSRU 價格；市場上價格日租金約介於 11 至 15.5 萬美元間。一般情況下，租船市場包括船東、租船人和經紀人，合約安排型式有三種，分別為航次租船合約(Voyage charter)，定期租船合約(Time charter)和空船租船合約(Bare boat charter)。

4.7. 其他有關本案於 FSRU 設置之商業模型分析，總結於本報告 6.7。

5. FSRU 可作業性(詳細參考本報告第四章所示)

5.1. 颱風影響分析結果 可以發現：每年颱風的數量將影響可作業性，每一個颱風對於可作業性影響約 2-3%左右(假設影響天數 7-10 天)。

5.2. 分析結果顯示在無颱風影響下，本案 FSRU 具有很高的可作業性，在此時間區間下，2.5MTPA 和 0.83MTPA 分析成果分別為 96%、98%，皆為高可作業性。

5.3. 為達到 CPC 天然氣需求量的要求，年度 LNG 船需求數量，如：使用 216,000 m³ 的 LNG 船來滿足 2.5MTPA 的 LNG 進口量至少需要 28 批裝運，而對於 135,000 m³ 的 LNGC，則需要至少 44 批裝運。

5.4. 較大等級的 FSRU 與較小等級 LNG 船的典型的營運組合，可以具有靈活應對惡劣天氣影響營運的能力，這樣的組合提供最高的可作業性。FSRU 與碼頭連接未超出繫泊限制，其可作業性提高主要由於 LNG 船停靠時的遮蔽風速影響，允許可作業天候可提高的優勢。

6. FSRU 環境影響(詳細參考本報告第五章所示)

6.1. FSRU 除了海水排放和空氣污染物排放，在未來設計中，需考量減少對環境污染的方案；其他如噪音及振動、路上交通、廢棄物、及生態影響等皆遠比陸上天然氣接收站少。整體而言，FSRU 對環境影響是可被接受的。

7. 操作面(詳細參考本報告第七章所示)

7.1. 於 FSRU 初期防波堤工程未完成前，風、潮流將影響 FSRU 進港以及 LNG 船靠泊的困難度及風險；將藉由真時操船模擬了解潛在的風險。

7.2. FSRU 在保存 LNG 模式下，由於部分熱量會洩漏到 FSRU 儲槽中，會有少量的 LNG 持續蒸發(一般而言每天最多蒸發量為 LNG 存量的 0.1%-0.15%)。保存 LNG 模式下處理蒸發氣之設備為 BOG (Boil-off Gas, BOG)，這和陸上氣化站原理是相同的。

7.3. IGC 規範^{/53/}中規定獨立 LNG 儲槽的最大設計蒸氣壓達到 0.7 barg (0.714 kg/cm²)，為儲槽提供了設計基礎；對於薄膜式儲槽而言，IGC 的規定一般不應超過 0.25 barg (0.255 kg/cm²)，倘若可同時考量船體尺寸增加並且適當地考慮支撐絕熱層的強度，則 IGC 規範中對薄膜式儲槽設計蒸氣壓可以增加到 0.7 barg (0.714 kg/cm²)基準。與 0.25 barg (0.255 kg/cm²)的設計基準相比，0.7 barg (0.714 kg/cm²)液態貨艙設計壓力的 FSRU 可提高其處理蒸發氣的靈活性。

7.4. FSRU 上的主要處理設備一般包含：

- LNG 低溫軟管；控制臺和分佈控制系統：

- 甲板上主要設備通常包括：蒸發氣反送臂/軟管、LNG 儲槽、安裝於儲槽內沉浸式 LNG 泵浦(一級泵浦)、吸氣鼓/冷凝器、高壓 LNG 加壓泵、LNG 氣化器、氣體量測計量系統、蒸發氣處理系統(如：BOG 壓縮機)、海水系統、流體介質系統(如果船上有配置，如：丙烷或液態乙二醇系統)、排氣系統、緊急發電、機具設備與儀表空氣系統、氮氣儲存和氣化裝置、消防設備。
- 碼頭上主要處理設備通常包括：高壓天然氣卸料臂、高壓天然氣輸出管道、PIG 發射器(如果需要)、消防系統、公用系統。

7.5. LNG 船儲槽的 LNG 可以由固定在 FSRU 上的低溫軟管或離岸固定式卸料臂(或稱為硬式連接臂 Hard arms)輸送至浮式接收站(FSRU)。CPC 觀塘工業港 FSRU 採用低溫軟管輸送較適合；整理如本報告 7.2 所示。

7.6. LNG 船和 FSRU 靠泊時典型風速限制為 20~25 節(約 10~12.5 m/s)，貨物輸送和卸料臂斷開連結的風速限制為 28~30 節(14~15 m/s)。

7.7. 根據《國際船舶載運散裝液化氣體構造與設備規範 IGC》^{/53/}，每個液貨艙(cargo tank)應設有指示液位、壓力和溫度的裝置；且至少兩套。

7.8. 對於一般操作人員需符合當地法規，FSRU 通常要求相關人數在 25~34 人之間，主要包含甲乙級船員和 FSRU 上氣化站操作人員，船員需要具備經驗與相關知識並且遵守船級社和船旗國的人員要求。

8.2 建議

- A. 因應桃園觀塘港臨時 FSRU 一案，在正常情況下，FSRU 不會離泊，而是透過 LNG 船提供的 LNG 轉移輸送到 FSRU 的儲槽中，本案建議使用低溫軟管進行輸送，因為此技術可和大部分 LNG 船兼容。
- B. 考量於桃園觀塘港因應短期氣化需求一案來建造一艘新的 FSRU，在商業價值上並不可行，建議本案可尋找正在建設中的 FSRU 或市場尚未分配的 FSRU，透過專業經理公司承租。
- C. 受限於桃園觀塘港腹地以及 FSRU 為短期供氣替代方案，可行性研究僅考慮了 FSRU-LNG 船並排繫泊方式 (Ship to ship, STS)，其中值得注意的是以並排方式可降低基礎設施成本與土地使用量。
- D. 從 2000 年到 2019 年，本案周遭全年平均海水溫度都在 14°C 以上，建議可以考慮採用開迴路系統，但於某些月份（12 月至 3 月），海水溫度可能降至 11.5°C，在此期間 FSRU 之再氣化建議使用配備為閉迴路模式之殼管式熱交換器，CPC 可考慮採用閉迴路模式或是組合模式，若再氣化線配備 PCHE，則觀塘港 FSRU 全年均可以開迴路操作。
- E. 為確保 FSRU 和 LNG 船操作安全性，建議觀塘港未來建立安全保護區和海事管制區的範圍。可明訂不允許其餘船隻航行進入此區域，來降低船隻可能碰撞的風險。
- F. 未來 FSRU 細部設計階段，根據 OTG18/29/，建議加入 STS (Ship to Ship)，針對繫泊系統應進行動態分析，分析時應考量風、海流，其中包括淺水效應、波浪或湧浪和潮汐等作用力效應。並對特定的繫泊配置進行細部分析，包括纜繩、繫船柱、碰墊和繫船平台於極端環境、操作過程與材料疲勞情況下結構能力的評估。
- G. 與其他船舶級相比 LNG 船和 FSRU 受風影響較大，PIANC 提出風速影響 LNG 船時的運行條件建議，但實際上許多 LNG 港口風速限制可能不同，通常會較建議更加嚴格，一般的停泊風速限制為 20~25 節（即約 10~12.5 m / s），貨物卸載和卸收臂解開連結風速限制為 28~30 節（即 14~15 m / s）。
- H. 建議繫泊操作參數或標準包含：

設計使用壽命、容許環境條件、容許纜繩張力、解纜標準、檢查與報廢標準（如：容許腐蝕與各類型設備退化；構建構件潛變、纜繩扭結、紫外線/化學/溫度造成的退化）、製造商制定之報廢標準、鄰近船舶通行要求等。
- I. 在緊急情況或惡劣環境條件下，繫泊系統需要快速解纜使船舶可快速斷開與岸上陸上設施連接，同時得以輕易更換繫泊纜繩。SIGTTO 建議所有繫泊點使用快速解纜鉤，且單個解纜鉤上不得連接多條繫泊纜繩。同時建議以接收站操作室的中央數值讀取器

監視繫泊纜線張力和船隻偏移，有助於確保纜線張力保持良好平衡控制於安全範圍內。

- J. 在環境影響上：若選用海水做為 LNG 氣化，海水排放溫度差異的影響，建議未來應執行相關調查及分析以確保其排放符合《放流水標準》之相關規範(如海水溫差等)。以確保並不應使環境不會產生負面效應。若採用大於 216,000 m³ 之 FSRU，則相關浚挖工程之影響應被另外詳細調查及分析。
- K. 考量 FSRU 使用時間的急迫性，承租為較適合 CPC 現行的方案，建議 CPC 可選擇合適船舶經紀人以便提前進行市場和 FSRU 營運商研究，然後再簽訂 FSRU 租賃合約(包含提出規格需求、合約模式以及談判相關事宜等)；事先檢視現有可供 5 年時間租賃的 FSRU，但仍建議以超過 10 年合約之經濟效益較高，未來 FSRU 可支援其他陸上接收站的設計。
- L. 於 FSRU 初期防波堤工程未完成前，風、波浪、潮流將影響 FSRU 進港以及 LNG 船靠泊的困難度及風險。於本案真時操船模擬，將會提出相關建議方案以供 CPC 做決策。
- M. LNG 船輸送到 FSRU 或 FSRU 天然氣輸出時，存在可能天然氣洩漏的風險，建議未來於 FSRU 選型後，應進行定量風險評估(QRA)；QRA 應包括 LNG 卸料，FSRU(正常操作)和 NG 輸送的失效情況；以為未來操作時危險區域分類、火災與氣體探測系統、消防系統、緊急應變計畫等建置的參考依據。
- N. 針對 CPC 桃園觀塘工業港 LNG 船和 FSRU，建議應制定緊急程序來確保氣體輸送期間的安全性，並至少考慮到以下項目：發出警報的程序、緊急情況下終止操作、緊急遮斷氣體傳輸線路、應急發動機程序、繫泊設備、緊急停機系統等。
- O. 建議 CPC 於 FSRU 運營階段須執行 HAZOP 評估分析，HAZOP 研究評估後、可能會需要修改 FSRU 低溫管線、閥門、洩壓、安全系統、控制系統等，才得以讓 LNG 同時流向再氣化機組和低壓液體歧管更安全的操作，同時建立標準作業程序以及訓練機組人員進行相關作業。

9 參考資料

- /1/ 交通部運輸研究所(2017),「2017 年港灣環境資訊網海氣象觀測資料年報」,交通部運輸研究所,台北市。
- /2/ 交通部運輸研究所(2018),「2018 年港灣環境資訊網海氣象觀測資料年報」,交通部運輸研究所,台北市。
- /3/ 船員法,交通部,民國 103 年 12 月 24 日
- /4/ 勞動基準法,勞動部,民國 109 年 06 月 10 日
- /5/ 海岸巡防機關執行臺灣地區商港及工業專用港安全檢查作業規定,海洋委員會海巡署,民國 109 年 04 月 13 日
- /6/ 商港港務管理規則,交通部,民國 107 年 11 月 22 日
- /7/ 非本國籍工作船申請停泊國際商港以外之其他港灣口岸作業要點,交通部,民國 108 年 08 月 02 日
- /8/ 勞工保險條例,勞動部,民國 104 年 07 月 01 日
- /9/ 全民健康保險法,衛生福利部,民國 109 年 01 月 15 日
- /10/ 船舶法,交通部,民國 107 年 11 月 28 日
- /11/ 船舶檢查規則,交通部,民國 109 年 03 月 10 日
- /12/ 船舶設備規則,交通部,民國 108 年 08 月 14 日
- /13/ 船舶艙區劃分規則,交通部,民國 101 年 01 月 16 日
- /14/ 船舶載重線勘劃規則,交通部,民國 108 年 08 月 21 日
- /15/ 船舶丈量規則,交通部,民國 100 年 08 月 26 日
- /16/ 船舶防火構造規則,交通部,民國 107 年 01 月 09 日
- /17/ 產業創新條例,經濟部,民國 108 年 07 月 24 日
- /18/ 工業專用港或工業專用碼頭規劃興建經營管理辦法,經濟部,民國 104 年 08 月 13 日
- /19/ Organization, I. M. (1993). *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk: IGC Code*, IMO.
- /20/ Organization, I. M. (1999). *SOLAS: International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974 : Resolutions of the 1997 SOLAS Conference Relating to Bulk Carrier Safety*, International Maritime Organization.
- /21/ IACS (2014). "Classification Societies- their key role," IACS.
- /22/ "Excelerate Energy website," <<https://excelerateenergy.com/fsru-technology/>>.
- /23/ "基隆每月海水平均溫度,"
<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/C/MMC_STAT/sta_sea.html>.
- /24/ IGU (2019). "World LNG Report," IGU, Spain.
- /25/ GIIGNL (2020). "GIIGNL Annual Report," GIIGNL, France.

- /26/ Forum, O. C. I. M., Staff, O. C. I. M. F. (2018). *Mooring Equipment Guidelines: (MEG4)*, Witherby.
- /27/ Marine Accident Investigation Branch (2017). "Report on the investigation of the failure of a mooring line on board the LNG carrier Zarga," Marine Accident Investigation Branch, Southampton, United Kingdom.
- /28/ "1897-2014 年侵台颱風路徑分類統計,"
<http://www.tyroom.url.tw/typhoon/statistics/tai_03.htm>.
- /29/ DNVGL-OTG-18, GUIDANCE FOR LONG-TERM NEARSHORE MOORING, January, 2019
- /30/ "Quick release mooring hooks," <<https://www.fendercare.com/marine-products/marine-hooks/quick-release-mooring-hooks/>>.
- /31/ "Trelleborg Marine Systems product brochure "Fender Systems"," <<https://www.trelleborg.com/en/marine-and-infrastructure/resources/brochures>>.
- /32/ DNVGL-ST-F201:2020, Riser systems, January, 2020
- /33/ 泰興工程顧問股份有限公司(2019), 「第三座液化天然氣接收站迴避替代方案可行性研究報告」, 台灣中油股份有限公司。
- /34/ 環境影響評估法, 行政院環境保護署, 民國 92 年 01 月 08 日
- /35/ 經濟部工業局, 台灣中油股份有限公司(2017), 「桃園市觀塘工業區工業專用港環境影響說明書環境影響現況差異分析及對策檢討暨環境影響差異分析報告」。
- /36/ 經濟部工業局(2018), 「桃園市觀塘工業區工業專用港環境影響說明書」。
- /37/ 野生動物保育法, 行政院農業委員會, 民國 102 年 01 月 23 日
- /38/ 空氣污染防制法, 行政院環境保護署, 民國 107 年 08 月 01 日
- /39/ 水污染防治法, 行政院環境保護署, 民國 107 年 06 月 13 日
- /40/ 放流水標準, 行政院環境保護署, 民國 108 年 04 月 29 日
- /41/ Toledano, P., Maennling, N., Mitro, T., Botelho Tavares, F. (2018). *Manual for the Open LNG Regasification Model*.
- /42/ NAVIGANT (2016). "Implement an FSRU LNG import project," EUROPEAN GAS CONFERENCE.
- /43/ Clarksons Research (2020). "Shipping Intelligence Weekly," Clarksons Research.
- /44/ Drewry (2019). "Ship operating costs annual review and forecast 2018-2019 OPEX," Drewry.
- /45/ USAID (2013). "FSRU Tariffs Paper – Government of Pakistan," USAID Energy Policy Program.
- /46/ Songhurst, B. (2017). "The Outlook for Floating Storage and Regasification Units (FSRUs)," Oxford Institute for Energy Studies.
- /47/ APEC (2020). "Study on Optimal Use of Small-scale Shallow-draft LNG Carriers and FSRUs in the APEC Region," APEC.
- /48/ Gorton, L., Ihre, R., Sandevärn, A. (1999). *Shipbroking and Chartering Practice*, Lloyd's of London Press.

- /49/ Stopford, M. (2008). *Maritime Economics 3e*, Taylor & Francis.
- /50/ ISO 17776:2016, Petroleum and natural gas industries — Offshore production installations — Major accident hazard management during the design of new installations, December, 2016
- /51/ 中油公司整體風險衡量原則，台灣中油股份有限公司，民國 109 年 04 月 20 日
- /52/ Equipment, E., Association, M. U. (2009). *Guide to the Application of IEC 61511 to Safety Instrumented Systems in the UK Process Industries*, Engineering Equipment and Materials Users Association.
- /53/ Organization, I. M. (2016). *IGC Code: International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (2016 Edition)*, IMO.
- /54/ SIGTTO, E. (2009). "Arrangements and Linked Ship/Shore Systems for Liquefied Gas Carriers."
- /55/ ISO 28460:2010, Petroleum and natural gas industries — Installation and equipment for liquefied natural gas — Ship-to-shore interface and port operations, December, 2010
- /56/ CDI, I. (2013). "OCIMF & SIGTTO, Ship to Ship Transfer Guide, red," Edinburgh: Whithersby Publishing Group Ltd.
- /57/ EN, B. "1474—1 Installations and equipment for liquefied natural gas- Design and testing of marine transfer systems," 2008.
- /58/ "Excelerate in LNG ship-to-ship transfer milestone,"
<<https://www.offshore-energy.biz/excelerate-in-lng-ship-to-ship-transfer-milestone/>>.
- /59/ "TechnipFMC," <<https://www.technipfmc.com/>>.

APPENDIX A

For Reference Only

如果 FSRU 的 LNG 儲槽容量不足以存儲要從 LNGC 卸載的 LNG，則 LNGC 需要調動至其他地點並將其餘的 LNG 卸載到其他單獨的儲槽中，這樣的行為稱為部分充填。

部分充填的實際案例說明如下：

- FSRU 尺寸較 LNGC 尺寸來的更小
- 儘管 FSRU 中的儲槽容量大於 LNGC 中的儲槽大小，但若 FSRU 中儲槽已存儲了一定存量的 LNG，FSRU 中儲槽餘裕容量無法存儲來自 LNGC 的 LNG

部分充填具有以下兩點問題：

- 港口額外的 LNG 卸載花費
- LNGC 薄膜型(Membrane)儲槽晃蕩：LNG 的溫度約為攝氏負 160 度，低充填狀態會產生前進波也就是所謂的水躍，因此僅有部分裝載的船隻會表現出較高的動態載荷，因此必須非常仔細地檢查由於部分充填導致的晃動。LNG 獨特的特性，如：低溫、截留氣體可壓縮性、液體與容載系統間的流體動力交互作用，以及會挑戰船舶強度的動態材料特性，需要對關鍵區域進行額外的加固；這些區域為隔離系統、儲槽結構或用作為氣體裝卸連接的泵塔及其基礎支撐結構。

A.1 假設 LNG 儲槽餘裕空間為 30%情況之 FSRU 與 LNGC 條件組合分析如下表所示：

OK Mid NG :partial filling

FSRU	FSRU Filling (90%)	FSRU Filling (70%) for contingency	LNGC 135K Loading Limit (95%)	LNGC 177K Loading Limit (95%)	LNGC 216K Loading Limit (95%)	Remarks (Typical harbour cost)
135K(Moss) Converted	121.5K/54.7KTon	94.5K/42.5KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
145K(Moss) converted	130.5K/58.7KTon	101.5K/45.7KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
149K(Memb) NB	134.1K/60.4KTon	104.3K/46.9KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
150K(Memb) Converted	135K/60.7 KTon	105K/47.3KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
170K(Memb) Converted	153K/62K	119K/53.6KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
180K(Memb) NB	162K/72.9KTon	126K/56.7KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
216K(Memb) Converted	194.4K/87.5KTon	151.2K/68.0KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
260K(Memb) NB	234K/105.3KTon	182K/81.9KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
260K(Memb) Converted	234K/105.3KTon	182K/81.9KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit

A.2 假設 LNG 儲槽餘裕空間為 20%情況之 FSRU 與 LNGC 條件組合分析如下表所示

OK Mid NG :partial filling

FSRU	FSRU Filling (90%)	FSRU Filling (80%) for contingency	LNGC 135K Loading Limit (95%)	LNGC 177K Loading Limit (95%)	LNGC 216K Loading Limit (95%)	Remarks (Typical harbour cost)
135K(Moss) Converted	121.5K/54.7KTon	108K/48.6KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
145K(Moss) converted	130.5K/58.7KTon	116K/52.2KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
149K(Memb) NB	134.1K/60.4KTon	119.2K/53.6KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
150K(Memb) Converted	135K/60.75	120K/54KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
170K(Memb) Converted	153K/62K	136K/61.2KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
180K(Memb) NB	162K/72.9KTon	144K/64.8KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
216K(Memb) Converted	194.4K/87.5KTon	172.8K/77.8KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
260K(Memb) NB	234K/105.3KTon	208K/93.6KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit
260K(Memb) Converted	234K/105.3KTon	208K/93.6KTon	128K/58KTon	168K/76KTon	205K/92KTon	100-200KUSD /visit

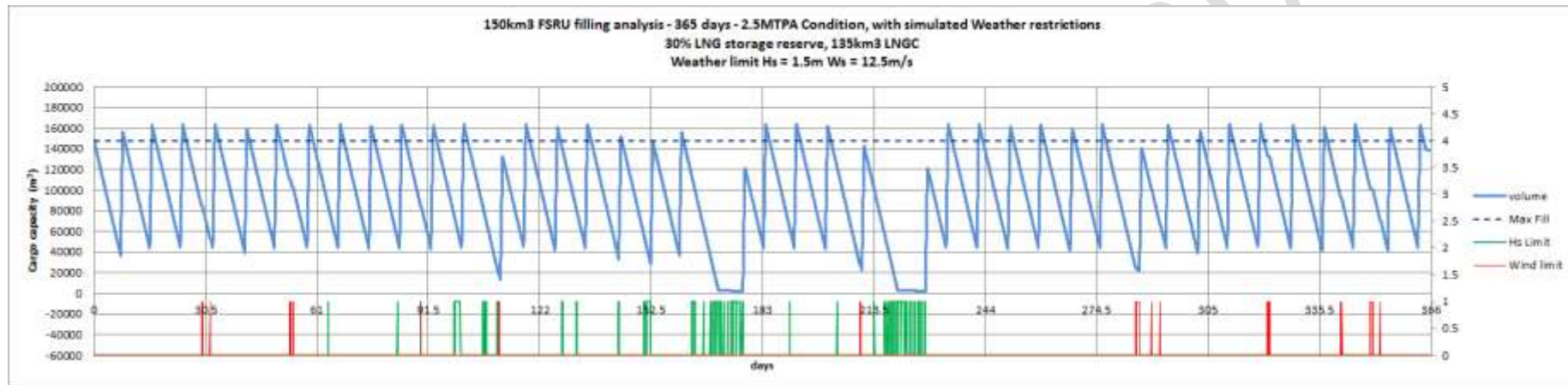


APPENDIX B

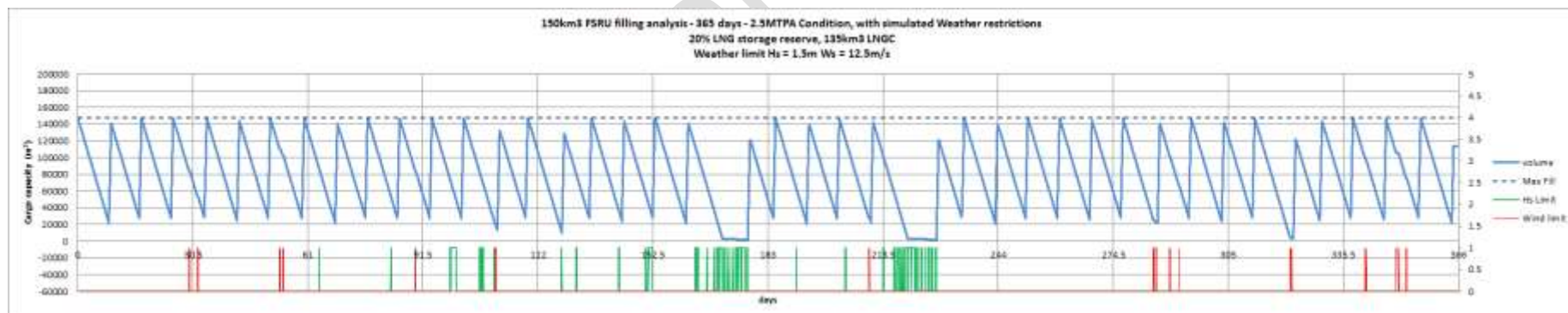
For Reference Only

B1 – Result charts for 2.5MTPA case

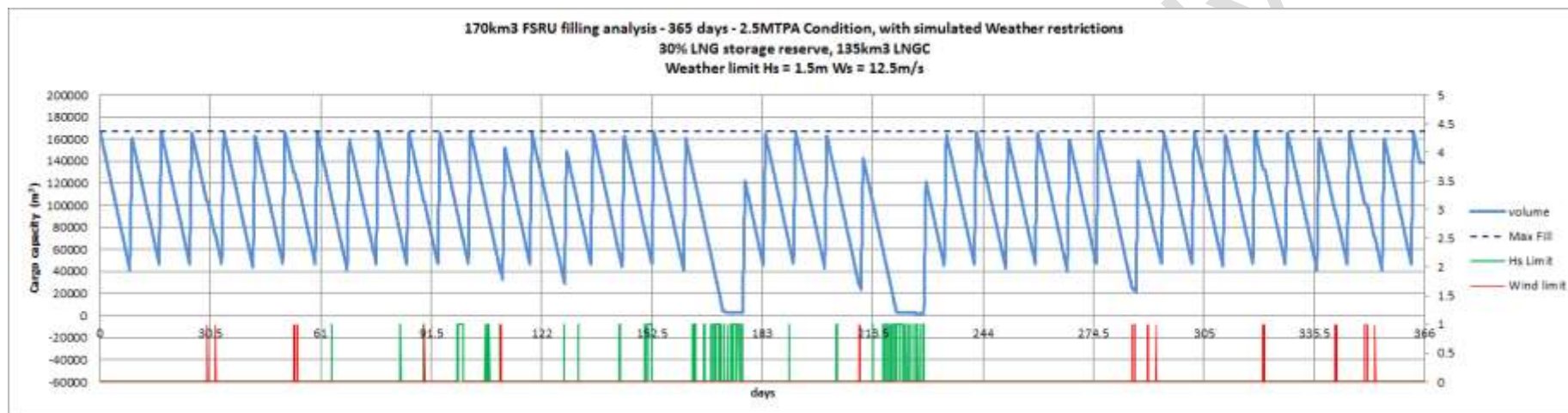
B1.1 - 150,000 m³ 2.5 MTPA FSRU with 30% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



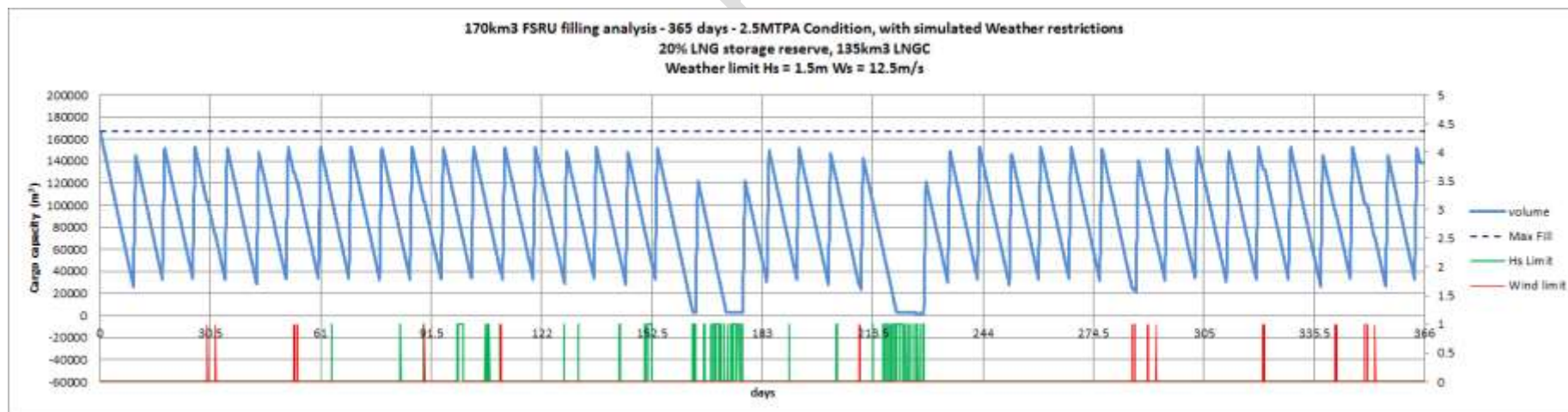
B1.2 - 150,000 m³ 2.5 MTPA FSRU with 20% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



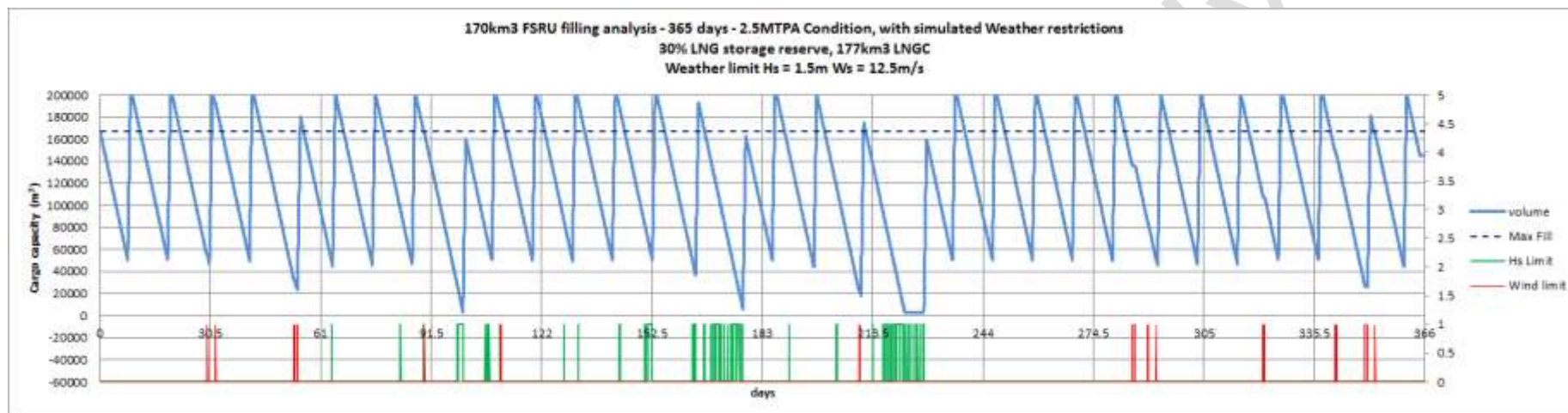
B1.3 - 170,000 m³ 2.5 MTPA FSRU with 30% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



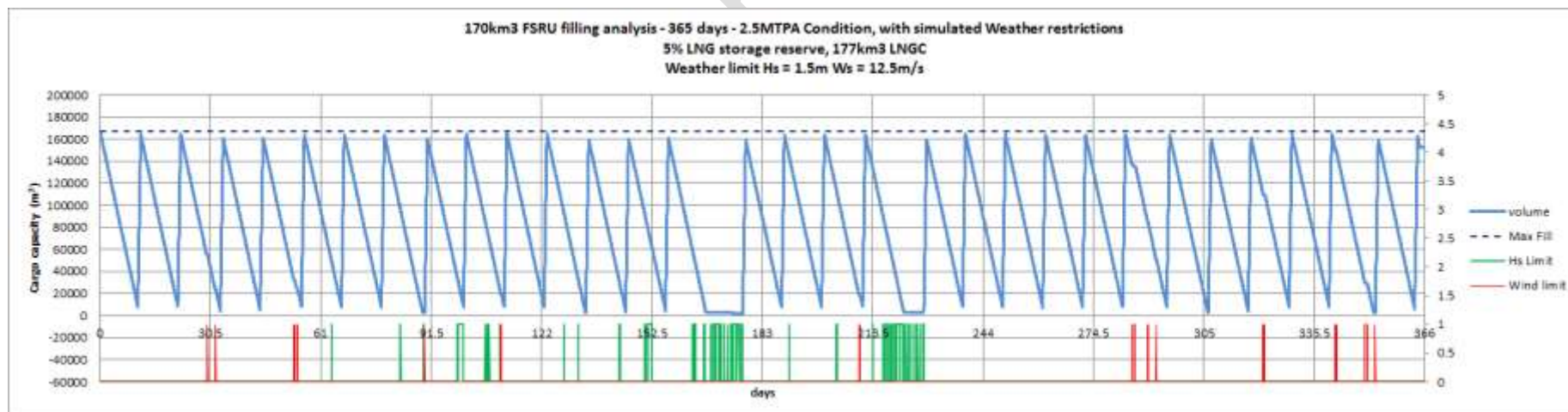
B1.4 - 170,000 m³ 2.5 MTPA FSRU with 20% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



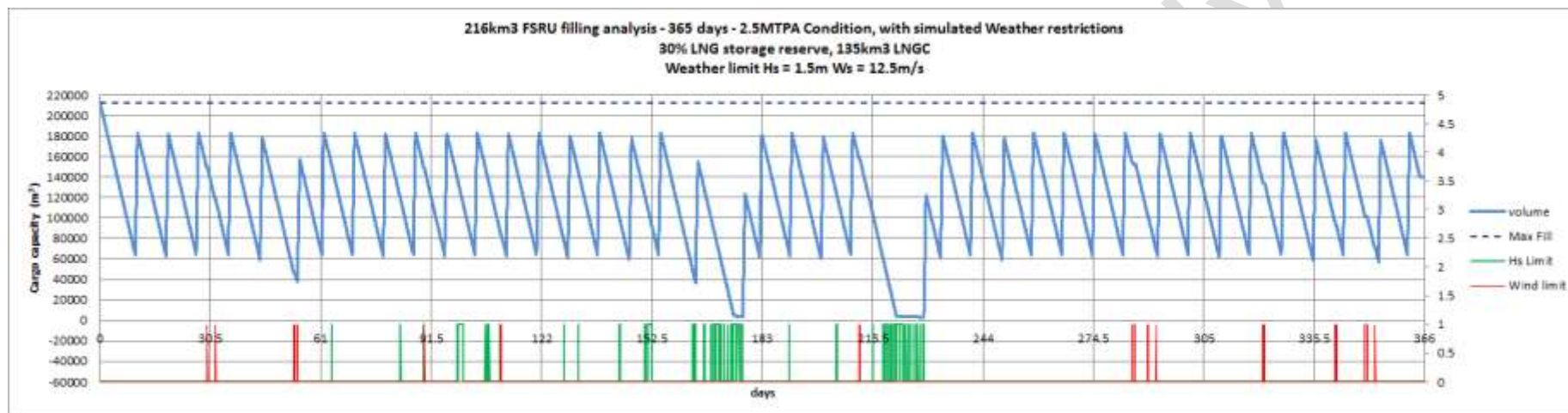
B1.5 - 170,000 m³ 2.5 MTPA FSRU with 30% LNG storage reserve, 177,000 m³ LNGC



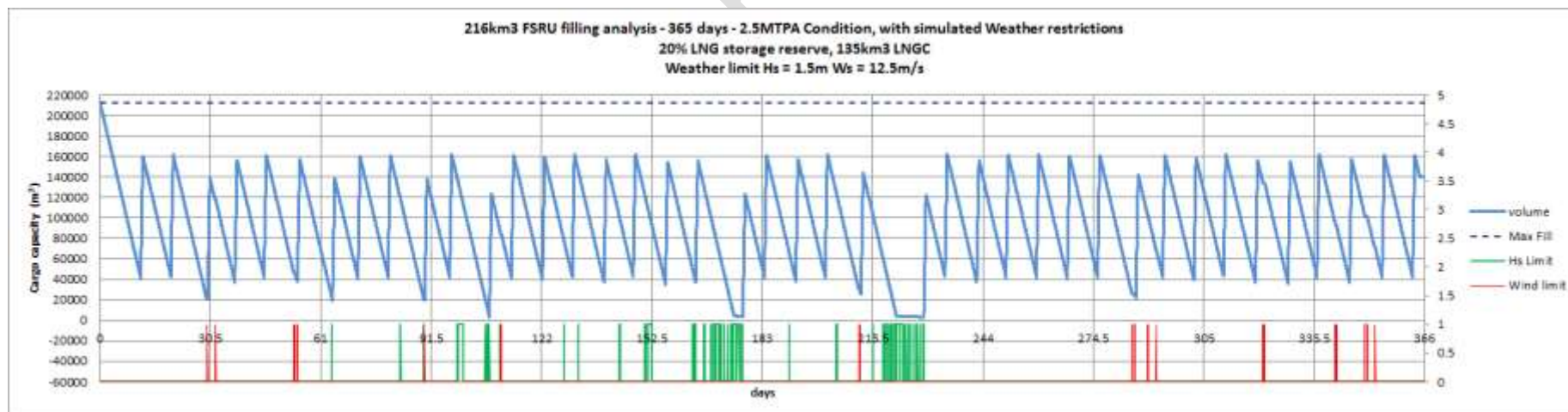
B1.6 - 170,000 m³ 2.5 MTPA FSRU with 5% LNG storage reserve, 177,000 m³ LNGC



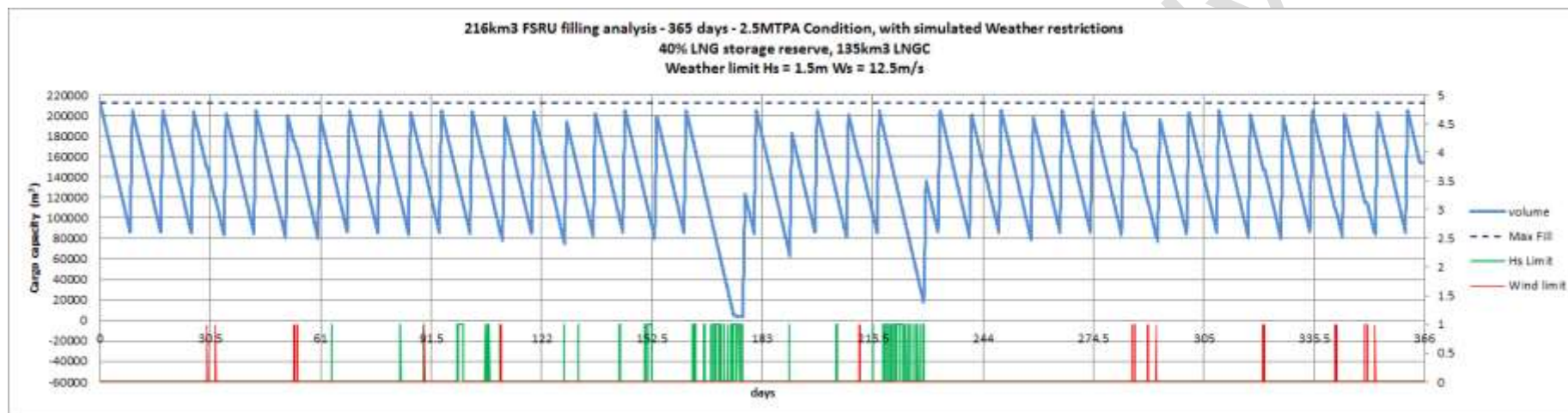
B1.7 - 216,000 m³ 2.5 MTPA FSRU with 30% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



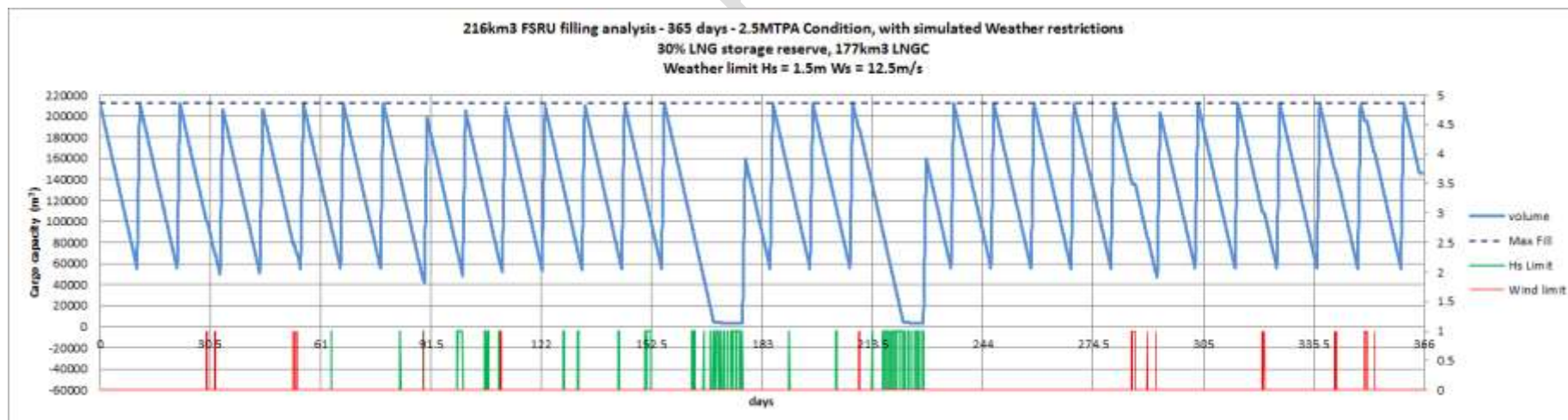
B1.8 - 216,000 m³ 2.5 MTPA FSRU with 20% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



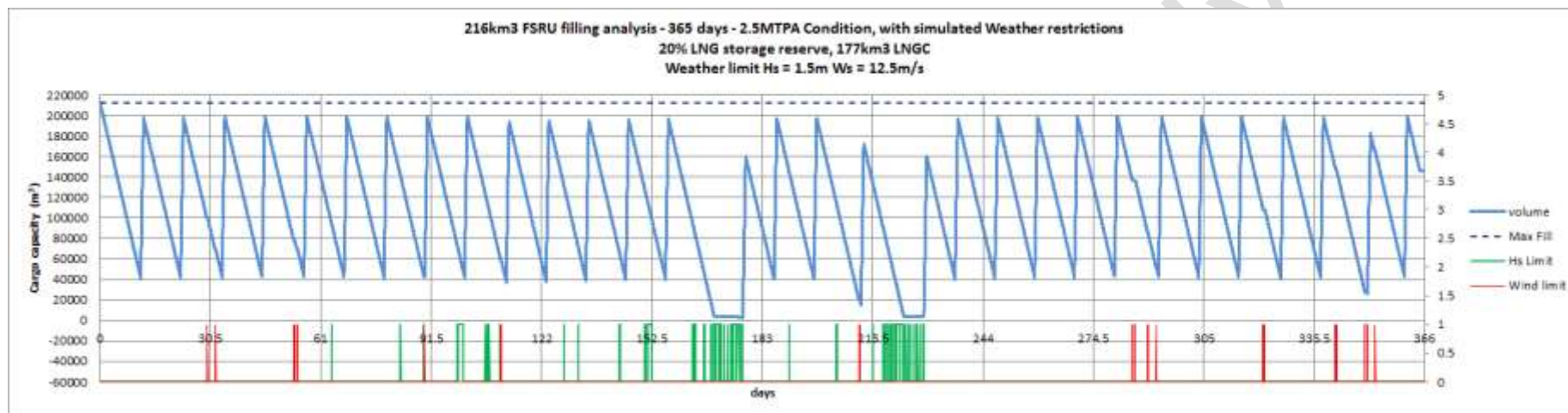
B1.9 - 216,000 m³ 2.5 MTPA FSRU with 40% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



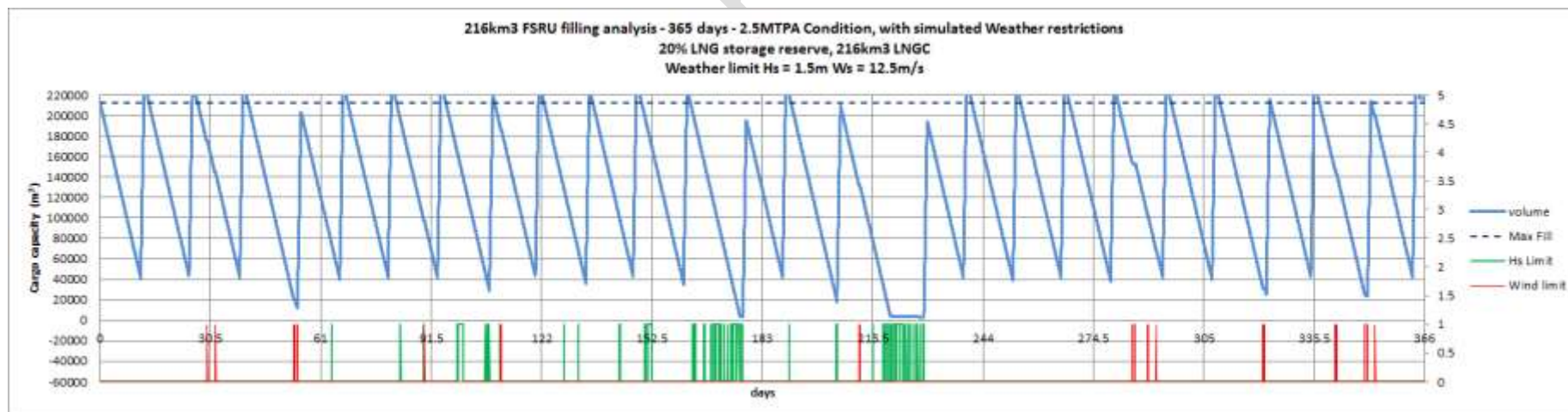
B1.10 - 216,000 m³ 2.5 MTPA FSRU with 30% LNG storage reserve, 177,000 m³ LNGC



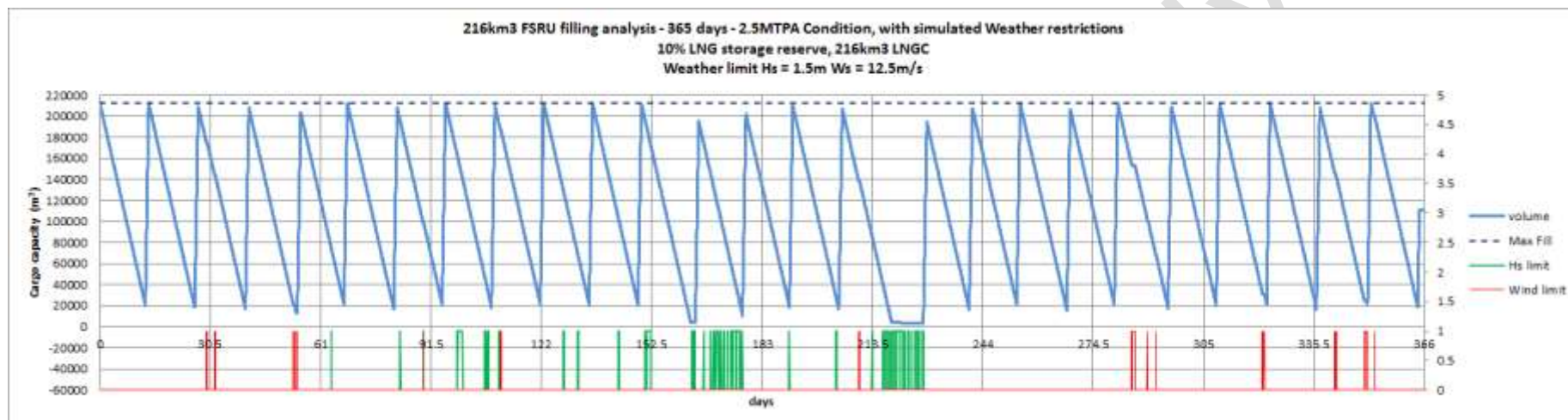
B1.11 - 216,000 m³ 2.5 MTPA FSRU with 20% LNG storage reserve, 177,000 m³ LNGC



B1.12 - 216,000 m³ 2.5 MTPA FSRU with 20% LNG storage reserve, 216,000 m³ LNGC

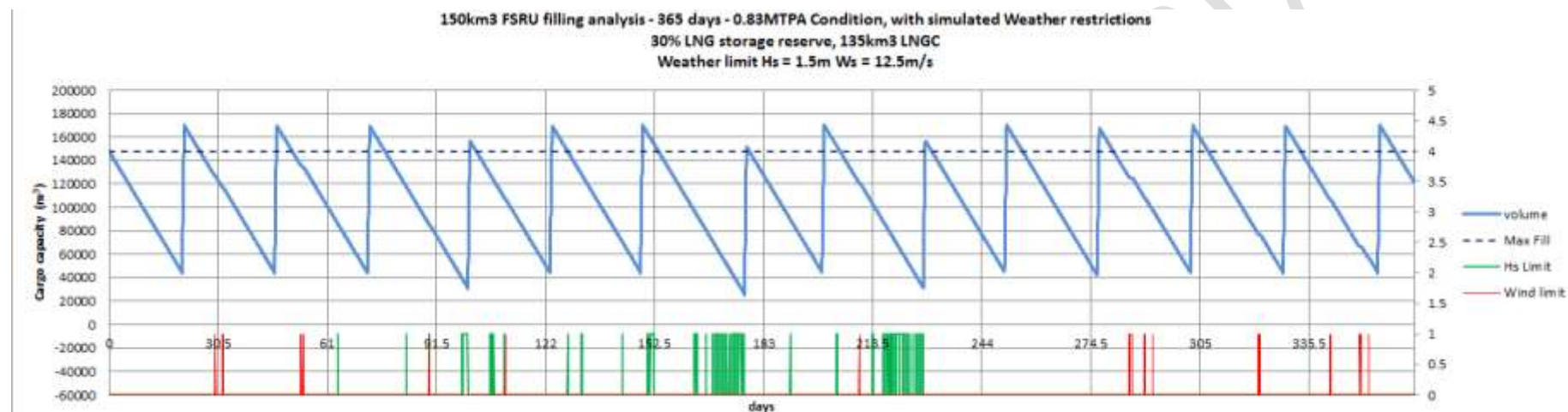


B1.13 - 216,000 m³ 2.5 MTPA FSRU with 10% LNG storage reserve, 216,000 m³ LNGC

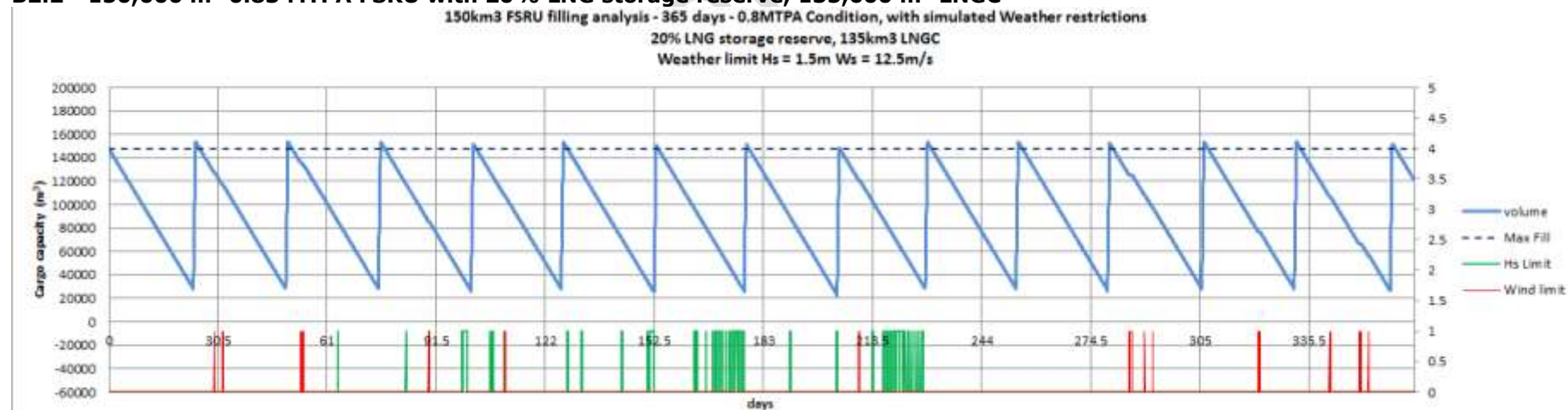


B2 – Result charts for 0.83 MTPA Case

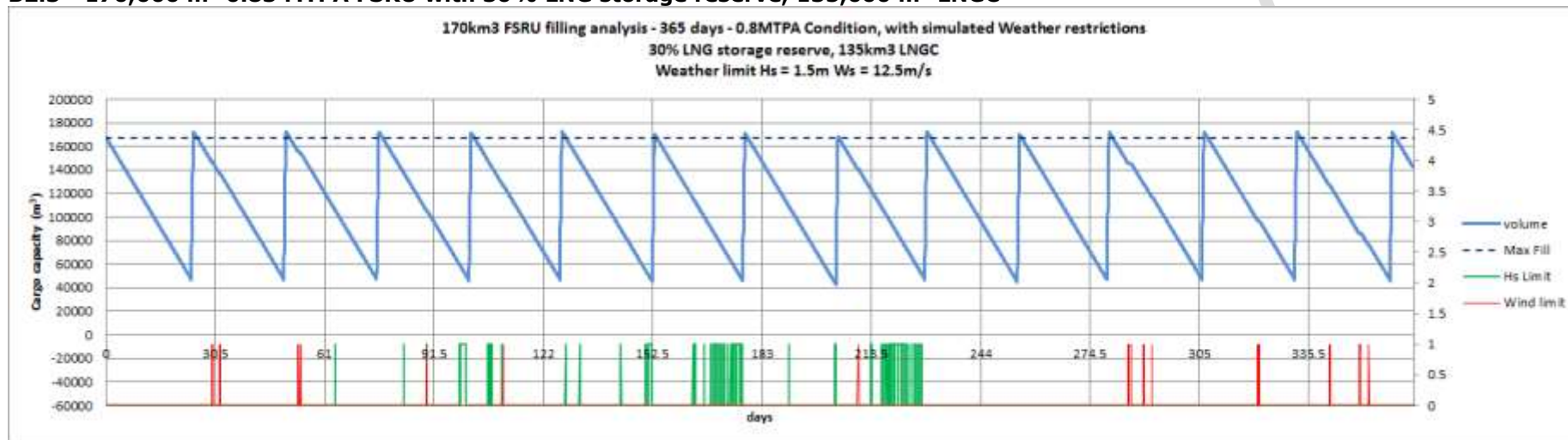
B2.1 - 150,000 m³ 0.83 MTPA FSRU with 30% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



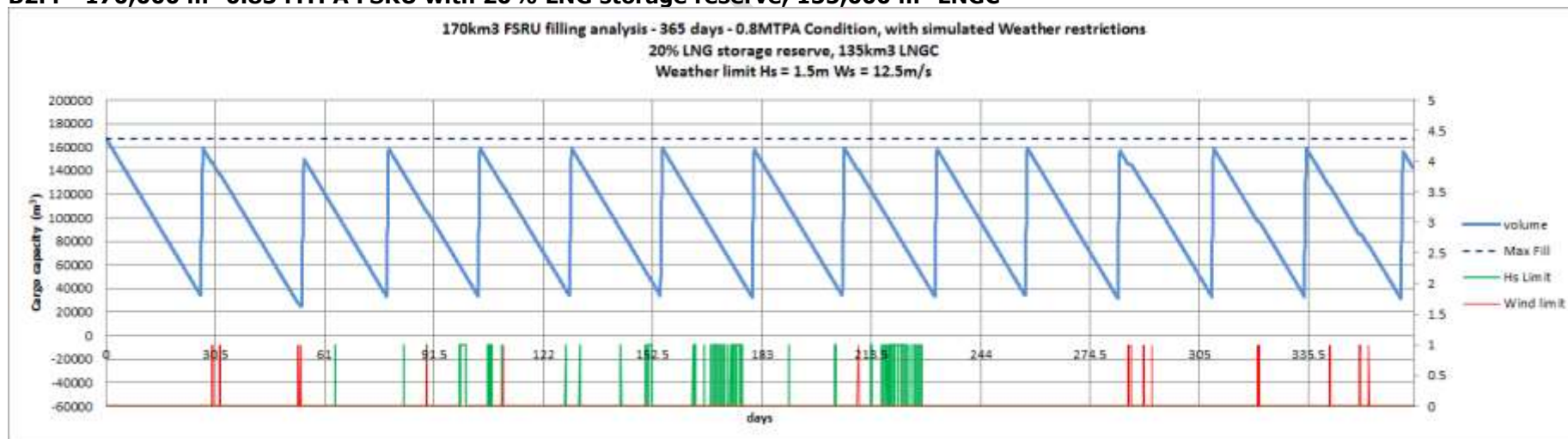
B2.2 - 150,000 m³ 0.83 MTPA FSRU with 20% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



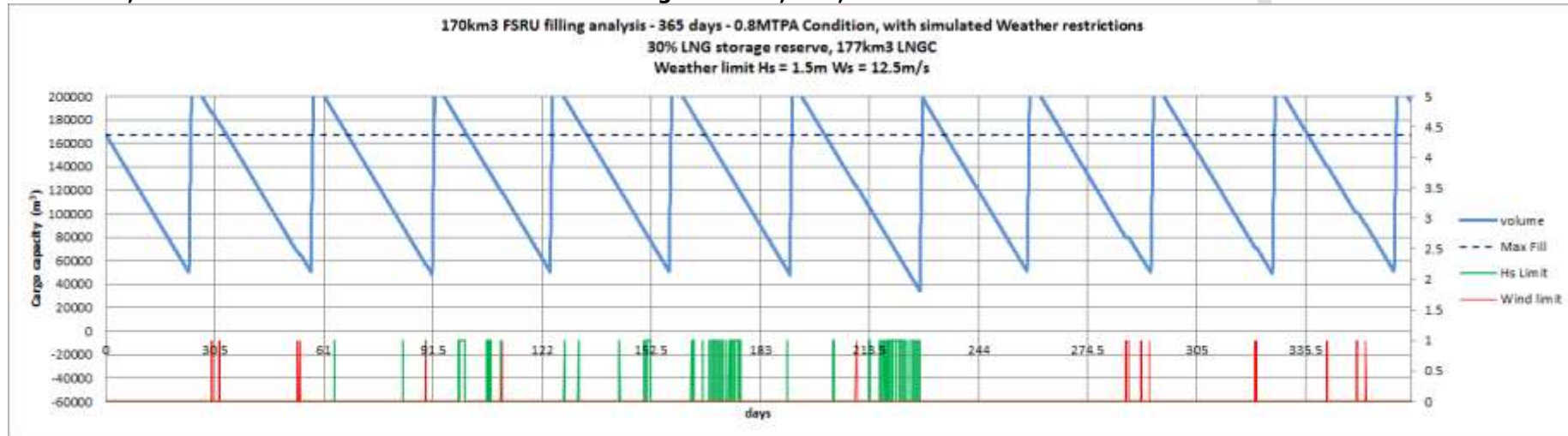
B2.3 - 170,000 m³ 0.83 MTPA FSRU with 30% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



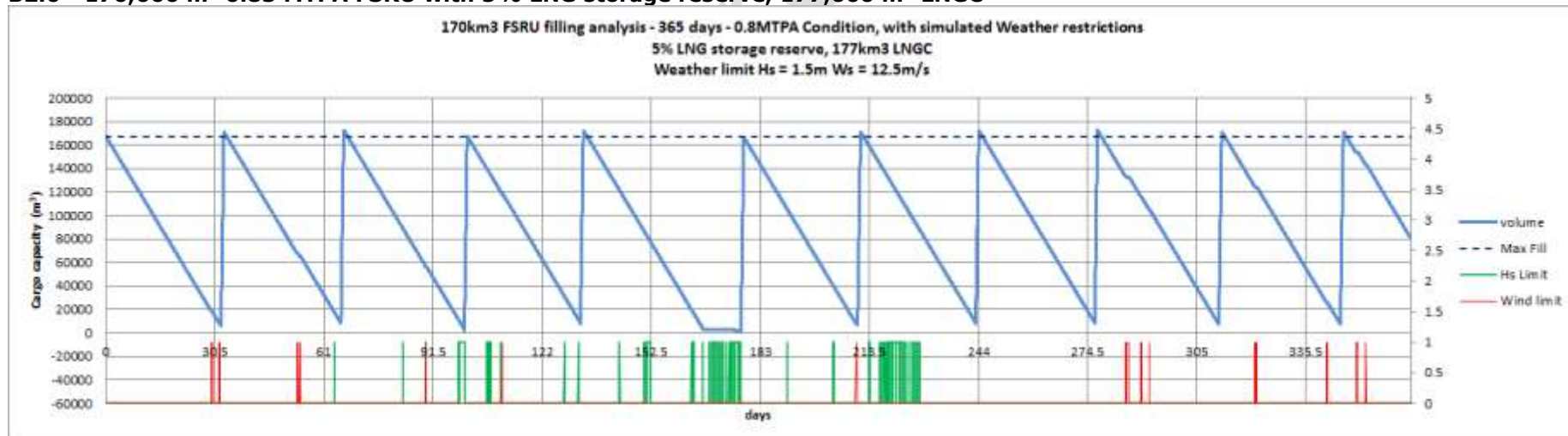
B2.4 - 170,000 m³ 0.83 MTPA FSRU with 20% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



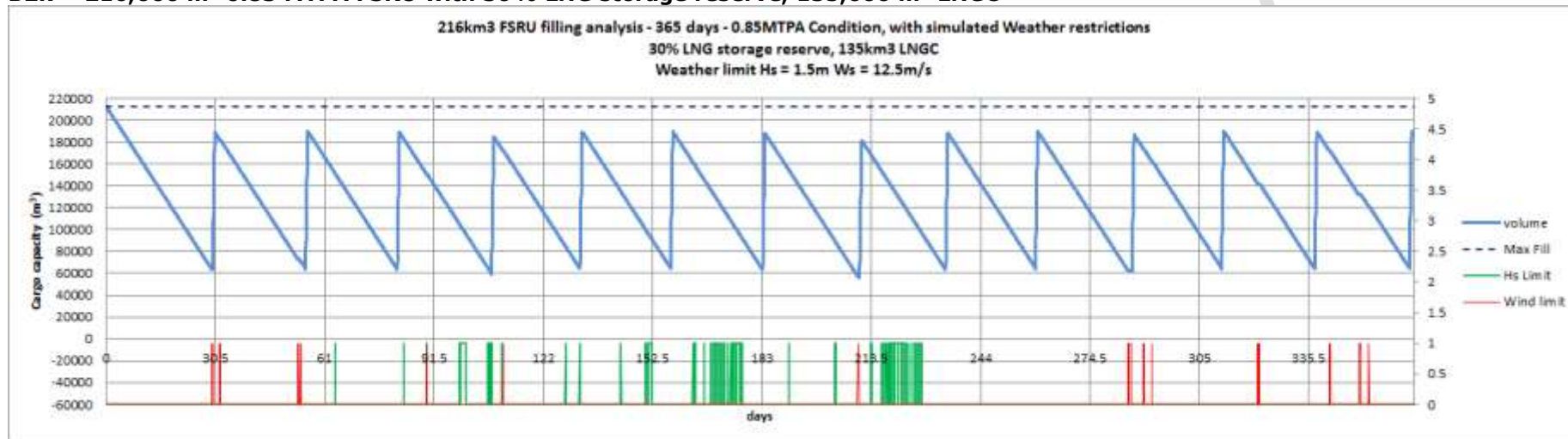
B2.5 - 170,000 m³ 0.83 MTPA FSRU with 30% LNG storage reserve, 177,000 m³ LNGC



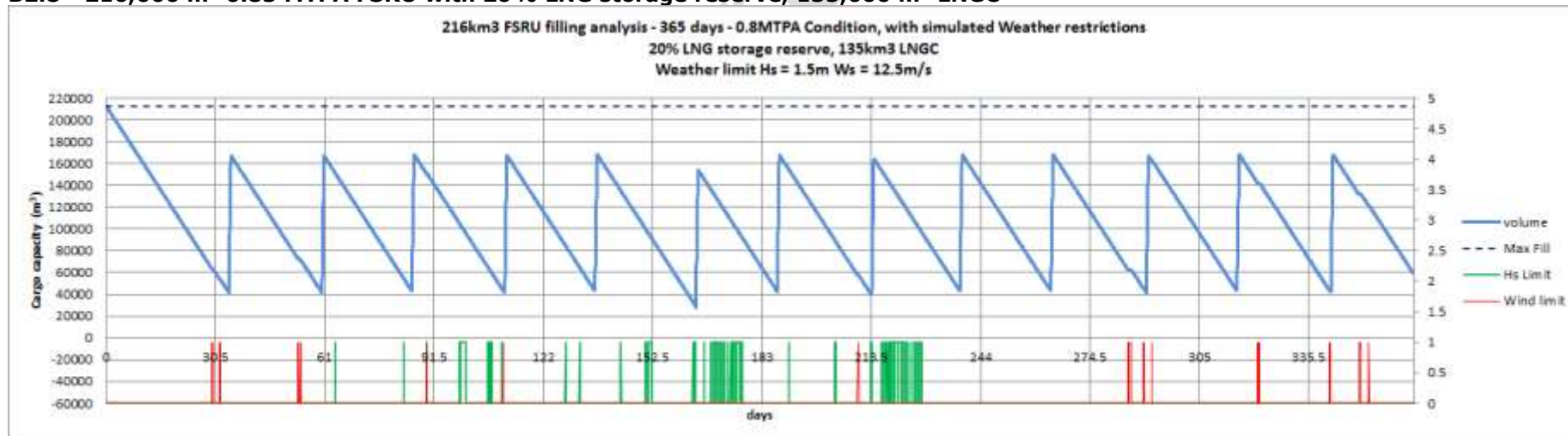
B2.6 - 170,000 m³ 0.83 MTPA FSRU with 5% LNG storage reserve, 177,000 m³ LNGC



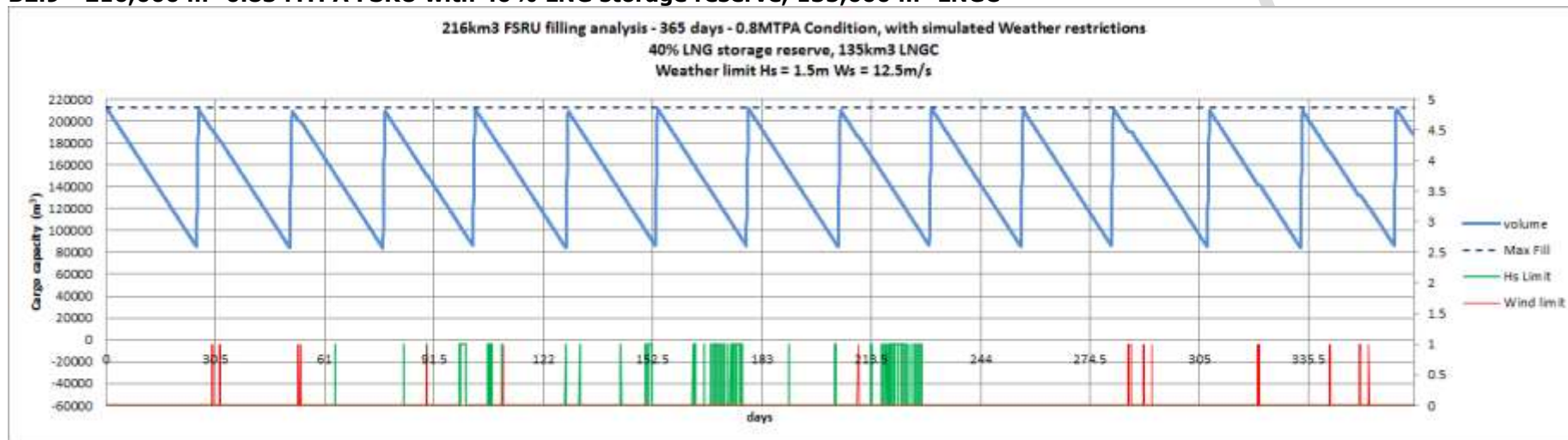
B2.7 - 216,000 m³ 0.83 MTPA FSRU with 30% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



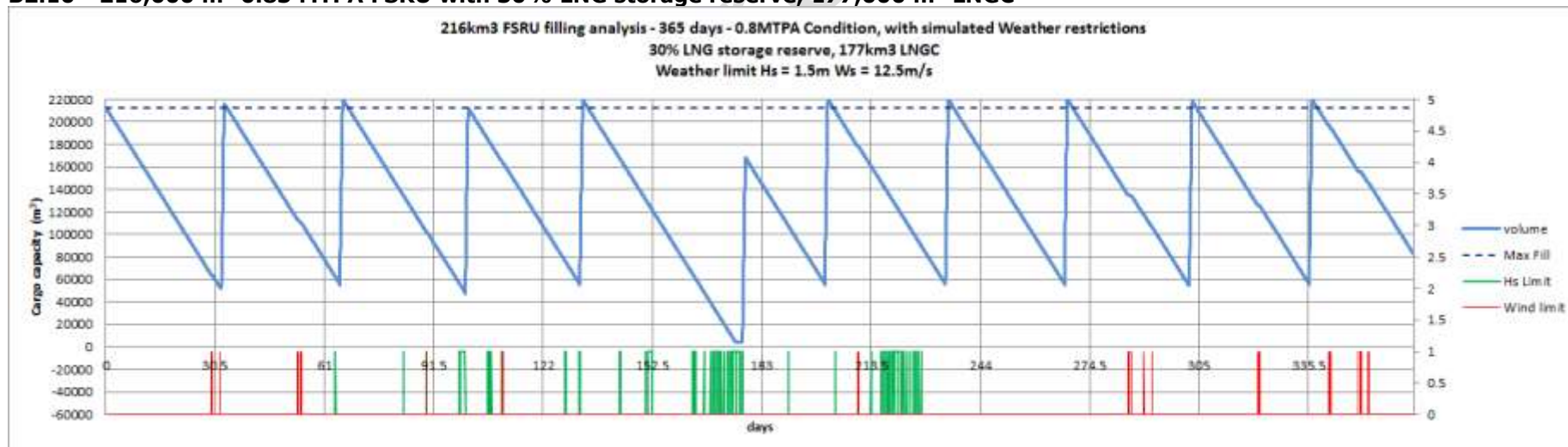
B2.8 - 216,000 m³ 0.83 MTPA FSRU with 20% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



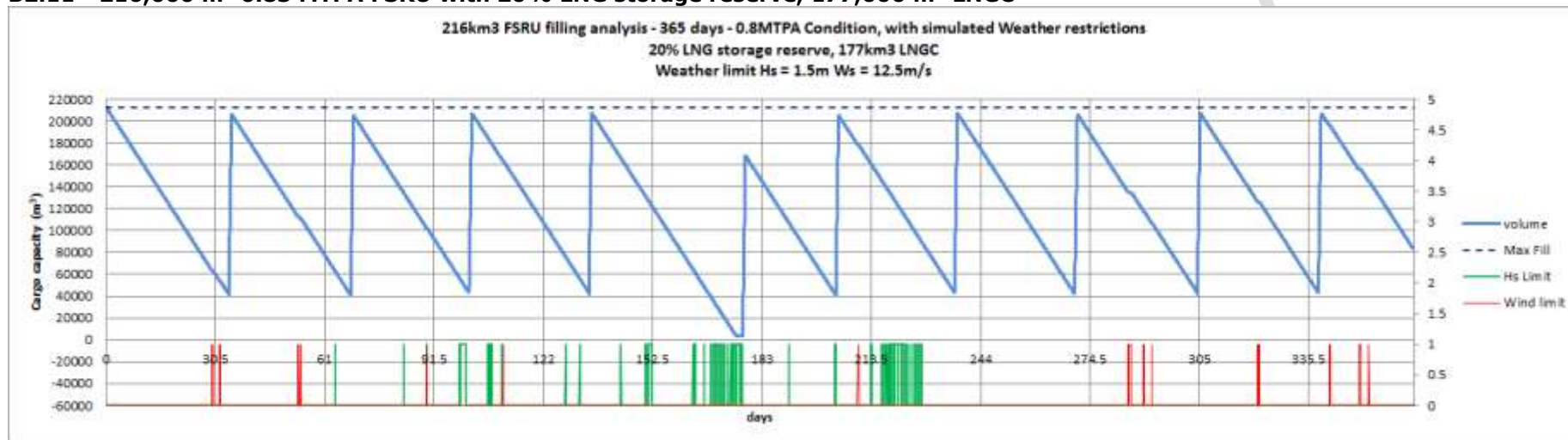
B2.9 - 216,000 m³ 0.83 MTPA FSRU with 40% LNG storage reserve, 135,000 m³ LNGC



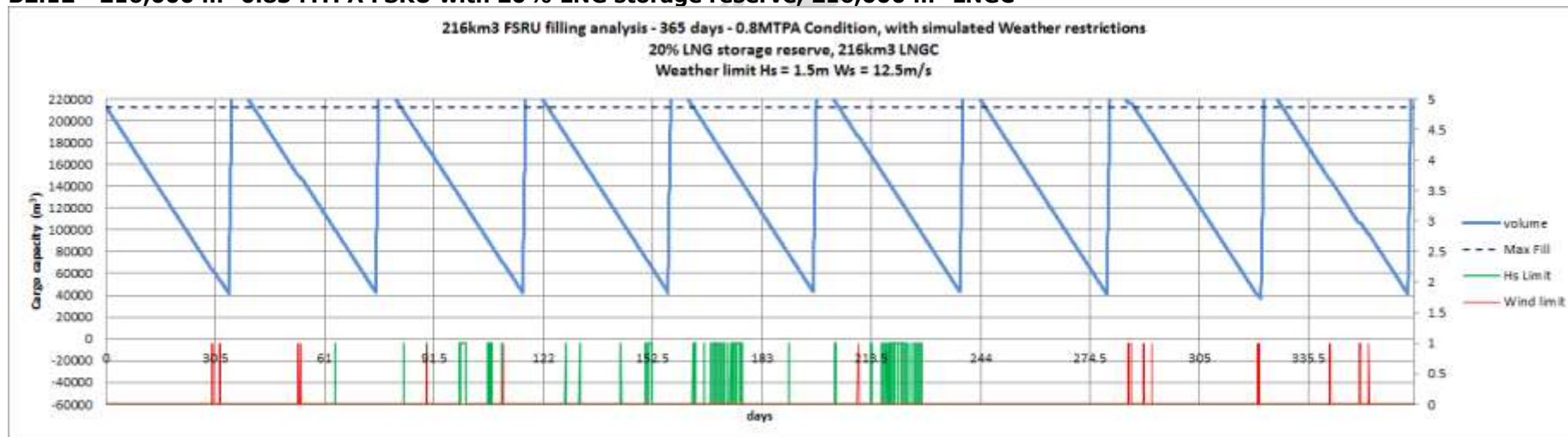
B2.10 - 216,000 m³ 0.83 MTPA FSRU with 30% LNG storage reserve, 177,000 m³ LNGC



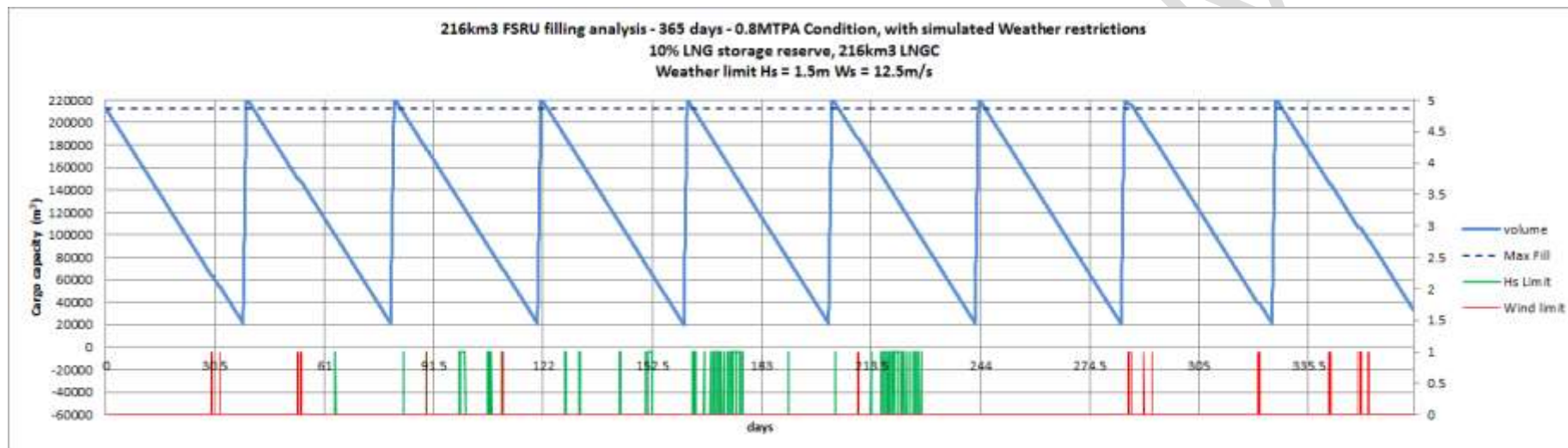
B2.11 - 216,000 m³ 0.83 MTPA FSRU with 20% LNG storage reserve, 177,000 m³ LNGC



B2.12 - 216,000 m³ 0.83 MTPA FSRU with 20% LNG storage reserve, 216,000 m³ LNGC



B2.13 - 216,000 m³ 0.83 MTPA FSRU with 10% LNG storage reserve, 177,000 m³ LNGC



B2.14 - Offloading operation time for FSRU with 20% reserve and 30% reserve storage

FSRU	FSRU 儲槽容量 (m ³)	(20% 保留存量)				(30% 保留存量)			
		20% 保存體積 (m ³)	卸料速率 (m ³ /h)	全速卸料時間 (hours)	總卸料時間 (hours)	30% 保存體積 (m ³)	卸料速率 (m ³ /h)	全速卸料時間 (hours)	總卸料時間 (hours)
135K(Moss) Converted	135,000	27,000	9,000	13.3	27.3	40,500	9,000	11.7	25.7
145K(Moss) converted	145,000	29,000	9,000	14.3	28.3	43,500	9,000	12.5	26.5
149K(Memb) NB	149,000	29,800	9,000	14.7	28.7	44,700	9,000	12.9	26.9
150K(Memb) Converted	150,000	30,000	9,000	14.8	28.8	45,000	9,000	12.9	26.9
170K(Memb) Converted	170,000	34,000	9,000	16.8	30.8	51,000	9,000	14.7	28.7
180K(Memb) NB	180,000	36,000	9,000	17.8	31.8	54,000	9,000	15.5	29.5
216K(Memb) Converted	216,000	43,200	9,000	21.3	35.3	64,800	9,000	18.6	32.6
260K(Memb) NB	260,000	52,000	9,000	25.6	39.6	78,000	9,000	22.4	36.4
260K(Memb) Converted	260,000	52,000	9,000	25.6	39.6	78,000	9,000	22.4	36.4

1. LNG 再氣化速度為 400 噸/小時 (889 立方米/小時的 LNG 將被送往再氣化裝置)。
2. 假設考量了領港上船、到達碼頭、繫泊設備、解纜離泊，LNGC 在航道中進出港口/碼頭共需要 6 個小時。
3. 假設卸料前後共需要 8 個小時，其中包括輪緣和安全檢查、LNG 卸料前會議、吹洗船上卸料管線和軟管、量測 FSRU 上 LNG 量、輪緣連接洩漏測試、緊急遮斷閥運行 (熱) 測試、冷卻、卸料-加速
4. 總卸料時間包括靠泊/繫泊/解纜/離泊，時間總計 6 小時，卸料前與卸料準備時間總計 8 小時。



APPENDIX C

For Reference Only

要點：1 FSRU 進港、繫泊與連接											
描述：船舶進港、繫泊與連接											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
1.1	FSRU 和陸上繫泊失效	繫泊失效	1) 繫泊絞盤誤操作 2) 繫泊纜繩材料缺陷/繫泊纜繩機械故障 3) 繫泊纜繩管理人為錯誤（如：潮汐作用）	1) FSRU 與碰墊/泊位的碰撞導致潛在的損壞，並可能造成密閉儲槽損壞 2) LNG 船或 FSRU 船體和碼頭基礎設施損壞	1) 領港程序與訓練有素人員（能力：包括以模擬器培訓和 FSRU 模擬） 2) 降低 FSRU 停泊天氣（風、潮流和潮汐）標準。 3) 港口主管機關交通管制 4) 風險評估（設計）船上風險評估、JHA (工作前危害評估, Job HAZID Assessment)、工具箱安全會議（船上） 5) 拖船工作會議，領港通信協議 6) 符合目的之拖船選擇 7) 特定繫泊計劃（包括：線路順序、陸上繫泊人員要求以及所需其他機組人員） 8) 拖船即時反應 9) 領港員（和船長）即時反應 10) 確保在 FSRU 繫泊作業期間，泊位附近無船隻移動	1) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 2) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 4) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助） 5) 防波堤完成可減少 FSRU 受潮流和波浪的影響 6) 繫泊中安全餘裕空間 7) 降低 FSRU 停泊天氣（風、潮流和潮汐）標準。 8) 提高拖船馬力或餘裕於較差天候條件下	3	2	M	1.1) FSRU 緊急應變計畫應包括相關的聯繫人與應變（如：港口管理局，緊急應變機構等）；FSRU 應與接收站整合緊急應變計畫 1.2) 防波堤工程建議於碼頭運營前完成或者需降低 FSRU 停泊天氣（風、潮流和潮汐）標準。	1.1
1.2	FSRU 和陸上繫泊失效	釋放儲存的能量	繫泊纜線機械故障	1) 傷害/致命（繫泊繩索突然反彈導致起火事件）	1) 充足的繫泊設備、檢查、測試和驗證 2) 領港留在船上 3) 領港（和船長）回應 4) FSRU 繫泊程序，包括工作會議和 JHA。 5) 彈性區域管理，包括物理障礙、標記，培訓 6) 快速解纜鉤（QRH）纜線張力測量與警報	1) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 2) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站或 FSRU 能支援船上機組人員 4) 防波堤完成可減少 LNG 受潮流和波浪的影響 5) 要求 LNG 船抵達速度限制	5	2	M		1.2

要點：1 FSRU 進港、繫泊與連接											
描述：		船舶進港、繫泊與連接									
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
1.3	支援船隻失效(拖船)	LNG 船或 FSRU 和碼頭之間的碰撞	人為疏失	1) FSRU 與碰墊/泊位的碰撞導致潛在的損壞，並可能造成密閉儲槽損壞 2) LNG 船或 FSRU 船體和碼頭基礎設施損壞	1) 繫泊並確保繫泊纜繩充分收緊 2) 人員能力和培訓 3) 由多個機組人員進行繫泊操作並檢查繫泊連接	1) 中止靠泊條件於相關程序書 2) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 3) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 接收站或 FSRU 能支援船上機組人員) 5) 防波堤完成可減少 LNG 受潮流和波浪的影響 6) FSRU 與 LNG 船間的碰墊	3	2	M		1.3
1.4	FSRU 接近碼頭	FSRU 和碼頭之間的碰撞	人為疏失	1) 對 FSRU 的潛在損害 2) 密閉性喪失，失火或爆炸的可能性 3) 潛在的人員傷亡	1) 拖船可靠性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船或 FSRU 所需拖船的數量至少為 4 艘 + 1 艘備用 2) 營運檢查和海事保險程序 3) 船舶移動計劃	1) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 2) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 4) FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態維持良好狀態 5) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	4	1	M	2.1) 確保操縱 FSRU 拖船有足夠動力和餘裕,尤其在較差天候條件下 2.2) FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態維持良好狀態	1.4

要點：1 FSRU 進港、繫泊與連接											
描述：船舶進港、繫泊與連接											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
1.5	警告時間	船舶碰撞	警告時間不足，船舶接近過程中通訊中斷	1) FSRU 與碰墊/泊位的碰撞導致潛在的損壞，並可能造成密閉儲槽損壞 2) LNG 船或 FSRU 船體和碼頭基礎設施損壞 3) 潛在的人員傷亡 4) 環境汙染 5) 可能失去氣密性	1) 運行之前對設備進行測試 2) 拖曳前程序 3) 領港程序與訓練有素人員（能力：包括以模擬器培訓和 FSRU 模擬） 4) 港口主管機關交通管制 5) FSRU 將由拖船護航	1) 多餘的溝通設備和頻道 2) 船隻上的替代通訊（喇叭/警報器） 3) 抵達期間對 FSRU 速度限制 4) 緊急應變計畫（ERP）可用於處理緊急情況 5) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 7) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	4	1	M		1.5
1.6	支援船隻失效(拖船)	LNG 船或 FSRU 和碼頭之間的碰撞	操航期間支援船泊不足以掌握 FSRU 或 LNG 船	1) LNG 船或 FSRU 與碰墊/泊位的碰撞導致潛在的損壞，並可能造成密閉儲槽損壞 2) LNG 船或 LNG 船或 FSRU 船體和碼頭基礎設施損壞 3) 潛在的人員傷亡 4) 環境汙染 5) 可能失去氣密性	1) 拖船可靠性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船或 FSRU 所需拖船的數量至少為 4 艘 + 1 艘備用 2) 營運檢查和海事保險程序 3) 港口主管機關與碼頭經營者的天氣標準 4) 船隻移動計劃	1) 中止靠泊條件於相關程序書 2)應急應變計劃（ERP）處理緊急情況 3) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助） 5) 防波堤完成可減少 LNG 船或 FSRU 受潮流和波浪的影響 6) LNG 船, FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態維持良好狀態	4	1	M	3.1) FSRU 需要從港口撤離並留在港外的安全區域 3.2) 碼頭將安排其他船隻支援靠泊	1.6

要點：1 FSRU 進港、繫泊與連接											
描述：船舶進港、繫泊與連接											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
1.7	失去位置控制	船舶碰撞	FSRU 靠泊期間拖船失去推進力	1) FSRU 靠泊推延，FSRU 與泊位間發生碰撞的可能性 2) FSRU 漂移可能性	1) 拖船可靠性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船或 FSRU 所需拖船的數量至少為 4 艘 + 1 艘備用 2) 營運檢查和海事保險程序 3) 操船模擬 4) 港口主管機關與碼頭經營者的天氣標準 5) 船隻移動計劃	1) 拖船工作會議，試點通信協議 2) 操作人員培訓 3) 拖船可靠性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船或 FSRU 所需拖船的數量至少為 4 艘 + 1 艘備用 4) 營運檢查和海事保險程序 5) 操船模擬 6) 中止靠泊程序 7) 緊急應變計畫（ERP）可用於處理緊急情況 8) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 9) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 10) 防波堤完成可減少 FSRU 受潮流和波浪的影響 11) FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態	3	1	M		1.7

要點：1 FSRU 進港、繫泊與連接											
描述：船舶進港、繫泊與連接											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
1.8	船舶前進方向	FSRU 抵達時與北防波堤或南防波堤相撞	人為疏失	1) FSRU 碰撞與下錨	1) 通行計畫 2) 空橋來源管理 3) 領港程序與訓練有素人員（能力：包括以模擬器培訓和 FSRU 模擬） 4) 降低 FSRU 停泊天氣（風、潮流和潮汐）標準 5) 港口主管機關交通管制 6) 風險評估（設計） 7) 船上風險評估、JHA、工具箱安全會議（船上） 8) 拖船工作會議，領港通信協議 9) 拖船可靠性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船或 FSRU 所需拖船的數量至少為 4 艘 + 1 艘備用 10) 操行模擬 11) 港口主管機關與碼頭經營者的天氣標準 12) 天氣預報 13) 船舶移動計畫	1) 緊急應變計畫（ERP）可用於處理緊急情況 2) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員	4	1	M		1.8
1.9	結構脆弱性	結構物崩壞	碰墊/繫船柱尺寸不足	1) 碼頭設施損壞、FSRU 船體損壞、卸料臂連接失去密閉性	1) 安全的碼頭基礎設計 2) 施工品質保證/品質控制 3) 操作天氣標準 4) 檢查和維護程序	1) 緊急應變計畫（ERP）可用於處理緊急情況 2) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員	3	1	M		1.9

要點：1 FSRU 進港、繫泊與連接											
描述：		船舶進港、繫泊與連接									
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
1.10	船舶飄移 地點：接收站樓入口（北防波堤 III 附近）	船舶碰撞	1) 一般原因（如：失去推進力、方向舵失靈、機械失靈等）	1) FSRU 的潛在損壞 2) 傷害過往船舶上的船員，傷害休憩船使用者	1) FSRU 上船舶交通監控 2) 港口主管機關交通管制	1) FSRU 將由拖船護航 2) 領港程序，訓練有素的人員 3) 港口主管機關交通管理 4) 海巡支援 5) 僅限日間操做 6) 船舶響哨、鳴笛、發出有聲警戒 7) 緊急應變計畫（ERP）可用於處理緊急情況 8) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 9) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員	3	1	M		1.11
1.11	極端天氣	船舶碰撞	FSRU 接近時的極端天氣	1) FSRU 的潛在損壞 2) 人員潛在傷亡	不適用	1) 提供天氣預報，FSRU 不會在天氣不佳條件下抵達	3	1	M		1.12
1.12	領港船 (FSRU 靠泊結束後)	FSRU 與領港船相撞	領港船失去控制位置能力	1) FSRU 的潛在損壞 2) 領港船潛在人員傷亡	1) 操作人員培訓 2) 營運檢查和海事保險程序 3) 操船模擬	1) 緊急應變計畫（ERP）可用於處理緊急情況 2) 值班船員應具有應急應變計劃能力、經驗並經過培訓 3) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 4) FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態	3	1	M		1.13

要點：2 LNG 船進港、繫泊與連接											
描述：風險與節點 1 船舶進港、繫泊與連接相似											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
2.1	LNG 船抵達	LNGC 抵達時與北防波堤相撞	人為疏失	1) LNG 船碰撞與下錨	1) 航行計畫 2) 航行協助 3) 領港程序與訓練有素人員（能力：包括以模擬器培訓和 LNG 船模擬） 4) 降低 LNG 船停泊天氣（風、潮流和潮汐）標準 5) 港口主管機關交通管制 6) LNG 船由拖船護航 7) 在 LNG 船前方 2 海浬、後面 1 海浬，距 LNG 船兩側 150 米處不允許有過往船隻 8)LNG 船隻僅允許在白天予良好天氣條件下運輸 9) 空橋資源管理 10) 風險評估（設計） 11) 船上風險評估、JHA、工具箱安全會議（船上） 12) 拖船工作會議，領港通信協議 13) 拖船適用性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船所需拖船的數量估計為 4 艘+1 艘備用	1) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 2) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站或 FSRU 能支援船上機組人員 4) 防波堤完成可減少 LNG 受潮流和波浪的影響 5) 要求 LNG 船抵達速度限制	4	1	M		

要點：2 LNG 船進港、繫泊與連接											
描述：風險與節點 1 船舶進港、繫泊與連接相似											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
2.2	支援船隻失效(拖船)	LNG 船或 FSRU 和碼頭之間的碰撞	船舶抵港時支援船隻不足以管理 LNG 船	1)潛在的 LNG 船與 FSRU 碰撞導致損壞 2) FSRU 船體損壞 3) 潛在的人員傷亡 4)環境汙染 5) 可能失去氣密性	1) 拖船可靠性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船或 FSRU 所需拖船的數量至少為 4 艘+ 1 艘備用 2) 營運檢查和海事保險程序 3) 操船模擬 4) 港口主管機關與碼頭經營者的天氣標準 5) 船舶移動計畫	1) 中止靠泊條件於相關程序書 2) 緊急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 3) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 接收站或 FSRU 能支援船上機組人員) 5) 防波堤完成可減少 LNG 受潮流和波浪的影響 6) FSRU 與 LNG 船間的碰墊	4	1	M		
2.3	警告時間	船舶碰撞	警告時間不足，船舶接近過程中通訊中斷	1)潛在的 LNG 船與 FSRU 碰撞導致損壞 2) FSRU 船體損壞 3) 潛在的人員傷亡 4)環境汙染 5) 可能失去氣密性	1) 運行之前對設備進行測試 2)拖曳前程序 3) 領港程序與訓練有素人員（能力：包括以模擬器培訓和 LNG 船模擬） 4) 港口主管機關交通管制 5) LNG 船由拖船護航	1) 多餘的溝通設備和頻道 2) 船隻上的替代通訊（喇叭/警報器） 3) 抵達期間對 FSRU 速度限制 4) 緊急應變計畫（ERP）可用於處理緊急情況 5) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 7) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	4	1	M		
2.4	過往船隻產生的危險（如：油輪、漁船、商船，海軍） 地點：接收站樓入口（北防波堤 III 附近）	與過往船隻碰撞	船隻交通管制不足以管理其他船隻交通	1) LNG 船潛在損壞 2)傷害過往船舶上的船員，傷害休憩船使用者	1) 港口主管機關交通管制 2) 海巡支援 3) 僅限日間操作 4) 船舶響哨、鳴笛、發出有聲警戒 5) LNG 船上交通監控	1) 緊急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 2) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站能支援船上機組人員	4	1	M		

要點：2 LNG 船進港、繫泊與連接											
描述：風險與節點 1 船舶進港、繫泊與連接相似											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
2.5	領港船 (LNG 船靠泊結束後)	LNG 船與領港船相撞	領港船失去控制位置能力	1) LNG 船潛在碰撞 2) 領港船潛在的人員傷亡	1) 操作人員培訓 2) 營運檢查和海事保險程序 3) 操船模擬	1) 緊急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 2) 值班船員應具有應急應變計劃能力、經驗並經過培訓 4) 接收站與 FSRU 能支援船上機組人員 5) FSRU 和 LNG 船之間的碰墊	3	1	M		
2.6	船舶飄移 地點：接收站棧入口 (北防波堤 III 附近)	與漂浮船隻碰撞	1) 一般原因 (如：失去推進力、方向舵失靈、機械失靈等)	1) FSRU 與 LNG 船潛在損壞 2) 傷害過往船舶上的船員，傷害休憩船使用者	1) LNG 船上交通監控 2) 港口主管機關交通管制	1) 拖船工作會議，試點通信協議 2) 操作人員培訓 3) 拖船可靠性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船或 FSRU 所需拖船的數量至少為 4 艘+ 1 艘備用 4) 營運檢查和海事保險程序 5) 操船模擬 6) 中止靠泊程序 7) 緊急應變計畫 (ERP) 可用於處理緊急情況 8) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 9) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 10) 防波堤完成可減少 FSRU 受潮流和波浪的影響 11) FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態	3	1	M		

要點：2 LNG 船進港、繫泊與連接											
描述：風險與節點 1 船舶進港、繫泊與連接相似											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
2.7	LNG 船接近 FSRU	LNG 船無法順利靠泊、或 FSRU 和 LNG 船之間的碰撞	人為疏失或海況不佳	1) 對 FSRU 的潛在損害 2) 密閉性喪失，失火或爆炸的可能性 3)潛在的人員傷亡	1) 拖船可靠性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船或 FSRU 所需拖船的數量至少為 4 艘+ 1 艘備用 2) 營運檢查和海事保險程序 3) 操船模擬 4)船隻移動計劃	1) 應急應變計劃（ERP）處理緊急情況 2) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 4) 防波堤完成可減少 LNG 船或 FSRU 受潮流和波浪的影響 5)FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態維持良好狀態 6) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	4	1	M	4.1) 確保協助 LNG 船操航的拖船有足夠動力，LNG 船的靠泊程序進行發展並為可行。 4.2) 防波堤工程建議於碼頭運營前完成或者需降低 FSRU 靠泊天氣（風、潮流和潮汐）標準。 4.3) 沿用 CPC 有經驗及操航訓練之領港。	待決定
2.8	極端氣候	LNG 船進港極端天氣（如：颱風）	一般原因	1) FSRU 的潛在損壞 2) 潛在人員傷亡	不適用	1) 提供天氣預報，LNG 船不會在天氣不佳條件下抵達	3	1	M		

要點：2 LNG 船進港、繫泊與連接											
描述：風險與節點 1 船舶進港、繫泊與連接相似											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
2.9	失去位置控制	船舶碰撞	LNG 船靠泊時拖船失去推進力	1) LNG 船靠泊推延，FSRU 與 LNG 船間發生碰撞的可能性 2) LNG 船可能飄移	1) 拖船適用性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船所需拖船的數量估計為 4 艘+ 1 艘備用 2) 營運檢查和海事保險程序 3) 操船模擬 5) 港口主管機關與碼頭經營者的天氣標準 6) 船舶移動計畫	1) 拖船工作會議，領港通信協議 2) 操作人員培訓 3) 拖船適用性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船所需拖船的數量估計為 4 艘 + 1 艘備用 4) 營運檢查和海事保險程序 5) 操船模擬 6) 中止靠泊條件於相關程序書 7) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 8) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 9) 接收站或 FSRU 能支援船上機組人員) 10) 防波堤完成可減少 FSRU 受潮流和波浪的影響 11) FSRU 和 LNG 船之間的碰墊	3	1	M		

要點：2 LNG 船進港、繫泊與連接											
描述：風險與節點 1 船舶進港、繫泊與連接相似											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
2.10	繫泊失效 (LNG 船和 FSRU)	繫泊失效	1) 繫泊絞盤誤操作 2) 繫泊纜繩材料缺陷/繫泊纜繩機械故障 3) 繫泊纜繩管理人為錯誤 (如：潮汐作用)	FSRU / LNGC 船體損壞導致事件升級	1) 領港程序與訓練有素人員 (能力：包括以模擬器培訓和 LNG 船模擬) 2) 降低 FSRU 停泊天氣 (風、潮流和潮汐) 標準。 3) 港口主管機關交通管制 4) 風險評估 (設計) 船上風險評估、JHA、工具箱安全會議 (船上) 5) 拖船工作會議，領港通信協議 6) 符合目的之拖船選擇 7) 特定繫泊計劃 (包括：線路順序、陸上繫泊人員要求以及所需其他機組人員) 8) 拖船即時反應 9) 領港員 (和船長) 即時反應 10) 確保在 FSRU 繫泊作業期間，泊位附近無船隻移動	1) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 2) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站/FSRU 應具有緊急應變計畫支援船上機組人員 4) 現場有待用的醫療設備 (若有需求將要求陸上提供援助) 5) 防波堤完成可減少 LNG 船或 FSRU 受潮流和波浪的影響 6)FSRU 和 LNG 船之間的碰墊維持良好狀態 7) 繫泊中安全餘裕空間	3	2	M	5.1) LNG 船應與接收站整合緊急應變計畫 5.2) 建立特定繫泊計劃 (包括：線路順序、陸上繫泊人員要求以及所需其他機組人員) 5.3) 防波堤工程建議於碼頭運營前完成或者需降低 FSRU 靠泊天氣 (風、潮流和潮汐) 標準。 5.4) 繫泊中安全餘裕空間	待決定
2.11	繫泊失效 (LNG 船與 FSRU)	釋放儲存能量	繫泊纜線機械故障	1) 傷害/致命 (繫泊繩索突然反彈導致起火事件)	1) 充足的繫泊設備、檢查、測試和驗證 2) 領港留在船上 3) 領港 (和船長) 回應 4) LNG 船繫泊程序，包括工作會議和 JHA。 5) 彈性區域管理，包括物理障礙、標記，培訓 6) 快速解纜鉤 (QRH) 纜線張力測量與警報	1) 緊急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 2) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站/FSRU 應具有緊急應變計畫支援 LNG 船機組人員 4) 現場有待用的醫療設備 (若有需求將要求陸上提供援助)	5	2	M		

要點：2 LNG 船進港、繫泊與連接											
描述：風險與節點 1 船舶進港、繫泊與連接相似											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
2.12	繫泊失效 (LNG 船與 FSRU)	FSRU 和 LNG 船間的繫泊連接鬆弛	人為疏失	1) 與 FSRU 碰撞導致財產損失的可能性	1) 繫泊並確保繫泊繩索已充分收緊 2) 操作人員培訓 3) 由多個機組人員進行繫泊操作並檢查繫泊連接	1) FSRU 與 LNG 船間的碰墊	3	2	M		
2.13	卸料臂的連接 (包括清洗操作)	卸料臂與歧管不正確連接	人為疏失 (連接不夠緊密)	1) 延遲卸料 (清洗操作期間, 可能會檢測到 N2 洩漏)	1) 在卸料操作前進行相容性評估 2) 按照 SOP 進行卸料臂連接和測試 (如:ESD 聯接測試) 3) 預備卸料檢查清單, 涵蓋 FSRU 和 LNG 船的連接 4) 目視檢查卸料臂連"	1) 管線壓力測試幫助檢漏 (N2) 2) 肥皂泡測試以檢測連接處的 N2 洩漏	2	1	L		
2.14	卸料臂的連接 (包括清洗操作)	卸料臂與歧管不正確連接	交叉連接 (L-V 連接錯誤)	1) 由於 LNG 輸送操作尚未開始, 因此在連接階段沒有任何結果	1) 在 FSRU 上的 L-V 連接處將進行彩色編碼以區分連接 2) 卸料臂連接和測試遵循 SOP 3) 預備卸料檢查清單涵蓋 LFS 連接 4) 在開始操作之前對卸料臂連接進行目視檢查	不適用	2	1	L		
2.15	卸料臂的連接 (包括清洗操作)	搬運卸料臂	由於空間限制, 無法操作卸料臂	1) 人身傷害導致卸料延遲	1) 船員能力培訓 2) 預備卸料檢查清單	1) 現場有待用的醫療設備 (若有需求將要求陸上提供援助)	2	1	L		

要點：2 LNG 船進港、繫泊與連接											
描述：風險與節點 1 船舶進港、繫泊與連接相似											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
2.16	卸料臂的連接（包括清洗操作）	人員落水	搬運卸料臂時滑倒或絆倒	1) 重傷或死亡的可能性	1) 連接過程中有兩個人操縱卸料臂，FSRU 船員能勝任卸料臂操作，有經驗並受過訓練 2) 提供了護欄（人員沒有從 FSRU 掉落的開放側）”	1) FSRU 機組人員穿上救生衣並攜帶口哨和閃光燈 2) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 3) 船上機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	3	2	M		
2.17	卸料臂的連接（包括清洗操作）	連接期間 LNG 船意外的移動	過往船隻的船跡波作用 註：由於防波堤存在，未評估過往船隻的尾流對 LNG 船的影響”				N/A	N/A	N/A		
2.18	卸料臂的連接（包括清洗操作）	連接期間蒸發汽回流到 LNG 船儲槽中	FSRU LNG 儲槽中的壓力更高	1) FSRU 儲槽中超壓導致船桅處排氣，可能導致起火/爆炸	1) 遵循 SOP 檢查 FSRU 和 LNG 船儲槽的運作狀況	1) 用於點火源控制的危險區域分類 2) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 3) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 接收站或 FSRU 能支援船上機組人員	4	2	M		

要點：2 LNG 船進港、繫泊與連接											
描述：		風險與節點 1 船舶進港、繫泊與連接相似									
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
2.19	LNG 船在附近時 FSRU 的緊急情況	LNG 船到達期間 FSRU（內部區域）密閉性喪失導致失火/爆炸	一般原因	1) FSRU 著火/爆炸的可能性 2) 人員傷亡	1) FSRU 的預防性維護	1) FSRU 與 LNG 船的溝通 2) LNG 船可以利用迴船池離開接收站 3) 用於點火源控制的危險區域分類 4) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 5) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6) 接收站或 FSRU 能支援船上機組人員	4	1	M		

要點：3 LNG 船輸送天然氣至 FSRU											
描述：由 LNG 船輸送 LNG 至 FSRU，冷卻操作、LNG 輸送（其中包含斷開卸料臂連接）											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
3.1	冷卻操作	氣密性損壞	STS (Ship to Ship) 系統冷卻不足，冷卻時間不足	1) 熱應力導致 STS 系統因熱破裂 2) 失去 LNG 氣密性可能導致火災/爆炸 3) 潛在的人員傷亡	1) 卸料系統的溫度和壓力監控及安全連鎖系統 2) LNG 冷卻 SOP 建立 3) 操作人員培訓	1) 緊急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 2) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站或 FSRU 能支援船上機組人員 4) 防波堤完成可減少 LNG 受潮流和波浪的影響 5) 要求 LNG 船抵達速度限制	5	1	M	6.1) 建議未來應進行定量風險評估 (QRA)。QRA 應包括 LNG 卸料，FSRU (正常操作) 和 NG 輸送的失效情況。 作為 QRA 的一部分，應分析從 FSRU 通風系統到相鄰設施的最大氣體雲影響，包括最大緩解情況和能力。 影響包括未點燃的瓦斯雲大小和火災影響；以為未來操作時危險區域分類、火災與氣體探測系統、消防系統等建置的參考依據。 6.2) 建議卸料系統的溫度和壓力監控及安全連鎖系統的建立/1/IEC-61511。 6.3) LNG 冷卻 SOP 建立 6.4) FSRU 與 LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫。 6.5) ESD 系統建立保護隔離 STS 傳輸。	待決定

要點：3 LNG 船輸送天然氣至 FSRU											
描述：由 LNG 船輸送 LNG 至 FSRU，冷卻操作、LNG 輸送（其中包含斷開卸料臂連接）											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
3.2	冷卻操作	氣密性損壞	目的地儲槽冷卻不足，將溫度較低的 LNG 引入儲槽	1) 熱應力導致 STS 系統因熱破裂 2) 失去 LNG 氣密性可能導致火災/爆炸 3) 潛在的人員傷亡 4) VOC 外洩	1) 卸料系統的溫度和壓力監控及安全連鎖系統 2) LNG 冷卻 SOP 建立	1) 中止靠泊條件於相關程序書 2) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 3) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 接收站或 FSRU 能支援船上機組人員) 5) 防波堤完成可減少 LNG 受潮流和波浪的影響 6) FSRU 與 LNG 船間的碰墊	5	1	M	7.1) 同上之建議。 7.2) FSRU 配備足夠冷凝器或燃燒能力。 7.3) 建立最低水平庫存要求以及低液位保護系統。	待決定
3.3	流體性質改變	氣密性損壞嚴重時可能導致燃燒/爆炸	FSRU 儲槽中混合不同的流體特性	1) 翻滾導致過多氣體釋放到 FSRU 冷氣孔。 2) 通過桅杆釋放的氣體，如果著火會引起燃燒/爆炸。 3) 潛在的人員傷亡	1) 人為障礙—儲槽中的密度、壓力和分層液位測量 2) 防止側翻程序、貨物計劃（LNG 輸送到其他液貨艙） 3) 儲槽壓力監控和高壓警報 4) 原有的設計儲槽壓力能夠因應更高的儲槽壓力與高流量警報	1) 包括排氣系統在內的儲槽壓力保護 2) 危險區域分類和點火源控制 3) 火災與氣體探測系統 4) 消防系統（化學乾粉、噴水和消防栓系統） 5) ESD 保護來隔離 STS 傳輸 6) 應急應變計劃（ERP）處理緊急情況 7) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 8) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU/LNG 船機組人員 9) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助	5	1	M	8.1)建立儲槽壓力監控和連鎖系統&ESD 系統。 8.2) QRA 評估；以為未來操作時危險區域分類、火災與氣體探測系統、消防系統等建置的參考依據。 8.3) 確保所有應急應變計劃考慮到所有設施引致的緊急情況。	待決定
3.4	LNG 輸送	LNGC 的意外移動	過往船隻船尾流影響 注意：由於防波堤的存在，被認為是不可能				N/A	N/A	N/A		

要點：3 LNG 船輸送天然氣至 FSRU											
描述：由 LNG 船輸送 LNG 至 FSRU，冷卻操作、LNG 輸送（其中包含斷開卸料臂連接）											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
3.5	LNG/NG	LNG/NG 從 LNG 笑料臂洩漏 註：危害辨識假定使用卸料臂。若使用卸料軟管，分析結果保持不變	1) LNG 卸料臂超壓 2) LNG 卸料臂的材料缺陷	1) 暴露於 LNG 洩漏的設備和結構潛在損壞風險（即：低溫脆性） 2) 著火時可能引起火災（噴口、儲槽或閃焰）或爆炸導致人身傷亡和結構、設備損壞 3) 潛在火災延燒至鄰近區域，導致人員傷亡和結構、設備損壞 4) 低溫傷害、窒息等造成的潛在人員傷亡	1) 定期維護與檢查	1) 拖船工作會議，試點通信協議 2) 操作人員培訓 3) 拖船可靠性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船或 FSRU 所需拖船的數量至少為 4 艘+ 1 艘備用 4) 營運檢查和海事保險程序 5) 操船模擬 6) 中止靠泊程序 7) 緊急應變計畫（ERP）可用於處理緊急情況 8) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 9) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 10) 防波堤完成可減少 FSRU 受潮流和波浪的影響 11) FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態	5	1	M		
3.6	LNG 輸送	氣密性損壞	熱應力運動/收縮引起的機械故障（如：輪緣洩漏/破裂，包括管線和儲槽）	1) 管線連接處破裂可能造成氣密性損失，若著火將引發火災/爆炸 2) 潛在的人員傷亡	1) 根據公司和船級社的要求設計的 STS 系統 2) FSRU 貨物冷卻系統的 SOP（儲槽與系統）	1) 緊急應變計畫（ERP）處理緊急情況 2) 危險區域分類和點火源控制 3) 火災與氣體探測系統 4) 消防系統（化學乾粉、噴水和消防栓系統） 5) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU/LNG 船機組人員 7) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	5	1	M		

要點：3 LNG 船輸送天然氣至 FSRU											
描述：由 LNG 船輸送 LNG 至 FSRU，冷卻操作、LNG 輸送（其中包含斷開卸料臂連接）											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
3.7	LNG 輸送	氣密性損壞	由於人為錯誤，在輸送歧管的軟管/閥門未對準時啟動 STS 卸料	LNG 流入設計用於氣化的管線	1) 開始卸料操作前檢查閥門 2) 預冷完成前不能挹注 LNG 3) FSRU 上的 L-V 連接以彩色編碼區分 4) 開始加氣操作前，對軟管連接目視檢查	1) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 2) 危險區域分類和點火源控制 3) 火災與氣體探測系統 4) 消防系統（化學乾粉、噴水和消防栓系統） 5) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU/LNG 船機組人員 7) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	5	1	M		
3.8	繫泊	損壞一條繫泊繩	FSRU 和 LNG 船間的繫泊纜線機械故障	1) LNG 船可能有氣密性損失 2) 潛在的人員傷亡	1) 足夠繫泊設備、檢查、測試和驗證 2) FSRU / LNG 船繫泊程序，其中包括工作會議和 JHA。 3) 有餘裕空間的繫泊配置 4) 快速解纜鉤上纜繩張力量測警報	1) ESD 保護來阻斷 STS 傳輸 2) 可啟動的電動緊急釋放聯軸 (PREC) 或斷開卸料臂 3) 火災與氣體探測系統 4) 消防系統（化學乾粉、噴水和消防栓系統） 5) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 6) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 7) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU/LNG 船機組人員 8) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	3	2	M		
3.9	極端氣候	STS 操作期間的極端天氣（如：颱風）	一般原因	1) FSRU 潛在的損害 2) 可能損壞卸料臂而失去氣密性 3) 潛在的人員傷亡	不適用	1) 提供天氣預報，STS 操作不會在天氣不佳條件下抵達	5	1	M		

要點：3 LNG 船輸送天然氣至 FSRU											
描述：由 LNG 船輸送 LNG 至 FSRU，冷卻操作、LNG 輸送（其中包含斷開卸料臂連接）											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
3.10	清洗操作與斷開連接	軟管和輸送系統失效	機械完整性的損失	1) 失去 LNG 氣密性，有可能引起火災/爆炸 2) 潛在的人員傷亡	1) 定期測試、檢查和維護卸料臂及其相關系統	1) 危險區域分類和點火源控制 2) ESD 保護來阻斷 STS 傳輸 3)火災與氣體探測系統 4)消防系統（化學乾粉、噴水和消防栓系統） 5) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 6)FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 7) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU/LNG 船機組人員 8) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	4	1	M		
3.11	歧管起重機的操作	卸料臂與歧管起重機間的碰撞	1) 人為疏失 2) 電氣/機械故障	1) LNG 卸料臂和歧管起重機毀損可能性，因而導致 LNG 洩漏 2) 暴露於 LNG 洩漏的設備和結構潛在損壞風險（即：低溫脆性） 3) 潛在火災延燒至鄰近區域，導致人員傷亡和結構、設備損壞 4) 潛在的火災升級到鄰近區域，導致人員傷亡和結構與設備損壞 5) 低溫傷害、窒息等造成的潛在人員傷亡	1) 歧管起重機限制開關 2) 起重機的操作程序（對起重機的操作有限制） 3) 人員訓練	1) FSRU 和 LNG 船之間的 ESD 連結 2) 水幕 3) 額定保護設備 4) 火災與氣體探測系統 5) 消防系統（化學乾粉、噴水和消防栓系統） 6) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 7) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 8) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU/LNG 船機組人員 9) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	5	1	M		

要點：4 FSRU												
描述：正常操作												
項次	位置/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
								C	L	R		
LNG 冷凝器												
4.1	LNG 再冷凝器	LNG/NG	設備、閥門或 LNG 再冷凝器中輪緣的 LNG / NG 洩漏	1) 超出設計條件的操作 2) 人為疏失（如：設計、組裝、操作等過程發生的錯誤） 3) 設備、閥門或輪緣的材料缺陷	1) 暴露於 LNG 洩漏的設備和結構潛在損壞風險（即：低溫脆性） 2) 著火時可能引起火災（噴口，儲槽或閃焰）或爆炸導致人身傷亡和結構、設備損壞 3) 潛在火災延燒至鄰近區域，導致人員傷亡和結構、設備損壞 4) 低溫傷害、窒息等造成的潛在人員傷亡	1) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 2) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 接收站或 FSRU 能支援船上機組人員 4) 防波堤完成可減少 LNG 受潮流和波浪的影響 5) 要求 LNG 船抵達速度限制	1) LNG 再冷凝器下方的滴水盤配有低溫警報 2) 額定保護設備 3) 火災與氣體探測系統 4) 消防系統（化學乾粉、噴水和消防栓系統） 5) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 6) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 7) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU/LNG 船機組人員 8) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	5	1	M		

要點：4 FSRU												
描述：		正常操作										
項次	位置/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
								C	L	R		
4.2	支援船隻失效(拖船)	LNG 船或 FSRU 和碼頭之間的碰撞	設備、閥門或 LNG 再冷凝器中輪緣的 LNG / NG 洩漏	1) 超出設計條件的操作 2) 人為疏失（如：設計、組裝、操作等過程發生的錯誤） 3) 設備、閥門或輪緣的材料缺陷 4) 從再氣化起重機掉落物件	1) 暴露於 LNG 洩漏的設備和結構潛在損壞風險（即：低溫脆性） 2) 著火時可能引起火災（噴口，儲槽或閃焰）或爆炸導致人身傷亡和結構、設備損壞 3) 潛在火災延燒至鄰近區域，導致人員傷亡和結構、設備損壞 4) 低溫傷害、窒息等造成的潛在人員傷亡	1) 中止靠泊條件於相關程序書 2) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 3) LNG 船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 接收站或 FSRU 能支援船上機組人員) 5) 防波堤完成可減少 LNG 受潮流和波浪的影響 6) FSRU 與 LNG 船間的碰墊	1) 額定保護設備 2) 火災與氣體探測系統 3) 消防系統（化學乾粉、噴水和消防栓系統） 4) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 5) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU/LNG 船機組人員 7) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	5	1	M		
Regas Area												

要點：4 FSRU												
描述：正常操作												
項次	位置/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
								C	L	R		
4.3	HP 加壓泵 來自再冷凝器的 LNG 流向 HP 加壓泵以提高 LNG 的壓力（取決於流量和 LNG 的成分），滿足最終用戶的天然氣供應要求。 LNG 的流量由 HP 加壓泵（即：LNG 蒸發器上游）出口上的流量控制閥控制。從 HP 加壓泵排出後，LNG 流入再氣化器由殼式的加熱媒介氣化	LNG	HP 加壓泵設備、閥門或輪緣高壓 LNG 洩漏	1) 超出設計條件的操作 2) 人為疏失（如：設計、組裝、操作等過程發生的錯誤） 3) 設備、閥門或輪緣的材料缺陷 4) 從再氣化起重機掉落物件 5) 啟動前冷卻不足	1) 暴露於 LNG 洩漏的設備和結構潛在損壞風險（即：低溫脆性） 2) 著火時可能引起火災（噴口，儲槽或閃焰）或爆炸導致人身傷亡和結構、設備損壞 3) 潛在火災延燒至鄰近區域，導致人員傷亡和結構、設備損壞 4) 低溫傷害、窒息等造成的潛在人員傷亡	1)LNG 再冷凝器壓力、溫度與液位監控系統 2) HP 加壓泵上的 PSV 3) 安裝與操作步驟 4) 定期維護與檢查 5) 操作人員培訓	1) LNG 再冷凝器下方的滴水盤配有低溫警報 2) 額定保護設備 3) 火災與氣體探測系統 4) 消防系統（化學乾粉、噴水和消防栓系統） 5) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 6) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 7) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU/LNG 船機組人員 8) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	5	1	M		

要點：4 FSRU												
描述：		正常操作										
項次	位置/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
								C	L	R		
4.4	LNG 氣化器	LNG/NG	設備、閥門或 LNG 再冷凝器中輪緣的 LNG / NG 洩漏	1) 超出設計條件的操作 2) 人為疏失（如：設計、組裝、操作等過程發生的錯誤） 3) 設備、閥門或輪緣的材料缺陷 4) 液態乙二醇損失	1) 暴露於 LNG 洩漏的設備和結構潛在損壞風險（即：低溫脆性） 2) 著火時可能引起火災（噴口，儲槽或閃焰）或爆炸導致人身傷亡和結構、設備損壞 3) 潛在火災延燒至鄰近區域，導致人員傷亡和結構、設備損壞 4) 低溫傷害、窒息等造成的潛在人員傷亡	1) LNG/GW 氣化器壓力、溫度與液位監控系統 2) 安裝與操作步驟 3) 定期維護與檢查 4) 操作人員培訓 5) LNG 氣化器於過低溫情況出口處連鎖裝置	1) 額定保護設備 2) 火災與氣體探測系統 3) 消防系統（化學乾粉、噴水和消防栓系統） 4) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 5) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU/LNG 船機組人員 7) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	5	1	M		

要點：4 FSRU												
描述：正常操作												
項次	位置/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
								C	L	R		
4.5	LNG 氣化器	LNG/NG	設備、閥門或 LNG 再冷凝器中輪緣的 LNG / NG 洩漏	1) 超出設計條件的操作 2) 人為疏失（如：設計、組裝、操作等過程發生的錯誤） 3) 流動時產生的振動	1) 暴露於 LNG 洩漏的設備和結構潛在損壞風險（即：低溫脆性） 2) 著火時可能引起火災（噴口，儲槽或閃焰）或爆炸導致人身傷亡和結構、設備損壞 3) 潛在火災延燒至鄰近區域，導致人員傷亡和結構、設備損壞 4) 低溫傷害、窒息等造成的潛在人員傷亡	1) 拖船工作會議，試點通信協議 2) 操作人員培訓 3) 拖船可靠性、拖船的數量、拖船選用標準。停泊一艘 LNG 船或 FSRU 所需拖船的數量至少為 4 艘+ 1 艘備用 4) 營運檢查和海事保險程序 5) 操船模擬 6) 中止靠泊程序 7) 緊急應變計畫（ERP）可用於處理緊急情況 8) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 9) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 10) 防波堤完成可減少 FSRU 受潮流和波浪的影響 11) LNG 船, FSRU 和碼頭之間的碰墊維持良好狀態	1) LNG 氣化器上產生破裂（殼式氣化器側） 2)額定保護設備 2) 火災與氣體探測系統 3) 消防系統（化學乾粉、噴水和消防栓系統） 4) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 5) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 船機組人員 7) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	5	1	M		
Regas Switchboard Room												

要點：4 FSRU												
描述：		正常操作										
項次	位置/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
								C	L	R		
4.6	再氣化總機房	電力設備	再氣化總機房發生電器火災	1) 電力設備短路	1) 再氣化機房內設備潛在損害 2) 潛在火災延燒至鄰近區域，導致人員傷亡和結構、設備損壞 3) 潛在人員傷亡 4) 再氣化器的電力供應可能中斷	1) 定期維護與檢查	1) 火災與氣體探測系統 2) 消防系統（化學乾粉、噴水和消防栓系統） 3) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 4) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 5) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 6) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	4	1	M		
4.7	再氣化歧管	NG	再氣化歧管設備、閥門或輪緣 NG 洩漏	1) 超出設計條件的操作 2) 人為疏失（如：設計、組裝、操作等過程發生的錯誤） 3) 設備、閥門或輪緣的材料缺陷	1) 著火時可能引起火災（噴口，儲槽或閃焰）或爆炸導致人身傷亡和結構、設備損壞 2) 潛在火災延燒至鄰近區域，導致人員傷亡和結構、設備損壞 3) 低溫傷害、窒息等造成的潛在人員傷亡	1) 安裝與操作步驟 2) 定期維護與檢查 3) 操作人員培訓	1) 額定保護設備 2) 火災和氣體檢測系統 3) 消防系統（乾粉，噴水，消防栓系統）和消防水監控器 4) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 5) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6)接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 7) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	5	1	M		

要點：4 FSRU												
描述：		正常操作										
項次	位置/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
								C	L	R		
4.8	再汽化歧管	天然氣	設備、閥門或輪緣中的天然氣洩漏	1) 超出設計條件的操作 2) 人為疏失（例如設計，組裝，操作等錯誤） 3) 設備、閥門或輪緣的材料缺陷 4) 消防撞擊 FSRU 或碼頭上的繫泊纜繩	嚴重時導致火災或爆炸	1) 安裝及操作程序 2) 定期維護和檢查 3) 操作員培訓 4) 依設計選擇適合的設備及材料	1) 額定保護設備 2) 火災和氣體檢測系統 3) 消防系統（乾粉，噴水，消火栓系統和消防水監控器） 4) 應急應變計劃（ERP）處理緊急情況 5) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6)接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 7) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	4	1	M	9.1) QRA 評估；以為未來操作時危險區域分類、火災與氣體探測系統、消防系統等建置的參考依據。。 9.2) 正確的安裝及操作程序。 9.3) 定期維護和檢查。 9.4) 定期緊急應變演練。	待決定
4.9	再汽化歧管	再汽化歧管的延伸平台	人員落水	1) 人為錯誤 2) 缺乏防止滑倒相關措施	1) 潛在人員傷亡	1) 延伸平台上的防墜措施（如：護欄，扶手等） 2) 定期維護與檢查 3) 操作人員培訓	1)人員落水小艇救援(MOB)程序 2) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 3) 船上機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	3	2	M		

要點：4 FSRU												
描述：		正常操作										
項次	位置/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
								C	L	R		
4.10	卸料平台	NG	卸料平台設備、閥門或輪緣 NG 洩漏	1) 超出設計條件的操作 2) 人為疏失（如：設計、組裝、操作等過程發生的錯誤） 3) 設備、閥門或輪緣的材料缺陷	1) 著火時可能引起火災（噴口，儲槽或閃焰）或爆炸導致人身傷亡和結構、設備損壞 2) 潛在火災延燒至鄰近區域，導致人員傷亡和結構、設備損壞 3) 低溫傷害、窒息等造成的潛在人員傷亡	1) 安裝與操作步驟 2) 定期維護與檢查 3) 操作人員培訓	1)火災和氣體檢測系統 2) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 3) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 5) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	5	1	M		
4.11	卸料平台	卸料平台上的維護活動	人員落水	1) 人為錯誤 2) 缺乏防止滑倒相關措施	1) 潛在人員傷亡	1) 卸料平台上的防墜措施（如：護欄，扶手等） 2) 定期維護與檢查 3) 操作人員培訓	1)人員落水小艇救援(MOB)程序 2) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 3) 船上機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	3	2	M		
FSRU Mooring System												

要點：4 FSRU												
描述：正常操作												
項次	位置/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
								C	L	R		
4.12	繫泊纜繩	繫泊纜繩張力不足	繫泊失效	1) 繫泊絞盤誤操作 2) 繫泊纜繩材料缺陷/繫泊纜繩機械故障 3) 繫泊纜繩管理人員為錯誤（如：潮汐作用）	1) FSRU 漂動 2) 對 FSRU 的潛在損害 3) HP 輸送系統潛在損壞導致天然氣洩漏 4) 著火時可能爆炸導致人員傷亡並損壞結構和設備 5) 潛在的火災升級到鄰近區域，導致人員傷亡和結構與設備損壞	1) 定期維護和檢查 2) 根據疲勞強度要求獲得船級社認可的繫泊纜繩（使用時間超過 2 年） 3) 人員培訓和能力	1) 額定保護設備 2) 火災和氣體檢測系統 3) 消防系統（乾粉，噴水，消火栓系統和消防水監控器） 4) 應急應變計劃（ERP）處理緊急情況 5) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6)接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 7) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助） 8) CCTV	4	2	M	10.1) 確認在 FSRU 絞盤上提供張力監測系統及 CCTV 安裝。 10.2) 繫泊系統定期維護和檢查。 10.3) 火災和氣體檢測系統及消防系統和前述一併考量。	工務處
4.13	靠船平台	靠船平台上的維護活動	人員落水	1) 人為錯誤 2) 缺乏防止滑倒相關措施	1) 潛在人員傷亡	1) 靠船平台上的防墜措施（如：護欄，扶手等） 2) 定期維護與檢查 3) 操作人員培訓	1)人員落水小艇救援 (MOB)程序 2) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 3) 船上機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	3	2	M		

要點：4 FSRU												
描述：		正常操作										
項次	位置/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
								C	L	R		
4.14	繫泊平台	繫泊平台上的維護活動	人員落水	1) 人為錯誤 2) 缺乏防止滑倒相關措施	1) 潛在人員傷亡	1) 繫船平台上的防墜措施（如：護欄，扶手等） 2) 定期維護與檢查 3) 操作人員培訓	1)人員落水小艇救援(MOB)程序 2) 緊急應變計劃（ERP）處理緊急情況 3) 船上機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 現場有待用的醫療設備（若有需求將要求陸上提供援助）	3	2	M		
4.15	碰墊 一般建議	碰墊尺寸	不合適的碰墊尺寸	1) 人為疏失（並非考慮所有因素）	1) 對 FSRU 的潛在損害	1) 選擇符合能力資格和業績的工程公司 2) 船級社的驗證 3) 所有權者/經營者檢查和確認	1) 足夠碰墊安全存量	3	2	M	11.1) 根據動態繫泊分析結果評估，完整碰墊配置。及定期檢查維護或更換。 11.2)足夠碰墊安全存量。	工務處

LNG Transfer Area

要點：4 FSRU												
描述：正常操作												
項次	位置/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
								C	L	R		
4.16	HP 通風管桅 (Ventilation mast) 通常個別設置於貨物排氣配置位置	NG	高壓排放桅桿的 NG 洩漏	排汗	1) 著火時可能引起火災 (噴口, 儲槽或閃焰) 或爆炸導致人身傷亡和結構、設備損壞 2) 潛在火災延燒至鄰近區域, 導致人員傷亡和結構、設備損壞	1) HP 通風管桅設置於正確位置 (高度和位置) 2) 排污指示與地方警報限制人員進入 HP 排氣桅杆區域	1) 額定保護設備 2) 火災和氣體檢測系統 3) 消防系統 (乾粉, 噴水, 消火栓系統) 和消防水監控器) 4) 緊急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 5) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 6)接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 7) 現場有待用的醫療設備 (若有需求將要求陸上提供援助)	5	1	M		
4.17	極端氣候	正常運行期間的極端氣候 (如：颱風)	STS 操作期間的極端氣候 (如：颱風)	一般原因	1) FSRU 潛在的損害 2) 可能損壞卸料臂而失去氣密性 3) 潛在的人員傷亡	不適用	1) 提供天氣預報, 惡劣天氣下不會進行 NG 輸送操作 2) 在嚴重氣候情況下 FSRU 應該離開港口	4	1	M		

要點：4 FSRU												
描述：正常操作												
項次	位置/系統	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
								C	L	R		
4.18	加油操作	加油船舶	加油船在前進期間與 FSRU 碰撞	加油船舶失去控制位置能力	1) FSRU 碰撞造成潛在的損害 2) 加油船上人員傷亡	1) 人員能力訓練 2) 營運檢查和海事保險程序 3) 操船模擬 4) 加油船抵達之 SOP	1) 緊急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 2) 加油船機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 4) 接收站/FSRU 應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 5) FSRU 與接收站間的碰墊	3	1	M		

要點：5 接收站卸料											
描述：包含碼頭管線與卸料臂設施接收來自 FSRU 的高壓氣體											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
5.1	啟動/關閉活動（包括人為疏失）	氣密性損壞	1) 卸料臂設備火災事件導致卸料臂庫存 FSRU 通風系統崩潰 註：出於本 HAZID 研究目的，假定卸料臂庫存連接到 FSRU 通風桅杆	1) 天然氣在 FSRU 上釋放以及著火/爆炸的可能性 2) 潛在的人員傷亡	1) 火災和氣體檢測 2) 危險區域分類和點火源控制 3) 手動呼叫點 4) 火氣探測系統 5) 消防系統	1) 應急應變計劃（ERP）處理緊急情況 2) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3)接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 4) 現場有待用的醫療設備	5	1	M	13) 審查並確認卸料臂庫存到通風系統的路線設計（即 FSRU 通風管桅或陸上通風管桅）	工務室
5.2	啟動/關閉活動（包括人為疏失）	氣密性損壞	1) 卸料臂 ESDV 故障關閉	1) 碼頭管線和卸料臂的超壓可能導致氣密性喪失和潛在的氣體外洩 2) 如果點燃將爆炸或著火 3) 潛在的人員傷亡	1) FSRU 過壓保護系統、警報、ESD 和高壓完整性保護系統（HIPPS）	1) 火災和氣體檢測 2) 危險區域分類和點火源控制 3) 手動呼叫點 4) 火氣探測系統 5) 消防系統 6) 應急應變計劃（ERP）處理緊急情況 7) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 8)接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 9) 現場有待用的醫療設備	5	1	M	14) 所有碼頭和陸上 ESDV 位置指示應通過信號發送回 FSRU /陸上，並嵌入 FSRU 緊急關閉原則中	待決定

要點：5 接收站卸料											
描述：包含碼頭管線與卸料臂設施接收來自 FSRU 的高壓氣體											
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
5.3	啟動/關閉時碼頭管線中的氣體	氣密性損壞	清洗操作不完整	1) 管線中易燃混合物產生可燃混合物；潛在的爆燃 2) 潛在人員傷亡	1) 清洗並準備好執行作業程序 2) O2 含量監控	1) 火災和氣體檢測 2) 危險區域分類和點火源控制 3) 手動呼叫點 4) 火氣探測系統 5) 消防系統 6) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 7) 接收站人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 8)接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 9) 現場有待用的醫療設備	5	1	M		
5.4	超出設計範圍之外的操作	氣密性損壞	產品溫度偏移 (低)	1) 管線脆化導致管線破裂 2) 潛在人員傷亡	1) FSRU 低溫保護系統、警報、低溫監控和跳閘	1) 火災和氣體檢測 2) 危險區域分類和點火源控制 3) 手動呼叫點 4) 火氣探測系統 5) 消防系統 6) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 7) 接收站人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 8) 接收站應具有緊急應變計畫支援 FSRU 機組人員 9) 現場有待用的醫療設備	5	1	M		

要點：5 接收站卸料											
描述：		包含碼頭管線與卸料臂設施接收來自 FSRU 的高壓氣體									
項次	危害	意外事故	原因	結果	預防措施	減災策略	危害等級			建議	權責單位
							C	L	R		
5.5	維修活動	氣密性損壞	碼頭維護期間的人為疏失	1) 損壞出口管，導致氣體洩漏 2) 著火/爆炸的可能性 3) 潛在人員傷亡	1) FSRU 進行維護操作之前進行風險評估 2) 操作人員培訓	1) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 2) 接收站人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 現場有待用的醫療設備	5	1	M		
5.6	其他區域的升級	繫泊纜繩失效	請參閱「節點 4 FSRU」中的繫泊纜繩失效情況	請參閱「節點 4 FSRU」中的繫泊纜繩失效情況	請參閱「節點 4 FSRU」中的繫泊纜繩失效情況	請參閱「節點 4 FSRU」中的繫泊纜繩失效情況	3	2	M		
5.7	起火源	起火源	碼頭區未分類的設備/車輛	1) 著火風險增加（如果沒有密閉性則有可能起火/爆炸） 2) 人員傷亡	未評估	1) 應急應變計劃 (ERP) 處理緊急情況 2) FSRU 機組人員應具有經驗並受過培訓因應緊急應變計畫 3) 現場有待用的醫療設備	5	1	M	16) 制定程序，包括控制車輛和未經認證的電氣設備進入靠泊區	待決定

APPENDIX D

FSRU 傳輸至下游需建置主要程序步驟與緊急應變流程^{/56/}，FSRU 規格選定後建議要求廠家提供如下陳列之內容於程序文件當中。

1. 港口內船舶並排氣體傳輸前預備程序：

- 1.1. 建立氣體傳輸前的標準確認清單，可參照 OCIMF & SIGTTO^{/56/}附錄 E 之確認清單模板，並由運輸船舶、接收船舶以及接收站端人員核可簽章。
- 1.2. 清單項目需由操作地區的管理人員核可。
- 1.3. 權責單位的傳輸許可。
- 1.4. 參與單位需事先審視傳輸雙方制式的風險評估。
- 1.5. 事先建立傳輸過程之緊急應變計畫，並由參與單位進行審核。
- 1.6. 船舶安全資訊公開。
- 1.7. 碰墊規格檢核以避免船舶碰撞。
- 1.8. 救災工具清單及地點確認。
- 1.9. 訂定入港與卸料天氣限制。
- 1.10. 船舶間人員進出通道安全說明。
- 1.11. 氣體規格確認與事先氣體惰性化等要求。
- 1.12. 氣化控制與平衡等流程確認。
- 1.13. 氣體監測系統測試並具有操作性。
- 1.14. 進出氣體甲板區域人員管制清單。
- 1.15. 氣體傳輸操作區域個人防護設備要求。
- 1.16. 氣體傳輸管線承壓、耐低溫等試驗證明文件。
- 1.17. 傳輸管線規格合用性並符合氣體接收計畫要求。
- 1.18. 氣體外洩緊急處理設備。
- 1.19. 防災系統與設備。
- 1.20. 檢測可燃或有毒氣體監測系統之規劃。

2. 港口內船舶並排氣體傳輸程序：

- 2.1. 訂定氣體卸料天氣限制條件。
- 2.2. 傳輸操作個人防護設備要求。
- 2.3. 管線操作容忍空間確認。
- 2.4. 監測系統，包含液位指示器、壓力傳感計、高壓警報等設備功能確認。
- 2.5. 傳輸過程海面情況定期檢視。
- 2.6. 檢測可燃或有毒氣體監測系統之規劃。
- 2.7. 傳輸操作過程纜繩張力檢測要求。
- 2.8. 符合地方法規之設備要求、緊急情況離港旗號確認。
- 2.9. 傳輸過程儲槽安全性確保要求。

3. 傳輸過程緊急狀況因應要點：

適當遵守程序並使用合適的設備可以安全無餘地進行船對船氣體傳輸操作，發生事故的風險與潛在的結果需於 FSRU 選定時，要求組織者和船舶經營者因應緊急情況制定應變計畫。船舶可能的緊急情況的應變計畫視為船舶安全管理系統的一部分，並適當地考慮其船對傳氣體傳輸計畫，廠家與業主是先制定因應程序應考量下列內容；

- 3.1. 發起警報之程序訂定。
- 3.2. 說明停止輸氣緊急情況。
- 3.3. 緊急情況通知程序。
- 3.4. 應變中心和啟動應變程序準備工作說明。
- 3.5. 緊急情況繫泊人員調度。
- 3.6. 緊急情況氣體傳輸解除連結之設備要求。
- 3.7. 引擎啟動預備離港。



APPENDIX E

For Reference Only

項目	CPC Comments or questions	DNVGL 回覆	章節
1	Objective 請參照工作計劃書	依意見修正。	page. I
2	請加入 LNG 定義	依建議新增於報告。 將氣田生產的天然氣經淨化處理，去除了一些有價值的成份如氫，和一些高分子碳氫化合物，以及一些對下游產業不利的成分如硫、氮、水等，並經一連串超低溫液化後獲得的常壓下是液體的天然氣。一般液化天然氣處在普通大氣壓下，但通過降溫到約零下 163 攝氏度來液化。 LNG 無色、無味、無毒且無腐蝕性，主要含甲烷 (CH ₄)，具有熱值大、性能高、安全環保及不易爆炸等特點，其體積約為同量氣態天然氣體積的 1/600，LNG 的重量僅為同體積水的 45% 左右，熱值為 52MMBtu/t (1MMBtu=2.52×10 ⁸ cal)。	page.5 表 1-3
3	報告中風速單位請全部改為 m/s	依意見修正。	
4	請確認 HHWL、LLWL 數據	依意見修正。 參照 https://www.cwb.gov.tw/V8/C/C/MMC_STAT/sta_tide.html 。	page.12 2.1.2
5	請確認是 AWCP 還是 ADCP	依意見修正。 波浪觀測 AWCP 系統，剖面海流表面波浪與潮汐之監測系統，AWCP 是很具代表性的一種多功能海象觀測儀器，其觀測包含波高、波向、剖面的海流、潮位及水溫。	page.13 2.1.3
6	請確認波高、週期等數據	請參照 2018 海氣象年報，並參考該文件表 2-1 指出測站。	page.14 2.1.4
7	請參考附件修訂	依意見修正。	page.16 2.1.5
8	請仿照 67 號沉箱標出東 II 堤及南堤	依意見修正。	page.16 圖 2-6
9	拖船配置更新如附件	依意見修正。	page.18
10	FSRU 仍需離港避風，船員勞動條件應採船員法。是否可參考風電船案例	船員勞動條件依據船員法執行，隨船人員勞動條件依據勞動基準法執行；FSRU 作業性質與風電工程船不同，但仍可視需求向勞動主管機關申請較彈性的計算基準。	page.19
11	觀塘港由工業局管理，請加入"以及經濟部工業局及交通部航港局核可觀塘港營運之相關作業規定"	依據工業專用港或工業專用碼頭規劃興建經營管理辦法執行。	page.21
12	請確認為 OI 還是 IOI Please check the classification is OI or IOI.	已確認為 IOI	page.24 B
13	請提供台灣是否有可對應法規及機構，如無相關法規，是否有 FSRU 無法運行問題？	FSRU 於現行法規屬危險物品船舶，適用既有法規；港埠作業規定可參考永安液化天然氣接收站、麥寮工業區專用港等相關管理及作業辦法。FSRU 作業可參考所列國際安全作業規定，並無顯著會造成禁止運行之問題。	page.27 2.3.6
14	修改請參考附件	依意見修正。	page.29
15	Med 為何？ What is MED?	Med 代表「Mediterranean」	page.31 表 3-2
16	圖標示應與前一表格相同，請參考附件	依意見修正。	page.32 圖 3-2
17	修改請參考附件	依意見修正。	page.35
18	請確認新造 Q-Max FSRU 是否於 2020 年移至香港	關於規模 263,000 m ³ MOL FSRU Challenger，土耳其國營原油和天然氣管線營運商 BOTAS 根據短期合同租用該船，自 2017 年起將其用作離岸儲槽。 船東 MOL 於 2018 年 6 月宣布，該船將會在香港離岸 LNG 碼頭服務，以在完成完工後向香港，新界的黑角電站和南丫島的南丫發電廠供應天然氣。該設施將於 2020 年底投入使用。 2020 年 3 月 Mitsui OSK Lines (MOL) 從激烈競爭中勝出，在香港 CLP Power 專案中提供 FSRU Challenger。MOL 預計將為（建造於 2017 年）263,000 m ³ FSRU Challenger 簽署一份為期 13 年的租船合同，並可選擇 2020 年末開始起算 5 年內開始執行。	page.36

19	此艘 FSRU 應已下水	關於規模 263,000 m3 MOL FSRU Challenger，土耳其國營原油和天然氣管線營運商 BOTAS 根據短期合同租用該船，自 2017 年起將其用作離岸儲槽。 Swan Energy 的 Vasant (180,000 cbm，DFDE) 2020 年 10 月 7 日由韓國現代重工交付。印度發展中的 Jafrabad 傳輸量為 5 MPTA 的西海岸碼頭竣工後，Vasant 將與小型碼頭一起安裝作為 FSRU；MOL 與 Swan Energy 簽署了為期 10 年的空船租賃合約，還將提供 (137,661 m3，ST) LNGC Dukhan，作為 FSU 停泊在旁邊。 BOTAS 船 (HYUNDAI ULSAN 3095) 的建造工作預計將於今年完成，我們認為此船仍在建造當中。 MOL 所擁有位於威廉港(Wilhelmshaven)的 263,000m3 等級的 FSRU 將由 DSME 於 2023 年交付，運用於德國威廉港。 根據 2020 年 11 月 11 日的新聞，德國 Uniper 將重新評估威廉港 FLNG 接收站的計劃，目前市場上的參與者對預訂長期容量興趣不高，此項決定將使日本 MOL 訂購的一艘新打造的 FSRU (263,000 m3) 的決定受到質疑。	page.38 3.1.6
20	請說明 T 為何、船舶方向應符合三接配置	符合，並已於期中報告中說明。	page.53 表 3-11
21	請提供 50% Reference	依據 DNV GL 內部執行專案經驗法則，無特別參考文件。	page.53 3.2.1.1
22	請提供風速限制補充文件	一般解纜風速限制參考 OCIM MEG，已新增參考文獻。	page.55 3.2.1.3
23	為何有氣體排放？	敘述更改為斷開連結限制取決於 FSRU 繫泊、LNG 船繫泊、卸料臂氣體輸送要求。	page.56 3.2.1.3
24	風速加上潮流速度的 10%，是否有依據？	這是根據 DNV-GL 內部實務的保守估計。 DNVGL-RP-C205 建議，在深水中風產生的海流速度約為風速的 3%，依據 DNV GL 內部執行專案經驗在淺水中的影響可能會更大，故加上 10%。	page.57 圖 3-16
25	改圖為初期碼頭配置、西浪請畫於 67 號沉箱下方	依意見修正。	page.58 圖 3-16
26	將 290m × 42m 轉換 LNG 船的內部資料後按比例縮放來取得這些船舶參數"請說明如何轉換？Membrane 及 Moss 參數是否不同？	本模型依照現有 LNGC 的數據縮放來開發的，球型和薄膜型儲槽間的風荷載會有所不同，但是多數較大的 LNGC 和 137,000 m3 以上 FSRU 是薄膜型儲槽。	page.58 3.2.1.4 第一段
27	壓載船舶吃水深度則考量為載重情況的 75%。請提供 75% Reference	船舶通常採用載重吃水深度，將當前荷載視為最壞的情況；但是對於風荷載評估，壓載吃水深度的考量較為保守，因此依據 DNV GL 內部執行專案經驗估算出載重吃水深的 75% 的壓載吃水深。這是一個標準假設，但隨著船級會有些微變化。	page.58 3.2.1.4 第二段
28	環境負荷是否有考慮風向不同？	請參考本報告表 3-12 已考量不同風向	page.58 最後一段
29	為何僅分配 4 個碰墊？	這是一個保守假設，根據船隻位置不同，側身、繫泊設備的不同，並非 6 個碰墊始終都處於完全接觸狀態。	page.59 第一段
30	LNG 船停泊於過去 6 年內發生 44 起事故，(20XX 年至 20XX 年)？	本報告採用之資料為 2017 年發布，其中涵蓋前 6 年的報告。	page.62 3.2.2.2 A
31	18 條纜繩是否已考量 FSRU 及 LNG 船同時靠泊？	CPC 設計最多達 22 條，請針對解釋兩者之間差異，說明此條件下的風速限制 18 條纜繩僅考慮 FSRU 繫泊系統。由於目前 FSRU 確切尺寸和配置尚不清楚，這種配置的目的是用來證明標準 FSRU 繫泊模式下載重位於可接受範圍內，額外增加的繫泊纜繩可能會稍微增加靠泊能力，但並非所有纜繩都能同時且有效拉住船舶，因此不太可能顯著地增加靠泊能力。一旦知道船舶實際尺寸和配置就需要進行繫泊系統詳細設計。	page.63 3.2.2.2 A
32	風速限制應至少 30m/s，綁 LNG 船風速下降瓶頸為何？是在 FSRU 綁 LNG 船或 FSRU 綁在碼頭	由於 LNG 船與 FSRU 上配備的繫泊設備有所不同，對於環境荷載的能力依個案有所差異，需要知悉詳細船舶規格後，對特定船舶規格與繫泊纜繩配置進行分析，才能確認繫泊設備（如：在 22 條纜繩下與指定的繫泊位置）能否承受達 30m/s 之風速，建議進於未來選定 FSRU 後再進行繫泊範圍的細部設計。	page.64 表 3-13
33	請重新設定風速限制 20m/s	回復同上	page.65 page.71 表 4-5
34	加入保證最大輸出量	依意見新增。	page.68
35	請於會議中說明	已新增說明於報告中。 本表目的是根據船舶指出餘裕空間情況下 LNGC 和 FSRU 的組合。根據商業模型一章中提供的表 A.1 和表 A.2，採用與商業模型相同的 FSRU 和 LNGC 船舶組合對於可作業性模型採用組合匹配。 已新增文字說明	page.69 表 4-2

36	其他 FSRU 案是否有夜間操作	依照建議修正與補充說明。 有部分專案中採用，通常夜間操作還需要其他技術解決方案，並需要從領港和港務管理單位進行溝通與議價，這在目前專案中沒有顯著差異。 在一般港口中，夜間限制通常用於進出港航道與停泊，換言之航行和停泊操作需要在白天完成。 但是如果是有足夠的導航輔助下，夜間航行和停泊可能是可行的。	page.71 表 4-3
37	請加入北苗海域哪一站？	2017 年港灣環境資訊網海氣象觀測資料年報，新觀測樁（特性與新屋觀測站相近）。	page.74 表 4-6
38	請於會議中說明，必要時須重新設定條件	可用性評估中應用的主要風速限制為 25m / s 陣風，在沒有詳細數據的情況下，將 25m / s 考量於分析模型當中，反映出繫泊操作的限制下的風速。實際風速限制由港口管理單位和領港自行決定。使用較低風速限制會降低接收站可作業性的計算。當前使用的風速與第 3.2.1.3 節中引用的正常風速限制具有一致性，這樣的假設足以證明泊位的可作業性。	page.76-82
39	少 180k LNG 船對 216k FSRU 分析	依意見修改於報告中；更正表 4-10~4-12。 為了限制分析案例數量，選擇了最大與最小 LNGC 可能的尺寸。以 216,000 m ³ 的 FSRU 而言，最大的是 216,000 m ³ LNGC，最小的是 155,000 m ³ ，180,000m ³ 介於兩者之間，其作業天數可推測於兩者間，本報告總結之評論已反映出包含颱風而產生的差異。總結之評論反映出包含颱風而產生的差異。	page.80 表格
40	請說明“氣候窗”	氣候窗是完成繫泊操作所需持續進行及因應突發事件時間。天氣預報必須在整個氣候窗內顯示皆低於操作極限的天氣以便進行操作。	page.82
41	請說明“二次損失”	這是由於大風使卸料臂斷開連結造成的氣體損失，二次損失可被視為是斷開連結時的氣體損失，LNG 並不會損失但是氣體輸出量會略有減少。	page.82
42	請建議防波堤需延長至多少方可有效提升可作業性	已對於文字敘述修正。 防波堤設計和尺寸是未來研究的議題。如果不存在防波堤，DNV GL 從可作業性分析中會發現可作業性顯著下降（其餘請參閱表 4-5 中的假設）。	page.82
43	FSRU 商業模式類型請以 CPC 為出發點，而非整體產業鏈	報告 6.1.2 已描述 CPC 可行的商業模式建議	page.103
44	再氣化設備成本差異為何？	氣化能力大小直接影響氣化設備金額的多寡，依照不同的船隻會有所差異。 再氣化設備成本差異取決於再氣化裝置年度天然氣通量，55MUSD 是 170,000~263,000 m ³ 等級 FSRU 再氣化設備花費。	page.113 表 6-11
45	部分填充請加入考量調度彈性及時間成本問題	由於部分填充成本將高度取決於合同的類型與要求，因此無法提供具體細節。通常這些費用會類似於陸上接收站。 假設 LNGC 由於天氣因素無法停靠，通常可以預期 LNGC 等待適當的氣候窗，LNGC 可能需要額外的日費率。如果出現長時間的延誤（例如颱風警告），則可將貨物重新分配，在這種情況下應支付罰款。 如果 LNGC 可以停靠，但無法將滿載的氣體全部卸到 FSRU（如：FSRU 存儲容量不足以接收所有氣體），若要要求 LNGC 停留在碼頭較長時間，可能會導致支付額外的每日費率；如果要求 LNGC 攜帶部分剩餘的氣體航行，LNGC 擁有者可能有權收取罰款。	page.120
46	以 FSRU 大小排序	依意見修改。	page.120 表 6-17
47	本公司可能採取公開招標方式，請評估公開招標及詢問船舶經紀優缺點	已新增表 6-19。	page.121 6.5.2
48	請確認中文翻譯	依意見確認並修正。	page.126 表 6-20
49	是否需增列保證供應能力下限 (m ³ /hr.)	依意見修正。	page.128 表 6-21
50	2022 年非 2013 年	筆誤，依意見修正。	page.131 最後一段
51	請確認改裝 FSRU 之經營成本數據	筆誤，依意見修正。	page.136 表 6-23
52	為何改裝 FSRU 需要塢修，新造 FSRU 不需要	船舶要獲得塢修豁免會隨著船級和權責單位不同需針對個案進行探討，而不需要塢修連續操作的 FSRU 還必須執行許多其他操作。現在使用 FSRU 與在建造中、新建的 FSRU 相比，新建期間進行這些操作的認證並獲得相關的船級等會容易許多。	page.136 表 6-23

53	FSRU 冷排水溫度須符合水汙染防治法放流水標準，請 DNV 評估 FSRU 在不同流場下是否可符合規定。請參考三接迴避替代方案放流水標準評估(在距離排放口 500 公尺處的表面水溫差不得超過 4℃)	FSRU 採用閉迴路排放海水將造成船舶周圍溫度降低，冷排水將導致溫度梯度比相鄰的海水更僅密，冷排水由海面並下降至海床，外在環境水流形成的剪力與冷排水混合並稀釋向下降沉的冷排水，稀釋效果會隨著水深的增加而提高，而隨著排出速度增加而減少。因此，減少冷排水排放量或增加排放位置海水溫度將會增加稀釋效果，同時降低港口內局部蓄冷風險。在沒有海流時，海床上會形成穩定的溫度分層，根據其他相似的 FSRU 專案，若要確保動態的冷排水不會持續存在，將需要約 0.1 m/s 的海水流速在邊界處與冷排水混合。目前 FSRU 規劃排水位置與陸上 LNG 接收站的排放點不同，FSRU 將位於三面防波堤圍成的區域當中，該區域的水體受外在環境影響較小，冷排水較可能持續存在，然而平行於海岸線的沿岸流亦有可能影響港內的海水溫度；建議細部設計時確實掌握港內海水流動情況，確定該流域的水流速度對於溫度的影響，若無法達到環境法規之要求，建議採用閉迴路或是混和迴路系統（如圖 7 25、圖 7 26 所示）。	page.96 5.4.2
54	Business Model 請加入，初期 LNG 供應商租用 FSRU 供氣給 CPC 方案	依意見修正。	page.104
55	請提供 FSRU 操作、卸料操作、緊急狀況時等程序之研擬	FSRU 操作之 SOP 取決於使用的 FSRU 與實際情況不同而有較大的差異，本案 SOP 之研擬將操作、卸料、緊急情況之 SOP 所需要素做整理，如 Appendix D，建議 CPC 在導入 FSRU 時，可要求 FSRU 營運商依照附件陳列之要素建立 CPC 可用之 SOP。	page.165
56	如 LNG 船或 FSRU 發生機械故障、發電機故障等如何因應？緊急應變處置為何	這取決於何種類型的機械故障，要避免關鍵部位（如：LNG 輸送泵、發電機等）的機械故障或單點故障。這應當透過設計階段確保輸氣設備餘裕（如：兩條 LNG 產線、多台泵浦、發電機等）來完成氣體傳輸。通過關鍵部位完整的檢查頻率和維護標準制定，另外應為這些部件保留足夠的備件或是更換品以便快速更換，進行維護之人員需要經過設備維護和修理相關培訓。	page.165
57	請將 FSRU 選擇 Membrane 而非 Moss 解釋加入報告	起初主要針對價格低廉船齡較老球型(Moss) LNG 船改裝 FSRU，近兩次案例中則是對較新的 Membrane 型 LNG 船進行改裝，目前 Membrane 型 LNG 船為改裝的首選，因為此類型船舶提供較為平坦的甲板空間可安裝 LNG 再氣化設備。	
58	Appendix B 請依存量調度比較各種 FSRU 及 LNGC 組合，如無法全部卸收，請以下降卸收速率評估。各組合請告知卸收速率、所需卸收時間(包含繫纜及解纜)。最低存量(LNG Reserve)可供應多少天數	根據標準的 8 英寸軟管來假設，正常流量為 9000 立方米/小時。如果無法將滿載貨物立即卸到 FSRU，LNGC 可以保持泊位並降低卸載速率來配合 FSRU LNG 傳輸量（如：285 噸/小時，2.5 MTPA）。或由 LNGC 承受剩餘氣體航行，但是價格將取決於合約制定。 卸料時間取決於 LNGC 尺寸、軟管傳輸容量以及 FSRU 儲槽內剩餘容量，通常介於 15 到 24 小時間，在加上繫泊和離泊持續時間，具體會取決於接收站的要求。 儲存 LNG 的時間取決於再氣化速率和儲槽的容量，此處提供的保存量以百分比方式滿足評估，實際保存率百分比將取決於合約要求。 下表為具有 20%與 30%備用存量 FSRU 的卸載操作時間。添加於表 B2.14。	page.B.1 Appendix B
59	請將 Jetty 沉箱受力能力評估方式納入	碼頭承載能力必須透過細部結構與地工分析來進行評估，目前並沒有評估所需的堤岸結構資料（如：碼頭剖面等的詳細設計圖）與海堤位置的土壤狀況、設計時所使用的土壤地工參數，若要詳細評估海堤結構承載能力，則需要這些資料才能進行結構能力分析。	page.53 3.2
60	請將 FSRU 操作成本增列每單位天然氣費用，以每 MMBtu、每立方米天然氣計算	費用將取決於 LNG 成本與 FSRU 氣體輸出量。假設 LNG 成本為 5 美元/MMBtu，LNG 再氣化率為 350 mmscfd (2.44 MTPA)，則在表 6-15 和表 6-16 中添加了天然氣單位成本。	page.117
61	請提供 FSRU 繫纜纜繩證書作為參考	這是標準繫泊纜繩的類型，用於證明繫泊載荷是在允許限制範圍內。建議一旦確定實際的船舶時，要求廠商提供繫泊纜繩證書。	
62	請將壓力單位統一改為 kg/cm2	依意見修正。	
63	請將年份統一以西元年表示	若為台灣法規公布時間則保留民國 00 年 00 月 00 日	
64	偵測 FSRU 高壓氣的 GC 是否要在岸上？請將岸上需準備的相關設備以系統流程圖表示	GC 位於計量設備的下游，FSRU 上有很多計量設備，根據合約模型，計量設備同樣可以安裝於岸上。	page.191
65	尖峰每小時用氣量請以本案 400 噸/小時評估	文中數據僅用於描述陸上接收站的壓力要求	page.195 7.2.7
66	無 7.3 章節	已更正為 7.2.4	page.4 表 1-2
67	請將 BOG 加入定義內，中文改以蒸發氣。	依意見新增及更正	page.5 表 1-3
68	請將報告中"揮發"改為"蒸發"，"揮發氣比率"改為"蒸發率"	依意見修正。	

69	請加入閥、雙球閥等規範 ex: ASME B16.20, ASME B16.34, ASME B16.47, ASME B16.25, ASME B36.10, ASME B36.19, ASME B16.21, MSS SP-44, MSS SP-75, MSS SP-95, MSS SP-25	依意見新增。	page.196 表 7-7
70	請於文內說明殘流於此報告中用意為何?	根據工作說明書彙整海氣象資料，殘流相對於潮流影響船舶進出港較小，但殘流組成同樣包含潮流非對稱性所造成之流動，此處提及殘流除彙整海氣象資訊外，亦說明船舶可能於港外受到的海流速度。	page.13
71	請提供"港勤拖船船員的僱傭契約"於附件	詳連結 https://www.motcmpb.gov.tw/ServerFile/Get/b353dff4-ae85-40a3-b8a6-8648a7f33b3e?DLCount=1&attachTable=4	page.19 2.2.1
72	外籍船員是否可參加勞保及健保?並請於文中說明	若雇主為本國法人，則外國人經雇主向勞動部申請聘僱許可，並經核准後，即可持勞動部之核准函及居留證，向勞保局及健保局辦理加保事宜。 1.依據「外國籍船員僱用許可及管理規則」第 13 條規定，需加入勞工保險後始得上船服務 2.外籍人士如領有居留證明文件，自受雇日起應參加健保。 若雇主為外國法人，則由外國法人在臺設立之分公司或代表人辦事處提出申請，未設立分公司或代表人辦事處者，由訂約之事業機構或授權之代理人提出申請。 1.依據「勞工保險條例」第 8 條，外籍船員可透過職業工會(海員總工會)加保勞保。 2.外籍船員如領有居留證明文件，可透過職業工會(海員總工會)加保健保，健保起保日為自在臺居留滿 6 個月(連續居住達 6 個月或曾出境 1 次未逾 30 日，實際居住期間扣除出境日數後達 6 個月)。	page.20 2.2.4
73	為何 FSRU 需配備足夠燃燒能力?	這是指 BOG 管理。BOG 由再冷凝器或氣體燃燒裝置處理，以"傾倒"多餘的 BOG，或作為燃氣發電。已改寫此句子以避免混淆。	page.146 7.2
74	何謂 FSRU 裝載系統	已更正為卸料系統	page.146 8.1
75	請加註"FSRU 與碼頭間、LNG 船與 FSRU	已加註 FSRU 與碼頭間。	page.147 10
76	不合適的碰墊指"FSRU 與碼頭間"還是"LNG 船與 FSRU 間	兩者皆適用	page.147 11
77	低壓液體管及高壓天然氣管距離 30 公尺是否有法源依據?	距離 30m 是指 FSRU 上的液體歧管和氣體歧管間的距離，在 FSRU 上液體和氣體歧管之間沒有規定或是任何規範要求，30m 是 2005~2010 年 Excelerate FSRU 典型距離，於其他船上可以更近一些。壓力氣體輸出模式下，通常不使用 FSRU 同側的液體歧管，這些歧管（特別是 CNG 歧管）的位置取決於船隻的特性（例如穩定性、結構設計），從陸上管線的連接安全管點來看，歧管間距離越短將導致擁堵情況加劇，導致更高的爆炸負荷；此外發生火災時，從一個系統延燒到另一個系統的風險也更高。通常會進行定量風險評估（QRA）和固有比較安全設計（Inherently Safer Design, ISD）審查之類的內容，以識別該配置下潛在的要求。 這並不意味著天然氣管道和 LNG 管道之間的距離必須為 30m。管線間的距離通常應根據以下條件確定： -安裝在第一條管線附近另一條管線的施工可行性要求。 -對於在運行的第一條管線的安全性進行第二條管線的建設的風險評估。 -在營運階段，對該管線故障影響另一條管線的產生故障進行風險評估。 -當地法規要求（如果存在的話）。	page.159
78	何謂"準備操船發動機?"	更正為發動船舶引擎	page.166
79	LNG 船上分接設備是否由 FSRU 供應?	是的，低溫軟管位於 FSRU 上（LNG 運載工具未配備軟管）。	page.170 圖 7-11

80	LNG 船岸匹配是否由 FSRU 執行?	軟管位於 FSRU 上連接到 LNGC (LNGC 並未配備低溫軟管)，FSRU 的機組人員將執行與 LNGC 的低溫軟管連接，LNGC 上的機組人員將協助進行連接操作。 FSRU 會將軟管連接小組移交到 LNGC 上，FSRU 和 LNGC 船員為每個軟管和設備的連接準備歧管區域，換言之，LNGC 繫泊至 FSRU 的工作是由 LNGC 和 FSRU 的機組人員一同執行的。 根據實際情況來進行決定；一般而言 LNG 船的進出會與港口權責單位進行協調，港口會提供領港並讓 LNG 船安全抵達泊位，然後由 FSRU 控制室協調低溫軟管的連接。在發生事件時，FSRU 控制室負責啟動緊急斷開操作。 可採用與 FPSO 的 STS 操作相近的原則來進行並明訂於未來的合約上，通常適用於以下情況： 1.如果 LNG 接收站位於港口範圍內，則將適用港口管轄權與管理細則。如果活動不在接收站限制範圍內，則由接收端或現場操作人員為此訂定程序和協議。 2.為繫泊事務指定主管，該名主管在碼頭或港口內工作，將會是繫泊過程的監督人。FSRU 與 LNG 船上也可能會有主管繫泊流程之人員。 3. FSRU 將參與接收 LNG 船繫泊的決策。 4.當 LNG 船與 FSRU 一起靠泊時，通信不可或缺，FSRU 在這兩者之間具有優先權，通常將會與 LNG 船進行協調並管理繫泊操作。	page.170
81	"須使用高壓之原因為氣體輸出管線的壓力應保持相近"請詳細說明	這意味著 LNG 加壓泵應將 LNG 壓力增加到和氣體出口處有相似的壓力，為避免混淆，此句子改為： 這些加壓泵目的是將 LNG 泵送到約 60 barg (實際壓力取決於流量和 LNG 成分)，採用高壓泵送的原因在於增加 LNG 壓力來滿足出口氣體壓力的要求，以及避免與海水進行熱交換時超過天然氣的超臨界壓力。	page.187 B
82	請確認"往復式正位移型壓縮機"是否正確	更正為往復式壓縮機。	page.193
83	請說明"高壓天然氣管線最小長度約為 1.2 公里	根據陸上接收可行性評估，從碼頭到陸上接收站低溫 LNG 管線約為 1.2 公里。 因此，DNV GL 估計從碼頭到陸上接收站的天然氣出口管線也約為 1.2 公里，但是由於連接位置的不同，精確長度會有所不同。	page.193
84	請說明為何需要分析煙露點、含水量，永安及台中廠無做相關化驗	這會與合約要求有關。	page.189
85	請確認"過冷 LNG"用法是否正確	已更正為溫度較低	page.191 C
86	"操作模式維持時 .."此段請重新審閱操作模式	依意見修正。	page.191 C
87	"填充氣體"為何種氣體?	已新增"蒸發氣"。	page.191 C
88	陸上責任系為 CPC 負責或其他方負責? 請列出 CPC 應負責項目	岸上端的責任取決於合約要求，CPC 通常從氣體卸料臂開始負責到氣體管線以及卸料平台上的設施。 負責的設備主要取決於接收站實際採用的模型。	page.198 C
89	請加入 FSRU 劣勢	一般而言，與岸上接收站相比，FSRU 具有以下缺點。 如：容易受到運動和海況的影響、可作業性與可靠性較低、儲槽緩衝區容量較小，OPEX 較高，設計壽命較短等。	page.200 8.1.3
90	價格順序是否有誤?	價格正確，打造船舶越大，其每單位成本越低。	page.201 4.3
91	EIA 是否須改為 EPA? 是否有 Reference?	依意見修正。根據環差報告分析，參考本文報告文獻/35/	page.84 5.1 第二段
92	為何支援船隻失效原因為目的地儲槽冷卻不足?	依意見修正。修正為冷卻操作失效情況。	page.C-18 3.2
93	"後果"、"避險策略"翻譯請再確認	分別更改為"結果"、"預防措施"。	page.C-18 3.3
94	"HP 排氣桅桿"請修正翻譯	修正為通風管桅，且中英文對照翻譯於表 1-2。	page.C-32 4.16
95	建議將營運中 FSRU 分布點位 細分為海岸、近海之河岸處，並提供該地海域或河流之靜穩度，以做為靠泊條件之比對參考	本階段進行 FSRU 在觀塘工業港之整體可行性評估，已於報告當中針對天氣影響情況進行可作業性分析，建議在下一階段進行 FSRU 細部設計時進行相關調查。	page.32
96	請詳述環境影響評估中 likely to be acceptable 的定義	DNV GL 回應：「可能被接受」意指根據 FSRU 造成之影響與陸上接收站已核准的 EIA 相比，FSRU 造成之影響預計會低於或與於陸上接收站相似。如果沒有明確規格的 FSRU 參數與在地主管機關合作，DNV GL 將無法進行更詳細的評估。	期中報告簡報 p.40
97	建議估算：若租用 FSRU (5 年期、10 年期) 加計船舶維護、操作耗損、環境影響補償、調查監測等可能營運費用，從觀塘進口的 LNG (初期 100 萬噸 200 萬噸 300 萬噸) 每 MMBTU 需加計多少錢?	這個提問與建議#60 相近，故彙整於相同表格當中，考量 1MTPA、2MTPA、3MTPA 每 MMBTU 的成本陳列於表 6-15 與 6-16 當中。	page.117 6.4

98	說明此項計算方式及概念	將蒐集之環境資料轉換為分析時可採用之數據，考量來自不同方向之風載重以分析 FSRU 與 LNGC 繫泊於港口時可承受之最大風速。	page.58 3.2.1.4
99	請詳細說明波高假設	由於沒有完整海氣象資訊，本次分析根據指定區域內每天記錄兩次的波浪高度與風速之間的關係來假設影響可作業性的波高；採用示性波高已經將風速影響納入考量，由於風速對波高的影響的因素多變（取決於許多因素），為保守起見將該因素訂為平均因數加一個標準偏差。	page.72 4.3
100	請說明波浪方向性限制	依照內部執行專案經驗進行保守假設，原點選擇與航道中心平行並距離碼頭一個船身的距離，將防波堤周圍存在依定程度的折射考量於分析當中。東 II 堤若不存在對於分析將由一定程度影響，需要此處詳細的氣象數據，如海流資料與風速等。 已更新並新增敘述於報告當中。	page.72 4.3



For Reference Only



About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.