



中華民國交通部民用航空局

「北竿機場跑道改善評估及綜合規劃」
委託技術服務

期末報告(修正 1 稿)

聯合承攬廠商

 中興工程顧問股份有限公司

 ADP
INGÉNIERIE

中華民國 108 年 12 月



「北竿機場跑道改善評估及綜合規劃」

委託技術服務

期末報告(修正 1 稿)

目 錄

目 錄	I
圖 目 錄.....	V
表 目 錄.....	IX
第一章 計畫認知	1
1.1 計畫緣起及目標	1
1.2 工作範圍內容	2
1.3 作業方法及流程	2
1.3.1 工作方法.....	2
1.3.2 工作流程.....	5
1.4 可行性評估過程與成果摘要	6
第二章 現況資料蒐集分析	7
2.1 機場周遭環境	7
2.1.1 北竿島地理位置.....	7
2.1.2 北竿機場位置.....	8
2.1.3 北竿與南竿之聯繫.....	8
2.1.4 周圍土地使用.....	8
2.1.5 現有航空站規模.....	9
2.2 空側配置	9
2.2.1 現有機場分類.....	9
2.2.2 跑道系統.....	10
2.2.3 滑行道.....	12
2.2.4 停機坪.....	14
2.3 空域與助航設施	15



2.3.1	機場管制塔臺	15
2.3.2	助航設施(NAVAIDS)	16
2.3.3	目視助航設施	16
2.3.4	氣象設施	17
2.3.5	儀器進場程序	17
2.4	航廈大樓.....	19
2.5	機場支援設施.....	21
2.5.1	主要消防與救援設施	21
2.5.2	安全檢查站	22
2.5.3	其它設施	23
2.6	航空公司支援設施.....	24
2.6.1	飛機維修棚廠	24
2.6.2	空廚設施	24
2.6.3	航空燃油加油設施	24
2.6.4	地面支援裝備	24
2.6.5	地勤業服務設施	25
2.7	機場交通.....	25
2.7.1	主要連絡道路	26
2.7.2	航空站週遭人行道	26
2.7.3	平面停車場	27
2.7.4	計程車等候區	27
2.7.5	租車設施	27
2.7.6	公車站	27
2.8	現有環境.....	27
2.8.1	氣象	27
2.8.2	風頻分布	27
2.8.3	障礙物	28
2.9	現有機場條件摘要.....	30
第三章	旅運需求預測.....	32
3.1	可行性階段成果摘要.....	32
3.1.1	旅運需求預測分析流程	32
3.1.2	臺馬間旅客運量總量預測	33
3.1.3	臺馬間旅客空運運量預測	34



3.2	綜合規劃階段旅運需求分析調整	35
3.2.1	南竿機場土地開發衍生需求推估	35
3.2.2	運量檢討	37
3.2.3	尖峰需求分析	38
3.3	多元運具改善方案評析	39
3.3.1	多元運具替代方案評析構想	40
3.3.2	多元運具替代方案研擬	41
3.3.3	海運改善方案評估分析	42
3.3.4	多元運具替代方案建議	51
第四章	機場設施需求分析	55
4.1	機場發展階段	55
4.1.1	基礎預測和開發階段彈性保留	55
4.1.2	規劃階段特性	55
4.2	設施需求	55
4.2.1	空側機場設施	56
4.2.2	旅客設施	58
4.2.3	機場支援設施	63
4.2.4	航空公司支援設施	67
4.2.5	機場聯外運輸	69
4.2.6	其它設施	72
4.2.7	小結	73
第五章	機場整體改善方案研析	76
5.1	跑道改善方案	76
5.1.1	跑道配置	76
5.1.2	儀航程序分析	77
5.1.3	起降操作限度分析	80
5.1.4	助導航設施	81
5.1.5	燈光系統	83
5.2	場站設施方案	85
第六章	空陸側場站設施規劃	88
6.1	規劃設計準則與規範說明	88
6.2	各項設施之工程規劃	89
6.2.1	空側設施	90



6.2.2	陸側設施	102
6.2.3	整地工程	109
6.2.4	圍堤工程	112
6.2.5	大地工程	117
6.3	其它工程規劃	121
6.3.1	施工計畫	121
6.3.2	施工運輸道路規劃	124
6.3.3	營運及交通維持計畫	125
6.3.4	緊急應變計畫	125
6.4	環境影響評估	128
6.5	用地及都市計畫	129
6.6	綠建築及節能減碳規劃	135
6.7	風險評估	139
6.8	工程分標策略	141
6.9	採購策略	141
第七章	建設經費及期程估算	143
7.1	建設經費	143
7.2	建設期程	145
7.3	營運、管理及維護所需人力及經費	147
第八章	經濟效益評估及財務計畫	148
8.1	經濟效益評估	148
8.2	財務計畫	155
8.2.1	假設參數	155
8.2.2	收入與成本分析	156
8.2.3	財務評估方法與結果	158
8.2.4	財務計畫敏感度分析	160
8.2.5	民航事業作業基金現況	161
8.2.6	財源籌措計畫	162
8.2.7	促進民間參與可行性	162

附錄一 設施規劃相關圖說

附錄二 北竿機場航班取消率分析



圖 目 錄

圖 1.1-1	南北竿機場位置示意圖.....	1
圖 1.3-1	機場規劃流程.....	3
圖 1.3-2	工作執行計畫流程.....	5
圖 1.4-1	可行性階段評估办理流程.....	6
圖 2.1-1	北竿島地理位置示意圖.....	7
圖 2.1-2	北竿機場地理位置示意圖.....	8
圖 2.1-3	北竿機場周邊土地使用示意圖.....	9
圖 2.2-1	21 段跑道頭入口視景.....	10
圖 2.2-2	跑道地帶整平區及應改善範圍示意圖.....	12
圖 2.2-3	北竿機場滑行道配置.....	12
圖 2.2-4	滑行道寬度符合 ATR-72-600 航機.....	13
圖 2.2-5	滑行道寬度不符合 B737-800 航機.....	13
圖 2.2-6	北竿機場停機坪配置.....	14
圖 2.2-7	北竿停機坪與轉接面相對位置示意圖.....	15
圖 2.3-1	北竿機場管制塔臺.....	15
圖 2.3-2	03 跑道 LDA.....	16
圖 2.3-3	LDA 03 跑道進場程序.....	18
圖 2.3-4	03 跑道標準儀器離場程序.....	19
圖 2.4-1	北竿機場航廈大樓.....	19
圖 2.5-1	消防站消防車庫.....	22
圖 2.5-2	機場安全檢查站.....	23
圖 2.5-3	北竿航空站辦公室.....	23
圖 2.6-1	地勤支援裝備儲存區.....	25
圖 2.7-1	北竿機場周邊道路系統.....	26
圖 2.7-2	北竿機場航空站週遭人行空間.....	27
圖 2.8-1	北竿機場風向頻率分佈圖.....	28
圖 2.8-2	北竿機場障礙物限制面示意圖.....	29
圖 3.1-1	馬祖地區航空客運預測分析流程.....	32
圖 3.3-1	臺馬交通改善多元運具改善方案評析架構.....	40



圖 3.3-2	臺馬交通改善多元運具替代方案研擬.....	41
圖 3.3-3	臺馬海運航線比較圖.....	43
圖 3.3-4	新闢臺馬海運航點各目標年海空運量變化.....	45
圖 3.3-5	鋁合金質高速 SWATH 客船.....	45
圖 3.3-6	海運行駛新航點並引進高速船舶各目標年海空運量變化.....	47
圖 3.3-7	水翼船.....	48
圖 3.3-8	海運行駛新航點並引進水翼船各目標年海空運量變化.....	49
圖 4.2-1	W 滑行道和跑道地帶.....	56
圖 4.2-2	設置跑道端安全區.....	57
圖 4.2-3	航廈水平構成.....	59
圖 5.1-1	B5 改善方案配置示意圖.....	77
圖 5.1-2	B5 LOC 03 跑道之程序設計.....	77
圖 5.1-3	B5 LOC 21 之程序設計.....	78
圖 5.1-4	B5 03 端 LOC 進場關鍵障礙物.....	78
圖 5.1-5	B5 21 端 LOC 進場關鍵障礙物.....	79
圖 5.1-6	B5 03 端 ILS 進場關鍵障礙物.....	79
圖 5.1-7	儀器降落系統(ILS).....	81
圖 5.1-8	GP 之臨界區與敏感區範圍示意圖.....	82
圖 5.1-9	跑道改善方案配置示意圖-1.....	82
圖 5.1-10	跑道改善方案配置示意圖-2.....	82
圖 5.1-11	機場跑道進場燈系統(ALS)設置於海中之案例.....	84
圖 5.2-1	場站可能區位考量.....	85
圖 5.2-2	場站可能區位示意圖.....	86
圖 5.2-3	方案 2 初步配置(期中規劃航站區位).....	87
圖 5.2-4	方案 2A 初步配置(縣府建議航站區位).....	87
圖 6.2-1	ICAO 附約 14 附篇 A.10.....	91
圖 6.2-2	新佈設之 W 滑行道.....	91
圖 6.2-3	停機位配置示意圖.....	93
圖 6.2-4	停機位遠期配置示意圖.....	93
圖 6.2-5	助導航系統訊號淨空區域示意圖.....	94
圖 6.2-6	跑道中心線燈配置示意圖.....	95
圖 6.2-7	跑道邊燈配置示意圖.....	95
圖 6.2-8	PAPI 配置示意圖.....	96
圖 6.2-9	強制性指示牌.....	96



圖 6.2-10	資訊指示牌.....	96
圖 6.2-11	GSE 存放區域示意圖.....	100
圖 6.2-12	旅客航廈空側示意圖.....	104
圖 6.2-13	旅客航廈配置圖.....	105
圖 6.2-14	旅客航廈入口模擬圖.....	106
圖 6.2-15	停車場配置型式.....	107
圖 6.2-16	陸側設施之整體配置.....	109
圖 6.2-17	南側跑道延長區整地坡度示意圖.....	110
圖 6.2-18	北竿機場改善方案障礙物移除橫斷面示意圖.....	111
圖 6.2-19	北側新航站區整地坡度示意圖.....	111
圖 6.2-20	北竿機場南側堤防標準斷面圖(水深±0.00m~-7.00m).....	115
圖 6.2-21	北竿機場南側堤防標準斷面圖(水深-7.00m~-13.00m).....	116
圖 6.2-22	北竿機場南側堤防標準斷面圖(水深-13.00m~-17.00m).....	116
圖 6.2-23	北竿機場北側堤防標準斷面圖(水深±0.00m~-13.00m).....	116
圖 6.2-24	預估完成填築面之最大總沉陷量.....	118
圖 6.2-25	預估完成填築面+預壓填土 5m 之總沉陷量(約 3.5 年).....	118
圖 6.2-26	預估完成填築面+預壓填土 5m 移除之壓密度(約 4 年).....	118
圖 6.2-27	Hoek-Brown failure criterion 推估花崗岩岩體強度參數.....	120
圖 6.2-28	場址開挖邊坡震穩定分析圖.....	121
圖 6.3-1	斜坡式拋石堤施工程序.....	122
圖 6.3-2	合成式沉箱堤施工程序.....	122
圖 6.3-3	浚挖工法流程示意圖.....	123
圖 6.3-4	台馬交通運輸示意圖.....	125
圖 6.3-5	南北竿船運交通示意圖.....	125
圖 6.3-6	共通性之緊急應變處理流程.....	126
圖 6.4-1	環境影響評估工作執行流程.....	128
圖 6.5-1	都市計畫用地變更範圍.....	131
圖 6.5-2	計畫執行用地取得涉及流程圖.....	132
圖 6.5-3	用地權屬分析.....	133
圖 6.5-4	用地權屬分析(軍方管理土地部份-1).....	134
圖 6.5-5	用地權屬分析(軍方管理土地部份-2).....	134
圖 6.6-1	生物氣候設計策略.....	135
圖 6.6-2	綠建築原理示意圖.....	137
圖 6.6-3	邁向淨零排放之關鍵步驟.....	138



圖 6.6-4 機場碳評鑑等級與其主要規定 139



表 目 錄

表 1.2-1	本計畫工作項目一覽表.....	2
表 2.2-1	北竿機場跑道規格及特性.....	10
表 2.2-2	北竿機場滑行道規格及特性.....	13
表 2.2-3	北竿機場停機坪規格及特性.....	15
表 2.3-1	北竿機場助導航設施.....	16
表 2.3-2	儀器進場程序及相關降落標準表.....	17
表 2.4-1	北竿機場航廈大樓規格.....	20
表 2.4-2	航空站設施容量彙整表.....	21
表 2.5-1	北竿機場消防站設施規格.....	22
表 2.7-1	機場交通各種接駁運具所佔之比例.....	26
表 3.1-1	臺灣馬祖往來旅次數預測結果.....	33
表 3.1-2	小三通旅次數預測結果.....	33
表 3.1-3	往來馬祖旅次總量預測結果.....	34
表 3.1-4	臺馬間海空運運量預測結果.....	34
表 3.1-5	機場分配量.....	35
表 3.2-1	南竿機場土地規劃與開發效益初估.....	36
表 3.2-2	南竿機場土地開發衍生觀光旅次數.....	37
表 3.2-3	各情境運量預測結果.....	38
表 3.2-4	各預測年期尖峰小時運量預測.....	39
表 3.2-5	各預測年期尖峰小時起降架次數(ATR-72 型).....	39
表 3.2-6	各預測年期尖峰小時起降架次數(737-800 型).....	39
表 3.3-1	新闢臺馬海運航點之海空運量變化分析.....	44
表 3.3-2	海運行駛新航點並引進高速船舶之海空運量變化分析.....	47
表 3.3-3	海運行駛新航點並引進水翼船之海空運量變化分析.....	49
表 3.3-4	臺馬海運改善方案比較分析.....	51
表 3.3-5	臺馬空運改善多元運具替代方案發展評估分析.....	52
表 3.3-6	海運票價補貼對海空運量轉移之影響評估.....	54
表 4.1-1	綜合規劃階段之運量假設.....	55
表 4.2-1	IATA 航廈服務水準.....	60



表 4.2-2	旅客航廈 -面積需求初步分析.....	61
表 4.2-3	ICAO 的航機類型代碼	62
表 4.2-4	總停機位需求	63
表 4.2-5	航警/海關員工人數之估計.....	63
表 4.2-6	機場警察局之需求	64
表 4.2-7	ARFF 分類.....	65
表 4.2-8	救援及消防車輛之最少數量	65
表 4.2-9	滅火劑之最小應配置劑量	65
表 4.2-10	ARFF 站之需求	66
表 4.2-11	南竿和北竿機場航空站之員工數量	66
表 4.2-12	機場主管機關辦公設施之需求	67
表 4.2-13	GSE 存放區域之需求	67
表 4.2-14	地勤人員設施空間之需求	68
表 4.2-15	航廈路側需求	70
表 4.2-16	汽車的停車使用率設定	71
表 4.2-17	旅客停車場之空間需求	71
表 4.2-18	員工/公務用停車場之空間需求	71
表 4.2-19	計程車等候區之空間需求	72
表 4.2-20	直升機停機坪和機棚之空間需求	72
表 4.2-21	直升機燃油儲存倉庫之空間需求	72
表 5.1-1	北竿機場跑道配置相關詳細內容	76
表 5.1-2	B5'方案不同進場類型總結	80
表 5.1-3	B5 方案不同進場起降操作限度	81
表 5.1-4	儀器降落系統(ILS)	81
表 5.1-5	機場地面燈光系統分類及配置	83
表 6.2-1	設施規模、規範及考量因素	89
表 6.2-2	總停機位需求	92
表 6.2-3	ARFF 分類.....	97
表 6.2-4	救援及消防車輛之最少數量	98
表 6.2-5	滅火劑之最小應配置劑量	98
表 6.2-6	ARFF 站之需求	98
表 6.2-7	南竿和北竿機場航空站之員工數量	99
表 6.2-8	機場主管機關辦公設施之需求	99
表 6.2-9	GSE 存放區域之需求	100



表 6.2-10	地勤人員設施空間之需求.....	101
表 6.2-11	IATA 航廈服務水準.....	102
表 6.2-12	旅客航廈 -面積需求初步分析	103
表 6.2-13	航廈路側需求.....	106
表 6.2-14	汽車的停車使用率設定.....	107
表 6.2-15	旅客停車場之空間需求.....	107
表 6.2-16	員工/公務用停車場之空間需求	108
表 6.2-17	計程車等候區之空間需求.....	108
表 6.2-18	南側跑道延長區整地坡度.....	110
表 6.2-19	北竿機場改善方案與 3C OFZ 障礙物淨空區規定	110
表 6.2-20	北竿機場改善方案土方數量彙整表.....	112
表 6.2-21	填海造陸 BN-2 壓密沉陷參數表.....	118
表 6.2-22	填海造陸預估最大沉陷量.....	119
表 6.2-23	邊坡整體穩定性檢核安全係數(FS)	119
表 6.2-24	規劃航站場址簡化土層表及大地工程參數表.....	120
表 6.2-25	場址開挖邊坡穩定分析結果.....	121
表 6.3.1	連江縣政府災害應變中心編組表.....	127
表 6.3.2	緊急聯絡單位電話表.....	127
表 6.4-1	北竿機場改善方案環境影響評估探討.....	128
表 6.4-2	第一級環境敏感地區調查表.....	129
表 6.5-1	土地權屬分析表.....	133
表 6.7-1	綜合規劃方案說明表.....	140
表 6.7-2	綜合規劃方案評選表.....	140
表 6.8-1	工程分標表.....	141
表 6.9-1	採購策略及發包方案彙整表.....	142
表 7.1-1	北竿機場改善方案建設經費.....	143
表 7.1-2	北竿機場改善方案工程經費估算明細表.....	144
表 7.2-1	北竿機場跑道改善建設期程.....	146
表 7.3-1	航空站營運及維管人數估計.....	147
表 7.3-2	營運維護經費.....	147
表 8.1-1	北竿機場改善建設方案之分年建置與營運維修成本資金需求表.....	150
表 8.1-2	北竿機場改善前後無效飛行之比率變化推估.....	152
表 8.1-3	北竿機場改善後之旅行時間節省效益.....	152
表 8.1-4	土地增值效益彙整表.....	152



表 8.1-5	南竿機場廢除營運維護成本節省效益彙整表	152
表 8.1-6	北竿機場改善方案經濟效益評估結果	153
表 8.1-7	北竿機場改善方案分年經濟效益評估結果表	154
表 8.2-1	評估年期假設表	155
表 8.2-2	分年資金需求表	156
表 8.2-3	北竿機場收費標準彙總表	156
表 8.2-4	財務分析指標	158
表 8.2-5	自償率分析	159
表 8.2-6	敏感度分析	160
表 8.2-7	101 至 105 年度民航事業作業基金收支餘絀表	161
表 8.2-8	民航事業作業基金來源及用途表	162

第一章 計畫認知

1.1 計畫緣起及目標

馬祖距台灣本島甚遠，而海上交通臺馬輪、臺馬之星之旅運時間較長，故對外空運於當地居民之日常、經濟活動甚為重要。對於觀光產業而言，可滿足需求且穩定可靠之航班亦直接影響旅客行程安排與意願。

目前馬祖北竿機場為非精確儀降機場；南竿機場為目視(非儀器)機場，因地形條件限制，均有著能見度與雲幕高之飛航操作規定。每當因霧季或天候不佳，常有取消航班之情況發生，更甚者連續多日關場亦時有所聞。另外北竿機場的跑道長度不足，亦無法發揮應有運能。

綜上所述，馬祖南竿、北竿機場的跑道設施及飛航環境勢須予以檢討妥適之改善/擴建方案。行政院於 104 年 10 月 13 日以院臺交字第 1040053147 號函核復，為提供馬祖地區居民安全及穩定的交通飛航環境，請交通部及民用航空局先辦理提升北竿機場為 3C 跑道之綜合規劃工作。107 年 1 月 9 日交通部所召開之「型塑馬祖觀光軸幅系統之先期規劃」會議中，對馬祖機場改善方案，專業評估與地方民意已獲得共識，決議朝集中改善北竿機場方向規劃。此外，交通部於 107 年 4 月 26 日函示北竿機場優先改善在技術上和地方共識上一致，請民用航空局確依行政院 104 年 10 月 13 日核示辦理後續工作，即刻推動綜合規劃等後續作為，早日改善機場運輸效能。立法院交通委員會於 107 年 5 月 16 日至馬祖現地考察時，亦請民航局將連江縣政府所提北竿機場 4C 跑道方案納入綜合規劃。

爰此民用航空局及連江縣政府近年來不斷研析改善馬祖地區飛航環境，本計畫「北竿機場跑道改善評估及綜合規劃」以上述相關上位政策及地方訴求作為綜合規劃研析與規劃之參據，並將就各面向評析，以提出可行之最佳跑道改善方案，並接續辦理機場改善之綜合規劃作業，以機場飛航環境升級來改善航空可靠性，建構完善之馬祖連外空運服務，以提升馬祖產業及觀光之國際競爭力。



圖 1.1-1 南北竿機場位置示意圖



1.2 工作範圍內容

依本案招標文件之「招標規範」規定，機場改善評估及綜合規劃案應包含下列工作項目，並將其成果彙總製作成報告書提交 貴局。

表 1.2-1 本計畫工作項目一覽表

工作項目	內容說明
可行性評估 檢討研析 (含多元運具 替代方案)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒐集馬祖社經發展資料、各島間及馬祖與臺灣間交通運輸資料。 2. 蒐集馬祖未來觀光與產業發展、建設、博奕政策等資料。 3. 蒐集馬祖機場近年來改善完成之設施及營運狀況，並瞭解其成效。 4. 蒐集馬祖機場之起降操作限度、低於操作限度比例、航機取消等資料進行分析，釐清南、北竿機場發展關鍵課題。 5. 對南、北竿機場旅運需求特性進行分析。 6. 檢討及研析南、北竿機場跑道改善方案(含精確及非精確儀降) 7. 估算機場提供夜航服務所需之設施、工程及用地等經費。 8. 綜整各評估各方案之可行性，及建議執行之優先順位。 9. 研擬多元運具替代方案並分析比較，提出馬祖地區聯外交通改善之最佳方案。
綜合規劃	<ol style="list-style-type: none"> 1. 機場設施及營運現況分析 2. 機場周邊地區發展現況分析(含陸地、海域之地形及地質等狀況) 3. 機場整體改善方案研析 4. 空、陸側場站設施規劃 5. 建設經費及期程估算 6. 經濟效益評估及財務計畫 7. 風險評估、營運維持替代方案及採購策略 8. 撰擬綜合規劃成果報告 9. 撰擬建設計畫
其它 配合事項	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有關民眾、團體、民意代表或政府機關等向 貴局提出之建議，須協助提供專業分析資料或意見，供 貴局參考。 2. 機關召開或參加各種會議，應配合辦理相關會議工作，並指派計畫主持人或專案經理率相關人員出席。

1.3 作業方法及流程

1.3.1 工作方法

第一步分析為“南竿和北竿機場改善可行性評估”，於 2016 年啟動，目的是根據幾個標準評估九種改善方案中的最佳方案（北竿六個，南竿三個），評比出跑道改善的優選方案。不同的方案涉及跑道延伸和/或重新定向。評估標準之一是在 OCH 和 RVR 方面改善操作之最低標準。考慮不同類型的非精確進場以及 CAT I 精確進場來改善最低標準，並在符合 ICAO PANS-OPS 標準下執行。初步評估結論，應保留北竿機場進行開發，而將南竿機場關閉。北竿機場具體發展方案包括向南擴展跑道達 1500 米的總長度以及實施 CAT I 精確進場(21 端為非精確進場)。

可行性初步分析還發現障礙物限制面 (OLS)，障礙物淨空區 (OFZ) 和跑道地帶是否符合 ICAO 附件 14 要求等問題。故於綜合規劃階段前先進行航空研究，以評

估航機操作風險的可接受性，以便將北竿機場發展到預定情境，採用 CAT I 精確進場，並評估非精確進場相關的風險。其目的還在於風險被認為不可接受的情況下提出緩解措施。該研究結論為，如果根據第一步分析的精確和非精確進場保留情景開發機場，那麼北竿航空營運的風險被認為是可以接受的。

本報告係北竿機場綜合規劃分析。最後階段旨在訂定未來機場改善發展方向。本報告由以下主要章節組成：

- ◆ 基本問題：第二章介紹作為未來機場發展基礎的基本方向。
- ◆ 現有條件清單：第二章詳細介紹現有機場環境、機場設施及其主要特性。使瞭解現有設施容量。
- ◆ 旅運需求預測：第三章根據馬祖地區最新發展情境，重新檢討前階段運量預測結果，以作為後續設施需求分析之基礎。另包括多元運具替代方案之研析。
- ◆ 需求容量分析：第四章介紹機場開發所需的設施，並將未來設施需求與現有容量相對應。
- ◆ 機場發展計劃及規劃方案：第五章介紹機場設施逐步優化之發展。
- ◆ 空陸側場站設施規劃：第六章係說明規劃採用之標準、各項設施工程規劃內容及其它相關配合工作之評估結果。
- ◆ 其它：建設經費、期程估算、經濟效益評估及財務計畫，則詳述第七、八章。

一、目的與需求

需求/容量議題：美國聯邦航空總署（FAA）表示，“機場管理單位通常根據現有計劃或機場的現有或潛在缺點以確認是否需要進行規劃研究。這些缺點可能是需求超過容量、引入新型飛機或出現嚴重環境問題的結果。



圖 1.3-1 機場規劃流程

綜合規劃的目的是制定未來 20 年機場設施發展的發展指南，同時考慮到在



馬祖地區的一般社會經濟背景下，台灣航空業市場力量的變化，以及所有機場主要使用者之營運需求。綜合規劃提供了一種方法，以確保滿足機場願景所需的設施，並在必要時為這些設施位置預留空間。如圖 1.3-1 所示，綜合規劃通常在機場規劃過程中發揮核心作用亦為機場商業計劃以及機場土地使用計劃之主要源頭。

二、規劃目標

安全和保安：在規劃機場未來發展時，安全和保安是首要目標。該目標是透過應用國際民航組織(ICAO)，國際航空運輸協會(IATA)，美國聯邦總署(FAA)和歐盟(EU)等國際機構提供的最佳標準和建議規範去實現。

設施容量：保持足夠機場容量是規劃的主要目標。機場改善將同時平衡各機場設施功能的容量。停機坪和跑道容量、航廈規模及陸側交通等須詳細規劃，俾符合機場設施功能成長，滿足長期運量需求。

財務發展：機場設施發展應將機廠從公共事業轉為經濟催化劑，為地方、區域和國家範圍內創造商機及帶動經濟成長。

發展彈性：市場動態不斷變化和不可預測事件可能會嚴重影響初始規劃。這需要能充分識別風險的規劃理念，及考量採用彈性發展策略。該策略將考慮未來決策重點，同時確保某種形式的保護，防止可能發生的不良事件。

便利性和營運效率：步行距離及等候時間短，且具吸引力及便利設施，將使旅客獲得愉快體驗。航機操作不受限制、滑行距離短和機場功能位置之最佳化，將是營運效率的關鍵。

三、研究方法

為實現本計畫的規劃目標，技術方法將遵循 FAA Advisory Circular150 / 5070-6A，“機場規劃”，國際民用航空組織(ICAO)和國際航空運輸協會(IATA)規定中列出的指導方針。開發了這種機場規劃過程的技術方法，以產出一個合理的遠程機場和土地使用規劃文件，以清晰，簡潔的格式提出建議的研究結果，並製定機場佈設計劃，提供所需的航空設施以支持北竿機場未來 20 年內航空活動的成長。

機場綜合規劃流程係遵循邏輯發展，分為三個階段：

◆ 第一階段 - 專案需求

第一階段確定北竿機場的現況條件，預測未來空運需求，並確定所需設施規模以滿足專案需求。

◆ 第二階段 - 方案研析

第二階段確定設施改善方案，並根據營運、環境和成本因素評估方案，選擇支持機場發展之優先方案。

◆ 第三階段 - 計畫發展

第三階段 - 計畫發展：第三階段將建議的機場發展計劃轉化為綜合性的機場規劃。

1.3.2 工作流程

本案工作可區分為可行性評估、綜合規劃與建設計畫撰擬、後續擴充等項目。期初階段之可行性評估(含航空研究)業於 107 年 4 月奉交通部核可，爰繼續進行期中階段之綜合規劃作業，並配合新頒之「水下文化資產保存法」及其施行細則，於現地補充鑽探作業前，先行完成水下文化資產調查作業；補充鑽探成果及數據將於期末階段回饋於規劃內容，以臻完善場站設施規劃及相關經費概估。後續階段之作業流程彙整如圖 1.3-2 所示。

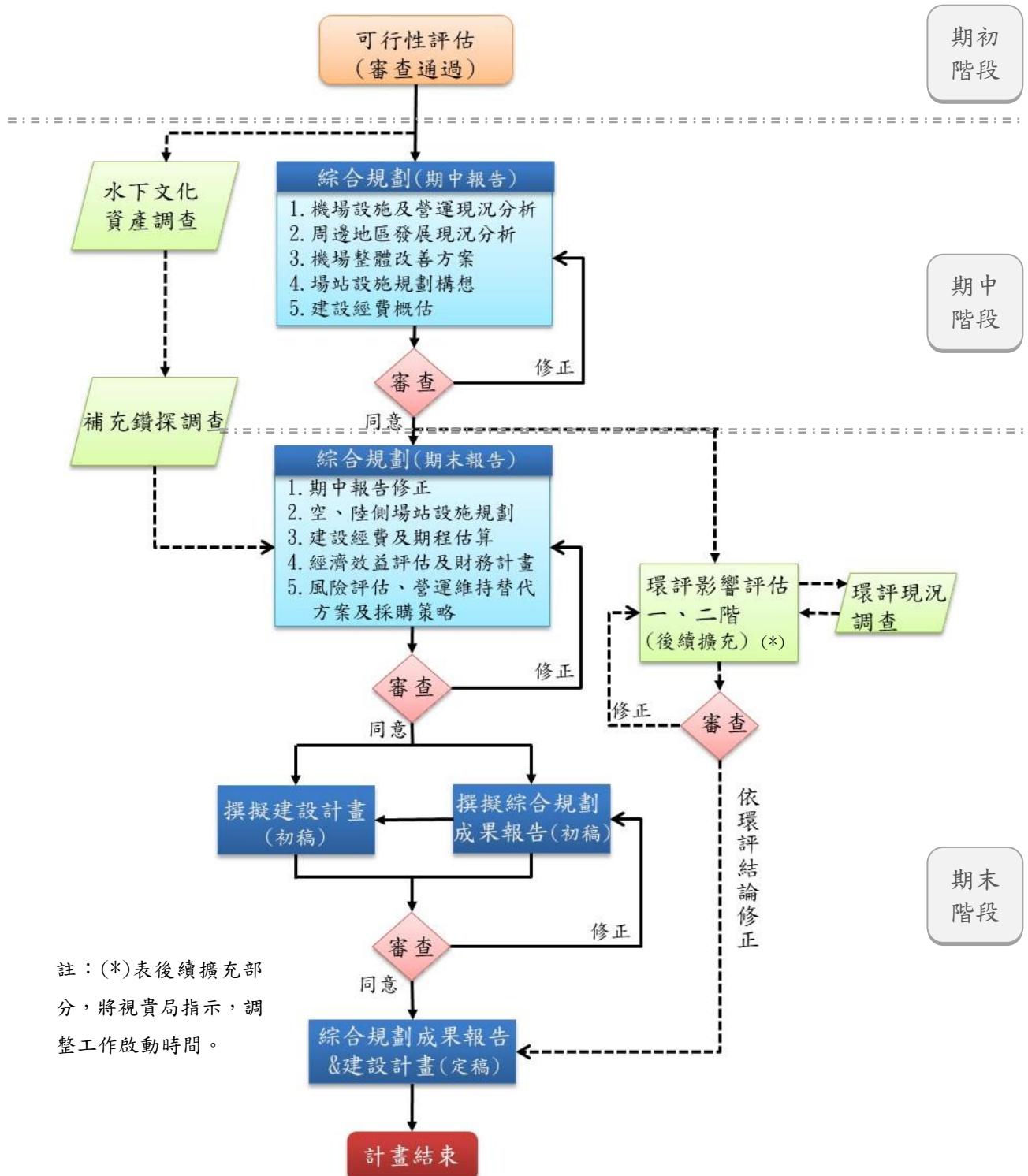


圖 1.3-2 工作執行計畫流程

1.4 可行性評估過程與成果摘要

本案於期初階段，針對標準化及非標準化場面評估方案可行性，就工程技術、土地取得、儀航程序、風險矩陣及緩解措施等面向詳細分析，並提出可行性評估結果及建議改善方案，相關評估流程如圖 1.4-1；並主要獲得下列結論：

- 一、針對南、北竿機場進場面與轉接面標準化及非標準化場面，篩選後各研擬一項改善方案(共 4 方案)進行可行性評估，並經各項技術指標綜合評析，未來於精確進場之設施條件下，各方案能見度改善效益可由現況 3,200m、2,400m(南、北竿機場)最高提升為 1,200m，無效飛行率可由現況 20.0%、12.6%(南、北竿機場)最低降為 8.3%、3.9%。
- 二、經綜合考量各方案改善效益、環境影響、飛航安全、工程經費、未來擴充性等因素，以非標準化場面方案之整體效益較佳，衝擊較小。其中北竿機場 B5'方案在場站設施改善後，並搭配相關緩解措施及分階段降低 DH/RVR 營運數值，預計能見度可改善至 1,400m(技術評估理論值)，所需工程經費約 83.1 億元(土方平衡)/105.5 億元(土方外購)。故本計畫建議以北竿機場 B5'方案為改善方案，並經航空研究建議，未來可採分階段降低 DH/RVR 營運數值之方式實施，以增進航機操作安全性。
- 三、由於機場改善與馬祖地區聯外交通關係十分密切，本計畫於 107 年 1 月與連江縣政府及陳委員雪生討論並交換意見，已取得採北竿機場 B5'方案改善之共識。

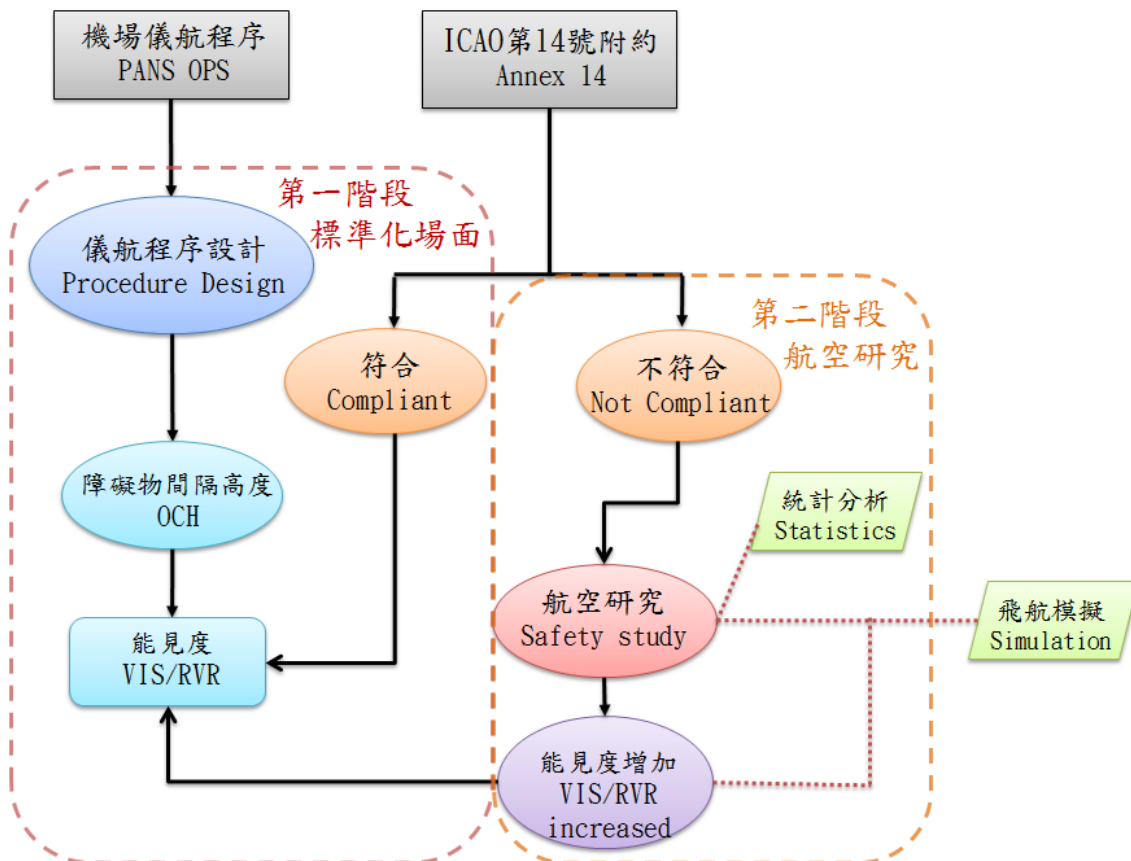


圖 1.4-1 可行性階段評估辦理流程

第二章 現況資料蒐集分析

以下部分描述北竿機場的周邊環境特性和機場主要設施的特點。並分析現有主要機場設施容量。此後列出的調查結果來自數據收集工作，實地考察和利益相關方諮詢。本節組成如下：

- ◆ 機場周邊環境
- ◆ 機場位置
- ◆ 場站設施
- ◆ 航站大樓
- ◆ 停機坪
- ◆ 機場支援設施
- ◆ 航空公司支援設施
- ◆ 機場通道
- ◆ 其它航空相關設施

2.1 機場周遭環境

2.1.1 北竿島地理位置

馬祖群島包括 19 個島嶼和小島，其中包括五個主要島嶼，即南竿，東莒和西莒（莒光鄉），北竿和東引。馬祖群島皆屬連江縣的一部分。北竿島距離中華民國首都台北 200 公里，距中國大陸海岸 15 公里。南竿是連江縣的主要島嶼，為連江縣主要社經中心。北竿位於南竿北部 3 公里處。



圖 2.1-1 北竿島地理位置示意圖



2.1.2 北竿機場位置

北竿機場（IATA 代碼 MFK; ICAO 代碼 RCMT）位於北竿島西部。其參考點地理座標為 $26^{\circ} 13'27''N$ $-120^{\circ} 00'10''W$ 。機場長約 1.3 公里，寬 350 公尺，面積 27 公頃。機場周圍環繞著西側壁山，東側的大澳山和北側之獅嶼。



圖 2.1-2 北竿機場地理位置示意圖

2.1.3 北竿與南竿之聯繫

北竿機場位於南竿機場朝北 7 公里處，這兩個機場目前同時營運。然而初步綜合評估與可行性分析結論，對於馬祖長期機場規劃而言，後續應該主要開發北竿機場，因此北竿機場將必須能夠容納至 2036 年馬祖地區整體空運量。

北竿島目前提供接駁船班服務與南竿島相接應，在未來可以透過興建連接橋樑方式改善兩個島嶼連接狀況。連江縣政府刻正積極推動南北竿跨海大橋之建設計畫。

2.1.4 周圍土地使用

北竿機場位於北竿鄉塘岐村，西側為軍事區和馬鼻灣(塘岐澳口)。機場的北，西，南方環繞是中國東海。塘后路穿過跑道下方的箱涵將北竿鄉連接到機場東部的后沃村，塘后路南北側即為塘后道沙灘。本區具有開發可能的土地主要為西側丘陵區(軍事區域)或是在既有澳口以填海方式爭取用地。機場周邊土地使用如下圖所示。



圖 2.1-3 北竿機場周邊土地使用示意圖

2.1.5 現有航空站規模

機場總面積達 27 公頃，單一南北向跑道(03/21)。場站設施位於跑道的西側，具有：

- ◆ 一座國內線航廈
- ◆ 航空管制塔台和氣象觀測台設施
- ◆ 北竿航空站辦公室
- ◆ 消防救援設施

根據現有的機場配置圖確認北竿機場的不同區域。相關圖說係由資料收集過程中獲得，並配合 Google Earth 視景圖進行後續 2.2 小節之分析。

2.2 空側配置

2.2.1 現有機場分類

北竿機場係屬於國際民航組織公約分類代號 2C。

依國際民航組織公約第 14 附約規範，其代號係對應於「機場跑道長度最佳數值係參照『係依據航機製造商經業管部門審認之飛航手冊或類同資料所規範，航機所需最低跑道長度係確認其最大起飛總重、場面標高、標準大氣條件下起飛所需最低機場跑道長度，且跑道傾斜度為零』等數據」，這就是設置跑道的目的”：

代碼「2」為航機可於該機場使用跑道的長度範圍超過 800 公尺，北竿機場現有跑道長 1,150 公尺，因此歸類於代碼「2」機場，現有營運之 ATR 72-600 型機(3C)起飛時需限載旅客 56 名。

代碼「C」代表航機翼展介於 24 至 36 公尺間，或最大主起落架外輪距介於 6 至 9 公尺間。對最佳航機而言，或被稱為最適於該機場作業的航機，唯一可操作機型為 ATR 72-600 型機，其翼展為 27.05 公尺，主起落架外輪距 4.10 公尺。北竿機場現有場面設施不符合所有歸類於



國際民航組織附約 14 內所涵括機型(其機型請參閱後續章節)，可符合 ATR 72-600 型機操作規範，因而北竿機場獲准列屬代碼「C」之機場。

北竿機場現有跑道長度分類代號雖屬 2C，然由於本計畫目的即為改善提升機場現有設施，預計將跑道延伸至 1,500 公尺之 3C 場面，因此本章節後續將以現有機場(2C)與未來改善之 3C 場面比較，藉此檢視機場配置及設施是否須進行改善。

2.2.2 跑道系統

一、特性

跑道尺度和特性取決於該機場常態使用機型(即為每年逾 500 次起降作業)，故跑道設計規範須符合常態使用機型需求，俾確保現行或未來選用之特定機型使用相關設施無虞。

現階段唯一於北竿機場操作機型為 ATR 72-600 型機，使其成為關鍵機種，經整合該型機性能特徵與因飛機外型設計而不同之翼展差異，繼而引領機場場面設計特性，引導機場配置具有跑道暨滑行道長度與分隔特點；跑道方向設計取決於當地主要風場模式、飛機性能良窳與外型、翼展/輪距，使其成為運用之場面設施擴建區域或機場周邊空域限制(若已具備)。

北竿機場現有一條北南向跑道，為所有航班提供全年服務；03/21 跑道係一座長 1150 公尺乘 30 公尺的剛性跑道，提供國際民航組織分類標準 3C 航機 ATR 72-600 型使用(起飛須限載)。



圖 2.2-1 21 段跑道頭入口視景

表 2.2-1 北竿機場跑道規格及特性

跑道特性	03	21
設計機型	ATR 72-600	
翼展(m)	27.050	
輪展(m)	4.10	
尾翼高度(m)	7.65	
重量(MTOW-t)	22 800	
跑道長度(m)	1 150	
清除區	No	
緩衝區	No	
跑道寬度(m)	30	



跑道特性	03	21
道肩寬度(m)	No	
跑道地帶寬度(m)	90	
跑道整平區寬度(m)	45 to 75	
鋪面種類	Concrete	
鋪面組成與強度	PCN 28/R/B/X/T	PCN 28/R/B/X/T
跑道端標高(m)	7.92	12.50
燈光系統	Light Intensity High	
中心線燈	No	
著陸區燈	No	No
進場燈	No	No
目視助航進場	APAPI (2.91°)	APAPI (2.99°)
儀器助航進場	LDA / NDB	LDA
儀器進場程序	LDA / NDB / LNAV GNSS	LDA
最低目視進場距離(m)	2400	2400
跑道端安全區(RESA)	No	No

資料來源：北竿機場 AIP。

1150 公尺的跑道長度不足以允許 ATR 72-600 的最大起飛重量 (MTOW) 起飛，導致減少有效荷載，從而限制了立榮航空為北竿起飛提供的座位數量。初步可行性評估結論的最佳開發方案，跑道應向南延伸至 1500 公尺，此項延伸將使 ATR 72-600 能夠在最大起飛重量 (MTOW) 下起飛。

若需增加諸如 B737、A320 等較大型客機投入北竿機場運操作業，除需延遠跑道長度至 1,800 公尺外。另須擴增跑道寬度，俾契合國際民航組織分類標準代碼較高規範。

二、跑道端安全區(RESA)

國際民航組織附件 14 規定，每條跑道頭應設有一條延伸至帶狀區的跑道端安全區 (RESA)。它被定義為“關於延伸跑道中心線對稱並且與帶狀區末端相鄰的區域，主要用於降低飛機提前或超越跑道降落的風險” [ICAO 附件 14]。RESA 的最小要求長度為 90 公尺。

03/21 跑道頭並未具有跑道端安全區域，然而，根據初步評估研究的最佳發展情境結論，將提供兩個 90 公尺的 RESA 增加在跑道兩端延伸區域。

三、跑道地帶

依國際民航組織公約附約 14 規定，其分類代碼 3 之跑道地帶寬度應自跑道中心線兩側橫向延伸 140 公尺，其長度在跑道入口前於跑道頭前、跑道或緩衝區末端之後延伸 60 公尺。北竿機場跑道地帶在北區部分不符合附約 14 規範，其原因為 W 滑行道部分位於 140 公尺內(參見第 3.3 節所述)，滑行道 W 距跑道中心線 140 公尺範圍內，其所在位置意味著非易碎物體(飛機)可位於跑道地帶上，故不符合 ICAO 附件 14 的建議規範。

四、跑道地帶整平區

距離跑道中心線 75 公尺範圍內的地區部分應予分級，最大橫向斜率之容許範圍為 2.5

%，並具有載重能力。然而北竿機場跑道不符合此項建議規範，因為分級帶寬度自 45 至 75 公尺不等，且海岸線涵括於理論分級地帶範圍內。下圖說明不符合國際民航組織公約附約 14 規範（紅色陰影線係分級地帶不符合部分）

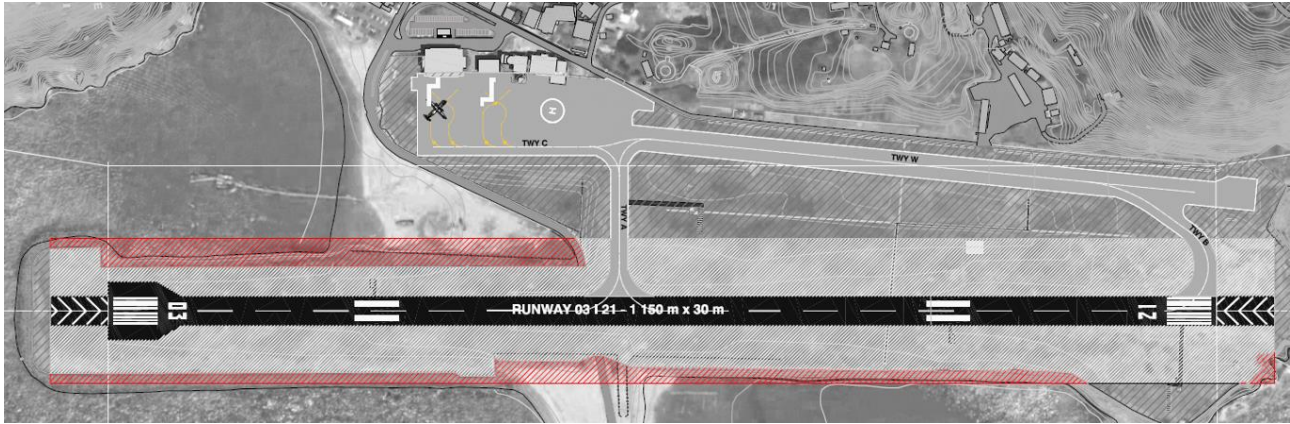


圖 2.2-2 跑道地帶整平區及應改善範圍示意圖

2.2.3 滑行道

滑行道系統主要功能係在跑道和航機停機坪區域間提供路徑。北竿機場由兩條與跑道垂直的 A、B 滑行道，以及兩條與跑道平行的滑行道 W、C(滑行道 C 幾與跑道平行)提供服務。當滑行道 W 及 C 使用於跑道至停機坪作業時，可使用滑行道 A 和 B 進入/脫離跑道。



圖 2.2-3 北竿機場滑行道配置

各滑行道特性如下表 2.2-2。

表 2.2-2 北竿機場滑行道規格及特性

	TWYA	TWY B	TWY C	TWY W
滑行道形式	Exit 90°	Exit 90°	Parallel	Parallel
滑行道寬度(m)	18	Variable (18 to 25)	18	18
道肩寬度(m)	No	No	No	3.5
鋪面型式	CONCRETE	CONCRETE	CONCRETE	CONCRETE + ASPHALT
鋪面組成	PCN 28/R/B/X/T	PCN 28/R/B/X/T	PCN 28/R/B/X/T	PCN 28/R/B/X/T
至跑道頭距離(m)	530	1130	-	-
滑行道中線至跑道中線距離(m)	-	-	169	127 to 178
燈光系統	No	No	No	No

資料來源：北竿機場 AIP。

滑行道直線寬度符合國際民航組織公約附約 14 規範，對代碼 C 機型最低要求寬度為 15 公尺；其次，附約 14 要求涵括於代碼 C 各型機之外主輪與滑行道邊緣間距應為 3 公尺。滑行道 A、B 寬度符合附約 14 建議需求，可提供 ATR 72-600 型機運行，惟自滑行道 W/C 至滑行道 A 轉彎處不符合附約 14 代碼 C 中諸如 B737-800 型及其它機型要求規範，若其它機型擬於北竿機場運營，應即擴增鋪面或更新標誌等作業。

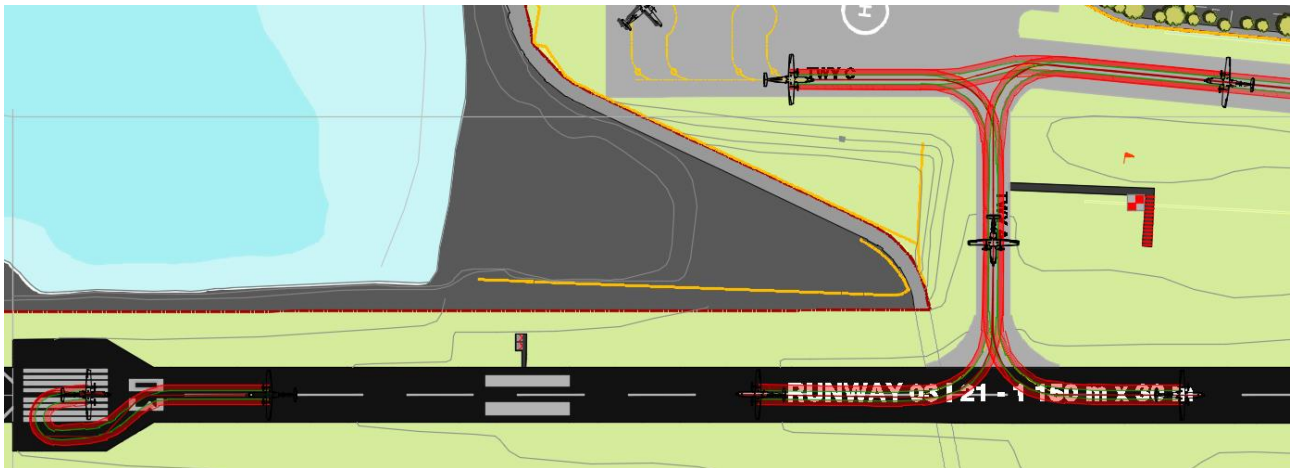


圖 2.2-4 滑行道寬度符合 ATR-72-600 航機

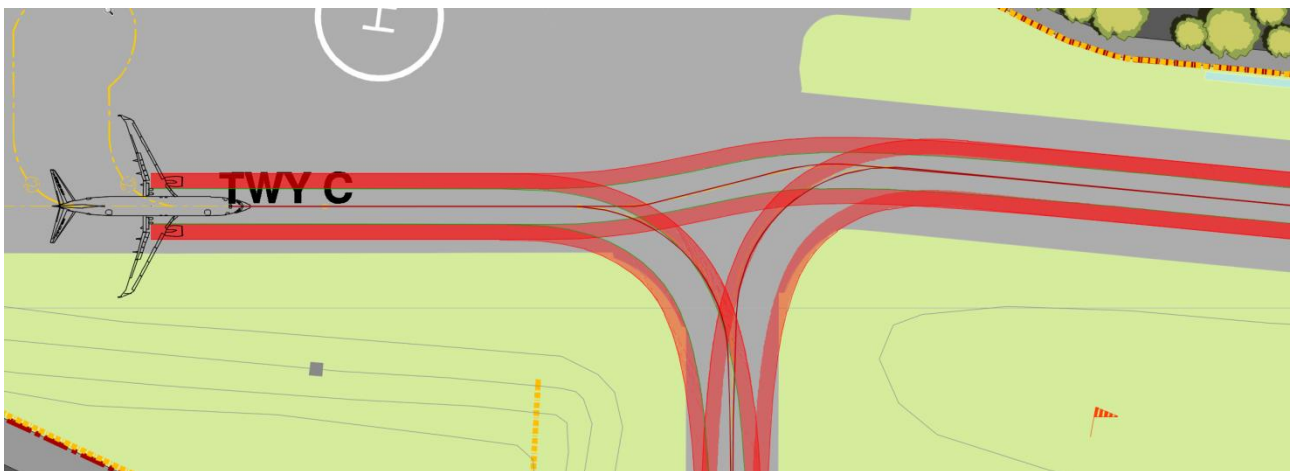


圖 2.2-5 滑行道寬度不符合 B737-800 航機

僅有滑行道 W 遵循 ICAO 附件 14 對於 C 代碼飛機具有滑行道加道肩總寬度為 25 公尺的

建議。

W 滑行道中心線與跑道中心線間距離為 127 至 178 公尺，不符合國際民航組織公約附約 14 分類 3 儀器跑道參考長度分類最小隔離間距 168 公尺建議規範；前述要求係有關於當航機於跑道執行起降活動時，應無航機位於 W 滑行道。由於依現有航班時刻表，同時段僅有一架航班使用跑道/滑行道，故目前狀況未受此不合規範項目影響。然在機場長期規劃和未來增加交通疏運量時應考量此一要點。

2.2.4 停機坪

停機坪是機場定義的區域，位於陸地機場，旨在容納飛機，用於裝載或卸載乘客，郵件或貨物，加油，停放或維護。

北竿機場設有一個專用於商務乘客的停機坪，總面積為 7500 平方公尺，具有兩個 ATR 72-600 型飛機停機位（限制代碼 C）。

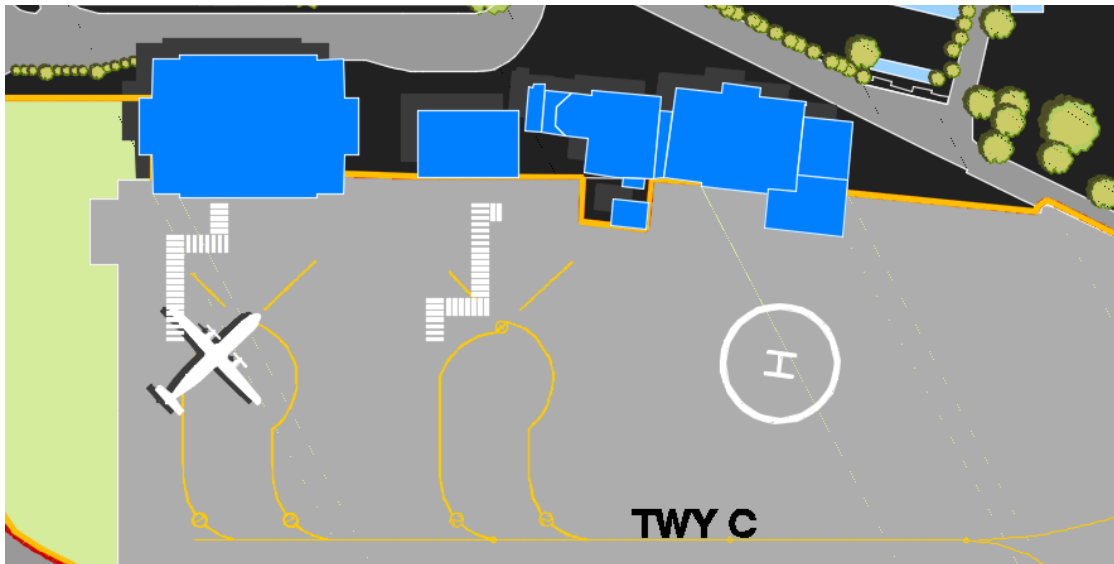


圖 2.2-6 北竿機場停機坪配置

兩座停機坪係聯繫站位，無需以空橋將航機連接至航站，因唯一使用之民航機是 ATR 72-600 型機。而乘客以停機坪鋪面道所標誌的人行道登機/離開航站大樓。此項配置可實現航機自體滑行離場，係立榮航空公司現行運營之離場程序。

由於同時僅有一架 ATR 72-600 飛機停放，因此商用停機坪足以滿足現有的立榮航空航班時刻表，相鄰的停機位有時也會被軍用飛機使用。

直升機著陸區也位於商業停機坪的北面，著陸區直徑為 25 公尺。

北竿停機坪配置綜整如下：

表 2.2-3 北竿機場停機坪規格及特性

	民航機停機坪	旋翼機停機坪
面積	7500 m ²	500 m ²
鋪面強度	PCN 28/R/B/X/T	PCN 28/R/B/X/T
停機位數量	2	-
遠端停機位數量	0	-
空橋數量	0	-

資料來源：北竿機場 AIP。

ATR 72-600 型機停機位置不符合 ICAO 附件 14 轉接面（坡度 14.3%）規定，因為停機位上的飛機尾部略微侵犯轉接面，如下圖所示。

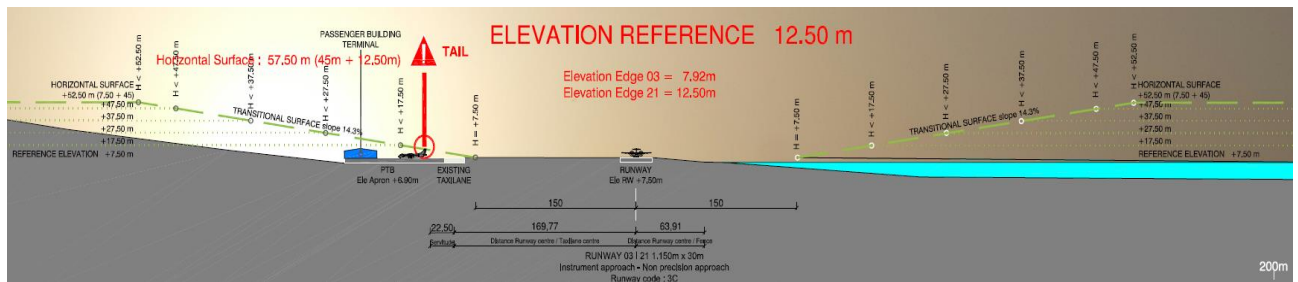


圖 2.2-7 北竿停機坪與轉接面相對位置示意圖

2.3 空域與助航設施

2.3.1 機場管制塔臺

機場管制塔臺之功能在於確保航機及車輛在機場活動區內之安全運作，也確保以機場為中心 5 浬半徑圓周、高度 3000 呎以下範圍內，所有空中交通之飛航安全。

北竿機場塔臺位於停機坪及航空站北側，介於空側和陸側間之邊界。塔臺位於助航氣象台建築物的四樓，一至三樓供助航與氣象人員使用，四樓高出地面 12 公尺，可以通視機場活動區以及最後進場與離場航道。



圖 2.3-1 北竿機場管制塔臺

機場作業時段內由一位管制員負責執行航管業務。

2.3.2 助航設施(NAVAIDS)

助航設施協助駕駛員於航路、進場、離場階段，提供導航訊號。助航設施包括地面電子系統和衛星無線電系統。北竿機場配備以下述類型助航設施：

左右定位輔助臺(LDA)與儀降系統(ILS)標準的左右定位台是完全一樣的裝備，可以提供航道訊號，提供進場航機左右方向之導引。03 和 21 跑道都配置 LDA 設備。03 跑道 LDA 航道與跑道中心線偏架 2.2° ，而 21 跑道 LDA 航道與跑道中心線偏架 2.8° 。由於受自然地形影響，跑道兩端信號可能不穩定。21 跑道 LDA 同址設置測距儀(DME)，提供航機距離資訊。



圖 2.3-2 03 跑道 LDA

歸航台(NDB)：北竿機場內有一歸航台，歸航台為一無方向性電台，設於一已知的位置發射無線電波，供航空或航海導航使用。北竿機場的歸航台同址設有測距儀。

表 2.3-1 北竿機場助導航設施

	Latitude	Longitude
左右定位輔助台 03/測距儀	26°13'41.1"N	120°00'21.9"E
左右定位輔助台 21	26°13'30.0"N	120°00'07.6"E
歸航台(NDB) /測距儀(DME)	26°13'27.9"N	119°59'59.7"E

資料來源：北竿機場 AIP。

2.3.3 目視助航設施

目視助航設施為機場飛航作業及提升安全之必要設施，尤其在惡劣的天氣或夜間，在空中及地面能提供駕駛員視覺參考。

進場燈系統：進場燈系統係駕駛員自儀器飛航過渡到目視降落階段，提供目視參考的基本設施。03 與 21 跑道都未配置進場燈系統。

跑道頭識別燈：跑道頭識別燈系統可讓駕駛員快速、準確地識別跑道端。該系統由兩個同步的單向閃光燈組成。03 跑道端燈為白色，每分鐘閃爍 120 次。21 跑道端燈為白色，每分鐘閃爍 60 次。



跑道邊燈：跑道邊燈可明確界定著陸區域之邊界。北竿機場跑道配備高亮度邊燈，每盞 60 公尺間距，配有跑道頭燈及跑道端燈。北竿機場跑道未配置跑道中心線燈及著陸區燈。

簡易式目視進場滑降指示燈：簡易式目視進場滑降指示燈是一種目視輔助設施，由兩組燈光組成，提供導引資訊，協助駕駛員保持正確的進場高度（以垂直面而言）。北竿機場跑道兩端都配置目視進場滑降指示燈，台址位於距跑道頭 270 公尺處。

風向袋：風向袋提供風向及風速的視覺指標。北竿機場風向袋之位置靠近 A 滑行道。

2.3.4 氣象設施

氣象設施提供與風/能見度/溫度相關的資訊，以便駕駛員能夠在有足夠的資訊情況下運作。北竿機場配置下列氣象裝備：

- ◆ 風速計
- ◆ 風向計
- ◆ 能見度儀
- ◆ 雲幕儀
- ◆ 溫度計
- ◆ 雨量計

2.3.5 儀器進場程序

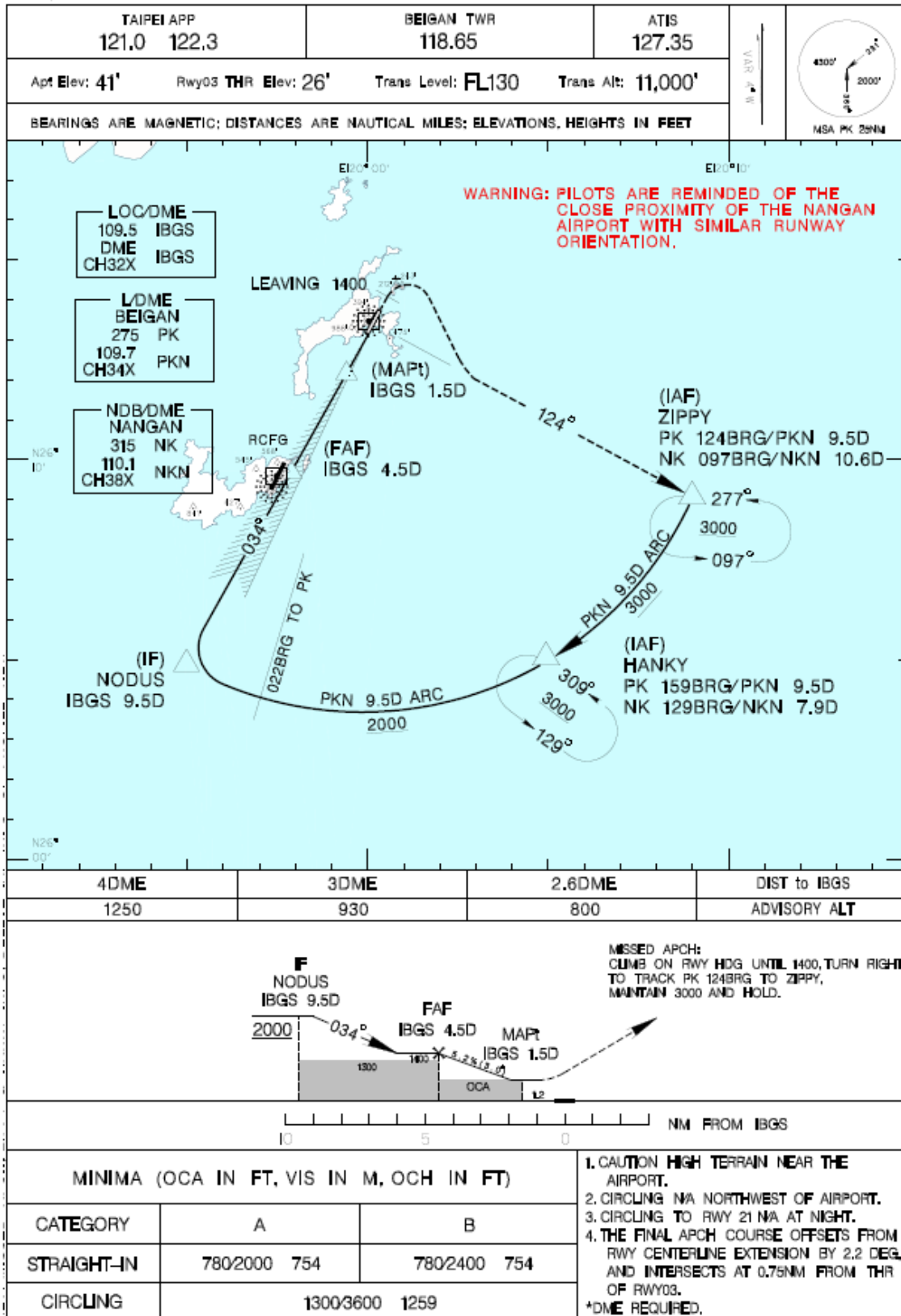
儀器進場程序許可儀器飛航航機實施進場，並在惡劣天氣及低能見度天氣情況下仍能降落。03 跑道與 21 跑道僅有非精確進場程序。該等非精確進場程序包括 LDA、NDB 及 RNAV-GNSS 進場程序。LDA 和 NDB 進場程序使用上述相關章節所述的助航設施，RNAV-GNSS 進場程序則為在 GPS 涵蓋範圍內，提供航機左右導航訊號之進場方式。

該等進場程序都與障礙物隔離高度（OCH）及跑道視程（RVR）值有關。駕駛員在進場過程中的任何位置實施誤失進場，只要航機高度高於或等於障礙物隔離高度，即使駕駛員無外界地面目視參考，都能讓航機安全飛越所有潛在的危險障礙物。駕駛員只有在目視確認飛機正確對正跑道，並且有足夠的目視參考時，方能下降至低於障礙物隔離高度。北竿機場儀器進場程序及相關降落天氣標準詳如下表：

表 2.3-2 儀器進場程序及相關降落標準表

跑道方位	進場程序	OCH 隔離障礙物高度	RVR 跑道視程'
03	LDA	754 ft	2400 m
03	NDB	1274 ft	3200 m
03	RNAV GNSS	1274 ft	3200 m
21	LDA	739 ft	2400 m

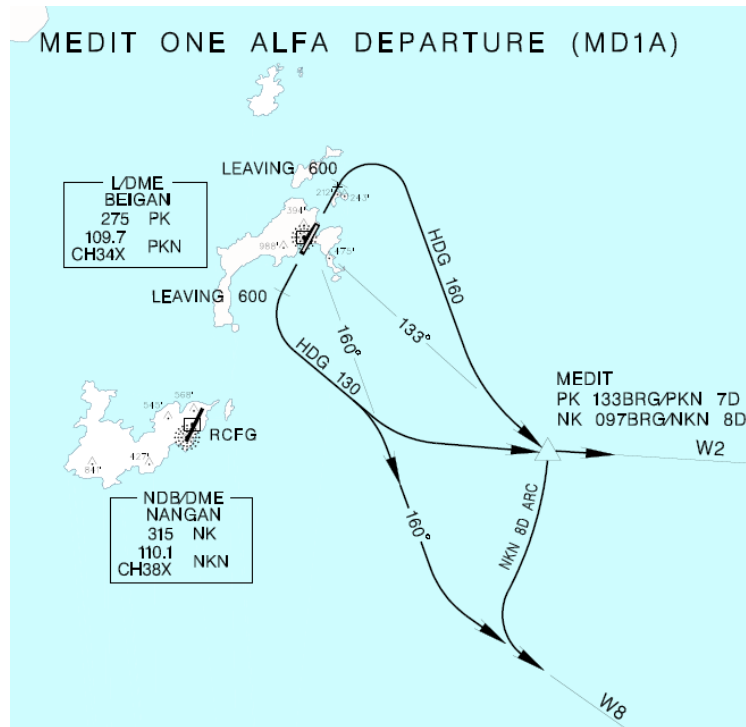
資料來源：北竿機場 AIP。



資料來源：北竿機場 AIP。

圖 2.3-3 LDA 03 跑道進場程序

北竿機場標準儀器離場程序為傳統之離場程序，使用上述相關章節所述的助航設施，兩條跑道離場之最低爬升梯度為 6.25%，最低起飛標準為能見度 1600 公尺、雲幕高 500 呎。



資料來源：北竿機場 AIP。

圖 2.3-4 03 跑道標準儀器離場程序

2.4 航廈大樓

北竿機場航空站位於跑道西側，座落於北竿市區與停機坪之間。該航空站一樓之建築物面積為 1,280 平方公尺，設有一通關門。2016 年營運量旅客數(人次)為 89,300 人次，尖峰時段旅客人數每小時 140 人（含到場與離場人數）。



圖 2.4-1 北竿機場航廈大樓

離站旅客之流程如下:

- ◆ 進入航空站
- ◆ 報到櫃台報到
- ◆ 託運行李託運



- ◆ 乘客與手提行李安檢
- ◆ 候機室候機
- ◆ 登機

到站旅客之流程如下:

- ◆ 下機
- ◆ 行李認領處
- ◆ 離開航空站

北竿機場只有國內航線，由立榮航空經營，凌天航空直升機緊急醫療後送也使用該航空站。

表 2.4-1 北竿機場航廈大樓規格

	範圍
建物面積	1,280 m ²
2016 年客流量	89,300
空橋數量	0

資料來源：北竿機場 AIP。

一、報到櫃檯

大廳設有一報到櫃檯與三個自助報到機台。10%的乘客在報到櫃檯辦理登機手續，90%的乘客使用自助報到機台。有一託運行李櫃檯辦理行李託運手續，以完成報到程序。

平均而言，使用自助報到機台/行李託運的平均處理時間約為 60 秒，經與立榮航空公司員工討論，使用報到櫃檯的平均處理時間約為 90 秒。該處理時間符合國際標準。

此外，由現場觀察獲知報到過程運作良好，單位面積每位乘客整體的等候時間，低於國際航空運輸協會最佳狀態之服務水準，但仍然可以接受。

定性地說，以現有空中交通，同時處理一個航班之最大載客量，整個報到區域看來是夠寬敞的。

就容量而言，可以得出結論，每小時處理旅客報到的容量約為 220 人/小時。每小時處理託運行李的容量約為 60（含行李）人/小時。考量因為只有 80%的乘客託運行李，總計處理託運行李的容量（包括有託運及沒有託運行李的乘客）相當於 75 人/小時。

二、離站安全檢查

離站管制區包括一個用於檢查乘客及其手提行李的 X 光機。檢查過程由航警執行。

有關安檢過程，平均每位旅客所需時間，現場會勘時未與警方溝通。考量國際標準，應給每位乘客保留 45 秒的時間。

在容量方面，可以得出結論考量到每位乘客 45 秒的國際標準安檢，目前的安全檢查站容量約為每小時 80 名乘客。

三、候機室

候機室約有 41 個座位，讓乘客在等待登機時使用。航空運輸協會的最佳服務水準規定，座位容量應達到尖峰時段需求的 60%。因此，如果同一時段內只有一架 ATR 72-600

班機離站時，是可以達到最佳狀態之服務水準。

四、行李提領處

有一條長約 10 公尺的行李輸送帶供乘客提取行李。假設每條行李輸送帶每小時可容納至少 140 名乘客使用，相當於兩架 ATR 72-600 型機之最大容量。

五、小結

以容量而言，很顯然行李託運處理是容量瓶頸。因此，以單向離站或到站而言，評估出來的航空站容量限制，為每小時約 75 個乘客。

假設航空站不需要再重新設計，託運行李櫃台與行李檢查 X 光機的數量可以增加到 2 座，但是候機室可用的空間仍然極為有限，因此服務水準將顯著低於最佳狀態時之標準。現有的航空站於尖峰時段，同時只可容納一架班機，如果每小時航班數量增加，航空站空間顯然不足。

下表扼要重述每項流程設施容量之細目：

表 2.4-2 航空站設施容量彙整表

設施	設施承載力	資源數量	理論承載力
報到櫃台	60 pax/h	3 self-service kiosks + 1 conventional counter	220 pax/h
托運行李	75 pax/h	1	75 pax/h
離境安檢	80 pax/h	1	80 pax/h
候機休息室	41 seats		41 seats
提領行李	140 pax/h	1	140 pax/h
機場容量			75 pax/h

資料來源：北竿機場 AIP。

2.5 機場支援設施

2.5.1 主要消防與救援設施

北竿機場消防站位於現有航空站北側，在直升機停機坪之前，佔地 400 平方公尺。有三個有屋頂的重型消防車庫與一員工區域；然而，沒有消防與救援訓練設施，訓練都在機場外辦理。

機場消防設施等級屬於第 5 級。ATR 72-600 型機的機身長低於 28 公尺，機身寬度低於 4 公尺。國際民航組織第 14 附約依據使用該機場最大型航機及其機身寬度，訂定消防救護設施分類標準，北竿機場符合第 5 級消防設施的規定。



圖 2.5-1 消防站消防車庫

消防站共有 13 位員工，同時有 6 位消防員值班。消防站之救援裝備有兩輛重型消防車，各有 1,500 加侖容量；還有一輛輕型消防車及一輛通訊指揮車。填充重型消防車的時間為五分鐘，這些車輛每個月至市區加一次油。

消防車經由連接的滑行道至 03/21 跑道。消防站的位置距最遠跑道頭之距離，消防車可以在 90 秒內到達，符合國際民航組織第 14 附約 3 分鐘內到達之要求，也符合建議在 2 分鐘內到達之標準。直升機坪就位於消防車庫前，將危害消防救援作業。消防車執行任務時，需高速駛離車庫，可能撞擊直升機或在直升機周圍移動的人員或車輛。

表 2.5-1 北竿機場消防站設施規格

	Latitude
ICAO 分類	5
建物面積	400 m ²
車道數量	3
輕型車數量 s	1
重型車數量	2
消防值班人數	6
消防員總計人數	13

資料來源：現地參訪。

2.5.2 安全檢查站

設置安全檢查站的目的，係管制從公共區域過渡到機場安全管制區之關卡，並控管車輛。北竿機場有兩個安全檢查站。目前唯一使用的安檢站位於現有航空站的北立面。第二個安檢站位於接近 21 跑道頭的軍事區域的邊界，但是依照航空站主任的說法，該安檢站從未使用過。



圖 2.5-2 機場安全檢查站

2.5.3 其它設施

一、北竿航空站辦公室

北竿機場由民航局負責營運。舊航空站位於現有航站北側，在塔台及消防站之間，民航局利用舊航站作為北竿航空站之辦公室，該建物占地面積 570 平方公尺，專供在北竿機場服務的行政人員辦公使用。



圖 2.5-3 北竿航空站辦公室

二、航警/海關

北竿機場由航警執行保安工作。航警辦公室占地面積 50 平方公尺，位於航站內，靠近行李檢查 X 光機室。三名航警同時執勤。

海關在航站內設有一個櫃檯，占地面積 15 平方公尺。同時有一名海關官員值班。

三、宿舍

部份北竿機場員工住在位於航站及塔台間的宿舍。該宿舍建築面積共 600 平方公尺，分為兩層，總占地面積為 300 平方公尺。住在宿舍的員工包括：



- ◆ 防檢局人員
- ◆ 航空站人員

上述員工合計近 12 名住在宿舍內，即每位員工可使用之空間為 50 平方公尺。

2.6 航空公司支援設施

2.6.1 飛機維修棚廠

北竿機場沒有維修活動。北竿機場現有的交通量不足以讓立榮航空公司認為需要興建維修棚廠。然而，立榮航空公司使用航站內靠近機場一側的一個小房間，來存儲飛機或地勤支援裝備，占地面積近 20 平方公尺。

2.6.2 空廚設施

北竿機場的航班都是國內航線，飛機上沒有提供餐飲服務，僅供應飲料。因此，北竿機場沒有空廚設施。

2.6.3 航空燃油加油設施

北竿機場沒有燃油設施。自北竿機場離站之班機，飛航所需的燃油都在到站航班之起飛機場裝載（依目前營運狀況都是台北/松山機場），飛往北竿的航班已裝載回程航班所需的燃料。現行自北竿到台北的航班，飛機需要的燃油都由到站航班攜帶之作法可行，因此不需要燃油加油設施。

2.6.4 地面支援裝備

地面服務支援裝備儲存在一個總占地面積近 180 平方公尺的儲藏區外。主要儲藏區位於停機坪南側，占地面積約 80 平方公尺。航空站前方與宿舍前面也有部份儲藏區域，面積約近 100 平方公尺。

該等儲存空間足夠儲存一架 ATR 72-600 型機運轉所需的地勤支援裝備（因為目前的情況只能同時處理一架飛機），地勤支援裝備包括：

- ◆ 扶梯車
- ◆ 一輛冷氣車
- ◆ 一輛電源車
- ◆ 一輛卡車
- ◆ 一輛手推車



圖 2.6-1 地勤支援裝備儲存區

2.6.5 地勤業服務設施

立榮航空公司本身也是地勤業者，地勤業務由該公司人員負責，即是飛機在地面時間，負責飛機所有的整備業務，包括：

- ◆ 飛機停放指揮
- ◆ 飛機離場前後異物清除檢查
- ◆ 裝卸行李貨物
- ◆ 放置警示錐
- ◆ 放置扶梯車
- ◆ 擺置冷氣車/電源車

航空站內有一 20 平方公尺的房間，專供立榮航空公司員工使用，其內有一地勤/飛機裝備的儲存區域。

2.7 機場交通

機場交通設施應達成下述兩個主要功能：

- ◆ 提供不同運輸模式間有效的連接，同時為乘客上下交通工具提供合適的介面；
 - ◆ 滿足旅客及在航站週遭工作人員之短期及長期停車需求，提供足夠的停車空間。
- 需要考慮的關鍵因素是該等設施的容量及其處理車輛流量的能力。

有關目前不同運輸模式佔有率的資料由連江縣政府提供。此外，依據北竿航空站提供資訊，大多數前往北竿的遊客都透過旅行社安排。因此，大多數遊客搭乘巴士前往或離開機場（根據現場會勘，觀察停放的巴士，平均每輛巴士可乘載 27 人）。其餘遊客多搭乘計程車往返機場，僅有當地居民及少數遊客自行開車或由親友的車子接送。

根據上述資訊，可以估算出離到機場運輸模式的比例，詳如下表：

表 2.7-1 機場交通各種接駁運具所佔之比例

交通方式	比例
公車/旅遊中巴	40%
計程車	10%
自用小客車	30%
機車	20%

2.7.1 主要連絡道路

北竿機場靠近北竿鄉最熱鬧的塘岐村。現有機場主要的聯外道路為北竿大道、環島東路及塘后路。北竿路和環島路為源自幹道之車道，位於航空站西側，穿過鬧區即到達航空站。塘后路源自機場東側，有一通道穿過機場下方後，即可到達航站站區。



圖 2.7-1 北竿機場周邊道路系統

如果南北竿間海大橋計劃經核定後，北竿大道將成為從北竿機場到南竿的主要通道，因為該道路前往跨海大橋的距離較近。

2.7.2 航空站週遭人行道

航空站靠近路側的人行道作為道路與航空站本身之間的界面。該人行道必須讓接送人員有足夠空間接送乘客。

航站前面離站區的人行道平坦延伸 50 公尺。道路旁人行道的起點與終點緩緩地向下傾斜，並成弧形繞著停車場。人行道旁有一兩線車道，沿著航站有停車位可以停放計程車、私人車輛或巴士或公車。由於缺乏可用空間，車輛也停在人行道的另一側，靠近停車場的車道，部分沿著航站的車道被計程車佔用。

人行道連接通往北竿大道、環島東路及塘后路的道路。



圖 2.7-2 北竿機場航空站週遭人行空間

2.7.3 平面停車場

北竿機場有一平面停車場，總占地面積為 3,200 平方公尺（包括通道區），有 38 個停車位。停車場緊鄰航站，步行距離很短便可輕鬆抵達。停車場西側還有可以停放旅行社巴士的停車位。

2.7.4 計程車等候區

北竿機場目前沒有特定的計程車等候區。多數計程車在路邊停車位等候。

2.7.5 租車設施

北竿機場沒有租車公司營運。

2.7.6 公車站

現有的公車站位於航站北側，毗鄰北停車場。

2.8 現有環境

2.8.1 氣象

北竿機場年平均氣溫為 18.6°C ，平均低溫為 13°C ，平均高溫為 29°C 。日夜溫差變化很大。該地區為亞熱帶海洋性氣候，受季風、洋流及其地理位置的影響。馬祖四季分明，冬季寒冷潮濕，夏季與春季有霧，秋季通常天氣穩定。

2.8.2 風頻分布

北竿跑道方位依照盛行風向，為南/東北走向。側風發生率偏低，低於總觀測時間的 10



%。此外，當有側風時，95%的時間內，其風速低於 10 哩。該跑道的方位遵照國際民航組織第 14 號附約的建議，即“對於擬使用該機場的飛機，跑道的可用率應不可低於 95%”。下圖為北竿機場的風向頻率分佈圖。

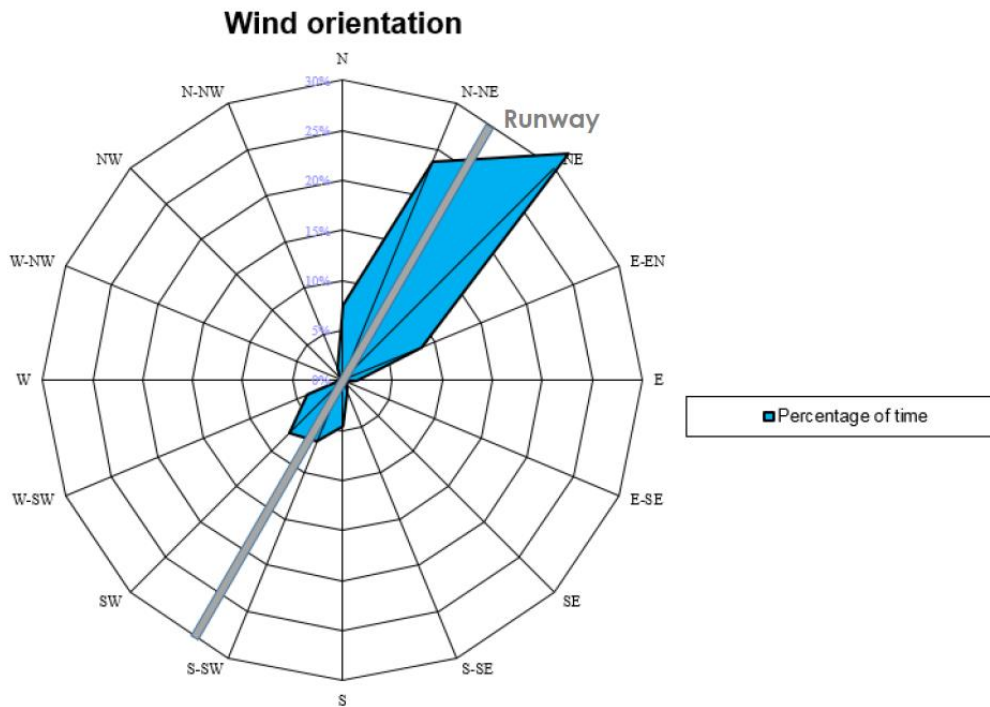


圖 2.8-1 北竿機場風向頻率分佈圖

2.8.3 障礙物

將與代碼 3 航機作業相關的各種障礙物限制面，以 dwg 格式套在北竿地形圖上。穿越不同障礙物限制面之自然障礙物，使用著色方式突顯其高度，圖畫呈現詳如下頁。

地形或自然障礙物主要穿越轉接面，特別是接近 03 及 21 跑道頭處。獅嶼穿越了 21 跑道進場面及 03 跑道起飛面。

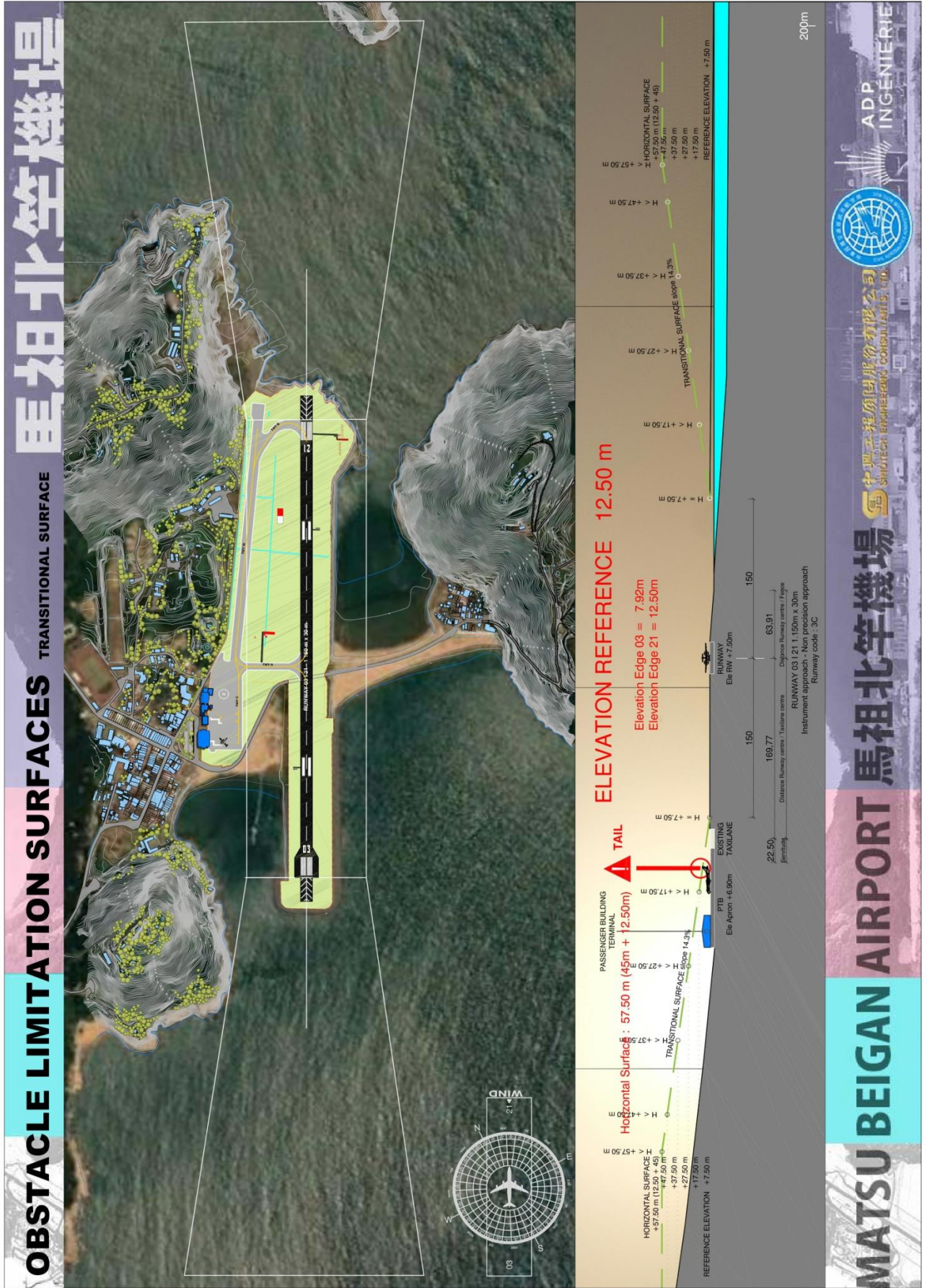


圖 2.8-2 北竿機場障礙物限制面示意圖



就現有障礙而言，北竿機場未遵照國際民航組織第 14 號附約的「建議」。然而，不能說這種情況不符規定，因為對現有障礙的限制並非要件而只是「建議」。於是針對穿越轉接面、起飛面及進場面之障礙物辦理航空研究。結論是，對於非精確進場與 CAT I 精確進場，在起飛與降落之操作提供改善措施後，認為風險是可接受的。有關航機接近障礙物相關的風險，ADPI 業於 2017 年執行的馬祖機場航空研究中有完整的說明。

2.9 現有機場條件摘要

北竿機場現況摘要

跑道

長度	1,150 公尺
寬度	30 公尺
道面	水泥混凝土
設計機型	ATR 72-600

停機坪

滑行道 A、B、C	設計機型	ATR 72-600
	寬度	18 公尺
	道肩	無
滑行道 W	設計機型	ATR 72-600
	寬度	18 公尺
	道肩	有

航廈大樓

PTB 建築面積			1,280 平方公尺
航空站容量	設施容量	數量	理論容量
報到櫃台	60pax/h	3 個自助報到機台 加一個報到櫃檯	220pax/h
托運行李櫃台	60pax/h	1 個	75pax/h
離站安檢櫃台	80pax/h	1 個檢查 X 光機	80pax/h
行李提領處	140pax/h	1	140pax/h
離站尖峰小時容量			75pax/h
到站尖峰小時容量			140pax/h

停機坪

C 類航機(有活動樓梯)	2
C 類航機(遠端機坪)	0
直升機停機坪	1
停機坪總數	2

交通設施

停車場	3,200 平方公尺
-----	------------



航廈路側長度	100 公尺
塔台 ATC	
佔地面積	400 平方公尺
消防救護站	
總面積	400 平方公尺
ICAO 消防等級	第 5 級
機場專用化學泡沫消防車	2 部
反應時間	符合民用機場設計暨 運作規範要求
北竿航空站辦公室	
建築面積	570 平方公尺
航警/海關設施	
航警辦公室面積	50 平方公尺
海關辦公室面積	15 平方公尺
航空公司支援設施	
地勤裝備儲存區面積	180 平方公尺
地勤辦公室面積	20 平方公尺

第三章 旅運需求預測

3.1 可行性階段成果摘要

3.1.1 旅運需求預測分析流程

有關馬祖地區航空運量推估流程如圖 3.1-1 所示。在航空運量預測方面，本計畫首先掌握臺灣-馬祖地區旅運總量之發展，以現況社經人口資料、海空運及小三通運量歷史資料為基礎，並以區域旅次作為分類基礎，進行總量趨勢分析預測；蒐集分析馬祖地區海空運之運量分配情形，以及多元運具替代方案之情境，進行航空運具使用比例推估，據以推估未來年馬祖地區航空客運之旅運需求量；並依南、北竿近年運量分配比例進行推估。

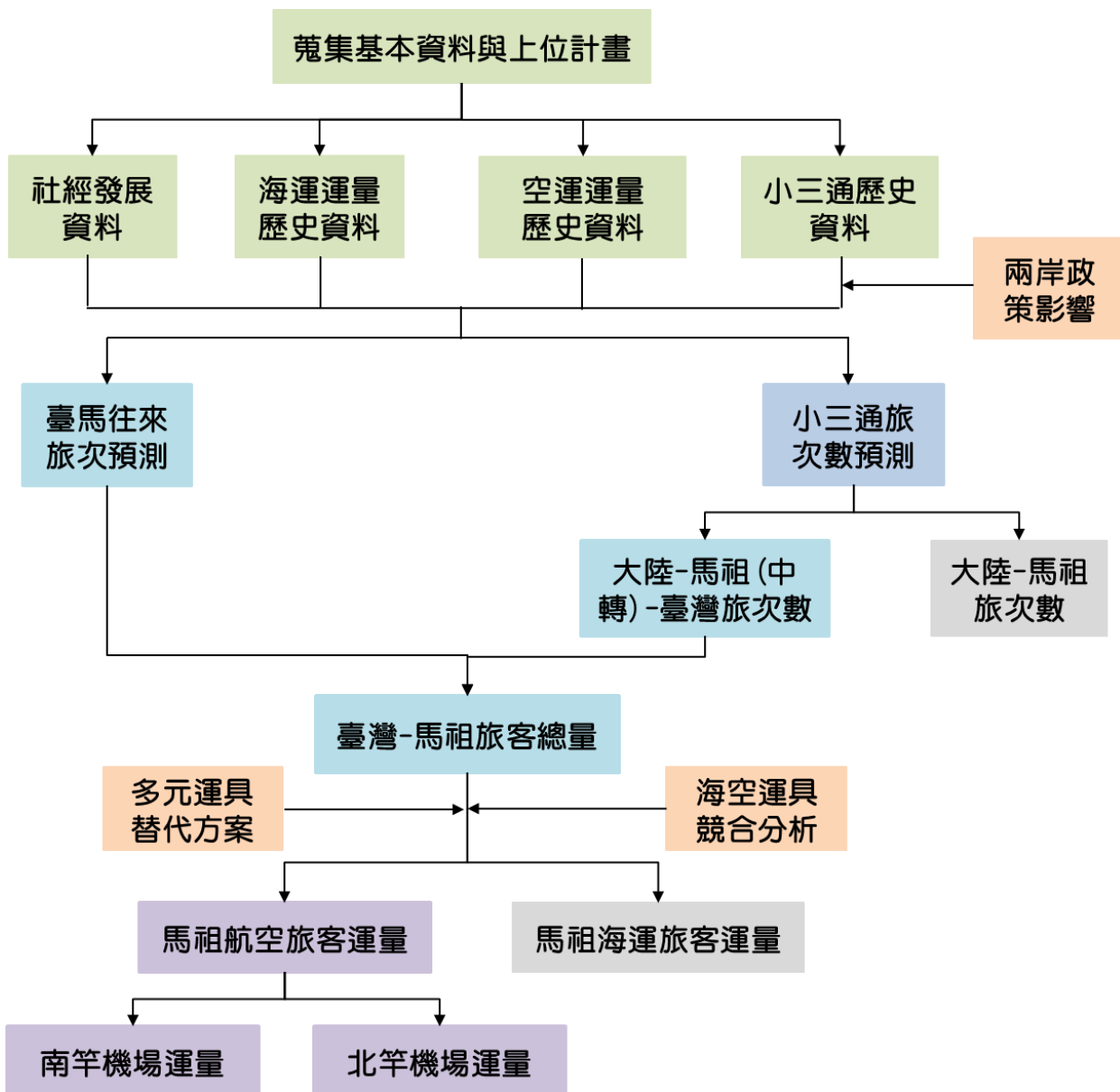


圖 3.1-1 馬祖地區航空客運預測分析流程

3.1.2 臺馬間旅客運量總量預測

一、臺灣馬祖往來旅次數運量預測

預測方法主要運用統計套裝軟體進行多元迴歸分析，透過全國人口數、平均國民所得與馬祖人口數之相關性，建立臺灣馬祖往來旅次數運量預測模式。其中保守情境、基礎情境及樂觀情境之預測指標設定則分別依據臺灣人口預測參考國發會「中華民國人口推估(105至150年)」之高、中及低推估預測結果，馬祖人口則參考馬祖人口變化趨勢及國發會臺灣地區人口變化推計推估，及所得成長率進行評估分析，其預測結果如表 3.1-1 所示，各目標年臺灣馬祖往來旅次數以民國 125 年最高，之後反轉下降，預測最大目標年(民國 125 年)臺灣馬祖往來旅次數約為 54.9~61.4 萬人次。

表 3.1-1 臺灣馬祖往來旅次數預測結果

單位：人次

情境別	103 年	104 年	105 年	110 年	115 年	120 年	125 年	130 年	135 年
保守情境				510,166	543,079	555,642	549,355	542,521	534,430
基礎情境	410,338	381,602	429,504	522,319	566,758	590,808	594,570	592,057	589,055
樂觀情境				523,420	571,065	601,523	613,507	607,468	600,892

資料來源：本計畫彙整

二、小三通旅次數運量預測

假設未來年兩岸政策未大幅變動，以趨勢分析進行基礎情境推估；考慮未來大陸對於採限縮政策下，進行保守情境推估；而樂觀情境係參採海運上位計畫預測結果，以小三通航線及運能為推估基礎，小三通旅次數運量預測結果如表 3.1.2-2 所示，小三通中轉旅次數目標年(民國 125 年)約為 3.0~7.4 萬人次，至目標年(民國 135 年)約為 3.0~7.7 萬人次。

表 3.1-2 小三通旅次數預測結果

單位：人次

情境別	區域別	103 年	104 年	105 年	110 年	115 年	120 年	125 年	130 年	135 年
保守情境	大陸-馬祖	43,945	44,195	69,109	73,421	75,683	76,842	77,429	78,183	78,563
	大陸-馬祖(中轉)-臺灣	16,730	17,037	26,607	28,303	29,175	29,622	29,848	30,139	30,285
基礎情境	大陸-馬祖	43,945	44,195	69,109	80,523	86,969	90,397	92,165	93,062	93,514
	大陸-馬祖(中轉)-臺灣	16,730	17,037	26,607	31,041	33,526	34,847	35,529	35,875	36,049
樂觀情境	大陸-馬祖	43,945	44,195	69,109	165,617	174,203	183,234	192,734	196,019	199,361
	大陸-馬祖(中轉)-臺灣	16,730	17,037	26,607	63,844	67,154	70,636	74,297	75,564	76,852

註：大陸-馬祖運量包含大陸-馬祖(中轉)-臺灣運量

資料來源：1. 商港整體發展規劃(106~110 年)，交通部運輸研究所，民國 105 年。

2. 本計畫彙整



三、臺馬間總量預測

臺馬間旅次總量即為臺灣馬祖往來旅次預測量與小三通中轉旅次預測量加總，預測結果詳表 3.1-3，預測最大目標年(民國 125 年)臺馬間旅次總量約為 57.9~68.8 萬人次。

表 3.1-3 往來馬祖旅次總量預測結果

單位：人次

情境別	區域別	103 年	104 年	105 年	110 年	115 年	120 年	125 年	130 年	135 年
保守 情境	馬祖大陸	43,945	44,195	69,109	73,421	75,683	76,842	77,429	78,183	78,563
	馬祖台灣	427,068	398,639	45,6111	538,469	572,255	585,264	579,204	572,660	564,716
基礎 情境	馬祖大陸	43,945	44,195	69,109	80,523	86,969	90,397	92,165	93,062	93,514
	馬祖台灣	427,068	398,639	45,6111	553,360	600,284	625,656	630,098	627,932	625,104
樂觀 情境	馬祖大陸	43,945	44,195	69,109	165,617	174,203	183,234	192,734	196,019	199,361
	馬祖台灣	427,068	398,639	45,6111	587,265	638,219	672,158	687,805	683,032	677,745

資料來源：本計畫彙整

3.1.3 臺馬間旅客空運運量預測

依據海空運具選擇預測模式，計算各預測年期臺馬間旅客選擇搭乘空運旅次數，預測結果如表 3.1-4 所示，預測最大目標年(民國 125 年)旅客搭乘空運運量約為 43.2~53.6 萬人次，空運比例約為 74.6~78.0%。

表 3.1-4 臺馬間海空運運量預測結果

情境別	運具別	105 年	運具比	110 年	運具比	115 年	運具比	120 年	運具比	125 年	運具比	130 年	運具比	135 年	運具比
保守 情境	海運	116,972	25.6%	138,116	25.6%	146,587	25.6%	149,519	25.5%	147,401	25.4%	144,610	25.3%	141,674	25.1%
	空運	339,139	74.4%	400,352	74.4%	425,667	74.4%	435,746	74.5%	431,803	74.6%	428,050	74.7%	423,041	74.9%
	合計	456,111	100%	538,469	100%	572,255	100%	585,264	100%	579,204	100%	572,660	100%	564,716	100%
基礎 情境	海運	116,972	25.6%	136,565	24.7%	143,426	23.9%	146,158	23.4%	145,501	23.1%	144,051	22.9%	142,590	22.8%
	空運	339,139	74.4%	416,795	75.3%	456,858	76.1%	479,498	76.6%	484,597	76.9%	483,880	77.1%	482,514	77.2%
	合計	456,111	100%	553,360	100%	600,284	100%	625,656	100%	630,098	100%	627,932	100%	625,104	100%
樂觀 情境	海運	116,972	25.6%	144,932	24.7%	151,370	23.7%	153,432	22.8%	151,403	22.0%	148,797	21.8%	146,228	21.6%
	空運	339,139	74.4%	442,332	75.3%	486,849	76.3%	518,727	77.2%	536,402	78.0%	534,235	78.2%	531,517	78.4%
	合計	456,111	100%	587,265	100%	638,219	100%	672,158	100%	687,805	100%	683,032	100%	677,745	100%

資料來源：本計畫彙整

南、北竿機場分配量依趨勢分析採近年南、北竿機場平均佔有率進行運量分配，分配結果如表 3.1-5 所示，預測最大目標年(民國 125 年)北竿機場運量約為 10.0~12.5 萬人次，南竿機場目標年則約為 33.2~41.2 萬人次。

表 3.1-5 機場分配量

情境別	機場別	103 年	104 年	105 年	110 年	115 年	120 年	125 年	130 年	135 年
保守 情境	北竿機場	70,083	68,894	79,850	92,997	98,877	101,218	100,302	99,431	98,267
	南竿機場	240,220	223,576	259,289	307,356	326,789	334,527	331,501	328,619	324,774
	合計	310,303	292,470	339,139	400,353	425,666	435,745	431,803	428,050	423,041
基礎 情境	北竿機場	70,083	68,894	79,850	96,816	106,122	111,380	112,566	112,399	112,082
	南竿機場	240,220	223,576	259,289	319,978	350,735	368,117	372,031	371,481	370,432
	合計	310,303	292,470	339,139	416,794	456,857	479,497	484,597	483,880	482,514
樂觀 情境	北竿機場	70,083	68,894	79,850	102,747	113,089	120,494	124,599	124,096	123,465
	南竿機場	240,220	223,576	259,289	339,584	373,760	398,233	411,803	410,139	408,052
	合計	310,303	292,470	339,139	442,331	486,849	518,727	536,402	534,235	531,517

資料來源：本計畫彙整

3.2 綜合規劃階段旅運需求分析調整

馬祖雖有南北竿兩座機場，但因受天然條件與環境影響，北竿為非精確儀降機場，南竿為目視(非儀器)機場，均受天候影響明顯，尤其每年 3-6 月正值馬祖地區旅遊旺季開始之際，航空運輸往往受到濃霧而無法起降，因機場擴建評估經費與期程均難以短期間內完成，故為使馬祖觀光發展與運輸系統共同發展，統合陸海空運輸建設之規劃，俾集中資源發揮綜效，進一步帶動馬祖地方產業發展，因此連江縣政府近期積極推動興建南北竿大橋，可使南、北竿島實體連結後，南竿機場將可廢除，集中資源改善北竿機場，有效降低航班取消率，若南竿機場廢除後，將釋出土地進行騰空土地開發，將有助於馬祖未來發展。

因此本階段之時空背景假設為南北竿大橋興建、南竿機場廢除並輔以南竿機場廢除後釋出之土地騰空開發所衍生之觀光人數需求，依此時空背景假設下，於本章節進行旅運需求分析之調整。

3.2.1 南竿機場土地開發衍生需求推估

依據交通部運研所「型塑馬祖觀光軸福系統之先期規劃」報告中可知，目前連江縣針對南竿機場土地騰空之開發，初步規劃包括住宅區、商業區、旅館區、產業園區，其南竿機場土地開發規劃如表 3.2-1 所示。



表 3.2-1 南竿機場土地規劃與開發效益初估

住宅區			
開發最大容積樓地板面積(m ²)	158,734	開發最大容積樓地板面積(坪)	48,017
每坪售價(萬元)	15		
開發效益(萬元)	720,255		
商業區			
開發最大容積樓地板面積(m ²)	178,578	開發最大容積樓地板面積(坪)	54,020
每坪售價(萬元)	20		
開發效益(萬元)	1,080,400		
旅館區			
房間數	480	房價/每日	5,000
住宿率	65%	餐飲與其它收入/住宿收入	40%
開發年效益(萬元)	79,716		
產業園區			
樓地板面積(坪)	52,519	月租金/坪	250
出租率	80%		
開發年效益(萬元)	12,605		

資料來源：型塑馬祖觀光軸福系統之先期規劃，交通部運研所，民國 107 年。

依其南竿機場土地開發類型推估所衍生之觀光人數需求，分別說明如下：

一、住宅區

- (一) 住宅區開發最大容積樓地板面積約 48,017 坪。
- (二) 依據內政部統計通報顯示連江縣平均每戶使用住宅面積約 40 坪/戶，計算出住宅區開發最大戶數約 1,200 戶，依連江縣政府統計連江縣平均戶量約 4 人/戶，故住宅區開發預計引進最大人口數約為 4,800 人。
- (三) 住宅區開發後預計可新增人口數約 4,800 人，其為區內往來旅次，且因本計畫於可行性階段報告預測連江縣人口目標年約為 2 萬人，目前馬祖人口數約為 1.3 萬人，增量約 7 千人，故連江縣目標年人口之增量足以吸納土地開發後人口成長，故不列入土地開發之後吸引量。

二、商業區

- (一) 商業區開發最大容積樓地板面積約 178,578 m²。
- (二) 依據營建署統計資料得知連江縣商業區面積約為 8.5 公頃，其容積率參考「變更連江縣(南竿地區)風景特定區計畫(第二次通盤檢討)案(第四階段)書，104 年 2 月」之土地使用分區管制要點中「商業區容積率不得大於百分之二百四十」，設定容積率為 240%，故其連江縣商業區樓地板面積約為 204,000 m²。
- (三) 依據觀光局 106 年統計資料，連江縣觀光人口數約為 16.6 萬人/年，故商業區平均每年每百平方公尺可吸引觀光人數約為 81.5 人/100 m²年。



(四) 因此南竿機場土地開發之商業區開發最大預計可吸引觀光人數約為 14.5 萬人/年，其中來自外來觀光人數約為 10.2 萬人/年。

三、旅館區

- (一) 規劃房間數 480 間之觀光旅館。
- (二) 依據「型塑馬祖觀光軸福系統之先期規劃」規劃之住房率約 65%及平均住房人數約 2 人，推估其旅館區可引進衍生觀光人數需求約為 11.4 萬人/年。

四、產業園區

- (一) 產業園區開發最大容積樓地板面積 173,616.5 m²，規劃引進馬祖特色產業、劃設產業用地及配合旅館區部分開設觀光工廠。
- (二) 產業園區與觀光有關為商業活動，假設其商業活動為 20%，依據產業園區開發樓地板面積、「型塑馬祖觀光軸福系統之先期規劃」中規劃其出租率為 80%、商業活動占比及連江縣商業區平均每年每百平方公尺可吸引觀光人數，推估產業園區之商業活動可吸引約 2.3 萬人/年，其中來自外來觀光人數約為 1.6 萬人/年。

上述各開發類型所衍生之觀光人數需求如表 3.2-2 所示，考量商業區與旅館區所吸引觀光人數有其重疊性，故南竿機場土地開發所衍生之觀光人數需求取商業區或旅館區之最大吸引觀光人數，即為商業區(商業區+產業園區之商業活動)為吸引觀光最大增量(11.8 萬人數/年)，故本計畫推估南竿機場土地開發後，其最大吸引觀光旅次數約為 23.5 萬旅次數/年。

表 3.2-2 南竿機場土地開發衍生觀光旅次數

類型	樓地板面積 /房間數	吸引觀光人數	吸引外來 觀光人數	吸引外來 觀光旅次數
住宅區	48,017 坪	0	0	0
商業區	178,578 m ²	145,468	101,827	203,654
旅館區	480 間	113,880	113,880	227,760
產業園區之商業活動	34,723 m ²	22,628	15,840	31,680

資料來源：本計畫彙整

3.2.2 運量檢討

由前述南竿機場依其土地開發類型，本計畫推估若南竿機場廢除後，其騰空土地開發後將預計最大可引進約 23.5 萬觀光旅次數/年之增量，綜合規劃旅運需求調整相關說明如下：

- 一、以本計畫可行性階段報告之旅運需求預測分析中基礎情境運量進行調整。
- 二、關於南北竿大橋興建及南竿機場廢除之時空背景假設下，其需求預測分析將於可行性階段報告中預測之南竿機場運量全部分配至北竿機場。
- 三、由南竿機場土地開發後所吸引最大觀光旅次數，依據本計畫可行性階段報告之海空運具選擇預測模式中，依其海空比例進行分配衍生之空運量。
- 四、假設民國 116 年即可廢除南竿機場，並開始著手進行土地開發，故設定土地開發衍生空運量其各預測年期分配比例為：115 年 0%、120 年 50%、125 年之後以 100%進行運量分配，故其南竿機場土地開發後運量預測結果如表 3.2-3 所示。



表 3.2-3 各情境運量預測結果

單位：人次

情境別	110 年	115 年	120 年	125 年	130 年	135 年
基礎情境	416,794	456,857	479,497	484,597	483,880	482,514
有大橋+廢南竿+土地開發	416,794	456,857	569,676	665,588	664,871	663,505

資料來源：本計畫彙整

五、綜整上述有關目標年運量預測結果，同時考量天候因素及臺馬間海空運輸之競合關係，空運運量變動將介於海空運量總和之 86.5 萬人次/年及多元運具海運改駛新航點並引進高速客船(請參閱報告書第 3.3.3 節) 之 61.5 萬人次/年之間。其變動較基礎情境空運預測量 66.6 萬人次約有-7.7 %~+29.8%之變化，未來在機場建設設施需求部分宜考量運量變動可能之影響。

3.2.3 尖峰需求分析

一、尖峰日客運量

有關尖峰日客運量估算方式，本計畫係以年運量推估尖峰日運量，其計算公式如下：
尖峰日客運量=年客運量*尖峰日係數

(一)尖峰日係數

尖峰日係數採馬祖南、北竿機場全年(民國 106 年)日運量最高 4 天平均除以該年最大 2 個月份之客運量平均值，可得尖峰日係數約 0.466%。

二、尖峰小時客運量

有關尖峰小時客運量估算方式，本計畫係以尖峰日運量乘上尖峰小時係數而求得，其計算公式如下：

尖峰小時客運量=尖峰日客運量*尖峰小時係數

其中，尖峰小時係數計算過程說明如下：

(一) 蒐集民國 106 年全年馬祖南、北竿機場合計客運量，依據尖峰日起降架次分佈，找出最大尖峰小時起降架次為 4 架次，載客率約 95%(以目前營運中之 ATR-72 型客機 70 人座進行推估)。

(二) 尖峰小時係數=(馬祖兩機場尖峰日最大起降 4 架次*載客率* ATR-72 客機 70 人座)÷尖峰日運量，可得尖峰小時係數約為 14.3%。

(三) 尖峰小時客運量預測結果

由各預測年期馬祖機場土地開發後運量預測結果，及上述設定之參數，代入尖峰小時客運量計算公式，即可推估求得馬祖機場各預測年期之尖峰小時客運量，預測結果如表 3.2-4 所示，馬祖機場預測最大目標年(民國 125 年)目標年尖峰小時單向運量達 222 人次/時。

表 3.2-4 各預測年期尖峰小時運量預測

運量		110 年	115 年	120 年	125 年	130 年	135 年
年運量(萬人次/年)		41.7	45.7	57.0	66.6	66.5	66.4
尖峰日運量(人次/日)		1,943	2,129	2,655	3,102	3,099	3,092
尖峰小時運量 (人次/時)	進入	139	153	190	222	222	221
	離開	139	153	190	222	222	221

資料來源：本計畫彙整

三、尖峰小時起降架次數

有關尖峰小時起降架次數分別以目前營運中之 ATR-72 型客機及未來機場改善後其可能引進之 737-800 型客機進行推估。

- (一) 本計畫馬祖機場以目前營運中之 ATR-72 型客機 70 人座進行推估，並以尖峰載客率 95% 估計，預測結果如表 3.2-6 所示，馬祖機場最大目標年尖峰小時起降總班次數約 8 架次。
- (二) 本計畫馬祖機場若以未來機場改善後其可能引進之 737-800 型客機 162 人座進行推估，並以尖峰載客率 95% 估計，預測結果如表 3.2-6 所示，馬祖機場最大目標年尖峰小時起降總班次數約 4 架次。

表 3.2-5 各預測年期尖峰小時起降架次數(ATR-72 型)

單位：架次/時

班次數	110 年	115 年	120 年	125 年	130 年	135 年
起飛班次	3	3	3	4	4	4
降落班次	3	3	3	4	4	4
合計	6	6	6	8	8	8

資料來源：本計畫彙整

表 3.2-6 各預測年期尖峰小時起降架次數(737-800 型)

單位：架次/時

班次數	110 年	115 年	120 年	125 年	130 年	135 年
起飛班次	1	1	2	2	2	2
降落班次	1	1	2	2	2	2
合計	2	2	4	4	4	4

資料來源：本計畫彙整

3.3 多元運具改善方案評析

馬祖與臺灣之間因距離較遠，兩地間交通長期以來主要倚賴海空運輸，自南竿機場啟用及相關航儀設施逐漸改善，使得航空運輸比重逐年增加。然航空運輸受限於天候及機場設施，仍有部分時段有航機起降限制，造成相當之不便。而海運則因航行時間長，航程不舒適且於夏季颱風侵襲期間、冬季東北季風強盛，海象不佳時皆屢有停航之現象，亦有其發展使用上

之限制。

因此，本計畫在多元運具替代方案的研擬上，將考量臺馬間可能之運輸型態，將臺馬間交通運輸的可能運具之替代方案解析出來，並就機場改善計畫之運具替代性，進行海空運具競合分析，提出相關發展建議。

3.3.1 多元運具替代方案評析構想

有關本計畫多元運具評析構想如圖 3.3-1 所示。茲就主要評估分析項目與內容說明如下：

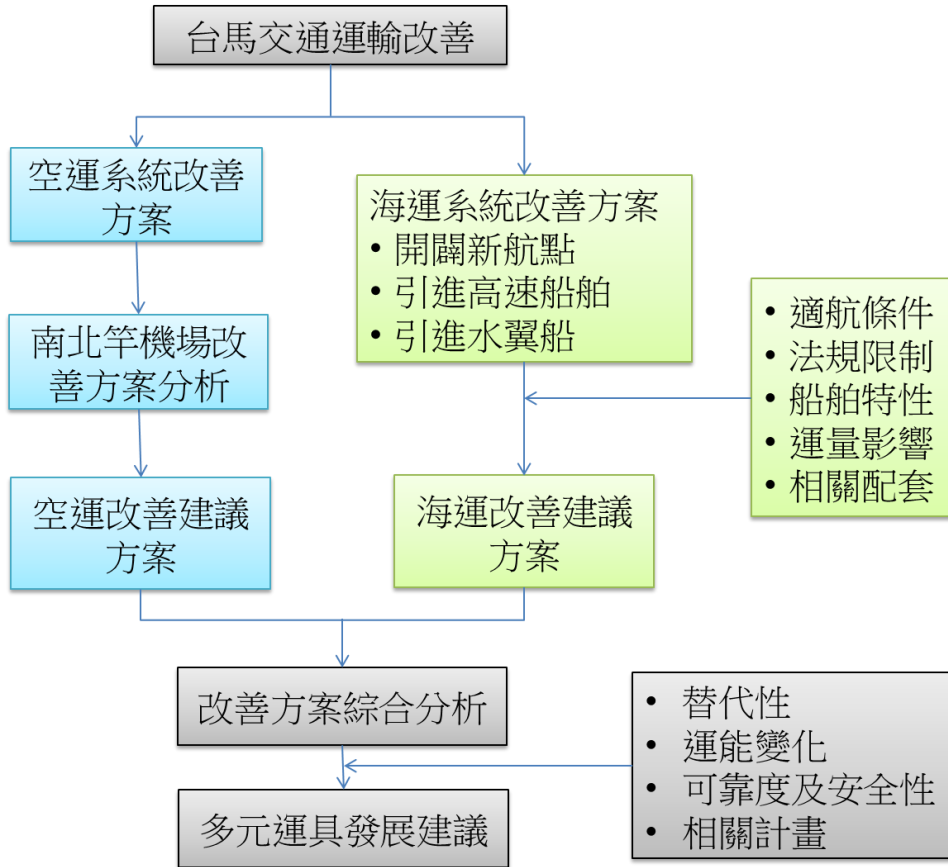


圖 3.3-1 臺馬交通改善多元運具改善方案評析架構

一、空運改善方案研擬分析

可行性研究階段已將針對南北竿機場各項改善方案進行詳細之研擬分析，因此，在空運改善方面，將以本計畫可行性研究之改善建議方案，作為多元運具改善方案比較之基礎。

二、海運系統改善方案研擬分析

在海運系統改善方案中將評估可能縮短臺馬海運旅行時間及減少停航率之可能改善方案，並研擬比較可能方案之相關影響因素，如：天候海象之適航條件、相關航港法規限制、載客數及航速等船舶特性、對海空運量使用比例之影響及所需之相關配套措施等，評估適合臺馬海運交通之建議方案，作為多元運具改善方案比較之基礎。

三、海空運建議方案之綜合評析

針對海空運改善之建議方案，就方案替代性、運能變化是否滿足旅運需求、改善後之停航率及安全性，並考量其它相關建設計畫之可能影響及地方意見等，進行綜合性之比較分析。

四、臺馬交通多元運具發展建議

針對上述分析結果，提出適當之臺馬交通多元運具發展改善之建議方案。

3.3.2 多元運具替代方案研擬

臺馬間航空運輸改善多元運具替代方案構想將考量空運改善、海運改善不同之發展面向，進行相關可能發展方案之研擬，並針對各項可能替代方案對本計畫之競合關係進行分析探討。有關本計畫多元運具替代方案研擬構想如圖 3.3-2 所示。並就各項可能替代方案分析說明如下。

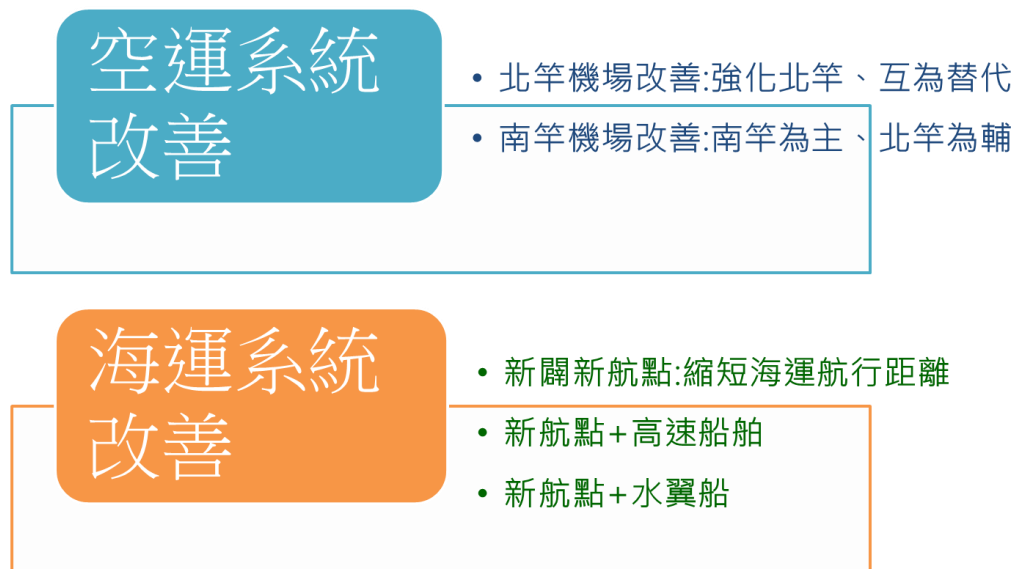


圖 3.3-2 臺馬交通改善多元運具替代方案研擬

一、空運系統改善

在多元運具發展構想下，就臺馬走廊之運輸特性及旅運需求，航空系統及運具改善方面，主要在強化三~五月份霧季及連續假期旅運尖峰期間飛航之穩定性及降低航班之取消率，提升機場使用之可靠度，因此，除計畫進行評估之南北竿機場設施提升改善之各種方案研擬如下：

(一) 南竿機場改善：

1. 改善重點：處理機場周邊地形障礙物，降低地形障礙物處理量體，以現有跑道道面為基礎，配合兩端安全區之規劃，調整延長跑道長度，並搭配非精確與精確進場標準，以滿足各場面等級設計機種之起降需求，提升南竿機場為儀降等級之機場。南竿機場改善方案研擬了包括 N1a、N1b、N2、N3 等四個改善方案。
2. 限制因素：若要提供 3C 類航機之儀降環境，場面必須大幅改善，所需經費極為龐大，且改善後僅於霧季期間產生改善效益。



(二) 北竿機場改善

1. 改善重點：降低結構物及地形障礙物之限制，處理跑道地帶與轉接面範圍之障礙物，以符合進場面要求之狀況，並適切延長跑道長度，提昇機場營運彈性與安全保障，以提升南竿機場之替代機場。北竿機場改善方案研擬了包括 B1~B6 等六個改善方案。
2. 限制因素：多數旅客主要目的地為南竿，南機北降旅客必須再透過船舶轉運，較為耗時。

可行性研究階段已將針對南北竿機場各項改善方案進行詳細之研擬分析，分別研擬南竿機場四個改善方案及北竿機場六個改善方案，進行詳細之評估分析，並建議採北竿機場改善 B5 方案作為馬祖地區航空運輸改善之建議方案，因此，在空運交通改善部分將以北竿機場之 B5 改善方案作為比較之基礎。

二、海運系統改善

海運系統是臺馬間運輸系統之替代運具，雖然其航行時間長，舒適性較差及班次少，影響旅客使用意願，然其具有運量大、天氣影響相對較小優勢，在多元運具發展研析上，亦具有相當重要之角色。海運系統改善之替代方案如下：

(一) 新闢臺馬海運航點

1. 改善重點：考量臺馬海運航程長達 117 海浬，目前營運中之臺馬之星，其航行時間約 8 小時，若考量靠泊臺北港，則可縮短 19 海浬，減少海上航行時間約 1 小時，並節省 166 元船運票價，將可略為提升民眾使用海運意願。
2. 限制因素：臺馬海運航線整體海運需求恐無法同時支撐兩個航點，且臺北港之相關客運棧埠設施及陸運轉運交通亦需同步配合調整改善。

(二) 引進高速船舶

1. 改善重點：目前臺馬海運航線使用船舶如：臺馬輪、臺馬之星、合富輪等，船速未超過 20 節，在多元運具考量下，可考慮引進船速達 30 節的新型高速客船(如：SWATH)，以有效縮短臺馬海運航行時間，並提升海運服務之舒適性，以吸引旅客使用。
2. 限制因素：高速船舶噸位較小，運量較現有船舶低，僅能提供輕量化貨物運送，單位油耗將較一般船舶高出許多，且冬季受海象天候影響，適航性較差，易受天候干擾而停航。

(三) 引進水翼船

1. 改善重點：水翼船亦屬高速船舶之一種，其航速更可高達 45 節，將更能有效縮短臺馬海運航行時間，並提升海運服務之舒適性，以吸引旅客使用。
2. 限制因素：水翼船除受限於高速船舶存在之噸位較小、運量較低，要製造大型的水翼船、或進一步提高速度，目前還存有技術困難。且對於船舶相關法規規範與航行限制必須進一步分析探討。

3.3.3 海運改善方案評估分析

多元運具替代方案效益評估主要將針對替代運具導入對於空運市場可能產生之運量移轉變化進行評估分析，提供相關決策參考。上述替代方案除航空系統機場改善為本計畫規劃之重點外，海運系統運輸改善是多元運具替代方案探討之重點，本計畫將針對海運系統替代方

案進行研擬分析，並提出海運改善之建議方案，俾利與空運改善建議方案進行綜合分析與建議。有關海運改善方案內容及評估分析之重要項目說明如下：

一、新闢臺馬海運航點

(一) 方案說明

目前馬祖南竿距離基隆港距離約 117 海浬，航程時間約 8 小時，海上旅行時間仍長，尤其在以客運運輸為需求目的之船舶交通，其航運時間是最大考量。因此，如何有效縮短臺馬海運航行時間為多元運具替代方案考量之重要因素。

過去縣府曾一直努力爭取臺北港為臺馬海運航線第二航點，以有效縮短現有海運船舶航運時間，而目前臺北港已有兩岸直航航線停靠，對於臺北港提供客運進出之服務需求並無太多問題。然而，本替代方案雖可縮短現有臺馬間海運航行時間，然就營運需求面考量，臺馬航線現有海運運量恐無法同時支撐兩個航點，故基隆港與臺北港兩航點僅能擇一航點運行，而在臺北港陸運交通大幅改善前，仍以基隆港較為合宜。

既有臺馬之間的船舶，若停靠臺北港，可縮短海上 19 浬行程(基隆港-南竿福澳港約 117 浬，臺北港-南竿福澳港約 98 浬)，如圖 1.1-3 所示，節省約 1 小時的海運時間。而在票價上之差異，海運航程縮短亦節省票價約 166 元。

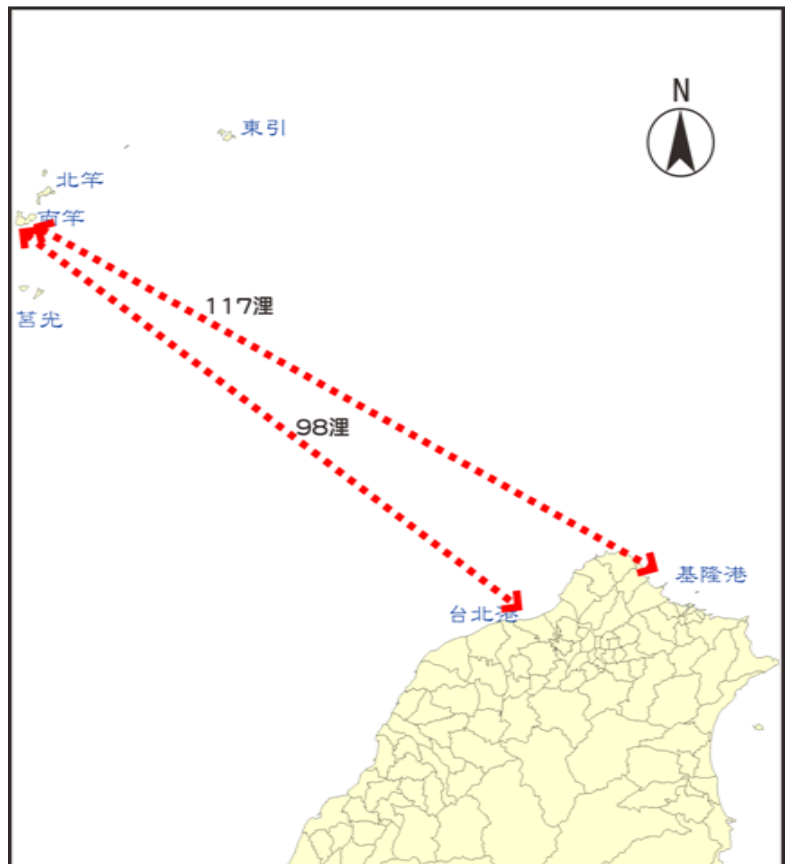


圖 3.3-3 臺馬海運航線比較圖

(二) 效益分析

1. 基本假設

有關新闢臺馬海運航點方案效益分析之基本假設如下：

- (1) 臺馬海運新航點：南竿福澳港-臺北港。
- (2) 航行距離：由 117 海浬縮短為 98 海浬。
- (3) 以目前營運中之臺馬之星營運，航行時間由 8 小時縮減為 7 小時。
- (4) 單程票價：1050 元減少為 884 元
- (5) 使用臺北港作為新航點必須考量之負向效益包括：須改善臺北港現有之相關客運棧埠設施，同時台北港聯外陸運接駁交通亦須同步進行調整改善，如配合海運航班時刻，開闢台北港接駁至鄰近之捷運新埔站、板橋站之接駁公車等措施。

2. 海空運量變化

依上述方案特性及旅運時間、成本之基本假設，進行本替代方案海空運量預測分析，並與各目標年期基本情境之預測運量相比較，結果如表 3.3-1 所示。以最大目標年民國 125 年為例，基本發展情境下臺馬間航空旅客運量將由現況之 33.9 萬人次/年逐漸成長至 66.6 萬人次/年，臺馬航空旅客占總量比例由現況之 74.4% 逐漸提高至 76.9%，顯示空運仍為臺馬間旅客所喜愛。而海運旅客運量則將由現況的 11.7 萬人次/年微幅增加至目標年的 20.0 萬人次/年，海運旅客比例由 25.6% 下降為 23.1%，顯示在無其它海運交通改善計畫投入下，海運旅客將逐漸流失。

而若將現有臺馬海運臺灣端之停靠港由基隆港改為停靠臺北港新航點，臺馬間不繞行東引之海運航行距離由 117 海浬縮短為 98 海浬，航行時間將由 8 小時縮減為 7 小時。在旅行時間及票價皆可下降之情況下，將會提升旅客使用海運往返臺馬間之意願，目標年海運旅客運量將增加為 22.8 萬人次/年，約可增加海運運量約 2.8 萬人次/年，海運旅客佔比提高為 26.3%，約提高 3.2%。新闢臺馬海運航點各目標年海空運量變化如圖 3.3-4。

表 3.3-1 新闢臺馬海運航點之海空運量變化分析

		110 年		115 年		120 年		125 年		130 年		135 年	
基礎情境	空運	416,795	75.3%	456,858	76.9%	569,677	76.6%	665,588	76.9%	664,871	77.0%	663,505	77.1%
	海運	136,565	24.7%	143,426	23.1%	173,646	23.4%	199,844	23.1%	198,394	23.0%	196,933	22.9%
	合計	553,360	100.0%	600,284	100.0%	743,323	100.0%	865,432	100.0%	863,265	100.0%	860,438	100.0%
海運新航點	空運	398,923	72.1%	437,529	73.7%	545,804	73.4%	637,835	73.7%	637,568	73.9%	636,620	74.0%
	海運	154,437	27.9%	162,756	27.1%	197,519	26.6%	227,597	26.3%	225,697	26.1%	223,818	26.0%
	合計	553,360	100.0%	600,284	100.0%	743,323	100.0%	865,432	100.0%	863,265	100.0%	860,438	100.0%

資料來源：本計畫分析整理

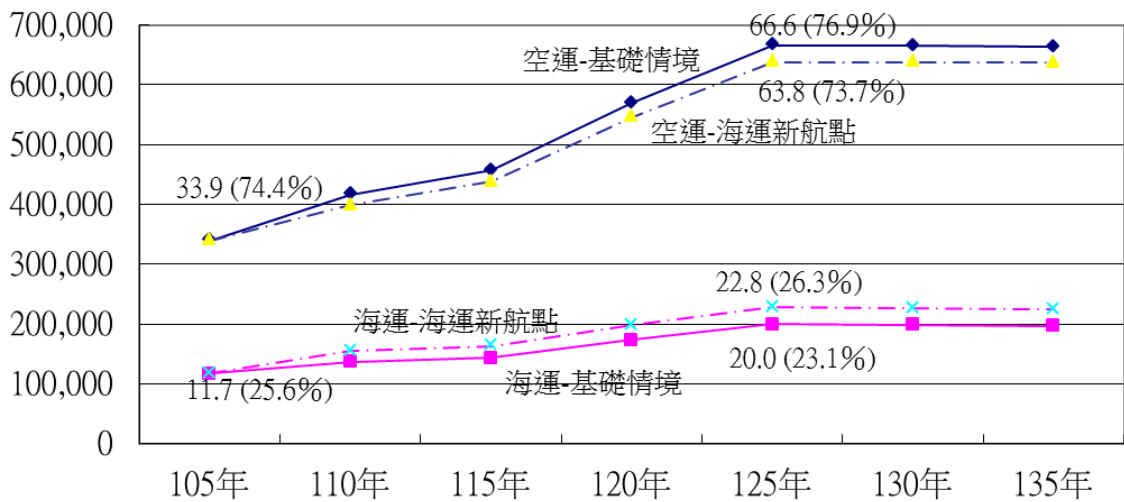


圖 3.3-4 新闢臺馬海運航點各目標年海空運量變化

二、海運行駛新航點並引進高速船舶

(一) 方案說明

目前航行於臺馬海運航線的客船有臺馬之星、臺馬輪及合富快輪，此三艘船均屬排水量型船，船速僅 18~20 節，其中臺馬之星為 104 年新建船舶，合富快輪船齡已將屆 30 年，又屬軍方長期租用船，臺馬輪船齡亦已逾 30 年，目前作為臺馬之星之備援船舶，各船舶航行於南竿－基隆，至少費時 8 小時，若繞駛東引，則全程航行時間將超過 10 小時以上。

考量目前船舶的營運速率較低，航行靜穩度不佳，嚴重影響旅客使用海運之意願。目前國內船舶業者正著手研發鋁合金質高速 SWATH 客船，該船總噸位約 495 噸、最大船速可達 30 節、可載客 350 人，其運能及營運特性可符合臺馬間海運運輸需求。高速船舶運輸可有效縮短臺馬航行時間，若配合以臺北港為新航點，臺馬間航程 98 海浬約可在 4 小時抵達，且船舶耐海抗浪性亦有提升，航行期間旅客之不舒適性可略微降低，但相較於空運仍有相當大落差。



圖 3.3-5 鋁合金質高速 SWATH 客船

然而高速船舶亦有其基本限制，如為提升其航行速率，必須將船體盡量輕量化、小型化，因此，高速船舶無法像現有臺馬之星可以客貨共用，僅能提供輕量化貨物運送，對於有大型貨物運輸之旅客需求，必須另以貨船託運方式，無法人貨同時到達。加上高

速船舶為提升其航行速度，必須以更高的燃油引擎進行推動，單位油耗將較一般船舶高出許多，能源耗費及票價調整都是未來必須正視的問題。

(二) 效益分析

1. 基本假設

有關臺馬海運引進高速船舶方案效益分析之基本假設如下：

- (1) 引進高速 SWATH 客船，行駛南竿福澳港-臺北港，航程 98 海涅
- (2) 臺馬航線單程航行時間約 4 小時
- (3) 考量高速客船油耗較現有船舶高出許多，初步假設高速船之海運單程票價為 1,450 元。
- (4) 使用臺北港作為新航點必須考量之負向效益包括：須改善臺北港現有之相關客運棧埠設施，同時台北港聯外陸運接駁交通亦須同步進行調整改善，如配合海運航班時刻，開闢台北港接駁至鄰近之捷運新埔站、板橋站之接駁公車等措施。

2. 海空運量變化

依上述方案特性及旅運時間、單程票價之基本假設，進行本替代方案之海空運量預測分析，並與各目標年期基本情境之預測運量相比較，結果如表 3.3-2 所示。考量引進高速船舶必須進行相關之研究報核程序，加上船隻建造期程，通常約需 5~6 年時間，因此民國 110 年替代方案預測量為行駛新航點之海空運量，民國 115 年替代方案預測量則為行駛新航點+引進高速船舶之海空運量變化，當民國 115 年前引進高速船舶行駛臺北港，海運旅行時間將較現況節省一半，雖票價略高於現行票價（1050 元），但仍相當具有吸引力，可明顯移轉空運運量。

以最大目標年民國 125 年為例，基本發展情境下臺馬間航空旅客運量約 66.6 萬人次/年，約佔臺馬旅客總量的 76.9%，海運旅客運量約 20.0 萬人次/年，約佔 23.1%。而若海運方面引進高速船舶並改行駛臺北港新航點，在旅行時間大幅縮短情況下，雖票價略有提高，但仍低於航空票價，將會提升旅客使用海運往返臺馬間之意願。本替代方案目標年海運旅客運量將增加為 25.0 萬人次/年，約可增加海運運量約 5.0 萬人次/年，海運旅客佔比將由 23.1%提高為 28.9%，約提高 5.8%。有關海運引進高速客船並行駛臺北港各目標年海空運量變化如圖 3.3-6。

表 3.3-2 海運行駛新航點並引進高速船舶之海空運量變化分析

		110年		115年		120年		125年		130年		135年	
基礎情境	空運	416,795	75.3%	456,858	76.1%	569,677	76.6%	665,588	76.9%	664,871	77.0%	663,505	77.1%
	海運	136,565	24.7%	143,426	23.9%	173,646	23.4%	199,844	23.1%	198,394	23.0%	196,933	22.9%
	合計	553,360	100.0%	600,284	100.0%	743,323	100.0%	865,432	100.0%	863,265	100.0%	860,438	100.0%
引進高速客船	空運	398,923	72.1%	423,981	70.6%	527,126	70.9%	614,974	71.1%	614,141	71.1%	612,737	71.2%
	海運	154,437	27.9%	176,303	29.4%	216,196	29.1%	250,458	28.9%	249,124	28.9%	247,702	28.8%
	合計	553,360	100.0%	600,284	100.0%	743,323	100.0%	865,432	100.0%	863,265	100.0%	860,438	100.0%

資料來源：本計畫分析整理

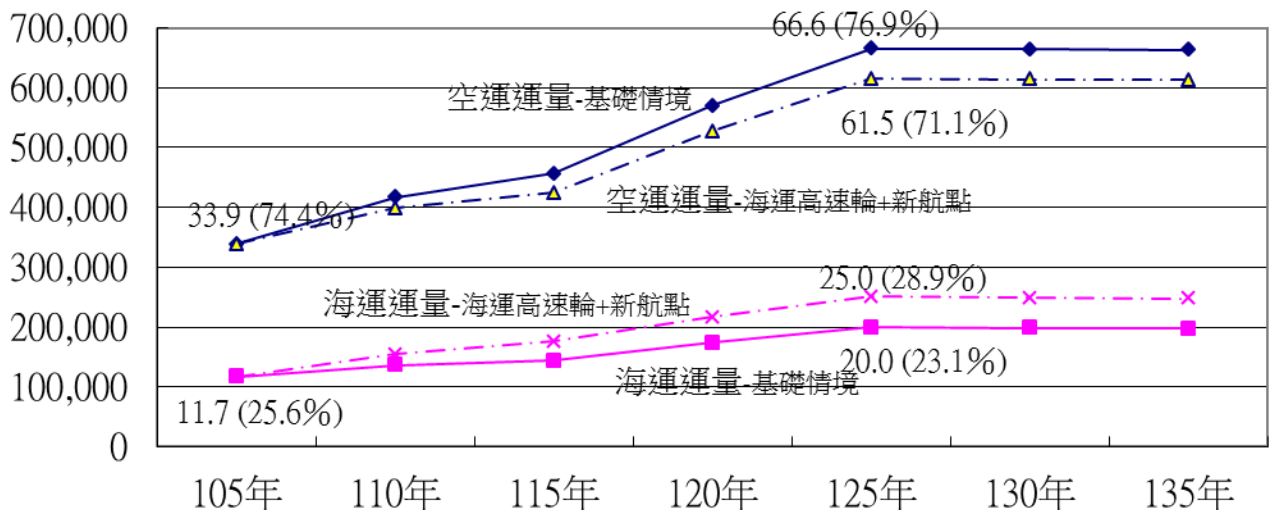


圖 3.3-6 海運行駛新航點並引進高速船舶各目標年海空運量變化

三、海運行駛新航點並引進水翼船

(一) 方案說明

本方案係考量引進航行速率更高的水翼船來服務臺馬海運航線，提供更便捷的海上交通。水翼船是一種高速船舶。船身底部有支架，裝上水翼。當船的速度逐漸增加，水翼提供的昇力會把船身抬離水面(稱為水翼飛航或水翼航行)，從而大為減少水的阻力和增加航行速度。

目前營運中的水翼船大多噸位不大，並以近海航行為主，水翼船約可達 40~50 節的速度，採輕量化船身與高功率的渦輪引擎，相對耗油。跟其它的高速艦艇技術相比，水翼船的主要優點是能夠在較為惡劣的海情下航行，船身的顛簸較少。缺點主要在製造大型的水翼船、或進一步提高速度，目前還存有技術困難。此外水翼船的結構及控制較為複雜，令其建造成本上漲，使用燃氣引擎花費燃料較多亦是商業運作上的考慮因素之一。

另根據水翼船管理規則，除經航政機關特准外，僅准航行於內水或經航政機關認定之沿海區域或航線，而沿海航線則指本國沿海或附屬島嶼間之航線，其距離海岸不逾 30 浬者。而臺馬新航線達 98 海浬，不符沿海航線之定義，水翼船是否可以常態性服務於臺馬航線，仍待航政主管機關認定。

此外，水翼船不得於夜晚或能見度不及二千公尺情況下翼航；在港內及港口航道航運交通頻繁水域，除經航政機關核准外，不得翼航。據此估算，水翼船如用於臺馬海運航線，可縮短航行時間至 3 小時，而因燃油效率需求，勢必增加單位油耗，將影響海運票價，預估其單程票價將提高為 1,600 元左右。



圖 3.3-7 水翼船

(二) 效益分析

1. 基本假設

有關臺馬海運引進高速船舶方案效益分析之基本假設如下：

- (1) 引進水翼船，行駛南竿福澳港-臺北港，航程 98 海浬
- (2) 臺馬航線單程航行時間約 3 小時。
- (3) 考量水翼船採高速柴油引擎或是燃氣渦輪引擎及泵噴射推進器，油耗較現有船舶高出許多，初步假設水翼船之海運單程票價為 1,700 元。
- (4) 使用臺北港作為新航點必須考量之負向效益包括：須改善臺北港現有之相關客運棧埠設施，同時台北港聯外陸運接駁交通亦須同步進行調整改善，如配合海運航班時刻，開闢台北港接駁至鄰近之捷運新埔站、板橋站之接駁公車等措施。

2. 海空運量變化

依上述方案特性及旅運時間、單程票價之基本假設，進行本替代方案之海空運量預測分析，並與各目標年期基本情境之預測運量相比較，結果如表 3.3-3 所示。目標年臺馬海運替代方案為行駛新航點+引進水翼船之海空運量變化，當引進水翼船行駛馬祖與臺北港，海運旅行時間將較現況節省近 2/3，然海運票價推估亦將高於現行票價甚多，但仍相當具有吸引力，可明顯移轉空運運量。

以最大目標年民國 125 年為例，基本發展情境下臺馬間航空旅客運量約 66.6 萬人次/年，約佔臺馬旅客總量的 76.9%，海運旅客運量約 20.0 萬人次/年，約佔 23.1%。而若海運方面引進水翼船並行駛臺北港新航點，在旅行時間大幅縮短情況下，

雖然海運票價提高，但仍將會提升旅客使用海運往返臺馬間之意願。本替代方案目標年海運旅客運量將增加為 29.0 萬人次/年，約可增加海運運量約 9.0 萬人次/年，海運旅客佔比將由 23.1%提高為 33.6%，約提高 10.5%。有關海運行駛新航點並引進水翼船各目標年海空運量變化如圖 3.3-8。

表 3.3-3 海運行駛新航點並引進水翼船之海空運量變化分析

		110年		115年		120年		125年		130年		135年	
基礎情境	空運	416,795	75.3%	456,858	76.1%	569,677	76.6%	665,588	76.9%	664,871	77.0%	663,505	77.1%
	海運	136,565	24.7%	143,426	23.9%	173,646	23.4%	199,844	23.1%	198,394	23.0%	196,933	22.9%
	合計	553,360	100.0%	600,284	100.0%	743,323	100.0%	865,432	100.0%	863,265	100.0%	860,438	100.0%
引進水翼船	空運	398,923	72.1%	398,085	66.3%	493,595	66.4%	575,069	66.4%	573,848	66.5%	572,157	66.5%
	海運	154,437	27.9%	202,199	33.7%	249,727	33.6%	290,363	33.6%	289,417	33.5%	288,281	33.5%
	合計	553,360	100.0%	600,284	100.0%	743,323	100.0%	865,432	100.0%	863,265	100.0%	860,438	100.0%

資料來源：本計畫分析整理

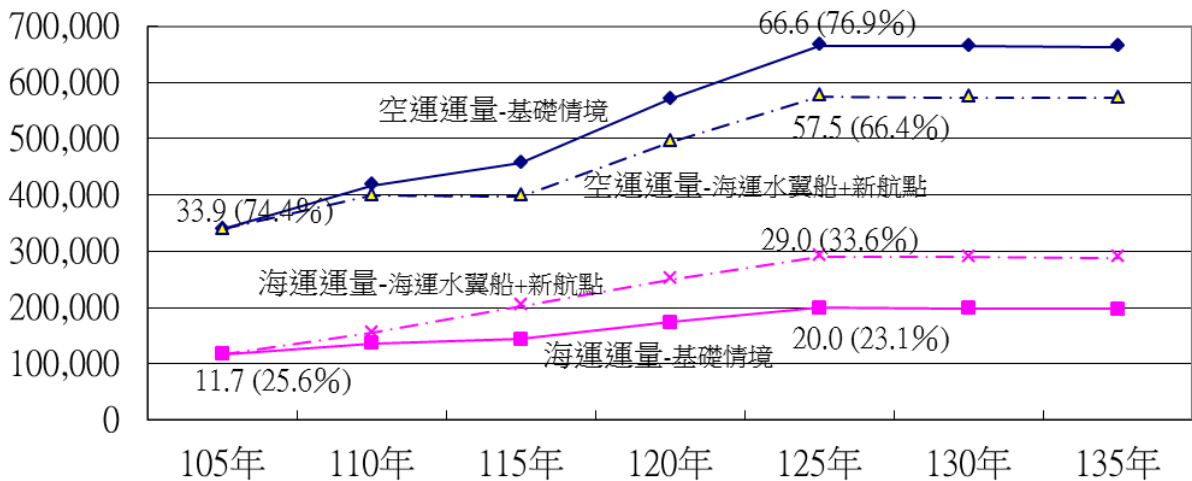


圖 3.3-8 海運行駛新航點並引進水翼船各目標年海空運量變化

四、海運改善方案分析與建議

針對臺馬海運交通，本計畫研提三個海運改善方案，分別為新航點+現有船舶、新航點+高速船舶及新航點+水翼船，茲就此三個海運改善方案進行綜合比較分析，其結果整理如表 3.3-4 所示，比較說明如下：

1. 船舶特性

(1) 現有航行於臺馬海運航線之船舶為臺馬之星，噸位 4,958 公噸，乘客數 580 人，航



速約 18-20 節，航行馬祖至台北港單程時間約 7 小時。

- (2) 引進高速船舶，如鋁合金質高速 SWATH 客船，噸位約 500 公噸，乘客數 350 人，航速約 30 節，航行馬祖至台北港單程時間約 4 小時。
- (3) 引進水翼船，噸位多在 1,000 公噸以下，乘客數 200-300 人，航速約 45 節，航行馬祖至台北港單程時間約 3 小時。

2. 服務性質

- (1) 現有臺馬之星噸位大，除可載客外，同時可載貨，航行馬祖至台北港單程票價約 884 元。
- (2) 高速船舶船體輕量化，噸位較小，不適合載貨，航行馬祖至台北港單程票價約 1,450 元。
- (3) 水翼船船體亦為輕量化，噸位小，不適合載貨，航行馬祖至台北港單程票價約 1,700 元。

3. 運量影響

- (1) 以現有船舶行駛新航點：由於航程縮短，可縮短海上航行時間，票價亦可適度降低，本替代方案增加海運運量約 2.8 萬人次/年，海運旅客佔比由 23.1%提高為 26.3%，約提高 3.2%。
- (2) 行駛新航點並引進高速船舶：本替代方案目標年海運旅客運量將增加 5.0 萬人次/年，海運旅客佔比將由 23.1%提高為 28.9%，約提高 5.8%。
- (3) 行駛新航點並引進水翼船：本替代方案目標年海運旅客運量將增加 9.0 萬人次/年，海運旅客佔比將由 23.1%提高為 33.6%，約提高 10.5%。

4. 適航條件

臺馬航線超過 90 浬，海象影響船舶運行相當顯著，在颱風及冬季(12-2 月) 期間易因天候及海象不佳因素造成停航，不同船舶多少受到影響，只是抗浪程度不同造成舒適性感受之差異，然相較於航空運輸，則皆存在顯著的不舒適性。

5. 法令規範

目前航行的臺馬之星與高速船舶，適用於現行的船舶管制規則，而水翼船國內並未有實際營運案例，根據現行「水翼船管理規則」(101.10.30 修訂)，水翼船除經航政機關特准者外，僅准航行於內水或經航政機關認定之沿海區域或航線。沿海航線則指本國沿海或附屬島嶼間之航線，其距離海岸不逾 30 浬者。而臺馬新航線達 98 海浬，不符沿海航線之定義，水翼船是否可以常態性服務於臺馬航線，仍待航政主管機關認定。

另外在航行限制上，水翼船相對有較多之規範，諸如：水翼船不得於夜晚或能見度不及二千公尺情況下翼航，在港內及港口航道航運交通頻繁水域，除經航政機關核准外，不得翼航；且水翼船翼航時之風力與浪高，由航政機關依其船舶性能及航行區域或航線等有關資料予以核定，並於水翼船證書內註明之；超過其核定之限度者，船長不得發航。水翼船在翼航中，風力或浪高超過其核定之限度時，應即改以船身航行，航向最近之靠泊站或避難站。

表 3.3-4 臺馬海運改善方案比較分析

項目	方案一： 新航點+現有船舶	方案二： 新航點+高速船舶	方案三： 新航點+水翼船
船舶大小	大	小	小
船速	18-20 節	約 30 節	約 45 節
油耗	一般	高	最高
服務性質	客貨運輸	以客運為主	以客運為主
票價	884 元	約 1,450 元	約 1,700 元
適航條件	冬季或颱風期間海象不佳可能停航	冬季或颱風期間海象不佳可能停航	冬季或颱風期間海象不佳可能停航
舒適抗浪性	較差	較佳	較佳
對海運運量提升	低 (增加 3.2%)	中 (增加 5.8%)	高 (增加 10.5%)
法規限制	較少	較少	較多

綜合上述海運替代方案之比較分析可知，考量對於海運運量提升最為顯著之方案為行駛新航點並引進水翼船方案，然水翼船造價高，且需要較大動力來源，相關建置及維運成本相當高，且受到的法令規範亦最多，執行困難度亦最高。而高速船舶國內造船業者已有能力自製生產，且相關建置及維運成本都較水翼船低廉，因此，建議以行駛新航點並引進高速船舶方案作為海運改善之比較建議方案。

3.3.4 多元運具替代方案建議

本計畫除評估南北竿機場改善之各種可能方案外，針對臺馬間運輸系統之海運改善提出多元運具可能替代方案，並針對可能之海運系統改善方案進行評估分析，提出臺馬運輸海運改善之建議方案，在與本計畫空運改善建議方案進行綜合比較分析，並提出具體之發展建議。

一、空運系統改善

在空運系統改善方面，本計畫可行性研究階段分別針對南竿及北竿機場改善，提出不同之改善方案，並進行相關之研析。在南竿機場改善方面，其改善重點包括：處理機場周邊地形障礙物，降低地形障礙物處理量體，以現有跑道道面為基礎，配合兩端安全區之規劃，調整延長跑道長度，並搭配非精確與精確進場標準，以滿足各場面等級設計機種之起降需求，提升南竿機場為儀降等級之機場。南竿機場改善方案研擬了包括 N1a、N1b、N2、N3 等四個改善方案。而現有北竿機場改善方面，改善重點則包括：降低結構物及地形障礙物之限制，處理跑道地帶與轉接面範圍之障礙物，以符合進場面要求之狀況，並適切延長跑道長度，提昇機場營運彈性與安全保障。北竿機場改善方案研擬了包括 B1~B6 等六個改善方案。

可行性研究階段已將針對南北竿機場各項改善方案進行詳細之研擬分析，分別研擬南竿機場四個改善方案及北竿機場六個改善方案，進行詳細之評估分析，並建議採北竿機場改善 B5'方案作為馬祖地區航空運輸改善之建議方案，因此，在臺馬間交通運輸空



運交通改善部分將以北竿機場之 B5 改善方案作為比較之基礎。

二、海運系統改善

針對臺馬海運交通改善部分，本計畫研提三個海運改善方案，分別為新航點+現有船舶營運、新航點+引進高速船舶營運及新航點+引進水翼船營運等，並就此三個海運改善方案進行綜合比較分析，分析項目包括：(1)噸位、航速等船舶特性、(2)服務型態、票價營運等服務性質、(3)對臺馬海運運量之影響、(4)天候海象等適航條件、(5)港航船舶之相關法令規範等。

經上述項目之綜合分析，提出以行駛新航點並引進高速船舶方案作為海運系統改善之建議方案，來與空運系統改善建議方案進行多元替代方案之比較分析，並提出台馬交通改善之發展建議。

三、綜合分析與建議

有關海空運系統改善方案評估分析，本計畫分別就旅行時間、票價、服務特性、載客能量、舒適性及海空運量變化等進行綜合比較，結果整理如表 3.3-5 所示。說明如下。

表 3.3-5 臺馬空運改善多元運具替代方案發展評估分析

項目	方案別	空運改善建議方案 B5	海運改善建議方案 新航點+高速船舶
旅行時間		1 小時	4 小時
票價		2,007 元	約 1,450 元
服務班次 數		一天往返 30 班	一天往返一航次
運量影響		最大目標年(民國 125 年)空運運量為 66.6 萬人次/年，約佔 76.9%；海運旅客運量約 20.0 萬人次/年，約佔 23.1%	最大目標年(民國 125 年)空運運量為 61.5 萬人次/年，約佔 71.1%；海運旅客運量約 25.0 萬人次/年，約佔 28.9%
服務性質		以客運為主	以客運為主
服務可靠性		主要為 3-5 月霧季影響，全年航班取消率約為 4.86%，改善後全年之取消率將下降為 1.92%	主要為 12-2 月冬季東北季風影響，停航率約為 37.5 %
載客能量		2,100 人/日	700 人/日
舒適性		佳	較差

資料來源：本計畫分析整理

1. 服務特性

就旅行時間票價等服務特性而言，空運系統較具有競爭優勢，旅行時間短，舒適性亦較高，然票價較貴，多數旅客仍以優先選擇空運為主。

2. 載客能量

以目前營運服務能量進行比較，航空運輸南北竿機場目前每日往返臺馬間航班有 30 班，服務能量約為 2,100 人，而海運運輸若以高速輪服務臺馬間，每日可往返

一航次，服務能量約 700 人。

3.對海空運量影響

根據本計畫運量預測分析結果，最大目標年(民國 125 年)空運改善後運量為 66.6 萬人次/年，約佔 76.9%；海運旅客運量約 20.0 萬人次/年，約佔 23.1%。海運改善方案將提升海運服務品質，目標年空運運量為 61.5 萬人次/年，約佔 71.1%；海運旅客運量約 25.0 萬人次/年，約佔 28.9%

4.服務可靠性

影響航空運輸服務可靠性之因素除颱風期間外，主要為 3-5 月之霧季影響，根據 105 年統計資料，北竿機場全年航班取消率約為 4.86%，而改善後全年之取消率將下降為 1.92%，改善率約為 60%。在海運服務可靠性方面，依 105 年臺馬航線之營運概況，年停航天數約 137 天(其中船舶航修 43 天、故障停航 1 天、海象不佳停航 93 天)，航班取消率為 37.5%，肇因於海象不佳之取消率為 25%，主要為 12-2 月冬季東北季風影響。

馬祖地區聯外交通運輸皆倚賴海空運輸，海空運有不同的服務客群，空運時間短、效率高、舒適性佳，但票價較為昂貴，但吸引較多民眾使用；而海運時間較長，且較不舒適，但票價相對便宜，亦有部分民眾利用。考量兩運輸系統服務條件及客群不同，而影響兩系統的天候因素亦有差異，當個別系統受天候影響而停航時，另一系統正可進行替補，就雙方之合作關係而言，顯著大於競爭。因此，建議分別針對海空運輸系統進行改善方案之規劃評估，以提供馬祖地區更便捷安全的聯外交通服務。

四、海運票價補貼對於多元運具替代方案之海空運量轉移影響

補貼即經政府或團體之同意，給予某個體或團體的任何協助或利益。指政府對於運輸業者所採取之補貼措施。藉由政府的各項補貼，促使運輸業者得以減輕成本負擔、獲得應有之經營利潤，因而達到增加運能、提供更優質服務的目的。各項運輸業中，以大眾運輸事業最為需要政府之補貼。大眾運輸需要補貼的原因綜整如下

1. 配合運輸政策：為建立完整之大眾運輸服務網路，有時須規劃可能造成虧損之服務路線和班次。
2. 運輸業初期投資成本高：營運時於離峰時段易形成資源的閒置和浪費，形成虧損。
3. 私人運具：是大眾運輸的競爭者，政府對私人運具之補貼措施較多，如闢建道路、停車場等，對於大眾運輸之補助則相形不足。
4. 大眾運輸：產生的社會成本(如空氣污染、噪音公害及交通擁擠)較低，經由補貼，可彌補此未經市場機能反映在使用者成本上之外部效益。
5. 使用者：部分為偏遠地區、中低收入民眾或老年殘障等無自由選擇的乘客(Captive Riders)，為求社會公平正義必須予以補貼，照顧人民基本「行」的權力。

依據「大眾運輸事業補貼辦法」第 2 條及其第四項之規定，主管機關對下列大眾運輸事業之資本設備投資及營運虧損，得予以補貼：四、船舶運送業、載客小船經營業，以運輸旅客於台灣與離島間，或離島之間為營業者。為促進馬祖地區居民對外交通便捷，目前凡與台灣本島間對外交通費用補助額度為全額票價之百分之三十。

前述本節已對海運改善方案情境作出運量預測分析，結果顯示在海運系統大幅度提



升效率之情境下，海運雖可轉移部份空運量，但轉移比例有限，空運有 61 萬人次/年之旅運需求，仍為台馬間主要運輸工具。

下列將再納入「對海運票價補貼」之因素，分別假設各類補貼比例(30%、50%、100%)之情境，分析民眾往返臺馬地區在不同之海運票價補貼，對於海空運輸之選擇偏好。不同之海運票價補貼機制下，最大目標年(民國 125 年)臺馬地區海空運量變化整理如表 3.3-6 所示。說明如下：

表 3.3-6 海運票價補貼對海空運量轉移之影響評估

海運票價補貼	空運年運量	海運年運量
0%	61.5 萬(71.1%)	25.0 萬(28.9%)
30%	55.1 萬(63.6%)	31.5 萬(36.4%)
50%	50.4 萬(58.2%)	36.2 萬(41.8%)
100%	38.2 萬(44.2%)	48.3 萬(55.8%)

1. 目標年海運改善方案將提升海運服務品質，配合新航點規劃及船舶型式改良，不僅海運時間縮短，票價亦可下降，因此，海運改善後，空運運量將由 66.6 萬人次/年下降為 61.5 萬人次/年，佔比由 76.9%下降為 71.1%；海運旅客運量則由 20.0 萬人次/年提升為 25.0 萬人次/年，佔比由 23.1 增加為 28.9%。
2. 若實施海運票價補貼機制，不同之補貼比例對於海運運量有正面之助益，當補貼比例為 30%時，海運旅客運量將由 25.0 萬人次/年增加為 31.5 萬人次/年，海運旅客運量佔比增加為 36.4%。
3. 若實施海運票價補貼機制，當補貼比例達 50%時，海運旅客運量將增加為 36.2 萬人次/年，海運旅客運量佔比增加為 41.8%，選擇空運之旅客仍多於海運。
4. 若海運票價完全補貼時，海運旅客運量將增加為 48.3 萬人次/年，海運旅客運量佔比增加為 55.8%，此情境選擇海運之旅客將高於空運，海運成為台馬間之主要運輸工具。然此時空運運量仍有 38.2 萬人次/年之需求，顯示空運仍有著固定的服務客群，在考量空運時間、效率、舒適性之條件下，票價高低對於該客群運具選擇之影響較小，在海運票價完全補助之前提下，仍會選擇搭乘空運服務。

前述之海運票價之補貼情境，30%補貼係參考現有對馬祖居民所進行之補貼額度，50%、100%補貼情境則可觀察旅客對於票價補貼因素，所產生海空運量轉移之敏感度分析。考量現行「補貼」之定義及其用途係為用來維持公共運輸服務，補助業者建設成本或營運虧損，而非提升營運收益或替代其它運具。故對於海運票價補貼 50%及 100%之假設情境實際推行的可行性偏低；而若是比照現有馬祖居民之 30%補助之假設情境下，空運尚有約 55 萬人次的需求，配合未來馬祖地區將僅留設北竿機場之計畫背景，現有機場設施容量明顯不足，存在機場改善之必要性。

若要落實本節探討之海運票價補助一事，尚須進行法令檢討及經主管機關核定，推行之不確定性較高。故建議以空運改善方案之旅運需求預測，進行本報告後續之機場改善設施需求分析。

第四章 機場設施需求分析

4.1 機場發展階段

4.1.1 基礎預測和開發階段彈性保留

本章節分析係依據運量預測之分析結論，本團隊已完成相關運量預測，基礎情境(國內航線)未來旅運需求於目標年(2036)的年旅客運量約為 666,000 人。故機場發展規劃之需求設定即為 666,000 名旅客，並以 ATR 72-600 作為目標年之設計機種。

後續建議持續進行規劃和預測，以密切監測空運量的演變，使機場單位能夠準確了解旅運需求的實際情況。頻繁且滾動式的機場規劃，更可確切掌握機場改善計畫啟動之時機。

4.1.2 規劃階段特性

如上所述，已明確定義出一個計劃階段。其有關交通數據之特點，如下表所示。此運量預測所得出之關鍵數字將用於確認設施之需求。

表 4.1-1 綜合規劃階段之運量假設

項目	現況	666 000 pax 旅客
年份	2016	2036
年旅客量 (基礎情境-國內線)	89,300 pax	666 000 pax
設計機型	ATR 72-600	ATR 72-600
年架次		
設計日(第 30 高峰日)旅客數		
尖峰小時抵達旅客數	67	222
尖峰小時出發旅客數	67	222
尖峰小時抵達+出發旅客數	134	444
設計日(第 30 高峰日)航機起降架次 (ATM)		
尖峰小時抵達	1	4
尖峰小時出發	1	4
尖峰小時抵達+出發	2	8

4.2 設施需求

本節概述了上一節中確認之發展階段的空側、陸側和航廈之設施需求。設施需求計算根據 ADPI 所知之當地環境和假設，以及國際案例或其它機場發展專案的回饋，用以評估機場每個設施之理論需求和土地預留。但是，由於決定推進此類設施的設計，可能需要根據當時的實際需求、總體業務決策，或基於可能進一步採取的審查設計假設，以便調整空間需求。此外，雖然其中一些設施需求與航空活動預測的年份有關，但在確保航空需求發展合理化之

前，不應進行實際發展。

在本報告中，“總陸地面積”值包括營運機場不同功能區域所需的所有地面：建築物所在地、出入口、交通、停車場等。即使這些數值通常取決於設施的佈局，標準比例仍然被用來計算總土地面積。這些比例是根據 ADPI 對巴黎三大國際機場之整體觀察。

4.2.1 空側機場設施

一、跑道容量

一般而言，跑道容量取決於兩個主要因素：空域特性和跑道/滑行道配置（快速出口和入口、跑道迴轉坪）。其它次要因素，如航空機隊的組合，在決定跑道容量方面起著最小的作用。

雖然詳細的跑道容量分析不是當前研究的主題，現有的 03-21 跑道提供尖峰小時的容量，明顯高於設計日最繁忙時段，亦即 8 ATM（航機起降量）（4 架到場和 4 架離場）。

因此，現有的跑道/滑行道系統尚不需要任何改進（增設入口/出口滑行道）以順應 2036 年的交通量。

二、跑道長度/寬度

現有的跑道長度為 1150 公尺，不允許 ATR 72-600 在最大起飛重量（MTOW）下起飛。這導致立榮航空在北竿機場離場時，由於無法出售所有座位，而造成容量損失。

跑道擴展之條件已定義於第一階段“南竿和北竿機場跑道改善可行性評估”之分析中。跑道預定向南延伸 350 公尺，總長度達到 1500 公尺。此長度將使 ATR 72-600 在北竿機場標準天氣條件下，以最大起飛重量（MTOW）起飛。

30 公尺的跑道寬度符合 ICAO 附約 14 第 3C 類航機之操作。

三、跑道地帶

如前述第二章所詳述，W 滑行道就以下而言，不符合 ICAO 附約 14 之要求：

- ◆ 跑道中心線到滑行道中心線的距離，
- ◆ 跑道地帶內的位置。

由於可以提供具有操作限制的解決方案，因此帶有偏差的現有 W 滑行道不需要滿足這兩項要求。可以在距離跑道中心線 168 公尺處設置跑道等待位置。這樣當航機在跑道上著陸或起飛時，沒有其它航機可以在 W 滑行道上的這個位置後滾行。



圖 4.2-1 W 滑行道和跑道地帶

此解決方式將減少跑道系統的每小時容量，但對於目標年尖峰小時起降為 8 架次之旅運需求而言，並不會造成航機運行之問題。

在第二章裡還指出，在最大橫坡度和承載力方面，平整地帶不符合 ICAO 附約 14 之要求。因此，必須在距離跑道中心線 75 公尺處之跑道的兩側填土，以滿足這兩個標準。

四、跑道端安全區(RESA)

如第二章所詳述，現有跑道沒有任何跑道端安全區。

跑道端安全區設置之條件已定義於第一階段“南竿和北竿機場跑道改善可行性評估”之分析中。預期在跑道兩端設置跑道端安全區。這些跑道端安全區將符合 ICAO 最小尺寸之要求，意即長度為 90 公尺，寬度為 60 公尺。

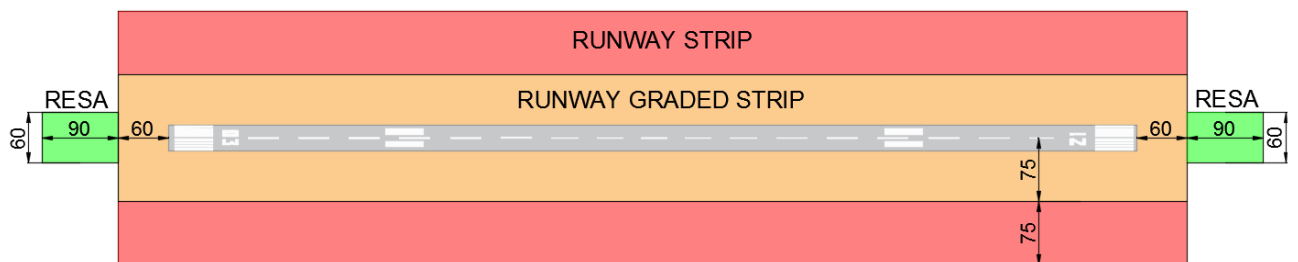


圖 4.2-2 設置跑道端安全區

五、助導航設備(NAVAIDS)

有關助導航設備之改善已於前階段可行性評估中分析。此初步分析的目標之一是評估出最佳方法，用以減少因霧天條件而取消之航班數量。必須實施第 I 類精確進場，才能在霧季期間達到可接受的航班取消率。

第 I 類精確進場可以透過儀器降落系統(ILS)的設置來貫徹執行。儀器降落系統(ILS)包括提供橫向引導的左右定位台設備和提供垂直引導的滑降台設備。該裝置僅提供於 03 端。由於北竿終端管制區域(TMA)內的空間有限，21 端無法執行精確進場之設計。

左右定位台將設置於距離 21 端跑道頭 150 公尺處。根據 ICAO 附約 10 之建議，滑降台將設置於距離跑道軸線 150 公尺處，距離 03 端跑道頭近 300 公尺（與跑道頭相比的確切位置約為 300 公尺，但取決於沿著跑道以及跑道地帶內的地面高度。設備製造商有責任來加以確定）。

六、飛航管制塔臺

飛航管制塔臺(ATCT)的主要目的是確保機場場面活動區域 - 跑道、滑行道和停機坪 - 上的所有航機和車輛的安全運行，以及以機場為中心的 5 海浬範圍內飛航安全。

該建築通常設有辦公室，用於飛航管制和培訓目的，以及航管人員的休息區和休息室，以及建築物的門禁系統。並將設置合適的安全圍籬。

技術區域通常包含民用航空服務，特別是那些維護飛航管制塔臺之服務。大多數情況下，技術區域還結合了以下一些功能：

- ◆ 進場管制室；
- ◆ 設備機房；
- ◆ 機場指揮官辦公室；



- ◆ 跑道辦公室；
- ◆ 備用電源；
- ◆ 暖氣和空調等。

飛航管制塔臺的位置和高度必須確保從管制室可清楚看見跑道、滑行道和滑行路徑、航機停機坪區域和機場周圍的空域，特別是進場和離場區域。此外，未來操作區的擴展或建築物的施工，皆不可妨礙此視域。

現有的飛航管制塔臺足以應付未來的交通發展。須注意的是新建築物或停機坪所可能產生的能見度陰影，特別是在跑道和滑行道上。

4.2.2 旅客設施

一、航廈大樓

旅客航廈匯集了機場活動的主要部分，並且必須在功能上適應不同的客流。

旅客航廈的主要功能是容納出境和入境的客流，以及規定必須辦理完成的各種手續。航廈的主要功能區域如下：

- ◆ 航廈路側(Passenger curbside)，即道路與航廈進出之間介面；
- ◆ 出境大廳；
- ◆ 報到櫃台區；
- ◆ 通道區(旅客動線)；
- ◆ 安全檢查點；
- ◆ 登機休息區；
- ◆ 入境大廳；
- ◆ 零售店等。

旅客航廈有幾個概念(線性、模組化、衛星等)；它們也可以設於不同樓層。下圖說明了航廈可以有的不同水平構成。

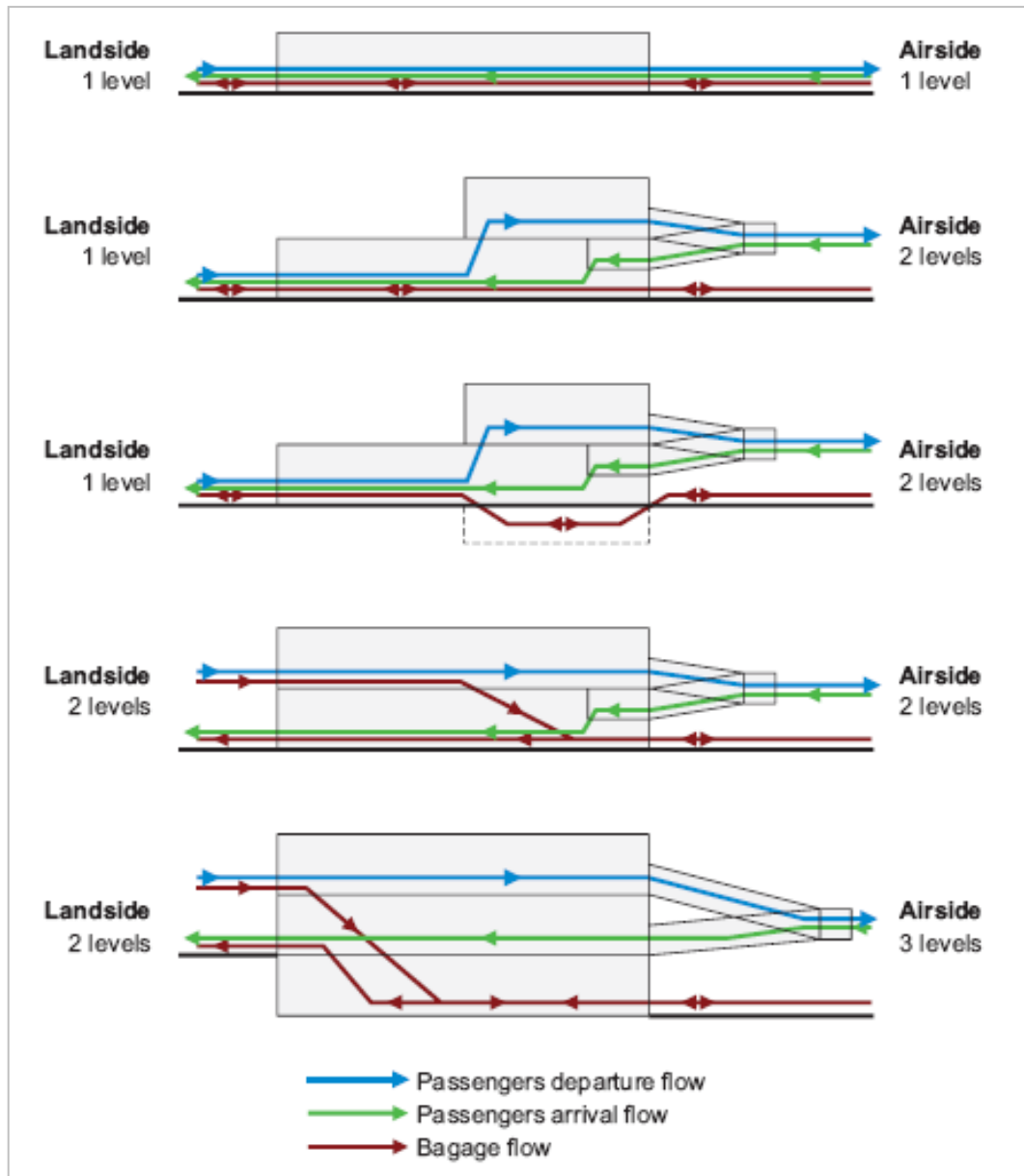


圖 4.2-3 航廈水平構成

(一) 設施需求

如先前第二章中所述，藉由評估旅客航廈（PTB）內每個資料來源（報到手續、安全管理等）的尖峰小時處理能力，來執行旅客航廈（PTB）容量的估計。此研究可估算出旅客航廈（PTB）能夠處理的到達和出發的尖峰小時旅客量（PHP）。目前旅客航廈（PTB）的出發尖峰小時容量估計約為 75 人/小時，到達尖峰小時容量約為 140 人/小時。

目前旅客航廈（PTB）的佔地面積約為 1,280 平方公尺。因此，此地面區域可以在繁忙的一天提供大約 9 平方公尺/ PHP 的容量比。容量比例反映了提供給旅客的服務水準（即，比率越高，舒適度越高）。與國內機場相比，9 平方公尺/ PHP 的容量比例處於較低的水平，但這足以處理目前航廈尖峰時段的旅客。

對於未來的發展階段，假設旅客航廈內的服務水準會增加，以符合 IATA 服務水準（LOS）之標準。因此亦將提高容量比例。IATA ADRM 第 10 版定義了提供空間和最長等待時間的服務級別之準則。保留參考了“最佳”LOS 類別，以避免過度加大北竿機場



未來的旅客航廈 (PTB)。

表 4.2-1 IATA 航廈服務水準

LoS Guidelines	SPACE GUIDELINES [sqm/PAX]			MAXIMUM WAITING TIME GUIDELINES Economy Class [minutes]			MAXIMUM WAITING TIME GUIDELINES Business Class / First Class / Fast Track [minutes]			OTHER GUIDELINES & REMARKS			
	LoS Parameter:	Over-Design	Optimum	Sub-Optimum	Over-Design	Optimum	Sub-Optimum	Over-Design	Optimum	Sub-Optimum	Over-Design	Optimum	Sub-Optimum
Public Departure Hall	> 2.3	2.0 - 2.3	< 2.0	n/a			n/a			Optimum proportion of seated occupants: 15 - 20%*			
Check-In	Self-Service Kiosk (Boarding Pass / Bag Tagging)	> 1.8	1.3 - 1.8	< 1.3	< 1	1 - 2	> 2	< 1	1 - 2	> 2			
	Bag Drop Desk (queue width 1.4 - 1.6m)	> 1.8	1.3 - 1.8	< 1.3	< 1	1 - 5	> 5	< 1	1 - 3	> 3			
	Check-in Desk (queue width: 1.4 - 1.6m)	> 1.8	1.3 - 1.8	< 1.3	< 10	10 - 20	> 20	< 3	Business Class 3 - 5	> 5			
Security Control (queue width: 1.2m)	> 1.2	1.0 - 1.2	< 1.0	< 5	5 - 10	> 10	< 1	Fast Track 1 - 3	> 3				
Emigration Control (Outbound Passport Control) (queue width: 1.2m)	> 1.2	1.0 - 1.2	< 1.0	< 5	5 - 10	> 10	< 1	Fast Track 1 - 3	> 3				
Gate Holdrooms / Seating	> 1.7	1.5 - 1.7	< 1.5	n/a			n/a			Optimum proportion of seated occupants: 50 - 70%*			
Departure Lounges	Standing	> 1.2	1.0 - 1.2	< 1.0							Maximum Occupancy Rate: < 60% 60 - 70% > 70%		
Immigration Control (Inbound Passport Control) (queue width: 1.2m)	> 1.2	1.0 - 1.2	< 1.0	< 5	5 - 10	> 10	< 1	Fast Track 1 - 5	> 5				
Baggage Reclaim	Narrow Body Aircraft	> 1.7	1.5 - 1.7	< 1.5	< 0	0 / 15	> 15	< 0	0 / 15	> 15	The first waiting time value relates to "first passenger to first bag". The second waiting time value relates to "last bag on belt" (counting from the first bag delivery).**		
	Wide Body Aircraft	> 1.7	1.5 - 1.7	< 1.5	< 0	0 / 25	> 25	< 0	0 / 25	> 25			
Customs Control	> 1.8	1.3 - 1.8	< 1.3	< 1	1 - 5	> 5	< 1	1 - 5	> 5	Waiting times refer to a procedure when 100% of the passengers are being checked by Customs			
Public Arrival Hall	> 2.3	2.0 - 2.3	< 2.0	n/a			n/a			Optimum proportion of seated occupants: 15 - 20%*			

資料來源：IATA ADRM 第 10 版。

(二) 面積需求初步分析

旨在對旅客航廈主要功能區之間的總樓地板面積進行初步劃分。這些區域如下：

- ◆ 辦理手續區；
- ◆ 登機區；
- ◆ 行李處理系統；
- ◆ 商業區和特許經營；
- ◆ 通道；
- ◆ 辦公室、寄物櫃、儲藏；
- ◆ 技術區域

旅客航廈 (PTB) 面積需求之詳細評估不在此研究範圍內。但考量到北竿旅客航廈 (PTB) 的規模，ADPI 根據國內機場範例使用的每 PHP 標準表面比例可能與旅客航廈 (PTB) 總佔地面積的粗略估計無關。因此，採用 ADRM 第 10 版方法論，並參考“最佳”LOS 類別，用以執行詳細的 PTB 計畫。對等候區 (出境/入境大廳) 給予了一些特殊考量，其中對以下假設考量了額外的空間：

- ◆ 出境時每 2 名旅客配以 1 名送機者，
- ◆ 入境時每 1 名旅客配以 1 名接機者，
- ◆ 出境時每 1 名旅客和送機者佔用時間為 60 分鐘，
- ◆ 入境時每 1 名旅客佔用時間為 15 分鐘，

- ◆ 入境時每 1 名接機者佔用時間為 90 分鐘。

這個超出範圍的出境/入境大廳，專門用在霧天條件航機延遲期間，容納過剩的旅客。這項作業已運用於機場發展階段之 666,000 名旅客。結果如下表所示。

表 4.2-2 旅客航廈 -面積需求初步分析

旅客航廈面積		
旅運情境	666 000 pax 旅客	
辦理手續區	3 640 m ²	55%
出境	1 160 m ²	17.5%
報到櫃台區	280 m ²	4.2%
出境管制區	430 m ²	6.5%
行李檢查大廳	580 m ²	8.7%
入境大廳	1 230 m ²	17.9%
登機區	470 m ²	7%
行李處理系統	360 m ²	5%
商業區和特許經營	402 m ²	6%
通道	720 m ²	11%
辦公室、寄物櫃、儲藏	550 m ²	8%
技術區域	500 m ²	7%
總樓地板面積	6 682 m ²	

旅客航廈 (PTB) 規劃考量了警察、海關和地勤人員辦公室，其面積評估將於下列章節中介紹。

旅客航廈 (PTB) 計劃還包括貨物儲存空間。在南竿機場實地考察期間，民航局解釋說，南竿機場航廈的擴展計畫包括了在航廈內規劃一個貨運的儲存區，以避免貨物存放在旅客所在的出境大廳之現狀。南竿機場 30 平方公尺的儲藏室預計可以為入境航班儲存 300 公斤貨物，對於出境航班則可儲存 200 公斤貨物，即一個入境/出境航班為 500 公斤。以此面積乘以 4，所獲得之 120 平方公尺之儲存面積被規劃於北竿機場總體規劃中，並可以在設計日的尖峰小時儲存相當於 4 個入境/出境航班。

旅客航廈 (PTB) 總佔地面積經過詳細評估後，是為 6632 平方公尺。由於 ATR 72-600 操作不需要空橋，因此旅客航廈 (PTB) 被規劃為僅有一個樓層以方便旅客辦理手續。預留一些空間以提供更大的靈活性，以及考量到未來佈局的不確定性，PTB 保留了 8000 平方公尺之總土地面積。

二、停機位

(一) 停機位配置

主要有兩種不同類型的停機位：近端停機位和遠端停機位。這兩類型在整個營運日期間滿足航機對停機位之需求。

從遠端停機位登機/下機的旅客通常由巴士從航廈接駁到停機位。一些遠端停機位被歸類為長期停留停機位，可用於簡易的保養維修、長期停等、過夜等。

近端停機位通常提供以下之設備：



- ◆ 空橋；
- ◆ 航機加油所需消防栓系統（須定義需求）；
- ◆ 供電和空調；
- ◆ 地面標線；
- ◆ 高桅桿照明燈。

根據 ICAO 的定義，根據航機相關之尺寸分為六類，並由字碼標識。ICAO 的航機類型代碼列於表 4.2-3 中。

表 4.2-3 ICAO 的航機類型代碼

代碼	翼展 (公尺)	主起落架外輪間距 (公尺)	航機類型
A	< 15	< 4.5	Single piston engine aircraft
B	15 - 24	4.5 - 6	CRJ, ERJ, Falcon
C	24 - 36	6 - 9	ATR 72-600, A320 Family, B737
D	36 - 52	9 - 14	A300, A310, B757, B767
E	52 - 65	9 - 14	A330, A340, A350, B747, B777, B787
F	65 - 80	14 - 16	A380, B747-8

資料來源：ICAO, Annex 14。

停機位位置的寬度為其主要之特徵，也就是它們可以支援的航機類別。每個停機位都用一個代碼字母標識，該代碼字母指的是它可以容納的最大翼展之航機。例如，具有代碼 C 的停機位將能夠支援最大翼展為 36 公尺的任何航機。

(二) 停機位需求計算

根據最高尖峰小時航機架次的預測，來計算停機位的需求。

實際上，在運量預測中所選擇的尖峰時段是第 30 個最繁忙小時，相對應於略低於一年中觀察到的最高尖峰小時的活動水平。在確定機場設施要求時常用的這一假設可對設施進行適當的調整，它幾乎涵蓋了一年中觀察到的所有活動水平，同時從分析中除去了特殊的峰值活動水平。

但是，停機位需求計算不能僅根據此第 30 個最繁忙的小時。這將導致停機坪的尺寸不足，而出現航機比可用停機位更多的情況。

因此，需考量最高值。然後，假設 100% 的商用航機是第 C 類航機，計算每種航機類型的分割。這樣就可以確定為滿足 666,000 旅客此階段的運量水平，所需的停機位總數。評估停機位數量之方法論需考量以下之假設：

- ◆ 最高尖峰降落架次尖峰小時數值：5，
- ◆ 航機回航時間：30 分鐘。
- ◆ 假設使用近端停機坪為 100%，用以計算近端停機位和遠端停機位之間的分割。

除了這些“有效停機位”之外，預估還需要一個額外的停機位提供給軍用航機。軍方在馬祖島定期操作 Hercules C-130。此航機屬於代碼 D，因此提供了額外的停機位給歸類於代碼 D 的航機。如果需要（航機維護.....），此停機位還可被靈活運用便於停機坪的管理，這些資源可幫助解決尖峰時段的意外需求。下表顯示出對於停機位的需求。

表 4.2-4 總停機位需求

總停機位需求		
近端停機位	現況	目標年(666 000 pax)
ICAO Code C	2	3
ICAO Code D	0	1
遠端停機位		
ICAO Code C	0	0
ICAO Code D	0	0
Total 小計	2	4

666,000 旅客此階段不需要空橋，因為唯一被考量營運的航機類型是 ATR 72-600，旅客是由停機坪登機的。停機位的尺寸必須能夠執行自動起飛（無後推）。

4.2.3 機場支援設施

描述為了利於航班運作、機場維護和管理以及機場周圍擬提供服務所需的所有設施。這些服務由一系列設施所提供。這些設施將依其特性設置於整個機場的空側和陸側範圍內。這些設施包括緊急應變和協調、警務和保安、各種行政管理和人員支援設施，以及其它非航空設施。

一、機場警察和海關辦公設施：機場警察和海關人員的主要任務是確保：

- ◆ 管制陸側和空側邊界；
- ◆ 陸側保安；
- ◆ 航機起降活動區域之保安；
- ◆ 海關查驗；
- ◆ 旅客航廈和其它機場設施之保安；
- ◆ 緊急應變（例如，劫持等）。

建築範圍的計算是根據將同時工作並使用該設施的行政人員的數量。藉由比較南竿現有的年旅客量對應行政人員數量和北竿現有的年旅客量對應行政人員數量，以進行評估於 666,000 旅客此階段，使用該設施之行政人員數量。由於在 666,000 旅客此階段，出境旅客尖峰小時和所需的 X 光機數量將增加，為了確保有足夠的等待時間，因此必須增加同時值勤的警察人數。海關人員則略有增加（未有國際航班）。

表 4.2-5 航警/海關員工人數之估計

機場	年旅客	警察人員 (同時段執勤人數)	海關人員 (同時段執勤人數)
南竿現有	291 000	7	1
北竿現有	89 300	3	1
北竿目標年 (2036)	666 000	11	2

此設施所需的停車場數量是根據現場工作人員的百分比和駕駛自用汽車進入設施的員工比例計算的。目前，警察行政人員皆住在宿舍，因此不需為員工設停車位。同樣的假設用於 666,000 旅客此階段。整體建築佔地面積、員工停車場面積和土地面積如下表所

示。

表 4.2-6 機場警察局之需求

航警設施		
規劃情境	現有	666 000 pax 旅客
停車場	0 lots	0 lots
停車場佔地面積	0 m ²	0 m ²
建築物樓地板面積	50 m ²	110 m ²
建築物佔地面積	50 m ²	110 m ²
總土地面積	50 m ²	110 m ²

就現況而言，警察和海關設施均需考量包含於旅客航廈（PTB）之佔地面積中。

二、航機救援及消防設施

航機救援及消防（ARFF）的首要任務乃是當機場及其鄰近地區內發生航機失事或緊急事件時，將緊急事件之影響程度減至最小，特別是有關搶救生命。此外，其角色是當機場空側之結構建築物發生火災時，負責採取緊急應變措施。

所提供之防護等級應按照經常使用該機場之航機的尺寸而定，並根據其運作頻率進行調整。

機場 ARFF 基礎設施通常包含以下之設施：

- ◆ 消防站；
- ◆ 消防訓練設施；
- ◆ 緊急救援入口；
- ◆ 緊急陸側救援入口

（一）航機救援及消防站

航機救援及消防（ARFF）站通常包括以下設施，具體取決於其大小：

- ◆ 停放機場泡沫消防車及其它緊急應變車輛；
- ◆ 配置便利之供水系統，允許消防車輛單向循環路徑；
- ◆ 值班台設有通訊設施，全天候運作；
- ◆ ARFF 人員辦公室設施；
- ◆ 存放消防設備及提供簡易之維修空間。

根據 ICAO Airport Services Manual (Doc 9137 - Part 1 - Airport Rescue and Firefighting) 之建議措施，航機救援及消防（ARFF）之設施需求及防護等級應按照經常使用該機場之航機的尺寸而定，並依據其運作頻率進行調整。機場 ARFF 之分類（詳見附表 18）仍應以該期間使用該機場之最大型航機決定機場防護等級，應先考慮航機機身全長，再考慮機身寬度。

由於在 666,000 旅客此階段，在北竿機場唯一營運之航機類型是 ATR 72-600，其機身長度為 27.16 公尺，機身寬度為 2.95 公尺。因此，ARFF 之設施必須符合 ICAO 的第 5 類。現有的北竿機場 ARFF 設施即屬於第 5 類，提供了如下表中所規定的車輛數和所需

的水量。

表 4.2-7 ARFF 分類

Aerodrome Category for ARFF		
Aerodrome Category	Aeroplane Overall Length	Maximum fuselage Width
1	< 9 m	2 m
2	≤ 9 m & < 12 m	2 m
3	≤ 12 m & < 18 m	3 m
4	≤ 18 m & < 24 m	4 m
5	≤ 24 m & < 28 m	4 m
6	≤ 28 m & < 39 m	5 m
7	≤ 39 m & < 49 m	5 m
8	≤ 49 m & < 61 m	7 m
9	≤ 61 m & < 76 m	7 m
10	≤ 76 m & < 90 m	8 m

資料來源：ICAO Doc 9137 – Airport Services Manual, Part 1。

表 4.2-8 救援及消防車輛之最少數量

Minimum Number of Vehicles	
Aerodrome Category	ARFF Vehicles
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	2
7	2
8	3
9	3
10	3

資料來源：ICAO Doc 9137 – Airport Services Manual, Part 1。

應至少提供滅火劑之劑量詳見下表

表 4.2-9 滅火劑之最小應配置劑量

Aerodrome Category	Foam meeting performance level A		Foam meeting performance level B		Foam meeting performance level C		Complementary agents	
	Water (L)	Discharge rate foam solution/minute (L)	Water (L)	Discharge rate foam solution/minute (L)	Water (L)	Discharge rate foam solution/minute (L)	Dry chemical powders (kg)	Discharge Rate (kg/second)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	350	350	230	230	160	160	45	2.25
2	1 000	800	670	550	460	360	90	2.25
3	1 800	1 300	1 200	900	820	630	135	2.25
4	3 600	2 600	2 400	1 800	1 700	1 100	135	2.25
5	8 100	4 500	5 400	3 000	3 900	2 200	180	2.25
6	11 800	6 000	7 900	4 000	5 800	2 900	225	2.25
7	18 200	7 900	12 100	5 300	8 800	3 800	225	2.25
8	27 300	10 800	18 200	7 200	12 800	5 100	450	4.5
9	36 400	13 500	24 300	9 000	17 100	6 300	450	4.5
10	48 200	16 600	32 300	11 200	22 800	7 900	450	4.5

資料來源：ICAO Doc 9137 – Airport Services Manual, Part 1。



現有唯一的消防救援站位於停機坪北側，距離 03 跑道頭以北約 520 公尺。航機救援及消防（ARFF）站的佔地面積約為 400 平方公尺。

根據 ICAO 的標準並考量機場場地的總體配置，在 666,000 旅客此階段，ARFF 設施無需進一步改善。

表 4.2-10 ARFF 站之需求

消防和救援站		
規劃情境	現有	666 000 pax
機場分類	5	5
倉房數量	3	3
停車場	6 lots	6 lots
停車場佔地面積	150 m ²	150 m ²
建築物樓地板面積	400 m ²	400 m ²
建築物佔地面積	400 m ²	400 m ²
總土地面積	550 m ²	550 m ²

(二) 消防訓練設施

在機場周邊以外進行消防訓練。根據該機場的規模，不需要在機場設置培訓設施。

三、航空站辦公設施

航空站辦公設施為機場的行政和操作人員提供辦公場所。通常包括辦公室、會議室、檔案室和員工停車位。

(一) 設施需求

建築物佔地面積之計算取決於使用該設施的行政人員的數量。ADPI 目前所知的員工人數有 4 位。依據這個人數，以及南竿機場的行政人員數量，用以估計未來的員工人數，從而確定機場主管機關辦公設施的規模。南竿和北竿機場目前的情況顯示出，行政人員的數量相當固定，從年旅客量 89,300 人到 291,000 人。因此，對於 666,000 旅客此階段，機場主管機關的員工人數估計為 10 人。

表 4.2-11 南竿和北竿機場航空站之員工人數

機場	年旅客	員工人數
南竿現況	291 000	4(編制5人)
北竿現況	89 300	4(編制5人)
北竿目標年(2036)	666 000	10

由於航空站員工都住在辦公室附近的宿舍，因此這個特定設施不需要停車場。

現有的航空站人員工作所在的建築物尚足以滿足 10 名員工之需求，因為前北竿機場航廈裡之辦公室已夠寬敞。整體建築物佔地面積、員工停車場面積和土地面積如下表所示。

表 4.2-12 機場主管機關辦公設施之需求

航空站辦公設施		
規劃情境	現況	666 000 pax 旅客
停車場	0 lots	0 lots
停車場佔地面積	0 m ²	0 m ²
建築物樓地板面積	570 m ²	570 m ²
建築物佔地面積	570 m ²	570 m ²
總土地面積	650 m ²	650 m ²

4.2.4 航空公司支援設施

描述提供周全之設施給于在機場運作之航機。航空公司需要特定的設備和設施，讓旅客可以辦理手續以及託運行李，並維持一定的效率。

這些設施取決於在機場觀察到的交通類型以及所配合之航空公司的類型。

一、地勤服務

(一) 地勤服務設備存放區

航機維修需要許多地勤服務設備（GSE）才能提供有效的周轉時間。它可供必須存放在停機位外的車輛和設備存放。地勤設施將提供：

- ◆ 地勤服務設備（GSE）存放區；
- ◆ （GSE）維修區。

地勤服務設備（GSE）包括維持商用航機日常運作所需的所有設備和車輛。並應提供專用於存放和緩存此設備的區域。可提供兩種類型的區域：

- ◆ 較近之緩存區設置有停車位，貼近停機位，用以供頻繁使用的地勤服務設備（GSE）車輛停放；
- ◆ 遠端儲存為 GSE 車輛提供遮蔽或無遮蔽之存放區。這些區域對於航機操作不是迫切需要的。

所需面積的計算是按照所需的“有效”停機位的數量（即，近端和遠端停機位，不包括長期停留停機位）。北竿現有近端停機位，符合 Code C 所要求之 180 平方公尺的面積，該面積提供足夠的空間來存放 GSE，從而提供一架航機回航所需時日的服務。

只需要較近之緩存區。ATR 72-600 之運作不需要如此多的 GSE，並且不需要遠端儲存區域（例如，集裝器（ULD）不需要存放區，因為這些設備不用於 ATR 航機之行李裝載）。下表顯示了 GSE 存放區域之需求。

表 4.2-13 GSE 存放區域之需求

GSE 存放區域				
規劃情境	現況		666 000 pax	
較近的/遠端緩存區	Close	Remote	Close	Remote
ICAO Code C	180m ²	0 m ²	600 m ²	0 m ²
總 GSE 存放區	180 m ²		600 m ²	

(二) 地勤服務設備（GSE）和車輛維護區

地勤服務設備（GSE）和車輛維護區域所在之建築，提供了用於空側和陸側作業的



車輛和設備所需之緩存、維護和修理。該設施包括維修工作間、零件和設備之儲藏室、辦公室和員工休憩室。

現有的北竿機場沒有任何 GSE 維護區域，而且 666,000 旅客此階段不能證明發展此類設施是合理的，因為運行所需的設備數量依舊很少。

(三) 地勤人員設施

地勤人員設施由航空公司地勤人員（員工在周轉期間執行所有航機作業）所使用，以準備回航（重量和平衡、負載規劃）、用餐、休息，通常包括：

- ◆ 辦公室，
- ◆ 休息室，
- ◆ 用餐空間，
- ◆ 廁所，
- ◆ 設備儲藏室。

考量有效停機位的數量和每個有效停機位的標準面積來評估所需的面積。下表顯示了地勤人員設施之需求。

表 4.2-14 地勤人員設施空間之需求

地勤人員設施		
規劃情境	現況	666 000 pax
停車場	5 lots	10 lots
停車場佔地面積	125 m ²	250 m ²
建築物樓地板面積	20 m ²	100 m ²
建築物佔地面積	20 m ²	100 m ²
總土地面積	145 m ²	350 m ²

二、航空餐飲設施

航空餐飲設施之建築，也稱為空廚，用於準備飛往各機場不同航機之空中配餐。將準備好之餐飲裝到手推車上，然後透過餐飲卡車運送到停在停機坪之航機裡。餐飲設施的典型配置包括：

- ◆ 空側停車場；
- ◆ 卡車停放站和裝卸停泊處；
- ◆ 建築物包括廚房、食物準備區、冷藏室、儲藏室、垃圾處理設施，以及員工設施，例如休息室、寄物櫃和辦公室；
- ◆ 空側卡車停放站。

只有立榮航空營運往/返北竿機場之國內航班，並且不在航機上提供任何餐飲服務。運量預測確認在 666,000 旅客此階段，依舊只有國內航班營運且不提供任何餐飲服務。因此，此階段不需要發展任何餐飲設施。

三、航機加油設施

燃油設施有兩個目的：供航機使用之燃油的貯存和分配。

航機燃油設施可包括以下之要素：



- ◆ 油庫；
- ◆ 燃油消防栓系統；
- ◆ 油罐車。

現有北竿機場沒有任何燃油設施。立榮航空在松山機場啟航前即為返回航段攜帶所需之燃料。

666,000 旅客此階段僅 ATR 72-600 針對北竿 / 松山和北竿 / 台中航線進行營運。這些國內航班對燃料的需求量使得該入境航班的燃料運輸成為可行的。該措施使得航空公司增加營運成本，因為運輸燃料而使得在至北竿的去程消耗更多燃料。

然而，只有在較大型航機加入北竿機場之營運，增闢國際航線且需在北竿機場進行加油時，才應考慮設置燃油設施。這些新裝置將衍生出如何向北竿島（管道、卡車）供應燃料的問題，並可能需要進行重大的投資。如果補給必須由卡車執行，它也可能引發出安全問題。由於在 666,000 旅客此階段，依舊只有 ATR 72-600 營運國內航班，燃油設施之發燃油設施展是非必要的，燃料運輸仍將是最佳選擇。

4.2.5 機場聯外運輸

本節介紹機場聯外道路設施。這些設施提供通往旅客航廈、停車場和計程車等設施之通道。這些聯外道路設施落實兩個主要功能：為上下乘客提供良好的出入接口，並提供足夠的空間讓旅客停車（臨時和長期），以及在航廈周圍工作之員工。這些設施的容量及其處理車流量的傾向是需要考慮之關鍵因素。

一、航廈路側

航廈路側指的是道路與航廈出入間的介面。下車處必須使旅客能夠下車並接載乘客。航廈路側應將私人汽車的流量與大眾運輸交通流量和支援車輛分開。配置應盡量減少流量交叉的數量，以提高流量、安全性和便利性。理想情況下，航廈路側應允許乘客在路側上同時上下車，以增加路側的容量。航廈路側通常包括出境臨停區（和入境臨停區）環場道路。

理想情況下，航廈路側應為行人提供屋簷免於天氣的傷害。此外，它還能夠在某些氣候條件下提供陰涼處。此外，必須特別注意路側的長度，以便最小化旅客從車輛至航空公司航廈入口之間的通行時間。為此，必須規劃數個出境車道，這樣可以減少人行道長度，同時保持高線性下車。

根據設計尖峰小時來確定航廈路側所需的長度。由於機場巴士、計程車和私人汽車沿著北竿機場的航廈路側經過，因此路側必須依據航廈前面停靠之最多班機場巴士和小型車（私人汽車和計程車）來進行設計。已考量了第二章中所詳述的現有運具分配模式，每輛車（私人汽車、機場巴士、計程車）的乘客數量和每輛車的停留時間。路側混雜著出境和入境的旅客。下表顯示了相應的路側需求，包括乘客上下車處的可用長度。

表 4.2-15 航廈路側需求

出境路側設計 – 出境入境混合式		
規劃情境	現況	666 000 pax
汽車停車格數量	2	5 Lots
汽車專用停車格長度	14	35 m
計程車停車格數量	2	4 Lots
計程車專用停車格長度	14	28 m
機場巴士停車格數量		2 Lots
機場巴士專用停車格長度		28 m
路側長度	28 m	91 m
穿越道	1	1

二、旅客停車區

旅客停車區可以容納旅客、接送機車輛。不同類型的兩種旅客停車區如下：

- ◆ 航廈鄰近停車場
- ◆ 航廈遠端停車場

航廈鄰近停車場可以為旅客提供停車場和航廈之間最短的連結時間。這種類型的停車場主要用於臨停，必須能夠最大限度地縮短處理時間（交通、可用停車位、步行航廈、付款等）。

遠端停車場通常能夠提供比鄰近停車場更具競爭力的價格。它們主要作為用於長期停車。如果停車場遠離航廈，則必須提供交通工具以便旅客可到達航廈（例如，接駁巴士、輕軌捷運）。行人通道也可以變得可行。最長連結時間不應超過 15 分鐘。

可分為不同類型的停車場（階段式、地上和地下）以及停車場的不同配置，如下圖所示。

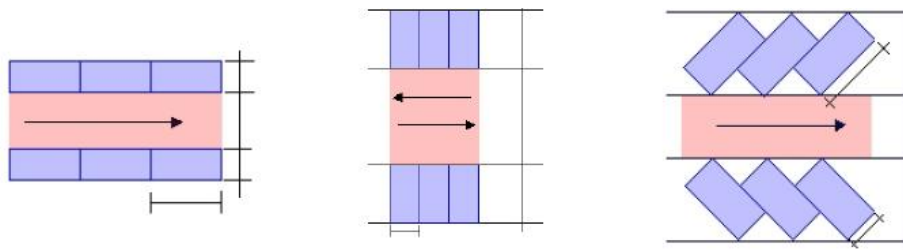


圖 4.2-4 停車場配置型式

現有停車場的容量約為 40 輛。這似乎已滿足當前現況的需求。停車場需求之計算是根據設計日期間機場的私人汽車交通量計算的。根據在設計日和設計時間內使用私人汽車到達或離開機場的“旅次起訖”旅客的數量來假設該交通量。機場營運單位並沒有提供使用私人汽車到達不同停車場的“旅次起訖”旅客之分割資料。在北竿機場出境的大多數人在台灣本島逗留超過一天，因此 70% 使用私家車的旅客被認為使用長期停車，30% 被認為使用短期停車。只有 30% 的旅客被認為使用私人汽車，而其中 50% 被認為使用停車場（其餘 50% 僅使用路側）。這些假設摘要如下表所示。

表 4.2-16 汽車的停車使用率設定

	旅客停車場之使用
停車場之使用 – 出發旅客	50,0%
停車場之使用 – 到達旅客	50,0%
短期需求 - 出發旅客	15,0%
長期需求 - 出發旅客	35,0%
短期需求 - 到達旅客	15,0%
長期需求 - 到達旅客	35,0%

下表顯示了停車場之需求。透過假設每個停車場（包括通道）的比例為 25 平方公尺來計算停車場總佔地面積。考量到所估計的停車大小，因此只需要鄰近的停車位。停車場的數量將根據保留之開發方案來確定。下表顯示了只有一層的停車場。

表 4.2-17 旅客停車場之空間需求

旅客停車場			
規劃情境	現況	666 000 pax	
停車場	總計	鄰近	遠端
停車格	40 Lots	400 Lots	0 Lots
停車場樓層數	1 Levels	1 Level	
停車場佔地面積	2 000 m ²	10 000 m ²	0 m ²

三、員工/公務用停車場

這些停車場可以容納員工的車輛。大多數設施都擁有專門的員工/公務用停車場。特別為在航廈附近或內部工作的員工規劃了一個額外的小型員工/公務用停車場。

員工/公務用停車場之需求是根據假設的機場員工人數來加以確定的，尤其是根據現場同時工作的員工人數確定的。然後，這個數字是根據員工開車前往機場的比例計算的，並依比例留設公務用停車位(約 20%)。依據航空站參訪資料，大約 80%沒有住在宿舍的員工都是駕駛私人運具上班的。

下表總結了員工/公務用停車場之需求。現有的員工/公務用停車場面積無法順利評估，下表僅提供位於航空站辦公室和消防救援站前的停車場，部分員工可能係使用部分的旅客停車場。

表 4.2-18 員工/公務用停車場之空間需求

員工停車場		
規劃情境	現況	666 000 pax
停車格	20 Lots	50 Lots
停車場佔地面積	450 m ²	1 250 m ²

四、計程車等候區

計程車等候區是計程車的等候區，可以讓出境旅客下車並等待入境之旅客。等候區可以授權計程車優先到達權（先進先出系統）。

遠端計程車等候區大部分都在靠近路側的“緩衝”區域。該區域使得計程車可以提供最佳和連續性的服務，其用意是讓每一位旅客一離開航廈就可以乘坐計程車。

計程車等候區之需求是根據在設計小時內離開機場的旅客數量計算的，10%的北竿旅客搭乘計程車，每輛計程車的標準比例為 1.5 人，用於確定在機場同時等候的計程車數量，以及每輛計程車平均等待的時間是為 30 分鐘。

因為假設計程車將在那裡排隊等候，所以每個計程車位的設計面積設為 20 平方公尺。下表總結了計程車等候區之需求。

表 4.2-19 計程車等候區之空間需求

計程車等候區		
規劃情境	現況	666 000 Mpax
計程車停車格數量	0 Lots	10 Lots
停車場佔地面積	0 m ²	200 m ²

4.2.6 其它設施

一、直升機停機坪和機棚

直升機停機坪是專門用於乘坐直升機旅行的旅客上下機的區域。機棚也可用於提供直升機長期停等之屏障，以及直升機運作所需的所有設備。

北竿機場設有一個直升機停機坪，以提供凌天公司的交通所需。為凌天公司營運的直升機位於南竿機場。凌天公司的業務主要是醫療後送，這些業務預計不會增加交通量。因此，一個直升機停機坪就足夠了。機棚也被認為是必要的，因為在南竿機場關閉後，由於直升機將長期停留在北竿機場，而且凌天公司將設在北竿機場。南竿機場現有的機棚面積被應用於面積之要求。

表 4.2-20 直升機停機坪和機棚之空間需求

直升機停機坪和機棚		
規劃情境	現況	666 000 pax
停機坪數量	1	1
停機坪佔地面積	500 m ²	500 m ²
機棚佔地面積	0 m ²	200 m ²
總土地面積	700 m ²	700 m ²

二、直升機燃油儲存倉庫

直升機燃油儲存倉庫可以存儲直升機操作所需的燃油。北竿機場沒有任何直升機燃油儲存倉庫，所有燃油都在南竿機場裝載。在 666,000 旅客此階段，南竿機場關閉後，北竿機場需要一座燃油儲存倉庫。

表 4.2-21 直升機燃油儲存倉庫之空間需求

直升機燃油儲存倉庫		
規劃情境	現況	666 000 pax
倉庫佔地面積	0 m ²	250 m ²
總土地面積	0 m ²	250 m ²



4.2.7 小結

下列總結了設施之需求。

旅客航廈設施

旅客航廈大樓

規劃情境	現況	666 000 pax
PTB 樓地板面積	1 280 m ²	7 000 m ²
PTB 佔地面積	1 280 m ²	7 000m ²
總土地面積	1 400 m ²	8 000 m ²

停機坪

航機類別	現況	666 000 pax
ICAO Code C	2	3
ICAO Code D	0	1
ICAO Code E	0	0
總計	2	4

機場支援設施

航警設施

規劃情境	現況	666 000 pax
停車場	0 lots	0 lots
停車場佔地面積	0 m ²	0 m ²
建築物樓地板面積	50 m ²	110 m ²
建築物佔地面積	50 m ²	110 m ²
總土地面積	50 m ²	110 m ²

海關設施

規劃情境	現況	666 000 pax
停車場	1 lot	2 lots
停車場佔地面積	25 m ²	50 m ²
建築物樓地板面積	15 m ²	20 m ²
建築物佔地面積	15 m ²	20 m ²
總土地面積	40 m ²	70 m ²

消防救護站

規劃情境	現況	666 000 pax
機場消防等級	5	5
倉房數量	3	3
停車場	6 lots	6 lots
停車場佔地面積	150 m ²	150 m ²
建築物樓地板面積	400 m ²	400 m ²
建築物佔地面積	400 m ²	400 m ²
總土地面積	450 m ²	450 m ²



航空站辦公設施

規劃情境	現況	666 000 pax
停車場	0 lots	0 lots
停車場佔地面積	0 m ²	0 m ²
建築物樓地板面積	570 m ²	570 m ²
建築物佔地面積	570 m ²	570 m ²
總土地面積	650 m ²	650 m ²

航空公司支援設施

GSE 存放區域

規劃情境	現況		666 000 pax	
較近的/遠端緩存區	近端	遠端	近端	遠端
ICAO Code B	0 m ²	0 m ²	0 m ²	0 m ²
ICAO Code C	180 m ²	0 m ²	600 m ²	0 m ²
ICAO Code D	0 m ²	0 m ²	0 m ²	0 m ²
ICAO Code E	0 m ²	0 m ²	0 m ²	0 m ²
總土地面積	180 m ²	0 m ²	600 m ²	0 m ²

地勤設施

規劃情境	現況	666 000 pax
停車場	5 lots	10 lots
停車場佔地面積	125 m ²	250 m ²
建築物樓地板面積	20 m ²	100 m ²
建築物佔地面積	20 m ²	100 m ²
總土地面積	145 m ²	350 m ²

航機餐飲設施

規劃情境	現況	666 000 pax
停車場	0 lots	0 lots
停車場佔地面積	0 m ²	0 m ²
建築物樓地板面積	0 m ²	0 m ²
建築物佔地面積	0 m ²	0 m ²
總土地面積	0 m ²	0 m ²

航機加油設施

規劃情境	現況	666 000 pax
停車場	0 lots	0 lots
停車場佔地面積	0 m ²	0 m ²
油庫佔地面積	0 m ²	0 m ²
建築物佔地面積	0 m ²	0 m ²
辦公室樓地板面積	0 m ²	0 m ²
總土地面積	0 m ²	0 m ²

聯外通道



航廈路側

規劃情境	現況	666 000 pax
路側規劃	複合式(出境/入境)	
巴士專用停車格長度		28 m
小客車專用停車格長度	14 m	35 m
計程車專用停車格長度	14 m	28 m
航廈路側長度	28 m	91 m
穿越道	1	1

旅客停車場

規劃情境	現況	666 000 pax
停車場	總計	鄰近 遠端
停車格	40 Lots	400 Lots 0 Lots
停車場樓層數	1 Levels	1 Levels
停車場佔地面積	2 000 m ²	10 000 m ² 0 m ²

員工停車場

規劃情境	現況	666 000 pax
停車格	20 Lots	50 Lots
停車場佔地面積	450 m ²	1 250 m ²

計程車等候區

規劃情境	現況	666 000 pax
計程車停車格數量	0 Lots	10 Lots
停車場佔地面積	0 m ²	200 m ²

其它航空設施

直升機停機坪和機棚

規劃情境	現況	666 000 pax
停機坪數量	1	1
停機坪佔地面積	500 m ²	500 m ²
機棚佔地面積	0 m ²	200 m ²
總土地面積	700 m ²	700 m ²

直升機燃油儲存倉庫

規劃情境	現況	666 000 pax
規劃情境	0 m ²	250 m ²
倉庫佔地面積	0 m ²	250 m ²



第五章 機場整體改善方案研析

5.1 跑道改善方案

5.1.1 跑道配置

本案於期初可行性評估階段，針對標準化及非標準化場面評估結果，已取得採北竿機場 B5' 方案改善之共識；另按期中審查會議之結論，本案係以 3C 場面進行規劃，惟需考量未來擴充為 4C 機場之彈性，因此為將未來北竿機場由 3C 提升為 4C 時，跑道施工對機場營運影響降至最低，故跑道之寬度預留至 45 公尺；跑道配置相關詳細內容詳表 5.1-1。

另本團隊基於下列考量，擬定跑道端安全區(RESA)以規範規定之最小值 90m 進行配置，上開長度亦為航空研究階段之配置情境。

- 一、跑道端安全區(RESA)240m 為 ICAO 規範之建議值，而非標準值(標準值為 90m)。
- 二、改善方案跑道總長度為 1500m，兩端跑道端安全區若各採用 240m，加計跑道地帶 60m，則跑道端安全區及跑道地帶之長度將佔總跑道長度配置之 40%，非合宜之跑道配置，尤其在北竿土地面積受限情況下，對整體建設經費將造成相當大之負擔。
- 三、目前使用 ATR72 機型非大型噴射客機，飛機引擎尾流範圍較小，採跑道端安全區 90m 係為可行。
- 四、以北竿機場現況每日 6 班次而言，跑道端安全區 90m 應尚符使用需求。
- 五、EMAS 之設置目的係為減少跑道端安全區長度。以法國留尼旺島(La Reunion)之機場為例，該機場因有設置 EMAS，而將跑道端安全區由 90m 減少為 60m。

表 5.1-1 北竿機場跑道配置相關詳細內容

項目	既有跑道條件	北竿改善方案(B5')
場面類別	2 C	3 C
目視或儀降標準	非精確	非精確(21 跑道)/精確(03 跑道)
跑道長度	1,150 m	1,500 m
跑道寬度	30 m	45 m
跑道縱坡度	≤1.0%	≤1.0% (1.5%局部最大值)
跑道橫坡度		1.0%(最小值) / 1.5%(最大值)
跑道端安全區長度	無	90 m(最小值)
跑道端安全區寬度	無	90 m(最小值)
清除區	無	無
緩衝區	無	無
跑道地帶長度	1,270 m	1,620 m
跑道地帶寬度	90 m	280 m
跑道地帶平整區寬度	90~150m	150 m

一、 方案說明(B5')

- (一) 3C 跑道，依既有跑道方位往南延伸至 1,500 公尺，寬度 45m(按期中審查會議結論，配合預留未來擴充為 4C 機場之彈性，故跑道長度採 3C、寬度採 4C 標準配置)。
- (二) 跑道安全區(RESA)採長度 90m，寬度 90m(按規範至少應為跑道寬度之 2 倍，故配合跑道寬度調整佈設)。
- (三) 既有 21 跑道頭位置不變，往 03 端延伸，詳圖 5.1-1。

二、 方案優點

- (一) 跑道長度 1,500 m，可供 ATR72-600 航機以全載重起飛。
- (二) 不重建跑道。

三、 能見度改善

能見度由現況 2,400m 下降為 1,400m(理論值)。

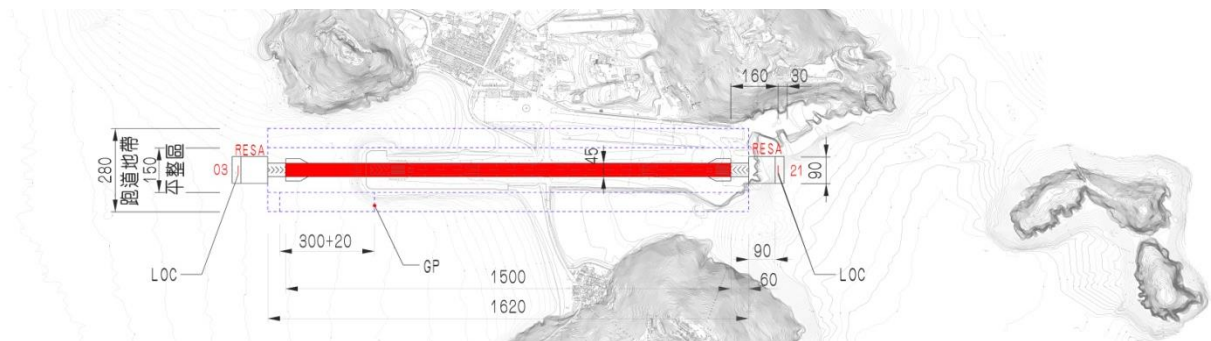


圖 5.1-1 B5 改善方案配置示意圖

5.1.2 儀航程序分析

一、 程序設計

(一) B5'方案 03 端 LOC 進場

B5 03 端 LOC 進場之具體設計假設有：

- 中間階段長度：3 NM，
- FAF 高度：2000 呎，
- MAPt 至 SOC 的距離：1832m
- 向右迴旋，有設計一個位於距離 MAPt 2NM 的轉折點。

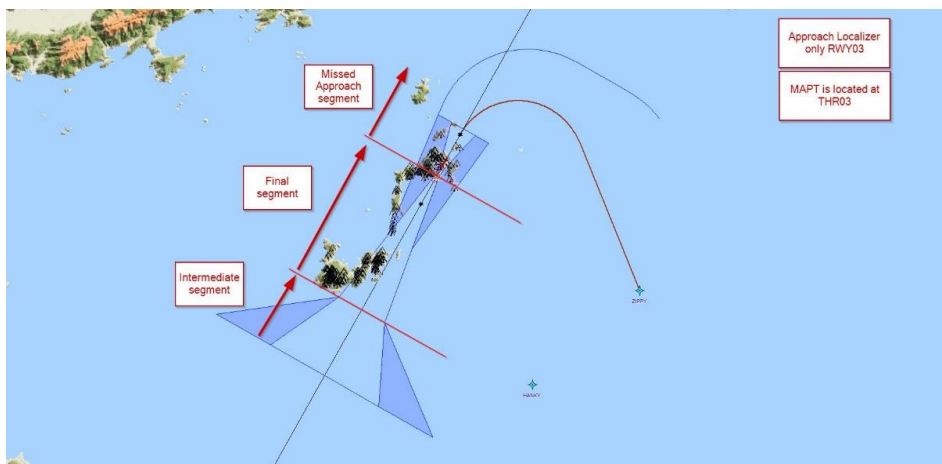


圖 5.1-2 B5 LOC 03 跑道之程序設計

(二) B5'方案 21 端 LOC 進場

B5 21 端 LOC 進場之具體設計假設有：

- 中間階段長度：3 NM，
- FAF 高度：1046 呎，
- MAPt 至 SOC 的距離：1832m，
- 向左迴旋，有設計一個位於距離 MAPt 3NM 的轉折點。

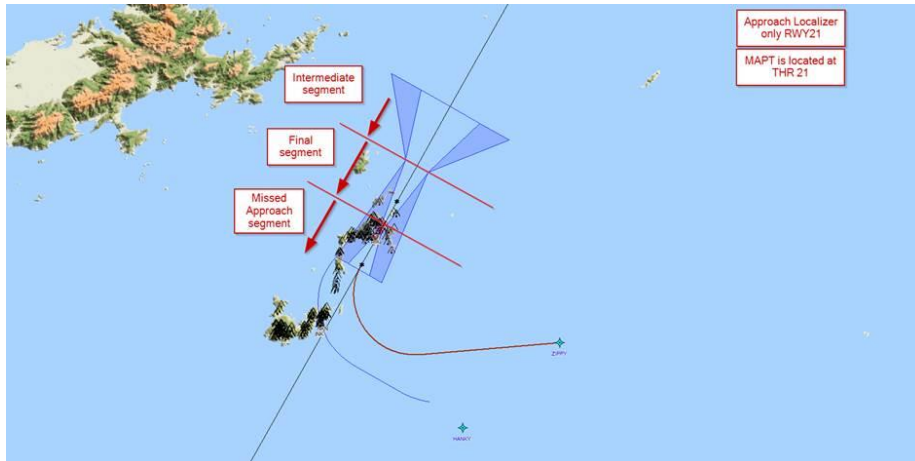


圖 5.1-3 B5 LOC 21 之程序設計

(三) B5'方案 03 端 ILS 進場

B5 03 端 ILS 進場之具體設計假設有：

- FAF 高度：2000 呎，
- 誤失進場段是直行的。

二、程序成果

(一) B5'方案 03 端 LOC 進場

儀航程序中，最後進場階段有一關鍵障礙物，為高度為 288.31m 的一棵樹。這個障礙如下圖所示：



圖 5.1-4 B5 03 端 LOC 進場關鍵障礙物

儀航程序的標準值是：

- OCH: 1003 ft,

- **RVR:** 1500m.

(二) B5'方案 21 端 LOC 進場

儀航程序中，最後進場階段關鍵障礙物是標高 301m 的北竿壁山頂部。 這個障礙如下圖所示：



圖 5.1-5 B5 21 端 LOC 進場關鍵障礙物

儀航程序的標準值是：

- **OCH:** 1012 ft,
- **RVR:** 1500m.

(三) B5'方案 03 端 ILS 進場

採用 CRM 模式計算的 ILS 進場程序中，關鍵障礙物是海拔 76.97m 的樹。 這個障礙如下圖所示：



圖 5.1-6 B5 03 端 ILS 進場關鍵障礙物

ILS 程序標準值為：

- **OCH:** 285 ft,
- **RVR:** 1400 m.

根據 CRM 模式計算，碰撞風險總值為 8.56×10^{-8} 。



三、總結

B5'的精確進場及非精確進場程序，操作標準值總結如下：

表 5.1-2 B5'方案不同進場類型總結

進場類型	LOC				ILS	
	03		21		03	
QFU						
OCH/RVR	OCH (ft)	RVR (m)	OCH (ft)	RVR (m)	OCH (ft)	RVR (m)
操作標準值	1003	1500	1012	1500	285	1400
總體碰撞風險	N/A*		N/A*		8.56x10 ⁻⁸	

*沒有統計工具可用於評估高於 OCH 的碰撞風險。

5.1.3 起降操作限度分析

一、能見度與雲幕高

當航機到達決定高度 DA/H(用於精確進場)或最低下降高度 MDA/H(用於非精確進場)時，如果能目視跑道環境(如清楚看見諸如跑道頭、著陸區、進場燈系統或可識別跑道之標線等)，飛行員即可決定降落，但如果因能見度關係而無法看見跑道環境，則必須重飛。

常用於氣象分析之數據包括能見度及雲幕高；但需留意的是上開氣象量測係於地面上所進行，因此基於相關限制，並無法精確地指出飛行員於到達決定高度 DA/H 或最低下降高度 MDA/H 時，是否具備必要之目測參考資訊。

然僅有能見度將用以評估航班取消率，因雲底之量測有可能無法提供飛行員一個精確的目視進場高度，主要因素包括：

- 該量測不可能於飛行員目視滑降台位置下方進行。
- 雲底可能不均勻。
- 滑降台上位置可能與穿雲重疊。
- 飛行員於雲中看到之距離會隨著雲層厚度及雲層下能見度而有變化。

二、航班取消率分析方法

氣象分析之數據包括了北竿和南竿機場，累計 10 年間每日 6:00 am 到 7:00 pm 間每小時 1 筆之數據資料；後續將以"實際"航班及"虛擬"航班(假設每小時 1 航班)，並分別以下列 3 個時段條件分析航班取消率：

- 每日：係由上午 6:00 至晚上 7:00。
- 上午：係由上午 6:00 至中午 12:00。
- 下午：係由下午 13:00 至晚上 7:00。

三、航班取消率分析結果

以"實際"及"虛擬"航班(假設每小時 1 航班)，並分別以 3 個時段(每日、上午及下午)分析之逐月航班取消率結果如附表一(表中以紅色標示者，係表示現有飛航指南 AIP 中 LDA 進場最小能見度值)；由上開相關分析可獲得以下之結論：

表 5.1-3 B5 方案不同進場起降操作限度

跑道 方位	進場 類型	情境	RVR/能見度	5 月份航班取消率					
				每日	立榮目前班表		每日	一小時 1 班	
					上午	下午		上午	下午
03	LOC	現況	2,400	12.6%	14.7%	8.5%	12.2%	15.9%	8.5%
		改善後	1,500	5.6%	6.7%	3.2%	5.5%	7.1%	3.9%
21		現況	2,400	12.6%	14.7%	8.5%	12.2%	15.9%	8.5%
		改善後	1,500	5.6%	6.7%	3.2%	5.5%	7.1%	3.9%
03	ILS	現況	2,400	12.6%	14.7%	8.5%	12.2%	15.9%	8.5%
		改善後	1,400	4.9%	5.9%	2.9%	4.8%	6.4%	3.3%

5.1.4 助導航設施

儀器降落系統(ILS)係由兩個子系統構成，一個係提供水平導引(左右定位台 LOC)，另一則提供垂直導引(滑降台 GP)，以支援低能見度之進場與降落作業，如表 5.1-4 及圖 5.1-7。

依據前階段「南、北竿機場跑道改善航空研究」成果，北竿機場改善方案 03 跑道將提供 CAT I 精確進場，另 21 跑道則採 LOC 非精確進場。對於上開 ILS 精確進場和 LOC 非精確進場，規劃其左右定位台 LOC 架設於跑道中心線軸線上距離跑道頭 160 公尺處，另考量於 LOC 後方增加 30 公尺空間並設置護欄設施，以作為機房設置使用，並可避免海浪破壞設備；另因考量短坡山可能產生之信號干擾，故規劃將 03 跑道滑降台 GP 設置於跑道右側，距離跑道頭 300 公尺處及跑道中心線 120 公尺處，並考量臨界區與敏感區之影響範圍如圖 5.1-8，以設置 GP 整平區；相關助導航設施之配置規劃如圖 5.1-9 及圖 5.1-10。

表 5.1-4 儀器降落系統(ILS)

組成	內容
左右定位台 LOC	傳遞方向訊號，供航機對準跑道中心線。 航機藉由十字指針指示器儀表之垂直指針指示，可獲知航機是否在跑道中心延長線上或偏離跑道中心線。
滑降台 GP	架設距跑道頭 300m 處 反映航機與滑降路徑高度偏離之程度，供航機對準滑降路徑。 航機藉由十字指針指示器儀表之水平指針指示，可獲知航機是否在滑降軌上；滑降角則視各機場之地形而定(2.5 度至 3 度)。



左右定位臺 (LOC)



滑降台(GP)

圖 5.1-7 儀器降落系統(ILS)

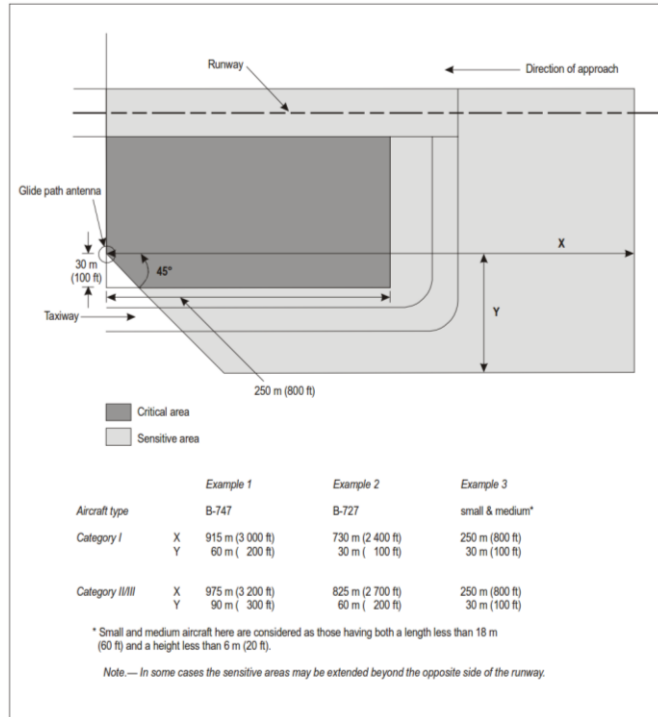


圖 5.1-8 GP 之臨界區與敏感區範圍示意圖

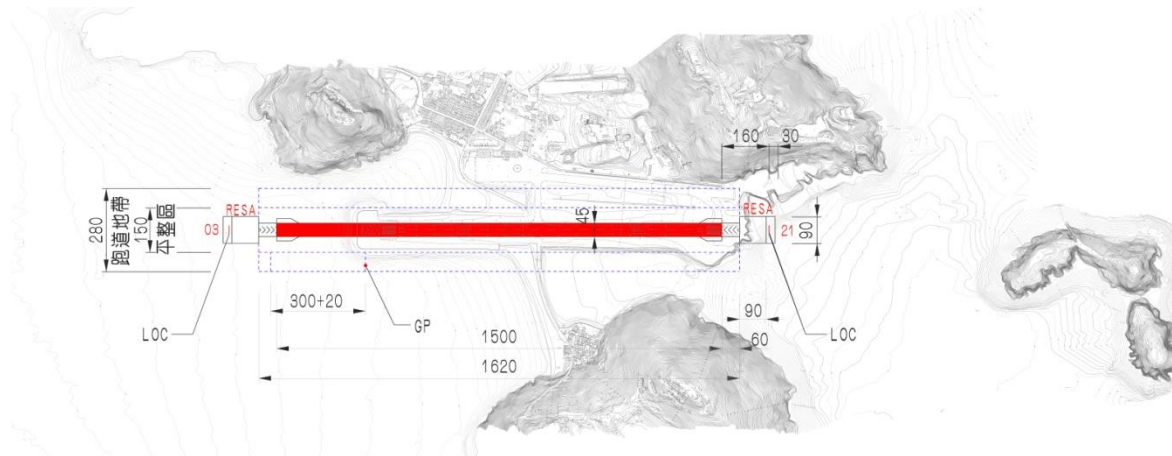


圖 5.1-9 跑道改善方案配置示意圖-1

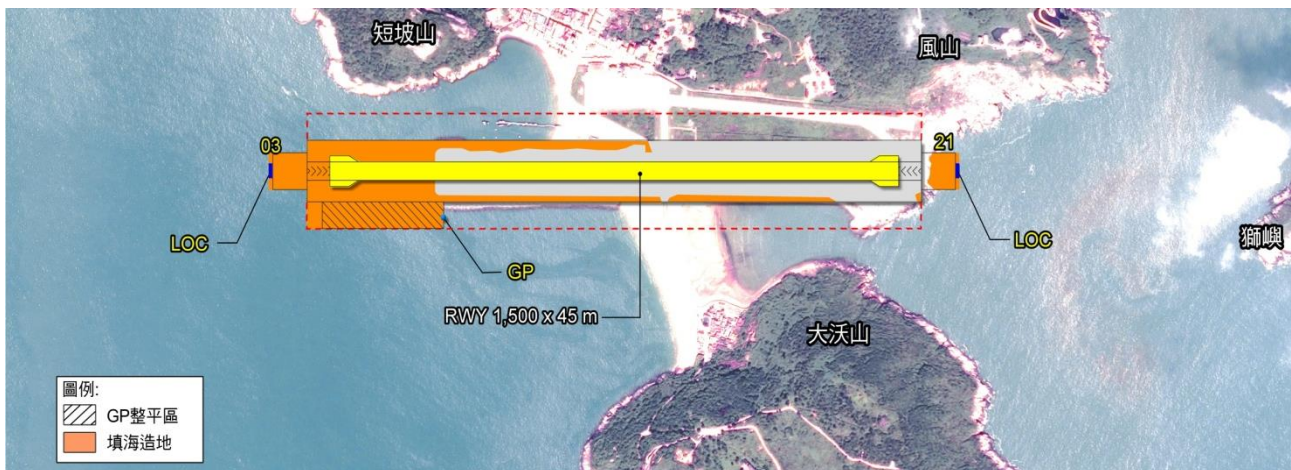


圖 5.1-10 跑道改善方案配置示意圖-2

5.1.5 燈光系統

針對機場是否可滿足夜航需求而言，依據歐洲及國際相關規範，於 CAT I 及非精確進場之夜航，僅需設置跑道邊燈、跑道頭燈及跑道末端燈等設施及滿足能見度要求即可，且航空公司亦須有夜航營運之意願。CAT I ILS 或 RNP 之進場燈光系統非夜航必要設施，惟進場燈光系統可降低能見度標準，相關機場地面燈光系統分類及配置探討說明如表 5.1-5。

表 5.1-5 機場地面燈光系統分類及配置

燈光設施	非儀器跑道	儀器跑道			
		非精確	精確		
			第 I 類	第 II 類	第 III 類
進場燈	簡式進場燈系統(建議)	簡式進場燈系統	第 I 類精確進場燈系統	第 II 類精確進場燈系統	第 III 類精確進場燈系統
目視進場滑降指示燈	需要				
跑道導引燈系統	當需要沿某一特定進場航道設置目視導引時，建議設置				
跑道頭識別燈	不需要	建議	當跑道頭從跑道端永久位移、或從正常位置上暫時移位且須要使跑道頭更明顯時，建議設置		
跑道邊燈	跑道供夜間使用或精確進場跑道供日夜使用，均應設置跑道邊燈 供日間跑道視程小於 800m 情況下做為起飛使用之跑道，建議設置跑道邊燈				
跑道頭燈	不需要	除了非精確跑道於跑道頭移位並設有跑道頭翼排燈時，才不需設置	需要		
跑道翼排燈	跑道頭移位之非儀器或非精確進場跑道，應裝設跑道頭燈而未設置時，應設置翼排燈		當精確進場跑道需要更加明顯時，建議設置		
跑道末端燈	設有跑道邊燈之跑道應設置跑道末端燈				
跑道中心線燈	不需要		當跑道供高速著陸飛機使用建議設置	需要	
跑道著陸區燈	不需要			需要	
跑道迴轉坪燈	當跑道視程小於 350m 欲使用時，應設置				
滑行道中心線燈	供跑道視程小於 350m 情況下使用之滑行道，應設置				
滑行道邊燈	供夜間使用之滑行道，及供夜間使用未設有滑行道中心線燈之滑行道，應設置				
停止線燈	當跑道視程小於 350m 時除運作程序禁止使用，或跑道視程小於 550m 在操作區上車輛限制在最小必要數量，應設置				
中途等待位置燈	於跑道視程小於 350m，除非已設置停止線燈，均應設置				
跑道警戒燈	當跑道視程小於 550m 時且未設置停止線燈時，或跑道視程介於 550m 及 1200m 之間且高交通密度時，應設置於滑行道/跑道交叉處				



機場地面燈光系統是助導航設施(NAVAID)的一部分，於低能見度和須局部辨識區域，可以增進機場營運作業之操作能力。例如：進場燈系統(ALS)可提高跑道進場路徑的能見度。但設置 ALS 設施通常費用昂貴，且靠近跑道端部分需要額外空間，以確保機場可採尖峰容量運作。

助導航設施中的其它燈光設施包括：跑道燈和標誌牌、滑行道燈和標誌牌，及進場滑降指示燈(PAPI)。

根據機場跑道運作類型(儀器或非儀器)和進場類別，進場燈系統(ALS)設置要求茲說明如下：

一、簡式進場燈系統：

應由一行沿跑道中心線延長線裝設，並儘可能延伸到距跑道頭不小於 420 公尺處之燈具，及一系列在距跑道頭 300 公尺處之長 18 或 30 公尺的橫排燈之燈具組成。

二、第 I 類精確進場燈系統：

應由一行沿跑道中心線延長線裝設，並儘可能延伸到距跑道頭不小於 900 公尺處之燈具，及一系列在距跑道頭 300 公尺處之長 30 公尺的橫排燈之燈具組成。

三、第 II 及 III 類精確進場燈系統：

應由一行沿跑道中心線延長線裝設，並儘可能延伸到距跑道頭不小於 900 公尺處之燈具組成。此外，還應有兩行延伸到距跑道頭 270 公尺處之側排燈以及兩排橫排燈，一排在距跑道頭 150 公尺處，一排在距跑道頭 300 公尺處。

依目前跑道改善方案(B5')而言，若設置進場燈光系統，則須裝設於海中費用將相當昂貴，且尚須另設維修通道如圖 5.1-11；基於功能效益、經濟性、維護性等面向綜整考量，並不建議裝設。



圖 5.1-11 機場跑道進場燈系統(ALS)設置於海中之案例

5.2 場站設施方案

現況航站區用地約 13,600 平方公尺(航站建物群 4,300 平方公尺、停機坪 9,300 平方公尺)，而目標年設施需求分析所需用地約 42,000 平方公尺，現有航站區用地明顯無法滿足未來所需，因此需擴建或另規劃新航站區，主要之考量原則、限制條件如圖 5.2-1 及下列：

一、機場周邊地形地貌

- 機場被風山、獅嶼、大沃山、短坡山圍繞。
- 跑道兩側之塘后道沙灘及馬鼻灣為觀光景點。
- 地方意見不欲破壞周邊地貌。

二、新航站區用地徵收

- 儘可能避免民房拆遷、私地徵收。
- 機場西側部分用地為軍事設施。
- 與市區保持一定距離，降低航機噪音及市區交通之影響。

三、工程土方平衡

- 跑道延伸工程尚需填土。
- 若場站擴建採挖方方案，有助土方平衡及減少購土費用。
- 若場站擴建採填方方案(造陸)，將增加土方需求及工程規模。

四、未來 4C 擴充彈性

- 為將未來北竿機場由 3C 提升為 4C 跑道之施工對於機場營運之影響降至最低，於 3C 場面規劃時，預留 4C 場面之空陸側設施空間。
- 空側：跑道採 4C 跑道寬度 45 公尺，平整區寬度及停機坪預留未來擴建所需空間。
- 陸側：航站及停車場預留未來擴建所需空間，聯外道路建議縣府評估拓寬。

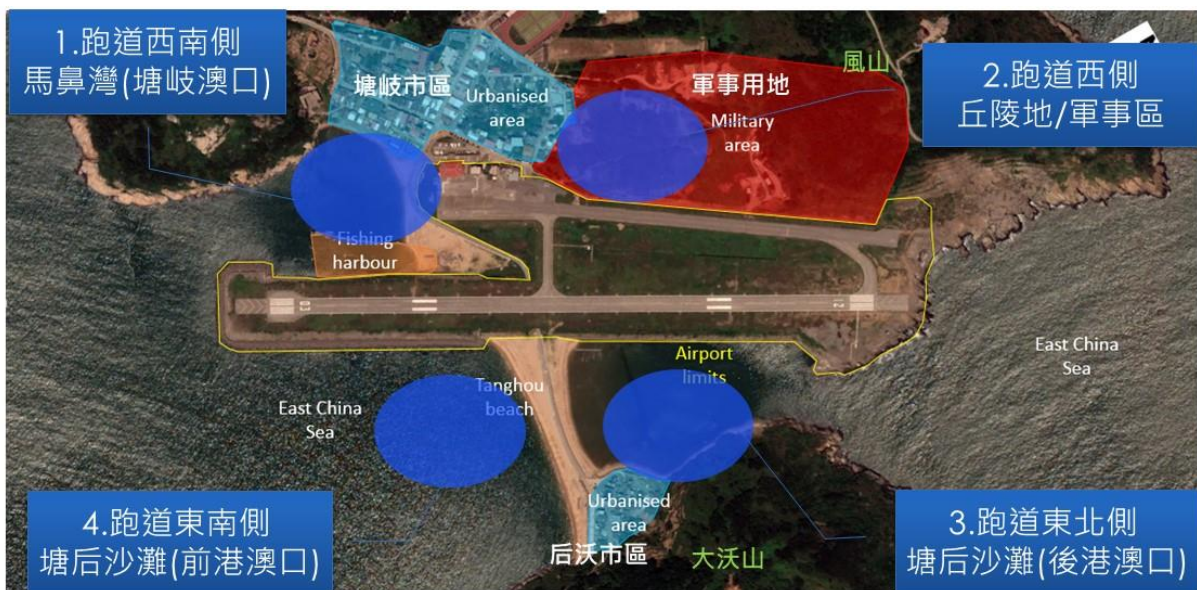


圖 5.2-1 場站可能區位考量

於期中規劃階段，研提 6 個航站區位方案(方案 1A、1B、2~5)如圖 5.2-2，方案內設施需求係基於 2036 年達到 666,000 人次之交通量預測。方案順序為接近現有情況方案到完全重新配置設施方案，方案間主要差異在於航站及停機坪的位置。基於交通量預測結果，無法透過擴充現有設施來滿足 66.6 萬人所需之航站大小，因此，所有方案皆需將新航站大樓納入考量。停機坪的大小主要需容納 4 個 ATR 72-600 機位，且機位位置需使 ATR 72-600 尾翼高度不會入侵轉接面，即距跑道中心線 140m 後 14.3%之坡度，並根據方案新增滑行道以航機進入新停機坪位置。本團隊依據資料整理、回顧及研究過程彙整相關單位意見，就「旅運需求面」、「營運效率性」、「旅客動線」、「航機操作面」、「地方兼容性」、「環境兼容性」、「工程施工」、「工程規模」及「4C 擴充性」9 大面向辦理綜合評估。

經多準則分析結果，其中方案 2 如圖 5.2-3 之得分最高，並於「旅客動線」、「地貌影響」、「土方平衡」、「場站工程規模」及「4C 擴充性」項目較具優勢，因此作為期中規劃階段之優選方案。惟於 108 年 5 月 8 日赴馬祖向連江縣政府說明規劃方案與討論相關議題時，縣府提出調整新航站區場址至風山土石挖方處之意見，即增加北移之新方案(方案 2A)如圖 5.2-2 及圖 5.2-4。

後經綜整地方意見，考量北竿鄉未來整體發展及土地有效運用，並降低未來機場運作對塘岐村居民之影響，於 108 年 8 月 29 日會議決議依縣府意見，新航站區以方案 2A（風山新場址方案）區位進行期末規劃作業。

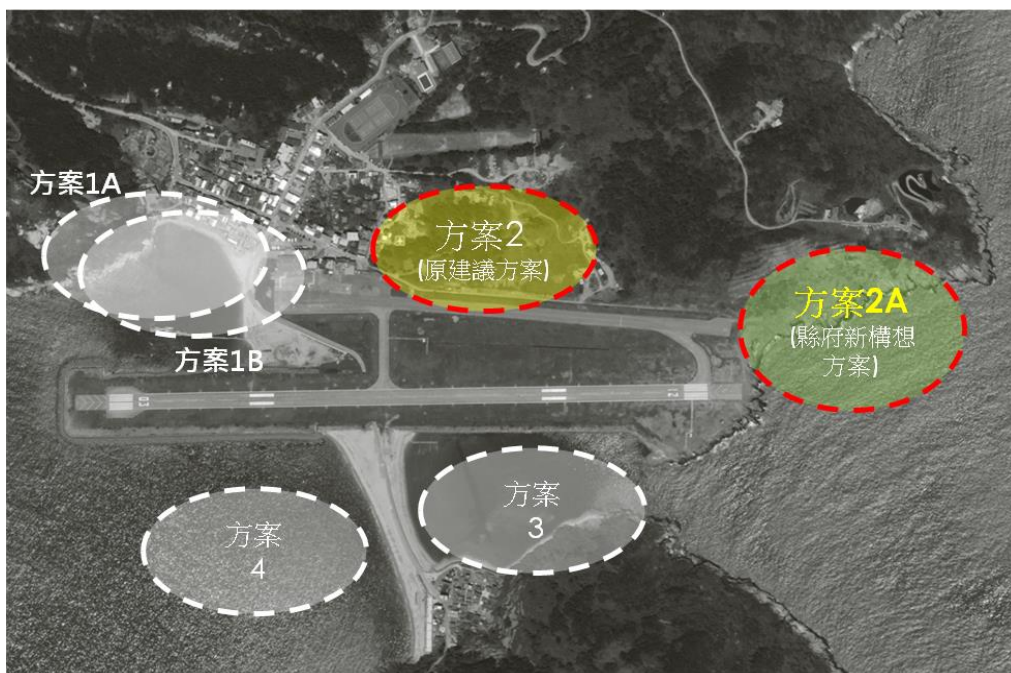


圖 5.2-2 場站可能區位示意圖

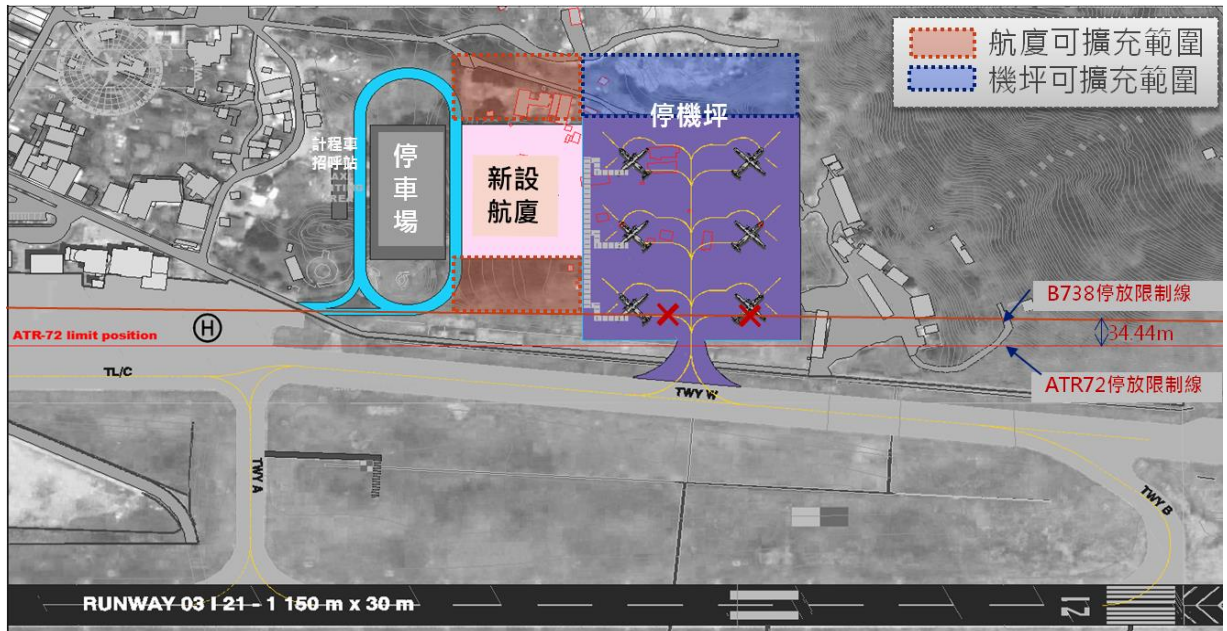


圖 5.2-3 方案 2 初步配置(期中規劃航站區位)

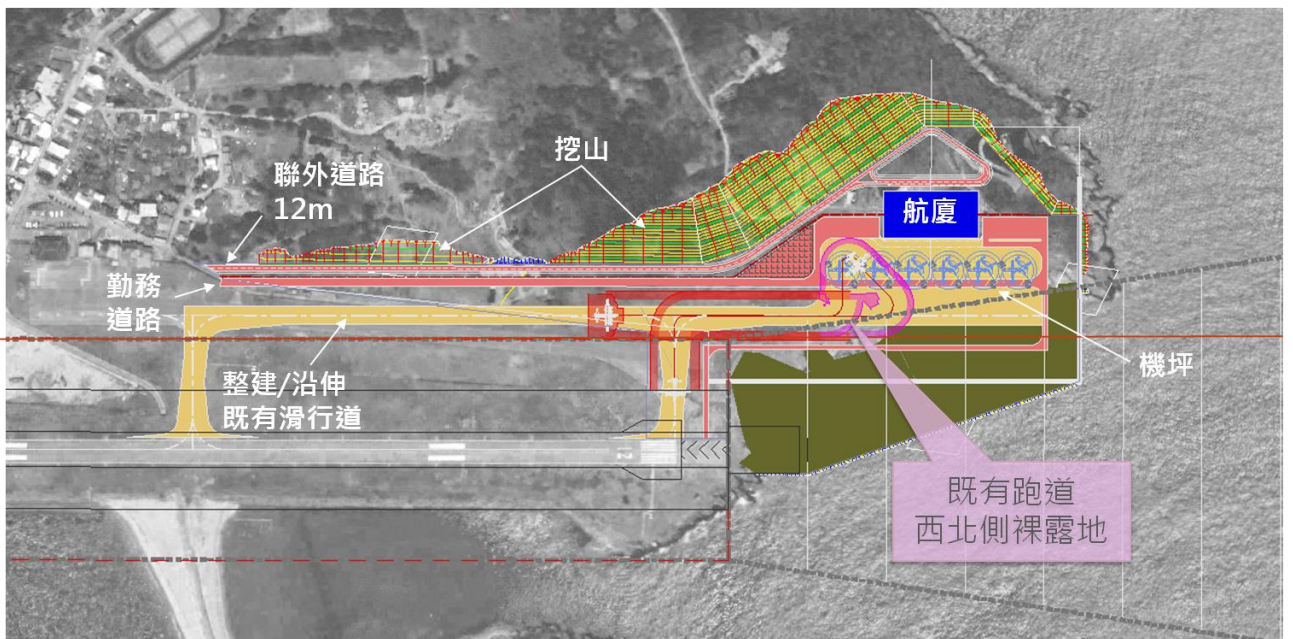


圖 5.2-4 方案 2A 初步配置(縣府建議航站區位)



第六章 空陸側場站設施規劃

6.1 規劃設計準則與規範說明

一、空側及陸側設施

ICAO 所訂定之標準和建議將做為設計機場和支援設施的主要基礎，並輔以 IATA 和 FAA 之規定，針對 ICAO 沒有提供之標準，或者在安全性、效率或對未來的保障方面比 ICAO 之標準更為嚴格，而且不違反 ICAO 的標準。

最基本之要求是符合《芝加哥公約》條款下之 ICAO 標準和協議。機場設施之設計將根據以下法規，規定和建議進行：

- ICAO 發佈之標準和建議措施，包括但不限於：
 - ◆ Aerodrome Design Manual; 機場設計手冊
 - ◆ Airport Service Manual; 機場服務手冊
 - ◆ Airport Master Planning Manual; 機場總體規劃手冊
 - ◆ Annex 10 “Aeronautical Telecommunications”; 附約 10 航空電信
 - ◆ Annex 11 “Air Traffic Services”; 附約 11 飛航服務
 - ◆ Annex 14 “Aerodromes”; 附約 14 機場
 - ◆ Annex 17 “Security”. 附約 17 保安
- Airport Development Reference Manual, International Air Transport Association (IATA); IATA 之《機場發展參考手冊》；
- FAA 發佈之標準和建議措施，包括但不限於：
 - ◆ Advisory Circular AC 150/5300-13 “Airport Design”; 諮詢通告 150/5300-13 機場設計
 - ◆ Advisory Circular AC 150/5070-6B “Airport Master Plans”; 諮詢通告 150/5070-6B 機場主計畫
 - ◆ Engineering Brief EB-75 “Incorporation of Runway Incursion Prevention into Taxiway and Apron Design”; 工程摘要 EB-75 將跑道入侵之預防納入滑行道和停機坪之設計中
- Airport Council International(ACI) 國際機場協會之出版物及文件
- 適用之當地法規
- 機場設計之最新趨勢

本報告重點放在主計畫之概念性，屬專案之整體規劃階段闡述說明。因此，本文件不包含設施建設、設備製造、安裝及測試之詳細標準與要求。如果本文之要求與其它計畫文件中有所抵觸，應提請澄清以尋求解決。

主計畫並沒規定必須嚴格遵循任何特定行動方案。其目的係確認土地之保留可以預留，並滿足未來機場設施之需求。

二、其它工程

- 交通部民用航空局，「民用機場設計暨運作規範」，民國 108 年 4 月 30 日。
- 交通部，「港灣構造物設計基準－碼頭設計基準及說明」，民國 102 年 10 月 11 日。
- 交通部，「港灣構造物設計基準－防波堤設計基準及說明」，民國 85 年 3 月 4 日。

- 內政部，「建築物耐震設計規範與解說」，民國 100 年 7 月 1 日。
- U.S. Army Coastal Engineering Research Center：Shore Protection Manual，1984.
- U.S. Army Corps of Engineers：Coastal Engineering Manual，2008.
- British Standard 6349-5：Maritime works - Part 5 Code of practice for dredging and land reclamation，2016.
- British Standard 6349-7：Maritime Structures - Part 7 Guide to the design and construction of breakwaters，1991.
- 日本港灣協會，「港灣の施設の技術上の基準、同解説」，2007.
- 交通部，「公路邊坡工程設計規範」，民國 104 年 12 月 31 日。
- 交通部，「公路橋梁設計規範」，民國 104 年 4 月 13 日。
- 交通部，「公路路線設計規範」，民國 108 年 9 月 20 日。

6.2 各項設施之工程規劃

茲將本案空側及陸側設施之規劃尺寸、採用標準與主要評估考量因素彙整如表 6.2.1。

表 6.2-1 設施規模、規範及考量因素

設施	尺寸	規範	考量因素
跑道			
跑道寬度	45m	ICAO 附約 14 (第 8 版)3.1 節	提供 4C 機場擴充性，避免未來跑道拓寬施工影響營運
跑道長度	1500m	ICAO 附約 14 (第 8 版)3.1 節	ATR72-600 可以最大起飛重量(MTOW)起降
跑道地帶	寬: 280m 長: 跑道端後延伸 60m	ICAO 附約 14 (第 8 版)3.4 節	精確進場之規範最低要求
跑道端安全區 (RESA)	90m x 90m (2 跑道端)	ICAO 附約 14 (第 8 版)3.5 節	符合規範最低配置需求
滑行道			
滑行道寬度	15m	ICAO 附約 14 (第 8 版)3.9 節	
滑行道與跑道間距	160m (跑道中心線至滑行道中心線)	ICAO 附約 14 (第 8 版)3.9 節	受地形及用地限制，本計畫情境僅允許 C 類航機和 C-130 軍用機運行
機坪區之滑行道間距	22m (與進場面邊緣)		需與進場面保持足夠間距，以及不使 B737 停機位置之尾翼高超出轉接面高度
滑行道與勤務道路間距	31.5m		該間距係使用 AviPlan 軟體，考量 ICAO 規範 (C-130 軍用機)後計算所得
停機坪			
停機坪數量	C 類 - 5 C-130 - 2		考量設計年旅次(666,000 人次)，商務機坪將以 ATR72-600 考量，遠期則以 B737 考量
助導航及燈光系統			



設施	尺寸	規範	考量因素
助導航系統	03 端: 定位臺及滑降臺 21 端: 定位臺	ICAO 附約 14 (第 8 版)5.3 節	因受終端管制區域過於緊密限制，21 端無法提供 CAT I 精確進場
燈光系統	提供跑道中心線燈及相關必要燈光系統		
航機救援及消防設施			
救援及消防設施	無改善需求	ICAO 第 9137 號文件 2.1/2.3/2.10 節	既有的救援及消防設施分類無須改變，而未來機隊內出現 B737 時，需增加消防車輛和滅火劑以符合 ARFF CAT 7 規範
機場相關設施			
地勤設備存放區	1000 m ²		依交通量預測進行評估
地勤人員設施	350 m ²		依交通量預測進行評估
航空餐飲設施	無設置需求		
航機加油設施	無設置需求		
旅客航廈	8000 m ²		依交通量預測進行評估
航空站辦公設施	維持原狀		預期之航空站行政人員數不會急劇增加，故當前設施已可滿足需求

6.2.1 空側設施

一、跑道

- 跑道長度/寬度

現有之 03-21 跑道長度為 1150 公尺，不允許 ATR 72-600 以最大起飛重量 (MTOW) 起飛。這導致立榮航空在北竿機場離場時，由於無法出售所有座位，而造成容量損失。

跑道擴建之條件已定義於第一階段“南竿和北竿機場跑道改善可行性評估”之分析中。跑道預定向南延伸 350 公尺，總長度達到 1500 公尺。此長度將使 ATR 72-600 在北竿機場標準天氣條件下，以最大起飛重量 (MTOW) 起飛。並將於 03 跑道頭設置跑道迴轉坪。

30 公尺之跑道寬度符合 ICAO 附約 14 第 3C 類航機之操作。未來為了符合第 4C 類航機之操作，跑道寬度則將擴展到 45 公尺。

- 跑道端安全區

跑道端安全區設置之條件已針對 30 公尺寬的跑道定義於第一階段“南竿和北竿機場跑道改善可行性評估”之分析中。預期在跑道兩端設置跑道端安全區。上述之報告說明了 ICAO 的最小尺寸要求，意即長度為 90 公尺，寬度為 60 公尺(跑道寬度至少為 30m)。

依據新的假設將跑道寬度 45 公尺，跑道端安全區的最小長度維持為 90 公尺，而跑道端安全區的寬度則必須擴展至 90 公尺才能滿足 ICAO 的最低標準要求如圖 6.2-1。

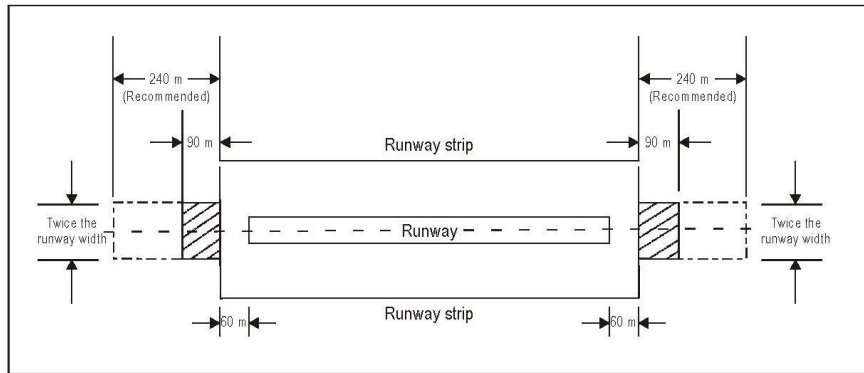


Figure A-5. Runway end safety area for a runway where the code number is 3 or 4

圖 6.2-1 ICAO 附約 14 附篇 A.10

- 跑道地帶

根據附約 14 的最新版本，與第一階段分析中描述的初始尺寸相比，跑道地帶的尺寸進行了修改。在 ICAO 附約 14 第 8 版（3.4.3 跑道地帶之寬度）中，包括精確進場跑道的跑道地帶應在長度分類為 3 和 4 之跑道的每側橫向延伸 140m，因此，跑道地帶的總寬度為 280 公尺。

二、滑行道

- 滑行道之最小間距

現有的“平行”滑行道不符合新的航廈區開發和對航機之最新要求。因此，對於操作區，現有的滑行道需要拆除，並以新的滑行道取而代之。此滑行道分為 2 部分。一部分平行於跑道，第二部分在跑道頭之後如圖 6.2-2。



圖 6.2-2 新佈設之 W 滑行道

短期來說，此機場內可操作之機型為 ATR72-600 和 C-130。從長期來看，則會增加 B-737。因此，設計新的基礎設施應以 C-130 為決定性之機型。C-130 之翼展為 40 公尺，屬於代碼 D 的航機類別（36 公尺-52 公尺，但不包含 52 公尺）。

機場必須考量到地形的限制以開發新的旅客航廈區、設置平行的滑行道。因此建議以 C-130 之特性來設計平行的滑行道。滑行道之最小間距如下：

- ◆ 跑道地帶的一半用於精確進場：140 公尺
- ◆ C-130 航機之翼展的一半：20 公尺
- ◆ 滑行道最小間距 = 140 公尺 + 20 公尺 = 160 公尺



其結果是，平行滑行道中心線將設於距跑道中心線 160 公尺處。條件是，唯一允許使用滑行道之 D 類航機是 C-130 或最大翼展 40 公尺之同等航機。

新旅客航廈的地點位於 21 端跑道頭以外之遠處。由於靠近起飛、降落面，滑行道、停機坪和建築物可能會受到障礙物限制面的影響。因此提議在設計滑行道的這一部分時，應平行於降落面之邊線，並維持 22 公尺的間距。

關於這一部分，並沒有具體之規定。之所以設計了這樣的滑行道是順應了不同的考量因素，例如：

- ◆ 滑行道應遠離起飛或降落面
- ◆ C-130 的翼展（翼展的一半 20 公尺）

而轉接面下 B737 航機之停機位。請參閱“旅客航廈的障礙物限制面”。

三、停機坪

根據最高尖峰小時航機架次的預測，來計算停機位的需求。

實際上，在運量預測中所選擇的尖峰時段是第 30 個最繁忙小時，相對應於略低於一年中觀察到的最高尖峰小時的活動水平。在確定機場設施要求時常用的這一假設可對設施進行適當的調整，它幾乎涵蓋了一年中觀察到的所有活動水平，同時從分析中除去了特殊的峰值活動水平。

但是，停機位需求計算不能僅根據此第 30 個最繁忙的小時。這將導致停機坪的尺寸不足，而出現航機比可用停機位更多的情況。

因此，需考量最高值。然後，假設 100% 的商用航機是第 C 類航機，計算每種航機類型的分割。這樣就可以確定為滿足 666,000 旅客此階段的運量水平，所需的停機位總數。評估停機位數量之方法論需考量以下之假設：

- ◆ 最高尖峰降落架次尖峰小時數值：5，
- ◆ 航機回航時間：30 分鐘。
- ◆ 假設使用近端停機坪為 100%，用以計算近端停機位和遠端停機位之間的分割。

除了這些“有效停機位”之外，預估還需要二個額外的停機位提供給軍用航機。軍方在馬祖島定期操作 Hercules C-130。此航機屬於代碼 D，因此提供了額外的停機位給歸類於代碼 D 的航機。如果需要（航機維護……），此停機位還可被靈活運用便於停機坪的管理，這些資源可幫助解決尖峰時段的意外需求。下表顯示出對於停機位的需求。

表 6.2-2 總停機位需求

總停機位需求		
近端停機位	現況	目標年(666 000 pax)
ICAO Code C	2	3
ICAO Code D	0	1
遠端停機位		
ICAO Code C	0	0
ICAO Code D	0	0
Total 小計	2	4

666,000 旅客此階段不需要空橋，因為唯一被考量營運的航機類型是 ATR 72-600，旅客是由停機坪登機的。停機位的尺寸必須能夠執行自動起飛（無後推），且將設置噴射導流圍籬，以保護旅客、員工、勤務道路、建築物等之自行起降之安全。

新航廈前方將配置 5 個 C 類近端停機位以及 2 個 D 類近端停機位，這些停機位將符合 ICAO 附約 14 轉接面對停等航機尾翼之限制。停機位(含遠期)配置如下圖所示。



圖 6.2-3 停機位配置示意圖

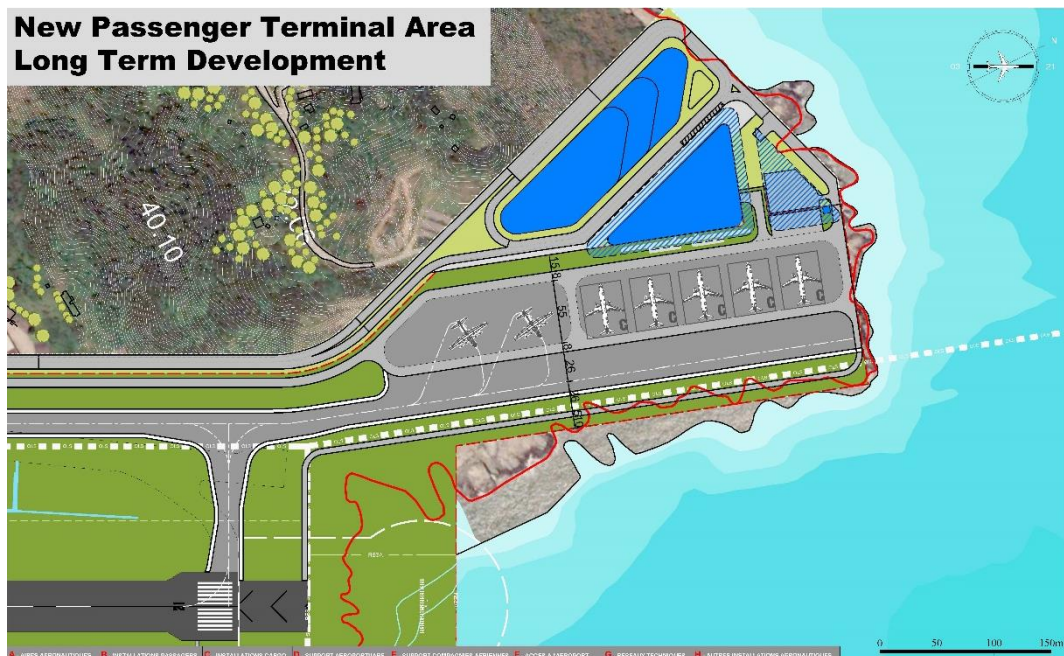


圖 6.2-4 停機位遠期配置示意圖

四、助導航及燈光系統

(一) 助導航系統

有關助航設施和燈光系統之改善已定義於第一階段“南竿和北竿機場跑道改善可行性評估”之分析中。此初步分析的目標之一是評估出最佳方法，用以減少因濃霧而取消之航班數量。必須建置跑道中心線燈和第 I 類精確進場，才能在霧季期間達到可接受的航班取消率。

第 I 類精確進場可以透過儀器降落系統(ILS)的設置來貫徹執行。儀器降落系統(ILS)包括提供橫向引導的左右定位台設備和提供垂直引導的滑降台設備。該裝置僅提供於 03 端。由於北竿終端管制區域(TMA)內的空間有限，21 端無法執行精確進場之設計。其結果是，針對 21 端，將僅提供與跑道中心線對齊的左右定位台。

對於 03 端，左右定位台將設置於距離 21 端跑道頭 150 公尺處。根據 ICAO 附約 10 之建議，滑降台將設置於距離跑道軸線 150 公尺處，距離 03 端跑道頭近 300 公尺（與跑道頭相比的確切位置約為 300 公尺，但取決於沿著跑道以及跑道地帶內的地面高度。設備製造商有責任來加以確定）。

對於 21 端，左右定位台將設置於距離 03 端跑道頭 150 公尺處。

相關圖說亦收錄於附錄供參考。

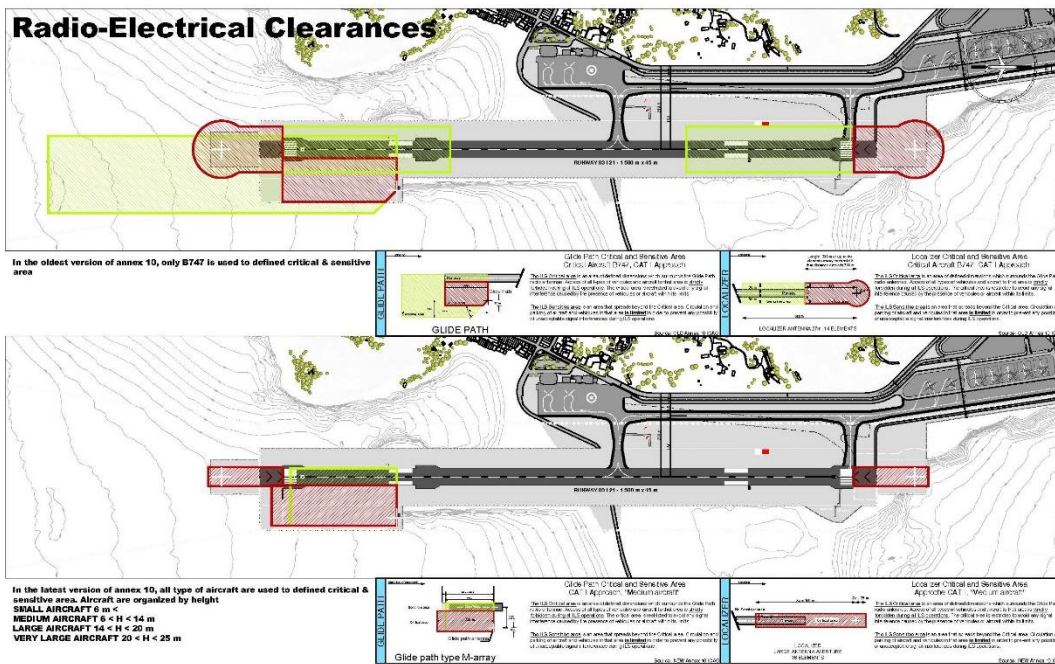


圖 6.2-5 助導航系統訊號淨空區域示意圖

根據 ICAO 附約 10 (舊版本和新版本)，該圖顯示了儀器降落系統(ILS)第 I 類(Cat I) (左右定位台和滑降台)的關鍵和敏感區域。設備製造商必須提供無線電電氣間隙的最終配置。在第一層，左右定位台的敏感和關鍵區域不會影響周圍的開發(旅客航廈...)。執行降落期間必須檢查滑降台的敏感區域，以免干擾信號，特別是針對船隻。設備製造商必須分析周圍設備的所有限制條件。

(二) 燈光系統

有關助航設施和燈光系統之改善已定義於第一階段“南竿和北竿機場跑道改善可行性評估”之分析中。本計畫跑道將南延 350 公尺，總長為 1500 公尺，既有滑行道需進行重建。北竿機場 1500 公尺長之 03/21 跑道之燈光系統將包含下列項目：

- 跑道頭燈及跑道末端燈

跑道端燈光系統包含雙向(跑道頭/跑道末端)及單向燈(僅跑道頭)；雙向燈用作顯示跑道頭時，即朝向進場方向時顯示綠色，用作跑道末端時則顯示紅色；單向燈用作顯示進場時之跑道頭位置，顯示為綠色。

- 跑道中心線燈

依據 ICAO 附約 14 第 I 卷第 5.3.12 節，跑道 03 和 21 端皆將安裝完整的跑道中心線燈系統，從跑道頭至跑道末端，縱向間距採 30 公尺設置雙向燈。

每個跑道頭各應設置：

- 跑道頭至距跑道末端 900 公尺設置白色燈
- 距跑道頭 900 至 1200 公尺處交替設置紅、白色燈
- 最後的 300 公尺部分，設置紅色燈至跑道末端

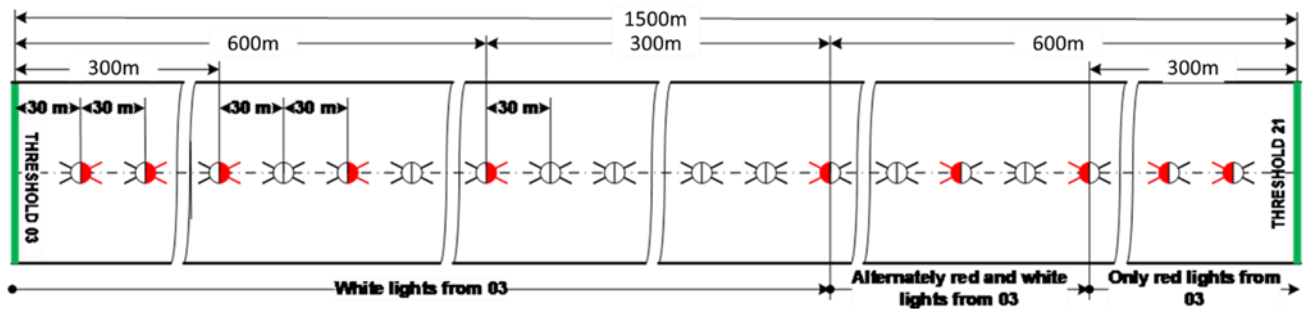


圖 6.2-6 跑道中心線燈配置示意圖

- 跑道邊燈

沿跑道全段於兩側邊設置雙向燈，由跑道頭至 600 公尺處設置白色燈，接著直至跑道末端之區域設置黃色燈。

跑道/滑行道交口處，跑道邊燈將配置嵌入式，而其它位置則配置為立式。

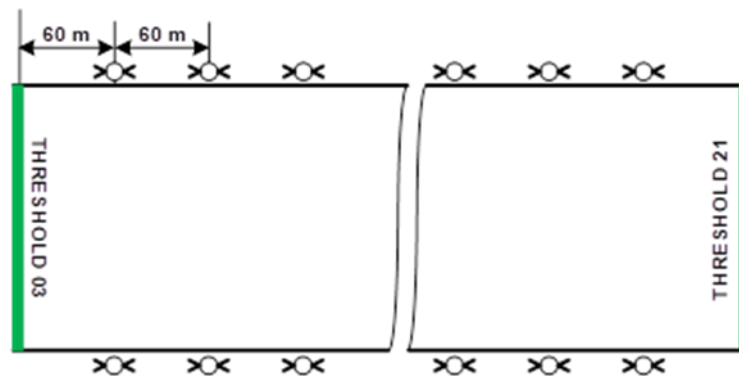


圖 6.2-7 跑道邊燈配置示意圖

- 精確進場滑降指示燈(PAPI)

03 及 21 端跑道頭皆設置 PAPI，位於跑道兩側，為顯示紅色及白色之燈光。

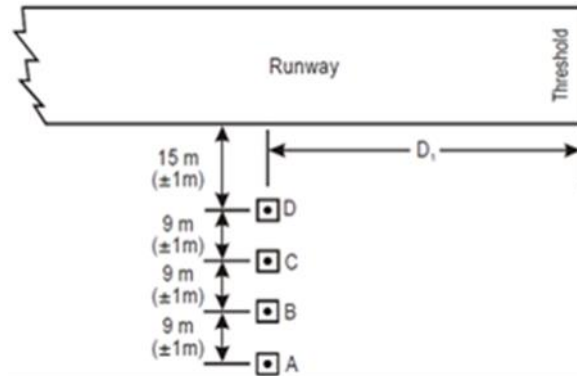


圖 6.2-8 PAPI 配置示意圖

- 滑行道邊燈

滑行道邊燈將包含下列內容：

- 直線段為立式/嵌入式之固定藍色燈，最大間距為 60 公尺
- 曲線段為立式/嵌入式之固定藍色燈

- 強制性指示牌

相關強制性指示牌將設置於跑道等待位置的每一側，並標註下列位置的方向：

- 跑道
- ILS 臨界/敏感區
- 障礙物限制面



圖 6.2-9 強制性指示牌

- 資訊指示牌

相關資訊指示牌將設置於：

- 滑行道左側可設置處
- 跑道出口指示牌將與跑道出口處設置於同側，其位置距切點至少 60 公尺
- 脫離跑道指示牌應設置於跑道等待位置的每一側



圖 6.2-10 資訊指示牌

五、塔台

飛航管制塔臺的位置和高度必須確保從管制室可清楚看見跑道、滑行道和滑行路徑、航機停機坪區域和機場周圍的空域，特別是進場和離場區域。

由於既有的飛航管制塔臺對於大部分空域有較清楚的視野，將其保留於既有位置是較為經濟的做法。但考量飛航管制塔臺與新機坪區間之視線存在潛在的挖填，須提供其它方法來確保安全運行，包含可在新航廈增加 CCTV 設施來監看機坪區，或設置機坪塔台來區分將機坪和空側間的管制責任。惟需由營運方(飛航服務總台)進行進一步研究決定採用何種做法，內容可能包含是否對機坪區之視線造成影響，以及是否應提供任何其它協助以提高機坪區之管制安全性。

六、航機救援及消防設施

(一) 航機救援及消防站

航機救援及消防 (ARFF) 站通常包括以下設施，具體取決於其大小：

- ◆ 停放機場泡沫消防車及其它緊急應變車輛；
- ◆ 配置便利之供水系統，允許消防車輛單向循環路徑；
- ◆ 值班台設有通訊設施，全天候運作；
- ◆ ARFF 人員辦公室設施；
- ◆ 存放消防設備及提供簡易之維修空間。

根據 ICAO Airport Services Manual (Doc 9137 - Part 1 - Airport Rescue and Firefighting) 之建議措施，航機救援及消防 (ARFF) 之設施需求及防護等級應按照經常使用該機場之航機的尺寸而定，並依據其運作頻率進行調整。機場 ARFF 之分類 (詳見附表 18) 仍應以該期間使用該機場之最大型航機決定機場防護等級，應先考慮航機機身全長，再考慮機身寬度。

由於在 666,000 旅客此階段，在北竿機場唯一營運之航機類型是 ATR 72-600，其機身長度為 27.16 公尺，機身寬度為 2.95 公尺。因此，ARFF 之設施必須符合 ICAO 的第 5 類。現有的北竿機場 ARFF 設施即屬於第 5 類，提供了如下表中所規定的車輛數和所需的水量。

表 6.2-3 ARFF 分類

Aerodrome Category for ARFF		
Aerodrome Category	Aeroplane Overall Length	Maximum fuselage Width
1	< 9 m	2 m
2	≤ 9 m & < 12 m	2 m
3	≤ 12 m & < 18 m	3 m
4	≤ 18 m & < 24 m	4 m
5	≤ 24 m & < 28 m	4 m
6	≤ 28 m & < 39 m	5 m
7	≤ 39 m & < 49 m	5 m
8	≤ 49 m & < 61 m	7 m
9	≤ 61 m & < 76 m	7 m
10	≤ 76 m & < 90 m	8 m

資料來源：ICAO Doc 9137 – Airport Services Manual, Part 1。



表 6.2-4 救援及消防車輛之最少數量

Minimum Number of Vehicles	
Aerodrome Category	ARFF Vehicles
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	2
7	2
8	3
9	3
10	3

資料來源：ICAO Doc 9137 – Airport Services Manual, Part 1。

應至少提供滅火劑之劑量詳見下表。

表 6.2-5 滅火劑之最小應配置劑量

Aerodrome Category	Foam meeting performance level A		Foam meeting performance level B		Foam meeting performance level C		Complementary agents	
	Water (L)	Discharge rate foam solution/minute (L)	Water (L)	Discharge rate foam solution/minute (L)	Water (L)	Discharge rate foam solution/minute (L)	Dry chemical powders (kg)	Discharge Rate (kg/second)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	350	350	230	230	160	160	45	2.25
2	1 000	800	670	550	460	360	90	2.25
3	1 800	1 300	1 200	900	820	630	135	2.25
4	3 600	2 600	2 400	1 800	1 700	1 100	135	2.25
5	8 100	4 500	5 400	3 000	3 900	2 200	180	2.25
6	11 800	6 000	7 900	4 000	5 800	2 900	225	2.25
7	18 200	7 900	12 100	5 300	8 800	3 800	225	2.25
8	27 300	10 800	18 200	7 200	12 800	5 100	450	4.5
9	36 400	13 500	24 300	9 000	17 100	6 300	450	4.5
10	48 200	16 600	32 300	11 200	22 800	7 900	450	4.5

資料來源：ICAO Doc 9137 – Airport Services Manual, Part 1。

現有唯一的消防救援站位於停機坪北側，距離 03 跑道頭以北約 520 公尺。航機救援及消防（ARFF）站的佔地面積約為 400 平方公尺。

根據 ICAO 的標準並考量機場場地的總體配置，在 666,000 旅客此階段，ARFF 設施無需進一步改善。

表 6.2-6 ARFF 站之需求

消防和救援站		
規劃情境	現有	666 000 pax
機場分類	5	5
倉房數量	3	3
停車場	6 lots	6 lots
停車場佔地面積	150 m ²	150 m ²
建築物樓地板面積	400 m ²	400 m ²
建築物佔地面積	400 m ²	400 m ²
總土地面積	550 m ²	550 m ²

(二) 消防訓練設施

在機場周邊以外進行消防訓練。根據該機場的規模，不需要在機場設置培訓設施。

七、航空站辦公設施

建築物佔地面積之計算取決於使用該設施的行政人員的數量。ADPI 目前所知的員工人數有 4 位。依據這個人數，以及南竿機場的行政人員數量，用以估計未來的員工人數，從而確定機場主管機關辦公設施的規模。南竿和北竿機場目前的情況顯示出，行政人員的數量相當固定，從年旅客量 89,300 人到 291,000 人。因此，對於 666,000 旅客此階段，機場主管機關的員工人數估計為 10 人。

表 6.2-7 南竿和北竿機場航空站之員工數量

機場	年旅客	員工人數
南竿現況	291 000	4(編制5人)
北竿現況	89 300	4(編制5人)
北竿目標年(2036)	666 000	10

由於航空站員工都住在辦公室附近的宿舍，因此這個特定設施不需要停車場。

現有的航空站人員工作所在的建築物尚足以滿足 10 名員工之需求，因為前北竿機場航廈裡之辦公室已夠寬敞。整體建築物佔地面積、員工停車場面積和土地面積如下表所示。

表 6.2-8 機場主管機關辦公設施之需求

航空站辦公設施		
規劃情境	現況	666 000 pax 旅客
停車場	0 lots	0 lots
停車場佔地面積	0 m ²	0 m ²
建築物樓地板面積	570 m ²	570 m ²
建築物佔地面積	570 m ²	570 m ²
總土地面積	650 m ²	650 m ²

八、地勤服務

(一) 地勤服務設備存放區

航機維修需要許多地勤服務設備 (GSE) 才能提供有效的周轉時間。它可供必須存放在停機位外的車輛和設備存放。地勤設施將提供：

- ◆ 地勤服務設備 (GSE) 存放區；
- ◆ (GSE) 維修區。

地勤服務設備 (GSE) 包括維持商用航機日常運作所需的所有設備和車輛。並應提供專用於存放和緩存此設備的區域。可提供兩種類型的區域：

- ◆ 較近之緩存區設置有停車位，貼近停機位，用以供頻繁使用的地勤服務設備 (GSE) 車輛停放；
- ◆ 遠端儲存為 GSE 車輛提供遮蔽或無遮蔽之存放區。這些區域對於航機操作不是迫切需要的。

所需面積的計算是按照所需的“有效”停機位的數量 (即，接觸和遠端停機位，不

包括長期停留停機位)。北竿現有近端停機位，符合 Code C 所要求之 180 平方公尺的面積，該面積提供足夠的空間來存放 GSE，從而提供一架航機回航所需時日的服務。

只需要較近之緩存區。ATR 72-600 之運作不需要如此多的 GSE，並且不需要遠端儲存區域（例如，集裝器（ULD）不需要存放區，因為這些設備不用於 ATR 航機之行李裝載）。下表 6.2-9 顯示了 GSE 存放區域之需求，存放區域如圖 6.2-11 所示。

表 6.2-9 GSE 存放區域之需求

GSE 存放區域				
規劃情境	現況		666 000 pax	
較近的/遠端緩存區	Close	Remote	Close	Remote
ICAO Code C	180m ²	0 m ²	600 m ²	0 m ²
總 GSE 存放區	180 m ²		600 m ²	

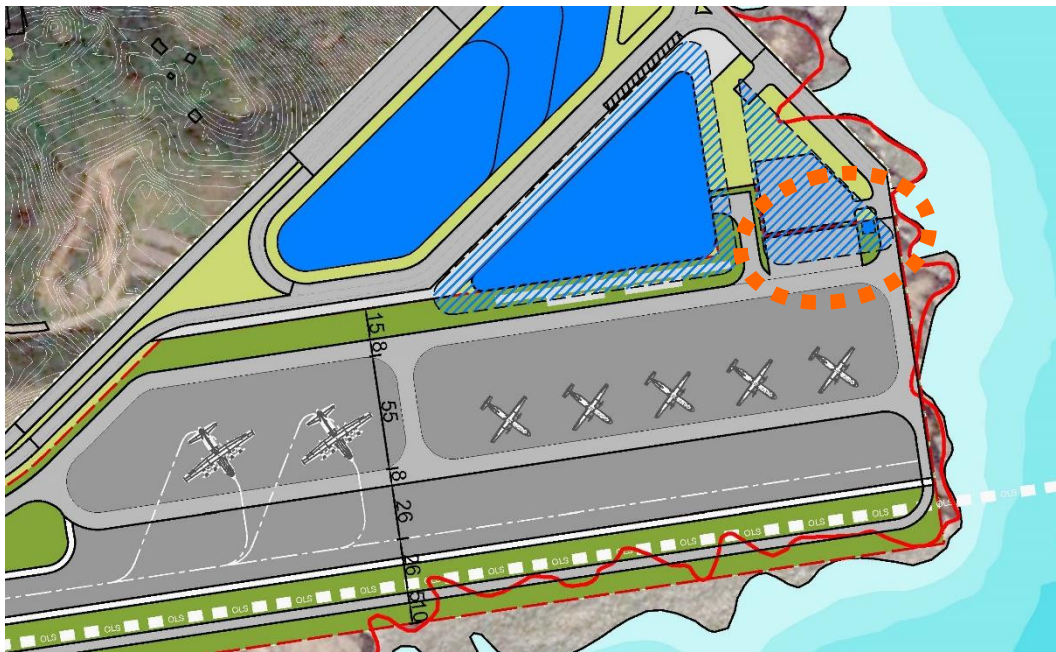


圖 6.2-11 GSE 存放區域示意圖

(二) 地勤服務設備（GSE）和車輛維護區

地勤服務設備（GSE）和車輛維護區域所在之建築，提供了用於空側和陸側作業的車輛和設備所需之緩存、維護和修理。該設施包括維修工作間、零件和設備之儲藏室、辦公室和員工休憩室。

現有的北竿機場沒有任何 GSE 維護區域，而且 666,000 旅客此階段不能證明發展此類設施是合理的，因為運行所需的設備數量依舊很少。

(三) 地勤人員設施

地勤人員設施由航空公司地勤人員（員工在周轉期間執行所有航機作業）所使用，以準備回航（重量和平衡、負載規劃）、用餐、休息，通常包括：

- ◆ 辦公室，
- ◆ 休息室，
- ◆ 用餐空間，

- ◆ 廁所，
- ◆ 設備儲藏室。

考量有效停機位的數量和每個有效停機位的標準面積來評估所需的面積。下表顯示了地勤人員設施之需求。

表 6.2-10 地勤人員設施空間之需求

地勤人員設施		
規劃情境	現況	666 000 pax
停車場	5 lots	10 lots
停車場佔地面積	125 m ²	250 m ²
建築物樓地板面積	20 m ²	100 m ²
建築物佔地面積	20 m ²	100 m ²
總土地面積	145 m ²	350 m ²

九、航空餐飲設施

航空餐飲設施之建築，也稱為空廚，用於準備飛往各機場不同航機的空中配餐。將準備好之餐飲裝到手推車上，然後透過餐飲卡車運送到停在停機坪之航機裡。餐飲設施的典型配置包括：

- ◆ 空側停車場；
- ◆ 卡車停放站和裝卸停泊處；
- ◆ 建築物包括廚房、食物準備區、冷藏室、儲藏室、垃圾處理設施，以及員工設施，例如休息室、寄物櫃和辦公室；
- ◆ 空側卡車停放站。

只有立榮航空營運往/返北竿機場之國內航班，並且不在航機上提供任何餐飲服務。運量預測確認在 666,000 旅客此階段，依舊只有國內航班營運且不提供任何餐飲服務。因此，此階段不需要發展任何餐飲設施。

十、航機加油設施

燃油設施有兩個目的：供航機使用之燃油的貯存和分配。

航機燃油設施可包括以下之要素：

- ◆ 油庫；
- ◆ 燃油消防栓系統；
- ◆ 油罐車。

現有北竿機場沒有任何燃油設施。立榮航空在松山機場啟航前即為返回航段攜帶所需之燃料。

666,000 旅客此階段僅 ATR 72-600 針對北竿 / 松山和北竿 / 台中航線進行營運。這些國內航班對燃料的需求量使得該入境航班的燃料運輸成為可行的。該措施使得航空公司增加營運成本，因為運輸燃料而使得在至北竿的去程消耗更多燃料。

然而，只有在較大型航機加入北竿機場之營運，增闢國際航線且需在北竿機場進行



加油時，才應考慮設置燃油設施。這些新裝置將衍生出如何向北竿島（管道、卡車）供應燃料的問題，並可能需要進行重大的投資。如果補給必須由卡車執行，它也可能引發出安全問題。由於在 666,000 旅客此階段，依舊只有 ATR 72-600 營運國內航班，燃油設施之發燃油設施展是非必要的，燃料運輸仍將是最佳選擇。

6.2.2 陸側設施

一、航廈大樓

藉由評估旅客航廈（PTB）內每個資料來源（報到手續、安全管制等）的尖峰小時處理能力，來執行旅客航廈（PTB）容量的估計。此研究可估算出旅客航廈（PTB）能夠處理的到達和出發的尖峰小時旅客量（PHP）。目前旅客航廈（PTB）的出發尖峰小時容量估計約為 75 人/小時，到達尖峰小時容量約為 140 人/小時。

目前旅客航廈（PTB）的佔地面積約為 1,280 平方公尺。因此，此地面區域可以在繁忙的一天提供大約 9 平方公尺/ PHP 的容量比。容量比例反映了提供給旅客的服務水準（即，比率越高，舒適度越高）。與國內機場相比，9 平方公尺/ PHP 的容量比例處於較低的水平，但這足以處理目前航廈尖峰時段的旅客。

對於未來的發展階段，假設旅客航廈內的服務水準會增加，以符合 IATA 服務水準（LOS）之標準。因此亦將提高容量比例。IATA ADRM 第 10 版定義了提供空間和最長等待時間的服務級別之準則。保留參考了“最佳”LOS 類別，以避免過度加大北竿機場未來的旅客航廈（PTB）。

表 6.2-11 IATA 航廈服務水準

LoS Guidelines	SPACE GUIDELINES [sqm/PAX]			MAXIMUM WAITING TIME GUIDELINES Economy Class [minutes]			MAXIMUM WAITING TIME GUIDELINES Business Class / First Class / Fast Track [minutes]			OTHER GUIDELINES & REMARKS			
	LoS Parameter:	Over-Design	Optimum	Sub-Optimum	Over-Design	Optimum	Sub-Optimum	Over-Design	Optimum	Sub-Optimum	Over-Design	Optimum	Sub-Optimum
Public Departure Hall	> 2.3	2.0 - 2.3	< 2.0	n/a			n/a			Optimum proportion of seated occupants: 15 - 20%*			
Check-In	Self-Service Kiosk (Boarding Pass / Bag Tagging)	> 1.8	1.3 - 1.8	< 1.3	< 1	1 - 2	> 2	< 1	1 - 2	> 2			
	Bag Drop Desk (queue width 1.4 - 1.6m)	> 1.8	1.3 - 1.8	< 1.3	< 1	1 - 5	> 5	< 1	1 - 3	> 3			
	Check-in Desk (queue width: 1.4 - 1.6m)	> 1.8	1.3 - 1.8	< 1.3	< 10	10 - 20	> 20	< 3	Business Class 3 - 5	> 5			
Security Control (queue width: 1.2m)	> 1.2	1.0 - 1.2	< 1.0	< 5	5 - 10	> 10	< 1	Fast Track 1 - 3	> 3				
Emigration Control (Outbound Passport Control) (queue width: 1.2m)	> 1.2	1.0 - 1.2	< 1.0	< 5	5 - 10	> 10	< 1	Fast Track 1 - 3	> 3				
Gate Holdrooms / Seating	> 1.7	1.5 - 1.7	< 1.5	n/a			n/a			Optimum proportion of seated occupants: 50 - 70%*			
Departure Lounges	Standing	> 1.2	1.0 - 1.2	< 1.0	n/a			n/a			Maximum Occupancy Rate: < 60% 60 - 70% > 70%		
Immigration Control (Inbound Passport Control) (queue width: 1.2m)	> 1.2	1.0 - 1.2	< 1.0	< 5	5 - 10	> 10	< 1	Fast Track 1 - 5	> 5				
Baggage Reclaim	Narrow Body Aircraft	> 1.7	1.5 - 1.7	< 1.5	< 0	0 / 15	> 15	< 0	0 / 15				> 15
	Wide Body Aircraft	> 1.7	1.5 - 1.7	< 1.5	< 0	0 / 25	> 25	< 0	0 / 15	> 15	The first waiting time value relates to "first passenger to first bag". The second waiting time value relates to "last bag on belt" (counting from the first bag delivery).**		
Customs Control	> 1.8	1.3 - 1.8	< 1.3	< 1	1 - 5	> 5	< 1	1 - 5	> 5	Waiting times refer to a procedure when 100% of the passengers are being checked by Customs			
Public Arrival Hall	> 2.3	2.0 - 2.3	< 2.0	n/a			n/a			Optimum proportion of seated occupants: 15 - 20%*			

資料來源：IATA ADRM 第 10 版。

對旅客航廈主要功能區之間的總樓地板面積進行初步劃分。這些區域如下：

- ◆ 辦理手續區；
- ◆ 登機區；
- ◆ 行李處理系統；
- ◆ 商業區和特許經營；
- ◆ 通道；
- ◆ 辦公室、寄物櫃、儲藏；
- ◆ 技術區域

旅客航廈（PTB）面積需求之詳細評估不在此研究範圍內。但考量到北竿旅客航廈（PTB）的規模，ADPI 根據國內機場範例使用的每 PHP 標準表面比例可能與旅客航廈（PTB）總佔地面積的粗略估計無關。因此，採用 ADRM 第 10 版方法論，並參考“最佳”LOS 類別，用以執行詳細的 PTB 計畫。對等候區（出境/入境大廳）給予了一些特殊考量，其中對以下假設考量了額外的空間：

- ◆ 出境時每 2 名旅客配以 1 名送機者，
- ◆ 入境時每 1 名旅客配以 1 名接機者，
- ◆ 出境時每 1 名旅客和送機者佔用時間為 60 分鐘，
- ◆ 入境時每 1 名旅客佔用時間為 15 分鐘，
- ◆ 入境時每 1 名接機者佔用時間為 90 分鐘。

這個超出範圍的出境/入境大廳，專門用在霧天條件航機延遲期間，容納過剩的旅客。這項作業已運用於機場發展階段之 666,000 名旅客。結果如下表所示。

表 6.2-12 旅客航廈 -面積需求初步分析

旅客航廈面積		
旅運情境	666 000 pax 旅客	
辦理手續區	3 640 m ²	55%
出境	1 160 m ²	17.5%
報到櫃台區	280 m ²	4.2%
出境管制區	430 m ²	6.5%
行李檢查大廳	580 m ²	8.7%
入境大廳	1 230 m ²	17.9%
登機區	470 m ²	7%
行李處理系統	360 m ²	5%
商業區和特許經營	402 m ²	6%
通道	720 m ²	11%
辦公室、寄物櫃、儲藏	550 m ²	8%
技術區域	500 m ²	7%
總樓地板面積	6 682 m ²	



旅客航廈 (PTB) 規劃考量了警察、海關和地勤人員辦公室，其面積評估將於下列章節中介紹。

旅客航廈 (PTB) 計劃還包括貨物儲存空間。在南竿機場實地考察期間，民航局解釋說，南竿機場航廈的擴展計畫包括了在航廈內規劃一個貨運的儲存區，以避免貨物存放在旅客所在的出境大廳之現狀。南竿機場 30 平方公尺的儲藏室預計可以為入境航班儲存 300 公斤貨物，對於出境航班則可儲存 200 公斤貨物，即一個入境/出境航班為 500 公斤。以此面積乘以 4，所獲得之 120 平方公尺之儲存面積被規劃於北竿機場總體規劃中，並可以在設計日的尖峰小時儲存相當於 4 個入境/出境航班。

旅客航廈 (PTB) 總佔地面積經過詳細評估後，是為 6632 平方公尺。由於 ATR 72-600 操作不需要空橋，因此旅客航廈 (PTB) 被規劃為僅有一個樓層以方便旅客辦理手續。預留一些空間以提供更大的靈活性，以及考量到未來佈局的不確定性，PTB 保留了 8000 平方公尺之總土地面積。

本計畫於期中報告階段已對場站地點提出了一些方案，經過多準則分析後，02 方案整體評分最高，惟此方案須協調軍方遷移部分基地等相關設施。考量此因素，後來並未採用該方案，並被要求研析場站位於軍用地北側之方案可行性，因為該方案會造成該區域天然地形相關的土方挖填。

此場站方案的設計是為了減少對風山的挖方需求，因此，同時建議航廈可配置 2 層樓，一樓用於行李處理系統 (BHS) 與機房，並和停機坪相連；第二層則用於旅客出入境相關設施，例如入出境大廳、報到區、行李提領等，示意圖及配置圖如下所示。

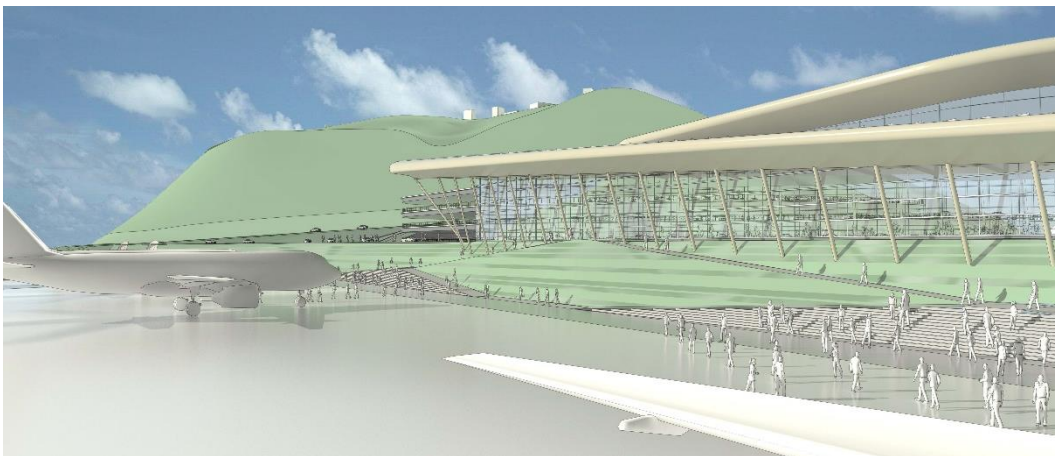
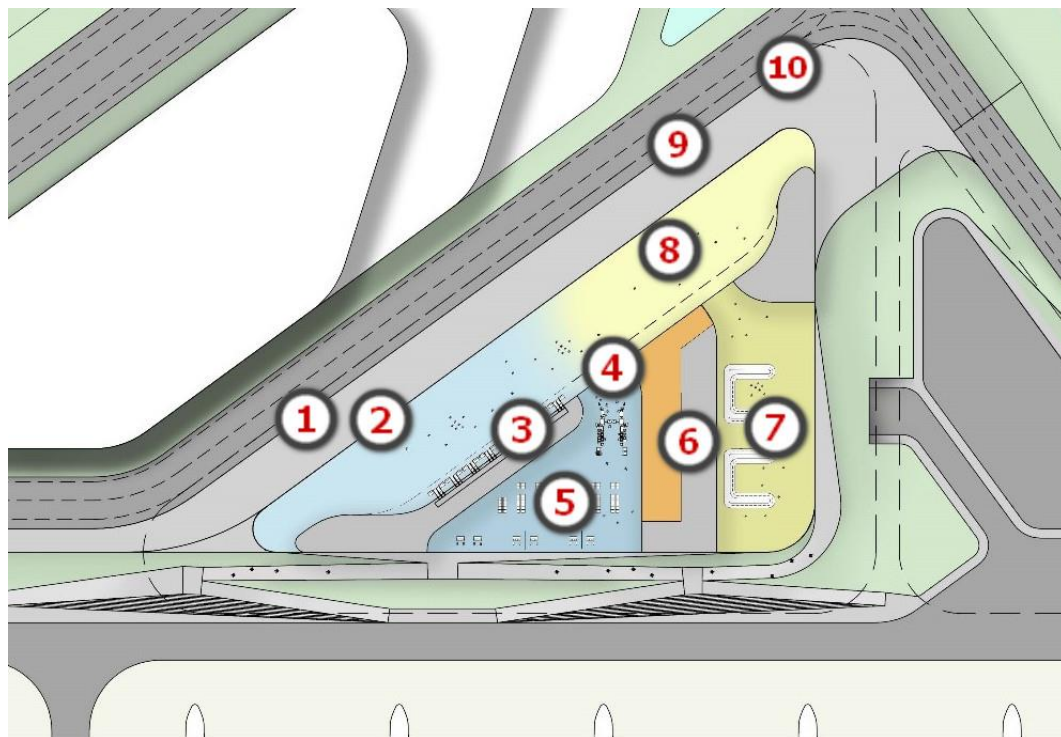


圖 6.2-12 旅客航廈空側示意圖



- | | |
|------------|------------|
| 01 出境旅客下車區 | 06 辦公區 |
| 02 出境大廳 | 07 行李提領區 |
| 03 報到櫃臺 | 08 入境大廳 |
| 04 安檢區 | 09 入境旅客上車區 |
| 05 登機區 | 10 計程車搭乘區 |

圖 6.2-13 旅客航廈配置圖

二、航廈路側

航廈路側指的是道路與航廈出入間的介面。下車處必須使旅客能夠下車並接載乘客。航廈路側應將私人汽車的流量與大眾運輸交通流量和支援車輛分開。配置應盡量減少流量交叉的數量，以提高流量、安全性和便利性。理想情況下，航廈路側應允許乘客在路側上同時上下車，以增加路側的容量。航廈路側通常包括出境臨停區（和入境臨停區）環場道路。

理想情況下，航廈路側應為行人提供屋簷免於天氣的傷害。此外，它還能夠在某些氣候條件下提供陰涼處。此外，必須特別注意路側的長度，以便最小化旅客從車輛至航空公司航廈入口之間的通行時間。為此，必須規劃數個出境車道，這樣可以減少人行道長度，同時保持高線性下車。

根據設計尖峰小時來確定航廈路側所需的長度。由於機場巴士、計程車和私人汽車沿著北竿機場的航廈路側經過，因此路側必須依據航廈前面停靠之最多班機場巴士和小型車（私人汽車和計程車）來進行設計。已考量了第二章中所詳述的現有運具分配模式，每輛車（私人汽車、機場巴士、計程車）的乘客數量和每輛車的停留時間。路側混雜著出境和入境的旅客。下表顯示了相應的路側需求，包括乘客上下車處的可用長度。

表 6.2-13 航廈路側需求

出境路側設計 – 出境入境混合式		
規劃情境	現況	666 000 pax
汽車停車格數量	2	5 Lots
汽車專用停車格長度	14	35 m
計程車停車格數量	2	4 Lots
計程車專用停車格長度	14	28 m
機場巴士停車格數量		2 Lots
機場巴士專用停車格長度		28 m
路側長度	28 m	91 m
穿越道	1	1



圖 6.2-14 旅客航廈入口模擬圖

三、旅客停車場

旅客停車區可以容納旅客、接送機車輛。不同類型的兩種旅客停車區如下：

- ◆ 航廈鄰近停車場
- ◆ 航廈遠端停車場

航廈鄰近停車場可以為旅客提供停車場和航廈之間最短的連結時間。這種類型的停車場主要用於臨停，必須能夠最大限度地縮短處理時間（交通、可用停車位、步行航廈、付款等）。

遠端停車場通常能夠提供比鄰近停車場更具競爭力的價格。它們主要作為用於長期停車。如果停車場遠離航廈，則必須提供交通工具以便旅客可到達航廈（例如，接駁巴士、輕軌捷運）。行人通道也可以變得可行，最長交通時間不應超過 15 分鐘。

可分為不同類型的停車場（階段式、地上和地下）以及停車場的不同配置，如下圖所示。

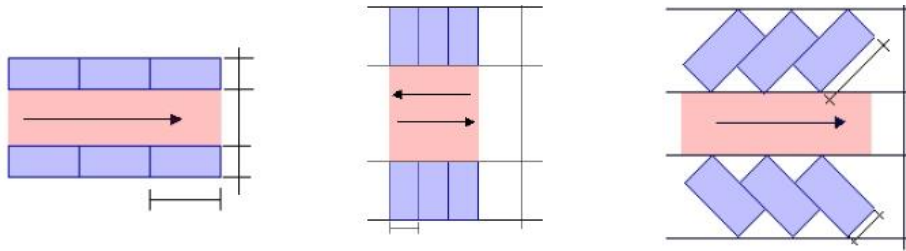


圖 6.2-15 停車場配置型式

現有停車場的容量約為 40 輛。這似乎已滿足當前現況的需求。停車場需求之計算是根據設計日期間機場的私人汽車交通量計算的。根據在設計日和設計時間內使用私人汽車到達或離開機場的“旅次起訖”旅客的數量來假設該交通量。機場營運單位並沒有提供使用私人汽車到達不同停車場的“旅次起訖”旅客之分割資料。在北竿機場出境的大多數人在台灣本島逗留超過一天，因此 70% 使用私家車的旅客被認為使用長期停車，30% 被認為使用短期停車。只有 30% 的旅客被認為使用私人汽車，而其中 50% 被認為使用停車場（其餘 50% 僅使用路側）。這些假設摘要如下表所示。

表 6.2-14 汽車的停車使用率設定

	旅客停車場之使用
停車場之使用 - 出發旅客	50,0%
停車場之使用 - 到達旅客	50,0%
短期需求 - 出發旅客	15,0%
長期需求 - 出發旅客	35,0%
短期需求 - 到達旅客	15,0%
長期需求 - 到達旅客	35,0%

下表顯示了停車場之需求。透過假設每個停車場（包括通道）的比例為 25 平方公尺來計算停車場總佔地面積。考量到所估計的停車大小，因此只需要鄰近的停車位。停車場的數量將根據保留之開發方案來確定。下表顯示了只有一層的停車場。

表 6.2-15 旅客停車場之空間需求

旅客停車場			
規劃情境	現況	666 000 pax	
停車場	總計	鄰近	遠端
停車格	40 Lots	400 Lots	0 Lots
停車場樓層數	1 Levels	1 Level	
停車場佔地面積	2 000 m ²	10 000 m ²	0 m ²

四、員工/公務用停車場

這些停車場可以容納員工的車輛。大多數設施都擁有專門的員工/公務用停車場。特別為在航廈附近或內部工作的員工規劃了一個額外的小型員工/公務用停車場。



員工/公務用停車場之需求是根據假設的機場員工人數來加以確定的，尤其是根據現場同時工作的員工人數確定的。然後，這個數字是根據員工開車前往機場的比例計算的，並依比例留設公務用停車位(約 20%)。依據航空站參訪資料，大約 80%沒有住在宿舍的員工都是駕駛私人運具上班的。

下表總結了員工/公務用停車場之需求。現有的員工/公務用停車場面積無法順利評估，下表僅提供位於航空站辦公室和消防救援站前的停車場，部分員工可能係使用部分的旅客停車場。

表 6.2-16 員工/公務用停車場之空間需求

員工停車場		
規劃情境	現況	666 000 pax
停車格	20 Lots	50 Lots
停車場佔地面積	450 m ²	1 250 m ²

五、計程車等候區

計程車等候區是計程車的等候區，可以讓出境旅客下車並等待入境之旅客。等候區可以授權計程車優先到達權（先進先出系統）。

遠端計程車等候區大部分都在靠近路側的“緩衝”區域。該區域使得計程車可以提供最佳和連續性的服務，其用意是讓每一位旅客一離開航廈就可以乘坐計程車。

計程車等候區之需求是根據在設計小時內離開機場的旅客數量計算的，10%的北竿旅客搭乘計程車，每輛計程車的標準比例為 1.5 人，用於確定在機場同時等候的計程車數量，以及每輛計程車平均等待的時間是為 30 分鐘。

因為假設計程車將在那裡排隊等候，所以每個計程車位的設計面積設為 20 平方公尺。下表總結了計程車等候區之需求。

表 6.2-17 計程車等候區之空間需求

計程車等候區		
規劃情境	現況	666 000 Mpax
計程車停車格數量	0 Lots	10 Lots
停車場佔地面積	0 m ²	200 m ²

六、陸側設施配置

陸側設施之整體配置如圖 6.2-11。

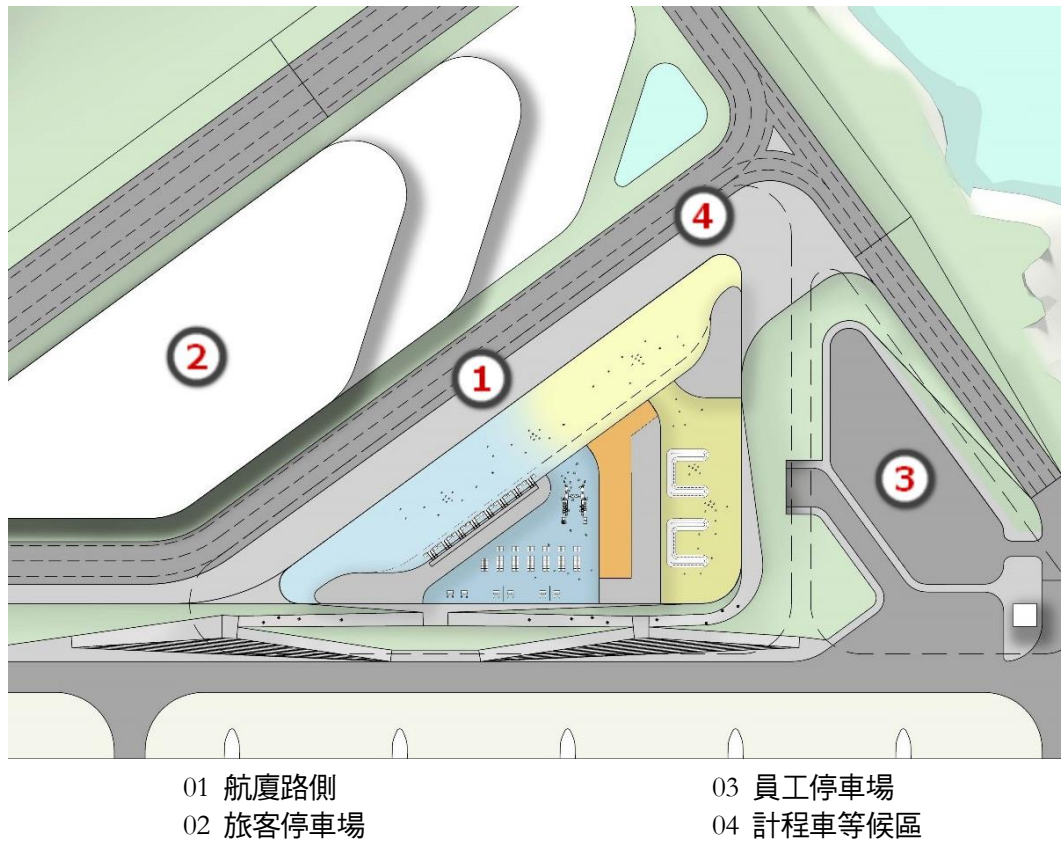


圖 6.2-16 陸側設施之整體配置

6.2.3 整地工程

一、南側跑道延長區

跑道南延 350m 部分為本計畫主要之海域填築區域，跑道地帶(含跑道)內之整地原則須依循規範坡度限制，整地規劃分述如後：距中心線 22.5 公尺內屬跑道範圍，橫坡由跑道中心線高程以 1.5%向兩側降低；22.5~75 公尺之範圍屬跑道道肩及跑道地帶平整區，橫坡以 2.5%向兩側降低，使道面無積水之虞並達最佳之排水效率；此外，跑道端安全區(RESA)視為跑道之延伸，縱橫坡之配置原則皆與跑道相同；GP 訊號敏感範圍平整區除銜接相鄰跑道地帶高程外，亦佈設 1%橫坡，保有一定之排水功能。

依規範，跑道中心線 75 公尺範圍內為跑道地帶平整區，應予以整平，經檢核現地條件，既有跑道地帶平整區為跑道中心線 45 至 75 公尺不等，部分寬度不符規範。跑道改善將依循規範填築跑道中心線 75 公尺內之跑道地帶平整區，整地原則係配置 2.5%橫坡向兩側降低。

綜整上述整地原則如表 6.2-18 及圖 6.2-17 所示，跑道南延、跑道端安全區(RESA)、GP 敏感區及拓寬跑道地帶平整區除少數為坡度調整外，主要係海域填築及提升高程之填方，需土總量約 290.2 萬 m^3 。

表 6.2-18 南側跑道延長區整地坡度

區域	整地規劃坡度	
	縱坡	橫坡
跑道	1%	1.5%
跑道地帶平整區	同跑道	2.5%
跑道端安全區(RESA)	同跑道	同跑道
GP 平整區	同跑道	1%

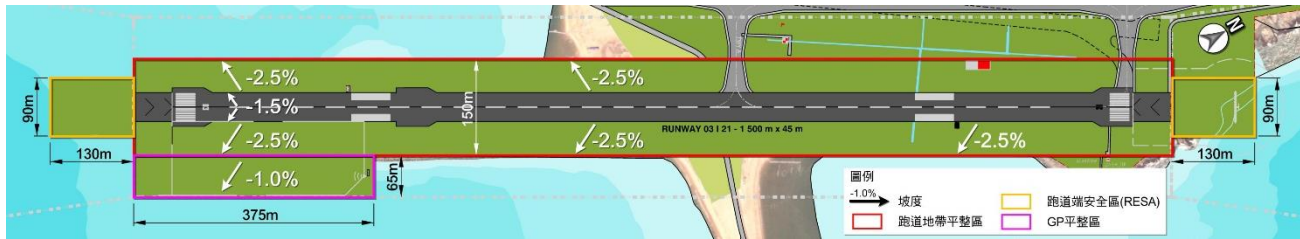


圖 6.2-17 南側跑道延長區整地坡度示意圖

二、北側新航站區

依據前階段「南、北竿機場跑道改善航空研究」成果，針對 CAT I 精確進場，在 OCH 下，仍應符合 3C OFZ，以保護航機飛行或重飛。針對 CAT I 精確進場，第 3 類跑道之內轉接面是以 33.3%之坡度從內邊延伸至外邊；從內進場面外邊之端點開始，沿內進場面側邊延伸到內進場面內邊之端點，從該處沿跑道地帶平行於跑道中心線（距離第 3 類跑道的中心線 60m），延伸至中止降落面之內邊端點。外邊位於內水平面之平面上(高度 45m)。3C OFZ 障礙物淨空區及障礙物移除橫斷面示意如表 6.2-19 及圖 6.2-18 所示；經檢核，本計畫方案跑道配置之障礙物淨空區(OFZ)範圍內，無突出之自然障礙物，故無地形障礙物需移除。

表 6.2-19 北竿機場改善方案與 3C OFZ 障礙物淨空區規定

項目	障礙物淨空區規定
場面類別	3 C
儀降標準	非精確/精確
跑道地帶上不應有固定物體之寬度	中心線兩側各 60m
內轉接面高距比	1 : 3(坡度 33.3%)
內水平面高度	45m

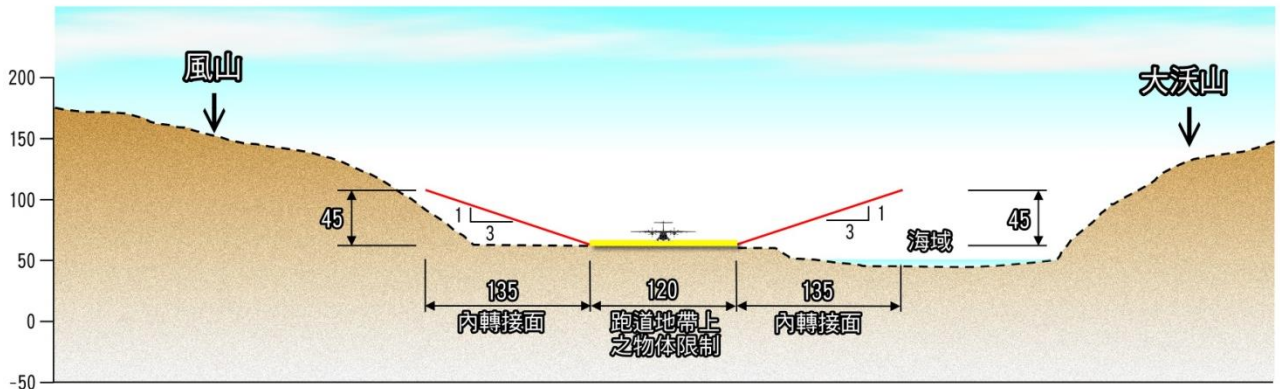


圖 6.2-18 北竿機場改善方案障礙物移除橫斷面示意圖

惟方案新航站區將座落於既有風山位置，考量滑行道、停機坪等設施須符合相關坡度規範，勢必對風山進行大規模開挖，新航站區內各區整地原則將分述如後。

連接滑行道及機坪部分，高程規劃將以停機位之尾翼高度不突出轉接面為原則，配合滑行道及停機坪相關坡度規範進行整地；停機坪坡度依規範不得大於 1%，而滑行道配置緊鄰停機坪，坡度遂受制於停機坪，坡度亦採 1% 佈設。航廈區部分緊鄰停機坪，考量航廈進出機坪區之直接性，整地規劃同機坪區採 1% 坡度；停車場及相鄰道路部分，考量建築形式之調整彈性較大，可使高程與航廈區脫開，遂將該區高程調升 5m，以減少部分開挖量體。風山開挖面部分，邊坡將自航站區整地完成面分階開挖至風山陵線，依據既有鑽探資料配合觀察現地狀況，初步建議分階修坡，階高 10m、爬升坡度為 55°、階間戽台寬 3m，後續設計階段應辦理地質鑽探並重新檢視開挖坡度。整地原則如圖 6.2-19 所示。總體而言，本計畫航站區因直接座落於既有風山場址，機坪、滑行道及相關設施可配置之坡度亦受限，導致開挖量體龐大，評估挖方總量約 409.6 萬 m³。

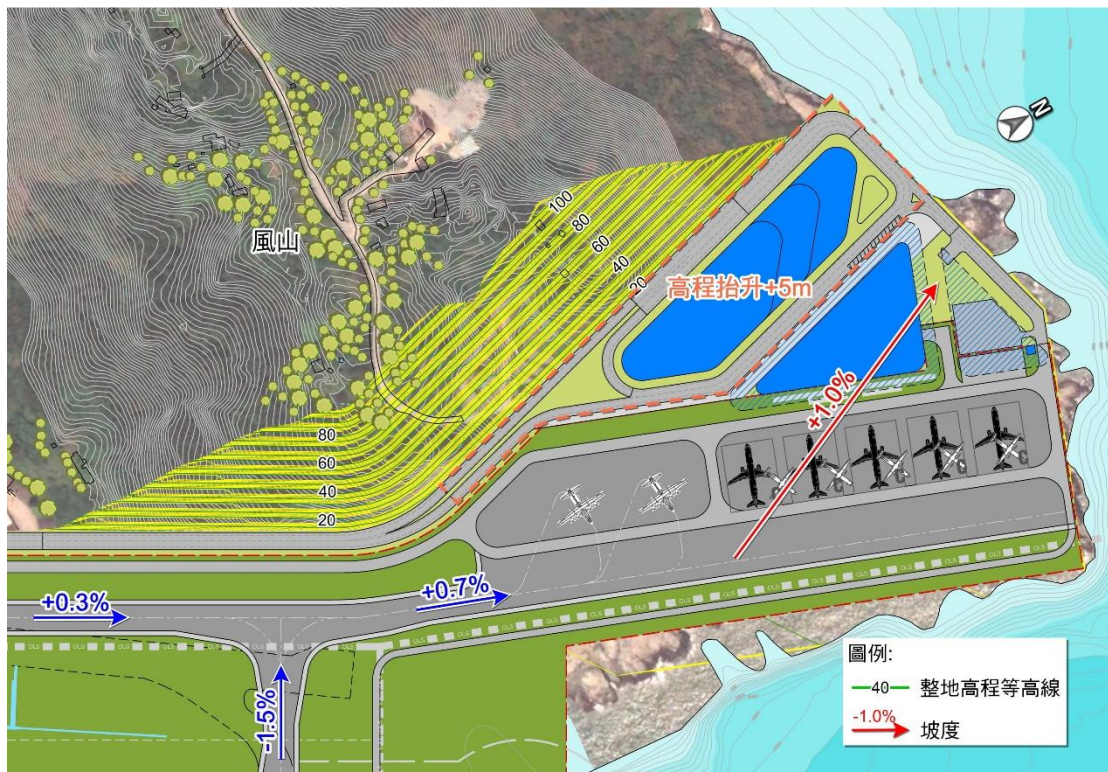


圖 6.2-19 北側新航站區整地坡度示意圖



三、綜合說明

本計畫航站區方案座落於既有風山場址，為主要挖方區位，陸側挖方總量約 409.6 萬 m³，主要填方區位為跑道南延段(含部分跑道地帶整平)，所需填方總量約 290.2 萬 m³，挖方總量大於填方所需總量，共計產生約 89.9 萬 m³ 之剩餘土石方，相關數量估算綜整如表 6.2-20 所示。

表 6.2-20 北竿機場改善方案土方數量彙整表

項目		內容		
區位		南側跑道延長區	OFZ 障礙物移除 影響範圍	北側新航站區
陸側挖方(萬 m ³)		-	-	409.6
所需填方(萬 m ³)		290.2	-	29.5
小計	陸側挖方(萬 m ³)	409.6		
	所需填方(萬 m ³)	319.7		
	剩餘土石方(萬 m ³)	89.9		

6.2.4 圍堤工程

一、堤體型式研選

根據「南、北竿機場改善可行性評估委託技術服務-地質鑽探工程報告(民國 100 年 8 月)」，計畫區海域海床以下為厚度 7.0~12.8m 現代沉積淤泥層，此淤泥層幾乎不具任何強度，其標準貫入試驗 N 值可視為 0，考量國內現有堤防規範僅針對重力式進行說明，故蒐集國外針對軟弱土層上設置堤防之設計規範，作為選擇本計畫堤體型式之參考。

依據日本港灣協會「港湾の施設の技術上の基準・同解説」，防波堤型式主要可分為重力式、樁支撐式、浮式與寬基腳重力式，各類型堤防適用性說明如下：

1. 重力式：以自重抵擋波浪，為防波堤之標準型式。
2. 非重力式：利用於特殊條件(如軟弱土層)，但無法抵擋較大波浪，一般適用於內灣或港內。
3. 樁支撐式：以樁結構抵擋波浪，同非重力式，一般適用於內灣或港內。
4. 浮式：如平台船錨定功能，僅適用於小浪海域。
5. 寬基腳重力式：利用寬基腳分散防波堤重量，適用軟弱土層且小浪海域。

另外，參考 British Standard 6349-7 「Maritime Structures-Part 7 Guide to the design and construction of breakwaters」，拋石堤型式由於能承受較大之堤體沉陷，因此較適用於堤址為軟弱土層之地質狀況。

綜合前述，樁支撐式、浮式與寬基腳重力式等型式僅適用於波高較小之海域，僅重力式型式較適用波高較大之海域，足以抵抗本計畫之外海波浪，而國內重力式堤防考量國內之施工能力及工程經濟性，多以斜坡式拋石堤及合成式沉箱堤為主要堤體型式，利用自體之重力抵禦波浪，惟本計畫工址下方為軟弱土層，若欲採用此類堤體型式，則需搭配地盤改良工法，提供堤體足夠之承載力。

一般海上地盤改良主要分為固化及置換工法，其中固化工法國內目前無施工船機、能力及經驗，若由國外動員船機施作，施工費用相當高，而置換工法係利用石料或其它

回填料進行置換，所需石料可配合障礙物開挖岩方供應，故本計畫建議採置換工法進行海上地盤改良，其中斜坡式拋石堤適用水深較淺海域，對海床承載力要求較小，亦可承受較大之堤體沉陷，且施工及維護較為簡易，針對軟弱土層採直接拋放石料，藉由石料體積及自重進行置換改良；而合成式沉箱堤適用水深較深海域，雖然工程施工技術要求較高，且需沉箱製作加高儲存配合，但就整體而言施工並無困難，惟沉箱屬集中載重，針對軟弱土層採先開挖後再拋放基礎石料，確保下方承載力足夠安放沉箱。

二、設計條件

(一) 設計水位

依港灣構造物設計基準之建議，設計潮位可採以往最高潮位再加若干餘裕，依福澳港建港潮位統計資料，最高潮位為 EL.+3.63 m，並考量氣候變遷全球暖化造成海水位上升餘裕，建議設計水位採 EL.+4.00 m。

(二) 設計波浪

港灣構造物使用壽年約 40 年，依國內海事及港灣構造物設計慣例及經驗，外海颱風波浪係採 50 年重現期波浪，堤前設計波浪依其對應之各方向外海颱風波浪及設計水位，利用 Goda 不規則紛紜波浪變形公式計算堤前示性波高($H_{1/3}$)為設計波浪。

(三) 設計地震

依內政部「建築物耐震設計規範及解說(2011 年)」2.3 節規定，連江縣屬於一般工址且無鄰近斷層，其震區短週期之設計水平譜加速度係數 $S_{SD}=0.5$ ，工址地盤採第二類地盤(普通地盤)，其工址放大係數 $F_a=1.1$ ，故一般工址短週期設計水平譜加速度係數可採 $S_{DS}=F_a \times S_{SD}=1.1 \times 0.5=0.55$ 。考量海堤及護岸之重要度，用途係數 I 採 A 級 1.2，工址水平加速度係數 $Z=0.4 \times S_{DS}=0.22$ ，依據以上參數推估海堤及護岸(剛性構造物)之水平設計震度 $K_h=Z \times I/2=0.14$ 及垂直設計震度 $K_v=1/2 \times K_h=0.07$ 。

(四) 地形水深

依據「南、北竿機場改善可行性評估委託技術服務-地形測量成果報告(民國 100 年 4 月)」，北竿機場跑道延長堤址水深約介於 0~16m 間。

(五) 地質

依據「南、北竿機場改善可行性評估委託技術服務-地質鑽探工程報告(民國 100 年 8 月)」，計畫區海域海床下為現代沉積淤泥層，其厚度隨著離岸近遠而增大，北竿機場南側海域淤泥層分布厚度介於為 7.0m~12.8m，北側海域淤泥層分布厚度為 6.3m。

三、圍堤斷面研擬

依據前述堤體型式及設計條件，並考量堤體經濟性，水深淺於-7m 適用斜坡式拋石堤，採直接拋石置換底層之軟弱土層，外坡面採坡度 1：2 雙層消波塊保護，而水深深於-7m 以上適用合成式沉箱堤，先行開挖軟弱土層後再拋放基礎石料，提供沉箱堤體足夠承載力，本計畫初步研擬標準斷面如圖 6.2-20~圖 6.2-23 所示，進一步說明如下，後續將依本計畫補充地質鑽探成果調整斷面。

(一) 斜坡式拋石堤

1. 堤頂高程

依據交通部民用航空局「民用機場設計暨運作規範(民國 103 年 12 月)」附篇 A 之 9.2 節(跑道或滑行道)之規定「地帶上之物體」在與跑道相鄰之全部跑道地帶內，



應採取措施防止飛機輪子在陷入地面時撞上堅硬之垂直面規定...」，堤頂高程規劃採配合機場跑道標高調整，避免採用傳統直立式胸牆，祈使飛機滑出跑道或緩衝區之危害減至最小，並利用堤防背填石料濾層，疏導胸牆降低所產生之大量越波排水。

2. 防漏砂措施

防漏砂措施改善包括消減穿透波壓、導引穿透波壓、分層設置濾層石料及濾布構成完整濾層、減低施工困難因素及輔助對策，背填濾層石料除可疏導拋石基礎或沉箱間隙傳遞之波壓，亦可減少堤體所受之土壓力，加上石料為柔性結構，可隨堤體變動而調整，防漏砂效果佳，其中石料可利用障礙物開挖岩方以撙節費用。

3. 堤外坡面

基於堤體安定及經濟之原則，拋石堤外坡面採用 1：2 之坡度，由於本拋石堤屬永久堤，其外坡面採雙層消波塊保護，所需覆面消波塊重量，按堤前設計波高計算結果，規劃北側堤防採用 30 t 消波塊、北側堤防採用 50 t 消波塊。

4. 第二層塊體

第二層塊體排在外層覆面消波塊底下，以防止波浪作用時較小之堤心石從消波塊孔隙吸出，此層塊體重量以其覆面消波塊重量之 1/10~1/15 為原則。依上述原則，30 t 及 50 t 消波塊下層塊體規劃分別採 1~3 t 塊石及 6 t 平頭消波塊。

5. 堤心料

堤心為構成拋石堤堤體之主要部分，石料之重量為外層覆面消波塊重量之 1/200~1/6000，依此推算堤心石重約 5~250 kg 左右。本工程規劃採用 10~100 kg 塊石或直徑在 10~30 cm 卵石，拋石堤施工以採用陸上端進法較為經濟，為配合陸上施工端進，以及避免消波塊突出機場跑道，拋石高程配合機場標高及消波塊頂高程調整，並以高於平均高潮位 EL.+2.40 m 約 0.5 m 之堤心頂面，可利用為施工便道供施工車輛通行。

6. 堤腳保護工

拋石堤之堤腳穩定性攸關拋石堤成敗，依據堤趾水深及堤前波浪條件，堤腳保護工係採與堤坡面相同之下層塊石設置護坦方式，以防止堤腳淘刷導致堤坡面下滑之失敗。參考 Shore protection manual (1984)對堤腳護坦寬度之建議，堤防堤腳護坦寬度採約 3 倍堤前設計波高之最小距離設計，另為降低堤體沉陷量、減省石料損耗及防止護坦下沙料吸出流失，拋石體與海床面間鋪設有一層土工織布。

7. 堤面混凝土

堤面混凝土可保護堤心石安定，堤面寬度可兼作水防道路，另為利陸上端進施工便利性，堤面寬度至少需 10 m 以上，實際堤面寬度承受波浪作用時，須確保其壁體安定，不得有傾倒及滑動之現象發生。本工程拋石堤堤面混凝土寬度採 10 m，厚度配合機場跑道標高調整，伸縮縫間距採 10~15 m。

(二) 合成式沉箱堤

1. 堤頂高程

依據交通部民用航空局「民用機場設計暨運作規範(民國 103 年 12 月)」附篇 A 之 9.2 節(跑道或滑行道)之規定「地帶上之物體」在與跑道相鄰之全部跑道地帶內，應採取措施防止飛機輪子在陷入地面時撞上堅硬之垂直面規定...」，堤頂高程規劃採

配合機場跑道標高調整，避免採用傳統直立式胸牆，祈使飛機滑出跑道或緩衝區之危害減至最小，並利用堤防背填石料濾層，疏導胸牆降低所產生之大量越波排水。沉箱頂設計高程一般採用 M.H.W.L. (EL.+2.40m)加計餘裕 1.0 m 以上，以降低回填沙及蓋頂場鑄混凝土澆置時之季風波浪影響，沉箱頂面設計高程採用 EL.+4.00 m。

2. 防漏砂措施

防漏砂措施改善包括消滅穿透波壓、導引穿透波壓、分層設置濾層石料及濾布構成完整濾層、減低施工困難因素及輔助對策，背填濾層石料除可疏導拋石基礎或沉箱間隙傳遞之波壓，亦可減少堤體所受之土壓力，加上石料為柔性結構，可隨堤體變動而調整，防漏砂效果佳，其中石料可利用障礙物開挖岩方以撙節費用。

3. 拋石基礎

拋石基礎功能主要在縮小沉箱尺寸、作為沉箱體之基礎及降低海床面反力，使海床足以負荷沉箱堤受波力、地震力、土壓力作用後之偏心荷重，本工程工址地質表層為現代沉積淤泥層，規劃先行開挖表層軟弱土層後再拋放基礎石料，提供沉箱堤體足夠承载力，拋石基礎坡度海、陸側均採 1：2。

4. 護基方塊

合成式沉箱堤之護基方塊設於拋石基礎上之沉箱兩側，依分析結果規劃採用 $3.00\text{ m}^W \times 4.15\text{ m}^L \times 2.00\text{ m}^H$ 預鑄方塊。

5. 覆面材

覆面材重量須足以抵擋作用於沉箱壁面之反射波力及揚壓力，並保護基礎拋石安定避免淘刷流失，依分析結果規劃採用 1~3 t 塊石。

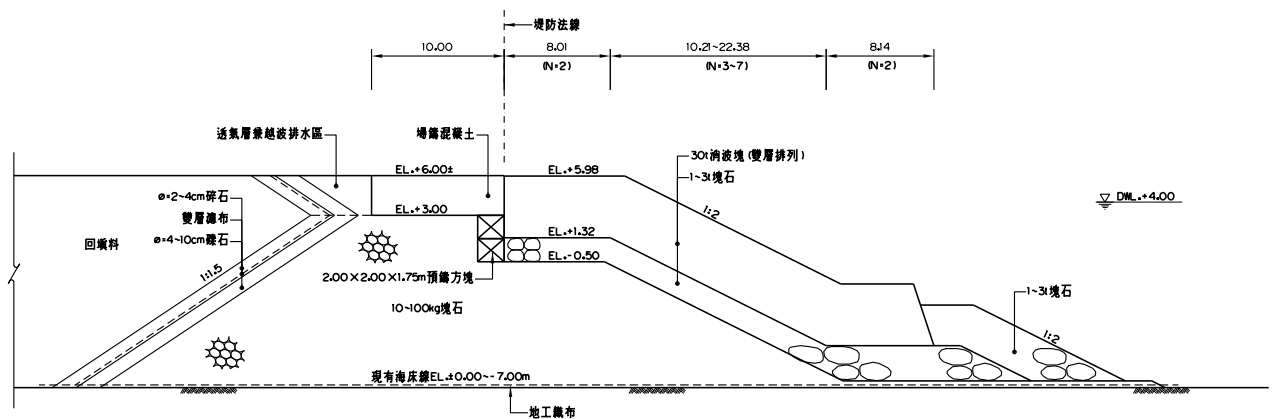


圖 6.2-20 北竿機場南側堤防標準斷面圖(水深±0.00m~-7.00m)

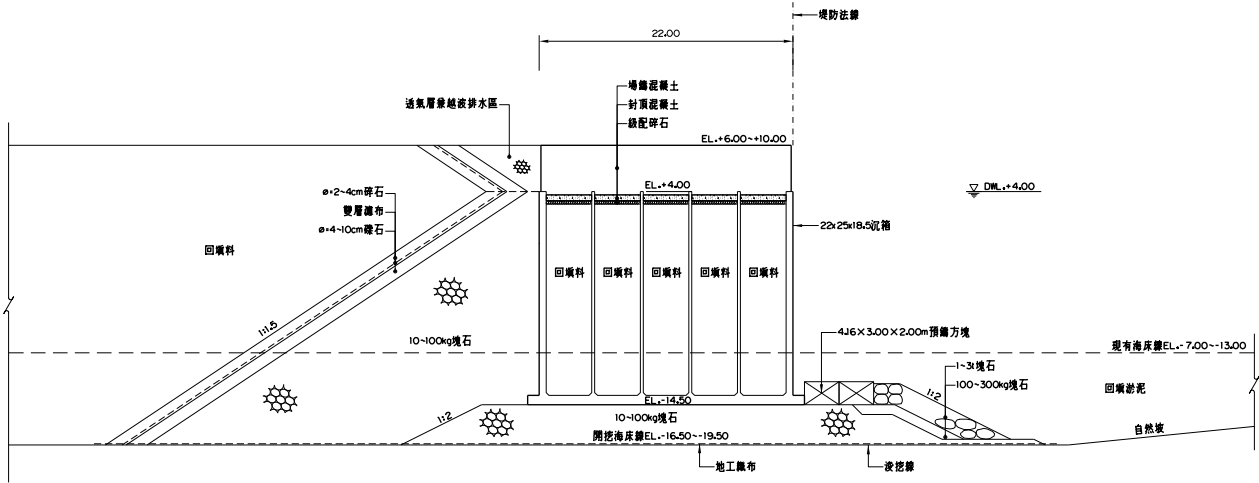


圖 6.2-21 北竿機場南側堤防標準斷面圖(水深-7.00m~-13.00m)

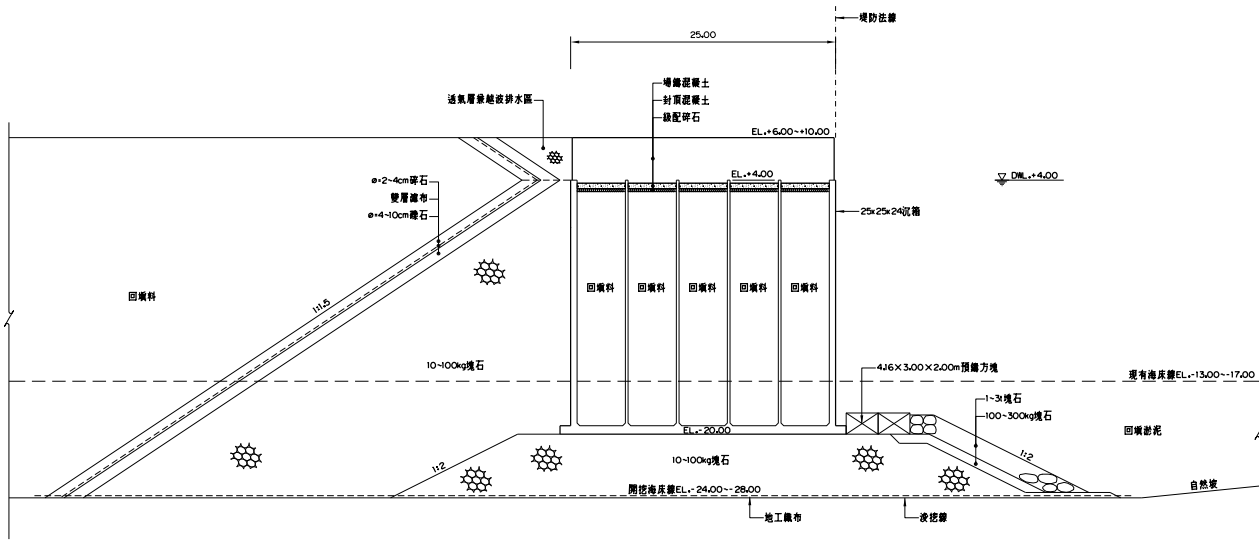


圖 6.2-22 北竿機場南側堤防標準斷面圖(水深-13.00m~-17.00m)

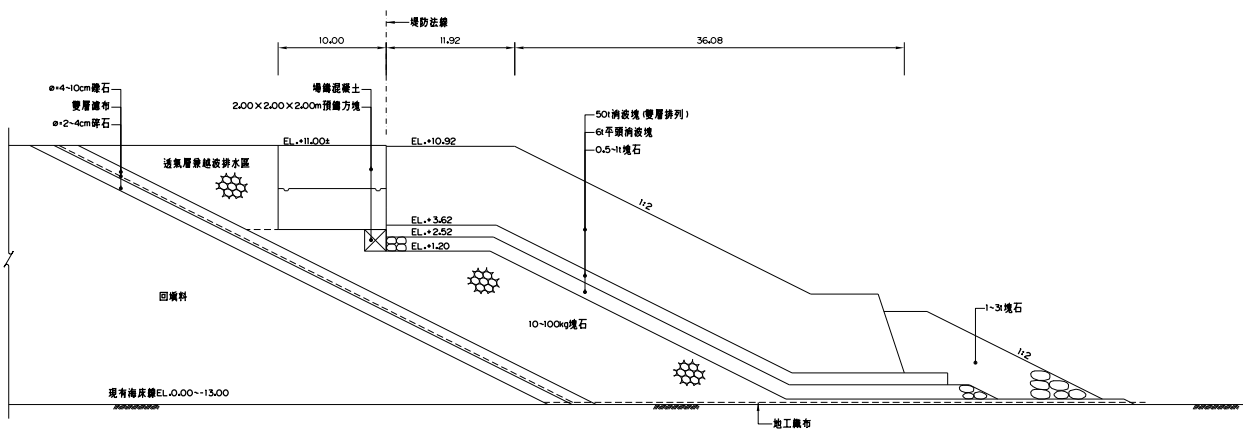


圖 6.2-23 北竿機場北側堤防標準斷面圖(水深±0.00m~-13.00m)

6.2.5 大地工程

本計畫場址地質探查工作之推動受申請水下文化資產調查之審議影響而延宕，相關大地工程分析研究乃先依據「南、北竿機場改善可行性評估地質鑽探試驗成果」進行，俟後續完成地質鑽探與試驗工作後，再重新檢討分析。

一、填海造陸

有關填海造陸工作，國內外並無相關規範，由於本計畫之填築料源來自新設機場設施之開挖料，其主要材料為花崗岩，經參考國內水庫大壩填築之規定，其最大粒徑為 30cm，材料經開挖後須將其碎解。另填築區下方為海床，雖經清除淤泥後其下方為砂性及黏土材料，可能有液化及填土產生之壓密沉陷，其中有關液化評估將依據 108 年公路橋梁耐震設計規範 8.1.2 節規定，針對沖積飽和砂土層於地震時可能產生液化現象評估，其液化抵抗率 FL 值需大於 1.0。

對於機場跑道填土產生之沉陷控制，參考國內外並無相關規定，主要沉陷係填土下方黏土層產生之沉陷，建議採下方黏土層之壓密度 $\geq 98\%$ ，作為填土完成時程控制。

依北竿機場改善方案，計畫區在跑道 03 端往海域填海造陸，填築延伸跑道約 350m 寬約 150m(含圍堤厚度)，填海造陸部分先施作海域之圍堰工程，圍堰採沉箱型式，而沉箱下沉作業前須以 1:5 之坡度挖掘淤泥溝槽，為避免淤泥層壓密沉陷問題，必須與填方區共同處理完全挖除。

參考「南、北竿機場改善可行性評估委託技術服務-地質鑽探工程報告(民國 100 年 8 月)」鄰近延伸跑道附近之 BN-2、BN-5、BN-6 鑽孔顯示，計畫區海域海床下之地盤係由淤泥層(厚約 2.1~12.8m)、級配不良中細砂(厚約 8.7~22.6m)、極緊密粗中砂(厚約 8.7~22.6m)、粉土質黏土(厚約 4.8~19.8m)及風化花崗岩所組成，但每層厚度則依斷面位置而有極大差異，尤其是厚約 2.1m~12.8m 之淤泥層。

因此填海造陸可能衍生填土沉陷及液化潛能之大地工程問題，說明如下：

(一) 填土沉陷

回填造陸之填築料主要為跑道北側之山坡開挖料，其材料為砂土夾岩塊，開挖之花崗岩，建議應將粒徑大於 30cm 之岩塊碎解後，再用於回填。一般回填料在施工期間即可完成壓密，可不計其未來之沉陷量。

由前期鄰近填海造陸之鑽孔 BN-2、BN-5、BN-6 鑽孔顯示，其海床面約位於標高-13~16m 間，其中取樣進行壓密試驗之鑽孔有 BN-2 及 BN-6，由於 BN-2 較接近填築區且試驗成果(詳表 6.2-21)，較符合統計值，現階段建議採用 BN-2 之壓密試驗成果進行分析。分析軟體將採用商用軟體 Settle3D(Rocscience Inc.)，分析未來填土造成沉陷量，而既有之淤泥或極軟弱層底部約位於海床下 23-36m，未來配合圍堤填築時一併置換，因此海中填築厚度為簡化分析採 30m 計算，另跑道完成面之標高約位於+7~8m 間，合計推估填築厚度約 37m，壓密沉陷計算結果最終最大沉陷量約 227cm，圖 6.2-24。如預達前述建議之壓密度 98%，填築完成後須持續約 2 年才能達 98%之壓密度；如考量加速完成壓密度，採 5m 預壓填土(估計開始填築後 3.5 年)，最大沉陷量約 214cm，圖 6.2-25，俟移除預壓之填土(估計開始填築後 4 年)，其壓密度已達 99%，圖 6.2-26，計算結果如表 6.2-22，惟計算黏土沉陷受土壤壓密參數之影響及海中填築之壓密度影響甚大，建議於完成之填築面設置沉陷監測點，定期監測填築之沉陷變化，如已達穩定後再進行上方

相關工程，避免後續沉陷造成上方結構損壞。

表 6.2-21 填海造陸 BN-2 壓密沉陷參數表

地層	層厚 (m)	分類	飽和單位重 γ_{sat} (t/m ³)	初始孔隙比 e_0	壓縮指數 c_c	再壓指數 c_r	壓密係數 c_v (cm ² /s)
粉土質黏土	12	CL	1.86	0.977	0.338	0.035	0.008

摘自民國 100 年 8 月「南、北竿機場改善可行性評估委託技術服務-地質鑽探工程報告」

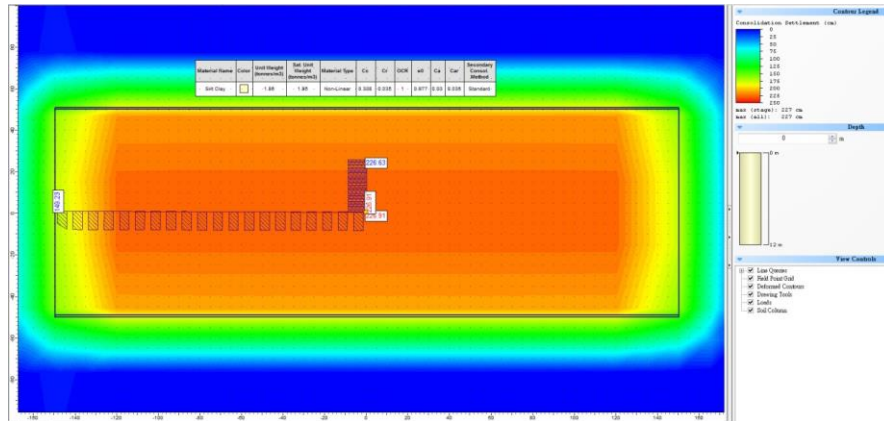


圖 6.2-24 預估完成填築面之最大總沉陷量

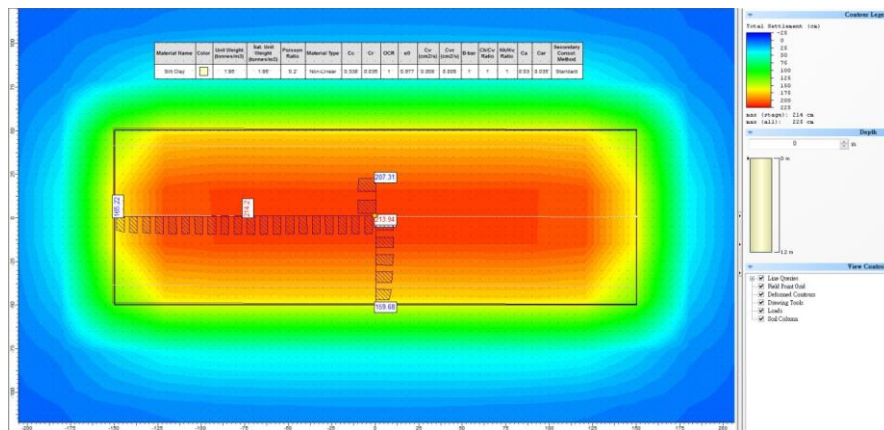


圖 6.2-25 預估完成填築面+預壓填土 5m 之總沉陷量(約 3.5 年)

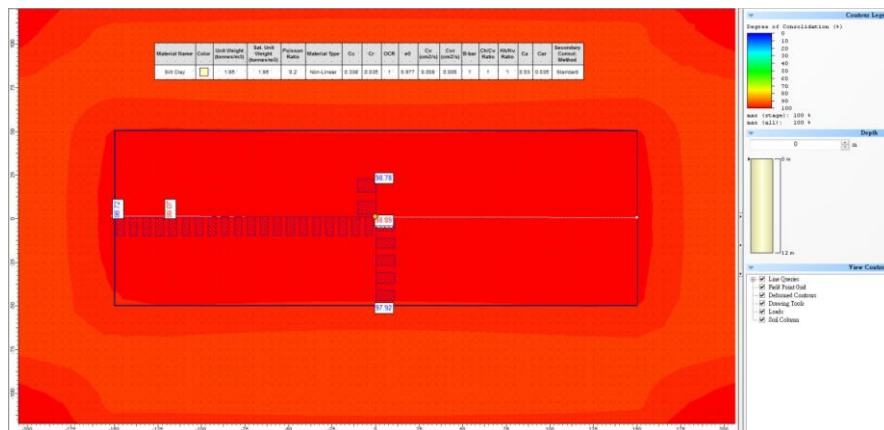


圖 6.2-26 預估完成填築面+預壓填土 5m 移除之壓密度(約 4 年)

表 6.2-22 填海造陸預估最大沉陷量

項目	填築至預定高程 (EL.+7m)	填築至預定高程 (EL.+7m)	加預壓 5m	移除 5m 預壓之 壓密完成度
最大沉陷量(cm)	227	192	214	225
壓密度(%)	-	87	91	99
預估時間(年)	預估最終沉陷	2.5-3	3.5	4

(二) 液化潛能

通常地下水水位面在地表下 10m 以內的沖積層，且地表面下 20m 以內平均粒徑 D50 在 0.02mm 至 2mm 間之飽和砂土層，在地震發生時有液化之可能性。液化潛能評估主要係計算土層受地震作用所導致之反覆剪應力比，與推估土層抵抗液化強度，進而比較兩者並評估土層液化之可能性。依公路橋樑耐震設計規範採用之新日本道路橋液化評估法(簡稱 NJRA 法，1996)，當沖積飽和砂土層符合以下所有三項條件，需進行液化評估。

1. 地表面下 20 公尺以內之飽和砂土層，且地下水水位在地表面下 10 公尺以內時。
2. 細料含量 FC 在 35% 以下之土層，或 FC 超過 35%，但塑性指數 I_p 在 15 以下之土層。
3. 通過率為 50%之粒徑 D50 在 10mm 以下，且通過率為 10%之粒徑 D10 在 1mm 以下之土層。

其中，

FC：細料含量(%)，為粒徑 $75\mu\text{m}$ 以下土粒之通過重量百分率

I_p ：塑性指數

D50：過篩百分率達 50%所對應之土壤粒徑，(mm)

D10：過篩百分率達 10%所對應之土壤粒徑，(mm)

參考前期鄰近填海造陸之鑽孔 BN-2、BN-5、BN-6 鑽孔顯示，其海床面約位於標高-13~16m 間，下方之淤泥或極軟弱層約位於標高-18~24m 間，未來配合圍堤填築時一併置換，且跑道完成面之標高約位於+7~8m，後續完成之填築面至置換土層底深約 25~31m 間，已不符合前述具有液化之潛能。

二、邊坡開挖

整體邊坡之穩定性依據邊坡穩定分析結果評估，並依公路邊坡工程設計規範第 4.6 節之邊坡穩定性評估安全係數需求如表 6.2-23，檢核其安定性。

表 6.2-23 邊坡整體穩定性檢核安全係數(FS)

長久性	常時	$FS \geq 1.5$
	設計地震	$FS \geq 1.1$
	高水位	$FS \geq 1.2$

依規劃之航站大樓及停機位將位於跑道北側山坡，以挖除既有山坡至標高 10 公尺布置，由場址附近前期 AN-1 及 AN-2 之陸域鑽探成果顯示，主要由覆土層與岩層所組成，覆土層幾乎均為岩層風化形成之土壤，含包粉土質砂與粘土，其分布之厚度約在 0.6 公尺與 5.4 公尺之間，覆土層下方之岩層為花崗岩及侵入岩，除了部分高度風化外，強度屬於強岩範圍，其陸域簡化土層及土工參數如表 6.2-24。

表 6.2-24 規劃航站場址簡化土層表及大地工程參數表

層次	土層說明	層厚 (m)	分類	N 值	W _n (%)	γ _t (t/m ³)	e _o	q _u (kg/cm ²)	C _p (kg/cm ²)	φ _p (°)	C _r (kg/cm ²)	φ _r (°)
一	覆土層 粉土質砂、 砂質粉土	0.6~5.4	SM、 ML	7~17 (10)	8.4~25.8 (16.5)	1.88~1.95 (1.93)	0.48~0.75 (0.62)	-	0.0	32.1	-	-
二	岩層 (花崗岩、侵 入岩脈)	-	岩石	100	-	2.66~2.78	-	820	-	-	-	-

摘自民國 100 年 8 月「南、北竿機場改善可行性評估委託技術服務-地質鑽探工程報告」

註：1.()內之數值表示平均值

2.地下水約地表下：14.9~21.7m

由規劃之邊坡修挖初步採 H:V=0.7:1 每階坡高 10 公尺，中間設置 3m 寬之戽台。由於邊坡開挖高度約 90m，因此須進行邊坡穩定分析，材料參數初步依可行性規劃報告及前期鑽探成果之 AN-1 三軸弱面強度試驗結果之殘餘強度 $C_r=2.86\text{kgf/cm}^2$ ， $\Phi=35.8^\circ$ ，規劃計畫場址邊坡地表植生極密，既有之邊坡均可穩定站立，由於該場址主要係花崗岩，不易取得花崗岩之整體材料強度參數，因此參數引用可參考 Hoek-Brown failure criterion 推估岩體之強度參數 C 及 Φ 值，如圖 6.2-27，依該計算推估場址花崗岩岩體之材料強度 $C=0.473\text{Mpa}$ ， $\Phi=38.35^\circ$ ，尚屬合宜，顯示前期試驗成果尚接近推估值，本次分析則以前期之強度試驗結果進行分析。

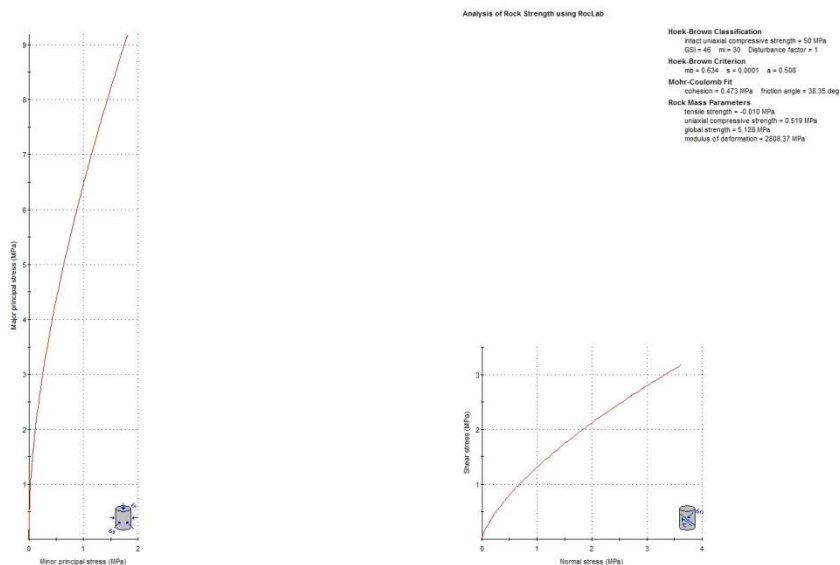


圖 6.2-27 Hoek-Brown failure criterion 推估花崗岩岩體強度參數

地震係數考量依公路橋梁耐震設計規範，規劃場址為堅實花崗岩，屬第一類地盤，放大係數 $F_a=1.0$ ，考量道路重要性，其用途係數 I 為 1.2，而連江縣北竿鄉地區其 $S_{II}, S=0.35$ ，地震地表加速度 $A=F_a \times I \times (0.4S_{II}, S)g$ ，因此 $A=1.0 \times 1.2 \times 0.4 \times 0.35=0.168g$ ， $K_h=1/2 \sim 2/3A$ ，取 $K_h=0.168 \times 2/3=0.112$ ， $K_v=1/2 K_h=0.06$ 情況下，進行邊坡受震穩定分析。

另該邊坡係屬較堅實之花崗岩，前期調查之水位於地表下約 14.9~21.7m；降雨入滲產生之水位上升高度，目前尚無降雨期間水位變化資料，初步假設邊坡之高水位接近坡

面進行邊坡穩定分析。分析軟體則採用商用軟體 Slide 6.0(Rocscience Inc.)分析滑動面，考量整體岩盤結構，採用圓弧滑動以 Bishop's 方法計算切片間之作用力，求取臨界滑動弧之安全係數，分析結果如表 6.2-25 及圖 6.2-28。分析結果規劃之開挖邊坡於平時、豪雨及地震下均可滿足規範需求，惟地下水位及地層參數係屬假設及前期鄰近場址之資料，後續仍應配合實際地調結果進行分析。另考量邊坡開挖後，可能造成岩盤風化及降雨產生沖刷影響，於完成開挖後，建議採自由型梁配合錨筋及植生與坡面排水進行保護。

表 6.2-25 場址開挖邊坡穩定分析結果

分析狀態	平時	高水位 (水位約接近地表)	地震 ($K_h=0.112, K_v=0.06$)
分析安全係數	1.57	1.41	1.34
需求安全係數	1.5	1.2	1.1

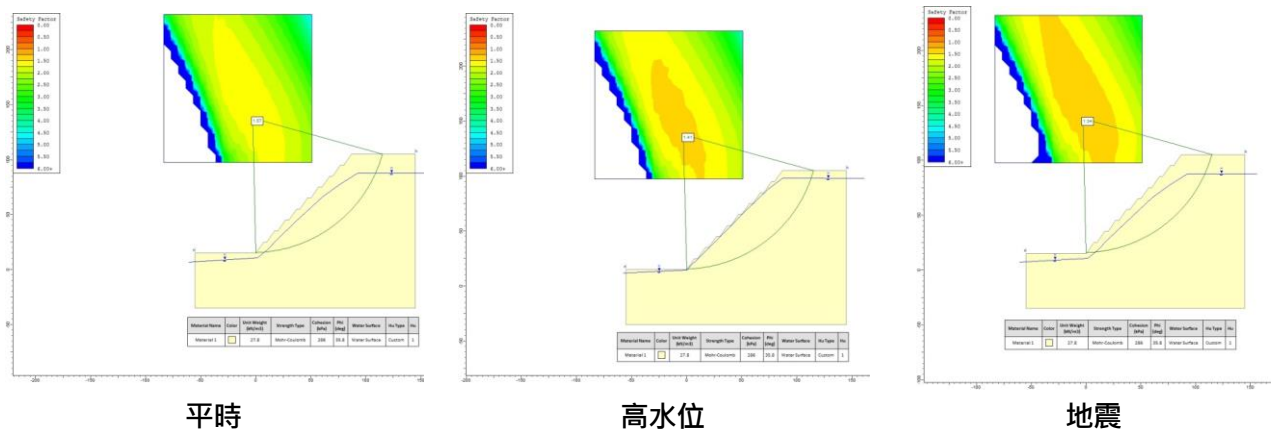


圖 6.2-28 場址開挖邊坡震穩定分析圖

6.3 其它工程規劃

6.3.1 施工計畫

一、圍堤及浚挖

(一) 斜坡式拋石堤施工

斜坡式拋石堤在國內已有豐富之施工經驗，國內廠商亦有配合之施工船機。斜坡式拋石堤通常採陸上端進法施工，先於施工場地儲存一定數量石料，由陸端依堤防設計方位，以傾卸卡車載運堤心石料向前堆拋，水深較深之拋石堤，亦可搭配傾卸船海拋堤心石，以加快端進施工速度。端進施工端一般由挖土機按設計高程及坡面推整，堤心石料堆拋達一定長度(約 100 m)，為避免遭受波浪、海流之影響而流失，應陸續逐層吊排塊石及消波塊等堤腳及坡面保護工，最後俟堤體沉陷穩定或依完工期程要求，再逐段進行上部之壓頂混凝土及胸牆澆置工作，有關拋石堤之施工程序如圖 6.3-1 所示。



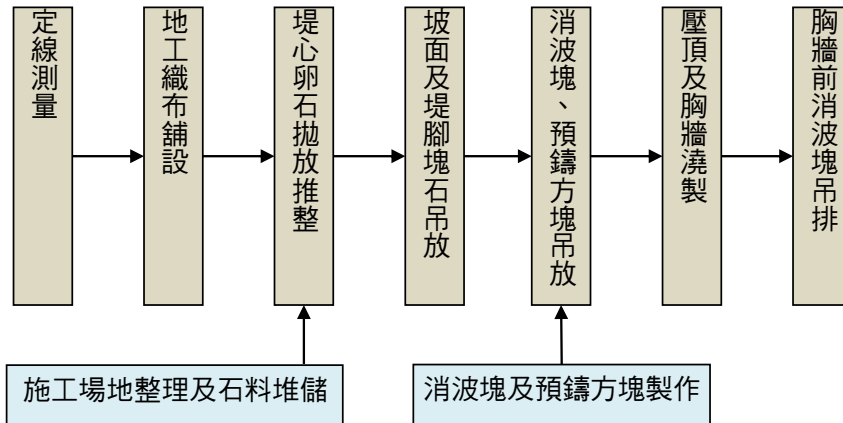


圖 6.3-1 斜坡式拋石堤施工程序

(二) 合成式沉箱堤施工

合成式沉箱堤在國內已有豐富施工經驗，國內廠商亦有配合之施工船機，其基礎石料拋放採海拋方式，施工初期需於施工場地先備妥材料，完成表層軟弱土層浚挖及土工織布鋪設後，再利用拋石船於施工碼頭裝料運至堤線位置拋放，基礎拋石經整平檢驗後，始進行沉箱安放、沉箱填充及沉箱封頂作業，並吊排塊石及護基方塊(消波塊)保護。其上部之蓋頂混凝土及胸牆，則於全線沉箱施工完成後，再由尾端以反方向往起始端逐步施工，以免混凝土初凝時間影響施工車輛通行，有關合成式沉箱堤之施工程序如圖 6.3-2 所示。

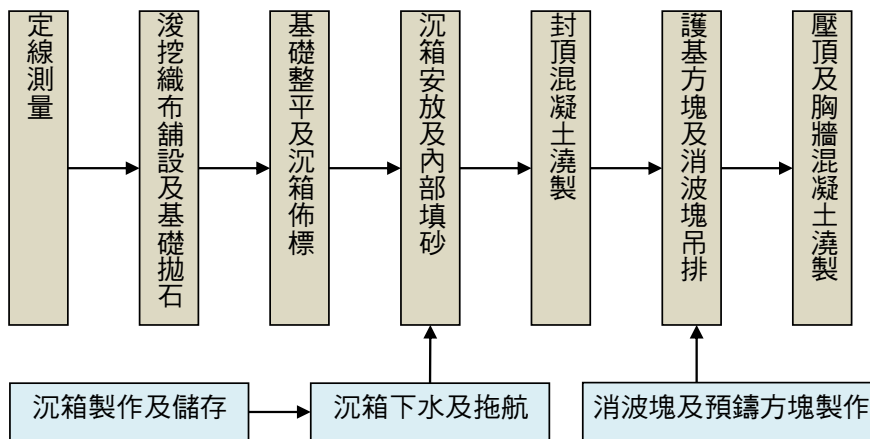


圖 6.3-2 合成式沉箱堤施工程序

(三) 浚挖

本計畫工址為軟弱土層，浚挖工法評估以機械式及水力式挖泥船較適合，初期規劃採機械式挖泥船，利用挖斗(或抓斗)從海床面挖掘土方後提出水面，將土方卸於受泥駁船之泥艙運送至岸上固化改良處理，中後期規劃採水力式絞刀式吸管挖泥船(CSD)或自航耙吸式挖泥船(TSHD)，其中絞刀式吸管挖泥船(CSD)水力抽取土方後，透過抽沙幫浦將土水經由海上浮管或沉埋管，直接輸送至圍堤堤腳噴填，而自航耙吸式挖泥船(TSHD)水力抽取土方後，係先儲存於船舶本身之泥艙中，再航行至圍堤堤腳處卸土，有關浚挖工法流程示意如圖 6.3-3 所示。

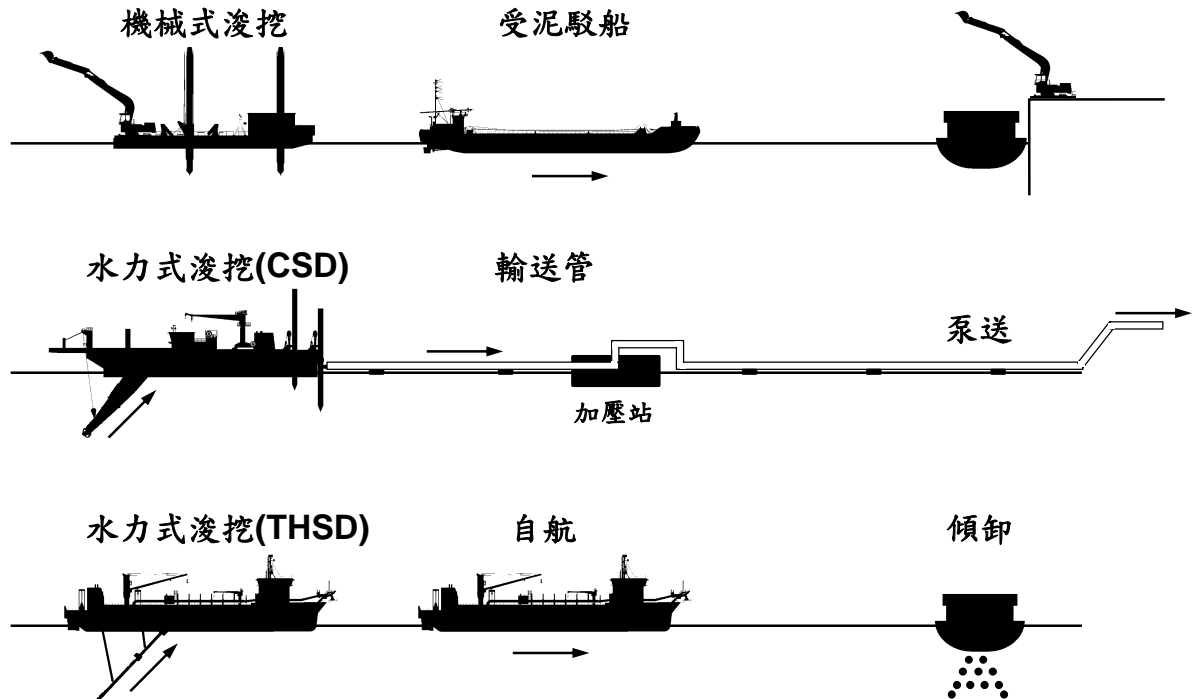


圖 6.3-3 浚挖工法流程示意圖

(四) 施工機具、設備與能量

參考國內相關海事工程之施工經驗，整理以往斜坡式拋石堤及合成式沉箱堤等堤防之主要工項施工能量分析如後，提供施工預定進度規劃之參考。

1. 地工織布水下鋪設

地工織布水下鋪設作業係以吊車將地工織布滾軸裝設於船筏支架上，配合潛水伏於起點將滾軸地工織布一端固定於海床，再移動船筏並配合潛水伏將地工織布平鋪於海床上，依相關經驗每日每工作班次可鋪設 $1,350 \text{ m}^2$ 。

2. 堤心石拋放

斜坡拋石堤之 $5\sim 100 \text{ kg}$ 堤心塊石端進施工，參考相關施作經驗平均每日端進陸拋數量為 $1,350 \text{ m}^3$ ，以每月工作 25 天計，每月可拋放量為 $33,750 \text{ m}^3$ ，每個工作面端進拋放，一年(實際作業 6 個月)約可拋放 20.3 萬 m^3 。坡面保護隨堤心端進拋石施作，約於拋石完成後 1 個月內完成保護。

3. 整平整坡

陸上整平及整坡部分，可利用挖土機及推土機作業，其工率為每日每工作班次 $160\sim 240 \text{ m}^2$ ，水下整平及整坡部分，則以加長型挖土機配合潛水伏作業，其工率為每日每工作班次 $100\sim 120 \text{ m}^2$ 。

4. 塊石吊放

堤腳之塊石(卵石)料拋放，可由吊車以吊網或吊斗進行，其每工作班次每日工作數量約 $250\sim 500 \text{ m}^3$ 。

5. 預鑄混凝土塊(消波塊、混凝土方塊)吊放

各型消波塊或預鑄方塊之施工能量，依其塊體重量分別為 $5\sim 10 \text{ t}$ 塊體約 45 個/日、 $11\sim 20 \text{ t}$ 塊體約 36 個/日、 $21\sim 30 \text{ t}$ 塊體約 28 個/日、 $31\sim 40 \text{ t}$ 塊體約 25 個/日、



41~50 t 塊體約 23 個/日、51~60 t 塊體約 21 個/日、60 t 以上塊體約 20 個/日。

6. 沉箱製作

以浮沉台製作沉箱，每座沉箱約 15~20 日可下水(離開浮沉台)，再移至臨近水線繼續加高至設計高度後，然後拖至沉箱儲存場暫存。

7. 沉箱拖放

每座沉箱從暫存區起浮約需 1~2 日，拖至預定位置下沉、安放及回填約需 2~3 日，惟需有連續之良好海象配合方宜作業，每年每組拖放船機可拖放沉箱 35~40 座。

8. 混凝土現場澆置

預拌混凝土廠一部拌合機每小時產能為 180 m³/hr，以每日 8 小時每月 22 天估計，每月可供應量約 3.2 萬 m³，承包商可採購自鄰近預拌混凝土廠或於工址自行設置拌合機。

9. 浚挖

圍堤基礎小範圍浚挖，建議採挖(抓)斗式挖泥船作業，國內船機浚挖能量可達 3.6 萬 m³/月以上；跑道基礎大範圍浚挖，建議採絞刀式吸管挖泥船(CSD)或自航耙吸式挖泥船(TSHD)，國內船機 CSD(總馬力 5,000 hp)之浚挖能量可達 20 萬 m³/月以上、TSHD(泥艙 7,000m³)之浚挖能量可達 50 萬 m³/月以上。

二、填海造陸與邊坡開挖

(一) 填海造陸

填海造陸使用材料主要來自本計畫之邊坡開挖料，為減少填築材料部份粒徑過大，造成容易產生不均勻沉陷，建議最大粒徑應小於 30cm，黏土成分應小於 15%之開挖料。海中填築方式俟填築區圍堤完成及海床下方淤泥清除後，由內陸往外海推進，藉由搬運設備將開挖料運送至填築區拋放填築，至達海面以上之填方，則以滾壓方式填築，至預定填築面高程。

(二) 邊坡開挖

依據該場址之岩性大致為堅硬之花崗岩，不利於一般機械開挖，初步建議採爆破開挖方式，因此炸藥之申請取得、管理、鑽孔之布置、炸藥埋設與安全性，應依照爆炸管理規則及法令之規定辦理，於後續施工時必須有完整計畫。由設計的邊坡台階自上而下分層爆破開挖，於下方以挖土機將碎裂岩塊集渣及清除，並將過大岩塊碎解，配合搬運設備運送至填築區進行填築。

6.3.2 施工運輸道路規劃

本計畫施工期間人員、機具及材料等運輸，採海運部分，可利用北竿南側之白沙港作為進出港口，路運則以北竿機場既有聯外道路(北竿大道、環島北路及環道東路)銜接進出北竿機場施工範圍。施工期間配合風山開挖及土石方運輸，則需利用部分既有滑行道及跑道作為運輸道路；風山周邊施工區域，則另需配合設置臨時施工便道，以利土石方運輸銜接。

6.3.3 營運及交通維持計畫

本計畫機場跑道改善期間，將碰到預期性的機場關場問題，北竿機場 2A 改善方案，主要改善方式為延伸南側 03 端跑道並拓寬既有跑道兩側，滑行道除既有 TWY A 可做局部改善外，其餘既有 TWY W 及 TWY B 因配合新航站及停機坪設置而無法留用，未來將需按新規劃之滑行道配置施工。由於 03 端跑道延長須利用風山土石方填海造陸，施工期間亦需利用既有跑滑道運輸土方，受限於施工過程機具設備難以避免入侵障礙物限制面，因此，初步評估北竿機場改善施工期間需關閉北竿機場，進出北竿須由海運或利用南竿機場配合船運接駁方式替代，另外，原本往返「台北－北竿」航班，建議視需求調整增加於南竿機場航機班次。

屆時機場關場期間仍需透過航班調整、船運及接駁等方式做為替代之交通方式，相關替代機制亦需透過連江縣政府、航空公司及船公司等相關單位，一起協調解決南北竿間之接駁船班、開航時刻及開場機場之航警安檢人力等相關配套措施。

目前在空運部分，立榮航空每日有固定航班往返松山南竿及松山北竿；臺中南竿航線亦有固定班次；在海運部分，以臺馬之星為往來基隆港、東引、南竿福澳港三地之主要海上交通工具，新華航業公司每日亦有其他固定船班往返馬祖、南竿、東引三地之間。南北竿之船運，有兩家航運業者經營，每日固定班次往返南竿福澳碼頭與北竿白沙碼頭，航程約 20 分鐘，台馬及南北竿交通示意分別如圖 6.3-4 及圖 6.3-5。

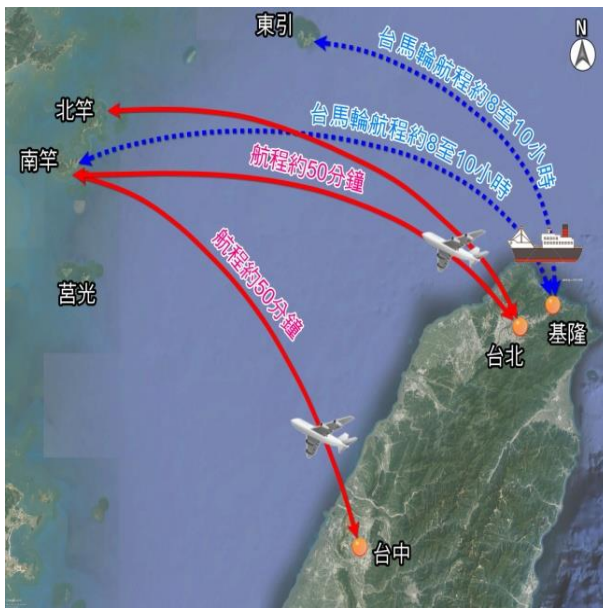


圖 6.3-4 台馬交通運輸示意圖



圖 6.3-5 南北竿船運交通示意圖

6.3.4 緊急應變計畫

緊急應變計畫屬於協調性質計畫，期使各單位在工程執行過程中，能瞭解可能發生之狀況、應扮演之角色及職責，並熟悉其他相關單位之職責及通聯方式。本計畫在工程執行階段，屬於大型複合式工程案，主要工程內容包括有海事作業、整地土石方挖填作業、跑滑道整建作業、航站及周邊設施新建等作業，未來各種不同屬性之工程，應在施工前依其工程性質及設計內容，訂定適切之緊急應變計畫，並含緊急事件通報處理流程、緊急應變編組及任務分

工建立等相關事宜，其共通性原則至少需包含遭遇緊急事件發生時之指揮、通聯、協調等項目，以及緊急事件之搶救、警戒、救護等處理各項災害應變措施或程序，期以防止、排除或減輕施工作業中發生緊急事件對工程、人體、生態、環境或財產之影響。有關共通性之緊急應變處理流程，示意如圖 6.3-6。

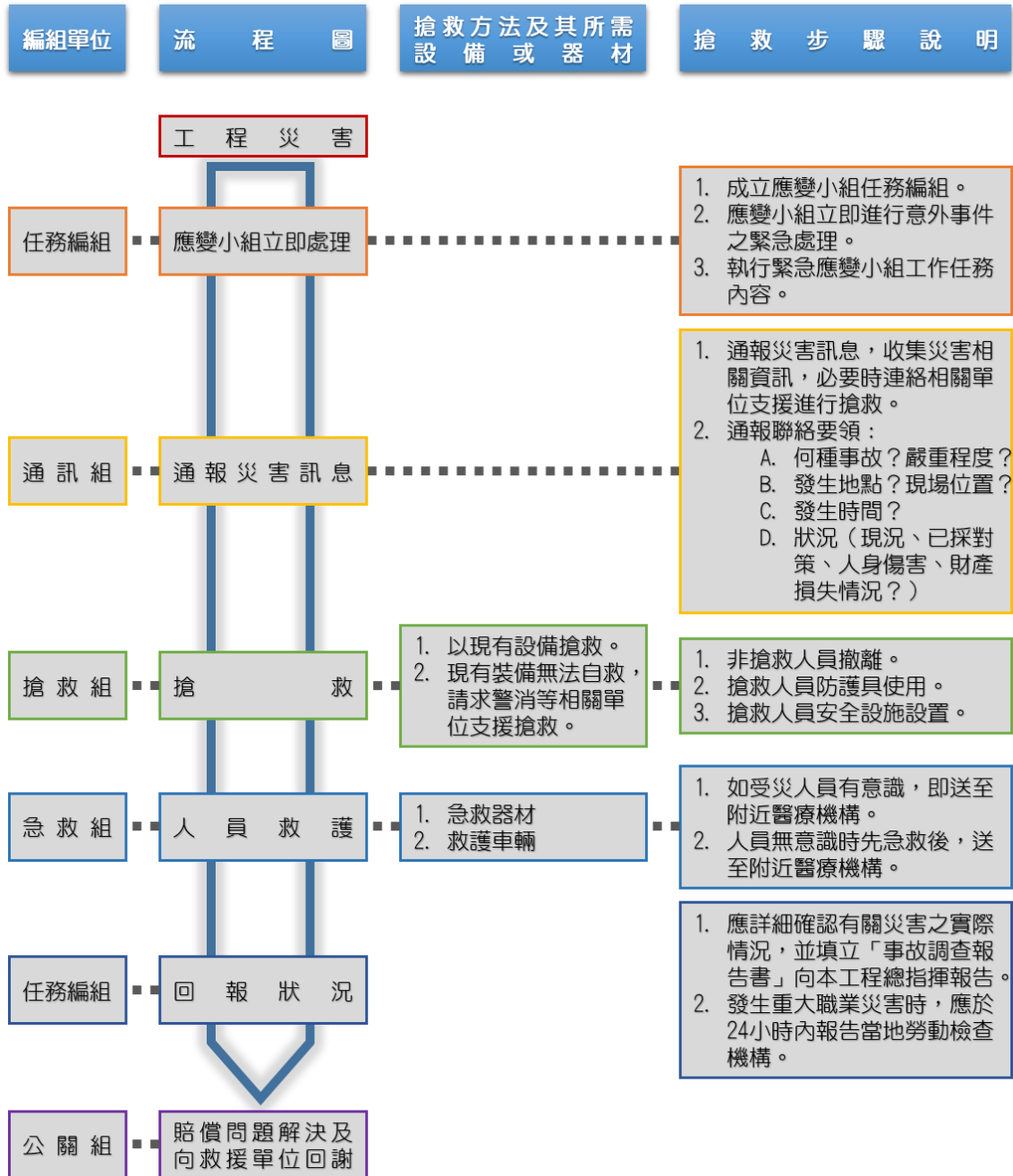


圖 6.3-6 共通性之緊急應變處理流程

另本計畫範圍位處連江縣北竿鄉，其緊急應變計畫內容，除需依工程性質研擬擬訂外，有關天然災害如火災、地震、颱風及水災等，仍有可能影響工程之執行，亦應納入，其相關防救災仍有需地方政府相關單位協助之處，故本計畫於綜合規劃階段，先行摘要彙整連江縣災害應變中心編組任務表及相關單位緊急聯絡電話，詳如表 6.3.1 及表 6.3.2，以提供作為後續工程執行階段擬定緊急應變計畫之參考，期以減緩意外狀況產生之影響，將災損控制到最低。

表 6.3.1 連江縣政府災害應變中心編組表

編組名稱	組成單位	主要任務
消防組	消防局	1. 執行傳達災害預報、警報消息、災情預估、災情蒐集及通報有關事項。 2. 負責災害現場人命搶救、救生、到院前緊急救護及重大傷亡查報有關事宜。
警察組	警察局	1. 負責災區屍體處理、現場警戒、治安維護、交通管制、秩序維持等相關事項。 2. 車、船、航空器等重大交通事故現場協助搶救處理之相關事宜。 3. 重大爆裂物爆炸事故現場搶救處理之相關事項。 4. 負責警戒管制區之劃定與公告區域及其周邊人車管制、強制疏散事項。
工務組	工務局	1. 工程災害搶險與搶修協調、聯繫及復原執行事宜。 2. 建築物結構安全檢查鑑定事項。 3. 辦理道路、橋樑、堤防設施搶修、災情查報傳遞統計事宜。
衛生組	衛生局	災區救護站之規劃、設立、運作與藥品衛材調度事項。
維護組	臺電馬祖區營業處 中華電信 連江縣自來水廠	1. 負責電力、電信及自來水之供應、災害緊急搶修與災後復舊等事宜。 2. 災區架設緊急通訊設備、器材設施事宜。
總務組	秘書室	1. 辦理災害期間救災物資採購、儲備、緊急供應及相關後勤支援事宜。 2. 負責作業人員與災區救災人員飲食給養及寢具等供應事項。

註：本表摘自連江縣政府災害應變中心編組資料彙整。

表 6.3.2 緊急聯絡單位電話表

	單位	地址	電話
消 防	連江縣消防局	連江縣南竿鄉清水村 84-1 號	(0836)23799
	北竿消防分隊	連江縣北竿鄉塘岐 274-2 號	(0836)56660
警 察	連江縣警察局	連江縣南竿鄉介壽村 260 號	(0836)25859
	北竿警察所	連江縣北竿鄉塘岐村 259 號	(0836)55234
衛 生	連江縣立醫院	連江縣南竿鄉復興村 164 號	(0836)25114
	北竿鄉衛生所	連江縣北竿鄉塘岐村 25 號	(0836)55592
電 力	馬祖區營業處服務中心	連江縣南竿鄉介壽村 259 號	(0836)22562 (0836)25821
	北竿鄉服務所	連江縣北竿鄉塘岐村 22 號	(0836)55327 (0836)55212
電 信	北竿鄉服務中心	連江縣北竿鄉塘岐村 260 號	123 或 0800-080123
自來水	北竿營運所	連江縣北竿鄉坂里村 7 號	(0836)55282

6.4 環境影響評估

北竿機場改善方案因跑道延伸需進行填海造地，依據「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」第四十二條第四項規定，開發行為屬《於海域築堤排水填土造成陸地》者應實施環境影響評估。因初步評估期末規劃方案辦理環境影響評估作業所需費用，將欲本技術服務案預估擴充金額，機關擬將另案辦理環境影響評估作業，後續將視另案之評估結果納入修正本報告內容，本節將檢視「環境影響評估法施行細則」附表二規定，評估本開發行為是否屬表定應進行第二階段環境影響評估之開發。

經評估本開發內容為北竿機場跑道延伸，延伸跑道將與既有之跑道連結，故認為屬既有機場跑道擴建，而非屬「環境影響評估法施行細則」附表二應進行第二階段環境影響評估之開發行為「六、機場跑道新建工程」；此外北竿機場改善方案亦非屬附表二「十六、海域築堤排水填土造成陸地面積達五十公頃以上者，或減少自然海岸長度一公里以上」，因此初步評估本開發內容之行為未涉及表定應進行二階段環境影響評估如表 6.4-1。建議未來它案可依照「環境影響評估法」及「開發行為環境影響評估作業準則」等相關規定，辦理第一階段環境影響評估作業，工作執行流程如圖 6.4-2。

表 6.4-1 北竿機場改善方案環境影響評估探討

項目	填海面積(m ²)	挖山體積(m ³)	影響海岸線長度(m)	是否屬表定應進行第二階段環境影響評估之開發
北竿機場改善方案	86,840	4,096,023	867	否

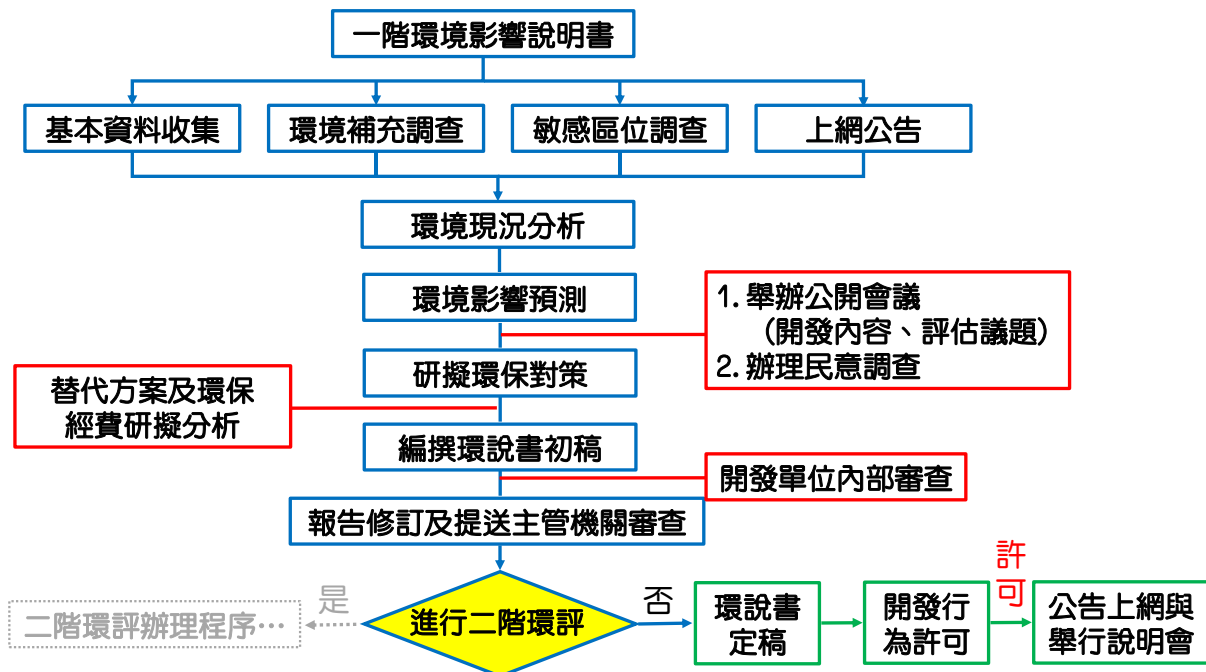


圖 6.4-1 環境影響評估工作執行流程

為確保開發行為之適宜性，後續辦理環境影響評估(簡稱環評)作業時，應依照行政院環境保護署(環保署) 106.12.8 公告之「開發行為環境影響評估作業準則」附件二「環境敏感地區調

查表」規定，查明開發行為基地是否位於環境敏感區位及特定目的區位限制，以利確認開發區位之環境適宜性，以及開發行為環境影響之判定。

經比對相關主管機關之公告資料，初步判定本計畫區所在地區非屬第一級環境敏感區所列重要項目區域(比對項目詳列於表 6.4-2)，計畫區位較不具特殊的環境敏感性。

表 6.4-2 第一級環境敏感地區調查表

第一級環境敏感地區項目	相關法令及劃設依據	查詢結果
特定水土保持區	水土保持法	非位於此項目區域
國家公園區內之特別景觀區、生態保護區	國家公園法	非位於此項目區域
自然保留區	文化資產保存法	非位於此項目區域
野生動物保護區	野生動物保育法	非位於此項目區域
野生動物重要棲息環境	野生動物保育法	非位於此項目區域
自然保護區	自然保護區設置管理辦法(森林法)	非位於此項目區域
一級海岸保護區	海岸管理法、行政院核定之「臺灣沿海地區自然環境保護計畫」	非位於此項目區域
國際級重要濕地、國家級重要濕地之核心保育區及生態復育區	濕地保育法	非位於此項目區域
重要聚落建築群	文化資產保存法	非位於此項目區域

6.5 用地及都市計畫

北竿機場位於連江縣(北竿地區)風景特定區計畫範圍之東北側，使用分區屬航空站用地。機場南北面均臨非都市土地海域區，東側為近岸遊憩區，西側則以保護區為主，其它尚有垃圾處理場用地、住宅區及海域區等。經檢討，北竿機場改善方案涉及海岸管理、非都市土地海域用地容許使用或填海造地等開發行為，茲就所涉開發行為應依相關法令辦理用地取得及變更之情形說明如下。

改善方案設施用地範圍涉及都市計畫變更區位如圖 6.5-1 所示。機場設施新增用地範圍部分位於都市計畫範圍內，部分位於都市計畫範圍外之南端及北端海域。相關程序分述如下：

一、海岸地區利用管理

基於「海岸管理法」已於 104 年 2 月 4 日公布施行，爾後海岸地區之開發利用管理均應依該法及其子法規定辦理。經查本方案機場設施用地北側新增用地位屬內政部 104 年 8 月 4 日公告全國海岸地區範圍之濱海陸地與近岸海域，後續應由民航局提送「海岸利用管理說明書」，經連江縣政府依「一級海岸保護區以外特定區位申請許可案件審查規則」規定進行初審，並依「一級海岸保護區以外特定區位利用管理辦法」第 10 條辦理公開展覽及公聽會後，填具查核表，併同報請內政部審議。



二、非都市海域用地容許使用

由於本方案北側新增土地超出現有都市計畫範圍，其土地使用分區及使用地類別屬非都市土地海域區之海域用地，後續土地使用應受「非都市土地使用管制規則」之管制。而按前述管制規則附表一之一「海域用地容許使用項目及區位許可使用細目表」規定，海域用地之容許使用項目(五)「工程相關使用」之許可使用細目部分項目(如海堤區域範圍、其它工程範圍)與本計畫性質較為接近，但需經中央主管機關相關區位許可及目的事業主管機關許可使用。

(一)倘本案工程符合海域用地容許使用

倘本案工程性質符合管制規則規定之海域用地容許使用項目及使用細目，俟海岸利用管理說明書經內政部審決完畢，經內政部區位許可及交通部許可使用後即可進行施工。

(二)倘本案工程未符合海域用地容許使用

上述海岸利用管理說明書經內政部審查完畢後，如新增設施用地已超出都市計畫範圍，且不符海域用地容許使用，則需循「區域計畫法」、「非都市土地使用管制規則」及「非都市土地開發審議作業規範」第 11 編填海造地專編等規定，由民航局製作開發計畫書圖及檢具有關文件，報請連江縣政府初審後轉送內政部審查核定。

此外，本計畫位於全國區域計畫劃設之第二級環境敏感地區—海域區，需循「非都市土地開發審議作業規範」第 9-2 條規定，就海域區提出具體防範及補救措施等進行說明，徵詢內政部意見。

三、填海造地

如本方案經相關主管機關認定未符既有海域用地容許使用項目，則應辦理海埔地開發，並辦理非都市土地變更編定。依「全國區域計畫」及「非都市土地開發審議作業規範」第 11 編填海造地專編之規定，填海造地開發之申請以行政院專案核准之計畫或經交通部核准興辦之公共設施或公用事業為限，又因本計畫涉及海岸地區，應於海岸利用管理說明書之許可期限內，提送申請書、海埔地開發計畫書圖及造地施工計畫，報請連江縣政府初審後轉送內政部審查核定，並於工程完竣後辦理土地登記、土地使用分區及使用地變更編定，以申請建築執照進行後續建築使用。其中開發計畫及造地施工計畫原則可一併提送，亦可先檢具開發計畫送審，再於區域計畫委員會指定期限內檢具造地施工計畫申請許可。

四、都市計畫區內用地變更

涉及都市計畫區內用地部分，包括都市計畫保護區、垃圾處理場用地、道路用地、近岸遊憩區，民航局應於海岸利用管理說明書經內政部審查完畢後，於許可開發期限內，檢具都市計畫變更書圖，申請變更上述該等用地為航空站用地，其中涉及垃圾處理場用地(北竿風山垃圾場)部分，則應先行協調連江縣環保局依「廢棄物清理法」規定提送廢棄物清理計畫書經環保署審查通過後，併同前述都市計畫變更書圖辦理。

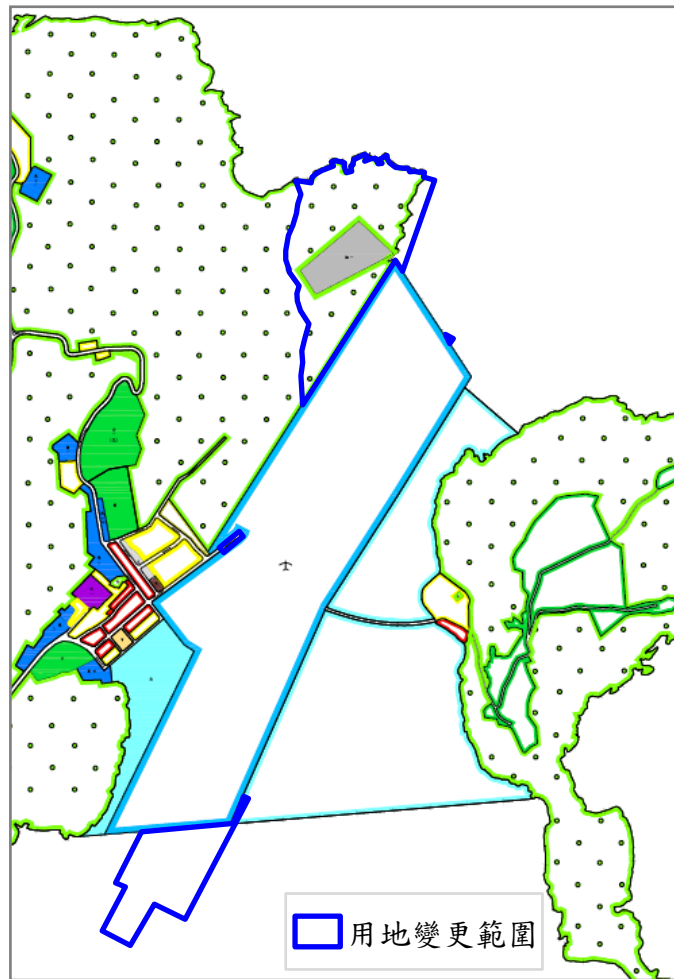


圖 6.5-1 都市計畫用地變更範圍

綜上所述，本計畫全案將俟行政院核准建設計畫後，並於海岸利用管理說明書經內政部核定、變更都市計畫、開發計畫及造地施工計畫與環境影響評估書件經內政部與環境保護署審查通過後，由內政部予以核發海埔地開發及造地施工許可，並交由連江縣政府辦理公告作業，於工程完竣後辦理海埔地土地登記、土地使用分區及使用地編定。綜整北竿機場辦理用地取得涉及之開發行為及應配合辦理之法令程序詳如圖 6.5-2。

然考量國土計畫法已公布施行，未來中央及地方主管機關將陸續發布全國國土及縣市國土計畫，按該法規定，各國土功能分區依其屬性分為國土保育地區、海洋資源地區、農業發展地區及城鄉發展地區等四大區域，爾後全國土地使用均應依循前述國土功能屬性，於所屬分區內依相關規定利用。鑒於北竿全區土地現況均屬都市計畫範圍，未來可能區劃為都市化程度較高之城鄉發展地區，並可供城鄉發展活動使用，故本計畫設施用地位屬既有都市計畫範圍部分，未來於變更使用程序上應無疑慮；惟本案新增設施用地若涉及填海造地，依據國土計畫法之規定，填海造地案件於國土及縣市計畫發布後，將僅限於城鄉發展地區內申請，考量所涉填海區域未來若劃屬海洋資源地區，開發利用恐受到限制，爰俟本計畫改善方案定案，確認填海造地範圍後，應可協調主管機關於劃設國土功能分區時，彈性將計畫所涉填海造地區域，納入機場發展腹地範圍，併入城鄉發展地區。

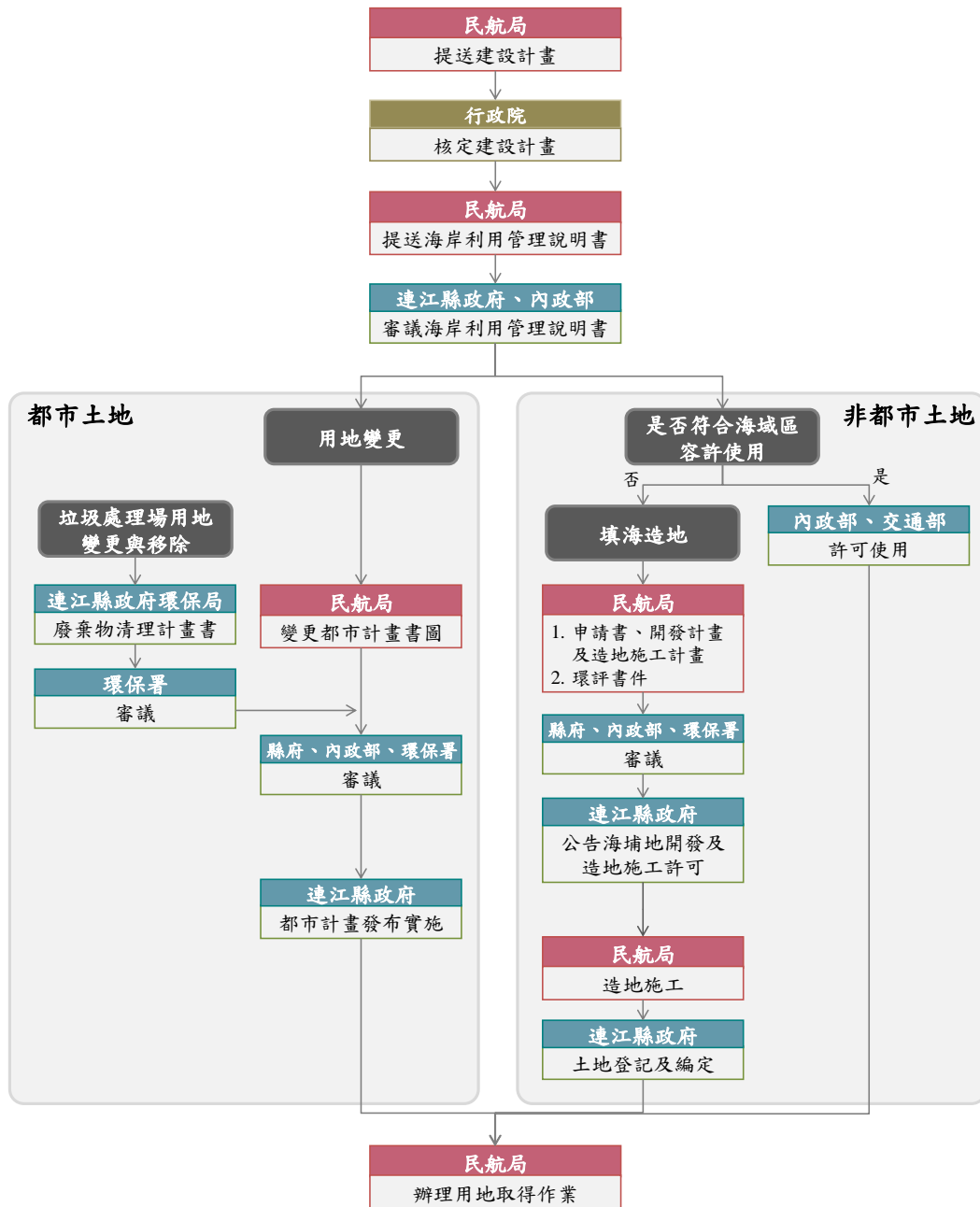


圖 6.5-2 計畫執行用地取得涉及流程圖

經初步評估本計畫用地取得範圍涉及塘岐段、橋仔段及填海造地土地，合計約 32 公頃，其中 8 公頃屬公有地（軍方管理土地計約 0.78 公頃）、私有地約 1 公頃、未登錄地約 22 公頃，相關土地權屬分析如表 6.5-1 及圖 6.5-3~圖 6.5-5。

於用地取得費部分，未登錄地將先登錄為公有土地，公有地將依土地法第 26 條及國有財產法第 38 條規定，申請撥用；且依「各級政府機關互相撥用公有不動產之有償與無償劃分原則」，民航作業基金屬特種基金，與其它機關間互相撥用之不動產以有償撥用為原則，土地取償以公告土地現值乘以面積計算。而私有地則得依土地徵收條例第 3 條規定辦理徵收，並以徵收當期之土地市價先與土地所有權人協議價購，協議價購不成再辦理徵收。用地取得費初估約 4 億 2 千萬元（軍方管理土地計約 950 萬）。

表 6.5-1 土地權屬分析表

項目	橋仔段 (平方公尺)	塘岐段 (平方公尺)	填海造地 (平方公尺)	合計 (平方公尺)	備註
公有地	60,953.15	22,384.01	-	83,337.16 (26%)	涉及軍方管理土地為塘岐段部分 914-8、914-9 及 952 地號，橋仔段 500 地號，面積合計約 0.78 公頃(詳圖 6.5-4 及圖 6.5-5)
私有地	1,621.10	9,549.46	-	11,170.56 (4%)	
未登錄地	7,566.78	74,427.84	138,879.21	220,873.83 (70%)	
合計 (平方公尺)	70,141.03 (22%)	106,361.31 (34%)	138,879.21 (44%)	315,381.55 (100%)	

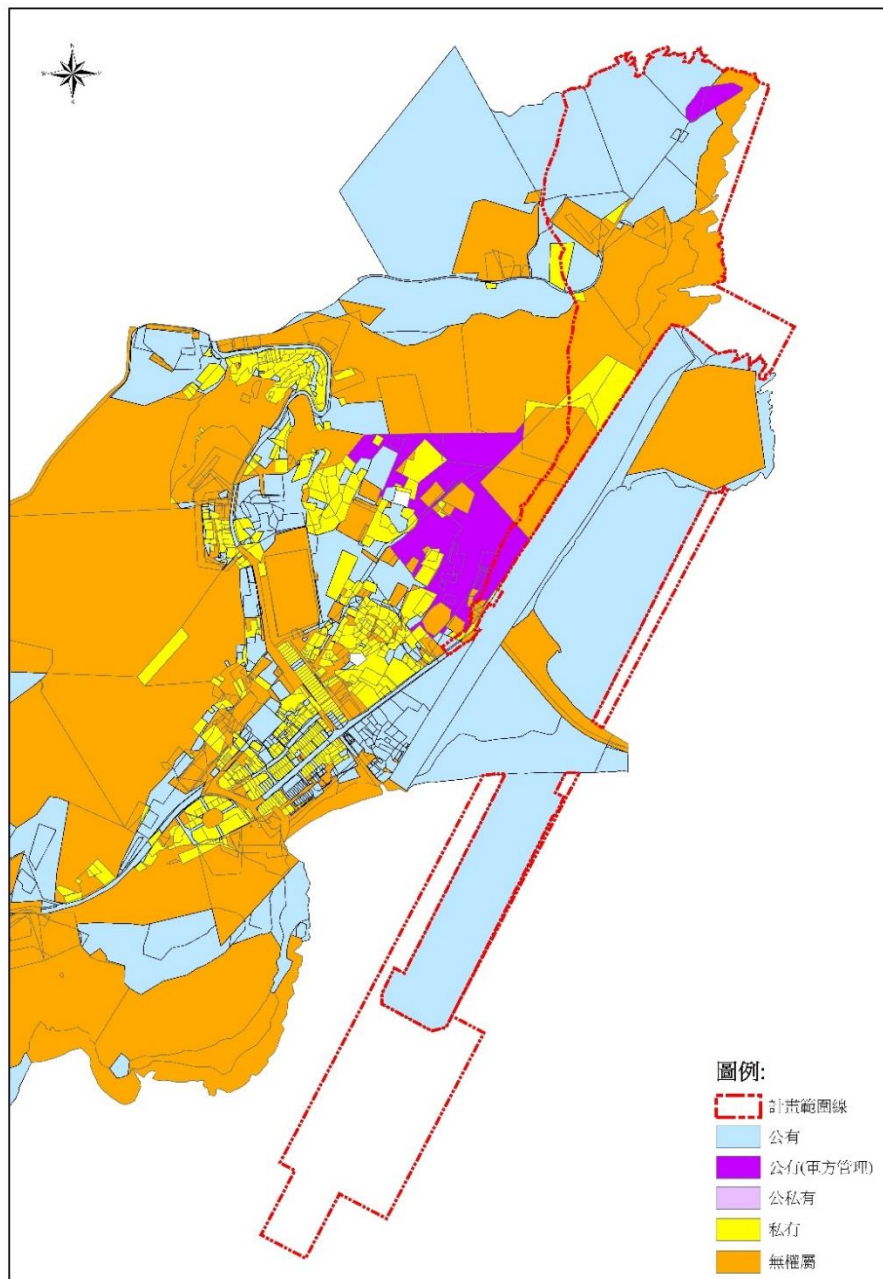


圖 6.5-3 用地權屬分析

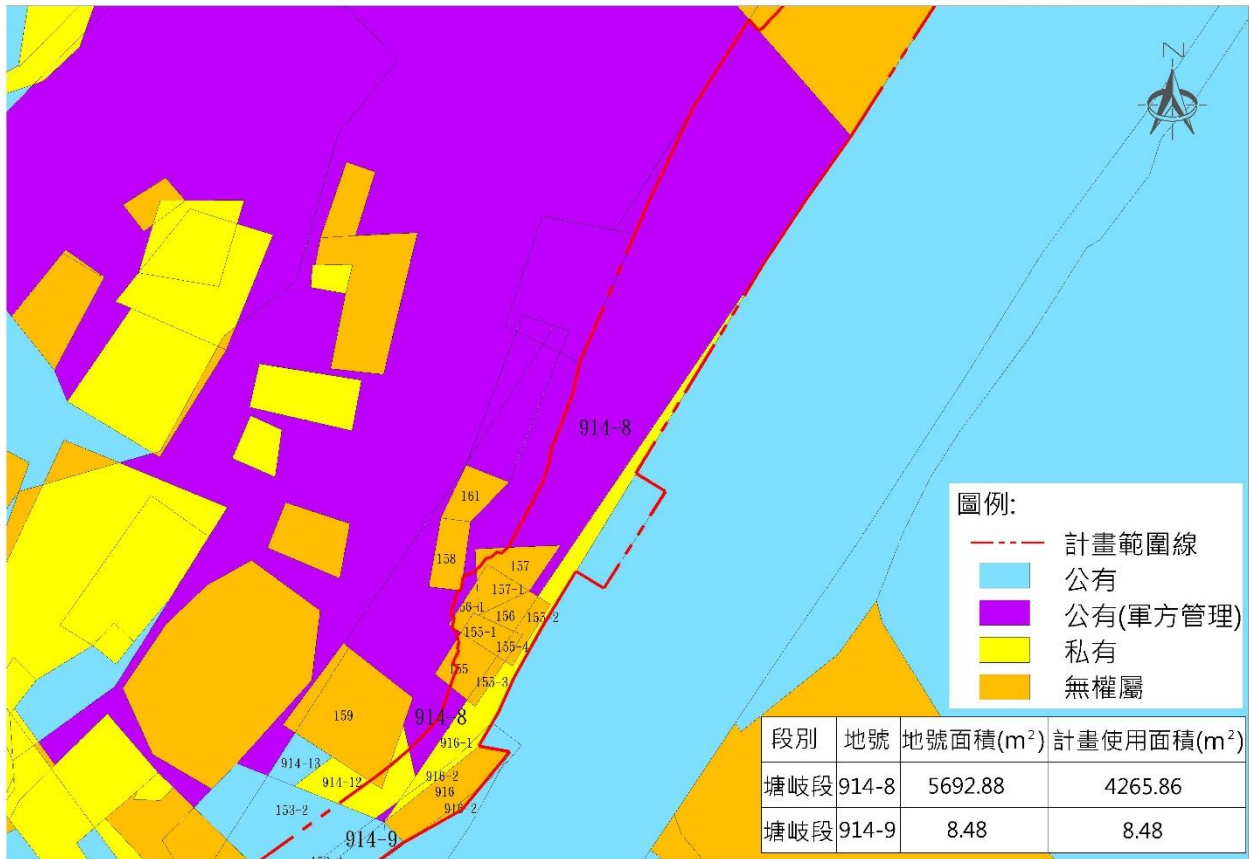


圖 6.5-4 用地權屬分析(軍方管理土地部份-1)

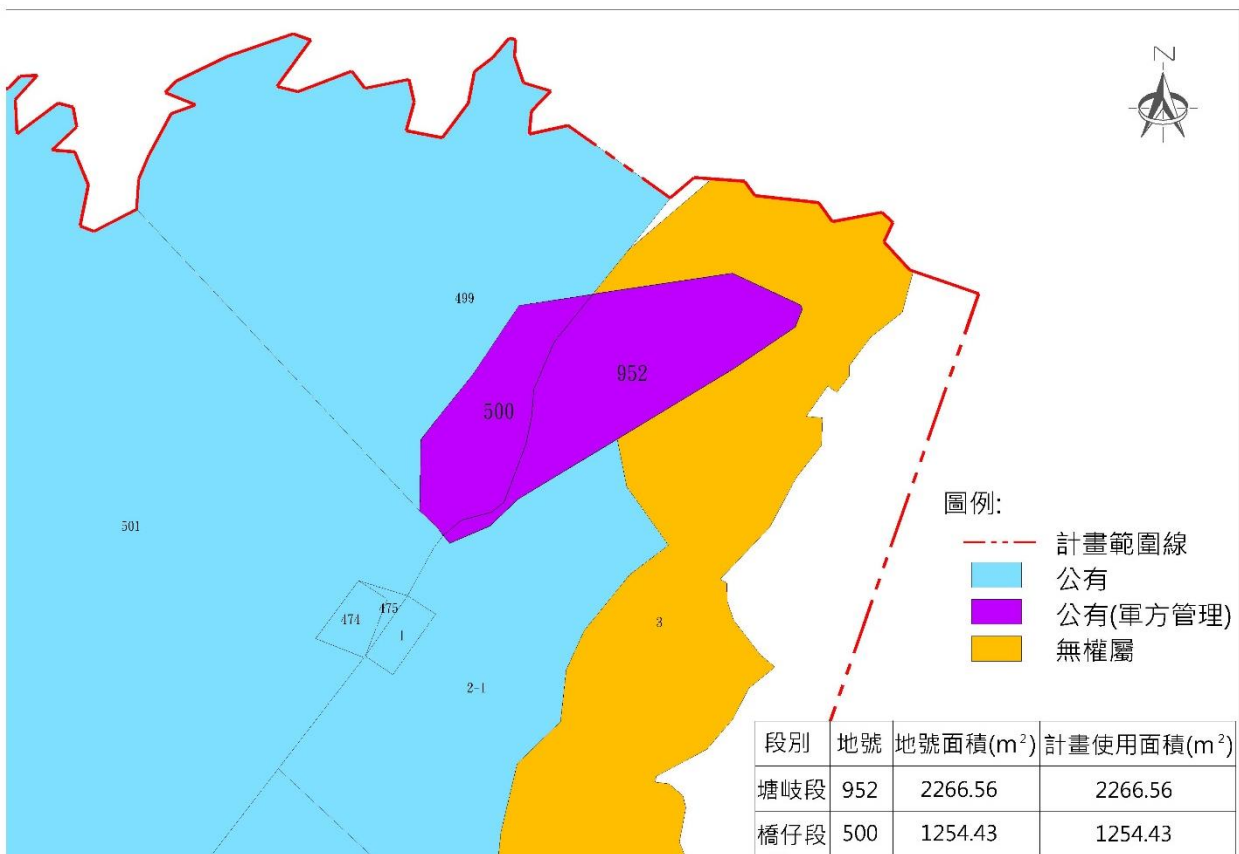


圖 6.5-5 用地權屬分析(軍方管理土地部份-2)

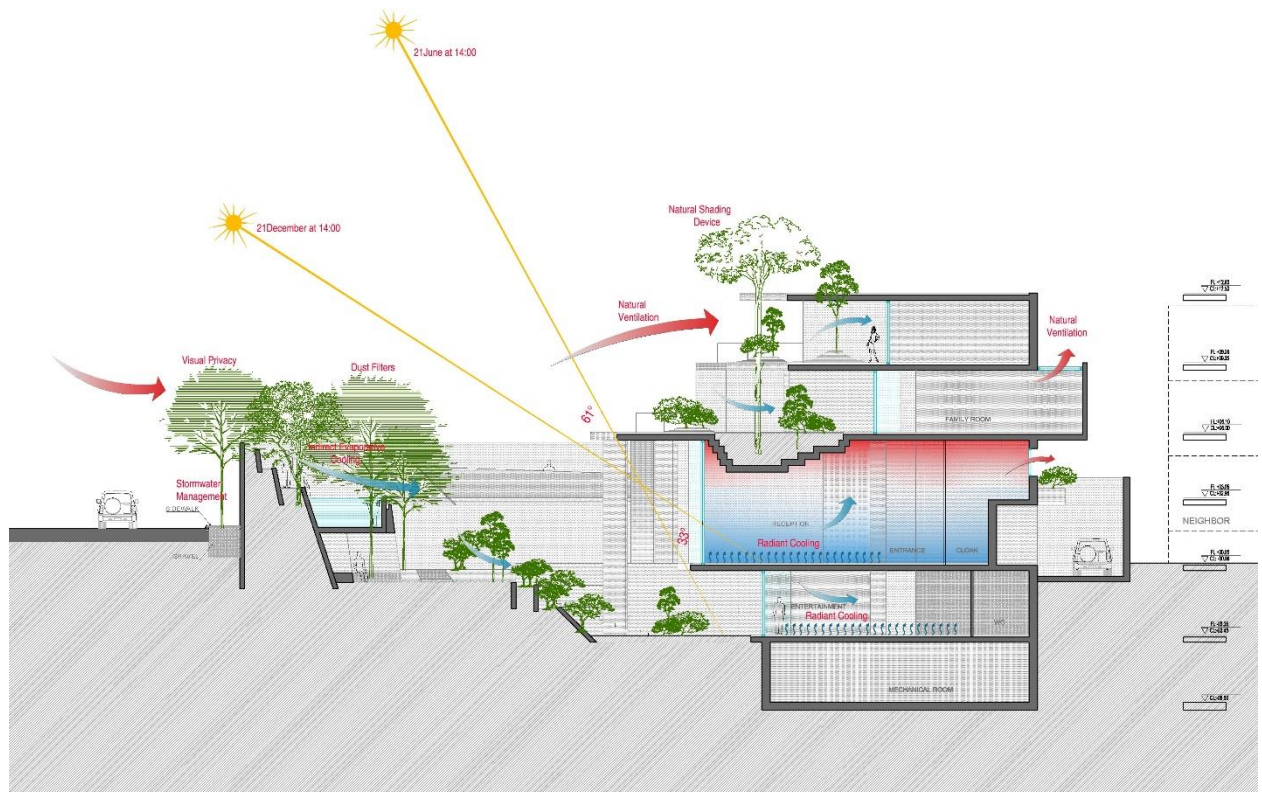
6.6 綠建築及節能減碳規劃

一、綠建築

(一) 生物氣候設計

生物氣候建築係指將建築物的地理位置以及當地氣候條件納入考量之建築設計，以達到天然資源最佳用途，滿足每日的能源需求，考量因子如圖 6.6-1 及如下：

- 建築方位：根據太陽運行軌道、風向等選擇適當的位址。
- 日照時間：天然光線並且均勻地散佈在室內空間
- 向陽與背陽：冬天透過太陽輻射能取得暖氣，夏天則避免過熱。
- 自然通風：利用天然的循環氣流讓室內空氣順利移動並達到降溫效果。



資料來源：Asia Green Buildings

圖 6.6-1 生物氣候設計策略

建築構思與設計往往是實現綠建築最重要的一環。考量位居亞熱帶海洋氣候的馬祖冬天又冷又濕（平均低溫 10 °C）而夏天暖和（平均高溫 29 °C），可能建築物終年有暖氣與冷氣的需求。

1. 減少暖氣需求

減少暖氣需求的主要目的在於將傳遞和滲透過程中喪失的熱降至最低以及改善日照效益和天然採光。可以透過下列設計技巧被動實現：

- 最佳化空間緊湊度
透過設計緊湊的空間配置將需要暖器的內部容積降至最低，並限制可能出現熱損的表面區域。
- 有效率的包覆隔絕



預防空氣、冷空氣與熱氣透過建築牆面、地板以及屋頂跑到戶外環境，做好適當隔絕，進而將暖氣需求降至最低。

- 管理熱橋效應

預防、找出並修正出現高熱傳導性的區域，即熱傳遞抗性最小的路徑；對於控制濕氣造成的損害也很重要。

- 提升氣密度

限制冷空氣滲透，並消除可能因建造階段設計不當、使用材質不佳而使建築發生裂痕或縫隙等不理想的包覆處。

- 最佳化窗戶大小及方位

在最大化日照效益及避免天然光直射之間找尋最佳平衡，並盡可能減少傳送時之熱量喪失。

- 有效率的塗釉玻璃

選擇熱、照度傳遞適當的塗釉窗戶（單層塗釉、雙層塗釉等），以提供室內空間的最佳日照效益。

2. 減少冷氣需求

相反地，也可透過必要時減少日照以及管理內部能源負載等方式減少冷氣需求，以提供室內人員舒適的溫度並節約能源。

- 防曬與遮蔭

分析太陽運行軌道並設計面向、陰涼處和門窗座落位置，以限制夏季日照時間。

- 管理建築系統產生的熱氣負載

建築負載包括照明、電梯、伺服器、行李處理系統等，均可透過智慧建築資訊系統進行管理，如此才能消耗最少量的能源。

- 增加熱慣性

利用適當的建材以在熱隔絕與熱慣性之間取得平衡，以減少外來的熱氣。

- 善用自然通風

採用自然風的流動和交叉通風等方式讓空氣流動並改善室內空氣品質，同時維持舒適的溫度（氣溫、濕氣等）。

- 最佳化窗戶大小及方位

降低夏季日照時間，同時提供自然光時無直射光線；大小正確以利自然通風。

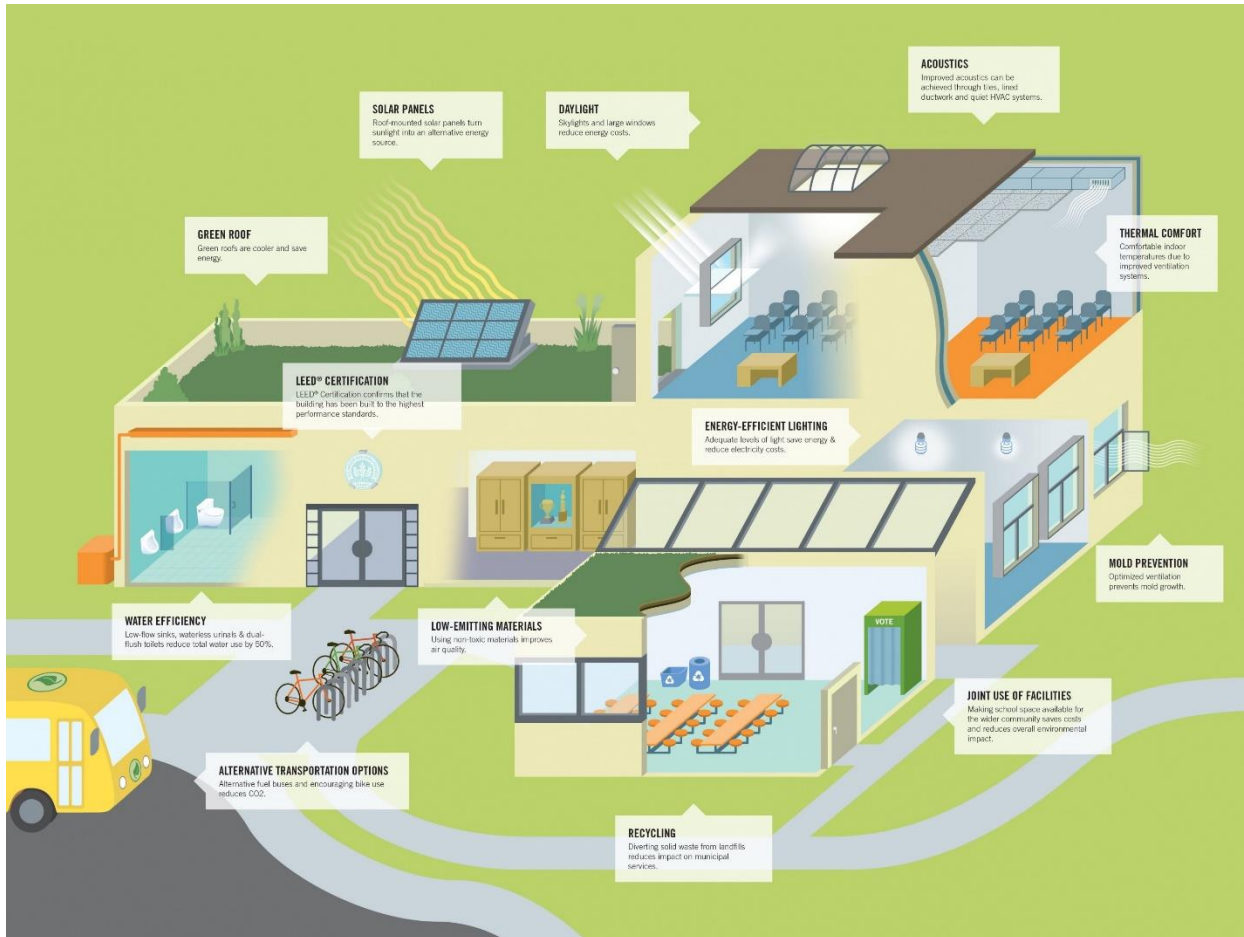
必須注意的一個重點是，暖氣與冷氣要求及其相關系統設計均應協同運作，不得影響彼此的效率。應評估最佳作法和個案研究，以找到此被動系統的正確平衡。常見會執行動態建築熱氣模擬，以分析這些層面及其對於最佳建築構思設計造成的衝擊。

(二) 其它綠建築原理

綠建築也會考量其它永續政策，以期實現整體平衡的環境管理策略如圖 6.6-2 並條列如下：

- 生物氣候設計與善用天然資源：能源、水、空氣與風等。
- 就地實行低碳技術和可更新能源：太陽光電、生質能、風力等。
- 妥善管理廢棄物：減量、重複使用以及回收。
- 用水效率：雨水採集與重複使用、廢水管理等。

- 善用生物來源、永續無毒建材。
- 造景與綠屋頂。
- 確保室內人員健康舒適：高標準的室內空氣品質和舒適溫度。
- 具韌性並且能夠適應氣候：未來設計構思。
- 強化社區營造，讓設計連結當地文化與傳統。
- 完成建築物環境、經濟和社會衝擊的生命週期分析。



資料來源：Bureau Veritas

圖 6.6-2 綠建築原理示意圖

(三) 認證

諸如 LEED 或 BREEAM 等國際標準只是全球公認的建築認證的一部分，提供評估某棟建築環保效能所需的基準與評估方式。這些可套用於新的、既有的以及整修過的結構。

二、節能減碳

碳管理與減碳計畫提供減少機場建築或現場源自化石燃料的能源產生的二氧化碳排放量所需的策略。包括限制機場車輛汽/柴油、緊急發電機的重油/柴油、鍋爐的氣體使用量以及傳統電力的使用等，並將低碳能源、可更新能源以及節約能源的效率最大化，如圖 6.6-3 所示。



資料來源：Navitas

圖 6.6-3 邁向淨零排放之關鍵步驟

(一)能源有效利用

能源有效利用是降低能源消耗、實現減碳及節省經費的首要步驟。下列是機場常實施的能源效率措施清單：

- 設備與負載：定期維護並將設備升級至更新的技術。
- 建築的隔熱與氣密性：減少傳送過程產生的損失、空氣外漏與通風。
- 採光：將鹵素燈改成 LED 等、照明控制等。
- 智慧科技：自動恆溫控制、使用率感測器、自動照明與百葉窗。
- 機場工作人員與相關人員節能認知與訓練課程。
- 實施具備務實降減目標的能源政策與能源管理計畫。
- 針對記錄資料、監測狀態、追蹤進度以及發現機會與校正措施等定期稽核。
- 生態交通：空側車輛及地勤支援設備使用低碳燃料（生物燃料、電氣、氫等）。

(二)認證

碳足跡地圖是減碳規劃的有效指標。許多自發性且國際公認的認證（如：ISO 14001、ISO 50001 和 ACI 的機場碳評鑑（ACA）都有助於實施能源管理行動計畫、監測績效並追蹤減碳目標達成進度等。機場碳排放通報工具（ACERT）是 ACI 提供的免費工具，讓機場能夠評估並改善其環境足跡和排放績效如圖 6.6-4。

截至今日，全球已有超過 270 個機場通過 ACA 計畫認證，其中 60 個機場已實現碳減量。此外，2019 年 5 月，歐洲 ACI 以及數個機場採用了一項決議，要在 2050 年以前達到零排放的目標。

全球民航產業對碳減量的趨勢正顯著提升中，許多機場已積極投入對抗氣候變遷。



資料來源：ACI – Airport Carbon Accreditation

圖 6.6-4 機場碳評鑑等級與其主要規定

6.7 風險評估

依「職業安全衛生法」規定，工程之設計或施工者，應於設計或施工規劃階段實施風險評估，致力防止工程施工時發生職業災害。並應參照政府法令規定及有關職業安全衛生法令、指引、實務規範或一般社會通念進行工程安全風險評估。

工程安全風險評估係一有系統地辨識、分析和評量計畫風險之過程，整體之風險管理實施程序包括：風險辨識、風險評估、風險處置及風險監控，其管理程序是一個「持續改善」的反覆過程或循環，從規劃設計階段開始，歷經過程中之基地環境、功能需求、方案評選、設計及施工，藉由期間進行之安全風險辨識，並透過風險資訊之登錄及傳遞，期以消除、降低、控制終端施工可能產生的安全風險，並研擬相關配合保護措施。

由於本計畫屬於綜合規劃性質，此階段風險評估著重於「工程規劃方案評選」，以作為後續設計及施工階段實施風險評估的參考。

本期末報告係以期中規劃階段優選之方案 2（移至北方軍事用地方案），以及縣府考量北竿鄉未來整體發展及土地有效運用，同時降低未來機場運作對塘岐村居民之影響之方案 2A（風山新場址方案），進行方案評估作業，兩方案主要差異部分為場站區位位置不同，兩方案內容概要說明如表 6.7-1。



表 6.7-1 綜合規劃方案說明表

方案	位置	方案內容概要說明
方案 2	現有航站北側之軍方用地	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將航廈大樓、停機坪及停車場等設施移至北方軍事用地內，因此部分軍事設施需移設，新規劃航站、停機坪等相關設施對自然地形進行開挖。 2. 新航站大樓將阻礙現有塔台對停機位視野，若增加停機坪閉路電視則可不必移設現有塔台。 3. 既有航站辦公室、宿舍及消防站可保留於現有位置。 4. 既有聯外道路不需調整。
方案 2A	風山東側土石挖方處	<ol style="list-style-type: none"> 1. 考量北竿鄉未來整體發展及土地有效運用，並降低未來機場運作對塘岐村居民之影響，將航站相關設施移至風山土石挖方處。相關規劃設施需對自然地形進行開挖。既有機場及旅客設施則保留在其原有位置。 2. 現有塔臺可以保留在當前位置，惟使用單位後續仍需評估對停機坪的視線是否可接受，及是否安裝閉路電視設備或其他設施。 3. 現有航站辦公室、宿舍及消防站可保留於現有位置。 4. 現有連外道路不需調整。

針對兩方案主要差異之影響項目進行評選，對其周圍環境影響程度面（居民、設施、景觀環境）及工程面（技術、工期、經費、安全、維修）進行加權評分，評分結果如表 6.7-2，其綜合規劃方案評選表內容說明如下：

- (一) 方案型式：依據區域特性及周邊環境調查結果，並納入地方民意進行考量，決定機場航站設置地點。
- (二) 評選項目：就居住環境影響（塘岐村）、軍方設施影響（砲陣地、彈藥庫）、施工技術、工期、經費、施工安全性、環境景觀影響、維護管理...等項目，予以量化評分。
- (三) 評選結果：各項目評分結果經加權計算後，方案 2 評選總分為 3.6，略高於總分為 3.5 的方案 2A，就上述評選項目而言，兩案評選結果差異不大，然為配合連江縣政府之發展考量，故建議可採方案 2A 辦理後續。

表 6.7-2 綜合規劃方案評選表

項目及配分	居民影響	既有設施影響	技術	工期	經費	安全	環境景觀	維修	總分
	15%	15%	10%	15%	15%	15%	10%	5%	
方案 2	3	2	4	4	4	4	4	5	3.6
方案 2A	5	5	3	2	2	4	3	4	3.5

評分說明： 1. 依該方案評選項目之相對重要性，分別賦予適當之權重值，總值為 100%。
2. 每一項目以 1 至 5 分評定。



6.8 工程分標策略

本計畫主要包含有海事工程、機場跑滑道工程、助導航及燈光工程、場站設施等相關工程，因此，基於工程專業特性，考量下列分標原則：

1. 本計畫各工程施工專業屬性不同，採專業工程及綜合營造業組合或分別發包。
2. 風山土方開挖及剩餘土方處理等相互配合調運之需求。
3. 各標介面配合，考量施工介面與權責區分之明確，施工程序上能順利配合銜接。

經綜合考量評估後，本計畫初步建議至少需劃分為 4 個土建工程標及 1 個助導航及燈光工程標，詳如表 6.8-1 所示。

表 6.8-1 工程分標表

項目	工程分標	主要工程內容
1	北竿機場圍堤工程	主要包含既有護岸改善、淤泥處理、拋石堤基礎、沉箱堤基礎等。
2	北竿機場整地回填工程	主要包含風山開挖、餘土利用及處理、邊坡保護工程、基地及路堤填築、區域排水等。
3	北竿機場跑滑道道面改善工程	主要包含機場空側跑、滑道整建、停機坪、勤務道路等。
4	北竿機場場站設施工程	主要包含機場新建場站及停車場等周邊設施相關設施、聯外道路等。
5	北竿機場助導航及燈光工程	主要包含儀器降落系統(左右定位台 LOC 及滑降台 GP)、進場燈、跑滑道燈光等助導航設施等。

6.9 採購策略

由於本計畫之工程規模龐大，且具有相當之複雜性，建議未來可依政府採購法及相關子法先行辦理委託專案管理技術服務，其專案管理得視需要含基本設計及部分監造等作業，以協助貴局協調與推動本計畫相關建設；此外，本案可依工程屬性及需求，另行委託細部設計、監造及施工，或採統包工程辦理。

依據行政院公共工程委員會頒布「機關巨額工程採購採最有利標決標作業要點」之規定，機關辦理巨額工程採購，依本法第五十二條規定，綜合考量廠商履約能力、工作項目、技術規格、施工方法、進度、品質、界面管理等事項於不同廠商間之差異，不宜採最低標決標者，以採最有利標決標為原則。

由於本計畫各主要工程之採購金額，估計皆將達巨額採購之認定標準，因此，建議未來工程標案可採最有利標辦理，配合以符合採購需求之評選項目，並透過簡報與詢答，來確認投標廠商對採購案之瞭解程度及其履約能力，較能確保工程品質及進度，並提升產業國內外之競爭力。因此，關於後續各階段之採購策略及發包方案，初步研擬並建議如表 6.9-1。



表 6.9-1 採購策略及發包方案彙整表

方案	項目	工程名稱	專案管理及基本設計	細部設計	工程施工
方案一	1	北竿機場圍堤工程	委託專案管理技術服務(註 1)	委託細部設計及監造技術服務	工程施工標
	2	北竿機場整地回填工程			工程施工標
	3	北竿機場跑滑道改善工程			工程施工標
	4	北竿機場場站設施工程			工程施工標
	5	北竿機場助導航及燈光工程		統包標(設計+施工)	
方案二	1	北竿機場圍堤工程	委託專案管理技術服務(註 1)	委託細部設計及監造技術服務	工程施工標
	2	北竿機場整地回填工程			工程施工標
	3	北竿機場跑滑道改善工程			工程施工標
	4	北竿機場場站設施工程		統包標(設計+施工)(註 2)	
	5	北竿機場助導航及燈光工程		統包標(設計+施工)	
備註	註 1：委託專案管理技術服務建議可包含基本設計，並視需要包含統包標之監造，或依工程屬性及慣例，另案發包委託監造技術服務辦理。 註 2：北竿機場場站設施工程包含航廈大樓等設施，得視需要採統包工程辦理。				



第七章 建設經費及期程估算

為配合地方意見，考量北竿鄉未來整體發展及土地有效運用，並降低未來機場運作對塘岐村居民之影響，按 108 年 8 月 29 日會議決議，依縣府意見新航站區以方案 2A（風山新場址方案）區位進行期末規劃作業。按前期陸域地質鑽探成果顯示，規劃之航站區主要由覆土層與岩層所組成，覆土層厚度約 0.6~5.4 公尺(開挖數量約 92 萬立方公尺)，覆土層下方之岩層為花崗岩及侵入岩，屬強岩硬度高，岩層厚度約 60~70 公尺(開挖數量約 317 萬立方公尺)，因此需配合岩盤開挖及岩盤破碎加工後，方可利用作為跑道延長使用，另航站區周邊亦需增加拋石堤護岸以提供保護...等相關配合，因此建設經費及期程較期中成果所列皆有增加。

7.1 建設經費

一、經費概估原則

依據期末規劃研擬之方案，按行政院公共工程委員會頒布之「公共建設工程經費編列手冊」規定，以分項工程成本概估法估算本項工程數量與經費。

設計階段作業費用與工務行政費分別依工程建造費之直接工程成本百分比估列。工程建造費包括直接工程成本、間接工程成本、工程預備費及物價調整費。直接工程成本包括整地工程、圍堤工程、大地工程、其它工程、交通維持費、安全衛生及環境保護費、品質管理費等項目，另外加上承包商利稅、保險及管理費等；間接工程成本、工程預備費與物價調整費分別以直接工程成本之百分比估列。

二、工程數量及經費概算

依據上開經費概估原則及 108 年物價估列本計畫工程建設經費，工程經費表中土地徵收及地上物拆遷補償費不包括軍事設施拆遷補償費，且未將維修成本(每年維修成本約為期初成本之 0.3%)等費用計入，北竿機場改善方案建設經費如表 7.1-1，各工程項目之數量及其經費估算如表 7.1-2。

表 7.1-1 北竿機場改善方案建設經費

項目	整地工程	圍堤工程	大地工程	其它工程	交維·安衛· 品管·利管	直接工程費	建設經費
北竿機場 改善方案 (元)	2,948,625,623	5,062,200,000	231,568,400	1,978,546,240	1,659,369,652	11,880,309,914	15,800,557,309



表 7.1-2 北竿機場改善方案工程經費估算明細表

項次	費用項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)
壹	設計階段作業費用(約直接工程成本之3.2%)	式	1	380,169,917	380,169,917
貳	用地取得及拆遷補償費				
1	土地徵購及地上物拆遷補償	式	1	450,000,000	450,000,000
2	公共管線設施遷移費	式	1	120,000,000	120,000,000
	小計				570,000,000
參	工程建造費				
一	直接工程成本(工地工程費)				
A	整地工程				
1	土方開挖	M ³	923,169	180	166,170,420
2	岩盤開挖	M ³	3,172,854	450	1,427,784,300
3	岩盤破碎加工	M ³	1,312,178	200	262,435,500
4	近運利用	M ³	3,197,354	60	191,841,240
5	基地及路堤填築	M ³	365,705	50	18,285,238
6	淤泥改良利用	M ³	336,000	990	332,640,000
7	淤泥堤腳保護	M ³	1,178,000	400	471,200,000
8	水泥混凝土道面鋸切、破碎及利用	M ³	14,688	740	10,868,750
9	餘方遠運處理	M ³	898,669	75	67,400,175
	A項 整地工程 小計				2,948,625,623
B	圍堤工程				
1	既有護岸改善(水深±0~-2m)	M	1,110	130,000	144,300,000
2	既有護岸改善(水深-2~-7m)	M	510	500,000	255,000,000
3	既有護岸改善(水深-7~-10m)	M	55	700,000	38,500,000
4	南拋石堤(水深±0m~-7m)	M	70	870,000	60,900,000
5	南沉箱堤(水深-7m~-13m)	M	175	2,240,000	392,000,000
6	南沉箱堤(水深-13m~-17m)	M	950	2,970,000	2,821,500,000
7	北拋石堤(水深±0m~-13m)	M	675	2,000,000	1,350,000,000
	B項 圍堤工程 小計				5,062,200,000
C	大地工程				
1	自由型格梁護坡	M ²	57,662	3,500	201,818,400
2	填築區預壓(預壓高5m)	式	1	29,750,000	29,750,000
	C項 大地工程 小計				231,568,400
D	其它工程				
1	剛性道面工程	M ²	138,584	2,900	401,893,600
2	跑道中心線燈	盞	100	310,000	31,000,000
3	跑道邊燈	盞	100	180,000	18,000,000
4	滑行道邊燈	盞	60	142,000	8,520,000
5	標線/標誌調整	式	1	5,000,000	5,000,000
6	空側排水工程及植生綠化	M ²	52,745	600	31,647,240
7	勤務道路	M ²	11,082	3,500	38,788,400
8	聯外道路	M ²	22,416	4,500	100,872,000
9	穿越機場車行箱涵新建工程	M	30	220,000	6,600,000
10	場站及周邊設施	式	1	1,292,625,000	1,292,625,000
11	PAPI(03及21跑道)	式	1	5,000,000	5,000,000
12	ILS系統建置(03跑道LOC/GP, 21跑道LOC)	式	1	36,500,000	36,500,000
13	氣象設備	式	1	1,300,000	1,300,000
14	儀降設備機房	M ²	40	20,000	800,000
	D項 其它工程 小計				1,978,546,240
E	交通維持費	式	1	20,441,881	20,441,881
F	安全衛生及環境保護費	式	1	153,314,104	153,314,104
G	品質管理費	式	1	81,767,522	81,767,522
H	承包商利稅、保險及管理費	式	1	838,117,102	838,117,102
I	加值營業稅	式	1	565,729,044	565,729,044
	一項 直接工程成本(工地工程費) 小計				11,880,309,914
二	間接工程成本(約一項之7%，包括專案管理費2.5%、監造費2.4%、二級品管費用0.5%、工程機關代辦費及工程行政管理費1.0%、環境監測費及空污費0.6%)	式	1	831,621,694	831,621,694
三	工程預備費(約一項之10%)	式	1	1,188,030,991	1,188,030,991
四	物價調整費(約一項之8%)	式	1	950,424,793	950,424,793
	參項 工程建造費 合計				14,850,387,392
	壹~參項 建設經費概算 總計				15,800,557,309
備註：					



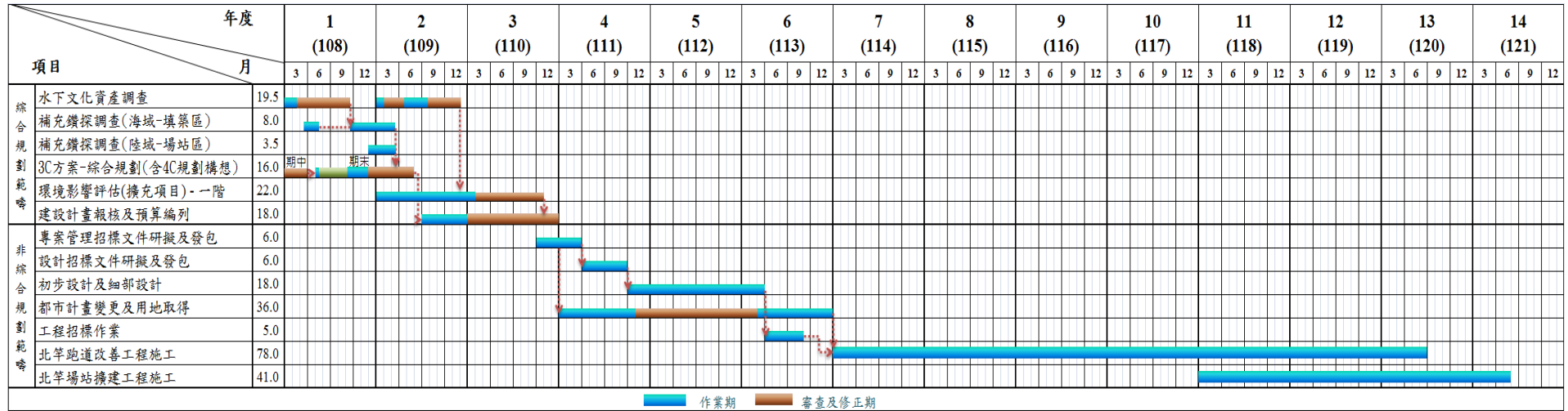
7.2 建設期程

本計畫預定實施進度係依工程建設之作業程序安排，分別按綜合規劃、建設計畫編訂、環境影響評估、初步設計、細部設計、都市計畫變更及用地取得、與工程發包施工等順序規劃，北竿機場改善方案建設期程初步評估如表 7.2-1 所示。

由於北竿機場目前僅立榮航空每日 2~4 個航班往返松山－北竿，因此跑道改善及空陸側場站相關工程施工期間，不建議開放使用，其原有運能建議轉移至南竿機場及海運等臨時替代運輸，以利施工。



表 7.2-1 北竿機場跑道改善建設期程



7.3 營運、管理及維護所需人力及經費

一、人力

營運、維護及管理所需人力係依據目標年需求之人員數量而定，遂比較南竿及北竿現有年旅客量對應之行政人員數量，評估北竿目標年(2036)年旅客量 666,000 下使用設施之行政人員數量。以下分別就機場主管機關員工、警察、海關及消防人員說明。

綜觀南、北竿機場，年旅客量從 89,300 人到 291,000 人，機場主管機關人數皆為 4 人(編制為 5 人)，目前人數亦足以負擔機場之工作負荷，因此對於目標年 666,000 人之階段，機場主管機關的員工人數估計為 10 人。警察及海關人員部分，由於目標年旅客增加至 666,000，出境旅客尖峰小時和所需的 X 光機數量將增加，為了確保有足夠的等待時間，因此必須增加同時值勤的警察人數，海關人員則略有增加(未有國際航班)。消防人員部分，依據 ICAO Doc 9137，現有的北竿機場 ARFF 設施屬於 CAT 5，改善後無須改變既有的救援及消防設施分類，而未來機隊內出現 B737 時，需增加消防車輛和滅火劑並考量調整編制人數以符合 ARFF CAT 7。

表 7.3-1 航空站營運及維管人數估計

機場	年旅客	員工人數	警察人員 (同時段執勤人數)	海關人員 (同時段執勤人數)
南竿現況	291,000	4 (編制 5 人)	7	1
北竿現況	89,300	4 (編制 5 人)	3	1
北竿目標年(2036)	666,000	10	11	2

二、經費

當道面完工後，道面績效隨環境與交通使用等因素作用將逐漸衰退，為維持必要之道面功能，執行良好之道面維護管理作業甚為關鍵。剛性道面具有較長服務年限，並可提供較佳抗扭力、耐候性與服務能力，另生命週期成本較低，北竿機場改善完成後道面初期僅需辦理填縫料置換(以每 4 年更換概估)，隨著營運及使用則需辦理部分深度置換(補綻)及全深度置換，營運階段所需之維護經費初估如表 7.3-2。

表 7.3-2 營運維護經費

單位：萬元(當年幣值)

年度	1 (民 122)	2 (民 123)	3 (民 124)	4 (民 125)	5 (民 126)	6 (民 127)	7 (民 128)	8 (民 129)	9 (民 130)	10 (民 131)	11 (民 132)	12 (民 133)	13 (民 134)	14 (民 135)	15 (民 136)
單價 (每 m ²)				0.017				0.017				0.034		0.034	
經費				2,356				2,356				4,712		4,712	
年度	16 (民 137)	17 (民 138)	18 (民 139)	19 (民 140)	20 (民 141)	21 (民 142)	22 (民 143)	23 (民 144)	24 (民 145)	25 (民 146)	26 (民 147)	27 (民 148)	28 (民 149)	29 (民 150)	30 (民 151)
單價 (每 m ²)	0.039		0.039		0.046		0.046		0.053		0.053		0.065		
經費	5,405		5,405		6,375		6,375		7,345		7,345		9,008		



第八章 經濟效益評估及財務計畫

8.1 經濟效益評估

經濟效益分析係就公共建設投資計畫所產生之成本與效益，以整體國家社會資源運用之觀點加以評估投資建設計畫所使用或產生之成本，是否能為其所創造之效益所彌補，據以判別計畫執行之可行性。經濟效益評估是一種增量的概念，研究範圍涵蓋社會成本與社會效益的廣泛經濟，在計畫進行或不進行兩種狀況下，計算計畫使用資源的成本，以預測計畫可能產生的效益，並加以衡量比較。

一、評估依據

本計畫依據交通部運輸研究所之「交通建設計畫經濟效益評估手冊」，及參考國內重大交通建設計畫成本效益分析方法，針對可量化之經濟效益與成本項目進行分析，評估本計畫機場改善建設後所能創造之實質效益，以供決策參考。

二、評估方法

經濟效益評估係應用成本效益分析，將北竿機場改善建設方案執行所引發之成本及效益項目予以貨幣化並進行比較。本計畫採用之評估方法有三種，分別為淨現值法、內部報酬率法及益本比法等分析方法，以作為經濟效益評估的依據。茲就上述三項經濟效益評估指標及其應用說明如下：

(一) 淨現值(Net Present Value)法

淨現值法主要係將投資計畫的效益與成本折算為現值，當效益現值大於成本現值，即效益現值減掉成本現值為正值(>0)時，即表示該投資計畫有利整體國家社會資源之運用。此方法的計算式如下：

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

式中， NPV：淨現值
 B_t ：第 t 年之效益
 C_t ：第 t 年之成本
 n ：評估年期(期間)
 i ：折現率

(二) 內生報酬率(Internal Rate of Return；IRR)法

所謂內生報酬率係指使投資計畫之效益現值等於成本現值的折現率，亦即使淨現值等於零的折現率，內生報酬率若大於折現率，則顯示計畫具有投資的效益。其計算方法即為求解下式的 r 值：

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0$$

式中， r ：內生報酬率
 其他變數(B_t 、 C_t 、 n)定義同上式

(三) 益本比(Benefit/Cost Ratio)法

益本比法係以總效益現值與總成本現值的比值作為分析之依據，當益本比大於 1 時，則表示該投資計畫經濟可行，且比值愈大愈佳。益本比之計算式如下：

$$R = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

式中， R：益本比值
其他變數(Bt、Ct、n、i)定義同上式

本項經濟效益分析，主要係針對北竿機場改善建設方案進行經濟效益分析，計算其建設成本與運輸效益之差異，進行各項經濟效益指標(B/C、NPV、IRR)之量化分析。

三、 參數設定與基本假設

(一) 評估年期

公共建設計畫經濟效益評估期間，係以計畫對社會整體可產生經濟效益之年限為依據。而運輸計畫之經濟效益評估期間主要係考慮設施使用年限、效益回收等因素，一般評估期間多介於 20 年~30 年間，本計畫經濟效益分析之評估期間採北竿機場改善建設方案完工營運後 30 年為評估期間。

(二) 幣值基準

本經濟效益評估所有之成本及效益皆以民國 108 年幣值為基準進行各項評估。

(三) 折現率

折現率係用於將不同時期之成本與效益，轉換成同一基礎年期價值的利率，本計畫經濟效益評估之折現率考量本計畫屬公共建設投資，參考國內中長期公債票面利率，並參酌近期相關公共工程計畫案例，經濟效益分析折現率改採 3.0%作為分析投資的基礎。

(四) 物價上漲率

本計畫參採交通部運輸研究所「交通建設計畫經濟效益評估手冊」，並參考國內各重大交通建設報告及參考近年來躉售物價指數、消費者物價指數波動情形，本計畫之一般物價上漲率設定以為 1.5%為計算基準，將各項成本及收益之基年幣值(民國 108 年幣值)換算為各評估年期之當年幣值。

(五) 薪資與所得成長率

參考「新世紀第三期國家建設計畫(98 年至 101 年四年計畫)」暨「中華民國 98 年國家建設計畫」之總體經濟目標，因全球金融海嘯而向下修正為 2.5%，而本計畫屬長期趨勢推估，為避免所得成長設定過於樂觀，故設定本案之所得成長率為平均 2.5%。

(六) 時間價值

參酌交通部運輸研究所「交通建設計畫經濟效益評估手冊」之城際運輸旅客每人一般化時間價值建議值，推算出民國 108 年的時間價值約為 225.9 元/每人每小時。本計畫以此為基礎，並依所得成長率調整各評估年期之時間價值。

(七) 殘值

就國家資源使用觀點，機場之跑道改善建設投資具有投入成本難以回收再使用的特



性，亦無法轉為其他用途使用，故經濟效益分析上評估終期之殘值將不予考慮。

四、經濟成本

經濟成本主要包含興建期間之建設成本及建設完成後營運期間所增加之營運維修成本等。

(一) 興建成本

依據工程預定建設時程，分別按年期分配建設經費，以 108 年幣值估列有關北竿機場改善建設方案之分年資金需求。

(二) 營運維修成本

參考民航事業作業基金各項費用彙計表中之年維修成本，為建立、維護、經營以及為提供使用所必須實際支付的財貨和勞務價值。本計畫為北竿機場擴建之工程成本及營運維修成本，擴建完工後，每年將有營運維修成本產生，相關建設及營運維修成本如表 8.1-1 所示。

表 8.1-1 北竿機場改善建設方案之分年建置與營運維修成本資金需求表

單位：佰萬元

民國	建造成本		營運維修費用	
	當年幣值	折現值	當年幣值	折現值
111	49.9	45.7		
112	251.8	223.8		
113	707.8	610.6		
114	634.3	531.2		
115	1,545.7	1,256.8		
116	2,923.8	2,308.0		
117	3,259.0	2,497.8		
118	3,458.2	2,573.2		
119	2,005.2	1,448.6		
120	725.3	508.7		
121	239.5	163.1		
122			0.0	0.0
123			0.0	0.0
124			0.0	0.0
125			23.6	14.3
126			0.0	0.0
127			0.0	0.0
128			0.0	0.0
129			23.6	12.7
130			0.0	0.0
131			0.0	0.0
132			0.0	0.0
133			47.1	22.5
134			0.0	0.0
135			47.1	21.2
136			0.0	0.0



137			54.0	22.9
138			0.0	0.0
139			54.0	21.6
140			0.0	0.0
141			63.7	24.0
142			0.0	0.0
143			63.7	22.7
144			0.0	0.0
145			73.4	24.6
146			0.0	0.0
147			73.4	23.2
148			0.0	0.0
149			90.1	26.8
150			0.0	0.0
151			0.0	0.0
合計	15,800.6	12,167.4	613.9	236.5

五、經濟效益

本計畫擬就較可量化經濟效益進行估算，以為後續經濟效益評估指標計算之基礎，主要包括：「時間節省效益」、「土地價值提昇效益」以及「南竿機場營運維護成本節省」等項目，詳細內容說明如下：

(一) 時間節省效益

整體而言，北竿機場進行場面改善後，可有效降低無效飛行比率，往來北竿機場旅客可減少過去因航班取消而產生的延誤與等待的現象，而南竿機場亦可充分利用北竿機場的跑量，配合施行南機北降的調度策略，連帶降低南竿機場本身的取消率。參考過去機場運作經驗，北竿機場如遇航班取消，旅客少則需等待下幾班航班，多則須隔天甚至2~3天方有航班飛行，亦即在改善後，有可能遭遇航班取消的旅客可順利依行程飛行，如此可較改善前平均節省約一天之旅行時間，在此時間節省設定下，配合運量成長與跑道改善前後之航班取消率推估結果，可獲致南北竿機場未來在改善前後之總時間節省。

而關於改善前後無效飛行之比率變化推估如表 8.1-2 所示，統計過去北竿機場不符合最低天候條件時間之無效飛行約佔全年 4.8%，預期北竿機場改善方案建設完成後，不符合最低天候條件之無效飛行佔全年 1.9%；較目前之起降標準，預期約可降低 2.9%之無效飛行。



表 8.1-2 北竿機場改善前後無效飛行之比率變化推估

	現況	B5 方案改善後
北竿機場無效飛行比率	4.8%	1.9%

而機場改善後之改善效益主要為旅客因航班取消率降低，使其停等航班之等待時間下降所產生之旅行時間節省效益，其計算方式為各目標預測年運量 * 改善方案取消率變化 * 航班取消之平均停等時間而得，其結果整理如表 8.1-3 所示。

表 8.1-3 北竿機場改善後之旅行時間節省效益

年期	改善方案 B5		
	旅客運量(人次/年)	時間節省效益(人時-年)	量化貨幣效益(萬元-年)
120 年	569,676	429,536	13,049.7
125 年	665,588	501,853	17,250.4
130 年	664,871	501,313	19,496.2

(二) 南竿機場開發土地增值效益

南北竿跨海大橋建立，解決南竿、北竿間之離島交通問題，北竿機場擴建後取消南竿機場，將對於南竿機場土地效益、營運管理帶來之重大效益，依據交通部運研所「型塑馬祖觀光軸福系統之先期規劃」報告中可知，目前連江縣針對南竿機場土地騰空之開發，初步規劃包括住宅區、商業區、旅館區、產業園區，依其估算之土地開發效益並扣除「連江縣南北竿跨海大橋可行性研究」已算入之土地效益，剩餘之土地效益作為本計畫南竿機場開發土地增值效益，其結果整理如表 8.1-4 所示。

表 8.1-4 土地增值效益彙整表

南竿機場開發土地增值效益 ¹ (佰萬元)	南北竿跨海大橋可行性研究已算入土地效益 ² (佰萬元)	本計畫土地增值效益 (佰萬元)
18,930	5,396	13,534

資料來源：1. 交通部運研所「型塑馬祖觀光軸福系統之先期規劃」

2. 連江縣政府「連江縣南北竿跨海大橋可行性研究」

(三) 南竿機場廢除營運維護成本節省效益

北竿機場擴建後廢除南竿機場，可減少南竿機場營運維護之重置費用，所節省之費用做為本計畫北竿機場擴建之效益，其結果整理如表 8.1-5 所示。

表 8.1-5 南竿機場廢除營運維護成本節省效益彙整表

單位：佰萬元

年度	南竿機場廢除維護成本節省效益		年度	南竿機場廢除維護成本節省效益	
	當年幣值	折現值		當年幣值	折現值
122	0	0	137	25.1	10.7
123	0	0	138	0	0
124	0	0	139	25.1	10



125	10.9	6.6	140	0	0
126	0	0	141	29.6	11.2
127	0	0	142	0	0
128	0	0	143	29.6	10.5
129	10.9	5.9	144	0	0
130	0	0	145	34.1	11.4
131	0	0	146	0	0
132	0	0	147	34.1	10.8
133	21.9	10.5	148	0	0
134	0	0	149	41.9	12.5
135	21.9	9.9	150	0	0
136	0	0	151	0	0
-	-	-	合計	285.3	109.9

六、成本效益評估

有關改善方案經濟效益評估分析結果整理如表 8.1-6 所示，詳細分年經濟效益評估表如表 8.1-7 所示。由經濟效益分析表可知，北竿機場改善方案無法符合各項經濟評估指標之要求，表示興建期間所需支付之建設成本甚鉅，評估期間所獲得的可量化效益無法完全挹注建設及營運維護成本。

表 8.1-6 北竿機場改善方案經濟效益評估結果

指標值	B/C 益本比	IRR 內部報酬率	NPV 淨現值(百萬元)
改善方案 B5	0.91	2.1%	-1,173

七、其他不可量化效益分析

(一) 提升飛航安全性

北竿機場受天然地形之限制，未來若將跑道地帶、進場面及轉接面等設施加以改善後，可有效提升飛航安全及降低飛行員之飛航壓力。

(二) 提升航班可靠度，有助於返鄉與觀光活動

近年連江縣政府將軍事建設加以規劃及包裝，朝向戰地觀光行銷發展，成為遊客體驗戰地風情、烽火歷史歲月及感受戰地原味之重要景點。惟馬祖機場因地形因素，每逢霧季常因能見度及雲幕高等因素，使得航機無法順利起降，旅客因擔心航班可能無法順利起降，造成假期泡湯影響旅遊之心情及旅遊行程規劃，因此，若將機場加以改善，降低進離場程序中能見度及雲幕高之標準，使航班起降之可靠度增加，提升當地居民聯外交通服務品質，更有助於馬祖區觀光產業之發展。

(三) 改善現有航機起降限制，增加營運彈性

以南北竿機場空側設施之條件現況，在改善前立榮航空公司目前以 70 人座 ATR 機型飛航馬祖航線，其中北竿機場受限於跑道長度及天候條件等因素，該機型 6 至 9 月間可載運 56 人，其餘月份則可載運 60 人。機場場面設施改善後，除可降低航機起降時能見度及雲幕高之起降標準外，亦可就旅遊或返鄉尖峰期間提供較多的航機座位數，以改善霧鎖機場、暑假及重要年節假日等，一票難求之狀況，也可增加航空公司之營運彈性空間。



表 8.1-7 北竿機場改善方案分年經濟效益評估結果表

年度	成本項目						效益項目								淨效益	
	工程建設成本		營運維修成本		合計		旅行時間節省		南竿機場維護成本節省效益		南竿機場開發土地效益		合計			
	當年幣值	折現值	當年幣值	折現值	當年幣值	折現值	當年幣值	折現值	當年幣值	折現值	當年幣值	折現值	當年幣值	折現值	當年幣值	折現值
108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
111	49.9	45.7	0.0	0.0	49.9	45.7	-	-	-	-	-	-	-	-	(49.9)	(45.7)
112	251.8	223.8	0.0	0.0	251.8	223.8	-	-	-	-	-	-	-	-	(251.8)	(223.8)
113	707.8	610.6	0.0	0.0	707.8	610.6	-	-	-	-	-	-	-	-	(707.8)	(610.6)
114	634.3	531.2	0.0	0.0	634.3	531.2	-	-	-	-	-	-	-	-	(634.3)	(531.2)
115	1,545.7	1,256.8	0.0	0.0	1,545.7	1,256.8	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	(1,545.7)	(1,256.8)
116	2,923.8	2,308.0	0.0	0.0	2,923.8	2,308.0	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	(2,923.8)	(2,308.0)
117	3,259.0	2,497.8	0.0	0.0	3,259.0	2,497.8	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	(3,259.0)	(2,497.8)
118	3,458.2	2,573.2	0.0	0.0	3,458.2	2,573.2	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	(3,458.2)	(2,573.2)
119	2,005.2	1,448.6	0.0	0.0	2,005.2	1,448.6	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	(2,005.2)	(1,448.6)
120	725.3	508.7	0.0	0.0	725.3	508.7	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	(725.3)	(508.7)
121	239.5	163.1	0.0	0.0	239.5	163.1	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	(239.5)	(163.1)
122	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	145.9	96.5	0.0	0.0	0.0	0.0	145.9	96.5	145.9	96.5
123	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	154.3	99.0	0.0	0.0	0.0	0.0	154.3	99.0	154.3	99.0
124	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	163.1	101.7	0.0	0.0	0.0	0.0	163.1	101.7	163.1	101.7
125	0.0	0.0	23.6	14.3	23.6	14.3	172.5	104.4	10.9	6.6	13,533.8	8,188.1	13,717.2	8,299.1	13,693.7	8,284.9
126	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	176.8	103.8	0.0	0.0	0.0	0.0	176.8	103.8	176.8	103.8
127	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	181.2	103.3	0.0	0.0	0.0	0.0	181.2	103.3	181.2	103.3
128	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	185.6	102.8	0.0	0.0	0.0	0.0	185.6	102.8	185.6	102.8
129	0.0	0.0	23.6	12.7	23.6	12.7	190.2	102.3	10.9	5.9	0.0	0.0	201.2	108.2	177.6	95.5
130	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	195.0	101.7	0.0	0.0	0.0	0.0	195.0	101.7	195.0	101.7
131	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	199.8	101.2	0.0	0.0	0.0	0.0	199.8	101.2	199.8	101.2
132	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	204.7	100.7	0.0	0.0	0.0	0.0	204.7	100.7	204.7	100.7
133	0.0	0.0	47.1	22.5	47.1	22.5	209.7	100.2	21.9	10.5	0.0	0.0	231.6	110.6	184.5	88.1
134	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	214.8	99.6	0.0	0.0	0.0	0.0	214.8	99.6	214.8	99.6
135	0.0	0.0	47.1	21.2	47.1	21.2	220.1	99.1	21.9	9.9	0.0	0.0	242.0	109.0	194.9	87.7
136	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	225.5	98.6	0.0	0.0	0.0	0.0	225.5	98.6	225.5	98.6
137	0.0	0.0	54.0	22.9	54.0	22.9	231.1	98.1	25.1	10.7	0.0	0.0	256.2	108.7	202.2	85.8
138	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	236.8	97.5	0.0	0.0	0.0	0.0	236.8	97.5	236.8	97.5
139	0.0	0.0	54.0	21.6	54.0	21.6	242.6	97.0	25.1	10.0	0.0	0.0	267.7	107.1	213.7	85.5
140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	248.5	96.5	0.0	0.0	0.0	0.0	248.5	96.5	248.5	96.5
141	0.0	0.0	63.7	24.0	63.7	24.0	254.7	96.0	29.6	11.2	0.0	0.0	284.3	107.2	220.5	83.1
142	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	260.9	95.5	0.0	0.0	0.0	0.0	260.9	95.5	260.9	95.5
143	0.0	0.0	63.7	22.7	63.7	22.7	267.3	95.0	29.6	10.5	0.0	0.0	296.9	105.5	233.2	82.9
144	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	273.9	94.5	0.0	0.0	0.0	0.0	273.9	94.5	273.9	94.5
145	0.0	0.0	73.4	24.6	73.4	24.6	280.6	94.0	34.1	11.4	0.0	0.0	314.8	105.4	241.3	80.8
146	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	287.5	93.5	0.0	0.0	0.0	0.0	287.5	93.5	287.5	93.5
147	0.0	0.0	73.4	23.2	73.4	23.2	294.6	93.0	34.1	10.8	0.0	0.0	328.7	103.8	255.3	80.6
148	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	301.8	92.5	0.0	0.0	0.0	0.0	301.8	92.5	301.8	92.5
149	0.0	0.0	90.1	26.8	90.1	26.8	309.2	92.0	41.9	12.5	0.0	0.0	351.1	104.5	261.0	77.7
150	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	316.9	91.6	0.0	0.0	0.0	0.0	316.9	91.6	316.9	91.6
151	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	324.6	91.1	0.0	0.0	0.0	0.0	324.6	91.1	324.6	91.1
合計	15,800.6	12,167.4	613.9	236.5	16,414.5	12,403.9	6,970.3	2,932.7	285.3	109.9	13,533.8	8,188.1	20,789.4	11,230.8	4,374.9	(1,173.2)



8.2 財務計畫

本章將依據前述建議之北竿改善方案，以政府興建營運之角度進行自償性及現金流量分析，評估之結果將作為後續本計畫是否進行及由政府興建營運或民間參與之決策參考。以下針對評估期間預期將產生之收入與支出增量及現金流量進行說明與分析。

8.2.1 假設參數

一、評估基期

本計畫各項收入與成本估算均以民國 108 年為基期。

二、評估期間

參考一般重大交通建設計畫評估期為 20~30 年，及考量相關設施的經濟耐用年限，本計畫採完工後 30 年為評估年期。評估年期之相關假設詳表 8.2-1。

表 8.2-1 評估年期假設表

評估基礎年	施工期間	營運期間	總評估年期
108 年	111~121 年	122~151 年	111~151 年

三、物價上漲率

根據行政院經建會「新世紀第三期國家建設計畫」之經濟建設指標，預估消費者物價上漲率不超過 2%，本計畫將擬以 1.5% 作為物價上漲率。

四、折舊方式

折舊費用對私人企業而言，為整體費用之增加，租稅負擔相對減少(稅盾效果)。但就公部門而言，稅盾效果僅為資金移轉而非創造，而且各項設備之折舊已反應在每年的營運維修成本，所以本計畫並不列折舊費用。

五、相關稅賦

依 99 年 6 月 15 日總統令修正公布所得稅法第五條第五項規定，自 99 年度起，稅率調降為 17%，惟國營事業目前不需負擔營利事業所得稅。但需支付營業稅 5%。在營業稅方面因進銷項稅額具互抵性質，故營業稅不予估列。

六、折現率

折現率係轉換不同年期資源成為基年價值，作為衡量投資報酬之基礎。本計畫係屬公共建設投資，參照目前發行中長期政府公債的票面利率及其他風險，並參酌相關計畫案例，本計畫採 3.0% 作為分析計算的基礎。



8.2.2 收入與成本分析

一、興建成本

依據工程預定建設時程，分別按年期分配建設經費(當年幣值)，分年資金需求詳表 8.2-2。

表 8.2-2 分年資金需求表

單位：萬元(當年幣值)

第一年 (111 年)	第二年 (112 年)	第三年 (113 年)	第四年 (114 年)	第五年 (115 年)	第六年 (116 年)	第七年 (117 年)	第八年 (118 年)	第九年 (119 年)	第十年 (120 年)	第十一年 (121 年)	合計
4,990	25,184	70,783	63,433	154,569	292,376	325,901	345,821	200,516	72,528	23,954	1,580,055

二、重置成本

為維護機場改善後之營運品質，規劃於營運第 30 年進行道面及助航設施之重置，北竿機場重置成本約為 40,189.36 萬元(當年幣值)。

三、營運收入

(一) 勞務收入

本計畫勞務收入計有下列四項，其估算方式依「使用國營航空站助航設備及相關設施收費費率表」之國內航線收費標準計收(假設每五年收費標準調增 3%)，茲將各項目適用標準分述如下。計算每架次降落費用，收費標準彙總詳表 8.2-3 所示。

1. 降落費

依航空器最大起飛重量及國內航線為收費標準，國內航線降落費係採累進級距費率收費，20,000 公斤以內每千公斤為 66 元，20,001 公斤至 50,000 公斤每千公斤以 99 元計收。經查北竿機場未收取降落費，暫不估列。

2. 安全服務費

依航空器最大起飛重量及國內航線為收費標準，每架次以 644 元計收，計算每架次安全服務費用。

3. 航空站地勤業機坪使用費

依航空器最大起飛重量及國內航線為收費標準，每架次以 64 元計收，計算每架次降落費用。

4. 擴音設備費

依航空器最大起飛重量及國內航線為收費標準，每架次以 15 元計收，計算每架次擴音設備費用。

表 8.2-3 北竿機場收費標準彙總表

機型	最大起飛重量 (千公斤)	降落費 (元/千公斤)	安全服務費 (架次)	航空站地勤業機坪使用費 (架次)	擴音設備費 (架次)
ATR72	21.5	北竿機場未收取降落費，暫不估列	644	64	15



(二) 租金及權利金收入

租金及權利金收入主要包括土地使用費、廠屋租金收入及權利金租金收入等。本計畫依據現況收入假設，每年並依物價上漲率調整。

四、營運成本

營運成本主要包括維修成本、用人費用、業務費用、行政管理費及折舊費用等，經參考近年其它國內機場之各項營運成本比值，其維修成本及用人費用、業務費用、行政管理費合理比值為 55%：10%：35%。就各項成本說明如下。

(一) 維修成本

參考民航事業作業基金各項費用彙計表中之年維修成本，另考量本計畫主要為土木工程，故將年維修成本以直接工程成本 0.3%計，每年並依物價上漲率調整。

(二) 用人費用

參考國內其他機場每人可服務之旅客數推估所需之服務員工數，並隨增加之旅次調整之。本計畫每人平均薪資以 100 萬元/年計算，每年並依物價上漲率調整。

(三) 業務費用

經參考相關航空站營運資料顯示，航空站之(維修成本+用人費用)與業務費用比值為 55%：10%，每年並依物價上漲率調整。

(四) 行政管理費

經參考相關航空站之營運資料顯示，航空站之(維修成本+用人費用)與行政管理費用比值為 55%：35%，每年並依物價上漲率調整。

(五) 其他費用

經參考台北航空站之營運資料，除上述維修成本及用人費用、業務費用、行政管理費外，尚有稅捐、會費、材料及用品費，與用人費用、業務費用、行政管理費之費用比約為 90%：10%。



8.2.3 財務評估方法與結果

一、財務評估方法

包括投資效益分析與自償性分析等，據此了解本計畫推動之財務效益。投資效益分析評估指標包括自償率(SLR)、淨現值(NPV)、內部投資報酬率(IRR)、回收年限(PB)等如表 8.2-4。

(一) 自償率

自償率大於 100%，即表示此計畫案在假設前提下(未考慮稅及利息)，可完全回收其投資額；自償率愈高，表示計畫的可行性愈高，另本指標亦可作為政府進行一部分投資或補貼之參考依據。

(二) 淨現值

如淨現值(NPV)大於零，即表示本計畫具有投資價值，總額越高，表示該計畫財務效果愈佳。

(三) 內部投資報酬率

內部投資報酬率(IRR)用於衡量投資者投資本案所可獲得之報酬率及其財務槓桿效果，當內部投資報酬率大於投資者資金成本率時，即表示本計畫具投資價值，比率愈高，表示該計畫財務效果愈佳。

(四) 回收年限

為衡量計畫成本回收期間之長短及資金之週轉效率，回收年期愈短者，投資者可愈早回收投資資金，資金之週轉效率愈佳。

二、財務評估結果

財務分析主要係依據前述之基本假設及規劃資料，來進行各項財務指標之評估，財務評估結果詳表 8.2-5。

本計畫自償率均為負值，除期初投入興建成本無法回收外，於營運期間增加之收入亦無法吸納營運維修成本之增加，故淨現值亦為負值，於評估期間內無法回收期初投資，顯示本計畫未具財務效益。

表 8.2-4 財務分析指標

項目		說明
自償率	-10.16%	自償率大於 100%，可完全回收其投資額
淨現值 NPV	-138.47 億	淨現值大於 0，即表示本計畫具有投資價值
內部投資報酬率 IRR	NA (為負數)	內部投資報酬率大於 6%時，即表示本計畫具投資價值
回收年期	無法回收	回收年期於評估期間內為標準



表 8.2-5 自償率分析

單位：萬元

年度	興建期間			營運期間						營運 現金 流入	108 年 現值	現值 累計
	興建成本			營運收入			營運支出					
	興建成 本(當年 幣值)	拆遷 補償費	合計	勞務 收入	租金及 權利金 收入	合計	營運 成本	重置 成本	合計			
111	4,990	43,918	48,908	-	-	-	-	-	-	-48,908	-44,758	-44,758
112	25,184	-	25,184	-	-	-	-	-	-	-25,184	-22,376	-67,134
113	70,783	-	70,783	-	-	-	-	-	-	-70,783	-61,058	-128,192
114	63,433	-	63,433	-	-	-	-	-	-	-63,433	-53,124	-181,316
115	154,569	-	154,569	-	-	-	-	-	-	-154,569	-125,679	-306,995
116	292,376	-	292,376	-	-	-	-	-	-	-292,376	-230,804	-537,799
117	325,901	-	325,901	-	-	-	-	-	-	-325,901	-249,776	-787,575
118	345,821	-	345,821	-	-	-	-	-	-	-345,821	-257,323	-1,044,898
119	200,516	-	200,516	-	-	-	-	-	-	-200,516	-144,857	-1,189,755
120	72,528	-	72,528	-	-	-	-	-	-	-72,528	-50,870	-1,240,625
121	23,954	-	23,954	-	-	-	-	-	-	-23,954	-16,312	-1,256,937
122	-	-	-	99	116	215	4,614	-	4,614	-4,400	-2,909	-1,259,845
123	-	-	-	99	118	216	4,684	-	4,684	-4,467	-2,867	-1,262,713
124	-	-	-	99	119	218	4,754	-	4,754	-4,536	-2,827	-1,265,540
125	-	-	-	102	121	223	9,323	-	9,323	-9,100	-5,506	-1,271,045
126	-	-	-	102	123	225	4,898	-	4,898	-4,673	-2,745	-1,273,790
127	-	-	-	102	125	226	4,971	-	4,971	-4,745	-2,706	-1,276,496
128	-	-	-	102	127	228	5,046	-	5,046	-4,817	-2,667	-1,279,163
129	-	-	-	102	129	230	9,619	-	9,619	-9,389	-5,047	-1,284,210
130	-	-	-	105	130	235	5,198	-	5,198	-4,963	-2,590	-1,286,800
131	-	-	-	105	132	237	5,276	-	5,276	-5,039	-2,553	-1,289,354
132	-	-	-	105	134	239	5,355	-	5,355	-5,116	-2,517	-1,291,870
133	-	-	-	105	136	241	14,431	-	14,431	-14,190	-6,777	-1,298,648
134	-	-	-	105	138	243	5,517	-	5,517	-5,274	-2,446	-1,301,093
135	-	-	-	108	141	248	14,595	-	14,595	-14,347	-6,459	-1,307,552
136	-	-	-	108	143	251	5,684	-	5,684	-5,433	-2,375	-1,309,927
137	-	-	-	108	145	253	16,087	-	16,087	-15,835	-6,719	-1,316,646
138	-	-	-	108	147	255	5,856	-	5,856	-5,601	-2,307	-1,318,954
139	-	-	-	108	149	257	16,262	-	16,262	-16,005	-6,402	-1,325,355
140	-	-	-	111	151	263	6,033	-	6,033	-5,770	-2,241	-1,327,596
141	-	-	-	111	154	265	18,293	-	18,293	-18,029	-6,797	-1,334,393
142	-	-	-	111	156	267	6,215	-	6,215	-5,948	-2,177	-1,336,570
143	-	-	-	111	158	269	18,478	-	18,478	-18,209	-6,471	-1,343,042
144	-	-	-	111	161	272	6,403	-	6,403	-6,131	-2,115	-1,345,157
145	-	-	-	114	163	278	20,521	-	20,521	-20,244	-6,781	-1,351,938
146	-	-	-	114	166	280	6,596	-	6,596	-6,316	-2,054	-1,353,993
147	-	-	-	114	168	283	20,718	-	20,718	-20,435	-6,452	-1,360,445
148	-	-	-	114	171	285	6,796	-	6,796	-6,511	-1,996	-1,362,441
149	-	-	-	114	173	288	24,095	-	24,095	-23,807	-7,086	-1,369,527
150	-	-	-	118	176	294	7,001	-	7,001	-6,708	-1,938	-1,371,465
151	-	-	-	118	178	296	7,106	40,189	47,296	-46,999	-13,185	-1,384,650
當年幣值合計	1,580,055	43,918	1,623,973	3,232	4,347	7,579	290,426	40,189	330,616	-1,947,010	-	-



8.2.4 財務計畫敏感度分析

由於本財務計畫為預估性質，為進一步探究各項假設參數變化對相關評估指標之影響，將針對報酬影響較重大之變數進行敏感度分析，以作為經營機關執行計畫時風險控管與經營策略調整之參考。假設折現率、興建成本、營運收入、營運成本在+30%~-30%的範圍內變動，分析結果如詳表 8.2-6。

一、折現率敏感度分析

另依近年有關交通建設規劃報告書之折現率 2%~15%，進行財務敏感度分析，當本計畫折現率在 2%時，淨現值仍為負數，民間參與本計畫之誘因小，擬建議由政府進行本計畫。

二、興建成本敏感度分析

興建成本增加 30%時，淨現值變動達 26.4%，需合理控管原物料上漲之風險。

三、營運收入敏感度分析

營運收入減少 30%時，淨現值變動僅達 0.1%，營運收入對財務效益之敏感度較低。

四、營運成本敏感度分析

營運成本增加 30%時，淨現值變動達 2.6%，因此針對營業成本及費用，需配合未來營運之良好控管，降低營運成本。

表 8.2-6 敏感度分析

折現率	2%	3%	4%	6%	8%	10%	15%
NPV(億元)	-153.95	-138.47	-125.26	-103.90	-87.36	-74.19	-50.87
NPV 變動率	11.2%	0.0%	-9.5%	-25.0%	-36.9%	-46.4%	-63.3%
興建成本	-30%	-20%	-10%	0	10%	20%	30%
NPV(億元)	-101.96	-114.13	-126.30	-138.47	-150.63	-162.80	-174.97
NPV 變動率	26.4%	17.6%	8.8%	0.0%	-8.8%	-17.6%	-26.4%
營運收入	-30%	-20%	-10%	0	10%	20%	30%
NPV(億元)	-138.56	-138.53	-138.50	-138.47	-138.43	-138.40	-138.37
NPV 變動率	-0.1%	0.0%	-0.024%	0.000%	0.024%	0.0%	0.1%
營運成本	-30%	-20%	-10%	0	10%	20%	30%
NPV(億元)	-134.87	-136.07	-137.27	-138.47	-139.66	-140.86	-142.06
NPV 變動率	2.6%	1.7%	0.9%	0.0%	-0.9%	-1.7%	-2.6%



8.2.5 民航事業作業基金現況

民國 101 至 105 年基金收支情形如表 8.2-7。民航事業作業基金之業務收入，主要區分為勞務收入與租金及權利金收入。其中勞務收入佔總業務收入之比例自 101 年之 42%，逐年遞增，民國 105 年勞務收入佔業務收入之 48%，主要係航班架次增加，助航設備服務費收入、機場服務費收入及權利金收入增加所致；租金及權利金收入亦呈現上升趨勢。

業務成本與費用主要區分為勞務成本、管理及總務費用。其中勞務成本約佔總業務成本與費用 85%~88%，自 101 年 87.6 億增加至 105 年 94.1 億，主要係航空運量增加致航站營運相關費用增加，為應飛航管制及飛安檢查等業務需要請增人力，致用人等相關費用增加等。

表 8.2-7 101 至 105 年度民航事業作業基金收支餘絀表

單位：新臺幣元

科目	101 年度	102 年度	103 年度	104 年度	105 年度
業務收入	11,254,756,596	11,683,357,771	12,288,704,590	13,093,844,707	14,142,290,845
勞務收入	4,711,001,777	4,904,620,111	5,249,032,208	6,034,362,588	6,821,989,739
服務收入	4,711,001,777	4,904,620,111	5,249,032,208	6,034,362,588	6,821,989,739
租金及權利金收入	6,543,754,819	6,778,737,660	7,039,672,382	7,059,482,119	7,320,301,106
土地租金收入	4,608,181,431	4,643,734,290	4,658,609,294	4,656,027,334	4,917,164,522
廠房租金收入	479,676,719	537,069,673	564,913,708	582,754,646	582,237,825
權利金收入	1,429,739,400	1,554,701,559	1,770,409,028	1,772,809,364	1,774,669,589
其他租金收入	26,157,269	43,232,138	45,740,352	47,890,775	46,229,170
業務成本與費用	9,925,819,796	10,207,143,605	10,543,771,988	10,672,872,030	11,072,441,074
勞務成本	8,759,536,573	8,974,079,456	9,148,077,524	9,315,391,522	9,408,879,176
服務成本	8,759,536,573	8,974,079,456	9,148,077,524	9,315,391,522	9,408,879,176
管理及總務費用	1,166,283,223	1,233,064,149	1,395,694,464	1,357,480,508	1,663,561,898
管理費用及總務費用	1,166,283,223	1,233,064,149	1,395,694,464	1,357,480,508	1,663,561,898
業務賸餘(短絀)	1,328,936,800	1,476,214,166	1,744,932,602	2,420,972,677	3,069,849,771
業務外收入	3,178,506,811	2,852,708,927	6,171,265,784	3,745,072,424	3,833,346,468
財務收入	231,591,055	307,778,762	517,577,441	468,408,499	243,107,004
利息收入	230,172,430	217,992,550	243,916,901	254,891,649	239,009,714
兌換賸餘	1,418,625	89,786,212	273,660,540	213,516,850	4,097,290
其他業務外收入	2,946,915,757	2,544,930,165	5,653,688,343	3,276,663,925	3,590,239,464
財產交易賸餘	165,832,476	492,124,774	3,042,469,053	14,101,319	-
受贈收入	-	-	-	6,182,131	-
賠(補)償收入	2,872,876	1,832,105	2,488,559	2,582,264	5,812,911
違規罰款收入	15,146,572	25,010,179	32,455,822	42,321,638	21,190,733
收回呆帳	313,500	-	-	-	-
依法分配收入	1,907,695,153	1,851,265,361	2,520,585,563	3,141,924,952	3,416,102,971
雜項收入	855,055,180	174,697,746	55,689,346	69,551,621	147,132,849
業務外費用	137,379,867	93,161,860	17,954,804	59,622,034	401,946,080
財務費用	123,317,568	1,935,867	1,319,001	3,682,191	104,031,483
兌換短絀	123,317,568	1,935,867	1,319,001	3,682,191	104,031,483
其他業務外費用	14,062,299	91,225,993	16,635,803	55,939,843	297,914,597
財產交易短絀	115,436	83,927,147	528,510	1,245,122	183,617
雜項費用	13,946,863	7,298,846	16,107,293	54,694,721	297,730,980
業務外賸餘(短絀)	3,041,126,944	2,759,547,068	6,153,310,980	3,685,450,390	3,431,400,388
本期賸餘(短絀)	4,370,063,744	4,235,761,234	7,898,243,582	6,106,423,067	6,501,250,158



8.2.6 財源籌措計畫

民航事業作業基金為預算法第四條第一項第二款第四目所定常設之非營業循環基金，其相關經費之支出應仍可收回。另依「交通作業基金收支保管及運用辦法」第 8 條，自償性交通建設計畫之財務計畫所列建設總經費，屬自償比例部分，由本基金編列預算籌措財源支應，包括除借或洽請財政部代為發行乙類公債；其非屬自償比例部分，由本部依交通建設計畫之工程進度及資金實際需要，分年循預算程序由國庫撥充支應。

依照「交通作業基金收支保管及運用辦法」第 10 條及第 11 條，民航事業作業基金來源及用途，如表 8.2-8。除政府循預算程序撥款外，各機場及其他設施之使用費收入、航空站權利金收入、經分配於民航服務用之機場服務收入等項目為民航事業作業基金收入來源。上述收入，係依照航班、旅客人數配合相關費用計收方法計算及分配。例如：機場及其他設施之使用費，係依「使用國營航空站助航設備及相關設施收費費率表」標準收取；經分配於民航服務用之機場服務費收入係依照「發展觀光條例」第 38 條規定辦理。未來，各機場除客貨運量增加、權利金收入增加外，倘若相關費用計收標準調整，皆能提高收入來源。民航事業作業基金用途為場站及助航作業支出、場站及助航設施建設、改良支出等。

表 8.2-8 民航事業作業基金來源及用途表

來源	用途
1. 政府循預算程序之撥款。	1. 場站及助航設施建設、改良支出。
2. 場站及其設施之使用費收入。	2. 航空器及其裝備購置支出。
3. 助航設備服務費收入。	3. 航空客貨運園區開發支出。
4. 航空站權利金收入。	4. 場站作業維持支出。
5. 航空器之使用費收入。	5. 助航及安全作業支出。
6. 經分配於民航服務用之機場服務費收入。	6. 民航事業之宣導、推廣、訓練及研究發展支出。
7. 航空客貨運園區開發收入。	7. 航空噪音補償金及回饋金支出。
8. 國營國際機場園區股份有限公司繳交之租金或權利金收入。	8. 離島地區居民航空票價補助支出。
9. 國營國際機場園區股份有限公司盈餘分配收入。	9. 對與民航發展有關機構或團體之捐助支出。
10. 參與相關航空事業之投資收益。	10. 航空公司經營離島航線之獎助支出。
11. 本基金之孳息收入。	11. 參與相關航空事業之投資支出。
12. 其他有關收入。	12. 管理及總務支出。
	13. 其他有關支出。

北竿機場屬民航局業管，該機場建設所需資金，依規定由民航事業作業基金支應。本計畫總經費約為 158 億元，對民航事業作業基金而言實屬一筆龐大之負擔。

106 年度民航事業作業基金決算之現金餘額約 66 億元，考量各機場維持營運作業支出、機場其他一次性汰換整建設施建設計畫，以及台灣地區民用機場未來發展計畫所需資金，預計民航事業作業基金會將出現資金不足情形，可以長期債務舉借支應。

8.2.7 促進民間參與可行性

本計畫之自償率小於 100%，淨現值亦為負值，以財務觀點考量，為一不具投資效益之計畫，若因安全考量或為提升服務品質，則宜以政策評估及經濟效益考量，決定是否進行本機場之改善工程。若要推動本案之民間參與，因改擴建後所產生之新增運量不高，所增加之實質財務收入推估應屬有限，且有期初之投資與營運期間之成本支出，實難有民間參與之基本條件，故初步建議本案以政府自行興建為宜。



附錄一 設施規劃相關圖說



附錄二 北竿機場航班取消率分析

氣象分析之數據包括了北竿和南竿機場，累計 10 年間每日 6:00 am 到 7:00 pm 間每小時 1 筆之數據資料；後續將以"實際"航班及"虛擬"航班(假設每小時 1 航班)，並分別以下列 3 個時段條件分析航班取消率：

- 每日：係由上午 6:00 至晚上 7:00。
- 上午：係由上午 6:00 至中午 12:00。
- 下午：係由下午 13:00 至晚上 7:00。

附表 2-1 北竿機場航班取消率分析結果(以實際航班分析-每日)

逐月航班取消率累計百分比 Cumulated Percentage of canceled flights by month												
最小能見度 Minima VISI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
200	0.1%	0.3%	0.5%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
300	0.1%	0.5%	1.0%	0.6%	0.6%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
400	0.1%	0.9%	1.3%	1.3%	1.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
500	0.1%	1.0%	1.4%	1.3%	1.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
600	0.3%	1.3%	1.5%	1.8%	1.6%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
700	0.4%	2.1%	1.9%	2.2%	2.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
800	0.4%	2.3%	2.0%	2.3%	2.1%	0.2%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
900	0.6%	3.1%	2.9%	2.6%	2.8%	0.5%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.3%	0.1%
1000	0.6%	3.4%	3.0%	3.0%	2.8%	0.5%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.3%	0.1%
1100	1.0%	3.6%	3.4%	3.6%	3.6%	0.6%	0.3%	0.2%	0.0%	0.0%	0.3%	0.1%
1200	1.0%	3.8%	3.6%	3.8%	3.7%	0.7%	0.3%	0.2%	0.0%	0.0%	0.3%	0.3%
1300	1.3%	4.9%	4.4%	4.6%	4.9%	1.0%	0.6%	0.5%	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%
1400	1.3%	4.9%	4.4%	4.7%	4.9%	1.0%	0.6%	0.5%	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%
1500	1.4%	5.0%	4.8%	5.4%	5.6%	1.2%	0.6%	0.5%	0.1%	0.0%	0.6%	0.5%
1600	1.4%	5.1%	5.1%	5.8%	5.8%	1.6%	0.8%	0.6%	0.1%	0.0%	0.6%	0.5%
1700	1.7%	5.6%	6.2%	6.7%	6.6%	1.8%	0.8%	0.6%	0.1%	0.0%	0.6%	0.5%
1800	1.7%	5.6%	6.2%	6.8%	6.8%	1.8%	0.8%	0.6%	0.1%	0.0%	0.6%	0.5%
1900	2.1%	5.8%	7.1%	7.5%	8.0%	2.3%	0.8%	0.7%	0.1%	0.0%	0.8%	0.6%
2000	2.1%	5.8%	7.1%	7.5%	8.0%	2.3%	0.8%	0.7%	0.1%	0.0%	0.8%	0.6%
2100	3.4%	7.1%	8.7%	9.5%	11.0%	3.9%	1.0%	0.8%	0.1%	0.0%	1.3%	0.6%
2200	3.5%	7.5%	8.7%	9.9%	11.0%	4.2%	1.0%	0.8%	0.1%	0.0%	1.4%	0.6%
2300	4.0%	8.4%	10.5%	11.5%	12.4%	5.2%	1.2%	1.1%	0.1%	0.1%	1.9%	0.8%
2400	4.0%	8.5%	10.7%	11.8%	12.6%	5.2%	1.2%	1.1%	0.1%	0.1%	1.9%	1.1%



附表 2-2 北竿機場航班取消率分析結果(以每小時 1 航班分析-每日)

逐月航班取消率累計百分比 Cumulated Percentage of canceled flights by month												
最小能見度 Minima VISI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
200	0.1%	0.2%	0.4%	0.4%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
300	0.3%	0.4%	0.8%	0.6%	0.5%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
400	0.3%	0.8%	1.0%	0.9%	0.8%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
500	0.3%	1.0%	1.1%	1.0%	0.9%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
600	0.4%	1.3%	1.5%	1.6%	1.4%	0.3%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
700	0.5%	1.9%	2.0%	1.9%	1.9%	0.3%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
800	0.5%	2.1%	2.1%	2.1%	1.9%	0.3%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
900	0.7%	2.7%	2.7%	2.6%	2.6%	0.5%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
1000	0.7%	2.9%	2.8%	2.8%	2.7%	0.5%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
1100	1.0%	3.3%	3.5%	3.6%	3.8%	0.7%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%
1200	1.0%	3.4%	3.6%	3.7%	3.9%	0.7%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.4%	0.2%
1300	1.3%	4.5%	4.7%	4.6%	4.8%	1.2%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.5%	0.4%
1400	1.3%	4.5%	4.7%	4.6%	4.8%	1.2%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.5%	0.4%
1500	1.3%	4.8%	5.1%	5.2%	5.5%	1.3%	0.4%	0.4%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%
1600	1.4%	5.0%	5.5%	5.7%	5.9%	1.6%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.6%
1700	1.7%	5.4%	6.3%	6.1%	6.5%	1.9%	0.5%	0.6%	0.0%	0.0%	0.5%	0.6%
1800	1.7%	5.5%	6.3%	6.2%	6.6%	1.9%	0.5%	0.6%	0.0%	0.0%	0.5%	0.6%
1900	2.0%	6.2%	7.4%	7.1%	7.8%	2.3%	0.6%	0.7%	0.1%	0.0%	0.8%	0.6%
2000	2.0%	6.2%	7.4%	7.1%	7.8%	2.3%	0.6%	0.7%	0.1%	0.0%	0.8%	0.6%
2100	3.3%	7.3%	9.0%	9.1%	10.4%	3.5%	0.9%	1.0%	0.2%	0.1%	1.1%	0.6%
2200	3.5%	7.4%	9.2%	9.5%	10.6%	3.6%	0.9%	1.0%	0.2%	0.2%	1.1%	0.6%
2300	4.3%	8.5%	10.6%	11.2%	12.0%	4.9%	1.2%	1.2%	0.2%	0.2%	1.7%	0.8%
2400	4.4%	8.6%	10.7%	11.3%	12.2%	4.9%	1.2%	1.3%	0.2%	0.2%	1.7%	0.9%



附表 2-3 北竿機場航班取消率分析結果(以實際航班分析-上午)

逐月航班取消率累計百分比 Cumulated Percentage of canceled flights by month												
最小能見度 Minima VISI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
200	0.1%	0.5%	0.7%	0.6%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
300	0.1%	0.8%	1.3%	0.9%	0.9%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
400	0.1%	1.3%	1.8%	1.8%	1.3%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
500	0.1%	1.4%	1.9%	1.8%	1.5%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
600	0.4%	1.8%	2.1%	2.3%	2.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
700	0.6%	2.4%	2.5%	2.7%	2.8%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
800	0.6%	2.6%	2.6%	2.7%	2.8%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
900	0.9%	3.7%	3.7%	3.2%	4.0%	0.6%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%
1000	0.9%	3.9%	3.8%	3.8%	4.0%	0.6%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%
1100	1.2%	4.2%	4.1%	4.2%	4.4%	0.6%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%
1200	1.2%	4.3%	4.4%	4.5%	4.5%	0.8%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.3%
1300	1.2%	5.5%	5.4%	5.2%	5.9%	1.2%	0.9%	0.4%	0.0%	0.0%	0.3%	0.5%
1400	1.2%	5.5%	5.4%	5.3%	5.9%	1.2%	0.9%	0.4%	0.0%	0.0%	0.3%	0.5%
1500	1.2%	5.6%	5.7%	5.6%	6.7%	1.5%	0.9%	0.4%	0.2%	0.0%	0.5%	0.5%
1600	1.2%	5.8%	6.2%	6.1%	6.9%	1.8%	1.0%	0.6%	0.2%	0.0%	0.5%	0.5%
1700	1.6%	6.3%	7.0%	7.3%	7.8%	2.1%	1.0%	0.6%	0.2%	0.0%	0.5%	0.5%
1800	1.6%	6.3%	7.0%	7.4%	8.1%	2.1%	1.0%	0.6%	0.2%	0.0%	0.5%	0.5%
1900	2.1%	6.6%	8.2%	8.3%	9.2%	2.9%	1.0%	0.7%	0.2%	0.0%	0.7%	0.6%
2000	2.1%	6.6%	8.2%	8.3%	9.2%	2.9%	1.0%	0.7%	0.2%	0.0%	0.7%	0.6%
2100	3.4%	8.4%	9.8%	10.5%	12.8%	4.8%	1.2%	0.9%	0.2%	0.0%	1.3%	0.6%
2200	3.5%	9.0%	9.8%	11.1%	12.8%	5.2%	1.2%	0.9%	0.2%	0.0%	1.3%	0.6%
2300	4.0%	9.8%	11.7%	12.6%	14.5%	6.4%	1.5%	1.3%	0.2%	0.0%	1.7%	0.8%
2400	4.0%	10.0%	12.0%	13.0%	14.7%	6.4%	1.5%	1.3%	0.2%	0.0%	1.7%	1.3%



附表 2-4 北竿機場航班取消率分析結果(以每小時 1 航班分析-上午)

逐月航班取消率累計百分比 Cumulated Percentage of canceled flights by month												
最小能見度 Minima VISI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
200	0.1%	0.3%	0.5%	0.6%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
300	0.2%	0.6%	1.3%	0.8%	1.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
400	0.2%	1.3%	1.7%	1.3%	1.3%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
500	0.2%	1.6%	1.8%	1.5%	1.6%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
600	0.4%	2.0%	2.3%	1.9%	2.4%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
700	0.5%	2.6%	2.8%	2.4%	2.9%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
800	0.6%	2.7%	2.9%	2.5%	2.9%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
900	0.8%	3.5%	3.9%	3.1%	3.9%	0.8%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%
1000	0.8%	3.5%	4.1%	3.4%	4.2%	0.8%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%
1100	1.0%	4.0%	5.1%	4.4%	5.2%	1.0%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%
1200	1.0%	4.1%	5.2%	4.5%	5.3%	1.0%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%
1300	1.2%	5.1%	6.2%	5.2%	6.4%	1.6%	0.7%	0.2%	0.0%	0.0%	0.3%	0.4%
1400	1.2%	5.2%	6.2%	5.3%	6.4%	1.6%	0.7%	0.2%	0.0%	0.0%	0.3%	0.4%
1500	1.2%	5.6%	6.6%	5.7%	7.1%	1.8%	0.7%	0.3%	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%
1600	1.2%	5.8%	7.1%	6.3%	7.6%	2.1%	0.7%	0.4%	0.0%	0.0%	0.4%	0.5%
1700	1.6%	6.3%	7.8%	7.0%	8.4%	2.4%	0.7%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%
1800	1.6%	6.4%	7.9%	7.2%	8.6%	2.4%	0.7%	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%
1900	1.8%	7.2%	8.9%	8.5%	10.1%	2.9%	0.8%	0.6%	0.1%	0.0%	0.6%	0.5%
2000	1.8%	7.2%	8.9%	8.5%	10.3%	2.9%	0.9%	0.6%	0.1%	0.0%	0.6%	0.5%
2100	3.2%	8.7%	10.6%	11.3%	13.4%	4.6%	1.3%	1.1%	0.1%	0.2%	1.1%	0.6%
2200	3.4%	8.9%	10.8%	11.8%	13.6%	4.9%	1.3%	1.1%	0.1%	0.2%	1.1%	0.6%
2300	4.1%	10.2%	12.1%	13.4%	15.6%	6.2%	1.7%	1.5%	0.2%	0.2%	1.6%	0.8%
2400	4.2%	10.4%	12.3%	13.6%	15.9%	6.3%	1.7%	1.6%	0.2%	0.2%	1.6%	1.0%



附表 2-5 北竿機場航班取消率分析結果(以實際航班分析-下午)

逐月航班取消率累計百分比 Cumulated Percentage of canceled flights by month												
最小能見度 Minima VISI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
200	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
300	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
400	0.0%	0.0%	0.3%	0.3%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
500	0.0%	0.0%	0.3%	0.3%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
600	0.0%	0.3%	0.3%	0.9%	0.3%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%
700	0.0%	1.6%	0.6%	1.2%	0.6%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%
800	0.0%	1.6%	0.6%	1.5%	0.6%	0.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%
900	0.0%	1.9%	1.5%	1.5%	0.6%	0.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%
1000	0.0%	2.6%	1.5%	1.5%	0.6%	0.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%
1100	0.6%	2.6%	2.1%	2.4%	2.1%	0.6%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%
1200	0.6%	2.6%	2.1%	2.4%	2.1%	0.6%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.7%	0.3%
1300	1.5%	3.9%	2.3%	3.6%	2.9%	0.6%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.7%	0.3%
1400	1.5%	3.9%	2.3%	3.6%	2.9%	0.6%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.7%	0.3%
1500	1.8%	3.9%	2.9%	4.8%	3.2%	0.6%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.7%	0.6%
1600	1.8%	3.9%	2.9%	5.2%	3.5%	1.2%	0.3%	0.6%	0.0%	0.0%	0.7%	0.6%
1700	1.8%	4.2%	4.4%	5.5%	4.4%	1.2%	0.3%	0.6%	0.0%	0.0%	0.7%	0.6%
1800	1.8%	4.2%	4.4%	5.5%	4.4%	1.2%	0.3%	0.6%	0.0%	0.0%	0.7%	0.6%
1900	2.1%	4.2%	5.0%	5.8%	5.6%	1.2%	0.3%	0.6%	0.0%	0.0%	1.0%	0.6%
2000	2.1%	4.2%	5.0%	5.8%	5.6%	1.2%	0.3%	0.6%	0.0%	0.0%	1.0%	0.6%
2100	3.5%	4.5%	6.5%	7.6%	7.6%	2.1%	0.6%	0.6%	0.0%	0.0%	1.3%	0.6%
2200	3.5%	4.5%	6.5%	7.6%	7.6%	2.4%	0.6%	0.6%	0.0%	0.0%	1.7%	0.6%
2300	4.1%	5.5%	7.9%	9.4%	8.2%	2.7%	0.6%	0.6%	0.0%	0.3%	2.3%	0.6%
2400	4.1%	5.5%	7.9%	9.4%	8.5%	2.7%	0.6%	0.6%	0.0%	0.3%	2.3%	0.6%