

106-060-2299

MOTC-IOT-105-EDB002

臺灣國際機場引進機場協調整 合決策(A-CDM)系統之研究



交通部運輸研究所

中華民國 106 年 7 月

ISBN978-986-05-2809-1 (平)

ISBN 條碼

GPN：1010600873

定價 200 元

106-060-2299

MOTC-IOT-105-EDB002

臺灣國際機場引進機場協調整 合決策(A-CDM)系統之研究

著者：許書耕、賴威伸、胡智超、李宇欣、陳春益、
林東盈、李威勳、陳佑麟、袁永偉、盧立昕

交通部運輸研究所

中華民國 106 年 7 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

臺灣國際機場引進機場協調整合決策(A-CDM)系統之研究 / 許書耕等著.-- 初版.-- 臺北市：交通部運研所，民106.07
面；公分
ISBN 978-986-05-2809-1(平裝)

1. 航空運輸管理 2. 運輸系統

557

106010209

臺灣國內航空運輸整體規劃

著者：許書耕、賴威伸、胡智超、李宇欣、陳春益、林東盈、李威勳、
陳佑麟、袁永偉、盧立昕

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電話：(02)23496789

出版年月：中華民國 106 年 7 月

印刷者：盈濤印刷品有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：200 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

GPN：1010600873 ISBN：978-986-05-2809-1 (平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：臺灣國際機場引進機場協調整合決策(A-CDM)系統之研究			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-05-2809-1（平裝）	政府出版品統一編號 1010600873	運輸研究所出版品編號 106-060-2299	計畫編號 105-EDB002
本所主辦單位：運輸工程組 主管：許書耕 計畫主持人：許書耕 研究人員：賴威伸、胡智超 聯絡電話：02-23496821 傳真號碼：02-25450427	合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會 計畫主持人：李宇欣 研究人員：陳春益、林東盈、李威勳、陳佑麟、袁永偉、盧立昕 地址：臺南市大學路 1 號 聯絡電話：(06)2757575		研究期間 自 105 年 02 月 至 105 年 12 月
關鍵詞：機場協調整合決策、桃園國際機場、決策輔助系統、軟體離型			
摘要： 機場協調整合決策(A-CDM)之目的在協助機場各部門對整體狀況之共同感知，以及提高對未來狀況之可預期性。成功之主要關鍵在透明的資訊共享，以及各相關部門之密切合作。本計畫介紹 A-CDM 之 6 項基本元素以及構成其核心之 16 項里程碑。 對於桃園國際機場則指出短期內可建置之 6 項里程碑與後續應優先建置之項目，以及欲充份發揮效用所必須之 4 項重要決策輔助系統。同時亦討論桃園國際機場容量分析之重要性，以及容量分析與 A-CDM 之關聯。此外，本研究並建置桃園國際機場之 A-CDM 離型軟體，以顯示未來該機場完成 A-CDM 建置後之狀況，內含數個重要的決策輔助功能，其中包括停機坪調度管理、到離場管理等功能等，該離型軟體以簡化但真實之方式呈現，可供未來桃園機場建置系統時參考，並得到較真實 A-CDM 系統資訊之能力真實感受。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
106 年 7 月	164	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐密 ☐機密 ☐極機密 ☐絕對機密 （解密條件：☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密， ☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密） ☒普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION OF COOPERATIVE RESEARCH PROJECT ABSTRACTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Research on the Introduction of Airport-Collaborative Decision Making (A-CDM) System in Taiwan International Airport			
ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-05-2809-1 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010600873	IOT SERIAL NUMBER 106-060-2299	PROJECT NUMBER 105-EDB002
DIVISION: Transportation Engineering Division DIVISION DIRECTOR: Shu-Keng Hsu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Shu-Keng Hsu PROJECT STAFF: Wei-Shen Lai, Chih-Chao Hu TELEPHONE: 02-23496821 FAX: DIVISION: 02-25450427			PROJECT PERIOD FROM Feb 2016 TO Dec 2016
COOPERATIVE RESEARCH AGENCY: NCKU Research and Development Foundation (NCKURDF) PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yu-Xin LI PROJECT STAFF: Chun-Yi Chen, Dong-Ying Lin, Wei-Xun Li ADDRESS: No.1, University Road, Tainan, Taiwan (R.O.C.) PHONE: (06)2757575			
KEY WORDS: A-CDM, Taiwan Taoyuan International Airport, decision-support system, software prototype			
ABSTRACT: Airport-Collaborative Decision Making (A-CDM) aims to achieve common situational awareness and improve the predictability of events, in order to optimize the utilization of resources. The key factors to success are transparent information sharing, and close collaboration among stake holders. In this paper, we introduce the six basic concept elements of A-CDM, and the 16 milestones that form its core. For the introduction of A-CDM to Taiwan Taoyuan International Airport (TPE), we identify six milestones that can be implemented in the short term, as well as several important milestones that should be followed, and four essential decision-support systems needed to fully utilize the rich data that A-CDM supplies. The importance of capacity analysis, and its relationship to A-CDM for TPE is also discussed. Finally, we implement a prototype software that is able to demonstrate how A-CDM will work in TPE after it becomes a CDM airport. The prototype includes key decision support abilities, such as apron scheduling management, departure and arrival management. The prototype is in a simplified yet realistic form and Taoyuan Airport can refer to it get more real A-CDM system information capabilities real feelings in the future.			
DATE OF PUBLICATION 2017 July	NUMBER OF PAGES 164	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目錄

第一章 緒論	1
1.1 計畫緣起	1
1.2 研究對象與範圍	1
1.3 研究內容	2
第二章 文獻回顧	5
2.1 技術文獻	5
2.2 出國報告	19
2.3 學術文獻	21
第三章 A-CDM 運作模式深入剖析	23
3.1 A-CDM 概述	23
3.2 里程碑法各階段之意義	34
3.3 資訊之產生與運用	40
3.4 作業程序	45
3.5 區域整合	47
3.6 A-CDM 之建置	48
3.7 決策輔助系統	52
3.8 成效評估方法	54
第四章 桃園國際機場發展 A-CDM 流程架構	59
4.1 桃園國際機場發展 A-CDM 條件現況	59
4.2 桃園機場容量分析與 A-CDM 需求	63
4.3 里程碑建置	66
4.4 決策輔助系統及整合	72
4.5 資訊軟硬體初步規劃	75
第五章 雛型系統之建置	77
5.1 功能與設計原則	77
5.2 人機介面	78
5.3 軟體架構設計	84
第六章 結論與建議	87
6.1 結論	87
6.2 建議	88
6.3 後續研究	89
附錄一：期中報告審查意見處理情形表	95
附錄二：期末報告審查意見處理情形表	111

附錄三：訪談及座談會紀要.....	123
附錄四：重要名詞定義.....	137
附錄五：期末簡報.....	139

圖目錄

圖 2.1 The Airport CDM Implementation Manual 封面.....	8
圖 2.2 Airport CDM Operational Concept Document 封面	10
圖 2.3 Airport CDM 相關單位關係示意圖	12
圖 2.4 Airport CDM Applications Guide 封面	12
圖 2.5 芬蘭赫爾辛基機場.....	13
圖 2.6 瑞典斯德哥爾摩機場.....	13
圖 2.7 義大利米蘭-馬爾彭薩機場.....	14
圖 2.8 Airport CDM Adverse Conditions 封面.....	16
圖 2.9 Airport CDM steps to boost efficiency 封面.....	18
圖 3.1 各里程碑順序關係圖	40
圖 3.2 A-CDM 功能架構示意圖	51
圖 4.1 A-CDM 功能架構建置建議流程示意圖	75
圖 5.1 英國希斯洛機場原型畫面	79
圖 5.2 比利時布魯塞爾機場畫面(1)	79
圖 5.3 比利時布魯塞爾機場畫面(2)	79
圖 5.4 西班牙巴塞隆納機場 A-CDM 人機介面.....	80
圖 5.5 離型程式時間推進速度控制面板.....	81
圖 5.6 離型程式停機坪顯示資訊.....	82
圖 5.7 離型程式航空公司顯示資訊.....	82
圖 5.8 離型程式塔臺顯示資訊.....	83
圖 5.9 離型程式總表顯示資訊.....	83
圖 5.10 離型程式機場場面畫面示例	84

表目錄

表 3-1 導入 A-CDM 對相關部門之效益	30
表 3-2 已完成導入 A-CDM 之機場(1).....	30
表 3-2 已完成導入 A-CDM 之機場(2).....	30
表 3-3 歐洲最主要機場(1).....	31
表 3-3 歐洲最主要機場(2).....	32
表 3-4 16 項里程碑.....	35
表 3-5. Eurocontrol 之 16 項里程碑建置優先建議	49
表 4-1 桃園機場各里程碑資訊提供初步規劃.....	59
表 4-2 桃園機場短期可建置之里程碑.....	67
表 4-3 情境一之建議優先里程碑.....	69
表 4-4 情境二之建議優先里程碑.....	70
表 4-5 桃園機場里程碑建置流程建議.....	71

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

國際航空產業近年來發展迅速，面對往返及轉機旅客日漸增加的情況，航班延誤現象也日益嚴重。由於各類資訊在航班出現延誤時常有訊息傳遞延誤及不準確等現象，易導致決策的延遲，因而造成航班較長的延滯。機場協調整合決策(Airport-Collaborative Decision Making, A-CDM)系統為未來機場在面對日漸繁忙之運輸需求時的新興管理系統，是一個提升航班正常運行的資訊平臺，並提供資源共享和資訊交流，強調機場內機場管理者、地面塔台、航管、地勤業者及航空公司作業時間之緊密配合與協調。A-CDM 系統可以針對影響航班延誤的各類因素進行預判與資訊交換，通過追蹤航班運行流程關鍵節點、實施起飛預先排序等手段，以創造透明及高效率的運行環境，從而減少艙門關閉後飛機長時間等候起飛的現象，進而提升機場的營運效率，提高航班的準點率，改善民航服務品質，並增加旅客的滿意度；同時系統也可延伸到跨機場之間協調整合，讓各機場都可充分得到即時訊息，可針對突發狀況進行應變與回饋，亦可針對等待停機坪或者停機坪使用靈活度作改善，對全球航空運輸能量之提升更形重要。

桃園機場目前正辦理相關改善工程，未來也將積極推動 T3 新航廈等建設，工程執行期間勢必影響機場營運效能，而 A-CDM 為有效解決多邊資訊傳遞溝通等問題的方案，並可增加機場整體營運效率。桃園國際機場公司後續建置機場的營運控制中心(Airport Operation Control Center, AOCC)，此一中心乃是資訊基礎設施建置與資料交流平台，其核心 A-CDM 模組與相關處理程序於建置初期將只是雛型，爰本研究據以前瞻性思維並完整分析我國推動機場協調整合決策(A-CDM)之核心架構，可以與桃園機場公司預建置之系統相輔相成，而後亦將提出核心功能模組及相關執行程序供桃園機場公司及松山、臺中、高雄等其他國內機場參考利用。

1.2 研究對象與範圍

桃園國際機場目前正在辦理多項改善工程，同時並推動 T3 新航廈之建設，

這些工程對該機場運轉之影響絕非僅止於容量提升而已；然而更多資源之投入，勢必將使原本即不單純之機場運轉作業更趨複雜化。隨著機場規模之擴大，使用機場各部門間之互動亦將更形複雜、需要傳遞之資訊變得更大量、對資訊即時性之要求更高。所有這些需求，均需要有引進新資訊技術之支持，而本計畫之完成，將有助桃園機場得到所需要之資訊技術，對未來機場營運控制中心之建置，亦提供重要之核心技術，有助達到提升桃園國際機場運轉效率、提高航班準點率、改善服務品質、增加旅客的滿意度、提升桃園機場競爭力之效果。

長期以來，許多產業均仰賴外來技術以建立企業所需要的決策輔助系統，形成產業核心技術對外部之依賴性。而外來之決策輔助技術建置於國內之環境，又常有難以發揮其預期能力之現象。其實決策輔助系統不需要以大型工業、充沛自然資源、或強大國力等小國難以達成之條件為後盾，而我國又擁有深厚的資訊相關產業基礎以及高品質之人才，所缺者實為開發技術之機會與環境。機場協調整合決策系統為未來開發機場運轉決策輔助系統最重要之基石，在國外亦已不乏成功之先例。然而所有機場之狀況與需求均非完全相同，本計畫以桃園國際機場為主要範疇進行評估與分析，並建立系統雛型，適時提供開發本土相關技術所需要之環境，同時對我國相關技術獨立具有相當之重要性。

1.3 研究內容

本計畫蒐集歐洲發展 A-CDM 之完整歷程與方法資料，其中包括德國慕尼黑機場、法蘭克福機場及英國希斯洛機場發展 A-CDM 現況及效益等，據以撰擬以下主要研究內容。

1.依循里程碑法

里程碑法於歐洲已行之有年，於其他國家亦有所採用。經多年之使用及陸續修正，此方法已完整而成熟，相關文件亦齊備。因此本研究依循其方法，研究導入引進於我國機場相關課題，而非對里程碑法作檢討或修正建議。

2.循序漸進之導入原則

過去其他機場導入 A-CDM 之經驗顯示，此一系統之引進應循序漸進，逐步建置各里程碑。因此本研究在此原則下，研析適合桃園機場之導入方式。

3.以地面為主，暫不考慮空域

機場之運轉涵蓋空域及地面，而二者間之關係亦密不可分。然而 A-CDM 係以航機在機場地面之各項操作為主軸。再者，由國外經驗以及相關文獻觀之，A-CDM 系統與空域相關者，多以機場與跨國之流量管理中心間之互動為主要考量。衡量我國並無此種流量管理中心，因此本研究以機場地面之操作為主要範疇。

4.以空側為主，暫不考慮陸側

機場之地面操作又可區分為空側與陸側二大領域，其性質並不相同。屬陸側之行李管理、環境控制、旅客服務、移民、保安等主要業務，以及屬空側之航機起降與滑行、停機坪管理、地勤作業等相比較，A-CDM 之 16 項里程碑大都與空側作業關係較為密切。故本研究將以空側作業作為主要範疇。

5.進行桃園機場現況評估與分析

評估桃園國際機場發展 A-CDM 已有的條件與不足的單元，並分析各單位協調統合以提高作業效率的各項功能核心需求模組(例如起飛預定排序等)。

6.建置 A-CDM 雛型系統

建置機場協調整合決策系統(A-CDM)雛型，以瞭解 A-CDM 運作模式，並提出相關後續建置建議。

7.不考慮執行面

機場之 A-CDM 系統以提供高品質資訊傳遞為主要任務，仍需由相關人員於分工制度下執行各種作為。因此於引進 A-CDM 之後，桃園機場之各種相關作業程序可能需要配合調整，甚至可能涉及機場各部門間之分工模式或組織編制等更廣泛之課題。我國並無導入 A-CDM 之經驗，因此無法於本研究既定時程內探討桃園機場之作業程序、組織編制、分工模式等執行面課題。

第二章 文獻回顧

國際間 A-CDM 文獻大概可分為兩類，一為技術回顧文獻，二為學術文獻，而國內則為政府機關相關出國報告，相關重點詳述如下。

2.1 技術文獻

1.The airport CDM implementation manual^[1]

歐洲為當前推展 A-CDM 最為積極之區域，而最主要之主管機構為 Eurocontrol (Eurocontrol 為歐洲飛航安全組織，是一個政府間聯合組織，目前共有 41 個成員國，總部設在布魯塞爾)，該機構公開提供了多種技術文件，具有相當之參考價值，以下將分別說明之。

於本研究所回顧之 Eurocontrol 相關文獻中，最具有參考價值者為其實作手冊。該手冊之目的在協助歐洲各機場實作 A-CDM，於手冊中明確指出，A-CDM 之精髓在使所有相關單位可相互分享資訊，以及依據所得到之資訊採取必要之作為，並讓整體作業能夠更有效率與更透明。手冊內容涵蓋了成立 A-CDM 專案，從系統實作至投入運轉間之各階段，並包括上線實施後之成效評估方法。該手冊之主要讀者設定為航空器營運者 (Aircraft Operators)、飛航服務 (Air Traffic Services)、機場維運者 (Airport Operators)、地勤 (Ground Handlers)、其他服務提供者 (Service Providers)，以及其他可能參與、貢獻於 A-CDM，或由 A-CDM 獲益之參與者。

該實作手冊全部篇幅達 359 頁，文件之封面如圖 2.1 所示。其內容共分為主文七章、附錄、及 8 件附件，其主文七章之內容分別簡要說明如下。

(1) 瞭解 A-CDM (Understanding airport CDM)

本章說明 A-CDM 之基本概念、所可能帶來衝擊、以及實作 A-CDM 之基本元素。

(2) A-CDM 專案之成立 (Setting up an airport CDM project)

本章主要目的在說明，機場為引進 A-CDM 而成立專案時之相關事項。本章首先概要說明在機場中實作 A-CDM 之程序以及成立專案之重要性，再依序說明此一專案需要涵蓋之要項，包括取得所有相關單位之信任、設立明確目

標、建立推動專案之任務編組、專案管理、推動程序、推動專案所需要之資源、不足條件之分析、以及完成程度之評估。

(3) 實作(Implementation)

本章為整份手冊中最主要之部分，其主要內容在說明機場應如何實作 A-CDM，涵蓋了基本概念、最低需求、以及實作方法。基於 A-CDM 之最主要功能在於達到資訊之流通，本章先以相當之內容說明 A-CDM 之資訊共享，其目標、範圍、需求、處理方式，以及資訊種類。其後則詳細說明 16 項里程碑之設計原則與各里程碑之內容。再者即為 4 項重要功能之說明：變動滑行時間(Variable Taxi Time, VTT)之計算、起飛之預排序、不良狀況(Adverse Conditions)下之協調整合決策、以及飛航相關資訊之整合管理。

(4) 專案風險與處置(Project risks and mitigation)

手冊第四章之主題為專案風險，分為 2 方面分別說明：(1)推行 A-CDM 之專案共同可能遇到之風險，例如難以推行、相關單位認知不足、實作方向偏離重要原則等；以及(2)推行 A-CDM 於個別機場可能發生之專案風險，例如受影響單位之抗拒等。手冊中並針對各種可能之風險，提出處置方式之建議。

(5) 成效評估方法(How to measure success)

本章建議導入 A-CDM 後之成效評估方法，主要程序為回顧、整理導入 A-CDM 之目標，並取得目標達成指標之共識，之後即可用以評估成效。本章並論及評估成果回饋之相關課題。

(6) 後續延伸(Post-implementation activities)

手冊第六章列舉了機場成功導入 A-CDM 之後，應執行之後續延伸動作。其中較重要者為對所有參與者之持續教育訓練、軟體新功能之持續開發、以及國際機場之參與。

(7) 常見問題(Frequently asked questions)

最後一章整理了 A-CDM 導入過程中常見之問題。這些問題計分為 7 類，包括整體性問題、導入成本、導入專案之管理等一般性問題、資訊共享相關問題、里程碑法(Milestone Approach)相關問題、變動滑行時間(VTT)相關問題、起飛預排序相關問題、不良狀況相關問題、以及飛航資訊更新整合管理(Collaborative Management of Flight Updates, CMFU) 相關問題等。

於本文之後，該手冊之附錄(Appendix)則提供檢核清單，以供負責於機場導入 A-CDM 之單位自我檢核已完成之導入步驟，以及檢核尚未完成部分之用。手冊之最後，則為 8 項附件(Attachments)，分別說明如下。

(1) 主要目標與關鍵指標

此一附件主要內容在說明機場建置、導入 A-CDM 之主要目標，以及衡量績效之關鍵指標。其中說明 A-CDM 之最主要策略目標為提升機場之運轉效率，以及經由運轉效率之提升而產生提升準點率、降低誤點量之效果。而文件中所建議之關鍵指標亦以運轉效率為首，並包含了環境影響、容量之運用效率、以及安全指標。文件並對機場營運單位、航空公司、地勤單位、相關服務提供單位、航管單位等 A-CDM 相關單位，建議其最主要之目標以及重要之關鍵指標。主要之目標包括機場設施之高效率運用、地停程序之最佳化、跑道運用效率之最佳化、人員運用之最佳化等。而所建議之主要關鍵指標包括了停機坪與機門指派之變動率、起飛時間帶之達成率、相關人員之參與程度、地勤作業之可預期性、衍生自航機延遲到達之相關延誤之降低等。

(2) 導入程序與過程

本附件說明了 1 座機場建置、導入 A-CDM 時所需要之程序及過程。

(3) 文件範例

本附件以範例之方式說明諒解備忘錄(Memorandum Of Understanding)、資源與協議檢核表、以及飛航資訊檢核說明文件所建議具備之格式及內容。

(4) 數據元素與事件之觸發

本項附件屬技術性質，說明了 A-CDM 相關各項主要數據元素，以及系統運轉過程中，觸發各種事件之原則。其中並說明本文件僅對最重要者作原則性之說明，各機場仍必須依其個別之特性作更具體、因地制宜之設計。

(5) 個別機場案例

本項附件簡要介紹了歐洲 5 處機場之建置經驗：比利時布魯塞爾機場(Brussels)、德國法蘭克福機場(Frankfurt)、英國倫敦希斯洛機場(London Heathrow)、德國慕尼黑機場(Munich)、以及法國巴黎夏爾戴高樂機場(Paris CDG)。

(6) 起飛計畫資訊準則與驗證程序

本項附件針對 A-CDM 與飛航網路管理單位間之資訊交換提出具體建議。其

中以起飛計畫資訊 (Departure Planning Information) 為主，又分為 A-DPI(ATC-DPI) 、 C-DPI(Cancel-DPI) 、 E-DPI(Early-DPI) 、 及 T-DPI(Target-DPI)共 4 項。針對這些資訊，文件分別說明了其完整性準則以及運轉評估準則。

(7) 不良狀況下之協調整合決策

所謂不良狀況，主要是指使得機場容量降低之各種狀況。其中本項文件所討論之不良狀況包括了氣候因素、空中交通流量管制、機場因素以及其他因素等。本項文件針對各種不良狀況均由界定、影響處理方法、及與其他不良狀況之相關性等各面向，詳細說明協調整合決策相關課題。

(8) 參考文獻與相關單位聯絡方式

於本手冊之最末，則列舉了手冊之使用者可進一步參考之文獻，以及可供諮詢單位之聯絡方式。

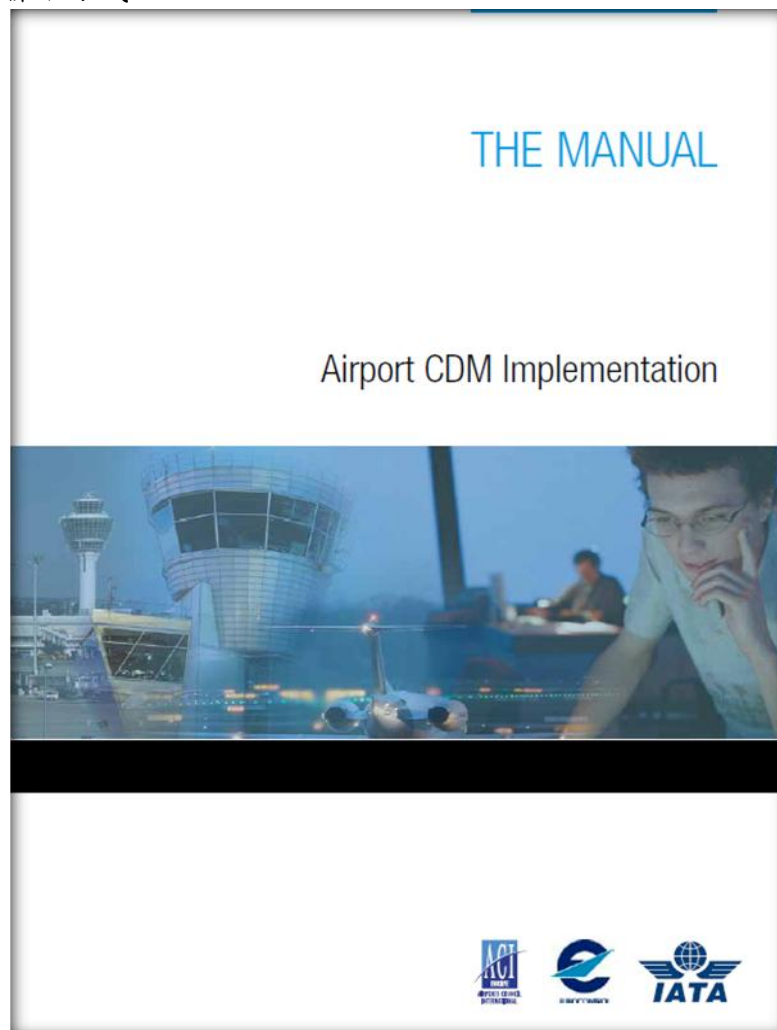


圖 2.1 The Airport CDM Implementation Manual 封面

2. Airport CDM Operational Concept Document^[2]

本文件為實作手冊所建議之重要參考文獻，其主要內容在描述 A-CDM 之運轉概念。主要讀者設定為機場營運單位、航空公司、航管單位、地勤單位以及其他服務之提供單位，並可供實作 A-CDM 之參考。該文件之封面如圖 2.2 所示，文件總篇幅有 56 頁，內分為主文四章以及附件 1 份。其主文四章之內容分別簡要說明如下。

(1) 概說

本章旨在說明全份文件之範疇、背景及基本概念，並略為提及 A-CDM 於美國之推行狀況。

(2) A-CDM 之概念元素

第二章說明構成 A-CDM 之基本概念元素，除了說明 A-CDM 在航空運輸網路中所扮演之角色外，並分資訊分享、里程碑法、變動滑行時間(VTT)、飛航資訊更新整合管理、起飛預排序之協調整合、於不良狀況下之協調整合決策、以及進更一步之概念元素等方面，闡述各種概念元素之內涵。

(3) A-CDM 之推動專案

文件第三章對於在全歐洲推動 A-CDM 之專案作整體性之描述，其中主要內容在對本文件，以及其他 3 項重要文件作簡要之介紹：Airport CDM Functional Requirements Document^[3]、Airport CDM Applications Guide^[4]、以及 Airport CDM Implementation Manual^[1]。

(4) A-CDM 之運轉元素

最後第四章則說明了構成 A-CDM 運轉之元素。本章以與第二章一致之方式，分資訊分享、里程碑法、變動滑行時間(VTT)、飛航資訊更新整合管理、起飛預排序之協調整合、於不良狀況下之協調整合決策等 6 方面說明 A-CDM 之構成運轉元素。

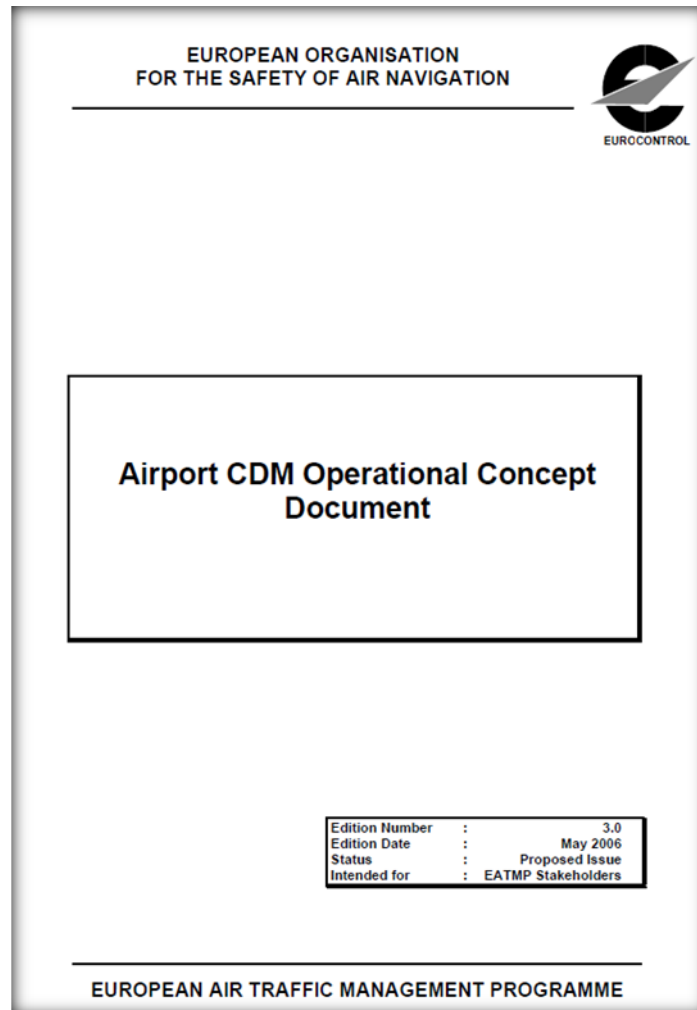


圖 2.2 Airport CDM Operational Concept Document 封面

3. Airport CDM Applications Guide^[4]

此文件之目的在說明 A-CDM 之核心概念，亦即以相對低成本之系統與作業程序，達到所有機場運轉參與單位之共同狀況感知，從而提高決策價值，以有效提高機場之運轉效率。該文件以之圖示意 A-CDM 各相關單位之合作關係(如圖 2.3 所示)，而全份文件共分為 9 章 35 頁之篇幅(如圖 2.4)，分別說明如下。

(1) 機場運轉相關單位及乘客之共同相關事項

本章中明確指出機場中各相關單位以及乘客共同相關之核心課題，由於缺乏適當之資訊共享機制、或資訊流通管道不完整，以致於無法即時感知機場之整體狀況，因此資訊分享流通正是 A-CDM 之核心價值所在。

(2) A-CDM 之效益

本章簡要說明了導入 A-CDM 之後，對於航管單位、航空公司、流量管理中心(Central Flow Management Unit, CFMU)、地勤單位及機場維運單位所可能帶來之效益。

(3) 成本效益說明

本章說明了未導入 A-CDM 所可能導致錯失效益之風險，並且說明導入 A-CDM 並不需要高額成本。

(4) A-CDM 之區域化

於本章中，論述了多數機場均導入 A-CDM 之後，相互連結並與流量管理中心(CFMU)所可能帶來之可觀效益。

(5) 縱觀 A-CDM

文件第五章則以 1 頁之篇幅簡要說明導入 A-CDM 之 4 種層級。

(6) A-CDM 基本說明

本章說明構成 A-CDM 最主要之資訊共享以及里程碑法，並以簡例說明里程碑法實作於系統中時之運作模式。

(7) 初步成果

在第七章中，本文件說明比利時布魯塞爾機場、西班牙巴塞隆納機場(Barcelona)、瑞典斯德哥爾摩機場(Stockholm)、芬蘭赫爾辛基機場(Helsinki)、義大利米蘭-馬爾彭薩機場(Milan Malpensa)實作導入 A-CDM 之狀況以及所帶來之成效(如圖 2.5~圖 2.7)。

(8) 實作程序

本章說明 A-CDM 導入層級第 2 級與第 3 級之實作程序，以及流量管理中心(CFMU)之參與模式。文中指出由下而上、逐步建置為實作、導入 A-CDM 之唯一方法。

(9) 實作手冊簡介

本章簡單介紹 A-CDM 實作手冊所具有之內容。



圖 2.3 Airport CDM 相關單位關係示意圖



圖 2.4 Airport CDM Applications Guide 封面



圖 2.5 芬蘭赫爾辛基機場



圖 2.6 瑞典斯德哥爾摩機場



圖 2.7 義大利米蘭-馬爾彭薩機場

4.Airport CDM Adverse Conditions - Impact Assessment, Processes, and Best Practices^[5]

本文件之主要內容在說明不良狀況之影響評估、於不良狀況下之協調整合決策方式以及於機場實際使用之經驗，其目的在提供機場參考，以預為準備於不良狀況影響機場容量、機場運轉效率時之復原。文件之封面如圖 2.8，本文件共有 94 頁，內容主文計分七章，並有 4 份附件，各章之內容簡要說明如下。

(1) 概說

本章整體說明全份文件之目的、預設讀者、各種定義以及參考文獻等。

(2) 範疇、目標、與方法

文件第二章說明 A-CDM 在不良狀況發生時，輔助各相關部門協調整合決策，以減少因機場容量降低而產生之負面影響、縮短回復時間之相關程序。而其目標則在收集整理各種不良狀況之因應方式、所產生之影響、並提出通用準則。同時亦說明此份文件將不良狀況分為氣象、航管、機場以及其他共計 4 類。

(3) 氣象

本章說明氣象因素所造成之不良狀況，又分為結冰、雷雨、強降雨、風、低雲、雪、霧或低能見度等 7 種不同類型。

(4) 航管

文件第四章整理航管因素所造成之不良狀況，又分為容量、人員、設備因素以及產業行為（Industrial Action）等 4 種類型，其中產業行為主要指因為罷工而造成之人力短缺。

(5) 機場

在機場相關之不良狀況方面，本章將之分為 12 種類型，分別為機場容量、事故事件、非航管設備因素、環境因素、地面處理、提升維安、新系統或程序導入、跑道、人員不足、技術問題、施工。

(6) 其他

依本章內容，造成不良狀況之其他因素共有 7 類，分別為軍事活動、特殊活動、系統維修、火害、其他等。

(7) 結論與建議

於本章中，文件指出所有機場均有其特殊性，因此於實際導入 A-CDM 時，所有機場均建議在此文件之原則建議之外，並因地制宜納入各自之實際考慮因素。

文件之 4 份附件則分別說明如下。

(1) 操作程序

本項附件針對 7 種常見狀況，說明 A-CDM 應配合發出警告提醒之程序。這些狀況包括：機場狀態變更、跑道狀態變更、要求除冰、停機坪或航機除冰開始、停機坪或航機除冰完成、開始除雪、完成除雪。

(2) 實作範例

本項附件則說明了芬蘭赫爾辛基機場、挪威奧斯陸機場(Oslo)、荷蘭阿姆斯特丹機場(Amsterdam)、瑞士蘇黎世機場(Zurich)之相關經驗。

(3) 檢核清單

本項附件說明在各種不良狀況下，所應收集之具體資訊項目。

(4) 除冰計畫

最後，本項附件則說明研擬除冰計畫之方法。

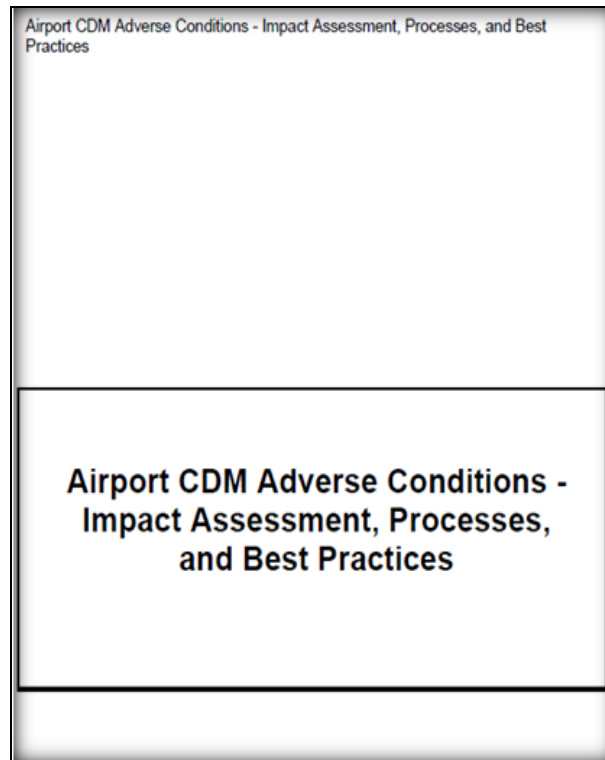


圖 2.8 Airport CDM Adverse Conditions 封面

5. Airport CDM steps to boost efficiency^[6]

在提高資源運用效率之最基本功能下，本份文件針對 A-CDM 闡述其有助於提高運轉效率之處及成功要素。全份文件篇幅 40 頁，其封面如圖 2.9 所示，內容可分為 13 個主題，分別提出其論述，而各主題之內容說明如下。

(1) 經濟效益

此主題說明引進 A-CDM 具有相當之經濟效益，由過去經驗顯示每投資 1 歐元所產生之效益約相當於 9 歐元，且大約在 2 年內可回收所有成本。

(2) 資訊之分享

本項主題說明在 A-CDM 體制下，分享資訊之內容、分享之對象以及資訊分享之方法。

(3) A-CDM 對環境保護之助益

本項主題說明 A-CDM 在提高運轉效率之同時，亦對環境保護產生正面之效用。

(4) 機場與飛航網路

本項主題說明機場資訊不夠透明時，將導致航路及時間帶之浪費，以及 A-CDM 如何有效減少這種浪費之發生。

(5) 機場導入 A-CDM 之彈性

本項主題說明 A-CDM 之導入具有相當之彈性，可視各機場之特性而作最佳之調適。

(6) A-CDM 之無形效益

本項主題指出 A-CDM 除了產生上述有形效益外，並可有效改善相關人員之工作環境，同時提高人員之工作效率。

(7) 歐洲之相關計畫

本項主題概略說明 A-CDM 與 SESAR (Single European Sky ATM Research) 間之關係，並說明 A-CDM 為 SESAR 中不可或缺之重要元素。

(8) A-CDM 之技術基礎

本項主題之內容主要在說明構成 A-CDM 技術基礎之里程碑法、資訊共享，以及運作之基本概念。

(9) 不良狀況

本項主題說明在 A-CDM 之協助下，當機場發生不良狀況時，將更能順利協調整合各相關部門進行決策，有效協助所有相關單位掌握整體狀況，並縮短恢復時間。

(10) 流量管理

此一主題說明了導入 A-CDM 之後，機場與流量管理中心(CFMU)將更能緊密協調，共同提高航路時間帶以及其他相關資源之運用效率。

(11) 運作模式之精進

機場之各相關單位各有其運作模式，本主題指出引進 A-CDM 使得資訊更透明、未來狀況變得更具可預期性之後，各單位之運作模式將隨之產生正向變化。

(12) 更佳之起飛順序

先呼叫先起飛為多數機場長期之習慣，本主題說明 A-CDM 將使各航空公司在共同同意之規則，以及資訊充份透明之狀況下，將有機會採用更佳之起飛排序規則，並能納入航空公司之偏好。

(13) 過去之經驗

本主題收集曾經導入 A-CDM 者之經驗，例如荷蘭阿姆斯特丹機場指出 A-CDM 是機制面大於系統面、義大利米蘭-馬爾彭薩機場指出所有相關單位充份參與之重要性等。由此並整理了於機場導入 A-CDM 時，最重要之 10 項注意事項：

- ①設置專任計畫主持人。
- ②自始與機場當局簽訂合作備忘錄。
- ③以和諧之方式推動導入。
- ④應由資訊平台之開發遷就作業程序。
- ⑤專案計畫應有明確而可行的目標、責任、及時間表。
- ⑥推動應聚焦，避免發散。
- ⑦工作團隊應小而有效率。
- ⑧工作團隊成員應持續參與，避免流動。
- ⑨應納入機場所有相關部門。
- ⑩工作成員應訓練、訓練、再訓練。

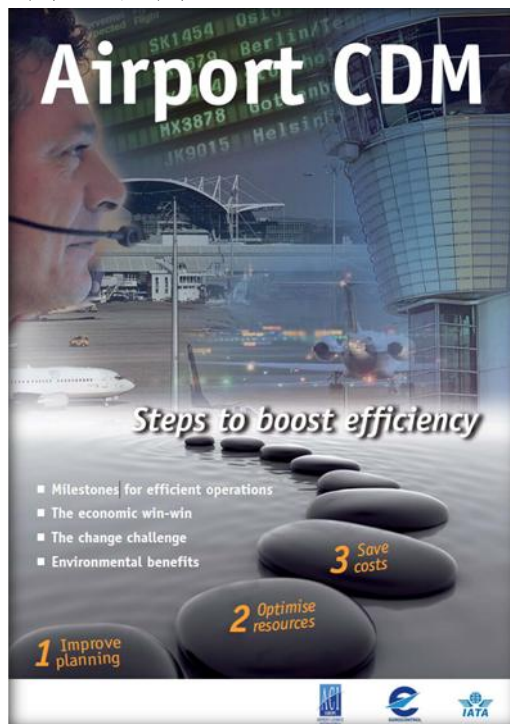


圖 2.9 Airport CDM steps to boost efficiency 封面

6.國際間機場協調整合決策(A-CDM)發展現況初探^[7]

本所已於 104 年度先期完成「國際間機場協調整合決策(A-CDM)發展現況初探」自辦研究。研究收集了歐洲發展機場協調整合決策系統之完整過程與相關資料，報告描述了歐洲發展該系統之 4 個階段，並對里程碑法做了完整介紹，另對於機場公司、航空公司、地勤部門、航管部門等所需要提供之資訊，亦做了完整之整理。在本國之部分，報告整理了桃園國際機場現有之系統，包括了飛航資訊管理系統(FIMS)、登機證查驗系統、T1-中央監控系統(CMS)、T2-中央監控系統(CSRC)、航班訊息顯示系統(Flight Information Display System, FIDS)、作業平台系統(OCC)、安全監控設備工程、監視攝影系統(CCTV)、廣播系統(PA)、T1 火災警報系統(FAS)、T2 火災警報系統(FAS)、雷達偵測系統-廣播式自動回報監視(ADS-B)、雷達偵測系統-機場場面偵測(ASD-E)、緊急逃生門系統、緊急電話系統、對講電話系統、數位錄音設備-含無線電及電話錄音機、機場通報專線 31999、門禁系統、通關報警設施等 20 項。此外，研究亦指出桃園國際機場公司刻正辦理「營運控制中心控制管理自動化工程案」與未來之 A-CDM 系統將可相輔相成。

2.2 出國報告

1.出席國際機場協會（ACI）第 8 屆亞太地區年會報告書^[8]

本文件對 A-CDM 作廣泛之基本介紹，但對其他國家之發展狀況與建置經驗則未有相關資料。

2.「民用飛航服務組織(CANSO)亞太區年會及工作小組會議」出國報告書^[9]

本文獻內容中與 A-CDM 較相關者為其中提及 CANSO (Civil Air Navigation Services Organisation) 飛航效能小組自 2011 年起推行新加坡與曼谷蘇凡納布機場間之 CDM 合作，並將持續推動；另外同時將進行倫敦希斯洛機場至新加坡樟宜機場間之飛航效能研究。而文獻^[10]對蘇凡納布機場空側之參訪報告中並未提及 A-CDM 相關資料。

3.赴印尼雅加達參加「民用飛航服務組織(CANSO)亞太區年會暨工作小組會議」報告書^[11]

此一文件為飛航服務總臺出席 CANSO 之報告書，其中簡要提及飛航效能小組將持續推行新加坡與曼谷間之 CDM 合作，初期資訊交換將以 excel 表單置於雲端之方式為之，而後續亦將邀請香港加入。

4.赴新加坡參加「民用飛航服務組織亞太區（2015 年度）第 2 次工作小組會議」報告書^[12]

此份報告書提及 CANSO 辦理亞太區分散式 ATFM/CDM 流量管理試行計畫之狀況。文件說明該計畫之參與成員包含澳洲、柬埔寨、中國、香港、印尼、馬來西亞、新加坡、泰國、及越南等。計畫分 3 階段，第 1 階段以額定起飛時間(CTOT)之發布與跨區協調為主，第 2 階段則以額定起飛時間(CTOT)之準確估計為主，其試行期程約為 2015 年 10 月至 2016 年 1 月，另文件中並未說明第 3 階段之狀況。

5.考察香港赤角蠟角國際機場 FRCS、A-CDM 系統報告書^[13]

蘇迪勒颱風（Typhoon Soudelor）於 2015 年 8 月 8 日侵臺，造成桃園機場長時間停止起降，之後桃園國際機場股份有限公司即於同月 19 日協同飛航服務總臺人員共計 5 人赴香港赤角蠟角國際機場考察其航班重排控制系統(Flight Rescheduling Control System ,FRCS)與 A-CDM 系統，並作成本項文件。

香港赤角蠟角國際機場於 FRCS 啟動期間，其與正常狀態最主要之差異在於航空公司提出飛航計畫及其後之核准程序。正常狀態下，飛航計畫由香港民航處（CAD, Civil Aviation Department）核准，而 FRCS 啟動期間，則由航空公司提出最新的估計到達時間/估計起飛時間(Estimated Time of Arrival,ETA/Estimated Time of Departure,ETD)，後由香港機場管理局核准或拒絕；所考慮之主要因素為各時段之最大起降次數以及停機坪數量。而其成功的關鍵因素則為：

- 1.準確預估每一個時段所能容許的最大起降次數（Constrained Runway Capacity）。
- 2.精確知道每一個時段的停機坪數量（Apron Capacity）。
- 3.香港機場管理局根據上述資訊（最大起降次數以及停機坪數量）並依據各項原則（Slot Allocation Guidelines）扮演核准/拒絕的角色。
- 4.航空公司/地勤公司完全配合香港機場管理局的安排。
- 5.FIDS 系統不顯示未核准的航班 ETA/ETD，以免過多的無效航班佔據 FIDS 系統。

本出國報告中對香港赤角蠟角國際機場導入 A-CDM 亦有少許之描述，其內容說明於 3.6 節。

6.出席亞太經濟合作(APEC)運輸工作小組航空交通管理與管制研討會會議報告^[14]

本報告為 2016 年參與亞太經濟合作（APEC）與美國貿易發展署（USTDA）及美國聯邦航空總署（FAA）共同辦理之研討會之報告書。其中對 A-CDM 並未提供技術性之資訊，但於報告中指出 CDM 應與飛航流量管理（Air Traffic Flow Management, ATFM）相整合，並說明我國 ATFM 機制在航管新系統啟用後已有初步運作架構，但亞太區域 Multi-Nodal ATFM 機制尚在初期研究階段，而我國並未參與，建議應是未來我國努力之重點。

2.3 學術文獻

本研究以 A-CDM 為中心領域，而 A-CDM 之核心價值在建立相關部門間通暢的資訊流通，因此機場導入 A-CDM 之後，將有機會系統性取得許多完整而高品質之資訊，這些資訊除了有助機場各部門之整合與合作外，尚有許多應用價值，而相關之學術文獻，亦多以資訊之更充份運用為探討主軸。由於本研究以 A-CDM 之實務應用為主要範疇，本節僅擇要回顧相關學術文獻。

1.Operational Concept for an Airport Operations Center to Enable Total Airport Management^[15]

本文獻之主旨在探討全面性機場管理（Total Airport Management）之概念，當一個區域內主要機場均導入 A-CDM 之後，各機場之運轉作業可進一步整合，使得參與之各機場均能瞭解其他機場之狀況以及所採取之作為，而此亦為單一歐洲天空研究（Single European Sky ATM Research, SESAR）之目標。本研究認為欲達成此一目標，該區域必須先於各機場導入 A-CDM，再以 A-CDM 系統所取得、提供、分享之高品質資訊為基礎，研擬區域之適合作業程序、定義適當之共享資訊，以達到區域內各參與機場之共同決策、對區域整體狀況之共同感知，並在此基礎上建立共同之作業架構，同時亦必須開發所需要之決策輔助系統。

2.A new Airport Collaborative Decision Making algorithm based on Deferred Acceptance in a two-sided market^[16]

本篇文獻對目前 A-CDM 所常用之決策模式提出進一步的構想。研究指出目前於歐洲所採用之 A-CDM 決策模式在排定分配起降航機所使用的跑道時間帶時，多以航空公司及航管單位之立場出發，較少納入機場管理部門之考量。為此，本研究以賽局理論為出發點，使用 Deferred Acceptance 方法，求解各方不同觀點下，將跑道時間帶分配予所有起降航機之最佳平衡點。

3.Rolling horizon approach for aircraft scheduling in the terminal control area of busy airports^[17]

義大利米蘭-馬爾彭薩機場於導入 A-CDM 之同時，亦致力於相關決策支援系統之研究開發，而本文獻即為其中成果之一，研究主要在探討如何充份運用可取得之資訊以求解在發生異常狀況、大量航機延誤時，最佳之回復計畫，作為相關人員之決策依據與參考。該模式除了納入航空公司以及航管之外，並亦納入機場管理，而使用賽局理論以求解資源之運用計畫。

4.An integrated optimisation approach to airport ground operations to foster sustainability in the aviation sector^[18]

在機場中進行的活動甚多而複雜，包括飛機在跑道上起飛與降落、在滑行道上滑行、地勤車輛與人員之作業、往來機門與停機坪間機場巴士之調度等。本論文指出雖然 A-CDM 提供了透明而有效的資訊交換機制，但各種不同作業間之協調與資源之最佳化運用，仍然有待整合。然而大量資訊以及相互關聯之多重複雜作業並不易全面掌握，為此本研究提出多目標規畫模式，以同時納入機場中之多種作業，達到整體效能之最佳化。

第三章 A-CDM運作模式深入剖析

3.1 A-CDM 概述

1.A-CDM 基本介紹

所謂機場協調整合決策系統(Airport Collaborative Decision Making, A-CDM)是一種利用減少延誤、改善工作程序可預期性、並優化資源運用之手段，以達到提升機場空中交通與容量管理效能之概念，其目的在經由改善機場各操作程序狀態之可預期性，以及資源運用之最佳化，而達到改善空中交通以及機場容量管理之成效。資訊之及時傳遞，於其中扮演關鍵性之角色。所謂「及時」(Timely)有別於「即時」(Real Time)，前者指資訊於需要時提供予需求者，而後者則指資訊於產生之時立即傳遞。對於於 A-CDM 而言，所需要者應為資訊之「及時」傳遞較為妥適。

在資訊技術之支持下，A-CDM 亦是一種在機場服務提供者、機場維運管理單位以及飛航網路管理單位之間，提供及時資訊交換的機制。透過這種及時、透明化的資訊交換，可以使各重要部門由各自運作，發展到相互合作，進而得以掌握整體狀況，並提高狀況的可預期性。

依據歐洲 Eurocontrol 之規劃及經驗，A-CDM 之效益主要來自資訊之及時提供，增加了機場維運者(Airport Operator)、航機營運者(Aircraft Operators)、地勤(Ground Handlers)、除冰公司(De-icing Companies)、飛航服務提供者(Air Navigation Service Provider, ANSP)、流量管理中心(CFMU)，以及警察、海關、移民等後勤服務等各部門執行其工作時，重要資訊之可預期性^[19]。而其精髓在使所有相關單位在分享資訊，以及依據所得到之資訊採取作為時，能夠更有效率並更透明^[1]。

歐洲推行 A-CDM 之背景，係基於國際航空運輸之需求成長速率超過運能供給之成長速率，使得機場擁擠、延誤、環境衝擊等問題日益嚴重，亦對於整個航空運輸系統造成不小之壓力。為了改善此種現象，Eurocontrol、IATA (International Airport Transport Association)、與 CANSO (Civil Aviation Navigation Services Organisation)於 2008 年共同提出了 Flight Efficiency Plan^[20]，此一計畫有 5 項主要目的：

- (1) 強化歐洲航路設計。
- (2) 改善空域利用。
- (3) 提高終端區域 (Terminal Area) 導航效能。

(4) 優化機場運轉。

(5) 強化效能意識。

在此背景下，A-CDM 之提出即為達到其中第 4 項目的之主要方法，以期有助機場減少延誤並優化資源之運用^[21]，而其決策基本模式之基本原則為^[4]：

(1) 共同一致認可之資料，必須適時由所有參與單位分享。

(2) 所分享之資訊必須達到適當之品質，方能供所有參與單位形成適當之決策。

(3) 決策權應交給最恰當之單位。

(4) 所有之決策均應告知所有相關單位。

2.A-CDM 之構成元素

機場協調整合決策概念，係由一組元素所構成^[21]。每一個元素都有其決策項目、具有一定之運轉作為、與參與機場運轉之主要部門相關、具有共同同意之規則與程序、並且以品質一致之資訊為基礎。A-CDM 包含了下列主要元素：

(1) 資訊共享元素

資訊共享(Information Sharing) 為構成 A-CDM 之最基本元素，為其他所有元素之基石。此元素定義了機場中參與協調整合決策之各部門之間，精準與及時之資訊發布，以使各參與者得以共同掌握實際狀況，並改善事件之可預測性。為達成資訊共享之主要方法是利用資訊技術，建置機場協調整合決策系統資訊分享平台(Airport CDM Information Sharing Platform, ACISP)，以及建立所有參與者所一致同意並遵守之作業程序。資訊技術可使得所有相關部門均能方便取得重要之資訊，而適當設計之作業程序，則可使各部門在取得重要資訊之後，適當運用這些資訊於部門之資訊調度作業中，使得各部門之間可達到更佳之整合與協調。在另一方面，各部門於其作業過程中，亦應將重要且與其他部門相關之資訊適時適量分享，以達到深度資訊共享之境界。資訊共享是機場協調整合決策概念之核心，並為其他元素之基礎，因此必須在其他元素之前優先引進建置。

(2) 里程碑法元素

機場之運轉具有高度複雜性，而在運轉過程中之多數作為均是由許多不同部門所共同完成，因此欲提高機場對資源之運用效率，必須提升各部門之效能，

並提高各部門之間團隊合作之效率。影響團隊合作成效之因素很多，其中具關鍵重要性者為組成團隊之各部門，是否達到良好之協調，以有效整合不同部門各自之作為。由於共同完成任務之各部門於執行自身任務時，常需使用其他部門之資訊，因此於團隊中提供適當之資訊分享、共同目標之設立，以及建立充協調整合之工作機制，將對整個團隊之效能產生很大的助益。

有鑑於此，A-CDM 即由此切入，利用資訊技術之輔助，建立機場運轉更佳之協調整合決策機制。在此一機制下，各參與之部門得以分享資訊、經驗、在同一基準上相互配合，並具有通暢的溝通與提供回饋管道。機場之運轉至為複雜，而所涉及之資訊亦甚多，若將所有資訊均鉅細靡遺分享與所有部門，不但無必要，而且過多之資訊反而將造成失焦。為此，藉由 A-CDM 之機制由其中選擇所有部門為建立對整體狀況之共同感知，所必須分享之最重要資訊，並整理為 16 項里程碑。

里程碑為航機作業之計畫或執行過程中之重要事件。一個里程碑事件之完成，將會啟動下階段事件之決策程序，並對航機作業本身，以及後續事件之預估具有重要之影響。

里程碑法之目的在協助所有參與部門得以共同掌握整體狀況。主要之內涵則是使用一組明確定義之里程碑，明確描述一個航次由最初計畫到實際起飛間之過程，以利確實掌握此一程序中之各重要事件。其中最具關鍵性之事件為後推及起飛，而資訊共享元素之建立，則為里程碑法之先決條件。後續將詳細介紹各里程碑之內容及其意義。

(3) 變動滑行時間元素

變動滑行時間(VTT)亦為 A-CDM 最重要構成元素之一。所謂變動滑行時間(VTT)，指航機由跑道移動至停機坪，或由停機坪移動至跑道所需之預估時間。前者為預計降落後滑行時間(EXIT)，其計算應考量跑道、滑行道之使用狀況以及其他地面移動時間，可用以推算到場航機之上輪擋時間^[22]；而後者為預計起飛前滑行時間(EXOT)，其計算則應包括後推、起動、地面移動、除冰、及跑道等候時間，用以推算許可開車目標時間(TSAT)以及起飛目標時間(TTOT)。

估算變動滑行時間(VTT)之複雜度隨機場之狀況及需求而異，參與協調整合決策之各部門取得變動滑行時間(VTT)，將有助提高預估航機進入停機坪以及起

飛時間之精準度，並有助相關部門事先掌握機場狀況、提高未來狀況之可預測性，並提高資源之運用效率。

變動滑行時間之估算需要里程碑法之配合，而將所估算之時間提供予各參與之部門。

(4) 協調整合預先起飛排序元素

本元素之核心精神在於將航機營運者之偏好以及運轉限制納入機場起飛排序之考量，經過 A-CDM 所提供之協調整合機制以決定最佳之撤輪擋及起飛順序。

所謂協調整合預先起飛排序(Collaborative Predeparture Sequence)，指基於各參與者之偏好而排定之航機後推離開停機坪之順序。此一順序與航管部門為位在等候點等待起飛之航機安排之起飛順序並不相同。預先起飛排序之目的在允許參與者表達偏好之同時，增加彈性、改善準點狀況、並且改善跑道時間帶配合狀況。達成本元素之前，需要先達成資訊共享元素、里程碑法元素、與變動滑行時間元素。實作時，可由離場管理工具由各航機之起飛目標時間(TTOT)取得需求資料，並由跑道起飛順序推得許可開車目標時間(TSAT)，據以得到預先起飛排序。不同的機場也可視各自之交通複雜狀況與地面擁擠狀況而設計各自之預先起飛排序計算方法。

(5) 不良狀況時之協調整合決策元素

所謂不良狀況，指預期中或非預期中之機場容量降低。此一元素於機場協調整合決策中之作用，在提供適時適質之資訊，以協助參與協調整合決策之各部門得以在不良情況已發生、預期將發生、或發生之事後回復階段時，能夠共同掌握實際狀況、縮短復原時間，並將適當資訊轉知旅客。而欲達成此目標，則有賴先達成資訊共享、里程碑法、變動滑行時間、及預先起飛排序。

(6) 飛航資訊更新整合管理元素

飛航資訊更新整合管理元素之主要內容在 CFMU 與 CDM 機場之間交換 Flight Update Messages (FUM)以及 Departure Planning Information (DPI)，以將抵達航班之預估資料提供予 CDM 機場，並改善離境航班的 ATFM 時間帶管理。而其主要目的則是要改善 Air Traffic Flow and Capacity Management (ATFCM)與 CDM 機場運轉間的協調。欲達成此目標，則有賴先達成資訊共享、里程碑法、變動滑行時間、預先起飛排序以及不良狀況下之協調整合決策等元素。

當 1 座機場成功導入上述所有 6 種元素時，即成為所謂「CDM 機場」(CDM Airport)。

3.A-CDM 之實作層級

A-CDM 之導入具有相當之彈性，可分階段逐步導入。實作之層級可分 4 種，分別說明如下^[1, 4, 23]：

(1) Level 1

在機場達成資訊共享，並將資訊共享導入地停程序中。

(2) Level 2

達成航班資訊更新以及變動滑行時間估算之協調整合決策。其中前者之目的在使塔台能夠更精準掌握各航機續航程序之進度，取得更精準之預計撤輪擋時間(EOBT)，以提高機場運轉之彈性並使離場順序之排定能夠更有效率，更貼近實際需求。而後者之目的則是在使用跑道使用狀況、停機坪位置、航機型式、機場程序、場面交通狀況、天候狀況等資訊精準估算航機之滑行時間，從而提供更精準之預計起飛時間(ETOT)，以幫助航空公司達到更高的準點率。

(3) Level 3

達成起飛排序以及不良狀況下之協調整合決策。在目前營運現況，機長先呼叫先服務為最廣為採用之起飛排序原則。此種方法雖有簡單方便之優點，但亦有其盲點。而 A-CDM 則建議充份利用預計撤輪擋時間(EOBT)及其他可取得之資訊，以協調整合決策方式決定起飛排序。這種新作法將有助停機坪、機門等設施之運用效率，並可一併納入航空公司之需求及偏好。在另一方面，不良狀況下協調整合決策之功能可於機場受到天候或其他因素之影響而降低起降容量時，將預期可能產生之狀況，以及狀況發生之後的因應處理狀況，提早分送予相關部門，以利共同協調、相互配合，並加速回復正常之過程。

(4) Level 4

達成其他的協調整合決策。此一層級目前尚未有明確之設計^[23]，討論中之項目包括：更完整之歷史紀錄資料分析、即時之 KPI 指標計算、服務品質及組織績效評估、跨機場之整合、協調整合決策中心之建立、與進場管理工具 (Arrival Manager, AMAN) 及離場管理工具 (Departure manager, DMAN) 之整合等。

以上各層級之內容並非完全相互獨立，例如 level 3 之起飛排序與 level 2 之變動

滑行時間估算，均與 level 1 之資訊共享具有密不可分之關係，因此建置第 1 級的資訊系統的同時即應深入考慮其他層級之需求。

4.A-CDM 之成本及效益

於機場導入 A-CDM 之主要成本項目來自^[24]：專案計畫管理、操作程序變更、人員教育訓練、系統整合等之需求。而對設備、軟硬體等均無特殊或大量之經費需要。由於並不涉及重大軟硬體系統建置之需求，因此資訊系統之建置成本並不高。至於非屬資訊系統建置之作業程序變更、人員訓練、組織調整、時間資源等各種成本項目則需視個別機場之狀況而異。同時，機場協調整合決策之引進可望帶來諸多效益，其中最主要而直接者為可使參與之各部門得以在與其他部門協調合作、瞭解其他部門之限制與偏好、掌握實際狀況、預估未來狀況，據以優化其各種決策。經由資訊系統之協助，參與機場協調整合決策之各部門經由改善之作業程序、機制、與工具，可分享精準、即時之資訊，而做成其決策。依文獻^[6]之資料，歐洲於 2006 年評估之結果，投資於 A-CDM 之成本，可於 2 年內回收，並於 10 年內將可產生 9 倍之效益。

對各種狀況可預期性之提高，為 A-CDM 主要效益來源之一。例如，資訊分享機制不理想時，地勤公司可能無法及早得知某航機將延後抵達之訊息，致使相關人員及設備依既定班表時間就定位之後造成資源閒置。假若 A-CDM 系統能夠於預知航機將延後抵達時，自動向地勤單位提供精準之預估降落時間，則地勤公司將可配合調整其資源之配置。

由資訊交換之角度觀之，參與機場運轉之 5 種主要部門，可各獲得相當之效益^[24]，分別說明如下：

(1)對機場維運部門之效益

機場公司或其他負責機場維運之單位，將可因 A-CDM 之導入而提高停機坪、機門之運用效率，並由此獲取更高之利潤。並有助更精準評估對設施之投資，使更貼近需求。而運轉之順暢化亦有助提升對旅客之服務品質，並產生提高航機起降之準點率、提升停機坪與機門等設施之運用效率、縮短不良狀況或其他擾動之影響時間、減少廢氣排放及噪音等環境影響等效益。

(2)對航機營運部門之效益

航機營運部門以航空公司為主，而導入協調整合決策機制，將有助航空公司掌

握航機在各機場之狀態，提高航機狀態之可預期性，因而提高機隊運用效率並降低延誤。而採用變動滑行時間之計算，亦有助節省地面等候所耗費之油料。整體而言，A-CDM 之導入，將可幫助提升地面作業的準點率，並及早取得充份資訊以及早因應不良狀況，同時節省燃料及時間成本，並使其他單位較易配合航空公司之需求。

(3)對航管部門之效益

對塔臺等機場之航管部門而言，A-CDM 可提供塔臺研擬各種管制及引導航機計畫所需之資訊，提高起飛預排（Predeparture Planning）之彈性，讓航管部門掌握更精準之資訊，將有助降低滑行道與停機坪之擁塞，而更順暢之運轉亦有助降低塔臺之工作壓力並提高工作品質。

依歐洲發展之經驗，A-CDM 對整個飛航網路之運轉亦具有其效益^[4]，如較精準之起飛時間估計，使得流量管理中心(CFMU)及航管單位能夠更精準估計空域交通之需求，進而提高流量與容量管理之品質。而航機更能配合時間帶分配之運轉，亦可提高空域容量之使用率。對社會大眾而言，各單元之可預期性提高，使得延誤降低，減少轉機之錯失，並在發生異常擾動時獲得較佳之服務，而同時減少地面等候減少燃油之耗費，則可降低對環境之衝擊。

(4)對地勤部門之效益

機場之地勤部門以地勤公司及加油公司等為主，而我國各機場並無結冰及下雪之慮，因此機場並無除冰或剷雪公司參與運轉。機場之 A-CDM 導入可提高各種狀況之可預期性，對地勤公司工作計畫、設備運用計畫，以及人員運用計畫之研擬均有直接之助益，並且減少趕工狀態，因而提高工作品質並降低事故風險。而地勤部門效率與品質之提升，亦有助提升地勤工作準點完成，對航機準點率亦有其貢獻。

(5)對其他服務部門之效益

由 A-CDM 之立場觀點，機場之移民、檢疫、行李、車輛管理、旅客服務等提供各種相關服務之部門，並非於 A-CDM 系統中主要交換資訊之產生者，而是以資訊之使用為主。對整體狀況之掌握，以及對各種狀況可預期性之提高，將有助這些部門之資源調度及計畫，提高資源運用效率並提升服務品質。

綜上，A-CDM 對各部門之效益整理於表 3-。

表 3-1 導入 A-CDM 對相關部門之效益

項次	部門	說明
1	機場維運	提高航班準點，並提高停機坪、機門等設施之運用效率
2	航機營運	提高航班準點率，提高航機狀態之可預期性
3	航管	使得起飛前準備得以更有彈性，減少空域擁塞，因而減少空中交通管制作業之壓力，並提高機場運用效率
4	地勤	提高資源運用效率，並更能準時完成作業，達到更高之服務水準
5	其他服務部門	有助資源調度及計畫，提高資源運用效率並提升服務品質

資料來源：[4, 21]

5. 歐洲導入 A-CDM 各機場之狀況

依據網站資料查詢結果，目前歐洲計有 18 處機場完成導入 A-CDM 於其運轉系統中。這些機場分佈於德國、比利時、芬蘭、英國、西班牙、義大利、法國、捷克、挪威、瑞士等 10 個國家中。其清單整理如表所示。

表 3-2 已完成導入 A-CDM 之機場(1)

項次	國家	機場
1	德國	Berlin Schönefeld (SXF)
2	西班牙	Barcelona
3	比利時	Brussels
4	德國	Düsseldorf
5	德國	Frankfurt
6	芬蘭	Helsinki-Vantaa
7	英國	London Gatwick
8	英國	London Heathrow
9	西班牙	Madrid-Barajas

表 3-2 已完成導入 A-CDM 之機場(2)

項次	國家	機場
10	義大利	Milan Malpensa
11	德國	Munich
12	法國	Paris Charles-De-Gaulle
13	捷克	Prague
14	挪威	Oslo
15	義大利	Rome Flumicino
16	德國	Stuttgart
17	義大利	Venice
18	瑞士	Zurich

資料來源：Eurocontrol網站，2016年6月查詢

機場協調整合決策系統除了對個別機場具有很大效益外，研究^[25]顯示當域內多數機場均引進該系統時，將可望產生更大之效益。該研究整理了歐洲最重要之 43 座機場如**錯誤！找不到參照來源。**所示，其中現今已經充份導入 A-CDM 之機場，以星號標示之。分析結果^[25]認為若所有 43 座機場均充份導入 A-CDM，並且均達到與德國之 Munich Airport 相同之水準，則將可減少航機延誤總分鐘數達 18%至 23%，同時並提升航路之容量。

表 3-3 歐洲最主要機場(1)

項次	國家	機場
1	比利時	Brussels*
2	德國	Frankfurt*
3	德國	Hamburg
4	德國	Dusseldorf*
5	德國	Munich*
6	芬蘭	Helsinki-Vantaa*
7	英國	London Gatwick*
8	英國	London City
9	英國	London Heathrow*
10	英國	London Stansted
11	荷蘭	Amsterdam Schiphol
12	丹麥	Copenhagen Kastrup
13	挪威	Oslo Gardemoen*
14	波蘭	Warsaw / Okęcie
15	瑞典	Stockholm Arlanda

表 3-3 歐洲最主要機場(2)

項次	國家	機場
16	西班牙	Barcelona
17	西班牙	Ibiza
18	西班牙	Madrid-Barajas*
19	西班牙	Madrid Torrejon
20	西班牙	Palma de Mallorca
21	法國	Chambery Aix bains
22	法國	Annecy
23	法國	Cannes Mandelieu
24	法國	Marseilles
25	法國	Nice Cote Azur
26	法國	Paris Charles-De-Gaulle*
27	法國	Paris Orly
28	希臘	Athens
29	希臘	Athens /Elftherios Venizelos
30	希臘	Nikos / Kazantzakis
31	希臘	Rhodes Diagoras
32	義大利	Milan Malpensa*
33	義大利	Milan Linate
34	義大利	Villafranca
35	義大利	Roma Ciampino
36	義大利	Roma Fiumicino*
37	捷克	Prague Ruzyne
38	奧地利	Vienna
39	葡萄牙	Lisbon
40	瑞士	Geneva
41	瑞士	Zurich*
42	土耳其	Antalya
43	土耳其	Istanbul Ataturk

*已導入A-CDM

資料來源：[25]

於歐洲各機場中，最早完成全面導入 A-CDM 者為德國慕尼黑機場^[7]。該機場於 2004 年 5 月與 Eurocontrol 簽訂合作備忘錄並擬定專案計畫，著手導入此一新機制^[26]。該專案之 3 項首要目標為：可預期性、各項操作之準時性、以及可靠性。而專案之主要切入點在找出當時機場各部門之運轉機制與程序中，協調、整合不良之處，以及可用資訊之精準度；之後再依此設計、設計、建置所需要之系統^[26]。

德國慕尼黑機場於成功導入 A-CDM 之後獲得了具體之效益^[27]，列舉如下：

- (1) 減少機坪變更。
- (2) 增加 TOBT 及 TSAT 之精準度。
- (3) 改善航空公司資源運用效率。
- (4) 改善地勤公司資源運用效率。
- (5) 降低延誤班機所產生之衝擊。
- (6) 增加對預排起飛時間之達成率。
- (7) 減少在滑行道之地面等待時間。
- (8) 增加準點率。
- (9) 增加地勤/續航作業之可預期性。
- (10) 起飛預排之最佳化。

在另一方面，比利時布魯塞爾機場當局(Brussels Airport Authority, BIAC)亦致力於 A-CDM 之導入^[4]。當時分析時發現 A-CDM 所需之大部分資訊均已存在，但由於作業程序或其他因素，並未適當提供予相關部門。經評估之後，該機場以撤輪擋目標時間(TOBT)為導入 A-CDM 之切入點，因此於 2003 年達成該初步目標，大幅提高了在撤輪擋目標時間(TOBT)後 2 分鐘以內實際撤輪擋之比例，而且幾乎完全消除了超過撤輪擋目標時間 20 分鐘之後才提供資訊更新之狀況^[28]，目前此一機場已經完成 A-CDM 之充份導入。

西班牙巴塞隆納機場亦為導入 A-CDM 之成功案例^[4]，該機場於導入 A-CDM 之前，先深入研究參與機場運轉之各部門間互動之模式，並歸納出航空公司、地勤公司、航管單位、流量管理單位，以及機場維運當局間資訊交換能力不足之結論。之後，該機場建置了運轉監控系統，以收集並分析各航機之實際狀態與表訂狀態間之差異，再依據分析之結果，逐步導入 A-CDM。目前巴塞隆納機場已經完成 A-CDM 之充份導入。

義大利米蘭-馬爾彭薩機場於 2003 年 2 月開始試驗性導入 A-CDM，用以找出共同之目標、改善之標的，以及存在的資訊傳遞縫隙，並設計改良協調與資訊流動之作業程序^[4]。其分析結果發現當時在機場的作業程序、資訊系統，以及協調機制均存有接軌不良之處。據此，該機場改善了相關作業程序，並以預估的航機準備就緒時間、變動滑行時間等資訊，實作了起飛順序之預排，並使得起飛時間之預估得以更為精準。

以上這些機場所公開揭露之資料對於導入 A-CDM 效益所產生之效益均為上述

質化之描述，至於量化之效益數據則未能於公開領域中蒐尋到，推測其原因可能與機場系統複雜，不易精準評估哪些量化之效益可歸因於 A-CDM 之導入有關。

6.A-CDM 之建置與導入

文獻資料顯示建置 A-CDM 之最佳策略是由下而上、分階段建置^[1,4]。由於資訊共享元素為 A-CDM 所有元素之基石，因此於建置、導入 A-CDM 時，必須優先完成資訊共享之機制^[1]。於完成資訊分享之資訊系統建置，以及相關作業程序之導入後，即可著手導入里程碑元素。此一元素之主要目的在使航管、機場維運、航空公司，以及其他所有相關單位能有明確而充份之資訊，以達到對整體狀況之共同感知，同時亦增加未來狀況之可預期性。在各里程碑中，最主要而基本，需要優先建立者為撤輪擋目標時間(TOBT)，於建置與導入 A-CDM 時，機場需要先有能力精準設定，並遵守撤輪擋目標時間(TOBT)，方能進入後續起飛目標時間(TTOT)、許可開車目標時間(TSAT)、變動滑行時間(VTT)等資訊項目之建立。

於建立資訊分享機制以及基本里程碑能力之後，機場即可著手進行變動滑行時間(VTT)估算能力之建立，以作為後續起飛預排序系統之基石。滑行時間連結了撤輪擋時間與起飛時間，而良好的變動滑行時間(VTT)估算，亦有助起飛排序作業之透明化。後續小節將對 A-CDM 系統建置作更深入之討論。

7.貨機

機場除了服務客機之起降外，同時亦對貨機提供各種服務。由機場所提供服務之立場觀點，貨機與客機所需服務之最大差異在旅客之有無，以及貨物裝卸方式之不同。此外，雖然貨機與客機所需服務有所不同，但於機場中，亦佔用其所需之停機坪，而對跑道、滑行道等資源之需求則類似。本案對此進行文獻收集回顧之結果，發現相關文獻均完全未涉及貨機之相關論述。

3.2 里程碑法各階段之意義

里程碑法為 A-CDM 之核心所在，機場中所有各部門共同達成機場之任務，因此資訊之流通交換有高度之重要性。然而機場之運轉極為複雜，各單元均各有其複雜之內部運轉程序，須處理相當複雜之資訊。若所建置之資訊系統全面提供所有細部之運轉資訊，則過多之資訊不但無此必要且勢必有礙各單位之取用。為此，

Eurocontrol 在設計 A-CDM 時，由其中分離出 16 項重要且亟需在各單元之間流通交換之資訊，並將之稱為 16 項里程碑(Milestones)，其中每一項里程碑均可視為是航機於各項作業中之一種狀態。

1. 里程碑法概述

表 3-列舉了 A-CDM 之 16 項里程碑^[7]，這些里程碑所共同描述的，是航機由外站起飛，於本場降落後，經過一連串作業程序終而再度起飛過程中之重要階段。這也是在複雜且有多個不同部門共同作業的機場中，部門與部門之間協調整合最重要之資訊。

表 3-4 16 項里程碑

里程碑	項目	說明
1	ATC Flight Plan Activated	由本場起飛之飛航計畫啟動
2	EOBT-2hrs	本場預計撤輪擋時間前 2 小時
3	Take Off Outstation	外站起飛
4	FIR Entry	進入飛航情報區
5	Final Approach	最後進場階段
6	Landed	航機降落
7	In-Blocks	上輪擋
8	Ground Handling Started	開始地勤作業
9	TOBT confirmation prior to TSAT issue	頒發許可開車目標時間前 確認撤輪擋目標時間
10	TSAT Issued	頒發許可開車目標時間
11	Boarding Started	開始登機
12	Aircraft Ready	航機準備就緒
13	Start-Up Requested	請求開車
14	Start-Up Approved	許可開車
15	Off-Blocks	撤輪擋
16	Take-Off	起飛

資料來源：[7]

這些里程碑的設計目的在反映航機各階段作業之進度，以強化機場所有部門對整體狀況之共同感知。每個里程碑所需要之資訊項目、其精準度、提供之部門、與需求之部門各不相同。具體而言，里程碑法之目的有下列各項。

(1) 作為瞭解航機作業進度狀態之指標。

- (2) 明確定義所分享之資訊內容，以及應發出警告、通知等訊息之時機。
- (3) 以滾動式概念，明確定義資訊的精準度、時效性、可靠度、穩定度、及可預期性。
- (4) 建立到場與離場班機間之關聯。
- (5) 協助在擾動發生時及早決策。
- (6) 提升資訊品質。

里程碑法的設計，使得在導入 A-CDM 機場內之各相關部門得以及時分享重要資訊。在多項資訊中，具有關鍵性者為撤輪擋目標時間(TOBT)，而本項資訊之可信度又受到其他里程碑之影響。在整個架構下，航機於地停期間，隨著進度之推進，各里程碑依序達成之同時，資訊亦逐步更新。

航班延後抵達時，通常會連帶影響使用同一航機之起飛航班，因此亦對前後艙組員、轉機乘客、停機坪、登機門，以及其他相關單位之資源運用規劃造成影響。而里程碑法即可協助及早進行精準之狀況評估，以利相關部門配合調整班表及其他計畫。

這些里程碑資料除了可即時運用之外，資料紀錄之事後統計分析亦有助機場釐清個別航班未能達成里程碑法所要求精準度之原因，並據以發現處理程序之弱點，持續改進。

2.各階段之意義

各項里程碑之設計，各有其目的與作用。以下將逐一說明里程碑法各階段之意義。

(1)里程碑 1：飛航計畫啟動

本里程碑為整個追蹤程序之起點。在此階段進場航次尚未抵達本場，但其於外站起飛之飛航計畫已經啟動，進入執行狀態。此時 A-CDM 系統先取得進場航次之基本資訊，並且發布資訊以告知本場所有相關部門瞭解該航次之飛航計畫已進入啟動狀態。同時系統並需要複核各項資訊之一致性以及完整性，並且複核機場之狀態是否能夠在該航班抵達之後，提供適當之服務。

(2)里程碑 2：本場預估撤輪擋時間之前 2 小時

於此里程碑，需要同時考量預計上輪擋時間(EIBT)、最小地停時間，以及預計

起飛前滑行時間(EXOT)，並與預計撤輪擋時間加上預計起飛前滑行時間(EXOT)相比較，據以評估撤輪擋目標時間(TOBT)之合理性。

(3) 里程碑 3：外站起飛

當 A-CDM 之機場協調整合決策系統資訊分享平台收到某航次起飛報文 (DEP) 等顯示航機已經於外站起飛之訊息時，該航次即達成里程碑 3。此時系統需要依據實際之外站起飛時間，更新該航機於本場地停、再度起飛時之起飛目標時間(TTOT)。於歐洲則要求若此時發現需要修正原先之起飛目標時間(TTOT)，則應通知流量管理中心(CFMU)。而地勤公司於接收到達成里程碑 3 之訊息時，亦需核對其工作排程之正確性與可行性。航空公司則需核對接飛航次之飛航計畫。

(4) 里程碑 4：進入飛航情報區

航管單位確認某航機進入本場所屬之飛航情報區時，該航次即達成里程碑 4。而 A-CDM 即提供此一訊息予所有相關部門知悉，利用此一最新時間點資訊，系統可再次更新該航機於本場地停、再度起飛時之撤輪擋目標時間(TOBT)，以及起飛目標時間(TTOT)。於歐洲則要求若此時發現需要修正原先之起飛目標時間(TTOT)，則應通知流量管理中心(CFMU)。

(5) 里程碑 5：航機最後進場

當航機經航管單位之許可，進入最後進場(Final Approach)狀態時，即達成里程碑 5。通常此時航機與本場僅剩數哩之距離，而經由 A-CDM 之機場協調整合決策系統資訊分享平台發布此一訊息，有助所有相關部門共同感知該航次已即將抵達之狀態。此時系統可再次更新該航機於本場地停之後、再度起飛時之起飛目標時間(TTOT)，以及撤輪擋目標時間(TOBT)。於歐洲則要求若此時發現需要修正原先之起飛目標時間(TTOT)，則應通知流量管理中心(CFMU)。

(6) 里程碑 6：航機降落

此一里程碑之達成，表示航機已經降落於本場。此亦為 A-CDM 規畫應發布予所有部門共同知悉的重要狀態之一。若某航機已經達成本項里程碑，而尚未達成里程碑 7，即表示該航機已降落，而正在滑行中。

(7) 里程碑 7：上輪擋

航機上輪擋表示已經脫離航管單位之管理，正式進入地停階段。而此一狀態之轉換，即以里程碑 7 為代表，以方便所有相關部門知悉航機之狀態。

(8) 里程碑 8：開始地勤作業

地勤作業影響航機再度起飛之時間。因此本項里程碑之設計，即在經由 A-CDM 之機場協調整合決策系統資訊分享平台，告知所有相關部門航機已經啟動地勤作業之訊息。而地勤作業啟動之後，即可據以更新再度起飛時之起飛目標時間(TTOT)，於歐洲則要求若此時發現需要修正原先之起飛目標時間(TTOT)，則應通知流量管理中心(CFMU)。

(9) 里程碑 9：確認撤輪擋目標時間

撤輪擋代表航機已經完成所有地面作業，即將由航管單位再度接手準備起飛。因此撤輪擋目標時間(TOBT)為所有地勤、登機等地面作業之共同目標時間，亦為航管單位預期要接手之目標時間，具有重要之意義。對於具備離場管理系統之機場，此亦為航機進入該管理系之目標時間。據此，本項里程碑之達成，代表航空公司、地勤公司等地面作業之部門已經充份掌握狀況，排除大部分不確定性，可明確估計完成所有地面作業之目標時間及確認撤輪擋目標時間(TOBT)，並經由 A-CDM 之機場協調整合決策系統資訊分享平台發布予所有部門共同配合。

(10) 里程碑 10：核定許可開車目標時間

航機達成里程碑 9 之後，已可確認航管單位接手之目標時間。航管單位在考量起飛順序以及流管因素之後，即可據此決定核定許可開車目標時間(TSAT)，再通知機長並經由 A-CDM 發布予所有相關部門知悉。因此本里程碑之達成，最主要之意義在顯示航機已有明確之再度起飛目標時間(TTOT)，而此一時間亦為航管單位進行起飛排序，與執行航機起降管制作業時需要注意達成之目標時間。

(11) 里程碑 11：開始登機

此一里程碑之達成，表示航機已經完成機艙清理、加餐、加水等工作，而艙門亦已開啟，可接受旅客登機之狀態^[1]。而 A-CDM 即經由機場協調整合決策系統資訊分享平台發布予所有部門共同知悉。

(12) 里程碑 12：航機準備就緒

所謂航機準備就緒，其定義為航機已經關閉所有艙門、完成退橋、後推車輛已經完成連結之狀態^[1]，而達到此一狀態之時間即為實際準備就緒時間(ARDT)。達成此一里程碑之最重要意義為該航機已可隨時經由塔臺頒發許可而執行開車及後推。經由 A-CDM 系統將此一里程碑之達成發布予所有相關部門，而若航機未能在其撤輪擋目標時間(TOBT)之前達成本里程碑，亦為航機將有延誤之虞

之警訊。

(13) 里程碑 13：申請開車許可

此一里程碑所示者為機長已經向塔臺提出開車許可之申請。此里程碑達成時，航管單位可與里程碑 10 之許可開車目標時間(TSAT)相對照，以確認預排之起飛順序，以及先前所計算額定起飛時間(CTOT)之有效性。航機在達成里程碑 13 之後，其後續程序之推進即由航管單位所掌控。

(14) 里程碑 14：同意開車

此為航機被通知允許開車之時間，緊接著即可執行開車、後推、與滑行等起飛前之程序。而若航機無法在許可開車目標時間(TSAT)之前達成此一里程碑，則為可能延誤之警訊。

(15) 里程碑 15：撤輪擋

此一里程碑為航機已經開始離開停機坪之狀態。對機場公司而言，此一里程碑之達成表示該停機坪在很短時間內即將可供下一航機使用。

(16) 里程碑 16：起飛

此一里程碑為航機由跑道起飛之時間，亦表示機場已經完成對該航機之服務。對起飛排序而言，航機達成此一里程碑時，即可由起飛之排序中移除之。

3.各里程碑之順序關係

上述各里程碑之間具有先後順序關係，但其關係並非單純之線狀連結。而里程碑 1 至里程碑 5 之先後順序，又受到外站（起飛機場）與本站間航程距離之影響，因此較為複雜而有較多之變化。其餘里程碑間之順序關係則相對較為單純。所有 16 項里程碑之順序關係可圖示如圖 3.1。此圖之目的在顯示航機被認定達成某里程碑之前必須先行達成之里程碑，與機場中建置、導入 A-CDM 之順序不應混淆。

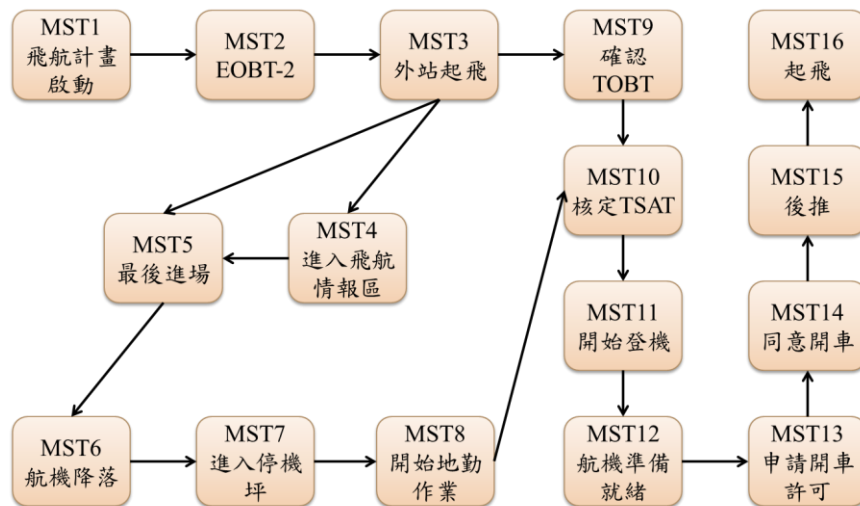


圖 3.1 各里程碑順序關係圖

3.3 資訊之產生與運用

整體而言，A-CDM 之貢獻源自於資訊之有效流動，以及對資訊之有效運用。本節將說明 Eurocontrol 對於 A-CDM 相關資訊項目之建議，至於對桃園機場之專屬考量，則將留待後續章節再行專章探討之。以下將由資訊之分類、資訊之產生、以及資訊之運用 3 個面向，討論 Eurocontrol 之建議。

1. 資訊之分類

依據文獻^[1]之說明，每項里程碑均定義了所需要之相關資訊，其目的在達成所有相關部門對整體狀況之共同感知，以及提高狀況之可預期性。依據各項資訊之性質，可將之分為預估、紀錄、目標、以及參數等 4 類，分別說明如下。

(1) 預估類

此類之資訊，其目的在呈現航機某種狀態之預估發生時間點，或航機為完成某種操作所需之預估時間長度。屬於前者之此類資訊有：預計降落時間(ELDT)、預計上輪擋時間(EIBT)、預計撤輪擋時間(EOBT)，以及預計起飛時間(ETOT)。而屬於後者之此類資訊，則有預計降落後滑行時間(EXIT)、預計地停時間(ETTT)、以及預計起飛前滑行時間(EXOT)等。

(2) 紀錄類

所謂紀錄類之資訊，為用以描述航機實際達成某種狀態之時間點，或航機實際

完成某種操作所耗費之時間長度。屬於前者之此類資訊有：實際降落時間(ALDT)、實際上輪擋時間(AIBT)、實際地勤作業開始時間(ACGT)、實際開始登機時間(ASBT)、實際準備就緒時間(ARDT)、實際請求開車時間(ASRT)、實際許可開車時間(ASAT)、實際撤輪擋時間(AOBT)，以及實際起飛時間(ATOT)。而屬於後者之此類資訊有：實際降落後滑行時間(AXIT)、實際地勤作業時間(AGHT)、實際地停時間(ATTT)，以及實際起飛前滑行時間(AXOT)。

(3) 目標類

所謂目標類之資訊，係指航機達成某種狀態之目標時間點，或依據某種方式估算而得，航機應達成某種狀態之時間點，以作為其他資源運用計畫研擬參考者。屬於前者之此類資訊有：降落目標時間(TLDT)、許可開車目標時間(TSAT)、撤輪擋目標時間(TOBT)，以及起飛目標時間(TTOT)。而屬於後者之此類資訊有額定起飛時間(CTOT)。

(4) 參數類

此類資訊屬參數性質，供系統估算相關資訊時參考之用。屬此類者為最小地停時間(MTTT)。

2. 資訊之產生

依 Eurocontrol 之建議，各項里程碑相關資訊項目由各不同之部門產生，本節依各里程碑之相關資訊項目說明之。

(1) 里程碑 1：飛航計畫啟動

對本項里程碑，Eurocontrol 建議由航空公司提供飛航計畫啟動之資訊。其考量在於航機由外站起飛之前，雖已向外站機場相關航管及其他單位提交飛航計畫，但經由航管單位傳遞至本場較為間接。而航空公司所屬之航機即將飛抵本場，公司（或其代理行）於本場必然有所準備，亦掌握相關資訊，因此建議由航空公司於其航班於外站啟動其飛航計畫之同時，將相關資訊提供予本場 A-CDM 系統。

(2) 里程碑 2：本場預估撤輪擋時間之前 2 小時

依 Eurocontrol 之資料，流量管理中心(CFMU)應配合本項里程碑，對在其管制

下之航班，將該航班納入流量管理考量並提供在本場之額定起飛時間(CTOT)。若該航班非屬流量管理中心(CFMU)管制則不作額定起飛時間(CTOT)之提供。

(3)里程碑 3：外站起飛

本項資訊依 Eurocontrol 之建議，應由起飛機場提供。亦即航機由外站起飛時，外站即將本項資訊傳遞到本場之 A-CDM 系統中。

(4)里程碑 4：進入飛航情報區

此為擬降落之航機進入本場所在飛航情報區之狀態。由於航管單位對本項資訊最具掌握能力，因此 Eurocontrol 建議由航管單位提供本項資訊。

(5)里程碑 5：航機最後進場

由於航機進入最後進場狀態，依在航管單位引導及許可下為之，因此 Eurocontrol 建議由航管單位提供本項資訊。

(6)里程碑 6：航機降落

航機降落於跑道上，可由航管單位之雷達偵測得知。而航機上若配備有航空通訊定址回報系統 (Aircraft Communications Addressing and Reporting System, ACARS)，亦可自行偵測其起落架與跑道面接觸並自動回傳至航空公司之資訊系統中。因此 Eurocontrol 建議本項里程碑所需之航機降落資訊可由航管單位，或配備有航空通訊定址回報系統之航機提供之。

(7)里程碑 7：上輪擋

輪擋本身並無偵測感應能力，因此航機上輪擋之狀態，需要由其他方式取得之。依 Eurocontrol 之建議，若機場之設備允許，本項資訊可由停機坪自動定位系統取得航機已在停機坪就定位之時間點。或者亦可由航管單位由其地面雷達取得航機離開滑行道、進入停機坪之訊息。此外，亦可由航機之航空通訊定址回報系統偵測機長於進入停機坪後上煞車之動作，再傳遞至電腦系統中。而由於各航空公司於停機坪均配置有機坪裝載管制員負責地面作業協調事項，Eurocontrol 亦建議本項資訊可以採用人工登錄之方式為之。

(8)里程碑 8：開始地勤作業

航機達成本里程碑時，已經脫離航管單位之管制範圍，進入地勤作業之階段。因此對於長時間停留於機場內，或執行當天第一航次之航機，Eurocontrol 建議

由實際負責地勤作業之地勤公司，或由掌握航機之航空公司負責於地勤作業啟動時提供本項資訊。對於續航的航次，則建議以實際上輪擋時間(AIBT)作為開始地勤作業時間，不必另行提供實際之開始地勤作業時間。

(9) 里程碑 9：確認撤輪擋目標時間

撤輪擋代表航機完成所有地勤作業，即將在航管單位之管制下進入再度起飛之程序。由於航空公司與地勤公司直接掌握與執行地勤作業，因此 Eurocontrol 建議由航空公司或地勤公司提出撤輪擋目標時間(TOBT)。

(10) 里程碑 10：核定許可開車目標時間

許可開車為航管單位之權責，而離場管理相關作業亦由航管單位為之。因此 Eurocontrol 建議許可開車目標時間(TSAT)亦由航管單位提供。

(11) 里程碑 11：開始登機

航機達成本里程碑時，已經完成大部分地面作業，而這些作業多由航空公司或地勤公司負責執行。在此考量下，Eurocontrol 建議本項資訊由機場之資訊系統提供，亦可由航空公司或地勤公司以人工登錄方式提供之。

(12) 里程碑 12：航機準備就緒

航機達成此一里程碑，表示已經可隨時經由塔臺頒發許可而執行開車及後推。而達成所需之相關作業，多由航空公司及地勤公司所執行。因此依 Eurocontrol 之建議，航空公司或地勤公司均可提供此一資訊。

(13) 里程碑 13：申請開車許可

由於開車許可之受理以及頒發均為航管單位之權責，Eurocontrol 建議由航管單位提供本項資訊。

(14) 里程碑 14：同意開車

由於開車許可之受理以及頒發均為航管單位之權責，Eurocontrol 建議由航管單位提供本項資訊。

(15) 里程碑 15：撤輪擋

本項里程碑與里程碑 7 相對應，具有相似之性質。因此本項資訊可由配備有 ACARS 之航機、或停機坪自動定位系統、或航管單位、或人工輸入所提供。

(16) 里程碑 16：起飛

航機由跑道起飛，可由航管單位之雷達偵測得知。而航機上若配備有航空通訊定址回報系統，亦可自行偵測其起落架離開跑道面，並自動回傳至航空公司之資訊系統中。因此 Eurocontrol 建議本項里程碑所需之航機起飛資訊可由航管單位，或配備有航空通訊定址回報系統之航機提供之。

3. 資訊之運用

機場導入 A-CDM 主要目的之一，在提供適當之資訊予各部門運用。以下將說明各里程碑所提供之資訊，於機場各部門之主要運用方式。

(1) 里程碑 1：飛航計畫啟動

本項資訊之主要運用方式為提供機場管理部門複核飛航相關資訊之用。

(2) 里程碑 2：本場預估撤輪擋時間之前 2 小時

流量管理中心(CFMU)運用本項資訊以檢核該航班之飛行剖面圖並於有必要時調整之，同時依據新資訊產出、更新、或取消其額定起飛時間(CTOT)。

(3) 里程碑 3：外站起飛

機場管理部門於獲知航機達成里程碑 3 時，複核停機坪及登機門之指派，而航空公司則用以檢查該航班是否有發生延誤之虞。地勤公司可利用本項資訊對人員、設備等資源作調度。

(4) 里程碑 4：進入飛航情報區

機場管理部門於航機進入飛航情報區時可再複核停機坪及登機門可用況，而航空公司與地勤公司則用以檢核各種地面作業時間是否充足。

(5) 里程碑 5：航機最後進場

同里程碑 4。

(6) 里程碑 6：航機降落

同里程碑 4。

(7) 里程碑 7：上輪擋

航空公司與地勤公司於獲悉航機達成本里程碑時，即準備展開地面作業，並以本項時間評估作業時間是否充裕，有必要時並作適當調整。

(8) 里程碑 8：開始地勤作業

航空公司與地勤公司以本項時間評估作業時間是否充裕，有必要時並作適當調

整。

(9) 里程碑 9：確認撤輪擋目標時間

航管單位利用此項資訊計算變動滑行時間(VTT)，據以設定後推及起飛之預先排序。

(10) 里程碑 10：核定許可開車目標時間

機場管理部門使用本項資訊，計算該停機坪可再度分配予後續航機使用之時間。而航空公司運用本項資訊供飛航組員瞭解各種作業之時間充裕程度。

(11) 里程碑 11：開始登機

機場管理部門運用本項資訊以複核該航次是否有延誤之虞。而航空公司與地勤公司則用以確認是否能夠達到撤輪擋目標時間(TOBT)之要求。

(12) 里程碑 12：航機準備就緒

本項資訊之主要應用，係經過資訊交換平台提供所有部門，以廣為知悉該航機已經準備就緒，以及實際就緒之時間。若已逾撤輪擋目標時間(TOBT)而尚未達到本里程碑，各部門亦可預先得知航機即將延誤。其目的在協助各部門對整體狀況取得一致之共同認知。

(13) 里程碑 13：申請開車許可

航管單位依據里程碑 10 之許可開車目標時間(TSAT)，以及本項資訊，決定是否需要調整起飛之預排序。

(14) 里程碑 14：同意開車

同上。

(15) 里程碑 15：撤輪擋

航管單位運用此項資訊以確認可否對該航機之起飛順序作最終確認。

(16) 里程碑 16：起飛

此為機場對該航機提供服務之結束點。若該航次之目的機場與本場建立適當之 A-CDM 資訊交換機制，則目的機場可使用本項資訊以達成其里程碑 3。

3.4 作業程序

本節將依據 Eurocontrol 之資料^[1]說明各里程碑相關之作業程序。

1. 里程碑 1：飛航計畫啟動

檢查飛航計畫、機場時間帶管理資訊，以及其他相關資訊之一致性，並與流量管理中心確認。

2. 里程碑 2：本場預估撤輪擋時間之前 2 小時

不論航機是否已由外站起飛，均檢查航空公司及地勤部門之作業計畫是否與飛航計畫一致。於本階段並計算 TTOT，為 $EIBT+MTTT+EXOT$ 與 $EOBT+EXOT$ 二者之較晚者。若已有人為設定 TOBT，則設定 $TTOT=TOBT+EXOT$ 。

3. 里程碑 3：外站起飛

檢查航機自外站起飛後，航空公司及地勤部門所估計之降落時間是否與飛航計畫一致，有必要時通知流量管理中心。於本階段並計算 $TTOT=EIBT+MTTT+EXOT$ 。倘若 EOBT 較 $EIBT+MTTT$ 更晚，則設定 $TTOT=EIBT+MTTT$ 。若此時已設定 TOBT，則 $TTOT=TOBT+EXOT$ 。

4. 里程碑 4：進入飛航情報區

檢查航空公司及地勤部門所估計之 TOBT 與飛航計畫是否一致，並於 TTOT 變動過大時通知流量管理中心。

5. 里程碑 5：航機最後進場

同上。

6. 里程碑 6：航機降落

同上。

7. 里程碑 7：上輪擋

同上。

8. 里程碑 8：開始地勤作業

同上。

9. 里程碑 9：確認撤輪擋目標時間

同上。

10. 里程碑 10：核定許可開車目標時間

將本航機達成此一里程碑之訊息知會所有相關部門以及流量管理中心，並統計在此之前 TOBT 之變動次數。

11. 里程碑 11：開始登機

將本航機達成此一里程碑之訊息傳送到 A-CDM 系統，並知會所有相關部門以及流量管理中心，並檢查開始登機時間有否延遲。

12. 里程碑 12：航機準備就緒

將本航機已準備就緒，可隨時開車並後推之訊息傳送到 A-CDM 系統，並知會所有相關部門。若已超過 TOBT 而仍未達成此一里程碑，則通知航空公司及地

勤部門。

13. 里程碑 13：申請開車許可

將 ASRT 提供予所有相關部門。若已逾 TSAT 之容許延誤範圍仍未達成此里程碑，則對所有相關部門以及流量管理中心發出警告訊息。

14. 里程碑 14：同意開車

將本航機已獲頒發開車許可之訊息傳送到 A-CDM 系統，並知會所有相關部門。若已逾 TSAT 之容許延誤範圍仍未達成此里程碑，則對所有相關部門以及流量管理中心發出警告訊息。

15. 里程碑 15：撤輪擋

將本航機已開始後推程序之訊息傳送到 A-CDM 系統，並知會所有相關部門。複核 TTOT，若逾容許延誤範圍則知會流量管理中心。

16. 里程碑 16：起飛

將本航機已起飛之訊息傳送到 A-CDM 系統，並知會所有相關部門。

3.5 區域整合

區域整合之宗旨在整合區域內多數已導入 A-CDM 之機場，以達成更高之資源運用效率。在歐洲地區，各機場經由各自之 A-CDM 系統將本場即將離場之航機狀態相關資訊，持續提供予流量管理中心(CFMU)，並由流量管理中心持續取得後，便將進場航機之狀態以及資訊及時更新。而流量管理中心則利用這些資訊，使用各種決策輔助系統與相關模式，規劃及分配航機在機場至機場間之飛行過程中之航路及時間資源，並以額定起飛時間(CTOT)或其他形式提供予各機場。其目的在達到有限資源之最有效運用，從而提高空中交通之服務品質。

在另一方面，目前亞洲並無流量管理中心。因此當有機場進行流量管制時，A-CDM 勢將無法依據額定起飛時間(CTOT)進行起飛預先排序，而需要另行參考其他可用資訊。

1. 由 A-CDM 機場提供予流量管理中心之資訊

在區域整合架構下，由 A-CDM 機場傳送至流量管理中心之資訊以即將離場航機之狀態資訊為主，其目的在供流量管理中心預為規劃這些航機於飛行過程中所需之資源。其中最主要之資訊為航機之預計起飛時間(ETOT)、起飛目標時間(TTOT)、預估滑行時間等。隨里程碑之推進而產生更精準之起飛目標時間(TTOT)估計時，則

持續更新之。

2. 由流量管理中心提供予 A-CDM 機場之資訊

由流量管理中心(CFMU)傳送至 A-CDM 機場之資訊，以後續將離場航機之額定起飛時間(CTOT)，以及後續將進場航機之預計降落時間(ELDT)為主。前者為流量管理中心(CFMU)依據離場航機起飛需求、地面作業進度狀況，以及空中交通之狀況，經計算所得，分配與該航機之起飛時間。接收本項資訊之機場將使用 A-CDM 系統之機制而安排該航機配合此一時間點起飛離場；而後者則為進場航機尚未抵達之前，先行提供予目的地機場之用。該項資訊亦將經由該機場之 A-CDM 系統提供予停機坪管理及其他相關部門，以提高所有部門對未來狀況之可預期性。

3.6 A-CDM 之建置

在相關文獻[1, 4]中，Eurocontrol 對機場建置與導入 A-CDM 之程序，明確建議應由下而上、分段建置。以下將先說明 Eurocontrol 所建議之建置程序，再說明所建議之里程碑項目，最後則為歐洲數處機場之經驗。

1. 系統功能建置程序^[3]

於構成 A-CDM 之 6 個元素中，最基本者為資訊共享元素，而此元素亦為建置之起點。於此元素之上，再次第建立其他各項元素，以各元素為基準，A-CDM 系統所應建置之功能可分為 8 類，分別說明如下。

(1) 基本資訊系統

於建置系統之前，需要先進行人機界面之定義與標準化，以期未來所建置之系統具有一致化之外觀與操作模式。此外亦需要建立機場協調整合決策系統資訊分享平台，以作為未來所有資訊系統之共同資料交換中心。

(2) 資訊分享功能

完成基本資訊系統之建置後，即可建立該系統之資訊分享機制。此一機制可分資訊拋轉、資訊傳遞、資訊管理，以及資訊查詢 4 方面考量之，分別說明如下。

資訊拋轉：分屬機場各部門各自之資訊系統，負責提供資訊時，需要有能力由自身系統中取得相關資訊，再拋轉到機場協調整合決策系統資訊分享平台中。

資訊傳遞：機場需要有適當之協定以及軟硬體設備以在不同系統之間傳輸所拋轉之資訊。

資訊管理：機場協調整合決策系統資訊分享平台需要建置後台資料庫以適當管理各部門所提供之資訊，並將資訊整理成為適當之型式以供保存及查詢。

資訊查詢：系統需要具備提供人工查詢以及系統查詢之能力。

(3)地停程序處理功能

本類功能之主要目的在建置航機地停過程之協調整合決策（Airport CDM Turn-round Process, CTRP）所需之資訊處理能力。欲達到此一資訊能力，系統需要處理、更新各里程碑之相關資訊，並於需要時自動發送相關警告訊息。

對於本項功能之建置及導入，Eurocontrol 所建議之策略為循序漸進、逐步為之。其中並對於所建議之 16 項里程碑，分為「建議」與「高度建議」2 種優先等級^[1]。其中前者為第 8、9、11、12、13、14 等 6 項，而其餘 10 項則屬後者，所有項目整理如表 3-1 所示。

表 3-1. Eurocontrol 之 16 項里程碑建置優先建議

里程碑	說明	優先
1	飛航計畫啟動	高度建議
2	本場預計撤輪擋時間前 2 小時	高度建議
3	外站起飛	高度建議
4	進入飛航情報區	高度建議
5	航機最後進場	高度建議
6	航機降落	高度建議
7	上輪擋	高度建議
8	開始地勤作業	建議
9	確認撤輪擋目標時間	建議
10	核定許可開車目標時間	高度建議
11	開始登機	建議
12	航機準備就緒	建議
13	申請開車許可	建議
14	同意開車	建議
15	撤輪擋	高度建議
16	起飛	高度建議

資料來源：[1]

(4)變動滑行時間(VTT)計算功能

此部分之計算涉及較複雜之模式以及演算法，並需要考慮多項資訊，包括：機場之平面配置、停機坪與其他設施之位置及狀況、跑道狀況、航機機型、所屬航空公司、後推方式、預計撤輪擋時間(EOBT)、撤輪擋目標時間(TOBT)、許可開車目標時間(TSAT)、實際撤輪擋時間(AOBT)、實際降落時間(ALDT)、實際上輪擋時間(AIBT)、滑行過程中其他飛機之影響、機場作業程序及規章、天候狀況等。系統在計算變動滑行時間(VTT)之後，亦需要同時輸出其對應的滑行路線，而變動滑行時間(VTT)之功能，亦為起飛預排序功能之基礎。

(5)飛航資訊更新整合管理功能

本項功能之目的在建立機場協調整合決策系統資訊分享平台與流量管理中心(CFMU)間之有效資訊交換機制。

(6)起飛預排序功能

本項功能需要考慮撤輪擋目標時間(TOBT)、運轉規章規定、變動滑行時間(VTT)，以及航空公司等相關部門之偏好等因素，而排定運轉效率最佳之起飛順序。

(7)不良狀況下協調整合功能

本項功能之目的在作為不良狀況下，機場維運相關部門經由資訊之充份交換而達成協調整合、共同決策之工具。由於各機場狀況各有不同，Eurocontrol 建議此項功能之設計應因地制宜^[3]。

(8)其他決策輔助功能

於 A-CDM 完成基本功能之建置後，機場可利用其提供整合資訊之能力，於其上建立更多之決策輔助功能，此一課題將於後續小節作更深入之討論。

以上 8 類系統功能中，前 3 者為 A-CDM 之基本功能，必須優先建置^[3]。而後 5 項功能之建置，則無必然之前後順序，但均以前 3 項功能為必要之共同基礎。其中飛航資訊更新整合管理功能、起飛預排序功能，以及不良狀況下協調整合功能均屬於更進階之決策輔助功能，整體系統架構可示意如圖。

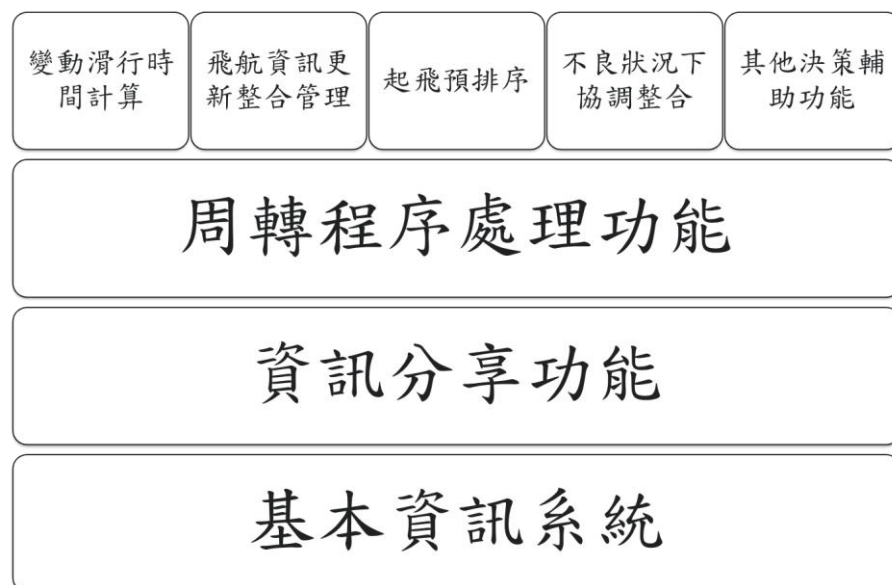


圖 3.2 A-CDM 功能架構示意圖

2.各機場建置之里程碑項目

相關文件^[1]所建議之 16 項里程碑，並非必須全數建置方能運作，而是具有相當之彈性。因此各機場可視自身之狀況與需求，選擇其中部分里程碑優先建置。此處整理文獻資料，目前國際數座機場建置 A-CDM 時所採納之里程碑狀況。

(1)新加坡樟宜機場

依據訪談結果，新加坡樟宜國際機場所建置之里程碑涵蓋了第 6、7、8、9、10、14、15、16 項里程碑，亦即其涵蓋範圍始於航機降落、終於航機再度起飛，而其中則忽略了里程碑 11（開始登機）、里程碑 12（航機準備就緒）、與里程碑 13（申請開車許可）。

(2)西班牙巴塞隆納機場^[29]

此機場於初步建置（2004 年）時，先納入了第 2、6、7、15、16 項里程碑，並於後續階段納入第 3、4、9 項里程碑。

(3)比利時布魯塞爾機場^[29]

此機場於初步建置（2004 年）時，先納入了第 2、3、9、10、15 項里程碑，並於後續階段納入第 4、6、7、16 項里程碑。

(4)倫敦機場^[29]

此機場於初步建置（2004 年）時，先納入了第 2、16 項里程碑，並於後續階段

納入第 3、6、7、15 項里程碑。

(5)瑞典斯德哥爾摩機場^[29]

此機場於初步建置（2004 年）時，先納入了第 7、15 項里程碑，並預計於後續階段納入第 2、6、16 項里程碑。

(6)香港赤角蠟角國際機場^[13]

此機場由 2013 年開始由香港民航處開始建置導入 A-CDM，並於 2015 年 4 月改由香港機場管理局接手。預計完成之時間為 2017 年 4 月。截至 2015 年為止，已經完成建置之里程碑項目為第 4、6、7、14、16 項。資料來源[13]並未進一步說明其專案背景或進度規畫原則。

(7)中國各機場^[30]

於出國報告^[30]中略提及中國於 2012 年 12 月 17 日啟動 CDM 作業，包含浦東、白雲、西安、昆明、深圳、天津等機場。

3.7 決策輔助系統

資訊之有效而及時傳遞為 A-CDM 建置機場協調整合決策資訊分享平台之最主要目的。而其最主要之效益為建立參與機場維運各部門對整體狀況之共同感知，以及增加各操作程序狀態之可預期性。此 2 項效益亦均立基於資訊之有效而及時傳遞，而資源運用之最佳化及運轉效率之提升，則有賴決策輔助系統為之。因此建置 A-CDM 之後，應持續建置各種決策輔助系統，亦為擴大效益之有效手段^[31, 32]。

決策輔助系統與 A-CDM 之機場協調整合決策資訊分享平台之最主要區別，在於前者之目的在利用電腦處理大量資訊以求解複雜模式之能力，尋找良好之方案以輔助相關人員達成資源運用之決策；而後者則利用資訊技術以作為大量資訊之彙整、交換、查詢之平台。亦即，決策輔助系統旨在自動研擬各種計畫與方案，以供相關人員參考與依據；而機場協調整合決策系統資訊分享平台（或其他類似之資訊交換平台）則為供相關人員鍵入、上載欲提供其他相關人員使用之資訊、與查詢或下載其他人員與系統所提供之資訊集中之用的資訊彙整系統。

如前所述，決策輔助系統之目的在產生可供人員參考之各種方案，如可充份運用跑道容量之起飛排序、高效率運用資源之停機坪指派、精準之滑行時間計算等，均為決策輔助系統之運用範疇。絕大多數實務上所面對之決策問題，其核心均為數

學問題^[33]，因此決策輔助系統之核心能力來自精巧的數學模式，以及良好的求解演算法^[16, 34]。

機場維持運轉方式至為複雜，所運用之資源亦複雜而大量，而目前已有機場使用，或即將採用之決策輔助系統，整理如下，其中部分已於前小節說明，此處僅予列出，不再贅述其說明。

1. 變動滑行時間(VTT)計算。
2. 飛航資訊更新整合管理。
3. 起飛預排序。
4. 不良狀況下之協調整合。
5. 不良狀況回復輔助。

於機場發生不良狀況時，本系統使用機場協調整合決策系統資訊分享平台所提供之資訊，經由最佳化模式計算，自動求最佳解，其中包括不接收落地航機、不提供為轉降或備降機場申請、航機疏運計畫、航班起降配額分配計畫、停機坪運用計畫、地勤運能運用計畫等相關資源運用計畫^[34]。

6. 停機坪指派

停機坪為機場中不可或缺的主要設施之一，亦常為機場中最受限、同時又不易擴充的資源之一。如何將所有航機適當分配到各停機坪，並隨機場運轉之實際狀況機動調整，為一複雜問題，而停機坪指派計畫之品質，又常影響機場運轉之效率。然而建立停機坪指派之決策輔助系統，需要複雜之模式，由於機場協調整合決策系統資訊分享平台收集了各里程碑以及其他相關資料，因此可以支持停機坪指派輔助系統^[35]。

7. 進場管理

進場管理是一種對管制員提供協助的決策輔助功能^[17, 36]，旨在協助管制員安排航機之進場順序，以達到空域容量以及機場跑道容量之最佳化運用。航機之進場管理與機場運轉有密切之關係，而此一決策輔助系統亦需要與機場協調整合決策系統資訊分享平台交換大量資訊。

8. 離場管理

離場管理之主要協助對象為塔臺之管制員，旨在協助安排航機起飛順序、滑行路徑、開車時間等決策^[32]。而功能良好之離場管理決策輔助系統將可利用機場協調整合決策系統資訊分享平台所提供之資訊，求解高品質之相關計畫，從而對

管制員提供協助，提高資源運用效率並提高機場之準點率。

9. 流量管理

當區域內多數機場均導入 A-CDM，並且共同管理其空中交通時，各機場之機場協調整合決策系統資訊分享平台即可共同支持流量管理中心(CFMU)而達到最佳化空域資源之目的^[37, 38]。

3.8 成效評估方法

如前所述，A-CDM 最主要之效益為建立參與機場維運各部門對整體狀況之共同感知，以及增加各操作程序狀態之可預期性。於機場中，由這些主要效益，可進一步衍生出更多各種效益。由於各機場狀況有所差異，Eurocontrol^[1]僅對成效評估方法提供原則性之方向建議，而具體之評估方式則由各機場因地制宜。以下將先介紹 Eurocontrol^[1]所建議之成效評估方法原則，再介紹比利時布魯塞爾機場及德國慕尼黑黑機場所採用之評估指標。

1. 成效評估原則

於 Eurocontrol^[1]所建議之成效評估方法，包含了 4 項原則，分別說明如下。

(1) 複核共同目標

於建置 A-CDM 之前，參與之各部門應協商一致認可之共同目標；而於建置接近完成時應再次複核當初之共同目標。必要時應在一致接受之前題下對共同目標作適當之修正。而目標之達成程度，即可作為成效評估之準則。

(2) 為共同目標研擬一致同意之成效指標

參與建置及運轉之各部門應在計畫完成之前，先協商一致同意之成效指標，而非在計畫完成之後才研擬成效指標。而指標之設計，應能用以比較 A-CDM 導入前後之差異，同時可以與其他機場相比較，或可衡量機場之整體成效；而各參與部門亦應各有其適當之成效指標。

(3) 及早執行成效評估作業

成效評估作業應在 A-CDM 完成之前就展開，並配合 A-CDM 之漸序完成而持續調整其進行方式。由於參與之各部門各有不同之特性，因此成效評估之結果，不應用於機場各部門間之評比，而應使用於比較 A-CDM 導入前與導入後之差異。

(4)建立評估結果之提交與回饋機制

成效評估主要目的之一在持續改進 A-CDM 相關系統及作業程序。因此於設計成效評估方法及指標之同時，亦應設計透明化之提交機制，以及評估結果對系統之回饋機制。

對於評估之項目，Eurocontrol^[1]則建議評估用以擬定決策之資料品質，以及依各項決策而執行之作業項目之預估精準程度，其具體之建議項目共有 8 項，說明如下。

- (1) 降落時間：評估預計降落時間(ELDT)與實際降落時間(ALDT)之差距。
- (2) 上輪擋時間：評估預計上輪擋時間(EIBT)、實際上輪擋時間(AIBT)、與表訂上輪擋時間之差距。
- (3) 撤輪擋時間：評估預計撤輪擋時間(EOBT)、實際撤輪擋時間(AOBT)、與表訂撤輪擋時間之差距。
- (4) 撤輪擋目標時間：評估撤輪擋目標時間(TOBT)與實際準備就緒時間(ARDT)或實際完成地勤作業時間之差距。
- (5) 許可開車目標時間：評估許可開車目標時間(TSAT)與實際撤輪擋時間(AOBT)、實際請求開車時間(ASRT)、或實際許可開車時間(ASAT)之差距。
- (6) 除冰時間：評估預計除冰時間與實際除冰時間之差距。
- (7) 起飛時間：評估預計起飛時間(ETOT)與實際起飛時間(ATOT)之差距、額定起飛時間(CTOT)與起飛目標時間之差距、起飛目標時間與實際起飛時間(ATOT)之差距。
- (8) 起飛前滑行時間：評估預計起飛前滑行時間(EXOT)與實際起飛前滑行時間(AXOT)之差距。

2.比利時布魯塞爾機場評估項目

以下介紹比利時布魯塞爾機場評估成效之指標項目^[39]。其中部分項目反映預估之精準度，部分則反映作業時間之長度。

- (1)預計降落時間(ELDT)與表訂降落時間之差距。
- (2)實際降落時間(ALDT)與表訂降落時間之差距。

- (3) 預計上輪擋時間(EIBT)與表訂上輪擋時間之差距。
- (4) 實際上輪擋時間(AIBT)與表訂上輪擋時間之差距。
- (5) 預計降落時間(ELDT)與實際降落時間(ALDT)之差距。
- (6) 預計上輪擋時間(EIBT)與實際上輪擋時間(AIBT)之差距。
- (7) 實際降落時間(ALDT)與實際上輪擋時間(AIBT)之差距。
- (8) 實際降落後滑行時間(AXIT)與預計降落後滑行時間(EXIT)之差距。
- (9) 預計撤輪擋時間(EOBT)與表訂撤輪擋時間之差距。
- (10) 實際撤輪擋時間(AOBT)與表訂撤輪擋時間之差距。
- (11) 預計上輪擋時間(EIBT)與預計準備就緒時間之差距，亦即預計地停時間(ETTT)。
- (12) 實際上輪擋時間(AIBT)與實際準備就緒時間(ARDT)之差距，亦即實際地停時間。
- (13) 預計地停時間(ETTT)與實際地停時間(ATTT)之差距。
- (14) 實際許可開車時間(ASAT)與實際撤輪擋時間(AOBT)之差距。
- (15) 實際許可開車時間(ASAT)與預計撤輪擋時間(EOBT)之差距。
- (16) 實際許可開車時間(ASAT)與撤輪擋目標時間(TOBT)之差距。
- (17) 實際許可開車時間(ASAT)與許可開車目標時間(TSAT)之差距。
- (18) 實際請求開車時間(ASRT)與實際許可開車時間(ASAT)之差距。
- (19) 實際請求開車時間(ASRT)與撤輪擋目標時間(TOBT)之差距。
- (20) 實際請求開車時間(ASRT)與許可開車目標時間(TSAT)之差距。
- (21) 預計撤輪擋時間(EOBT)與實際撤輪擋時間(AOBT)之差距。
- (22) 實際撤輪擋時間(AOBT)與撤輪擋目標時間(TOBT)之差距。
- (23) 實際撤輪擋時間(AOBT)與許可開車目標時間(TSAT)之差距。
- (24) 預計撤輪擋時間(EOBT)與許可開車目標時間(TSAT)之差距。
- (25) 撤輪擋目標時間(TOBT)與許可開車目標時間(TSAT)之差距。
- (26) 預計起飛時間(ETOT)與表訂起飛時間之差距。
- (27) 實際起飛時間(ATOT)與表訂起飛時間之差距。
- (28) 實際起飛時間(ATOT)與預計起飛時間(ETOT)之差距。
- (29) 實際起飛時間(ATOT)與額定起飛時間(CTOT)之差距。
- (30) 實際起飛時間(ATOT)與起飛目標時間之差距。

- (31) 實際起飛前滑行時間與預計起飛前滑行時間(EXOT)之差距。
- (32) 降落前若干分鐘內，以及降落後變動停機坪之次數。
- (33) 降落前若干分鐘內，以及降落後變動登機門之次數。
- (34) 降落後等待停機坪之次數。
- (35) 撤輪擋目標時間(TOBT)無法滿足額定起飛時間(CTOT)之次數。

3. 德國慕尼黑機場評估項目

德國慕尼黑機場於 2009 年對其 A-CDM 導入之成效進行有系統之評估^[40]。該機場導入 A-CDM 之共同目標可分為 4 類，分別說明如下。

(1) 一般目標

- 提高準點率，進而提升效率。
- 提升各種運轉計畫之精準度與可靠度。
- 編排起飛順序之透明化。
- 降低飛機引擎空轉時間。
- 擾動回復之最佳化。
- 自動化而及時的資訊交換。
- 在各種狀況下資源運用之最佳化。

(2) 航空公司與地勤公司

- 降低在跑滑道等待之時間。
- 減少航機進場延誤對後續離場航次準點之影響。
- 對地勤及航空公司資源運用之最佳化。
- 地停時間之最佳化。
- 將航空公司之偏好納入開車順序排定之考量。
- 對偏離既定計畫狀況有更好的可預期性。

(3) 機場

- 提升機場設施之運用效率。
- 提升機場時間帶之達成率。
- 對機場使用者需求之最佳化考量。

(4) 航管與飛航網路

經由飛航時間帶之更佳達成率，提高容量運用效率。

起飛順序之最佳化。

提升歐洲飛航網路效率。

減少流量管制頻率。

在上述各項目標下，該機場對 15 項指標進行成效評估，說明如下。

- (1)離場航機之跑道等待時間。
- (2)進場航機之延誤對續航航次之影響。
- (3)許可開車目標時間(TSAT)之精確度。
- (4)撤輪擋目標時間(TOBT)之精確度。
- (5)抵達航機等待停機坪之狀況。
- (6)臨時變更停機坪之狀況。
- (7)飛航時間帶之達成率。
- (8)起飛前滑行時間之縮短。
- (9)撤輪擋時間之精確度：實際撤輪擋時間(AOBT)與表訂撤輪擋時間之差距、撤輪擋目標時間(TOBT)與實際撤輪擋時間(AOBT)之差距、表訂撤輪擋時間與預計撤輪擋時間(EOBT)之差距。
- (10)無表訂撤輪擋時間「幽靈航次」(即重複提交飛航計畫之航次)之減少。
- (11)額定起飛時間(CTOT)即時反映起飛目標時間之程度。
- (12)飛航網路所造成的延誤。
- (13)進場航機飛航資訊更新之品質。
- (14)資訊交換及警告訊息之傳遞品質。
- (15)各相關部門間之合作狀況。

第四章 桃園國際機場發展A-CDM流程架構

4.1 桃園國際機場發展 A-CDM 條件現況

1. 相關資料提供單位

經評估及會議討論後，考量桃園機場現況下，初步規劃各里程碑之適宜提供資訊部門整理如表所示。而其中所規劃之主要相關資訊系統為塔台航管自動化系統、先進目視導引靠橋系統及 AOCC 系統。3 系統中塔台航管自動化系統屬航管單位所轄，其餘二者為桃園機場公司所主管。此 3 個系統均為目前均在規劃中或建置中，而此一規劃對各項里程碑之資料來源均設定單一負責提供單位。此一原則雖有其考量，但由資訊系統可靠性之觀點，未來應以多數資料來源，並相互備援為更適宜。此外，本規劃以資訊之存在為主要著眼點，然而某項資訊存在於某系統之中，並不同於能夠很方便取出，亦不同於其資料適合供其他系統使用。因此未來實作時必須配合實際狀況再作深入評估。

表 4-1 桃園機場各里程碑資訊提供初步規劃

里程碑	資訊項目	資訊提供	資訊系統	說明
1	飛航計畫啟動	航管單位	塔台航管自動化系統	長遠由桃園機場公司提供
2	預計撤輪擋時間	航管單位	塔台航管自動化系統	
3	外站起飛時間	航管單位	塔台航管自動化系統	若無本資料則不提供
4	進入飛航情報區	航管單位	塔台航管自動化系統	取用進入本國飛航情報區之時間
5	航機最後進場時間	航管單位	塔台航管自動化系統	
6	實際降落時間	航管單位	塔台航管自動化系統	
7	實際上輪擋時間	桃園機場公司	先進目視導引靠橋系統可納入系統功能	
8	實際地勤作業開	桃園機場	目前尚無可自動感	納入 AOCC 系統

表 4-1 桃園機場各里程碑資訊提供初步規劃

里程碑	資訊項目	資訊提供	資訊系統	說明
	始時間	公司	知之設備	
9	撤輪擋目標時間	桃園機場公司	目前尚無可自動感知之設備	納入 AOCC 系統
10	許可開車目標時間	航管單位	目前尚無可自動感知之設備	納入塔台航管自動化系統
11	實際開始登機時間	桃園機場公司	目前尚無可自動感知之設備	納入 AOCC 系統
12	航機準備就緒時間	桃園機場公司	目前尚無可自動感知之設備	納入 AOCC 系統
13	請求開車時間	航管單位	目前尚無可自動感知之設備	納入塔台航管自動化系統
14	許可開車時間	航管單位	目前尚無可自動感知之設備	納入塔台航管自動化系統
15	撤輪擋時間	桃園機場公司	先進目視導引靠橋系統可納入系統功能	
16	航機起飛時間	航管單位	塔台航管自動化系統	

本研究整理

2.現有及開發中軟體系統

本小節將簡要說明桃園機場與 A-CDM 相關之現有，以及開發中或預計將開發之軟體系統。

(1)臺灣桃園國際機場塔臺自動化系統

本系統為擬架設於桃園國際機場塔臺園區及北部飛航服務園區之新建置資訊系統，採購案全名為「臺灣桃園國際機場塔臺自動化系統（Taiwan Taoyuan International Airport ATC Tower Automation System）」。其目的在整合飛航服務總臺現有之監視信號、飛航計畫資訊、氣象資訊等多種系統，以及桃園機場公司之機場燈光控制系統、航務管理系統及其他系統，以達到自動化之需求。而該系統之內容除了最主要之塔臺自動化系統（ATC Tower Automation System, TAS）之外，尚包括語音通話系統（Voice Communication System, VCS）、網路裝置、及其他軟硬體系統。該系統之設計亦預留了未來再加入路徑規劃（Routing）及

導引 (Guidance) 之功能。

由於預計本系統將整合飛航計畫資訊以及語音通話系統，因此評估應具備充份之能力支援多項表所列，及未來 A-CDM 所需要之相關資訊。惟許可開車目標時間(TSAT)之計算，可能需要配合路徑規劃之模組之建置一併開發，而請求開車與實際許可開車時間(ASAT)之提供，則需要在語音通話系統之上再強化其數位化、結構化紀錄之功能。

(2)航務管理系統 (Flight Operation System, FOS)

航務管理系統為桃園機場公司最重要資訊系統之一，綜合掌握該公司航務處所轄業務資訊需求。此外，本系統亦介接了塔台等其他單位之軟體系統，實質上具有資訊交換平台之功能。

(3)先進目視導引靠橋系統

此為桃園機場公司預定近期內建置之資訊系統，主要功能在服務使用停機坪之航機，對其進出停機坪之操作提供自動化之導引。

(4)營運控制中心管理自動化系統

營運控制中心管理自動化系統為桃園機場公司目前正在辦理中之先進資訊系統，為未來重要之智慧機場資訊基礎建設之一。該系統主要由機場營運資料庫 (Airport Operation DataBase, AODB) 以及資料交換平台 (Information Broker, IB) 所構成，目的在搜集桃園機場公司各營運相關資訊系統之重要資訊，予以彙整後提供予相關人員以輔助公司之營運面管理。而長遠之目標則是結合資料倉儲 (Data Warehouse, DW)、資料探勘 (Data Mining, DM)、商業智慧 (Business Intelligence, BI) 等功能，達成決策輔助之系統能力。

機場營運資料庫 (AODB) 為營運控制中心管理自動化系統主要構成單元之一，其任務在接收錄影監控系統、中央監控系統、航班資訊顯示系統、機場場面雷達偵測系統 (Airport Surface Detection Equipment, ASDE) 及其他重要資訊系統所拋轉之資料。而透過航班資訊管理系統 (Flight Information Management System, FIMS)，AODB 也能接收到飛航電報、飛航管理系統 (Air Traffic Management System, ATMS)、航空通訊定址回報系統、(Aircraft Communications Addressing and Reporting System, ACARS)、ASDE 等系統之資訊。

除了由多數資訊系統取得資訊並予以整合之外，營運控制中心管理自動化系統並內含 A-CDM 相關模組，具有計算撤輪擋目標時間(TOBT)、額定起飛時間

(CTOT)、起飛目標時間等資訊之能力。因此本系統應已具備支援 A-CDM 系之基本條件，未來完成後可作為對桃園機場提供 A-CDM 資訊服務之主要系統。

3. 資訊擷取、拋轉、與共享

所謂資訊之擷取，係指由資訊系統運轉時所管理的諸多資訊項目中，取出所需之資訊項目；而資訊拋轉，則指一個資訊系統將其資訊傳遞到另一個資訊系統。所有資訊系統均有其既定之設計與建置功能及目的，而在系統內部所有資訊，均配合既定之任務而流動，因此對已經上線運轉之系統，欲以不同之方式進行資訊擷取與拋轉，往往存有相當之困難甚至風險。

目前桃園機場中除了目前正在建置中之營運控制中心管理自動化系統外，其餘各資訊系統大都並未對 A-CDM 之需求提供對應之設計。因此若欲配合表之規劃而提供相關資訊，各系統可能均尚需相當之配合工作，甚至修正軟體系統原規劃之架構方可達成。在機場中，某項資訊存在於某系統之中，並不同於能夠很方便取出供其他系統使用，因此很有可能因為各系統之建置目的不同，以致於對相同名稱之資訊項目，其定義、更新頻率、精準度、有效期間，及其他許多重要性質，各有不同之設計。未來實際於桃園機場導入 A-CDM 時，必須以務實而謹慎之原則，評估達成資訊拋轉及接收所需要之工作量、風險，以及技術障礙。因此如何落實表所示之規劃，尚需深入之研究與評估，並於系統建置時預為全盤整合考量。

4. 資訊傳輸

桃園機場建有完整之網路，而 A-CDM 之傳輸內容以少量數據為主，並無圖像、影音等內容。現今桃園機場每日服務之航機數量約為 400 架，產生約 650 至 700 架次之起降。若以其 10 倍（4,000 架）估算，而每架航機均需傳輸 16 項里程碑，假設每項里程碑均重複傳輸 10 次，而每次均傳輸 100 個時間點或其他整數資訊，則在此高度寬估之假設下，全日之傳輸量亦僅約為 512MB 之資訊。因此所需之資訊頻寬不大，以現有之網路應足供未來資訊傳輸之用。

5. 尚待建置之軟體

相關文件顯示目前建置中之營運控制中心管理自動化系統已經內含 A-CDM 相關模組，而此一系統原本即已設計界接機場所有主要資訊系統。因此未來該模組應

可作為機場協調整合決策系統資訊分享平台（Airport CDM Information Sharing Platform, ACISP），然而更進一步之決策支援系統相關軟體則需視需求建置之。

4.2 桃園機場容量分析與 A-CDM 需求

依據歐洲及其他機場之經驗，機場於導入 A-CDM 時，大抵均循序漸進，少有一步到位將 16 項里程碑一次全數建置完成，同時上線者。而 Eurocontrol 之資料^[1, 4]亦建議應分段建置。為此本節將以桃園機場為主軸，探討桃園機場對 A-CDM 之需求。

1. 桃園機場容量分析之重要性

桃園機場導入 A-CDM 之目的在提升機場之服務效能，而任何機場之服務效能均受到其容量之限制，因此欲針對桃園機場之需求而設計最佳之 A-CDM 導入策略，必須先深入分析此一機場之容量。

一般而言，機場之容量並非單獨由其設施所決定。反之，機場之容量，係由其營運型態與所有設施所共同決定。例如，在設施完全相同之狀況下，客機與貨機比例不同，或起降機型大小分佈不同，其單位時間可服務之航機數量即有可能不同。再者，機場設施之狀況，亦有可能隨著維修更新、環境變化等而有所變動；機場之服務能力亦有可能因作業程序、組織編制等而有所變化。因此維運單位不但應充份瞭解自身機場之容量，亦應定期重新分析其容量之變化。

綜整訪談所見，桃園機場空側現正面臨容量不足之問題。就本研究所關注之地面空側為航機降落於跑道後，經過滑行道進入停機坪，再由航空公司、各地勤公司完成地面作業程序之後，航機後推進入滑行道，再經由跑道起飛。學理上^[41]亦認為停機坪與跑道為決定機場空側容量最主要之因素，由數學模式分析結果^[41]顯示，對轉運型機場而言，跑道容量與停機坪容量彼此相互影響；相對的，起迄型機場兩者之容量則可視為相互獨立，其中之容量較小者將成為機場空側容量之主要限制因素。

綜整實務訪談結果，桃園機場之運轉型態應較偏向於起迄型。而實務上亦多認為桃園機場空側容量不足之現象，主要受到停機坪、跑滑道之容量均不甚充裕之影響，與學理相一致。在此同時，桃園機場受到跑道、滑行道幾何佈設不甚理想而相互干擾之先天限制，使得跑道之容量分析不能獨立於滑行道考量之外。因此若欲瞭

解桃園機場空側容量之主要限制因素，應分別探討跑滑道、以及停機坪所能提供之服務容量，以精準指出何者對機場整體容量之影響較大，以及容量不足之具體原因。

受到種種因素之限制，本研究並無法分別深入研析桃園機場停機坪、跑滑道之容量。以下將分項說明其容量分析之內容與方法，以供後續研究參考採用。未來不論採用何種方法進行容量分析，過程中真實資料之取得、清洗與整理分析為必經之過程。一般而言，複雜系統真實資料利用上述處理方式，大都具有相當之困難度與工作量，必須謹慎因應之。

2.跑滑道容量分析初探

跑道容量可定義為跑道每單位時間（例如 1 小時）內可服務之航機架次。影響跑道容量的因素很多，主要項目有航機佔用跑道之最短時間、航機交通組成、航管作為、機尾亂流相關限制、天候因素、助導航設施、平行跑道間距、不平行跑道之佈設方式、跑道運作模式（例如起降混合或起降分流）等^[42]。因此跑道之容量並非由跑道本身所完全決定，而跑道容量分析亦必須對應明確的運轉型態方有意義。

跑道之容量與機場營運者及使用者所願意接受之可靠度有關。一般而言，同一跑道在一定時間內所服務之航機架次愈多，發生延誤之機率亦愈高。而所謂實際容量(Practical Capacity)即指在所設定之可接受延誤水準下，跑滑道在一定時間內所能服務之最大架次^[42]。

基本上，跑道與滑行道容量之分析是很複雜的數學問題。因此文獻中所採用之解析方法大都是以數學模式描述航機於跑道與滑行道上之行為，包括運行時所受到之物理限制以及規章限制等，再據以求解最大容量。同時由於跑道與滑行道關係密不可分，因此文獻中常整合二者，一併分析。分析策略之設計，亦常以起降試排之方式為之，亦即使用數學模式求解給定需求及運轉模式下各航機降落後以及起飛前之滑行路線，以及使用跑道之順序。成功建立描述所研究機場跑道與滑行道之數學模式之後，再據以測試該機場於單位時間內能夠排入航機之最大架次數量，據以判定其容量。評估複雜系統之容量時，採用這種全系統試排之方式具有直接、高說服力之優點。相對的，將複雜之系統分解成為較單純之區塊、針對各區塊個別評估其容量，再以其中最小者作為全系統之容量則易忽略各區塊間之交互作用對整體容量之影響。因此文獻所見均以前者為主。

於公開發表之文獻中，西班牙 Madrid-Barajas 機場曾使用整數規劃，並以分枝

定限法配合啟發式演算法求解機場容量^[43]。此外美國 Dallas-Fort Worth 國際機場亦曾使用整數規劃模式探討類似問題^[44]，然該文獻係以求解最佳滑行路線為主，並未深入分析該機場之空側容量。而英國 Heathrow 機場則使用整數規劃，同時考慮跑道起降順序以及滑行道之滑行路線求解 240 架航機起降之問題，結果顯示與先到先服務策略相較，使用數學方法以最佳化滑行路線與跑道使用，可提高機場 55%之容量^[45]。除了數學模式之外，美國 Philadelphia 國際機場使用模擬方式評估其容量^[42]。該研究同時考慮了空域以及地面之因素，採用較為巨觀之方式進行模擬。

受到地形及其他因素之影響，桃園機場之空域條件並不甚理想，本身即有其限制。因此未來桃園機場欲分析其跑滑道容量時，亦應同時納入空域之考量，較能得到務實而理想之成果。

3.停機坪容量分析策略與方法初探

停機坪為航機停留及執行地面作業之空間，亦為機場最重要資源之一。停機坪為航機提供服務之型態與跑道有相當之差異，其中機場內有布置多數的停機坪，同時提供多架航機停靠，但僅有少數跑道。然而若將所有停機坪視為一個整體，則亦可定義停機坪之容量為在連續運轉、給定營運型態下，停機坪整體每單位時間（例如 1 小時）可服務之航機架次^[46]。

在此定義下，欲分析機場之停機坪容量，便需要釐清，在最佳之指派方式下，機場滿足停機坪需求之最大能力。而此處之所謂滿足停機坪需求，則包括(1)依各航機預定進場與離場時間提供停機坪空間之能力，以及(2)在一般運轉狀況之擾動下，各航機發生提早抵達、延後抵達、延後起飛、延長地面作業時間等未能預先納入規劃之狀況時，機場提供停機坪空間之能力。

有鑑於上述分析之複雜性，文獻中所見主要方法均以數學模式為基礎。考慮各航機預定進場與離場時間而安排停機坪分配之文獻，大都使用整數規劃建立數學模式，並以啟發式演算法求解之^[47, 48]，亦有使用系統模擬作為主要方法者^[49]，至於具有能處理隨機性擾動因素之方法則較少見^[50, 51]。

4.3 里程碑建置

本節將分由各面向討論桃園機場導入 A-CDM 時，里程碑之建置課題。主要考慮因素為桃園機場對 A-CDM 所需資訊之供給能力、對相關資訊之需求、對資訊系統之需求，以及充份應用這些資訊所需要之決策輔助系統。就長期最終目標而言，桃園機場應全面導入所有里程碑以達到最高之效果。以下將討論短期可執行，以及可於中期執行之建置項目。

1. 桃園機場短期可建置之里程碑

如前所分析，某項資訊存在於某系統之中，並不同於能夠很方便取出供其他系統使用。因此衡量里程碑之建置時，並不能以資訊是否存在作為唯一之考量，而應同時務實考量資訊系統配合之能力以及困難度。

經初步評估桃園機場現況，本研究認為其中有部分里程碑之資訊相對較易取得(如表 4-2 所示)。雖然這些不一定是對桃園機場而言最為重要之里程碑，但由於取得相對較易，建議未來導入 A-CDM 時可優先考慮之。這些較易達成之里程碑說明如下。

(1) MS6：航機降落

機場之機場場面雷達偵測系統(ASDE)具有偵測航機於跑道降落之能力，並可將此一訊息拋轉到其他系統。

(2) MS7：上輪擋

機場場面雷達偵測系統(ASDE)可偵測進場之航機脫離滑行道進入停機坪之動作，並將相關訊息拋轉到其他系統。而此一動作發生之時間，即可作為該航機之上輪擋時間。

(3) MS11：開始登機

本項資訊之原始來源為航空公司之地勤作業，而目前在桃園機場，本項資訊亦拋轉至航班訊息顯示系統(FIDS)。由於已有運轉中之資訊擷取與拋轉機制，因此未來導入 A-CDM 時，亦可納入本項里程碑。

(4) MS12：航機準備就緒

目前桃園機場之航班訊息顯示系統(FIDS)已有本項資訊，可拋轉出來供 A-CDM 使用。

(5) MS15：撤輪擋

類似於里程碑 7，機場場面雷達偵測系統（ASDE）可偵測離場航機進入滑行道之動作，並將相關訊息拋轉到其他系統。而此一動作發生之時間，即可作為該航機之撤輪擋時間。

(6) MS16：起飛

與上述里程碑 4(進入飛航情報區)類似，本項資訊為飛航塔臺最重要的資訊之一，且目前現況下已有拋轉予其他資訊系統之機制存在。因此未來再與 A-CDM 相關系統分享資訊，其技術障礙並不高，可優先考慮之。

表 4-2 桃園機場短期可建置之里程碑

里程碑	項目	說明
6	Landed	航機降落
7	In-Blocks	上輪擋
11	Boarding Started	開始登機
12	Aircraft Ready	航機準備就緒
15	Off-Blocks	撤輪擋
16	Take-Off	起飛

2.桃園機場中期應建置里程碑情境一：停機坪是瓶頸

如前所說明，本研究並無法對桃園機場具體分析停機坪是否為其運轉瓶頸，或甚至精準評估其實際需求與最大服務能力間之距離。因此本情境係在「停機坪為桃園機場運轉瓶頸」之假設下，進一步分析哪些里程碑之建置，將有助於紓緩此一瓶頸所帶來之限制。

設若容量分析結果確認停機坪確為運轉瓶頸，則桃園機場將需優先建置有助停機坪運用效率之里程碑，可對整座機場之運轉效率帶來直接之效益。在停機坪方面，現況存在機場公司難以充份掌握航機之抵達與離開時間之現象，然而一些運轉過程中之重要問題，往往缺乏充份、方便與及時之資訊，例如：預定進場之航機是否將準點進入其所分配之停機坪，或是時間將有所調整？已經在停機坪停靠之航機是否將準點離開？已經發生晚點而未能在預定時間離去之航機，尚需佔用停機坪多少時間？

在另一方面，目前桃園機場公司於線上調度停機坪之運用，雖有電腦之輔助，

但基本上係全以人工方式為之，電腦提供工作環境但並無決策輔助之功能。雖然人工作業是可行方式，有其一定績效，但在決策品質以及工作速度均有其極限存在。

為此，本研究在本情境下，應採取之策略為提高航機到離之可預期性，並且同時一併建置停機坪指派/調整最佳化之決策輔助系統。為落實此策略，所需要之里程碑資訊有下列 4 項(如表 4-3)。

(1) MS4：進入飛航情報區

本項里程碑之目的在有需要時，使機場公司提前半小時至一小時得知航機即將抵達，俾有更多之時間調度其停機坪。更佳之選項為 MS3(外站起飛)，然衡量現況，我國飛航服務總臺並無法掌握所有進場航機於外站起飛之訊息。在現況改善之前，建議採用 MS4 以達到協助機場公司提前掌握資訊、取得更佳可預期性之目的。

(2) MS5：最後進場階段，或 MS6：航機降落

建置本項里程碑之目的在使機場公司能夠在航機實際抵達停機坪之前，先確知航機已然到達機場，即將停靠。就此目的而言，里程碑 5 與里程碑 6 均可達成所需要之作用。其中里程碑 6 已納入短期建置之範圍，倘若執行時因故遭遇障礙，則應於中期階段建置里程碑 5 以取代之。

(3) MS11：開始登機

航機達成此一里程碑，表示其已完成大部分地面作業，且相當程度已可掌握後推離開停機坪之時間。因此建置此一里程碑，將對提高桃園機場公司航務部門對正在使用停機坪之航機，得到更佳的可預期性。本里程碑已納入短期建置之範圍。

(4) MS13：請求開車

本里程碑之達成，表示航機已經完成所有地面作業，隨時可經塔臺之許可而後推離開停機坪，因此建置此一里程碑將提供更佳之可預期性。

以上 4 項里程碑之建置，將可使機場公司航務部門獲得目前所亟需，但卻不方便得到之重要資訊。這些資訊將可使停機坪管理者提早獲得航機將準點或不準點抵達資訊，並於地面作業進行時，提早評估航機是否將準點完成作業而解除停機坪之佔用。

此情境下，必須配合 A-CDM 建置停機坪指派/調整最佳化決策輔助系統，以利

充份利用這些資訊，於航機未能完全依預定時間進入與離開停機坪時，經數學模式之演算而提出停機坪線上調度之建議方案。相較於目前資訊不充份、資訊取得不方便、且完全依賴人工作業之運轉模式，A-CDM 搭配決策輔助系統之導入，可望超越人力之極限而對有限停機坪之最佳化運用帶來顯著的效益。

表 4-3 情境一之建議優先里程碑

里程碑	項目	說明	備註
4	FIR Entry	進入飛航情報區	
5	Final Approach	最後進場階段	若短期階段已建置里程碑 6 則本里程碑可於長期建置
11	Boarding Started	開始登機	已納入短期階段建置
13	Start-Up Requested	請求開車	

3.桃園機場中期應建置里程碑情境二：跑滑道是瓶頸

設若容量分析結果顯示跑滑道是為桃園機場運轉之瓶頸，則改善跑滑道之運用效率，將對機場整體帶來提高效率之直接效益。因此在本情境下，桃園機場於導入 A-CDM 時，應優先建置對提高跑滑道運用效率具有最大效用之里程碑。目前桃園機場與世界上多數機場類似，其起飛順序係以「先呼叫先起飛」為原則，而航機起降時之跑道分配、滑行路線、行進時機等，均由塔臺管制員指派之。這種作業模式本身完全可行，並無任何疑慮，然而航機之起飛順序以及在地面之滑行路線與時間安排，卻對機場之跑滑道系統運用效率具有決定性之影響力。因此若能利用 A-CDM 所帶來之資訊通透性、對未來狀況之較佳可預期性，並建置離場管理與起飛預排序決策輔助系統，將得以對塔臺管制人員提供更佳之決策輔助功能，預期將可有效提高桃園機場跑滑道系統運用效率，進而對機場整體效能帶來正面助益；在此一情境下，建議優先建置以下各項里程碑(如表 4-4)。

(1) MS4：進入飛航情報區

本項里程碑之目的在有需要時，使塔臺得知航機即將抵達本場進入降落程序。雖然於該階段尚無法精準估計航機之降落時間，但本項資訊將使決策輔助系統能夠據以安排降落跑道之分配，同時預為略排地面滑行動線，爭取更多之電腦運算時間，以達到更佳之決策輔助品質。

(2) MS5：最後進場階段，或 MS6：航機降落

本項里程碑之建置，將可使決策輔助系統取得進場航機抵達時間之精準資訊，用以求解產生對地面滑行路線及時點之最佳建議方案，供塔臺管制人員參考。其中里程碑 6 已納入短期建置之範圍。倘若執行建置時因故遭遇障礙，則應於中期階段建置里程碑 5 以取代之。

(3) MS9：TOBT 確認

由於跑滑道系統為進場與離場航機所共同使用，因此塔臺管制人員及決策輔助系統需要同時掌握降落與起飛航機之資訊。本里程碑之建置，其目的在供管制人員以及決策輔助系統及早掌握起飛航機預定離開停機坪，進入塔臺管制範圍內之空間位置及時間點。航機達到此一里程碑時，雖然仍無法精準確定其可請求開車之時間，但本項資訊可供決策輔助系統預先粗略計算起飛順序以及建議之滑行路徑。

(4) MS12：航機準備就緒

本里程碑將使塔臺於機長提出開車許可請求之前，先得知航機已準備就緒。這將對塔臺所掌握之可預期性有所助益。本里程碑已納入短期建置之範圍。

雖然桃園機場塔臺已經運轉多年，但實務上塔臺之管制員對各航班之可預期性並不高。例如對離場航機，於機長呼叫請求開車許可之前，塔臺能夠方便掌握之資訊相當有限，更遑論及早得到主動供應之撤輪擋目標時間(TOBT)等重要資訊。

在此情境下，未來桃園機場導入 A-CDM 之後，必須建置可結合滑行路線規劃、變動滑行時間(VTT)計算、以及起飛排序等重要功能之離場管理與起飛預排序決策輔助系統。經由 A-CDM 提供資訊之能力，以及此一決策輔助系統之運算，將可顯著提高桃園機場跑滑道系統之運轉效率。

表 4-4 情境二之建議優先里程碑

里程碑	項目	說明	備註
4	FIR Entry	進入飛航情報區	
5	Final Approach	最後進場階段	若短期階段已建置里程碑 6 則本里程碑可於長期建置
9	TOBT confirmation prior to TSAT issue	頒發許可開車目標時間前確認撤輪擋目標時間	
12	Aircraft Ready	航機準備就緒	已納入短期階段建置

綜上，本研究建議桃園機場導入 A-CDM 之短、中、長期里程碑建置流程策略，整理於表。

表 4-5 桃園機場里程碑建置流程建議

里程碑	說明	短期	中期	長期
1	由本場起飛之飛航計畫啟動			V
2	本場預計撤輪擋時間前 2 小時			V
3	外站起飛			V
4	進入飛航情報區		V ^{2,3}	
5	最後進場階段		V ¹	
6	航機降落	V		
7	上輪擋	V		
8	開始地勤作業			V
9	頒發許可開車目標時間前 確認撤輪擋目標時間		V ³	
10	頒發許可開車目標時間			V
11	開始登機	V		
12	航機準備就緒	V		
13	請求開車		V ²	
14	許可開車			V
15	撤輪擋	V		
16	起飛	V		

¹ 若里程碑 6 因故未能於短期或中期完成建置，則應於中期優先建置里程碑 5。

² 於情境 1 應於中期建置里程碑 4 與里程碑 13。

³ 於情境 2 應於中期建置里程碑 4 與里程碑 9。

4.4 決策輔助系統及整合

決策輔助系統(Decision support system)多以電腦為主要工具，協助各種系統作出決策之資訊系統。此類輔助系統於規劃、管理或維運各種系統時，相關人員面對快速變化之狀況、複雜問題或其他難以人工處理之狀況時，利用資訊能力提供參考數據、決策方案或其他決策之協助。大部分決策輔助系統均需要適當之數據資料，依據其內部模式之運算得到成果，再經由適當之人機界面對使用者提供協助。

如圖所顯示，A-CDM 之功能架構以基本資訊系統為所有功能之整合基礎，於其上則可架構資訊分享功能，以及地停程序處理功能。系統能夠達成上述基本功能之後，便可依機場之需要而分別建置各種決策輔助系統。在理想的狀態下，機場之 A-CDM 系統提供適當資訊予與各決策輔助系統，而決策輔助系統則對機場維運人員提供決策方案之輔助。事實上，機場於導入 A-CDM 之後，亦唯有依需求建置決策輔助系統，方能充份享受高品質、及時資訊所能帶來之效益。

衡量桃園機場之狀況，配合前節所說明導入 A-CDM 之流程，應建置之決策輔助系統說明如下。

1.停機坪調度管理系統

停機坪為桃園機場最重要的運轉資源之一，亦有可能是目前或未來機場運轉之瓶頸。由於實務作業之多種限制，以及航機無法完全依計畫時間抵達與離開停機坪之常態現實，使得停機坪之指派具有相當之複雜性。目前桃園機場停機坪之調度與管理幾全由人工為之，雖然行之有年均能良好運轉，但藉由 A-CDM 系統提供充份資訊之後，而建置具有最佳化能力之停機坪調度管理系統，將可望超越人之能力極限，進一步提升停機坪之運用效率。

此系統之基本核心功能有二：停機坪之預先指派，以及停機坪之線上調度。前者之主要用途是在事前（例如前一日）依各航空公司所提之需求，整體指派所有航機之停機坪。而後者則是在上線運轉之過程中，隨實際發生之狀況而機動調度可用停機坪。

若未來桃園機場經深入容量分析結果顯示停機坪為其容量瓶頸，則以最佳化技術為基礎之停機坪調度管理系統將可望以相對較低之成本，帶來相當顯著之效益，建議優先考慮建置之。

2.不良狀況處理決策輔助系統

我國每年均受到天然災害之影響，而桃園機場亦常因颱風、暴雨等天候因素而造成大規模航班異常。目前桃園機場公司針對大規模航班異常之疏運，訂有「航班控管機制」(Flight Re-scheduling Control System, FRCS)，亦收到一定效果。實際執行時，是由機場公司航務處、塔臺、地勤公司及航空公司組成聯合協調中心，由中心成員經協調而決定流量管制、停機坪調度、航班配額、跑道運用、地勤接駁車等重要資源之運用方式。未來若能建置大規模航班異常疏運決策輔助系統，充份利用 A-CDM 供應及發佈資訊之能力，將可對聯合協調中心之運轉提供重要之決策輔助作用。此一系統將具備以下二項核心功能：考量桃園機場之現況以及預期之起降與其他服務需求，建議可以接受申請之額度，以及考量現況與已經接受之服務申請，計算並建議可行之執行方案。而經過系統運算所提出之建議方案，亦可作為評估、預測該不良狀況未來發展之用。

3.離場管理與起飛預排序系統

所謂離場管理工具(Departure Management)，指用以協助管理機場離場機流之軟體系統。其最主要之目的在經由模式的運算，以提高跑道容量，並減少航機於滑行道之等候時間。而其最重要的功能則涵蓋了滑行路線規劃、變動滑行時間(VTT)計算以及起飛預排序。變動滑行時間(VTT)之計算本身即具有相當挑戰性，對於桃園機場則更需要考慮航機進出貨機停機坪時必須跨越跑道之問題，使其難度更高。但正因為難度高，離場管理工具以電腦之強大運算能力，更能對管制員提供所需要之決策輔助，因此未來容量分析結果顯示跑滑道系統為桃園機場之容量瓶頸，則具強大功能之離場管理與起飛預排序系統，即為應優先建置之決策輔助系統。

機場場面上各航機間之移動會相互影響滑行時間，因此即便完全相同之機型，採用完全相同之滑行動線，其所需之滑行時間亦會因為同時在滑行道上之其他航機之影響而有所不同。因此精準之變動滑行時間計算需要全面考慮所有起降航機在時間與空間中之軌跡，此亦為開發離場管理與起飛預排序系統重要的技術挑戰。基於其技術難度，實作之機場亦有使用其他替代性之作法，如 Heathrow Airport 考慮跑道是否使用、停機坪位置、機型、降落方向、機場程序、交通擁擠、天氣狀況等參數，以歷史統計資料作為計算滑行時間之用^[52]，而 Barcelona-El Prat Airport 則以數值迴歸之方式估算之^[53]。未來桃園機場建置本項決策輔助系統時，應就當時之技術

發展、輸入參數之可取得性與可靠度等因素，先進行深入之可行性評估，以達到最佳之成效。

由於本項作業涉及地面跑、滑道之運作，屬航管作業離場管理之一環，建議應納入飛航服務應優先建置之決策輔助系統辦理。

4.地勤公司資源調度決策輔助系統

地勤公司執行加油、加餐、加水、清潔等許多航機地停過程中之重要工作。這些工作內容複雜，涉及十種以上之各式車輛、各種類之設備，以及各種不同專長之人員。地勤公司之服務品質，又對航機之準點具有重大影響，同時亦影響機場運轉之安全，而地勤公司亦高度仰賴各種機具、車輛、人員之有效調度，方能以良好之效率提供高品質之服務。未來桃園機場導入 A-CDM 之後，系統將有能力對地勤公司提供及時之重要資訊，使地勤公司更能掌握整體狀況以及對未來之可預期性。然而資源調度具有其複雜性，地勤公司應配合開發適當之資源調度決策輔助系統，方能有效運用 A-CDM 所提供之大量資料，進而達到提高資源運用效率之目的。

符合本項需求之決策輔助系統所需要之二項主要核心能力為：人員及設備之工作排程，以及上線運轉過程中之機動調度。前者旨在依據人員輪班相關規則排定所有工作人員之輪班表，以及依各種設備之維修與調度規章排定各項設備之運用計畫。後者則是在上述計畫於線上執行時，依實際狀況在容許範圍內調度可用之人力與機力以達成任務。同時此一決策輔助系統亦需要在人力或設備等資源不足之狀況下，求解損害最小之因應方案。

5.其他決策輔助系統

桃園機場繁忙而複雜，正常運轉時即有甚多人員排班調度、報到櫃檯調度、行李轉盤運用等諸多資源調度運用之課題，而其中有部分供給較為不足。對於常不敷運用、擴充不易之資源，桃園機場相關單位均應深入評估利用決策輔助系統以提高資源運用效率之可能性。未來若我國飛航情報區與鄰區之間建立流量管理機制，亦需配合開發相關決策輔助系統以達到更佳之成效。

圖 4.1 呈現綜合考量里程碑資訊之建置流程、以及決策輔助系統之建置流程，歸納桃園機場 A-CDM 功能架構建置建議流程之示意圖。

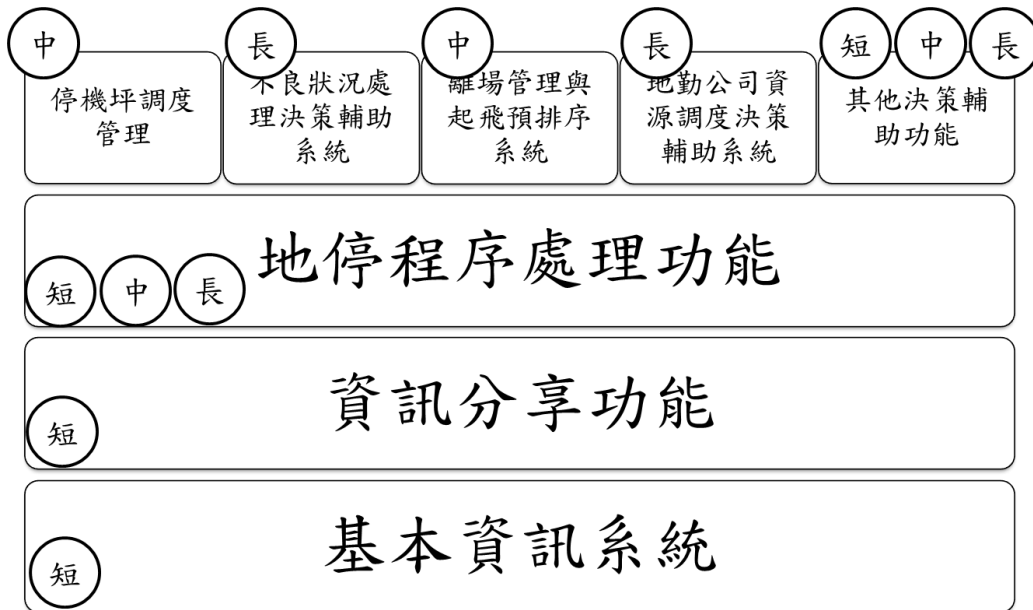


圖 4.1 A-CDM 功能架構建置建議流程示意圖

4.5 資訊軟硬體初步規劃

本節將簡要規劃桃園機場未來導入 A-CDM 時所需之相關軟硬體。目前桃園機場正以 1 年為期，建置該機場之營運控制中心(AOCC)，而於該計畫中即將 A-CDM 功能納入資訊系統中。因此實際建置時所需之軟體硬體可參考本節所說明之原則，同時考慮與營運控制中心其餘部分之最佳搭配及資源共享。

欲達成 A-CDM 所需要之各種功能，其資訊系統架構需要以下各部分：

1. 主資料庫

用以提供資料實質收納之空間，以及提供資料清分、交換之用。

2. 界面伺服器

用以對各需求人及電腦系統提供資料之用。人機界面之功能亦可由本伺服器提供之，本機可兼具 HTTP 伺服器以及 FTP 伺服器之功能，用以回應使用者之資料查詢需求，以及接收各相關系統所上傳之里程碑相關資訊。

3. 應用伺服器

用以執行各種 A-CDM 運算之用，亦可作為決策輔助系統運算用途。界面伺服器所接收之資料均傳送至本伺服器作後續處理；而需要向外提供之資料，則經本伺服器製備之後，經由界面伺服器提供予需求者。

4.網路儲存(NAS)

用以作為大量資料備份之用。

5.備援設備

上述所有設備，均應有適當之備援機，以於設備異常時可上線支援。

人機界面為此系統不可或缺之部分。考慮需求之性質以及維護之方便性，本研究建議 A-CDM 之人機界面優先考慮以網路服務(Web-based Service)型式為主，以 HTML 為主要資料交換格式。而對於各決策支援系統與其他相關系統之資料需求，則以 XML (Extended Markup Language)與 CSV (Comma Separated Value)為主。前者具有高度彈性化之格式，適合傳送小量、兼供人工閱讀之資料；後者則簡潔易處理，適合傳送大量、非供人工閱讀之資料。

第五章 離型系統之建置

建置 A-CDM 離型系統為本研究重要目的之一。由於本計畫不可能取得其他國家真實系統之軟體，更不可能取得其原始碼，因此將參考其他國家機場協調整合決策系統之操作畫面、功能描述等資料，再參考桃園國際機場之狀況，據以設計資訊系統以實作離型系統。

5.1 功能與設計原則

離型系統雖為可在電腦上運轉之軟體系統，但其開發目的及運轉環境與真實系統有相當之差異，因此系統設計之方式亦有所不同。以下說明本離型系統之設計原則。

1.系統目的

本研究建置 A-CDM 離型系統之目的，在提供未來之使用者經由對畫面之觀察，得到對未來真實 A-CDM 系統提供資訊之能力較為真實之感受。

2.測試資料

本離型系統以桃園國際機場為場景，並使用 105 年 8 月 18 日桃園機場對於起降航班之公開資料為基礎，予以編輯而成為測試資料，其中約含有近 700 次起降。

3.資料來源

如表所示，真實 A-CDM 系統之資料來自各相關部門，而離型系統則未與任何真實部門之資訊系統相介接；其所有資料均來自事先備妥之資料檔作為測試資料。

4.運轉狀態之動態呈現

為達到使未來使用者得到某種程度感受之目的，離型系統必須呈現類似真實情境之機場運轉狀態，並且必須以動態方式呈現之。例如航機之到場與離場，以及各航機於地面作業過程中，推進里程碑之過程，均需要動態呈現。

5.推進速度管理

為了方便未來使用者對畫面之觀察，本離型系統必須具備推進速度管理之功能，以利使用者以較快速之方式觀察機場運轉過程中，各參與部門所能經由 A-CDM 而得到之資訊。若無本項功能，則離型之使用者必須耗費 10 小時方能觀察到 10 小時之運轉過程，並不實際。因此較理想之設計應允許離型之使用者以較快之速度推

進系統時間。

6.初步決策輔助能力

於真實機場中，多數部門共同參與機場之維運，各司其職以共同達成機場之正常運轉。其中涉及許多決策事項，例如航機作業時間發生變化時之停機坪配合調度、進場與離場航機滑行路線之決定、開車許可之頒發、機長於操作航機滑行過程中與其他航機之避碰，及其他許多事項。真實 A-CDM 系統之主要功能並不在代替相關人員作出決策，而是在提供資訊之流動。由於離型系統並無人員參與之機制，因此系統必須具備某種程度之決策輔助能力，方能動態呈現機場之動態。例如，若於測試資料中某航機離開停機坪之時間較其表訂時間晚 30 分鐘，以致於後續航機無法進入該停機坪，此時本離型程式必須有能力將後續航機改指派到其他適當之停機坪，否則於離型軟體中將會產生 2 架航機同時使用 1 處停機坪，或後續航機停留於滑行道而阻擋其他航機滑行之不合理現象。

5.2 人機介面

一般而言，軟體系統之人機界面畫面為重要之商業機密，通常並不對外揭露。因此本研究並不易於公開可蒐尋之領域取得國外機場之 A-CDM 相關人機界面畫面設計。以下圖 5.1 所示為英國希斯洛機場 A-CDM 原型畫面之一，表格中對進場航班所顯示之欄位包含了航班編號、航機型式、起飛機場、延誤狀況、航機狀態、指派跑道、停機坪位置等；而對離場航班則顯示航班編號、航機型式、目的機場、預計撤輪擋時間(EOBT)、延誤狀況、額定起飛時間(CTOT)、指派跑道、起飛順序等；其餘圖 5.2 至圖 5.4 之顯示欄位則難以有效辨識。

ARRIVALS													
FLT ID	TYPE	REG	From	Delay	Sta	Landing SE/A	Q/W	In block SE/A	STAND	Term	Link	Remark	
ICAO													
AZA236	A321	IBDL	LIMC	0	SCR	1725	27R	1735	293	2	AZA237		
BAY317	A310	GEUPV	LFPG	20	ETG	1523	27L	1536	196	4	BAY318		
BMA100	A320	GMBDR	EHAM	10	ETG	1522	27R	1536	119	4	BMA101		
DLH4837	A350	DARAU	EDDF	2	ETG	1501	27R	1514	210	2	DLH4838	Mod vac	
BAY459	A310	GEUPV	EGCC	5	ETG	1500	27L	1510	127	1	SHT30		
UAE1	A380	ASRUL	OMBD	70	ETG	1459	27L	1472	95	3	UAE2	Tow 512	

DEPARTURES													
FLT ID	TYPE	REG	DEST	STAND	SOB	E/T A/CET	SIS	Delay C/O	E/T A/COT	Q/W	ATC Take Off Order	LINK	Remark
AZA237	A321	IBDL	LIMC	203	1440	1450	0	1450	1450	27R		AZA236	
BAY318	A310	GEUPV	LFPG	456	1520	1527	13	1450	1450	27R		BAY317	
BMA101	A320	GMBDR	EHAM	110	1500	1507	0	1453	1453	27R		BMA100	
DLH4838	A350	DARAU	EDDF	210	1450	1450	0	1500	1500	27R		DLH4837	
BAY459	A310	GEUPV	EGCC	1771	1450	1450	6	1500	1500	27L		SHT30	
VIR907	A380	GVRGG	KJFK	323	1455	1455	0	1502	1502	27L	2	VIR906	
SAS531	B737	OYYOU	EXCH	220	1500	1500	0	1455	1455	27L	3	SAS531	
FIN115	A321	FINPR	FINN	100	1455	1455	0	1515	1515	27L	4	FIN114	
THY1991	B738	TCJFE	LIBA	310	1455	1455	0	1527	1527	27L		THY1991	
IBE3175	A320	ECFDB	LEMD	222	1510	1510	0	1540	1540	27L		IBE3174	
UAE2	A380	ASRUL	OMBD	303	1625	1645	20	1655	1700	27L		UAE1	
AJM004	A343	GYMCC	LEBL	315	1655	1655	0	1715	1715	27L		AJM003	

資料來源：[7]

圖 5.1 英國希斯洛機場原型畫面

Help	Parameters	Week	System	AO INO		To
0	1	DRT540	B462	EDCC 2SR	COR4C 4434	1255 S/
9		RNC421	B733	LHNL 2SR	ETE2H 0114	1255 S/
0		DRT3727	R385	LEBL 2SR	CIV6C 7100	1316 S/
		EFD202	C525 REJ	LFPB 2SR	CIV6C 71	1600 PR
		DRT42L	RJ1H	EFHK 2SR	TOL1C 71	1250 PR
		DRT19C	B462	EGBB 2SR	COR4C 44	1300 PR
		BNA6RE	R321 REJ	EGLL 2SR	COR4C 44	1300 PR
		DRT41F	RJ1H	EDDM 2SR	SPI2A 71	1305 PR
		DLH4483	B733	EDDF 2SR	ETE1M 71	1310 1320 PR
		DRT3701	R319	LEBL 2SR	CIV6C 71	1310 PR
		VEK3BE	B733	LFNN 2SR	BUL2C 71	1315 PR
		SWR701	S020	LSZH 2SR	BUL2C 71	1315 PR
		DRT80J	RJ1H	EDNT 2SR	TUL2A 44	1320 PR
		DRT72H	RJ1H	EDDI 2SR	SPI2A 71	1320 PR
		EIN633	B735	EIDW 2SR	COR4C 71	1320 PR
		VEK40C	B733	LGAV 2SR	ETE1M 01	1330 PR
		DRT24F	B462	EDDD 2SR	COR4C 44	1330 PR
		VIN184	T154	LBWN 2SR	ETE1M 01	1330 PR
		BNA6RE	R321	EGLL 2SR	COR4C 44	1330 PR
		DRT3181	R319	LIRF 2SR	ETE1M 71	1335 PR

資料來源：[4, 7]

圖 5.2 比利時布魯塞爾機場畫面(1)

USER SELECTION CRITERIA																			
Operational Flight (EPR, Local Time)										Flight Number, FL, Serial/Registration, Operator									
From Point: 10/01/2013 00:00 To: 10/01/2013 23:59										Operator: 10/01/2013 00:00									
Carrier IATA: ICAO: Operator ICAO:										Operational Flight Code: 0/1000 0/1000 0/1000									
FL	Carrier	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL
10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00
10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00
10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00
10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00	10/01/2013 00:00

資料來源：[4]

圖 5.3 比利時布魯塞爾機場畫面(2)

The screenshot displays the A-CDM (Airport Collaborative Decision Making) interface for Barcelona Airport. It features a complex table with multiple columns, including flight numbers, origins, destinations, departure times, arrival times, and aircraft types. The interface is designed for air traffic controllers and airport operations staff to manage and coordinate flight schedules and ground handling activities. The table is color-coded, with different colors highlighting specific flight information or status.

資料來源：[4]

圖 5.4 西班牙巴塞隆納機場 A-CDM 人機介面

綜合這些畫面資料可以發現各系統之資訊提供係以表格形式為主，因此本研究之雛型軟體亦以此原則為之。除時間推進速度控制面板外，雛型可提供多種不同之角色，為各角色提供不同之資訊項目，說明如下。

1.時間推進速度控制面板

此面板之功能在允許雛型程式之操作人員機動調整時間推進之速度，其畫面如圖 5.5 所示例。其設定最小速度為 1 倍，亦即系統時間之推進速度與真實時間相同；而最大速度為 3600 倍，亦即真實時間 1 秒相當於雛型系統時間 3600 秒（1 小時）。為了方便操作，本項工具亦可由使用者預先設定若干組時間點，以及抵達該時間點時之預設推進倍數。例如，使用者可設定於時間推進到 8:30 時，其推進倍數為 10 倍。此時使用者可於啟動時先設定較快之推進速度（例如 300 倍），於到達預設之 8:30 時，本控制面板則自動將推進倍數降為 10 倍，使用者即可方便觀察上午尖峰時段之狀況。



圖 5.5 雛型程式時間推進速度控制面板

2. 資訊顯示

本雛型軟體主要以表格方式呈現各航機之里程碑推進狀態，以及其他相關資訊。軟體具有對不同角色之使用者，提供不同欄位資訊之功能，例如停機坪管理部門（圖 5.6）、航空公司（圖 5.7）、塔臺（圖 5.8）等均可設定不同之顯示資訊，此外並可顯示航機總表（圖 5.9）。雛型軟體有能力同時顯示全部或一部份之表格，隨著時間之推進，各表格中之資訊亦會自動同步更新。

停機坪B1

最後更新：14:12:52

航機							
Airline	CN	EIBT	AIBT	EOBT	TOBT	AOBT	Milestone
中華航空	CI-753	00:09:00	00:06:28	07:44:00	07:41:28	07:41:28	16
長榮航空	BR-265	08:14:00	08:08:17	09:04:00	08:58:17	08:58:17	16
馬亞洲航空	AK-1511	09:34:00	09:37:19	09:49:00	09:52:19	09:52:19	16
廈門航空	MF-880	10:29:00	10:39:19	11:19:00	11:29:19	11:34:35	16
中國國際	CA-186	11:49:00	12:12:25	12:54:00	13:17:25	13:18:48	16
荷蘭航空	KL-807	14:49:00	--:--:--	15:59:00	15:59:00	--:--:--	3
中華航空	CI-12	16:34:00	--:--:--	17:24:00	17:24:00	--:--:--	0
長榮航空	BR-16	22:59:00	--:--:--	23:49:00	23:49:00	--:--:--	0

圖 5.6 離型程式停機坪顯示資訊

中華航空公司

最後更新：07:05:12

進場航機												
CN	Type	ADEF	誤點量	MST	ELDT	ALDT	EIBT	AIBT	Stand	CNT	GH	
CI-52	333	ANC	00:23:45	7	05:55:00	06:09:06	06:01:00	06:24:45	D5	CI-181	桃勤	
CI-7	773	LAX	00:45:45	7	06:00:00	06:35:04	06:06:00	06:51:45	D9	CI-501	桃勤	
CI-62	773	LAS	--:--:--	7	06:10:00	06:11:19	06:14:00	06:21:13	C10	CI-791	桃勤	
CI-300	738	ANC	--:--:--	4	07:20:00	--:--:--	07:28:00	--:--:--	519	CI-707	桃勤	
CI-922	333	ANC			10:00:00	--:--:--	10:04:00	--:--:--	C3	CI-909	桃勤	
CI-113	738	HBT			10:50:00	--:--:--	10:54:00	--:--:--	C8	-	桃勤	
離場航機												
CN	Type	ADES	誤點量	MST	Stand	TkOff	ASBT	EOBT	TOBT	AOBT	ATOT	GH
CI-833	744	ANC	--:--:--	15	511	9	06:28:08	07:12:00	07:03:08	07:03:08	--:--:--	桃勤
CI-601	333	ANC	--:--:--	8	C7		--:--:--	07:19:00	07:31:48	--:--:--	--:--:--	桃勤
CI-861	738	PDX	--:--:--	11	C8		07:02:53	07:24:00	07:27:53	--:--:--	--:--:--	桃勤
CI-154	738	TSN	--:--:--	8	A5		--:--:--	07:26:00	07:37:51	--:--:--	--:--:--	桃勤
CI-781	773	ANC	00:17:53	9	A3		--:--:--	07:26:00	07:43:53	--:--:--	--:--:--	桃勤
CI-181	333	HBT	00:23:45	9	D5		--:--:--	07:51:00	08:14:45	--:--:--	--:--:--	桃勤
CI-903	333	ANC	--:--:--		C1		--:--:--	08:09:00	08:09:00	--:--:--	--:--:--	桃勤

圖 5.7 離型程式航空公司顯示資訊

塔台

最後更新：10:21:59

進場航機													
Airline	CN	Type	ADEP	誤點量	MST	ELDT	ALDT	EIBT	AIBT	Stand	CNT		
中華航空	CI-922	333	ANC	00:15:35	7	10:00:00	10:11:52	10:04:00	10:19:35	C3	CI-909		
國泰航空	CX-474	773	ANC	--:--:--	7	10:00:00	10:03:00	10:04:00	10:12:54	C9	CX-475		
中國郵航	CF-209	737	HBT	--:--:--	6	10:10:00	10:17:58	10:18:00	--:--:--	521	CF-210		
廈門航空	MF-887	737	HNL	--:--:--	7	10:25:00	10:15:16	10:29:00	10:20:46	B5	MF-888		
廈門航空	MF-879	789	HBT	--:--:--	4	10:25:00	--:--:--	10:29:00	--:--:--	B1	MF-880		
樂桃航空	MM-23	32K	SHA	--:--:--	4	10:30:00	--:--:--	10:34:00	--:--:--	B6	MM-24		
澳門航空	NX-602	31J	POM	--:--:--	4	10:35:00	--:--:--	10:39:00	--:--:--	B7	NX-601		
離場航機													
Airline	CallNum	Type	ADES	誤點量	MST	Stand	TkOff	ASBT	EOBT	TOBT	AOBT	TSAT	ATOT
台灣虎航	IT-305	322	POM	--:--:--	15	C8	4	09:39:21	10:14:00	10:04:21	10:19:56	10:03:24	--:--:--
長榮航空	BR-867	322	ANC	00:27:54	11	C6	10	10:16:54	10:14:00	10:41:54	--:--:--	10:42:18	--:--:--
長榮航空	BR-768	322	PDX	--:--:--	15	B2	6	09:56:16	10:24:00	10:21:16	10:21:16	10:23:41	--:--:--
東方航空	MU-2912	32K	ANC	--:--:--	11	B9	9	10:10:24	10:39:00	10:35:24	--:--:--	10:36:51	--:--:--
菲律賓航	PR-896	321	SHA	--:--:--	8	B8		--:--:--	10:44:00	10:56:36	--:--:--	10:58:42	--:--:--
港龍航空	KA-487	32K	ANC	00:16:41	8	C1		--:--:--	10:44:00	11:00:41	--:--:--	11:03:20	--:--:--
長榮航空	BR-728	322	IND	--:--:--	8	B3		--:--:--	10:49:00	10:57:09	--:--:--	10:56:14	--:--:--

圖 5.8 雛型程式塔臺顯示資訊

航機總表

最後更新：09:39:22

進場航機																
Airline	CN	Type	ADEP	誤點量	MST	ELDT	ALDT	EIBT	AIBT	Stand	CNT					
東方航空	MU-2909	32K	ANC	--:--:--	6	09:45:00	09:38:47	09:49:00	--:--:--	B9	MU-2912					
菲律賓航	PR-896	321	ANC	--:--:--	4	09:50:00	--:--:--	09:54:00	--:--:--	B8	PR-896					
港龍航空	KA-486	32K	ANC	--:--:--	4	09:55:00	--:--:--	09:59:00	--:--:--	C2	KA-487					
大韓航空	KE-697	737	ANC	--:--:--	4	10:00:00	--:--:--	10:04:00	--:--:--	C10	KE-698					
中華航空	CI-922	333	ANC	--:--:--	4	10:00:00	--:--:--	10:04:00	--:--:--	C3	CI-909					
國泰航空	CX-474	773	ANC	--:--:--	4	10:00:00	--:--:--	10:04:00	--:--:--	C9	CX-475					
中國郵航	CF-209	737	HBT		3	10:10:00	--:--:--	10:18:00	--:--:--	521	CF-210					
離場航機																
Airline	CN	Type	ADES	誤點量	MST	Stand	TkOff	ASBT	ARDT	ASRT	ASAT	EOBT	TOBT	AOBT	ATOT	GH
長榮航空	BR-198	333	LAS	00:22:18	16	A3		08:43:18	09:08:18	09:06:18	09:07:18	08:46:00	09:08:18	09:08:18	09:24:18	長勤
中華航空	CI-641	333	ANC	00:35:43	15	C6	2	08:59:43	09:24:43	09:22:43	09:23:43	08:49:00	09:24:43	09:24:43	-----	桃勤
中華航空	CI-100	744	LAS	-----	16	A6		07:01:00	07:26:00	08:34:50	08:35:50	08:51:00	07:26:00	08:26:50	08:51:50	桃勤
長榮航空	BR-807	322	POM	-----	16	C8		08:20:12	08:45:12	08:43:12	08:44:12	08:54:00	08:45:12	08:45:12	09:01:12	長勤
長榮航空	BR-67	773	ANC	-----	16	B4		08:10:42	08:45:42	08:53:30	08:54:30	08:54:00	08:45:42	08:55:30	09:15:54	長勤
長榮航空	BR-237	773	ANC	00:44:54	11	D3	8	09:05:54	-----	-----	-----	08:56:00	09:40:54	-----	-----	長勤
長榮航空	BR-397	322	LAS	-----	16	A5		08:31:43	08:56:43	08:54:43	08:55:43	09:01:00	08:56:43	08:56:43	09:11:42	長勤
中華航空	CI-501	773	SHA	00:45:45	11	D9		09:11:45	-----	-----	-----	09:01:00	09:46:45	-----	-----	桃勤
長榮航空	BR-265	322	PDX	-----	16	B1		08:33:17	08:58:17	08:56:17	08:57:17	09:04:00	08:58:17	08:58:17	09:20:06	長勤
國泰航空	CX-403	772	ANC	-----	16	B2		08:16:57	08:51:57	08:49:57	08:50:57	09:04:00	08:51:57	08:51:57	09:13:48	桃勤

圖 5.9 雛型程式總表顯示資訊

3.場面顯示

本雛型軟體亦有能力以動畫方式呈現桃園機場地面上各航機之動態，於畫面中可觀察各航機降落、滑行、進入停機坪、後推、滑行、至起飛之過程，圖 5.10 所示為其畫面示例。

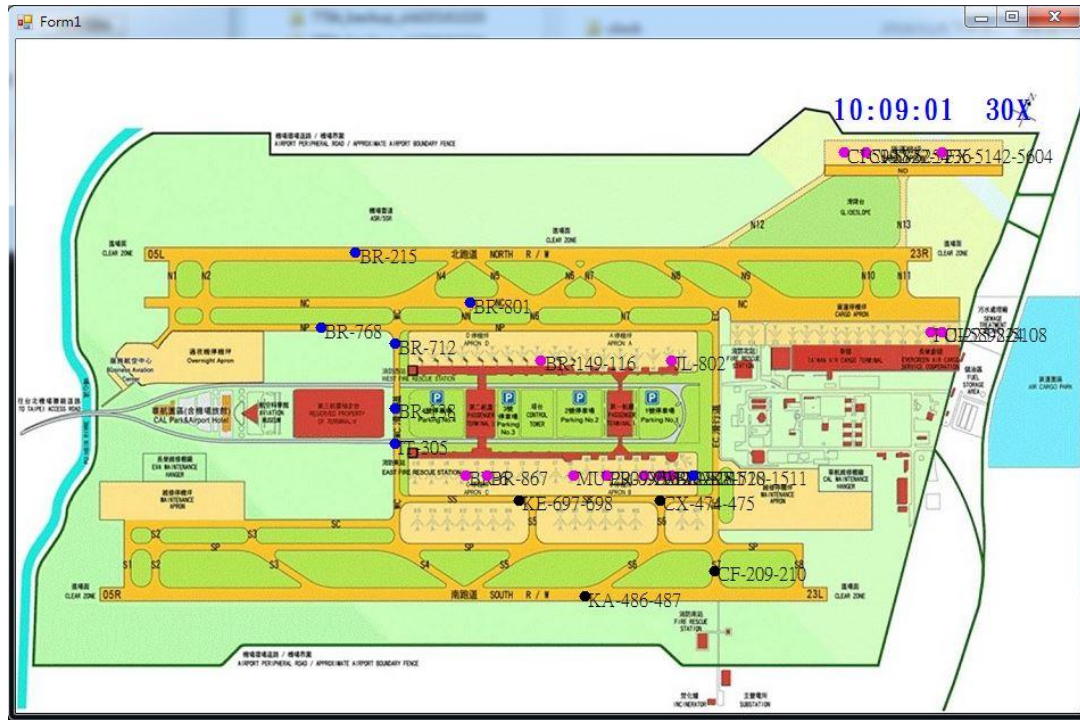


圖 5.10 雛型程式機場場面畫面示例

5.3 軟體架構設計

本雛型軟體係由 6 個主要模組所構成，分別說明如下。

1. 資料庫模組

本模組相當於真實 A-CDM 系統中之機場協調整合決策系統資訊分享平台 (ACISP)，其功能在整合管理全系統之所有分享資訊。所有里程碑及其他資料均傳送至本模組存放，而所有需求之資訊，亦均取自本模組。因此在雛型系統運轉過程中，資料庫中之資料將隨時間推移、航機之狀態持續變化而隨時更新。本雛型系統之資料庫模組採多工設計，亦即可經由網路同時接受不同來源之資料提供予資料需求，因此具有良好之可擴充性。

2.決策輔助模組

本模組提供離型系統所需要的初步決策輔助能力。該模組以 C++ 語言開發，內建所需要之數學模式，並以 CPLEX 求解引擎進行求解。

3.時間推進控制模組

本模組唯一之任務為接受操作人員之設定，提供全系統所有模組之系統時間，以及推進速度。

4.事件處理模組

本模組依輸入檔案所提供之資料，隨時間之推移而持續動態更新資料庫中之資料。離型系統運轉過程中，本模組每隔 10 秒（真實時間，非系統時間）與時間推進控制模組進行一次「對錶」，用以控制自身時間推移之進度。

5.角色扮演模組

本模組之功能係由資料庫中取得持續動態更新之資料，並以表格形式呈現出來。其程式亦每隔 10 秒與時間推進控制模組進行一次「對錶」，以維持所有模組之同步。由於本離型系統設置了多種不同角色，各呈現不同資料項，因此本模組亦有對應之多組版本同時執行。為此，本離型系統亦作跨網路多工設計，可將本模組獨立安裝於不同電腦，透過網路同時上線運轉。

6.場面動畫模組

本模組之任務在以動畫方式，呈現各航機由降落至起飛之過程中於機場地面之動態。畫面設定以桃園機場為場景，所有航站大廈之停機坪、貨機停機坪、遠距停機坪、跑道、滑行道等之佈設，均依真實機場縮小而成。

第六章 結論與建議

機場為繁忙而複雜的交通設施，機場不但為空中運輸系統最重要的部分之一，亦為空中與陸地運輸系統銜接之節點，具有相當之重要性。桃園機場為全國最主要之國際機場；隨著國家經濟發展，空中運輸之需求日增，桃園機場之負荷亦隨之而增加。然而機場擴充不易，因此實有必要提升其運轉效率，以使投入之資源能產生更大之效用。

由於機場之複雜性以及專業性，其運轉必須分由航管、航空公司、地勤、及其他不同部門分工與各司其職，方能有效提供起降航機所需要之支援與服務。然而分工之結果，亦常形成資訊流通不足之現象，而機場協調整合決策(A-CDM)之概念，即在利用先進之科技使資訊得以充份流通，從而達到提高機場運轉效率之目的。

6.1 結論

本研究蒐集、歸納國內外相關資料，並經由多次訪談及會議交流瞭解桃園機場之狀況與需求，探討桃園國際機場發展 A-CDM 已有的條件與不足的單元，並分析各單位協調統合以提高作業效率的各項功能核心需求模組，相關成果及結論歸納如下：

1. 完成離型系統建置，以系統模擬的方式建立，可動態展現機場真實的運作情況，並以桃園機場 105 年 8 月 18 日起降航班的真實資料為基礎進行模擬，可供未來之使用者經由對畫面之觀察，得到對未來真實 A-CDM 系統提供資訊之能力較為真實之感受。
2. 提供桃園機場建置 16 項里程碑的優先順序建議，(1)短期：易取得、較精確者：經初步評估桃園機場現況，其中有部份里程碑之資訊相對較易取得，其中機場場面雷達偵測系統(ASDE)可取得包括 MS6、MS7、MS15、MS16；另由航班訊息顯示系統(FIDS)可取得包括 MS11、MS12。(2)中期：如以改善停機坪效益為優先時，須取得 MS4、MS5、MS13 資訊，停機坪管理者方能提早評估航機是否將準點完成作業而解除停機坪之佔用；如以改善跑道效率為優先時，須取得 MS4、MS5、MS9 資訊，航管人員方能有效指揮航機順序，提高跑滑道運用效率。(3)長期：配合桃園機場塔臺自動化系統工程，完成建置所有里程碑項目。

3. 提供桃園機場建置 A-CDM 完整功能的優先順序建議，由於 A-CDM 之功能架構以基本資訊系統為所有功能之整合基礎，於其上則可架構資訊分享功能，以及地停程序處理功能，然而系統能夠達成上述基本功能之後，便可依機場之需要而分別建置各種決策輔助系統，以輔助人員操作，提升營運效率。本研究初步評估桃園機場現況後，後續需建置決策輔助系統包括(1)停機坪調度管理系統、(2)不良狀況處理決策輔助系統、(3)到離場管理系統、(4)地勤公司資源調度決策輔助系統。
4. 在資訊技術之支持下，A-CDM 是一種在機場服務提供者，包括機場維運管理單位，航空公司、地勤業者以及航管理單位之間，提供及時資訊交換的機制。其主要效益之來源在於協助機場各部門感知整體狀況，並提高對未來狀況之可預期性。

6.2 建議

基於本研究之成果與結論，茲擬以下各建議：

1. 桃園機場應以完整建置 16 項里程碑為導入 A-CDM 之長遠目標，而導入 A-CDM 方式應以循序漸進之方式為之。
2. 瞭解機場容量以及運轉瓶頸為確定桃園機場對 A-CDM 需求之必要條件，同時亦對桃園機場之維運及發展具相當重要性，建議儘速對此進行深入分析，並納入常態工作項目中。
3. 國際上過去已有多座機場成功導入 A-CDM，其中又以歐洲為數最多，由過去經驗顯示導入 A-CDM 是低成本高效益之作為，未來可藉由制定相關 KPI 指標以瞭解其成效。
4. 欲充份發揮 A-CDM 所帶來大量資訊之效益，建置決策輔助系統有其必要性。然而除了核心技術之障礙外，相關機關對於決策輔助系統之接受程度實居關鍵影響力。依過往經驗，決策輔助系統對相關人員具有相當之幫助，但因為對工作型態產生影響，造成組織人員抗拒之來源，未來推動時必須審慎為之。
5. 目前桃園機場正在推動之營運控制中心，其資訊系統已有 A-CDM 相關模組，未來可作為導入 A-CDM 之資訊基礎。然而 A-CDM 之導入，極有可能影響機場各部門之分工與合作模式。後續除了系統建置外，建議及早確立導入 A-CDM 之主導單位，由其整合、協調各部門之執行模式，配合調整部門間之介面與部門內之

作業程序，方能達到提升機場運轉效率之最終目標。

6. 資訊於機場內跨部門流通，甚至進而跨機場流通，為 A-CDM 主要效益之來源。建議桃園機場於規劃 A-CDM 之資訊系統與作業體系之同時，以 A-CDM 為主軸，進一步規劃桃園機場資訊系統之整體未來藍圖，以避免各系統分別開發造成資訊孤島，形成 A-CDM 資訊流通之障礙。

6.3 後續研究

本研究對 A-CDM 進行廣泛之探討，於其中亦發現多數重要之後續研究課題，整理列舉如下：

1. 機場營運許多操作基本上均為數學問題，包括停機坪之指派、起飛順序、滑行路線、地勤公司機具調度、人員調度等，均為數學問題，過去亦多有數學研究成果。這些操作分別由航管部門、機場公司、地勤公司、航空公司等負責執行之。然而所有機場均互有差異，桃園機場未來應針對其各種操作、調度進行研究並開發決策輔助系統，以發揮有限資源之最大效用。
2. 本研究所開發之軟體雛型以展示為主要目的。未來於桃園機場導入 A-CDM 之前，可進一步開發具有多數部門人員同時上線操作、彼此互動能力之模擬系統。此一系統將可於 A-CDM 上線之前先作為教育訓練之用，並可經由各部門相關人員線上互動狀況，測試並改進部門間之介面，以及部門內之作業程序。
3. 變動滑行時間(VTT)之計算為 A-CDM 關鍵因素之一。而滑行時間又同時與進場航機、離場航機、地面交通、空域交通等諸多因素相關聯。未來針對桃園機場進行深入之整體研究，將成為進一步提升機場運轉效率之重要基石。

參考文獻

1. Airport cdm implementation manual, 2012, Eurocontrol, Airports Council International Europe, International Air Transport Association.
2. Airport cdm operational concept document, Eurocontrol.
3. Airport cdm functional requirements document, 2009, Eurocontrol.
4. Airport cdm applications guide, 2003, Airports Control International, Eurocontrol, IATA.
5. Airport cdm adverse conditions - impact assessment, processes, and best practices, 2010, Eurocontrol.
6. Airport cdm steps to boost efficiency, 2010, Airports Control International, Eurocontrol, IATA.
7. 交通部運輸研究所, 國際間機場協調整合決策(a-cdm)發展現況初探, 2015.
8. 吳富和, 孫翼中, 出席國際機場協會(aci)第8屆亞太地區年會報告書, 2013, 交通部民用航空局.
9. 金炳宏, 林向得, 「民用飛航服務組織(canso)亞太區年會及工作小組會議」出國報告書, 2013, 交通部民用航空局.
10. 趙生, 李敏華, 邢永基, 泰國蘇凡納布國際機場空側參訪, 2013, 臺北國際航空站.
11. 李建國, 汪美惠, 郭小鈴, 赴印尼雅加達參加「民用飛航服務組織(canso)亞太區年會暨工作小組會議」報告書, 2013, 交通部民用航空局飛航服務總臺.
12. 林昌富, 林向得, 郭國新, 黃俊欽, 赴新加坡參加「民用飛航服務組織(「民用飛航服務組織(canso)亞太)亞太區(2015年度)第2次工作小組會議」報告書, 2015, 交通部民用航空局飛航服務總臺.
13. 費鴻鈞, 彭明榮, 呂國通, 謝杰甫, 袁星健, 考察香港赤角龍角國際機場 frcs、a-cdm 系統報告書, 2015, 桃園國際機場股份有限公司. pp. 49.
14. 邢仁杰, 出席亞太經濟合作(apec)運輸工作小組航空交通管理與管制研討會會議報告, 2016, 交通部民用航空局.
15. Spies, G., Piekert F., Marsden A., Suikat R., Meier C., Eriksen P. Operational concept for an airport operations center to enable total airport management. Proceedings of ICAS. 2008.
16. de Arruda, A.C., Weigang L., Milea V., A new airport collaborative decision making algorithm based on deferred acceptance in a two-sided market. Expert Systems with Applications, 2015. 42(7): p. 3539-3550.
17. Samà, M., D'Ariano A., Pacciarelli D., Rolling horizon approach for aircraft scheduling in the terminal control area of busy airports. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2013. 60: p. 140-155.
18. Weiszer, M., Chen J., Locatelli G., An integrated optimisation approach to airport

- ground operations to foster sustainability in the aviation sector. *Applied Energy*, 2015.
19. Performance review report 8, 2004.
 20. Flight efficiency plan, 2008, IATA, Eurocontrol, Canso.
 21. Airport cdm operational concept, 2006, Eurocontrol.
 22. Airport cdm offers a real and viable solution for efficiency, Eurocontrol, Editor 2009.
 23. Airport cdm level 4 requirements, 2003, Eurocontrol.
 24. The why" cdm benefits, 2006, Eurocontrol.
 25. Airport cdm network impact assessment, 2012, Eurocontrol.
 26. Airport cdm implementation status at munich, 2006, Eurocontrol.
 27. Airport cdm at munich airport, 2006, Airport CDM MUC.
 28. Noël, M., Matthys M., Bogaerts M., Cdm developments opmnts at brussels airport status, 2004, Belgocontrol.
 29. Airport cdm implementation status, 2004, Eurocontrol.
 30. 王世杰, 劉華師, 林俊男, 陳俐伶, 兩岸飛航服務業務交流暨協調, 2012, 交通部民用航空局飛航服務總臺.
 31. Adacher, L., Flamini M. Aircraft ground routing and scheduling optimization. Computer Modelling and Simulation (UKSim), 2014 UKSim-AMSS 16th International Conference on. 2014. IEEE.
 32. Moccia, V., Modeling and optimization of aircraft departure. 2013.
 33. Chow, D., Ferguson S., Shah N., Wykoff B., Kim S., Le J., Chen Y., Wu Z., Aircraft arrival schedule optimization for ups worldport. 2013.
 34. Samà, M., D'Ariano A., D'Ariano P., Pacciarelli D., Optimal aircraft scheduling and routing at a terminal control area during disturbances. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2014. 47, Part 1: p. 61-85.
 35. Wang, L. Optimized assignment of civil airport gate. *Intelligent System Design and Engineering Application (ISDEA)*, 2010 International Conference on. 2010. IEEE.
 36. Murça, M.C.R., Müller C., Control-based optimization approach for aircraft scheduling in a terminal area with alternative arrival routes. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 2015. 73: p. 96-113.
 37. Agustín, A., Alonso-Ayuso A., Escudero L.F., Pizarro C., On air traffic flow management with rerouting. Part i: Deterministic case. *European Journal of Operational Research*, 2012. 219(1): p. 156-166.
 38. Agustín, A., Alonso-Ayuso A., Escudero L.F., Pizarro C., On air traffic flow management with rerouting. Part ii: Stochastic case. *European Journal of Operational Research*, 2012. 219(1): p. 167-177.
 39. Airport cdm turnaround processes and best practices, 2010, Eurocontrol.

40. Airport cdm munich, 2009, Airport CDM MUC.
41. Mirković, B., Tošić V., Functional relationship between the runway system and apron/gate area under different demand characteristics. *Transportation Research Procedia*, 2015. 10: p. 891-899.
42. Bazargan, M., Fleming K., Subramanian P. A simulation study to investigate runway capacity using taam. *Simulation Conference*, 2002. *Proceedings of the Winter*. 2002. IEEE.
43. Marin, A.G., Airport management: Taxi planning. *Annals of Operations Research*, 2006. 143(1): p. 191-202.
44. Balakrishnan, H., Jung Y. A framework for coordinated surface operations planning at dallas-fort worth international airport. *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference*. 2007.
45. Clare, G., Richards A.G., Optimization of taxiway routing and runway scheduling. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2011. 12(4): p. 1000-1013.
46. Mirković, B., Airport apron capacity estimation – model enhancement. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2011. 20: p. 1108-1117.
47. Marinelli, M., Dell’Orco M., Sassanelli D., A metaheuristic approach to solve the flight gate assignment problem. *Transportation Research Procedia*, 2015. 5: p. 211-220.
48. Haghani, A., Chen M.-C., Optimizing gate assignments at airport terminals. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 1998. 32(6): p. 437-454.
49. Narciso, M.E., Piera M.A., Robust gate assignment procedures from an airport management perspective. *Omega*, 2015. 50: p. 82-95.
50. Yan, S., Tang C.-H., A heuristic approach for airport gate assignments for stochastic flight delays. *European Journal of Operational Research*, 2007. 180(2): p. 547-567.
51. Şeker, M., Noyan N., Stochastic optimization models for the airport gate assignment problem. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2012. 48(2): p. 438-459.
52. Heathrow airport collaborative decision making, local departure planning & operational procedures, 2012, Heathrow Airport Ltd.
53. Lordan, O., Sallan J.M., Valenzuela-Arroyo M., Forecasting of taxi times: The case of barcelona-el prat airport. *Journal of Air Transport Management*, 2016.

附錄一：期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

☒期中 ☐期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：「臺灣國際機場引進機場協調整合決策(A-CDM)系統之研究」

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承 辦單位審查 意見
民航局（會議發言及書面資料）		
1.報告書 P5：「...可針對突發狀況進行應變與回饋，對全球航空運輸能量之提升更形重要。」，建議加入「亦可針對等待停機坪或者停機坪使用靈活度作改善。」以強調實質效益。	遵照辦理。	同意辦理。
2.報告書 P9：「The airport cdm implementation manual」，cdm 應為大寫 CDM	遵照辦理。	同意辦理。
3.報告書 P9：「航空運輸服務（Air Traffic Services）」，建議翻譯為「飛航服務」較恰當。	遵照辦理。	同意辦理。
4.報告書 P10：有關「專案風險與處置」乙節，建議推行 A-CDM 需有主導單位且具備相關權限，否則對於無法配合之單位將無法進行統合。	此處係呈現參考文獻[1]之內容。因屬文獻回顧，仍以忠於原文為宜。	同意辦理。
5.報告書 P26：「荷蘭阿姆斯特丹機場指出 A-CDM 是機制面大於系統面」，請說明何謂機制面大於系統面？另所提之案例機場(荷蘭阿姆斯特丹機場、義大利米蘭-馬爾彭薩機場)係屬機場公司所有，或類似我國屬政府單位所轄？	此處之原文以 “It’s about processes, not systems” 為標題，而其說明為 “Airport CDM is a process. Sure, you have to have IT systems – but first, you need to know what to do with it.” 原文中對此並無進一步之闡釋以說明荷蘭阿姆斯特丹機場之原意。	同意辦理。

	如報告書所說明，此文件之主旨在針對 A-CDM 闡述其有助於提高運轉效率之處及成功要素，其中並未說明荷蘭阿姆斯特丹機場、義大利米蘭-馬爾彭薩機場之擁有或管轄單位。	
6.報告書 P26：「飛航自動化系統(FIMS)」，易與本區「飛航管理系統(ATMS)」或「航管自動化系統」名稱混淆，建議調整為「飛航資訊管理系統」	該名稱係出自所回顧之原文獻[7]第五章。而 FIMS 之全名為 Flight Information Management System，本專案訪談實務上似亦有稱之為「航班資訊管理系統」。本報告書將遵照審查意見使用「飛航資訊管理系統」。	同意辦理。
7.報告書 P29：「A-CDM 亦是一種在機場服務提供者、機場維運管理單位、及飛航網路管理單位之間...」，此處誰負責提供 A-CDM 服務，請釐清並於報告中提出建議	此處屬「A-CDM 基本介紹」，本小節之定位在對 A-CDM 作概括式之介紹。至於桃園機場提供 A-CDM 服務之建議，將於第四章說明之。	
8.報告書 P29：「空中導航部門(Air Navigation Service Provider, ATC)」，建議調整為「飛航服務提供者(ANSP)」。	謝謝指正，遵照辦理。	同意辦理。
9. 報告書 P35：「...A-CDM 可提供塔臺研擬計畫所需之資訊...」，此節所謂之計畫，是否指飛航計畫？請再釐清。	此處非指飛航計畫，而是指塔臺為執行其任務所需之計畫，例如引導航機滑行之路線等。已於報告中加強說明。	同意辦理。
10.報告書 P37：「表 3-2. 已完成導入 A-CDM 之機場」，因歐洲屬較成熟且業已推動單一天空(Single sky)多年，考量貼近本區之環境(如日本、香港、中國、韓國及新加坡等)，亞洲區之案例或許更具參考性，請納入考量。	謝謝指正，若本研究搜尋得到亞洲區之案例資料將納入報告書中。	同意辦理。
11.報告書 P47-48：「預估、紀錄、目標三類中，屬於前者之此類資訊有...而屬於後者之此類資訊」，請說明何謂前者？何謂後者？	此處之原文為：「依據各項資訊之性質，可將之分為預估、紀錄、目標、以及參數等四類」，其後之「(1)預估類」小段中，再	同意辦理。

	作區分，原文為：「此類之資訊，其目的在呈現航機某種狀態之預估發生時間點，或航機為完成某種操作所需之預估時間長度。屬於前者之此類資訊有：[以下略]」。準此，所謂前者，係指屬於「(1)預估類」中之「呈現航機某種狀態之預估發生時間點」者，而所謂後者，係指屬於「航機為完成某種操作所需之預估時間長度」者。	
12.報告書 P48：「參數類...供系統估算相關資訊時時參考之用」，多一「時」字。何謂「最小地停時間」？為何屬於參數類？請再說明。	將移除多餘之「時」字，謝謝指正。至於「最小地停時間」，原文為 minimum turn-round time，其定義為某種航機機型或某航次，由降落後上輪擋至再度起飛前撤輪擋之間，經航空公司、地勤部門同意所需要之最小時間長度。原文為：“The minimum turn-round time agreed with an AO/GH for a specified flight or aircraft type.” 由於此一數值係為可重複運用之固定值，而非在運轉過程中量測而得之數值、亦非經評估認為可完成某項操作之目標時間，因此歸入參數類。	同意辦理。
13.報告書 P49：「里程碑 3：外站起飛...外站即將本項資訊傳遞到本場之 A-CDM 系統中」，此處本項資訊應指「起飛報文(DEP)」。	將納入期末報告 3.2 節中。	同意辦理。
14.報告書 P51：「機場管理部門於航機進入飛航情報區時可再複核停機坪及登機門」多一「複核」，請予以修正。	謝謝指正，已遵照修正。	同意辦理。
15.報告書 P51：「里程碑 5：航機最後進場...同上...里程碑 6：航機降落...同上」，請釐清「同上」是否	確是如此，已將文句修正為「同里程碑 4」以求明確。	同意辦理。

係指「雷達資訊更新」？		
16.報告書 P52：「里程碑 12：航機準備就緒...作為所有部門對該航機狀況之共同感知。」此節描述過於籠統，請再予詳述澄清。	已經加強說明。	同意辦理。
17.報告書 P63：「(12) 飛航網路所造成的延誤」，何謂飛航網路？係指整個區域有連結時之飛航狀態？，請再予詳述澄清。	本項係德國慕尼黑機場對 A-CDM 成效評估項目之一，原始文件並未多作說明。推論應指可歸因於 CFMU（流量管理中心）之延誤。	同意辦理。
飛航服務總臺（會議發言及書面資料）		
1.於技術文獻部分，The airport cdm implementation manual 中之 8 項附件之 7：不良狀況下之協調整合決策，在全球各機場除冰雪狀況因機場位置不同而有差異外，其餘機場之異常狀況、空中交通流量管制等等均大同小異，建議此部分能有較深入說明，對於本區應有實質幫助。	A-CDM 對於不良狀況因應之貢獻在於以自動化之方式提供資訊，以及提供自動化之資料收集管道，從而有助處理不良狀況時所需要之參數。本項資料出自 [1]，原文為：Airport CDM under adverse conditions should contribute to more automated detection of events, e.g. the commencement and completion of de-icing of aircraft, and lead to more automated inputs to the airport CDM platform in order to allow the updating of planning parameters. 準此，不良狀況因應、排除、回復等決策方式，並不在 A-CDM 範疇內。	同意辦理。
2.於技術文獻部分，報告中有提到荷蘭阿姆斯特丹機場及義大利米蘭馬爾彭薩機場推動 A-CDM 過去之經驗，如機制面大於系統面、充分參與之重要性，在其中最重要之 10 項注意事項中：(5)、專案計畫應有明確而可行之目標、責任、及時間表；(6)、推動應聚焦避免發	本項資料出自文獻[6]，原文獻對此僅列出條目而無進一步說明，相關論述亦未見於其他文獻中。未來搜尋若發現更多相關文獻將整理納入期末報告中。	同意辦理。

散，建議能夠多做些引述與說明，是否有參考樣本及應聚焦於何處？		
3.藉由報告 P47「各里程碑順序關係圖」可讓這資訊平台所有參與單位橫向瞭解相關單位與本身之相互關係及可能造成之影響，建議此部分能多做些舉例與說明，使參閱本報告之機場相關部門增加參與之意願。	各里程碑所描述者，為航機作業程序之各階段。本圖係綜合整理參考文獻[1]之資料，目的並非全然在呈現航機作業程序各階段中，各程序間之先後關係，而是在呈現認定達成某里程碑之前，必須先行達成之其他里程碑。	同意辦理。
4.歐洲各國機場建置 A-CDM 時部分機場並未全部採用 16 項里程碑項目，研究團隊於本研究案曾訪問過桃園機場相關單位及航空公司，在現況不足之處應該有較全面之瞭解，建議在期末報告時能針對桃園機場未來實施時，受限於資訊提供單位及設備，有哪些項目可以先省略的？以期能用階段性推動之方式執行。	謝謝提醒，此部份將納入後續階段辦理。	同意辦理。
5.有關 P34 提及建置 A-CDM 成本不高乙節，建議應將作業程序變更、資料產出與優化、人員訓練等無法量化之因素列入考量，不應只以系統軟硬體之規模而推斷建置成本不高。	資訊系統之「建置成本」，通常均以系統軟體開發與硬體購置等直接建置為範圍，不包含作業程序變更、或甚至部門職掌之調整等無法量化之成本。經查此處報告書原文為「對設備、軟硬體等均無特殊或大量之經費需要。由於並不涉及重大軟硬體系統建置之需求，因此建置成本並不高」，原文僅對建置成本作說明，並未對納入無法量化因素後之成本作出推論。	同意辦理。
6.有關 P41，變動滑行時間應由航管單位估算，至於估算之方式，請提出其他國家之相關經驗供參考。	如期中報告書第 3.4 節所說明，變動滑行時間(VTT)之計算考慮諸多因素，涉及較為複雜之數學模型。文獻顯示此方面之基本技	同意辦理。

	術尚未成熟，實務上大抵均以檢索歷史資料之方式為之。至於文獻[1]則建議跑滑道單純之小型機場不必採用變動滑行時間(VTT)，而較大型或複雜之機場則可採用專家之判斷、由航機機型判斷、由歷史資料歸納、由當時場面狀況判斷等，均以查表方式為主。而更先進之方法則文獻建議留待未來開發技術為之。	
7.有關圖 3-1 各里程碑順序關係圖(P47)，建議以更清楚的架構圖來詮釋各里程碑相互之影響，俾利其他相關單位了解其因果關係。	各里程碑所描述者，為航機作業程序之各階段。本圖係綜合整理參考文獻[1]之資料，目的在呈現認定達成某里程碑之前，必須先行達成之其他里程碑。至於航機作業程序各階段中，各程序間之先後關係，則分別於其他相關章節論述之。	同意辦理。
8.P41 提及相關文獻均無貨機之相關論述，除貨機外，其他非定期班機如包機、私人飛機等皆使用機場資源，建議納入本報告中。	經查相關文獻對 A-CDM 之論述並未排除非定期班機，亦未針對航機之所有權作特別論述。貨機特殊之處在於其所需要之機場服務與客機不同，例如裝卸貨物所需之場地、設備、程序、及時間，均與客機不同。至於非定期班機，若 16 項里程碑（飛航計畫啟動、本場預計撤輪擋時間前 2 小時、...、最後進場階段、航機降落、...、請求開車、許可開車、撤輪擋、起飛）可以適當描述其運轉過程，則應可一體納入既有之範疇中。	同意辦理。
9.未必所有機場資源使用者皆參與 A-CDM 計畫，或僅參與部分事務，建議報告中納入該情況下之 A-CDM 運作機制及該等利害關係人之配合措施。	A-CDM 基本精神之一為納入所有部門。於文獻[6]中，注意事項 9 亦指出「應納入機場所有相關部門」。而 A-CDM 之運作機制則以充份、及時提供資訊為主。	同意辦理。

桃園機場公司		
1.簡報 P67 中有關須桃機公司提供之資料(如 FOS、先進目視導引靠橋系統、AOCC、FRCS)將盡力協助提供。	謝謝協助。	同意辦理。
2.簡報 P12 提及 A-CDM 導入時須注意事項，建議研究團隊可否再蒐集亞洲鄰近機場導入 A-CDM 的目標及風險資料，供桃機後續推動時參考。	各機場對本項資料多未予公開揭露，未來若能找到相關資料則將納入期末報告中。	同意辦理。
航政司		
1.本研究期中部分主要是在文獻回顧及 A-CDM 剖析，而交通部及部屬機關近幾年都有參加國際間飛航管制及機場營運範疇等議題的會議，建議研究團隊可以將相關出國報告重點內容一併納入文獻回顧中。	遵照辦理。	同意辦理。
2.簡報 P13 建議再補充如何與機場公司 AOCC 介面整合之說明。	此部份將於取得 AOCC 之系統分析書、系統設計書等文件後再行設計整合方式。	同意辦理。
3.簡報 P21 提及 A-CDM 建置成本不高，為方便後續進行評估，請研究團隊預估桃園機場導入 A-CDM 時所需經費及時程。	實際建置涉及複雜，且依桃園機場 AOCC 之系統設計，A-CDM 將內建於 AOCC 中。因此獨立估計 A-CDM 之經費及時程將超出本專案所能涵蓋之範疇，本項意見將列入後續研究項目。	同意辦理。
薛委員少怡		
1.相關文獻皆提到 A-CDM 是低成本高效益，且歐洲已有 18 個機場實施，然而在其他機場推動過程中是否有失敗案例，建議研究團隊再蒐集相關資料，以作為後續推動之借鏡。	目前為止所有收集之文獻資料中，並未見其他機場公開揭露失敗案例。後續如可收集將納入期末報告中。	同意辦理。
2.報告書 P22 提及航管因素造成之不良狀況，其中產業行為定義不清，建議再補充說明。	此處回顧文獻[5]，其定義之原文為 “Industrial action can mean strikes of staff of any organization	同意辦理。

	or work to rule.” 將於報告書中補充說明此係指罷工行為。	
3.目前報告都以歐洲經驗為主，然而歐洲與亞洲情況不甚相同，例如歐洲為單一天空，且流量統一管理，因此未來須注意其差異性。	遵照辦理。	同意辦理。
4.貨機的部分雖然 Eurocontrol 沒有探討，但在桃園機場實際上會有所影響，因其停機坪位在機場東北角，進出皆會穿越跑道，因而影響到正常航機滑行時間，建議後續須考量對系統的影響。	貨機在桃園機場地面動線之課題，於 A-CDM 主題中屬變動滑行時間(VTT)之範疇。後續論述時將會納入考量。	同意辦理。
蔡委員宗穎		
1.簡報 P7 文獻回顧提及不良狀況下之協調整合決策，這部分應是目前最重要的，建議研究團隊可以再深入蒐集國外機場處理經驗，供後續國內機場複製使用。	A-CDM 對於不良狀況因應之貢獻在於以自動化之方式提供資訊，以及提供自動化之資料收集管道，從而有助處理不良狀況時取得所需之參數。本研究後續亦將循此方向，探討在不良狀況下 A-CDM 應提供之資訊。至於不良狀況因應、排除、回復等決策方式，則不在 A-CDM 範疇內。	同意辦理。
2.簡報 P12 文獻回顧提及導入 A-CDM 時最重要之注意事項，其中第 5、6 點應為最關鍵的，因此建議研究團隊是否後續可以提出具體建議供參。	本項資料出自文獻[6]，原文獻對此僅有條列而無進一步說明，相關論述亦未見於其他文獻中。未來搜尋若發現更多相關文獻將整理納入期末報告中。	同意辦理。
3.報告書 P47 中有關圖 3-1 各里程碑順序，這是一個 A-CDM 簡單表達概念，同時也是相當重要的，可以讓相關單位了解彼此間的互動關係，建議應再詳述彼此間時間變動所造成之影響。	各里程碑所描述者，為航機作業程序之各階段。本圖係綜合整理參考文獻[1]之資料，目的在呈現認定達成某里程碑之前，必須先行達成之其他里程碑。至於彼此間時間變動所造成之影響，則分別於其他相關章節論述之。	同意辦理。
4.國際間各機場推行 A-CDM 皆有分段實施過程，而這些機場選擇各里程碑優先推動順序皆有不同，建	遵照辦理。	同意辦理。

議於期末報告時針對桃園機場提出具體建議。		
蘇委員崇義		
1.A-CDM 基本概念就是資訊分享，管理透明，而要如何讓相關單位願意參與推動才是重點，建議研究團隊是否可以提出具體建議供參。	執行面確為機場導入 A-CDM 成敗關鍵。本專案計畫之主要目的在(1) 評估桃園國際機場發展 A-CDM 已有的條件與不足的單元，並分析各單位協調統合以提高作業效率的各項功能核心需求模組，以及(2) 建置機場協調整合決策系統(A-CDM)雛型。有關執行面之課題將納入研究建議項目中。	同意辦理。
2.建議研究團隊可以蒐集香港機場相關系統建置經驗資料，其中也包括 FRCS、A-CDM 等系統。	遵照辦理。	同意辦理。
3.貨運部分因為各航空公司利害關係不同而有不同見解，以 UPS 及 FEDEX 即非常重視貨機的準點率，因此 A-CDM 是否要將貨機納入考量，建議再深入研究。	於 16 項里程碑中，貨機與客機之最大差異在第 11 項（開始登機）。其餘各項（飛航計畫啟動、...、航機最後進場、...、申請開車許可、...、起飛）之主要精神均與客機相當接近。此現象或許亦為文獻未見對貨機專屬論述原因之一。未來若搜尋發現更多相關文獻將整理納入期末報告中。	同意辦理。
但委員昭璧		
1.各里程碑都有其決定之參數如時間等，然而這個數據的來源必須是可靠且正確的，雖然 Eurocontrol 針對部分資料同意以人工輸入，但仍建議研究團隊必須避免人工輸入，且須先定義清楚資料的來源。	在多數情況下，儀器偵測之精準度及可靠度均優於人工之紀錄，因此儘量避免以人工輸入為唯一資料來源，其方向無庸置疑。然而某些重要資訊在尚未建置儀器以及相關資訊系統之前，可能尚需仰賴人工輸入。此外，在儀器或軟體無法處理之特殊狀況下，亦有可能需要以人工作資訊之修正。這些可能均為	同意辦理。

	Eurocontrol 納入人工輸入選項之原因，而未來桃園機建置之軟體系統，亦建議應納入人工輸入之可能性，且於標準作業程序中，將必要時人工資訊輸入之規範納入其中。以桃園機場為例，里程碑 8 之「開始地勤作業」目前即無可用以偵測之儀器。經訪談得知目前實務作法，航空公司係由機坪裝載管制員（ramp coordinator）或類似之人員負責人工紀錄本項資訊，因此未來推動時亦可考慮由相同人員一併輸入 A-CDM 系統中。	
2.桃園機場目前幾項資料有不同來源，如 ATC、ACARS 等，因此各里程碑執行時必須先界定其採用之優先順序。	遵照辦理。	同意辦理。
3.里程碑對於應用單位不同時，重要性也會有所不同，以機場管理單位而言，停機坪管理安排為最重要的，然而對於地勤作業而言，人員、裝備派遣才是首要，另外對於航管單位，班機排序才是重要，因此不同單位著重點也會不同。	遵照辦理。	同意辦理。
邱裕鈞委員		
1.桃機營運現況及問題可能必須先探討，才能了解實際需求，並設計系統功能，雖然研究團隊作了許多訪談，但未放入本次報告中，建議期末可將其補充至附錄中，並於報告書中多加論述。	遵照辦理。	同意辦理。
2.階段性預估完成項目必須先釐清，而相關導入的功能如預排序、最佳化等才能有效安排。	本研究亦持一致之看法，並呈現於圖中。	同意辦理。
3.有了機場背景資料比對，或許才能了解為何有些機場在部分里程	於公開揭露之資料中難以取得各國機場當初導入 A-CDM 時之	同意辦理。

碑可以省略不用，而且這也可能跟機場的作業狀況相關，比對同時也能了解可能遭遇的困難。	背景資料，確為不易解讀為何有些機場在部分里程碑可以省略不用之主要原因。	
4.A-CDM 在跨機場應用部分，建議也可加以論述，例如何時開始交換、如何交換等。	目前搜尋所得之文獻顯示，於歐洲此部份之作業，大都均由 CFMU（流量管理中心）執行，亦即各機場將相關資訊傳送到 CFMU，再由 CFMU 因應後再通知機場。此部份將於期末報告中再加強論述之。	同意辦理。
5.由報告書內容可知目前 A-CDM 資訊大多來自航管單位，但來源卻同時有很多種，建議可能必須先釐清定義清楚，並確認如何檢核。	遵照辦理。	同意辦理。
許組長書耕		
1.由簡報 P53 的 A-CDM 功能架構示意圖可知，目前報告大部分內容是著重於最下面兩層，即基本資訊系統與資訊分享功能，而周轉程序處理功能為核心部分似乎較少著墨，建議後續需加強論述。	已說明於期末報告書第 3.4 節。	同意辦理。
陳副所長天賜		
1.建議將 16 個里程碑分類為 3 種，分別為必要、非必要與可選擇的，篩選原則可以視資料取得方便性、資訊共享、決策輔助等觀點來處理。	本研究將先分出桃園機場較易達成之里程碑，後再分別針對情境一與情境二之需求，分別提出優先里程碑之建議。	同意辦理。
2.後續研究建議事項必須納入期末報告中，例如變動滑行時間(VTT)對於 A-CDM 的成效就是一個關鍵因素。	遵照辦理。	同意辦理。
本所運工組		
1.有關里程碑 1 與 2 產生資訊的時間點為本場 EOBT-3hr 與 EOBT-2hr 前所提供，但假設距離夠遠的話(如航程超過 4 小時以上時)，這時候里程碑 3(外站起飛時間)會先觸發，	手冊[1]確未明確說明外站起飛時間早於本場 EOBT-3hr 時應如何處理。經查該文獻說明里程碑 1 之啟動時機為外站飛航計畫啟動，但應不早於本場	同意辦理。

再來才是里程碑 1 及里程碑 2，雖然歐洲航空安全組織(Eurocontrol)提出的手冊中說明里程碑 2 及里程碑 3 順序有可能相反，但里程碑 1 及里程碑 3 順序相反於手冊中並未提及，這在實際操作上系統要如何處理，請補充說明。	EOBT-3hr。而對里程碑 2 之相關說明，則為 “Milestone 3 can take place before Milestone 2 in the case of a flight that has departed from outstation before EOBT – 2 hrs”。同時，對達成里程碑 3 先決條件為(1)達成里程碑 1，且該航機已經升空，且已接獲起飛報或其他相關資訊。綜合上述，應可合理推論，於外站起飛時間早於本場 EOBT-3hr 時，則待本場 EOBT-3hr 時，再於 A-CDM 系統啟動該航機相關追蹤，並同時達成里程碑 1、2、與 3。若於外站起飛時間早於本場 EOBT-2hr，但未早於本場 EOBT-3hr，則待本場 EOBT-3hr 時，再於 A-CDM 系統啟動該航機相關追蹤，並同時達成里程碑 1 與 3；再待本場 EOBT-2hr 時再處理里程碑 2 相關事項。	
2.在實際運作上，並沒有一個飛行計畫可以涵蓋所有里程碑範圍(外站至本場，本場再至外站)，因為實務上各航段飛行計畫是獨立的，分為外站至本場飛行計畫與本場至外站飛行計畫，雖然固定班表可提前取得，但以桃園機場國際線為例，目前情況為航空公司至遲於起飛前 1 小時才會提交正式飛行計畫，因此在 A-CDM 里程碑法中有許多時間的檢核動作，而實務上系統將如何串接前後飛行計畫，並進行檢核，請補充說明。	串接前後飛航計畫，係於 A-CDM 系統中達成，而此亦為 A-CDM 重要價值之一。於本研究計畫所開發之雛型軟體中，亦持相同之作法，於軟體內部以航機為系統內部資訊識別之主體，而航機之航班編號則僅為顯示用之標籤。	同意辦理。
3.簡報 P23 中提及比利時布魯塞爾機場、西班牙巴塞隆納機場、義大利米蘭-馬爾彭薩機場均獲得顯著	將再搜尋文獻以取得相關資訊。	同意辦理。

效益，請再補充產生何種效益。		
4.簡報 P29 有關里程碑 2 之定義似乎與 Eurocontrol 有差異，且與 P46 資訊應用前後無法連貫，依據 Eurocontrol 里程碑 2 定義，它是用來在距預計撤輪擋時間 (EOBT) 2 小時之際，檢查 ATC 飛行計畫預計撤輪擋時間的可行性，請釐清後修正。	已修正相關內容。	同意辦理。
5 簡報 P46 有關里程碑 2 資訊應用係流量管理中心使用本項資訊，對其管制下之航班提供額定起飛時間(CTOT)，其實際功能及運作情形為何，建議再補充說明。	此處出自文獻[1]，其原文為“The Network Operations may update the flight profile, generate, update or cancel the CTOT according to the new TTOT and SID.”報告書已據此修正。	同意辦理。
6.簡報 P47 及報告 P52 中，有關里程碑9:確認撤輪擋目標時間之用途為航管單位利用此項資訊計算變動滑行時間，似乎敘述有誤，因為撤輪擋目標時間+變動滑行時間為起飛目標時間。	理想上，航管相關系統考慮機場場面上所有航機之狀態，據以計算變動滑行時間(VTT)。而撤輪擋目標時間顯示各航機預計將可開始起飛前滑行之時間，為相關系統考量整體狀況而為每一航機個別計算變動滑行時間(VTT)之重要依據。個別航機再依據其撤輪擋目標時間，加上計算所得之變動滑行時間(VTT)而得到其起飛目標時間。	同意辦理。
7.簡報 P50 中 Eurocontrol 建議建置及導入順序，里程碑 9(確認撤輪擋目標時間)優先順序為建議，而里程碑 10(核定許可開車目標時間)優先順序為高度建議，這兩者息息相關，且里程碑 9 為 A-CDM 之核心，為何在優先順序上只有「建議」而已。	文獻[1]對各項里程碑列為「建議」或「高度建議」之原因並未多加著墨。其他目前所之文獻中亦未有所發現。若再尋得相關資料將再補充於期末報告中。	同意辦理。
8.簡報 P54、P55 中提及國際間幾個重要機場執行 A-CDM 的概況，其中部分機場只取得較少資訊(如倫	遵照辦理。	同意辦理。

敦機場一開始只完成里程碑 2、16，而斯德哥爾摩機場只完成里程碑 7、15)，可見不同國家機場狀況及特性也不盡相同，因此優先順序也有其差異性，而桃園機場在推動 A-CDM 也應分析其採用順序並提出建議方案。		
9.簡報 P57、P69 提及決策輔助系統部分，由相關文獻及資料可知 A-CDM 提供透明而有效的資訊交換機制，但各種不同作業間之協調與資源之最佳化運用仍有待整合，因此仍須決策輔助系統協助。未來桃園機場需求為何，且該如何進行並推動相關決策輔助系統也應有其建議內容。	遵照辦理。	同意辦理。
10.簡報 P58~P65 為國際間機場推動 A-CDM 後之成效評估資料，後續桃園機場是否應提出適當之 KPI 指標，請再補充說明。	對於成效評估，文獻[1]開宗明義指出導入 A-CDM 之目標以及成效評估之方法，必須經所有部門一致同意，其原文為“Objectives need to be set and agreed by all partners, together with an agreed process to measure the achievement of the objectives. It is also vitally important that these agreements cover all the partners, collectively and individually.”準此，桃園機場之 KPI 宜待未來執行導入時再由負責單位主導，由所有參與部門共同設定。	同意辦理。
11.簡報 P69 中提及 4.2 章節為「探討桃園機場初期及後續應建置之里程碑功能」，因未見其詳細內容，請再補充。	第四章屬期末報告之範圍，將於期末階段呈現之。	同意辦理。
12.簡報 P69 中 4.3 擬請桃機公司提供 FRCS (Flight Rescheduling Control System)相關資料，請一併	遵照辦理。	同意辦理。

放入簡報 P67。		
13.簡報 P70 中離型系統包括 3 個重點分別為人機介面、模擬推進、擾動處理，其中人機介面必須定義清楚並標準化操作模式；模擬推進則必須模擬桃園機場一天完整之航班班表狀況，並以加速方式展現；擾動處理則必須於班表中加入意外狀況(如班機延誤等)，方便充分了解 A-CDM 運作及處理情況。	遵照辦理。	同意辦理。
14.簡報 P71 有關未來辦理專家業者座談會時，應先將離型系統完成後再予以辦理，以利相關單位完整瞭解 A-CDM 之面貌與功能，方便後續討論相關執行上可能遭遇之問題，及相關單位如何共同參與等議題。	遵照辦理。	同意辦理。
15.報告 P38 中表 3-3 名稱應修正為歐洲最主要機場。	遵照辦理。	同意辦理。
16.報告 P47 中圖 3-1 建議修正各里程碑順序關係，里程碑 8(開始地勤作業)與里程碑 11(開始登機)應有前後順序。	經查文獻[1]說明全數達成里程碑 1 至 9 為達成里程碑 10 先決條件之一。圖 3 將據此修正。	同意辦理。
林所長信得		
1.歐洲機場 A-CDM 推動成本不高的定義請再釐清，而相關人員訓練、資訊分析、時間上的花費是否納入，建議加以補充說明。	遵照辦理。	同意辦理。
2.簡報 P50 中提及 A-CDM 建置及導入順序為 Eurocontrol 所建議的，而本研究則應提出桃園機場本身的建置及導入順序。	遵照辦理。	同意辦理。
3.簡報 P58 為 Eurocontrol 建議評估原則，而桃園機場須因地制宜提出本身的評估原則。	遵照辦理。	同意辦理。
4.簡報 P61 及 P63 分別為比利時布魯塞爾機場及德國慕尼黑機場，所	此處所列之二座機場評估結果係取自於不同資料來源，其評估	同意辦理。

列的評估項目，但兩者基準似乎不同，無從比較，建議再修正。	基準及評估方式原本即不同，並不適合作為比較之用。而文獻中亦未發現針對不同機場，評比其A-CDM 成效之相關資料。	
5.簡報 P67 中請臺塔、機場公司提供相關資料，請再精要詳述所需要的資訊。	遵照辦理。	同意辦理。
6.第四章整體架構必須重新修正，因本章為本研究重要關鍵點。	本期中報告書之範圍僅為一至三章。未來於期末報告書將審慎研擬第四章之整體架構。	同意辦理。

附錄二：期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

☐期中 ☒期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：「臺灣國際機場引進機場協調整合決策(A-CDM)系統之研究」

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承 辦單位審查 意見
民航局		
1.報告書 P48 有關航機延誤警訊乙節，本報告以里程碑 12(航機準備就緒 ARDT)與里程碑 9(確認撤輪擋目標時間 TOBT)、里程碑 14(同意開車 ASAT)與里程碑 10(許可開車目標時間 TSAT)等兩項作為航機延誤之判斷依據，惟其他各里程碑之目標時間與實際時間是否亦可作為延誤依據?(例如：降落、登機、起飛...等)，請研究團隊釐清。	基本上所有與目標或預期時間相關之資訊，均或多或少具有延誤警訊之功能。報告書此部份所指出之延誤警訊，亦未排除其他資訊之類似功能。因此，降落、登機等實際達成之時間若與目標或預期時間有所出入，亦具有參考價值。至於起飛時間，則對下一站之預警價值較高。	同意辦理。
2. P83 有關建議桃園機場應優先建置之決策輔助系統中「離場管理與起飛預排序系統」，此涉及地面跑、滑道之運作，屬航管作業離場管理(Departure manager)之一環，建議新增「飛航服務應優先建置之決策輔助系統」小節中闡述，另鑑於本區與鄰區之流量管理(ATFM)(報告書 P64)近年因應航情量漸增而愈顯重要，建議一併納入飛航服務優先考量建置項目。	考量決策輔助系統往往涉及一個以上之單位，本報告書並未針對機場各相關單位個別建議其應建置之決策輔助系統。因此將本項建議納入第 4.4 節，明確建議「離場管理與起飛預排序系統」屬航管作業離場管理之一環，建議應納入飛航服務應優先建置之決策輔助系統辦理。 另，區域之流量管理雖有其重要性，但本區與鄰區之流量管理已超出本研究範圍。故於第 4.4 節增設「其他決策輔助系統」項，將本項併同其他可能之決策輔助系統一併建議之。	同意辦理。

3.文字修正部分：P34:以將抵達航班之預估資料提供予 CDM 機場。P61:新加坡樟宜機場。P62：「中國於 101 年 12 月...」,建議修正為「中國於 2012 年 12 月...」。P70-72：塔台航管自動化系統。P72：機場場面雷達偵測系統。P75：「跑道運轉模式(例如起降混合或分離)...」,建議修正為「跑道運作模式(例如起降混合或起降分流)...」。P86：例如，設若於測試資料中某...。	謝謝指正。報告書中所有「提供與」全數修正為「提供予」、「樟宜機場」均已修正為「樟宜機場」、「塔台自動化系統」全數修正為「塔台航管自動化系統」、誤植之「電達」修正為「雷達」。「中國於 101 年 12 月...」係忠於原文出差報告書第 24 頁，本報告書已遵照指示修正。其他建議亦配合修正。	同意辦理。
飛航服務總臺		
1.A-CDM 是藉由資訊分享促進程序改變，並提升營運效率；因此在系統建置期間就必須先釐清瓶頸所在，進而瞭解所需資料及改善程序。	釐清瓶頸所在，確為瞭解對 A-CDM 資料需求之必要階段。	同意辦理。
2.系統彼此間的相容性相當重要，只要有互通格式，資訊便可相互流通傳遞。	格式相容為必要條件。其餘定義、精準度、更新頻率、完整度等性質之一致性亦為重要條件。	同意辦理。
3.報告書 P70 提及系統各項資訊來源，建議應釐清精確資料來源，而備援部分應採線路備援，使同一精確資料來源有兩個管道可同時取得，而非備援取得為不精確之資料。	當同一項資料有多種不同之可能來源時，各來源來源所提供之資料不一定必然有精準度、可靠度、穩定性、或其他方面之高低差別。然而為了確保一致性，通常以固定採取一種為宜。然而衡量 A-CDM 具有常態上線運轉之性質，建置時必須考慮備援機制。倘若同一資料可由不同管道取得，仍建議建置第二備援資料來源，而且常態性上線運轉為宜。例如，萬一運轉時主要來源之原始資料感測器發生異常，仍有機會快速切換使用備援資料，維持整個系統之基本運轉。	同意辦理。
4.桃機應屬複合型機場而非起迄型機場，因此容量評估上應同時考量	起迄型與轉運型，係指機場正常運轉型態之偏屬。此二型並非互	同意辦理。

跑滑道及停機坪的影響。	斥，原意亦非將所有機場明確劃分為二類。轉運型之機場運轉型態具有時間帶之特徵；在為時數小時之時間帶中發生大量航機先後進場，供乘客轉乘之後再次第離場，如此反覆進行。反之，起迄型之機場運轉型態則有較多之過夜機。訪談結果發現桃園較偏向起迄型。觀察桃園機場之日常運轉，亦未發現明顯之上述常態性於數小時時間帶中發生大量轉乘之現象。	
5.報告書 P79~P81 提及中期目標，在情境一中里程碑 11 及情境二中里程碑 12 所提供時間值，依據 EUROCONTROL 的說明，該兩項是在核對 TOBT 的準確性，進而讓航管能評估最適 TSAT 時間，因此建議是否將 TSAT 優先納入。	確實 TSAT 有其重要性。然而在實際操作時，航管欲為每一航機精準、有效評估最適之 TSAT，可能超過人力之極限，而需要有離場管理工具 (DMAN) 等決策輔助系統之協助。然而 DMAN 之建置，又需要甚多其他條件之配合。因此務實考量，可能不宜將 TSAT 納入中期達成之範圍。	同意辦理。
桃園機場公司		
1.簡報 P31 提及飛航資訊整合的部分，由於亞洲並無類似歐洲流量管理中心(Central Flow Management Unit, CFMU)的單位來管理，未來亞洲要如何發展，建請研究團隊提出相關建議。	亞洲如何發展流量管理中心除技術問題外，並涉及國際政治等，非本研究所能探討。	同意辦理。
2.報告書 P73 提及每日服務之航機數量約為 400 架，依據航務處統計資料目前每日約有 650 架，建議修正。	此處之目的在評估未來 A-CDM 於桃園機場所產生之資訊傳輸量。由於 A-CDM 之基本精神在以航機為本位，而非以航班為本位，因此在此亦以航機數量為估計基準。為避免未來誤解，第 4.1 節相關文句修正為「現今桃園機場每日服務之航機數量約為 400 架，產生約 650 至 700 架次之起	同意辦理。

	降」。	
航政司(書面意見)		
1.查桃園機場公司目前處理大規模航班異常疏運作業機制(FRCS)係利用預劃性分配航班起降額度等方式控管航班，惟針對颱風影響時間長達2天以上之狀況時，預劃性調節作法恐已失效無法因應，此將造成颱風來臨前因大量航班湧入，而造成空側設施能量不足；另颱風過後，亦因航空公司需處理大量滯留機場旅客，而造成機場無法一時消化大量加班機，致機場之陸側及空側交通皆呈現擁擠。為此，建議研究單位可從引進機場協調整合決策(A-CDM)系統之方向，提供機場公司改善大規模航班異常疏運作業機制之具體建議，俾以有效因應未來航班異常時之旅客疏運作業。	謝謝，此確為 A-CDM 可經由提供資訊而產生效益之處。惟大量資料之有效運用，仍有賴決策輔助系統。因此本報告書第 4.4 節已將不良狀況處理決策輔助系統之建置，納入應建置之決策輔助系統中。	同意辦理。
2.本案所建置之離型系統架構，建議就各架構要項提出概略性之成本(含時間及經費...等)分析，且導入 A-CDM 系統是否必須再行建置決策輔助系統、深入評估機場之運轉瓶頸，建請補充說明，俾利桃園國際機場及我國其他機場評估導入 A-CDM 系統之可行性或時機。	本案所建置之離型系統其成本已涵蓋於本案經費中。至於決策輔助系統之建置，確為未來必須進行之工作，已說明於第 4.4 節。而機場運轉瓶頸之評估則為具體確認 A-CDM 最佳建置策略之必備條件，已說明於第 4.2 節。	同意辦理。
3.本案結論所提國外機場運用 A-CDM 之成功案例及桃園國際機場導入後可帶來效益乙節，建議就實質效益如節省時間、減少費用、提升品質、提高容量等項目做質量化補充分析，並建立關鍵績效指標，據以評估導入之效益。	依 Eurocontrol 所建議之原則，成效評估應由所有參與機場維運之各部門共同決定評估指標及準則，並不宜由未參與維運之單位決定之。相關論述已說明於第 3.8 節。	同意辦理。
4.有關本報告書期中報告審查意見處理情形表中所列研究單位處理	期中報告書因屬階段性成果，且其內容已經過審查，不便回溯修	同意辦理。

情形表部分，建議標註相關回應內容於報告書中呈現之頁次或章節，俾利勾稽。	正。至於期末報告書則已明確註明所有修正之章節位置。	
薛委員少怡		
1.系統 Demo 之情境係以起降分流之跑道運作模式設定，然與實際之運作模式有差異。跑道運作模式有起降混合或是起降分流之運作情形，桃園國際機場目前以起降混合模式為主，因應滑行道施工局部關閉之故，採用起降分流模式以提升跑道使用效益，爰建議仍應參考實際之跑道運作模式。	離型之目的並不在原狀重現機場之實際狀況，亦不可能如此。而離型中起降分流之模式設定來自離場管理工具（DMAN）決策輔助系統。由於 DMAN 核心之數學模式具有相當之複雜性，本研究在限制下並無法完整實作，因此予以簡化成為起降分流之運作模式。	同意辦理。
2.報告 P39 提及歐洲有 43 座主要機場導入 A-CDM，有 18 座機場成功的例子，本人於期中報告即已提出是否能夠蒐集引用 A-CDM 失敗機場之相關資料，據初步了解，失敗原因包括有部分單位不願意分享資訊，除有介面安全議題外，亦有擔心分享資訊後，凸顯單位制度或是系統問題，進而暴露缺失，惟本次告報仍未有相關說明。	目前為止所有收集之文獻資料中，並未見其他機場公開揭露失敗案例。	同意辦理。
3.報告 P61 提及歐洲推動單一空域已多年，並有相當良好之成效，本區空域環境與歐洲空域環境有差異性，爰於期中報告曾建議將亞洲機場之案例納入報告中。亞洲機場導入 A-CDM 之機場包括新加坡樟宜機場、香港赤鱗角機場、大陸浦東機場、白雲機場、昆明機場、深圳機場、天津機場等，所採用之里程碑說明不完整，請再補充說明(不應只參考出國報告，可至大陸相關網站搜尋)。	出國報告為正式、可信之文件，而經由網站查詢所得之各機場導入 A-CDM 狀況，多非屬正式技術文件，亦難以查證。援在寧缺勿濫之原則下予以割捨以維本報告書之可信度。	同意辦理。
4.報告 P64 有關決策輔助系統部分，考量未來跨區域各機場(如香	謝謝指正，已納入第 4.4 節之建議項目中。	同意辦理。

港、日本、大陸等)協調整合決策系統分享平台，共同支援流量管理，以達到空域最佳資源目的(本區離場航班有時亦受鄰區流量管制影響起飛時間，特別是香港機場因天候因素)，因此建議將流量管理納入桃園國際機場決策輔助系統之一。		
5. 報告 P73 有關桃園機場每日服務航機數量約為 400 架，仍建議修訂為 670 餘架次(需再與桃機確認數字)，因一般讀者閱讀本報告時，並不了解服務航機定義為完成一里程碑之航機，與認知之每日航班約 670 餘架次，會有出入。	此處之目的在評估未來 A-CDM 於桃園機場所產生之資訊傳輸量。由於 A-CDM 之基本精神在以航機為本位，而非以航班為本位，因此在此亦以航機數量為估計基準。為避免未來誤解，第 4.1 節相關文句修正為「現今桃園機場每日服務之航機數量約為 400 架，產生約 650 至 700 架次之起降」。	同意辦理。
蔡委員宗穎		
1.有關(報告 P59)變動滑行時間(VTT)計算功能部分，如果以桃園機場場面配置的狀況，總臺後續也會研究在飛航管制/地面管制這部分，以維持安全與兼顧效率之角度，研議固定地面滑行動線常態模式之可行性，配合未來桃園機場道面整建完成後，能有具體的效益產生。	就進場航機之部份，各航次降落後脫離跑道之位置並非固定，因此地滑行動線亦無法固定。在離場航機之部份，即便固定其滑行道，亦將由於滑行道上各航機間之相互影響而不可能固定其滑行時間。因此變動滑行時間之計算，必須同時考慮滑行動線之指派，以及各航機之相互影響，方能得到精準之估算值。	同意辦理。
2.有關(報告 P78)表 4-2 桃園機場較易達成之里程碑，除了 1、2、4、11、16 外，也建議將里程碑第 3 項(外站起飛)納入，因為航機由外站起飛之資訊其實應該都有產生，只是目前並未整合與聯結，而該資訊對於本區空域實施流量管理是很重要的關鍵資訊，未來總臺也會積極研究，透過現有各區飛航服務單	里程碑 3 具有其重要性，是無庸置疑的。然而本研究對於「短期可建置」之建議，主要著眼點在於經務實考量，短期內已可方便取得。以此觀點視之，桃園機場目前對里程碑 3 所需之資訊並未有完整之整合與聯結，尚需協調各區飛航服務單位、航空公司、甚至他國單位，方能取得完整、	同意辦理。

位間之飛航資訊傳遞網路來獲取該資訊，也期待航空公司與機場管理單位協同合作一起來達成。	可靠之資訊。因此仍先不宜納入「短期可建置」之範圍。	
3.誠如本報告所述，A-CDM 導入建置之後，接續的決策輔助系統才是能真正展現效益的關鍵，在報告 P82 中敘述桃園機場可優先考慮建置之決策輔助系統為停機坪調度管理系統、不良狀況處理決策輔助系統、離場管理與起飛排序系統、地勤公司資源調度決策輔助系統等，建議研究團隊能否針對其中一兩項多做些描述，或者提示可參考何種文件資料，以利參考本報告者延伸閱讀並提升報告價值。	謝謝建議，已於第 4.4 節加強對四項建議建置之決策輔助系統的說明。	同意辦理。
蘇委員崇義(書面意見)		
1. 開頭提及不考慮空域面，後面文件又提及空域問題，似乎前後不一致，例如報告 P34 提出成為 CDM 機場需導入之六種元素即提出考量空域之元素，因此該段落論述則與報告之假設有所衝突。若以 CFMU 的成立角度來看，是否應統整出一個比較確切的目標，如文件中提及新加坡、泰國及香港的 Multi-ACDM 所涉及的就是空域，最直接影響到的一定是空域上的資訊，若以未來要與國際接軌，以 AOCC 為主似乎不夠整體性 (A-CDM 的面項應該是要考慮到未來若是機場及機場間、相鄰空域間、不同國家間及特殊情況下的訊息交換，例如若是上海流管 10 分鐘只能接受一架航班，那松山、高雄機場也有上海的航班，航管單位不能僅考慮到桃園機場)。	報告書所說明之六種元素，係出自 Eurocontrol 文件資料[21]。報告書中亦明確說明資料出處。至於對桃園機場發展 A-CDM 相關課題之分析，則確未納入空域，亦於第 錯誤！找不到參照來源。 節有所說明。二者應無衝突。而 A-CDM 亦以航機在機場地面之各項操作為主軸。至於未來如何與國際接軌、AOCC 是否有適當之能力等課題，需視未來 A-CDM 於桃園機場之導入成效、主導單位為何、相關單位配合狀況、甚至國際合作情勢而定，此時下定論可能言之過早，亦非本研究所能論及。	同意辦理。
2. 本報告提出本區無建置	本區是否成立 CFMU 確有討論	同意辦理。

CFMU，建請須評估本區 CFMU 的成立必要性，若是要以 AOCC 取代 CFMU，那未來松山、高雄、臺中是否各要再成立 AOCC？CFMU 在航管單位運作的部份有其重要性，考量未來與其它國家在 CDM 整合性上，整體規畫仍有其必要性，若以階段性考量 AOCC 暫時取代 CFMU 作整合單位，未來將產生需要再次轉移的可能性。	之必要。其考慮因素甚為複雜，本研究之範疇，可能僅佔其中一小部份。若由 A-CDM 之出發點遽然評估是否成立本區 CFMU 之必要性、可行性、成本、效益及其他相關課題，恐將以偏蓋全，參考價值不高。	
3. 本報告中提及 16 項里程碑，參考的文件提及其重要性，也強調實行 A-CDM 的程序不必然需完成全部里程碑，然各國範例中已列舉出各國完成了幾項即能達成重要效益。故建請依桃園機場目前現況運作及各單位所能提供之資料來源，評估能達到里程碑之實質效用(20/80 理論)，且未來若因應相關系統或設備建置計畫，又將能達成哪些里程碑與其實質效用。	如第 3.8 節所說明，A-CDM 實質效用之評估，大部份均依據共同目標之達成程度，以及時間預估與達成之精準程度為之。未來若各資料提供單位可提供各種時間估計值之可靠度、各執行單位可承諾達成之精準度，即可著手評估預期之效益。	同意辦理。
4. 建請提出國際上各機場建置 A-CDM 之里程碑項目之考量點或是忽略其它項目之因素？（是否因為關鍵決策之時間點考量或是建置瓶頸？）	就本研究所收集之資料，並未發現本項資訊。	同意辦理。
5. 在各國範例中資料難以取得，僅少數介面，文件提及未來會建立相關的模擬軟體，供各單位配合測試，在此前提下建議是否可提供情境範例，例如機坪佔用、航機後推、航機滑行、特定機場暫停起降及航機提前到達等等的範例情境，如何將相關 16 項里程碑的幾項資訊應用後，即可達到解決的目的？該情境範例應可使各資料來源提供單位有更實際之參與感，對	本研究並未說明未來將建立相關模擬軟體。報告書係於第 6.3 節建議後續可進一步開發模擬軟體。此種軟體應具有充份之能力可設定各種情境。	同意辦理。

於後續配合上才能有彼此合作的誘因，並且在未來模擬上讓各單位有所認識，而不僅止於將國外 A-CDM 文件作翻譯。		
6. 在文件中提及 A-CDM 將以賽局的角度來分析，是否可更細部的舉例，賽局的參與單位需考量的面向也都要放入，包括航空公司、地勤、飛航服務(Air Navigation Service Provider, ANSP)、機場單位、國外 ANSP、國外機場等，另相關起落條件、天氣條件、場面狀況等等因素也應一併考量。此外，建請是否加以 SWOT、TOWS 等分析評估各 16 項里程碑施行的優先順序及可能產生的成本。	本研究並未以賽局理論作任何分析。唯一提及賽局之處為文獻回顧中，提及文獻[16]與文獻[17]，各在其研究中使用了賽局理論。至於各里程碑資訊之建置順序，在短期應以容易進行者為主要考量，而在中期則應以對機場容量貢獻最大者為考量。而成本則視機場各相關系統之狀況而有甚大之差異，並非各單位所提供予本研究之資料所能分析。	同意辦理。
7. 本報告無法深入研析桃園機場停機坪和跑滑道之容量，然而兩情境說明與建議因涉及面相不同，將影響里程碑建置之決策，建請應提出較具影響之瓶頸分析。	容量分析之目的即在識別機場運轉之瓶頸所在。	同意辦理。
8. 報告 P26 桃園機場現有之系統建請加入航務管理系統(FOS)。報告 P73 低估桃園機場每日服務之航機數量。報告 P75 缺字「分析策略之設計……，以及使用跑道之順序」。報告 P80 到場航機之降落之順序非由塔臺作排序。	報告書初稿第 26 頁（定稿第 28 頁）處並非在描述桃園機場現有之系統，而是文獻回顧。此處旨在回顧文獻[7]之內容。至於初稿第 73 頁處之目的在評估未來 A-CDM 於桃園機場所產生之資訊傳輸量。由於 A-CDM 之基本精神在以航機為本位，而非以航班為本位，因此在此亦以航機數量為估計基準。為避免未來誤解，第 4.1 節相關文句修正為「現今桃園機場每日服務之航機數量約為 400 架，產生約 650 至 700 架次之起降」。缺「道」字已補正，謝謝。經查初稿第 80 頁並未說明由塔臺排定降落順序。	同意辦理。

許組長書耕		
1.簡報 P22 與簡報 P31 各列了相當多輔助系統，但前後似乎不一致，建議重新整合排序。	前者為 Eurocontrol 之資料，而後者則為本研究建議桃園機場應建置之決策輔助系統，二者並不同相同。已將對桃園機場之建議再行整理並呈現於圖 4。	同意辦理。
2. 容量分析是一個重要議題，明年度本組將進行空域模擬初步研究，實際上除了硬體配置會影響容量，時間帶安排、資源調度等，都是影響機場容量的因素。	感謝提供意見。	同意辦理。
賴副組長威伸		
1.建議桃機未來建置 AOCC 時，可回饋相關資訊供本研究參考，以達到相互學習的目的。	本團隊亦認同跨單位密切合作之必要性。	同意辦理。
2.報告書內容結論與建議須再加強論述，並具體化提供類似指導原則，以作為桃機未來建置時之參考。	謝謝，已於第 6.2 節提出具體建議。	同意辦理。
本所運工組(現場與書面)		
1.報告 P49 中，有關各里程碑順序關係圖中，開始地勤作業(MST8)、確認 TOBT(MST9)與開始登機(MST11)應有連貫關係，而非中斷。建議以更清楚的架構圖來詮釋各里程碑相互之影響，俾利其他相關單位了解其因果關係。	已配合修正圖 3。	同意辦理。
2. 報告第 3.5 節區域整合部份，應將歐洲與亞洲使用 A-CDM 的差異進行說明，並補述其亞洲使用 A-CDM 的限制，因歐洲有流量管理中心(CFMU)進行歐洲整體空域流量管制，而亞洲並無類似單位，因此無相關單位可提供額定起飛時間(CTOT)，所以當有機場進行流量管制時，A-CDM 將遭遇限制無法預先排序。	已依建議加強第 3.5 節之相關說明。	同意辦理。

3.報告第 5.2 節人機界面說明太過簡略，相關資訊顯示建議再補充說明，從航機落地、地停、到起飛的過程資訊揭露，另外在特殊狀況如延誤時，系統將如何警示，以瞭解 A-CDM 運作及處理情況。	由於人機界面設計為各軟體之重要商業機密，本研究並未取得其詳細資料。由有限之畫面截圖中實難對系統功能作具可信度之正確判讀。至於 A-CDM 運作過程中之資訊揭露，則說明於第 3 章各節。	同意辦理。
4.由英國希斯洛機場公布報告中 (Heathrow Airport, Airport Collaborative Decision Making, Local Departure Planning & Operational Procedures)，計算變動滑行時間主要是藉由引入真實滑行時間增進航空公司表定時刻穩定性，而變動滑行時間是考慮跑道是否使用、停機坪位置、機型、降落方向、機場程序、交通擁擠、天氣狀況等參數，並利用歷史統計資料計算而來，後續可以用來準確計算-預計起飛時間(Estimates of Take Off Times, ETOTs)；另外在國際文獻中 (Forecasting of taxi times: The case of Barcelona-El Prat airport, Journal of Air Transport Management ,Volume 56,2016)也提及利用線性迴歸預估變動滑行時間，建議將此部分加入報告中。	已於第 4.4 節補充說明之。	同意辦理。
5.有關決策輔助系統部分，由相關文獻及資料可知 A-CDM 提供透明而有效的資訊交換機制，但各種不同作業間之協調與資源之最佳化運用仍有待整合，因此仍須決策輔助系統協助，未來桃園機場需求為何(航管、機場管理單位角度)，且該如何進行並推動相關決策輔助系統也建議再詳細補充說明。	已於第 4.4 節加強說明本研究所建議各決策輔助系統之核心功能。至於推動方式，依過往經驗，除了核心技術之障礙外，相關機關對於決策輔助系統之接受程度實居關鍵影響力。對此已於第 6.2 節加強說明之。	同意辦理。
6.本研究最主要之產出即為分析桃	已於第 4.3 節說明：情境一必須	同意辦理。

園機場現況後，提出最適里程碑與輔助系統建置程序，雖然研究已提出里程碑建置順序之短中長期方案，但相關里程碑實際上與輔助系統息息相關，如許可開車目標時間(Target Start Up Approval Time, TSAT)則必須有起飛預排序功能後方能準確提供，而起飛預排序功能又必須包含變動滑行時間的預測，因此彼此間息息相關，建議再重新整理修正。	配合建置停機坪指派/調整最佳化決策輔助系統、情境二必須配合建置離場管理與起飛預排序決策輔助系統。後續並於第 4.4 節描述此二決策輔助系統之功能，復於第 6.2 節具體對此提出建議。	
7.相關系統及相關專有名詞請補充英文全名方便閱讀。	論文或報告書常見之處理方式為在專有名詞第一次出現時標示中英文對照，爾後則僅以中文或英文擇一，不再對照。考量本報告書之專有名詞較多而繁複、各名詞使用次數亦多，因此處理方式為：第一次出現時標示中文、英文全名、以及英文縮寫。為避免每一次出現均同時標示中文、英文全名、以及英文縮寫所產生之不贅字感，第二次之後出現則以中文為主，但同時括號標示英文縮寫。	同意辦理。

附錄三：訪談及座談會紀要

1.桃園機場公司訪談紀錄

時間：105 年 2 月 24 日上午 10:00

地點：桃園機場公司

出席者：機場公司資訊處黃國峰處長、營運安全處彭明榮課長、郭建偉工程師、美商栢誠公司張志維工程師、胡智超研究員、李威勳教授、李宇欣教授
主要討論內容

1. ACDM 可視為機場的行控中心功能擴充的一部分，並期待 ACDM 有助增加更多的機場容量。
2. ACDM 成功推行最主要障礙之一為資訊之產生，亦即 sensor 是否可以提供即時之訊息。
3. ACDM 本質上與管理有很大關聯性，而機場公司與 ACDM 相關之部門有：航務處、營運安全處、及資訊處。建議後續訪問機場公司航務處（掌理空側業務）以及營運控制中心。另外建議本案 scope 可以擴及於國內其他機場。
4. 建議後續可以訪談國泰、復興、長榮、華航等航空公司，以及新鈞電子與神通公司。
5. 目前航機關艙門時間點的紀錄並非即時上線，有時會延遲一天才登錄。Rescheduling control system 之建置正在招標中，目的在做颱風等重大擾動時的重新排程。
6. 航機靠橋導引系統已完成，但成效不盡理想，地勤人員在引導航機靠橋之後，尚需到位於 10 多公尺外去按鈕確認。
7. 未來建議可以考慮臺灣與香港等進行區域之間的 ACDM 資訊交流。
8. 機場運轉最重要之項目為：航務、旅客、行李、車輛。

2.民航局訪談紀錄

時間：105 年 2 月 26 日上午 10:30

地點：民航局

出席者：飛航管制組李建國組長、薛少怡副組長、運研所符玉梅研究員、胡智超研究員、李宇欣教授

主要討論內容

1. ATC (Air Traffic Control)業務是由民航局負責。
2. 機場公司航務單位負責將空橋指派予各航機，由於風大時維護部門需負責固定空橋；但二者之資訊流通並不理想，使得因空橋實際使用情況無法得知。
3. 桃園機場飛行量大增，已由每日 500 多架增到 600 多架，使得機場資源明顯不足。
4. 航空公司航班延誤資訊常未即時提供給機場，但航空公司的 fleet watch 應擁有自身公司之精準航機狀態資訊。
5. 目前桃園機場之場面搜索雷達(ASDE)已由機場公司串接，並以即時圖形影像展示。該影像有標示航機資訊，若地面車輛有裝設 FIS (Flight Inspection System，飛測系統答詢器)，雷達亦可識別。
6. 場面搜索雷達偵測到航機起飛時，即發出「起飛報」。此項資訊將傳遞予航路上各飛航情報區，以及目的機場。以前另有「落地報」，現已取消。
7. 飛航服務總臺之任務為服務航機：1.進入飛航情報區→引導降落→滑行→進入停機坪。2.開車許可→後推→滑行→起飛。
8. 航管提供每小時可起飛、落地之架次數等容量參數，再由時間帶協調人依航空公司申請安排；而目前的起飛順序是以開車申請為準，先叫先飛。
9. 建議 A-CDM 應將空側、陸側分別整合。

3.桃園機場公司訪談紀錄

時間：105 年 3 月 3 日下午 10:00

地點：桃園機場公司

出席者：機場公司航務處蘇崇義處長、張昭芸研究員、符玉梅研究員、胡智超研究員、營運安全處郭建偉工程師、美商栢誠公司張志維工程師、李威勳教授、李宇欣教授

主要討論內容

1. 香港與附近飛航情報區簽有 MOU，未來將會進行 ACDM 整合。
2. 航務處的 FOS (Flight Operation System 航務管理系統) 接收 SITA、ACARS(Aircraft communication addressing & reporting system)、ASDE、ATMS(Air traffic management system)等多種來源之資料，目前並提供給許多單位使用。但更理想的狀況應是先建置 AODB，由 AODB 供應資訊給 FOS。
3. 桃園機場共有 53 個 bay，每天下午 14 時之前，各航空公司由網路上傳次日之飛航計畫，含班號、時間、機型等，而機場公司航務處於 22 時前會排好停機位並發布出去。
4. 有航機延遲時，國籍航空公司會主動配合提供資訊給 FOS，否則後續會影響機場公司停機坪安排。航務處有一個席位負責即時更新航機變動資訊，因此 FOS 可確實掌握大部份航班之資訊(但只限於與停機坪有關之時間)。另外陸籍航機在大陸時不會主動通報變動情況，到了我方 FIR 識別區後才會通報變動之狀況。
5. 每架飛機機坪停靠時間為 60 分 (小型機) 90 分 (大型機)，前後時隔 20 分，但 30 分為佳。
6. 目前 FOS 沒有航機實際靠橋及退橋時間，且沒有 sensor 可傳入該資訊。
7. TOBT 對停機位的調度很重要，但並未提供予航務處 FOS。因此航機在表訂時間完成後仍未離開時，FOS 無法得知，且何時確定離開，也無從得知。
8. 旅客登機的進度有即時傳入 SITA，但沒有進 FOS。未來如可取得資訊將對航務估計登機完成時間很有幫助。
9. 希望能納入 ACDM：施工資訊、鄰近 FIR 的流量狀況、未來 1 或 2 或 4

小時預計落地或起飛的航機、BHS (Baggage Handling System)偵測行李大量時發出預警、目前機場內有多少飛機。

10. 桃園機場的型態：6-9AM 是離場高峰、9-11 是離峰，其中 11-17 或 18 時是陸籍航機抵達高峰，另外其他時段航機有起有降，18-01 時為進場高峰。桃機無宵禁，貨機多會在深夜起降。
11. 航機地勤作業有 12 或 13 種車輛，包括加油、清艙、加餐、加水、行李等等。加油公司有 4 家，其餘多由桃勤或長勤負責辦理。

4.新鈞電子公司訪談紀錄

時間：105 年 3 月 11 日下午 14:00

地點：運研所 9 樓會議室

出席者：新鈞電子公司業務部黃俊元業務經理、運研所許書耕組長、胡智超研究員、符玉梅研究員、許修豪研究員、鄔德傳研究員、李宇欣教授

主要討論內容

本次訪談之進行形式為黃經理進行約 50 頁之投影片簡報，進行當中同時廣泛討論。

1. 新加坡科技公司由淡馬錫控股，相當於台灣之中科院。旗下分為新科宇航、新科電子、新科動力、與新科海事四家公司。全公司共有 2 萬多名員工，2014 年營業額約為 50 億美元。
2. 該公司擁有多項核心技術，並且具有系統整合之能力，可提供 total solution。業務範圍遍佈全球，民用與軍用均有。
3. 新科電子在台人員約 100 多人，以工程師為主，亦有施工現場人員。業務範圍涵蓋資通訊、資訊軟體、衛星通訊及傳感、訓練模擬系統。
4. 新科電子在台提供軌道電子大型系統，以捷運系統為主，含北捷、高捷、桃捷、台中捷運之月台門，通訊系統。並有通訊整合、作戰平台電子整合系統等。
5. 該公司在新加坡樟宜機場建置控中心(Airport Operation Control System, AOC)，其中含有 ACDM。其推展之策略為先求有，次求好，再求精。

5.長榮航空公司訪談紀錄

時間：105 年 3 月 25 日下午 14:00

地點：桃園南崁長榮航空運航大樓（桃園縣蘆竹鄉新南路一段 376 號）

出席者：

長榮航空公司

企劃室林書芬經理、朱國元課長、蘇厚菖

航行本部

航行管理部巡航性能課陳克勤

航行管制部李正傑協理、劉智文副理、張昭仁課長

機場本部桃園機場辦事處張青萍督導、課長方繼光、陳正霖

航運管理部黃俊雄經理、運航管理課楊富全副課長

長榮航勤公司

地勤本部

蘇榮三協理

作業協調部作業協調課秦玉璽課長

營運室謝政廷協理

運研所：胡智超研究員、符玉梅研究員、張昭芸研究員

成功大學：林東盈教授、李宇欣教授

主持人：黃俊雄經理

主要討論內容

1. 嚐試提高機場地面運轉效率之同時，應一併整體考慮空域容量。否則僅提高地面運轉效率時，有可能受到空域容量之限制而無法達到預期之效果。
2. 桃園機場空域受到松山機場、新竹機場、軍方禁航區等來自各方面之限制，容量有不足之現象。
3. 起飛時間帶可能是很主要的限制。
4. 桃園機場陸續擴建，應考慮跑道、停機坪、滑行道、陸側、安檢線等各部份之搭配，以使新設施能夠發揮最大之效果。
5. 桃園機場目前受到滑行道施工之影響，僅能將兩條跑道分別供起飛與降落之用。若兩條跑道均能起飛與降落，將有助提升容量。

6. 目前長榮航勤公司之地勤人員運用效率受到桃園機場施工影響而有難以提高之狀況。
7. 目前桃園機場機門不足，致使航機必須在完成整備後及早後推。然而跑道之起飛容量又不足，使得航機需要在滑行道上長時間等待。目前航機於桃園機場，因地面等待而耗費之油料成本每月約台幣 1000 萬元，若計入空中等待所耗費之油料，則約每月 2000 至 3000 萬元。
8. 航空公司為了營運之考量，有時會期望在自航各航班範圍內，調整起飛順序。
9. 若桃園機場因建置 A-CDM，或其他需求而請長榮公司提供資訊，除具有商業機密性質或類似顧慮者外，原則上均會同意提供。而目前為止機場要求提供之資訊，公司亦均有提供。
10. A-CDM 具有資訊流動透明化之效果，公司予以支持。
11. A-CDM 必須與航管充份整合，較能發揮更之效益。

6.飛航服務總臺北部飛航服務園區及臺北機場管制臺訪談紀錄

時間：105 年 4 月 15 日上午 9:00

地點：臺北機場管制臺(桃園機場塔臺)、北部飛航服務園區

出席者：飛航服務總臺副總臺長蔡宗穎、塔臺長袁星健、主任汪美惠、副主任畢金菱、主任劉志仁、副主任余祖華、臺長陳文德、課長林向得、課長李淑芬、主任管制員陳俐伶；運研所所長林信得、組長許書耕、副組長賴威伸、研究員胡智超、研究員符玉梅、研究員呂蕙美、研究員鄔德傳、研究員張昭芸、林東盈教授、李宇欣教授

主要討論內容

1. 臺北機場管制臺業務解說。
2. 北部飛航服務園區業務解說。
3. 本研究計畫簡報。

座談會會議紀錄

一、時間：105 年 11 月 3 日（星期四）下午 2 時 00 分

二、地點：本所 5 樓會議室

三、主持人：許組長書耕

記錄：胡智超

四、出席單位及人員：（如簽到冊）

五、主持人致詞：（略）

六、財團法人成大研究發展基金會簡報及雛型軟體展示：（略）

七、討論：

（一）交通部民用航空局

1. 未來 A-CDM 於桃園機場上線後應可帶來顯著之效益，建議未來之系統應提供更強大之警示功能，以便瞭解後續處理方式及因應策略。

（二）交通部民用航空局飛航服務總臺

1. A-CDM 之主要目的是提供適當的資訊給機場相關單位，而不是代替人員進行相關決策的制定，所以機場相關單位得到及時資訊後，應利用這些資訊作妥適的處理以為因應。
2. 對航管部門而言，若 A-CDM 可預先提供航機準備就緒之預估時間，將可提升航管效能。而在 16 項里程碑中，最重要之資訊為 TOBT 及 TSAT，這兩個資訊可作為系統開發的目標。
3. 資訊串接部分，XML 應為不同部門之間理想的資料交換格式，且其為國際發展趨勢。
4. 預期未來 A-CDM 於機場上線之後，將會改變相關單位之既有作業模式，建議各單位可以預先研擬對策。

（三）臺北國際航空站

1. 簡報中並未提及貨機與商務機部份，是否有納入 A-CDM 之考量範圍？

(四) 桃園國際機場公司

1. 本公司正在建置中之營運控制中心系統 (Airport Operation Control Center ,AOCC)，資訊系統中已包含 A-CDM 相關模組，未來將對機場運轉有一定之貢獻，運研所目前辦理之研究成果也將成為機場公司後續推動之參考。
2. 機場公司後續將另行與各單位進行密切聯繫，以利後續推動 A-CDM 之建置。

(五) 中華航空公司

1. A-CDM 所提供之充份資訊，對本公司整體營運有其助益，本公司樂觀其成也願意配合推動。

(六) 長榮航空公司

1. TSAT 確實為重要之里程碑，航空公司可以明確知道許可開車目標時間，並且作有效資源應用。
2. 機場擁塞常影響航空公司運轉，若能經由 A-CDM 所提供之資料，預為判斷機場將在何時發生擁塞現象，將對公司運轉具有相當效益。
3. 航機於地面之移動，除了進場及離場時之滑行外，拖機亦需要納入考量。

(七) 復興航空公司

1. 桃園機場於建置 A-CDM 系統時，除了資訊之收集與發佈外，並應同時考慮資料庫維護，以達到永續發展之目標。
2. 於系統建置之前，應先研擬資料標準及相關規範，以利資訊提供者與接收方有共同遵循的準則。
3. A-CDM 建置完成後，後續相關決策輔助功能為未來發展重點。

(八) 國泰航空公司

1. 建議資料應有標準交換格式，方能在各系統間有效率傳遞，否則各單位資料樣式、格式不同，將無法有效整合。

(九) 桃園航勤公司

1. 若能得到落地許可的順序以及航班起飛的順序，將對地勤人力及設備之調度具有很大的助益。
2. A-CDM 目前的研究僅針對過境航班或是亦包括以本場起站之航班？可否補充說明。

(十) 遠東航空公司

1. 航空公司若能得知目前所使用之停機位，其後續使用狀況，將有助作業之規劃，因此 A-CDM 的建置應可有效提供相關資訊。

(十一) 長榮航勤公司

1. 地勤公司常需配合航機動態而調度各種資源，因此更充份的資訊將有助於資源的運用效率。
2. 目前地勤公司常缺乏航機狀態之資訊，若能經由 A-CDM 而取得更多之資訊，將有助人員與機具之配合調度。

(十二) 主席結論

1. 國際機場將 A-CDM 導入機場中已有多個案例，尤其是歐洲地區，而亞洲地區如新加坡、香港、中國大陸部份機場皆已實施，目前桃園機場公司亦已將相關模組納入營運控制中心建置計畫中，本案成果將可提供作為參考，並建議以「循序漸進」以及「先求有再求好」之策略推動之。
2. 謝謝各單位寶貴意見，請研究單位參考納入報告書中。

「臺灣國際機場引進機場協調整合決策(A-CDM)系統」

座談會簽到冊

一、時間：105 年 11 月 4 日（星期四）下午 2 時 0 分

二、地點：本所 5 樓會議室

三、主持人：許組長書耕

許書耕

四、出席單位及人員：

單位（人員）	職稱	姓名
民用航空局		陳俊羽
民用航空局 飛航服務總台		林永祥 陳俾伶
民用航空局 臺北國際航空站		陳建中 黃銘合
桃園機場公司		郭建偉
中華航空		陳智輝 胡麗君

長榮航空		賴啟 方錦
復興航空		吳文 洪維君 翁忠
遠東航空		莊嘉瑄 莊嘉欣 陳合賢
國泰航空		謝文
桃園航勤		曹之祥 蔡誠 周銀萍 謝偉平
長榮航勤		秦不雲
財團法人成大研究發展 基金會		李宇欣 林棟星
本所		胡育超 符云梅

附錄四：重要名詞定義

項目	英文	中文
降落	ALDT-Actual Landing Time	實際降落時間
	ELDT-Estimated Landing Time	預計降落時間
	TLDT- Target Landing Time	降落目標時間
降落後 滑行	AXIT-Actual Taxi-In Time(AIBT – ALDT)	實際降落後滑行時間
	EXIT-Estimated Taxi-In Time	預計降落後滑行時間
地停	AIBT-Actual In-Block Time	實際上輪擋時間
	EIBT-Estimated In-Block Time	預計上輪擋時間
	ACGT-Actual Commence of Ground Handling Time	實際地勤作業開始時間
	AGHT-Actual Ground Handling Time(ACGT – AEGT)	實際地勤作業時間
	ATTT-Actual Turn-round Time(AOBT – AIBT)	實際地停時間
	ETTT-Estimated Turn-round Time	預計地停時間
	MTTT-Minimum Turn-round Time	最小地停時間
	ASBT-Actual Start Boarding Time	實際開始登機時間
開車	ARDT-Actual Ready Time(for Movement)	實際準備就緒時間

項目	英文	中文
	ASRT-Actual Start Up Request Time	實際請求開車時間
	ASAT-Actual Start Up Approval Time	實際許可開車時間
	TSAT-Target Start Up Approval Time	許可開車目標時間
後推	AOBT-Actual Off-Block Time	實際撤輪擋時間
	EOBT-Estimated Off-Block Time	預計撤輪擋時間
	TOBT-Target Off-Block Time	撤輪擋目標時間
起飛前 滑行	AXOT-Actual Taxi-Out Time(ATOT – AOBT)	實際起飛前滑行時間
	EXOT-Estimated Taxi-Out Time	預計起飛前滑行時間
起飛	ATOT-Actual Take Off Time	實際起飛時間
	ETOT-Estimated Take Off Time	預計起飛時間
	TTOT-Target Take Off Time	起飛目標時間
	CTOT-Calculated Take Off Time	額定起飛時間

附錄五：期末簡報

臺灣國際機場引進機場協調 整合決策(A-CDM)系統之研究 期末報告

財團法人成大研究發展基金會

105年12月5日



簡報大綱

一、前言

二、文獻回顧

三、A-CDM剖析

四、桃園國際機場發展A-CDM流程架構

五、雛型系統

六、結論與建議

2

一、前言

1.1計畫緣起

- 機場協調整合決策：Airport Collaborative Decision Making
- 提供資源共享與資訊交流，強調機場內機場管理者、地面塔台、航管、地勤業者及航空公司作業時間之緊密配合與協調
- 可延伸到跨機場之協調整合，針對突發狀況進行應變與回饋
- 桃園機場目前正辦理營運控制中心建置，本研究可與之相輔相成

1.2計畫目的

- 現況評估與分析
- 建置離型系統

1.3計畫重要性

- 支持桃園國際機場之性能提升
- 開發本土技術

1.4分析原則

- 依循里程碑法
- 循序漸進之導入原則
- 以地面為主，暫不考慮空域
- 以空側為主，暫不考慮陸側
- 不考慮執行面

1

1.5名詞定義

項目	英文	中文
降落	ALDT-Actual Landing Time	實際降落時間
	ELDT-Estimated Landing Time	預計降落時間
	TLDT- Target Landing Time	降落目標時間
降落後滑行	AXIT-Actual Taxi-In Time(AIBT – ALDT)	實際降落後滑行時間
	EXIT-Estimated Taxi-In Time	預計降落後滑行時間
地停	AIBT-Actual In-Block Time	實際上輪擋時間
	EIBT-Estimated In-Block Time	預計上輪擋時間
	ACGT-Actual Commence of Ground Handling Time	實際地勤作業開始時間
	AGHT-Actual Ground Handling Time(ACGT – AEGT)	實際地勤作業時間
	ATT-Actual Turn-round Time(AOBT – AIBT)	實際地停時間
	ETTT-Estimated Turn-round Time	預計地停時間
	MTT-Minimum Turn-round Time	最小地停時間
	ASBT-Actual Start Boarding Time	實際開始登機時間
	ARDT-Actual Ready Time(for Movement)	實際準備就緒時間
開車	ASRT-Actual Start Up Request Time	實際請求開車時間
	ASAT-Actual Start Up Approval Time	實際許可開車時間
	TSAT-Target Start Up Approval Time	許可開車目標時間
後推	AOBT-Actual Off-Block Time	實際撤輪擋時間
	EOBT-Estimated Off-Block Time	預計撤輪擋時間
	TOBT-Target Off-Block Time	撤輪擋目標時間
起飛前滑行	AXOT-Actual Taxi-Out Time(ATOT – AOBT)	實際起飛前滑行時間
	EXOT-Estimated Taxi-Out Time	預計起飛前滑行時間
起飛	ATOT-Actual Take Off Time	實際起飛時間
	ETOT-Estimated Take Off Time	預計起飛時間
	TTOT-Target Take Off Time	起飛目標時間
	CTOT-Calculated Take Off Time	額定起飛時間

4

二、文獻回顧

2.1 技術文獻

- 共回顧5篇EuroControl文獻，以及運研所104年自辦研究
- The airport cdm implementation manual具有高度參考價值

2.2 出國報告

- 共11篇，其中6篇納入本報告書中引用

2.3 學術文獻

- 機場導入A-CDM之後，將有機會系統性取得許多完整而高品質之資訊
- 學術文獻多以資訊之更充份運用為探討主軸

5

三、A-CDM剖析

3.1 A-CDM概述

3.2 里程碑法各階段之意義

3.3 資訊之產生與運用

3.4 作業程序

3.5 區域整合

3.6 A-CDM之建置

3.7 決策輔助系統

3.8 成效評估方法

6

3.1 A-CDM概述(1/2)

基本介紹

- A-CDM是一種利用減少延誤、改善工作程序可預期性、並優化資源運用之手段，以達到提升機場空中交通與容量管理效能之概念

構成元素

- 資訊共享元素：為其他所有元素之基石
- 里程碑法元素：所有部門為建立對整體狀況之共同感知所必須分享之最重要資訊
- 變動滑行時間元素：考量跑滑道使用狀況及其他因素精準估計降落後及起飛前之滑行時間，有助提高預估航機進入停機坪以及起飛時間之精準度

構成元素

- 協調整合預先起飛排序元素：考量航機營運者之偏好、運轉限制以決定最佳起飛順序
- 不良狀況時之協調整合決策元素：預期或非預期之機場容量降低時，提供適時適質之資訊
- 飛航資訊更新整合管理元素：在機場與流量管理中心之間交換飛航資訊，以改善流量管理與機場間之協調

實作層級

- 分為四級

7

3.1 A-CDM概述(2/2)

成本效益

- 主要成本項目：專案計畫管理、操作程序變更、人員教育訓練、系統整合等
- 對設備、軟硬體等均無特殊或大量之經費需求
- 效益來源：資訊之及時提供，提升各部門對整體狀況之認知，以及對未來之可預期性
- 歐洲評估：可於2年內回收成本，並於10年內產生9倍之效益

歐洲導入A-CDM狀況

- 最早完成全面導入A-CDM者為德國慕尼黑機場

歐洲導入A-CDM狀況

- 目前歐洲計有18處機場完成導入A-CDM
- 分佈於德國、比利時、芬蘭、英國、西班牙、義大利、法國、捷克、挪威、瑞士等10國
- 比利時布魯塞爾機場、西班牙巴塞隆納機場、義大利米蘭-馬爾彭薩機場均獲得顯著效益

建置與導入策略

- 由下而上分階段建置

貨機

- 大部份作業程序與客機類似

8

3.2 里程碑法各階段之意義

16項里程碑

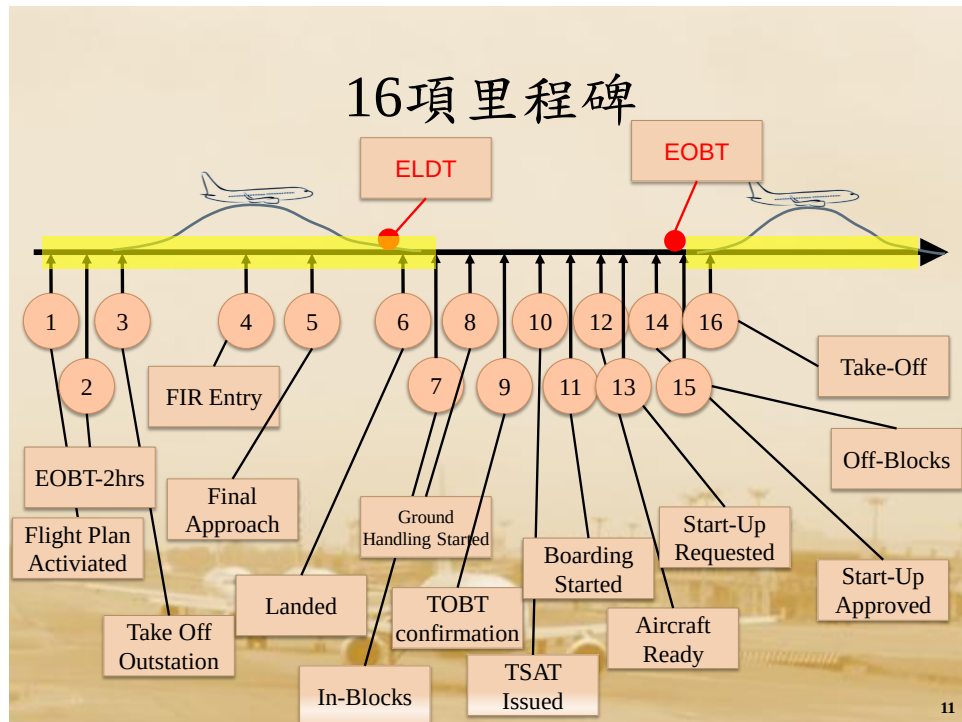
- 作為瞭解航機作業進度狀態之指標
- 明確定義所分享之資訊內容，以及應發出警告、通知等訊息之時機
- 以滾動式概念，明確定義資訊的精準度、時效性、可靠度、穩定度、及可預期性
- 建立到場與離場班機間之關聯
- 協助在擾動發生時及早決策
- 提升資訊品質

9

16項里程碑

里程碑	項目	說明
1	ATC Flight Plan Activated	飛航計畫啟動
2	EOBT-2hrs	本場預計撤輪擋時間前2小時
3	Take Off Outstation	外站起飛
4	FIR Entry	進入飛航情報區
5	Final Approach	航機最後進場
6	Landed	航機降落
7	In-Blocks	上輪擋
8	Ground Handling Started	開始地勤作業
9	TOBT confirmation prior to TSAT issue	確認撤輪擋目標時間
10	TSAT Issued	核定許可開車目標時間
11	Boarding Started	開始登機
12	Aircraft Ready	航機準備就緒
13	Start-Up Requested	申請開車許可
14	Start-Up Approved	同意開車
15	Off-Blocks	撤輪擋
16	Take-Off	起飛

10



三、A-CDM剖析

3.3 資訊之產生與運用

- EuroControl對各里程碑所需資訊之產生及運用方式均有具體之建議
- 例如：里程碑7（上輪擋）之建議
 - 由停機坪自動定位系統、或航管單位地面雷達、或航機之航空通訊定址回報系統、或人工登錄取得資訊
- 航空公司與地勤公司於獲悉航機達成本里程碑時，即準備展開地面作業，以本項時間評估作業時間是否充裕，有必要時並作適當調整

3.4 作業程序

- 例如：達成里程碑7（上輪擋）時，檢查航空公司及地勤部門所估計TOBT與飛航計畫是否一致，並於TTOT變動過大時通知流量管理中心

3.5 區域整合

- 機場與流量管理中心間經由A-CDM之資訊交換而達到區域內多數機場之協調整合以提高資源運用效率

3.6 A-CDM之建置：優先建議

里程碑	說明	優先
1	飛航計畫啟動	高度建議
2	本場預計撤輪擋時間前2小時	高度建議
3	外站起飛	高度建議
4	進入飛航情報區	高度建議
5	航機最後進場	高度建議
6	航機降落	高度建議
7	上輪擋	高度建議
8	開始地勤作業	建議
9	確認撤輪擋目標時間	建議
10	核定許可開車目標時間	高度建議
11	開始登機	建議
12	航機準備就緒	建議
13	申請開車許可	建議
14	同意開車	建議
15	撤輪擋	高度建議
16	起飛	高度建議

13

3.6 A-CDM之建置：功能架構



14

3.7 決策輔助系統

變動滑行時間(VTT)計算

- 考慮多項資訊，以數學模式及演算法精準計算起降之滑行時間

飛航資訊更新整合管理

- 建立機場協調整合決策系統資訊分享平台與流量管理中心間之有效資訊交換機制

起飛預排序

- 考慮TOBT、運轉規章、變動滑行時間、航空公司等相關部門之偏好等因素，排定運轉效率最佳之起飛順序

不良狀況下之協調整合

- 不良狀況下，機場維運相關部門經由資訊之充份交換而達成協調整合、共同決策之工具

不良狀況回復輔助

- 以最佳化模式自動求解最佳回復計畫：不接收落地航機、不提供為轉降或備降機場申請、航機疏運、航班起降配額分配、停機坪運用、地勤運能運用

停機坪指派

- 適當分配所有航機到停機坪，並隨實際運轉狀況機動調整

進場管理

- 協助管制員安排航機進場順序，達到空域容量及機場跑道容量之最佳化運用

離場管理

- 協助塔臺安排航機起飛順序、滑行路徑、開車時間等決策

流量管理

- 區域流量管理中心之決策輔助

15

3.8 成效評估方法

EuroControl之建議

成效評估原則

- 複核共同目標
- 為共同目標研擬一致同意之成效指標
- 及早執行成效評估作業
- 建立評估結果之提交與回饋機制

評估項目

- 各項時間指標之精準達成程度
 - 降落時間
 - 上輪擋時間
 - 撤輪擋時間
 - 撤輪擋目標時間
 - 許可開車目標時間
 - 除冰時間
 - 起飛時間
 - 起飛前滑行時間

機場實際使用評估項目

- 比利時布魯塞爾機場
- 德國慕尼黑機場

16

四、桃園國際機場發展A-CDM流程架構

4.1 桃園國際機場發展A-CDM條件現況

4.2 桃園機場容量分析與A-CDM需求

4.3 里程碑建置

4.4 決策輔助系統及整合

4.5 資訊軟硬體初步規畫

17

4.1 桃園國際機場發展A-CDM條件現況

現有及開發中軟體系統

- 臺灣桃園國際機場塔臺自動化系統
- 航務管理系統 (FOS)
- 先進目視導引靠橋系統
- 營運控制中心管理自動化系統

資訊擷取、拋轉、與共享

- 對已經上線運轉之系統，欲以不同之方式進行資訊擷取與拋轉，往往存有相當之困難甚至風險
- 某項資訊存在某系統中，並不等同於能夠很方便取出供其他系統使用
- 因為各系統之建置目的不同，以致於對相同名稱之資訊項目，其定義、更新頻率、精準度、有效期間、及其他許多重要性質，各有不同設計

資訊擷取、拋轉、與共享

- 桃園機場需深入之研究與評估，並於系統建置時預為全盤整合考量

資訊傳輸

- 可使用現有網路

尚待建置之軟體

- 目前建置中之營運控制中心管理自動化系統已經內含A-CDM相關模組
- 決策支援系統相關軟體則需視需求建置之

18

4.2 桃園機場容量分析與A-CDM需求

桃園機場容量分析之重要性

- 欲針對桃園機場之需求而設計最佳之A-CDM導入策略，必須先深入分析機場容量
- 機場之容量，係由其營運型態與所有設施所共同決定
- 機場不但應充份瞭解自身容量，亦應定期重新分析其容量之變化
- 訪談所見，桃園機場空側現正面臨容量不足之問題，主要受到停機坪、跑滑道之容量均不甚充裕之影響

跑滑道容量分析初探

- 跑滑道容量受設施、運轉型態、願接受可靠度影響
- 基本上為複雜數學問題，文獻多以數學方法分析之

跑滑道容量分析初探

- 桃園機場未來分析時應一併納入空域考量

停機坪容量分析初探

- 需要釐清：在最佳之指派方式下，機場滿足停機坪需求之最大能力
- 依各航機預定進場與離場時間提供停機坪空間之能力
- 在一般運轉狀況之擾動下，各航機發生提早抵達、延後抵達、延後起飛、延長地面作業時間等未能預先納入規畫之狀況時，機場提供停機坪空間之能力
- 文獻多以數學方法分析之

19

4.3 里程碑建置：短期目標

MS1：飛航計畫啟動

- 確認進場航班與接飛航班之對應
- 確認接飛航班飛航計畫相關資訊之完整性

MS2：EOBT-2小時

- 需請航空公司配合提早確定接飛班之飛航計畫

MS4：進入飛航情報區

- 應可由航管提供

MS11：開始登機

- 與FIDS資訊看板相同來源

MS16：起飛

- 應可由塔台提供

20

4.3 里程碑建置：中期目標

情境1：停機坪是瓶頸

- 應以A-CDM協助提高停機坪運用效率
- 現況：機場公司難以掌握航機之抵達及離開時間
- 停機坪之線上調度全靠人工
- 策略：應提高航機到離之可預期性，並建置停機坪指派/調整最佳化系統
- 優先里程碑
 - MS4：進入飛航情報區
 - MS5：最後進場階段，或MS6：航機降落
 - MS11：開始登機
 - MS13：請求開車

情境2：跑滑道是瓶頸

- 應以A-CDM協助提高跑滑道運用效率
- 現況：管制員指派跑道及滑行路徑
- 起飛順序先叫先飛
- 策略：應提高跑滑道運用效率，並建置變動滑行時間(VTT)計算能力
- 優先里程碑
 - MS4：進入飛航情報區
 - MS5：最後進場階段，或MS6：航機降落
 - MS9：TOBT確認
 - MS12：航機準備就緒

21

4.4 決策輔助系統及整合(1/2)

決策輔助系統之必要性

- 以電腦為主要工具，協助各種系統作出決策之資訊系統
- 導入A-CDM後，唯有建置決策輔助系統方能充份享受其效益

停機坪調度管理系統

- 為桃園機場最重要的運轉資源之一，亦有可能是目前或未來之瓶頸
- 停機坪指派調度相當複雜，目前幾全由人工為之
- 具最佳化能力之停機坪調度管理系統可望超越人之能力極限，進一步提升停機坪運用效率

停機坪調度管理系統

- 若停機坪為桃機容量瓶頸，則開發停機坪調度管理系統將可望以相對較低之成本，帶來相當顯著之效益，建議優先考慮

不良狀況處理決策輔助系統

- 桃機常因天候造成大規模航班異常
- 目前訂有「航班控管機制」(FRCS)，亦有成效
- 未來若建置決策輔助系統，將可充份利用A-CDM供應及發佈資訊之能力，對聯合協調中心之運轉提供重要決策輔助

22

4.4 決策輔助系統及整合(2/2)

離場管理與起飛預排序系統

- 用以協助管理機場離場機流之軟體系統
- 主要目的在經由模式的運算，提高跑道容量，並減少航機於滑行道之等候時間
- 功能涵蓋變動滑行時間(VTT)計算以及起飛預排序
- 由於難度高，以電腦強大運算能力更能對管制員提供所需要之決策輔助
- 若跑滑道系統為桃園機場之容量瓶頸，則應優先建置具強大功能之離場管理與起飛預排序系統

地勤公司資源調度決策輔助系統

- 地勤公司工作內容複雜，涉及多種車輛、設備、人員之調度
- 地勤公司之服務影響航機準點及機場運轉安全
- 桃園機場導入A-CDM之後，系統將助地勤公司掌握整體狀況以及對未來之可預期性，然需要適當之資源調度決策輔助系統方能有效運用A-CDM所提供之大量資訊，進而達到提高資源運用效率之目的

23

4.5 資訊軟硬體初步規畫

主資料庫

- 提供資料實質收納之空間，以及資料清分、交換之用

界面伺服器

- 對人員及電腦系統提供資料
- 提供人機界面
- 可兼具HTTP伺服器以及FTP伺服器，用以回應使用者之資料查詢需求，以及接收各相關系統所上傳之里程碑相關資訊

應用伺服器

- 執行各種A-CDM運算，同時負責決策輔助系統運算
- 處理界面伺服器所接收之資料
- 製備向外提供之資料後，經界面伺服器提外傳

網路儲存(NAS)

- 備份大量資料

備援設備

- 所有設備，均應有適當備援機，於設備異常時上線支援

24

五、離型系統

5.1 功能與設計原則

5.2 人機界面

5.3 軟體架構設計

25

5.1 離型系統功能與設計原則

系統目的

- 提供未來之使用者經由對畫面之觀察，得到對未來真實A-CDM系統提供資訊之能力較為真實之感受

測試資料

- 105年8月18日桃園機場對於起降航班之公開資料為基礎，予以編輯而成，約有700架次

資料來源

- 離型系統未與任何真實部門界接
- 所有資料均來自事先備妥之資料檔

運轉狀態之動態呈現

- 以動態方式呈現類似真實情境之機場運轉狀態

推進速度管理

- 允許離型之使用者以較快之速度推進系統時間

初步決策輔助能力

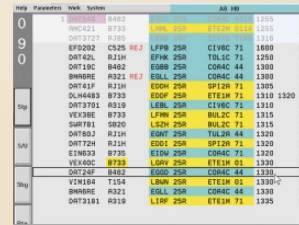
- 真實機場由多數部門各司其職共同達成機場之正常運轉
- 其中涉及許多決策事項，例如
 - 航機作業時間發生變化時之停機坪配合調度
 - 進場與離場航機滑行路線之決定
 - 開車許可之頒發
 - 機長於操作航機滑行過程中與其他航機之避碰
- 離型系統並無人員參與之機制，因此系統必須具備某種程度之決策輔助能力，方能動態呈現機場之動態

26

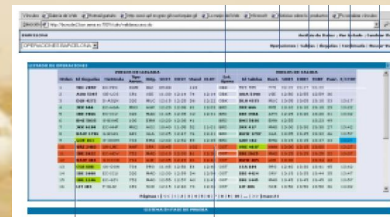
5.2 雛型系統人機界面



英國希斯洛機場原型畫面



比利時布魯塞爾機場畫面



西班牙巴塞隆納機場A-CDM人機界面

5.3 雛型系統架構設計

資料庫模組

- 相當於真實A-CDM系統之資訊分享平台(ACISP)
- 功能在整合管理所有分享資訊
- 離型系統運轉過程中資料隨時間推移、航機狀態持續變化而隨時更新
- 採多工設計，可經網路同時接受多來源之資料提供與資料需求，具擴充性

決策輔助模組

- 提供離型系統所需初步決策輔助能力
- 以C++語言開發，內建所需數學模式，並以CPLEX求解引擎求解

時間推進控制模組

- 依操作人員之設定供應系統時間及推進速度

事件處理模組

- 隨時間推移持續動態更新資料庫
- 離型系統運轉過程中，每10秒（真實時間）與時間推進控制模組「對錶」，以控制自身時間推移之進度

角色扮演模組

- 由資料庫動態取得資料並以表格呈現
- 每10秒與時間推進控制模組「對錶」，以維持所有模組同步

場面動畫模組

- 以動畫方式呈現各航機由降落至起飛之過程中於機場地面之動態
- 以桃園機場為場景，所有停機坪、貨機停機坪、遠距停機坪、跑道、滑行道等均依真實機場縮小而成

六、結論與建議

6.1 結論

- A-CDM利用資訊技術在機場服務提供者、機場維運管理單位、及飛航網路管理單位之間，提供及時資訊交換。主要效益來自協助機場各部門感知整體狀況，並提高對未來狀況之可預期性
- 過去已有多座機場成功導入A-CDM，其中又以歐洲為數最多。過去經驗顯示導入A-CDM為低成本高效益之作為
- 導入A-CDM應以循序漸進之方式為之
- 桃園機場亦有資訊流通不足之現象，預期A-CDM之導入應可帶來效益。惟應先深入評估桃園機場之運轉瓶頸，以利設計最佳導入策略

6.2 建議

- 瞭解機場容量以及運轉瓶頸對桃園機場具相當重要性，建議儘速進行並納入常態工作項目中
- 桃園機場正在推動之營運控制中心，資訊系統已有A-CDM相關模組，未來可作為導入A-CDM之資訊基礎。然而A-CDM之導入，極有可能影響各部門分工與合作模式。除系統建置外，建議及早確立導入A-CDM之主導單位，由其整合、協調各部門之執行模式，配合調整部門間之界面與部門內之作業程序
- 資訊流通為A-CDM主要效益之來源。建議桃園機場以A-CDM為主軸，進一步規畫資訊系統整體藍圖，以避免各系統分別開發造成資訊孤島，形成A-CDM資訊流通之障礙

29

桃園機場里程碑建置流程建議

里程碑	說明	短期	中期	長期
1	飛航計畫啟動	V		
2	本場預計撤輪擋時間前2小時	V		
3	外站起飛			V
4	進入飛航情報區	V		
5	航機最後進場		中期擇一建置，另一列為長期建置	
6	航機降落			
7	上輪擋			V
8	開始地勤作業			V
9	確認撤輪擋目標時間		**	V
10	核定許可開車目標時間			V
11	開始登機	V		
12	航機準備就緒		**	V
13	申請開車許可		*	V
14	同意開車			V
15	撤輪擋			V
16	起飛	V		

*若停機坪為瓶頸則提前建置，並配合建置停機坪管理最佳化系統

**若跑滑道為瓶頸則提前建置，並配合建置變動滑行時間計算系統

30

桃園機場A-CDM功能建置流程建議



31

六、結論與建議

6.3 後續研究

- 機場營運許多操作如停機坪之指派、起飛順序、滑行路線、地勤公司機具調度、人員調度等，均為數學問題，過去亦多有數學研究成果。這些操作分別由航管部門、機場公司、地勤公司、航空公司等負責執行之。桃園機場未來應針對其各種操作、調度進行研究並開發決策輔助系統，以發揮有限資源之最大效用
- 本研究所開發之軟體雛型以展示為主要目的。未來於桃園機場導入A-CDM之前，可進一步開發具有多數部門人員同時上線操作、彼此互動能力之模擬系統。此一系統將可於A-CDM上線之前先作為教育訓練之用，並可經由各部門相關人員線上互動狀況，測試並改進部門間之界面，以及部門內之作業程序
- 變動滑行時間(VTT)之計算為A-CDM關鍵因素之一。而滑行時間又同時與進場航機、離場航機、地面交通、空域交通等諸多因素相關聯。未來針對桃園機場進行深入之整體研究，將成為進一步提升機場運轉效率之重要基石

32

臺灣國際機場引進機場協調 整合決策(A-CDM)系統之研究 期末報告

財團法人成大研究發展基金會

105年12月5日

謝謝