

出國報告（出國類別：開會）

赴義大利與其民航主管機關及飛航服務 提供者進行飛航服務技術交流

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：林俊良副局長

董吉利副總臺長

邢仁杰技正

雷政祥副主任

派赴國家：義大利

出國期間：114 年 6 月 22 日至 6 月 28 日

報告日期：114 年 9 月 15 日

提要

本報告為交通部民用航空局代表團於 114 年 6 月赴義大利，與其民航主管機關 ENAC 及飛航服務提供者 ENAV 進行飛航服務技術交流的成果。交流內容涵蓋 ENAV 的組織架構、飛航服務業務，以及其在數位塔臺、無人機管理系統（UTM）與助航設施測試等方面的創新應用。報告重點介紹了 ENAV 作為全球唯一上市的飛航服務公司，其集團化經營模式，特別是子公司 Techno Sky、IDS Air Nav 及 d-Flight 的業務範疇。此外，報告也深入探討了義大利數位塔臺的建置經驗與規模，以及無人機管理系統 d-Flight 的功能與法規框架，並比較了義大利與我國系統的異同。此行旨在借鏡義大利經驗，為我國未來飛航服務的發展提供參考。

縮語表：

縮語	原文	中譯
ACC	Area Control Center	區域管制中心
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance – Broadcast	廣播式自動回報監視
AIM	Aeronautical Information Management	飛航情報管理
AIP	Aeronautical Information Publication	飛航指南
AIS	Aeronautical Information Service	航空情報服務
AMC	Acceptable Means of Compliance	可接受符合性方法
ANSP	Air Navigation Services Providers	飛航服務提供者
ATIS	Automatic Terminal Information Service	終端資料自動廣播系統
ATM	Air Traffic Management	飛航管理
AWOS	Automatic Weather Observation System	自動氣象觀測系統
CANSO	Civil Air Navigation Services Organisation	民用飛航服務組織
CNS/ATM	Communication, Navigation, Surveillance / Air Traffic Management	通信、導航、監視/飛航管理
DME	Distance Measurement Equipment	測距儀
EASA	European Aviation Safety Agency	歐洲航空安全局
ENAC	Ente Nazionale per l'Aviazione Civile	(義大利)民航局
ENAV	Ente Nazionale di Assistenza al Volo	(義大利)國營飛航服務公司
Eurocontrol		歐洲航管組織
FPDAM	Flight Procedure Design Automation Module	儀器飛航程序設計模組
ICAO	International Civil Aviation Organization	國際民用航空組織
ILS	Instrument Landing System	儀器降落系統
KPI	Key Performance Indicator	關鍵績效指標
LIDAR	Light Detection and Ranging	光達
PAPI	Precision Approach Path Indicator	精確進場下滑道指示燈
QoS	Quality of Service	服務品質/保證頻寬及品質
RTCC	Remote Towers Control Centre	遠端塔臺管制中心
RVR	Runway Visual Range	跑道視程儀
SDP	Surveillance Data Processor	監視資料處理
SES	Single European Sky	單一歐洲天空計畫
SPI	Safety Performance Indicator	安全績效指標
UAS	Unmanned Aircraft System	無人機系統
USS	UAS Service Provider	無人機系統服務提供者
UTM	UAS Traffic Management	無人機交通管理
VOR	VHF Omnidirectional Range	特高頻多向導航台
VCSS	Voice Communication Switching System	語音交換系統

目錄

一、	目的.....	1
二、	過程.....	2
三、	重要議題與討論事項摘要	6
四、	心得與建議事項	29

一、 目的

本次赴義大利進行飛航服務技術交流，旨在深入了解義大利民航主管機關 ENAC 與飛航服務提供者 ENAV 在飛航服務技術與安全監理方面的實務經驗與創新做法。透過實地參訪 ENAV 的羅馬聖皮諾服務園區、佩魯賈機場數位塔臺及 ENAC 總部，代表團得以汲取其在數位塔臺建置、無人機管理系統（UTM）應用、無人機於助航設施測試等領域的寶貴經驗。我們期望藉此交流機會，掌握義大利在這些先進技術的發展現況與法規框架，並就雙方飛航服務的現況與未來發展進行深入探討。此行不僅有助於評估義大利經驗在我國應用的可行性，更能為我國未來飛航服務系統的升級、強化安全監理機制及提升營運效率，提供具體的借鏡與參考。

二、 過程

本次交流由本局及所屬飛航服務總臺派員前往義大利民航局 ENAC 總部及其主要飛航服務提供者 ENAV 羅馬聖皮諾服務園區及佩魯賈機場數位塔臺辦理，行程概述如下：

2025/6/22、23	搭機由臺北前往義大利羅馬
2025/6/24	ENAV 羅馬聖皮諾服務園區進行飛航服務交流會議
2025/6/25	前往佩魯賈機場實地了解數位塔臺作業
2025/6/26	於羅馬 ENAC 總部進行飛航服務安全監理交流會議
2025/6/27、28	搭機由義大利羅馬返回臺北

義大利由民航局 ENAC 主席皮耶路易吉·迪·帕爾馬（Mr. Pierluigi Di Palma）率代理局長法比歐·尼可萊(Mr. Fabio Nicolai)、經濟及技術開發中心主任克勞迪歐·艾米恩特(Mr. Mr. Claudio Eminente)及飛航服務安全部門主管馬可·康斯坦迪尼(Mr. Marco Costantini)參加，ENAV 飛航管制部門主管莫瑞佐·沛加堤(Mr. Maurizio Paggetti)及商務主管克里斯汀·加菲羅(Mrs. Cristiana Cafiero)與其數位塔臺、無人機管理系統、航電部門及教育訓練部門等主管，為我方一行說明本次交流相關議題。我方亦就本區飛航服務概況、飛航服務查核實務以及未來推動重要飛航服務系統更新等向義方進行簡要說明，以促進雙方互相了解。本次議程如下表：

日期	地點	議程
6 月 24 日 (第一天)	ENAV Ciampino Building, Rome	• 09:00 – 09:30 Welcome session • 09:30 – 10:15 ENAV/ENAC introduction • 10:15 – 10:45 Air Navigation and Weather Services presentation • 11:00 – 12:00 visit at Air Traffic Control Center Ciampino • 12:00 – 13:00 lunch • 13:00 – 17:00 visit at ENAV showroom for ATM systems, drones, UTM, Digital Tower systems and overview of ENAV's Training Programs for air traffic services personnel
6 月 25 日	ENAV	• 08:30 Departure from Rome to Perugia

(第二天)	Perugia Building, Perugia	• 11:30 – 12:30 Digital Tower Center Visit • 12:30 – 13:30 Lunch • 13:30 – 15:30 final meeting: actions for next collaborations • 15:30 Departure from Perugia to Rome
6 月 26 日 (第三天)	ENAC building, Rome	• 09:00 – Welcome Session • 09:15 - 10:00 Discussion with ENAC on ATS Safety Management and how ENAC works with ENAV as the regulator vs ANSP in oversight • 10:00 – 10:30 Presentation by CAA on how CAA works with ANWS as the regulator vs ANSP in oversight • 10:30 – 11:00 Exchange views with the ENAC regarding safety management mechanisms, best practices, and audit processes for Air Traffic Services (ATS) • 11:00-12:00 way forward: future collaboration • 12:00 – 13:00 lunch • 13:00-17:00 Other Topics



圖 1. 林副局長與 ENAV 公司 Mr. Maurizio Paggetti 互贈交流紀念品



圖 2. 我方出席代表與 ENAV 公司出席代表交流合影



圖 3. 林副局長與 ENAC Mr. Pierluigi Di Palma 互贈交流紀念品



圖 4. 參訪 ENAV 公司羅馬聖皮諾服務園區

三、 重要議題與討論事項摘要

(一)、 第一天__ENAV 參訪議題交流

1. ENAV S.p.A.飛航服務業務說明

義大利飛航服務可由商業公司提供，而 ENAV 為義大利最主要的飛航服務提供者，並且為目前全世界唯一在自由市場上市的飛航服務公司，其所提供的飛航服務與我國飛航服務總臺(下稱總臺)幾乎完全相同，包含飛航管制、飛航情報、航空通信、航空氣象及航空電子。ENAV 總部位於羅馬市中心，總員工含子公司為 4000 餘人，年管制量約為 220 萬飛航架次，高峰日航行量約為 7300 架次，去(2024)年營收為 10 億 3 千 7 百萬歐元，盈餘為 1 億 2 千 6 百萬歐元。

該公司為集團式經營，旗下有三家子公司，分別為 Techno Sky、IDS Air Nav 以及 d-Flight，ENAV 強調該公司的優勢在於所開發的技術，首先用於 ENAV 的內部作業，例如：飛航程序設計軟體、電子式飛航指南(AIP)出版軟體、障礙物管理軟體、數位塔臺等所有技術皆先在內部驗證與認證後，才推向國際市場。

以下摘要說明三家子公司的業務如下：

- (1) **Techno Sky**：有關雷達、無線電及平面通信、助航設施、及各類飛航服務系統的維護等業務，ENAV 將其獨立出來設立一間子公司 Techno Sky 來負責。該子公司不只負責維護，也負責研發，例如其航管系統的監視資料處理功能(SDP)是使用里奧納多(Leonard)公司的產品，但是飛航資料處理功能則為 Techno Sky 所研發，另外本次參訪重點之一遠端塔臺的相關系統，也是由 Techno Sky 公司與其他技術廠商共同開發完成。
- (2) **IDS Air Nav**：IDS Air Nav 原為獨立的一家公司，在飛航情報管理(AIM)的領域耕耘，提供電子式飛航指南(eAIP)、航空情報服務系統(AIS)以及儀器飛航程序設計模組(FPDAM)等產品，我國民用航空局所使用之 FPDAM，以及對外提供之 eAIP 服務均為該公司產品，另總臺於 112-114 年期間所建置，預計 114 年啟用之新一代航空情報服務系統(N-AIS)亦為該公司之產品。IDS Air Nav 於 2018 年為 ENAV 公司併購，成為 ENAV 之子公司。

- (3) d-Flight：由 ENAV 公司出資 60%及 Leonardo 公司出資 40%成立，負責處理無人機交通管理(UTM)的業務，其服務的對象包含義大利民航局(ENAC)，為民航局建立無人機註冊系統接受無人機擁有人的註冊，另外該系統也接受無人機操作者申請相關飛航活動。

飛航服務業務仍是 ENAV 營收的主要來源，其所負責的飛航管制服務及單位及設備分佈概要說明如下：(參圖 4)

- (1) 全國 4 個區域管制中心(Area Control Center, ACC)：北義大利的米蘭(Milano ACC)及帕多瓦(Padova ACC)，中義大利的羅馬(Roma ACC)，及南義大利的布林迪西(Brindisi ACC)。
- (2) 45 座塔臺(Control Tower)，以及相關機場之航空氣象測報服務(Airport Meteorological Report)。45 座塔臺中有 12 座塔臺同時也提供近場管制服務。
- (3) 共有 59 座雷達，140 套 VOR/DME 及 41 套 ILS 設備。

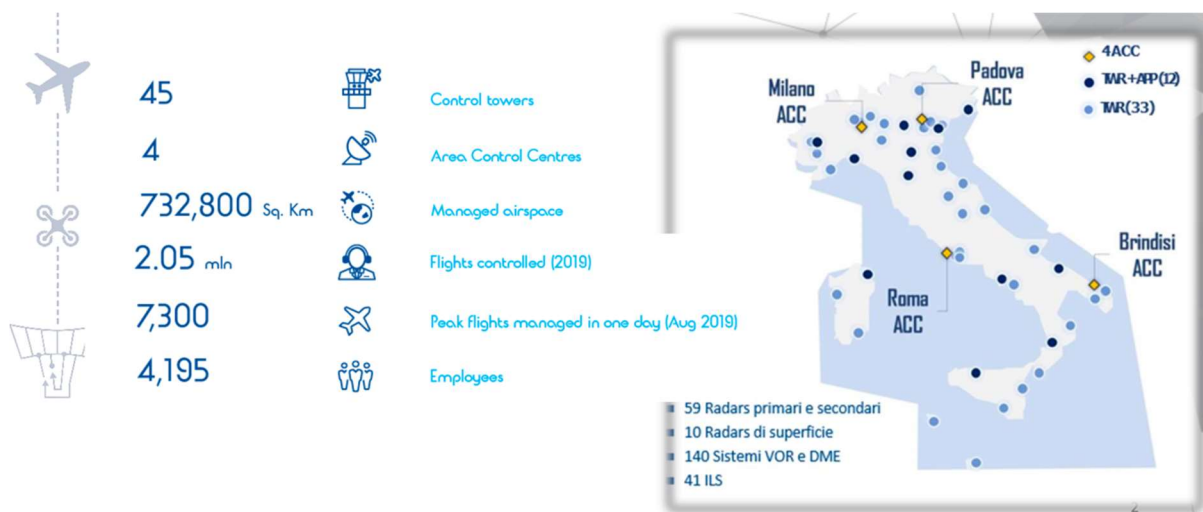


圖 5. ENAV 公司單位分佈及服務概況 (資料來源：ENAV)

為了減省成本，ENAV 規劃將 4 個 ACC 整併為 2 個 ACC(保留北部的米蘭及中部的羅馬)，預計將 2 個 ACC(北部帕多瓦及南部布林迪西)的管制室空間，規劃建置為未來 26 個塔臺執行數位(遠端)塔臺的作業中心。此部分在後續數位塔臺簡介有進一步的說明。

除了提供飛航服務，ENAV 也於馬來西亞成立亞太分公司及於北亞特蘭大成立分公司，對外提供顧問服務(Consultancy Services)及對其他航空產業進行投資，例如 ENAV 亞太分公司近期為卡達規劃空域及儀航

程序的調整，以因應世界盃即將於卡達舉行所預期的航行量增長；並且該公司也看好星基 ADS-B 服務的前景，由其亞太分公司投資持有目前星基 ADS-B 市佔率最高的 Aireon 公司的股份。2024 年 4 月，ENAV 董事會與投資人批准了一項新的五年投資計畫，其中包括成立三家新的海外子公司：印度、巴西、中東（可能是沙烏地或阿聯酋），顯見 ENAV 公司積極拓展其商業版圖的企圖心。

另外 ENAV 也有訓練學院(ENAV Academy)作為訓練管制員的基地，目前正在大力投資其數位化平台，規劃推出遠距訓練課程，特別是像 ICAO 規範下的課程，例如：

- 儀航程序設計
- 認證相關課程
- 飛航操作等

這些課程將透過數位平台，提供給義大利以外的客戶，也可以支援一些希望建立自有學院的客戶，協助他們成為具備完全自主培訓能力的單位。後續報告書中將會再針對 ENAV 訓練學院及其提供之訓練服務進一步說明。

2. ENAV 數位塔臺系統展示與簡介

在羅馬區管中心(ROMA ACC)所在的尚皮諾園區內，ENAV 在其展示中心(SHOW ROOM)也設置了一套數位塔臺模組，因此引導我方一行參觀(如圖 6)。介紹的人概略說明有 18 支 4K 高解析度攝影機整合至 13 個垂直螢幕組成約 180 度環景影像，以及可操控 3 支 PTZ(Pan Tilt Zoom)攝影機，用以取代替管制員直接目視功能，並在 13 個垂直螢幕呈現輔助資訊。其它如管制條、自動氣象觀測系統(AWOS)及語音交換系統(VCS)等設備，則與一般管制塔臺設備相同，甚至連原來實體塔臺有的設備，到了數位塔臺環境已經不需使用的設備，也要在數位塔臺環境設置；以我們的角度而言認為沒必要，多此一舉，但 ENAV 表示這是為了達到數位塔臺與原來實體塔臺環境的最小差異。這樣的邏輯也有其道理在，畢竟數位塔臺對於傳統塔臺來說整體上是一個巨大的改變，在進行改變管理的思維下，盡可能地減少數位塔臺和傳統塔臺環境的差異，不可否認是一個合理的緩解策略。

另外由於 ENAV 數位塔臺的作業不僅塔臺服務遠端化，機場的氣象觀測服務也同步採取遠端化，這部分因為機場氣象園區設有各種偵測器(Sensors)，並且有自動氣象觀測系統(AWOS)，所以風向、風速、雨量、

氣壓、跑道視程(RVR)、雲高等資料經由偵測器偵測後自動傳送並無問題，但唯一一個氣象報文中必要的盛行能見度，就無法由偵測器來偵測，仍舊仰賴由塔臺管制員在遠端，藉由數位塔臺攝影機觀察到的影像，由塔臺管制員來觀測發報，非常貼心的是，數位塔臺螢幕上可以直接標示出預定的觀測參考建築物或是山頭與機場的距離，也就是說，管制員不需要進行任何經驗修正，看得到標定距離 5 公里的建築，能見度就達到 5 公里，非常實用的功能。



圖 6. ENAV 位於尚皮諾中心之遠端數位塔臺實體展示席位設備

ENAV 規劃於 5 年內將所屬 45 座機場塔臺中的 26 個塔臺管制作業，以數位塔臺方式，集中至現有兩個航管中心採取遠端塔臺作業(如圖 7)。這 26 個塔臺的管制規模，有的每日僅有提供個位數架次的服務，到每日提供約 50 架次服務的規模，這樣的管制規模對應我國，高於花蓮、臺東、恆春等本島機場及北竿、南竿、綠島、蘭嶼、七美、望安等離島機場，但卻仍遠不及金門及澎湖機場航行量，更不用說相較我國有定期國際班機的幾個主要國際機場，在規模上仍有相當大的距離。也就是說，以目前 ENAV 規劃的數位塔臺運用，單就航行量規模而言，我國金門、澎湖等級

以上之機場並不適用。

ENAV 一再強調，遠端數位塔臺的實施涉及重大改變，需要經由民航局(ENAC)給予認證及同意。因此，計畫初期 ENAC 即持續參與，確認 ENAC 對於相關規範及要求為何，並且在過程中遇到議題時彼此商議可能替代方案，是計畫得以推動成功，最重要的關鍵因素。

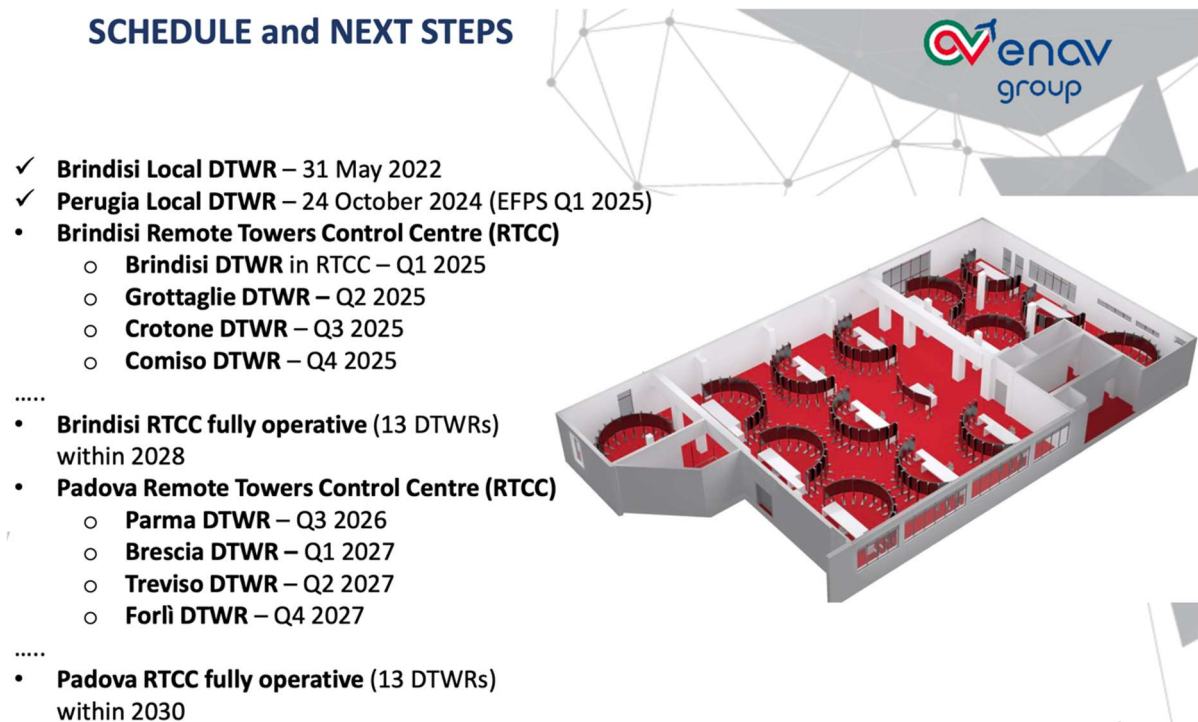


圖 7. ENAV 數位塔臺管制中心期程規劃(資料來源：ENAV 簡報)

3. ENAV 無人機(UAS)管理系統(UTM)概要

ENAV 公司依據歐盟單一天空政策下所提出的 U 空域(U-Space)概念，結合另外一家系統商 Leonardo 於 2019 年合資成立一家無人機管理系統公司，稱為 d-Flight，並且推出 3 種系統平臺，分別為 d-UTM、d-CIS 及 d-USS，提供義大利無人機相關服務，並且收費。

前述的 3 種系統平臺，是 d-Flight 公司為了因應 U-Space 概念及歐盟與義大利本地相關法規而提出的解決方案。在 U-Space 以外之空域，其管理平台為 d-UTM，依據相關法規為歐盟(EU)2019/947 及義大利民航局 ENAC UAS-IT ATM-09 A Circular；而在劃定的 U-space 空域以內，則以 u-CIS 及 d-USS 為服務管理平台，依據之相關法規為. 歐盟(EU)2021/664-665-666。其相關對應如下圖 7。

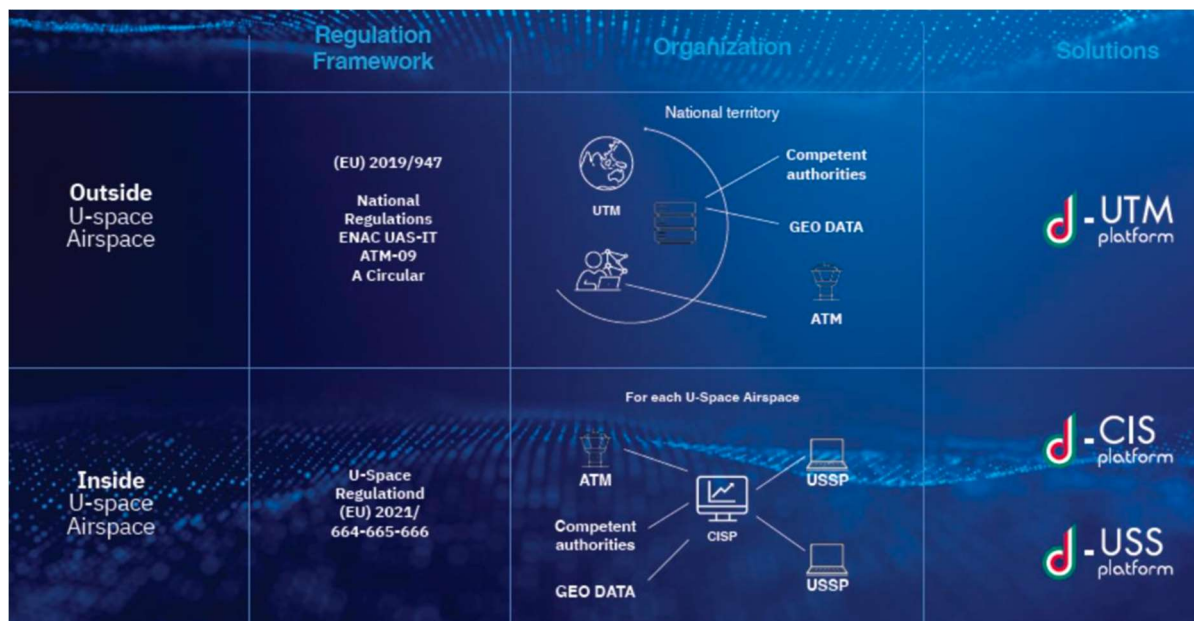


圖 8. d-Flight 公司 3 種無人機相關平臺對應之法規及相關單位框架 (資料來源：ENAV)

茲就該公司 3 種無人機系統平臺所提供之服務進行摘要說明：

(1) 無人機交通管理平臺(d-UTM)：

d-UTM 提供給兩類人員服務，1 類是無人機操作人員，另 1 類是監理機關義大利民航局(ENAC)。

A. 提供給無人機 (UAS) 操作人員之服務包含：UAS 註冊、UAS 操作人員註冊、UAS 管理、UAS 操作申報、地理警覺 (Geo-awareness)、操作規劃、附近空中交通資訊。

B. 提供給主管機關 ENAC 之服務包含：查閱全國 UAS 操作人員註冊資料、透過 QR 碼識別個別 UAS、查閱和管理全國操作申報登記、監控情境警覺(Monitoring Situational Awareness)。

在義大利，無人機及操作人申請註冊的過程中，有一個要項稱為「作業宣告(Operational declaration)」，這是一份由操作人員簽署的聲明文件，操作人員承諾在操作無人機時，將採取所有符合在標準情境下操作已識別的減緩措施。若未提供聲明，則無法取得相關註冊。另外，d-UTM 平台也提供地理資訊系統，將機場周遭紅(0m)、橘

(25m)、黃(45m)、藍(60)及其他綠(120m)區、禁止施放無人機區域(例如關鍵基礎設施周遭)、飛航公告等等區域，顯示給使用者知悉，提供地理警覺資訊。(如下圖 8)

經詢問於義大利由誰定義機場周遭限制無人機飛航區域之範圍，ENAV 回覆由義大利民航局 ENAC 規範其範圍。

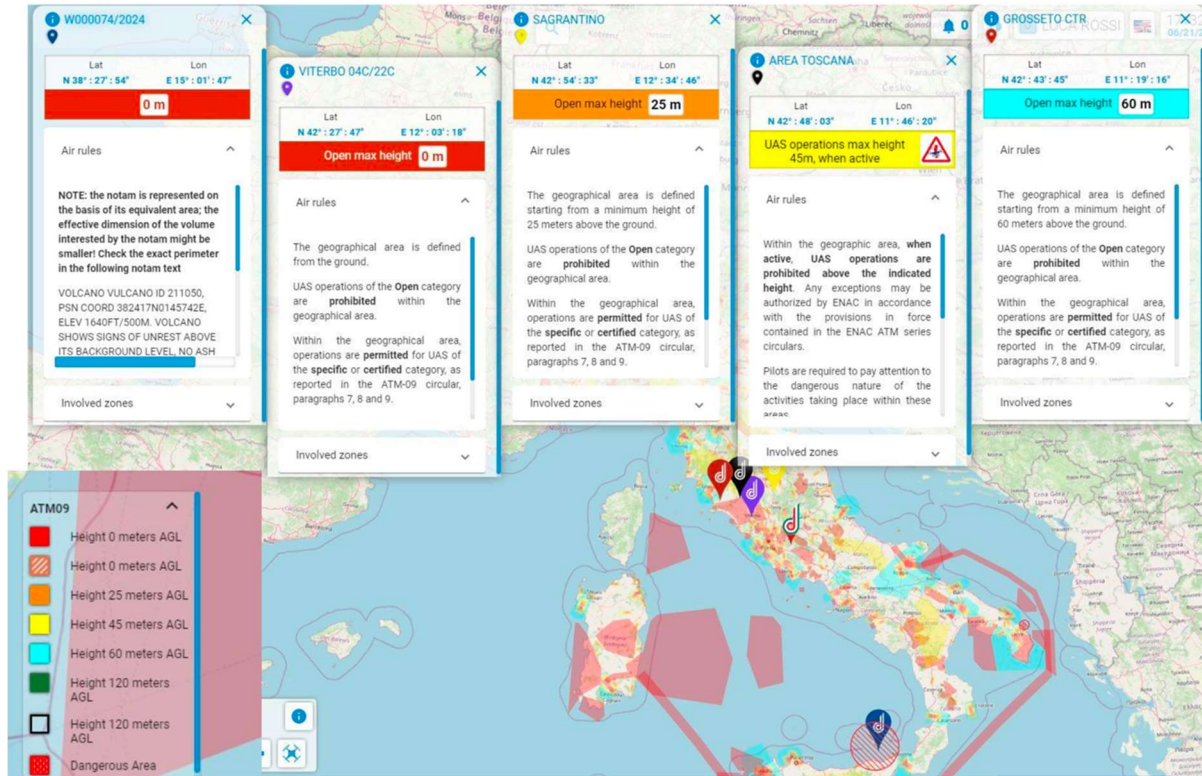


圖 9. d-UTM 平臺地理資訊系統 (資料來源：ENAV)

我國遙控無人機管理資訊系統與義大利 d-UTM 之比較：以基本主要功能面而言，幾乎並無二致，均包含無人機及無人機操作人之註冊、檢驗，以及地理資訊系統地理圍籬之顯示等功能。惟因兩國作業模式不同，我國無人機管理系統另具備接受無人機操作人進行無人機施放作業的空域申請、審核、申請飛航公告及查詢介面，但義大利 d-UTM 似乎並無具備相關申請介面功能，因此，在 U-Space 空域外的無人機施作要如何申請，在本次交流中因時間限制未能了解，只得後續進一步洽詢。另義大利因為有需要無人機操作人填具「作業宣告」之文件而有該特定功能，我國遙控無人機管理資訊系統則無該功能之需要。簡而言之，我國目前系統相較義大利 d-UTM 平臺不僅並未落後，反而具有管理無人機空域申請及審核等功能，更為完整。

(2) 共通資訊服務平臺(d-CIS)：

依照歐盟 U-Space 的概念，在劃定的 U-space 空域內，遙控無人機的作業自成一格，在空域內的所有靜態資料(如地理圖資)以及動態資料(如活動空域範圍)都必須由一套稱為共通資訊服務(Common Information Service)的系統來統一傳遞，作為無人機服務提供者(USSPP)及有人機的飛航管理(ATM)間之訊息交換平臺與介面。D-Flight 公司也建置了 d-CIS 平臺，並且是第一個在歐洲獲得共通資訊服務平臺提供者(CISP)認證的公司。該平臺角色概念如下圖 9。

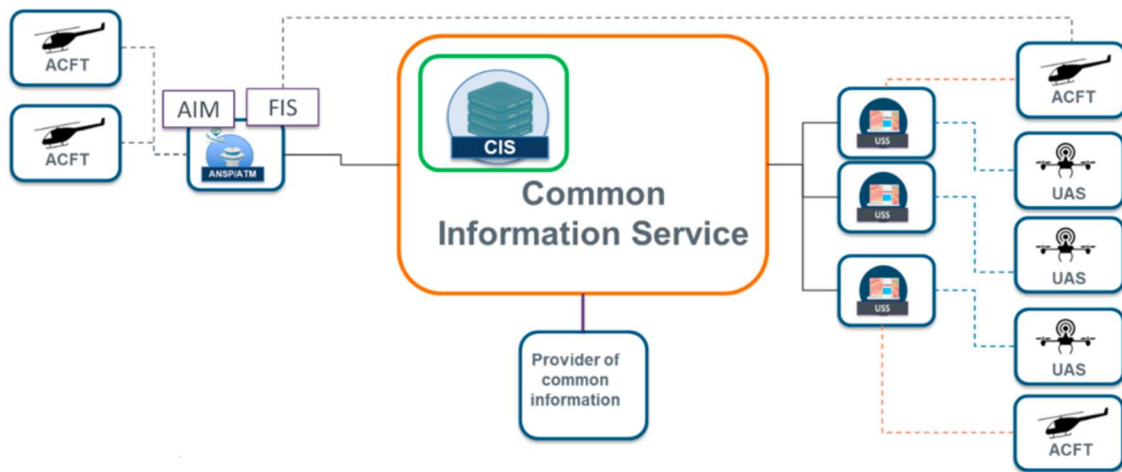


圖 10. d-CIS 平臺角色概念圖 (資料來源：ENAV)

(3) 無人機服務平臺(d-USS)：

依照歐盟 U-Space 的概念，在劃定的 U-space 空域內，遙控無人機的作業服務主要由無人機服務提供者(UAS Service Provider, USSP)來提供給無人機操作人，包含在該 U-Space 裡施作的無人機活動申請與核准、詳細地理資訊以及飛航限制的提供、將該空域目視直升機動態提供給無人機操作人、對無人機活動的即時監控、越區警示與監視訊息分享等諸多協助無人機操作人的功能。d-USS 平臺已取得歐盟對於 USSP 的認證，可以提供 USS 服務並收費，相關功能如下圖 10。



圖 11. d-USS 平臺功能 (資料來源：ENAV)

ENAV 稱義大利於 2024 年 11 月 28 日於飛航指南發布第一個 U-space 空域，編號 LI R700 San Salvo(如圖 12)。聖薩爾瓦(San Salvo)地區為農業及觀光重鎮，並且有相關玻璃製品的工業區，該地區劃設的 U-Space 空域是以此商業模式(Business Model)作為考量，有使用無人機運送貨物需求，並且該區空域環境單純，劃設高度低(400 呎)，適合作為其他地區劃設類似空域的模範與樣板。

First U-space Airspace – LI R700 San Salvo



- Focus on an iterative/stepwise approach for managing complexity
- Dimension of U-space: Deploy U-space focused on BM and as much as possible tailored (with small volumes) focused on rutinary UAS operations.



AIRAC Amendment effective 28/11/2024

Class G Airspace - relatively low air/ground risk



圖 12. 義大利第 1 個 U-Space 空域 (資料來源：ENAV)

4. 羅馬 ROMA ACC 管制室參訪

如前所述，義大利有四個區域管制中心，北部為米蘭區管中心及帕多瓦區管中心負責，未來北部帕多瓦將合併至米蘭；中南部則為羅馬區管中心及布林迪西區管中心負責，未來將合併至羅馬。由於 ENAV 的創新研發中心不在羅馬市區，而在羅馬近郊聖皮諾(Ciampino)與 ROMA ACC 同樣一個園區內，因此本次訪問也由 ENAV 安排短暫進入 ROMA ACC 進行了解。(圖 12、13)

- (1) ROMA ACC 管制室面積目視初估約為我國北部飛航服務園區管制室的 3 倍左右，內部席位以圓形配置，分為 5 個島區(Islands)，每個島區內，配置 1 個督導席位，航路部分每個空域配置 1 個雷達管制席及 1 個資料管制席；近場管制也是設置在 ACC 內，每個近場管制空域也是配置 1 個雷達管制席及 1 個規劃(資料)席。另外與我國相同，席位之間也是設有協調席負責席位間以及近場臺與塔臺間的協調工作。當我們提到在我國的雷達管制單位，是由 2-3 個雷達席位只共同設置 1 規劃(資料)席時，當日介紹的督導便趕緊解釋未來他們也希望朝向減少席位人力的方向歸劃，但目前仍然維持 1 個雷達席搭配 1 個規劃(資料)席方式。由此可見，我國航管人力的運用，相對甚至在歐洲的義大利來說，已是更為有效率。
- (2) 在 5 個島區的正中央區塊，是流量管理單位，在歐洲，流量管理稱為網路作業(Network Operation) 統一由 EuroControl 負責執行，而在各個國家的航管中心則配置流量管理人員(Network Operator)負責與流量管理中心聯繫，作為各國各個 ACC 與 EuroControl 流管中心的聯絡窗口。而我國所處的亞太地區與歐洲相當不同，雖然也有許多大小不同的國家，但並無歐盟以及 Eurocontrol 這樣的一個組織或稱邦聯架構，可以統一主導全亞太區的流量管理，並且亞太區多數國家軍方主導空域使用，民方較難有效運用空域以改善流量，因此亞太區的流量管理執行上難度高出許多。

- (3) ENAV 所使用的航管系統，在監視訊號(雷達、ADS-B 等)處理部分由另一家義大利公司里奧納多(Leonardo)提供，飛航資料處理則由 ENAV 公司的航電子公司 Techno Sky 自行發展。李奧納多為軍用及商用系統提供商，其所生產之航管系統，在國際上除了歐洲地區以外，其他地區較少被使用。本次參訪時短暫觀察其顯示介面，基本上與我國現有航管系統類似，尚無特別顯著之功能。



圖 13. ROMA ACC 管制作業室 (資料來源：ENAV 網站)



圖 14. 參訪 ROMA ACC 管制作業室與 ENAV 人員合影

5. ENAV 運用無人機(UAS)執行助航設施測試介紹

有關 ENAV 集團 Techno Sky 公司使用 DJI 無人機配合搭載相關類型攝影機(如高解析度、夜視及光頻譜分析等)或 LIDAR，用以檢查雷達球罩、無線電天線、機場基礎設施檢查、助航燈光目視檢查及 FOD Detection 等；配合搭載模擬猛禽揚聲器，用以 Bird control；配合搭載 ILS 或 VOR 訊號接收器，進行 ILS 或 VOR 地面測試，其中又以 ILS 地面測試之運用有更詳細描述。(如圖 15)



圖 15. ENAV 運用無人機執行服務概況 (資料來源：ENAV 簡報)

Techno Sky 公司自 2017 年起著手 UAS 搭載 ILS 訊號接收器及操作註冊，於 2018-2019 年獲得 ENAC 許可下進行目視範圍內操作，於 2020 年獲得 ENAC 許可得以 UAS 及 GCV(Ground check vehicle 地測車)進行測量 ILS 訊號，並在 2022 年獲得可以在單一跑道的機場進行 ILS 地面測試操作。

由於 UAS 發展持續精進，穩定性、續航性、負載能力及搭載附屬設備能力也持續強化，總臺早在 2018 年就開始關注瑞士飛航服務公司(Skyguide)使用 UAS 飛測計畫，並思考就 UAS 執行維護巡檢之便利性、環保節能、時效、提升效率等，具備許多正面助益，且在 2018 年底赴韓國參訪 UAS 進行 VOR 地測實際操作，惟 UAS 進行 ILS 或 VOR 地面測試仍無法取代飛航測試(Flight Inspection)，僅能在可飛範圍內確認助航訊號量測結果，協助航電維護人員強化調校設備運用。此外，總臺所屬高雄

裝修區臺亦曾與大學學者合作，針對運用無人機協助 PAPI 燈光角度之初測進行研究計畫，該計畫亦得到以無人機協助 PAPI 燈光角度檢測具可行性，但尚無法替代實機飛測之結論。

另外，欲以無人機執行助航設施之測試，不可避免必須在機場附近甚至機場範圍內操作無人機，除非該機場有夜間宵禁時間或暫停航機起降，否則便無法執行。但 ENAV 在崔維所機場(Treviso)便與 ENAC 合作，取得 ENAC 同意，在機場某些範圍內操作無人機測試時，得與航機起降同時進行；也就是無人機在機場某些範圍內操作時，無需暫停航機起降，如此提升了無人機在助航設施測試上的可行性。(如圖 16)

Progress overview and next steps



Treviso airport: World-Leading Demonstration of UAS & Manned Aircraft Integration at Airport

- Specific procedures developed in cooperation with APT Manager and ATS
- Defined compatibility matrix based on safety considerations
- Authorisation issued by the italian CAA at October 2024
- Demo campaigns succesfully executed at October & November 2024

UAS	CIVIL MANNED AIRCRAFT					
	T-O 07	T-O 25	LANDING	TWY A/B	APN	PK STAND
RWY	X	X	X	X	X	X
TWY A/B	X	X	X	X	X	X
APN	✓	✓	X	X	X	X
YELLOW	X	✓	X	X	X	X
PINK	✓	✓	X	✓	✓	✓
GREEN	X	X	X	✓	✓	✓
ORANGE	X	X	X	✓	✓	✓
BLUE	✓	✓	X	✓	✓	✓

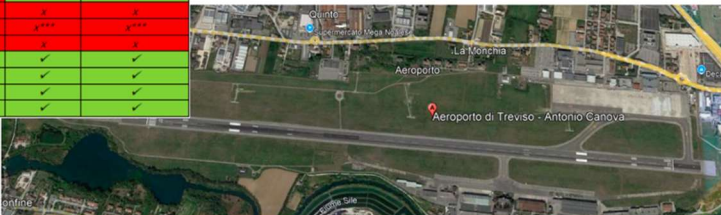


圖 16. Treviso 機場可與航機起降同時操作無人機區域 (資料來源：ENAV 簡報)

6. ENAV 人員訓練相關介紹

(1) ENAV 培訓計畫摘要

- 培訓經驗和能力：**ENAV 在培訓領域擁有超過 25 年的經驗，為內部新員工（ATC 和非 ATC 人員）以及外部客戶提供培訓，包含不同航空領域的課程。
- 培訓中心：**ENAV 的主要培訓總部位於義大利北部的佛利（Forlì），並在羅馬設有部分設施。佛利的培訓中心設備齊全，包括雷達模擬器、3D 塔台模擬器、多間培訓室和會議設施，並有專業技術人員隨時提供支援。選擇佛利作為總部，是因為當地有一所航空工程大學，與培訓中心有緊密的合作關係。
- 課程種類：**ENAV 提供多元化的培訓課程，主要涵蓋四大領域：

- (A). **針對航管服務提供商 (ANSP) 的培訓**：為歐洲及非歐洲的航管服務提供商提供從零開始 (ab initio) 到在職的完整訓練。其中也包含了為義大利空軍提供飛行驗證飛行員培訓，並將在 2025 年 7 月起為其提供新的培訓。該培訓涵蓋飛程序設計、法規、機場數據、AAP 等航空領域的廣泛主題。
 - (B). **氣象培訓**：利用 ENAV 全天候監控 45 座機場氣象的專業能力，提供相關培訓。
 - (C). **航空業綜合培訓**：涵蓋飛航程序設計、CNS、ATFCM、AIS 等領域。
 - (D). **人為因素培訓**：設計專門的人為因素課程，協助人員適應新的工作環境，例如數位塔台的轉換。
 - (E). 除上述 4 領域外，ENAV 刻正在開發數位學院，旨在透過線上平台提供培訓，以降低物流成本並提高培訓靈活性，方便更新法規和新技術培訓。
- D. **國際合作與認證**：據 ENAV 說明，其培訓課程完全符合歐盟委員會的法規，並遵循歐洲航空安全局 (EASA) 的可接受符合性方法 (AMC)。在近期國際合作實績上，ENAV 曾為馬來西亞和卡達等國提供過大規模的培訓，包括協助卡達建立新的上層飛航情報區 (UFIR) 並培訓其管制員。而在馬來西亞培訓了約 200 人，主要是針對空域的改變提供轉型培訓，因為 ENAV 協助重新設計了他們的空域並引入了 Point of Merge 規則和相對應的實際空域設計與飛航程序。

(2) 問答環節重點

- A. **義大利國內的管制員招聘與篩選**：ENAV 由於是國營公司性質，並不要求管制員具備公務員資格，招聘會透過歐洲航管組織 (Eurocontrol) 的初步能力傾向測驗工具 (FEAST, First European Air traffic controller Selection Test) 進行第一輪篩選。應徵者在進入學院前，必須完成航空體檢，以確保其符合資格。基礎訓練課程中會評估學員的潛力，以判斷其較適合機場、終端進場或區域管制的工作。義大利目前有龐大的培訓需求與計畫，約有 65 名學員在 ENAV 學院，後續需要再培訓約 400 名管制員，以應對大量退休人員。
- B. **ATC 基礎培訓內容**：基礎培訓主要基於法規（如 Doc 4444）、生理學、一些導航知識，以及實踐部分，其中一半時間用於機場管制，一半用於雷達管制。基礎培訓整個培訓期包括地面課程和設施培訓通常需要約一年。
- C. **課程模組時長與進階課程**：基礎培訓（10 週）是所有課程的基礎。之後可以根據 ENAV 的需求選擇不同的模組，如近場管制（稱為 APS 模組）、區域管制（ACS 模組）或機場管制（ADC 模組）。對於大型機場的管制員，還需增加監視認證模組。
- D. **雷達管制與程序管制**：ENAV 的訓練計畫中在航路管制班沒有納入程序管制（procedural control, 即非雷達管制）訓練，這與其監視系統具備多層備援功能

有關，使得實務上幾無可能進入到程序管制作業情境。但這也需要事前與 ENAC 協調並修改相關規定。

- E. **與 Eurocontrol 訓練的區別：**ENAV 的訓練中心提供的是操作型且可取得證照的培訓，而 Eurocontrol 的訓練則較偏向知識性的研討會，兩者性質不同。
- F. **國際培訓的頻率：**ENAV 的國際培訓並非定期開設，而是依據客戶需求而定。近期他們為卡達及馬來西亞的管制員提供了轉換訓練及證照課程。卡達部分共培訓了 25 名管制員，之後又培訓了 20 名，預計在 3-4 年內將管制員數量增加到近 50 名。馬來西亞部分共培訓了約 200 人，如前述是因為 ENAV 協助馬來西亞空域調整專案的配套訓練。
- G. **執照發放：**ENAV 被監管機構授權進行考試，執照由 ENAC（義大利民航局）頒發。對於外國客戶，ENAV 則可以遵循其監管機構的給證要求執行訓練。

(二)、 第二天_數位(遠端)塔臺實地參訪

1. 佩魯賈(Perugia)機場特色

佩魯賈機場塔臺為 ENAV 第二座啟用數位遠端管制技術的塔臺，並且被 ENAV 指定作為其數位塔臺的展示塔臺；第一座為特尼(Terni)機場塔臺，著重於實驗性質。佩魯賈屬於義大利中部，位於羅馬北方約 2 小時車程左右的地方，但因有聖多明尼克修道院的宗教景點，屬於觀光勝地，尤其當宗教慶典時期，會有大量遊客從其他國家到達，因此每日的航行量雖不高，一般只有 5-10 班，但由於有國際班機，且距離羅馬尚不至於太遠，因此被 ENAV 選為數位塔臺展示機場。

2. 佩魯賈機場數位塔臺概況

佩魯賈原有實體塔臺 1 座，高度自地面以上約 25 公尺，現經啟用數位塔臺以後，已不再使用，ENAV 亦尚無規劃後續是否拆除該塔臺(如圖 17)。而數位塔臺部分，ENAV 則於相距原實體塔臺約數十公尺處，新建一座數位塔臺專用塔(Mast)，塔身為鋼構設計，高度地面以上約 32 公尺，高過既有實體塔臺高度，以確保數位塔臺視野可以越過原有塔臺而不受到遮蔽(如圖 18)。



圖 17. 佩魯賈舊實體塔臺 (資料來源：ENAV 網路資料)



圖 18. 佩魯賈機場數位塔臺專用塔(Mast)

- (1) 專用塔上，在面向跑道側的 180 度範圍架設 14 支固定式的高解析攝影機，在背向跑道側則僅架設 4 支固定式高解析廣角攝影機涵蓋背向的 180 度範圍，以節省經費(如附圖 19)。除了固定式攝影機以外，另有 3 支可以轉向、調高低角度及放大縮小，簡稱為 PTZ (Pane-Tilte-Zoom)的攝影機，3 支其中 1 支是氣象觀測用 PTZ 攝影機。PTZ 攝影機的作用是當管制員有需要追近特定範圍目視時可以使用，另外若有任何固定式攝影機故障時，PTZ 攝影機可以作為故障攝影機的備援。

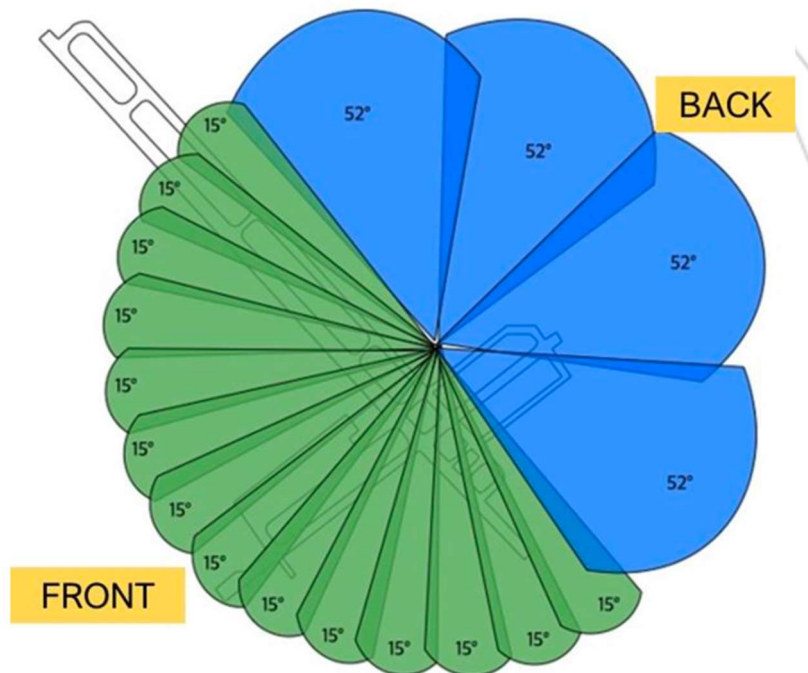


圖 19. 數位塔臺固定攝影機角度配置

- (2) 數位塔臺架設在一個專用塔旁邊不大的管制室空間內，由 13 片直立式高解析度螢幕排成弧形，顯示塔臺外面靠跑道方位 180 度範圍的情況供管制員使用，如果需要看朝塔臺背面範圍，則只需按鍵切換，便可顯示跑道背側以 4 臺廣角固定攝影機顯示的 180 度範圍。這是非常方便的設計。(如圖 20)
- (3) 每個高解析度螢幕下方都會有顯示一個小小的閃爍標示，就如同心跳一樣，管制員若發現標示固定不閃爍，就要懷疑是不是一個停止畫面而非即時的攝影機畫面，要請航電人員執行檢查。這個機制是非常重要的設計。



圖 20. ENAV 數位塔臺管制室配置 (資料來源：ENAV)

- (4) 所有在傳統塔臺的管制設備，包含無線電及平面通訊語音交換器 (VCSS)，天氣資訊觀測系統(AWOS)、紙本管制條、消防隊警鈴等設備，都配置在數位螢幕前的管制檯上，與原來實體塔臺配置無異。這樣是為了滿足義大利民航局 ENAC 對人為因素管控的要求。
- (5) 系統具備航機追蹤能力，由於有 3 支 PTZ 攝影機，除了可以放大需特別觀測之區域以外(如圖 21)，還具備結合飛航資料將航機呼號等資訊掛在目標物上之功能，然而，ENAV 並沒有啟用這項功能，原因是希望數位塔臺啟用初期，能夠越符合傳統塔臺的使用情形越好。掛載航機呼號等飛航資訊並非傳統實體塔臺所具備之功能。



圖 21. 佩魯賈機場數位塔臺航機追蹤及縮放功能(資料來源：ENAV)

3. 實際作業觀察

參訪當日，正好有一架國際線瑞恩航空(Ryan Air)A321 機型將降落佩魯賈機場，在臺長初步介紹完後，便引導進入數位塔臺管制室觀察(如圖 22)。管制室內有兩位管制員，1 位是執行非雷達近場管制的管制員，另外 1 位則是塔臺管制員，到場的瑞恩航空由非雷達管制員頒發進場許可以後，便交給塔臺管制員管制。由於當日天氣良好，航行量不高，瑞恩航空班機與塔臺管制員聯絡以後，塔臺管制員便頒發風向風速及許可落地之許可予瑞恩航空班機。隨即看塔臺管制員便運用數位塔臺航機追蹤功能放大追蹤該機的落地過程。整個管制過程與一般低航行量機場管制過程無異。不過值得一提的是，在航機接近機場跑道降落過程中，弧形管制螢幕在連續顯示航機的移動時，造成些許殘影效果。雖然 ENAV 稱其數位塔臺之顯示為 0 延遲(zero latency)，但與實體塔臺上的目視平順感仍稍有不同。另外，佩魯賈機場塔臺仍使用紙本管制條，並且並無終端資料自動廣播系統(ATIS)，相較我國相似規模例如南、北竿機場塔臺，早已使用電子管制條及 ATIS 系統，顯得有些過時。也因此當參訪團隊問及 ATIS 系統時，非雷達近場管制員調侃自己是人體 ATIS，因為所有機場的氣象資訊必須由他逐一用無線電轉述給航機。



圖 22. 佩魯賈數位塔臺管制室實景

4. 數位塔臺作業室觀察後討論

經過作業室觀察後，我方一行與 ENAV 人員就我國的機場運用數位塔臺技術所需考量的相關困難進行討論，紀錄如下：

- (1) 我方詢問要達到 0 延遲(zero latency)，所需傳輸頻寬為多少？另外目前佩魯賈數位塔臺管制室就在攝影機專用塔下方旁邊，達成 0 延遲並不困難，但未來要將所有攝影機訊號集中傳送到未來整併後的南北數位塔臺中心，也就是現在北部帕多瓦及南部布林迪西 ACC，則是否還能達成傳輸 0 延遲？

ENAV 答覆：經詢問航電人員，每支攝影機所需傳輸頻寬為 600 Mbyte。至於未來傳送至數位塔臺中心時，因為 ENAV 有自己的網路，並且有保證頻寬及品質(QoS)，相信即便無法達到 0 延遲，也仍能滿足數位塔臺對訊號傳輸的相關規範要求。

- (2) 如果有攝影機設備故障，數位塔臺無法運作，如果是在離岸島嶼，搶修是否困難？當地可否接受機場停航至維修設備及人員運抵當地？

ENAV 答覆：數位塔臺在當地機場的設備主要就是攝影機，攝影機有 3 支 PTZ 當備援，除非網路傳輸失效，否則發生無法使用之機率低。另外，以薩丁島(Sardinia Island)為例，島上有三個機場，如果一個機場的數位塔臺無法運作，還有其他機場可用，島上居民交通不至因此受到太大影響。

- (3) 雖然未來數位塔臺可以集中到南、北中心管理，以增加航管人力運用的彈性，但因為每個機場都會增加攝影機以及專用塔等設備，維護人力難道不會因此增加？再者，將 26 個機場塔臺以數位化分別集中到南、北管制中心，如果未來 1 組數位塔臺可以管制 2 個以上機場，一但 2 個以上機場同時有飛機時，是否監視畫面需隨時於不同機場間切換，如此切換是否做過安全評估？

ENAV 答覆：有關數位塔臺維護人力，ENAV 不會在每個機場配置維護人力，而是會有一組人駐在幾個主要地點，將所有設備工作狀態之監控接引致維護中心，如果有機場數位塔臺設備故障，將由維護中心通知最近據點前往維修。另外，未來 26 個塔臺數位化集中制航管中心後，每個機場都還是會配置 1 座數位塔臺設備，不會允許 1 位管制員同時管制 2 座以上機場，因此不會有需要切換機場數位塔臺畫面的問題。

(4) ENAV 有關 26 座塔臺將改以數位塔臺提供服務之決策，是否有相關評估標準或準則？或有相關 ICAO 或 EASA 規範可以參考。

ENAV 答覆：ENAV 有關 26 座機場塔臺將改以數位塔臺方式集中服務的決策，並無相關參考依據，據了解國際上也沒有相關標準，因為這樣的決策這不是一個技術議題，而是管理者的管理考量。所以因為現在 ENAV 航管作業部分的管理者是 Mr. Maurizio Pagetti，26 座塔臺的決策是由他選擇訂定。

離開佩魯賈機場以前，我方一行人與 ENAV 的塔臺群主管一起於數位塔臺及專用塔臺合影(如圖 23)。



圖 23. 我方一行與 ENAV 塔臺群主管於數位塔臺前合影

(三)、 第三天_義大利民航局 ENAC 拜會行程

第 3 日本局與義大利民航局 ENAC、ENAV 與本局共同討論主要聚焦於雙方就航空服務、監管架構以及遠端塔台的建置與認證等議題。重點摘要如下：

1. 義大利的監管架構與監理流程：

(1) **監管架構：**ENAV 說明其組織架構自 2004 年歐洲單一天空計畫（Single European Sky）實施後，義大利的民航監管單位（ENAC）與航空服務提供商（ENAV）完全分離。ENAC 內部設有專責的空域管理部門，負責監督 ENAV，確保其飛航服務技術面(飛航服務、通信、導航、監視、飛航流量管理、空域管理、儀航程序設計、資料服務等)符合歐盟法規外，ENAC 對 ENAV 其他技術業務面向也具備監理權限(如航務監理、國際事務)以及財務與經濟監理(確保收費機制與基礎設施投資透明合理)。

(2) **監理流程：**包括

- A. 初始認證（Initial Certification）：核定新機構是否符合法規要求）。
- B. 持續監理（Ongoing Oversight）：每兩年一週期（可依績效延長至三或四年）。採績效導向監理（Performance-Based Oversight）方法。
- C. 重大變更審查（Review of Change）：對服務提供者提出的功能性系統變更進行安全性審查。屬重大變更者，ENAC 需正式批准後，方可實施。

2. **遠端塔台的建置與認證：**會議的重點之一是遠端塔臺的建置與認證經驗。ENAV 分享了在布林迪西（Brindisi）與佩魯賈（Perugia）的案例，並強調此專案是與監管單位 ENAC 密切合作的成果。由於遠端塔台是全新的概念，ENAV 與 ENAC 共同研擬了一套認證流程，從設備性能、人為因素、安全評估到營運程序都涵蓋在內。其中 Brindisi 遠端塔臺的啟用是於 2022 年 6 月完成，啟用前的評估與認證所引用的參考標準包括：EASA 遠端塔臺指引（Issue 3）、EUROCAE 視覺系統最低性能文件。而評估項目則包括：視覺品質（辨識距離、更新速率、延遲）、人因工程、系統可靠度（MTBF 等）以及安全評估文件（據口頭報告超過百頁，含 14 個風險、100 多項安全要求）。此外，ENAV 後續計畫建置 26 座遠端塔臺，未來轉型可部分

參考 Brindisi 的經驗及通用評估項目以簡化審查流程，包括：重複使用既有設計與訓練標準、僅針對差異部分進行額外審查。只在前幾個新建遠端塔臺實施完整評估與認證流程，後續其他塔臺則依成熟度調整監理強度。

3. **安全監督機制與實務：**

(1) **我方：**本局向義方介紹了本區安全監督架構，資深技術人員同時也擔任對飛航服務總臺（ANWS）的查核員。本局的國家民用航空安全計畫（SSP）參考了國際民航組織（ICAO）的規範，並設定了如跑道入侵、隔離不足等關鍵安全績效指標（SPIs）。

(2) **義方：**義大利 ENAC 代表分享了他們基於風險的「績效導向監督」（performance-based oversight）方法。他們傾向不以固定數值設定安全績效目標（SPT），因為單一嚴重事件可能扭曲數據，而是更關注安全事件的「趨勢分析」。他們每季會與 ENAV 開會，檢討強制性事件報告系統中的數據與趨勢。經由 CANSO 每 2 年實施一次的 2024 年成員安全表現基準報告(Benchmark)結果得知，ENAV 管制年航行量約為本區管制航行量的 3 倍，在 2023 年全年共發生 229 件航管因素低於隔離事件，為本區 40 餘倍。

4. **安全管理系統（SMS）成熟度評估：**義方說明目前已採用了國際航管組織（CANSO）開發的 SMS 成熟度評估工具。在此評估中，符合 ICAO 標準僅為 C 級，而 ENAV 在多數領域已達到更高的 D 級水平，顯示其 SMS 發展相當成熟。ENAC 說明目前歐洲已展開由 EASA 認證的監理機關人員訓練組織認可機制。ENAC 強調安全、能力、成本效率、環境為其四大關鍵績效指標（KPI）。

5. **人員訓練與人為因素：**

(1) **查核員資格：**義大利 ENAC 的查核員多是從 ENAV 招募具有十年以上經驗的資深航管員，並為其提供標準化的訓練計畫，確保其專業能力。

(2) **「複誦/聆聽」（Read-back/Hear-back）議題：**針對航管員未能察覺飛行員錯誤複誦指令的人為失誤，雙方都認為這是極具挑戰性的議題。義大利方強調，除了程序，更重要的是透過持續的訓練與建立「公正文化」（Just Culture），鼓勵誠實報告，從而找出系統性問題並加以改進。

6. **事件報告與資訊共享：**義大利的強制性事件報告系統遵循歐盟第 376 號法規，所有報告都會匯入歐洲中央資料庫(由 Eurocontrol 統籌開發的 eTOKAI 系統再轉入 eCAIS 資料庫系統)，實現歐洲範圍內的資訊共享與趨勢分析。ENAC 具備查閱與分析權限，必要時要求 ENAV 提供調查報告與改進措施。

四、心得與建議事項

(一)、心得

1. 我國飛航服務與歐洲民營大型飛航服務公司的義大利 ENAV 相比，著有績效。

在歐洲負責飛航服務的機構，絕大多數為民營或國有公司，其中大型的飛航服務公司，耳熟能詳的有英國的國家飛航服務公司(National Air Traffic Services, NATS)、德國的德國飛航服務公司(Deutsche Flugsicherung, DFS)、法國的導航服務公司(Direction des Services de la Navigation Aérienne, DSNA)、荷蘭的荷蘭航管服務公司(Luchtverkeersleiding Nederland, LVNL)、西班牙的公眾導航公司(Entidad Pública Empresarial de Navegación Aérea, ENAIRE)，還有本次參訪的義大利的國家民航服務公司(Ente Nazionale per l'Aviazione Civile, ENAV)。這些公司在歐洲均是頂尖的飛航服務提供者，也必須有良好績效來維持營運，自給自足。而亞太地區目前除了泰國、澳洲、紐西蘭與歐洲相同由民營或國有公司提供以外，飛航服務提供者原則上仍由政府單位負責。

ENAV 總員工含子公司為 4000 餘人，年管制量約為 220 萬飛航架次，去(2024)年營收為 10 億 3 千 7 百萬歐元，盈餘為 1 億 2 千 6 百萬歐元(約新臺幣 42 億 8 千 4 百萬元)。我國民航局飛航服務總臺在與本次的參訪對象 ENAV 比較之下，總臺目前員工僅 800 餘人，約為 ENAV 員工數的 1/5；所提供服務年管制飛航架次 2024 年為 633,799 架次，將近 ENAV 的 1/3；年度盈餘新臺幣 11.5 億元，約為 ENAV 盈餘的 1/4。另外有關安全績效部分，依據國際民用飛航服務組織的分析報告，2023 年 ENAV 發生飛航服務的管制事件數為我國的 40 餘倍。因此，這代表我國民航局與飛航服務總臺以相對 ENAV 少的人力，服務相對多的架次，創造相對高的盈餘，並且確保高出甚多的安全水準。然而，相對也顯示出我國飛航服務及監管人力確有不足，相關人力的增補，仍須各級單位給予持續支持。

2. 我國對於數位塔臺的運用，須考量我國機場特性、基礎設施及維護能量等議題，與 ENAV 或其他國家所考量的必要性與需求不盡相同。

以下分就我國機場運用數位塔臺所需考量的各種面向進行整理，俾

利未來後續相關決策考量：

- (1) 確認發展數位塔臺之目的：數位塔臺發展之目的，為運用影像科技技術，輔助、強化或取代實體塔臺目視管制之功能，提升飛航管制人力運用效益及強化提升飛航安全。建置數位塔臺以集中各個航行量單純機場的塔臺管制員至一處，實施遠端管制，主要是為了提升人力運用效益；另外，在航行量繁忙塔臺運用數位塔臺技術幫助管制員更易掌握航機動態(例如視野受遮蔽區域)，則是為了提升飛航安全。因此，第一步驟需要先確認建置數位塔臺目的為何。以義大利為例，明顯是以提升管制員人力運用為主要目的。
- (2) 確認基礎設施得否滿足要求：數位塔臺技術需要即時傳送多支攝影機影像資訊，而影像資訊即便經過壓縮技術仍非常大量，因此網路的頻寬及品質要求便非常重要。ENAV 有其專屬網路，並且供應商有提供頻寬品質保證(QoS)，因此將 26 個機場塔臺數位化集中至未來南、北數位塔臺中心並無困難。但我國飛航服務網路主要仰賴中華電信基礎建設，可能考慮實施數位塔臺遠端管制之低航行量機場(所有離島及恆春機場)，均屬網路基礎建設程度較低之地區，亦無法獲得頻寬品質保證，因此若此一部分無法滿足，便難達成 ICAO 對數位塔臺的各種規範要求，包含訊號傳遞延遲之最低標準，若無法達成最低標準便無運用之可能。因此基礎設施良好與否是實施數位塔臺的必要條件。
- (3) 維護能量及時效：建置數位塔臺需新增大量高解析度視訊攝影機設備，以及相關資訊處理電腦設備，一方面對於航電人員將增加維護負擔，另一方面，倘架設於機場當地視訊設備故障，需能以其他攝影機替代，惟若資訊處理電腦設備故障，則取決於資訊處理電腦設備之架設地點，會直接影響緊急維修效能。有航電人力常駐之地點則維修效率高，但若為離島地區，則維修效率相對較差，因此建置數位塔臺執行遠端管制需考量當地對於機場若因數位塔臺故障而需停航等待設備修復之接受程度；對航電人員也會增加維護壓力。
- (4) 遵循法規標準：目前國際上有關數位塔臺之作業與規範，ICAO 於第 4444 號文件已更新數位塔臺得以作為塔臺目視管制之替代，另外有關數位塔臺的技術規格，目前歐盟則發布「EUROCAE ED-240A Minimum Aviation System Performance Standard (MASPS) for Remote Tower Optical Systems」文件作為其盟約國運用數位塔臺之指導文件及規範，ENAV 即遵照該規範建置，而 ENAC 也是依照該規範執行監理及核可。我國未來如建置數位

塔臺，歐盟文件或可作為相關系統建置技術標準文件。

- (5) 監理單位與飛航服務單位的共同合作：本次交流，有關數位塔臺建置及使用，負責監理的 ENAC 與負責服務的 ENAV 都一致強調表示，從建置的一開始，ENAC 便需要從頭並持續參與，明確對於系統的相關監理要求表達清楚，如此 ENAV 才能與合作廠商間掌握重點與要求，而在建置過程中，如果有需要釐清確認部分，也需要 ENAC 與 ENAV 一起討論，協調合作商議雙方可以達成共識的解決方案，直到最後才有可能完成並且運作順遂。此一意見，對我國未來如建置數位塔臺或執行各種重大系統建置專案時，也具有非常重要的參考價值。

3. 無人機於助航設備(含機場燈光)測試之運用應持續關注

我國架設 ILS 機場多為軍民合用或鄰近軍方設施及空域，現有高階 UAS(穩定性、持續性及負載能力等)多為陸製品牌，且以目前國際上的運用，實機飛測仍有其必要，不具替代性，故目前採用 UAS 來進行運用執行助航設施測試，仍有許多限制待克服，總臺仍將持續關注其它國家 UAS 運用發展，仍優先朝向輔助或取代地測之方向了解。

另外桃園機場航行量較高，24 小時運作，以目前情況幾乎並無於機場內施放無人機進行測試之機會。ENAV 雖有崔維所機場得於某些區域與航機起降同時操作無人機，惟仍無法於所有區域與起降同時執行測試(例如跑道上、短五邊)，而這些區域正是 ILS 地測及 PAPI 地測所需要使用之範圍，因此執行方式仍待突破，此部分也需要繼續了解。

4. 無人機管理系統的比較

義大利的 d-Flight 無人機管理系統與我國現行系統在基本功能上相似，但其「作業宣告」機制與 U-Space 空域的劃設與管理模式，提供了新的思維。相較之下，我國系統在空域申請與審核功能上更為完整。這也顯示了各國因應自身國情與法規，在無人機管理上的不同做法。

(二)、 建議事項

1. 強化總臺與 ENAV 技術合作與經驗交流

總臺委託專業技術服務辦理「桃園機場建置第二塔臺先期計畫」之顧問團隊，ENAV 便為成員之一，另總臺所建置「新一代航空情報服務系統」之主要承商為 ENAV 子公司 IDS，因此後續雙方將可持續擴展面向

與範疇，就飛航服務技術部分進行深化交流。不僅僅是本次參訪的數位塔臺議題，甚至包含如何針對風機場址規劃，有關雷達監視訊號影響分析之實務作法，以及是否有相關評估技術與工具等議題也可以納入，俾強化本局目前對風機申設場域提供 CNS/ATM 影響意見之公信。

2. 採漸進式推動數位塔臺並持續掌握國際發展

如心得所述，數位塔臺運用需有多層面之考量，除了要先確認目的以外，機場所在地網路等關鍵基礎能力將是能否實施之關鍵。我國離島及偏遠地區相關關鍵基礎設施，目前尚難以滿足數位塔臺技術所需，並且當地民情對於遠端塔臺設備故障需暫時停航至設備修復，亦恐尚難以接受。因此，我國數位塔臺之運用，如不考量相關面向而需進行實驗性建置，若可覓得合適數位塔臺機房與管制室空間，並且基礎網路品質頻寬等得以符合，或可考慮於定期或包機航班航行量當對較低之臺東豐年機場架設實驗設備(惟安捷訓練中心大量訓練機之影響需納入考量)；惟實際數位塔臺之運用與建置，建議仍應全面整體評估目的及基礎設施情況，且國際上有更為成熟之技術後，再予規劃。

3. 借鏡國際作法以優化我國飛航服務監理機制

義大利 ENAC 除了在遴選查核員方面要求具備深厚實務經驗人員的原則外，另外從 ENAV 的諸多新興飛航服務業務簡介可得知，義大利的監理者與飛航服務提供者雙方都認知到新興業務項目大多需要從專案初期即開始緊密合作的模式，飛航服務提供者在技術面提出新的解決方案，但也需要監督者儘早開始協助服務提供者完備相關法規環境。此外，歐洲地區的飛航服務安全監理亮點就是已運用 Eurocontrol 的 eTOKAI 及 eCAIS 安全資料庫，但義大利的監理業務執行面已不僅限於依 ICAO 條文執行，而是會以績效導向及整體趨勢的角度省思其安全表現，並與外部單位(CANSO)合作檢視，相關實務值得我國作為優化飛航服務監理機制的借鏡。

4. 評估無人機應用於助航設備測試之可行性

ENAV 運用無人機進行助航設施測試（特別是 ILS 地面測試）的經驗顯示了其高效與成本效益。建議持續關注此類技術的發展與國際規範，並評估其在我國的可行性，以提升助航設備維護的效率。