

2026 第二季

國際頻譜趨勢 研析季報

專題分析

全球**5G-ADVANCED**
發展現況與布建趨勢-
邁向**6G**關鍵路徑

頻譜新聞

第**3-5**期國內外頻
譜新聞及趨勢

本報告不必然代表數位發展部意見

委辦單位

moda
數位發展部
Ministry of Digital Affairs

執行單位

TTC 財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER



2026 第二季

目錄

✧ 專題分析：全球5G-Advanced發展現況與布建趨勢-邁向6G關鍵路徑

一、	前言	I
二、	5G-Advanced 技術發展與關鍵能力	2
三、	5G-Advanced 全球頻譜需求與規劃	5
四、	全球 5G-Advanced 布建現況與區域發展	8
五、	結語：5G-Advanced 發展挑戰與未來展望	10

✧ 第二季國內外頻譜新聞及趨勢

[第三期國內外頻譜新聞超連結](#)

[第四期國內外頻譜新聞超連結](#)

[第五期國內外頻譜新聞超連結](#)

專題分析：全球5G-Advanced發展現況與布建趨勢-邁向6G關鍵路徑

一、前言

隨著全球行動通信技術快速更迭，第五代行動通信技術（5G）已在世界各主要國家進入商用發展階段，產業界正積極規劃下一代行動網路的演進方向與技術標準制定。然而，為滿足日益增長的超高頻寬、極低延遲以及巨量連結需求，並進一步支援智慧製造、智慧交通、沉浸式體驗等多元垂直應用，行動通信標準組織第三代合作夥伴計畫（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）在邁入6G時代前，先正式將5G演進的下一階段命名為5G-Advanced（5G-A）。

5G-A並非重新建構全新的行動通信系統，而是在既有5G新無線電（New Radio, NR）及5G核心網路（5G Core）架構基礎上進行全面強化與擴充。其重點技術包括導入人工智慧/機器學習（Artificial Intelligence/Machine Learning, AI/ML）、非地面網路（Non-terrestrial Networks, NTN）、感測與通信整合（Integrated Sensing and Communication, ISAC）、高精準度定位（Positioning）、沉浸式延展實境（Extended Reality, XR）及節能等關鍵前瞻技術。透過上述技術，5G-A將進一步提升網路效能、智慧化管理能力及服務效率，將通信範圍從傳統的地表二維空間，擴展至海陸空的三維立體網路，為智慧工廠、全自動駕駛、智慧物流、沉浸式互動及物聯網等新興應用提供關鍵通信基礎設施。

全球5G-Advanced正經歷從標準制定走向技術驗證與早期商用的重要階段。作為首個5G-A標準版本，3GPP Release 18技術規範已於2024年6月完成凍結（Freeze），正式奠定5G-Advanced技術架構基礎。隨著相關晶片、終端設備及網路設備陸續成熟，全球電信產業鏈正逐步推動5G-A技術驗證、產品開發及商用布建，並為未來6G發展建立重要技術基礎。

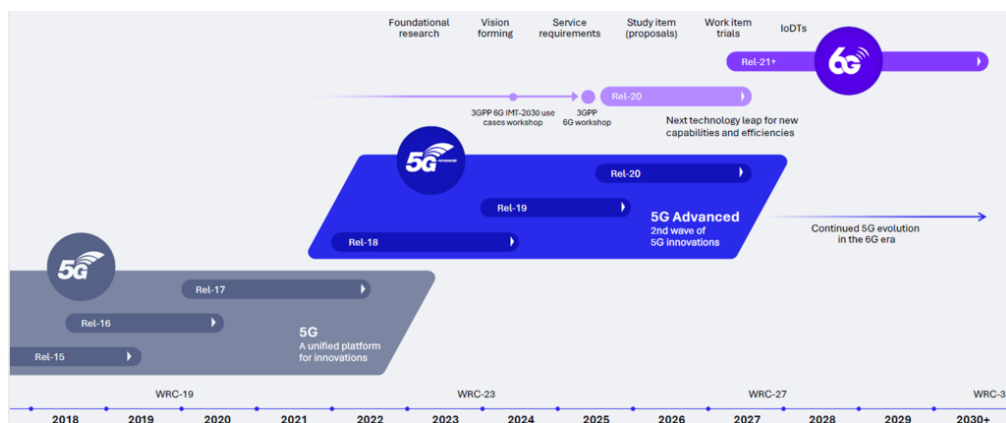


圖 1：3GPP發布5G-A發展時程表

資料來源：Qualcomm

在區域發展上，中國與中東地區在政府政策支持、電信業者積極投資及數位轉型需求帶動下，已成為全球5G-Advanced（5G-A）發展最積極的地區之一。相關業者除加速推動5G獨立組網（Standalone, SA）布建外，亦積極進行5G-A商用試點、技術驗證及產業應用示範，部分案例已展現達10 Gbps等級之網路能力。相較之下，北美、歐洲及亞太其他先進國家之發展重心則多聚焦於5G SA核心網路升級與商業化普及，並於製造、物流、智慧交通及沉浸式應用等垂直領域逐步驗證5G-A相關技術與應用模式。

因應全球通信技術的演進，掌握5G-Advanced的發展、關鍵頻譜策略、全球主要區域的實地布建現況，以及其上下游產業生態系的發展樣態，對於我國維繫資通信產業優勢與推動數位通信政策至關重要。同時，相關政策規劃亦與未來6G技術發展相互銜接，以利完善我國中長期行動通信發展藍圖。

二、5G-Advanced 技術發展與關鍵能力

（一）3GPP 標準演進（Release 18 至 Release 20）

全球行動通信標準組織3GPP對於5G-A的技術藍圖規劃，主要透過Release 18、Release 19 與 Release 20三個連續的標準版本逐步

推進。Release 18作為5G-A的起始版本，核心任務著重於擴展5G技術能力並奠定5G-A技術基礎；隨後 Release 19 進一步強化相關功能並提升商用成熟度；而Release 20將正式成為邁向6G發展標準。經由Release 18邁向Release 20，行動通信技術將從傳統的地表涵蓋，徹底演進為智慧化、立體化的新世代網路。

- Release 18：重點在於奠定5G-A的技術架構。首次將AI/ML全面引進無線接取網路（Radio Access Network, RAN）與核心網路，同時強化簡化能力裝置（Reduced Capability, RedCap）、NTN、無人機（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）通信、高精準度定位、XR以及網路節能設計；
- Release 19：進一步深化AI/ML在網路最佳化的應用，提升大規模多輸入多輸出（Massive Multiple-Input Multiple-Output, Massive MIMO）的效率，並持續強化NTN、低空經濟、地空整合網路及沉浸式應用等相關技術，以提升5G-A商用布建能力與產業應用價值；
- Release 20：預期將進一步推動感測與通信整合（ISAC）、通訊與運算融合、AI原生網路（AI-Native Network）等前瞻技術研究，並因應國際間對7-24 GHz等潛在6G候選頻段之探討，作為未來6G標準制定的重要技術基礎與研究平臺。

（二）5G-A 核心關鍵技術能力

隨著全球 5G 網路邁入成熟發展階段，為實現 5G 的完整應用場景，5G-A 技術引領產業數位轉型，透過更高效率的頻譜使用、低延遲通信及更高網路可靠度，進一步提升行動通信服務能力，關鍵在於其具備五大核心技術能力的突破：

- AI/ML與智慧化網路：相較於過去僅在應用層使用AI，5G-A在網路管理層面實現「AI 原生（AI-native）」。透過

AI/ML 技術進行通道狀態資訊（Channel State Information, CSI）回報優化、波束管理、移動性管理及網路資源調度，可有效降低網路開銷、提升頻譜使用效率及改善使用者體驗，朝向智慧化與自動化網路發展。

- 簡化能力裝置（Reduced Capacity, RedCap）：5G-A進一步推動RedCap技術演進（Enhanced RedCap, eRedCap），定位於高速5G終端與低功耗廣域物聯網技術（如NB-IoT）之間，兼具低成本、低功耗及適度傳輸能力，同時保有5G網路切片、安全性及低延遲等優勢，適用於穿戴式裝置、工業感測器、智慧電表及智慧安防等物聯網應用場景。
- 非地面網路（NTN）：5G-A持續推動衛星通信與地面行動網路的無縫整合，包含低軌衛星（Low Earth Orbit, LEO）、中軌衛星（Medium Earth Orbit, MEO）及高軌衛星的標準化支持，確保在陸海空等全區信號涵蓋環境下終端仍能保持連線。
- 高精準度定位與感測：5G-A透過多基地臺協同定位、上行與下行訊號優化，大幅提升定位精準度。此外，ISAC使基地臺兼具環境感測能力，可實現實體距離、速度及移動軌跡偵測，為智慧交通、自動駕駛及低空經濟等應用提供重要技術支援。
- 交互式沉浸應用：5G-A針對虛擬實境（VR）與擴增實境（AR）所需的超高頻寬與極低延遲進行特定優化，支持多人同時連線的穩定沉浸式體驗。

（三）網路架構演進：以 5G 獨立組網（5G SA）核心網路為基礎

5G-A 各項創新功能的實現與應用推展，主要建立於 5G 獨立組網（SA）架構之上。相較於非獨立組網（Non-Standalone, NSA）仍需

依賴 4G 核心網路提供部分控制功能，5G SA 採用全新的 5G 核心網路（5G Core），能夠提供更高的網路彈性、更完善的服務品質管理及更強大的自動化能力。因此，5G SA 已成為全球電信業者推動 5G-A 商用布建的重要基礎架構，並為未來 6G 網路發展奠定核心技術基礎。

- 非獨立組網的技術限制：NSA架構雖有助於業者快速布建 5G 網路，但由於仍依賴 4G 核心網路，其在網路切片（Network Slicing）、邊緣運算（Edge Computing）、超低延遲服務及端到端服務品質（End-to-End Quality of Service, QoS）管理等方面存在一定限制，較難充分發揮 5G-A 所需的進階網路能力與智慧化管理功能；
- 5G-A 核心網的演進架構：5G-A 持續以服務化架構（Service-Based Architecture, SBA）為基礎，朝向雲原生（Cloud Native）與微服務化（Microservices）方向發展。透過網路功能虛擬化、動態資源調度及高度自動化管理機制，可提升網路布建彈性、營運效率及服務創新能力，並進一步結合 AI/ML 技術，實現智慧化網路管理與資源最佳化配置。

三、5G-Advanced 全球頻譜需求與規劃

（一）5G-A 頻譜需求與發展方向

5G-A 延續既有 5G 網路的頻譜使用架構，主要依賴低頻段、中頻段及毫米波（Millimeter Wave, mmWave）頻譜的組合配置，以兼顧網路涵蓋、容量及傳輸速率需求。目前全球 5G 網路普遍採用 3.5 GHz 附近之中頻段作為主要布建頻譜，並搭配 2.1 GHz、2.3 GHz 及 2.6 GHz 等既有中頻段，以及 700 MHz 等低頻段，以提供廣域涵蓋與室

內穿透能力。此外，26 GHz 及 28 GHz 等毫米波頻段則可於都會區、體育場館、展演場館及大型商場等高流量熱點區域提供更高容量與傳輸速率，但除美國外，目前全球毫米波商用布建規模仍相對有限。

隨著 5G-A 技術發展，相關測試已涵蓋 700 MHz、2.5/2.6 GHz、3.6 GHz 及 26 GHz 等多個頻段，並透過載波聚合（Carrier Aggregation, CA）技術整合多個頻段資源，以提升整體網路效能。部分業者亦開始於 U6 頻段（6425-7125 MHz）進行實驗性測試，探討其作為未來行動通信頻譜資源之可行性。此外，隨著 5G-A 對超高傳輸速率、沉浸式應用及人工智慧服務需求日益增加，部分電信業者已開始將毫米波頻譜納入 5G-A 商用布建規劃，顯示高頻段頻譜在未來行動通信網路中的重要性正逐步提升，並可能成為未來 5G-A 及 6G 發展的重要頻譜資源。

（二）5G-A 關鍵頻譜需求分析

為支援 5G-Advanced（5G-A）更高的傳輸速率、網路容量及多元應用需求，全球頻譜規劃逐漸朝向「強化 FR1、活化 FR2、探索新興中高頻段」的發展方向。

- FR1 頻段（Sub-6GHz）：FR1頻段為目前全球5G商用布建的主要頻譜資源，涵蓋低頻段及中頻段頻譜。5G-A透過多頻段載波聚合（Carrier Aggregation, CA）與超大規模天線陣列技術，整合700 MHz、2.1 GHz、2.6 GHz及3.5 GHz等頻段資源，以提升頻譜使用效率、網路容量及涵蓋能力；
- FR2 頻段（mmWave）：FR2頻段可提供數百MHz至數GHz的大頻寬資源，有助於實現超高速率及高容量傳輸。然而，毫米波訊號易受遮蔽物影響，且傳播距離相對較短。為提升其商用價值，5G-A透過波束管理（Beam Management）、波束追蹤（Beam Tracking）及多基地臺協同傳輸等技術，改

善毫米波於室內場域及高密度熱點區域的涵蓋與使用體驗；

- 新興中高頻段（約7-24 GHz）：近年來，國際間開始關注介於傳統Sub-6 GHz與毫米波之間的中高頻段資源，包含U6頻段及7-24 GHz範圍內的潛在候選頻段。此類頻段兼具較佳的傳播特性與較大頻寬潛力，可望在未來5G-A後期及6G發展中扮演重要角色。目前各國及國際標準組織正持續進行相關技術研究與頻譜評估，以作為未來大容量行動通信服務的重要基礎。

（三）全球主要國家與區域頻譜規劃

綜觀全球主要國家與我國在 5G-A頻譜整備與分配上的現況，各國多以既有5G頻譜資源為基礎，並同步評估U6 頻段及其他中高頻段作為未來5G-A及6G發展之重要頻譜資源。然而，由於產業生態、既有頻譜使用情形及政策目標不同，各區域在頻譜規劃策略上呈現差異化發展方向。

中國持續推動2.6 GHz、3.5 GHz及4.9 GHz等中頻段資源整合，並積極進行多載波聚合技術驗證，並在WRC大會上強力推動將 6 GHz（6.425-7.125GHz）全頻段分配給行動通信系統。美國則以2.5 GHz及C-Band頻段為5G發展主力，並已率先布建大規模毫米波網路，也將6 GHz頻段開放供免執照使用，同時FCC持續評估7-15 GHz等中高頻段作為未來IMT及6G候選頻譜之可行性。歐盟則持續以3.4-3.8 GHz頻段作為5G發展核心，並針對U6頻段未來應用方向進行政策研議。至於我國，除持續推動既有5G頻譜有效利用外，亦密切關注國際頻譜發展趨勢，評估U6頻段及其他潛在候選頻段之未來規劃方向。

表 1：全球主要國家與地區 5G-A 關鍵頻譜規劃與布建現況對比

國家/地區	主力中低頻段 (FR1)	毫米波頻段 (FR2)	U6 頻段及中高頻段規劃
中國	2.6 GHz、3.5 GHz、4.9 GHz（推動載波聚合）	26 GHz、28 GHz（以垂直應用及專網場域為主）	積極推動將 U6 頻段（6.425-7.125GHz）分配供 IMT 使用
歐盟	3.4-3.8 GHz 為核心，搭配 700 MHz 提供廣涵蓋	26 GHz 已開放，商用進度相對緩慢	L6 頻段供 Wi-Fi 使用，U6 頻段未來用途仍持續研議
美國	C-Band（3.7 GHz）、2.5GHz	24 GHz、28 GHz、39 GHz 布建規模為全球第一	6 GHz 頻段已開放供免執照使用，並持續評估 7-15 GHz 等中高頻段
我國	3.5 GHz、2.1 GHz、700/900 MHz 等	28 GHz 已釋照，主要應用於企業專網與垂直場域	持續關注國際發展趨勢，評估 U6 頻段及其他中高頻段整備方向

資料來源：本研究彙整

四、全球 5G-Advanced 布建現況與區域發展

全球 5G-Advanced（5G-A）發展已由標準制定階段逐步邁向商業布建階段，但各區域因 5G 獨立組網（5G Standalone, SA）普及程度、頻譜資源、產業生態及投資策略不同，呈現出不同的發展速度與布建模式。其中，已完成大規模 5G SA 建設的市場普遍在 5G-A 布建方面具有明顯優勢，顯示 5G SA 已成為推動 5G-A 發展的重要基礎。

（一）亞太地區：全球 5G-A 發展領先區域

亞太地區為目前全球 5G-A 發展最積極的區域之一，率先展開 5G-A 商業服務。中國截至目前已於超過 330 個城市啟用 5G-A 服務，截至 2025 年底已建設 483 萬座 5G 基地臺。其中，北京市四環路範圍內已達約 85% 的 5G-A 網路涵蓋率，上海地鐵系統亦已大規模導入 5G-A 網路。中國官方表示，目前 5G-A 用戶數已突破 1,000 萬戶，成為全球規模最大的 5G-A 市場。除中國外，澳洲、日本、澳門及馬來

西亞等地亦已於部分區域推出 5G-A 商業服務，多家電信業者正進行相關技術測試與布建準備工作。

（二）北美地區：以 5G SA 升級驅動 5G-A 發展

北美地區 5G-A 市場以美國 T-Mobile 發展最為積極。T-Mobile 自 2020 年即採用 5G SA 架構布建 5G 服務，因此得以率先於 2025 年 4 月推出全國性 5G-A 服務。其導入先進載波聚合（Advanced Carrier Aggregation）、低延遲低損失可擴展傳輸技術（Low Latency, Low Loss, Scalable Throughput, L4S）及上行傳輸切換（Uplink Transmit Switching）等技術，以提升網路涵蓋、容量及效能。此外，T-Mobile 亦推出企業專用之 Advanced Network Solutions（ANS）服務，藉由 5G-A 能力支援企業應用。加拿大方面，Rogers 率先推出 5G-A 服務，初期聚焦於簡化能力裝置（RedCap）應用；Bell 則於新取得的 3.8 GHz 頻譜布建 5G-A 服務，並優先涵蓋大多倫多地區。

（三）歐洲：以既有 5G SA 網路逐步導入 5G-A 功能

歐洲目前以芬蘭、德國及西班牙發展較為領先。西班牙 MasOrange 已於超過 40 個城市啟用 5G-A 服務，並結合 3.6 GHz 及 26 GHz 毫米波頻譜進行布建，實測最高傳輸速率可達 5.2 Gbps；德國電信（Deutsche Telekom）則已於其全國性 5G SA 網路中導入 RedCap 等 5G-A 關鍵技術；芬蘭 Elisa 則推出面向智慧型手機及家用寬頻用戶的 5G-A 加值服務方案，展現歐洲市場逐步由 5G SA 邁向 5G-A 商業化應用的發展趨勢。

我國三大電信事業除了將既有的 5G 行動網路透過軟硬體升級以支援 5G-A 關鍵特性外，更將 5G-A 技術應用於網路安全、資訊可信度及建構數位信任環境，從既有 5G 網路逐步升級軟硬體以支援 5G-A 特性。

五、結語：5G-Advanced 發展挑戰與未來展望

5G-A 的標準制定實為銜接 6G 技術架構與平順演進的關鍵基礎。隨著 3GPP Release 18 標準正式凍結並邁入商業布建階段，全球通信產業鏈已同步將研發重心轉移至 Release 19 與 Release 20 的規格擬定。其中，Release 19 主要聚焦於既有 5G-Advanced 功能之持續優化與商業化成熟；Release 20 則進一步納入 6G 前期研究項目，為未來 6G 技術方向與架構演進奠定基礎。透過標準持續演進，行動通信網路得以在無線介面與系統架構層面逐步強化智慧化能力，並為 2030 年前後 6G 標準制定提供技術累積。

由 5G-A 跨越至未來 6G 時代之整體發展趨勢，預期將持續強化中高頻段資源利用效率、雲原生網路架構深化及人工智慧驅動之網路自動化能力。在應用層面，行動通信技術將與垂直產業場域進一步融合，使網路由傳統資料傳輸基礎設施，逐步演進為具備感測、運算與控制能力之智慧化平台。其中，數位孿生（Digital Twin）可支援實體環境之即時模擬與決策分析；感測與通信整合（ISAC）則使基地臺具備環境感知能力，進一步支援車聯網協同、低空經濟與智慧交通管理。此外，具備高頻寬與低延遲特性之沉浸式延展實境（XR）與工業自動化遠端控制應用，亦將成為未來重要應用場景。

因應全球 5G-A 與 6G 技術演進，我國後續政策推動應聚焦於前瞻頻譜資源配置與行動通信基礎建設之平滑升級。在網路架構面，建議持續推動 5G 網路由非獨立組網（NSA）朝向 5G 獨立組網（Standalone, SA）升級，以支援更完整之網路切片、彈性資源調度及進階頻譜管理能力，並提升 Sub-6 GHz（FR1）頻段之整體使用效率。

在頻譜資源規劃方面，可參考國際研究趨勢，持續評估 7-15 GHz 等中高頻段之未來應用潛力，以作為 5G-A 後期及未來 6G 垂直應用或專網需求之候選頻譜來源，逐步紓解既有中低頻段容量壓力。

此外，針對毫米波（FR2）頻段易受遮蔽及涵蓋距離有限之特性，政策面可研議強化頻譜共享與彈性使用機制，以提升頻譜資源使用效率，並降低高頻基地臺密集布建所衍生之建設成本，進一步優化整體行動通信產業發展環境與國際競爭力。

資料來源：

1. PolicyTracker, 5G-Advanced overview
2. PolicyTracker, 5G-Advanced: global and regional deployment status
3. 3GPP, Release 18, <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-18>
4. PolicyTracker, NTN
5. GSA, 5G StandAlone December 2025, <https://gsacom.com/paper/5g-standalone-december-2025/>
6. China's 5G base stations top 4.83 million by end of 2025, https://english.www.gov.cn/archive/statistics/202601/28/content_WS6979f123c6d00ca5f9a08ce7.html
7. China Unicom, Huawei launch 5G-Advanced network in Beijing, <https://www.rcrwireless.com/20241121/5g/china-unicom-huawei-5g-advanced>
8. T-Mobile 5G Advanced answers the call for more. <https://www.t-mobile.com/how-mobile-works/innovation/5g-advanced?msocid=24c1676c18e46b802e5869371ce46832>
9. T-Mobile Launches ‘Edge Control’ and ‘T-Platform’: New Advanced Network Solutions That Redefine Mission-Critical Connectivity for Businesses, <https://www.t-mobile.com/news/business/t-mobile-launches-edge-control-and-t-platform>
10. Rogers Turns on First-in-Canada 5G Advanced Network Technology, <https://about.rogers.com/news-ideas/rogers-turns-on-first-in-canada-5g-advanced-network-technology/>
11. 5G Advanced : Orange agrège le 3,5 GHz au 26 GHz en Espagne et atteint des débits supérieurs à 5 Gb/s dans plus de 40 villes, <https://alloforfait.fr/mobile/news/149537-5g-advanced-orange-agrege-35-ghz-26-ghz-espagne-atteint-debits-5-gb-s.html>

2026 第二季

國際頻譜趨勢 研析季報

專題分析

全球**5G-ADVANCED**
發展現況與布建趨勢-
邁向**6G**關鍵路徑

委辦單位

mod^a
數位發展部
Ministry of Digital Affairs

執行單位

TTC 財團法人電信技術中心
TELECOM TECHNOLOGY CENTER

頻譜新聞

第**3-5**期國內外頻
譜新聞及趨勢

本報告不必然代表數位發展部意見

