

# 四、美國對中國大陸半導體的管制以及中國大陸的應對

資策會產業情報研究所資深產業分析師鄭凱安主稿

- 美中科技戰焦點逐漸轉向半導體晶片技術，美方晶片與科學法案、出口管制，確實達到限制中國大陸半導體產能擴建、高階運算能量及遲滯技術提升等目的。
- 近年中方半導體自主技術與供應鏈聚焦於成熟製程領域，在國家資源挹注、內需市場支持下，競爭力不斷提升，3 至 5 年後或成為國際 IDM 大廠，與臺灣廠商競爭的強力對手。

## （一）美中科技戰逐漸轉向對中國大陸半導體的管制

美中貿易戰自 2018 年 3 月起爆發。川普政府率先宣布對中國大陸多項商品加徵關稅，隨即中國大陸也對美國商品加徵關稅予以反制，雙方輪流提高關稅使貿易戰逐漸升溫。而美國轉向對中興通訊與華為實施禁令後，美中貿易戰逐漸變為美、中之間競爭 5G 通訊、半導體等高科技產業影響力的科技戰。

### 1. 美國透過晶片出口管制壓制華為 5G 通訊發展

2019 年 5 月，美國宣布將華為及其 68 家子公司列入出口管制實體清單（Entity List），禁止華為向高通（Qualcomm）、英特爾（Intel）、博通（Broadcom）等美系晶片大廠採購晶片，藉此限制華為在 5G 手機市占與基礎設施布建服務的擴展。

2020 年 5 月，美國進一步宣布 2020 年 9 月起將禁止華為取得採用美國技術製造的 5G 手機處理器晶片，使華為既無法透過自行設計委託臺積電代工製造 5G 處理器晶片，也無法向聯發科或高通等晶片業者採購替代產品，在 5G 手機的後續發展陷入停滯，5G 手機市占率快速滑落，也使海思半導體不得不轉向有機發光二極體（Organic Light-Emitting Diode, OLED）顯示驅動晶片等成熟製程晶片的發展。

## 2. 科技戰焦點逐漸轉向半導體晶片技術

華為與海思半導體在 5G 處理器晶片的受挫，使美國看到透過出口管制壓制中國大陸半導體技術發展的可能性，也使美中科技戰的焦點從 5G 通訊領域轉向半導體領域。事實上，從 2019 年下半年開始，美國便開始以國家安全、人權等為由，將中國大陸涉及 5G 通訊、AI 運算、超級電腦等關鍵技術之企業與研究機構納入出口管制實體清單，限制中國大陸取得高階運算晶片。

除了 2020 年 9 月起生效的華為禁令外，2020 年 12 月美國將中國大陸領導代工業者中芯國際列入實體清單，限制其取得極紫外光（Extreme Ultra-Violet, EUV）曝光機等 10 奈米以下半導體製程設備，防堵中國大陸自主開發生產先進製程運算晶片。美國不僅限制美國業者出售半導體先進製程晶片或設備予中國大陸企業，更透過政治力量，力促臺灣、日本、韓國、荷蘭等國之半導體晶片與設備業者配合，全力防堵中國大陸在半導體先進製程技術的發展。

## （二）美國近期加強對中國大陸半導體技術的管制措施

隨著「晶片與科學法案」通過實施，2022 年下半年起美國提出一連串針對中國大陸半導體產業的出口管制措施，進一步擴大限制範圍，以達到遲滯中國大陸半導體技術發展的戰略目標。

### 1. 晶片與科學法案要求限制受補助業者於中國大陸之產能擴建

歷經多次兩黨及參眾兩院協商，美國參眾兩院在 2022 年 7 月通過「晶片與科學法案（CHIPS and Science ACT）」，並於 8 月由總統拜登簽屬生效，其中規劃了 527 億美元聚焦於半導體產業，包含用於半導體建廠補助的 390 億元，但對於在美國建廠且獲得補助之企業，則提出 10 年內不得於中國大陸或其他特定國家擴建 28 奈米以下先進半導體製造技術產能的限制，對同時在美國與中國大陸有較大規模投資之半導體企業如臺積電與三星電子（Samsung Electronics）造成困擾。

### 2. 限制先進半導體元件電路設計之 EDA 軟體

2022 年 8 月，美國商務部（Department of Commerce，DoC）下屬工業及安全局（Bureau of Industry and Security, BIS）宣布將輔助 3 奈米以下環繞式閘極場效電晶體（Gate-All-Around Field-Effect Transistor, GAAFET）積體電路設計所需之電子設計自動化 (Electronic Design Automation, EDA) 軟體列入對中國大陸的出口管制清單。這是繼限制中國大陸業者取得 EUV 曝光機以後，另一防堵中國大陸發展半導體先進製程技術與元件的重要措施，使中國大陸業者從電路設計的源頭就失去開發先進製程運算晶片的核心工具。

### 3. 進一步限制高階製程設備、先進運算晶片與超級電腦

2022 年 10 月，BIS 再次宣布包含製程設備、先進運算晶片以及超級電腦等新的出口管制項目。在製程設備方面，限制 14/16 奈米以下邏輯晶片製造設備、18 奈米以下 DRAM 製造設備，以及 128 層以上 Flash 記憶體製造設備售予中國大陸。先進運算晶片與超級電腦方面，則限制運算效能達 4,800 TOPS<sup>1</sup> 以上，且訊號連接傳輸頻寬達 600GB/s 以上的晶片，以及在 41,600 立方英尺以下體積內執行雙精度運算效能大於 100 petaFLOPS<sup>2</sup> 的超級電腦售予中國大陸。透過這些管制，美國進一步限制中國大陸在高階晶片製程量產規模的發展，以及高階運算能量的建立。

### 4. 記憶體大廠長江存儲被納入實體清單

2022 年 12 月，在市場傳出中國大陸記憶體領導大廠長江存儲已具備 232 層 NAND Flash 記憶體量產能力之後，美國於 12 月 15 日宣布將長江存儲列入實體清單，也使長江存儲的半導體設備及其零組件採購落入美國商務部的監管範圍，對於其 128 層以上、甚至 232 層 NAND Flash 記憶體的量產增添重重阻力，恐迫使長江存儲轉向 128 層以下成熟製程的 NAND Flash 記憶體生產。此項管制明顯阻滯中國大陸在高階記憶體晶片的發展。

## （三）中國大陸對美國半導體管制的因應

---

<sup>1</sup> TOPS = Trillion Operations Per Second，每秒兆次運算

<sup>2</sup> petaFLOPS = 10<sup>15</sup> Floating-point Operations Per Second，每秒 1,000 兆次浮點數運算

早在 2010 年代初期，中國大陸即體認到半導體晶片技術的重要性，2014 年就啟動正式名稱為「國家積體電路產業投資基金」的「大基金」一期，籌集國家與民間資金，投資其國內半導體技術與供應鏈的發展，同時在「中國製造 2025」的政策綱領中，更提出 2025 年希望晶片自製率達到 70% 的遠大目標。

### **1. 「大基金」二期支持成熟製程擴產**

2019 年，「大基金」一期結束，在 IC 設計、IC 製造、IC 封測以及半導體材料與製程設備產業推動上均展現明顯的效益，而面對半導體晶片與技術受到美國出口管制「卡脖子」的情況，「大基金」二期繼續展開，以高達 2,041.5 億人民幣的雄厚資金，重點聚焦 5G、AI 晶片設計，記憶體、先進製程、碳化矽/氮化鎵等所謂「第三代半導體」製造，以及半導體材料設備開發等領域。2021 年 11 月，「大基金」二期宣布以 5.3 億美元投資中芯國際，支持其成熟製程擴產，明顯是對美國在先進製程晶片出口管制方面做出的因應。

### **2. 「十四五」規劃以內循環支持在地化自主供應鏈發展**

中國大陸政府在其「中華人民共和國國民經濟和社會發展第十四個五年規劃和 2035 年遠景目標綱要」（簡稱「十四五」規劃）中也提出數個與半導體產業攸關的重點發展策略，包含以內循環（國內市場需求）支持產業發展、配合內循環發展在地化自主供應鏈，以及加強 5G、半導體晶片與材料等自主科技研發；其中，在半導體方面，「十四五」規劃特別針對新興的「第三代半導體」，投入 10 兆人民幣支持相關科研與產業發展，目標是在矽半導體以外另闢戰場，及早投入掌握優勢。

### **3. 自主半導體供應鏈的發展成果**

在「大基金」二期、「十四五」規劃支持下，中國大陸半導體產業近期快速發展。以 IC 設計產業為例，企業數從 2018 年的 1,698 家成長到 2021 年的 2,280 家；晶圓代工產業方面，以中芯國際為首，各主要晶圓代工業者紛紛投入擴產，相較於 2021 年，2022-2023 年之產能平均增長幅度達到 30%，持續增長的產能為中國大陸的內需應用市場提供支持；製程設

備方面，北方華創等半導體設備業者積極開發，在 28 奈米、40 奈米成熟製程領域陸續取得成果，而中微半導體的電漿蝕刻設備更已打進一線代工廠的先進製程；封測方面，長電科技為首的封測業者近期也積極開發先進封裝技術，透過多晶片封裝提升晶片效能。上述這些發展都代表了中國大陸半導體供應鏈在美國半導體管制之下，致力於自主化的成果。

### **(三) 結語**

在全球科技產業話語權的競爭中，美國藉由出口管制防堵中國大陸取得先進半導體技術與晶片，透過不斷收緊的層層管制，確實達成遲滯中國大陸半導體技術與產業發展的目的，也促使中方更積極投入半導體自主技術與供應鏈的發展，但被迫聚焦於成熟製程發展。

在「大基金」二期、「十四五」規劃等國家引導資源的挹注，廣大的內需市場支持下，中國大陸的 IC 設計、IC 製造、IC 封測，以及半導體材料與設備產業，將持續地成長並朝向供應鏈自主化邁進，並讓中國大陸的半導體產業在成熟製程的競爭力不斷提升，或在 3 至 5 年後成為國際 IDM 大廠與臺灣廠商強力的競爭對手。