



接軌國際 實現自主量測

# 質量新定義 且看矽晶球

50微克 ( $\mu\text{g}$ ) 有多重？一片蚊子翅膀？還是一粒沙？看似微乎其微，若換成是放射性物質或是用在晶圓奈米製程，50微克可能攸關性命，也會影響良率。世界質量標準的「國際公斤原器」近年發現可能潛藏著數十微克的質量不穩定度，也促使「公斤」這個七大基本單位中唯一一個人為物標準，加速退場。



工研院以矽晶球法實現公斤新定義，由德國聯邦物理技術研究院製作的矽晶球，日前正式送抵台灣。圖左至右為經濟部標檢局副局長陳玲慧、局長劉明忠、德國聯邦物理技術研究院院長Joachim H. Ullrich、工研院院長劉文雄、工研院量測技術發展中心主任林增耀及德國聯邦物理技術研究院所長Frank Hartig。

撰文／范賢娟

2018年物理學界的大事之一，要屬國際度量衡大會（CGPM）將以普朗克常數定義公斤，肩負質量標竿任務達百餘年的「鉑鈱公斤原器」可望功成身退。為接軌國際新標準與產業需求，我國採用「X射線晶體密度法（XRCD Method）」來實現公斤新定義，領先全球引進德國聯邦物理技術研究院（Physikalisch Technische

Bundesanstalt；PTB）所製造的矽晶球，未來透過工研院領先亞洲的矽晶球表層質量量測技術，即可自行校正，再也不用將公斤原器千里迢迢送至巴黎。

工研院院長劉文雄表示，過去30多年，工研院以量測標準能量維繫國家計量技術主權與最高計量標準，滿足我國在科技、產業、民生及安全的量測儀器追溯校正需求，隨著國際單位重新定義，工研

院也持續精進，確保國家最高量測標準及自主追溯，透過精準量測作為產業轉型後盾，帶領台灣產業邁向工業4.0的新藍海。

德國聯邦物理技術研究院院長Joachim H. Ullrich也表示，台灣是科技強國，精準量測更是其維持競爭力的後盾。與工研院的合作，象徵台灣在國際單位制（SI）更新之際，展現創新的力量。他說，PTB很榮幸與工研院攜手，協助台灣科技發展、創新、發揮其影響力，讓台灣成為亞洲質量量測標準的一盞明燈。

### 揮別百年公斤原器 改採不變常數

從古到今，重量一直在人類社會扮演重要的角色，近代科學大步向前，對重量／質量的精確度要求更加迫切，否則相關物理量，如壓力、流量等，的誤差就會被放大。

1889年首屆國際度量衡大會召開時，決定以高硬度、高抗氧化性的鉑鈱合金製作公斤與公尺原器，作為國際單位制的質量與長度標準，他處都得透過與原器比較來校正。到了1983年，公尺改以光速重新定義，讓「公尺」的概念離開了實體。也就是說，任何具有一定技術能力的單位，都可以根據定義自主找出精確的公尺。

相較之下，只有質量還要靠著與公斤原器比對，大大降低了各國計量機構的自主能力。

「我國國家度量衡標準實驗室每隔10年，都得將公斤原器都送回位於法國巴黎的國際度量衡局進行比對，」工研院量測技術發展中心標準與精密計量技術發展組組長傅尉恩說，確認後才能傳值到學術與產業界，「整個過程歷時9個月。」

麻煩費時不說，更大的問題是，重重保護下的公斤原器是否能始終維持穩定一致？各國計量機構從1990年代起，就開始尋找替代方法，我國採用的X射線晶體密度法，正是主要方案

之一。此法可將公斤新定義，透過精確矽原子計數連結到基本物理常數——普朗克常數上，主要為德國、日本與義大利所採用。

### 掌握表面量測技術 維繫我國計量主權

工研院量測中心力學與醫學計量研究室主任陳生瑞解釋，X射線晶體密度法透過製作高純度矽晶球，計數球內矽原子數與每顆矽原子的平均質量，求得矽晶球質量。這顆精密製作的矽晶球，是99.99%由矽28原子所組成的完美球體，晶格缺陷比例相當低，因而能確保質量精確一致。

「唯一需要定期量測的是球體表層氧化物質量，」陳生瑞說，矽晶球表層會產生氧化物與碳污染等。為達自主校正，工研院已開始建置「整合式X光螢光與光電子頻譜表層質量量測系統」，是全球第二個、亞洲第一個有此量測系統的國家，「不只為台灣高科技產業，在精度、誤差及良率上提供品質與追溯的保證，還可服務亞洲其他國家，」陳生瑞說。

### 鉑鈱公斤原器 最快2020年退役

公斤重新定義後，鉑鈱公斤原器暫時還不會退場，最快要到2020年才能除役。按照國際度量衡委員會（CIPM）的規劃，2020年起，先由有能力實現新定義公斤的國家計量機構（NMI），包括我國的國家度量衡標準實驗室，將各自實現的公斤進行比對實驗，並決定公斤的共識值，作為後續國際公斤標準。等到多國計量機構都有能力獨立實現公斤的定義，且結果相互一致，才停用公斤共識值。

質量的微量飄移，固然對日常生活影響不大，但對於高科技尖端精密產業卻有關鍵影響。隨著工業4.0、人工智慧、半導體先進製程、生技醫療技術的快速進展，與國際接軌的精準量測，將有助於我國高科技產業發展，鞏固產業在國際市場的優勢。■



這類實現公斤新定義的矽晶球，為直徑93.7mm、矽28純度超過99.99%的完美球體。