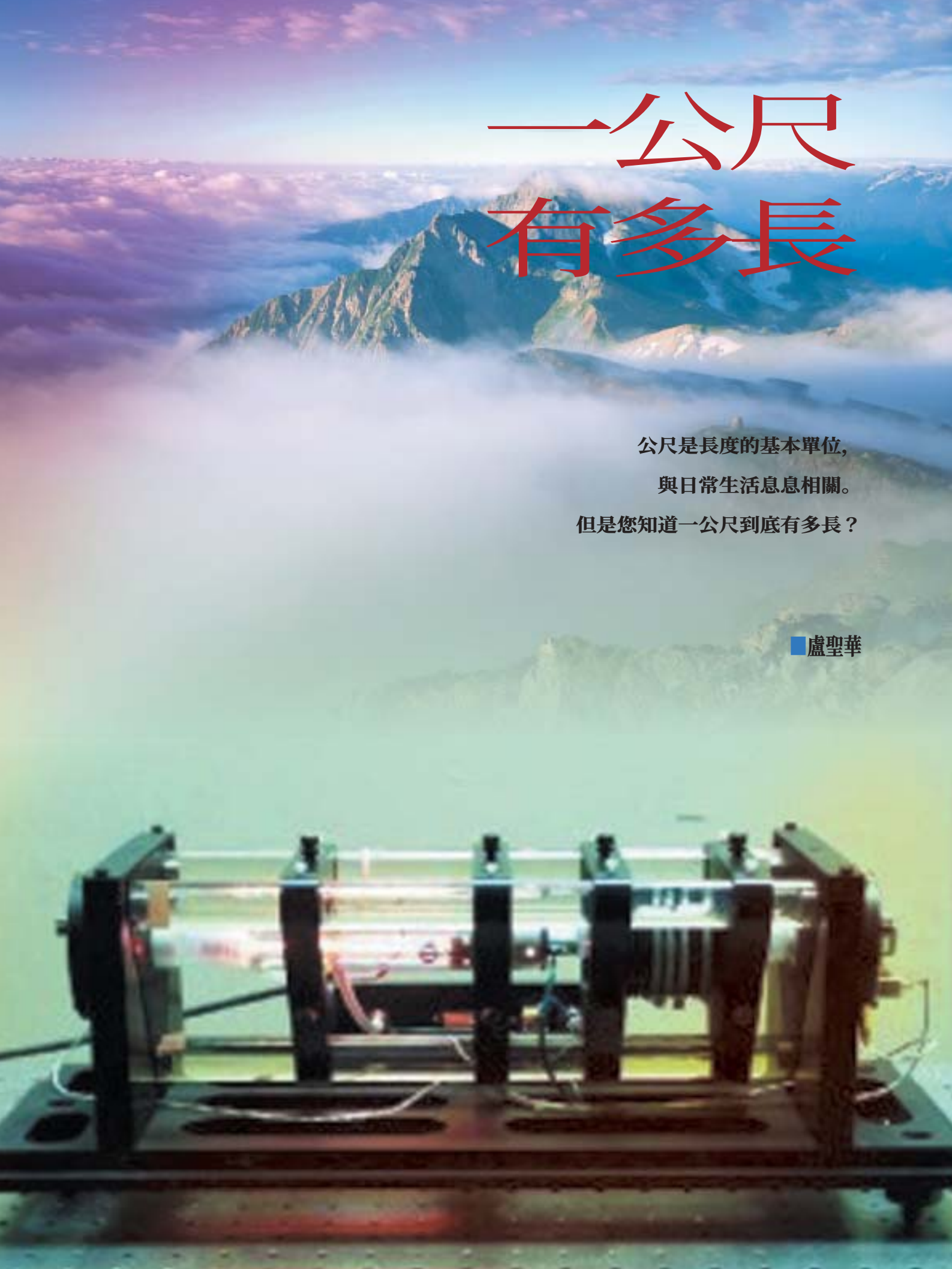
一公尺有多長

公尺是長度的基本單位,
與日常生活息息相關。
但是您知道一公尺到底有多長？

■盧聖華



一公尺有多長

公尺（meter）是由巴黎科學院（Paris Academy of Sciences）於1791年所制定的，當時的定義是「通過巴黎的子午線，從北極到赤道的長度的千萬分之一是一公尺」。為實現這個定義，一群大地測量家花了6年的時間，測量從敦克爾克（Dunkirk）到巴塞隆納（Barcelona）之間的距離，並把這個定義做成了長度是1公尺的白金棒。但由於測量誤差，這個公尺原器有0.2公釐的誤差。

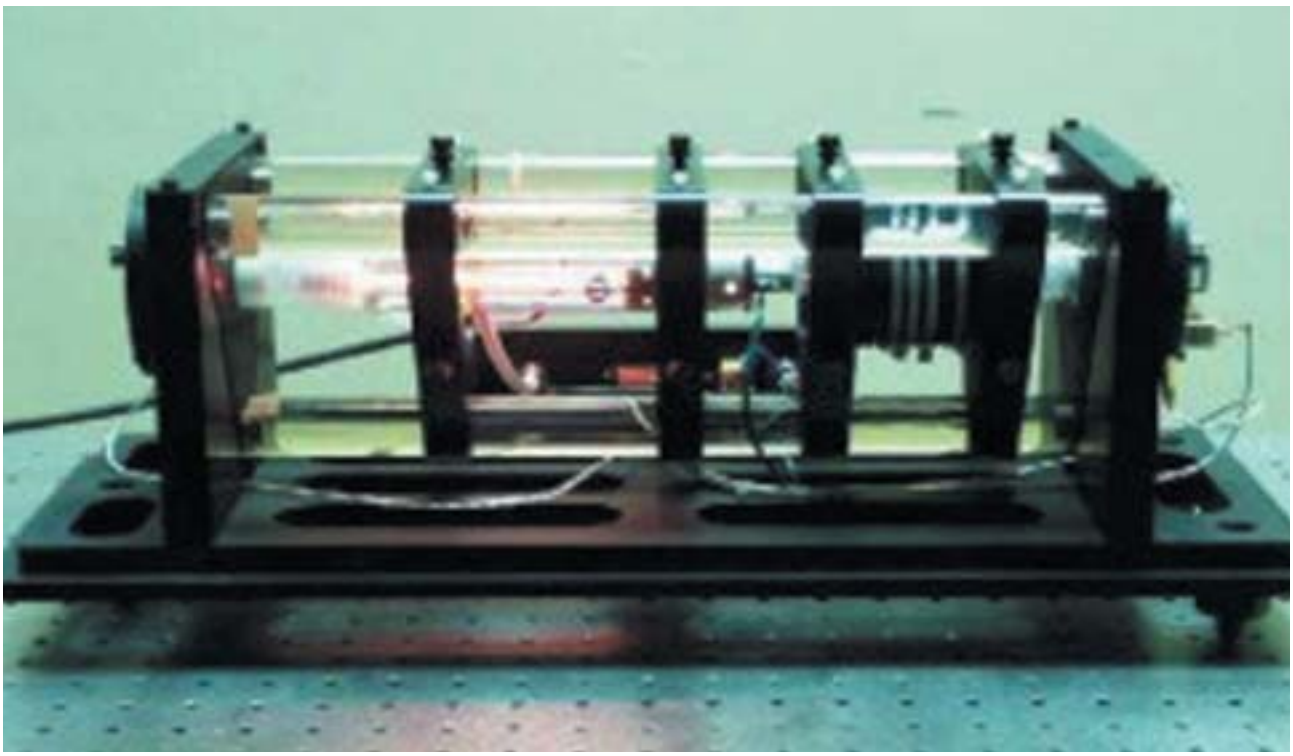
經過許多年，公尺制度漸漸被世界各國所接受，有20個國家於1875年簽訂公約，並成立國際度量衡局負責相關的業務。1889年國際度量衡局改良第一代公尺原器的設計，製作了30支截面是X形的鉑銥合金棒，分贈給各會員國，來統一及推廣公尺的定義。並於1927年，把保存在國際度量衡局內的改良型公尺原器，當它在攝氏0度時，原器上兩端刻線間的距離，做為國際公尺的定義。

但是用鉑銥合金棒上的刻線來定義公尺，有許多缺點，例如刻線品質和材質穩定性都會影響尺寸的穩定性及重現性，而且一旦毀損後也無法復原。隨著科技的發展，人們希望把長度基本單位建立在更科學、更可靠的基準上，而不再是用某一實體的尺寸做為標準。

1893年邁克爾遜利用鎘的紅光波長及其發明的干涉儀，來量測鉑銥公尺原器的長度，從而激發科學家用光波波長做為長度基準的想法。經過許多科學家對眾多物質的光譜進行有系統的研究後，向國際度量衡局建議3條可能做為長度基準的光波譜線。最後在1960年第11屆國際度量衡大會中，通過以氪-86的輻射光波為長度基準，並定義「公尺等於氪-86原子在$2p_{10}$和$5d_5$能階間躍遷時，輻射光的真空波長的1,650,763.73倍」。

1960年的一個重大科技進展是雷射誕生了，科學家利用其優異的單色性、方向性，以及消除

巴黎科學院在1791年制定「通過巴黎的子午線，從北極到赤道的長度的千萬分之一是一公尺」。



中華民國的長度原級標準── 碘穩頻 633 nm雷射

都卜勒寬度的技術，使其頻率穩定性及重複性比氪-86高了100倍以上。除此之外，光波頻率及光速值的量測技術也有驚人的進展。

經過物理學家及計量學家數十年的研究與驗證，終於在西元1983年的第17屆國際度量衡大會通過了新的公尺定義，「1公尺等於光在真空中1／299,792,458秒之間所行走的距離」。這個定義的特點是把真空中的光速值視為一個不變的物理常數，它的數值是299,792,458 公尺／秒。歷經了上述3次重大的變革，公尺的定義與實現方法已經分開，長度基準不再是某一種規定實體的尺寸或某一特定的輻射波長。因此公尺實現的準確度不再受定義限制，相反地，它會隨著科技進展而不斷地提升。

如何把公尺定義應用到實體的長度量測上？根據國際度量衡局的建議，實現的方法有兩種。第一種是飛行時間法，即量測短脈衝光波行經待測長度時所需的時間，再乘以光速值就可得到長度值。這是屬於長距離量測方式，適用在大地測量及衛星雷射測距。第二種是干涉法，量測方式是用已知波長的光源搭配光干涉技術來量測待測長度，最後長度值等於干涉條紋數乘上波長值。這是屬於短距離量測方式，其準確度非常高，也是各國國家標準實驗室採用的量測方法。

現今的光源有很多種，波長則從可見光到不可見光都有，但一般人並沒有能力量測光波的波長或頻率，因為它需要特殊的技術與設備。有鑑於此，國際度量衡局根據許多科學家的研究結果，建議了12條已知波長的輻射譜線，並清楚地描述其實施方式與工作條件。

中華民國國家度量衡標準實驗室則根據國內需求，建立了3條建議輻射做為長度的原級標準，分別是碘穩頻633 nm雷射、碘穩頻532 nm雷射及鈣穩頻657 nm雷射。如果以碘穩頻633 nm雷射為光源，用光干涉的方式在真空中量1公尺的長度，其不確定度是2.5×10^{-11}公尺。

由於大部分量測系統是在普通的大氣環境下工作，因此在空氣折射率的影響下，即使採用碘穩頻633 nm雷射進行干涉測長實驗，以現在的技術水準，1公尺的量測不確定度最多可達到千萬分之一公尺。這對一般的應用已足夠，但如果要提升量測準確度，就必須在真空下進行實驗或改善空氣折射率的量測技術。

總之，公尺定義經過200年的演進，長度的基準已不再是一個實體，而是一個物理定義，任何人只要依上述的方法，都可產生1公尺的標準。 □

盧聖華
中華民國國家度量衡標準實驗室