

科普學習 Old is New

「計量與綠能探索館」簡介

蔡君漢／財團法人石材暨資源產業研究發展中心研究員

劉中興／標準檢驗局花蓮分局課長

一、緣起

標準檢驗局花蓮分局為活化利用該分局原有展示館資源，自 2020 年起由標準檢驗局統籌，委託花蓮在地法人機構：財團法人石材暨資源中心，重新規劃成立「計量與綠能探索館」，轉型推廣計量及綠能教育。目前已完成建置三大主題區：「度量衡走廊」、「計量單位」、「綠能生活」，尚有「海洋能量」、「生活計量教室」及「碳中和」將陸續設置完成。

一走進探索館的「度量衡走廊」可以看到十個字「規矩定方圓，權衡知輕重」表達了法度的象徵。傳說伏羲持「矩」，女媧持「規」，以規畫圓，以矩畫方，這是古代最重要的測繪工具，比喻萬事萬物中蘊含的法則和標準。天秤的權與衡是估量物體輕重的器具，秤錘代表權，秤桿代表衡[1]，係形容做任何事情都有一定的規則、做法，否則事情無法成功，亦為計量與綠能探索館所要傳達的核心理念。



圖 1 計量與綠能探索館的象徵



圖 2 「度量衡走廊」展覽區

計量與綠能探索館是標準檢驗局為傳達「計量」與「綠能」的基礎教育，給更多的民眾認識並協助偏鄉科普教育深根，因此，標準檢驗局花蓮分局安排場域規劃一系列的計量與綠能的學習內容。在「計量」領域中的 SI 國際單位制是人類社會運行的重要骨幹，從日常生活至尖端科技，幾乎無時無刻不與 SI 國際單位緊緊相連。2019 年國際度量衡大會 (CGPM) 宣布實施國際單位 (SI) 的新定義，堪稱文明發展的重大變革，以迎接量子技術重新定義 SI 的到來。計量與綠能探索館以七個國際單位的轉變過程搭配深入淺出的體驗教具，讓民眾可以深刻的感知計量單位與生活的關聯性。因「綠能」正處於全球能源轉型的關鍵時代，綠色能源將是未來驅動經濟發展的新引擎，透過太陽能、風力能、水利能及地熱能等的介紹說明，體認臺灣能源自主的目標與綠能發展的重要性。

探索館以有趣的方式引導民眾體驗學習,擺脫以往度量衡給人傳統老舊的印象。以活潑創意方式引古鑑今,讓參訪者能以動態體驗方式迅速理解「計量」與「綠能」的基礎科學知識及應用方向。

二、計量與綠能探索館之內容

本篇介紹以建置完成之「度量衡走廊」、「計量單位」、「綠能生活」三大主題區為說明的重點。

(一)、度量衡走廊

「度量衡」是科技與社會發展之基礎,傳統上對「度量衡」的認知,度是指長度,量是指容量,衡則指重量,即所謂的尺斗秤,由於「度量衡」一詞在民眾日常生活使用上已有數千年的歷史,本區以中華文化典故為基礎透過親自體驗度量衡與生活的關係。

1. 度-「布手知尺」

《孔子家語》所述:「布手知尺、布指知寸,舒肘知尋」,意指:拇指同中指一叉相距為一尺;中指節上一橫紋,叫一寸;兩臂伸長,叫一尋[1]。教導參訪者善用身體的手腳作為基礎的量測工具,首先,用手掌的寬度量測箭到靶的距離,再利用雷射測距儀校正,使參訪者明白手掌大小的量測差異。秦代商鞅規定「舉足為跬,倍跬為步」,即單腳邁出一次為「跬 $\chi\wedge\sim$ 」,雙腳相繼邁出為「步」。大家所熟知的「不積跬步,無以至千里」,也是從這裡來的。接著,量出參訪者的平均步長,再請他計算一段距離的步數,便可得知其步行距離,再利用測距輪進行距離的校正,便可知道量測的誤差。透過手與腳的直接體驗更能感受「度」之標準的重要。



圖 3 度-『布手知尺』體驗



圖 4 量-『新莽嘉量』體驗

2. 量-「新莽嘉量」

新莽嘉量為西漢末年王莽即位時（公元九年）所頒發之度量衡標準器，目前收藏於故宮博物院，是現有可考之漢代官制容積標準。一共是五個量體，器中央上為斛、下為斗，左耳為升、右耳上節為合，合下為龠[3]。五個量之間的換算關係為，一斛可容十斗、一斗可容十升、一升可容十合，一合可容二龠，可見當時已有十進位的觀念。本館利用 3D 列印技術，復刻了 1:1 的新莽嘉量與十分之一的縮小版，提供給參訪者體驗新莽嘉量的量測方式與設計的巧思。

3. 衡-「曹沖秤象」

三國時，曹操得到一頭大象，但文武百官都無法秤出大象的重量。曹操七歲的兒子曹沖想到一個方法：把大象放在一艘船上，刻下船的水位，然後讓大象下船，往船裡裝石頭直到水位處，秤出石頭的重量就是大象的重量。這是在小學時大家都了解的故事，本館特地將故事帶到現實環境中，讓參訪者跟著曹沖的步驟估算出大象的重量，透過細心觀察水位的變化才能準確的衡量出石頭的重量，這是很有趣的互動式體驗。



圖 5 衡-「曹沖秤象」體驗

(二)、計量單位

國際單位制以七個基本單位為基礎，由此建立起一系列相互換算關係明確的「一致單位」，是科學發展的基礎。

SI 國際單位制以七個「基本單位」為基礎，米(或稱公尺)、千克(或稱公斤)、秒、安培、克耳文、莫耳、燭光，由此建立起中間這些相互換算關係明確的「導出單位」[4]。全球有 95 % 的國家的度量衡標準採用國際單位制。SI 國際單位起源於 18 世紀的法國，因有感於各國度量衡單位參差不一、需要劃一的重要，於是在 1790 年請法國科學院創立一套萬世不易新制度—米制，這就是公制，也就是國際單位制，最早的雛型。



圖 6 『計量單位』展區



圖 7 SI 國際單位

1. 什麼是「秒」

從宏觀的角度看時間是天文學，從確定日的長短和四季的節氣變化，藉由這些經驗，來定義時間「年」的標度。從微觀的角度來看，秒的地位可以說是標準中的標準，從 1656 年的擺鐘，利用單擺的振盪週期來計算時間，擺長約一米的單擺，擺動一次的時間大約是一秒。接續 1927 年的石英鐘至 1945 年的原子鐘開發，自 1967 年，秒有了新定義使得「計時」進入了原子時間的時代[4]。

2. 什麼是「千克(公斤)」

古代的社會係用多粒穀物或石塊的重量作為基準，類似現代的法碼，如中國用秬黍、西方用小麥衡量。1799 年公斤之標準為水於攝氏 4 °C 時，體積 1,000 cm³ (1 公升)之質量。1889 年將以鉑銱合金製作的國際公斤原器 (International Prototype of the Kilogram, IPK) 的質量定義為公斤，至 2018 年改以量子物理的普朗克常數 (h) 來重新定義公斤，不再以實體人造物做為定義，此至 SI 七個基本單位全數以物理常數加以定義 [4]。動手玩玩槓桿、天秤、法碼與電子秤可以對重量的量測有更深的認識。



圖 8 觀察一年四季太陽變化



圖 9 玩槓桿認識重量

3. 什麼是「米(公尺)」

1795 年法國政府頒布了公制的命令，並設定米(公尺)長度，為「由北極經巴黎至赤道的子午線的千萬分之一」。從 1983 年至今，米(公尺) 的定義為光在真

空中於 299 792 458 分之 1 秒時間間隔內所行經之長度[4]。另外，可透過不同軌道的陡度變化，使參訪者可以觀察加速度的改變。

4. 什麼是「安培」

1831 年，法拉第發現了發電的原理。當「磁鐵」穿過線圈時，其磁力使金屬線中的自由電子流動產生電，這現象稱為「電磁感應」。1 安培定義為 1 秒內流過固定數量個基本電荷之電流量，是在單位時間內通過導線某一截面積的電量[4]。體驗一下雷神索爾的感覺，范德格拉夫起電機通過傳送帶將產生的靜電荷傳送到金屬球表面，使電壓不斷升高。使得自發性釋放能量，產生火花。這也是空氣中的放電現象，例如閃電就是電荷從一片雲躍向地面的放電現象。



圖 10 觀察坡度變化與加速度關係



圖 11 我是雷神索爾

5. 什麼是「克耳文」

$^{\circ}\text{F}$ 與 $^{\circ}\text{C}$ 是生活上比較常用的溫度標示，而 $^{\circ}\text{K}$ (克耳文)是熱力學溫度基本單位。 1°C 溫差 $=1\text{ K}$ 溫差[2]。而絕對零度 0°K 是熱力學的最低溫度，一切原子都停止運作，是僅存於理論的下限值，等於攝氏溫標 -273.15°C [4]。熱平衡是指不同溫度的物體發生熱量的傳遞，熱量由高溫流向低溫，直到相同溫度。我們可以經由液氣相實驗器觀察，透過手溫使液體流動的變化。

6. 什麼是「燭光」

光強度標準，由鯨油蠟燭、火焰燈、碳絲電燈泡、絕對黑體到新燭光的演進[4]。透過手電筒的觀察，我們可以清楚的知道燭光、流明與照度的關係。經由照度計可以知道不同環境下的光源需求，如教室照度標準為 500 勒克斯(lux)。



圖 12 透過手溫使液體流動的變化



圖 13 什麼是『燭光』的展示

7. 什麼是「莫耳」

在日常生活中，為了容易表示數量較多的物體，通常會使用一些特別單位來度量這些物體。例如：兩隻手為一「雙」；鉛筆以 12 支為 1「打」。科學上，微觀世界的一個原子或分子是不容易衡量，但是一莫耳的原子或分子就可以很容易秤量。以 1 莫耳水分子為例，代表含有 6.02×10^{23} 個水分子之物量單位，即為 18 克。



圖 14 帶 1 莫耳回家

(三)、綠能生活 GREEN ENERGY

藉由自然循環產生且不會造成污染的綠色能源。學習將節能減碳的觀念融入日常生活當中，創造綠色的生活環境。

台灣是一個海島國家，因土地資源有限，加上四方為海，有 98 % 依賴進口資源包括煤炭(29 %)、石油(48 %)、天然氣(15 %)及核能(5 %)，作為發電以及運輸工具之燃料。使用再生能源最大的優點就是資源永續利用，可以提高台灣的能源自主率，以 2025 年再生能源發電占比 20 % 為政策目標[5]。



圖 15 『綠能生活』展區



圖 16 水力發電展示

1. 水力發電

水力發電的原理，簡單來說就是將水的位能轉換為動能，水從高水位往低水位流，流經水輪發電機後，使發電機轉動並產生我們所需要的電力。台灣東部地區山高水急，是發展水力發電的良好環境。

2. 地熱發電

地熱發電過程中碳足跡相較於其他能源消耗是非常低的，且利用完的流體可以再次注回地層中以維持地層壓力並再次取熱。台灣地熱資源豐富，熱源條件良好，尤其東部溫泉地區甚具地熱開發潛力。

3. 風力發電

風力能就是將風能藉由風車轉換為機械能。空氣流速越高，動能越大，藉由風扇吹動風機，觀察風速計接受風力的數值，在風速的強弱變化之下，對應著風機產生電力的改變，進而影響電力驅動的變化。



圖 17 史特靈引擎展示地熱發電



圖 18 風力發電展示

4. 機械能發電

能可以轉變為功，功也可以轉變為能。能量是一種作功的能力，體驗機械能轉換為電能，以人力為動力輸出來源，將手搖發電機與電能轉換結合起來，變成綠色能源的發電機。

5. 太陽能光電

太陽能光電是使用太陽光電板來吸收太陽光後，透過太陽光電板中的半導體來產生電力。我們透過儲能方式將電能儲存於電池中以提供四驅車的電力使用。另外，以太陽能板的形式驅動太陽能車的運行，觀察太陽能板接收電力的效率。



圖 19 體驗機械能轉換電能



圖 20 太陽能車驅動

6. 節約能源

展現不同時期的燈具如白熾燈、省電燈泡、LED 燈泡等，觀察不同燈具所顯示不同能耗的表現，由此說明燈具與節能的重要性。同時藉由介紹節能標章，鼓勵民眾使用高能源效率產品，以減少能源消耗[6]。

7. 用電安全

電看不到但與我們生活息息相關，用電時要特別注意一些小細節，養成正確用電習慣，防止意外發生。透過實際的電力使用，觀察各商品的耗能情形，當超過負載時，則會發生跳電的狀況，提醒用電的注意事項，以保障用電安全[6]。



圖 21 燈具節能展示



圖 22 用電安全展示

三、結語與未來展望

計量與綠能探索館成立之初衷，是期望能以計量與綠能兩大面向之「科普教育」方式及「逐步拓展」之型態，來推展計量與綠能探索館之運作。初期目標族群以國中小學生的科普學習為主設計出適合該年齡層學生參訪之主題。後續將會加強環境教育與樂齡學習，以計量與綠能探索館為起點，持續與花蓮地區中小學合作，逐步朝在地化擴散推廣。

後續拓展的展區將納入「生活計量教室」、「海洋能量」及「綠能-碳中和」。「生活計量教室」是以生動活潑方式將生活度量的知識教育納入其中，並配合標準檢驗局商品檢驗及度量衡業務，建置以生活計量為主題的多元體驗教室，加強生活上度量衡的使用與認識，例如：為維護市場交易秩序推廣公平交易的觀念，年節時到零售攤販檢定所使用的磅秤(度量衡器)是否準確；到加油站加油時如何幫消費者把關，確保加油槍不揩油。「海洋能量」則以海洋能源、海洋生物及海洋礦物為主，介紹海洋運動過程生產出來的新能源、海洋生態認識、以及深層海水的礦物利用與發展。「綠能-碳中和」強調再生能源在碳中和過程中學習計量、減量與抵換的觀念。計量與綠能探索館期望透過「度量衡」與「綠能」的科普扎根及環境教育，將計量科學的技術、知識、方法和應用，得以廣泛地推廣，以提供民眾順其自然的學習環境。

四、參考文獻

1. 李開周，109，從奈米到光年：有趣的度量衡簡史，時報文化出版企業股份有限公司。
2. 格瑞姆.唐諾(Graeme Donald)；薛浩然譯，107，我們如何丈量世界?：從生活單位看見科學的趣味，三采文化股份有限公司。
3. 度量衡，經濟部標準檢驗局，取自<https://www.bsmi.gov.tw/wSite/mp?mp=1>
4. SI重新定義，國家度量衡標準實驗室，取自<https://www.nml.org.tw/>
5. 再生能源資訊網，經濟部能源局，取自<https://www.re.org.tw/default.aspx>
6. 用電安全-台灣電力公司兒童網，台灣電力公司，取自<http://kids.taipower.com.tw/>