

變形金夯—— 折疊車體

近年來，政府在各地陸續建置對車友友善的環境，
帶動了國內騎乘折疊車的風潮。
但這項常見的交通工具到底是誰發明的？
而在其百變的折疊方式中又有什麼樣的科學知識？

■ 盧昭蓉

折疊式二輪自行車（以下簡稱折疊車）有便於攜帶的特性，加上歐、美、日等國擁有完整便捷的大眾交通運輸系統，因此在國外以折疊車結合鐵路、公路、船舶、飛機等大眾運輸方式，進行通勤、旅遊、休閒運動的情況相當普遍。近年來，政府除了在全國各地陸續建置深具特色且依山傍水、風景怡人的自行車道外，也大幅改善了各種大眾交通運輸系統的環境，而這些對車友日趨友善的因素也漸漸帶動了國內騎乘折疊車的風潮。

但這項在日常生活中常見的交通工具到底是誰發明的？而其百變的折疊方式中又有什麼樣的科學知識？

打開折疊車的歷史

有關折疊車的起源眾說紛紜，若依照專利文件的記載，可追溯到1894年美國麥可·萊恩所發明的折疊車。他採用車體旋轉折疊的方式來減少全車的長度，以達到方便收納的目的。而在歐洲地區由於戰爭的關係，也有類似的發明。像是1896年法國軍官亨利·薛拉，為因應軍事移防上的需求，也發明了一款折疊車並申請專利。

到了兩次世界大戰期間，折疊車更陸續配置在陸軍坦克車、海軍登陸艇和空軍傘兵上。以空軍傘兵配置的折疊車為例，傘兵在離機跳傘時，須手持折疊車並採取適當姿

如何節能減碳已成為各方努力的重點，折疊車能結合日趨便捷的公眾交通運輸網，以環保又健康的方式解決人們「行」的問題，自行車製造商當然不會錯失商機。

勢，以確保著陸時折疊車可先於傘兵著地。此外，車上還配有槍架可置放步槍，方便士兵在移防騎乘時使用。

但第二次世界大戰過後，就沒有太多的折疊車生產了，加上1950年代起，汽、機車的普遍流行，造成全球自行車產業的衰退。直到英國的艾利斯·莫爾頓製造出16英寸小輪徑自行車，創新採用前後避震器的方式，大大減輕了因路面顛簸所造成騎乘的

不舒適。這種新的想法也開創了1960年代中期發展的小輪徑自行車的榮景，雖非屬折疊車的車款，卻啟發了許多後繼折疊車的設計靈感，再次引發人們對折疊車的興趣。因此從1970年代起，歐洲就有許多國家開始陸續生產折疊車。

到了1980年代，有兩項折疊車歷史的重要事件發生。

一、1981年英國的安德魯·理奇開始生產B牌折疊車。這起源於他所看到的某一款折疊車的造形，並自認能做出比這款折疊車更好的作品，因此就從原來的造景園丁轉業投入折疊車的製作，並生產至今，這款折疊車的銷售成績也十分亮眼。

二、1982年華裔韓德璋博士推出第一台D牌折疊車。他會跨足於折疊車領域和1975年的石油危機有關。因大量使用汽、機車，必會使無法再生的石油供不應求，他認為可以透過使用潔淨無污染又便宜的自行車來解決。但是自行車僅方便用於短途旅程，對長途旅行卻不適用，必須結合其他環保的公眾交通運輸工具，因此韓氏的處方妙法是以便

於攜帶可供短途騎乘的折疊車，搭配長途旅行的公共交通工具，解決過度依賴石油的問題，並達到環保愛地球的目的。

目前這兩種品牌的折疊車仍廣受消費者青睞，尤其是華人創立的D牌折疊車，現今的銷售量更是居折疊車市場的牛耳。由於地球能源有限，如何節能減碳已成為各國努力的重點。折疊車能結合日趨便捷的公眾交通運輸網，以環保又健康的方式解決「行」的問題，自行車製造商當然不會錯失商機，因此目前全球已有超過上百家的公司投入折疊車研發與生產的行列。

能屈能伸的折疊車體

折疊車具有一般自行車的功能，多使用高碳鋼、鋁合金、鉻鉬鋼等材料，而車體結構大多使用單一主桿（俗稱「龍骨」）的方式，較少採用傳統自行車架的上、下管形式。

為了方便收納折疊和便於攜帶，各家折疊車商的研發人員歷經多次電腦模擬和實作，才使折疊車伸縮自如。至於折疊機構應出現在車體的哪個部位、應使用



● 手持折疊車呈跳傘姿勢的傘兵

整台折疊車不僅要考量收納後的體積，更須注意整個車體展開後的強度和騎乘安全，因此設計和製造的難度確實比一般自行車高。

何種的折疊方式、折疊次數應是多少等，這些因素都需要多方考量。整台折疊車不僅要考量收納後的體積，更須注意整個車體展開後的強度和騎乘安全，因此設計和製造的難度確實比一般自行車高。

在解釋折疊車體構造之前，必須先知道「機構」是什麼。「機構」是機械的一部分，是利用機件間各種不同的傳動方式來達到目的，也是一種由機械零件（機件）和「運動對」依特定的運動方式所組構而成的裝置。

以折疊車體為例，為了讓車體方便折疊或開展，車體關鍵的部位大多採用兩兩活動的連結方式，好讓機件彼此之間可以產生相對運動。而這些一組組的機件就稱為「運動對」，每種「運動對」也會因相對運動方式的不同而有不一樣的名稱。在折疊車體中常運用的「運動對」有旋轉對、滑行之對、圓柱對、球面對4種。

首先介紹「旋轉對」，它是指兩個機件有一個共同的中心軸，可以做相對旋轉的動

作，像是剪刀、折疊刀、汽車車門等都屬這一類。「滑行之對」是指兩個機件可以沿固定

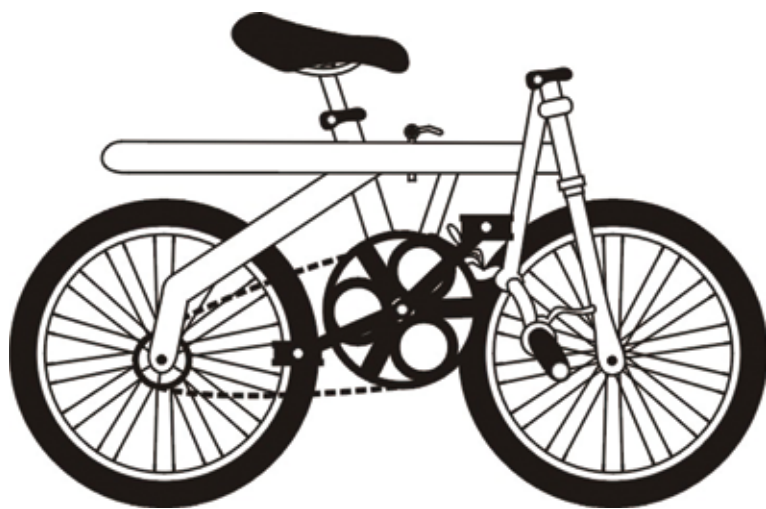
直線的方向做相對滑動，但無法做相對的旋轉運動，例如沿著窗框直線軌道開合的窗戶、



● 一般自行車和折疊車的構造對照



● 伸縮式折疊車全車



● 整車→收縮車身→立管（含手把）下旋→座桿（含座墊）向下旋轉和滑動→完成

電腦按鍵等都是。「圓柱對」則是指圓柱和相鄰的機件可以同時進行滑動和旋轉運動，如手動打氣筒、千斤頂、筆蓋等都是其中的例子。「球面對」是指可以讓兩個相鄰的零件只繞著一個固定點做旋轉運動，日常生活中的例子有機車的后照鏡、電玩搖桿等。

折疊五形大公開

目前市面上銷售的折疊車款式眾多，仔細觀察各車款的設計方式，雖看來各不相同，但仍有相似之處。一般而言，折疊車的車體主桿前上方和立管、手把連結；車體主桿的前下方和前叉、前車輪連結；車體主桿的后上方和座桿、座墊連結，車體主桿的后下方則分別和大齒輪組、踏板及後叉、後車輪連結。而減少車體體積的方式，不外乎縮短前後兩輪的距離、減低座墊和座桿、立管與手把的高度，進而達到折疊的效果。基本上車體的折疊方式可分為5大類型。

伸縮折疊 運用滑行對的原理，使車體以伸縮的方式拉近前後輪的距離，立管和手把採用旋轉對的方式旋轉向下，座桿和座墊則採圓柱對往下收納，使整車

得以集中車身體積，達到折疊的效果。

橫向折疊（水平面）
把車體直接對折是一般人對折

疊車最直覺的反應，這種橫向折疊的概念也是目前市面上最常見的折疊方式。它首先利用旋轉對的原理，把連結於立管



● 已把立管（含把手）下旋的橫向折疊車。



● 整車→立管（含把手）下旋→座桿（含座墊）向下旋轉和滑動→主車架旋轉折疊並把雙輪並行對疊→完成

的手把往下旋轉；再把坐墊連同圓柱形的座桿，向下旋轉並滑動（圓柱對）；最後再利用旋轉的方式把車體沿水平面對折，以拉近前後輪的距離，進而減少車體體積並完成折疊。

縱向折疊（矢狀面） 這種折疊方式通常是使車架的主結構維持不變，再由前輪和後輪的支點處，個別把前輪（連同前叉）和後輪（連同後叉）往車架主結構處的矢狀面（即指車體的直行面，又稱縱切面）方向，分別往上方或下方旋轉折疊；然後把坐墊連同圓柱形的座桿向下旋轉並滑動（圓柱對），再把連結於立管的手把利用旋轉對的原理往下旋轉，使整體車身縮小體積，進而完成收納。

特殊折疊 若車體的折疊方式同時運用了橫向折疊和縱向折疊兩種設計方式，就可以把它歸類為特殊折疊車款。以收納體積小的英國B牌系列車款為例，它的折疊方式是先把後輪（連同後叉）朝車架主結構處，採縱向往下方並朝車架主結構方向旋轉折疊；前輪（連同前叉）則朝車架主結構處，採橫向沿水平面左右旋轉折疊並和後輪齊對；接著把連結於立管的手把，利用旋轉對的原



● 縱向折疊車



● 整車→前輪（連同前叉）往下往後向車架方向旋轉→後輪（連同後叉）往下往前向車架方向旋轉→座桿（含座墊）向下旋轉和滑動→立管（含手把）下旋→完成

理往下旋轉；最後再把坐墊連同圓柱形的座桿往下方旋轉滑動（圓柱對），以完成整車的折疊。

直立折疊 這種類型的折疊

車款可以在前、後雙輪同時著地的情況下，把車體主結構沿著矢狀面的方向收納折疊，不需要使用單手或雙手把車體扶起後才能折疊。以造形結構有別於其他車

款的S牌為例，其呈三角形的車架結構，在收納時須把接近地面的下管前方的卡榫按下鬆開，並把它提起後拿在手中，再把前輪連同前管運用接近手把處的萬向



● 特殊折疊車



● 整車→後輪（連同後叉）往下往前向車架方向旋轉→前輪（連同前叉）由主車架旋轉折疊並把雙輪並行對疊→立管（含手把）下旋→座桿（含座墊）向下旋轉和滑動→完成



● 折疊直立車



● 整車→鬆開下管把它提起放置一旁→前輪（連同前管）向座桿和後輪方向旋轉併攏→下管卡入前管和座桿的間隙→完成

頭裡的球狀結構（球面對），往座桿和後輪方向旋轉併攏，再把下管卡入前管和座桿的間隙中就可完成。

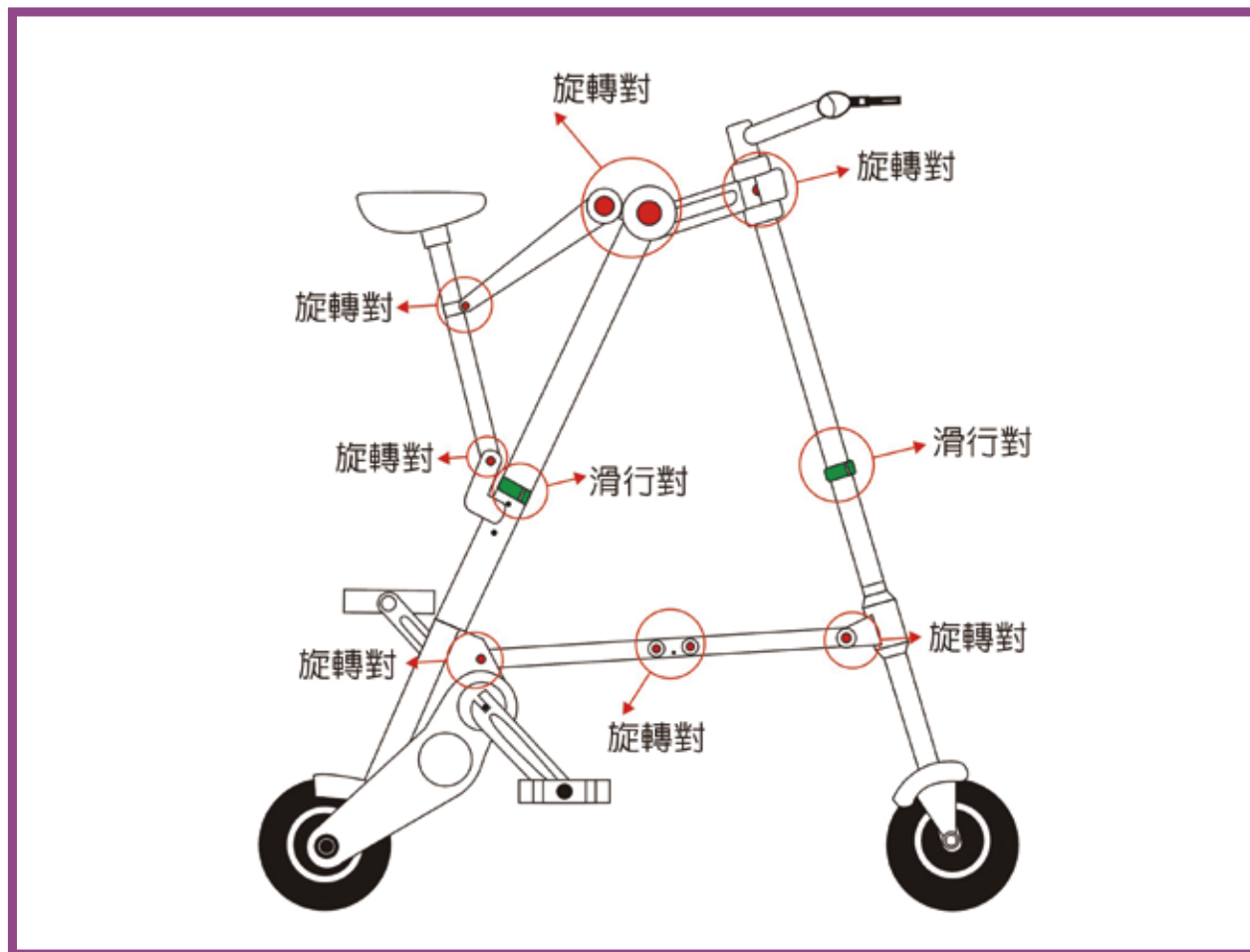
目前收納體積最小的A牌亦採用這種折疊方式，它的外形類似英文字母「A」，收納的方式是採用「旋轉對」與「滑行對」的概念，把連結於雙輪的座桿和前管以「滑行對」縮短長度，並把它旋轉收納。這

類型折疊車的特色在於收納過程十分簡單，不似其他車款繁複。

折疊車還有一項特點，就是廣納各種尺寸大小的車輪輪徑。16英寸以下的輪徑可使收納的體積變得更小，而目前已出現的最小輪徑是6英寸，其次是8英寸和12英寸輪徑。主流的車輪尺寸則是：16英寸、18英寸和20英寸，其中20英寸輪徑

的產品款式更是十分豐富，有多家廠牌公司所生產的折疊車都屬這一類。

綜觀折疊車的發明歷史，可以發現「科技始終來自於人性」。為因應戰爭的移防需求，折疊車在兩次世界大戰期間廣被使用，大量的需求也刺激了當時的生產與發展。後來雖曾因汽、機車的廣泛使用而沒落，但隨著能源逐漸匱乏，



● 目前體積最小的折疊車體

環保意識抬頭，便於攜帶的折疊車再次看到了春天的陽光！

由於折疊車具便於攜帶的特性，適合結合大眾運輸工具的複合式交通形式，不論通勤或旅遊，都可搭配使用，不只有益身體，又可節能減碳！因此折疊車在歐、美、亞洲等地正掀起一片熱潮，折疊車之風正方興未艾呢！

目前折疊車的款式雖百花齊放，但所採用的折疊方式，基本上不外乎伸縮折疊、橫向折疊、縱向折疊、特殊折疊與直立折疊5大種類。這些機構運用了「運動對」的原理，以方便車體的收納和開展。

對折疊車體有基本認識後，不知是否激發了您的好奇心，進而想深入探究呢？聰明的你或許

能從這些前人的智慧結晶中，加以創新運用，發展出另一種嶄新的科技運用於折疊車上，為人類謀福祉！

盧昭蓉

國立科學工藝博物館蒐藏研究組