

第壹章、緒論

第一節、前言

投擲運動在中西方古代是狩獵和軍事上的重要手段，在中國也是一種遊戲。中國古代除了「越高超遠」外，還有「投石擊壤」的記載，《後漢書》曾記載甘延壽能把重十二斤的石塊投到二百步以外。擊壤是一種民間擲木塊的體育遊戲，玩的人先將一壤放在地上，後走至三、四十步外，用另一壤擊之，擊準者為勝。《藝經》記載：「擊壤，古戲也」。「堯時有老人擊壤而歌。」「長尺四，闊三寸，將戲，先側一壤於地，遙於四十步，以手中壤擊之，中者為上，古野老戲也」。《帝王世紀》記載：「帝堯之世，天下太和，百姓無事，有八九十老人擊壤而歌」（吳文忠，1957）。

鉛球投擲相傳為 Celt 人（Aryan 族的一支）所發明，1860 年在蘇格蘭出現類似現代鉛球投擲的規則，當時是在一條線後，可採用原地或各種形式的助跑投擲。其後改在一個四方形的場地內進行投擲，傳到美國後，才開始在圓圈場地內進行投擲。自第一屆奧林匹克運動會（1896 年）開始，鉛球投擲即列為正式比賽項目之一，在第五屆奧林匹克運動會（1912 年），除單手鉛球投擲外，並有雙手鉛球投擲，但自第七屆（1920 年）起又行取消（吳文忠，1957）。

據史料記載，鉛球投擲是由投擲石塊及投擲砲彈的遊戲演變而成的。古希臘奧林匹克運動會，其鉛球為石頭做的，具備身高、體重、力氣大的

選手才能在比賽中得勝。現代男子比賽標準鉛球的重量即是根據砲彈的重量 16 磅而來的，現在的鉛球重量為 7.26 公斤，是 1978 年國際業餘田徑協會所制定的。

1896 年希臘雅典舉行的第一屆奧林匹克運動會上美國運動員 R.S.Garrett 以 11.22 公尺的成績獲得冠軍。四年後，又一美國選手 R.Snelddn 以 14.10 公尺的成績獲得第二屆奧林匹克運動會鉛球比賽冠軍。1912 年在瑞典的斯德哥爾摩舉行的第五屆奧林匹克運動會上，除傳統的鉛球投擲比賽外，又增加了一項用左、右手投擲鉛球的比賽，即將左、右手分別投擲的成績相加後決定名次。美國運動員 Ralph Rose 獲左、右手投擲比賽的冠軍，成績是 27.70 公尺，同時他還獲得單手投擲的亞軍，成績是 15.25 公尺，另一美國運動員 P.J.Mc Donald 僅以 9 公分的優勢戰勝 Ralph Rose 獲得單手投擲的冠軍。(Palm，1991；周鶴鳴、陳在頤，1986；許樹淵，1992)

第二節、鉛球投擲運動的技術發展

鉛球投擲技術經過百年來的發展，經歷了多次的變革，其技術演進順序為：(一) 側向跳步式鉛球投擲→(二) 側向滑步式鉛球投擲→(三) 背向滑步式鉛球投擲→(四) 旋轉式鉛球投擲。

(一) 1909 年，美國選手 Ralph Rose 以側向跳步的方式(見圖 1-1)來為鉛球加速，他以此方法推擲的成績為 51 呎(約 15.54 公尺)，被國際

田徑協會批准為第一個世界紀錄，並且保持世界紀錄 19 年之久。Ralph Rose 還是第三屆和第四屆奧林匹克運動會鉛球比賽的冠軍。直至 1928 年才被德國人 E.Hirschfeld 以 15.79 公尺的成績刷新。數月後 E.Hirschfeld 又將這一紀錄提高到 16.04 公尺，成為世界上第一個超過 16 公尺大關的人。



圖 1-1：側向跳步式鉛球投擲技術

(二) 1920 年代，出現以側向滑步的方式投擲鉛球，1924 年奧林匹克運動會冠軍 Bud Houser 即以此方法推擲出 50 呎 1 吋 (約 15.27 公尺) 的成績。側向滑步的技術使得選手移過投擲圈的速度加快，減小了重心起伏，加快了鉛球速度。40 年代末期美國運動員 Fox 進一步改進了側向滑步技術，即滑步前上體充分地向右側傾斜，同時左腿伸向投擲方向，在滑步過程中上體向右後方轉動，形成投擲最後用力前良好的準備用力姿勢，傾斜的上體與伸展的左腿約成一直線，延長了施力於鉛球的工作距離。

1948 年美國人 Charles Fonville 以快速的滑步速度，以 17.62 公尺的成績打破世界紀錄。(見圖 1-2)



圖 1-2 側向滑步式鉛球投擲技術

(三) 1950 年代，鉛球投擲的技術出現了大變革，美國選手 Parry O'Brien 首先採用背向滑步式鉛球投擲的技術(見圖 1-3)，此技術提高了滑步的速度和最後用力肌肉工作的距離，並發揮了轉體的力量，Parry O'Brien 以此獨特的技術，獲得 1952 年、1956 年兩屆奧林匹克運動會的冠軍，而且從 1953 年到 1959 年的 6 年中，他共刷新了 10 次世界紀錄，並把世界紀錄提高到 19.30 公尺，這使鉛球選手認知到速度與工作距離在鉛球中的作用和意義，背向滑步式鉛球投擲的技術一直到現在，都還有許多鉛球選手使用。

在背向滑步技術基礎上美國運動員 A. Feuerbach 依轉動力距原理，加強上體的扭轉幅度，使身體在滑步結束時後，肩髖軸處於充分扭緊狀態。

最大限度地提高了肌肉收縮前的扭轉能力，為增加鉛球投擲初速度創造了有利條件。這種技術的典型特徵是：滑步結束時右腳落地與投擲方向成90度夾角。

80年代，德國運動員 U.Timmerann 在鉛球技術發展進程中也做出了重大貢獻，創造了“短—長步”滑步鉛球投擲技術，分別於 1985 年以 22.62 公尺和 1988 年以 23.06 公尺的成績兩次打破世界紀錄。這種技術比傳統滑步技術縮短了滑動距離，加大了最後用力的兩腳間距，從而加大了軀幹伸展的幅度，有效地增加了最後用力的工作距離及軀幹的力量，這種技術較適合身材高大的運動員使用。



圖 1-3：背向滑步式鉛球投擲技術

（四）旋轉式鉛球投擲技術（見圖 1-4）來自於 1940、50 年代一些具創造性的鏈球、鐵餅投擲選手，如：F. Tootell、O. Chandler， B. Ward、 J. McGrath（USA）、 J. Malek（Czechoslovakia）、 V. Alekseev

(Russia) . . . 等 (Rasmussen, 1998), 他們直覺地認為此種技術可以將鉛球推得更遠, 並且嘗試運用旋轉式鉛球投擲。一直到 1963 年美國選手 John McGrath 以 63 呎 (約 19.20 公尺) 的成績獲得 AAU 比賽的冠軍時, 此旋轉式鉛球投擲技術才漸漸被其他選手使用, 包括在當時使用背向滑步式鉛球投擲技術的優秀選手 Oldfield 也改用旋轉式鉛球投擲技術, 並且投出 75 呎 (約 22.86 公尺) 的驚人成績 (因職業而未被承認為世界紀錄)。蘇聯選手 Alexander Barishnikov 在 1976 年創下 72 呎 2 1/4 吋 (約 22.00 公尺) 的世界紀錄, 並且在該年的奧林匹克運動會獲得銅牌, 他是第一個以旋轉式鉛球投擲技術達到此成就的鉛球選手。自此以後, 旋轉式鉛球投擲技術更快地被其他選手廣泛採用, 包括 Dave Laut (1984 年奧林匹克運動會銅牌)、Greg Trefralis、Augie Wolf . . . 等 (Rasmussen, 1998; Palm, 1991; 周鶴鳴、陳在頤, 1986; 許樹淵, 1992)。現在的鉛球世界紀錄 23.12m, 亦是由 Randy Barnes 於 1990 年使用旋轉式鉛球投擲技術所創下。1985 年世界錦標賽男子鉛球決賽選手有近一半的人使用旋轉鉛球投擲技術, 而且 2000 年奧林匹克運動會男子鉛球項目的前三名選手, 均是使用旋轉式鉛球投擲技術。如今, 旋轉式鉛球投擲技術已成為現在鉛球投擲技術發展的一股趨勢。

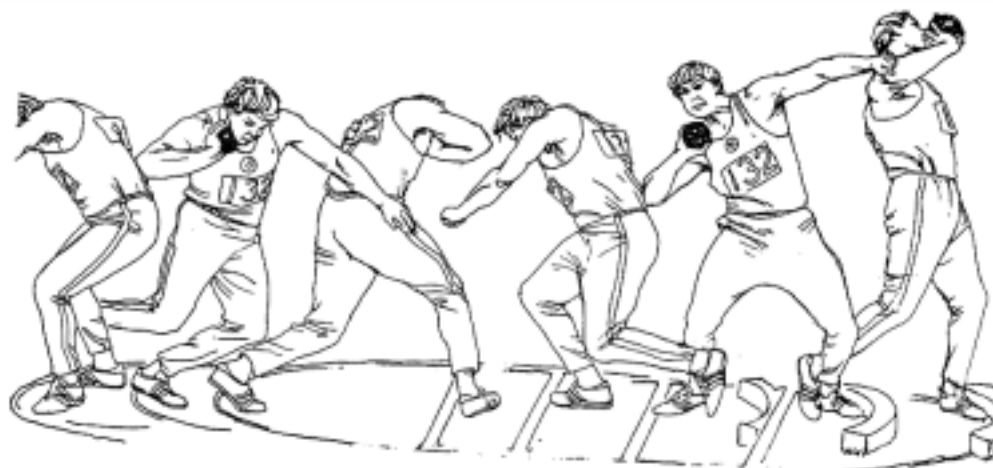


圖 1-4：旋轉式鉛球投擲技術

隨著鉛球技術不斷的發展，對鉛球技術特點的認識也更深入，鉛球不僅是注重絕對力量的力量性項目，它更表現出速度力量的特點，因此，鉛球的訓練除了在力量訓練方面外，還得注重提高鉛球出手初速度的專門性練習，針對專項速度訓練。應把鉛球技術看作一個整體，注意改進和完善加速的節奏，發展動作速度以及重視絕對力量向速度力量的轉化。近百年來鉛球技術的發展過程反映出這樣一個規律，即盡可能加長施力於鉛球上的有效距離，追求更大出手初速度，充分發揮身體的能力。

80 年代以來，運動生物力學的發展，使人們著眼於運動學和動力學角度對鉛球投擲技術進行分析。不僅揭示了鉛球投擲技術的動作結構，同時著重研究各技術環節的速度技術結構，明確了以提高出手初速度為核心，追求運動學各因素的最佳匹配，在技術的細節上充分發揮各自的特長和風格，從動作結構上向著簡單、實用，充分發揮技術的總體效益方向發展。

這些成績的取得是教練及科研人員，不斷探索，勇於創新的結果。在學習藉鑑國外先進技術的同時，應結合自己的特點，認識到鉛球投擲是速度力量型項目，提出以發展力量為基礎，速度為核心的訓練指導觀念，在訓練中逐漸累積經驗。同時科研人員對鉛球投擲技術的生物力學分析研究成果做為訓練過程的調整，技術的分析診斷，運動員的機能狀態的評定等提供了定量參數。對進一步認識和研究鉛球技術及訓練規則，促進鉛球投擲技術的發展有了良好作用。

第三節、問題背景

旋轉式鉛球投擲技術出現於 70 年代，在歐美一些國家相當普遍，尤其是在美國，在世界性的大型田徑比賽中，有一半以上的男性鉛球選手採用旋轉式鉛球投擲技術，2000 年雪梨奧運鉛球項目前三名的選手均是採用旋轉式鉛球投擲技術。雖然，此技術不如福斯貝利式的跳高技術很快地流行於全世界，但是目前許多頂尖的男性鉛球選手均採用旋轉式鉛球投擲技術，旋轉式鉛球投擲技術已是鉛球投擲技術發展的趨勢。

我國男性鉛球選手大多採用背向滑步式鉛球投擲技術，在 2001 年的全國運動會的鉛球決賽中僅有三人採用旋轉式鉛球投擲技術，我國旋轉式鉛球投擲技術的發展尚在起步階段，但使用旋轉式鉛球投擲技術的選手已有不錯的成績，如：2001 年的全國運動會及 2002 年的全國中等學校運動會的鉛球項目冠軍均是採用旋轉式鉛球投擲技術。然而，我國的鉛球項目

成績（我國記錄 18.02 公尺）和世界級選手（世界記錄 23.12 公尺）相較之下仍有一段相當大的差距（近來全國前八名平均約 16~17 公尺；世界級前八名平均約 21~22 公尺）。

我國旋轉式鉛球投擲技術的發展為何如此遲緩？我國的鉛球項目成績和世界級選手之間的差距為何這麼大？旋轉式鉛球投擲技術與背向滑步式鉛球投擲技術之間的差異到底為何？均需要進一步去探討，因此，希望藉此研究找出各參數之差異與比較，來提供許多相關的訊息給予教練和選手在鉛球投擲技術訓練與學習上之參考。

第四節、研究目的

本研究的目的是：

（一）分析國內採用旋轉式鉛球投擲技術與背向滑步式鉛球投擲技術之優秀鉛球選手運動學參數，比較其差異。

（二）與一些採用旋轉式鉛球投擲技術與背向滑步式鉛球投擲技術的世界級選手之運動學參數互相比較。

比較之運動學參數如下：

1. 出手速度
2. 出手角度
3. 出手高度
4. 跨步／滑步階段之步幅

5. 傳遞階段之步幅
6. 鉛球速度
7. 鉛球高度
8. 鉛球運行路徑長度
9. 身體重心速度
10. 身體重心高度
11. 腕、膝角度
12. 肩—腕軸角度差
13. 身體、手、腳之角動量
14. 身體、手、腳之轉矩

第五節、研究範圍

本研究以國內優秀男性鉛球選手為受試者（基本資料見表 3-1），利用二部高速數位攝影機，記錄其在練習時之鉛球投擲動作，並進行 3D 處理分析。

第六節、研究限制

本實驗所拍攝之投擲動作為選手在練習期間所做出，與在實際比賽時的投擲動作及心理、生理狀態有差異存在，以及選手先天之個別差異，此一部分在本研究中將不予以討論。

第七節、名詞操作性定義

1. 投擲距離 (distance) — d_{official} ，鉛球推擲出後落地點到投擲圈前緣抵趾板的距離。
2. 投擲臂 (release arm) — 推擲出鉛球的手臂，在此均以右手臂投擲者為實驗對象。
3. 出手速度 (release velocity) — V_{release} ，鉛球推出離手瞬間，鉛球沿投擲方向的速度。
4. 出手角度 (release angle) — θ_{release} ，鉛球推出離手瞬間，鉛球沿投擲方向與水平方向之間的夾角。
5. 出手高度 (release height) — h_{release} ，鉛球推出離手瞬間，鉛球到地面之間的高度。
6. 角度 (hip angle) — θ_{hip} ，肩、
、膝所成之夾角。
7. 膝角度 (knee angle) — θ_{knee} ，
、膝、踝所成之夾角。
8. 踝角度 (ankle angle) — θ_{ankle} ，膝、踝、腳趾尖所成之夾角。
9. 預備階段 (preparation phase) — 鉛球選手以左手臂、肩膀、軀幹來擺動，整個身體的重心在雙腳之間由左側到右側轉移。
10. 過渡階段 (transition phase) — 鉛球選手以右腳為施力點，將重心向左腳推送，直到右腳離地。

11. 左腳單支撐階段 (left foot single support phase) — 此時單一左腳支撐，鉛球選手以左腳為軸，並且用左腳用力蹬伸，向逆時鐘方向旋轉，直到左腳離地。
12. 騰空階段 (flight phase) — 飛程，此時鉛球選手的雙腳皆離開地面。
13. 右腳單支撐階段 (right foot single support phase) — 此時單一右腳支撐，鉛球選手右腳著地，並以右腳為軸，向逆時鐘方向旋轉。
14. 雙腳支撐階段 (double support phase) — 此時雙腳支撐，鉛球選手左腳著地後，雙腳皆著地，並且用力蹬伸，以及身體扭轉。
15. 投擲階段 (release phase) — 投擲時，鉛球選手右腳先離地，接著左腳支撐蹬伸後離地，直到鉛球推出離手。
16. 最後用力階段 (thrusting phase) — 最後用力，鉛球選手左腳著地 (雙腳支撐階段)，直到鉛球推出離手 (投擲階段)。
17. 跨步階段／滑步階段 (stride phase or glide phase) — 跨步／滑步，旋轉式為右腳抬起離地到右腳著地；背向滑步式為右腳滑動離地到右腳著地。
18. 傳遞階段 (deliver phase) — 傳遞，騰空後，右腳著地到左腳著地。
19. 跨步步幅／滑步步幅 (stride length or glide length) — 騰空時所飛行的距離。旋轉式為右腳抬起離地到右腳著地的距離；背向滑步式為右腳滑動離地到右腳著地的距離。

20. 傳遞步幅 (deliver length) — 騰空後，右腳著地到左腳著地的距離。
21. 右腳離地瞬間 (right foot up) — 過渡階段結束，右腳離地的瞬間。
22. 左腳離地瞬間 (left foot up) — 左腳單支撐階段結束，即單一左腳支撐結束，左腳離地的瞬間。
23. 右腳著地瞬間 (right foot down) — 騰空階段結束，右腳著地的瞬間。
24. 左腳著地瞬間 (left foot down) — 右腳單支撐階段結束，左腳著地的瞬間。
25. 右腳抬起瞬間 (right foot lift) — 雙腳支撐階段結束，右腳離地的瞬間。
26. 鉛球離手瞬間 (shot put out) — 投擲階段結束，鉛球推出離手的瞬間。
27. 鉛球運行路徑 (shot put path length) — 滑步或旋轉開始時，即右腳離地時，鉛球所在的位置，到鉛球離手這一段鉛球運行的距離。

在此研究中，以右腳及左腳分別有六次的離地和著地為動作要點，將旋轉式鉛球投擲動作分為五個期 (圖 1-6)。六個動作要點及五個分期為一 (張立群、洪得明，1993；羅俊欽、黃長福，1998；Dessureault，1978；Hay，1993；Tsirakos 和 Bartlett 和 Killias，1995；)

六個動作要點	
1	右腳第一次離地。
2	左腳離地。
3	右腳著地。
4	左腳著地。
5	右腳第二次離地。
6	鉛球離手。

五個分期	
1	左腳第一次支撐期。
2	飛程期。
3	右腳支撐期。
4	雙腳支撐期。
5	左腳第二次支撐期。

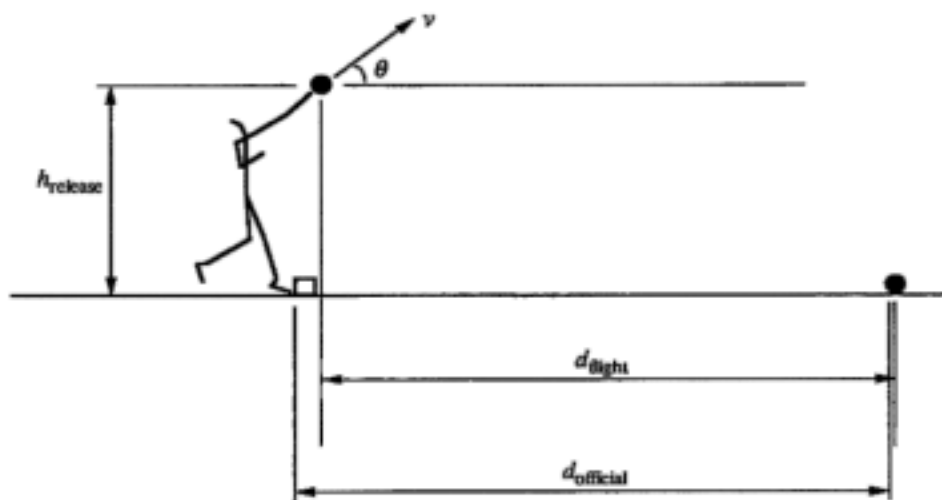


圖 1-5：投擲距離 d_{official} 、出手速度 V 、出手角度 θ 、出手高度 h_{release} 示意圖

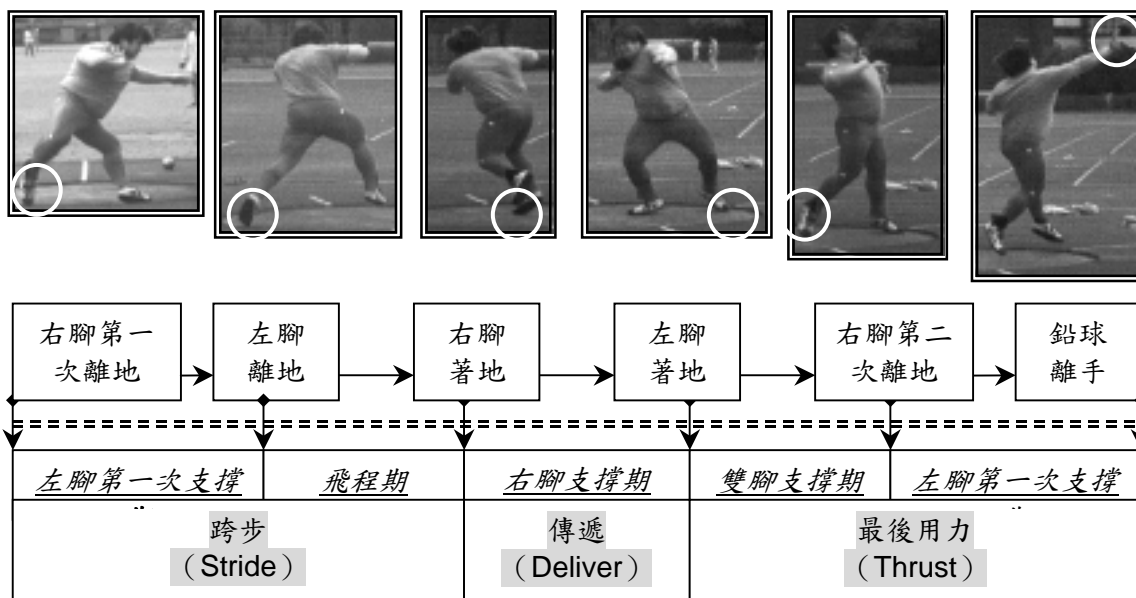


圖 1-6：旋轉式鉛球投擲技術動作要點、分期示意圖

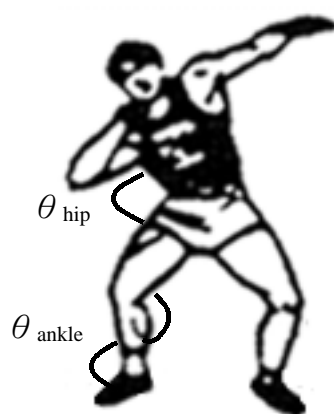


圖 1-7：關節角度示意圖