

第肆章、結果與討論

本研究的結果與討論分為三個部分：一、旋轉式鉛球投擲之參數分析比較。二、背向滑步式鉛球投擲之參數分析比較。三、旋轉式與背向滑步式鉛球投擲參數之比較。

第一節、旋轉式鉛球投擲之參數分析比較

表 4-1：旋轉式出手瞬間的鉛球運動學參數與步幅長度

	投擲距離 (m)	出手速度 (m/s)	出手角度 (度)	出手高度 (m)	跨步長度 (m)	傳遞長度 (m)	出手點-抵趾 板距離(m)
S1	13.00	10.52	36.53	1.89	1.05	0.70	0.11
S2	15.42	12.05	30.09	1.97	1.05	0.76	0.31
CH*	20.41	13.21	35.88	2.13	--	--	--
MH*	20.48	13.19	37.69	2.22	--	--	--
F6	18.82	12.47	38.26	2.12	--	--	--
F7	20.26	13.19	37.74	2.11	--	--	--

*CH、MH 是 Luhtanen (1997)所研究之世界級旋轉式鉛球投擲選手 2 人。

*F6、F7 是 Luhtanen (1997、1997)所研究之世界級旋轉式鉛球投擲選手同 1 人。

表 4-1 所列是：出手瞬間的鉛球運動學參數與步幅長度。鉛球選手的身高、身體的垂直位置、投擲臂長度和投擲臂角度等因素，影響他們之間出手高度的差異，出手高度在三個影響投擲距離的關鍵因素中，是影響最小的一個因素 (Hay, 1993 ; Luhtanen 等人, 1997)。由於鉛球選手個別差異，因此他們都有其自己的特定出手角度。Linthorne (2001) 指出每個鉛球選手的力量不同，所以他們會調整他們的出手角度以獲得最大的出手速度。優秀的鉛球選手會選擇最適當的出手角度以增加出手速度，而且

他們會保持出手角度在合理的範圍內 (Maheras, 1998)。在本研究中，S2 的出手角度只有 30.09 度，比世界級鉛球投擲選手的出手角度（約 37 度左右）小的許多。S1 和 S2 的出手速度均小於世界級鉛球投擲選手，此結果為國內選手投擲成績小於世界級鉛球投擲選手的最主要原因。S1 和 S2 的跨步長度、傳遞長度沒有很大的差異，和 Bartonietz (1994) 所指出的旋轉式投擲的步幅是“長—短” 分配相符合。

出手點—抵趾板距離 S2 比 S1 多出約 20 公分，或許和 S2 的出手角度以及其手臂長度有關，出手點超出抵趾板越多越有利投擲距離的增加是肯定的。因為鉛球成績的距離由三段構成，一是出手點與抵趾板之水平距離；二是鉛球等高點之拋物線距離；三是鉛球等高點至鉛球落地之水平距離 (Cureton, 1935 ; Hay, 1993)。

表 4-2：旋轉式在各動作要點上的鉛球與身體重心速度

		右腳第一次離地	左腳離地	右腳著地	左腳著地	右腳第二次離地	鉛球離手
	S1	1.59	1.56	1.24	1.80	7.60	10.52
	S2	1.86	1.52	1.23	1.63	8.11	12.05
鉛球速度 (m/s)	CH	2.26	1.74	1.21	2.71	--	13.21
	MH	2.39	2.42	1.75	2.24	--	13.19
	F6	2.75	2.48	1.02	2.88	--	12.47
	F7	2.33	2.37	1.54	2.44	--	13.19
身體重心 速度(m/s)	S1	0.73	2.28	1.99	1.66	1.88	1.23
	S2	0.55	2.37	2.25	1.84	1.90	1.30

表 4-2 所列是：在各動作要點上的鉛球、人體參數。在右腳第一次離地，S1 和 S2 的鉛球速度比世界級選手低許多，顯然地，S1 和 S2 並沒有從開始的準備動作為鉛球加速。藉由審視其投擲影片，我們發現 S1 和 S2 沒有扭轉他們的上半身到右側，也就是說他們沒有預先伸展其上半身以及在準備動作中預先為鉛球加速。Luhtanen 等人（1997）指出在準備動作中較高的鉛球速度對提高出手速度有相當大的幫助，所以，S1 和 S2 須在右腳第一次離地之前增加鉛球的速度。另外，在左腳著地和鉛球離手，S1 和 S2 的鉛球速度也比世界級選手小。由圖 4-1 可看出，S2 在一開始就能獲得較 S1 大的鉛球速度，而且在中間的傳遞階段，S2 的鉛球最大速度也比 S1 大，此外，在最後的用力投擲，S2 對鉛球的加速較 S1 大。

此外，S1 的重心速度除了在右腳第一次離地比 S2 較大外，S2 在其他各動作要點均能維持比 S1 較大的重心速度。

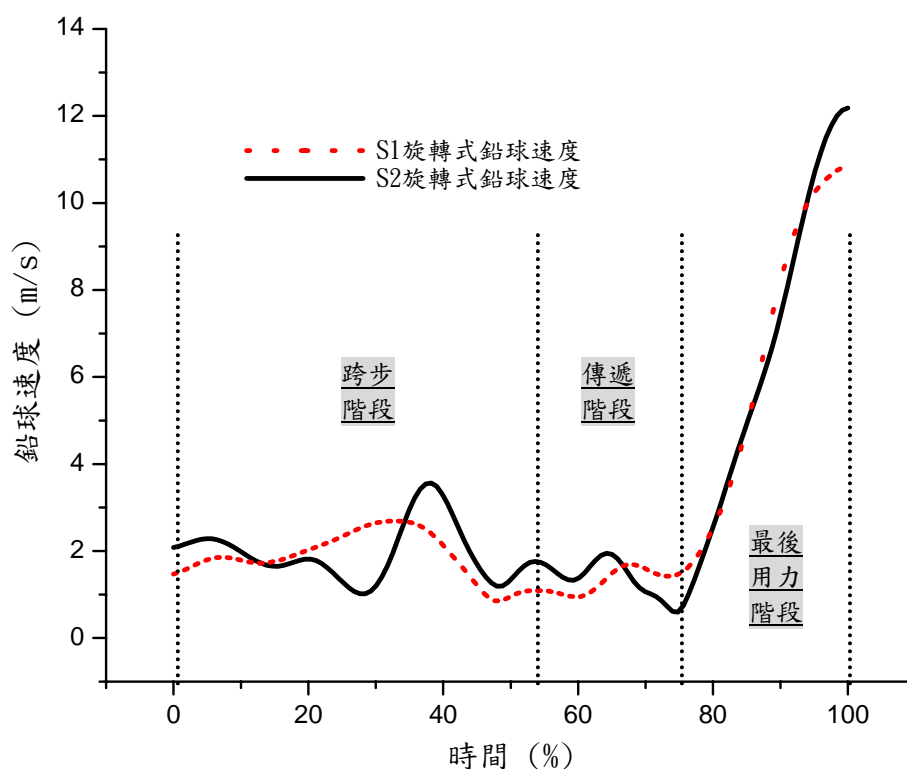


圖 4-1：S1、S2 旋轉式鉛球速度—時間比較
(標準化時間為百分比%：0 %為右腳離地；100 %為鉛球離手)

表 4-3：旋轉式在各動作要點上的肩—髖角度

	右腳第一次離地	左腳離地	右腳著地	左腳著地	右腳第二次離地	鉛球離手
肩—髖角度 S1	-1.4	13.6	38.8	32.7	-6.9	-29.6
(度) S2	-3.0	29.6	46.0	34.7	-14.2	-39.0

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。

在右腳著地之後， 部應該用力帶動下半身旋轉，使左腳盡快著地，在此動作中，軀幹是扭轉的，以伸展肌肉群。肩軸和髖軸之間的角度差表示軀幹的扭轉狀態（負值表示肩軸的旋轉越過髖軸的旋轉）。

表 4-3 所列，在所有的動作要點，S2 的肩—髖角度差均比 S1 較大，這表示 S2 的軀幹扭轉狀態比 S1 較佳，從圖 4-2 亦可看出，S2 的肩—髖

角度差最大值較 S1 大，而且從曲線的變化程度可看出 S2 的軀幹扭轉狀態較為穩定。Oldfield、Laut、Barnes、Doering、Dal Soglio 等人的肩—腕角度差最大值約在 50~60 度之間 (Bartonietz, 1994)，本研究的結果，S1 和 S2 的肩—腕角度差最大值亦是在 50~60 度之間 (見圖 4-2)。

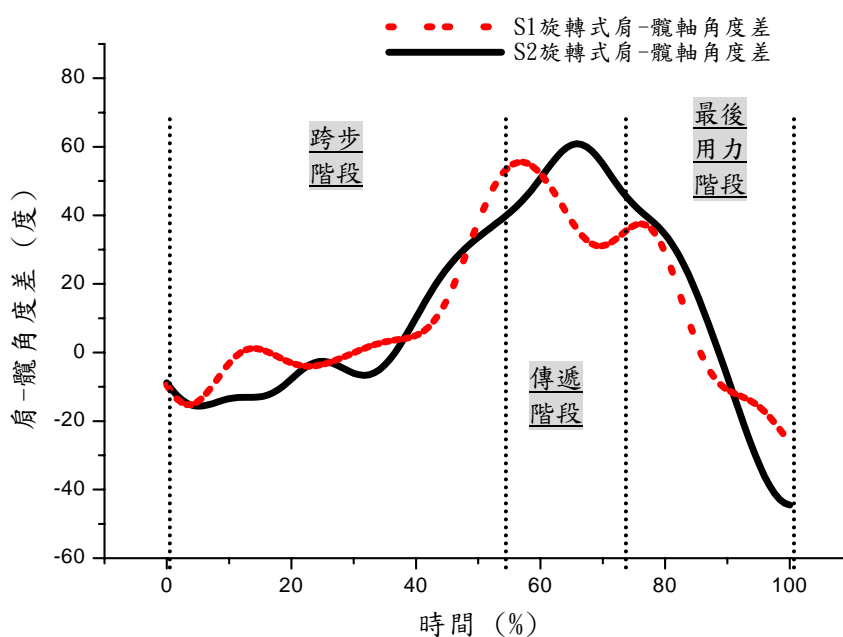


圖 4-2：S1、S2 旋轉式肩、腕軸角度差—時間比較

表 4-4：旋轉式在各動作要點上的身體角動量與轉矩參數

		右腳第一次 離地	左腳離地	右腳著地	左腳著地	右腳第二 次離地	鉛球離手
身體角動量	S1	34.98	32.89	36.31	42.40	34.66	25.30
(kg·m ² /s)	S2	76.15	68.78	71.30	73.85	65.71	56.83
右腿轉矩*	S1	0.13	0.18	0.08	0.09	0.05	0.07
(N·m/kg)	S2	0.09	0.21	0.16	0.12	0.11	0.06
左腿轉矩*	S1	0.04	0.09	0.05	0.05	0.04	0.02
(N·m/kg)	S2	0.03	0.13	0.07	0.13	0.12	0.14
身體轉矩*	S1	0.21	0.16	0.113	0.26	0.15	0.07
(N·m/kg)	S2	0.40	0.24	0.12	0.26	0.14	0.39

*轉矩 (N·m) 除以體重(kg) → 標準化轉矩 (N·m/kg)

表 4-4 所列，S2 的身體角動量均比 S1 較大許多，依據身體角動量 $H = I (\text{轉動慣量}) \times \omega (\text{角速度})$ ，轉動慣量 $I = m (\text{質量}) \times r^2 (\text{旋轉半徑})$ ，得到 $H = m \times r^2 \times \omega$ 的關係，若在角速度 ω 一定的條件下，較大的轉動慣量，有利於增加角動量 H (其中已知 S2 的體重大於 S1；S2 的四肢長度及胸圍大於 S1，這使得 S2 的轉動慣量 I 大於 S1)，在圖 4-3 所示 S1、S2 旋轉式之身體角動量—時間比較圖中，可以看出 S2 能在各階段的動作來產生較大的身體角動量變化，即增加角衝量 (轉矩 $T \times \text{時間} \Delta t$)，若在時間一定的條件下，也就可以增加轉矩。

在左腳離地、右腳著地、左腳著地和右腳第二次離地，S2 的右腿轉矩比 S1 大；在左腳離地、右腳著地、左腳著地、右腳第二次離地和鉛球離手，S2 的左腿轉矩也比 S1 大。投擲距離比 S1 較遠的 S2 傾向於有較大的腿轉矩，這表示 S2 可以快速地旋轉他的雙腿以獲得較大的下肢轉矩，這有助於旋轉速度的增加。至於身體轉矩，在右腳第一次離地、左腳離地、右腳著地和鉛球離手，S2 有比 S1 大的身體轉矩，這可以表示 S2 的旋轉動作比 S1 較佳。

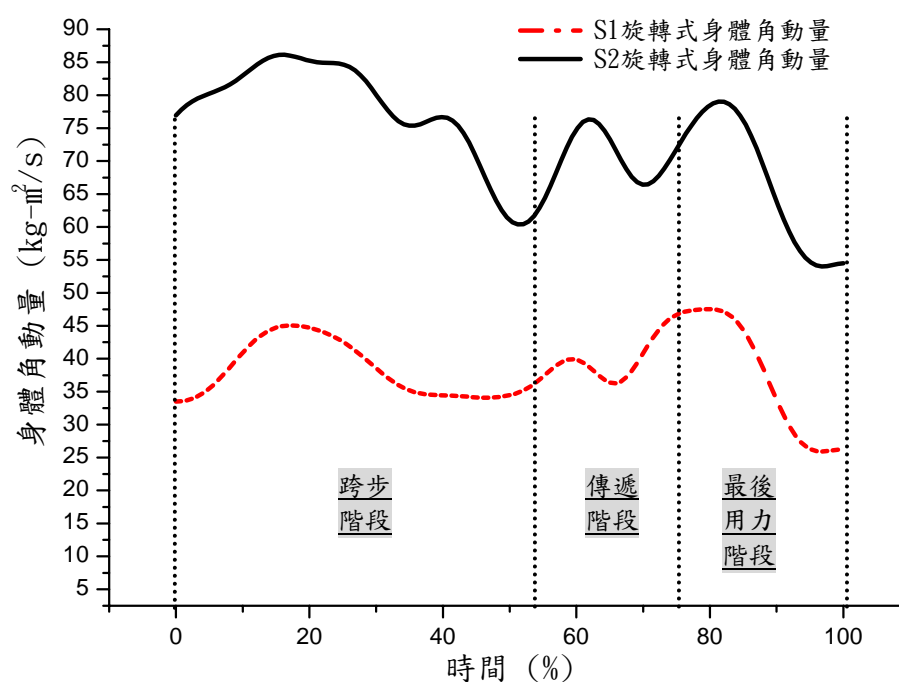


圖 4-3：S1、S2 旋轉式之身體角動量—時間比較

表 4-5 所列，在下肢的、膝關節角度方面，在 S1 和 S2 之間沒有發現明顯的差異。另外，S2 所維持的鉛球高度及身體重心高度，均比 S1 較高，而且從相對身高的百分比來看，其結果亦同。Oldfield 在右腳著地後會降低他的身體高度，此時他的右膝角度約 90 度 (Bartonietz, 1994)，而 S1 和 S2 在右腳著地的右膝角度分為 117.9 度和 135.8 度，因此，S1 和 S2 在右腳著地還需再彎曲他們的右膝以降低其鉛球及身體重心高度。

表 4-5：旋轉式在各動作要點上的關節角度參數與鉛球高度

		右腳第一次離地	左腳離地	右腳著地	左腳著地	右腳第二次離地	鉛球離手
右腕關節角度	S1	129.1	111.6	127.8	117.9	156.8	163.4
(度)	S2	143.1	120.5	154.4	135.8	162.8	161.8
左腕關節角度	S1	99.6	154.5	139.7	164.75	156.8	156.1
(度)	S2	109.2	153.3	131.8	163.9	177.3	167.7
右膝關節角度	S1	104.1	140.3	134.9	109.3	143.2	154.8
(度)	S2	107.5	126.0	135.0	111.4	134.9	128.3
左膝關節角度	S1	126.9	117.8	94.9	109.4	143.2	171.1
(度)	S2	132.6	148.4	100.7	122.2	160.7	173.3
鉛球高度	S1	0.92	1.13	1.10	1.03	1.38	1.88
(m)	S2	1.12	1.32	1.34	1.25	1.48	1.96
身體重心高度	S1	0.67	0.81	0.81	0.76	0.92	1.02
(m)	S2	0.80	0.94	0.95	0.88	1.01	1.12
鉛球高度	S1	54	61	65	61	81	110
百分比(%)	S2	63	75	76	71	84	111
身體重心高	S1	39	48	47	45	54	60
度百分比(%)	S2	46	54	54	51	58	64

*鉛球、身體重心高度百分比(%) → 鉛球、身體重心高度/身高 × 100%

表 4-6：旋轉式在各分期中的鉛球運行長度與時間

		左腳第一次支撐期	飛程期	右腳支撐期	雙腳支撐期	左腳第二次支撐期	總合
		(跨步)		(傳遞)	(最後用力)		
鉛球運行	S1	0.89	0.12	0.34	0.52	0.62	2.48
長度(m)	S2	0.99	0.17	0.24	0.56	0.99	2.96
	S1	0.43	0.09	0.26	0.14	0.08	1.00
時間	S2	0.47	0.10	0.18	0.13	0.09	0.97
(s)	CH	0.46	0.11	0.22	(0.21)		--
	MH	0.44	0.12	0.18	(0.21)		--

表 4-6 所列是：在各分期中的鉛球參數。依據作功 $W=F$ （作用力） $\times S$ （運行長度），在作用力一定的條件下，較長的鉛球運行長度，表示選手能對鉛球做較大的功。因此，若選手的作用力發揮到一定程度時，選手增加鉛球運行長度，可以使更多的能量（位能、動能）產生和聚集，如此，可增加鉛球的速度。表 4-6 所列，在各分期中除了右腳支撐期外，在其他各分期 S2 均有比 S1 較長的鉛球運行長度，其中在左腳第二次支撐期，S2 的鉛球運行長度較 S1 大許多。在鉛球運行總長度方面，S2 顯然比 S1 較長。

圖 4-4 所示為其鉛球運行的路徑，從此圖中可看出，S2 在中間傳遞動作所做的弧形較 S1 大且較完整，大而完整的弧形有利於增加鉛球運行長度，然而在 Bartonietz（1994）的研究中，Barnes 的鉛球運行路徑卻是一個迴環（見圖 4-5），因此，S1 和 S2 應在傳遞動作中，儘量做出一個迴環的鉛球運行路徑，來增加鉛球運行長度。此迴環或弧形是在傳遞動作期所產的，在對照影片後發現，若在右腳著地後，選手能將重心維持在後面，即上半身向後傾斜，直到傳遞動作期結束，可做出一個迴環，此動作除了可以增加鉛球運行長度外，還可讓選手在最後用力的起始，呈弓型姿勢，避免過早抬高重心、挺直身體，而有利於身體的發力。

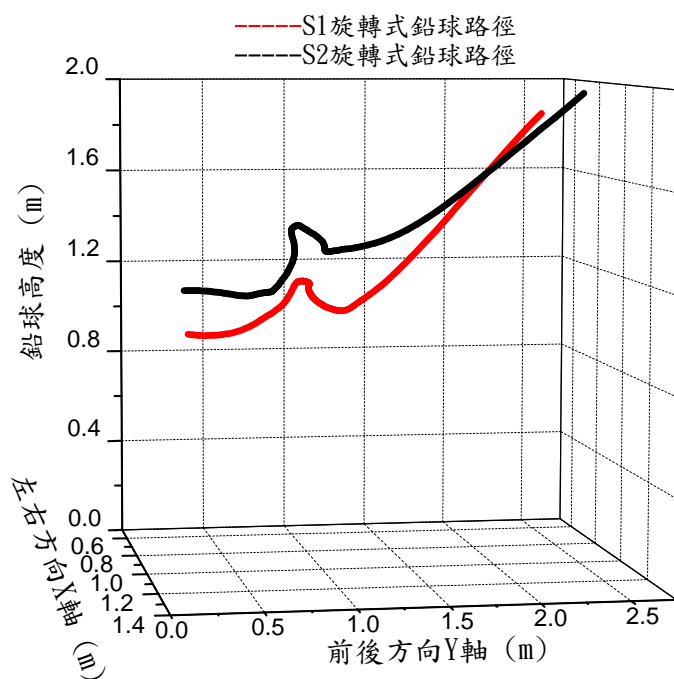


圖 4-4：S1、S2 旋轉式投擲鉛球路徑

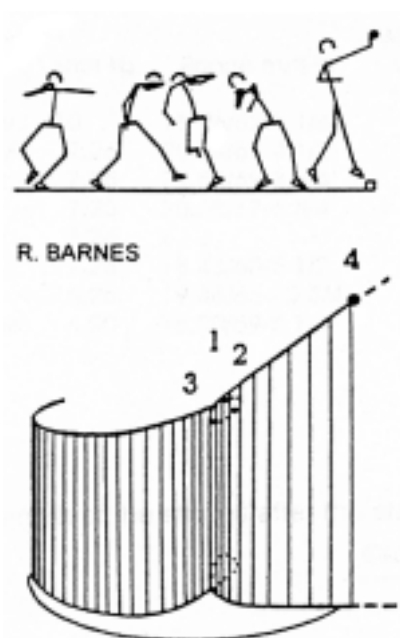


圖 4-5：R. BARNES 投擲鉛球路徑（Bartonietz，1994）

表 4-7：旋轉式在各分期中的鉛球與身體重心速度改變

		左腳第一次 支撐期 (跨步)	飛程期	右腳支撐期 (傳遞)	雙腳支撐期	左腳第二次 支撐期 (最後用力)
	S1	-0.02	-0.32	0.56	5.79	2.92
鉛球速度	S2	-0.35	-0.28	0.40	6.48	3.95
改變(m/s)	CH	-0.51	-0.53	1.49	(10.50)	
	MH	0.06	-1.27	1.09	(10.55)	
身體重心速	S1	1.55	-0.29	-0.33	0.22	-0.65
度改變(m/s)	S2	1.82	-0.12	-0.41	0.06	-0.61

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。

表 4-7 所列，在右腳支撐期，S1 和 S2 的鉛球速度改變比世界級選手小許多，表示 S1 和 S2 在這分期內沒有獲得很大的鉛球加速度，他們或許在傳遞動作上發生了問題。S1 和 S2 需要在右腳支撐期 盡力加速鉛球，並且使傳遞有效率。在雙腳支撐期和左腳第二次支撐期（Thrust）最後用力期），相當大的速度改變在此發生（見圖 4-1），表示大部分的力量在最後用力期產生。因此，能在最後用力期增加速度改變的鉛球選手，可以得到較大的出手速度，S1 在此階段的鉛球速度改變僅有 8.71 (m/s)，小於 S2 的 10.43 (m/s)，而兩位受試者在此階段的鉛球速度改變也都小於世界級選手。Luhtanen (1997) 指出“在最後用力期內，大部分的出手速度在此產生，而且在此期增加鉛球加速度可以增加投擲距離”。

表 4-8：旋轉式在各分期中的肢段角動量改變

		左腳第一次 支撐期 (跨步)	飛程期	右腳支撐期 (傳遞)	雙腳支撐期 (最後用力)	左腳第二次 支撐期
右臂角動量	S1	1.22	0.24	-0.53	9.08	5.75
改變(kg-m ² /s)	S2	2.57	2.23	1.85	13.49	10.24
左臂角動量	S1	-7.16	0.30	17.52	-7.71	-9.02
改變(kg-m ² /s)	S2	-9.67	-4.08	30.42	-8.19	-17.80
右腿角動量	S1	0.58	-2.20	-4.11	-3.72	5.73
改變(kg-m ² /s)	S2	4.40	-8.61	-9.18	-6.87	13.65
左腿角動量	S1	12.90	10.83	-10.74	-6.61	2.02
改變(kg-m ² /s)	S2	17.44	24.87	-26.57	-5.85	7.59

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。

表 4-8 所列，從角動量改變來看，S2 的四肢角動量改變量大部分大於 S1，成績較好的選手傾向於有較大的肢段角動量改變（角衝量）。

第二節、背向滑步式鉛球投擲之參數分析比較

表 4-9：背向滑步式出手瞬間的鉛球參數與步幅參數

	投擲距離 (m)	出手速度 (m/s)	出手角度 (度)	出手高度 (m)	滑步長度 (m)	傳遞長度 (m)	出手點-抵 趾板(m)
S1	13.06	10.49	39.93	1.90	0.97	0.92	0.10
S2	14.34	11.14	36.66	2.02	0.81	1.04	0.08
陳	16.86	11.93	37.35	2.20	0.78	1.20	0.14
呂	16.72	12.01	36.03	2.02	0.70	1.28	-0.09
姜	13.40	10.5	34.0	2.09	0.63	1.10	0.08
GA	15.66	11.6	41.0	2.21	--	--	--
GB	19.29	13.0	37.4	2.28	--	--	--
ZH	15.66	11.32	35.8	2.13	--	--	-0.03
TR	16.26	11.44	36.5	2.09	--	--	-0.05
DE	14.82	11.35	36.82	2.03	--	--	--

*陳、呂是張立羣、洪得明 (1993)所研究之國內背向滑步式鉛球投擲選手 2 人。

*姜是羅俊欽、黃長福 (1998)所研究之背向滑步式鉛球投擲選手 1 人。

*GA、GB 是 Tsirakos & Killia (1995)所研究之背向滑步式鉛球投擲選手 A、B 組各 6 人，共 12 人。

*ZH、TR 是 Liu & Wang (2000)所研究之背向滑步式鉛球投擲選手 2 人。

*DE 是 Desureault (1978)所研究之背向滑步式鉛球投擲選手 13 人。

在表 4-9 所列的背向滑步式出手瞬間的鉛球參數中，顯然 S1 的投擲距離成績最小，而其出手速度也最小，這和先前討論的拋物原理也相符。S1 出手角度在其合理的範圍內，S1 的出手高度小於其他的選手，應該是因為其身高只有 170 公分，是其先天上的限制。S1 的滑步長度有太長的傾向，而傳遞長度則太短，就背向滑步式投擲技術來說，應是以 80 年代，德國運動員 U.Timmerann 在鉛球技術發展進程中，所創造了“短—長步”（滑步步幅長度較短；傳遞步幅長度較長）滑步鉛球投擲技術較佳，在表

4-9 所列的選手中，只有 S1 是長一短步，因此這或許也是造成其成績較差的原因之一。S1 和 S2 的出手點到抵趾板之間的距離，均有超出抵趾板，維持的距離約在 10 公分左右。

表 4-10：背向滑步式在各動作要點上的鉛球與身體重心速度

		右腳第一次 離地	右腳著地	左腳著地	右腳第二次 離地	鉛球離手
鉛球速度 (m/s)	S1	2.40	1.90	2.09	7.05	10.49
	S2	2.41	1.87	2.15	6.28	11.14
	陳	1.39	--	2.58	--	11.93
	呂	2.86	--	2.78	--	12.01
	姜	2.33	--	2.39	--	10.50
身體重心速度 (m/s)	S1	2.41	1.99	1.61	1.93	1.16
	S2	2.06	2.02	1.87	2.06	1.30

在表 4-10 中，S1 和 S2 在右腳第一次離地、右腳著地的鉛球速度差異不大，但在右腳第一次離地小於呂的鉛球速度，在起始階段有較高的鉛球速度是有利於最後出手速度的 (Luhtanen 等人, 1997)，準備動作的目的是預先加速來產適當的速度和動量 (Bartonietz, 1994)，因此 S1 和 S2 在啟動時，應利用右腿用力推蹬以及左腿的後擺，儘量提高在右腳第一次離地的鉛球速度。在左腳著地，S1 和 S2 的鉛球速度均小於陳和呂，或許是因為他們在傳遞階段期，並未順暢地加速鉛球，因此降低最後的出手速度。此外，在圖 4-6 發現，S2 最後用力投擲加速鉛球末段，能持續

地讓鉛球速度增加，而 S1 則在最後用力投擲末段的鉛球速度有下降的趨勢。

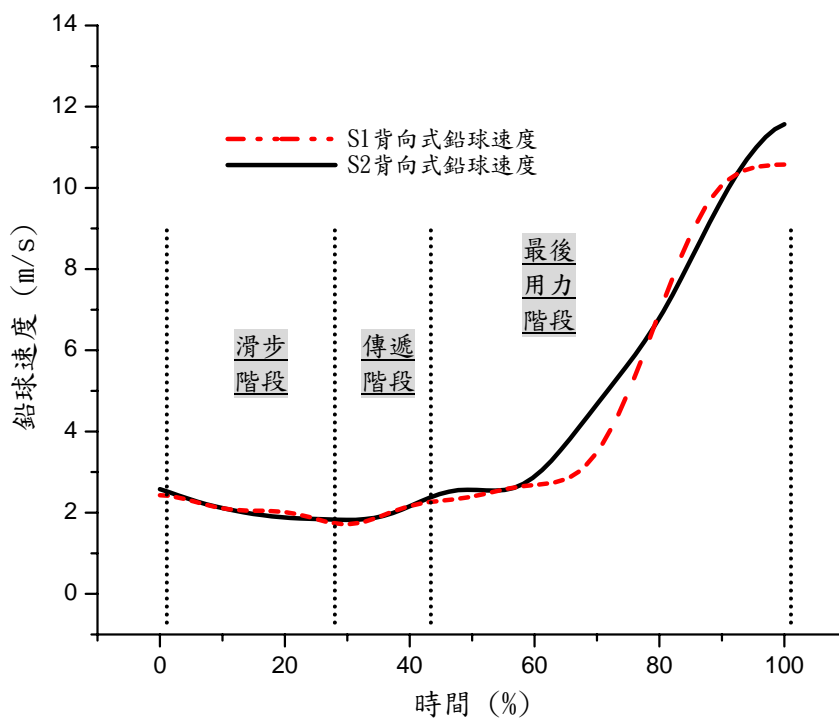


圖 4-6：S1、S2 背向式鉛球速度—時間比較

在表 4-10 中，身體重心速度方面，S2 有比 S1 較快的重心速度（除了在右腳第一次離地），即 S2 的身體移動較快，可以增加身體的慣性，亦有助於增加鉛球速度，鉛球選手若有較快的身體重心速度，則有利於推擲表現。

表 4-11：背向滑步式在各動作要點上的肩—腕角度

		右腳第一次 離地	右腳著地	左腳著地	右腳第二次 離地	鉛球離手
肩—腕角度	S1	54.0	73.2	75.1	8.8	-22.0
(度)	S2	40.8	57.8	56.1	-4.4	-31.3

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。

在表 4-11 中，S1 的肩—腕角度差，除了在鉛球離手，在其他動作要點上均大於 S2，表示 S1 的軀幹扭轉狀態比 S2 較佳，由圖 4-7 中，亦可看出。S1 的肩—腕角度差最大值約 80 度，S1 的肩—腕角度差最大值約 75 度，而世界級選手 Timmermann（投擲距離 22.62m）的肩—腕角度差最大值 75 度，Guntheor（投擲距離 22.23m）的肩—腕角度差最大值 90 度（Bartonietz，1994）。

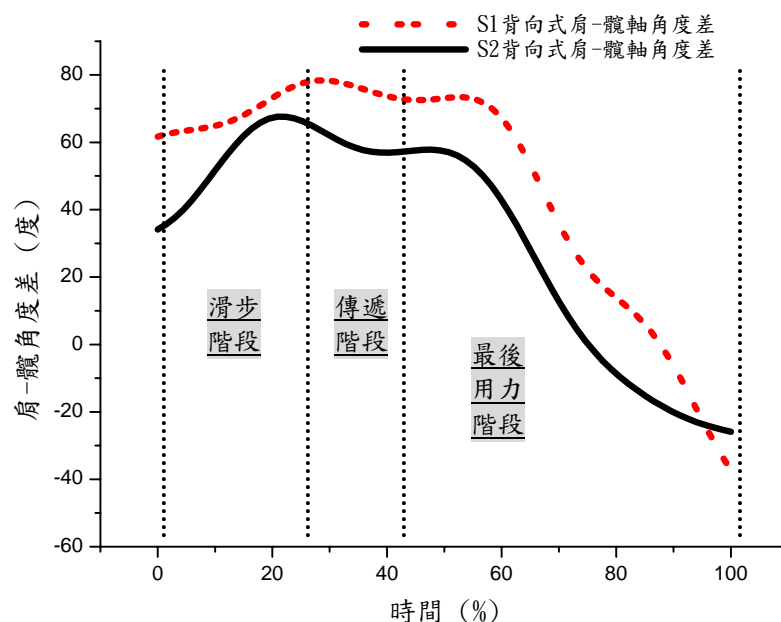


圖 4-7：S1、S2 背向式肩、腕軸角度差—時間比較

表 4-12 所列，S2 的身體角動量均比 S1 較大。在下肢的、膝關節角度方面，在 S1 和 S2 之間沒有發現明顯的差異。另外，S2 所維持的鉛球高度及身體重心高度，均比 S1 較高，而且從相對身高的百分比來看，其結果亦同。

表 4-12：背向滑步式在各動作要點上的身體參數與鉛球高度

		右腳第一次 離地	右腳著地	左腳著地	右腳第二次 離地	鉛球離手
身體角動量	S1	8.81	8.29	22.21	33.73	23.21
(kg·m ² /s)	S2	14.24	24.28	38.69	55.74	41.50
鉛球高度	S1	0.79	0.88	0.86	1.27	1.87
(m)	S2	1.01	1.08	1.08	1.33	2.01
身體重心高度	S1	0.67	0.72	0.67	0.86	0.97
(m)	S2	0.80	0.83	0.79	0.94	1.11
鉛球高度	S1	47	52	50	75	110
百分比(%)	S2	57	61	61	75	114
身體重心高度	S1	38	42	39	51	57
百分比(%)	S2	46	47	45	54	63

*鉛球、身體重心高度百分比(%) → 鉛球、身體重心高度/身高 × 100%

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。

在表 4-13 中，鉛球運行總長度，S1 和 S2 兩者之間沒有很大差異。若從各階段鉛球的運行長度來看，鉛球運行長度較長的階段是在最後用力期 (Thrust)，因此，可得知在此階段對鉛球的做功最多。

在傳遞階段 S1 的鉛球速度改變 8.40 (m/s) 小於 S2，而且在最後用力階段 S1 的鉛球速度改變 8.40 (m/s) 也小於 S2 的 8.99 (m/s)，前一

節討論過，在最後用力階段增加鉛球的速度改變可以提高投擲表現，所以，此結果也可看出 S1 有較差的投擲表現。

表 4-13：背向滑步式在各分期中的鉛球與身體參數、時間

		飛程期	右腳支撐期	雙腳支撐期	左腳支撐期	總合
		(滑步)	(傳遞)	(最後用力)		
鉛球運行	S1	0.36	0.21	0.79	0.90	2.25
長度(m)	S2	0.32	0.13	0.70	1.10	2.25
鉛球速度	S1	-0.49	0.19	4.95	3.45	--
改變(m/s)	S2	-0.54	0.28	4.13	4.86	--
身體重心速	S1	-0.42	-0.38	0.33	-0.78	--
度改變(m/s)	S2	-0.04	-0.15	0.19	-0.75	--
	S1	0.17	0.10	0.25	0.10	0.45
	S2	0.15	0.07	0.21	0.12	0.40
	陳	0.15	0.09	(0.39)		0.63
時間	呂	0.12	0.03	(0.26)		0.41
(s)	姜	0.16	0.05	(0.32)		0.53
	GA	0.13	0.09	(0.29)		0.51
	GB	0.14	0.08	(0.29)		0.51
	DE	0.16	0.09	(0.29)		0.54

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。

表 4-14 所列，從角動量來看，S2 的四肢角動量改變量大部分大於 S1，在前一節討論過重量較大的選手會有較大的角動量改變，即意謂著角衝量大，對投擲成績表現有所助益。

表 4-14：背向滑步式在各分期中的肢段角動量

		<u>飛程期</u>	<u>右腳支撐期</u>	<u>雙腳支撐期</u>	<u>左腳支撐期</u>
		(滑步)	(傳遞)	(最後用力)	
右臂角動量	S1	0.24	-0.53	9.08	5.75
改變(kg-m ² /s)	S2	2.23	1.85	13.49	10.24
左臂角動量	S1	0.30	17.52	-7.71	-9.02
改變(kg-m ² /s)	S2	-4.08	30.42	-8.19	-17.80
右腿角動量	S1	-2.20	-4.11	-3.72	5.73
改變(kg-m ² /s)	S2	-8.61	-9.18	-6.87	13.65
左腿角動量	S1	10.83	-10.74	-6.61	2.02
改變(kg-m ² /s)	S2	24.87	-26.57	-5.85	7.59

*正負值僅代表方向：正值－逆時針方向，或向前。負值－順時針方向，或向後。

第三節、旋轉式與背向滑步式鉛球投擲參數之比較

表 4-15：旋轉式、背向滑步式出手瞬間的鉛球參數與步幅參數比較

		投擲距離 (m)	出手速度 (m/s)	出手角度 (度)	出手高度 (m)	跨步長度 (m)	傳遞長度 (m)	出手點-抵 趾板(m)
S1	旋轉式	13.00	10.52	36.53	1.89	1.05	0.70	0.11
	背向式	13.06	10.49	39.93	1.90	0.97	0.92	0.10
S2	旋轉式	15.42	12.05	30.09	1.97	1.05	0.76	0.31
	背向式	14.34	11.14	36.66	2.02	0.81	1.04	0.08

表 4-15 所列，發現二位受試者的旋轉式投擲出手角度均小於背向滑步式的投擲出手角度，但出手速度是旋轉式投擲大於背向滑步式。跨步長度以及傳遞長度的分配上，通常旋轉式是採用“長—短”分配，背向滑步式則是採用“短—長”分配 (Bartonietz, 1994)，S2 符合上述的分配方式，而 S1 的背向滑步式則不一樣，由此可見 S1 的步伐分配方式有問題。

表 4-16：旋轉式、背向滑步式在各動作要點上的鉛球與身體重心速度比較

		右腳第一 次離地	左腳離地	右腳著地	左腳著地	右腳第二 次離地	鉛球離手	
鉛球速度 (m/s)	S1	旋轉式	1.59	1.56	1.24	1.80	7.60	10.52
		背向式	2.40	--	1.90	2.09	7.05	10.49
	S2	旋轉式	1.86	1.52	1.23	1.63	8.11	12.05
		背向式	2.41	--	1.87	2.15	6.28	11.14
身體重心 速度 (m/s)	S1	旋轉式	0.73	2.28	1.99	1.66	1.88	1.23
		背向式	2.41	--	1.99	1.61	1.93	1.16
	S2	旋轉式	0.55	2.37	2.25	1.84	1.90	1.30
		背向式	2.06	--	2.02	1.87	2.06	1.30

表 4-16 所列，發現鉛球速度在左腳著地之前，以背向滑步式較快，然而在最後用力的後半段右腳第二次離地到鉛球離手則是旋轉式的較快，我們知道加速鉛球的最關鍵階段是最後用力期，而旋轉式的後半段加速較背向滑步式的快，以上述結果來看，或許可說明，旋轉式投擲技術在增加鉛球速度上的較背向滑步式投擲技術佔優勢。可是背向滑步式在啟動時的鉛球速度較旋轉式快，因此背向滑步式在初始的加速，仍具有其優勢。由圖 4-8 可看出，在鉛球投擲的過程中，旋轉式的鉛球速度起伏較背向滑步式大；在兩個投擲動作最後用力階段的用力時間比例上，背向滑步式傾向於較早用力，而且用力的時間比例也比較長。

身體重心速度方面，在開始的階段，背向滑步式的身體重心速度大於旋轉式的身體重心速度，而在之後的階段，兩個投擲技術之間的差別不大。從圖 4-8 中，可以看出背向滑步式的身體重心速度較為穩定。在表 4-8，從鉛球高度及身體重心高度來看兩者之間的差異，我們發現旋轉式投擲技術傾向於會將鉛球保持在較高的位置，而且重心也比背向滑步式較高。

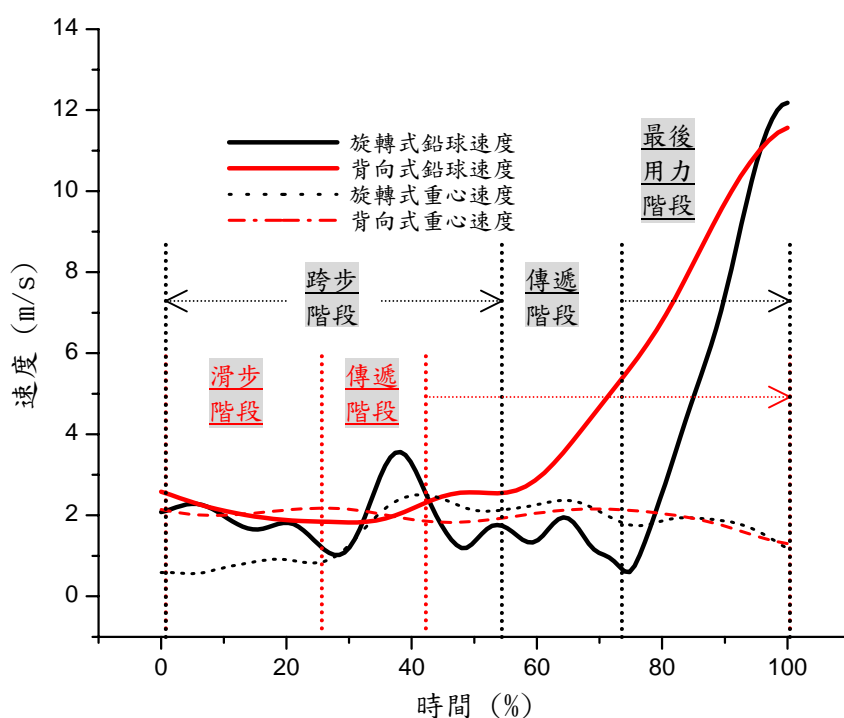


圖 4-8：S2 旋轉式與背向式鉛球、身體重心速度—時間比較

表 4-17：旋轉式、背向滑步式在各動作要點上的肩—軸角度差比較

		右腳第一次離地	左腳離地	右腳著地	左腳著地	右腳第二次離地	鉛球離手
肩—腕 角度 (度)	S1						
	旋轉式	-1.4	13.6	38.8	32.7	-6.9	-29.6
	背向式	54.0	--	73.2	75.1	8.8	-22.0
	S2						
	旋轉式	-3.0	29.6	46.0	34.7	-14.2	-39.0
	背向式	40.8	--	57.8	56.1	-4.4	-31.3

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。

表 4-17 所列，旋轉式和背向滑步式之間的肩—軸角度差比較方面，其差異相當的大，由圖 4-9 可看出，在動作前段背向滑步式的肩—軸角度差較旋轉式大，而在動作的後段則是旋轉式的肩—軸角度差較背向滑步式大，整體來看的話，是以背向滑步式的肩—軸扭轉較大、較穩定。背向滑步式的肩—軸角度差最大值大於旋轉式的肩—軸角度差，此結果

和 Bartonietz (1994) 所指出，旋轉式所得到的肩膀和 部軸線之間的角
度差距小於背向式投擲所得到的肩膀和 部軸線之間角度差距相符合。

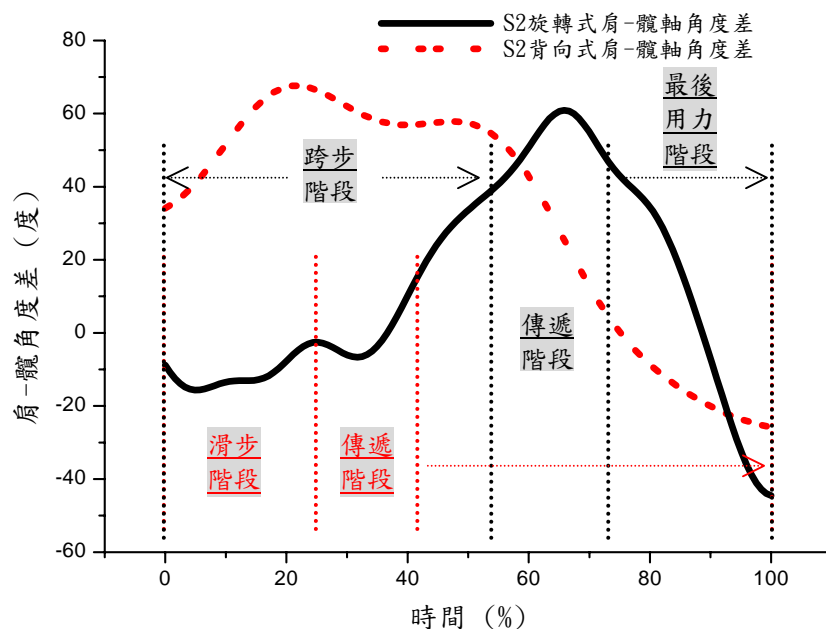


圖 4-9：S2 旋轉式與背向式肩、腕軸角度差—時間比較

表 4-18：旋轉式、背向滑步式在各動作要點上的身體角動量比較

		右腳第一次離地	左腳離地	右腳著地	左腳著地	右腳第二次離地	鉛球離手
身體 角動量 (kg·m ² /s)	S1 旋轉式	34.98	32.89	36.31	42.40	34.66	25.30
	S1 背向式	8.81	--	8.29	22.21	33.73	23.21
	S2 旋轉式	76.15	68.78	71.30	73.85	65.71	56.83
	S2 背向式	14.24	--	24.28	38.69	55.74	41.50

在表 4-18 中，身體的角動量方面，很明顯地，旋轉式投擲技術從頭到尾均獲得較背向滑步式投擲技術多的身體角動量，在左腳著地之前，由於背向滑步式投擲技術沒有轉體動作，所以差異特別大，旋轉式的身體角動量大於背向滑步式許多，而在左腳著地、右腳第二次離地、鉛球離手，

發現旋轉式投擲技術的轉體動作所獲得的身體角動量也都大於背向滑步式投擲技術，因此，旋轉式投擲技術的旋轉特質與優勢在這可以清楚的看到，即在角動量方面優於背向滑步式投擲技術（見圖 4-10）。

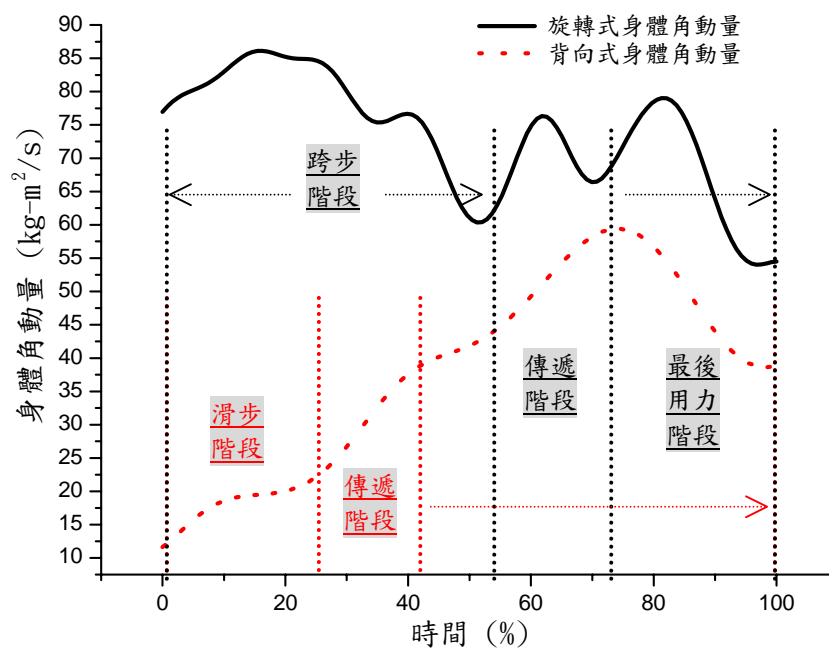


圖 4-10：S2 旋轉式與背向式之身體角動量—時間比較

由表 4-19 與圖 4-11 中，可看出旋轉式投擲技術的鉛球與身體重心高度均比背向滑步式投擲技術較高。

表 4-19：旋轉式、背向滑步式在各動作要點上的鉛球與身體重心高度比較

		右腳第一次離地	左腳離地	右腳著地	左腳著地	右腳第二次離地	鉛球離手	
鉛球高度 (m)	S1	旋轉式	0.92	1.13	1.10	1.03	1.38	1.88
		背向式	0.79	--	0.88	0.86	1.27	1.87
	S2	旋轉式	1.12	1.32	1.34	1.25	1.48	1.96
		背向式	1.01	--	1.08	1.08	1.33	2.01
身體重心高度 (m)	S1	旋轉式	0.67	0.81	0.81	0.76	0.92	1.02
		背向式	0.67	--	0.72	0.67	0.86	0.97
	S2	旋轉式	0.80	0.94	0.95	0.88	1.01	1.12
		背向式	0.80	--	0.83	0.79	0.94	1.11

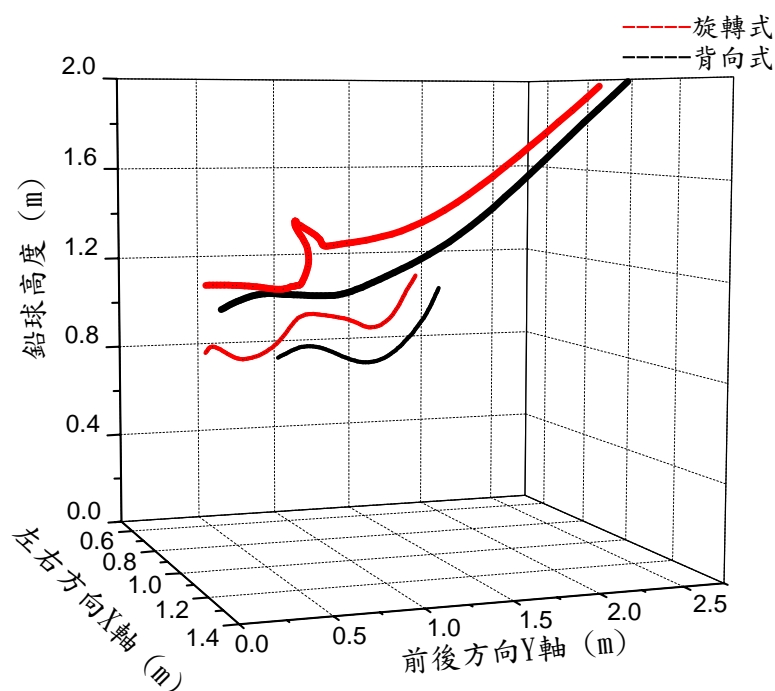


圖 4-11：S2 旋轉式與背向式鉛球與身體重心路徑

在表 4-20 中，旋轉式投擲技術的鉛球運行總長度較背向滑步式長，主要是因為旋轉式投擲技術在起始時，有一個旋轉動作加長了鉛球運行長度，而且在中間階段的旋轉動作也加長了其鉛球運行長度，而在最後用力階段的鉛球運行長度，背向滑步式則大於旋轉式（見圖 4-11）。此外，由圖 4-11 亦可看出，旋轉式投擲技術的身體重心運行總長度較背向滑步式長。在動作所花費的時間方面，其結果類似鉛球運行長度的情形。

表 4-20：旋轉式、背向滑步式在各分期中的鉛球運行長度及時間比較

			跨步/滑步	傳遞	最後用力	總合
鉛球運行 長度 (m)	S1	旋轉式	1.01	0.34	1.25	2.48
		背向式	0.36	0.21	1.69	2.25
	S2	旋轉式	1.16	0.24	1.56	2.96
		背向式	0.32	0.13	1.80	2.25
時間 (s)	S1	旋轉式	0.52	0.26	0.22	1.00
		背向式	0.17	0.10	0.34	0.45
	S2	旋轉式	0.57	0.18	0.22	0.97
		背向式	0.15	0.07	0.33	0.40

表 4-21 所列，從鉛球速度的改變來看，旋轉式投擲技術在傳遞與最後用力等重要階段，均大於背向滑步式投擲技術，亦可從圖 4-8 鉛球速度的起伏情形看出，這也表示旋轉式投擲鉛球的動量改變量大於背向滑步式投擲，也意謂著旋轉式投擲技術可以使鉛球獲得較大的衝量。

身體重心速度改變方面，在跨步/滑步階段，旋轉式的改變量大於背向

滑步式許多，而且旋轉式的身體重心速度改變為正值，背向滑步式旋轉式的身體重心速度改變為負值，表示旋轉式投擲技術在跨步時，對身體重心速度有加速效果，而背向滑步式投擲技術在滑步時卻是減速效果。

表 4-21：旋轉式、背向滑步式在各分期中的鉛球身體重心速度改變比較

			跨步/滑步	傳遞	最後用力
鉛球速度 改變 (m/s)	S1	旋轉式	-0.35	0.56	8.71
		背向式	-0.49	0.19	8.40
	S2	旋轉式	-0.63	0.40	10.42
		背向式	-0.54	0.28	8.99
身體重心 速度改變 (m/s)	S1	旋轉式	1.26	-0.33	-0.42
		背向式	-0.42	-0.38	-0.45
	S2	旋轉式	1.70	-0.41	-0.54
		背向式	-0.04	-0.15	-0.56

*正負值僅代表方向：正值—逆時針方向，或向前。負值—順時針方向，或向後。