

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030812

「快還要更快！」—跑步分配速度之研究

學校名稱：桃園縣立內壢國民中學

作者： 國二 洪浩哲 國一 楊孟庭	指導老師： 鍾文憲 陳一帆
-------------------------	---------------------

關鍵詞：分段速度、光敏電阻、百米

作品名稱：「快還要更快！」—跑步分配速度之研究—研發 中小學可普遍施行之經濟、實用的運動測速系統

摘要

跑步測驗觸發靈感，光線照射決定實驗設計及研發方向：

- 一、研究並測試雷射光與光敏電阻所組成光電開關現象，了解結合電子碼錶的速度測量效果為何，包括：設計〈光敏電阻感應管〉、創作〈光電測速計時器〉，證明研究方法的可行性。
- 二、整合雷射光、光敏電阻感應管、碼錶研發出光電測速實驗組模型，進行所設計測速靈敏度實驗，證明與歸納最適合計時工具為何。
- 三、運用創意設計與建構雷射分段測速系統環境，包括：設計〈改良光敏電阻感應管〉、製作〈分段電子碼錶記錄器〉、安裝〈雷射發射器〉、整合系統研發出〈雷射分段測速系統〉，作為實際跑道測試運用。
- 四、最後實際跑道測試十分成功，有效測量與分析田徑隊員 100M 分段速度，以提供更合適訓練課程。

壹、研究動機

有一次體育老師上課要測“800 公尺的體適能”，我自詡為短跑健將，我以前短跑的紀錄每次都是名列前茅，讓我非常期待這次的體適能測試，“800 公尺的體適能”測試時我以短跑的方式努力向前衝，剛開始其他同學都輸我甚遠，但隨即我的疲態盡現，跑步速度持續下降，最後甚至只好用走的，此刻後面同學都逐一超越我，並開心地對我說「要加油哦！」，經過此事件的省思後，我確定跑步一定有「最佳分配速度」，且每個人所需的「跑步訓練」應該都不盡相同，但是要如何進行科學測量與分析呢？便在我腦海中成形。

後來把問題與老師及同學分享，同學說她上次科展實驗中有學到光敏電阻與雷射光的使用，經過討論後，我們發揮創意讓雷射光束與光敏電阻之間拉開距離形成一條直行的感應光束，利用當有跑者觸及並阻斷感應光束而會產生信號的特殊方式來設計與建構我們的《分段測速系統》，透過科學的實驗測量與分析，來幫助跑者瞭解自己各分段的跑步分配速度為何，以能進行更適合的跑步訓練課程，提升成績，並能普遍推行於十分缺乏的各中小學校中應用。

註：教材之相關性：

國中自然與生活科技課本	第一冊（康軒版）第7章科技進步的推手
國中自然與生活科技課本	第三冊（康軒版）第4章光
國中自然與生活科技課本	第五冊（康軒版）第1章直線運動
國中自然與生活科技課本	第五冊（康軒版）第4章基本電路
國中自然與生活科技課本	第六冊（康軒版）第2章電流與磁現象

貳、研究目的

- 一、了解雷射光與光敏電阻所組成的光電開關現象，並結合電子碼錶的速度測量效果為何。
- 二、整合雷射光、光敏電阻感應管、碼錶研發出光電測速實驗組模型。
- 三、創意設計與建構雷射分段測速系統環境。
- 四、實際進行跑道測試與測量學校田徑隊跑者們100M的分段速度，予以分析，以提供更合適之訓練課程。

參、研究設備及器材

設備	體育碼錶	老虎鉗	游標卡尺	切管器	鉸槍	電鑽	三用電錶
	打火機	電腦	數位相機	焊槍	6V 電瓶	螺絲起子	固態繼電器
	剝線鉗	斜口鉗	雷射筆	電腦主機外殼	手電筒	三腳架	電子錶
器材	快乾膠	壓克力板	壓克力管	光敏電阻	按鍵開關	電池盒	導線
	鐵釘	漆包線	乒乓球	小鐵片	不鏽鋼管	小蓋子	散光膠帶

肆、研究過程或方法

研究過程如下圖1【研究流程心智發展圖】所示：

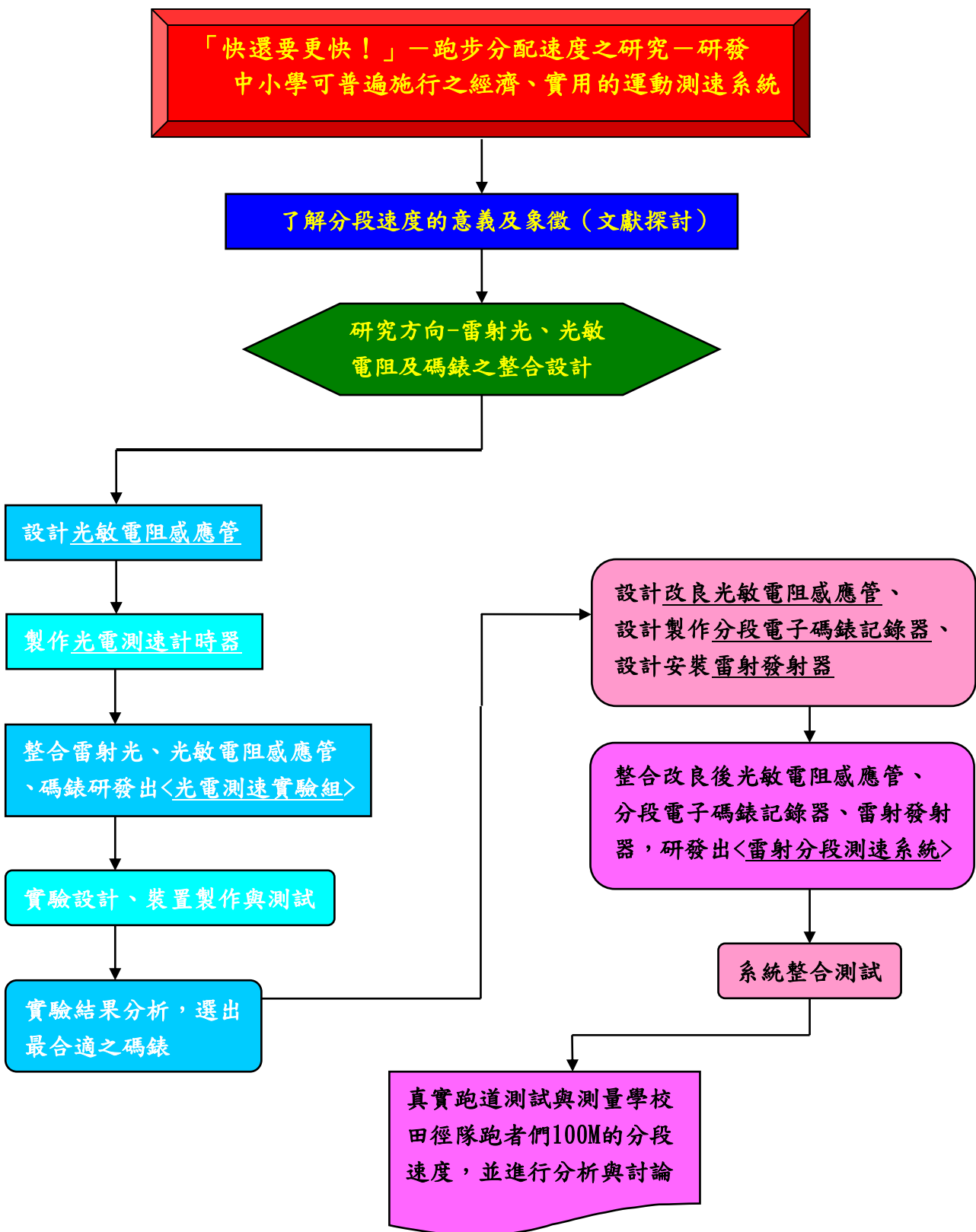
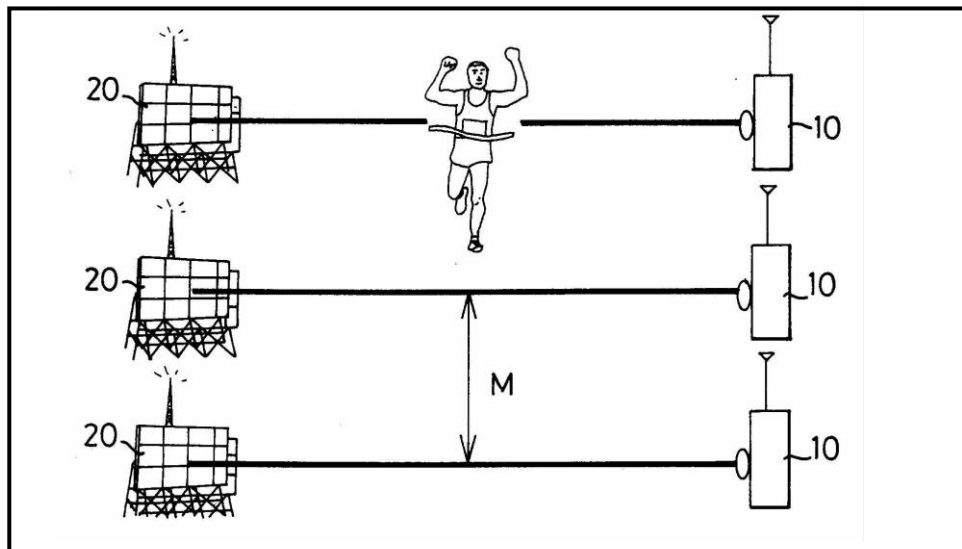


圖1、研究流程心智發展圖

文獻探討

(一) 各種分段測速儀的設計及原理

1. 在專利搜尋中，我們發現有利用雷射的方式作為分段測速的設計，如專利證書095970字號之『運動選手配速訓練系統』，下圖所示，其主要係在跑道的每隔適當距離處，分設有數組相對的雷射光發射器及檢測器，令選手通過時產生光遮蔽現象，並將此信號傳回至一中繼站，由中繼站以無線傳輸方式送回主機，經主機處理換算出選手通過各雷射檢測器之配速狀況，而以適當的終端設備即時予以顯示。（設備成本高）



2. 另外，也有分段測速儀的設計，是利用全球衛星定位系統(GPS)測得被測物體的位置座標，並轉換成速度資料。（設備成本高）
3. 其他分段測速儀的設計中，也有利用紅外線感應原理，本身主動投射紅外線，當有物體在其範圍內，就會『反射』紅外線，接收裝置偵測反射光的訊號，便控制計時功能。（設備成本高）
4. 另外，一般被用來測量車輛是否遵守限速規定的雷達槍，也有被應用在測量運動員或者球類的速度，一些自動門也有用雷達槍。雷達槍不測量物體的位置，它僅依靠運動物體對它發出的雷達射線產生的都卜勒效應來轉換出物體的速度資料。（設備成本高）
5. 雷射測速槍也可以用來測量速度，雷射測速槍以量測雷射光波傳送時間來決定速度。由於光速是固定，雷射脈衝傳送到目標再折返的時間會與距離成正比。以固定間隔發射兩個脈衝，即可測得兩個距離；將此二距離之差除以發射時間間隔即可得到目標的速度。（設備成本高）
6. 還有在博碩士論文中搜尋到『優秀短距離選手百公尺跑之分段速度、步頻、步幅分析』，使用高速攝影機，搭配跑道每 10 公尺做標竿，拍攝運動員跑全程，再利用電腦以相似三角形原理，分析攝影機圖像資料，再轉換為運動員的速度資料。（設備成本高）

(二) 雷射光的特性

雷射光具有很多一般光源所沒有的特點，例如：很高的同步性、極佳的方向性、頻率的單一性、高強度（能量集中）等。

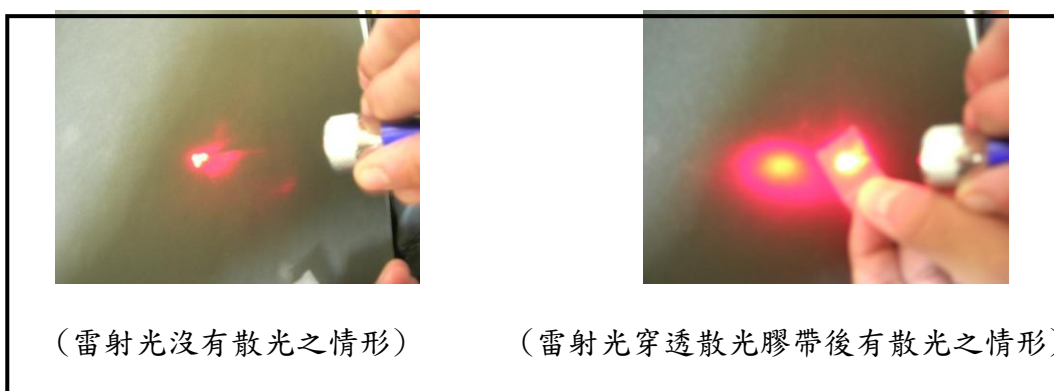
(三) 光敏電阻之應用



圖2、光敏電阻

光敏電阻（CdS 硫化鎘）（如圖 2）是一種特殊的電阻，簡稱光電阻，又名光導管。它的電阻和光線的強弱有直接關係。光強度增加，則電阻減小；光強度減小，則電阻增大。當有光線照射時，電阻內原本處於穩定狀態的電子受到激發，成為自由電子。所以光線越強，產生的自由電子也就越多，電阻就會越小。

(四) 自創使雷射光能散光之設計



（雷射光沒有散光之情形）

（雷射光穿透散光膠帶後有散光之情形）

一、了解雷射光與光敏電阻所組成的光電開關現象，並結合電子碼錶的速度測量效果為何

- （一）取一個透明的塑膠瓶，先把瓶底鋸去 1 公分，再把瓶蓋內側鑽出 2 個小孔讓 5mm 光敏電阻的 2 支接腳穿過後，用快乾膠黏住光敏電阻，把蓋子鎖好，再用黑色不透光膠帶纏繞塑膠瓶管，便完成自己所設計創作的光敏電阻感應管（如圖 3）。
- （二）拿市售有碼錶功能的電子錶，拿出其錶芯，發現在錶芯右上有碼錶計時鍵，當壓下時會啟動電子錶的碼錶功能，而開始計時，再度壓下時碼錶計時鍵便會停止計時，我們從碼錶計時鍵的位置，接出二條延長信號電線，分別與光敏電阻感應管的兩支接腳相接，便完成光敏電阻感應管結合電子錶所組成的光電測速計時器（如圖 4）。



圖 3、設計創作：光敏電阻感應管

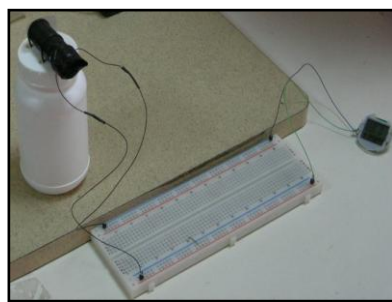


圖 4、組成製作：光電測速計時器

二、整合雷射光、光敏電阻感應管、碼錶研發出<光電測速實驗組>模型

(一) 進一步研發出光電測速實驗組模型 (如圖 5)，並探討不同電子錶內碼錶及不同體育專業碼錶是否有不同測速感應極限

1. 選擇長 45 公分寬 3 公分厚 0.3 公分的壓克力板，並在板面每隔 1 公分鑽一個小孔。
2. 取長 6 公分的鐵釘，在外圍纏繞漆包線製成電磁鐵，再取 1 個直徑為 4 公分的乒乓球，然後在球面上黏貼一個小鐵片便完成測試球。
3. 雷射筆的雷射光束與光敏電阻感應管分置兩側相互對望。
4. 取 5 支不同樣式的待測電子錶，依序接上光敏電阻感應管的兩支接腳。



5. 藉由測試球在不同高度落下，測量不同電子錶內碼錶的最大感應極限。
6. 藉由測試球在不同高度落下，測量不同體育專業碼錶的最大感應極限。



7. 可藉此實驗組選出最合適之碼錶，作為後續跑步測速之正式使用。

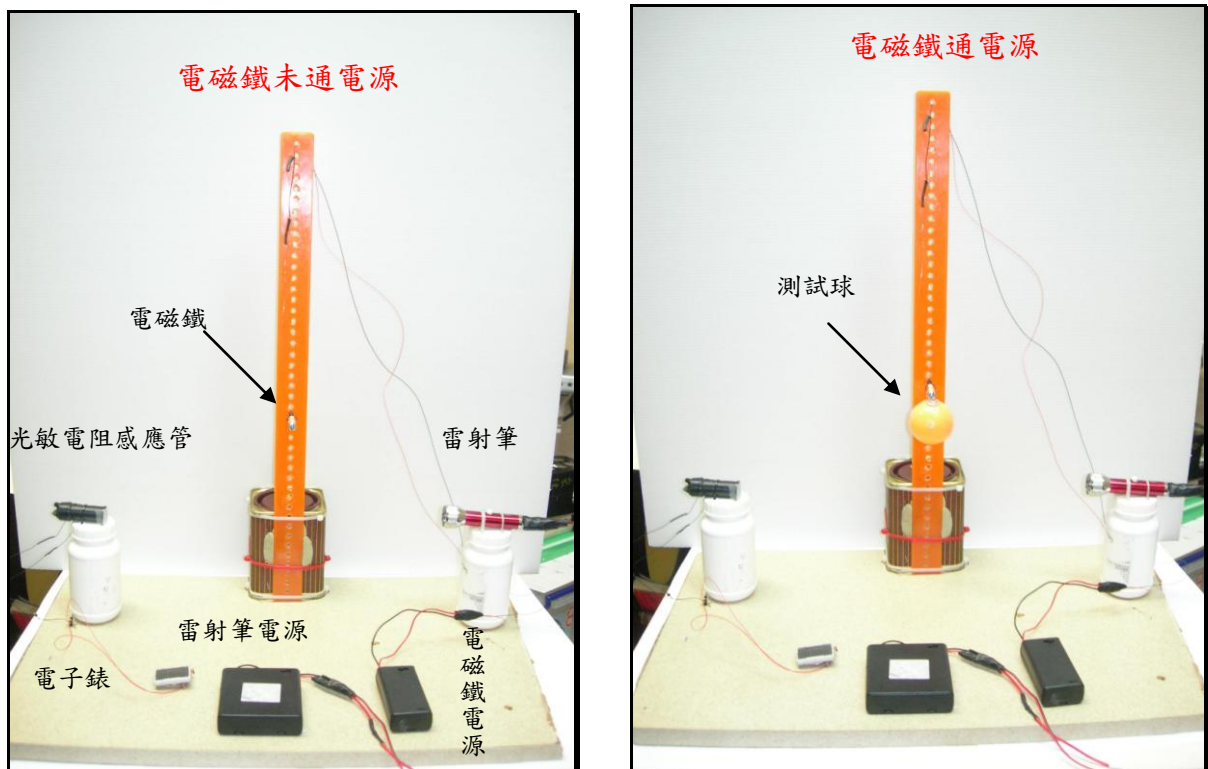


圖 5、研發出：光電測速實驗組

三、創意設計與建構<雷射分段測速系統>環境

(一) 設計改良光敏電阻感應管

1. 取長 100mm 直徑 15mm 的不鏽鋼管 10 支。
2. 取直徑 16mm 小蓋子 10 個，並在內側中心鑽出 2 個小孔，讓規格 5mm 光敏電阻的 2 支接腳穿過後，用快乾膠黏住光敏電阻。
3. 把完成好的 10 個小蓋子分別與 10 支不鏽鋼管的一端結合固定，10 支不鏽鋼管的另一端，則用散光膠帶蓋住管口，便完成改良後光敏電阻感應管 (如圖 6)。



圖 6、設計改善：改良後光敏電阻感應管

(二) 設計製作分段電子碼錶記錄器

1. 取 3 個(內附有 10 組分段記錄功能的相同電子碼錶(CATIGA, CT-510))，打開其後面錶蓋，會發現在錶芯左上有記錄鍵，當壓下記錄鍵會啟動電子碼錶記錄第 1 筆數據，再度壓下記錄鍵時便會記錄第 2 筆數據，一共有 10 筆記錄功能。
2. 我們從每個電子碼錶記錄鍵接出二條信號延長線，並準備 3 個固態繼電器，把二條信號延長線分別接在固態繼電器負載端，再準備二條電源線分別接在固態繼電器控制端。
3. 取 3 條 40M、50M、60M 長的雙芯電源線。把 3 條雙芯電源線的一端，各自將其中雙芯銅線相通，以電路串聯方式，每 10M 接出感應管信號延長線，40M 要接出 3 條感應管信號延長線，50M 要接出 3 條感應管信號延長線，60M 要接出 4 條感應管信號延長線。
4. 拿步驟 2 做好的三個電子碼錶，並把固態繼電器控制端接出二條電源線與步驟 3 做好的 40M、50M、60M 長的雙芯電源線，分別相接，便完成分段電子碼錶記錄器 (如圖 7)。

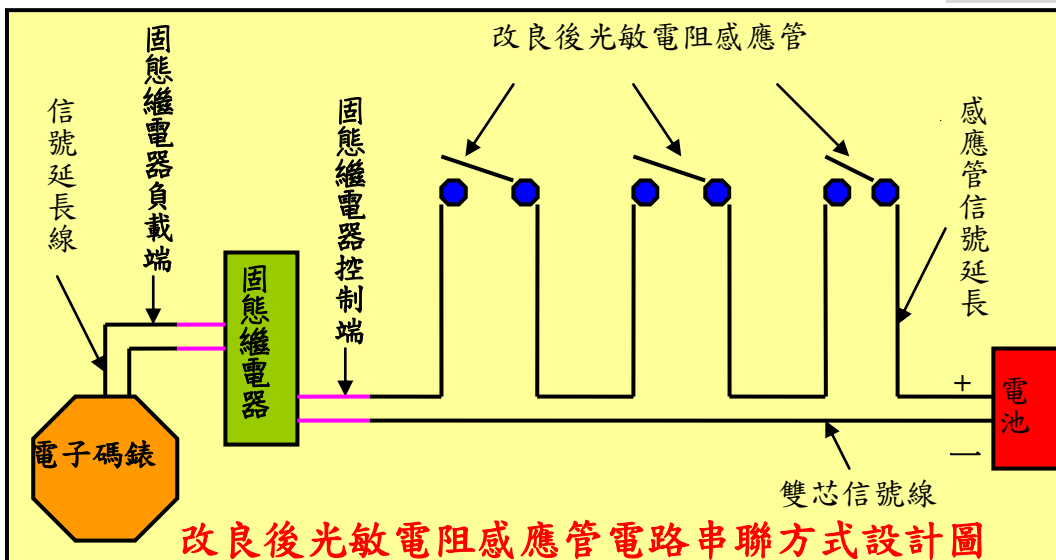


圖 7、設計製作：分段電子碼錶記錄器

(三) 設計安裝雷射發射器

1. 拿 10 支雷射筆(HL-6593)，取出其鈕扣電池，並把其供應電源接頭分別接出正電延長線及負電延長線。
2. 量 100M 長的電線，取每 10M 的位置，接出 1 條分支電源線，並在各分支電源線接上步驟 1 完成好的雷射筆，最後在 5M 的位置接上電源開關。
3. 準備一個 6 伏特 4 安培的電瓶代替鈕扣電池，提供雷射筆所需要的電源，便完成安裝雷射發射器 (如圖 8)。

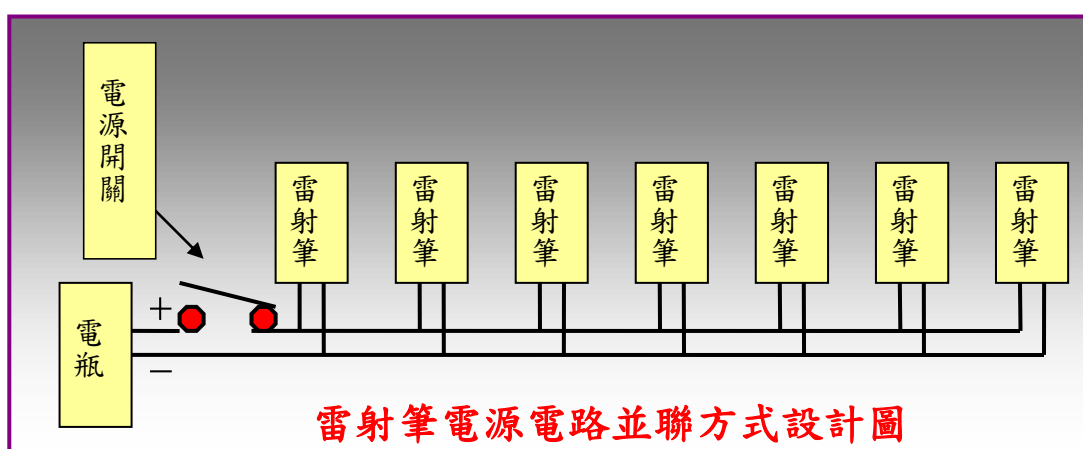


圖 8、設計安裝：雷射發射器

(四) 整合改良後光敏電阻感應管、分段電子碼錶記錄器、雷射發射器，研發出雷射分段測速系統

為了想要使新創意設計出來的雷射分段測速系統，在進行實際跑道測試實驗時能夠減少失敗，因此我們就先以在實驗室模擬的方式，進行小型雷射分段測速系統模型（如圖 9）之製作與操作測試活動，看是否能使模型先在實驗室裡運作成功，逐步累積更多心得，有助於之後的實際跑道測試實驗順利成功。

1. 取 40 公分長，內徑 9 公分的塑膠水管，並在管壁開 6 個內徑 1.5 公分的孔。
2. 此 6 個孔兩兩相互對望，共 3 組相互對望孔，我們把 3 支雷射發射器與 3 支改良後光敏電阻感應管分別裝入此 3 組相互對望之孔內。
3. 並在塑膠水管上端蓋子內裝電磁鐵鐵釘，再把 3 支光敏電阻感應管的信號線串聯與體育專業電子碼錶相接，便完成此小型雷射分段測速系統模型。
4. 以電磁鐵控制測試球之落下動作，模擬跑者跑步測試情形。經由實驗結果，得知所逐一整合前述設計元件而研發出來的此實驗室小型雷射分段測速系統模型終能成功運作，清楚的擷取到各個數據資料，代表我們的研究方法具可行性，將可準備進行實際的跑道測試與測量實驗，所設計的系統整合測試設計圖如次頁（下頁圖 10）。

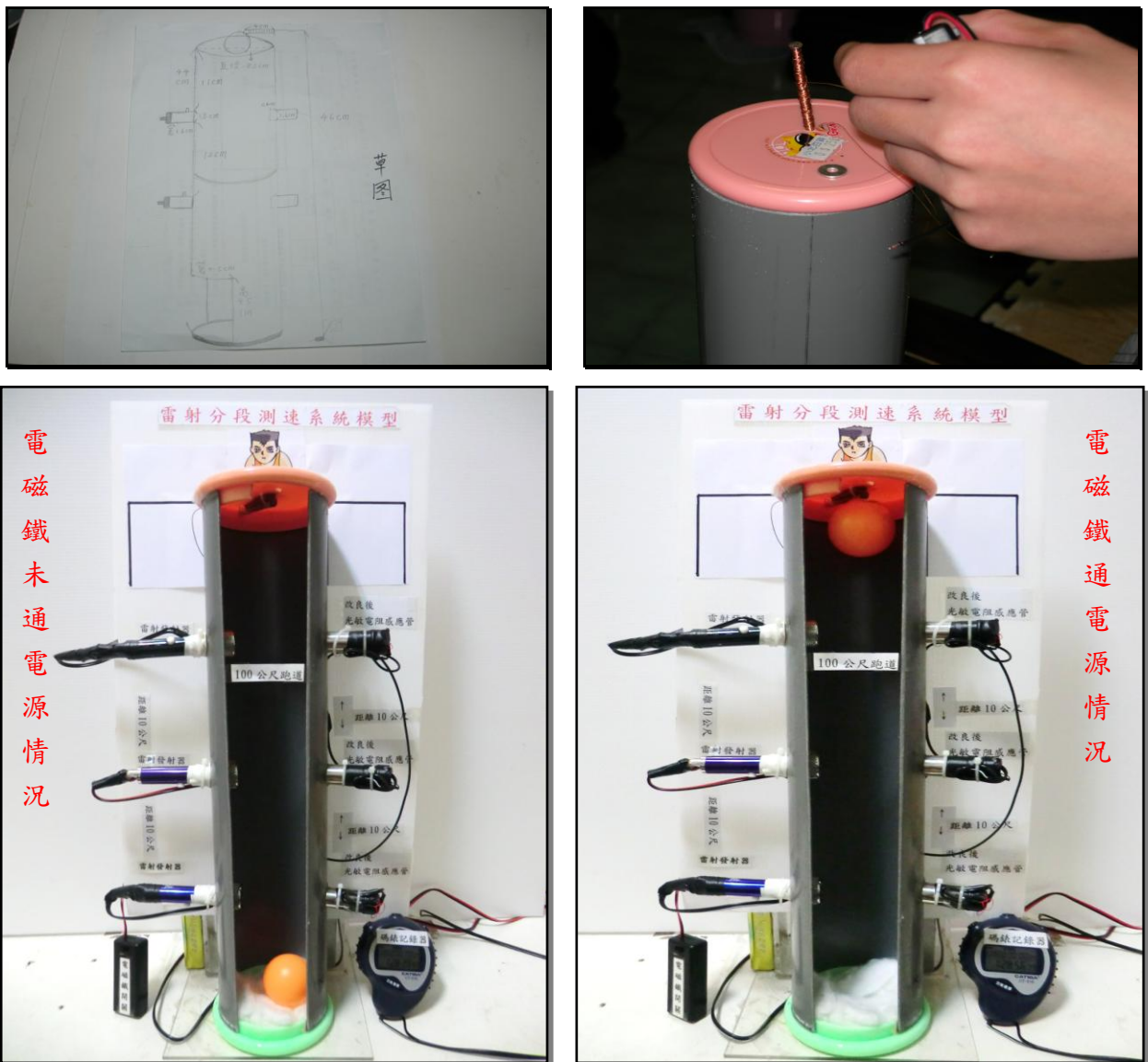


圖 9、整合設計出：實驗室小型雷射分段測速系統模型--並測試成功

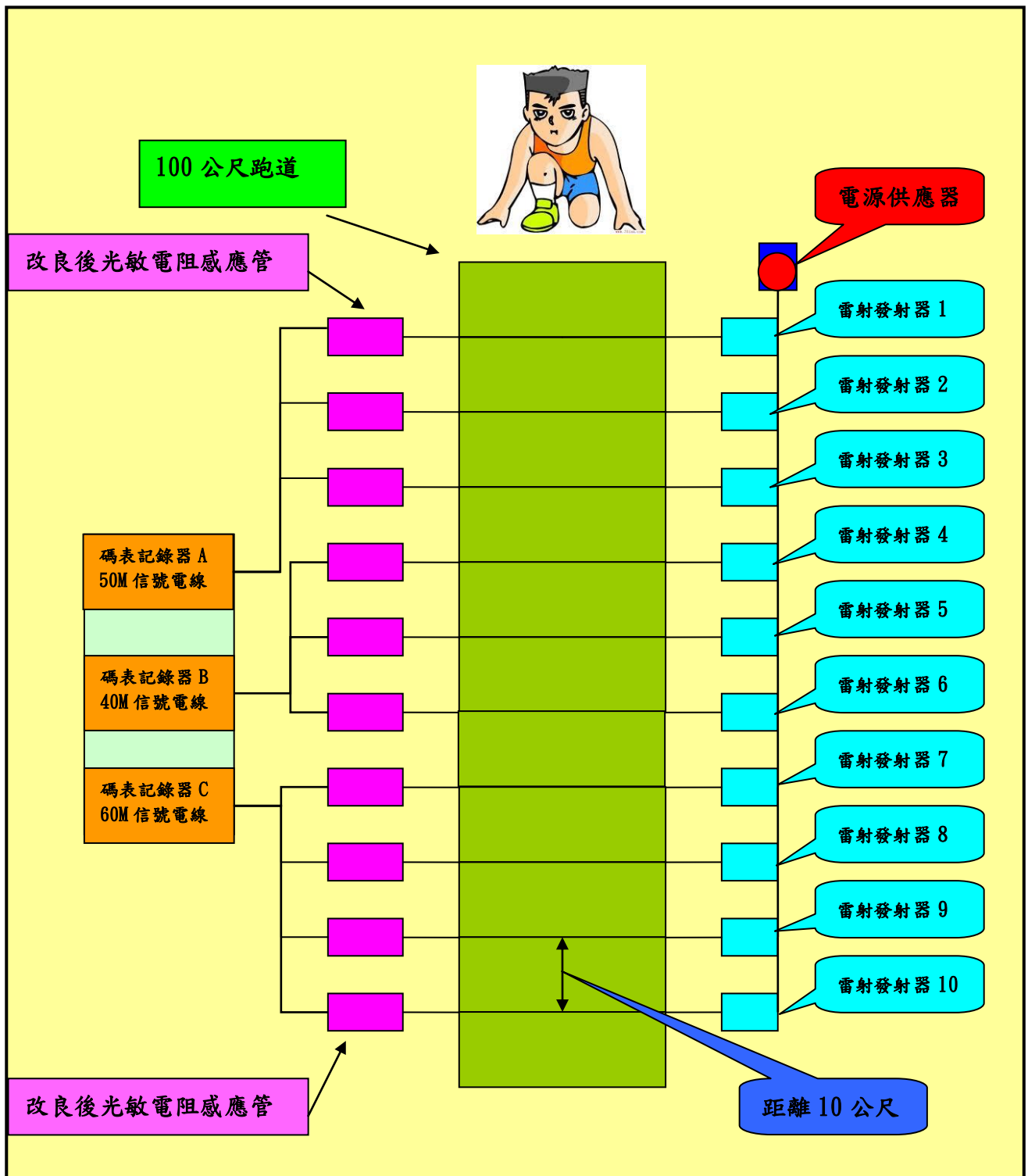


圖 10、整合設計出：操場大型雷射分段測速系統——系統整合測試設計圖

四、跑道測試與測量學校田徑隊跑者們 100M 的分段速度

(一) 教練溝通合作與測試研究對象找尋：

感謝田徑隊老師大力協助指導，並找尋具有潛力的跑步選手，作為受測與訓練對象，受測者基本資料及專長項目；如下表所示：

編號	姓名	年齡 (歲)	專長	身高 (公分)	體重 (公斤)	性別
1	A 選手	13	長跑	167	63.4	男
2	B 選手	14	長跑	165.9	50	男
3	C 選手	13	短跑	167	48	男
4	D 選手	14	短跑	167	46	男
5	E 選手	14	短跑	178	50	男
6	F 選手	14	短跑	160	40	男
7	G 選手	14	短跑	160	40	男
8	H 選手	14	短跑	172	53	男

(二) 實驗測量地點申請借用：

在本校橢圓形400M標準PU跑道，屏除公務使用時間，其餘時間特別申請借用。

(三) 跑道佈置 (如下頁圖11)：

1. 我們使用3條一百公尺跑道，左側跑道上將100M長的電源線以每10公尺為間距，分別接上10支雷射發射器，最後再接上6伏特4安培的電瓶。
2. 右側跑道每 10 公尺架設改良後光敏電阻感應管，先將 50M 的雙芯信號電線，連接 1-3 號光敏電阻感應管的信號插座，40M 的雙芯信號電線，連接 4-6 號光敏電阻感應管的信號插座，60M 長的雙芯信號電線，連接 7-10 號光敏電阻感應管的信號插座，最後把 40M、50M、60M 三條信號電線的尾端，分別再接回三台分段電子碼錶記錄器。
3. 以自製的亮度測量器(三用電錶加上改良後光敏電阻感應管，如上圖)確定現場佈置的光敏電阻感受到現場背景光線所產生的電阻值高於 10000 歐姆以上，使光敏電阻在未被雷射光照射之前是呈現斷路狀態，待實驗開始後其被雷射光照射之後才是通路狀態。





圖11、操場大型雷射分段測速系統--實際跑道佈置完成圖

(四) 分段速度測量實驗流程說明與執行：

1. 填寫跑步選手個人基本資料。
2. 講解測速實驗方式及流程。
3. 發令員會說『預備』、『開始』口令後，跑者進行百米跑步。



伍、研究結果與討論

一、了解雷射光與光敏電阻所組成的光電開關現象，並結合電子碼錶的速度測量效果為何

發現問題(一)：手電筒因為會有散光(能量不集中)問題，經由我們設計實驗研究，得知當距離 0.3 公尺時照射在光敏電阻上的電阻值就已高達 220000 歐姆(請參見下圖 12、手電筒與光敏電阻之間距離與產生電阻值-時間關係圖)，電阻值已非常大到無法使用，而雷射光具有很高同步性、極佳方向性、頻率單一性、及能量集中，可以取代手電筒，但雷射筆有光衰退(強度隨時間遞減)問題，所以我們需要再設計實驗研究(請參見下圖 13、雷射光與光敏電阻之間距離與產生電阻值-時間關係圖)，以便了解雷射光是否能為我們實驗之所用。

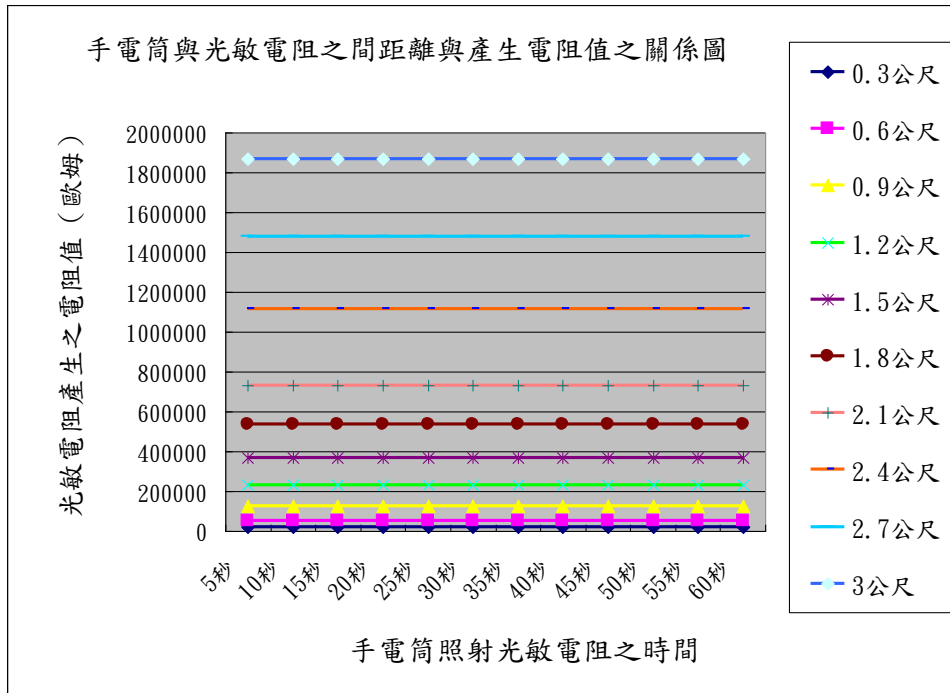


圖 12、手電筒與光敏電阻之間距離與產生電阻值-時間關係圖

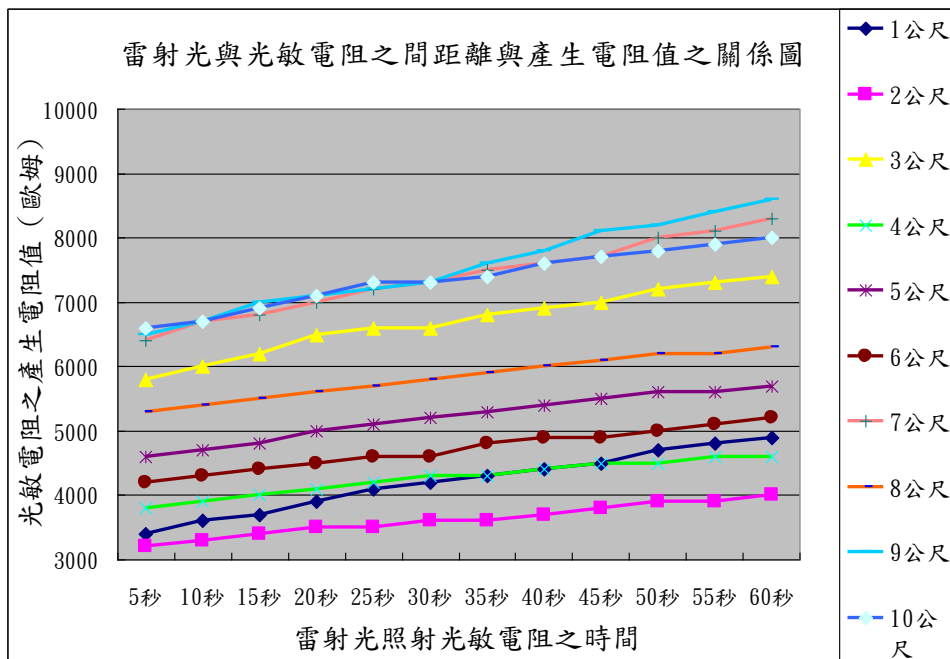


圖 13、雷射光與光敏電阻之間距離與產生電阻值-時間關係圖

●**討論解決方法**：我們利用三用電錶，觀察測量雷射光與光敏電阻之間的電阻值感應關係，得知若要光敏電阻能正常運作必需要符合以下二個條件：

A：光敏電阻成通路：投射至光敏電阻的光束強度，必須使光敏電阻產生的電阻值低於 9000 歐姆以下，則會成通路。

B：光敏電阻成斷路：週遭環境光線暗度，必須使光敏電阻產生的電阻值高於 10000 歐姆以上，則會成斷路。

從我們的研究所得到的如圖 12、圖 13 之研究結果，可知雷射光與光敏電阻在 1~10 公尺的距離中，產生的電阻值均低於 9000 歐姆以下，能讓光敏電阻運作正常，而一般手電筒在 0.3 公尺的位置照射在光敏電阻上產生的電阻值就已高達 22000 歐姆，無法讓光敏電阻正常運作，且一般手電筒沒有明顯直行光線，可以做為記錄時間的基準光線，這就是我們改用雷射光的原因；至於雷射筆在使用過程中會隨著時間產生光衰退的現象，我們也透過不斷地實驗與觀察，討論出解決的方法，只要每次在使用雷射筆的時間不超過 60 秒，便能順利解決此一問題。

二、整合雷射光、光敏電阻感應管、碼錶研發出<光電測速實驗組>模型

發現問題(一)：我們找了 5 個不同品牌的電子錶，接上我們設計的光敏電阻感應管，利用我們所研發的光電測速實驗組(請見 P7. 圖 5)，由雷射光來控制電子錶內碼錶計時功能，經由如下圖 14 電子錶內碼錶靈敏度實驗後發現，不同品牌的電子錶竟有不同感應的靈敏度，讓我們發現無法混雜使用不同品牌的電子錶。

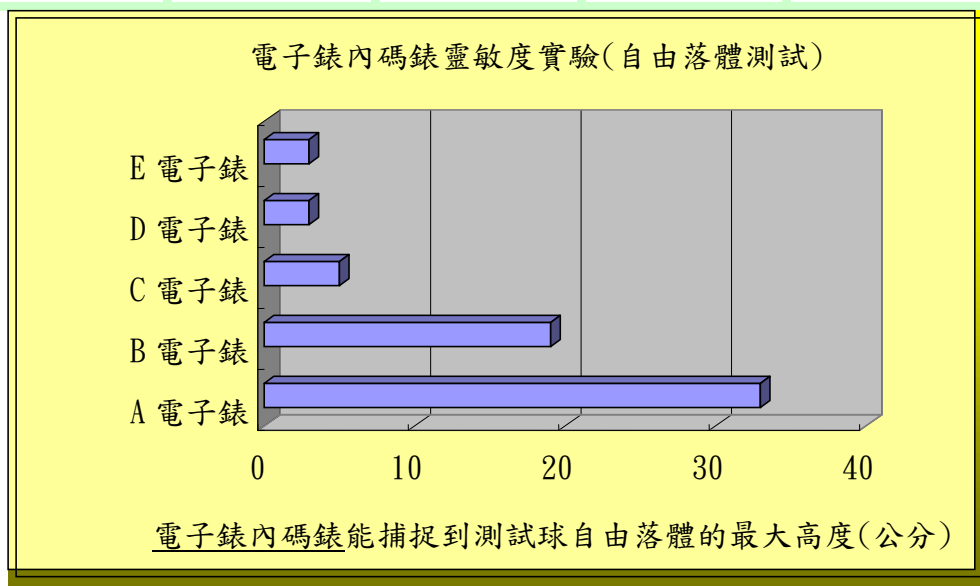
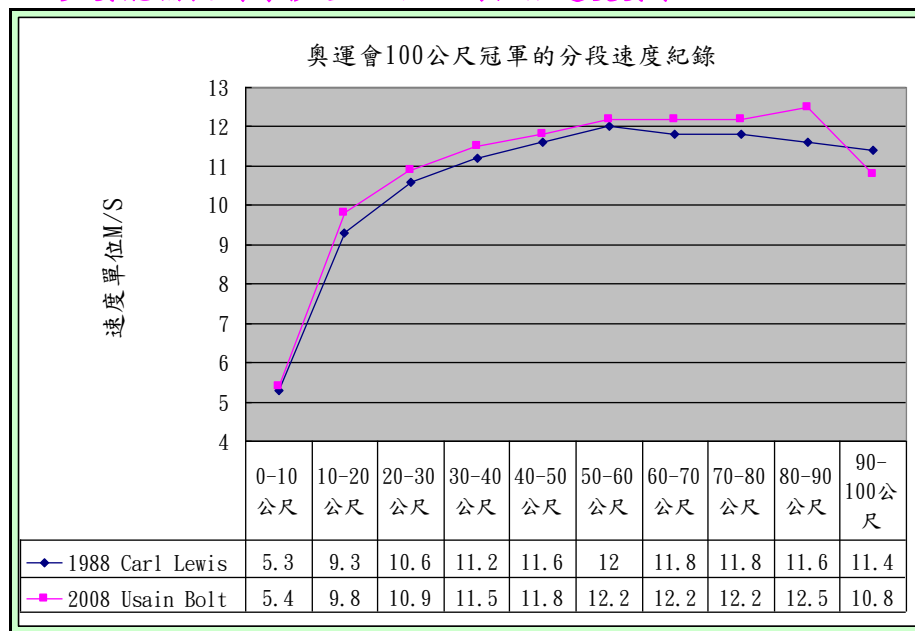


圖 14、利用所研發的光電測速實驗組進行：電子錶內碼錶靈敏度實驗

●**討論解決方法**：經由與老師討論後，大家一致結論，**換掉電子錶，而改選用具有多組記錄功能的體育專業碼錶**，因為普通電子錶的碼錶功能，只能記錄一組時間，本來我們要測 100m 分段記錄，勢必需 10 支同款同品牌的電子錶，且 10 支電子錶平均分散在 100m 跑道每 10m 的位置上，也無法知道儀器是否能正常運作，除非每一支電子錶都請一位同學在後面照顧，而現在我們選用**具有多組記錄功能的體育專業碼錶**，每一組記錄的功能，便可以當成是一支電子錶的功能，而且可以馬上測試雷射光是否有定位完成，藉以判斷儀器是否正常運作，當跑者跑完後我們就在原地讀出碼錶內的分段記錄時間，就不用跑到 10 個位置，去抄錄每一組的記錄時間了。

發現問題(二)：我們在網路上查文獻資料，有找到兩位世界 100 公尺冠軍的分段速度記錄(如下圖所示)，從中我們發現**如果想要測量跑者速度，其測量跑者速度的儀器，至少要能捕捉到每秒鐘 13 公尺的極限速度要求。**



●**討論解決方法**：我們找了 3 台不同品牌的體育專業電子碼錶，接上光敏電阻感應管，再次利用所研發的光電測速實驗組(請見 P7. 圖 5)，**進行體育專業電子碼錶靈敏度實驗**，如下圖 15，得知編號 A 電子碼錶能符合每秒鐘 13 公尺速度的極限速度要求，故以 A 電子碼錶做為我們雷射分段測速系統的計時碼錶，讓我們自製的**雷射分段測速系統能有捕捉到每秒 25 公尺速度的能力。**

圖片 樣式			
編號	A	B	C
品牌樣式	CATIGA(CT-510)	CASIO(S123-4000)	CASIO(HS-30W)

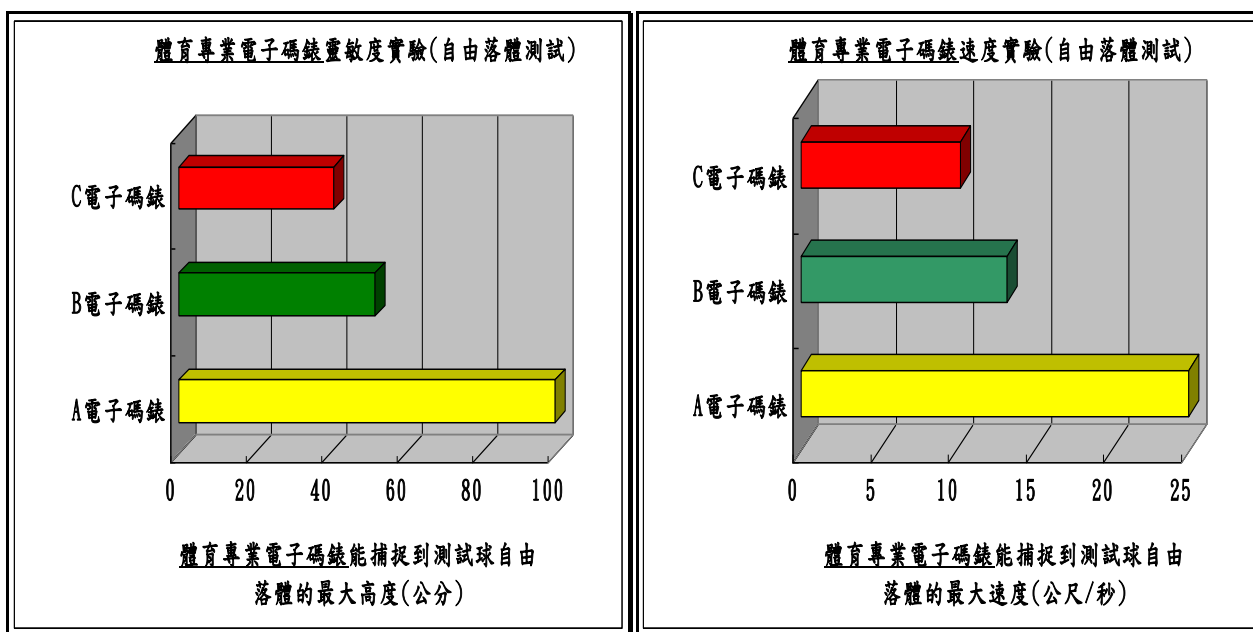


圖 15、利用所研發的雷射測速實驗組進行：**體育專業電子碼錶靈敏度實驗**

三、創意設計與建構<雷射分段測速系統>環境

發現問題(一)：用透明塑膠瓶製成的光敏電阻感應管，在實驗測試時，發現一個很大困擾，那就是雷射光在投射對正感應管內的5mm光敏電阻時，會花費非常長的時間來對準儀器，需要雷射光與感應管保持十分水平直行，才能投射至5mm光敏電阻的感應面上，這將來要在跑道佈置時，會造成非常大的問題。

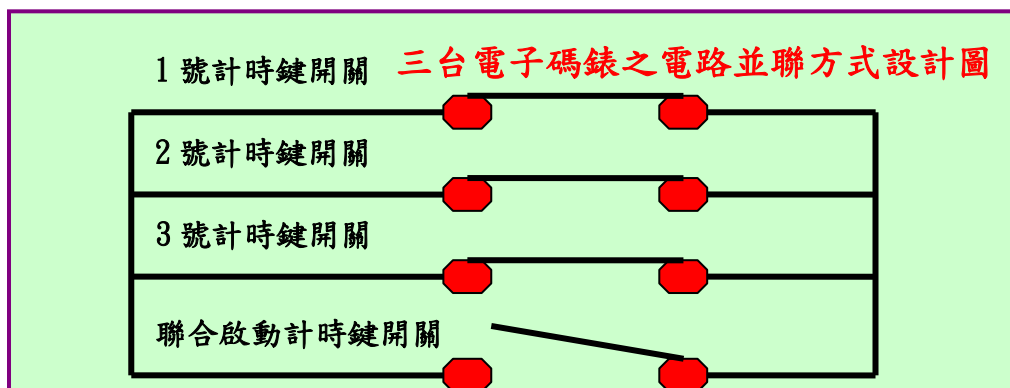
- 討論解決方法：**
1. **反射光的應用：**首先我們把透明塑膠瓶換成內壁光滑的不鏽鋼管，讓射到內壁的雷射光能反射至光敏電阻上。
 2. **散光的創想：**在不鏽鋼管的管口貼上散光膠帶，這是我們所發明的獨創方法，讓直行雷射光射到散光膠帶後，才把雷射光線散開來，再配合不鏽鋼管的光滑內壁反射至光敏電阻上，產生了穩定而非變動巨大的電阻值，這樣亦能使高強度(能量集中)的雷射光擁有更廣的有效投射角度。



原本自製光敏電阻感應管 → 研究改良後光敏電阻感應管

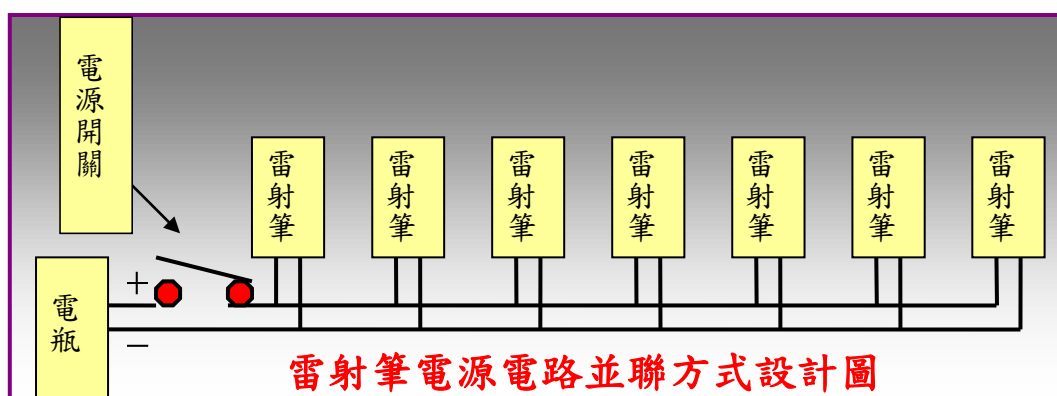
發現問題(二)：我們一共使用三台電子碼錶(CATIGA, CT-510)做為我們的雷射分段測速系統的計時碼錶，先面臨的問題是**如何讓這三台電子碼錶能同步啟動又能各自記錄分段時間。**

- **討論解決方法**：我們經過反覆討論，研究出利用電路並聯方式（如下圖），讓原本三個各自獨立的啟動計時按鍵，變成一個聯合統一的啟動計時按鍵，解決問題。



發現問題（三）：必須讓 10 支雷射筆同步啟動，同時投射出雷射光，去開啟三台電子碼錶的計時功能。

- **討論解決方法**：我們集思廣益，討論出了利用電路並聯方式（如下圖），讓原本各自獨立的 10 支雷射筆電源開關，變成一個聯合啟動的電源開關，解決了此一問題。



發現問題（四）：原本在室內體育館做雷射分段測速系統整合測試時，一切都運作正常，但當移師至操場 100 公尺跑道，再重新佈置雷射分段測速系統時，卻發生光敏電阻感應管無法感應的問題，經過詳細檢查，原來是外面操場的陽光太強，使光敏電阻的電阻值都太低，無法像室內體育館內較陰暗，能使光敏電阻產生較高的電阻值，但室內體育館內沒有 100 公尺的直線跑道，無法進行標準的 100 公尺跑道分段速度測試實驗，所以還是要想辦法解決太陽光光害問題。

- **討論解決方法**：我們在操場使用自製的亮度測量器，觀察改良後光敏電阻感應管產生電阻值情況，發現大約下午 4:30 以後，感應管產生電阻值可達 10000 歐姆以上了，此刻再把感應管管口背向太陽方向，可獲更高的電阻值，即可正常測試了。

四、跑道測試與測量學校田徑隊跑者們 100M 的分段速度

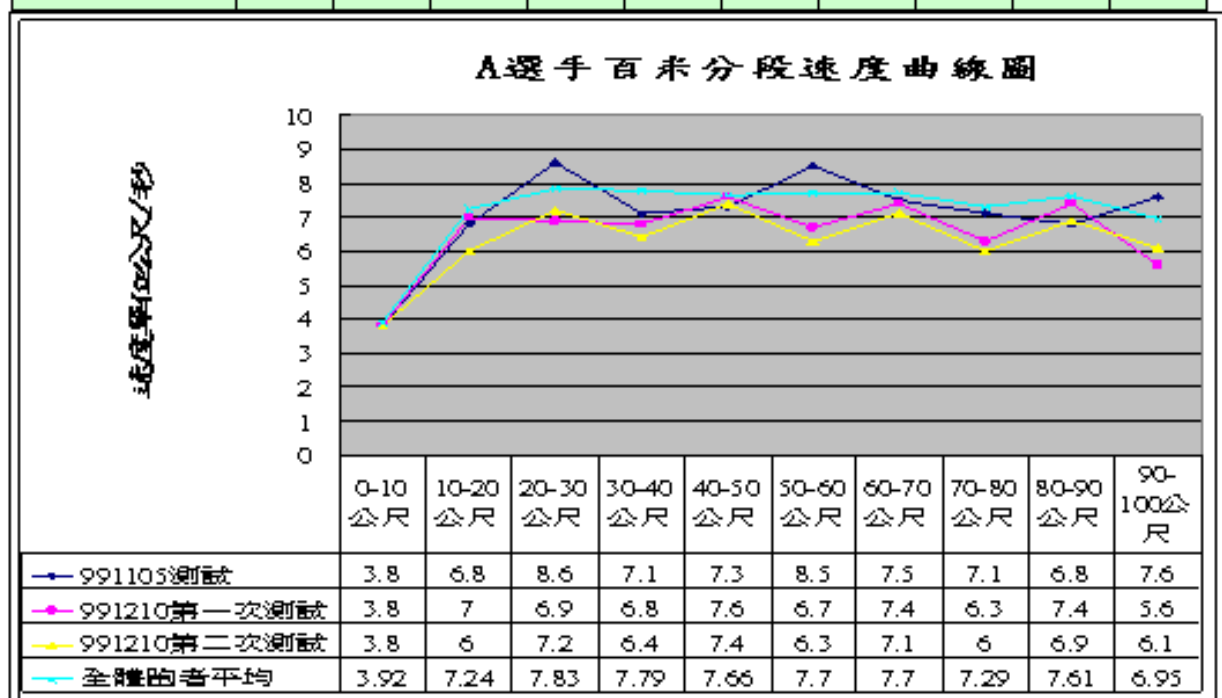
(一) 測試結果：

項目		秒										總計	
		0-10 公尺	10-20 公尺	20-30 公尺	30-40 公尺	40-50 公尺	50-60 公尺	60-70 公尺	70-80 公尺	80-90 公尺	90-100 公尺		
A	選	991105 日測	2.62	1.47	1.16	1.40	1.37	1.18	1.33	1.41	1.46	1.31	14.71
	季	991210 A 測	2.62	1.43	1.45	1.47	1.32	1.49	1.35	1.59	1.35	1.77	15.83
		991210 B 測	2.65	1.66	1.38	1.56	1.36	1.59	1.41	1.66	1.45	1.63	16.35
B	選	991105 日測	2.63	1.48	1.17	1.16	1.21	1.22	1.25	1.20	1.20	1.28	13.80
	季	991210 A 測	2.57	1.39	1.10	1.32	1.34	1.31	1.16	1.31	1.40	1.44	14.34
		991210 B 測	2.43	1.43	1.15	1.39	1.36	1.18	1.38	1.48	1.26	1.6	14.66
C	選	991105 日測	2.62	1.63	1.28	1.42	1.41	1.31	1.3	1.32	1.26	1.31	14.86
	季	991210 A 測	2.62	1.56	1.22	1.49	1.27	1.49	1.52	1.3	1.61	1.43	15.51
		991210 B 測	2.8	1.31	1.51	1.2	1.48	1.26	1.54	1.53	1.31	1.64	15.58
D	選	991105 日測	2.59	1.39	1.06	1.32	1.21	1.29	1.09	1.28	1.3	1.32	13.85
	季	991210 A 測	2.43	1.37	1.3	1.07	1.21	1.22	1.32	1.3	1.03	1.38	13.63
		991210 B 測	2.09	1.41	1.29	1.04	1.23	1.25	1.36	1.29	1.05	1.34	13.35
E	選	991105 日測	2.89	1.39	1.61	1.42	1.54	1.63	1.38	1.73	1.52	1.86	16.97
	季	991210 A 測	2.59	1.31	1.56	1.52	1.35	1.48	1.35	1.57	1.34	1.65	15.72
		991210 B 測	2.78	1.39	1.62	1.3	1.57	1.31	1.54	1.29	1.57	1.43	15.80
E	選	991105 日測	2.58	1.21	1.19	1.14	1.23	1.21	1.16	1.25	1.25	1.33	13.55
	季	991210 A 測	2.47	1.37	1.3	1.2	1.01	1.23	1.25	1.29	1.31	1.11	13.54
		991210 B 測	2.53	1.11	1.25	1.25	1.24	1.24	1.04	1.27	1.31	1.32	13.56
G	選	991105 日測	2.65	1.24	1.31	1.38	1.36	1.41	1.35	1.3	1.51	1.4	14.91
	季	991210 A 測	2.18	1.26	1.21	1.14	1.16	0.91	1.19	1.18	1.21	1.3	12.74
		991210 B 測	2.28	1.26	1.23	1.17	1.17	1.19	1.02	1.12	1.26	1.35	13.05
H	選	991105 日測	2.53	1.6	1.2	1.46	1.22	1.49	1.3	1.54	1.35	1.53	15.22
	季	991210 A 測	2.71	1.4	1.45	1.16	1.51	1.24	1.47	1.52	1.27	1.6	15.33
		991210 B 測	2.85	1.33	1.53	1.19	1.5	1.46	1.33	1.52	1.3	1.67	15.68

(二) 分析與討論：

A 選手三次測試資料統計表

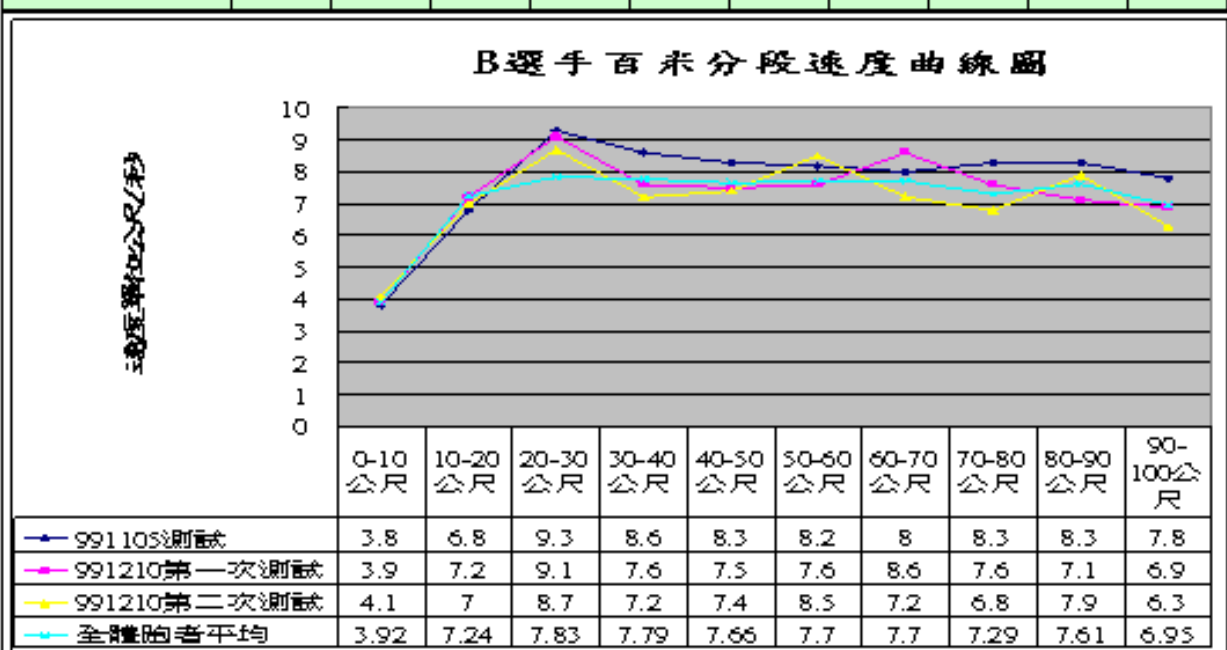
速度區段	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
項目	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺
最大速度(M/S)	3.8	7.0	8.6	7.1	7.6	8.5	7.5	7.1	7.4	7.6
最小速度(M/S)	3.8	6.0	6.9	6.4	7.3	6.3	7.1	6.0	6.9	5.6
平均速度(M/S)	3.8	6.6	8.2	6.8	7.4	7.2	7.3	6.5	7.0	6.4
標準差	±0.01	±0.53	±2.06	±0.35	±0.15	±1.17	±0.21	±0.57	±0.32	±1.04



內容	【教練指導】：A 選手百米測試資料討論與分析
速度期段	
加速期 (0-30公尺)	A 選手為長跑選手，最高速度 8.6M/S 出現在 20-30 公尺，0-20 公尺 A 選手的表現在全體平均之下，爆發力不足。
高速期 (30-60公尺)	A 選手高速期的特性，速度表現變化穩定。
維持期 (60-90公尺)	A 選手在維持期，速度下降幅度過大。
減速期 (90-終點)	A 選手在減速期，最後 10 公尺速度低於全體平均。
【教練的建議】：A 選手可加強節奏性訓練、反覆性訓練等專業課程，以改進節奏感不足、跑步力量不穩定、速度過低等問題，有助於整體跑步成績之提升。(至於課程之細部內容已屬田徑教練專業知識與技能，在此略述。)	

B 選手三次測試資料統計表

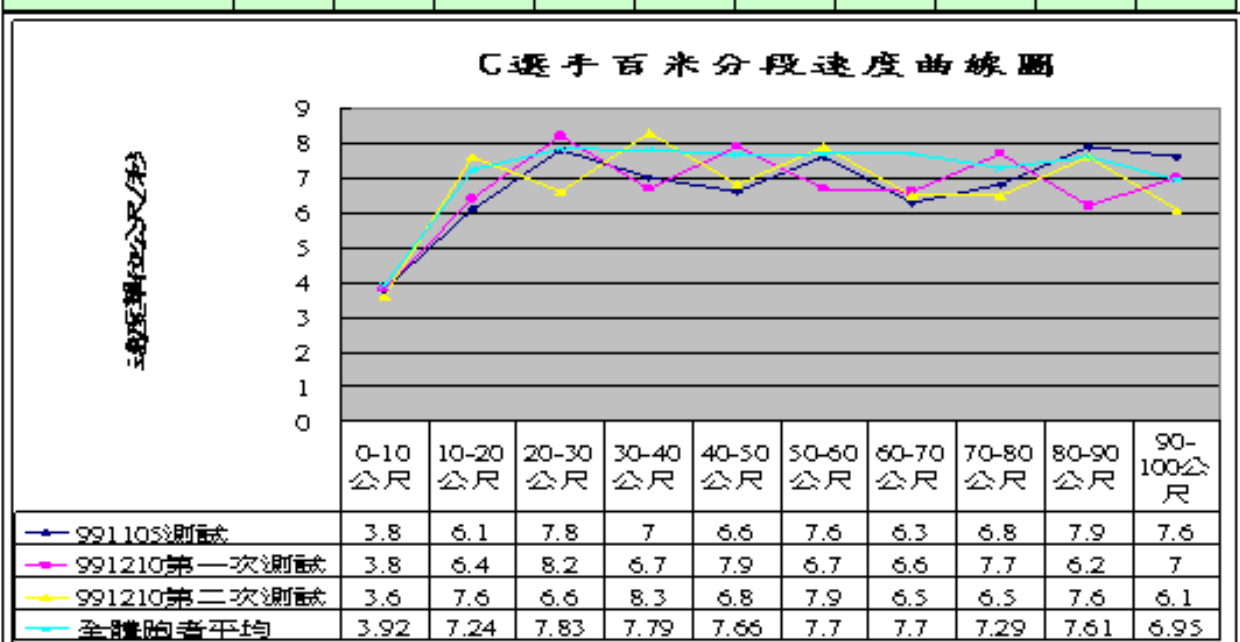
速度區段	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
項 目	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺
最大速度 (M/S)	4.1	7.2	9.3	8.6	8.3	8.5	8.6	8.3	8.3	7.8
最小速度 (M/S)	3.8	6.8	8.7	7.2	7.4	7.6	7.2	6.8	7.1	6.3
平均速度 (M/S)	3.9	7.0	9.0	7.8	7.7	8.1	7.9	7.6	7.7	7.0
標準差	±0.15	±0.2	±0.31	±0.72	±0.49	±0.46	±0.70	±0.75	±0.61	±0.75



內容	【教練指導】: B 選手百米測試資料討論與分析
速度期段	
加速期 (0-30公尺)	B 選手為長跑選手最高速度 9.3M/S，出現在 20-30 公尺的位置，其跑步特性 20-30 公尺時速度曲線上升幅度極快。
高速期 (30-60公尺)	B 選手在 50-60 公尺時，平均速度上升的幅度，高於全體平均速度之上。
維持期 (60-90公尺)	B 選手在 50-70 公尺時，會有第二次速度上升幅度
減速期 (90-終點)	B 選手在減速期，還有努力空間。
<p>【教練的建議】: B 選手可加強<u>間歇性訓練</u>、<u>跑步姿勢矯正訓練</u>等專業課程，以改進<u>跑步速度維持不良</u>等問題，有助於整體跑步成績之提升。(至於課程之細部內容已屬田徑教練專業知識與技能，在此略述。)</p>	

C 選手三次測試資料統計表

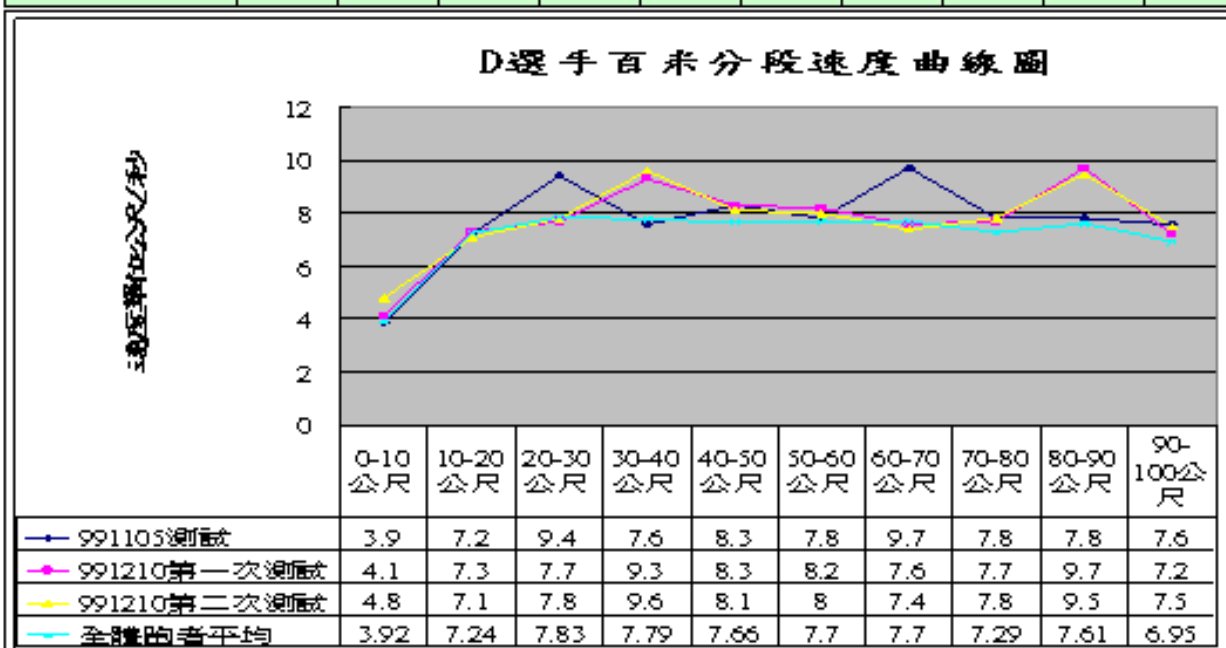
速度區段	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
項目	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺
最大速度 (M/S)	3.8	7.6	8.2	8.3	7.9	7.9	6.6	7.7	7.9	7.6
最小速度 (M/S)	3.6	6.1	6.6	6.7	6.6	6.7	6.3	6.5	6.2	6.1
平均速度 (M/S)	3.7	6.7	7.5	7.0	7.1	7.4	6.5	7.0	7.2	6.9
標準差	±0.12	±0.79	±0.83	±0.85	±0.70	±0.62	±0.15	±0.62	±0.91	±0.75



內容	【教練指導】: C 選手百米測試資料討論與分析
速度期段	
加速期 (0-30 公尺)	C 選手為短跑選手，最高速度 8.3M/S 出現在 30-40 公尺，0-10 公尺的爆發力低於平均數值，加速期的速度上升幅度比較緩慢。
高速期 (30-60 公尺)	C 選手的高速期短且不流暢。
維持期 (60-90 公尺)	C 選手的維持期的平均速度偏低。
減速期 (90-終點)	C 選手的減速期，發揮衝刺效果，速度上升幅度明顯。
<p>【教練的建議】: C 選手可加強反覆性訓練、觀念強化等專業課程，以改進跑步力量不穩定、速度過低、動機不足等問題，有助於整體跑步成績之提升。(至於課程之細部內容已屬田徑教練專業知識與技能，在此略述。)</p>	

D 選手三次測試資料統計表

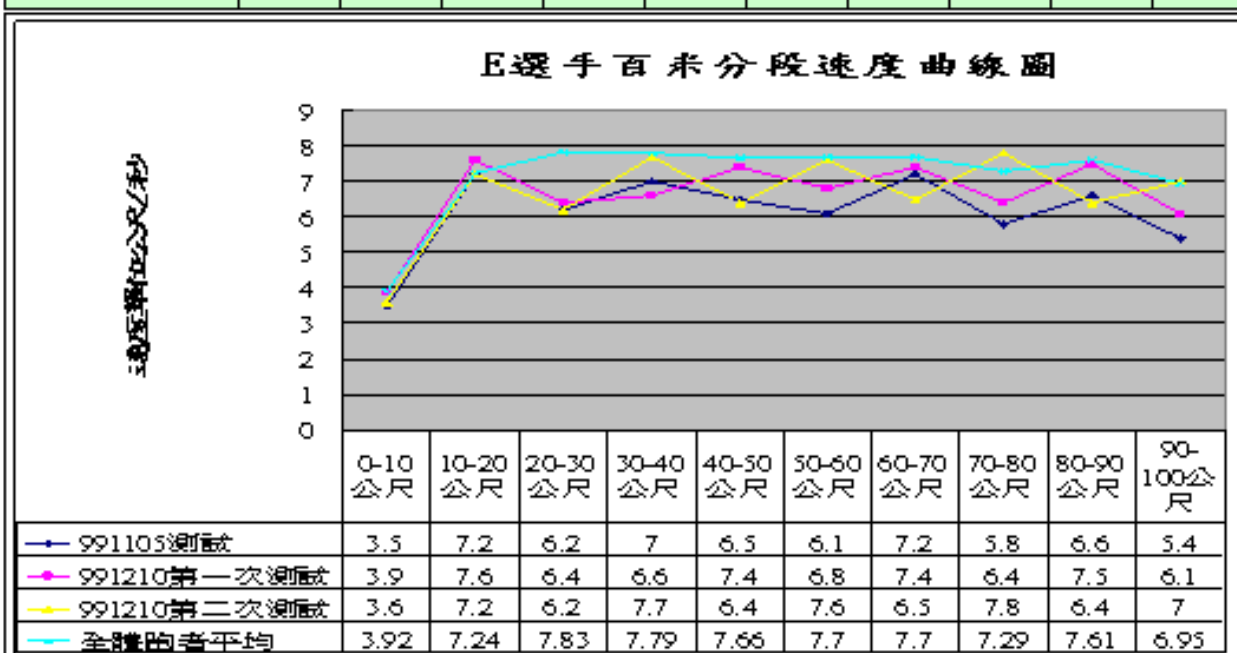
速度區段	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
項目	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺
最大速度 (M/S)	4.8	7.3	9.4	9.6	8.3	8.2	9.7	7.8	9.7	7.6
最小速度 (M/S)	3.9	7.1	7.7	7.6	8.1	7.8	7.4	7.7	7.8	7.2
平均速度 (M/S)	4.3	7.2	8.3	8.8	8.2	8.0	8.2	7.8	9.0	7.4
標準差	±0.47	±0.10	±0.95	±1.08	±0.12	±0.20	±1.27	±0.06	±1.04	±0.21



內容	【教練指導】：D 選手百米測試資料討論與分析
速度期段	
加速期 (0-30公尺)	D 選手為短跑選手，最高速度 9.7M/S，其跑步特性為 0-10 公尺的區間的爆發力極為優秀。速度高峰出現在 30-40 公尺、80-90 公尺各一次。
高速期 (30-60公尺)	D 選手在高速期的速度下降幅度過大。
維持期 (60-90公尺)	D 選手在維持期的末端，速度上升幅度大。
減速期 (90-終點)	D 選手在減速期的速度下降幅度大。
<p>【教練的建議】：D 選手可加強流暢性訓練、反覆性訓練等專業課程，以改進自我錯誤配速、跑步力量不穩定等問題，有助於整體跑步成績之提升。（至於課程之細部內容已屬田徑教練專業知識與技能，在此略述。）</p>	

E 選手三次測試資料統計表

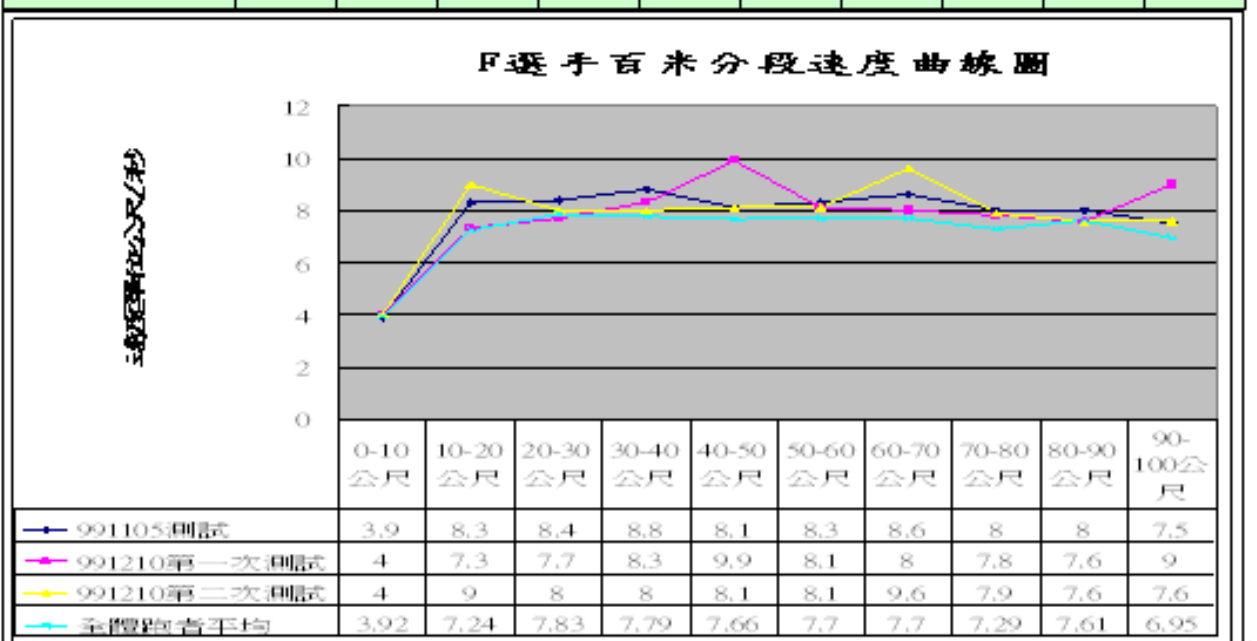
速度區段	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
項目	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺
最大速度 (M/S)	3.9	7.6	6.4	7.7	7.4	7.6	7.4	7.8	7.5	7.0
最小速度 (M/S)	3.5	7.2	6.2	6.6	6.4	6.1	6.5	5.8	6.4	5.4
平均速度 (M/S)	3.7	7.3	6.3	7.1	6.8	6.8	7.0	6.7	6.8	6.2
標準差	±0.21	±0.23	±0.12	±0.56	±0.55	±0.75	±0.47	±1.03	±0.59	±0.80



內容	【教練指導】：E 選手百米測試資料討論與分析
速度期段	
加速期 (0-30公尺)	E 選手為短跑選手，最高速度 7.7M/S，其跑步特性為 0-10 公尺的區間的爆發力有進步空間。加速期的區間的爆發力稍低於平均值。
高速期 (30-60公尺)	E 選手在維持期速度表現平穩。
維持期 (60-90公尺)	E 選手在維持期的平均速度表現，略低於全體平均值。
減速期 (90-終點)	E 選手在減速期的速度下降幅度大。
【教練的建議】：E 選手可加強觀念強化、反覆性訓練等專業課程，以改進動機不足、跑步力量不穩定、速度過低等問題，有助於整體跑步成績之提升。(至於課程之細部內容已屬田徑教練專業知識與技能，在此略述。)	

F 選手三次測試資料統計表

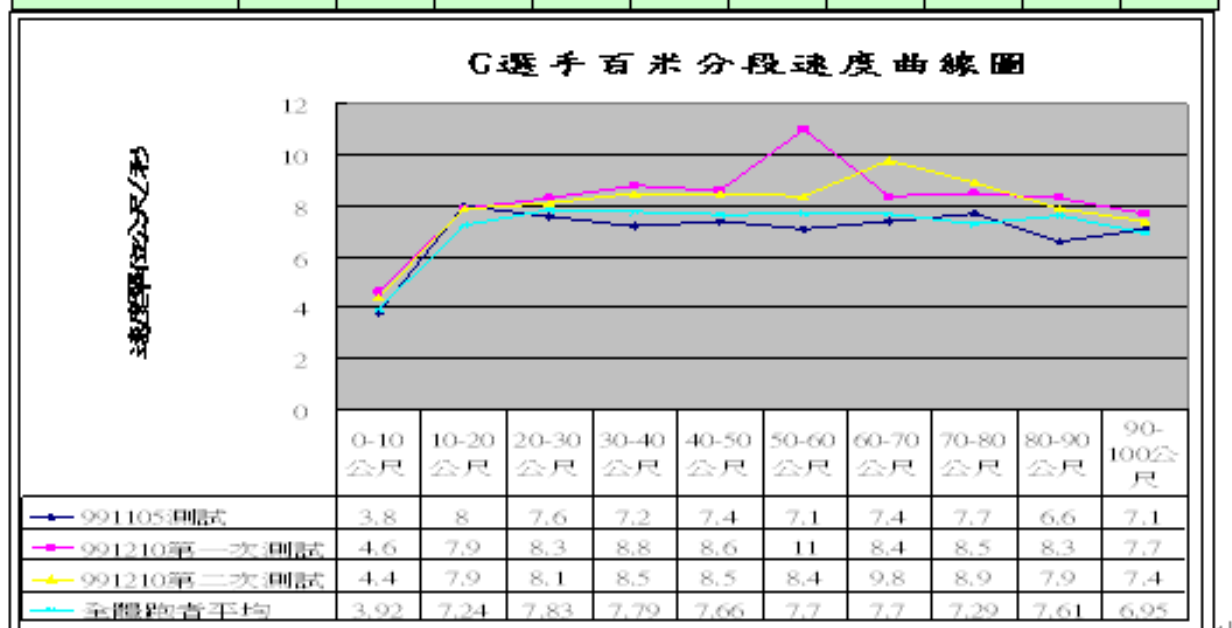
速度區段	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
項目	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺
最大速度 (M/S)	4.0	9.0	8.4	8.8	9.9	8.3	9.6	8.0	8.0	9.0
最小速度 (M/S)	3.9	7.3	7.7	8.0	8.1	8.1	8.0	7.8	7.6	7.5
平均速度 (M/S)	4.0	8.2	8.0	8.4	8.7	8.2	8.7	7.9	7.7	8.0
標準差	±0.06	±0.85	±0.35	±0.40	±1.04	±0.12	±0.81	±0.10	±0.23	±0.84



內容	【教練指導】: F 選手百米測試資料討論與分析
速度期段	
加速期 (0-30公尺)	F 選手為短跑選手，最高速度 9.9M/S，其跑步特性在 0-10 公尺爆發力平平，但 10-30 公尺的加速表現亮眼。
高速期 (30-60公尺)	F 選手在高速期達到最高速度 9.9M/S，且平均速度都高於全體平均速度之上。
維持期 (60-90公尺)	F 選手在維持期 60-80 公尺的平均速度下降幅度大。
減速期 (90-終點)	F 選手在最後減速期有明顯的衝刺動作。
【教練的建議】: F 選手可加強 <u>間歇性訓練</u> 、 <u>跑步姿勢矯正訓練</u> 等專業課程，以改進 <u>跑步速度維持不良</u> 等問題，有助於整體跑步成績之提升。(至於課程之細部內容已屬田徑教練專業知識與技能，在此略述。)	

G 選手三次測試資料統計表

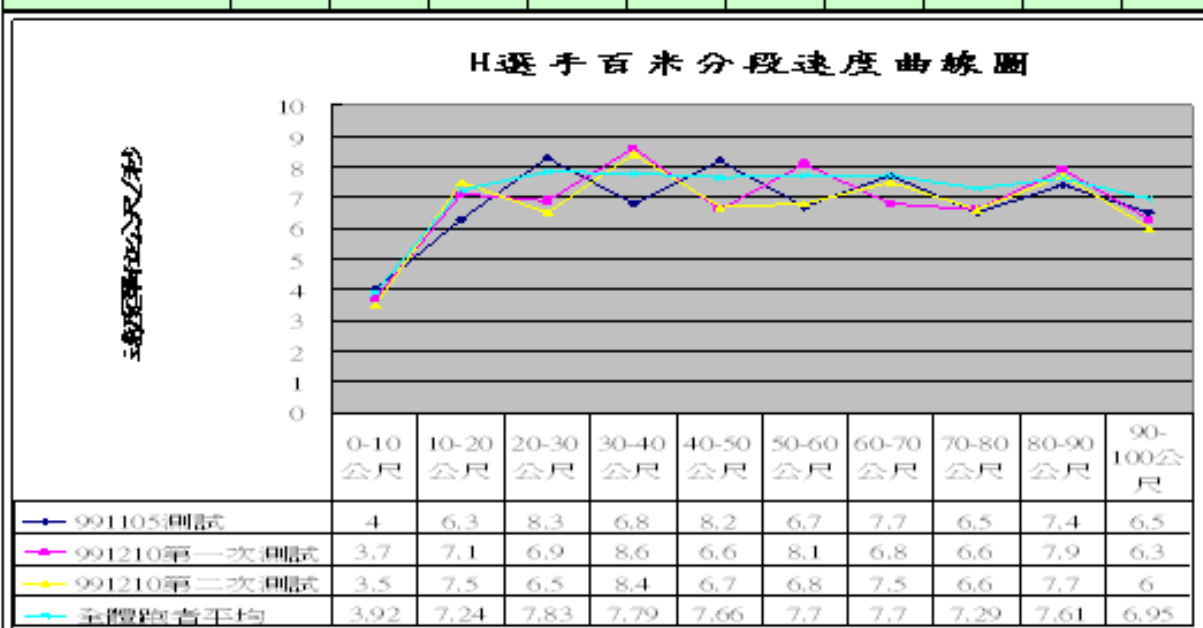
速度區段	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
項 目	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺
最大速度(M/S)	4.6	8.0	8.3	8.8	8.6	11.0	9.8	8.9	8.3	7.7
最小速度(M/S)	3.8	8.0	7.6	7.2	7.4	7.1	7.4	7.7	6.6	7.1
平均速度(M/S)	4.3	7.9	8.0	8.2	8.2	8.8	8.5	8.4	7.6	7.4
標準差	±0.42	±0.06	±0.36	±0.85	±0.67	±1.99	±1.21	±0.61	±0.89	±0.30



內容	【教練指導】：G 選手百米測試資料討論與分析
速度期段	
加速期 (0-30公尺)	G 選手為短跑選手，最高速度 11M/S，出現在 50-60 公尺，其跑步特性為 4 期區間的平均速度順暢。速度高峰出現在 50-70 公尺之間。
高速期 (30-60公尺)	G 選手在高速期的平均速度皆高於全體平均速度，且速度上升幅度至 50-60 公尺。
維持期 (60-90公尺)	G 選手在維持期 60-70 公尺的位置，平均速度下降幅度略大。
減速期 (90-終點)	G 選手在維持期、減速期的曲線順暢。
【教練的建議】：G 選手可加強肌力訓練、間歇性訓練、跑步姿勢矯正訓練等專業課程，以改進過晚提升速度、跑步速度維持不良等問題，有助於整體跑步成績之提升。(至於課程之細部內容已屬田徑教練專業知識與技能，在此略述。)	

H 選手三次測試資料統計表

速度區段	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
項目	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺	公尺
最大速度(M/S)	4.0	7.5	8.3	8.6	8.2	8.1	7.7	6.6	7.9	6.5
最小速度(M/S)	3.5	6.3	6.5	6.8	6.8	6.7	6.8	6.5	7.4	6.0
平均速度(M/S)	3.7	7.0	7.2	7.9	7.2	7.2	7.3	6.5	7.0	6.4
標準差	±0.25	±0.61	±0.95	±0.99	±0.89	±0.78	±0.47	±0.06	±0.25	±0.25



內容	【教練指導】：H 選手百米測試資料討論與分析
速度期段	
加速期 (0-30公尺)	H 選手為短跑選手，最高速度 8.6M/S 出現在 30-40 公尺，其跑步特性 20-30 公尺時速度上升幅度極快。
高速期 (30-60公尺)	H 選手在高速期的三段平均速度，不穩定起伏大。
維持期 (60-90公尺)	H 選手在維持期的 80-90 平均速度上升幅度大。
減速期 (90-終點)	H 選手在減速期的平均速度下降幅度大，且低於全體平均速度。
【教練的建議】 ：H 選手可加強反覆性訓練、流暢性訓練等專業課程，以改進跑步力量不穩定、自我錯誤配速等問題，有助於整體跑步成績之提升。（至於課程之細部內容已屬田徑教練專業知識與技能，在此略述。）	

陸、結論

針對我們當初的四大研究目的，我們得到的結論為：

研究目的一：了解雷射光與光敏電阻所組成的光電開關現象，並結合電子碼錶的速度測量效果為何（結論）：

※我們的研究過程包括了：(一)：設計創作出光敏電阻感應管、(二)：組成製作出光電測速計時器。

1. 透過我們的實驗，得知若要光敏電阻能正常運作必需要符合以下二個條件：

A：光敏電阻成通路：投射光敏電阻的光束強度，須使其產生的電阻值低於 9000 歐姆以下。

B：光敏電阻成斷路：週遭環境光線暗度，必須使其產生的電阻值高於 10000 歐姆以上。

2. 從我們研究的雷射光與光敏電阻之距離與產生電阻值關係的實驗結果亦得知在 1~10 公尺的距離中，產生的電阻值均低於 9000 歐姆以下，能讓光敏電阻成通路而正常運作，而一般手電筒之照光難以讓光敏電阻成通路，無法正常運作，故改用雷射光來解決此一問題。

3. 從我們研究的雷射光與光敏電阻之產生電阻值與時間關係的實驗結果亦得知只要每次在使用雷射筆的時間不超過 60 秒，便能順利解決雷射筆的光衰退問題。

研究目的二：整合雷射光、光敏電阻感應管、碼錶研發出〈光電測速實驗組〉模型（結論）：

※我們的研究過程包括了：(一)：研發出光電測速實驗組模型、(二)：電子錶內碼錶靈敏度實驗、(三)：體育專業電子碼錶靈敏度實驗。

1. 設計實驗，利用所研發的光電測速實驗組進行電子錶內碼錶靈敏度實驗後，發現不同品牌的電子錶有不同感應的靈敏度，讓我們決定換掉電子錶，而改選用具有多組記錄功能的體育專業碼錶，當跑者跑完後我們馬上就可在原地讀出碼錶內的十組分段記錄時間，而且可以立即測試雷射光是否有定位完成，藉以判斷儀器是否正常運作，就不用到處跑位抄錄了。

2. 也利用了所研發的光電測速實驗組進行體育專業電子碼錶靈敏度實驗，得知編號 A 電子碼錶能符合每秒鐘 13 公尺速度的極限速度要求，故以 A 電子碼錶做為我們雷射分段測速系統的計時碼錶，讓我們自製的雷射分段測速系統能有捕捉到每秒 25 公尺速度的能力。

研究目的三：創意設計與建構〈雷射分段測速系統〉環境（結論）：

※我們的研究過程包括了：(一)：設計改良光敏電阻感應管、(二)：設計製作分段電子碼錶記錄器、(三)：設計安裝雷射發射器、(四)：整合系統研發出雷射分段測速系統。

1. 反覆討論研究，在不鏽鋼管的管口貼上散光膠帶，此為所發明的『獨創方法』，讓直行雷射光射到散光膠帶後散開來（散光的創想），再配合不鏽鋼管的光滑內壁反射至光敏電阻上（反射光的應用），產生穩定的電阻值，這樣亦能使雷射光擁有更廣的有效投射角度，解決費時對準照光及電阻值忽大忽小不穩定之問題。

2. 經反覆討論，研究出利用電路並聯方式，讓原本各自獨立的啟動計時按鍵，變成一個聯合統一的啟動計時按鍵，解決了須讓三台電子碼錶能同步啟動又能各自記錄分段時間的問題。

3. 我們集思廣益，討論出了利用電路並聯方式，讓原本各自獨立的電源開關，變成一個聯合啟動的電源開關，解決了須讓 10 支雷射筆同步啟動，同時投射出雷射光，去開啟三台電子碼錶的計時功能之問題。
4. 我們在操場使用自製的亮度測量器，反覆觀察記錄改良後光敏電阻感應管產生電阻值情況，發現大約下午 4:30 以後，感應管產生電阻值可達 10000 歐姆以上了，此刻再把感應管管口背向太陽方向，便可獲更高的電阻值，即可正常測試了，解決了太陽光光害問題。

研究目的四：跑道測試與測量學校田徑隊跑者們 100M 的分段速度（結論）：

※我們的研究過程包括了：(一)：教練溝通合作與測試研究對象找尋、(二)：實驗測量地點申請借用、(三)：跑道佈置、(四)：分段速度測量實驗流程說明與執行。

1. 在操場上實際多次的真實跑步測試，各組數據均可由碼錶自動順利記錄，代表我們所研究設計的雷射分段測速系統能夠運作順利，十分成功，達成了我們的研究目的。
2. 以此科學方法進行實際跑步分段速度測量，跑者們均能更明白跑步中各階段時期的速度分配狀況為何，也更能清楚地予以分析各階段時期的特性與優缺點為何，更能正確有效地訂定各自專屬適性的跑步訓練計劃與課程，進而能夠成功地締造出更進步優良的運動佳績。

※※※研究特色：

1, 環保：

在此次研究中，亦充分發揮環保精神，進行大量廢棄物的回收再利用，例如：用來磁吸固定雷射發射器的穩固基座即是利用學校廢棄的電腦主機外殼，而作為光敏電阻感應管的鋼管亦是在資源回收場走看就地取材利用，另外用來固定光敏電阻感應管的三腳架亦是收集同學家中照相機腳架加以聯想運用，電子錶也是收集同學廢棄的，故我們的研究內容亦是充分融入了環保議題。



2, 經濟：

我們所研究設計出的測速系統，經濟成本也比前述文獻探討所提及其他測速儀器設備便宜許多，卻也能十分有效地運作成功，是一種成本低廉、不同以往且自己創新研發的模式。

3, 實用：

我們所自行創意研發的測速系統在真實的跑步測試中，確實運作十分順利成功，能有效測量跑者實際跑步分段速度為何，進行特性與優缺點分析，而能更正確地訂定專屬適性的跑步訓練計劃與課程，可普遍推行於十分缺乏的各中小學校中應用，產生了良好的生活與應用科學價值。

以上研究特色也是老師希望培養我們的科學精神與創新思考能力之一，透過此次科學展覽研究活動亦大大提升了我們的科學素養與科學研究能力，實是豐富收穫的科學學習之旅，內心十分感動與欣喜，謝謝老師的指導與同學們晨昏與共的認真合作與熱情參與。

※※※未來展望：

經由此次研究所累積的經驗與心得，未來的展望是想進行較長距離的分段測速系統之研究與設計，我們想改用較高等級的雷射光作為發射光源（避免受到光衰退時間過快之限制），而能延長可以測速的時間，進而能延長可以測速的整個跑步距離（例如：200 公尺、400 公尺等），甚至將整個環場跑道測速系統建置起來，而能進行更多項較長距離的跑步分配速度之測量與分析工作，以擴大我們研究的應用成效。

柒、參考資料及其他

1. 劉淑華 (2006)。短跑選手步幅、步頻與平均速度之相關研究。輔仁大學體育學刊，(5)，171~184
2. 翁梓林(2000)。影響短距離起跑之生物力學分析。國立臺北師範學院學報，(13)，569~588
3. 鐘志忠(2007)。國小學童六十公尺跑速度分析。國立臺北教育大學體育系體育教學碩士班碩士論文。
4. 林漢龍(2009)。跳繩訓練對國小田徑選手運動能力的影響。國立臺南大學體育科教學碩士班碩士論文。
5. 陶武訓(2002)。優秀短距離選手百公尺跑之分段速度、步頻、步幅分析。國立體育學院教練研究所碩士論文。
6. 陳德盛 張嘉澤(2006)。兩週階梯訓練對田徑選手200公尺速度表現之影響。運動教練科學，(17)，171~184
7. 張博智(2004)。國內優秀男子百公尺起跑出發運動學分析。國立體育學院教練研究所碩士論文。
8. 林佐吉(2008)。不同距離速度訓練對徑賽100m成績之影響。國立臺灣體育大學教練研究所碩士論文。
9. 羅錦興(1998)。專利名稱運動選手配速訓練系統。證書號095970。中華民國專利資訊檢索系統。

【評語】 030812

1. 本文研究光電開關並建構雷射分段測速系統。報告撰寫詳實，團隊臨場報告稍嫌緊張，但整體尚佳。
2. 雷射分段設施之架設，系統稍嫌繁雜，對於長程或大面積之競賽場，過多的支架與雷射訊號收發系統，易受觀眾人員參賽者及天候等諸多因素影響，不如市面上既有之相關產品來得簡便。