

新竹市第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活應用科學科(一)

組 別：國中組

作品名稱：火車快飛-探討降低鐵路建設成本及增加列車運行安全性

關鍵詞：軌距、鐵路、曲率半徑

編 號：

摘要

實驗發現，軌距越寬，列車重心支撐點越穩固，抗離心力的能力明顯較強；而曲率半徑則是安全性的決定性因素，當曲率半徑縮小至 $R=150\text{m}$ 以下時，即便採用標準軌也難以保證高速行駛的安全。窄軌雖能大幅降低每公尺建設成本（如林鐵每公尺僅約 3.2 萬台幣），但其物理極限卻嚴重限制了營運速度。

我們得出結論：為了在保證安全的情況下極小化建設成本，**1067mm 軌距配合曲率半徑 $R=200\text{cm}$ 以上的設計**，是目前技術下最能平衡土地成本與行車安全的「黃金配置」。

本研究成果可作為未來偏遠地區或地形崎嶇處建設鐵道時，評估預算與安全風險的重要參考依據。

壹、前言

一、研究動機

2018 年發生台鐵普悠瑪列車出軌事故，造成 18 人死亡、215 人受傷。普悠瑪號利用傾斜技術抵銷離心力，試圖在彎道中維持高速。然而，當列車以 141km/h 衝入限速 75km/h 的急彎（ $R=306m$ ）時，強大的離心力遠超物理極限，重力支撐點外移至軌道外側，最終導致整列火車向外噴飛出軌。這個事件震撼全台，也不禁讓我們感受到危機，我們也開始思考如何提升鐵路運行的安全性同時降低鐵路建設成本。穩定且容錯率高的基礎設施，才是兼顧經濟效益與生命安全的最優解。

二、目的

- (一) 利用 3D 列印技術製作等比例縮小 1:100 的火車並模擬實體火車在平面過彎運行情況。
- (二) 透過改變不同軌距和彎道曲率半徑來測出火車列車能在平面鐵道上穩定運行且鐵道成本最低的組合。
- (三) 模擬空車和火車有乘客(以砝碼重模擬乘客重量)時在鐵道上運行的穩定度。
- (四) 驗證數據的準確度和可行性。

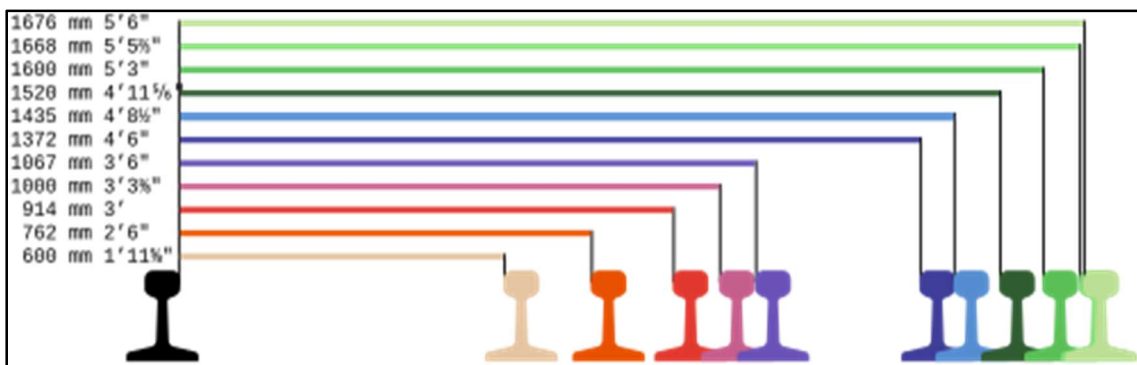
三、文獻回顧

(一) 軌距種類和台灣主要軌距

世界上的鐵路採用各式各樣的軌距，尺寸如圖(一)。其中，台灣主要使用軌道尺寸為：

- 1.1435mm 的國際標準軌：如台灣高鐵、台北捷運、高雄輕軌
- 2.1067mm 的窄軌：台鐵
- 3.762mm 的窄軌：阿里山森林鐵路、糖廠鐵路
- 4.545mm 的窄軌：烏來台車

圖(一)(來源:維基百科)



(二) 曲率半徑

各種鐵路所要求的最小曲率半徑會因為營運速度和列車的長度有所不同，輕軌和捷運因為列車長度較短、速度較慢因此最小曲率半徑相對於其他鐵路較小，而台鐵和高鐵則較大。

系統類型	軌距 (mm)	最小曲率半徑 (m)	備註
高鐵	1,435 (標準軌)	6,250	維持高速運行的安全要求
台鐵 (正線)	1,067 (窄軌)	300 / 200	依路線等級 (甲/乙) 而定
高運量捷運	1,435 (標準軌)	200	例:台北、高雄捷運主線
中運量捷運	1,435 (標準軌)	40 ~ 100	例:環狀線、萬大線、台中捷運
輕軌 (LRT)	1,435 (標準軌)	25	特殊車輛結構設計。例:高雄輕軌
林鐵	762 (極窄軌)	40	登山鐵路特殊需求。例:阿里山森林鐵路

貳、研究設備及器材

 (來源:網路)	 (來源: https://www.3dprint-creative.com/product/7)	
3D 列印機	PLA 線材	架高斜坡

		
<p>木板</p>	<p>培林</p>	<p>螺絲</p>
		
<p>車廂鉤</p>	<p>火車</p>	<p>鐵軌</p>
		
<p>熱熔膠</p>	<p>砝碼</p>	<p>電腦</p>
		
<p>鐵軌架</p>	<p>螺絲起子</p>	<p>捲尺</p>

參、研究過程或方法

一、火車和鐵道模型設計與製作

(一) 使用 Tinkercad 繪製 1:100 縮小 3D 火車模型與軌道組件。

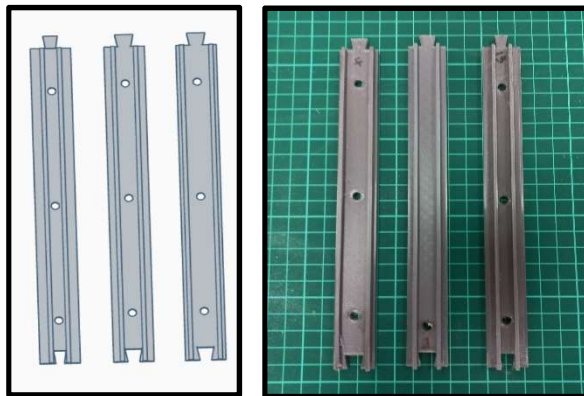
規格	長	寬	高	體積	重量
實際的 EMU3000	2000cm	300cm	350cm	210000000cm ³	45000000g
縮小的 EMU3000	20cm	3cm	3.5cm	210cm ³	45g

(二) 針對不同實驗組別，設計多組變因：

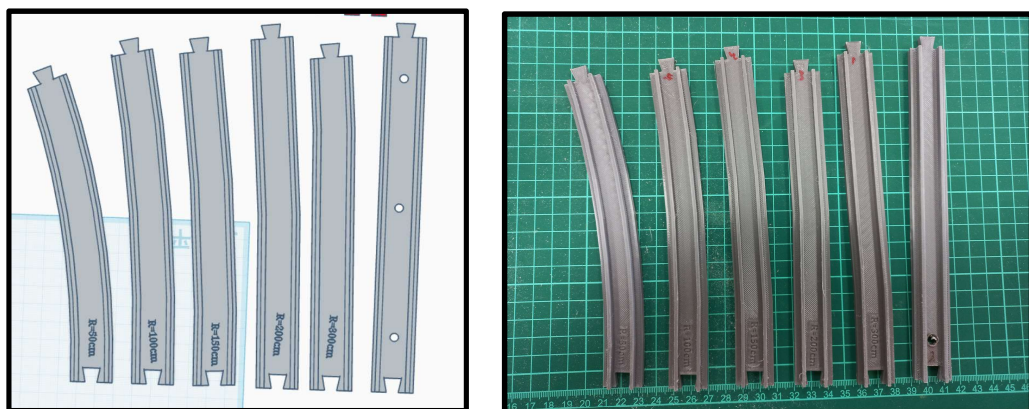
1. 軌距變因：[0.762cm、1.067cm、1.435cm]。如圖(二)

2. 彎道曲率半徑 R 變因：[R ∞ 、R50、R100、R150、R200、R300 cm]。如圖(三)

(三) 利用 3D 列印機輸出模型，並確保軌道接縫處平整(利用砂紙磨)，降低非必要摩擦力。



圖(二):鐵軌軌距由左向右依序為 1.435cm、1.067cm、0.762cm



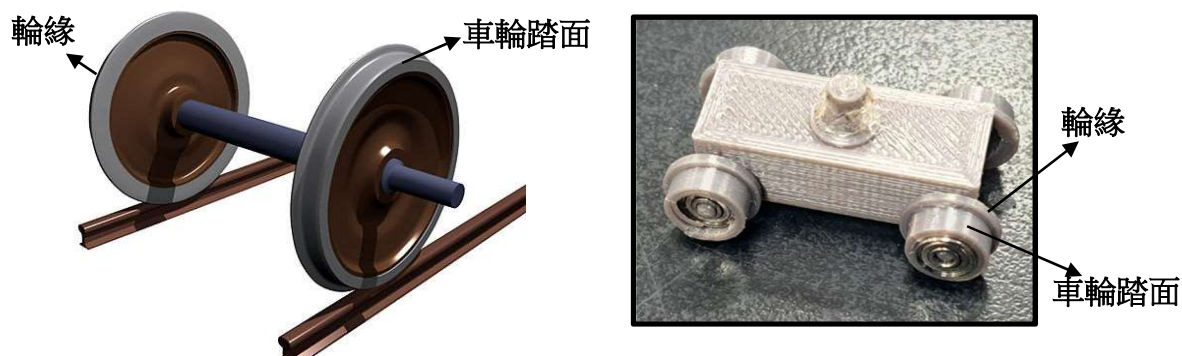
圖(三):彎道曲率半徑由左依序為 R50、R100、R150、R200、R300、R ∞ cm

(四) 車輪形狀與過彎原理

1. 本實驗使用火車車輪，如圖(四)分為：

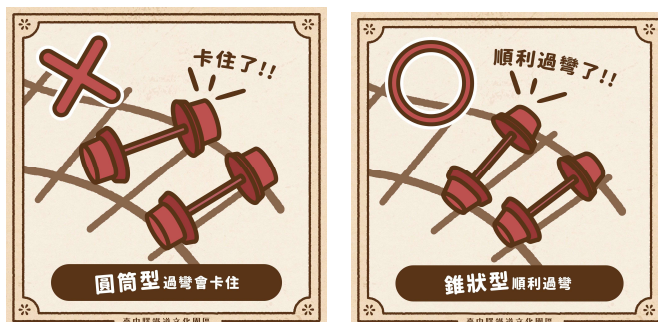
- (1) 輪緣：主要是防止列車過彎或變換軌道時出軌，提供其轉彎時的側向力(向心力)。
- (2) 車輪踏面(接觸軌道)：和軌道接觸，形狀為內高外低的錐狀，使火車可順利轉彎。

本實驗火車因是縮小比例，車輪踏面約近似圓筒狀，呈圓錐狀並不明顯。



圖(四):車輪模擬圖(來源:維基百科)以及本實驗使用的實際車輪外觀

- (3) 如圖(五)所示，當火車的兩車輪在軌道上轉動前進時，因轉動角速度相同，但外軌道比內軌道長，若是沒有加裝差速器且為圓筒型的輪胎，如圖(五)左所示，容易因外側車輪跟不上內側車輪而造成火車出軌或翻覆。因此可以將輪胎改為錐狀型，如圖(五)右所示，讓輪胎在過彎時，輪胎會自動往外側移動，修正過彎時內外側軌道長短的差異。



圖(五):圓筒型和追撞型車輪踏面在火車過彎時的差異(來源:台中驛鐵道文化園區)

二、轉向架

如圖(六)，兩邊搭載著車輪，上方圓柱(可以自由旋轉)再連接著列車底盤，只要列車經過彎道，前後轉向架就會順著軌道曲線「轉動」，列車也就能靈活地通過彎道。



圖(六)本實驗所使用的轉向架

三、平面式列車過彎原理

平面式火車在過彎所需向心力須藉由轉彎時的軌道外軌對輪緣施加的側向推力來提供。

列車所受向心力公式：

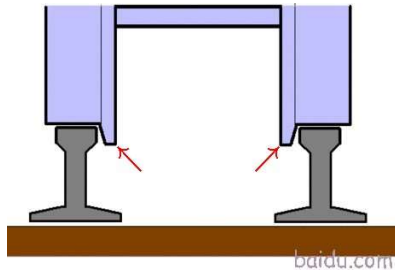
$$F(\text{向心力}) = m \times \frac{v^2}{R}$$

m : 列車總質量

v : 列車運行速率

R : 軌道曲率半徑

由於該力是由輪緣和外軌的擠壓所產生，如圖(七)，且輪緣和鐵軌接觸高度有限，若因列車質量太大、運行速率太快或軌道曲率半徑太小都會造成所需向心力變大，在此條件下，當列車運行時容易因重心不穩、過彎晃動變大或超出輪緣和外軌能提供的側向力，都會增大火車出軌機率。



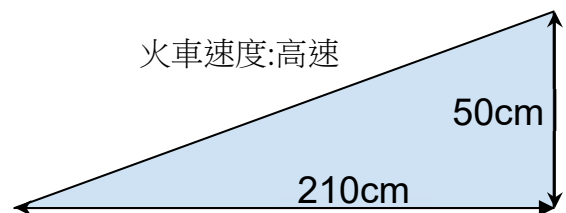
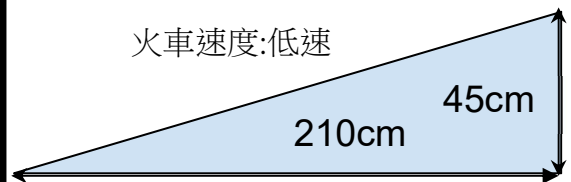
圖(七) 輪緣和外軌的擠壓示意圖

(圖片來源:<https://masters.tw/201234/tilting-train>)

四、實驗環境架設（斜坡動能控制）

為確保每次實驗的火車初速一致，本研究採用「重力滑行法」：

(一) 架高斜坡：設置一組固定高度與角度的斜坡軌道作為動力來源，如圖(八)。



火車速度	斜面長 (cm)	平均時間 (s)	平均速度 (cm/s)
高速	240.00	1.86sec	129.00
低速	240.00	2.21sec	108.60

(二)連接測試段：斜坡末端連接待測的「直線軌道」或「彎道軌道」，模擬火車進入不同路段的受力情況。如圖(九)



圖(九)連接測試接段-直線軌道



圖(九)連接測試接段-彎道軌道

(三)起點標記：在斜坡上方設定固定起點，確保每次放手位置相同。

五、數據採集與觀測

(一) 測試執行：將火車置於斜坡起點由靜止釋放，觀察其滑過測試段的表現。

(二) 穩定性定義：記錄火車是否順利通過、出軌或發生劇烈晃動。

(三) 重複實驗：每一種軌距與彎道的組合，均重複進行 11 次 測試，以確保數據具備統計意義。

六、數據處理

為排除人手放開瞬間的干擾或突發的物理誤差（如軌道異物）：

(一) 樣本篩選：在 11 次實驗數據中，剔除數值最低（最慢/最不穩）的 1 次實驗。

(二) 求取平均：取剩餘 10 次的數據計算平均值，作為該組別最終的穩定度指標。

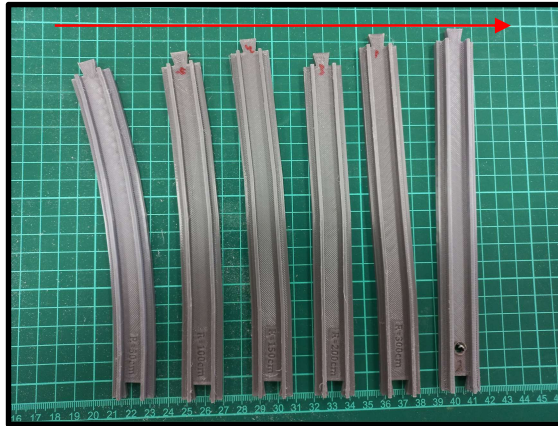
肆、研究結果

我們的實驗模型-列車和軌道曲率半徑都以 1:100 縮小比例的方式進行實驗，以下實驗數據皆為縮小比例結果。

一、實驗一:改變軌道曲率半徑測量並觀察火車運行的情形

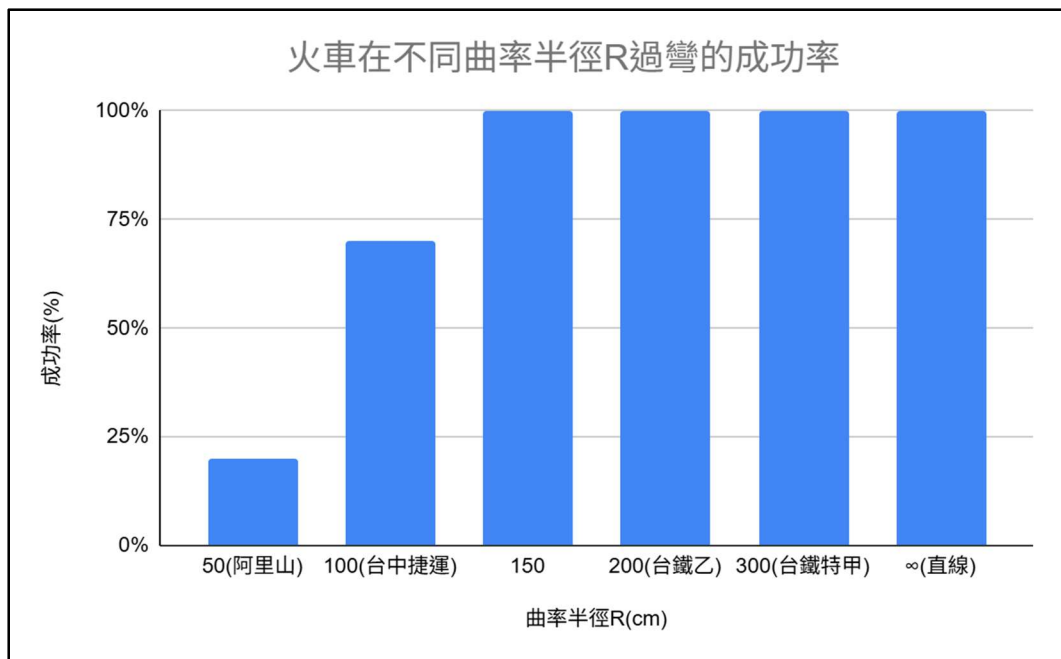
(一) 控制變因: **火車車廂數為 1**、鐵道軌距 1.067cm、火車速度為高速、未載重(空車)

(二) 操縱變因: 改變軌道曲率半徑 $R=50, R=100, R=150, R=200, R=300, R=\infty$ cm, 如下圖(十)



(三) 實驗結果:

次數/曲率半徑(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	去除最大值	平均	成功率(%)	備註
50(阿里山)	35	20	20	0	10	10	20	20	15	0	25	35	12	20	
100(台中捷運)	0	60	60	60	0	0	0	0	40	0	0	60	16	70	
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	0	100	
200(台鐵乙級線路)	0	0	0	0	0	0	0	0	解體	0	0	-	0	100	
300(台鐵特甲級線路)	0	0	0	解體	0	0	0	0	0	0	0	-	0	100	
∞ (直線)	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	6	0	100	有 1 次輪胎受損(未列入紀錄)



由實驗數據可得知，一節車廂在高速的情況下曲率半徑 150 公分便可順利通行，但是在實驗中卻有一次出軌意外，雖然被去除，但若要保證絕對安全的話，就要用曲率半徑超過 200 公分的彎軌。

二、實驗二:改變軌道曲率半徑測量並觀察火車運行的情形

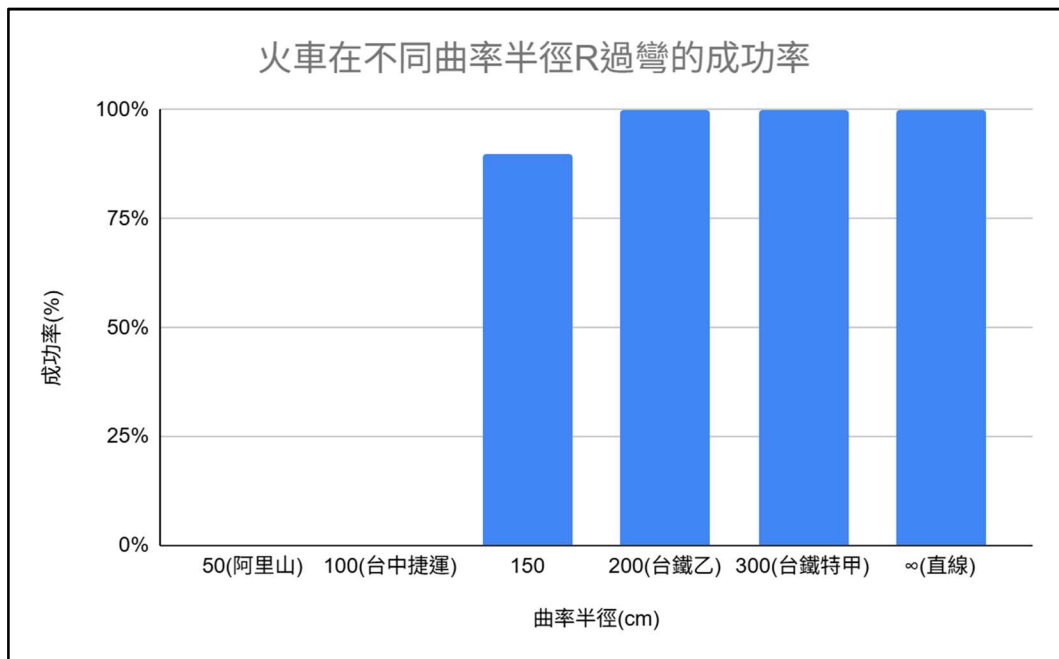
(一) 控制變因：火車車廂數為 2、軌距為 1.067cm、火車速度為高速、未載重(空車)



(二) 操縱變因:改變軌道曲率半徑 $R=50, R=100, R=150, R=200, R=300, R=\infty$ cm

(三) 實驗結果:

次數/曲率半徑(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	去除最大值	平均	成功率(%)	備註
50(阿里山)	20	40	5	5	55	43	47	20	50	40	40	55	31	0	
100(台中捷運)	15	15	15	15	20	30	30	20	15	15	15	30	17.5	0	
150	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	2	90	
200(台鐵乙級線路)	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
300(台鐵特甲級線路)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
∞(直線)	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	66	0	100	有調鬆2和3轉向架



由本次實驗數據可得知，列車長度越長所需要的最小曲率半徑越大，高速情況下的列車需要至少曲率半徑 200 公分以上才可以確保正常運行。

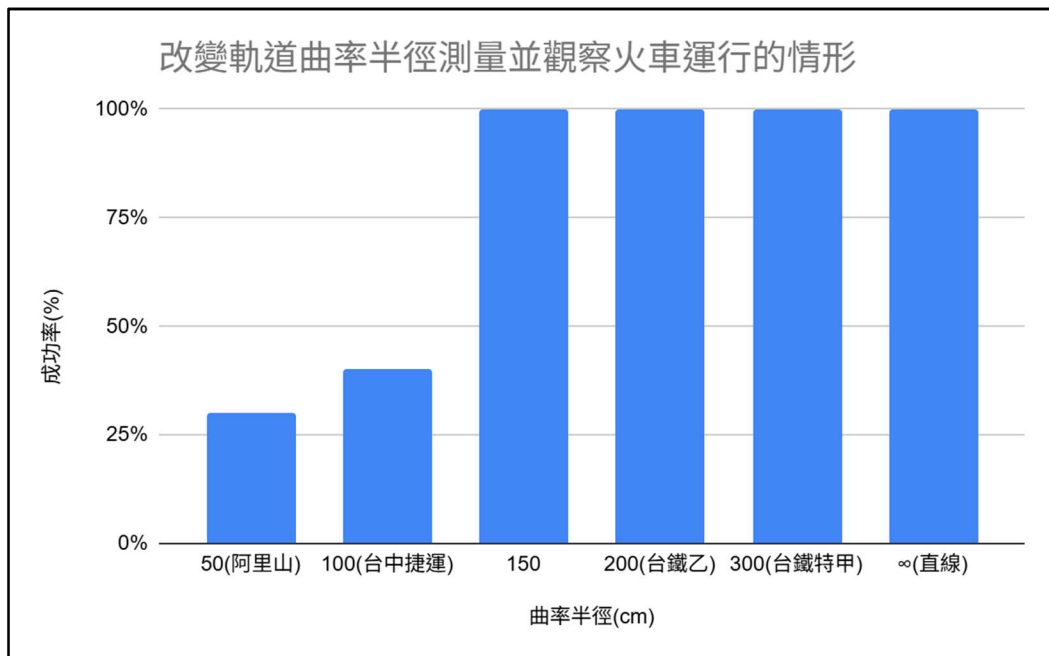
三、實驗三:改變軌道曲率半徑測量並觀察火車運行的情形

(一) 控制變因: 火車車廂數為 1、鐵道軌距 1.067cm、火車速度為低速、未載重(空車)

(二) 操縱變因: 改變軌道曲率半徑 R=50,R=100,R=150,R=200,R=300,R=∞ cm

(三) 實驗結果:

次數/曲率半徑 (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	去除 最大 值	平均	成功率 (%)
50(阿里山)	0	20	25	20	15	25	0	10	0	20	80	80	13.5	30
100(台中捷運)	40	0	8	0	17	5	0	0	13	10	20	40	7.3	40
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
200(台鐵乙級 線路)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
300(台鐵特甲 級線路)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
∞(直線)	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	50	0	100



由實驗數據可知，一節車廂的火車以慢速行駛時，可以在最小曲率半徑 150 公分以上的彎道安全運行。不過我們發現鐵軌和車輪的材質摩擦力很大，用低速常常運行不到終點，因此後面實驗都是高速。

四、實驗四:改變軌道曲率半徑測量並觀察火車運行的情形

(一) 控制變因: 火車車廂數為 1、鐵道軌距 1.067cm、火車速度為高速、有載重(3 公克)

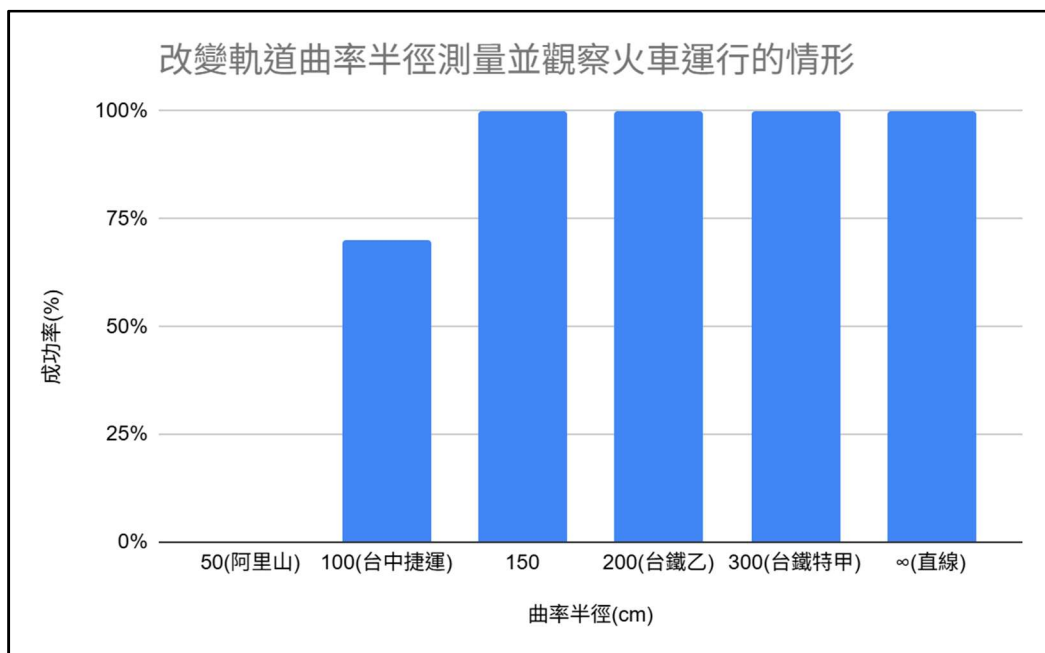


1 公克砝碼共三個列車上

(二) 操縱變因: 改變軌道曲率半徑 $R=50, R=100, R=150, R=200, R=300, R=\infty$ cm

(三) 實驗結果:

次數/曲率半徑 (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	去除 最大 值	平均	成功 率 (%)
50(阿里山)	20	10	5	10	3	5	20	10	4	3	-	-	9	0
100(台中捷運)	0	0	32	0	10	0	20	25	0	0	0	32	5.5	70
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	100
200(台鐵乙級線 路)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
300(台鐵特甲級線 路)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
∞ (直線)	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	50	0	100



由數據可知，火車是否載重和出軌的機率並無明顯關聯，可以安全行駛的最小曲率半徑是 150 公分。

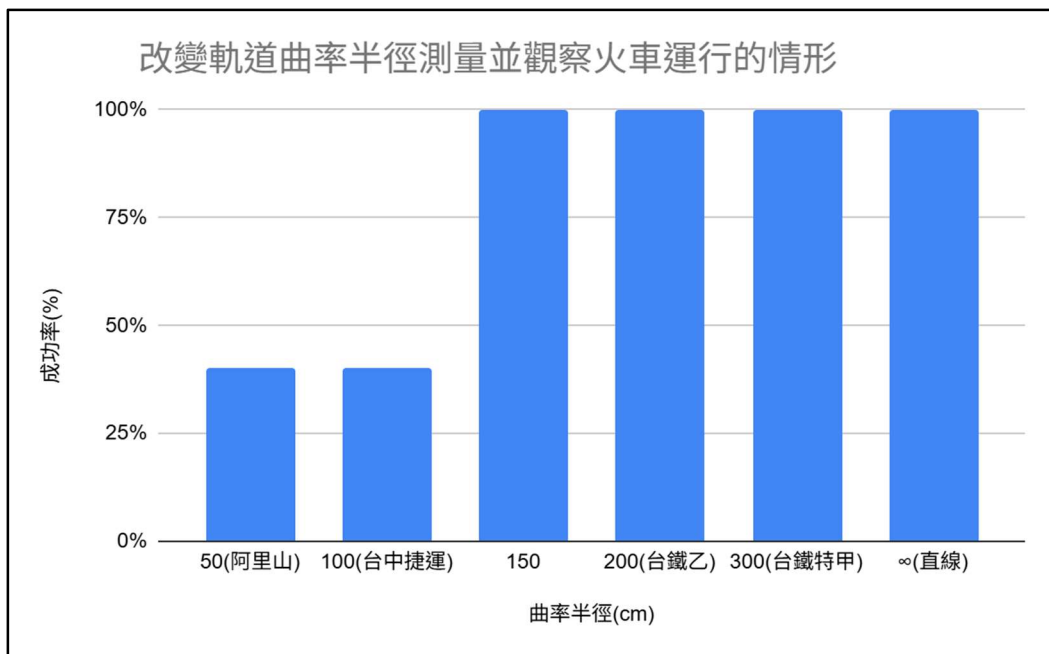
五、實驗五: 改變軌道曲率半徑測量並觀察火車運行的情形

(一) 控制變因: 火車車廂數為 1、鐵道軌距 1.435cm、火車速度為高速、無載重(空車)

(二) 操縱變因: 改變軌道曲率半徑 $R=50, R=100, R=150, R=200, R=300, R=\infty$ cm

(三) 實驗結果:

次數/曲率半徑(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	去除 最大值	平均	成功 率 (%)
50(阿里山)	40	0	40	15	0	30	30	0	40	20	0	40	17.5	40
100(台中捷運)	0	0	20	35	25	15	10	45	30	0	0	45	13.5	40
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	100
200(台鐵乙級線路)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	100
300(台鐵特甲級線路)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	0	100
∞(直線)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	100

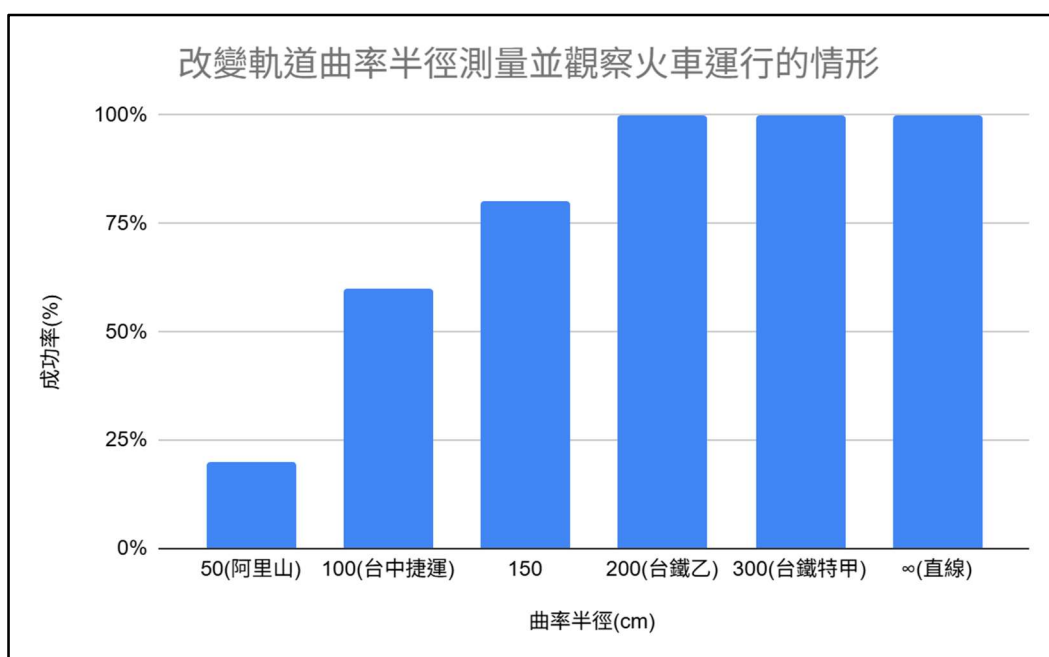


由數據可知，軌距是標準軌的情況下取率半徑 100 公分和 50 公分的出軌機率有降低，不過在高速情況下安全運行的最小曲率半徑還是 150 公分。

六、實驗六:改變軌道曲率半徑測量並觀察火車運行的情形

- (一) 控制變因: 火車車廂數為 1、鐵道軌距 1.435cm、火車速度為高速、有載重(3 公克)
- (二) 操縱變因: 改變軌道曲率半徑 $R=50, R=100, R=150, R=200, R=300, R=\infty$ cm
- (三) 實驗結果:

次數/曲率半徑(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	去除 最大值	平均	成功 率 (%)
50(阿里山)	15	60	25	45	15	0	30	20	0	15	25	60	19	20
100(台中捷運)	0	0	60	0	0	0	45	45	40	0	20	60	15	60
150	0	20	0	0	50	0	0	0	0	0	40	50	6	80
200(台鐵乙級線路)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
300(台鐵特甲級線路)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
∞(直線)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

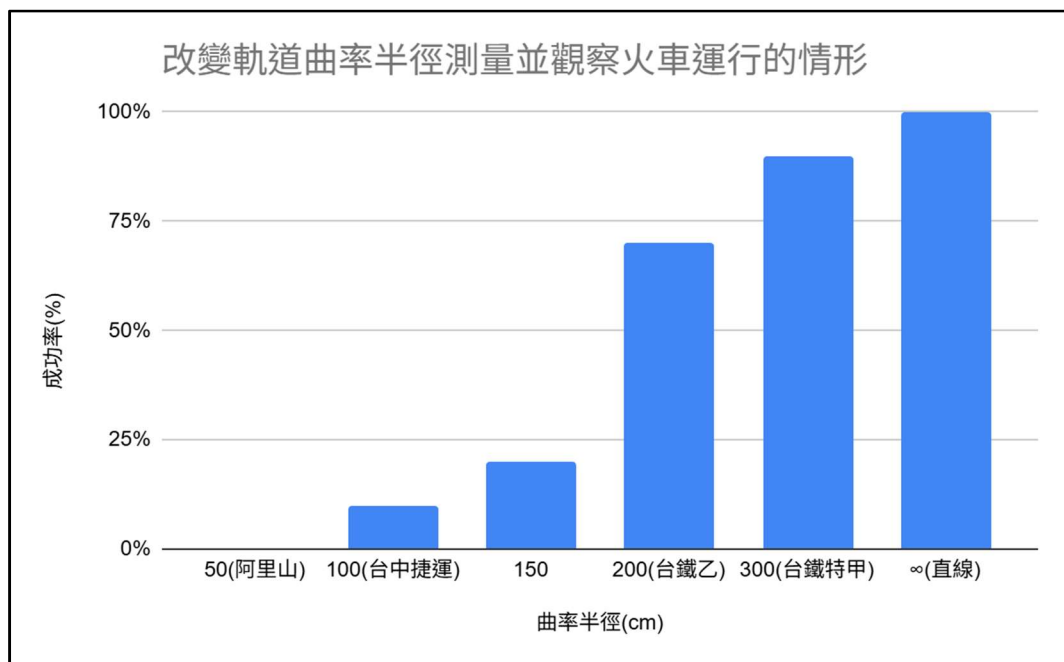


由數據可知，加了重量後曲率半徑 150 公分的出軌率變高了，我們推測是因為砝碼脫落導致重心偏移而翻覆出軌。

七、實驗七:改變軌道曲率半徑測量並觀察火車運行的情形

- (一) 控制變因: 火車車廂數為 1、鐵道軌距 0.762cm、火車速度為高速、無載重(空車)
- (二) 操縱變因: 改變軌道曲率半徑 $R=50, R=100, R=150, R=200, R=300, R=\infty$ cm
- (三) 實驗結果:

次數/曲率半徑 (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	去除 最大 值	平均	成功 率 (%)	備 註
50(阿里山)	20	6	13	20	6	17	16	60	20	15	10	60	14.3	0	
100(台中捷運)	30	15	10	2	3	5	8	12	0	20	5	30	8	10	
150	20	15	5	2	4	4	5	10	0	0	10	20	5.5	20	
200(台鐵乙級線 路)	0	0	10	0	0	0	0	0	5	5	30	30	2	70	
300(台鐵特甲級線 路)	0	0	40	20	0	0	0	0	0	0	0	40	2	90	
∞(直線)	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	30	0	100	有一 車輪 踏面 磨損 嚴重 造成 出軌



由數據可知，在極窄軌(0.762cm)的情況下，高速運行的火車皆無法順利安全過彎。

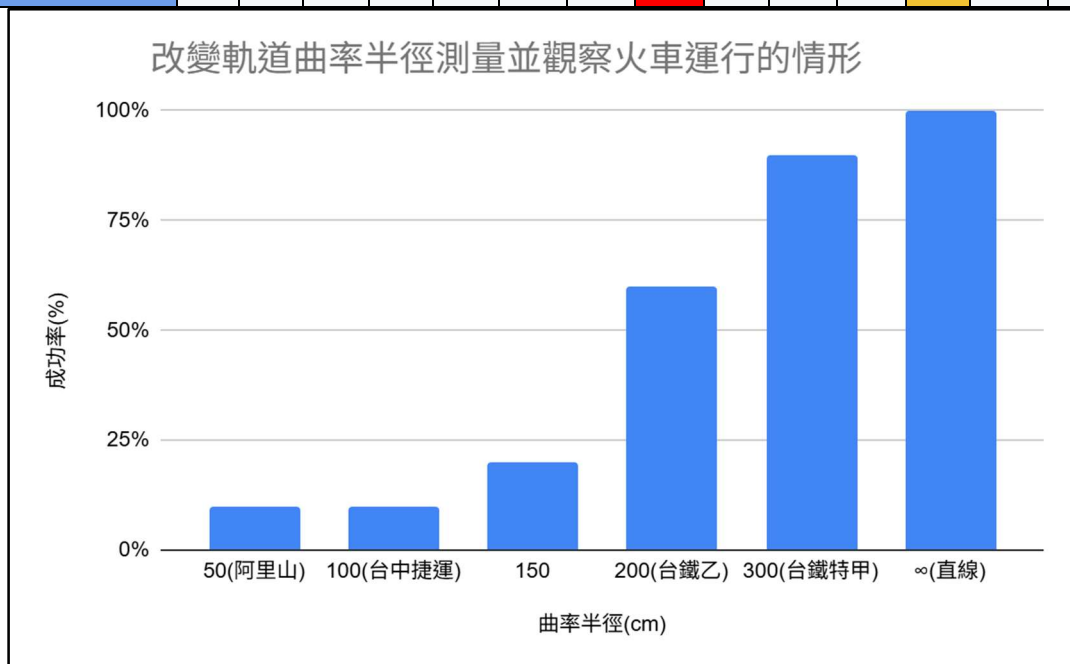
八、實驗八:改變軌道曲率半徑測量並觀察火車運行的情形

(一) 控制變因: **火車車廂數為 1**、鐵道軌距 0.762cm、火車速度為高速、有載重(3 公克)

(二) 操縱變因: 改變軌道曲率半徑 R=50,R=100,R=150,R=200,R=300,R=∞ cm

(三) 實驗結果:

次數/曲率半徑 (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	去除 最大 值	平均	成 功 率 (%)	備 註
50(阿里山)	13	8	20	17	30	18	16	60	15	0	10	60	14.7	10	
100(台中捷運)	40	16	9	9	6	2	8	12	0	15	5	30	8.2	10	
150	30	10	5	4	3	6	10	3	0	0	10	30	5.1	20	
200(台鐵乙級 線路)	5	0	10	0	0	0	0	0	2	8	25	25	2.5	60	
300(台鐵特甲 級線路)	0	0	40	30	0	0	0	0	0	0	0	40	3	90	
∞(直線)	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	20	0	100	第 7 次 滑 行 轉 向 架 斷 裂



由數據可知，在極窄軌(0.762cm)的情況下，高速運行且載重的火車皆無法順利安全過彎。

伍、討論

一、鐵路建設的成本

(一) 阿里山小火車一公尺鐵軌的成本(0.762m)

總復建經費 23 億元除以全線長度（本線約 71.6 公里），平均每公尺的「復建與規劃成本」約為 3.2 萬新台幣。

(二) 台鐵一公尺鐵軌的成本(1.067m)

平地鋪軌：約 10-20 萬/公尺

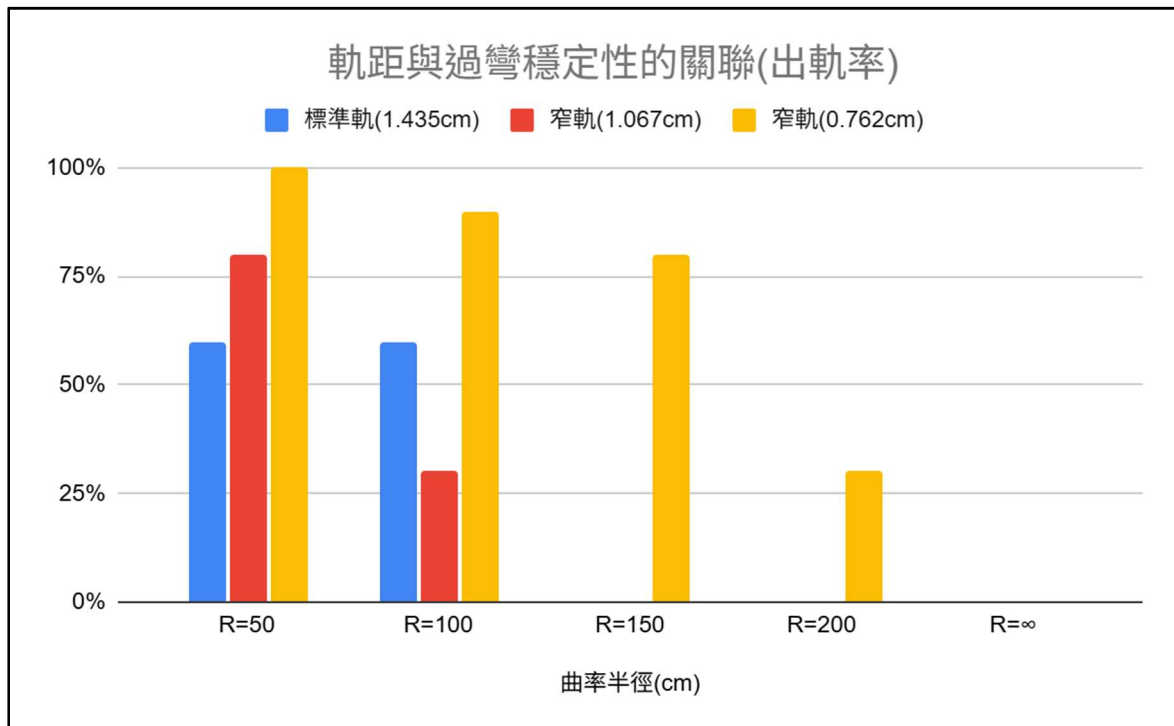
高架段：約 150-200 萬/公尺

地下段：高達 1,000 萬/公尺 以上

(三) 高鐵一公尺鐵軌的成本(1.435m)

高鐵 2007 年通車時的興建總成本約為 新台幣 4,500 億至 5,000 億元，全長 349 公里，平均每公尺的興建成本約為 129 萬至 143 萬新台幣。

二、軌距與過彎穩定性的關聯



- (一) 標準軌 (1.435cm)：展現出最佳的穩定性，在曲率半徑 150cm 以上時，成功率極高。即便在較窄的彎道 (R=100 或 R=50)，雖有出軌紀錄，但其容錯表現仍優於窄軌。
- (二) 台鐵軌距 (1.067cm)：穩定性比標準軌(1.435cm)差，所以在高速行駛下，若曲率半徑低於 200cm，出軌風險會明顯上升。

(三) 極窄軌 (0.762m)：在模擬高速運行的實驗中，完全無法穩定過彎。這說明了過窄的軌距雖能適應地形，但會犧牲運行速度與安全。

三、曲率半徑對建設成本與安全性的權衡

(一) 成本差異：阿里山森林鐵路（極窄軌）每公尺成本約 3.2 萬，而高鐵（標準軌）則高達 129-143 萬。

(二) 最小安全臨界點：由實驗一與二得知，若要兼顧安全，曲率半徑應至少維持在 150-200cm（模型比例）以上。在預算有限的情況下，縮短曲率半徑雖然能繞過地理障礙降低土地成本，但必須大幅調降限速，否則將導致嚴重的翻覆風險。

四、車廂數量與載重的影響

(一) 列車長度：實驗二證明列車越長，過彎所需的最小曲率半徑越大。這是因為長車體在過彎時產生的旋轉力矩與軌道擠壓較明顯。

(二) 載重變因：雖然初步實驗顯示載重與出軌無絕對正相關，但實驗六觀察到當載重不均或重心偏移時，反而會增加翻覆機率。

陸、結論

一、安全與成本的臨界平衡點

無論是哪種軌距，曲率半徑 R 等於 200cm 是一個極為關鍵的安全門檻。當 R 值高於 200cm 時，列車即便在較高速度下也能保持極佳的穩定性；一旦半徑縮小到 R100cm 甚至 R50cm，出軌率會急速上升。這說明了雖然縮小半徑可以繞過障礙、省下巨額的隧道開挖與徵地費用，但為了保障乘客生命安全，R200cm（對應現實中較大半徑）是不可妥協的基礎。

二、軌距與列車抗出軌能力的關係

實驗數據顯示，軌距寬度與車輛重心穩定度成正比。標準軌 1.435m 因為支撐點較寬，在過彎時能有效抵銷離心力產生的傾斜力矩；而 0.762m 的極窄軌雖然每公尺建設成本僅約 3.2 萬台幣（約為標準軌的 1/40），但其物理穩定度極差。

因此我們得出結論：窄軌僅適用於低速的山區觀光林鐵，若要作為大眾運輸骨幹，標準軌仍是兼顧經濟效益與長遠安全的最優選擇。

三、列車車廂連接與長度對軌道設計的限制

我們發現「車廂長度」與「連接方式」會顯著影響過彎性能。實驗中，兩節車廂串聯時在窄彎處的出軌機率比單節車廂高出約 15%。這代表在設計低成本、小半徑的鐵道時，我們不只需要限制車速，更需要嚴格限制列車的「單節車廂長度」與「總長度」，以減少車體在過彎時與軌道產生的橫向擠壓。而作為大眾運輸骨幹的列車長度會更長(例如:高鐵 700T 型列車總長高達 304 公尺、台鐵 EMU3000 型自強號城際列車總長 245.7 公尺)。

四、載重平衡與重心管理的重要性

透過對實驗六的觀察，我們發現影響安全的並不完全是「載重總重量」，而是「重心的位置」。當載重不均導致重心偏移時，離心力會更容易將車輛甩出軌道。這告訴我們，在追求低成本建設的同時，車輛本身的載重配置與貨物堆疊規範，也是提升安全性不可忽視的一部分。

五、最佳建設黃金比例

- (一) 平原/都會區：應採用「標準軌 + 大曲率半徑」，雖然建設成本較高，但能提供最高速、最安全的服務。
- (二) 偏遠/崎嶇地形：若為節省預算，可採用「1067mm 軌距（台鐵規格）」，但曲率半徑必須嚴格限制在安全區間內(大於 $R=200$)，安全營運速度也相對較低。

柒、參考文獻資料

一、專書書籍：

- 陳敬恆、陳品丞（2023）。**當鐵道進入校園：鐵道課程模組教案手冊**。
- 鄧志忠（2020）。**彩色全圖解！鐵道迷的第一本書（全新修訂版）**。遠足文化。
- 蘇昭旭（2018）。**環遊世界鐵道之旅新 148 選**。人人出版。

二、期刊與雜誌：

- 日治時期的森林鐵道—以阿里山森鐵為例（2018）。*國立臺灣圖書館*。
<https://www.ntl.edu.tw/public/Attachment/871316453684.pdf>
- 名家觀點-高鐵路破產才能新生（2015）。中時電子報。<https://reurl.cc/7bOybQ>
- 自由時報（2024）。高鐵路南延屏東進度更新。自由時報。<https://reurl.cc/8bQybR>

三、網頁資料：

- 鄭永銘（2018年3月9日）。淺談傾斜式列車。<https://masters.tw/201234/tilting-train>
- 大觀園（2023）。高鐵路通車十週年：回顧與展望。科技大觀園。<https://reurl.cc/rKpaKy>
跟著鄭大師玩科學。<https://reurl.cc/4bA9n2>
- 中央通訊社（2024）。**臺鐵路 EMU3000 新車抵臺**。中央通訊。
<https://www.cna.com.tw/news/ahel/202404090346.aspx>
- 立法院全球資訊網（無日期）。首頁。立法院。<https://reurl.cc/jmxqrm>
- 交通部（2023）。**前瞻基礎建設計畫-軌道建設**。交通部。<https://reurl.cc/dqRVq6>
- 交通部鐵路局（2024）。**各項鐵路建設計畫執行現況**。交通部鐵路局。
<https://reurl.cc/Ebk2b1>
- 行政院（2017）。**前瞻基礎建設—軌道建設 高鐵路左營站轉乘臺鐵路至屏東地區服務優化計畫 核定本**。行政院。<https://www.ey.gov.tw/File/1E0F38B4115CF3FF>
- 普悠瑪號列車出軌事故**（無日期）。在維基百科。<https://zh.wikipedia.org/zh-wl/%E6%99%AE%E6%82%A0%E7%91%AA%E8%99%9F%E5%88%97%E8%BB%8A%E5%87%BA%E8%BB%8C%E4%BA%8B%E6%95%85>
- 新馬車站**（無日期）。在維基百科。<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%96%B0%E9%A6%AC%E8%BB%8A%E7%AB%99>
- 農業部（2024）。**林業鐵路文化資產保存與推廣**。農業部。
https://www.moa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=agri&id=9119

維基新聞（2024）。**首頁**。維基新聞。https://reurl.cc/VmK3mn

臺鐵 EMU3000 型電聯車（無日期）。在維基百科。https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8F%B0%E9%90%B5EMU3000%E5%9E%8B%E9%9B%BB%E8%81%AF%E8%BB%8A

Wikipedia contributors. (2024, November 14)。THSR 700T。Wikipedia。
https://en.wikipedia.org/wiki/THSR_700T

四、網路社群媒體：

中華民國行政院（2023）。**【前瞻基礎建設】軌道建設專題**。Facebook。
https://reurl.cc/8bQybR

臺中驛鐵道文化園區（2024年3月27日）。(20+)臺中驛鐵道文化園區 - 火車的車輪是長什麼樣子的呢? 園區**EMU100**旁軌道擺放了許多車輪 ... | Facebook。

fun 臺鐵（2020年5月14日）。(20+) fun 臺鐵 - #臺鐵小知識 鐵粉們知道，火車的車輪，並不是普通的圓盤狀嗎？ | Facebook。