

第三章 鐵路營運之內涵與安全風險標準訂定之考量

3.1 鐵路營運之內涵

鐵路自十八世紀英國發明之後，已在世界各地發展出各種不同的鐵路營運型態，不過仍可歸納出一些共同的組成元素，例如列車、路線、場站等，因此以下利用這些共同的元素簡述鐵路營運的內涵。

3.1.1 列車

鐵路的營運特色之一就是由一到數個車廂組成的「列車」，而以本身動力(燃煤、柴油發電)或外接動力(架空線、第三軌)運行。以載運對象可區分為客運列車與貨運列車，客運列車又可依各地區發展型態而有所謂城際列車(中、長程)與區域通勤(短程)之別，以台鐵為例，自強號、莒光號、復興號是屬於城際列車，而通勤電車則屬於區域通勤用。

其中影響列車運轉順暢與否最重要的就是動力來源，不論是本身動力或外接動力，一旦故障，輕者使列車動彈不得繼而影響後續列車的營運，重者甚至造成從業員工之傷亡。以台鐵為例，柴電機車是以柴油引擎發電作為動力；電力機車則以電車線與電動機為動力來源。因此若柴油引擎與電動機的保養維修不良，或電車線老舊斷落，都會造成列車暫停營運甚至中斷。

3.1.2 路線

列車行走之鋼軌、路基等可總稱為路線，鋼軌必須定期進行檢查、維護與更新，才能保障行車安全。而鐵路路線常須經過都市、鄉間等地區，因此有相當多的變化。平原地區常以路堤的方式通過，山岳丘陵區常見隧道、路塹、橋樑等構造，大都市內則常以高架橋樑或地下隧道等

通過，因此這些結構物的安全也是影響列車營運安全的重要因素。

鐵路營運路線視營運量多寡可由單線、雙線或雙線以上組成。在單線區間，上下行列車共用此一單線路軌；而在雙線區間，上下行列車通常各自使用不同路軌運行(如台北捷運)，但雙線區間有時亦可使同方向的列車同時運行在各自路軌上(如台鐵)。一般而言，若鋼軌與路基的養護得宜，且行車保安設備與行控系統均定期更新維修，則不論路線是單線或雙線，都不致發生列車相撞或出軌等意外事故。

此外在鐵路與公路平面交叉處通常設有平交道，此類鐵路即屬於 B 型路權，也就是半封閉式的路權型態。在平交道上鐵路列車的優先權高於公路使用者，因此公路使用者必須在平交道前等候鐵路列車通過後，才可以穿越平交道。

不過鐵路路線因為容易造成兩旁交通與發展的阻隔，而且近年來在有關單位的共識之下不輕易新闢平交道，或者鄰近平交道之距離太遠，使得路線旁的聚落居民或郊外農耕者有時為了己身之便而不經由平交道穿越鐵路，造成台鐵營運安全上的隱憂。

3.1.3 場站

場站為鐵路營運的一項重要設施，因其提供給乘客與貨物進出的介面，此外亦提供列車到開或整備的空間。一般而言，鐵路場站可分為客運站、貨運站、客貨運站及整備站。客運站是專供乘客進出與上下列車用的車站，貨運站是純粹辦理貨運裝卸業務而不提供客運的車站，客貨運站則是綜合前兩者。整備站是專供鐵路事業內部使用的場站，如負責整理編組列車的調車場、進行客車清理與例行維修的客車場、單線區間提供列車交會的號誌站、為安全目的而在地下隧道設立的緊急停靠站

等。

客運列車常需停靠車站之月台上下乘客，故列車與月台間的介面也是營運安全的重要關鍵之一。例如，若列車與月台的間隙過大，上下車的旅客即有可能不小心跌落月台；而列車停車位置不當，使部分車廂無月台可供上下車時，也會導致旅客不得不跳車與形成受傷的可能；此外若列車未採用自動門，則易造成旅客因追趕已啟動之列車而險象環生；另外亦有因送客者陪同旅客上車卻來不及在列車開動之前下車，導致送客者在發覺列車開動後，情急之下可能會冒險跳車的危險情況，這是與車門是否為自動門以及月台安全管理均有關的營運安全介面。

3.1.4 行駛

鐵路列車的司機是遵照行控系統所給予的號誌與速限，在固定的路線上行駛，司機員只能控制列車的加減速與煞車，無法控制列車的行駛路線，所以其可控制與管理的程度不如公路駕駛人高。而鐵路列車的質量大慣性高，在高速行駛時遇到緊急狀況常需要數百公尺之制軔距離才可完全停止，因此鐵路列車司機必須遵照號誌與速限行駛，否則一旦發生意外即可能造成重大傷亡或財物損失。

3.2 鐵路營運之安全風險

本研究之目的在於求算台鐵營運之安全風險標準。安全風險之意義、影響安全風險之因素與安全風險指標說明如下：

3.2.1 安全風險

風險的概念相當複雜，其特性在於強調未來、可能性及未發生事件之不確定性等，故常被廣為使用。一般而言，常見的風險定義可以是「事

件發生次數與事件規模的乘積」，也可以是「事件發生的機率與事件發生後之後果的乘積」。所以風險可視為事件的「發生」及發生後事件的「後果」之組合乘積，兩者必須同時存在，否則將無法完整表達「風險」的基本概念。而「安全」則是運輸活動所公認「至高無上(paramount)」或「不可妥協(uncompromising)」的營運條件，因此確認大眾運輸乘客及員工的安全是符合基本人倫及社會公平之負責表現。

但是除了乘客與從業員工之外，所有大眾運輸工具都有可能對於既非乘客亦非從業員工之第三者(Third Party)造成安全風險，例如民航機意外墜落造成地面居民的傷亡、鐵路列車碰撞闖越平交道之人車等。因此鐵路營運的安全風險應是包括旅客乘車、從業人員工作、與非前述二者之第三者，例如鐵路沿線旁的居民等所承受的安全風險。而對於上述不同對象則有不同之安全風險，例如對旅客而言有各種意外事故所造成的傷亡風險；對員工而言有造成職業傷害的勞動安全風險；對一般民眾與公路駕駛人而言，則有觸電、行走軌道或闖越平交道造成的傷亡風險。

至於鐵路安全風險的來源主要是由自然災害(如風災、水災)所引起的事務，以及機械與設備故障(如平交道設備故障)及人為因素(如司機員冒進號誌)所造成的事故，因此鐵路的總安全風險來自於上述各種事故的風險總和。

3.2.2 影響安全風險的因素

由於鐵路的總安全風險是由各種事故的風險所組成，而鐵路事故的類型相當多樣，所以影響安全風險的因素相當廣泛。對旅客而言，搭乘火車的傷亡風險可能來自於車禍，如列車出軌翻覆、對撞或擦撞等，這些事故可能與運轉管理部門疏失或維修不善的因素有關；而旅客也有可能因列車上的設備而受傷，如被車門夾傷、車窗玻璃破裂而割傷等，這

些就與維修不良或設備使用者本身的關係甚至是外來因素(例如沿線有人向列車丟擲石頭)有關；此外旅客也有可能因為候車而受傷，如在月台上遭列車擦撞、乘車時摔落月台下等，這可能就與車站月台的管理不佳或設備不足等因素有關；值得注意的是，發生在列車行駛期間乘客墜車傷亡的意外，可能與旅客本身較有關(例如習慣站在車門邊)，也與列車設備不完善(無自動門的裝置)有關。

對鐵路從業員工而言，影響其勞動時之安全風險最重要的因素就是列車，尤其又以身為第一線的基層員工影響最大，例如列車司機、列車長、維修員工等。司機員雖然可控制列車之加減速與制軔等，但是其自由性不若公路車輛之駕駛人，而且列車的質量大慣性大，當遇到緊急狀況，例如發現同軌道上有另一列車迎面而來，或施工機具侵入鐵路淨空時，除了盡可能的緊急制軔之外，這種情況是幾乎無法閃避的；列車長除了負有工作之責外，其在列車上的性質與旅客相近，因此其亦可能因列車上的設備而受傷或不慎墜車。

維修員工則泛指進行一般養護之員工與定點施工之工程人員。以台鐵為例，一般養護之員工包括道班工人(負責巡迴檢查與維修鋼軌枕木路基橋隧等)與機務員工(負責列車檢修等)及電務員工(負責維修電車線等)，而定點施工人員則多為承包工程合約的包商。道班工人必須定期在日間或夜間巡查道班所屬範圍之軌道、枕木、橋樑、隧道等狀況，並施以簡單之檢修。不論其在日間或夜間巡查，都必須行走鐵路路線，然而電力列車行駛的速度快聲音小，因此早年常發生道班工人閃避不及而遭列車撞及傷亡的情況，近年來陸續配備無線電之後，此種傷亡情況便減輕許多。而機務員工的傷亡風險則來自於列車上的機電設備，尤其是新型列車上使用高壓電的設備相當多，也使得機務員工進行維修時必須承擔較大的安全風險，而負責維修電車線的電務員工也有類似的情況。至於定點施工人員因多為外包承商，其對鐵路列車的行駛特性認知不

足，故常發生施工機具不慎侵入鐵路淨空而導致列車撞及，或承商僱用之臨時工未注意列車駛近而遭撞擊的不幸事故。

對於既非乘客亦非員工之第三者而言，影響其安全風險之因素多半來自於列車，少部分則來自於路線之設備。此處所指之第三者包括一般民眾與公路車輛之駕駛人，一般民眾可能因任意穿越鐵路或闖越平交道而遭列車撞及傷亡，亦可能因不慎觸電而傷亡，公路駕駛人則常因闖越平交道或平交道設備故障等而遭列車撞及。值得注意的是，台鐵路線上有一部分的平交道屬於有看柵工人看守之平交道，故亦可能因看柵工人的疏失導致行人或公路駕駛人遭列車撞及。

以上各種事故有其不同的發生機率與次數，其導致的後果(規模)亦存在著相當大的差異，因此事故發生的機率與所造成的規模亦是影響安全風險的關鍵因素。就統計上的觀點來看，在計算發生的機率時，還必須考慮曝光量的影響。而曝光量的考量方式相當多元，例如列車總行駛里程、乘客總旅次、列車密度、承載率等，如此才能使安全風險以較為客觀的方式呈現。

3.2.3 安全風險指標

研擬安全風險標準必須先訂定風險指標，常用的鐵路系統安全風險指標是以每行車公里、乘客公里或乘客旅次所發生的乘客死傷為基礎，然後將事故型態分類後就可得到在單位時間內不同類型事故的風險值。雖然此類指標只能針對同一系統內不同類型事故的風險進行比較，或對於不同鐵路系統間的安全程度進行比較，而無法真實反映鐵路運輸系統本身的合理風險範圍與社會大眾對於該系統之安全期望，但是可藉由其他風險管理的概念，例如 ALARP(As Low As Reasonably Practical) 準則來補其不足。

3.3 安全風險標準訂定之考量

以一般大眾的角度來看，對於運輸安全的要求當然是越高越好，而且不單是針對鐵路運輸，其他大眾運輸工具也是被如此期待。但是以政府公部門的立場，因為必須考量預算的分配，所以很難讓公營的鐵路運輸安全性達到至高無上的境界。而若以民營業者的角度來看，更牽涉到提高安全水準的成本是否能與效益平衡的問題，因而產生了「結果」與「代價」的衝突。

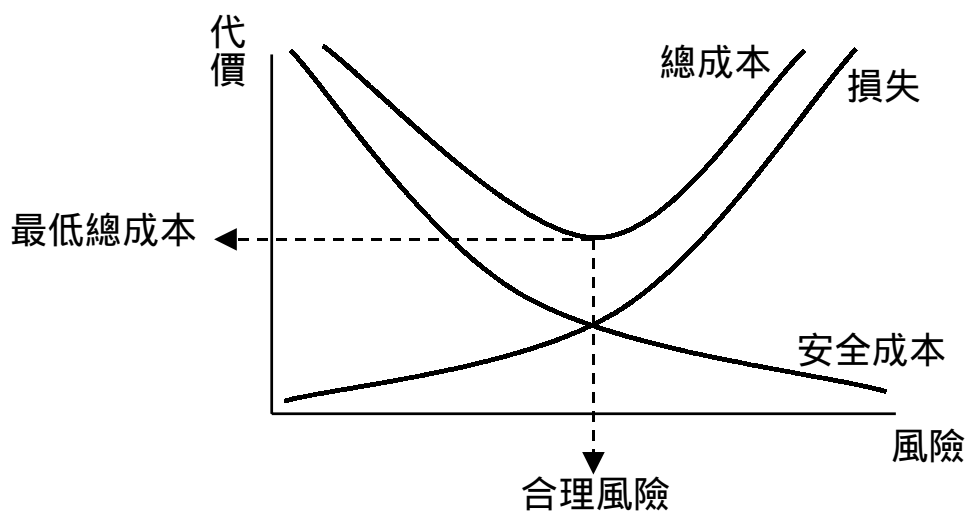


圖 3-1、風險與代價的衝突模式圖

由上圖可知，在政府(業者)必須付出極高代價與社會大眾必須承受極大損失的兩個極端之間，存在一個「以最合理的成本換取最適量的風險」的經濟位置。若將安全風險的標準訂於此點，則政府(業者)與社會大眾都可互蒙其利。

因此對鐵路安全風險而言，其與改善策略之成本效益間，若能平衡在這個經濟位置，則將可兩全其美。然而就改善策略這一方面來看，所有的策略都可能存在著若干「程度」上的差異，若針對某一設施而言，例如某

一特定之平交道，其改善策略可以是將無人看守變成有人看守，也可以是僅增設監視器或將警示距離由固定式改為根據列車車速可自動調整的形式，甚至是將平交道立體化，如墊高鐵路路基或高架化地下化以消除平交道、或是興建公路陸橋或地下道以穿過鐵路。這些改善策略的成本完全不同，改善後可降低的平交道事故次數也會不同，而且除非將鐵公路立體化完全消除平交道，否則只要平交道存在，即仍有可能發生平交道事故。至於針對同一類設施的整體而言，例如台鐵所有的平交道，其改善策略還會牽涉到各地情況不同的問題。

因此在訂定安全風險標準之前，必須先考量改善策略的成本效益；而在考量成本效益的同時，還必須考慮不同改善程度對於成本與效益的影響，才不會使安全風險標準過度偏離經濟位置。