

現代國民基本知識叢書 第一輯

現代工程
(一)

凌鴻勛主編

中華文化出版事業委員會出版

現代國民基本知識叢書

第一輯

現代工程

(一)

凌鴻勳主編

現代國民基本知識叢書 第一輯

現代工程(一)

中華民國四十一年十月初版

中華民國四十四年十月再版

定價新臺幣十八元整 1-2

(外埠酌加運費匯費) 93

版權所有
不許翻印

主編者 凌 鴻 勳
出版者 中華文化出版事業委員會
發行者 中華文化出版事業委員會

地址：臺北市中正路一七三〇號

電話：二 七 二 九 七

印刷者 興 臺 印 刷 廠

地址：臺北市承德路十七號

電話：四 三 三 一 七

總經售處 中 央 文 物 供 應 社

地址：臺北市仁愛路一段二號

電話：二 二 九 三 六

現代工程上冊

目次

甲編 運輸工程類

- | | | | |
|-----|-------------------|-----------|----|
| I | 鐵路工程 | 凌鴻勳 | 1 |
| II | 公路工程 | 過守正 | 22 |
| III | 航空工程 (一) 飛機 | 秦大鈞 | 41 |
| | (二) 站場 | 王師義 | 58 |
| IV | 造船工程 | 齊 熙 | 79 |

乙編 通信工程類

- | | | | |
|------|-----------|-----------|-----|
| V | 電報 | 蔣書梁 | 101 |
| VI | 電話 | 朱規蘭 | 119 |
| VII | 無線電 | 繆超鳳 | 143 |
| VIII | 傳真 | 梁廣平 | 165 |
| IX | 電視 | 沈壽梁 | 186 |
| X | 雷達 | 陶鳴岐 | 204 |

現代工程 上冊

甲編 運輸工程類

I 鐵路工程

凌鴻勛

鐵路的起源

在人類進化史中，要搬動一件很重的器物，想出利用一種滾軸或幾個車輪的旋動，來代替在粗糙不平的地面上推曳，是多麼大的進步。車輛在軌道上轉動前進，現在看來是一件極簡單的事，可是經過了多少聰明人的思想，才能實現出來。而在幾千年的長時間裡面，車的種類雖然添了許多，人們並會利用獸力來代替人力，但車的利用一直還沒有什麼革命性的演進。

約莫在公元1767年，英國人想利用鐵板釘在木塊上面，成功一條軌道，使車輛易於在上面轉動，這是最早設計軌道的試驗。後來即利用這種軌道來運轉煤礦上的煤車。因為車輪時常會滑出軌道以外，於是有人想出把軌道的一邊做成突起的形狀，使車輛時常範圍在軌道內行走。

英國的科學家瓦特 (James Watt) 已在1765年完成了他

所發明蒸汽機的一切基本製造。但其時英國礦上的運煤車和人坐的長途驛車都還是用獸力來拉動。一直等到六十年之後始由史提芬孫氏 (George Stephenson) 製成一輛蒸汽機，放在一對軌條上面，拖動一列車輛，在英國兩個城市間行駛。這輛蒸汽機的製造原理，和普通固着的蒸汽機無甚差別。祇不過用幾對動輪來代替固着式的飛輪，拿固定的軌條來代替拖動機器的皮帶。這樣機車便可在軌道上往來行駛，成為今日人所共知的鐵路機車。

上面所說的，便是1825年英國第一條鐵路的產生，也就是世界上鐵路史的第一頁。因為鐵路可以任重致遠。速度既快，代價又廉，所以英國開始興建之後，美國在1829年，法國在1833年，比國在1834年，德國在1835年，俄國在1836年，也紛紛仿效興築鐵路。十年間各國的鐵路公司真有風起雲湧之勢。

中國築路的開始

自英國伸張勢力於印度以後，即在印度開始建築鐵路。其時有一位鐵路專家也叫做史提芬孫 (Sir Macdonald Stephenson)，應上海英國商人的邀請，於1864年（同治三年）由印度來中國，做了些中國築路的計劃。其時我國風氣尚未開，史氏的努力沒有結果，但却是喚起我國興築鐵路的第一聲。

同治十三年（1874），在上海的英國商人因上海商務日

漸繁盛，由怡和洋行出面，在上海開北江灣修一鐵路至吳淞，以利交通。這條鐵路長僅九英里，係用二英尺半軌距。光緒二年正月（1876年2月），第一次用小機車拖引車輛開行。這可以說是中國有鐵路之始。但其時一般人民對於鐵路還是持反對的態度。因為第一、築路是要把人民的田廬或先人坟墓加以毀壞，第二、火車走得甚快，容易撞倒路上的行人。果然有一次有人在路軌上給火車撞死了，因此地方起了鬧，結果由清政府付了怡和洋行一筆款項，把鐵路和其他設備買了過來，隨即拆起軌道，劃平路基，才算了結。

中國鐵路的真正開始而興築以後慢慢演進，成為今日整個鐵路網的一段，可算是由河北唐山至胥各莊間的運煤鐵路。這段路是開灤礦務局請准了清政府所創辦的。當興築這段路時，發生了兩個極重要的基本問題。第一是應用甚麼軌距。那時有人主張為節省經費計，可採用二英尺半的窄軌。可是主辦的工程師認為窄軌鐵路對於運輸量限制太大，力主用英國的標準，即四英尺八英寸半的軌距。幸虧這意見被採用了，後來我國所築的鐵路就沿用這個軌距做標準，這是與我國鐵路的發展上有極大的關係。第二個是機車問題。當時清政府因要避免人民的反對，聲明鐵路列車祇准用騾馬拖曳，不能使用機車，以免傷害人命。所以在光緒七年（1881）這段路竣工通車的時候，的確是用牲口來拖，經過了一年多才自己製造一輛機車行駛，以後便全用機車拖帶。

我國築路已有七十幾年歷史，現有鐵路里程共約 30,190 公里，其中包括臺灣大小各鐵路共 3960 公里。茲將幾個國家的鐵路密度列表如下：

國別	鐵路營業里程	每百平方公里面積 有若干鐵路	每萬人口 有若干鐵路
中國	30,190 公里	0.3 公里	0.7 公里
日本	19,786	5.1	2.8
美國	364,754	4.6	24.3
英國	32,563	13.4	7.0
法國	43,878	8.9	10.4
比國	5,176	16.9	6.3
德國	58,405	12.4	8.8

由上表可知就面積說，比國雖小，她的密度最大。就人口說，美國的密度最大。而我國無論在面積上，或在人口上，都是密度甚小。可見中國要建設起來，還需要很多的鐵路。

鐵路的物質條件

鐵路的物質建設大約可分別為三類：第一、是要有一良好堅固的軌道，使載重的列車能夠暢行；第二、是要有足夠力量和數量的機車車輛，使每一列車能夠載運多數之旅客及貨物；第三、是要有各種行車安全設備，使列車能以較高的速度在軌道上行駛，而不致發生危險與事變。

關於第一類的建設，鐵路要先築成一條路基。凡低的地

鐵 路 工 程

方要填高，高的地方要挖低，使成一条比較平而直的路基。路基是不能完全直的。到了天然地形上須要拐彎的時候，可以拐彎，祇須在兩條直線之間，用一段曲線來接上。所以鐵路整條路線是若干直線和若干曲線相互聯接成的。鐵路曲線的半徑不能太小。半徑太小，則彎曲太甚，大型的機車車身較長，不易順着很彎的路來轉彎。列車急行的時候，急彎又會發生危險。普通標準軌距（四英尺八英寸半）鐵路的曲線半徑，最好不要小過 300 公尺。鐵路路線也不能完全平的，多少的上坡和下坡是無妨的。但假使坡度太陡，而連續又太長，則機車牽引着載重的列車上坡，必定甚為吃力，速度必定大減，甚至竟牽引不上去。而下坡的時候，又恐怕發生溜下的現象，速度太快發生危險，或到了應停的地方停止不住，致直衝過去，危險更大。所以鐵路的坡度也需要一個限度。普通用蒸汽機車的鐵路最大的坡度，最好在百分之一以內，最大總不宜超過百分之 1.5。比這個坡度更大的，便叫做高坡，高坡段內行車須有特別的設置，例如我國平綏鐵路由南口至康莊經過居庸關一段，路線繼續爬上三十升一的高坡（等於百分之 3.3）。列車上坡時除前面用一輛機車牽引外，列車的尾部更需要一輛機車推上，方能開上這個高坡。像這樣的辦法，當然是比較麻煩而不經濟的。

爲要選擇一條比較良好的路線，使路線較直，坡度較平，工程容易，行車順利，則在動工之前必須先事測量，而

詳細測量以前，又必須先行踏勘。踏勘之目的，第一在估計擬議中鐵路之可能運量及其經濟價值，以作採用路線技術標準及工程標準之參考。第二為粗知沿線地勢、地質、山河阻隔情形，限制坡度約數，及最小半徑，藉以選擇一條比較好之路線，且作建築費用與行車費用之估算。經過了這一步的踏勘，方可進行測量與定測。所有負責踏勘或測量的工程師，不但須於測量並工饒有經驗，且須於行車運輸以及將來修養維持亦須有相當經驗，方能勝任。因為工程的難易，工款的多寡，運輸的繁簡，鐵路本身的利害得失，與一般社會是否可以得到鐵路的最大利用，都以路線選擇與設計是否適宜為斷。所以建築鐵路必先要找一條好的路線，為此多費些測量的時間與金錢是比較值得的。

鐵路的兩條軌條是釘在許許多多橫列的枕木上面，而枕木和路基的中間，尚要墊着一層很厚的碎石道碴。道碴的作用要來藏護枕木，將上面列車經行時的壓力平均分佈於下層面積較廣的路基，而使軌道保持若干彈性。且可因道碴層厚度之易於調整，保持軌條應有的水平高度。

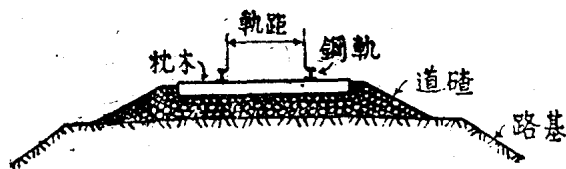


圖 1 路基截面圖

枕木是要來承受軌條的。因軌條是釘在枕木上面，所以能時常保持正確的軌距。這是鐵路上極重要的一點。可惜枕木的使用年齡不長，如係質地較軟的木料，像松、杉、樅、櫟等，用作枕木，壽命不過三五年，若用在南方潮濕的地帶，僅能用兩三年，每年的費用甚為可觀。倘使每兩三年即須抽換一次，不特費用甚鉅，且已經結實穩固的路軌，因為時常抽換枕木而被鬆動，亦不相宜。後來有了各種蒸製枕木的方法，把木材裡面的汁液抽出，而將木油 (Creosote)，或氯化鋅，硫酸銅等壓入木纖維的小孔裡面，可以防止朽腐，或白蟻的蛀蝕，增長枕木的使用年齡。例如美松原為做枕木的極好木材，但耐不起白蟻的侵害，如用蒸製的方法，則其壽命可增長到十年或十二年之久。硬木當然也是很好的枕木材料，又不曾給白蟻蛀蝕，但硬木的出產較少，代價更貴。現在全世界都因木料使用太多，木料已日減缺乏，木產較少的國家對於鐵路枕木的供應已成了嚴重的問題。所以近幾年來各國都在那裡研究木枕的代替品。歐洲的鋼鐵出產國家像比利時、德國、英國，早就使用鋼製的枕。我國也有好幾條路如膠濟、隴海、粵漢等，一部份是鋪上鋼枕。鋼枕當然甚為耐用。以長期來打算是經濟的。近二十年則鋼筋混凝土軌枕甚為各國鐵路工程界所注意。許多國家已完成種種的設計和試用，已逐漸脫離試驗的時期。臺灣鐵路亦正在自行製造試用中。

鋼軌形式的變遷

鐵路所用的鋼軌，自有鐵路一百幾十年以來，形式上經過不少的變遷。英國初時喜歡用雙頭的鋼軌，預備一頭經使用過久，損蝕過甚，即拿軌條來倒放，再供同樣時期的使用。這種軌條因底部不是平整，安放不甚穩，現在祇有英國的古老鐵路還有存在，其他各國都已普遍採用平底的鋼軌。鋼軌的功用為承托在上面行駛的車輪，並限制其行動。因受此種外力而易被磨損的，是軌的頭部。所以軌頭應有相當的寬度和厚度。軌腰部份倘使過於薄弱，則不能夠承荷上面車重

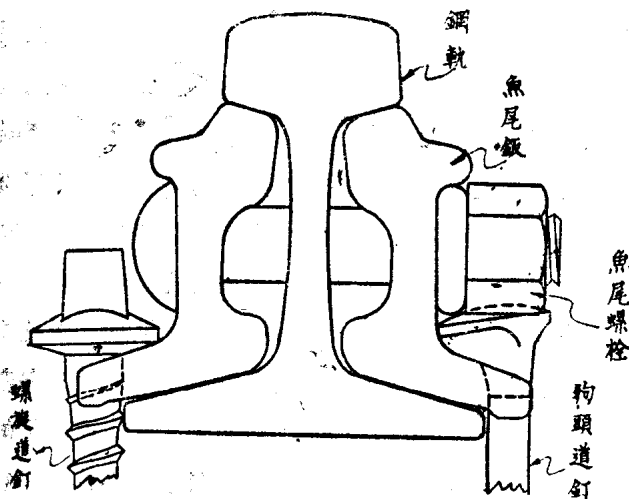


圖 2 鋼軌及配件圖

所加的剪力。軌底太窄，則軌條又易於傾倒，軌枕易被壓毀。所以軌條的軌頭、軌腰、軌底三部分截面面積的分配，應有一適宜的比例。大約軌頭應有42%，軌腰應有21%，軌底應有37%。

軌條的堅強力與其截面面積的塑性率為比例。在兩個相似形式的截面，則塑性率與截面面積的平方為比例，即與軌條一單位長度的重量平方為比例。倘使兩種軌條的截面面積相等，則軌條堅強的度是和軌條的寬度及軌條高度的立方為比例。所以採用軌身較高而較重的軌條總是比較經濟的。

軌條的重量在美國的習慣都是以每碼(三英尺)長的磅數來表示。在萬國通用制，則以每公尺長的公斤數來表示。兩種單位標準雖截然不同，但在彼此伸算上並不困難。例如每碼90磅的鋼軌，若拿萬國制來伸算，等於每公尺44.6公斤。每公尺50公斤的鋼軌，拿英制來伸算，等於每碼100.8磅。所以為記憶上方便計，鋼軌重量每公尺長的公斤數，約莫合於每碼長的磅數的一半。事實上相差不到百分之一。

我國規定，在運輸較輕的路，鋼軌應用30公斤至37公斤的重量，運輸較重的路，應用43公斤，運輸繁重的路，應用50公斤至55公斤。美國運輸最繁之路，現在所用鋼軌為每碼152磅，即約合每公尺76公斤。

橋梁與隧道

鐵路建築，除了主要的鐵路基軌道以外，逢着河流就要搭橋，遇着高山不容易繞過的時候，也許要穿鑿隧道。橋梁和隧道都是在鐵路建築成本中佔了重要的地位。關於橋梁一項，在本編另一個題目『橋梁』當詳為敘述，現在祇把一個有趣的問題——隧道——來申述一下。

上面說道，鐵路因為機車牽引能力的關係，路線不能太陡，坡度應有一定的限制。那末路線遇着一較高的山嶺，不能爬上去，又不能繞越而過，則祇有穿鑿一條隧道，拿較困難的工程，來換取較平或較短的路線。所以鐵路上較長隧道，每每就是穿過一個分水嶺。但有時路線經過一較高的地面，要開挖一較深的路塹，為了減省開挖工程，或避免開挖後山坡的時常崩坍，也時常穿一較短的隧道，來代替較深的開挖。所以鐵路上每每有長僅二三十公尺的隧道。

隧道的興築，先要精確的測量。因為一座隧道總是兩頭同時開工的，假若中線不準確，或水平有錯誤，如隧道甚長，則此種錯誤可能使兩端工作碰頭時差異甚大。事實上有經驗的測量人員，此種差異都甚微小。為了及早能對準中線和水平，所以開鑿隧道時先穿鑿一個較小的導坑。導坑的面積，約等於隧道全部截面面積的五分之一。這導坑的作用，便是使兩端同時動工時，可以使這較小的導坑先行打通。導坑打通了，第一可以校對中線和水平，看有無差異。第二、在較長的隧道裡面，空氣不佳，工作為難，導坑打通則空氣

立刻流通，工作上便利不少。

隧道的開鑿，首先要看天然土質是什麼東西。如果是泥土，祇要用鐵鎬鐵鏟等由人力來挖掘。如果土裡雜有石塊，或石層鬆軟，也可以用人力來挖下。但到了整塊堅石的地層，如用人力來鑿石，則不特進行甚慢，而且費用亦多。如此可以用人工來打砲眼，用炸藥來爆裂石塊。近代築石層隧道則連打砲眼也用壓氣機來代替人工。不獨打得快，而且多數砲眼可同時進行，爆石時又可用電流通上引線，燃起雷管，這樣使開山工作的進行迅速得多。

隧道裡的土質如果係泥土或鬆石，開掘雖較容易，但因上面的土質會坍下來，因此要加上一層石塊或三和土的襯砌。在整塊的堅石上穿鑿，則工作雖較難，但每不必加上一層的襯砌工程。

隧道的導坑打通以後，便可以逐漸擴大，使之達到原定的截面。有必要時，兩面邊牆都須加以襯砌。隧道截面的大小，不但要使一路最大型的機車車輛都能穿過，而不至與隧道任何一部份相碰，而且最好還要比機車最高的高度更要高些。因為在使用蒸汽機車的鐵路，機車須藉空氣循環之力以升火，隧道內空氣又須藉風力以流通。有時隧道內坡度較大，機車牽重上坡，冒煙既多，行駛又慢，如隧道內空間截面太小，容易使旅客感覺蒸悶。倘列車在隧道內停滯不前，尤易發生危險。

較長的隧道，如祇從兩端進行，則雖用新式工具與機具，其進度究受有限制，因此在地形許可之下，可找中間一處離天然地面較低之點，鑿一直井，到達隧道地位時，又可各向兩端前進開挖。如是同時有兩處地點可以進行工作。如能打兩處直井，則有六處地點可以同時工作，但事實上不一定都有此便利。

介於瑞士與義大利之間，為歐洲著名之阿爾卑斯大山。山下築有好幾條貫通南北歐的世界有名長隧道，其中有長達20公里的 Simplon 隧道。這些隧道都已電氣化，不用蒸汽機車，且多設雙軌，隧道內且有機械通風設備，行駛迅速，且沒有不快的感覺。我國鐵路隧道，如中長鐵路經過興安嶺的隧道長3076公尺，白城子至杜魯爾線經過興安嶺隧道長3215公尺，隴海鐵路張茅隧道長1779公尺，經過潼關隧道長1970公尺，平綏鐵路穿過八達嶺隧道長1091公尺，以及臺灣鐵路縱貫線（山線）第七號洞（1261公尺），第九號洞（1269公尺），宜蘭線草嶺隧道（2166公尺），三貂嶺隧道（1852公尺），臺東線隧道（1116公尺），皆為較長的鐵路隧道。

鐵 路 機 車

一路的運輸能力是要看（1）建築上的物質情況，和（2）運用上的機車車輛情況。關於第一項，如軌距的寬狹，坡度的大小，彎度的緩急，鋼軌橋梁的荷重能力，枕木道碴的好

否，和站場佈置設備是否得宜，都有直接的關係。關於第二項，如機車的數目、機車牽引力的大小，客車和貨車的數目及其容載量，與機車車輛保養修理方法是否得宜，都和一路的運輸能力有關。事實上上述兩項彼此也要互相配合，才得到一條鐵路的最經濟使用。

鐵路開始是用蒸汽機車的。後來鐵路營業發達，運量增加，機車和車輛都有日漸加大的需要，所以蒸汽機車自從1825年創造以後，百多年來改進的地方甚多，都是趨向於(1)增加牽引力來拖帶較長較重的列車，與(2)增加行車速度以縮短行車時間。因為大型機車車輛每噸重量的阻力較小型者為小，載重可以增加，倘使用大型機車拖引大型貨車，則在同一運量之下，列車的次數可以減少，在一定軌道設備之下，運量可以增加。以鐵路最發達之美國而論，在最近三十幾年間全國鐵路蒸汽機車的數目減少了約三分之一，但每一機車的平均牽引力却增加了百分之七十一。至於貨車輛數亦減少，但每輛的平均載重則由四十二噸增加到五十一噸。這便顯示機車車輛都有日漸加大的趨勢。而鐵路建築上，如軌道橋梁等等的物質情況，自亦有日漸加強的必要。

蒸汽機車自從在英國開始使用以後，在整整一個世紀的長期間裡面，獨霸稱雄，沒有別樣機車來和牠競爭，直到1920年左右，才漸漸有電力機車的使用，1930年又有柴油電力機車的出現，近幾年來又有氣輪電力機車的發明，現時還在