

職業教科書委員會審查通過

鐵路工程學

凌鴻勛編



商務印書館發行

中華民國十四年七月初版
中華民國二十七年七月國難後第七版

(68616.1)

職業學校
教科書
鐵路工程學 一冊

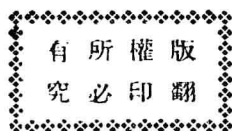
每冊實價國幣壹元

外埠酌加運費隨費

編纂者 凌 鴻 勛

發行兼
印刷者 商務印書館
長沙南正路

發行所 商務印書館
各埠



序

凌君窮一歲之力，草鐵路工程學，將付梨棗，徵序於余。余以國事方殷，未遑細窺其全豹；然以凌君之精究工程學術於海外，熟識路政設施於國內，旁搜西籍，博考羣書，其能採擷歐西學說之精華，參酌國中規制之現狀，文實並重，體用兼賅，則余固深信不疑也。雖然，余不能無感焉！輓近潮流激盪，學術界多以新文化相標榜，入主出奴，競尚玄虛，侈談主義，誰復顧及物質文明工程事業之民生大計哉？今凌君獨能於教學之餘，潛心著述，兩年之內，先後出其市政工程學，鐵路工程學二書，以沾丐後進，其用心之深遠，精力之優異，爲足稱矣。十一年冬，余有交通救國論之作，瘖音嚔舌，絮聒陳詞，冀促邦人之憬悟。讀吾書者，倘有信其爲醫國之良方，則鐵路工程學其玉札丹砂青芝赤箭也。然則凌君之作，豈僅徒供當世考工家之贊賞而已哉！

民國十三年冬

番禺葉恭綽序於京師

弁 言

本書係依照鐵路一切工程建設原理，參以本國各路情形及習慣爲根據。至機車及車輛一部分，則以另有專書，故於茲書從略。

本書於各項工程建築之外，特增加鋪路法及鐵路之修養兩章，俾學者於各項建設原理之外，並知施工之方，與修養維持之道，以期於實用。

國內各鐵路建設之情形，至爲歧異：一原於辦理鐵路之始，乏目光遠大統籌全局之人，二原於各路受借款之束縛，以致一切工程上之建設，悉依貸款國之習尚，而各自爲政。大者如軌距之互異，權度之不同；小者即如站台出入之度，高低之間，亦莫不紛歧雜出，影響於一國之聯運事務極大。民國七年，交通部設立鐵路技術委員會，一方延請中外專門學者，釐訂鐵路技術上統一之規程，一方面復召集各路之工程主管，開多次之會議。凡五閱寒暑，始將鐵路工程、機械、及運輸一切規程訂定頒行。當時編者亦曾于役其間。論者謂鐵路技術之統一與鐵路會計之統一同爲中國鐵路革新事業中可紀之事，則以凡此後新工之建設，及舊工之改良，皆有一定之規程可遵循也。本書各章所載，均附以本國定制以爲標準。

鐵路名詞之審訂，爲研究鐵路學術一重要之事。民國五年審訂鐵路名詞會有華德英法鐵路詞典之編訂，於鐵

路名詞搜集大半，然事實上各路尚有日久沿用之名詞，形諸報告，見諸公牘，幾於不可移易。本書名詞，悉以各路所通行及審訂鐵路名詞會所訂者為準。

國內各路於民國十年一月一日起實行改用萬國權度通制，故本書之權度，完全以萬國權度通制為標準。

民國十三年十月十日

凌鴻勛識於上海南洋大學

目 錄

第 一 章	測 勘.....	1
第 二 章	路 線	11
第 三 章	土 方	23
第 四 章	道 碴	33
第 五 章	軌 枕	37
第 六 章	軌 條 及 其 附 屬 物.....	48
第 七 章	鋪 路 法.....	63
第 八 章	路 線 之 分 道 叉 及 交 道 叉	71
第 九 章	車 站 之 規 畫 與 車 場 之 軌 路.....	78
第 十 章	棧 道	94
第 十 一 章	涵 洞 及 橋 梁	99
第 十 二 章	隧 道	119
第 十 三 章	車 站 房 屋 及 其 他 建 築 物	127
第 十 四 章	號 誌 之 設 備	142
第 十 五 章	鐵 路 之 修 養	150
第 十 六 章	鐵 路 之 策 畫	161

鐵路工程學

第一章 測 勘

鐵路測量爲實施鐵路建築之最初步，他日工程之難易繁簡，及一路之利害得失，均視勘路與定線時之當否爲斷。故測勘路線時應於鐵路各項工程之建設及鐵路經濟之原理先有充分之研究，方於測勘時有選擇之餘地。然鐵路經濟學篇幅浩繁，而本篇範圍僅略及工程上之經濟要義。本章所述測勘之要義，亦祇就地形上研究鐵路路線之選擇。其關於經濟方面者，祇能及於較淺近之經濟原理，爲一般學生所習知者。學者他日進而研究鐵路經濟學時，於測勘之研究當更能貫通也。

鐵路路線之測勘，大抵分爲三部：1 草測；2 初測；3 定線。今依次述之。

(1)草測 草測者於聯絡兩大站間所擬各條路徑之中每條加以概括之踏勘，藉知所經一帶之地勢情形，以定有無施以初測之價值者也。草測工夫必較簡略，以求迅速，其目的在觀察所擬各路徑中何者確居優勝之地位，因之

將選擇之範圍縮小。至於利害相似之兩路或數路之尙待解決者，則俟初測後再擇定之。

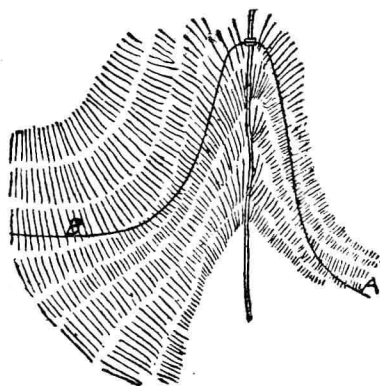
路線選擇之大概 在一路兩終點間路線經行之大概，即路線應經過某處或某處城鎮，大抵不爲一工程問題，而爲一經濟或政治問題。在商業性質之鐵路，則因經濟上之原因，常有必須經過某處或某處之必要。在國有鐵路政策之下，則政治上之原因亦於路線選擇上占有較大之勢力。即就兩市鎮間之路線而論，若係國有鐵路，則能適用收用土地法以收入鐵路所需用之地畝；若爲民業鐵路，則常因購地問題，影響於路線之選擇。然此皆在工程問題以外，非本編所及述。以下所述路線之選擇，完全以地勢爲標準。至於選線問題之較關重要，與工程及經濟雙方有相互之關係，如引用極斜急之坡度以期路線經過某處城市等問題，則另述之。

山谷路或河岸路 沿山谷之低處或依溪河之流域以選擇路線，最爲簡便。若兩城鎮在同一流域之上，則路線之選擇，祇須求一坡度最平易之線。草測時亦祇須定首尾兩城鎮間水平之差度，與路線平面距離之大概，藉取得適宜之坡度。如有大河經流，則路線當然常在河流之一旁，草測時當沿河察看兩岸地勢，以定路線之取道此岸或彼岸。如河上易於跨橋，則兩岸不妨互用之。在河流彎折過甚之地，常因往復跨過，而得較爲直捷之路線。大抵一河之流域上游地勢常較下游爲峻急，故欲全線坡度平均，則下游之路線須依河面兩旁之坡度略爲升高。若全線之限制坡度

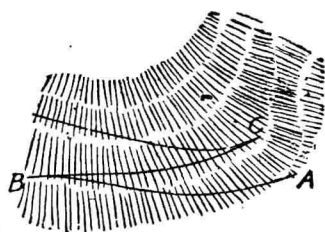
Ruling Grade (限制坡度之定義,須俟研究鐵路工程經濟學時方能明瞭,現爲便利起見,可假定爲一路所能採用之最大坡度,實際上不盡然也。)等於或大於最大之天然坡度,則採擇路線與坡度無重要關係,可全視建築上之經濟而定。如路線必須作橋跨河,則須研究河牀及兩岸地質情形,以爲計畫橋基及橋墩之根據。若河岸泥土鬆浮,不適於建築橋基時,則路線之選擇,常視最佳之橋址爲定。

大陸路 若路線經過大陸岡巒起伏之地,則路線亦隨之而有一處或數處之頂點,因之勘綫問題較爲複雜,蓋以多數可能路線之中,殊難斟酌其利害而選定之。大抵路線頂點應取其低,河流跨過應取其高,使於一高一低之間得一較平易之坡度不大於一路之限制坡度。鐵路路線所經常合帶有山谷路與大陸路兩種之性質,而以大陸路較難得適當之坡度。草測時祇須略定全路之限制坡度,或此路之限制坡度,因他種原因先經斷定時,則草測時祇須選擇一綫,其最大之坡度,不超出於預定之限制坡度。

山嶺路 山嶺間之溪河,常有極急峻之坡度,超過該路之適當限制坡度,故山嶺路線常難沿河流域而行。路線經過山嶺區域,多用“展綫法”,或參以山洞之穿鑿。所謂展綫者,乃故將路線延長,俾於極大之相差水平間,得較長之平面距離,而路線之坡度得紆徐不急也。展綫之方法,須視地勢情形,而定其利用之方,茲分述如下: (甲)最普通者,如第一圖所示,由A點至B點距離太近,而坡度相差甚大,故由A點轉向沿河慢慢斜上,及抵所升高度約及一半,急轉

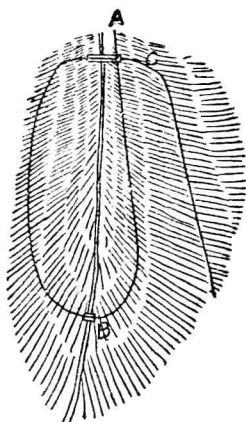


第 一 圖

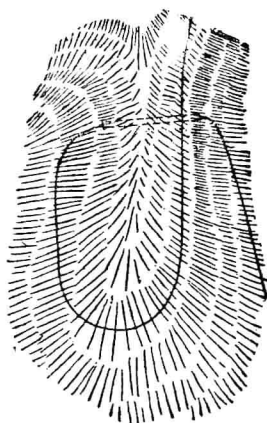


第 二 圖

跨河，再向 B 點慢慢斜上。(乙)反向上坡法 Switch-back。在地勢極峻峭之路，可用反向線以上極急之斜坡，如第二圖用一段 BC 之反向線，則由 A 點可直升至 C 點，增加高度甚多。但列車經行反向線速度甚緩，在 B 點及 C 點須完全停車，而 BC 之間列車須逆行，於運輸及管理上頗為不便。能免用最佳。平綏路線由居庸關上升八達嶺時，亦在青龍橋站作反向線。(丙)橋梁螺旋線。在山谷深而窄之地方，易於建築高橋者，可適用之。如第三圖，路線由 A 起，沿河岸而上，至 B 處跨河，轉向再上，至 C 處將本路跨過，然後依原方向進行。由 A 至 C 可升高 30 或 40 公尺。(丁)山洞螺旋線，與橋梁螺旋線之理相似，不過易橋梁以山洞。在狹而峭之山脊地勢，山洞不甚長，宜利用之，如第四圖。上述(乙)(丙)(丁)三項，均非正辦，苟非必不得已，不宜採用。若不得已而至採用，則地勢之崎嶇已可想見矣。



第三圖



第四圖

草測所須注意之事項 測勘工程師於所勘各路線應注意於下列之事項：(1)路線所經地勢之情形，沿途農礦土產及工業製造之數量，藉作目前路務運輸之估算，並定將來前途之良否；(2)所得路線限制坡度之約數，路線長度之大概，路線起伏之情形，彎曲之多寡，及最小半徑之約數，藉作行車費用之估算；(3)土方數量之大概，及土質鬆石堅石之分類，沿路有無木材及石料之供給，可用作枕木道碴及其他建築物，地價之情形，較要橋梁之座數，及各座之長度，藉作建築費之估算。

參考地圖 若有現成之地圖足資參考者，則所裨於草測實多，獨惜能得之地圖率詳於城市，而於一縣一省之大，則略而不詳。參謀部測有全國各省區地理圖，頗為精細可靠。雖非盡根據於地理上或地質上，然足為測勘國內路

綫之助者，惟此而已。就現成之地圖而卻無等高綫足以尋覓其高低之處者，亦可依其河流情形，以測知其大概。譬如兩河流之小支河反向而流，則其間必爲一分水嶺。兩河流方向平行而又甚近者，其間亦必有狹而長之山帶。若在五萬分之一之比例尺圖上察知一河流方向甚直，大抵水流湍激，而兩旁甚爲斜峻。苟河流往復彎曲，而弧形之半徑又甚大，大抵坡度甚緩，而所經乃沖積之地帶，其沖積之流域或甚廣闊。如河流直行，而頻有急遽之轉角者，則轉角處當是山阻，或成極峻峭之崖。凡此情形，皆足爲草測時之一助。若就現成之地圖，可因以知路綫之平面距離，則草測不過定路綫上關係數點之水平高低度而已。

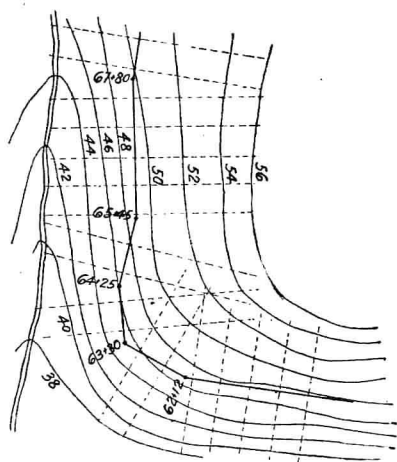
高度測量 草測時高度之差異，近多藉氣壓表之利用以測定之。以近日氣壓表製造之精密，凡一公尺高度之差，悉能顯出。氣壓表有水銀氣壓表 Mercurial Barometer，及不用液體氣壓表 Aneroid Barometer 兩種。大抵以水銀氣壓表置於測量隊之大本營，而以不用液體氣壓表隨身應用，以時與水銀氣壓表相較正。草測時之所需，不過如是而已。

平面距離測量 若所測量之地帶無詳細可靠之地圖，藉以略定兩點間之平面距離，則草測時須以簡捷之方法測量之。或用視距儀 Stadia，由望遠鏡內兩橫綫間所截遠處測尺之度數，以算出由測者至遠處測尺之距離。然此法僅能行於平望無阻之地，若林木叢密，即生困難。或用旋轉儀 Odometer，以一定輪徑之輪盤，就地轆轤，驗其迴轉之

次數，以算出其經行之距離。雖在林木之地，亦可用之，且其結果亦較準密。

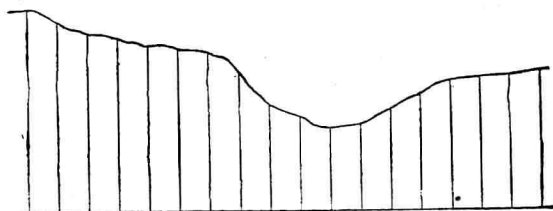
草測關係重要 以上所述，僅及草測之手續方法，至路線之選擇，則須以測勘者之全副學識與經驗赴之。蓋定綫時之謬誤，坡度之不宜，雖耗費尙能改良之。建築上之謬誤，如軌路之太輕或太重，建築物之太輕或太重，終能改良。管理上及運輸上之謬誤，亦得改變政策，以圖補救。惟測勘時選擇路線之謬誤，苟不於建築之前覺悟而改良，則建築後必至因牽動太大，而因錯就錯，路政上常年之損失，不可勝計。或竟因此而全局失敗，亦未可知。路線得宜，則負擔之資本與維持費均輕；不然，路線不良，則雖有極堅固之工程，於事無補也。

(2) **初測** 鐵路初測，係將草測時所擬定一條或幾條路徑中再加以較精細之地勢測量，俾最適當之鐵路路線得於所測之地帶內選擇而出。所測地帶之寬度，視地勢情形而異。如所擬鐵路路線沿河邊而行，而河岸地勢復斜峻者，則路線所必經常不出乎一二公尺以外，所須測量之地帶，亦可略狹。反是，



第五圖

在平原廣漠之地，所應測量之地帶，亦須較闊。測量之法，應用測量儀器沿假定之路綫中綫進行，而於中綫上一定距離間向左右各若干公尺以手用水平儀及皮尺測量其地勢之高度，因之繪出兩公尺間之等高綫，如第五圖。路線測量隊過後，水平測量隊即隨之前行，以定各測站之水平高度及所過各溪河之最低度，因之繪出縱剖圖，略如第六圖。



第 六 圖

有時於草測所定幾條路徑之中，而欲速行決定取舍時，可將初測分為二步舉行。其第一步即草測較詳細者，其目的在早日發現各路間比較利害之點，以免對於各綫均須詳細測量，徒費工夫也。吾人當知草測與初測均屬路帶面積之測量，而非路綫之測量，其目的在於測出與路綫有關之各處地勢，而予定綫時選擇之標準也。

草測與初測均不宜草率從事，實應耐心比較，以期一勞永逸。蓋以測量雖耗時費財，然實係鐵路發軔之始，以視路綫選擇不良，而致長日失時耗費，不可同日語也。

(3) 定綫 路綫經初測後，繪成路綫圖，載明等高綫，可即就圖中為定綫之計畫。初測路綫圖僅繪出多數之直綫聯絡而已，定綫時則於兩直綫間以弧綫與兩直綫相切而

聯接之。故全路路線遂爲多數直綫與多數弧綫聯接而成。如是定綫法，謂之紙上定綫法。

定綫之始，當首先研究有關係各要點，如路線之兩終站，路線經過最高處之最低可能點，及江河之跨過點等。最好能使路線爲一“面上之路綫”，即能使挖填工程減至極少也。路線之限制坡度須預爲訂定，定綫時務使坡度不超過於預定之坡度。大抵定綫之法，視兩大站間地勢之平易或坡度急峻而不同。若天然之坡度平易，祇須斟酌路線之直捷，與土方之減省定之。如兩站間之天然坡度近於最高之限制坡度，則定綫時須擇一面上之路綫，同時須使坡度不超過於限制坡度。如路線之大部分爲直綫，則可先將直綫畫定，然後加以相當之弧綫聯絡之。若在山嶺之地，且故意將路線展長以求適當之坡度，則弧綫常較直綫爲多，可先將弧綫畫定，而以直綫聯接之。凡此悉依初測之路綫圖以爲標準。在山路崎嶇之地，有時尙須從起點另繪新綫，以期與初測時之路綫互爲比較。路線既定，可按照路線與等高綫之交點繪出路綫縱剖圖。在縱剖圖上繪出路綫之坡度，可以因知上方工程之多寡。又在平面圖上可以確知直綫之長度，弧綫之中心角及半徑等。

路線縱剖圖繪出後，路線坡度之如何酌定，頗須詳細研究。定綫設計時多費數小時之時光，或可省每公里數百元之建築費也。畫定坡綫時所須注意之點有二：一爲關於機車之運轉者，一爲關於土方之經濟者。在前者於設計之時，當知將來所用之機車爲何種式樣及構造，務使滿載之

機車從起點起,於所定坡綫之一段內,能得最大之速率路上之時高時低,於機車運轉上爲不利,但如欲免除,則土方工程較大,兩者須比較定之。至關於土方者,應於路綫縱剖圖上繪出坡綫時,研究挖掘工程與填築工程能否大致相等,以期物料之節省,及搬運途程之縮短。

習 題

1. 鐵路測勘可分爲幾大部分?
2. 草測時所應注意之事項爲何?
3. 何謂等高綫? 等高綫密時表示何種地勢,疏時表示何種地勢? 路綫宜與等高綫平行,抑宜與等高綫相切?
4. 定綫及畫定路綫坡度時所應注意之事項爲何?

第二章 路綫

本章所謂路綫，乃指一鐵路兩軌條間之中綫而言。中綫在平面既有彎曲，而在縱剖面亦有高低譬如一直路綫跨過一最高之點，則就平面而言，一直綫而已，而在縱剖面，則爲兩斜綫與一弧綫所聯接而成。又如路綫在坡度上轉彎，在平面爲一弧綫，其實路之中綫爲一螺旋綫故一路之中綫爲直綫，弧綫，及螺旋綫所聯接而成。本章特就其縱剖面及平面而分別論之。至於單弧綫 Simple Curve，複弧綫 Compound Curve，及漸曲綫 Transition Curve，則僅就平面論之而已。

坡度 路綫升高及降下之坡度，常以百分數表示之。譬如路綫在 100 公尺之平面距離內升高 1.5 公尺，此坡度曰百分之 1.5，或曰 1.5%。其上升或下降，則以 + 或 - 符號表示之，如 +0.5%，即上升之坡度，-0.5%，即下降之坡度。

鐵路坡度與鐵路行車有至大之關係，故坡度務取其平易。大抵由 0.0% 即平地至 0.4% 之坡度，謂之平易，0.4% 至 1.0%，謂之通常，1.0% 至 2.0% 之坡度，謂之急峻。2.0% 以上之坡度，非有不得已之故，斷不用之。國有鐵路建築標準及規則（交通部鐵路技術委員會所制定，下文凡述本國定制均指此。）規定在幹路上坡度不可超出於 1.5%。然在山嶺之路，如平綏鐵路經過關溝一段，引用 $3\frac{1}{3}\%$ （每 30 升 1）之坡