

大學叢書

公路工程學

陳本端編著

商務印書館出版

大學叢書

公路工程學

陳本端編著

(一九五〇年十一月修訂)

商務印書館出版

修訂版自序

本書初版，是在1938年9月交稿，至今已十個年頭有餘。近十年來，公路工程學術之進展，是很多的；而我國公路建設，大家現在已瞭解是需要技術，而不能馬馬虎虎的去修築。因此，在學術上及實際工作上，本書是極需要修訂了。

著者在開始起草修訂之前，考慮了兩樁事，一是大學裏課本應用的問題；一是實際工作參考應用的問題。所以修訂後的本書，是顧到了這兩方面。

修訂時所採用的材料，是屆至1949年9月為止的新穎材料，尤其是原書內的翻譯名詞，均已照最近的標準改正。添加的材料，有如第三章公路線形，第五章公路土壤應用理論，第四章運量與運量觀測，第十章柔性路面設計法，第十七章堅性路面設計法，及第二十七章公路工程經濟等篇，皆是最新及最切實用的。原書內第二章及第三章，完全刪除；第六章前部刪去，後部則改為修訂版第七章，名之為公路排水及其他設備。如此，是幾乎把全書每頁皆修訂了。

本書修訂之後，共為二十八章，可以完全代替最新的外文本，各大學土木工程系各專科學校的公路課程，採用本書，最為適宜。至於各公路工程及市政工程方面的實際工作者，採用本書，以為工作上的參考，尤為切合，因本書修訂後之內容，在設計及建築兩方面，是並重的。而且第三章的公路線形，第五章的公路土壤應用理論，第十章的柔性路面設計法，及第十七章的堅性路面設計法，皆是近三五年內的最新資料。

在各大學土木工程系內，本書內容，可供一學年之用。所以土木工程

路工組選用，最爲合宜，例如三年級的道路工程（一），可讀本書上半部，四年級的道路工程（二），可讀本書的下半部。但是土木系內其他各組，如鐵路組、結構組、市政組及水利組等，在三或四年級的道路工程課程內，可用本書而擇要講讀，不必完全讀完。如何選擇，可由教師視各校情況而定。

本書得到曹未風先生的贊助，能有修訂之機會，這是著者非常感謝的。在起草修訂之時，得交通大學徐筌生及祝慕高兩君代爲繪圖，亦一併誌謝。

陳本端謹識於上海交通大學

1949 年 12 月

初版自序(一)

現在有一般人，包括一部分公路界的工作者，對於公路運輸，抱住很輕視的態度，他們的意見，是公路運輸，在量與質的方面，均有很大的缺點。用普通的眼光來看一看，我國目前公路的情形，亦難怪他們發生這種不幸的見解，的確可以令人抱住懷疑的態度。但是要詳細考察一下歐美公路運輸的情形，就可以馬上知道，公路事業毫無懷疑之可能，並不是公路本身的效能不足，只是我們自己的公路辦得與修得不夠標準，所以不克發揮牠宏大的效率。現在拿美國來講，牠們的公路，目前一共有三百萬英里，其中大部分是鋪有路面的，全國的各城市，沒有一處不是聯通的，只要你有一輛汽車，那你可以到任何地方，而不必亦不願坐火車。路面到處是平坦的，路線到處是順直的。以速度論，公路上的車輛，可以開到每小時八十五英里，最少亦有五十英里之多，所以平均總在六十五或七十英里之間。長途客車是這樣快，貨車亦是這樣快，自東部的紐約市到西部的舊金山，距離有三千多英里，可是貨運只需兩日半，因為速度快，而且日夜開駛不停，所以能得到這時間的經濟。若用火車來運，反需三日有餘，由此可見，在運輸時間的問題上，已能超過鐵路能力之上了。若在運量上來講，一般人一定很堅決的說，火車容量大，汽車容量小，這個見解，是不平等的比較，換句話講，就是用一列火車的容量與一輛汽車的容量作比較，當然汽車的容量比不過火車。假使亦用一列汽車與一列火車來比較，其相差恐怕是微乎其微了。所以由這個問題的演進，美國公路運貨車，近來已有列車之設置，每列計有四輛貨車，第一輛前半是機車，後半是貨車，其餘三輛，完全是貨車，每車載重十五

噸，所以這一系列車，可以運貨五十噸，若同時開行四列，則每次可運二百噸，這是貨運的情形。客車雖無列車之設置，但是每輛車可容四十人左右，而且坐位極其舒適，若是每次開駛十輛，則每次的運量，亦可容四五百人之多，所以在量及質的兩方面，公路運輸，並不低下，只要你辦得好，設備好，就能成功。

公路工程應有的認識

談起公路的工程來，更有許多的話要說，現在從頭講。在起初的時候，就是在一九〇二年以前，汽車尚未通行之際，公路是完全供馬車行駛，鐵路亦未發明，所以公路不過等於普通的大路，與水運並駕齊驅。當時的路大多數是土路，以後因為雨季的泥濘，纔有木板、礫石等樣的路面，後來英人發明馬克當石子路，問題纔得到了解決。到了鐵路發明，公路運輸纔日見衰落，一直到本世紀的初葉，內燃機發明，汽車出而問世，纔得復興的機會，以後慢慢的演進，以至現在的情形。在這個演進之中，有一個大變化，值得我們注意的，就是以前的公路是慢速度的路，現在是快速度的路。由這個變化，在工程設施上，亦造成了牠不同的趨向，最顯明的例子，是馬克當路面，乃慢行車最適宜的路面，現在快速度的車輛，已不適宜了。由這個緣故，可以看出近二十年來歐美的公路，完全在水泥、瀝青兩方面，加緊努力，所成的路，盡是水泥或瀝青的路面；但是到最近的五六年間，又出了一個變化來，就是說水泥與瀝青路面的造價過高，對於運輸的經濟問題，發生很大的疑問，換句話講，是投資過多，得不償失。所以目前公路工程的問題，不僅是工程本身的問題，還得研究經濟之道，牠整個的目標，是要減低工程造價，同時仍要得到行車之適宜條件。牠的辦法，是在土壤上想方法，由土質的本身，努力研究牠的能力，現在已居然成功了。所以現在歐美的公路運輸，不僅是快、穩、適，造

價還要很便宜。談到我們自己的公路，雖然要發生很大的感想，但是看看外人的演進，反可指示我們一條迎頭趕上的捷徑來。第一件事要說的，是我們的公路，根本就未足標準，每公里造價的概算，大半是以五六千元作根據，土石方橋涵，統在其內，以這樣少的錢，能造出什麼好路來？我最不解的，是鐵路每公里預算要十萬元，以五六千元的公路，供其比較，還說公路種種不好的批評，真是令人不平，所以目前最要的，是要提高公路的造價，應以每公里一萬五千至二萬元作為標準。第二件事，是工程的設計，其中如路線的選擇，應以高速度為目標，坡度與曲線，均須切合實際的需要。其次是路面的問題，要得交通的效力，必定要修路面，但是要修那一種路面，這個答復，可以說是從土壤及油類方面研究與試驗，方可得到經濟與耐用的方法。著者曾提倡用桐油穩定土質的方法，現在已由桂、黔、川三省去試辦，成績如何，尙未知悉。第三件事，是研究學術的提倡，無論那一種事業，決不會停止不進的，樣樣事全須隨時研究改良與進步，所以關於公路工程方面，須鼓勵與扶植研究的人才。

公路的財政問題

談到公路財政，最要的是收入。收入部分，包括運輸的收益及捐稅的收入。在未討論這個問題之前，我們可以先看一看外國公路的財政情形。他們的收入大宗，是從捐稅來的，例如汽油機油稅、營業稅、所得稅等等，其中一部分繳交中央，一部分收為省用，每年的數額，頗有可觀，所以各省公路的事業費，每一年平均必有三四百萬元，足夠本省之用，如遇國道之建築，則酌量情形，另由中央津貼若干。但是這些收入，並不是由他處挪用，仍然是由交通事業本身所得來的。例如購買汽車或零件須付稅，購用汽油機油須付稅，經營公路運輸事業須付稅，這全是公路收入的泉源，亦是取之於民，而用之於民的正當辦法。我國公路事業，自

興辦以至於今，最感困難的，就是經費，因為經濟的問題，所以公路是困陋而就簡，愈簡陋事業愈衰敗，事業愈衰敗，收入愈減少，以致弄得毫無進展的辦法。爲今之計，應當劃定公路收入的來源，財政部應該規定，交通事業的收入，仍須劃歸交通事業費用的條文，如汽油機油、汽車購買及汽車營業的稅收，統應用之於公路事業之上，其中若干應規省用，若干交中央，條例分明，經費有着，無疑的，公路事業，必能發展了。

公路的管理問題

大凡事業之發展，均由組織的健全，組織健全，事業的進行纔能順利，公路管理的問題，亦無例外。現在最重要的是，中央須集權，各省要合作，所以對於組織一方面非注意不可。中央方面要設立總樞的機關，最好是在交部之下，設立專司公路的局處，其內應分總務、工程、設計、交通及研究五科，總務科司理各項不關工程的事項，如會計、庶務、以及人事等等，工程科司理建築國防道路以及督察各省工程的責任，設計科司理各種工程之設計及統一全國公路工程之標準，交通科司理全國公路交通及機務事項，研究科則司理材料的試驗以及研究各種工程的改進。至於各省，則應設立省公路處，下置總務、工程、交通及材料試驗各科，以理各省之公路事宜。凡設計研究事項，統由中央辦理，以免重複。至於人員的選用，主管人才應由各省呈薦，而由中央同意任用，或由中央直接選用，亦無不可。佐治人才，則由各省分別委用，但均須甄別及格，以便受僱者學得所用，政府方面，事得其才。其他如獎罰以及工作的保障，均須有一定之條例，既有條例，一定要去實施，過去未曾實施的好條例，要實施出來，未經成立的，馬上要成立。

公路的運輸問題

公路運輸的事業，可分二種：一爲國營，一爲商營。亦有官商合辦者。無論那一種，只要辦得好，對於社會國家，都是有利益。不過國家的資力有限，人民的財力無窮。所以著者贊成去鼓勵商辦，而由國家加以監督。要提倡人民集資去興辦公用事業，纔能有大規模的發展。不過運輸的管理與設備，必須健全，規模要有一定的標準，不是買一兩輛舊車改造一下，就可營業的；一定要符合國家規定的一切條例，如資本的規定，設備之規定等等，方能發揮公路運輸的宏力，否則一定會變成野雞式的營業，這是毫無疑問的。

我國公路目前的兩個嚴重問題

我國專門公路以及熱心公路事業的人們，最怕遇見兩種問題提出來：一是汽油提煉，一是汽車製造。這兩個問題，的確是公路事業的血脈。我國因爲這兩個問題尚未解決，所以處處碰到困難，有人說：我國多造一尺路，就是給外國多開一尺市場，理由是充足得很，說來亦極動人。不過我們多給外國造一尺的市場，同時我們自己得到多少利益？這個比較，倒無人曾經談論過。我相信的是，如果我們的路造得好，則我們所得的利益，必定比較大，換句話說，用了點錢買外國貨來開發我們的內地，改進我們的社會，增加我們的生產，雖然暫時破費一點，仍然是值得作的事。但是不容否認的，現在是過渡的時期，而在這過渡的時期內，我們應當積極的籌備汽油汽車的製造，以謀解決我們根本的問題。所以目前無妨仍然多修點路，但是要修得夠標準，纔能夠發揮路的效力，纔能得到他真正的利益。同時不可忘記的，是要籌設汽油汽車的製造廠，這不僅是國家應當注意提倡的，亦是人民應該努力去辦的事。

結 論

話是說得多了，現在來作一個結束。著者最近由廣州前往重慶，在廣西河池汽車站上遇見一位舊時同學，現在西南公路運輸管理局貴柳段任事的某君，當時以彼此全是學土木工程的人，所以提出我國公路來作談料。據他說：現在我國的公路，只能如此，決不能以外國公路作標準，最大的原因，是沒有錢，技術方面以及人才方面，全無問題，什麼土壤研究，什麼一切的研究，都是無濟於時艱。我聽了這一番話，好似頭上澆了一盆冷水，但是嗣後安靜想一想，愈想他的話是愈不對，第一樣是為什麼不能以人家精美的公路作標準；第二樣是財力不是不夠，只是沒有好辦法；第三樣是技術方面，的確沒有進步；第四樣是學術方面，的確不知有研究的必要。為什麼我們要消極的自安而不向積極的方面去努力，有志者事竟成這句話，不能一時把他忘去，所以現在負責公路事業的人，千萬不要與某君存一樣的見解，應當設法打倒一切困難，向前進展，纔能達到我們真正的目標。

陳本端謹識於貴陽途次

一九三八年十一月

初版自序(二)

近年以來，公路工程，在交通建設之中，頗關重要。舉日以視歐美各邦，其發達之情形，已超過火車之需要。美國公路路線，在一九三八年統計，共有三百萬英里，車輛已達三千萬輛。反觀我國，則路線僅十萬公里，全國車輛僅五萬餘輛，其相差之大，足徵我國公路事業，尚在初期之中，其應努力進行，自當刻不容緩。

在一九三〇年以前畢業於工程學院之學生，其所讀之課本，多採“Road and Pavement” by Baker；在一九三〇年以後之畢業生，其課本則為“Highway Design and Construction” by Agg.，此兩種課本，雖為我國工程學生所習用，但自一九三三年以後，已成陳舊，蓋在最近十年之中（一九二八至一九三八），公路工程之研究與進展，頗有一日千里之概，如我國仍用舊本，則將來公路事業之落伍，自在意中。

著者本過去擔任工程及教書之經驗，根據近兩年在美國之考察與研究，編譯此書，以為我國最新之教材。而工程界之欲知公路工程目前有何進展者，此書為助，當非淺鮮。如路線之選擇法，硬性及柔性路面設計法，公路土壤之研究法，冷拌柏油路面建築法，土質穩定法（Soil Stabilizations）以及公路材料之標準試驗法，均錄無遺。

本書取材，一部係譯自一九三四年出版之“Highway Design and Construction” by Authur G. Bruce 及“Highway Engineering” by Bateman；另一部係譯自一九三〇年至一九三八年間美國各種工程雜誌而有關公路研究之論文；其餘則係著者本人在美考察及研究所得者。材料既雜，彙集自非易事，海內明達，幸垂教焉。

陳本端謹識

一九三八年九月在廣州中山大學

目 錄

第一章 緒言 1

(一)公路事業之演進 (二)公路學科之定義 (三)公路之爲用

第二章 公路測量 7

(一)引言 (二)路線調查 (三)路線地位應具之狀態 (四)勘測之原則 (五)地形摘要 (六)初測與定測 (七)中線測量 (八)水平測量 (九)地形測量 (一〇)木樁之標記法 (一一)繪製圖表 (一二)定線原則 (一三)路線比較 (一四)無效升坡及過度降坡 (一五)抗距 (一六)路線比較舉例

第三章 公路線形 27

(一)引言 (二)路形 (三)平曲線 (四)曲線超高 (五)曲線加寬 (六)緩和線長度 (七)坡度 (八)視距 (九)視距與平曲線 (一〇)視距與豎曲線 (一一)豎曲線 (一二)交叉公路 (一三)結論

第四章 運量與運量觀測 62

(一)引言 (二)運量觀測之用途 (三)車輛分類 (四)車道 (五)單車道之運量 (六)雙車道之運量 (七)多車道之運量 (八)公路上多車道運量之規定 (九)城市街道多車道運量之規定 (一〇)運量在時間上之變化 (一一)運量觀測事項 (一二)觀測站 (一三)觀測站之設立 (一四)控制站數計工

作 (一五)縮計站數計工作 (一六)控制站觀測之期限分配
 (一七)縮計之方法 (一八)運量觀測之統計方法 (一九)統計圖表及圖解 (二〇)運量觀測可以預計將來之發展 (二一)結論

第五章 公路土壤應用理論 83

(一)引言 (二)土壤之分析 (三)土壤物理性及化學性之比較 (四)土壤之物理分析 (五)流限 (六)黏限 (七)黏性指數 (八)縮限 (九)離心當量 (一〇)野外當量 (一一)直線及容積收縮 (一二)顆粒機械分析 (一三)顆粒級配曲線 (一四)富勒氏理想曲線 (一五)韋毛氏理論 (一六)葡拉克特氏土壤壓實試驗法 (一七)路基土壤之分類 (一八)路基土壤之八大類 (一九)A—1類 (二〇)A—2類 (二一)A—3類 (二二)A—4類 (二三)A—5類 (二四)A—6類 (二五)A—7類 (二六)A—8類 (二七)土壤之空隙比率 (二八)土壤空隙比例 (二九)土壤中水量與其容積之關係 (三〇)縮率 (三一)砂土之膨脹 (三二)透水性 (三三)毛細管性 (三四)土壤承重力 (三五)路基穩固性 (三六)邊坡穩固性 (三七)路基土壤之總觀 (三八)各類土壤修築之須知 (三九)各種土壤適宜之路面 (四〇)土壤鑽探 (四一)土壤縱面圖之繪製 (四二)土壤之勘測 (四三)結論

第六章 路基工程 131

(一)引言 (二)施工測量 (三)清除路基 (四)挖土 (五)路基土質之漲縮 (六)土基之沉陷 (七)土工運距 (八)經濟運距 (九)土工設計法 (一〇)土工之計算 (一一)土基

- 之建築 (一二) 土工澆水或灌水之建築法 (一三) 濕填土工
(一四) 卑濕腐植地帶路基建築法 (一五) 土工機械

第七章 公路排水及其他設備 150

- (一) 洩水設備 (二) 地面洩水設備 (三) 水管涵洞面積之計算
(四) 防水設備 (五) 地下水流之排洩法 (六) 凍漲現象
(七) 其他公路之設備

第八章 公路材料 173

- (一) 引言 (二) 砂 (三) 礫石 (四) 碎石 (五) 煤爐 (六) 碎殼
(七) 火山餘燼 (八) 材料試驗標本之採取法 (九) 碎石摩擦試驗法
(一〇) 石料強度試驗法 (一一) 石料佳性試驗法 (一二) 礫石摻有泥塵之分析法
(一三) 砂及細粒材料之似比重試驗法 (一四) 粗粒材料之似比重試驗法 (一五)
瀝青材料 (一六) 地瀝青 (一七) 石油地瀝青 (一八) 天產地瀝青
(一九) 柏油 (二〇) 柏油與地瀝青之分別 (二一) 沉澱 (二二) 解水
(二三) 分解蒸煉 (二四) 分化蒸煉 (二五) 分裂蒸煉 (二六) 吹氣蒸煉
(二七) 液體地瀝青 (二八) 溶煉 (二九) 地瀝青膏 (三〇) 輕製地瀝青
(三一) 乳化地瀝青 (三二) 瀝青材料試驗法 (三三) 引火點試驗法 (三四)
稠密性試驗法 (三五) 滯度試驗法 (三六) 浮漂試驗 (三七) 針入度試驗法
(三八) 延度試驗法 (三九) 瀝青質試驗法 (四〇) 軟化點試驗法
(四一) 瀝青材料比重試驗法 (四二) 瀝青材料種類之標記法 (四三) 地瀝青及柏油試驗分別法

第九章 穩定土壤建築法 199

- (一) 引言 (二) 土壤穩定之原理 (三) 混疑法 (四) 砂泥混

凝法 (五)水泥凝法 (六)瀝青材料凝法 (七)透灌法
(八)面部澆油法 (九)四週澆油法 (一〇)鋪鹽法 (一一)
結論

第十章 柔性路面設計法 215

(一)引言 (二)車輛輪重 (三)車輪與路面接觸面積 (四)
麻省公路公式 (五)哈格布奈公式 (六)唐氏公式 (七)瀝
青協會公式 (八)荷德培氏公式 (九)何少氏公式 (一〇)
毫塞氏公式 (一一) C. B. R. 設計法 (一二)馬克里奧氏
公式 (一三)結論

第十一章 砂石材料路面建築法 245

(一)引言 (二)面土路面 (三)砂土路面 (四)礫石路面
(五)馬克當路面 (六)煤爐、煤屑、殼皮及碎磚路面 (七)砂
石路面修養須知

第十二章 路面處治建築法 256

(一)引言 (二)路面處治建築總論 (三)堅面建築法 (四)
鬆面建築法 (五)堅強澆油面建築法

第十三章 路拌石子瀝青路面 265

(一)引言 (二)均等石子式所用之材料 (三)油量計算法
(四)拌油之方法 (五)用柏油法 (六)養路 (七)馬克當石
子式所用之材料 (八)馬克當石子路拌瀝青材料 (九)建築
法 (一〇)封塞面 (一一)養路工作

第十四章 廠拌石子瀝青路面 281

(一)引言 (二)廠拌及路拌石子瀝青路之比較 (三)調拌廠

與調拌機 (四)調拌工作 (五)路面鋪築法 (六)活動式調拌廠 (七)封塞面 (八)砂瀝青路

第十五章 瀝青馬克當路面 289

(一)引言 (二)亂石及塊石底層建築法 (三)熱灌瀝青馬克當路面 (四)冷灌瀝青馬克當路面 (五)其他各種瀝青馬克當路建築法 (六)瀝青馬克當路面養路法

第十六章 水泥馬克當路面 298

(一)引言 (二)水泥結馬克當路面建築法之簡述 (三)應具設備 (四)路面厚度及寬度 (五)砂石料 (六)水泥砂漿 (七)建築之情形

第十七章 堅性路面設計法 303

(一)引言 (二)縮縫之設計 (三)脹縫之設計 (四)路面厚度之設計 (五)結論

第十八章 水泥混凝土路面 340

(一)引言 (二)建築法之簡述 (三)水泥混凝土路面之佳點 (四)水泥混凝土路面之缺點 (五)水泥混凝土路面設計須知 (六)水泥混凝土路面設計法 (七)鋼筋設計 (八)路肩與路芽石 (九)水泥混凝土應用之材料 (一〇)水泥混凝土混合材料之稱量 (一一)水泥混凝土材料混合比例法 (一二)水泥混凝土之製造法 (一三)調拌廠佈置法 (一四)調拌混合廠 (一五)鋪築機 (一六)材料數量估計法 (一七)水泥路面土基修築須知 (一八)築路殼板 (一九)水泥混凝土及鋼筋實地鋪築法 (二〇)水泥路面製平法 (二一)防乾廂製法 (二二)養路工作

第十九章 熱拌瀝青路面 365

- (一)引言 (二)熱拌瀝青路面之種類 (三)熱拌瀝青路面橫剖面 (四)片瀝青路建築法 (五)片瀝青路材料及其建築法 (六)細粒瀝青混凝土材料及其建築法 (七)粗粒瀝青混凝土路面材料及建築法 (八)沃蘭比土法粗粒瀝青混凝土路面 (九)調拌材料之設備 (一〇)熱拌柏油路面整平法

第二十章 瀝青石料路面 377

- (一)引言 (二)瀝青石料路面剖面形 (三)肯塔基式瀝青石料路面建築法 (四)歐華德法瀝青石料路面建築法 (五)奧克拉荷馬法瀝青石料路面建築法

第二十一章 冷鋪瀝青路面 380

- (一)引言 (二)阿米塞冷鋪瀝青路面法 (三)輕製瀝青冷鋪瀝青路面法 (四)輕製柏油冷鋪路面法 (五)乳化液體瀝青冷鋪路面法 (六)瀝青粉加拌溶油冷鋪路面法 (七)其他各種冷鋪油料法

第二十二章 各種瀝青路面養路法 385

- (一)引言 (二)路基及底層之修理 (三)路面修理

第二十三章 砌磚路面 387

- (一)引言 (二)磚之種類 (三)磚性試驗法 (四)砌磚路面鋪築法 (五)磚面滾壓法 (六)灌漿 (七)養路工作

第二十四章 其他塊形鋪砌之路面 395

- (一)引言 (二)瀝青塊路面 (三)瀝青塊路面鋪砌法 (四)石塊路面 (五)木塊路面 (六)橡皮塊路面