

科
高等学校教科书

山 岭 隧 道

铁道部教材編輯組选編

人 民 鉄 道 出 版 社

624.19/533

31
表

高等学校教科书

山 岭 隧 道

铁道部教材編輯組选編

人民铁道出版社

一九六二年·北京

本書系鐵道部教材編輯組選編，推薦為高等學校教科書，適用於橋隧專業，也可作其他專業隧道課程的教科書或教學參考書和工程技術人員的參考書。

本書全面地概括了鐵路山嶺隧道設計和施工方面的主要內容。

本書包括，緒論及隧道的勘測和設計、隧道的施工、隧道的運用改建和修復等三篇。

主編單位：唐山鐵道學院橋隧系地下鐵道及隧道教研組。

參加編輯者：北京、蘭州、長沙、唐山鐵道學院、同濟大學。

高等學校教科書

山 嶺 隧 道

鐵道部教材編輯組選編

人民鐵道出版社出版

(北京市霞公府17號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第010號

新華書店北京發行處發行

人民鐵道出版社印刷廠印

書號1812 開本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印張 $20 \frac{4}{8}$ 插頁1 字數556千

1961年9月第1版

1982年1月第1版第2次印刷

印數700冊〔累〕1,500冊 定價(10)2.40元

編 者 說 明

“山岭隧道”教科书的编写工作开始于1959年春季，初稿全部都曾用于教学，部分初稿曾送有关部门审阅。1959年11月铁道部在长沙召开制订教学大纲会议之后，根据会议精神，由五院校（京院、唐院、兰院、长院、及同济大学）有关教研组分工负责，把已写好部分全部改写。1960年2月在唐山召开了山岭隧道教材审查会，在会上审查了绪论和第一篇各章，并对第二、三篇有关章节提了意见。在各编写单位将稿交到主编单位（唐院）汇稿过程中，曾进行了一些局部修改。以后，本书曾在一些院校试用，根据试用情形，又作了若干修改。

现在根据中央关于解决教材的指示精神，将稿本整理出版，以供桥隧专业隧道专门化五年制及四年制采用。

这本教材虽然经过几次修改及试用，但由于我们水平的限制，在内容中仍不免存在许多不妥之处，希望采用本书的有关院校积极提出意见，使它逐步更臻完善。

1961年4月

本书主编人为高渠清、麦偶曾。本书的各章编写人为：

绪论——范文田；第一章——麦偶曾；第二章——关宝树；第三章——赵子荣；第四章——高渠清；第五章——刘驥；第六章——周慕、景诗庭；第七章——潘昌实；第八章——潘昌乾、錢福元、陆同寿；第九章——高鴻昭；第十章——麦偶曾；第十一章——赵子荣；第十二章——潘昌实；第十三章——周慕；第十四章——鍾桂彤；第十五章——孙經曙；第十六章——桂銘敬。

目 录

緒 論

§ 1 隧道概論	1
§ 2 隧道工程發展簡史	4

第 一 篇 隧道的勘测和設計

第 一 章 隧道路綫設計 地質对隧道工程的影响 地質勘测	9
§ 1-1 隧道高程位置和洞口位置的确定	10
§ 1-2 隧道平面和縱剖面設計	12
§ 1-3 地質条件对隧道的影响、工程地質勘测	15
第 二 章 地層压力	23
§ 2-1 概 論	23
§ 2-2 坑道开挖前后地層的应力状态	24
§ 2-3 地層压力的計算方法	27
§ 2-4 在坑道中直接量測地層压力的方法	40
§ 2-5 地層压力的試驗室研究	43
第 三 章 隧道断面設計和襯砌構造	45
§ 3-1 隧道襯砌的材料	46
§ 3-2 铁路隧道的橫断面	47
§ 3-3 整体式隧道襯砌的構造型式	51
§ 3-4 装配式隧道襯砌構造	58
§ 3-5 铁路隧道的建筑物	62
第 四 章 襯砌的靜力計算	68
§ 4-1 荷载的决定	69
§ 4-2 襯砌結構的受力变形情况	70
§ 4-3 襯砌結構的計算	71
§ 4-4 襯砌結構的强度檢算	81
§ 4-5 对現有襯砌計算方法的評价及改进建議	81
§ 4-6 按極限状态計算襯砌結構	83
§ 4-7 明峒的計算特点	89

第 二 篇 隧道的施工

第 五 章 矿山法概論 导坑及輔助坑道的开挖 上部扩大	91
§ 5-1 矿山法概論	91
§ 5-2 洞口的开挖及支护	93
§ 5-3 导坑的开挖及支撐	94
§ 5-4 上下导坑間的孔道	99
§ 5-5 上部扩大	100
第 六 章 地層的开挖	102

§ 6-1	地層分級及开挖工作概述	102
§ 6-2	用人力或手持机械开挖地層	103
§ 6-3	鑽爆参数的确定	105
§ 6-4	鑽眼工程	115
§ 6-5	爆破工程	123
第七章	裝碴和運輸	125
§ 7-1	概 論	125
§ 7-2	裝碴工作	126
§ 7-3	地下運輸工作及其組織	133
§ 7-4	卸碴場地布置及設備	146
§ 7-5	材料的运送	147
第八章	支撐的構造和設計	147
§ 8-1	木支撐	147
§ 8-2	金屬支撐	150
§ 8-3	錨栓支撐	155
§ 8-4	鋼筋混凝土支撐	163
第九章	隧道襯砌的修筑及防水工作	166
§ 9-1	石襯砌的修筑	166
§ 9-2	谷襯砌的修筑	169
§ 9-3	裝配式襯砌的修筑	172
§ 9-4	向襯砌背后压漿	176
§ 9-5	隧道襯砌的防水層	180
第十章	矿山法修筑隧道的主要方式	182
	甲、在軟地層中修筑隧道的方法	
§ 10-1	先拱后牆法	182
§ 10-2	上下导坑先牆后拱法	187
§ 10-3	側壁导坑先牆后拱法	191
§ 10-4	先挖馬口法	194
	乙、在硬地層中修筑隧道的方法	
§ 10-5	漏斗棚架法	197
§ 10-6	中央导坑法	199
§ 10-7	台阶法	200
§ 10-8	全断面开挖法	202
第十一章	豎井及斜井的修筑和使用	202
§ 11-1	豎井工程概況	203
§ 11-2	豎井普通开挖法	208
§ 11-3	斜井的修筑	230
第十二章	隧道測量	234
§ 12-1	隧道定綫測量	234
§ 12-2	地面控制測量	235
§ 12-3	地面与地下的联系測量、地下控制測量	241
§ 12-4	隧道貫通預計誤差的計算	246
§ 12-5	隧道施工測量	248
第十三章	修筑隧道时的輔助工作	251
§ 13-1	施工时坑道的通風	252

§ 13-2	施工时坑道的排水	259
§ 13-3	施工照明	261
§ 13-4	施工时坑道的降湿	262
第十四章	隧道施工組織	262
§ 14-1	隧道施工組織的一般原則	262
§ 14-2	开辟工作面的方法	263
§ 14-3	施工前的准备工作	266
§ 14-4	技术定額及其制定	268
§ 14-5	隧道工程的工班組織	269
§ 14-6	隧道工程各別作業循环圖表及其編制	270
§ 14-7	施工組織設計	272
§ 14-8	工程預算	274

第三篇 隧道的运用改建和修复

第十五章	永久通風	276
§ 15-1	按照有害气体的容許濃度来决定需要通風量	276
§ 15-2	隧道的自然通風	279
§ 15-3	列車活塞作用对通風的影响	281
§ 15-4	人工通風的方法	284
§ 15-5	人工通風的計算	287
§ 15-6	通風設備	292
第十六章	隧道的养护、改建和修复	293
§ 16-1	隧道的檢查及养护	293
§ 16-2	隧道的改建	296
§ 16-3	隧道毀坏及修复	304
附 录		313

- 表1. 計算彈性地基梁用表
 表2. 計算彈性地基短梁用表
 表3. 豎直边牆計算用表
 表4. 計算彈性地基長梁用表

緒 論

§ 1 隧 道 概 論

所有在地層內挖筑的孔道都可称为隧道。

在国民經济一些部門中广泛地采用隧道。在国防上，隧道也起重要作用。

在交通運輸方面，隧道应用得很广泛，其中尤以铁路隧道用得最多。

铁路通过山区时，为了避免修筑盤道，常修建山嶺隧道，而当地形复杂时，甚至要修筑很多隧道。铁路隧道可以使路綫在較低的位置穿过山嶺，同时也可使綫路較為平直(圖1)，因此，修筑隧道技術水平的提高，特別是長隧道的修筑及隧道快速施工問題的解决，將有力地促进我国铁路建設事業的發展。

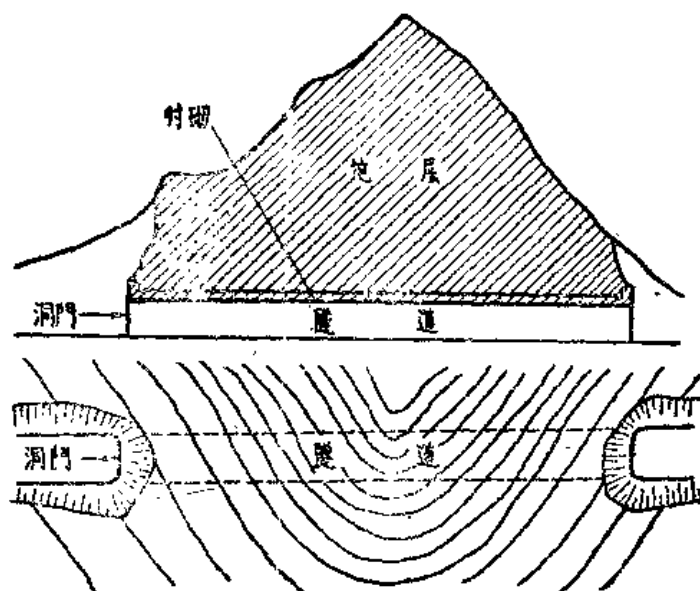


圖 1

我国內地，大多都是山区，其特点是地势高峻，山脉縱橫。穿越这些地区的铁路，便时常以隧道佔比重大而著名，宝成铁路便是利用隧道使铁路順利通过山区的極為成功的范例。

公路可以采用較陡的坡度和較小的曲綫半徑，在山区适宜修盤道，故公路山嶺隧道較少。

地下铁道是在大城市中解决交通運輸問題的有力工具，也是应用得較為广泛的一种交通綫隧道。由于修筑在城市下面，地下铁道遇到的地質及水文地質条件較复杂，又受現有城市各种条件的限制，而且要修筑通过表層（其地質条件尤其复杂）的自动扶梯斜隧道及跨度很大（常达30米以上）的地下車站，因此，地下铁道是比較复杂和困难的隧道工程，造价也很高。

当交通綫在城市中跨越河道时，有时要修筑水底隧道，因为在城市条件下，修筑能保証河道通航的高淨空桥梁，并不是經常都能作到的。在选用桥梁或水底隧道时，須先进行詳尽的方案比較。

由于大城市地面交通運輸量非常大，有时也修筑地下公路隧道、地下人行隧道(地道)，或铁路、公路及人行的联合隧道(圖2)。

在铁路未大規模兴建之前，曾修筑过一些內河航运隧道。当运河穿越分水嶺时，常修筑航运隧道(圖3)以縮短水道距离，并可减少水閘数目。

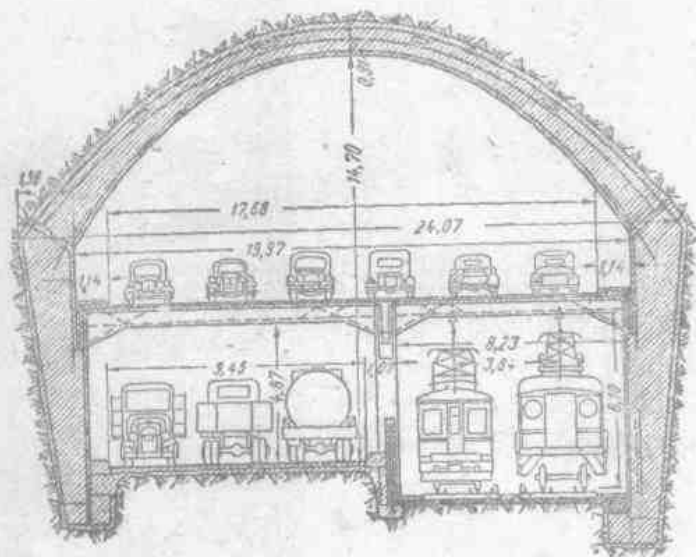


圖 2



圖 3

隧道也广泛地采用于水力工程。最常见的是水电站系统中的输水隧洞。此外，在改良土壤的水利工程中，也时常修筑水工隧洞。有时，为了城市及工业中心的给水，也修筑输水隧洞。

随着城市公用事业的发展，广泛地采用各种市政隧道，如：给排水隧道，铺设各种管道或敷设电缆及电线的隧道等。

在矿山企业中，则一直采用多种多样的巷道，如各种运输巷道，排水巷道及通风巷道。

在一些特殊场合，隧道也可用来作地下厂房、地下仓库、地下油库等。

本教科书侧重讲解铁路山岭隧道的设计和施工。

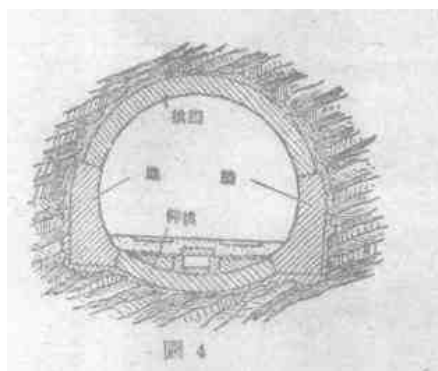


圖 4

隧道的长度、平面形状、纵剖面及横断面的形状和尺寸等根据隧道的用途、自然条件（主要是地形和地质条件）和一些经济因素确定，而这一系列问题都要在隧道勘测和设计过程中加以解决。

上述一系列问题解决后，即可修筑隧道。首先，在地层中按设计方向与位置挖出孔道，这孔道一般即称为坑道。为了防止地层倒塌，坑道开挖后，通常都立即用临时结构支护，这种临时结构称为支撑。支撑应尽快用永久结构替代，隧道的永久结构称为衬砌。隧道衬砌一般是由拱圈、边墙和仰拱组成的（图4）。衬砌的主要作用是阻止地层的变形或倒塌，保持隧道内部有一可靠的空间来通车。因此，只有在极坚硬而又不易风化的整体岩层中，坑道才可不用衬砌。在所有其他情况中，都必须衬砌。不过根据具体条件，衬砌结构可作相应调整，例如，当坑道底部地层稳定，且两侧压力不大，就可以不修筑仰拱；又如在稳定岩层中，可以只修筑拱圈来防护坑道顶部，而不必修筑边墙和仰拱。

大多数隧道的两端都是通出地面的，例如铁路隧道（图1）、水工隧洞等。但也有某些特殊用途的隧道，只有一端通出地面。隧道衬砌在通出地面的一段，一般都略向前伸出，并将外表加以建筑装饰，称为洞门（图5）。

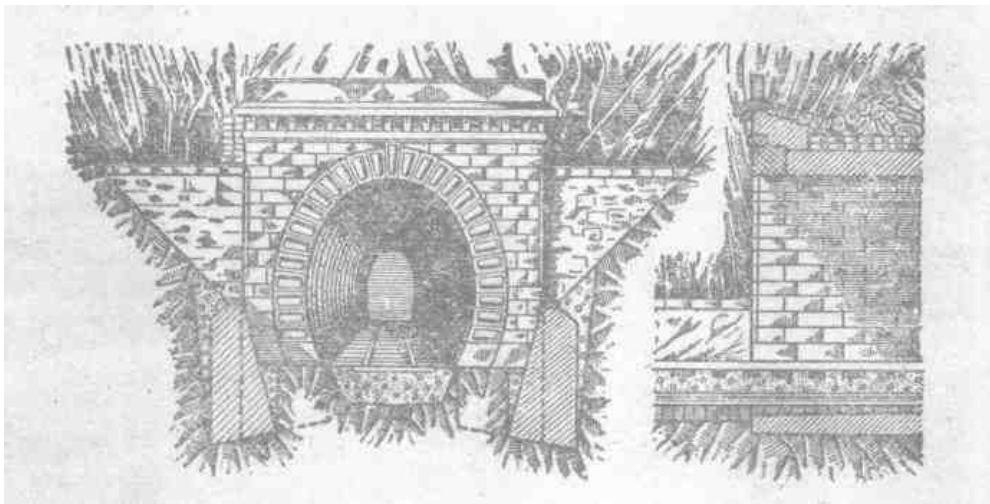


圖 5

隧道施工方法，根据許多因素来選擇，其中影响最显著的有：地質及水文地質条件、隧道埋置深度、断面形狀和尺寸，以及施工單位的技术条件等。

一般铁路隧道都埋置在山嶺中，修筑时采用矿山法，即先在地層中开挖坑道，随即临时支撑，然后修筑襯砌，其方式与采矿巷道的修筑方式类似，故称矿山法。随地質条件不同，矿山法施工程序也有各种变化，常用的几种主要矿山法詳見第 10 章。

当隧道埋置深度不大，修筑时一般采用明挖法，即先从地表面挖壕溝或基坑，在其中修筑襯砌，然后再回填。城市中修筑淺埋隧道(例如淺埋地下铁道)时，常采用明挖法。

深埋的地下铁道及水底隧道，常采用盾構法修筑。盾構是一个能移动的金屬圓筒(圖 6)，在其掩护下，于前方开挖地層，而在盾構尾部即拼裝襯砌。这种施工方法可使坑道周圍地層受扰动程度达最小，是在城市条件下及困难的地質条件下修筑隧道的可靠方法。近年来，又采用了机械化盾構，即在盾構前部裝設切削地層的机械，后部設有出碴机械，使工人劳动条件改善，并加快了进度。关于盾構及盾構施工方法，詳見“地下铁道”課程。

近三十年来，修筑水底隧道时，还常采用預制节段沉放法，即先在河底挖一壑壕，然后将工厂或工地預制的隧道节段沉放到設計位置，最后再进行回填。这种方法可使大部分地下工程改移到水面或地上进行，大大改善工作条件，并能縮短工期，降低造价。

除上述各种方法外，在某些特殊条件下，还采用一些特殊方法。例如在城市中修筑小断面隧道时的頂管法(或称压入法)；在特別困难的地質及水文地質条件下开挖时，还配合使用压缩空气，或采用土壤人工冻结法。有时也有將隧道襯砌和沉箱結合在一起，先在地面將襯砌作好，然后再沉放至設計位置。

为了保証隧道能正常使用，并持久地保持良好状态，需經常檢查和养护。

经过某些时期后，隧道襯砌可能需要加强或更換，而由于运输量增加，也可能要求扩大

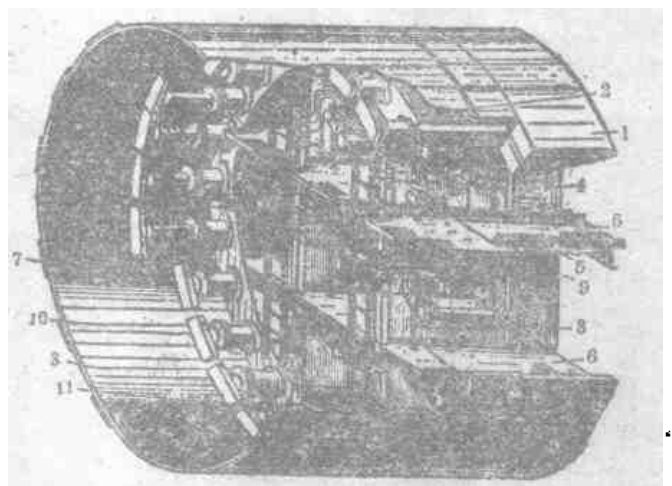


圖 6

1—切口环；2—支撑环；3—盾壳；4—垂直隔板；5—水平隔板；6—伸縮平台；7—蓋板；8—开挖面千斤頂；9—平台千斤頂；10—盾構千斤頂軌座；11—盾構千斤頂。

隧道的断面，这些都屬於隧道改建工作。

隧道也可能由於地質及水文地質條件的惡化，或由於其他破壞力的作用而遭受破壞，因此要將其修復，以維持隧道的正常使用條件。

§ 2. 隧道工程發展簡史

一、古代及中古時期的隧道工程

人掌握修築隧道的技術，已有長遠歷史，我們的祖先在遠古就利用雙手和簡單工具，在黃土類地層中修築窯洞（模倣天然洞穴的形式）來居住。

現在有確切史料可查的，早在春秋時代就有“隧而相見”，“晉侯…請隧”（俱見左傳）等史實，足見在三千年前，我國修築地下工程的技術就已達相當高的水平。

在其他文明古國，情況也類似。第一個交通綫上的隧道，是紀元前 2180~2160 年在巴比倫城中幼發拉底河下修築的人行隧道。該隧道長 900 米，其中有 180 米是在河底穿過的。隧道斷面為 3.6×4.5 米，採用磚砌。

古代也曾為給水和軍事目的修築了一些隧道。希臘和羅馬都曾修築過引水隧道、排水隧道和道路隧道，且有一部分一直保存到現代。

隧道工程技術也像科學技術其他部門一樣，其發展是受生產力發展所推動的。修築隧道技術水平的發展反映着生產工具的發展。

所有古代隧道，在用礦山法開挖時，都只能修築在不需襯砌的岩層中，而且人們模倣天然洞穴的形狀，將坑道頂部作成拱形。當時的開挖工具是奴隸們的双手及一些最簡單的工具，如丁字鎬、鐵釘、尖楔等。其後，人們會用火法來加快隧道修築速度，即用大火堆將坑道開挖面灼熱，然後驟然以水或醋噴射，由於溫度劇烈變化，岩層就開裂而便於開挖。

當時在隧道中，特別是在採掘金銀的礦坑中工作的奴隸們，所受剝削是極端殘酷的。由於這種情況，以及由於缺乏比較完善的工具和設備，就使隧道修築技術處在很低的水平上。當時每一座隧道大都需要十年甚至幾十年時間才能建成。

因而古代用礦山法修築的隧道數目很少，當時許多地道、陵墓等，大多是用明挖法修築的。

當奴隸社會被封建社會取代之後，生產力有了發展，但生產力水平還是很低，這是因為在封建社會條件下，生產帶有相對的停滯性，全部社會生活的進行都極為遲緩，而極端保守的宗教思想佔統治地位，大大限制了科學技術的發展。

在我國，這種情況也很明顯，正如毛澤東同志在“中國革命與中國共產黨”一文中所指出的“…中國自從脫離奴隸制度進到封建制度以後，其經濟、政治、文化的發展，就長期地陷在發展遲緩的狀態中。這個封建制度，自周秦以來一直延續了三千年左右。”在這將近三千年時間內，我國修築的隧道大都為墓穴和一些宗教性建築物，但從殘留到現在的隧道或其遺跡，可以看出我國勞動人民的智慧，以及他們在修築地下工程方面驚人的勞動創造。例如，現在仍然可以在陝南褒城附近看到漢朝修築的石門隧道。最近在陝西修築洛惠渠時，也曾發現古代在大荔縣飲簪山修築的給水隧道。

奴隸社會及封建社會統治階級的坟墓，時常都埋設在一些宏偉的地下建築物中。例如在河南商丘等處發現的商代奴隸主的坟墓，在長沙發現的楚墓，河南洛陽發現的上萬座漢墓，以及西安發現的唐墓等，工程都相當浩大，雖然離現代已有一千多年至三千多年，但仍保持着原有的狀態，足見在地下工程的建築材料和結構方面，我國所曾達到的水平。

1956 年起在北京昌平區挖掘的明代定陵（明十三陵之一）是一座宏偉的地下建築。它於 1584 年開始修建，役使了無數的能工巧匠、軍民工人，費了六年時間，化了 800 萬兩白銀才建成。定陵墓門附近為磚砌隧道，距地面約 2 米深，經過 40 餘米長的石砌通道，就進入陵墓的主要部分——由前、中、後、左、右五座宮殿聯成的地下建築，宮殿頂部為圓拱，四壁全部用大塊青白石砌成。宮殿與宮殿之間用整塊漢白玉彫就的石門隔開，石門潔白光潤、晶

聲奪目，顯得格外宏偉。

這些一方面說明了歷代統治階級的愚昧無知，但另一方面，遺留下來的地下工程卻成為我國的珍貴古跡，因為它們顯示出我國勞動人民修築隧道的偉大成績。

外國在中古封建時代，情況也類似我國，保守、反動的宗教思想使整個社會陷入停滯狀態，科學技術發展停頓，這一時期修築的隧道也很少。

二、近代的隧道工程

15世紀末葉，歐洲的商業資本開始發展，推動了文化與科學技術空前地發展，隨着商業的迅速發達，國際間的聯繫也擴大了，因此在許多國家展開了內河航運的建設工程。為了力求縮短航運長度以利通商，就在這些內河航運上開始修築了第一批交通綫隧道——航運隧道。

我國發明的火藥，對世界隧道工程的進一步發展起了有力的推動作用。由於採用黑炸藥爆破岩層，便有可能在較短的時間內建成較長的隧道，從而使隧道工程的規模大大改觀。

航運隧道首先是在法國修築的。1679~1681年在法國蘭格多克建成長164米、斷面為 6.7×8.2 米的航運隧道之後，至19世紀30年代前為止，法國共建成約20座航運隧道，總長達30公里，其中有5座長度超過1.6公里。

在其他資本主義國家，也相繼修築了不少航運隧道，到1856年為止，英國共修築了45座航運隧道，總長為6.7公里。

隨着商業網的迅速擴大，公路建設也大大發展。因為公路可以用較陡的坡度來克服高度，不必修築造價昂貴的隧道，所以從18世紀以來，修築的公路隧道為數甚少。

鐵路的出現使隧道工程有了空前的發展。由於鐵路的限制坡度很小，因此在克服高度時用普通展綫方法有時極為困難，而必須採用隧道。依據現有記載，第一座鐵路隧道是1826年在法國聖艾丁涅(St. Etienne)修築的特若那阿(Terre Noire)隧道，該隧道長約1500米，寬3米，高5米，採用馬力(馬)牽引。以後在1826~1833年間，從聖艾丁涅到里昂的馬拉鐵路上也修築了14座隧道(斷面大小同前)。

蒸汽牽引鐵路上的第一座隧道是1826~1830年在英國利物浦至曼徹斯特鐵路上修築的，隧道長1190米。

從19世紀30年代起，其他資本主義國家，也都相繼修築鐵路隧道，到50年代，已修築了幾百座鐵路隧道。

儘管隧道工程在迅速發展，但19世紀50年代以前修築的隧道都是用黑炸藥、依靠人工開挖的，因此隧道長度很少有超過3.5公里的，當時的技術水平限制了修築長隧道的可能性。

由於硝化甘油(1846年)、黃色炸藥(1866年)的發明，以及在礦山中應用了機械鑽眼(1851年)，开辟了隧道工程的新時代。長隧道的修築有了較好的物質基礎。

從1857~1871年，建成了從法國通往意大利的長12850米的先尼斯山隧道起，至第二次大戰前，共修築了37座長度在5公里以上的鐵路隧道。

19世紀初期，為了能在鬆軟而含水的地層中開挖隧道，製造出第一批盾構，盾構被用作可移動的臨時支撐，但應用不廣。到19世紀60年代，由於修築水底隧道和地下鐵道，盾構才開始成為在鬆軟而含水地層中修築隧道的最有效的工具，而盾構構造也在不斷改善。

水底隧道最初是在一些鐵路干綫及城市地下鐵道綫路上修築的。第一次世界大戰後，由於大城市公路網的發展，以及施工方法的日趨完善，水底公路隧道便開始大量修築。

目前正在英法海峽下修築長達40公里以上的海底隧道。

隨着城市人口的增加及交通量的增大，大城市的地面交通過於擁塞，因此就開始修築地下鐵道。1863年在倫敦修築了一條地下鐵道。目前世界上已有47个城市已經或正在修築地下鐵道。

在已建成的地下鐵道中，蘇聯莫斯科地下鐵道遠遠地超過了所有資本主義國家的地下鐵道。

莫斯科地下鐵道是以超等的技術和無比的热情修筑成的，而其結構、設備與運營，都體現着社會主義社會的基本內容——對人的關懷。

莫斯科地下鐵道的車站（圖7）構造宏偉，照明有如地面，通風良好，使人忘記是置身於地下，而好象是在莊嚴富麗的宮殿中。莫斯科地下鐵道整個環境清潔舒適、運行準確安全、設備完善便利，鮮明地體現了蘇聯共產黨和政府對增進人民福利、改善勞動人民生活的關心。

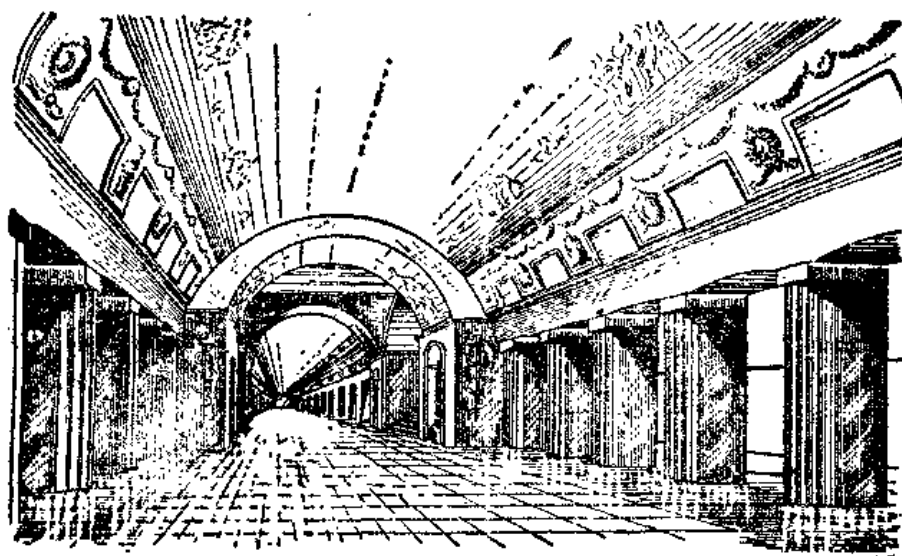


圖 7

與此相反，資本主義各國的地下鐵道在壟斷資本的操縱下，它們只求尽可能減少支出，在短期內收回投資，並從運營中獲得尽可能多的利潤。因此，它們的地下鐵道大多都是通風不良、光線黯淡、隧道狹窄而潮濕、車站單調乏味、缺乏完善的設備。

莫斯科地下鐵道修建的速度與技術裝備也遠遠超過資本主義各國。例如，紐約長度不到20公里的一段地下鐵道，建築了七年之久；柏林第一條長11公里的都市鐵道（有一半是高架鐵道）修筑了六年。而莫斯科地下鐵道第一期工程全長11.4公里，全部是深埋隧道，僅用三年半就建成了。以後各期工程的修建速度更高于第一期，而且是愈來愈快。這原因很清楚，只有在社會主義制度下，才能更好地發揮勞動人民的積極性和創造性，不斷提高勞動生產率，從而使建設速度不斷提高，這是任何資本主義國家所根本辦不到的。

目前，莫斯科地下鐵道還在擴建，而所積累的豐富經驗正被廣泛地用於列寧格勒和基輔的地下鐵道建設工程中。

三、解放前我國的鐵路隧道建設概況

19世紀中葉，外國資本主義侵入我國。帝國主義列強為了掠奪我國財富，相繼在我國沿海各省修建鐵路，因這些地區地勢平坦，故最初一些鉄路上沒有或很少修筑隧道。

我國第一座鐵路隧道是1887~1891年在台灣的基隆至台南鉄路上修筑的。該隧道長261米，穿過頁岩砂岩及粘土等地層。於1887年3月從南北兩端同時開工，由於定線的錯誤及施工過程中沒有採取合理的排水措施，洞口路壘坍方十分嚴重，後將兩端路線位置加以改動，在隧道中部設置一個曲線，於1889年建成。

在該隧道中在地壓較大處拱圈用磚砌，邊牆用石砌。在地質條件較好處則用木料作支撐。

1890~1904年間在前中東鉄路上修筑了幾座雙綫隧道，總長為4310米。其中最長的是大興安嶺越嶺隧道，長達3078米，隧道穿過堅硬的花崗岩，用先拱後牆法修筑，在某些地段上只修筑拱圈。隧道於1902年開工，經15個月即竣工，平均每月成洞在205米以上。所

以有这样快的施工进度，是由于設置了10个中間豎井以利开辟工作面之故，豎井深度在15~70米之間。

自本世紀初至第一次世界大战前，帝国主义列强加强对我国的掠夺，铁路就向内地伸延，1908~1911年在广九綫修筑了畢科山隧道，長2211米，用兩年零四个月建成。在正太綫（现在的石太綫）上修筑了22座隧道，总長3.33公里，此外，在安（东）沈（陽）綫及其他鉄路上也修筑了一些隧道。

由我国杰出的铁路工程师詹天佑先生等負責修建的京包綫京張段是一个突出的例子。

京張段于1905年开工，全長100余公里，其中自南口至岔道城一段內修筑了4座隧道，总長1645.1米，最長的八达嶺隧道（長1011.8米），于1907年从南北兩端同时开工。为了縮短工期，曾开挖了兩個中間豎井以增辟工作面。当时我国正处在腐敗的清朝政府統治下，人力、物力及技术力量都非常缺乏，英国帝国主义分子在倫敦發表演說，譏笑并侮辱中国，說什麼“中国能开鑿关溝八达嶺隧道的工程师尚未誕生于世”。但中国人民并没有被困难吓倒，在詹天佑工程师等领导下，克服了种种困难，只用18个月時間，终于在1908年4月23日全部竣工。这一壮举不仅給帝国主义以有力的回击，同时，在我国隧道工程史上也写下了光荣的一頁。

第一次世界大战后，国民党政府为配合內战修筑了一些铁路，如粵汉、隴海、湘桂黔等铁路，在这些干綫上曾修筑了一些铁路隧道。

到解放前为止，关內各綫共有铁路隧道130余座，总延長为88公里（不包括宝天綫隧道）。其中超过1000米的隧道仅有5座。东北各綫上共有隧道120余座，长度超过1000米的有13座。

必須指出，从1840年到解放前为止的一百多年，中国由封建社会变为一个半封建半殖民地的社会，在隧道建設方面也充分反映了这一事实，这主要表现在：

（1）帝国主义为了掠夺中国资源，投資修筑的铁路絕大部分集中于地势平坦的沿海一带，因此就很少需要修隧道。有时即或需要修隧道，为了减少投資，常采用繞行或改用明塹代替，故这一段时间內铁路隧道修筑得很少；

（2）隧道的技术标准極不一致，淨空及限界也不一样，这是由于当时我国铁路被各帝国主义資本所控制，他們各有其“势力范围”采用不同标准之故；

（3）修筑隧道的技术很低，故在許多場合不得不采用展綫办法来代替隧道方案。

四、新中国的铁路隧道建設

新中国的铁路事業，無論在革命战争中，以及在社会主义建設中，它都始終起着先行官的作用。

解放战争中，党提出的“解放军打到那里，铁路修到那里”的偉大号召，鼓舞着全体铁路职工，積極搶修被国民党反动派破坏的铁路，有力地支援了解放战争。到1949年底，全国铁路基本上都已修复通車，对一些被国民党破坏或年久失修的隧道，曾进行了不同程度的修复。

1949年到1952年国民經济恢复时期，在铁路修复、改建及新建方面，进行了大量工作，使铁路在保証国家經济的恢复和建設，以及在支援抗美援朝斗争中，發揮了重大作用。

在这一段时间內，曾新建和改建了一些隧道。

1953~1957年發展我国国民經济的第一个五年計划中，铁路隧道修筑的数量大大增加。为了迅速改变旧中国铁路运输的落后面貌及铁路分佈的不合理現象，以及为了建設我国的西南及西北地区，这一时期在这些多山的高原地区，修筑了許多主要干綫，在这些铁路綫上不可避免地修筑了很多隧道。

1952~1955年修筑了目前我国铁路隧道最集中的干綫之一的丰沙綫。

1952~1956年7月建成的宝成铁路是采用隧道克服高程障碍，解决铁路爬山問題的成功范例。

到第一个五年计划完成为止，我国共修筑了近千座铁路隧道，这种修筑隧道的规模，不但旧中国没有过，就是在世界各国铁路隧道建设史上也是罕见的。

在国民经济恢复时期及第一个五年计划期间，由于党的正确领导及广大职工的努力，并在苏联无私的援助下，我国铁路隧道的建设，除了具有规模大、数量多、速度快等特点外，通过这一段建设工作，还取得了在山区广泛应用隧道来解决展线问题，缩短线路长度、提高线路质量的成功经验，使铁路定线时克服困难的能力大为提高。这一点与解放前视隧道为畏途恰成鲜明对比。

在施工方面，取得了在各种地质及水文地质条件下修筑隧道的经验，特别是应用先拱后墙法及漏斗棚架法方面，取得极丰富的经验。

在这一期间，修筑了许多长隧道，如穿越秦岭主脊的隧道、夹马石隧道、丰沙线的17号隧道，长度均在两公里以上，以及其他一些长隧道。这也使以往不敢和不会修筑长隧道的局面根本扭转。

为了加快隧道建设速度，采用过一些增辟工作面的方法。如修筑秦岭隧道时，开挖了一个深达百米以上的竖井；在修筑夹马石隧道时，除开挖一个竖井外，还在南北两侧各开挖了一个斜井。在其他一些隧道中，在地形许可条件下，曾采用过横洞等来增辟工作面。

通过这一期间的隧道建设，还培养和壮大了一支技术熟练、经验丰富的隧道设计和施工队伍。

所有上述这一切，都为我国铁路隧道建设事业打下了基础。

从1958年起，在党的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线的光辉照耀下，我国的社会主义经济建设事业进入了一个飞跃发展的大跃进时代。工农業的大跃进，对铁路建设提出了新的要求。一方面，要大力修筑复线以提高现有铁路的运输能力；另一方面，则必需高速度地修建新线。许多新线建设分佈在西北、西南的山区及中部的丘陵地带，隧道都佔有很大比重。因此，隧道快速施工、长隧道施工，以及隧道改建等问题都提到日程上来。

第一篇 隧道的勘测和设计

第一章 隧道路线设计 地质对隧道工程的影响 地质勘测

隧道是铁路路线的一个组成部分。

隧道路线设计是和整条铁路的选线紧密联系的。

铁路选线分为经济选线及技术选线两方面。

根据国民经济发展计划对运输所提出的要求，并考虑到国防的因素，可以确定出铁路路线的一些必经之点，这些点称为路线的“经济据点”。

最合理的路线应该是在各经济据点间按最短方向联成的路线。当然，根据当地运输需要，路线会在不同程度上偏离上述的最短方向。

但是，当最后确定路线的位置时，却不是经常都能把经济方面最合理的方案付诸实现，因为定线时会遇到各种自然界的障碍，这些障碍可分为平面障碍和高程障碍两种。前者有：湖、沼、河、滑坡地段、溶洞地段、居民点、工矿企业等等。高程障碍则指地面起伏特别厉害，以致影响路线设计位置的地形障碍，如丘陵、山峰、分水岭、深谷等等。

平面障碍主要是影响铁路路线的平面位置，但有时也影响路线的纵剖面（对路线的设计标高提出一定要求）。克服平面障碍的方法有绕行和穿越两种方案。当平面障碍在路线横向内延长很大时，绕行方案时常是不经济甚至不可能的。这时就要采用穿越方案。在穿越滑坡地段、遭受雪害地段、大河、大江及海峡处，采用隧道时常是最好的一种解决方法。

采用隧道也是克服高程障碍的有效方法，有时甚至是唯一的方法。隧道穿越可降低路线的标高，避免路线延长，减缓路线的纵向坡度，从而提高了列车重量和运行速度，并使运营质量得到改善。

因此可以看出：设计铁路路线时，采用隧道的意义是很大的。

为了确定采用隧道是否合理，或是在几个采用隧道的比较线中选择一个最合理的方案，就必须先进行方案比较。

方案比较时，首先应从经济发展需要衡量，选出一些可能的方案，然后再就这些方案进行技术经济比较。

进行技术经济比较，不能仅仅从基本建设投资最少或仅仅从运营费用最省来选定方案，必须同时考虑这两个费用项目，才能正确地解决这个问题。

如果能找到一个方案，无论在基本建设投资或运营费用方面都是最经济的，同时在技术方面也没有太大问题，那么一般地说这个方案就可采用作为最合理的方案。

如果各方案在基本投资建设和运营费用上相差无几，则选择最合理方案时应当着重进行技术比较。

一般情况总是：基本建设投资较多的工程，在运营时需要的费用就较少。相反亦然。因此在制定各个方案时，常常要增加基本建设投资以求节省运营费用，或是缩减基本建设投资而使运营费用增大些。由于基本建设投资与运营费用是随着路线所在地区的具体条件而有很大的变化，因此，在制定方案时就要对地区的具体条件作详细的调查研究与分析。

确定基本建设的投资时需要的精确度是随方案比较的目的和各方案间投资额差别的大小而不同的。在路线方向的比较中造价所需的精度可较低，在个别区段的方案比较中所需的精度就较大。当两方案间的投资额差别小时，造价需要的精度就较高，而当两方案间的投资

差別很大時，則需要的精度可較低。

確定造價時，可利用在類似條件下修築隧道的技術經濟資料，結合地區的具体條件採用合理的定額及單價，同時也要對隧道造價有較大影響的因素作較詳細的分析，使所估造價更接近實際數目。

在這些因素中最主要的是地質及水文地質條件，它們影響隧道的施工方法、襯砌和支撐的類型和尺寸，因此與隧道工程造價關係最密切。其次，施工期限影響整個施工組織，特別是在限期緊迫的情況下，必須增辟工作面（利用豎井、斜井、橫洞或平行導坑），就會顯著提高工程造價。其他如隧道長度、地表面情況對工程造價也有較大的影響。

運營費用與機車牽引特性（能量的消耗和列車運行時間）有密切關係。這些特性可以由牽引計算決定。

在需要進行比較的各方案中，如果僅有一部分方案採用了隧道，就必須對各個方案的基本建設投資和運營費用作全面的比較。

在有隧道的方案中確定運營費時，要考慮隧道所特有的條件，包括：潮濕、人工照明和加強經常巡視、洞內綫路維修和修理、隧道襯砌的修理、通風費用等。

隧道運營費用定額是比照類似條件下養護隧道的決算數據制定的。

總之，要想對各方案進行正確的技術經濟比較並選定方案，就必須對各方案的基本建設投資運營費用和技術條件作出正確的分析與估計。

§ 1-1 隧道高程位置和洞口位置的確定

一、隧道高程位置的確定

在隧道設計中，選擇隧道穿越分水嶺的高程位置是有重大意義的。

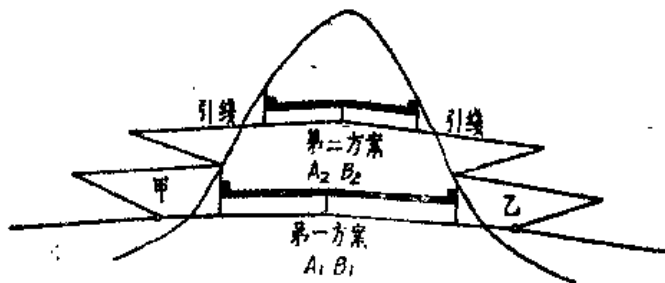


圖 1-1

隨着相對高程不同，穿越分水嶺的隧道可分為山麓隧道和山頂隧道兩種。

一般，山頂隧道長度較短，但兩端引綫較長；山麓隧道則正相反（圖1-1）。因此，在進行隧道高程位置的選擇時，必須就隧道本身和兩端引綫同時考慮，作成不同方案進行比較。

選擇隧道高程位置時，主要的影響因素有：地形條件，水文、氣象、氣候

條件，地質和水文地質條件。此外還應考慮到綫路運輸量增長情況。

山嶺地形，一般總是在山麓附近坡度較緩，山頂附近坡度較陡，所以隧道高程對長度的影響，在山麓附近較大，而山頂附近則較小。也就是說，在山麓附近，提高隧道的位置，可以大大縮短隧道長度，但在接近山頂位置提高隧道，時常並不能使隧道長度縮短很多。

地形對兩端引綫也有明顯的影響。採用山頂隧道時，綫路標高要大大提高，就需要用展綫方法來爭取高度。在這種情況下，地形條件時常就決定了在技術上是否可能按限制坡度將路綫引到隧道洞口。同時，等高綫的曲度也是隨相對高程的增高而變大的，所以隧道位置愈高，展綫就愈困難。因此，時常為了通向高位置的山頂隧道，要在兩端引綫上修築一些隧道，有時甚至還要修築套綫隧道或螺旋綫隧道。

水文、氣象和氣候條件主要包括：積雪綫高度，積雪層的平均厚度，雨雪量，全年平均溫度（更主要的是冬季平均溫度），主要風向、風力和濕度等。這些因素的影響主要表現在兩方面：

(1) 引綫的防雪，當引綫位置過高，降雪量又大時，為了防護綫路不致遭受雪害，須修築專門的防雪建築物（防雪棚、防雪棚）。

(2) 隧道的通風，山麓隧道長度較大，除需設置人工通風外，自然通風條件對運營費有