

291935

A. H. 巴兰諾夫 主編

隧道建筑测量学

上 册

A. H. 巴 兰 諾 夫	K. И. 叶 古 諾 夫
E. И. 捷 利 采 夫	H. H. 列 別 捷 夫 著
Д. А. 斯 洛 巴 契 柯 夫	M. C. 契 列 米 辛
蒋 夏 林 沈 鳴 歧 熊 大 峻	譯
胡 国 理 郝 忠 煥 刘 乾 益	
中国科学院武汉测量制图研究所	校



中国工业出版社

隧道建筑测量学

上册

地面测量工作

А. Н. 巴 兰 諾 夫 К. И. 叶 古 諾 夫
Е. И. 捷 利 采 夫 Н. Н. 列 別 捷 夫 著
Д. А. 斯 洛 巴 契 柯 夫 М. С. 契 列 米 辛

蔣 夏 林 沈 鳴 歧 熊 大 峻 譯

胡 國 理 郝 忠 煥 劉 乾 益

中国科学院武汉测量制图研究所 校

中国工业出版社

本书詳細闡述了建筑各种隧道的測量方法，其中，主要是建筑地下鉄道的測量方法。

在本书上册——地面測量工作中闡述了扩展平面及高程測量控制网的理論和实践問題，同时还詳尽地闡述了隧道建筑的特种地形測图。在本书下册——地下測量工作中闡述了：地下坑道定向的方法和精度，地下測量控制的建立，地下盾构的使用方法及其依据，放样工作的方法以及对地面和地下結構物变形的观测。

本书可作为隧道測量工程技术人員的指南和实用参考书，也可作为工程測量系和矿山測量系师生的参考书。

* * *

А. Н. БАРАНОВ, К. И. ЕГУНОВ, Е. И. ЗЕЛЬЦЕР, Н. Н. ЛЕБЕДЕВ,
Д. А. СЛОБОДЧИКОВ, М. С. ЧЕРЕМИСИН

ГЕОДЕЗИЯ

В

ТОННЕЛЕСТРОЕНИИ

Под общей редакцией А. Н. БАРАНОВА

ЧАСТЬ I

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ
НА ДНЕВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

ГЕОДЕЗИЗДАТ

МОСКВА 1952

* * *

隧道建筑測量学

上册

蔣夏林 沈鳴歧 熊大駿 譯
胡国理 郝忠煥 刘乾益

中国科学院武汉測量制图研究所校

国家測繪总局測繪书刊編輯部編輯（北京三里河国家測繪总局）

中国工业出版社出版（北京修麟閣路丙10号）

（北京市书刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华書店北京发行所发行·各地新华書店經售

开本 787×1092¹/₁₆·印张28⁵/₈·插頁2·字数681,000

1962年3月北京第一版·1962年3月北京第一次印刷

印数 0001—2,410·定价(10—6)3.75元

統一书号: 15165·336 (測繪-6)

原 序

全苏联人民在以伟大的斯大林为首的列宁-斯大林的党的领导下，正以巨大的热情建设着共产主义的大厦。

我们祖国改造大自然的斯大林计划，巨大的水工和水利建设，大规模的工业和城市建设以及我国集体农庄和国营农场的进一步发展等，这一切要求我们每一个苏维埃公民都应该自觉地、创造性地投入到各项建设事业中去。

与全体苏联人民一起，苏联的测量和制图工作者在我国许多建设事业中创造性地劳动着，其中，从事各种隧道建筑的测量人员尤其占有重要地位。这些平凡劳动者在建筑相当长的相向开挖面的隧道时，起了很大的作用。

建筑地下铁道的测量人员的责任特别重大。苏联的地下铁道建筑者和测量者在组织这一工作时，必须使建筑的进程不影响该城市居民的生活和劳动条件。大家都知道，在行人和交通川流不息的街面上进行测量工作是很复杂的，但是，在地下狭窄，地下机械和交通工具不停工作的条件下，组织测量工作就更加复杂。

我们可以毫不夸大地说，建筑大型工程结构物时测量工作的所有特点，隧道测量工作中几乎都具备，同时隧道测量工作者又总是创造性地运用着测量领域中未曾有的各种测量方法。

在过去的二十年中，苏联的隧道测量工作者在建筑隧道和地下铁道中积累了极为丰富的经验，在1938—1940年期间，有关隧道建筑测量的某些问题曾写成了著作，但是随着工作量的增大和作业技术装备的飞快发展，就迫切需要按照现代的水平，在更广泛的范围内重新研究隧道建筑测量的问题。本书的任务就是试图对苏联隧道测量工作者在作业中所积累的经验进行综合和系统化。

由于地面和地下测量的条件不同，作业的方法也各不相同，因此就将“隧道建筑测量学”分成两册。本书为上册，共分九章，内容均为地面测量。地下测量则在下册中阐述。

本书的第一、二章中简要地介绍了有关隧道，隧道的种类、规格、形状和构造的一般知识，同时也扼要地谈到了隧道建筑的方法。此外，还介绍了隧道工程中的测量工作，它的作用、意义、种类和特点，并对帝俄时代和苏联的地下测量工作的历史也作了简单的介绍。第一、二章的内容可以使读者明了隧道测量人员的工作范围以及隧道建筑测量的任务。

第三章的内容是隧道的勘察和设计时的测量工作。大家知道，任何一项工程的设计都必须以测量资料为依据，即各种比例尺的地形图，而且大部分都是大比例尺的，如1:5000，1:2000或更大。这些问题也在本章中叙述。1:5000和1:2000比例尺测图是基本的，必须根据规定的细则进行，因此本章中谈到的测图要求以及平面和高程控制等问题，都是根据苏联部长会议测绘总局的规定提出的。

4

第四、五、六、七章中研究的主要問題是平面和高程控制以及精度的計算。研究這些問題的依據是蘇聯著名的測量學者Ф.Н.克拉索夫斯基、B.B.達尼洛夫、A.C.契巴塔廖夫、B.B.波波夫等的著作。三角、導線和高程控制的擴展以及精度計算是根據隧道工程的要求制訂的。

在地下隧道工程開始前，地面上應布設趨近導線，並進行1:1000到1:100的大比例測圖以及逐層測圖。這些工作的特點在第八和第九章中敘述。在選擇這些章節的內容時作者不僅考慮到地下隧道測量工作中有經驗的工程師和技術員的需要，同時也考慮到剛參加作業和渴望提高自己的隧道測量技術水平的年青專業人員的需要。

“隧道建築測量學”下冊的內容是地下的隧道建築測量，從地下坑道的定向起，到建築結構的測圖，竣工圖的編制以及將建成的隧道交付使用等。地下坑道的定向、預期的貫通誤差的預先計算及地下坑道的平面和高程控制等，這些都是隧道建築測量中最重要問題。所以書中也談得特別詳細。

在第十到十三章中談到了隧道工程中最廣泛採用的定向法和地下基本測量工作的實施方法。這裡所談到的一切問題都要求隧道貫通的精度必須保證隧道作業不發生事故和產生嚴重後果。

這幾章中還對生產革新者提出的、並在隧道作業中得到普遍推廣的一些問題和建議作了闡述，並從理論上加以歸納綜合。

在將隧道路線的設計圖移到實地上去時，必須利用所有的解析儀器和工程器材，以便可靠地完成這一任務。以後的測量工作是否組織得嚴密，在很大程度上取決於設計圖實地放樣開始時的幾何圖形是否嚴整。從第十四章到第十七章談的是隧道線路設計圖在實地上的標定、線路上各點的測定以及豎井場地上的測量工作（它與實地標出的隧道線路有着密切的聯繫）。

第十八章到二十二章中談的是各種不同開挖法和隧道襯砌法的坑道測量。

盾構法建築隧道時的測量工作專列一章（第二十三章）來闡述。這裡談到了應用最廣的各種作業方法和所採用的器械。隧道測量工作者在這方面積累了很多寶貴的經驗，最出色的成就還獲得了斯大林獎金。因此，測量工作者對隧道建築的盾構法更需要予以注意。

世界上最好的莫斯科地下鐵道在幾何圖形上的嚴整性以及整個車站及其各個單獨部分的建築形式的壯麗和精緻，都使得所有的參觀者感到驚訝。這種嚴整和精緻是測量者、建築者和建築藝術者親密合作、共同努力的結果。測量工作者建築地下鐵道的經驗寫在本書第二十四章中。

放樣和開挖用來凍結土壤的傾斜鑽孔以及開挖和建築傾斜隧道時的測量方法在第二十五章中敘述。

第二十六章敘述的是明挖法建築隧道時的測量方法，其中包括這方面積累的所有經驗。

為使地下鐵路線路鋪設得正確，測量人員必須進行詳細的數學計算。在工程作業中適

当地采用一些計算工具就能大大減輕測量人員在鋪設綫路时的劳动。隧道測量員在这方面积累的經驗在第二十七章中談得很詳細。

建筑隧道时的主要施工作业量的統計和測量是由測量員担任的。第二十八章中談到的是进行这一工作的較先进的方法。

第二十九章中談到的是因地下坑道的开掘引起地面上变形的观测方法，应用这种观测方法后，就能采取必要的措施来防止由于变形所产生的不良后果。

地下鐵道建成后，交付使用的年限很长，因此使用人員必須获得有关所驗收地下鐵道的所有完整的資料和图紙，以便能正确的使用地下鐵道，并每天检查它的情况。第三十和三十一章中所講的是如何进行測量工作总结、編制及整飾竣工图。

書中附有大量的插图及其他說明，以便于讀者理解。

本書的作者們認為這本書还有很多缺点，因此希望讀者能多提出批評性的意見，以便再版时修改。

斯大林獎金获得者

A. H. 巴兰諾夫

目 录

原序.....	7
第一章 隧道建筑概論	11
1. 隧道的种类	11
2. 隧道横截面的规格和形状	12
3. 隧道的建筑方法	16
A. 矿山法	16
B. 盾构法	18
B. 明挖法	19
Г. 挖沟法	20
4. 隧道建筑中的一般作业方案	21
第二章 测量在隧道建筑中的作用	23
5. 苏联隧道测量工作发展概况	23
6. 现代隧道建筑中测量工作的任务和特点	25
7. 隧道建筑中测量工作的种类	27
第三章 勘测及设计隧道时的测量工作	28
8. 平面图上设计隧道路线的方法	28
9. 设计阶段及必要的地形测量资料	29
10. 设计地下铁道隧道时的测量工作及主要设计文件的内容	31
11. 铁路隧道勘测和设计中的测量工作	34
12. 航运隧道和灌溉隧道的勘测及设计中的测量工作	38
13. 水电站分水隧道勘测和设计中的测量工作	39
14. 对1:5000及1:2000比例尺地形测图的主要要求	40
总则	40
主要测量控制	43
测图控制	45
平板仪测图	49
15. 水域和水流截面的测图	54
第四章 隧道建筑测量控制的扩展原则和精度估算	57
16. 平面测量控制的扩展方案	57
17. 高程测量控制的扩展方案	59
18. 隧道误差特性	59
19. 平面测量控制的精度估算	62
地面测量控制的精度估算	63
三角测量精度的估算	65
直线隧道基本导线测量的精度估算	66
曲线隧道或隧道网基本导线的精度估算	68
定向精度的估算	75
地下导线测角精度的估算	75

对平面测量控制精度估算的补充意见	76
20. 高程测量控制的精度估算	77
第五章 三角测量	80
21. 设计书的编制	80
22. 三角测量的误差	86
关于三角测量中误差的积累问题	87
关于三角测量中的局部误差	90
23. 选点	92
24. 选定三角网精度的估算	98
25. 埋石和造标	107
26. 基线测量	109
27. 角度观测	114
隧道三角测量中采用的最新仪器	114
仪器的检验和检视	121
观测时期仪器的检定。仪器维护的基本规则及其使用	123
全圆测回法	124
全组合测角法	125
观测	126
测站点归心和照准点归心的测定	128
28. 角度观测资料的概算	132
29. 三角测量平差	135
基线测量计算	136
起算数据的准备	142
概略计算	142
为得出概略坐标的三角网简单平差	149
三角网的最后平差	162
三角网按条件观测法平差	163
三角网按间接观测法平差	182
三角测量资料的整饰	185
30. 三角测量的定向。地面目标天文方位角的测定	194

B. B. 达尼洛夫教授视差法丈量边长	239
38. 墙上中心标石所标定的导线之测角及量边	245
39. 野外资料的计算	253
手簿的计算	253
边长的计算	254
基线尺野外检定的计算	256
主边边长的计算	257
测角成果的计算	258
编制略图及精度估算	260
三角点坐标向导线点的传算	263
40. 基本导线测量中单一导线的平差	268
单一直伸导线的平差	268
单一曲折导线的平差	274
严格平差曲折导线及同时估算坐标精度	276
为测定主导线边长而布设的多边形的平差	280
按边长比例分配闭合差的导线平差的分析	287
41. 基本导线系的平差	288
单结点导线系的平差	288
A. C. 契巴塔廖夫教授等权代替法双结点导线系的平差	290
A. C. 契巴塔廖夫教授等权代替法三结点及多结点导线系的平差	297
A. C. 契巴塔廖夫教授等权代替法闭合多边形导线系的平差	304
B. B. 波波夫教授法导线网的平差	308
42. 精度估计、编制成果表及资料分类	312
第七章 地面上的高程控制	333
43. 水准测量的种类	333

51. 非建筑区1:1000和1:500比例尺平板仪和视距仪测图	381
图根控制	381
平面图的内容。平面图上表示地物和地貌的一般规定	385
平板仪测图	386
视距仪测图	390
52. 非建筑区的水准测量	391
53. 建筑网的放样	394
54. 建筑区的平面测图	396
1:2000比例尺测图	396
1:500比例尺测图	400
1:200和1:100比例尺测图	401
55. 建筑区的地貌测图	402
56. 地下管线的测图	404
57. 大型工程结构物的测绘	406
58. 逐层测图	416
附录	418
惯用术语对照表	447

第一章 隧道建築概論

1. 隧道的种类 隧道被广泛地应用于国民經济的許多部門。

苏联的鉄路网拥有大量的单綫隧道和双綫隧道。早在1890年就曾經建成了長約4公里的苏拉姆鉄路隧道。在克里米亚、高加索和西伯利亚的山区，以及苏联的其他許多地方，都有着大量的鉄路隧道，而且所处的地質条件各不相同。鉄路交通綫上的隧道，是复杂而重要的工程建筑物。

苏联公路交通事业的广泛发展，要求系統地改善汽車公路的断面。在山区，建筑隧道往往成为改善公路断面的唯一办法，因此建筑公路隧道的工作，在我国具有广闊的前景。

大城市中的地下鉄道是一种最方便最合理的交通工具。莫斯科改建計劃所規定的莫斯科地下鉄道的建筑工程，尽管存在着极端困难的地質条件，正以从未見過的高速度实现着。

在城市的公益事业中，市政性質的隧道建筑，如排水干管、人行地道、汽車地道及其他各种地下管道的干管等，具有重大的作用。

为满足工业、农业和城市公用事业的各种需要而兴建的水利工程隧道，更具有其显著的国民經济意义。这种隧道可用来解决水电站进水及其他性質供水和灌溉的需要，用来排出水庫中多余的水，在建筑水坝时排除河床里的流水，以及为工业企业排除污水和废水，等等。

众所周知，革命以前的帝俄沒有建筑过中型和大型的水电站。苏联的第一个巨大的水电站是根据列宁的指示而在沃尔霍夫河上建筑的；以后又建筑起了大批的大中型水电站。在很多情况下，在水电站的整套工程中，都包含有引水隧道和洩水隧道。

旨在进一步提高苏联

护路基免遭山崩、雪崩及坍方的损坏。

地下鉄道的隧道分为深埋和浅埋两种。

水利工程隧道分为水电站引水、洩水隧道、溢水隧道、供水隧道、灌溉隧道和排水隧道等数种。

2. 隧道横截面的规格和形状 隧道因其用途的不同而具有各种不同规格的横截面。选择隧道横截面规格的基本标准是所要求的“限界”^①。

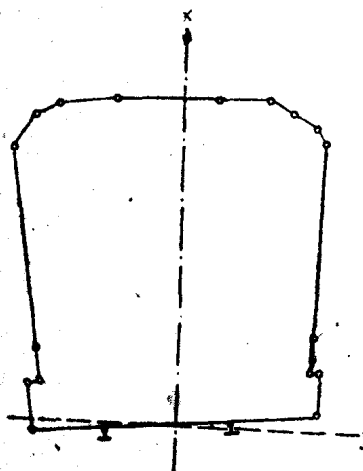


图 1

在运输隧道中，分为以下三种限界：（1）机车車輛限界；（2）建筑接近限界；（3）设备接近限界。

机车車輛限界是一个横轮廓，在其直线水平路段上容纳一节部件齐全的可用車廂。

建筑接近限界表明隧道衬砌^②的内横轮廓，以及站台和立柱的配置。

设备接近限界表明自动闭塞装置、托架、照明灯、管道及其他设备与线路中心的平面距离和高度距离。

限界的规格应根据隧道的用途，而在核定设计图纸上确定。在设计图纸中，限界轮廓的特征点以座标

注明，坐标轴线的配置如图 1 所示。

市政工程隧道的横截面也有许多形式。除管道型的小截面隧道外，还建筑非常巨大的隧道，如汇集各种地下管道的干管。

水利工程隧道横截面的规格，根据各有关工程的技术设计书所规定的水量通过计算来确定。

确定航运隧道的截面规格的基础，是预计在本河面上航行的货船的最大限界。这种隧道有建筑成单向的，也有建筑成双向的。

矿区、大型工厂及民用建筑等的专用隧道，其横截面的规格应根据综合技术设计书所规定的技术条件来确定。

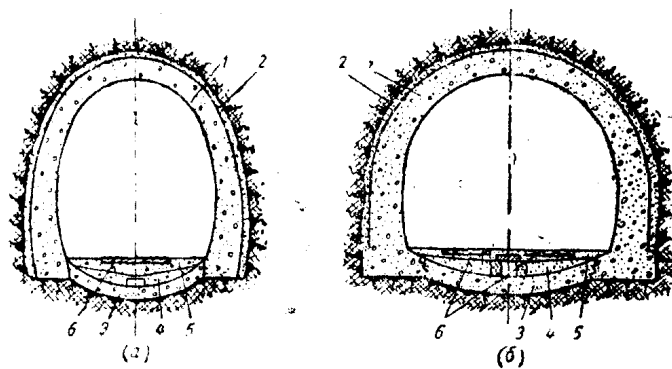
横截面的形状，取决于隧道修筑地区的水文地质条件、隧道截面的规格及挖掘的方法。隧道的衬砌用石头、混凝土或钢筋混凝土制成。最近以来，又广泛地采用了金属环隧道衬砌；这种金属环由各个单独的弓形板组成，弓形板之间用螺栓连结。在岩质土壤结实，且无山体压力的情况下，在某些时候也可以不用衬砌；这时如果有必要，可以用不同厚度的混凝土层将坑壁表面整平。在水利工程隧道中，衬砌要具有高度的防水性和不透水性。隧道衬砌的厚度和形状，应根据山体压力的性质、强度和方向而选择确定。

在山体压力不大、隧道规格小的情况下，用得最多的是矩形截面。当存在垂直山体压力时，隧道横截面的拱圈具有圆形轮廓，这时，隧道边墙应筑成垂直的，而其底部则筑成仰拱形。

当同时存在垂直压力和横向压力的情况下，隧道横截面的形状应接近于圆形，而当垂直山体压力大大强于横向压力时，横截面要选择高狭的形状，即高度大大超过其宽度。在这种情况下，其衬砌的内部轮廓要采取复曲线形状，即由不同圆心和不同半径的弧段所组成的曲线。

如果技术设计书规定要将隧道的形状侧置，因而需要向宽度方面发展时，则其横截面的水平半径要大于垂直半径。

图 2—12 是各种隧道的横截面的形状示意图。



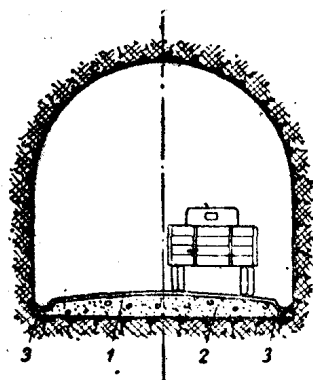


图 3 岩質層內无衬砌的公路运输隧道截面图
1. 柏油公路；2. 混凝土底基；3. 排水沟

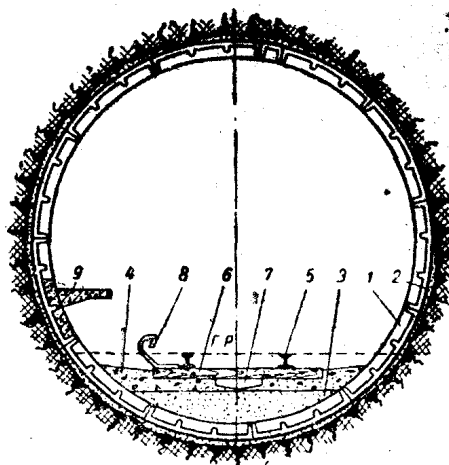


图 4 地下铁道筒板衬砌隧道单线区間的截面图
1. 管片衬砌；2. 衬砌压注；3. 贫混凝土（硬底）；4. 路基混凝土；5. 路軌；6. 枕木；7. 排水沟；8. 第三軌；9. 人行道

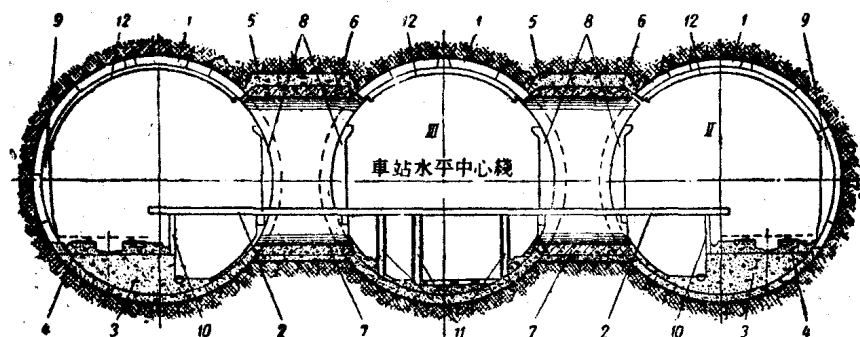


图 5 地下铁道筒板衬砌三拱頂車站截面图

I. 左站台隧道；II. 右站台隧道；III. 中間站台隧道；1. 隧道管片衬砌；2. 站台；3. 硬底基；4. 路基混凝土；5. 洞門混凝土頂板；6. 洞門鋼筋混凝土頂板；7. 下洞門；8. 塔柱整飾；9. 路牆；10. 站台下牆；11. 站台下房屋隔牆；12. 頂棚

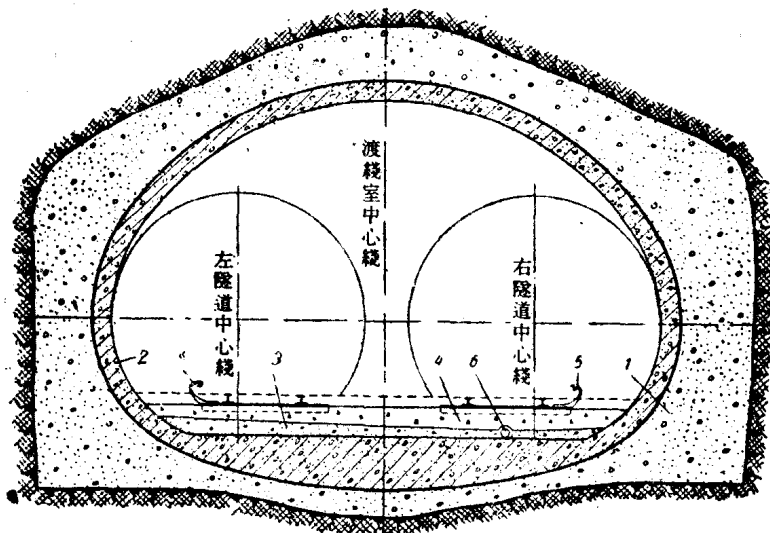


图 6 地下铁道渡綫室之一的截面图，該渡綫室具有混凝土衬砌，是一个横向发展的截面的典型例子
1. 混凝土衬砌；2. 鋼筋混凝土外罩；3. 硬底基；4. 碎石底基；5. 第三軌；6. 排水管

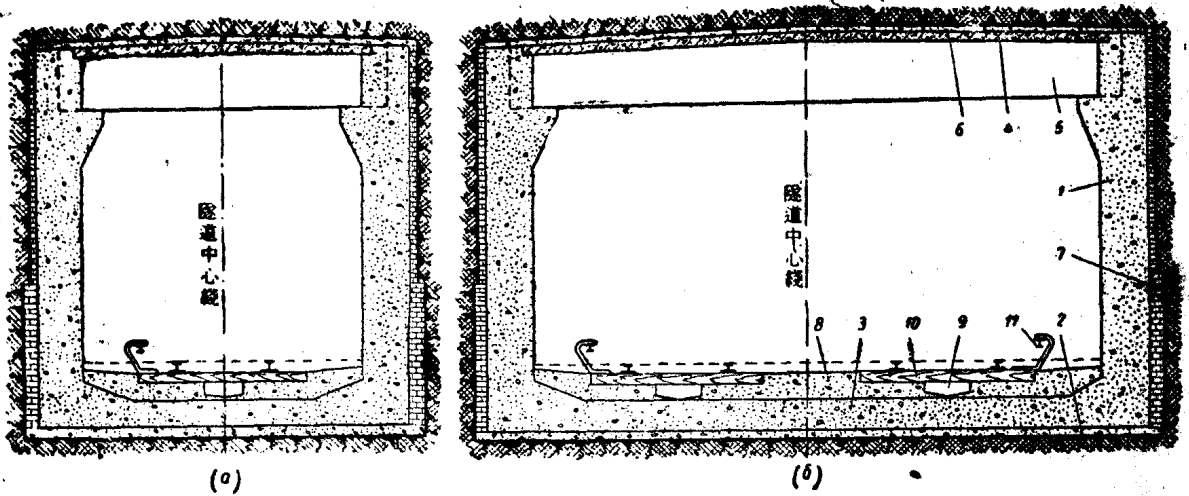


图 7 地下鉄道の浅埋混凝土单线 (a) 和双线 (b) 隧道截面图
1. 混凝土隧道边墙; 2. 地基; 3. 隧道底部; 4. 钢筋混凝土顶板; 5. 顶板梁; 6. 保暖层; 7. 保护层; 8. 路基混凝土; 9. 排水沟; 10. 枕木; 11. 第三轨

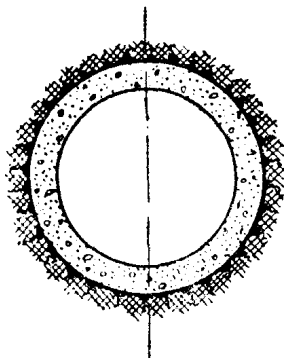


图 8 市政工程隧道——地下干管截面图

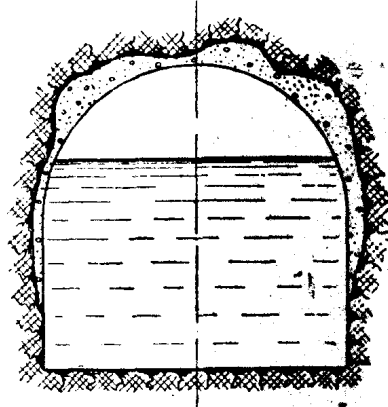


图 9 岩質层内无衬砌水利工程隧道截面图 (为了整平坑壁表面减少其凹凸以及加固裂缝起见, 需在整个壁上涂以不同厚度的混凝土层)

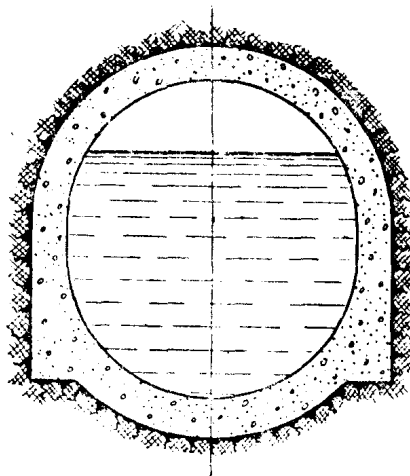


图 10 混凝土衬砌的水电站引水隧道截面图 (隧道内轮廓为复曲线形)

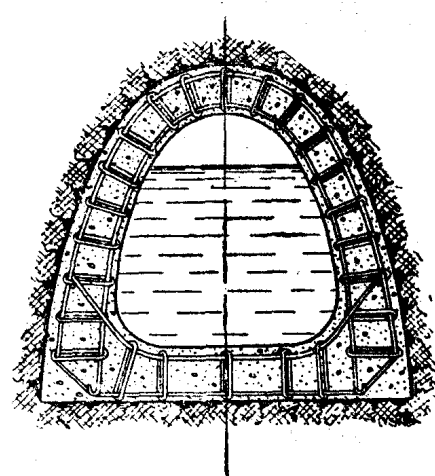


图 11 高狭轮廓并用钢筋混凝土衬砌加强的水利工程隧道截面图 (该隧道建在土质不稳定和山体压力强大的地方)

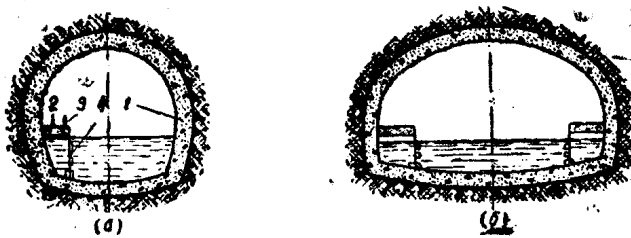


图 12 混凝土衬砌的单向(a)和双向(b)航运隧道截面图

1. 隧道衬砌; 2. 人行道; 3. 栏杆; 4. 保护墙

3. 隧道的建筑方法 隧道布设地区的多样的地质条件和水文地质条件, 要求隧道的建设者采用不同的建筑方法。浅埋隧道大多用明挖法建筑, 深挖隧道则用闭塞的矿山法建筑, 而不挖开地表面。

在建筑过程中采用木质的或金属的临时支架。最近以来, 盾构法在苏联的隧道建设中获得了广泛的应用。在特别复杂的地质条件下开筑隧道时, 采用岩层的人工加固法: 冻结法、硅化法、填塞止水法等。在某些情况下还采用压缩空气法(即沉箱法)来挖掘隧道。

究竟选择哪一种方法进行作业, 由设计部门在仔细研究技术勘测中所查明的水文地质条件的基础上, 结合当地的其他情况及工程的经济设想而作出决定。

A. 矿山法 矿山法广泛地应用于铁路隧道、水利工程隧道及地下铁道隧道的建筑中。它主要适用于硬岩层地区。

采用矿山法时, 隧道截面的挖掘分几步(俗称“阶段”)完成; 根据挖掘的程序及阶段的多少, 矿山法又可分为以下几种方案:

(a) 拱圈支撑法 这种方法在铁路隧道和地下铁道的建设中应用最为普遍, 其作业程序如下(参阅图13):

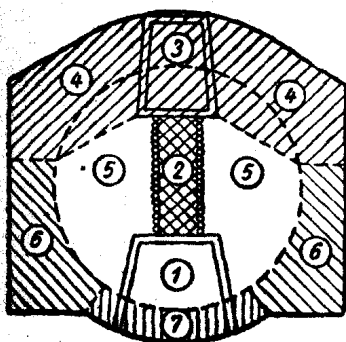


图 13

1. 挖进输送下导洞1, 通过它进行给料和出碴。

2. 待下导洞挖进20—30米深以后, 向其顶部挖出一个不大的井状坑道2, 这称为出碴竖坑。

3. 由出碴竖坑根据给定的方向挖掘上导洞3。

4. 待上导洞挖进12—20米深以后, 就往导洞两边按隧道的全宽开挖隧道截面的上部4; 这个开挖面叫做隧道上半部。开挖完毕后, 就在整个截面上安装拱架, 并在拱顶上敷抹混凝土。

5. 等混凝土干硬后, 开始挖掘隧道核心5。

6. 当隧道核心部分挖成时, 开始挖掘隧道下半部的两侧6, 以便为边墙浇灌混凝土。下半部的挖掘采用2—3米深田字形独立挖进的方法, 挖掘完成后应在两侧安置样板, 然后为边

墙敷抹混凝土。

7. 挖出隧道底部7的岩土, 并浇灌混凝土。

当有必要保证隧道不透水时, 应灌制钢筋混凝土套。

(b) 全面开挖法 本法适用于土壤对支架具有很大压力的情况下; 它在建筑截面很大的隧道时