

12230

高等學校教學用書

隧道

第一冊

M. H. 丹



人民鐵道出版社

43

oi

高等學校教學用書

隧 道

(第一冊).

М.И. 丹 都 洛 夫 著
沈 智 揚 麥 倜 合 譯
關 寶 樹 楊 茂 林

人 民 鐵 道 出 版 社

一九五四年・北 京

本書係根據蘇聯 М. И. 丹都洛夫教授所著『隧道』一書譯出，原書經蘇聯高等教育部批准作為鐵路運輸高等學校的教科書。

原書分兩部分；第一部分為普通教程，第二部分為特殊教程。

譯本第一冊係原書第一部分的前半，包括：（1）緒論，（2）隧道的勘測和設計等兩篇，共計11章。

譯本第一冊的譯校工作是由唐山鐵道學院沈智揚、麥個曾、關寶樹、楊茂林諸同志負責的，其中

關寶樹担任翻譯；

第1、3、9等三章由沈智揚、麥個曾校閱；

第6、7、8、10、11等五章由沈智揚校閱；

第2、4、5等三章由麥個曾校閱。

全部十一章譯文都經楊茂林做了文法上的校正。

隧 道

（第一冊）

ТОННЕЛИ

蘇聯 М. И. 丹 都 洛 夫 著

原出版者：蘇聯國家鐵路運輸出版社（一九五二年莫斯科俄文版）

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва 1952

沈智揚、麥個曾、關寶樹、楊茂林合譯

人民鐵道出版社出版（北京市霞公府1-11號）

北京市書刊出版營業許可證出字第零壹零號

新 華 書 店 發 行

人民鐵道出版社印刷廠印（北京市東單二條三十號）

一九五四年八月初版

一九五四年十一月第二次印刷 平裝 印2,081—4,600冊

書號：215 開本：787×1092 $\frac{1}{25}$ 印張 8 $\frac{18}{25}$ 233千字 定價12,500元

著 者 序

蘇聯共產黨第十九次代表大會關於我國發展第五個五年計劃的指示所確定的偉大工作，在許多場合下，都將與運輸、市政、工業等方面大規模的隧道建築事業有關。

指示中規定鐵路運輸事業須較前一個五年計劃增加 1.5 倍，這就預定了要建築許多新綫，其中也包括在烏拉爾和西伯利亞山區建築新綫，在這些地方，將要有大量的長隧道。在我國的大城市中，由於城市運輸網、自來水、污水、暖氣、煤氣等分佈網的擴大，也將建造許多新的地下鐵道和市政隧道。在第五個五年計劃中，水電站的總能力將增加 2 倍，這也需要建造許多水工隧道。

本教科書供高等運輸學校橋梁及隧道系學生用。依照教學大綱，本教程包括兩部分——一般教程和特殊教程。一般教程中包括下列各問題：隧道的勘測、設計、建築、運用、改建及修復，其中也包括土壤人工加強和土壤凍結、開挖直井和直井提昇諸方法。特殊教程研究的對象是地下鐵道、公路隧道、市政隧道、航運隧道、浮運木材的隧道和輸水隧道。在這部分中，對於水底隧道的設計和建築的特點，以及隧道施工的一些特殊方法——明挖法、垂直沉箱法、隧道分段沉放法、壓入法及用機械化盾構開挖法等也都作了簡短的敘述。

應該指出，教程中有許多篇還是首次刊行的，

由於『隧道』教程與學生所學的其他一些專門課程有着密切的聯系，因此對測量、工程地質、結構力學、施工方法等問題，作者在本書中可不必做過多的詳述。

作者在本篇上述各篇中，只根據我國隧道技術各種成就的水平提供研究上所必需的材料，而並沒有將這本教科書變為設計人員參考書的意圖。

作者第二個企圖是向讀者指出：蘇聯隧道建築事業的成就，我國地下鐵道（世界上最先進的地下鐵道）的成就，祖國學者和工程師們的工作，以及蘇聯科學技術的領導作用等。

同時，作者認為隧道技術上的各種問題還沒有得到完全解決，因此，力求指出這種技術發展的方向，以便將學生的求知慾引到尋求和研究在技術上可能的新的解決方法這一方面去，第十九次黨代表大會的歷史性決議中所提出的最偉大的計劃的實現，要求技術須在科學成就的基礎上更進一步向前發展。

由於我國隧道技術的向前發展和推進，以及考慮到教學大綱的要求，所以在本書第一部分中，當利用作者所著「交通綫上的隧道」一書以前各版中的材料時，都對它們做了極重要的改寫和增補。

作者對本書的審閱者，斯大林獎金獲得者，技術科學博士，С. С. 達維多夫教授，斯大林獎金獲得者，А. И. 巴雷士尼柯夫，以及地下鐵道運輸局全體工程師們在出版本書的工作中所給予的重大幫助，致以深誠的謝意。

作者對進一步改善本教科書的全部意見和要求，將表示無任歡迎。

М. И. 丹都洛夫教授

目 錄

著 者 序

第 一 篇

緒 論

第一章 定義及分類。隧道建築物的基本組成部分及隧道工作的種類

- § 1 定義及分類..... 1
 § 2 隧道建築物的基本組成部分和隧道工作的種類..... 3

第二章 隧道事業發展的簡史

- § 3 隧道事業發展的概述..... 5
 § 4 蘇聯領域中的隧道工作..... 8

第 二 篇

隧道的勘测和設計

第三章 分水嶺跨越點的高度及隧道洞口的位置

- § 5 分水嶺跨越點的高度..... 25
 § 6 隧道洞口的位置..... 27

第四章 隧道測量

- § 7 概說..... 30
 § 8 直接在建築物上方定線..... 31
 § 9 用導線繞過山嶺來定線..... 35
 § 10 用三角測量定線..... 36

第五章 隧道路綫的工程地質研究

§ 11 工程地質研究的任務和方法	39
§ 12 山嶺的穩定	42
§ 13 岩石的基本性質	43
§ 14 地下水	51
§ 15 地下氣體	53
§ 16 隧道坑道中的溫度	53
§ 17 地層應力的預測	60

第六章 隧道的平面及縱斷面

§ 18 隧道在平面上的設計條件	61
§ 19 套綫隧道及螺旋綫隧道	63
§ 20 隧道縱斷面的一般知識	65
§ 21 隧道內坡度的減緩	67
§ 22 隧道縱斷面的種類	68

第七章 隧道的橫斷面

§ 23 隧道橫斷面的組成部分	68
§ 24 隧道斷面的超過	69
§ 25 鐵路隧道的內部輪廓	72
§ 26 兩個單綫隧道與一個雙綫隧道的比較	76

第八章 地層壓力

§ 27 基本情況	76
§ 28 山嶺內地層在開挖前及開挖後的應力狀態	79
§ 29 M. M. 普魯特加可諾夫教授的理論	82
§ 30 在土體動力學和彈性定應基礎上的理論的實質 H. M. 格爾瓦尼諾夫教授的理論	88
§ 31 坑道底部的壓力	89
§ 32 在坑道中進行直接觀測來確定地層壓力的方法	93
§ 33 地層的被動壓力（抵抗）	98

第九章 隧道襯砌的計算

§ 34	基本情況	99
§ 35	支持在岩石上的拱形的不完全襯砌的計算	102
§ 36	C.C. 達維多夫教授計算整體襯砌的方法	108
§ 37	按地下鐵道設計局的方法計算有實體的襯砌	131
§ 38	圓形襯砌的計算	144
§ 39	根據極限狀態計算隧道襯砌的一些前提	153
§ 40	隧道抵抗地震的能力	156

第十章 隧道襯砌的類型

§ 41	襯砌的分類及材料	163
§ 42	整體式襯砌	166
§ 43	裝配式襯砌	189
§ 44	聯合式襯砌	199
§ 45	大斷面隧道的襯砌	200

第十一章 排水設備。避車洞，洞口及洞門

§ 46	排水設備	201
§ 47	避車洞及避車室	203
§ 48	洞口及洞門	205

第一篇 緒 論

第一章 定義及分類 隧道建築物的基本組成部分及隧道工作的種類

§1. 定義及分類

隧道是埋藏在地層內並作為交通線或水道的一個環節的建築物（圖1）。

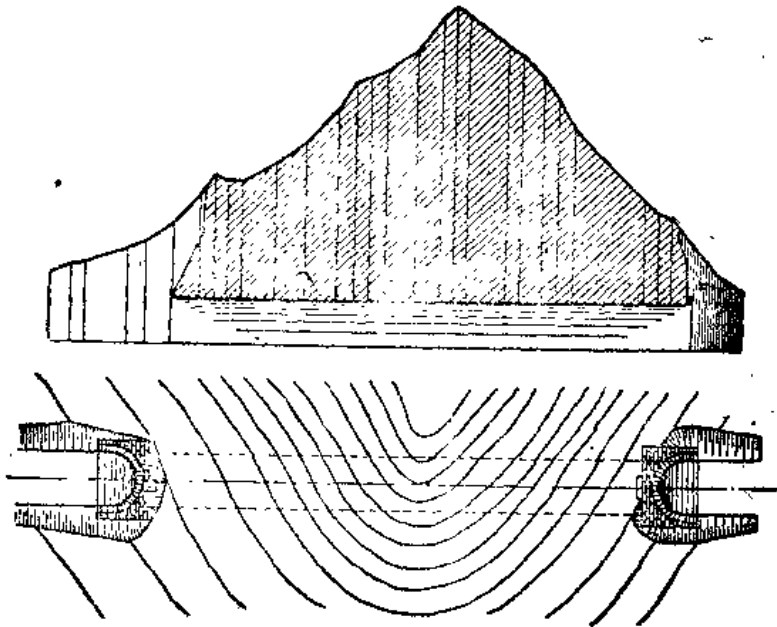


圖 1

隧道型的建築物也廣泛地利用以敷設城市地下業務網、設置儲油棧、倉庫、車庫、以及用於許多其他特殊目的。

按其用途和構造特徵，隧道可分為如下的組和類：

I、交通綫上的隧道：

- 1) 鐵路隧道；
- 2) 地下鐵道隧道；
- 3) 公路隧道；
- 4) 人行隧道；
- 5) 航運隧道及浮運木材的隧道。

II、水工隧道：

- 1) 水力發電站系統內的隧道；
- 2) 改良土壤的隧道——在為灌溉或疏乾土地而設置的水道上的隧道；
- 3) 給水綫上的隧道。

III、市政隧道：

- 1) 給水隧道及下水隧道；
- 2) 煤氣管路的和暖氣管路的隧道；
- 3) 敷設電綫和電纜的隧道。

IV、礦山工業隧道：

- 1) 運輸隧道；
- 2) 排水隧道；
- 3) 通風隧道。

隧道也能分為地下隧道和水底隧道兩類。所有建築於河川或運河的河床之下的，在湖泊、海灣及海峽之下的隧道都屬於水底隧道。

山嶺隧道與城市隧道和水底隧道也有區別。山嶺隧道分為越嶺隧道、山坡隧道及穿越個別高地的隧道三種。

當把交通綫或水道的路綫由一個盆地穿過分水嶺的下方引到另一個盆地的時候，建築越嶺隧道。由於穿過寬的山脊，越嶺隧道常有很大的長度；現有隧道中最長的一些都屬於這一種。

位於山坡上的山坡隧道是在展綫繞入側面谷地的時候以及需要掩護路基或水道以防止山崩、雪崩和坍方的時候建築的。這種隧道在長度方面出入很大。

穿過個別高地（如支脈和突出的山峯）的隧道的長度一般是不大的。

在上面列舉的四組隧道中，交通綫上的隧道得到最廣泛的應用，而其中尤以鐵路隧道用得最多。在許多沿鐵路綫具有複雜地形並有很多高度障礙的情形下，就有必要建築大量的隧道。有許多例子是衆所周知的，即在一些鐵路的山嶺地段內，全綫有一多半是通過隧道的；這樣，整條綫路就有一半具有地下結構的性質。

城市鐵路（地下鐵道）的隧道也得到了很大的發展。由這些隧道組成的巨大網絡、逐漸成為大城市運輸系統中最重要的一部分。

城市外無軌道路（Безрельсовая внегородская дорога）上的隧道，雖然在上古時代就已開始建築，但現在還是比較少見的。隨着公路的發展，這種隧道的建築將會增長。

人行隧道是在大城市中幹線交叉點上及在大車站的站綫範圍之內建築的。有時這種隧道也建築在山嶺遊覽道路上。

在內河交通綫上航運隧道佔有特殊的地位。在中世紀末期，這種隧道會大量地建築。隨着鐵路運輸的發展，航運隧道的作用逐漸減小，因而現在就很少修這種隧道了。

各種類型的水工隧道應用極廣。它們的建築一般是和水力發電站的建築相關聯的。此外，這種隧道有很大數量是建築在改良土壤的系統中，也有為了大城市和工業中心的給水而建造的。

城市及其公用事業的增長引起了建築大量不同種類的城市隧道的必需性，而首先就是建築地下鐵道隧道的必需性。

由於城市地上運輸量的增長，以及保證安全要求的需要，在許多情形下，為了汽車運輸及人行，以及為了城市幹綫在不同高度上的交叉而建築隧道。

在大城市中，大斷面的地下排水隧道以及為安置通訊設備與敷設不同種類的管路和電纜的隧道也得到廣泛的使用。

在礦山工業中，在合適的地形條件下建築用以運送人、運輸材料、礦物，以及用以排除地下水和通風的隧道。

在許多場合下，隧道型的建築物也用作大容量的儲油棧或作地下倉庫之用。

§ 2. 隧道建築物的基本組成部分和隧道工作的種類

隧道的長度、平面形狀、縱斷面、橫斷面的形狀和尺寸是根據隧道的用途，地區條件（主要是地形和地質條件）為轉移的，並且在每一具體情況下要根據許多經濟因素來確定之。

解決這些確定建築物基本組成部分的問題是隧道勘測和設計方面的任務。

在地下挖土時所形成的空間或空洞叫做坑道。隧道的坑道只在很堅硬的、未風化的乾燥和穩固的岩石中才毋需人工加固。在其餘情形下，則早在開挖過程中就需要架立臨時支撐，這些支撐隨後以叫做襯砌的永久結構來代替之。

在一般情形下，隧道襯砌（圖 2）是由邊牆、上部拱圈和仰拱組成的。為了排水，沿隧道底部設置排水溝。地下鐵道的隧道和水工隧道常常做成圓形（圖

3)。在這種情形下，襯砌的個別構成部分就不可能很明顯地表示出來了。

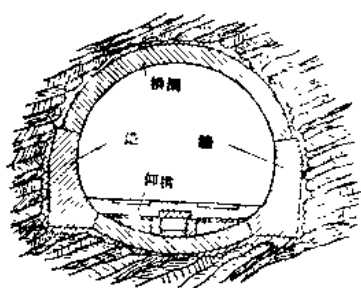


圖 2

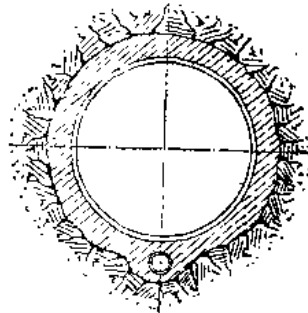


圖 3

隧道襯砌在入口處的一節，一般略向前伸出一些，並將外表加以建築的裝飾，這一節叫做洞門（圖4）。

地層的開挖和襯砌的修築或用礦山法（最舊且較不完善的方法）或用盾構法



圖 4

進行。對於位置不深的隧道，時常採用明挖法，即在露天的坑槽或塹壕內修築建築物。爲了在特別困難的地質條件下開挖短段的地下坑道，也採用特殊的隧道建築方法，例如垂直沉箱方法，壓入法等等。

在用礦山法開挖時，將隧道的坑道分爲幾部分（圖5），在這些部分中按順序進行地層的開挖。坑道的每一部分都有專門的名稱，這些名稱是：1——下部通路（*ход*），或下部導坑，2——上部通路或上部導坑，2和3合在一起——小上部擴大區，2、3和4合在一起——大上部擴大區，5——導坑上方擴大區，6——下部擴大區。

導坑可能位於坑道的兩側，或在坑道的中央；在第一種情況下

稱它們爲側導坑，在第二種情況下稱爲中央導坑（圖6）。隧道的開挖是從導坑

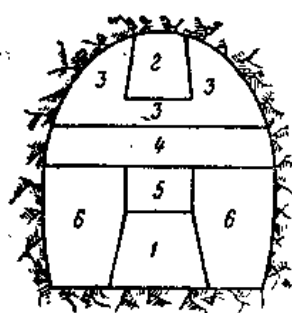


圖 5

着斷面個別部分的開挖分幾部分來建築。

用盾構法開挖隧道時，將坑道一下子就挖成全部斷面，並沿着隧道整個外周連續地建築襯砌。

建築隧道的方法首先要依據所通過的山嶺的地質和水文地質諸條件，建築物位置的深度，它的長度、橫斷面的尺寸來選擇，而且也要考慮到在該建築工程中所使用的機具、機器和設備等。時常可以看出來：建築者們的技能和經驗對施工方法的選擇有顯著的影響。

一般說來，施工方法不取決於隧道的用途；對所有各種隧道，這些方法都是相同的。

爲了保證隧道正常而耐久的工作，就必需經常仔細地檢查它們，並以正確的方法養護它們。

經過一段時間以後，隧道的狀態可能需要加強或需要更換襯砌。按照建築限界變化的情況，也可能有必要改建隧道。與這些有關的工作即是隧道改建的任務。

最後，隧道可能遭受各種破壞。這些破壞可能是由於建築物的自然特點與構造特點不利的配合或有一些破壞力作用於其上的結果而產生的。將毀壞了的隧道恢復到能臨時運用或永久運用的狀態是修復工作的任務。

第二章 隧道事業發展的簡史

§ 3. 隧道事業發展的概述

隧道的建築在上古時代就已經開始。爲了極不同目的而修建的地下工程的痕

之一開始，此導坑在坑道其他部分的前面開挖，並給後者指出方向。這樣的導坑叫做指向導坑或指向通路。按照所採用的施工方法，以這樣或那樣的次序來完成從導坑轉到斷面其他部分和繼續開挖地層的工作。隧道襯砌或是在坑道開挖到一定長度時在坑道整個外周上一下子建築起來，或是隨

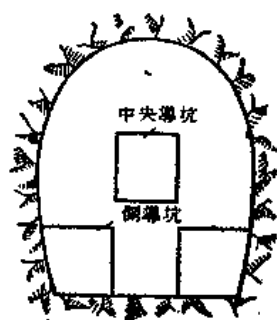


圖 6

跡，還經常在各文化悠久的民族所在的地區內發現。

最初的地下工作是和建造住人的洞穴，和採掘礦物而進行的鑛山開採等相聯系的。古代地下建築所保留的紀念物有地下廟宇、地道、陵墓等。以後在戰爭中亦曾採用地下工程。最初的一些隧道是爲給水而建築的，以後爲了運輸—首先是在馱馬道路上，而後在行車路綫上。

隧道發展建築的初期地下工作是以最原始的工具如使用銅鋸，鐵釵，丁字鎬，實心鑽或空心鑽等來進行，在空心鑽的切削緣上鑲有齒形銳利的硬稀有石塊，主要是用剛玉和金剛石。

以後羅馬人用所謂火力法補充了這種施工方法。用大火堆使開挖表面灼熱到高溫然後以水或醋噴射開挖面使其迅速冷卻，這樣引起的岩石的開裂就大大的便利了以後的開挖工作。

很有意思的是在烏拉爾和西伯利亞的古代的鑛坑中發現同樣的火力法的鑛跡。在顯露着燒焦的，被煙灰覆蓋着的坑道和有些地方保存下來的如向赤熱地層噴水的皮袋都證實着在我國曾廣泛地使用了這種方法。

在古代，隧道的開挖就已經是同時從山嶺的兩個相反方面，即用兩個邊牆開挖面來進行工作，這是由丁字鎬和鐵釵在地室中所留下的痕跡的方向來證實的。

應該指明，古代的隧道完全都是建築在堅硬地層中的，開挖這種地層不用支撐就能進行。經過很長時間以後才開始採用築砌的石襯砌。當時隧道的拱圈被做成最簡單的半圓筒形。

在隧道建築的初期，製造生石灰的技術和生石灰製造建築沙漿的方法都已達到相當高度的發展。同時也有了製造十分堅固的水力用沙漿和混凝土的配合方案。

進行地下工作時坑道的照明是藉助火把或者碗狀的石燈來進行。

由於缺少比較完善一點的工具和設備，在當時就限制了建築長隧道的可能。隧道的建築一般都延續了幾十年並曾認爲是一種歷史事件。

中世紀技術的普遍停滯，自然也反映到隧道事業中。在這個時期全部的地下工作都被限制在建造爲戰爭服務的坑道（Подполье），墓穴（Склад），洞穴（Пещер），待避所（Убежище）及在廟宇和封建城堡中的各種秘密穴道（Потайная ход）。

炸藥的出現以及把它使用在地下工作中對隧道事業的進一步發展會起了有力的推動作用。

十七世紀中期最初的炸藥—黑火藥—在鑛山事業中佔據了主要的地位，與其平行地在開挖隧道方面也得到了應用。

這時在許多國家展開了很多的內河航道的建築工程，當時在這些航道上疏濬了很大數量的隧道—水道。

當時在無軌道路上建築的隧道是較少的。這是因為無軌道路的特點是允許使用較陡的坡度來克服很大高度，而不必建築價值昂貴的隧道。

還在蒸氣牽引出現以前，在鐵路上就建築了隧道。在十九世紀廿年代中在馬力牽拉的軌道上就建築了許多隧道，其中有的長達1500公尺。

可是，促使隧道事業發展的最有力的因素是在十九世紀卅年代開始了蒸氣牽引鐵路的修築。鐵路需要盡可能平緩的坡度，這樣就導致必需在起伏不平的地形上建築隧道，同時在經濟上也證實了鉅大的建築費用是正確的。

與此同時，隧道建築事業的成功在頗大程度內是決定於堅硬地層開挖方法的進一步的改善。鑽孔機的發明以及和它幾乎同時出現的，比黑火藥更有效的炸藥，對所有的建築技術發生了巨大的影響，同時在隧道歷史中開闢了新的時代。

用機器來進行鑽孔工作最初是在1683年提出的。但是由於最初那些鑽孔機存在着構造上的缺點，並且生產效率很低，因此在很長的時間內機器的鑽孔工作並未得到實際的應用。只是在1803~1813年，在鑽孔機械的構造上進行了許多重要的改善以後，才開始應用在地下工作中。1844年首次提出使用壓縮空氣來開動鑽孔機。1851年這個理想在礦山事業中實現了。

最初所有的各型鑽孔機都是衝擊式的。

第一個迴轉式鑽孔機出現在1848年，並成功的使用來開挖石灰岩。以後迴轉式鑽孔機得到廣泛的推廣，並且應用得像衝擊式機器一樣的成功。

在十九世紀八十年代中出現了一個水壓鑽孔機。

技術上的進步也在隧道建築的其他各方面呈現出來。

在研究測定隧道位置的方法上獲得了特殊巨大的成就。在十七世紀初期提出的三角測量的方法會給測量的進一步發展打下牢固的基礎，到開始修築鐵路時這門科學已足能解決像標定從兩個迎頭開挖面同時建築的長隧道的位置這樣重要的問題了。

在運用新材料來做隧道襯砌這方面的技術發展比較慢一些。有磚或石版夾層並將面層加以繫綑和配合的片石砌築在長時期中是唯一的一種隧道襯砌。僅不過沙漿發生變化，就是廣泛的開始使用水泥沙漿來代替石灰漿。

在隧道事業中混凝土最初是在1889年開始應用的，但是在隧道建築中這種材料在很晚時期—20世紀最初25年中—才得到廣泛的應用。

在十九世紀初期隧道技術的發展又推進了一步。由於設置於水底的隧道的開始修建，而提出了進行地下工作的新設備—隧道盾構，盾構在隧道事業中佔據了

鞏固的地位是很晚的一還是在十九世紀六十年代的事。從那時起，無論是建築水底隧道或建造城市地下鐵路—地下鐵道—，盾構方法都成為克服鬆軟的含水土壤的最有效的方法。在十九世紀七十年代盾構工作最初開始使用壓縮空氣，稍後盾構又裝置了用於開挖、裝載和運輸土壤的特殊機械。所有這些都使隧道工作的開挖速度和安全性顯著地提高。

§ 4. 蘇聯領域中的隧道工作

(1) 從古代到開始建築鐵路隧道

在我國，隧道工作的開始，和其他各處一樣。在上古時代就是與建造地下住所和在採石場，礦坑和礦山中進行礦山開挖有關係的。以後地下工作是為修築給水綫和為軍事目的而進行的。

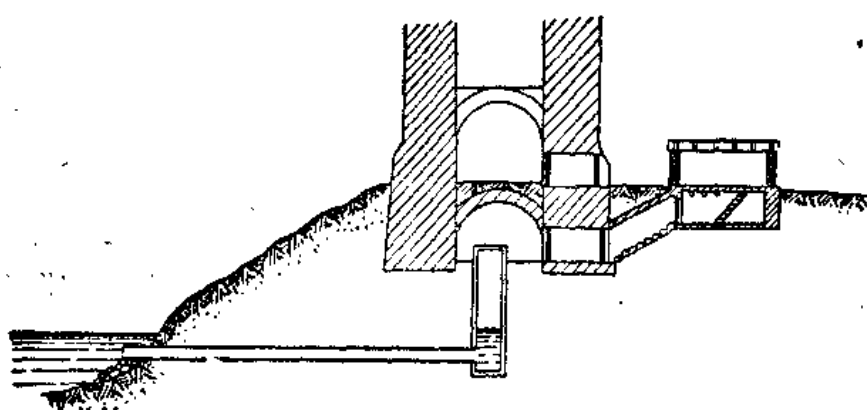


圖 7

地下通路—「秘道」(Тайник) —於戰爭時期在俄國會廣泛地用來向城市和堡壘中供水(圖7)①。在莫斯科也有很多這樣的建築。十五世紀末期，在克里姆林宮中「為了守城」(『Осажденото Ряди Дола』)曾創建了具有帶「漏水口」和石襯砌的地下通路內巨大水管路(圖8)②。當進行不同的建築工程時不止一次發現的莫斯科地下建築的遺跡證明它們的國防用途。在建築莫斯科地下鐵道所進行的工程中，在這方面提供出極多有價值的歷史資料。

到這個時間前，在基輔，諾夫哥羅得，普斯科夫，索洛維茲克和特洛依茲克

① Н. И. 法力柯夫斯基—俄國給水史·莫斯科—列寧格勒，1947年。

② Л. Ф. 尼古萊—俄國橋樑事業發展簡史·聖彼得堡，1898年。

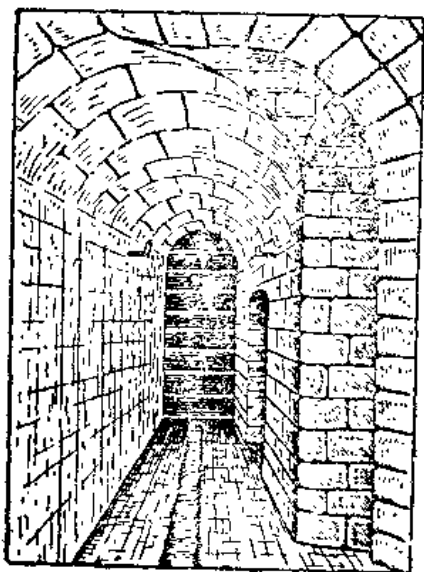


圖 8

一塞爾基也夫寺院等地也有了帶地下通路的給水建築。在十七世紀就已經在俄國幾十個大城市中有了帶有地下設備的給水網了。

秘道在大多數的情形中都用木支撐，但是也有一些是採用石襯砌的。秘道的長度達到200公尺，寬度到2.1~5公尺，高度到2.1公尺。

在普斯科夫古時的俄國堡壘中廣泛的利用特殊的地下通路。其中建築了所謂『出擊門』（『Захабы』）的攻擊出口和爲了尋查坑道的地下消—『聽音道』（『Слухи』）。這些防禦建築的精巧結構曾幾十次的保護普斯科夫防禦敵人。

在伊凡雷帝時代，爲了戰爭的地下工作得到了更多的應用。在1552年當包

圍嘉桑時，沙皇的『軍事工程專家』『Розмы Соа』捷蘭齊（Золантий）搗毀了從城市通向水源的秘密地下通路，這個水路是被包圍的城市中的人民和軍隊所利用的。同時依照沙皇的命令建築了從沙皇大本營開始一直到城牆爲止的地下坑道。在坑道內安放火藥桶，當它爆炸之後俄國軍隊便從城牆上形成的缺口中間衝入城市並佔領了它。

關於俄國的自學發明家瓦西里·阿古切葉夫的報道也被保存下來，根據『莫斯科人』雜誌的報道，還在1657年在莫斯科當沙皇阿列克塞·米哈依洛維奇時代，他就『想在莫斯科河下做坑道工程』也就是企圖建築水底隧道。阿古切葉夫曾擬定了一些隧道的計劃：在普列乞斯前斯基凱旋門（Пречистонские Ворота）地區，在諾文斯基（Новинский）寺院旁邊和撒文斯基（Саввинский）寺院的對面。阿古切葉夫開始的工作結局如何雖屬不知，但是它的勇敢行爲是『對那些開始爭論說水底通路是由他們之中的哪一個想出來的歐洲人的一個最好的回答』（『莫斯科人』1841年第二部，第三期，頁465）^①。

在葉卡捷琳娜二世時建造的他依茨基（Тайцкий）水路是當時帶有巨大隧道

① Ф. Я. 齊斯特魯克—莫斯科的水工建築，蘇聯內河航運出版社，莫斯科，1950年。