

中国铁道学会隧道代表团编

日本隧道概况



日本隧道概况

中国铁道学会隧道代表团编

人 民 铁 道 出 版 社

1 9 8 0 年 · 北 京

内 容 简 介

本书系中国铁道学会隧道代表团应邀赴日参加国际隧道学术讨论会和在日本参观调查所搜集的资料及了解的情况，加以编写而成。内容包括日本隧道设计、施工等各方面的情况和主要经验；还特别介绍了盾构法和水下隧道沉埋法；另在附录中，还介绍了日本隧道漏水的处理方法、新奥法等等。

本书可供从事铁路、公路隧道工程和其他地下结构工程的有关人员参考。

日本隧道概况

中国铁道学会隧道代表团编

人民铁道出版社出版

责任编辑 陈保兴 封面设计 关乃平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：19.5 字数：448 千

1980年2月第1版 1980年2月第1次印刷

印数：0001—4,500册 定价：2.00元

前 言

一九七八年五月，中国铁道学会隧道代表团应邀参加由日本隧道协会、土木学会和国际隧道协会在东京召开的一九七八年国际隧道学术讨论会，并派员列席国际隧道协会第四届年会。会后，应日中经济协会邀请，考察了日本的隧道工程和铁路建设，参观了正在施工中的台场、青函、关越、大清水、中山和盐泽六座长大隧道，对日本当前铁路、公路隧道施工水平，获得了深刻的印象。

日本隧道协会、铁道建设公团、道路建设公团、国有铁道、国铁技术研究所等，在我们参观考察中，给予协助并提供了必要的资料，还先后组织了几次技术座谈会介绍经验。有的日本朋友热心提供了自己的学术论文和个人保存的技术资料。

为系统地介绍日本隧道工程现状及今后发展趋势，我们整理编写了《日本隧道概况》供国内有关部门和人员了解参考。在编写过程中，参考了一九七五年中国土木工程学会隧道技术考察团编写的《日本隧道技术考察报告》以及《隧道译丛》等资料，并得到了铁道部基建总局、铁道部专业设计院、铁道部第四设计院、铁道部锦州铁路局设计所、铁道部科学研究院西南研究所、铁道兵科研所等单位的协助和支持，谨此一并致谢。

由于我们考察时间较短，水平有限，难免有错误或遗漏之处，希批评指正。

中国铁道学会隧道代表团

一九七八年十二月

目 录

第一章 综述	1
第一节 日本地貌和地质概况.....	1
第二节 铁路隧道.....	5
第三节 公路隧道.....	7
第四节 其他地下工程.....	8
第五节 日本隧道存在的问题和重大科研项目及其发展趋势.....	15
第二章 日本隧道的地质工作	18
第一节 各阶段地质工作内容与要求.....	18
第二节 弹性波速度探测.....	21
第三节 水平超前钻探.....	26
第四节 隧道围岩量测技术.....	40
第五节 隧道水文地质参数的测定.....	48
第六节 隧道围岩分类.....	51
第三章 一般隧道设计	55
第一节 隧道平面、纵向坡度及内轮廓.....	55
第二节 荷载.....	57
第三节 临时支撑.....	58
第四节 衬砌设计.....	65
第五节 回填压注.....	67
第六节 防排水.....	68
第七节 洞门.....	69
第八节 其他.....	69
第四章 岩石隧道的施工	77
第一节 概述.....	77
第二节 施工计划的编制.....	77
第三节 开挖方法.....	79
第四节 凿岩爆破.....	85
第五节 装碴运输.....	94
第六节 临时支撑.....	100
第七节 衬砌作业.....	105
第八节 辅助坑道设置.....	110
第九节 通风防尘.....	114
第十节 照明.....	117
第五章 不良地质隧道的施工	118

第一节	水下隧道注浆堵水的施工	118
第二节	山岭隧道对地下水的处理	131
第三节	几种通过不良地质地段的施工方法	142
第六章	盾构法	165
第一节	盾构的种类	166
第二节	盾构设计的主要参数	176
第三节	装配式衬砌设计	181
第四节	盾构施工	188
第七章	沉埋隧道	199
第一节	日本沉埋隧道现状	199
第二节	沉埋隧道的特点	199
第三节	沉埋隧道的技术问题	201
第八章	重点隧道工程简介	216
第一节	青函海底铁路隧道	216
第二节	关门海峡的三座海底隧道	223
第三节	铁路新干线隧道	233
第四节	高速公路隧道	237
第五节	地下铁道	247
附录 I	隧道漏水的处理方法	254
附录 II	新奥法(NATM) 设计、施工及量测技术	266
附录 III	日本隧道工程机械使用统计表	280
附录 IV	日本隧道内版式轨道 (Slab 轨道)	290
附录 V	日本及其他一些国家五公里以上铁路隧道概况表	297

第一章 综 述

这次在东京举行的1978年度国际隧道学术讨论会所涉及的隧道工程 (Tunnelling) 范围以及日本朋友介绍的日本隧道工程概况,除了用各种方法施工的铁路、公路等断面较小而又较长的作为通道的地下工程外,对其他的一些地下建筑如水工隧道、地下电站、地下商业区、地下停车场以及地下戏剧院、游泳池、贮油库等一些广泛利用地下的工程,都纳入隧道工程范畴之内加以讨论,因此本章除铁路、公路隧道外,并对其他一些地下工程按所了解到的情况作简要的介绍。

隧道工程与地貌和地质情况的关系至为密切。各个国家或地区的地貌、地质情况不同,隧道工程的设计和施工也因之具有不同的特点。本章首先介绍日本的地貌和地质情况,以便对日本隧道工程的特点能比较客观地了解和分析。当借鉴其经验为我所用时,要结合我国的具体情况来考虑。

第一节 日本地貌和地质概况

日本是一个包括北海道、本州、四国、九州以及其他岛屿在内的岛国。面积约三十七万平方公里,是一个位于欧亚大陆边缘的岛弧。岛弧西侧为鄂霍次克海、日本海及中国东海等海盆。岛弧东侧为太平洋及日本海沟、琉球海沟等深海沟,使日本岛弧构成一座自海床底面算起相对高差约达万多米的大山脉。

日本由于是一个岛国,四面临海,海岸线蜿蜒曲折;山脉、平原都属中小型,断续相间,仅在北海道中部、本州东北地区、关东山、纪伊山、中国山等地出现海拔二千米以上的高山,其余大部分属丘陵地形;水系也是源短流急,没有长大河流。由于日本百分之八十以上的领土均属山地,因此,在日本铁路建设中,隧道工程占有很大的比重。

日本地貌概况见图1—1。

日本岛弧属环太平洋造山带,是一个地质复杂、地震和火山等活动频繁的岛国。岛弧自新第三纪以来,即经历着剧烈的地质构造运动,并伴随着强烈的火山活动,使日本岛弧为几条大的地质构造线所分割,形成日本地质复杂、不连续和不稳定的特点。

日本的地质构造被一个由系鱼川—静冈及系鱼川—骏东两条构造线组成的“大地沟带”(Fossa Magna)分划为东西两部分。

在地沟带的西侧,又被一条叫做“中央构造缘”的构造带所分割,称为内带与外带。靠日本海一侧为内带,靠太平洋一侧为外带。均以变质岩地层为主。外带包括领家·阿武隈变质带(主要为黑色和绿色的片岩、蛇纹岩、玢岩等);三波川(御荷铨)变质带(主要为板岩、砂岩、石灰岩等)等地层。内带包括飞驒变质带(主要为片麻岩)和三郡变质带(主要为绿色的或黑色的千枚岩)等地层,如图1—2。

在地沟带的东侧,构造线不明显,主要为新第三纪的地层,称为“绿凝灰岩带(green-tuff)”(包括泥岩、粉沙岩、凝灰岩等)。如图1—3。

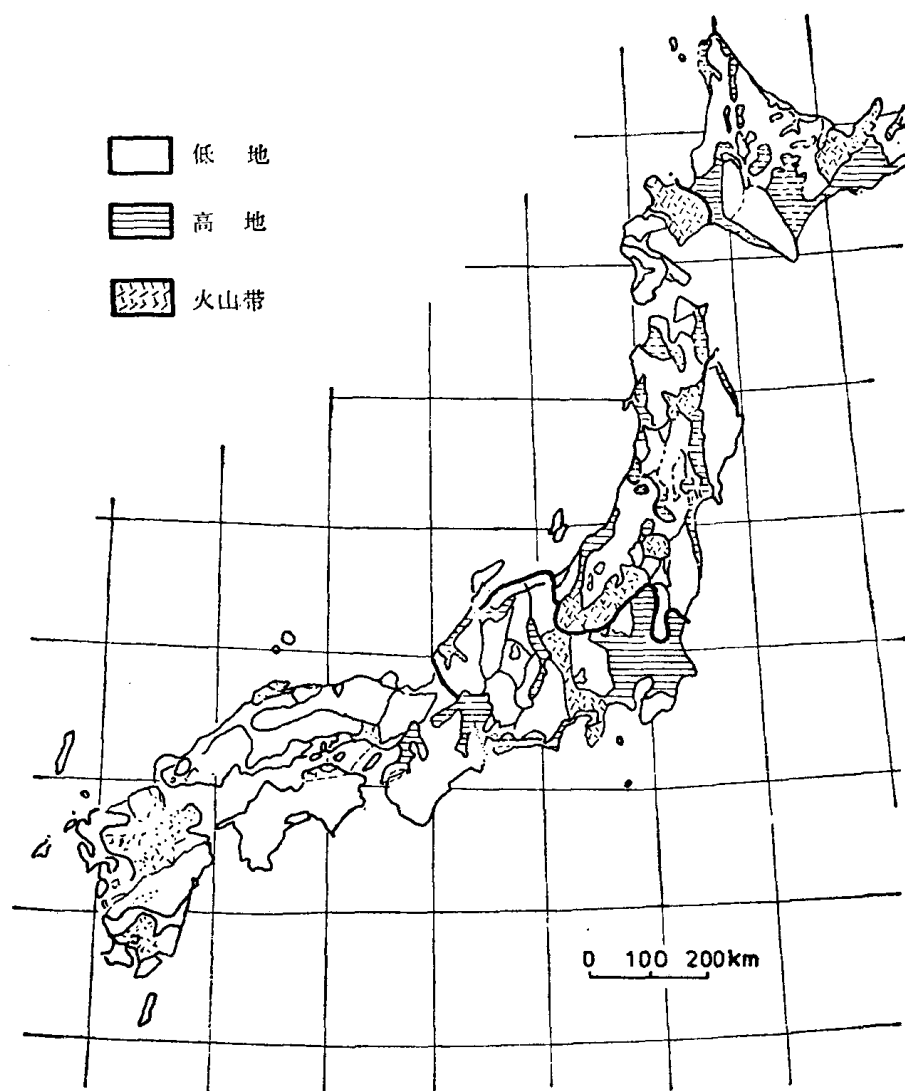


图 1—1 日本地貌概况图

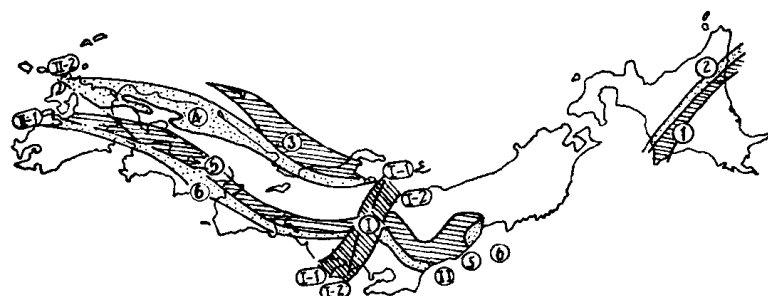


图 1—2 日本地质构造示意图

在中部山区，有古生代板岩、砂岩、页岩及广岛花岗岩出露，由于岩质较坚硬，形成中部山区地形陡峻的地貌。在山间盆地、河谷、海湾则主要为第四纪的冲积层、淤积层等松软地层。

在日本，第四纪以来的火山活动也很活跃，构成日本重要的地貌和地质的特点。这些火山岩主要是熔岩、火山碎屑岩和火山灰等地层。第四纪以来的火山喷出物如图 1—4。

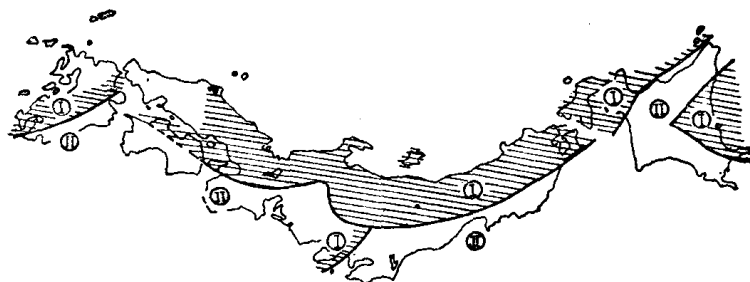


图 1—3 日本“绿凝灰岩”带分布示意图

① 绿凝灰岩地域岛弧之内带火山分布地域 ② 岛弧之外带

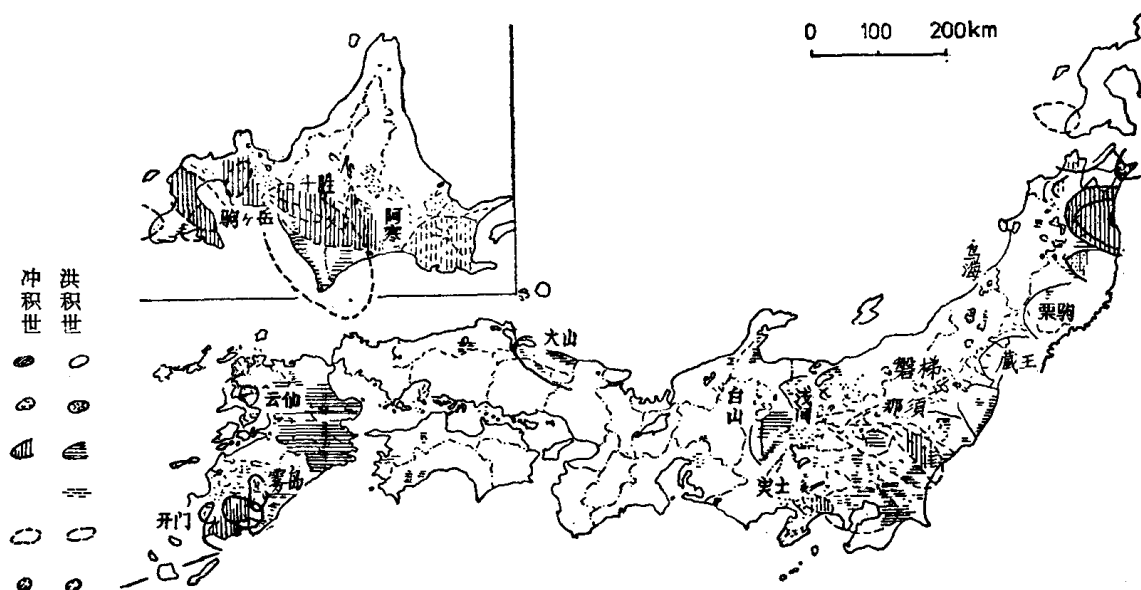


图 1-4 第四纪火山喷出物分布示意图

日本由于雨量充沛，因而岩石裂隙、破碎带和松软地层经常为地下水所饱和，给隧道施工带来很多地下涌水的问题。此外，岩爆、地热高温、活动性断裂等也是日本隧道工程经常遇到的地质问题。

上述这些地质构造和地层的特点，决定了日本隧道工程的地质条件。除中部山区的隧道工程会遇见花岗岩、砂岩、石灰岩等岩质较坚硬的地层以外，其余地区的隧道工程所遇见的地层，大部分都是板岩、片岩、蛇纹岩等变质岩或凝灰岩、火山碎屑岩、火山灰等火山岩地层，这些地层岩质软弱，或由于地质构造运动火山活动的影响，大都被挤压破碎，而且地下水丰富。在海底隧道或城市地下铁道则大部分为第四纪的地层（如沙砾层、粘土层、淤泥层等）。这些情况，构成了隧道施工和运营中复杂的工程地质和水文地质条件。

日本由于新构造运动剧烈，地震十分频繁。近五十年来，大的地震有如：1923年9月1日关东地震（7.9级），1933年3月3日三陆地震（8.5级），1938年5月23日盘城地震（7.5级），1943年9月11日乌取地震（7.3级），1944年12月7日东南海地震（8.3级），1946年12月21日南海道地震（8.1级），1948年6月28日福井地震（7.2级），1952年3月4日十胜地震（8.2级），1953年11月26日房总半岛地震（7.5级），1964年6月16日新泻地震（7.5级），1968年5月16日十胜地震（7.8级），1973年6月17日根室半岛地震（7.4级）；最近的如：1978年1月14日伊豆大岛近海地震（7.0级），1978年6月12日宫城县近海地震（7.4级）。历次的强烈地震都对隧道造成不同程度的破坏，因此，防震问题是日本隧道工程中的重要问题。在隧道设计中，除山岭隧道及深埋在基岩中的水下隧道一般不考虑地震影响外，

在洞口浅埋地段，或用沉埋、盾构等方法施工的浅埋水下隧道，则要考虑地震影响，采取加设柔性接头或其他的抗震措施。日本在抗震设计中，根据地震活动情况，将全国划分为三个地震区（A、B、C、），据据工程情况采取不同的地震区域系数来进行具体的计算和采取相应的措施。地震区域如图 1—5。

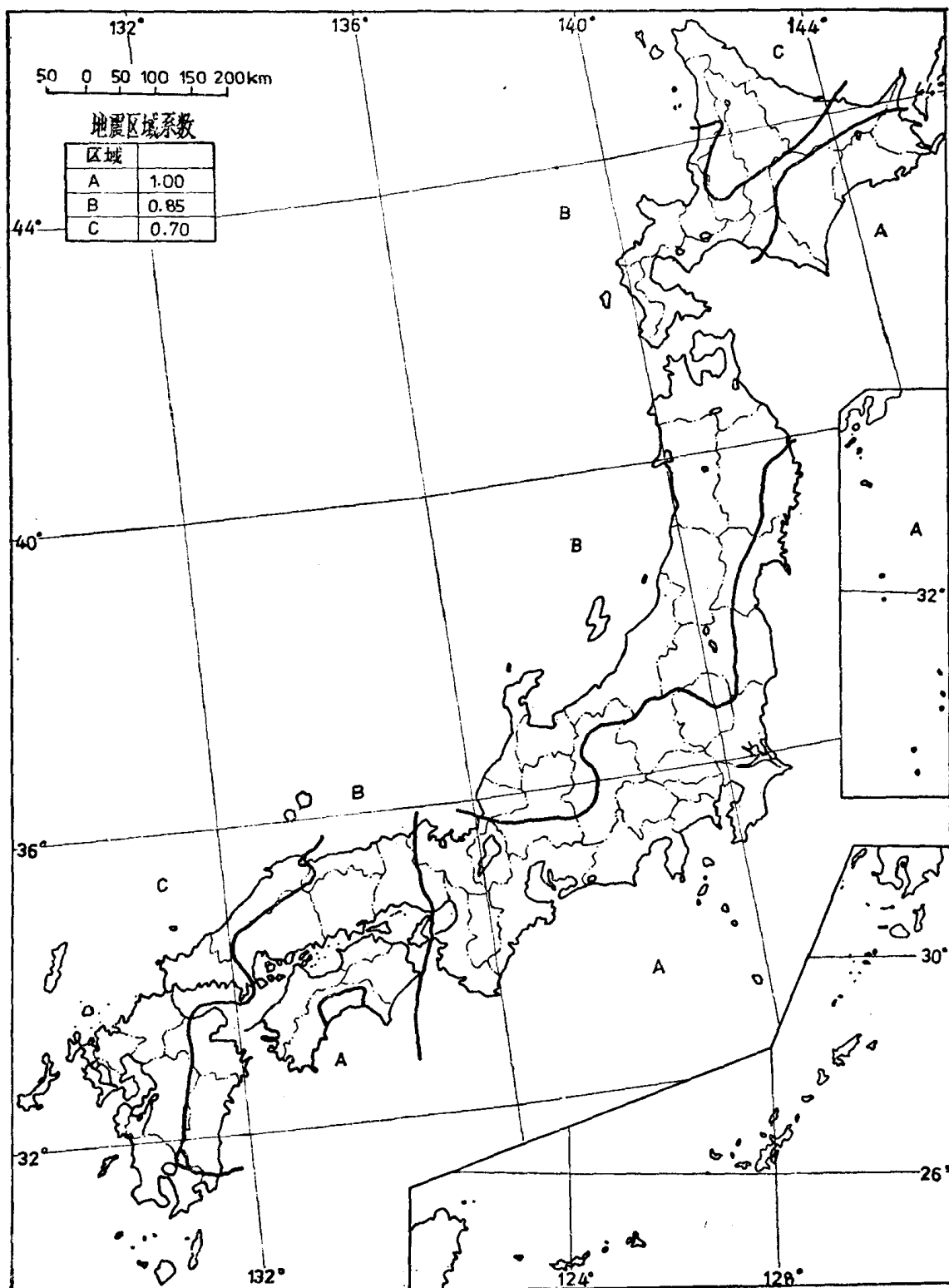


图 1—5 日本地震区域图

环境污染问题在日本现在日益引起重视，也作为一项地质问题纳入地质调查内容。在隧道工程中与地质有关的环境污染问题列于表 1—1。

隧道工程中与地质有关的环境污染

表 1—1

时 期	环 境 污 染 项 目
施 工 期 间	1. 岩石爆破引起的地表震动和噪音 2. 施工机械造成的地表震动和噪音 3. 由开挖坑道引起的地下水位变化或地表缺水 4. 由隧道排出的有害废水和污水 5. 由于隧道排出大量涌水而破坏正常排水道 6. 地下水位变化而引起的水质污染 7. 由开挖坑道引起的地面下沉和边坡破坏 8. 由弃土堆引起的流泥流砂 9. 由灌注化学浆液引起的水化学污染和地表开裂 10. 由弃土引起的道路污染 11. 由冻结法施工引起的冻害 12. 由气压法施工造成的缺氧
运 营 期 间	13. 由列车运行引起的地表震动 14. 由于泥沙流动引起的地表下沉 15. 由于土壤压实引起的地下水位升高

第二节 铁 路 隧 道

日本现有铁路，1976年运营里程为26,867公里，其中国有铁道21,276公里。据1977年的统计资料，国铁共有隧道3,768座，总延长1,811公里，占线路总长的8%。

日本铁路隧道工程的发展，是随铁路建设的发展而发展的。日本第一条铁路是1870年开工，1872年建成通车的东京至横滨铁路，全长29公里，轨距1,067毫米（3.5英尺），其中有一座叫做石屋川隧道长61米，是在英国工程师指导下修建的，采用的是明挖的方法，用砖砌拱。到了1878年修建长达665米的大阪山隧道时，才由日本的工程师单独修建隧道，这时还是采用手工方法施工。当时，由于采用人工修路，开挖隧道很困难，因此铁路选线尽可能地避开隧道，铁路标准不能提高，也妨碍铁路网的形成。

到了1880年，在一座长1,352米的隧道中首次使用了凿岩机和黄色炸药，通风机也是第一次在这座隧道引进使用，该隧道于1884年完工。继此隧道之后，在日本铁路隧道建筑史上，筐子隧道（总长4,656米）是值得注意的一座隧道。这座隧道于1896年开工，1902年完工，采用了当时最新的施工技术和设备，该隧道直至1931年清水隧道（长9,702米）完工前仍为日本最长的一座隧道。当时水力发电兴起，给隧道施工提供了电灯照明和电话设备，以代替传统的灯笼；同时，在出碴运输中第一次引进倾卸车和电瓶车，在由动力代替手工劳动和畜力运输方面迈出了第一步，隧道的工作条件大为改善，从而提高了施工进度。

此后，日本铁路隧道在施工技术方面又有所发展。

1917年，在修建中雾山隧道（长1,252米）时，第一次使用混凝土作为隧道的衬砌材料，后来混凝土衬砌就代替了砖砌。与此同时，在修建折渡隧道时，由于地质条件不好，第一次采用了盾构法。

1921年,在开挖新大阪山隧道(长2,325米)和东山隧道(长1,865米)时,引进了称为“奥地利型”的下导坑开挖方法,这种方法便于出碴运输,有利于长隧道快速施工。从此以后,奥地利型的开挖方法就成为日本标准的隧道开挖方法。

长达7,804米的丹那隧道是1916年开始修建的,这座隧道经历了17年,遇到很大伤亡,是日本隧道修建史上空前困难的工程。接着1920年又开始修建清水隧道,便进入了长隧道施工时期。为了克服长隧道施工的困难,除了钻眼爆破方法以外,还采取了一些与日本的复杂的地质情况相适应的施工方法,如水泥灌浆法、顶部盾构(Roof Shield)法等。在修建长隧道的同时,还修建了许多2公里以上的隧道,并对钻机、炸药、雷管及支撑方法等一些技术进行了研究改进。二十世纪初,日本铁路隧道建筑达到了一个高峰。本世纪三十年代以后,隧道施工技术又有了一次发展,如钻机的钻头采用可拆卸式和延迟电雷管、木拱支撑、钢模板的采用,以及通过海底的关门隧道(长3,614米)用盾构施工采用混凝土管片的成功等。由于隧道工程的进展,加速了铁路建设,到1935年,日本全国就形成了大约15,000公里的铁路网,还有一部运输繁忙的干线实现了复线和电气化。

第二次世界大战以后,日本铁路进入了一个恢复和发展时期,隧道工程也从饭田干线开始新的活动。1955年完工的三根隧道(长3,619米)采用了拱形支撑,因而提出的下导坑上半断面开挖法(旧奥地利法的简化)得到实际应用。这种方法特别适用于日本的变化多端的地质。现在,这种方法,已成为日本隧道普遍使用的一种施工法。

1964年完工的位于北陆本线的北陆隧道(长13,870米),是日本第一座超过10公里的大断面(双线)隧道。修建这座隧道时,采用了斜井和竖井作为辅助导坑,将隧道分成四个施工段,五年就完工。在这座隧道施工中,集中了当时的隧道施工新技术,包括开挖方法、钢拱支撑、大型机械和辅助导坑等方面。直到现在,日本长大隧道的施工基本上都采用这些技术;此外,还特别注意引进其他国家的一些先进技术如注浆止水,喷射混凝土与锚杆支护,掘进机开挖等。由于掌握了修建长隧道的先进技术,使日本修建高速新干线的进度有了把握。

五十年代末期,日本开始修建高速新干线。第一条新干线是1959年至1964年修建的东京至大阪长515公里的东海道新干线,轨距为1,435毫米,设计最高行车速度为每小时200公里,实际达到每小时210公里。由于新干线线路标准要求高,这就增加了隧道的长度。这条铁路的隧道长度为60.5公里,占线路总长的13%,较原有的全是窄轨的铁路隧道占线路总长的比例大1.5倍。其后在1975年完工的山阳新干线全长565公里,隧道总长275公里,占49%。正在修建的东北新干线全长496公里,隧道总长114公里,占23%;上越新干线全长270公里,隧道总长106公里,占39%;成田新干线全长65公里,隧道总长12公里,占18%。以上新干线共1911公里,隧道总长575公里,占30%。这些逐渐向山区延伸的新干线,不但隧道总长占线路长度的比例很大,而且还出现许多长大隧道,如山阳新干线的六甲隧道(长16,250米)、新关门隧道(长18,713米),东北新干线的藏王隧道(长11,175米),上越新干线的大清水隧道(长22,228米,为目前世界上最长的山岭铁路隧道)等。现在日本及其他一些国家长于五公里的隧道详见附录V,其中日本所占数量也是较多的,由此可见日本铁路隧道工程的概貌。

日本目前正在研究并已完成基本设计的高速铁路新干线有:盛冈~青森、青森~札幌、东京~大阪(由东京经高崎、长野、高冈、敦贺等至大阪)、福冈~鹿儿岛和福冈~长崎等,总长度1,700公里,隧道总长940公里,占55%。现在正在施工的由本州的青森通过津轻海峡到北海道的函馆的青函海底隧道,全长53.85公里,是目前世界上最长的水下隧道,完

工后将铺设标准轨距和窄轨在一起的套轨线路,同时通行高速列车和一般列车。

根据日本高速铁路新干线网改进计划,目前仍在方案设想的总长度为9,000公里,包括既有铁路隧道的改建和新建在内,隧道建设的总长度预计可达到4,000公里。由此可见,隧道工程在日本铁路建设中所占的比重越来越大,遇到的问题也会越来越多,但吸收熟练工人参加道隧施工越来越困难,因此他们正在探索更简单而又有效的施工方法和机械设备等来加快隧道的建设速度。

第三节 公路隧道

日本在明治(1868~1912年)时期就开始修建比较好的公路,同时修建了相当正规的公路隧道,如久里高隧道(长860米)、宇都野隧道等,但是由于当时也引进了铁路运输技术,铁路的修建占了优势,公路就得不到重视,转而集中于铁路网的建设。

第二次世界大战后,汽车运输日趋发展,于五十年代便开始修建现代化的公路。自1954年起,进行有计划的修建公路,并将公路工程纳入长期计划。根据这个计划,公路修建速度很快,公路隧道也相应增加。到1973年,公路隧道总长度大约为650公里,见表1—2。日本公路隧道大约每年增加30公里。按1975年资料,正在修建和设计的3,300公里高速公路中,其隧道总长达350公里,3公里以上者有10座以上。

日本公路隧道统计表 (1973年3月)

表1—2

公路类别	长度 (公里)	隧道座数	隧道总长度 (公里)	隧道平均长度 (米)	隧道占公路总长的 %
高速公路	1213.9	42	22.0	524	1.812
国有公路	32876.5	1,262	304.1	241	0.925
地方干线	38508.9	728	100.3	138	0.260
县级公路	89280.9	910	127.0	140	0.142
市属公路	887830.5	1,371	101.6	74	0.011
总计	1049710.3	4,313	655.0	152	0.062

从表1—2可以看出,公路标准越高,隧道所占比例就越大。这是因为,公路标准越高,线路的曲线半径和坡度要求就越严,从而就需要增加隧道。公路隧道长度的增加也是显著的,这种趋势的原因是:

1. 将要修建的公路,高标准的居多;
2. 公路工程深入山区;
3. 对公路安全方面的要求日趋严格,为了避免大量路堑,修建隧道的机会日多;
4. 在市区修建公路时,采用隧道可减少购地的困难;
5. 修建隧道可以减少公害。

日本公路现在不但有很多山岭隧道,近来在东京和大阪的沿海湾或沿海岸区进行了大量隧道工程。另外,还有穿越河口及通航河道的沉埋隧道。

截至1972年的统计资料,日本超过2公里的公路隧道如表1—3。日本正在施工的最长的公路隧道是关越隧道(长10900米),已于1977年7月正式开工。有一座长达11.6公里的公路隧道正在设计中。

日本的公路隧道技术,也和铁路隧道一样,达到相当高的水平,特别是运营通风、照明以

日本 2 公里以上公路隧道表

表 1—3

隧 道 名 称	位 置	长 度 (米)	施 工 年 月
惠 那 山	长 野 县	8,448.5	1969~
第 二 六 甲 山	神 户 市	6,900	1971~1975
新 笹 子	山 梨 县	上行 4,417 下行 4,414	1971~
关 门 国 道	下 关 市	3,461.4	1939~1957
敦 贺 子	福 井 县	3,175	1971~
六 甲 山	山 梨 县	2,953	1955~1958
神 坂 子	神 户 市	2,890	1964~1966
西 栗 子	山 梨 县	2,778	1965~1966
月 山 1 号	未 泽 市	2,675	1962~1965
仙 人	山 形 县	2,620	1972~
千 代 田	岩 手 县	2,528	~1962
东 栗 子	东 京	上行 2,387 下行 1,480	1962~1964
Kuwadai	福 岛 县	2,376	1963~1965
Yoruhiru	岩 手 县	2,310	1967~1969
矢 野 川	爱 媛 县	2,141	1967~1970
二 本 坡	尾 鷲 市	2,075.5	1965~1967
	静 冈 市	上行 2,005 下行 2,045	1966~1968

及消防设施等都具有世界水平，如惠那山隧道，其详细情况在第八章予以介绍。

第四节 其他地下工程

一、地 下 铁 道

目前，日本有东京、大阪、名古屋、横滨、札幌和神户六个大城市的地下铁道正在运营使用。现在这些城市仍在继续修建新的地下铁道。此外，千叶县和京都府已开始修建第一条地下铁道，福冈已准备修建地铁，而广岛、仙台和其他府县城市目前正积极研究他们的地铁建设计划。看来人口超过100万的城市，为了适应未来的交通需要和城市空间的合理利用，都迫切需要修建地下铁道。

表 1—4 ~ 表 1—12 列出日本各个城市正在运营、修建和设计的地下铁道，可以看出各个城市地铁概况。日本根据其现有城市的具体情况以及其特殊的地质情况，采取了多种多样的设计和施工方法，并取得了成功的经验，将在第八章予以介绍。

二、上 水 隧 道

上水隧道是水源和过滤厂之间最常用的送水通路。分配和传送过滤厂的净水用的水道主要由地下压力管道组成，常用的铺设水管的方法是明挖埋填法；当水道必须在铁路下面穿过时，则采用顶管法。

六十年代以后，由于城市大量扩展，交通密度增加，其他地下设施也在发展，在市内用

东京地下铁道表

表1—4

线 号	规划全长 (公里)	运营 长度 (公里)	地下部分按不同施工方法划分(米)						地面部分 (米)	正在修建 (公里)	计划修建 (公里)	轨 距 (毫米)	供 电 系 统
			明 挖	盾 构	沉井	沉埋	矿山法	合 计					
1	26.8	25.2	17,633	1,138	662			19,433	5,700	1.2		1435	悬 挂
2	40.0	26.6	16,818		1,058			17,876	9,513	12.6		1067	悬 挂
3	16.9	14.3	13,831				135	13,966	509		2.3	1435	第三轨
4	27.4	27.4	24,731	231	308			25,270	2,135			1435	第三轨
5	47.4	30.8	13,851	1,712	1,558			17,121	14,679		15.6	1067	悬 挂
6	61.5	21.0	16,083	1,522				17,605	3,610	1.5	39.0	1067	悬 挂
8	75.2	10.2	7,952	2,880	19			10,851			64.3	1067	悬 挂
9	59.1	26.2	15,758	3,848	12			19,618	9,510	3.3	29.6	1067	悬 挂
10	87.7	12.5							12,800	23.2	51.7	1372	悬 挂
11	23.4									19.5	3.9	1067	悬 挂
12	42.9										42.9	1067	悬 挂
13	22.5									6.3	16.2	1435	悬 挂
合 计	530.8	196.2	126,657	11,331	3,617		135	141,740	58,456	67.6	265.5		二 条 第三轨 十 条 悬 挂

大阪地下铁道表

表1—5

线 号	规划全长 (公里)	运营 长度 (公里)	地下部分按不同施工方法划分(米)						地面部分 (米)	正在修建 (公里)	计划修建 (公里)	轨 距 (毫米)	供 电 系 统
			明 挖	盾 构	沉井	沉埋	矿山法	合 计					
1	25.9	25.4	13,816		956		132	14,904	11,019			1435	第三轨
2	41.6	10.4	9,298	982	658			10,938		6.4	24.3	1435	第三轨
3	29.9	11.4	9,970	1,090	491			11,551			18.3	1435	第三轨
4	40.3	12.3	3,654	2,961	55			6,670	5,824		27.8	1435	第三轨
5	19.6	9.0	7,307	2,451	57			9,815			9.8	1435	第三轨
6	18.0	7.0	6,128	1,059	373	96		7,656			10.3	1435	悬 挂
合 计	175.3	75.5	50,173	8,543	2,590	96	132	61,534	16,843	6.4	90.5		

名古屋地下铁道表

表1—6

线 号	规划全长 (公里)	运营 长度 (公里)	地下部分按不同施工方法划分(米)						地面部分 (米)	正在修建 (公里)	计划修建 (公里)	轨 距 (毫米)	供 电 系 统
			明 挖	盾 构	沉井	沉埋	矿山法	合 计					
1	23.0	17.5	14,848	388	104			15,340	2,918		4.8	1435	第三轨
2	15.4	14.9	13,645	1,716				15,361				1435	第三轨
3	35.6									13.9	21.7	1067	悬 挂
4	16.8	5.7	4,081	1,508				5,589			11.2	1435	第三轨
合 计	90.8	38.1	32,574	3,612	104			36,290	2,918	13.9	37.7		

神户地下铁道表

表1—7

线号	规划全长 (公里)	运营 长度 (公里)	地下部分按不同施工方法划分(米)						地面部分 (米)	正在修建 (公里)	计划修建 (公里)	轨 距 (毫米)	供 电 系 统
			明 挖	盾 构	沉井	沉埋	矿山法	合 计					
1	5.5	5.7	4,675		37			4,712	762			1435	悬 挂
2	1.3	1.5	1,342					1,342				1435	悬 挂
3	0.4	0.4	380					380				1067	悬 挂
4	17.0									6.0	11.0	1435	悬 挂
合计	24.2	7.6	6,397		37			6,434	762	6.0	11.0		

横滨地下铁道表

表1—8

线号	规划全长 (公里)	运营 长度 (公里)	地下部分按不同施工方法划分(米)						地面部分 (米)	正在修建 (公里)	计划修建 (公里)	轨 距 (毫米)	供 电 系 统
			明 挖	盾 构	沉井	沉埋	矿山法	合 计					
1	18.6	5.3	5,014	618	10			5,642		3.2	9.8	1435	第三轨
2	19.2									3.1	16.1	1435	第三轨
合计	37.8	5.3	5,014	618	10			5,642		6.3	25.9		

京都地下铁道表

表1—9

	规划全长 (公里)	运营 长度 (公里)	地下部分按不同施工方法划分(米)						地面部分 (米)	正在修建 (公里)	计划修建 (公里)	轨 距 (毫米)	供 电 系 统
			明 挖	盾 构	沉井	沉埋	矿山法	合 计					
	14.0									7.4	6.6	1435	悬 挂

札幌地下铁道表

表1—10

线号	规划全长 (公里)	运营 长度 (公里)	地下部分按不同施工方法划分(米)						地面部分 (米)	正在修建 (公里)	计划修建 (公里)	轨 距 (毫米)	供 电 系 统
			明 挖	盾 构	沉井	沉埋	矿山法	合 计					
1	25.0	12.1	7,634		178			7,812	4,812	2.5	9.9	2180 (胶轮)	第三轨
2	20.0									10.7	9.3	2180 (胶轮)	悬 挂
合计	45.0	12.1	7,634		178			7,812	4,812	13.2	19.2		

千叶县地下铁道表

表1—11

	规划全长 (公里)	运营 长度 (公里)	地下部分按不同施工方法划分(米)						地面部分 (米)	正在修建 (公里)	计划修建 (公里)	轨 距 (毫米)	供 电 系 统
			明 挖	盾 构	沉井	沉埋	矿山法	合 计					
	29.5									4.8	24.7	1372	悬挂

东京、大阪、名古屋、神户、横滨、京都、札幌、千叶地下铁汇总表 表 1—12

规划全长 (公里)	运营长度 (公里)	地下部分按不同施工方法划分 (米)						地面部分 (米)	正在修建 (公里)	计划修建 (公里)	轨 距 (毫米)	供 电 系 统
		明 挖	盾 构	沉井	沉埋	矿山法	合 计					
947.4	334.8	228,449	24,104	6,536	96	267	259,452	63,791	125.6	481.1		
100%	36%											
		88%	9%	2.5%			100%					

注：表 1—4 ~ 表 1—12 系 1975 年 3 月的统计资料

明挖埋填法越来越困难，因而采用开挖隧道的方法做上水管道。自 1963 年起出现了城市上水隧道，随后，数量迅速增长，到 1974 年的统计资料，日本各主要城市有衬砌的上水隧道共 207 座，延长 191.1 公里，直径由 1,600 毫米至 5,900 毫米。

由于水管为压力管，仅衬以一层钢筋混凝土其承压强度是不够的，因此一般选用钢管或延性比较好的铸铁管等抗压管，并且嵌在隧道中。

上水隧道采取盾构法施工，一般是用于修建水路干线。盾构施工地段用的是混凝土管片或钢管片，采用二次衬砌。

顶管法原来用于穿越铁路，现在也用于短隧道工程。同时，为了提高顶管法的中线精度，发展了一种所谓“拖拉法”（Towing method），这种方法是，在土中管子后端用千斤顶顶推，前端管节上拴上钢丝绳，通过一个水平导孔牵引，以保持方向。

大城市市内及郊区对水的需要量预计将直线上升，同时为了解决水的污染和由于抽取地下水而引起地面沉降，给水系统的工程将面临许多问题，例如为了解决水的短缺，包括东京在内的大城市正在积极研究采用循环设备，并对水的消耗加以限制。为了避免在城市同一地段过多地修建隧道，将研究包括上水管道在内的多种用途的隧道，并采用大型盾构法来施工。对因隧道的开挖而带来的地面沉降问题也进行积极的研究。

三、下水隧道

1877 年，东京曾流行霍乱，这不幸事件推动了在东京神田修建了第一条下水道系统。进入二十世纪后不久，包括大阪、仙台、名古屋、广岛和神户等各大城市在内，在全国开始了下水道系统的修建工程，但是在第二次世界大战前的岁月里，施工进度徘徊不前，这也是由于那时对地下水道系统的重要性缺乏真正的了解。战后，人口大量流入城市，工厂废水及生活污水增加，造成了水源被污染的后果，下水道系统的修建成为了迫切的问题。

为了解决上述问题，从六十年代开始，全国各城市着手修建排污系统。特别是进入七十年代后，作为水循环系统的一部分，排污系统所起的作用显得更加重要，修建速度也加快了。但是与日本人口增长速度相比，排污系统的平均修建速度还是很慢的，据 1977 年统计，仅为人口增长速度的 20.7%；只有当全国最主要的公共工程转入优先发展排污系统工程时，预计排污系统的修建速度将稳步上升。

在城市，地面运输的繁忙和众多的复杂地下设施，用明挖埋填法铺设排污管道在很多情况下是十分困难的。因此，修建排污系统就需要用隧道施工法。但隧道法的先决条件是必须考虑各种地质条件，根据第一节所介绍的日本地质情况，下水道施工采用了各种盾构如人工盾构、半机械化盾构、全机械化盾构、泥水盾构等，完工后的管道内径为 1,200 毫米到 6,500