

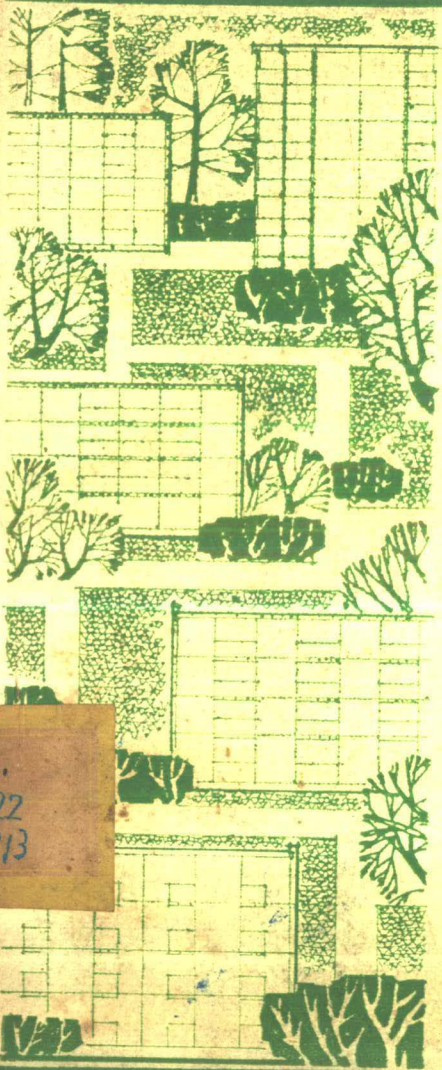
5622
62913

22238

住宅建筑设计方案图集

四川省工业建筑设计院

成都·1974



日 本 土 木 工 程 手 册

隧 道

〔日〕主审 浜 建介 (日本铁道建设公团)
干事 壶阪祐三 (日本国有铁道)
执笔者 远藤浩山 (东京都)
横山 章 (日本铁道建设公团)
大平拓也 (日本铁道建设公团)
吉川新吉 (东京电力)
高山 昭 (日本国有铁道)
吉村 恒 (日本国有铁道)
立石俊一 (建设省)
渡道 健 (帝都高速交通营团)

叶家骏 译 麦侗曾 校

中 国 铁 道 出 版 社

1 9 8 4 年 · 北 京

内 容 简 介

本书译自日本土木工程手册（1974年版）第22篇隧道。书中精练地介绍了日本及世界一些国家隧道工程和地下空间利用的经验，阐述了隧道工程的发展、计划、调查、设计和施工各方面的有关标准、方法、步骤、所需设备和各项要求等。

本书可供隧道工程技术人员和大专院校师生参考用。

日本土木工程手册

隧 道

〔日〕浜 建介等编

叶家骏 译

中国铁道出版社出版

责任编辑 陈 健

封面设计 王毓平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：850×1168 $\frac{1}{4}$ 印张：5.625 字数：134千

1984年1月 第1版 1984年1月 第1次印刷

印数：0001— 6,000册 定价：0.70元

出版者的话

从事各项工作的工程技术人员，都希望能得到一部内容较丰富而又切合实用的手册。

这些年来，我们在积极组织编写和出版有关铁路工程设计和施工技术手册的同时，征求一些国内专家对手册类工具书的意见。1979年中国土木工程学会桥梁及结构工程学会开会期间，经同济大学李国豪校长推荐，认为日本土木学会主编的1974年修订出版的土木工程手册，在内容上有其特色，它反映了现代科学技术的新成就，加强了基础理论方面的内容。为此，根据我国情况及我社的出版能力，决定选择其中的应用数学、材料力学、结构力学、土力学、水力学和水文学、混凝土、钢筋混凝土结构、钢结构、基础及挡土结构、桥梁、隧道等十一篇，作为十一个分册出版，供我国广大土木工程人员参考。

在各分册的翻译过程中，承陈英俊教授热心指导及各位参加译校同志的共同努力，提高了译文质量，我们在此深表感谢。

第22篇 隧 道

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 隧道的定义、用途、分类	
1.2 世界各国修建隧道动向	
1.3 隧道技术概论	
第2章 隧道计划	6
2.1 隧道计划	
2.2 隧道的断面形状	
2.3 隧道的平面和坡度	
第3章 山岭隧道施工	14
3.1 计划和调查	
3.2 开挖	
3.3 支撑	
3.4 衬砌	
3.5 施工安全	
3.6 竖井、斜井	
3.7 隧道掘进机	
第4章 明 挖 法	85
4.1 计划和调查	
4.2 箱形隧道设计	
4.3 施工	
第5章 盾 构 法	103
5.1 计划和调查	
5.2 衬砌和管片	
5.3 盾构	
5.4 施工	
第6章 沉埋法	116
6.1 计划和调查	
6.2 设计	
6.3 施工	
第7章 地下大空间开挖	133
7.1 设计	
7.2 施工	
第8章 特殊施工方法	144
8.1 灌注法	
8.2 冻结法	
8.3 排水法	
8.4 对膨胀性土压的施工方法	
8.5 特殊施工方法	
第9章 附属设备	162
9.1 通风设备	
9.2 照明设备	
9.3 应急备用设施	
9.4 其他附属设备	

第22篇 隧 道

第 1 章 绪 论

1.1 隧道的定义、用途、分类

隧道是修筑在地面下的通路或空间，但孔径太小，属于所谓管子范畴的除外。1970年经济合作与发展组织⁽¹⁾的隧道会议对隧道所下的定义为：以某种用途，在地面下用任何方法按规定形状和尺寸，修筑的断面积大于 2 m^2 的洞室。

修筑隧道和利用地下空间从原始时代起就已成为人类营生的一种方式。随着近代文明的发展，才使它成为土木工程学的一个学科，并应用近代工程技术修筑了很多隧道。近代此种技术有了更大的发展，因此能更准确、更快、更经济地进行，不仅能象从前那样的穿凿岩石或坚硬地层，而且还普遍推广了在软弱地层及水下修筑隧道的方法。这些技术都是由于适应社会上需要大量而多样化的隧道这一要求而得到发展的。

当前隧道除仍用于铁路、公路交通和水力发电、灌溉等水工隧洞外，也用于上下水道、电线路等大型管路的通道，另外还将过去理解为地下通路的隧道概念，扩大到地下空间的利用方面，包括诸如地下发电变电所、地下汽车停车场、大型地下车站、地下街道等适用隧道工程技术的建筑物。

隧道除按上述用途分类外，从地质上还可按开挖对象划分为岩石隧道和土砂隧道，并可根据施工场所的不同区分为山岭隧道、城市隧道和水下隧道等。此外，过去视为特殊施工方法的盾构法或沉埋法，今天已经普及，因此也可以将这些方法包括在

(1) 译注：简称OECD，译为经合组织。

内，而按施工方式、方法进行详细的分类。

表—1.1和表—1.2列出的是世界上最长大的铁路隧道和公路隧道各10座。

表—1.1 世界上十大铁路隧道（截至1972.3.16）

单位	隧 道 名 称	国 名	延 长 (m)
1	辛普朗 (S)	瑞士——意大利	19 823
2	亚平宁	意大利	18 518
3	六 甲	日 本	16 250
4	戈特哈德	瑞 士	14 998
5	列奇堡	瑞 士	14 612
6	北 陸	日 本	13 870
7	塞尼山	法国——意大利	13 657
8	新清水 (S)	日 本	13 500
9	喀斯喀特 (S)	美 国	12 543
10	颈 城	日 本	11 353

(注) (S) 为单线断面，其他为复线断面。

表—1.2 世界上十大公路隧道
(截至1972年1月，并包括施工中隧道)

单 位	隧 道 名 称	国 名	延 长 (m)	工 期	备 注
1	戈特哈德	瑞士	16 322	1970~	施工中
2	勃朗峰	法国—意大利	11 600	1959~1965	
3	格兰萨索	意大利	10 173 10 170	1968~	施工中
4	泽利斯堡	瑞士	9 250		施工中
5	惠那山	日本	8 443.5	1969~	施工中
6	第二六甲山	日本	6 800	1971~	施工中
7	圣贝尔纳底诺	瑞士	6 596	1962~1966	
8	拉德斯塔特尔	奥地利	6 400		施工中
9	大圣贝尔纳德	瑞士~意大利	5 828	1959~1964	
10	豪克利	挪威	5 600	1968	

1.2 世界各国修建隧道动向

世界各国对隧道的需要是随着社会经济的发展而增长的。对于铁路和公路来说，为了扩充更长距离的高速交通，需要修筑更多的山岭隧道。另外，在近年来高度发展的高密度的大城市中，为了容纳地下高速铁路和公路、大容量的上下水道和多层利用地下空间的各项城市设施，也有必要兴建大量多种用途的隧道。

根据上述OECD隧道会议的调查，世界上参加该组织的国家过去10年间修建的隧道延长，如表—1.3。今后10年间预计修建的延长，如表—1.4。如将以上两表加以比较，则可预测出未来需要量将为过去同期间的两倍，特别是运输设施和公用事业这两部门的需要更为多些，而且在城市中有关特殊用途的各种地下

表—1.3 1960~1969年世界隧道施工延长的比较

国 名	运输设施 (km)	水 道 (km)	公用事业 (km)	合 计 (km)
澳大利亚	6	118	75	199
奥 地 利	4	28	—	32
比 利 时	11	—	—	11
加 拿 大	58	48	45	151
丹 麦	1	—	3	4
法 国	72	824	2596	3492
西 德	100	76	1283	1459
爱 尔 兰	—	—	—	—
意 大 利	545	34	3	582
日 本	1078	499	15	1592
荷 兰	9	—	—	9
挪 威	75	658	—	733
葡 萄 牙	11	73	10	94
西 班 牙	106	138	—	244
瑞 典	42	186	200	428
瑞 士	9	512	—	521
英 国	63	90	102	255
美 国	103	656	2698	3457
合 计	2293	3940	7030	13263

空间的利用方面，增加将更为显著。

表—1.4 1970~1979年预计世界隧道需要量

国 名	运输设施 (km)	水 道 (km)	公用事业 (km)	合 计 (km)
美 国	477	1020	8724	10221
法 国	270	574	2352	3196
日 本	2306	370	173	2849
意 大 利	892	—	—	892
瑞 典	152	227	346	728
挪 威	80	635	—	715
西 德	266	108	232	606
英 国	212	196	183	591
西 班 牙	158	128	—	286
澳大利亚	25	70	79	174
其 他	297	178	73	548
合 计	5135	3506	12162	20806

1.3 隧道技术概论

隧道工程要在地下挖掘所需要的空间，并修建能长期经受外部压力的衬砌结构。工程进行时由于承受周围岩石或土砂等重力而产生的压力，不但要防止可能发生的崩塌，有时还要避免由于地下水涌出等所产生的不良影响。因此，为了适应多种多样的条件，隧道技术也是复杂而多方面的，并且随着技术的发展，范围正在日益扩大。

隧道技术与地质学和水文学、岩石力学和土力学、应用力学和材料力学等有关理工科各部门有着密切的联系。它同时应用测量、施工机械、炸药、照明、通讯等各类工程学科，并由于对金属、水泥混凝土、压注药剂之类化学制品等的有效利用，而使其与广泛的领域保持着联系。因此，有关隧道技术的基础理论和实际应用，不但涉及到土木工程等有关学科，而且也联系到其他工科学科的范围，由此可以预见成立隧道工程学的发展前途。

隧道技术，对应于修筑隧道过程的各个阶段，可以大致分为：

调查计划技术（有关地质、水文等的调查和预测、测量等）；

设计技术（指岩石力学、土力学和结构力学、材料等）；

施工技术（指开挖、运输、支撑衬砌的施工、地基改良、为改善施工条件而采用的特殊施工方法、安全卫生等）；

运用技术（指照明、通风、维修管理、防灾等）。

对各种隧道，都在研究和运用上述各项技术，由于当前隧道的用途和施工方法种类很多，现场条件又很不同，对应于这些，每个隧道都有各自的特色。作为隧道，固然有其共同之点，但目前有时也能看到有其独特技术形成的情况。

对此多种多样多方面的隧道技术，以往是由企业主、施工者在各自范围内发展起来的。为综合这些研究和经验，使隧道技术更迅速地发展，日本于1961年在土木工程学会内设立了隧道工程学委员会，研究和刊行了《隧道标准规范》和《盾构施工指南》，做了一系列技术的研究探讨和普及工作。另外，前述国际组织OECD认识到有必要研究促进隧道的利用及其施工技术，而于1970年在华盛顿召开了国际隧道会议，会上建议参加该组织的国家，设置有关隧道技术的中心组织，各国通过该组织组成国际的协作机构，并增强技术交流。这样，国内外促进隧道技术进步发展的趋势正在增强，可以期待将会取得巨大的成果。

第2章 隧道计划

2.1 隧道计划

不论修建山岭隧道还是城市隧道，通常都按计划、调查、设计、施工等顺序分阶段进行。隧道的计划工作，是选定适合于修建目的的路线，决定大致的断面形状；注意根据调查及施工设计的进展，在断定原计划不适用时，对原计划作重新考虑，并加以修正。

隧道，因受地形及地质等外界条件的支配，其施工的难易程度和工期工费容易发生大的变动，因此对计划必须经过慎重的比较研究来决定。

土木工程学会制定了《隧道标准规范》，作为隧道调查、计划、设计、施工的全面指南。在一般山岭隧道施工时，应充分研究，有效利用之。

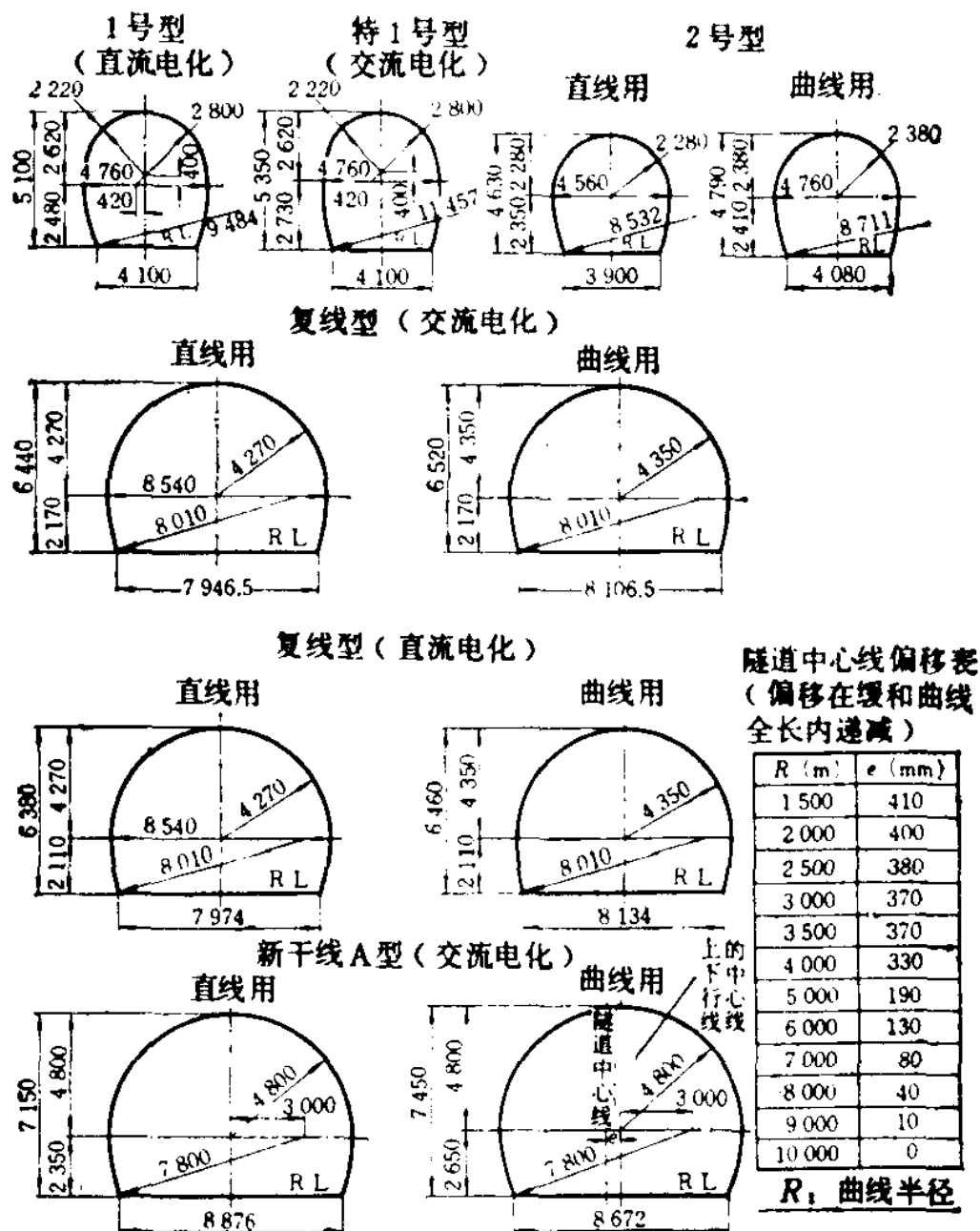
2.2 隧道的断面形状

决定隧道断面形状的因素，是按照用途决定的隧道净断面，和设计施工上所必要的隧道建筑物尺寸。

为适应隧道的用途，铁路隧道要符合建筑限界并预留必要的限界以外的富余量；公路隧道要包括建筑限界和通风及其他必要的空间；水工隧洞要满足必要的过水断面积，并确保能成为水流形状的净断面。在这种情况下，因考虑到施工误差和预计土压所产生的形状变化，或由于补强、设备变更而占用空间等，通常要求预留适当的富余量。对铁路隧道，在铁路车辆限界之外还设有建筑限界，要求在建筑限界外再留10~15cm的富余量，用来设计隧道的净断面。对上下水道用的隧道，预计到将来过水量的增加，采用留有富余的设计过水量和断面，在计划上也是有利的。

隧道的横断面是在包含上述净断面的基础上，按所需衬砌厚度和能承受土压等荷载的形状通过设计而决定的。隧道断面形状可选择与土压相适应的最经济的形状。为此，山岭隧道通常采用三心圆或五心圆构成的马蹄形。地质条件良好时，铁路和公路隧道的边墙部分也有做成竖直的，但地质条件不良时，则做成与拱圈相连续的圆弧形，更坏时要设仰拱组成闭合断面。土压强大时，也常有采用卵形或圆形的。

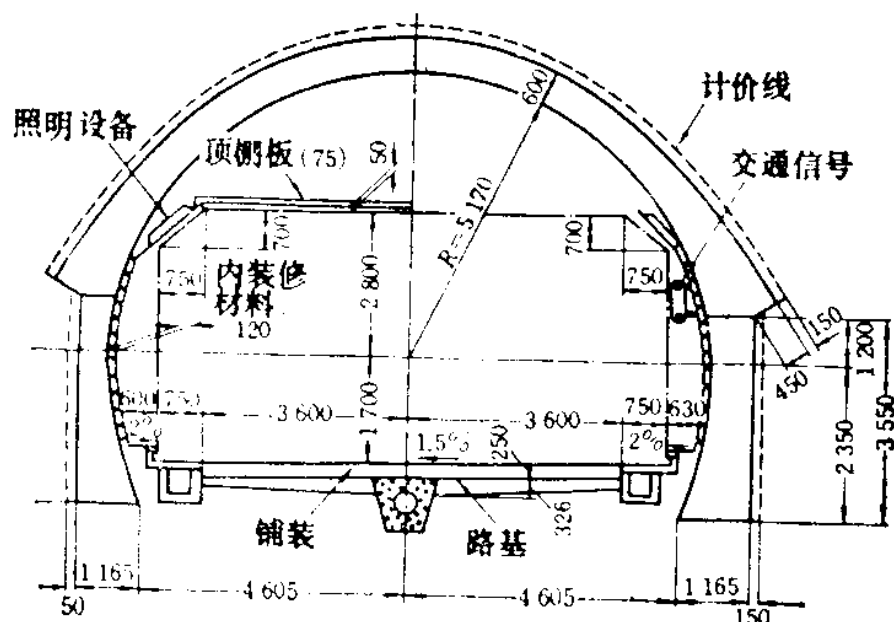
隧道断面，特别是当宽度加大时，土压的影响也显著加大，施工的困难性也随之增大。因此，有时采取两个以上较小隧道的计划要比一个大断面的隧道计划更经济、安全和迅速。例如铁路隧道，将两座并行的单线隧道换成一座双线隧道时，就有这个问



图一2.1 隧道标准断面 (国铁)

- ① 隧道中心线偏移表 (偏移在缓和曲线全长内递减)
- ② 隧道中心线
- ③ 上下行线的中心线

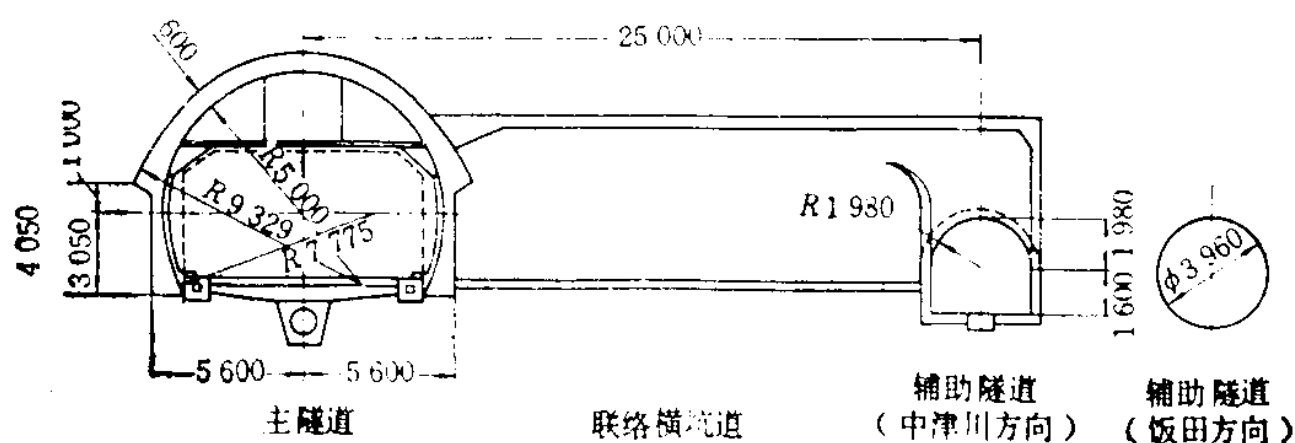
隧道断面形状也受施工的影响。在隧道施工中，要用支撑承受暂时的强大土压，因此必须强调，断面形状计划的制定必须与施工手段的设计相一致。



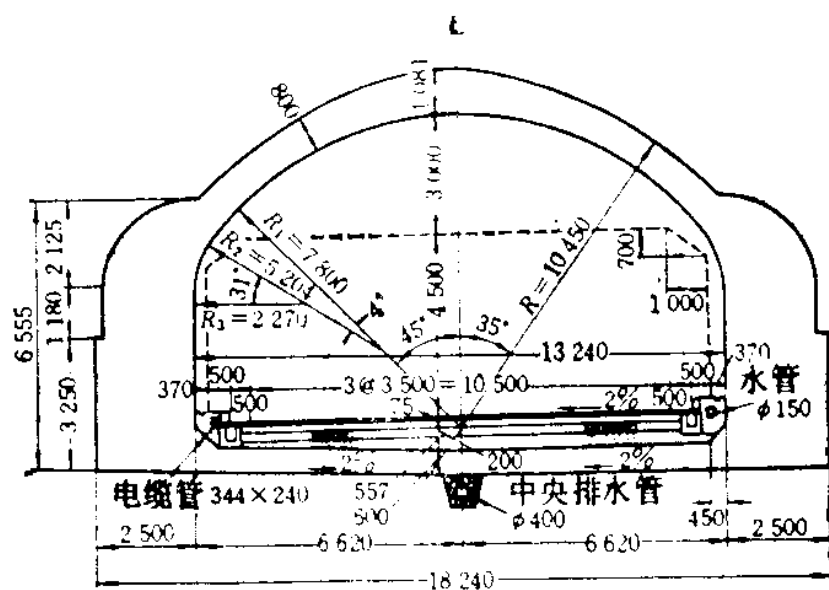
图一2.2 东名高速公路标准断面图
(左: 设通风装置时; 右: 不设通风装置时)

图一2.1为铁路隧道标准断面图。

图—2.2~图—2.4为公路隧道断面图。



图一2.3 中央汽车公路惠那山隧道标准断面图



图一2.4 中国高速公路宝塚隧道标准断面图

2.3 隧道的平面和坡度

2.3.1 隧道的平面

为了施工及完工后的使用方便，隧道内的线路应尽可能采用直线，采用曲线时也应尽量采用大半径，避免急弯曲线。铁路和公路隧道内线路标准一般应比隧道外的线路标准高。

整个路线应选在使隧道两端洞口和中间所经地点位于地质良好的地段。施工计划中，隧道中间设横坑、斜井或竖井时，路线的选定也应适合它们的设置。隧道附近有其它建筑物或物体时，例如当山岭隧道计划设置平行隧道，要在地上物体的正下方开挖隧道时，或者在几乎全部为城市隧道的情况下，应调查清楚隧道与这些建筑物和物体的关系，并注意其相互影响。另外还要事先考虑各种法规所定的限制条件和补偿问题。

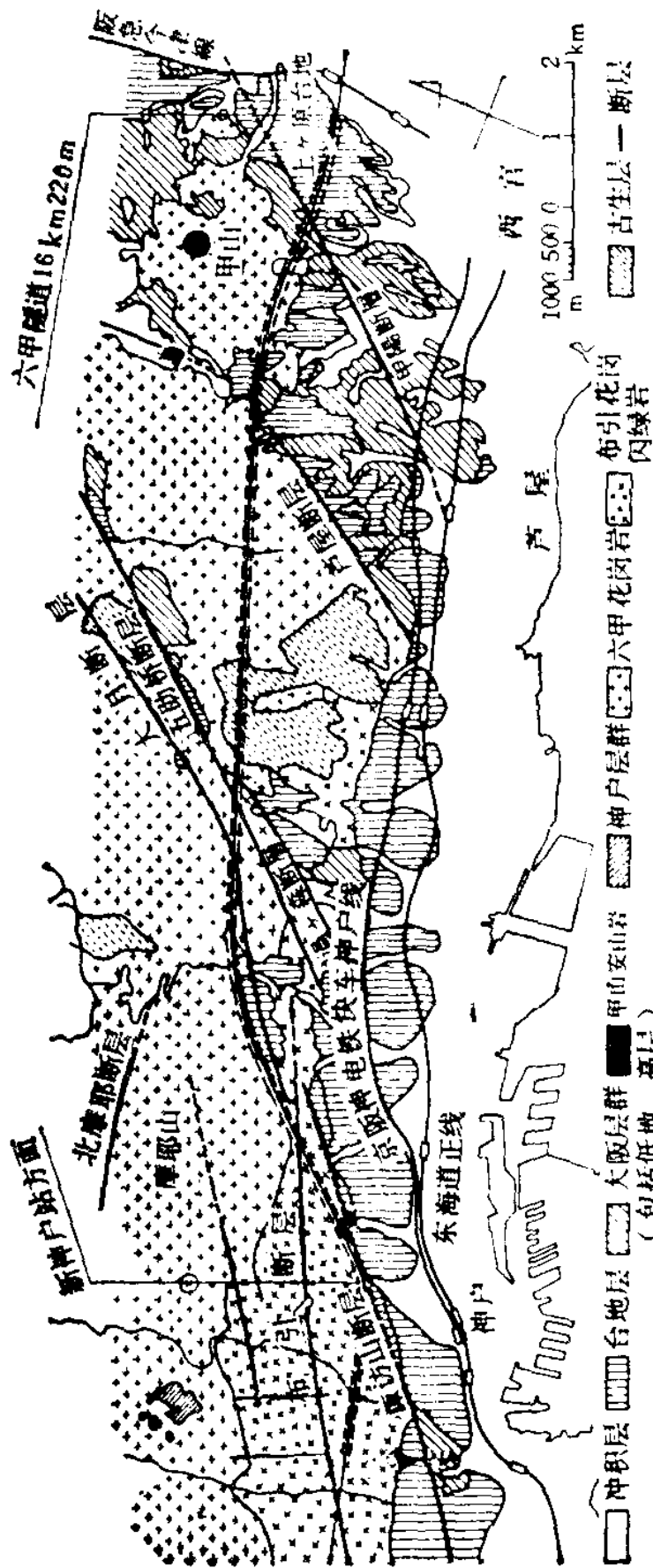
图一2.5是山阳新干线六甲隧道的平面图。它是根据地质调查结果选定中心线受断层等影响最小的一例。图一2.6为同一线路的纵断面图。

2.3.2 隧道的坡度

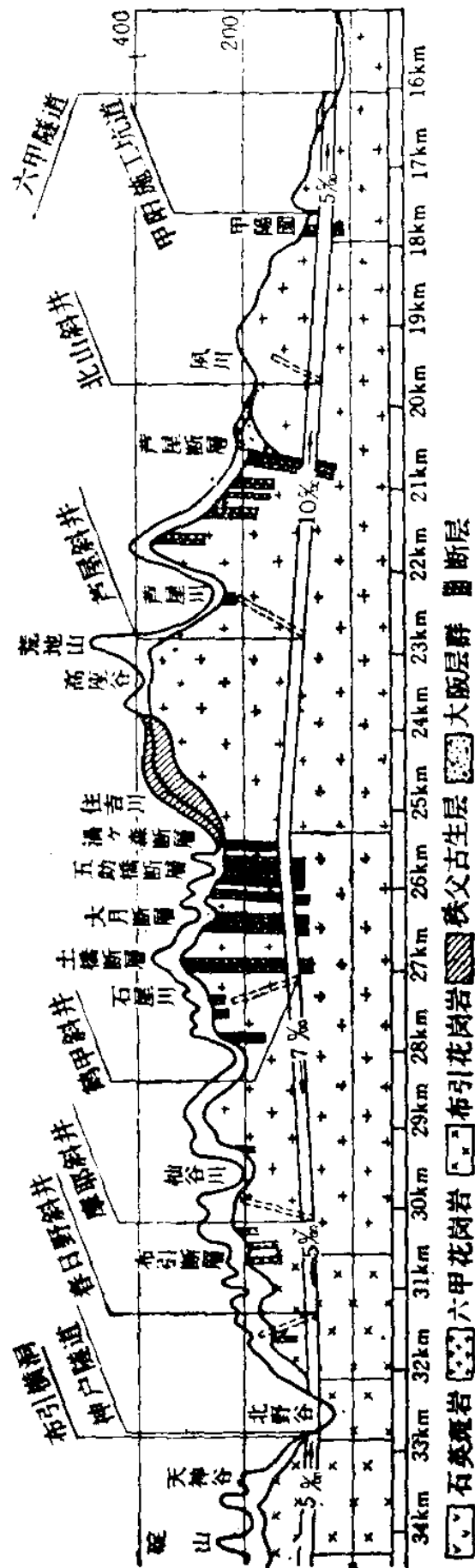
选定隧道坡度，主要是从隧道的使用上决定，但也要考虑施工问题。

铁路和公路隧道的坡度，应小于路线规定的最陡坡度，最好采用较缓的坡度。陡峻坡度明显地妨碍车辆通过能力，特别在隧道内影响更大。此外，对公路隧道，由于与汽车排气量有关，要求尽量减缓上行坡度。但在决定坡度时，有必要考虑这两种隧道在施工中及完工后都能使漏水自然排走。虽然完工后正规的混凝土水沟可以采用0.1~0.2%的坡度，但施工中，对仅开挖而未做衬砌的粗糙水沟，在涌水量小时也应具有0.3%以上的坡度，涌水量大时，则应做成0.5%以上的坡度。

海底隧道等主体部分，应做成凹形。为了施工和为将来排出涌水以及工作上的方便，通常都在正隧道之中另设调查坑道和施工坑道。



图一2.5 山阳新干线六甲隧道的地质和路线平面图

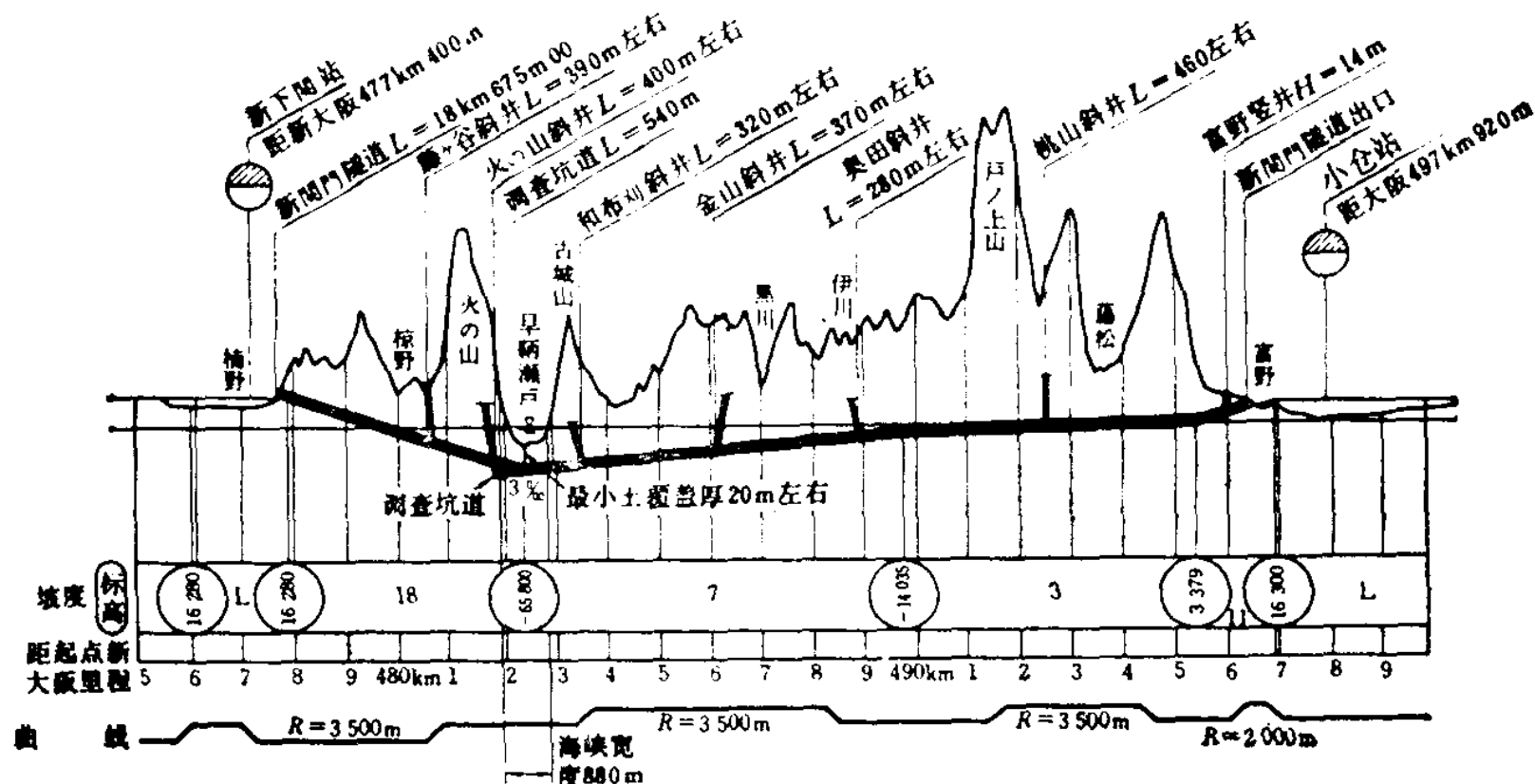


图一2.6 山阳新干线六甲隧道的地质和路线纵断面图

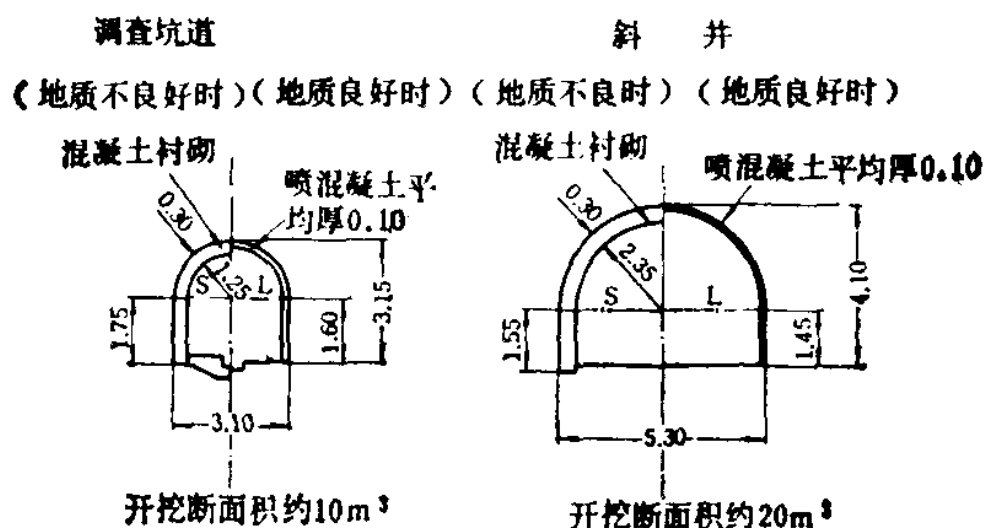
图—2.7为国铁山阳新干线新关门隧道的坡度情况，在其间设有如图—2.8的调查坑道和竖井。

图—2.9为青函隧道的平面和纵断面图，计划设有超前导坑和施工坑道。正隧道和施工坑道的位置关系及尺寸，如图—2.10所示。

对长大隧道，当车辆的断面积与隧道断面积相比占相当大的比例时，隧道内车辆的空气阻力会增大，因此采用较洞外坡度标准为低的较缓坡度，例如对铁路单线隧道通常减少0.1%。



图—2.7 山阳新干线新关门隧道线路纵断面图



图—2.8 山阳新干线新关门隧道斜井和调查坑道断面图

施工坑道

正洞

30.00

喷混凝土平均厚0.12~0.15

联络横坑道 (约600m)

3.47~3.97

4.00~4.50

15.00

超前导坑

15.00

11.00~11.40

4.80

0.70~0.90

3.60~4.50

3.52~4.07

喷混凝土平均厚0.12~0.15

(单位: m)

隧道全部坡度的配置，要结合整体线路的设计考虑，更要考虑完工后的天然排水和通风，也应结合施工计划考虑施工中能向上坡方向掘进。在不得已的情况下，也有仅在开挖导坑时采用上坡道的办法。下坡道掘进（下凹施工）在涌水量大时，会使工费