

隧道工程

主编 ● 孙宏伟 曹志军 张永福



西南交通大学出版社

隧道工程

主 编 ◎ 孙宏伟 曹志军 张永福
副主编 ◎ 任庆国 耿 敏 任 昆
 刘 军 赵丽华 吴会军
 张吉松

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

隧道工程 / 孙宏伟, 曹志军, 张永福主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2021.10
ISBN 978-7-5643-8344-2

I. ①隧… II. ①孙… ②曹… ③张… III. ①隧道工
程—高等学校—教材 IV. ①U45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 220068 号

Suidao Gongcheng

隧道工程

主编 孙宏伟 曹志军 张永福

责任编辑 姜锡伟

封面设计 何东琳设计工作室

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564 028-87600533

网址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 34.25

字数 899 千

版次 2021 年 10 月第 1 版

印次 2021 年 10 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-8344-2

定价 69.00 元

课件咨询电话: 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

多媒体资源目录

序号	章	节	资源名称	资源类型/数量	页码
1	第 1 章	1.3	隧道设计与计算理论的发展	图文/1	11
2	第 2 章	2.4	铁路隧道围岩亚分级	图文/1	35
3	第 3 章	3.3	采用作图法确定进洞里程及边仰坡开挖线	图文/1	54
4		3.5	公路隧道限界与内轮廓图	图文/1	77
5		3.5	隧道总体设计实例分析	图文/1	80
6	第 4 章	4.1	隧道的喷锚支护类型和设计参数	图文/1	86
7		4.3	洞口建筑设计及景观设计	图文/1	114
8	第 5 章	5.3	铁路隧道照明设施	图文/1	135
9		5.4	公路隧道主要设备洞室	图文/1	139
10		5.4	公路隧道照明要求	图文/1	141
11		5.4	公路隧道照明设计实例	图文/1	142
12	第 6 章	6.2	偏压隧道围岩松动压力的确定方法	图文/2	164
13		6.2	其他围岩压力理论		
14		6.3	按破损阶段法验算钢筋混凝土构件截面强度	图文/1	177
15		6.3	曲墙式隧道衬砌结构力学法算例	图文/2	178
16		6.3	结构力学模型有限元法算例		
17		6.4	确定支护限制线的方法	图文/1	195
18		6.4	隧道衬砌最小支护抗力的计算	图文/2	200
19		6.4	隧道初期支护验算算例		
20		6.5	经验设计法要点	图文/1	205
21		6.6	洞门计算部位和验算内容	图文/2	208
22	6.6	洞门设计计算实例			
23	第 7 章	7.5	明挖法施工概要	图文/1	248
24	第 8 章	8.2	炸药的性能	图文/1	274
25		8.3	隧道导坑开挖法钻爆设计示例	图文/3	301
26		8.3	隧道台阶开挖法钻爆设计示例		
27		8.3	隧道全断面开挖法钻爆设计示例		

续表

序号	章	节	资源名称	资源类型/数量	页码
28	第 8 章	8.6	铁路隧道、公路隧道必测项目和选测项目	图文/1	338
29		8.6	选测项目的量测方法和数据处理	图文/1	339
30		8.8	拱墙衬砌施工实例	图文/1	365
31		8.8	仰拱与底板施工技术措施	图文/1	366
32	第 9 章	9.3	膨胀性围岩隧道设计实例	图文/1	375
33		9.4	黄土隧道工程实例	图文/1	377
34		9.5	岩溶隧道工程实例	图文/1	382
35		9.7	岩爆隧道工程实例	图文/1	389
36	第 10 章	10.2	漏风系数表	图文/1	408
37		10.2	施工通风摩擦阻力系数表	图文/1	409
38	第 11 章	概述	隧道施工管理	图文/1	426
39		11.2	隧道施工组织设计实例	图文/1	433
40	第 12 章	12.1	掘进机施工管理要点	图文/1	460
41		12.1	掘进机施工隧道实例	图文/1	461
42		12.2	常用盾构机的选型	图文/1	465
43	第 13 章	13.2	沉管隧道设计	图文/1	477
44	第 14 章	14.3	铁路隧道衬砌结构劣化评定	图文/1	494
45		14.3	公路隧道土建结构技术状况评定方法	图文/1	495

P R E F A C E

前 言

隧道工程是土木工程（包含铁道与轨道交通工程方向、道路与桥梁工程方向）以及交通工程、交通运输、隧道与地下工程、公路与城市道路工程、铁道工程、市政工程、桥梁工程等专业的专业重要专业课。本书依据高等学校土木工程学科专业指导委员会制定颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》，结合编者多年教学和实践经验，按照培养高级应用型人才的要求进行编写，适用于普通高等学校土木工程专业学生学习，也可作为交通类等相近专业的教学用书，同时对隧道及地下工程技术人员有一定参考价值。

近年来，随着我国高速铁路、公路及城市地铁的快速发展，隧道工程学科取得了长足进步，新技术、新材料、新工艺层出不穷，相关规范进行了较大规模的修订和补充，如《铁路隧道设计规范》（TB 10003—2016）、《铁路隧道设计规范（极限状态法）》（Q/CR 9129—2018）、《铁路隧道工程施工安全技术规程》（TB 10304—2020）、《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》（JTG 3370.1—2018）、《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660—2020）等相继颁布实施。然而由于时间的原因，现有的隧道工程教材未能及时反映全部新规范的修订内容。本书力图吸取近几年来隧道工程学科的新进展，按照铁路隧道、公路隧道相关最新规范和规程进行编写，希望可以为高等学校隧道工程教学先进性略尽绵薄之力。

全书共分16章，可供32~64学时的高校本专科教学使用。本书主要内容包括：绪论、隧道工程地质环境与围岩分级、隧道总体设计、隧道主体建筑物、隧道附属建筑物、隧道支护结构计算、隧道施工方法、隧道矿山法施工技术、特殊性岩土和不良地质隧道施工、隧道施工辅助坑道与辅助作业、隧道施工组织与管理、隧道掘进机施工与盾构法、沉管法、隧道运营管理与养护维修、隧道工程的环境保护与防灾救援、隧道工程中BIM技术的应用。本书兼顾公路隧道与铁路隧道，涉及铁路隧道部分兼顾高速铁路隧道和普速铁路隧道；既重点介绍隧道工程的设计和施工，也介绍隧道运营养护知识；内容系统性强，可满足设计、施工单位人才培养需要，也可满足运营单位人才培养需要。学时较少或专业性较强的院校可以根据需要选择有关内容讲授。结合现代网络数字化工具，读者可通过扫描二维码获得扩展电子资源，拓展教材的深度和广度，满足课程设计、毕业设计需要。每章后附有思考题与习题，供学习时使用。

本书重视理论联系实践，由大连交通大学等高校联合设计、施工单位共同编写，由孙宏伟（中铁建大桥工程局第一工程公司高级工程师）、曹志军（大连交通大学）、张永福（上海建科工程咨询有限公司高级工程师）任主编，具体编写分工为：第1章由曹志军编写，第2章由任庆国（陕西铁路工程职业技术学院）、曹志军编写，第3章由曹志军、耿敏（大连交通大学）编写，第4章由曹志军、孙宏伟编写，第5、6章由曹志军、张永福编写，第7章由孙宏伟、曹志军编写，第8章由孙宏伟、曹志军、任昆（大连交通大学）编写，第9章由孙宏伟、曹志军编写，第10章由孙宏伟、任昆编写，第11章由孙宏伟、曹志军编写，第12章由刘军（大连交通大学）、任庆国编写，第13章由赵丽华（大连交通大学）编写，第14章由吴会军（大连交通大学）、张永福编写，第15章由耿敏编写，第16章由张吉松（大连交通大学）编写，全书由曹志军统稿。

本书在编写过程中得到了大连交通大学白海峰、赵晶、王海涛、王忠昶等教授的支持和帮助，同时参阅了许多专家、学者在教学、科研、设计和施工中积累的相关资料和优秀教材，在此一并表示感谢！西南交通大学出版社的老师也为本书出版付出了艰辛的劳动，在此致以诚挚的谢意！

由于编者水平所限，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请专家和读者批评指正。

编者

2021年6月

C O N T E N T S

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 隧道工程的基本概念和特点	1
1.2 隧道的分类和作用	3
1.3 隧道工程的历史及发展	6
思考题与习题	14
第 2 章 隧道工程地质环境与围岩分级	15
2.1 隧道围岩的概念	15
2.2 围岩的工程性质	15
2.3 围岩的稳定性	21
2.4 围岩分级	24
2.5 隧道工程地质调查与勘测	35
思考题与习题	41
第 3 章 隧道总体设计	42
3.1 隧道设计概述	42
3.2 隧道位置的选择	43
3.3 隧道洞口位置的选定	51
3.4 隧道平纵断面设计	54
3.5 隧道横断面设计	62
思考题与习题	81
第 4 章 隧道主体建筑物	82
4.1 隧道洞身衬砌结构	82
4.2 明洞结构	96
4.3 洞门结构	104
思考题与习题	114

第 5 章	隧道附属建筑物	115
5.1	隧道防排水建筑物	115
5.2	隧道通风设施	124
5.3	铁路隧道附属构筑物与轨道结构	131
5.4	公路隧道附属建筑物与路基路面	136
	思考题与习题	149
第 6 章	隧道支护结构计算	150
6.1	隧道支护体系的计算模型	150
6.2	围岩压力	155
6.3	结构力学方法	164
6.4	岩体力学方法	178
6.5	信息反馈方法与经验方法	200
6.6	隧道洞门计算	206
	思考题与习题	208
第 7 章	隧道施工方法	209
7.1	隧道施工概述	209
7.2	矿山法	212
7.3	隧道洞身开挖方法	218
7.4	隧道洞口施工方法	237
7.5	明洞施工方法	245
7.6	浅埋暗挖法	248
	思考题与习题	250
第 8 章	隧道矿山法施工技术	252
8.1	围岩预支护与预加固	252
8.2	隧道掘进与爆破基本知识	269
8.3	隧道钻爆开挖技术	285
8.4	装渣、运输与卸渣	307
8.5	初期支护	316
8.6	监控量测与数据分析	337

8.7	隧道防排水施工	350
8.8	二次衬砌	356
	思考题与习题	366
第 9 章	特殊性岩土和不良地质隧道施工	367
9.1	特殊性岩土和不良地质隧道概述	367
9.2	富水断层破碎围岩	368
9.3	膨胀性和挤压性围岩	370
9.4	黄土地质	375
9.5	岩溶地质	377
9.6	煤系地层	382
9.7	高地应力硬岩(岩爆)地质	386
9.8	高地温	389
9.9	隧道施工坍方处理措施	390
	思考题与习题	393
第 10 章	隧道施工辅助坑道与辅助作业	394
10.1	隧道施工的辅助坑道	394
10.2	施工通风与防尘	403
10.3	压缩空气的供应	413
10.4	施工供水与施工排水	417
10.5	施工供电与照明	421
	思考题与习题	425
第 11 章	隧道施工组织与管理	426
11.1	隧道施工准备	426
11.2	隧道施工组织设计	429
11.3	隧道施工场地布置	433
11.4	隧道施工进度计划	436
11.5	隧道施工风险评估与管理	443
	思考题与习题	449

第 12 章 隧道掘进机施工与盾构法	450
12.1 隧道掘进机 (TBM) 施工	450
12.2 盾构法	462
思考题与习题	474
第 13 章 沉管法	475
13.1 沉管法概述	475
13.2 沉管隧道设计	476
13.3 沉管施工	477
思考题与习题	485
第 14 章 隧道运营管理与养护维修	486
14.1 运营隧道管理技术	486
14.2 运营隧道检测监测技术	488
14.3 运营隧道综合评价技术	493
14.4 运营隧道病害整治技术	496
思考题与习题	507
第 15 章 隧道工程的环境保护与防灾救援	508
15.1 隧道工程的环境保护	508
15.2 隧道工程的防灾救援	511
思考题与习题	521
第 16 章 隧道工程中 BIM 技术的应用	522
16.1 BIM 技术应用现状	522
16.2 BIM 建模平台	525
16.3 BIM 技术在隧道工程中的应用	528
思考题与习题	534
参考文献	535

第 1 章 绪 论

1.1 隧道工程的基本概念和特点

1. 隧道工程的概念

隧道通常是指修建于地下或山体内部，具有特定使用功能的人工建筑物。其基本特征：一是具有特定的使用功能，供车辆、行人、水流及管线等通过；二是有一定规模，通常两端有出入口，且长度远大于宽度和高度。1970年，国际经济合作与发展组织召开的隧道会议综合了各种因素，对隧道给出的定义是：“以某种用途，在地面下采用任何方法，按规定形状和尺寸修筑的断面积大于 2 m^2 的洞室”。

隧道及地下工程（tunnel and underground engineering）有两方面的含义：一方面是指从事研究和建造各种隧道及地下工程的规划、勘测、设计、施工和养护的一门应用科学和工程技术，是土木工程的一个分支；另一方面也指在岩体或土层中修建的通道和各种类型的地下建筑物。

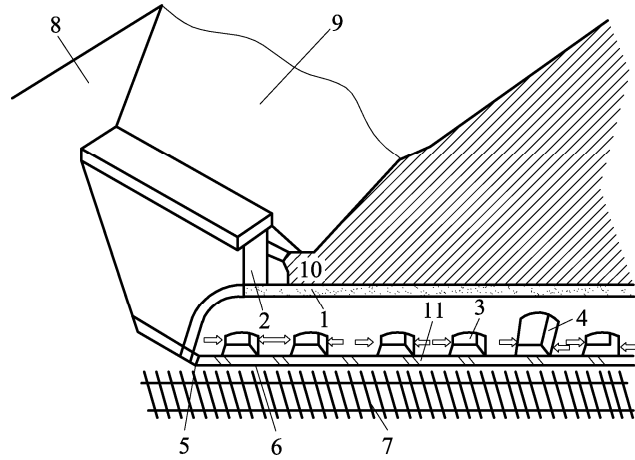
2. 隧道的结构组成

隧道是地下工程结构物，修建时，首先要将地层中的一部分岩土体开挖出来形成具有一定形状的地下空间，这种地下空间在没有设置人工支护结构时称为毛洞或坑道，而坑道周围的岩土体称为围岩。如果坑道周围的岩土体很稳定，则可能不需要修建任何人工结构物坑道也能保持自身的形状不发生坍塌；但在大多数情况下，由于地层开挖后，改变了周围岩土体的受力平衡，坑道很容易发生变形、坍塌或有水涌入。为了保证坑道周围地层的稳定，保障交通安全，就需要修建各种人工结构物，包括隧道主体建筑物和隧道附属建筑物。

隧道主体建筑物包括洞身衬砌和洞门建筑两部分，如图 1-1-1 所示为铁路隧道一般构造。洞身衬砌的作用是承受围岩压力、结构自重和其他荷载，防止围岩坍塌、风化和防水等。洞门的作用是防止洞口坍方落石、保持边仰坡的稳定等。在洞门容易坍塌的地段，应接长洞身，或加筑明洞洞口，如图 1-1-2 所示。

隧道附属建筑物的作用是保证隧道运营的安全与舒适，包括为运营管理、维修保养、给水排水、供蓄发电、通风、照明、通信、安全等而修建的构造物。

隧道工程的组成部分，见隧道纵断面（图 1-1-3）和开挖横截面（图 1-1-4）所示。在图 1-1-3 所示的隧道纵断面中，隧道的进出口处称为“洞门”，洞门上方挖掉原有覆盖的地层后的部分称为“仰坡”，仰坡面延长线与隧道底线的交点称为“开挖点”，隧道顶部至地表面的垂直距离称为此处隧道的“覆盖层厚度”，隧道施工作业最前端的横断面称为“开挖工作面”或“掌子面”，隧道开挖后为保证施工过程安全立即施作的人工支护结构称为初期支护，为保证隧道长期使用过程的安全而在初期支护内部再次施作的人工支护结构称为二次衬砌。在图 1-1-4 所示的横截面中，未开挖的隧道横断面上部约 1/3 的部分称为拱部，下部 1/3 的部分称为洞底，中间 1/3 的部分称为洞身，洞身及洞底的对称中心部分称为核心土；开挖后形成的隧道空间，对应于拱部上边缘人工结构物的弧线部分称为拱圈，洞身对应的人工结构物的弧形边缘部分称为侧墙或侧拱，洞底对应的下边人工结构物的弧线部分称为仰拱。



1—衬砌；2—洞门；3—小避车洞；4—大避车洞；5—洞内排水沟；
6—水沟盖板；7—洞内线路；8—洞口路堑边坡；9—洞口仰坡；
10—洞门墙顶排水沟；11—避车洞标志。

图 1-1-1 铁路隧道结构组成

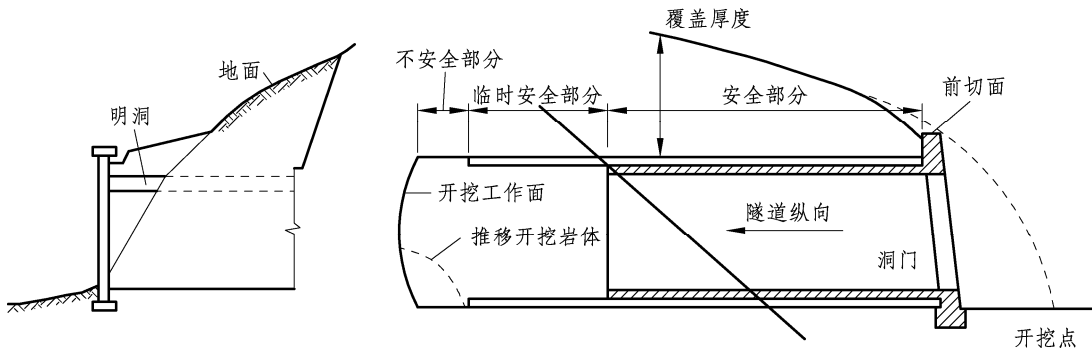


图 1-1-2 明洞

图 1-1-3 隧道纵断面的构成

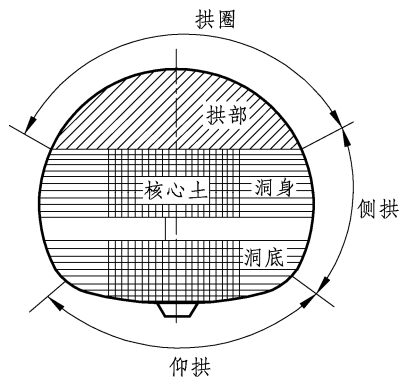


图 1-1-4 隧道开挖横截面

3. 隧道工程的特点

隧道工程的特点可归纳如下：

(1) 隧道工程主体结构埋设于地面以下，因此，隧道周围区域的工程地质和水文地质条件

好坏对隧道施工是否能够顺利进行，起着重要的甚至是决定性的作用。例如：瑞士圣哥达铁路阿尔卑斯山隧道遇到高温（41℃）和涌水（660 L/min），给施工带来很大的困难，最后延期两年才完成；我国在渝怀铁路圆梁山隧道工程中，虽然进行过长时间大量的地质勘察和预报，但仍在施工时突发岩溶性爆发喷射型突泥（4 200 m³）、突水（1.45 × 10⁵ m³/d，持续 8 min）。又如：我国兰新铁路乌鞘岭隧道也遇到了强流变地层（累计变形量为 50 ~ 70 cm），实际采用的初期支护参数比原设计参数大很多。因此，隧道工程必须在勘测阶段做好详细的地质调查和勘探，尽可能准确地掌握隧道工程范围内的岩层性质、岩体强度、完整程度、地应力场、自稳能力、地下水状态、有害气体和地温状况等资料，并根据这些资料，初步设计隧道支护形式和施工方法。此外，由于地质条件的复杂性和勘探手段的局限性，在施工中有可能出现没有预见到的特殊地质条件，相关单位还需采取超前导坑、超前水平钻孔、超前声波探测等技术手段，进一步查清开挖面前方的地质条件，以便修改支护参数、施工方法和采取必要的技术措施。

（2）隧道是一个狭长的建筑物，它不像桥梁、线路等工程可以将作业全面铺开，而是只有进口与出口两个工作面（一般情况如此，即使开设辅助坑道增设工作面，也十分有限）；因此，隧道工程的施工速度比较慢，工期也比较长，一些长大隧道往往成为新建线路上起控制性作用的关键工程，施工单位需要精心组织和管理，应尽可能多地将施工工序沿隧道纵向展开，进行平行作业，并解决好顺序作业与平行作业之间的关系。对于长大隧道，则可考虑适当设置平行导坑、横洞、斜井或竖井等辅助坑道来增加工作面，以加快施工进度，缩短总工期。

（3）地下工程的施工环境较差，在施工过程中还可能进一步恶化，例如爆破产生有害气体、喷射混凝土产生粉尘等，必须采取有效的措施。

（4）隧道大多穿越崇山峻岭，工地一般都位于偏僻的深山峡谷之中，往往远离已有交通线，运输不便，物资供应困难，这些问题也是规划隧道工程时应当考虑的。

（5）隧道是一种埋设于地下的大型隐蔽工程，它建成困难，建好困难，一旦建成要更改就更困难。所以，在隧道规划和设计时，应认真研究隧道与线路之间的关系，详细调查隧道区域地质等问题；在施工过程中，每一道工序都要严格按有关规定进行，确保隧道工程质量达到标准要求，当工期与质量发生冲突时，应先保证工程质量。

（6）与桥梁和线路工程相比，隧道施工可以不受或少受昼夜更替、季节变换、气候变化等自然条件的影响，可以常年全天候稳定地安排施工。

1.2 隧道的分类和作用

隧道种类很多，可以从不同角度进行分类。按照常规，从所处的地质条件来分，隧道可以分为两大类：一类是岩石隧道或石质隧道；一类是软土隧道或土质隧道。从所在的位置来分，隧道可以分为山岭隧道、水底隧道、城市隧道。从埋深的深度来分，隧道可以分为浅埋隧道、深埋隧道。按施工方法不同，隧道可分为明挖隧道和暗挖隧道。按断面形式分类，隧道可分为圆形隧道、马蹄形隧道、矩形隧道等。国际隧道协会（ITA）定义的隧道横断面积的大小划分标准如表 1-2-1 所示。根据隧道的长度不同，公路隧道和铁路隧道又可分为特长隧道、长隧道、中长隧道和短隧道，如表 1-2-2 所示。根据隧道开挖跨度不同，公路隧道和铁路隧道又可分为小跨度隧道、中等跨度隧道、大跨度隧道、超大或特大跨度隧道，如表 1-2-3 所示。铁路隧道又可按容纳的线路数目分为单线隧道、双线隧道、三线隧道、多线隧道等。按用途来分，隧道可以分为交通隧道、水工隧道、市政隧道、矿山隧道等。

表 1-2-1 隧道按横断面积分类

隧道横断面积 /m ²	2~3	3~10	10~50	50~100	>100
隧道种类	极小断面隧道	小断面隧道	中等断面隧道	大断面隧道	特大断面隧道

表 1-2-2 隧道按长度分类

隧道分类	公路隧道长度 L/m	铁路隧道长度 L/m
特长隧道	$L > 3000$	$L > 10000$
长隧道	$1000 \leq L \leq 3000$	$3000 < L \leq 10000$
中长隧道	$500 < L < 1000$	$500 < L \leq 3000$
短隧道	$L \leq 500$	$L \leq 500$

表 1-2-3 隧道按跨度分类

隧道分类	铁路隧道开挖跨度 B/m	公路隧道开挖跨度 B/m
小跨度隧道	$5 < B \leq 8.5$	$B < 9$
中跨度隧道	$8.5 < B \leq 12$	$9 \leq B < 14$
大跨度隧道	$12 < B \leq 14$	$14 \leq B < 18$
特大(超大)跨度隧道	$B > 14$	$B > 18$

1. 交通隧道

交通隧道是隧道中数量最多的一种。它的作用是提供交通运输和人行的通道，以满足交通线路畅通的要求，一般包括以下几种：

(1) 铁路隧道。

铁路隧道是专供列车行驶的隧道。铁路穿越山岭地区时，往往会遇到高程障碍，而铁路限坡平缓，无法拔起需要的高度，同时限于地形又无法绕避，这时，开挖隧道直接穿山而过最为合理。它既可使线路顺直，避免许多无谓的展线，使线路缩短；又可以减小坡度，使运营条件得以改善。所以，在山区铁路线上修建隧道的范例是很多的。川黔线凉风垭隧道、成昆线沙木拉达隧道、大秦线军都山隧道、西康线秦岭隧道、朔黄线长梁山隧道以及兰新复线乌鞘岭隧道等都是著名的越岭隧道，而成昆线的关村坝隧道、衡广复线大瑶山隧道等都是河谷地段截弯取直的良好范例。目前，我国西部山区的铁路中隧道长度占线路总延长的比例普遍较高，多条线路超过 50%，由此可见山区铁路隧道的作用了。

铁路隧道按照列车运行速度和运输功能的不同，又可分为客货混行的普通铁路隧道（行车速度在 160 km/h 以下）、高速铁路隧道和重载铁路隧道。

(2) 公路隧道。

公路隧道是专供汽车运输行驶的通道。以往的山区公路为节省工程造价，常常选择盘山绕行，宁愿绕行一些距离，而不愿修建费用高昂的隧道。因此，过去公路隧道为数不多。社会经济的迅速发展，对道路技术标准提出了更高的要求，要求线路顺直、平缓、路面宽敞等。高速公路的大量出现，在穿越山区时采用了大量的隧道方案。此外，在城市附近，为避免平面交叉，利于快速行车，也常采用隧道方案。公路隧道在改善公路技术标准、提高运输能力、减少交通

事故等方面起到了重要的作用。我国修建的秦岭终南山隧道长 18.02 km，它的建成将翻越秦岭的道路缩短了约 60 km，时间减少 2 h 以上。

（3）城市地铁隧道。

城市地铁隧道是修建于城市地层中，为解决城市交通问题的列车运输通道。国内外实践经验表明，城市地铁是在大城市中解决交通拥挤的有效途径之一。由于能大量、快速、安全、准时输送乘客，城市地铁成为大城市解决交通矛盾的有力手段，在战时，还可以起到人防的功能。我国北京、上海、广州等城市已经建成的地下轨道交通系统，为改善城市的交通状况，减少交通事故起到了重要的作用。截至 2021 年 5 月，我国（不含港澳台）共有 45 个城市开通运营城市轨道交通线路 237 条，运营里程 7 747 km；地铁线路长度超过 100 km 的城市有 22 座。可见城市地铁对保障城市正常运行，满足社会公众出行需要发挥了重要作用。

（4）水底隧道。

水底隧道是修建于江、河、湖、海下，供汽车和火车运输行驶的通道。当交通线路跨越江、河、湖、海时，可以选择的方案有架桥、轮渡和隧道，但架桥受净空的限制，轮渡限制通行量，如果这些矛盾得不到有效的解决，水底隧道是一种很好的方案。其优点是不受气候影响，不影响通航，引道占地少，不暴露重要交通设施目标等，越来越受到人们青睐。我国在上海跨越黄浦江、广州穿越珠江、港珠澳大桥工程的通航水域、深圳至中山通道的通航水域等都修建了跨江跨海的水底隧道。其缺点是造价较高。

（5）航运隧道。

航运隧道是专供轮船运输行驶而修建的通道。当运河需要穿越分水岭时，克服高程的有力手段是修建运河隧道，其优点是缩短航程，减少运营费用，河道顺直，航运条件大大改善。

（6）人行隧道。

人行隧道是专供行人通过的通道。人行隧道一般修建于城市人口密集区穿越街道或跨越铁路、公路等行人众多、往来交错、车辆密集、偶有不慎便会发生交通事故的地点。人行隧道的作用是缓解地面交通压力，减少交通事故，保障行人安全。

2. 水工隧道

水工隧道，也称水工隧洞，是水利工程和水力发电枢纽的重要组成部分。水工隧道包括：

（1）引水隧道。其作用是进行水资源的调动或把水引入水电站的发电机组，产生动力。引水隧道按照水在隧道中的充满状态又分为有压隧道和无压隧道：有压隧道因隧道内部充满水而使隧道衬砌既承受围岩压力又承受向外的水压力；无压隧道因隧道内部未充满水，因此隧道衬砌过水部分既承受围岩压力又承受向外的水压力，不过水部分只承受围岩压力。

（2）排水隧道（尾水隧道）。它是把发电机组排出的废水（尾水）送出去的隧道。

（3）导流隧道或泄洪隧道。它是水利工程中的一个重要组成部分，由它疏导水流并在溢洪道流量超限后起泄洪作用。

（4）排沙隧道。它用来冲刷水库中淤积的泥沙，把泥沙裹带运出水库，有时也用来放空水库里的水，以便进行库身检查或修理建筑物。

3. 市政隧道

市政隧道是城市中为安置各种不同市政设施而修建的地下孔道。由于城市不断发展，工商业日趋繁荣，人民生活水平逐步提高，对公用事业的要求也越来越高。许多城市不得不利用地下空间，把市政设施安置在地下，这样既可不占用地面面积，又不至扰乱高空位置和影响市容。

按照用途，市政隧道可有如下几种类。

(1) 给水隧道。给水隧道是用于城市供水的隧道。

(2) 污水隧道（排水隧道）。污水隧道是为城市污水排送系统修建的隧道。城市污水除部分污染严重的需要引入全污水处理厂以净化返用外，大部分的污水要排放到城市以外的污水处理系统。这都需要有地下的排污隧道。这种隧道可能是本身导流排送，此时隧道的形状多采用卵形；也可能是在孔道中安放排污管，由管道排污。一般排污隧道的进口处，多设有拦渣隔栅，把漂浮的杂物拦在隧道之外，使其不致涌入造成堵塞。

(3) 管路隧道。管路隧道是为城市能源供给（煤气、暖气、热水等）的管路系统修建的隧道，需进行防漏及保温措施处理，多半沿街道两侧敷设。

(4) 线路隧道。线路隧道是为各种线路而修建的隧道。在城市中，为了保证电力电缆和通信电缆不被人们的活动所损伤破坏，避免悬挂于高空影响市容景观，一般将其放置于地下孔道中。

在城市现代化进程中，按城市的布局 and 规划，可将以上四种具有共性的市政隧道建成一个共用隧道，称为“共同管沟”或“地下综合管廊”，是现代城市基础设施规划和发展的方向。

(5) 人防隧道。人防隧道是为战时的防空目的而修建的防空避难隧道。人防工程除应设有排水、通风、照明和通信设备以外，还应考虑储备饮水、粮食和必要的救护设备，在洞口处还需设置各种防爆装置，以阻止冲击波的侵入。同时，人防隧道正要做到多口联通、互相贯穿，在紧急时刻，可以随时找到出口。

4. 矿山隧道

矿山隧道又称为矿山坑道或巷道，是用于穿越地层通向矿床，以便开采矿体的隧道。矿山隧道有：

(1) 运输巷道。运输巷道是向山体开凿隧道通到矿床，并逐步开辟巷道，通往各个开采面的通道。前者称为主巷道，是地下矿区的主要出入口和主要的运输干道；后者分布如树枝状，分向各个采掘面。此种巷道多用临时支撑，仅供作业人员进行开采工作时使用。

(2) 给水隧道。给水隧道是为送入清洁水为采掘机械使用，并将废水及积水排出洞外的通道。

(3) 通风隧道。矿山地下巷道穿过许多地层，将会有多种地下气体涌入巷道中，再加上采掘机械不断排出废气，还有工作人员呼出气体，使得巷道内空气变得污浊。如果地下气体含有瓦斯，在含量达到一定浓度后，将会发生危险，轻则致人窒息，重则引起爆炸，必须及时把有害气体排除出去，因此需要设置通风巷道，用通风机把污浊空气抽排出去，并把新鲜空气补充进来。

1.3 隧道工程的历史及发展

1.3.1 世界隧道工程发展简况

隧道的产生和发展，是与人类文明的进程相呼应的，大致可以分为如下四个时代：

(1) 原始时代：人类的出现到纪元前 3000 年的新石器时代，是人类利用隧道来防御自然威胁的穴居时代。人们利用天然洞穴作为栖身之所，并且逐步会在平原地区自己挖掘类似天然洞穴的窑洞来居住。此时的隧道是用兽骨、石器工具开挖，修筑在可以自身稳定而无须支撑的地层中的。