

前 言

隧道工程是铁路建设的重点工程之一。

隧道工程建设,几十年来取得很大成绩。从我国修建第一条铁路至1992年底,已建成铁路隧道4 300多座,总延长约2 230km。我国在修建隧道方面积累了丰富的经验,技术水平也不断提高。本书从建设、设计、施工、科研、运营等方面阐述铁路隧道建设工程的发展情况,重点叙述工程地质勘测、控制测量、开挖施工、爆破、支护、防排水、通风、防灾和施工机械等方面的经验和技术进步。资料一部分来源于各单位所做的工程技术总结,还有一部分取自于交流的情报资料及史志资料。在编纂过程中突出了实况、经验和新技术的采用,目的在于扩大交流,推动创新,促进隧道工程技术进步,为加速铁路建设服务。

本书第1至7章,由刘统畏同志编写,第8至11章,由何宁同志编写。全书由刘统畏同志统稿。铁道部第一、二、三、四院和铁科院西南研究所等单位提供大量资料,在此表示感谢。

铁路隧道工程建设,是一种极其艰苦的劳动。在把本书献给广大读者之际,谨向多年来在隧道建设中辛勤劳动做出贡献的建设者,致以崇高的敬意。

编 者

1994. 12

(京)新登字 063 号

铁 路 隧 道 工 程

刘统畏
何 宁 编

中国铁道出版社出版、发行
(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 李云国 封面设计 翟 达
铁道部第一工程局印刷厂印装

开本:787×1092mm 1/32 印张 9.75 字数 213 千
1995 年 3 月 第一版 第一次印刷
印数:1—1500 册

ISBN7-113-02001-1/TU·436 定 价:12.00 元

内 容 简 介

本书对铁路隧道工程建设进行全面系统的总结阐述,有建设、设计、控测、坑道、爆破、开挖、支护、衬砌、通风、防灾和施工机械化等方面的实况、经验、创新,具有知识性、实用性、指导性,适合于广大隧道工程技术人员、管理人员和有关教学、科研等方面的科技工作者阅读参考。

目 录

1. 建设回顾

1.1	隧道数量	(1)
1.2	分布密度	(8)
1.3	长大隧道	(16)
1.4	工程特点	(25)
1.5	世界隧道	(30)

2. 勘测设计

2.1	任务和要求	(35)
2.2	四个阶段	(38)
2.3	隧道选线	(47)
2.4	典型实况	(60)
2.5	南昆线隧道	(72)
2.6	地下铁道	(83)

3. 控测技术

3.1	测量方法	(88)
3.2	导线法改进	(92)
3.3	三角网改进	(94)
3.4	误差理论	(97)
3.5	竖井联系测量	(101)

3.6	激光测量仪	(102)
-----	-------------	-------

4. 辅助坑道

4.1	横洞	(107)
4.2	斜井	(108)
4.3	竖井	(111)
4.4	导坑	(114)
4.5	斜竖井合用	(116)

5. 施工开挖

5.1	施工准备	(117)
5.2	围岩分类	(119)
5.3	施工方法	(122)
5.4	开挖作业	(129)
5.5	新奥法施工	(132)
5.6	溶洞与塌方处理	(136)

6. 隧道爆破

6.1	钻眼作业	(139)
6.2	爆破操作	(141)
6.3	光面爆破	(145)
6.4	掏槽爆破	(151)
6.5	微振动爆破	(157)
6.6	瓦斯隧道爆破	(165)

7. 支护与衬砌

7.1	历史沿革	(172)
7.2	构件支撑	(179)
7.3	喷锚支护	(184)
7.4	衬砌支护	(189)
7.5	黄土隧道衬砌	(194)
7.6	三线隧道衬砌	(197)

8. 施工机械化

8.1	发展历程	(201)
8.2	大型机具	(206)
8.3	装碴运输	(214)
8.4	钢模台车	(219)
8.5	机械化配套	(226)

9. 防水与排水

9.1	治水措施	(241)
9.2	渗漏水治理	(245)
9.3	南岭隧道治水	(249)
9.4	化学注浆堵水	(257)
9.5	严寒隧道防排水	(260)

10. 通风与防灾

10.1	通风探原	(266)
10.2	施工通风	(271)

10.3	运营通风.....	(273)
10.4	防尘措施.....	(279)
10.5	巴格勒实况.....	(280)
10.6	火灾对策.....	(288)

11. 明洞建筑物

11.1	意义及作用.....	(295)
11.2	类型及应用.....	(296)
11.3	特种明洞.....	(298)

1. 建设回顾

铁路隧道是铁路建设中的重点工程。凡是铁路修建在山区或起伏高差很大的地域,为了使线路平顺地通过,均应考虑铁路从地下穿过——即修建隧道的问题。

1.1 隧道数量

我国铁路隧道的建设,是随着铁路建设发展而发展的。中华人民共和国成立前,我国共修建铁路 2.6 万 km,但到 1949 年建国时,能维持通车的铁路只有 2.1 万 km,修建标准轨距铁路隧道 238 座,总延长 89km。在窄轨铁路上修建的隧道也不少,但因线路改为准轨,废弃了一部分,保留下来的只有云南省境内的窄轨铁路隧道。

建国后 40 多年来,至 1992 年我国共修建铁路新线约 3.2 万 km,改造旧线 2.7 万 km,全国有营业铁路约 5.3 万 km,其中复线铁路约 1.2 万 km,电气化铁路约 7 000km(此外,还有部分地方铁路含森林铁路和企业专用线,约 3.6 万 km,总约合 9 万 km)。截至 1992 年,我国共有准轨铁路隧道 4 416 座,总延长约 2 203km。平均每座隧道长度为 498.9m。我国已成为世界标准轨距铁路隧道最多的国家。

我国铁路发展各个时期,隧道建设的简要情况如下。

(1)旧中国(1949年前)

我国第一条营业铁路线,是1876年英商怡和洋行在上海吴淞间修建的14.5km铁路,1877年被清政府收买拆毁,使用时间不到一年,此铁路没有隧道。

我国最早的铁路隧道,是1887年至1891年在台湾省由台北至基隆间长29km的铁路上修建的一座窄轨隧道,长261.4m。1898年5月至1901年2月修建现滨绥(原东清)线时,在绥芬河到国境段上,建成了三座短隧道,其长度分别为87.7m、109.5m和55.8m;这三座隧道曾一度是我国仅有的宽轨(轨距1524mm)隧道。1899年11月至1902年12月,在京汉线孝感至信阳段,建成了武胜关隧道,长289m。

长度在3km以上的隧道共有三座。一是1899年春至1902年1月修建现滨洲线时,穿越大兴安岭建成的兴安隧道,长3077.2m,系双线单铺;二是1934年至1936年间在白阿线上穿越兴安岭时修建的南兴安隧道,长3218m;三是1940年在滨绥线上亚布力至治山之间修建开道线时,于该线上建成了杜草隧道,长3845m。这三座长隧道,前者为俄国人主持修建,后二者均为日本人主持修建。

建国前铁路隧道数量较少,且又分散,因两万多公里的铁路线大都分布于沿海平原地区,在东北以沈丹线、梅集线、滨绥线和长图线上隧道较多;在关内以西陇海线、京包线、黔桂线、石太线、同蒲线和粤汉线南段隧道较多。总计有标准轨距隧道238座,总延长89km,每座隧道平均长度约为374m。窄轨铁路隧道以昆河线、石太线和南同蒲线较多;其中石太线于1940年改为标准轨距,南同蒲线于50年代改为准轨,原有窄轨隧道废弃。仅在云南省境内仍保留有窄轨隧道195座,总延

长 23.6km,1959 年 7 月昆明至平浪段修复通车,窄轨隧道增至 200 座,总延长 24.1km。到贵昆、成昆两线相继通车后,原昆明沾益段和草铺—平浪段的窄轨铁路废弃,故至今仅有窄轨隧道 191 座,总延长 23km。

(2)1950~1959 年

1950~1952 年是国民经济恢复时期,铁路部门的主要任务是抢修被战时破坏的铁路,以及续建原来已部分施工的主要干线和线段。如陇海线天水至兰州段是 1946 年开始兴建,迄解放时只完成全线总工程量的 3.6%,建国后继续建成。此段计有隧道 48 座,总延长 10 530m。又如成渝线系 1936 年开始兴建,至解放前夕只完成全线总工程量的 14%。在此期间继续修建,计建成隧道 43 座,总延长 6 454m。

1953~1959 年建成隧道最多的线路有宝成线、丰沙一线、鹰厦线、京承线和黔桂线都匀至贵阳段。

在 50 年代共建成标准轨距隧道 794 座,延长 246.3km,每座隧道平均长度为 310m。平均每年建成隧道 24.6km。

(3)1960~1969 年

1960~1963 年为国民经济调整时期,隧道工程处于停滞状态。1964 年开始,三线建设上马,西南的主要铁路干线川黔线和贵昆线,先后于 1965 年、1966 年相继通车;成昆线虽系 1970 年 7 月通车,但隧道工程都是在这个时期建成的。加以焦枝线、兰新线和镜铁山支线等先后竣工,故此期间内的隧道工程量增长很快。60 年代共建成标准轨距隧道 1045 座,总延长 522.1km,每座隧道平均长达 500m。在 1964~1969 年的 6 年时间里,平均每年建成隧道 87km,其中仅成昆线在 1966 年一年内便建成隧道 136km。

这个时期里,隧道施工生产能力有较大提高,先后出现了一些稳产高产的典型隧道工程,如成昆线的官村坝隧道,自1964年复工至完工止,平均每月成洞达152m。此外,还有部分隧道工程量较大的线路,也在这期间内动工,为下一年代完成更大的工作量打下了基础。

(4)1970~1979年

建成隧道延长在15km以上的铁路线,计有襄渝线、枝柳线、湘黔线、京原线、京通线、阳安线、太焦线、南疆线、丰沙二线、盘西支线、太岚线、梅七线和魏塔线等。共计建成隧道2119座,延长1129km,每座隧道平均长度为533m,平均每年建成隧道113km。

这个时期完成了较多的隧道工程量,除了自60年代以来,施工水平和生产能力有了提高这个基本因素外,还有就是有一部分隧道工程较为集中的线路,已在上个年代后期完成了一定的工程量。如京原线是1965年11月开工的,盘西支线是1966年开工的,阳安线是1969年1月开工的,襄渝线是1968年4月开工的,而且大都是将较长的隧道作为重点工程优先安排。这些线上完成的大量的工程,均计入了这个年代的建成量内。

(5)1980~1989年

1980年开始,铁路建设重点转移,以加强旧线改造,修建运煤专用线路,继续完成一部分线路的收尾工程为主。在这期间内建成的隧道,分布在邯长线、皖赣线、两宝改线和京秦线、侯月线、衡广复线等上。10年间共建成隧道120座,总延长约216.9km。

各时期隧道建设数量增长概况见表1。

我国各时期准轨隧道建设数量统计 **表 1**

年 代	准轨隧道分计		准轨隧道累计	
	座 数	延 米(m)	座 数	延 米(m)
1949 年前	238	89 056	238	89 056
50 年代	794	246 302	1 032	335 358
60 年代	1 045	522 106	2 077	857 464
70 年代	2 119	1 129 170	4 196	1 986 634
80 年代	120	216 900	4 416	2 203 534

我国窄轨铁路隧道统计见表 2。

我国窄轨铁路隧道统计 **表 2**

铁 路 线 名 称	所 在 地 段	座数	延米 (m)	备 注
昆河线	昆明北站—河口	171	20 307.3	
昆草线	昆明—草铺	1	79.9	
蒙宝线	蒙自—宝秀	11	949.0	
鸡个线	鸡街—一个旧	8	1 647.0	
小 计		191	22 983.2	

我国有双线隧道共 63 座,总延长 27 573m,见表 3。多线隧道主要分布在襄渝线、太岚线及大秦线上,共有 13 座,总延长 1 141m,见表 4。

表 3

我国铁路双线隧道统计

铁路线名称	所在地段	座数	延米 (m)	备 注
陇海线	郑州—孟塬	15	8 497	
太焦线	长治—月山	24	6 976	
滨洲线	布特哈旗—喜桂图旗	1	3 077	双线单铺
丰沙线	丰台—沙城	6	1 965	
京秦线	丰润—秦皇岛	1	1 345	
沈丹线(威宁# ₁ , # ₂)	沈阳—本溪	2	948	
粤汉线(长沙)	长沙—大托铺	1	714	
成渝线(金家岩)	小南海—铜罐驿	1	570	
包白线	包头东—白云鄂博	3	370	
京汉线(武胜关)	武胜关—孝子店	1	299	
京包线(# ₁₃)	下花园—辛庄子	1	192	
滨绥线	哈尔滨—绥芬河	5	2 575	双线单铺
青藏线(小黑沟# ₁ , # ₂)	哈尔盖—乌兰	2	45	明洞双线单铺
小 计		63	27 573	

注:大秦、衡广等线未统计在内。

我国铁路多线隧道统计 表 4

铁路名	隧道名称	线别	长度(m)	施 工 方 法	施工单位施工时间
襄渝线	何家湾	4	177.00	双侧壁导坑先墙后拱(中墙式)	铁道兵六师 1971—72
襄渝线	郇家湾	4	150.00	双侧壁导坑先墙后拱(中墙式)	铁道兵六师 1971—73
襄渝线	松 树	3	192.40	侧壁导坑先墙后拱	铁道兵六师 1971—73
襄渝线	土茅山	3	271.00	侧壁导坑先墙后拱	铁道兵六师 1971—72
襄渝线	巴 山	3	92.00	顶设导坑,侧壁导坑先墙后拱	铁道兵八师 1971—72
襄渝线	义 畋	3	91.00	上导坑及底设双侧导坑先墙后拱	铁道兵十三师 1970
襄渝线	小湾子	3	43.55	品字导坑、侧壁导坑	铁道兵十一师 1972
襄渝线	松树三线棚洞	3	62.60	外墙护壁挖孔、内墙侧壁导坑	铁道兵六师 1973
襄渝线	罗文三线棚洞	3	127.40	先内外墙后中墙	铁道兵八师 1972—74
太岚线	柳 林	3	116.00		铁道兵四师
大秦线	3 座	3	145.00		

1.2 分布密度

我国的铁路隧道大多分布在山区,一条线路桥隧所占的比重,是该线路工程难易的重要标志。对于某一铁路来说,隧道总长度占线路总长度的比率,称为线路隧道分布密度。线路隧道分布密度越大,说明修建的隧道越多越长,工程也就越艰巨。

我国铁路隧道密度最大的干线有:襄渝线 34.3%,成昆线 31.6%,丰沙线 26.4%,京原线 24.3%,枝柳线 20%。支线中隧道密度最大的有太岚支线 31.1%,渡口支线 26.1%,水大支线 25.5%,开阳支线 20.9%。从隧道在全国各省、区的分布看,密度最大的是四川、陕西、云南、贵州四省,拥有的隧道占全国铁路隧道总数量的一半以上。此外,东北、西北和东南丘陵地带,铁路线路的隧道也很多。

按每条干支线拥有隧道总延米的多少为序,对全国铁路隧道数量最多的一些线路统计如表 5 和表 6。表中列出线路名称、修建年月、隧道密集的地段、隧道总数、延米及隧线比率(%),从中可以了解到我国铁路隧道的分布概况。

隧道总延长 5km 以上的干支线隧道率

表 5

顺 序	铁路线名称	线 路			隧 道			隧线 比率 (%)
		起迄地名	修建年月	长度 (km)	座数	延长 (m)	每座平均 长度(m)	
1	成昆线	成都东—昆明西	1958. 7 — 1970. 7	1 083	428	342 160	799	31. 6
2	襄渝线	莫家营—上桥	1968. 4 — 1978. 6	824	399	282 346	708	34. 3
3	枝柳线	枝城—洛满	1970. 5 — 1978. 12	853	389	170 980	440	0. 2
4	湘黔线	田心—贵定	1953. 6 — 1974. 11	821	294	110 188	375	13. 4
5	宝成线	宝鸡—成都	1952. 7 — 1956. 7	668	335	97 394	290	14. 6
6	京原线	石景山南—枣林	1965. 11—1971. 10	358	121	87 079	720	24. 3
7	贵昆线	贵阳—昆明北	1958. 8 — 1966. 3	639	201	81 255	406	12. 7
8	陇海线	连云港—兰州	1905. 6 — 1952. 12	1 759	232	73 617	318	4. 2
9	京通线	昌平—通辽	1972. 10—1977. 12	806	106	72 603	684	9. 0
10	阳安线	阳平关—安康	1969. 1 — 1972. 10	357	147	61 705	420	17. 3
11	丰沙一线 丰沙二线	丰台—沙城 丰台—沙城	1952. 9 — 1955. 6 1965 — 1971. 12	105 102	} 122		448	26. 4

顺序	铁路线名称	线 路			隧 道			隧线比率(%)
		起迄地名	修建年月	长度(km)	座数	延长(m)	每座平均长度(m)	
12	太焦线	修文—九府坟	1957.9—1975.9	378	106	43 989	415	11.6
13	川黔线	珞璜—贵阳北	1956.4—1965.7	330	115	34 384	299	10.4
14	贵昆线盘西支线	沾益—柏采	1966.1—1974.7	137	59	31 412	532	22.9
15	石太线	石家庄—太原	1904~1907、1940年改建	231	56	21 909	391	9.5
16	黔桂线	柳州南—贵阳北	1939.9—1958.12	607	83	21 723	262	3.6
17	沈丹线	沈阳—丹东	1904.8—1919.12	261	40	17 540	439	6.7
18	同蒲线太岚支线	上兰村—镇城底	1972—1979.12	54	21	16 784	799	31.1
19	鹰厦线	鹰潭—厦门	1955.2—1956.2	698	83	15 904	192	2.3
20	魏塔线	魏杖子—塔山	1970.11—1971.10	249	31	15 418	497	6.2
21	焦枝线	月山—枝城	1969.10—1970.7	753	24	13 346	556	1.8
22	兰新线镜铁山支线	嘉峪关北—镜铁山	1958.8—1965.11	77	18	12 253	681	15.9
23	同蒲线	平旺—风凌渡	1933.5—1939.4	854	21	11 514	548	1.3