

大瑶山隧道

——20世纪隧道修建新技术

王梦恕 主 编

广东科技出版社

粤新登字 04 号

图书在版编目 (CIP) 数据

大瑶山隧道: 20 世纪隧道修建新技术/王梦恕主编. —广州: 广东科技出版社, 1994. 12

ISBN 7-5359-1504-3

- I. 大…
- II. 王…
- III. 铁路隧道-隧道工程
- IV. U45

出版发行: 广东科技出版社
(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

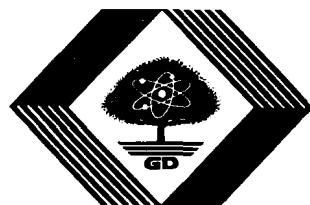
排 版: 广东科电有限公司
经 销: 广东省新华书店
印 刷: 当纳利旭日印刷有限公司印刷厂
(深圳市振兴路 418 栋中门二楼 邮码: 518129)

规 格: 787×1092 1/16 印张 45.5 插页 4 字数 90 万
版 次: 1994 年 12 月第 1 版
1994 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 0001—1 000 册
I S B N 7—5359—1504—3
分 类 号: U·26
定 价: 80.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

本书由广东优秀科技专著出版基金会推荐与资助出版



广东优秀科技专著出版基金会

广东优秀科技专著出版基金会 顾问、评审委员会

顾问：钱伟长

（以下按姓氏笔画为序）

王元	卢良恕	刘泉	许运天
许溶烈	孙大涌	李辰	李金培
肖纪美	吴良镛	宋叔和	陈元直
周谊	郎景和	赵善欢	俞福良
钱迎倩	韩汝琦	焦树德	谭浩强

评审委员会

主任：蒲蛰龙

委员：（以姓氏笔画为序）

邓铁涛	卢永根	卢明高	伍尚忠
刘振群	刘颂豪	许学强	李任先
李岳生	李宝健	张士勋	张展霞
陈兴业	赵元浩	徐秉铮	高由禧
高惠广	容柏生	黄达全	黄衍辉
彭文伟	傅加谟	蒲蛰龙	蔡荣波
欧阳莲			

内 容 简 介

这是一部反映我国 20 世纪隧道建设最新水平标志的著作。1992 年 12 月,“大瑶山铁路长大隧道修建新技术”获得了国家科技进步奖特等奖的荣誉,本书便是以获奖内容为基础写成的。大瑶山隧道工程举世闻名,它取得的 10 项重大科技成果,其中六项技术具国际领先水平,例如,长达 14 295m 的隧道贯通精度,至今仍是世界领先,又如穿越九号断层综合配套技术创造的月成洞速度等,仍然领先于国际水平;三项达到国际先进水平;一项具国内领先水平;解决了 42 个关键技术难题,各项技术成果成龙配套。在 80 年代,它为我国隧道建设飞越了 20~30 年的技术落后差距。本书作者站在世纪的高度,应用新原理去全面、系统、真实地论述与衡量被大瑶山隧道工程及其后来工程实践肯定的新技术;书稿写作既达到技术理论指导的高度,又能在典型实例上细致阐述,对从事隧道与地下工程的技术人员有实际的参考价值。

本书作者

主 编：王梦恕

编写人员（以姓氏笔画为序）：

王 潜	王汝澄	王梦恕	邓谊明
朱 弋	刘招伟	张双亚	张良忠
张项铎	钟筠筠	徐祯祥	崔云雷
韩忠存			

插图清绘：刘慧屏 张 鹰

先進技術外一流
严格管理上水平

孫永福
一九九〇年
五月九日

注：这是铁道部副部长孙永福同志为本书写的题词。

序

大瑶山隧道的建成,集中反映了我国隧道建设技术上所取得的新成就,是我国隧道建设史上的又一个新的里程碑。大瑶山隧道不仅仅是因为隧道长度长、断面尺寸大、建设速度快而闻名于世,更是由于在如此奇难的地质条件下,建造成如此壮观的工程而著称。可以十分自豪地说,大瑶山隧道是我国劳动者“苦干”加“巧干”的结晶。

本人作为全国科学技术进步奖评审委员会成员之一,有机会较全面地了解到本工程的内容与问题,特别是反映在科学技术方面,所取得的成就和所作出的贡献,本人长期从事于深基础工程的科研工作和施工实践,因此,我自认为对本工程所内涵的技术含量和难度,有着特别深切的感受。我认为把大瑶山隧道建设过程中所取得的技术成就和经验,当然也包括了付出代价的宝贵教训忠实客观地记录下来汇集成本书,这是非常有意义的一件事情。出版这样一本书,其目的当然不仅仅是为了留芳于世,我想更是为了供借鉴于今后之用。从全书内容看,我认为这本技术专著的基本目的已经达到了。

在本书出版之际,我对为大瑶山隧道建设做出实际贡献的同志们,以及今天又整理写出了这本巨著的作者,深表敬佩,并向工程界的朋友们,高校有关系科的师生们,推荐这本好书。赞叹钦佩之余,欣然为之序。

许溶烈

目 录

第一章 总论	1
一、世纪里程碑	1
二、大瑶山隧道修建过程中的十项配套技术	3
三、施工组织设计	8
四、主要指标完成情况	9
第二章 工程地质特征研究及岩体稳定评价技术	11
第一节 大瑶山隧道工程区域地质概况	11
一、地层	11
二、地质构造	11
三、区域构造应力场分析	15
四、水文地质条件	18
五、长大铁路隧道工程地质勘测工作模式	21
第二节 围岩稳定评价	23
一、区域稳定评价	23
二、区域构造应力对工程围岩稳定的影响	24
三、围岩稳定评价	24
四、Dk 1996 试验洞地段围岩特性及稳定研究	33
五、Dk 1999 试验洞地段岩体变形特征及其喷锚支护建议	35
六、大瑶山隧道坍方分析及预报	45
第三节 区域性 F ₉ 断层特征	54
一、F ₉ 断层地质特征	54
二、F ₉ 断层岩体稳定特性	55
第四节 班古坳地区深层岩溶水地段洞内长期排水所引起的水文地质变化规律 研究及其整治措施	58
一、区域地质背景	58
二、班古坳地区岩溶水文地质特征及洞内排水引起的水文地质条件变化	59
三、隧道洞内涌水(夹带泥砂)特征及其补给关系	68
四、F ₉ 断层上、下盘的联系问题	72
五、F ₉ 和 F ₉ 下盘的地下水的联系问题	73
六、深层岩溶水涌水地段围岩、衬砌稳定性分析	74
七、堵水条件下模型试验及其结论	83
八、数值分析与模型试验的相互对比	86
九、大瑶山隧道深层岩溶水整治	87
十、对岩溶充水隧道涌水量预测有关问题的研究意见	88

第五节 岩体力学研究	94
一、应力场研究	94
二、岩石(体)的物理力学特性	99
三、围岩变形特征	101
四、围岩稳定模型试验研究	106
五、遥感技术试验	108
第六节 大瑶山隧道地温预测	109
一、地温预测	110
二、预测地温与施工时实测地温的比较	111
第三章 控制测量	114
第一节 平面控制方案选定及导线的布设	115
一、平面控制测量方法的选定	115
二、光电导线的布设	117
三、光电导线布设的有关问题	119
四、用光电自由导线进行长大隧道控制的探讨	122
第二节 光电平面导线的外业观测	128
一、仪器设备	128
二、洞外光电导线的外业观测	128
三、洞内平面导线的观测	131
第三节 高程控制及三维导线测量	132
一、精密几何水准测量	133
二、光电三角高程测量	133
三、光电测距三角高程测量的有关问题	136
四、光电三维导线测量	142
第四节 竖井联系测量	142
一、光学垂准法投点	143
二、陀螺经纬仪定向	145
三、光电测距仪导入高程测量	150
四、贯通误差预计及实测结果	151
第五节 隧道净空断面及导坑延伸测量	153
一、采用便携式断面仪测量隧道净空	153
二、全断面掘进轮廓线放样测量	155
三、激光指向仪的应用	156
第六节 用数理统计方法处理观测数据	157
一、剔除粗差	157
二、多环导线角度闭合差的检验处理	158
三、多次观测值是否存在显著的系统误差	158
四、误差是否与距离成线性相关的检验	158
五、检查光电测距仪常数是否有显著变化	159

第七节 光电导线的平差及精度评定	159
一、简易平差	160
二、严密平差	162
三、简易相关平差	165
四、精度评定或估算	166
五、平差中有关问题的考虑	170
六、平差方法应用与选择	174
第八节 贯通误差估算及贯通成果	175
一、贯通误差估算	175
二、实测精度	177
三、实测平面高程贯通误差	178
第九节 GPS 在隧道控制测量中的应用	179
一、坐标转换	179
二、高程测定	184
三、高程改化	186
四、GPS 快速静态定位技术	190
五、技术方案与布网设计	190
六、观测纲要和作业组织	192
七、工程实例	192
八、结论和建议	192
第四章 控制爆破开挖技术	196
第一节 概述	196
一、隧道围岩对开挖的影响	196
二、大瑶山隧道开挖方法的选择及控制爆破在隧道施工中的意义	197
三、控制爆破技术研究	198
第二节 光面爆破机理模型试验研究	200
一、国内外的研究简况	201
二、模型试验的目的	201
三、试验内容	202
四、试验的主要材料与设备	202
五、试验结果与分析	205
第三节 爆破器材的选择、配备和研制	210
一、采用多种炸药进行隧道爆破的必要性	210
二、对各种炸药使用过程中的认识	212
三、大瑶山隧道施工中,多种爆破器材的应用及经验	212
四、非电起爆系统	213
五、微差爆破网路联接方法	215
第四节 深孔爆破掏槽技术	216
一、掏槽型式及其装药参数	216

二、临空孔与装药炮眼间距	217
三、装药炮眼间距的确定	219
四、临空孔个数和掏槽面积的确定	219
五、掏槽炸药及装药不偶合系数	221
六、掏槽炮眼装药量的确定	221
七、掏槽炮眼起爆的合理间隔时间	222
八、掏槽位置与碴堆及破碎度的关系	222
九、掏槽技术在深孔爆破中的应用实绩	223
第五节 深孔爆破安全监测技术	224
一、用爆破振动量测评价深孔全断面钻爆对围岩稳定性的影响	224
二、全断面深孔爆破空气冲击波量测及其应用	230
第六节 硬岩全断面深孔爆破技术	232
一、全断面深孔预裂爆破	233
二、全断面深孔光面爆破	241
三、全断面深孔爆破作业程序	245
第七节 软岩控制爆破技术	250
一、全断面浅孔预裂爆破	250
二、上下半断面浅孔控制爆破	253
三、上半断面环形开挖	257
第八节 隧道超挖及其控制	258
一、隧道超挖	258
二、控制超挖措施	259
三、深孔爆破减少超挖的可能性	262
四、标准超挖值的讨论	263
第九节 辅助坑道开挖技术	264
一、平行导坑钻爆开挖技术	264
二、斜井钻爆开挖	266
三、竖井钻爆开挖技术	269
附录一 塑料导爆管非电起爆操作细则	271
附录二 对《爆破安全规程》的增补意见	274
第五章 复合式衬砌	275
第一节 支护设计构思	276
一、围岩的特性	276
二、大瑶山隧道首次采用复合式衬砌的构思	277
三、复合衬砌的力学特征	278
第二节 支护设计	284
一、设计原则	284
二、复合衬砌设计流程	284
三、目前所采用的几种复合衬砌设计方法	284

四、大瑶山支护参数的确定	290
五、有限元计算初期支护	301
六、二次模筑衬砌强度安全核算（按荷载—结构模式）	304
七、大瑶山隧道支护体系可靠性评定	311
八、F ₉ 断层带支护结构设计	327
第三节 大瑶山隧道各类围岩支护效果的现场检验	334
一、现场检验的必要性和途径	334
二、现场检验的结论	334
第四节 喷锚支护施工工艺及质量检验	338
一、喷锚支护施工工艺	338
二、质量控制	343
三、早强喷锚支护类型和工艺	344
附录：铁路隧道复合衬砌技术条件	348
一、总则	348
二、复合衬砌设计	348
三、喷锚支护	350
四、钢拱支撑	351
五、模筑混凝土二次衬砌	351
六、复合衬砌防排水	352
七、现场量测	353
第六章 隧道监控量测与信息反馈技术	354
第一节 隧道监控量测的基本问题	356
一、隧道监控量测中的若干基本概念和名词	356
二、测试元件的基本原理	360
三、隧道中常用测试元件	364
第二节 现场量测数据处理及量测技术条件	369
一、现场量测数据处理方法	369
二、现场量测的技术条件及规定	374
第三节 隧道现场量测信息反馈的实例	378
一、下坑铁路单线隧道	378
二、金川镍矿	379
三、金家岩铁路双线隧道	380
四、黄土铁路单线隧道	381
五、大瑶山隧道出口区段	382
六、大瑶山隧道进口区段	386
七、九号断层（F ₉ ）区段	387
第七章 隧道结构防排水	389
第一节 防水混凝土及泵送防水混凝土	389
一、概述	389

二、低标号高抗渗普通防水混凝土的研究和应用	390
三、低标号、高抗渗泵送防水混凝土的研究应用	399
四、泵送防水混凝土的现场试验和应用	405
五、泵送防水混凝土开裂的原因分析	409
六、防水混凝土衬砌裂缝的防止办法	412
第二节 防水隔离层的研究和施工	416
一、塑料板材质及厚度的选择	417
二、铺设工艺的试验和选择	422
三、塑料板防水层施工质量的检验	437
四、塑料板防水层的老化	439
第八章 大型机械化施工	441
第一节 双线隧道施工机械化	443
一、引进大型机械改变传统的施工方法	443
二、三条机械化作业线的形成	446
三、机械化带来隧道施工新面貌	456
第二节 技术培训与消化吸收	459
一、资料翻译与消化吸收	459
二、技术培训和技术服务	460
三、技术培训、技术服务以及消化吸收的初步成果	461
第三节 机械化管理组织的建立	462
一、专业化生产组织的形成	462
二、施工机械化管理的主要组织措施	466
三、基层管理发展的前景	468
第四节 进口机械配件管理及其国产化	468
一、进口配件的管理	468
二、进口机械配件的国产化	469
三、GKK型模板衬砌台车的国产化	471
第五节 临时供电工程的建设和管理	472
一、供电方案的抉择	472
二、实施措施	473
三、集中管理	474
四、宝贵的资料和数据	475
第六节 凿岩机械	477
一、液压凿岩机	477
二、凿岩台车	480
第七节 装药、锚杆、找顶及清底机械	485
一、装药台车	485
二、锚杆台车	487
三、找顶及清底机械	488

第八节 混凝土喷射机械	490
一、干式转子喷射机	491
二、湿式喷射机	492
三、混凝土喷射机械手	492
第九节 注浆机械	496
一、旋转式钻机	496
二、注浆泵	498
第十节 装碴机械	499
一、轮胎式装载机	500
二、履带式装载机	501
三、扒爪装岩机	503
四、耙斗式装岩机	504
五、铲斗式装岩机	505
第十一节 运输机械	506
一、自卸汽车	506
二、电瓶车	506
三、矿山车辆	509
四、矿车卸载机械	512
第十二节 混凝土二次模筑衬砌机械	515
一、混凝土搅拌站	515
二、混凝土搅拌运输车	517
三、混凝土输送泵	518
四、全断面钢模板衬砌台车	519
第十三节 通风机械	520
第十四节 斜、竖井施工机械	521
一、斜井施工机械	521
二、竖井施工机械	529
第九章 施工通风	538
第一节 概述	538
一、施工通风的任务	538
二、施工通风的特点	538
三、作业环境的卫生标准	540
四、常用的通风方式	541
第二节 大瑶山铁路双线隧道的施工通风	544
一、概述	544
二、出口工区的污染源与主要污染物质	544
三、出口工区施工通风方式的选择	545
四、施工中曾考虑过的其他防污染措施	555
五、隧道内工作环境的测定	557

六、间隔串联风机工况的确定	559
七、大直径风管的造型与设计	563
第三节 模拟试验与理论分析	573
一、施工通风模拟试验风洞的建立	573
二、示踪气体 SF ₆ 的静态扩散试验	578
三、风管出口有效射流范围的模拟试验	579
第十章 富水、软弱、破碎的九号断层施工	583
第一节 大瑶山隧道九号断层地质预报	583
一、预报的前期准备	583
二、总体预测	585
三、施工中的地质预报	586
第二节 大瑶山隧道九号断层施工方案	594
一、工程概况	594
二、施工方案和主要技术对策	595
三、超前平导施工	596
四、正洞施工	598
第三节 大瑶山隧道九号断层支护系统	607
一、概述	607
二、岩溶出水地段的衬砌结构	607
三、具有膨胀性岩层的支护系统	608
四、断层碾磨带及强烈挤压带的支护系统	609
五、初期支护的受力分析	613
六、加强初期支护的特殊技术措施	615
七、涌水、流泥及主干断层碾磨泥带初期支护施作的特殊技术措施	620
八、初期支护的强化质量管理	622
第四节 大瑶山隧道九号断层施工监控量测与反馈	623
一、F ₉ 断层围岩稳定性分析	623
二、量测目的和量测项目	623
三、量测资料整理分析	625
四、结语	635
第十一章 注浆技术	636
第一节 注浆	637
一、注浆方法与注浆系统	637
二、注浆材料	638
第二节 周边半封闭浅孔预注浆	641
一、九号断层地质概况	643
二、注浆方案的选择	643
三、注浆设计	645
四、浆材的性能试验	647