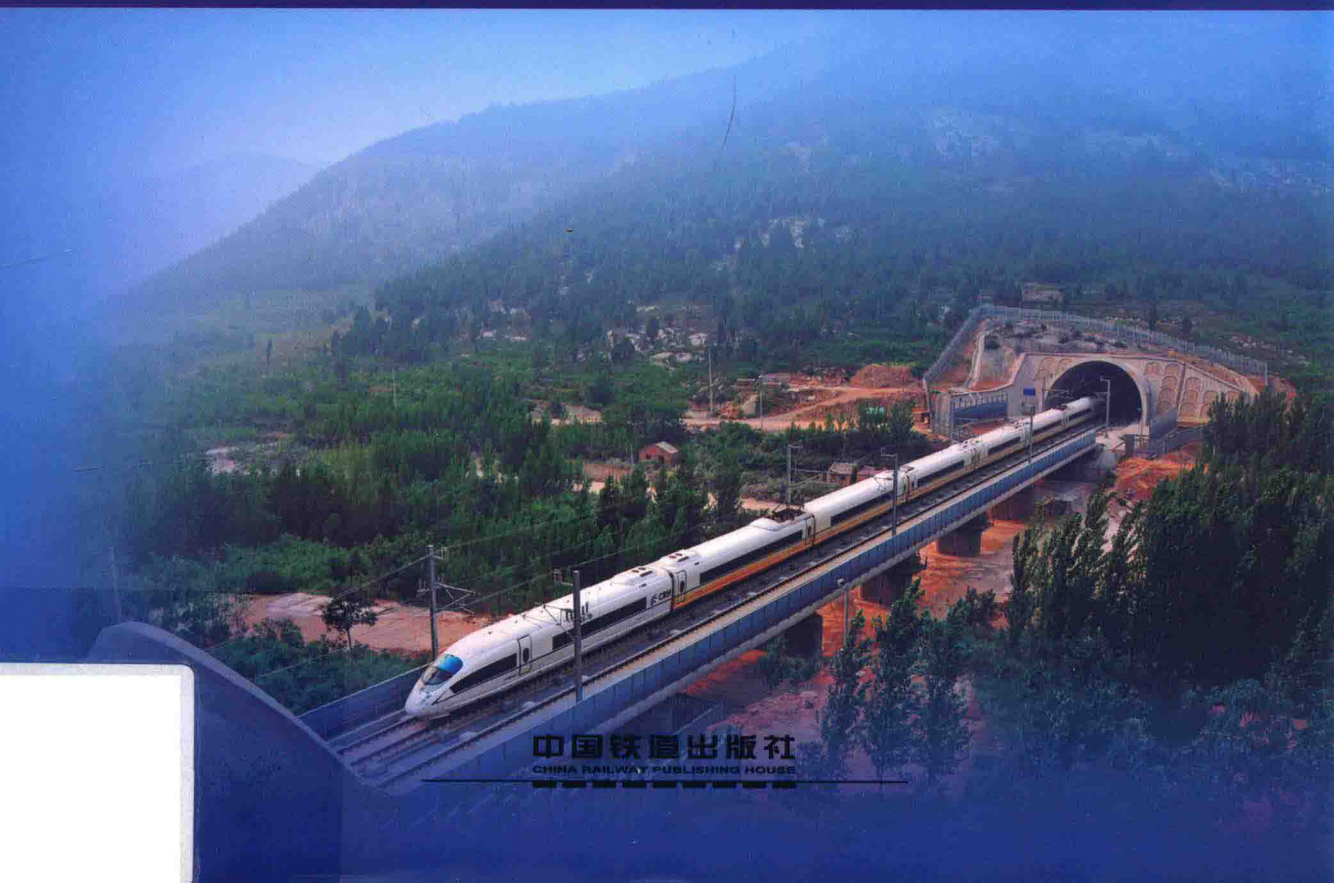


高速铁路建设典型工程案例

GAOSU TIELU JIANSHE DIANXING GONGCHENG ANLI

隧道工程

卢春房 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高速铁路建设典型工程案例

隧道工程

卢春房 主编

中国铁道出版社

2015年·北京

图书在版编目(CIP)数据

隧道工程/卢春房主编. —北京:中国铁道出版社,2015.4

(高速铁路建设典型工程案例)

ISBN 978-7-113-20096-1

I. ①隧… II. ①卢… III. ①高速铁路—铁路隧道—
隧道施工—案例—中国 IV. ①U459.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 051154 号

高速铁路建设典型工程案例

书 名: 隧 道 工 程

作 者: 卢春房 主编

策 划: 田京芬

责任编辑: 江新锡 程东海 张卫晓

编辑部电话: 010-51873065

封面设计: 崔 欣

责任校对: 孙 玫

责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 北京铭成印刷有限公司

版 次: 2015年4月第1版 2015年4月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 12 字数: 287 千

书 号: ISBN 978-7-113-20096-1

定 价: 35.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

序

2004年,国务院批准《中长期铁路网规划》,我国铁路进入以高速铁路建设为重点的加速发展期。自2005年京津城际、武广客专等高速铁路项目开工建设,到2014年底沪昆(杭怀段)、兰新、贵广、南广、成绵乐等高速铁路项目相继开通,十年建成高速铁路1.6万公里,超过世界其他国家高速铁路运营里程总和,基本形成了以京沪高速铁路为代表的“四纵四横”高速铁路主骨架网。已开通高速铁路项目的工程质量经受了运营检验,运行品质得到了各界肯定,塑造了中国高速铁路“技术先进,安全可靠,性价比高”的国际品牌。按照“十二五”铁路建设目标的要求,到2015年底,铁路总营业里程将达到12万公里,其中高速铁路将达到1.9万公里,必将为进一步提升运输服务水平,推动中国高速铁路“走出去”,开创铁路改革发展新局面,促进我国社会经济全面发展做出新的贡献。

我国幅员辽阔,地形、地貌、地质复杂多样,但高速铁路的建设标准和技术标准却不能因此降低。在近十年的高速铁路建设过程中,广大铁路建设者克服了施工环境艰苦、地质条件复杂、自然灾害多发,以及其他客观条件造成的种种困难,在设计和施工中不断进取创新,解决了一大批高速铁路建设中的复杂、疑难问题,为保证高速铁路质量及运营安全奠定了坚实基础。身为铁路建设者的一员,我有幸亲历了这一过程,深知其间的艰辛和不易。如武广高速铁路汀泗河大桥为当时我国首座高速铁路主跨140米钢箱系杆拱桥,开创了大跨度钢桥铺设无砟轨道的先河,施工中研发了高速铁路大跨度钢桥无砟轨道线形确定、超距离测量精确控制等技术,成功解决了大跨度钢桥无砟轨道施工难题,填补了国内外空白;哈大高速铁路则是我国也是世界上第一条严寒地区无砟轨道高速铁路,为克服路基冻胀等世界级难题,通过采取表面封堵、深层渗排、优化填料、强化本体等一系列综合防治措施,使冻胀现象得到了明显抑制,冬季轨道状态保持良好,运营安全平稳。类似案例,不胜枚举。在这些工程实践中,铁路建设者们视困难为挑战,不断探索和总结,创造性地开发了一系列工艺、工法和施工装备,为提高我国的高速铁路建设技术水平作出了卓越贡献。

为总结高速铁路建设技术疑难问题处理的经验,为今后高速铁路建设提供借鉴,我提议编撰了《高速铁路建设典型工程案例》系列丛书。本丛书全套共有路基工程、桥梁工程、隧道工程、轨道工程、站场工程、站房工程、四电工程七个分册,分别就高速铁路建设中各专业成功处理的典型复杂案例进行了分析和总结,希望能够为铁路建设、设计、施工、监理等单位的同志们提供帮助。社会各界的业内人士

也可以通过本丛书了解铁路建设工程技术的发展现状,或作为相关工程技术研究的参考。

一年多的编撰过程中,来自中国铁路总公司工程管理中心、各铁路建设单位及中国中铁、中国铁建等单位的编写者们付出了诸多心血,李志义、邹振华进行了编撰组织工作,施德良、朱振升、蔡申夫、鞠家星、赵国堂、周孝文、吴克非、张梅、王志坚、何志军、盛黎明、赵勇、徐尚奎、陈璞、辛维克等同志提出了宝贵意见,朱旭、上官涛、黎庶、潘洪海、尤昌龙、刘增杰、游旭、李吉林、黄文勇、苏杭、梁生武、刘永红、路晓彤、武汝涵等同志承担了丛书的资料收集、整理及校对工作,在此一并表示感谢!

最后,也藉本书向长期战斗在铁路建设一线的同志们致敬!



2015年3月于北京

前 言

高速铁路技术标准高,要求线路曲线半径大,在选线设计中会提出大量隧道工程方案。目前,我国在建的高速铁路、客运专线及城际铁路中,设计隧道总长度约1 600 km,今后几年还将修建超过2 000 km的铁路隧道。但同时隧道工程存在着技术难度大、施工风险高、施工环境艰苦和管理复杂等诸多难题。在过去十年的高速铁路建设过程中,广大建设者迎难而上、锐意进取,本着以质量安全为核心的原则,不断开拓创新,解决了一大批隧道施工中遇到的复杂难题和突发性问题,为今后的隧道修建提供了宝贵的借鉴经验。

本书为《高速铁路建设典型工程案例》中的《隧道工程》分册,本次共收录了十篇案例,分别涉及软岩大变形隧道、第三系未成岩含水砂层隧道、非煤系瓦斯隧道、(高压)富水断层隧道、硬质碎裂岩隧道、复杂岩溶隧道等。其中天平铁路的关山隧道、宜万铁路的齐岳山隧道、晋豫鲁铁路的太行山隧道及玉蒙铁路的秀岭隧道,尽管不属于高速铁路范畴,但考虑到其代表性、处理技术的先进性及较强的可借鉴性,本次一并予以了收录。

本书由中国铁路总公司工程管理中心牵头编撰组织,参与本书编写的主要单位有:兰渝铁路有限责任公司,东南沿海铁路福建有限责任公司,南昌铁路局,兰州铁路局,武汉铁路局,昆明铁路局,晋豫鲁铁路通道股份有限公司。中国铁路总公司工程管理中心肖广智、张民庆、游旭、薛斌、黎庶等负责本书的资料整理、审核和校对工作。

由于参与编写人员的水平有限,加之编写时间仓促,不当之处在所难免,敬请读者不吝赐教,以利改正。

2015年3月

目 录

第一篇 兰渝铁路木寨岭隧道高地应力软岩大变形处理技术

1 概 况	3
1.1 工程概况	4
1.2 工程地质及水文地质	4
1.3 设计参数	5
1.4 施工工法	5
2 施工中遇到的主要难题	5
3 主要针对性措施	6
3.1 支护参数动态调整	6
3.2 开挖工法优化	7
3.3 预留变形量优化	9
3.4 工序调整	10
3.5 关键技术措施	11
4 总结与体会	13

第二篇 兰渝铁路新城子隧道高地应力软岩大变形处理技术

1 概 况	17
1.1 工程概况	17
1.2 工程地质及水文地质	17
1.3 设计参数	18
2 施工中遇到的主要难题	19
2.1 初期支护变形开裂	19
2.2 小净距两隧道右挖左裂(左挖右裂)	20
3 主要针对性措施	21
3.1 支护参数动态调整	21

3.2 小净距两隧道右挖左裂(左挖右裂)控制措施	26
3.3 提高施工进度的措施	27
4 总结与体会	28

第三篇 兰渝铁路桃树坪隧道第三系富水粉细砂层处理技术

1 概 况	33
1.1 工程概况	33
1.2 工程地质与水文地质	33
1.3 设计参数	33
2 施工中遇到的主要难题	34
3 主要针对性措施	37
3.1 开挖工法选择	37
3.2 降水技术	39
3.3 注浆技术	44
3.4 超前支护技术	44
3.5 双层初期支护技术	46
4 总结与体会	47

第四篇 厦深铁路梁山隧道高压富水断层处理技术

1 概 况	51
1.1 工程概况	51
1.2 工程地质及水文地质	51
1.3 塌落柱空腔分布可能性分析	53
2 施工中遇到的主要难题	54
2.1 突水涌泥	54
2.2 处理难点	55
3 主要针对性措施	55
3.1 快速清淤处理体系	56
3.2 利用迂回导坑实施泄水	58
3.3 超深塌落柱条件下的围岩荷载确定	58
3.4 超前预加固及支护体系	60
3.5 结构体系与施工工法	62

3.6 施工过程中的安全控制	65
4 总结与体会	66

第五篇 龙厦铁路象山隧道高压富水断层处理技术

1 概 况	71
1.1 工程概况	71
1.2 工程地质及水文地质	71
2 施工中遇到的主要难题	74
2.1 突水涌泥	74
2.2 主要施工难点	74
3 主要针对性措施	77
3.1 总体方案	77
3.2 信息化施工技术	78
3.3 岩溶断层段超前预注浆	85
3.4 泄水降压	91
3.5 溃口段加固技术	93
3.6 无工作室超前大管棚施工技术	93
3.7 岩溶断层段开挖	95
3.8 支护结构	95
4 总结与体会	95

第六篇 天平铁路关山隧道硬质碎裂岩处理技术

1 概 况	99
1.1 工程概况	99
1.2 工程地质及水文地质	99
2 施工中遇到的主要难题	100
2.1 岩性特殊	100
2.2 高地应力环境	101
2.3 主要施工难点	102
3 主要针对性措施	103
3.1 受力结构优化	103

3.2 变形处理措施	103
3.3 坍塌控制技术	105
3.4 施工过程中的安全控制	105
4 总结与体会	106

第七篇 宜万铁路齐岳山隧道复杂岩溶处理技术

1 概 况	109
1.1 工程概况	109
1.2 工程地质与水文地质	109
2 施工中遇到的主要难题	110
2.1 地质探测问题	110
2.2 溶腔处理问题	111
2.3 反坡排水问题	111
2.4 安全预警和应急逃生问题	111
3 主要针对性措施	111
3.1 综合超前地质预报	111
3.2 溶腔处理措施	115
3.3 反坡排水技术	118
3.4 安全预警和应急逃生技术	121
4 总结与体会	122

第八篇 中南部通道太行山隧道高压富水宽张裂隙处理技术

1 概 况	127
1.1 工程概况	127
1.2 工程地质及水文地质	127
2 施工中遇到的主要难题	129
2.1 隧道涌水	129
2.2 隧道涌水分析	129
2.3 主要施工难点	130
3 主要针对性措施	132
3.1 帷幕注浆	132

3.2 深孔排水	137
4 总结与体会	138
 第九篇 玉蒙铁路秀山隧道构造挤压破碎富水带处理技术	
1 概 况	141
1.1 工程概况	141
1.2 工程地质及水文地质	141
2 施工中遇到的主要难题	146
2.1 进口工区突水突泥	146
2.2 出口工区突水突泥	147
3 主要针对性措施	150
3.1 综合超前地质预报技术	150
3.2 防涌突预案及启动标准	150
3.3 超前排水降压技术	151
3.4 组合式超前支护技术	152
3.5 信息化注浆堵水技术	152
3.6 反坡排水系统	154
3.7 剪胀裂缝处理技术	155
3.8 地质构造发育带处理技术	156
3.9 带水作业	157
3.10 背斜及断层破碎带施工配套措施	157
3.11 先进机械设备在施工中的应用	158
3.12 反坡施工组合运输系统	159
3.13 进口工区突水突泥处理	159
3.14 出口工区突水突泥处理	161
4 总结与体会	164

第十篇 兰渝铁路梅岭关隧道非煤系瓦斯处理技术

1 概 况	167
1.1 工程概况	167
1.2 工程地质及水文地质	167
1.3 设计参数	167

2	施工中遇到的主要难题	169
3	主要针对性措施	170
3.1	试验研究	170
3.2	快速钻探	172
3.3	钻进防突出措施	172
3.4	钻孔瓦斯(天然气)参数快速测试方法	173
3.5	通风在线监控系统	174
4	总结与体会	178

第一篇

兰渝铁路木寨岭隧道高地 应力软岩大变形处理技术

1 概 况

兰渝铁路位于青藏高原隆升区边缘,地质环境极为特殊。受多期构造影响,区域断裂、褶皱发育,初始地应力状态极其复杂,多为高~极高地应力。兰渝铁路区域构造地应力分布如图 0-1 所示。

兰渝铁路兰广段隧道群在建设过程中出现了围岩大变形,变形的剧烈程度和对安全、工期、经济等的影响在国内外隧道工程界极为罕见。高地应力软岩隧道大变形控制是公认的“国内罕见、世界难题”,现行的围岩分级及支护标准不再适用,需进行特殊设计和施工方法的创新。总结兰渝铁路高地应力软岩隧道大变形处理技术,对中国铁路建设和隧道工程技术的发展具有重要意义。

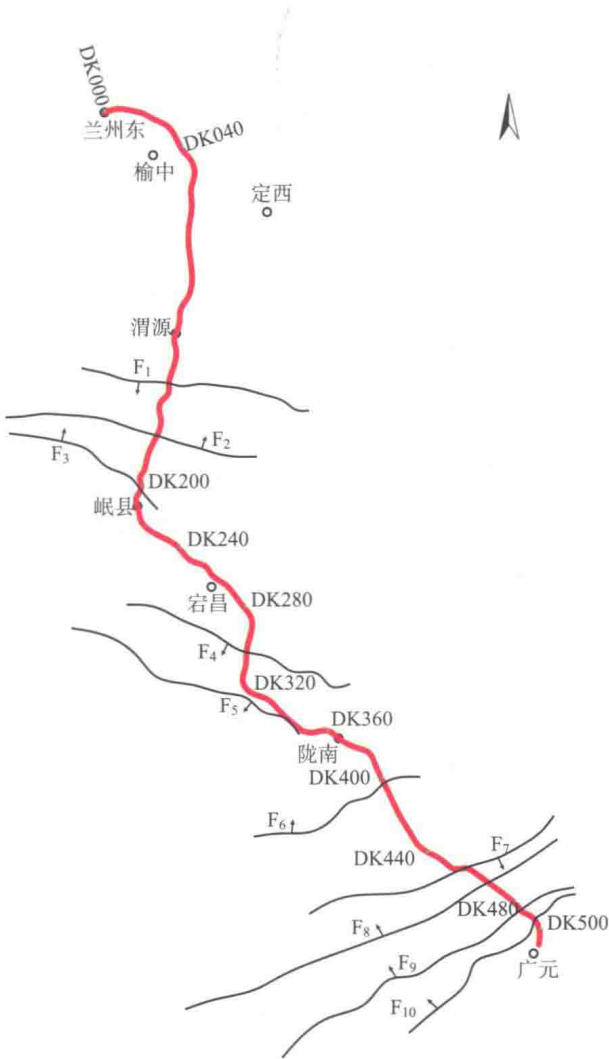


图 0-1 兰渝铁路区域构造地应力分布

1.1 工程概况

兰渝铁路木寨岭隧道位于甘肃省定西市漳县和岷县交界处,地处西秦岭高中山区,地表沟谷深切,呈“V”字形,自然坡度大于 50° 。地面高程 2 390~3 214 m,相对高差 824 m,洞身最大埋深 728 m。设计为双洞单线分离式特长隧道,线间距 40 m,左线隧道长度 19 095 m,右线隧道长度 19 115 m。建筑限界采用《200 km/h 客货共线铁路双层集装箱运输建筑限界(暂行)》标准,旅客列车设计行车速度 200 km/h。为解决工期压力,全隧道共设置 8 座辅助坑道,如图 1-1 所示。

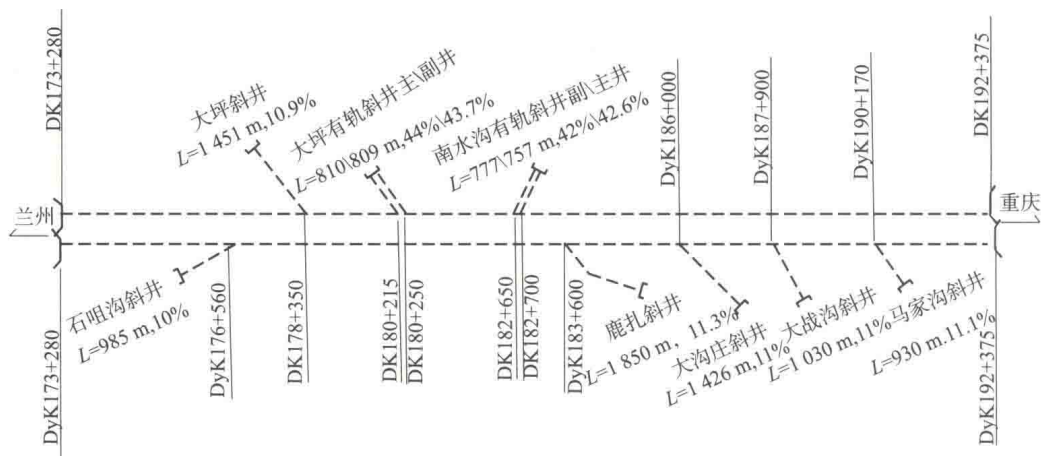


图 1-1 木寨岭隧道辅助坑道平面布置示意图

1.2 工程地质及水文地质

(1) 工程地质

1) 地层岩性

隧道经过的地层条件复杂,按时代由新到老分别包括第四系、第三系、二叠系、石炭系、泥盆系等不同时代的地层。隧道洞身主要通过二叠系下统板岩、炭质板岩地层。板岩为深灰色、黑色,板状构造,变晶结构,裂隙、节理发育,遇水易软化;碳质板岩为青灰色、灰黑色,泥质结构,薄层板状构造,裂隙、节理发育,岩质极软,锤击呈薄片状,遇水易软化。板岩及碳质板岩单轴抗压强度为 3.4~16.7 MPa,属软岩至极软岩。

2) 地质构造

隧道位于秦岭—昆仑纬向构造体系,后期被祁吕贺兰山字形构造和茶固山帚状构造复合、归并、改造。受多期次构造复合叠加作用,褶皱断裂发育,形成了形态各异、极其复杂的皱曲与断层束构造。区内主要构造为 3 个背斜、2 个向斜,断层有 F_2 区域性大断裂及其次生的 10 条断层。

3) 地应力

隧道通过区域测得最大水平主应力方向为 $N34^{\circ}E$,最大水平主应力值为 24.95~27.16 MPa,

最小水平主应力值为 14.95~16.17 MPa,属高地应力区。最大水平主应力方向与隧道轴线方向(N30°E~N40°E)基本一致。

(2)水文地质

隧道通过区域地下水类型主要有基岩裂隙水和第四系松散堆积层孔隙水两类,基岩裂隙水分构造裂隙水、风化裂隙水、层间裂隙水,具有弱承压性。预测单洞正常涌水量为 16 607 m³/d,最大涌水量为 49 823 m³/d。

1.3 设计参数

全隧设计Ⅲ级围岩 5 920 m,占 15.5%;Ⅳ级围岩 18 520 m,占 48.5%,Ⅴ级围岩 13 770 m,占 36.0%。隧道均采用曲墙带仰拱复合式衬砌,初期支护采用喷锚支护,二次衬砌采用素混凝土或钢筋混凝土。隧道支护参数见表 1-1。

表 1-1 木寨岭隧道支护参数表

围岩 级别	初期支护										二次衬砌		
	喷混凝土		锚杆			钢筋网		钢架					
	施作 部位	厚度 (cm)	设置 部位	长度 (m)	环×纵间 距(m)	设置 部位	网格间 距(cm)	设置 部位	钢架 类型	纵向间 距(m)	拱墙 (cm)	仰拱 (cm)	强度
Ⅲ	拱墙	8	拱部	2.5	1.2×1.5	φ6 拱部	25×25				35	40	C30
Ⅳ一般	拱墙	12	拱墙	3.0	1.2×1.2	φ6 拱墙	25×25				40	40	C30
Ⅳ加	拱墙	23	拱墙	3.0	1.2×1.2	φ6 拱墙	20×20	拱墙	φ22 格栅	1.0	40	40	C30
Ⅴ一般	拱墙 仰拱	25 10	拱墙	3.0	1.2×1.0	φ8 拱墙	20×20	拱墙	I16	1.0	45 *	45 *	C35
Ⅴ加	拱墙 仰拱	25 10	拱墙	3.0	1.2×1.0	φ8 拱墙	20×20	拱墙	I16	0.8	45 *	45 *	C35
Ⅴ软	全环	25	拱墙	3.0	1.2×1.0	φ8 拱墙	20×20	全环	I16	0.8	45 *	45 *	C35

注:1. 锚杆拱部采用 φ22 中空组合锚杆,边墙采用 φ22 全螺纹砂浆锚杆;

2. 二次衬砌栏中上角标 * 表示钢筋混凝土,无角标表示素混凝土;

3. Ⅳ加、Ⅴ一般、Ⅴ加拱部设超前小导管,间距 0.4~0.5 m。

1.4 施工工法

隧道洞身开挖根据地质条件选择全断面法、台阶法、三台阶七步法。全断面法适用于辅助坑道Ⅲ、Ⅳ级围岩段和正洞Ⅲ级围岩地段;台阶法适用于辅助坑道Ⅴ和正洞Ⅳ、Ⅴ级围岩地段;三台阶七步法适用于Ⅴ级围岩洞口、偏压等特殊地段。

2 施工中遇到的主要难题

隧道开挖掌子面地质照片如图 2-1 所示。在高地应力的作用下,隧道开挖后产生大变形,主要特点是累计变形量大、变形速率快、持续时间长等。监测数据显示,隧道最大收敛变形达