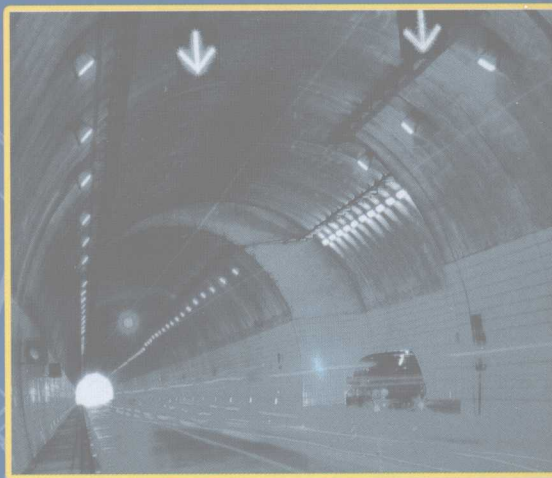


高瓦斯隧道施工指南

——以家竹箐隧道为例

姚振武 【编著】



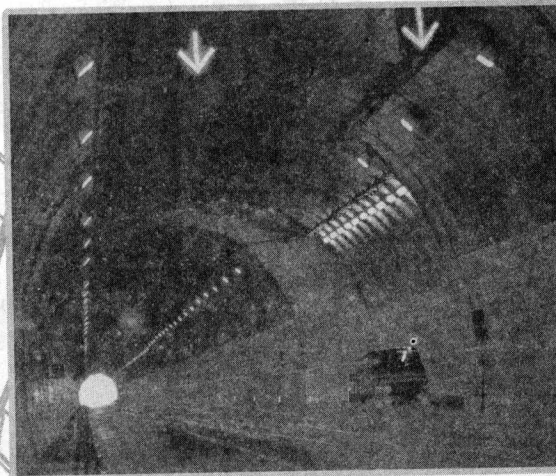
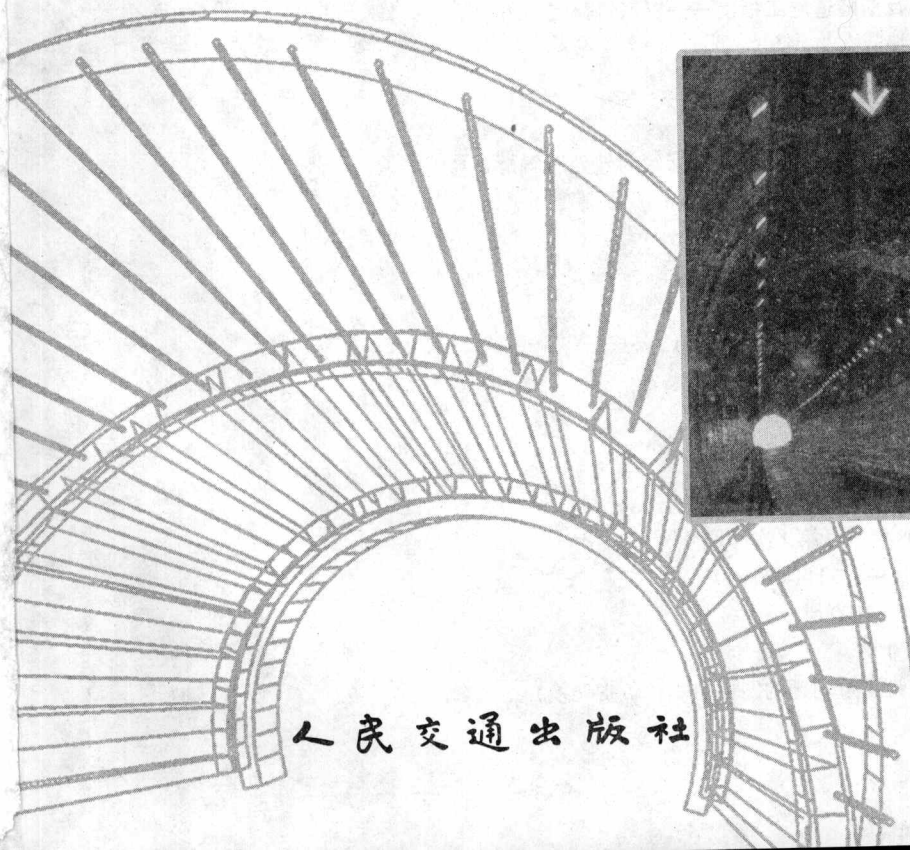
人民交通出版社
China Communications Press

GAOWASISUIDAOSHIGONG
ZHINAN

高瓦斯隧道施工指南

——以家竹箐隧道为例

姚振武 【编著】



人民交通出版社

内 容 提 要

本书以南昆铁路家竹箐高瓦斯隧道为例,全面介绍了高瓦斯隧道施工的一般规律,包括高瓦斯隧道施工组织安排、施工通风及供电系统、平行导坑揭煤施工、施工地质调查、爆破作业、大变形施工处理、进出口地段施工、施工经验教训及问题等,以及高地应力软岩强挤压下的隧道与岩石力学。

本书可供从事隧道及地下工程施工的技术、管理、设计和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高瓦斯隧道施工指南——以家竹箐隧道为例/姚振武编著. —北京:
人民交通出版社, 2008.2

ISBN 978-7-114-07004-4

I.高… II.姚… III.①铁路隧道-工程施工-西南地区
区②铁路隧道-工程施工-中南地区 IV.U459.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第016889号

书 名: 高瓦斯隧道施工指南——以家竹箐隧道为例

著 译 者: 姚振武

责任编辑: 陈志敏

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市吉祥印务有限公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 21.25

字 数: 426千

版 次: 2008年3月第1版

印 次: 2008年3月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07004-4

印 数: 0001-3000册

定 价: 42.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

南昆铁路家竹箐高瓦斯隧道给施工单位带来诸多困难,甚至造成危害。作者经过多年实践,认为这不是一个简单地防治瓦斯突出或瓦斯爆炸的问题,而是需要宏观、周密、详尽地控制好各个施工环节的技术处理问题。本书着重探讨总结了高瓦斯隧道施工的一般规律,尤其对石门揭煤的控制,结合家竹箐高瓦斯隧道的实践,论证并提出了解决问题的方案、方法、措施和规律,已获得成功。在高地应力的硬岩中开挖洞室时会产生岩爆,在高地应力的软岩中开挖洞室时会产生强挤压、大变形,二者都是地下工程的难点。家竹箐隧道是我国第一座自行设计施工的强挤压型隧道,它涵盖的力学比较全面,充分体现了岩体力学的原则,从而又取得了述理与写实并重的效果。特别是在强挤压软岩中,能及时求出预支护抗力的大小和计算出受力锚杆的长度。做到了有的放矢,防止有害变形的发生,使不良地质隧道施工走向正常的轨道。本著作献给广大从事隧道及地下工程高瓦斯施工的科技人员、管理人员、设计和科研单位应用与参考。

本书在撰写过程中引用了设计图纸原始资料和贵州省煤田地质勘察公司提供的钻孔柱状图、煤矿工程师安全技术知识更新刊授班教材《煤矿安全爆破技术》,以及水城矿务局64处和六枝矿务局65处提供的揭煤钻孔资料;引用了中国中铁五局家竹箐特别领导小组、四处指挥组、量测小组在揭煤期间提供的工程日报、施工进度、钻孔参数、图表照片、煤岩产状、赋存情况等资料,在此表示衷心感谢!

中国工程院院士、教授、博士生导师,第九、十届全国人大代表、全国政协委员王梦恕同志对家竹箐高瓦斯隧道高度重视,对著作发表关怀备至、竭诚推荐,表示衷心感谢!

承蒙王梦恕院士推荐,符华兴同志撰写本书第十一章。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

姚振武

2007年5月24日

目 录

第一章	家竹箐高瓦斯隧道施工简介	1
第二章	家竹箐高瓦斯隧道工程地质状况	9
第三章	家竹箐高瓦斯隧道施工组织安排	16
第四章	家竹箐高瓦斯隧道施工通风及供电系统	24
第一节	辅助导坑设置与施工通风	24
第二节	高瓦斯隧道施工供电系统统计图	36
第三节	家竹箐高瓦斯隧道施工暂行规定	45
第五章	家竹箐高瓦斯隧道平行导坑揭煤施工	57
第一节	平行导坑采用探孔见煤	57
第二节	平行导坑顺利通过四道煤层	64
第三节	平行导坑 18 号煤层采用卸压孔排放瓦斯	72
第四节	平行导坑石门揭煤见 18 号煤层	89
第五节	平行导坑采用震动爆破揭煤经过	97
第六章	家竹箐高瓦斯隧道施工地质调查	102
第一节	隐伏构造对煤层的影响	102
第二节	18 号煤层坍方冒顶的调查报告	109
第三节	揭煤施工与方法研究	113
第七章	家竹箐高瓦斯隧道爆破作业	121
第一节	煤系地层爆破与安全	121
第二节	非煤系地层深孔爆破大断面开挖	125
第三节	非电爆破网络敷设及操作方法	131
第四节	煤系地层深孔爆破大断面开挖	136
第五节	电爆破网络敷设及操作方法	145
第八章	家竹箐高瓦斯隧道大变形段施工处理	149
第一节	隧道大变形段量测情况	149
第二节	隧道大变形段设计变更情况	157
第三节	隧道大变形段施工处理情况	169
第九章	家竹箐高瓦斯隧道进出口地段施工	181
第一节	家竹箐高瓦斯隧道进口滑坡段采用管棚法施工	181



第二节	隧道出口段施工涌水为患	187
第十章	家竹箐高瓦斯隧道施工经验教训及问题探讨	194
第一节	隧道施工中的经验与教训	194
第二节	铁路瓦斯隧道施工与煤矿巷道施工的主要区别	202
第三节	家竹箐高瓦斯隧道施工新技术及科研成果	208
第四节	高瓦斯隧道施工中有关概算编制办法的探讨	215
第十一章	高地应力软岩强挤压下洞室与岩体力学	232
第一节	家竹箐高瓦斯隧道与岩体力学(上)——库伦侧压理论与 摩尔应力圆的应用	234
第二节	家竹箐高瓦斯隧道与岩体力学(下)——海姆假定的局限性, 厚壁圆筒及深埋洞室的理论计算与实践	248
第三节	应用和改造卡斯特纳公式求取家竹箐隧道塑性半径	263
第四节	摩尔—库伦强度理论与塑性岩强挤压地下洞室的关系	265
第五节	强挤压地下洞室的塑性变形压力问题及其工程措施	269
第六节	采用先挖后支的国内外五座强挤压隧道都被挤坏的原因分析	273
第七节	略论强地应力对硬岩与软岩的地下洞室的不同影响	277
第八节	略论由于较强地应力引发的强挤压地下洞室的一些规律	281
第九节	对修建强挤压地下洞室的改革意见	288
第十节	略论卡斯特纳公式的可动性和多用性	302
附录	家竹箐高瓦斯隧道高地应力大变形段施工照片图解	307

第一章

家竹箐高瓦斯隧道施工简介

南昆铁路家竹箐高瓦斯隧道全长 4 990m,位于贵州省六盘水(六枝、盘县、水城)地区,鲁番车站至上西铺车站,横穿南盘江和北盘江分水岭之间,北西坡较缓、南东坡局部地形陡峻,沟谷发育、基岩裸露,有溶沟、溶槽及溶蚀洼地,属构造侵蚀地貌。隧道平面位置见图 1-1,家竹箐分水岭山脉见图 1-2。

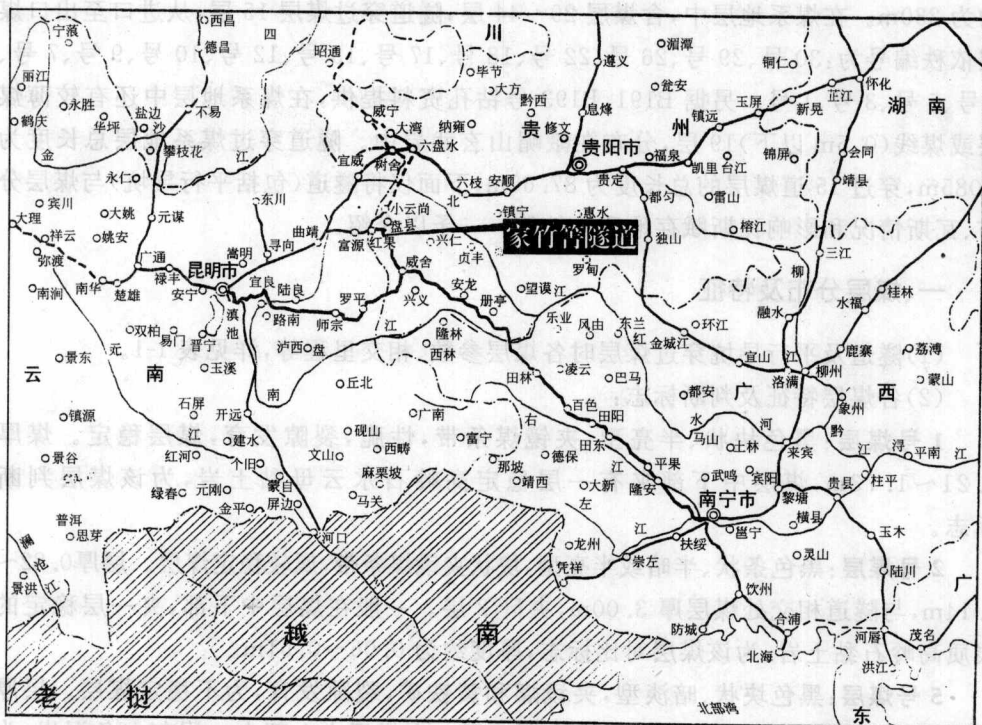


图 1-1 家竹箐高瓦斯隧道平面位置示意图

内容摘要:本章侧重于介绍家竹箐高瓦斯隧道的地质情况、煤层分布及瓦斯赋存条件等。

关键词:瓦斯 煤岩赋存



进口端为玄武岩及火山凝灰岩,围岩类别为 II~III 类;中部区间为砂、泥岩夹煤层,围岩类别为 IV~II 类;出口端为砂岩、粉砂岩,上部夹泥灰岩,围岩类别为 II~III 类。线路穿越部分山岭,相对高差约为 500m。雨季集中在每年的 6~9 月,雨量平均为 287mm。50 年或百年一遇的洪水最大流量为 $40\sim 80\text{m}^3/\text{s}$,水质具有弱酸性及弱酸至中酸性等溶出性侵蚀。预计冷水沟泥石流流量为 $63\text{m}^3/\text{s}$ 。

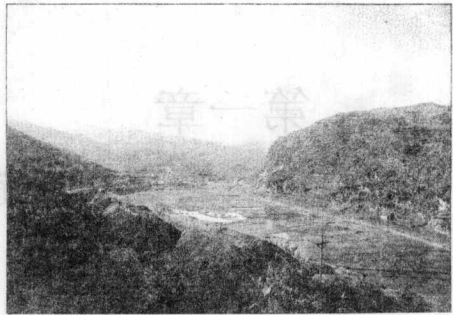


图 1-2 家竹箐分水岭山脉

家竹箐高瓦斯隧道位于 6 度地震烈度区。

家竹箐井田含煤地层属上二叠统龙潭、长兴、大隆组(P 2c-c-D),其平均厚度大约为 230m。在煤系地层中,含煤层 29~44 层,隧道穿过煤层 15 层,从进口至出口煤层依秩编号为:30 号、29 号、26 号、22 号、18 号、17 号、13 号、12 号、10 号、9 号、7 号、6 号、5 号、3 号、1 号。另据 B191、B193 号钻孔资料提供,在煤系地层中还有较薄煤层或煤线(0.5m 以下)19 层,分布在峨嵋山玄武岩中。隧道穿过煤系地层总长度为 1 085m,穿过 15 道煤层的总长度为 87.65m,下面仅将隧道(包括平行导坑)与煤层分布、瓦斯情况和影响瓦斯赋存地质条件等一一予以介绍。

一、煤层分布及特征

(1)隧道及平行导坑穿过煤层时各煤层参数、相交里程等,详见表 1-1。

(2)各煤层特征及判断标志:

1 号煤层:黑色块状、半亮型,夹镜煤条带,性脆,裂隙发育,煤层稳定。煤厚 0.21~1.73m,煤层中下部夹有一层稳定高岭石水云母黏土岩,为该煤层判断标志。

2 号煤层:黑色条状、半暗或半亮型,块状夹镜煤条带,属较稳定煤层。层厚 0.82~4.14m,与隧道相交处煤层厚 3.00m,夹矸 2 层。一般在煤层中下部,夹一层稳定的炭质高岭石黏土岩,为该煤层对比标志,厚度约为 0.06~0.51m。

5 号煤层:黑色块状、暗淡型,夹镜煤和黄铁矿,裂隙发育,为不稳定煤层。层厚 0~3.04m,在隧道附近厚约 0.64m,夹矸 2 层。在煤层中上部夹一层灰白色泥岩,为该煤层判断标志。

6 号煤层:黑色块状,暗煤夹丝碳色体,属不稳定煤层。层厚 0.36~1.77m,隧道附近厚度约为 0.54m,一般无夹矸。局部煤层夹一层泥岩,厚度为 0.05~0.52m。

表 1-1

隧道及平行导坑见煤穿煤里程主要参数统计表

参数 编号	煤层		煤 质	煤层间距		煤层产状		导坑与煤层 交角 (°)	隧道路肩穿煤里程 (m)	平行导坑穿煤里程 (m)
	真厚 (m)	穿煤长度 (m)		垂直间距 (m)	穿煤间距 (m)	煤层倾角 (°)	煤层走向 (°)			
30号	0.54	1.76	无烟煤	6.83	22.23	20.5	N32°E	58°	IDK578+851~+853	PDK1+120~+122
29号	1.40	4.81	无烟煤	22.42	75.50	20.5	N32°E	58°	+874~+879	+143~+148
26号	1.32	4.10	无烟煤	34.05	16.10	21.5	N32°E	58°	+919~+954	+216~+221
22号	2.51	8.19	无烟煤	32.71	111.50	19.5	N32°E	58°	IDK579+065~+074	+332~+341
18号	4.38	14.59	无烟煤	32.68	122.90	20.0	N32°E	58°	+176~+191	+444~+459
17号	3.53	13.37	贫煤无烟煤	19.69	70.60	17.5	N32°E	58°	+299~+313	+567~+587
13号	2.01	7.32	贫煤	11.42	40.99	18.5	N32°E	58°	+370~+378	+638~+646
12号	0.83	2.88	贫煤	10.69	45.54	18.5	N32°E	58°	+411~+414	+679~+632
10号	1.05	3.76	贫煤	9.35	31.89	18.5	N32°E	58°	+456~+450	+724~+723
9号	1.71	5.83	贫煤	14.32	50.10	19.5	N32°E	58°	+488~+494	+756~+762
7号	1.08	3.78	贫煤	10.12	36.43	19.0	N32°E	58°	+538~+542	+806~+810
6号	0.54	1.89	贫煤	14.32	17.83	19.0	N32°E	58°	+575~+577	+842~+844
5号	0.64	2.24	贫煤	11.42	10.99	19.0	N32°E	58°	+623~+626	+890~+893
3号	3.00	10.77	贫煤	20.52	68.32	18.5	N32°E	58°	+664~+675	+931~+942
1号	0.71	2.36	贫煤			20.0	N32°E	58°	+732~+735	PDK1+999~PDK2+022
合计	25.25	87.65								



7号煤层:煤层厚度为0.24~2.71m,在隧道处厚1.08m,为比较稳定煤层。煤层下部夹一层泥岩,厚度为0.07~0.42m。

9号煤层:黑色、半亮半暗型,粉末状夹块状,为较稳定煤层。煤层厚0~4.87m,隧道处厚1.75m,夹矸2层。一般在煤层的中部有一层泥岩,厚度为0.05~0.43m。

10号煤层:黑色、半亮半暗型,块状及磷片状,裂隙较发育,为较稳定煤层。层厚0~1.92m,隧道附近厚1.05m,夹矸不多。煤层下部夹一层泥岩,厚度为0.05~0.61m。

12号煤层:属比稳定煤层,厚度为0.30~2.43m,隧道附近厚0.83m。煤层中夹有煤矸一层,厚0.05~0.38m,局部夹矸2~3层。

13号煤层:为不稳定煤层,层厚0~3.38m,隧道附近厚2.04m。具有突然增厚或变薄现象,夹矸3层。煤层上部夹有一层稳定泥岩,厚度为0.05~0.50m。

17号煤层:属比较稳定煤层,煤层厚度为0.82~8.74m,隧道附近厚3.35m,夹矸3层。在煤层下部夹一层泥岩,厚度为0.07~0.38m,个别地方夹矸2~3层。从B193号钻孔分析:17号煤层顶板标志层为粉砂质泥岩,深灰色、块状,含炭化植物碎片。夹菱铁矿薄层,滑面发育,岩心破碎,中央夹炭质粉砂质线理。显示微波状水平层理;煤层底板标志为泥岩,深灰色,含炭化植物根化石,滑面发育,受挤压严重破碎。

18号煤层:黑褐色、块状、半亮型,属较稳定煤层。厚度变化大,一般为0.27~7.79m,隧道附近厚4.38m,夹矸3层。从B193号钻孔分析:18号煤层分上分层、下分层两层。18号煤层上分层顶板标志层为粉砂质泥岩,深色、质纯,夹黄铁矿。上部含完整植物根化石、栉羊齿及碎煤;上分层底板标志层为泥岩,灰色,含炭化植物根化石,滑面发育。18号煤层下分层顶板标志层为粉砂质泥岩,灰色,夹黄铁矿薄层,含炭化碎片。煤为黑褐色、块状、半亮型,见有0.05m厚的灰褐色高岭质泥岩。

17号、18号煤层地质资料,详见家竹箐高瓦斯隧道17号、18号突出煤层地质钻探示意图1-3。

22号煤层:黑色块状、半亮型,为不稳定煤层,结构复杂,重复煤层出现,厚度为0~2.75m,隧道附近厚2.40m,夹矸4层。一般在煤层上部夹一层较稳定的泥岩,厚0.03~0.45m。

26号煤层:黑色块状、半亮型,底部含瘤状、蠕虫状黄铁矿,隧道附近煤层厚度为1.31m。

29号煤层:为较不稳定煤层,煤层一般厚0~1.56m,隧道附近厚1.48m,煤层边界不规则,夹矸两层。一般在煤层上部夹有一层稳定的泥岩,厚度为0.05~0.52m。

从B193号钻孔分析:29号煤层分上分层、下分层两层。29号煤层上分层顶板标志层为黑色泥岩,黑灰色,有炭化碎屑,夹浅灰色线理,显示水平层理,含完整动物化石腕足类、小螺及蠕虫状、瘤状黄铁矿,包括瘤铁矿结核。分层顶板标志层为泥岩,

褐灰色,含炭化植物根化石及蠕虫状黄铁矿。其中,分层上下顶底板均为判煤。29号煤层下分层底板为粉砂岩,浅灰色,夹灰色泥质条带和线理,植物碎片碎屑显示微波形水平层理,钙质胶结。

30号煤层:煤层在隧道附近的厚度为0.54m。

从B193号钻孔分析:30号煤层顶板为粉砂质泥岩,灰色、块状,含炭化碎屑及瘤状、星点状黄铁矿,夹菱铁矿薄层,顶部为泥质粉砂岩,底部为泥岩。中间煤层为判层。30号煤层底板为黑色泥岩,黑灰色块状,含炭化根状化石,含瘤状、蠕虫状、星点状、线理状黄铁矿,夹镜煤条带。

29号、30号煤层地质资料具体情况详见家竹箐高瓦斯隧道煤层地质钻探示意图1-4。其他多煤层顶、底板围岩特征,介绍如下。

(3)各煤层顶、底板围岩特征

1号煤层顶板:灰绿、灰色粉砂质泥岩,夹浅灰色细砂岩及菱铁质线理和条带,含动物化石和植物碎屑及散星状黄铁矿,顶板较坚固,有周期性压力;底板:泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩或细砂岩。隧道附近顶板为砂质泥岩或泥质砂岩;底板为泥岩,遇水呈泥状。

3号煤层顶板:泥岩,灰色,层理发育,含大量植物根化石,顶板坚固有滴水;底板:灰色泥岩或泥质粉砂岩,含炭化植物化石。附近煤窑顶板为粉砂质泥岩及粉砂岩,底板为泥岩。

5号煤层顶板:粉砂岩或粉砂质泥岩、灰色夹浅灰色细砂岩,呈微波状层理,含炭化植物碎屑、碎片及菱铁矿薄层;底板:泥岩、粉砂岩,含植物根化石,蠕虫状、瘤状黄铁矿及菱铁矿色体。附近小煤窑顶板为粉砂质泥岩;底板为泥岩或黏土,侧压力大。

6号煤层顶板:浅灰色细砂岩及粉砂岩、泥岩,呈层理或微波状层理,围岩含炭化植物化石,夹菱铁矿薄层;底板:泥岩、粉砂质泥岩或泥质粉砂岩。附近小煤窑顶板为黑色泥岩,底板为泥岩。

7号煤层顶板:灰色泥质粉砂岩,夹菱铁矿薄层,含炭化植物碎屑,裂隙与层理特别发育;底板:深灰色泥岩或粉砂质泥岩。附近小煤窑为粉砂质泥岩,底板为泥岩。

9号煤层顶板:灰色砂岩或粉砂质泥岩,含大羽羊齿化石,夹菱铁矿条带,层理发育;底板:泥岩,含植物根化石,夹菱铁矿薄层,局部有植物化石。附近小煤窑顶板为粉砂岩或泥岩,易坍塌;底板为泥岩或黏土质泥岩。

10号煤层顶板:浅灰色粉砂岩,夹少量泥质条带或线理,炭化碎屑层理、微波状层理、断续状层理,夹菱铁矿薄层,上部含大羽羊齿状化石;底板:泥岩、粉砂岩,含炭化植物根化石及较多的瘤状菱铁矿结核。附近小煤窑顶板为泥岩,较坚硬。

12号煤层顶板:黑灰色块状泥岩,夹菱铁矿薄层,含豆状结核,下部含腕足类化石;底板:泥岩或粉砂岩。附近小煤窑顶底板均为泥岩。

13号煤层顶板:灰色泥质粉砂岩,底板:泥岩及粉砂岩。附近小煤窑未开采此煤层。

17号煤层顶板:深灰色块状粉砂质泥岩,含炭化植物碎片、树干、夹菱铁矿薄层;底板:浅灰色粉砂岩,夹菱铁矿薄层。附近小煤窑顶、底板均为泥岩,易坍塌。

18号煤层顶板:灰色粉砂质泥岩,夹菱铁矿薄层,含炭化碎片;底板:灰色泥岩、粉砂质泥岩,含炭化植物根化石、瘤状菱铁矿,见溶蚀小孔。附近小煤窑顶、底板均为泥岩,易坍塌。

22号煤层顶板:灰色泥质粉砂岩;底板:深灰或黑色泥岩。附近小煤窑未开采此煤层。

26号煤层顶板:灰色粉砂质泥岩,含炭化植物化石及瘤状菱铁矿、蠕虫状黄铁矿。底板:深灰色块状泥岩或粉砂岩,含植物根化石、蠕虫状黄铁矿,夹镜煤条带。附近小煤窑顶、底板均为粉砂质泥岩,较为坚固。

29号煤层顶板:粉砂岩、泥岩,粉砂岩夹炭化碎屑、菱铁矿薄层,泥岩含炭化碎屑、碎片及完整腕足类化石。底板:泥岩、粉砂岩。附近小煤窑顶板为粉砂岩及粉砂质泥岩。底板为泥岩,易坍塌。

30号煤层顶板:灰色块状泥质粉砂岩,含炭化碎屑及瘤状、星点状黄铁矿,夹菱铁矿薄层。底板:泥岩、铝土岩,含炭化植物根及瘤状、蠕虫状、星点状、线理状黄铁矿,铝土岩灰白色,块状致密。附近小煤窑顶部为泥质粉砂岩,底部为泥岩。

二、煤层瓦斯

各煤层瓦斯成分见表 1-2,各煤层瓦斯含量见表 1-3,各煤层瓦斯压力见表 1-4,各煤层瓦斯涌出量见表 1-5。家竹箐高瓦斯隧道里程与煤层相对位置纵断面示意图见图 1-5。

各煤层瓦斯成分统计表 表 1-2

煤层 成分	1号 (%)	3号 (%)	5号 (%)	6号 (%)	7号 (%)	9号 (%)	10号 (%)	12号 (%)	13号 (%)	17号 (%)	18号 (%)	22号 (%)	26号 (%)	29号 (%)	30号 (%)
二氧化碳	7.91	3.69	1.95	1.37	4.27	2.59	5.15	1.90	2.94	1.74	2.44	1.76	0.54	1.16	8.92
一氧化碳	1.22	3.16	9.62	3.56	6.83	1.03	2.25	1.62	1.63	0.48	5.76	3.22	1.64	2.37	54.61
沼气(甲烷)	90.87	93.15	88.42	96.07	88.30	96.33	92.60	96.48	95.53	97.78	91.30	96.02	97.72	96.47	86.47

各煤层瓦斯含量统计表 表 1-3

煤层 含量	1号 (m ³ /t)	3号 (m ³ /t)	5号 (m ³ /t)	6号 (m ³ /t)	7号 (m ³ /t)	9号 (m ³ /t)	10号 (m ³ /t)	12号 (m ³ /t)	13号 (m ³ /t)	17号 (m ³ /t)	18号 (m ³ /t)	22号 (m ³ /t)	26号 (m ³ /t)	29号 (m ³ /t)	30号 (m ³ /t)
含量	9.10	14.17	8.74	9.01	8.31	9.02	10.17	0.17	7.78	12.20	9.54	8.23	0.92	8.17	

各煤层瓦斯压力统计表 表 1-4

煤层 含量	1号	3号	5号	6号	7号	9号	10号	12号	13号	17号	18号	22号	26号	29号	30号
埋深 (m)	281.95	203.71	314.16	344.69	380.09	375.64	393.49	401.49	364.91	302.45	296.57	255.30	206.57	177.40	167.65
压力 (MPa)	0.69	0.75	0.51	0.69	0.62	0.78	0.91	1.31	0.68	1.21	1.11	0.69	0.59	0.62	

各煤层瓦斯涌出量统计表 表 1-5

煤层 导坑	1号 (m ³ / min)	3号 (m ³ / min)	5号 (m ³ / min)	6号 (m ³ / min)	7号 (m ³ / min)	9号 (m ³ / min)	10号 (m ³ / min)	12号 (m ³ / min)	13号 (m ³ / min)	17号 (m ³ / min)	18号 (m ³ / min)	22号 (m ³ / min)	26号 (m ³ / min)	29号 (m ³ / min)	30号 (m ³ / min)
隧道	2.57	5.77	1.08	1.24	2.11	3.74	1.99	2.27	3.77	5.17	5.14	2.58	1.72	1.68	
平导	1.55	3.48	0.65	0.75	1.27	2.25	1.20	1.37	2.27	3.11	3.10	1.56	1.04	1.01	

(1)煤层瓦斯压力与煤层的埋深有关,在一般地质条件下,瓦斯压力随深度增加而呈直线增长。由于家竹箐井田目前收集的资料不够充分,表 1-3 计算出的各煤层瓦斯压力是根据隧道标高和穿过煤层的垂直深度,并参照邻近矿区风化程度及瓦斯压力梯度等计算出的,以供参考。

(2)家竹箐井田附近没有较大的断层、褶曲,煤层产状亦无急剧变化,其突出的可能性较小。但隧道在揭露各煤层时,瓦斯正常涌出的可能性较大,发生瓦斯喷出的可能性也较大。12号、17号、18号煤层瓦斯压力均在 1MPa 以上,加之 17号煤层又受 F_{家-1}断层的影响,故隧道在揭 12号、17号、18号煤层时,应采取相应的防突措施,以策安全。

(3)隧道瓦斯涌出量是由破碎的煤块瓦斯涌出量、煤壁吸附性瓦斯涌出量和尚未封闭的煤层或围岩的瓦斯涌出量三部分组成。本隧道穿煤 15层,平均瓦斯涌出量为 2~3m³/min。表 1-5 中的瓦斯涌出量为瓦斯均衡值,当瓦斯发生异常涌出时,分别乘以 1.3~1.7 不均衡系数,即为瓦斯最大涌出量。如 3号、17号、18号三层煤,瓦斯涌出量相应较大是由煤层厚度大、瓦斯含量高、暴露断面较大等原因所致。

三、隧道穿煤地段煤与瓦斯的综合评述如下

(1)隧道穿过煤系地层时含煤层数多,煤层厚度大,无烟煤变质程度高、吸附能力强、瓦斯产出量高,相应瓦斯含量亦高。

(2)煤与瓦斯突出多发生在石门揭煤放炮时,因为震动爆破炮眼深、装药量多,尚有诱导瓦斯涌出的目的,故发生煤与瓦斯突出较为常见。1995年老屋基两次瓦斯爆

第二章

家竹箐高瓦斯隧道工程地质状况

家竹箐高瓦斯隧道位于南昆线威舍至红果段,鲁番至上西铺车站之间。铁路线起讫里程:IDK577+620~IDK582+610,隧道全长4990m。出口距南昆线北段接轨站,至盘西铁路线红果站仅8.64km,是集高瓦斯、高地应力、大涌水于一体的困难工程,也是南昆线控制工期的关键工程。本章将对家竹箐高瓦斯隧道纵断面设计示意图(图2-1)上所描述的地质情况一一阐述如下。

一、工程地质、地层及岩性

(1)IDK577+620~IDK578+763段,长1143m。隧道进口段为二叠系上统峨嵋山玄武岩组 P_{2B} ,穿过二叠系上统峨嵋山玄武岩组基性火山喷出岩。由暗灰、灰绿色玄武岩组成。局部夹有薄层状页岩及煤层,呈微晶结构,柱状节理及构造节理发育。本组与上下组地层之间,呈假整合接触,多属VI类坚石围岩。隧道进口IDK577+620~+740段,长120m的范围内为玄武岩破碎体,呈块状结构,局部风化极为严重,属于II类普通黄土。

(2)IDK578+763~IDK579+920段,长1157m。隧道中段穿过二叠系上统大隆、长兴、龙潭组煤系地层。各组界线难以划分,但各组之间均呈深灰至灰色,上部为硅质胶结砂岩夹泥岩,中、下部为砂岩夹泥岩、灰岩及煤层,底部为灰色铝土岩。围岩多属IV类软岩及V类次坚石。段内煤系地层不仅瓦斯含量高达 $0.89\sim 23\text{m}^3/\text{t}$,瓦斯压力达1.58MPa,而且地应力也较高。施工中曾在IDK579+170~560段,长390m的范围内因出现高地应力引起的大变形病害,成为严重影响工期的关键。

(3)IDK579+920~IDK581+370段,长1450m。隧道中段位于IDK579+920~IDK580+360段,长440m,穿过三叠系下统飞仙组,为黄绿、灰绿色岩屑砂岩和岩屑粉砂岩夹泥岩(T_{1f_1}),属V类次坚石。IDK580+360~IDK581+370段,长1010m,为紫红色夹灰绿色薄至中厚层状岩屑砂岩,与岩屑砂岩互层,多属V类次坚石。

内容摘要:本章重点介绍家竹箐高瓦斯隧道工程地质、水文地质及不良地质、地震等给施工带来的危害和影响,以及施工中的疑点与预设计举措等,以臻完善。

关键词:工程地质



(4)IDK581+370~IDK582+610 段,长 1 240m。隧道出口段为三叠系下统永宁镇组(T_{1y}),通过浅灰色中厚状灰岩、蠕虫状泥质灰岩及白云质灰岩。底部夹紫色粉砂岩及泥灰岩。中部为黄绿色、紫色薄层砂岩、泥岩、粉砂岩及薄至中厚状泥灰岩,多属 V 类次坚石及 VI 类坚石。

二、隧道水文地质情况

(1)隧道出露三个含水层:一是进口段二叠系峨眉山玄武岩(P_{2B})裂隙含水层;二是中段三叠系下统飞仙组(T_{1f_1})砂岩孔隙裂隙含水层;三是出口段三叠系下统永宁镇组(T_{1y})岩溶管道水、岩溶裂隙含水层,出口的含水量对隧道影响较大,注意防范。

(2)在三叠系下统永宁镇组中,分别于 IDK581+370~+605 段,长 235m; IDK581+720~IDK582+110 段,长 390m; IDK582+300~+610 段,长 310m,揭露出三个相互独立的岩溶含水层,总涌水长度 935m。其中 IDK582+390~+610 段,长 220m,洞身位于岩溶水垂直循环带,地下水以岩溶裂隙水为主,流量不大,对隧道的影响较小,且具有明显的季节性,一般雨季有水,旱季无水。IDK581+370~+605、IDK581+702~IDK582+110,两段总长 643m,洞身位于岩溶水循环带,地下水以岩溶管道水和岩溶裂隙水为主。

(3)涌水量受季节性影响显著,雨季流量倍增,伴有大量泥砂涌出。在施工中曾发生大量涌水,高达 24 000~81 000 m^3 /天。隧道出水点涌水数量统计见表 2-1。

隧道主要出水点涌水量统计表

表 2-1

涌水点	涌水点里程	平面设置	地下水类型	与降雨量的关系	旱季流量 (m^3/h)	备注
1	IDK581+374	线路中线前后 20m	岩溶裂隙水	旱季流量稳定 水质清澈,雨季 增加,水量稍深	40	
2	IDK581+588	线路左侧边墙 外 1.2m 处	岩溶管道水	旱季无水,雨 季流量大、水质 浑浊,伴有泥砂, 卵石涌出	50	
3	IDK581+855	线路中线左侧 1m 处,以及 +850~+860 右侧边墙	岩溶管道裂隙 水	旱季甚小,雨 季较大、水浊,伴 有泥砂、卵石涌 出	30	
4	IDK581+925	线路左侧梯车 洞内	岩溶管道水	旱时稳定,水 流清澈,雨季流 量倍增,伴有泥 砂涌出	120	
合计					240	

三、不良地质情况及病害原因影响

施工中出现的不良地质及病害,有进口玄武岩破碎体、煤系地层中煤与瓦斯突出危害、高地应力引起的软弱围岩大变形,以及出口段可溶岩和岩溶涌水等。

(1)隧道进口玄武岩破碎体的影响。隧道进口段位于 IDK577+680~+800 段,长 120m,为玄武岩破碎体,和破裂体一道与下伏 P_{2B} 灰岩接触,存在古风化薄壳,风化后应力易于集中。加之玄武岩有易风化的软质岩,岩层原生节理和构造节理发育,使岩层更加风化。该段碎裂岩体结构松散呈碎块状,结构面杂乱无章,且裂隙大量夹泥,物理力学性质较差。施工进洞曾采用导坑法开挖,木排木架支撑,但刚度较低,无力抵抗强大的土压力,从而导致碎裂岩体的蠕滑变形,地表出现多条环状裂缝,长延 700 余米。洞内发生坍方冒顶,导致 120m 的导坑被全部堵死。

(2)家竹箐隧道位于 IDK578+763~IDK579+920 段,长 1 157m,穿过 P_{28+C+1} 煤层地段。正洞及平行导坑各揭煤 26 层,其中有突出危险煤层 5 层。30 号~1 号煤层长 981m,其中煤巷和半煤长 907m,煤层总厚 49.29m,其余各煤层参数从略。

(3)过煤地段高地应力引起的软弱围岩大变形。隧道穿过 18 号~7 号煤层地段共 10 层,受埋深和构造应力及煤层特征的共同影响,施工中于 IDK579+170~+560 段,长 390m,含有突出危险煤层,相继发生了隧道初期支护严重变形,隧道模筑混凝土开裂破坏十分严重,隧底上鼓隆起等病害也十分严重等事故。经实地量测结果显示:垂直隧道轴线方向的水平应力,为隧道轴线方向竖向应力的 2 倍,从而造成隧道开挖后二次应力软弱的煤系地层发生严重的塑性变形,而强大的塑性变应力,又造成已施工隧道的初期支护及模筑混凝土衬砌发生错位变形,最终导致侵限破坏,量测最大垂直变形达 2.0m。后来改用格栅钢架和矿用 1 号工字钢、矿用 U_{29} 型钢代替原工字形钢架,将原间距加密到 0.3m,并将喷混凝土改为钢纤维钢筋混凝土,且加厚至 20cm,但仍未能阻止变形的发展,并造成多次拆换扩挖。在加强初期支护不能凑效的情况下,又采用增加衬砌的刚度来阻止变形的发展,并将模筑混凝土提前施作过三段试验,最强的一段为 IDK579+384~+400,长 16m,采用 80cm 厚的双层钢轨拱架(50kg/m),以及 $\phi 22$ mm、间距 25cm 的双层钢筋混凝土支护,结果与其余试验段一样均遭破坏。破坏多为拱顶往外拉裂、边墙压溃、拱脚内移,表现出较大的水平压力。该段上半断面普遍出现底鼓,底部隆达 80cm,且围岩变形呈明显的塑性状态。

(4)其他还有:

- ①出口段岩溶,揭露到 T_1 可溶岩,岩溶发育,具体情况见表 2-2。
- ②出口段破碎岩体,于 IDK582+610~+580 段,长 30m,位于白云岩夹泥岩地层,洞口段围岩十分破碎,施工中多次发生严重坍方掩埋洞口事故,洞内施工人员只好横洞逃遁。