

『十二五』国家重点图书出版规划项目

长江口深水航道

治理工程实践与创新

交通运输部长江口航道管理局 编著



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

Practice and Innovation
in the Yangtze Estuary
Deepwater Channel
Improvement Project



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



隧道工程修建关键技术丛书

不良、特殊地质条件隧道 施工技术及实例(二)

BULIANG TESHU DIZHI TIAOJIAN SUIDAO
SHIGONG JISHU JI SHILI

肖广智 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为《不良、特殊地质条件隧道施工技术及实例(二)》。全书共分为八章,主要内容包括:瓦斯;高温热害;寒区冻害;化学侵蚀;浅层岩溶;隧道内无砟轨道上鼓病害及整治;洞口施工技术及病害处治;铁路隧道关门坍方抢险救援。

本书可供从事隧道与地下工程建设管理、设计、施工的工程技术人员学习参考,同时也可作为相关院校师生的学习资料。

图书在版编目(CIP)数据

不良、特殊地质条件隧道施工技术及实例.2 / 肖广智编著. — 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2015.5

ISBN 978-7-114-12033-6

I. ①不… II. ①肖… III. ①隧道施工 IV. ①U455.49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 021257 号

隧道工程修建关键技术丛书

书 名:不良、特殊地质条件隧道施工技术及实例(二)

著 者:肖广智

责任编辑:温鹏飞

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

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)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盛通印刷股份有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:21.25

字 数:490千

版 次:2015年5月 第1版

印 次:2015年5月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-12033-6

定 价:68.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

作者简介



肖广智,现任中国铁路总公司工程管理中心副总工程师,教授级高工。毕业于西南交通大学铁道工程系隧道与地下铁道专业。1984年7月至2005年9月,在中铁隧道勘测设计院工作,历任设计副部长、副总工程师、总工程师等职;2005年9月至今,在中国铁路总公司(原铁道部)工程管理中心工作,历任桥隧部副部长、副总工程师等职。

长期从事隧道与地下工程的设计施工技术研究和管理工作,在城市浅埋暗挖工程设计施工技术、特殊地质条件隧道设计施工技术等方面积累了丰富的经验。撰写二十余篇论文,获国家科技进步奖一项,省部级科技进步奖六项,国家优秀设计奖两项。曾获火车头奖章、詹天佑人才奖、茅以升铁道工程师奖等。

序

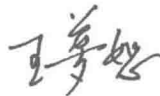
随着铁路建设的快速发展,铁路隧道数量大量增加,目前投入运营的隧道约9000km,在建隧道约1万km,近期计划建设的隧道约3000km。在建铁路隧道主要特点:一是控制全线工期,从近几年铁路建设实践来看,控制全线工期的往往是一座或两座复杂的重难点隧道,主要原因是遇到特殊的复杂地质条件,技术储备不足,设计施工经验不足;二是安全事故多,铁路建设的安全事故主要集中在隧道,主要安全事故为塌方、突泥突水、瓦斯等,群死群伤事故时有发生;三是特殊地质条件施工难度大,我国幅员辽阔,地质复杂,如高压富水断层、宽张裂隙、高地应力软岩、硬质破碎岩、第三系未成岩砂层等特殊地质条件施工难度极大,安全风险大,给设计施工带来极大挑战。

作者是长期从事隧道与地下工程设计、施工技术研究和管理工作技术专家,主持过许多复杂的重难点工程设计,也是技术的总工。他深入施工现场,和施工单位共同结合工程地质和水文地质特点开展科技攻关,组织研究解决了几十座特殊及复杂地质条件隧道施工技术难题,推动了隧道工程的技术进步,同时积累了大量复杂地质条件的工程案例经验,把这些工程案例经验进行系统归纳、总结、提炼,上升到理论,是本书的特点。目前国内还没有一本不良及特殊地质条件隧道施工技术的专著,本书的出版非常及时,相信本书对在建隧道遇到高压富水断层、宽张裂隙、第三系未成岩含水砂层、高地应力软岩、硬质破碎岩等特殊地质条件处理具有很大的指导意义和参考价值。另外,隧道塌方、岩溶突泥突水事故预防及处治,对目前隧道安全施工具有很大的应用价值。

作者也参与过城市地铁车站、区间的设计和施工,对大量暗挖车站不同形式的修建技术进行了探索,取得很大成绩,形成了许多不扰民、不拆迁、不破坏环境、不影响交通的车站施工范例。地铁车站暗挖施工方法及结构形式选择,内容丰富,对目前的地铁设计和施工具有很大的引领作用。通过该书的出版,应大力推广应用暗挖法车站施工技术,多考虑市民的利益,给城市带来福音。

不良及特殊地质类型约有十八种之多,希望作者对其他类型继续总结、分析、提炼,作为另册出版。

中国工程院院士



2014年8月3日

前 言

本人自调入中国铁路总公司(原铁道部)以来,主要负责铁路隧道技术管理工作,其中最主要的工作就是组织研究解决复杂、重难点、高风险隧道的施工技术难题及现场施工推进,多年来深入施工现场,开展科技攻关,组织研究解决了几十座特殊及复杂地质条件隧道施工技术难题,确保了施工正常推进,推动了隧道工程的技术进步,同时积累了大量复杂地质条件的工程案例经验。把这些工程案例经验进行系统归纳、总结、提炼,对类似工程提供借鉴,是我多年的心愿,也是广大工程技术人员的期盼。

本书为《不良、特殊地质条件隧道施工技术及实例(二)》。全书共分为八章,第一章,介绍了有关瓦斯基本知识,铁路、公路瓦斯隧道与煤矿巷道的不同特点,瓦斯隧道事故、灾害及瓦斯隧道分类、勘察、结构设计、辅助坑道设计、安全施工技术,以及渝黔铁路天坪隧道、林织铁路坪子上隧道等瓦斯突出隧道施工案例等;第二章,介绍了高地温的热源、高温热害工程问题、施工技术措施以及玉蒙、蒙河铁路隧道工程实例;第三章,介绍了寒区冻害的基本知识、寒区隧道冻害现象、防冻害技术措施,以及吉图珲客专隧道、兰新第二双线甘青段隧道、东北铁路隧道等防寒工程实例;第四章,介绍了化学侵蚀结构耐久性设计、硫酸盐侵蚀环境下隧道结构病害等级研究,以及新建成昆铁路永仁至广通段含盐地层隧道设计、既有成昆铁路含盐地层隧道化学侵蚀性病害调查;第五章,介绍了浅层岩溶隧道特点及工程问题、设计、施工技术,以及娄邵铁路扩能张家湾隧道、贵广客专东科岭、斗篷山隧道、沪昆客专大坪地隧道、沈丹客专于家岭隧道等浅层岩溶处治工程实例;第六章,介绍了隧道内无砟轨道上鼓病害现象、原因分析、处治技术、预防建议,以及向莆铁路隧道、兰新铁路福川隧道、中南部铁路吾沿河隧道道床积水、六沾线三联隧道、宁杭客专湖州隧道仰拱上鼓轨道隆起病害整治技术;第七章,介绍了洞口修建问题及病害、病害处治、洞口施工技术、病害预防措施,以及南广铁路走军岭2号隧道洞口、宝兰客专塔稍村隧道病害处治、南广铁路新蓝隧道进洞施工技术工程案例;第八章,介绍了铁路隧道关门坍方抢险救援、FS-120CZ大口径水平钻机,以及部分铁路隧道关门坍方抢险救援案例。

感谢昆明铁路局、成都铁路局、沈阳铁路局、广铁集团、渝黔铁路公司、兰渝铁路公司、吉图珲客专公司、贵广客专公司、云桂客专公司、向莆铁路公司、中南部通道晋鲁豫公司、兰新铁路甘青公司、南广铁路公司、宁杭客专公司等铁路运营企业,铁一、二、三、四、五院,中铁咨询集

团、中铁隧道院,中铁工、中铁建各工程局等单位提供了工程案例资料;感谢关宝树教授提供了寒区冻害基本知识资料。

感谢中国铁路总公司工管中心原主任张梅、主任李志义、副主任何志军、原副总工程师黄鸿健等同志在技术工作中给予的指导和帮助。感谢同事张民庆、任诚敏、游旭、刘俊成、王岳生等参加本书的资料整理工作。

由于时间急迫,水平有限,书中难免有错误之处,敬请读者批评指正!

作者
2014年10月

目 录

第一章 瓦斯	1
第一节 有关瓦斯基本知识	1
第二节 铁路、公路瓦斯隧道与煤矿巷道的不同特点	2
第三节 瓦斯隧道事故、灾害	4
第四节 瓦斯隧道分类	5
第五节 瓦斯隧道勘察	6
第六节 瓦斯隧道结构设计要点	7
第七节 辅助坑道设计	8
第八节 安全施工技术	8
第九节 运营通风	15
第十节 低瓦斯隧道安全施工技术	16
第十一节 林织铁路坪子上隧道瓦斯突出施工技术	19
第十二节 渝黔铁路天坪隧道瓦斯突出施工技术	34
第二章 高温热害	48
第一节 高地温的热源	48
第二节 高温热害工程问题	48
第三节 高温热害施工技术措施	53
第四节 蒙河铁路太阳寨等4座隧道高温热害施工技术	56
第五节 玉蒙铁路旧寨隧道高温热害施工技术	74
第六节 禄劝铅厂水电站引水隧洞高温热害施工技术	76
第七节 日本安房公路隧道高温热害施工技术	78
第八节 布仑口—公格尔水电站引水隧洞高温热害施工技术	82
第三章 寒区冻害	84
第一节 寒区冻害的基本知识	84
第二节 寒区隧道病害	86
第三节 寒区隧道防冻害技术措施	93
第四节 吉图珲客专隧道防寒技术	101
第五节 兰新第二双线甘青段隧道防寒技术	109

第六节	新建东北东部铁路白河至和龙段隧道防排水设施冻害整治	119
第七节	两伊铁路哈布特盖隧道出口端、呼吉日延2号隧道出口端隧道冻害整治	132
第四章	化学侵蚀	137
第一节	化学侵蚀结构耐久性设计	137
第二节	硫酸盐侵蚀环境下隧道结构病害等级研究	140
第三节	新建成昆铁路永仁至广通段含盐地层隧道技术措施	143
第四节	既有成昆铁路含盐地层隧道化学侵蚀性病害调查	149
第五章	浅层岩溶	165
第一节	浅层岩溶隧道特点及工程问题	165
第二节	浅层岩溶设计、施工技术	165
第三节	娄邵铁路扩能张家湾隧道浅层岩溶处治	166
第四节	贵广客专东科岭隧道浅层岩溶处治	175
第五节	贵广客专斗篷山隧道浅层岩溶处治	179
第六节	沪昆客专云南段大坪地隧道浅埋岩溶施工技术	184
第七节	贵阳枢纽五里坡左线隧道岩溶处治	197
第八节	沈丹客专于家岭隧道浅埋岩溶处治	201
第六章	隧道内无砟轨道上鼓病害及整治	211
第一节	隧道内无砟轨道上鼓病害	211
第二节	隧道内无砟轨道上鼓病害原因分析	211
第三节	隧道内无砟轨道上鼓病害处治技术	211
第四节	预防隧道内无砟轨道上鼓病害的建议	213
第五节	向莆铁路隧道道床积水、轨道隆起病害整治技术	215
第六节	兰新铁路甘青段福川隧道无砟轨道上鼓处治	220
第七节	中南部铁路通道吾沿河隧道轨道上鼓处治	239
第八节	六沾线三联隧道仰拱上鼓处治	249
第九节	宁杭客专湖州隧道轨道结构隆起处治	265
第七章	洞口施工技术及病害处治	276
第一节	洞口建设问题及病害	276
第二节	洞口病害处治	283
第三节	洞口施工技术及病害预防措施	283
第四节	南广铁路走军岭2号隧道洞口病害处治	285
第五节	南广铁路新蓝隧道进洞施工技术	296
第六节	宝兰客专塔稍村隧道进口边仰坡病害处治	298

第八章 铁路隧道关门坍方抢险救援.....	307
第一节 铁路隧道关门坍方抢险救援.....	307
第二节 FS-120CZ 大口径水平钻机简介	315
第三节 铁路隧道关门坍方抢险救援案例.....	317
参考文献.....	329

第一章 瓦斯

第一节 有关瓦斯基本知识

一、定义

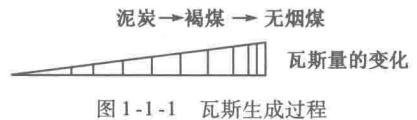
(1) 广义——凡从围岩或煤层渗入隧道的有害气体,均称为瓦斯。其主要成分为甲烷(沼气 CH_4)、二氧化碳(CO_2)、氮气(N_2),还有少量的硫化氢(H_2S)、一氧化碳(CO)、氢气(H_2)、二氧化硫(SO_2)及其他碳氢化物和稀有气体。

(2) 狭义——单指甲烷(CH_4),包括煤层甲烷和石油甲烷。

二、瓦斯生成、成分及性质

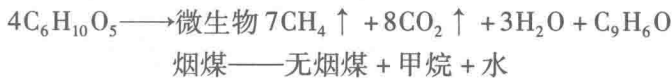
1. 瓦斯生成

植物及其他生物在高温缺氧条件下,有机物化学分解生成瓦斯。在植物变成煤的过程中,随着煤的变质,生成的瓦斯越来越多。瓦斯生成过程如图 1-1-1 所示。



2. 化学反应式

纤维素——甲烷 + 二氧化碳 + 水 + 烟煤



3. 广义瓦斯主要成分

由四部分组成:

- (1) 沼气(CH_4)及同系物、 H_2 、 H_2S 等可燃气体。
 - (2) CO 、 NO 、 H_2S 、 NH_3 含硫气体、乙醛等有毒气体。
 - (3) CO_2 、 N_2 、Ar(氩气)等,基本上为化学不活泼的惰性气体。
 - (4) Rn(氡)、Tn(钷)、Ac(锕)等放射性气体。
- 上述四部分中,沼气(CH_4)是最主要成分,其他气体含量极少。

4. 沼气物理性质

- (1) 无色、无味、无臭、无毒。
- (2) 密度 0.716 kg/m^3 (空气为 1.2 kg/m^3)。
- (3) 微溶于水(20°C 时, 100m^3 瓦斯能溶解于 3.5m^3 水中)。

- (4) 比空气轻,渗透能力比空气强,能很容易透过裂隙岩体。
- (5) 特殊场合,如混有乙烷、丙烷时,有麻醉性,令人产生头昏反应。
- (6) 混有 H_2S 时,有臭鸡蛋味。
- (7) 混有芳香族气体时,有苹果味。

三、瓦斯爆炸与燃烧

瓦斯爆炸及燃烧先决条件:

- (1) 燃烧条件:适当的浓度;火源;氧浓度。
- (2) 瓦斯爆炸化学反应式:

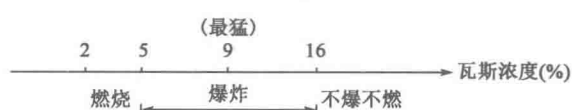


图 1-1-2 瓦斯爆炸与燃烧

即,1 份瓦斯 + 2 份氧时,反应最充分。但因空气中仅含氧 20%,所以 1 份瓦斯 + 10 份空气反应最充分。因此,最猛烈的瓦斯爆炸发生在瓦斯浓度 1:11 时,即 9.1% (图 1-1-2)。

需要说明的是瓦斯燃烧点、爆炸点与空气中氧浓度、火源温度有关,图 1-1-2 只是一般的通常值。

四、煤尘爆炸

煤是可燃的。煤的粉尘(极小颗粒)由于与空气接触面积大,更易燃烧,燃烧的速度更快、温度更高,空气会急速膨胀,形成爆炸。煤尘爆炸判别式:

$$V_a = \frac{V_{daf}}{100 - A_d - M_{ad}} \geq 10\% \text{ 时,有爆炸危险}$$

式中: V_{daf} ——煤的挥发分(%);

A_d ——灰分(%);

M_{ad} ——水分(%)。

以上成分均为煤样化验测定值。

当巷道空气中煤尘含量小于 $30 \sim 40g/m^3$ 时,不会发生爆炸。

第二节 铁路、公路瓦斯隧道与煤矿巷道的不同特点

一、相同点

- (1) 都是地下工程。
- (2) 都进行钻爆作业。
- (3) 巷道中有煤或瓦斯存在,都有危险性。

二、不同点

(1) 工程目的不同。铁路和公路隧道的修建是形成通道,而煤矿建设的目的是进入煤体采煤。

(2) 工程范围内煤与瓦斯的数量不同。煤与瓦斯是不良地质现象,所以交通隧道定线时都是尽量避绕煤层,避不开一定要穿过煤层时,尽量使隧道轴线垂直于煤层,以最短长度穿越。所以,很多瓦斯隧道洞身只有极小长度有煤,有时只是很薄的煤层(煤线或鸡窝煤),隧道长度的绝大部分是岩石,煤层只占极小比例,而且有时煤质低劣,无开采价值,含瓦斯也不多。而煤矿则不同,不是避绕而是哪儿有煤往哪开巷道;很多巷道直接在煤层中,而且煤质一般较好,所以煤矿的瓦斯含量一般都比较大。比如:低瓦斯矿的标准是瓦斯涌出量小于 $40\text{m}^3/\text{min}$,而低瓦斯隧道的标准是 $0.5\text{m}^3/\text{min}$,同样都是属于低瓦斯等级,煤矿的瓦斯涌出量是交通隧道的80倍。

(3) 煤层巷道灵活性大,而交通隧道一旦线路位置确定之后,隧道的平面位置和标高都基于固定,不能随便移动。

煤矿的运输大巷多在岩石中,但它的位置灵活,可以选择最有利的方向和位置;而交通隧道不同,有时位置很不利。如南昆线家竹箐隧道,隧道与煤层夹角只有 14° ,即使不厚的煤层,隧道穿煤长度也很大,如17号煤层真厚度 10.7m ,但隧道穿煤长度 84.8m ,增加了施工难度。

(4) 交通隧道断面大,煤矿巷道断面小。公路隧道断面可达100多平方米,而煤矿巷道大多数很小,只几个平方米,即使通过架线机车的运输采煤大巷道也只有20多平方米。

(5) 交通隧道有支护,有衬砌,能封闭瓦斯,而煤矿巷道大多数不支护,允许长期放出瓦斯。

(6) 交通隧道施工时严防坍塌,一旦坍塌处理代价高、时间长;煤矿巷道施工时也避免坍塌,但一旦坍塌,断面小,处理的代价也小。煤矿有时还人工制造小坍塌,比如揭露瓦斯压力大的煤层时,采用震动放炮,加大药量,人工诱导小型突出。

(7) 通风系统不同。煤矿通风系统很复杂。因煤矿巷道多,而且不在一个平面上,煤矿的通风是网路通风;而交通隧道只一根管道,通风较为简单。

(8) 瓦斯防灾经验和施工装备不同。煤炭部门有多年的预防瓦斯灾害经验,规章制度比较健全,且正规的煤矿施工设备都是防爆的。另外在组织机构上,配备有通风专业人员和机电专业人员,还有矿山救护队,这些都有利于防灾救灾。而铁路和公路施工单位大多是临时组建综合性的建筑单位,关于瓦斯的经验不多、设备不完善,组织机构不固定(项目经理部人员变化大),不利于瓦斯防灾。

三、小结

交通隧道有利之处是大多数隧道通过煤层少、瓦斯涌出量小,而且衬砌及时,可以封闭瓦斯减少逸出,通风巷道管路也比较简单。但不利之处也不少,如开挖断面大,隧道与煤层的相对关系不允许随意改变,施工装备防爆性能差,施工队伍不是专门化,技术管理和技术教育不够等等。交通隧道的施工过程中,要发扬优势、纠正劣势,以最小的代价保证生产安全。

第三节 瓦斯隧道事故、灾害

一、瓦斯灾害

瓦斯隧道施工时,可能发生以下7种灾害:

(1)煤与瓦斯突出——在地应力和瓦斯压力的共同作用下,很短的时间内破碎的煤、岩和瓦斯从洞壁突然抛出,伴有猛烈的声响和巨大的动能,同时释放出大量的瓦斯,有时伴随瓦斯爆炸,造成二次破坏。“突出”事故的伤亡和损失一般都是很惨重的。

(2)煤突然倾出——在重力作用下松软的煤层突然坍下,同时有大量瓦斯释放,坍下的煤以煤块形式堆积。

(3)煤突然压出——一部分煤在构造应力或放炮震动影响下,整体抛出,但位移距离不大,压出的煤或呈小块状,或呈有大量裂隙的大块状。

(4)岩石与瓦斯突出——原因与煤与瓦斯突出相似,有时还加上掘进放炮的震动作用。大多数发生在破碎的砂岩中,放炮时,发生岩石破坏、抛出的现象,在抛出的砂岩岩块中含有大量的砂粒和粉尘,洞壁上形成空洞(不一定与爆破洞穴同一位置),与此同时,洞内瓦斯大量增加。

(5)瓦斯爆炸——达到爆炸浓度的瓦斯(一般在5%~16%之间)与火源接触(一般需要512℃以上),并且坑道内有氧气存在(含量12%以上),就会发生猛烈爆炸,有时会造成大量伤亡。

(6)煤尘爆炸——当煤质中挥发物占总可燃物(固定碳加挥发物)10%以上,且形成的小颗粒煤尘悬浮在空气中,当空气中煤尘含量较多(30g/m³以上),遇700℃以上的火源,即会发生煤尘爆炸,煤尘爆炸的后果比瓦斯爆炸更严重,因为煤尘爆炸会产生大量一氧化碳(CO)使人中毒,很多人不是炸死而是被毒死。

(7)巷道坍塌——煤系地层大多数强度很低,尤其是煤中的软分层,用手即可捻成粉碎,所以巷道稳定性差,容易产生坍塌事故。

二、瓦斯事故

我国瓦斯灾害的发生是频繁的,尤其是近几年在采煤行业,经常发生瓦斯爆炸。仅2005年一年,各种煤矿事故死亡人数5986人,其中瓦斯爆炸和突出死亡2157人。在铁路和公路隧道方面,安全形势好得多。其主要原因在于,除施工单位比较正规,管理也比较正规外(煤矿是私人小煤窑多),铁路和公路隧道通过煤层少,而且大多数是薄煤层,瓦斯涌出量相对较小。

新中国成立以来,交通隧道(主要是铁路隧道)的瓦斯事故不多,较大的有:

(1)贵昆线岩脚寨铁路隧道。隧道长2714m,原铁道兵六师施工,穿过7层煤,薄者0.1m,厚者8.92m,瓦斯涌出强度150m³/h,压力0.4mPa。1959年1月27日,下导坑掘进距洞口242m处,火雷管点火及电灯接线引起二次瓦斯爆炸,并形成坍方,共死34人,伤65人;同年6月26日,电闸拉火又引起瓦斯爆炸,坑道坍方7处。从1月27日至6月26日的半年中,共发生瓦斯爆炸6次,由于处置不当,死伤惨重(总计死伤220人)。

(2)达成铁路炮台山隧道。全长 3078m,位于成都郊区的金堂县境内,铁 15 局施工,全隧道不通过煤层,但隧道下方 2000~3000m 处有煤,瓦斯沿地层裂隙上升到地表浅层,形成储气构造。1994 年 4 月 3 日,平导掘进到距洞口 808m 处,灯泡爆裂引发瓦斯燃烧,死 1 人,伤 3 人。次日,汽车进洞运风管,由于汽车打火,又引起瓦斯爆炸,死 12 人。事故后实测,隧道瓦斯逸出强度为 $3.54\text{m}^3/\text{h}$ 。

(3)都汶高速公路董家山隧道。双洞,长 4111m+4081m,中铁一局施工进口,中铁二局施工出口。该隧道多次通过煤层,但煤层都很薄,瓦斯压力 $0.172\sim 0.67\text{MPa}$,勘测资料认定为低瓦斯隧道,施工中又委托煤炭专业单位鉴定,仍定为低瓦斯隧道,因此施工中允许使用非防爆设备,采用汽车进洞出渣、进料。2005 年 12 月上旬,隧道右洞进口掌子面发生坍方(图 1-3-1)。由于该处位于背斜核部、裂隙发育、裂隙中含有煤层瓦斯,坍方又促使瓦斯大量涌出。12 月 22 日,衬砌台车上的不防爆插座打火,引起瓦斯爆炸,当场死 44 人,伤 11 人。爆炸气流充满 1500 巷道并冲出洞口,将洞外几十吨重台车推动几十米。

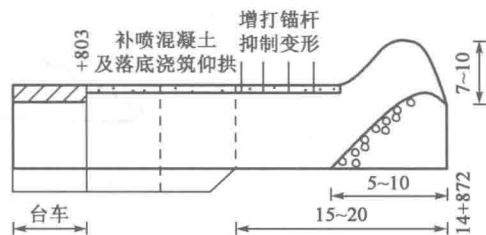


图 1-3-1 董家山隧道坍方瓦斯爆炸(尺寸单位:m)

第四节 瓦斯隧道分类

一、瓦斯隧道

凡隧道通过的地层中预计含有瓦斯或检出瓦斯,即属于瓦斯隧道(与瓦斯地段长度占全隧道比例大小无关)。

二、分类

(1)瓦斯隧道分为低瓦斯隧道、高瓦斯隧道及瓦斯突出隧道三种,瓦斯隧道的类型按隧道内瓦斯工区的最高级确定。

(2)瓦斯隧道工区分为非瓦斯工区、低瓦斯工区、高瓦斯工区、瓦斯突出工区共四类。

三、瓦斯工区的判断

(1)低瓦斯工区和高瓦斯工区可按绝对瓦斯涌出量进行判定。当全工区的瓦斯涌出量小于 $0.5\text{m}^3/\text{min}$ 时,为低瓦斯工区;大于或等于 $0.5\text{m}^3/\text{min}$ 时,为高瓦斯工区。

(2)瓦斯隧道只要有一处有突出危险,该处所在的工区即为瓦斯突出工区。判定瓦斯突出必须同时满足下列 4 个指标:

- ①瓦斯压力 $P \geq 0.74\text{MPa}$;
- ②瓦斯放散初速度 $\Delta P \geq 10$;
- ③煤的坚固性系数 $f \leq 0.5$;
- ④煤的破坏类型为Ⅲ类及以上。

(3) 瓦斯工区判断铁路隧道与煤矿的不同点。低瓦斯工区与低瓦斯煤矿不同,低瓦斯煤矿瓦斯涌出量的上限是 $40\text{m}^3/\text{min}$, 而铁路隧道低瓦斯工区瓦斯上限是 $0.5\text{m}^3/\text{min}$, 仅是前者 $1/80$ 。所以,判断是否属于低瓦斯隧道的标准是很严格的,只有隧道通过煤很少、煤不厚、瓦斯含量也低的隧道才能列入低瓦斯隧道,在公路和铁路隧道中,这种情况很多。2002 年以前,对瓦斯隧道不分高瓦斯还是低瓦斯,一律要求采用防爆设备,如一个 3000m 的隧道,只通过一次煤线而且瓦斯不严重,也要求采用全套防爆设备。2002 年以后,原铁道部颁布的《铁路瓦斯隧道技术规范》(TB 10120—2002)中,把低瓦斯隧道分出来,允许在一定安全措施的前提下,使用不防爆机具设备,这对于降低造价、提高修建速度是很有意义的。

第五节 瓦斯隧道勘察

一、资料收集内容

(1) 区域性地质、矿产地质、水文地质、有害气体的实测资料,油气田、气井资料及有关瓦斯赋存、突出的其他地质资料。

(2) 井田的分布、开采水平、通风方式、瓦斯等级、采空区范围、采煤及顶板管理办法、接替采区和规划采区的位置及范围等资料。

(3) 有关瓦斯矿井通风和煤与瓦斯突出的历史记载和实测资料。

二、着重查明和确定的内容

(1) 隧道的瓦斯来源。

(2) 隧道通过的地层层序、年代、岩层种类及含煤地层的分布,煤层数及顶底板特征和位置,煤层厚度、倾角,隧道穿煤里程及长度。

(3) 煤层的主要物理性质和指标以及工业成分分析,包括颜色、光泽、重度、硬度、水分、挥发分、固定碳、灰分、瓦斯含量、瓦斯压力、瓦斯放散初速度等。

(4) 煤的自然及煤尘爆炸性判断,煤与瓦斯突出危险性判断。

(5) 采空区形态,接替及规划采区位置及压煤量。

(6) 煤层的瓦斯带和瓦斯风化带位置。

(7) 查明形成瓦斯的地质构造,包括煤层、油页岩层所处的构造部位,天然气的生成、运移、储集、封闭条件及影响因素,地下水对天然气运移、储存的影响。

三、钻探要求

瓦斯隧道除应按一般隧道布置勘探工作外,尚应适当增加钻孔,采取煤样和气样进行成分分析,并在现场进行瓦斯及天然气含量、涌出量、压力等测试工作。

四、施工中地质复查

瓦斯隧道施工期间,应进行地质复查工作。对于揭露的煤层,应取样复测煤层的瓦斯含量和其他有关参数,必要时应钻孔埋管实测瓦斯压力,以及通过通风和瓦斯检测计算全坑道的瓦

斯涌出量,根据检测结果核对施工工区和煤系地层的瓦斯等级,必要时应进行修正,同时应相应修改设计。

第六节 瓦斯隧道结构设计要点

瓦斯隧道结构设计时,不完全按照瓦斯工区划分进行设计,而是按照吨煤瓦斯含量、瓦斯压力对瓦斯工区再进行分级设计。

一、瓦斯工区分级

瓦斯工区根据其含瓦斯的情况,可划分三级、二级与一级三种含瓦斯地段,并分别采用不同的衬砌结构。含瓦斯地段的等级应见表 1-6-1。

瓦斯地段等级

表 1-6-1

地段等级	吨煤瓦斯含量(m^3/t)	瓦斯压力(MPa)
三	<0.5	<0.15
二	≥ 0.5	≥ 0.15 且 <0.74
一	—	≥ 0.74

注:当按吨煤瓦斯含量及瓦斯压力确定的地段等级不一致时,应取较高者。

二、结构设计措施

(1)一、二级瓦斯地段采用复合式衬砌,初期支护和二次衬砌按全封闭原则进行设计。

(2)技术措施可见表 1-6-2。

衬砌防瓦斯措施

表 1-6-2

封闭措施	瓦斯地段等级		
	三	二	一
围岩注浆			选用
喷射混凝土中掺气密剂		选用	采用
设置瓦斯隔离层		采用	采用
模筑混凝土中掺气密剂	采用	采用	采用
模筑混凝土中掺钢纤维	—	—	选用
施工缝气密处理	采用	采用	采用

(3)含瓦斯地段的喷射混凝土厚度不小于 15cm,模筑混凝土衬砌厚度不小于 40cm。

(4)喷射混凝土中掺用气密剂后,透气系数不大于 10^{-10} cm/s,模筑混凝土中掺用气密剂后,透气系数不大于 10^{-11} cm/s。模筑混凝土衬砌施工缝应进行气密处理,其封闭瓦斯性能不小于衬砌本体。