

针对油气田瓦斯隧道瓦斯异常涌出段采取的处理措施

张文选, 刘毅

(中国水利水电第七工程局有限公司第一分局, 四川 彭山 620860)

摘要:穿越油气田区地层的隧道工程, 由于其瓦斯由下部产气层补给且瓦斯运移通道与地质构造存在重要联系, 因此存在极大地安全风险。油气田区瓦斯往往通过裂隙、破碎带等地质构造带形成运移通道或储藏区, 当隧道在穿越这些地层时, 容易出现瓦斯异常涌出甚至喷涌情况。总结了针对龙泉山隧道 ZDK43+746~ZDK43+650 段瓦斯异常涌出情况采取的主要应对措施, 可为类似工程施工提供借鉴。

关键词:油气田; 地铁隧道; 瓦斯异常涌出; 处理措施; 成都轨道交通 18 号线

中图分类号: U21; U23; [U25]; U215

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2019)增 1-0004-03

油气田是指受单一局部构造单位所控制的同一面积内的油藏、气藏、油气藏的总和, 它的形成要具备生、储、盖、圈 4 大要素, 要经历运移、聚集、保存等过程。其不良地质条件一般为浅层天然气, 即通常所说的瓦斯, 其主要成分为甲烷, 含少量乙烷、丙烷等, 具有燃烧、爆炸等特性。由于油气田区瓦斯具有特殊的成生、赋存机制, 导致其与煤系地层的瓦斯不同, 其下部往往存在瓦斯补给源, 瓦斯通过裂隙、破碎带等地质构造带形成运移通道或储藏区, 隧道穿越这样的地层, 就会发生瓦斯逸出甚至异常喷涌的情况, 若采取的措施不当, 就会发生瓦斯燃烧和爆炸的情况。

成都轨道交通 18 号线工程龙泉山隧道属油气田区高瓦斯隧道, 该隧道在施工过程中出现了掌子面单孔瓦斯绝对涌出量 315 L/min、压力 0.14 MPa 的情况, 项目部在现场采取了积极的应对措施后, 安全穿越了该瓦斯异常涌出段。

1 工程概述

龙泉山隧道位于成都轨道交通 18 号线工程天府新站~三岔湖站区间, 采用双洞分修, 左右线间距为 30 m, 为采用矿山法施工的山岭隧道。隧道左线长度为 9 690 m, 右线长度为 9 724 m, 全隧按人字坡设计, 最大埋深 285 m。为满足施工工期、施工通风及出渣、运营期间防灾救援等需求, 全隧共设 2 座斜井。隧道标准净空断面为 6.88 m×7.1 m。

龙泉山隧道地质构造主要以泥岩夹砂岩为

主, 水平岩层发育, 隧址区发育褶皱 2 条: 卧龙寺向斜、龙泉驿大背斜; 断层 2 条: 龙泉驿断层、马鞍山断层, 节理裂隙发育。地质人员划分的 IV 类围岩段占 60%, III、V 类围岩段各占约 20%。

隧道穿越龙泉山背斜构造, 隧道区域不良地质情况为浅层天然气(即瓦斯), 受三大湾气田影响极大。地勘资料显示, 瓦斯最大浓度达到 26 200 ppm(2.62%), 接近燃爆极限, 综合判定龙泉山隧道为高瓦斯隧道, 瓦斯可能最大逸出量为 $700.23 \times 10^4 \text{ m}^3$, 隧道里程 Y(Z)DK42+455~43+760 段和 Y(Z)DK44+620~47+030 段为高瓦斯区段。

2 瓦斯异常涌出情况及检测与分析

2.1 瓦斯异常涌出情况

当 1 号斜井左线小里程掌子面开挖至 ZDK43+650, 从二衬台车至掌子面出现了三个瓦斯逸出点, 分别位于 ZDK43+746 两边侧墙、9 号横通道交叉口(ZDK43+670)、开挖掌子面。其中 ZDK43+746 两侧墙瓦斯(1#涌出点)最初从开挖底板逸出, 施工仰拱后从两边侧墙逸出; 9 号横通道交叉口(2#涌出点)从超前挖孔向外逸出; 掌子面瓦斯(3#涌出点)从左拱肩处的钻爆孔向外逸出。

2.2 瓦斯浓度检测情况

1#涌出点 ZDK43+746 两边侧墙从防水板后检测到的瓦斯浓度为 5%~33%, 2#涌出点在 9 号横通道进行超前水平钻探过程中出现了瓦斯顶钻现象, 探孔内的瓦斯浓度达到 100%, 3#涌

收稿日期: 2019-01-23

出点掌子面钻孔3 m处瓦斯浓度达100%,掌子面风流中瓦斯浓度为0.14%,二衬台车处瓦斯浓度在0.34%~0.4%之间,均处于报警状态。

2.3 瓦斯浓度持续报警的原因分析

(1)隧址处于四川盆地须家河组范围内,下部存在深层天然气补给。

(2)TSP超前地质预报显示隧道前方均发现了构造带和构造发育带;构造带均有可能成为瓦斯通道,前后两个构造带规模较大且构造面发育密集,中间一个规模较小,节理面分布较疏松,是瓦斯运移的主要通道。

(3)该段隧道前方穿越一砂岩夹层,砂岩厚度约50 cm,岩层水平倾角约15°,可能存在储气空间或运移通道。

(4)瓦斯异常涌出的量超过单位时间最大的天然气涌出量,现阶段采用的压入式通风送入洞中的新鲜风量无法满足稀释异常情况下涌出的瓦斯是造成洞内瓦斯浓度持续报警的主要原因。

3 采取的施工应对措施

3.1 瓦斯压力及涌出量检测

根据设计要求,当单孔瓦斯涌出量大于4 L/min、瓦斯压力大于0.74 MPa时需暂停掌子面施工,进行瓦斯排放、泄压。因此,需要进行压力及涌出量检测。

(1)瓦斯压力检测。

瓦斯压力的检测参照《铁路瓦斯隧道技术规范》,在测压探孔内插入带有压力表接头的紫铜管,管径为6~8 mm,长度不小于7 m,对孔口进行有效封堵后安装压力表进行测压,详细记录压力上升与时间的关系,直到压力稳定为止,该数据即为瓦斯涌出压力。

(2)瓦斯涌出量检测。

瓦斯涌出量检测采用ZWS-1型钻孔瓦斯涌出初速度测定仪进行测试,将探孔瓦斯引流,在保证孔封堵密实的情况下将引流管与ZWS-1相接,瓦斯由进气管嘴经软管进入到流量显示器和换档流量计中。由于换档流量计的节流作用,密封室内的瓦斯压力升高、推动流量显示器指针摆动,进而测定出钻孔瓦斯涌出初速度(图1)。

(3)检测结果。

经实际检测,瓦斯压力及涌出量结果见表1。

3.2 加强通风的措施



图1 瓦斯涌出量检测图

表1 瓦斯压力及涌出量统计表

序号	部位	瓦斯压力 /MPa	瓦斯流量 /L·min ⁻¹
1	ZDK43+746	0.01	33
2	开挖掌子面	0.14	315

鉴于瓦斯异常涌出后现状压入式通风送入洞内的风量不足,不能有效稀释瓦斯,遂根据洞内的实测风速计算风量:

$$Q_{\text{风量}} = S_{\text{风速}} \times D \times 60$$

式中 $Q_{\text{风量}}$ 为实测风量; $S_{\text{风速}}$ 为实测风速; D 为测风处的隧道面积。

为保证施工安全,降低回风流中的瓦斯浓度,暂停了该工作面施工并及时增设了一根直径为1.6 m的风带,采用2×110 kW风机供风,在瓦斯涌出量较大时采用双风机供风,风机维护或延伸风带时主副风机交替运行,不间断地供风方式保证了洞内空气置换速度、有效避免了瓦斯涌出后在洞内积聚情况的发生,控制风流中的瓦斯浓度。

在掌子面开挖台车、钢筋防水及衬砌台车上增加了5.5 kW局扇;横通道、水汽分离室等通风死角位置增设了2.2 kW局扇;对钢筋焊接、防水焊接等高风险工序采用高压风管有针对性的通风,有效避免了瓦斯积聚。

3.3 做好超前地质预报工作

隧道掘进过程中可能遇到的瓦斯受节理和断层控制,而节理裂隙相对于线路位置的不同瓦斯溢出位置亦不同,掌子面、边墙、仰拱都可能有瓦斯涌出,因此,只要准确地探测出节理或断层的存在,就完成了一半的瓦斯探测任务。基于以上分析,龙泉山隧道施工过程中综合采用TSP超前地

质预报、超前水平钻探和地质雷达三种手段,秉承长短结合,精泛相佐的原则对掌子面前方的围岩和瓦斯赋存情况实施准确预报、特殊部位重点预报、多种手段预报结果对比验证,探明情况后继续进行施工,绝不盲目施工,取得了较好的效果。

4 改进施工工艺与工法

4.1 开挖施工

(1) 掌子面探孔内瓦斯流量及压力较大时,采用引流管将各探孔内涌出的瓦斯集中引排至后方成洞段,再用局扇吹散,有效地降低了开挖初期支护工作面的瓦斯浓度。

(2) 钻孔前先施工加深炮孔,施工完成并经瓦检人员检测无异常后进行炮孔施工,钻孔过程中如发现顶钻及瓦斯喷孔现象应立即停止钻孔,不得退出钻杆,立即报现场技术人员及瓦斯专业工程师现场查明原因,并及时采取引排措施,对该孔进行标注。

(3) 装药前,由瓦检员检测回风流中及炮眼中的瓦斯浓度,对炮孔口 10 cm 范围内有明显瓦斯异常现象的要做好标记,该炮孔不进行装药。

(4) 改善装药结构,首先在孔底装一节水炮泥,然后再装炸药。孔口封堵时首先装两节水炮泥,然后在孔口采用黏土炮泥封口。

(5) 爆破严格执行“三人连锁”放炮制度,其他无关工作人员包括相邻右线隧道的人员撤入横通道内并做好安全警戒工作。

(6) 爆破通风散烟时间不小于 15 min。首先通过自动监控系统检测洞内有有毒有害气体浓度,如浓度异常,需延长通风时间、待数据下降到限值以下,瓦检员、爆破员进洞检查瓦斯浓度和盲炮,进洞人员需携带自救器。

(7) 出渣前对爆破石渣进行洒水浸湿,然后由瓦检员检查是否有瓦斯涌出点,对异常位置要明确标识,及时安装局扇进行有针对性的吹散,加快稀释瓦斯;出渣过程安排专人负责洒水以湿润石渣,随时保持石渣湿润。

4.2 初期支护施工

在初期支护的所有工序施工过程中严禁动火作业,更改连接筋和钢筋网片的连接方式,拱架加工过程中在连接筋位置焊接套管,现场施工只需要将预弯好的 U 型连接筋扣在拱架中间,再用扎丝进行捆绑加固即可,作业过程中瓦

检员、安全员跟班作业,随时检测瓦斯浓度,发现异常情况立即暂停施工并撤人,加强通风、待瓦斯浓度降低至 0.3% 以下方可恢复作业。

4.3 衬砌施工

(1) 防水板逐板铺设,即上段混凝土浇筑完成后再进行下一仓防水施工,避免铺设防水层后大量积聚瓦斯;

(2) 瓦斯排放管焊接过程中采用局扇或高压风管对焊接位置进行通风,由瓦检员检查回风及焊接点位置的瓦斯浓度,灭火器、水管等措施到位后进行焊接,焊接过程中安全员、瓦检员旁站作业,瓦检员随时注意瓦斯情况,并在焊接位置挂设便携式瓦检仪,一旦瓦斯浓度超标立即停止焊接;

(3) 防水层的搭接长度、焊缝质量必须符合要求,松弛度适中,尽量使其与初期支护面密贴,防止存在空腔、积聚瓦斯;防水施工完成后需进行气密性试验,对局部焊缝不合格部位采用吹风补焊;

(4) 钢筋施工除接地钢筋采用焊接外,其余全部采用绑扎连接;增加架立钢筋密度并更改较大直径钢筋,确保钢筋骨架稳固;整仓钢筋全部绑扎完成后再进行接地钢筋焊接,遵从先通风、后检测、早准备的原则,先采用风管对焊接点位置有针对性地进行通风,由瓦检员检查回风及焊接点位置的瓦斯浓度,待灭火器、水管、接火板等措施到位后方可进行焊接;

(5) 防水、钢筋施工完成并通过验收后及时行走台车进行定位,定位完成后开启台车所有窗口并采用 3 根高压风管从端头向仓号内通风;端头模板安装过程中严禁动火,采用高压风管持续对仓号内进行通风,在模板加固过程中如必须动火,必须履行动火手续,由瓦检员检测瓦斯浓度、灭火器、消防水管到位,待其符合动火条件后再进行动火作业,在该过程中瓦检员、安全员旁站作业;

(6) 混凝土浇筑过程中高压风管持续通风且混凝土必须连续浇筑,严禁存在冷缝,浇筑过程中加强振捣以保证混凝土的密实度;随着混凝土的入仓,仓号内空间减小,拱顶瓦斯浓度将升高,浇筑过程中在拱顶位置挂设便携式瓦检仪,瓦检员随时检测瓦斯浓度,如存在异常情况,及时用高压风管对瓦斯积聚部位进行通风。(下转第 15 页)

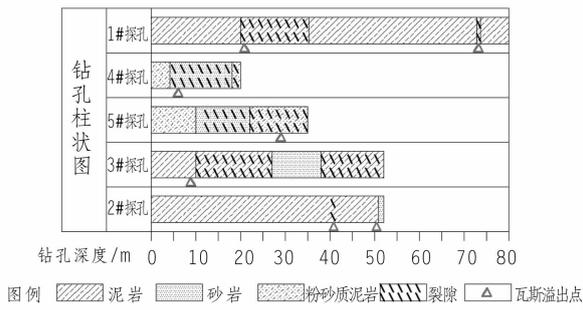


图2 围岩岩性柱状图

总的瓦斯涌出量,分析得知目前的通风条件已满足后续施工对瓦斯防控的要求;在后续施工过程中,亦可随时根据探孔内瓦斯的变化情况预知前方开挖面的瓦斯赋存情况,在瓦斯异常位置到达前极早采取措施,保证施工安全。

其次,通过钻探,对前方岩石类型、岩体完整性和节理裂隙发育里程有了一定程度的了解,在后续围岩自稳性较差段落提醒采取提前缩短进

(上接第3页)

于0.5%时通知爆破员、班组长、安全员进入隧道排查掌子面爆破情况,如盲炮情况、超欠挖情况等。

开挖完成后及时进行支护和复合式衬砌,同时做好成洞段的瓦斯检测工作。

2.3 作业结束后的瓦斯管控

作业结束后,为衔接工序时间,实行洞内交接班、现场交接班,针对瓦斯、通风等异常情况重点交接,交接班完成后,作业人员于洞口处取回工作牌,签字出洞。

3 结语

在成都轨道交通18号线工程土建5标龙泉山隧道为油气田区地铁长大隧道,施工段全长达9.7 km。施工过程中,采用了油气田地铁长

(上接第6页)

5 结语

通过采取以上所述的一系列措施,龙泉山隧道各项工作内容安全有序推进,瓦斯涌出未对正常施工进度产生较大影响,证明以上措施起到了明显效果,可在其他同类型隧道施工过程中结合实际情况合理改善并加以使用。

参考文献:

尺、加强超前支护等措施来保证施工安全。

探孔本身在可控范围内形成了瓦斯排泄通道,通过加强通风等措施,既不会明显提升隧道各工作面瓦斯的含量及浓度,又可减轻后续掘进过程中瓦斯的溢出压力,降低了施工风险。

4 结语

在该隧道后续施工过程中,实际裂隙发育和瓦斯喷涌部位与超前钻探成果基本吻合,验证了超前钻探法预报的准确性且探孔内的瓦斯流量、压力及洞内瓦斯浓度具有明显的衰减现象,证明探孔起到了一定的排泄作用。超前钻探在瓦斯隧道施工中不可或缺,值得在其他同类工程中结合实际情况灵活运用。

作者简介:

孙志强(1983-),男,河北魏县人,高级工程师,从事市政、铁路及水电工程施工技术与项目管理工作;

刘毅(1993-),男,河南新安人,助理工程师,学士,从事市政工程施工技术与质量管理工作。(责任编辑:李燕辉)

大隧道瓦斯综合管控措施,总结出地铁瓦斯隧道施工所采取的进洞管理措施、超前地质预报、施工通风、信息化施工、瓦斯异常处理等综合管控措施,为瓦斯隧道施工增添了安全保障。

参考文献:

[1] 张民庆,黄鸿健,孙国庆.铁路瓦斯隧道安全设计、施工与管理[J].现代隧道技术,2012,49(3):25-31.

[2] 王运涛,李好,高建,等.高速公路长大隧道瓦斯综合防控措施[J].公路交通技术,2017,33(2):115-119.

作者简介:

胡慧慧(1990-),女,河南濮阳人,助理工程师,硕士,从事市政工程施工技术与管理工作;

高峰(1974-),男,吉林东辽人,教授级高级工程师,硕士,从事水利水电与市政工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

[1] 铁路瓦斯隧道技术规范,TB10120-2002[S].

[2] 高速铁路隧道工程施工技术规范,Q/CR9604-2015[S].

[3] 铁路隧道超前地质预报技术规程,Q/CR9217-2015[S].

[4] 贵州省高速公路瓦斯隧道施工技术指南,JTT52/03-2014[S].

作者简介:

张文选(1976-),男,四川成都人,项目总工程师,高级工程师,从事市政工程施工技术及项目管理工作;

刘毅(1993-),男,河南新安人,助理工程师,从事市政工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)