

浅谈超前钻探法在瓦斯隧道施工中的应用与意义

孙志强, 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:隧道施工过程中,提前对掌子面前方的地质情况进行了解,及时发现异常情况,对指导隧道安全高效施工具有重要意义。超前钻探法是隧道超前地质预报方法中较为直观和准确的方法之一,阐述了成都轨道交通 18 号线龙泉山高瓦斯隧道施工过程中对超前钻探法的应用。

关键词:隧道施工;高瓦斯;超前钻探;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 1-0012-04

1 概述

成都轨道交通 18 号线是服务于成都市区与成都天府国际机场之间的快线,亦是一条兼顾市域客流和机场客流的复合线。因其要穿越龙泉山 9.7 km 长的高瓦斯隧道,成为全国第一条穿越高瓦斯地层的轨道交通工程。笔者介绍了油气田瓦斯隧道具有的特点与超前钻探应用实例。

开挖油气田区的高瓦斯隧道具有极高的危险性。隧道底部的含油气层可能成为隧道施工瓦斯的补给源头,而且其不同于煤层瓦斯的是:油气田瓦斯无处不在,具有赋存普遍性和涌出随机性。因此,隧道掘进过程中可能遇到的瓦斯受节理和断层控制明显。但是,只要准确地探测出节理或断层的存在,就完成了了一半的瓦斯探测任务。

2 超前钻探应用实例

2.1 瓦斯异常现象

成都地铁 18 号线龙泉山隧道穿越龙泉山含油气构造,受三大湾气田影响,现场测试到的天然气最大浓度达到 2.62%,接近天然气爆炸极限,综合判定龙泉山隧道为高瓦斯隧道,线路穿越两条断层,对油气运移、调整富集较为有利,而断层、裂隙发育又为油气聚集提供了有利的储存空间,进而给隧道施工带来一定的危害性。

龙泉山隧道 1 号斜井工区左线小里程方向某里程掌子面开挖钻孔过程中右侧拱肩炮孔发生瓦斯喷涌现象,致使该工作面瓦斯浓度急剧上升,现场及时停工撤人后采取封闭掌子面、增设备用风机加强通风等措施以保证安全。掌子面所处围岩

等级为 IVa 级,根据设计人员地勘现场动态变更并做好了超前支护措施后采用全断面开挖工法。

为进一步探明前方地质条件及瓦斯赋存情况,制定了相应的应对措施以保证施工安全,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,将多种手段预报的结果对比验证,探明情况后施工。

2.2 地质条件分析

根据设计图纸文件及 TSP 报告分析,1 号斜井工区该段的不良地质体为:卧佛寺向斜构造段,该向斜轴与线位交角为 85°,轴部地层为遂宁组泥岩夹砂岩,产状平缓,翼部陡峭,受构造影响,两侧地层发育多个小型褶曲与次生断层,岩体较破碎,产状紊乱。同时,围岩中含石膏,石膏质软,充填节理、裂隙,为软弱夹层。掌子面地质素描观察围岩为紫红色泥岩夹灰绿色砂岩。

2.3 超前钻探设计

根据设计图纸要求,采用超前钻探法探测中近距离的地质情况,物探超前探测存在异常地段,钻孔直径不小于 76 mm,一般每循环探测钻孔深度宜控制在 30~50 m,连续钻探时每循环搭接长度不小于 5 m;活动断裂带超前探测宜采用深孔,连续钻探时每循环搭接长度不小于 10 m。钻孔是否取芯根据不同的地质条件和探测目的确定。对于高瓦斯或瓦斯突出地层需要测定岩层走向、形态时,需施作超前钻孔 3 孔。

根据现场实际情况并结合探测掌子面前方的

瓦斯和地下水赋存情况、岩性及岩体构造等情况,本次钻探共设置了5个探孔:3个不取芯探孔和2个回转取芯探孔,具体设计情况见表1。

表1 探孔设计表

钻孔编号	开孔位置	倾角 /°	深度 /m
1#	掌子面中心线附近,距拱顶 1.5 m	2	80
2#	距左边墙 1 m,距底部 3 m	4	80
3#	距右边墙 1.4 m,距底部 4.3 m	5°	80
4#	靠近瓦斯涌出炮孔位置,距顶部垂直距离约 1.2 m	2	20
5#	掌子面中心附近,距左边墙 3.4 m,距掌子面拱顶 3.8 m	2	35

以上探孔均符合超前地质水平钻设计:一般洞段外插角为 $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$,对软弱破碎岩层其外插角可适当加大。钻孔位置布设情况见图1。

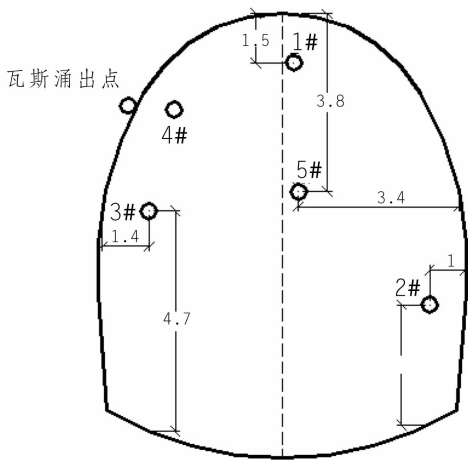


图1 钻孔布置图

2.4 超前钻探的实施

该段地层超前钻探采用ZY-650煤矿全液压钻机。该钻机属于煤矿专用钻探钻机,完全适用于瓦斯隧道的超前地质钻探工作。钻孔顺序按照编号由小到大依次进行。

因2#钻孔在钻进至52m时发生顶钻现象,为避免发生瓦斯突出及其他不可控情况出现,保证生命财产安全,故2#、3#探孔未钻进至设计深度,仅施工了52m。

钻孔实际情况统计表见表2。

(1)非取芯钻探。

非取芯钻利用钻屑法对隧道前方的地质情况进行分析和判断,利用钻机钻探时所表现的状态(钻压、钻速)变化情况及钻孔过程中的返水特征、

表2 钻孔情况统计表

钻孔编号	实际钻孔深度 /m	瓦斯浓度	地下水赋存情况
1#	80		
2#	52	终孔后孔口瓦斯浓度均为100%	钻孔过程中均未见地下水流
3#	52		出
4#	20		
5#	35		

岩屑及瓦斯动力特征可以对隧道前方的断层、裂隙进行判断,初步掌握隧道前方地质构造的里程位置。非取芯钻探过程记录及分析统计见表3。

(2)取芯钻探。

取芯钻采用孔径为76mm的钻头钻进,钻进过程中每回次长度为1m,全取芯,根据岩芯情况判定前方围岩的岩性、岩体完整性。取芯钻探成果见表4。

(3)钻探成果。

本次钻探揭露掌子面前方80m范围内无地下水富集。

通过钻孔过程中瓦斯动力现象判断,1#探孔钻探掌子面前方21~35m,2#探孔钻探掌子面前方50~52m,3#探孔钻探掌子面前方9~10m、16~52m,4#探孔钻探掌子面前方6~20m,5#探孔钻探掌子面前方29~35m范围内均有瓦斯喷涌现象;成孔后通过使用“ZWS-1型钻孔瓦斯涌出初速度测定仪”测试各探孔流量:1#探孔为11.5 L/min,2#探孔为91.9 L/min,3#探孔为90 L/min,4#探孔为42 L/min,说明掌子面前方80m范围为瓦斯富集区,瓦斯赋存范围较广且溢出位置随机出现。

此次探孔主要揭露围岩为紫红色薄-中层状粉砂质泥岩夹一层灰绿色下倾状砂岩,节理裂隙发育且有石膏填充,局部岩体破碎,围岩完整性较差。钻孔揭露岩性与地质素描推测岩性基本一致,仅砂岩位置略有偏差,但对构造(裂隙)发育里程位置判断与TSP结果有一定偏差。

经综合分析判定钻孔揭露前方围岩岩性柱状图见图2。

3 本次超前钻探具有的意义

瓦斯是龙泉山隧道施工的重大危险源之一,瓦斯防控是该隧道安全生产工作中的重中之重,此次钻探的首要作用是探明了前方的地下水和瓦

表 3 非取芯钻探过程记录及分析统计表

探孔编号	钻孔深度 /m	返水情况	岩屑	钻杆情况	瓦斯情况	分析判断
	0~20	暗红色,流量正常	泥质岩屑	钻杆震动及响声正常,无卡钻	孔口浓度 0%	泥岩
	20~35.2	暗红色,流量减少	泥质岩屑	钻杆震动及响声正常,无卡钻	瓦斯喷涌	泥岩并发育裂隙
1#	35.2~72.8	暗红色,流量正常	泥质岩屑	钻杆震动及响声正常,无卡钻	无喷涌,孔口浓度 100%	泥岩
	72.8~73.6	暗红色,流量减少	泥质岩屑	钻杆震动及响声正常,无卡钻	瓦斯喷涌	泥岩并发育裂隙
	73.6~80	暗红色,流量正常	泥质岩屑	钻杆震动及响声正常,无卡钻	无喷涌,孔口浓度 100%	泥岩
	0~40.8	暗红色,流量正常	泥质岩屑	钻杆震动及响声正常,无卡钻	孔口浓度 0%	泥岩
2#	40.8~41.6	暗红色,流量较少	泥质岩屑	钻杆震动及响声正常,轻微卡钻	孔口浓度 65%	泥岩并发育裂隙
	41.6~50.4	暗红色,流量正常	泥质岩屑	钻杆震动及响声正常,无卡钻	孔口浓度 0%	泥岩
	50.4~52	灰褐色,流量正常	砂质岩屑	钻杆震动及响声正常,轻微卡钻	瓦斯喷涌,顶钻	砂岩
	0~8.8	暗红色,流量正常	泥质岩屑	钻杆震动及响声正常,无卡钻	孔口浓度 0%	泥岩
	8.8~10.4	暗红色,流量正常	泥质岩屑	钻杆突进 15 cm	瓦斯喷涌	泥岩并发育裂隙
3#	10.4~16	无返水	泥质岩屑	钻杆震动及响声正常,无卡钻	瓦斯喷涌	泥岩并发育裂隙
	16~26.4	暗红色,流量正常	泥质岩屑	钻杆震动及响声正常,无卡钻	瓦斯喷涌	泥岩并发育裂隙
	26.4~37.6	灰褐色,流量正常	砂质岩屑	钻杆震动及响声正常,无卡钻	瓦斯喷涌	砂岩
	37.6~52	暗红色,流量正常	泥质岩屑	钻杆震动及响声正常,无卡钻	瓦斯喷涌	泥岩并发育裂隙

表 4 取芯钻探成果记录表

探孔编号	钻进回次	瓦斯情况	岩芯岩性	岩芯判断岩体完整性
	1~4	孔口浓度 0%	紫红色粉砂质泥岩,含石膏夹层	岩体较完整
	5	孔口浓度 0%	灰绿色砂岩	岩体较破碎
4#	6~16	瓦斯喷涌	灰绿色砂岩	岩体较破碎
	17~18	瓦斯喷涌	灰绿色砂岩,有石膏脉填充	岩体破碎
	19	瓦斯喷涌	紫红色粉砂质泥岩	岩体破碎
	20	瓦斯喷涌	紫红色粉砂质泥岩	岩体较完整
	1~10	孔口浓度 0%	紫红色粉砂质泥岩,局部夹灰绿色砂岩	岩体完整
	11~13	孔口浓度 0%	灰绿色砂岩	岩体完整
	14	孔口浓度 0%	灰绿色砂岩,石膏脉络发育	岩体破碎
	15~22	孔口浓度 0%	灰绿色砂岩,局部节理裂隙发育,有石膏脉填充	岩体较完整
	23	孔口浓度 0%	紫红色粉砂质泥岩	岩体较破碎
5#	24~25	孔口浓度 0%	紫红色粉砂质泥岩	岩体完整
	26	孔口浓度 0%	紫红色粉砂质泥岩,局部石膏脉发育	岩体较完整
	27~28	孔口浓度 0%	紫红色粉砂质泥岩	岩体完整
	29~31	瓦斯喷涌	紫红色粉砂质泥岩	岩体较破碎
	32	瓦斯喷涌	紫红色粉砂质泥岩	岩体较破碎
	33~35	瓦斯喷涌	紫红色粉砂质泥岩	岩体完整

斯赋存情况。其既可测定各探孔内的瓦斯流量和压力,又可结合风速、断面积、瓦斯浓度等计算出

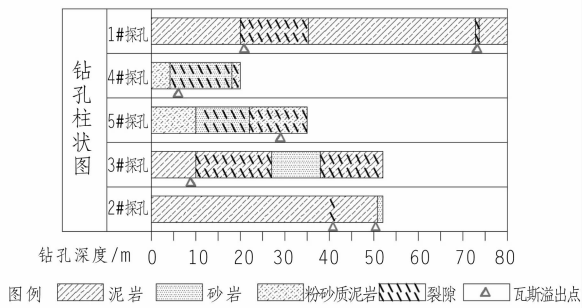


图2 围岩岩性柱状图

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)