

高瓦斯隧道的瓦斯防控技术

雷明, 孙上校

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

摘要:修建地铁的过程中难免会遇到穿越煤系采空地层、油气田构造层的情况,这些地方聚集着大量的瓦斯,给工程建设带来了极大的风险,尤其是穿越油气田构造层,其不同于煤层瓦斯,油气田瓦斯只要有断层、节理带存在就会出现瓦斯溢出。以成都轨道交通 18 号线试车线高瓦斯隧道为例,对高瓦斯隧道瓦斯防控技术进行了研究,旨在为后续相关施工提供借鉴。

关键词:高瓦斯隧道;瓦斯;通风;防爆;监控

中图分类号:U21;U215;[U25]

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2019)增 2-0017-04

Gas Prevention and Control technology for High Gas Tunnel

LEI Ming, SUN Shangxiao

(Sinohydro Bureau 5 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610066)

Abstract: In the process of subway construction, it is inevitable to encounter the situation of passing through coal goaf layer and oil-gas field structural layer, where a large amount of gas is gathered, which brings great risk to the project construction, especially the oil-gas field structural layer, which is different from coal-bed gas, as long as there are faults and joint zones, oil-gas field gas will be leaked. Taking the high gas tunnel of the test line of Chengdu Metro Line 18 as an example, the gas prevention and control technology of high gas tunnel is studied in order to provide reference for the further related constructions.

Key words: high gas tunnel; gas; ventilation; anti-explosion; monitor

1 概述

成都轨道交通 18 号线工程试车线隧道位于合江车辆段,该隧道为 140 km/h 的列车单线隧道,通行地铁 A 型车 8 辆编组,采用交流 25 kV 架空悬挂接触网供电。隧道进口里程为 SK1+215,终点里程为 SK3+275,隧道全长 2 060 m,全隧纵坡采用一字坡,纵坡为 +2%,最大埋深 229 m。试车线隧道岩体为 IV、V 级围岩,施工中项目部紧紧围绕“管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤测量”的施工原则进行施工。隧道初期支护的内容主要包括:隧道拱部采用 $\phi 22$ 中空锚杆、边墙采用 $\phi 22$ 砂浆锚杆、挂设钢筋网片、型钢网架支撑(IV)、喷 C25 耐腐蚀性混凝土, $\phi 42$ 小导管超前注浆的方法。二次衬砌的内容主要包括:隧道主洞全段采用高分子 1.5 mm EVA 防水板+闭孔 PE 泡沫垫层(厚度 ≥ 4 mm)全环铺设,全隧拱墙防水卷材背后环向设置 $\phi 50$ 环向单壁打孔波纹管,纵向间距按 10 m 一道设置并与

边墙脚内的 $\phi 100$ HDPE 纵向打孔双壁波纹管采用三通连接,横向排水管用 $\phi 100$ HDPE 纵向打孔双壁波纹管,50 m 设置一道水汽分离装置,将水汽分离后的地下水排入边沟,气体则通过拱顶预埋的 $\phi 100$ 镀锌钢管排出,模筑混凝土采用 C35 气密性钢筋混凝土,抗渗等级不小于 P12。

隧道位于新华夏系第三沉降带四川盆地西缘的川西褶皱带中,主要构造体系为卧龙寺向斜、龙泉驿断层。隧道施工存在的主要工程地质问题为浅层天然气。为评价浅层天然气对隧道的危害,专门对合江车辆段试车线隧道进行了浅层天然气检测工作。该工区前后共对 10 个钻孔进行了现场天然气检测。从检测结果可知:8 个钻孔有天然气显示,2 个无天然气,有天然气显示的孔数约占 80%,天然气最大浓度达到 26 200 ppm(2.62%),综合判定合江车辆段试车线隧道为高瓦斯隧道。

针对经天然气探孔检测被综合评定为高瓦斯的试车线隧道,施工中无色无味的瓦斯是不可预

收稿日期:2019-09-18

见的,施工中稍有不慎将会是千里之堤溃于蚁穴,带来的人身及财产损失将是无法估计的。笔者介绍了施工过程中对于不可预知的瓦斯采取的有效预防措施,保证了工程安全可控。

2 瓦斯防控的主要技术措施

针对瓦斯具有的突发性及不可预见性,工程施工中从隧道施工通风、超前地质预报、瓦斯监控、设备防爆改装、安全管控制度等方面出发,建立了健全有效的瓦斯防控措施,为工程建设保驾护航。

(1)通风。高瓦斯隧道在开挖过程中,对于地层中放出的瓦斯等有毒有害气体若不能及时对其进行稀释排放而造成有毒有害气体在掌子面等地积聚,其后果将不堪设想;而且施工中的钻眼、爆破、装渣、喷射混凝土、机械的排气也会在一定程度上给施工人员带来不健康因素,因此,施工中必须及时更换和净化隧道内的空气,供给洞内足够的新鲜空气,稀释、冲淡和排除有害气体并降低粉尘浓度以改善劳动条件,保障施工作业人员的身体健康、保证正常的安全生产并提高劳动生产率。施工通风在隧道施工尤其是高瓦斯隧道施工中起到决定性的作用,通风先行是保证安全的重要前提。

隧道通风应采用机械通风,高瓦斯隧道采用的施工通风方法是根据瓦斯涌出量、通风长度、隧道断面等条件灵活选择压入式、巷道式、混合式通风。试车线隧道作为单线隧道最终选用压入式通风,针对于隧道通风,要求洞内回风风速不小于 $0.5\text{ m/s}^{[1]}$,瓦斯浓度需小于 $0.5\%^{[1][2][4]}$,施工中,对于前 50 m 可进行自然通风且随时进行瓦斯浓度检测,超过 50 m 后必须建立通风机制方可再行掘进施工。通风机的选择必须从洞内同时工作的最多人数、爆破排烟、稀释洞内使用内燃机废气、瓦斯涌出量和允许风速分别计算,选取其中的最大值,并且根据风筒漏风损失进行修正,选择合适的机型,以保证洞内所需风量的要求。风机安装于距离洞口 30 m 的洞外,主要目的是为了防止洞内外的风混合循环,避免将污浊空气再次带进洞内。每个作业面根据需要各安装轴流风机两台(一台使用、一台备用)^[1]。该工程经计算及论证后最终采用2台SDF(B)-NO13型轴流风机,功率为 $2\times 132\text{ kW}$,风筒采用高强度、防静电、阻燃

柔性风筒,直径为 1.6 m ,挂设平顺、接头严密,要求离掌子面 5 m 处。风机布设情况见图1。



图1 风机布设图

在保证洞内通风风量后还需保证洞内通风的正常运行。高瓦斯隧道施工中风机必须随时运转,如若因故障、停电等因素停止运转,也必须在 10 min 内更换备用风机或更换电源方能重新正常运行。针对特定要求,该工程在施工中配备了两路电源(一路为大电、一路采用 300 kW 发电机专供特殊情况下的通风)。对于风机出现的故障,配备专人进行维护,做到当一路电源停止工作时另一路电源需在 10 min 内启动^[1],以保证风机正常运转;当一台风机停止工作时,另外一台风机需在 10 min 内启动^[1]。

(2)地质超前预报。地质超前预报是信息化掌握开挖前方地质情况的手段。开挖前,应及时了解和掌握前方的地质情况及瓦斯浓度情况,未雨绸缪,做好有效的防治措施,尽可能地将安全风险降低到最小。

试车线隧道在工程施工中采取超前地质预报及超前地质水平钻孔^[5]两种方式相结合的手段进行全面地质预报,及时掌握前方的地质情况及瓦斯情况。通过TSP地震波反射法探测掌子面前方的断层、破碎带、岩溶裂隙、节理密集带、岩性突变处等地质构造的空间方位与规模后,再进行超前水平钻孔探测,两种方法相结合进行对比验证,从而更准确地掌握前方破碎带或断裂带的位置、规模以及前方天然气的赋予情况,以便对于不同情况采取有效的预防措施,为降低安全风险提供指导依据。其中TSP地震反射法可以探测到前方 $100\sim 150\text{ m}$ 范围内的地质情况,施工过程中进行不间断探测;超前水平钻孔利用潜孔钻机可钻孔 $30\sim 50\text{ m}$,施工中搭接 5 m ,不间断地进行钻孔,

探孔直径不小于 76 mm^[1]。TSP 地震波反射法的实施情况见图 2,超前水平钻孔探测法的实施情况见图 3。



图 2 TSP 地震波反射法的实施情况



图 3 超前水平钻孔探测法的实施情况

(3)瓦斯监控。瓦斯监控是用于预防瓦斯的一种当浓度超过允许浓度的一种预警设备,监控主要是通过自动监控系统与人工瓦检配合的方式进行。人工监控即专职瓦检员手持光干涉式甲烷测定仪^[3,4]每隔 1 h 检查一次掌子面的瓦斯浓度,当发现浓度超过 0.5%^{[1],[4]}时应随时检查,发现异常及时上报,以便于现场采取措施,保证施工过程中的安全。施工中自动监控系统采用 KJ90NA 监控系统,在掌子面拱顶处设置甲烷监测传感器^[4]、硫化氢传感器、风速传感器、一氧化碳传感器等检测洞内的瓦斯参数,将瓦斯监测浓度情况传送于洞外安监室主控计算机进行分析处理,对洞内瓦斯、风速、风量和主要风机实施风电闭锁及风量控制,瓦斯浓度超过 0.5%^{[1],[4]}时自动进行洞内传感器和洞外监控室自动声光报警,当瓦斯浓度超过 1%时传感器控制馈电断路器关闭实行瓦电闭锁,洞内断电,人员撤离,待加大供风、瓦斯浓度降于 0.5%^{[1],[4]}以下时方可恢复施工。系统 24 h 全方位监控,以保证瓦斯隧道的安全生

产,系统传感器瓦电闭锁感应 7 d 进行一次调校,以保证其正常运行。传感器需设置于隧道掌子面位置及回风中易于瓦斯积聚的地方,如台车、环控洞室处及加宽段等。甲烷传感器的布置情况见图 4。



图 4 甲烷传感器布置情况

(4)对设备实施防爆改装^[1]。试车线高瓦斯隧道采用无轨运输方式出渣,施工过程中采取加强通风、瓦斯监测等手段将瓦斯浓度控制在规定的安全范围之内。同时,由于施工过程中需要大量的内燃施工机械、设备,如挖掘机、装载机、运输车等,隧道在施工过程中可能会遇到瓦斯浓度超限,而这些内燃施工机械、设备在运行、使用中其产生的火花会对施工安全构成重大威胁,但由于多种条件的限制,如果对这些设备进行严格的防爆处理^[1],在技术和成本上均存在很大的难度。根据有关规程规定并结合隧道施工的实际情况,项目部针对瓦斯隧道内燃施工机械、设备选配了一套适合于车载式甲烷断电(熄火)控制装置。该装置安装于内燃施工机械、设备上,实时监测其周围环境空气中的瓦斯浓度,当环境瓦斯浓度超过报警限值(0.3%CH₄),装置发出声光报警;浓度继续上升,超过断电上限(0.5%CH₄)^[1]后,控制装置发出车辆自动断电(熄火)信号,控制车辆上所有电子装置实现自动断电熄火功能。当环境瓦斯浓度降到安全限值(0.4%CH₄)以下,即解除报警和断电熄火,该内燃施工机械、设备方可再次启动,从根本上切断瓦斯爆炸的风险源,实现安全施工。该装置的控制系統主要包括车载式甲烷断电仪主机和低浓度甲烷传感器。系统主要由三部分组成:系统维护与配置管理中心、控制分站、检测控制器。车载瓦斯自动监控系统工作原理见图 5。

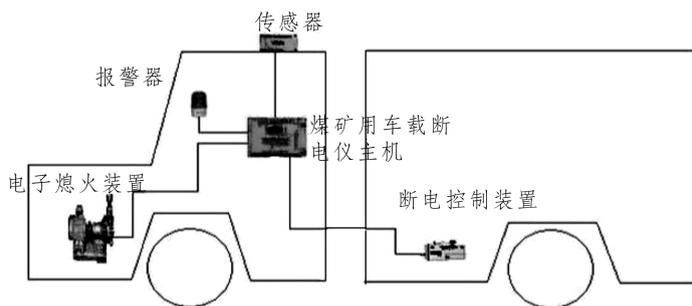


图5 车载瓦斯自动监控系统工作原理

(5)其他安全措施。除通风、超前地质预报、瓦斯监控、设备防爆改装这些必不可少的方法外,有效的安全管理制度及气密性混凝土的引进也是必不可少的有效防治措施。

①在高瓦斯隧道施工中,应尽可能地避免动火作业,施工中的气割、电焊在初期支护及二衬施工中比较多,现场拱架的拼接采用螺栓进行,二衬钢筋采用套筒连接及绑扎等方式进行;二衬模筑混凝土引进气密剂^[1],采用气密性混凝土已改善了混凝土的微观结构,使灌注后的混凝土达到密实状态,用以阻止气体等的渗透能力。

②建立完善的爆破机制且爆破施工严格按照煤矿安全规程执行,采用煤矿许用延期电雷管且延期不能超过 130 ms^[1],做到一炮三检^[3]、三人连锁的放炮规定且采用水压爆破的方法,在炮孔中按照规定塞入水袋、黏土炮泥进行炮孔堵塞,起爆采用专用的防爆起爆器,爆破后必须通风 30 min 且经过瓦检及盲炮排查复核规定后及时进行掌子面喷雾或洒水降尘^[2],待降低掌子面温度后方可安排出渣。

③施工作业人员需经过瓦斯专项教育培训,经考试合格后上岗,建立安检门禁系统,对进洞人

员实施安全检查,对于非防爆用电设备、烟、打火机等进行扣留,进洞作业人员配备防爆头灯、防爆手电、防爆对讲机等作业装备。

3 结 语

通过采用以上方法,目前该工程试车线隧道已经保质保量地完成了贯通并移交的任务。施工过程中,现场管理规范,通风、瓦检、监控及防爆改装都有效地发挥着各自的作用。但是,瓦斯隧道施工中的瓦斯防控任重而道远,需要不断努力,不断提高,方能保证现场施工安全。

参考文献:

- [1] TB10120-2002,铁路瓦斯隧道技术规范[S].
- [2] 国家安全生产监督管理总局宣传教育中心.煤矿通风安全监测监控工作[M].北京:冶金工业出版社,2006.
- [3] 重庆煤矿安全监督局.瓦斯检查工作[M].徐州:中国矿业大学出版社,2008.
- [4] 国家安全生产监督管理总局.煤矿安全规程(2016版)[M].北京:煤炭工业出版社,2016.
- [5] Q/CR9217-2015,铁路隧道地质超前预报技术规程[S].

作者简介:

雷 明(1986-),男,陕西咸阳人,工程师,从事隧道工程施工技术与管理工作;

孙上校(1981-),男,河南巩义人,工程师,从事隧道工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

响水水库工程下闸蓄水通过验收

7月25日,由中水五局公司承建的贵州省兴仁县响水水库(烟水配套水源)工程顺利通过下闸蓄水阶段验收。兴仁县响水水库位于贵州黔西南州中部兴仁县潘家庄镇下溪村,水库总库容129.7万立方米,工程规模为小(1)型水库,工程等别为Ⅳ等,坝型为面板堆石坝。中水五局公司负责实施的施工内容有大坝工程(含大坝填筑施工及混凝土面板施工)、溢洪道工程、导流兼取水放空洞工程、灌区输水工程、永久上坝公路工程等。该工程于2015年11月开工建设,2018年1月8日,溢洪道施工全部结束;2019年4月20日,导流兼取水放空洞施工全部结束;2017年10月23日大坝填筑完成;2018年11月12日,大坝面板施工结束;2018年12月30日,主体工程施工全部结束。响水水库建成后,将解决潘家庄镇、下山镇及城北街道办事处18300亩烟地、300亩水田灌溉用水及当地村民人畜饮水。水库年可供水量136.3万立方米。其中,烟地灌溉用水量86.3万立方米,水田灌溉用水量12.3万立方米,居民生产生活用水量37.7万立方米。