

瓦斯爆炸三要素在高瓦斯隧道安全防控中的应用

Application of three elements of gas explosion in safety prevention and control of high gas tunnel

陈质涛 吴元学

Zhitao Chen Yuanxue Wu

中交一公局第四工程有限公司 广西 南宁 530033

The Fourth Engineering Co Ltd ofCCCC First Engineering Co Ltd Nanning Guangxi 530033

摘要: 瓦斯防控治理是瓦斯隧道安全管理重中之重,在项目安全管控中占据关键地位,而隧道内瓦斯爆炸最主要的原因是洞内的氧气浓度、火源和瓦斯浓度,常被称为瓦斯爆炸三要素。本文以中交一公局重遵扩容项目 T8 合同段桐梓隧道为依托,针对瓦斯爆炸三要素,对高瓦斯隧道的施工安全进行管理防控。

Abstract: gas prevention and control is the top priority of gas tunnel safety management, which occupies a key position in the project safety management and control, and the main reasons for gas explosion in the tunnel are the oxygen concentration, fire source and gas concentration in the tunnel, which are often called the three elements of gas explosion. Based on the Tongzi tunnel in T8 contract section of Zhongjiao No.1 company heavy compliance expansion project, aiming at the three elements of gas explosion, this paper carries out management and prevention on the construction safety of high gas tunnel.

关键词: 瓦斯隧道;瓦斯爆炸三要素;管理防控

Keywords: Gas Tunnel;Three elements of gas explosion;Management prevention and control

DOI: 10.12346/etr.v3i4.3296

一、引言

因隧道施工条件限制,尽管现阶段各单位都在推行机械化减人、智能化换人手段,但三车道公路隧道掌子面每道施工工序的常规作业人员一般都在 9 人及以上,加上仰拱二衬等附属工程,洞内实际人员数最高可达 40 多人,而隧道瓦斯爆炸,基本都是群死群伤的事故后果,一旦发生瓦斯爆炸,都将成为重特大事故,直接影响整个企业运转。因此,隧道瓦斯防控一直是瓦斯隧道防控重中之重,然而受到施工技术等多方面限制,瓦斯防治工艺和方法一直未有很大进展,本文以中交一公局集团重遵扩容项目 T8 合同段桐梓隧道施工为依托,对瓦斯爆炸三要素在瓦斯隧道中的安全防控作用和应用进行总结分析。

二、工程概况

桐梓隧道设计为分离式双向六车道大跨度隧道,隧道全长 10497m,为目前贵州省最长的 3 车道隧道。全隧穿越 3 条断层破碎带,12 次穿越不同地层,3 号斜井穿越近 200m 岩溶向斜施工,主洞横穿 2 层高瓦斯煤层施工,具有富水软弱破碎围岩、岩溶暗河、瓦斯等不良地质情况,瓦斯最大压力

1.5MPa,属高瓦斯隧道,具有突出危险,煤系地层总长 470m。同时,隧道下穿地方停产团圆煤矿矿区,遇到煤矿采空区的可能性极大。施工过程中存在煤与瓦斯突出、瓦斯爆炸、坍塌、岩爆、突泥突水、中毒窒息等风险,属极高风险隧道。

三、瓦斯爆炸三要素在高瓦斯隧道安全防控中的应用

(一)瓦斯爆炸三要素内容

(1)氧气浓度:通过权威实验及施工实践可知,当氧气浓度减少到 12%以下时,瓦斯混合气体即失去爆炸性。这一性质对瓦斯隧道内密闭的火区有很大影响,因氧的浓度低,及时密闭区域由火源和瓦斯的存,也不能导致瓦斯爆炸事故。然而一旦有新鲜空气进入,使得氧气浓度上升至 12%以上,就可能发生爆炸。

(2)火源:瓦斯的引火温度(即点燃瓦斯的最低温度)为 650℃~750℃。但受隧道内瓦斯浓度、火源性质及其他混合气体压力等因素的影响会出现不同变化。当瓦斯含量在 7%—8%时,最易引燃;引火温度相同时,火源面积越大、点火时间越长,越易引燃瓦斯。

【作者简介】陈质涛(1996~),男,汉族,湖南永州人,助理工程师,本科。吴元学(1995~),男,汉族,贵州遵义人,助理工程师,本科。

(3)瓦斯浓度:当瓦斯浓度在5%及以下时,遇火不爆炸,但能在火焰外围形成燃烧层,当瓦斯浓度为9.5%时,其爆炸威力最大(氧和瓦斯完全反应);瓦斯浓度在16%以上时,失去其爆炸性,但在空气中遇火仍会燃烧,因此瓦斯爆炸的浓度在5%~16%之间。

(二) 瓦斯爆炸三要素在高瓦斯隧道安全防控中的应用

1、氧气浓度控制

因人体呼吸需要氧气,而前文已有阐述,隧道内常有三四十人进行施工作业,必须保证隧道内氧气含量符合要求,且缺氧和富氧的环境都不适合人体机能正常工作,故瓦斯隧道施工很难在氧气浓度方面进行瓦斯灾害防控。

2、火源控制

(1)隧道内常见火源①电火花:照明、用电设备的管理不善、操作不当等引起的电火花。②放炮火花:主要是明炮作业、药量过大或使用不符合要求的炸药爆破过程中引起的火花。③摩擦、撞击火花:车辆刹车或启动产生的火花、机械设备碰撞、掌子面落石撞击钢拱架、甚至是喷浆料与钢架之间的撞击引起的火花等。④明火:违禁物品引起、瓦斯自燃、隧道内焊接作业引起的明火等。

3、常见火源防控措施:

(1)非作业火源防控:隧道常见非作业火源包括进洞人员违规吸烟、违规携带打火机、手机、非防爆甚至防爆失效的手电进入洞内、未穿戴防静电工作服或反光背心进洞作业。

隧道内常见的非作业火源,更多的还是由于人的不安全行为所造成,因此我们应该“以人为本”去进行防控。结合隧道工程特点,对进洞人员进行管控的最好地点就是隧道门禁处。重遵8标项目在常规隧道门禁的基础上,装设金属感应门、人脸识别系统、静电消除器和物资储存柜,同时配备有专业的瓦检员在隧道门禁室24小时值班,安检员手持金属探测器和酒精检测仪,既能有效的防止作业人员携带违禁物品进入洞内产生非作业火源,又能及时避免人员酒后上岗行为。

(2)电火花防控:隧道施工属于有限空间作业,故照明只能依靠非自然光源,即电器照明,除此之外,隧道内各种各样的电气设备都有存在,因此用电设备的管理成为瓦斯隧道电火花防控工作的重点。在桐梓隧道施工过程中,项目在隧道内采用防爆供配电系统,对洞内施工用电、照明用电、各级接电箱、电缆均采用防爆型,由专业大电队伍进行规范安装并定期检查维修,同时对洞内所有电气设施开展编号管理。协作队伍在日常施工过程中,指定专业电工对二级配电箱以下的用电进行日常检查,每日填写防爆设备日常检查表,专

业大电队伍和项目部电工每周对瓦斯隧道电气设备进行检查维护,填写防爆设备周检查表,项目安全部、物设部和煤科院常驻项目人员每月组织各职能部门对隧道内防爆设备进行月度综合检查,填写防爆设备月度检查表,形成日检、周检、月检系统检查流程,确保隧道内防爆设备始终处于可控状态,避免电气火花的出现。

(3)放炮火花防控:关于放炮火花防控,项目在瓦斯隧道钻爆作业中,严格按照《煤矿安全规程》要求,使用煤矿乳化炸药,使用电雷管为煤矿许用毫秒延期电雷管,掏槽眼、掘进眼等采用标准药卷规格长190mm,药卷直径 $\Phi 32\text{mm}$ 的煤矿许用安全炸药,周边眼和底板眼采用 $\Phi 25\text{mm}$ 煤矿许用安全炸药。同时在瓦斯段施工过程中,采用洞外起爆方式,确保爆破作业安全。

此外在掌子面作业环境过于干燥的情况下,为防止放炮火花的产生,在起爆之前,可用水管将掌子面范围内浇湿,并严格控制起爆药量,可有效避免爆破过程中石头碰撞产生火花。

(4)摩擦撞击火花:为对隧道内尤其是掌子面处摩擦撞击火花进行防控,项目从本质安全出发,初喷作业引进混凝土湿喷机械手、初支作业引进拱架安装机安装,实现机械化换人,有效降低摩擦撞击火花的出现。对进洞施工的运输车、装载机、挖掘机等内燃设备进行防爆改装,实现瓦斯浓度达到0.5%时,瓦斯报警器自动声光报警,并在1分钟以内自动停机,避免其产生火花引发瓦斯爆炸。

4、瓦斯浓度控制

中交一公局集团重遵扩容项目T8合同段项目经理部在“贵州第一长隧”桐梓隧道这一高瓦斯极高风险隧道施工过程中,以“模块化+专业化”施工安全管理新模式,组建专业化协作单位的同时,将不可预测风险从协作单位中分离出来,先后成立瓦斯隧道高压进洞电力专业施工队、瓦斯处治专业施工队等一系列专业队伍,降低施工风险,为实现瓦斯隧道施工全过程安全管控奠定基础。具体措施如下:

(1)通风管理:项目严格按照经专家论证过的隧道专项通风管理方案要求,进行风机选型及布设,根据设计瓦斯涌出量、通风长度及隧道断面等条件,选择压入式通风,装设在洞外距洞口30m外,避免污风循环。通风机设两路电源,当其中一处电源因故障断电时,另一处带能源可在十分钟内启用,确保瓦斯隧道的风机正常运转。

同时配置有一套同等性能的备用通风机,并由风机管理员、电工定期进行检修,确保处于良好的使用状态。在隧道掘进工作面附近及瓦斯易集聚的空间和衬砌模板台车附近区域的防爆型射流风机等设备,加快隧道内风流循环,也能为

作业人员提供适宜的工作环境。所有风机风管采用抗静电、阻燃的风管,日常通风管理中严格按照《瓦斯隧道施工技术指南》要求,风管口到开挖面的距离应小于 5m,风管百米漏风率不大于 2%。

为达到上述通风管理要求,项目部成立专业通风管理队伍,由专人负责瓦斯隧道通风,严格执行停风申请审批流程,30 分钟以内的停风需现场工区长审核同意,30 分钟以上的停风必须报安全总监、项目总工程师联合审批,停风过程中,瓦检员全程在隧道内检测,确保洞内瓦斯气体含量处于可控状态。同时每天安排专人对隧道内风量进行检测,每 10 天进行一次隧道全面测风,并将测风结果发项目通风瓦检群公示,现场根据测风结果及建议开展相应工作。此外,项目安全部每日巡检、专检、月度综合检查等都必须对通风系统,尤其是风管弯折、漏风率以及风管距离掌子面长度等易出现隐患部位进行检查。

(2) 超前钻探:项目利用 C6 多功能地质钻超前钻孔结合超前地质预报综合预探,可进行前方 100m 地质钻探及前方 50m 范围取芯作业,做到不探测不掘进,确保施工安全。并以超前钻孔精探为依据,对设计煤系地层段采用区域、局部两个“四位一体”综合防突措施进行揭煤防突施工,坚持“强支护、短进尺、勤量测、快封闭”原则组织施工。瓦斯地层超前地质钻孔在上台阶掌子面布设不少于 3 个水平钻孔,直径不小于 76mm,每个钻孔深度不小于 100m,前后两循环搭接不小于 15m。

在施做超前钻探工作时,除机械班专业人员外,瓦检员需手持光干涉式瓦检仪和便携式瓦检仪全程跟班检测,项目现场技术管理人员也需要跟班旁站,随时观察钻孔孔口排出的浆液、煤屑变化,并实时记录卡钻、顶钻、喷孔等异常现象。

(3) 瓦斯自动监测及人工检测:作为高瓦斯极高风险隧道,瓦斯监测的重要性不言而喻。项目在隧道瓦斯监测检测方面采用“自动监测+人工检测”双监督模式。首先是引进瓦斯自动监测系统,在隧道内易于积聚瓦斯的部位,如掌子面开挖台车上、二衬台车上、车通横洞等处安装自动瓦斯监测探头(除瓦斯探头外还有 CO、CO₂、H₂S 等有毒有害气体监测探头,以及风速传感器和温度传感器等),对洞内瓦斯等有毒有害气体含量进行 24 小时监测,监测数据在洞口监控室后台显示屏上可以清楚得知,当隧道内瓦斯等气体含量超标时,瓦斯自动报警装置会发出声光报警信号,当瓦斯含量大于 1%时,隧道内瓦电闭锁装置启动,切断洞内工作电源。洞口 24 小时值班监控员也会及时将报警信号向上级管理层传达,以便应急预案的及时有效开展,瓦斯自动监测数据每日导出,由监控员和工区长签字后交安全部存档。

同时项目配备有专业瓦检员,持光干涉式瓦检仪和便携式瓦检仪,24 小时轮班在洞内进行瓦斯人工检测工作,并定期将人工检测数据与瓦斯自动监测数据进行比对分析,填写相应表格,确保瓦斯检测“自动监测+人工检测”系统相辅相成,保障隧道内瓦斯气体可控。

(4) 对标学习:它山之石,可以攻玉,在公路行业,我们所遇见的高瓦斯隧道那是凤毛麟角般的存在,也正是如此,我们缺少系统有效的高瓦斯隧道安全防控手段和高瓦斯隧道施工技术,但对于很多煤矿单位来说,瓦斯气体的存在那是“家常便饭”,故此,我们在瓦斯隧道施工前或者施工过程中,可以针对性的开展对标学习工作,以他人之长,补己之短。重遵 8 标桐梓隧道施工过程中,便针对隧道存在高瓦斯施工的难题,前往龙宝煤矿、天成坝隧道进行瓦斯施工对标学习,借鉴先进施工管理经验,并结合项目施工实际,有选择性的开展防治措施。

(5) 应急救援:项目委托专业有资质单位编制项目应急预案并组织专家评审,实现预案编制专业化。并与遵义市应急救援大队签订救援协议,除定期组织开展规模性应急演练、应急训练外,充分利用每月的瓦电闭锁测试契机,对瓦斯工区施工一线作业人员进行经常性瓦斯超限事故应急逃生演练,在隧道内放置应急救援物资存放柜,在演练后讲解压氧式呼吸自救器的使用和隧道内应急电话的使用等,同时引进带有一键求救功能的人员定位系统,工人发现险情可一键报警呼救,进一步完善项目应急救援体系,系统提升应急救援能力和响应水平。

四、结论

瓦斯爆炸三要素作为瓦斯爆炸必不可少的存在条件,如果能有针对性的进行防控处置,是完全能够实行瓦斯防治双“四位一体”目标,即区域突出危险性预测、区域防突措施、区域效果检验、区域验证和局域工作面预测、工作面防突措施、工作面防突措施的效果检验、安全防护措施。当然,除了上述措施之外,更主要的还需要归结到安全防治措施的落实和执行层面,这也就涉及到人的因素,项目部能够为瓦斯隧道施工生产提供良好的工作环境、优越的管理制度和稳定的施工设备,但真正做到项目瓦斯隧道施工安全,则需要项目各级人员认真落实相关要求,规范执行各项瓦斯防治措施,方能“高枕无忧”。

参考文献

- [1] JTG F60-2009.中交第一公路工程局有限公司.公路隧道施工技术规范.人民交通出版社,2009.
- [2] JTT52/03-2014.贵州省公路工程集团有限公司.贵州省高速公路瓦斯隧道施工技术指南.人民交通出版社,2014.