

龙泉山隧洞施工中采取的瓦斯防治安全技术措施

李 如 才

(中国水利水电第十工程局有限公司 一分局,四川 都江堰 611830)

摘 要:对水工隧洞瓦斯防治安全技术措施进行了总结,阐述了施工过程中采取的关键安全技术措施,所取得的经验可为水工瓦斯隧洞安全施工提供参考。

关键词:隧洞;瓦斯;防治;措施;都江堰灌区毗河供水一期工程

中图分类号:TV51;TV52;TV554 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)增 2-0143-03

Safety Technical Measures of Gas Prevention and Control in Longquanshan Tunnel Construction

LI Rucai

(First Branch of Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Dujiangyan, Sichuan, 611830)

Abstract: This paper summarizes the safety technical measures of gas prevention and control in hydraulic tunnel, expounds the key safety technical measures taken in the construction process, and the experience obtained can provide reference for the safety construction of hydraulic gas tunnel.

Key words: tunnel; gas; prevention and control; Phase 1 of Pihe Water Supply Project in Dujiangyan Irrigation Area

1 概 述

都江堰灌区毗河供水一期工程施工范围内的龙泉山隧洞属特长引水隧洞,全长 11 830.55 m,隧洞为 1/3 000 的下坡,断面为城门洞形,永久衬砌后的断面为 4.5 m×4.5 m。工程施工采用掘进机掘进为主、钻爆法开挖为辅的隧洞开挖方法进行施工。

设计单位提供的《总干渠龙泉山隧洞瓦斯专项设计报告》中对龙泉山隧洞瓦斯危害分段进行的预测与评价为:“龙泉山隧洞位于在建的成洛大道东延线隧洞、已建成的成安渝高速公路 1#~4#隧洞、成简快速通道龙泉山 1#~2#隧洞、成渝铁路客运专线龙泉山隧洞北东侧,距离分别为 8 km、14 km、23 km、30 km。隧洞轴线方向与之近于平行,隧洞埋深为 80~230 m,所穿越的构造部位、地层岩性基本相同,具有相同的环境地质构造背景,因此,从环境地质条件和类比分析得知,龙泉山隧洞存在有害气体(瓦斯)问题。”

由于瓦斯具有极大危害:引发火灾、发生爆炸、发生突出、导致人员缺氧窒息、引起中毒。在瓦斯的五大危害中,除瓦斯突出外(防治措施是引

排),其余四项危害主要是由瓦斯集聚和遇到火源引起的。其中瓦斯爆炸的危害性极大,具有一定的突发性,可以产生极大的冲击波,一旦发生爆炸,洞内甚至洞外的人员、设备都无法幸免,将造成极大的人员伤亡和经济损失。因此,瓦斯防治的主要措施是消除隧洞作业区的瓦斯超限和积存,断绝一切可能引燃瓦斯爆炸的火源。笔者介绍了项目部所采取的瓦斯防治安全技术措施。

2 所采取的瓦斯防治安全技术措施

2.1 建立健全安全管理体系

建立了以项目经理为第一责任人的瓦斯隧洞施工安全组织机构,负责督促和指导工程的安全生产工作,防止各类安全事故的发生。

坚持“安全第一,预防为主,综合治理”的方针,明确各层级各岗位的具体职责。将责任落实到人,确保在隧洞施工过程中将瓦斯防治措施落实到位。各层级领导对施工现场的管控尤为重要,根据现场施工特点和职责范围,向作业队、班组和作业人员进行书面安全技术交底,履行签字手续,保存好有关记录并对交底内容跟踪落实。

施工过程中,严格执行有关制度^[4]:

(1)进洞管理制度:对进出洞人员、车辆实行

收稿日期:2019-07-18

统一归口管理。各洞口派专人 24 h 值班,检查进出洞人员和车辆。人员进出洞严格按照登记→检身→翻牌→消除静电的流程执行。

(2)瓦斯检查制度:指定专人定时和经常进行检查,测量风流和瓦斯含量,严格执行瓦斯允许浓度的规定。发现异常情况及时报告技术主管负责人,及时采取措施进行处理。

(3)动火管理制度:洞内严禁使用明火,严禁将火柴、打火机、手电筒及其他易燃品带入洞内。当情况特殊不可避免需进行电焊、气焊等工作时,必须按规定程序取得动火证。

(4)教育培训制度:凡从事瓦斯隧洞工作的施工管理人员、工人都必须经过瓦斯知识和防止瓦斯爆炸的安全技术教育培训。未经培训或培训不合格者,施工管理人员不许指挥生产,工人不准上岗作业。

(5)持证上岗制度:瓦斯检查人员必须挑选工作认真负责、具有一定业务能力、经过专业培训的考试合格者。

2.2 对瓦斯隧洞实施超前地质预报

为了确保瓦斯隧洞的施工安全,在施工中遵循“动态设计、动态施工、先判断后处理”的原则^[5],首先从超前预报入手。根据设计资料的预测,在综合地质素描分析、超前物探工作的基础上,为验证前述预测及物探工作的准确性,施工过程中,在隧洞开挖断面处施作 2 个(孔径为 75~100 mm)长 40 m 的地质超前钻孔(每 35 m 作为一个循环,搭接 5 m)用以初步确定钻孔段隧洞是否存在瓦斯及其赋存情况,同时采用钻孔孔口直接测试的方法进行检验。

当采用深孔超前钻初步探明存在瓦斯突出可能或长时间大量涌出时,在距离瓦斯可能突出位置 20 m 左右增设超前水平钻浅孔(即验证孔和定位孔)进行验证和定位,并掌握与收集探孔施作过程中的瓦斯动力现象。在定位孔钻探过程中亦需进行瓦斯测试。

根据超前钻探验证《总干渠龙泉山隧洞瓦斯专项设计报告》中界定的非瓦斯工区、低瓦斯工区、高瓦斯工区和瓦斯突出工区的范围是否与实际相符,科学制定相应的控制措施。

2.3 分工区进行瓦斯的控制

(1)非瓦斯工区。对设计专题报告界定的非

瓦斯工区,采用人工移动式监测并加强通风等措施。通过人工检测瓦斯浓度,随时调整通风设备的运行以确保隧洞中任意处瓦斯浓度低于 0.5%。

(2)低瓦斯工区。对设计专题报告界定的低瓦斯工区,采用了建立瓦斯监控系统、人工移动式监测、加强通风、防止瓦斯积聚等措施。通过瓦斯监控系统及人工监测 24 h 不间断地监控隧洞内的瓦斯浓度。局部有瓦斯积聚时,采用局部通风机将其吹散并加强通风和检测,以保证回风道中的风速不低于 0.5 m/s。

(3)高瓦斯工区。对设计专题报告界定的高瓦斯工区,采用建立瓦斯监控系统、人工移动式监测、不间断加强通风防止瓦斯积聚、设备和电力线路防爆改造、结构封闭等措施予以防治。

通过瓦斯监控系统及人工监测 24 h 不间断监控隧洞内的瓦斯浓度,隧洞内瓦斯浓度超限时,严格按照《公路隧道施工技术规范》(JTGF60—2009)对隧洞内的瓦斯浓度限制值及处理措施^[3]执行。

隧洞内使用的机械、电气设备必须进行防爆改造,电缆必须使用矿用防爆型。对局部通风机和开挖工作面的电气设备必须安装风电闭锁装置,当局部通风机停止运行时,应立即自动切断局部通风机供风区的一切电源。

瓦斯隧洞采用建筑材料进行封闭。施工中按照设计与监理的指示,根据实际情况确定结构封闭处理范围。含瓦斯洞段的喷射混凝土厚度不应小于 15 cm,混凝土衬砌厚度不应小于 40 cm。

(4)瓦斯突出工区。根据地质素描和超前钻探判断出隧洞前方的瓦斯有突出危险时,除遵循高瓦斯工区处理措施外,还需采用钻孔排放措施。具体做法为:①排放孔的布置。在距离预测瓦斯突出位置 5 m 垂距的掌子面处向瓦斯突出段布设直径为 75~100 mm 的排放孔,排放钻孔应超过瓦斯突出面 0.5 m,钻孔间距根据实测的有效排放半径而定,一般不大于 2 m。②排放注意事项。排放孔施工前应加强排放工作面已开挖段的支护,防止塌方造成瓦斯突出;排放孔施工过程中应注意观察各种异常情况及动力现象,当某孔施工中动力现象严重时,可暂停该孔的施工,待其他孔施工完毕再补打该孔;钻孔过程中,应加强工作面风流及隧洞风流中瓦斯浓度的检测,当排放工

作面瓦斯浓度达到 1.5% 时,应立即撤出人员,切断电源,加强通风;每钻完一个孔应检测该孔瓦斯浓度,以后每天进行两次检测,掌握排放效果并修正排放时间;排放瓦斯时,隧洞停止掘进,排放时间约为 15~30 d,通过检查孔检查瓦斯引排效果,待无突出危险时,则可停止排放,否则应继续排放。③防突效果检验。瓦斯排放措施实施后,应进行排放效果检查以确认是否有效。具体指标按《铁路瓦斯隧道技术规范》(TB10120—2002)进行瓦斯突出危险性预测,瓦斯压力法和钻孔瓦斯涌出速度法的检验指标临界值^[1]分别为 0.74 MPa 和 4 L/min。当检验结果的各项指标均在瓦斯突出危险临界值以下时,则认为措施有效,否则,应采取延长排放时间、增加排放孔数量等补救措施。④揭露瓦斯富集带及后续施工。只有待防突效果检验合格并采取有关安全防护措施后方可进行揭露瓦斯富集地带的工作,向前开挖的长度应保证隔离瓦斯的围岩最小厚度不小于 2 m,一次性揭穿含有瓦斯气囊的围岩最大长度为 1 m。揭开瓦斯富集带后,应检验开挖工作面前方 10 m 全方位范围内瓦斯突出的危险性,如瓦斯压力或钻孔瓦斯涌出速度达到或超过临界值时,应采取钻孔排放措施直至防突有效,应始终保持工作面前方有 5 m 的安全区。

(5)龙泉山隧洞瓦斯控制的总体规划。根据设计单位《总干渠龙泉山隧洞瓦斯专题报告》的预测,龙泉山隧洞非瓦斯洞段、低瓦斯洞段、高瓦斯洞段交替分布,故在施工过程中,项目部制定的瓦斯控制措施按照高瓦斯工区执行。同时,钻爆法^[2]施工中使用 3 级煤矿许用炸药,雷管使用延时 130 ms 以内、段位 1~5 段的煤矿许用电雷管,起爆器使用 200 型防爆起爆器。

2.4 隧洞中瓦斯浓度的监测

采用 KJ325 煤矿安全监控系统和人工移动式监测相结合的方式对隧洞内的有毒、有害气体和风速、风量实施 24 h 不间断监控。

KJ325 煤矿安全监控系统已在煤矿与非煤矿山安装并使用了十余年,系统设备可靠性高,安全性好,便于操作与维护,与系统配套的相关设备和器材全部采用煤安标志。根据该工程的特点及监控系统的基本要求,项目部对龙泉山瓦斯隧洞监测监控系统进行了设计。在隧洞进口、1#检修交

通洞、2#检修交通洞、3#检修交通洞及隧洞出口五个工区各布置了一套监控系统。安排专业人员完成安全监控系统的正常运行和维护管理工作。

人工移动式监测采用 AZJ—2000 型甲烷检测报警仪和光干涉式甲烷测定仪。除固定监测地点外,还增加了固定测点之间的测点以弥补固定测点的数据可靠性和数据的完善性,确保监测数据科学、完整和可靠,为安全生产保驾护航。

2.5 隧洞通风

龙泉山隧洞采用煤矿防爆对旋通风机压入式通风;隧洞开挖局部贯通后,对已贯通的区域采用防爆射流通风机通风;隧洞开挖全线贯通后,采用自然通风和防爆射流通风机相结合的通风方式以保证隧洞内的风速不小于 0.5 m/s。

隧洞施工通风风机采用防爆型,设两路电源并备柴油发电机(设置在洞外),安装风电闭锁装置。当一路电源停止供电时,另一路电源应在 15 min 内启动,并保证风机正常运转。

在瓦斯隧洞施工期间,应实施连续通风。因检修、停电等原因停风时,必须撤出人员,切断电源。恢复通风前,必须检查瓦斯浓度。当停风区中瓦斯浓度不超过 1% 且在压入式局部通风机及其开关地点 10 m 以内风流中的瓦斯浓度均不超过 0.5% 时,方可人工开动局部通风机。当停风区中瓦斯浓度超过 1% 时,必须采用逐级通风的方式,将停风区中的局部通风机及其开关附近的瓦斯浓度降至 0.5% 以下时,方可人工开动局部通风机。

2.6 机械设备的防爆改装

由于瓦斯隧洞施工的高风险性,普通机械设备无法在瓦斯隧洞内作业,因此,机械设备的防爆改装是瓦斯隧洞施工中重要的内容之一,机械设备的防爆性能直接决定瓦斯隧洞施工的成败。

龙泉山隧洞采用无轨出渣,为了确保龙泉山隧洞瓦斯洞段施工的安全与质量,防止重大安全事故的发生,通过提前制定龙泉山隧洞施工机械的防爆改装方案以应对瓦斯的出现,确保工程顺利进行。

将传统的设备被动防御防爆改装变为主动防御防爆改装(采用一定的措施手段,在瓦斯超限等危险条件下使机械设备自动停止作业,待瓦斯浓

(下转第 149 页)

水池,备用水源取自一次冷却回路,主要考虑的是清洁水池的水是经过净化处理的,能够保证流入主轴密封内的水洁净度高,从而减少密封的磨损。高位清洁水池的水通过消防稳压泵从消防水池内抽上去,其流量为 18 m³/h,单台机组主轴密封的最低流量要求为 8.64 m³/h,在 3 台机组同时运行时,高位水池的水量无法满足主轴密封的最低流量要求(3 台机组的最低流量要求为 25.92 m³/h)。为保证机组的安全运行,现场将主轴密封的主用水源取自技术供水一次冷却回路,备用水源取自高位清洁水池,这种运行方式同样可以满足主轴密封对水源洁净度的要求(一次冷却回路的水经过水力旋流器、自动滤水器过滤后进入主轴密封供水系统,该系统上安装有精度等级为 0.2

mm 的过滤器,通过以上三级过滤的水的洁净度能够满足主轴密封对水质的要求),同时还可以减少消防稳压泵的启动次数和运行时间,节省能源,降低泵的磨损。

4 结 语

笔者总结了苏布雷水电站技术供水系统运行过程中出现的一些问题,针对相应问题进行了处理和相应的改造,处理效果良好。技术供水的可靠性直接影响水轮发电机组的安全运行,虽然目前设计理论比较成熟,但针对各个电站技术供水的特殊性,需要在设计时尽量考虑全面。

作者简介:
郭真景(1976-),男,贵州纳雍人,工程师,从事水轮发电机组的安
装与调试工作。(责任编辑:李燕辉)

(上接第 145 页)
度降至正常范围后设备重新启动作业),结合瓦斯隧洞施工的实际情况进行分析,施工机械如挖掘机和装载机在作业时会不可避免地会产生摩擦或碰撞火花,在瓦斯浓度超限的情况下非常危险,因此,必须采用主动防御的措施实现设备的防爆功能,确保瓦斯隧洞的施工安全。

3 结 语

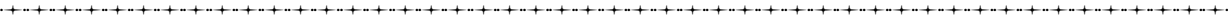
龙泉山隧洞属高瓦斯隧洞,自 2015 年 5 月开工以来,历时四年,已按期完工。整个施工过程中共经历了 33 次瓦斯喷出事件,最高瓦斯喷出浓度超过 40%。项目部通过全员严格落实隧洞瓦斯防治安全技术措施及相关管理制度,做到了及时

预警、有效防治,从未发生过安全事故。龙泉山高瓦斯隧洞的成功经验将为水工瓦斯隧洞安全施工提供有意义的参考。

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令第 87 号,煤矿安全规程[S].
[3] JTGF60—2009,公路隧道施工技术规范[S].
[4] 全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会.公路工程管理
与实务[M].北京:中国建筑工业出版社,2019.
[5] 高峰,刘永谷.长距离高瓦斯隧道施工技术[J].四川水力发电,
2010,29(增 1):5—7.

作者简介:
李如才(1985-),男,云南临沧人,工程师,学士,从事水利水电工
程施工技术与管理工
作。(责任编辑:李燕辉)



世界首台水电百万机组土建完工交面

11 月 29 日,中国水利水电第七工程局有限公司承建的白鹤滩水电站 1# 机组土建完工交面仪式在左岸地下厂房隆重举行,标志着世界上首台水电百万机组土建施工圆满完成,并正式启动机电安装工作。

水电七局白鹤滩施工局作为白鹤滩水电站左岸地下厂房的施工单位,与工程参建各方近 200 名参与仪式的建设者们共同回顾了左岸地厂建设攻坚历程:

2014 年 5 月 20 日,长 453 米、宽 34 米、高 88.7 米,建设规模位居全球之最佳的白鹤滩水电站左岸地厂工程正式开工,爆裂亮剑;2018 年 5 月 31 日,左岸地厂开挖支护全面完成,顺利向混凝土、金结和灌浆施工转序;2019 年 10 月 23 日,1# 机所有机电一期埋件施工全部完成;2019 年 10 月 28 日,1# 机混凝土浇筑到 590.35 米顶高程。施工过程安全受控,优质高效,混凝土、金结、灌浆单元工程验评结果全部优良,混凝土浇筑历时 15.5 个月,较同类工程节约工期 7.5 个月。

三峡集团白鹤滩工程建设部、三峡发展白鹤滩监理部相关领导在讲话中向水电七局在 1# 机攻坚中取得的突出成绩表示热烈祝贺,并对工程施工质量、安全、进度给予了高度评价。三峡集团白鹤滩工程建设部、三峡机电白鹤滩项目部、三峡发展白鹤滩监理部、水电七局白鹤滩施工局共同签署了《现场交接证书》。

(水电七局魏江 供稿)