

控制爆破技术在特殊洞段开挖施工中的应用

钟永兵

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 成都 610072)

摘 要:爆破作为工程中常用的施工方式被广泛应用于矿业、土建、交通及水利水电工程等行业,其产生的冲击波、飞石、振动等负面影响已引起行业的关注。结合都江堰灌区毗河供水一期工程安岳片区施工现场,从控制爆破参数、施工工艺等方面重点介绍了控制爆破技术在特殊洞段开挖施工中的应用以及取得的效果。

关键词:地下洞室开挖;控制爆破;都江堰灌区毗河供水一期工程

中图分类号:TV7;TV52 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)02-0067-04

1 概 述

都江堰灌区毗河供水一期工程为四川省重点民生工程,其安岳片区工程全长 76 km,主要分为朝阳灌区、蟠书灌区,渠系包括蟠书补水渠、书永分干渠、长河支渠、云峰支渠、龙台支渠及千佛分干渠。长河支渠全长 8.6 km,其中横山隧洞全长 666.454 m,桩号为:长 3+801.017~长 4+467.471,洞挖断面面积为 4.87 m²,围岩以Ⅳ类为主。

现场查勘得知,横山隧洞出口处有天然气管道与渠道交叉。该天然气管道隶属川中油气矿磨溪开发项目部,管线规格为 DN168.3×7.1 mm—7.2 km,埋深约为 1 m;距离横山隧洞出口掌子面 103 m。鉴于该天然气为高含硫天然气,如有不慎导致其大量泄漏,将引发严重的公共安全问题。因此,必须严格对其加以控制。

2 爆破施工方案的制定及参数

控制爆破是指通过采取一定的技术措施严格控制爆炸能量和爆破规模,使爆破的声响、震动、飞石、倾倒方向、破坏区域以及破碎物的散坍范围在规定限度以内的爆破方法。如定向爆破、预裂爆破、光面爆破等。

为有效保护天然气管道的安全,防止因爆破施工使管道受损,同时确保工程有序进行,横山隧洞爆破施工过程中须采用控制爆破技术,严格控制起爆药量、合理设计爆破参数。

横山隧洞钻爆施工方案主要从所采用的控制爆破技术、减少洞挖爆破施工的震动、保证天然气

管道及施工安全的角度进行选择。

根据《爆破安全规程》GB6722—2011,安全振动速度峰值参考同类工程爆破对天然气管道的影响作用,一般取值不大于 2.5 cm/s。为进一步降低振速以保证天然气管道的安全,按照天然气公司的管道安全保护要求,取天然气管道安全振动速度峰值 $V=0.5\text{ cm/s}$ 。

2.1 爆破参数设计

(1)炮孔直径:42 mm。

(2)确定炸药单耗 q 。

根据修正的普氏公式:

$$q=1.4\sqrt{\frac{f}{s}}$$

式中 f 为岩石坚固系数,根据本流量段的实际围岩类别情况取 f 为 4~6; s 为洞室断面积,开挖断面面积为 4.87 m²。

经计算得 $q=1.27\sim1.55\text{ kg/m}^3$ 。根据类似爆破施工经验,小断面隧洞单耗偏大,取 $q=1.55\text{ kg/m}^3$ 。

(3)总装药量计算:

$$Q=qV=1.55\times4.87\times1.0=7.55(\text{g})$$

(4)炮孔布置:

$$\text{炮眼总数 } N=\frac{qs}{\alpha\gamma}=\frac{1.51\times4.87}{0.48\times0.78}=19.64(\text{个})$$

式中 q 为炸药单耗量, $q=1.55\text{ kg/m}^3$; s 为开挖面积, $s=4.87\text{ m}^2$; γ 为每 m 长度炸药的药量, 2#乳化炸药 $\gamma=0.78\text{ kg/m}$; α 为炮眼装药系数(加权平均值), α 取值情况见表 1,Ⅳ类围岩取 $\alpha=0.48$ 。

为保证天然气管道及施工安全,根据“多打孔,少装药”的减震措施,取 $N=26$ 个。

表 1 装药系数 α 值表

炮眼名称	围 岩 /类			
	Ⅱ、Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
掏槽眼	0.5	0.55	0.6	0.65~0.8
辅助眼	0.4	0.45	0.5	0.55~0.7
周边眼	0.4	0.45	0.55	0.6~0.75

掏槽孔:掏槽孔的主要作用是增加爆破的临空面。采用楔形掏槽,布置了 2 组掏槽孔,共 4 个,掏槽孔孔深为 1.2 m,与开挖面夹角为 78° ,掏

表 2 隧洞围岩弱爆破参数表

炮孔类别	孔径 /mm	孔深 /m	孔数 /个	段别	药径 /mm	单孔药量 /kg	药量 /kg
掏槽孔	42	1.2	4	1	32	0.6	2.4
辅助孔	42	1.1	6	5	32	0.25/0.3	1.7
底板孔	42	1.0	5	9	32	0.25	1.25
边、顶孔	42	1.0	11	11	32	0.2	2.2
布孔 /个			26	进尺 /m		1	
单耗 / $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$			1.55	总药量 /kg		7.55	
设计开挖断面 / m^2			4.87	爆破方量 / m^3		4.87	

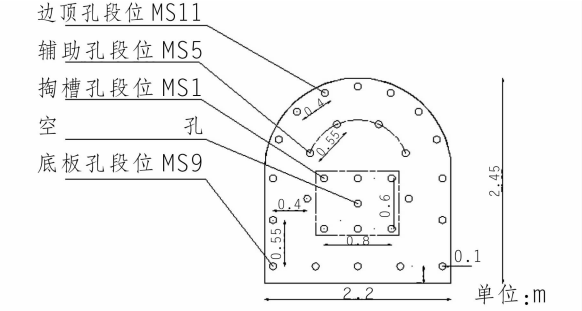


图 1 隧洞炮孔布置示意图

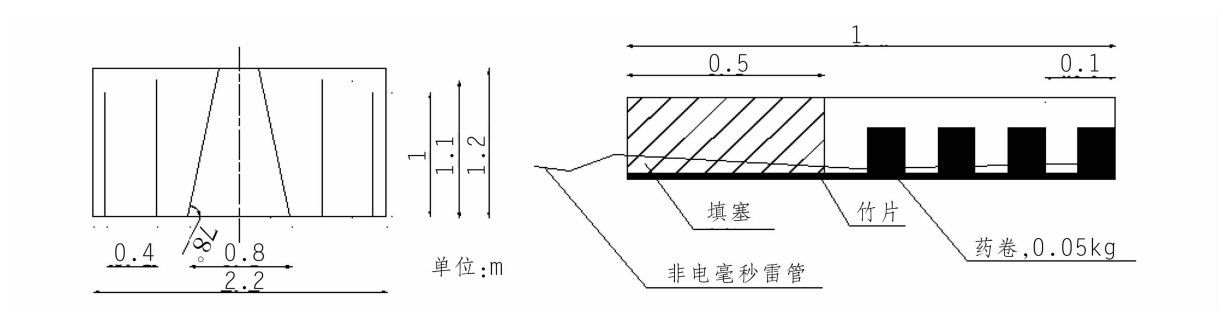


图 2 周边孔装药示意图

减震孔为空孔。减震孔的情况见图 3。各类炮孔的起爆时间间隔通过起爆用的非电毫秒雷管进行控制。

掏槽孔雷管段位选择 Ms1,辅助孔雷管段位

槽孔内侧设置 3 个空孔,垂直钻孔,孔深 1.5 m,具体布置情况见图 1。周边孔装药情况见图 2。

辅助孔:辅助孔的主要作用是爆落岩体,使其大致均匀地分布在掏槽孔外围,辅助眼的布置主要是解决炮眼间距和最小抵抗线问题,可以由施工经验决定,辅助孔间距取 55 cm,孔深 1.1 m。

底板孔:布置了 5 个底板孔,其间距为 50 cm,孔深 1 m,具体布置情况见图 1。

周边孔:周边孔间距取 40 cm,最小抵抗线为 45 cm,孔深 1 m。

具体爆破参数见表 2。

2.2 减震措施

为满足安全要求,采用了减震孔和延长各炮孔之间起爆间隔时间的综合减震措施,降低振动速度,将振速控制在规范要求的范围内。

减震孔的主要原理是通过减震孔吸收、消耗大部分振动能量,在开挖轮廓线内布置减震孔,减震孔与周边孔间隔布置,减震孔孔径为 42 mm,间距 45 cm,孔深 1.5 m;掏槽孔内侧均匀布置 3 个减震孔,孔径 42 mm,间距 20 cm,孔深 1.5 m;

选择 Ms5,底板孔雷管段位选择 Ms9,周边孔雷管段位选择 Ms11,用以替代正常爆破使用的雷管段位,延长各炮孔之间的起爆时间,从而减小对天然气管道的影响。

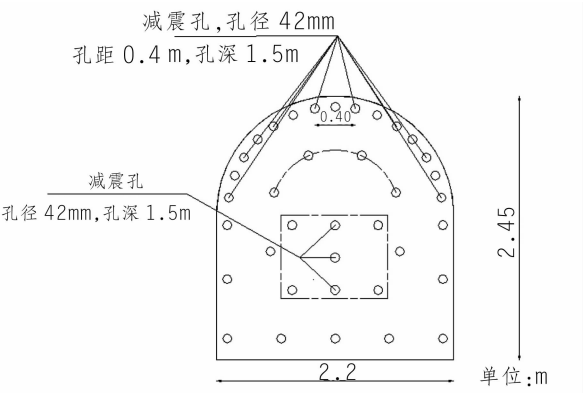


图 3 减震孔布设示意图

项目部在采取了以上减震措施后进行了爆破安全验算,爆破振动安全验算公式为:

$$R=\left(\frac{K}{V}\right)^{\frac{1}{a}}\left(\frac{Q}{K'}\right)^{\frac{1}{3}}$$

式中 R 为爆破振动安全允许距离,根据现场实际情况,最小距离为 10.369 m; Q 为炸药量,延时爆破为最大段药量,单响最大药量为 2.4 kg; V 为保护对象所在地安全允许质点振速,天然气公司允许振速为 0.5 cm/s; K,a 为与爆破点至保护对象间的地形、地质条件有关的系数和衰减指数,参照《爆安全规程》GB6722—2014 及现场爆破试

验,取 $K=180,a=2.7$ 。 K' 为修正系数,考虑不同的减震措施、不同的爆破临空面数量以及在爆破施工实践中的爆破振动衰减,修正系数 K' 参照表 3、4 选取。

表 3 爆区不同岩性 K,a 值表

岩性	K	a
坚硬岩石	50~150	1.3~1.5
中硬岩石	150~250	1.5~1.8
软岩石	250~350	1.8~2

表 4 爆破振动衰减修正系数表

序号	减震措施	K'
1	中空眼减振	1.05~1.15
2	小直径炸药	1.15~1.25
3	增加临空面	1.2~2
4	周边密排空眼减震	1.2~1.8

本工程采取周边密排空眼的减震措施,修正系数 K' 取 1.6,计算得出振动速度 $v=0.47$ cm/s,满足安全要求。

3 施工工艺

施工工艺流程:布孔→钻孔→装药→堵塞→联网→设置防护→警戒→起爆→爆后检查→解除警戒。具体施工方式见表 5。

表 5 施工工艺表

序号	施工流程	具体施工工艺
1	布孔	按照设计的孔网参数现场布设,并用油漆标识孔位
2	钻孔	钻孔作业采用 YT-28 气腿式风钻,钻孔时应严格按爆破设计图控制位置、倾角和孔深
3	清孔	炮眼钻好后,用高压风进行清孔
4	装药	炸药采用 2# 岩石乳化炸药,装药量严格按设计参数进行,掏槽孔、崩落孔、底板孔采用连续装药,边墙、顶拱孔采用光面爆破,不耦合间断装药,导爆索孔内起爆
5	堵塞	炮孔堵塞采用湿软度合适的砂质黏土作炮泥,封泥长度不小于 0.5 m
6	联网	由专业技术人员根据爆破方案网络联接方式进行并联连接,严格控制单段起爆药量
7	设置防护	采用架管搭设脚手架,采用棉被、竹子在洞口面边坡位置满铺,同时采用人工对管道位置土层进行加厚培高
8	警戒	根据现场情况,划出警戒线(200~300 m)范围,起爆时专人负责警戒
9	起爆	起爆是爆破工作的关键,采用非电毫秒雷管、电雷管起爆,起爆导线应引至洞外或离掌子面 100 m 的错车道处,炮工躲在掩体后起爆
10	爆后检查	由起爆的爆破员或安全员在爆后 15 min 经检查隧洞内空气质量合格后进入工作面进行安全检查。在爆区安全检查完成后,由天然气公司的专业技术人员对附近天然气管道进行检查
11	解除警戒	经爆后检查安全后,方能解除爆破安全警戒

4 爆破效果分析

横山隧洞受天然气管道影响,对特殊洞段洞室开挖使用控制爆破,结合光面爆破和弱爆破,通过合理地设计爆破参数,严格按照设计方案施工,保证了炮孔质量及炮眼堵塞质量,采取洞

口封堵措施,一方面保证了隧洞开挖的成型效果,控制了超欠挖,另一方面有效地减少了爆破的振动、冲击波、噪音及飞石等负面影响的发生,其检测结果见表6。

现场两次检测数据表明:本次控制爆破对天

表 6 现场两次检测结果记录表

项目	检测振动方向					
	水平径向		水平切向		铅锤方向	
	最大峰值振速 /cm·s ⁻¹	相应主振动频率 /Hz	最大峰值振速 /cm·s ⁻¹	相应主振动频率 /Hz	最大峰值振速 /cm·s ⁻¹	相应主振动频率 /Hz
第一次	0.316 2	40	0.251 9	55.1	0.267 8	55.8
第二次	0.116	49.3	0.252 4	51.5	0.267 8	55.8

然气管道产生的振动速度峰值均小于 0.5 cm/s,处于安全范围之内。

5 结 语

目前国家大力建设农村饮水工程以解决饮水困难问题;但饮水工程大多穿越乡村并与各种管道交叉布置,爆破作业环境越来越复杂多变,对行业人员的要求也越来越高。因地制宜地采取合理的爆破方式,对水利水电工程建设具有着重要的作用。控制爆破技术作为水利水电工程施工中的常用手段之一,通过从多方面进行调控,能够满足

现今爆破工程行业要求。
通过运用控制爆破技术,横山隧洞成功地将爆破振动控制在 0.5 cm/s 安全范围之内,在保证天然气管道及施工安全的前提下,顺利实现了隧洞贯通。笔者希望本文的论述能对类似工程施工起到一定的参考作用。

作者简介:
钟永兵(1976-),男,四川威远人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

虽利用清洁能源 小水电仍需绿色改造

近日,联合国工业发展组织(UNIDO)官微发布消息称,该组织正与中国水利部、国际标准化组织(ISO)等联合推动制定小水电技术国际标准。

事实上,在推进制定相关国际标准的同时,水利部也在积极推动国内小水电的绿色发展,发布了《绿色小水电评价标准》,为了让小水电未来更健康、可持续地发展。

小水电曾出力点亮乡村 小水电利用的水能是清洁能源。作为农村基础设施,小水电为点亮乡村出过不少力。但是,一些地方过度、违规开发所带来的生态问题也不容忽视。国家审计署 2018 年 6 月 19 日发布的《长江经济带生态环境保护审计结果》显示,截至 2017 年底,长江经济带有 10 省份建成小水电 2.41 万座;8 省份 930 座小水电未经环评即开工建设;过度开发致使 333 条河流出现不同程度断流,断流河段总长 1 017 公里。

绿色发展已经成为业内共识,治理小水电,绿色改造是关键。按照相关部署,长江经济带省份要在 2020 年前基本完成小水电的清理整改工作,其余各省份也要在 2022 年前完成相关工作。

生态电价“指挥”水流量 河道断流、河床裸露……一些地区小水电无序开发带来的生态环境问题备受社会关注。针对小水电发展过程中存在的问题,可以通过科学规划、加强监管、绿色改造、建立市场机制来积极应对。今年 1 月,水利部会同发展改革委、生态环境部、国家能源局四部委在京联合召开视频会议,部署推进长江经济带小水电生态环境突出问题清理整改工作。狠抓问题整改,保障生态流量,是这次会议明确的重点任务之一。

如何调动水电站业主的积极性,确保生态流量泄放落实到位,考验着各级管理部门的智慧。福建省水利厅联合当地环保、经信、物价等部门出台了《关于加快落实水电站生态下泄流量工作的通知》等一系列文件,明确了流量核定、生态改造、部门职责分工等。“特别是,根据水电站落实生态流量程度,分档设置生态奖惩电价。”福建省水利厅厅长赖军介绍,对最小生态下泄流量监控数据完整率和达标率达 80% 以上的水电站,实行生态电价奖励;对完整率和达标率在 60% 以下的,给予生态电价惩罚,引导企业自觉落实生态流量。

(新华网 唐婷 2019 年 4 月 9 日)