

Research on the Application of Drilling and Blasting Construction Technology in Water Conservancy Project Construction

Junbin Wu

Sinohydro 16 Engineering Bureau Co., Ltd., Fuzhou, Fujian, 350000, China

Abstract

With the development of social economy, the demand for water conservancy projects is increasing day by day, and the project construction quality has put forward higher requirements. The water conservancy project construction in long tunnel construction environment is increasingly complex, the project due to the limitation of blasting time, need to use drilling blasting technology for efficient construction, to long tunnel complex construction environment for good construction, ensure the overall construction operation order, security, guarantee the improvement of water conservancy project construction quality, for the subsequent overall construction operation to create good conditions. In the construction technology operation of drilling and blasting method, the main construction process steps are: drilling, charging, blasting, supporting, lining and other links. This method can be well used for all kinds of complex rock layer conditions, and the excavation cost is low, which can ensure the orderly construction operation of the long tunnel. The paper mainly combines the water source and water supply project in the west of Shenzhen and Shantou as the actual case, and analyzes the key points of the construction technology of drilling and blasting method in the long tunnel construction of water conservancy project, so as to understand the construction characteristics of drilling and blasting method, ensure the improvement of the construction quality and efficiency of the long tunnel of water conservancy project, and ensure the normal play of the function of water conservancy project.

Keywords

water conservancy project; long tunnel; drilling and blasting method; construction technology

水利工程建设中长隧洞钻爆法施工技术的运用研究

吴俊斌

中国水利水电第十六工程局有限公司, 中国·福建 福州 350000

摘要

随着社会经济的发展, 水利工程需求量日益增加, 同时对工程施工质量提出了更高的要求。其中水利工程建设中长隧洞施工环境日益复杂, 本工程由于爆破时间的限制, 需要采用钻爆法技术进行高效施工, 从而对长隧洞复杂施工环境进行良好施工, 保障整体施工操作的有序化、安全性进行, 保障水利工程施工质量的提升, 为后续整体施工操作的开展创建良好条件。其中钻爆法施工技术操作中, 主要施工流程步骤有: 钻孔、装药、爆破、支护、衬砌等环节, 该方式对各类复杂岩层条件都能够良好使用, 且开挖成本较低, 能够保障长隧洞施工作业的有序进行。论文主要结合深汕西部水源及供水工程为实际案例, 对水利工程建设中长隧洞钻爆法施工技术的运用要点进行分析, 从而了解钻爆法施工特点, 保障水利工程长隧洞施工质量和效率的提高, 保障水利工程功能作用的正常发挥。

关键词

水利工程; 长隧洞; 钻爆法; 施工技术

1 引言

钻爆施工法的适应性较好, 能够对各种地质条件、地下水条件进行良好适应。且能够在多种断面形式中进行高度灵活应用。在钻爆施工中可以辅助分部开挖、辅助工法等, 以便减少钻爆施工中的地表下沉、坍塌等问题, 该方式经济成本较低, 对围岩匀质性质要求不高, 能够减少拆迁活动,

在山岭隧道中应用广泛。在水利工程建设中长隧洞钻爆法施工中, 要做好湿地测量监控工作, 确保二次衬砌质量, 保障长隧洞施工质量的提高, 为水利工程功能作用的发挥创建良好条件。

2 工程概况

深汕西部水源及供水工程位于深圳市深汕特别合作区, 工程的任务以供水为主, 兼有生态和滞洪功能。工程建设内容包括水底山水库枢纽工程和水底山水库至西部水厂输水工程。水底山水库枢纽工程包括挡水建筑物、泄水建筑物和

【作者简介】吴俊斌(1991-), 男, 中国福建南平人, 本科, 工程师, 从事水利水电施工研究。

取水建筑物等,水底山水库至西部水厂输水工程包括输水隧洞、管道、调节水池等。供水工程采用隧洞+管道结合方式布置,设计规模为35万m³/d。工程开挖采用钻爆法施工,装渣采用扒渣机装渣,出渣采用装载机,或者根据隧洞尺寸定制的自卸汽车,隧洞开挖过程中洞内地下水采用水泵集中抽排,支护跟进。隧洞开挖贯通后进行二期混凝土衬砌,混凝土衬砌采用液压钢模台车,混凝土拖泵送入仓,水平运输采用1.6m³混凝土罐车直接运输或者利用有轨电瓶车牵引3m³罐车运输。输水隧洞开挖断面为城门洞形结构。其中隧洞施工现场如图1所示。



图1 隧洞施工现场图

3 长隧洞钻爆法施工技术

本工程隧洞断面均较小,开挖采用全断面一次开挖爆

破成型,直型掏槽,周边孔采用光面爆破,起爆网络采用非电毫秒雷管和导爆索引爆,电雷管起爆。输水隧洞洞身Ⅱ、Ⅲ类围岩采用全断面手风钻钻爆开挖的方法施工,Ⅳ、Ⅴ类围岩优先采用全断面手风钻钻孔爆破方法,若无法全断面爆破开挖,采取台阶式分层开挖方法,实际施工过程中,1#输水隧洞的Ⅴ类围岩采用机械开挖。Ⅱ、Ⅲ类围岩的爆破的具体参数如表1所示。输水隧洞开挖进尺施工流程:测量放线→布孔→钻孔→装药→爆破→机械出渣→一期支护→下一循环。

由于本工程允许爆破的时间为上午9至下午6时,有效的爆破较短,但根据工期需求,每日必须在规定时间内进行两次爆破,为了解决工期问题,项目部有效地采取了4个措施,首先是采用了自制的钻孔台车,利用采购的小型运输车,将自制的台车焊接在小型运输车上,保证台车的机动性,增加施工功效;其次定制适用于小隧洞运输的自卸汽车,保证小隧洞的运输效率。在工序安排上,尽可能延长功效搭接时长,增加整体功效,具体体现为掌子面的渣料初步平整至离掌子面5m外,钻孔台车提前就位,钻孔和出渣同步施工^[1]。为了解决频繁的外部检查对施工本身的影响,隧洞施工的文明施工也进行了常态化的管理,做到全过程管控,随时保证隧洞的整洁和无违规作业。

表1 Ⅱ、Ⅲ类围岩爆破参数统计表(进尺2.5m)

序号	名称	孔位	孔数(个)	孔深(m)	装药长度(cm)	装药量(kg/孔)	总装药(kg)	段位	备注
1	中心孔	1#	1	2.8	231cm(7节)	2.1	2.1	MS1段	起爆雷管1发
2	掏槽孔	2#~5#	4	2.8	198cm(6节)	1.8	7.2	MS3段	
3	崩落孔	6#~13#	8	2.6	165cm(5节)	1.5	12	MS7段	
4	周边孔	14#~27#	14	2.65	132cm(4节)	1.2	16.8	MS9段	导爆3m
5	底孔	28#~31#	4	2.8	132cm(4节)	1.2	4.8	MS11段	
合计			31				42.9		
布孔密度(个/m ²)							3.81		
单耗量(g/m ³)							2.11		
不耦合装药系数							1.25		
周边孔线装药密度(g/m)							419		200~500g/m

3.1 测量放线、布孔

使用全站仪准确测放洞面中轴线、腰线和设计轮廓线。值班技术员依据测量点进行布孔,红油漆标识。

定制支护平台见图2。



图2 定制支护平台

3.2 钻孔

钻孔采用YT-28手风钻在自制的钻爆台架上进行钻孔作业。严格控制炮眼间距,误差不得大于5cm,方向相互平行,不得交错。严格钻孔角度,相邻两次爆破之间错台不得大于10cm。为保证钻孔质量采取以下措施:对钻工进行质量和安全教育,提高钻工的素质;建立严格的技术交底制度,严格按照钻爆设计实施;定人、定位,周边孔、掏槽孔由经验丰富的钻工负责。

3.3 装药爆破

装药在钻爆台架上进行。装药作业要定人、定位、定段位;装药前,所有炮孔必须用高压风吹孔;严格按设计的装药量和装药结构装药;严格按钻爆设计的爆破网络进行联网,注意导爆索的联接方向和联接点的牢固性。光爆孔采用Φ32mm、乳化炸药,导爆索竹片捆绑,线状间隔不耦合装药,

塑料导爆管引爆导爆索同时起爆。掏槽孔、崩落孔和底孔采用 $\Phi 32\text{mm}$ 乳化炸药,连续装药结构,非电塑料导爆管分段起爆,采用电雷管引爆。施工中应结合实际情况进行爆破试验,并不断修正爆破参数,以达到最佳爆破效果。爆破的实施由专业爆破小组进行,实行定人、定位、定标准的岗位责任制,严格按规范实施^[2]。

3.4 排险

隧洞排烟采用 $2 \times 37\text{kW}$ 轴流风机接 800mm 风筒至作业面,风筒距离作业面不超过 30m ,爆破排烟后,排烟时间为 30min ,由值班技术员带领炮工班长、安全员进洞检查有无瞎炮及进行爆破效果评价,以便及时调整爆破参数。安全员指挥有经验的人员进行安全撬挖、排险,对于人工处理困难危险悬挂体采用风镐进行处理^[3]。

3.5 出渣方式

本工程输水隧洞由于断面尺寸较小,洞渣采用ZWY-80型扒渣机装渣,出渣均采用定制的自卸式汽车出渣,开挖渣料运输至洞口临时堆渣点堆渣;对于检修支洞口部位的开挖渣料,由于支洞坡度过大,为了减少车辆半坡启动过程中的安全隐患,支洞施工过程中采用装载机出渣。检修支洞为支洞上游2#隧洞开挖作业面(3+404~5+243.4)提供出渣通道。1#隧洞出口及2#隧洞进口的开挖渣料运至库区内1#、2#渣场堆存,运距约 8km ,检修支洞部位及2#隧洞出口的开挖渣料运至3#渣场堆存,运距约为 7km 。为保证开挖进度,每炮出渣时间需满足 3h 小时以内。2#隧洞作业面配置2台扒渣机、6台自卸式汽车出渣,能满足施工进度需要。1#隧洞作业面配置1台扒渣机、3台自卸式汽车出渣。

定制运输车见图3,定制混凝土运输车见图4。



图3 定制运输车



图4 定制混凝土运输车

3.6 隧洞洞身支护

隧洞支护主要为洞身锚杆、钢筋网,喷混凝土支护,对于V类围岩采用超前小导管及钢拱架支护。洞身支护方面,由于爆破时间的限制,需尽可能利用白天时间进行开挖,因此项目部也针对不同的围岩情况,制定了对应的紧跟支护的长度,特别对于岩石破碎部位,未支护禁止进行开挖施工。洞身支护施工工艺为:超前小导管(V类围岩有,其他无)→系统锚杆(随机锚杆/钢拱架安装)→钢筋挂网(钢拱架连接)→喷混凝土。

①在锚杆施工中,主要利用“先插杆后注浆”施工方法。在钻孔施工中,锚杆孔采用人工手持YT28手风钻在钻爆台架上造孔,对孔距、孔深偏差控制在合理范围内,并使

用高压风清除孔内岩屑、积水;锚杆安装后,对孔口使用锚固砂浆进行封堵,保证锚杆孔内通气孔与注浆孔畅通;注浆时,等通气孔有浆液漏出时停止注浆,将通气管和注浆管进行绑扎,若无砂浆溢出,及时补注。水泥浆拌和均匀,随拌随用,一次拌和的砂浆在初凝前用完,并严禁石块、杂物混入。注浆开始或途中停止超过 30min 时,用水或稀水泥浆润滑注浆罐及其管路。后注浆锚杆,在锚杆安装后立即注浆。锚杆注浆后,在水泥浆凝固前,不得敲击、碰撞、拉拔锚杆和悬挂重物。

②钢筋网片安装施工,钢筋网片在洞外钢筋加工场加工成型,并编织 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的网片,利用出渣车辆运输至洞内支护面。安装钢筋网片前,首先清理基础面,将钢筋网片紧贴岩石面,并与锚杆固定焊接。

③钢拱架施工,要做好钢支撑拱架放样、制模工作,然后工字钢采用型钢冷压弯曲机加工,并根据加工半径适当调节液压油缸伸长量;利用氧焊切割,切割时,割枪必须垂直于工字钢,并保证切割面平整,切割完后,对切割面突出的棱角进行打磨;钢架运输采用出渣车运输,人工卸车。运至工作面后,须存放于干燥处,禁止堆放在潮湿地面上,并标识清楚;在钢拱架安装作业中,要先测量放线检查欠挖情况,并对松动石块进行撬挖处理,如果欠挖较深,需要通过爆破方式进行处理,然后才能安装钢支撑拱架。钢支撑拱架架立间距 0.5m ,钢支撑拱架架立在钢筋台架上进行。半成品运到现场后,人工安装,并将工字钢一端用绳子拴紧,工作平台上的工人将工字钢提到工作平台上,施工人员根据钢拱架设计间距及技术交底记录找准定位点,先架立钢支撑拱架底脚一节,工字钢底脚必须垫实,以防基础深陷引起工字钢下沉,工字钢架立的同时,用边墙施工的4根 $\Phi 22$ 锚筋与工字钢焊接。工字钢对称架完脚底节后,进行拱顶的工字钢架立。用临时支撑撑住工字钢,安装完成后检查拱顶、两拱脚与测量参照点引线的误差,再进行局部调整,最后将工字钢采用连接 10mm 厚钢板连接。

④超前小导管施工,在安装作业中,测量放样,在设计孔位上做好标记,用凿岩机钻孔,孔径较设计导管管径大 20mm 以上。成孔后,将小导管按设计要求插入孔中,或用凿岩机直接将小导管从型钢钢架上部、中部打入,外露 50cm 支撑于开挖面后方的钢架上,与钢架共同组成预支护体系;采用注浆泵注浆,注浆前先喷射混凝土封闭掌子面,形成止浆盘。注浆前先冲洗管内沉积物,由下至上顺序进行,单孔注浆压力达到设计要求值(0.75MPa),持续注浆 10min 且进浆速度为开始进浆速度的 $1/4$ 或进浆量达到设计进浆量的 80% 及以上时注浆方可结束。停止时先停泵在关闭球阀,最后清洗管路。

3.7 衬砌施工

由于隧洞断面较小,隧洞二期衬砌采用由内向外衬砌的方式施工,即隧洞开挖贯通后由内向外逐仓施工,标准节

10~12m/仓,针梁液压钢模台车支撑,拖泵泵送入仓,钢管衬砌段以钢管为内模板进行衬砌。1#隧洞进口、2#隧洞进口及2#隧洞出口作业面衬砌采用1.6m³混凝土罐车水平运输混凝土,钢筋采用自卸汽车运输,内衬钢管采用8t平板车运输至洞内,在作业面上经电动葫芦再装卸钢管进行安

装。检修支洞部位混凝土衬砌采用由内向外逐仓衬砌的方式,钢筋、内衬钢管及混凝土运输采用自制平板车及罐车,经检修支洞输送至2#隧洞内,并在2#隧洞内牵引运送至作业面。

该工程中隧洞衬砌布置如表2所示。

表2 隧洞衬砌布置情况表

序号	作业面	施工范围	衬砌型式	长度(m)	备注
1	1#隧洞出口	0+006.553~0+830	钢管	823.45	
2	2#隧洞进口	1+586.31~1+990.186	钢管	403.876	
3		1+990.186~2+968.064	混凝土	977.878	
4		2+968.064~3+586	钢管	617.94	
5	支洞上游工作面	3+586~4+244.561	钢管	658.56	
6		4+244.561~4+336.932	混凝土	92.371	
7		4+336.932~4+439.068	钢管	102.136	
8		4+439.068~5+243.401	混凝土	804.332	
9	支洞下游工作面	5+243.4~5+800.00	混凝土	556.6	
10		5+800~5+950	钢管	150	
11	2#洞出口	5+950~6+864.801	混凝土	914.801	
12		6+864.801~6+964.276	钢管	99.475	
		合计		6201.42	

4 结语

综上所述,为了提高水利工程建设质量,保证小洞径长隧洞的施工进度,需要在长隧洞施工中对施工的各个环节进行优化应用,完善钻孔、爆破、衬砌等施工作业,促进整体施工工程的有序进行,保障水利工程施工效果的提升。

参考文献

[1] 周韦.小断面长隧洞掘进钻爆法通风技术研究[C]//上海筱虞文化传播有限公司,中国智慧工程研究会智能学习与创新研究工

作委员会.Proceedings of 2022 Shanghai Forum on Engineering Technology and New Materials(ETM2022)(VOL.3).浙江省水利水电勘测设计院有限责任公司,2022:2.

[2] 刘峻嘉,吴建东.引洮供水二期工程总干渠23号隧洞施工方案研究[J].中国水能及电气化,2022(3):10-14.

[3] 尹红东,李晖春,白涛.引洮供水一期总干渠隧洞钻爆法施工技术综述[C]//中国水利水电勘测设计协会.调水工程应用技术研究与实践.中国水利水电第四工程局甘肃引洮工程中意联合体,2009:9.