

水利工程超深竖井正掘法施工爆破参数的优化

袁 贇, 张 维

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 都江堰 611830)

摘 要:新疆某工程 KS9 勘探试验洞竖井设计井深 687 m, 开挖直径 $D=7.2$ m。由于竖井围岩以花岗岩为主, 岩石坚硬, 钻爆施工采用液伞钻施工。施工前期, 由于进尺效果差, 施工中一直错误地采取增大单耗以期达到提高进尺的目的, 由此造成炸药单耗居高不下, 施工成本增加。在根据实际爆破效果逐步调整爆破参数后, 基本达到了稳定进尺、降低单耗的目的。

关键词:超深竖井; 坚硬岩体; 爆破; 参数优化

中图分类号: TV7; TV554; TV52

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2017)02-0097-03

1 工程概述

新疆某工程 KS9 勘探试验洞 S2 竖井设计深度为 687 m, 开挖净直径为 7.2 m。竖井施工主要采用正掘法施工, YSJZ4.8 四臂液压钻造孔, 钻机成孔孔径为 55 mm, 装 2# 岩石 $\phi 45$ 乳化炸药, 非电雷管起爆, 石方爆破后利用布置于井口的两套型号分别为 2JKZ-3.6/12.96 及 JKZ-3.2 \times 3 的主副提升系统装 5 m³ 吊罐出渣, 井内布置 $D=7$ m 双层吊盘作为竖井施工期间的工作平台使用, 吊盘利用布置于井口四面的 11 台稳车系统作为吊盘起落装置。

由于该工程竖井施工总工期约为 12 个月, 进场后因前期准备工作缘故, 竖井石方开挖直至 7 月方正式开始, 竖井实际施工总工期仅为 9.5 个月, 因此, 如何调整布孔参数及装药结构, 进而提高爆孔利用率对开挖工期至为关键。

2 工程地质情况

新疆某工程 KS9 勘探试验洞竖井围岩为新鲜岩体, 岩性为肉红色花岗岩, 中粗粒斑状结构, 块状构造, 斑晶主要为钾长石, 基质为石英、斜长石、角闪石等隐晶质物质。竖井超前地质勘探岩芯整体较完整, 多呈长柱状, 柱长一般为 15~30 cm, 最长可达 60~80 cm, 新鲜围岩节理裂隙不发育, 节理面多平直、粗糙, 无充填, 局部裂面上可见铁锈色氧化物附着。岩芯表面光滑、光亮, 岩石坚硬、致密、新鲜。竖井整体围岩稳定, 岩石干密度为 2.74 g/cm³, 饱和密度为 2.75 g/cm³, 饱和抗压强度为 130 MPa, 干抗压强度为 173 MPa, 该工程

超前地质勘探孔资料如图 1 所示。

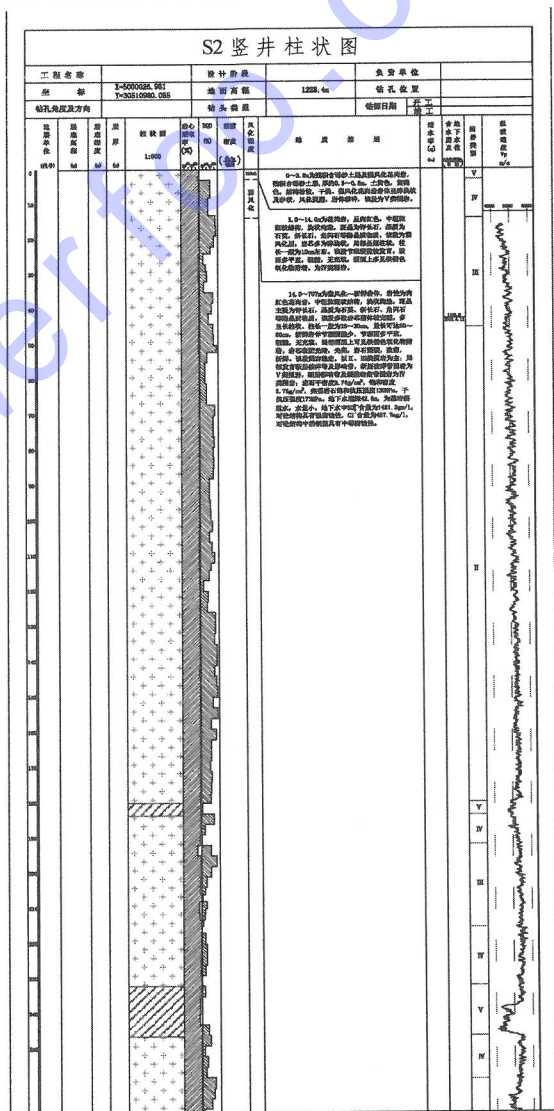


图 1 S2 竖井柱状图

收稿日期: 2017-01-10

表1 YSLZ4.8 液压伞钻技术参数表

基本性能参数	单位	参数值	
钻臂数量	个	4	
炮眼圈径	mm	1400~8200	
收拢后外形尺寸 (外接圆直径×高度)	mm	2250×8300	
动臂左右摆动角度	°	左右各60	
钻架重量	kg	8200	
泵站重量	kg	3000(不含油)	
钻孔直径	mm	55	
钻孔深度	mm	4500	
适应钎具 类型特征		B32 钎杆, φ55 钎头 冲击回转式	
冲击机构	冲击能	J	150
	冲击频率	Hz	65
	工作压力	MPa	13~15
	工作流量	L/min	≤65
回转机构	最大扭矩	N·m	320
	额定转速	r/min	180
	工作压力	MPa	≤14
	工作流量	L/min	≤30
冲洗水压力	MPa	1.5	
冲洗水流量	L/min	30	
压缩空气压力	MPa	0.4~1	
压缩空气流量	m ³ /min	2.5	
类型特征		导轨式	
推进方式		油缸-钢丝绳	
推进行程	mm	5100	
推进力	N	7000	
电动机	额定功率	kW	90×2
	额定电压	V	660/380
	额定转速	r/min	1480
主泵	类型		变量柱塞泵
	工作压力	MPa	18

3 造孔设备

该工程采用 YSJZ4.8 液压伞钻凿眼,5 m 长钎杆配直径 55 mm 柱齿合金钻头,钻爆孔深最大为 4.5 m。

YSJZ 型液压伞钻与普通气动伞钻相比具有以下优势:

(1) 液压凿岩机冲击功率大,对于同类岩石比普通气动伞钻凿孔速度提高 2~3 倍,对于岩石硬度系数 $f=10$ 以上的硬岩效果更明显,钻具具有钎杆粗,刚度好,成孔质量好,爆破效率高等特点。

(2) 凿眼时采用水力排屑、液压传动冲击,减少了粉尘,降低了噪声,改善了工作环境。

液压伞钻平时吊挂在地面,凿眼前由主提升机下放到工作面后利用其支撑臂站立在凿眼工作面,即完成伞钻安装过程。

打眼施工时,操作活动臂、调整工作臂将液压钻机钎杆钎头对准炮眼设计孔位和方向后人工操作相应控制阀进行凿眼作业。

凿眼完毕,收拢活动臂、工作臂,利用抓岩机稳车吊挂钩头吊挂伞钻,同时收拢支撑臂,最后用主提升机将伞钻提升到井口,再利用电动葫芦移出到检修位置进行检修维护待用,完成井上、下伞钻夺钩过程。

YSLZ4.8 伞钻的主要技术参数、性能见表 1。

4 爆破参数的优化

爆破参数优化前,竖井单循环最大进尺为 3.5 m,最短进尺为 2.2 m,单循平均进尺为 2.5 m,炮孔有效利用率仅为 58%,爆破炸药单耗达到 4.5 kg/m³ 以上。且从爆破后石渣看,其石渣粒径大部分小于 40 cm,石渣较碎。根据对爆破后实际效果进行分析得知:竖井钻爆施工进尺不理想的原因主要为爆破掏槽效果差。因此,该工程爆破参数调整主要以调整掏槽为主。

4.1 爆破孔的布置

在原爆破参数基础上,将原爆破设计 6 圈孔调整为 5 圈孔。另外,为保证掏槽效果,在掏槽孔内增加设置了 1 阶掏槽孔(图 2),其布孔参数如下:

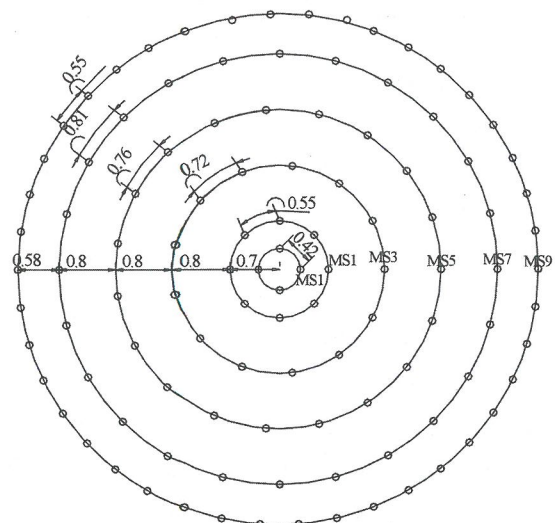


图2 爆破孔布置图

(1)一阶掏槽:一阶掏槽孔深2.5 m,布置半径为35 cm,布置4个掏槽孔,孔距42 cm,炮孔直径为55 mm;

(2)掏槽孔:掏槽孔布置以竖井圆心为中心,布置半径为70 cm,共布置8个掏槽孔,孔位布置环向间距55 cm,炮孔直径55 mm,掏槽孔深4.5 m;

(3)主爆孔:主爆孔以竖井圆心为中心,共布置3排,布置半径分别为1.5 m、2.3 m、3.1 m,三排布置炮孔个数分别为12、19、25,孔位布置环向距离分别为72 cm、76 cm、81 cm,炮孔直径为55 mm,炮孔深度为4 m;

(4)周边孔:周边孔以竖井圆心为中心,布置半径为3.68 m(设计结构尺寸),共布置42个孔,孔位环向间距为55 cm,炮孔直径为48 mm,炮孔深度为4 m。

4.2 装药连线方式

(1)一阶掏槽:一阶掏槽采用集中装药,装药自孔底开始,装4节 $\varphi 45$ 2#岩石乳化炸药,单孔装药长度1.6 m,爆破孔封堵长度0.9 m,采用1段非电毫秒雷管起爆,单孔装药2.8 kg;

(2)掏槽孔:掏槽孔采用集中装药,装药自孔底开始,装6节 $\varphi 45$ 2#岩石乳化炸药,单孔装药长度为2.4 m,爆破孔封堵长度为2.1 m,采用1段非电毫秒雷管起爆,单孔装药4.2 kg;

(3)第一排主爆孔:主爆孔采用集中装药,装6节 $\varphi 45$ 2#岩石乳化炸药,单孔装药长度2.4 m,爆破孔封堵长度1.6 m,采用3段非电毫秒雷管起爆,单孔装药4.2 kg;

(4)第二排主爆孔:主爆孔采用集中装药,装5节 $\varphi 45$ 2#岩石乳化炸药,单孔装药长度2 m,爆破孔封堵长度2 m,采用5段非电毫秒雷管起爆,单孔装药3.5 kg;

(5)第三排主爆孔:主爆孔采用集中装药,装5节 $\varphi 45$ 2#岩石乳化炸药,单孔装药长度2 m,爆破孔封堵长度2 m,采用7段非电毫秒雷管起爆,单孔装药3.5 kg;

(6)周边孔:周边孔采用集中装药,装6节 $\varphi 32$ 2#岩石乳化炸药,单孔装药长度1.8 m,爆破孔封堵长度2.2 m,采用9段非电毫秒雷管起爆,单孔装药1.8 kg。

4.3 爆破效果

经过多次现场试验,最终确定表2中所列爆破参数为最优,在竖井钻孔深度为4 m的情况下,单循环有效进尺基本维持在3.5 m左右,爆破孔利用率达到87.5%,炸药单耗由原最初的4.5 kg/m³以上下降至2.2 kg/m³,爆破参数优化基本达到预期目的。

4.4 优化后的爆破参数

优化后的爆破参数见表2。

表2 优化后的爆破参数表

序号	孔位	爆破段位	炮孔直径/mm	炮孔深度/m	炮孔间距/cm	炮孔排距/cm	药卷直径/mm	单孔装药量/kg	孔数/个	总装药量/kg
1	一阶掏槽	1段	55	2.5	42	0.58	45	2.8	4	11.2
2	掏槽孔	1段	55	4.5	55	0.8	45	4.2	8	33.6
3	第一排主爆孔	3段	55	4	72	0.8	45	4.2	12	50.4
4	第二排主爆孔	5段	55	4	76	0.8	45	3.5	19	66.5
5	第三排主爆孔	7段	55	4	81	0.4	45	3.5	25	87.5
6	周边孔	9段	48	4	55	0.3	32	1.8	42	75.6
合计								110	324.8	

5 计划实施的改进措施

(1)在对实际爆破效果进行分析的基础上,为达到节约成本的目的,下阶段将尝试对孔网参数进行进一步的优化,主要针对崩落孔,计划将孔距放大到1 m左右。

(2)后期对周边孔的孔距也将适当放大,计划将周边孔距放大到60 cm左右。但此种情况下

其抵抗线必须保证在65~70 cm左右;当调整周边孔布孔参数时,内圈三圈崩落孔也应做适当调整,其思路是第一圈崩落孔作为辅助掏槽孔,将其抵抗线(圈距)调整为75~70 cm,后面两圈崩落孔采用80 cm的抵抗线。

(3)在采取更大的钻孔孔深时,对4个掏槽

(下转第105页)

石,选用 1.6~2 m³ 小型液压挖掘机进行选装,20 t 自卸车运输,这两种设备生产能力的验算情况见表 3、4。

表 3 2 m³ 挖掘机装载能力验算表

项 目	单 位	数 量	备 注
小时产量	m ³ /h	96	
每天产量(8 h)	m ³ /班	768	
每天产量(10 h)	m ³ /d	960	
每月产量(27d, 每天工作 8 h)	m ³ /月	20 736	
应配置汽车台数	计算	8.5	
	取值	9	
铲斗容量	m ³	2	
挖掘系数		0.59	
挖掘机工作循环时间	s	30	实测值
满斗系数		0.8	
矿岩在铲斗中的松散系数		1.36	
时间利用系数		0.8	
设备完好率		0.85	

表 4 20 t 自卸车运载能力验算表

名 称	单 位	数 量	备 注
小时产量	m ³ /h	11.3	
每班产量(8 h)	m ³ /班	90.38	
每天产量(24 h)	m ³ /d	271.14	
每月产量(27 d, 每天 24 h)	m ³ /月	7320.89	
自卸车载重量	t	20	
自卸车运输周期时间	min	35	实测 4 km 运输时间
自卸车载重系数		1.1	
自卸车时间利用系数		0.8	
自卸车单位时间	h	1	
矿岩比重	t/m ³	2.27	
设备完好率		0.85	

验算结果:采用 2 m³ 挖掘机,每天完成

(上接第 99 页)

孔的钻孔质量(孔深、孔向)一定要严格控制,要求槽孔深度必须超过崩落孔深度。

6 结 语

笔者通过新疆某工程 KS9 竖井现场爆破参数优化,在水利工程超深竖井坚硬岩体钻爆施工过程中,逐步总结出适合该工程实际情况的爆破参数,炸药单耗由 4.5 kg/m³ 降低至 2.2 kg/m³,竖井施工火工产品成本节约 50%,且在施工过程

1 960.7 m³ 产量需要:1 960.7 ÷ 768 = 2.55(台);如果选择每天工作 10 h,则需要挖掘机 1 960.7 ÷ 960 = 2.04(台),方能基本满足惰性碎石装载需求。由以上验算结果得知,单台挖掘机在运输距离 4 km 的情况下需要 9 台 20 t 自卸车,2 台挖掘机则需要满足运行条件的自卸车 18 台。

以上设备配置均以日供应量 5 000 t 为基础,如需增加供应量,将要重新选择设备。

6 做好铲和车的合理调配,满足供应需求

根据实际开采情况和挖机与车的匹配数量进行验证,并派专人进行现场调配、进行数据统计,及时反馈信息;对不满足块度及质量要求的惰性料及时进行处理,将其运往废石场;对所有统计数据及时汇总并进行分析,做到既经济合理、又能满足业主需求的合格供料为最佳。

7 结 语

通过本次惰性废石开采规划及运输方案的制定,项目部据其按计划开采合格区域内的惰性废石并合理组织车辆运输,有效保证了惰性料的及时供应,同时还为矿区堆浸场的施工予以了及时供料,使项目惰性废石开采和运输工作做到了有章可循,及时纠正了工作中存在一定盲目性的问题,对类似项目工作开展具有一定的借鉴意义。

作者简介:

李宗宗(1984-),男,河南洛阳人,工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工;

刘 李(1984-),男,陕西商洛人,工程师,从事建设工程技术与测量工;

张利梅(1985-),女,陕西商洛人,助理工程师,从事企业党建工作。

(责任编辑:李燕辉)

中钻爆孔总数也由最初的 150 个孔降低至现阶段的 110 个孔,施工成本及效率得到明显提高。

作者简介:

袁 赞(1985-),男,湖北宜昌人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

张 维(1989-),男,四川阆中人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)