

安全爆破拆除钢筋混凝土围堰的研究与实践

唐 凯，熊 亮

(中国水利水电第五工程局有限公司第三分局,四川 成都 610066)

摘 要:对周围环境复杂的钢筋混凝土围堰爆破拆除,应采用“先预切割钢筋,靠近保护区设置减震措施并增加保护体爆破”的施工方法。贵州从江航电枢纽工程纵向钢筋混凝土围堰周边环境复杂,靠近民居,上下游围堰与永久建筑物相连,作为一、二期施工导流围堰,导流结束后必须及时进行拆除,便于泄洪。根据纵向钢筋混凝土围堰的特点,采用与永久建筑物连接处设置减振带减振、增加保护体、采用爆破技术,爆破试验优化爆破参数,对主体需要拆除的钢筋混凝土围堰采用爆破的方式进行安全爆破拆除。

关键词:复杂环境;钢筋混凝土;围堰;爆破拆除

中图分类号: O643.2+23; U663.9+3; U443.16+2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2184(2019)05-0124-04

Study and Practice of Demolishing Reinforced Concrete Cofferdam by Safe Blasting

TANG Kai, XIONG Liang

(Third Branch of Sinohydro Bureau 5 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610066)

Abstract: For blasting demolition of reinforced concrete cofferdams in complex surrounding environment, the construction method of "pre-cutting reinforcement, setting vibration damping measures near the protection body and increasing protection body blasting" shall be adopted. The surrounding environment of the longitudinal reinforced concrete cofferdam of Guizhou Congjiang Navigation Power Junction is complex, which is close to the residential buildings and the upstream and downstream cofferdams are connected with the permanent buildings. As the diversion cofferdam for the first and second stage construction, it must be removed in time for flood discharge after the completion of diversion. According to the characteristics of the longitudinal reinforced concrete cofferdam, the vibration damping belt is set at the connection of the permanent building to reduce the vibration, and then the protective body is added, the blasting technology is adopted, and the blasting parameters are optimized by the blasting test, and finally, the reinforced concrete cofferdam that needs to be removed by the main body is demolished by blasting in a safe way.

Key words: complex environment; reinforced concrete; cofferdam; blasting demolition

1 工程概况

都柳江从江航电枢纽是一座以航运为主,同时具有泄洪、发电和旅游等综合功能的低水头航电枢纽工程,电站周围民居众多。水库正常蓄水位 193 m,装机容量 4.5 万 kW,总库容 56.9 万 m³。工程主体土建施工、金属结构安装和厂房机电安装调试都已基本结束。根据设计要求,为不影响泄洪,在二期导流结束后,将上游纵向钢筋混凝土围堰 1[#]—7[#]堰段拆除至 175 m 高程;下游纵向混凝土围堰 11[#]—15[#]堰段全部拆除,共计 19 615.6 m³。

该围堰位于河中,下游 8[#]—10[#]堰段为永久导墙,与泄水闸 3[#]闸墩相连。围堰上游端与岸坡

民居最近距离约 90 m,下游爆破点距 110 kV 变电站最近距离约 100 m,距发电厂房最近约 60 m,距平瑞桥为 120 m;距中寨约 180 m;围堰正上方 80 m 有若干高压线通过;其他方向开阔空旷。该围堰 1[#]—7[#]及 11[#]—15[#]段均为 C20 三级配钢筋混凝土结构。上游段 1[#]—7[#]段长 127 m,下游 11[#]—15[#]段长 85.8 m;段与段间设沉降缝,缝宽 2 cm,缝内采用沥青木板填塞。

上游待拆纵向混凝土围堰墙高 17 m,顶宽 5 m,两侧坡面垂直;下游待拆纵向混凝土围堰呈倒“T”形,T 型墙高 13 m,宽 5 m;底板厚 4 m,宽 10.5 m,两侧坡面垂直。工程量大,施工环境复杂,技术要求高、难度大。围堰距厂房、泄水闸排

收稿日期:2019-07-24

架非常近,右侧正在进行二期施工以及堆放有大量的施工设备,保护厂房建筑物的安全为重中之重。施工场地高度比较大,钻孔精度要求高,作业困难;围堰顶面宽度 5 m,两侧布满钢筋,作业较困难。

2 爆破振动控制要求

表 1 爆破振动安全允许标准

序号	保护对象名称	安全允许质点震动速度 $V / \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$		
		$f \leq 10 \text{ Hz}$	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 50 \text{ Hz}$	$F \geq 50 \text{ Hz}$
1	土窑洞、土坯房、毛石房屋	0.15~0.45	0.45~0.9	0.9~1.5
2	一般民用建筑物	1.5~2	2~2.5	2.5~3
3	运行中的水电站及发电厂中心控制设备	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8
4	永久性岩石高边坡	5~9	8~12	10~15
5	新浇筑大体积混凝土 C20:			
	龄期:初凝~3 d	1.5~2	2~2.5	2.5~3
	龄期:初凝 3 d~7 d	3~4	4.0~5	5.0~7
	龄期:初凝 7 d~28 d	7~8	8.0~10	10~12
爆破振动检测应同时测定质点振动相互垂直的三个分量				

注 1:表中质点振动速度为三个分量中的最大值,振动频率为主振频率;注 2:频率范围根据现场实测波形确定或按如下数据选取:硐室爆破 f 小于 20 Hz,露天深孔爆破 f 在 10 Hz~60 Hz 之间,露天浅孔爆破 f 在 40 Hz~100 Hz 之间;地下深孔爆破 f 在 30 Hz~100 Hz 之间,地下浅孔爆破 f 在 60 Hz~300 Hz 之间。

因围堰拆除工程地处河道区域,爆体围堰与主体结构较为特殊,河岸有自然村寨、民房及其他建筑物,爆破时还要考虑到爆破有害效应对施工人员、车辆及设备的影响。为确保施工安全,根据上表,爆区周围民房的爆破振动安全允许振动速度取 2.3 cm/s;平陆大桥的爆破振动安全允许振动速度取 2.5 cm/s;110 kV 从江变电站的爆破振动安全允许振动速度取 1 cm/s,发电厂房的爆破振动安全允许振动速度取 0.7 cm/s。

3 施工组织实施方案

拆除钢筋混凝土结构时,应沿拆除轮廓线割断钢筋,再进行钻孔爆破^[2]。即按照 2m 间距,在堰体两侧及端头凿槽。混凝土凿除完成后,采用氧气焊切割竖向和横向受力筋,减少钢筋对爆破体的约束,增强爆破效果。

钢筋预切割完成,根据四周环境及拆除顺序,采取分层分段微差控制爆破拆除,每次按分层作业高度实施爆破,上游围堰段与主体工程保留 5~10 m 距离作为保护体,再使用 YT28 手风钻以浅孔剥离爆破方式,由上而下分层爆破拆除,以保证主体工程不受影响;在 7# 堰段与闸室段分缝处采用双排减震孔,间距 0.5 m,下游围堰 10#~

通过对爆破破坏机理进行研究,结合已有的围堰爆破拆除实测资料、类似工程的数值计算及理论分析,综合分析从江航电枢纽工程纵向钢筋混凝土围堰爆破拆除时周边建筑物、构筑物及机电设备等需保护对象的破坏机理及同爆区的相对位置。爆破质点振动速度允许标准见下表 1^[1]。

11# 堰段接缝处往下游侧 1 m 处钻 1~2 排减震孔,间距 0.5 m。

上游纵向钢筋混凝土围堰按从上游至下游的顺序采用 DOC—D7 钻机逐段钻孔,逐段爆破,下游纵向钢筋混凝土围堰按从下游至上游的顺序进行钻爆作业^[1]。每次爆破临空面选朝右岸侧,以达到对厂房建筑物及设备进行有效的保护。

在爆破拆除前,在上游围堰 1# 堰段进行拆除爆破试验,以选择合理的爆破参数,保证爆破效果。对要拆除的砼纵向围堰严格控制装药量,尽可能将最大块径控制到小于 70 cm。每层钻孔前要对表面进行清理,方可布孔钻孔。

结合工程实际情况,上游围堰拆除分三层,第一层▽ 192 m~▽ 186 m,第二层▽ 186 m~▽ 180 m,第三层▽ 180 m~▽ 175 m 高程;下游围堰分三层,第一层▽ 191 m~▽ 185 m,第二层▽ 185 m~▽ 179 m,第三层为▽ 179 m~▽ 174 m。每一层根据施工情况进行分段爆破,减小一次性爆破规模。爆破时采用密孔、少药量和微差爆破技术。

4 爆破参数的选择与装药量的计算

采用 ROC—D7 钻机钻孔,取爆破作用指数

0.75 < n < 1 时的爆破参数(经验公式)。

(1)分段高度 H : 选用 $H = 6 \text{ m}$;

(2)钻孔直径 D : 选用 $D = 70 \text{ mm}$;

(3)最小抵抗线 W : $W = (20 \sim 40) D$, 选用 $30D$, 取 2.1 m ;

(4)钻孔深度 L : $L = 6 \text{ m}$;

(5)炮孔间距 a : $a = m_w = 1.25 \times 2.1 = 2.62 \text{ m}$, 梅花型布孔取 2.6 m , m 为炮孔相邻系数(取值 $1.2 \sim 1.5$);

(6)炮孔排距取 $b = 1.25 \text{ m}$;

(7)装药量 Q : $Q = kqabH$ (q 为单位耗药量, 取 0.615 kg/m^3 , k 为 1)

$$Q = 1 \times 0.615 \times 2.6 \times 1.25 \times 6 = 12 (\text{kg})$$

采用逐孔爆破, 一次最大单响起爆装药量: $Q_{\max} = 12 (\text{kg})$ 。

每次爆破前需上报专门的爆破设计方案, 经监理工程师批复后方可实施爆破作业, 药量和孔间排距需在试验和每次钻爆中实时调整, 最终得到合理爆破参数。

5 爆破施工工艺

5.1 钻孔

上下游纵向钢筋混凝土围堰均采用 D7 钻机钻孔, 4 套手风钻辅助。钻孔过程中, 严格控制钻孔的方向、角度和深度, 孔眼钻进时留意施工中变化情况并做好记录, 遇到问题及时向现场技术人员反应并研究处理, 钻孔完成后及时用编织袋将孔口塞紧, 防止杂物掉入孔内, 堵塞炮孔。

接头部位的特殊钻孔: 上游围堰与 3# 闸墩相连接, 下游围堰与泄水闸导墙相连。在距泄水闸下游导墙分缝处 1 m 距离范围用 D7 钻机打 $1 \sim 2$ 排防震孔, 孔距 50 cm , 上游堰段在距 3# 闸墩 $5 \sim 10 \text{ m}$ 处用 D7 钻机打 $1 \sim 2$ 排预裂孔进行预裂爆破, 剩下 $5 \sim 10 \text{ m}$ 采用手风钻钻孔, 多层多次密孔微差爆破, 孔排距 $1 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}$, 采用梅花形布置, 布孔由远及近可逐渐加密。

5.2 装药

根据工程实际情况, 底部拆除高程低于水面, 因此, 爆破中水下所用炸药应以乳化炸药为主。

装药结构原则是满足堵塞长度要求达到最佳破碎效果。因此, 主爆孔采用连续柱状装药结构, 使用 $\varphi 32 \text{ mm}$ 乳化炸药(单卷炸药长 30 cm , 重 300 g), 6 m 孔深间隔捆绑 13 节药卷, 起爆药包

放在炮孔中下部, 封堵材料采用粘土。第三层装药结构可根据实际情况, 在保证堵塞长度的前提下, 孔的下部连续装药, 上部间隔装药, 以取得较好的破碎效果。

5.3 堵塞

大孔径堵塞长度 2 m , 手风钻小孔径钻孔堵塞长度 $0.8 \sim 1 \text{ m}$; 堵塞物采用粘土, 药卷安放后及时进行堵塞, 严格控制堵塞长度, 使用木棍分层压紧捣实, 堵塞时注意保护导爆索或导爆管。

炮孔堵塞完成后, 根据实际情况, 采用废旧运输皮带、草帘、竹夹板, 编织袋装粘土等材料进行孔口铺盖, 减小爆破飞石破坏。

5.4 起爆网络

爆破由现场爆破技术人员依据设计方案, 控制爆破振动、个别飞石, 起爆网络采用导爆索引爆, 双复式网络起爆^[2], 孔内孔外微差挤压爆破, 爆破前对炸药和雷管进行性能抽查试验。所有炮孔在使用毫秒延期导爆管雷管时, 孔外采用低段别, 孔内采用高段别, 保护好脚线不受损坏, 为控制爆破方向, 采用孔内 11 段, 孔间 3 段, 排间 5 段布置网络。

5.5 出碴

围堰爆破后, 利用挖掘机将爆堆碴清除至工作面外, 为下一层钻孔创造工作面, 采用装载机或挖掘机进行集料, 便于 PC200 液压反铲装 20 t 自卸汽车运输至指定备料场。对于爆破后的大块, 及时采取机械法进行二次破碎, 以便装运。

6 爆破安全验算

确保爆破安全是纵向钢筋砼围堰拆除施工安全管理工作关键, 一般爆破安全包括爆破震动、爆破飞石和空气冲击波等安全措施, 爆破振动安全允许标准见上表 1。

6.1 最大爆破震动速度计算^[4]

$$V = K \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{\alpha} \text{ 得: } V = K (Q^{1/3} / R)^{\alpha}$$

式中 V 为爆破安全允许震动速度查表值 1 cm/s ; $Q_{\max}$ 为本次爆破实际最大单响药量; R 为被保护建筑物至爆破作业点水平距离; K 为岩石性质系数, 高强度混凝土为 150; α 为衰减系数, 取 1.5。

围堰大孔径分层深孔爆破逐孔起爆时最大单响药量为 12 kg ;

$$R = (K/V)^{1/\alpha} \times Q^{1/3} = (150/1)^{1/\alpha} \times 12^{1/3} = 65 \text{ m}$$

对照本工程周围环境,可以保证东北岸民房的安全。邻近主体建筑物、设备(发电机组未运行)时应依次递减孔深和装药量。

6.2 爆破作业产生的飞石

《爆破安全规程》有关个别飞石最小安全允许距离的规定为:爆破个别飞石最小安全允许距离不小于 200 m,因此,严格控制爆破作业产生的飞石应予以高度重视。爆破时警戒线应该放在 200 m 以外。

分层爆破时:

$$R=20Kn^2W=20\times2\times0.615^2\times2.1=31.8(m)$$

实际警戒范围在此基础上扩大定为 200 m 左右,实际施工作业中,在此范围内确定警戒点。在施工过程中,实际使用胶皮网及沙袋对炮孔进行覆盖,起到减少飞石的效果。

6.3 空气冲击波

在露天爆破中,为防止空气冲击波对人和物的伤害,禁止采用露天裸露爆破,确定空气冲击波对民房、作业人员的安全允许距离公式如下(围堰小孔径爆破拆除时单孔最大药量均未超过 25 kg)^[1];

$$(2)R_{\text{冲}}=25\times Q^{1/3}$$

式中 $R_{\text{冲}}$ 为最小允许距离,单位 m; Q 为一次爆破最大单响药量

在围堰拆除分层爆破时:

$$Rk=25\times Q^{1/3}=25\times12^{1/3}=57.2(m)$$

在特殊地理环境爆破作业时,特别在钻孔结构薄弱面或预裂结构缝时,取实际人员和建筑物的最小允许的安全距离后还应适当加大安全距离,在此实际取避炮人员的安全距离为 200 m。

7 震动速度监测

本方案采用了一系列综合控爆技术以降低爆破时对各保护体的振动,包括采用高精度导爆管雷管、逐孔起爆、孔内微差爆破、预裂爆破、浅孔爆破等。尽管如此,由于施工中影响爆破振动的因素较多,现场情况复杂、变化大,只有严格的实测振动速度才能从本质上最直接地实际反应出各保护建筑物受爆破振动影响的程度,因此,在整个围堰爆破拆除施工过程中,全程对各保护目标实时的爆破振动速度进行监测^[3],具体详见表 2《围堰周边保护对象爆破振动监测数据记录表》:

表 2 围堰周边保护对象爆破振动监测数据记录表

时间	测点位置	最大单响药量 /kg	爆心距 R /m	振速 V /cm·s ⁻¹	主振频率 /Hz	持续时间 /ms	安全允许振速 V /cm·s ⁻¹
2017.11.26	最近居民房	12	80	1.844 5	26.779 2	0.748 4	2.3
2017.12.01	110 kV 变电站	12	110	0.366 1	16.403 2	1.932 0	1
2017.12.01	110 kV 变电站	12	130	0.218 9	16.293 9	1.274 8	1
2017.12.02	平瑞大桥	12	150	1.231 5	76.293 9	12.517 9	2.5
2017.12.02	110 kV 变电站	12	130	0.213 1	5.493 2	10.085 5	1
2017.12.07	发电厂房	12	130	0.407 4	25.939 9	0.869 6	0.7
2017.12.08	最近居民房	12	110	1.120 3	26.293 9	12.477 4	2.3
2017.12.08	发电厂房	12	82	0.327 7	31.204 2	0.920 6	0.7
2017.12.09	发电厂房	12	65	0.342 6	17.547 6	1.633 0	0.7
2017.12.09	最近居民房	12	160	0.742 8	2.685 3	9.076 1	2.3
2017.12.10	发电厂房	12	130	0.418 8	36.293 9	8.094 7	0.7

由上表最近民房实测数据,通过水平矢量数据回归分析得出,K 值为 185.67028, α 值为 1.3059;各保护体建筑物实测振动速度均小于国家安全允许标准,这表明爆破振动计算值科学合理,充分满足安全振动标准的要求。

8 结 语

从江航电枢纽工程纵向钢筋混凝土围堰紧邻居民密集区,邻近高压变电站,周边环境复杂,拆除时采用与永久建筑物连接处设置减振带减振、增加保护体、底板预裂爆破、浅孔爆破、破碎锤二

次破碎、增加空孔增大临空范围、分段落阶梯起爆防止冲击共振破坏等方法,结合爆破试验然后优化爆破参数,最后对主体围堰进行爆破的方式进行拆除。过程中采用同步爆破振动安全监测手段,对闸墩、厂房及机电设备、110 kV 变电站、附近民房等重要建筑物、重要部位进行了安全监测,由远及近的逐渐分段爆破过程中获得了切实可靠的监测数据,通过不断优化爆破参数,降低了爆破振动破坏力,控制了爆破飞石影响距离,有效的保

(下转第 147 页)

工资发放严格按照建设管理单位制定的管理办法执行,承包商项目部应统一造册,具体包括人员编号、姓名、性别、身份证号、工资卡账号、每月出勤天数及应发工资、实发工资等,由民工专管员填写。每月工资册应附上经分包单位负责人和民工签字确认的工资表。每次发放民工工资后,将银行发放记录打印,连同民工工资表,经项目部盖章后作为凭证留存备查。

民工工资监督管理施行民工工资保证金机制,每个项目工资保证金额度原则上在300万元~500万元范围。民工工资保证金实行考核返还管理,年度考核合格,返还该年度扣留保证金的总额或合同约定的一定比例;存在拖欠民工工资情况的,暂不予返还,依据考核结果给予处罚。

(3)承包商管理考核及处罚措施。按照《施工承包商管理办法》规定,建设管理单位对承包商的考核从八个方面进行全方位综合考核,分别为:施工组织机构及日常工作、安全文明施工管理、质量控制、进度控制、造价控制、环水保管理、甲供物资及设备管理、附加考核。综合考核的结果评定分为AAA(信誉优秀)、A(信誉良好)、B(信誉一般)、C(信誉不良)四个等级。综合考核原则上每年年终进行,对综合考评结果为AAA级的承包商,金上公司颁发荣誉证书;对综合考评结果为A、B、C的施工承包商,要求限期改进施工工作;C级的承包商,金上公司将其列为信誉不良承包商,列为“黑名单”,限制其参与金上公司的工程投标,并上报集团公司建议限制其参与集团公司范围工程投标,限制时间原则性为1至2年,解禁限制时间可视具体情况决定。

3 措施实施后的初步效果

金上公司目前在建工程主要是电站筹建项目,以承包商管理为重点的建设项目全方位控制研究成果及措施,已在上述工程建设管理过程中(上接第127页)

护了永久建筑物混凝土及周围民居、高压线等,同时保障了发电机组的安全运行,得到了监理和业主的高度认可,该施工方法和控制过程及监控所得的数据,在同类复杂环境项目可以借鉴应用,即分析环境、实践、实验、收集分析数据、重复实验、调整参数达到目的。

参考文献:

[1] 《爆破安全规程》[S].GB 6722—2014.

初步发挥作用,效果较明显,主要体现在以下几个方面:一是安全管理规范,无发生安全管理事故;二是质量、进度和工程建设管理可控在控;三是承包商管理明显加强,自制度颁发实施后,现场无发生因承包商管理原因造成的民工阻工和闹事事件;四是创建平安、文明工地效果初步显现。

4 结 语

为有效做好金沙江上游水电开发建设管理工作,金上公司积极开展以承包商管理为重点的建设项目全方位控制研究,针对面临实际问题,从深层次分析管理弱点,创新制度,强化措施,并将成果及时运用于工程管理,目前已取得了初步成效。金沙江上游藏区水电开发建设涉及敏感因素多、难度大,随着流域开发的进展,开工项目逐渐增多,参与建设的承包商数量也会大幅增加,工程建设管理工作将更加繁重,金上公司将结合开展“强基”工作,继续加强相关领域的管理研究,全面提升管理水平,努力实现管理规范化、精益化、信息化的目标。

参考文献:

[1] 梁润生.浅谈水利水电工程建设管理中存在的问题和应对措施[J].科学技术创新:2017(22).
[2] 马立嵩.水利水电工程建设管理中存在的问题及应对措施分析[J].科技创新与应用:2017(09).
[3] 雷刚.水利工程管理现代化与精细化建设探讨[J].工程技术研究:2019(09).
[4] 王艳玲.水电站工程建设中的风险管理分析[J].黑龙江水利科技:2015(04).
[5] 严玲,贺星红,高海超.基于合理化建议的承包商创收研究[J].中国港湾建设:2013(02).

作者简介:

胡贵良(1967-),男,江西黎川人,高级工程师,华电金沙江上游水电开发有限公司党委书记、董事长,从事电力企业经营管理
宋宏伟(1967-),男,河南荥阳人,高级工程师,华电金沙江上游水电开发有限公司移民管理部副主任,从事项目建设管理和移民管理工作。
(责任编辑:卓政昌)

[2] 《水电水利工程爆破施工技术规范》[S].DL/T 5135—2013.
[3] 《水电水利工程爆破安全监测规程》[S].DL/T 5333—2005.
[4] 刘殿中.工程爆破实用手册[S].北京:冶金工业出版社,1999.653—655.

作者简介:

唐 凯(1972-),男,四川金堂人,工程师,从事水利水电测量及施工技术与管理
熊 亮(1989-),男,四川成都人,项目技术员,助理工程师。
(责任编辑:卓政昌)