浅析白鹤滩水电站导流洞水下围堰爆破拆除 安全控制技术

周红祖

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 610081)

摘 要:白鹤滩水电站导流洞进出口围堰距离周边建筑物近,围堰爆破拆除不仅要考虑爆破效果,还要考虑爆破对周边建筑 物的安全影响。以白鹤滩水电站导流洞进出口水下围堰爆破拆除为例,总结并分析了白鹤滩水电站进出口大型围堰水下拆 除爆破采取的安全控制技术。

关键词:白鹤滩水电站;围堰;爆破拆除;安全控制技术

中图分类号:TV7;TV52;TV551

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)06-0061-04

工程概述

白鹤滩水电站位于金沙江下游四川省宁南县 和云南省巧家县境内, 距巧家县城 45 km, 距昆明 约260 km,至重庆、成都、贵阳均在400 km 左右, 至华东地区上海的直线距离为1850km。电站上 接乌东德梯级,下邻溪洛渡梯级,距溪洛渡水电站 195 km_o

左岸导流洞进出口采用全年围堰挡水,设计 标准为 10 a 一遇洪水流量 22 700 m³/s,相应进口 设计水位高程 624.3 m, 出口设计水位高程为 620.71 m。进出口围堰采用预留岩埂顶部加混凝 土围堰和预留岩埂挡水结构形式,拆除总工程量 为 54.6 万 m³,其中进口围堰 31.3 万 m³,出口围 堰23.3万 m³。围堰经济断面顶宽10.5 m,迎水 面坡比为1:0.1,背水面坡比为1:0.2,防渗帷幕 距经济断面内侧 3 m,外侧 7.5 m,最大爆破梯段 高度达 16 m。

导流洞围堰拆除采用的施工方案简述

左岸导流洞围堰一期拆除为水上部分拆除, 采用一般明挖施工工艺进行拆除。围堰二期拆除 为水下围堰拆除,首先进行围堰二期Ⅰ区、Ⅱ区拆 除,该部分为围堰靠江侧减薄开挖,采用垫渣的方 式形成作业平台后进行爆破作业;围堰二期Ⅱ区 拆除在相应段预留子堰(二期Ⅲ区)占压段开挖 完成后进行,同时在条件允许的情况下进行围堰 二期Ⅲ区的拆除施工;最后形成围堰经济断面,经 济断面的拆除以相应导流洞进出口为界各分三次 进行水下爆破。

水下爆破的炸药单耗按 $q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$ 计算。式中 q_1 为基本炸药单耗,一般为陆地台 阶爆破的2倍,对于水下垂直钻孔,再增加10%。 根据导流洞出口边坡实际开挖情况, $q_1 = 1 \text{ kg/}$ \mathbf{m}^3 ; q_2 为爆区上方水压增量单耗, $q_2 = 0.01h_2$ 。 h_2 为水深,出口围堰爆破时水位高程约为 592 m, q。 =0.12 kg/m³;q,为覆盖层增量单耗,爆区上方无 覆盖层 $q_3 = 0.01h_3$, h_3 为覆盖层厚度; $q_3 = 0$ kg/ m^3 ; q_4 为岩石膨胀增量单耗, $q_4 = 0.03h_4$; h_4 为梯 段高度,出口围堰拆除高度为 $16 \text{ m}; q_4 = 0.48 \text{ kg/}$ m³,计算得出的出口围堰拆除理论炸 药 单 耗 为 1.6 kg/m^3

左岸进口围堰与附近混凝土建筑物的最近直 线距离不足10 m, 进口围堰及明渠预留岩埂距离 进口闸门较近,最近距离不足30 m; 左岸出口围 堰与附近混凝土建筑物的最近直线距离不足10 m,出口经济围堰距离尾水闸门距离不足 300 m。 结合前期与其他类似工程经验,确定距离闸门井 45 m 范围内最大单段药量不大于80 kg,45 m 范 围外最大单段药量不大于 150 kg。

3 爆破安全论证与爆破安全控制

3.1 爆破安全控制标准和传播规律

根据类似工程经验及规范要求,当质点以频 率 F 做简谐振动,50 Hz≥F≥10 Hz 时,大体积混 凝土质点振动速度允许最大值不超过 10 cm/s, 闸门不超过5 cm/s。现在需要的是计算爆破振 动速度传播规律经验公式 $V = K(\sqrt[3]{O}/R)^{\alpha}$ 中的参 数 K 和 α 值,其中:R 为应保护建筑(构)物与爆点之间的距离(多点爆破取等效距离);V 为爆破安全振动允许速度;K 为与爆破现场岩性性质有关系数; α 为爆破现场振动波衰减系数,与岩性有关,Q 为爆破控制中的单响药量。

3.2 水下围堰控制爆破单响药量的确定

根据我方在围岩附近边坡进行的爆破试验——梯段爆破,爆破孔两孔—响,5个测点单孔装药量分别为 106 kg、160 kg、60 kg、56 kg 和 60 kg。经统计各爆破参数并进行分析比较得知:最大单响装药量取 128.8 kg,经过回归计算得到:α=1.92; K=80.97。

根据公式 $Q_{\text{max}} = [R_{\text{min}} \times (v_{\hat{\pi}}/K)^{1/\alpha}]^3$,可推导最大允许单响药量。

(1)针对进出口围堰附近大体积混凝土而言,根据现场实际情况取 R_{\min} = 15 m, v_{ft} = 10 cm/s,则最大允许单响装药量为:

$$Q_{\text{max}} = [R_{\text{min}} \times (v_{\text{ft}}/K)^{1/\alpha}]^3 = 128.8(\text{kg})$$

根据炮孔深度为 17.5 m,采用 A70 硬壳炸药 爆破,考虑堵塞长度 2 m,单孔装药量约 2×60 kg <128.8 kg,爆破设计考虑两孔一响,满足设计要求。

(2)针对进出口围堰附近闸门而言,根据现场实际情况,取 R_{\min} = 30 m, $v_{\hat{n}}$ = 5 cm/s,则最大允许单响装药量为:

$$Q_{\text{max}} = [R_{\text{min}} \times (v_{\text{允}}/K)^{1/\alpha}]^3 = 143.7 \text{ kg} > 128.8 \text{ kg}$$
 爆破设计考虑两孔一响,满足设计要求。

因此,左岸围堰爆破的最大单段药量均按两 孔一响设计,最大单响药量为120 kg。

3.3 爆破安全分析

3.3.1 进口围堰爆破安全分析

按堰内充水考虑,重点对闸门和洞脸进行安全分析。

(1)闸门处的水击波超压。

通过本工程实测回归经验公式进行估算:

$$\Delta Pm1 = K(\sqrt[3]{Q}/R)^{\alpha}$$

根据类似工程经验及现场试验测试,K=3; α =0.95;

$$\Delta Pm1 = 3 \times (Q^{(1/3)}/R)^{0}.95$$

= 3 \times (60^(1/3)/30)^0.95 = 0.43
(MPa)

经查询有关资料得知:闸门允许水击波压力

标准为 0.4 MPa。而该处计算得到的水击波压力略大于标准,理论上会对闸门产生破坏,因此,需要采取一定的防护措施。

(2)洞脸处的水击波超压。

同理,采用实测回归经验公式进行估算:

$$\Delta Pm2 = 3 \times (Q^{(1/3)}/R)^{0}.95$$

= 3 \times (120^(1/3)/15)^0.95 = 0.84
(MPa)

经查询有关资料得知:混凝土迎水面允许水 击波压力标准为 0.4 MPa,而该处计算得到的水 击波压力大于该标准,因此会对洞脸产生破坏,需 要采取一定的防护措施。

(3) 围堰爆破飞石计算。

根据经验,水深大于6m时,可不考虑飞石;水深小于6m的部分才可能产生的飞石。进口围堰出水后水深达15m,但是,考虑到水面上仍有5m的爆破高度,且炮区临近进口闸门起重设备,为了安全起见,需要采取切实可行的飞石防护措施,并安全地确定爆破警戒距离及范围。

3.3.2 出口围堰爆破安全分析

按堰内不充水考虑,重点对闸门和洞脸进行 安全分析。

(1)闸门处的水击波超压。

通过实测回归经验公式进行估算:

$$\Delta Pm1 = K(\sqrt[3]{Q}/R)^{\alpha}$$

根据类似工程经验及现场试验测试,K = 3; $\alpha = 0.95$;

$$\Delta Pm1 = 3 \times (Q^{(1/3)}/R)^{0}.95$$

= 3 \times (120^(1/3)/298)^{0}.95 = 0.049
(MPa)

经查询有关资料得知:闸门允许水击波压力标准为0.4 MPa,而该处计算得到的水击波压力远小于标准,因此理论上不会对闸门产生破坏。

(2)洞脸处的水击波超压。

同理,采用实测回归经验公式进行估算:

$$\Delta Pm2 = 3 \times (Q^{(1/3)}/R)^{0}.95$$

= 3 \times (120^(1/3)/32)^{0}.95
= 0.41 (MPa)

经查询有关资料得知:混凝土迎水面允许水 击波压力标准为 0.4 MPa,而该处计算得到的水 击波压力略大于该标准,因此理论上会对洞脸产 生破坏,需要采取一定的防护措施。

(3) 围堰爆破飞石计算。

根据经验,水深大于6 m 时,可不考虑飞石; 只有水深小于6 m 的部分才会产生飞石。出口围 堰采用不充水爆破,需要采取切实可行的飞石防 护措施,并安全地确定爆破警戒距离及范围。

4 爆破拆除采用的安全控制措施

(1)明渠底板的防护。

对明渠及导流洞出口段 50 m 范围的底板混 凝土采用保温被 + 30 cm 厚砂袋进行满铺防护。 砂袋用砂采用25 t 自卸汽车运至施工部位,人工 装袋,装载机转运至部位,人工码放整齐。

(2)门叶、门槽的防护。

水下防护:往基坑内充水,同时在明渠底板齿 槽位置布置两道间距3 m 的气泡帷幕,并在下闸 后、充水前于门叶前堆放砂堆对门叶进行防护。

水上防护:在混凝土表面布设两道主动防护网, 并在下闸后的门叶表面满挂废弃轮胎联合防护。

(3)启闭机及电气房的防护。

启闭机及电气房主要采用架设棚架结构进行 防护,棚架采用6 mm 厚钢板覆盖及彩钢瓦覆盖; 高程 651 m 处的孔口采用封盖进行防护,封盖由 竹夹板、钢管构成。

(4)飞石的防护。

①闸门槽的防护。

采用轮胎防护:将4~6个轮胎捆成一组,从 下到上挂在闸门槽上。

②洞门及其两侧边墙混凝土的防护。

采用挂竹排法防护(图1)。

③闸室顶部的防护。

围堰闸室顶部需要防护。在爆破之前,将启 闭机和电机控制柜移走,闸门提起,隐入闸室,顶 部混凝土表面采用竹跳板覆盖防护(图2)。

④主动防止飞石的方法。

对爆区表面进行覆盖。在爆区表面,采用一 层柔性垫层和刚性垫层组合防护,首先挂一层草 垫(柔性),草垫前面再加一层竹跳板。每个防护 层都必须固定并紧贴在被保护体的上面(图3)。

⑤水击波的控制

采用下闸关门爆破,基坑内部充水。为了防 止爆炸水击波对闸门造成危害,在闸门前设置了 两道气泡帷幕。



竹排防护法 图 1



采用竹跳板防护混凝土顶表面



图 3 爆堆表面的砂袋压实

空气帷幕的设置方法:在进水口基坑设置两 道气泡帷幕,两道气泡帷幕发射管的间距为1 m。 在围堰与爆区之间的水底下敷设横过建筑物长 度、直径 50 mm 的钢管作为喷气管,在管上钻两 排直径为1.5~2 mm、间距25~50 mm 的喷气孔。 两排喷气孔间的夹角为90°,使各排喷气孔喷出 的气泡碰撞,既搅动水流,又增加帷幕厚度。所采 用的风压为 2 MPa、大于 100 m3/min 的空压机供 给压缩空气,经试验可行后在爆前 15 min 启动。 喷气管应敷设在底板混凝土上,为防止充气后喷 气管受到浮力而上浮、摆动,还需采取加重措施。

5 结 语

2014年5月7日,白鹤滩水电站左岸导流洞最后一个围堰成功爆破。通过爆破控制及安全防护措施,进出口围堰不仅爆破效果好,而且周边建筑物未受到丝毫破坏影响。

参考文献:

[1] 曾 全,徐元亭,李四金,刘美山.瑞丽江水电站导流洞进出口围堰拆除爆破设计[J].云南水力发电,2007,23(4):65-68.

- [2] 刘美山,李 丹,彭翠玲,张 松.大型水电站导流洞围堰拆除爆破关键问题分析[J].爆破,2006,23(2):80-84.
- [3] 李 泉. 几种水下钻孔爆破炸药单耗计算公式的分析与比较[J]. 爆破,2012,29(1):94-97.

作者简介:

周红祖(1983-),男,湖北随州人,白鹤滩施工局技术部主任,工程师,学士,从事水电工程施工技术及管理工作.

(责任编辑:李燕辉)

(上接第44页)

度看问题便会取得更好的效果。

某水电工程项目在施工过程中,业主将拱桥结构的缆机基础采用合同新增变更项目的方式交由施工单位实施,在变更报价时,施工单位通过对合同变更报价原则及定额水平进行分析,发现采用公路定额报价要高于其他定额,但一直无法找到采用公路定额报价合适的理由来说服业主。正当大家在准备放弃采用公路定额报价的时候,无意间发现缆机基础拱桥设计蓝图是使用公路规范设计的,于是,施工单位果断决定,采用公路定额进行报价,并以规范不同而定额是以规范为基础编制的为由,成功地获得了业主单位的变更批复。

4 总结经验,形成案列库

经验来自于实践活动。当一个施工项目完工后,要对工程变更的成败进行总结,形成变更经验的沉淀,促进施工企业工程变更管理水平的不断提升。实践证明,通过总结活动,既能使总结者充实感性知识,对工程变更思路进行重新认识并开扩视野,又能让好的经验、做法得以传承,形成企业的管理文化。

4.1 对比变更策划,总结成败

项目完工后,通过对工程变更最终实施效果

与变更策划的对比,审视变更策划的落实情况,分析差异产生的原因,同时将总结经验成果向市场营销团队反馈以促进市场营销与工程变更管理有机结合的良性循环。

4.2 形成工程变更案例库

对有代表性的典型工程变更,按照一定的格式,通过定性定量分析,整理变更思路、总结经验,通过资料收集,形成典型工程变更案列分析库。

5 结 语

工程变更是项目建设过程中的一个重要环节,施工单位在处理工程变更时,首先要结合项目的特点、合同条件,抓住本质,做好工程变更的谋篇布局,以各方关切为重点寻求主动变更机会。 其次,要抓住项目实施过程中的关键环节,拓宽思路,促使变更策划内容落地,改善外部经营环境。 最后,总结经验、吸取教训,形成典型工程变更案例库,形成信息反馈机制,助推项目整体经营质量的提升,改善不利的经营困局。

作者简介:

夏德君(1976-),男,四川宜宾人,工程师,从事工程造价及管理技术工作;

范成金(1964-),男,四川井研人,分局长,高级工程师,从事水电工程机电安装技术与管理工作. (责任编辑:李燕辉)

西部首座核电站第二条 500 千伏输电线路投运

近日,南方电网公司建成投运了广西壮族自治区重点工程项目——防城港核电站送出工程的第二条 500 千伏送出输电线路,为核电厂调试用电提供了稳定电源,同时将进一步提高防城港 500 千伏网架的供电可靠性。该项目总投资 8.7 亿元,建设四回 500 千伏送出线路共约 350 公里,新建铁塔 880 基。2014 年 12 月底投运了首条送出线路,剩余两回送出线路已于今年 7 月前竣工送电。自 2013 年 3 月开工建设送出线路以来,南方电网公司克服了台风暴雨多发、征地拆迁青赔难等困难,加强施工管理,确保施工安全;加强向自治区、防城港市政府的汇报沟通,协调解决线路施工受阻问题,确保了工程按期投运。广西防城港核电站是西部地区首座核电站,规划装机容量为 6×100 万千瓦。其中,一期工程(2×108.6 万千瓦)投运后,每年将可为广西提供电量 150 亿千瓦小时。