

# 浅谈潼南航电枢纽工程纵向围堰差异化爆破设计

蒋永亮

(中国水电水电第十二工程局有限公司,浙江 杭州 310004)

**摘要:**潼南航电枢纽工程混凝土纵向围堰爆破区周边环境复杂,为了将大型复杂结构围堰安全爆破拆除,采取了差异化控制爆破技术,在确保安全的前提下,通过对不同部位主控目标进行分析,对渣块块径、落渣方向、破碎程度、飞石飞散距离、爆破振动、水上水下冲击波等项目进行了区别控制,有针对性地采取了不同的爆破方式和参数对围堰实施控制拆除,取得了较好的效果。

**关键词:**潼南航电枢纽工程;混凝土围堰;差异化;爆破设计

中图分类号:TV7;TV551;TV542

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)增1-0068-03

## 1 概述

潼南航电枢纽工程位于潼南城区涪江大桥下游约3 km处,开发任务以航运为主,兼顾发电,水库总库容2.19亿m<sup>3</sup>,正常蓄水位高程236.5 m,船闸和航道等级为V级,工程等别为Ⅱ等,工程规模为大(2)型,枢纽主要建筑物由泄水闸、船闸、厂房及土坝连接段等组成。

纵向混凝土围堰为重力式C20素混凝土,直角梯形断面,由永久部分和临时部分组成,上游临时部分与闸墩墩头相连接,下游永久部分为溢流坝段分隔墙,分隔墙座落在护坦上,临时部分与分隔墙相连接,总长度为294.5 m,分为20段,标准段长15 m,其余段长9.5~20 m,段与段之间有一条横缝,缝宽2 cm,为上下垂直通缝,缝间充填泡沫板。堰顶宽度为4.5 m,桩号0-0~0-125段顶高程为243.45 m,桩号0+25.5~0+195段顶高程为242.65 m,坡比均为1:0.65,纵向混凝土围堰底高程为219 m,爆破拆除总方量为34 518 m<sup>3</sup>。

上、下纵向混凝土围堰紧临该项目水电站闸墩、闸门及附属建筑设施,距最近闸门约23.6 m;纵向围堰距水电站厂房及设备约120 m,上游围堰距左岸管理用房约312 m,下游围堰距左岸居民区域约287 m。

## 2 施工中的难点问题

(1)需爆破拆除的上下游纵向混凝土围堰与泄水闸闸墩连接,同时紧邻厂房,周边环境非常复杂,爆破难度大。

收稿日期:2017-10-28

(2)爆区周围均为重要的永久性建筑物,爆破安全控制标准要求高,必须严格控制爆破震动产生的影响,做好爆区周围建筑物的安全防护。

(3)围堰左侧为厂房进水口,因此,围堰的大量爆渣只能向右岸基坑一侧抛掷,且爆破作业与坝顶排架柱作业面同时进行,更需要做好爆破防护工作,严格控制飞石距离。

(4)围堰爆破后要求底面为一个水平面,尤其下游围堰临时部分爆破后,要求将永久部分作为分隔墙使用,因此而对炮孔底标高提出了较高的要求。钻孔施工时,孔位、孔深、角度要精确控制。

## 3 差异化控制爆破设计

### 3.1 爆破设计的总思路

根据围堰拆除的实际情况、涪江水位、安全要求、清渣方便、机械设备施工能力及爆破时间等因素,采用垂直主炮孔,梯形层面钻少量倾斜孔的方式;对于靠近水电站闸墩和闸门区域;预先打减震孔进行减震,先拆除围堰水上部分,再拆水下部分,由里向外,按区域、分块、分层,采用差异化控制爆破拆除的总体设计方案。

考虑到上下游纵向围堰的不同情况进行个性化设计,先进行直墙段,后斜墙段,同时按照浇筑分仓高度每层3 m、分层分梯段爆破。为保证闸墩、闸门及附属设施安全,爆破拆除前,预先在与闸墩结构缝相邻的围堰体上形成减震带,减震孔孔深超过主炮孔深度1.5倍,以减少爆破震动对闸墩的影响。先爆破拆除远离闸墩的围堰体,然后按照由远至近的施工顺序依次进行,最后爆破拆除紧临闸墩的围堰体;按照3 m一个分层台阶,

15 m 一个爆破区域进行施工;采用毫秒微差定向控制爆破技术实施爆破;设计起爆网络时,按自右向左分组逐排起爆,使爆破破碎块体主要向右侧基坑抛掷。

### 3.2 差异化爆破参数的设计

#### 3.2.1 预裂孔爆破参数

在围堰与闸墩结合处钻 2 排密集预裂孔,形成一条减震带,将围堰与闸墩分离,相距 50 cm。在围堰与闸墩结构缝一侧围堰体上再钻 2 排垂直密集减震孔,以减少爆破震动对闸墩的影响,从而有效保护闸墩和附属设施安全。钻孔直径为 90 mm,孔距 60 mm,用潜孔钻造孔,上游围堰减震孔孔深超过主炮孔深度 1.5 倍,下游围堰减震孔一次性钻至永久分隔墙顶面高程。预裂孔采用 φ32 2#岩石乳化炸药,线装药密度为 500 g/m,孔底处装药 1.5 kg,堵塞长度为 2 m。

#### 3.2.2 主爆孔爆破设计

根据爆破设计总体思路,先爆破拆除直墙段。按照围堰分仓高程统计数据,尽量充分利用每区

段的浇筑分仓高程,每次钻孔深度以浇筑分仓高程为原则,以保证爆破后底面的平整度,为下一层爆破创造良好的标高条件。根据不同区块的不同浇筑分仓高程进行差异化爆破设计。直墙段爆破钻孔的直径为 90 mm,台阶高 3 m,孔深 3.2 m(主炮孔 3 m,超深 0.2 m),直墙段顶部布置两排垂直孔,两侧距临空面 1.25 m,垂直孔排距 2 m。斜墙段根据高程的不同顶面宽度逐渐加大。为使爆破后底面平整,控制斜面孔深尤为关键。根据斜面坡度计算每次孔深的减少量,以保证孔底高程在一个平面上。

主爆孔钻孔直径为 115 mm,台阶高 3 m,孔距 2 m,排距 1.5 m,最右侧为第一排孔,共分四层到设计爆破拆除底高程,其中第一、二层中的第一排孔距离堰体边缘 1.2 m,第三、四层中的第一排孔距离堰体边缘 1.5 m。第一层 3 排孔,以后每层增加一排孔,直至第四层 6 排孔。炮孔钻孔参数见表 1。

主炮孔采用连续装药结构,将每 m 装药量形

表 1 钻孔参数表

名称	孔径 D /mm	孔深 L /m	孔底高程 /m	孔距 a /m	排距 b /m	抵抗线 W /m
主爆孔	115	3.2	226	2	1.5	1.5
预裂孔	90	3.5	225.8	0.6	/	/
减震孔	90	3.2	226	0.6	/	/

成药卷绑在竹片上,药卷之间用导爆索联接,药卷与竹片绑好后一起插入炮孔中。要使药卷居于炮孔中间位置,第 1、2 排炮孔炸药单耗 0.5 kg/m<sup>3</sup>,第 3、4 排炮孔炸药单耗 0.35 kg/m<sup>3</sup>,最后一排孔炸药单耗 0.3 kg/m<sup>3</sup>。孔口堵塞长度按照最右侧炮孔堵塞 1.2 m,中间竖直主炮孔堵塞 1 m,最左

侧堵塞 1.5 m 实施。堰体底部考虑水压力作用,需要采用高单耗、爆破孔间排距按照 1.25 m × 1.25 m 进行布置,待抵消水压作用后按照 0.75 kg/m<sup>3</sup> 的单耗值进行装药。通过采取不同的爆破参数,对围堰进行控制爆破拆除,取得了差异化控制爆破效果。装药参数见表 2。

表 2 装药参数表

名称	单耗药量 /g · m <sup>-3</sup>	线装药量 /g · m <sup>-1</sup>	药卷直径 /mm	不耦合系数	单孔装药量 /kg · 孔 <sup>-1</sup>	装药说明
主爆孔	350		32	2.4	3.2	1.5 倍 φ32 药卷
预裂孔		400	32	2.81	1.5	
减震孔		400	32	2.81	1.5	

### 3.3 爆破安全设计

#### (1) 爆破安全控制标准的确定。

根据国内外工程界多年来的大量工程实践和经验总结,该工程拆除控制爆破采用质点振动速度作为安全判据。按照《爆破安全规程》(GB6722-2014)等我国现行规范标准及类似工程经验,结合该工程建筑物抗震特性进行综合分析,各保护对象质点振动速度安全允许标准为 5 cm/s。

#### (2) 安全允许最大单响药量。

安全允许最大单响药量按式(1)计算:

$$Q = R^3 \left( \frac{v}{k} \right)^{3/\alpha} \quad (1)$$

式中 Q 为最大单响药量;R 为爆源至保护物的距离(m);v 为安全允许振速(cm/s);k,α 为与爆区地形地质条件有关的系数和衰减系数,参考《水电水利工程爆破施工技术规范》,取 k=126,α=1.69。

为将爆破振动降至最小,根据相关工程经验,

综合以上因素,计算最大一段起爆药量。经分析得知:最大一段起爆药量作用的防护对象是闸门,因此对上游纵向围堰单响最大爆破药量进行了计算(表3)。

表3 单响起爆最大药量表

允许振速 /cm·s <sup>-1</sup>	爆点至保护 目标距离 /m	单响起爆 最大药量 /kg	设计单响起 爆最大药量 /kg	评价
	5	23.6	42.8	
		32		满足要求

(3)爆破安全飞石距离。

爆破安全飞石距离按式(2)计算:

$$R = \sqrt{\frac{K}{v}} \times \sqrt[3]{Q} \quad (2)$$

式中  $Q$  取 32 kg;  $v$  取 5 cm/s,  $k = 126$ ,  $\alpha = 1.69$ 。

计算结果为:  $R$  约等于 21.4 m。故最终将该工程安全警戒距离设置为 200 m。

## 4 安全防护与振动监测

### 4.1 安全防护措施

(1) 纵向混凝土围堰拆除段上下游两侧采取竹篱笆及废旧皮带覆盖,结合单孔装药量控制飞石距离,以保护两侧建筑物及设备安全。

(2) 爆破前,对炮孔采取废旧皮带和砂袋覆盖,尤其注意对高压线附近区域的炮孔覆盖防护。

(3) 对靠近纵向围堰闸孔附近的闸门,采取废旧轮胎及皮带覆盖进行保护。

### 4.2 振动监测措施

(1) 监测仪器。爆破振动监测仪器为由成都中科测控有限公司生产的新一代智能爆破测振仪,仪器型号为 TC-4850 爆破测振仪,用于该工程爆破环境的安全评估及类似领域的各种振动监测。

(2) 测点布置。为了较全面地监测枢纽工程在围堰爆破拆除中的安全状况,根据爆破施工方案布置振动安全监测断面和测点。在距离纵向围

(上接第 47 页)

行正常,运行参数和状态监控数据保存完好。

## 4 结语

门机起重机增加安全监控管理系统,对其安全使用和安全管理具有重要意义,提升了其控制力,较老式门机更为可靠、安全。视频监控可以全方位监控大车轨道及周边环境、小车轨道及周边环境、机房内起升机构的运转情况;参数监控可以实时记录各起重参数以及所有的操作指令、工作时间、累计工作时间等。安全监控管理系统能广

泛最近的闸墩顶、项目部民房集中区域各布置了一处振动测点,每个测点布置 2~3 个测向,即竖直方向、顺水流方向和垂直水流方向。

(3) 监测数据分析。爆破振动监测共获取了 2017 年 4 月 13 日~6 月 15 日两个监测点、28 组数据,其中最小振动速度为 0.04 cm/s,最大振动速度为 1.09 cm/s,最大振动速度时单孔装药量为 7.38 kg,单响起爆一次最大爆破药量为 29.52 kg。因此,分析基础质点振动速度小于预控的 5 cm/s,闸墩及民房集中区域在爆破过程中的振动放大效应不明显,说明围堰拆除爆破振动对监测区域范围内的影响甚微。

## 5 爆破效果

大型复杂结构围堰安全拆除爆破设计在潼南航电枢纽工程中的应用取得了较好的效果。本次“差异化控制爆破施工技术”在该项目围堰拆除中安全性高、爆破效果良好。爆破碎渣大部分向预定右侧基坑方向抛移并沉入水下,无飞石伤及电站厂房、设备。爆破振动经有资质的单位实施监测,其振动监测结果显示最大振动速度为 1.09 cm/s,最大振动速度小于安全允许标准 5 cm/s,符合《爆破安全规程》(GB6722-2014)规范标准,减震槽减震效果良好,围堰安全成功地被予以拆除,在安全、质量、经济效益方面亦取得了较好的成果,基本达到了建设单位的要求。

### 参考文献:

- [1] GB6722-2014,爆破安全规程[S].
- [2] 刘清荣.控制爆破[M].武汉:华中工学院出版社,1986.
- [3] 汪旭光.中国典型爆炸工程与技术[M].北京:冶金工业出版社,2006.

### 作者简介:

蒋永亮(1984-),男,河南鹤壁人,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)

泛推广应用与门式起重机,实现用科技的手段提升设备的安全,强化安全管理。

### 参考文献:

- [1] GB/T28264-2012,起重机安全监控管理系统[S].
- [2] GB 6067.1-2010,起重机械安全规程[S].
- [3] 高金滑.安全监控管理系统在门式起重机中推广探讨[J].机械研究与应用,2014,27(2):117~119.

### 作者简介:

肖 飞(1983-),男,重庆市人,工程师,从事航电枢纽金属结构技术与运营方面的工作。  
(责任编辑:李燕辉)