# 枕头坝一级水电站右岸3#~5#泄洪闸闸墩混凝土水上施工工艺研究与实施

严 亚 雄
(国电大渡河枕头坝水电建设有限公司,四川 乐山 614700)

**摘 要**:介绍了在闸墩胸墙以下每个闸墩单独全断面浇筑上升,胸墙以上施工时分上、下游两段分别浇筑上升,即在闸墩上设置临时施工缝,每个闸墩前半幅作为先浇块与胸墙连在一起先期上升,以保证泄洪闸金属结构安装等工作能提前进行,而对于施工缝面以下各闸墩作为后浇块单独浇筑上升。

**关键词**:泄洪闸;混凝土;施工方案;枕头坝一级水电站
**中图分类号**:TV552;TV544;TV52;TV7 **文献标识码**: B **文章编号**:1001-2184(2015)06-0113-05

## 1 工程概述

枕头坝一级水电站3#~5#泄洪闸坝段位于导流明渠内,左岸与右岸距离为42 m,泄洪闸进口底板高程为585 m,单孔尺寸为8 m×16 m(宽×高),孔顶以上设胸墙,胸墙底高程为601 m;坝顶高程626.5 m,闸墩高41.5 m;中墩厚5 m,边墩厚4 m;闸底板厚8 m,闸室顺水流方向长60 m。3#~5#泄洪闸闸墩在2011年10月已施工至高程595 m,其以上部分于2013年汛末开始施工,2014年汛前浇筑到设计高程,以满足2014年汛期泄洪的要求。2014年汛后安装检修闸门,利用检修闸门挡水和3#~5#泄洪闸消力池尾部土石围堰、纵向混凝土围堰形成三期基坑。为降低事故门槽安装强度,事故门槽分两个阶段向金结提交工作面,分别为604 m高程以及将闸墩混凝土浇筑到设计高程。

大渡河洪水是在上游融雪基础上加上中下游暴雨洪水组成。由于汇流面积大、雨区分散、降雨多连续发生,因而往往形成多峰洪水,涨落变幅小、底水高、持续时间长,其中下游地区受青衣江、马边河暴雨区的影响暴雨出现机会较多,多发生短历时强降水,形成洪水的过程陡涨陡落,峰高、量相对不大。

该电站上游的深溪沟电站已完建,为以发电为主的大型水电站,深溪沟水电站共设四台机组,单机额定流量650 $m^3/s$,最大引用流量2 600 $m^3/s$,总装机容量660 MW,库容0.322 7亿 $m^3$,具有日调节能力,对枕头坝一级水电站设计洪水成果的调节影响小。

深溪沟电站上游为瀑布沟电站,亦为已完建工程,是以发电为主、兼顾防洪任务的大型水电站,总装机容量3 300 MW,库容50.64亿 $m^3$,具有季调节能力,其将对枕头坝一级水电站的设计洪水具有一定的调节影响。

根据深溪沟水库出库流量,实测了3#~5#泄洪闸过流水位,建立了深溪沟出库流量与导流明渠3孔泄洪闸处595 m高程以下水位流量关系(表1)。

2013年10月,深溪沟电站下泄流量处于1 000~3 000 $m^3/s$之间,此时枕头坝一级水电站已浇筑到高程595 m的闸墩经常被淹没,不具备施工条件。结合总工期安排,3#~5#泄洪闸务必在10月开始施工,故必须依靠上游两座电站限流,创造必要的施工条件。由于3#~5#泄洪闸595 m高程以上混凝土施工期间导流明渠一直处于过流状态,施工安全问题非常严峻。

另外,在3#~5#泄洪闸高程595~601 m施工期间流量较大时存在水位超高的风险,因其流速较大,模板及钢筋加固难度大,进而影响到混凝土浇筑。

## 2 水上施工工艺研究

### 2.1 施工工艺

对于闸墩胸墙以下每个闸墩单独全断面浇筑上升,胸墙以上施工时分上、下游两段分别浇筑上升,即在闸墩上设置临时施工缝,每个闸墩前半幅

收稿日期:2015-10-15

**表 1　深溪沟电站出库流量与 3#~5#泄洪闸水位关系表**

| 上游水位高程 /m | 流量 $Q$ /$m^3 \cdot s^{-1}$ | 上游水位高程 /m | 流量 $Q$ /$m^3 \cdot s^{-1}$ | 上游水位高程 /m | 流量 $Q$ /$m^3 \cdot s^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 592 | 906 | 596 | 1 520 | 598 | 2 040 |
| 593 | 1 035 | 596.5 | 1 687 | 599 | 2 250 |
| 594 | 1 164 | 597 | 1 770 | 600 | 2 624 |
| 595 | 1 232 | 597.5 | 1 886 | 601 | 3 150 |

作为先浇块与胸墙连在一起先期上升,以保证泄洪闸金属结构安装等工作能提前进行;施工缝面以下各闸墩作为后浇块单独浇筑上升。将临时施工缝作成台阶状,向上游方向收台阶,台阶宽 1 m。施工缝面设键槽、插筋,台阶顶面在后浇块上加并缝钢筋。浇筑层高按 3 m/层控制,共分 11 层,胸墙第一层一次立模后分两次浇筑成型,第一次浇筑 1.5 m,待混凝土强度达到要求后进行第二次 1.5 m 的浇筑。胸墙及弧门支座牛腿处的支撑采用型钢在钢筋加工厂焊接成桁架,施工现场组焊成型。其中胸墙处直接在桁架上进行方木、模板的铺设,中间夹楔块以利于拆除,弧门支座牛腿在桁架上采用 φ48 钢管搭设承重架、套可调丝杠然后进行模板的铺设。闸墩墩头墩尾采用定型大钢模,其他部位除门槽和胸墙部位外,原则上采用大钢模。所有建筑材料使用布置在右岸非溢流坝段坝顶和纵向导墙上的两台 MQ1260 门机吊运入仓。施工人员通过布置在左右两侧的爬梯进出仓号,闸墩间设有交通栈桥。

### 2.2　施工程序

3#~5#泄洪闸混凝土施工程序为:

制作安装安全操作平台→闸墩之间挂设第一层安全网→开凿闸墩水平键槽及表面凿毛→打锚筋桩孔、安装锚筋→钢筋及止水修复→基础面验收→测量放线→安装钢筋→安装模板(含搭设支撑钢管架)→仓号验收→混凝土浇筑→拆模、养护→下一层备仓、混凝土浇筑与养护。

### 2.3　水流控制

结合进度计划安排及水位流量曲线综合分析,3#~5#泄洪闸限流分四个阶段进行,闸墩高程 595~598 m 为第一阶段,闸墩高程 598~601 m 为第二阶段,胸墙高程 601~604 m 为第三阶段,高程 595~601 m 门槽导轨安装及二期混凝土回填为第四阶段,其中在第四阶段控流期间,高程 601~604 m 层的剩余工作可以施工完成,后续施工不需要控流,限流情况见表 2。

**表 2　3#、4#、5#泄洪闸浇筑期间限流流量~时间表**

| 闸墩浇筑高程 /m | 限流时段 | 限流高程 /m | 限流量 /$m^3 \cdot s^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| 595~598 | 20131110~20131206 | 594 | 1 164 |
| 598~601 | 20131207~20131218 | 597 | 1 770 |
| 601~604 | 20131219~20140107 | 599 | 2 250 |
| 595~601 门槽的安装及回填 | 20140108~20140122 | 594 | 1 164 |

结合枯水期上游电站的发电情况,限流主要为高程 595~601 m 之间。

### 2.4　胸墙及牛腿底部支撑承重架的设计

胸墙及牛腿底部模板支撑体系采用钢桁架,桁架由型钢加工制作成桁架片连接而成,间距 120 cm,桁架片直接锚固于已浇筑混凝土上,锚固长度为 50 cm。

桁架片设计计算情况见图 1。

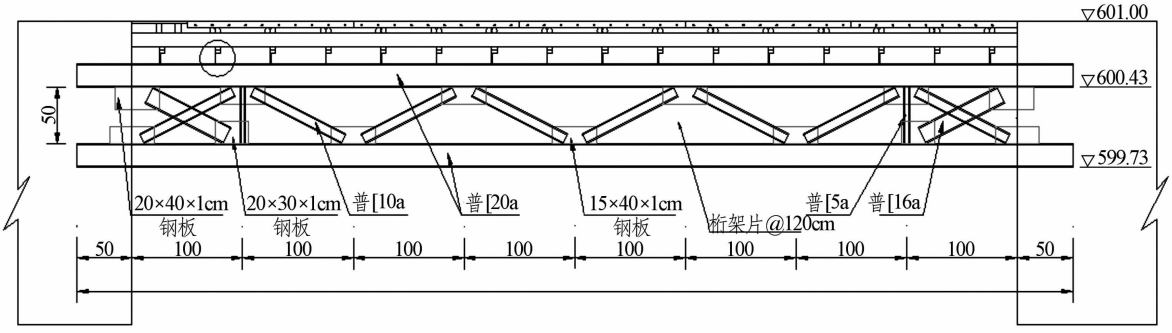


图 1　胸墙桁架片设计图

钢筋混凝土浇筑厚度按 1.5 m 计算,桁架片间距 120 cm,底模采用小钢模,铺设在桁架顶上,

桁架片荷载为：

恒载为钢筋、混凝土和底模所施加的荷载：$q_{恒}=27\times1.5\times1.2=48$（kN/m）。

活载为人和机械等所施加的荷载：$q_{活}=6$ kN/m。荷载为均布线荷载（图 2）。

荷载作用下桁架片的弯矩见图 3。

根据 PKPM 计算：梁上部受拉最大弯矩 $M=40.58$ kN·m，最大应力 $\sigma=191.91$ kN $<f=215$ kN。

荷载作用下桁架片的剪力见图 4。

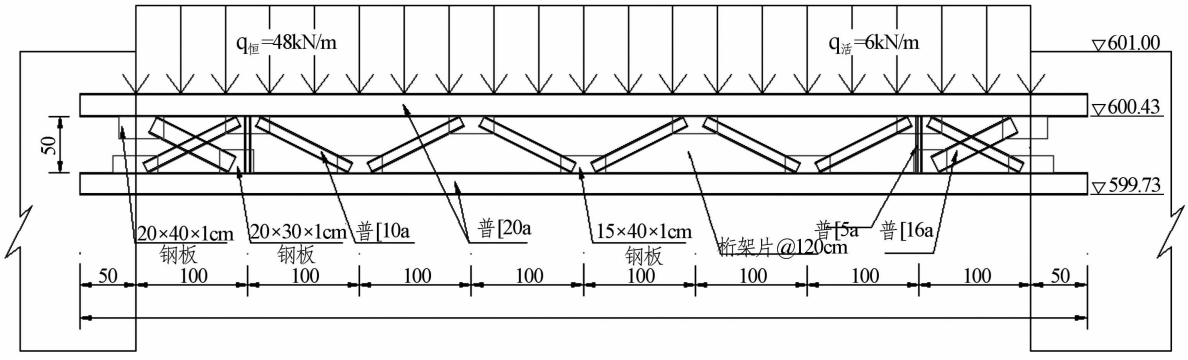


图 2　胸墙桁架片荷载图

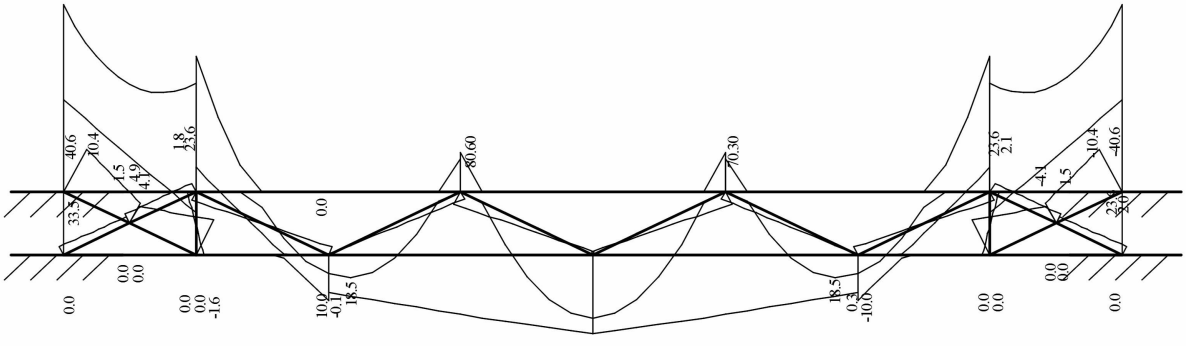

图 3　弯矩包络图

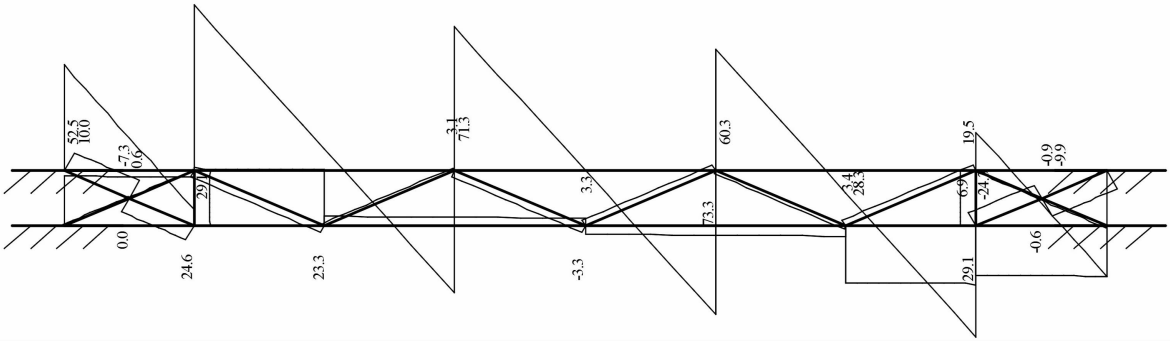

图 4　剪力包络图

根据 PKPM 计算：最大剪力 $V=82.24$ kN，最大剪应力 $\tau=67.5$ kN $<f_v=125$ kN。

荷载作用下桁架片的挠度变形见图 5。根据 PKPM 计算：

梁的（恒＋活）最大挠跨比：1/487 < 梁的容许挠跨比：1/400。

通过上述计算得知，桁架承载力满足施工要求。

## 3　水上施工工艺实践

### 3.1　混凝土面凿毛及凿键槽

对老混凝土表面进行人工凿毛处理。使用钢钎、风镐将其表面凿毛，清理松动的石子，露出老混凝土的坚实层，再用冲毛机将缝面冲洗干净并将坑洼中的明水用棉纱吸干，保证仓面无积水。

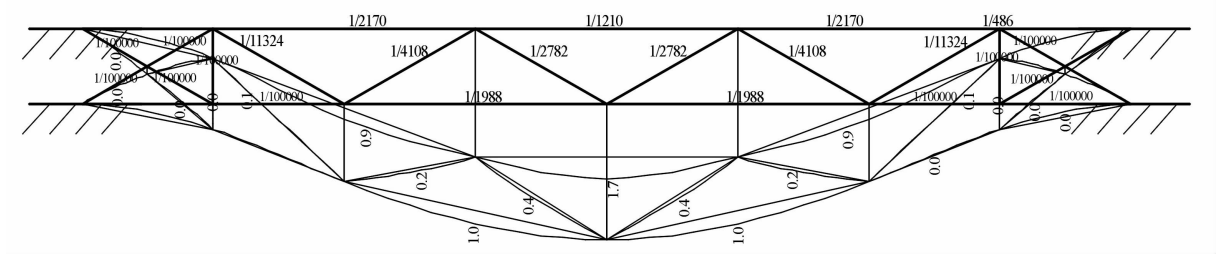


图5　钢梁绝对挠度图

混凝土凿键槽主要采用液压破碎锤施工,对于局部破碎锤不能施工的区域用风镐进行凿挖施工。施工前,测量人员按照图纸放出键槽尺寸,首先采用切割机对混凝土进行切割,然后采用破碎锤及风镐进行凿挖,破碎锤采用门机吊装入仓,施工过程中遇超高水位时及时将其吊出仓号。

### 3.2　钢筋桩施工

钢筋桩造孔采用哈迈90液压钻施工,造孔孔径为φ90,孔深1.5 m,孔内注入M35水泥砂浆,其中闸墩中墩间排距为2 m×2 m,边墩间排距为1.5 m×2 m,注浆采用注浆机搅拌后由人工灌注,液压钻采用门机吊装入仓,施工过程中遇超高水位时及时将其吊出仓号。

### 3.3　钢筋及止水的修复

#### 3.3.1　钢筋的修复

对弯曲的钢筋需要套钢管调直,对断损的钢筋则采用风镐逐根凿挖,凿挖深度为露出钢筋至少10 $d$($d$为钢筋直径),然后进行焊接。

#### 3.3.2　止水的修复

(1)铜止水的修复。

对于撕裂的铜止水片,先将被撕裂的铜止水复位,然后对裂口进行双面焊接,必要时采用风镐凿挖;对于有破洞或缺口的铜止水片,先恢复破洞或缺口部位止水的平整,然后采用与受损止水同母材的铜片(尺寸根据破洞或缺口的大小决定,采用搭接焊接的方式)进行补洞双面焊接;对于产生弯折变形的铜止水片,待其表面清理干净后,人工使其复位。

(2)橡胶止水的修复。

对于橡胶止水带上的破损采用橡胶止水片补缺,采用黏结剂连接的方式修复,搭接长度不应小于20 cm。修复施工前,应将橡胶止水带表面清理干净。

### 3.4　测量放样

测量人员用全站仪依据设计图纸进行模板大样、钢筋位置及预埋件位置的放样。

### 3.5　钢筋安装

根据图纸要求在钢筋加工厂进行钢筋加工,然后运往施工现场,施工人员依据测量放样的控制点进行钢筋安装,钢筋安装必须满足相关规范要求。

### 3.6　模板制安

闸墩墩头和墩尾模板采用定型钢模板,其他位置主要采用DOKA模板,门槽及局部位置采用P3015、P1015及木模板,DOKA模板及闸墩定型模板使用门机进行安拆。胸墙和牛腿模板采用P3015、P1015及木模板,将支撑加固钢管搭设在桁架上,钢管架的搭设按一般规则进行。在第一层模板安装时,由于收面高程高低不平并且部分边缘被洪水冲坏,为缩短限流时间,加快模板安装速度,模板主要采用大模板,在高程595 m层提前制作钢支撑,钢支撑高30 cm,大模板采用门机直接吊装架立在钢支撑上进行内撑内拉,30 cm空隙统一采用2 cm厚、30 cm宽的竹胶板补缝。

### 3.7　混凝土浇筑

3#、4#、5#闸墩主要使用右岸挡水坝段顶部的3#-2MQ1260门机与右岸纵向导墙上1#MZQ1260门机吊进行3 $m^3$或6 $m^3$卧罐入仓浇筑。先在老混凝土面水平面铺2~3 cm厚的砂浆,然后浇筑混凝土。根据仓面大小和入仓能力分别采用平铺法和台阶法。铺料方向为沿仓号短边方向,铺料厚度为50 cm,采用台阶法时要确保台阶层次清楚、有序,平仓和振捣主要选择φ100插入式振捣器,振捣的方式为梅花形布置,振捣时间以混凝土不再显著下沉、不出现气泡、开始泛浆为准。

### 3.8　混凝土拆模及养护

混凝土浇筑完毕 12 ~ 18 h 内,对混凝土表面进行洒水养护。混凝土满足强度后拆模,拆模时应注意对细部结构边角的保护和拆模后的光洁度,对破损部位进行合理地修补。拆模后的混凝土要及时进行洒水养护,养护时间为 28 d 左右,如有覆盖要求,可采用麻袋片保护。

### 3.9　胸墙及牛腿底模的拆除

待混凝土强度达到设计要求后,立即进行底模的拆除。模板拆除工序流程为:首先在已浇筑完成的胸墙或牛腿上下放吊篮,人员站在吊篮上拆卸木楔,待木楔拆除后,采用门机吊住模板一头的拖拽方式整体拆除模板。待模板拆除后,立即进行钢桁架拆除,施工人员站在吊篮对桁架吊钩穿 2 套钢丝绳,1 套采用卡环与胸墙或牛腿钢筋牢固相连,待两个吊钩钢丝绳都绷紧后,人工对桁架片进行切割,待桁架片两边全部切断后,将上游钢丝绳慢慢松动,钢桁架在自重作用下慢慢滑出胸墙底部,固定钢丝绳,将门机吊钩勾住另一套钢丝绳,提起桁架片,解掉固定在钢筋上的钢丝绳。如此反复,直至桁架片全部拆除。

## 4　结　语

枕头坝一级水电站 3# ~ 5#泄洪闸闸墩高程 595 m 以上的混凝土于 2013 年 10 月初开始在不限流条件下穿插进行高程 595 m 施工缝面的处理,2013 年 10 月 29 日 ~ 11 月 10 日期间,采用上游电站限流的方式控制过流量,在高程 595 m 以下完成了高程 595 m 以上的第一层混凝土浇筑施工,2014 年汛前浇筑到设计坝顶高程,满足了枕头坝一级水电站 2014 年安全度汛要求。

在枕头坝一级水电站 3# ~ 5#泄洪闸闸墩混凝土水上施工工程中,有效地解决了以下水上施工中的难点:(1)3# ~ 5#泄洪闸高程 595 m 以上混凝土施工期间,导流明渠一直处于过流状态,施工安全问题非常严峻。(2)3# ~ 5#泄洪闸高程 595 ~ 601 m 施工期间流量较大时,存在水位超高风险且流速较大,模板及钢筋加固难度大,进而影响到混凝土浇筑。在确保安全的情况下,汛前浇筑至设计高程,成功地降低了汛期施工带来的较大安全、投资、进度风险,保证了混凝土浇筑的质量优良。

**作者简介:**

严亚雄(1990-),男,四川成都人,助理工程师,学士,从事水电工程建设技术与管理工作.

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 112 页)

的冲击力;③当孔内混凝土进入钢筋骨架 4 ~ 5 m 以后,适当提升导管,减小导管的埋置长度,以增加骨架在导管口以下的埋置深度,从而增加混凝土对钢筋骨架的握裹力。

在灌注接近结束时,由于导管内的混凝土柱高减小,超压力降低,而导管外的泥浆及所含渣土稠度增加,相对密度增大,如在这种情况下出现混凝土顶升困难时,可在孔内加水稀释泥浆并掏出部分沉淀土,使灌注工作顺利进行。在拔出最后一段长导管时,拔管速度要慢,以防止桩顶沉淀的泥浆挤入导管下形成泥心。

由于高性能混凝土粉煤灰掺量较大,粉煤灰可能上浮堆积在桩头,故加灌高度应考虑此因素。为确保桩顶质量,在桩顶设计标高以上应加灌 100 cm 以上,以便灌注结束后将此段混凝土清除。

在混凝土灌注过程中,灌注前应进行坍落度、含气量、入模温度等项内容的检测;对于在各灌注时间、混凝土面的深度、导管埋深、导管拆除以及发生的异常现象等,应指定专人进行记录,严格控制灌注过程。

## 3　结　语

该工程 30% 的混凝土灌注桩均采用超声波投射法对混凝土质量进行了检查,抽查结果表明混凝土质量满足设计要求。灌注桩质量事故多因机械、技术等因素造成,因此,只有在施工过程中抓好各个环节的管理工作,才能保证施工质量。

**作者简介:**

唐　岷(1983-),女,四川乐至人,工程师,硕士,从事水电工程建设技术管理工作.

(责任编辑:李燕辉)