

# 苏洼龙水电站大江截流施工技术

马作霖, 李家富

(中国葛洲坝集团第一工程有限公司,湖北 宜昌 443002)

**摘要:**根据苏洼龙水电站大江截流施工经验,在合龙困难阶段水流流速大,对抛投料冲刷强烈,现场抛投大块石串极易被水流冲走,因此,截流困难阶段不应使用大块石串抛投,而应采用四面体串(3个一串)进行上挑角抛投进占,四面体串稳定不被冲走时,下游侧进占及时跟进。

**关键词:**苏洼龙水电站;截流设计;施工布置;施工技术

**中图分类号:**[TM622];TV551.2;U415.6

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2018)06-0114-04

## 1 工程概况

苏洼龙水电站位于金沙江上游河段四川巴塘县和西藏芒康县的界河上,为金沙江上游水电规划13个梯级电站的第10级,其上游为巴塘梯级,下游为昌波梯级。电站共设置4台水轮发电机组,总装机容量1200 MW,为一等大(1)型工程,多年平均发电量54.26亿 kWh(联合),年利用小时数4522 h(联合)。

本工程导流采用断流围堰一次拦断河流,隧洞导流,土石围堰挡水,基坑全年施工的导流方式;枯期由导流隧洞泄流,汛期由导流隧洞、泄洪放空洞联合泄流。

## 2 截流设计

### 2.1 截流时间及设计标准

截流设计标准采用10年一遇11月中旬旬平均流量 $693 \text{ m}^3/\text{s}$ ,截流时间为11月中旬,相应上游最高水位为2389.81 m,在考虑截流过程中上游水位雍高及安全超高等因素影响,截流戗堤顶部高程确定为2392.00 m。

### 2.2 戗堤位置及结构

根据围堰防渗体与围堰整体结构的相对位置关系,为防止截流合龙时戗堤进占抛投料流失进入防渗体,因此将截流戗堤布置在上游围堰轴线上游侧67.5 m处。

现场实测地形戗堤轴线长约200.6 m,为满足截流时戗堤堤顶交通及稳定要求,戗堤顶宽定为25.0 m,戗堤断面为梯形,上、下游边坡坡度均取为1:1.5,戗堤轴线方向进占边坡坡度为1:1.3。

### 2.3 截流方式及龙口设计

考虑截流戗堤处河谷右岸覆盖层深厚、左岸岩石出露,将截流龙口布置于河床靠左岸,左戗堤预进占13 m,右岸戗堤预进占104.1 m。同时,根据合龙过程中不同宽度对应龙口的流速、落差及单宽功率等水力学指标,对截流过程龙口段进占共划分为三个区,以便于施工时控制抛投材料及采用适当的抛投技术。

龙口Ⅲ区合龙时采用双向戗堤进占立堵法,其余龙口段采用从右岸向左岸进占的单戗堤立堵截流方式。具体截流进占及龙口位置和分区示意图见图1。

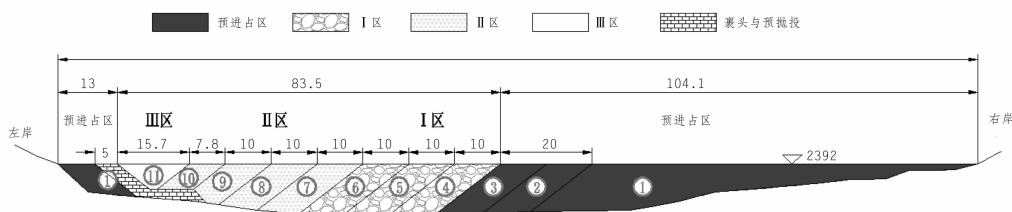


图1 截流进占及龙口位置和分区示意图(面向下游,单位:m)

## 3 截流施工布置

收稿日期:2018-10-17

### 3.1 截流料源及备料

左岸预进占段直接进占抛投,龙口Ⅲ区左岸

抛投材料提前备存于左岸的截流备料场。

右岸预进占段和龙口 I 区④⑤小区直接进占抛填,龙口 II 区⑥~⑩小区和 III 区右岸抛投材料

提前备存于右岸戽堤下游附近沿线的河滩部位。

龙口段左右岸截流备料计划详见表 1。

3.2 截流设备选择与布置(见表 2)

表 1 截流前龙口合龙段戽堤⑥~⑩区左右岸备料计划表

| 序号 | 施工项目       | 粒径或规格     | 左岸                    | 右岸                    |
|----|------------|-----------|-----------------------|-----------------------|
|    |            |           | 备料工程量 /m <sup>3</sup> | 备料工程量 /m <sup>3</sup> |
| 1  | 石渣料        | 0.4 m 以下  | 535                   | 7 691                 |
| 2  | 中石         | 0.4~0.7 m | 187                   | 8 271                 |
| 3  | 大石         | 0.7~1.0 m | 150                   | 5 482                 |
| 4  | 特大石        | 1.0~1.2 m | /                     | 2 568                 |
| 5  | C15 混凝土四面体 | 单个 15t    | 150                   | 630                   |
| 6  | 人工抛投体      | 大块石串      | /                     | 867                   |
| 7  |            | 铅丝石笼      | /                     | 340                   |
| 合计 |            |           | 1 022                 | 25 849                |

表 2 截流龙口段主要施工设备布置表

| 序号 | 设备名称                   | 单位 | 左岸 | 右岸 | 合计 |
|----|------------------------|----|----|----|----|
| 1  | 1.6 m <sup>3</sup> 反铲  | 台  | 1  | 3  | 4  |
| 2  | 2.5 m <sup>3</sup> 反铲  | 台  | 1  | 3  | 4  |
| 3  | 20 t 自卸汽车              | 台  | 4  | 14 | 18 |
| 4  | 25 t 自卸汽车              | 台  | 4  | 14 | 18 |
| 5  | 3.0 m <sup>3</sup> 装载机 | 台  | 1  | 1  | 2  |
| 6  | TY220 推土机              | 台  | /  | 1  | 1  |
| 7  | TY320 推土机              | 台  | /  | 2  | 2  |
| 8  | 25 t 汽车吊               | 台  | /  | 2  | 2  |
| 9  | 洒水车                    | 台  | /  | 2  | 2  |
| 10 | 加油车                    | 台  | /  | 1  | 1  |
| 11 | 100 kVA 柴油发电机          | 台  | /  | 1  | 1  |
| 12 | 20t 平板汽车               | 台  | /  | 1  | 1  |

3.3 其他布置

截流现场在左右岸堤头和备料场上方各布置一台氙灯进行大面积照明,另配置 1 台 100 kVA 的柴油发电机作为现场备用电源。

在右岸导流洞进口上游平台布置一台全站仪,用于戽堤轴线控制并实时监测记录水位。

4 截流施工

4.1 施工程序

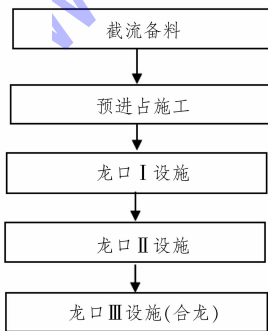


图 2 截流施工程序图

4.2 非龙口段施工

4.2.1 左岸戽堤及裹头

左岸戽堤主要采用大石堆填,并掺入适量中石及石渣料,预抛投大块石串、铅丝石笼或 C15 混凝土四面体进行压坡角保护,范围 5 m,厚度 2 m,进占物料总量约 0.43 万 m<sup>3</sup>(含预抛填护底),堤顶高程为 2 392.0 m。

4.2.2 右岸预进占及裹头

右岸预进占约 104.1 m,堤顶高程 2 392.0 m。堤头抛投料以石渣料为主,堤头下游侧坡脚采用大石进行裹头保护。进占物料总量约 2.72 万 m<sup>3</sup>,其中石渣料约占 91%,中石、大石和特大石约占 9%。

4.2.3 预进占抛填施工方法

(1)非龙口段填筑料采用 20~25 t 自卸汽车运输(其中 C15 混凝土四面体采用 25 t 平板汽车运输),全断面填筑,端进法抛填,推土机配合施工。深水区域堤头集料,推土机推料抛投。

(2)抛投材料如发现有流失现象,则在堤头进占前沿的上游角先抛投一部分大、中石,在其保护下,再抛填戽堤石渣料;必要时采用防冲裹头保护。同时根据水文、水情预报,当来水流量较大时,提前采用抛投大石或中石进行裹头保护。戽堤断面为梯形,上、下游边坡坡度均取为 1:1.5,戽堤轴线方向进占边坡坡度为 1:1.3。

(3)在进占的同时,戽堤顶部、上游防渗墙施工平台尾随铺筑(防渗墙施工平台部位抛填细石渣料),并派专用设备和人员养护路面、平整场地,确保龙口合龙过程中大型车辆畅通无阻。

(4)左岸预进占段,块石堆填至 8 m 长度时,

立即开始进行进占方向5 m、上下游方向45 m范围内的裹头保护施工,堤头上下游高速水流部位主要采用抛投大块石、特大石串或C15混凝土四面体进行裹头防护,大块石、C15混凝土四面体及特大石串采用推土机或25 t汽车吊配合抛投至预定部位;龙口Ⅲ区底部护底部位主要抛投铅丝石笼、部分C15混凝土四面体及大石串,铅丝石笼为采购的成品,现场拼装后,采用25 t汽车吊配合抛投至预定部位,大石串提前完成单个块石穿绳孔,现场采用2~3个块石通过钢丝绳串联后,25 t汽车吊配合抛投至预定部位,护底厚度为2 m。护底抛填施工顺序先上游后下游。

### 4.3 龙口段施工

#### 4.3.1 龙口1区

龙口从右岸向左岸单向进占,进占长度30.0 m,龙口宽度由83.5 m缩短至53.5 m,龙口流速2.02 m/s~4.10 m/s。进占物料设计量约1.37万 $m^3$ ,其中石渣料约占61%,中石约占26%,大石占10%。在接近53.5 m龙口宽度时抛投部分特大石和大石串进行裹头和护坡(占比为3%)。

#### 4.3.2 龙口2区

进占长度为37.8 m,龙口的宽度由53.5 m缩短至15.7 m,其龙口流速为4.10 m/s~5.13 m/s~3.16 m/s,合龙进占进入最困难段。进占物料设计量约1.42万 $m^3$ ,其中石渣料约占32%,中石约占26%,大石约占23%,特大石约占11%,大块石串和C15混凝土四面体约占8%。

在龙口宽度接近43 m时,流速最大,水流对两岸裹头冲刷强烈,此时应根据实际情况,采用上挑角约30°~45°方法进占,在上游堤头抛投一定数量的C15混凝土四面体串,再配合其他粒径石料进占,以保证戗堤两岸端头的稳定。

#### 4.3.3 龙口3区

进占长度15.7 m,龙口宽度从15.7 m至0 m,龙口流速由3.16 m/s~0.00 m/s。此区域龙口狭窄,水位落差大,尤其戗堤下游和底部容易掏刷,需要提前对龙口底部和左岸进行防护;该区域主要抛投大石、中石和石渣料。进占物料设计量约0.14万 $m^3$ ,其中石渣料约占64%,中石约占20%,大石约占16%。

#### 4.3.4 龙口段合龙主要抛投材料及施工方法

现场戗堤左右岸安排专人指挥,戗堤上按每队3~5辆车进行编队,同时端抛。龙口Ⅱ、Ⅲ区采用上挑角进占,块石混合料跟进,并根据截流龙口各区划分必要时抛投C15混凝土四面体、大块石串进占。截流现场右岸采用3台TY320或TY220型推土机在堤头推料;另外在戗堤左岸布置1台3.0 $m^3$ 装载机负责左岸堤头推料和道路维护,右岸布置2台3.0 $m^3$ 装载机进行道路维护兼辅助挖装。

#### 4.3.5 堤头设备布置及车辆行驶调度

根据截流现场实际情况,截流施工时,戗堤抛投运输车辆在各堤头分成2~3路纵队,右岸上游、左岸下游侧留一条空车退场道,堤头留有推土机停放部位。

为满足抛投强度要求,在戗堤全段面推进抛投时堤头布置2~3个卸料点,戗堤轴线及上、下游侧各1个。另根据不同部位抛投料的要求,采用不同的编队方式。靠上游一路车队侧抛填大石,另一路车队在中间和靠堤头下游侧抛投石渣料。现场指挥人员调整进占抛投料前,提前通知备料运输指挥员,指挥员并按要求运输抛投料备料,堤头进占抛投时均依据现场指挥人员的要求抛投相应粒径的石料。

不同抛投料车队分别配以不同颜色的旗帜标志,堤头指挥人员以相应颜色的旗帜分区段按要求指挥编队和卸料。

### 4.4 截流施工主要技术要点

(1)在进占过程中,如发现堤头抛投材料有流失现象,则在堤头进占前沿的上游挑角先抛投一部分大块石或块石串,在其保护下,使堤头水流在下游侧形成回流缓流区,再将中小石抛填在戗堤轴线的下游侧。

(2)在进占过程中,抛投料出水面后,及时加高,戗堤顶用碎石进行铺筑施工,并安排专人养护路面,确保截流施工道路满足大型车辆阴雨天畅通无阻的要求。

(3)龙口合龙时,Ⅰ、Ⅱ区采用单戗单向立堵进占,龙口Ⅲ区采用单戗双向立堵进占,控制戗堤顶面高出水面1m左右。抛投进占过程中,视堤

头边坡稳定情况,自卸汽车将块石串、特大石尽量直接抛入水中,同时,对卸在堤头前沿上的块石串、特大石、C15 混凝土四面体串,用大马力推土机推入水中。

(4)截流前,所有投入的各种大型机械设备必须提前检修、保养,以保证设备的性能完好。

(5)在堤头前沿设置一排石渣埂,并配备专职安全员巡视堤头边坡变化,观察堤头前沿有无裂缝出现,发现异常情况及时处理。

(6)鉴于龙口合龙抛投强度较大,抛投材料多,对抛投同一种材料的汽车须作上相同标记,并分队编号,以便于指挥。

(7)水文观测设备齐全,观测手段落实,观测条件可靠,尤其是龙口段截流进占过程中水文测验资料须及时整理分析,以便于根据龙口水力学指标调整抛投材料。

(8)在进占困难区段(Ⅱ区后两个阶段和Ⅲ区),采用沿 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 上挑角抛投方法进占,采用C15 混凝土四面体串在右堤头上坡角处推进,当抛投料形成上挑角,在其下游堤头流速减小时,及时填补进占的方法,可以减小损失量。

(9)要高度关注截流困难期(Ⅱ区)和合龙区(Ⅲ区),合理采用C15 混凝土四面体串用于上挑角进占,其他区域也要注意抛投料的混合使用,不能同一种抛投料大面积均匀使用,容易造成戗堤边坡坍塌。

(10)在截流困难期(Ⅱ区和Ⅲ区),采用上挑角进占后,戗堤下游坡角非常容易掏刷,应使该区抛投料中含有相应上挑角抛投粒径的块石重量不少于 $1/3$ ,并与较小的石块逐级配备混合抛投,避免大面积塌方现象,确保进占稳定进行。

(11)左戗堤裹头及坡角容易掏刷,且随着进占推进,覆盖层的掏刷容易引起整体塌方现象。因此,左戗堤裹头及坡角需要重点防护,采用预抛大块石或大石串压坡角,范围沿戗堤轴向不少于 $5\text{ m}$ ,沿流向不小于 $45\text{ m}$ ,抛投厚度 $2 \sim 3\text{ m}$ ,重点在戗堤上下游坡角集中堆填大石串。

(12)为减小上游围堰截流戗堤水位落差及流速,在上游围堰截流戗堤龙口合龙前,河道流量小于 $1\ 000\text{ m}^3/\text{s}$ 后,在下游围堰沿防渗墙轴线下游侧左岸提前预进占约 $60\text{ m}$ 、右岸预进占约 $40\text{ m}$ ,预进占戗堤顶部高程为 $2\ 387\text{ m}$ ,戗堤顶部宽度 $10\text{ m}$ ,上下游方向坡比为 $1:1.5$ ,进占方向坡比为 $1:1.3$ 。

## 5 结语

根据苏洼龙水电站大江截流施工经验,在合龙困难阶段水流流速大,对抛投料冲刷强烈,现场抛投大块石串极易水流被冲走,因此,截流困难阶段不应使用大块石串抛投,而应采用四面体串(3个一串)进行上挑角抛投进占,四面体稳定不被冲走时,下游侧进占及时跟进。截流期间使用铅丝石笼或者钢筋石笼进行抛投时需要现场填装块石,并且钢筋石笼在抛投过程中极易解体,现场实施效果不佳,类似截流工程施工时不考虑铅丝石笼或者钢筋石笼抛投。

### 作者简介:

马作霖(1992-),男,汉族,四川广元人,大学本科,初级工程师,现供职于中国葛洲坝集团第一工程有限公司,从事水利水电工程建设技术管理工作;

李家富(1978-),男,汉族,陕西西乡人,大学本科,高级工程师,现供职于中国葛洲坝集团第一工程有限公司,从事水利水电工程建设技术管理工作。

(责任编辑:卓政昌)

(上接第113页)

科学发展观,健全体系、落实责任、规范行为,以高度的责任感和使命感,夯实安全基础,为苏洼龙水电站工程建设保驾护航,并逐步形成具有苏洼龙特色、流域领先、可复制可推广的安全管理理念文化。**参考文献:**

- [1] 王玉强,段鑫,陈占阔.安全生产人性化管理的探索与实践[J].《中小企业管理与科技(上旬刊)》,2012(1):4-4.
- [2] 裴田文.安全为天理论为先-企业安全理念文化探索与实

践[D].红旗出版社,2015:34-40.

- [3] 钟昌波.江苏宏安集团安全理念创新探索与实践[J].能源技术与管理,2009年第6期:98-99.
- [4] 王力争,任树奎.论我国安全生产管理模式的创新[J].中国职业安全卫生管理体系认证,2001(04).

### 作者简介:

夏勇(1984-),男,四川泸州人,硕士,工程师,现供职于华电金沙江上游水电开发有限公司苏洼龙分公司,从事安全生产管理。

(责任编辑:卓政昌)