

# 溪洛渡水电站右岸泄洪洞有压段混凝土施工技术

林芳芳<sup>1</sup>, 成义娟<sup>1</sup>, 秦洋<sup>2</sup>

(1. 中国人民武装警察部队 水电第三总队 四川 成都 611130; 2. 中国人民武装警察部队 水电第七支队, 湖北 武汉 430200)

**摘要:**溪洛渡水电站右岸泄洪洞有压段结构混凝土质量要求高, 施工难度大。施工中底拱采用刮轨工艺和翻模工艺按照先底部、后两侧的顺序组织施工, 边顶拱采用钢筋台车提供作业平台安装钢筋, 钢模台车立模, 确保了混凝土表面的平整度要求, 取得了良好的社会效益和经济效益。

**关键词:**溪洛渡水电站; 有压段; 混凝土施工

**中图分类号:**TV7; TV554; TV52; TV544

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2016)04-0056-03

## 1 概述

溪洛渡水电站右岸泄洪洞由3#、4#泄洪洞组成, 2条泄洪隧洞均为有压接无压、洞内龙落尾型式。泄洪洞由进水塔、有压洞段、地下工作闸间室、无压洞段、龙落尾段、出口明渠段和挑坎等组成。3#、4#泄洪洞轴线平行布置, 中心间距为50 m, 隧洞全长分别为1 433.549 m、1 633.611 m。

3#、4#泄洪洞有压段衬砌断面尺寸为 $R=7.5$  m的圆形断面, 两端设渐变段, 流速为25 m/s。考虑到高速水流的影响, 泄洪洞有压段设计为全断面钢筋混凝土衬砌, 衬砌厚度为100 cm或105 cm(渐变段150 cm), 采用C9040W8F150混凝土。

## 2 施工难点及采取的应对措施

### 2.1 施工特点与难点

泄洪洞工程的主要特点是大断面、大流量、高流速, 其混凝土抗冲耐磨要求高及温控防裂难度大, 设计采用了抗冲耐磨混凝土, 设置了掺气坎、渐变段, 优化了流道混凝土分缝尺寸精度, 提出了较高的混凝土表面平整度要求。

大断面钢模台车(含钢筋台车)的设计、制作、安装、运行难度大; 大流量、高流速的特点对抗冲耐磨、温控防裂、平整度要求高, 要求接缝好、裂缝少、气泡小、表层密实。为达到设计温控指标要求, 给底拱浇筑常态混凝土增加了施工难度。

### 2.2 应对措施

针对结构物设计特点及难点, 为满足抗冲耐磨和温控防裂要求, 采取了以下措施:

(1) 严格执行设计分缝线及浇筑分段要求,

即分段长度为6~9 m(平面转弯段为9.46 m), 底拱与边顶拱分缝线设置在底拱100°处。采取优化配合比、减少水泥用量、降低水化热温升等措施, 多掺粉煤灰、采用低坍落度常态混凝土。

(2) 在模板设计上做到低变形设计, 增加附着式振捣设备, 确保衬砌形体控制精度和振捣密实度、减少气泡等; 制作定型翻模板, 且在收仓线处加100 mm×8 mm的校直角钢, 确保收仓线位置直线形体控制有效。

(3) 通过工艺试验优化底拱翻模工艺和刮轨工艺, 改善翻模和抹面作业平台; 采用接安螺栓连接内拉条和丝杆并加工分段弧形围圈固定定型模板, 以减少因切割丝杆产生的缺陷面积和深度, 便于翻模, 同时为翻模施工争取抹面时间; 采取固定套筒支撑刮轨钢筋, 减少缺陷面积和深度, 争取抹面时间, 同时配备全站仪全程复核刮轨钢筋高程和混凝土面的平整度, 确保其满足设计平整度要求。

## 3 有压段混凝土施工方法

### 3.1 施工工艺流程

底拱100°范围采用刮轨工艺和翻模工艺。按照先底部、后两侧的顺序组织施工, 并采取温控措施控制混凝土内部温升。底拱中部31.245°(弧长4.09 m)范围内不立模, 采用刮轨工艺组织施工, 即在混凝土浇筑时使用振捣棒人工平仓振捣, 然后采用刮尺按照刮轨钢筋(刮轨钢筋采用圆钢加工成设计形体)控制的设计结构线刮除超高的混凝土, 最后取掉刮轨钢筋后人工压面收光。底拱两侧部位选用弧形定型钢模板, 人工立模

收稿日期: 2016-07-12

(利用内拉内撑,外部钢管围圈固定),混凝土浇筑时,按照平铺法两侧均匀布料同步上升,在初凝前从下往上逐步翻模后压面收光。

边顶拱260°范围采用钢筋台车提供作业平台安装钢筋,钢模台车立模,采用预冷混凝土,6 m<sup>3</sup>混凝土罐车运输,混凝土拖泵泵送入仓,人工平仓振捣,辅助附着式振捣器振捣,按照平铺法两侧分层(层厚50 cm)均匀上升的方式组织施工,并采取温控措施控制混凝土内部温升。

### 3.2 模板

#### 3.2.1 底拱模板

底拱翻模区域使用定型钢模板,端头侧模采用木模板现场拼装。将定型钢模板加工成弧形模板,单块模板规格为150 cm×45 cm(收仓线处加100 mm×8 mm的校直角钢,确保收仓线位置形体控制有效),每9 m仓共需120块。平面转弯段使用时,在4.5 m位置加入楔形模板,确保分段长度与边顶拱一致,相关细部设计情况见图1。

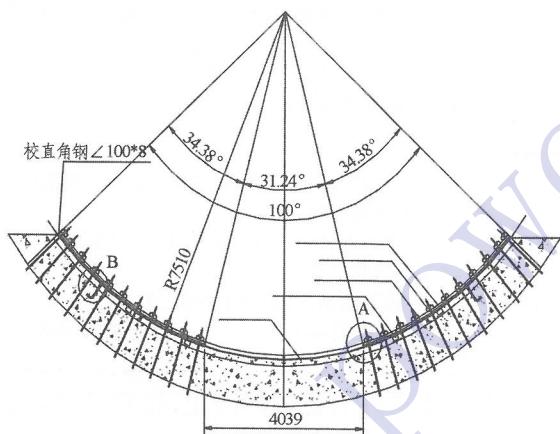


图1 有压段底拱翻模示意图

#### 3.2.2 边顶拱模板

边顶拱采用钢模台车,台车堵头模板采用角钢夹木模板进行拼装。边顶拱钢模台车是以组合式钢结构门架支撑大型钢结构模板的组合系统,由电动机驱动自行,利用液压油缸和螺旋千斤顶调整模板到位及脱模,其结构设计情况见图2。

### 3.3 浇筑方式

底拱100°范围采用刮轨工艺和翻模工艺。按照先底部、后两侧的顺序组织施工并采取温控措施控制混凝土内部温升。底拱中部31.245°(弧长4.09 m)范围内不立模,人工平仓振捣,采

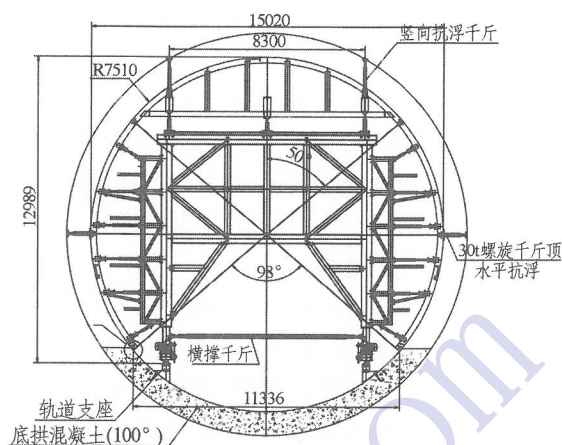


图2 有压段边顶钢模台车示意图

用刮轨工艺进行收面处理。底拱两侧部位选用弧形定型钢模板人工立模,按照平铺法两侧均匀布料同步上升,并在初凝前从下往上逐步翻模后压面收光。

边顶拱260°范围采用6 m<sup>3</sup>混凝土罐车运输,混凝土拖泵泵送入仓,人工平仓振捣,辅助附着式振捣器振捣,按照平铺法两侧分层(层厚50 cm)均匀上升的方式组织施工,采取温控措施控制混凝土内部温升。

### 3.4 混凝土温控措施

有压段衬砌混凝土为C9040 F150W8混凝土,从配合比、出机口、运输、浇筑、养护等阶段采取温控措施,即优化配合比、使用预冷混凝土、运输过程中对运输车辆进行洒水降温 and 覆盖隔热、优化仓面设计和配置合理资源以强化浇筑覆盖速度并使用保温被遮盖防晒、通水冷却进行内部降温、恒温湿养护(底板蓄水养护和边顶拱洒水养护),以防止其表面产生裂缝,冬季覆盖保温并设置洞帘保温,以防止表面产生裂缝等。

#### 3.4.1 优化混凝土配合比,减少水泥用量,控制水化热温升

选用水化热低的中热硅酸盐水泥,尽可能采用低坍落度混凝土,选用效能高的外加剂,优化混凝土配合比,减少混凝土中的胶凝材料掺量,降低混凝土水化热并提高自身抗裂能力。采用的配合比温控主要指标为:

底拱:C9040 F150W8 二级配混凝土、坍落度为70~90 mm(常态)、粉煤灰掺量30%、水泥用量219 kg;

边顶拱:C9040 F150W8 二级配混凝土、坍落

度为 160 ~ 180 mm (泵送)、粉煤灰掺量 30%、水泥用量 245 kg。

### 3.4.2 预埋冷却水管通水冷却降温措施

根据温控方案,对底拱和边顶拱进行通制冷水冷却,投入冷水机组将水制冷,制冷温度以混凝土温度与水温之差不大于 22 ℃ 为准进行控制,一般在 7 ℃ ~ 21 ℃ 之间。

(1) 冷却水站的布置。冷却水站内设置一台微机控制螺杆式冷却机组,机组型号为 W - PLSLGF500 III,冷却机组提供 100 m<sup>3</sup>/h 的冷却循环水流,冷却机组水泵最大扬程为 50 m。冷却水管按 1 m 间距布置,单根长度控制在 150 m,通水流量按 2 m<sup>3</sup>/h 控制,通水时间为 15 ~ 21 d,单仓底拱布置一根冷却水管,单仓边顶拱布置两根冷却水管。

(2) 冷却水管的布置。底拱冷却水管埋设在混凝土中部,通过 φ25 竖向架立钢筋支撑(间排距 1 m × 1 m)、水平架立筋固定(沿水管走向全程布置),冷却水管使用 φ25 PE 管,水平间距为 1 m,单根水管长度按不大于 150 m 控制,按照顺水流方向呈蛇形布置。

边顶拱冷却水管埋设从分缝线上升 24 cm 后开始铺设,将其布置在衬砌层厚的中部,通过 φ25 横向架立钢筋支撑(间排距 1 m × 1 m),水平架立筋固定(沿水管走向全程布置),固定型式为活动连接,确保在浇筑前将水管放置在内层钢筋处,防止影响混凝土入仓和进人振捣施工等。浇筑时将其移动到中部,以利通水冷却,冷却水管使用 φ25

(上接第 28 页)

隙垫木方,通过撑靴的支撑作用力实现调偏;③辅助调偏,两侧步进油缸调整伸长差以及后支腿偏斜方向一侧的支撑千斤顶等方式调偏。

(2) 摩擦阻力大影响步进速度。经分析,摩擦阻力大是由多因素引起的,主要为:①受刀盘侧重力作用造成预埋滑轨变形而导致接触面混凝土摩擦力增加;②防偏、纠偏措施增加了步进阻力;③受后配套 1 - 5# 台车影响。为实现步进要求,首先,在滑轨面焊接钢板以增加厚度,并在阻力较大的接触面涂抹润滑脂;其次,设置后配套拖拉油缸,主要方式为首先主机步进,后配套拖拉油缸伸出,后配套不动;而后,主机不动,后配套拖拉油缸收回,牵引后配套前行。该方案极大地解决了主

PE 管,水管间距为 1 m,按照顺水流方向呈蛇形布置。底拱冷却水管从与边顶拱分缝位置引出,边顶拱冷却水管从端头施工缝处引出。

### 3.4.3 预埋冷却水管通水冷却降温措施

建立健全温度控制管理体系。成立混凝土温控小组,负责混凝土温控措施的实施、做好各项温控记录、分析温控记录数据并调整温控措施参数(特别是通水冷却参数)、处理所遇到的各种特殊情况;实行混凝土温度控制及主要温控指标预警预控制度,严格仓面工艺设计和施工管理。

严格按照设计要求做好温控记录。温控记录派专人负责,做好出机口温度、浇筑温度、环境温度、常温水水温、通水水温、冷却水管出口水温、混凝土内部温度等各种温度记录,为温控分析提供及时、准确、详细的数据。

## 4 结 语

溪洛渡水电站右岸泄洪洞有压段混凝土施工方法得当,底拱采用刮轨工艺和翻模工艺,按照先底部、后两侧的顺序组织施工,边顶拱采用钢模台车施工,采取合理的温控措施,较好地解决了圆形断面混凝土裂缝问题,保证了混凝土浇筑体型,具有十分重要的实用价值。

### 作者简介:

林芳芳(1985-),女,安徽天长人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

成义娟(1985-),女,贵州遵义人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

秦 洋(1986-),男,湖北洪湖人,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

机与后配套步进阻力叠加的问题,收到了较好的效果。

## 5 结 语

该工程为小直径、近距离 TBM 步进,现场采用预埋滑轨 + 油缸推进的步进方案并结合步进过程中所遇到的问题进行了分析、处置,最终实现了 TBM 安全、快速、经济的步进施工,所取得的经验希望能为类似条件的 TBM 步进施工提供参考。

### 作者简介:

钟汶均(1978-),男,四川南充人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

吴 涛(1983-),男,四川成都人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

徐曼玲(1982-),女,天津市人,工程师,硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

焦永春(1986-),男,青海西宁市人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)