

# 西藏波堆水电站大坝碾压式沥青混凝土心墙施工

马超峰, 马林

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 都江堰 611830)

**摘要:**结合西藏波堆水电站大坝标段施工的实际情况,介绍了碾压式沥青混凝土心墙施工工艺及质量控制重点,可为其他工程沥青混凝土心墙施工提供一定的经验与参考。

**关键词:**工艺控制;拌和质量控制;摊铺质量控制;波堆水电站;碾压式沥青混凝土心墙

中图分类号:TV7;TV52;TV543;TV641

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)03-0024-03

## 1 工程概况

波堆水电站属波得藏布流域规划四级梯级水电站开发中的第三级水电站,位于西藏林芝地区波密县倾多镇境内,主要开发任务为发电。

电站大坝为碾压式沥青混凝土心墙土石坝,长×宽×高为147.7 m×7 m×44.65 m。沥青混凝土心墙高40.7 m,底高程2 751.5 m,顶高程2 792.2 m,其中高程2 751.5~2 753.5 m间心墙厚度由2.2 m过渡至0.7 m,高程2 753.5 m以上心墙厚度统一为0.7 m。沥青混凝土心墙与基座连接处采用弧形槽连接(图1)。在心墙上下游各设置3 m宽心墙过渡层(最大粒径80 mm)。

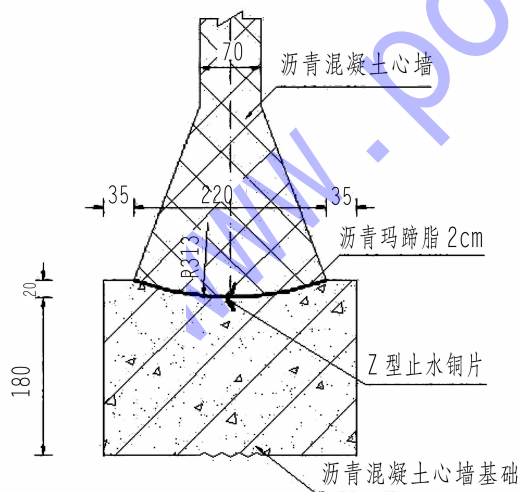


图1 心墙与基座连接图

## 2 原材料、施工配合比及现场摊铺要求

### 2.1 原材料

波堆水电站沥青混凝土所用材料为2#水工

沥青、当地白云岩粗细骨料及填料。

(1) 沥青选用中石油新疆克拉玛依石化公司生产的2#水工沥青。

(2) 矿料由波得藏布左岸岸坡开采的白云岩破碎后筛分形成。

### 2.2 沥青混凝土施工配合比

波堆水电站沥青混凝土配合比由发包人提供,再经项目部进行室内复核和现场摊铺试验后、结合工程实际情况优选出最终的施工配合比。

### 2.3 现场摊铺质量要求

沥青混凝土现场摊铺质量要求见表1。

表1 沥青混凝土现场摊铺质量要求表

序号	检查项目	质量要求	备注
1	模板轴线偏差	±5 mm	人工摊铺
2	摊铺轴线偏差	±5 mm	人工摊铺
3	摊铺温度	140 °C ~ 170 °C	每层随时检测
4	碾压温度	< 150 °C 且 > 110 °C	每层随时检测
5	摊铺厚度	±20 mm	每层随时检测
6	碾压遍数	静2、动6	
7	外观	无裂纹、蜂窝、麻面空洞及花白料	每层随时检测
8	渗透系数	< 10 <sup>-8</sup>	渗气仪无损检测
9	密度	> 2.4 g/cm <sup>3</sup>	核子密度仪无损检测
10	孔隙率	< 3%	室内马歇尔击实试件孔隙率 < 2%

## 3 沥青混凝土拌和站的布置

沥青混凝土拌和站布置在大坝右岸下游,距离大坝铺筑现场平均不足2 km,路况好,运输便利,可以减少沥青混凝土运输过程中的热量损失。沥青拌和站由一个沥青脱桶及储存加热设备、全

收稿日期:2018-05-10

自动沥青混合料搅拌设备及矿料计量、沥青计量系统组成。

#### 4 沥青混凝土心墙施工

##### 4.1 施工作业程序

施工作业程序见图2。

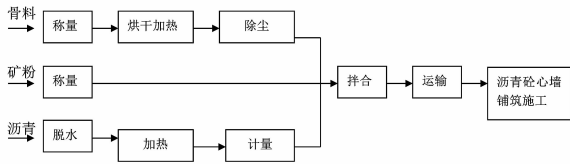


图2 施工作业程序图

##### 4.2 沥青混凝土原材料的加热

(1) 沥青加热: 桶装沥青经脱桶后通过导热油加热至  $150\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 骨料加热: 骨料由称量系统自动配置并经皮带机输送至提升料斗后送入加热桶加热, 该系统采用柴油加热, 加热温度为  $170\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 190\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

##### 4.3 沥青混合料的制备和运输

沥青混凝土采用全自动强制式搅拌机拌制, 整个拌制过程通过电脑自动控制。将热骨料与矿粉(矿粉不需加热)干拌  $15\text{ s}$ , 再加入热沥青湿拌  $50\text{ s}$ 。沥青混凝土混合料出机口温度控制在  $150\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。沥青混凝土混合料通过  $5\text{ t}$  自卸车接料后由拌和站运至摊铺现场, 运距  $1.7\text{ km}$ 。

##### 4.4 沥青混凝土心墙的铺筑施工

心墙沥青混凝土采用人工立模摊铺。

###### 4.4.1 施工程序

测量放线 → 支立钢模 → 帆布铺盖模板 → 过渡料铺筑与初步压实 → 基面处理(表面清理、干燥、加热) → 人工摊铺沥青混合料 → 抽掉钢模 → 铺盖帆布 → 过渡料碾压和沥青混合料碾压 → 施工质量检查。

###### 4.4.2 混凝土基础面的处理

沥青混凝土心墙同周边结构的连接是防渗系统结构的关键, 其处理的好坏将直接影响到大坝的安全, 必须予以高度重视。

(1) 凿毛混凝土基础面、待混凝土强度达到设计值的  $70\%$  后即可进行凿毛。采用小锤和钎子凿掉混凝土表面的乳皮并用高压风吹净, 保证混凝土面平整、干燥。

(2) 涂刷冷底子油: 稀释剂采用汽油, 其掺配比例应视气温、风力等气候条件确定, 一般采用  $30:70$ (沥青:汽油)。

(3) 涂刷沥青马蹄脂: 厚度一般为  $1 \sim 2\text{ cm}$ 。在施工现场采用人工拌和, 对人工砂和矿粉分别加热, 温度控制在  $150\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 170\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 然后再加入到热沥青( $140\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ )中一起搅拌均匀。

###### 4.4.3 钢模安装

(1) 钢模采用  $300\text{ mm} \times 8\text{ mm} \times 1\ 250\text{ mm}$  的钢板制作, 模板两侧及模板间的连接采用限位卡连接。

(2) 模板安装前在其表面涂刷废机油作为脱模剂, 拼装好的模板应平整严密, 尺寸准确。定位后将模板距心墙中心线偏差控制在  $\pm 10\text{ mm}$  内。

###### 4.4.4 过渡料的铺筑

模板立好后, 用帆布遮盖心墙表面, 防止砂石等杂物落入仓面内。采用  $1\text{ m}^3$  反铲将掺配好的过渡料粗平, 人工配合整平, 松铺厚度为  $30\text{ cm}$ 。心墙两侧过渡料应同时铺筑, 靠近模板部位施工时要特别小心, 防止模板走样、变位。

###### 4.4.5 结合面的清理与加热

结合面要清理干净, 摊铺前用煤气喷灯将结合面加热到  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上。当面层为沥青马蹄脂时不需要加热。

###### 4.4.6 沥青混凝土混合料的运输及入仓

由于沥青拌和站距离心墙铺筑现场较近, 沥青混凝土混合料拌和后采用  $5\text{ t}$  自卸汽车运至现场后卸入 ZL50 装载机再运至仓面入仓, 人工整平, 松铺厚度为  $28\text{ cm}$ , 将误差控制在  $\pm 2\text{ cm}$  内, 入仓温度控制在  $140\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。沥青混合料在活动钢模内摊平后将钢模拔出, 采用先拆模后碾压的方法可使沥青混凝土与过渡带形成犬牙交错的断面, 利于两者的结合, 如此实施对防止沥青心墙的塑性变形具有重要意义。钢模拆除后, 立即将粘附在模板内壁的沥青混凝土清理干净, 以备下次使用。

###### 4.4.7 混合料及过渡料碾压

(1) 碾压顺序及方法: 采用  $1$  台  $1.5\text{ t}$  自行式振动碾碾压心墙两侧的过渡料, 先静压两遍, 再动碾  $6$  遍, 最后碾压沥青混凝土混合料  $6$  遍。振动碾行进速度按  $20 \sim 30\text{ m/min}$  控制。沥青混凝土混合料摊铺完成后, 用帆布将沥青混合料覆盖, 其

宽度为盖住上下游过渡料各 20 cm;然后用振动碾在帆布上碾压,不仅解决了沥青混合料表面污染问题,而且保持了沥青混合料表面的温度,不产生硬壳。实践证明:经过这种方法碾压后的沥青混合料表面“返油”良好,未产生纵向裂缝。由于采用帆布遮盖,解决了沥青混凝土表面的“冷却”问题,所以,在使用振动碾碾压时,还可以采用边下料、边摊平、边遮盖、集中碾压的方法施工。当摊铺长度达到 8~10 m 时,用振动碾集中碾压,其压实标准以沥青表面返油为准。对振动碾碾压不到的边角部位(如铜止水附近和齿槽边角),采用重锤人工夯实,直至表面返油为止。

(2)碾压温度:碾压时的最高温度不超过 150 ℃,最低温度不低于 110 ℃。

#### 4.5 沥青混凝土施工过程中应注意的几个问题

(1)沥青混凝土的铺筑应与过渡料平行施工,沥青混凝土心墙的铺筑应均衡上升,心墙基面应尽可能保持在同一高程,避免或减少横缝;因客观原因出现横缝时,其结合面坡度应等于或缓于 1:3,同时,上、下层横缝应错开 2 m 以上,横缝处应重叠碾压 30~50 cm,用振动夯夯至表面返油为止。

(2)对于连续上升、层面干净且已压实好的沥青混凝土,其表面温度大于 70 ℃即可铺筑上层沥青混合料,当下层沥青混凝土表面温度低于 70 ℃时需进行加热,但加热时间不宜过长,以防止沥青混凝土老化。若已压实的沥青混凝土表面有污物则需采用人工清铲,对于无法铲掉的需加热软化后铲除。对于不合格、因故间歇时间太长或温度损失过大的沥青混合料应及时清除。清除废料时,严禁损害其下层已铺好的沥青混凝土。

(3)对两岸坡接头部位、结合槽、铜止水周围等振动碾不易到达的地方,采用人工振动夯配合重锤人工夯实至返油。

(4)对于钻孔取芯部位要随取随盖,尽可能保持孔内洁净并及时回填,回填时,先将钻孔擦干,然后用喷灯将孔壁烘干至 70 ℃后再分层由人工回填捣实。

(5)振动碾在心墙上不能急刹车,心墙两侧 2 m 范围内禁止大型机械进入及横跨心墙。

#### 5 沥青混凝土心墙施工机械设备的配置

沥青混凝土心墙施工机械设备配置情况见表 6。

表 6 沥青混凝土心墙施工机械设备配置表

序号	名称	规格型号	单位	数量	主要机械性能及应用
1	自行式振动碾	1.5 t	台	1	
2	沥青混凝土拌和站	QYLB-40	台	1	
3	沥青储存加热罐	DT3(3~4 t/h)	台	1	储存散装沥青,采用导热油加热
4	装载机	ZL50	台	1	砂石骨料上料,沥青混合料入仓
5	反铲	CAT320	台	1	过渡料整平
6	自卸汽车	5 t	台	2	沥青混合料运输
7	振动夯	1.5 t	台	3	对振动碾碾压不到的部位由人工振密
8	钢模板		m	200	人工摊铺部位使用

#### 6 质量控制

沥青混凝土心墙施工是一种热施工,对沥青混凝土的配合比和温度控制等要求较高,施工过程中的质量控制和检测尤为重要。控制的重点主要为拌和质量控制及摊铺质量控制。

拌和站质量控制重点:①原材料质量控制;②混合料制备过程中的温度控制及外观检查;③沥青、矿料的计量控制。

摊铺现场质量控制重点:①工序质量控制;②摊铺宽度、厚度控制;③混合料入仓温度、碾压温

度控制;④碾压质量控制(密度、孔隙率、渗透系数);⑤外观检查。

沥青混凝土心墙施工期间分别在出机口和摊铺现场对沥青混合料温度进行检测,每层为一个单元进行抽提试验并进行无损检测沥青混凝土指标,如密度、孔隙率、渗透系数等。沥青混凝土心墙共计完成单元工程 163 个且全部合格,优良率为 92.3%。

#### 7 沥青混凝土心墙埋设仪器观测资料分析

(下转第 42 页)

梁底预应力束、钢筋及裂缝,钻孔深度为 12.5 cm,种植 8.8 级化学锚栓。人工凿除楔形块位置混凝土并打磨平整,安装张拉端限位框和固定端支座在蜗杆机构上,将锚块放于张拉端限位框内,保持两端中心线一致,确保锚块能在张拉端限位框内自由滑动。

#### 4.3.2 表面处理

在碳纤维板粘贴处用角磨机打磨混凝土表面,粘贴面要求平整且无粉尘。

#### 4.3.3 张拉碳纤维板

张拉前用丙酮将碳纤维板接触混凝土构件的表面擦拭干净,在碳纤维板上涂抹 2~3 mm 厚粘接胶,在张拉端安装碳纤维板,然后在固定端安装碳纤维板和转向板,固定端安装时斜紧夹片,碳纤维板中心最大垂度不得大于 20 cm。张拉机具使用成套的专用碳纤维板张拉设备,在张拉端安装  $\phi 20$  高强螺杆、螺母、千斤顶,确保千斤顶受力中心与两高强螺杆受力后的合力中心线一致,并与碳纤维板中心重合,行程为 300 mm。

张拉时,先给碳纤维板施加 10%  $\sigma_{con}$  的应力,使碳纤维板绷直,然后再将力归零。记录张拉端夹具的位置并再次检查各部件的位置,再以 25%  $\sigma_{con}$ 、50%  $\sigma_{con}$  和 75%  $\sigma_{con}$  应力给碳纤维板施加预应力,每一级张拉结束后用扳手拧紧螺帽,每一级之间持荷 5 min,记录张拉端夹具的位置,比较实测值与计算值之间的偏差,将预应力施加到 100%  $\sigma_{con}$  时计算最终碳纤维板张拉伸长值,并持荷 5 min。

张拉结束后,用锚具固定住张拉高强螺杆,逐级缓慢地卸除千斤顶。

=====

(上接第 26 页)

根据设计要求,沥青混凝土心墙仅埋设观测仪器 4 套,全部为位错计,经观测,各种测量数据平稳变化,无突变,观测结果表明:沥青混凝土心墙位移在正常范围之内。

### 8 结 语

波堆水电站碾压式沥青混凝土心墙至今已运行 2 a,观测结果表明沥青混凝土心墙运行良好,各种指标满足设计和技术规范要求。实践证明:

#### 4.3.4 粘贴预应力碳纤维板

当张拉至设计预应力时,箱梁底的粘贴表面和碳纤维的粘贴表面紧密结合在一起,用特制的辊子沿纤维方向滚压除去碳纤维板下面的气泡,对树脂未充满的空隙用注射器注入环氧树脂。

#### 4.3.5 养 护

压浆填补锚具四周的缝隙,并在碳纤维板表面涂抹紫外线防护胶粘剂,防护胶粘剂的颜色与混凝土表面颜色接近。

### 5 结 语

现浇箱梁裂缝的发生与支架的稳定性、混凝土的原材质量、施工过程、自然环境和后期养护有着密切的关联。一般裂缝通过封闭处理可使钢筋与外部环境隔绝,避免锈蚀。超限裂缝通过注胶和碳纤维布封闭处理,在梁底设置预应力碳纤维板,通过施加体外预应力进行加固补强能够抑制裂缝的发展,提高桥梁的耐久性和极限承载能力,增加桥梁的安全储备。

#### 参考文献:

- [1] JTG/TJ22—2008,公路桥梁加固设计规范[S].
- [2] JTG/TJ23—2008,公路桥梁加固施工技术规范[S].

#### 作者简介:

- 侯 圆(1985-),男,四川成都人,工程师,从事工程项目施工技术及其管理工作;
- 罗 贵(1982-),男,云南楚雄人,助理工程师,从事工程项目施工技术及其管理工作;
- 唐 诚(1990-),男,四川中江人,助理工程师,从事工程项目施工技术及其管理工作;
- 李 培(1992-),男,四川成都人,助理工程师,从事工程项目施工技术及其管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

沥青混凝土拌和站的设备配置、拌和工艺、机械运输、碾压设备的选择及各工序人员的安排、施工工艺和方法可行,可供相关工程借鉴。

#### 作者简介:

- 马超峰(1980-),男,河南郑州人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
- 马 林(1985-),男,安徽亳州人,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)