

# 严寒地区沥青心墙堆石坝施工技术

白 晶

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

**摘要:** 本文重点分析和总结严寒地区堆石坝沥青心墙施工程序、施工方法和质量控制措施。

**关键词:** 严寒地区; 堆石坝; 沥青混凝土; 心墙; 过渡料

## 1 工程概况

某抽水蓄能电站位于敦化市, 属大(1)型一等工程, 项目部主要承担上水库进出水口、大坝及下水库进出水口、泄洪放空洞、大坝施工, 工程开工日期2014年5月1日, 2019年8月下水库蓄水, 2019年12月上水库蓄水。按照1953年到2006年工地附近气象站统计情况推测, 上水库年统计平均气温 $-2.6^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温低于 $-44^{\circ}\text{C}$ ; 下水库统计年平均气温 $0.9^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温近 $-41^{\circ}\text{C}$ ; 特别是上水库, 每年11月至次年3月长时间处于 $-40^{\circ}\text{C}$ 低温。

上、下水库均为堆石坝, 采用沥青心墙防渗, 在抽水蓄能电站中是首个 $-40^{\circ}\text{C}$ 极端气温下采用沥青混凝土心墙堆石坝设计的项目。上水库坝顶高程1391.00m, 最

大坝高54.0m, 坝顶长度948m, 正常蓄水位(1391m)以下库容781万 $\text{m}^3$ , 沥青混凝土心墙厚70cm、工程量共18475 $\text{m}^3$ , 大坝石方填筑175.00万 $\text{m}^3$ ; 下水库坝顶高程720.00m, 最大坝高70.0m, 坝顶长度410m, 正常蓄水位(717m)以下库容864.2万 $\text{m}^3$ , 下水库沥青混凝土心墙厚80cm、工程量共11124 $\text{m}^3$ , 大坝石方填筑171.00万 $\text{m}^3$ 。

## 2 心墙沥青混凝土配合比设计

沥青混凝土所用材料: 沥青采用辽河石化分公司生产水工B-90(SG90)号沥青; 粗、细骨料采用外购碱性毛料(玄武岩)加工而成, 由现场破碎系统破碎后筛分成: 19~9.5mm、9.5~4.75mm、4.75~2.36mm、2.36~0.075mm四种成品, 粒径小于0.075mm的填料采用长春大华建筑化工公司生产的石灰岩矿粉<sup>[1]</sup>。

沥青混凝土配合比表

配合比编号	矿料级配	筛孔(mm)										油石比(%)	
		19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15		0.075
DH-7	通过率(%)	100	93.62	86.98	76.7	58.92	45.25	34.92	27.2	21.15	16.53	13	6.8

## 3 沥青心墙堆石坝施工技术

坝体填筑料分区从上游至下游依次为抛石护坡、垫层料、上游堆石I区、上游过渡区、沥青混凝土心墙、下游过渡区、下游堆石I区、下游堆石II区(上水库大坝)和下游坝面干砌石护坡, 心墙上游过渡层厚度为2m、下游过渡层厚度为3m。另外下游坝基清坡后设3m厚的弱风化排水层。

大坝填筑料主要采用进出水口及库内料场开采的强、弱风化二长花岗岩, 过渡料、垫层料采用现场有用料二次加工。坝体各种石料填筑原则上按照心墙优先、堆石区次之的方式组织, 在优先满足心墙浇筑上升的前提下, 各堆石区分层填筑, 保证两者之间的高差不超过1m, 过渡料随沥青混凝土心墙浇筑同时进行填筑、碾压。

### 3.1 主堆石料施工

堆石料采用进占法施工, 利用已经初步推平但尚未

碾压的填筑面作为自卸汽车行走通道及卸料平台; 分块填筑时, 相邻块间连接处的虚坡采用台阶式的接坡方式。采用连续级配强、弱风化开挖混合料, 最大粒径60cm, 铺料层厚85cm, 加水量10%, 采用26t振动碾先静压2遍再振动碾压8遍, 碾压速度控制在2~3Km/h。

### 3.2 过渡料施工

过渡料以及与过渡料相邻的堆石料, 采用后退法卸料, 在已压实的层面上后退卸料形成密集料堆, 再用推土机平料。采用开挖经人工破碎的弱风化~微风化或新鲜岩料, 最大粒径8cm, 虚铺层厚30cm, 施工时与沥青混凝土心墙同时铺筑同时碾压, 采用2t自行式振动碾碾压, 先静压2遍再振动碾压8遍, 边角部位采用液压夯板夯实。

### 3.3 垫层料施工

测量放垫层料线, 宽50cm, 先使用白灰洒线控制垫

层料填筑区域,填筑上游的堆石区料,再填筑上游护坡的垫层料,垫层料随着坝体上升逐层铺筑,填筑厚度与堆石料同步<sup>[2]</sup>。垫层料采用弱风化~微风化或新鲜二长花岗岩,最大粒径30cm,虚铺层厚85cm,采用1.6m<sup>3</sup>反铲进行摊铺,26t振动碾碾压,垫层料和堆石区料接缝处采用骑缝碾压法碾压。

### 3.4 排水料施工

采用弱风化~微风化或新鲜的二长花岗岩开挖连续级配混合料,最大粒径60cm,排水料虚铺厚度85cm,采用26t振动碾先静压2遍再振动碾压8遍,行走速度控制在2~3km/h,周边预留搭接宽度为1.5m。

### 3.5 坝面干砌石护坡施工

坝后边坡0.3m厚干砌石护坡,采用新鲜坚硬粒径为200~300mm的块石,块石大面朝外、用小石块楔紧,护坡随坝体上升滞后坝体填筑1~2m逐层砌筑。

### 3.6 坝前抛摆石护坡施工

大坝上游面抛石护坡宽3m,挑选直径0.4m~1m级配良好新鲜坚硬的超径块石,采用3m<sup>3</sup>反铲进行抛投,块石大面朝外、表面平整,采用小石块楔紧,抛石面错缝避免竖切,护坡随着坝体上升逐层施工,抛摆石和垫层料交替进行铺筑上升。

### 3.7 特殊部位的填筑施工

#### 3.7.1 接茬部位处理

大坝原则上采用全断面平起填筑施工,对于可能存在的临时分段接合部位及坝内临时坡道,采用台阶接坡法施工,后填区施工时逐层做好结合部的碾压处理,接头处修成1:2的斜坡,接茬部位松散的过渡料剥除,搭接碾压,顺碾方向搭接长度为0.5m,前后搭接宽度不小于1.5m。过渡料层与相邻5m范围内的堆石I区平起填筑,确保其宽度,宽度不含犬牙交错带,犬牙交错带宽度小于1.2m,摊铺过渡层前剔除相接堆石坡面大于10cm的离散石块。

#### 3.7.2 岸坡交接处施工

心墙边坡及两岸岸坡不能形成陡坡,更不能有反坡,对于坡度陡于1:0.25的陡坡及反坡采用二次爆破削坡或液压锤处理,直至坡度满足要求,边坡塌空部分采用回填处理后再进行填筑施工,岸坡2m范围内采用颗粒较细的垫层料填筑,级配连续合理,避免大块石集中、形成架空。碾压方向采用顺岸坡方向进行,振动碾无法到位的部位,采用液压振动板夯实或小型设备碾压。

### 3.8 沥青混凝土施工

#### 3.8.1 基础面处理

采用高压毛面冲刷机对基槽混凝土凹形槽面进行冲

毛后,排除积水、清理垃圾,潮湿部位的基础用喷灯烘干,确保混凝土面清洁、干燥,水泥混凝土面上的止水铜皮清理干净后涂刷二遍冷底子油。

凿毛后的混凝土面采用稀释沥青涂刷(冷底子油),稀释剂采用汽油,其掺配比例视气温、风力等气候条件确定,一般采用30:70(沥青:汽油),涂刷稀释沥青后的混凝土表面应为棕色,稀释沥青用量为0.15~0.20kg/m<sup>2</sup>。

沥青混凝土与水泥混凝土的结合面设置一层沥青玛蹄脂,在稀释沥青喷涂12小时后涂刷,涂刷沥青玛蹄脂铺设厚度为2cm。在现场采用人工拌和,分别对人工砂和矿粉进行加热,温度加热到150~170℃,再加入到热沥青(140~160℃)中一起搅拌均匀,沥青砂浆配合比为沥青:砂子:矿粉=1:2:2,沥青玛蹄脂的最终配合比、铺设(或涂刷)方法和时间等,均应采用现场试验所提供的相应参数。

#### 3.8.2 人工摊铺

基础面处理→测量放线→支立钢模→毡布铺盖模板→过渡料铺筑与初步压实→结合面处理与加热→人工摊铺沥青混合料→抽掉钢模→铺盖毡布→过渡料碾压和沥青混合料碾压→质量检查→下一层施工。

沥青混合料摊铺后,先抽拆钢模板,再对沥青混合料和过渡料进行碾压,使沥青混合料和过渡料压实后呈犬牙交错状、充分结合,同时确保沥青混凝土压实后的有效宽度大于设计防渗厚度。钢模抽出后,立即将模板板面附着的沥青料进行清理,确保模板的表面质量<sup>[5]</sup>。

采用2台3t自行式振动碾同时对心墙两侧过渡料进行碾压,碾压参数采用静压2遍加动压8遍,采用1台2t自行式振动碾碾压混凝土,碾压参数静压2遍+振动压8遍+静压2遍,行进速度按20m~30m/min控制。初碾温度140℃±5,终碾温度不低于130℃。对两岸坡接头部位、结合槽、铜止水周围等摊铺机以及振动碾不易到达的地方,采用人工摊铺,并采用电动夯配合重锤人工夯实至“返油”。

#### 3.8.3 机械摊铺

基础结合面处理→测量放线、固定定位金属丝→摊铺机摊铺沥青混合料和过渡料→人工摊铺两侧岸坡扩大段沥青混合料→过渡料碾压→沥青混合料碾压→质量检测→下一层施工。

沥青混合料用5T自卸汽车运至现场后,使用改造带料斗的装载机给摊铺机上料,摊铺机行进速度按1~3m/min控制,摊铺中心线与设计防渗中心线的偏差小于10mm,摊铺温度为140~170℃,摊铺厚度30cm,其允许

误差 $\pm 2\text{cm}$ 。现场试验和实际碾压情况,沥青混凝土碾压前宽度为 $80\text{cm}$ ,碾压完成后,心墙平均宽度为 $92\text{cm}$ 。

心墙沥青混凝土及上下游过渡料填筑超前堆石料1~2层,超高不大于 $80\text{cm}$ 。混合料摊铺前在心墙两侧准备好过渡料,紧贴心墙两边 $150\text{cm}$ 宽度过渡料采用沥青混凝土摊铺机布料,摊铺机前进方向进行沥青混合料摊铺、紧跟过渡料摊铺,人工配合机械铺筑、整平,摊铺机行走区域的过渡料必须经过人工二次找平,这是防止摊铺过程中发生心墙偏移的关键措施。

沥青混合料摊铺完成后,用毡布将沥青混合料表面覆盖,其宽度为盖住上下游过渡料各 $20\text{cm}$ ,然后振动碾在毡布上碾压,先采用2台3t自行式振动碾同时静压心墙两侧过渡料2遍后+振动碾压4遍,然后采用1台2t自行式振动碾碾压沥青混凝土混合料,静压2遍+振动碾压4遍+静压2遍,振动碾行进速度按 $20\text{m} \sim 30\text{m}/\text{min}$ 控制。碾压时,振动碾在心墙上不得突然急刹车,或横跨心墙碾压。心墙两侧 $4\text{m}$ 范围内禁止使用大型机械压实坝壳料,并禁止大型机械进入及横跨心墙,以防心墙局部受振畸变或破坏。

#### 4 沥青混凝土质量控制措施

温度低于 $0\text{℃}$ 以下、浓雾或风速大于4级强风、雨雪天气时,不得安排施工。暂停施工时及时进行覆盖防护,在恢复施工前需对未经压实部位要全部铲除。

坝体施工作业面运输需穿过沥青心墙时,在穿过沥青混凝土心墙防渗体时搭设4座移动式钢桥,保证运输车辆不通过防渗心墙。

对于连续铺筑上升的沥青混凝土,为确保下层沥青混凝土表面温度降至 $90\text{℃}$ 以下后方摊铺上层沥青混凝土,按照每24h施工不超过两层控制。当下层沥青混凝土表面温度低于 $70\text{℃}$ 时,对下层沥青混凝土进行加热,加热时间不宜过长,防止沥青混凝土老化。已压实沥青混凝土表面有污物的,在铺筑沥青混合料前,对污染部分进行清理、铲除,无法铲除的加热软化后清理。

对于沥青混凝土施工时的横向接缝,原则上沥青混凝土心墙应全线均衡上升,使全线尽可能保持同一高程,尽量减少横缝;当必须出现横缝时,其结合坡度应缓于1:3,上下层的横缝应错开,错距应不小于 $2\text{m}$ 。横向接缝处应重叠碾压 $30 \sim 50\text{cm}$ 。

沥青混凝土摊铺碾压完成后,严格按照水工沥青混凝土施工规范要求的检测内容及频次进行试验检测,沥

青混凝土心墙孔隙率、密度、渗透系数、马歇尔温定度、流值、小梁弯曲、三轴试验等指标每 $4 \sim 6\text{m}$ 取芯检测一次,分别取芯3个;沥青混凝土心墙力学试验每 $10\text{m}$ 取芯检测一次,分别取芯5组。检测合格后进行后续施工,在上一层沥青混凝土摊铺前,对于钻孔取芯后心墙内留下的钻孔应及时回填<sup>[3]</sup>。

冬季越冬保护措施:待沥青混凝土表面温度降至 $20\text{℃}$ 左右,沥青混凝土表面先用帆布覆盖,再覆盖两层棉被,棉被上面覆盖一层 $0.6\text{mm}$ 厚的三防帆布,三防帆布上再填筑顶宽不低于 $2.5\text{m}$ 、厚度不低于 $2.5\text{m}$ 的过渡料。在左右岸坝肩心墙边坡坡底设置截水沟进行拦水,上部心墙基座混凝土上用砂浆做挡水坎引流,避免上部雨水、融雪水流入保护区。

越冬后层面揭露及加热方案:次年六月待温度回升满足施工条件时,采用液压反铲清除上部过渡料,机械挖除时预留厚度 $30\text{cm}$ 左右过渡料采用人工清除,过渡料清除后揭开棉被,用塑料薄膜覆盖借用日晒阳光升温。无法采用日晒升温的部位,采用热砂覆盖升温,先用帆布覆盖沥青混凝土面,再覆盖加热砂厚 $30\text{cm}$ ,加热砂温度控制在 $150 \sim 200\text{℃}$ 之间,热砂上再覆盖棉被。心墙温度达到 $20\text{℃}$ 以上,方可进行施工。

#### 结束语

该项目尽管是首次在 $-44\text{℃}$ 极端气温下采用沥青心墙混凝土施工,施工期间雨雪雾天气影响较多,但通过优选配合比、严控原材料质量关,严格施工质量控制,成功建设了严寒地区沥青混凝土心墙堆石坝。水库蓄水后,大坝渗漏量远低于设计值,且经历了特大洪水引起的千年一遇工况考验,进一步验证了大坝工程质量。

#### 参考文献

- [1]《某沥青混凝土心墙堆石坝推荐优化方案》;唐仪兵;《水利水电施工》2023年第1册;
- [2]《寒冷地区沥青混凝土心墙堆石坝施工技术》;郝春耕;《内蒙古水利》2014年第4期(总第152期);
- [3]《水工沥青混凝土试验规程》DL/T5362-2006;
- [4]《水工碾压式沥青混凝土施工规范》DL/T5363-2016;
- [5]《吉林敦化下水库大坝沥青混凝土心墙施工》;夏长举;《建筑工程技术与设计》2017-10-20;