

# 混凝土重力坝大体积混凝土浇筑温控施工研究

黄学棚

广东水电二局股份有限公司

**摘要:**在水利水电工程建设期间,大体积混凝土的温度控制施工工艺是一项重要的技术,碾压混凝土重力坝施工环节中温度控制具有挑战性且要求严格,所以当前应注意混凝土的温控举措合情合理。本文主要围绕着混凝土浇筑温控来展开,基于混凝土重力坝,结合实际案例深入研究混凝土浇筑温度控制施工要点,优化混凝土浇筑工艺。

**关键词:**温差控制;浇筑处理;混凝土材料;运输工作;碾压速度

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.15.022

**引言:**社会经济逐渐发展起来,大体积混凝土应用范围越来越广,而在现实的水利水电施工环节中,一些施工技术问题渐渐突出,混凝土内部形成不均匀的升降温现象,导致混凝土膨胀、收缩,从而形成应力,当逐渐趋向混凝土应力承担的极限数值时,将会形成裂痕,严重影响重力坝的结构稳定性,所以,有必要深入研究混凝土浇筑温度控制施工技术。

## 一、工程概述

本文以某省高陂水利枢纽工程为例,此项工程主要致力于实现供水、防洪工作,同时担负发电航运功能。建筑包含泄水闸、重力坝等五个部分,两岸运用碾压砼重力坝形式连接,整体工程耗时66个月,其中,从左岸角度来看,重力坝长度为103.0m,最大坝高达到了36.5m,关于基础部分,运用了C<sub>90</sub>15W6形式常态混凝土,控制其厚度,数值为1.0m,在坝顶位置,所选用的常态混凝土为C25形式,厚度大约为1.0m,为了保证上游防渗层质量稳定,连同下游面运用C<sub>90</sub>20W6形式的二级配变态混凝土,上、下游厚度分别应控制在2.0m、1.5m,在坝体部位处,统一运用RCC C<sub>90</sub>10W6形式的三级配碾压砼。

## 二、混凝土重力坝施工温度控制分析

### (一) 温度控制必要性

当混凝土出现凝固现象时,水泥发生水化,从而放出水化热,带动混凝土内部的温度渐渐增加。在大体积混凝土中,比如重力坝,当产生水化热现象,很多时候会留存在大坝的内侧,在水化热作用下,坝体温度明显提高25到45摄氏度,远远高于外界的平均气温。对于混凝土,其有着导热性,所以坝体温度慢慢降低,一直到外界的平均温度水平,然而,在坝体内外部,出现了严重的温度差,将会导致混凝土产生不良裂缝,影响大坝

的实际应用时间,形成安全问题,所以,有必要做好混凝土温度控制工作。

### (二) 混凝土重力坝施工温度控制的标准

#### 1. 混凝土基础温差

对于重力坝,为了加强混凝土温度限制工作,就应该获得混凝土所拥有的基础温度差,考虑水泥的基础温度,整合混凝土浇筑温度等各项条件,其与设计最终温度关系重大,主要借助坝体年平均数据来确定,根据浇筑温度,收集水化热最高温度、记录设计温度,从而计算混凝土的基础温差<sup>[1]</sup>。

#### 2. 混凝土底面、表面的温差

当步入混凝土的浇筑工艺期间,深入检查表面层、底面层的温度,两者具有不同之处,若没有合理控制这其中的温度,那么将会影响到混凝土块,其内部将会出现裂纹,不利于工程安全性。根据国家的水利设计内容,对于上层混凝土,在短时间段内,浇筑高度逐渐均匀上升,当高度明显大于0.51,在混凝土的上、下层之间,15到20摄氏度属于温差许可区间,浇筑块侧面长时间裸露在外面时,适合运用最小值。

#### 3. 坝体内部、坝体外部的温差

为了有效保证坝体表层平滑,应有效制约坝体内、外部的温差,建设水利相关项目期间,从坝体内、外部温度差值来看,其标准情况为20到25摄氏度,但是现实中基本上不能实现。主要在于外界温度波动明显,不能得到准确值,并且气温会在某一时刻降低,也会导致坝体的表层出现明显裂纹。

#### 4. 避免坝体表层产生裂痕

在水利设施重力坝中,若长时间没有水覆盖保护,或者没有得到人工技术来维护,大坝表面会产生裂痕等。在水利工程部门中,需要详细记下重力坝所在区域的温度、天气情况,通过科学技术加以分析,维护保养有关设施,防止出现泪痕问题<sup>[2]</sup>。

## 三、重力坝大体积混凝土浇筑温度控制施工技术

### (一) 混凝土浇筑前

重力坝碾压混凝土运用水化热比较低的水泥来拌制材料,当进入到拌合楼后,水泥的温度需要低于60摄氏度;应用粗骨料时,若处于温度较高的季节,需要开展遮阳举措,而对于细骨料,运用遮雨处理方式;若季节温度比较高,将骨料送入到拌和系统前,运用风冷处理方式,起到预冷的作用效果,风冷不能一次性进行,需要安排成两次,一次落实在骨料料仓中,一次安排在搅

拌楼料仓中；对于碾压混凝土，在拌制工艺期间，适当加入冷冻水、片冰等。

混凝土运输环节中，规范碾压混凝土入仓工作，运用15t自卸车来完成运输工作，对于基础回填混凝土，利用自卸车完成入仓工作，在其他常态混凝土中，依然运用自卸车，卸到卧罐用门机开始完成吊运工作，实现入仓处理，由于门机覆盖范围比较局限，对于未能达到的部位，需要借助履带进行吊运，或者应用其他方式实现入仓。运输期间应均匀快速运送混凝土，保证浇筑仓面的施工振捣工艺和运输水平等条件达到适宜性，务必保证应用的运输设备规范，不能出现泌水、漏浆等问题，避免影响到混凝土的质量。运输环节中，尽量减少中间时间，控制转运的次数，当停留时间过久，混凝土的塑性等性能丧失时，需要遵从废料的处理方式，不能在运输期间加入水。当温度水平比较高，应设立保温、遮盖举措，比如，在自卸车的外侧，安装保温板，或者将遮阳棚安置在车厢的顶部，防止混凝土被阳光直射，操控其温度升高值。在混凝土浇筑期间，控制其自由下落高度，保证其小于1.5m，当现实出现超出问题时，应该借助缓降举措，让骨料保持良好状态<sup>[3]</sup>。

## （二）混凝土浇筑过程中

### 1. 混凝土浇筑

当混凝土已经卸入仓面，需要第一时间落实摊铺、碾压工艺，以较快的速度密闭处理混凝土料的表面，从而把控混凝土内部温度，削减外界温度所带来的倒灌影响。若温度值偏高，或者风速度偏大，在仓面持续实行喷雾，保证仓中气候具备湿润性，自然降低仓面环境的温度，在仓面中打造适宜空气湿度环境；基于混凝土来完成坯层施工，当开始接下来的胚层施工工作前，在混凝土的表层处，利用保温袋将其全面覆盖起来，缓解温度倒灌现象，在混凝土内部形成适宜的温度环境。若面临冬季施工，在混凝土钢模板的外部，贴上厚聚乙烯苯板，保证厚度达到3cm，和外在寒冷温度环境隔绝，从混凝土浇筑工作开始，一直到拆模工作，促使内、外温度之差处于稳定范围。

### 2. 埋设冷却水管

为了保证符合后续通水冷却的标准，对于碾压混凝土，从其内部开始冷却水管的埋设工作。在基础限制区域，还有孔口坝段限制区域，对于冷却水管，其中垂直、水平间隔距离都设定为1.5m；在自由区域，冷却水管的垂直、水平间隔距离分别为3.0m、1.5m。在坝体位置，引进的冷却水管支管布置为蛇形，支管方向大体上和水流呈现90度关系，而单独的蛇形支管长度应控制在合理范围内，不能超过300m。埋设冷却水管前，第一件事便是通水试验，明确其通畅水平，检查其漏水状

态，若水压为0.2MPa，每分钟流量超过15L，这种为通畅条件，反之不通畅条件。一旦遇到漏水现象、堵塞问题，需要第一时间换掉水管，在人工力量下，采取转盘支架形式展开铺设，引进钢筋材料，将间隔距离控制为3m，实现加固处理。在不同坝段中，冷却水管彼此之间处于独立状态，布置冷却水管时，不能跨缝安排。

### 3. 埋设温度计

为了更好去监测重力坝混凝土，把握其内部温度波动情况，在碾压混凝土中，选取一部分高质量温度计，埋设在混凝土内部。埋设工作位于坝段水平面，顺着其上游、下游，在其中线位置开始布设。明确大坝上、下游表面，在其0.5至1m范围里，将一支温度计埋设其中，而剩下的温度计则需顺着河流方向来安排，每当间隔15m距离，就需要埋设一支，保证高于90%的温度计能正常应用。

## （三）混凝土浇筑后

### 1. 通水冷却

一般情况下，当碾压混凝土的浇筑工艺处理完成后，在龄期增长的同时，观察其内部温度应力，也会逐渐开始变化。在初级阶段，水泥出现水化作用，大量的水化热被释放，致使温度应力波动严重；在中间阶段，水泥的水化热已经告一段落，此时所引起的现象和自然环境温度有着密切关系；在后续阶段，混凝土已经达到了冷却效果，温度应力产生了不同，和水温变化、外界气温有着密切联系。通过总结这些变化特征，比如，在基础限制区域，在3到10月份，通上12摄氏度的制冷水，在其他月份，通入自然水，控制好冷却水流量，每小时大约为1.2到1.5立方米，通水时间为20天左右。

### 2. 表面保温、养护

在坝体上游位置，还有坝段侧面位置，粘贴上密度较高的聚苯乙烯泡沫板，保证其厚度为2.0cm且粘贴2层，在坝体下游面，粘贴上1层，厚度为2.5cm。一般情况下，当浇筑工作已经结束8到10小时后，开展混凝土表层养护工作。保证各个浇筑块能均匀上升，对于相邻两块之间的高差，不能超过10到12m范围，在表层盖上麻袋，并洒上适量的水，若条件允许，可以借助表面流水方式来加以养护。

## 四、大体积混凝土浇筑温度控制举措

### （一）严格选择施工原材料

一般来讲，在水利相关工程施工中，体现着较大的规模，所以混凝土浇筑方量也会比较大，选用的施工原材料也比较复杂。在选取水泥、粉煤灰等材料时，要做到和工程实际符合。当选取砂石料时，围绕着料场的布设情况，膨胀系数比较低的材料属于优先选择对象，为后续的温度控制工作提供便捷；选取水泥时，优先选

择水化热低的形式，便于准确制约混凝土温度；关于粉煤灰，应该选择国家I级形式，或者符合准I级形式且需水量不超过98%；在辅助外加剂中，严格参考配合比试验，择取合理的缓凝剂、减水剂等，防止出现混凝土裂缝问题<sup>[4]</sup>。

### （二）优化选择混凝土配合比

联系工程实际情况，保证碾压混凝土的配合比足够匹配，这样才能带来符合工程现实需要的结构性能、混凝土力学，有助于落实混凝土浇筑温度控制工作。为了控制浇筑期间混凝土的最高温度，让重力坝结构减少出现温度效应，对于配合比设计，需要确保符合混凝土的力学性能，尽可能控制水泥应用量，防止生成更明显的水化热现象。引进减水剂，使用低热水泥等，增强混凝土的抗裂能力，促使混凝土得到优良的黏聚性。通过规范配合比，将混凝土生产出来，其VC值、可碾性等更加符合施工所需。

### （三）做好浇筑施工温度控制

总结工程实际特性，筛选应用平铺法等工艺。考虑到部分特殊部位、时间段，应采取综合铺料方式，提升浇筑工艺水平。施工期间，妥善安排浇筑工艺，科学规划运输路径，让混凝土运输环节、碾压环节效率更高，确保摊铺时间合理，在碾压工作完成后，跟进养护覆盖工作，尽可能控制温度倒灌问题。在恰当时间实行降温保湿举措，增强气象推测执行力，在施工现场中把握不同温度数据，若温度水平比较高，需要采取喷雾机等设施，改善浇筑仓面的环境，真正起到降温保湿的作用。有序安排浇筑时间，尽量避开温度高的时间段，选取气温较低的时间段，推行混凝土浇筑工作。与此同时，浇筑处理结束后，需要第一时间开展覆盖、洒水工作，养护混凝土材料，将仓面的温度、湿度控制在合理范围内。

要想缓解水化热现象，还应综合考虑坝体结构，规范布设冷却水管，划分区域来控制坝体浇筑混凝土的温升效果。在温度应力相对比较集中的位置，需要侧重完成通水冷却试验，保证冷却效果符合工程发展所需。在试验期间，若察觉到漏水、阻水现象，要精准查出异常现象出现的位置，采取正确方式加以修复，在设计运行环节中控制混凝土浇筑内外温差，改善整体混凝土浇筑质量<sup>[5]</sup>。

### （四）增强温控监督管理

对于碾压混凝土浇筑工艺，为了保证其温控能力得到提升，在混凝土浇筑前，需组织建立能控制监督管理温度的机构，划分管理工作小组。以周、月为周期，开展温度控制工作的相关例会，围绕着现场的实际施工情况，结合工程项目、施工时段的差异性，制定出质量监

控举措，保证碾压混凝土的温度控制工作能保质保量实行下去。联系先进的技术方式，在拌和系统等施工位置装配视频监控系统，安装智能形式的碾压混凝土监控系统等，全面性监控混凝土碾压整体过程，动态化把握施工现场情况，充分应用人工智能技术，采取智能化预测手段，探寻温度控制出现偏差的原因，采取适宜的方式来修正，保证运输温度控制、浇筑温度控制处于设计允许范围内，保证碾压混凝土温升得到科学控制。

### （五）落实混凝土养护保护工作

洒上适量的水来完成养护工作，当混凝土浇筑完成后，大约经过12到15小时便需要开展养护工作，养护时间不能过长也不能过短，具体应超过28天；在比较炎热、干燥的条件下，养护时间需适当增加，起码要达到90天。养护应用的水资源一定要清洁，保证混凝土的表面没有杂质，在拆除混凝土表层的模板前，需要具有湿度，拆掉模板之后，继续进行养护工作，一直开展到养护期。砼浇筑产生终凝效果后，养护砼表面，当处于高温季节，将水洒在其表面，形成湿润的表面，当处于低温季节，开展保温养护覆盖工作。在混凝土浇筑期间，仓面要一直为湿润状态，对于正在施工以及刚刚施工完成的仓面，实行有关举措来抵挡外来水，当日平均气温比较低时，也就是不超过3摄氏度，需要将保温被覆盖在已经浇筑的混凝土仓面处，设定专门人员负责养护工作，同时全面记载养护工作。

结论：通过上述分析可知，碾压混凝土温度控制工作属于一项系统性的工程，由于重力坝结构比较复杂，混凝土浇筑方量相对比较大，施工时间紧迫，所以需要在碾压混凝土浇筑的各个阶段严格约束技术指标，严格选择施工原材料，优化选择混凝土配合比，做好浇筑施工温度控制，增强温控监督管理，落实混凝土养护保护工作，有效控制坝体内部、外部的温度差。

### 参考文献

- [1]王文涛. 遵余湘江大桥大体积混凝土浇筑温控设计与施工[J]. 城市建筑, 2023, 20(10): 199-203.
- [2]诸颖. 束合管幕狭长空间自密实混凝土浇筑技术研究——以上海轨道交通某车站束合管幕工程为例[J]. 建筑科技, 2023, 7(02): 62-65.
- [3]段亚辉, 樊启祥, 苏立. 泄洪洞边墙衬砌混凝土浇筑温控防裂实时控制抗裂安全系数估算[J]. 武汉大学学报(工学版), 2023, 56(04): 387-395.
- [4]项余能. 梁柱不等强节点混凝土浇筑夹网布气囊分隔技术应用[J]. 建设监理, 2023(03): 94-96.
- [5]朱涛, 武帅. 智能温控技术在严寒地区高拱坝混凝土浇筑中的应用[J]. 中国水利, 2021(20): 54-57.