

水电站混凝土重力坝施工期温度控制与裂缝防治技术研究

胡志鹏

中国葛洲坝集团第一工程有限公司

DOI:10.12238/ems.v7i12.16460

[摘要] 水电站的关键建筑物混凝土重力坝, 在施工期间由于水泥水化热的释放、环境温度差异的变化等情况, 很容易产生温度应力, 进而引发裂缝, 这会对坝体的结构安全以及使用年限造成影响。本文结合水电站混凝土重力坝的施工特性, 剖析施工期间温度裂缝形成的主要缘由, 从优化原材料、改进浇筑工艺、落实温控措施、开展裂缝监测等方向, 给出具有针对性的温度控制以及裂缝防治的技术方案, 并且增添了保障技术落地的举措。目标是保障水电站混凝土重力坝的施工质量提供全方位的技术借鉴, 推动水电站实现安全且稳定的运行。

[关键词] 水电站; 混凝土重力坝; 施工期; 温度控制与裂缝防治

引言

水电站的混凝土重力坝凭借自身的重量来维系稳定状态, 肩负着挡水、发电等关键功能, 该坝体的施工质量直接关系到水电站的整体安全性。在施工进程中, 当混凝土完成浇筑之后, 水泥发生水化反应会释放出数量可观的热量, 这会导致坝体内部的温度迅速地大幅升高, 然而坝体表面的散热速度较快, 由内外温差所形成的温度应力极容易让坝体出现裂缝。这些裂缝不但会使坝体的承载能力遭到削弱, 而且还可能诱发渗漏方面的问题, 对水电站的长期稳定运行构成威胁。当下, 有一些水电站重力坝在施工时, 由于温度控制措施没有做到位, 依旧存在着出现裂缝的潜在风险。因此, 开展对施工期间温度控制以及裂缝防治技术的研究, 并确保这些技术能够切实落地实施的保障措施研究, 对于提高混凝土重力坝的施工质量有着重要的实际意义。

一、水电站混凝土重力坝施工期温度裂缝形成原因

(一) 水泥水化热引发的内部温升

在混凝土完成浇筑之后, 水泥和水之间会产生水化反应, 这个过程会持续不断地释放出热量, 然而, 由于混凝土自身的导热系数相对较低, 使得热量很难迅速地散发出去, 进而造成坝体内部的温度持续上升。对于大体积的混凝土重力坝而言, 其浇筑层的厚度一般比较大, 这就致使内部热量的积聚现象更为显著, 最高温度能够达到 60-70℃。当坝体内部温度和表面温度的差值超出 25℃时, 就会产生较大的温度应

力, 若这种应力超过了混凝土的抗拉强度, 便会引起裂缝的出现, 并且这些裂缝大多是从坝体的表面朝着内部延伸开来。

(二) 环境温差与气候因素影响

在施工阶段, 环境温度发生的变化会让坝体的温度波动情况变得更为严重。到了夏季, 气温处于较高状态时, 混凝土在完成浇筑之后, 其表面会遭受强烈的烈日长时间暴晒, 温度会以较快的速度往上升高, 然而内部的温度变化却存在一定的滞后性, 这样就形成了坝体内部与外部之间的温度差别; 到冬季, 气温较低时, 坝体的表面散热速度过快, 很容易出现因为冻融而造成的损伤, 与此同时, 寒冷的空气会使混凝土出现收缩现象, 从而产生温度方面的应力。

(三) 施工工艺与养护不当

不合理的施工工艺会直接引发温度裂缝。若混凝土浇筑的速度过快, 没有依照规定进行分层浇筑, 那么就会造成下层混凝土已经开始初凝, 而上层混凝土继续进行浇筑时, 会产生约束应力。在浇筑的过程中, 如果振捣不够密实, 混凝土的内部会存在孔隙, 这会降低其抗拉强度, 在温度应力的作用之下, 就容易出现开裂的情况。

二、水电站混凝土重力坝施工期温度控制技术

(一) 原材料优化与配合比调整

选择水化过程中热量释放相对较低的水泥种类, 如矿渣成分的硅酸盐水泥、带有火山灰质特性的硅酸盐水泥等, 此类水泥在水化反应时, 热量释放的速度较为缓慢, 能够使坝

体内部的温度升高幅度得到降低。在混凝土中添加粉煤灰、矿粉等掺和物质,如图1所示,用以替代一部分水泥,通过这种方式不仅可以让水泥的使用量有所减少,而且还能够使水化热的释放时间往后推迟,从而降低温度升高所能达到的最高数值。与此同时,对骨料的级配情况进行优化,选用具有连续级配特点的骨料,使骨料之间的空隙占比减少,提升混凝土的紧实程度以及热量传导的性能,助力热量向外散发,进而缓解坝体内部温度升高的状况。



图1 粉煤灰

(二) 分层分块浇筑与温控措施

运用分层分块的浇筑工艺手段,将大体积的混凝土重力坝划分成多个规模较小的浇筑块,针对每个浇筑块,将其厚度把控在1.5-2.0米,在块体之间设置施工缝,这样做有利于热量的散发。在进行浇筑操作时,对浇筑的间歇时间予以严格掌控,要保证下层混凝土的温度降低到设计所规定的要求之后,才开展上层的浇筑工作。与此同时,在浇筑块的内部预先埋设冷却水管,向其中通入温度较低的水,以此来实现内部降温的目的,冷却水管之间的间距依据坝体的具体尺寸来确定,通常处于1.5-2.0米的范围,借助对水温以及流量进行调节,将坝体内部的最高温度控制在允许的区间之内。

(三) 表面保温与温度监测

当混凝土完成浇筑之后,需立刻施行表面保温的举措。在夏季时,要运用遮阳布进行覆盖,以此防止阳光直接照射;到了冬季,则要铺设保温被或者岩棉板,从而降低热量的散

失,将坝体表面和环境之间的温度差值控制于15℃的范围之内。与此同时,要设置温度监测的点位,于坝体的内部以及表面的不同位置安装温度计,对温度的变化进行实时的监测,每隔2-4小时就记录一回数据。借助温度监测来了解坝体温度的分布情形,及时对温控的措施加以调整,避免因温差过大而产生裂缝。

三、水电站混凝土重力坝施工期裂缝防治技术

(一) 裂缝预防的施工控制措施

在进行浇筑操作之前,需要对模板展开细致检查,要保证模板所获得的支撑足够稳固,以此规避在浇筑进程中出现模板变形的状况,因为模板变形可能会致使混凝土结构的受力呈现不均衡的态势。在混凝土处于运输阶段时,要切实落实保温方面的举措,以此防范温度出现过于剧烈的波动,要将混凝土进入仓体时的温度把控在25℃以下。在进行浇筑作业时,要严格依照既定的分层厚度以及顺序来开展施工,振捣务必达到密实的程度,防止出现漏振或者过振等问题。在混凝土开始初凝之后,要及时实施二次振捣操作,从而增强混凝土的密实程度,提升其抗拉的强度,降低产生裂缝的可能性。



图2 环氧树脂砂浆

(二) 裂缝修补与处理技术

在施工进程中,若发现混凝土表面存在细微裂缝情况,可以运用表面涂抹的方法,也就是将环氧树脂砂浆、水泥基渗透结晶型涂料等材料涂抹于裂缝的表面之处,以此来封闭裂缝,进而防止水分渗透进去,如图2所示。而针对深度相对较大的裂缝,就要采用压力注浆的方法,具体是挑选水泥

浆或者环氧树脂浆液,借助注浆管将浆液挤入到裂缝的内部,让其填充裂缝的缝隙,从而让混凝土的整体性得到恢复。当裂缝修补工作完成之后,需要对修补的部位执行保温养护的操作,以避免因为温度发生改变而让裂缝再次出现。

(三) 后期养护与监测强化

在混凝土完成浇筑之后,需让其表面维持湿润状态以进行养护,所进行养护的时长不得少于28天,可借助洒水、覆盖能够起到保湿作用的薄膜等方式,来避免混凝土表面出现干缩的状况。与此同时,要强化对后期温度以及裂缝的监测工作,定时查看坝体的表面是否有新的裂缝产生,并且监测已经存在的裂缝的发展情形。若察觉到裂缝的宽度有所增加或者长度有所延伸,就要马上分析其中的缘由,采取具有针对性的处理举措,以此保证坝体的结构处于稳定的状态。

四、水电站混凝土重力坝温控与防裂技术的落地保障措施

(一) 完善技术标准与规范体系

参照水电站混凝土重力坝施工的实际状况,拟定专门化的温度控制与裂缝预防技术准则,清晰界定原材料挑选、浇筑工艺实施、温度监测开展等各个环节的技术参数以及操作方面的要求。借鉴行业内领先的实践经验,详细规定在不同气候情形、坝体不同部位所适用的有差别的技术规范内容,例如高温地域和寒冷地域在保温举措上的标准设定、坝体基础部分和上部结构在浇筑层厚度方面的要求设定等,以此为技术的实际落实提供统一的参照依据,防止由于标准不够清晰明确而造成施工过程中出现偏差。

(二) 强化施工人员专业培训

着眼于温控以及防裂技术的关键要点,开展面向施工人员的专门培训,培训所包含的内容有水泥水化热的原理、温控设备的操作、裂缝的识别与处理等方面。采用理论授课和现场实际操作相结合的形式,增强施工人员对于相关技术的理解能力和应用能力。有规律地组织技能方面的考核,将考核的结果和岗位绩效关联起来,以此激发施工人员进行规范操作,保证技术措施在施工阶段能够得到精准的执行,降低因人为操作失误而产生的风险。

(三) 优化施工设备配置与维护

配置具备前沿技术的温度控制以及监测装置,如高精度的温度计、能够自动进行温度调控的冷却系统、裂缝监测仪器等,以此提高技术施行的精确程度与效能。构建设备定

时维护的规章,安排具备专业技能的人员针对冷却水管、测量温度的仪器等展开日常的检查与养护,及时更替出现老化、产生损坏的设备,防止由于设备出现故障而对温度控制的成效造成影响。与此同时,依照施工的进展状况以及坝体的规模大小,科学地调配设备资源,保证各个施工区域的设备供应处于充足状态。

(四) 建立应急处置与反馈机制

针对温控出现异常状况以及裂缝突然出现的情形,拟定应急处理方案,对应急处置的具体流程、负责人员以及物资储备情况加以明确,例如当温度急剧上升时,需对冷却水管的流量进行调整的方案,并针对裂缝快速修补所需的材料准备等方面。构建技术实施的反馈体系,按照一定周期收集施工过程中有关温控的数据以及裂缝的实际状况,召集专业的技术人员对所出现的问题展开分析,对相关经验进行总结归纳,及时地对技术方案予以优化完善,进而形成一个“实施、反馈、优化”的完整闭环,以此确保温控与防裂技术能够始终契合施工的实际需求。

结束语

在水电站混凝土重力坝的施工期间,温度裂缝的出现,大多是因为水泥水化热、环境温度差异以及施工养护操作未达标准等方面的因素。借助对原材料加以优化、开展分层浇筑作业、利用冷却水管降低温度等温度调控技术,能够切实降低坝体内部的温度升高幅度以及温度差值;将施工管控、裂缝修补、后期养护等预防和治理技术相结合,能够大幅减少裂缝的产生并且对裂缝的扩展进行控制,再搭配技术规范、人员培训等确保措施得以落实到位的保障措施,就可以构建起一套完整的质量保障体系,从而为水电站混凝土重力坝的建设给予更为坚实的支持。

[参考文献]

- [1] 赵飞. 水电站消能系统大体积混凝土施工温度控制技术[J]. 四川水利, 2023, 44 (05): 63-66.
- [2] 关薇, 康智明. 水电站混凝土预冷预热技术研究与应用[M]. 中国水利水电出版社: 202112: 238.
- [3] 刘斌. 水电站大坝混凝土温度控制技术探讨[J]. 科技风, 2020, (21): 90.
- [4] 穆晓东, 郭万里, 王建. 黄登水电站大坝碾压混凝土温度控制与管理[J]. 水力发电, 2019, 45 (06): 72-75+91.