

# 水库大坝施工中混凝土温控技术应用研究

胡佳勇

新疆北方建设集团有限公司 新疆奎屯 833200

**摘要：**水库大坝混凝土温控技术在大坝建设中具有至关重要的意义。随着水利工程建设规模的不断扩大，水库大坝混凝土温控技术面临着诸多挑战与机遇。随着科技的发展，新技术在温控技术中的探索与应用也逐渐增多。智能化温控手段能够实时监测混凝土的温度变化，及时调整温控措施。新型添加剂的应用可以改变混凝土的水化热特性，从源头上减少热量产生。节能环保技术的融合则在保证温控效果的降低了能源消耗和对环境的影响。水库大坝混凝土温控技术是一个多方面综合作用的技术体系，其合理应用对于保证大坝的质量和运行安全具有不可替代的重要意义。本文旨在概括性阐述水库大坝混凝土温控技术相关研究的关键要点。

**关键词：**水库大坝；施工；混凝土；温控技术

## 引言

在现代水利工程建设中，水库大坝的建设是至关重要的部分。混凝土作为大坝建设的主要材料，其质量和性能直接影响大坝的安全性和耐久性。温控技术的发展也与环境保护和可持续发展的理念相契合。合理的温控技术可以减少能源消耗，例如采用高效的冷却系统代替传统的高能耗冷却方式；还可以减少因混凝土裂缝导致的水资源渗漏等环境问题，提高水库大坝的生态友好性。

## 一、水库大坝施工中混凝土温控技术核心方法

### （一）内部冷却水管布置

在水库大坝混凝土温控技术中，内部冷却水管布置是极为关键的环节。冷却水管的合理布置能够有效地降低混凝土内部的温度，防止因温度应力过大而产生裂缝等不良现象。例如，在某大型水库大坝的建设中，根据大坝的规模和混凝土浇筑的厚度等因素，冷却水管采用了蛇形布置方式。这种布置方式能够确保冷却水在混凝土内部均匀流动，从而带走热量。通常，冷却水管的间距会依据混凝土的热学性能、浇筑层厚等进行精确计算，一般横向和纵向间距在1.5-2.5米之间。

从材料角度看，冷却水管多采用金属材质，如钢管。钢管具有良好的导热性能，能够快速将混凝土内部的热量传导到冷却水中。在管径的选择上，一般直径为2-3厘米，这一尺寸既能保证足够的水流量，又不会因管径过大而影响混凝土的结构整体性。而且，冷却水管的进水口和出水口的设计也十分重要。进水口要保证冷却水能够以稳定的压力和流量进入水管，出水口则要确保热

水能够顺利排出。在实际操作中，常常会在进水口设置流量调节阀，以便根据混凝土内部温度的变化实时调整冷却水的流量。

冷却水管的安装时间也有讲究。一般会在混凝土浇筑前预先铺设好冷却水管，并且要保证水管的固定牢固，防止在浇筑过程中发生位移。为了防止水管漏水，在安装完成后会进行压力测试，测试压力通常为工作压力的1.2-1.5倍。如果发现水管存在泄漏问题，必须及时修复或者更换，否则将会影响整个温控效果。

### （二）表面保温措施设计

表面保温措施在水库大坝混凝土温控方面起着不可或缺的作用。大坝混凝土表面与外界环境直接接触，容易受到气温变化的影响，所以需要有效的保温措施来减少热量的散失或者吸收。以我国北方某水库大坝为例，该地区冬季寒冷，昼夜温差大。在大坝混凝土表面采用了多层保温材料的组合方式。最内层是厚度为2-3厘米的泡沫塑料板，这种材料具有良好的保温性能，能够有效地阻止混凝土内部热量向外散发。中间层是一层防水透气膜，它的作用是防止水分进入保温层内部，同时又能保证混凝土内部的水汽能够散发出去，避免因水汽积聚而影响混凝土的质量。

最外层则是采用了厚度为5-10厘米的棉被进行覆盖。棉被的保温效果在寒冷环境下十分显著，并且具有一定的柔韧性，能够较好地贴合大坝表面。在夏季高温时段，表面保温措施则主要是防止外界高温向混凝土内部传导。此时会采用反射率较高的隔热材料，如铝箔隔热膜。铝箔隔热膜能够反射大量的太阳辐射热，减少混

凝土表面吸收的热量。

保温材料的铺设面积和覆盖方式也需要精心设计。在大坝的上下游面以及侧面等不同部位,根据其受外界环境影响的程度不同,保温材料的铺设厚度和覆盖方式会有所差异。例如,大坝的上游面由于长期与水接触,温度变化相对较小,保温材料的铺设可以相对薄一些,但要确保防水性能良好;而大坝的侧面和顶部受外界气温影响较大,保温材料的铺设则要更厚、更严密。

### (三) 分层浇筑技术要点

分层浇筑技术是水库大坝混凝土施工中控制温度的重要手段。分层浇筑能够使混凝土在浇筑过程中热量散发更加均匀,减少内部温度积聚。例如,在某中型水库大坝的建设中,根据混凝土的性能和大坝的结构要求,将浇筑层厚度确定为30-50厘米。这样的厚度既便于施工操作,又有利于热量的散发。如果浇筑层过厚,混凝土内部的热量难以散发出去,容易导致温度过高;而浇筑层过薄,则会增加施工的工作量和成本。

在分层浇筑过程中,相邻两层混凝土的浇筑时间间隔也是一个关键因素。一般来说,要在前一层混凝土还处于初凝状态时进行下一层的浇筑,这样可以保证两层混凝土之间的结合良好。通常这个时间间隔在1-3小时之间,具体时间会根据混凝土的配合比、环境温度等因素进行调整。例如,在温度较高的夏季,混凝土的初凝时间会缩短,所以相邻两层的浇筑时间间隔也需要相应缩短。

每层混凝土在浇筑时的振捣操作也对温控有影响。振捣要均匀、密实,以确保混凝土内部的空气排出,提高混凝土的密实度。但过度振捣可能会导致混凝土内部粗骨料下沉,产生分层现象,影响混凝土的性能。

## 二、水库水利施工中高边坡支护技术的应用优化措施

### (一) 支护技术类型的优化选择

在水库水利高边坡支护技术中有多种类型可供选择,如锚杆支护、锚索支护、抗滑桩支护以及挡土墙支护等,需要根据具体的边坡条件进行优化选择。

锚杆支护是一种较为常用的方式,它通过将锚杆打入边坡岩体内部,利用锚杆与岩体之间的摩擦力来提高边坡的稳定性。对于一些岩质相对较好、岩体完整性较高的边坡,锚杆支护能够起到很好的加固作用。例如,在某中型水库的高边坡支护中,采用了直径为25毫米的锚杆,锚杆间距为2米×2米,有效地提高了边坡的抗滑能力。

锚索支护则适用于对边坡加固要求更高的情况。锚索的锚固力较大,可以深入到更深的稳定地层中。在一些高陡边坡的支护中,如某山区水库的高边坡,坡高达80米,坡角接近60度,采用了锚索支护。锚索的设计拉力达到了500千牛,有效地防止了边坡的滑动。

抗滑桩支护主要应用于存在较大滑坡隐患的边坡。抗滑桩能够承受较大的侧向力,将滑坡体的下滑力传递到稳定地层中。在某水库扩建工程中,高边坡由于受到库水水位变化的影响,存在滑坡风险,通过设置直径为1.5米的抗滑桩,桩间距为5米,成功地稳定了边坡。

挡土墙支护适合于边坡坡脚需要加固的情况。在某平原地区的水库高边坡,由于地基土较为软弱,采用了重力式挡土墙进行支护。挡土墙的高度为6米,底部宽度为3米,有效地抵抗了边坡土体的侧向压力。

### (二) 施工过程中的优化措施

在高边坡支护技术的施工过程中,有许多优化措施可以提高施工质量和效率。首先是施工顺序的优化。对于锚杆和锚索支护,应遵循从上到下、分层分段施工的原则。例如,在某水库高边坡支护施工中,先进行边坡顶部的锚杆施工,待上部锚杆达到一定的锚固强度后,再进行下部的施工,这样可以避免在施工过程中边坡因过早受力而发生变形或破坏。

施工工艺的优化也至关重要。在锚杆施工中,钻孔的精度直接影响锚杆的安装和锚固效果。采用先进的钻孔设备,如全液压锚杆钻机,可以提高钻孔的垂直度和孔径的精度。在某水库工程中,使用这种钻机后,钻孔的偏差控制在5厘米以内,大大提高了锚杆的锚固质量。

对于抗滑桩施工,混凝土的浇筑质量是关键。采用导管法进行水下混凝土浇筑,可以保证混凝土的密实性。在某存在地下水的高边坡抗滑桩施工中,通过导管法浇筑,混凝土的强度和密实性均满足设计要求,抗滑桩的承载能力得到有效保证。

施工过程中的监测也是必不可少的优化措施。通过在边坡上设置位移监测点、应力监测点等,可以实时掌握边坡的变形和受力情况。例如,在某水库高边坡支护施工期间,采用全站仪和应力传感器进行监测,一旦发现边坡位移超过预警值,及时调整施工方案,采取加固措施,确保了施工安全。

## 三、案例分析

### (一) 工程背景与目标

以三峡大坝工程为例,三峡大坝是当今世界最大的水利枢纽工程。其工程背景十分复杂,首先从地理区位

来看，三峡地区处于长江中游，这里是中国重要的经济区域，对防洪、发电、航运等有着极高的需求。该区域气候多变，年平均降水量丰富，洪水期的水量巨大，这对大坝的防洪能力提出了严格要求。而且长江是中国重要的内河航道，保证大坝建成后不影响航运的正常进行也是重要目标之一。

从工程目标角度，三峡大坝主要有三大目标。一是防洪，通过对长江洪水的有效调控，保护中下游地区的广大平原免受洪水侵害。据统计，三峡大坝建成后，可以有效拦蓄洪水，将荆江河段的防洪标准从十年一遇提高到百年一遇。二是发电，三峡大坝的水电站装机容量巨大，总装机容量达到2250万千瓦。这将为中国中部和东部地区提供大量的清洁电能，每年的发电量可以满足数亿家庭的用电需求。三是航运，改善长江的航运条件，使万吨级船队可以直达重庆，提高长江航道的航运能力和经济效益。

## （二）施工方案与实施

在施工方案方面，三峡大坝的混凝土浇筑是关键环节。针对温控问题，首先在混凝土原材料的选择上，选用了低热水泥，这种水泥在水化过程中产生的热量相对较低，有助于控制混凝土内部温度升高。例如，普通水泥水化热可能达到每千克300-400焦耳，而低热水泥的水化热可以控制在每千克200-250焦耳。

在浇筑工艺上，采用了分层分块浇筑技术。将大坝混凝土结构按照一定的尺寸划分成不同的层和块，比如大坝的基础部分，按照每3-5米一层进行浇筑。这样做的好处是可以让每层混凝土在浇筑后有足够的时间散热，避免热量过度积累。在每层混凝土中布置冷却水管，冷却水管的间距根据混凝土块的大小和散热需求确定，一般为1.5-2.5米。通过循环冷水在冷却水管中流动，带走混凝土内部的热量。在表面保温方面，使用了特制的保温材料，如聚苯乙烯泡沫板，其导热系数低，能够有效地减少混凝土表面与外界环境的热量交换。

在施工过程中，严格按照施工计划和质量标准进行操作。例如，在混凝土搅拌环节，精确控制原材料的配比，确保混凝土的性能符合要求。对施工设备进行定期的维护和检修，保证混凝土浇筑的连续性。在冷却水管的安装过程中，保证水管的密封性和连接牢固性，防止冷却水管漏水影响冷却效果。

## （三）温控效果评估分析

三峡大坝在温控方面取得了显著的效果。从温度监测数据来看，在混凝土浇筑后的早期，内部温度上升幅

度得到了有效的控制。按照设计要求，混凝土内部最高温度不应超过70℃，实际监测数据显示，大部分区域的混凝土内部最高温度控制在60-65℃之间。这得益于冷却水管的合理布置和有效的运行，通过对冷却水管进出水温度的监测发现，冷却水管能够持续稳定地带走混凝土内部的热量。

从大坝的长期运行来看，没有出现因温度应力导致的裂缝等严重质量问题。大坝结构保持完整，这表明温控措施在保证大坝结构稳定性方面起到了至关重要的作用。与其他类似工程相比，三峡大坝的温控技术应用使得大坝在同等环境条件下，混凝土的耐久性和抗裂性表现更为优秀。例如，一些小型水利工程由于温控措施不当，在建成后不久就出现了不同程度的裂缝，影响了工程的使用寿命和安全性，而三峡大坝在这方面的成功经验值得借鉴。

另外，从温控措施的经济性分析，虽然在温控方面投入了一定的成本，如冷却水管的安装、保温材料的使用等，但从长远来看，避免了因温度裂缝带来的维修成本和安全风险成本。以大坝的使用寿命为50年计算，如果出现裂缝需要进行修复，修复成本可能是温控成本的数倍，而且还可能影响大坝的正常运行，带来间接的经济损失。所以三峡大坝的温控效果在经济上也是合理可行的。

## 结束语

在对水库大坝混凝土温控技术的全面研究中，可以看到这一技术在水利工程建设中占据着举足轻重的地位。从施工环境的细致分析到温控技术的核心方法探究，再到新技术的探索与实践，每一个环节都紧密相连，共同构成了水库大坝混凝土温控技术这一复杂而又关键的体系。

## 参考文献

- [1] 康朴. 水利工程水库大坝大体积混凝土温控养护技术研究[J]. 四川水利, 2023, 44(2): 73-76.
- [2] 温浩. 水库主坝浇筑加固下大体积混凝土防裂温控应用[J]. 云南水力发电, 2024, 40(3): 82-86.
- [3] 杨国兰. 混合坝型常态混凝土重力坝段施工关键技术[J]. 水利水电施工, 2024(2): 43-46.
- [4] 向前, 熊涛. 西藏高海拔干冷河谷碾压混凝土筑坝保温材料的比选及应用[C]// 水库大坝智慧化建设与高质量发展. 2023.
- [5] 康军红, 王倩. 基于温度应力仿真的仙洞沟堆石混凝土坝分缝技术研究[J]. 水科学与工程, 2024(2): 7-10.