

# 水闸混凝土施工关键技术及质量控制研究

张先配 张立均 王海燕

泗洪县水利工程有限公司 江苏 宿迁 223900

**摘要:** 随着社会经济的快速发展,水闸工程的作用日益凸显,不仅仅局限于传统的水资源管理与防洪排涝,更扩展到促进地方经济的发展、环境的美化及提升区域生态水平等方面。在水闸工程的众多施工环节中,闸底板的大体积混凝土施工尤为关键。这个环节直接关联到水闸的稳定性、耐久性及防渗性,是保障工程质量的核心。因此,本文将对水闸混凝土施工关键技术及质量控制措施进行详细研究,以供参考。

**关键词:** 水闸混凝土; 施工关键技术; 质量控制

前言: 水闸工程的建设是一个系统工程,涉及到复杂多变的环境条件、严苛的技术要求和多种不确定因素的挑战。因此,每一个细节的处理都需要基于科学严谨的态度,综合运用现代工程技术和经验智慧,确保建设项目的成功实施。通过这种方式,水闸工程不仅能有效发挥其基本功能,还能在促进经济社会发展、提升生态环境品质方面发挥更大的作用。

## 1 项目介绍

某市外闸工程是宏大的水利建筑项目,具体规模展现在它的单孔节制闸设计,其尺寸为8.0m宽和9.5m高,这使其归类为Ⅱ级水工建筑物。这座水闸承担着至关重要的任务——排涝和通航,是维护该市正常水文环境和水上交通的关键设施。在结构方面,该水闸的闸底板设计展现出其庞大的规模和严谨的结构计算,长达23.0m,宽25.0m,并且厚度为2.0m。为提高结构的稳固性,闸底板在前后、左右的齿坎位置又额外加深0.4m<sup>[1]</sup>。此外,底板的底面和顶面高程分别设定为-5.10m和-3.10m,体现精确的高程控制以适应水流与通航的需要。为保障其功能性和耐久性,闸底板采用C30级混凝土,并且满足S6级的防渗要求,总计混凝土使用量为1200m<sup>3</sup>。

## 2 水闸混凝土施工关键技术

### 2.1 垫层技术

在施工过程中,特别是在处理基坑开挖工作时,采取的一项关键措施是在闸底板周围约1.0m的高度线上设置轻型井点进行降水作业。这一步骤的目的是为将地下水位降低到-6.0m,从而为接下来的挖掘工作创造适宜的条件。当地下水位成功降至规定深度后,便启动挖掘机械和动用人力来开挖基坑中的土质以及上方的保护层。这一阶段完成后,基坑的开挖和准备工作进入关键阶段。接下来,经过现场监理工程师对挖掘出的槽进行严格的检查并确认无误后,立刻着手浇筑C10级别的素混

凝土垫层,其混凝土总量计120m<sup>3</sup>。施工队伍采用现场自行配制混凝土的方式,然后通过机动翻斗车进行运输。运到施工现场的混凝土通过搭建的钢管支架作为送料平台,利用溜槽下灰的方式进行输送,最后由工人进行人工平仓。为确保混凝土垫层的坚固和密实,采用平板振捣器进行振捣,直至达到理想的密实度<sup>[3]</sup>。完成振捣之后,工人们将表面抹平,以确保垫层质量符合工程要求。

### 2.2 钢筋绑扎技术

作业开始时,首先在已经浇筑完成的素混凝土垫层上进行精确的弹线和放样作业,这一步骤是为确保后续钢筋的准确布置。紧接着,进入钢筋绑扎的阶段,此时,重点关注钢筋的直径和连接方式。具体来说,直径超过16mm的底板钢筋采用现代焊接技术中的闪光对焊方式连接,以确保接头的强度和稳定性。对于直径16mm及以下的钢筋,则通过传统的绑扎接头的方式进行连接。为保证结构的坚固,接头的位置需要错开布置,而且在任何受力区域,接头的数量占该截面总钢筋数量的比例需控制在25%以内。在处理底层钢筋时,采用50mm厚的混凝土保护块来精确控制钢筋的位置,确保钢筋层与混凝土之间有足够的保护层。对于上层钢筋的定位,则是通过特制的混凝土支柱来实现,每个混凝土支柱的断面尺寸为25cm×25cm,内部配备4根直径为8mm的钢筋作为骨架,增加其稳定性。这些混凝土支柱在预制时,其周边会人工凿制出粗糙面,露出部分石子,以增强与浇筑的混凝土之间的结合力<sup>[3]</sup>。

### 2.3 模板安装

在施工中,对于底板模板的选择与应用,一种综合使用钢材和木材的方法被采纳。针对那些需要安装止水带的部分,木质模板被优先选择,因为它们固定止水带时更加便捷灵活。与此同时,底部结构则倾向于使用拼装式的钢制模板,旨在提供更强稳定性和支撑力。

鉴于所建造的基础结构具有较大的厚度，这就要求模板系统必须拥有足够的强度和支撑能力来承受相应的压力。为此， $\Phi 48\text{mm}$ 的钢管被用于构建支架系统，其主要功能是为整个模板系统提供坚固的支撑，确保施工过程中的安全性和模板的稳定性。这样的配置不仅保障施工的顺利进行，也为最终结构的质量打下坚实的基础。

## 2.4 混凝土浇筑

### 2.4.1 施工设备

在具体的施工现场，决定采用市场上购买的商品混凝土以满足工程需求。混凝土的具体配比将由专业的试验室根据实际需要来制定。为精确控制混凝土的凝固过程，特意加入缓凝剂，目的是使混凝土的初凝时间延长至6小时以上，而终凝时间则控制在8小时以内，以适应施工的特定要求。为高效稳定地输送混凝土，工程团队部署两台具有 $80\text{m}^3$ 每小时输送能力的混凝土泵车，并且为保证施工过程中的连续性和防范突发情况，另外还配备一台座泵作为备用。在混凝土的运输方面，选择容量为 $6\text{m}^3$ 的罐车进行材料的搬运工作，这是基于对供应商供应能力和施工需要的综合考虑，确保供应商能以每小时 $80\text{m}^3$ 的能力稳定供应混凝土<sup>[4]</sup>。

### 2.4.2 浇筑顺序

在执行混凝土浇筑工作时，采取使用混凝土泵车并按照从一侧到另一侧逐步、分层进行的策略。尤其是对于底板这一部分，考虑到其最厚处达到 $2.7\text{m}$ ，因此规划一个五层的分层浇筑计划。具体来说，最厚的部分将单独构成一层，而从 $-5.10\text{m}$ 到 $3.10\text{m}$ 的区间，则被划分为四个 $0.5\text{m}$ 厚的层次进行浇筑。针对每一轮浇筑工作，预计的混凝土使用量大约为 $287.5\text{m}^3$ 。基于对混凝土供应能力的评估和计划，完成每一层的浇筑所需时间大概为3.6小时。同时，考虑到混凝土的生产及其运输到施工现场所需的时间大约为1小时。因此，在每次浇筑完成后，还会有大约1.4小时的时间余裕。这个时间缓冲允许施工队伍确保混凝土能够在形成冷缝之前顺利进行下一轮的浇筑，从而保证施工质量和结构的整体性。

### 2.4.3 浇筑

为高效且精准地完成混凝土的浇筑工作，采取 $6\text{m}^3$ 容量的搅拌车将混凝土运输至施工现场。在现场，施工团队特意部署一台配有较长臂架的混凝土输送泵车，该泵车被巧妙地安置在北岸位置，确保混凝土能够直接且无阻碍地送达施工区。按照计划，从外河边缘开始，向内河方向稳步推进混凝土的浇筑工作，整个底板的完成预计总耗时约15小时。混凝土振捣环节，为确保混凝土密实度和均匀性，施工团队依据混凝土的厚度、层数

以及混凝土在输送过程中自然形成的斜坡度，精心安排前、中、后三个区域的振动器布置。通过对振动器操作的高度控制，包括移动距离、插入深度及振捣持续时间精准调整，有效避免在浇筑带交接处发生振捣不足的问题。混凝土在浇筑过程中可能产生的泌水现象也得到周到的处理。泌水沿着混凝土斜坡自然流至汇集点，随后通过软管污水泵及时排出，确保现场干净整洁。对于混凝土表面如果出现过多的泌水，施工团队会使用棉絮等材料吸除多余的水分，从而保障混凝土质量。

## 3 水闸混凝土施工质量控制措施

### 3.1 科学设置混凝土配合比

为确保闸底板混凝土的结构性能能够达到C30的强度等级和S6的抗渗标准，施工单位决定使用市场上的商品混凝土<sup>[5]</sup>。在选择供应商时，除考虑其在行业内的良好业绩和可靠的信誉外，还特别要求供应商从几个关键方面对混凝土的配比进行精细调整，以优化其性能。在水泥的选择上，为有效降低水泥水化过程中产生的热量，采用PO.32.5级水泥。这种低热水泥有助于减少闸底板混凝土内部的热应力，从而降低裂缝的风险。通过向混凝土中掺加适量的粉煤灰，施工单位旨在降低水泥的用量，进一步减少水化热生成。粉煤灰的加入不仅有助于环保，还能改善混凝土的工作性和长期性能。此外，为控制混凝土的凝结时间，确保足够的施工可操作时间，大于6小时的初凝时间通过添加一定量的缓凝剂（SP402）来实现。这一措施对于大体积混凝土施工尤其关键，以避免早期强度发展不均。混凝土的可操作性方面，施工单位通过严格控制坍落度在 $120\pm 20\text{mm}$ 的范围内，以及将水灰比限制在0.6以下，从而减小混凝土的收缩率，确保施工后的稳定性与耐久性。

### 3.2 提升骨料质量

在本工程中，混凝土的制备采取精选的原料与严格的质量控制措施。混凝土中的骨料使用粒径范围为5至 $40\text{mm}$ 的碎石，确保其具有良好的连续级配性质，以达到更加均匀密实的混凝土结构。碎石中片状颗粒的比例被严格限制在10%以下，同时，其泥土含量控制在不超过2%，以防止混凝土强度和耐久性的可能下降。对于使用的黄沙，选择具有适中粗细程度的中粗沙，其细度模数被精确控制在2.3到2.5之间。这样的沙子既保证混凝土具有良好的工作性，同时也有助于提高其紧密性和强度。在选择粉煤灰的方面，工程选用二级低钙灰，这样的粉煤灰不仅可以提供良好的工作性，还能在一定程度上减少混凝土内部的碱性，从而提升混凝土的耐久性。

### 3.3 灵活调整入模温度

在本工程的施工过程中，特别是针对闸底板混凝土的浇筑任务，施工单位面临着项特殊挑战：施工时间安排在5月份，而此时靠近海边的温度相对较低，大约在6℃左右。这样的环境温度远低于正常混凝土施工的要求，根据《水闸施工规范》规定，混凝土浇筑过程中材料的温度不应低于10℃。为适应这一特殊情况并确保混凝土的质量，施工单位采取相应的措施。具体来说，施工单位通过加热拌和用水这一技术手段，有效保证混凝土材料在浇筑前的温度能够达到10℃以上。这项措施不仅保障混凝土能够在低温条件下顺利进行浇筑，而且还保证混凝土能够在较佳的温度条件下进行养护，从而提升最终结构的耐久性和强度。为确保这一策略的有效实施，工程团队还设立定期的温度监测制度，包括混凝土出机口温度、入模温度，以及浇筑完毕时的温度等关键节点的温度控制。

### 3.4 应用二次振捣与抹面工艺

为提高混凝土的密实度并减少收缩造成的裂缝，本项目施工采纳二次振捣的技术方法。这种做法不仅提升混凝土内部结构的紧密性，还有效避免由于混凝土收缩过程中可能产生的裂缝。此外，通过二次压光和抹平处理，工程师能够从混凝土表面除去多余的泌水和浮浆，这一步骤对于避免混凝土表面出现早期的收缩裂缝尤为重要。这两项措施的实施，不仅提高混凝土构件的美观度，更重要的是增加其耐久性，为确保结构的长期稳定性和安全性提供有力的保障。如此综合性的技术应用，展示在现代建筑工程中对材料性能的精细管理和优化，确保最终成果的质量与可靠性。

### 3.5 优化约束条件

在这个项目中，施工单位采取一种精细化的混凝土施工策略，即通过薄层分层连续浇筑的方法来施工。这种方法使得混凝土在铺设过程中可以更慢地展开，从而充分利用时间来促进水化热的散发。这个过程对于控制混凝土内部温度，减少热应力产生极为关键。为进一步

降低外部因素对混凝土硬化过程的影响，施工单位在混凝土达到终凝状态后的6小时开始逐步放松侧面模板的部分支架扣件。到达终凝后的12小时时，施工单位放松一半的支架扣件，而在18小时时则完全放松所有扣件。这一渐进式的放松策略旨在减轻外部约束的影响，避免导致混凝土裂缝或其他质量问题。通过这样周密的施工方法和后续处理措施，施工单位不仅优化混凝土的硬化环境，降低潜在的质量风险，同时也保证构件的整体性与稳定性，为工程的成功奠定坚实的基础。

结语：经过一段时间的试运行，项目中的水闸结构表现出正常的运作状态，并且其性能达到初期设定的目标。这一切证明，对于水闸底板这种大体积混凝土结构，其施工质量完全可以通过一系列精心设计的措施来确保。随着科技进步和施工技术的不断更新迭代，施工单位在施工大体积混凝土时拥有越来越多的创新方法和技术支持。这些新方法不仅可以提升施工效率，而且还能确保结构的稳定性和耐用性。因此，需要持续地学习和吸纳这些新的施工技巧和技术，将其应用到实际工程中来。未来，通过不断探索和实践，有信心将这些先进的施工方法更广泛地推广应用，以进一步优化建筑施工过程，提高工程结构的质量和性能。

### 参考文献

- [1] 卞松浩.清水混凝土关键施工技术及其质量控制要点[J].上海建设科技,2024,(02):95-98.
- [2] 郭张锋.跨海大桥水下封底混凝土关键技术与施工质量控制[J].交通世界,2023,(36):145-147.
- [3] 向兵,史勇,张庆明,等.混凝土箱梁腹板竖向预应力筋施工质量控制关键技术研究[J].重庆建筑,2023,22(06):42-44.
- [4] 王建红.大跨径悬灌连续梁0号块混凝土施工质量控制关键技术[J].价值工程,2022,41(06):98-100.
- [5] 焦万义.超高层圆形钢管混凝土柱施工质量控制及关键技术研究[J].江西建材,2021,(10):73-74.