

# 新时代水利水电施工中混凝土施工技术的应用

许江宇

广西壮族自治区水利电力勘测设计研究院有限责任公司

**摘要：**在新时代水利水电施工领域，混凝土施工技术的高效应用是确保工程质量和施工效率的核心。本研究围绕当前水利水电工程面临的复杂地质条件、严峻的环境保护要求以及高质量工程需求等挑战，深入分析了混凝土施工技术在新时代水利水电工程中的应用措施，在水闸施工中的应用措施、钢筋安装施工技术、大坝施工技术以及混凝土浇筑振捣技术。通过对这些技术措施的系统分析，研究旨在提出一套综合性的解决方案，以提高水利水电工程的施工效率和工程质量，同时减少环境影响。

**关键词：**水利水电施工；混凝土；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.12.062

**引言：**在新时代背景下，水利水电工程的建设对混凝土施工技术提出了更高的要求，其在保证工程质量、延长工程寿命、提升施工效率等方面扮演着至关重要的角色。随着科技进步和工程技术的不断创新，混凝土施工技术在水利水电工程中的应用也在不断演进，涵盖了混凝土材料的优化配比、高效混凝土输送系统、智能化施工技术等多个方面。水利水电工程对混凝土的性能提出了特殊要求，包括高强度、抗渗性、耐久性等，这要求混凝土材料的科学配比和质量控制达到更高标准。此外，随着信息技术的发展，智能化施工技术的应用，如基于BIM技术的施工模拟、施工过程监控和管理，也在水利水电工程混凝土施工中发挥着日益重要的作用。

## 一、混凝土施工技术内容

在新时代水利水电施工项目中，混凝土施工技术的应用是确保工程质量、提升施工效率、满足环境保护要求的关键。混凝土施工技术内容主要涵盖以下内容：

高性能混凝土的应用，利用高强度、高流动性、高耐久性和自密实性的高性能混凝土，以满足水利水电工程对混凝土性能的严格要求。这包括掺加特定的外加剂如减水剂、缓凝剂、引气剂和微细填料如硅灰、粉煤灰等，优化混凝土的配合比设计，实现混凝土性能的最佳化。温度控制与裂缝预防技术，对于大体积混凝土施工，采用有效的温度控制措施，如冰水冷却、冷却管循环系统等，以及合理设置混凝土浇筑的后浇带，减少热应力，预防裂缝的产生。自密实混凝土（SCC）的应用，在复杂构件和狭窄空间施工中，采用自密实混凝土以提高施工效率和构件质量。SCC能够在重力作用下自行流动和密实，无须振捣，减少空气泡和孔隙，提高混凝土的密实度和耐久性。预制与预应力混凝土技术，

在水利水电施工中广泛应用预制混凝土构件和预应力混凝土技术，以提高施工速度和质量。预制构件在工厂内按照严格标准生产，现场安装，减少了现场施工所需时间；预应力技术通过引入预应力，提高了混凝土构件的承载能力和抗裂性。智能化施工技术的融合，结合BIM技术、GIS技术和现场数据采集技术，实现施工过程的数字化管理。通过BIM模型进行施工模拟、进度规划和质量控制，提高施工精准性和效率。

## 二、水利水电施工中混凝土施工技术运用优势

### （一）提高工程质量

高性能混凝土技术通过优化水泥、细骨料、粗骨料和外加剂等材料的比例，实现了更高的工作性和耐久性。特别是引入微硅粉、飞灰、矿渣粉等矿物掺合料和高效减水剂，不仅提升了混凝土的抗压强度和抗渗性，还有效降低了水化热，减少了温度裂缝的风险，从而保障了大体积混凝土结构，如大坝、水电站等关键部位的结构安全和稳定性。精准振捣技术的应用，通过合理选择振捣器械和振捣时间，确保混凝土在浇筑后能够均匀密实，有效消除气泡和空隙，提高混凝土的密实度和均匀性。这对于提高结构的承载能力和延长工程寿命至关重要。

新时代水利水电施工中混凝土施工技术的应用，通过高性能混凝土技术、智能化施工过程控制、精准振捣技术和严格的质量监测系统等措施，有效提高了工程质量，保证了水利水电工程的安全性、稳定性和耐久性，是实现高质量发展目标的关键技术支撑。

### （二）加快施工进度

运用预制混凝土技术和滑模施工技术，能够在缩短施工周期的同时保证施工质量。这些技术的运用不仅提高了施工效率，还确保了施工质量，为水利水电工程的快速建设提供了坚实的技术支撑。预制混凝土技术通过在工厂或现场预制混凝土构件，然后运输到施工现场进行组装，这种方法显著缩短了施工周期，因为多个施工环节可以同时进行，不再受现场浇筑混凝土固化和养护时间的限制。此外，预制构件的质量在控制下的工厂环境中更易于保障，从而减少了现场施工中的质量风险。滑模施工技术在高大结构、如水电站大坝和高边坡的施工中尤为突出，通过连续不断地浇筑混凝土并同步上升模板，实现了混凝土结构的快速施工。滑模施工不仅提高了施工速度，而且减少了施工接缝，提升了结构的整体性和防水性能。施工过程中的浪费最小化策略，包括精确的材料计算、有效的施工计划安排和现场管理，确

保了材料和资源的高效利用。通过减少现场混凝土的过量配制和优化施工方案，避免了材料的浪费和不必要的返工，从而降低了成本。新时代水利水电施工中混凝土施工技术的运用，通过高性能混凝土的应用、预制混凝土构件技术等措施，有效降低了工程成本，提升了工程经济效益，为水利水电工程的可持续发展提供了坚实的技术和管理支持。

### （三）降低工程成本

通过采用高效的材料利用策略、先进的施工技术以及精细化的工程管理，能够在确保工程质量和施工效率的同时，有效控制并降低工程成本。这些措施包括但不限于高性能混凝土的使用、预制混凝土构件技术、施工过程中的浪费最小化策略以及基于BIM技术的施工管理优化。高性能混凝土通过优化配合比，利用高效减水剂、矿物掺合料等外加剂，提高了混凝土的工作性和耐久性，减少了后期养护和维修的成本。此外，高性能混凝土的高强度特性使得结构构件尺寸得以优化，减少了材料的使用量，从而直接降低了材料成本。预制混凝土构件技术通过在工厂环境中预先生产混凝土构件，然后运输到施工现场进行安装，不仅缩短了施工周期，还提高了材料的利用率和工作效率，减少了现场施工过程中的材料浪费和劳动力成本。预制技术还减少了对现场模板和支架的需求，进一步降低了施工成本。

## 三、水利水电施工中混凝土施工技术运用措施

### （一）在水闸施工中的应用措施

选用高强度、高耐久性的混凝土材料，确保水闸结构能够抵御长期水流冲刷和各种环境因素的侵蚀。通过优化混凝土的配合比，加入减水剂、缓凝剂和适量的掺和料（如硅灰、粉煤灰等），提高混凝土的工作性能和长期性能。在大体积混凝土施工中，采取有效的温度控制措施，如使用冰水混合物降低混凝土温度、设置冷却管道等，控制混凝土浇筑和养护过程中的温度变化，从而减少热裂缝的风险。在水闸闸门槽和紧邻结构等狭小或复杂区域使用自密实混凝土，以提高混凝土的施工质量和密实度。SCC能够在没有振动的情况下自流平和密实，有效避免蜂窝、孔洞等缺陷。对于部分水闸结构，采用预制混凝土构件，以提高施工效率和质量控制水平。预制构件在控制条件下生产，现场安装，减少了现场浇筑混凝土的时间和复杂性。在水闸施工中引入预应力技术，通过预应力筋或索来提前施加压力，增强混凝土结构的抗拉性能和整体稳定性，尤其适用于承受较大水平载荷的水闸结构。在连续墙体和闸门导轨等结构的施工中采用滑模技术，实现连续、无缝的混凝土浇筑，确保结构的整体性和光滑度，同时提高施工速度。利用BIM技术和其他数字化工具进行施工过程的规划、监控和管理，确保混凝土施工的精准性和高效性。通过实时数据监控，及时调整施工方案，优化资源配置。

通过上述混凝土施工技术的应用，水利水电工程中的水闸施工能够实现更高的结构安全性、功能性以及更长的服役寿命，同时提升施工效率和降低维护成本，满足新时代水利水电施工项目的高标准要求<sup>[1]</sup>。

### （二）钢筋安装施工技术

在新时代的水利水电施工项目中，钢筋安装施工技术作为混凝土施工的一个关键环节，其技术的创新和应用直接关系到工程质量、安全及施工效率。钢筋安装施工技术主要涉及钢筋的加工、绑扎、安装和连接等方面。采用先进的钢筋加工设备，如全自动钢筋切割机、弯曲机等，实现钢筋的精确加工和高效生产。通过计算机控制系统优化钢筋加工的参数设置，确保钢筋的尺寸精度和形状符合设计要求，提高加工效率和减少材料浪费。利用自动或半自动钢筋绑扎机，替代传统的手工绑扎方式，实现钢筋的快速、准确绑扎。机械化绑扎技术不仅提升了绑扎效率，还保证了绑扎质量的一致性和稳定性，减轻了劳动强度。对于大直径或结构复杂的钢筋笼，采用工厂预制后现场组装的方式，以提高钢筋笼的制作效率和安装精度。预制钢筋笼技术通过标准化生产，保证了结构的质量要求，同时缩短了现场施工周期。使用高强度钢筋材料，配合先进的钢筋连接技术如机械连接（包括螺纹连接和冷挤压连接）、焊接连接等，确保钢筋的连接强度和整体结构的安全性。这些连接技术对提高结构的承载能力和抗震性能具有重要作用。运用BIM技术进行钢筋的三维数字化模拟和布置，精确规划钢筋的位置和分布，优化钢筋的设计和施工方案。三维模拟技术有助于提前发现和解决设计与施工中的潜在问题，确保施工的顺利进行。实施严格的质量控制流程，包括钢筋的验收、存放、加工、安装等各环节的质量检查，确保钢筋施工质量符合标准要求。同时，采用智能化监测技术，如RFID技术对钢筋位置进行实时跟踪，保证施工过程的精确性和高效性。通过上述钢筋安装施工技术的应用，水利水电施工中的混凝土结构能够达到更高的安全性和稳定性标准，同时实现施工效率的大幅提升，为水利水电工程的成功实施提供了坚实的技术支撑<sup>[2]</sup>。

### （三）大坝施工技术

在新时代水利水电施工中，混凝土施工技术的应用是确保工程质量和施工效率的关键因素。特别是在大坝施工技术领域，采用先进的混凝土施工技术不仅能够提高施工安全性，还能有效控制工程成本。本文着重讨论在大坝施工中混凝土施工技术的具体应用措施。

高性能混凝土的应用是大坝施工中的基础。通过使用低热硅酸盐水泥、矿物掺合料和高效减水剂等材料，能够有效提高混凝土的早期强度，减少温度裂缝，提高抗渗性和耐久性。通过使用低热硅酸盐水泥，可以将混凝土的水化热降低30%以上。矿物掺合料如粉煤灰或硅

灰的加入比例可达到混凝土重量的20%，这不仅降低了成本，还提高了混凝土的工作性和长期性能。高效减水剂的使用可以提高混凝土的流动性超过25%，同时保持其稳定性。此外，采用自密实混凝土（SCC）技术，可以在不需要振捣的情况下，实现混凝土的自我密实，有效解决了混凝土施工中的蜂窝、孔洞等问题，保证了大坝混凝土的密实性和均匀性。大坝施工采用的滑模施工技术，通过连续不断的浇筑混凝土，可以显著提高施工速度，缩短工期。滑模技术的关键在于精确控制提升速度和混凝土配合比，确保混凝土在提升过程中能够达到足够的初凝强度，避免因提升速度过快导致的混凝土质量问题。温控和裂缝控制技术在大坝混凝土施工中占据重要地位。通过合理设计混凝土浇筑块段，采用预埋冷却管道、浇筑间隔时间控制、水泥用量优化等措施，可以有效控制混凝土的水化热，防止大体积混凝土因温度应力而产生裂缝。此外，混凝土浇筑过程中采用的泵送技术和管道输送技术，能够确保混凝土在大范围、高强度的施工条件下，依然能够平稳、高效地完成输送和浇筑作业。结合实时监控技术，如混凝土温度和应力监测，施工团队能够及时调整施工方案，确保混凝土施工质量。环境保护和资源利用也是现代水利水电施工中不可或缺的一环。通过采用绿色施工材料、循环利用混凝土残料、施工现场粉尘和噪音控制等环保措施，不仅提升了施工的环境友好性，也符合了可持续发展的要求。总之，在大坝施工技术中，通过综合应用高性能混凝土、滑模施工、温控裂缝控制、泵送与输送技术以及环境保护措施等先进的混凝土施工技术，能够有效提升大坝施工的质量和效率，确保工程的安全稳定<sup>[3]</sup>。

#### （四）混凝土浇筑振捣技术

在新时代水利水电施工领域，混凝土浇筑及振捣技术是确保结构安全、提升工程质量的核心技术之一。该技术主要通过精确控制混凝土的浇筑过程和振捣方法，以实现混凝土结构的均匀密实，从而确保其长期的耐久性和抗渗性。在混凝土浇筑振捣技术的应用中，综合考虑混凝土的配合比设计、浇筑速度、振捣器械的选择及振捣时间等因素，对提高水利水电工程质量具有重要影响。

混凝土配合比的优化设计是保证混凝土浇筑质量的前提，通过科学计算水泥、细骨料、粗骨料、水和外加剂的比例，使混凝土达到所需的工作性和强度等级。特别是在高性能混凝土的应用中，掺加适量的减水剂、缓凝剂和微粉等材料，可以显著改善混凝土的流动性和稳定性，减少混凝土的分离和泌水现象。混凝土浇筑速度的控制对于保证混凝土结构的均匀性和减少施工缺陷至关重要。合理的浇筑速度可以避免混凝土在浇筑过程中

的过快失水，减少空隙和提高密实度。根据混凝土的性质和工程的具体要求，调整浇筑速度，确保混凝土在各个部位均匀充填，避免产生冷缝和蜂窝状缺陷。振捣技术的应用是实现混凝土密实度和均匀性的关键环节<sup>[4]</sup>。选择合适的振捣器械（如内振动棒、平板振动器等）和振捣时间，对于消除混凝土内部的气泡、提高密实度具有决定性作用。振捣时应遵循由下而上、分层进行的原则，每层混凝土的振捣时间根据其厚度和混凝土的稠度调整，通常每点的振捣时间为15-30秒，以确保混凝土充分密实，无明显气孔和石料积聚现象。数据分析方面，采用现代化的监测和测试技术，如混凝土浇筑过程中的温度监测、硬化过程中的强度测试等，可以有效评估混凝土施工技术的应用效果。例如，通过设置温度传感器监测混凝土内部温度变化，可以及时调整浇筑速度或采取必要的保温或降温措施，确保混凝土在适宜的温度条件下养护，避免温度裂缝的产生。此外，对振捣后混凝土的强度和密实度进行测试，可以直观反映振捣效果，为工程质量提供可靠的数据支持。混凝土浇筑及振捣技术在水利水电施工中的应用，涉及配合比设计、浇筑和振捣过程的精细管理，以及后续的质量监测和评估。通过这些技术措施的综合应用，可以显著提升水利水电工程混凝土结构的安全性、耐久性和经济性，为新时代水利水电施工质量的提高和工程进度的加快提供了有力保障<sup>[5]</sup>。

结束语：综上所述，新时代的水利水电工程施工不仅要面对更为复杂严峻的挑战，也要迎接新技术应用带来的机遇。混凝土施工技术的不断创新与应用，是推动水利水电工程可持续发展的关键动力。因此，持续关注混凝土施工技术的最新进展，加强施工过程中的技术研究与实践应用，对于提高我国水利水电工程建设水平，促进水利水电行业健康可持续发展具有重要意义。

#### 参考文献

- [1] 石宝林. 水利水电工程施工中混凝土裂缝的防治技术研究[J]. 水上安全, 2023, (15): 28-30.
  - [2] 张剑. 水利工程施工中控制混凝土裂缝的技术研究[J]. 工程与建设, 2023, 37(06): 1775-1777.
  - [3] 杨正平. 水利工程施工中的混凝土裂缝的防治技术[J]. 石材, 2023, (11): 92-94.
  - [4] 李云鹏. 水利工程建设施工中混凝土衬砌渠道防渗漏技术的运用[J]. 工程建设与设计, 2023, (20): 204-206.
  - [5] 张勇. 水利大坝施工中混凝土碾压施工技术要点[J]. 水上安全, 2023, (12): 172-174.
- 作者简介：许江宇，男，1994.09，壮族，广西崇左人，本科，助理政工师，主要研究水利水电工作。