

水利水电施工中混凝土施工技术的应用

周鲁鹏

山东郓城天元建筑工程有限公司，山东 菏泽 274700

[摘要]水利水电工程是涉及国民经济和社会发展的重大基础设施，在防洪治涝、调水供水、清洁发电等方面具有不可替代的战略支撑作用。混凝土作为这些工程中最大量使用、最广泛采用的工程材料，其施工技术是否合理、规范、先进，是决定工程结构安全、影响工程寿命长短的基础。当前随着我国水利水电工程建设朝着高坝、大库、长隧洞等复杂化方向发展，混凝土施工面临规模更大、环境更恶劣、标准更高的新挑战。文中基于工程经验，围绕“材料-工艺-控制-发展”的思路脉络，对于水利水电施工中的混凝土技术的应用进行全面阐述，希望能够为从事该领域工作的广大工程技术人员、研究人员提供一份条理清晰、内容丰富的参考读物。

[关键词]水利水电工程；混凝土施工技术；关键工艺

DOI: 10.33142/ec.v8i11.18583

中图分类号: TV7

文献标识码: A

Application of Concrete Construction Technology in Water Conservancy and Hydropower Construction

ZHOU Lupeng

Shandong Yuncheng Tianyuan Construction Engineering Co., Ltd., Heze, Shandong, 274700, China

Abstract: Water conservancy and hydropower engineering is a major infrastructure related to national economic and social development, and plays an irreplaceable strategic support role in flood control, water diversion and supply, clean power generation, and other aspects. Concrete, as the most widely used and widely used engineering material in these projects, its construction technology is reasonable, standardized, and advanced, which is the basis for determining the safety of engineering structures and affecting the length of engineering life. With the development of water conservancy and hydropower engineering in China towards complex directions such as high dams, large reservoirs, and long tunnels, concrete construction is facing new challenges of larger scale, harsher environment, and higher standards. Based on engineering experience, the article comprehensively elaborates on the application of concrete technology in water conservancy and hydropower construction around the concept of "materials - process - control - development", which can provide a clear and informative reference for engineering technicians and researchers engaged in this field.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; concrete construction technology; key process

水利水电工程是国民经济中的重要基础设施之一，工程广泛采用的混凝土结构关系着整个项目的防洪、发电、灌溉以及供水等作用能否得以充分发挥。这些混凝土建筑物主要分布于包括大坝、水闸等在内的主要位置，然而它们却时刻遭受着复杂的水文条件影响容易出现损坏而危及到整个工程的安全。所以说保证混凝土建筑的安全和可靠是非常重要的。

1 混凝土施工技术概述

1.1 混凝土材料的基本要求

混凝土的质量从本质上讲是由其所使用的原材料质量决定的。水泥是胶凝材料，它的强度等级、安定性和化学成分都必须严格执行国家标准和行业规定并保证有可靠的胶结作用。骨料分为粗骨料和细骨料，它们充当着混凝土的骨架角色，骨料的粒径大小、粒径分布情况、含泥量多少，针片状颗粒所占的比例以及坚固程度等都必须要精挑细选、严格把控因为它们关系着混凝土最终具有的强度、和易性以及体积的稳定性^[1]。拌和用水必须干净清澈

有害微量元素含量不能超过限定值否则会影响水泥正常的水化进程或对内部的钢筋造成侵蚀。再则就是出于优化混凝土某项性能或者节省造价的目的掺入的粉煤灰、矿粉等矿物掺合料和一些像减水剂、引气剂这样的化学外加剂，这些掺合料和外加剂的选择使用及其掺杂比例都需要经过一系列的试验测定必须保证它们能与水泥相兼容并达成想要获得的施工性能、强度指标以及耐久性。

1.2 混凝土施工技术特点

水利水电工程中混凝土的施工也显示出与其他一般的工民建项目不同的突出特征。一是工程规模通常非常巨大，例如大坝坝体混凝土量常达数百上千万立方米，这就给施工组织带来极大的挑战，使得浇筑速度非常高、温控变得异常困难。二是施工条件比较艰苦，经常遭受酷暑、寒冬、暴雨等恶劣天气影响或者面临深基坑、高边坡等不利地形地质状况，这就要求施工技术必须具备较强的应用性和稳定性。三是工艺流程相互依赖性强而且前后衔接紧凑，搅拌-运输-浇筑-振动-养护，整个操作过程一气呵成，

任何一个步骤出现差错都会给最终的质量带来无法弥补的损失。四是质量标准极为严厉，水利水电工程大多是永久性建筑，要经受来自水压、渗流、磨损、冰冻等诸多持续反复作用的荷载，这就对混凝土的致密度、均质程度、防水性能、抗冻能力和长时间工作下的坚固耐用程度提出了近乎偏执的要求。

2 混凝土施工关键技术环节

2.1 配合比设计与拌和运输

配合比的设计相当于混凝土生产的“配方”，它的职责是在已知需要达到的设计强度等级和耐久性的基础上，结合对混凝土的工作性和经济性的要求合理计算出每一方混凝土所需的水泥，水，骨料以及外加剂等各个组成材料具体的数量。这个过程需要经过大量试验的配制，调整校正来探索各个组分之间的最优搭配组合。一个好的混凝土配合比就是在同时满足各项性能参数的同时还能使所使用的原材料的成本最低。而拌和就是将这个设计好的“配方”变成一种均质混合物的过程。当前几乎所有工程项目都使用自动控制的强制式拌和楼来进行拌和作业，它可以准确把控上料次序，拌和时间和搅拌力度从而保证了混凝土拌合物的色泽和质量的一致。运输的任务就是在混凝土初凝前将其从拌和站运送到浇注部位并尽量保持混凝土原有的均匀状态而不出现明显的分层离析和坍落度下降过多的现象。运输方法的选择取决于运送距离，路况的好坏以及浇注速度等多个因素，不论是采用搅拌运输车还是自卸汽车或者说是泵送和皮带机运输它们共同的原则就是要让混凝土在进入仓面的时候仍然有很好的可泵送性和流动性。

2.2 浇筑与振捣技术

浇筑指的是将混凝土拌合物流入到模板内去的操作。对于水工建筑物而言经常使用的是分层分块浇筑的方式，每一层的厚度要视混凝土的振捣能力和结构特性以及温控的要求来定，浇筑过程中应力求连续，不得产生冷缝，如因故中断，其间歇时间不得超过前层混凝土的初凝时间，否则应按施工缝处理。混凝土进入仓内之后要及时的对它进行平仓，把混凝土分布均匀^[2]。紧接着的就是振捣，是保证混凝土能够得到较高密实度的重要操作步骤。它借助于插入式或者是平板式等振捣器所产生的机械振动来消除混凝土内部颗粒之间的摩擦阻力和黏聚力，排除混掺其中的空气从而使拌合物得以布满整个模腔并与钢筋充分接触。对于振捣来说必须要控制好它的“火候”，如果振捣不够，那么混凝土内部就会残留有孔洞从而导致其结构疏松；倘若振捣过分又会造成石子沉降水泥浆上溢而引起不均质离析。一个经验老道的振捣工人应该能够在依据混凝土的坍落度、浇筑层厚度等条件的前提下灵活把控振捣棒的间距布置、插入的位置和振捣时长等。

2.3 温度控制与裂缝防治

对大体积混凝土而言，温度控制是施工的关键，也是

裂缝防治的重点。水泥水化放出大量的热能导致混凝土内部温度迅猛上升，但是外表却容易散热，在这样的情况下就会造成混凝土内部与表层存在较大的温差而在混凝土内形成拉应力，若此时混凝土所受的拉应力大于其此时具有的抗拉强度的话，那么裂缝也就产生了。而温度控制的目的就是要使混凝土内部的最高升温有所下降，同时也要让混凝土内部与外面的最大温差有所缩小，并且还要尽量放缓混凝土的冷却速度。那么要达到这个目标就要采取一系列的措施，而这些措施又是方方面面的：就原材料而言可以选择使用低热或者中热水泥或者是掺加一些粉煤灰来减少水泥用量；预冷粗细骨料或者掺冰拌合，从而降低混凝土的入模温度。就混凝土的浇筑方式来说可以采用分层的方式来加速散失热量并且可以在混凝土内部埋设水管，在其中通循环水来进行人工降温。除此之外，在后期养护时要做好表面覆盖保温保湿工作，避免混凝土表面温度降得过快。但是其实防治裂缝并不是单单控制好温度就可以了，这是一个系统工程，除了要控制好温度之外我们还需要从改进结构方案、改变约束情况、严格地加以养护以及预留合理的后浇带或伸缩缝等方面入手才行。

3 混凝土施工质量控制

3.1 原材料质量控制

品质管控必须要从根源上做起，也就是说对于进入现场的所有原材料都必须经过严格的检测。水泥、外加剂等要有产品合格证书以及出厂的质量检测报告，并要按照要求的批次及频率取样检验产品的强度、初终凝时间、安定性等情况。而骨料则要在料源处就实施源头把控，并对其筛分情况、含泥量、压碎值等进行进场检查。拌合水也要按时做水质化验。凡不符合标准的所有原料都必须坚决拒之门外，一律不得投入使用。此外，对于原材料的存储问题也是不容忽视的，例如水泥要防水，而骨料需隔仓堆放避免混合污染，一些添加剂要注意保质期等。健全原材料进场记录台账及质量追踪体系，是做好源头治理的基本保障。

3.2 施工过程监控

施工工序是工程质量形成的最关键环节，需要对整个施工过程进行动态全面的管控。主要监控的内容包括：拌和楼称量系统的准确性以及拌合的时间、拌合均匀度；混凝土从搅拌机出口到仓面入口时的坍落度、含气量等施工性能指标是否达到规定要求；浇筑分层厚度、层间歇时间、振捣质量；模板及钢筋位置、保护层尺寸；冷却水管过水量、进出水温度等是否满足设计标准等。随着现代化施工，越来越多采用信息化技术手段来进行监控管理，例如采用各类传感器对大体积混凝土内部的温度场分布情况进行全程实时跟踪。监控的过程要有记录，形成可追溯性的施工作业日记。

3.3 养护管理

振捣结束后，混凝土的凝结过程并没有停止，养护是

为了保证混凝土强度能继续、稳定的提升，避免出现不利裂缝的一项重要后续工作。养护的关键是要给混凝土一个适合的温湿度环境。常用的养护方式有：用浸湿的麻袋、草帘覆盖并在上面不间断浇水，或者喷洒养护剂，在混凝土面上形成一层保湿膜。对于一些重要的地方或者遇到恶劣气候时还要使用覆盖塑料薄膜、搭建保温棚等方式来进行保温保湿养护^[3]。养护要尽早开始，而且延续时间也要足够长，一般对用硅酸盐水泥拌制而成的砼来说，养护期不能低于14d。养护不到位的混凝土，表面失水速度过快，不但强度的发展收到阻碍，而且容易引起干缩裂缝，使表层混凝土的耐久性能受到严重的危害。一定要树立起“养护也是混凝土施工不可或缺的一个必要环节”的牢固意识。

3.4 质量检测与评定

质量检测是混凝土成品质量的最后检验，是质量评判的基础。检测工作伴随整个施工过程：拌合站要随机取样制备混凝土试块，经过标养后再对其抗压、抗拉、抗渗、抗冻等各种性能指标进行试验；结构本体可以通过回弹法、超声波法、钻芯法等各种无损或者微损手段对其检测强度及内部缺陷情况。同时外观也是需要检查的重要一环，查看是否有裂痕、蜂窝、麻面、露筋等情况出现，量测结构物外形尺寸偏差情况等。所有的检测结果都要依照相应质检评定规程计算汇总，对混凝土工程的质量水平做出一个真实合理的判定。而质量检测评定不仅作为验收基础，它所反映出来的信息还为下步更好的施工提供宝贵参考。

4 混凝土施工技术发展展望

4.1 绿色高性能混凝土应用

以节能减排、绿色环保为宗旨的绿色高性能混凝土是未来的发展趋势，采用大量的粉煤灰、矿渣、钢渣等工业废渣取代部分水泥，既可大量利用废弃物，又减少了水泥生产的CO₂排放量，而且可以优化混凝土内部孔结构，提高混凝土的长期耐久性和体积稳定性；大力开展超高强度、超高性能、自密实、自修复等功能性的高性能混凝土来适应各种极端苛刻环境条件的要求也是当前的研究重点。绿色高性能混凝土的使用，贯彻了工程基础设施建设与自然环境和谐相处的绿色可持续发展观念。

4.2 智能化施工技术

物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术交叉融合下，混凝土施工迎来了智慧化新时代。智慧拌合系统可根据原材料含水量等指标在线检测数据，实时调控配合比、加水量。基于传感网的施工过程管理系统可实现混凝土温度、应变、振捣情况等24h无缝隙实时监测及智能化处理，提前告知质量隐患^[4]。机器人可用于自动振捣、收面甚至危险环境下施工。智能化施工技术的应用会大大提高施工环节精确性、可靠性和高效性，是打造工程质量“可知、可控、可溯”的利器。

4.3 预制装配化技术

把混凝土构件在工厂里模块化、流水化的制造好后运送到工地现场拼装链接的预制装配化方式越来越多的应用到了水利水电工程建设上，如预制砼模板、预制廊道、预制生态护坡块等。装配式施工的优势明显：车间式生产条件恒定，产品更容易得到质量保障；施工现场湿作业大量降低，工期大大缩减，环境友好型项目；便于推行标准化设计和精细化建造。将来随着链接技术的进步以及设计理论的发展，更大体量和更为复杂的砼结构也完全有可能以部分或者整体装配式来进行建设。

4.4 耐久性提升技术

保障水利水电工程混凝土结构在整个设计使用年限内可靠运行，是永远的主题。耐久性提高技术将继续深化：对于原材料，研究新型防腐阻锈剂、纳米改性材料、内养护材料等；对于结构构造，改进钢筋配置方式、施加预应力、阴极保护等；对于保护层，研制高性能防护涂料、衬砌系统等。同时全寿命周期的耐久性设计理念、健康监测及寿命评估方法也将获得更加广泛的运用。

5 结语

混凝土施工技术是整个水利水电工程的基础性和战略性技术。本文通过梳理混凝土材料需求、技术特性、主要工艺步骤、质量保证措施以及发展方向等内容，描绘了此项技术的基本轮廓及其应用要领，可以看出当前水利水电混凝土施工已经成为了涉及众多领域知识和技术集成的复杂工程项目。既需要我们尊重严格的科学技术法则和行业规则，做好每一项最基础的工作；也需要我们树立创新发展理念，敢于接纳新材料、新方法、新思路。唯有如此，坚守品质至上、追求自我革新，才能使混凝土施工技术向着更环保、更智慧、更高寿命的目标持续进步，为我国乃至全球水利水电建设事业打造出越来越多的安全稳定、坚固耐用和生态友好的优质工程产品，进而更好满足社会经济的优质高效发展和人民大众幸福美好的现实需求。

【参考文献】

- [1]邢晨阳.水利水电工程施工中大坝混凝土浇筑技术优化策略[J].大众标准化,2025(24):66-68.
 - [2]温雷雷.水利水电施工中混凝土施工技术应用研究[J].现代工程科技,2025,4(14):153-156.
 - [3]陆朝友.水利工程施工中混凝土防渗墙施工技术的应用分析[J].科技资讯,2025,23(12):156-158.
 - [4]丛洁,靳伟,弓振铭.水利水电施工中混凝土施工技术的应用[J].价值工程,2025,44(8):128-131.
- 作者简介：周鲁鹏（1985.6—），毕业院校：山东科技大学，所学专业：水利水电工程，当前就职单位：山东郓城天元建筑工程有限公司，职务：项目经理。