

# 水利工程建设中混凝土试验检测及其质量控制

李斌斌

新疆生产建设兵团建筑工程科学技术研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要:** 水利工程中,混凝土质量关乎结构安全与耐久性。本文聚焦混凝土原材料质量控制,涵盖水泥、骨料等要点;阐述配合比设计原则与关键参数;介绍试验检测技术体系,包括工作、力学性能及耐久性检测;分析施工过程质量控制,涉及生产、浇筑、养护环节。通过全面把控各环节,为水利工程混凝土质量保障提供参考。

**关键词:** 水利工程;混凝土;原材料控制;配合比设计;试验检测;施工质量控制

引言:水利工程作为基础设施建设关键部分,对混凝土质量要求严苛。混凝土作为主要建筑材料,其性能直接影响工程结构安全与耐久性。从原材料选择到配合比设计,从试验检测到施工过程控制,每个环节都紧密关联。深入探究水利工程混凝土质量控制要点,有助于提升工程建设质量,确保水利工程长期稳定运行,发挥防洪、灌溉、发电等重要功能。

## 1 水利工程混凝土原材料的质量控制

### 1.1 水泥相关要点

在大体积混凝土工程里,水泥水化热引发的温度应力是导致结构开裂的重要因素。为有效减少水化热,优先选用低热水泥和中热水泥是重要举措。这类水泥在水化过程中释放的热量相对较低,能降低混凝土内部温度升高的幅度,一般可使混凝土内部温度升高幅度降低5-8摄氏度,进而减小温度裂缝产生的风险<sup>[1]</sup>。水泥的强度等级、凝结时间以及安定性指标是衡量水泥质量的核心要素。强度等级不达标,混凝土无法达到设计要求的承载能力;凝结时间异常,会给施工操作带来极大困难,影响工程进度与质量;安定性不佳,水泥在硬化过程中会产生不均匀体积变化,导致混凝土结构出现开裂、鼓包等缺陷。不同品种水泥在化学成分和矿物组成上存在差异,混用易使混凝土强度产生波动,影响工程结构稳定性,因此要坚决避免。

### 1.2 骨料

骨料分为粗骨料和细骨料,二者在混凝土中发挥着不同作用。粗骨料宜选用级配良好、坚硬耐久的卵石或碎石。级配良好能使骨料之间填充紧密,减少混凝土孔隙率;坚硬耐久则保证骨料在长期使用过程中不易破碎、风化。同时要严格控制粗骨料最大粒径,一般不超过构件最小尺寸的四分之一,通常最大粒径不超过300毫米,过大粒径会影响混凝土均匀性和密实性。细骨料采用中砂,其含泥量与泥块含量需严格控制。含泥量一

般不超过3千克每立方米,泥块含量不超过1千克每立方米,含泥量和泥块含量过高,会占据混凝土中水泥浆的位置,影响水泥与骨料的粘结性能,降低混凝土强度。此外,骨料碱活性检测必不可少。碱-骨料反应会导致混凝土膨胀破坏,严重影响工程安全,通过检测可提前预防这一问题。

### 1.3 外加剂

外加剂在混凝土中能起到改善性能的特殊作用。减水剂可改善混凝土工作性,在保持混凝土坍落度不变的情况下减少用水量。但使用减水剂前需进行与水泥的相容性试验,确保二者能良好配合,发挥最佳效果。试验一般进行3-5组对比,以确定最佳掺量。引气剂能引入均匀分布的微气泡,提高混凝土抗冻性。这些微气泡可缓解冻胀压力,减少冻融循环对混凝土的破坏。一般要求引气剂引入的含气量达到4-6个气泡每立方厘米。缓凝剂可调节混凝土凝结时间,在高温环境或长距离运输条件下,适当延长凝结时间,保证混凝土施工性能和浇筑质量。在35摄氏度以上高温环境下,缓凝剂可使混凝土凝结时间延长2-4小时。

### 1.4 掺合料

掺合料对混凝土性能提升有显著作用。粉煤灰可改善混凝土和易性,使混凝土更易于施工操作。同时能抑制碱-骨料反应,提升混凝土后期强度。掺入20-30千克每立方米的粉煤灰,可使混凝土后期强度提高5-10兆帕。矿渣粉可提高混凝土抗硫酸盐侵蚀能力,在海水环境工程中表现出色,能有效抵抗海水中硫酸盐对混凝土的侵蚀。掺入30-40千克每立方米的矿渣粉,可使混凝土抗硫酸盐侵蚀系数提高0.2-0.3。硅灰能显著提升混凝土强度与耐久性,常用于高强度或特殊防护部位,满足特殊工程需求。掺入5-10千克每立方米的硅灰,可使混凝土强度提高15-20兆帕。

## 2 水利工程混凝土配合比设计要点

### 2.1 设计原则

水利工程混凝土配合比设计需将耐久性置于首位。不同环境对混凝土的作用程度不同，依据环境作用等级划分，如Ⅰ级、Ⅱ级等，明确混凝土应具备的最低强度与抗渗等级<sup>[2]</sup>。例如，处于水下或长期受水流冲刷部位的混凝土，需具备更高的抗渗能力，以防止有害物质侵入内部造成损害。工作性适配同样重要，针对不同浇筑部位的特点调整混凝土的工作性能。大坝迎水面要求混凝土具有良好的粘聚性和保水性，以避免浇筑过程中出现离析现象；溢洪道部位混凝土则需具备较好的流动性，确保能顺利浇筑并填充复杂形状的模板。经济性平衡是在满足混凝土性能要求的前提下，对胶凝材料用量与砂率进行优化。过多的胶凝材料会增加成本，且可能引发收缩裂缝等问题；砂率不合适会影响混凝土的和易性与密实性，通过合理调整，实现性能与成本的最佳组合。

### 2.2 关键参数控制

水胶比是影响混凝土性能的核心参数之一，需严格加以限制。一般来说，水胶比不超过一定数值，如0.5，通常控制在0.4-0.5之间，它直接决定混凝土的抗渗性与强度发展。水胶比过大，混凝土内部孔隙增多，抗渗性降低，强度也难以保证；水胶比过小，混凝土工作性变差，难以施工。砂率应根据骨料级配进行调整，若砂率过高，混凝土收缩裂缝产生的几率增大；砂率过低，骨料间空隙难以充分填充，影响混凝土密实性。一般砂率控制在38-42之间。浆骨比通过试验确定最佳比例，合适的浆骨比能使混凝土在强度与体积稳定性之间达到平衡，既保证混凝土具有足够的强度承载荷载，又能减少因体积变化引发的开裂等问题。

### 2.3 特殊环境适配

寒冷地区的混凝土面临冻融破坏的威胁，增加引气剂掺量是有效应对措施。引气剂能在混凝土中引入均匀分布的微小气泡，缓解冻胀压力，提高抗冻等级，如达到F300标准，增强混凝土在寒冷环境下的耐久性。引气剂掺量一般控制在0.005-0.015千克每立方米。侵蚀环境中，混凝土易受到硫酸盐、氯离子等有害物质的侵蚀，采用抗硫酸盐水泥或掺加防腐剂，可降低氯离子渗透性，阻止有害物质侵入混凝土内部，保护钢筋不被锈蚀，延长工程使用寿命。掺加防腐剂后，氯离子渗透性可降低0.1-0.2库仑每平方厘米每小时。大体积混凝土由于体积庞大，水化热不易散发，温升过高易引发开裂。通过选用低热水泥减少水化热产生，并采用分层浇筑的方式，及时散发热量，控制混凝土内部温度变化，防止因温度应力导致开裂，确保大体积混凝土结构的安全性与

稳定性。分层浇筑时，每层厚度一般控制在2-3米。

## 3 水利工程混凝土试验检测技术体系

### 3.1 工作性能检测

在混凝土施工环节，工作性能检测至关重要。坍落度与扩展度检测可实时掌握拌合物流动性。在现场施工中，根据检测结果，能迅速判断是否需要调整用水量或外加剂掺量。若坍落度与扩展度不满足要求，混凝土可能难以均匀填充模板，影响浇筑质量<sup>[3]</sup>。通过及时调整，可确保混凝土具备良好的施工性能，顺利完成浇筑作业。含气量检测采用气压法进行。对于有抗冻要求的混凝土结构，含气量是关键指标。合适的含气量能在混凝土内部形成均匀分布的微小气泡，缓解冻胀压力，提高抗冻性。一般要求含气量达到一定数值，如不低于4%，以此确保混凝土在寒冷环境下的耐久性。凝结时间检测运用贯入阻力法。准确掌握混凝土凝结时间，对协调浇筑进度与模板拆除时间意义重大。若凝结时间过短，浇筑过程中混凝土可能过早失去流动性，导致施工困难；凝结时间过长，则会延长工程周期，增加成本。通过检测，能合理安排施工工序，保障工程顺利进行。

### 3.2 力学性能检测

力学性能检测是验证混凝土结构安全性的重要检测手段。抗压强度检测采用标准养护试件与同条件养护试件双控方式。标准养护试件反映混凝土在理想养护条件下的强度发展，同条件养护试件则模拟实际结构所处环境的强度状况。二者相结合，能更全面准确地评估混凝土结构承载能力。抗拉强度检测通过劈裂抗拉试验进行。混凝土抗裂性能与抗拉强度密切相关，劈裂抗拉试验可有效评估混凝土抵抗开裂的能力，为预防结构开裂提供可靠依据。静力受压弹性模量检测为结构变形计算提供基础数据支撑。了解混凝土在受力时的弹性变形特性，有助于准确计算结构在不同荷载作用下的变形量，确保结构在使用过程中变形在允许范围内，切实保障工程安全。

### 3.3 耐久性检测

耐久性检测关乎混凝土结构长期使用性能。抗渗性检测采用逐级加压法测定抗渗等级，如P8、P10等。抗渗等级越高，混凝土防水能力越强，能有效阻止水分和有害物质侵入，保护内部钢筋不被锈蚀，延长结构使用寿命。抗冻性检测运用快冻法模拟冻融循环环境。通过观察混凝土在多次冻融循环后的质量损失与相对动弹性模量变化，判定其耐久性。质量损失过大或相对动弹性模量下降明显，说明混凝土抗冻性能不佳，需采取改进措施。抗碳化检测采用加速碳化试验。该试验可预测混凝

土在一定时间内的中性化深度,进而评估钢筋保护层有效性。若碳化深度过大,钢筋易失去保护,发生锈蚀,影响结构安全性。通过检测,可及时采取防护措施,保障工程耐久性。

#### 4 水利工程混凝土施工过程质量控制

##### 4.1 生产环节控制

在混凝土生产过程中,搅拌工艺是影响混凝土质量的首要因素。强制式搅拌机凭借强大的搅拌动力,能让水泥、砂石、水以及外加剂等原材料充分混合,形成均匀稳定的混凝土拌合物<sup>[4]</sup>。为保证混合效果,必须严格控制搅拌时间,一般不少于90秒。搅拌时间过短,原材料无法充分融合,混凝土性能难以达到要求;搅拌时间过长,则可能造成混凝土离析,影响后续施工与工程质量。计量精度同样不容忽视。电子计量系统能精准控制各种原材料的用量,但需定期进行校准。只有确保水泥等原材料偏差在允许范围内,例如水泥偏差不得超过 $\pm 1\%$ ,才能保证混凝土配合比的准确性。准确的配合比是混凝土强度、耐久性性能指标达标的关键前提。温度控制也是生产环节的关键要点。高温季节,混凝土水分蒸发速度快,易出现坍落度损失过大等问题,影响施工性能。此时采用冷水拌合或预冷骨料的方式,可有效降低混凝土入模温度,减少温度裂缝产生的风险。高温季节混凝土入模温度一般控制在25-30摄氏度。低温季节则相反,加热拌合水能提高混凝土早期强度,防止混凝土受冻损坏,保障施工质量。低温季节拌合水温度一般控制在40-60摄氏度。

##### 4.2 浇筑环节控制

浇筑环节中,分层浇筑适用于大体积混凝土施工。将大体积混凝土分层浇筑,且每层厚度不超过3米,能有效避免因浇筑间隔时间过长而形成冷缝。冷缝会破坏混凝土的整体性,降低结构受力性能,给工程安全带来隐患。振捣密实是保证混凝土内部质量的重要步骤。使用插入式振捣器时,要垂直插入混凝土中,做到快插慢拔。快插能迅速将振捣器插入混凝土内部,使空气排出;慢拔则可使混凝土在振捣器抽出时得到充分振实,避免漏振或过振。漏振会导致混凝土内部存在空洞,过

振则可能使混凝土产生离析、泌水等现象,影响混凝土强度与耐久性。表面处理也不容小觑。在混凝土初凝前进行二次抹压,能消除表面收缩裂缝与泌水通道。二次抹压可使混凝土表面更加平整密实,提高混凝土抗裂性能与外观质量。

##### 4.3 养护环节控制

保湿养护是防止混凝土开裂的重要举措。覆盖塑料薄膜或喷洒养护剂,能有效阻止水分蒸发,为混凝土水化反应提供必要的水分条件。若水分过早蒸发,混凝土表面易因收缩而产生裂缝,影响工程耐久性。温控养护针对大体积混凝土尤为关键<sup>[5]</sup>。在大体积混凝土内部埋设冷却水管,通过循环冷却水带走混凝土内部水化热,控制内外温差不超过25℃,可减少温度应力,防止温度裂缝产生,保障混凝土结构完整性。养护时间对混凝土强度发展影响深远。普通混凝土养护时间不少于14天,抗渗混凝土则不少于28天。足够的养护时间能让混凝土充分水化,强度得以充分发展,确保工程结构长期稳定可靠。

#### 结束语

水利工程混凝土质量保障是一项系统工程,需从原材料把控、配合比设计、试验检测及施工过程控制等多方面协同推进。严格落实各环节质量控制措施,能有效提升混凝土性能,减少质量隐患,确保水利工程结构安全与耐久性。只有全方位、全过程把控质量,才能打造出高质量的水利工程,为社会经济发展提供坚实支撑。

#### 参考文献

- [1]刘剑峰.水利工程建设中混凝土试验检测及其质量控制[J].水上安全,2025(1):58-60.
- [2]闫瑞.水利工程建设中混凝土试验检测及其质量控制[J].工程建设与设计,2024(6):209-211.
- [3]李培蓄.水利工程建设中混凝土试验检测及其质量控制[J].城市周刊,2025(31):69-71.
- [4]张凯,代静龙.混凝土抗压强度检测在水利工程中的误差分析与控制研究[J].建筑与施工,2025,4(19):16-18.
- [5]李勇.水利工程中的混凝土试验检测与质量控制研究[J].现代物业,2022(13):115-117.