

水利混凝土工程施工及质量控制的探讨

魏 宾¹ 任 坤² 朱星辰³

1. 枣庄市城乡水务事业发展中心 山东 枣庄 277100

2. 山东禹润工程项目管理有限公司 山东 枣庄 277100

3. 山东润鲁工程咨询集团有限公司 山东 济南 250100

摘 要：水利混凝土工程在水利工程中占据关键地位。本文阐述了水利混凝土工程的施工工艺流程，包括模板工程、钢筋工程和混凝土浇筑等重要环节，并深入分析各个施工环节中存在的影响因素。同时着重探讨了质量控制的关键点，如原材料质量把控、配合比设计、施工过程中的温度与湿度控制以及裂缝防治等方面，旨在为提高水利混凝土工程质量提供理论依据和技术支持。

关键词：水利；混凝土工程；施工；质量控制；裂缝

引言

水利工程建设对于保障水资源的有效利用、防洪减灾以及促进区域经济发展具有不可替代的重要意义。而水利混凝土工程作为水利工程的核心组成部分，在水坝、渠道、闸门等建筑物建设中广泛应用。混凝土材料以其良好的抗压强度、耐久性等特点成为首选材料。然而，水利混凝土工程施工面临着诸多挑战，例如复杂的水文地质条件、施工环境恶劣（可能遭受水流冲刷、浸泡等）、对结构稳定性要求极高等。如果施工过程中不严格把控质量，一旦出现质量问题，轻则需要进行昂贵的维修加固，重则可能导致工程整体失效，造成巨大的经济损失和安全风险。因此，深入研究水利混凝土工程施工技术并加强质量控制十分必要。这不仅有助于确保水利工程的安全可靠运行，还能够延长工程使用寿命，提高投资效益，为社会经济可持续发展提供有力保障。

1 水利混凝土工程施工工艺流程

1.1 模板工程

（1）模板设计。一是模板应根据混凝土结构的形状、尺寸和受力情况精心设计。对于不同类型的水利混凝土结构，如圆形的进水口、矩形的渡槽等，要保证模板能够准确成型。例如，在设计拱形结构的模板时，要考虑拱的曲率半径，使模板能够贴合拱面，避免因模板变形而导致混凝土结构尺寸偏差。二是模板的刚度和强度是关键因素。要能够承受混凝土侧压力、施工荷载（如振捣棒的冲击力等），防止模板发生过大的变形或破坏。一般采用具有一定厚度和强度的木材、钢材或复合材料制作模板。对于大体积混凝土结构，由于侧压力

较大，需要采用更为坚固的钢模板，并设置合理的支撑体系。

（2）模板安装。一是安装前要清理基层，确保模板安装位置准确无误。对于大型的混凝土结构，往往需要先确定控制点和轴线，然后按照放线标记进行模板安装。模板之间的接缝要严密，防止漏浆现象的发生。可以采用密封条、夹具等方式来保证接缝的紧密性。二是模板的垂直度和平整度也必须严格控制。通过测量仪器（如水准仪、经纬仪等）进行检测，确保模板安装符合设计要求。如果模板安装存在偏差，会影响混凝土表面的质量，甚至导致结构尺寸不符合要求。

1.2 钢筋工程

（1）钢筋加工。钢筋的下料长度要精确计算。根据结构配筋图，考虑钢筋的弯钩、搭接等因素确定下料长度。在加工过程中，要保证钢筋的平直度，避免扭曲。对于弯曲钢筋，其弯曲半径要符合规范要求。例如，对于光圆钢筋，弯曲半径不得小于钢筋直径的2.5倍；对于带肋钢筋，则不得小于钢筋直径的4倍。

钢筋的连接方式主要有绑扎连接、焊接连接和机械连接等。在选择连接方式时，要根据钢筋的规格、受力情况和施工条件综合考虑。对于直径较小的钢筋，可采用绑扎连接；对于直径较大的钢筋且处于受拉区等关键部位，优先采用焊接或机械连接。焊接连接时要保证焊缝质量，焊缝饱满且无气孔、夹渣等缺陷。

（2）钢筋安装。在安装钢筋之前，要对钢筋进行除锈处理，确保钢筋表面清洁，提高钢筋与混凝土的粘结性能。钢筋骨架的安装要严格按照设计图纸进行，保证钢筋的位置、间距和保护层厚度准确。例如，对于梁柱节点处的钢筋，要合理布置，避免钢筋过于密集而影响

第一作者简介：魏宾（1979-），男，大学，工程师，从事水利工程建设与运行管理工作。

混凝土的浇筑和振捣。

钢筋的固定也是重要的环节。可以通过设置垫块、支架等方式将钢筋固定在正确的位置上,防止在混凝土浇筑过程中钢筋移位。特别是对于悬臂结构等受力较为特殊的部位,要采取更加可靠的固定措施,以确保钢筋能够发挥其应有的作用。

1.3 混凝土浇筑

(1) 混凝土运输。混凝土从搅拌站到浇筑现场的运输过程中,要保证混凝土的均匀性和流动性。运输时间不宜过长,以免混凝土产生离析现象。对于距离较远的情况,可以采用搅拌运输车,使混凝土在运输过程中不断搅拌,保持其良好的状态。同时,运输路线要尽量平坦顺畅,避免因路况不好而使混凝土受到剧烈晃动。

在运输过程中还要注意对混凝土的保温或降温措施。如果是夏季高温天气,要对混凝土进行适当的降温,防止混凝土入模温度过高;在冬季寒冷地区,则要对混凝土进行保温,避免混凝土在运输途中冻结。

(2) 混凝土浇筑方法。浇筑方法的选择取决于混凝土结构的类型和尺寸。对于小型结构,可以采用分层浇筑的方法,每层厚度一般不超过30cm。这样可以确保混凝土振捣密实,避免出现蜂窝、麻面等质量问题。对于大体积混凝土结构,如大型水坝基础等,要采用斜面分层法或全面分层法。斜面分层法是沿着混凝土浇筑方向形成一个斜面,每次浇筑一定高度后,再继续向前推进;全面分层法则是将整个浇筑区域分成若干个水平层次,逐层浇筑^[1]。

浇筑过程中要注意控制混凝土的下料速度。下料速度过快会使混凝土堆积在一起,不利于振捣;下料速度过慢则会导致混凝土浇筑间断,影响混凝土的整体性。一般采用溜槽、串筒等工具进行下料,使混凝土均匀地分布到模板内。

(3) 混凝土振捣。振捣是保证混凝土密实度的关键工序。插入式振捣器是最常用的振捣工具之一,振捣时要掌握好振捣时间和振捣间距。振捣时间不宜过长,否则会使混凝土产生过振现象,导致骨料下沉、水泥浆上浮;也不宜过短,否则不能使混凝土充分振实。通常每个振捣点的振捣时间为20-30秒左右,直到混凝土表面不再有明显气泡冒出为止。

振捣间距要根据振捣器的作用半径确定。一般情况下,振捣器的作用半径为30-40cm,所以振捣间距不应超过该范围。对于边角部位等不易振捣的地方,可以采用人工辅助振捣的方式,确保混凝土振捣密实。

1.4 养护

(1) 自然养护。在正常气温条件下,混凝土浇筑完成后要及时进行养护。对于表面平整的混凝土结构,可以在表面覆盖草帘、麻袋等保湿材料,每天定时洒水,使混凝土表面保持湿润。养护时间一般不少于7天,对于特殊要求的结构(如高强混凝土等),养护时间可能会更长。

自然养护时要避免阳光直射和风吹,防止混凝土表面水分蒸发过快而产生干缩裂缝。在炎热干燥的季节,可以采用塑料薄膜覆盖养护的方法,既能保湿又能减少水分蒸发。

(2) 蒸汽养护。对于一些预制构件或有特殊需求的混凝土结构,可以采用蒸汽养护。蒸汽养护可以加速混凝土的硬化过程,缩短养护周期。在进行蒸汽养护时,要逐渐提高温度,使混凝土内部温度缓慢上升,避免温度骤变对混凝土造成损伤。养护过程中要严格控制温度和湿度,一般温度控制在60-80℃,相对湿度保持在90%以上。

(3) 湿热养护。湿热养护是在一定的温度和湿度条件下对混凝土进行养护的一种方法。它适用于大体积混凝土结构或冬期施工等情况。湿热养护可以改善混凝土的早期性能,提高混凝土的强度和耐久性。湿热养护时,要在混凝土周围设置加热和加湿设备,使混凝土处于适宜的温湿环境中^[2]。

2 水利混凝土工程质量控制要点

2.1 原材料质量控制

(1) 水泥质量。水泥是混凝土的主要胶凝材料,其质量直接影响混凝土的强度和耐久性。在选择水泥时,要选择正规厂家生产的合格产品,并且要对其品种、等级进行严格把关。例如,对于普通硅酸盐水泥,要检查其安定性是否合格,安定性不合格的水泥会使混凝土产生膨胀裂缝。水泥的细度、初凝时间和终凝时间等指标也要符合相关标准要求。细度过粗会降低水泥的活性,过细则会影响混凝土的和易性;初凝时间过早会使混凝土失去工作性,终凝时间过晚则会延长施工周期。

在水泥的储存过程中,要防止受潮结块。受潮结块的水泥会影响其正常使用,降低混凝土的质量。水泥仓库要保持干燥通风,水泥堆放高度不宜过高,防止底层水泥被压坏。

(2) 骨料质量。粗骨料(石子)的粒径、级配和含泥量等指标至关重要。合适的粒径范围可以使混凝土具有良好的和易性,过大或过小都会影响混凝土的性能。级配合理的粗骨料能够提高混凝土的密实度,减少空隙率。含泥量过多会削弱骨料与水泥石之间的粘结力,降

低混凝土的强度。一般要求粗骨料的含泥量不超过1%，对于有更高要求的混凝土，含泥量应更低。

细骨料（砂）同样需要关注其细度模数、含泥量和有害物质含量等指标。细度模数反映了砂的粗细程度，不同类型的混凝土对砂的细度模数有不同的要求。含泥量过多会使混凝土收缩增大，产生裂缝；有害物质（如云母、硫化物等）会影响混凝土的耐久性。

（3）外加剂质量。外加剂在现代混凝土工程中应用广泛，如减水剂、缓凝剂、引气剂等。减水剂可以减少混凝土的用水量，提高混凝土的强度和耐久性；缓凝剂用于调节混凝土的凝结时间，在大体积混凝土施工中可以防止混凝土因温度升高过快而产生裂缝；引气剂能在混凝土中引入微小气泡，提高混凝土的抗冻性和抗渗性。

选用外加剂时要根据混凝土的设计要求和施工条件选择合适的产品，并且要按照规定的掺量使用。外加剂的质量不稳定或掺量不当都会对混凝土的质量产生不良影响。

2.2 配合比设计

（1）试验室配合比设计。在进行混凝土配合比设计时，首先要确定混凝土的设计强度等级。根据设计要求和经验公式，初步确定水泥、骨料和水的比例。然后通过试验室试拌调整各材料用量，使混凝土达到预期的性能。例如，对于高强度混凝土，要增加水泥用量或采用高效减水剂，以提高混凝土的强度；对于有抗渗要求的混凝土，要适当增加水泥用量或掺加引气剂，提高混凝土的密实度。

在试验室配合比设计过程中，要考虑到原材料的波动因素。因为实际施工中使用的原材料可能存在一定的差异，所以在配合比设计时要预留一定的调整空间。

（2）施工配合比调整。施工现场的环境条件和原材料的实际状况可能与试验室有所不同，因此需要对配合比进行调整。在施工现场，要定期对原材料进行检测，根据检测结果及时调整配合比。例如，当发现砂的含泥量增加时，要适当减少水泥用量，防止水泥被泥土包裹而降低混凝土的强度；当骨料的级配发生变化时，要调整骨料的掺配比例，以保证混凝土的和易性。

2.3 施工过程中的温度与湿度控制

（1）温度控制。对于大体积混凝土结构，温度控制是一个非常关键的问题。大体积混凝土在浇筑过程中会产生大量的水化热，如果散热不及时，会导致混凝土内部温度过高，内外温差过大，从而产生温度应力，引发裂缝。为了控制温度，可以采用分层浇筑、埋设冷却水管等措施。分层浇筑可以使混凝土在每一层浇筑后有足

够的散热时间；埋设冷却水管可以通过通入冷水带走热量，降低混凝土内部温度。

在夏季高温施工时，要对混凝土进行遮阳和降温处理。可以采用搭设遮阳棚、向混凝土表面洒水等方法降低混凝土的入模温度。在冬季低温施工时，要对混凝土进行保温，防止混凝土受冻。可以采用搭建暖棚、铺设电热毯等方法提高混凝土周围的温度。

（2）湿度控制。湿度对混凝土的养护和性能有很大影响。在混凝土浇筑后的早期阶段，如果湿度较低，混凝土表面水分蒸发过快，容易产生干缩裂缝。因此，在混凝土浇筑完成后要及时进行保湿养护。除了前面提到的覆盖草帘、麻袋等保湿材料外，还可以采用喷雾养护的方法，使混凝土表面始终保持湿润。

在相对干燥的环境中施工时，要采取措施增加空气湿度，如在施工现场洒水等。对于一些特殊的混凝土结构（如薄壁结构等），更要注重湿度的控制，以保证混凝土的质量。

2.4 裂缝防治

（1）设计方面。在设计水利混凝土结构时，要充分考虑裂缝产生的原因，采取相应的预防措施。例如，对于结构受力复杂的部位，如梁柱节点、墙角等，要合理配置构造钢筋，增强结构的抗裂能力。在设计结构尺寸时，要避免结构截面突变，因为截面突变处容易产生应力集中，进而引发裂缝。

设计人员还要根据当地的气候条件、水文地质条件等因素，选择合适的混凝土结构形式。例如，在地震多发地区，要设计具有良好抗震性能的混凝土结构；在寒冷地区，要考虑到混凝土的抗冻性，采用合适的构造措施^[3]。

（2）施工方面。在施工过程中，要严格遵守施工操作规程，防止因施工不当而引起的裂缝。例如，在混凝土浇筑时，要保证混凝土的连续性，避免出现施工冷缝。施工冷缝是由于混凝土浇筑间断时间过长，前后两层混凝土之间没有很好的结合而形成的薄弱部位，容易产生裂缝。

混凝土振捣不足或过振也会导致裂缝的产生。振捣不足会使混凝土内部存在空隙，降低混凝土的强度和密实度；过振会使骨料下沉、水泥浆上浮，导致混凝土表面出现龟裂。此外，拆模时间过早也会影响混凝土的强度发展，使混凝土表面产生裂缝。一般来说，要根据混凝土的强度增长情况确定拆模时间，确保混凝土达到一定的强度后再拆模。

3 结语

水利混凝土工程施工是一项复杂而精细的工作，涉

及多个环节的技术操作。从模板工程、钢筋工程到混凝土浇筑以及养护等各个工序都相互关联,任何一个环节出现问题都可能影响整个工程的质量。质量控制贯穿于整个施工过程,在原材料质量把控、配合比设计、施工过程中的温度与湿度控制以及裂缝防治等方面都需要严格遵循相关的标准和规范。只有通过精心组织施工、加强质量管理工作,才能确保水利混凝土工程的安全可靠、耐久稳定,从而为水利工程的顺利建设和长期运行奠定坚实的基础。这不仅关系到水资源的有效管理和社

会经济的发展,也为子孙后代留下了宝贵的水利基础设施财富。

参考文献

- [1]张东艳.水利水电工程坝体混凝土施工质量管理探讨[J].建筑与预算,2022,(04):34-36.
- [2]李松涛.水利工程混凝土施工技术及其质量控制的策略[J].水上安全,2025,(01):94-96.
- [3]钟德华.水利枢纽大坝混凝土施工技术及其质量控制[J].内蒙古水利,2023,(05):48-49.