

混凝土施工技术在水利水电工程中的运用研究

刘璐

安徽省淠史杭灌区管理总局

摘要：水利水电工程作为一项关乎社会经济发展以及民生的重要项目，保证水利水电工程建设质量有着重要意义。混凝土作为水利水电工程施工中的必要材料之一，在大坝、水闸等水工建筑领域被广泛应用。这就需要全面掌握混凝土施工技术要点，加强施工过程的质量管控，减少裂缝生产率，保障水利水电工程整体施工质量。基于此，本文分析了混凝土施工技术特点，探究水利水电工程混凝土施工技术的应用措施，并提出相应的质量控制方法。

关键词：水利水电工程；混凝土；质量控制；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.10.070

引言

随着我国社会经济不断发展，近些年新建水利水电工程数量也随之增多。水利水电工程有助于提高水资源利用率、水资源调配、生产清洁能源、农业灌溉、防洪等，是利国利民的重要工程。混凝土施工技术作为水利水电工程建设中的核心工艺之一，对水利水电工程建设质量有着直接影响，如果混凝土施工技术掌握不当，会降低工程结构稳固性、坚固性、防渗性以及使用寿命和安全等级。这就需要进一步加强混凝土施工技术的应用研究，合理优化混凝土施工技术方案，保障水利水电工程顺利完工。

一、水利水电工程混凝土施工技术特点

（一）工程量大、施工周期长

对于中大型水利水电工程来说，由于工程量大，可能需要投入几十万立方米的混凝土展开施工，从混凝土施工开始到工程立项往往需求3年以上时间才能完成，施工周期相对较长。因此，为了保障水利水电工程混凝土施工质量和进度，应制定完善的施工方案，积极采用新型施工工艺和施工设备。

（二）受自然环境影响大

水利水电工程作为典型的室外工程，同时工程距离水资源近或直接建立在水中，施工与运行环境十分复杂。受到降水、气温、风量等因素影响难以保障水利水电工程混凝土施工的连续性。再加上，混凝土作为一种不稳定物质，受到环境温度、湿度影响，可能会产生裂缝，增加工程的渗透性^[1]。

（三）对温度要求高

水利水电工程建设多数是以大面积、大体积混凝土结构为主，无法施工整体施工方案，通常需要将混凝土

结构划分为多块区域分别施工。在混凝土施工期间，由于施工周期较长，混凝土会受到温度波动影响出现表层冻害或裂缝达等质量问题，难以保证水利水电工程整体性。这就需要施工单位做好混凝土保护措施，最大程度降低病害发生率。

二、水利水电工程中混凝土施工的主要内容

（一）大坝

大坝作为水利水电工程中核心结构之一，通常是采用混凝土结构，这就需要合理运用混凝土施工技术，采取分块施工方法。大坝混凝土施工工艺较多，包括纵缝分块技术、错缝分块技术、通仓分块技术等。其中，纵缝分块技术应用较为简单，受自然环境影响较小，但混凝土分割模块数量较多，增加了工程量，同时对前期勘察作业要求十分严格。错缝分块技术是指根据大坝高度以及竖缝错开方向，以错缝为区域划分点进行混凝土施工。通仓分块技术工艺实施较为简单，且无须铺设冷钢管、无须预留纵缝，但对施工环境温度要求更高^[2]。

大坝防渗漏系统主要为接缝灌浆管路，目前灌浆模式种类较多，包括重复式灌浆、骑缝式灌浆、盒式灌浆，其中盒式灌浆是一种纵缝灌浆方案，应用较为广泛。骑缝式灌浆工艺可以保证砂浆流动性，降低管路堵塞概率。重复式灌浆通常要进行二次灌浆，工程量相对较高。

（二）水闸底板

水利水电基础工程之一就是水闸底板，该工程主要采用混凝土施工工艺。在施工阶段，如果施工场地为软土地基，则要提前铺设1mm混凝土垫层，再进行底板浇筑。在水闸周围安装侧模板，保证模板的稳固性和紧密性，浇筑期间时刻关注是否存在渗漏问题，做到及时发现问题及时解决问题。正式浇筑前确定混凝土浇筑厚度、钢筋分布情况，一切符合标准后即可开始浇筑，严格按照施工方案作业，避免浇筑阶段产生混凝土裂缝，保证水闸底板结构的防渗性能。

（三）水闸闸墩

在水闸施工作业中，通过混凝土连接闸墩和底板，从而提升整个结构的稳固性，避免受到外部作用力影响产生变形沉降问题。水闸闸墩混凝土施工期间，应特别关注闸槽浇筑作业，施工全过程做好安全监督管理，尽可能一次性浇筑完成，避免操作不当引发质量问题，导致闸墩结构不稳。此外，将浇筑期间严控浇筑倾角，保持与施工缝的一致性，否则可能会造成混凝土结

构裂缝,降低闸墩整体施工质量,增加闸墩的泄漏概率。混凝土浇筑期间应严格控制垂直度、闸墩厚度等参数,确保各项参数误差在允许范围内。

三、水利水电工程中混凝土施工技术的应用措施

(一) 混凝土制作

在工程设计阶段,应根据工程设计方案开展混凝土配比试验工作,得出混凝土制作的参数。在混凝土实际生产中,严格按照设计标准配比要求开展制作,将水泥、骨料、水、外加剂等各类材料充分搅拌均匀形成混凝土材料。混凝土搅拌是指将一定比例的原材料加入到搅拌机中进行充分搅拌,从而制作成新鲜的混凝土材料。通常混凝土搅拌可分为人工搅拌、机械搅拌两种方式。人工搅拌主要适用于混凝土用量少或无混凝土搅拌机时,由专业人员对混凝土各项材料进行均匀搅拌。但人工搅拌会受到人为因素影响,并且劳动强度大,难以保证混凝土搅拌质量。机械搅拌可以通过调节搅拌参数提高混凝土搅拌质量,可有效降低人工劳动力成本^[3]。无论采用哪种搅拌方法,均要保证足够的搅拌时间,确保混凝土的均匀性。

(二) 混凝土运输

混凝土运输也是非常重要的环节,也是质量控制容易遗漏的一环。待到混凝土搅拌制作完成后需要将其运输到浇筑仓位。混凝土运输需要做到以下几点要求:

(1) 混凝土运输期间要避免产生离析问题,即混凝土中骨料下沉,水泥浆液上浮或混凝土失去均匀性,骨料与浆液分离,离析的混凝土难以振捣密实,严重影响混凝土施工质量。这就需要整个运输过程减少周转次数,避免剧烈震荡或自由跌落。如果发现混凝土有离析现象需要二次搅拌。

(2) 在整个运输阶段应避免出现混凝土漏浆问题,防止浆液外溢,装料不宜过满。尽可能缩短运输时间,否则长时间运输可能导致混凝土初凝,增加混凝土黏稠度、降低可塑性,影响不同混凝土层的黏合度。

(3) 施工现场人工运输混凝土主要是采用手推车、架子车、斗车等设施,运输期间应提前平整道路,避免运输期间产生强烈振动。道路纵向坡度应不超过 15° ,一次爬坡高度应在2-3m之间。运输距离不应超过200m。如果是施工现场使用窄轨斗车运输,转弯半径应在10m以上,纵向坡度应控制在 4° 以内。

(三) 混凝土浇筑

1. 准备工作

水利水电工程混凝土施工阶段,做好前期准备工作尤为重要,会直接影响后续工程施工工作的开展。准备阶段主要包括基础处理、施工缝、立模、钢筋与预埋件安装等环节。

在基础处理中,土基开挖期间需要预留保护层,处理阶段应将保护层挖除,清理土基内部及其周围的石块、木块、杂草等杂物,使用碎石垫底、覆盖湿砂,分层回填、分层焊实,最后浇筑混凝土。如果是岩基形式,则要现将软弱、尖刺、松动的岩体部分清除,之后用高压气枪、高压水枪等清理杂土、油污,保证岩面的清洁度,确保混凝土与岩面能紧密结合^[4]。

施工缝处理时,待到混凝土基面凝固后,清除基面的浮沉,露出基面粗糙表面,再进行新混凝土浇筑,保证新老混凝土的黏结性。施工缝处理可以分为冲毛、凿毛、喷毛、刷毛等方法。

在混凝土正式浇筑之前,应检查模板、钢筋、预埋件安装是否精准,使用水枪将缝隙冲洗干净,检查是否有渗漏点以及钢筋、预埋件安装位置是否正确。

布置浇筑仓面,检查主仓面布置是否符合标准、脚手架搭设是否牢固、机械设备是否正常运行、水电供应是否可靠、照明布置是否合规等。

2. 入仓铺料

正式开展混凝土浇筑前,应在老混凝土基面或岩面上铺设一层相同标号的水泥砂浆,铺设厚度为2-3cm,以保证新旧面的结合度。铺设砂浆的面积应不小于混凝土施工面积。

3. 混凝土浇筑

混凝土浇筑阶段,为了避免造成混凝土离析情况,混凝土自由落下高度应控制在2m以内,在竖向结构中不超过3m,否则应配备串筒、斜槽等设施辅助下料。由于水利水电工程体积较大,无法进行连续浇筑,因此要预留好施工缝,设置在剪力较小的部位,还应考虑后续施工便捷性,保证施工缝预留的科学性。在进行浇筑中,先清理浇筑基面的浮浆和松动石子,基面强度达到1.2MPa以上时进行浇筑。采用分块浇筑法,每隔浇筑区域之间预留1m后浇带,待到所有区域混凝土干缩后再进行后浇带浇筑,混凝土结构厚度不超过1m,分块长度则控制在20-30m之间。底板后浇带可采用密目钢丝网隔离,钢丝网规格为 $\phi 20 \times 600\text{mm}$,如果底板厚度达到900mm以上,则要在竖向筋中间处增设一道腰筋,腰筋规格为 $\phi 22\text{mm}$ 。完成施工后将周围清理干净并做好保护工作,保持膨胀带两侧与内部浇筑规格相一致,内外高差应控制在400mm以内^[5]。

4. 混凝土振捣

大体积混凝土施工主要采用泵送方法,具有流动性好、坍落度大等特点,对此可应用斜面分两层布料施工方法,即分层浇筑、一个坡度、循序渐进、一次到顶、冷缝不出。应振捣棒应快插慢拔,保证振捣时间充裕,待到混凝土面无浮浆、无气泡、均匀溢浆后,表示振捣

完成。不得出现漏振、过振等问题，为了保持结构的稳定性，应对称开展摊灰和振捣作业，振捣棒禁止触碰钢筋和预埋件，以防金属件产生移动。基梁交叉处钢筋密度较大，振捣部位应于钢筋绑扎处相隔500mm距离，可提前预留插棒孔，插入 $\phi 48$ mm钢管，完成钢筋绑扎后将其拔出^[6]。如果交叉部位较小，应对交叉处四周进行振捣。在上部浇筑中，沿着标高线抹平，平整度必须满足设计标准。

5. 混凝土养护

完成混凝土浇筑振捣环节后，为了保障混凝土质量，减少裂缝生成量，需要开展混凝土养护工作，养护为了控制混凝土表面温度和湿度，应定期洒水保湿，避免面层水分蒸发过快产生干缩裂缝。同时还要在混凝土表面覆盖塑料薄膜、草甸，起到保温保湿作用。养护工作在完成浇筑后12h开始，由专人负责养护，观察混凝土养护实际情况，养护周期在2-4周，具体时间应根据混凝土品种、当地天气情况而定。

四、水利水电工程混凝土施工的质量控制方法

虽然当今混凝土施工技术已经十分成熟，但由于材料的特殊性，容易受到人为因素、自然因素影响整体质量。这就需要开展质量检查工作，要求混凝土内部均匀密实、符合设计强度、外观平滑整洁、耐久性达标、强度达标。这就需要对混凝土制作原材料、搅拌制作、各道施工工序等进行质控检查。

（一）原材料质量控制

水泥作为混凝土的主要胶凝材料，会影响混凝土的强度和稳定性，因此必须要保障水泥材料质量达标，水泥材料施工前将试样送到实验室进行质量检查，包括标号、凝结时间、稠度、细度等。骨料检查主要包括含水量、细度模数、含泥量等。掺合料应检查细度以及需水量。所有外加剂均要进行性能检验，并要求附带出厂合格证明。

（二）混凝土制作过程质量控制

在混凝土搅拌制作当中，必须要严格按照试验配比标准制作混凝土，所有原材料均要称量下料，严禁擅自更改添加比例。做好混凝土成品质量检查，保证搅拌均匀性，掌握混凝土搅拌时间，确保搅拌充分。对混凝土成品调查取样，在准备阶段或施工阶段制作混凝土试件，每组试件不少于3个试样，对试样进行抗压试验、强度试验，确保混凝土性能达标。

（三）混凝土施工质量控制

混凝土材料运输期间，技术人员应第一时间检查混凝土材料是否离析、漏浆、坍落度变化等情况。检查材料不合格严禁进入施工现场，并重新制作混凝土。施工阶段检查基础面是否干净整洁，施工缝设置是否合理，

钢筋、模板、预埋件安装是否正确。开仓前对模板、钢筋、预埋件进行复检，各个之后再正式开展浇筑作业。混凝土浇筑期间严格按照标准铺设砂浆，控制混凝土振捣作业。派专人负责施工现场质量管理和技术指导工作，避免产生质量遗漏问题，做到及时发现问题及时解决问题^[7]。在养护阶段，派专人负责养护，定期洒水、覆膜，保证温湿度的稳定性，定期记录混凝土表面温度信息，生成混凝土养护记录手册。

（四）混凝土外观质量和内部质量检查

混凝土外观质量检查包括表面平整度、磕碰、空洞、裂纹、露筋、麻面等。对于中大型水利水电工程还要检查内部质量缺陷，可使用回弹仪检查混凝土强度是否达标，使用超声波无损检测技术检查是否存在结构裂缝，采用钻孔取芯法测量混凝土力学性能。

结束语

综上所述，随着社会经济不断发展，新建水利水电工程数量越来越多。混凝土施工作为水利水电工程建设的核心环节之一，涉及大坝、水闸底板、水闸闸墩等方面，其施工水平会直接影响水利水电工程整体质量。这就需要在施工中，全面做好施工前期的准备工作，严格按照试验标准制作混凝土，制定良好的混凝土运输路线，确保混凝土安全达到施工现场。施工中，应做好施工现场质量管理和技术指导工作，加强每道施工工序的技术掌控，及时发现问题及时解决问题，同时还要做好混凝土养护工作，减少裂缝生成，这样才能够保障水利水电工程顺利完工。

参考文献

- [1] 柴宝丽. 浅谈水利水电工程混凝土施工常见问题与建议对策[J]. 河北水利, 2023(2): 453-454.
 - [2] 耿士超. 水利水电工程混凝土施工管理[J]. 门窗, 2023(15): 178-180.
 - [3] 肖小燕. 浅谈水利水电工程的混凝土施工与管理[J]. 建筑技术研究, 2023, 6(2): 52-54.
 - [4] 李灿荣. 混凝土施工技术在水利水电施工中的应用研究[J]. 中州建设, 2023(8): 122-124.
 - [5] 梁志亮, 徐佰林. 混凝土施工技术在水利水电工程中的应用[J]. 现代工程项目管理, 2023(7): 25-29.
 - [6] 尹晓冰, 刘亮, 陈俊全. 混凝土施工技术在水利水电工程中的应用研究[J]. 工程技术研究, 2023, 8(7): 72-74.
 - [7] 刘光志. 浅谈水利施工中混凝土裂缝的防治技术[J]. 工程技术研究, 2023, 5(2): 47-49.
- 作者简介: 刘璐(1990.6-), 女, 汉, 安徽省亳州市人, 工程师, 本科, 研究方向: 水利水电工程。