

水利水电工程中水闸施工技术分析

杨建坤

(霍邱县水利局沔西水利中心, 安徽 霍邱 237400)

【摘要】 水利水电工程中, 水闸的施工是确保水资源合理调度与利用的重要环节, 但实际施工过程中存在若干技术难题, 尤其包括混凝土浇筑质量、地基稳定性、水文地质条件以及机械设备精准安装等方面的挑战, 为应对水利水电工程中水闸施工的多重挑战, 本文首先阐述了水闸在水利水电工程中的关键作用, 对相关挑战进行了分析, 最后提出了水闸施工技术要点, 通过相关措施, 实现了施工技术的优化和工程风险的有效控制, 以此相关人员提供实践参考。

【关键词】 水利水电工程; 水闸施工; 混凝土

前言: 随着社会经济的发展和人口的增加, 对于水资源的合理利用和管理变得尤为重要, 水利工程数量也在逐渐增多, 而水利水电工程中的水闸施工技术是确保水利工程正常运行和安全稳定的重要环节, 在此情况下, 高效、可靠的水闸施工技术成为提高水利工程效益和减少灾害风险的关键所在。过去几十年来, 水闸施工技术一直处于不断创新和发展之中。传统的水闸施工方法面临许多挑战, 因此探讨水利水电工程中水闸施工技术的实际应用策略具有较强的现实意义。

一、水利水电工程中水闸施工的重要性

(一) 提高水利工程效益

水闸作为调节河流水位、控制洪水、供给灌溉等功能的重要设施, 对于水利工程的正常运行起着至关重要的作用, 而水闸施工技术则是通过科学规划和精确施工, 可以确保水闸在不同情况下具备稳定可靠的运行能力, 从而提高了水利工程的效益, 进而达到合理控制水位变化、减少漏损和渗漏等目的, 提高水资源利用效率, 并确保供水和排水系统的正常运行^[1]。

(二) 降低灾害风险

在自然灾害频发的地区, 建设安全可靠的水闸是预防洪涝灾害、抗旱缓释、防止山洪泥石流等灾害的关键措施之一, 水闸施工技术的应用可以根据特定地质条件和气候特点, 设计并建造出具有良好抗洪抗旱能力的水闸系统, 此系统可以根据需要及时调节水闸的开闭, 有效控制洪水水位, 保护下游地区的人民生命财产安全。

(三) 保障社会经济发展

水闸施工技术的合理应用能够确保供水灌溉和排水系统的正常运行, 为当地提供良好的农田灌溉条

件, 增加农业产值, 改善农民生活, 而且经过优化的水闸结构、可显著提高水利水电工程的防洪能力, 为城市化进程提供了可靠的基础设施支持。

二、水利水电工程中水闸施工中面临的挑战

(一) 混凝土浇筑质量控制困难

对于水闸施工而言, 混凝土的浇筑质量是确保结构安全、延长使用寿命和保障运行效率的关键, 但多数水利水电工程的环境较为恶劣, 施工现场常受气候变化的影响, 如温度波动、风速变化及暴雨等自然因素都会直接或间接地影响混凝土材料的性能和最终强度, 特别是在极端气候条件下, 如高温可能导致混凝土过快干燥而出现裂缝, 低温则可能导致混凝土硬化进程减缓甚至停止, 而且水闸施工中的混凝土体积通常较大, 浇筑难度较高, 而水利水电工程的环境因素较为复杂, 变化较为频繁, 如果养护不当, 极易出现混凝土裂缝, 进而影响水闸整体的稳定性, 降低水利水电工程效益^[2]。

(二) 地基处理不当导致沉降

水利水电工程稳定性在很大程度上取决于其地基的稳定性, 任何不当的地基处理都可能导致严重的沉降问题, 从而威胁到整个结构的安全与功能, 从地基材料和土壤类型的角度分析, 由于水闸位置通常选择在多种土质交界处, 这些地点往往伴随着复杂的地下水流动情况, 不同类型的土壤(如粘土、砂土、淤泥等)具有不同的承载能力和压缩特性, 此情况下如果前期勘察没有准确评估土壤性质, 或者在设计时未能考虑到这些变量, 就可能在后续施工过程中引起不均匀沉降, 除了地基材料和土壤类型因素影响外, 施工过程中对地基压实不足也会造成沉降。合理的压实可以有效提高土壤密实度和承载力, 但如果忽视了

压实工作或者压实标准不达标，则不能确保地基稳定性，长期会导致结构下沉^[3]。

（三）水文地质条件复杂导致渗漏

在水利水电工程中，水闸施工面临着复杂的水文地质条件，在复杂地质条件的影响下，极易导致渗漏问题，影响结构的安全和功能，实际施工中，由于水文地质条件的多样性导致了判定渗透路径的难度，每个工程地点的岩土层、裂隙发育情况、地下水流动特性均不同，这种差异性使得预测和评估潜在渗漏通道变得极其复杂，提高了水闸施工技术防渗透施工的难度^[4]。

当水通过微小裂缝或孔隙不断渗透时，可能会逐渐扩大这些通道，从而引起进一步的结构蚀损，可对水闸的稳定性造成长期威胁，而且底部及侧边渗漏会降低水闸控制下游水位的能力，从而影响其调节河流、提供灌溉以及发电等功能。

（四）水闸机械设备安装精度高

水闸机械设备通常包括启闭机、轴承、传动装置等复杂系统，这些设备的安装必须达到毫米级甚至更高的精确度，此种误差范围的严格限制意味着施工团队必须采用高精度测量工具，并在施工过程中持续进行精准定位与调整，但受环境因素制约，部分高精度设备难以应用到施工环境中，这便提高了水闸机械设备的安装难度，而且由于水闸项目往往位于复杂的自然条件下，如河流、湖泊边缘地区，这些场地不仅空间狭窄，而且受到季节性水位变化影响，给设备安装带来了额外的难度，以雨季为例，施工现场可能会面临暂时性淹没风险，这将进一步增加设备安装的复杂性。

从设备本身角度出发，机械设备通常具有庞大的体积和重量，要求施工现场必须配备足够能力的吊装设备，而且吊装操作需要极为精准地控制以避免对待安装设备及已完成部分结构造成损害，需要高技能的操作员和良好协调的团队能力，整体难度较大^[5]。

三、水利水电工程中水闸施工技术的应用要点

（一）分层浇筑，预防混凝土裂缝

在水利水电工程的水闸施工过程中，混凝土是最基础也是最关键的建筑材料，而且当前大多数工程所采用的混凝土为商混站混凝土，其配合比和质量较为稳定，所以在水闸施工技术中提高混凝土施工质量应从浇筑方面入手，针对水闸施工中混凝土体积较大的特点，多采用分层浇筑方法，实际浇筑中首先应设计合理的浇筑分层方案，每一次浇筑层厚度需要根据混凝土固化时间和结构尺寸等多种因

素进行优化设计，层厚设置不宜过厚，以避免因内部温差大导致表面与内部固化速率不一致而产生收缩不均匀引发裂缝，在层与层之间需设置适当的等待时间，让新旧混凝土之间能够良好地结合。为防止因内外温度差异过大形成混凝土温度裂缝，可采用低热水泥或者添加掺合料，低热水泥在水化过程中释放的热量较少，从而降低了硬化初期混凝土体内部产生的温差及其所导致的热应力，进而减少裂缝风险，掺合料如粉煤灰、矿渣等可增加混凝土的稳定性和结构强度，并且改善其微观结构，提高抗裂性能。

由于中断和延迟会导致新旧混凝土界面处产生弱面，使得后浇筑混凝土难以与前一层形成牢靠结合，所以为最大限度控制裂缝，浇筑中应保持混凝土浇筑过程中的连续性，并确保供应链畅通，避免因物料供应问题造成施工中断，同时浇筑泵管和混凝土浇筑位置之间的距离不应超过2m，尽可能提高混凝土的密实度，防止因混凝土和混凝土的砸击使得空气混入混凝土内部。

浇筑完成后，需要立即采取覆盖养护膜、稻草袋或湿麻袋等措施防止水分蒸发过快导致收缩裂缝，并应定期喷洒水或使用其他保湿方式使混凝土保持湿润状态直至达到规定强度，如果施工现场风力较强、日照强烈或气候干燥条件下，应酌情延长覆盖保湿时间，防止外部水分蒸发过快产生干缩裂缝。最后，对于大型水闸结构，在施工前须对混凝土浇筑进行模拟试验，管理人员应利用BIM技术，将工程相关参数输入其中，确定合适的浇筑速度，预见潜在问题并针对具体工程条件调整施工方案。

（二）加强地基勘察，采取加固措施

地质勘察应当包含对土层结构、岩石类型、地下水位情况的深入了解，应由专业地质团队进行钻孔取样、原位测试和实验室试验等多种方法，全面且详细评估地基土的承载力以及岩土体的物理和化学性质，考虑到极端地质情况，施工前的地质勘察也不可或缺，应通过专业设备来测定潜在断裂带，并预判其活动性，确保水闸位置远离可能的断层影响区，通过上述方法获取详尽的地质数据后，结合工程具体情况选择合适的地基加固方法，如果发现土质较软或含有大量可压缩材料，需要对土体进行置换或者采用深层搅拌技术来增强其稳定性，以软弱土层为例，可以通过粉喷桩、混凝土灌注桩或连续墙等方式来提升地基承载力。

水闸建设过程中，管理人员应全面考虑水闸工程

对周边环境，特别是对地下水流的影响，在高地下水区域施工时，除了严格控制渗水问题外，还应考虑采用预压降低地基沉降速率和幅度，为尽可能明确施工对周边环境的影响，可在施工期间实施长期监测计划，可利用变形监测仪器如沉降板、倾斜仪以及 GPS 系统持续监视地基和结构的行为，如果在施工过程中相关传感器监测到任何异常现象，则需及时进行评估并采取必要措施调整，尽可能降低对周边环境的影响，以提高水闸建设完成后的稳定性。最后，综合利用现场试验与数值模拟结果为指导，在设计阶段对各种可能出现的风险因素进行全面评估，并相应制定出更有效的加固方案，依据加固方案在施工过程中根据监测数据及时调整施工计划，确保地基加固效果达到预期标准。

（三）加强水密封设计，提高现场施工管理力度

考虑到水闸施工的特点，加强水密封设计应对每个部件的接合和缝隙进行精密计算，以减少通过渗透造成的潜在损害，采用优质密封材料如聚硫橡胶或者聚氨酯等，设计用复合式密封结构，在水闸门与导轨接触面使用 U 形槽填充柔性材料，并在两侧设置压力均衡槽来分散压力，从而减少因直接挤压带来的磨损和变形，并对所有的焊缝、接合处进行仔细检查，预留出适当的收缩缝和伸缩缝，以避免由于温差或其他外部因素引起混凝土膨胀收缩产生裂纹，进而影响到水闸结构的密封性。在水密封设计阶段还需考虑到混凝土和钢材结合部位的处理，可增设止水条或止水钢板等措施在结构内部形成多道防线，在材料选择方面，止水条和止水钢板应注重考虑其耐久性与兼容性，确保长期暴露于湿润环境下也能保持良好弹性与封闭性能。

除了在设计阶段精细化设计外，还应提高施工管理力度，确保水密封的有效性，应建立严格的质量控制体系，并实行全过程监管，对施工现场各项操作流程的标准化和精细化管理，确保每一步都按照设计图纸和施工规范执行，在此基础上对参与施工的人员进行专业技能培训和安全知识教育，要求其熟练掌握相关知识与技能，确保施工质量及进度，技术交底则要求将设计意图、重点难点和风险预防措施详细传达给现场执行人员。

（四）精确测量，标准化安装流程

进行精确测量时，需要采用高精度的仪器设备，并考虑到水闸施工区域的特殊性，可采用自身体积较小，方便移动的测量设备，比如全站仪可以用来进行角度和距离测量，以确定施工现场中各个点的精确位

置，对于检测垂直度和水平度是否符合设计要求方面，可考虑采用数字水准仪，如果项目数字化程度较高，需要周边数据进行三维建模，管理人员可使用扫描仪可用来获取施工环境的三维数据，便于后期分析和调整，而且考虑到部分偏远地区地下可能存在未知隐蔽工程，对此可使用地面穿透雷达（GPR）来探测地下隐蔽工程，如预埋管线、钢筋等，以避免在施工过程中造成损害。

为了进一步提高测量结果的准确性与可靠性，在实际作业前必须对所有测量设备进行校准，检查设备零点误差、量程误差和较正常数等参数，并定期进行复检以确保测量数据始终保持在可接受的误差范围内，在此基础上建立标准化安装流程起到指导作用，确保每一步骤都按照既定的规范执行，管理人员应从制订详尽的操作手册开始，明确每个组件的安装顺序、所需材料、具体的操作步骤及安装精度要求，由于水闸施工设备较多，较为精密，所以在制订操作手册后，开始每项工作前应进行工前会议，让每位施工人员清晰了解当天的施工内容及注意事项。最后，防止水闸机械设备自身存在质量问题，从物资入场开始到各阶段完成后都应有专门团队进行系列质量检验，以水密性部件为例，安装后应进行闭水试验来验证防水效果，在结构载荷测试阶段，用力学试验机来模拟实际运营中可能遇到的各种压力状况，并记录数据。

结束语：综上所述，水闸施工技术对保障人民群众生命财产安全起着至关重要的作用，本文针对水利水电工程施工中面临的挑战，提出了具体应用要点，提高了水利水电工程中水闸的施工质量，未来，仍需不断探索和创新水闸施工技术，以适应社会发展的需求和变化，同时应加强与相关领域的交流与合作，推动水闸施工技术在实践中的推广和应用。

参考文献：

- [1] 夏杰. 水利水电工程中水闸施工技术与管理的研究[J]. 珠江水运, 2023, (11): 114-116.
- [2] 郭建福, 巨敬良. 水利水电工程水闸施工技术[J]. 城市建筑空间, 2022, 29 (S2): 679-680.
- [3] 唐恺, 马瑞. 水利水电工程中水闸施工技术浅析[J]. 治淮, 2022, (11): 40-42.
- [4] 黄兴银. 某水利堤段工程中水闸施工技术管控分析[J]. 黑龙江水利科技, 2022, 50 (04): 115-117.
- [5] 王继航, 王成俊, 张登亮. 水利水电工程的水闸施工技术分析[J]. 居舍, 2022, (08): 90-92.