

抽水蓄能电站水工建筑物施工技术要点研究

黄江 黄宇

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司 四川 成都 611130

【摘要】：抽水蓄能电站水工建筑物的施工技术对于电站的安全性和稳定性具有至关重要的作用。由于水工建筑物所处的特殊环境和施工条件，施工技术面临诸多挑战。有效的施工技术能够保证水工建筑物的结构稳定，满足设计要求，并提高施工效率。文章重点研究了当前抽水蓄能电站水工建筑物的施工技术要点，包括基础处理、混凝土施工、施工安全等方面。通过分析施工技术中的关键问题，提出了一系列优化施工技术的措施，以确保抽水蓄能电站的建设能够顺利推进，并满足长期稳定运行的要求。

【关键词】：抽水蓄能电站；水工建筑物；施工技术；安全施工；混凝土施工

DOI:10.12417/2705-0998.26.01.092

引言

抽水蓄能电站作为现代能源系统的重要组成部分，其水工建筑物的施工质量直接关系到电站的长期安全运行。抽水蓄能电站的水工建筑物通常处于复杂的地质条件和环境中，这对施工技术提出了更高的要求。施工过程中的挑战包括地基处理、施工环境控制、混凝土质量等方面的问题。随着科技进步和施工技术的发展，针对这些问题的有效解决方案逐步被提出并得到实践应用。如何优化施工技术，提升水工建筑物施工的效率与安全性，是当前研究的核心问题。通过对施工技术要点的深入研究，可为提高抽水蓄能电站的建设质量和施工进度提供理论指导与实践经验。

1 施工技术挑战及难点分析

1.1 水工建筑物的施工环境分析

水工建筑物施工过程中，环境条件的复杂性使得施工技术面临严峻挑战。水工建筑物通常建设在水源附近，且多处于山地、峡谷等特殊地形中，这些地理条件要求施工技术能够适应复杂的地貌和水文条件。地下水位较高、土壤类型多变等因素也对基础设施建设提出了高要求。施工现场环境的不断变化，可能会导致施工过程中材料的选择、施工方法的调整及施工进度的延误。因此，准确评估施工环境及其变化，采用针对性的施工方案显得尤为重要。

1.2 施工技术中的关键问题

在水工建筑物施工过程中，施工技术的实施往往面临多个关键问题。首先是地质勘探的准确性，因地质条件对建筑物的结构设计和施工方案起到决定性作用，任何勘探失误都可能引发重大安全隐患^[1]。其次是混凝土施工中控制水泥与骨料的比例对混凝土的强度与耐久性具有重要影响，不同环境下混凝土的配比需进行优化调整。施工过程中，施工进度与质量常常难以平衡，过快的施工进度可能导致安全隐患的增加。所有这些问题都要求施工团队能够精准执行技术细节，并具备足够的应变能力。

1.3 施工过程中常见的技术难题

施工过程中面临的技术难题涉及多个方面，其中水工建筑物的混凝土浇筑与防渗处理常常成为施工中的瓶颈。浇筑过程中，如何有效防止混凝土的冷缝和裂缝形成，确保其整体性和耐久性是一个重要难点。防渗技术也是施工中必须重点解决的问题，尤其是在水坝、引水渠等水工建筑物中，防渗材料的选择和防渗层的施工方法直接关系到建筑物的使用寿命。在这些施工过程中，如何确保施工人员操作规范并实现高效施工，避免技术难题延误施工进度，成为施工管理中的重要挑战。

2 基础处理技术的优化方案

2.1 地质勘探与基础设计

精准的地质勘探数据为后续的基础设计提供了可靠依据，尤其是在复杂的地质环境中，地质勘探结果直接影响基础设计的方案选择。通过钻探、地震勘探等手段获取土层分布、地下水位、岩土性质等信息，有助于判断土壤的承载力和稳定性，这些因素在基础设计中必须考虑。基础设计方案需根据勘探数据分析，结合地基土质、地震活跃区、抗滑性等多个方面进行优化。对于不同类型的基础，如深基础、浅基础、桩基等，依据地质勘探结果进行精确设计，以确保基础能够满足施工过程中的承载要求和长期稳定运行。

2.2 基础处理方法的选择

基础处理技术的选择是确保水工建筑物安全运行的关键环节。在不同的地质条件下，基础处理方法的选择要根据土层特性、地下水位以及设计负荷进行差异化处理^[2]。在软土地区，常采用打桩加固法或土工织物加固法等，通过改变土体的物理性质，增强基础的承载力。对于不均匀土质，可以采用局部夯实或注浆加固技术，提升土壤的密实度与稳定性。对于抗震要求较高的地区，通常选择抗震桩基和深层搅拌桩等技术，以提高基础抗震能力。在一些极端环境下，基础处理方法的选择还需要考虑施工周期和成本的平衡，确保施工质量与进度能够有效衔接。

2.3 基础施工技术的创新

在基础施工技术的创新方面,近年来,许多新型材料和施工方法得到广泛应用,提高了基础施工的质量和效率。自动化和智能化技术在基础施工中的运用,提升了施工精度与安全性。采用数字化测量与监控设备,能够实时跟踪土层变化和施工进展,保证施工过程的可控性。预应力技术的应用在水工建筑物基础施工中日益普及,通过在基础中施加预应力,使得基础具备更强的承载能力和抗变形能力。近年来,环保型基础处理技术也得到推广,使用低碳环保材料不仅降低了施工对环境的影响,还在降低成本的同时提高了施工效率。

3 混凝土施工技术的提升

3.1 混凝土配比与施工控制

混凝土配比是确保水工建筑物施工质量的关键因素,直接影响到混凝土的强度、耐久性和稳定性。合理的配比方案要根据项目的具体要求,包括水泥类型、骨料种类和比例、外加剂选择等。在水工建筑物中,混凝土的耐久性尤为重要,因此需要根据环境条件,选择抗渗、防冻、防腐等特性的混凝土。在施工过程中,配比控制必须严格遵守标准,并且要根据施工进度适时调整,确保每一批次混凝土的均匀性与一致性。采用高效搅拌设备能够保证混凝土的均匀性,避免因混凝土质量不均而影响结构的稳定性。针对不同施工阶段的需求,混凝土的配比和施工方法也需做出灵活调整,确保整个工程过程中的施工控制得当。

3.2 混凝土浇筑技术

混凝土浇筑是水工建筑物施工中的一重要工序,其质量直接决定了结构的稳定性与耐久性。在混凝土浇筑过程中,浇筑速度、振捣方式、分层厚度和层间连接等因素都需要精准控制^[3]。浇筑时,应避免混凝土的冷缝和裂缝,特别是在大体积浇筑中,必须采用适当的降温措施,防止温度裂缝的产生。为确保混凝土的浇筑质量,常使用振捣器进行高效振捣,使混凝土充分密实并消除气泡。振捣过度或不足都会影响混凝土的强度与密实性,进而影响整体结构的稳定性。合理安排混凝土的浇筑顺序和时间,避免因温差和湿度变化带来的应力差异,确保混凝土各部分的均匀性和一致性。

3.3 混凝土的养护与质量监控

混凝土的养护是保证其强度和耐久性的重要环节,尤其是在复杂环境下,养护措施更为关键。在水工建筑物的施工过程中,由于气候条件、环境湿度以及温差等影响,混凝土的养护必须精细化操作,防止出现干裂、龟裂等问题。常见的养护方式包括保湿养护、蒸汽养护等,养护期间应控制温度、湿度,避免急剧的温差变化。养护期间需要进行质量监控,采用现代化监控设备实时跟踪混凝土的硬化过程,检测其温度、湿度和强度等指标,确保混凝土在养护期间的质量符合设计要求。混

凝土质量的监控不应局限于养护阶段,施工过程中对材料质量、配比情况以及混凝土浇筑的实时检查也是保障结构质量的重要手段,确保施工的每一环节都符合质量标准,最终实现水工建筑物的长期稳定运行。

4 水工建筑物安全施工技术的保障措施

4.1 施工现场安全管理

在水工建筑物施工中,安全管理是确保施工顺利进行的基础。施工现场的安全管理不仅包括对施工设备的规范使用,还需要对施工环境的整体监控与风险评估。由于水工建筑物施工涉及大量高空作业、大型机械设备及特殊环境作业,施工现场的危险源较为复杂。因此,必须建立完善的安全管理制度,明确责任分工,确保每一项施工活动都在安全范围内进行。现场安全管理首先需要做好施工前的风险评估,对施工区域进行详细的安全检查,特别是对可能影响施工的地下水位、地质条件等外部环境因素要提前预判。在施工过程中,持续开展巡查与隐患排查,确保施工人员严格遵守操作规程,防止因设备故障、作业失误等造成事故。此外,现场还应设立安全警示标志,做好应急救援设施的配备和演练,确保一旦发生事故,能迅速采取有效的应急措施。

4.2 施工人员安全培训

确保施工人员的安全意识和操作技能是水工建筑物施工安全的关键。安全培训不仅仅是传授操作规程,更是要让施工人员充分了解潜在的安全风险,并掌握应急处理技能。在施工人员进入施工现场之前,必须接受严格的安全培训,确保其具备必要的安全知识和应对突发事件的能力。培训内容应覆盖施工现场的常见危险源,如高处作业、电力设备的使用、施工机械的操作、消防安全等。还应对施工人员进行定期复训,强化其安全意识,确保其能够根据施工现场的变化随时调整工作方式^[4]。安全培训中还要注重实际操作的模拟演练,例如高空坠物、机械设备故障等应急情况的处置能力,提高施工人员的快速反应和自我保护能力。对施工人员的考核评定应严格执行,只有通过考核的人员方可上岗,确保施工现场的人员均能达到安全操作的标准。

4.3 施工过程中的安全监控

施工过程中,安全监控技术的应用对于及时发现隐患和防止事故发生至关重要。在水工建筑物施工中,由于其复杂的工艺和巨大的工程规模,任何环节的疏忽都可能引发重大安全事故。施工现场需要部署先进的安全监控设备,对各类风险进行实时监测。常见的安全监控技术包括视频监控、传感器技术、环境监测系统等,这些技术可以实时记录施工现场的情况,并对可能的危险进行预警。对于高空作业、重型机械操作等危险性较高的作业环节,必须配备高精度的监控设备,进行24小时监控。通过监控系统,可以及时发现操作不规范、设备故障、

环境变化等安全隐患，确保能够迅速采取措施进行修正，防止事故发生。还应定期对监控系统进行检查和维护，确保其能够正常运行。施工过程中还应保持与监控系统的互动，利用数据分析及时调整施工计划，降低事故发生的概率。通过全方位、多层次的安全监控体系，能够有效保障水工建筑物施工的安全性。

5 施工技术优化及发展方向

5.1 新型施工技术的应用

随着科技的发展，新型施工技术在水工建筑物施工中得到了广泛应用。这些技术的引入大大提升了施工效率和质量，尤其是在复杂的环境下，传统施工方法已难以满足现代工程的需求。自动化施工技术的应用，使得施工过程中的机械化程度显著提高，减少了人工操作的误差，保障了施工精度。数字化技术的应用，尤其是建筑信息模型（BIM）技术，提供了更为精准的施工计划与现场管理，使得施工过程中的各项数据得到实时监控和优化。智能化设备的使用，如无人机进行现场测量和监控、智能机器人执行高危作业等，不仅提高了施工安全性，也使施工周期得到缩短。新型混凝土材料的研发和使用，也有效提高了建筑物的耐久性和抗震性，满足了水工建筑物在极端环境中的使用要求。

5.2 施工效率与质量的平衡

在水工建筑物的施工中，施工效率与质量之间的平衡一直是技术优化的重点。过高的施工效率可能导致施工质量的下降，而追求极致的质量控制又可能使施工进度延误，因此如何找到一个合适的平衡点至关重要^[5]。通过合理规划施工流程、优化施工方法和提高施工机械化水平，可以有效提升施工效

率，同时不影响工程质量。高效的施工管理体系也至关重要，它能够协调各个施工环节，合理安排施工人员和设备的使用，确保资源得到充分利用。加强施工过程中的质量控制，建立健全的质量检测体系，及时发现施工过程中可能出现的质量问题，并加以解决。通过科技手段的介入，如在线监测系统、质量控制软件等，能够对施工过程中的质量进行全程追踪，确保在保证施工效率的同时，不忽视质量的把控。

5.3 施工技术的未来发展趋势

水工建筑物的施工技术将朝着更加高效、安全、环保的方向发展。随着智能化技术的不断成熟，未来施工过程中将越来越多地依赖自动化和人工智能技术进行操作和管理。施工现场将实现全面数字化，不仅可以通过大数据分析进行项目管理，还可以通过虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术进行施工过程的可视化和预演，从而减少施工中的不确定性和风险。绿色施工将成为未来施工技术发展的重要方向，通过使用环保材料、减少能源消耗、减少施工废料等手段，提升建筑物的可持续性。施工方法的创新将着眼于提高作业安全性和减少对环境的影响，采用新型无污染施工工艺，推动水工建筑物施工向更加智能化、绿色化、可持续化的方向发展。

6 结语

水工建筑物施工技术的不断优化是保障抽水蓄能电站安全、稳定运行的基础。随着新型施工技术的应用，施工效率与质量的平衡得到更好实现，同时施工安全性也得到了更大提升。未来，施工技术将更加智能化、自动化、绿色化，推动水工建筑物建设向更高标准发展。通过不断创新与实践，施工技术将在提升工程质量和效率方面发挥重要作用，为现代水工建筑物的建设提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 刘寅,陈晶晶.超高水头抽水蓄能电站引水调压室初拟判定敏感因素分析[J].东北水利水电,2025,43(09):10-13+27+71.
- [2] 张毅.浅谈抽水蓄能电站引水系统斜井扩挖安全管理[J].四川水利,2025,46(04):149-153+165.
- [3] 李彬,杨淇淇,陆丹玫.贵港抽水蓄能电站下水库泄洪建筑物设计[J].红水河,2024,43(06):91-94+101.
- [4] 孙子金.某抽水蓄能电站泄水建筑物体型优化试验研究[D].西安理工大学,2024.
- [5] 邱伟,黎中原,李红伟,等.抽水蓄能电站水工建筑物监测统一管理系统建设[J].大坝与安全,2023,(04):21-24.