

大型抽水蓄能电站的工程施工技术与管理

朱晓轲

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

摘要: 本文深入探讨了大型抽水蓄能电站的工程施工技术与管理。详细阐述了抽水蓄能电站的特点及其在电力系统中的关键作用,全面剖析了工程施工中的关键技术,涵盖基础施工、水工建筑、设备安装与调试、输水系统施工等方面。同时,着重强调了施工管理的重要性,提出建立完善质量管理体系、加强施工监督、提升人员素质、注重环境保护、强化安全管理等具体管理措施。

关键词: 抽水蓄能电站; 工程施工技术; 施工管理; 质量管理

引言

随着全球能源需求的持续增长以及能源结构的深度转型,抽水蓄能电站作为一种至关重要的储能设施,在电力系统中占据着日益重要的地位。大型抽水蓄能电站的建设不仅面临着复杂的技术难题,还需要高效且精细的管理来保障项目的顺利推进与长期稳定运行。本文旨在全面且深入地探讨大型抽水蓄能电站的工程施工技术与管理,分析其独特特点、关键技术要点以及有效的管理措施,以期对相关工程实践提供具有针对性和可操作性的参考。

1 大型抽水蓄能电站的工程施工技术

1.1 基础施工技术

在抽水蓄能电站建设前,对地质情况进行细致勘探和分析是至关重要的。针对不同地形地貌和地质条件,需要采用针对性的基础工程方法。在岩石地区,爆破控制振动法是一种常用的施工方法。在进行爆破作业时,需要精确计算爆破参数,如炸药用量、装药结构、起爆顺序等,以减少对周围岩体的扰动,避免引发山体滑坡、岩石崩塌等地质灾害。同时,要严格控制爆破振动速度,确保周边建筑物和设施的安全。在土质地区,挖钻桩法是较为适用的基础施工方法。挖钻桩施工过程中,需要根据地质勘察报告确定桩的直径、深度和间距。在钻孔过程中,要密切关注土层的变化情况,及时调整钻进参数,确保桩孔的质量。钢筋笼的制作和安装要符合设计要求,混凝土的浇筑要采用合适的振捣方法,保证桩身的强度和密实度。

1.2 水工建筑施工技术

1.2.1 混凝土浇筑技术

在坝体施工中,大坝混凝土浇筑技术是关键环节。在混凝土配合比设计方面,要根据坝体的受力情况和所处环境,合理选择水泥品种、骨料粒径和级配、外加剂

等,以确保混凝土具有足够的强度、抗渗性和耐久性。在搅拌过程中,要严格控制搅拌时间和投料顺序,保证混凝土搅拌均匀。运输过程中,要采用合适的运输设备,如混凝土搅拌车等,避免混凝土出现离析现象。在浇筑时,要根据坝体的结构特点和受力情况,合理设计浇筑顺序和分层厚度。例如,对于重力坝,一般采用分层分块浇筑的方法,每层浇筑厚度不宜过大,以确保混凝土的散热和施工质量^[1]。同时,要采用有效的振捣设备,如插入式振捣器等,保证混凝土的密实度。在养护阶段,要根据不同的季节和气候条件,采取相应的养护措施,如覆盖保湿、喷水养护等,确保混凝土在适宜的温度和湿度条件下硬化,避免出现裂缝等质量问题。

1.2.2 土方开挖技术

在抽水蓄能电站的建设过程中,土方开挖是一个重要环节。开挖前,需要合理确定开挖顺序,一般遵循从上至下、分层分段的原则,避免超挖或欠挖现象的发生。同时,要根据土层的性质和开挖深度,选择合适的开挖方法,如机械开挖和人工开挖相结合。在开挖过程中,要密切关注边坡的稳定性,采取有效的支护措施。例如,对于土质边坡,可以采用锚杆支护、喷锚支护等方法。锚杆支护是通过在边坡岩体中钻孔,插入锚杆并注浆,将锚杆与岩体锚固在一起,提高边坡的稳定性。喷锚支护则是在边坡表面喷射混凝土和钢筋网,形成一层支护结构,防止边坡坍塌。

1.2.3 防渗工程技术

由于抽水蓄能电站的水头高、水库水位变化大且频繁升降,渗水问题对电站的安全稳定运行构成严重威胁。因此,在电站建设中需要采取有效的防渗措施。可以采用高密度聚乙烯(HDPE)衬砌、土工布等防渗材料进行防渗处理。HDPE衬砌具有良好的防渗性能和化学稳定性,能够有效阻止水的渗漏。在铺设HDPE衬砌

时,要保证其拼接质量,采用热熔焊接等方法,确保衬砌的连续性。土工布则具有一定的过滤和排水功能,可以与HDPE衬砌配合使用,提高防渗效果。此外,还可以采用灌浆技术、帷幕灌浆技术等手段,提高土体的防渗性能。灌浆技术是将水泥浆液或其他化学浆液注入土体或岩体的孔隙和裂缝中,填充空隙,形成防渗帷幕。帷幕灌浆则是在坝基或周边岩体中形成一道连续的防渗帷幕,阻止地下水的渗透。

1.3 设备安装与调试技术

1.3.1 设备安装技术

在设备安装过程中,需要采用精密的技术手段和工艺方法。例如,可以采用3D模型技术进行设备安装优化。通过建立设备的3D模型,模拟设备的安装过程和运行状态,提前发现可能存在的问题,并对安装方案进行调整和优化,提高安装精度和效率。在安装水轮发电机组时,要严格控制机组的水平度和同心度。采用高精度的测量仪器,如激光跟踪仪等,对机组的安装位置进行精确测量和调整。同时,要保证机组各部件之间的连接牢固可靠,避免出现松动现象。对于水泵机组的安装,要注意叶轮与泵壳之间的间隙调整,确保水泵的运行效率。在安装变压器时,要做好变压器的接地和绝缘工作,保证变压器的安全运行。

1.3.2 设备调试技术

设备调试是确保电站能够正常运行的重要环节。调试过程中需要对设备的各项性能指标进行检测和调整。对于发电机的调试,要检测其输出功率、电压、频率等参数是否符合设计要求。通过调整励磁电流等方法,使发电机的输出性能达到最佳状态。同时,要对发电机的冷却系统进行调试,确保发电机在运行过程中能够及时散热,避免出现过热现象。在水泵机组的调试中,要测试水泵的流量、扬程、效率等指标^[2]。通过调整水泵的转速和叶片角度等参数,优化水泵的运行性能。此外,还要对控制系统和监控系统进行测试和调试,确保它们能够准确反映设备的运行状态并及时发出报警信号。

1.4 输水系统施工技术

1.4.1 隧洞开挖技术

隧洞开挖是输水系统施工中的关键环节。常用的掘进方法有钻爆法和盾构法。钻爆法是一种传统的隧道开挖方法,适用于坚硬岩石地质。在钻爆法施工中,要根据岩石的硬度、节理裂隙发育情况等因素,合理设计炮孔布置、装药量和爆破顺序。采用光面爆破技术,可以减少对周围岩体的扰动,提高隧洞的开挖质量。盾构法则适用于软弱地质或地下水位较高的地区。盾构机在掘

进过程中,能够同时进行开挖、支护和衬砌等工作,具有施工速度快、安全性高的优点。在盾构施工过程中,要严格控制盾构机的掘进姿态,及时调整盾构机的推进参数,确保隧洞的轴线偏差在设计允许范围内。

1.4.2 隧洞衬砌技术

隧洞衬砌是保证隧洞结构稳定和安全的措施。常用的衬砌材料有混凝土、钢筋混凝土等。在衬砌施工过程中,要严格控制衬砌厚度、强度和密实度等指标。对于混凝土衬砌,要采用合适的模板和浇筑工艺。模板要具有足够的强度和刚度,保证衬砌的尺寸准确。在浇筑过程中,要分层振捣,确保混凝土的密实度。对于钢筋混凝土衬砌,要注意钢筋的布置和连接,保证钢筋与混凝土之间的粘结力。

1.4.3 调压室施工技术

调压室是输水系统中用于调节水流压力的重要设施。其施工需要精确控制调压室的尺寸和形状。在调压室开挖过程中,要根据设计要求进行分层分段开挖,并及时进行支护。调压室的衬砌施工要采用高强度的混凝土材料,以提高其抗压能力和抗渗性能。同时,要设置合理的排水系统,及时排除调压室内的积水,确保调压室的正常运行。

2 大型抽水蓄能电站的施工管理

2.1 建立完善的质量管理体系

建立完善的质量管理体系是抽水蓄能电站质量管理的基础。应制定详细的质量管理计划,明确质量目标和要求。质量管理计划要涵盖工程的各个环节,包括原材料采购、施工过程控制、设备安装调试等。积极引入信息技术建立质量文件管理系统,确保施工过程中各项工作按照规定进行。通过质量文件管理系统,可以对施工过程中的各种文件、记录进行电子化管理,方便查询和追溯。建立科学合理的质量控制流程,包括材料采购、工程施工、设备安装等各个环节的质量控制要点和方法。例如,在材料采购环节,要对供应商进行严格的资质审查,对原材料进行检验和试验,确保原材料的质量符合要求^[3]。在工程施工环节,要加强对施工过程的监督和检查,及时发现和解决质量问题。加强对施工单位和供应商的质量管理,确保其符合相关的标准和要求。对施工单位要进行定期的考核和评价,对不符合要求的施工单位要及时进行整改或淘汰。对供应商要建立供应商档案,对其产品质量和服务质量进行跟踪评估。

2.2 加强施工监督

为强化抽水蓄能电站施工管控,企业应构建完善的内部监督体系。施工过程中,强化检验与验收。按标准

对施工材料、工程设备安装、各施工工序严格检验，不合格工程坚决返工。同时，完善施工记录与档案管理。做好详细记录，内容涵盖施工时间、人员、内容、检验结果等，确保真实、准确、完整。建立规范档案管理制度，分类整理归档各类文件资料，便于查询使用，并保障档案安全保密，为工程质量追溯提供可靠依据。

2.3 提升人员素质

抽水蓄能电站是一项技术密集型工程，需要具备专业的知识和技能。因此，应制定培训计划，包括理论和实践的培训内容，涵盖施工、设备运维、安全管理等方面。培训计划要根据不同岗位的需求，制定个性化的培训方案。例如，对于施工人员，要重点培训施工工艺、质量标准和安全操作规程；对于设备运维人员，要培训设备的原理、操作方法和维护保养知识；对于安全管理人员，要培训安全法律法规、安全管理制度和事故应急处理方法。建立健全的技能认证制度，通过设立技能等级评定机构，对从业人员进行技能考核和认证。技能认证可以分为初级、中级、高级等不同等级，根据从业人员的技能水平和工作业绩进行评定。通过技能认证，激励从业人员不断提高自身的技能水平。随着科技的不断进步，抽水蓄能电站的建设和管理也在不断更新。必须加强对新技术和行业标准的学习和应用，确保从业人员及时了解和掌握新的技术和标准。可以定期组织从业人员参加行业研讨会、培训课程等活动，拓宽他们的视野，提高他们的专业素养。

2.4 注重环境保护

抽水蓄能电站的建设过程中，施工活动可能对周围生态环境产生一定影响。因此，施工过程中必须严格遵守环保法律法规，采取一系列有效的环境保护措施。主要环保措施包括施工过程中对水源的保护措施。在施工现场设置沉淀池、化粪池等设施，对施工废水和生活污水进行处理，达标后排放。避免施工废水直接排入河流、湖泊等水体，造成水污染^[4]。噪声与粉尘的治理也是重要的环保措施。选用低噪声的施工设备，并采取有效的降噪措施，如设置隔音屏障等。对施工现场的粉尘进行定期洒水降尘，减少粉尘的飞扬。施工废弃物的处理要遵循减量化、资源化和无害化的原则。对可回收利用的废弃物进行分类回收，如钢筋、木材等；对不可回收

的废弃物要进行妥善处理，如运至指定的垃圾填埋场进行填埋。植被恢复是环境保护的重要环节。在施工结束后，要及时对破坏的植被进行恢复，种植适合当地生长的植物，提高植被覆盖率，减少水土流失。

2.5 强化安全管理

抽水蓄能电站施工过程中存在众多安全隐患，因此必须制定完善的安全管理制度和措施。实施现场安全管理，加强现场的安全巡查和监督。设置明显的安全警示标志，提醒施工人员注意安全。对施工现场的临时用电、高处作业、爆破作业等危险作业要进行严格管理，确保施工人员的安全。加强设备维护保养，定期对施工设备进行检查、维修和保养，确保设备的正常运行。对存在安全隐患的设备要及时进行维修或更换，避免因设备故障引发安全事故。严格施工作业规范，要求施工人员严格遵守安全操作规程。在进行施工前，要对施工人员进行安全技术交底，明确施工过程中的安全注意事项。对违规操作的行为要进行严肃处理，起到警示作用。加强员工安全培训，提高员工的安全意识和自我保护能力。安全培训内容可以包括安全法律法规、安全操作规程、事故案例分析等。通过安全培训，让员工认识到安全工作的重要性，自觉遵守安全规定。

结语

通过本文的探讨可以看出，建立完善的质量管理体系、加强施工监督、提升人员素质、注重环境保护和强化安全管理等措施对于确保抽水蓄能电站的顺利实施和运营具有重要意义。未来，随着科技的不断进步和经验的不断积累，抽水蓄能电站的工程施工技术与管理将会更加完善和优化，为电力系统的稳定运行和可再生能源的发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]任立祺,雷发霄,樊应祥,等.抽水蓄能电站施工质量管控[J].电力安全技术,2024,26(05):7-8+11.
- [2]温剑鏊.探究大型抽水蓄能电站施工关键技术[J].黑龙江水利,2017,3(07):65-68.
- [3]刘永飞.抽水蓄能电站堆石坝填筑施工方法研究[J].价值工程,2025,44(03):128-130.
- [4]国网新源集团有限公司.抽水蓄能电站工程施工工艺示范手册[M].中国水利水电出版社:202311.488.