

抽水蓄能电站上水库关键施工技术分析

张明磊

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

摘要：抽水蓄能电站，是现代电力系统的稳定之锚，而上水库施工技术则是其安全高效运行的关键。本文深入探索了抽水蓄能电站上水库施工的奥秘，从地质勘察到施工设计，从材料与设备筹备到施工队伍培训，每一环节都尽显匠心。文章更聚焦于开挖支护、坝体填筑、防渗排水及混凝土浇筑等核心技术，这些技术的精湛运用，是电站安全与效率的坚实保障。

关键词：抽水蓄能电站；上水库；关键施工技术

引言

在能源转型与电力需求激增的时代浪潮中，抽水蓄能电站如同电力系统的守护者，以其独有的储能调峰之能，稳固着现代电力的供应之锚。而作为电站心脏的上水库，其施工技术的精湛程度，直接牵动着电站的性能与安全。因此，对上水库施工技术的深度探索，不仅是对技艺的精进，更是对电力安全的守护，意义重大而深远。

1 抽水蓄能电站及上水库概述

抽水蓄能电站是电力系统的关键部分，能调峰填谷、调频调相，并提供事故备用，极大提升了电力系统的稳定性和经济性。它由上下两水库构成，其中上水库在储能环节中起重要作用，负责在电力负荷低谷时蓄水，高峰时放水发电。上水库作为“储能池”，其质量对电站性能和效率有直接影响，通常包括大坝、溢洪道、输水系统和发电厂房等结构。上水库在抽水蓄能电站中扮演重要角色，是实现电能与水能转换的关键，对电力系统的供需平衡起着调节作用。其建设质量和管理水平不仅关乎电站安全运行，也影响经济效益。所以，在电站的规划、设计和施工中，上水库建设是重中之重。面对科技进步和电力需求的增长，抽水蓄能电站及其上水库的建设将迎来更多挑战和机遇。为满足电力系统对抽水蓄能电站的更高要求，我们需要不断创新施工技术，提升上水库的建设质量和效率^[1]。

2 抽水蓄能电站上水库施工前准备

2.1 工程地质勘察

工程地质勘察是施工前不可或缺的一环，它的主要目的是了解施工区域的地质条件，评估地基的稳定性和承载能力，为施工设计提供准确的地质资料。在抽水蓄能电站上水库施工前，工程地质勘察的重点包括地层结构、岩土性质、地质构造、水文地质条件等。勘察过程中，需要采集和分析土样、岩样，通过实验室测试确定

其物理力学性质。同时，还需要进行现场勘探，包括钻探、坑探等方式，以获取更详细的地质信息；这些数据的准确性和全面性对于后续的施工设计至关重要。

2.2 施工设计与方案优化

在完成工程地质勘察后，需要根据勘察结果进行施工设计。设计过程中，需要综合考虑多种因素，如地形地貌、地质条件、水文条件、环保要求等。设计师需要绘制详细的施工图纸，包括坝体结构、溢洪道、输水系统、发电厂房等各部分的详细设计。并且，施工方案的优化也是关键一环。需要对比不同的施工方案，从经济性、施工难度、工期等多个方面进行综合考虑，选择最优的施工方案；这一过程中，可能还需要进行多次的专家评审和修改，以确保施工方案的合理性和可行性。

2.3 施工材料与设备筹备

施工材料与设备的筹备是施工前的重要工作。根据施工图纸和施工方案，需要列出详细的材料和设备清单，包括水泥、砂石、钢筋等建筑材料，以及挖掘机、装载机、混凝土搅拌站等施工设备。在筹备过程中，需要注意材料和设备的质量控制和采购管理。对于关键材料和设备，需要进行严格的质量检验和性能测试，确保其满足施工要求；并且，还需要考虑材料和设备的运输和储存问题，以确保其能够按时到达施工现场并妥善保存。

2.4 施工队伍组织与培训

施工队伍的组织 and 培训也是施工前的重要准备工作。首先，需要根据施工方案和施工计划，确定所需的施工队伍规模和人员结构。然后，通过招聘或调配等方式组建施工队伍。在施工前，需要对施工队伍进行全面的培训和技术教育。技术培训的内容包括施工图纸的解读、施工方法的掌握、施工设备的使用等。安全教育则重点强调施工现场的安全规范、危险源的识别和应对措施等。通过培训和教育，确保施工队伍具备足够的

技能和安全意识，为施工的顺利进行提供保障^[2]。

3 抽水蓄能电站上水库关键施工技术分析

3.1 开挖与支护技术

(1) 土方开挖：土方开挖的顺序通常遵循“先易后难，分层开挖”的原则。即先开挖表层土壤，再逐层向下进行。在开挖过程中，应特别注意保持开挖面的稳定，防止出现坍塌等安全事故。开挖方法主要包括机械开挖和人工开挖两种。机械开挖效率高，适用于大面积、深层次的开挖；人工开挖则更为精细，适用于小范围或机械无法到达的区域。在实际施工中，两种方法往往结合使用，以达到最佳的开挖效果。技术难点主要在于如何准确控制开挖深度和坡度，以及如何处理开挖过程中可能出现的地下水问题。对此，需要精确测量和严密监控，同时采取适当的排水措施，确保开挖工作的顺利进行。(2) 石方开挖：石方开挖相对于土方开挖更为复杂。在爆破技术方面，需要精确计算炸药量和爆破点，以最大化爆破效果并最小化对周围环境的影响。为确保施工安全，必须严格遵守爆破安全规程，做好人员疏散和警戒工作。渣土处理是石方开挖后的重要工作。一方面要确保渣土的及时清理和运输，另一方面也要考虑渣土的再利用问题，以降低工程成本并减少环境污染。在环境保护方面，需要特别注意防止爆破和开挖过程中产生的粉尘、噪音等对周围环境的影响。可以采取洒水降尘、设置隔音屏障等措施，以最大程度地减少对周边环境和居民的影响。(3) 边坡支护：边坡支护的结构选择应根据边坡的地质条件和工程要求进行。常见的支护结构包括挡土墙、锚杆（索）等，在选择支护结构时，需要综合考虑其承载能力、稳定性、施工便捷性等因素。施工方法方面，应根据支护结构的类型和地质条件进行具体规划。例如，对于挡土墙的施工，可以采用现浇或预制拼装的方式；对于锚杆（索）的施工，则需要精确控制钻孔深度和锚杆（索）的张拉力度。稳定性分析是边坡支护设计的重要环节。通过采用有限元分析等方法，对支护结构在受力状态下的变形和稳定性进行预测和评估，以确保支护结构能够有效地保护边坡的安全稳定。

3.2 坝体填筑与碾压技术

(1) 填筑材料的质量控制与运输方法：在选择填筑材料时，应严格按照设计要求进行，确保材料的级配、含水率、压实性等指标满足标准。对于不符合要求的材料，应坚决弃用，以免对坝体质量造成影响。填筑材料的运输应根据施工现场的实际情况选择合适的运输方式。一般可采用自卸汽车或皮带输送等方式将材料运送

至填筑现场。在运输过程中，应注意防止材料的洒落和离析，确保填筑材料的质量。(2) 填筑施工流程与技术要点：流程一般包括基础处理、填筑材料铺设、碾压、质量检测等环节。在基础处理阶段，需要对坝基进行清理和处理，确保其承载力和稳定性。接下来是填筑材料的铺设，要控制铺设的厚度和均匀性。然后是碾压环节，通过碾压使填筑材料达到设计要求的密实度。最后是质量检测，对填筑体的质量进行全面检查，确保其满足设计要求。在填筑施工过程中，需要注意以下技术要点：一要严格控制填筑材料的含水率，过湿或过干的材料都会影响填筑体的质量；二要确保填筑体的均匀性，避免出现局部不密实或过大的空隙；三要注意填筑体的排水设计，防止因水分渗透而影响坝体的稳定性。(3) 碾压方法与质量控制标准：在碾压过程中，应选择合适的碾压机械和碾压方式，一般可采用振动碾或轮胎碾进行碾压。碾压时应遵循“先轻后重、先慢后快、先边缘后中间”的原则，确保填筑体均匀受压并达到设计要求的密实度。碾压后的填筑体应满足以下质量控制标准：一是填筑体的干密度和压实度应达到设计要求；二是填筑体的表面应平整且无明显的轮迹或凹凸；三是填筑体的尺寸和坡度应符合设计要求且无明显变形或裂缝。为了确保填筑体的质量符合标准要求，施工过程中应定期进行质量检测并及时调整施工参数和方法^[3]。

3.3 防渗与排水系统施工技术

(1) 防渗材料的选择与应用：常见的防渗材料包括土工膜、沥青混凝土、水泥混凝土等。这些材料各有优缺点，需要根据工程实际情况进行选择。土工膜是一种柔性防水材料，具有很好的延展性和适应性，能够适应地基的不均匀沉降。土工膜施工相对简单，对设备投入要求不高，质量轻，搬运与存储便利，且施工周期相对较短。从经济性角度来看，单位面积投入少，整体造价偏低。所以，在地质条件复杂、变形较大的地区，土工膜是一种理想的防渗材料。沥青混凝土具有良好的防渗性能和耐久性，适用于各种气候条件。于是，其施工相对复杂，需要专业的施工队伍和设备。在地质条件稳定、对防渗要求极高的工程中，沥青混凝土是一个不错的选择。水泥混凝土防渗性能优良，且具有较高的强度和耐久性；但其施工周期长，对施工技术要求高；在地质条件较好、对坝体强度要求高的地区，可以考虑使用水泥混凝土作为防渗材料。(2) 排水系统设计与施工方法：排水系统主要功能是排除库盆内的渗水和雨水，确保坝体的稳定和安全。排水系统的设计应根据库盆的地形、地质条件和气候条件进行。一般来说，排水系统包

括排水沟、排水管、集水井等设施。设计时需要考虑排水的路径、流量和排水设施的容量等因素。排水系统的施工应遵循“先地下后地上”的原则。先进行地下排水设施的施工，包括排水管的埋设和集水井的挖掘等。然后进行地上排水设施的施工，如排水沟的砌筑和防护设施的安裝等。施工过程中需要注意施工质量的控制和安全措施的落实。（3）渗漏水处理与预防措施：一旦发现渗漏水现象，应立即采取措施进行处理。常见的处理方法包括注浆堵漏、开挖回填等，注浆堵漏是通过向渗漏部位注入特定的材料来封闭裂缝和孔隙，从而达到止水的目的；开挖回填则是将渗漏部位的土体开挖出来，然后回填密实的材料来阻止水的渗漏。为了预防渗漏水的发生，可以采取一系列措施如加强坝体的压实度、提高防渗材料的质量、定期检查和维护排水系统等。另外，还可以在坝体下游设置反滤层等防护措施来防止水流对坝体的冲刷和侵蚀。

3.4 混凝土浇筑与养护技术

（1）混凝土浇筑前的模板支设与钢筋绑扎技术：在混凝土浇筑前，必须进行细致的模板支设工作。模板的支设要确保其稳定性、刚度和精度，以防止浇筑过程中发生变形或漏浆。并且，模板的接缝处要严密，以减少混凝土的渗漏和流失；为了方便拆模，应在模板内侧涂抹脱模剂。钢筋绑扎是混凝土浇筑前的另一项重要准备工作；钢筋的规格、数量和间距必须严格按照设计图纸进行绑扎，以确保坝体的承载力和稳定性。在绑扎过程中，要注意钢筋的连接方式和位置，避免出现错位、扭曲或遗漏等现象；同时钢筋的保护层厚度也要符合规范要求，以防止钢筋锈蚀和混凝土剥落。（2）混凝土浇筑过程中的振捣与密实技术：混凝土浇筑过程中，振捣与密实技术是通过振捣，可以使混凝土中的气泡排出，提高混凝土的密实度和强度；振捣时要遵循“快插慢拔”的原则，

避免过振或欠振，以确保混凝土的均匀性和密实性。为了保证坝体的整体性，混凝土浇筑应连续进行，避免出现冷缝。在浇筑过程中，要随时检查模板、钢筋和预埋件的位置和牢固性，发现问题及时处理。（3）混凝土养护的时间、方法与质量控制：混凝土养护时间一般不少于14天，具体时间应根据混凝土的强度等级、气温和湿度等因素确定；在养护期间，要保持混凝土表面的湿润，以防止混凝土干裂和收缩裂缝的产生。养护方法包括自然养护和加热养护两种。自然养护适用于气温较高、湿度较大的季节，通过洒水、覆盖湿布等方式保持混凝土表面的湿润。加热养护则适用于气温较低的季节，通过加热设备提高混凝土的温度，加速水泥的水化反应，从而提高混凝土的强度。在养护过程中，要定期对混凝土进行质量检查，包括强度检测、裂缝观测等。发现问题要及时处理，以确保混凝土的质量和安全性。

结语

抽水蓄能电站上水库施工，如同一幅精心绘制的画卷，每一笔都承载着匠心与智慧。从施工前的周密准备到施工中的精湛技艺，无不体现了对质量与安全的极致追求。关键技术的熟练掌握与运用，为上水库的坚固与安全奠定了坚实基础。展望未来，随着技术的持续进步与经验的深厚积淀，抽水蓄能电站的建设将迈向新的高度，为电力系统的繁荣发展注入更为强大的动力。

参考文献

- [1]张利荣,刘剑.宝泉抽水蓄能电站上水库关键施工技术创新[J].水利水电技术,2020,46(05):24-29.
- [2]李权,党发宁,毛钟毓.某抽水蓄能电站上水库防渗方案的比选研究[J].甘肃水利水电技术,2021,50(08):7-9+50.
- [3]宁永升.溧阳抽水蓄能电站上水库面板堆石坝关键技术研究[J].水力发电,2020,39(11):103-106.