

# 抽水蓄能电站竖井衬砌混凝土滑模施工关键技术研究

薛瑞 苏锋

中国水利水电建设工程咨询西北有限公司 陕西 西安 710000

**摘要:** 随着能源结构的优化和电力需求的增长,抽水蓄能电站以其调峰填谷、调频等多重功能,成为电力系统的重要组成部分。而地下厂房的混凝土施工技术是电站建设的关键环节。本文重点研究了抽水蓄能电站地下厂房的混凝土施工技术,包括滑模施工的原理、特点及其在竖井衬砌中的应用优势。通过施工步骤和注意事项的详细阐述,为类似工程提供了技术参考和实践指导。

**关键词:** 抽水蓄能电站; 地下厂房; 混凝土施工; 关键技术

引言: 随着可再生能源的快速发展和电网对调峰调频能力的迫切需求,抽水蓄能电站作为一种高效、清洁的储能方式,日益受到重视。地下厂房作为抽水蓄能电站的核心设施,其混凝土施工质量直接关系到电站的安全运行和长期效益。因此,开展抽水蓄能电站地下厂房的混凝土施工关键技术研究具有重要意义。本文旨在深入探讨地下厂房混凝土施工的关键技术,为提升施工质量提供理论支持和实践指导。

## 1 抽水蓄能电站工程背景及竖井衬砌施工要求

### 1.1 工程背景介绍

抽水蓄能电站是一种利用电力负荷低谷时的电能,将水从下游水库抽到上游水库,在电力负荷高峰期再放水至下游水库发电的水电站。这种电站具有调峰填谷、调频、调相、事故备用和黑启动等多种功能,是电力系统安全稳定运行的重要支撑。抽水蓄能电站通常选址于地形条件较好的地区,以便建设高效能的水库和厂房。这些电站往往涉及大规模地下厂房的建设,其中包括大量的混凝土竖井衬砌施工。在抽水蓄能电站工程中,地下厂房是电站的核心部分,承担着安装发电机组、变压器等关键设备的重要任务。竖井作为地下厂房的重要组成部分,不仅用于连接不同标高的厂房区域,还承担着通风、排水、电缆敷设等多重功能。因此,竖井衬砌混凝土的施工质量直接关系到地下厂房的安全性和使用功能。抽水蓄能电站的竖井衬砌通常采用钢筋混凝土结构,以保证其足够的承载能力和耐久性。在施工过程中,需要严格控制混凝土的配合比、浇筑速度、振捣方式等关键参数,以确保混凝土的质量和密实性。同时,由于竖井通常具有较大的深度和较小的截面尺寸,施工难度大,对施工技术和管理水平要求较高。

### 1.2 竖井衬砌混凝土的施工要求

竖井衬砌混凝土的施工要求主要包括以下几个方面: 混凝土强度要求。竖井衬砌混凝土应具有较高的抗压强度和抗渗性能,以满足竖井在使用过程中承受的各种荷载和渗透压力。施工质量控制。在施工过程中,应严格控制混凝土原材料的质量、配合比的设计、浇筑和振捣等施工环节,确保混凝土的均匀性和密实性。变形控制。竖井衬砌混凝土的变形应控制在允许范围内,以保证竖井的稳定性和使用功能。施工过程中需对混凝土的收缩、徐变等因素进行充分考虑。耐久性要求。竖井衬砌混凝土应具有足够的耐久性,能够抵抗水侵蚀、冻融循环等不利因素的影响,保证竖井的长期安全使用。安全施工要求。竖井衬砌混凝土的施工应遵守相关安全规定,采取必要的安全措施,确保施工人员的安全和健康<sup>[1]</sup>。

## 2 滑模施工技术原理及特点

### 2.1 滑模施工技术的基本原理

滑模施工技术是一种在垂直结构上快速、连续施工的高效技术。在抽水蓄能电站地下厂房的竖井衬砌混凝土施工中,滑模施工技术通过预先组装好的滑模装置,随着混凝土的浇筑而不断向上滑动,从而实现混凝土的连续成型。组装后滑模体应符合下表质量要求:

滑模装置主要由模板系统、提升系统、液压操作系统、施工平台等几部分组成。模板系统负责形成混凝土的成型面,提升系统则通过千斤顶等装置提供滑动的动力,液压操作系统控制滑动速度和滑升过程,施工平台则是工人操作和材料堆放的空间。在滑模施工过程中,模板系统随着混凝土的浇筑不断向上滑动,确保混凝土的表面始终保持水平状态。这种连续滑动的作业方式不仅提高了施工效率,而且减少了施工缝的产生,提高了结构的整体性。

表1 滑模允许偏差表

内容		允许偏差(mm)
模板装置中线与结构物轴线		3
主梁中线		2
连接梁、横梁中线		5
模板边线与结构物轴线	外露	5
	隐蔽	10
围圈位置	垂直方向	5
	水平方向	3
提升架的垂直度		≤ 2
模板倾角度	上口	+0, -1
	下口	+2
安装千斤顶的位置		5
圆模直径、方模边长		≤ 2
相邻模板的平整度		≤ 2
操作盘的平整度		10

## 2.2 滑模施工技术的特点分析

滑模施工技术具有以下显著特点：连续施工，高效快速：滑模施工技术能够实现混凝土的连续浇筑和成型，避免了传统施工方法中的施工缝问题，大大提高了施工效率。施工质量好：滑模施工技术采用预制模板，模板精度高，能够保证混凝土的成型质量。同时，滑模过程中混凝土的浇筑和振捣都较为均匀，使得混凝土结构密实，强度高。施工成本低：滑模施工技术可以减少大量模板和支撑材料的使用，降低了施工成本。此外，连续施工的方式也可以减少劳动力投入，进一步降低施工成本。适用范围广：滑模施工技术适用于各种形状和尺寸的竖井、烟囱等结构，具有很强的灵活性。安全性高：滑模施工技术通过预设的提升系统和安全装置，能够确保施工过程中的安全。同时，滑模过程中的连续施工也减少了现场作业人员的数量，降低了安全事故的风险<sup>[2]</sup>。

## 2.3 滑模施工技术在抽水蓄能电站地下厂房的应用优势

在抽水蓄能电站地下厂房的竖井衬砌混凝土施工中，滑模施工技术具有以下明显的应用优势：适应地下环境的特殊要求：抽水蓄能电站地下厂房位于地下深处，空间有限，施工条件复杂。滑模施工技术能够实现连续、快速的施工，适应了地下环境的特殊要求，确保了工程的顺利进行。提高施工质量：滑模施工技术采用预制模板，能够精确控制混凝土的形状和尺寸，提高施工质量。同时，连续的施工方式也能够减少施工缝的产生，增强结构的整体性。降低施工成本：地下厂房的空间有限，传统的施工方法需要大量模板和支撑材料，成本较高。而滑模施工技术通过连续的滑升过程，减少了

模板和支撑材料的使用量，降低了施工成本。增强施工安全性：地下厂房的施工环境较为恶劣，存在塌方、涌水等安全风险。滑模施工技术通过预设的提升系统和安全装置，能够确保施工过程中的安全，降低事故发生的概率。

## 3 竖井衬砌混凝土滑模施工步骤及注意事项

### 3.1 施工前准备

在竖井衬砌混凝土滑模施工之前，充分的施工前准备是确保工程顺利进行的关键。这一阶段主要涉及以下几个方面的工作：技术准备。首先，需要对施工图纸进行详细的审查和理解，明确施工要求和关键技术参数。接着，需要根据工程特点和施工环境，编制详细的施工方案，包括施工步骤、施工顺序、施工方法等。此外，还需进行安全技术交底，确保所有施工人员都了解施工过程中的安全注意事项。材料准备。根据施工进度计划和施工方案，提前采购和储备所需的混凝土、钢筋、模板等材料和设备。对于混凝土，需要根据设计要求选择合适的配合比，并进行试配和试验，确保混凝土的质量满足施工要求。现场准备。对施工现场进行清理和平整，确保施工道路畅通，方便施工设备和材料的进出。同时，搭建临时设施，如工人休息室、仓库等，以满足施工期间的生活和工作需求。人力资源准备。根据施工进度计划和施工任务量，合理调配施工人员和机械设备，确保施工过程中的劳动力和机械设备需求得到满足。

### 3.2 滑模装置的安装与调试

滑模装置的安装与调试是竖井衬砌混凝土滑模施工的关键步骤之一。这一阶段的工作主要包括以下几个方

面：模板系统的安装。根据施工图纸和设计要求，安装滑模装置的模板系统。模板系统的安装必须保证精度和稳定性，确保滑模过程中混凝土成型的质量和安。同时，还需要对模板进行预拼装和检查，确保模板的尺寸和形状满足施工要求。提升系统的安装与调试。提升系统是滑模施工的动力来源，其安装和调试的质量直接影响到滑模施工的安全和效率。在安装过程中，需要按照设计要求正确安装提升架和千斤顶等设备，并进行调试和检查，确保提升系统能够正常工作。液压操作系统的安装与调试。液压操作系统是控制滑模施工速度和滑升过程的关键设备。在安装过程中，需要按照设计要求正确安装液压泵、阀门等设备，并进行调试和检查，确保液压操作系统能够准确控制滑模施工的速度和过程。施工平台的搭设。施工平台是工人操作和材料堆放的空间，其稳定性和安全性对于滑模施工至关重要。在搭设施工平台时，需要按照设计要求选择合适的材料和结构形式，并确保平台的稳定性和承载能力满足施工要求<sup>[1]</sup>。

### 3.3 混凝土浇筑与滑升

混凝土浇筑与滑升是竖井衬砌混凝土滑模施工的核心步骤。在这一阶段，需要注意以下几个方面：（1）混凝土的浇筑。在浇筑混凝土前，需要对模板进行检查和清理，确保模板内部干净无杂物。然后，按照设计要求进行混凝土的浇筑和振捣，确保混凝土的密实性和均匀性。同时，还需要注意混凝土的浇筑速度和振捣方式，避免产生施工缝和空洞等质量问题。（2）滑升的控制。在滑升过程中，需要根据混凝土的凝固情况和施工要求，合理控制滑升的速度和高度。滑升过程中需要注意观察混凝土的变形和模板的位移情况，及时调整滑升速度和高度，确保滑模施工的质量和安。

### 3.4 施工过程中的质量控制与安全措施

施工过程中的质量控制与安全措施是确保竖井衬砌混凝土滑模施工顺利进行的重要保障。在这一阶段，需要注意以下几个方面：质量控制。在施工过程中，需要严格按照施工图纸和施工方案进行施工，确保混凝土的质量、模板的精度、滑升的速度等参数满足设计要求。同时，还需要进行定期的质量检查和验收，及时发现和处理质量问题，确保施工质量的稳定和可靠。安全措施。在施工过程中，需要采取一系列的安全措施，确保施工人员的安全和施工过程的稳定。例如，在滑模施工过程中需要设置安全网、安全护栏等防护设施，防止人员坠落和物体打击等安全事故的发生。同时，还需要进行定期的安全检查和教育培训，提高施工人员的安全意

识和应急能力。

### 3.5 施工完成后的检查与维护

施工完成后的检查与维护是确保竖井衬砌混凝土滑模施工质量持久稳定的重要措施。在这一阶段，主要进行以下几个方面的工作：质量验收。质量验收是确保竖井衬砌混凝土滑模施工质量符合设计要求的环节。验收过程中，应依据施工图纸、施工规范和相关质量标准，对混凝土的强度、平整度、垂直度、尺寸偏差等进行全面检查。同时，还应检查滑模装置的完好性和稳定性，确保滑模施工的质量和安。维护保养。施工完成后，对滑模装置和混凝土结构进行必要的维护保养，可以延长其使用寿命和保持其性能稳定。具体而言，应定期对滑模装置进行检查和维修，确保其处于良好的工作状态。同时，对混凝土结构进行定期的清洁和养护，防止混凝土出现开裂、剥落等问题。监测与评估。施工完成后，还应定期对竖井衬砌混凝土滑模施工结构进行长期的监测与评估。通过定期监测混凝土结构的变形、裂缝等情况，及时发现和处理潜在的安全隐患。同时，对滑模施工的效果进行评估，总结经验教训，为今后的类似工程提供参考和借鉴。文档记录。施工完成后的文档记录是工程管理和质量追溯的重要依据。应详细记录施工过程中的关键参数、质量检查结果、维护保养记录等信息，形成完整的施工档案。这些文档不仅可以为今后的维护和管理提供便利，还可以为类似工程的设计和施工提供有益的参考。

### 结束语

本文对抽水蓄能电站地下厂房的混凝土施工关键技术进行了全面的探讨和分析，旨在提升施工质量，确保电站的长期稳定运行。通过深入研究和工程实践的结合，本文不仅为相关工程提供了可靠的技术支持，也为未来的抽水蓄能电站建设提供了有益的参考。随着技术的不断进步和应用领域的拓宽，相信抽水蓄能电站的建设将为我国的能源发展做出更大贡献。

### 参考文献

- [1]胡晓.抽水蓄能电站地下厂房混凝土施工关键技术研究[J].水利水电科技进展,2020,40(8),103-109.
- [2]鲁铸权.抽水蓄能电站地下厂房混凝土施工技术及其质量控制[J].电力建设,2019,39(3),48-50.
- [3]姚强.抽水蓄能电站地下厂房施工中混凝土质量控制技术研究[J].水电能源科学,2020,35(10),54-59.