

抽水蓄能电站吊装设备技术瓶颈分析与突破路径

陈瑞波 赵恒磊

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

摘要：抽水蓄能电站是电网供需平衡关键调节手段，吊装设备技术优化对于电站建设与运行具有重要意义。文章对抽水蓄能电站吊装设备设计，制造，安装及检修等环节存在的技術瓶颈问题进行深入剖析，探索出相应突破途径。研究先总结电站吊装设备的功能和其所遇到的挑战，然后对设计，材料和技术，安装精度和稳定性及维护升级等技术制约因素进行细致分析。据此提出设计优化，材料科学和安装技术的自动化和智能化，及维护策略更新的突破途径。研究结果表明：实施上述技术路径能够有效地促进吊装设备高效可靠运行，继而强化抽水蓄能电站整体运行性能。本课题研究对于吊装设备技术进步起到理论支持与实践指导的作用，对于推动能源市场可持续发展有着重要的指导意义。

关键词：抽水蓄能电站；吊装设备；技术瓶颈；突破路径；自动化安装

引言

在可再生能源快速发展的大环境下，抽水蓄能电站是电网供需平衡过程中至关重要的调节手段，因此对吊装设备技术的创新与优化就变得格外关键。但目前吊装设备的设计、制造、安装和维修还存在着许多技术瓶颈问题，不仅限制电站建设效率的提高，而且影响电站长期平稳运行。研究目的是对抽水蓄能电站吊装设备技术挑战进行深入剖析、探究原因、提出可行突破路径。通过对吊装设备技术现状进行系统梳理，确定了设计、材料、工艺与维修等关键环节存在的瓶颈，该研究为吊装设备技术创新提供了理论支撑与实践指导。

1 抽水蓄能电站吊装设备现状与挑战

1.1 吊装设备在抽水蓄能电站中的作用

吊装设备是抽水蓄能电站建设和运行的核心。它们的职责是确保重型部件，例如发电机、变压器和压力钢管等，被准确地放置在预定的位置上。这类设备吊装精度与效率的高低直接影响电站施工进度与造价，还会对电站运行稳定性与维护成本造成影响。电站运行阶段吊装设备也是至关重要的，这些吊装设备是用来对设备进行定期巡检，检修以及需要时进行更换作业。

首先吊装设备要有足够承载能力及稳定性才能保证重型组件安全提升。抽水蓄能电站内很多构件重量可达上百吨，对吊装设备承载能力要求很高。其次吊装设备精确度也很关键。电站内很多设备都要求准确对齐才能保证机械连接紧密、电气连接可靠。另外，由于电站施工环境通常复杂多样，且设备需工作于不同地形及气候条件，所以吊装设备灵活性及适应性至关重要。

1.2 当前吊装设备面临的主要技术挑战

抽水蓄能电站施工中吊装设备起着关键作用，吊装设备性能的好坏直接关系着电站施工效率与安全。^[1]但由于电站规模越来越大，施工条件越来越复杂，吊装设备也遇到了一系列的技术难题。首先大型化、重型化压力钢管要求吊装设备承载能力大、稳定性好。其次电站建设地点多处于地形复杂，交通不便利的山区，给吊装设备运输与布放带来严峻的考验。另外，吊装设备运行过程的精确度与安全性是技术攻关关注的焦点，特别是高海拔，大风等不良环境，吊装作业风险明显加大。

为迎接上述挑战，要求吊装设备设计更精细化、智能化，满足各种作业环境与工况。与此同时，制造材料与技术的革新是吊装设备性能提高的重点。如使用高强度、轻量化材料可降低装备自重并增加机动性与灵活性；并且先进制造工艺能够保证设备结构强度及耐用性。另外，吊装设备自动化及遥控技术是今后一个重要的发展方向，这样既可提高作业效率又可减少操作人员安全风险。

1.3 国内外吊装设备技术发展现状对比

国内外吊装设备技术发展方面有一定差距。国外某些发达国家对吊装设备的设计、制造及应用都有比较成熟的工艺，也有较多的实践经验。^[2]如德国、日本等国家吊装设备自动化控制，精确度及稳定性都有很高水平，能适应复杂环境吊装作业的需要。这些国家吊装设备制造厂商一般都具有较强的研发能力与创新意识，并能不断地推出符合市场需要的新品与工艺。

相比较而言，我国吊装设备技术近年虽有明显发展，但是有些方面还存在着差距。国产吊装设备的设计与制造往往更加强调成本效益的发挥，对技术创新与智

能化的投入则比较小。另外,我国吊装设备适用范围及场景比较局限,极端环境作业经验不足。但随着我国抽水蓄能电站工程建设步伐的加快以及吊装设备性能需求的不断提升,我国吊装设备制造商也在逐渐加大研发力度以促进技术升级与革新。

2 抽水蓄能电站吊装设备技术瓶颈分析

2.1 设计阶段的技术瓶颈

设计阶段作为吊装设备技术进步的开始,设计质量的好坏直接决定着后续生产,安装及维修的难度。目前在设计阶段遇到的技术瓶颈有:首先是设计软件与方法的限制。随着计算能力的提高以及设计理论研究的不断深入,设计软件的功能得到了丰富,但是对于复杂工程问题的处理仍然有其局限性;其次设计参数不确定。实际项目中吊装设备设计常需考虑材料性能波动和环境条件改变等诸多不确定性因素。这些不确定性因素使设计更加复杂,这就需要设计人员在没有足够信息时作出合理判断与决定;最后对设计创新提出了挑战。随着吊装设备向着大型化,智能化方向发展,常规设计理念与方法已经很难适应新技术需求。设计人员有必要在确保设备性能与安全的前提下探索出新的设计理念与方法来满足人们对吊装设备提出的全新要求。^[3]

2.2 制造过程中的材料与工艺控制

制造过程作为设计向实体产品转换的关键环节,它的好坏直接关系着吊装设备工作的性能与可靠性。制造过程中材料及工艺的选用及控制对设备性能有重要影响。目前制造过程存在的技术瓶颈主要有:首先高性能材料不足。随着吊装设备向着大型化和高强度方向不断发展,人们对于材料性能提出了更高的要求。但高性能材料的开发与应用通常受成本,加工难度的制约,从而制约了材料在吊装设备生产过程中的推广应用;其次制造过程复杂。吊装设备结构通常比较复杂,涉及很多材料以及加工工艺。如何准确地控制制造过程中各种工艺参数以保证装备各零件的性能与质量是制造过程面临的重大难题;最后制造过程自动化、智能化程度高。在工业4.0背景下,实现制造过程自动化与智能化已经成为提高制造效率与品质的重要途径。但是吊装设备的制造工艺自动化、智能化水平还有待提升,尤其是复杂零件的加工与组装。

2.3 安装过程中的精度与稳定性问题

抽水蓄能电站提升设备安装时,其精度与稳定性是保证设备长时间稳定工作的关键要素。精度的问题主要集中在吊装设备与电站其他组件的配合精度,以及设备本身结构的制造精度方面。^[4]目前吊装设备安装所遇到

的技术瓶颈主要有但不仅仅局限于以下几点:首先吊装设备安装精度很难满足设计要求。电站所处的环境异常复杂和多变,再加上吊装设备的庞大体积和沉重重量,这使得在安装过程中进行准确的定位和调整变得极为困难;其次吊装设备工作时的稳定性。电站运行环境常伴有高温、高湿、高腐蚀的恶劣环境,对吊装设备稳定性有很高的要求;最后是吊装设备适应环境变化。电站所处位置的地质条件,气候条件均会影响吊装设备。如地震、洪水及其他自然灾害都有可能破坏吊装设备,在吊装设备设计与安装过程中通常很难全面地考虑这些影响。

2.4 维护与升级的技术难题

抽水蓄能电站吊装设备检修和更新对保证设备长期平稳运行具有重要意义。但由于吊装设备特殊,在维修和提升过程中遇到了一系列技术难点。这些困难表现在:首先吊装设备维修困难。由于吊装设备通常位于电站的核心位置,因此其维护工作通常需要在电站正常运行的同时进行,这无疑给维护工作带来了巨大的挑战;其次吊装设备更新难度大。随着电站技术不断发展,运行需求也在不断改变,吊装设备有可能需不断升级改造才能达到新的性能要求;最后对吊装设备进行故障诊断与预测维修。由于吊装设备对电站具有重要意义,它的失效可能造成电站整体运行的中断。

2.5 吊装设备技术突破路径

为解决抽水蓄能电站吊装设备设计、制造、安装及检修过程中遇到的技术瓶颈问题,提出如下技术突破途径:首先,设计优化创新。通过使用先进的设计软件及方法优化吊装设备的设计以提高设备的性能及可靠性。^[5]同时对设计思路进行了创新,研制出更符合电站运行要求的吊装设备;其次材料科学和制造工艺发展。通过对新型材料的研发,增强了吊装设备强度及耐腐蚀性。同时,采用数控加工,3D打印等先进制造工艺提高了吊装设备制造精度与质量;再者是安装技术自动化、智能化。通过运用如机器人技术和传感器技术这样的现代自动化和智能化手段,我们可以显著提升吊装设备的安装准确性和工作效率;最后是维护策略和技术的更新。建立健全吊装设备维修体系,运用先进维修技术与手段,提升维修工作效率与质量。

3 抽水蓄能电站吊装设备技术瓶颈分析

3.1 设计阶段的技术瓶颈

在吊装设备的制造过程中,设计是首要环节,是决定其性能好坏的关键环节。^[6]目前设计阶段存在如下技术瓶颈:首先设计理论局限。随着抽水蓄能电站的不断扩建,常规设计理论不一定能完全适应新型吊装设备设

计要求；其次设计软件使用不到位。尽管已有的设计软件已经在某种程度上提升了设计的效率，但是该软件的智能化、自动化水平还有待提高；再者是设计过程中多学科协同。吊装设备设计涵盖了机械、电气、控制等众多学科；最后是设计创新不足。在市场激烈竞争的情况下，吊装设备设计创新对提高产品竞争力具有重要的意义。但是由于设计人员对于新技术，新材料，新工艺认识不到位，创新意识不强，使得设计创新速度比较慢。

3.2 制造过程中的材料与工艺控制

制造就是把设计变成实体产品，它是吊装设备性能得以发挥的关键环节。制造时材料及工艺选择直接影响到设备性能。目前制造过程存在如下技术瓶颈：首先是高性能材料应用困难。随着吊装设备运行工况的不断苛刻，对于物料的特性提出了更高的要求；其次是传统制造工艺限制。传统制造工艺对吊装设备性能的提高有一定制约；再者是新材料、新工艺发展不充分。研制新材料，新工艺，是提高吊装设备使用性能的重要手段；最后是制造过程进行质量控制研究。制造过程质量控制的好坏，直接影响吊装设备性能的优劣与可靠性。

3.3 安装技术的自动化与智能化

安装是吊装设备在投入运行之前的最后一道工序，是保证设备性能与安全的关键环节。在自动化与智能化技术不断发展的背景下，吊装设备安装技术迎来了全新的挑战与契机。首先是自动化安装技术的运用。自动化安装技术能够提高安装效率以及降低人为因素对于安装质量造成的影响。但由于吊装设备种类繁多且复杂，自动化安装技术在使用过程中还面临着一些技术难点，例如设备定位，对接及调整；其次是开发智能化安装技术。智能化安装技术能够进一步提高安装质量和准确安装装置。但智能化安装技术发展对数据支持及算法优化提出了更高要求，一定程度制约了该技术在吊装设备安装领域的推广；再者是安装时的协同操作问题。吊装设备在安装过程中，经常会涉及多台设备、多工种协同工

作。如何使不同设备、工种间达到有效的协同是提高安装效率与质量的关键所在；最后是在安装时存在的安全性。吊装设备在安装时存在着设备倾覆，撞击等安全风险。在吊装设备安装技术中，如何保证安装时的安全性是一个亟待解决的重要课题。

4 结束语

在抽水蓄能电站起吊装备技术瓶颈问题讨论上，该研究通过设计，制造，安装及维修几个维度的深入剖析，有针对性地提出一系列突破途径。国内外学者一般认为技术创新是促进吊装设备研发的关键要素，材料科学进步，智能化技术引进和维护策略优化是技术突破的主要方向。

研究结论表明：通过对吊装设备进行设计优化及创新能够有效地提高吊装设备适应性及效率；材料科学及制造工艺的发展可以很好地解决制造过程对材料及工艺的制约并提高器件耐用性及可靠性；安装技术自动化、智能化有利于提高安装精度及稳定性、降低人为因素造成的错误；并且维护策略和技术更新可以延长设备使用寿命和减少维护成本。实施上述突破路径将使抽水蓄能电站建设与运行效益显著。

参考文献

- [1]吕阳勇,葛峰.抽水蓄能电站机电设备安装技术管理分析[J].中国设备工程,2024(4):219-221.
- [2]丁明伟,丁来源,王敬.试析狭小空间装配式建筑机械吊装设备关键技术与应用[J].大陆桥视野,2024(2):131-132.
- [3]徐云东,郝明阳.电厂及变电站电气设备安装及检修技术分析[J].电力设备管理,2024(2):41-43.
- [4]崔元浩.变电站电气设备安装技术要点分析[J].电力设备管理,2024(4):195-197.
- [5]郝明阳,徐云东.变电站电气设备安装技术重点分析与质量控制探讨[J].电力设备管理,2024(4):201-203.
- [6]曹阳,耿军,张越,等.基于GA-UGF的底架吊装设备结构可靠性分析方法[J].机车车辆工艺,2024(2):1-5.