

斜拉桥施工技术及施工控制策略思考

王梓龙

四川公路桥梁建设集团有限公司

摘要：斜拉桥不仅可以跨越宽广的水域和峡谷，还能成为城市的标志性建筑。然而，斜拉桥的施工复杂度高，对施工技术和管理策略提出了极高的要求。从项目策划到最终施工完成，每一步都需要精确的技术支持和严格的质量控制。随着科技的进步和建筑材料的创新，斜拉桥的设计和施工技术也在不断进步。然而，如何有效地应用这些新技术和材料，优化施工过程，减少工程风险，提高建设效率和质量，仍是工程界面临的主要挑战之一。本文旨在探讨斜拉桥施工技术的最新发展，并提出一系列优化控制策略。

关键词：斜拉桥；施工技术；施工控制策略

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.19.043

引言

斜拉桥作为一种结构效率高、美观大方的桥梁类型，广泛应用于跨越大江大河及其他需要长跨径的地方。其设计通常涵盖塔、索和桥面系统，每个组成部分都有其独特的结构特性和施工技术要求。由于斜拉桥的这些特点，其施工不仅需要高精度的工程技术，还需要复杂的项目管理和严密的质量控制。

一、斜拉桥施工技术概述

斜拉桥是一种利用多条斜拉索支撑桥面的桥梁结构，其施工技术涵盖了从设计到实际建设的多个方面，^[1]这种桥梁以其经济性和美观性而广受欢迎，特别是在跨越宽阔水域或其他地形挑战时。斜拉桥的施工开始于桥塔的建设，桥塔作为整个桥梁的支撑点，不仅需要承担桥面的重量，还要抵抗各种外部环境的影响如风力和地震。施工团队会安装拉索，这些拉索一端固定在桥塔上，另一端则连接到桥面，形成一种稳定的三角形支撑结构。拉索的安装通常采用预应力技术，以确保足够的张力，这对于维持桥梁的整体稳定性至关重要。施工中的另一个关键环节是桥面的建造，通常情况下，桥面会分段制造并在地面上预组装，以减少高空作业的难度和风险。^[2]完成这些部分后，使用特种设备将预制的桥面段提升并安装在由拉索支撑的正确位置。整个过程需要精确地计划和协调，以确保所有部件在空间和时间上的精准对接。

二、斜拉桥施工技术优化策略

（一）技术创新应用

（1）利用高精度测量技术优化施工精度

在斜拉桥的施工过程中，确保结构部件位置的精准对接是保证整体结构安全和稳定的关键因素。传统的测量方法虽然在过去几十年中发挥了重要作用，但随着技术的进步，^[3]高精度测量技术已成为提升施工精度的重要工具，凭借应用如全站仪、三维激光扫描和GPS定位系统等高精度测量技术，工程师能够实时获取施工现场的精确数据，这些数据的实时反馈能够即时纠正施工中的偏差，确保每一环节都能按照设计要求精确执行。特别是在安装拉索和调整桥塔位置时，这些技术的应用可以显著减少人为误差，提高施工效率，这种技术的应用不仅提升了施工精度，还通过精确控制施工过程中的关键参数，帮助工程团队优化施工方案，减少了需要重工的性，在提高安全性的同时也优化了成本控制。^[4]因此，高精度测量技术已成为斜拉桥施工中不可或缺的技术手段，它的应用大幅提升了施工质量和效率，是现代桥梁工程中一项重要的技术革新。

（2）采用新材料和新技术提高施工效率

斜拉桥施工的另一个技术革新领域是新材料和新技术的应用。随着材料科学的发展，多种新材料和施工技术被开发出来，这些材料和技术在提高施工效率、降低成本和提升桥梁性能方面显示出巨大的潜力。高性能混凝土、碳纤维和高强度钢材等材料因其卓越的力学性能和耐久性被广泛应用于斜拉桥的建设中。例如，高性能混凝土能够提供更高的压缩强度和更好的耐蚀性，使桥梁结构更加坚固耐用。碳纤维作为一种轻质材料，用于制造拉索，不仅减轻了桥梁自重，也提高了抗风能力和动态稳定性。^[5]除了材料创新，施工技术如预应力技术的进步也对施工效率产生了显著影响。预应力技术使得在施工早期就能够对桥梁结构部件施加预先计算的张力，这有助于在整个施工过程中维持结构的稳定性和均匀受力，显著减少了施工中的安全风险和后期维护的复杂性，这些技术和材料的结合使用，不仅加快了斜拉桥的施工进度，还通过提高结构的可靠性和耐久性，延长了桥梁的使用寿命，展示了材料创新和施工技术进步在

现代桥梁工程中的重要价值。

（二）管理创新应用

（1）项目管理软件的应用

在斜拉桥的施工管理中，项目管理软件的引入标志着信息技术与传统工程管理的融合，这种软件提供了一个全面的平台，用于规划、执行和监控施工项目的各个阶段，凭借集成项目的甘特图、资源分配、成本管理和质量控制等多个方面，项目管理软件使项目经理能够实时追踪项目进展，及时调整资源配置，确保项目按计划进行，这种技术的核心优势在于其对项目数据的集中管理和可视化处理，这不仅提高了决策的速度和精确性，还增强了项目透明度，使所有利益相关者能够轻松访问关键信息。例如，通过使用这种软件，施工管理团队可以快速识别潜在的进度延误和预算超支问题，并采取预防措施。现代项目管理软件通常涵盖移动访问功能，允许团队成员在施工现场即时更新和获取信息，这大大提高了现场管理的效率和响应速度，凭借这些功能，项目管理软件在确保斜拉桥施工项目的时间和成本效率方面发挥了关键作用，是提升工程项目管理水平的重要工具。

（2）施工队伍技能提升和团队协作

施工队伍的技能提升和团队协作在斜拉桥施工中同样占有举足轻重的地位。随着施工技术的进步和项目复杂性的增加，持续的技能培训成为确保施工质量和效率的关键。工程团队通过定期地培训和学习新的施工方法、安全规程及最新技术，不仅提升了个人的技术水平，还增强了团队整体的竞争力。在培训内容上，不仅涵盖技术技能的提升，还应涵盖项目管理、决策制定和团队领导等软技能，这些都是提高项目执行力的关键因素。而团队协作的强化则通过建立有效的沟通渠道和团队建设活动来实现。有效的沟通能够确保信息在不同层级和部门之间流畅无阻，有助于避免误解和冲突，同时促进了知识和经验的共享。团队建设活动如定期的工作坊和团队挑战可以增强团队成员之间的信任和协作精神，凭借这样的系统培训和团队建设活动，施工团队不仅在技术上更为精湛，也在团队合作和项目管理上更加高效，为斜拉桥施工项目的成功提供了坚实的人力资源支持。

三、斜拉桥施工控制优化策略

（一）施工准备阶段的控制策略

（1）技术准备与风险评估

施工准备阶段是斜拉桥项目成功的基石，其中技术

准备与风险评估尤为关键。该阶段的核心目标是确保所有技术细节得到充分考虑且潜在风险得到有效管理。为达成这一目标，项目团队需进行详尽的设计验证，确保设计方案的实施可行性及安全性。设计验证过程涵盖对结构计算的复核、施工方法的模拟以及关键技术点的试验，这一过程有助于提前识别设计中存在的问题，避免在施工阶段发生重大调整。风险评估作为技术准备的一部分，要求项目团队使用定量和定性的方法评估影响项目的各种风险。涵盖自然条件的风险如洪水或强风，施工技术的风险如材料供应中断，以及人为因素的风险如操作错误。有效的风险管理策略涵盖风险识别、评估、处理和监控，通过这套全面的流程，项目团队能够制定出针对性的应对措施，如制定应急预案和保险措施，确保在面对不可预见事件时能够迅速反应，减少损失，凭借这样细致的技术准备和风险评估，施工团队能够在项目启动前建立起全面的风险管理框架，为施工阶段的顺利进行奠定坚实基础。

（2）物料和设备的优化配置

对于斜拉桥这类大型基础设施项目，物料和设备的优化配置是确保施工效率和成本控制的关键。在施工准备阶段，项目管理团队需要根据工程规模和复杂性来规划物料需求和设备利用，确保这些资源的有效配置和利用。物料配置的优化始于准确的需求预测和供应链管理，通过分析历史数据和市场趋势，精确预测项目所需的主要材料如钢材、混凝土和拉索的数量和规格。为了减少物料的浪费和确保供应的及时性，采用先进的库存管理系统可以实时监控物料的使用状态和库存水平，同时与供应商建立稳定的合作关系，确保物料的及时供应和质量控制。另一方面，设备的优化配置则侧重于设备的选择、调度和维护。选择合适的施工设备，如起重机和混凝土泵车，需要考虑设备的性能参数与施工环境的匹配度，以及设备的操作和维护成本。有效的设备调度计划能够最大化设备的使用效率，避免因设备空闲或过度使用而造成的额外成本。定期的设备维护和检查是保证设备运行安全和效率的必要条件，通过建立维护日志和故障处理机制，可以及时发现并解决设备故障，减少施工中断的风险，凭借这样系统的物料和设备管理策略，施工准备阶段可以有效地提升资源利用效率，为斜拉桥项目的顺利执行提供坚实的物质基础和技术支持。

（二）施工过程中的控制策略

（1）施工作业计划的优化

施工作业计划的优化是确保施工过程顺利进行的核

心环节，涉及多方面的细致规划与调整。优化的施工计划不仅提高了施工效率，还能有效减少资源浪费和施工成本。在斜拉桥施工中，制定和优化施工作业计划应基于详细的项目分析，涵盖工期估算、关键施工阶段的确定以及资源的合理分配，凭借动态调整施工策略和作业方法，施工团队能够应对不断变化的现场条件和外部环境影响。采用现代信息技术，如项目管理软件和实时数据分析工具，能够帮助项目经理实时监控施工进度和资源使用情况，及时调整施工计划以适应实际施工情况，这种技术的应用使得施工计划更加灵活和适应性强，能够最大限度地减少施工延误和成本超支的风险。在施工计划的实施过程中，定期的评审和调整是必不可少的，它保证了施工计划始终符合项目的实际需求和目标，确保施工活动能够按计划高效、有序地执行，凭借这种系统化和科学化的施工计划优化，斜拉桥的施工管理可以达到新的效率和效果水平，实现施工期间的高效率和高质量。

(2) 现场作业管理与质量控制

现场作业管理与质量控制是斜拉桥施工中确保工程质量和安全的重要环节，这一控制策略侧重于通过精确的作业指导和严格的质量监控来优化现场施工操作。在施工现场，管理团队需要确保所有施工操作都严格按照工程规范和安全标准执行。为此，首先需要建立一套全面的质量控制体系，涵盖从材料验收、施工过程监控到成品检验的全过程质量管理，凭借在关键施工阶段部署经验丰富的质量检查员和使用先进的检测设备，如超声波检测和X光检测，可以有效地识别和解决质量问题。现场作业管理还涉及对施工人员的定期培训，涵盖安全教育和技术技能培训，以确保每位员工都能理解并执行最新的施工技术和安全规范。实施现场5S管理，即整理、整顿、清扫、清洁和素养，可以大幅提升工作环境的安全和效率，凭借这些措施，施工现场的作业管理更加规范，质量控制更加严格，不仅提高了施工质量和安全性，也优化了工程项目的整体施工效率，这种对现场作业的精细管理和对质量控制的持续重视，是确保斜拉桥施工项目成功的关键。

(三) 施工验收阶段的质量控制

管理团队需对施工过程中的每一个细节进行全面的审查，包括材料的符合性、结构的稳定性以及施工过程的合规性。技术上，采用现代化的检测工具，如应力监测系统 and 位移监测技术，来实时监控桥梁的承载状态和

位移变化，是提升质量控制精度的有效方法。质量控制还需依托严格的工程验收标准，这些标准必须涵盖所有施工阶段的质量要求，并与国际标准或行业标准保持一致。通过设置合理的验收标准，可以明确施工质量的具体要求，为工程验收提供量化的评判标准。施工团队应实行动态管理策略，根据工程进度和现场实际情况，及时调整施工计划和工序布局，以适应复杂多变的施工环境。

四、结论

综上所述。高精度测量技术和新材料的应用显著提高了施工精度和效率，而项目管理软件及对施工团队技能的提升则优化了管理过程和团队协作。施工准备阶段的技术准备与风险评估、物料和设备的优化配置以及施工过程中的作业计划优化和现场管理都是确保项目成功的关键因素。这些策略的实施不仅对斜拉桥的建造过程产生了积极影响，也为工程管理领域提供了宝贵的参考和启示。施工技术和管理策略的持续优化是一个无止境的过程，未来的研究应更加深入地探讨如何整合新兴技术，如人工智能和大数据分析，在施工过程中实现更高层次的自动化和信息化。针对环境保护和可持续发展的压力，未来研究还应关注如何利用环境友好型材料和技术，减少施工过程对环境的影响。通过这些持续的努力，可以进一步提升斜拉桥施工的科技水平和管理效率，为建设更安全、更经济、更环保的桥梁工程奠定基础。

参考文献

- [1]冯玉祥, 汤明, 罗东超, 朱超, 沈大伟. 高耸异形索塔自适应爬模系统数字化设计和施工技术研究[J]. 公路, 2024, (04): 146-151.
- [2]吴健, 温东昌, 张玉平, 茹超. 斜拉桥同步不对称双悬臂主梁施工技术研究[J]. 公路, 2024, (04): 82-87.
- [3]张录生. 斜拉桥塔间斜撑预应力精轧螺纹钢连接压浆装置技术的应用[J]. 大众标准化, 2024, (06): 58-60.
- [4]沈大为, 任虹昌, 朱超, 冯玉祥. 黄茅海跨海通道高栏港大桥钢箱梁施工关键技术[J]. 世界桥梁, 2024, 52(02): 36-42.
- [5]陈忠宇. 大跨度混合梁斜拉桥CRTSI型无砟轨道快速施工关键技术[J]. 世界桥梁, 2024, 52(02): 50-55.