

隧道初期支护钢拱架安装精度控制

刘永鹏

四川川交路桥有限责任公司 四川 德阳 618300

【摘要】：隧道施工中的初期支护工作至关重要，钢拱架作为支护结构的重要组成部分，其安装精度直接影响隧道的安全性与稳定性。为确保钢拱架的安装符合设计要求，必须对安装过程中的精度进行有效控制。本文探讨了钢拱架安装过程中的关键精度控制要素，提出了精度控制的实施方法和技术手段，并结合实际案例分析了不同施工条件下的精度控制策略。研究表明，采用精准的安装技术和监控措施，能够有效提升隧道支护结构的稳定性和安全性，避免因安装精度问题造成的结构损伤或安全隐患。

【关键词】：隧道施工；初期支护；钢拱架；安装精度；精度控制

DOI:10.12417/2705-0998.26.02.009

引言

隧道建设作为基础设施项目中的重要部分，其施工质量直接关系到交通、通信及水利等多个领域的安全。在隧道的开挖过程中，初期支护是确保隧道结构稳定的关键环节。钢拱架由于其良好的支撑效果，成为隧道初期支护的重要选择。在实际施工中，钢拱架的安装精度往往存在不同程度的偏差，这些偏差可能导致支护结构的稳定性受到威胁，进而影响整体施工安全。因此，如何精确控制钢拱架的安装精度，成为当前隧道建设中亟需解决的问题。本研究通过对钢拱架安装精度控制技术的探讨，提出了优化控制方案，并为相关工程的实施提供理论依据和技术支持。

1 钢拱架安装精度的影响因素分析

1.1 支护设计与安装的关联性

钢拱架的设计是确保隧道支护结构安全性的基础，设计精度对其安装过程的影响深远。支护设计通常依据隧道的地质条件、施工方案和所需承载力来确定拱架的形态、尺寸及安装位置。支护设计的精确性直接决定了钢拱架的安装精度。在施工过程中，任何设计上的误差或偏差，都可能导致钢拱架无法与周围环境完美契合，影响支护效果，甚至可能引发安全隐患。为了确保安装精度，设计人员应充分考虑施工环境和施工方法，将设计精度与施工实践紧密结合，从而保证钢拱架的稳定性和长期使用效果。

1.2 施工工艺对精度的影响

在钢拱架的安装过程中，施工工艺的选择至关重要，直接关系到安装精度的高低。不同的施工工艺对钢拱架的定位、拼装和固定方式有所不同^[1]。采用机械化施工和自动化控制技术可以提高安装过程的精度，减少人为因素带来的误差。而传统人工操作可能导致误差的积累，尤其在复杂的地质条件下，精度控制更加困难。因此，合理的施工工艺不仅能提高安装效率，也能有效减少由于施工过程中的技术缺陷带来的精度偏差。施工工艺的完善与优化是保证钢拱架安装精度的关键。

1.3 环境因素与安装精度的关系

隧道施工中，环境因素对钢拱架的安装精度有着不可忽视的影响。地质条件、地下水位、温度变化等因素都可能对施工过程中的精度造成干扰。在湿度较大的环境下，钢拱架的材料可能发生形变，影响其安装的准确性；而极端温度条件下，钢材的膨胀或收缩也会导致尺寸偏差。地下水的渗透和周围岩层的稳定性，都会影响支护结构的安放和固定。在施工前，需对施工环境进行全面评估，制定相应的适应措施，以应对可能出现的环境变化，确保钢拱架的安装精度符合设计要求。

2 精度控制技术及其应用

2.1 精度测量与监控技术

在钢拱架安装过程中，精度测量与监控技术是保障安装精度的基础。这些技术通常包括激光扫描、全站仪和三维定位技术，它们能够在施工现场实时监测拱架的安装状态，并确保每个安装点的位置和角度精确无误。激光扫描技术通过发射激光束并接收反射信号，能够快速准确地获取安装部位的空间坐标，精度可达到毫米级别。全站仪则结合电子测量技术，实时监控拱架的位置变化，纠正任何位置误差。三维定位技术结合现代计算机辅助设计（CAD）系统，能够对设计图纸进行实时对比，确保安装过程中不出现偏差。通过这些技术的应用，能够精准地捕捉到安装过程中任何微小的变化，并及时调整，避免精度问题影响整个支护结构的稳定性。

2.2 先进施工技术的应用

机器人自动化施工技术在复杂环境中的应用，能够大大减少人为因素对精度的影响^[2]。通过编程控制，施工机器人能在精确的位置进行操作，自动完成拱架的拼装和安装，精度远超人工操作。顶管施工技术和隧道机械化施工技术也在精度控制方面发挥了重要作用。顶管施工技术能够通过精确的地下定位系统，确保隧道内支护结构的精确安放，而隧道机械化施工技术则通过现代化机械设备，减少了传统手工操作中的误差，保证了安装过程中的高精度要求。借助这些先进施工技术，钢拱架的安装精度得到了极大提升，施工效率也得以显著提高。

2.3 施工中的精度控制流程

精度控制流程在钢拱架安装中扮演着至关重要的角色。整个精度控制流程从施工准备阶段开始,在这一阶段,施工单位需要对施工图纸进行详细审核,确定安装精度要求,并对施工环境进行评估,确保施工条件的适应性。在安装过程中,精度控制会通过精密测量设备实时监控安装位置,记录数据并进行比对,及时发现误差并进行调整。精度控制流程中还包含了对施工人员的培训与操作规范的制定,确保每一环节都严格按照精度要求执行。在拱架安装的后期,进一步的检查与修正工作也同样重要,施工团队需要定期进行精度复核,确保安装精度长期稳定。通过全程的精度控制流程管理,能够有效避免因人为疏忽或技术问题引发的精度偏差,从而保证隧道初期支护的整体安全。

3 钢拱架安装精度的标准化与规范化

3.1 精度标准制定与实施

钢拱架的安装精度标准直接决定了支护结构的可靠性和安全性。精度标准的制定需综合考虑隧道的设计要求、施工环境和技术条件。标准的核心内容包括安装误差的允许范围、监测方法、测量精度要求以及施工过程中各个环节的控制要点。实施这些标准时,施工单位应结合具体的施工方案,制定详细的操作规程,并明确每个施工阶段的精度控制指标。在实际施工过程中,精度标准的有效实施依赖于全程监控和数据记录,确保每一项安装操作都符合预定要求。施工过程中若发现任何偏差,需通过及时调整和修正,避免偏差的累积对整体结构产生不利影响。因此,精度标准的执行必须具备严谨性和系统性,并与施工进度相协调。

3.2 国际与国内标准的对比分析

在钢拱架安装精度控制方面,国际和国内的标准各具特色,且在某些方面存在差异。国际标准通常侧重于技术细节和精度控制的广泛适用性,制定了详细的测量技术规范 and 允许误差范围,适应不同地质条件和施工环境。国内标准则往往结合本土的实际施工情况,针对特定的施工设备和技术进行优化^[3]。国内标准强调施工现场的管理规范和质量控制体系,提出了严格的施工过程监管要求,并要求施工单位根据具体条件灵活调整精度控制策略。两者的对比显示,国际标准注重的是技术的普适性,而国内标准更侧重于施工细节的执行力 and 实际操作性。尽管存在差异,但两者在钢拱架安装精度的目标上具有一致性,即确保结构稳定性和安全性。

3.3 施工现场的精度控制规范

在施工现场,精度控制规范的制定和执行是确保钢拱架安装精度的关键。施工现场的精度控制规范要求每个操作环节都需按照标准化流程执行,包括测量、校准、调整和验证等步骤。在现场,精度控制不仅仅依赖于设备的高精度,还包括施工人

员的操作规范和技术水平。对于设备使用,规定了测量工具的校验周期和技术要求,确保其在有效期内进行精确测量。现场的监控系统也需实时反馈各项数据,确保安装过程中的每一环节都能达到标准要求。精度控制规范还要求对施工过程中的每一项数据进行记录和归档,为后期的质量检查和问题追溯提供依据。通过对施工现场精度控制的规范化管理,能够有效规避因施工操作不当造成的精度偏差,确保钢拱架安装的稳定性与安全性。

4 钢拱架安装精度的实地案例分析

4.1 案例背景及实施情况

某隧道项目在建设过程中选择了钢拱架作为初期支护结构。在项目初期,施工方面临了复杂的地质条件,包括松软土层和断层区,极大增加了施工难度。在设计阶段,钢拱架的安装精度要求非常高,尤其是在某些特定区域需要实现毫米级的精度控制。项目团队采用了先进的精度测量技术,如激光扫描和全站仪,来确保钢拱架的安装位置和角度严格按照设计要求执行。通过全面的施工准备,施工单位制定了详尽的施工方案,并进行了精度检测设备的调试与试运行。项目在实施过程中,通过严格的精度控制和实时监测,确保了钢拱架的安装稳定性与安全性,尽管面临复杂的施工环境和紧迫的工期。

4.2 精度控制措施与效果评估

该项目在钢拱架安装精度控制中采取了一系列高效的技术措施,包括全程激光测量、自动化控制系统以及动态监控手段。全站仪和激光扫描设备用于实时检测钢拱架的每一个安装节点,确保其精度达到设计要求^[4]。安装过程中,施工团队通过精密设备监控钢拱架的每个安装点的位置和角度,同时应用自动调整技术及时校正任何偏差。在精度控制效果评估方面,项目经过了多次现场复测,确保误差控制在规定的容差范围内。通过这些控制措施,实际安装精度远超预期,钢拱架的稳定性和安全性得到了充分保障。后期检查和数据分析表明,精度控制措施的实施大大提升了项目的施工质量,避免了由于安装不当引发的潜在安全问题。

4.3 问题与解决方案的探讨

在钢拱架安装过程中,尽管精度控制措施得到了有效应用,仍然存在一些不容忽视的问题。最突出的挑战是施工过程中设备的磨损和施工环境的变化,例如温度波动和地下水位变化,这些因素都可能导致精度误差的出现。在面对这些问题时,施工团队采取了多项应对措施,首先加强了设备的定期校验,确保精度测量工具处于最佳工作状态。针对环境变化的影响,团队制定了灵活的调整方案,对施工现场的温湿度变化进行实时监控,并采取适当的补偿措施。施工人员还加强了对精度控制过程的培训,提升了操作的规范性和准确性。

5 钢拱架安装精度控制的优化策略

5.1 技术创新与精度提升

近年来,激光扫描技术、无人机测量、以及3D建模等高精度技术的应用显著提升了安装精度。这些技术可以实时获取施工现场的三维数据,进行精准的空间定位和误差修正,从而避免了传统测量手段带来的误差。智能化施工技术也在逐步推广,智能传感器和自动化控制系统能够实时监控并自动调整钢拱架的安装位置,进一步提高安装的精度。通过这些技术创新,不仅能够大幅度提高钢拱架的安装精度,还能够提升施工效率,减少人工操作中的误差,为隧道支护结构的稳定性提供更为可靠的保障。

5.2 施工流程优化

施工流程的优化是提高钢拱架安装精度的关键。精确的流程设计可以确保每个步骤的顺畅执行,减少因流程不规范带来的精度偏差^[5]。在优化施工流程时,关键在于制定详细的操作标准和作业程序,确保每个环节都有明确的精度控制要求。在实施过程中,施工团队应根据具体情况灵活调整,优化施工顺序和施工技术的结合,特别是在复杂地质环境中,施工方法的选择至关重要。精度监控要贯穿始终,从设计阶段到实际施工,每个环节都要进行严格的质量控制和精度检测。施工队伍的协同工作和精确的分工也是流程优化的重要组成部分,确保高效、准确地完成每一项安装任务,从而实现钢拱架安装的精度

目标。

5.3 未来发展趋势与优化方向

未来钢拱架安装精度控制的发展趋势将更多地依赖于数字化、智能化技术。随着大数据、人工智能(AI)和物联网(IoT)技术的广泛应用,钢拱架安装精度的控制将朝着更加智能化、自动化的方向发展。通过建立基于数据分析的智能系统,施工过程中的每一个参数都能够实现自动监控和实时调整。人工智能算法的应用将进一步提高精度预测与修正的效率,减少人为误差的可能性。3D打印技术和机器人施工的逐步普及,也将为钢拱架的安装提供更高效、更精准的施工方法。在施工现场,未来的技术将使得精度检测与调整不再依赖于人工经验,而是通过智能化设备和系统来实现全自动化操作,从而大大提升钢拱架安装的精度和可靠性。

6 结语

钢拱架安装精度控制在隧道施工中扮演着重要角色,通过精确的精度控制措施能够确保隧道结构的稳定性和安全性。随着新技术的不断发展,尤其是在激光测量、自动化控制和智能化施工领域,钢拱架的安装精度得到了显著提升。精度控制不仅依赖于先进的测量技术,还需合理优化施工流程,确保每个环节都能达到设计要求。未来,数字化和智能化的进步将为钢拱架的精度控制提供更强大的支持,进一步提升隧道施工的质量与效率。

参考文献:

- [1] 王星,来显杰,王帅帅,等.钢拱架槽钢纵连+三台阶锁脚锚杆炭质软岩隧道施工数值计算与现场试验[J].北京交通大学学报,2023,47(06):120-129.
- [2] 曹瑞普.炭质页岩特殊地质条件下隧道施工技术[J].交通世界,2021,(29):130-131.
- [3] 王晓方,王剑非,陈俊涛.局部软岩偏压下隧道结构及钢拱架受力状态分析[J].公路交通技术,2021,37(02):89-94+100.
- [4] 李强.高速公路隧道施工支护关键技术[J].四川建材,2021,47(04):136-137.
- [5] 黎江.提高复杂环境下软岩隧道钢拱架安装质量的措施探讨[J].西部交通科技,2021,(03):113-115.