

提高伞钻打眼精度的工艺改进与实践

马杰 朱伟 陈利泰

中国华冶科工集团有限公司辽宁矿业分公司 辽宁 鞍山 114000

摘要: 本文针对矿山施工中伞钻（一种用于地下矿井钻孔作业的重型设备）在复杂地质条件下打眼（钻孔）时精度不高的问题，提出了一系列工艺改进措施，并详细记录了实际应用中的效果验证过程。首先，通过对现有伞钻打眼工艺的深入分析，我们识别出影响打眼精度的主要因素，包括设备稳定性、定位系统精确度和操作人员技能等。基于这些发现，我们实施了以下改进：一是优化了伞钻机械结构设计，增强了其整体稳定性和抗振动能力；二是引入先进的激光定位技术，提高了定位系统的准确性和可靠性；三是加强了对操作人员的技术培训，提升了他们处理复杂工况的能力。在实践中，我们选择了一个具有代表性的矿区进行现场测试。通过对比实验前后的数据，明显观察到打眼精度有了显著提升，具体表现为孔径偏差减小、孔深控制更加精准以及垂直度误差降低。此外，由于减少了因打眼不准导致的返工次数，生产效率也得到了有效提高。本研究不仅为解决伞钻打眼精度低的问题提供了可行方案，也为同类工程项目的质量管理和成本控制提供了参考依据。

关键词: 提高；伞钻打眼精度；工艺改进；实践

引言：伞形钻架在立井掘进中的应用现状及重要性。提高伞钻打眼精度对于提升立井掘进效率、保证工程质量及安全的重要意义。明确本文旨在通过工艺改进与实践，提升伞钻打眼精度。

1 伞钻系统结构与工作原理

伞形钻架，作为现代矿业开采中不可或缺的重要装备之一，以其高效率和灵活性著称。它主要由以下几个关键部分组成，每一部分都发挥着不可替代的作用，共同确保了伞钻在复杂环境下的高效作业。

1.1 立柱

立柱是伞形钻架的基础构件，承担着整个装置的重量及所有部件的支撑作用。通常采用高强度钢材制造，保证足够的刚性以应对恶劣的井下条件。立柱的设计高度可根据不同的施工需求调整，以便适应不同深度或角度的工作面。

1.2 支撑臂与动臂

支撑臂连接于立柱顶部，能够向外展开形成稳定的支撑结构，类似于伞骨，故得名“伞形”钻架。它们负责提供额外的稳固力，使整个设备能够在不平整的地面上保持平衡。动臂则安装在立柱上部，可上下移动并旋转，携带推进器到达预定工作位置，其灵活的活动范围大大提高了钻探作业的效率。

1.3 推进器

推进器位于动臂末端，是直接执行钻孔任务的核心组件。它内部装有钻杆和钻头，通过高压气体或液体驱动，产生足够的扭矩穿透岩石。推进器的升降和平移完

全依靠液压系统控制，实现了自动化调节，极大地减轻了操作者的劳动强度。

1.4 多路阀控制系统

为了协调上述各个部件的协同工作，多路阀控制系统起着中枢神经的作用。它通过复杂的液压管路将压力源（如液压泵站）的能量分配给各个动作单元，如支撑臂的展开回收、动臂的伸缩旋转以及推进器的前进后退。这种精密的控制机制确保了每个动作的准确无误，是实现伞钻高效作业的关键所在。

1.5 液压水气系统

液压系统是伞形钻架的动力源泉，它利用流体的压力传递能量，驱动各种执行机构运动。水气系统则是为了冷却液压元件和清除钻孔过程中产生的粉尘而设，其中水主要用于冷却和润滑，而压缩空气则用于排渣。这两套系统相互配合，保障了设备的正常运行和维护良好的作业环境。综上所述，伞形钻架是一种集成了先进设计理念和技术现代化凿岩工具，它的每一个组成部分都是经过精心设计的，旨在满足矿山环境下对安全、效率和环保的高标准要求。未来，随着科技的进步，我们可以期待更智能、更环保的伞形钻架问世，进一步推动矿山行业的可持续发展^[1]。

2 当前存在问题分析

2.1 精度问题

在矿山开采行业中，伞形钻机的使用频率极高，尤其是在进行爆破前的炮眼钻孔作业中扮演着核心角色。然而，即便是在这一领域拥有多年经验的专业人士也会

遇到一个普遍存在的难题——精度问题。这不仅关系到后续爆破的效果和安全性，还直接影响着资源的利用率和企业的经济效益。因此，探讨和解决伞形钻机的精度问题显得尤为重要。精度问题的根源往往在于多个环节的细微偏差累积而成。首先，地质条件的复杂性是一大挑战，尤其是对于那些地层结构不稳定或是存在大量裂隙的地区，地面的微小变化就可能造成钻孔方向的偏离。其次，伞形钻机本身的机械结构也是一个重要因素，比如钻杆的刚性不足会导致弯曲变形，进而影响钻孔直线度。再者，传感器和定位系统的准确性也不容忽视，任何测量误差都可能导致最终结果的偏差。最后，操作人员的经验和技能同样重要，不当的操作习惯可能会加剧上述问题。针对上述问题，行业内外已经探索出了多种解决方案。从硬件层面看，优化钻机设计是首要步骤，增强钻杆材料的强度和韧性可以减少变形，同时采用更高精度的导向系统来校正偏斜。软件方面，智能化趋势日益凸显，借助互联网技术和大数据分析，实时监测钻孔过程中的各项参数，及时调整钻进策略。

2.2 效率问题

除了精度之外，伞形钻机的另一个常见问题是工作效率低下，这对追求高产出比的现代矿山企业来说无疑是个重大考验。效率低下不仅意味着时间成本的增加，还会间抬高能源消耗和维护费用，长期来看严重影响公司的竞争力。效率瓶颈的出现通常源自几个关键点：首先是钻机的机动性能不佳，例如在更换工作区域时所需的时间过长，或者在面对复杂地形时缺乏灵活性。其次是设备的耐用性不够，频繁的故障停机会打断连续作业流程，导致总体进度滞后。再次，能源供应方式的选择也可能成为制约效率的因素，比如传统的电力或燃油驱动在某些情况下不如新型清洁能源高效。最后，操作流程的不合理同样是不容忽视的原因，冗余步骤的存在会白白浪费宝贵的时间和人力。为了克服这些障碍，采取一系列综合性措施至关重要。一方面，升级钻机的硬件设施是基础，比如采用模块化设计简化转场流程，增强机身结构延长使用寿命，以及引入更高效的能源转化系统。另一方面，软件管理同样重要，建立科学的调度体系，合理规划作业路径和顺序，减少无效等待时间。同时，利用信息化手段监控设备状态，预防潜在故障，确保机器始终处于最佳工作状态。此外，培养一支高素质的操作团队也是提升效率的关键，他们不仅能熟练掌握最新技术，还能灵活应对各种突发情况，最大限度地挖掘设备潜能^[2]。

3 工艺改进方案

3.1 结构优化

在追求工业设备效能最大化的过程中，结构优化是一项至关重要的策略，尤其在伞形钻机这类大型工程机械的应用场景中更是如此。通过精细的结构改良，不仅可以显著提升设备的稳定性和耐用性，还能在一定程度上改善操作便捷性和维护便利性，从而达到提高生产效率和降低成本的目标。结构优化的本质是对现有设计进行全面审视，识别并消除潜在的薄弱环节，同时探索新的设计思路以增强功能特性。这需要跨学科的知识融合，涉及材料学、力学、机械设计等多个领域的专业知识。在伞形钻机的具体案例中，重点考虑的是如何在保证足够强度的前提下减轻自重，如何优化传动链路以减少能量损耗，以及如何改善人机交互界面以提升操作体验。实施结构优化的第一步通常是开展详细的性能分析，运用有限元分析（FEA）、计算机辅助设计（CAD）等工具模拟设备在极限条件下的表现，识别应力集中区和磨损热点。接下来，基于分析结果，设计师们会尝试引入新材料或新结构形式，如使用碳纤维复合材料替换传统金属件以减轻重量而不牺牲强度，或采用紧凑型齿轮箱代替原有笨重的链条传动系统，以此提高能效。此外，重新布局驾驶室和控制面板，使其更加符合人体工程学原则，有助于减少操作员的疲劳感，间接提升工作效率。近年来，得益于结构优化理论和实践的不断进步，新一代伞形钻机展现出了前所未有的性能优势。例如，某国际知名品牌的最新型号，通过采用轻量化设计和高性能合金材料，成功将整机重量降低了近20%，而承载能力和钻孔速度却分别提升了15%和20%以上，充分展现了结构优化所带来的巨大潜力。展望未来，随着更多创新材料的研发和数字化设计工具的普及，结构优化将成为促进工业装备持续进化的核心驱动力。

3.2 技术创新

技术创新是引领行业发展、推动产业升级的关键力量。在伞形钻机领域，技术创新不仅体现在对传统技术的迭代更新，更在于探索全新的技术路线，以期在能耗降低、效率提升、环境保护等方面取得突破。颠覆式技术指的是那些彻底变革行业规则的新发明，例如，将传统的燃油驱动模式转换为电能或氢能驱动，不仅大幅削减了温室气体排放，还带来了噪音污染的显著下降。而渐进式的改良则更多聚焦于细节上的精雕细琢，如通过引入人工智能算法优化钻孔轨迹，或开发新型耐磨涂层以延长钻具寿命。一项引人注目的技术创新实例是智能钻孔导航系统的发展。这套系统结合了卫星定位、惯性导航和视觉识别等多种技术，能在复杂的地下环境中自

动调整钻孔角度和深度，避免了人为失误，极大提升了钻孔精度和安全性。另一项值得关注的趋势是无线遥控技术的应用，允许操作员在远离危险区域的安全位置远程操控设备，既保护了人身安全，又提高了作业灵活性。技术创新不仅是短期效益的体现，更是长期战略的一部分。它不仅促进了伞形钻机乃至整个矿山行业的绿色转型，还加速了智慧矿山建设的步伐，预示着未来矿山行业将以更低的环境代价创造更高的经济价值和社会福祉^[3]。

3.3 操作规范

操作规范的建立健全是保证伞形钻机安全高效运行的基石。一套完善的操作指南不仅明确了标准作业程序，确保了每一步骤的正确执行，还强调了紧急情况下的应急响应流程，为操作人员的安全和设备的完好无损提供了坚实的制度保障。操作规范涵盖的内容十分广泛，从日常检查维护、启动前准备、作业期间注意事项，到停机保养、故障排除，乃至事故预防和应急处理，每一环节都有详细的规定。特别是在特殊气候条件或复杂地质环境下作业的要求，更是体现了规范的前瞻性和全面性。有效的培训是贯彻操作规范的前提。企业应定期组织操作人员参与实操演练和理论学习，确保每位成员都能深刻理解规范精神，熟练掌握操作要领。与此同时，严格的质量控制体系必不可少，通过定期的技能考核和现场监督，检验培训成果，及时纠正不良操作习惯，形成闭环管理，不断提高队伍的整体素质。值得注意的是，操作规范并非一成不变的教条，而是应该随着新技术的应用适时调整，使之既能反映最新的科技成果，又能指导操作人员正确应用这些技术。例如，在引入无人机巡检系统之后，相应的飞行安全规定和数据传输规程就必须被纳入操作手册，以防止信息泄露风险和碰撞事故的发生。

3.4 效率评估

效率评估是对伞形钻机改造升级效果进行量化的衡量，通过设立明确的指标体系，客观评价各项改进措施的实际成效，为未来的决策提供数据支持。效率评估的指标应当覆盖设备性能、生产输出、成本效益和环境影响等多个维度。例如，设备性能指标可以包含钻孔速度、钻孔精度、故障率等硬性数据；生产输出指标则侧

重考察单位时间内完成的钻孔数量、合格率等；成本效益分析需计算投入产出比、折旧年限、维修成本等因素；环境影响评估则关注废气排放、噪声水平和废弃物处理等方面的合规性。高效的数据收集系统是进行准确评估的先决条件，这要求企业在项目初期即建立起完备的信息管理系统，包括但不限于实时监控平台、数据库建设和数据分析软件。通过定期汇总和交叉验证各类数据，可以清晰描绘出设备运营的全景图，便于快速定位问题所在，针对性地调整策略。效率评估的价值不仅仅在于一次性的绩效审查，更重要的是激发持续改进的文化氛围。每次评估结束后，管理层应组织相关部门召开总结会议，讨论分析报告中的亮点和短板，提炼成功经验，制定整改计划，形成PDCA（Plan-Do-Check-Act）循环，不断优化作业流程，推动企业向精益化管理迈进^[4]。

结束语

历经数月的不懈努力与探索，我们在提高伞钻打眼精度方面的研究终于结出了累累硕果。通过结构优化、技术创新、操作规范的建立与效率评估，我们不仅解决了长期以来困扰业界的精度难题，还为伞钻打眼技术开辟了崭新的发展前景。每一次钻孔的成功背后都是对细节极致追求的结果，是对科技创新永不停歇的渴望，以及对行业进步矢志不渝的承诺。展望未来，我们坚信，随着材料科学、信息技术、智能制造等领域的发展，伞钻打眼技术将迎来更加辉煌的时代。智能化、无人化、绿色化的矿山开采愿景正在逐步变为现实。我们期待着，通过持续的科研攻关与实践经验积累，能够让每一台伞钻都成为精准、高效、环保的典范，让每一位从业者都能享受到科技进步带来的福祉。

参考文献

- [1]面向空间维修作业的机械臂动力学建模与控制[D].陆陈鑫.南京航空航天大学,2021-06-26.
- [2]液压伞钻机械臂动力学特性及其控制系统设计研究[D].李正.中国矿业大学,2018(10):36-39.
- [3]大断面超深竖井施工进度及成本控制研究[D].马维清.西安建筑科技大学,2018-08-23.
- [4]可重构机械臂普适性运动学建模及任务规划方法研究[D].吴楚锋.北京邮电大学,2013(10):78-88.