

井下定向钻探轨迹偏差治理技术

王 勇

陕西省煤层气开发利用有限公司 陕西 榆林 719000

摘 要：井下定向钻探的轨迹偏差会对钻探的精准程度产生影响，需要进行有效的治理和预防。文章开篇对偏差出现的原因进行说明，这些原因包括地质、设备、操作以及测量等方面的因素。随后说明治理技术，包含调节钻进参数、运用导向工具、改良钻井液性能、侧钻纠偏之法。最终给出预防办法，包含强化地质勘查与分析、严苛设备管控和维护、提高作业人员技能水准、健全测量及监控体系，从而确保钻探工作精确开展。

关键词：井下；定向钻探；轨迹偏差；治理技术

引言

矿井下定向钻进是矿山井下勘查、灾害防控的主要施工技术，作业时很容易出现轨迹偏移状况，直接对钻孔施工品质和工程安全造成影响，限制钻探工作的高效开展。导致轨迹出现偏差的因素包含地质、设备、操作、测量等多个领域。该文结合井下钻探作业实际状况，全面分析轨迹偏差的各种成因，整合对应的偏差治理工艺，且制定具有针对性的防范措施，为现场定向钻探轨迹的管控提供实用的参考根据。

1 井下定向钻探轨迹偏差产生的原因

1.1 地质因素

地质状况是导致井下定向钻探轨迹产生偏差的主要因素之一，地层自身的各类基础特征会直接影响钻头的正常钻进路线。不同岩层的岩石物理特性、地质构造样式以及原地应力分布状况存在明显差别，这种岩层固有特质会不断影响钻头的钻进方位与行进形势。地层岩石特性分布不均匀会让钻头在钻进期间承受的阻力不断改变，受力不平衡会直接造成钻进轨迹出现偏差。地层内部存在的各种构造会改变地层整体的空间样式，让地层整体显示倾斜、错移以及形变情形，直接干扰钻头预先设定的钻进方向，导致轨迹偏移。地层内部孔隙压力的分布状况、地层水体的渗透及冲击效应，会使钻头周边的钻进环境产生改变，对钻头行进的稳定性和方向控制产生不利影响。

1.2 设备因素

井下定向钻进的轨迹误差受钻探装备情况直接作用，装备总体性能和工况状况决定钻进轨迹的精确性。钻头的参数以及损耗状态属于核心影响因素，

若钻头的品类、规格大小和地层工况不相符，会直接对正常的钻进工作产生干扰，进一步引发轨迹出现偏移。钻头在长时间作业出现磨损后，其切削作业能力与定向导向性能会明显下降，作业时钻进方向难以以稳定控制，进一步引发轨迹偏差。同时钻杆的自身参数以及连接状况也会对钻探轨迹产生影响。若钻杆自身强度、刚度未达标准，在作业受力之后容易出现弯曲、断裂等情况，进一步直接改变预先设定的钻进方向^[1]。钻杆各节连接之处贴合程度不够，会产生作业空隙，让钻头在持续钻进进程中出现位移摇摆，最终导致整体钻探路径出现偏差。

1.3 操作因素

井下定向钻进的轨迹误差受现场作业人员专业水平与操作举动直接作用，人员操作素质是轨迹管控的主要人为要素。在钻探施工期间，工作人员要根据现场地层的真实状况，及时调节钻进作业的各项参数，掌控钻进的方向和钻进的速度，确保钻孔轨迹符合设计要求。作业人员对地层的辨识能力不够、对参数调整的把控能力欠佳，会导致钻孔轨迹出现偏移。在作业进程中，钻压、转速这类核心参数的把控出现失衡状况，参数的数值与当前地层钻进的要求不相符，就会对钻头的作业状态产生干扰，进一步破坏钻进方向的稳定性。作业流程落实不彻底，违规进行起下钻作业、未根据作业标准按时更换磨损钻头 etc 不规范行为，均会改变钻头钻进的状态，引发钻探轨迹出现偏差的问题。

1.4 测量因素

测量数据的质量直接决定钻探轨迹的精确程度，随钻测量系统作为井下定向钻探作业中采集轨迹参数的主

要设备,其运行状况会直接对钻探施工的轨迹控制成效产生影响。在作业进程中,随钻测量系统要是出现设备故障、参数偏差这类状况,会直接导致采集的轨迹数据失准,施工人员难以精确判定钻头的实时位置与钻进方向,无法及时开展纠偏调控工作,最终导致钻探轨迹偏移^[2]。测量仪器的日常校准以及定期维护工作未得到有效落实,会使仪器自身存在固有偏差,并且该偏差会在钻探作业进程中不断累积。在仪器精度未达标准、测量数据存有偏差时,后续的轨迹分析、施工调整工作都会出现相应偏差,这成为井下定向钻探轨迹偏离设计路线的主要测量诱因。

2 井下定向钻探轨迹偏差的治理技术

2.1 调整钻进参数

在井下进行定向钻探作业时,当钻探轨迹出现偏移状况,能够通过调节各类钻进主要参数来开展轨迹矫正工作。当钻头出现朝右偏移情况时,施工人员能够通过调低钻压、减小设备钻进的转速、增大泥浆泵泵量的办法来实施纠偏,依靠低压钻进状况与大流量冲洗液的共同作用,促使钻头渐渐回到预先设定的钻探路径上。当钻头出现往左偏移的情况时,要反向调节参数,采用增加钻压、加快钻进转速、减少泵量的办法改变钻头运行状态,纠正轨迹误差。除了基础参数调整之外,钻探作业现场能够通过改变钻头的旋转方向、调节整个钻进的行进速率,对钻头在井下的受力结构与受力状况进行调整,有针对性地改善钻探进程中出现的轨迹偏移状况。采用有针对性、反向性的钻进参数动态调节方式,可适配井下复杂的钻探工作状况,确实纠正各个方向的轨迹误差,确保定向钻探作业轨迹符合施工设计准则,提高井下定向钻探施工的精确性与规范性。

2.2 采用导向工具

导向仪器是井下定向钻进工作中,用来纠正钻进轨迹偏移、掌控钻进方向的主要装备,现场施工常用器械有弯外壳螺杆钻具、可调式稳定器、导向钻头三种。弯外壳螺杆钻具凭借其自身壳体的弯曲构造,能在持续的钻进操作中为钻头提供侧向的作用力,进一步改变原本的钻进方向。施工人员能根据钻探期间监测所得的轨迹偏差数据与偏移走向,调节设备的弯曲度数和运转朝向,精确校正钻探轨迹,确保钻进路线符合施工规范。可调节稳定器通过调整自身翼片展开角度,改变钻头于钻孔内部的受力平衡状况,纠正钻探期间产生的轨迹偏移难题,适配不同程度的轨迹偏差纠正工作^[3]。导向钻头凭借独特结构设计,具备定向钻进能力,在作业时能

够自行适配钻孔状况,对钻进方向进行微调,可有效避免常规钻进操作中易出现的轨迹偏移状况,从设备角度降低轨迹偏差的出现概率,提高井下定向钻探作业的轨迹精确程度。

2.3 优化钻井液性能

在井下定向钻探作业中,钻井液属于核心配套介质,在整个过程中承担着钻头冷却、孔内岩屑输送、地层压力平衡等基础作业功能。对钻井液各项性能指标进行针对性调整,能够有效改善井下钻探作业的环境,控制钻探轨迹出现的偏差问题。在现场开展作业时,能够通过调控钻井液的黏度以及切力等参数,加强流体对于岩屑的承载和输送能力,防止孔底出现岩屑堆积的情况,确保钻头可以持续稳定地进行作业,防止因岩屑发生淤积而导致钻进出现偏移。根据施工现场地层的实际压力数据精确调节钻井液密度,可实现液柱压力和地层压力的动态均衡,降低地层岩体对钻头施加的侧向挤压作用力,减少钻探轨迹偏移风险。根据孔壁地层的结构特点,在钻井液体系里添加一定量的润滑剂和防塌助剂,能够有效减小钻杆在回转、推进期间与孔壁岩体之间的摩擦阻力,避免孔壁坍塌、孔径不稳定等问题出现。

2.4 侧钻纠偏技术

在井下开展定向钻探作业期间,若钻探轨迹产生较大幅度的偏差,并且运用常规的纠偏方式难以实现轨迹校正,此时能够采用侧钻纠偏技术来解决施工偏差问题。此技术凭借原有的钻孔构造来开展施工作业,通过选定恰当的施工位置实施侧向钻进操作,重新塑造出符合工程设计规范的钻孔轨迹,以解决钻孔轨迹偏移超出标准的问题。在施工前期,要精确明确侧钻施工的具体点位,根据现场钻孔施工的实际状况、地质条件以及设计参数,拟定完备的侧钻施工规划,选用适配的钻探装备,确定相应的钻进施工参数,为侧钻作业提供支撑。在正式启动侧钻施工之际,工作人员要全程跟踪并监测钻孔轨迹的实时变动数据,将其和设计标准对比,查看轨迹偏差状况,根据监测结果马上调整钻进速度、压力等主要施工参数,迅速纠正施工期间出现的轨迹偏移问题,全方位把控施工质量。

3 井下定向钻探轨迹偏差的预防措施

3.1 加强地质勘探和分析

在进行井下定向钻探施工之前,要全方位开展地质

勘查和数据分析相关工作。对施工区域的地层构造、岩层属性、孔隙压力以及各类地质指标进行系统排查,准确把握现场实际的地质状况,收集完整且真实的地质基础信息,从而为后续的钻探方案规划、设备选择以及现场施工作业提供可靠的数据根据。以翔实的地质勘查成果为通过,结合井下钻探作业的实际状况,有针对性地挑选合适的钻探装备与钻具搭配,严格按照地层情况确定钻进速率、压力等主要施工参数,制定符合现场、可实施的专项施工方案^[4]。通过前期全方位的地质分析工作,预先判断地层复杂状况给钻探轨迹带来的干扰,从根源上规避因对地层认识不够、参数设定不合理、设备选择不当所引发的钻探轨迹偏移难题,筑牢钻探施工精度基础,切实防范井下定向钻探轨迹出现偏差问题。

3.2 严格设备管理和维护

在井下定向钻探施工的时候,设备工况出现异常是导致钻孔轨迹产生偏差的主要因素之一,落实好设备管控与养护工作能够有效避免这类问题。施工企业要实行常态化的设备管控模式,针对全部钻探施工设备实施常态化的检测、定时保养以及故障修复工作,全方位把控设备的运行性能和使用品质,确保设备一直符合井下钻探施工的标准规定。全方位建立完备的设备管理档案,准确记录每一台设备的入场时间、日常运转状态、故障情形、检修详情以及养护记录,全程追踪设备使用的整个过程,凭借档案信息及时排查设备潜藏的隐患,针对发现的设备问题在第一时间落实整改处置,杜绝设备带故障作业。全体作业人员应严格根据钻探设备操作规程实施施工,规范设备操作步骤,杜绝违规及野蛮操作现象,从设备运行环节消除故障引发因素,有效防范因设备故障、性能降低、操作失误导致的偏差问题。

3.3 提高操作人员技能水平

工程现场要常态化推进钻探岗位人员的培训和考核事宜,不断加强一线作业人员的专业素养与实操能力。培训内容紧密围绕钻探岗位核心作业主要,关注施工现场地层识别判定、钻进作业参数动态调控、各类导向设备规范化操作、钻探测量数据整理解析等重点工作。采用常态化岗位培训结合常态化考核的方式,夯实作业人员的岗位基本能力,促使在岗人员充分了解钻探作业相关技术标准与规范操作流程。全体操作人员应具备自主判别施工现场地层情况的能力,根据现场施工实际情形

及时调节、完善各项钻进参数,全面掌控钻探作业全流程,规范钻探作业路径,降低作业偏差状况。确实通过系统化的培训考核体系,弥补岗位操作不足,统一作业规范。

3.4 完善测量和监控系统

建筑施工场地要完善的测量和监控系统,自始至终确保各类钻探测量数据精准、实时有效。项目要落实测量仪器的常态化校准以及日常维护事宜,根据既定周期开展设备检测、参数核对和故障排查工作,稳固仪器运行性能,避免因设备偏差导致的数据误差问题。在钻探作业期间,全面推进轨迹动态监测工作,不断追踪钻探轨迹的即时状况,迅速排查并识别轨迹偏移状况,明确偏差产生的原因以及偏差范围之后,马上开展整改纠偏工作,确保钻探作业符合施工规范^[5]。并建立配套的数据处理与分析体系,集中采集整合全程测量数据,对各类作业数据开展系统化梳理、比对和分析,归纳钻探作业全流程数据规律,精确反馈现场作业实际状况,补齐施工决策的数据支撑缺项。

结语

井下定向钻进轨迹偏差的治理要从多个方面开展工作。出现偏差的因素包含地质、设备、操作、测量等方面。治理手段包含调节钻进参数、运用导向工具、优化钻井液特性、侧钻纠正偏差等。防范措施包括强化地质勘查与分析、严谨设备管控与保养、提高作业人员技术水准、健全测量和监测体系。完成这些工作,能够减少轨迹偏离出现的概率,提高钻探精确程度,确保钻探作业合规且稳定地开展,实现施工的各项要求,为有关工程提供可靠的支撑。

参考文献

- [1] 张鹏. 煤矿井下热害治理中的热能动力技术应用[J]. 中国煤炭工业,2025(12):64-66.
- [2] 席静文. 定向钻井技术在地下矿山采空区治理中的应用研究[J]. 世界有色金属,2025(1):100-102.
- [3] 曹伟伟. 矿井水害防治工作中定向钻探技术的应用研究[J]. 矿业装备,2024(10):46-48.
- [4] 王全安. 定向钻探技术在煤巷掘进防治水中的应用[J]. 读报参考,2023(29):34-35.
- [5] 杨兴慧. 煤矿井下定向钻探技术的优势与应用[J]. 奥秘,2023(12):7-9.