

地质钻探工艺技术中的安全与生产管理

张波 张东东

中国煤炭地质总局第四水文地质队 河北邯郸 056001

摘要: 地质钻探是资源勘探、工程建设等领域的基础性工作,其工艺技术的规范性与生产管理的科学性,直接决定了作业效率、工程质量与人员安全。随着钻探作业向深部、复杂地质区域延伸,各类安全隐患的发生概率显著提升。本文结合地质钻探作业的实际流程,分析工艺技术环节存在的安全风险,指出当前安全与生产管理中存在的问题,提出强化安全与生产管理的具体策略,旨在为地质钻探行业的安全高效发展提供理论参考与实践指导。

关键词: 地质钻探; 工艺技术; 安全管控; 生产管理

引言

地质钻探作为获取地下地质信息的核心手段,广泛应用于矿产资源勘查、地质灾害评估、工程地质勘察等领域。近年来,我国地质勘探事业蓬勃发展,钻探技术不断革新,从传统的回转钻进发展到金刚石绳索取芯钻进、定向钻进等现代化工艺。但与此同时,钻探作业环境的复杂性、工艺环节的关联性以及设备运行的高负荷性,也使得安全事故时有发生。因此,深入研究地质钻探工艺技术中的安全与生产管理问题,构建系统化的安全管控体系,是推动地质钻探行业高质量发展的必然要求。

一、地质钻探工艺技术安全风险分析

1. 孔内事故风险

孔内事故是地质钻探中最常见的安全隐患,主要包括卡钻、埋钻、断钻具、孔壁坍塌等类型。这类事故的发生与工艺选择不当密切相关,例如在松散破碎地层中采用清水钻进,未及时使用泥浆护壁,易造成孔壁失稳坍塌;钻进参数设置不合理,钻压过大、转速过快,会加速钻具疲劳,引发钻具断裂和卡钻事故。孔内事故不仅会增加钻探成本、延误工期,还可能在处理过程中引发二次安全事故,威胁作业人员生命安全。

2. 设备运行风险

钻探设备是作业的核心载体,长期在高负荷、恶劣环境下运行,易出现部件老化、故障失灵等问题。钻机卷扬系统制动装置失效,可能导致钻具坠落;泥浆泵压力表、安全阀损坏,会引发泥浆压力失控,造成井喷或孔内漏失;电气设备绝缘层破损,易引发触电事故。此外,设备安装不规范,如钻机底座未找平、固定螺栓未拧紧,会导致设备运行过程中剧烈振动,不仅影响钻探

精度,还可能引发设备倾覆风险。

3. 人员操作风险

操作人员的专业技能与安全意识,是决定钻探作业安全的关键因素。部分操作人员未经过系统培训,对钻探工艺流程、设备操作规程不熟悉,违规进行设备启停、参数调整等操作;还有部分人员安全意识淡薄,在作业过程中未佩戴安全帽、安全带等防护用品,在高空、陡坡等危险区域作业时未采取防护措施,极易引发人身伤亡事故。

4. 自然环境风险

地质钻探作业受自然环境影响显著,暴雨、泥石流、山体滑坡等自然灾害,会直接破坏钻探场地与设备,威胁人员安全。在山区作业时,暴雨可能引发洪水冲毁钻机、泥浆池等设施;在冻土区域,冻土层融化会导致场地沉降,影响钻机稳定性;雷电天气则可能击中钻探设备,引发电气火灾或触电事故。此外,钻探作业产生的粉尘、噪声,还会对操作人员的身体健康造成慢性损害。

二、当前地质钻探安全与生产管理存在的突出问题

1. 安全管理制度不完善

部分钻探企业的安全管理制度存在形式化、碎片化问题,制度内容多照搬行业规范,未结合自身钻探项目的地质条件、作业特点进行针对性调整,导致制度缺乏可操作性。在责任落实层面,安全生产责任制未细化到具体岗位,存在“责任模糊、推诿扯皮”现象,项目负责人重生产进度、轻安全管理,操作人员对安全规范视而不见,安全管理沦为“纸上谈兵”。此外,安全检查制度执行不力,日常检查多流于表面,对孔内隐患、设备故障等深层次问题排查不彻底,隐患整改缺乏跟踪反馈机制,形成“排查—整改—复发”的恶性循环。

2. 人员专业素养参差不齐

地质钻探行业对操作人员的专业技能要求较高,但目前行业内人员结构失衡,既有经验丰富的老技术人员,也有大量缺乏系统培训的新入职人员,专业素养参差不齐。部分企业的安全培训存在重理论、轻实操的弊端,培训内容以枯燥的条文讲解为主,缺乏结合实际事故案例的分析,也未开展针对性的实操演练,导致操作人员无法将理论知识转化为实际操作能力。同时,培训考核机制不严格,存在“走过场”现象,未考核合格的人员也能上岗作业,为安全事故埋下隐患。

3. 技术创新与应用滞后

在钻探工艺技术方面,部分企业仍沿用传统的钻进工艺,对金刚石绳索取芯、定向钻进等先进工艺的应用率较低,尤其在复杂地层钻探中,工艺技术的落后直接增加了孔内事故的发生概率。在管理技术层面,智能化管理水平偏低,多数企业仍采用人工记录、纸质台账的管理方式,难以实现对钻进参数、设备运行状态的实时监控。部分企业虽引入了监控系统,但系统功能单一,缺乏数据整合与分析能力,无法对安全风险进行提前预判,管理效率低下。

4. 成本与安全投入失衡

受市场竞争压力影响,部分钻探企业为降低成本,刻意压缩安全投入,导致安全防护设施配备不足。例如,未为操作人员配备合格的防尘口罩、防噪声耳塞等防护用品;钻探场地未设置安全警示标识、防护围栏;设备维护保养经费不足,老旧设备“带病运行”现象普遍。这种“重效益、轻安全”的短视行为,不仅增加了安全事故的发生概率,一旦发生事故,还会造成更大的经济损失和人员伤亡。

三、地质钻探工艺技术的安全管控要点

1. 工艺设计优化与安全结合

钻探工艺设计属于保证作业安全的重要环节,同时也是提高生产效率的重要环节。施工前应根据地质资料和勘察成果,对钻进方法、钻具类型及参数进行合理选择。松散或者破碎地层中使用泥浆护壁回转钻进工艺,可以防止孔壁坍塌;硬岩或者深孔地层中采用金刚石绳索取芯或者定向钻进技术,可以保证取芯的完整性和钻孔的稳定性。同时,工艺设计要根据安全要求合理设置钻压、转速、泵量和泥浆密度,以达到最小化钻具磨损、减少孔内堵塞概率的目的。通过工艺参数优化不仅可以减少卡钻、埋钻等事故的发生,也可以提高钻进效率,保证工程质量。在工艺设计阶段还要建立科学的设计审

核机制。组织地质、钻探、安全专业人员从方案的合理性、安全性、可操作性三方面来综合评价,主要考察工艺的选择、参数的设定、井下作业防护措施。对于复杂地层,应该事先模拟钻进过程中会遇到的障碍,例如碎石堵孔、高压水层涌入、孔壁不稳定等,制定出相应的工艺调整方案,保证施工过程的安全和效率。

2. 规范施工操作

钻探施工阶段为安全风险高、技术要求高的环节。作业过程中要严格依照操作规程,把工艺技术作为核心支撑。一方面,钻进参数要随着地层岩性、水文条件和钻孔深度变化做动态调整。硬岩作业要适当降低转速和增大钻压,软土层或破碎地层作业时则要提高泵量、降低钻压,以保证泥浆护壁和排砂的效果。另一方面要加强泥浆性能的管理,定时检测泥浆密度、黏度、失水量,保证泥浆对孔壁的护壁作用以及钻屑排出功能的发挥。孔内事故处理要建立科学的流程。当出现卡钻、埋钻或者断钻具的情况时,不能盲目起拔钻具,而应根据地层情况、钻具状态、泥浆性能来制定科学的处理方案,必要时采用缓慢反转、增大泥浆流量或者更换钻具等方法,防止二次事故发生。利用实时监控系統采集钻进参数、井下环境信息,可以辅助操作人员快速识别潜在风险,采取有针对性的措施,有效降低作业风险。

3. 加强设备管理

钻探设备是作业的主体,其管理好坏直接影响安全和钻探效率。选用性能可靠、符合安全标准的现代化钻机 and 泥浆泵,优先配置过载保护和智能监控功能的设备。安装前应对作业场地进行平整、硬化处理,使钻机底座稳固;安装时严格按照操作规程操作,安装完毕空载试运行,检查设备运行是否正常。日常维护保养要联系设备运行状况和钻探工艺要求,定时查看卷扬系统、电气系统以及钻具磨损状况,及时修理或者更换有隐患的部件,保证设备长时间稳定运行。

4. 完善防护措施

野外钻探作业面对复杂多变的自然环境风险,要将安全防护和钻探技术控制结合起来。作业现场要配备完善的防护设施,包括排水沟渠、防滑坡挡墙和雷电防护装置等,同时还要配备安全帽、安全带、防尘口罩、防噪耳罩等个人防护用品,并且所有人员都要按规定使用。从技术上来讲可以采取湿法作业来控制粉尘,用隔音围挡减小噪声,改善钻机的布置和钻具操作流程来提高作业空间的安全性和工作效率。作业区域应建立动态监控及应急响应机制,对天气变化、地质异常、设备异常进

行实时监控,使操作人员能够得到预警信息,从而避免事故的发生。另外要建立常态化的职业健康管理制度,定期对操作人员进行体检和健康评估,将安全管控与人员健康管理结合起来。

四、强化地质钻探生产管理的有效路径

1. 优化钻探工艺与参数管理

钻探工艺设计是提高地质钻探作业效率和取芯质量的关键环节,合理性直接影响施工进度、钻孔稳定性以及作业安全。根据不同的地层条件选择科学的钻探方法,在松散、软土、破碎地层中可使用泥浆护壁回转钻进技术,合理控制钻压、泵量、钻速,可以有效防止孔壁坍塌、钻屑堵孔、钻具磨损过快;在坚硬岩石或深孔钻探时宜用金刚石绳索取芯钻进或者定向钻进技术,以保证取芯完整性,保持孔壁稳定,减少钻具断裂、卡钻的风险。钻进参数的优化管理属于工艺实施的重要环节,必须按照地层岩性、水文地质状况和钻孔深度来实施动态调节。具体有钻压、转速、泥浆泵流量、泥浆密度和黏度等参数的合理设置和实时监控。软土层可以适当提高泥浆流量、降低钻压来保证泥浆护壁的作用;硬岩层则需要控制钻速、增加钻压来提高破碎效率,配合高性能钻具和泥浆循环系统,降低钻具磨损。通过动态参数调整和持续监控,不仅可以明显提高钻进效率、取芯质量,还可以有效降低孔内事故的发生概率,达到安全生产双赢的目的。

2. 科学规划生产计划与资源配置

生产管理要以精细化的作业计划为前提。首先合理地进行钻具、泥浆、操作人员的配置,保证所用资源满足施工的要求,防止出现施工中断或者资源浪费的情况。第二,根据钻探工程难度、地层特性来制定阶段性施工方案,对深孔、复杂地层作业设置关键控制节点,实现钻进工序的动态衔接和连续推进。并且用施工进度仿真与工艺参数优化,在工程开始之前就能找出可能导致效率降低的瓶颈,从而保证工程的工期和质量。

3. 信息化与智能化管理应用

信息化管理是现代地质钻探生产管理的主要依靠。应建立钻探作业智能监控平台,用传感器和物联网技术对钻进压力、转速、泵量、钻具运行状态等进行实时采集。通过数据分析平台,对井下地层信息、钻进参数和设备状态进行实时监控和风险预测,实现预警和远程指导。同时建立数字化台账,将施工记录、设备维护、钻具寿命、泥浆管理等进行信息系统化的管理,实现作业过程可追溯,数据共享、生产决策效率大大提高。

4. 成本控制与绩效管理优化

地质钻探生产管理要保证施工安全、工程质量,还要在此基础上实现成本优化、资源高效利用。首先要根据钻探工艺技术特点和地层难度来科学地配置人力、设备和材料资源,合理安排作业班次和设备轮班,保证施工的连续性以及资源匹配度,降低钻具过度磨损、泥浆浪费和设备非计划停机所造成的成本损耗。改进施工工艺、调节参数来提高钻进速度和取芯质量,减少因为返工、事故处理而产生的额外费用。绩效管理要以作业效率、钻进质量、资源利用效率、工艺执行规范性等为考核指标,将钻探工艺改进、施工优化、安全管理成果纳入考核和激励机制,明确奖惩规则,调动操作人员和技术人员在日常作业中提高钻探效率、保证工程质量的积极性。另外,可以借助信息化手段,对作业进度、设备运行状况、物资耗费实施实时监控并加以分析,从而对施工成本结构展开科学评价,找出节约空间并及时对资源配置加以调整。科学的成本控制和绩效考核可以达到钻探作业安全、高效、经济效益三者同步提高的目的,给项目管理提供量化的依据以及改进的方向。

结束语

地质钻探工艺技术中的安全与生产管理,是一项系统性、长期性的工作,关乎作业人员生命安全、项目经济效益与行业可持续发展。面对复杂的地质环境与日益提升的钻探需求,必须正视当前管理中存在的问题,从工艺设计、施工操作、设备管理、人员培训等多个维度,构建全方位的安全管控体系。只有将安全理念贯穿于钻探作业的全过程,将管理措施落实到每一个环节,才能有效防范安全风险,推动地质钻探行业朝着安全、高效、绿色的方向迈进。

参考文献

- [1] 谢云空.地质钻探工艺技术与分析[J].科学与财富,2021,13(5):150.
- [2] 张亚军.地质钻探工艺技术中的安全与生产管理研究[J].冶金与材料,2023,43(4):24-26.
- [3] 李同玉,陈高鹏.地质工程钻探工艺技术的安全与生产管理探讨[J].模型世界,2023(29):156-158.
- [4] 赵志斌.地质钻探工艺技术中的安全与生产管理[J].内蒙古煤炭经济,2022(18):187-189.
- [5] 丛源鹏.地质钻探工艺技术中的安全与生产管理[J].中国金属通报,2022(24):136-138.