

# 钻井设备预防性维护对安全生产与经济效益的影响分析

高 峰 (中石化华北石油工程有限公司, 河南 南阳 473132)

**摘要:** 石油天然气资源是国家经济发展的命脉, 而在石油天然气勘探开发中, 钻井工程是关键环节, 技术密集, 投资巨大, 风险极高, 钻探作业能否顺利进行, 直接决定着钻探设备的运行状态。深入探讨通过降低设备突发故障率, 消除安全隐患, 为油气企业优化设备管理策略, 实现安全与效益双提升奠定基础, 从而在保障人员安全、防止环境污染、避免重大生产事故、预防维护带来的经济效益等方面发挥决定性作用。

**关键词:** 钻井设备; 预防性维护; 安全生产; 经济效益

中图分类号: TE28 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 031-0045-03

## Analysis of the Impact of Preventive Maintenance on Safety and Economic Efficiency in Drilling Equipment by

Gao Feng (Sinopec North China Petroleum Engineering Co., LTD., Nanyang Henan 473132, China)

**Abstract:** Oil and natural gas resources are the lifeblood of a country's economic development, and in the exploration and development of oil and natural gas, drilling engineering is a key link with intensive technology, huge investment, and extremely high risks. Whether drilling operations can proceed smoothly directly determines the operating status of drilling equipment. In depth exploration of reducing equipment failure rates, eliminating safety hazards, optimizing equipment management strategies for oil and gas enterprises, laying the foundation for achieving dual improvement of safety and efficiency, and playing a decisive role in ensuring personnel safety, preventing environmental pollution, avoiding major production accidents, and preventing economic benefits brought by maintenance.

**Keywords:** drilling equipment; preventive maintenance; safety production; economic efficiency

预防性维护作为一种具有前瞻性和计划性的设备管理模式, 随着工业技术的发展和安全管理理念的深化, 其重要性越来越突出, 它变被动维修为主动维护, 通过定期对设备进行检查、状态监测和预防性维护, 及时发现并消除故障发生前的潜在缺陷。企业降本增效、提升核心竞争力的关键途径, 不仅是保障钻井作业安全、实现本质安全化的必然要求, 更重要的科学的预防性检修, 因此, 有极其重要的理论价值和现实意义, 可以据此对钻井设备预防性检修对安全生产和经济效益的影响进行系统分析, 并构建有效检修体系。

### 1 钻井设备预防性维护对安全生产的影响

#### 1.1 降低设备故障引发的安全事故风险

①及时发现潜在故障隐患。预防性维护强调对设备进行定期检查和监测, 运用先进的检测技术和工具, 如振动监测、温度监测、无损检测等手段, 及时发现设备部件存在的故障隐患, 如磨损、老化、松动等, 防止设备部件损坏、老化、松动等隐患, 如钻井泵的不平衡运行可通过振动监测进行检测, 提前发现泵体内部零件的磨损情况, 避免钻井液因泵故障而中断供应, 造成卡钻等严重安全事故的发生。

②防止突发故障造成的人员伤亡和财产损失。一旦钻探设备发生突发性故障, 就会导致钻具坠落等情况发生, 对现场作业人员造成生命威胁、对设备及井

口设施造成破坏、财产损失巨大等严重后果, 如钻机升降机系统故障等, 在发生故障的时候就能处理好预防性维护, 把事故扼杀在摇篮里, 使因设备故障造成安全事故的几率大大降低, 保障了人员的生命安全和企业的财产安全<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 提高设备运行可靠性, 保障作业安全

①确保设备稳定运行。通过对钻探设备进行定期的维护和保养, 使设备各部件保持良好的工作状态, 减少设备运行过程中的不稳定因素, 包括清洁、润滑、紧固、调整等工作, 清洁工作可以将灰尘、油污、泥浆等杂物从设备表面及内部清除, 避免杂物磨损腐蚀设备, 确保设备良好的散热, 润滑是设备保养的关键环节, 在起到冷却、密封和防锈作用的同时, 还能通过定期添加和更换润滑剂来降低设备机件之间的摩擦阻力, 降低磨损速度, 提高机件的寿命。紧固工作则可防止因震动等原因造成设备部件松动, 避免设备运行不正常或因部件松动而发生故障, 调整工作主要是校准设备的间隙、压力、行程等参数, 以保证各系统在设备上的协同运转, 通过这些常态化检修工作, 为钻探作业安全进行提供了基础保障, 设备能始终保持在最佳作业状态, 作业稳定性明显提高。

②增强设备对复杂工况的适应能力。钻探作业面临着高温、高压、高腐蚀、高粉尘等各种复杂的地质

条件和恶劣的环境，对钻探设备的性能和寿命都会造成严重的影响，预防性保养能够针对设备的使用环境和工况特点，增强设备适应复杂工况的能力，对设备进行有针对性的保养和调整，在高温环境下，设备的散热性能是必不可少的预防性的保养会加强设备冷却系统的检查和保养，对冷却通道进行清理，对老化的冷却部件进行更换，以保证设备的散热效果，避免设备性能下降或因高温而出现故障。

在高压油气田钻探时，设备需要承受巨大的压力，而预防性维护会对设备的承压部位进行重点检查和检测，对存在安全隐患的部位及时发现并进行更换，以保证设备对高压工况的承受能力，经过这些针对性的维护措施，为钻探作业的顺利进行提供了强有力的支持，设备在恶劣环境下仍能更好地适应复杂工况，安全可靠地运行<sup>[2]</sup>。

### 1.3 符合安全法规和行业标准要求

①满足法规监管要求。企业必须保证其设备符合相关安全标准，石油行业受到严格的安全法规和监管要求，预防性维护可以使钻井设备始终保持良好的运行状态，满足安全设备、安全可靠性的要求，企业定期对设备进行维护检查，对于不符合法规要求的问题，能够及时发现并整改，避免因违反规定而面临处罚，保证企业正常运行。

②提升企业安全形象。在当今石油行业竞争日趋激烈的情况下，企业安全形象在核心竞争力中日益成为重要一环，钻探设备安全运行的措施的严格实施，对提升企业在行业中的安全形象有很大的帮助。良好的安全形象一方面可以增强员工对企业的信任感和归属感，而且当员工看到企业投入大量资源进行设备预防性维护以保障安全生产时，就可以感受到企业对员工的关爱，从而提升员工的工作热情和责任心，提高员工忠诚度，安全形象良好的同时，也能获得合作伙伴及顾客的信任，合作伙伴和客户往往把企业的安全管理水平作为在石油和天然气勘探开发中的一项重要考核指标<sup>[3]</sup>。一个安全管理规范、设备运行可靠的企业，更容易获得合作伙伴和客户的青睐，从而获得更多的合作机会，再加上良好的安全形象，为企业的长远发展奠定良好的基础，可以提升企业的社会声誉，树立负责任的社会形象。

## 2 推进钻井设备预防性维护体系建设的对策建议

### 2.1 管理层支持与文化建设

预防性维护系统的建设，包括先进检测设备的购置、员工培训的开展、完善管理机制的建立等，都需要管理层的重视和支持，需要投入大量的人力、物力和财力，管理层要将其纳入企业战略发展规划，制定

清晰的预防性维护目标和实施方案，充分认识预防性维护对企业安全生产和长远发展的重要性。加大资源投入，做好预防性养护工作，确保资金、设备、人员得到充分保障。在文化建设上，企业要培育以“预防为主、安全第一”的设备管理文化，通过宣传教育、培训等方式，提高全体员工对预防性维护的认识和重视程度，要让员工深刻认识到预防性维护不仅是维护人员的职责，更是每个员工的责任，树立“人人都是设备维护者”的理念，要让员工对预防性维护工作的认识，企业可建立健全安全激励机制，对在预防性维护工作中表现突出的个人和团队，通过开展安全知识竞赛、维护技能比武、表彰奖励等活动，营造良好的设备维护氛围，激发员工参与预防性维护工作的积极性和主动性，鼓励员工主动发现设备隐患并主动上报，形成全员参与、齐抓共管的良好局面。

### 2.2 加强状态监测技术与数据分析能力

钻井设备状态监测技术随着物联网、大数据、人工智能等新兴技术的发展而不断升级，企业要加大投入，引进智能化监控系统，实现实时监控钻井设备运行状态，加强资料分析队伍建设，培养一批专业人才，具备资料分析方面的能力。通过对历史监测数据，数据分析人员能够为制定预防检修方案提供科学依据，总结设备故障发生的规律和趋势，引入大数据分析和人工智能算法，建立设备故障预测模型，进一步提高预防性维护的针对性和有效性，实现对设备故障的准确预测。

### 2.3 制定科学合理的维护周期与标准

维修周期过长，会造成设备隐患无法及时发现和处理，增加设备故障风险，但维修周期过短，又会造成资源浪费，从而使维修费用增加，企业应结合设备生产厂家的建议和历史维修资料，根据钻井设备的种类、型号、使用年限、工况等因素制定个性化维修周期，对重点设备、易损部位，保养周期要适当缩短，监控检查力度要加大，而对运行状况稳定、故障率不高的，保养周期可适当延长。

在维护标准方面，企业应建立完善的维护作业标准体系，明确各项维护工作的内容、方法、技术要求和质量标准作业标准要具有可操作性和可考核性，确保维护人员能够按照标准作业，并根据设备的运行发展情况，定期评估修订维护周期和标准，根据设备的运行情况和技术发展，及时调整维护策略，确保维护周期和标准的科学性和合理性<sup>[4]</sup>。

## 3 钻井设备预防性维护对经济效益的影响

### 3.1 延长设备使用寿命，降低设备更换成本

①减缓设备老化和磨损。预防性维修通过对设备

进行经常性的维护和保养，使设备运行所需的润滑剂、冷却液等得到及时补充，设备各部件保持清洁，润滑状态良好，减少各部件之间的摩擦和磨损，延缓设备老化的速度。设备的老化、磨损是一个渐进的过程，如果不能及时进行维护，设备性能下降、故障频发，就会不断加快磨损、老化的速度，通过预防性的维修措施，有效地控制了设备各部件的磨损速度，显著地减缓了老化过程，使设备在较长时间内仍能保持性能优良。

②降低设备提前报废风险。设备长期得不到有效维护，故障频繁发生，不但生产进度会受到影响，而且设备的关键部件也会因此遭受重创，从而使设备失去修复价值，报废时间过早，而且通过预防性维修，使设备在设计寿命内能够正常运行，减少设备提前报废的风险，及时发现和修复设备故障，避免故障进一步扩大<sup>[5]</sup>。

比如一台设计寿命为8~10年的钻井泵，如果不进行预防性维修，由于故障严重，可能在5~6年就报废了，而钻井泵通过有效的预防性维修，也就是企业可以在设备上获得更长时间的使用价值，减少因设备过早报废而需要投入的新设备采购成本，同时，设备使用年限的延长也能使企业固定资产成本降低，降低设备折旧费用，增加企业经济效益。

### 3.2 减少设备故障停机时间，提高生产效率

①避免因故障导致的生产中断。钻井作业是一个环环相扣的过程，任何设备出现故障都有可能导致整个钻井系统瘫痪，而实施预防性检修，可使设备故障停机时间减少50%以上，使钻井作业连续性明显提高，确保按计划作业进度，为企业按期完成生产任务提供了保证。

②优化设备性能，提高生产效率。除了对设备进行故障排查和修复外，在预防性维护过程中，还可以通过技术升级、参数调整等手段，对设备进行性能优化、运行、运行质量提高等方面的工作，如升级调试钻探设备控制系统，采用先进的自动化控制技术，提高设备自动化程度和控制精度，减少人工操作失误，提高钻探作业效率等，使钻探设备的控制系统得到新的改进和完善。同时，自动化控制系统还能实现实时监控和调整设备运行参数，使设备始终处于最佳参数状态下运行，从而使设备生产效率进一步提高，经济效益不断提高，据统计，钻探设备的生产效率可通过预防性维护和性能优化提升10%~20%。

### 3.3 降低维修成本，节约费用

①减少紧急维修次数。当设备出现突发故障时，往往需要进行紧急维修，紧急维修不仅需要投入大量

的人力、物力，而且还可能需要从外部采购应急零部件，导致检修费用高昂，维修人员会因检修时间紧迫，无法对设备进行全面细致的检查和检修，容易导致故障的反复出现，从而导致后续检修费用的增加。预防性维护能对设备潜在的问题做到早处理，把故障消灭在萌芽状态，使应急保养的次数减少，预防性维护的费用相对较低，而且可以避免因故障停机造成的间接损失，据测算，预防性保养的成本只有应急保养成本的30%~50%，企业通过减少应急保养的次数就能明显减少保养费用<sup>[6]</sup>。

②合理安排维修计划，降低维修费用。预防性维护可根据设备运行状况及维护周期，企业可选择在生产淡季或设备运行间隙进行维修工作的合理规划，避免维修所需零部件、材料的集中采购成本，从而避免因维修而影响正常生产，此外，因为预防性维修可以延长设备使用寿命，企业总体上减少了维修费用支出，降低了设备更换费用。

## 4 结论

在安全生产和经济效益中，钻井设备的预防性维护起着不可忽视的重要作用，预防性维护通过减少设备故障造成的安全事故风险，提高设备运行可靠性，达到安全法规的要求，为钻井作业安全进行提供了强有力的保证。同时，预防性维护为企业带来了显著的经济效益提升，通过延长设备使用寿命，减少设备故障停机时间，降低维修费用，石油企业应充分认识到钻井设备预防性维护的重要性，制定科学合理的预防性维护计划，并严格执行，以实现安全生产与经济效益的双赢，促进企业的可持续发展。

## 参考文献：

- [1] 李希朝, 韩强. 基于可靠性的机械设备预防性维护策略研究 [J]. 塑料包装, 2025, 35(03):128-130.
- [2] 来有东. 现代工程机械设备的管理方法与维护保养路径 [J]. 装备制造技术, 2024(09):119-122.
- [3] 李平. 石油钻井机械设备故障预防与维护保养研究 [J]. 现代工程科技, 2025, 4(07):85-88.
- [4] 胡小波. 基于全生命周期的钻井顶驱设备变更管理实践研究 [J]. 中国设备工程, 2021(21):68-69.
- [5] 刘超. 新形势下钻井设备管理中设备预维护模式的构建 [J]. 清洗世界, 2022(04):177-179.
- [6] 蔡彤. 基于全生命周期设备管理的预测性维护技术研究 [J]. 智能制造, 2025(03):28-33.

## 作者简介：

高峰 (1986-)，男，汉族，湖北安陆人，本科，助理工程师，研究方向：石油钻井。