

绞车滚筒轴改进设计与经济效益分析

陈 力(中石化西南石油工程有限公司湖南钻井分公司, 湖南 长沙 410007)

摘要: 在下电泵作业时, 绞车离合器处有异响, 发现有故障, 对绞车滚筒拆解以后, 发现轴承已全部散架, 滚珠破碎, 轴承内圈儿破碎, 对故障原因进行了分析, 主要是轴承质量问题, 和轴承的装配问题, 还有存在客观的设计缺陷问题, 针对发现的问题进行了改进设计, 对轴承及油封进行了全部更换, 避免了事故的发生。通过这次绞车轴承故障的改进设计, 我们不仅对设备进行了有效的修复, 还总结出了重要的教训。首先, 轴承的质量控制是关键, 需要选择高标准的供应商, 并在装配时严格按照规定操作, 确保每个环节都达到设计要求。其次, 设计上的缺陷应及时反馈给制造商, 推动其改进设计, 从根本上减少潜在的故障隐患。此外, 建立和完善预防性维护机制也是至关重要的, 它能够帮助我们提前发现问题, 避免小故障演变成大问题。通过这些改进设计, 我们能有效降低维护成本, 提升设备的可靠性, 最终实现经济效益的最大化。长远来看, 定期的检修和合理的设备升级也是确保生产安全和效率的关键所在。

关键词: 绞车; 滚筒; 故障; 经济效益; 效益分析

在石油开采过程中, 下电泵作业是常见的作业形式之一。绞车作为下电泵作业中的关键设备, 其正常运行直接关系到作业的效率和安全性。绞车滚筒轴作为绞车的重要组成部分, 其工作状态对整个设备的运转至关重要。然而, 在实际操作中, 绞车滚筒轴常常出现故障, 影响了作业的顺利进行。为此, 深入分析绞车滚筒轴故障的原因并提出有效的改进设计显得尤为重要。

1 绞车滚筒轴概述

1.1 绞车滚筒轴的结构与功能

1.1.1 绞车的基本构造

绞车是用于提升和放下电泵的设备, 其主要由电动机、减速机、滚筒轴、卷筒、制动系统等部分组成。滚筒轴作为绞车的核心部件之一, 其主要功能是支撑卷筒并传递扭矩。

1.1.2 滚筒轴的工作原理

在绞车运作过程中, 滚筒轴通过减速机将电动机的转矩传递给卷筒, 使卷筒旋转, 从而提升或放下电泵。滚筒轴必须承受来自卷筒的扭矩和轴向载荷, 因此其设计和制造质量对绞车的运行至关重要。

1.2 绞车滚筒轴常见故障及其原因分析

滚筒轴的振动问题原因分析, 不平衡负荷: 滚筒轴在工作时, 如果负荷分布不均或负荷中心偏移, 会导致滚筒轴产生振动。轴承磨损: 轴承的磨损和老化会导致滚筒轴运行不稳定, 产生振动。安装误差: 在安装过程中, 如果滚筒轴的对中精度不够或固定不牢, 会引发振动问题。结构缺陷: 滚筒轴自身的结构设计

存在缺陷, 如刚度不足或结构不合理, 可能会导致振动。

改进设计, 负荷均衡: 通过调整负荷分布和校准设备, 确保负荷均匀分布, 减少因不平衡造成的振动。轴承检查与更换: 定期检查轴承的状态, 及时更换磨损或损坏的轴承, 确保滚筒轴的平稳运行。精确安装: 严格按照设备制造商的安装规范进行滚筒轴的安装, 确保其对中和固定的精度。结构优化: 对滚筒轴的结构进行优化设计, 提高其刚度和稳定性, 以减少振动现象。滚筒轴的腐蚀问题, 原因分析, 环境因素: 暴露在潮湿、腐蚀性气体或化学品中, 可能导致滚筒轴的腐蚀。材料选择不当: 使用不适合环境条件的材料, 会使滚筒轴更容易腐蚀。润滑不足: 润滑油不仅需要减少磨损, 也要防止湿气和腐蚀物质的侵入。

改进设计, 防护涂层: 对滚筒轴进行防护涂层处理, 增加抗腐蚀能力。选择合适材料: 根据工作环境的要求选择适合的材料, 如耐腐蚀材料。加强润滑: 确保润滑系统的正常运转, 并定期检查以防止腐蚀物质的侵入。环境控制: 改善操作环境, 减少对滚筒轴的腐蚀因素, 如使用防潮设备或控制化学品的使用。滚筒轴的噪音问题, 原因分析, 轴承噪音: 轴承磨损或润滑不良会导致噪音增大。结构共振: 滚筒轴及其附属结构的共振频率与运行频率相近, 会产生噪音。零件松动: 滚筒轴上的零件或固定件如果松动, 会导致运行时产生异响。

改进设计, 轴承维护: 定期检查和更换磨损的轴承, 保持润滑良好, 减少噪音。结构优化: 对结构进行改进, 避免共振现象的发生, 减少噪音。紧固检查:

定期检查所有相关零件和固定件，确保其紧固状态良好，减少由于松动引发的噪音。滚筒轴的振动与噪音排查方法，方法概述，振动分析：使用振动分析仪器测量滚筒轴的振动幅度和频率，通过数据分析找出异常振动的原因。噪音测试：采用噪音测试设备进行噪音水平的检测，识别噪音源，并评估其对设备性能的影响。综合检查：对滚筒轴及其相关系统进行全面检查，包括安装状态、轴承状况、负荷分布等，以发现潜在问题。具体步骤，数据采集：使用专业设备采集振动和噪音数据，记录正常运行条件下的基准数据和异常状态下的数据。数据分析：通过对对比基准数据与异常数据，利用频谱分析等方法识别异常的振动或噪音源。故障排查：根据分析结果，对发现的问题进行详细排查，如检查轴承、负荷、润滑情况等，找出并解决问题的根源。

未来发展趋势，智能监测：引入先进的传感器和数据分析技术，实现对滚筒轴状态的实时监控和预测性维护。新材料应用：开发和应用高性能耐磨、耐腐蚀材料，提升滚筒轴的使用寿命和可靠性。自动化修复：研究自动化修复技术，如自修复材料和自动调整装置，以减少设备维护的复杂性和成本。优化设计：不断优化滚筒轴及其相关系统的设计，提高其性能和稳定性。提升制造工艺：引入更精细的制造工艺和质量控制措施，确保滚筒轴的生产质量。增强培训：加强对操作和维护人员的培训，提升其对滚筒轴维护和故障处理的能力。

通过以上分析与改进措施，可以有效应对滚筒轴常见问题，延长其使用寿命，并提高设备的整体运行效率。未来的技术进步和不断优化的设计将为滚筒轴的可靠性和性能提供更强有力的支持。

1.3 绞车滚筒轴故障的预防措施

定期保养与检修，确立定期检修及保养制度，涵盖对绞车每个部件的检查、清理与润滑，迅速发现和处理潜在问题。安全操作规程，编制详细操作规范，确保操作者按规程操作，避免因操作不当引发设备故障。培训与教育，定期对操作员进行培训与教育，提高其对绞车设备及故障处理的理解，保证设备正常运行。监控与反馈，安装实时监控系统，追踪绞车运行状态，并建立故障反馈机制，迅速处理检测到的问题。

2 案例分析

2.1 故障经过

2019年2月3日，上午8点左右，在下电泵作业

时，听到绞车离合器处有异响，进行了检查，发现离合器有轻微框动现象，离合器充气抱死后能与滚筒轴一起正常旋转。

解体时滚筒轴链轮右轮辐（即链轮轴承盒）轴承压盖只有1颗螺栓连接。



轴承压盖只剩1颗螺栓



轴承压盖拆开后

拆掉轴承压盖后，发现链轮轴承已全部散架、滚珠破碎、轴承内圈即隔套破碎、轴承外圈有损坏，仍嵌在链轮右轮辐上，链轮右轮辐与滚筒支撑轴承之间间隙也塞满轴承碎片。取掉链轮右轮辐后发现滚筒主轴安装链轮轴承处磨损严重、链轮右轮辐轴承挡边被挤坏，拆掉滚筒轴承端盖后发现滚筒支撑轴承内也塞满了轴承碎片。

另外，捞砂滚筒链轮经检查也出现5mm左右轴向串动，角箱-捞砂链轮链条、捞砂链轮-绞车链轮链条未出现明显损伤。

考虑到滚筒主轴已经磨损，仅更换轴承等配件无法保证安装质量，我项目决定更换滚筒轴总成、更换捞砂滚筒链轮轴承2付。

2.2 现场拆卸情况分析（如下图所示）

轴承外轨道及滚筒主轴均未发现有发蓝、发黑等承受高温的迹象，可以排除轴承缺油烧死的情况，



链轮轴承及轴承压盖



滚筒主轴

2.3 绞车大修情况分析

绞车主滚筒及捞砂滚筒两侧轴承均拔光，主轴探伤检测

绞车换件情况：滚筒体 1 件，刹车盘 2 件、离合器动/静摩擦盘/弹簧/气囊 1 套、滚筒主支撑轴承 2 件、链轮轴承 2 件、油封 3 件

2.3.1 轴承质量问题

根据拆解的轴承轨道上“LYC”字样，可以查得轴承厂家是洛阳轴承厂，轴承型号 6228E，能承受载荷： C_r （额定动载荷）=179KN， C_{or} （额定静载荷）=167KN，轴承型式为深沟球轴承，使用钢板冲压波浪形保持架。

离合器链轮轴承在旋转时不带负荷，离合气囊充气后，压缩摩擦片，离合器抱死滚筒轴，此时链轮与滚筒主轴同时旋转，链轮轴承仅在离合时受冲击力及旋转时的径向压力。滚珠靠波浪形保持架 + 铆钉固定位置，当轴承质量存在问题时，在承受较大冲击及径向压力等情况时，可能出现滚珠挤压扩大游隙 / 铆钉松脱，进而轴承散架的情况。建议采用保持架为铜架以及能承受较大径向力的轴承，

2.3.2 装配问题

由于链轮右辐轮（轴承盒）及轴承损坏严重，现场无法复原装配情况，只能推测可能存在装配问题。

根据拆解时检查，发现绞车滚筒支撑处主墙板有向泥浆罐鼓突的情况，测量后约有 2mm 左右变形量。绞车恢复安装完成后测量绞车滚筒离合器链轮与捞砂滚筒离合器链轮共面度时，大约有 2mm 左右偏移量。由于链条有一定的调节偏移量作用，2mm 共面度偏移量，修井机施工时负荷也不大，理论上不会在短时间内对链轮运转造成大的影响，但也不排除有一定影响。

2.3.3 客观的设计缺陷问题

绞车离合器护罩为全封闭式，日常巡检及检修都不方便，必须把护罩拆卸掉才能看到里面的离合器。如果在轴承间隙变大的损坏前期，链轮发生轻微振动的时候，不会有明显的响声，加上护罩隔音、看不到离合器运转情况，现场机修人员很难及时注意到问题的发生。而在轴承发生损坏、链轮开始大幅度振动后，在短时间内，就能造成严重损坏。主车护罩开口超后

3 经济效益分析

3.1 维修成本分析

通过对绞车滚筒轴故障改进设计的实施，可以有效降低维修成本。定期的预防性维护可以减少故障发生的频率，从而降低紧急维修的次数和费用。与大规模故障修复相比，定期维护的成本通常较低。故障修复时，选择合适的材料和技术，能够减少后续维护的频率，进一步降低总成本。

3.2 设备可靠性分析

优化故障改进设计能够显著提高设备的可靠性。通过定期检查和维护，能够及时发现并解决问题，避免因设备故障导致的作业停滞。此外，高质量的修复措施可以延长设备的使用寿命，提高整体作业效率。

3.3 总体经济效益分析

总体来看，优化绞车滚筒轴的故障改进设计能够带来显著的经济效益。通过减少故障发生的频率和修复成本，提高设备的可靠性，从而降低整体作业成本。长期来看，这些措施不仅有助于提高作业效率，还能够提升设备的投资回报率。

4 结论

绞车滚筒轴在下电泵作业中的重要性不容忽视，其故障改进设计对于保证作业的顺利进行和降低经济损失具有重要作用。通过实施预防性维护和科学的故障修复措施，可以显著提高设备的可靠性，减少维修成本，并实现显著的经济效益。未来的研究可以进一步探讨更多优化措施，以进一步提升绞车滚筒轴的运行性能和经济效益。

参考文献：

- [1] 李国江. 绞车滚筒轴故障分析与处理 [M]. 北京：石油工程出版社, 2021.
- [2] 董志贤. 下电泵作业设备维护管理 [M]. 北京：矿业出版社, 2020.
- [3] 李燮理. 设备故障预防与修复技术 [M]. 北京：机械工业出版社, 2022.