

油库机泵类设备智能监测与健康管理技术探索应用

乔 梁 王 琪 赵俊宇

(中国石油天然气股份有限公司东北销售分公司, 辽宁 沈阳 110000)

摘要: 为推动油气存储设施管理由自动化、信息化, 向智能化转型, 实现油库机泵类设备全生命周期智能化管理, 文章从国内成品油库机泵类设备管理现状出发, 提出油库机泵分类分级监测管理原则, 运用在线采集技术对比分析设备运转信息, 建立油库机泵类设备监测预警与健康评价体系。希望能够为石油石化行业设备全生命周期管理发展提供一些理论上的建议和技术上的支持。

关键词: 油库; 机泵类设备; 在线监测; 健康评价

目前行业内油库机泵类设备平均使用年限较长, 建设标准及工艺流程不统一, 常规的现场监护手段不足以在第一时间发现设备运行的问题, 在油库生产运行监管上存在安全隐患。本文以某油库机泵类设备智能监测与健康管理技术探索应用为例, 通过对机泵进行分类分级监测管理、运行数据实时在线采集、健康状态智能评价等, 实现了机泵数据智能分析预警、火灾自动感应联动、介质泄漏远程监测、作业区域跨界防范等功能, 实现机泵类设备无人值守作业。

1 油库机泵分类分级监测管理原则

目前油库机泵主要包括: 工艺机泵、消防机泵、油气回收机泵、含油污水处理机泵、给排水机泵等五大类。按照机泵的重要程度、使用频次, 将机泵分类重点监测和日常监测两个级别。通过对机泵进行分类分级监测, 在有效降低建设成本的基础上, 实现对全部机泵的远程监管。

1.1 油库重点监测机泵

对使用频次高、连续运行时间长、功率高能耗大、需要人员长期值守的机泵, 增加振动、温度、电流、电压实时采集功能, 实现对机泵运行生命轨迹的在线监测、智能分析。如: 装船、常用倒罐泵、公路一对多式付油泵、铁路常用装卸离心泵、油气回收机泵等。

1.2 油库日常监测机泵

对使用频次低、连续运行时间短、功率高能耗小、已具备完善监管手段的机泵, 增加启停泵信号监测, 实现对相关设备运行时长及定期试运行记录进行远程监管。如: 公路付油岛单体发油泵、非常用倒罐泵、铁路非常用装卸泵、消防机泵、含油污水处理机泵等。

2 油库机泵运转信息在线采集分析技术

2.1 LORA-IOT

LoRa 是一种低功耗局域网无线标准, 其目的是为

了解决传统无线传输功耗大、信号覆盖不全、距离短的问题。LoRa 技术实现了在同样条件下, 低功耗和远距离传输兼顾的成果^[1], 其工作原理在于通过线性频率调制产生信号, 每个数据包的载波频率伴随时间线性变化, 这种调制方式允许信号在强干扰环境下, 保持良好的穿透力与抗多径衰落能力, 从而实现远距离传输。

2.2 NB-IOT

NB-IoT 是 IoT 领域一个新兴的技术, 支持低功耗设备在广域网的蜂窝数据连接。NB-IoT 支持待机时间长、对网络连接要求较高设备的高效连接^[2]。NB-IoT 采用了窄带调制方案, 将带宽限制在 180kHz 以内, 相比于传统的宽带通信技术, NB-IoT 在传输数据时所需的功耗更低。

3 油库机泵类设备监测预警

某油库机泵状态监测主要由电动离心泵、变频器、压力变送器、无线温振传感器、过程控制系统组成。机泵的启停由过程控制系统 PLC 完成, 变频器通过采集管线压力值自动调节机泵转速控制流量。

3.1 油库机泵电流电压状态监测

3.1.1 故障原因分析

一是电气故障, 外部电压不稳定、频率发生变化、缺相等; 二是自身故障, 定子绕组线圈老化绝缘受损、电动机转子轴承损坏、散热风扇损坏等; 三是外部故障, 被驱动设备或传动机构机械故障。

3.1.2 判定规则

结合三相异步电动机特性, 通过采机泵电动机运行时的电压、电流、转速等数据进行电特征分析, 当电路中电压正常, 电流出现异常时, 可以判断可能存在一个机械问题引起的故障; 当电路中电压和电流同时出现异常时, 可以判断可能出现一个供电问题。

3.1.3 电压判定及连锁保护

某油库机泵的运行电压为380VAC，根据GB12325-2008《电能质量 供电电压偏差》，20kV及以下三相供电电压偏差为标称电压的 $\pm 7\%$ ，即353~406V，装船泵电动机变频器工作电压 $380 \pm 15\%$ 。因此当装船泵电动机工作电压在 $380V \pm 7\%$ 工作时为正常，当电动机工作电压超过 $380V \pm 7\%$ 时进行报警提醒，当电动机工作电压超过 $380V \pm 10\%$ 进行连锁停机。缺相保护，当三相电任一相电源电压异常时，进行连锁停机。

3.1.4 电流判定及连锁保护

某油库机泵的额定工作电流为：102.7A。一是堵转保护，用于保护电动机运行中堵转工况，采用定时限，电流动作定值取1.3~2.0倍电动机额定电流，动作时间按躲过电动机启动时间整定，触发后进行连锁停机；二是过负荷保护，用于保护电动机过载工况，电流动作定值按躲过电动机额定电流计算，动作时间按躲过启动时间整定，触发后进行连锁停机；三是空转/低负载保护：用于保护泵空转工况，电流动作定值按空载电流计算，同时结合转速判定，触发后进行连锁停机。

3.2 油库机泵振动状态监测

某油库机泵的轴承是支撑和稳定转子（叶轮轴）的关键部件，当叶轮磨损、叶轮轴弯曲变形都会影响轴承稳定性，导致泵产生异常振动。因此我们通过检测泵的振动来直接判断泵的运行状态，并根据GBT-29531-2013《泵的振动测量与评价方法》确定传感器参数及安装位置。一是测量频率范围：10Hz~1000Hz，可以充分覆盖泵的频谱；二是明确测量值，包括：振动位移、振动速度、振动加速度等；三是测点确定，泵非旋转件的振动测量应在泵的轴承箱（轴承座）或靠近轴承处进行，测点应选在振动能量向弹性基础或系统其他部件进行传递的部位。

测量参数选择：振动位移、振动速度、振动加速度能分别清晰地反映不同频率范围内的振动强度。当频率低时，表明单位时间内振动的次数少和过程时间长，振动速度小，振动加速度更小，而振动位移相对较大；振动强度稍有变化时，速度、加速度的变化因原来数值低会很不明显，只有振动位移能够清晰地反映振动强度的变化。因此，可以认为：在低频范围内，振动强度与位移成正比；在中频范围内，振动强度与速度成正比；在高频范围内，振动强度与加速度成正

比。也可以认为，振动位移反映了振动间隙的大小，振动速度反映了振动能量的大小，振动加速度反映了振动冲击力的大小。

机泵振动类别选择：根据《GBT-29531-2013 泵的振动测量与评价方法》确认泵的类别，某油库装船泵额定转速为1450r/min，中心高度约300mm，因此确认某油库装船泵为第二类机泵。该方法将泵的振动级别分为四级，即A、B、C、D；其中D为不合格。因此我们可以确认该泵的振动值低于4.5mm时均为合格。

3.3 油库机泵温度状态监测

依据《GB/T 3215-2019 石油、石化和天然气工业用离心泵》，在环境温度43℃下工作时，稳定的轴承箱温度不应超过82℃；《JB/T5294-91 大型立式单级单吸离心泵技术条件》轴承温升不得超过环境温度40℃，最高温度不得超过80℃。监测轴承温度，主要目的是防止轴承因为磨损、断裂等故障或缺润滑油或润滑油污染等故障导致轴承过热出现抱轴事故。温度监测基于SKF滚动轴承运行不同状态温度变化的统计来制定的70和80摄氏度两个限值。

3.4 油库机泵视频监控联动

监控图像嵌入泵棚监控界面，调度人员在泵棚监测界面即可直观了解泵棚实时情况。当泵阀异常、可燃报警出现泄漏点时。系统自动调整摄像头至报警预设位进行报警点监测。

3.5 油库机泵可燃气体报警联动

当泵棚内管线出现泄漏时，现场可燃探测器发出声光报警，同时可燃控制器驱动中控室声光报警器报警。

3.6 油库机泵火灾报警消防手报

泵棚设置火灾手报按钮，火灾手报按钮状态集成至泵棚监控画面，出现紧急情况时，巡检人员及时按下火灾报警按钮，联动视频调转画面，调度人员即可在控制室直观清晰的了解现场情况，通过消防广播，引导现场人员处理。

3.7 油库机泵阀门状态监测

利用过程控制系统对阀的状态进行采集，再通过网络传输给泵棚监测界面进行显示。可监测到泵棚内电动阀门的开关状态、故障状态等。系统自动记录报警信息并存储，工作人员可根据需要进行信息查询和打印。

3.8 油库机泵压力状态监测联动

实现泵棚管线压力的实时监测，通过柱状图、历

时趋势图, 实现压力点的比对、分析。设置分级报警, 达到允许值的最高限后, 联动停泵关阀, 保证安全。采集泵棚管线压力, 通过变频器控制泵转速实现管线流量及压力控制。

4 油库机泵类设备健康评价体系

依据《ISO2372 转动设备振动烈度评定标准》, 将某油库的机泵类设备的温度、振动、电流、电压、运行时长、报警数量、停机次数等数据进行智能分析, 建立了机泵类设备健康评价体系。

4.1 油库转动设备振动报警值标准 (如表 1 所示)

表 1

序号	分 类	报警值 mm/s	停机值 mm/s
1	一类: 功率 < 15KW 小型设备	1.8	4.5
2	二类: 15KW ≤ 功率 ≤ 75KW 的具有专用基础设备, 和 300KW 以下专用刚性基础设备。	2.8	7.1
3	三类: 功率 ≥ 300KW 的刚性基础的大型设备	4.5	11.2
4	四类: 功率 ≥ 300KW 的挠性基础的大型设备	7.1	18

4.2 油库转动设备振动烈度评定标准 (如表 2 所示)

表 2

振动烈度范围 (mm/s)	振动烈度评定等级			
	1类设备	2类设备	3类设备	4类设备
0.28				
0.45	优良			
0.71		优良		
1.12			优良	
1.8	合格			
2.8		合格		
4.5			合格	
7.1				合格
11.2				
18				
28				
45				

4.3 油库机泵类设备健康评价体系 (如表 3、4 所示)

表 4

区域	状态	分值	描述
A 区	健康	分值 ≥ 90	设备非常健康
B 区	良好	70 ≤ 分值 < 90	设备健康, 可长期在该状态下运行
C 区	预警	60 ≤ 分值 < 70	不可长期以该状态运行
D 区	停机	< 60	建议停机维修

通过对机泵运行信息及报警数据的在线采集、智能分析, 构建的机泵健康状态智能评价体系可以帮助管理人员直观的了解机泵类设备的健康状态, 采取合理的方式对相关设备开展预防性维护, 有效提高设备完好水平, 降低运行风险。

5 结语

本文提出油库机泵分类分级监测管理原则, 根据各类机泵设备自身特点, 量身定制了在线监测标准和原则, 在保障经济适用的前提下, 有效实现设备运行状态的全面监测。文章将油库机泵类监测预警信息与安防、工艺、消防、自控等系统进行连锁联动, 构建了机泵类设备“触觉神经网络”, 当相关设备运行异常时, 系统将超前预警、及时干预, 确保油库安全、平稳、受控运行。通过建立油库机泵健康评价体系, 实现了对相关设备的实时健康体检, 让管理者能够时刻了解相关设备的健康状态, 能够采取科学合理的维护手段, 做到“该修必修不失修、修必修好不过修”。

参考文献:

- [1] 张一晨, 刘瑞, 范子涛, 等. 物联网技术在电力系统中的应用探讨 [J]. 通讯世界, 2020, 27(01):220-221.
- [2] 高宏宇. 基于 NB-IOT 的云平台无线数据监控系统设计 [J]. 河北软件职业技术学院学报, 2019, 21(01):10-13.

作者简介:

乔梁 (1976-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向: 安全环保与石油化工管理。
王琪 (1977-), 女, 硕士研究生, 副高级经济师, 研究方向: 油库和工程项目管理。
赵俊宇 (1989-), 男, 硕士研究生, 经济师, 研究方向: 油库及设备管理。

表 3

分值维度	说明	数据范围		报警	状态	健康扣分值
时长	维修时长 (小时)	0	2500	运行 2000 小时预警		40
振动	振动值 (mm/s)	0	0.71		优良	0
		0.71	1.8		合格	0
		1.8	4.5	报警值 1.8mm/s	不合格或监控运行	10
		4.5		停机值 4.5mm/s	故障状态	40
报警数量	每个报警, 对应 1 分					10