

螺杆真空泵反复跳闸停机问题的优化处理分析

王月宁 丁相峰 闫成

(克拉玛依石化公司检维修中心钳工车间 新疆 克拉玛依 834003)

摘要: 西部某炼化公司污水处理车间 VOC 装置的螺杆真空泵在运行过程中出现了机体温度升高、频繁跳闸停机的现象, 装置的正常运行受阻。通过对真空泵的运行数据、拆检情况进行分析发现, 真空泵反复跳闸停机是由于真空泵冷却系统的冷却能力不够, 以及阴阳转子装配间隙偏小, 不能及时带走足够多的热量, 转子形变大, 运行间隙变小造成的。本文通过对真空泵反复跳闸停机的原因进行深入分析, 并采取相关措施解决了真空泵反复跳闸的问题, 实现了真空泵平稳、长周期运行。

关键词: 干式螺杆真空泵; 跳闸; 阴阳转子; 间隙; 冷却系统

0 引言

干式螺杆真空泵具有环保节能、稳定性高、泵腔内无油、结构简单、维护方便等优点, 是真空获得设备中重要的一类, 广泛应用于半导体、化工、药品等工业制造领域。西部某炼化公司污水处理车间 VOC 装置由于生产需要, 选用某知名专业公司制造的干式螺杆真空泵, 核心部件是与电机相连的主动转子与从动转子, 又叫阳转子与阴转子。螺杆真空泵在运行过程中会产生很多热量, 致使阴阳转子温度急剧升高, 若真空泵的冷却系统冷却能力不足或转子装配间隙偏小会导致真空泵触发过载保护, 反复跳闸停机, 不能正常工作。因此, 优化处理螺杆真空泵的冷却系统以及转子装配间隙对解决真空泵反复跳闸停机问题至关重要。

1 真空泵故障描述

西部某炼化公司污水处理车间 VOC 装置的 3 台螺杆真空泵 K-102/A、K-102/B、K-102/C 于 2020 年 12 月底投产运行, 投运期间, 3 台螺杆真空泵都存在反复跳闸停机的问题。每台真空泵在运行 1 个小时左右就会跳闸停机。针对这个问题, 维修钳工配合厂家对 3 台真空泵的前后端轴承进行了拆卸检查, 并未发现问题。进入 2021 年 4 月以后, 3 台真空泵的运行情况开始恶化, 跳闸停机变得更加频繁, 严重影响了装置的平稳运行。2021 年 4 月 22 日, 螺杆真空泵 K-102/B 再次跳闸停机, 并且盘不动车。钳工在对螺杆真空泵 K-102/B 解体大修的过程中发现阴阳转子有磨损、粘连的现象, 具体表现为阴转子有磨损、刮蹭; 阳转子有粘连、高温变色和保护层被破坏等情况, 详情如图 1 所示。由此

判断, 3 台螺杆真空泵反复跳闸停机的原因基本可以判定为阴阳转子运行间隙不足, 从而导致的电机过载保护, 具体表现为真空泵反复跳闸停机, 但是对于是什么因素引起的转子运行间隙不足, 需要进一步地分析、论证。

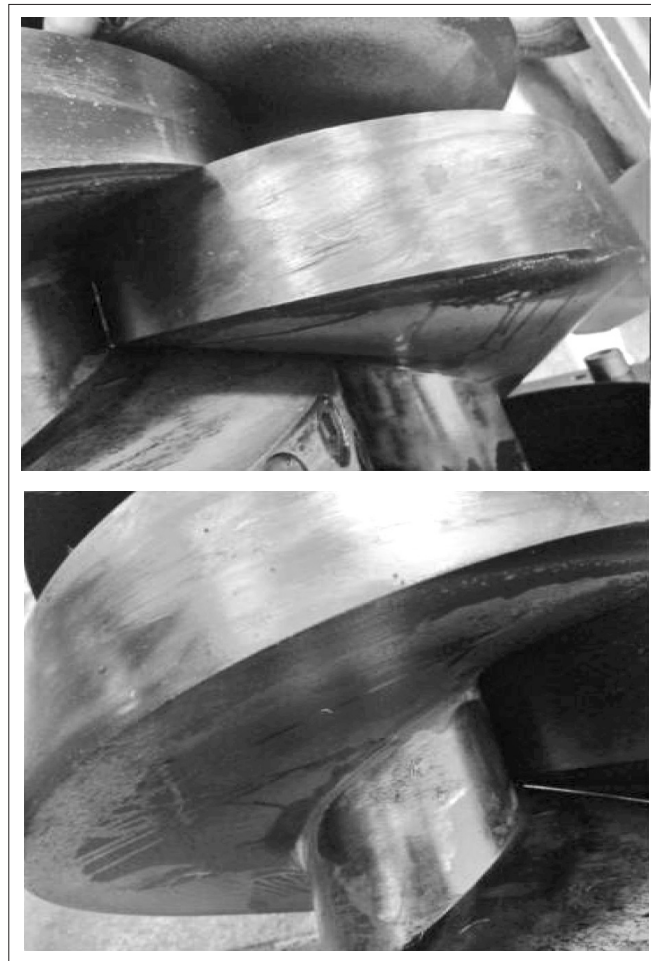


图 1 阴阳转子磨损、粘连情况的整体与局部图示

2 真空泵故障表象分析

维修人员对西部某炼化公司污水处理车间的 3 台螺杆真空泵的运行数据以及拆检 K-102/B 的具体情况进行分析,得出如下结论。

2.1 真空泵冷却系统冷却能力不足

真空泵跳闸后,经过自然冷却又可以正常运行,说明真空泵在运行过程中升温膨胀导致了阴阳转子间的运行间隙变小,导致电机过载保护,真空泵跳闸。真空泵跳闸后,经过自然冷却后阴阳转子的间隙又恢复到原来的装配间隙,真空泵又可以运行 1h 左右。真空泵冷却能力不足导致的冷热交替造成阴阳转子运行间隙的热胀冷缩,从而造成真空泵反复跳闸停机的表象。

2.2 环境温度对真空泵的运行有影响

冬天环境温度低,真空泵运行状况相对较好,春天环境温度升高,真空泵运行状况恶化。真空泵的运行稳定性与环境温度变化负相关。

2.3 真空泵的装配间隙可能偏小

拆检发现靠近排气端部分的阴阳转子有运行间隙偏小造成的磨损、粘连、保护层被破坏的情况。运行间隙偏小可能是装配间隙偏小造成的。

综上所述,真空泵的冷却系统冷却能力不足、环境温度变化的影响、装配间隙偏小是造成真空泵反复跳闸停机的主要原因。只要妥善、合理地提高真空泵冷却系统的冷却能力,优化真空泵的装配间隙就能避免真空泵反复跳闸停机的问題,避免生产波动。

3 真空泵反复跳闸停机原因分析

由于环境温度变化不可控,以下分析将针对真空泵的冷却系统和真空泵转子装配间隙进行分析和论证。

3.1 真空泵的冷却结构设计不合理

螺杆真空泵的冷却结构有 3 种:泵腔内冷却、轴心冷却、泵腔冷却与轴心冷却结合。工业水的 3 台真空泵采用的是泵腔内冷却。泵腔内冷却结构本身对阴阳转子轴心部分的冷却相对较差,一旦装配间隙偏小,很容易造成阴阳转子卡死现象。因此,真空泵的冷却结构设计不合理是造成真空泵反复跳闸停机的原因之一。

3.2 真空泵冷却液选用不合理

工业水的真空泵使用富油作为冷却液。富油是从气体吸收塔底抽出的富含烃质组分的吸收液。富油本身有气化现象,自身温度高,并且富油的比热容又相对较小,在同等质量下,富油作为冷却液带走的热量比较少,冷却效果不好。这也是造成真空泵反复跳闸停机的原因之一。

3.3 真空泵的装配间隙偏小

干式螺杆真空泵主要存在三处间隙:转子端面间隙,如图 2 中 D 所示位置;齿顶间隙,如图 2 中 C 所示位置;转子啮合间隙,如图 2 中 A、B、E 所示。

螺杆真空泵工作过程分为 3 个阶段:吸气阶段、运输阶段、排气阶段。在实际运行过程中,吸气阶段与运输阶段产生热量极少,但是在排气阶段,工作腔与大气连通的一瞬间,外界环境气体冲入排气端会产生大量的热,随着转子不停地周期性运行,产生的热量不断聚集并传递给泵体与转子,从而造成阴阳转子受热膨胀,发生形变,最终导致转子的装配间隙与实际运行的间隙差别较大;若设计装配间隙偏小,就不足以补偿转子运行过程中产生的热形变量,从而发生真空泵转子磨损、刮蹭、卡死现象。对真空泵 K-102/B 拆检后发现,转子的损伤情况见上文分析,具体详见图 1。

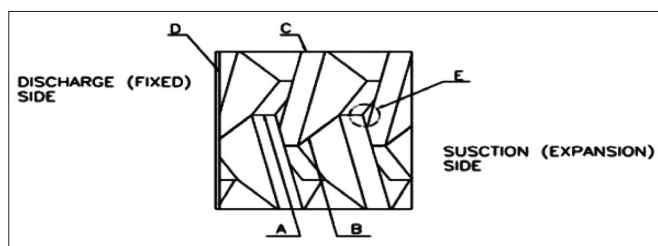


图 2 真空泵螺杆间隙位置图示

4 真空泵反复跳闸停机的解决方案

4.1 优化机泵冷却系统的冷却能力

4.1.1 在无法改变真空泵冷却结构的基础上,对冷却系统其他部分进行优化设计

该真空泵冷却系统原设计为采用富油泵外送的富油分出一部分,进真空泵的冷却空腔,进而对真空泵本体以及转子进行冷却,实现介质的循环使用,提质增效。从目前运行情况来看,该冷却系统冷却效果很不好,基本起不到冷却作用。此设计路径较长,环境温度的变化对冷却液的温度影响较大。优化后的设计路径变短,减少环境温度对冷却液温度的影响,优化后的路径如图 3 所示。另外,在此基础上可以通过适当提高冷却液的流速来改善真空泵的冷却能力。

4.1.2 对冷却液进行适当的优化,选择合适的冷却液

冷却液选用循环水代替富油。水比富油的稳定性更好,水的比热容比富油大,工业水循环水上水温度比较稳定,一般不会超过 30℃,而在原设计里富油进入泵体冷却腔前的温度已经升高到 45℃ 以上,考虑到夏季环境温度会更高,届时富油温度会进一步升高,以富油为冷却液的冷却系统冷却能力会进一步下降。相

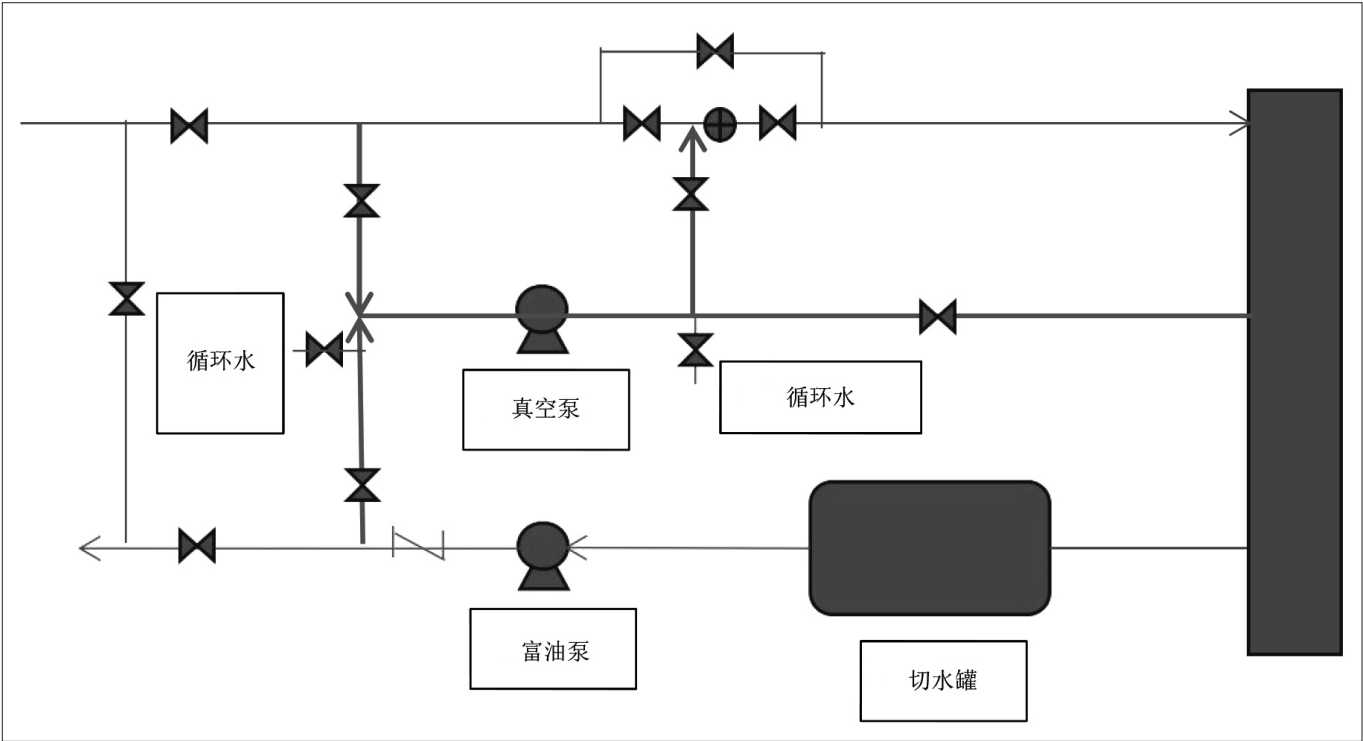


图 3 工业水螺杆真空泵冷却系统优化示意图

比而言，在相同的真空泵冷却结构内，水的冷却能力要比富油的冷却能力好很多。用循环水替换富油作为冷却液是改善真空泵冷却效果的有效手段之一。冷却水的具体参数详见表 1。

4.2 合理增大机泵的装配间隙

由拆检情况可知，真空泵实际运行间隙偏小的情况主要集中在转子啮合间隙如图 2 中 A 所示的位置且靠近排气端部分，经过与厂家交流验证，为保证真空泵长期正常使用，维修人员拟对 3 台真空泵如图 2 中 A、B、C、D 所示位置的间隙进行如下调整：将转子单边磨去 0.03 ~ 0.1mm；以此来增大 B 所示位置的间隙，对转子重新做动平衡检测；对转子重新做 PFA 涂层，涂层厚度为 0.05 ~ 0.1mm；为了扩大转子与壳体间隙 C、

阴阳转子间隙 A，在装配时重新调整转子与前盖板间隙 D，将其调整到 (1 ± 0.05) mm，具体调整数据详见表 2。

该改造方案在不影响真空泵抽气量的条件下，可保证真空泵长周期稳定运行，但极限真空会有所下降，极限真空增加到 500 Pa 左右，可以满足设计工况的要求。如此调整真空泵的装配间隙，也是避免真空泵反复跳闸停机的有效手段之一。

5 结语

通过对西部某炼化公司污水处理车间干式螺杆真空泵反复跳闸停机问题的分析和论证，维修人员找到了真空泵反复跳闸停机的原因，并根据实际情况采取了

表 1 VPS 真空泵采用上水温度 30℃循环水冷却时相关参数表

VPS-1500 循环冷却水量 40L/min		VPS-2700 循环冷却水量 56L/min		循环水回水温度报警	循环水回水温度连锁
低于 90% 报警	低于 80% 停车	低于 90% 报警	低于 80% 停车	高于 42℃ 报警	高于 50℃ 停车

表 2 真空泵螺杆间隙调整前后的数据表

调整前间隙 /mm				调整后间隙 /mm			
A	B	C	D	A	B	C	D
0.55	0.55	0.45	0.55	0.60 ~ 1	0.60	0.60 ~ 1	1
0.50	0.60	0.45	0.65	0.60 ~ 1	0.65	0.60 ~ 1	1
0.46	0.65	0.45	0.75	0.60 ~ 1	0.70	0.60 ~ 1	1

切实可行的措施,为干式螺杆真空泵相似问题的解决提供了思路和策略,为企业高效、平稳、长周期运行提供了技术支持。

参考文献:

- [1] 刘坤,巴德纯,杨乃恒,等.高真空直排大气干泵的最新进展[J].真空科学与技术学报,2008,28(1):21-25.
- [2] 郭蓓,薛建国,牛瑞,等.干式螺杆真空泵研究现状与展望[J].真空科学与技术学报,2009,46(5):37-40.

[3] 张世伟,张杰,张英锋,等.等螺距螺杆真空泵内气体热力过程的研究[J].真空科学与技术学报,2015,35(8):926-933.

作者简介:王月宁(1979.02-),女,汉族,新疆克拉玛依人,本科,工程师,研究方向:炼化设备维修;丁相峰(1988.12-),男,汉族,河南许昌人,本科,助理工程师,研究方向:炼化设备维修;闫成(1966.10-),男,汉族,新疆克拉玛依人,中专,研究方向:炼化设备维修。

(上接第54页)

轴的紧急安全制动,或大中型卷扬机提升机构和倾斜式皮带运输机驱动机构的工作制动和紧急制动,以及缆车或缆绳起重机驱动机构的安全制动。制动器使用液压驱动释放,蝶形弹簧施力制动,其结构如图3所示。其工作原理为:当液压站在控制系统指令下向制动器油缸供给压力油,推动活塞向外侧运动并进一步压缩碟簧,制动瓦在活塞杆的牵引下脱离制动盘,制动力矩消除;当液压站在系统指令下接通回油通道,压力油在碟簧力作用下回流液压站油箱,活塞和活塞杆向制动盘侧运动,碟簧力通过制动瓦传递到制动盘上,产生规定的制动力矩。

6.3 PLC 程序编辑

技术人员在原有 PLC 程序中增加部分逻辑控制,利用限位、运行指令、反馈、故障等开关量,油压、电流等模拟量输入信号,实现了制动器应急状态的连锁动作。

7 结语

近年来,宏安焦化在自动化控制领域不断摸索,不

仅是在干熄焦设备上技术创新,提高安全系数,该公司的其他设备,如煤气鼓风机、除尘风机、皮带 PLC 系统等,都有一些改进,控制日趋完善,对投产之初未考虑的一些自动程序控制逐步改进,提高了设备安全系数。同时,不仅在自动化方面升级改进,还加强信息化的投入,也加快了智能化的推进速度,为推动宏安焦化科技有限公司成为全国焦化示范企业、打造行业能耗标杆、确保安全生产起了重要作用。

参考文献:

- [1] 中冶焦耐工程技术有限公司.焦炉护炉设备管理规程:T/CCIA003-2021[S].北京:中国炼焦行业协会,2021.
- [2] 罗时政,乔继军,张丙林.干熄焦生产操作与设备维护[M].北京:冶金工业出版社,2009.

作者简介:曹晖(1973.10-),男,汉族,山西介休人,本科,工程师,研究方向:电仪自动化。