

Exploration of the Automatic Adjustment and Control of Exhaust Temperature in Air Compressors

Shuxiang Li

Qinhuangdao Power Generation Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei, 066003, China

Abstract

Air compressor cooler is a key component of exhaust temperature regulation, and its performance directly affects the stability of equipment operation. However, the traditional cleaning method of cooler has the problems of strong artificial dependence and low efficiency. In this paper, according to the operation characteristics of air-cooled cooler, an online automatic purging device based on temperature sensing is designed to realize intelligent regulation and control of exhaust temperature. The experimental results show that the device can effectively reduce the risk of excessive exhaust temperature, reduce the frequency of manual maintenance, extend the life of lubricating oil and spare parts, and provide guarantee for the reliability of equipment operation.

Keywords

air compressor; exhaust temperature; air compressor cooler

探究空压机排气温度自动调节控制

李树祥

秦皇岛发电责任有限公司, 中国 · 河北 秦皇岛 066003

摘 要

空压机冷却器是排气温度调节的关键部件其性能直接影响设备运行稳定性, 然而传统冷却器清理方式存在人工依赖性强、效率低下的问题。论文针对风冷型冷却器运行特点设计了一种基于温度传感的在线自动吹扫装置, 实现排气温度的智能调节与控制。实验结果表明装置有效降低排气温度过高的风险减少了人工维护频率延长了润滑油与备件寿命为设备运行可靠性提供了保障。

关键词

空压机; 排气温度; 空压机冷却器

1 项目探究引言

螺杆空压机冷却器的主要功能是消散压缩过程中产生的热量并在空压机内保持一致的温度。如果空压机过热会导致效率降低磨损增加并可能损坏空压机。冷却器是空压机运行时冷却主机润滑油的关键部件, 外表粉尘杂物不及时清理将会造成空压机主机排气超温。根据空压机主机运行情况每周或两周人工都要定期清理。目的是使后冷却器表面清洁干净增加散热降温冷却效果。这种人工清理是被动的延后的累计式清理, 探究一种实现主动跟随空压机主机运行排气温度的清理吹扫控制装置系统, 该系统探测到主机排气温度超过人为设置的报警清理温度后立马主动进行自动吹扫。目的是达到随时保持后冷却器表面清洁干净增加散热降温效果延长备件使用寿命, 根据智能吹扫方式提高空压机安全运行水平。

【作者简介】李树祥(1971-), 男, 中国河北唐山人, 本科, 工程师, 从事机械专业、发电厂锅炉辅机设备研究。

2 压缩空气冷却器工作原理

压缩空气冷却器的主要功能是根据热交换机制将压缩过程中产生的热量及时散发, 确保系统工作温度维持在稳定范围内避免设备因过热而导致效率降低或部件损坏。根据散热介质的不同冷却器分为风冷型和水冷型两种类型。论文重点分析风冷型冷却器的工作原理及其在温度控制中的作用。风冷型压缩空气冷却器利用环境空气作为热交换媒介根据翅片或管道形成的高效导热结构, 将高温压缩空气的热量传递给铝合金芯体并借助风扇的强制循环将热量带走。该过程依托于两项关键理论, 热传导和对流换热。铝合金材质因其高导热系数确保热量快速传递, 而高速流动的空气利用对流换热将芯体表面的热量迅速带走。在冷却器的持续运行中压缩空气的热量逐步被环境空气吸收, 直到系统达到热平衡状态即出口空气温度稳定在设计要求的范围内(通常为 95℃ 以下)。这种动态热交换过程确保了润滑油的温度稳定性维持其润滑性能并减少因温度波动导致的主机损耗。理论模型上看风冷型冷却器的热交换效率取决于以下几个因素: 热通

量密度 (q) 与冷却器表面的导热性能和空气流速呈正相关。空气流动特性, 高速流动的空气借助降低热边界层厚度显著提升对流换热效率。冷却器表面清洁度, 积尘和污垢会阻碍热量传递降低换热系数 (h)。风冷型冷却器的稳定性和高效运行直接影响空压机的温度调节能力。研究表明冷却器换热效率每降低 10%, 排气温度将增加约 3°C 长期的效率下降可能引发主机高温停机。维持冷却器的清洁度对于保障空压机运行的安全性和可靠性至关重要。

3 对风冷型压缩空气冷却器清理引发的思考

定时对冷却器进行清理可以使机组始终工作在理想的工作温度下 (95°C 以下), 对机器的性能、寿命有好处。通常定期清洁冷却器散热片或管以清除可能阻碍气流或降低传热效率的任何污垢或碎屑。风冷型冷却器的翅片易受灰尘覆盖而影响冷却效果排气温度会过高而致跳机所以在维护上需要注意冷却器的清理, 空压机设备停机并确认压力已经释放完拉下电源总开关。打开罩风罩清理盖板或拆下冷却风扇。用压缩空气反吹将污物吹下再把污物拿出罩风罩, 如果较脏应喷一些除油剂再吹。当无法用以上方法进行空压机冷却器清理时需要将拆下, 用清洗液浸泡或喷冲并借助刷子清洗完后装好盖板或冷却风扇。这个过程频繁而费事儿借助研究一种在线装置及时定量吹扫冷却器表面, 保持冷却器每隔一定时间达到吹扫程度立即进行整个冷却器表面的吹扫, 保证冷却装置的换热效果使得空压机的排气温度正常。具体思路是空压机冷却器上安装贴片式温度传感器, 温度传感器把信号传到数字温度控制仪负责温度控制, 当温度达到设置上限数字温度控制仪触发信号到 6 路脉冲喷吹控制仪, 脉冲喷吹控制仪开始工作开始控制阀岛 6 组电磁阀动作, 6 组电磁阀依次开始动作依次打开 6 路管路进行吹扫, 阀岛每次工作必须是一个流程直至排气温度恢复到设定值以下恢复正常。等检测温度提升到温度控制仪上限设置温度在循环下一次工作流程, 见图 1。

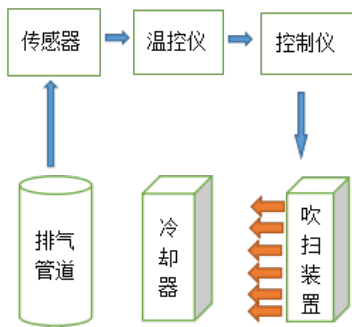


图 1 流程示意图

4 风冷型压缩空气冷却器引起排气温度高原因分析

要量化表面积尘对冷却器换热效率和排气温度的影响,

设计并实施了一系列实验。实验目的在于根据模拟不同积尘覆盖率下的冷却器运行状态, 分析积尘对热交换效率的具体影响验证积尘积累导致的性能退化程度。实验装置选取典型的风冷型压缩空气冷却器 (铝合金材质) 作为测试对象, 配备环境模拟系统、温度监测仪 (PT100 传感器)、气流监测装置和数据采集模块。根据人工方式在冷却器表面均匀覆盖不同厚度的粉尘层 (覆盖率分别为 10%、30%、50%), 并模拟设备在额定工况 (运行温度 80°C, 环境温度 25°C) 下的持续运行。记录不同覆盖率下的冷却器换热效率和主机排气温度, 观察设备运行稳定性。确保空气流速、入口压缩空气温度和流量保持一致, 以减少其他变量的干扰。实验结果显示, 在表面积尘覆盖率达到 10% 时冷却器换热效率下降约 5% 排气温度升高约 1°C。当覆盖率升至 30% 时换热效率下降约 15% 排气温度平均升高至 85°C 表现出明显的散热性能衰退。在积尘覆盖率达到 50% 时换热效率下降超过 30% 排气温度升至报警值 (约 95°C) 设备运行接近临界状态存在停机风险。积尘覆盖率进一步增加至 70% 时设备运行不稳定短时间内触发超温保护停机。

针对上述实验结果中表面积尘对冷却器性能的显著影响, 本研究设计了一种基于温度监测的在线自动吹扫装置, 以解决传统人工清理方式中响应滞后和运行中断的问题。装置由温度监控模块、智能控制模块和多路吹扫管路组成。根据温度传感器实时采集冷却器表面温度数据, 当温度超出报警值时控制模块触发吹扫操作依次清理冷却器表面。在设备运行期间装置自动判断清理需求, 根据高效脉冲喷吹系统完成表面清理避免杂物积累引发的性能退化。实验验证显示在积尘覆盖率接近 30% (排气温度约 85°C) 时, 自动吹扫装置能够迅速触发清理将表面积尘控制在 10% 以内, 排气温度下降至 80°C 以下避免性能进一步恶化。并且在线清理无需停机能提高设备利用率减少停机维护带来的生产中断成本。与传统人工清理方式相比清理频率降低约 40% 冷却器备件使用寿命延长约 20% 运行维护成本显著下降。根据实验测试和应用验证, 自动吹扫装置显著改善了冷却器的表面清洁度和热交换效率, 有效降低了排气温度升高的风险, 证明其在提升设备运行稳定性和经济性方面具有重要价值。

5 自动调节控制组成及控制说明

针对英格索兰空压机的排气温度异常问题设计了一套高效的在线自动调节装置, 见图 2、图 3, 该装置由检测、控制和吹扫执行三个部分组成, 能够实现排气温度的实时监控和冷却器表面的动态清理提升设备运行的安全性和稳定性。装置检测部分采用 PT100 贴片式温度传感器, 实时采集冷却器表面温度根据导轨式数字温度控制仪 (XMTD-2201) 对数据进行精准处理确保温度变化响应迅速。控制模块包括 C6A 施耐德保护开关、可编程脉冲喷吹控制仪 (JS-6D) 和阀岛等核心部件, 能够实现多路吹扫管路的精确时

间控制。控制箱采用 304 不锈钢材质厚度 2mm 符合工业设备防护标准。执行部分吹扫管路由 25×25×2mm 方钢管及 36 个 Φ4mm 吹扫头组成，布置均匀结合 30×30×3mm 角钢支架确保稳定性和吹扫覆盖率。



图 2 吹扫自动调节控制箱组装图



图 3 现场安装实拍

当主机排气温度超过设定的报警阈值（95℃）时，温控仪发出信号触发脉冲喷吹控制仪逐路启动电磁阀。每个电磁阀控制的吹扫管路工作时间为 5 秒依次开启 6 路管路完成一次完整的吹扫流程（共 36 个吹扫头）。特别设计的控制逻辑确保吹扫流程的完整性即便排气温度在中途下降至设定的安全范围（88℃~95℃），装置仍继续执行当前吹扫循环直至完成所有管路的清理。该设计符合工业设备运行连续性要求避免因部分清理未完成导致热交换效率持续下降

的情况。实验数据显示在实际应用中该装置显著改善了冷却器表面的清洁度和设备运行效率。装置有效控制排气温度在 88℃~95℃ 范围内未发生超温报警情况。根据自动吹扫系统冷却器表面积尘覆盖率降低至 10% 以下热交换效率提高约 20%。基于此与传统人工清理方式相比设备停机时间减少约 40% 设备利用率提升显著。

技术标准与参数引用方面，温控仪精度符合 GB/T 11158—2008《温度控制仪表技术条件》要求确保监测可靠性。吹扫管路设计符合 JB/T 11650—2013《压缩空气设备通用技术条件》中关于气路系统压力损失的要求保障吹扫效果和气流分布均匀性。不锈钢控制箱采用防护等级 IP65 设计满足 GB/T 4208—2017《外壳防护等级》的工业防护标准。该装置根据精确的温度监控与高效吹扫逻辑实现了空压机冷却器性能的显著提升给设备运行的安全性和经济性提供了可靠保障。

6 结语

本研究根据深入分析空压机冷却器的结构与工作原理设计了一种基于温度监测的自动吹扫装置，有效提升冷却效率降低维护成本显著改善设备运行的可靠性与安全性。未来可优化吹扫装置结构提高清理均匀性并结合智能算法实现动态运行状态监测，给工业设备智能化管理提供更广泛的应用场景。

参考文献

- [1] 刘建民,陈建军.螺杆式空压机运行及维护技术问答[M].北京:中国电力出版社,2011.
- [2] 任芳,孙晓明,骆嘉,等.空压机空载功率研究及其对耗能的影响[J].流体机械,2022,50(2):83-88.
- [3] 张振东,张聪泰.减少空压机排气温度高故障停机的措施[J].冶金动力,2021(6):58-60+64.
- [4] 刘志龙,陈旭,谢传东,等.低温工况空压机组换热器冰堵故障分析及预防措施[J].流体机械,2021,49(11):76-80.
- [5] 张阳,李丹.试验阶段取消空压机装配的可行性研究[J].汽车实用技术,2021,46(22):119-121+158.
- [6] 霍兆义,李洪宇,徐伟.大型多级离心空压机低温余热回收[J].辽宁科技大学学报,2018,41(6):412-418.
- [7] 邱峰,胡代云,陶大建.某船低温冷却水系统进气故障实例[J].航海技术,2018(4):72-74.