

天然气电驱压气站冷却水塔系统改造探索

庞树红 孙瑞林 冯桃宁

国家管网集团西北公司西安输油气分公司, 陕西 西安 710000

[摘要]文中深入剖析天然气电驱压气站冷却水塔系统设备老化问题,详细阐述空冷器冷机联合系统的改造过程。通过对原冷却水塔系统问题的梳理、新空冷器冷机联合系统设计思路与实施步骤的展开,探究该联合系统在提升冷却效率、降低能耗、环境保护等方面的优势与分析应用效果,为天然气行业相关设施改造提供参考范例。

[关键词]天然气电驱压气站;冷却水塔系统;设备老化;空冷器冷机联合系统

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16097

中图分类号: X9

文献标识码: A

Exploration on the Renovation of Cooling Water Tower System in Natural Gas Electric Drive Compressor Station

PANG Shuhong, SUN Ruilin, FENG Taoning

Xi'an Oil and Gas Transportation Branch of National Pipeline Network Group Northwest Company, Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract: This article deeply analyzes the aging problem of the cooling water tower system equipment in the natural gas electric drive compressor station, and elaborates in detail on the transformation process of the air cooler combined system. By sorting out the problems of the original cooling water tower system, exploring the design ideas and implementation steps of the new air cooler combined system, and analyzing the advantages and application effects of the combined system in improving cooling efficiency, reducing energy consumption, environmental protection, etc., this study provides a reference example for the renovation of related facilities in the natural gas industry.

Keywords: natural gas electric drive compressed gas station; cooling tower system; equipment aging; joint system of air cooler and refrigeration unit

引言

天然气压气站在天然气长距离输送中占据关键地位,其稳定运行直接关联天然气输气管网的可靠性与安全性。冷却水塔系统作为电驱压气站的核心辅助设施,承担着对站内电驱压缩机机组电机及电机配套变频器设备的冷却任务,确保设备在适宜温度环境下稳定运行。然而,随着运行年限的增加,冷却水塔系统出现设备老化现象,严重影响冷却效果,增加运维成本,甚至威胁压气站的正常运行。因此,对老化的冷却水塔系统进行改造升级已刻不容缓。本文所介绍的空冷器冷机联合系统,正是针对这一问题的有效解决方案。

1 天然气电驱压气站现冷却水塔系统问题分析

1.1 设备老化严重

在天然气电驱压气站长期运行体系里,超10年服役期的冷却水塔系统,设备老化问题突出。风机轴承磨损加剧,损坏频繁,设备运行振动异常,稳定性受损;冷却水泵叶轮磨损严重,流量和扬程难达冷却标准,动力不足;散热管受杂质和化学物质侵蚀,结垢、老化严重,甚至堵塞,热交换受阻,冷却效率大幅降低;冬季低温,冷却水喷淋易结冰,维护成本增加,威胁保供机组运行,降低机组可用率,影响压气站正常生产。

1.2 水资源浪费与成本增加

冷却水塔系统依赖大量喷淋冷却水维持运行。设备老

化使冷却效果变差,耗水量增加约20%,用水成本大幅上升。制取软化水时产生大量废水,加剧水资源浪费,与可持续发展理念相悖。

1.3 自动化程度低

现有冷却水塔系统以手动操作为主,自动化控制程度低。手动切换效率低,影响机组切换时效性,无法满足现代智能场站建设需求,成为智能化、无人化站场建设的阻碍。

1.4 高温环境下冷却效率受限

环境温度达35℃以上时,现有冷却水系统受水质影响,冷却效率下降。变频器和电机无法满负荷运行,压缩机组最大功率受限,站场最大输送能力降低。一旦功率无法满足工况,输气量减少,影响天然气正常输送。

1.5 运维成本高且影响设备寿命

设备老化和技术缺陷致使冷却水塔系统故障率高,运维和检修费用高昂。以某压气站4座TBT-200型密闭式冷却塔为例,每年风机轴承维护费达108800元。频繁故障降低设备性能和效率,缩短使用寿命,还可能引发电机及变频器故障,增加维修成本和停机时间,影响天然气稳定输送,且老化设备能耗高,不符合节能减排趋势。

1.6 环境污染问题

冷却水塔系统运行时释放含细菌、真菌和病毒等微生物的水蒸气和微小水滴,易传播疾病,如引发细菌性肺炎。

冷却塔排放物质影响周边环境,制取软化水时,树脂再生产生的废水含大量污染物,4座密闭式冷却塔每年产生1026m³废水,污染严重。



图1 密闭式冷却水塔现场图

2 空冷器冷机联合系统设计思路

2.1 设计目标

新的空冷器冷机联合系统旨在全面解决原冷却水塔系统设备老化问题和自动化程度低问题,具体目标如下:(1)确保压气站设备在各种工况下都能获得稳定可靠的冷却;(2)降低系统能耗,提高能源利用效率;(3)减少维护工作量和成本;(4)提升智能化技术水平,满足智能站场建设需求;(5)符合相关环保标准,减少水资源消耗和环境污染。

2.2 系统组成与原理

空冷器冷机联合系统主要由泵橇(主循环离心泵)、空冷器、冷机(制冷机组)、稳压系统、补水装置、控制系统以及相关的管道、阀门等部件组成。系统主泵通过汇管将低温冷却水输送到电机侧冷却器及变频器内置板式换热器,经过热交换导出电机和变频器热量,再将高温水输送到空冷器和冷却水机组,通过二次换热将热量散发到空气中或被冷却水机组冷却。该联合系统为持续不断地向电机和变频器提供冷却用水的密闭式循环系统。

(1)空冷器:利用空气作为冷却介质,通过翅片管等结构增大换热面积,实现对高温流体的初步冷却。

(2)冷机:在空冷器冷却的基础上,进一步降低流体温度,以满足设备的冷却需求。

(3)控制系统:根据设备运行温度和环境条件等参数,自动调节空冷器和冷机的运行状态,实现精准控温。

2.2.1 空冷器冷机联合系统冷却模式

冷机联合系统采用空冷器和冷却水机组串联,具备四种冷却模式:

模式一:当循环介质温度低于设定温度(假设为5℃)

时,电加热开启;当循环介质温度高于设定温度(假设为10℃)时,电加热关闭。

模式二:当气温较低时(假设 $\leq 20^{\circ}\text{C}$),采用空冷器单独冷却。

模式三:当气温升高,空冷器不能满足冷却需求时,开启冷却水机组补充冷却,即联合冷却。

模式四:气温升高接近当地最高温度时,空冷器不再发挥冷却效果,则开启冷却水机组冷却。冷机联合系统中各机电单元和传感器由PLC自动监控运行,并通过操作面板界面实现人机实时交流。冷机联合系统的运行参数和报警信息实时传输至主控制器,并通过主控制器远程操控冷机联合系统。冷机联合系统中所有仪表、传感器、变送器、测量元件安装在方便维护的位置,均可在线检修或更换。

2.2.2 空冷器冷机联合系统操作模式

为满足输气智能建设发展,冷机联合系统的控制具备一键启停功能,且操作分为手动模式和自动模式,可通过触摸屏选择运行模式。无论冷机联合系统处于何种操作模式,触摸屏在线显示、参数设定及故障信息均能正常工作。

手动模式:按触摸屏上手动键时,水冷系统处于手动操作模式。通过操作屏启动/停止主循环泵、风机、冷却水机组。手动模式一般在系统检修维护及调试时采用。

自动模式:在自动模式下,冷机联合系统接受就地启动或远程启动指令后自动启动,并根据整定参数监控冷机联合系统的运行状况和检测系统故障。PLC自动控制冷却水温度,参数超标及时发出预警。主泵、风机等由PLC根据实际工作条件进行自动控制。在自动模式下,冷机联合系统停运时,冷却水控制系统输出停运节点信号。

2.3 优势分析

相较于传统的冷却水塔系统,空冷器冷机联合系统具有多方面显著优势:

(1)节水显著:联合系统无需补水,耗水量基本为零,减少了水的蒸发和排污损失,可大幅降低水资源消耗。

(2)适应性强:现冷却塔需有稳定可靠的水源;空冷器冷机联合的环境适应能力较强,受水源及温度影响较小。

(3)运维成本低:控制系统集成于机组,操作简便,无需补水。维护时,专业人员保养风机电机,定期补充制冷剂、清洗换热器即可。冷却水管路加32%乙二醇溶液防冻,无冻胀风险,人力、物力、经济成本都更低。

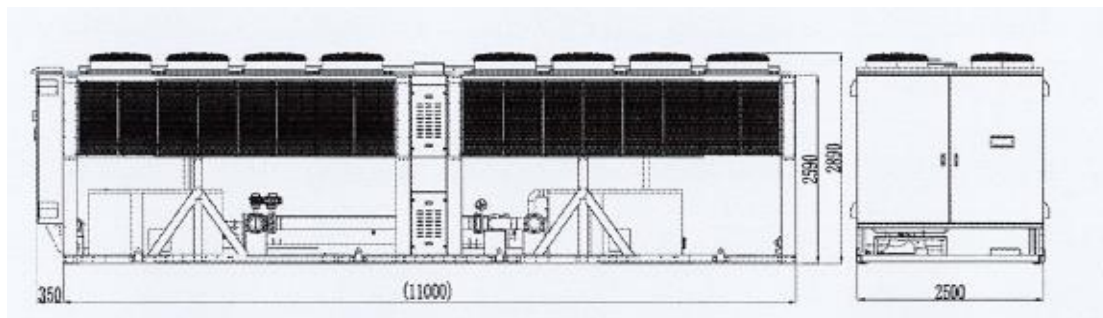


图2 联合制冷机组示意图

(4) 环保性能优越:联合系统优选低噪声设备,同时采取一些减少噪音的措施,运行期间声音不高于 85 分贝,基本无噪音;冷却介质(例如:32%乙二醇+65.5%纯水+2.5%防腐剂)密闭循环重复利用,不会散发细菌、真菌和病毒等微生物,对周边环境的影响减小。

(5) 对输气量无负面影响:联合系统制冷效果稳定,不受水质干扰,可确保变频器和电机正常满负荷运行,避免压缩机组最大功率受限,有效保障站场最大输送能力不受影响。

(6) 自动化程度高:联合系统设有手动/自动操作功能,自动切换运行不影响制冷效果

3 空冷器冷机联合系统的实施过程

3.1 方案设计与评审

邀请专业设计单位,依据电驱压气站的实际需求和现场条件,进行空冷器冷机联合系统的详细设计。设计过程充分考虑原系统的布局和接口,确保新系统能够顺利接入。设计方案完成后,组织相关专家和技术人员进行评审,对方案的可行性、合理性和安全性进行全面评估,并根据评审意见进行优化完善。

3.2 设备选型与采购

根据设计要求,综合考虑设备的性能参数、品牌信誉、价格等因素,精心选择合适的空冷器和冷机设备。优先选择具有高效换热性能、可靠运行质量和良好售后服务的产品。设备采购过程严格按照相关规定和流程进行,确保设备质量和交货期。

3.3 施工安装与调试

施工安装阶段,严格按照设计图纸和施工规范进行操作。组织专业施工队伍进行施工,确保施工质量和安全。在安装过程中,注重各设备之间的连接和配合,保证系统的密封性和稳定性。安装完成后,进行全面调试工作。对空冷器、冷机、控制系统等进行单机调试和联动调试,调整设备运行参数,使其达到最佳运行状态。同时,对系统的冷却效果、能耗、噪音等指标进行测试,确保满足设计要求。

4 应用效果分析

4.1 冷却效果提升

新的空冷器冷机联合系统投入运行后,电驱压气站电机及变频设备的冷却效果将得到显著提升。在相同工况下,关键设备的运行温度明显降低,且温度波动范围减小,有效保障了设备的稳定运行。

4.2 能耗降低

通过优化系统设计和智能控制,空冷器冷机联合系统实现了能耗的有效降低。机联合系统无需补水,耗水量基本为零。这主要得益于空冷器在部分工况下的高效自然冷却作用,以及冷机根据实际需求的精准调控和冷却水密闭循环利用,避免了不必要的水资源浪费。

4.3 维护成本减少

由于新系统采用了耐腐蚀、免维护的设备和材料,减

少了设备的维修和更换频率。同时,系统运行的稳定性提高,降低了因设备故障导致的紧急维修成本。据统计,改造后的维护成本较之前将降低 80%以上,大大减轻了运行单位的维护维修负担。

4.4 环保效益显著

空冷器冷机联合系统减少了水资源的消耗和废水排放,具有良好的环保效益。以 4 座密闭式冷却塔(型号为 TBT-200,设计流量 200m³/h)为例,每年可节约用水 15790 立方米,减少废水排放 1026m³。此外,系统运行过程中噪音降低,冷却水循环密闭循环重复利用,不会散发细菌、真菌和病毒等微生物,对周边环境的影响减小,符合绿色发展的要求。

4.5 输气量提高

每年 6 月 15 日到 8 月 31 日,某干线压气站因冷却水系统效率下滑,天然气压缩机供气受影响。每天约 10 小时处于供气减少状态,全年累计减少供气达 5.994×10⁸ Nm³。若完成空冷器冷机联合系统改造,这些损失气量便能恢复,显著提升输气能力。

4.6 满足智能站建设要求

联合系统集成手动与自动双重操作模式,可实现无扰自动切换,保障制冷效果不受影响。系统具备一键启停功能,自动化程度高,契合智能站建设的各项要求。

5 结束语

针对天然气压气站冷却水塔系统设备老化问题,引入空冷器冷机联合系统改造是极具潜力的方向。目前虽处于探索尝试应用阶段,但理论分析和前期研究表明,该联合系统有望在提高冷却效率、降低能耗、减少维护成本和提升环保效益等方面发挥显著作用,有力保障压气站未来稳定运行。随着天然气行业发展,对压气站运行可靠性和经济性要求渐高,未来空冷器冷机联合系统可结合先进物联网技术和大数据分析,实现智能化运行和预测性维护,同时研发更高效节能的空冷器和冷机设备,提升系统性能。相信在不断探索与技术进步下,空冷器冷机联合系统未来在天然气行业将有广阔应用前景,为行业可持续发展提供有力支持。

[参考文献]

- [1] 杨焜,何丽梅,刘家李,等.电驱压气站的变配电系统配置方案探讨[J].天然气与石油,2015,33(5):5.
 - [2] 钟帅帅,庞树红,王生龙,等.电驱压缩机冷却水塔风机轴承故障原因与对策[J].管道保护,2024(3):76.
 - [3] 孙在蓉,陈凤,游伦,等.2013 年全国天然气学术年会[C].云南:中国石油学会,2013.
- 作者简介:庞树红(1990.2—),男,陕西人,汉族,本科学历,助理工程师,油气输送工(输气)技师,主要从事长输天然气管道输气工作;孙瑞林(1986.5—),男,宁夏人,汉族,本科学历,助理工程师,电工技师,主要从事电气方面的工作;冯桃宁(1987.9—),男,陕西人,汉族,本科学历,助理工程师,油气输送工(输气)高级技师,主要从事长输天然气管道输气工作。