

化工企业低压电容补偿柜空调技术改造研究

余志龙（新疆中泰化学托克逊能化有限公司，新疆 吐鲁番 838100）

摘要：文章对电石炉配套低压电容补偿柜风冷冷风空调机组的故障原因进行了分析，并提出了改造方案和冷凝器选型设计计算，为以后有类似空调工程设计时提供参考。

关键词：风冷冷风空调机组；低压电容补偿柜；吸气温度；排气温度；冷凝器

1 工程概况

1.1 空调服务对象

中泰化学托克逊 60 万 t 电石 /a 项目单台电石炉配套两台低压电容补偿柜，为使无功补偿过程中产生的热量移走，每台低压补偿柜设计一台风冷冷风空调机组。

1.2 原空调设计

①设计参数：风冷冷风空调机组，制冷量 21kW，风量 4100m³/h，机外余压 300Pa，制冷剂 R134a，送风形式下送上回，在低压电容补偿柜内与空调机组送回风间构成闭式循环；②选型参数：风冷冷风空调机组，全封闭涡旋压缩机（ZR95），制冷量 21.9kW，制冷功率 7.42kW，蒸发温度 5℃，冷凝温度 52℃，送风风量 41000m³/h，冷凝风量 8000m³/h。

2 存在问题

项目建成投产后，为低压电容补偿柜提供空调服务的风冷冷风空调机组运行不到一个月就经常出现故障跳停，检查后发现故障显示信息代码为“E08”，“E08”对应的故障为制冷剂泄漏，但经检测，制冷剂实际并没有泄漏，连续观察后发现，当温度传感器检测到蒸发器盘管的温度持续在 25℃以上时，压缩机就故障跳停。

3 故障原因分析

低压电容补偿柜也叫低压无功补偿装置，它的工作原理是：电网向用电设备提供的负载电流由有功电流和无功电流两部分组成，无功电流在电源和负载之间往复交换，将会大大占用电网，使供电设备的供电能力大大降低，使功率因数降低。因此低压电容补偿柜就是用装置产生的容性无功电流快速、准确地跟踪抵消电网中的感性无功电流，从而提高功率因数，保证用电质量，提高供电设备的供电能力和减小电路中的损耗。在这一过程中将会产生大量的热，必须将这些热量移走，否则柜内过高的温度就会影响电气元件的正常使用。

原设计的风冷冷风空调机组就是将制出的冷风与低压电容补偿柜内产生的热量进行交换，从而使低压电容补偿柜内的电气元件处在良好的工作环境中。根据现场的风冷冷风空调机组故障情况，可从以下几个方面进行分析：

3.1 压缩机吸气温度过高，排气温度高，压缩机热保护而跳停

压缩机吸气温度过高主要是由于吸气过热度增大造成的，吸气温度高，影响制冷效果，也不能太低，否则蒸发不充分，会有较多未蒸发的液态制冷剂进入压缩机发生液击现象，为了防止压缩机产生液击，允许吸气温度比蒸发温度高 10~15℃。压缩机吸气温度一般保持在 15℃左右，建议不高于 20℃，吸气温度若高于正常值，排气温度也会

相应升高，现场机组温度传感器检测到蒸发器盘管的温度已经持续在 25℃以上，说明吸气温度太高，高温气态制冷剂未能在冷凝器内完全冷凝，导致压缩机最终因热保护而停机。

对整个空调系统来讲，我们对制冷剂液管和制冷剂气管的温度检测是非常必要的，这是一个制冷剂的相变过程。从冷凝器液化后的温度差决定了之后的蒸发器制冷效果；另一方面，从蒸发器汽化后的温度差反映出蒸发器的效果好坏和对压缩机工作效率的影响。从压缩机排气到冷凝器的温度，其实质反映了热能释放的过程，期间温度逐渐下降，压力逐渐降低，为之后的吸热汽化工作做准备。

制冷剂泄漏的故障代码“E08”表明，制冷剂要么确实泄漏、缺少，要么就是系统不缺制冷剂，但供给蒸发器的制冷剂少，只是制冷剂循环量不足，过热度大，从而吸气温度高，实际制冷剂未泄漏，为此又检查了膨胀阀的开启度，将膨胀阀开大发现状况并没有得到改善。

3.2 检查膨胀阀进口滤网是否堵塞

膨胀阀进口滤网如果堵塞，蒸发器内的供液量不足，制冷剂液体量减少，蒸发器内有一部分被过热制冷剂蒸汽所占据，也会导致吸气温度升高。经检查该膨胀阀入口滤网并未堵塞，因此可排除这种情况。

3.3 外界环境温度对风冷冷风机组压缩机吸气温度的影响

电石炉投用后，冬、夏季该风冷冷风空调机组均发生间断或连续跳停，且跳停的频率夏季比冬季要高。托克逊地区夏季气候炎热，极高温度 54℃，最热月 45℃以上的气温约 5 天左右，同时，该机组位于电石炉主厂房三楼的半封闭区域，距离电石炉不远，正在生产运行的高温电石炉将周围烘烤过后的空气热流带入到该区域，进一步恶化了该区域的环境，风冷式冷凝器排出的大量热量无法迅速移走，聚集在风冷式冷凝器的周围，大大影响了冷凝器的换热效果，过热的制冷剂气体未能完全有效冷凝下来，从而加剧了压缩机排气温度的升高。

4 技术改造方案

4.1 改变制冷剂冷凝方式

断开原有风冷式冷凝器，将风冷式冷凝器更换为水冷式冷凝器，把压缩机排气接入另行设计的水冷式冷凝器，水冷后的制冷剂经节流膨胀阀后进入蒸发器。

电石炉厂房的循环冷却水供回水主管道就布置在附近，从该循环水主管上引出循环水支管进行安装施工也比较方便。

4.2 水冷式冷凝器选型计算

4.2.1 现有压缩机及循环冷却水参数

制冷量 21.9kW，制冷功率 7.42kW，蒸发温度 5℃，冷

凝温度 52℃, 送风风量 41000m³/h。

循环水供回水温度 32/40℃, 供回水压力 0.4/0.25MPaG, 循环水污垢系数 $3.44 \times 10^{-4} \text{m}^2 \text{k/w}$ 。

4.2.2 冷凝器选型计算

由文献 1, $A=Q_1/q_1$ (式中: A 传热面积 m², Q_1 冷凝器负荷 W, q_1 热流密度 W/m²)

冷凝器负荷简化计算:

$Q_1=Q\xi$ (式中: Q_1 冷凝器负荷 W, Q 压缩机制冷量 W, ξ 冷凝负荷系数)

$Q_1=Q\xi=21.9 \times 1.28=28.032 \text{kW}$

$A=Q_1/q_1=28.032 \text{kW}/5000 \text{W/m}^2=5.606 \text{m}^2$

最终取冷凝器换热面积 6m²。

4.2.3 循环水量计算

由 $Q=C_p V \Delta t$ [Q 换热负荷 W, C 循环水比热 $C_{\text{水}}=4.2 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$, 循环水体积流量 m³/s, Δt 循环水温差 $^\circ\text{C}$, ρ 水的密度]

$V=Q/1.163 \Delta t=28.032/9.304=3.012 \text{m}^3/\text{h}=8 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$

循环水管道截面积 $S=V/v$ (式中: V 体积流量, v 水流速度, 取 0.9m/s)

由 $r^2=S/\pi$, 得 $D=2r=33.6 \text{mm}$

循环水管道管径最终取值 DN40。

冷凝器选择管壳式, 水走管程, 制冷剂走壳程, 管程、壳程设计参数见表 1。

循环水回水管路上安装冷凝压力调节阀, 可以根据冷凝压力的变化来调节冷却水的流量。

冷凝压力调节阀是通过直接感应制冷剂循环的压力改

变而调节阀门开启度以便让足够的冷却水流过, 这将节省大量的冷却水, 同时可以按要求进行冷却。当压缩机的冷凝压力升高 (即冷凝压力升高) 时, 阀门会自动开大, 使较多的冷却水进入冷凝器, 加快制冷剂冷凝的速度; 反之, 当冷凝压力下降时, 阀门会自动关小, 使进入冷凝器的冷却水量减少, 从而使冷凝压力保持在一定的范围内。

表 1 冷凝器管程、壳程设计参数

项目	管程	壳程
设计压力 (MPa)	1.0	2.4
试验压力 (MPa)	1.15	2.76
设计温度 ($^\circ\text{C}$)	50	60
工作介质	H ₂ O	R134a
主体材质	紫铜 T2	20# 碳钢
换热面积 (m ²)	6	

5 改造后的效果

风冷冷风空调机组改造为水冷冷风机组的方案实施后, 效果显著, 机组运行正常平稳, 再没有出现因吸气温度高或排气温度高导致压缩机热保护停机的现象。

参考文献:

- [1] 徐荣晋. 暖通空调设备工程师实务手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [2] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.

作者简介:

余志龙 (1979-), 男, 籍贯: 浙江绍兴, 2004 年毕业于新疆大学建筑环境与设备工程专业, 本科, 工学学士, 工程师, 现从事化工行业公用工程设备及项目建设和管理工作。

(上接第 80 页) 高甲烷开采量。煤吸附二氧化碳、甲烷和氮气时吸附率最快的就是二氧化碳, 其次为甲烷, 最后为氮气, 由此可知氮气无法替代甲烷。此外, 还需要将二氧化碳注入煤层中, 以此达到驱甲烷的目标, 这主要是因为煤对二氧化碳吸附能力更强, 因此将二氧化碳注入其中实现了竞争吸附的目标, 且可以降低甲烷中的有效成分。

3.4 低渗透煤层气的注热增产的有效技术

开采煤层气是必须严格按照施工要求作业。首先就要做好地面钻井工作, 若钻井到储层以下, 还需要做好固井和完井两种措施。生产煤层气时要发挥钻井作用, 同时借助压裂液处理煤层压裂问题, 这一步的关键在于延伸拓展裂隙, 增加渗透率, 对煤层气排除产生有利影响。其次, 结合煤层气井经由地面管线排除水汽混合物, 于油管口处将水和气体分离, 煤层气在压缩后从输气管线处进行运输, 而后将其排放到排液池中, 以此实现重复利用, 煤层气开采效率显著提高。但这期间需要注意开采时煤层气产量受储层渗透性变化影响, 绝大部分煤层气排出气液后也随之闭合, 加大了运移煤层气的难度, 影响产量。

注热开采技术主要应用于低渗透煤储层煤层气, 但应用的过程中应于地面设置一高温高压锅炉, 压裂液应用高温高压蒸汽替代, 在满足了储层压力需要的基础上提升产量。煤层中注入高温蒸汽后温度和地应力均显著升高, 二者共同作用拓展延伸了低渗透煤储层裂缝, 很多细小裂隙

也由此产生。之后裂缝在时间的延长下逐步进行拓展延伸, 网格裂缝由此产生, 储层孔隙率显著提高, 增加了渗透性, 煤层气运移通道显著增多。

可通过煤层卸压的方式提高低渗透煤储层煤层气, 但开采的过程中可应用开采解放层技术解决瓦斯和煤过分突出问题, 有效开采了临近煤层, 出现采空区, 切断原有岩层应力传递途径, 在此基础上达到煤层泄压目的。

4 结束语

受到开采难度大等影响, 我国煤层气资源开采效率不高。工作人员开采低渗透煤储层煤层气时应立足煤层的具体情况应用合适的开发技术, 以此提高低渗透煤储层煤层气开采效率, 提升企业经济效益。

参考文献:

- [1] 宋进利. 低渗透煤储层煤层气开采有效技术途径的研究 [J]. 资源信息与工程, 2018, 33(3): 73-74.
- [2] 毛安妮. 低渗透煤储层煤层气开采有效技术途径的研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2017, 37(8): 65-66.
- [3] 王进超. 低渗透煤储层煤层气开采有效技术途径的相关研究 [J]. 云南化工, 2018, 45(3): 58.
- [4] 李飞. 分析低渗透煤储层煤层气开采的有效方法 [J]. 工程技术 (文摘版), 2016(4): 292-292.
- [5] 李友谊, 靳小平. 低渗透煤储层煤层气高效开采技术途径研究 [J]. 中国资源综合利用, 2019, 37(2): 84-86.