

某轮中央空调压缩机电机烧毁事故分析

青岛远洋船员职业学院 李永鹏

某99年日本造简易船的中央空调,型号DAKIN US20GE,采用封闭式压缩机,四流程壳管式冷凝器,储液罐紧靠冷凝器下方。

某日开往新加坡途中,停空调压缩机清洗蒸发器后再启动时电机跳闸;复位后重新启动,压缩机没有反应,风机正常;测量发现,三相绕组有两相对地绝缘接近零,相间绝缘电阻等于零,表明电机线圈绝缘损坏。

船上无备用压缩机,向公司紧急申请。公司在新加坡购得一台翻新压缩机。

换新压缩机能暂时恢复空调工作,但不能消除事故原因。借加燃油机会将压缩机送上船,指导船员更换压缩机,找出并消除压缩机电机烧毁的原因,空调系统恢复正常工作。

1 事故原因是压缩机排出压力长期过高

查空调运行记录,发现该压缩机排出压力近两个月来维持在2.0 MPa左右,超过正常值(1.5~1.7 MPa),近高压保护停机压力2.3 MPa,空调供风温度25℃。更换压缩机后启动空调系统,运行初期压缩机排出压力2.25 MPa,稳定后仍有2.0 MPa,明显高于正常值。

可知,压缩机排出压力长时间过高,导致电机长时间过载运行,电流过大,绕组严重发热,破坏绝缘层造成绕组间短路,是电机烧坏的主要原因。

2 导致压缩机排出压力长期过高的原因

必须寻找到压缩机排出压力过高的原因,否则运行一段时间后压缩机电机势必再次因为过载烧毁。

空调制冷理论循环是逆卡诺循环,温熵图见图1,其中:

d-c为绝热压缩过程,制冷剂被压缩机绝热压缩,消耗机械功,温度由 T_1 升高到 T_2 ;

c-b为等温放热过程,制冷剂在冷凝器内被等温冷却,对外放热;

b-a为绝热膨胀过程,制冷剂通过热力膨胀阀节流降压,温度也由 T_2 降低到 T_1 ;

a-d为等温吸热过程,制冷剂在蒸发器内等温吸热产生冷效应,降低蒸发器外部介质的温度。

可见,整个循环明显地分为高压区和低压区:

- 高压区,压缩机出口至膨胀阀;
- 低压区,膨胀阀至压缩机吸入口。

如所周知,空调制冷系统主要由压缩机、冷凝器(含储液瓶)、膨胀阀和蒸发器等三部分以及管系(含管路、阀、过滤器等)组成,冷剂循环其中。所以:

• 若压缩机吸入压力不正常,故障点在低压区,主要是蒸发器及其电磁阀、膨胀阀等,以及蒸发器至压缩机的管路(含过滤器);

• 若压缩机排出压力不正常,则故障点在高压区,主要是冷凝器和干燥器。

压缩机是容积式泵,泵送冷剂的流量取决于背压,即取决于冷凝压力——冷凝压力越高,压缩机排出压力越高。显然要先查冷凝器。

冷凝器内近似等温放热,冷剂处于饱和状态,其压力是冷剂该温度的饱和压力,越多气体不能冷凝成液态,冷凝器内温度及其饱和压力越高。这是导致压缩机排出压力过高最常见的原因。

影响冷凝器温度的因素有三,冷却水温度,冷却水量,换热面积和换热系数。

查空调维修记录,发现事故前,只要觉得压缩机排出压力高了就清通冷凝器海水侧,但是压缩机排出压力降低有限,过不几天又要清通。一时搞不清以往情况,决定彻底检查冷凝器。

2.1 冷却水温度

虽然船在热带,但海水温度最高31℃,未超出说明书规定范围。

2.2 冷却水量

影响冷却水量有冷却水流量和供水量两方面。

(1) 冷却水流量

冷凝器是四流程壳管式(见图2),若冷凝器两端隔板密封不良,各流程间冷却水漏泄,则冷却水量不足。

据船员经常清通冷凝器海水侧而效果不佳,疑冷凝器端隔板密封不良,且船员经常拆装的很可能是无海水进出口一端的端盖,很可能损坏隔板密封垫片。拆下该端盖,果然发现隔板密封垫片有几处未被隔板压紧,有漏水迹象,但冷却水管内部因经常清通比较干净。

后来装复时,换新隔板密封垫片,紧贴在隔板上,且安装时检查确认其未偏离隔板。

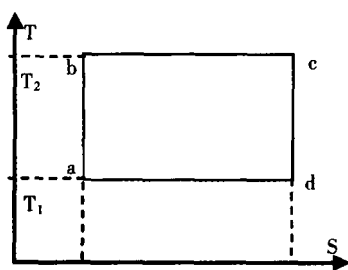


图1 逆卡诺循环

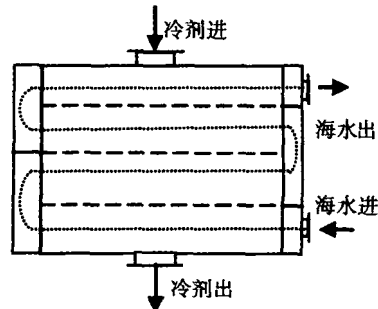


图2 冷凝器原理图

(2) 供水量

供水量不足,有可能是水泵排量低,或者是水泵至冷凝器管路阻塞。

• 检查水泵排出压力,只有 0.18 MPa,低于额定值 0.23 MPa;拆开水泵发现叶轮上附着有海生物。清除海生物,换新轴封,水泵排出压力 0.22 MPa,正常。

• 检查海水供应和回水管路,见回水管路结垢比较严重,部分脏堵,部分管壁很薄。疏通整个管路,换新部分锈蚀严重的管段。

2.3 换热面积和换热系数

冷凝器内部旁通、冷剂过多、系统内有空气等将影响冷却面积,冷凝器海水侧脏污则影响换热系数。

(1) 冷凝器内部旁通

如上面一段所说,若冷凝器两端隔板密封不良,各流程间海水旁通,必然减少实际冷却面积。

(2) 冷剂过多

冷凝器内凝结的冷剂,从冷凝器下方进入储液罐。

若冷剂过多,储液罐满溢,则部分冷剂滞留在冷凝器下部,减少实际冷却面积。

查空调运行记录,发现事故前空调供风温度只有 25℃(偏高),曾加冷剂试图降低空调供风温度,并因效果不明显而多次添加。更换压缩机时部分冷剂逸出,更换压缩机后运行时系统冷剂适当(储液罐液位正常),足见事故前冷剂过多,实际冷却面积减少。

冷剂不足是制冷效果差的原因之一而不是唯一原因,制冷效果差不一定是冷剂不足所致;补充冷剂可能但不一定能改善制冷效果,若膨胀不充分还可能导致压缩机液击。

(3) 系统内混入空气

系统内空气进入冷凝器后不会凝结,因其比重小于冷剂蒸气,滞留在冷凝器上部,减少冷却面积,造成冷凝压力升高。

若系统内空气过多,应排出,方法是启动空调风机和冷却水泵保持运转,然后:

① 关闭贮液器出口阀,启动压缩机分几次抽吸冷剂至贮液罐,直至低压稳定在 0.1 MPa 左右。

② 留有足够时间等待空气与冷剂分离,冷凝器冷却水进出口温度基本相等,说明冷剂与空气已基本完全分离(空气集聚冷凝器上部)。

③ 分几次,缓慢微开冷凝器上部的放气阀(或位置高于冷凝器的制冷剂管接头)排出空气,用手感觉放出的气流,像风吹一样是空气;有油迹或发冷则是冷剂,说明空气已放净。

查空调维修记录,发现事故前该轮也经常放空气,但不做第①、②两步,压缩机运转同时放气,冷凝器内冷剂与空气来不及分离,效果不佳,也浪费冷剂。

(4) 换热系数

换热管冷却水侧附着泥沙、海生物等,换热管冷剂侧陈积油垢,阻碍冷剂与冷却水热交换,则降低换热系数,导致冷凝器冷却不足,引起冷凝压力升高。

从船舶维护保养记录看,冷凝器清洗频繁,可以排除这一因素。

采取以上措施后,空调压缩机排出压力和冷凝器压力 1.6 MPa 左右,空调的供风温度 15℃,制冷效果改善明显。

3 技术管理方面的启示

处理这起事故,技术管理方面至少有三点启示。

(1) 设备运行,要重视监视运行参数变化,及时发现偏离及时纠正,而不是等到参数超过允许值甚至出了事故再处理。

(2) 纠正参数偏离正常值和排除故障,不能头疼医头,治标不治本,要消除其产生的原因。一时找不到故障原因,应请公司指导。公司解决不了,船上也要做好记录,以便引起后来人注意和解决。

(3) 明确制冷系统高压区和低压区的概念,有利于分析制冷系统故障原因。

至于如何提高人员的知识水平、技术能力、责任心等,超出技术管理范围,本文就不讨论了。

* 作者:李永鹏,青岛远洋船员职业学院 硕士 讲师,主要从事轮机工程教学与研究。E-mail: liyp@coscoqmc.com.cn

参考文献

- 1 费千. 船舶辅机. 大连:大连海事大学出版社,2007.
- 2 台连玉等. 谈船舶空调制冷装置的操作. 航海技术,2005(4).
- 3 韩厚德等. 船舶制冷与空调装置常见故障诊断与对策. 航海技术,1999(3).

长江航运迎来江海直通新时代

——12.5 m 深水航道达太仓、江苏段全程监控一体化

据《中国水运报》消息,1月8日,长江口 12.5 m 深水航道上延至太仓试通航仪式在江苏省太仓市举行,满载货物的 5 万吨集装箱船“新黄浦号”从太仓港码头起航驶向大海。长江航运迎来江海直通新时代。

长江口 12.5 m 深水航道上延至太仓工程,共延伸 56 km,意味着我国深水海港岸线向内陆推进了 56 km,大幅改善航道条件。据业内人士预计,该工程 2011 年可产生直接经济效益 3.78 亿元,“十二五”末可产生直接经济效益 6.76 亿元,年均增长 7 448 万元;同时进一步放大“江海联运”优势,对于构建长三角综合运输体系、服务东部地区“两个率先”发展战略、更好发挥长三角地区的辐射和带动效应等意义重大。

交通部副部长徐祖远在这次试通航仪式上指出:长江口深水航道上延至太仓,是深水航道向上延伸到南京的良好开端;“十二五”期间深水航道将延伸到南京,激活南京以下长江两岸十多个港口的二百五十多个万吨级泊位直接连通海运航线,进一步释放长三角航运潜力。