

船舶空调制冷压缩机的液击损坏及防范措施

郁红瑾¹, 陆建平²

(1. 上海中船海员管理有限公司 上海 200122; 2. 上海思船信息技术有限公司 上海 200122)

摘 要:压缩机在船舶制冷系统中被广泛应用,但是在工作过程中,液击造成压缩机主要受力件损坏故障频发,引发的责任争端不断。以某艘船舶制冷压缩机液击损坏故障为例,深入剖析造成液击损坏的机理,并系统阐述制冷压缩机液击故障的典型危害及故障表现,针对性地总结制冷压缩机液击故障防范措施,为船舶制冷压缩机技术管理与技术服务提供借鉴。

关键词:空调制冷;船舶;液击

中图分类号:U664.5

文献标志码:A

文章编号:1671-9891(2020)01-0021-04

0 引言

船舶的制冷压缩机因液击故障而引发的零件损坏故障频发,一般损坏程度如图 1 所示,发生此类损坏往往需直接更换压缩机。船用制冷压缩机价格昂贵且更换周期较长,其损坏故障成了船舶运营成本增加的元凶。更值得一提的是,由此而产生的事故责任认定在船东和服务商之间存在较大的意见分歧,发生此类故障,船东认为是产品质量问题,服务商则认为这是由于船员操作失误造成。因此,此类损坏故障应引起船舶机电工程技术人员的高度重视。

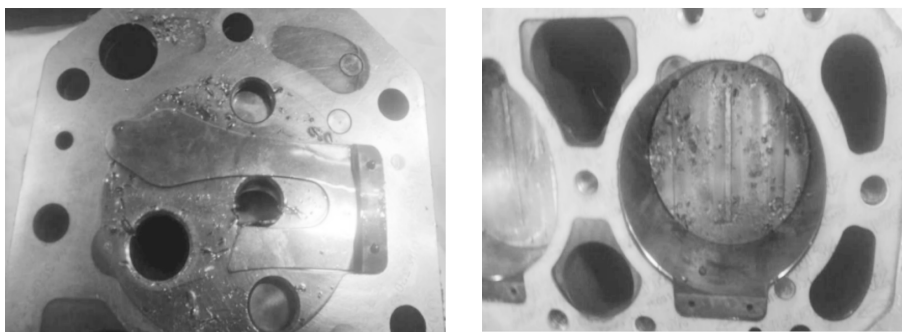


图 1 船舶制冷压缩机损坏情况

1 实船案例

某船公司一艘 82 000 DWT 散货船处女航第 7 天发生了故障,据现场船员描述:启动时,空调制冷压缩机不能连续运转,出现大电流并触发报警停机,打开检查后发现吸气阀片断裂,排气阀片限位板变形翘起,连杆弯曲,润滑表面油膜破坏,活塞和气缸面严重划伤,并且整个机器内部出现细小金属颗粒污染的现象,如图 2 所示。事故发生后,服务商和船东各有不同看法:服务商通过调查发现故障发生前存在大电流和曲轴箱缺油现象;而船东则认为曲轴箱缺油却没有发生低油位报警,属于产品质量问题。

收稿日期:2020-02-12

作者简介:郁红瑾(1965—),男,江苏连云港人,上海中船海员管理有限公司轮机长。



图 2 82 000 DWT 散货船制冷压缩机损坏情况

2 案例故障分析

通过现场拆解及分析大电流故障现象,工程技术人员确定故障由制冷压缩机液击引起。分析具体损坏原因,应先从制冷循环说起,气态制冷剂经制冷压缩机压缩后成为高温高压气体,经冷凝器冷凝后变成液态,再通过热力膨胀阀节流在蒸发器(冷库)内蒸发吸热,使得冷库内食品冷却从而达到食品冷藏的目的,制冷剂蒸发吸热后成为气体,再次被压缩机吸入进行压缩^[1-2],制冷循环原理如图 3 所示。

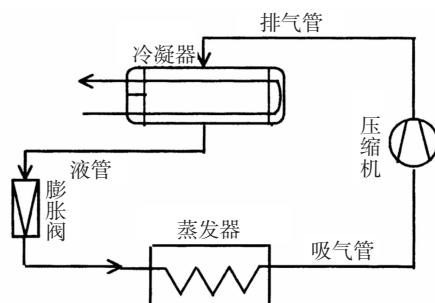


图 3 制冷循环原理

本故障压缩机为半封压缩机,活塞每分钟压缩气体 1 450 次,即完成一次吸气或排气过程约 0.04 s。阀板上吸排气孔径的大小以及吸排气阀片的弹性与强度均是按照气体流动而设计的。从阀片受力角度讲,气体流动时产生的冲击力是比较均匀的。由于液态制冷剂没有完全蒸发变成气体,部分液态制冷剂被吸到压缩机气缸内,而液体的密度是气体的数十甚至数百倍,因此液体流动时的动量比气体大得多,产生的冲击力也大得多。吸气中夹杂较多液滴进入气缸时的流动属于两相流,两相流在吸气阀片上产生的冲击不仅强度大而且频率高,其破坏性是不言而喻的,因而造成了本次故障中吸气阀片断裂。排气阀片的情况与吸气阀片相同,不同之处在于有限位板和弹簧片支撑,不容易折断,但冲击严重时,限位板会变形翘起。

此外,液击瞬间产生的高压具有极大的破坏性,会造成连杆弯曲甚至断裂。液击造成连杆弯曲是在短时间内发生的,连杆两端的活塞和曲轴运动自如,一般不会出现严重磨损引起的抱轴或咬缸。尽管吸气阀片折断后,阀片碎屑偶尔也会引起活塞和气缸面严重划伤,但表面划伤与润滑失效引起的磨损不同。与此同时,

由于冲洗掉了活塞与气缸表面的润滑油,进而导致气缸拉伤和过热,产生的一些细小金属颗粒会污染整个机器内部。最后,滑油中被混入的液态制冷剂汽化产生的泡沫使曲轴箱油位产生虚高现象,从而导致即使出现低液位也无法报警,这对制冷压缩机而言无疑是雪上加霜。

3 液击危害及防范

3.1 液击危害

液击除导致上述故障外,还可能稀释压缩机曲柄箱内润滑油,随着润滑油被越来越多液态冷剂稀释,润滑性能逐步下降,曲轴轴承和活塞等运动部件不能正常地润滑,直至这些运动部件干摩擦并咬死。轴承的白合金熔化在曲轴上,如图4所示,而此时电机还在继续运转,最后可能导致主轴承、连杆、活塞碎裂,大量的碎片落到压缩机油底壳内,如图5所示。



图4 轴承咬死



图5 零部件碎裂

同时,由于润滑油中液态制冷剂的气化,导致压缩机的曲柄箱油因出现泡沫产生油位虚高现象,如图6所示,而油箱的液位还未低于报警值,因而无法触发滑油低压报警,压缩机在缺少有效润滑的情况下继续运转直到受阻损坏,继而发展至电动机产生大电流报警并停机,可能导致电动机出现过载损坏或烧毁,若过多的液体直接进入压缩机甚至可能直接导致压缩机损坏。

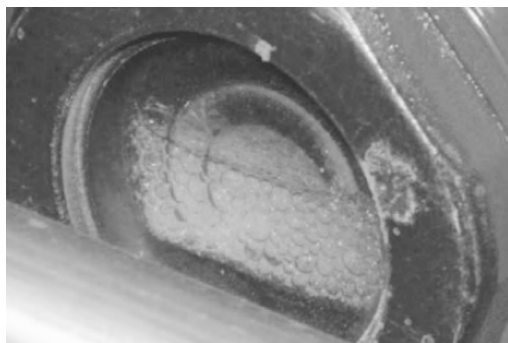


图6 泡沫状的油位

3.2 液击防范

造成液击的原因很多,如:热力膨胀阀问题、蒸发器负荷低、制冷设备能力过大、冷库内的布置、空气循环差、食品堆放不合理、蒸发器风扇故障、蒸发器管内油污染、不良的蒸发器除霜(蒸发器结冰、没有空气对流、热传导差等等。^[3]其中最为常见的是由热力膨胀阀问题导致的。

由热力膨胀阀引起的液击现象通常发生在夜晚。夜晚,外界环境温度下降,整个制冷装置制冷任务量较低,即不需要较多制冷量的时候,设备制冷能力过剩。当热力膨胀阀开度过大、每当压缩机启动时或设备承受大量负荷时,热力膨胀阀将会开大,给蒸发器输入较多液态制冷剂,此外,过热度设定的太低,吸入侧的压力降低使得热力膨胀阀膜片下方压力降低,吸入侧的压力降低速度比膨胀阀感温包内的压力降低反应更快,所以将会使得热力膨胀阀开度加大,直至感温包感受反应并且压力开始下降促使热力膨胀阀关闭,但此时,部分冷剂液体已经进入蒸发器,且阀门开度越大,液体的量就越大,一旦液体进入吸入管,接着就会进入

压缩机。因此,在各种运行工况下,要监控热力膨胀阀过热度的设定,维持一个稳定的过热度设定值可以避免这类问题的发生。一般选用较小节流孔的阀可以起到稳定控制的作用。为此,热力膨胀阀选型时要确保正确的尺寸,运行中的过热度必须设定值至少为 6~8 k,工作中必要时检查和设置除霜控制。^[4]

制冷剂液态回击是造成船用制冷空压机损坏的主要因素,此外,液态启动、液体堵塞、压缩机过热、缺少润滑等因素也会损坏制冷机组。要防止压缩机的损坏,需要加强日常维护,设置温度不宜过低,过热度设定必须适当稳定,防止上述可能导致液击问题的发生,一旦发生故障报警或停车,必须查找原因,排除故障的根源,切忌盲目再次启动。^[5]

4 结束语

船舶空调制冷压缩机液击是严重危害制冷系统正常运转的常见故障之一,造成的损坏及危害大。本文论述了船舶制冷压缩机产生液击的原理,认为最为常见的液击是由热力膨胀阀问题导致的,可通过监控热力膨胀阀过热度设定、选用较小节流孔的阀、进行必要时的检查和设置除霜控制等手段减少液击发生的概率,提高船舶空调制冷压缩机的使用寿命。

参考文献:

- [1]李章德.某轮伙食冷库温度异常分析[J].珠江水运,2015(1):28-29.
- [2]周伟.船用空调机组压缩机液击故障分析及排除[J].中国修船,2012(2):39-41.
- [3]潘灶林,黄应邦,林锡坤,等.浅谈船舶制冷系统常见故障[J].中国水运,2017(9):115-116.
- [4]周建佳,张明辰.制冷压缩机防液击技术研究[J].河南科技,2019(10):50-52.
- [5]王必改.某船冷库降温困难的原因分析及思考[J].中国修船,2014(6):9-13.

(责任编辑:张 利)

Liquid Hammer Damage of Marine Air-conditioning Refrigeration Compressor and Preventive Measures

YU Hong-jin¹, LU Jian-ping²

- (1. Shanghai Sinoship Seafarer Management Co., Ltd., Shanghai 200122, China;
2. Shanghai Sibao Information Technology Co., Ltd., Shanghai 200122, China)

Abstract: Compressors are widely used in marine refrigeration systems. However, in the process of its functioning, liquid hammer caused frequent damages to the main stressed parts of the compressor, which caused frequent disputes. It takes a ship's refrigeration compressor liquid hammer damage as an example, deeply analyzes the mechanism of the liquid hammer damage, systematically describes the typical damage and performance of refrigeration compressor liquid hammer failure, and summarizes the preventive measures for refrigeration compressor liquid hammer failure, which provides reference for technical management and technical service of marine refrigeration compressors.

Key words: air conditioning and refrigeration; ship; liquid hammer