

船用蒸馏法造水机造水量少的故障分析及解决方法

孟卫忠

(中远海运船员公司青岛分公司, 山东 青岛 266100)

摘要: 10 年船龄的造水机造水量减少是一个普遍存在的现象, 尽管大家都想尽各种办法, 但效果并不理想。本文介绍现在使用最广泛的带板式热交换器真空沸腾式造水机, 由于板式热交换器工况不好而造成造水机造水量少的原因分析、改进延长造水机板换的使用寿命和提高造水量的方法及装复注意事项。对于这种造水机而言也是最难解决且普遍存在的问题, 方法简单易行, 经实践效果明显有效。

关键词: 船舶造水机; 板式热交换器; 密封垫床

中图分类号: U66

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2022) 06—0099—03

船舶每天要消耗相当数量的淡水, 配备海水淡化装置简称造水机, 以满足船员、旅客及动力设备的淡水需求。船用造水机的种类很多, 目前蒸馏法板式热交换器造水机是应用最普遍的一种。这种造水机造水量随着船龄的增加, 造水量逐渐减少难以恢复, 也是普遍存在的现象。造水机设计造水量一般为 $20\sim 25\text{m}^3/\text{d}$, 一般对于板式热交换器式造水机而言, 船龄 5 年以上的船舶, 造水机的造水量会逐步减少, 并考虑更换板间密封垫床改进工况提高造水量; 部分船龄 13 年以上的船舶就需要考虑更换造水机板式冷却器提高造水机的造水量, 而板式冷却器价格昂贵。船龄 10 年后造水机造水量一般都在 $10\text{m}^3/\text{d}$ 左右, 造水量大幅度减少, 不得不利用靠泊机会补充淡水; 世界各地淡水价格高低不一、中东及非洲沙漠地区淡水更是稀缺费用高, 有些港口还不供应淡水。这给船舶正常经营不仅增加了额外的费用, 还会影响船舶的正常营运。

船舶动力装置中的主机、副机、空压机等需要冷却用淡水; 锅炉要用淡水且要求含盐量越低越好, 一般要求含盐量不超过 10mg/L ; 船员及旅客的生活用水大约 250L/d 。以某轮为例: 30 万吨散货船, 主机功率 22360kW , 副机功率 $3 \times 800\text{kW}$, 锅炉蒸发量副锅炉 2t/h , 废气炉 1.6t/h , 船员 28 (含 7 名实习生) 人, 日常每天淡水消耗量为 $10\sim 11\text{m}^3/\text{d}$ 。10 年船龄后的造水机造水量已经不能满足船舶的正常营运, 一般船舶采用靠泊补充淡水, 购买造水机板式热交换器垫床或板片更换备件, 其中原厂备件费用昂贵, 都给船舶的正常营运增加了不菲的成本。这是一个普遍存在的现象, 提高造水机的造

水量满足船舶的正常营运, 延长备件使用寿命降本增效亟待解决。

1 造水机原理介绍

船用造水机一般采用真空式, 即在较高真空度下将海水蒸发再将水蒸气冷凝成淡水。真空度高, 水的沸点低, 一般采用主机缸套冷却淡水作为热源蒸发海水, 用舷外海水作为冷却介质将水蒸气冷凝, 如下图所示用主机冷却淡水 (80°C) 进入造水机下部蒸发器加热海水, 造水机海水泵抽取外部海水进入造水机上部冷却器, 冷却蒸发后的水蒸气, 经过冷却器的海水再进入造水机喷射泵, 把造水机内部抽真空度 85% 以上; 在去喷射泵的海水管路上有一个分支给蒸发器补给海水蒸发。淡水泵从冷凝器内抽取冷凝后的淡水。造水机工作系统如图 1 所示。

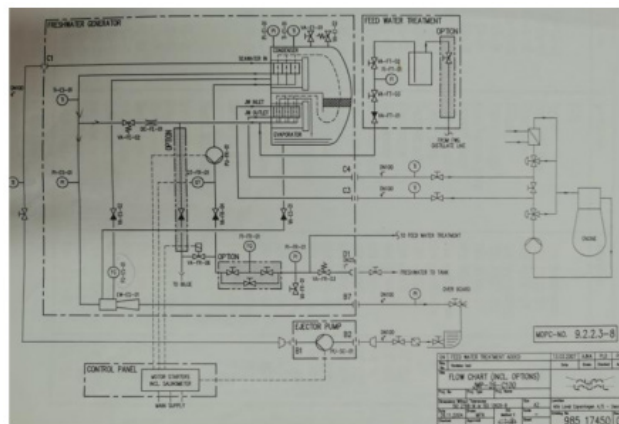


图 1 造水机工作系统图

2 造水量少的原因分析

造水机造水量减少的原因有很多：如蒸发器、冷凝器脏堵换热效果差；淡水泵打水能力差；海水泵工况差不能建立足够压力；喷射泵喷嘴损坏工况差不能建立有效真空；海水系统管路中的阀卡死在半开半关位置，影响工作水流量；上部冷却器内抽真空的管路漏气；阻盐网脏堵水蒸气不能完全进入冷凝器空间等等，这些都是我们常常遇到也易于发现和解决的故障。但对于5年以上船龄的造水机来说，以上故障解决后造水机造水量还是会随着船龄的增加而逐步下降。

造水机使用过程中，蒸发器海水面会结垢、冷凝器海水面会脏污而影响换热效果，需要定期拆检清洁，随着拆检次数的增加，板与板之间的密封垫床会变薄。冷却器淡水面、蒸发器海水面的上部没有垫床，如图2，缺少了另外一面的密封支撑，所以当我们拆检清洁后装复时只有通过增加预紧力来增加密封效果防止漏水，随着拆检的次数的增加，密封垫床也随预紧力增加而变薄现象变得更严重，板间间隙也越来越变小；外部蒸汽通过板间间隙进入冷凝器，板间通道间隙变小，造水量变少；海水流量也越来越小，不仅冷却效果下降，而且冷凝器对海水流量的阻力变大，导致后面喷射泵的工作水压力变小，抽真空的能力变弱，造水机内部的真空度下降，蒸发温度升高，造水量越来越小，恶性循环。当造水量不能满足需求时，通常先更换板间的密封垫来改善造水量；如果板间间隙再变小导致金属板挤压变形时，就只能整体更换热交换器了，这种板式热交换器价格昂贵。造水机下部蒸发器，同样也会随着拆解次数的增加板间间隙变小；蒸发器从外部进入海水加热蒸发，因此蒸发器状况下降时，可以通过增加海水给水量或增加热水给水量来补偿一些，对造水机造水量的影响就小一些，因此蒸发器相对于冷凝器的使用寿命要长。

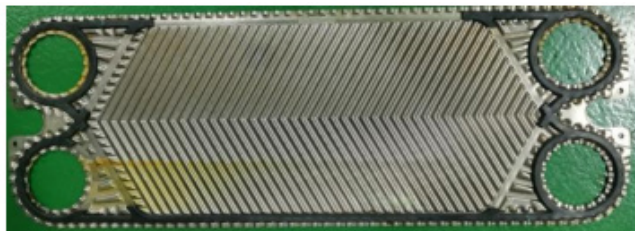


图2 上部没有密封垫床

由此得出结论，从板换工况方面考虑，造水机造水量减少的原因为：①冷凝器和蒸发器板间密封垫床变薄后，板间间隙变小，热交换效果变差；②冷凝器板间间隙

变小后海水流量变小，喷射泵抽真空能力下降。

3 改进方法

冷凝器每两片是一组，一面为冷却海水通过，这一面四边均有密封胶垫；另一面为蒸汽面，蒸汽面三面有密封胶垫，最上部为蒸汽进入冷凝器的通道。蒸发器也是每两片是一组，一面为淡水面四面都有垫床，另一面海水面三面有垫床，最上面没有垫床，为水蒸气和盐水流通道。日常维护过程中，每一次对冷凝器和蒸发器的解体清洁，再装复时就要增加预紧力才能达到密封效果。对冷凝器而言，蒸汽面上部没有垫床支撑，当我们日常维护次数变多后，垫床越来越薄，间隙越来越小，蒸汽的通道就越来越小；在冷凝器上部没有密封垫床的部分增加一小段“支撑垫床”，如图3，这样既可以增加蒸汽通道的间隙，同时还会对相邻的板换间密封垫床起支撑作用，提高另外一侧海水面的密封效果，冷凝器的预紧力就可以减小，也就增加了海水面的间隙，提高了海水流量，同时还会延长冷凝器的使用寿命。蒸发器增加垫床以后也有同样的效果，会增加热水和海水的流量通道，提高热交换效果。

采用此方法对该轮造水机进行改进，改进前：海水水温30℃，蒸发温度48℃，造水机的造水量10m³/d；改进后：海水水温、蒸发温度不变，且航行工况不变，该造水机的造水量提升至16m³/d，造水量提高60%，效果显著。

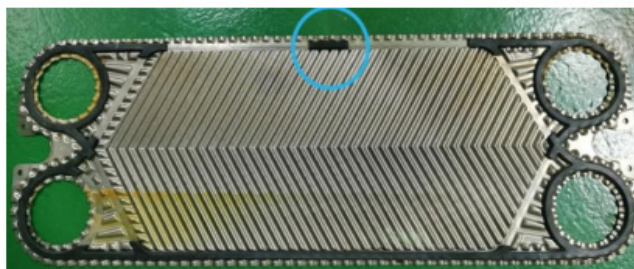


图3 加了“支撑垫床”

4 注意事项

通过冷凝器和蒸发器板间增加“支撑垫床”的方法，可以有效地提高造水机的造水量，在实施的过程中，还需要注意以下事项，否则，此方法的效果不能得到有效保证。

(1) 增加的这一段密封“支撑垫床”的厚度要和周边垫床一样厚或略厚。由于板换的片数较多，需要增

加的“支撑垫床”数量多,如果“支撑垫床”厚度增加就会导致热交换器装复后成“拱肚”型,两端的密封垫床就不能有效密封。当全部换新垫床时,就要用新垫床做“支撑垫床”;如果板换是原有垫床就要用原有垫床截段后做“支撑垫床”使用,每个“支撑垫床”最好再增加不超过0.2mm厚度的密封垫,这样可以提高支撑效果。切记不可以板换用旧垫床,“支撑垫床”用新垫床,会导致不能密封;板换用新垫床,“支撑垫床”用旧垫床,这样会使“支撑垫床”作用减弱或不起作用。

(2)板换在装复时要保证平整。大多造水机的冷凝器和蒸发器,随着拆解次数的增加都存在的装复后不平整现象,如下图4装复不平整;图5为装复正常。板换装复后高低不平,这样会使片子之间密封垫错位不能对正,降低密封效果,也会减小板换之间的间隙。如果错位大了,还会导致内漏现象的出现。

板换装复不平整的原因是:随着解体板换次数的增加,板换间隙变小后的金属板变形引起的,如图6变形部分,图7正常和变形后的对比图,就需要先把板换变形后的定位孔矫正,然后才能将板换装复平整,这是一个非常容易被忽视的问题。在拆解冷凝器和蒸发器时,要及时发现金属板换的变形并矫正。当密封垫变薄后及时换新,防止垫床变薄后导致金属板换的变形,更换昂贵的金属板,也建议新船就增加支撑密封垫床,可以大幅延长冷凝器和蒸发器的使用寿命。

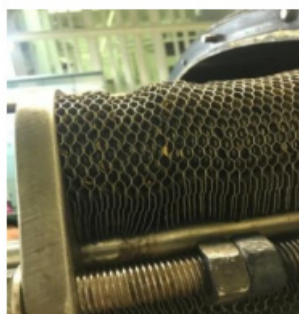


图4装复不平整



图5装复正常



图6板换变形



图7变形板换和正常板换对比

(3)冷凝器下部有两个出口孔,如图8示,下部一个连接淡水泵,把造出的淡水抽走;上部还有一个孔为抽冷凝器真空的孔,其连接到喷射泵,它的作用是将冷凝器内部抽真空,保证冷凝器内部的真空度比造水机内部冷凝器外部的真空度要高,这样会使水蒸气有动力进入冷凝器,而水蒸气进入冷凝器后冷凝成水。冷凝器内部始终保持真空度比造水机内部其他部分高,这就要保证连接这个孔的管路密封性良好,否则一旦管路不密封,会吸入外界空气破坏了冷凝器内部的真空度,导致造水量减少,隐蔽性极强,不易发现。抽真空的管路上还有一个带玻璃检查孔的单向阀如图示中说明,如果玻璃检查孔内有水出现,说明淡水泵有故障打水能力不够,不足以把造出的淡水抽走,需要对淡水泵进行维修。

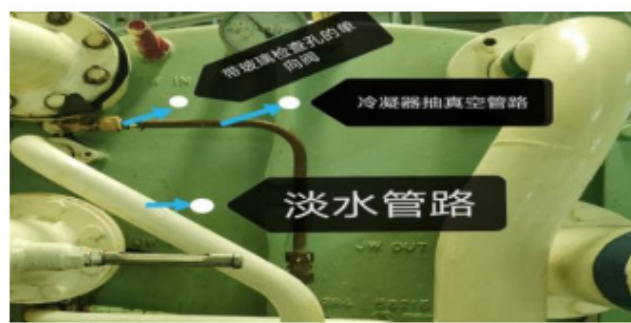


图8造水机冷凝器检查孔位置图

5 结束语

当在造水机冷凝器和蒸发器板间增加“支撑垫床”后,改善了热交换效果,不仅有效提高造水机的造水量,还能大幅度提高板换的使用寿命。造水机工况改善后,可以减少靠泊补给淡水的额外费用,保证船舶的正常营运,降低备件的费用,降本增效,且方法简单易行。

参考文献:

[1]DISTILLING PLANT INCL.INSTRUCTION BOOK,MACH.ELECT.OUTFIT.DESIGN.DEPT TECHNICAL DIVISION NANTONG COSCO KHI.

[2] 费千.船舶辅机[M].大连:大连海事大学出版社.2005.