

使用维修

基于 FTA 的某型柴油机淡水泵漏水原因分析

熊小龙

(海军装备部, 陕西 兴平 713105)

摘 要: 针对某型柴油机试车过程中出现的淡水泵泄漏现象, 采用故障树分析的方法对故障原因进行分析和排查, 并进行试验验证。分析结果表明: 水泵对中不当导致侧向推力较大, 引发密封面积减小是导致此次故障的主要原因。通过采取提高水泵平台试验要求, 增加水泵轴承座内外圆同轴度要求及增大叶轮平衡孔尺寸等措施, 较好地解决了该问题, 保证了淡水冷却系统的可靠性。

关键词: 柴油机; 淡水泵; 泄漏; 故障树分析

中图分类号: TK424.2⁺11 文献标识码: B 文章编号: 1001-4357(2016)04-0057-03

0 引言

淡水泵是柴油机闭式冷却系统的重要组成部分。该系统采用淡水循环对柴油机的受热零部件进行冷却, 再用海水对淡水进行冷却, 以保证柴油机的正常运转^[1]。

一旦淡水泵漏水将导致冷却效果变差, 可能导致诸多不良后果, 如破坏零件的正常间隙, 增大零件的热应力和热变形, 引起滑油的分解与劣化等。故发现淡水泵漏水必须立即采取相应措施。本文对某型机淡水泵泄漏现象进行分析, 找出根本原因, 并采取有效措施避免了类似问题的再次发生。

1 故障现象

某型柴油机在磨合后的单项试验中, 机带淡水泵(泵号: 2013-25)发生漏水。将该水泵送水泵试验台检验, 检验结果: 水泵出口压力 0.35 MPa, 不漏水; 水泵出口压力 0.50 MPa, 水泵连续不间断漏水。

首次更换淡水泵(泵号: 2013-21), 动车 3 h 后, 水泵漏水。拆下水泵送试验台做动态密封性检查: 水泵出口压力 0.35 MPa 时不漏; 0.50 MPa 压力下, 5 min 内未渗漏。

当日晚, 更换水泵轴承座(内外圆同轴度: 0.01 mm)后, 对淡水泵(泵号: 2013-21)装机试验, 约每隔 5 min 漏水一滴。

2 建立故障树

对漏水故障的可能原因进行了讨论, 结合此前发生的淡水泵漏水问题(漏水同时, 双列向心滚

子轴承与泵体发生磨损), 建立故障树如图 1。

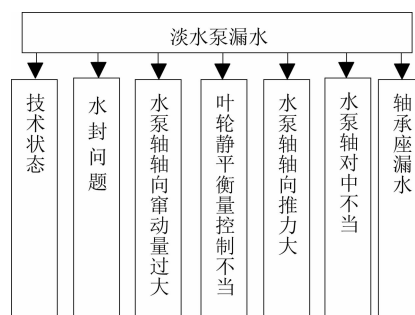


图1 淡水泵漏水故障树

进一步细化, 得到如图 2 ~ 图 4 所示的二级故障树。

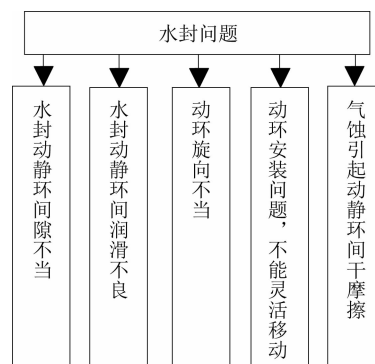


图2 水封问题故障树

3 分析排查及验证

根据建立的故障树, 分级进行排查, 具体步骤如下。

3.1 技术状态

3.1.1 图纸状态

复查该型柴油机淡水泵图纸状态: 与专利方最

新技术状态基本一致。只是挡圈宽度略有不同(图纸比专利方要求小 0.5 mm),但对性能无影响。

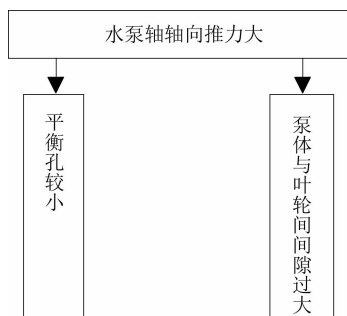


图3 水泵轴轴向推力大故障树

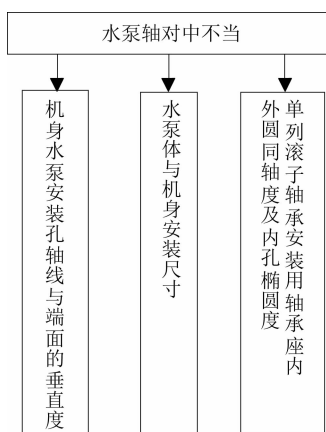


图4 水泵轴对中性不当故障树

复查淡水泵图纸变更情况:1992年,发生双列滚子轴保持架碎裂,水泵漏水,双列滚子轴承磨损过快等问题,通过对水泵侧向推力的计算,认为水泵侧向推力过大,是引起上述问题的原因。1993年,对图纸状态进行了更改:将水泵叶轮平衡孔尺寸由 $8 \times \Phi 4$ 改为 $8 \times \Phi 8$,减小了泵体与叶轮间的间隙,并增加了推力轴承 GB301。

2008年,再次发生水泵断轴问题,通过计算认为断轴的原因为:泵轴材料在海水腐蚀条件下安全系数较低,随后按专利方最新技术状态进行了更改。

通过复查发现:专利方最新状态与1993年技术状态调整前的状态接近,只是泵轴材料、水封、叶轮不同。

3.1.2 工艺与图纸及技术文件的符合性

对该型柴油机机加、装配工艺进行符合性检查,现场跟踪水泵装配过程,工艺满足图纸与技术文件要求。

以上表明:专利方技术状态可能存在一定的设计缺陷。

3.2 水封问题

3.2.1 动静环间隙

动静环间隙过小,密封面间将发生磨损,引起漏水;动静环间隙过大,压紧量不够,也会产生漏水,此时动静环工作面将有水印。拆检水封,动静环工作面无拉伤和水痕,表明动静环间隙情况良好。

3.2.2 动静环润滑

复查水封安装情况,动静环润滑油脂按要求填充,且工作面无异常磨损,表明动静环润滑良好。

3.2.3 动环旋向

咨询专利方,对方回复为:水封无旋向要求。

3.2.4 动环安装

复查动环安装情况,动环在轴上能自由移动,按压动环,可自动回弹。

3.2.5 气蚀引起动静环间干摩擦

水封拆检,动静环间无摩擦痕迹,故不存在气蚀问题。

综上基本排除水封问题导致水泵漏水的可能。

3.3 水泵轴轴向窜动量大

3.3.1 相关零件轴向尺寸

复查故障水泵相关零件轴向尺寸情况,如表1所示。

表1 相关零件轴向尺寸

单位: mm

序号	项目	检查内容及要求	淡水泵号	
			2013-25	2013-21
1	水泵体	双列向心球面滚子轴承安装深度 $(39.1_{-0.05}^0)$	39.0 ~ 39.2	38.8 ~ 39.0
		槽宽 $(3.15H13 \text{ } ({}_0^{+0.018}))$	3.22 ~ 3.24	3.14 ~ 3.15
2	水泵轴	$36.5_{-0.20}^0$	36.5	36.4
3	挡圈	挡圈厚度	3.0	3.0
4	水泵装配	双列轴承外圈轴向间隙	0.30	5

可以看出,水泵相关零件轴向尺寸控制不当,装配轴向间隙略小于图纸要求。

3.3.2 轴承座安装位置

复查单列滚子轴承座安装尺寸,符合图纸要求。

结合动静环面检查情况,基本可排除轴向窜动量大引起水泵漏水的可能。

3.4 叶轮不平衡量过大

对叶轮静平衡量进行检查,叶轮在各点能够平衡。基本可排除叶轮不平衡量过大引起水泵漏水的可能。

3.5 水泵轴向推力过大

水泵产生轴向推力的主要原因为：进出口压力不同引起水对叶轮产生反作用力。检查水泵叶轮平衡孔尺寸，符合图纸要求；检查水泵与叶轮间隙大小，符合图纸要求。可排除水泵轴向推力过大引起水泵漏水的可能。

3.6 水泵安装对中不当

复检与水泵安装对中有关系的尺寸情况，检查结果如表 2 所示。

轴承座同轴度、机身水泵安装孔轴线与端面垂直度在图纸上无明确要求，但检验部门的控制要求为：机身水泵安装孔垂直度≤0.10 mm，而实测值为 0.13 mm，比要求值大 0.03 mm。因此不能排除水泵安装对中不良问题引起水泵漏水的可能。

表 2 水泵安装对中有关系尺寸表

单位：mm

序号	项目	检查内容	淡水泵号	
			2013-25	2013-21
1	水泵体	Φ100J7 ($+0.022$ -0.013)	-0.005 ~ -0.015	-0.005 ~ -0.015
		Φ135h6 (0 -0.025)	0 ~ -0.015	0 ~ -0.015
		Φ100J7 与端面垂直度	0.004	0.003
		Φ100J7 与 Φ135h6 同轴度≤0.02	0.010	0.010
		Φ135h6 外圆与安装面垂直度	0.011	0.012
2	轴承座	同轴度	检测 5 处壁厚： 均为 22.6	
3	机身水泵安装孔垂直度≤0.10		0.13	

3.7 轴承座漏水

对轴承座进行着色探伤检查，未见裂纹及铸造缺陷。基本可排除轴承座漏水导致水泵漏水的可能。

3.8 试验验证

3.8.1 更换单列滚子轴承座圈

更换测量同轴度为 0.01 mm 的轴承座圈后，对淡水泵（泵号：2013-21）装机进行运行试验，大约每隔 3 min 水泵漏水一滴。与更换前相比，泄漏量明显减小。

3.8.2 增大叶轮平衡孔

增大叶轮平衡孔后，装配 2 台水泵，在水泵试验台上进行密封性试验，水泵压力 0.46 MPa，泵转速 2 373 (r·min⁻¹)，连续运行 24 h 不泄漏。

4 结 论

以上分析排查及试验验证表明：造成柴油机淡水泵漏水的原因是：水泵对中不当导致水泵侧向推力较大，致使密封面积减小。具体改进措施如下。

- (1) 更改、完善淡水泵平台试验工艺，增加动态密封试验要求，加严试验条件：水泵出口压力 0.46 MPa，泵转速 2 373 (r·m⁻¹)，试验时间共 12 h (3 循环，每循环 4 h)；
- (2) 水泵轴承座增加内外圆同轴度要求 (≤ 0.01 mm)；
- (3) 将叶轮平衡孔尺寸由 8×Φ4 改为 8×Φ8；
- (4) 加工机身时，将水泵安装面垂直度控制在 0.10 mm 以内。
- 通过以上改进措施，该淡水泵泄漏问题得到彻底解决。

参考文献

[1] 贾锡印. 船用内燃机结构 [M]. 哈尔滨：哈尔滨船舶工程学院出版社，1990.

(上接第 56 页)

2 结束语

介绍了某 V 型柴油机起动后出现冷却水系统压力低报警的两个故障案例。结合故障现象和冷却水系统原理图展开原因分析，制定排查措施，相应地采用了观察、对比、对调、更换、泵压等排查手段，特别是通过运行使柴油机冷却水温度升高后，采用压缩空气泵压排查冷却水系统内部漏气、漏水故障点的方法，对其他机型排查类似故障具有一定

的借鉴意义。

参考文献

[1] 中国船舶工业总公司. 船舶设计实用手册轮机分册 [M]. 北京：国防工业出版社，1990.

[2] 陈铁铭. 船舶管系 [M]. 北京：人民交通出版社，2007.

[3] 付锦云. 船舶管路系统 [M]. 黑龙江：哈尔滨工程大学出版社，2006.