



■ 中国一汽无锡柴油机厂/徐忠芳 黄建松

柴油机水泵水封漏水故障 解决方案

水泵是柴油机的重要部件，其质量直接影响柴油机的正常运行质量。本文以X系列柴油机水泵水封漏水故障率高的问题为案例，介绍了水泵水封漏水故障的模式，并通过问题原因的查找及对症改进，最终使水泵水封故障率大幅下降。

项目来源

通过对2011年度“装配零公里故障”和“用户三包索赔单”统计分析发现，X系列柴油机水泵的故障率居高不下，而其中水泵水封漏水故障又占水泵总故障数的84.2%。为此，工厂启动了降低X系列水泵水封漏水故障率的改进项目，对水泵水封进行专项改进。

水封结构及使用原理

1.水封结构

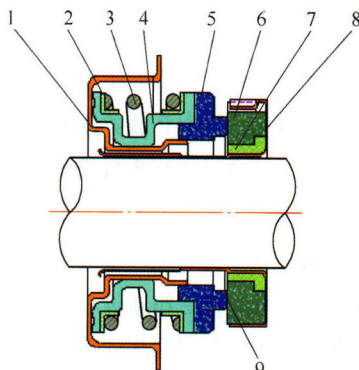
水泵水封结构如图1所示，它由传动件、辅助密封组件、端面摩擦副、弹性元件及固定件等八个主要零件组成。

2.使用原理

水封在正常运转下，两端面间会保持一层极薄的液膜（厚度小于1mm），但两摩擦面微观高峰的相互摩擦还继续存在，这种状态称为边界摩擦，水泵水封属于这种摩擦。正常的液膜能提高密封性能及延长密封的使用寿命。



(a) 实物图



(b) 示意图

图1 水泵水封结构

- 1.传动座 2.动环密封圈 3.动环 4.静止环 5.波纹管
6.弹簧 7.弹簧座 8.密封座 9.摩擦面

水封漏水故障原因分析

1.故障模式确认

通过对故障件进行统计分析发现，水泵水封漏水故障模式主要有两种：一是水封端面进异物，引起石墨环损伤，二是石墨环摩擦面有异物附着，导致了泄漏（见图2）。

发动机制造
CCMT特刊

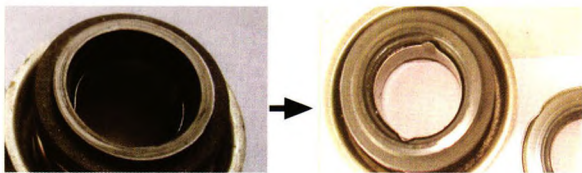


图2 石墨环进异物引起损伤

2.故障模式原因分析

造成水泵故障的主要原因有两点：一是由于国内一些发动机厂家所选用的发动机防冻冷却液的质量参差不齐，用户任意使用冷却介质，其结晶超标，破坏了摩擦面；二是冷却系统管路内部清洁度差，铸造型砂、锈蚀氧化物进入冷却液破坏了摩擦面。次要原因是汽蚀。由于冷却系统的关系，在泵的入口处发生汽蚀。汽蚀发生后，产生大量气泡，在气泡凝结破裂的同时，液体以很高的速度填充空穴，在此瞬间产生强烈的水击作用，一方面冲击水封的外部，使其表面出现损伤，还会产生噪声和振动；另一方面，也严重破坏了液膜，造成水封干摩擦，破坏了水封端面。

改进对策

1.应用新的抗磨、减磨材料

由于摩擦、磨损、润滑都发生在摩擦端面，因此，水封磨损失效进而造成水泵漏水，成为水泵的主要故障模式。目前由于国内对于用户选用防冻液、冷却管路的清理等方面难以在服务体系得到很好地维护和解决，因此只能通过提高水封基体的耐磨性着手。基于此，近年来相关厂家开发出了多种抗磨、减磨材料并得到有效应用，为降低和解决水封磨损漏水故障提供了条件。为此，改进组通过对传统的石墨碳化硅与新的抗磨、减磨材料双碳化硅两种材料的水封，进行严格的内部耐久试验和外部调研对比（见表1），通过对比，确认新的抗磨、减磨材料双碳化硅水封综合使用性能效果更佳。

表1 石墨碳化硅与双碳化硅水封性能比较

石墨/SiC水封失效模式	双SiC水封改善原理	双SiC水封与石墨水封优缺点比较
石墨树脂析出	碳化硅经2100℃高温烧结，不含任何树脂	石墨/SiC水封：自润滑性能良好，抗干磨性能好，但抗异物性能差 双SiC水封：动、静环硬度高，抗异物性能好，耐久性能较好，但抗干磨性能差
密封面有划伤	动静环表面硬度≥93HRA，介质中的杂物无法划伤密封面	

2.双碳化硅水封使用情况

（1）供应商配套同行产品使用情况 项目组为了验证双碳化硅水封使用效果，在内部试验验证的同时，收集了部分同类产品的使用情况数据。

A供应商反馈：配套A主机厂系列水泵，原来也是使用石墨碳化硅水封，售后故障率很高，从2008年底开始采用双碳化硅水封，整体故障率下降≥44%。其中，300马力（1马力≈0.735kW）机型T9000-A故障率已由10 526PPM（1PPM=10⁻⁶）降至4831PPM，480马力机型M3001-C故障率已由20 640PPM降至4171PPM。

B供应商反馈：配套B主机厂水泵，采用双碳化硅水封取代石墨碳化硅水封后，整体故障率下降≥50%（目前故障率约2778PPM）。

C供应商反馈：A主机厂系列水泵，采用双碳化硅水封取代石墨碳化硅水封后，整体故障率下降≥39%（目前故障率约5826PPM）。

（2）供应商配套我厂X机使用情况 X系列柴油机水泵配套厂家共有A、B、C三家供应商，之前供给我厂的均是石墨碳化硅水封水泵，从2012年3月份开始我们指定C供应商采用双碳化硅材料水封水泵，A和B供应商仍采用石墨碳化硅水封水泵。为此，我们进行了三个月的跟踪对比试验。

截至2012年10月，试验结论如下：

水泵总体故障率：用户反馈的C供应商故障数24台，总故障率为1.62%；A供应商故障数394台，总故障率为2.57%；B供应商故障数292台，总故障率为4.34%。A、B两家供应商平均总故障率为3.11%，相对C供应商故障率高出91.98%（见表2）。

水泵水封漏水故障率：C供应商为1.15%，A供应商为2.16%，B供应商为3.49%。

水泵水封漏水单台索赔金额：C供应商为9.65元，



比较A供应商单台索赔金额低5.45元，比较B供应商单 台索赔金额低11.05元（见表3）。

表2 水泵总体故障率、单台索赔金额

厂家	2011年3~6月装机/台	至2012.10月故障数/台	故障率	索赔金额/元	单台索赔金额/元
A供应商	15 310	394	2.57%	278 822.3	18.2
B供应商	6725	292	4.34%	173 709.2	25.8
A/B平均	22 035	686	3.11%	452 531.5	20.54
C供应商	1483	24	1.62%	20 816.68	14.0
总体	23 518	710	3.02%	473 348.18	20.1

表3 水泵水封漏水故障率、单台索赔金额

厂家	2011年3~6月装机/台	至2012.10月故障数/台	故障率	索赔金额/元	单台索赔金额/元
A供应商	15 310	331	2.16%	231 214.91	15.10
B供应商	6725	235	3.49%	139 231.54	20.70
A/B平均	22 035	566	2.57%	370 446.45	16.81
C供应商	1483	17	1.15%	14 311.58	9.65
总体	23 518	583	2.48%	384 758.03	16.36

3.成本分析

水泵采用双碳化硅材料，水封单台成本上升3.2%，约10元，对照C供应商水封漏水故障率计算，预计B供应商和A供应商的平均故障率可降低55%，质量损失单台平均可降低9.3元，水封成本增加值与质量损失金额基本持平。

结语

改进后的双碳化硅水封水泵通过整机耐久试验、热冲击试验和用户使用验证，完成了图样、技术文件修改，于2012年11月全面贯彻批产。X系列柴油机用水泵贯彻双碳化硅水封半年多来，经对用户跟踪统计，水封漏水故障率下降了近五倍，攻关效果显著。

关键词：

柴油机水泵 漏水故障 解决方案

(收稿日期20131011)

《现代零部件》

微信、微博回馈粉丝计划

活动名称：欢乐新年月，MC微信、微博送好礼

活动时间：

第一期 时间2014.2.11~2013.2.15

第二期 时间2014.2.16~2013.2.20

第三期 时间2014.3.21~2013.4.25

奖项设置：

一等奖1个：一年免费杂志

二等奖3个：多功能读卡器

三等奖5个：当期杂志



微信二维码，关注我们



新浪微博二维码，关注我们