

使用维修

某型柴油发电机组冷却水系统故障及改进措施

荀向红

(七一一研究所, 上海 200090)

摘要: 针对某型柴油发电机组冷却水系统在调试阶段出现的冷却水温度、压力异常及不同原因报警现象, 通过对故障现象的分析, 确定故障的主要原因, 并针对要因对管路系统实施改进, 从而确保系统的正常运行。

关键词: 柴油发电机组; 冷却水系统; 故障; 改进

中图分类号: TK424.2+1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4357(2014)06-0049-03

0 引言

某 TEU3100 集装箱冷藏船主发电机组采用四台柴油发电机, 在船舱内平行排列呈两组, 同侧两台机组共用一套淡水预加热单元。图 1 为该机组四台机的分布及机外冷却水系统工作示意图。如图所示, No1、No2 为同侧, 共用 1#预加热单元; No3、No4 为同侧, 共用 2#预加热单元。

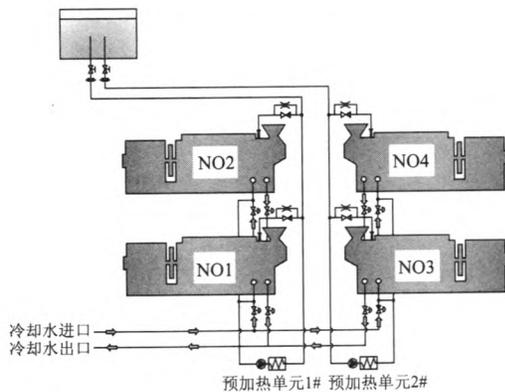


图 1 机组分布及冷却水系统示意图

该冷却水系统须满足机组正常运行和备车预加热的要求。以下是针对该机组在运行过程中出现的各类故障的分析及相应的改进措施。

1 故障分析及相应措施

1.1 故障一: 同侧两机组备车, 其中一台机组启动运行后, 备车状态机组机内冷却水温度迅速降低

1.1.1 故障现象

以 No1、No2 为例, 同侧的 No1、No2 两机备车

均预热至 $65 \pm 5^\circ\text{C}$, 如果 No1 机启动运行, No2 机继续处于备车预热状态, 即预加热单元离心泵和加热器继续工作, 则 No2 机冷却水温度在 3 min 内由 $65 \pm 5^\circ\text{C}$ 迅速降至 40°C 。

1.1.2 原因分析

如图 2 所示, No1 机启动后, No1 机所属 G1 气动蝶阀打开, 低温水在大量进入 No1 机的同时, 还从 G1 蝶阀后的预热支管窜入预加热水系统, 使 No2 机暖机水迅速降温。

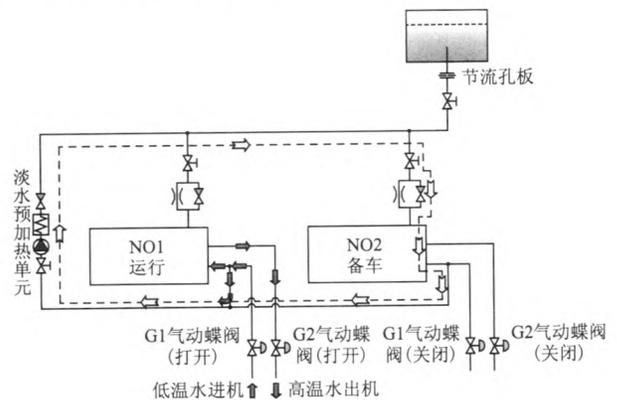


图 2 低温冷却水窜入预热系统示意图

1.1.3 改进措施

如图 3 所示, 各机在预加热管路增加 G3 电磁阀, 适时控制其启闭。

1.1.4 控制逻辑的确定

1.1.4.1 预热阶段 G3 电磁阀应处于打开状态

柴油机额定转速为 $900 (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$, 柴油机启动时, 转速升至 $880 (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$ 时, 机旁控制箱发出运行信号至预热单元控制箱, 再由预热单元控制箱发出指令信号, 使该机所属 G1 蝶阀打开, 同时

该机所属的 G3 电磁阀关闭。同理，柴油机停车时，转速降至 $330 (r \cdot \min^{-1})$ 时，机旁控制箱发出信号至预热单元控制箱，再由预热单元控制箱发出指令信号，使该机所属 G1 蝶阀关闭，同时该机所属的 G3 电磁阀打开。

处于备车状态的机组在同侧机组启动后，G3 电磁阀继续处于打开状态，而已运行的机组所属的 G3 电磁阀关闭，使机外来的低温冷却水不会再窜入预热管系中。

1.1.4.2 确定 G1、G3 电磁阀的接线状态

二者均采用失电打开，得电关闭的方式。采用失电打开是因为在岸电转船电过程中存在短暂停电过程，如果采用失电关闭，必然会使冷却水蝶阀在柴油机由岸电转船电过程中关闭，可能造成机器损伤。另外在自动电站控制中，预加热单元也属于优先脱扣范围，采用失电关闭同样是不合理的。因此，采用失电打开，得电关闭方案为佳。

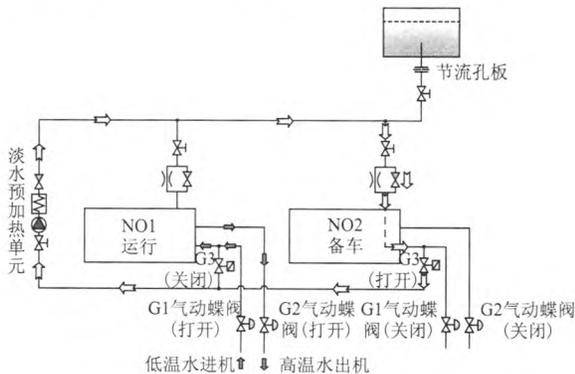


图 3 增设 G3 电磁阀后的预热系统示意图

1.2 故障二：同侧两机组备车，其中一台机组启动运行后，备车状态机组冷却水压力迅速降低，温度也逐渐下降

1.2.1 故障现象

同侧两台柴油机同时进行预热备车时，机内冷却水压力显示约为 0.1 MPa，而其中一台机启动后，继续处于预热备车状态的柴油机机内冷却水压力逐步降至 0 MPa。

1.2.2 原因分析

出现上述问题后，针对预加热水管路图进行分析。如图 4 所示，随着 No1 柴油机的启动运行，No1 机的膨胀水出水经节流单向阀流出，其压力与预加热单元离心泵的输出压力相互压制，同时流回至泵前的预热水由于管路压力损失，使泵前进口压力降低，由于这两个因素的共同作用，使预加热单元出口单向阀处于关闭状态，预加热管路暖机水因此失去压力并停止流动。

可将预加热水离心泵和膨胀水节流阀出口近似视为两泵并联。由于二者出口压力相同，大压头挤压小压头，合流的结果是节流阀出口的流量在系统中起到领跑作用，而离心泵由于前者的压制致使单向阀闭锁，流量为零，其动能全部转化为静压能。

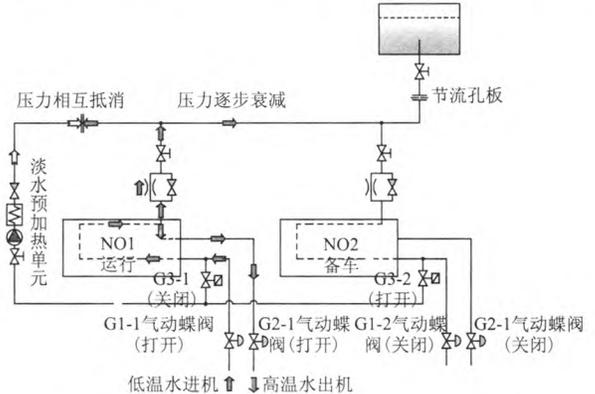


图 4 余热泵出口压力与膨胀水压力相互抵消

1.2.3 故障原因验证

在 No1 机运行时，短接 No1 机所属 G3-1 电磁阀接线使其迅速打开，No2 机冷却水压力迅速上升至 0.1 MPa。原因在于冷却水采用中央供水系统，本身具一定压力，由于 G3 电磁阀突然打开，冷却水窜入使预热单元离心泵进口压力上升，出口压力随之同步上升，大于膨胀水出口压力时，单向阀重新打开，预热水产生流动，实现备车机预热水循环。

1.2.4 改进措施

降低膨胀水节流阀在预热管路中的出口压力是解决这一问题的关键，从而满足并联管路压头一致这一必要条件。在两台机膨胀水出口之间并联 G4-1、G4-2 两个电磁阀，在两个电磁阀之间设置一节流孔板，各机所属的 G4 电磁阀与 G3 电磁阀应实现同时开启或关闭。图 5 所示为 No1 机运行，No2 机备车的预热水循环路线图，G3-1 与 G4-1 同时处于关闭状态，G3-2、G4-2 同时处于开启状态，通过两个 G4 电磁阀的切换，使两台机在一台机运行另一机备车时，膨胀水均能通过新增的节流孔板进行第二次减压，两路预热水压力趋于一致，相互压制现象被克服，离心泵出水和膨胀水在 G4-2 电磁阀后形成合流，从而使预加热离心泵出水能够顺利流动并进行回流，暖机水循环得以实现。

1.3 故障三：柴油机启动过程出现高、低温水低压报警，约 2 min 后自动解除

1.3.1 故障现象

柴油机启动过程出现高、低温水低压报警，约 2 min 后自动解除。

报警值：PT01(低温水) 0.1 MPa 延时：3 s；
报警值：PT10(高温水) 0.1 MPa 延时：3 s。

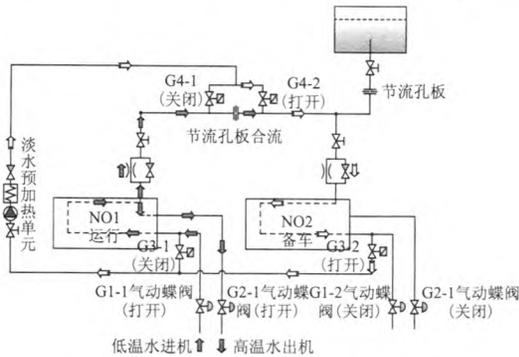


图5 No1机运行, No2机备车时的余热管路示意

1.3.2 原因分析

根据该型柴油机冷却水原理图(见图6), 低温水恒温阀在 40℃ 时打开, 那么预热至 65±5℃ 时处于最大开度(见图7)。恒温阀为自力式三通阀, 其感温包内介质为石蜡。柴油机起动后, 在转速升至 880 (r·min⁻¹) 时, G1、G2 气动蝶阀同时打开, 此时由于石蜡介质对温度变化反应较慢, 恒温阀仍处全开状态, 大量的机外低温水从恒温阀旁通至机外, 致使运行初期低温水进、出压力偏低。同样, 因分流至高温水泵的冷却水流量也相应减少, 又引发高温水进、出口压力偏低。转速升至 880 (r·min⁻¹) 后, 气动蝶阀均打开, 补充进机的冷却水需要一定时间才能使恒温阀回缩并建立起正常的压力, 在这段过渡时间内, 高、低温水压力均处于由低至高的增长过程。

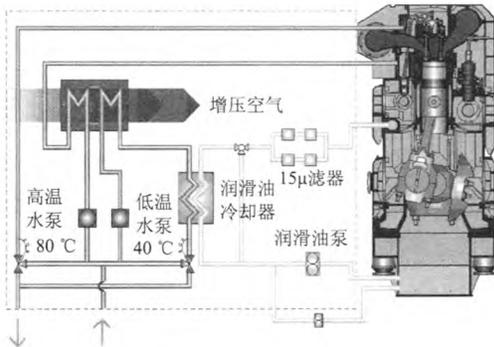


图6 冷却水系统示意图

1.3.3 相应对策

柴油机起动后转速升至 880 (r·min⁻¹) 时, 监控装置才能发出信号使该机所属 G1、G2 蝶阀同时打开。如果柴油机起动过程中冷却水进口蝶阀 G1、出口蝶阀 G2 不是同时打开, 而是 G1 滞后于 G2 打开, 二者打开时间相隔较长, 加之低温水恒温阀还处于全开状态, 柴油机内冷却水大量被旁通排出, 就会同时引发

高、低温水低压报警。经检查控制空气管路, 确认根本原因是 G1 蝶阀控制空气有泄漏现象, 致使 G1、G2 蝶阀供气压力不一致, 打开过程不同步, G2 先于 G1 打开。报警的发生正是说明在延时 3s 的过程中冷却水压力仍未能恢复至报警设定值以上。经排除漏点后报警现象消除, 未重复发生。

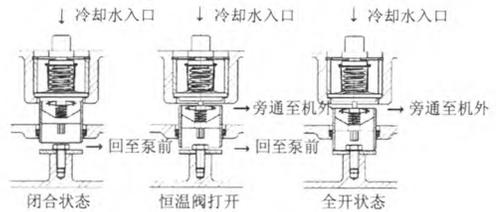


图7 恒温阀工作示意

1.4 故障四：柴油机停车后, 缸套冷却水温度在 1 min 内由约 80℃ 急速下降至 40℃

1.4.1 故障现象

柴油机停车后, 缸套冷却水温度在 1 min 内由 80℃ 急速下降至 40℃。

1.4.2 原因分析

柴油机停车时高温水温度通常约为 75 ~ 85℃, 而蝶阀关闭由预加热单元控制箱控制, 按逻辑信号, 柴油机停车减速至 330 (r·min⁻¹) 时, 机旁控制箱将 330 (r·min⁻¹) 转速信号传送至预加热控制箱, 预加热控制箱再发出指令信号, 蝶阀得电关闭。显然按 330 (r·min⁻¹) 转速信号打开蝶阀时间过晚, 致使停车前已有大量机外低温冷却水进入柴油机机内冷却系统, 致使机内缸套冷却水温度下降过快。

因逻辑电路无法进行调整, 在此情况下缸套冷却水温度下降过快的主要原因在于: 柴油机运行时冷却水温度较高, 高、低温水恒温阀感温包充分受热使活塞伸出, 处于全开状态; 在停车前, 已有机外冷却水大量涌入, 由于恒温阀感温介质为石蜡, 对温度下降反应速度较慢, 不能迅速回缩是问题的关键。正是由于柴油机停车前由 900 (r·min⁻¹) 下降至 330 (r·min⁻¹) 时间段内高、低温水恒温阀均处于全打状态, 旁通出水通畅, 气缸内燃烧已停止, 使机内冷却水温度迅速下降。

1.4.3 相应对策

柴油机卸载后, 不应立即停车, 而应空车运行 3 ~ 5 min, 降低柴油机燃烧部分的热负荷, 使高、低温水恒温阀有充足的时间进行冷缩, 这样可使旁通出去的冷却水减少, 使停车后柴油机冷却水温度稳定在一个相对较高的温度, 不致于使温度下降过快。

(下转第 55 页)

②气门杆与导管配合间隙过大; ③气门导管上的油封老化; ④活塞环装反, 对口, 卡滞或断裂; ⑤油环及环槽内的回油孔因积炭过多导致堵塞; ⑥气缸垫损坏; ⑦活塞与缸套磨损严重等。

另外, 增压器发生的某些故障也会引起排气管冒黑烟或蓝烟, 喷柴油或机油的现象, 同时也可能伴有功率下降的问题。可能的原因有: ①进气管路漏气或压气机叶轮破损引起的进气不足; ②排气歧管及涡轮侧漏气引起的排气压力波不足; ③增压器回油管阻塞、曲轴箱内压力过大及浮动轴承损坏引起的两端密封圈漏油。一般压气机侧密封圈漏油会引起冒蓝烟或喷机油, 如果涡轮侧密封圈漏油, 则只会喷机油。

4 故障排除过程

因为该柴油机大修不久, 发生故障的原因可能是零部件质量不过关或是装配、调整、检测失误。本着由简到繁、由外到内的原则和顺序, 首先用断缸法查看排烟情况, 无明显变化。然后检查增压器, 也没发现问题。最后拆掉排气歧管, 发现气缸盖4、5缸排气口及对应的排气歧管口内潮湿, 有油污。拆下4、5缸的喷油器, 在试验台上测试喷油压力, 分别为20.5 MPa和21 MPa, 低于标准值24.5~25.3 MPa。更换喷油器总成, 清洗漏油部位

和增压器后装复试机, 排烟情况有好转, 但并不彻底, 而且喷油依旧。为了验证喷油器总成的产品质量, 把4、5缸的喷油器与工作良好的1、2缸喷油器对换, 带负载工作后拆卸排气歧管, 发现还是4、5缸排气口漏油, 而1、2缸工作正常, 这说明喷油器质量没问题, 问题出在4、5缸内部。拆下气缸盖, 发现两缸活塞顶部及气缸壁燃烧痕迹均匀, 但4缸的排气门和5缸的进排气门周围潮湿, 并有机油燃烧后形成的积炭。拆掉气门, 测量气门杆与导管的配合间隙, 分别在0.12~0.14 mm之间, 大于标准值0.039~0.079 mm, 低于极限值0.149 mm。更换气缸盖, 同时更换气门及其油封, 装复试机, 故障现象消失, 故障排除。

5 小结

此次故障的直接原因是气门杆与导管配合间隙过大所致; 虽然喷油器喷油压力较小, 但仅会引起冒黑烟, 而不会引起喷油。刚开始机组工作正常是因为新更换的气门油封密封性能良好, 随着工作时间的增加, 气门油封的密封度减弱, 机油就流入了气缸及排气管内。但根本原因是维修人员没有严格按照大修计划实施, 没有对每个缸的气门杆与导管的配合间隙进行检查。

(上接第38页)

(2) 柴油机自由端安装减震器D56/49/1时, 自由端扭矩振幅远低于许用值, 这表明该轴段选用减震器D56/49/1是合理的。此外, 柴油机与发电机通过弹性联轴节连接, 强迫振动分析显示曲轴轴段扭振合成应力、发电机转子处惯性扭矩及发电机转子处电角的峰值都在允许范围之内, 说明柴油机与发电机之间弹性连接可靠, 该柴油机弹性联轴节匹配较为理想。

(3) 分析过程中设定了不同的飞轮转动惯量值, 得出在相同转速下发电机转子处惯性扭矩随飞轮转动惯量的增加而增大。所以在今后的柴油机曲

轴系设计中, 当发电机转子处惯性扭矩不符合安全规范时, 可以考虑适当改变飞轮的设计, 这也为柴油机轴系的后续设计提供了新思路。

参考文献

- [1] 陈之炎. 船舶推进轴系振动[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1987.
- [2] Muneharu Saigo, Nobuo Tanaka. Torsional vibration suppression by wave absorption controller [J]. Journal of Sound and Vibration, 2006, 295:317-330.
- [3] 王祺. 内燃机轴系扭转振动[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985.
- [4] 中国船级社. 船上振动控制指南[M]. 北京: 人民交通出版社, 2000.

(上接第51页)

2 结语

以上是对机外冷却水系统出现的若干问题的分析和相应处置。当然在运行中还会有其他方面的问题出现, 只要针对故障现象进行认真的分析, 就能确定要因并制定相应的措施, 从而确保机组运行的可靠性。

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.