

系统与附件

船用低速双燃料发动机高低碱值气缸 润滑油自动切换系统

陆蒋伟, 贺文彬, 吕 佳

(中船动力研究院有限公司, 上海 201206)

摘 要: 针对船用低速双燃料发动机, 介绍了 WinGD 公司的气缸润滑油碱值推荐值及说明。从系统构成、工作原理、策略以及系统元器件几方面介绍了 WinGD 的船用双燃料发动机气缸润滑油自动切换系统。

关键词: 船用双燃料发动机; 气缸润滑油; 碱值; 切换系统

中图分类号: TK421⁺.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2021)02-0035-03

The Cylinder Lubricant Auto Transfer System of Marine Low-Speed Dual-Fuel Engines

Lu Jiangwei, He Wenbin, Lyu Jia

(China Shipbuilding Power Engineering Institute Co., Ltd., Shanghai 201206)

Abstract: The recommended cylinder lubricant BN of Win GD marine low-speed dual-fuel engines is introduced and illustrated. The cylinder lubricant auto transfer system of Win GD marine dual-fuel engines are introduced from the aspects of system composition, working principle, strategy and system components.

Key words: marine dual-fuel engine; cylinder lubricant; BN; transfer system

0 引言

随着排放法规的日趋严格, 船用低速柴油机的设计要求日益苛刻。因而, 以节能环保、经济实用为方向, 各大船用发动机制造公司纷纷推出了以柴油和液化天然气为燃料的双燃料发动机。液化天然气相比柴油, 排放低, 能满足 Tier III 排放法规要求; 通过柴油模式或天然气模式的切换, 给船舶提供了更多航线的可能性, 可满足当下市场的需求。

燃料中的硫化物在燃烧过程中会生成硫酸, 硫酸会腐蚀燃烧室内零件, 如活塞环、气缸套等, 缩短发动机寿命。通常采用带碱值的气缸润滑油来中和燃烧产生的硫酸。对于双燃料发动机而言, 天然气中硫化物的含量几乎为零, 因此其所需的润滑油的碱值不同于柴油, 也即, 在不同

模式下, 双燃料发动机的气缸润滑油将通过一套自动系统切换。

本文以 WinGD 的 X 系列双燃料机型的 ICAT (integrated cylinder lubricant auto transfer, 集成气缸润滑油自动切换系统) 为例, 介绍高低碱值气缸润滑油切换系统。

1 润滑油选用

1.1 油品选用

一般推荐使用 SAE50, 在 100 °C 时最小运动黏度须达到 18.5 cSt^[1]。

1.2 气缸润滑油碱值推荐值及说明

如图 1 所示, WinGD 公司对于不同硫质量分数的燃料, 给出了相应的气缸润滑油推荐碱值。当燃料中的 $w(S)$ 为 2% ~ 3.5% 时, 选取 $BN \geq 100$

收稿日期: 2019-09-06; 修回日期: 2019-12-03

作者简介: 陆蒋伟(1989—), 工程师, 主要研究方向为发动机液压、受热件设计, lujiangwei@cspi.net.cn。

的润滑油; $w(S)$ 为 0.5% ~ 2.5% 时, 选取 BN70 ~ 80 的润滑油; $w(S)$ 为 0.1% ~ 1.5% 时, 选取 BN40 ~ 60 的润滑油; $w(S)$ 小于 0.1% 时, 选取 BN15 ~ 25 的润滑油。

BN 基值由标准 ASTM D2896 石油产品总碱值测试办法定义^[2]。根据 MARPOL 公约: 2015 年起, 在 ECA 排放区, 燃料的 $w(S) \leq 0.1\%$; 全球范围内, 2012 年起燃料的 $w(S) \leq 3.5\%$, 至 2020 年燃料的 $w(S) \leq 0.5\%$ 。

如果主机配备脱硫洗涤塔, 则可用 $w(S) \leq 3.5\%$ 的燃油。

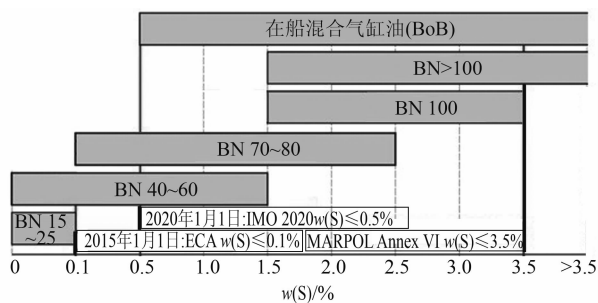


图1 润滑油 BN 推荐值^[3]

当燃料中 $w(S)$ 为 0.5% ~ 3.5%: 残留物 BN 值大于 25 mg KOH/g, 但小于 50 mg KOH/g, 可以完全避免燃烧室内零部件遭腐蚀; 残留物 BN 值大于 10 mg KOH/g, 但小于 25 mg KOH/g, 可以避免燃烧室内零部件遭过多腐蚀; 残留物 BN 值小于 10 mg KOH/g, 缸套内腐蚀严重, 往往会导致拉缸, 活塞环和缸套壁磨损^[1]。

2 系统工作原理

2.1 高低碱值润滑油管路

气缸润滑油自动切换系统简图如图 2 所示。外接的两个高低碱值油箱分别给两条管路供油。当球阀打开时, 润滑油通过滤油器, 保证供油精度达到 40 μm 。在滤油器上装有三通三通阀和两个滤芯, 以保证其中一个滤芯达到寿命或损坏时, 另一个滤芯可以正常工作。两路油同时连接到三通阀上, 三通阀 V1 由限位开关和气动执行机构组成, 通过控制空气来控制三通阀 V1, 唯有一路管路连接至注油泵。默认状态下, 无控制空气进给, 此时高碱值润滑油进入注油泵, 主机处于柴油模式。当切换至天然气模式时, 控制空气进入气动执行机构, 三通阀换向, 低碱值润滑油流至注油泵。最后, 注油泵将润滑油泵至每一缸的注油器。另外, 进入气缸套内的润滑油会在燃烧室内燃烧殆尽, 故无气缸润滑油回油。微量的脏

油会沿气缸套内壁滴入气缸体集油槽, 排出缸体。管路布置如图 3 所示。各条管路中管子与各元器件的连接方式, 可根据共轨箱内或者主机上的盈余空间具体布置, 在开发新机型时可自行设计, 此处不再赘述。

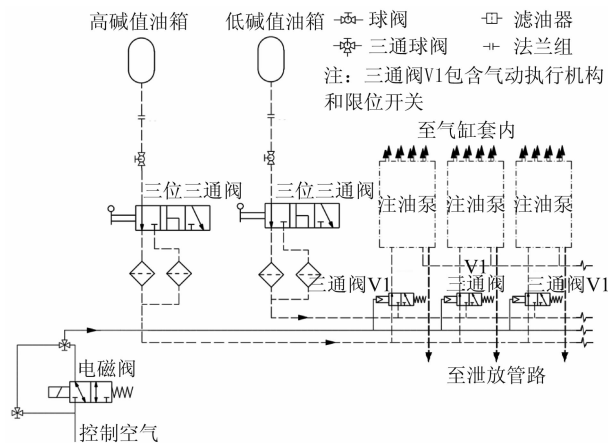


图2 ICAT 系统简图

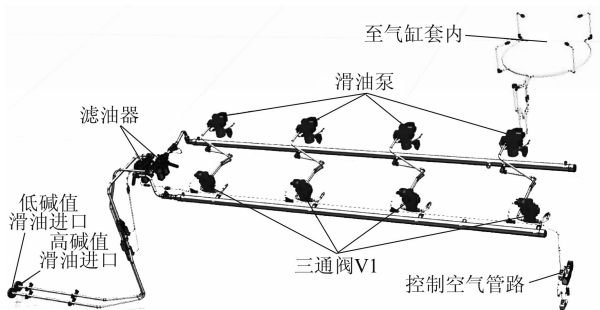


图3 ICAT 管路布置图

控制空气管路分为手动和自动控制模式, 两种模式通过三通球阀 V2 进行切换。当处在自动模式下, 只有电磁阀工作管路处在常开。控制箱连接电磁阀, 可电控切换电磁阀的位置, 进而控制控制空气是否进入由气动执行机构组成的三通阀 V1。自动模式下控制空气管路原理如图 4 所示。控制模式切换三维布置如图 5 所示。而在手动模式下, 三通球阀 V3 工作管路处在常开, 可以通过切换三通球阀 V3 来控制是否进给控制空气。此时若是柴油模式, 无控制空气进入气动执行机构, 空气管路接空气, 原理如图 6 所示。反之, 天然气模式下, 控制空气经过两个三通球阀, 最后进入气动执行机构, 使三通阀 V1 换向。其原理如图 7 所示。

2.2 控制策略

控制空气模式设计为手动模式和自动模式, 增强了系统的可靠性和应急能力, 给海上航行安全提供保障。其控制策略流程如图 8 所示。

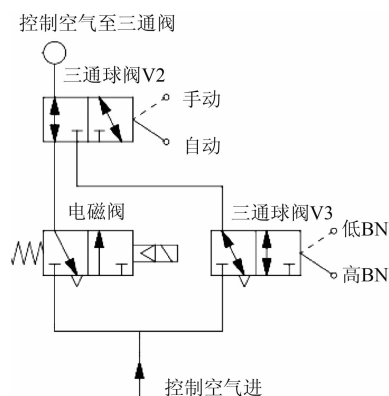


图4 自动模式下控制空气管路

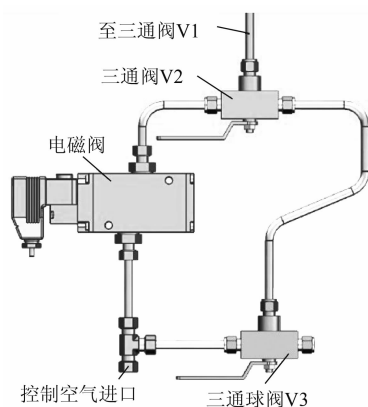


图5 控制模式切换

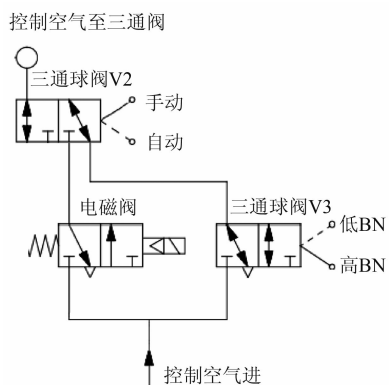


图6 手动模式下，柴油模式时的控制空气管路

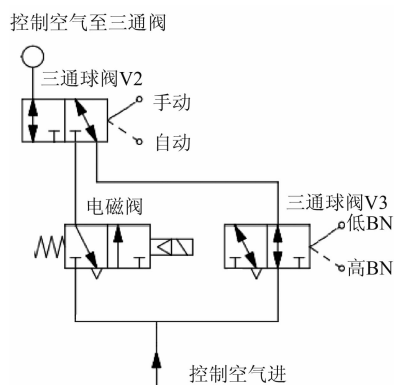


图7 手动模式下，天然气模式时的控制空气管路

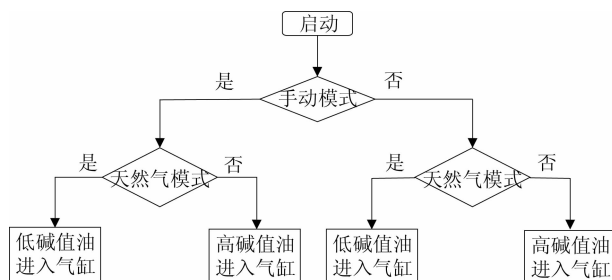


图8 控制流程图

2.3 电控部分

切换系统处于自动模式时，电磁阀的开关由电控系统控制。控制信号来源于控制箱的主控单元。限位开关的位置由数字信号控制。信号来源于气缸控制单元。

3 系统元器件介绍

3.1 限位开关和气动执行机构

限位开关、气动执行机构和相应管路共同组成了三通阀，如图9所示。控制空气的进给和关闭使气动执行机构能够切换工作位置，从而完成三通阀的功能，最终达到切换两条高低碱值管路的目的。

而限位开关的作用是将气动执行机构切换管路的动作记录下来，通过电路的接通和闭合，以数字信号的形式反馈给操作人员。这样很好地避免了误操作的发生，保证了主机的正常运行，提高了操作的简便性和可靠性。

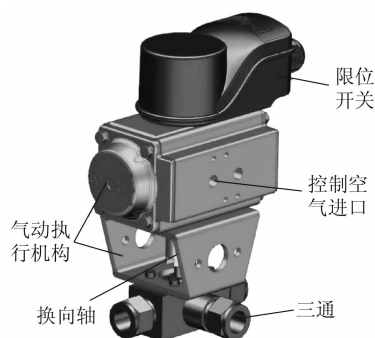


图9 三通阀 V1 三维图

限位开关的接线如图10举例说明。首先设置 Top 或 Bottom 为限位开关的常闭通路，当机械动作产生，如气动执行机构切换时，常闭通路的电路切断，而常开电路闭合。

3.2 滤油器

气缸润滑油作为活塞的润滑剂，对于油品内颗粒的粗细精度有极高的要求。颗粒过粗会导致缸套内壁产生过多摩擦，造成损伤。过滤器的精度可参考 $40\ \mu\text{m}$ 。

(下转第 50 页)

4 结 论

本文设计了基于自适应陷波滤波算法的柴油机排气低频噪声有源消声系统,通过仿真分析了迭代步长对算法性能的影响,并选用 $\mu = 0.003$ 作为本试验算法步长。试验结果表明:柴油机排气噪声在 120 Hz 时取得 13 dB (A) 的降噪效果;整个消声系统收敛速度快,稳态误差小。基于本文研究内容,拟针对以下问题开展进一步的研究。

(1) 针对柴油机排气的高温、高流速和多烟尘等特点,研究有源消声系统的稳定性和可靠性。

(2) 针对人耳较敏感的中高频段排气噪声,研究基于传统消声器的主被动复合式柴油机排气有源消声系统。

(3) 针对柴油机排气噪声多线谱的特性,研究使系统能够达到宽带多线谱降噪效果的技术。

(上接第 37 页)

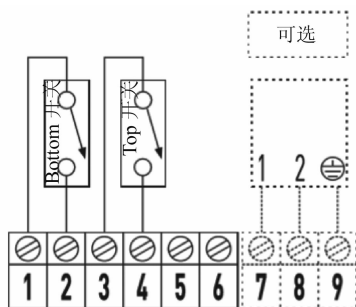


图 10 限位开关接线图

设有两个滤芯的滤油器的工作原理如图 11 所示。工作模式可分为三种:可单独使左或者右滤芯工作,也可使两个滤芯同时工作。滤芯的可切换性大大提高了发动机的可靠性。

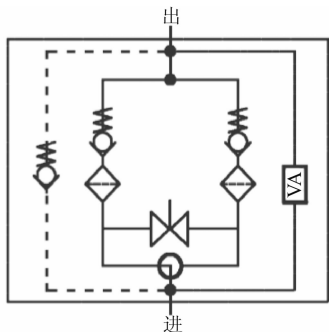


图 11 过滤器工作原理图

参考文献

- [1] 江宁, 秦四成, 汤黎明. 发动机排气噪声主动控制研究 [J]. 机械设计与制造, 2013 (11): 10-12, 16.
- [2] 伊善贞, 费仁元, 周大森, 等. 发动机排气噪声自适应有源消声系统的设计与试验研究 [J]. 内燃机工程, 2005, 26 (1): 59-62.
- [3] 张有鹏, 陈春明, 李国海. 基于 TMS320VC5509 DSP 的有源噪声控制系统设计与实现 [J]. 现代电子技术, 2011, 34 (17): 104-106.
- [4] 王进军. 管道噪声有源控制的工程实现及应用研究 [D]. 西安: 西北工业大学, 2004.
- [5] 魏明珠. 管道噪声有源控制系统的研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2008.
- [6] 陈克安. 有源噪声主动控制 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.
- [7] 周亚丽, 张奇志. 有源噪声与振动控制——原理、算法及实现 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.
- [8] 贝赫鲁兹·法尔航·保罗耶尼. 自适应滤波器原理及 Matlab 仿真应用 [M]. 韩芳明, 译. 北京: 机械工业出版社, 2018.

4 总 结

高低碱值气缸润滑油自动切换系统已实机应用,使用状态良好,成为 WinGD 双燃料机型的标准配置。

船舶长期在海上航行,维修条件不比陆地。发动机作为船舶的心脏,任何结构、系统的引入都须反复推敲。不仅系统功能须满足正常工作需求,且要求高可靠性。而手动/自动模式、限位开关及过滤器双滤芯等设计,使系统的可靠性及耐用性得到提高。

2020 年后排放法规进一步严格,全球燃油的硫质量分数大大降低,但只要有燃油切换的需求,高低碱值的气缸润滑油切换系统便有用武之地。

参考文献

- [1] Winterthur Gas & Diesel Ltd. Marine installation manual [R]. 2019.
- [2] ASTM D2896. Standard test method for base number of petroleum products by potentiometric perchloric acid titration [R]. 2015.
- [3] Winterthur Gas & Diesel Ltd. Lubricants [R]. 2019.