

电力测功系统在某型船用大功率单缸柴油机试验中的应用

刘晓微¹, 许德春², 王涛¹, 郁文钊¹

(1. 沪东重机有限公司, 上海 200129; 2. 中船动力研究院有限公司, 上海 200129)

摘要: 从船用大功率单缸柴油机试验需求入手, 对单缸柴油机的起动方式、能源消耗方式进行了分析比较, 提出了电力测功系统方案。介绍了电力测功系统的技术构架及实现原理。试验验证表明: 所选配的电力测功系统能够满足单缸柴油机试验要求, 且实现了电能反馈, 从而提高了能源利用率。

关键词: 船用单缸柴油机; 电力测功系统; 试验

中图分类号: TK427 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2016)03-0030-03

Application of AC-Dynamometer System in Certain Heavy Duty Single Cylinder Marine Diesel Engine Test

Liu Xiaowei¹, Xu Dechun², Wang Tao¹, Yu Wenzhao¹

(1. Hudong Heavy Machinery Co., Ltd., Shanghai 200129;
2. China Shipbuilding Power Engineering Institute Co., Ltd., Shanghai 200129)

Abstract: In accordance with the requirements of heavy duty single cylinder marine diesel engine (SCE) test, the starting and energy consumption mode of SCE were compared and analyzed. Therefore, the AC-dynamometer system was launched, and the technological framework and implementation principle of which were introduced. The results of the test showed that the system chosen not only achieved the test requirements, but also realized the energy feedback which improved the energy utilization ratio.

Key words: single cylinder marine diesel engine; AC-dynamometer system; test

0 引言

“大功率中速柴油机关键技术研究及样机研制”属于“十二五”国家科技支撑计划课题。目标是通过开展柴油机总体设计技术、系统集成与匹配技术、部分关键零部件设计技术等研究, 研制出10 000 kW级船用低排放中速柴油机样机, 填补国内自主品牌大功率中速柴油机空白。而单缸样机的研发, 主要为多缸样机提供关键零部件设计、制造数据, 以及电控燃油喷射系统试验数据, 为多缸样机研制奠定基础。

船用大功率单缸柴油机的研发, 需要单独为其

配置相应的主机控制系统、起动和测功系统、介质调节及其控制系统等。其中, 起动和测功系统受单缸柴油机试验台架场地限制, 无空间安装气动马达, 无冷却塔等配套设施, 无法选择常规的起动和测功方式。本文根据试验需求, 为单缸机试验选配一套合适的起动和测功设备。

1 船用大功率单缸柴油机试验需求分析

单缸柴油机不同于多缸柴油机的地方主要体现在起动方式上: 多缸柴油机大多采用压缩空气起动, 压缩空气通过起动阀, 并由空气分配器分配进

入气缸，达到起动的目的。而本项目单缸柴油机作为原理样机，没有起动电磁阀，也没有空气分配器，不具备自起动的能力，必须凭借单缸柴油机试验台架外围设备达到起动的目的。所以，需要在试验台架上配置一套起动装置。

常规柴油机的起动装置一般有两种，空气马达和电动马达。空气马达体积较小，安装方便，适用于小功率柴油机。而针对大功率单缸柴油机（单缸功率 500 kW 以上，起动功率 150 kW 以上），一般需要配置电动马达。

本项目单缸柴油机试验台架需要选配一个约 200 kW 的电动马达，并通过中间轴承与单缸柴油机飞轮端相连，实现电动马达带动单缸柴油机起动的目的。而常规柴油机试验台架的能量消耗及测功装置（水力测功器、电力测功器）也安装在飞轮端，两种设备相互干涉，无法同时安装。此时，需要有一种设备，既具有电动马达的功能，带动单缸柴油机起动，又具有能源消耗和测功装置的功能，将柴油机运行产生的能量消耗掉，并对输出功率及扭矩进行测量。

电力测功系统工作在电动态时，能够作为电动起动装置将单缸柴油机拖动至发火转速；工作在发电态时，将柴油机产生的机械能通过测功发电机转化为电能，再经由负载电阻转化为热能消耗，或者将电能反馈至电网予以利用。

经过以上对船用柴油机起动装置的比较分析可以看出：电力测功系统完全能满足本项目船用大功率单缸柴油机试验需求，同时还可以实现电能反馈功能，缓解单缸柴油机试验台架用电紧张等问题，降低自主研发单缸柴油机的试验成本。

2 电力测功系统方案分析

根据以上对单缸柴油机起动和测功系统试验需求的分析，针对电力测功系统在船用大功率单缸柴油机试验中的应用，做出详细的设计方案。电力测功系统由以下几部分构成：配电板、变压器、电机、负载电阻以及控制系统。如图 1 所示。

电力测功系统各阶段工作原理如下。

2.1 起动

在单缸机起动阶段，电机在变频器 INU 单元的控制下，带动单缸机旋转并加速至主机发火转速。在该过程中，变频器控制电机在速度模式运行，其目标转速为发火转速，此时电机工作在电动态，实现单缸机起动^[1]。

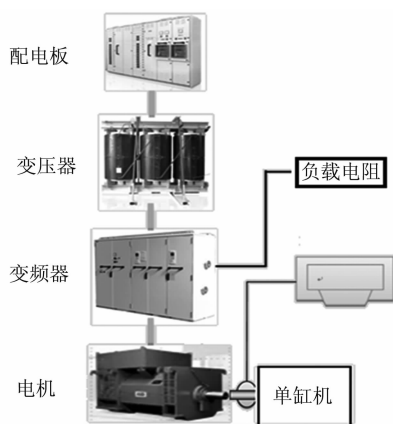


图 1 电力测功系统构成图

2.2 能源消耗及测功

在单缸机起动并发火成功后，电机在变频器控制下，为单缸机提供反向负载扭矩。该过程中，变频器控制电机在扭矩模式下运行，此时电机工作在发电态，电机输出的电能变频器 BRU 单元的控制下，由负载电阻消耗掉，实现能源消耗。

单缸机输出功率扭矩有两种测量方式，一种是通过变频器计算所得，另一种是通过安装在中间轴上的 HBM 扭矩仪测得。两种测量方式相比，扭矩仪测量精度较高，可达到 1%。

2.3 电能反馈

在单缸机稳定运行后，单缸机产生的机械能通过电机转换为电能，该部分电能除了通过负载电阻消耗掉之外，也可以通过变频器 ISU 单元反馈至电网，为单缸机试验台架其他设备供电，实现电能反馈。电力测功系统拓扑图如图 2 所示^[2]。

3 电力测功系统方案验证

根据以上设计方案，选取了 ABB 公司的产品，并进行了实际试验。电力测功系统在速度模式下将单缸柴油机带动到发火转速（120 (r · min⁻¹))，在单缸柴油机发火成功并稳定运行后；转换到扭矩模式，为单缸柴油机提供反向扭矩，并将柴油机输出的机械能转化为电能，通过负载电阻予以消耗。并且，在试验过程中该套系统尝试性地将柴油机输出功率的 12% 反馈至主配电系统，用于系统其他设备供电，实现了电能反馈。试验验证表明：该套产品完全满足单缸柴油机的试验需求，达到了设计目的。图 3 为本次试验采用的变频器。

但是，试验验证过程中也发现了一些问题，如，因为该系统是应用于研发型单缸柴油机试验，单缸柴油机在每个负荷段的运行时间较短，且负荷变化频繁，柴油机输出功率不稳定，相应转化的电

能也不稳定,不利于电能反馈系统的应用。

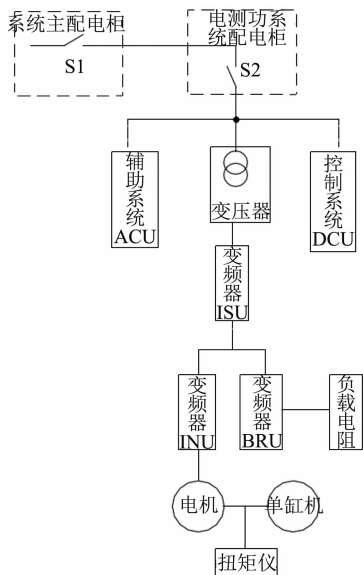


图 2 电力测功系统拓扑图



图 3 电测功系统变频器

（上接第 10 页）

3 结 论

(1) 仿真计算表明:减小增压器转动惯量,增加发动机转动惯量,减小进排气系统管径以及采用脉冲增压系统可以提高天然气发动机的定转速突加载响应性能;

(2) 减小进排气管容积可以加快提高天然气发动机的响应性能,但是会导致耗气率升高;

(3) 针对 12V190 型发动机,提出了改进方案,提高了该发动机的定转速突加载响应性能,最大转速波动率为 6%,恢复时间为 4.63 s,使其可以顺利用于油田钻井作业。

参考文献

[1] 韩祥鹏,张宏博,颜慧,等. 钻井用柴油/天然气双

4 结束语

本文为船用大功率单缸柴油机试验选配的电力测功系统,同时达到了单缸柴油机起动和能源消耗及测功的要求。验证了在大功率柴油机试验时选用电力测功系统的可行性,保证了单缸柴油机试验的顺利进行。在大功率柴油机以空气起动及水力测功作为选配方案的常规模式下,新增了一种可供选择的选配方案,为后续船用柴油机试验系统设计提供了新的方向。同时,所选配的电力测功系统具有电能回馈功能,可以将柴油机运行过程中输出的能源予以利用,提高了能源利用率。

电测功系统以其智能变频器系统实现了电机电动态与发电态的快速切换,作为一种新型的船用柴油机试验设备有很大的发展空间及研究价值。针对电能反馈验证中出现的问题,如果能够在现有方案基础上进行扩展,配置一套智能电能源管理系统,并将电能反馈的方案用于船用大功率柴油机的生产试验中,将为能源合理化利用提供新的前景。

参考文献

- [1] 于胜,王映红. 电机拖动与变频调速 [M]. 北京: 教育科学出版社, 2015.
- [2] 李自光,周中方,张相胜. 变频器应用维护与修理 [M]. 北京: 地震出版社, 2005.

燃料发动机的研究 [J]. 内燃机与动力装置, 2011 (1): 17-20.

[2] 牟德强,孙佳俊. 12V190 天然气机钻井动力性研究 [J]. 内燃机与动力装置, 2011 (3): 16-19.

[3] 李明. 天然气机驱动机械钻机技术研究与应用 [D]. 荆州: 长江大学, 2013.

[4] 方永春,曾志伟,许山明,等. 柴油与天然气发动机动力性能对比分析 [J]. 石油和化工设备, 2015 (9): 43-46.

[5] 元骥才,崔毅,石磊,等. 利用传递函数模型分析涡轮增压柴油机结构参数对瞬态特性的影响 [J]. 内燃机与动力装置, 2012 (6): 9-12.

[6] 钱树基. 谈脉冲增压和 MPC 增压 [J]. 内燃机, 1995 (5): 41-42.

[7] 张有,顾宏中. 车用发动机增压系统的选型及计算分析 [J]. 车用发动机, 2001 (6): 24-28.