

瓦锡兰 RT-flex 型柴油机试车控制台设计

程 勇, 毛 磊, 徐梦麟, 黄海根

(合肥熔安动力机械有限公司, 合肥 230601)

摘 要: 介绍了瓦锡兰 RT-flex 型低速二冲程柴油机的控制原理和其核心部件 WECS-9520 系统的功能, 列出了该机型的试车要求。阐述了满足该机型试车及提交试验的试车控制台设计, 及试车控制台所包含的主要仪表、控制及安全模块的功能和作用。5RT-flex58T-D 主机的提交试验结果表明: 该试车控制台工作稳定, 达到预期设计功能。

关键词: RT-flex 柴油机; 试车控制台; 提交试验

中图分类号: TK427 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2013)04-0018-04

The Design of Wärtsilä RT-flex Diesel Engine Testbed

Cheng Yong, Mao Lei, Xu Menglin, Huang Haigen

(Hefei RongAn Power Machinery Co., Ltd, Anhui Hefei 230601)

Abstract: The controlling principles of Wärtsilä RT-flex low speed, two-stroke engine are introduced, as well as the functions of its core system WECS-9520. The shop test requirements of this type of engine are listed. Then, the design of the testbed used for Wärtsilä engine, and the functions of its main instruments, control and safety modules are expounded. The test results showed that the test bed was operated stably and has reached the design aim.

Keywords: RT-flex diesel engine; testbed; shop test

0 引 言

随着全球经济的持续寒冬, 大宗商品及货物贸易量的日渐走低, 航运界近些年来正经历着低谷时代。对于提供整船动力的柴油机而言, 更高的性能及可靠性, 更优化的燃油消耗率, 是当前最主要的研究内容, 更是降低船舶运营成本的主要措施, 成为了船东及各大航运公司的首要关注目标。基于此, 近些年来, 瓦锡兰公司推出了全电子控制的 RT-flex 型柴油机, 在燃油消耗率及废气排放等方面取得了显著的效果。本文根据 RT-flex 型柴油机的控制功能, 开展了适用于该机型的试车控制台设计, 具有通用性, 可满足该型柴油机台架试验大纲^[4]的各项要求; 以公司的 5RT-flex58T-D 为例, 验证了试车控制台的设计安全性、可靠性; 同时该

主机也顺利完成提交试验。

1 RT-flex 型柴油机的控制及试车要求

1.1 控制原理

RT-flex 型柴油机是全电子化控制, 智能型柴油机。与传统的 RTA 型柴油机相比较, RT-flex 型柴油机采用了燃油、伺服油、起动空气的共轨技术, 取消了传统意义上的凸轮轴控制, 通过控制功能电磁阀件的开和闭, 以达到对柴油机燃油喷射和废气排放的控制, 精准可靠。

WECS(Wärtsilä Electronic Control System)-9520 是瓦锡兰电子控制系统的简称, 其作用是发送各功能电磁阀的控制信号, 接受各主要监测参数的反馈信号, 管理和控制主机的运行。每缸分别设计了一个单独的 FCM 控制模块, 它们是整台柴油机的核

收稿日期: 2012-12-29; 修回日期: 2013-04-09

作者简介: 程勇(1986-), 男, 硕士, 主要研究方向为船用低速柴油机控制及电气设计, E-mail: cheng.yong@ronganpower.com。

心部件，是 WECS-9520 控制系统的载体。这些控制模块通过总线的方式连接，实现信息高速共享，分别控制每缸的喷油和排气，及起动空气。除此之外，特定缸 FCM 模块还会执行特定的控制功能，以 5 缸机为例，3 号缸和 4 号缸 FCM 模块分管燃油泵和伺服油泵运转，输出信号控制燃油泵执行器油门齿条的位置，以及伺服油泵比例控制阀的动作，达到调节燃油共轨压力及伺服油共轨压力的目的；同时最后二缸分管每缸气缸润滑油的控制功能。每一个气缸滑油控制执行单元在接受到由 FCM 模块发出的控制信号时，实现缸套滑油的喷射；且最后

二缸 FCM 模块接收角度编码器信号的反馈，确定上止点的位置信号，指导系统发出每缸喷油和排气信号；通过总线技术可实现各 FCM 模块关于曲轴转动位置的信息共享。

柴油机控制部分的对外接口是通过安装在柴油机上的 SIB(Shipyards Interface Box)实现的。利用总线技术使 WECS-9520 控制系统与机外自动化系统实时通讯连接，将与 WECS-9520 相关的监测点状态反馈至船舶控制系统和报警系统。

图 1 为柴油机 WECS-9520 系统内部的控制框图，及柴油机对外部的接口框图。

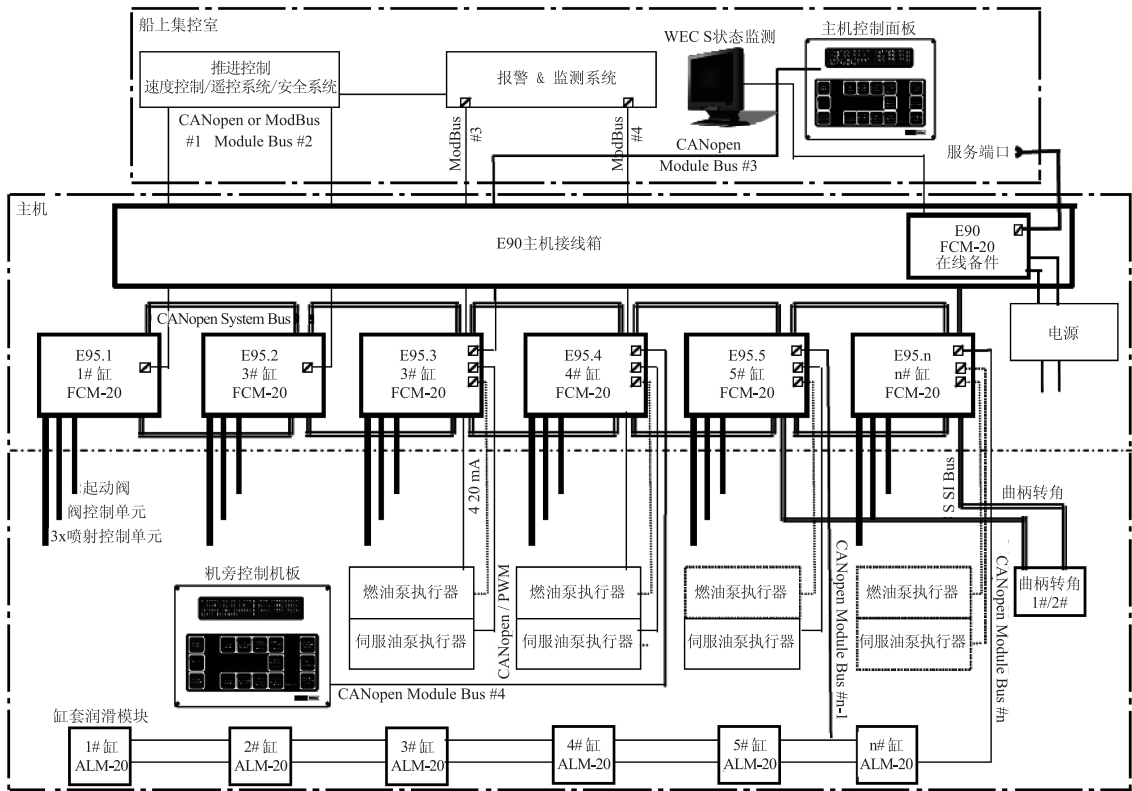


图 1 RT-flex 型柴油机 WECS-9520 控制框图^[1]

精确的零部件设计，精准的控制软件设计，可降低柴油机的燃油消耗率，达到更低更稳定的转速，提高了柴油机的整体操纵性和智能水平。

1.2 RT-flex 型柴油机的试车要求

为满足柴油机正常运行时的常规功能，需提供一套试车控制系统与柴油机自身的 WECS-9520 匹配，此为柴油机提交试验的核心控制系统。

另外，柴油机在运行过程中，遇到异常状况时需要手动按下应急停车按钮，或是柴油机的各项监测参数出现异常时，执行降速功能或紧急停车功能，或柴油机运行时超过设计的最大安全转速，需设计一套安保系统使柴油机自动停车或降速，切断或减少整机的燃油供给，此为柴油机提交试验的必要安全保护系统。

同时需要一套电子调速功能使供给主机的燃油与负荷相

匹配，根据实时燃油指令以及柴油机速度指令反馈给 WECS-9520 系统，控制燃油共轨的压力和燃油喷射电磁阀的动作，保证柴油机转速稳定，此为柴油机调速的控制要求。

基于上述柴油机的运行特点和要求，在主机厂的提交试验过程中，需设计一套满足试车提交试验的试车控制台，来控制柴油机的正常和安全运行，这也正是试车控制台设计的依据。

2 试车控制台设计

试车控制台是对柴油机进行调试的重要设备，如图 2 所示，柴油机出厂前必须在其台位上，通过试车控制台完成调整和测试。试车控制台功能须满足柴油机的各项试验要求，包括负荷的改变和相关部件的操纵以及安保功能的试验和验证。经验证后的安保功能同时为柴油机提供了试

车期间的安全性保护。关于其他的外围设备，如水力测功器控制板、油耗仪等仪器具有通用性，不在本次试车控制台设计范围之内。



图 2 RT-flex 型柴油机试车控制台

2.1 试车控制台型式设计

2.1.1 外形设计

试车控制台外形设计须充分考虑到操纵方便，主操作面板的安装位置满足人体比例要求，便于操作，主要外形尺寸考虑到控制室及控制室连接走道的宽度，满足后期更换试车台位的要求。

2.1.2 结构设计

控制台后侧设计开合式箱门，便于试车线的连接和检查。仪表和模块固定板设计成铰链连接，可整体掀开，用于检查各仪表和模块后侧的安装固定及接线调试。试车台底部为滚轮设计，作为独立的试车控制台，可以将控制台移动到其它试车控制室内，满足不同台位柴油机的试车要求。

2.1.3 选型设计

试车控制台的核心部件来自于遥控系统厂家，目前瓦锡兰认可的遥控系统厂家有 Kongsberg、SAM/lyngsø、Nabtesco。由于公司的主打机型 5RT-flex58T-D 柴油机装船后较多配置了 SAM/lyngsø 遥控系统，且批次较多、动车计划安排密集；根据柴油机未来工作的实时运行和控制性能要求，综合 5RT-flex58T-D 柴油机的平台试验大纲，及满足后续相似配置的 RT-flex 机型的动车提交试验要求，公司选择配置了一套适用于 SAM/lyngsø 遥控系统的瓦锡兰 RT-flex 型柴油机的通用试车控制台设备。

2.2 试车控制台功能设计

整个试车控制台的系统构成如图 3 所示，所采取的技术方法是通过整套控制台依托于集成在 PCD2200 控制箱中的操纵、调速、安全保护系统，收集柴油机各监测点的信号，经过对应模块的内部运算和判断，由各自延伸出来的控制面板显示柴油

机的工作状态；同时通过 PCD2200 控制箱给柴油机 WECS-9520 控制系统发送各种控制命令。以下为各部件的布置设计。

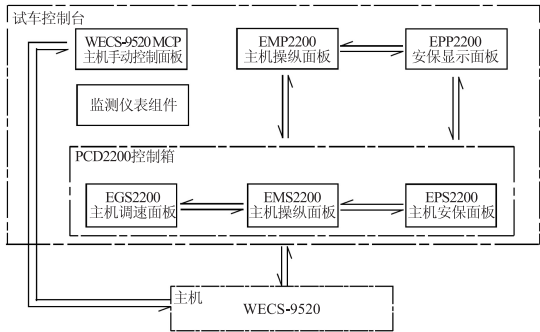


图 3 试车控制台系统构成图

2.2.1 仪表布置

为了能够直观地观测和记录主机运行时的主要参数，如油、气、水介质的温度或压力及主机相关部件的转速，在控制台的正面设计布置了各监测点的仪表，包括：主滑油温度表和压力表、缸套冷却水温度和压力表、十字头滑油压力表、燃油压力表、空气弹簧压力表、扫气空气冷却水压力表、起动空气压力表、控制空气压力表、增压器转速表、主机转速表。提交试验过程中，各项监测数据会最终记录在试车报告中^[5]，作为柴油机提交试验的重要数据留存备用和参考。

2.2.2 控制系统选择和布置

整个试车控制台的控制系统为 EMS2200 (Engine Manoeuvring System)，通过相应的模块或控制面板操纵主机的运行、停止等动作的执行。主要包括如下：

(1) WECS-9520 MCP (Manual Control Panel)

WECS-9520 MCP 用于瓦锡兰 RT-flex 型柴油机的手动控制，其核心控制和显示面板由瓦锡兰公司设计，主要功能是能够实时准确地控制主机，指示操车位置。通过面板上的旋钮，可以实现转速调节，柴油机起动之前的吹车、慢转功能、正转和反转、起动或停止、辅助鼓风机控制等功能。但只有当操控权限变更为集控室操纵时，该面板才会被激活，执行上述相关操作。该面板上还配置一个用于 WECS-9520 系统调试的服务端口(该端口在瓦锡兰公司的最新设计中已经取消，但本次试车控制台中仍然选用了该调试端口)，便于试车过程中对柴油机的调试。

(2) EMP2200 (Engine Manoeuvring Panel) ^[2]

EMS2200 是试车控制系统，其显示和控制面板为 EMP2200，为试车控制台的重要组成部分。面板主显示界面可显示主机的实时转速，起动空气的压

力值。面板上的降速和停车按钮功能显示主机各降速和停车报警点的状态，在主机降速和停车预报警被触发时，可进行临时取消操作；在主机执行降速或停车报警后，可进行复位操作。在此控制面板上可实现操纵位置、试车台、机旁的相互切换。

(3) 试车手柄(Engine Telegraph)^[2]

试车手柄模拟船舶运行时的航速，可调节主机全速、半速、慢速、正转和反转以及停车功能；同时，手柄上还配置一个状态指示灯，用于指示手柄的工作状态。

2.2.3 安保系统选择和布置

整个试车控制台的安保系统为 EPS2200 (Engine Protection System)^[3]。其安保系统的控制面板为 EPP2200 (Engine Protection Panel)，可显示安保系统的工作状态，也是试车控制台的重要组成部分，在试车过程中对主机起到安全保护作用。柴油机上的部分安全点的信号(如：曲柄箱油雾浓度、柴油机转速信号等)经过系统内部通讯判断，如果某个监测指标高于设定值，则触发停车信号给燃油共轨单元上的停车电磁阀，柴油机停止运转，起到对柴油机的安全保护作用。

2.3 试车控制台的主要技术特点

因柴油机试车控制台系统须与柴油机装船后使用的控制系统相匹配，本次试车控制台控制系统选择了特定厂家的成熟控制系统及控制模块。但选择的模块与船上实际使用的模块相比较，数量有所减少。在遥控厂家的建议下，选配了必要的基本控制和功能模块，其控制系统集成在一个控制柜中。在能够满足柴油机提交试验^[4]要求的同时，最大限度地降低了试车台的设计成本。

另外，设计过程中，充分考虑试车台的通用性和灵活性。以前部分 RT-flex 机型的试车都是从船厂借用相关的控制模块安装到固定的试车台位上，试车结束后，需要拆除返还给船厂，来往的运输过程中，极易导致控制模块的损坏，影响动车试验和交船后的使用，并产生额外的运费。本试车控制台，可满足不同缸径 SAM/lyngs Φ 遥控系统的 RT-flex 柴油机；同时，整个控制台可以移动到其他控制室，满足不同台位的试车要求。这种设计可以最大限度的节约成本，节省人力物力，缩短接线调试时间，提高工作效率。

3 试车控制台的使用

3.1 控制台使用

此次设计的试车控制台用于公司的 5RT-

flex58T-D 机型，根据该机型的平台试验大纲^[4]，在柴油机提交试验时须按照船级社要求进行相关试验，包括功能试验及瓦锡兰控制系统 WECS-9520 的功能试验等，这些试验的进行都是以试车控制台为基础，也是在试车控制台上进行验证和实现的。

3.2 控制台参数调整

通过瓦锡兰提供的 flexview 软件，在试车控制台上通过服务端口连接电脑，可调整柴油机的相关参数，如设定柴油机的慢转时间、辅助鼓风机在扫气压力达到时的起停阈值、曲柄角度传感器角度的偏差调整等。

同时对试车控制台的安全系统，需在 EPP2200 模块中调整各传感器点的状态，根据平台试验大纲的要求，修改报警、停车时的报警状态、报警延时等。试车结束后，备份试车台的相关参数设置，便于后续海上试验时使用。

4 试车控制台使用结果分析

基于试车控制台的柴油机提交试验是柴油机成为商品及船东认可的必经流程，试车过程和结果将直接影响到柴油机的提交。公司 5RT-flex58T-D 柴油机采用了新设计的试车控制台，根据熔安-瓦锡兰 5RT-flex58T-D 平台试验提交大纲测得 25%、50%、75%、85%、100%、110% 负荷下的油耗^[5]，见图 4 所示。

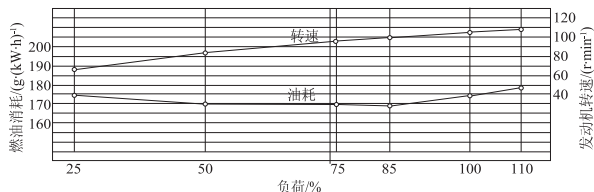


图 4 柴油机不同负荷点的燃油消耗率

该台位作为柴油机在工厂试验的控制系统，能够准确稳定地完成船级社认可的台架试验大纲内容要求。基于这套试车控制台，公司制造的系列 5RT-flex58T-D 机型都已提交结束。从柴油机的提交试验来看，整个试车控制台位工作稳定，柴油机的各项参数均在正常范围，试车控制台达到了预期的设计功能，满足柴油机提交的必要功能。模块化的试车台单元设计，也使得柴油机的接线、拆线较为轻松，更为系列柴油机的顺利提交，奠定了基础。

(下转第 28 页)

点。箱式发电机组省缺了厂房的费用，箱式机组在公司内集成，能充分利用公司的组装试验条件；在路途运输中，箱式机组整体吊装方便；在用户现场，箱式机组安装调试简洁，调试人员少，耗时短。

机组集装箱壳体为全钢焊接结构，类似罩式车体，由整体底板、活动侧墙、隔墙、端墙、顶盖等组成，便于模块化制作，模块间用螺栓连接。侧墙外皮采用瓦楞形式，提高结构刚度。侧墙、隔墙、顶盖内喷阻尼浆，填实隔声隔热材料，再覆盖多孔铝板，起到降噪和装饰作用。

3.3 机组进排风系统

机组集装箱进气消声系统悬挂在集装箱前端、电气室前面和顶上。新鲜空气通过二级除尘和消声，由轴流风机吸入到动力室内，满足发动机和发电机冷却、降低机器间设备辐射热和保持机器间正压等需要，风流过整个动力室经过排气系统消声降噪后排到机组集装箱外。

3.4 机组噪声控制

为了达到在距机组集装箱外 1 m 处噪声不大于 90 dB(A) 要求，机组噪声控制方面主要采取了如下措施：

- (1) 发动机和发动机弹性连接；
- (2) 发动机和发动机公共安装底架与集装箱整体底板间采用橡胶隔振器连接；
- (3) 发动机与辅助系统管路采用软管连接；
- (4) 发动机设排气消声器；

- (5) 集装箱壳体侧墙、隔墙、顶盖内壁喷阻尼浆，填实隔声隔热材料，再覆盖多孔铝板；
- (6) 集装箱壳体孔洞封堵
- (7) 机组进排风系统风道设吸声消音装置。

3.5 机组控制

机组自动化程度高，实现实时监控和保护。发电机组监控系统主要由机组监控柜(实现对机组发电的监测、控制与管理)、互感器柜、辅助控制柜(含辅助设备的控制)、起动电源柜、发电机中性点接地柜等构成。

机组监控柜及互感器柜主要完成本机组的监测及自动控制，负责本机组发动机各参数监控和发电机参数监控以及本机组启停、转速控制，机组并网/脱网、有功功率、无功功率、功率因数控制，以及发动机、发电机报警及保护。发电机组监控系统可以接收电站管理系统的指令，自动完成该机组所有自动控制操作。辅助控制柜主要负责本机组的冷却系统、润滑系统、监控系统、照明等辅助设备配电及控制。

机组监控系统与电站管理系统之间，采用通讯方式进行数据交换。柴油机运行中重要模拟量、重要操控开关量、采用“硬线”方式，提供给电站管理系统使用。

4 结束语

2 700 kW 陆用箱式柴油发电机组运用已有半年，取得了较满意的效果，达到了设计预期目标。

(上接第 21 页)

5 结 语

随着 2016 年 IMO Tier III 排放法规即将执行，以及燃油资源的逐渐匮乏，节能减排的要求更加强烈，船舶柴油机各部件及控制系统将得到进一步升级和发展。对于更多、更先进的电喷柴油机提交试验来说，设计出更稳定、更具有通用性、更加安全的试车控制台，保证柴油机的正常调试和顺利提交，是试车控制台设计的难点，也将是进一步的研究课题和发展方向。

参考文献

[1] Wärtsilä training documents——flex control system [R]. Switzerland: Wärtsilä Switzerland Ltd,2008.

[2] Operator instructions for Sulzer DENIS-9520 RT-Flex engines [R]. SAM Electronics GmbH,2007.

[3] Engine protection system user Manual [R]. SAM Electronics GmbH,2008.

[4] 熔安-瓦锡兰 5RT-flex58T-D 主机平台交货试车大纲 [R]. 合肥:合肥熔安动力机械有限公司,2011.

[5] 熔安-瓦锡兰 5RT-flex58T-D 主机平台交货试车报告 [R]. 合肥:合肥熔安动力机械有限公司,2011.