

Design of Embedded Simulation Training System of Ship Power Plant Based on Monitoring and Controlling System

Jiajun Gu¹, Haibo Qin², He Ni²

¹Naval 91910 Force, Dalian Liaoning

²College of Power Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan Hubei

Email: elegance2006@sina.com, qinhypoo@163.com

Received: Aug. 22nd, 2018; accepted: Sep. 10th, 2018; published: Sep. 17th, 2018

Abstract

An embedded simulation training system of ship power plant based on monitoring and controlling system was designed in this paper. This system took the monitoring and controlling systems which exist in various types of ships as platform, through a dedicated interface to implement effective embedding of simulation training equipments and monitoring and controlling system. This method is different from the traditional methods based on the integrated platform management system. It made full use of the original man-machine interaction parts and automatic control parts existing in monitoring and controlling system, which was applicable to the relatively low level of ship engine room's automation and the reality that most ships don't have integrated platform management system in our country.

Keywords

Embedded Simulation Training, Monitoring and Controlling System of Power Plant, Ship

基于动力监控系统的船舶主动力嵌入式模拟训练系统设计

谷家军¹, 覃海波², 倪何²

¹海军91910部队, 辽宁 大连

²海军工程大学动力工程学院, 湖北 武汉

Email: elegance2006@sina.com, qinhypoo@163.com

收稿日期: 2018年8月22日; 录用日期: 2018年9月10日; 发布日期: 2018年9月17日

摘要

设计了一种基于动力监控系统的船舶主动力嵌入式模拟训练系统。该系统以各型船舶都有的动力监控系统为嵌入平台，通过专用接口实现模拟训练设备与动力监控系统的有效嵌入，有别于传统基于全船综合平台管理系统的实现方式，充分利用了动力监控系统原有人机交互部件和自动控制部件，适用于我国船舶机舱自动化水平整体较低，大部分船舶没有全船综合平台管理系统的实际情况。

关键词

嵌入式模拟训练，动力监控系统，船舶

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

对于船舶主动力嵌入式模拟训练系统的研究，欧、美等西方发达国家起步较早，取得的成果较多。目前，嵌入式模拟训练系统作为现代船舶综合平台管理系统的有机组成部分已经得到了广泛的应用[1][2]。近年来，美、英、德、法、意等国近年来新建船舶都配置有先进的综合平台管理系统，在其中都包括有嵌入式模拟训练模块[3][4]。我国船舶的自动化水平与国外先进水平相比有一定差距，对船舶综合平台管理系统的研制起步晚，尚未形成统一的标准化、自动化、智能化船舶网络平台系统，加上综合平台管理系统涉及到整个船舶自动化系统的基础架构、其研制通常需要与船舶建造同步进行，所以到目前为止国内在船舶嵌入式模拟训练系统的研究总体上还处于探索和试验阶段，除个别型号船舶的少数动力设备具有初步模拟训练功能外，嵌入式模拟训练在我国船舶动力系统中暂时还未得到大范围的应用。

本文从国内大部分船舶没有全船综合平台管理系统的现实情况出发，以动力系统普遍配套的动力监控系统为嵌入平台，充分利用监控系统已有人机交互部件和自动控制部件，通过增设仿真计算机和训练控制计算机等训练设备形成的一个属于动力监控系统、用于模拟训练的三级子系统。在模拟训练时，由仿真计算机和训练控制计算机等训练设备替代实装响应受训人员的操作指令并计算产生设备运行状态仿真参数，使动力监控系统具有交替开展监控动力设备运行和支持操作人员模拟训练两种运行模式，形成先进、高效和低消耗的现场模拟训练平台；使船员在不启用动力机械、设备与管路的情况下，利用动力监控系统已有的各种手操部件、各种显示与报警部件、人机接口操作站等人机交互部件，开展逼真的日常操作和应急处置训练；以较低的训练费用保障训练的针对性、有效性和实时性，进一步提高船员操纵的准确性与快速反应能力，为动力系统的使用和维修保障决策提供支撑。

2. 总体方案

2.1. 设计原则

基于监控系统的船舶主动力嵌入式模拟训练系统的设计原则如下：

- 1) 尽量不影响原有监控系统原有功能和可靠性

嵌入式模拟训练系统是嵌入到动力监控系统的一个功能系统，与决定着动力系统安全可靠运行的监

控功能相比,模拟训练功能永远是次要的。因此,必须重视“嵌入”的策略与方法,既要保证训练设备有效接入、训练功能的有效嵌入,又要做到在各种情况下、尤其是动力系统实际运行期间,监控系统的监控功能和可靠性不受嵌入到系统中的模拟训练设备的任何影响。

2) 尽可能使用监控系统已有人机交互界面

嵌入式模拟训练系统最大的优点是模拟训练的高度逼真性。为此,在系统的设计开发中,要将模拟训练的逼真性放在非常重要的位置。为尽量提高训与用、训与战的一致性水平,要求模拟训练时的所有人机交互界面,特别是位于遥控室、损管中心和备用损管中心的操控手柄、按钮、旋钮、开关等控制输入手段和用于观察动力系统运行状态的各类仪表和声光报警装置等人机交互界面,都尽可能使用监控系统已有人机交互界面。

3) 不过量增加设备

嵌入式模拟训练系统的开发应该秉承可实现性原则,并在可能情况下尽量少增加设备、减少系统研制的工作量与工程风险。由于嵌入式模拟训练系统是嵌入到动力监控系统中的一个新型功能系统,因此会需要增设一些计算机和软、硬切换开关等设备,实现现场模拟训练与动力监控的自由切换,但必须基于目标船舶动力系统的动力监控系统网络,使增加的设备最少化。

2.2. 方案设计

基于前述设计原则,立足于当前国内船舶动力监控系统的技术基础,设计基于监控系统的船舶主动力嵌入式模拟训练系统总体方案如图1所示。

由图1可见,基于实际监控系统的船舶主动力嵌入式模拟训练系统,主要由与实际监控系统的共用部件(含过程控制站和人机接口操作站)、仿真计算机、训练控制计算机(含训练控制与管理、机旁虚拟操作)及其接口组成。仿真计算机、训练控制计算机和机旁操作模拟软件之间采用以太网相连,通过网络进行数据交互;而与监控系统共用的部件和仿真计算机之间的数据交互方式与设备有关,过程控制站通过原动力监控系统的数据总线进行通讯,而人机接口操作站则通过新增加的以太网进行通讯。

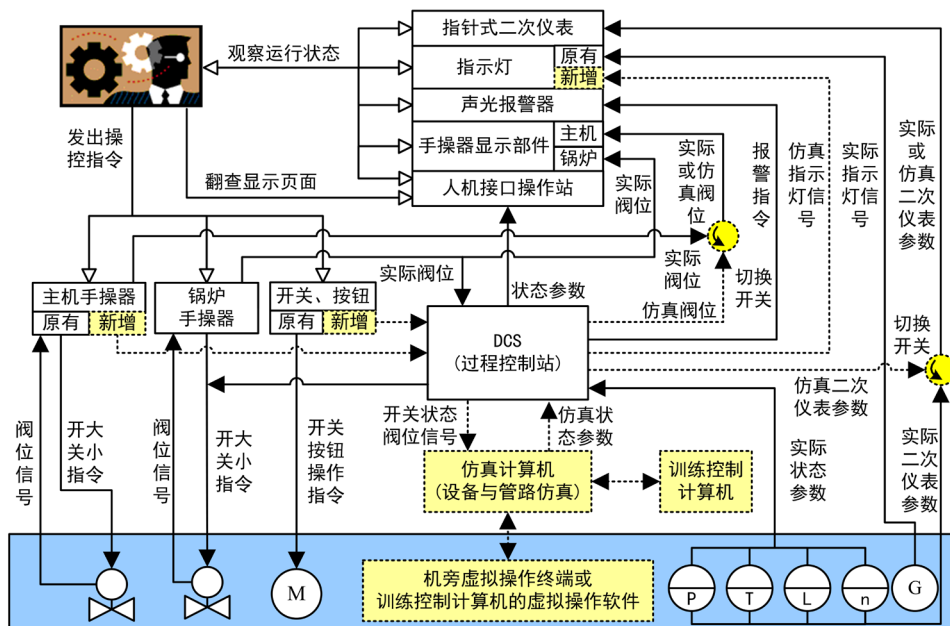


Figure 1. The general planning of embedded simulation training system based on monitoring and controlling system
图1. 基于监控系统的船舶主动力嵌入式模拟训练系统总体方案

3. 功能原理

3.1. 工作流程

嵌入式模拟训练系统投入运行后，在遥控室和损管中心的受训人员以及配合训练的人员，通过监控系统的原有显示台屏，包括人机接口操作站、二次仪表、手操器阀位指示部件、声光报警装置等，观察动力系统的运行与控制状态参数，发现系统的运行异常后或根据口令，按照预定的控制规则，通过监控系统的原有发令部件，包括手操器、开关、按钮等，发出控制指令，并继续从显示台屏上观察系统的运行与控制状态。如图 1 所示的嵌入式模拟训练系统训练过程如下：

- 1) 受训人员通过监控台面上的显示与报警部件以及人机接口操作站，观察动力系统运行状态与控制器位置状态等信息；
- 2) 受训人员根据所观察到的信息判断系统的当前运行状态及发展趋势，或根据口令的要求，确定系统的操纵控制要求；
- 3) 受训人员根据需要通过手操部件发出控制指令，并通过显示与报警部件和人机接口操作站，同步关注仿真计算机提供的动力系统的运行状态仿真参数的变化情况；
- 4) 受训人员通过手操部件发出的控制指令，通过总线、网络或专线发送给仿真计算机；
- 5) 仿真计算机根据控制指令和动力系统当前运行状态参数，计算动力系统的下步运行状态参数；
- 6) 仿真计算机计算出的动力系统运行状态参数，由总线或以太网送往显示与报警部件和人机接口操作站，供受训人员观察并做出进一步判断；
- 7) 实装监控系统的连锁保护功能部件和报警功能部件则依据仿真计算机提供的运行状态参数，向仿真计算机发出模拟连锁保护的运行控制指令或向报警器发出报警指令；
- 8) 在没有人员参与训练的岗位上，通过将控制方式转为自动，便可由监控系统的控制器依据仿真计算机提供的动力系统运行状态参数，根据需要向仿真计算机发出调整动力设备运行状态的控制指令。

上述 8 个步骤形成了“观察状态 - 发出指令 - 指令传输 - 状态计算 - 状态传输 - 状态显示”这种类似于实际操作控制的循环，从而实现了在设备现场的动力系统嵌入式模拟训练。

3.2. 数据交互

- 1) 操控指令的发送
 - a) 主机手动控制操作通过新增发令元件向主机过程控制站发送操控指令、并由控制站转变为阀位信号后，通过总线发给仿真计算机；
 - b) 主机自控部件动作指令由主机过程控制站直接根据运行状态参数转换为阀位信号后，通过总线发给仿真计算机；
 - c) 其他设备的手动控制操作和自控部件动作指令，先按照原有渠道驱动相应的调节阀动作，继而由调节阀反馈阀位信号，最后通过总线发给仿真计算机；
 - d) 各开关和按钮操作由新增发令触点通过过程控制站转换为开关状态信号后，再通过总线发给仿真计算机。
- 2) 由机舱设备控制的指示灯

由机舱设备控制的指示灯主要是反映动力系统的运行状态，采取在相应部位的盖板下面新增一个指示灯的办法，该指示灯通过专线与过程控制站相连接，在训练时，仿真计算机产生机舱设备的运行状态仿真信号，再通过总线发给相应的过程控制站，最后由过程控制站驱动新增的指示灯点亮或熄灭；对于由开关或按钮直接控制的指示灯，不做任何改动。

3) 手操器上的阀位信号

a) 主机阀位信号采用转换开关的方式进行信号源切换,即在监控系统正常工作时来源于调节阀的阀位传感器,在训练时由主机过程控制站依据各手动操作指令或自控部件动作指令计算产生;

b) 其他设备的阀位信号由实际存在的阀位传感器信号驱动。

4) 指针式二次仪表的状态参数

指针式二次仪表上显示的状态参数采用转换开关的方式进行信号源切换,即在监控系统正常工作时,信号来源于设备的传感变送电路,在训练时信号来源于仿真计算机。

5) 声光报警器和人机接口操作站

声光报警器、人机接口操作站等其它人机交互部件,在训练时仍然按照监控系统原有的信号传递方式工作,即由过程控制站依据仿真计算机提供的状态参数向声光报警器发送报警信号、向人机接口操作站发送显示参数。

4. 设备组成

4.1. 系统硬件组成

基于动力监控系统的船舶主动力嵌入式模拟训练系统在硬件方面主要由与实际监控系统的共用部件、仿真计算机、训练控制计算机、专用接口等四个部分组成[5],如图2所示。

1) 与实际监控系统共用的部件

与实际监控系统共用的部件即包括监控系统的人机交互部件,也包括监控系统的自控部件。与实际监控部分有大量的共用部件,是基于实际监控系统的船舶动力系统嵌入式模拟训练系统区别于其他样式舰上训练系统的最主要特征。

与实际监控系统共用的人机交互部件,包括手操器、二次仪表、人机接口操作站、报警器、按钮、开关等,这些部件既是监控系统用于监控动力设备与管路运行状态的人机交互部件,又是舰员开展基于嵌入式模拟训练系统模拟训练的操控终端,因而保证了训用的一致性;与实际监控系统共用的自控部件,

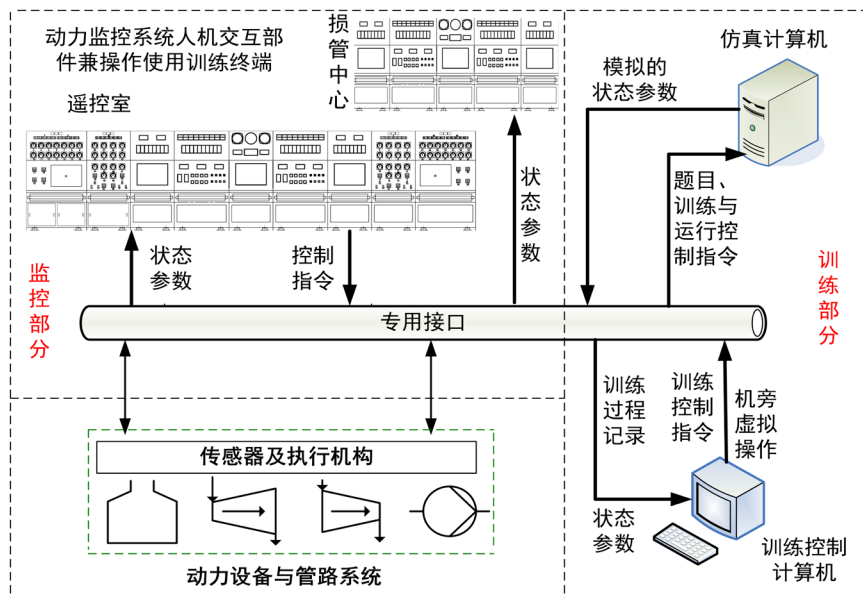


Figure 2. Hardware design of embedded simulation training system

图2. 嵌入式模拟训练系统的硬件组成

主要是参数监测计算机、自动控制计算机、连锁保护计算机、报警控制计算机等，这些部件在开展模拟训练时，按照其原先的模式继续运行。

2) 仿真计算机

仿真计算机是开展嵌入式模拟训练系统的关键。仿真计算机用于响应训练控制计算机(含训练控制指令和机旁虚拟操作指令)、监控系统手操部件或自控部件等发送的指令，计算动力系统各设备和管路系统的运行状态参数，用以替换实装的传感器信号，为监控系统的自控部件、显示与报警部件、人机接口操作站、训练控制计算机等提供仿真运行状态参数。

3) 训练控制计算机

训练控制计算机具备训练控制和机旁虚拟操作两项职能，是开展嵌入式模拟训练系统必须具备的部件。训练控制计算机主要用于教练员建立和执行训练计划、编制和执行训练脚本、设置训练题目、配置运行环境参数、注入和清除装备故障、设定装备控制与运行参数以及当前技术性能水平与状态、存储和恢复初始状态、控制训练进程、记录和重放训练过程、评价训练效果等。

机旁虚拟操作用于机舱受训人员在机舱设备和管路系统不启用的情况下，配合遥控室和损管中心人员开展模拟训练，一方面通过该终端观察相应设备的运行状态信息、听取上级口令、报告规定情况，另一方面通过其上的虚拟手操部件发出虚拟的调整操作或机旁控制指令。

4) 专用接口

除上述部件之外，总线、网络、专线、交换机、切换开关等接口设备用于将仿真计算机等训练设备嵌入到动力监控系统中，主要包括实际监控系统与仿真计算机之间的数据接口、仿真计算机和训练控制计算机之间的数据接口，其中以监控系统与仿真计算机之间的数据接口技术最为复杂，是影响嵌入式模拟训练系统方案的主要因素。

4.2. 系统软件组成

基于动力监控系统的船舶主动力嵌入式模拟训练系统软件从功能上可分为仿真模型软件、机旁虚拟操作软件、训练管理和组织功能软件、通讯软件和数据库五类[6]，软件的体系结构和信息流程如图3所示。

1) 仿真模型软件安装在仿真计算机上，以动力系统的结构参数为基础，模拟动力系统的运行状态参数、保障条件参数与运行控制参数之间的相互关系，反映动力系统的受控运行规律、环境条件响应规律和故障响应规律等；

2) 机旁虚拟操作软件安装在训练控制计算机上，构成机旁虚拟操作终端，用于机舱设备和系统的机旁模拟操作和参数显示，与仿真模型软件及监控系统原有人机交互部件和自动控制部件一道，实现模拟训练功能；

3) 训练管理和组织功能软件同样安装在训练控制计算机上，由系统管理与调度功能模块、训练环境设置模块、训练流程控制模块、故障投入与解除功能模块、训练评估模块、网络通讯及接口管理模块等组成，主要用于训练过程的管理和组织；

4) 通讯软件用于将仿真计算机、实际监控系统、训练控制计算机三者连接起来，其中仿真计算机与实际监控系统通过原有的数据总线进行通讯，而仿真计算机与训练控制计算机通过以太网进行通讯。

5) 数据库包括模型算法库、模型变量库、故障数据库和试题库，模型算法库和模型变量库安装在仿真计算机上，故障数据库和试题库安装在训练控制计算机上，用于模拟训练的全过程数据支持。

5. 结论

本文在动力监控系统的基础上，通过增加模拟训练设备和专用接口，构建了船舶主动力嵌入式模拟

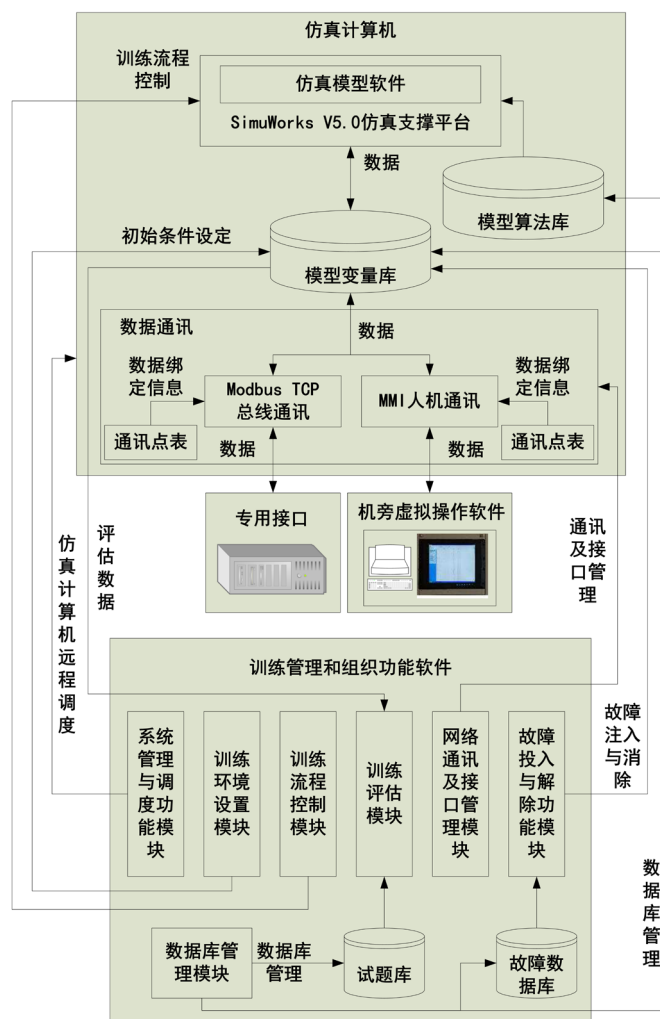


Figure 3. Software design of embedded simulation training system
图 3. 嵌入式模拟训练系统的软件组成

训练系统的整体技术框架，提出了系统的总体方案和功能原理，设计了系统的硬件和软件组成，在船舶动力、电力以及其他同类系统的嵌入式模拟训练方面有一定的工程应用价值。

基金项目

国家自然科学基金面上项目(51179196)。

参考文献

- [1] 方虎生, 张志超, 沙卫平, 等. 嵌入式技术与工程装备智能信息化研究[J]. 无线互联科技, 2015 (11): 136-138.
- [2] 刘辉, 金茂忠. 基于全数字仿真的嵌入式软件测试技术[J]. 北京航空航天大学学报, 2014, 40(3): 394-400.
- [3] Ebert, C. and Jones, C. (2009) Embedded Software: Facts, Figures, and Future. *Computer*, **42**, 42-52.
- [4] 孔庆福, 宋金阳, 张晓东, 等. 船舶轮机模拟训练装置技术现状及发展趋势[J]. 舰船科学技术, 2010, 32(1): 138-140.
- [5] 杨维剑. 嵌入式系统软硬件开发及应用实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011.
- [6] 倪何, 金家善, 陈砚桥, 等. 某型汽轮机水机监控软件一体化测试平台[J]. 海军工程大学学报, 2015, 27(6): 42-46.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2325-677X，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：dsc@hanspub.org