

文章编号：1005-8451（2015）08-0009-03

基于重载列车多机同步操纵控制系统的机车 仿真系统研究

袁 韶

（北京全路通信信号研究设计院有限公司，北京 100073）

摘要：介绍基于重载列车多机同步操纵控制系统设备而开发的机车仿真系统的硬件和软件设计原则，在硬件上介绍仿真系统自身硬件和与多机同步控制系统相连的接口硬件，在软件上介绍仿真软件设计思路，并对仿真软件进行简要说明。

关键词：重载列车；多机同步操纵控制；机车仿真；列车仿真

中图分类号：U264.911 : T39 **文献标识码：**A

Locomotive Simulation System based on Multi-motor Synchronous Control System for heavy haul train

YUAN Tao

(Beijing National Railway Research & Design Institute of Signal & Communication Ltd., Beijing 100073, China)

Abstract: This paper introduced the design principle of the hardware and software of Locomotive Simulation System based on the Multi-motor Synchronous Control System for heavy haul train, the interface which connected the Simulation System to the Multi-motor Synchronous Control System, the design of simulation software, explained the simulation software briefly.

Key words: heavy haul train; multi-motor synchronous control; locomotive simulation; train simulation

以往机车控制系统新模式的功能验证与试验，大部分都是在专用的试验线路或者利用运营线路的空闲时段进行，这样存在许多问题：(1) 受到现场条件的制约，系统相关功能的调试与修改过程比较复杂，缺乏灵活性，且试验规模通常都比较大；(2) 功能检验不彻底，因为系统的某些功能属破坏性试验的范畴，不可能现场进行复现，进而影响了试验的真实性，对某些重要的功能只能得出理论上的论证而存在安全隐患。而为了更好地对重载列车多机同步操纵控制系统中控制模式的研究，分析和掌握重载列车纵向动力的传播和分布规律，找到适合重载线路的控制参数和操纵方式，建立计算机仿真系统，作为研究重载列车多机同步操纵控制模式的工具是必不可少的。

经过深入的方法调研和系统设计，开发了具有实用价值的重载列车多机联控仿真系统，模拟出重

载列车在控制设备操控下的运行状态，并以较少的人力和物力进行了尽可能多的方案比较。重载列车多机同步操纵控制系统的仿真系统分为机车仿真系统和列车仿真系统两部分，机车仿真系统主要是用于模拟单台机车的操作控制以及各种设备的状态变化（机车状态信息、机车挡位信息、机车速度等）；列车仿真系统主要用于模拟多台机车编组完成后，列车编组中多台机车共同牵引时，各机车间协调操纵时整列组合车列的运行状态以及编组中各个机车的实时运行状态（车钩力、速度、加速度、牵引重量等）。

本文仅讨论机车仿真系统的开发研究，而列车仿真系统不在本文讨论范围，不予涉及。

1 机车仿真系统的设计原则

仿真的过程也是实验的过程，还是系统地收集和积累信息的过程。通过系统仿真，能启发新的思想或产生新的策略，还能暴露出原系统中隐藏着的一些问题，以便及时解决。

收稿日期：2014-12-24

作者简介：袁 韶，工程师。

本机车仿真系统通过特定的硬件和软件，在计算机上模拟出机车的各种运行状态参数和操作的过程：(1) 司控器操作；(2) 制动系统（包括空气制动和电阻制动）；(3) 实时速度；(4) 牵引力（调速手柄级位电压）；(5) 钥匙、电弓、主断和辅机等的状态输出；(6) 多机同步操纵控制设备的操作。

2 仿真系统与控制系统的连接方式

2.1 单纯软件仿真

在不通过接口外围硬件的情况下，只是单纯的软件仿真方式模拟系统逻辑运算功能，即仿真系统与多机同步操纵控制系统组成的闭环（以下简称为逻辑运算功能闭环）中不包括连接硬件。

采用这种方法可以使用 TCP/IP 方式或 RS232 方式将仿真终端与多机同步操纵控制系统相连。

单纯软件仿真方式使得仿真大闭环中不包括控制系统的硬件部分，所以仿真过程只能实现对软件（主要是逻辑控制方法部分）的调试，而无法检测对组成多机同步操纵控制系统硬件的实际控制情况。

2.2 采用接口硬件

在仿真系统终端和控制系统之间采用连接硬件，并将控制系统全部纳入系统控制功能闭环当中。此种方式可以在整个仿真过程中检测控制系统硬件的动作情况，从而更全面地对控制系统进行调试和监测。仿真系统终端和控制系统接口硬件连接方式见图 1 所示。

3 机车仿真的系统构成

3.1 系统硬件

机车仿真的硬件包括仿真系统自身构成硬件以及仿真系统与控制系统之间的接口硬件连接部分。

3.1.1 自身构成硬件

在保证仿真系统实时性情况下，采用一台仿真终端机（工控机）模拟一台机车的方法；模拟各个牵引机车的实际走行情况，并具有显示和记录功能；同时将机车状态信息传送给多机同步操纵控制设备。

3.1.2 与控制系统的连接硬件

该部分硬件可根据控制系统的实际要求（包括控制系统的输入、输出信号的类型、位数和电压范围）进行选择。主要包括：脉冲量计数、模拟量、开关

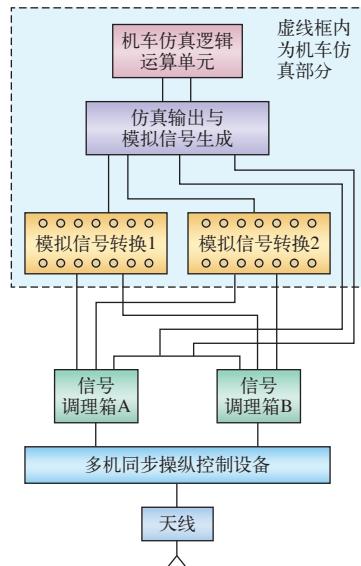


图1 仿真系统终端和控制系统连接图

量 I/O、信号模拟转换。

(1) 脉冲量由脉冲量板实现：具有 12 通道 16 bit 定时 / 计数器，4 路中断源，12 通道独立的 16 bit 定时 / 计数器，16 个用于脉冲输入和输出的通道，工作电压 5 VDC，工作温度：0 ~ 60 °C。(2) 模拟量由模拟量板实现：具有 8 通道单端模拟量输入，一个 12 bit 分辨率的模拟量输出通道，16 个数字量输入通道，16 个数字量输出通道，最大采样速率为 30 kbit/s，工作电压 5 VDC，工作温度：0~60 °C。(3) 开关量由开关量 I/O 板实现：32 通道光电隔离数字量输入，32 通道光电隔离集电极开路输出，逻辑高电平 (DC)：5 V ~ 30 V，逻辑低电平 (DC)：0 V ~ 1 V，工作电压 5 VDC，工作温度：0~60 °C。(4) 信号模拟由信号模拟盒实现：对应显示开关量 I/O 板的 32 路开关量开入 / 开出状态。

3.2 系统软件

3.2.1 软件设计思路

(1) 在不影响仿真系统实时性的前提下，尽可能地使仿真结果贴近重载列车运行的实际工况；(2) 提供、显示和记录尽可能多的可供技术人员参考的数据；(3) 在仿真参数的设定上采取更大的灵活性，以方便对各种方案进行比选；(4) 提供对异常情况的模拟和报警功能；(5) 界面简洁直观，使用方便。

机车仿真系统的终端机通过接口硬件与控制系统相连，通过接口接收控制系统的指令，按照所给指令和列车仿真系统给出的整列车的各个受力单元

的牵引力和车钩力状态信息对各个机车的状态参数进行计算、显示和记录；并将必要的状态信息或控制信号通过接口传回给控制系统，即仿真终端机程序与控制程序组成一个控制闭环，如图2所示。

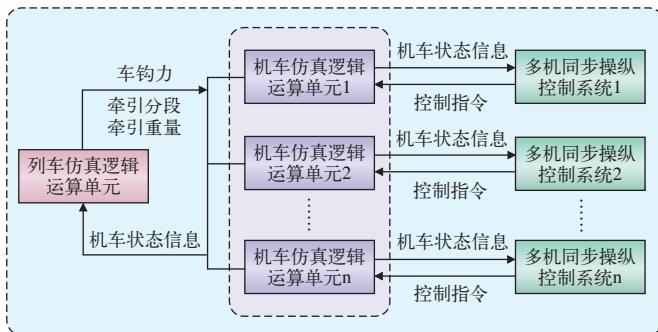


图2 机车仿真系统与列车仿真系统关系图

3.2.2 软件简要说明

本文介绍的是韶山SS3B型电力机车的仿真软件，通过计算机软件模拟机车的控制操作和状态参数，以达到验证多机同步操纵控制设备的功能。

仿真软件的编程工具是 Microsoft Visual Basic 6.0，软件运行的操作系统平台是 Windows 2000。

运行机车仿真软件后，最先出现一个界面，上面有4个按钮，用于选择机车的类型（SS3B、SS4改）和位置（本务机、补机），当点击任意一个按钮后，出现的界面如图3所示，本界面是机车仿真软件运行时的主显示界面。



图3 机车仿真软件界面

其中，界面的右下角有4个按钮，分别是“仿真开始”、“切为后车”、“暂停”和“连接”。

点击“仿真开始”按钮，则仿真程序开始运行，开始接收和发送操作指令；点击“切为后车”按钮，

则机车仿真程序切换为后车状态，同时按钮变为“切为头车”，再次点击，则机车仿真程序切换为头车状态；点击“暂停”按钮，则仿真程序处于暂停状态；点击“连接”按钮，则开始通过网口连接列车仿真程序。

主界面的右侧有16个按钮，分别用于操作钥匙、主断、劈相机、通风机、压缩机、制动风机、励磁使能、前受电弓、后受电弓、磁场削弱的启动和关闭。当某一个设备是处于运行状态时，它右侧的小方框是绿色的，反之，处于关闭状态时，则右边的小方框是红色的。

主界面的左侧标有“状态检测”状态栏里，是机车仿真设备从多机设备回采的机车状态信息，用于显示钥匙、主断、劈相机、通风机、压缩机、制动风机、励磁使能、前受电弓、后受电弓、磁场削弱的开启和关闭的状态，以及机车的档位（前进、后退）、级位（314、352），制动状态（紧急制动、电阻制动）。

中间的小方框为绿色时，表示该设备是处于运行状态，反之，处于关闭状态时，中间的小方框是红色的，而小方框右侧的文字是该设备的当前状态文字说明。

主界面的中间靠上部分有两个表盘，左侧的是速度表，右侧的是列车管压力表，分别显示机车的速度和制动状态。

主界面的靠下部分是一个动态速度曲线，用来显示机车的实时速度曲线，图上左侧纵坐标0~100表示速度值（km/h）。

4 结语

本文给出了重载列车多机同步操纵控制系统的机车仿真系统的主要设计原则和方法，并给出了仿真的简要说明。实践证明，本仿真系统能够很好地满足重载列车多机同步操纵控制系统的调试要求，简化多机设备的调试过程，降低调试难度，为重载列车多机同步操纵控制系统的科研开发提供了保障。

参考文献：

- [1] 陆伟，马钦.高速列车运行仿真系统中数据库技术的应用[J].中国铁道科学，2002，26（6）：36-38.

责任编辑 方圆