

试
验
检
测

新一代机车控制柜功能测试台

李 鹏, 罗继光, 陈明奎, 苏 理

(株洲南车时代电气股份有限公司 技术中心, 湖南 株洲 412001)



作者简介: 李 鹏 (1975-), 男, 工程师, 从事电力机车电气及传动控制系统的研究开发工作。

摘 要: 描述了一种用于电力机车电子柜和微机柜进行系统级功能测试的试验设备, 对其功能、系统组成和软硬件设计特点进行了说明。该测试台已完成样机试验, 在测试精度和响应速度方面有很大提升。

关键词: 电力机车; 控制柜; 测试设备; 功能测试

中图分类号: U269.32*2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2011)05-0050-04

New Generation Functional Testing Desk
for Control Cabinet of Locomotive

LI Peng, LUO Ji-guang, CHEN Ming-kui, SU Li

(Technology Center, Zhuzhou CSR Times Electric Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: Equipment for providing system-level functional testing to locomotive control cabinet was introduced. The functions, component of system and characteristic of software/hardware designing were expounded. This equipment has passed the FAI with high improvement of accuracy and response speed.

Key words: electric locomotive; control cabinet; testing equipment; function testing

0 引言

随着我国经济建设的飞速发展, 铁路运输日益繁忙, 机车运用率不断提高, 机务检修部门的压力也越来越大。如何快速有效地完成设备检修、排除设备故障、保证完好率, 进而提升机车运用效率已成为检修部门的首要任务。

机车控制柜功能测试台是为满足电力机车传动控制设备功能试验需求而开发的测试设备, 其测试对象为交直电力机车的电子控制柜和微机控制柜。以往类似设备虽然可以实现部分功能, 但受当时技术条件和工艺水平的限制, 电路复杂, 精度难以保证, 可靠性也比较低; 同时, 由于一些器件当前采购困难, 技术升级改造不便。基于以上原因, 研制新一代功能测试台既可满足现实需要又符合技术进步的要求。

1 目标与总体思路

基于被测设备的技术状况和现场应用的需求, 测

试台在功能上必须满足以下几方面要求:

①根据相关技术要求, 对被测设备进行参数整定和性能试验, 包括: 牵引制动特性曲线测试、输入输出通道测试、故障保护及其他控制功能(如: 防空转滑行、功率因数补偿等)的测试, 满足其出厂调试和日常检修需要;

②为被测设备提供可调节的外部运行环境, 借助相关工具和手段, 对控制柜内电子插件进行功能试验和故障检测, 满足插件级调试、检修需要;

③具备数据的记录、存贮、输出能力, 满足设备检修与管理的信息化要求。

性能方面, 重点要实现设备测试精度和响应实时性指标的提升, 因此需要重新规划软硬件体系、引入新的技术平台、优化测试模型和算法。同时, 设计过程中考虑软硬件的通用性和可扩展性, 为将来升级成通用测试平台奠定基础。

2 系统组成与功能划分

测试台以测试机箱为核心, 包括外围设备和台体

收稿日期: 2011-03-25; 收修稿日期: 2011-07-05

结构等部件, 如图 1 所示。

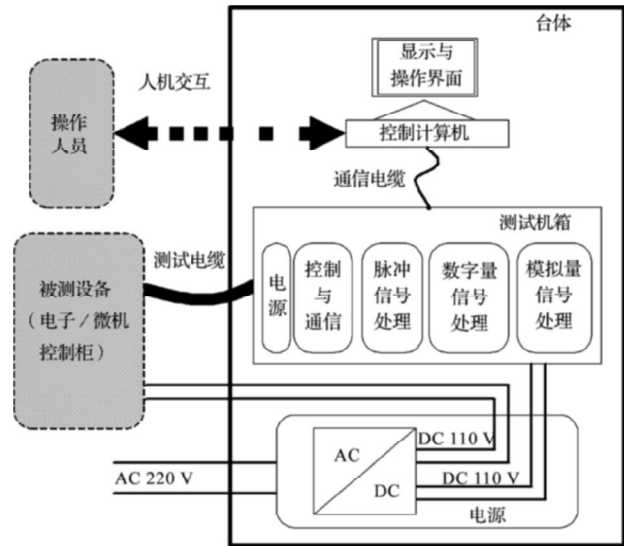


图 1 测试系统构成

被测设备通过测试电缆与测试台连接, 该电缆不仅用于信号传输, 还用来匹配测试台与被测设备间的电气接口。台体内控制计算机与测试机箱之间由通信电缆连接。

测试机箱根据控制计算机传送来的操作指令产生、输出测试信号至被测设备, 同时, 采集被测设备的输出信号并进行计算, 将数据和计算结果传送给控制计算机显示或者反馈至被测设备。

为满足所有型号设备的测试要求, 测试台具备以下信号通道 (表 1), 这些信号均由测试机箱负责处理。

表 1 测试台接口需求

信号类型	数字量信号	电压型模拟量信号	电流型模拟量信号	脉冲信号
输入型数量	30	12	13	20
输出型数量	31	13	26	-

2.1 测试机箱

作为系统的核心部件, 为降低开发风险和难度, 提升可靠性, 分析比较后决定采用 TES06 平台并在此基础上进行应用开发。

TES06 平台是为满足交直机车电传动系统控制需求而开发的技术平台, 包括一套以多微机系统为核心的硬件以及相应的底层控制软件, 采用总线方式管理和访问系统中的各类资源。该平台成熟稳定, 具有完备的开发工具和调试手段。

测试机箱主要完成以下功能: ①与控制计算机通信, 产生、调节、输出相应测试信号; ②对被测设备由硬连线输出的信号进行采集、转换; ③基于设定参数和反馈信息进行测试计算, 输出计算结果; ④实现与被测设备的数据通信。

测试机箱采用 5.08 系列 6U 规格插箱, 按信号特征规划设计了数字入出、脉冲检测、模拟输出、恒流源、通信等插件, 这些插件由主控板通过 AMS 总线进行管理 (恒流源与电源板除外)。系统框图如图 2。

2.2 外围设备与台体结构

外围设备主要包括: 控制计算机、电源模块、散热风机等。控制计算机采用通用型工控机以降低采购维护成本, 与测试机箱之间通过以太网进行数据传输, 实现人机交互以及数据的记录、存储、输出功能。

系统配备 2 台电源, 分别为测试机箱和被测设备供电, 单台设备故障时可由另一台电源集中供电, 提高了系统的可靠性。

为满足散热需求, 台体底部和顶部均装有风机, 冷却气流由下至上流经各种设备。

为适应不同用途, 测试台的台体采用了以下一些通用性方面的设计: ①前后采用可开启门板结构, 前

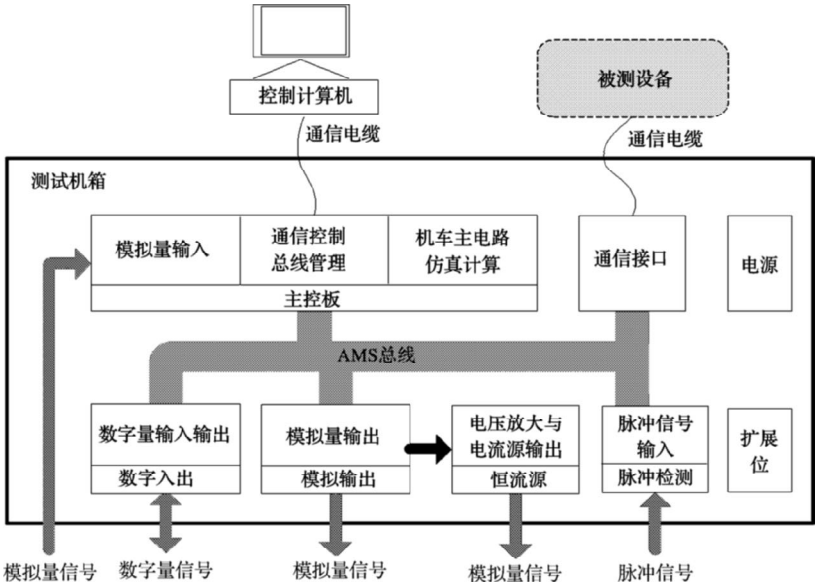


图 2 测试机箱组成

门装玻璃便于观察; ②底部安装带刹车装置的滚轮; ③设备安装采用标准机架结构, 预留导轨安装位置; ④对外接口采用可拆卸模块设计, 便于不同应用时更换。

整个测试台外形如图 3。

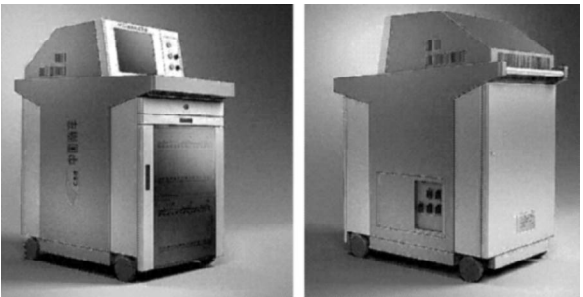


图 3 测试台外形

3 应用软件开发

根据运行环境与实现功能的不同, 应用软件分为

测试软件和人机交互软件两部分。

3.1 测试软件

测试软件运行于测试机箱内,主要功能是:基于设定参数(如速度、手柄级位)和被测设备的运行状态(如触发脉冲角度),计算机车电传动系统的实时状态(如整流桥输出电压、牵引电机电流等),产生输出反馈信号(电压、电流),模拟出机车主电路系统在被测设备运行时的各种响应。

被测设备运行时,各种参数和状态量是快速、连续变化的,这些信息通过硬连线电缆传送至测试台并在测试机箱中被读取,因此在测试机箱中进行测试计算,实时性是最优的。对于稳定或缓慢变化的系统环境参数,可采用通信方式从控制计算机中获取。

以下以SS3B型电力机车为例,简单说明测试软件的计算方法。

SS3B电力机车速度计算公式:

$$v = \frac{U_m - I_a R_d}{C\Phi}$$

式中: u 为机车速度; U_m 为牵引电机端电压,与整流桥触发脉冲角度及电网电压相关; C 为与电机结构相关的常量; Φ 为牵引电机主极磁通量; I_a 为牵引电机电枢电流。

测试过程中,电网电压、机车速度由人为设定,属于已知的环境参数。测试台接收并检测被测设备发出的整流桥触发脉冲的角度,可以计算出电机端电压 U_m 。由于电机主极磁通量 Φ 是励磁电流 I_L 的函数(图4),对于串励电机而言,牵引状态励磁电流 I_L 与电枢电流 I_a 直接相关(存在磁削系数 K 的影响),因此速度公式变换为关于 I_L 的方程:

$$CvKf(I_L) + \frac{I_L R_d}{K} = U_m$$

对以上公式求解即可获得励磁电流 I_L 和电枢电流 I_a 。

制动时励磁绕组独立供电,牵引电机作发电机运行,依据图4由励磁电流 I_L 可求得磁通量 Φ ,再结合速度计算出电机反电势 E ,进而求得制动电流 I_z ,其计算方法与牵引工况类似,不再赘述。

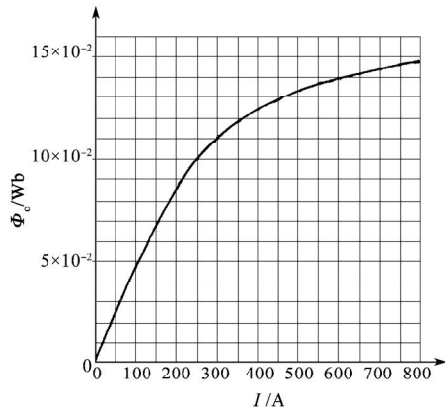


图4 SS3B 牵引电机磁化曲线

测试计算的关键在于找到主极磁通量 Φ 与励磁电流 I_L 之间的函数关系。由于测试软件运行于TES06平台,其代码规模和系统开销受平台资源约束,同时考虑到系统实时性,计算过程尽量简捷。因此在设计中采用“高阶方程分段模拟牵引电机磁化曲线”的方法构建函数,将磁化曲线分为多段并采用高阶方程进行模拟。

通过多次优化,磁化曲线函数的符合度达到了99.8%,计算结果的准确性在允许范围内。同时,通过改变方程阶数和曲线分段数,可以控制计算精度,满足不同应用要求。

测试软件采用C语言编写、运行于TES06平台,通过定时中断调用应用层子函数,该函数完成状态获取、输入输出数据处理、电路模型计算等功能,其中电路模型单独设置函数,便于调用和修改。软件流程如图5。

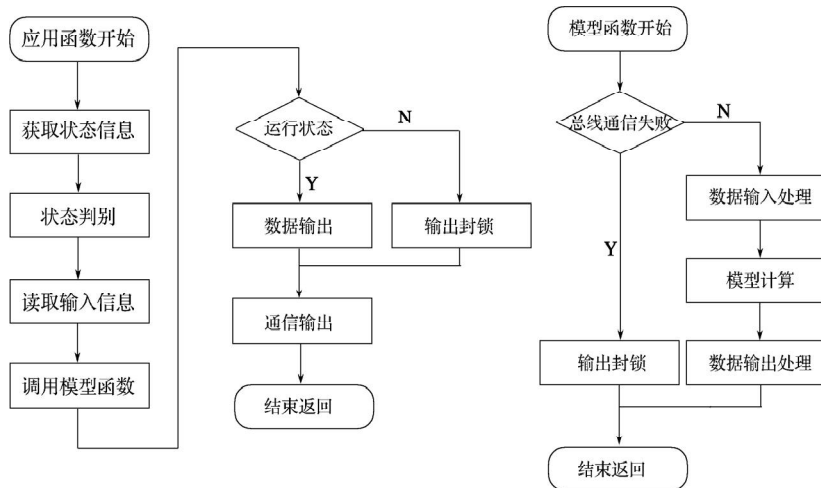


图5 测试软件流程

3.2 人机交互软件

人机交互软件采用图形化编程软件LabVIEW开发,运行于控制计算机的Windows系统环境。该软件包括了所有型号电子、微机控制柜的测试界面,涵盖了所有测试项目,具有通用性。

由于电路模型涉及主电路参数,因此不同型号机车对应有各自版本的测试软件,这些软件在“车型选择”界面进行配置管理,操作人员选定车型后(图6),测试台即调用并运行相应版本软件。



图6 车型选择界面

主界面提供了速度、手柄级位、工况等参数设定,功能测试界面提供了同步信号、电机电压、电流等参数

设定, 可进行开环或闭环测试, 同时具有对独立功能单元 (如功率因数补偿控制系统) 的测试功能, 操作界面如图 7。

该软件能够记录所有测试数据并形成通用格式的记录文件用于统计分析。此外, 它还具备自动测试功能, 可按照设定步骤自动运行, 连续产生、输出各类信号, 对获取的数据进行评判并形成测试报告。

4 结语

目前该测试台已完成试制、试验, 并通过了评审鉴定。在以 SS3B 机车电子控制柜为对象的性能测试中, 该测试台可在毫秒级周期内完成机车主电路系统状态的计算, 能够准确地模拟出电路系统在不同状态之间转换时的瞬态过程, 相比既有类似设备, 在测试精度和响应速度方面有很大提升。

下一步将在两方面继续深入研究: 一是对测试软件进行完善, 通过增加状态参量、优化模型构建方法, 继续提升系统的测试精度和瞬态响应能力; 二是基于

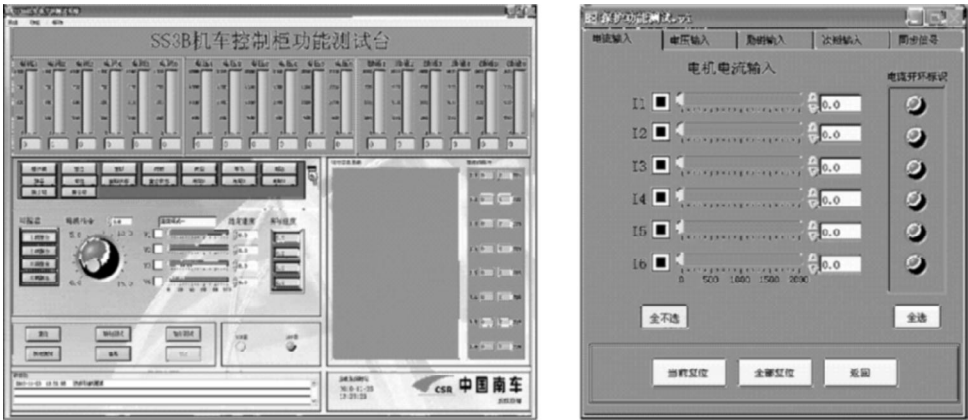


图 7 操作主界面 (左) 与功能测试界面 (右)

已有的软硬件基础, 拓展应用范围, 研究针对其他设备的测试应用。

参考文献:

[1] 刘友梅. 韶山 3 型 4000 系电力机车[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1996.

[2] 李进进, 等. 7 200 kW 六轴交流传动电力机车网络控制系统功能测试台[J]. 机车电传动, 2010(3).

[3] 原小六, 等. 基于 PCI 的电子柜虚拟测试台的设计与应用[J]. 计算机测量与控制, 2007, 15(9).

[4] 刘可安, 等. 电力机车电子控制柜测试系统[J]. 机车电传动, 1999(2).

(上接第 49 页)

表 8 车体加速度试验结果

线路工况	速度级 / km · h ⁻¹	车体垂向振动 加速度 /m · s ⁻²		车体横向振动 加速度 /m · s ⁻²		车体纵向振动 加速度 /m · s ⁻²	
		平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值
直 线	80	1.17	1.84	0.57	0.91	0.21	0.41
直 线	100	1.43	2.16	0.75	1.13	0.30	0.53
直 线	120	1.77	2.77	0.90	1.31	0.37	0.66
直 线	140	1.93	2.78	1.13	1.64	0.45	0.66
直 线	160	2.25	3.25	1.10	1.67	0.51	0.66
R600 m 曲线	60	0.85	1.29	0.59	1.00	0.18	0.32
R600 m 曲线	80	1.12	1.67	0.75	1.17	0.23	0.42
R600 m 曲线	100	1.47	2.05	0.91	1.29	0.33	0.49
侧向道岔	25	0.31	0.57	0.50	0.91	0.16	0.31
直线道岔	80	1.36	2.04	0.84	1.32	0.31	0.54
直线道岔	100	1.64	2.41	1.08	1.64	0.37	0.62

车有限公司研制的客运电力机车采用了新型的驱动装置弹性架悬技术, 并且结合乌兹别克斯坦铁路线路实际情况进行了大量的动力学性能分析及优化计划, 为

试验的顺利进行提供了前提和可靠的基础。试验结果表明, 该机车各项动力学性能指标满足设计和用户合同要求, 特别是机车的横向安全性和平稳性优良, 解决了客运机车高速运行时的横向失稳问题。

参考文献:

[1] 张红军, 陈喜红, 孙永鹏, 等. 我国 200 km/h 速度等级高速客运机车转向架平台设计分析 [J]. 铁道学报, 2007, 29 (4): 101-106.

[2] 罗 赞, 孙永鹏, 张红军, 钟文生. 架悬 C₀-C₀ 轴式机车电机布置及悬挂的研究 [J]. 铁道学报, 2006, 28 (6): 41-45.

[3] 陈国胜, 罗 赞, 廖志伟, 邹文辉. 弹性架悬式驱动装置的研究 [J]. 机车电传动, 2011 (1): 6-9.