

# 基于流程的动车组制动系统试验方法

沈华波<sup>1</sup>, 赵建博<sup>1</sup>, 朱西深<sup>1</sup>, 居法云<sup>2</sup>, 杨欢<sup>3</sup>

(1. 南车青岛四方机车车辆股份有限公司, 技术工程部, 山东 青岛 266000;

2. 北京航天测控技术有限公司, 北京 100041; 3. 中国航天科工信息技术研究院, 北京 100070)

**摘要:** 针对动车组制动系统试验自动化智能化的需求, 提出了一种基于流程的动车组制动系统试验方法, 将工艺流程编辑和调试运行分开, 通过一个通用软件平台加载不同的调试工艺流程完成试验; 该方法定义了一套指令信号描述规范, 工艺人员按照规范以流程化的方式描述调试流程, 在调试过程中采用通用软件平台依次执行调试步骤, 驱动仪器完成相关动作; 通过该方法固化了调试流程, 提高了1倍的调试效率。

**关键词:** 流程化; 制动试验; 通用软件平台

## Experiment Method of Motor Car Barking System Based on Procedure

Shen Huabo<sup>1</sup>, Zhao Jianbo<sup>1</sup>, Zhu Xishen<sup>1</sup>, Ju Fayun<sup>2</sup>, Yang Huan<sup>3</sup>

(1. CSR Qingdao SiFang Locomotive & Rolling Stock Co., Ltd., The Engineering Department, Qingdao 266000,

China; 2. Beijing Aerospace measurement & Control Technology Co., Ltd., Beijing 100041, China;

3. China Aerospace Science & Industry Academy of Information Technology, Beijing 100070, China)

**Abstract:** The report proposes a experiment method of motor car barking system based on procedure, focusing on the requirement of the experiment of motor car barking system automatically and intelligently. The experiment is done by a general software platform which loads all kinds of procedures, and the procedure is edited and run on the general software separately. The method defines signal describe standard. The craftsperson describes the procedure based on standard. The general software platform runs procedure in proper order, and makes machines doing actions. The procedure is regular and the efficiency is raised double by this method.

**Key words:** procedure; barking system experiment; general software platform

## 0 引言

动车组制动调试是动车整车调试最重要的环节之一, 主要是依靠制动试验台来模拟列车各车厢运行的速度和空簧压力等信息, 并实时采集各车厢的BC压力、总风压力、空簧压力AS和BP电压等数据, 完成动车组制动试验过程。过去传统的制动调试过程是将所有型号的车型, 在相应的操作界面上进行设置, 来模拟参数信息。这种调试模式主要是以人工调试为主, 调试方法不灵活, 调试时间长。

随着动车组调试自动化、智能化的步伐的加快, 制动调试的模式越来越不适应数字化调试的要求。为了解决多种型号动车的制动调试, 提高调试的效率, 加快调试过程的自动化和智能化, 本文提出了一种基于流程的自动调试方法, 并设计了制动系统试验台通用软件平台。工艺人员按照定义的信号描述规范在Excel模板中编写工艺流程, 制动调试通用软件平台加载并解析这些文本描述语言, 生成树形结构的工艺步骤。依据步骤, 调试过程中根据调试指令, 执行不同的工艺步骤, 从而完成调试工作<sup>[1-3]</sup>。

## 1 软件架构及原理

根据项目的业务及功能需求, 基于流程的制动系统试验台

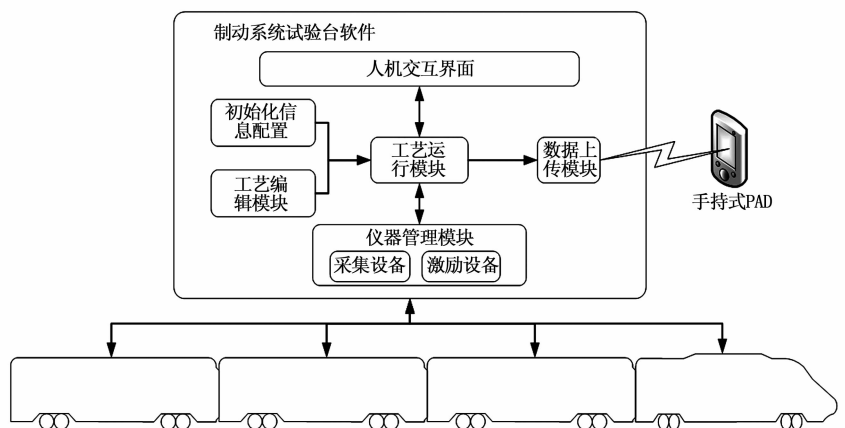


图1 基于流程的制动系统试验台通用软件平台总体结构

通用软件平台的总体结构设计如图1所示。首先, 用户使用该软件可以配置列车的初始化信息, 保证了不同车型信息的管理。其次, 用户可以采用模板的方式编辑工艺流程, 摆脱了软件编程的烦恼。最后, 系统可以根据不同的车型自动运行工艺流程, 完成对列车制动系统BCU激励信号的施加、测量信号的采集等, 试验结束之后, 还可以直接将结果数据通过无线网络传输给手持式PAD, 实现测试记录的自动录入。从而实现了一套平台不同车型的试验任务, 方便了工人的调试工作。

(1) 工艺编辑模块负责12种工艺流程的开发编辑。通过约定一定规则, 将列车制动试验的工艺过程用文本描述语言来表述, 在一定程度上满足了工艺流程的扩展与通用性要求。

收稿日期: 2014-01-08; 修回日期: 2014-02-18。

作者简介: 沈华波(1983-), 男, 湖北钟祥人, 工程师, 主要从事轨道交通车辆工艺方向的研究。

(2) 工艺运行模块负责解析工艺流程的文本描述，从而控制底层仪器进行相应动作，完成对于波形函数发生器、电源、开关通道等激励仪器的控制，同时对模拟量信号进行采集并且在人机界面上显示。

(3) 仪器管理模块负责管理试验台的底层仪器。对底层仪器的初始化信息（进行设置，同时对于采集类仪器的每一个通道可进行标定与校准，使得软件的采集结果真实有效。

## 2 基于流程的调试方法描述

基于流程的调试方法主要是面向制动系统指令和信号的，将制动试验台需要模拟的参数，如车厢运行速度和空簧压力，和制动试验台需要采集的参数，如车厢的 BC 压力、总风压力、空簧压力 AS 和 BP 电压等，按照信号规范描述出来，然后以一定的顺序组成调试流程。当工人调试的时候，制动试验台可以根据接收到的任务，选择全部执行流程、区间执行流程，或者单步执行流程。

传统的调试方法主要是面向仪器的，将需要模拟和接收的参数分配到仪器上，直接在软件中操作仪器完成的。这样做带来的问题就是一旦仪器发生变化，整个软件系统都需要重新更新；调试流程保存在工人的大脑中，一旦工人出现调整，需要对新的调试工人进行培训。面向信号的流程化调试方法将信号描述与仪器操作分离，即使仪器发生变化也不会影响软件系统和调试流程的使用；另一方面流程以计算机语言的方式进行了固化，调试工人不需要记住调试步骤，只需要记住调试任务即可。

## 3 制动系统信号描述规范

按照工艺流程的具体要求，定义了一套指令和信号的描述语言，例如：AS (T, K) 表示设置 AS 压力，第一个参数代表 T 或者 M，第二个参数代表空车或者定员。具体见表 1。

表 1 指令和信号描述规范

序号	指令名称	指令意义	信号	举例说明
1	AS	设置 AS 压力	K:空车压力 D:定员压力	AS(K) 输入空车压力值到仪器 AS(D) 输入定员压力值到仪器
2	Msg	提示信息	提示的内容	MSG(观察并记录数据) 弹出对话框并将信息显示在对话框中
3	AVR	仪器输出电压	电压值	AVR(4.2) 仪器输出电压值 4.2 V
4	Speed	列车速度	类型 0...5 速度值	Speed(0,250) 0 为列车类型, 250 为速度值, 仪器模拟输出 250 km/h 的列车速度
5	Delay	延时	延时时间单位 ms	Delay(3 000) 执行过程中延时 3 s(即 3 000 ms)
6	TRANSDATA	传输信息到 PAD 数据服务器	子项目名	TRANSDATA(空车 B1 档制动测试(再生有效信号为 OFF)) 传输当前项目内容和采集的数据内容到 PAD 数据服务器

通过指令和信号的描述规则，能够按照流程的方式完整地描述工艺过程。以空车 B7 电空协调运算试验 (250 km/h) 为例，它的执行逻辑为：

- (1) 提示“再生制动有效，DC100V 打开”；
- (2) 提示“司机台制动手柄处于《运行》位，全车缓解”；
- (3) 列车速度输入 250 km/h；
- (4) 延时 30 s 后，提示“司机台制动手柄置于 B7”；
- (5) AVR 外加电压 3.88 V，测定 BC 压力，将结果传输给手持 PAD；

(6) AVR 外加电压 2.0 V，测定 BC 压力，将结果传输给手持 PAD；

(7) AVR 外加电压 0 V，测定 BC 压力，将结果传输给手持 PAD。

用软件文本语言描述，上述流程可以表述为图 2 所示。

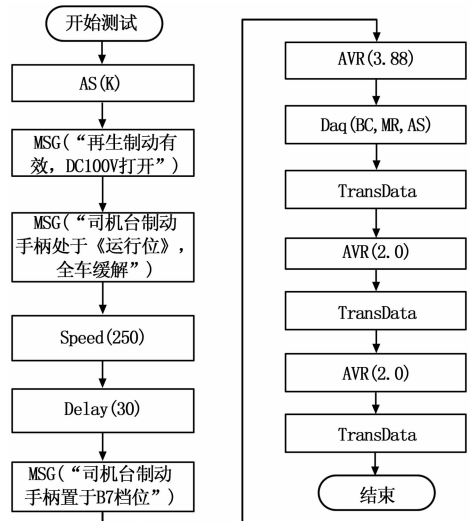


图 2 “空车 B7 电空协调运算试验”的软件文本描述

软件提供标准的 EXCEL 模板，用户可将工艺流程编辑在 EXCEL 中，每个工艺流程存储为一个 EXCEL 文件，方便工艺运行模块加载调用。

## 4 仪器自动映射技术

基于流程的制动系统调试方法将调试流程和仪器管理进行了分离，因此在调试过程中软件系统需要自动将工艺流程中的信号参数与具体仪器进行映射，才能驱动仪器完成相关操作。仪器自动映射技术包括仪器建模技术和资源动态映射技术两大部分。仪器建模技术主要是将制动系统试验台用到的仪器管理起来，对其地址、通道数和能力等进行管理。资源动态映射技术是在调试过程中，软件解析工艺流程的信号参数，会在仪器中搜索能够满足任务的仪器，从而对应到该仪器的通道上控制其产生相应动作，完成从工艺流程到仪器控制的映射转换。

仪器自动映射的规则如下：根据信号与仪器测试能力进行匹配，即将信号描述的特征和数值，与仪器能够达到的功能进行一一比对，满足要求的仪器及被选中。当多个仪器具有相同功能时，甄选的规则如下：

- (1) 首先判断仪器是否被占用，选择没有被占用的仪器；
- (2) 其次依据仪器能力描述，选择测量范围最符合的仪器，然后依据精度、测量速度等条件依次甄选；

(3) 最终选中一个仪器时, 将仪器的占用状态置为真, 当调试任务结束断开连接时, 释放占用状态。

### 5 试验结果与分析

制动系统的试验采用手动和自动两种方式进行的。经过多次试验, 原来一次制动调试需要工人调试 2~3 天, 采用基于流程的调试方法后, 调试过程中不需要工人做任何操作, 而且调试时间缩减为 1~1.5 天, 效率提高了 1 倍。由此可以看出, 基于流程的制动系统试验方法, 改变了以往的调试模式, 能够不断地积累调试经验, 同时提高了调试效率。

### 6 结束语

基于流程的制动系统试验方法第一次在制动系统试验中引

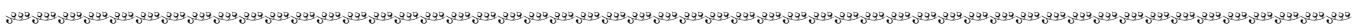
入流程的概念, 使测试过程更加规范和通畅。采用通用平台架构既可以免去软件编程和维护的烦恼, 也可以管理多个车辆型号的调试工艺, 在调试过程中采用自动化过程, 提高了调试的效率和准确性。

#### 参考文献:

[1] 李行善, 左毅, 孙杰. 自动测试系统集成技术 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.

[2] 刘昕. 面向信号的测试资源映射技术研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2011.

[3] 曲宾, 李晓白, 路辉. ATML 描述仪器通道资源方法研究 [J]. 计算机与现代化, 2008, (9): 14-17.



(上接第 1480 页)

(4) 建立模型: 建立多信号流模型如图 6 所示。

在 TEAMS 软件输入模型后, 由软件得到相关矩阵并进行测试性分析, 分析结果如图 7。图中可知, 可测性设计前的数据采集器可完全检测出 5 个技术指标, 模糊度为 1 的隔离率为 34%, 模糊度为 2 的隔离率为 66%。

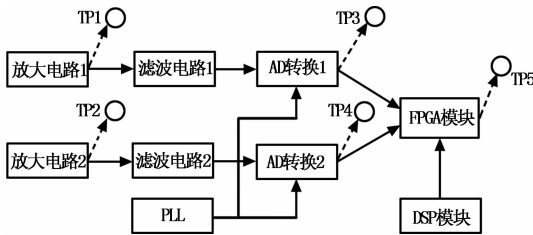


图 6 数据采集器先评估模型

TESTABILITY FIGURES OF MERIT	
Percentage Fault Detection	= 100.00% (UW: 100.00%)
Percentage Fault Isolation	= 34.00% (UW: 40.00%)
Percentage Retest OK's	= 33.00%
Ambiguity Group Size	= 1.66

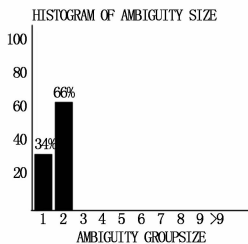


图 7 测试性分析结果

### 3.2 设计后评估 (后评估)

将 11 个性能指标全部纳入范围进行可测性设计后, 按照 3.1 的分析步骤进行可测性设计评估, 得到图 8 的模型和相应的分析结果。评估结果表明: 该模型对 11 个测试信号的检测率是 100%, 故障隔离率也是 100%。

### 3.3 结果对比

从可测性设计前后的分析结果来看, 增加可测性设计, 可以提高电子系统的故障检测率和隔离率。但是, 可测性设计过程中增设的外围电路增大了系统的面积、功耗等开销。同时,

在一定程度上降低了系统的可靠性。

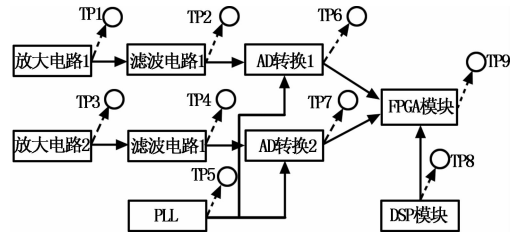


图 8 数据采集器后评估模型

### 4 结论

在一定的测试代价下, 系统通过可测性设计可以将故障定位到 SRU (车间可更换单元)、某个功能电路、某个元器件甚至到某个器件的引脚。但要进一步提高故障隔离率, 则必须增加测试的代价。在某些情况下, 测试结论与代价的性价比并不高。因此我们认为可测试性技术的应用可以极大地提高产品的“完整质量”, 降低其全寿命周期费用, 但故障未必需要定位到具体的某个器件或某个引脚, 在实际中应根据测试需求可将故障定位到某些功能电路或者某个模块。

#### 参考文献:

[1] 田仲, 石君友. 系统测试性设计分析与验证 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.

[2] 温熙森, 刘冠军, 黎惊伟, 等. 基于边界扫描的板级 BIT 技术研究现状及发展趋势 [J]. 国外计划, 1999, 19 (3): 38-41.

[3] 雷绍充, 等. VLSI 测试方法学和可测性设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

[4] IEEE Std 1149.1-2001. IEEE Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture [S].

[5] IEEE Std 1149.4-1999. IEEE Standard for a Mixed-Signal Test Bus [S].

[6] 杜影, 等. 基于 FPGA 的板级 BIST 设计与实现策略 [J]. 计算机测量与控制, 2008, 16 (3): 389-391.

[7] Deb S, Ghoshal S, Mathur A, et al. Multi-signal Modeling for Diagnosis, FMECA, and Reliability Systems [C]. Proc of the IEEE Int Conf on Man, and Cybernetics, New York IEEE Press, 1998: 3026-3031.