

铁路计算机联锁系统仿真测试平台的研究

王 培

(湖南中车时代通信信号有限公司 北京分公司, 北京 100079)

摘 要: 针对目前计算机联锁系统采用人工测试存在的测试不充分、效率低下等问题, 提出一种可进行联锁系统功能自动化测试的仿真测试平台设计方案。该方案通过分析联锁系统的系统结构以及人工测试流程, 确定仿真测试平台的设计思路和实现方式, 最终实现联锁功能的自动化测试目标。

关键词: 计算机联锁系统; 自动测试; 仿真测试; 黑盒测试

中图分类号: U284

文献标识码: A

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2019.03.120

Research on Computer Interlocking System Simulation and Test Platform

WANG Pei

(Beijing Branch, Hunan CRRC Times Signal & Communication Co., Ltd., Beijing 100079, China)

Abstract: Aiming at the problems of insufficient and inefficient testing of computer interlocking system by manual testing method, a design scheme of simulation test platform for automatic testing of interlocking system function was proposed. By analyzing the system structure and manual testing process of the interlocking system, the design idea and implementation mode of the simulation test platform were determined, and the automatic testing goal of interlocking function could be achieved finally.

Keywords: computer interlocking system; automatic test; simulation and testing; black box testing

0 引言

铁路计算机联锁系统作为铁路信号系统的核心子系统, 起着控制轨旁设备、保持行车间隔的作用, 是保证列车运行安全的最后一道屏障。联锁系统作为一种安全完整性等级为 SIL4 级的安全苛求系统, 对系统的可靠性、安全性以及稳定性有着很高的要求。铁路计算机联锁系统的软件系统是整个联锁系统进行安全逻辑控制的核心, 不仅要采集到的信息进行逻辑运算, 还要根据运算结果形成控制命令驱动轨旁设备, 指挥列车行车。如果联锁软件中存在漏洞或差错, 就有可能造成严重的安全事故, 因此在投入使用前对联锁软件进行充分的测试就显得格外重要。

目前, 人工测试依然是联锁软件测试的主要手段。然而, 联锁逻辑复杂, 场景多样, 为保证系统测试的

充分性, 在系统投入运营前, 通常要投入大量的人力、物力对联锁系统进行反复测试, 这种方式不仅测试成本高, 而且可能产生遗漏, 导致安全事故, 因此研制一种自动化测试平台, 借助计算机技术, 通过仿真站场设备和模拟测试人员操作, 代替人工测试对联锁软件中通用的、重复性的测试案例进行自动化测试就显得十分必要。

1 铁路计算机联锁系统结构

铁路计算机联锁系统以计算机技术为主要手段来实现联锁信号系统控制, 根据操作信息以及站场设备状态进行逻辑运算, 并配合集中联锁硬件设备, 控制车站信号机、道岔、区段等信号设备, 向操作人员提供现场设备实时状态。该系统的结构按照控制层次结构划分为人机对话层、联锁层、执行层、现场设备层, 如图 1 所示。

① 人机对话层由操表机、维修机等人机交互设备

收稿日期: 2017-11-08

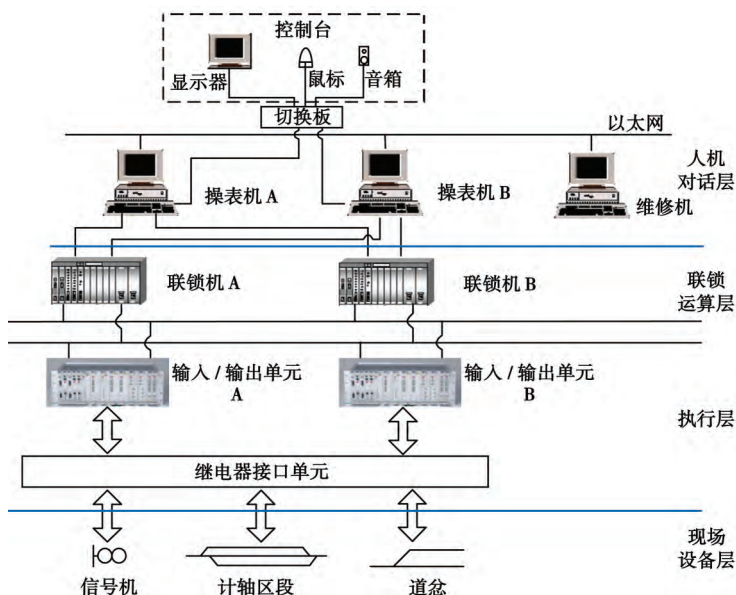


图1 铁路计算机联锁系统结构

构成。其中,操表机是联锁系统与调度人员的接口,一方面接收操作人员的控制指令并将其转化为控制命令发给联锁机,完成对轨旁设备的控制;另一方面实时接收联锁机采集的轨旁信号设备状态并将其通过显示界面反映给调度人员。维修机为联锁系统的诊断子系统,实时记录操作人员的操作指令、现场设备状态以及报警信息,并提供站场状态回放功能,为维护人员维护系统、诊断故障提供依据。

②联锁运算层是联锁系统的逻辑处理单元,为整个系统的核心。由2个互为热备、功能独立的计算机组成。该层的主要功能是接收人机对话层的操作命令和监控层的设备信息,通过进行联锁运算产生输出信息,交付给监控层执行、反馈给人机对话层进行显示,最终实现具有故障-安全特性的联锁功能。

③执行层主要由驱动采集组匣和各种执行电路组成,用于执行联锁运算层下达的操作命令,将操作命令转换为电信号,控制轨旁设备,如开放信号机、转换道岔和开关屏蔽门等;采集室外设备的状态并反馈至联锁运算层。

④现场设备层由联锁控制的各轨旁设备组成,如信号机、道岔和计轴区段等,是联锁系统的控制和监测对象,根据执行层传输的信号进行动作。

2 仿真测试系统设计

2.1 仿真测试平台系统结构

对计算机联锁系统的功能测试通常采用黑盒测试的方法,测试人员根据测试案例,在操表机上操作形成控制命令,联锁机在收到控制命令后根据采集到的轨旁设备状态进行逻辑运算,并将逻辑运算结果反馈给操表机,测试人员通过操表机显示的相关设备的状态对测试结果进行判定。

对人工测试流程进行分析可知,要实现联锁系统的自动化测试,一方面要设计一个系统来模拟测试人

员的操作,自动形成控制命令,并对测试结果进行判定;另一方面要设计一个系统来模拟轨旁的信号设备动作,并将设备状态实时发送给联锁系统。

结合联锁系统的软硬件结构和测试需求,本设计将仿真测试平台划分为轨旁仿真子系统和测试控制子系统,通过网络将被测系统接入到测试环境中,其具体结构如图2所示。

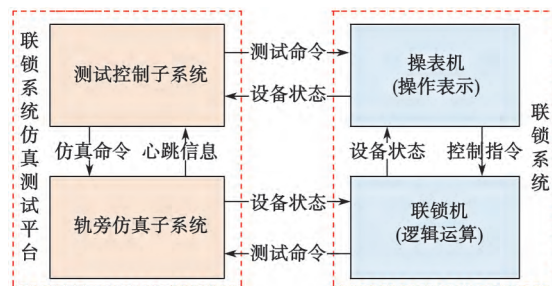


图2 仿真测试系统结构

轨旁仿真子系统用于模拟轨旁设备的动作和状态,如信号机的点灯和灭灯,区段的占用和出清等;测试控制子系统主要完成进路数据生成,测试用例生成、管理、执行及评估和测试界面显示等功能。

仿真测试平台通过产生测试序列对被测联锁系统进行黑盒测试。联锁系统在被测试序列激励后进行逻辑运算:一方面对外向轨旁仿真子系统下发控制命令;另一方面采集仿真设备的状态并将其反馈给测试控制子系统进行测试结果的判定。

通过以上分析,可知仿真测试平台与联锁系统间主要存在如下信息流:①测试控制子系统发送给被测系统操表机的仿真测试命令。②测试控制子系统发送给轨旁仿真子系统的轨旁设备控制(故障注入)命令。③轨旁仿真子系统发给被测系统联锁机的轨旁设备状态。④被测系统操表机发送给测试控制子系统的设备状态信息。⑤被测系统联锁机发送给轨旁仿真子系统的设备控制命令。

仿真测试平台支持自动测试和人工测试2种方式。自动测试主要替代人工进行重复性高和操作顺序、操作方法固定的测试。人工测试是对自动测试的补充,用于针对少量问题的回归测试和对自动测试的补充测试。

2.2 测试流程设计

在进入自动测试流程之前,站场的所有静态数据需要充分生成,保障测试的连续性。自动测试以人工测试流程为模型,从测试案例库中读取测试用例后向仿真子系统下达仿真命令,对被测联锁系统的操表机发送操作序列命令,由联锁系统的联锁机进行联锁运算。同时,仿真测试平台动态监控站场信号设备状态,并对被测联锁系统的运算结果进行判定。自动测试的流程如图3所示,分为如下几个步骤:①测试初始化,完成对测试环境的准备,包括测试数据、测试用例和

设备状态等。②在完成初始化后,依次取出测试用例集中的测试用例,识别其中的操作命令和仿真命令,调用相应接口进行测试;待相关命令执行完毕后,自动对测试结果进行分析判定。③当前测试用例执行完毕后,自动释放相关设备,清除本次遗留的测试状态,为下次测试做准备。

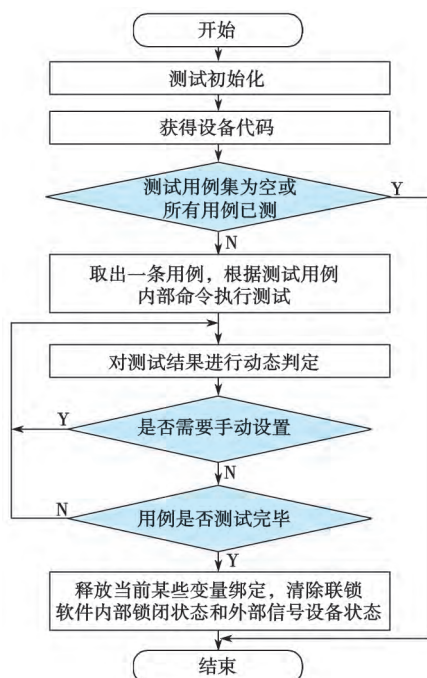


图3 测试流程图

为更好地实现测试自动化,提高测试结果的可信度,测试流程的设计还应充分考虑以下几个方面:

①测试的充分性。测试的充分性体现在对联锁系统实现功能的覆盖,和在实现单项功能时对所有相关信号设备的覆盖。由于城轨联锁在不同的线路现场要求不同,可能产生特殊的联锁功能需求,因此仿真测试平台应由测试人员人工添加满足特殊功能需求的测试用例,以方便对联锁系统功能进行充分测试。

②测试的独立性^[1]。测试的独立性体现在各测试案例间的独立。测试案例之间不能相互关联,由于相互关联的测试案例造成的测试失败会让测试人员无法定位错误。此外,在每条测试用例执行完后都需要对测试环境进行初始化,确保不会对后续测试造成影响。

③同步^[2]。人工测试时,测试人员完成操作步骤后,需等待被测系统的响应并根据响应判断是否可以进行下一步测试。平台实现自动化测试过程中,需要判断测试开始及结束时机,从而实现测试程序与被测程序间的同步。

2.3 软件功能模块划分

根据仿真测试平台的系统结构分析和测试流程的设计,仿真测试平台软件具有如下功能:站场显示功能、轨旁设备仿真功能、测试数据生成功能、测试用例生成功能、测试用例判定功能、测试结果记录功能以及通信接口功能。

①站场显示功能。通过读取不同站场的平面图,从中提取轨旁设备元素的相关信息,生成对应的轨旁设备对象并初始化其对应的属性信息,最后调用相应的绘图函数重新生成整个站场图。

②轨旁设备仿真功能。一方面接收来自联锁机或仿真测试平台的驱动信息,根据轨旁设备的特性,模拟轨旁设备动作,使轨旁设备提供正确的设备状态;另一方面,向联锁机实时提供轨旁设备状态或模拟硬件故障信息发送给联锁机。

③测试数据生成功能。依据任一站场的站场图形文件生成进路表、引导进路表、道岔区段表、按钮代码表等静态数据。测试数据生成是测试用例生成的前提,同时也是测试结果判断过程中不可缺少的条件。由于某些站场有特殊的需求,因此测试数据可以由测试人员进行数据添加修改。

④测试用例生成功能。根据测试数据和相应的联锁规则自动生成测试用例。它实际上包含相应的操作序列和运行仿真命令。操作序列是执行测试用例时的动作序列;运行仿真命令是下发给轨旁设备的命令,模拟列车走行等正常状态或是模拟故障注入。测试用例的执行可以通过测试人员的操作来启动、暂停和停止。

⑤测试用例判定功能。自动测试平台可将计算机联锁系统按照测试用例产生的运算结果与仿真测试平台产生的预期运算结果进行对比,自动判定测试用例执行结果。

⑥测试结果记录功能。将测试的结果进行存储和输出。测试人员既能够实时查询,又可以在测试后统一查询。

⑦通信功能。完成仿真测试平台各子系统间的信息传递以及平台与被测系统间的信息传递。

3 结语

铁路计算机联锁系统仿真测试平台采用非侵入测试方案,通过用例的自动生成和执行,替代测试人员所进行的大量重复性测试,可提高测试效率,缩短软件测试周期。与限定站场的测试平台相比,该平台可以实现对不同站场图形的联锁功能自动测试,灵活性更高,特别适用于联锁系统的工程数据测试和验证,具有较好的应用前景。

参考文献:

- [1] 韦启盟. 计算机联锁软件仿真测试系统的研究与实现 [D]. 成都: 西南交通大学, 2008.
- [2] 芦树晴. 铁路计算机联锁软件智能测试系统 [C]// 高速铁路与轨道交通(金融版). 北京: 《高速铁路与轨道交通》杂志社, 2016: 72-78.

作者简介: 王 培(1990—), 女, 硕士, 从事轨道交通信号系统的研发工作。