

基于字典算法、虚实结合的新型道岔控制 电路实训系统

陈光军 王 勇 何源丰

(四川铁道职业学院电信工程学院, 610097, 成都//第一作者, 副教授)

摘 要 目的:道岔位置正确是保证列车安全运行的必要条件之一,道岔位置由道岔控制电路检测、判断,并给出相关信息。为使职业院校学生和企业职员能围绕道岔控制电路更加高效地开展实践技能训练活动,研制新型的道岔控制电路实训系统势在必行。方法:根据企业调研报告和实践教学经验,以企业标准道岔控制电路为基础,以双模块热备冗余 IO (输入输出)控制器为桥梁,以仿真联锁系统为核心,设计道岔控制电路实训系统。实训系统通过字典算法实现道岔信息的采集与命令驱动;采用虚实结合的方法,结合实体设备和信息技术,实现道岔独立控制的联锁关系,通过软故障方式来控制电路状态,实现电路图实时动态显示和全方位实践信息管理等功能。结果及结论:基于字典算法、虚实结合的新型道岔控制电路实训系统能通过操作界面监督道岔位置和状态、控制道岔动作,还具有以下特点:能更加高效、安全地进行实践技能训练;能保持道岔控制电路结构和电气特性、检修与维护作业流程标准和方法不变;能使软件灵活地适配硬件变化,提高了工程施工和后期维护升级的效率。

关键词 轨道交通;实训系统;道岔控制电路;字典算法

中图分类号 U284.72;G484

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.08.045

New Practical Training System for Turnout Control Circuits Based on Dictionary Algorithm and Virtual-Reality Integration

CHEN Guangjun, WANG Yong, HE Yuanfeng

Abstract Objective: Ensuring the correct turnout position is essential for train safe operation, which is achieved through the detection, evaluation, and relevant information delivery of turnout control circuits. To effectively carry out training activities for practical skills related to switch control circuits for vocational school students and industry personnel, the development of a new PTS (practical training system) for turnout control circuits becomes necessary. Method: Based on enterprise investigation reports and practical teaching experience, with enterprise standard turnout control circuit as foundation, dual-module hot backup redundant I/O (input/output) controller as

bridge and centered on simulation interlocking system, the turnout control circuit PTS is designed. The PTS utilizes dictionary algorithm to collect switch information and drive commands; adopts virtual-reality integration method and combines physical equipment with information technology, to establish interlocking relationship for independent turnout control. The system employs soft fault methods to manipulate circuit states and realize functions such as real-time dynamic display of circuit diagrams and comprehensive practice information management. Result & Conclusion: The new turnout control circuit PTS based on dictionary algorithm and virtual-reality integration, can monitor turnout positions and states and control turnout actions through an operation interface, with the following features: carrying out practical skill training more efficiently and safely; maintaining the structure and electrical characteristics of turnout control circuits, the standardized procedures for maintenance and repair operation; adapting to hardware changes through flexible software integration, and improving efficiency in engineering construction and subsequent maintenance and upgrades.

Key words rail transit; practical training system; turnout control circuit; dictionary algorithm

Author's address School of Telecommunication Engineering, Sichuan Railway College, 610097, Chengdu, China

道岔控制电路主要用于控制道岔转换、检测道岔位置,是车站信号控制系统的重要组成部分。道岔位置正确是保证列车安全运行的必要条件之一。一旦道岔位置发生错误,轻则会导致列车挤岔、脱轨,重则会导致列车颠覆、碰撞等。可见,道岔控制电路的实践技能训练十分重要。

为使职业院校学生和企业职员能围绕道岔控制电路顺利开展实践技能训练活动,降低实训室的建设成本和实践训练时的安全风险,提高实践训练的效率,有必要设计、研制更加高效的新型道岔控

制电路实训系统(以下简称“实训系统”)。

1 实训系统的总体方案

实训系统采用的道岔控制电路与轨道交通运营线路上实际应用的道岔控制电路完全一致。实训系统结合实践训练的实际情况,体现虚实结合的特点,确保实践训练能达到企业的岗位技能标准。“虚”是指通过信息技术实现针对 1 组道岔联锁关系的仿真联锁系统,且通过软故障方式来控制电路状态,并实时动态显示电路图和全方位管理实践数据。“实”是指实训系统的设备、元器件及道岔控制电路均同实际应用的一致,并确保道岔控制电路的结构和电气特性保持不变,实践训练的方式与方法保持不变。实训系统结构如图 1 所示。实训系统主要由仿真联锁系统、IO(输入/输出)控制器和道岔控制电路三部分构成。

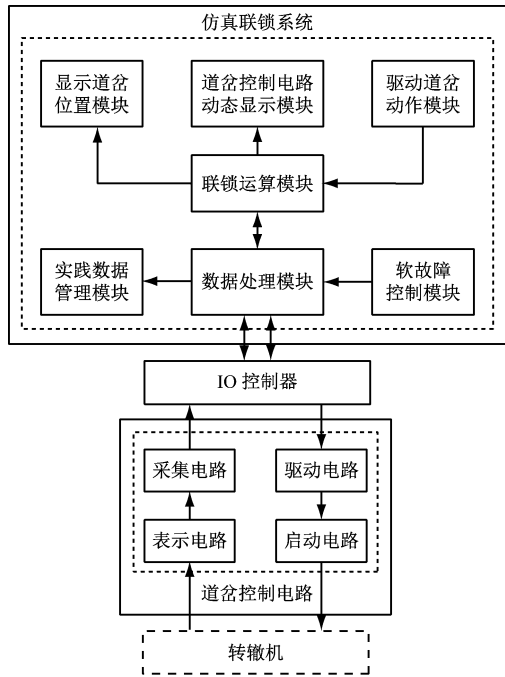


图 1 实训系统结构
Fig. 1 Training system structure

1.1 仿真联锁系统

在车站信号控制系统中,道岔动作主要受联锁关系中 SFJ(锁闭防护继电器)控制。只有道岔处于解锁状态(SFJ 励磁)才能进行转换操作。

仿真联锁系统排除了道岔与其他信号设备之间的联锁关系,独立控制 SFJ 状态,从而使实训系统不会由于设备之间的联锁关系造成多个设备联动,能有效地避免不同工位、工种实践训练的相互影

响,排除了设备间联动可能造成的安全隐患,提高了实践训练的安全性和实训设备的使用效率。

仿真联锁系统可实现实训人员对道岔的定位转反位、反位转定位、锁闭或解锁操作,并同步监督道岔位置(定位、反位或四开),以及道岔状态(锁闭或解锁)。

1.2 IO 控制器

IO 控制器是仿真联锁系统(软件)与道岔控制电路(硬件)之间数据转换和交换的中心。为了提高实训系统的可靠性和安全性,IO 控制器采用双模块互为热备的方案,且与仿真联锁系统有 2 个数据交互通道,其数据传输采用应答重发机制,同步进行 CRC(循环冗余校验),以确保数据的正确性。

IO 控制器主要由 2 个隔离型继电器模组构成。2 个模组都实现了电源、通信总线,以及采集与驱动电路的电气隔离。这种全隔离技术能有效阻止道岔控制电路在操纵转辙机动作时的浪涌干扰串入上位机,从而避免由此造成的上位机死机或通信接口失效等异常情况。

1.3 道岔控制电路

实训系统中的道岔控制电路采用实际应用的标准电路,具有工作稳定、可靠和安全的特点,能保持实践训练流程与企业实际的标准化作业流程一致。

道岔控制电路主要由采集电路、驱动电路、启动电路和表示电路构成。仿真联锁系统通过 IO 控制器来控制采集与驱动电路工作,进而控制道岔的转换,并监督道岔位置及状态。

1.4 特色功能

特色功能一,采用软故障方式来控制电路状态。软故障方式即通过仿真联锁系统和 IO 控制器来主动断开道岔控制电路的某些电气接点,从而模拟故障。这些断开的电气接点称为故障点。故障点的选取是实训系统的核心设计之一。应深入企业调研,搜集现场故障数据,并对数据进行统计与分析,再结合教师实践教学经验和学生训练数据,才能合理确定故障点。此外,为了实现技能训练的目标,故障点应数量足够、类型丰富且具有典型代表意义。

实训系统中的故障点实现分为 3 步:①断开道岔控制电路选取的故障点;②把故障点的两端连接到 IO 控制器的一组常闭电磁开关上;③通过仿真联锁系统来控制电磁开关的通断,从而实现对道

岔控制电路状态的控制。

软故障方式能解决传统实践教学由频繁的拔插及焊接等操作而造成的设备易损坏问题,延长实训系统的使用寿命,极大地降低师生劳动强度,大大缩短实践教学时间,提升实践教学和实践训练的效率。

特色功能二,数据库管理系统对实践信息的全方位管理。实践信息主要包括学生实践全过程信息、教师设置实训任务信息和每个实训系统使用情况等。一方面,实践信息能帮助教师更准确、客观、全面地评价学生的实训情况;另一方面,实践信息也能辅助学生更准确地进行自我评价和学习反思,以便今后更高效地进行实践训练。

特色功能三,道岔控制电路图的实时动态显示功能。根据采集信息,仿真联锁系统不仅能显示道岔位置和状态,还能实时动态刷新道岔控制电路图中的继电器线圈和接点图形,使学生能直观感知电路的动作过程,有助于学生分析问题,找出故障点,快速地提升自己实践技能。

2 基于字典算法实现道岔信息采集与命令驱动

为了灵活地构建实训系统,使实训系统的软件能更好地适应采集与驱动端口上的不同接线方式,实训系统的软件基于字典算法,通过修改字典中的数据来匹配硬件系统的变化,进而实现道岔信息的采集与命令驱动,从而提高实训系统工程施工的便捷性和后期维护升级的简易性。

字典是一种数据集合,其通过 Key-Value(键值对)形式存储数据。其中,Key 在字典中必须是唯一的,表示采集或驱动的对象;Value 主要为采集端口、采集对象状态和驱动端口等信息。

实训系统通过位权 and 状态字典来实现对道岔信息的采集,通过驱动端口字典来实现对道岔的命令驱动。

2.1 道岔信息采集

实训系统的道岔信息采集用于完成道岔位置及状态信息的监测、采集和转换。这些信息既用于实训系统,实现道岔独立控制的联锁关系,也作为实训系统操作界面中道岔位置和状态图形、道岔控制电路图的刷新依据。道岔信息采集的配线如图 2 所示。采集对象有 3 个:DBJ22(定位表示继电器 DBJ 的第 2 组前接点)、FBJ22(反位表示继电器 FBJ

的第 2 组前接点)和 SFJ22(锁闭防护继电器 SFJ 的第 2 组前接点)。三者分别通过组合(具有相同控制对象的继电器按照定型电路环节组合在一起)侧面端子 02-2、02-3 及 02-4 分别连接 IO 控制器的采集端口 IN1、IN2 和 IN3,采集公共端 COM 与组合侧面端子 02-1 连接。不同道岔位置或状态下的采集端口信息情况如表 1 所示。

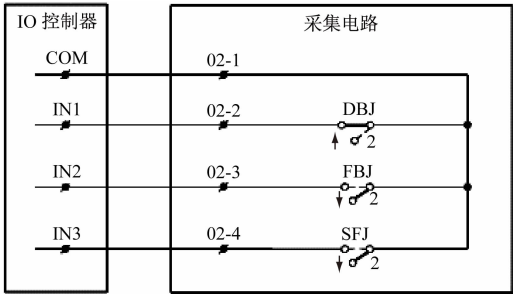


图 2 道岔信息采集配线示意图

Fig. 2 Diagram of turnout information acquisition wiring

表 1 不同道岔位置或状态下的采集端口信息情况

Tab. 1 Acquisition interface information under different turnout position or state conditions

道岔位置或状态	IN1	IN2	IN3
定位	有信息	无信息	X
反位	无信息	有信息	X
四开	无信息	无信息	X
锁闭	X	X	无信息
解锁	X	X	有信息

注:X 表示信息不确定,可能是有信息或无信息。

实训系统中道岔位置和状态信息均为开关量,其状态只有“无信息”和“有信息”两种,分别用 0 和 1 表示。实训系统的数据处理模块一次读取 IO 控制器中全部采集对象信息,并存入 1 个字节数组中。1 个字节数组元素的长度为 8 个二进制位,每个二进制位可表示 1 个采集对象的状态。

实训系统基于字典算法来采集道岔信息的过程如下:

1) 建立 1 个由采集对象及其二进制位权构成的位权字典(<采集对象,位权>),再把每个采集对象及其二进制位权添加到位权字典中,如<DBJ22, 1>,表示 DBJ22 在字节数组元素中的二进制位权是 1。若后期发现 DBJ22 连接在其他采集端口上,则仅需修改 DBJ22 的二进制位权即可,这样可使实训系统的软件灵活地适配硬件变化,提高工程施工的效率。

2) 建立 1 个由采集对象及其状态构成的状态

字典(〈采集对象,状态〉);再把每个采集对象及其初始状态添加到状态字典中,如〈DBJ22,落下〉,表示 DBJ22 的初始状态是落下,从其采集的是“无信息”。

3) 遍历位权字典,把位权字典中每个采集对象的二进制位权及其采集信息存储的字节数组元素进行按位与运算(参与运算的两个数,按二进制位进行与运算):若结果等于 0,则表示无信息,设置状态字典中对应采集对象状态为落下;否则,表示有信息,设置其状态为励磁。

4) 遍历状态字典,根据采集对象状态去实现实训系统的各种功能。

5) 为了及时监测采集对象的状态,需将过程 3 和 4 规划在一个独立线程中。

具体算法如图 3 所示。由图 3 可见,该算法实现过程简洁,程序可读性强。

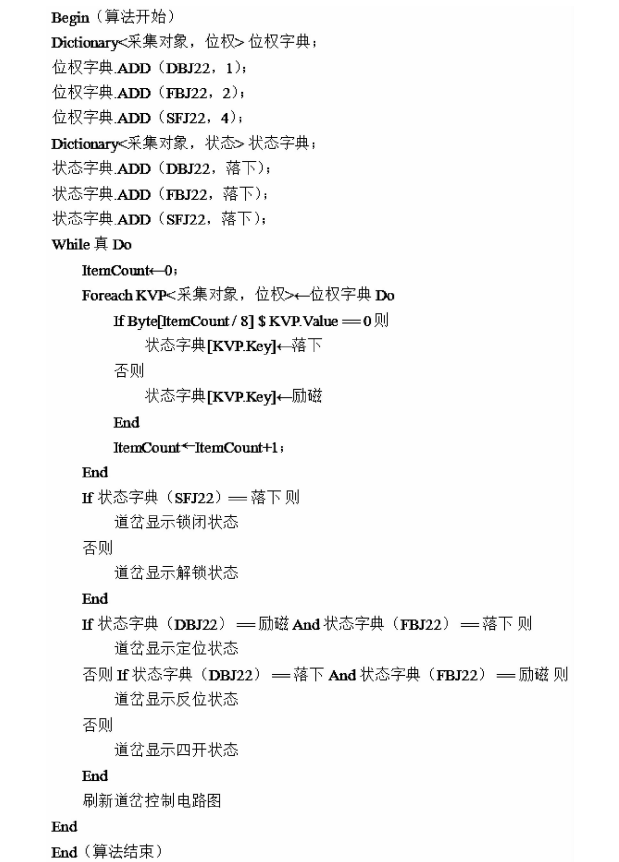


图 3 道岔信息采集算法截图

Fig. 3 Screenshot of turnout information acquisition algorithm

2.2 道岔命令驱动

实训系统的道岔命令驱动主要根据操作人员意图,通过道岔控制电路实现对道岔的控制。道岔命令驱动配线如图 4 所示。图 4 中:驱动对象为

DCJ(定位操纵继电器)、FCJ(反位操纵继电器)和 SFJ;三者线圈的 4 端子分别通过组合侧面端子 01-1、01-2 及 01-3 连接 IO 控制器的驱动端口 1-1、2-1 及 3-1;线圈的 1 端子都接向 KZ(直流 24 V 电源正极),驱动公共端 COM 通过侧面端子 06-4 接向 KF(直流 24 V 电源负极)。

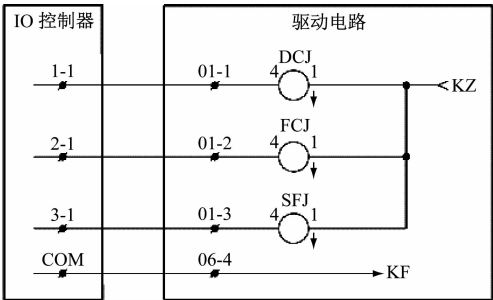


图 4 道岔命令驱动的配线示意图

Fig. 4 Diagram of turnout command drive wiring

实训系统基于字典算法实现道岔命令驱动的过程如下:

1) 建立一个由驱动对象及其驱动端口构成的驱动端口字典(〈驱动对象,驱动端口〉),再将每个驱动对象及其驱动端口添加到驱动端口字典中,如〈DCJ,1〉。

2) 在需要驱动某个对象时,只需调用含驱动对象的驱动字典元素就可获得其驱动端口,如驱动 DCJ 时,调用驱动端口字典〈DCJ〉。这样就能形象、直观地明确驱动对象,且不易混淆驱动对象。驱动对象越多,越能实现该优点。

道岔信息采集与命令驱动的实现是研制实训系统的关键环节,须仔细规划并设计控制逻辑和工作时序等。这种基于字典算法实现的实训系统,设计简洁灵活,运行高效无误,能有效地避免漏采、漏驱和联锁关系混乱等情况。

3 优化与改进

在实训系统研制阶段,先后生产了 10 套样机,并在四川铁道职业学院建设了 1 个道岔控制电路实训室,为学生提供道岔控制电路检修与维护技能训练,在试运行期间,实训系统的功能逐步得到完善,故障点的设置日趋合理。其间解决的主要问题有:

1) 实训系统运行时偶有数据丢失现象,导致其不能采集到设备状态信息,也不能驱动信号继电器动作。在仔细检查并确认程序逻辑关系正确后,通过跟踪串口通信数据发现,数据丢失的主要原因是

数据发送速度太快。主要优化措施为:①将串口类读取数据的超时时间,从原来的 5 ms 调整到 20 ms;②将线程的休眠时间,从原来的 40 ms 调整到 80 ms。

2) 实训系统操作界面上的图像间或闪烁。查阅大量资料后获知,图像闪烁的主要原因是各图元在重绘时产生了不同的时间延迟。主要改进措施是:先把图像绘制在内存中,即内存作图;内存作图完成后,再最后一次性呈现到显示器。这样可以使图像在刷新时不再产生时间差,解决了实训系统操作界面图像闪烁的问题。

目前,经过优化的实训系统达到了预期规划与设计的目标,能很好地完成校企双方设定的实践训练任务,已为西南交通大学、成都工业学院、中国铁路成都局集团有限公司达州电务段和中铁八局集团电务工程有限公司等单位的学生及职员提供了实践技能训练服务。

4 结语

采用字典算法实现的虚实结合道岔控制电路实训系统以标准的道岔控制电路为基础,以双模块热备冗余 IO 控制器为桥梁,以仿真联锁系统为核心,能通过操作界面来监督道岔位置和状态,并控制道岔动作。

该实训系统还具有如下特点:①道岔独立控制的联锁关系提高了技能训练的安全性和实训设备的使用效率;②“软故障”方式延长了实训系统的使用寿命,提高了实践技能训练的效率;③软硬件分离技术使实训系统施工和后期维护升级更加高效;④保持道岔控制电路结构和电气特性、检修与维护

作业流程标准和方法不变;⑤电路图实时动态显示和实践数据全方面管理有助于提高技能训练的效果。

参考文献

[1] 胡姗,王海波,谌智,等. 道岔室内电气故障切换装置的设计[J]. 城市轨道交通研究, 2018, 21(增刊1): 59.
HU Shan, WANG Haibo, CHEN Zhi, et al. Design of electric faults switchover device for the turnout room[J]. Urban Mass Transit, 2018, 21(S1): 59.

[2] 陈岳剑,邢宗义,黄超. 城市轨道交通运营安全模拟沙盘列车模型控制系统的设计[J]. 城市轨道交通研究, 2015, 18(2): 57.
CHEN Yuejian, XING Zongyi, HUANG Chao. Design of train model control system on simulation sand table for urban rail transit safe operation[J]. Urban Mass Transit, 2015, 18(2): 57.

[3] 黄祖宁,石卫师,赖治平. 城轨培训基地道岔实现就地控制电路改进设计[J]. 铁路通信信号工程技术, 2021, 18(10): 76.
HUANG Zuning, SHI Weishi, LAI Zhiping. Improvement design of turnout local control circuit in signaling training base for urban rail transit[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2021, 18(10): 76.

[4] 刘庆华. 铁道道岔电气故障的诊断方法及软件系统构建[J]. 城市轨道交通研究, 2017, 20(增刊1): 60.
LIU Qinghua. Metro switch fault diagnosis system and the software system construction [J]. Urban Mass Transit, 2017, 20(S1): 60.

[5] 杨瑞宇. 道岔控制电路辅助设计软件开发[J]. 铁道通信信号, 2022, 58(1): 1.
YANG Ruiyu. Development of aided design software for switch control circuit[J]. Railway Signalling & Communication, 2022, 58(1): 1.

(收稿日期:2022-11-30)

我国首列时速 80 km B 型中国标准地铁列车投入运营

2023 年 7 月 6 日,我国首列时速 80 km B 型中国标准地铁列车在徐州发布。继 6 月 29 日我国首列时速 80 km A 型中国标准地铁列车在广州下线以来,系列化中国标准地铁列车家族再添“新力量”。徐州地铁 3 号线二期工程首列电客车接车暨系列化中国标准地铁 80 km B 型列车项目授牌仪式在徐州银山车辆段顺利举行。

系列化中国标准地铁列车研制及试验项目是由国家发展改革委领导、中国城市轨道交通协会指导、中国中车牵头的国家重大技术装备攻关工程项目。该项目主要是为了“构建中国标准,打造统一平台,解决核心关键,形成五大亮点”,即通过建立地铁车辆中国标准体系,统一地铁车辆平台,以市场需求为导向形成四种车型系列,开展整车及零部件核心关键技术自主化攻关,具备更安全、更智能、更低碳、更经济、更舒适五大亮点,引导城市轨道交通行业发展方向。

(来源:中车南京浦镇车辆有限公司)