

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2018.03.021

基于无线电缆的电梯智能故障诊断系统研究

沈 茂, 赵国军*

(浙江工业大学 特种装备制造与先进加工技术教育部重点实验室, 浙江 杭州 310014)

摘要:为了解决随行电缆中存在的故障排查困难、线缆易疲劳断裂,以及在电梯控制系统运行中发生故障时及时发现和排除系统故障等问题,对电梯控制系统进行了研究,将无线通讯技术应用到电梯主控制板与轿厢控制板通讯中,实现了电梯无随行电缆化;在无线电梯安全回路的设计上采用了 4 个继电器将机房安全回路与轿厢安全回路串联在一起,在硬件电路设计上采用了以 STM32W108 芯片为核心的 ZigBee 无线模块作为通讯模块;在无线电梯控制系统中还集成了一套基于专家系统的智能故障诊断系统;通过搭建实验平台进行了实验测试。实验结果表明:该故障诊断系统无线通讯正常,安全回路故障诊断无误。

关键词:无线;电梯控制系统;故障诊断;专家系统

中图分类号:TP277;TN92

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2018)03-0323-07

Intelligent fault diagnosis system for elevator based on wireless cable

SHEN Mao, ZHAO Guo-jun

(The Ministry of Education Key Lab of Mechanical Manufacture & Automation,
Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: In order to solve the problem of the difficult in travelling cable troubleshooting, cable fatigue fracture and faults in the elevator control system timely detect and troubleshoot, the elevator control system was studied, the wireless communication was applied in car communication between the host controller of elevator and the car controller. The no traveling cable in the elevator was a chieved. In the design of wireless elevator safety loop, four relays were used to connect the computer room safety loop to the car safety loop. In the hardware circuit design, the ZigBee wireless module with STM32W108 chip as the core was used as the communication module. In the wireless elevator control system, a set of intelligent fault diagnosis system based on expert system was also integrated. The experimental test was carried out by building an experimental platform. The experimental results show that the wireless communication of the system is normal and the fault diagnosis of the security loop is unmistakable.

Key words: wireless; elevator control system; fault diagnosis; expert system

0 引 言

现有的电梯控制系统中,电梯主控制器与轿厢控制器之间采用随行电缆连接,采用电缆传输轿厢的控制信号并为轿厢提供电源。电缆随着电梯的运行不断

地弯折,有可能发生缆线断芯的状况^[1]。尤其是发生暗断(只断了缆绳塑胶内的导线)时,这种故障检测起来非常困难。加之现在楼层越来越高,电梯所需的随行电缆长度也随之增加,过重的随行电缆会对电梯的运行造成影响。随行电缆中的通讯电缆容易受到其他

收稿日期:2017-04-26

作者简介:沈 茂(1990-),男,湖北黄冈人,硕士研究生,主要从事电梯控制系统方面的研究。E-mail:1162137298@qq.com

通信联系人:赵国军,男,教授,硕士生导师。E-mail:cnzgj@163.com

电压信号的干扰,导致通讯故障。传统的电梯故障诊断主要依赖技术人员的经验。当电梯发生故障时,技术人员往往不能即时赶赴现场,可能造成救助不及时甚至二次伤害^[2]。

为了解决上述问题,本文提出一种基于无线电缆的电梯智能故障诊断系统,以实现轿厢随行电缆的无线化及电梯的智能故障诊断。

1 无线电梯控制系统

1.1 无线电梯控制系统的结构

传统电梯控制系统采用分布式控制的理念进行设计。分布式控制可减少电梯故障发生率,提高系统的稳定性,同时减少电缆数,方便电梯的安装与维护^[3]。

传统电梯控制系统由电梯主控制器、各楼层的外招板、轿厢控制器、变频器、曳引机、远程监控系统和安全回路组成^[4]。电梯控制器采用串行通讯与其他系统模块进行通讯,负责各个系统模块之间的工作。

传统电梯控制系统结构如图 1 所示。

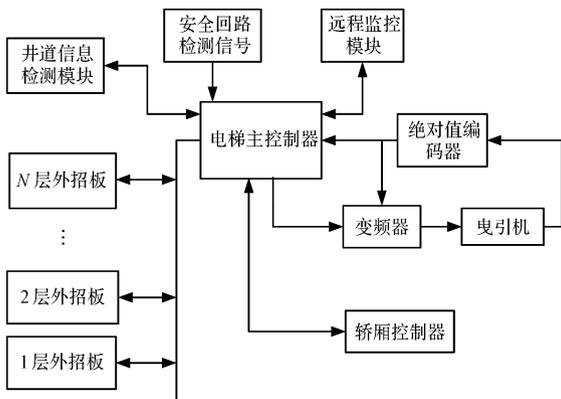


图 1 传统电梯控制系统结构图

在传统电梯控制系统结构的基础上,本文提出了无线电梯控制系统的结构,如图 2 所示。

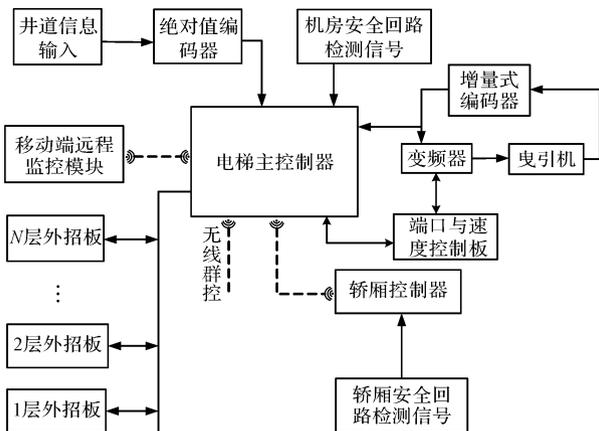


图 2 无线电梯控制系统结构图

与传统电梯控制器相比,电梯主控制器与轿厢控制器间的通讯采用 ZigBee 无线通讯方式;电梯群控通讯也同样采用 ZigBee 无线通讯与其他电梯共享群控信息;移动端电梯监控系统通过 WiFi 与电梯主控制板通讯。

在轿厢位置信息采集方面,无线电梯控制系统采用绝对值编码器进行轿厢位置的采集,主要出于以下考虑:若系统采用增量式编码器进行轿厢位置检测,需要由门区开关提供位置参考点,而门区开关安装在轿厢上。在传统的电梯控制系统中,系统主控制器通过随行电缆直接完成门区信号的检测,而在无线电梯控制系统中,系统需取消轿厢随行电缆。若系统使得轿厢控制器将采样到的门区信号通过无线轿厢通讯告知系统主控制器,则无法满足门区信号采集的时间要求。轿厢通讯内容较多,其通讯周期时间较长为 50 ms,而门区信号的采样频率要求为 10 ms。故系统无法通过增量式编码器实现轿厢位置的监测。绝对值编码器无需门区开关的配合即可实现轿厢位置的监测。

传统电梯的随行电缆包括轿厢供电电缆、安全回路电缆、通讯电缆及电气信号电缆。在无线电梯控制系统中,主控制板通过无线通讯方式对轿厢控制板的输入输出信号进行控制与检测,同时安装在轿厢上的逆变器将蓄电池提供的电源转换成 220 V 交流电压,为轿厢上的用电设备提供工作电源。因此还需要解决随行电缆中的安全回路电缆问题。

1.2 无线电梯控制系统安全回路的设计

由于本文对电梯随行电缆进行了无线化,本文设计的无线电梯控制系统将电梯安全回路分为两个部分:电梯机房安全回路和电梯轿厢安全回路。本文的电梯主控制板和轿厢控制板会分别对电梯机房安全回路和轿厢安全回路进行电压检测,轿厢控制板将检测到的轿厢安全回路端状态信息通过轿厢通讯发送到电梯主控制板,电梯主控制板根据收到的状态信息对机房安全回路继电器进行控制。

轿厢安全回路电气原理图和电梯机房安全回路电气原理图如图(3~4)所示。

从图 3 和图 4 中可知,轿厢安全回路中安全装置开关包括安全钳开关、上下极限开关、轿顶急停开关、

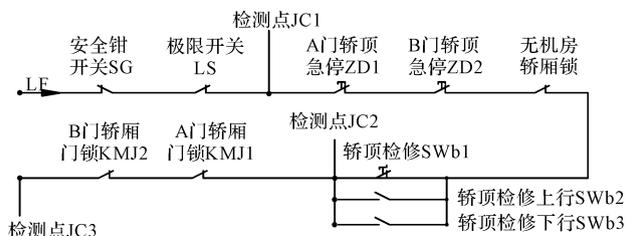


图3 轿厢安全回路电气原理图

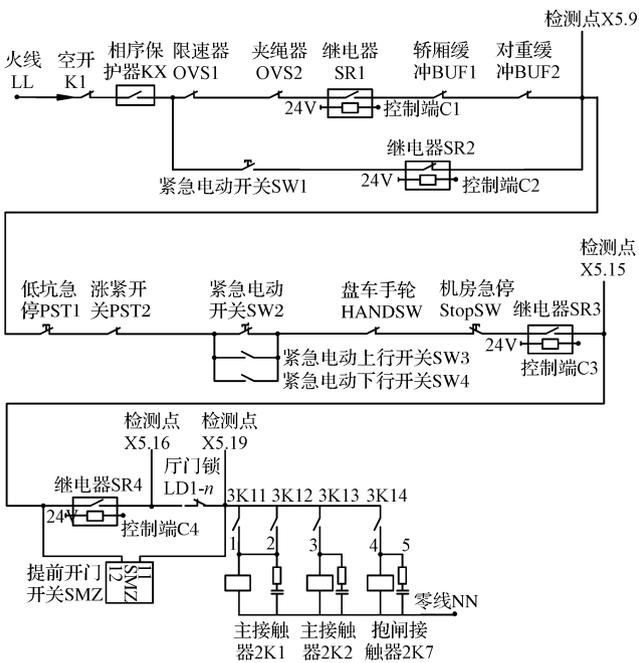


图4 电梯机房安全回路电气原理图

轿厢门锁开关以及轿顶检修开关等^[5],同时在轿厢安全回路上设置了3个检测点JC1、JC2、JC3用于检测轿厢安全回路3个检测端点的电压信号。电梯机房安全回路安全装置开关包括限速器开关、夹绳器开关、轿厢缓冲开关、对重缓冲开关、底坑急停开关、涨紧开关、紧急电动开关、盘存手轮、机房急停开关以及提前开门开关等,同时在安全回路上增加3个常开预控继电器和1个常闭预控继电器。与轿厢安全回路相似,在电梯机房安全回路上设置了4个检测点: X5.9、X5.15、X5.16、X5.19。只有机房安全回路上4个检测点电压信号正常才表示无线电梯控制系统安全回路正常。机房安全回路4个电压检测信号直接发送给电梯主控制器。

本文的随行电缆无线化方案中省去了轿厢到机房安全回路线缆,为了使轿厢安全回路上安全开关发生动作时电梯系统能够立即切断电梯驱动主机电源,电梯机房安全回路上增加了4个预控继电器,分别为SR1、SR2、SR3、SR4。其中电梯机房安

全回路上的3个常开预控继电器SR1、SR3、SR4控制状态分别取决于轿厢安全回路上的3个安全回路电压检测点的JC1、JC2、JC3的信号,例如当检测点JC1的信号为正常时,预控继电器SR1才能闭和,一旦检测点的信号处于异常状态,则立刻断开继电器SR1。

2 无线电梯控制系统硬件设计

2.1 无线电梯主控制板硬件功能规划

无线电梯主控制板是整个无线电梯控制系统的核心模块,其任务主要为接收和处理来自其他功能模块的状态信息,包括电梯内外召信号、检修或紧急电动信号、电梯井道信号等;返回和输出电梯运行控制信号,包括电梯开关门信号、交流接触器吸和释放信号等。

无线电梯主控制板硬件结构框图如图5所示。

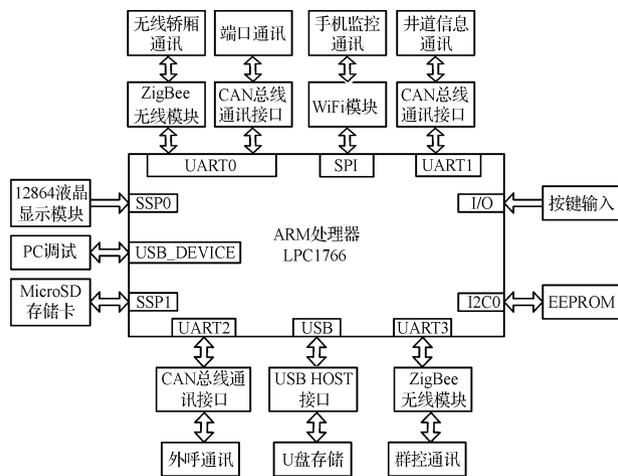


图5 无线电梯主控制板硬件结构框图

2.2 CAN 总线通讯接口

由于在实际使用过程中,电梯系统的信号线传输距离较长且工作环境复杂,本文在电梯主控制板的串行通讯电路上对原TJA1050通讯电路进行设计和改进,提高通讯线路的抗干扰能力。为使总线在空闲时呈现隐性状态,本研究在CANL线路上增加上拉电阻 R_{47} ,CANH线路上增加下拉电阻 R_{49} 。为了避免瞬间产生的高压损坏TJA1050芯片,本研究在电路上加入5V单向TVS管用来抑制瞬间高压。在CANL和CANH两线间并联 120Ω 的终端电阻 R_{48} ,以减少线路上传信号的反射,同时增强传输的抗干扰能力。电阻 R_{50} 、 R_{51} 起到限流保护作用。

CAN总线通讯接口电路原理图如图6所示。

送引脚处于空闲状态时,另外一方仍可正常发送信息。

3 智能故障诊断系统的结构设计

本文将专家系统应用于无线电梯智能故障诊断,为无线电梯智能故障诊断提供一种有效方法。

其基本结构如图9所示。

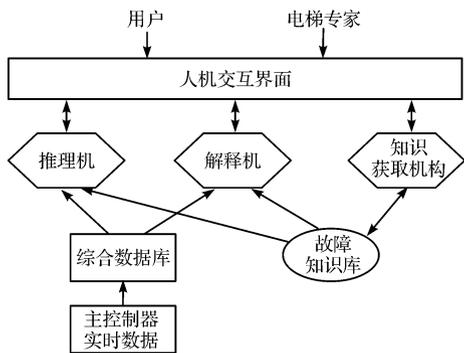


图9 无线电梯故障诊断专家系统结构图

(1)控制系统的知识。是通过电梯工程师、电梯专家以及电梯手册得到电梯问题的答案,并将其转换为系统可以识别的计算机语言表示^[8],知识获取机构会把电梯专家在人机交互界面中输入的内容转化成故障知识库可以接收的形式,并将其输入并储存在知识库中;而且知识获取机构可以根据用户需要,在人机交互界面上显示已经存在于故障知识库中的知识,供电梯专家查询或者修改。

(2)推理机。是无线电梯故障诊断专家系统的“思维”机构,是构成专家系统的核心机构^[9]。电梯故障知识库是用推理机实现其自身价值。针对问题的已知条件,推理机多次匹配电梯知识库里的规则,得出新的结果,实现问题的求解。

(3)控制系统故障知识库。主要用来存储电梯工程师所提供的知识,有以下两个作用:①在推理机推理流程中提供所需要的信息;②为解释器提供相应的知识^[10]。电梯故障知识库是衡量一个无线电梯故障诊断专家系统质量的重要因素,因此电梯故障知识库中拥有的知识量对专家系统的优越性有决定性的作用。

(4)数据库。主要用于存放用户输入的信息和系统推理过程中得到的中间结果及最终结论等,并根据需求把相关信息反馈给人机交互界面。

(5)解释器。是机器与用户的媒介,它可以从人机交互界面获得输入的信息,并且从综合数据库和电

梯故障知识库中得到相关的数据,经过计算后得到输出信息进而反馈到人机交互界面^[11]。

(6)人机交互界面。是实现用户、专家或工程师与诊断系统交流的通讯接口。其功能主要有两个方面:①识别用户向系统输入的信息,并把这些信息转换为系统能处理的表示形式;②将系统向用户提供的信息转为用户能理解的表示形式,如图形、表格等。

4 智能故障诊断系统的具体实现

4.1 知识库的构建

目前,已经有许多不同的知识表示技术,包括规则、语义网、框架、脚本、逻辑、概念组等。电梯故障知识表示是将知识符号化、形式化,通过数据结构把电梯的各种知识结合到计算机的程序设计过程。根据无线电梯的特点,在无线电梯智能故障诊断专家系统中,主要采用产生式表示方式。

产生式表示法一般表示的是具有因果关系的知识,其一般形式是:

IF <前提> THEN <结论>
IF <前提1> <前提2> ……
THEN <结论1> <结论2> ……

规则的前提一般是导致故障发生的原因,规则的结论一般是满足前提时导致的最终结果。规则的前提允许多个前提组成的逻辑结合,规则的结论也不一定只是一个结论,也允许多个结论存在。

在电梯智能故障诊断专家系统的知识库中,用产生式表示法判断电梯功能是否正常。常用规则为:

IF 电梯超载 and 电梯响应厅门召唤(电梯开门)
THEN 电梯超载功能正常

IF 电梯开门 and 75号引脚有输出 THEN 电梯开门功能正常

控制系统即推理机采用“匹配-执行”的循环执行规则,具体流程如下:

- (1)从数据库找出匹配规则的集合;
- (2)从该规则集中挑选1条规则;
- (3)执行该规则,修改数据库。

使用产生式表示法表示电梯的故障知识具有以下优点:

(1)一致性。所有规则的结构均相同,即“IF…… THEN……”结构,规则格式的统能够轻易的实现检查的一致性和规则的自动修改以及扩充;

(2)自然性。“IF…… THEN……”的这种结构与人的思维方式非常接近,从而使知识体的编码更为方便。

本文构建的故障知识库共有 60 种故障,罗列出其中一些故障代码。括号内第 1 个值表示故障号,第 2 个值表示故障显示码,第 3 个值表示故障原因。

```

* str(0, "malfunction. Stack", "当前没有故障");
* str(1, "malfunction. X5. 9", "被动安全回路断开", ("限速器", "轿厢缓冲器", "对重缓冲器", "夹紧绳", "继电器 SR1 粘连"));
* str(30, "malfunction. SR2", "继电器 SR2 没有闭合", "继电器 SR2 没有闭合");
* str(31, "malfunction. SR3", "继电器 SR2 没有闭合检测点 J2 没有信号", ("急停开关已打开", "继电器 SR3 粘连"));

```

4.2 推理机的建立

推理机是电梯故障诊断专家系统中实现基于知识推理的机构,主要包括两个方面:推理与控制。推理机作为电梯故障诊断专家系统的核心机构,其主要任务是在故障诊断过程中选择和运用知识。本文采用正向推理,最终在人机交互界面输出结果。

其推理流程图如图 10 所示。

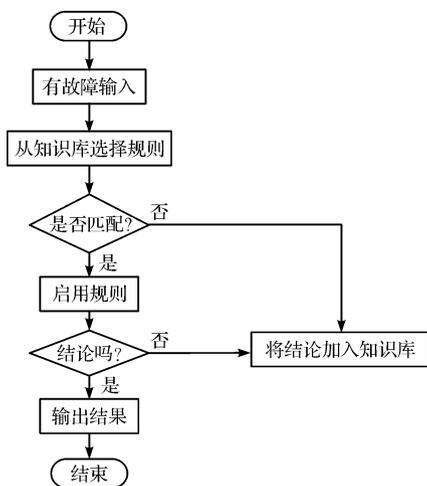


图 10 正向推理流程图

4.3 人机交互的实现

本文在电梯控制板上加入了液晶显示模块,模

块采用广东晶联讯公司的 JLX12864G-189 型。用户可以通过人机交互模块查看电梯状态信息或故障信息。

5 实验测试

5.1 无线通讯测试

本文搭建的系统无线通讯测试平台里包括端口控制板、Zigbee 无线模块,开关电源、示波器等,如图 11 所示。

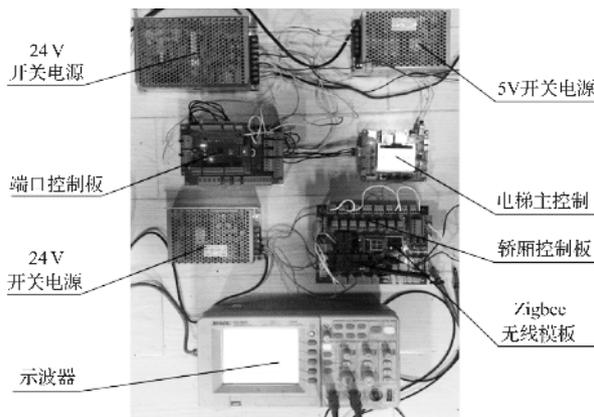


图 11 系统无线通讯测试平台

系统无线通讯包括:电梯主控制板与电梯轿厢控制板无线通讯、电梯主控制板与端口与速度控制板有线通讯两个模块。当电梯主控制板与两个从设备中任意一个通讯断开或者通讯异常,就可以在电梯主控制板液晶显示的故障信息中查看到“无轿厢板连接”或者“无端口板连接”。

无线通讯异常故障信息显示界面如图 12 所示。

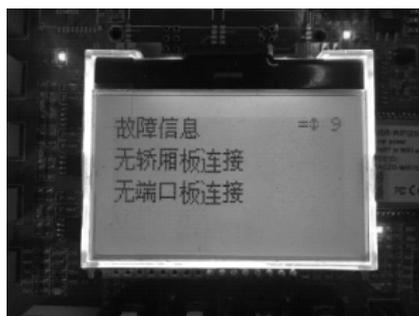


图 12 无线通讯异常故障信息显示界面

当电梯主控制板与电梯轿厢控制板、端口与速度控制板通讯正常且无其他故障时,电梯主控制板将显示“当前无故障”。

无线通讯正常时显示界面如图 13 所示。

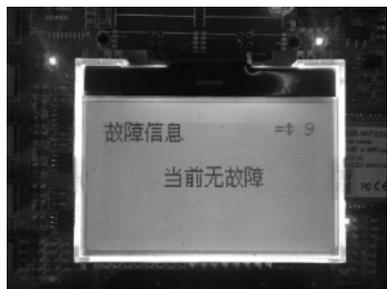


图13 无线通讯正常显示界面

5.2 安全回路故障测试

无线电梯安全回路分为机房安全回路和轿厢安全回路。无线电梯安全回路总共有7个电压检测点。受篇幅限制,这里只检测轿厢安全回路其中一个点。

在无线电梯控制系统通讯正常且没有故障的前提下,本研究分别断开轿厢板上安全钳开关、A门急停开关、A门门锁开关3个开关接口,查看系统人机交互界面,如图14所示。

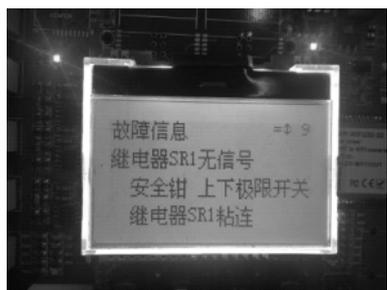


图14 继电器SR1故障显示界面

故障显示为“继电器SR1无信号”,专家系统给出的故障原因为“安全钳上下极限开关继电器SR1粘连”。

安全回路故障检测结果正确。故障显示简洁明了。

6 结束语

针对随行电缆中存在的故障排查困难、线缆易疲

劳断裂等问题,以及在电梯控制系统运行中发生故障时及时发现和排除系统故障,本研究采用了无线 Zig-Bee 技术,实现了轿厢控制板与电梯主控制板的无线通讯;完成了无线电梯安全回路设计以及无线电梯主控制板硬件设计;同时采用专家系统实现了电梯智能故障诊断,最终将故障信息与故障原因显示在人机交互界面。

最后实验测试结果表明:该系统无线通讯正常,安全回路故障诊断无误,基本可以满足设计要求。

参考文献(References):

- [1] 曾铁军,赵立宏.一种基于无随行电缆的电梯控制系统[J].中国电梯,2013,24(11):4-7.
- [2] 伏喜斌.物联网技术在电梯安全管理中的应用[J].机电工程技术,2017,46(4):256-257.
- [3] 朱德文,杨祯山,张筠莉.智能控制电梯工程系统[M].北京:中国电力出版社,2007.
- [4] GB 7588-2003.电梯制造与安装安全规范[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [5] 陈家盛.电梯实用技术教程[M].北京:中国电力出版社,2006.
- [6] YAO Y K, WANG G. Efficient distributed address assignment algorithm based on topology maintenance in Zigbee networks[J]. The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications,2013,20(3):53-59.
- [7] 昌大伟.旋转机械故障诊断专家系统知识库与诊断推理的研究[D].杭州:浙江工业大学机械工程学院,2001.
- [8] 浙江瑞瀛网络科技有限公司.REXBEE产品手册[M].杭州:浙江瑞瀛网络科技有限公司,2011.
- [9] 许丽婷.智能故障诊断专家系统体系结构的研究[D].西安:西安建筑科技大学机电工程学院,2006.
- [10] 何新贵.知识处理与专家系统[M].北京:国防工业出版社,1990.
- [11] 吴京格.专家系统及建造工具的推理解释[D].北京:中国科学院自动化研究所,1987.

[编辑:李辉]

本文引用格式:

沈茂,赵国军.基于无线电缆的电梯智能故障诊断系统研究[J].机电工程,2018,35(3):323-329.

SHEN Mao, ZHAO Guo-jun. Intelligent fault diagnosis system for elevator based on wireless cable[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2018, 35(3):323-329.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>