

# 车辆专用轨回流的负极母线与车体绝缘检测方法研究

裘文超<sup>1</sup> 陈松辉<sup>2</sup> 张豪杰<sup>1</sup> 郑台勇<sup>1</sup> 孙佳齐<sup>3</sup>

(1 宁波市轨道交通集团有限公司运营分公司 浙江 宁波 315101;

2 绍兴市柯桥区轨道交通集团有限公司 浙江 绍兴 312030;

3 宁波市轨道交通集团有限公司建设分公司 浙江 宁波 315101)

**摘要:** 本文介绍了城市轨道交通车辆采用专用轨回流方式后,结合供电系统和车辆系统的构架,梳理可能出现的短路接地点位,并对相应的短路发生后能实施的保护策略进行分析,通过对电压和电流两种检测方法的分析,指出适合车辆专用轨回流的负极母线与车体绝缘检测的建议方法。

**关键词:** 地铁车辆; 专用回流轨; 走行轨; 负极母线

## 0 引言

轨道交通车辆采用走行轨回流的模式中,走行轨到地面的杂散电流是一个难以规避的问题,杂散电流会造成地下的传输钢管及金属设备等电腐蚀,从而影响地下相关设备、设施的使用寿命。当轨道交通车辆采用专用轨回流后,将能很好地解决该杂散电流的问题,是一套良好的解决方案。针对车辆采用专用轨回流的模式,车辆负极母线与车体出现绝缘问题后,虽然在专用轨与走行轨间设置了单导装置,确保了乘客安全,但负极的电流将流经车体和钢轨,

实则未能实现预期的目标。因此,针对车辆专用轨回流的负极母线与车体绝缘的检测,原有的64D检测装置的方式已不能适用,需要有一套完备的检测方法,本文针对该点进行了详细的分析和研究,提出了一套对负极母线与车体绝缘的检测方法和合理建议。

## 1 供电及车辆系统短路点分析及保护策略

结合轨道交通的供电系统与车辆系统框架,梳理出可能的短路接地点位。从以下5处进行分析,分别为F1、F2、F3、F4、F5(图1)。

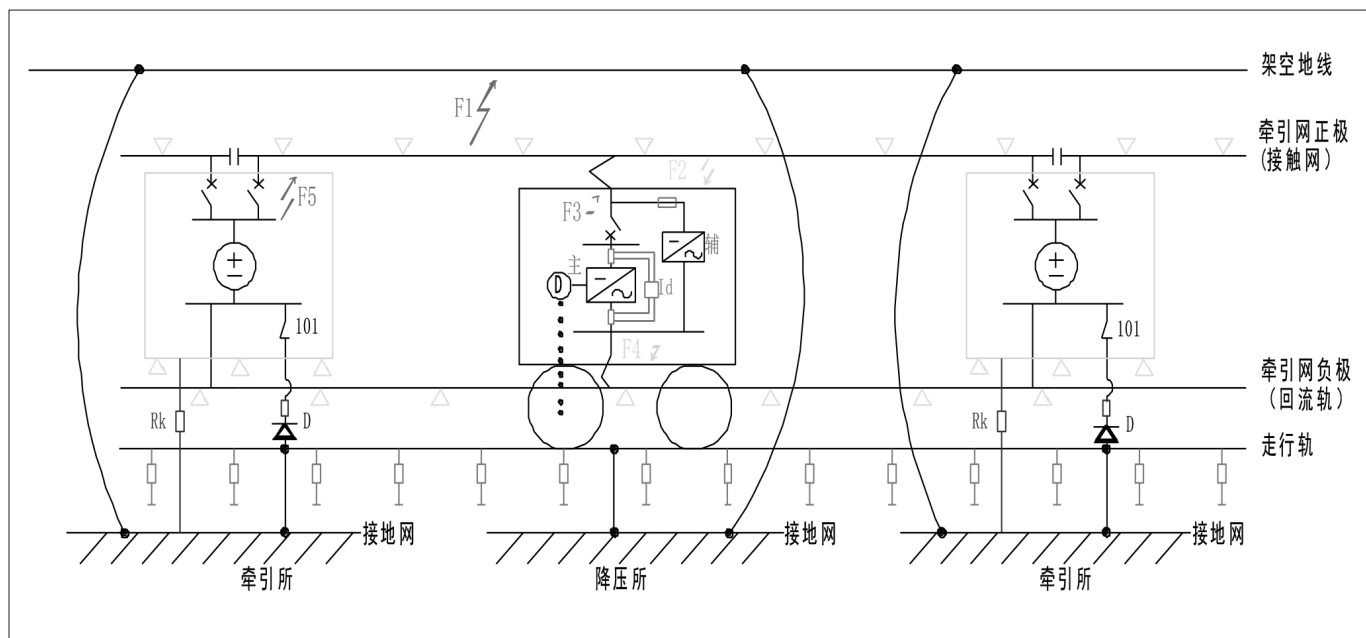


图1 短路处位置示意图

### 1.1 牵引网正极与架空地线短路及保护策略

牵引网正极（接触网）与架空地线发生短路时，如图2的F1所示，该处电流走向如图2的I1所示。在此时走行轨与专用轨电压差大于0.7V，单导装置(D)导通，供电系统断开201、203、101进行短路保护。

### 1.2 牵引网正极与列车车体短路及保护策略

牵引网正极（接触网）与列车车体发生短路时，如图3的F2所示，该处电流走向如图3的I2所示。在此时走行轨与专用轨电压差大于0.7V，单导装置(D)导通，供电系统断开201、203、101进行短路

保护。

### 1.3 列车主电路正线与列车车体短路及保护策略

列车主电路正线与列车车体发生短路时，如图4的F3所示，该处电流走向如图4的I3所示。在此时走行轨与专用轨电压差大于0.7V，单导装置(D)导通，供电系统断开201、203、101进行短路保护。

### 1.4 车主电路负极与列车车体短路及保护策略

列车主电路负极与列车车体发生短路时，如图5的F4所示，该处电流走向如图5的I4所示。在此时走行轨与专用轨皆有电流流通，走行轨与专用

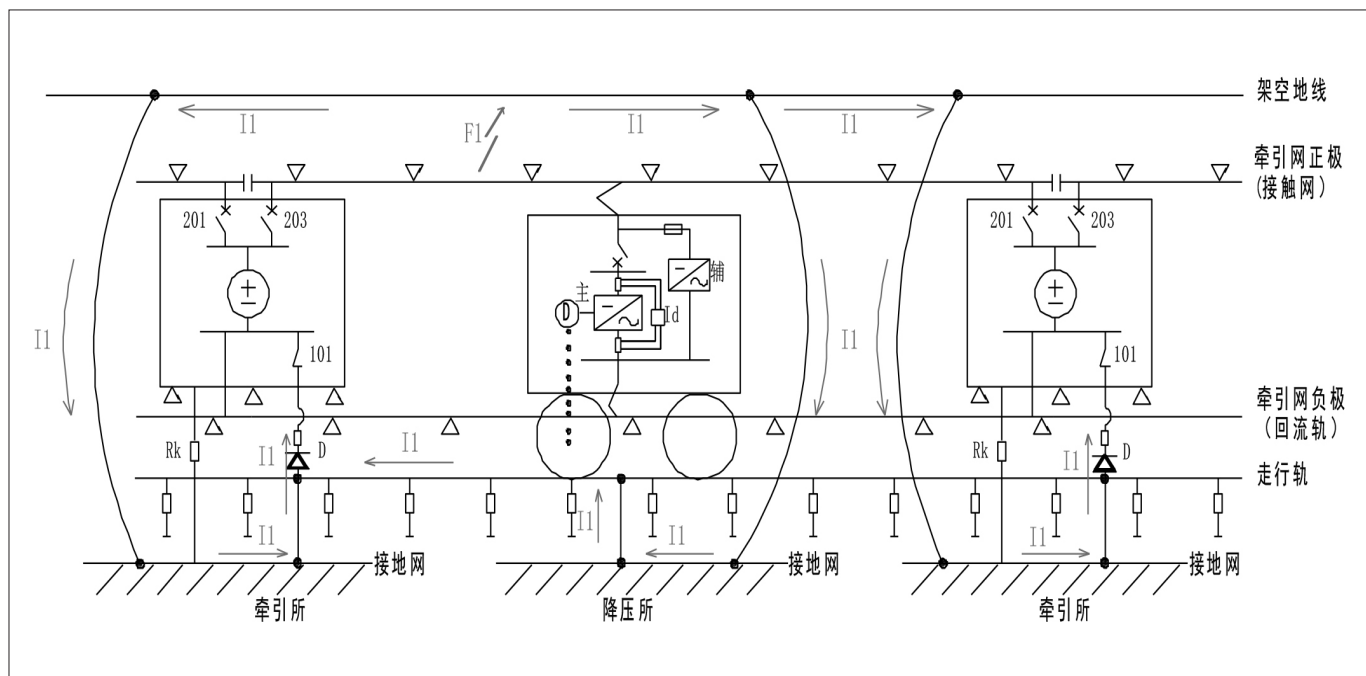


图2 F1处短路示意图

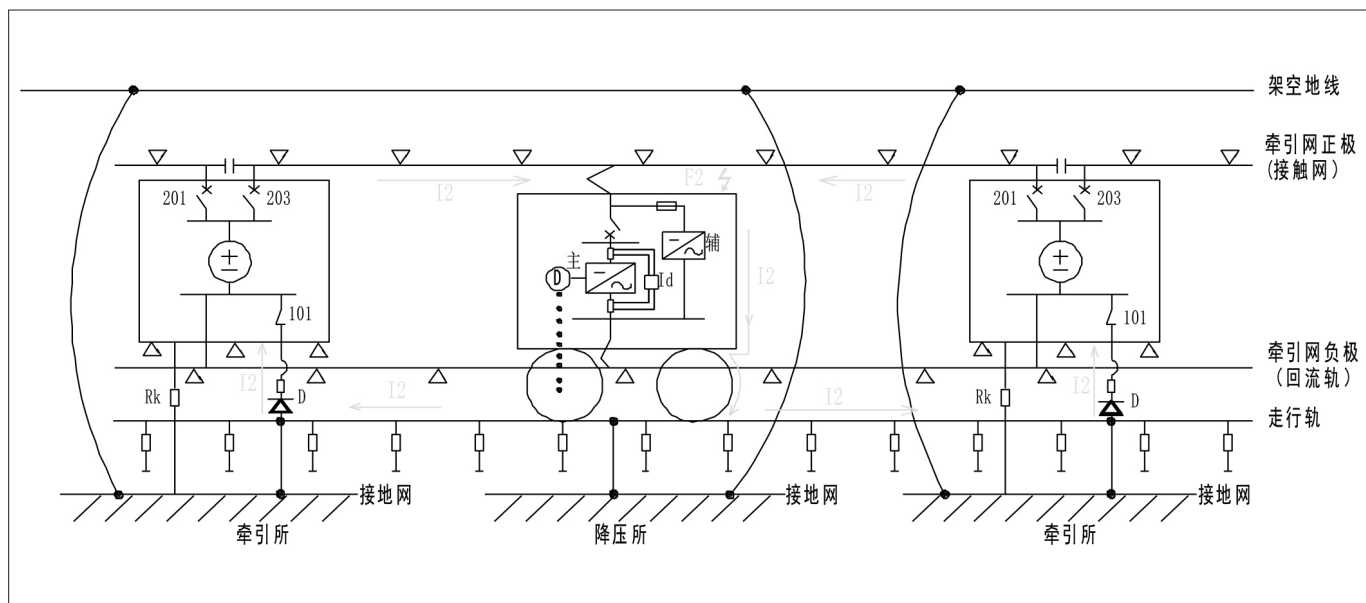


图3 F2处短路示意图

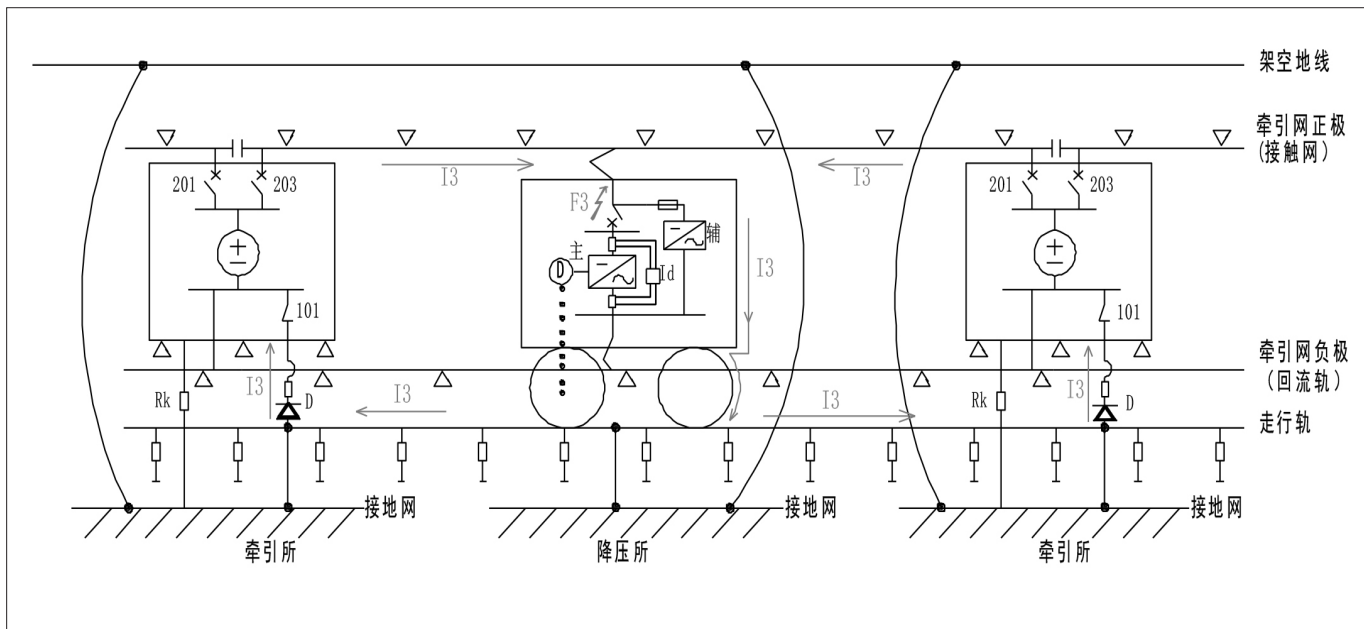


图4 F3处短路示意图

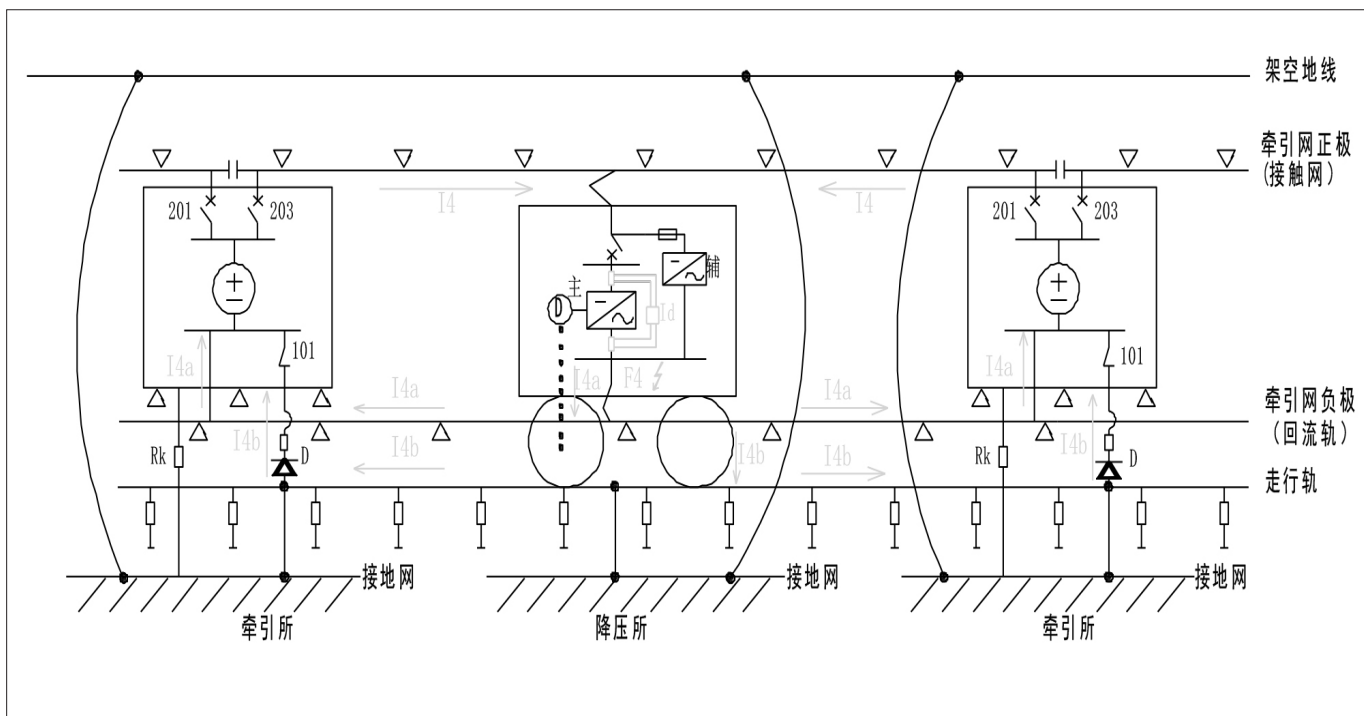


图5 F4处短路示意图

轨等电势，供电系统断开201、203、101进行短路保护。

### 1.5 变电站主电路正级与设备机壳短路及保护策略

变电站主电路正级与设备机壳发生短路时，如图6的F5所示，该处电流走向如图6的I5所示。在此时走行轨与专用轨电压差大于0.7V，单导装置(D)导通，供电系统断开201、203、101进行短路保护。

## 2 车辆专用轨回流的负极母线与车体绝缘的检测分析

### 2.1 电压检测方式分析（专用轨回流时）

在车辆专用轨回流的负极母线与车体间设置电压传感器，如图7的VH所示，设置在每辆动车的电动转换开关箱(EDSB)中。

(1) 未发生短路状态：列车只处于激活状态，列车由蓄电池提供电源，蓄电池的正极输出电流，蓄

电池的负极输入电流，专用轨回流的负极母线基本无电流通过，下图中电压传感器 VH 采集此时该处无电压。

列车激活后，受电弓已升弓，此时列车辅助电源工作（电流随负载接入的变化而变化 & 接触网电压正常变化）或列车实施牵引 / 电制动（电流随列车牵引 / 电制动力大小不断变化 & 电流也与接触网电压正常变化相关，牵引 / 电制动力与列车当前载荷 & 列车当前级位请求 & 是否惰性状态有关），车辆专用轨回

流的负极母线将有电流流通，专用轨自身的电阻值会使得专用轨上分得少部分的电压，但该处电压是随着对应电流的大小变化而变化，且该电压值与列车距变电站距离（距离与电阻值间关联）强相关。图 7 中电压传感器 VH 采集有电压，且电压随着列车运行实时变化。

(2) 发生短路状态：车辆专用轨回流的负极母线与车体间的假定“短接处”如图 7 所示，当该处发生短接时，车辆专用轨回流的负极母线与车体相

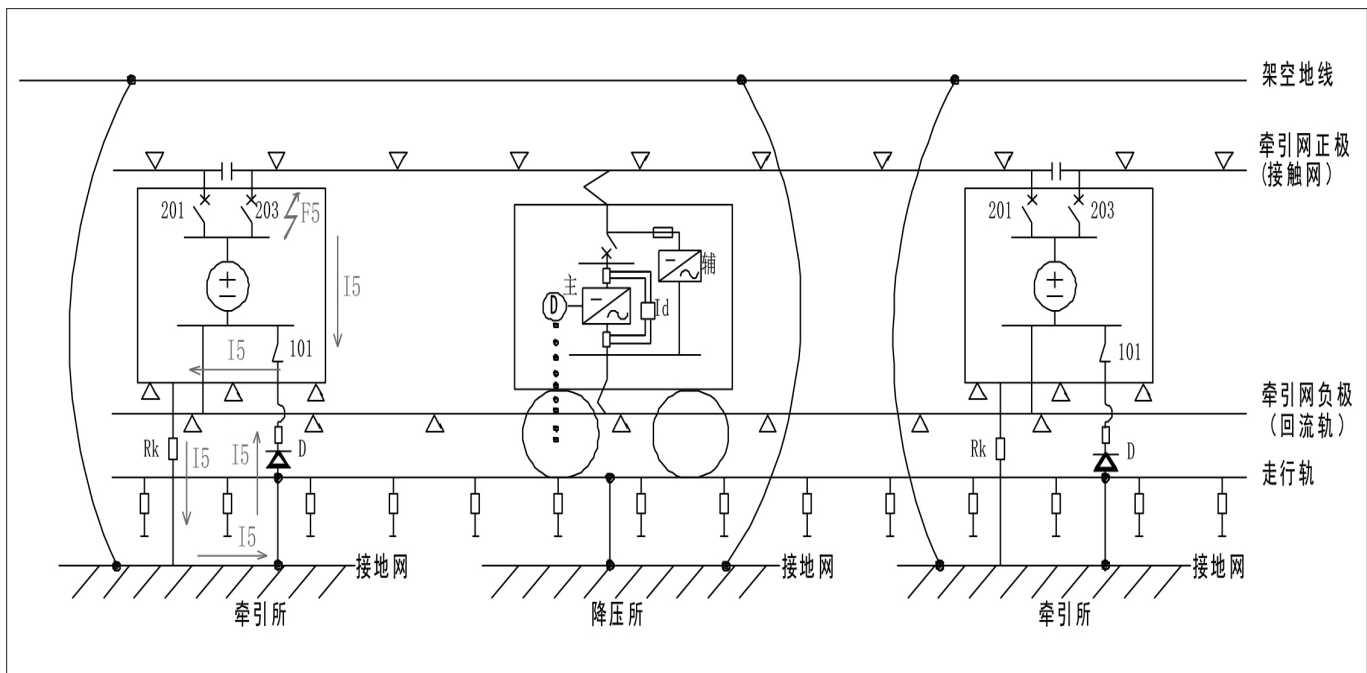


图 6 F5 处短路示意图

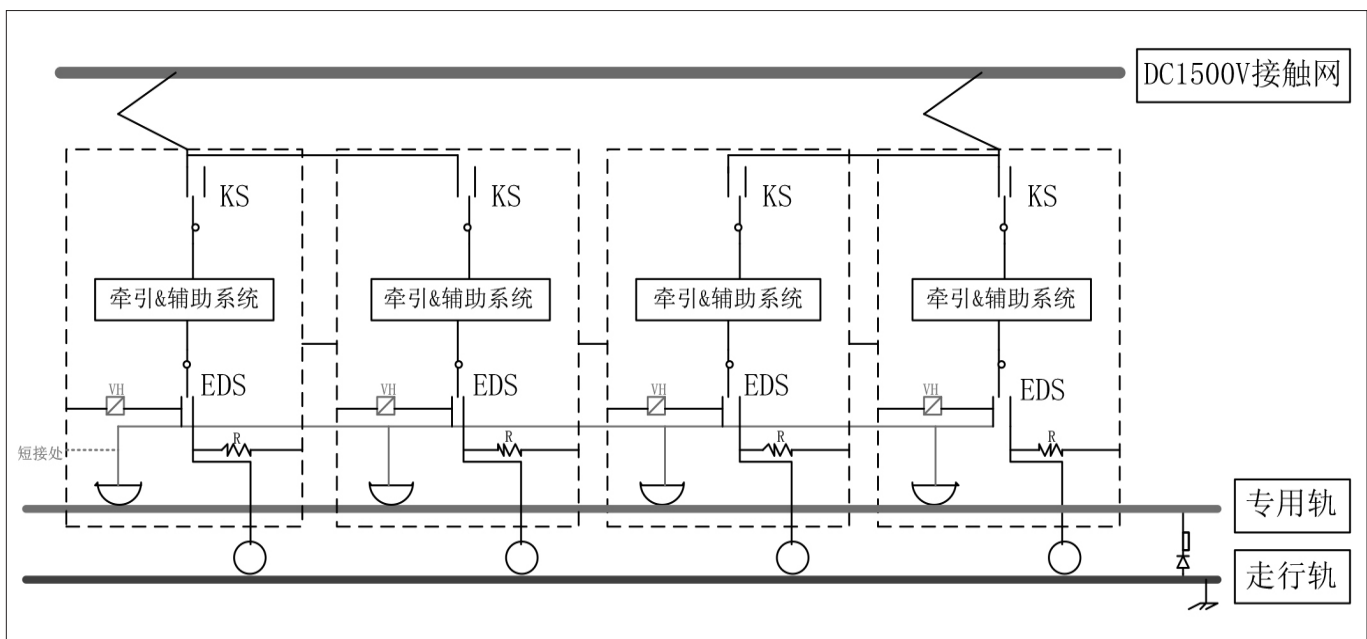


图 7 电压检测方式示意图

连，车体通过接地电阻与走行轨相连，故车辆专用轨回流的负极母线与走行轨接通。此时，专用轨与走行轨等电势，下图中电压传感器 VH 采集此时该处无电压。

综上所述，仅从单列车对电压进行检测的方式分析，检测电压值与列车当前状态（接触网电压、车辆载荷、当前级位请求、是否惰性状态、距变电站距离、牵引/电制动状态、牵引电传动系统及辅助电源系统工作设备数量）强相关，且电压传感器自身具有一定的零漂。采用电压检测的方法（电压阈值的确定）从理论控制实施方面非常复杂且准确性较低。

### 2.2 电流检测方式分析（综合分析）

在车辆车体（接地电阻与车体间）与走行轨间设置电流传感器，如图 8 的 LH 所示，设置在每辆动车的电动转换开关箱（EDSB）中。

(1) 未发生短路状态：电动转换开关 EDS 处于 A1 位置：列车只处于激活状态，列车由蓄电池提供电源，蓄电池的正极输出电流，蓄电池的负极输入电流。车体与走行轨间无电流流通，下图中电流传感器 LH 采集此时该处无电流。

电动转换开关 EDS 处于 A2 位置：列车只处于激

活状态，列车由蓄电池提供电源，蓄电池的正极输出电流，蓄电池的负极输入电流。车体与走行轨间无电流流通，下图中电流传感器 LH 采集此时该处无电流。

电动转换开关 EDS 处于 A1 位置：列车激活后，受电弓已升弓，此时列车辅助电源工作（电流随负载接入的变化而变化 & 接触网电压正常变化）或列车实施牵引/电制动（电流随列车牵引/电制动力大小不断变化 & 电流也与接触网电压正常变化相关，牵引/电制动力与列车当前载荷 & 列车当前级位请求 & 是否惰性状态有关），车辆专用轨回流的负极母线将有电流流通。车体与走行轨间无电流流通，图 8 中电流传感器 LH 采集此时该处无电流。

电动转换开关 EDS 处于 A2 位置：列车激活后，受电弓已升弓，此时列车辅助电源工作（电流随负载接入的变化而变化 & 接触网电压正常变化）或列车实施牵引/电制动（电流随列车牵引/电制动力大小不断变化 & 电流也与接触网电压正常变化相关，牵引/电制动力与列车当前载荷 & 列车当前级位请求 & 是否惰性状态有关），车辆走行轨将有电流流通。车体与走行轨间无电流流通，下图中电流传感器 LH 采集此时该处无电流。

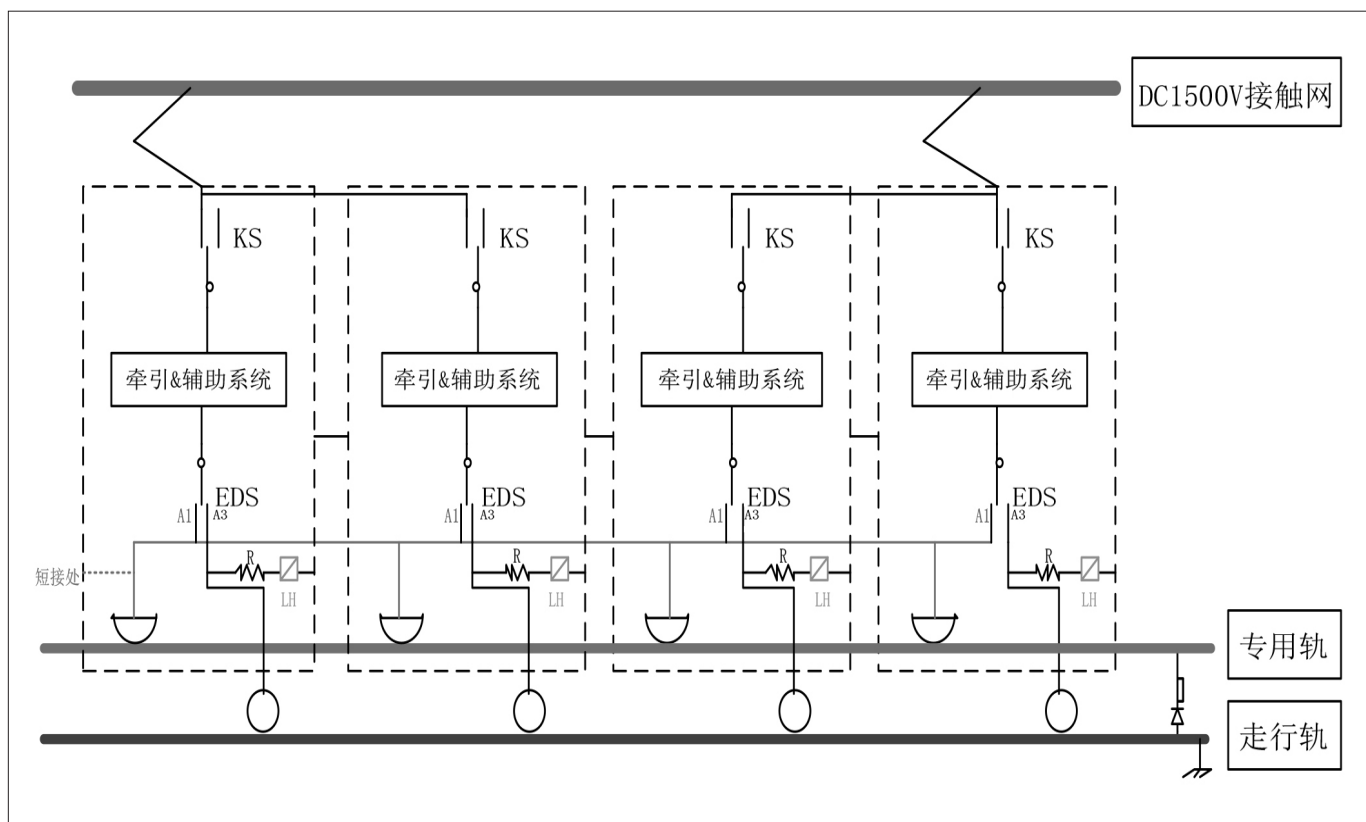


图 8 电流检测方式示意图



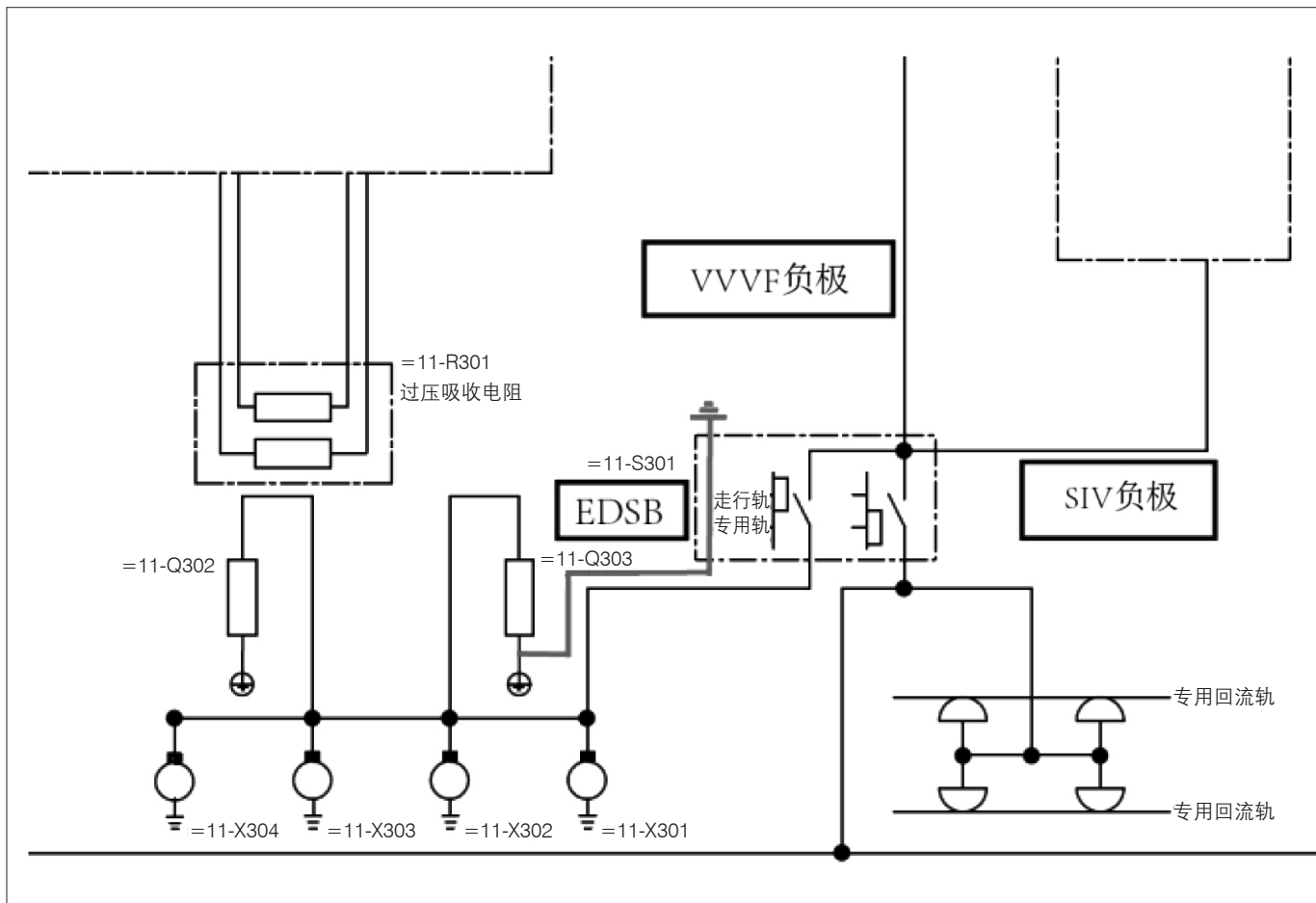


图9 引线示意图

(2) 发生短路状态: 电动转换开关 EDS 处于 A1 位置: 车辆专用轨回流的负极母线与车体间的假定“短接处”如图 8 所示, 当该处发生短接时, 车辆专用轨回流的负极母线与车体相连, 车体通过接地电阻与走行轨相连, 故车辆专用轨回流的负极母线与走行轨接通。此时, 一部分电流通过专用轨回流; 另一部分电流通过车体, 经过电流传感器 LH, 再经过接地电阻流通过走行轨, 下图中电流传感器 LH 采集此时该处有电流。

电动转换开关 EDS 处于 A2 位置: 车辆专用轨回流的负极母线与车体间的假定“短接处”如图 8 所示, 当该处发生短接时, 车辆专用轨回流的负极母线与车体相连, 车体通过接地电阻与走行轨相连, 故车辆专用轨回流的负极母线与走行轨接通。此时, 一部分电流通过走行轨回流, 下图中电流传感器 LH 采集此时该处无电流。在该种模式下, 无车辆专用轨回流的负极母线与车体绝缘的检测功能。

综上所述, 仅从单列车对电流进行检测的方式理论分析, 列车处于专用轨回流的模式时, 当电流

传感器 LH 采集到有正向导通的电流, 说明车辆专用轨回流的负极母线与车体绝缘出现问题, 能够实现车辆专用轨回流的负极母线与车体绝缘的检测功能。

采用该种方式, 能延伸出在专用轨回流时, 如果有走行轨杂散电流进入车体, 电流传感器 LH 将采集到有反向流通的电流, 实现杂散电流的检测功能。

采用该种方式, 当车辆正级 (接触网 & 车辆正级母线) 发生与车体间的短路时, 电流传感器 LH 采集到有正向导通的电流, 能够实现车辆正级与车体间绝缘检测的功能。

### 3 该检测方式的具体实施措施

在不改变车辆本身的接地方式的基础上, 从车体引出一根接地线进入电动转换开关箱 (EDSB), 在箱内穿过电流传感器 (实现电流检测), 该线缆从电动转换开关箱出线接入接地电阻, 通过接地电阻与走行轨 (下转第 31 页)

环境中的生产自动化和高可靠性设备。由于目前所使用的传统工业控制方式已经不能满足人们对于自动化程度越来越高的要求,因此,在今后相当长一段时期里,自动化控制技术将成为推动人类社会进步的强大动力。总之,为了在很短的时间内达到我们想要的效果,就需要进行各种开发,使各种自动化设备能够成功运行。使装置系统产品的设计开发具有高度的自动化安全、抗电磁干扰和测试安全功能,具有满足长期和企业生产运行需要的技术能力,确保设备至少有一个长期稳定正常的设计生命周期。

### 3.3 研究传感器的智能化

检测与控制测量装置产品结构要继续向小型化、集成化、多功能、高性能化的测控技术产品方向快速发展。随着各种功能半导体材料技术的快速发展和各种新型微电子工艺材料研发的重大技术革新,中国企业逐步开发、研究、设计和研制了一系列新型高性能便携式半导体传感器和各种高性能半导体集成电路的大规模生产和工艺优化设计以及高性能传感器芯片集成电路设计等新型功能性半导体工艺设计技术,推动传感器传感控制系统向小型化、集成化、多路化方向发展,控制产品功能。为了实现产品的高性能化和制造系统的智能化管理,可以使测控技术的应用更快、更适合

实际的市场需求。

## 4 结语

机电传感技术的应用是非常重要的,它可以提高机电传感的效率。随着科学技术的不断进步,机电传感与传感也逐渐朝着自动化、智能化以及网络化等方面发展,并且在各个领域得到了广泛的应用。本文主要针对机电传感与传感技术进行研究分析,检测过程需要通过多种方式对检测系统进行优化。同时,结合机电传感的总体应用方向,大大提高了机电传感技术的效率,传感技术的发展方向也越来越明确,最终达到了理想的传感效果。

### 参考文献:

- [1] 张嘉庆. 基于布里源光时域分析的长输油气管线传感检测技术研究 [D]. 西安: 西安石油大学, 2017.
- [2] 霍志璞. 机电系统虚实一体化的创新设计自动化理论与技术研究 [D]. 济南: 山东大学, 2017.

**作者简介:** 白子明(1983-), 男, 蒙古族, 内蒙古兴安盟人, 本科, 工程师, 研究方向: 工业节能监察、监测。

(上接第 27 页)

实现连接, 具体的原理图走线 & 实际走线示意如图 9 所示。

## 4 结语

基于上述综合分析, 列车采用该种电流方式对绝缘进行检测, 不仅能在专用轨回流时, 实现车辆专用轨回流的负极母线与车体绝缘的检测和走行轨杂散电流流入车体的检测, 且能够区分短路点位为列车内部和外部。同时, 当短路点位发生在列车内部时, 能够精准地定位到故障列车, 从而最终实现车辆专用轨回流

的负极母线与车体的绝缘检测。

### 参考文献:

- [1] 张坤. 悬挂式单轨牵引回流接地故障检测保护机制研究 [J]. 机车电传动, 2018, 06(18): 84-88.
- [2] 张云太. 城市轨道交通第四回流轨牵引供电技术 [J]. 现代城市轨道交通, 2011(4): 8-10.

**作者简介:** 裴文超(1987.06-), 男, 汉族, 浙江宁波人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 地铁车辆技术管理。