

ZPW-2000A 轨道电路故障诊断系统设计摘要

ZPW-2000A 型轨道电路是我国目前的统一使用制式，这种轨道电路具有很多的优点，如：安全性高，运行的可靠性较比于其它制式也要高出很多，抗干扰性强，而且其还具有可维修性。但是无论是什么系统只要它铺设到现实环境中使用，就一定会发生有故障的情况。针对室外轨道电路容易受到自然因素和人为因素的破坏从而发生故障的这一事实情况于是我对 ZPW-2000A 型轨道电路进行了智能故障检测进行了深入的研究与设计。

本文通过对 ZPW-2000A 型轨道电路的运行原理，以及轨道电路室外设备的结构、工作原理、载频频率，以及其常见故障进行详细研究。采用精确曲线匹配故障检测方法和基于 LabVIEW 的故障诊断方法，再应用相应理论算法，将系统所检测到的电流曲线与标准情况下的参考曲线相对比，以此来判断电路是否有故障。最后使用仿真模拟轨道电路故障方法快速且准确的对轨道电路的故障进行诊断。

通过系统测试的结果发现，ZPW-2000A 轨道电路故障检测系统能很好的完成对轨道电路的检测及诊断功能，并且能够快速的对故障进行定位并及时的给出处理意见。节省了大量的人力，很好的帮助了工作人员对轨道故障进行及时查找，从而减少了因故障查找不及时而带来的巨大经济损失。关键词：ZPW-2000A 型轨道电路，故障检测和诊断，LabVIEW 编程

关键词：ZPW-2000A 型轨道电路，故障检测和诊断，LabVIEW 编程

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景及研究意义

铁路运输要想长期保障正常且稳定运行就一定要确保其铁路基础设施的安全性和可靠性，铁路设备的质量是其中一个重要方面，但无论什么设备只要投入使用，就避免不了有发生故障的可能。基于以上所述的铁路设备容易发生故障的原因，本篇论文决定针对我国铁路信号设备中大量投入使用的 ZPW-2000A 轨道电路进行系统的研究，通过在书中和网络上查找有关于 ZPW-2000A 型无绝缘轨道电路的结构和工作原理，对轨道电路进行分析。总结出常见的设备故障以及对应的处理方法。基于 LabVIEW 仿真软件对该轨道电路进行仿真模拟，以此实现对轨道电路的故障检测。

(1) 理论意义

对 ZPW-2000A 型无绝缘轨道电路进行研究，深入了解该种轨道电路的电路结构并且对其原理进行研究，并且深入的分析了铁路信号集中监测系统针对于 ZPW-2000A 无绝缘轨道电路能够完成实时监测的原理，对监测出来的结果类型和报警原因，与故障诊断的具体方法流程进行比较，针对上述研究总结归纳出了 ZPW-2000A 无绝缘轨道电路故障自诊断系统从发现故障到给出故障处理意见的运行过程。

(2) 现实意义

ZPW-2000A 轨道故障诊断系统能够保护铁路运输安全、保证铁路运输高效、减轻人工劳动环境及减少工作强度，该轨道电路系统可以很好的将铁路运输管理水平带到一个相对较高的水平，该系统也可以将轨道运输中的很多基础系统融合到一起，进而实现统一控制，统一管理，节省了大量的物力人力。并在该领域可以发挥出其重要作用。经过对 ZPW-2000A 型无绝缘轨道电路的详细分析与介绍，可以让人们对该系统的工作原理进行详细介绍，方便人们理解。

该系统应用到实际线路中后，对轨道电路设备的日常维护起到关键作用。只有将轨道红光带现象压至最低，这样才会实现列车安全高效运行，获得更多的经济效益。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

国外很多发达国家也在很早以前就在轨道电路系统方面有所涉猎，法国、日本、英国等发达国家在这方面涉猎很早。法国国家铁路局很多轨道电路方面的专家都参与研究了现实环境中线路中补偿电容的问题，并给出其独特见解。该国有关学者对列车机车信号传感器的相关数据进行了深入的分析，这些学者记录了轨道电路感应电压电信号，并通过专业理论方法对信号值比对等相关理论知识与算法对所得数据进行了仔细比较。2010 年，Oukhellou 提出了他自己针对轨道线路的独特见解，他提出将人工神经网络信号与 D-S 数据融合的方法相融合的轨道电路电信号补偿电容故障的诊析方法。也正是他的这种见解才使得轨道电路行业在本国以至于整个世界都有了巨大进步。日本针对上述的轨道电路问题，在 20 世纪末至 21 世纪初期间，针对于不同环境下的轨道电路分路中的电阻阻值变化规律以及具体是什么原因引起这种现象问题上，多次到轨道电路故障现场对该故障区段中的分路电阻阻值进行反复测量于计算。英国有关专家学者也针对这一轨道电路问题进行了相应的研究。终于在最近几年，英国的轨道电路有关研究人员将上述两种推理结构结合在一起，在前面两者的基础下得出了一种较为可靠的研究理论，接着提出模糊推理系统在建立出精确的数字电信号模型之前的优势连同神经网络的自主学习的优点统一应用到轨道电路的状态检测中，而且英国铁路相关部门利用这种状态检测和故障诊断方法将英国原有的铁路系统所应用到的音频轨道电路进行了故障的诊断，这一研发直接将英国的轨道电路系统推上了一个前所未有的高度。

1.2.2 国内研究现状

我国的轨道信号技术研究时间相对于其他国外的发达国家而言相对来说确实是开始的比较晚，没有什么优势，但是这并没有妨碍我国轨道信号行业的飞速发展。我国的轨道信号技术从开始起步到不

断完善以至于发展到如今相对成熟的阶段答题可以分为以下四个历程：人工诊断阶段、信号处理阶段、综合检测车阶段、人工智能阶段。

(1) 人工诊断：人工诊断顾名思义就是通过工作人员到达故障现场根据他们以往的工作经验和处理故障的经验，同时运用专业的轨道电路设备维修仪器对发生故障的区段中有可能发生故障的设备进行简单的故障检测与排查，但是这种方法是否准确高效有着很多不确定性，袁鹰就是这种措施主要取决于相应工作人员的工作经验以及对于这种故障的了解程度和该名工人的专业知识素养都有巨大的关系。

人工诊断方法是在我国轨道电路信号发展初期，相对传统的轨道电路故障处理方法，但是这种方法存在很多弊端，例如这种方法劳动强度巨大，工人检测时间较长，效率低以及有可能会给到故障现场进行施工的工作人员带来人身安全方面的威胁等不足，这种比较初期的方法现在已经不再适合应用到科技飞速发展的现代社会，但该种方法在当时来说打开了我国轨道行业的大门，对我国轨道事业的发展也是举足轻重的。

(2) 信号处理：该种轨道故障检测方法是通过采集器对本区段的轨面电压、轨道电流传感器这些元器件发送出来的相关电码信息进行收集，通过专业的数值分析，结合有关的信号采集分析方法进行区段故障分析。当前我们在铁路故障检测方面应用的技术就是信号集中监测系统，顾名思义信号集中监测系统就是根据相关的信号接收装置所接受的电信号通过轨道电路传送到接收端，并通过相关仪器对接受到的电信号进行整理，最后将整理好的电信号直

接发送到电信号数据检测中心。相关技术人员和工作人员则通过所得到的电信号数值对轨道电路是否能正常运行进行相应的预估，进而可以完成本区段轨道电路的故障监督与监测。

但是这种轨道电路信号处理系统所能检测出来的电路数据并不是非常全面，究其原因，该套诊断方法之所以存在这种弊端就是因为该种检测方法大多数都是在微机室内进行的，几乎很少能对室外真实环境中的设备进行监督测试，所以就很难具体且完全的反映出移频轨道电路室外设备的工作情况并及时的发现轨道电路故障。

(3) 综合检测车：综合检测车设备系统是车载信号发送机通过车载天线持续不间断的向钢轨表面发送测试信号，当检测车辆经过相对应区段的补偿电容时，测试信号通过车轮将两条钢轨进行连接，进而形成一个电流通路，将所得到的电数字信号被信号接收设备中的车载天线收回。该系统将道路区段内所有设备采集到的各种电数字信号与正常状态下的标准

电压、电流以及电阻值等电信号进行专业比较，并根据该比较结果对轨道电路运行状态进行判断，如果所测得的电信号与标准的电信号值相比，处于标准误差范围内，则可以得出结论。该系统处于正常运行状态下，如果传输函数不同，则可以说明该信号系统处于有故障的状态，这时就需要有相关铁路工作人员到现场对相应出现故障的设备进行调试或更换。综合检测车通过将接收到的信号与正常的传输函数进行对比来判断轨道电路补偿电容是否发生故障。

这种综合检测方法使铁道电路的故障检测效率有着进一步的提高，同时照比之前的信号处理阶段节省了大量的物力人力。但是该系统还是存在其相应的弊端，那就是这种故障检测系统安装在列车上，检测车时总是在不断运行的，不能时时刻刻对某一区段进行检查，只有当检测车驶过该区段时才能完成本区段的检测那么换一种方式来说，那就是该系统不能实时将某一区段的故障检测结果传输并表示出来。而且，综合检测车系统是由一整部列车和轨道线路构成，因此要对其付出大量成本。

(1) 人工智能：最近几年，随着我国科技的不断进步与发展，针对铁路信号设备的故障诊断技术这一方面，专家学者们也付出了很多钻研，国内学者也研究出了相应的故障诊断方法，对轨道电路进行状态检测与故障诊断。

随着我国科技的飞速发展，国内也研究出了高速铁路，俗称：高铁。这种铁路运输凭借其速度在行业内有着很大的竞争优势，但是这种科技对硬件方面安全性以及稳定性的苛刻程度较高，并且对轨道电路硬件的状态与故障检测的诊断手法由故障修改转变到状态修改，与此同时故障检测也逐渐自动化，在科技飞速发展的现代社会，我国铁路事业发展的未来也一定会朝着更加智能更加便利的方向发展。

1.3 论文的主要内容及章节安排

本文通过智能化系统来对轨道电路进行快速且准确的故障检测与分析，通过对我国使用的 ZPW-2000A 型无绝缘轨道电路进行研究。由于轨道电路为了能够更高效安全的运行所以室内设备都采用冗余设计，并且还有铁路信号集中监测系统对相应的电路区段中的设备进行实时测量与看管，所以本次的轨道电路故障检测系统对室内外的故障都进行了模拟，只是考虑到室外的轨道电路容易受到环境影响，所以着重对其介绍。

第 1 章：绪论。本文在这一章主要介绍了我国铁路运输方面近几年的发展状况，综合近几年我国铁路事业的发展历程所以选择了对该轨道电路系统进行研究，以及研究这个题目的意义所在。还针对

国内外研究现状进行了深入的分析，着重写出了我国铁路事业从人工故障检测逐渐趋于智能化检测的发展历程。

第2章：本章介绍了 ZPW-2000A 轨道电路中各个电器元件的工作原理，以及各种不同轨道电路元器件在现实环境中起到的不同作用。并且提出了轨道电路中的元器件容易受到环境影响和其它自然因素的破坏，进而针对轨道电路

中容易发生故障的元器件进行仔细分析。根据所处环境和故障成因进行分类，即短路、短路以及红光带等易发故障。构建出 ZPW-2000A 轨道电路故障检测平台，实现轨道电路红光带故障模拟，进而说明基于 LabVIEW 的故障检测系统对于 ZPW-2000A 型无绝缘轨道电路红光带诊断系统的可行性。

第3章：本章主要对所用到的 LabVIEW 软件平台环境进行了简单介绍，然后阐述了运用此软件的原因就是这个软件可以使使用者能够更直观的对所设计出的系统进行理解，LabVIEW 软件相较于其它编程软件更适合新手和非专业人士。接着便是介绍基于 LabVIEW 的轨道电路故障检测方案，以及 LabVIEW 编程软件的基本操作流程，根据这一流程结合轨道电路图绘制出仿真车站站场图以及故障测试系统的具体界面

第4章：本章通过 LabVIEW 模拟仿真软件模拟了五种情况。四种故障状态、一种正常情况。四种故障分别为：

- (1) 网络盘故障模拟。室内接收器故障模拟。
- (2) 室外接受端轨面衰耗盒故障模拟。
- (3) 室内衰耗器故障模拟。(4) 室内接收器故障模拟。

本章通过对 ZPW-2000A 轨道电路几种常见故障的模拟，充分展示出该系统的理论依据，以及其可使用性。总结：最后对论文进行总体归纳，并表达出所研究的内容和获得的相应成果，对本系统进行归纳与总结，并对该系统在以后的实际运行中所能达到的效果进行展望。

第2章 ZPW-2000A 轨道电路原理及故障模拟

2.1 ZPW-2000A 型轨道电路

我国目前铁路线路的统一制式 ZPW-2000A 型无绝缘移频轨道电路是通过在国外轨道电路的程度上进行优化，其优势就是将数字信号处理技术应用于移频轨道电路，立足自主创新研发出的高速轨道电路系统。ZPW-2000A 型轨道电路出色的电气隔离方式，同时又实现了调谐区的断轨检测，提高了传输安全性，并且在传输距离和系统可靠性方面有极大提高。结合我国国情 ZPW-2000A 型轨道电路在降低工程造价、节约制造成本上有显著进步，在我国客运专线与高速铁路得到广泛应用。

2.1.1 轨道电路设备组成

ZPW-2000A 轨道电路是通过主轨道电路和各种与轨道电路相关的电子元器件相连接而组成的一个可以独立运行的轨道电路系统。在轨道电路实际运行情况下，大多数会将小轨道电路当成车辆前进方向的主轨道线路的伸长。ZPW-

2000A 型轨道电路具体室外构成设备，由发送器、衰耗器、防雷组合、SPT 传输电缆、匹配变压器、29m 电气绝缘节

(空心线圈、调谐单元)、接收器、轨道继电器等基础设备构成，具体如图 2.1 示。按照工作位置不同对具体轨道电路的构成设备划分为室内设备与室外设备两，具体如图 2.1 所示。

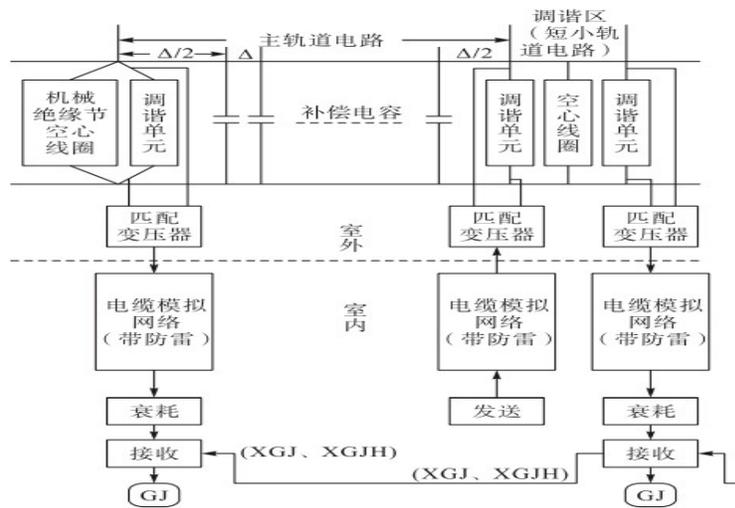


图 2.1 ZPW-2000A 型无绝缘移频轨道电路系统构成

2.1.2 功能分析

ZPW-2000A 轨道电路中有着多种元器件，这些元器件在轨道电路中都有着不可或缺的作用，同时也是这些各种各样的元器件在电路中各自发挥着各自的作用，才能保证整个电路系统的正常稳定运行。下面我主要列举几个 ZPW-

2000A 轨道电路中常见的室内外设备，对其功能进行简要分析。

表 2.1 ZPW-2000A 型无绝缘移频轨道电路室内外设备部件及其功能

设备位 具体部

主要功能置 件

发送器主要用于产生精度非常高的移频信号，并能够完成对移频信号的自检测，可根据需求来调发送器

节发送电平，并将故障情况向主机发送，并发出报警信息

接收主轨信号，并对主轨道信号进行解调；解调相应小轨道区段的信号，检查小轨道电路执行接收器

条件，并将电信号送至相邻区段接收器

室内设备	衰耗器	调整主轨道、小轨道电路电平，表明轨道电路工作状态；向总报警继电器发送某种报警信息
	防雷网	对通过传输电缆进而引入室内的雷电冲击进行防护(横向、纵向)，很好的保护了轨道电路中的组合多种元器件
室内设备	电缆模	用作补偿 SPT 电缆长度，完成轨道电路电平调整拟网络调谐单元
	空心线	主要用于平衡牵引电流回流，对于调谐区的阻抗进行稳定，完成调谐区设备纵向防雷的接地，圈进而保障抗流变压
室内设备	匹配变	用于对电路中产生的不平衡牵引回流产生的电压进行平衡，对钢轨内部的牵引电流进行疏导和
	压器	接通
室内设备	SPT 电缆	用于传输设备控制信息
	补偿电	补偿因轨道电路过长、钢轨感抗而产生的功率损耗，进而对轨道电路在钢轨上的传输性能进行容改善

2.2 轨道电路故障分类

ZPW-2000A 型轨道电路由接收器接收到的移频信号驱动继电器动作执行条件判断，然后根据所受到的移频信号来完成轨道继电器的吸起或落下，通过显示该区段空闲或占用状态，以此方法来展示出列车目前是否被占用。轨道电路问题就是轨道电路不能及时并且正确的将轨道区段占用状况反映出来，现场中轨道电路故障主要是轨道空闲时红光带故障和占用时分路不良故障。

轨道电路出现红光带是轨道电路在向系统反应该轨道区段在正常运行状态下已经被车辆已经被占用，在确保列车行车安全方面起到了至关重要的作用。轨道电路当没有占用的情况下依然出现了红光带现象，就是在没有列车占

用的情况下，这时候就说明该轨道区段已经出现了故障，那么这个轨道电路系统就无法实时监测该段轨道。

表 2.2 红光带具体故障模式

与 TCC 通信故障	道床电阻过低
轨道继电器故障	分路异常
接收器故障	发送端 SPT 电缆故障
衰耗器故障	发送端匹配变压器故障
接收端电缆模拟网络故障	发送端 SVA 故障
接收端 SPT 电缆故障	发送端调谐单元故障
接收端 SVA 故障	发送端电缆模拟网络故障
接收端谐振单元故障	发送电平调整不当
接收端匹配单元故障	发送器故障
补偿电容故障	电源故障
断轨	

通过查阅相关文献资料以及相关专家经验，下面主要介绍一下常见的室外轨道设备的基本故障以及应对建议：

(1) 调谐区小轨道电路故障:调谐单元故障或者空芯线故障，相应的解决方案就是对出现故障的相应元器件进行更换。

(2) 补偿电容故障:补偿电容的作用就是对相应区段中的电流经行补偿，这样就能让该轨道区段中的电路变成阻性，补偿电容一旦发生开路现象就会让该区段钢轨又变成感性。发送端补偿电容故障对轨道电路的影响较大，当补偿电容发生故障以至于不能正常工作时就应该把相应发生故障的补偿电容进行及时的更换，以确保该区段轨道电路依旧可以正常工作。

(3) 匹配电压器故障:主要为匹配变压器开路故障或内部元器件老化，导致红光带异常故障。对故障视情况维修或进行设备换新。

(4) SPT 电缆故障:发生开路或短路故障，处理方法为对故障电缆进行更换。

(5) 道床电阻故障:道床电阻，又称为道砟电阻，轨道电路中电信号的衰减就是靠着道床电阻来实现的。为保证轨道电路能够在日常运行中不发生故障，应把道床电阻值调的越大越好。决定道床电阻值是大是小的因素有很多种，比如说扣件结构、绝缘垫板、轨道枕木还有道砟的绝缘度都有着举足轻重的影响。道床电阻值的大小会直接控制轨道电路的调整情况，容易出现“红光带”故障。当道床电

阻值不能达到相应高度时，就应该及时将道床电阻值提高到标准大小，主要检查道床电阻组件的绝缘性能是否失效以及道床电阻是否干燥，有则及时更换和清理。

2.3 本章小结

本章主要对 ZPW-2000A 型轨道电路的构成、工作原理以及故障分类，进行了介绍。并通过查阅相关文献对轨道电路室外设备容易发生的故障做出了专门分析，为之后的程序设计部分打下了良好的基础。

第 3 章 基于 LabVIEW 系统设计

3.1 LabVIEW 软件平台环境介绍

LabVIEW 是可以实现采集数据，控制仪器等等的开发环境，由美国著名仪器为了满足自身仪器所需设计出来的，现如今，该开发软件多用于测试工程师，还有一些非专业化编程工作人员，在该开发环境内编写程序大大减少了工作量，具有强大的数据可视化和控制仪器能力等等功能。

LabVIEW 相对于常规编程语言软件而言，该软件的操作并没有其它语言编程那样的复杂，操作相对于其他编程软件来说也比较简单，能够很好的实现软件设计。它不但具备了其它编程软件的基本功能，而且有大量的控件、工具以及强大的函数库，能够高亮执行，使用者能直观看到数据的变化和程序流程，使用者和观看者都能更加直观，简洁和高效的对编程内容进行理解。

LabVIEW 比较适合新手操作，不需要太高深的专业知识即可灵活的掌握该软件的使用方法，而且该软件还有着良好的兼容性，能够与多种电脑系统相互兼容，实现无缝对接。该系统的编程语言是图形语言，使用图形进行编程，直观形象且易于理解和运用，被称为 G 语言。LabVIEW 可以实现数据的模拟与检测，对于系统界面及程序的开发，非常符合本次轨道电路诊断检测系统的设计。

3.2 基于 LabVIEW 的轨道电路故障检测方案

3.2.1 LabVIEW 的操作流程

本文的故障检测系统之所以应用到了 LabVIEW 编程软件来进行设计，是因为 LabVIEW 相比于其它编程软件来说有着其独特的优势。一般的编程语言如 C 语言、C++ 等语言编程软件，都是从编辑程序开始，但 LabVIEW 的第一项则是建立一个新的 VI，接着我们就可以看到两个窗口，分别为前面板界面与程序框图（后面板）界面。

编程过程中，通过前面板界面进行控件的选取，前面板中有着多种控件，我们可以通过这些控件来表示出轨道电路中的各种元器件，这样做不但能使我们的编程更加方便快捷，而且还能给观看者带来更直观的视觉效果，方便人们对其进行理解。该编程软件的前面板是用来放置各种所需控件的，而

程序框图是用来编写代码的。当通过前面板选取完控件以后再通过快捷键（ctrl+e）切换到后面板，当然也可以鼠标直接点击想要编辑的界面来实现界面的相互切换，当切换到后面板时，就可以将各种控件用线连接即可实现对数据的传输，更加简洁方便。通过在前面板放置各种控件，实现模拟检测系统的界面，以便于用户与软件进行沟通，进而利用该检测软件进行故障诊断检测，判断出故障是在室内还是室外，具体出现了什么问题，进而故障排查。

LabVIEW 是图形化的编程语言，这样给人的感觉就会比较直观，让使用者能更清楚的看到各种控件。通过面板上的“工具”框，能够使用控件选板以及函数选板。其中前面板上是放置各种电子控件的，程序框图是用来连接各种控件和编写程序的。

在前面板中如果想要添加控件也可以单击鼠标右键，这是界面上就会弹出一个控件选择面板如图 3.1 所示，这是用户就可以在这个控件选择面板上选择自己所需的控件。在前面板，用户可通过外设向输入控件上输入数据，包括图形、按钮及其它控件，在此次设计中，我用到了布尔控件，数值显示控件，文本显示控件，还有许多修饰图等等；输出控件可以输出程序的运行结果及一些提示状态，模拟轨道电路系统数据检测的输出，故障诊断检测意见的输出，在此次设计中，我用到了图表、指示灯以及数据显示控件等等。

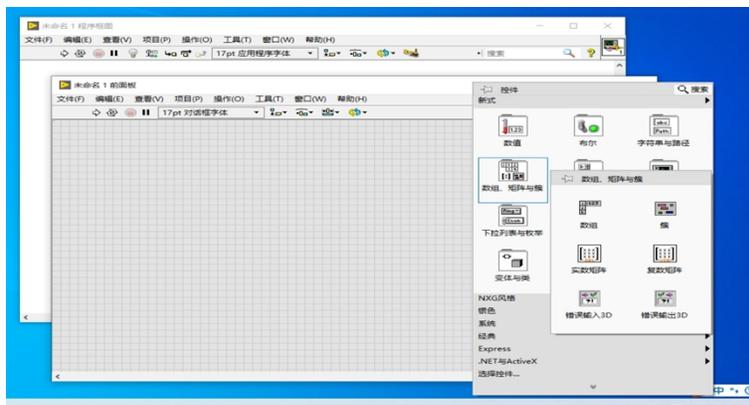


图 3.1 LabVIEW 控件选择面板

当用户想要对前面板中的控件进行连接设计，这时就需要（ctrl+e）切换到控制面板，同样在控制面板也是和前面板的操作相似，鼠标右键添加各种函数，如图 3.2 我们可以看出该面板中有编程函数，如：事件结构、数组、数值、布尔、字符串等。

在本文的设计中，当用户在前面板放置好了各种输入控件和输出控件后，想要实现系统的运行，软件的运行，还需要切换到程序框图进行编程，在程序框图中利用各种结构以及数据线和控件函数来完成程序设计，框图与前面板相互对应。在框图里有各种节点，即输入/输出控件、布尔以及数据常

量和常用的程序执行控制结构，在程序框图里放好了各种控件后，需要用线将各种控件连接起来，从而定义他们的数据流，不同的线代表不同的数据流。一切设置完毕，用户能够从终端向程序框图输入数据，然后程序把结果回馈给用户。本文就利用到了结构编程中的 while 循环，for 循环，事件结构，顺序结构，以及各种控件，修饰图形，来进行设计，首先采用平铺式顺序结构，这种顺序结构不但相对简单便于理解，而且还可以保证系统的有序运行。当定义好系统的初始状态后，例如信号灯的开启和关闭时相对应的颜色，红光带的设置，以及区段按钮的位置，检测界面的初始化等等，然后采用 while 循环结构、 for 循环来保证程序可以做到连续并准确的运行。

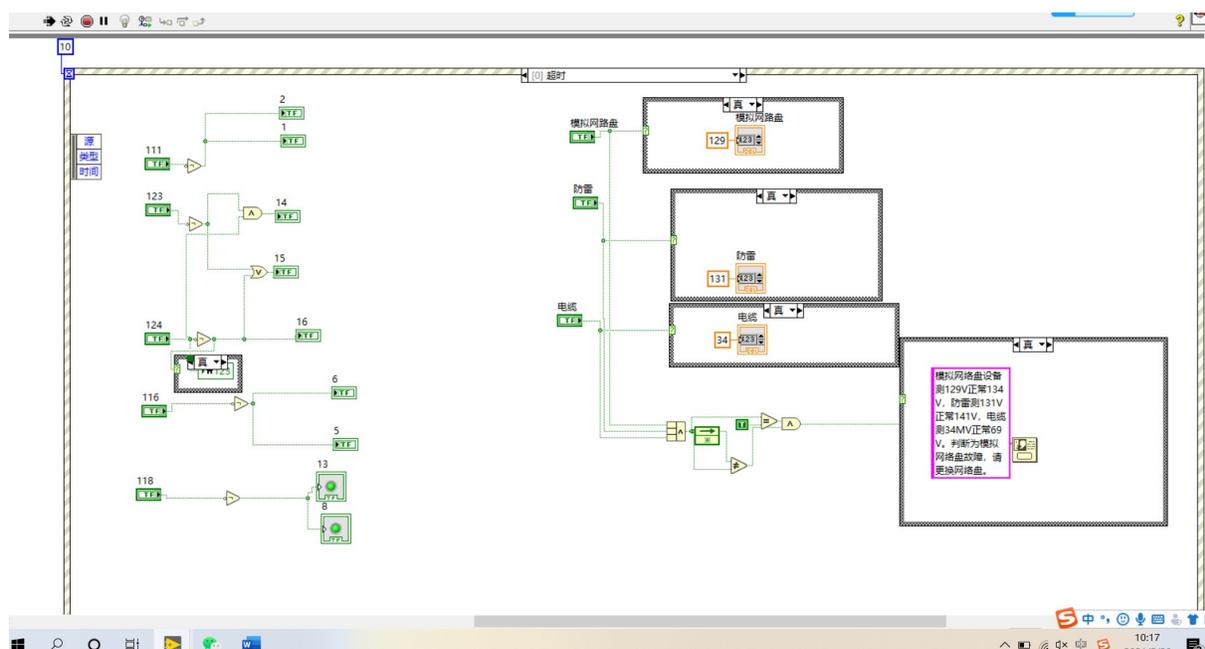


图 3.2 LabVIEW 程序框图面板

3.2.2 车站站场图的绘制

本文利用 LabVIEW 来对车站站场图进行绘制，通过利用前面板中的各种控件来清晰直观的进行表示轨道电路中所需要的电子元器件设备，根据车站站场图 3.3，画出车站信号平面布置图如图 3.4，可以看出站场图中有四条股道，每条股道上都设有电信号元件，如信号机、道岔开关、轨道电路区段设备等等，对其进行编号及命名，设备与编号一一对应，这样不但方便标识，而且也方便下面所需要进行的操作。

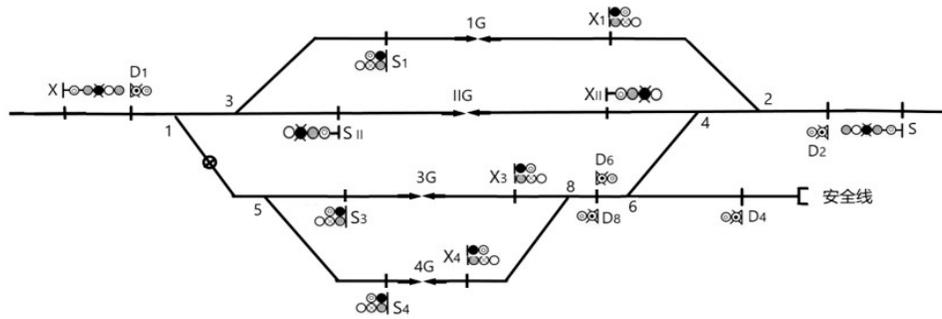


图 3.3 轨道电路站场图

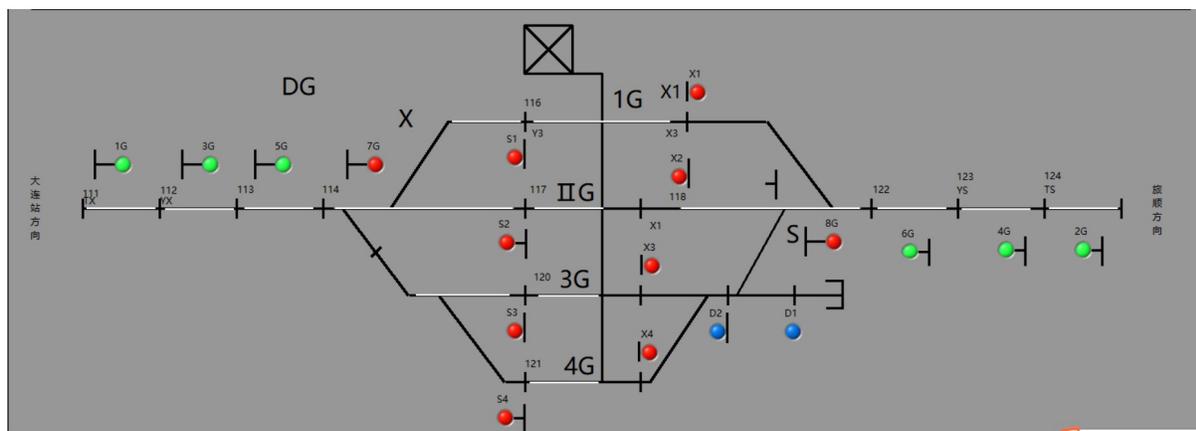


图 3.4 车站信号平面布置图

进站信号机都设置在各个进出站口的位置。例如：图 3.4 中，大连方面的站口处设置了进站信号机 X，旅顺方面设置了进站信号机 S。调车信号机是安装在大型车站内，为维持行车、调车稳定进行，在每个调车进路入口处设置的铁路信号机，如图 3.4 中显示蓝色灯光的信号机 D1、D2 等。出站信号机是指列车能否从车站向区间内发车的凭证，车站的正线和到发线上应设置该种信号机。在该设备所对应的闭塞和半自动闭塞区段内，出站信号机表示该区间已经被占用，如图 3.4 在该系统中也设置了 S1、S2、S3、S4、X1、X2、X3、X4 这些信号机。车站内相应的轨道线路，都应该安装相应的出站信号机。如图在该系统上还设有各自区段的表示信号机。在每一条区段下面，还同时设置有故障诊断检测按钮，这些按钮可以控制所对应的线路区段，用户可以点击与区段下方对应的控制按钮来实现对该区段的数据检测，以及故障判断。如果该区段出现了故障，那么相应区段就会出现亮红光带的现象。以此凭证便可以确定出该区段存在故障。反之如果进行了上述操作后，该区段的灯带没有发生变红的现象，那么则说明该区段不存在故障。

3.2.3 测试系统界面

具体操作方法是点击运行按钮，然后点击要测试区段下方的开关，将会初步判断故障是室内还是室外，然后点击操作台上的“测试结果”按钮，系统会自行分析，得到故障诊断结果并给出一定意见。不论电压处于正常范围还是不在正常范围内，系统都会自行判断，以确定故障原因，并能够获得相应的故障处理意见，从而实现对于故障的检测和维修，在完成了某个区段的检测后，用户需要点击白色的“系统重置”按钮，以实现数据的重置，方便用户进行下一次的测试，如果用户不再使用该系统，想要停止运行该系统，可以点击红色的“结束运行”按钮，系统会自己结束运行。

第4章 运用 LabVIEW 实现轨道电路故障检测

4.1 网络盘故障模拟

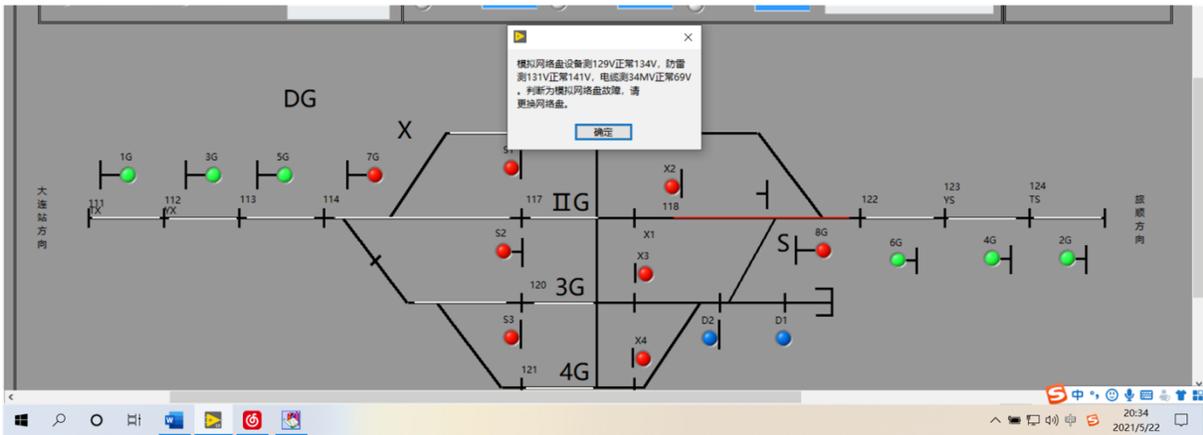
模拟 X1-D2 该区段的故障检测,如图 4.1,运行程序点击该区段下方的测试按钮,弹出提示框“各个测试孔数据模拟测试完毕,请点击‘测试结果’按钮查看结果!”,轨面电路发送电压和接收电压正常,分线盘显示发送电压为 24.6V,接收电压显示 0V,系统给出指示初步判断故障在室内。然后看衰耗器上的各个数据,故障诊断框提示“衰耗器没有故障,建议对防雷模拟网络箱进行检查!”当系统界面中出现这种字样提示时,说明轨面电路相关设备,分线盘及衰耗盘没有故障,因而需要进行进行下一个检测,防雷模拟网络箱的检测,依次点击“模拟网路盘”,“防雷”以及“电缆”三个按钮,相应的设备数据会显示在后面的数据框里,模拟网络盘电压为 129V,防雷测 131V,电缆测 34MV,弹出提示框模拟网络盘设备测 129V 正常 134V,防雷测 131V 正常 141V,电缆测 34MV 正常 69V。判断为模拟网络盘发生故障。



图 4.1 网络盘故障模拟

4.2 室外受端轨面小轨道故障模拟

模拟 YS-TS 这一区段的故障检测,如图 4.2,运行程序,点击该区段下方的测试按钮,弹出提示框“各个测试孔数据模拟测试完毕,请点击‘测试结果’按钮查看结果!”,轨面电路发送电压



636mV 正常，接收电压为 615mV 正常，分线盘发送电压 24.5V 正常，接收电压为 0V，初步判断故障在室外：然后点击“测试结果”按钮，看衰耗器上各个数据，轨出 1 电压下降，轨出 2 电压下降，XG 电压为 0V，XGJ 电压不变，“发送工作”灯亮，“接收工作”灯灭，“轨道占用”灯灭，此时无需点击防雷模拟网络箱里的三个按钮，判断故障为室外受端轨面至衰耗盒故障，根据提示更换相应设备，虽然此次测试只是针对 YS-TS 区段，但是该区段有两个故障，因此 YS-TS 区段都出现了红光带，由此可见该系统十分全面，能够测到相邻区段的故障并给出检测结果，模拟如图 4.2。

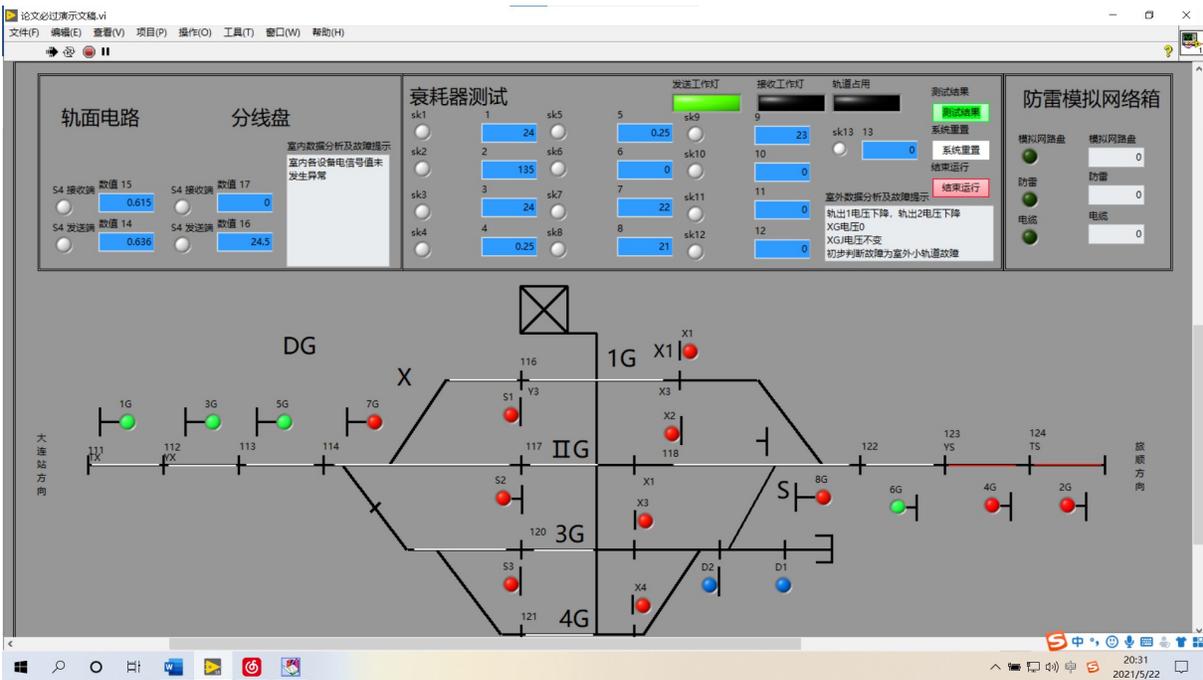


图 4.2 室外受端轨面小轨道故障模拟

4.3 无故障检测模拟

模拟 X 信号灯控制的相应区段的数据检测，为了模拟一个正常区段的数据检测，我已经在后台设置好了相应的数据，如图 4.3，运行程序，点击该区段下方的测试按钮，弹出提示框“各个测试孔数

据模拟测试完毕，请点击‘测试结果’按钮查看结果！”轨面电路和分线盘各个数据孔测试电压均正常；然后点击“测试结果”按钮，看衰耗器各个数据，所有测试孔电压都处于正常范围，“发送工作”灯亮，发送工作正常，“接收工作”灯亮。

系统提示框显示“所有数据均正常”，线路无故障，模拟如图 4.3，其他条线路的正常区段测试也是此操作。

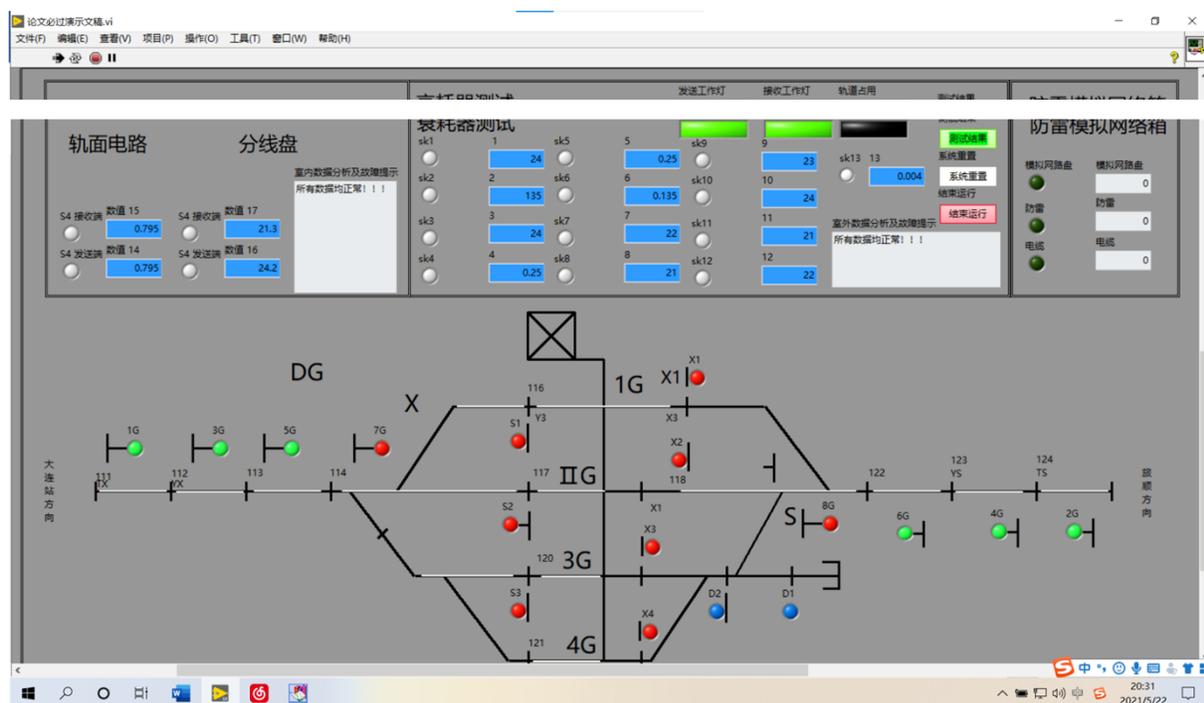


图 4.3 无故障检测模拟

4.4 室内衰耗器故障模拟

模拟 S3-X3 该区段的故障检测，如图 4.4 所示，运行程序，点击该区段下方的测试按钮，弹出提示框“各个测试孔数据模拟测试完毕，请点击‘测试结果’按钮查看结果！”，轨面电路发送电压正常，接收电压正常，分线盘显示发送电压为 24V 正常，接收电压 0V。系统给出提示初步判断故障在室内，然后点击“测试结果”按钮，看衰耗器上各个数据，轨道 2 电压和小轨电压不正常，其他测试孔数据正常，此时无需点击防雷模拟网络箱里的三个按钮，判断故障为室内衰耗器故障，根据提示更换相应设备，检测完毕点击“系统重置”按钮，进行下一个区段的检测，模拟如图 4.4。

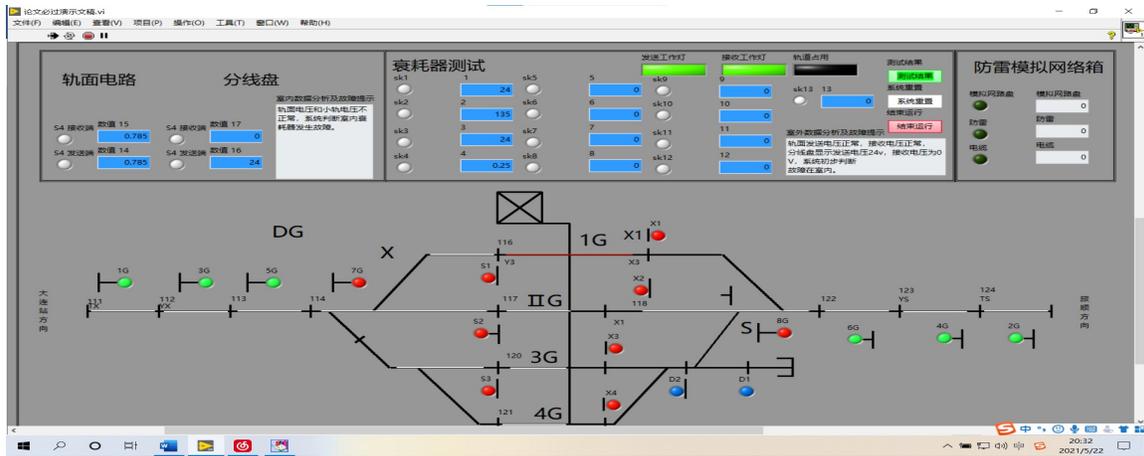


图 4.4 室内衰耗器故障模拟

4.5 室内接收器故障模拟

模拟 TX-YX 这一区段的检测，如图 4.5，运行程序，点击 TX-YX 这一区段下面的测试按钮，轨面电路，分线盘及衰耗器测试下面的界面会出现各种数据，该数据即为模拟的数据，测试轨面电压和分线盘电压，轨面电路发送电压

641mV，正常，接收电压为 0V，分线盘发送电压和接收电压均正常，初步判断故障在室内；然后点击‘测试结果’按钮，在衰耗器检测页面，显示了 13 个测试控的测试信息，SK3 孔显示接收电压为 0V，SK13 测试孔电压不正常，其它测试孔电压都处于正常范围，“发送工作”灯亮，“接收工作”灯灭，判断故障为室内接收器故障，根据提示更换相应设备，模拟如图 4.5。



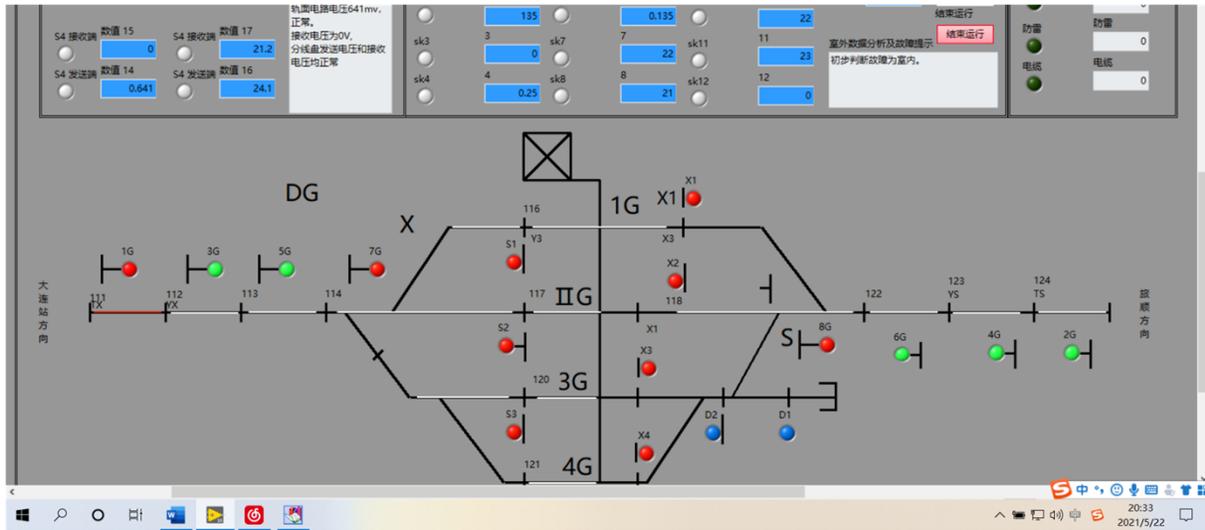


图 4.5 室内接受器故障模拟

该系统设计采用了纯仿真的方式来实现对故障的检测，系统一共模拟了 5 个故障，2 个正常区段，当然，针对 ZPW-2000A 轨道电路常见的故障并没有全部模拟出来，改程序其余的区段测试都是正常，通过模拟出来的这 7 次测试，能够更加明确轨道电路的正常工作在列车运行中的重要作用。同时通过该系统可以较为直观的看到各个测试孔的数据变化，从而与标准值进行对比，综合分析判断出本区段发生故障的具体原因，然后对发生故障的区段进行维修并将坏掉的元器件进行及时的维修或是更换。当然，ZPW-2000A 轨道电路常见的故障还有很多种情况，出现红光带的原因也还有很多种状况，需要综合判断和分析，在此就不一一列举。该仿真系统使用起来较为方便界面简洁，没有复杂的操作流程，便是故障的检测。虽然此次影响，无法实现到实地去测试该系统，但有一点要明确的就是，轨道电路系统的正常运行与否对于列车的运行以及广大游客的人身安全十分重要，因此我们要十分重视日常生活中对于轨道电路系统的检测与维护，从而保证列车系统能够正常稳定的运行，防止出现事故造成重大经济损失及人员伤亡，造成不可挽回的后果。当然，我相信随着科技的进步，社会的发展，在广大专家及学者的共同努力下，未来将会有更加智能、更加高科技的轨道电路及轨道电路诊断检测系统出现在我们的视野中，轨道电路也定将会朝着更好的方向发展，能够更好地保障列车得安全运行，从而推动我国铁路事业的高速发展。

4.6 本章小结本章通过 LabVIEW 模拟仿真软件模拟了五种情况。四种故障状态、一种正常情况。四种故障分别为：

- (1) 网络盘故障模拟。室内接收器故障模拟。
- (2) 室外接受端轨面衰耗盒故障模拟。

(3) 室内衰耗器故障模拟。(4) 室内接收器故障模拟。

本章通过对 ZPW-2000A 轨道电路几种常见故障的模拟，充分展示出该系统的理论依据，以及其可使用性。

总结与展望

因为轨道电路大部分时间都在自然环境中工作，极易受到大自然中各种因素的影响这就使得轨道室外设备放生故障的概率变得很高，其故障模式复杂多样，如何准确迅速识别出故障点，仍然铁路信号领域难题。据此，选取

ZPW-2000A 型轨道电路，针对它的红光带和分路不良两大故障类型研究智能诊断算法，基于实验室平台与相关理论对该两类故障进行实验室模拟以及仿真实现，采用核心为基于数据的智能诊断算法构建相应故障诊断方法。

论文的研究内容和成果：

(1) 在深入研究文献资料以及参与科研项目课题的基础上，指出基于数据的智能诊断方法对进一步提高高速列车行车安全的重要意义，并选此为本文的核心内容。

(2) 针对 ZPW-2000A 型无绝缘移频轨道电路当成考虑的目标，从构成和作用上对 ZPW-2000A 型轨道电路实施相关分析，总结出 ZPW-2000A 型轨道电路红光带和线路表示不清两种总的问题。根据西南交通大学相关研究文献，总结并研究出 ZPW-2000A 型轨道电路红光带展示实验操作台，表示出真是运营环境条件下的轨道红光带，在通过实验得出轨道电路发生红光带是所采集到的数据。结合平衡传输理论和四端口电路原理，创造出基于列车占用 ZPW-2000A 型轨道电路的电路模拟，用此来表示出真实环境中 ZPW-2000A 型轨道电路分路不良问题，总结出轨道电路发生电路分路不清时相对应的故障电流电压值。

(3) 详细阐述研究内容运用到的相关原理知识，例如 ZPW-2000A 型无绝缘轨道电路的电路构成器件，及其各个其间发挥的作用、工作原理，以及对所运用到的仿真软件 LabVIEW 进行了介绍。

(4) 对复杂红光带故障进行细化，获取故障诊断的总体分类，进而确定诊断模型的输入输出；提高诊断效率与正确性，系统一共模拟了 4 个故障，1 个正常区段，将 ZPW-2000A 轨道电路常见的几个典型故障模拟出来，能够更加明确轨道电路的正常工作在列车运行中的重要作用。同时通过该系统可以较为直观的看到各个测试孔的数据变化，从而与标准值进行对比，综合分析判断出本区段发生故障的具体原因，然后对发生故障的区段进行维修并将坏掉的元件进行及时的维修或是更换。

参考文献：

- [1]王飞,罗天园,罗丽梅. 12V240 燃气机燃料供给系统设计 [J]. 柴油机设计与制造, 2024, 30 (03): 13-17.
- [2]张浩杰. 城市轨道交通给排水及消防系统设计要点探究 [J]. 绿色建筑, 2024, (05): 124-128.
- [3]吴修玉,刘海,左学谦. 基于研华 MAS 控制器的鞋底磨边机控制系统设计 [J]. 机械管理开发, 2024, 39 (09): 205-206+209. DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2024.09.071.
- [4]申高文. 皮带机智能动态纠偏系统设计及应用分析 [J]. 机械管理开发, 2024, 39 (09): 244-246. DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2024.09.086.
- [5]郭迎锋. 基于无线传感器网络开发的液压支架电液控制系统设计 [J]. 机械管理开发, 2024, 39 (09): 247-249+252. DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2024.09.087.
- [6]李尚平,甘伟光,郑创锐,等. 甘蔗切种机多刀闭环协同控制系统设计与试验 [J/OL]. 农机化研究, 1-8[2024-09-10].

<https://doi.org/10.13427/j.issn.1003-188X>. 2025. 06. 023.

[7]李国保, 曾蕙明, 夏倩倩, 等. 基于 FPGA 的压力管道泄漏声波信号采集系统设计 [J/OL]. 无线电工程, 1-10[2024-09-10].

<http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1097.TN.20240909.1338.005.html>.

[8]杜妍辰, 庄圆涛, 胡杰, 等. 一种新型坐卧式下肢康复机器人控制系统设计 [J]. 中国康复医学杂志, 2024, 39 (09): 1332-1338.

[9]郜嘉骏, 李炆斌, 陈怡怡, 等. 基于 STM32 的新型治沙草方格机控制系统设计 [J]. 工程机械, 2024, 55 (09): 192-196+18.

[10]陈磊, 郭阳春, 王营光, 等. 固定式伸缩臂叉装车安全控制系统设计与实现 [J]. 工程机械, 2024, 55 (09): 94-98+12.

[11]夏文颖, 杨雷, 胡纯栋, 等. CRAFT NNBI 束源高温冷却水系统设计与分析 [J]. 核聚变与等离子体物理, 2024, 44 (03): 297-303.

DOI:10.16568/j.0254-6086.202403008.

[12]武炳楠. 煤矿液压支架控制系统设计与应用研究 [J]. 机械管理开发, 2024, 39 (09): 199-201.

DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2024.09.069.

[13]李一申. 矿用无轨胶轮车远程调度系统设计及应用 [J]. 机械管理开发, 2024, 39 (09): 226-

228. DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2024.09.079.

[14]罗涛. 皮带运输机的节能控制系统设计 [J]. 机械管理开发, 2024, 39 (09): 241-243.

DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2024.09.085.

[15]王攀, 陈昌鑫, 王丽君, 等. 用于激光反射镜面调节的双电机控制系统设计 [J/OL]. 中国测试, 1-7[2024-09-10].

<http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1714.TB.20240905.1517.023.html>.

[16]王强, 何磊, 周艳, 等. 基于 PLC 的枣枝粉碎机控制系统设计与试验 [J/OL]. 农机化研究, 1-8[2024-09-10].

<https://doi.org/10.13427/j.issn.1003-188X.2025.06.013>.

[17]王豪,周建玲,张浩,等. 全海深定压触发式序列保压采水系统设计与试验研究 [J/OL]. 海洋工程, 1-9[2024-09-10].

<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1423.P.20240906.1157.002.html>.

[18]衡阳,张鹏,李勇志,等. 基于MicroBlaze 与 FPGA 的高可靠性嵌入式系统设计 [J]. 电子信息对抗技术, 2024, 39 (05): 101-105.

[19]李雪梅,钟青祥,胡立春,等. 大渡河流域电站智慧运行控制系统设计 [J/OL]. 南水北调与水利科技(中英文), 1-8[2024-09-10].

<http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1430.TV.20240904.1709.012.html>.

[20]程锋利,尹名初,王磊,等. 一种改进型可重构多波束天线系统设计 [J/OL]. 无线电工程, 1-8[2024-09-10].

<http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1097.TN.20240905.1124.002.html>.

[21]王亮亮,李彪,张延. 光伏电池厂房工艺排风系统设计与安装 [J/OL]. 暖通空调, 1-6[2024-09-

10].

<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2832.TU.20240904.1644.004.html>.

[22]钱承山,刘涛,曹倩,等. 基于NB-IoT的消防水源数字化感知系统设计 [J/OL]. 无线电工程, 1-14[2024-09-10].

<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1097.tn.20240905.1126.004.html>.

[23]张净,涂笑童,刘晓梅. 基于粒子群优化算法的太阳能水培智能控制系统设计与实现 [J]. 软件工程, 2024, 27 (09): 14-19.

DOI:10.19644/j.cnki.issn2096-1472.2024.009.004.

[24]张瑞斌. 基于于NB-IoT的农业物联网智能灌溉控制系统设计与开发 [J]. 现代农业研究, 2024, 30 (09): 118-120.

DOI:10.19704/j.cnki.xdnyyj.2024.09.016.

[25]陈安吉,刘欢,龚锦春,等. 基于STM32和OpenMV的水下机器人管道巡检系统设计 [J]. 科技与创新, 2024, (17): 56-58+62.

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/088056107111007003>