

铁路信号智能化电源屏监测数据智能分析软件设计

秦岳圣¹, 刘钊²

1. 北京交通大学自动化与智能学院, 北京 100044

2. 中国铁路北京局集团有限公司天津电务段, 天津 300140

摘要： 随着铁路运输向着高速化、重载化方向发展，对铁路信号设备的供电质量提出了越来越高的要求。本文介绍了通过采集电路板及电压电流传感器实时采集外电网及各电源模块数据，包含电压电流和相位等。设计一套智能化电源屏监测数据智能分析软件，对铁路信号智能化电源屏各模块的历史数据和实时数据进行对比分析，给出设备预警信息，实现从“故障修”到“状态修”的转变。提高了铁路信号设备的供电质量，软件具备智能监测分析、实时数据查询、信息存储和报警等功能。

关键词： 铁路信号；智能化电源屏；数据分析

Design of Intelligent Analysis Software for Intelligent Power Screen Monitoring Data of Railway Signal

Qin Yuesheng¹, Liu Zhao²

1. School of Automation and Intelligence, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044

2. China Railway Beijing Bureau Group Co., LTD. Tianjin Electricity Section, Tianjin 300140

Abstract： With the development of railway transportation towards the direction of high-speed and heavy-load, higher and higher requirements are put forward for the power supply quality of railway signal equipment. This paper introduces the data of external power grid and each power supply module by collecting circuit board and voltage and current sensor, including voltage and current and phase. A set of intelligent data analysis software of intelligent power screen monitoring data is designed to compare and analyze the historical data and real-time data of each module of railway signal intelligent power screen, and give the equipment warning information, so as to realize the change from "fault repair" to "state repair". The power supply quality of railway signal equipment is improved, and the software has the functions of intelligent monitoring and analysis, real-time data query, information storage and alarm.

Keywords： railway signal; intelligent power supply screen; data analysis

引言

铁路信号电源屏是铁路信号设备的专用供电设备，为信号系统的正常运行提供稳定、可靠、高质量的电源。铁路信号电源屏负责为铁路沿线的自动闭塞、车站联锁、调度集中、驼峰、机车信号、道口信号等铁路信号设备进行供电。电源屏设备若发生故障，会直接影响行车安全，造成严重的经济损失和不良的社会影响。传统的铁路信号电源屏检测采用人工巡检和定期检测的方式，存在检测周期长、实时性差、数据不全面等问题，无法及时发现和处理潜在的安全隐患。因此，设计一套铁路信号智能化电源屏监测数据智能分析软件，实时监测电源屏的运行状态，提高供电质量，保障行车安全。

一、铁路信号智能化电源屏监测数据智能分析软件总体功能

铁路信号智能化电源屏监测数据智能分析软件是专门针对铁路信号电源屏设备设计的智能监测系统。它基于物联网、云计算、大数据等技术，实现对电源屏设备的实时监测、数据采集、

智能分析和预警报警等功能。软件采用模块化设计，由数据采集模块、数据处理模块、智能分析模块、预警报警模块和人机交互模块等组成。数据采集模块通过传感器和采集电路板实时采集电源屏设备的电压、电流、频率、相位等参数，以及环境温度、湿度等环境参数。数据处理模块对采集到的数据进行预处理、滤波、校准等操作，确保数据的准确性和可靠性。智能分析模块利

基金项目：中国高校产学研创新基金—新一代信息技术创新项目《高铁信号控制实训系统的研究与应用实践》，课题编号：2023IT233。

用机器学习、数据挖掘等技术对处理后的数据进行智能分析，提取出电源屏设备的运行状态、变化趋势等关键信息。预警报警模块根据智能分析的结果，设定合理的预警阈值和报警规则，当电源屏设备出现异常或故障时，及时发出预警或报警信息，提醒运维人员进行处理。人机交互模块提供友好的用户界面，实现数据的可视化展示、历史数据查询、报表生成等功能，方便运维人员进行设备管理和数据分析。

（一）实时监测：通过采集电路板及电压电流传感器，实时获取外电网及各电源模块的数据，包括电压、电流和相位等关键参数^[1]。

（二）智能分析：对历史数据和实时数据进行对比分析，识别电源屏的运行状态，预测潜在故障，提供预警信息。

（三）数据查询：提供便捷的数据查询功能，用户可以根据需要查询历史数据或实时数据。

（四）信息存储：将采集到的数据和分析结果存储在数据库中，便于后续的数据分析和故障排查。

（五）报警功能：当检测到异常数据时，软件能够自动触发报警，提醒用户及时处理。

二、铁路信号智能化电源屏监测系统架构

铁路信号智能化电源屏监测系统主要由数据采集层、数据传输层、数据处理层和应用层四个部分组成。

（一）数据采集层

数据采集层主要负责实时采集电源屏设备的各项运行参数。采集的参数包括输入电压、输出电压、输出电流、频率、相位等电气参数，以及温度、湿度等环境参数。采集层通过传感器和采集电路板将这些参数转化为数字信号，并进行初步的滤波和校准处理，确保数据的准确性和可靠性。

（二）数据传输层

数据传输层负责将采集到的数据从采集层传输到数据处理层。传输层采用有线或无线方式，通过以太网、光纤、移动通信网络等通信协议，实现数据的实时传输和远程访问。传输层还具备数据加密和校验功能，确保数据在传输过程中的安全性和完整性。

（三）数据处理层

数据处理层对传输层接收到的数据进行进一步的处理和分析。处理层采用分布式计算、云计算等技术，对海量数据进行存储、管理和处理。处理层通过数据清洗、数据挖掘、特征提取等算法，提取出电源屏设备的运行状态、变化趋势等关键信息，为智能分析和预警报警提供数据支持。

（四）应用层

应用层是铁路信号智能化电源屏监测系统的用户接口，主要实现数据的可视化展示、预警报警、数据分析等功能。应用层提供友好的用户界面，方便运维人员实时监测电源屏设备的运行状态，查看历史数据和报警记录，生成报表和分析报告。应用层还支持与其他系统的数据共享和联动，实现设备的远程管理和智能化运维。

三、监测数据智能分析软件功能模块设计

（一）数据采集模块设计

数据采集模块是铁路信号智能化电源屏监测数据智能分析软件的重要组成部分，它负责实时采集电源屏设备的各项运行参数。设计数据采集模块时，需要考虑以下几个方面：

（1）传感器选型：根据电源屏设备的类型和监测需求，选择合适的传感器进行数据采集。传感器应具备高精度、高稳定性和高可靠性等特点，确保采集到的数据准确可靠。

（2）采集电路设计：设计合理的采集电路，将传感器采集到的模拟信号转化为数字信号，并进行初步的滤波和校准处理。采集电路应具备抗干扰能力强、低功耗等特点，确保数据采集的稳定性和可靠性。

（3）数据采集频率：根据电源屏设备的运行特点和监测需求，设置合理的数据采集频率。采集频率应足够高，能够捕捉到设备的瞬时变化，同时又要避免数据冗余和传输压力。

（4）数据同步与校准：对于多个传感器采集到的数据，需要进行同步和校准处理，确保数据的一致性和准确性。可以采用时间戳、数据编号等方式实现数据的同步，采用标准值、校准曲线等方式实现数据的校准^[2]。

（5）数据安全性：数据采集模块需要具备一定的安全性，防止数据被非法获取或篡改。可以采用数据加密、身份认证等方式保护数据的安全性。

（二）数据处理模块设计

数据处理模块是铁路信号智能化电源屏监测数据智能分析软件的核心部分，它负责对采集到的数据进行预处理、滤波、校准等操作，为后续的智能分析和预警报警提供准确的数据支持。设计数据处理模块时，需要考虑以下几个方面：

（1）数据预处理：对采集到的原始数据进行预处理，包括去除异常值、填补缺失值、数据平滑等操作。预处理的目的是提高数据的质量和可靠性，为后续的分析 and 建模提供良好的基础。

（2）数据滤波：对采集到的数据进行滤波处理，去除噪声和干扰信号，提高数据的信噪比。滤波方法可以根据实际需求选择，如低通滤波、高通滤波、带通滤波等。

（3）数据校准：对采集到的数据进行校准处理，消除传感器误差和漂移等因素对数据的影响。校准方法可以根据传感器的特性和需求选择，如线性校准、非线性校准等^[3]。

（4）数据归一化：将采集到的数据进行归一化处理，将数据转化为无量纲的数值，方便后续的分析 and 比较。归一化方法可以根据实际需求选择，如最小-最大归一化、Z-score归一化等。

（5）数据存储与管理：对处理后的数据进行存储和管理，建立合理的数据结构和索引，方便后续的数据查询和分析。同时，需要设计合理的数据备份和恢复策略，确保数据的安全性和可靠性。

（三）智能分析模块设计

智能分析模块是铁路信号智能化电源屏监测数据智能分析软件的重要组成部分，它利用机器学习、数据挖掘等技术对处理后

的数据进行智能分析,提取出电源屏设备的运行状态、变化趋势等关键信息。设计智能分析模块时,需要考虑以下几个方面:

(1) 特征提取:从处理后的数据中提取出能够反映电源屏设备运行状态和变化趋势的特征。特征提取方法可以根据实际需求选择,如主成分分析、线性判别分析、独立成分分析等。

(2) 模型建立:根据提取的特征建立合适的模型,用于对电源屏设备的运行状态进行分类、预测和诊断。模型可以根据实际需求选择,如支持向量机、神经网络、决策树等。

(3) 算法优化:对建立的模型进行算法优化,提高模型的准确性和鲁棒性。优化方法可以根据实际需求选择,如参数调优、特征选择、集成学习等。

(4) 异常检测:利用模型对处理后的数据进行异常检测,及时发现电源屏设备的异常情况。异常检测方法可以根据实际需求选择,如基于统计的方法、基于距离的方法、基于密度的方法等。

(5) 趋势预测:利用模型对电源屏设备的运行趋势进行预测,为运维人员提供决策支持。预测方法可以根据实际需求选择,如时间序列分析、灰色预测、神经网络预测等。

(四) 预警报警模块设计

预警报警模块是铁路信号智能化电源屏监测数据智能分析软件的重要组成部分,它根据智能分析模块的结果,设定合理的预警阈值和报警规则,当电源屏设备出现异常或故障时,及时发出预警或报警信息,提醒运维人员进行处理。设计预警报警模块时,需要考虑以下几个方面:

(1) 预警阈值设定:根据电源屏设备的运行特点和监测需求,设定合理的预警阈值。预警阈值可以根据实际需求选择,如电压、电流、频率等参数的阈值,以及温度、湿度等环境参数的阈值。

(2) 报警规则制定:根据预警阈值制定合理的报警规则,包括报警级别、报警方式、报警内容等。报警级别可以根据实际情况设定,如一级报警、二级报警等;报警方式可以选择声音报警、光报警、短信报警等;报警内容可以包括故障类型、故障位置、处理建议等。

(3) 报警信息推送:当电源屏设备出现异常或故障时,预警报警模块需要及时将报警信息推送给运维人员。推送方式可以选择邮件推送、短信推送、APP推送等,确保运维人员能够及时接收到报警信息。

(4) 报警信息记录:对发出的报警信息进行记录和管理,方便运维人员进行后续的分析和处理。记录内容可以包括报警时间、报警级别、报警内容、处理情况等。

(5) 报警信息分析:对报警信息进行统计和分析,提取出常见的故障类型和故障原因,为运维人员提供针对性的解决方案和改进建议。

四、人机交互模块设计

人机交互模块是铁路信号智能化电源屏监测数据智能分析软

件的重要组成部分,它提供友好的用户界面,实现数据的可视化展示、历史数据查询、报表生成等功能,方便运维人员进行设备管理和数据分析。

(一) 主界面设计

主界面是用户与软件交互的主要窗口,应包含以下功能区域:

(1) 菜单栏:提供文件、编辑、查看、设置和帮助等常用菜单项,便于用户进行系统管理、数据导出、软件配置等操作。

(2) 工具栏:提供快速访问常用功能的按钮,如数据查询、实时监测、报警设置、历史数据分析等。

(3) 数据显示区:实时显示外电网及各电源模块的电压、电流、相位等关键数据,采用图表或仪表盘的形式直观展示。

(4) 报警信息区:实时显示设备预警和报警信息,通过颜色变化或闪烁等方式提醒用户注意。

(5) 状态指示区:显示系统运行状态,包括数据采集状态、通信状态、存储状态等。

(二) 数据采集与实时监测模块

(1) 数据采集界面:

提供数据采集的启动和停止按钮,用户可以根据需要手动控制数据采集过程。

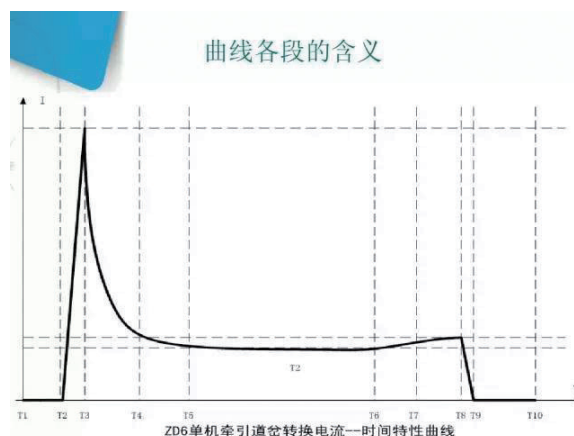
显示数据采集的实时进度和采集到的数据预览。

(2) 实时监测界面:

采用动态图表或仪表盘实时显示电压、电流、相位等数据的变化趋势(如图1所示)。

提供数据刷新频率设置,用户可以根据需要调整数据更新速度。

实时监测界面应支持多窗口显示,用户可以同时查看不同模块或不同时间段的数据。



> 图1 电源曲线采集

(三) 历史数据分析与预警模块

(1) 历史数据查询界面:

提供时间范围选择、模块选择和数据类型选择等功能,用户可以根据需要筛选和查询历史数据。

查询结果以表格或图表形式展示,支持数据导出功能。

(2) 数据分析界面:

提供数据分析工具,如趋势分析、相关性分析、频率分析

等，帮助用户深入挖掘数据背后的规律和趋势。

提供数据分析结果的可视化展示，如趋势图、散点图、直方图等。

（3）预警设置界面：

用户可以设置电压、电流等数据的预警阈值，当数据超过阈值时系统自动触发预警。

提供预警信息的自定义功能，用户可以根据需要设置预警信息的显示方式和内容。

预警设置界面应支持多种预警方式，如声音报警、短信报警、邮件报警等。

（四）报警与故障处理模块

（1）报警信息显示界面：

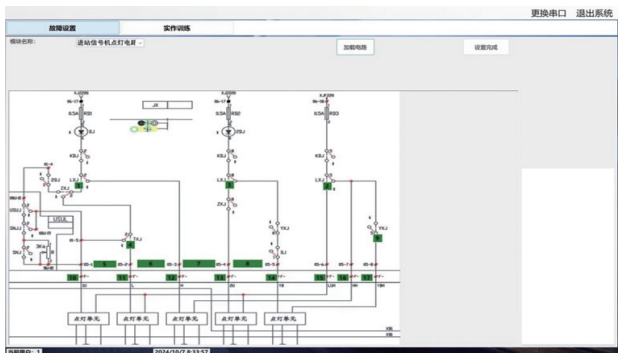
实时显示设备预警和报警信息，包括报警时间、报警类型、报警级别、报警原因等。

提供报警信息的确认和解除功能，用户可以根据实际情况处理报警信息。

（2）故障处理界面：

提供故障定位、故障分析和故障处理等功能，帮助用户快速定位故障原因并采取相应的处理措施（如图2所示）。

故障处理界面应支持故障记录的查看和导出功能，便于用户进行故障分析和总结。



> 图2 故障指导分析处理

（五）系统设置与权限管理模块

（1）系统设置界面：

提供数据采集参数设置、系统参数设置、通信参数设置等功

能，用户可以根据需要进行系统配置。

提供系统日志查看功能，记录系统运行过程中的重要事件和错误信息。

（2）权限管理界面：

提供用户管理、角色管理、权限分配等功能，确保系统数据的安全性和用户操作的合规性，权限管理界面支持多用户、多角色、多权限的灵活配置和管理。

铁路信号智能化电源屏监测数据智能分析软件的人机交互设计是确保软件易用性和有效性的关键。通过合理的界面布局、清晰的视觉层次、及时的反馈机制、丰富的数据可视化手段以及完善的用户培训与支持体系，可以大大提高用户的使用体验和满意度。同时，软件还应具备可靠性、可扩展性和安全性等关键特性，以确保系统的稳定运行和数据的安全可靠。

五、软件安全性与可靠性

（1）数据安全性：采取必要的安全措施，确保采集到的数据和分析结果不被泄露或篡改。同时，对数据库进行加密处理，提高数据的安全性。

（2）软件可靠性：对软件进行严格的测试和验证，确保其稳定性和可靠性。同时，提供故障恢复和错误处理机制，以便在软件出现故障时能够迅速恢复并继续运行。

六、结论

铁路信号智能化电源屏实时监测数据智能分析判断软件的设计是实现铁路信号设备从“故障修”到“状态修”转变的重要手段。通过实时监测电源屏的运行状态，利用机器学习算法进行智能分析判断，提供预警信息，可以大大提高铁路信号设备的供电质量和运行可靠性。同时，该软件还具备数据查询、信息存储和报警等功能，为用户提供了便捷的操作体验。在未来的发展中，我们将继续优化和完善该软件的设计和功

参考文献

[1]. 白义凤, 铁路电源屏电源模块智能化测试系统设计 [J]. 数字通信世界, 2017.8.
[2]. 徐奕, 信号智能化电源屏的日常维护与检修 [J]. 智能城市, 2016.8.
[3]. 张瑞夏, 铁路电源屏电源模块智能化测试系统设计 [D]. 山东大学, 2016.4.