

基于串口通讯的动车组客室照明系统测试方法

左登超, 杜志强

(中车青岛四方车辆研究所有限公司, 山东 青岛 266031)

摘要: 针对动车组客室照明系统的控制原理和测试方法进行研究; 客室照明系统能够根据不同场景, 为列车客室提供适宜的照明服务, 包括全开、半开、全关和自适应模式; 由于系统验证方面具有挑战性, 提出一种基于串口测试装置的测试方法; 串口测试装置硬件包括电源板卡、CPU 板卡和两块串口卡, 支持 RS485、RS422、RS232 方式与被测设备进行通讯; 软件方面, 能够解析通讯配置文件和协议, 自动进行数据收发, 使得测试时无需修改代码; 串口测试装置能够对客室照明系统的控制端和照明端分别进行验证, 有效解决了灯具数量不足和自适应控制条件难以模拟的问题; 通过实验步骤和结果分析, 验证了客室灯具状态反馈和自适应模式的测试方法; 实验表明, 使用串口测试装置能够有效提高测试的灵活性和效率, 确保客室照明系统运行的稳定性。

关键词: 动车组; 照明; 串口通讯; 测试; 陪测设备

Test Method for EMU Passenger Compartment Lighting System Based on Serial Communication

ZUO Dengchao, DU Zhiqiang

(Qingdao Sifang Rolling Stock Research Institute, CRRC, Qingdao 266031, China)

Abstract: Research on the control principle and testing method of a passenger compartment lighting system for electric multiple units (EMUs) is conducted. The passenger compartment lighting system can provide suitable lighting services for a train passenger compartment according to different scenarios, including fully open, half open, fully closed, and adaptive modes. Due to the challenges in system validation, a testing method based on a serial port testing device is proposed. The hardware of the serial port testing device includes a power board, a CPU board, and two serial port cards, which support a communication with the tested equipment in RS485, RS422, and RS232 modes; In terms of software, it can parse communication configuration files and protocols, automatically receive and send the data without the code modified during testing; The serial port testing device can verify the control-end and lighting-end of the passenger compartment lighting system separately, effectively solving the insufficient number of lamps and difficulty in simulating adaptive control conditions. Experimental procedures and result analysis verify the testing method for the status feedback and adaptive mode of the passenger compartment lights. Experiments show that a serial port testing device can effectively improve testing flexibility and efficiency, ensuring the stability of the passenger compartment lighting system operation.

Keywords: EMU; lighting; serial communication; test; accompanying equipment

0 引言

动车组客室照明系统, 可以在控制设备端对灯具进行照明模式选择, 包括全开模式、半开模式、全关模式、自适应模式, 从而在各种场景下为乘客提供充足的照明服务^[1]。当完成照明系统及控制逻辑的开发时, 需要对系统进行验证。由于客室的灯具数量较多, 并且客室灯具可以根据当前的天气、时间、外温信息, 自动调

节当前的照明状态, 使得测试难度增大^[2]。

传统的测试方法较少, 最常用的测试方法是搭建最小系统, 使用有限的灯具对系统进行简单验证, 这种测试方法不能验证所有客室下所有灯具的状态逻辑, 导致验证不充分; 另外一种测试方法是通过人工修改代码强制程序相关数据, 可以全面验证, 但是这种方式效率低下, 浪费人力物力^[3]。

为了确保客室照明系统的稳定性, 提升测试效率,

收稿日期:2024-11-26; 修回日期:2025-01-07。

作者简介:左登超(1989-),男,硕士,高级工程师。

引用格式:左登超,杜志强. 基于串口通讯的动车组客室照明系统测试方法[J]. 计算机测量与控制, 2025, 33(12):34-41.

本文采用串口测试装置，装置内运行通用程序，通过具体项目的协议配置文件指导装置的收发数据行为，使得测试时无需修改代码，对控制端和照明端分别进行验证，以解决测试环境下灯具数量不足，自适应控制条件难以模拟的问题，为设备的稳定运行提供保障。

1 动车组照明系统控制原理

动车组照明系统控制原理拓扑结构如图 1 所示。

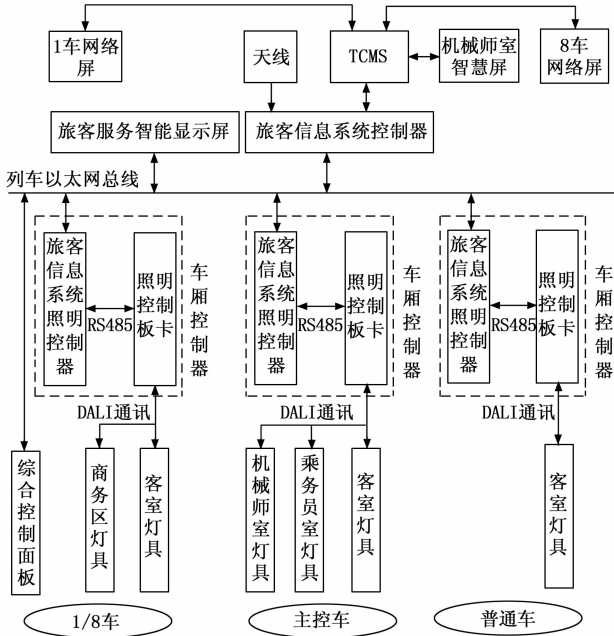


图 1 动车组照明系统控制原理拓扑结构

1.1 照明系统组成

照明系统由灯具和灯具控制设备组成。

1) 灯具：八编组动车组中的 1/8 车为头车厢，分别设置客室照明灯具和商务区照明灯具；2/3/4/6/7 车为普通车厢，设置客室照明灯具；5 车为主控车厢，设置机械师室照明灯具、乘务员室照明灯具、客室照明灯具^[4]。

2) 灯具控制设备：1/8 车分别设置网络屏、综合控制面板；5 车设置机械师室智慧屏、旅客服务智能显示屏、旅客信息系统控制器。每节车厢设置车厢控制器，包含旅客信息系统照明控制器和照明控制板卡^[5]。

1.2 照明系统控制原理

照明系统控制分 4 级控制。

第一级为照明控制板卡。一方面接收旅客信息系统照明控制器发送来的 RS485 灯具控制指令，另一方面与本节车厢的灯具通过 DALI 协议进行组网，将接收到的 RS485 灯具控制指令转换成灯具识别的 DALI 协议；获取灯具状态，通过 RS485 返给旅客信息系统照明控制器^[6]。

第二级为车厢级旅客信息系统照明控制器。接收整

车级旅客信息系统控制器的内部以太网灯具控制指令，并将指令转换成 RS485 协议，发送至照明控制板卡；车厢级旅客信息系统照明控制器将照明控制板卡返回的 RS485 灯具状态，转换成内部以太网协议，上报至整车级旅客信息系统控制器^[7]。

第三级为整车级旅客信息系统控制器。负责汇集所有照明控制设备的指令，通过内部以太网协议下发至各车厢的旅客信息系统照明控制器^[8]。

第四级为照明控制设备。照明控制设备包括：

1) 机械师室智慧屏：在机械师室设置机械师室照明灯具，可以在机械师室智慧屏上单独调节该灯具的亮度。当对灯具进行调节时，智慧屏将控制指令通过 TCMS，以 TRDP 协议形式发送给整车级旅客信息系统控制器，控制器通过内部以太网协议将其转发至旅客信息系统照明控制器，控制器将机械师照明控制信息填充至 RS485 协议中，转发至 5 车的照明控制板卡，从而控制机械师室照明灯具^[9]。

2) 1/8 车综合控制面板：1/8 车观光区设置综合控制面板，用来设置 1/8 车商务区灯具亮度和色温值。综合控制面板将商务区灯具控制指令通过内部以太网协议发送给整车级旅客信息系统控制器，控制器通过内部以太网协议将其转发至旅客信息系统照明控制器，控制器将商务区照明控制信息填充至 RS485 协议中，转发至 1/8 车的照明控制板卡，从而控制商务区照明灯具。

3) 网络控制系统显示屏：1/8 车司机室设置网络控制系统显示屏，用来设置全列客室灯具亮度和色温值。显示屏通过 TRDP 通讯，将客室灯具控制指令发送至旅客信息系统控制器，控制器将 TRDP 控制指令提取后通过内部以太网协议将其转发至旅客信息系统照明控制器，控制器将客室照明控制信息填充至 RS485 协议中，转发至各车的照明控制板卡，从而控制客室照明灯具。

4) 旅客服务智能显示屏：5 车乘务员室设置旅客服务智能显示屏，用来设置全列客室灯具亮度和色温值、乘务员室灯具亮度值。智能显示屏通过以太网通讯，将客室灯具、乘务员室灯具控制指令发送至旅客信息系统控制器，控制器将控制指令提取后通过内部以太网协议将其转发至旅客信息系统照明控制器，控制器将照明控制信息填充至 RS485 协议中，转发至各车的照明控制板卡，从而控制客室灯具、乘务员室灯具^[10]。

1.3 客室灯具控制及状态

每节车厢都设置有客室灯具，客室灯具的控制模式分为自适应模式、全开模式、半开模式及全关模式，并且可以按照车厢进行单独设置。

旅客服务智能显示屏可以设置各车厢的客室灯具状态，并且显示客室所有灯具的状态，其中客室灯具的状

态包括故障、离线、正常共 3 种状态；

当客室灯具处于自适应模式时，整车级旅客信息系统控制器通过天线，接收天气信息，通过 TRDP 以太网接收 TCMS 系统的时间信息、室外温度信息，自动控制灯具的亮度和色温状态。当处于全开、半开、全关模式时，灯具具有固定的色温和亮度显示值。

2 客室照明系统测试原理

由于每节车厢均设置客室照明灯具，数量多，客室照明灯具状态需要显示；客室灯具可以根据当前环境信息，进入自适应模式。

2.1 客室灯具状态反馈测试

旅客服务智能显示屏控制全车客室灯具的亮度和色温，可以显示全列客室灯具的状态信息和故障信息。由于每节车厢的客室灯具数量较多，搭建陪测环境，使用串口测试装置替换每节车厢的照明控制板卡和灯具，模拟照明控制板卡和灯具的状态，用于测试旅客信息系统处理照明的状态逻辑是否正常。

测试系统的连接方式如图 2 所示，将旅客信息系统照明控制器的 RS485 接口与串口测试装置相连接。将照明控制板卡和灯具的状态通讯协议导入至串口测试装置，由串口测试装置发至旅客信息系统照明控制器。

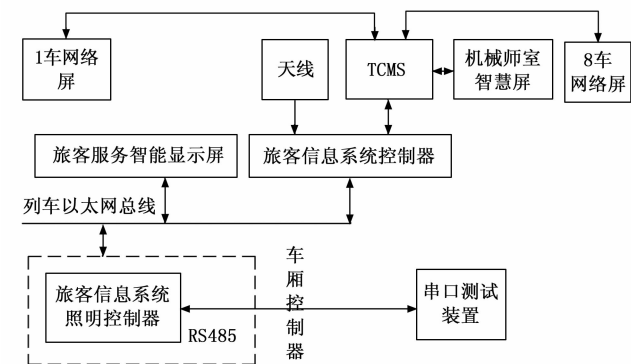


图 2 客室照明状态测试图

2.2 客室灯具自适应测试

客室灯具可以根据当前的天气情况、时间信息、外温信息，自动调节当前的显示状态。由于这 3 种信息使用原被测设备无法模拟出全部工况。使用串口陪测装置，充当旅客信息系统照明控制部分，用以测试客室照明板卡以及客室照明灯具的自适应处理逻辑。

测试系统的连接方式如图 3 所示，将照明控制板卡的 RS485 接口与串口测试装置相连接。将旅客信息系统环境信息通讯协议导入至串口测试装置，由串口测试装置发至照明板卡，进而控制客室灯具显示。

3 串口测试装置硬件设计

串口测试装置用以测试各类基于串口通讯的控制设

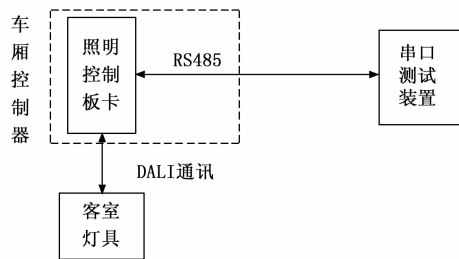


图 3 客室照明自适应模式测试图

备，提高测试的灵活性及通用性。串口测试装置的硬件设计如图 4 所示。

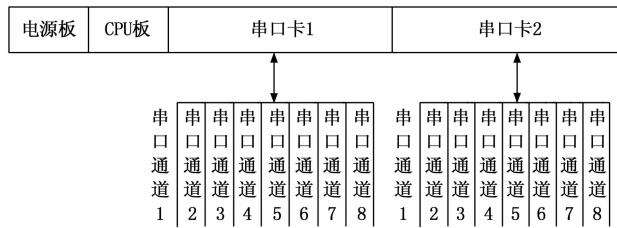


图 4 串口测试装置组成图

串口测试装置包含 1 块电源板卡、1 块 CPU 板卡、两块串口卡，编号分别为 1、2。

串口测试装置的 CPU 采用 X86 架构，Linux 操作系统，CPU 集成有 RJ45 以太网通信接口。装置带有两块串口卡，每一串口卡通过 DB62 连接器对外引出 8 路串口通道，每一路串口通道可通过串口板上的跳线帽，配置为 RS485 或 RS422 或 RS232 通讯方式，串口卡通过背板 CPCI 总线与 CPU 进行通讯^[11]。

装置 CPU 中运行测试程序，通过 CPU 上的 RJ45 以太网口接收工具软件的测试指令，并将测试指令中的内容提取出来，通过对应的串口协议发送至被测设备中。同时根据测试指令，将串口通讯中的目标数据，封装到以太网协议中，返回给工具软件，用来判断被测设备返回的结果是否正确^[12]。

串口测试装置支持以下几种情况的测试：

1) 装置采用一对一方式与被测设备通信。

装置上串口采用一对一方式与被测设备通信，装置可以设置为主模式或者从模式，即可以主动发起数据或者被动接收数据并应答^[13]。装置能够收集被测设备的数据并转发给测试工具软件。本装置可同时测试 16 个一对一串口通讯的控制设备。

2) 设备采用总线（一对多）方式与被测设备通信。

装置上的某路串口接入 485 总线，收取总线上传输的其他设备数据并转发给测试工具软件，该路串口可以选择为主模式或者从模式^[14]。

3) 设备采用总线（多对一）方式与被测设备通信。

装置上的串口模拟多个 485 设备，以总线的方式与单个被测设备通信。此时，装置上的多个串口以从模式方式与被测设备进行通讯^[15]。

4 串口测试装置软件设计

串口测试装置中运行串口测试软件。测试软件解析用户定义的设备通讯信息，并按照相关参数初始化硬件板卡；解析用户定义的协议以及数据收发关系文件，并按照协议规定的格式自动进行数据收发；TCP 接收用户测试指令、解析用户测试指令并执行；在发生故障时记录故障^[16]。

串口测试软件的工作原理如图 5 所示。

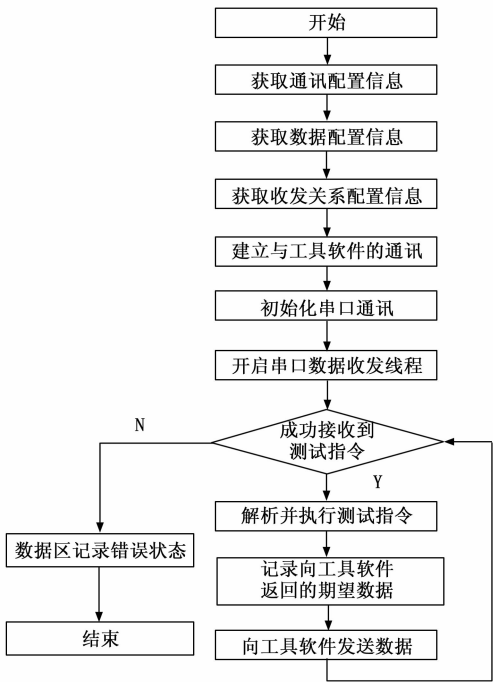


图 5 串口测试装置软件功能流程图

1) 软件运行后，读取通讯配置文件，获取与被测设备的通讯参数，指导装置与被测设备建立通讯链接。串口测试装置使用的通讯配置文件各字段如表 1 所示。

2) 读取数据配置文件。装置与被测设备链路下的通讯数据由数据配置文件定义。数据配置文件各字段如表 2 所示。

测试软件读到一个帧 ID 信息，则对该数据帧在操作系统内存中分配存储空间；该内存空间作用如下：

(1) 测试软件将此内存中的数据发送到对应被测设备中或者收取被测设备数据后，存入到对应内存空间；

(2) 测试软件收取到工具软件下发的测试指令，提取指令中填充的设备名称、板卡编号、通道编号、ID、字节、位偏移，在对应的内存中设置数据或者提取数据^[17]。

3) 读取数据收发关系配置文件。指导串口测试装置如何发送与被测设备的通讯数据。装置支持的数据类

型如下所示。

表 1 串口通讯配置文件含义说明

| 序号 | 名称 | 含义 |
|----|------|---|
| 1 | 设备名称 | 唯一标识一条通讯链路名称； |
| 2 | 板卡编号 | 指示串口通道所在的板卡，板卡 1 或者板卡 2； |
| 3 | 通道编号 | 指示串口通道所在的通道号，每块串口板卡有 8 路通道，编号为 1~8； |
| 4 | 帧间隔 | 在同一周期内，有多个帧需要发送时，为了防止帧碰撞，所定义的帧发送间隔。例如，帧间隔 20：帧 A、帧 B、帧 C 都是以 100 ms 为周期发送的帧，先发帧 A，再间隔 20 ms 发送帧 B，再间隔 20 ms 发送帧 C，避免帧 A、帧 B、帧 C 及接收的帧之间的碰撞；帧间隔单位为 ms； |
| 5 | 波特率 | 通讯所使用的串口波特率，支持常用的波特率如，9 600,115 200 等，单位为 kbps； |
| 6 | 数据位 | 指示串口通讯帧的数据位大小；支持 5~8 位设置； |
| 7 | 停止位 | 指示串口通讯数据传输结束的信号位，支持 1, 1.5,2 设置； |
| 8 | 校验位 | 指示验证数据传输完整性的方式，支持 NONE、ODD、EVEN、MARK、SPACE 设置； |
| 9 | 流控制 | 控制数据传输速率过程的方式，支持 NONE、XON/XOFF、RTS/CTS、DTR/DSR、RTS/CTS/XON/XOFF、DTR/DSR/XON/XOFF 设置； |

表 2 串口数据配置文件含义说明

| 序号 | 名称 | 含义 |
|----|------|--|
| 1 | ID | 每个帧的唯一标识； |
| 2 | 校验类型 | 表示本包数据使用的校验算法； |
| 3 | 校验范围 | 表示待校验数据在本包数据的起始终止位置； |
| 4 | 发送周期 | 针对周期触发帧有效，表示循环发送的时间，单位毫秒； |
| 5 | 数据大小 | 表示本包数据的总长度，以字节为单位； |
| 6 | 帧头 | 标识一包数据的开始 |
| 7 | 帧尾 | 标识一包数据的结束 |
| 8 | 字节开端 | 处理 2 字节以上数据时，采用大端还是小端模式，0 表示大端模式，1 表示小端模式； |
| 9 | 位开端 | 处理字节内数据时，采用大端还是小端模式，0 表示大端模式，1 表示小端模式； |
| 10 | 变量名 | 表示一包数据中指定字节偏移、位偏移数据的名称； |
| 11 | 描述 | 描述该变量的主要作用； |
| 12 | 数据类型 | 用于指示变量所占用的字节或者位的个数； |
| 13 | 默认值 | 变量的初始值； |
| 14 | 字节偏移 | 变量在本数据的字节位置； |
| 15 | 位偏移 | 变量在本数据的字节位置下的位位置； |

(1) 周期帧，为周期发送。如表 3 所示的收发关系中的填写方式，将 0×1 填入输出中，则此帧表示周期发送，发送周期为数据配置文件中配置的周期。

表 3 周期帧配置方式

| 设备名称 | 板卡编号 | 通道编号 | 帧间隔 | 波特率 | 数据位 | 停止位 | 校验位 | 控制流 | 方向 | 收发关系 |
|--------|------|------|-----|---------|-----|-----|------|------|----|------|
| light1 | 1 | 1 | 20 | 115 200 | 8 | 1 | NONE | NONE | 输入 | 0×1 |
| | | | | | | | | | 输出 | |

(2) 应答帧, 收到目标帧后立即回复, 格式为 $0 \times A: 0 \times B$ 。如表 4 所示的收发关系中的填写方式, 输入方向填写帧 $0 \times B$, 即装置需要接收 $0 \times B$ 帧数据, 输出填写 $0 \times A: 0 \times B$, 当接收到 $0 \times B$ 数据后, 立即发送 $0 \times A$ 帧数据。

表 4 应答帧配置方式

| 设备名称 | 板卡编号 | 通道编号 | 帧间隔 | 波特率 | 数据位 | 停止位 | 校验位 | 控制流 | 方向 | 收发关系 |
|--------|------|------|-----|---------|-----|-----|----------|----------|----|--------------------------|
| light1 | 1 | 1 | 20 | 115 200 | 8 | 1 | NO NE | NO NE | 输入 | $0 \times B$ |
| | | | | | | | | | 输出 | $0 \times A: 0 \times B$ |

4) 测试软件读取通讯配置文件, 根据配置信息初始化与被测设备的串口通讯, 建立数据收发通道。

5) 测试软件开启串口数据收发子线程, 根据数据帧、收发关系的配置, 与被测设备按照预先配置的方式进行数据收发。

6) 建立与工具软件的测试指令通讯通道, 循环接收工具软件下发的预定义测试指令。

测试软件支持以下种类的测试指令:

set 指令 (=): 编写规则为: 变量名=常量值。一条测试指令中包含设备名称、板卡编号、通道编号、ID、字节、位偏移等。在执行测试指令时, 工具软件将正在执行的测试指令下发至测试装置, 测试装置获取测试指令并设置指令所对应的内存数据, 经子线程发送至被测设备^[18]。

delay 指令 (delay): 编写规则为: delay=时间。测试指令中包含延时时间, 工具软件执行到此指令后, 将延时时间下发至测试装置, 测试装置获取到延时指令后, 延时等待对应的时间, 然后再接收、处理后续的测试指令^[19]。

获取指令 (=): 编写规则为: 变量名=常量值。一条测试指令中包含设备名称、板卡编号、通道编号、ID、字节、位偏移等。在执行测试指令时, 工具软件将正在执行的测试指令, 下发至测试装置, 测试装置获取测试指令并从对应内存中提取数据, 通过已初始化的通道, 向工具软件发送当前数据值, 工具软件将此实际数据值与测试指令中的期望数据值进行判断, 确定测试是否执行通过^[20]。

5 测试实验步骤及结果分析

5.1 客室灯具状态反馈测试

以 1 车为例, 说明实施客室照明测试的步骤。

1) 测试环境搭建:

测试系统的连接方式如图 6 所示, 将旅客信息系统照明控制器的 RS485 接口与串口测试装置的串口板卡 1 的第 1 路相连接, 将运行有工具软件的 PC 机通过以太网线与 CPU 网口相连。

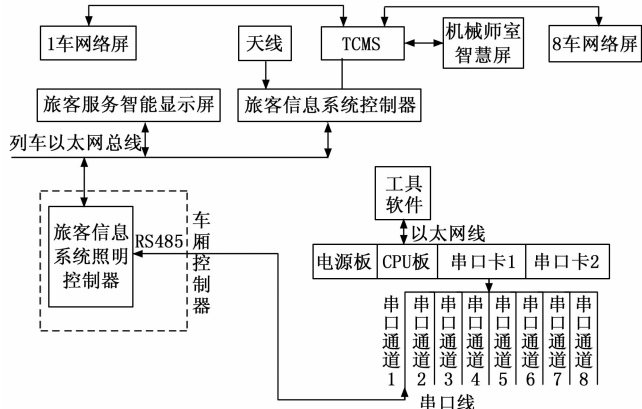


图 6 客室照明状态测试图

2) 编写通讯文件:

车厢级旅客信息系统照明控制器, 以 500 ms 为周期, 向照明板卡发送本节车厢的照明控制指令, 当照明板卡接收到该控制指令时, 将板卡自身的状态以及该板卡下的客室灯具状态返回给车厢级旅客信息系统照明控制器。

据此需要制作三条通讯数据。通讯及收发关系配置如下:

设置串口测试装置使用板卡 1 下的通道 1 作为通讯测试接口, 通讯参数分别设置为波特率 115 200 kbps, 数据位 8, 停止位 1, 校验位和控制流设置为 NONE。当串口测试装置收到 0×1 数据时, 分别回复 $0 \times A$ 和 $0 \times B$ 数据, 并且帧间隔设置为 20 ms。

3) 编写协议文件:

串口测试装置使用的通讯协议, 示例如图 7 所示。

| 变量名 | 描述 | 数据类型 | 默认值 | 字节偏移 | 位偏移 |
|---|------------|------------|-----|------|-----|
| ID: 0x1; 帧头: 0x5A, 0x01; 帧尾: 0xE4; 发送周期: 500ms; 数据大小: 44; | | | | | |
| year | 年 (0-99) | Unsigned8 | 0 | 7 | 0 |
| month | 月 (1-12) | Unsigned8 | 0 | 8 | 0 |
| day | 日 (1-31) | Unsigned8 | 0 | 9 | 0 |
| hour | 时钟位 (0-23) | Unsigned8 | 0 | 10 | 0 |
| minute | 分钟位 (0-59) | Unsigned8 | 0 | 11 | 0 |
| second | 秒钟位 (0-59) | Unsigned8 | 0 | 12 | 0 |
| carriage_PIS | 车厢号 | Unsigned8 | 0 | 13 | 0 |
| Lightingmode_control | 照明模式控制 | Unsigned8 | 0 | 15 | 0 |
| weather | 天气信息位 | Unsigned8 | 0 | 17 | 0 |
| temperature | 温度信息位 | Unsigned8 | 0 | 18 | 0 |
| ID: 0xA; 帧头: 0x5A, 0x02; 帧尾: 0xE5; 字节开端: 0; 数据大小: 26; | | | | | |
| state | 控制板状态 | Unsigned8 | 0 | 7 | 0 |
| carriage_Controller | 当前车厢号信息 | Unsigned8 | 0 | 9 | 0 |
| Roomlighting_temperature | 客室照明色温 | Unsigned16 | 0 | 12 | 0 |
| Roomlighting_brightness | 客室照明亮度 | Unsigned8 | 0 | 14 | 0 |
| ID: 0xB; 帧头: 0x5A, 0x03; 帧尾: 0xE5; 位开端: 1; 数据大小: 37; | | | | | |
| carriage_Light | 车厢号 (1-17) | Unsigned8 | 0 | 5 | 0 |
| ceqiangdeng_fault_1 | 侧墙灯1故障 | Boolean1 | 0 | 8 | 0 |
| ceqiangdeng_fault_2 | 侧墙灯2故障 | Boolean1 | 0 | 8 | 1 |

图 7 客室照明状态协议

帧 ID 为 0×1 表示车厢级旅客信息系统照明控制器发出的客室照明控制指令, 帧 ID 为 $0 \times A$ 表示照明板

卡的状态数据，帧 ID 为 0×B 表示照明板卡返回的本节车厢的灯具的状态。

4) 导入配置到装置：
将协议文件与通讯配置文件导入工具软件。工具软件将两个文件转换成装置使用的配置文件，并将配置文件上传到装置当中，重启重置。

5) 测试用例编写：
将 1 车的照明控制板卡、所有客室灯具的状态编写成测试用例，导入至工具软件中执行。当执行一条时，工具将操作步骤中的变量值通过以太网发送至串口测试设备，测试设备将其填入对应的串口协议中，当有车厢级旅客信息系统照明控制器周期数据发送时，装置将此周期数据对应的回复数据，发送给车厢级旅客信息系统照明控制器。

测试用例中，设置控制板卡当前的车厢号，控制板卡的状态（正常、故障），客室色温和亮度反馈、客室灯具的状态（故障、离线、正常），每执行一条状态指令，观察旅客服务智能显示屏是否可以根据正在执行的用例显示对应状态。

一条测试用例包含用例编号、功能描述、操作步骤、期望结果、实际输出、测试结论。

客室灯具及照明板卡状态测试用例的操作步骤编写如下：

- 1) 测试用例 TC-1：
carriage_Controller = 1; //1 车
state = 1; //状态正常
- 2) 测试用例 TC-2：
carriage_Controller = 1;
state = 2; //状态故障
- 3) 测试用例 TC-3：
carriage_Controller = 1;
Roomlighting_color = 6500; //色度值
- 4) 测试用例 TC-4：
carriage_Controller = 1;
Roomlighting_brightness = 100; //亮度值
- 5) 测试用例 TC-5：
carriage_Controller = 1;
Roomlighting_color = 2700; //色度值
- 6) 测试用例 TC-6：
carriage_Controller = 1;
Roomlighting_brightness = 10; //亮度值
- 7) 测试用例 TC-7：
carriage_Controller = 1;
ceqiangdeng_fault_1 = 1; //灯具故障
- 8) 测试用例 TC-8：
carriage_Controller = 1;

ceqiangdeng_offline_1 = 1; //灯具离线
测试结果分析：

执行测试用例 TC-1 后，在旅客服务智能显示屏中，查看 1 车客室灯具控制板的状态显示，显示为工作正常；

执行测试用例 TC-2 后，在旅客服务智能显示屏中，查看 1 车客室灯具控制板的状态显示，显示为工作故障；

执行测试用例 TC-3 后，在旅客服务智能显示屏中，查看 1 车客室灯具色温状态显示，显示为 6 500；

执行测试用例 TC-4 后，在旅客服务智能显示屏中，查看 1 车客室灯具亮度状态显示，显示为 100；

执行测试用例 TC-5 后，在旅客服务智能显示屏中，查看 1 车客室灯具色温状态显示，显示为 2 700；

执行测试用例 TC-6 后，在旅客服务智能显示屏中，查看 1 车客室灯具亮度状态显示，显示为 10；

执行测试用例 TC-7 后，在旅客服务智能显示屏中，查看 1 车客室侧墙灯具 1 的状态显示，显示为故障；

执行测试用例 TC-8 后，在旅客服务智能显示屏中，查看 1 车客室侧墙灯具 1 的状态显示，显示为离线；

按照 1 车的测试用例编写方式及测试方法，依次测试 2~8 车的客室照明板卡和灯具的所有状态。测试在旅客服务智能显示屏是否可以正常显示。

在旅客服务智能显示屏上分别设置 1 车的客室照明状态为自适应、全开、半开、全关，在设置一种状态后，执行一条测试指令，用于收取对一个的 RS485 变量。如果执行测试用例获取到的模式值，与在旅客服务智能显示屏上触发的模式一致，则测试通过。

旅客服务智能显示屏模式设置测试用例编写如下：

- 1) 测试用例 TC-1
期望结果：
carriage_PIS = 1;
Lightingmode_control = 1; //自适应
- 2) 测试用例 TC-2
期望结果：
carriage_PIS = 1;
Lightingmode_control = 2; //全开
- 3) 测试用例 TC-3
期望结果：
carriage_PIS = 1;
Lightingmode_control = 3; //半开
- 4) 测试用例 TC-4
期望结果：
carriage_PIS = 1;

Lightingmode_control = 4; //全关

测试结果分析:

在旅客服务智能显示屏中,选择客室照明控制模式一自适应,然后执行测试用例 TC-1,应能执行通过,表明串口测试装置收到被测系统设置的灯具显示模式;

在旅客服务智能显示屏中,选择客室照明控制模式一全开,然后执行测试用例 TC-2,应能执行通过,表明串口测试装置收到被测系统设置的灯具显示模式;

在旅客服务智能显示屏中,选择客室照明控制模式一半开,然后执行测试用例 TC-3,应能执行通过,表明串口测试装置收到被测系统设置的灯具显示模式;

在旅客服务智能显示屏中,选择客室照明控制模式一全关,然后执行测试用例 TC-4,应能执行通过,表明串口测试装置收到被测系统设置的灯具显示模式;

按照 1 车的测试用例编写方式及测试方法,依次测试 2~8 车的旅客服务智能显示屏客室照明模式设置。

5.2 客室灯具自适应测试

以 1 车为例,说明实施客室照明测试的步骤。

1) 测试环境搭建:

测试系统的连接方式如图 8 所示,将照明控制板卡的 RS485 接口与串口测试装置的串口板卡 1 的第 1 路相连接,将运行有工具软件的 PC 机通过以太网线与 CPU 网口相连。

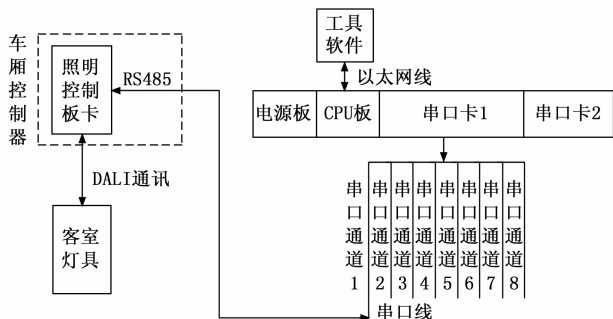


图 8 客室照明自适应模式测试图

2) 编写通讯文件:

车厢级旅客信息系统照明控制器,以 500 ms 为周期,向照明板卡发送本节车厢的照明控制指令。

据此需要制作一条通讯数据。通讯及收发关系配置如下:

设置串口测试装置使用板卡 1 下的通道 1 作为通讯测试接口,通讯参数分别设置为波特率 115 200 kbps,数据位 8,停止位 1,校验位和控制流设置为 NONE。帧 ID 为 0×1 表示车厢级旅客信息系统照明控制器发出的客室照明控制指令。该指令中包含时间、天气、外温等信息。

3) 编写协议文件,同上述协议文件中的帧 0×1、

0×A。

4) 导入配置到装置:

将协议文件与通讯文件导入工具软件。工具软件将两个文件转换成装置使用的配置文件,并将配置文件上传到装置当中,重启重置。

5) 测试用例编写:

将自适应控制指令测试用例,导入至工具软件中执行。当执行一条时,工具将操作步骤中的变量值通过以太网发送至串口测试设备,测试设备将其填入对应的协议中。

客室自适应模式测试用例编写如下:

测试用例 TC-1:

• 功能描述:天气晴天、时间 7 时、外温 10 ℃;

• 操作步骤:

carriage_PIS = 1;

Lightingmode_control = 1; //自适应

Weather = 1; //天气状态

Hour = 7; //时间

Temperature = 10; //温度

• 期望结果:

Roomlighting_color = 6500; //色度

Roomlighting_brightness = 100; //亮度

测试结果分析:

执行测试用例 TC-1 后,串口测试装置将 1 车灯具显示模式设置为自适应状态,并且设置相关环境信息;灯具收到后,根据环境信息设置亮度和色度参数,并将参数信息返回给串口测试装置。如果串口测试装置收到了对应环境信息下的亮度和色度信息,则测试通过。

按照 1 车的测试用例编写方式及测试方法,依次执行 2~8 车,所有天气(晴天、阴天、雨天、雪天)、所有时间段(00:00~23:59)、所有温度段($\leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $10\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)的测试。

6 结束语

通过对动车组客室照明系统的深入研究和测试实验,验证了系统在不同控制模式下的稳定性和可靠性。通过采用串口测试装置,不仅提高了测试效率,还确保了测试的全面性和准确性。实验结果表明,该系统能够满足动车组在各种环境条件下的照明需求,为乘客提供了舒适和安全的照明环境。本文提出的测试方法和实验步骤为动车组客室照明系统的验证提供了一种有效的解决方案。随着技术的不断进步和测试需求的日益增长,将继续探索更高效、更智能的测试技术,以确保动车组照明系统的高性能和高可靠性。

参考文献:

[1] 张海雁,刘春永,任彦龙,等.以 LED 为光源的高速动车组智能照明系统的研究与应用[J].铁道技术监督,

- 2023, 51 (6): 51-55.
- [2] 阮玉华, 董文厚. 智能照明系统在地铁列车客室中的应用研究 [J]. 交通节能与环保, 2019, 15 (6): 124-126.
- [3] 邵 松. 地铁低压动力照明系统的测试及优化措施研究 [J]. 光源与照明, 2023 (1): 48-50.
- [4] 杨海鹏. 地铁车站照明系统自动控制方式的优化 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2022 (1): 160-162.
- [5] 张晴雪, 党 聪, 李虹江, 等. 城市轨道交通智能照明控制系统探析 [J]. 工业控制计算机, 2021, 34 (8): 36-37.
- [6] 王 龙, 刘 恒. 城市轨道交通车站照明及控制优化设计 [J]. 电气化铁道, 2020, 31 (s1): 236-238.
- [7] 李 赛. 现代地铁中的智能照明控制系统 [J]. 自动化应用, 2019 (2): 20-22.
- [8] 孙二杰. 智能照明系统在济南地铁 1 号线的应用 [J]. 光源与照明, 2022 (3): 49-51.
- [9] 彭有根, 杨汗平, 范雪建, 等. 某市域动车组客室照明舒适性色温调节方案分析 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2022, 45 (4): 103-105.
- [10] 张德保, 张 伟, 华树明, 等. 智能照明标准化现状与发展趋势探讨 [J]. 中国照明电器, 2019 (7): 5-9.
- [11] 莫瑞强, 邱立民. 触摸屏与远方仪表的串口通信应用研究 [J]. 中国照明电器, 2019 (7): 5-9.
- (上接第 33 页)
- [7] DU Y, CHEN J, ZHOU H, et al. An automated optical inspection (AOI) platform for three-dimensional (3D) defects detection on glass micro-optical components (GMOC) [J]. Optics Communications, 2023, 545: 129736.
- [8] RESHADAT V, KAPTEIJNS R A J W. Improving the performance of automated optical inspection (AOI) using machine learning classifiers [C] //2021 International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE), IEEE, 2021: 1-5.
- [9] SAISS, GIUSEPPIAK. Automated optical inspection for printed circuit board assembly manufacturing with transfer learning and synthetic data generation [C] //2022 30th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED), IEEE, 2022: 318-323.
- [10] 伍济钢, 成 远, 邵 俊, 等. 基于改进 YOLOv4 算法的 PCB 缺陷检测研究 [J]. 仪器仪表学报, 2021, 42 (10): 171-178.
- [11] MARTINEK P, MADE PUTRAMA I, KRAMMERO, et al. Short review on machine learning optimization methods in surface mounted electronics assembly technologies [C] //2023 46th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE). IEEE, 2023: 1-6.
- [12] CHEN I C, HWANG R C, HUANG H C. PCB defect detection based on deep learning algorithm [J]. Processes, 2023, 11 (3): 775.
- [13] 时造雄, 茅正冲. 基于改进 YOLOv5 的 PCB 缺陷检测方法 [J]. 通讯世界, 2024, 31 (6): 13-15.
- [12] 刘会友. 基于 USART HMI 智能串口屏的测量精调实时监控系统设计 [J]. 网络安全和信息化, 2024 (11): 103-105.
- [13] 王 晨, 马游春, 郭 鑫. 高速串口以太网通信系统研究与设计 [J]. 仪表技术与传感器, 2024 (7): 72-76.
- [14] 闫志红. 一种接口板测试装置的设计与实现 [J]. 铁路通信信号工程技术, 2024, 21 (8): 116-122.
- [15] 孙翔宇, 韩 辉. 基于 STM32 的串口通讯及显示设计 [J]. 一重技术, 2024 (5): 60-62.
- [16] 张 浩, 许靖锋, 吴 彬. 基于 LabVIEW 串口通信的多通道风速风向测试系统 [J]. 国外电子测量技术, 2020, 39 (7): 137-140.
- [17] 程佳佳. GPS 串口通信在船舶航海测试系统的应用 [J]. 舰船科学技术, 2021, 43 (6): 193-195.
- [18] 王珍珍, 李 琳. 电梯控制系统串口协议测试平台的需求与开发 [J]. 中国电梯, 2024, 35 (5): 68-71.
- [19] 张倩倩, 孙少华, 赵 君. 基于 FPGA 和虚拟仪器的串口测试系统 [J]. 山西电子技术, 2023 (1): 81-82.
- [20] 陈凤林, 张郑洪, 李 恒. 基于串口通信开发的 BLE 芯片测试平台 [J]. 电子产品世界, 2023, 30 (1): 68-69.
- [14] 杨永跃, 夏远超. PCB 缺陷检测深度学习算法的精度改进 [J]. 电子测量与仪器学报, 2023, 37 (5): 11-19.
- [15] MANINIS K K, CAELLES S, PONT-TUSET J, et al. Deep extreme cut: from extreme points to object segmentation [C] //Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2018: 616-625.
- [16] WANG Y, DU L, DAI H. Unsupervised SARImage change detection based on SIFT keypoints and region information [J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2016, 13 (7): 931-935.
- [17] LOWE D G. Object recognition from local scale-invariant features [C] //Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision, IEEE, 1999, 2: 1150-1157.
- [18] LOWE D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60: 91-110.
- [19] ATASEVER U, KESIKOGLU M, OZKAN C. A new artificial intelligence optimization method for PCA based unsupervised change detection of remote sensing image data [J]. Neural Network World, 2016, 26 (2): 141-154.
- [20] CELIK T. Unsupervised change detection in satellite images using principal component analysis and k-means clustering [J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2009, 6 (4): 772-776.