

文章编号:1674-2869(2009)03-0085-04

# 基于 PLC 的高速公路隧道电力监控系统优化设计

林寿英<sup>1</sup>, 林建峰<sup>1</sup>, 夏胜芬<sup>2</sup>

(1. 福建农林大学机电学院, 福建 福州 350002;

2. 华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:**设计了一种基于 PLC 的高速公路隧道电力监控系统, 该系统包括隧道监控、照明控制、交通信号控制等子系统, 采用通信网络, 实现了全线电力监控管理智能化、无人值守。现场应用结果表明, 系统性价比高、可靠性高, 照明控制合理、节约了用电量。

**关键词:**PLC; 高速公路; 隧道电力监控; 照明优化控制

**中图分类号:**TP 277 **文献标识码:**A

## 0 引言

当前, 作为现代交通基础设施的高速公路发展迅速, 如何实现对高速公路的科学管理, 发挥其快速、高效、安全畅通的功能和优势, 关键之一是修建结构合理、性能优良的高速公路监控管理系统, 其中对高速公路的隧道监控系统的优化设计尤其必要, 它不仅涉及到高速公路的安全与高效运行, 而且涉及到大量照明用电的节能管理控制<sup>[1]</sup>。过去高速公路的隧道控制系统多采用在配电房内配置工控机控制系统, 这种方式成本高、附加配套设备复杂、可靠性也因此受到影响。而可编程控制器(PLC)具有可靠性高、功能完善、组合灵活、编程简单、功耗低等优点。因此采用 PLC 为主控制器构成高速公路隧道电力监控系统, 易于实现高速公路的全线电力监控管理的智能化, 以实现全系统的无人值守<sup>[2,3]</sup>。

本文以长乐机场高速公路所辖的一条长约 450 米的鹤上隧道为研究对象, 设计了一套基于

PLC 的高速公路隧道电力监控系统。系统分为 4 个子系统: 隧道监控子系统、通信网络子系统、照明控制子系统、交通控制子系统, 实现了对隧道内的照明的优化控制、各子系统之间可靠通信以及对交通诱导设备等各种设备的工作状态进行可视化的实时监控, 确保了隧道的安全高效运行。

## 1 系统总体控制方案

基于 PLC 的高速公路隧道电力监控系统是利用现场电力监控设备实时采集用电负荷数据, 监控高速公路隧道照明用电设备的运行状态、供配电线路的运行状态, 特别是其故障情况, 并通过已建成的高速公路通信光纤通道传送到路段管理监控分中心, 检修人员能够及时了解设备的运行情况以便及时处理, 也可在监控分中心, 通过可视化触摸屏远程控制各站点及隧道供配电各回路开关的合、分闸或接触器的通断, 确保高速公路营运的正常进行。系统总体控制方案如图 1 所示。

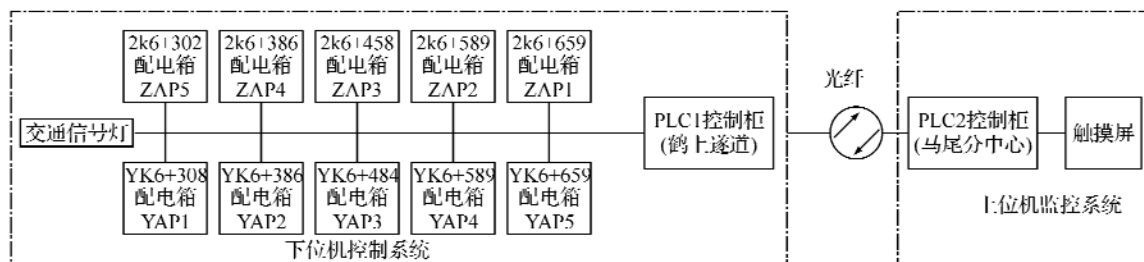


图 1 隧道总体控制方案框图

Fig. 1 Block diagram of the tunnel monitoring system

收稿日期:2008-10-23

作者简介:林寿英(1965-),女,福建福州人,高级工程师,研究方向:电子设计及控制系统的设计与研究。

隧道口 PLC 完成现场各种信号的采集与控制;由上位机实现整个系统的监控. 另有两个 PLC 柜分别控制机场路沿线的路灯和对主线收费站的电力监控,为简化未在图中标出. 系统中的 4 个 PLC 通过光纤组成对等的光纤环网.

## 2 下位机控制系统设计

隧道内照明及指示灯包括:照明灯、交通指示灯、绿色箭头灯、应急灯、出口路灯等. 要实现对这些用电设备的运行状态的监控,具体方案是隧道内两旁左(Z)右(Y)各放置 5 个配电箱,PLC 控制柜设置在隧道洞口的箱式变压器旁,里面放置一套西门子公司生产的型号为 S7-200 PLC 作为测控单元,它采集隧道内各配电箱的状态量,通过工业以太网通讯处理器 CP243-1 与上位机进行以太网通讯,完成隧道内照明系统、交通系统等用电设备的遥测功能,同时接收上位机的指令对各配电箱的状态量实现遥控功能.

### 2.1 下位机控制系统硬件设计

由于隧道内照明灯的数量较多,为了节省电能,同时保证隧道内外的光线强度始终保持在一个较稳定的状态,以减轻司机进入隧道前后视觉感光的差异,故要对照明系统进行控制. 控制方式一种是根据照度进行控制,在隧道内外都装上照度传感器,检测值经其内部的电路转化换算后,送 PLC 进行处理控制,这种做法比较复杂,成本高,适合长隧道照明控制系统. 而本隧道只有 450 米长,经客户同意采用了时序控制方式,将照明灯分为七类,对不同灯的亮灭时间设计如表 1 所示. 采用对交通信号灯中的红黄绿三色灯及转向箭头灯进行群控方式,且采集群控空气开关和接触器的反馈信号及其箱式变电站内的分合闸信号和故障信号.

表 1 灯的亮灭时间

Tab. 1 The lighting time of tunnel lamps

灯名	工作时段	每天工作时间
全日灯 I	全天亮	24 h
全日灯 II	06:00~24:00	18 h
加强灯 I	10:00~14:00	4 h
加强灯 II	09:00~15:00	6 h
加强灯 III	08:00~16:00	8 h
加强灯 IV	06:00~18:00	12 h
出口路灯	18:00~06:00	12 h

要选择控制设备首先要对 I/O 点数进行统计. 根据现场实际情况,输入点数含加强灯、交通灯、全日灯、指示灯、出口路灯等,总点数约 50 点;低压回路状态反馈约 20 点;输出点数含加强灯、交通灯、全日灯、指示灯、出口路灯等,总点数约 33

点;备用控制点数定为 10 点. 根据以上 I/O 点数的统计,选定西门子 S7-200 系列 PLC,其中 CPU226 集成 24 输入/16 输出共 40 个数字 I/O 点;可连接 7 个扩展模块;最大扩展至 248 路数字 I/O 点或 35 路模拟量 I/O 点. 为满足 I/O 点数的要求,本系统用了 2 块开关量扩展模块 EM223 (16DI/16DO)和 1 块 EM221 (16DI)加上 CPU 本身自带 I/O,系统总计点数 I/O 为 72DI/48DO. 因此,在隧道内每个信息采集点处放置西门子 S7-200 测控传感器,S7-200 PLC 配置两块 EM223、一块 EM221 开关量扩展模块,就可对各种信号进行实时监控. 下位机控制子系统的硬件结构框图如图 2 所示.



图 2 下位机控制子系统硬件框图

Fig. 2 Hardware block diagram of the local subsystem

### 2.2 下位机控制系统软件设计

软件由隧道主程序、触发子程序、读时子程序组成. 其中主程序主要负责加载外部设备参数,诸如手自动切换、配电柜内相应接触器吸合,还有上位机发出使能位和相应灯具控制信号等,用带参数的 CALL 类指令调用相应子程序. 触发子程序根据上位机给定值对照明灯进行控制. 例如,当给定值不符合要求时(小时超过 24,分钟超过 60),PLC 可以不执行该指令,并触发一个中间变量,向上位机进行报警. 读时子程序是读取 PLC 的系统时间,再与给定值进行比较,以确定灯的亮/灭.

## 3 通信网络

建立一个对等的光纤环网,把所有的本地控制器连接起来因采用的是光纤冗余环网,这样即使在一端光纤断开的情况下,现场总线光纤冗余环网中的所有控制器仍然能通过另外一端光纤进行正常的通信,保证了通信的可靠性<sup>[4]</sup>. 这样,由隧道内 PLC 收集到的隧道内检测设备信息就可通过通信系统可靠地传到监控分中心.

要将下位机采集的信号传输到控制中心并将控制中心的命令发送出去以实现监控功能,控制中心就要与各现场系统进行通讯. 图 3 为上位机与下位机通信子系统框图. S7-200 PLC 配有一个 CP243 以太网模块,再与 PLC 柜内配置的光纤收发器配合,使主站 PLC 兼有通信集中器功能,最终实现与分中心的联网.

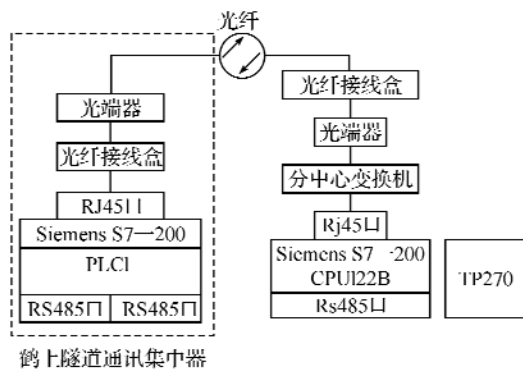


图3 上位机与下位机通信子系统

Fig. 3 Block diagram of communication subsystem

由于从隧道口到监控中心的距离比较远,这就要必须考虑通信线路的抗干扰能力和价格问题。光缆以其优良的抗干扰性和约3元/m的低廉价格,成为通信线路的首选。本系统选用4芯单模光缆。PLC通过数据光端器组成光纤环网,传输到隧道口监控机房,再经过通信系统主干网传输到监控分中心。

考虑到与S7-200的CPU226技术兼容性,本系统选择的触摸屏为西门子系列的型号为TP270。通讯接口为RS232串行口和RS485/422接口;内存为64KB集成闪存,显示器尺寸为10寸STN液晶。其工作过程是工业以太网通讯处理器CP243-1遵循TCP/IP协议分配的IP地址,由RJ45口输出的模拟量信号通过光端器转化为光信号,并经过光纤传输到监控分中心后,再一次经过光端器转化为模拟量信号,最后经由RJ45口到监控分中心CPU226。数据经由CPU226处理后通过RS485口到TP270触摸屏。这里要注意一个问题,当网络连接的设备接地参考点不相同,在连接的电缆中会产生附加电流,这些电流会破坏设备,造成通信故障。要消除这些电流,就要确保通信电缆连接的所有设备共享一个共同的接地参考点。

#### 4 上位机监控系统与人机界面的设计

由上位机采用ProTool组态软件进行人机界面设计。ProTool CS完整的图形用户界面,允许用鼠标键创建面向对象的、基于符号的项目,无需特殊编程知识。具体使用说明这里省略。隧道人机主界面的设计要求主界面显示主母线失电报警灯、交通灯、全日灯、应急灯和加强灯的状态,并且可以在触摸屏上修改全日灯、加强灯的开关时间。在修改时间的时候,采用密码保护设计,要求用户输入正确密码,否则不予修改。因为内容太多,所以将配电柜人机界面作为二级界面。图4只给出了部分隧道照明灯人机界面图。

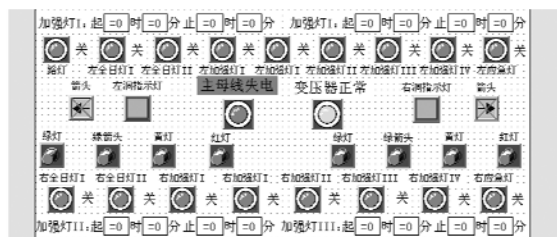


图4 隧道照明灯人机界面图

Fig. 4 Interface of the tunnel lighting monitoring subsystem

从图4可知,隧道照明灯的状态由红绿模拟灯表示,指示灯上方的文本标明照明灯的类型,当控制各类照明灯的供电线路上的断路器和接触器同时合闸时,模拟指示灯显示绿色,文本显示“开”;当断路器或接触器任何一个在分闸状态时指示灯显示红色,文本显示“关”。由于季节的更换,需要调整路灯的工作时间段,监控人员可以通过点触方框内的数值来改变路灯的工作时间段。当监控人员需要修改数值时,系统同样会提示用输入密码。

配电柜人机界面的设计是为了实时监控每个配电柜的运行情况。由于配电柜较多,这里仅以2AA柜为例,图5为其界面图。2AA柜界面为手/自动切换和加强灯I、加强灯II的监视和控制的界面。黑色主线代表三相电路主回路,黑色分支线代表控制的各个分路即照明灯。每个隧道电力监控柜中设有手动和自动切换指示,即变电箱就地控制和监控室远程控制。当手动控制时,模拟指示灯显示红色,文本显示“手动”,当自动控制时指示灯显示绿色,文本显示“自动”。2AA主回路上方显示断路器分合状态。当断路器正常时,指示灯显示绿色,文本显示“断路器正常”,当断路器故障时,指示灯显示红色,文本显示“断路器故障”,文本背景为红色并闪烁,声光报警器报警并跳出报警框,文本显示相应报警消息,点触“确认”确认报警,点触“帮助”显示帮助文本。



图5 配电柜人机界面图

Fig. 5 Interface of the distribution monitoring subsystem

所有人机界面都是通过触摸屏接受用户各种查看命令,当然也能实时反映各个监控点的情况。

通过人机界面,可方便地从上位机了解到现场的工作情况,同时根据实际发出控制指令,实现对整个系统的监控功能。

## 5 结 语

本系统利用 PLC 实现了高速公路电力监控系统的自动化。该系统把隧道内所有电力照明控制柜联入工业快速以太网,组成环网,实现分中心对隧道电力系统的遥控。触摸屏面板设计为现场设备的操作人员进行控制和监视提供了良好的人机界面。该系统已于 2006 年 11 月调试完毕正式投入使用,目前系统运行良好。最为可观的是其灯光

优化控制产生了节能效益。

### 参考文献:

- [1] 李宁军,曹文贵,刘生.隧道设计与施工百问[M].北京:人民交通出版社,2006:183-189.
- [2] 张万忠.可编程控制器入门与应用[M].北京:中国电力出版社,2005:102-120.
- [3] 王卫兵.PLC 系统通信扩展与网络互联技术[M].北京:机械工业出版社,2002:1-50,174-237.
- [4] 刘军,刘黎志,黄浩.一种无线嵌入式数字卫星接收系统的模块化设计.武汉工程大学学报,2008,30(4):99-102.

# Optimizing design of highway tunnel power monitoring system based on PLC

LIN Shou-ying<sup>1</sup>, LIN Jian-feng<sup>1</sup>, XIA Sheng-fen<sup>2</sup>

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;

2. College of Electrical and Electronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** A highway tunnel power monitoring system based on PLC is designed, which consists of tunnel monitoring, light control, and traffic signal control subsystems. By the use of communication network, the system has been used for the intelligent management of the highway tunnel power monitoring. The results of the real application show that the designed system has higher performance-to-price ratio and reliability. Meanwhile, power energy consumption can be reduced due to the optimizing light control.

**Key words:** PLC; highway; tunnel power monitoring; optimizing light control

本文编辑:陈晓革



(上接第 76 页)

# Design and realization of encryption and decryption system supporting collaborative work

HE Cheng-wan, JIAO Su-ting, LI Jian

(School of Computer Science and Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** In this paper, a collaborative work in support of the encryption system is introduced. Different from general encryption systems, the system will divide staff into different groups logically. Each group of encrypted files can be decrypted in the group between members to achieve file-sharing.

**Key words:** encryption; decryption; collaborative work

本文编辑:陈晓革