

# 一种公路隧道车流计算机仿真系统的设计与实现

## A Design and Realization of Car flux Computer Simulation System on Road Tunnel

刘 希 (广东工业大学计算机学院 广州 510090)

王 玫 (上海交通大学自动化系 上海 200052)

**摘要:**针对目前公路隧道照明的节能要求,普遍需要根据车流和天气情况控制照明。本文提出了用车流、车速和洞外亮度信息控制各区段的亮度和亮灭时间的节能模型,在设计照明系统之前,需要通过仿真计算,确定用电负荷。利用 VC++ 开发平台开发了一个车流计算机仿真软件,验证了模型的可行性和有效性。

**关键词:**隧道照明 车流 计算机仿真 正态分布函数 VC++

### 1 概述

随着我国公路建设的快速发展,其中有关隧道照明的节能问题,是设计照明系统的关键问题。目前主要是采用高功率因数的照明灯具(配高效电子镇流器)、隧道内两侧铺反射率高的装修材料、尽量缩短供电电缆长度以减少线路损耗、合理布置配电房的位置、集中调光控制、减少洞外亮度等方法。为了进一步节能,设计者还把隧道内的灯具分为全日灯、黄昏灯、白日灯和应急灯等几个回路进行人工或自动的控制。纵观现有的这些方法,虽然有一定的节能效果,但在实际运行中还是存在着电能的浪费现象。对洞内最大照度的设计是以全年洞外最大亮度和最高行车时速来确定隧道内各段的灯具功率和灯具分布密度。能够实现照明自动控制的非常有限,通常因线路布线回路的限制,只能做到 2、3 级人工或自动控制,对于如天气、车速、车流量等参数只是在设计阶段给予以最大值考虑,最终各段照明的长度和照度也始终是处于最大值状态。因此,目前这种传统设计与使用的隧道照明系统存在着大量电能浪费问题。

对于天气、车速、车流量等时变参数无法从宏观上对整个隧道的照明进行自适应方式调制,无法正确估算出每天的照明系统的用电负荷,是导致传统设计的隧道照明系统节能效果不理想的最大原因。其实隧道全年天气情况(影响洞外亮度)是有规律的,每天通过隧道的车流,其到达隧道口的时刻是服从某种概率分

布函数的。在一个长度已知、车流传感器位置已定的隧道中,根据当地的全年天气情况和每天到达隧道口的车流量分布平均情况,选择一种概率分布函数(比如正态分布)进行仿真,产生样本总数为一天的平均车流量且服从概率分布函数的随机变量  $X$ ( $X$  为车辆到达隧道的时刻),同时生成一个速度模拟数,系统根据这些随机数,每次来模拟一辆汽车到达的情况,通过计算,得出该车到达隧道各个传感器的各自时刻,将这些信息发送到中心控制机后,由它发出开关灯指令下发到灯控制器,进而得到隧道内每盏灯的亮灭时间,进行累计可以统计出一天的用电负荷,调整参数,通过多次的运行,进行样本的方差计算,即可设计出基本符合隧道用电量实际的照明系统。

### 2 照明系统结构

它由照明主控制器、照明控制执行组合、LED 灯组、洞口亮度传感器和车流传感器组成。整个系统采用集中控制和分布式测量方案,所有控制信号由主控制器给出,送到控制执行组合控制 LED 灯组的开关。由于各个传感器相距较远,信号采用分布式测量,通过 CAN 总线进行远距离传输以保证信号传输的质量。为了用车流信息对隧道照明进行控制,按隧道长度方向划分为若干个灯区,每个灯区由一个开关来控制亮和灭。灯区的最小长度受车速制约,灯区长度的选择还要考虑节能效果和控制开关频度等因数,以依托工程

隧道为例,设计车速为 60km/h,在 824m 长度上分成 8 个灯区,进口段和出口段各为 112m,中间段分为 6 个区,每个灯区为 100m。主控器根据从亮度传感器和车流传感器获得的信号对各个灯区的亮度和亮灭进行控制。

### 3 控制信号与控制逻辑

为了使灯区的亮和灭不给驾驶员造成突然的感觉,因此必须在车辆进入灯区前先开灯,该提前量取一个照明停车视距。按《公路隧道通风照明设计规范》对依托工程(车速 60Km/h,纵坡 2.3%)取照明停车视距为 50m,同样,必须在车辆离开该灯区后再关灯,该延迟量也取一个照明停车视距。延迟量的计算可以采取以下三种方法:

(1) 固定延时法。对双车道隧道,取二个车流信号,即左车道车流信号 S1 和右车道车流信号 S2,右车道车流传感器放在离北洞口入口 50 米处,左车道车流传感器离南洞口入口 50 米处。各灯区得控制信号可以由车流信号 S1、S2 经固定延时得到(延迟时间  $\tau = 100\text{m}/60\text{Km/s} = 16.7\text{s}$ )

由于每辆车的车速不同,误差较大,而且误差是积累的,因此当灯区划分较多时,在最后的几个灯区有可能造成灯的亮灭与车的位置不对应,这种方法只有在灯区划分较少的时候才能用。

(2) 可变延时法。与上述固定延时法的差别是测出每辆车的速度来计算延迟时间  $\tau$ 。为此,在第 1 灯区右车道中间和第 8 灯区左车道中间再各放置一个车流传感器(见图 1),分别得到车流信号 S4 和 S3;

左车道行驶车辆的延迟时间  $\tau_1 = S_3 - S_1$ ;

右车道行驶车辆的延迟时间  $\tau_2 = S_4 - S_2$ ;

可变延时法比固定延时法的延迟时间误差要小,但是每辆车的车速不一样也会带来误差。

注明:S1, S2 到各自洞口的距离为 50m。⊙ ~ 代表车流传感器

(3) 定位法。在每个车道上放置 8 个传感器(如图 2 所示),车流传感器放置在每个灯区的中间,分别右车道 8 个车流信号(S2, S4, S6, S8, S10, S12, S14, S16),和左车道 8 个车流信号(S1, S3, S5, S7, S9, S11, S13, S15)。这种方法车辆在隧道内定位精度很高,但使用的车流传感器太多。

在我们设计的仿真实验系统中采用可变延时法来

计算延迟量。

控制逻辑,每个灯区受 4 个信号控制:

右车道车辆进入信号 A,它由车辆进入上一个灯区信号得到;

右车道车辆离去信号 B,它由车辆进入下一个灯区信号得到;



图 1 可变延迟法车流传感器安放图

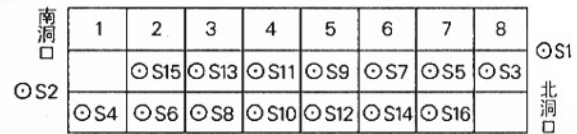


图 2 定位法车流传感器安放图

左车道车辆进入信号 C,它由车辆进入上一个灯区信号得到;

左车道车辆离去信号 D,它由车辆进入下一个灯区信号得到;

假设“1”为亮灯信号,则车辆进入为“1”,“0”为灭灯信号,则车辆离去为“0”,每个灯区 4 个信号只要 1 个为“1”则该灯区亮灯,无车辆进入也为“0”,只有当 4 个信号全为“0”才灭灯。

可变延时法各灯区信号如表 1 所示,为简化模型,可令  $\tau = \tau_1 = \tau_2$ ;  $S_4 = S_2 + \tau$ ;  $S_3 = S_1 + \tau$ 。

### 4 仿真系统设计

系统采用单机计算仿真车流到达情况,通过监视线程利用 RS-232 口发送通信数据(车号、到达时间、速度、天气)给中心控制机,可以利用 CAN 总线或 GPRS 无线通信方式(接 232 口)发送数据。

根据车流在一天内通过隧道的大致情况(有一个或多个高峰流量时段),我们采用正态分布函数作为当天或某个时间段(比如个小时)内车流到达隧道的概率分布函数,设定样本大小(车流量)为 10 带 86400 可调,正态参数  $\mu$  表示以绝对数 0 为开始时间的车辆随机到达时间 X 的均值,也即车辆到达的高峰时刻,参数

表 1

	第 1 灯区	第 2 灯区	第 3 灯区	第 4 灯区	第 5 灯区	第 6 灯区	第 7 灯区	第 8 灯区
A	S2	S4	S4 + $\tau_2$	S4 + 2 $\tau_2$	S4 + 3 $\tau_2$	S4 + 4 $\tau_2$	S4 + 5 $\tau_2$	S4 + 6 $\tau_2$
B	S4 + $\tau_2$	S4 + 2 $\tau_2$	S4 + 3 $\tau_2$	S4 + 4 $\tau_2$	S4 + 5 $\tau_2$	S4 + 6 $\tau_2$	S4 + 7 $\tau_2$	S4 + 8 $\tau_2$
C	S3 + 6 $\tau_1$	S3 + 5 $\tau_1$	S3 + 4 $\tau_1$	S3 + 3 $\tau_1$	S3 + 2 $\tau_1$	S3 + $\tau_1$	S3	S1
D	S3 + 8 $\tau_1$	S3 + 7 $\tau_1$	S3 + 6 $\tau_1$	S3 + 5 $\tau_1$	S3 + 4 $\tau_1$	S3 + 3 $\tau_1$	S3 + 2 $\tau_1$	S3 + $\tau_1$

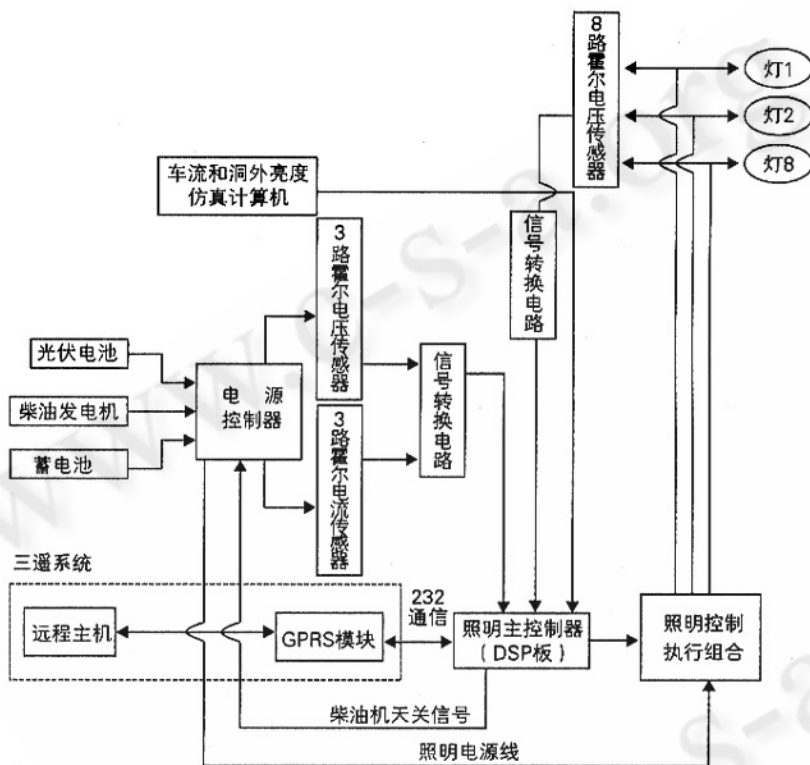


图 3

$\sigma$  表示高峰流量时段车辆的通过数, 越大表示在此时段通过的车辆数量越多, 其他时段的车辆很少。正态参数 ( $\mu, \sigma^2$ ) 可调, 以模拟不同高峰时间段和车流大小的状况, 通过上传车辆到达每个传感器的时刻, 即根据可变延时法可计算出隧道内各灯区灯开启和关闭的时间, 多次试验并计算后可确定由车流和洞外亮度来控制隧道照明的节能效果, 从而确定依托工程电源系统的负载特性, 为依托工程方案设计提供试验依据。

以下是实验室仿真系统框图:

## 5 实现

采用 VC++ 开发平台, 利用模块化设计、多线程编程技术, 开发了用于模拟车流情况的仿真软件, 整个软件由用户界面线程模块、通讯监视线程模块和正态随机数据发生模块组成。

用户界面模块: 提供用户更改、选择参数, 查看事件发生情况的界面, 参数可以更改, 用户点击按钮后开始模拟, 允许用户通过选择 1-24 (小时) 之间的一个数来模拟一天的车流情况, 允许用户中途中断模拟。

通讯监视线程模块: 串口通讯的实时性要求较高, 不应受到用户界面操作的影响。为串口通讯专门创建一个工作线程 (即通讯监视线程), 由该线程的线程函数 `CRs232::CommWatchThreadProc` 专门负责及时监视串口所接收到的数据情况, 并负责调用由应用程序提供的数据处理函数对所接收到的数据进行处理。用户线程通过不断定时事件中不断检

查是否有数据要发送, 当需要发送数据时要调用 `CRs232::WriteCommBlock` 进行数据的发送外, 对于接收数据可以完全放任不管, 由监视线程自动在后台通过回调函数进行处理 (本系统不考虑接收数据情况, 只是不断发送某车到达某个传感器的信息)

正态随机数据发生模块: 根据设定的参数产生随机数, 一次生成所有的符合正态分布的函数, 每个数据同时随机产生车牌号和符合要求的速度数据, 和正态分布随机变量  $X$  (到达洞口时间) 组成一个结点, 放入一个链表当中, 系统根据“先进先出”队列的原则, 依次从链表头摘取一个结点进行处理。

串行通信:CRs232 类的 WriteCommBlock 成员函数负责往串口发送数据。为了简化串行通讯类 CRs232 的设计,通讯监视线程没有处理发送数据空 (EV\_TX-CHAR) 事件。而是采用在主调用线程用函数 CRs232::WriteCommBlock 启动数据发送工作后,该函数即返回,数据的发送工作由硬件系统在后进行,并不占用主调用线程的 CPU 时间。串行通信参数:使用 COM1 口,波特率=9600,8 位数据位,1 位停止位,奇偶效验:无,XON\_XOFF=0,DTR\_DSR=0,RTS\_CTS=0,发往 232 口的数据都将作为字节型数据发送(发送的是一串字符)。

## 6 结束语

通过本仿真软件的使用,较好地解决了公路隧道工程中难以准确估算照明电力负荷的问题,根据实验数据可设计出基本符合隧道用电量实际的照明系统。对于在实际当中存在多个车流高峰的问题,我们只用

编写出多高峰随机正态函数,替换掉 NormRandCars2() 函数即可,也可以得出符合实际的实验数据。

### 参考文献

- 1 王文熙、郭奋勇,隧道照明节能分析与系统设计方案,中国交通信息产业[J],2003 No. 8 P. 51-53。
- 2 盛聚、谢式千、潘承毅,概率论与数理统计(第二版)[M],高等教育出版社,1989。
- 3 潘承毅、何迎晖,数理统计的原理与方法[M],同济大学出版社,1993。
- 4 中华人民共和国交通部标准(JTJ026.1-1999),公路隧道通风照明设计规范[M],人民交通出版社,2004。
- 5 靳文舟、张杰、郑英力,交通流模拟中的随机输入模型[J],华南理工大学学报(自然科学版),2001,