

# 电磁智能车软件系统的设计与实现

李宗 张笑楠 项羽升  
(长安大学汽车学院 陕西 西安 710064)

**【摘要】**本文主要研究基于磁导技术的飞思卡尔智能车的循迹算法及其传感器技术,为此我们提出了重心算法与车道斜率算法作为我们智能车小车的基本循迹依据。根据PD算法作为小车调节速度的依据。经过对磁导车的分析,我们把磁导车的控制系统分为两个大的子控制系统,它们分别为速度控制系统和方向控制系统。通过一系列的调试,最终得出这一套算法方案是可行的,能在保证小车稳定性的前提下提高小车速度。

**【关键词】**飞思卡尔;智能车;重心算法;车道斜率算法;PD算法

## 1. 系统软件开发平台

车模软件系统的开发与调试是基于 Metrowerks 公司提供的全套开发工具 CodeWarrior 5.0,主要使用汇编语言和 C 语言实现。系统程序流程图如图 1-1 所示。

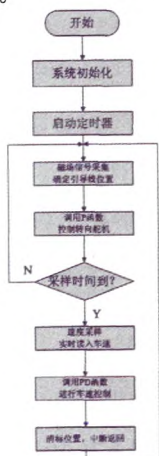


图 1-1 系统程序流程图

## 2. 车道检测算法

### 2.1 重心算法

本车模采用双排电感感应磁场,每排 4 个,共 8 路。电感均匀布置在长度为 24cm 的碳纤维杆上,调理电路固定在底盘上,两者通过屏蔽线相连。

(1)首先对小车每个传感器的距离车身中轴线的距离进行确定  
 $dif\_x[8]=[-11.8,-11.8,-4,-4,4,4,11.8,11.8];$

(2)接着将小车前排传感器采集到的信号进行归一化处理,得出每组传感器测得电压归一化后的数值(0~255)存入 AD\_wData[i];

(3)再将两者相乘,求连加之后的和 sumxy1;

$sumxy1+=dif\_x[i]*AD\_wData[i];$  (3)

(4)再将这排传感器感应到的电压归一化后的数值连加得 sumy1,  
 $sumy1+=AD\_wData[i];$  (4)

(5)同样的方法我们可以得出后排的 sumxy2,sumy2;

(6)这样,我们就可以计算出小车的重心偏移量 dif:

$dif=(sumxy1/sumy1)*K1+(sumxy2/sumy2)*K2+(sumxy1/sumy1-sumxy2/sumy2)*K3$  (5)

(7)经过测试发现,如果是按  $(sumxy1/sumy1-sumxy2/sumy2)$  的三次方计算,能比较好的在弯道内切与小 S 弯直冲。

(8)实际行驶的过程中我们发现,单单利用 dif 来控制打舵角度的效果并不理想,尤其是当小车出现丢道的情况下不理想,故我们引入 sumxy1/sumy1 的比值法和 dif\_old 两种方案帮助小车更好的循迹。法:如果该比值大于我们认为丢道的阈值,则小车认为自己偏离磁导线太远并且打极值能返回;dif\_old 法:当小车前排的传感器感应到的最大电压都小于某一阈值时,dif\_old 法将会派上用场。dif\_old 记录下了小车最后一个小于丢道阈值的 sumxy1/sumy1 比值。并以此作为丢道后向哪个方向打舵的参考。

### 2.2 车道斜率算法

根据比例算法测得每排电感偏离漆包线的距离,如图 2-1 所示。

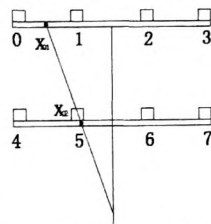


图 2-1 电感偏离漆包线的距离

第一排测得的电压最大值处到前排中心处的距离记为  $x01$ ,第二排测得的电压最大值处到后排中心处的距离记为  $x02$ 。两排电感的距离固定为 17cm,由此可以算得车道斜率。其计算公式为:

$$dif\_x[8]=[-11.8,-11.8,-4,-4,4,4,11.8,11.8] \quad (6)$$

根据公式(10)求得斜率值可判断当前车模所处的空间位置,进一步可以确定车模是在直道或弯道上行驶。根据试车经验,当  $k<0.5$  时我们认为车模处于直道上行驶;而当  $k\geq 0.5$  时,认为车模处于弯道上行驶。

### 3. 车模控制算法

车模控制系统是一个参数不定的系统,一辆具有智能化的赛车必须能够根据赛道的特征将参数调整到最佳,以实现最优控制。

#### 3.1 电机速度控制算法

##### 3.1.1 不同赛段车速给定值

根据 dif 值来修改我们的目标速度:

$$setted\_speed\_n=maxspeed-(dif)^2*(maxspeed-minspeed)^{\alpha}; \quad (7)$$

在比赛中,智能车需要通过直道、弯道和 S 弯等各种复杂赛段,为保证车体能快速稳定的完成比赛,必须精确控制车速,在不同的赛段设置不同的目标车速。速度控制策略是车模在满足一定寻迹精度的前提下尽可能提高车速,保证智能车直道速度的同时,能在入弯时迅速减至给定的速度以平稳入弯。

##### 3.1.2 车速 PD 控制

在工业控制领域当中,PID 控制具有广泛的应用。PID 控制是比例、积分和微分控制,在控制系统中引入偏差的比例调节(Proportional)、积分调节(Integral)和微分调节(Differential),以保证系统的快速性、提高控制精度和消除系统惯性的影响。该算法简单、鲁棒性好、可靠性高,对于那些控制模型不准,控制方案并不需要建立精确数学模型,参数变化较大的被控对象,采用 PID 控制器能得到比较好的控制效果。

在车速控制的实际应用中,只用到了比例调节和微分调节,因为在车速的控制当中,赛车追求地是迅速响应,跟随特性要求较高,因此积分作用并不必要。其控制结构如图 2-2 所示。

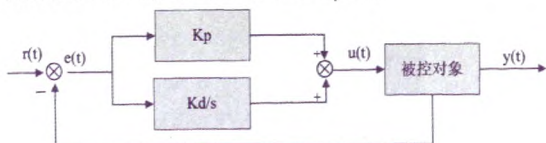


图 2-2 PD 控制器结构图

比例参数  $Kp$  的作用是加快系统的响应速度,提高系统的调节精

度。在比例调节中,输出信号  $\eta(\theta)$  与偏差  $e$  成正比,增大比例系数  $K_p$ ,可以减少误差,提高控制精度;在车速的控制当中,增大  $K_p$  值,可以加快调节,实现车模的迅速加速和有效减速,但若比例作用过大,车速的超调和振荡,使系统变得不稳定。车模容易因为速度阶跃变化而影响车速甚至冲出赛道。因此,在速度控制中,寻找合适的比例系数至关重要。

微分参数  $K_d$  的作用是改善系统的动态性能,在响应过程中抑制偏差向任何方向的变化,对偏差变化进行提前预报。微分调节的输出信号与偏差信号  $e$  对时间的导数成正比。微分作用反映了系统偏差信号的变化率,具有预见性,能预见偏差变化的趋势,从而产生超前的控制作用,在偏差形成之前将其消除。增大微分系数能够增强系统的稳定特性,减小超调,并且改善瞬时响应,提高系统的动态性能。但  $K_d$  不能过大,否则会使响应过程提前制动,延长调节时间,并且会降低系统的抗干扰性能。

根据上述分析,我们在车速控制中采用了 PD 控制方式。车速控制函数计算式为:

$$\text{tmp\_speed} = 0 \times A0 + \text{Speed\_d} \times 60 + (\text{Speed\_d} - \text{Speed\_d\_last}) \times 2 \quad (8)$$

其中,  $\text{Speed\_d} = \text{Setted\_speed} - \text{cur\_speed}$ ;  $\text{Setted\_speed}$  是该赛段程序给定车速,  $\text{cur\_speed}$  是测速传感器测量得到的当前车速;两者的偏差作为被控量代入计算公式,通过比例系数  $K_p$  和微分系数  $K_d$  的计算修正,即可得到调整后的车速。

### 3.1.3 PD 参数的选定

在参数调节过程中,首先对车模进行 P 控制。初始给定一个较小的比例系数  $K_p$  观察车速的响应,不断加大  $K_p$  值,当车速响应变快,直至出现明显的超调时,将  $K_p$  值适当减小。然后观察车模在赛道上表现,不断调整系统的动态过程。为了抑制车速的超调,接着加入微分控制,先把微分时间设为 0,然后逐渐加大,同时改变相应的比例系数,反复试验,最终取  $K_p = 55$ ,  $K_d = -0.002$  时,可以得到比较满意的车速控制效果。

### 3.2 舵机转向控制算法

舵机控制原理是利用电磁传感器提取赛道引导线的位置信息,识别赛道形状特征,计算出赛道曲率半径,将赛道的曲率半径与控制赛车转向的 PWM 信号之间建立起相应的数学关系,再通过一定的控制策略,使车模能够实时跟踪引导线走向,自动控制舵机带动前轮转向,完成寻线行驶。

(1) 根据 dif 值来修改小车在行驶过程中的打舵角度:

$$\text{cur\_pwm\_setright}(\text{RIGHT\_SERVO\_MID} - \text{dif} \times K_p); \quad (9)$$

(2) 确定舵机中点和极限位置所对应的 PWM 占空比:

舵机中点与左右极限位置时所对应的 PWM 占空比是车模转向控制的两项基本参数。根据现有的实验条件,舵机中点测量采用以下方法:在不改变任何其他机械参数的条件下,调用直线测试程序令车模以较低车速通过一条长约 10m 的平直跑道。通过在一定范围内微调输出给舵机的 PWM 值,使车模最终完全沿基准线直线行驶,记录此时的 PWM 值。根据确定出来的 PWM 值不断调节 PWM 占空比,分别测试赛车车轮左右极限位置时的 PWM 值。

(3) 确定不同转弯半径所对应的 PWM 占空比:

车模转向自适应控制算法的核心是舵机根据弯道的变化特点自主的将前轮转角调整为最佳。

具体实现方法是建立转弯半径与相应 PWM 数值之间的关系。需要指

出的是由于赛车机械结构的影响,车模转向拉杆并不等长,会导致赛车在左转和右转时,同一 PWM 数值所对应的转弯半径两者有较大的差异。因此,需要对左转和右转时的情况分别进行测定。测量方法如图 2-3 所示。

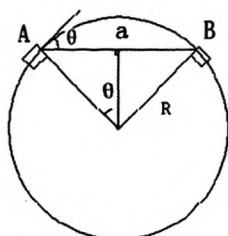


图 2-3 赛车转弯半径测量原理图

按照图示,在赛车行驶轨迹上确定 A、B 两点,通过测量两者之间弦长  $a$  以及弦切角  $\theta$ , 可以根据以下公式推导出在该 PWM 占空比下赛车的转弯半径  $R$ :

$$R = \frac{a}{2 \sin \theta} \quad (10)$$

调整车模机械装置,从舵机中点开始,逐渐加大或减小 PWM 占空比,使车模在测试跑道上以较低车速转弯行驶。

### 4. 结论

回顾赛车整个的设计过程中,所作的工作主要有以下几个方面:

- (1) 利用 PD 算法对车速进行闭环控制,速度响应精确、迅速。
- (2) 精心设计控制算法,对赛车转向系统进行了细致的标定,通过公式推导建立起比较准确的方向控制模型,使赛车能够根据赛道特征自动调整合适的车轮转角寻线行驶,同时选取合适的目标车速,在赛车进入弯道适时进行刹车,提高了行驶稳定性和平均车速。
- (3) 在自制的模拟赛道上对赛车的整体性能进行了大量的测试,为控制策略的优化积累数据和经验。
- (4) 在本车制作过程中,从控制系统的方案选择,到具体设计、论证、制作、调试等各个环节都是由我们独立完成的。由于知识水平有限和经验不足,赛车的设计存在很多的欠缺和不足。在今后我们将对这些问题进行更加深入细致的研究,努力提升认识水平,对赛车系统性能的进一步提升做出努力!

### 【参考文献】

- [1] 卓晴,黄开胜,邵贝贝. 学做智能车——挑战“飞思卡尔”杯[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.3.
- [2] 邵贝贝. 嵌入式实时操作系统 ILCOS-II (第2版)[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [3] 邵贝贝. 单片机嵌入式应用的在线开发方法[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [4] 王晓明. 电动机的单片机控制[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [5] 安鹏,马伟. S12 单片机模块应用及程序调试[J]. 电子产品世界,2006(211): 162-163.
- [6] 童诗白,华成英. 模拟电子技术基础[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [7] 沈长生. 常用电子元器件使用一读通[M]. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [8] 宗光华. 机器人的创意设计与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.
- [9] 张伟等. Protel DXP 高级应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2002.

(上接第 98 页)烧机可能性。经分析,是由于橡胶轴承座装斜,导致电机擦铁,从而引起电机烧机,见图 5。



图 5

解决的办法:提高橡胶轴承座的硬度,原来橡胶轴承座邵氏硬度

HA59,改用邵氏硬度为 HA74 的橡胶轴承座。使实际装配受力时不易变形。

采用以上方案后烧机问题已得到解决。

### 4. 结束语

以上功能与结构上的改进,既解决了该款台锯产品缺陷,提升了台锯品质,也为其他产品的改进提供了借鉴依据。

### 【参考文献】

- [1] 中华人民共和国国家标准. 可移动式电动工具的安全[S]. GB13960.2-2008.
- [2] 赵朋飞. 推台锯控制系统的设计与研究[D]. 南京林业大学硕士学位论文. 2009.6.