

自导车激光导引控制系统研究

任永益 许 军 陈永光

(精密机械与仪器系)

摘 要 本文提出一种用于柔性加工系统 (FMS) 的自动导向车 (AGV) 导引控制系统。该系统不仅能导引直线运行, 而且能控制转弯。当自导车沿直线行驶时, 它由设置在地面的气体激光器发出的激光束导引, 由最优线性调节器控制; 当自导车转弯时, 它由三束激光和角锥棱镜检测位置和方向, 由模糊控制器控制。实验表明该导引控制系统可行, 它将使 FMS 的物流系统具有更高的柔性度。

关键词 柔性加工系统, 控制系统, 自导车, 激光导引, 最优线性调节器, 模糊控制器

分类号 TP278

自动导向车 (AGV) 是柔性加工系统 (FMS) 中物流系统的重要组成部分。目前国内 FMS 中普遍采用电磁导引式 AGV。它具有工作可靠, 路径不受污染物影响等优点。但它也有一个较大的缺点, 就是它的导引电缆埋在地下, 行车线路难以更改, 这对设备更新和技术发展是一个限制。而用于实验研究的 FMS 实验室, 设备和技术都在不断发展, 更希望物流系统具有较大的柔性度。为此, 我们研制了一种激光导引的 AGV 检测控制系统及其模型车。它不仅能在激光导引下作较高精度的直线运行, 而且能利用激光检测定位系统和模糊控制器实现弯道的位置补偿控制, 从而提供了一种线路易于更改的采用激光的新的导引控制系统。

1 系统结构原理

系统总框图如图 1 所示。两个直流电动机分别由两个脉宽调制功率放大器 (PWM) 驱动。转速反馈和位置反馈均由光电码盘来实现。AGV 偏差量检测反馈装置在作直线运行和弯道运行时是不同的, 作直线运行时它仅仅是一个最优反馈系数; 作弯道运行时它是三束激光、角锥棱镜和模糊控制器。下面分别按两种不同的运行方式来讨论。

1.1 直线运行

直线运行时, 自导车受设置在地面的气体激光器发出的激光束导引。系统以 10.24ms

为周期定时检测 AGV 对导引激光束的偏差量。由于采样周期远小于自

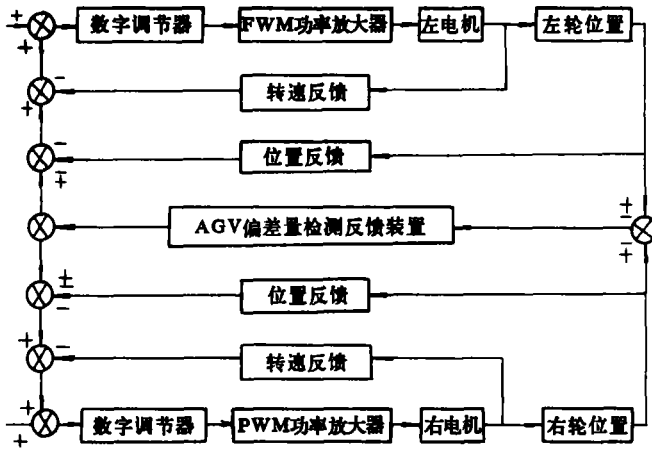


图 1 总框图

导车折算到电机轴上的机电时间常数，因而可将图 1 近似为连续系统来进行反馈系数的设计计算，从而可以画出它的状态变量图，如图 2 所示。

图中 T_m 为电机带负载后的机电时间常数； K_1 、 K_2 均为已知的比例系数； k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 、 k_5 为待求的反馈系数。

按图 2 可列出原系统在没有状态反馈时的状态方程

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \\ \dot{x}_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_m} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{T_m} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ K_2 & 0 & -K_2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & K_1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

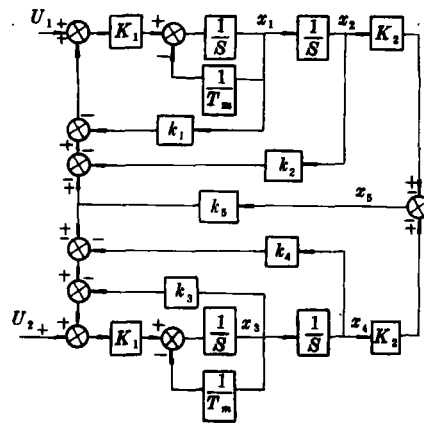


图 2 状态变量图

可以证明，该系统是可控的。我们

按二次型性能指标

$$J = \int_0^{\infty} (X^T Q X - U^T R U) dt$$

最优的原则，用数字计算机解代数黎卡提矩阵方程即可求出最优反馈矩阵

$$K = [k_1 \quad k_2 \quad k_3 \quad k_4 \quad k_5]^T$$

从而使系统获得最优的控制性能。

1.2 弯道运行

当自导车接收到地面弯道标志时，计算机执行弯道程序。这时 AGV 偏差量检测反馈装置由车上的三个激光器和地面成对设置的角锥棱镜 (corner cube) 来实现。它的原理图如图 3。

图 3 中 S_1 、 S_2 、 S_3 为车上发出的三束激光； CC_1 、 CC_2 、 CC_3 、 CC_4 、... 为成对放置的角锥棱镜； L 为两角锥棱镜间的距离； W 为自导车中心线与 S_1 、 S_3 交点之间的距离； α 为 S_3 与 S_1 的夹角。角锥棱镜具有使入射光线原路反射回来的功能。用光电检测器检测三束返回光束到达的时间，即可确定车体的位置和方向。具体举例如下：

假设自导车通过一对角锥棱镜时位于规定路径的右边，方向向左。即 S_1 、 S_2 、 S_3 射到角锥棱镜上的顺序是 S_2 、 S_1 、 S_3 。并假设自导车做匀速运动，速度为 V 。如图 4 所示。

图 4 中 B' 点为 S_1 射到 CC_1 时 S_3 发光点所在的位置，即 BB' 的长度为 W 。

为了测定自导车方向偏差角 θ 和位置偏差量 D ，首先测出激光束 S_1 、 S_2 射到 CC_1 、 CC_2 上的时间差 T_{12} 和 S_1 、 S_3 射到 CC_1 上的时间差 T_{13} 。若车速为 V ，那么 $L_{BC} = T_{12}V$ ， $L_{B'A} = T_{13}V$ ，由图 4 中几何关系即可求出

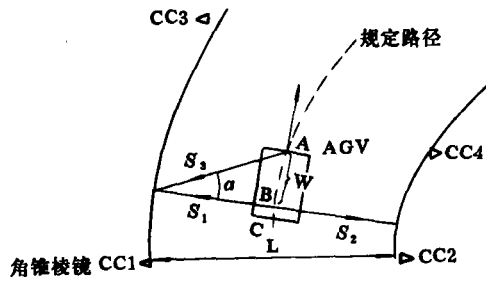


图 3 弯道运行偏差量检测原理图

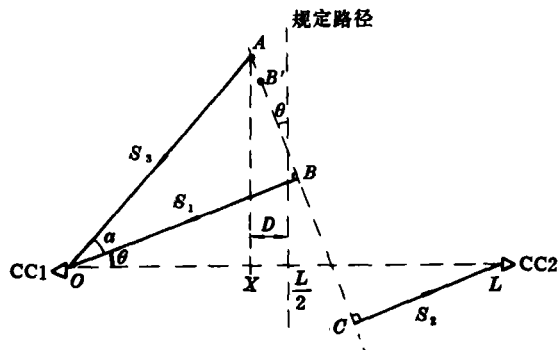


图 4 弯道运行偏差量计算原理图

$$\theta = \sin^{-1}(L_{BC}/L)$$

$$D = L/2 - (W + L_{B'A})\cos(\alpha + \theta)/\sin\alpha$$

当车体处于不同的方位时,三束返回激光出现的顺序也可能不同。这样,共有六种不同的顺序,它们的偏差量 θ 和 D 的计算公式也略有不同,但计算方法是类似的^[1]。

由于弯道上角锥棱镜的设置不可能太密,因此不能按一般的离散位置控制系统的方法进行采样控制。为此我们采用模糊控制器来实现位置补偿控制。具体做法是把检测到的方向偏差角 θ 和位置偏差量 D 实行 Fuzzy 化,然后按 Fuzzy 控制规则进行 Fuzzy 判决再输出控制信息。为了提高速度,增强实时控制能力,把以上过程预先制成 Fuzzy 控制表,使用时查表即可。本系统 Fuzzy 表见表 1。其中 G 为控制决策。

表 1 Fuzzy 控制表

G		θ				
		2	1	0	-1	-2
D	2	3	2	2	0	-1
	1	2	1	1	-1	-1
	0	2	1	0	-1	-2
	-1	1	1	-1	-1	-2
	-2	1	0	-2	-2	-3

2 系统的实现

本系统硬件配置如图 5。它由两个 Z80 单板机及相应的检测、驱动及接口电路组成。

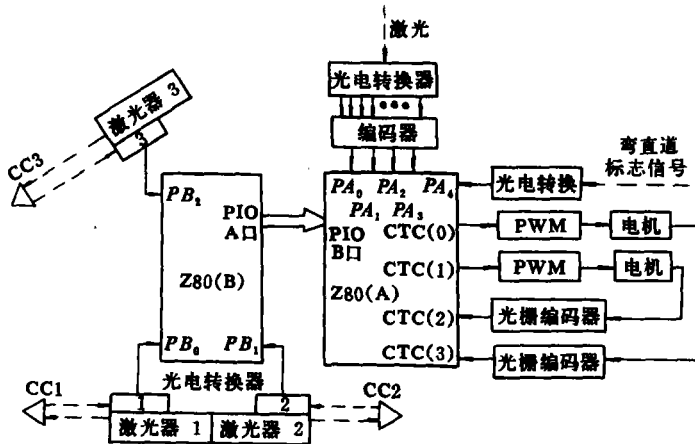


图 5 硬件配置

图中虚线为光路,虚线以外部分不设在车上。Z80(A)为主机,它负责处理直线运行时自导车对激光的偏差量,实现对两个直流电机的驱动和反馈控制。Z80(B)为分机,它负责处理弯道运行时自导车对规定路线的方向和位置偏差量,进行模糊运算,然后通过并行接口把数据传送给 Z80(A)机,实现对电机的补偿控制。

系统软件框图如图 6。

系统工作过程如下：直线运行时，Z80(A)的定时器每隔 10.24ms 发出中断信号。在中断服务程序中，CPU 读取 AGV 对地面激光束的偏差信号，该信号是由 15 路光电转换器接收，经 16-4 线优先编码器编码成为 4 位数字信号后，输至并行口 PA₀、PA₁、PA₂、PA₃ 的；同时还读取计数器 CTC(2)、CTC(3)中所计光栅编码器输出的速度信号。这些反馈信号及速度给定值经数字调节运算后，通过定时器 CTC(0)和 CTC(1)输出一定宽度的脉宽信号，再经 PWM 功率放大后驱动两个电机运转，控制 AGV 沿激光束指引的方向行驶。

当 AGV 接收到弯道标志信号后，系统执行弯道程序。Z80(B)单板机在接收到反射光信号时发出中断申请。在中断服务程序中进行顺序判断，偏差量计算，查 Fuzzy 表，然后将控制决策量送到 Z80(A)的并行口，经过数字调节运算后输出脉宽信号，控制自导车沿预定的弯道行驶。

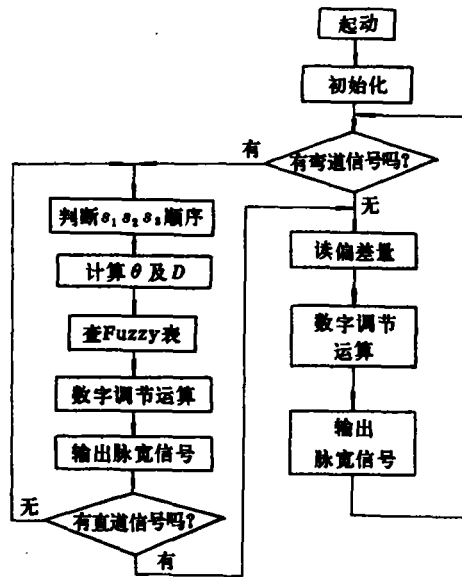


图 6 软件框图

3 实验结果

本系统安装在一台模型车上进行了实验运行。该车前轮为万向轮，后轮由两个直流电机分别驱动，以两电机的速度差实现方向控制。系统实验在两种情况下进行。第一种是在不同车速下作直线运行；第二种是在车速为 0.15 米/秒条件下由直道变弯道运行，行驶距离 560cm。不同车速下直线运行实验结果见表 2；车速在 0.15 米/秒条件下由直道变弯道运行实验结果见表 3。

表 2 直线运行实验结果

车速(米/秒)	最大偏差(厘米)
0.1	-1~+1
0.14	-2~+2
0.18	-2.5~+2.5
0.23	-3~+3
0.5	-4.5~+5

表 3、弯道运行实验结果

起始条件		最大偏差	
θ(度)	D(厘米)	θ(度)	D(厘米)
0°	-5	±9°	±14
-7°	-5	±10°	±10
0°	0	±7°	±6
7°	5	±8°	±15
0°	5	±8°	±9

由表 2 可见,自导车在直线运行时具有较高的精度,且车速越低,控制精度越高。因此自导车在转弯前或到达定位点前应适当减速。由表 3 可见,即使在有偏差的情况下,经过较长距离的弯道行驶后,仍能把自导车的方向和位置控制在一定精度范围内,从而使它能够接收到下一束地面激光,实现下一次从弯道到直道的转换。为了说明弯道位置补偿控制的效果,我们还在相同条件下进行了一组对比实验,即在弯道运行时不加位置补偿,这时转弯后自导车将大大偏离原路径而无法接收到下一束地面激光。

4 结 论

- (1) 用激光导引自导车作直线运行具有较高的精度。
- (2) 用车上发射的三束激光作自导车弯道定位检测装置是可行的;用模糊控制器作位置补偿是有效的。它与国外类似系统比较结构更简单,效果更明显^[2]。
- (3) 本系统可用于 FMS 中的自动导引车,它将有助于提高 FMS 物流系统的柔性度。

参 考 文 献

- [1] 许军,任永益.自导车检测定位系统的研究.计算技术与自动化,1989,8(2)
- [2] Toshihiro Tsumura and Masafumi Hashimotoy. Positioning and Guidance of Ground Vehicle by use of Laser and Corner Cules. Robotics and Automation IEEE International Conference, 1986

A Research on the Guide and Control System of Laser Guiding AGV

Ren Yongyi Xu Jun Chen Yongguang
(Department of Precision Machine and Instrument)

Abstract

This paper presents a guide and control system of laser-guiding automatic guided vehicle (AGV) applied to the goods transportation system of flexible manufacturing system (FMS). This system can not only run along a straight line, but also turn a corner. When the AGV goes along a straight line, it is guided by a laser beam shot by a gas laser on the ground, and is controlled by the optimal linear regulator. When it turns a corner, its position and direction is measured by three laser beams and corner cubes, and controlled by a fuzzy controller. Experiments show that the system is feasible and it will make the goods transportation system more flexible.

Key words flexible manufacturing system, control system, automatic guided vehicle, laser guiding, optimal linear regulator, fuzzy controller