

文章编号: 1002-0268 (2001) 03-0088-03

# 汽车加速踏板自动控制系统设计

初秀民, 任 有, 施树明, 许洪国  
(吉林大学, 吉林 长春 130025)

**摘要:** 论述在底盘测功机上进行汽车排放和燃油经济性试验时, 自动控制加速踏板的必要性。基于人机工程学原理, 分析人脚操纵加速踏板的形态, 并以此设计加速踏板自动控制机构和加速踏板自动控制系统。

**关键词:** 底盘测功机; 加速踏板; 曲柄摇杆; 自动控制

**中图分类号:** U463.2

**文献标识码:** A

## Design of Automobile Accelerator Pedal Automatic Control System

CHU Xiu-min, REN You, SHI Shu-ming, XU Hong-guo  
(Jilin University, Jilin Changchun 130025, China)

**Abstract:** The importance of automatic control of accelerator pedal is discussed in this paper, when the automobile exhaust and fuel economy test are done on the chassis dynamometer. Based on the principle of man-machine engineering, the state of driver foot controlling accelerate pedal is analyzed for the accelerator pedal automatic control system design.

**Key words:** Chassis dynamometer; Accelerator pedal; Brace rocker; Automatic control

随着汽车技术的发展, 人们对汽车燃油经济性和汽车排放性能的要求越来越高。汽车燃油经济性和排放性能可在底盘测功机上进行测试试验。试验时, 将汽车置于底盘测功机的驱动转鼓上, 用相应的制动功率来模拟汽车传动损耗、道路坡力、滚动阻力和空气阻力, 并用当量的惯性质量来模拟汽车的质量, 使汽车在转鼓上进行稳态和动态行驶工况与实际道路行驶条件很好地吻合<sup>[1,2]</sup>。然而这些试验的过程一般都比较繁琐, 例如汽车排放试验每次试验包括4个循环, 中间不得间断。每个循环应包括15种工况(急速、加速、等速、减速等)。试验中, 驾驶员需要根据“司机助”(Drive Aid)显示的工况以及车速, 操纵汽车加速踏板来跟踪“司机助”显示的车速。整个试验过程对试验人员的驾驶技能要求极高, 试验人员的工作强度也较大。在一些人体实验中证明: 从试验人员发现目标产生操作意识到动作结束, 约需0.5s, 而且试验中, 试验人员为使试验车速与“司机助”显示的车速一致, 脚需要反复操纵加速踏板, 这样就可能使汽车跟踪速度与“司机助”显示的车速间存在较大的

偏差。因而, 开发加速踏板自动控制系统替代人脚进行本项试验以及在底盘测功机上进行的其它试验, 对于减轻试验人员技能要求、降低工作强度, 提高试验精度都具有重要意义<sup>[3,4]</sup>。

### 1 人脚操纵加速踏板形态分析

不同的车型, 加速踏板的结构和位置存在一定差别, 但各种车型的加速踏板的空间布置都是根据人体工程学原理进行设计的。因此, 在设计加速踏板自动控制执行机构时, 须要对人体操纵加速踏板的形态进行分析, 确定不同车型加速踏板的共性参数, 据此设计加速踏板自动控制执行机构, 以适应不同的车型<sup>[5]</sup>。

加速踏板所需的踏力和行程较小, 造成驾驶操纵疲劳的主要原因是频繁踩踏。因此, 加速踏板的位置布置应使人体处于舒适的位置。图1为利用舒适驾驶姿态人体样板进行人体布置的情况。一般是将人体的脚跟置于地板上, 脚面置于踏板上。这时脚跟与踏板支点保持接触, 即为踵点。有时只有脚的前部置于加速踏板上, 脚跟与踏板支点分离, 这时定义脚跟的着

地点为踵点位置。在汽车设计中将加速踏板上距踵点 200mm 的点定义为踏点 (B 点)<sup>[6]</sup>, 此点即为设计加速踏板执行机构控制加速踏板的施力点。加速踏板在初始位置时, 人体右脚与小腿的关节角  $\alpha$  一般为  $87^\circ \sim 90^\circ$ , 而踏板达到极限位置, 此角度应不大于  $130^\circ$ , 所以踏板转角小于  $40^\circ$ , 即加速踏板执行机构控制加速踏板的转角应达到  $40^\circ$ 。大腿与小腿之间的膝角  $\beta$  为  $112^\circ \sim 118^\circ$ , 小腿长度  $L_3$  在  $391 \sim 460\text{mm}$  之间, 由图 1 可知:  $L_1 = L_3 \times \sin(\beta/2)$ ,  $L_1$  为加速踏板自动控制机构一端大致的极限位置。

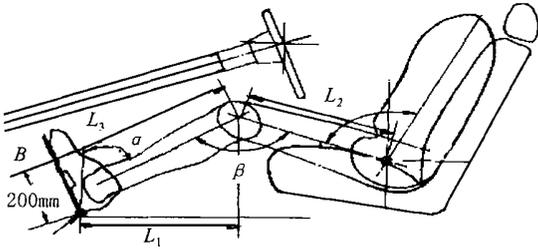


图 1 利用舒适驾驶姿态人体样板进行人体布置

## 2 加速踏板自动控制机构设计

基于上述分析, 本设计采用曲柄摇杆机构替代人脚控制加速踏板, 其中主动杆  $L_3$  由步进电机经减速装置驱动, 步进电机可以精确控制角位移且具有自锁功能, 便于提高加速踏板的控制精度。设计曲柄摇杆机构时, 加速踏板支点的位置对机构参数有着重要的影响。本文针对加速踏板支点不同位置, 设计不同的加速踏板自动控制机构参数。

### 2.1 加速踏板支点位于地板上

图 2 为加速踏板支点位于地板上时, 设计的加速踏板自动控制执行机构示意图, 此机构为平行四连杆机构。由图 2 可知

$$\theta = \beta, \quad \omega_1 = \omega_2 \quad (1)$$

由式 (1) 可知, 采用平行连杆机构控制加速踏板, 其传递比为  $\theta/\beta = 1$ , 即控制主动杆的转角就相当于控制了加速踏板。其角速度之比为  $\omega_1/\omega_2 = 1$ , 说明本机构动态响应非常理想。

此外, 由图 2 可导出式 (2)。

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad (2)$$

在  $L_2$  一定时, 由图 2 可知当增加  $L_3$  的长度时, 将增大  $\phi$  角, 而  $\phi$  等于  $\alpha + \beta$ , 因此使压力角  $\alpha$  减小, 并减小控制力矩, 增加机构的稳定性。为了满足不同类型加速踏板形状,  $L_3$  应可以适当地调整长度。

### 2.2 加速踏板支点不位于地板上

图 3 是加速踏板支点为悬置形式时, 加速踏板自

动控制机构示意图。

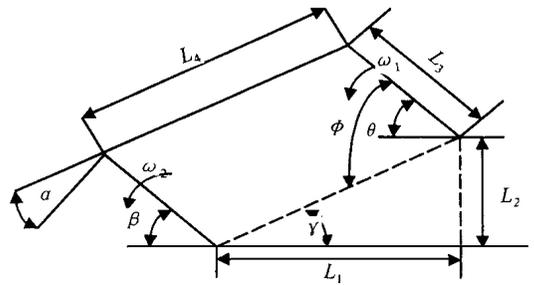


图 2 支点位于地板时加速踏板自动操纵执行机构简图

$L_1$ ——踏板支点到主动杆距离;  $L_2$ ——主动杆到地板的高度;  $L_3$ ——主动杆长度;  $L_4$ ——连杆长度;  $\alpha$ ——压力角;  $\beta$ ——踏板转角;  $\gamma$ ——机构倾角等于  $\arctg L_2/L_1$ ;  $\theta$ ——主动杆转角;  $\omega_1$ ——主动杆角速度;  $\omega_2$ ——踏板角速度

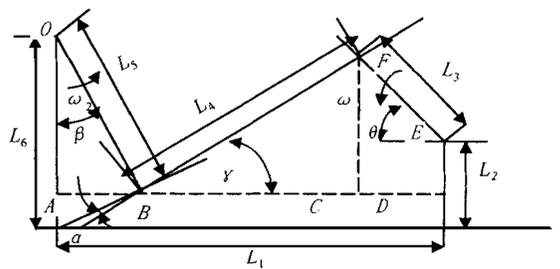


图 3 支点位不在地板上加速踏板自动操纵机构示意图

$L_1$ ——踏板支点到主动杆距离;  $L_2$ ——主动杆到地板的高度;  $L_3$ ——主动杆长度;  $L_4$ ——连杆长度;  $L_5$ ——踏点到加速踏板支点距离;  $L_6$ ——加速踏板支点到地板的高度;  $\alpha$ ——压力角;  $\beta$ ——踏板转角;  $\gamma$ ——连杆倾角;  $\theta$ ——主动杆转角;  $\omega_1$ ——主动杆角速度;  $\omega_2$ ——踏板角速度

由图 3 可导出式 (3)。

$$L_1 = AB + BC + CD \quad (3)$$

其中,  $AB = L_5 \sin \beta$

$$BC = \sqrt{L_4^2 - CF^2}$$

$$CF = L_3 \sin \theta + L_2 - (L_6 - L_5 \cos \beta)$$

$$CD = L_3 \cos \theta$$

整理式 (3) 可得式 (4)。

$$(L_1 - L_5 \sin \beta - L_3 \cos \theta)^2 + (L_3 \sin \theta + L_2 - L_6 + L_5 \cos \beta)^2 = L_4^2 \quad (4)$$

本机构的传递比为  $\theta/\beta$ ,  $\beta$  由式 (4) 计算。

对 (4) 式取导数得

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{[L_5 \cos \beta (L_3 \sin \theta + L_2 - L_6 + L_5 \cos \beta) + L_5 \sin \beta (L_1 - L_5 \sin \beta - L_3 \cos \theta)]}{[L_3 \cos \theta (L_3 \sin \theta + L_2 - L_6 + L_5 \cos \beta) + L_3 \sin \theta (L_1 - L_5 \sin \beta - L_3 \cos \theta)]} \quad (5)$$

由式 (5) 可知, 减小  $L_3$  的长度, 将有助于增大

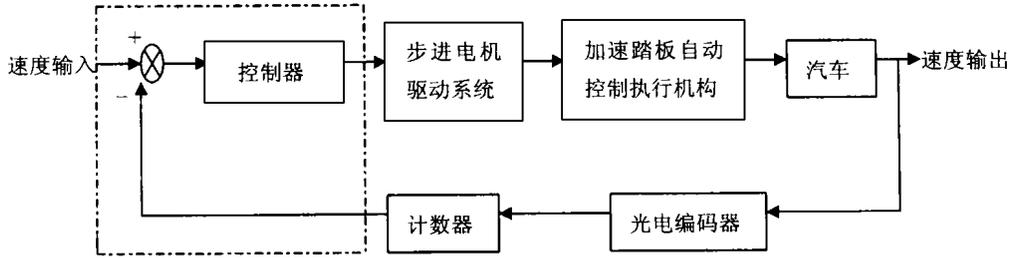
$\omega_1/\omega_2$ , 提高机构的动态响应速度。此外, 由图3可得式(6)。

$$\alpha + \beta = \gamma \quad (6)$$

在  $L_4$  一定时, 增加  $L_2$  和  $L_3$  长度有助于减小压力角  $\alpha$ , 从而减小控制力矩。因此, 在满足空间约束的条件下, 应增大  $L_2$  长度;  $L_3$  在满足机构的动态响应前提下, 应增大  $L_3$  长度。

### 3 加速踏板系统控制原理

为实现加速踏板自动控制, 本研究设计了由工业



虚框部分为工业计算机控制部分

图4 加速踏板自动控制系统控制原理

### 3.2 步进电机驱动系统设计

图5为步进电机驱动系统构成图。工业计算机通过D/A控制脉冲频率, 进而控制步进电机转速; 通

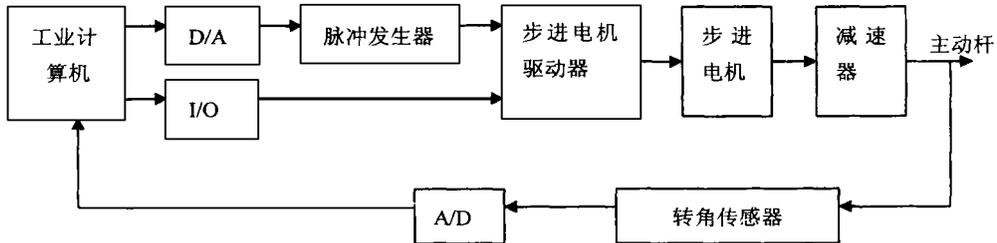


图5 步进电机驱动系统构成图

过 I/O 控制步进电机的转向; 通过转角传感器检测主动杆的转角, 并经 A/D 反馈到工业计算机, 实现对加速踏板自动控制执行机构转角的精确控制。

为便于安装调试本系统, 设计有步进电机手动控制功能, 运用电位器输入替代 D/A 作为脉冲发生器的输入, 实现步进电机速度手动调试; 运用继电器替代 I/O, 实现步进电机转向手动调试。此外, 加速踏板自动控制执行机构安装有限位开关限制杆件的极限位置, 确保系统安全工作。

### 4 结论

(1) 在分析人脚控制加速踏板的姿态基础上, 本文确定了加速踏板自动控制机构与加速踏板相连接的铰链点位置, 并确定了加速踏板转角大致的范围和加速踏板自动控制机构的大致空间。

(2) 针对加速踏板支点位置不同, 设计了两种曲柄摇杆机构, 并给出了两种机构的传递比以及机构参

数值的选取原则。

### 3.1 系统控制原理

图4为系统控制原理框图, 由工业控计算机控制步进电机驱动系统, 驱动系统驱动加速踏板控制执行机构来控制加速踏板的转角, 同时在底盘测功机从动滚筒轴上安装速度传感器, 实时检测车速, 并反馈到工业计算机, 构成速度闭环控制系统, 实现车速精确自动控制。

过 I/O 控制步进电机的转向; 通过转角传感器检测主动杆的转角, 并经 A/D 反馈到工业计算机, 实现对加速踏板自动控制执行机构转角的精确控制。

数的选取原则。

(3) 设计了由工业计算机、A/D、D/A、I/O、计数器、速度传感器、转角传感器、步进电机驱动器、步进电机、减速器等构成的加速踏板自动控制系统。

### 参考文献:

- [1] 方茂东. 排放试验用底盘测功机的设定研究. 汽车工程, 1996, 18(2).
- [2] 陈东雷, 高世伦. 底盘测功机控制系统的开发. 汽车工程, 1998, 20(3).
- [3] 常文宣. 汽车的性能与试验. 北京: 人民交通出版社, 1985.
- [4] 庄继德. 汽车系统工程. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [5] 龚微寒. 汽车现代设计制造. 北京: 人民交通出版社, 1995.
- [6] 温吾凡. 汽车人体工程学. 长春: 吉林科学技术出版社, 1991.
- [7] 华大年. 连杆机构设计. 上海: 上海科学技术出版社, 1995.