汽车系列
高等职业院校教材改革示范教材

汽车底盘电控系统构造与维修

付百学　李晓雪　主编



北京交通大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com



高等职业院校教材改革示范教材·汽车系列

汽车底盘电控系统构造与维修

主　　编　付百学　李晓雪
副 主 编　李　伟　朴振华
参　　编　（按姓氏音序排列）
　　窦　磊　范智勇　季海成　张　锐

北京交通大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书共分九个单元，主要介绍汽车底盘电控系统的控制功能与基本组成，汽车防抱死制动系统、汽车驱动防滑转系统、汽车电子稳定程序、电子制动力分配、电子感应制动、汽车变速系统的电子控制、电控悬架系统、巡航控制系统和电控动力转向系统的结构与控制原理及其故障诊断与检修等内容。

本书为高等职业院校汽车相关专业教材，也可供汽车制造、使用维修行业和相关工程技术人员参考阅读。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车底盘电控系统构造与维修/付百学，李晓雪主编. —北京：北京交通大学出版社，2009.9
ISBN 978-7-81123-765-8

Ⅰ.汽… Ⅱ.①付… ②李… Ⅲ.①汽车-底盘-电气控制系统-结构 ②汽车-底盘-电气控制系统-车辆修理 Ⅳ.U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 140145 号

责任编辑：井 飞 特邀编辑：杨春彦
出版发行：北京交通大学出版社 电话：010-51686414
北京市海淀区高梁桥斜街 44 号 邮编：100044
印 刷 者：北京宏伟双华印刷有限公司
经 销：全国新华书店
开 本：185×230 印张：17 字数：380 千字
版 次：2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷
书 号：ISBN 978-7-81123-765-8/U·38
印 数：1～3 000 册 定价：27.00 元

本书如有质量问题，请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评，我们表示欢迎和感谢。
投诉电话：010-51686043，51686008；传真：010-62225406；E-mail：press@bjtu.edu.cn。

前　言

随着我国汽车工业的迅速发展，汽车年产量和保有量迅速增加，截至2008年底，我国汽车年产量首次突破1 000万辆，全国汽车保有量达到6 467万辆，预计到2020年我国汽车保有量将增长至1.2亿辆。汽车车型、结构、性能在不断改变，汽车电子化程度越来越高，新结构与装置不断涌现，尤其是汽车电气与电子控制装置装车率迅速增多，要求汽车相关专业的学生，以及从事汽车专业的维修人员、技术人员，应及时掌握汽车电子控制技术的理论基础知识，熟悉汽车电子控制装置的检测、故障诊断与维修的基本方法，不断更新知识，以适应日新月异的现代汽车技术发展的需要。

本书介绍了汽车底盘电控系统的控制功能与基本组成，汽车防抱死制动系统、汽车驱动防滑转系统、汽车电子稳定程序、电子制动力分配、电子感应制动、汽车电子控制变速系统、电控悬架系统、巡航控制系统和电控动力转向系统的结构与控制原理及其故障诊断与检修等内容。编写过程中，从基本概念、基本组成入手，体现最新汽车电子技术发展动向。语言通俗易懂，精选实例，图文并茂，文字简洁、内容深浅适度、重点突出、层次结构合理，具有较强的针对性和实用性，便于教学和自学。

本书由付百学、李晓雪主编，李伟、朴振华任副主编。编写分工：单元一、单元二（付百学，黑龙江工程学院）；单元三（窦磊，山东技师学院）；单元四（李伟，黑龙江工程学院）；单元五（李晓雪，齐齐哈尔职业学院）；单元六（季海成，哈尔滨工业大学华德学院）；单元七（范智勇，天津开发区职业技术学院）；单元八（张锐，青海交通职业技术学院）；单元九（朴振华，黑龙江商业职业学院）。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请广大师生和读者批评指正。

编　者

2009.7

目　　录

单元一　概述 …… 1
第一节　汽车底盘电控系统及其控制功能 …… 1
第二节　电控系统的基本组成 …… 2
一、信号输入装置 …… 2
二、ECU …… 4
三、执行器 …… 5
第三节　故障自诊断技术 …… 11
一、随车诊断技术 …… 11
二、车外诊断技术 …… 11
复习思考题 …… 12
单元二　汽车防抱死制动系统(ABS) …… 13
第一节　概述 …… 13
一、ABS 控制基础 …… 13
二、ABS 的类型 …… 18
三、ABS 的功能 …… 21
第二节　基本组成与工作原理 …… 22
一、ABS 的组成 …… 22
二、主要部件的结构原理 …… 23
第三节　ABS 的故障诊断与维修 …… 37
一、使用与维修注意事项 …… 37
二、系统检查和故障诊断方法 …… 39
三、MK20 - I 型 ABS 故障诊断与维修 …… 49
复习思考题 …… 69
单元三　汽车驱动防滑转系统(ASR) …… 70
第一节　概述 …… 70
一、ASR 的优点 …… 70
二、ASR 的使用 …… 71
三、ASR 与 ABS 的区别 …… 72
四、ASR 的控制方式 …… 72
第二节　基本组成与工作原理 …… 75

一、ABS/ASR 的组成 …… 75
二、ABS/ASR 工作原理 …… 75
第三节　典型汽车驱动防滑转系统 …… 77
一、ABS/TRC 的组成 …… 77
二、ABS/TRC 控制原理 …… 81
三、ABS/TRC 防滑转系统电路分析 …… 84
四、ABS/TRC 故障自诊断 …… 88
五、主要控制元件的检测 …… 90
复习思考题 …… 93
单元四　汽车电子稳定程序(ESP) …… 94
第一节　ESP 的组成和工作原理 …… 94
一、ESP 的组成 …… 94
二、ESP 控制原理 …… 95
第二节　博世 ESP …… 97
一、博世 ESP 的组成 …… 97
二、工作原理 …… 98
第三节　主要部件结构原理 …… 99
一、信号输入装置 …… 99
二、ECU …… 104
三、执行器 …… 104
四、BOSCH ESP 电路 …… 106
第四节　故障诊断 …… 107
复习思考题 …… 108
单元五　电子制动力分配(EBD)和电子感应制动(SBC) …… 109
第一节　电子制动力分配 …… 109
一、EBD 的特点 …… 109
二、EBD 的组成原理 …… 110
第二节　电子感应制动 …… 112
一、SBC 的特点 …… 112
二、SBC 的构成 …… 113
三、SBC 的工作原理 …… 115
复习思考题 …… 117
单元六　汽车变速系统的电子控制 …… 118
第一节　电控自动变速器 …… 118
一、概述 …… 118

二、结构与工作原理 …… 120
三、性能检验 …… 151
四、电控系统测试 …… 160
五、故障自诊断 …… 164
六、故障诊断表 …… 168
第二节 无级变速器 …… 176
一、类型与特点 …… 177
二、组成及控制原理 …… 177
复习思考题 …… 186
单元七 电控悬架系统 …… 187
第一节 概述 …… 187
一、功用 …… 187
二、分类 …… 187
第二节 结构与工作原理 …… 188
一、减振器阻尼控制系统 …… 188
二、车身高度控制系统 …… 196
三、电子调节空气悬架 …… 199
四、油气弹簧悬架 …… 207
五、带路况预测传感器的主动悬架系统 …… 210
第三节 故障诊断 …… 212
一、指示灯检查 …… 212
二、读取故障码 …… 212
三、清除故障码 …… 212
四、故障分析 …… 213
复习思考题 …… 215
单元八 巡航控制系统(CCS) …… 216
第一节 系统组成及工作原理 …… 216
一、操作开关 …… 217
二、传感器 …… 219
三、巡航 ECU …… 219
四、执行器 …… 221
第二节 巡航控制系统的使用 …… 225
一、使用注意事项 …… 225
二、使用方法 …… 226
第三节 故障诊断与维修 …… 227

一、部件位置及电路 …… 227
二、故障诊断 …… 228
三、故障检查与排除方法 …… 231
复习思考题 …… 236
单元九　电控动力转向系统(EPS) …… 237
第一节　液压式 EPS …… 237
一、流量控制式 EPS …… 237
二、反作用力控制式 EPS …… 238
三、阀灵敏度控制式 EPS …… 241
第二节　电动式 EPS …… 243
一、齿轮助力式 EPS …… 243
二、齿条助力式 EPS …… 245
三、转向轴助力式 EPS …… 246
第三节　四轮转向系统 …… 250
一、转向角比例控制 4WS …… 250
二、车速前馈控制 4WS …… 252
三、横摆角速度比例控制 4WS …… 257
第四节　故障诊断与检修 …… 260
一、故障诊断 …… 260
二、主要部件的检修 …… 261
复习思考题 …… 262
参考文献 …… 263

单元一　概　　述

应知理论

1. 了解汽车底盘电控系统的特点；
2. 掌握汽车底盘电控系统的控制功能；
3. 掌握汽车底盘电控系统的基本组成；
4. 了解汽车故障自诊断技术。

应会技能

1. 能举例分析底盘电控系统的控制项目；
2. 能分析底盘电控系统各组成部分的功用。

第一节　汽车底盘电控系统及其控制功能

现代汽车底盘采用了大量的电控装置，增加了许多新功能，使汽车驾驶更加简单方便，乘坐更加舒适、安全。汽车底盘电控系统及其控制功能，见表 1-1。

表 1-1　汽车底盘电控系统及其控制功能

名　称	功　能
防抱死制动系统（ABS）	确保在紧急制动、易打滑路面及制动时方向的稳定性、操纵的可靠性和制动时的安全性
驱动防滑转/牵引力控制系统（ASR/TCS）	减少驱动轮空转，增大牵引力，提高汽车加速性和操纵稳定性
自动变速控制系统	减少频繁换挡和换挡冲击，增强变速与汽车性能的匹配，提高行驶平顺性和乘坐舒适性
电控悬架系统	缓和并衰减由地面引起的对车身的冲击和振动，传递作用在车轮与车身之间的各种力和力矩，以提高汽车行驶平顺性和乘坐舒适性
巡航控制系统（CCS）	将汽车控制在经济车速下行驶，降低油耗；无须频繁加油，提高舒适性和安全性
电控动力转向系统（EPS）	借助于发动机动力或电源电力，将其转换成液压能或机械能，驱动转向轮偏转，实现助力转向，使转向轻便，减轻驾驶员劳动强度，提高安全性
四轮转向系统（4WS）	提高汽车转向的机动灵活性和高速行驶的操纵稳定性

第二节　电控系统的基本组成

汽车底盘电控系统主要由信号输入装置、电子控制单元(ECU)和执行器等组成。

一、信号输入装置

信号输入装置包括各种传感器和开关。车用传感器的类型和功能,见表1-2。

表1-2　车用传感器的类型和功能

物理量	测试部位	传感元件	基本要求	功能
转角	曲轴角度	电磁型拾音器、光电遮断器、霍尔集成电路	小型化、提高分辨能力	电控燃油喷射系统
	节气门开度	电位计(电路组件)	提高触点的接触可靠性、提高寿命	
	转向角	光电遮断器、静电容量式	小型化、提高分辨能力	四轮转向、动力转向
	车高	超声波、激光、电位计	低成本化	悬架
	角速度、方位	振动陀螺仪、光纤陀螺仪、地磁陀螺仪、排气流量陀螺仪	提高耐高温特性、降低与其他转轴的灵敏度、低成本化、零件集成化、消除残留磁性	导航系统
转速	发动机转速	电磁型拾音器、霍尔集成电路	小型化、耐噪声	电控燃油喷射系统、自动变速控制系统、悬架、牵引力控制系统、中央门锁、扰流器、导航系统等
	变速器转速	电磁型拾音器、霍尔集成电路、MR元件	耐振动、耐噪声、耐高温	
	车轮转速	电磁型拾音器、霍尔集成电路、MR元件	零点车速的检测	防抱死制动系统等
加速度	质心弹簧上的加速度	差动变量器、光电遮断器、霍尔集成电路	小型化、提高频率响应特性	防抱死制动系统、牵引力控制系统、四轮转向系统、悬架及导航系统
	碰撞加速度	机械式、半导体式开关	触点接触可靠、耐冲击、耐高温	安全气囊
压力	发动机进气压力	半导体式	密度校正	电控燃油喷射系统等
	发动机润滑油压力	机械式膜片、半导体式	触点接触可靠、耐高温、耐高压	
	制动液压力	半导体式	耐高温、耐高压	防抱死制动系统、牵引力控制系统

续表

物理量	测试部位	传感元件	基本要求	功能
流量	发动机吸入空气量	翼片式、热丝式、卡门涡旋式、热膜式	触电接触可靠、耐振动、耐污染、耐噪声、耐吸气脉动	电控燃油喷射系统等
液量	燃油、润滑油、冷却液	浮子、电位计式、静电容量式	触点接触可靠、低成本、耐噪声	
温度	发动机冷却液温度	热敏电阻	提高灵敏度、小型化	
	发动机进气温度	铂电阻	提高放大器性能	
	制冷剂温度	热电偶、热敏电阻	提高灵敏度	
	变速器油液温度	热敏铁氧体	提高灵敏度	自动变速控制系统
	控制器、车室内外温度	热敏电阻		空调、通风装置
废气/氧气	废气中氧浓度	导电性陶瓷、电解质陶瓷	耐高温、稳定性好	电控燃油喷射系统

输入信号主要是由传感器或开关产生的电信号。通常，输入计算机的信号都为电压信号，电压信号分模拟信号和数字信号，见图 1-1。

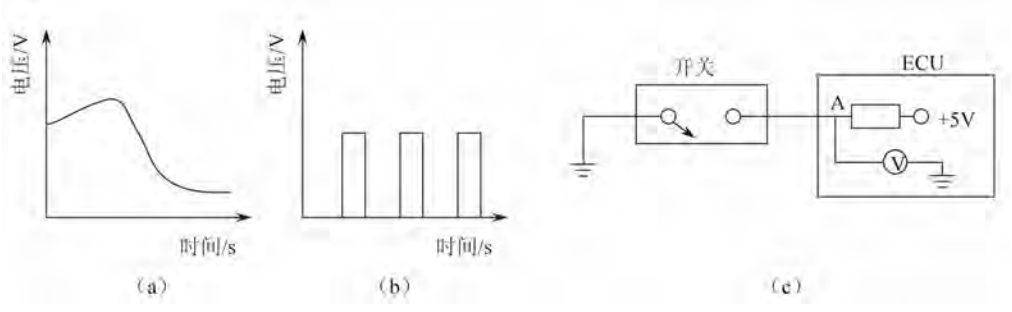


图 1-1　输入信号

模拟信号是指在给定范围内为无穷可变的电压信号，来自传感器的信号大都是模拟电压信号。

数字信号是指通—断、高—低或有—无等两种状态中的一种。在汽车电控系统中，由于采用了计算机技术，与以往的模拟电路相比，信号处理的速度和容量都大大提高，而计算机中的中央处理器（CPU）所能接收的信号为数字信号。简单的数字信号发生器（图 1-2），如驾驶员

操纵的开关。当开关打开时,ECU 中 A 点处电压信号为 5 V;当开关闭合时,ECU 中 A 点处电压为零。对于只需要“是—否”或“开—停”的工作状态,都可以用开关作为输入信号。

二、ECU

ECU 由输入接口、计算机和输出接口等组成,见图 1-2。

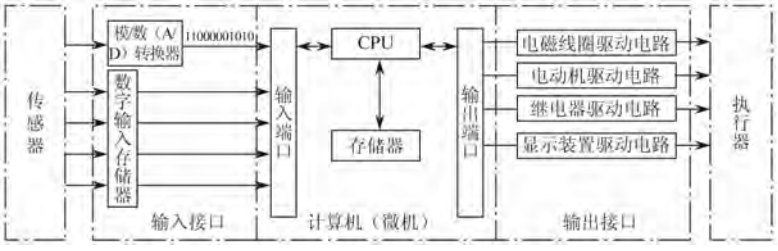


图 1-2 ECU 的基本结构

1. 输入接口

输入接口也称为输入回路,来自传感器的信号要经过输入回路滤波、整形、放大等处理后,才能送到 CPU 进行运算,见图 1-3。由于传感器检测的信号有模拟信号和数字信号,而计算机只能接收数字信号,因此要用输入接口电路将模拟信号转换成数字信号,即在输入接口中采用 A/D(模拟/数字)转换器,见图 1-4。

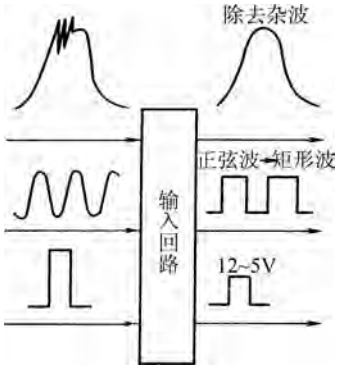


图 1-3 输入回路

2. 计算机

计算机(微机)由存储器、CPU、地址总线和数据总线等组成,见图 1-5。计算机接收来自传感器或开关的电信号,同时对传感器提供基准工作电压(2V、5V、9V 或 12V)。CPU 采集输入信息,通过逻辑电路将输入信号加工成输出信号。程序指令、车辆参数、运算数据及故障信息等被存入存储器。

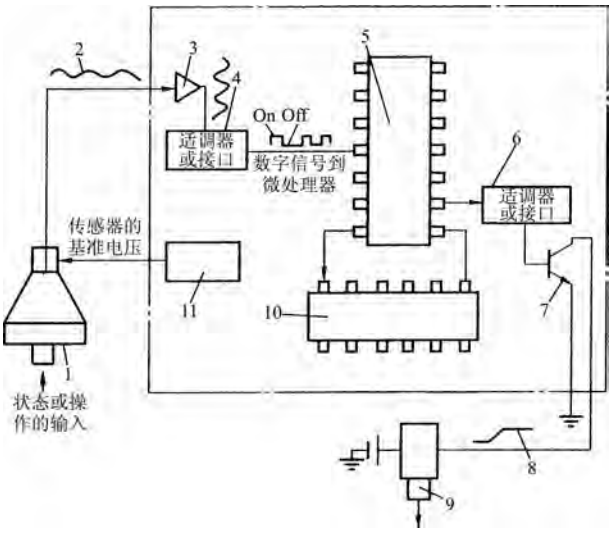


图 1-4　信号转换

1—传感器;2—模拟信号;3—放大器;4—A/D 转换器;5—CPU;6—D/A 转换器;
7—功率三极管(或驱动器);8—模拟信号;9—执行器;10—存储器;11—稳压器

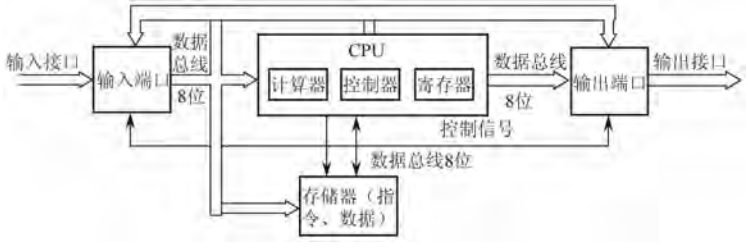


图 1-5　计算机的组成

3. 输出接口

计算机将输入信号处理后,调用程序指令,然后向执行器发出控制命令或向仪表板输出其他信息。计算机输出的电信号是数字信号,而有些执行器需要计算机输出模拟信号。因此,输出接口需要 D/A(数字/模拟)转换器。同时,由于计算机输出的电信号较弱,不能直接控制执行器。因此,输出电路中大多采用由大功率三极管组成的输出驱动器,见图 1-6,由计算机输出信号控制三极管的导通与截止,从而控制执行器的搭铁回路。

三、执行器

执行器根据 ECU 输出的控制信号完成所需要的机械动作,以实现某一系统的调整与控制。执行器将电信号转换为机械运动的方式有多种,按其实现机械运动的形式可分为直行式执行器和旋转式执行器,从具体结构来看,真正实现这一转换的部件分别是电磁线圈、微型电动机等。

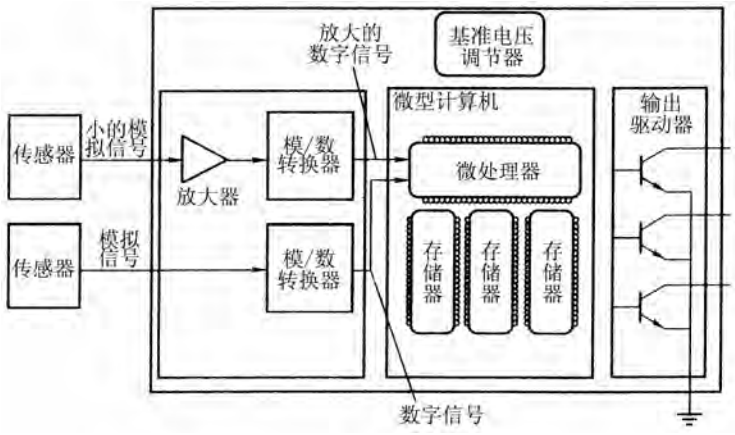


图 1-6　输出回路

1. 电磁线圈式执行器

常见的电磁线圈式执行器有单向作用电磁线圈、双向作用电磁线圈和交叉线圈三种。

(1)单向作用电磁线圈,见图 1-7。直行式电磁线圈的线筒上绕有很多匝漆包细铜线,插柱式铁心可在线筒内作直线运动。线圈通电时插柱被吸进线筒,电路断开后,回位弹簧能将插柱拉回。

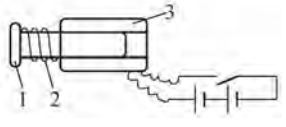


图 1-7　单向作用电磁线圈

1—插柱式铁心;2—回位弹簧;3—电磁线圈

通常为了减少电磁线圈长时间的电流消耗,直行式线圈使用了两个线圈,即闭合线圈和定位线圈,见图 1-8。当开关闭合后,蓄电池同时向两个线圈供电,直到插柱接近其行程终点时,一对触点打开,切断闭合线圈的电路,只要定位线圈仍通电,插柱则保持在行程终点位置。

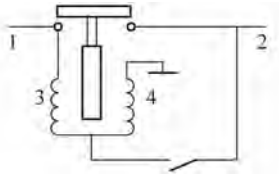


图 1-8　单向作用电磁线圈工作原理

1—通起动机;2—接蓄电池;3—闭合线圈;4—定位线圈

（2）双向作用电磁线圈，见图 1-9。若使插柱作双向直线运动，可以使用两个差动线圈（A 和 B）。当线圈 B 通电时，插柱向右运动；而当线圈 A 通电时，插柱即返回向左运动。电磁线圈产生的作用力较大，可使插柱迅速运动，但行程较短，仅为 8 mm。因此，通常把线圈插柱和一个伸出臂或杠杆相连，以增大行程，使其用途更为广泛。

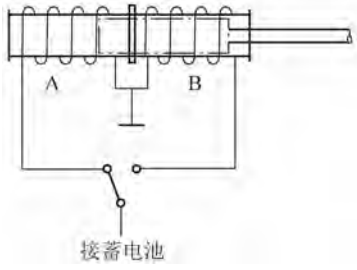


图 1-9　双向作用电磁线圈

（3）交叉线圈，见图 1-10。为两个正交的线圈、磁性转子及指针构成的转子。在永久磁铁的转子的外侧每隔 90°绕有两个线圈 L_1、L_2，改变通过线圈的电流强度和方向，以及两个线圈形成的磁场合力，使转子作任意位置的旋转。在线圈 L_1、L_2 上具有 90°相位的正弦波电流通过，将该正弦波与车速相对应，指示车速为零（A 点时，指针为图中 L_1 + 方向；车速 B 时，线圈 L_1 和 L_2 的合成磁场处于 B 点）。

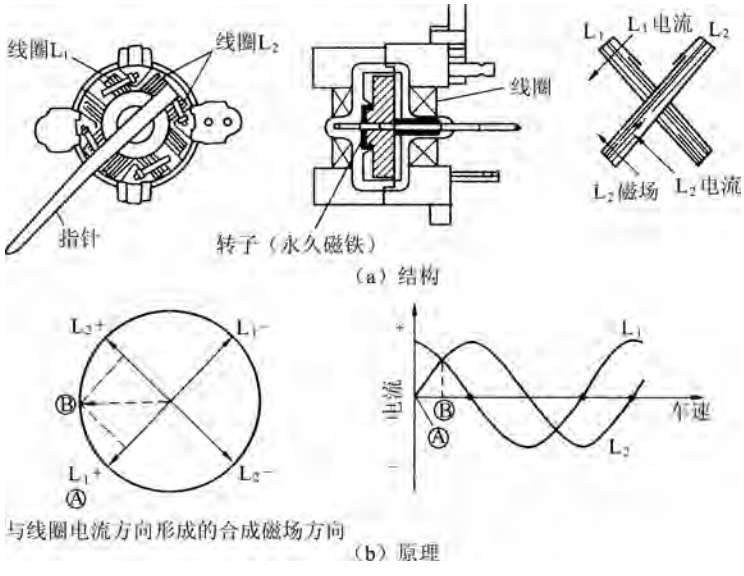


图 1-10　交叉线圈

电磁线圈在汽车底盘电控系统中的应用情况，见表 1-3。

表 1-3　电磁线圈的应用情况

应用范围		装置名称	控制形式	电磁力/N
传动装置		自动变速(A/T)控制	O	—
		自动变速锁定	O,L	—
		蓄能器	L	—
		自动变速锁止制动	O	1.47
		自动变速连锁装置	O	1.67
制动与驱动装置		ABS 电磁阀	L	—
		TRC 制动主缸隔离电磁阀	O	—
		TRC 蓄能器隔离电磁阀	O	—
		TRC 储液室隔离电磁阀	O	—
转向系		动力转向压力调整阀	O	—
悬架	主动	压力控制阀	L	—
		旁通阀	L	—
	空气	高度控制阀	O	14.70
		高度减压阀	O	14.70

注:L 为线性控制;O 为开关(ON/OFF)控制。

2. 微电动机式执行器

微电动机式执行器根据微电动机实现机械运动,通常分直行式微电动机和旋转式微电动机两类。直行式微电动机又分为活动绕组型电动机和活动磁铁型电动机;而旋转式微电动机又分步进电动机和伺服电动机。步进电动机有永磁型、变磁阻型和混合型三种型式,且在汽车上比较常用。

1)直行式微电动机

(1)活动绕组型电动机。电动机有一个固定磁铁,围绕磁铁中柱有一个空心转子和绕组,当电流流入绕组时,转子根据电流方向向里或向外做直线运动,见图 1-11。

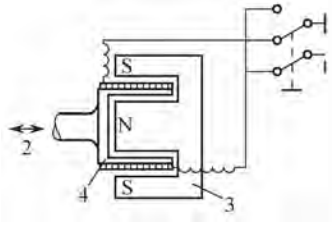


图 1-11　活动绕组型电动机

1—接蓄电池;2—驱动力方向;3—固定磁铁;4—电枢(活动绕组)

(2)活动磁铁型电动机。电动机有一个固定的磁场绕组和一个提供驱动力的活动磁铁,见图 1-12。磁铁的运动方向取决于电源极性,磁铁的行程有一定限制,只能达到磁铁长度的一半,而绕组宽度必须等于行程。