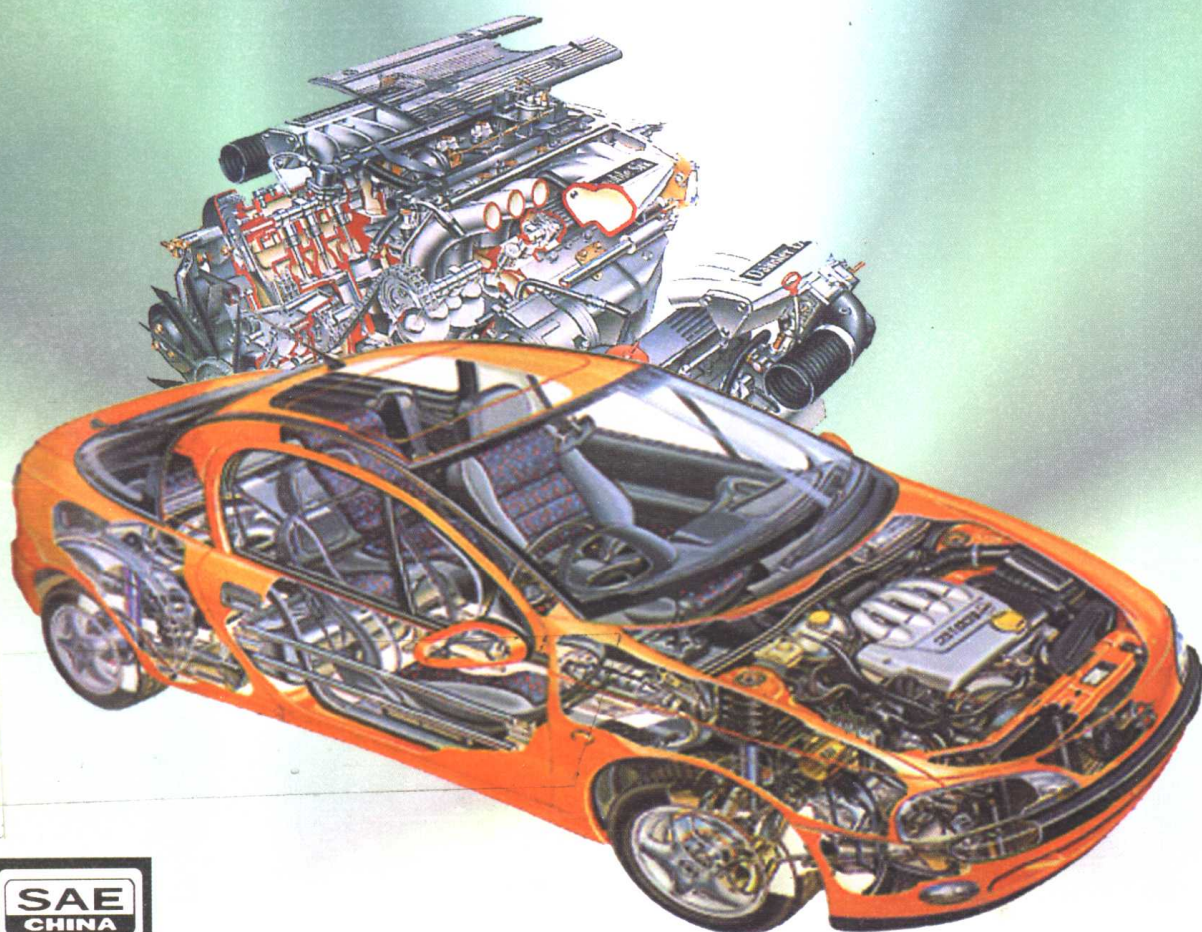


汽车 电控系统 理论与设计

周云山 于秀敏 编著



北京理工大学出版社

1003048

汽车电控系统理论与设计

周云山 于秀敏 编著

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书以汽车上常用的几种电子控制装置(如发动机电子燃油喷射、电子点火、主/被动悬架、防抱死制动、防滑驱动控制及汽车无级自动变速)为对象,进行理论分析与综合。为了突出汽车电控系统理论和设计,并围绕影响、改善和提高汽车电控系统性能方面的问题展开叙述。书中收集了大量的国内外最新资料,还有作者多年来科研成果的总结。

本书内容丰富,图文并茂,可供汽车专业的本科生、研究生及从事汽车电子控制装置开发的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电控系统理论与设计/周云山,于秀敏编著. —北京:北京理工大学出版社,1999.11
ISBN 7-81045-631-8

I. 汽… II. ①周… ②于… III. 汽车-电子控制-自动控制系统 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 66294 号

责任印制:李绍英 责任校对:李 军

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

邮政编码 100081 电话 (010)68912824

各地新华书店经售

北京国马印刷厂印刷

*

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.5 印张 438 千字

1999 年 11 月第 1 版 1999 年 11 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:33.00 元

※ 图书印装有误,可随时与我社退换 ※

出版说明

为贯彻汽车工业产业政策,推动和加强汽车工程图书的出版工作,中国汽车工程学会成立了“汽车工程图书出版专家委员会”。委员会由有关领导机关、企事业单位、大中专院校的专家和学者组成,其中心任务是策划、推荐、评审各类汽车图书选题。图书选题的范围包括:学术水平高、内容有创见,在工程技术理论方面有突破的应用科学专著和教材;学术思想新颖、内容具体、实用,对汽车工程技术有较大推动作用,密切结合汽车工业技术现代化,有高新技术内容的工程技术类图书;有重要发展前景,有重大使用价值,密切结合汽车工程技术现代化需要的新工艺、新材料图书;反映国外汽车工程先进技术的译著;使用维修、普及类汽车图书。

出版专家委员会是在深化改革中,实行专业学会、企业、学校、研究所等相互结合,专家学者直接参与并推动专业图书向高水平、高质量、有序发展的新尝试。它必将对活跃、繁荣专业著作的出版事业起到很好的推动作用。希望各位同仁、专家积极参与、关心、监督我们的工作。限于水平和经验,委员会推荐出版的图书难免存在不足之处,敬请广大同行和读者批评指正。

本书由周云山教授、于秀敏教授编著,胡子正教授、许洪国教授主审,经专家委员会评审通过、推荐出版。

汽车工程图书出版专家委员会

7-558/c6

前言

汽车电子技术的迅速发展,不仅给汽车的设计带来了全新的概念,也给汽车试验带来了全新的方法。在设计方面,由于电子装置在汽车上的普及应用,汽车的各项使用性能可突破传统机械装置的限制而趋近到最佳状态。如发动机电子燃油喷射、电子点火控制装置,使汽油发动机热效率提高到35%左右,柴油发动机热效率提高到45%左右,有害气体的排放下降到(10~20)%。汽车防抱死控制、驱动控制和动力转向控制,可使汽车在各种弱附着路面条件下的通过性、操纵稳定性及主动安全性接近到理想状态。在试验方面,电子底盘吸功装置可在室内模拟试验汽车在不同路面的使用性能,这不仅使原来非常危险的极限工况的试验变得非常安全,也可大大地缩短试验所需的时间。由于电子技术在汽车工业不同领域的广泛应用,加速了汽车新产品开发的速度,研制开发汽车新产品的的时间由通常的5~6年被缩短到1~2年左右。可以说,现代汽车技术主要归结为汽车电子控制技术。

汽车电子控制技术改变了汽车工业的今天,并将继续影响汽车工业的明天,它对汽车工业的促进作用已成为当今社会的共识。于是关于汽车电子控制技术的教科书不断出现,从汽车电子控制的结构原理到使用与维修,及某种车型的电子控制系统,无论是数量还是种类都比较丰富。但适用于高等学校汽车专业的教材,系统地介绍汽车电子控制系统理论与设计的教科书仍在发展之中。

本书以车上常用的几种电子控制装置(如发动机电子燃油喷射、电子点火、主/被动悬架、防抱死制动、防滑驱动控制及汽车无级自动变速)为对象,对汽车电子控制系统的理论与设计进行了分析与综合。为了突出汽车电子控制系统的理论和设计,本书讲述的内容主要是围绕影响、改善和提高汽车电子控制系统性能方面的问题展开,而对电子控制装置的硬件结构、驱动机构及组成控制系统的其它机械装置从略。

本书收集了大量的国内外最新资料,从系统的基本概念入手,由浅入深讲述了有关汽车电子控制系统的工作原理、性能指标、系统的动态模型,以及对给定的性能指标,在满足动态模型约束条件下进行控制系统设计的方法和步骤。

本书是作者多年来科研成果的总结,其中大部分例子都经过作者仿真计算证实,也有一些是经过试验证实。将这些理论分析和试验研究的成果汇集成书,希望能给汽车专业的本科生、研究生及从事汽车电子控制装置开发的工程技术人员,提供一些有价值的资料和研究方法。

本书在完稿过程中,许洪国教授、宋占伟博士认真仔细地阅读了本书的第二、三章,李祁教授逐字逐句地审阅了第四、五、六、七章,并提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

本书由胡子正教授主审。本书从酝酿到整个写作过程都得到胡老师的鼓励和支持,他仔细地阅读了全书的原稿,并提出了许多建设性的意见,在此表示最诚挚的谢意。

本书在撰稿过程中,引用了一些国内外期刊的资料,充实了本书的内容,借此机会对有关文章的作者一并表示感谢。

本书在写作过程中得到吉林工业大学毕黎基金资助,吉林工业大学“九五”规划教材基金的资助。

由于本书内容涉及面广,限于作者的精力和知识结构,不可能把汽车电子控制领域的全部内容归纳总结出来奉献给读者。继此书之后,期盼在汽车电子控制系统的理论与设计方面能有更多的高水平的专著问世。书中难免有错误和不当之处,恳切希望读者批评指正。

编著者

1999.4

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 前言	(1)
1.2 电子控制系统在汽车上的应用概况	(1)
1.3 电子控制系统的发展	(3)
1.4 汽车电子产品的特征	(4)
1.5 电子控制系统设计的特殊和共性的问题	(5)
1.6 本书的目的	(6)
第2章 发动机燃油供给的电子控制系统	(7)
2.1 概 述	(7)
2.1.1 汽油机燃烧基础	(7)
2.1.2 不同工况对混合气浓度的要求	(8)
2.1.3 燃料供给系	(10)
2.2 汽油机电子控制	(12)
2.2.1 汽车排放和性能限制	(12)
2.2.2 发动机电子控制的动机	(13)
2.2.3 经典控制理论	(13)
2.2.4 控制规律	(14)
2.2.5 以三效催化转换器为基础的控制概念	(15)
2.3 机械式汽油喷射系统	(17)
2.3.1 系统的工作原理	(18)
2.3.2 机械式汽油喷射系统的构成	(19)
2.3.3 机械式汽油喷射系统混合气控制	(23)
2.4 电子控制多点汽油喷射系统	(24)
2.4.1 电控汽油喷射系统的结构及工作原理	(24)
2.4.2 电控汽油喷射系统各部件的结构及功用	(25)
2.4.3 汽油喷射控制	(29)
2.5 电子控制单点汽油喷射系统	(30)
2.5.1 单点汽油喷射的发展	(30)
2.5.2 单点汽油喷射系统的结构特点	(31)
2.5.3 系统构成及其组成部件	(31)
2.5.4 空燃比控制	(34)
2.6 柴油机电子控制系统	(34)
2.6.1 柴油机混合气形成与燃烧	(34)
2.6.2 柴油机电控喷射系统	(36)
第3章 电子控制点火系统	(38)
3.1 点火系统概述	(38)
3.1.1 点火系统的功用	(38)

3.1.2 对点火系统的要求	(38)
3.1.3 点火系统的分类	(39)
3.1.4 各种点火系统的比较	(40)
3.2 晶体管点火系统	(41)
3.2.1 晶体管点火系统的工作原理	(41)
3.2.2 晶体管点火系统的组成	(44)
3.3 电容放电式点火系统	(47)
3.3.1 电容放电式点火系统的工作原理	(47)
3.3.2 典型的电容放电式点火系统	(48)
3.4 数字控制点火系统	(49)
3.4.1 数字控制点火系统的组成	(49)
3.4.2 发动机点火的控制	(50)
3.4.3 无分电器点火系统	(53)
第 4 章 汽车防抱死制动系统(ABS)	(55)
4.1 绪 论	(55)
4.2 轮胎与路面间的相互关系	(56)
4.3 单轮车辆系统的数学模型	(58)
4.3.1 车轮制动状态数学模型	(58)
4.3.2 驱动机构的数学模型	(58)
4.4 ABS 逻辑控制算法	(61)
4.4.1 简单逻辑控制算法	(61)
4.4.2 以车轮加、减速度和滑移率结合的逻辑控制	(62)
4.5 防抱死制动逻辑的相平面分析	(65)
4.5.1 车轮和路面间的力学模型	(65)
4.5.2 平衡制动力矩	(66)
4.5.3 状态空间模型的简化	(67)
4.5.4 $T_b - \lambda$ 相平面分析	(67)
4.6 用庞加莱映射分析 $P - R$ 控制规律	(76)
4.6.1 庞加莱映射的基本概念	(77)
4.6.2 稳定性分析	(77)
4.6.3 分支现象	(77)
4.6.4 用庞加莱映射进行 ABS 控制规律设计	(79)
4.6.5 实际防抱死制动系统分析	(84)
4.7 基于滑移率的控制系统	(87)
4.7.1 PID 控制算法	(87)
4.7.2 滑模控制	(88)
4.7.3 模糊控制	(92)
4.7.4 小结	(93)
4.8 ABS 的整车控制技术	(93)
4.8.1 整车布置形式	(95)
4.8.2 非对称路面的整车控制技术	(98)
4.8.3 制动力分配控制	(103)
4.9 ABS 系统的驱动机构与电子控制装置	(110)

4.9.1 液压控制系统回路·····	(110)
4.9.2 ABS 的基本元件 ·····	(112)
4.9.3 电控装置·····	(114)
4.10 小结 ·····	(116)
参考文献 ·····	(116)
第 5 章 驱动控制 ·····	(118)
5.1 概 述·····	(118)
5.2 ASR 的原理 ·····	(119)
5.3 ASR 的控制方法 ·····	(120)
5.3.1 发动机转矩调节方式·····	(120)
5.3.2 采用制动方式的驱动控制·····	(129)
5.3.3 组合控制·····	(133)
5.3.4 发动机转矩调节与限滑差速器组合方式·····	(139)
5.3.5 实现 ASR 不同方式的性能比较 ·····	(140)
5.4 ASR 与 ABS 控制算法的比较 ·····	(141)
参考文献 ·····	(142)
第 6 章 电子控制悬架 ·····	(143)
6.1 绪 论·····	(143)
6.2 悬架的力学模型·····	(149)
6.2.1 1/4 车体的力学模型 ·····	(149)
6.2.2 1/2 车体的力学模型 ·····	(151)
6.2.3 整车力学模型 ·····	(153)
6.3 路面输入模型·····	(154)
6.3.1 路面不平度的功率谱·····	(154)
6.3.2 空间频率谱函数与时间频率谱函数的转化·····	(156)
6.3.3 路面输入信号的计算机仿真·····	(156)
6.4 悬架的性能分析·····	(158)
6.4.1 传递函数分析法·····	(158)
6.4.2 均方根值分析法·····	(170)
6.4.3 频率特性与均方根值评价的局限性·····	(174)
6.5 悬架的固有特性·····	(177)
6.5.1 不变性方程·····	(177)
6.5.2 悬架特性的不变点·····	(178)
6.5.3 性能指标间的制约因素·····	(179)
6.5.4 整车模型的固有特性·····	(183)
6.6 半主动悬架控制·····	(184)
6.6.1 天棚阻尼悬架(Sky-Hook Damper) ·····	(184)
6.6.2 相对控制·····	(190)
6.6.3 简单线性反馈控制策略·····	(191)
6.6.4 线性最优控制策略·····	(191)
6.6.5 半主动悬架的共性问题·····	(192)
6.7 主动悬架控制·····	(192)
6.7.1 直接控制·····	(192)

6.7.2 最优控制算法	(195)
6.7.3 预瞄控制	(208)
6.8 主动悬架的整车控制方法	(210)
6.9 Nissan 主动悬架	(216)
6.9.1 悬架性能分析	(216)
6.9.2 整车控制策略	(219)
6.9.3 系统的构成	(219)
6.9.4 试验结果	(221)
参考文献	(222)
第 7 章 金属带式无级变速传动	(224)
7.1 无级变速器的发展	(224)
7.1.1 无极变速的传动特性	(225)
7.1.2 金属带式无级自动变速传动的发展	(226)
7.1.3 金属传动带式无级变速传动(CVT)的技术特点	(232)
7.2 CVT 控制问题	(236)
7.2.1 主、被动轮夹紧力的稳态比值 Q_{DR}/Q_{DN}	(237)
7.2.2 CVT 的速比	(242)
7.2.3 CVT 的控制目标	(242)
7.3 CVT 液压控制系统	(243)
7.3.1 机液控制系统	(243)
7.3.2 CVT 电液控制系统	(244)
7.3.3 控制油缸的动压补偿	(245)
7.4 CVT 的控制技术	(250)
7.4.1 夹紧力控制	(250)
7.4.2 速比控制	(253)
7.4.3 起步离合器控制	(255)
7.5 CVT 的动态建模	(255)
7.5.1 发动机的数值模型	(255)
7.5.2 发动机转速调节特性	(259)
7.5.3 传动系速比范围对控制的影响	(260)
7.5.4 无级变速传动器与发动机的动态匹配	(263)
7.6 包括 CVT 液压控制系统的仿真分析	(268)
7.6.1 液压控制系统数学模型	(268)
7.6.2 包括 CVT 液压控制系统的仿真分析	(271)
7.7 CVT 起步离合器的控制	(272)
7.7.1 离合器的数学模型	(272)
7.7.2 离合器的控制技术	(274)
参考文献	(282)

- 电子自动变速控制
- 汽车城市行驶节油控制
- 充电、启动控制
- 安全、舒适性控制
- 空调自动控制
- 安全气囊系统
- 自动调节座椅、自动开闭车窗
- 灯光控制系统
- 电子自动门锁
- 信息传送与诊断系统
- 多路信息传送
- 超级监控装置
- 故障诊断系统

- 可变动力转向
- 牵引控制系统
- 倒车测距系统
- 信息显示、娱乐与通讯系统
- 电子式仪表板
- 电子多画面装置
- 汽车录音机
- 导航系统
- 电话无线通讯

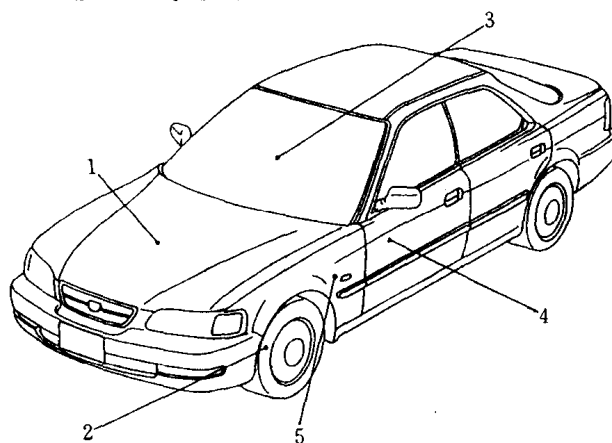


图 1-1 电子产品的应用领域

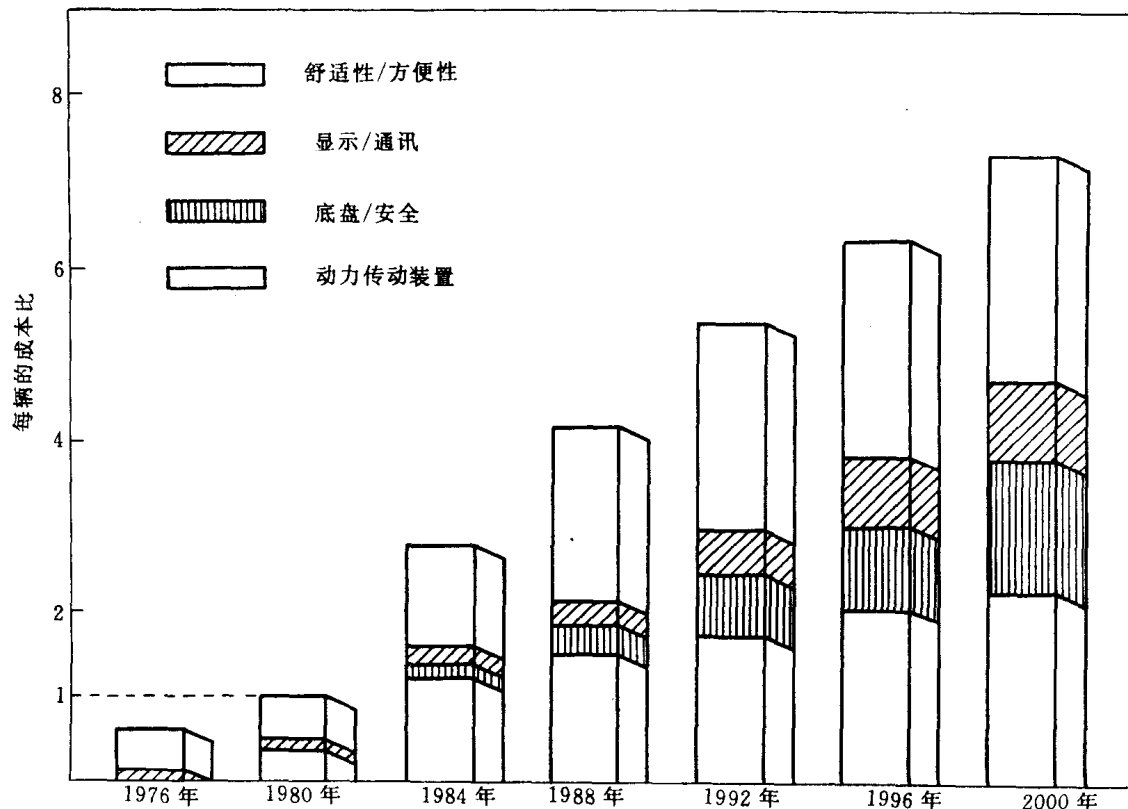


图 1-2 汽车电子产品的增加

更快的速度递增。预计到 2000 年,总电子产品占整车成本将达到 7% 以上。由于电子产品的应用,还使汽车出现了许多新的结构和辅助装置。如主动悬架中的液压系统、电液控制阀、驱动油缸及各类传感装置等,把与电子产品配套的其它辅助装置计入,则电控装置占整车的成本比图 1-2 给出的比例还要更高一些。从汽车工业的发展过程可见,首先是电子学促进了汽车的发展。反过来,由于汽车工业的发展给电子工业提供了广阔的市场,又促进了电子工业和其它相关工业的发展。

1.3 电子控制系统的发展

汽车电子控制装置的发展可归结为两个方面的原因:首先是由于电子技术的发展,给汽车电子装置的发展提供了必要的物质条件。回顾汽车电子的发展历史,就间接地记录了电子技术的发展历史。其次,不断适应各个时期的社会背景(如高速公路网的发展、能源危机和环境污染等),满足人们对汽车使用性能的更高要求(舒适性、安全性、操纵方便以及人们所有活动对最新信息的依赖需要增加新的功能等),这些是促进汽车电子产品发展的第二个方面的原因。电子学与相关的社会背景促进汽车的发展如图 1-3 所示。

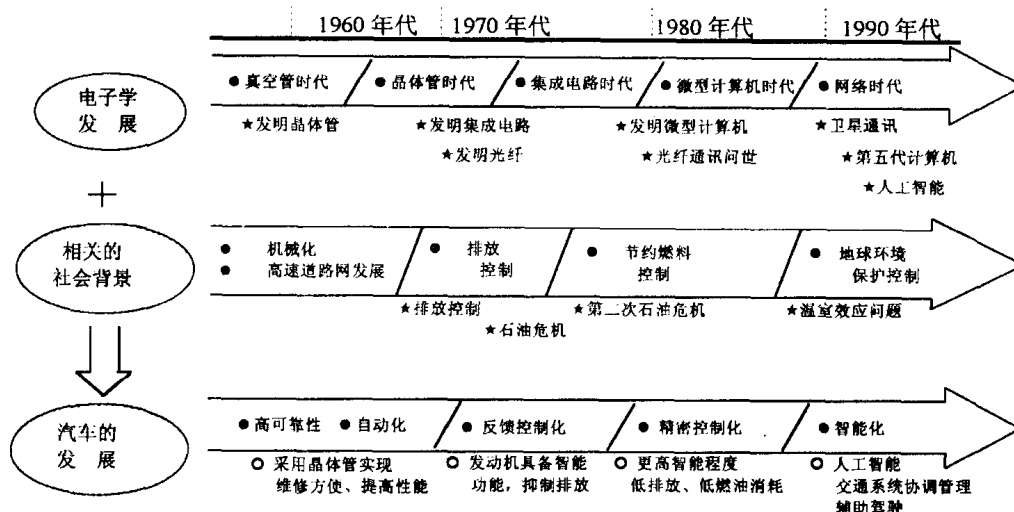


图 1-3 电子学、社会背景与汽车发展

可见,随着电子学的发展,为了适应环境、适应社会和适应人类不断实现完美的追求,汽车电子产品经由初期的电子—机械替代(操作自动化),过渡到反馈控制(目标量化控制),现已发展到精确量化的控制阶段。今后的趋势正朝着多目标综合控制(使整车的综合性能精确量化至最优状态)和智能化控制的方向发展,如发动机燃油喷射+供油间断+制动干预组成的驱动控制系统(TRC/ASR, Traction Control/Anti-Skidding Restraint),可使汽车的驱动性能和燃油经济性达到最佳状态,并使汽车在弱附着路面条件保持操纵稳定性。在此基础上,TRC+ABS+动力转向控制,则可使汽车在各种非稳态条件下(低附着系数或高速行驶)的不同工况(汽车加速或制动)实现操纵稳定性的精确控制。总的发展趋势是,汽车电子控制系统获取内部和外部的信息越来越多,功能越来越强,智能化的程度越来越高,可靠性越来越高(见图 1-4)。到 2000 年以后,一种先进安全车辆(Advanced Safety Vehicle, ASV, 图 1-5)将包括主被

动安全装置、自动驾驶装置以及车辆之间通讯装置。在紧要时刻,自动驾驶装置可以直接干预驾驶员的操作,确保人车的安全。

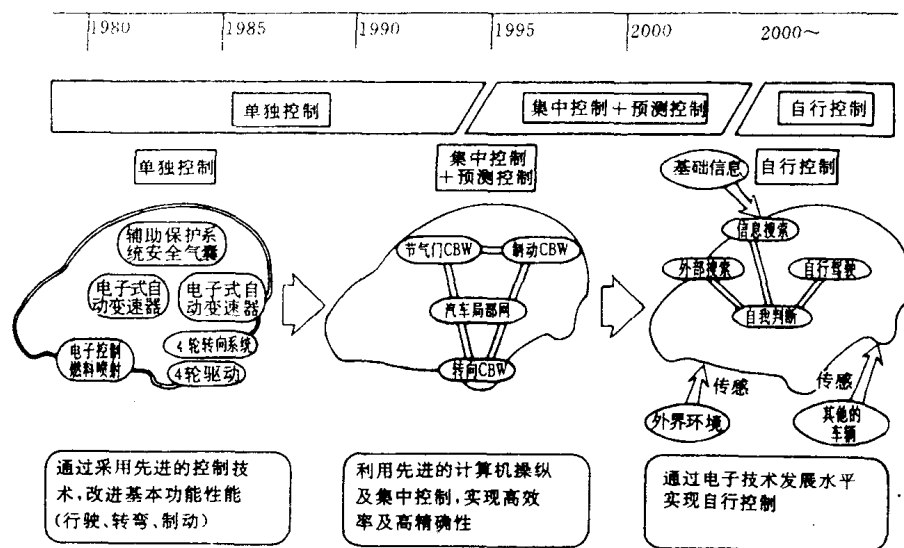


图 1-4 汽车电子控制系统的发展

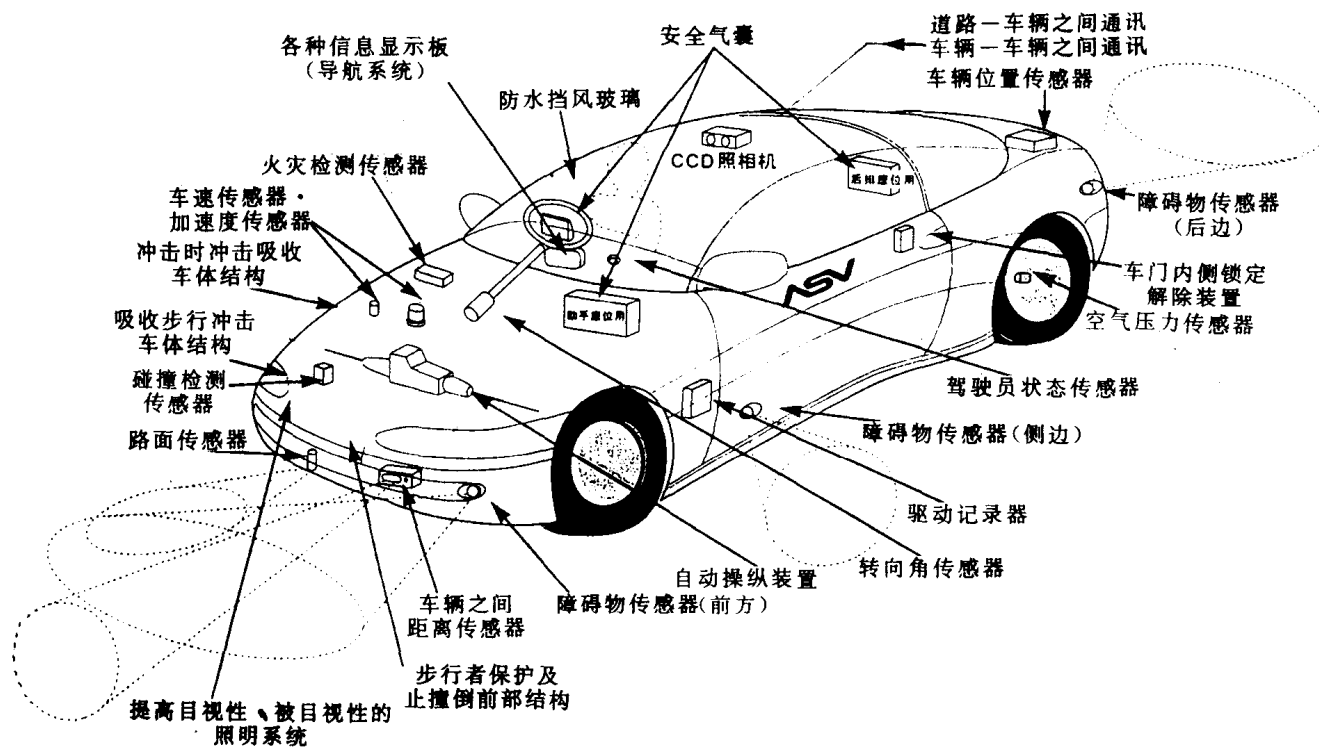


图 1-5 ASV 汽车的概念

1.4 汽车电子产品的特征

汽车作为一种交通工具,行驶速度高,必须绝对安全可靠。普及率高,进入到家庭。所以

能在汽车上应用的电子产品必须具备图 1-6 所示的特征。首先,它在性能方面应能满足各种使用要求。在这一先决条件下,它必须是大量生产的,装车成本很低。例如 ABS 系统,目前仍广泛采用门限逻辑控制算法,而众所周知的优于门限逻辑的基于滑移率的控制算法并未得到应用。主要原因就是因为采用非接触式测量车速的传感装置成本过高。又如主动悬架的最优预瞄控制,可以获得更好的性能,由于获取路面扰动的传感设备的价格较高,在现阶段也不具备实用价值。其次,所开发的产品能在相当长的时间内保持结构形式的稳定,可长期持续采用。如 ABS 电子控制装置,一般可扩充为 ABS/ASR 控制装置。又如电控单元(ECU)和执行机构的驱动电路,都具有通用的结构形式。最后是汽车电子产品必须能胜任苛刻的工作环境,在各种条件下都能正常地工作,以保证汽车行驶的绝对安全和可靠性。所以所开发的汽车电子控制装置,都必须从生产成本、抗干扰能力、工作条件及可靠性等方面进行严格考核后,才能批量投入生产。

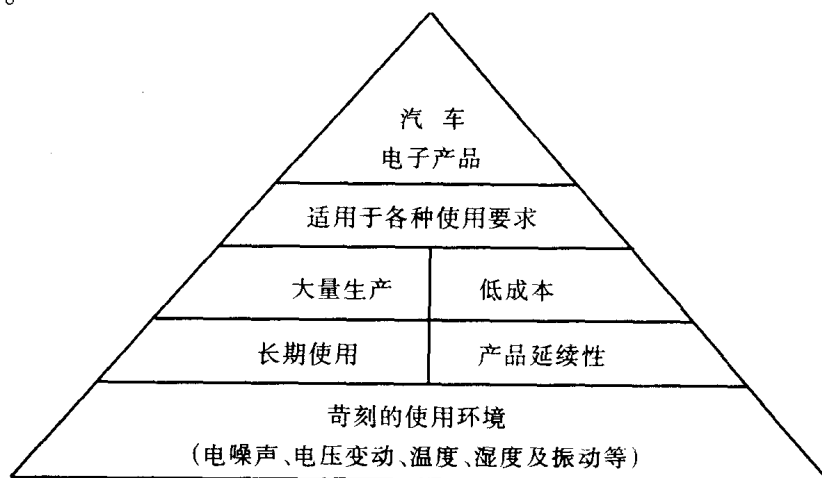


图 1-6 汽车电子产品的特征

1.5 电子控制系统设计的特殊和共性的问题

汽车作为一种最为普及的交通工具,涉及相当多的性能指标。仅汽车本身的性能指标就包括:燃油经济性、动力性、尾气排放、制动性、操纵稳定性、平顺性、安全性、弱附着路面的通过性等。为了满足人类多方面的需要,还有许多附加的功能:诸如自动空调、电话、通讯、自动导航等各种其它自动装置。由于附加电子装置是以汽车作为载体用于扩展汽车的功能,这些与传统的汽车并无直接的联系,本书对此类电子装置不作介绍。而与汽车有关的性能指标大都可以独立构成一个单变量的电子控制系统,限于作者的知识范围,本书也无法对汽车电子控制系统的设计进行全面的介绍。本书要讲述的内容分为两部分:发动机电子控制和汽车底盘电子控制。发动机部分包括:电子点火装置,汽油喷射电子控制系统,柴油喷射电子控制系统。底盘部分包括:主动/半主动悬架,防抱死制动系统,驱动控制系统,无级变速传动四部分。

从控制的对象来看,这些系统是根本不同的,但从控制系统的设计方面看,这些系统都有共同的地方。共性的问题是:①对于所有的电子控制系统,都需要建立控制系统的动态模型,然后基于所建立的数学模型,进行控制器的设计。②为了实现对被控对象的精确控制,需要通

过传感装置测量被控对象的变化信息。根据测量信号(输出)和期望的要求(输入)之间的偏差,作出相应的控制决策,把系统的输出稳定维持在期望的状态(见图 1-7)。

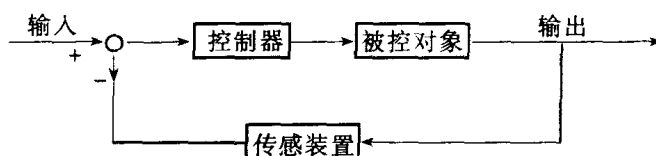


图 1-7 控制系统的一般结构框图

由于控制的目标不同,则系统的模型不同,由此决定能满足性能要求的控制算法不同。此外,由于被控对象不同,要求的传感装置不同。这些就是各控制系统要讲述的特殊性问题。根据电子控制系统的个性和共性问题,对一个具体的系统,本书要讲述的内容基本按照这一顺序进行:系统的评价及性能指标,系统的动态建模,基于动态模型的控制器设计,仿真计算及性能分析,典型系统介绍与试验结果等。无级变速是一种新型的车用传动器,由于对该系统缺乏全面的了解,所以在安排上和其它的控制系统的处理略有不同。重点介绍了无级变速传动器的结构特点、技术关键及工作原理。而在系统建模方面,没有给出完整的数学模型,一些经验的和数据的模型还有待于进一步试验确定,有关无级变速传动器完整的数学模型和控制器的设计还在不断的探索之中。

1.6 本书的目的

关于汽车电子控制技术的教科书,不仅数量多,种类也比较齐全。但系统介绍汽车电子控制系统的理论与设计的仍在不断完善之中。本书的写作意图主要是在汽车电子控制系统的理论与设计方面。为了突出汽车电子控制系统的理论和设计,本书分析研究的具体目标是围绕影响、改善和提高汽车电子控制系统性能方面的问题展开,而对电子控制装置的硬件结构、驱动机构及组成控制系统的其它机械装置介绍不多。限于作者的精力和知识结构,不可能把汽车电子控制领域的全部研究成果系统地归纳总结出来奉献给读者。继此书之后,期盼在汽车电子控制系统的理论与设计方面能有更多的高水平的专著问世。

第2章 发动机燃油供给的电子控制系统

自20世纪60年代以来,汽车发动机电子控制得到了迅速发展。发动机电子控制主要包括点火控制、燃油喷射控制、爆震控制、怠速控制、废气再循环控制以及可变机构控制等。

2.1 概述

2.1.1 汽油机燃烧基础

1. 燃烧过程

汽油机的燃烧过程是将燃料的化学能转变为热能的过程。燃烧过程影响发动机的动力性、燃油经济性、排气污染等性能,发动机的噪声、振动、启动性能和使用寿命也与燃烧过程有很大关系。

为分析方便,人为地将汽油机燃烧过程划分为三个阶段,见图2-1所示。

从火花塞点火至气缸压力明显脱离压缩线急剧上升时的时间或曲轴转角称为着火延迟期。火花塞放电时,高压击穿极间混合气,电极间有电流流过,产生局部高温,使电极附近的混合气立即点燃,形成火焰中心,火焰向四周传播。这一阶段的长短与混合气成分、点火开始时缸内气体温度和压力、缸内气体流动、火花能量及残余废气量等因素有关。

从形成火焰中心到火焰传遍整个燃烧室所经历的时间称为明显燃烧期。示功图上常以压力开始离开压缩线的时刻为起点,以最高压力为终点。火焰中心形成之后,火焰向四周传播,形成近似球面的火焰层,即火焰前锋,从火焰中心开始层层向四周未燃混合气传播,直到火焰前锋扫过整个燃烧室。明显燃烧期是汽油机燃烧的主要时期,明显燃烧期愈短,愈靠近上止点,汽油机燃油经济性、动力性愈好,但可能导致压力上升速度过高,噪声、振动增大,工作粗暴,排放升高。

由于混合气中的燃料与空气混合不完全均匀以及燃烧产物在高温下可能有热分解,在火焰前锋面传到末端混合气后,仍有燃烧继续在膨胀过程中进行,这个时期称为补燃期。这种燃烧已远离上止点,热效率低,应尽量减少。

2. 爆震燃烧

火花点火后火焰开始传播,火焰传播过程中,因受到压缩和热辐射的作用,末端混合气温度、压力升高,加速了焰前反应。如果在正常火焰尚未到达之前,这部分混合气的化学准备过

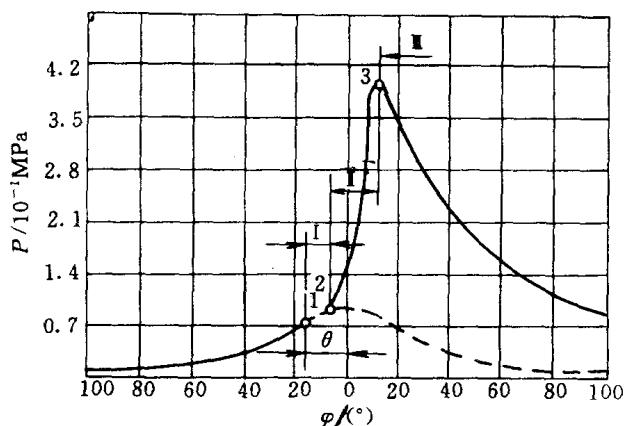


图 2-1 汽油机的燃烧过程

I - 着火延迟期; II - 明显燃烧期; III - 补燃期

1 - 开始点火; 2 - 形成火焰中心; 3 - 最高压力点

程已经完成,则引起自燃,这种火焰传播速度极快,末端混合气以极高的速度燃烧。由于燃烧迅速,气体体积来不及膨胀,温度和压力急增,形成压力波,撞击发动机缸壁,发出尖锐的敲缸声,这种现象称为爆震燃烧。由于强压力波对气缸壁的往复冲击,使缸壁表面附面层和油膜遭到破坏。因而燃气对缸壁的传热增加,使气缸等机件的温度升高,冷却系过热,热损失增加。因此,爆燃是汽油机的一种不正常燃烧,不允许长时间地在爆燃情况下工作,否则不仅引起发动机功率和燃油经济性下降,而且还会产生活塞和气门烧坏、轴瓦破裂、火花塞绝缘体破坏等故障。

影响爆震燃烧的因素很多,其中主要有燃料品质、压缩比、燃烧室设计、点火时刻、混合气成分以及发动机的转速和负荷等。

3. 分层充气燃烧

要点燃很稀的混合气是非常困难的,但燃用稀混合气却有很大的降低排放和提高燃油经济性的潜力。实现发动机稀混合气稳定燃烧的一种方法就是分层充气燃烧。

如果火花塞处的混合气比较浓,而燃烧室中其它位置的混合气比较稀,则总的混合气比较稀,这样既能保证发动机可靠地工作又可提高发动机的热效率。为了实现稀燃应用了燃油喷射系统,而用传统的化油器供油系统难以取得满意的效果。新的方法是直接喷射,这种方法可以在汽油机中燃用非常稀的混合气。

发动机运行参数的精确控制是控制燃烧过程的关键。

2.1.2 不同工况对混合气浓度的要求

1. 混合气浓度对发动机性能的影响

可燃混合气的浓度对发动机的性能有直接的影响,在一定的发动机节气门开度和转速下,可以通过改变可燃混合气的浓度得到不同的发动机性能,即不同的功率、比油耗和排放性能。

图 2-2 所示为汽油机火焰温度、输出功率与燃油消耗率随空燃比的变化关系,对应最大功率的混合气浓度称为功率混合气,其具体参数值视发动机和使用环境等条件略有差异,但一般空燃比在 12.0~13.0 范围内变动。获得最低油耗率时的混合气浓度称为经济混合气,与之相对应的空燃比约为 16.0。

发动机燃烧时,进入发动机的是燃料和空气,理想情况下的燃烧产物是二氧化碳、水和氮气,但发动机工作时所排出的气体除了上述三种成分之外,还有一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物和微粒。

一氧化碳为无色无刺激的有毒气体,即使浓度很低,也会很危险。吸入少量的一氧化碳后,它会在体内与血红蛋白结合,阻止氧的输送。如果被身体吸收,很短时间内便会致命。

汽车发动机排出的氮氧化物主要是一氧化氮和二氧化氮。一氧化氮毒性不大,但高浓度的一氧化氮能引起神经中枢的障碍,且它很易氧化成剧毒的二氧化

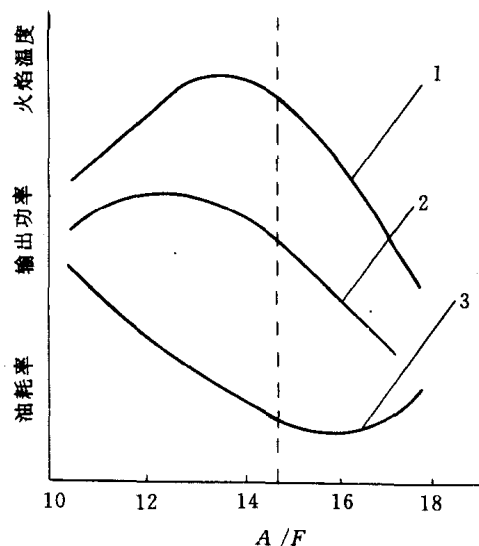


图 2-2 火焰温度、输出功率与燃油消耗率随空燃比的变化关系

1 - 火焰温度; 2 - 输出功率; 3 - 燃油消耗率