



汽车

计算机控制

第2版

司利增 著



電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

<http://www.phei.com.cn>

汽车计算机控制

(第2版)

司利增 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是对《汽车计算机控制》第1版的全面修订,重构了体系,更新了内容,具有系统、典型和简明的特点。在详细介绍当前汽车计算机控制系统结构和原理的基础上,以控制目标、系统组成和控制策略作为贯穿全书的主线,分别对汽油机控制、柴油机控制、变速器控制、防滑稳定控制、转向控制、悬架控制和车身控制进行了系统介绍,较为全面地反映了现代汽车计算机控制技术的发展。

该书可以用做汽车类专业本科生和研究生的教材或参考书,也可供与汽车技术相关的工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车计算机控制/司利增著. —2版. —北京:电子工业出版社,2007.4

ISBN 978-7-121-03895-2

I. 汽… II. 司… III. 汽车-计算机控制系统 IV. U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第023254号

责任编辑:夏平飞 钟永刚

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:16.25 字数:413千字

印 次:2007年4月第1次印刷

印 数:4000册 定价:29.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010) 68279077;邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn。盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn

服务热线:(010) 88258888。

前 言

汽车计算机控制技术经过近三十年的发展,已经成为汽车技术的核心。当前汽车计算机控制技术已趋完善,并且得到广泛普及,因此,汽车计算机控制(或汽车电子控制)也成为汽车类专业的必修课程。

《汽车计算机控制》第1版于2000年出版,当时汽车计算机控制技术仍然处于快速发展阶段,汽车计算机控制系统才开始普及,许多汽车电子控制系统仍未以计算机作为控制核心。随着时间的推移和汽车计算机控制技术的完善与普及,目前,汽车计算机控制技术已经处于平稳的发展时期,已经成为汽车控制的主体,因此,有必要对《汽车计算机控制》一书进行全面修订,以反映汽车计算机技术的最新发展,并且适应汽车类专业的教学需要。

根据《汽车计算机控制》第1版使用过程中发现的问题,在本次修订过程中确定以系统、典型和简明作为编写原则。为此,尽力做到结构注重系统性,选材注重典型性,内容注重原理性,舍弃了第1版中内容陈旧的部分,并强化和补充了部分新内容,力图达到全面、系统、简明地介绍汽车计算机控制技术的目的,使本教材更加适合教学的需要。

由于汽车计算机控制技术涉及多个学科领域,加之技术内涵丰富且发展迅速,尽管在编写过程中竭尽全力,但受到自身水平和视野的限制,书中肯定仍然存在不少错误或缺陷,希望得到读者指正,以便进一步完善。

本教材的修订出版得到了长安大学教材出版基金的资助。

司利增

2006年12月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

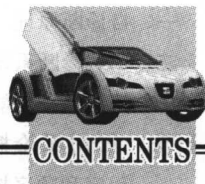
E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录



第一章 汽车计算机控制概论	1
第一节 汽车计算机控制系统	1
一、汽车计算机控制	1
二、控制系统的一般构成	3
三、控制系统的特性	4
四、控制系统的分类	5
五、控制系统的性能评价	7
六、计算机控制系统的优点	8
七、对控制系统的要求	8
第二节 控制单元	9
一、硬件的实体结构	9
二、硬件的功能结构	10
三、软件的功能结构	15
四、控制单元基本工作原理	16
五、抗干扰措施	18
六、发展趋势	18
第三节 传感器	18
一、传感器的定义	19
二、传感器的组成	20
三、传感器的特性	21
四、传感器的分类	22
五、对传感器的要求	23
第四节 执行器	24
一、执行器的定义	24
二、执行器的组成	24
三、执行器的分类	25
四、对执行器的要求	25
第五节 总线通信与控制器区域网络	26
一、控制器区域网络的结构	26
二、网络通信原理	28
三、CAN 网络	31
四、多网络系统	32
五、无线通信网络	33
第六节 自诊断与故障保护	33

一、自诊断原理	33
二、车载诊断系统	35
三、故障保护功能	42
第七节 控制理论概述	43
一、程序和顺序控制	44
二、PID 控制	44
三、最优控制	44
四、自适应控制	45
五、变结构控制	45
六、鲁棒控制	46
七、预测控制	46
八、模糊控制	46
九、专家控制	47
十、神经网络控制	47
第二章 汽油机控制	48
第一节 汽油机控制系统	48
一、汽油机控制目标	48
二、汽油机控制系统	48
第二节 汽油机控制系统的传感器	50
一、空气流量传感器	50
二、进气歧管压力传感器	53
三、节气门位置传感器	54
四、转速和位置传感器	55
五、温度传感器	58
六、氧传感器	58
七、爆震传感器	60
八、加速踏板位置传感器	61
第三节 汽油机控制系统的执行器	61
一、喷油控制执行器	61
二、进气控制执行器	65
三、点火控制执行器	68
四、排放控制执行器	69
第四节 喷油控制策略	69
一、喷油定时控制策略	69
二、喷油量控制策略	71
三、空燃比闭环控制策略	75
四、空燃比自适应控制策略	76
第五节 点火控制策略	78
一、点火配电控制策略	78
二、点火提前角控制策略	79

三、闭合角控制策略	80
四、爆震控制策略	81
第六节 排放控制策略	83
一、废气再循环控制策略	83
二、燃油蒸发排放控制策略	85
三、二次空气喷射控制策略	86
四、氧传感器加热控制策略	86
第七节 进气量控制策略	86
一、起动进气量控制策略	87
二、怠速工况进气量控制策略	87
三、巡航控制策略	88
四、配气相位控制策略	89
五、增压控制策略	91
六、电子油门控制策略	93
第八节 故障诊断和安全保护策略	94
一、故障诊断策略	94
二、安全保护策略	96
第三章 柴油机控制	98
第一节 柴油机控制系统	98
一、柴油机控制目标	98
二、柴油机控制系统	98
三、柴油机控制系统的传感器	99
四、柴油机控制系统的执行器	100
第二节 柴油机控制策略	113
一、喷油控制策略	113
二、起动及暖机控制策略	113
三、优化怠速控制策略	114
四、多级功率设定策略	114
五、控制参数校正策略	114
六、发动机保护策略	115
七、其他控制策略	116
第四章 变速器控制	117
第一节 自动变速器	117
一、自动变速器控制目标	117
二、自动变速器分类	118
三、液力机械式自动变速器	119
第二节 液力变矩器	120
一、液力变矩器的结构	120
二、液力变矩器的工作原理	121

三、锁止式液力变矩器	123
第三节 行星齿轮自动变速器	124
一、简单行星齿轮传动机构	124
二、辛普森行星齿轮机构变速器	125
三、拉维那行星齿轮机构变速器	132
第四节 固定轴式自动变速器	135
第五节 无级自动变速器	139
第六节 自动变速器液压系统	141
一、换挡执行元件	141
二、液压控制系统	142
第七节 自动变速器控制系统	154
一、传感器及开关	155
二、执行器	156
三、控制单元	156
第八节 自动变速器控制策略	156
一、换挡品质控制策略	156
二、换挡规律控制策略	158
三、变矩器锁止控制策略	162
四、发动机变速器集成控制策略	162
五、故障诊断与故障保护策略	163
第五章 防滑稳定控制	165
第一节 防滑稳定控制目标	165
一、车轮滑动率及其对附着的影响	165
二、防滑稳定控制目标	166
第二节 制动防抱死控制系统	167
一、防抱死控制系统的组成和原理	167
二、传感器及开关	168
三、调压器	170
四、控制单元	176
第三节 制动防抱死控制策略	177
一、控制通道与控制原则	177
二、控制原则的确定	177
三、控制参数的选择	179
四、控制过程	180
五、制动力分配控制	182
第四节 驱动防滑转控制系统	182
一、防滑转控制途径	182
二、防滑转控制系统	188
第五节 驱动防滑转控制策略	188
一、控制途径的选择	188

二、控制参数的设定	189
三、控制原则的确定	190
第六节 转向稳定控制	191
一、转向稳定控制目标	191
二、转向稳定控制系统	192
三、转向稳定控制策略	194
第七节 自适应巡航控制	195
一、自适应巡航控制系统	195
二、自适应巡航控制策略	196
第六章 转向控制	197
第一节 转向控制目标和响应类型	197
一、转向控制目标	197
二、转向控制响应类型	197
第二节 液压转向控制系统	198
一、节流式液压转向控制系统	198
二、旁通式液压转向控制系统	199
三、反力式液压转向控制系统	200
第三节 电液混合转向控制系统	200
一、电磁液压式转向控制系统	200
二、电动液压式转向控制系统	202
第四节 电动转向控制系统	203
一、电动转向控制系统	203
二、电动转向控制策略	206
第五节 四轮转向控制系统	209
一、液压四轮转向控制系统	209
二、电动四轮转向控制系统	211
第七章 悬架控制	213
第一节 悬架控制目标和类型	213
一、悬架控制目标	213
二、悬架控制系统的类型	213
第二节 半主动悬架控制	214
一、半主动油液悬架控制系统	214
二、半主动空气悬架控制系统	219
第三节 主动悬架控制	220
一、普通主动悬架控制系统	220
二、防侧倾主动悬架控制系统	223
第八章 车身控制	225
第一节 乘员保护控制系统	225
一、乘员保护控制目标	225

二、乘员保护控制系统	225
三、乘员保护控制策略	229
第二节 空调控制	232
一、空调控制目标	232
二、空调控制系统	233
三、空调控制策略	238
第三节 防盗控制	238
一、防盗控制目标	238
二、防盗控制系统	238
第四节 灯光控制	240
一、灯光控制目标	240
二、前照灯控制系统	241
第五节 座椅控制	244
一、座椅控制目标	244
二、座椅控制系统	244
第六节 门窗控制	245
一、门窗控制目标	245
二、门窗控制系统	245
三、雨刷控制	246
第七节 信息管理	247
一、导航系统	247
二、追踪系统	248
三、声控系统	248
四、信息管理系统	248
参考文献	249

第一章 汽车计算机控制概论

第一节 汽车计算机控制系统

传统汽车是依靠驾车者通过点火开关、加速踏板、离合器踏板、制动踏板、变速器杆和其他开关等控制装置进行控制的,需要驾车者在人—车—环境的闭合回路内进行观察、分析、判断和操作,才能驾驭汽车行驶,其控制过程完全是一个人机控制。由于时代发展对汽车不断赋予新的功能要求和性能要求,完全的人工控制已经难以胜任对控制性能要求很高、控制过程非常迅速、控制系统十分复杂的汽车控制;特别是在紧急情况下,如果驾车者仍然在控制闭合回路之中处于控制地位,往往产生错误的分析、判断和操作,进而酿成严重后果。

随着社会和消费者对汽车功能和性能要求的不断提高,电子化、智能化、网络化成为现代汽车的重要标志和发展趋势。现代汽车普遍利用电子技术对汽车进行广泛的控制与管理,特别是计算机控制与管理,既能保证驾车者对汽车操纵与控制意图的实现,又能将驾车者从操纵与控制的繁重劳动中解脱出来,还能使汽车与环境和社会的关系变得更为协调。

汽车电子技术已经历过两个发展阶段,现正处于第三个发展阶段。在第一阶段,汽车电子设备主要采用由分立电子元器件组成电子控制器,并开始由分立电子元器件产品向集成电路产品过渡;在第二阶段,汽车电子控制系统主要采用集成电路和 8 位微处理器;第三阶段开始于 20 世纪 90 年代,汽车电子控制系统广泛采用 16 位或 32 位微处理器,控制技术向计算机化、智能化和网络化方向发展。

一、汽车计算机控制

汽车计算机控制是指汽车中借助微处理器实现的控制,是汽车、机电、计算机、控制、传感器、执行器、网络等方面理论与技术的高度结合。计算机控制已经在汽车上得到广泛应用,其控制对象几乎涉及汽车中所有需要进行调节与控制的部件,而其控制任务包括调节、伺服、优化、监控、诊断、调度、规划、决策等复杂任务,全面地改善和提高了汽车的动力性、经济性、安全性、环保性、操纵性、稳定性、舒适性、通过性和可靠性,使汽车从传统的人机控制系统演进为人机电控制系统,对汽车的设计、制造、使用和维修产生了深刻影响。

汽车中以计算机作为控制与管理核心并能够实现特定功能的系统称为汽车计算机控制系统。通常,将汽车的计算机控制系统分为动力与传动、安全性、舒适性、通信和多媒体四个集合,如图 1-1 所示。

按照系统的主要控制功能,可以将汽车中的计算机控制系统分为动力(发动机)控制系统、底盘控制系统和车身控制系统等。各个系统还可以细分为若干个子系统,如底盘控制系统可以细分为传动控制系统、防滑稳定控制系统、转向控制系统和悬架控制系统等;车身控

制系统又可分为乘员保护控制系统、防盗控制系统、空调控制系统、座椅控制系统、灯光控制系统、影音控制系统、信息管理系统等。主要的汽车计算机控制系统及其子系统见表 1-1。

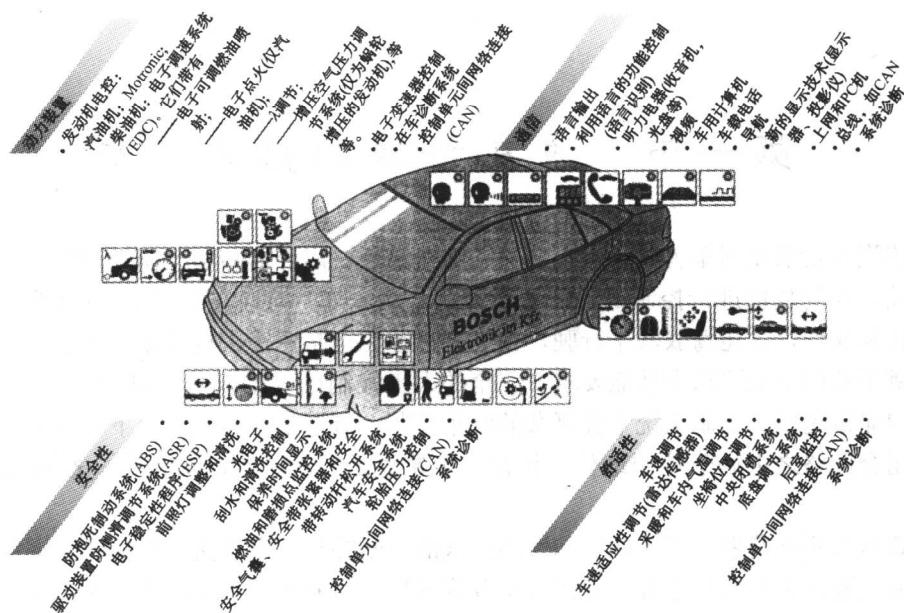


图 1-1 汽车计算机控制系统

表 1-1 汽车计算机控制系统及其子系统

计算机控制系统		计算机控制子系统	计算机控制系统	计算机控制子系统
发动机控制	汽油机控制系统	汽油喷射控制系统	底盘控制系统	制动防抱死控制系统
		点火控制系统		驱动防滑转控制系统
		怠速控制系统		制动力分配控制系统
		进气控制系统		行驶稳定性控制系统
		排气控制系统		动力转向控制系统
		汽油蒸气控制系统		四轮转向控制系统
	柴油机控制系统	柴油喷射控制系统	悬架控制系统	半主动悬架控制系统
		预热起动控制系统		主动悬架控制系统
		怠速控制系统	车身控制	乘员保护控制系统
		进气控制系统		防盗控制系统
底盘控制	传动控制系统	变速器控制系统		空调控制系统
		分动器控制系统		灯光控制系统
		差速器控制系统		座椅控制系统
		巡行控制系统		门窗控制系统
				信息管理系统

有些汽车计算机控制系统通过多个系统协同控制实现其控制功能和目标,例如,将发动机控制与变速器控制集成为动力传动控制,驱动防滑转控制系统则需要动力控制系统、传动控制系统和制动控制系统进行协同控制。

为了实现不同控制系统之间的信息传递和共享,达到简化布线、减少传感器数量、避免控制功能重复、提高系统可靠性和维护性、降低成本等目的,将汽车中相关的计算机控制系统连接形成区域网络,通过总线在控制单元之间进行信息的多路实时传输,使信息传输变得更为安全、迅捷和高效,使各个计算机控制系统能够更好地匹配和协调。还可以通过数据总线访问区域网中的各个计算机控制系统与装置,对其进行故障诊断并读取故障码,使整车维修工作变得更为简单和有效。

二、控制系统的一般构成

汽车计算机控制系统的基本功能是信息和能量的传递、加工和比较,并根据信息改变控制系统的状态,达到预期的控制目标。每个控制系统都是由若干个相互联系的实体构成,每个系统都具备控制系统所具有的实体、属性和活动三大要素。为了表明控制系统中各部分的功能,并且明晰系统中各部分之间的信息和能量传递关系,一般采用方框图来表述控制系统的功能结构。汽车计算机控制系统的一般性功能结构如图 1-2 所示。

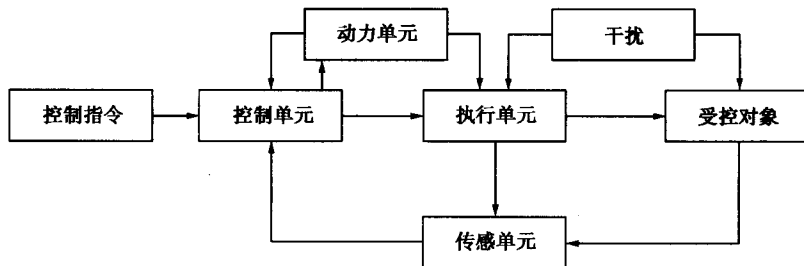


图 1-2 汽车计算机控制系统的一般性功能结构

1. 控制单元

在汽车计算机控制系统中,以微处理器为核心的控制单元是控制系统的中枢,是控制系统中最重要的组成部分,它从质和量两方面决定了控制系统的性能。控制单元一般具有信号变换、比较、运算、逻辑等处理功能。按照设定程序对输入指令和监测、反馈信号进行实时数据采集和处理,进行实时控制决策,形成控制指令,进行实时控制输出,使执行单元产生相应的动作。一个系统的控制单元也是与其他系统控制单元连接和对汽车进行故障诊断的接口。

2. 传感单元

在汽车计算机控制系统中,传感单元由若干传感器和设定器(如开关)组成。传感器用于检测受控对象的相关控制参数或中间变量,将检测到的信号经过放大、转换后输入控制单元;设定器(如各种控制开关等)将设定值赋予控制单元。传感与设定单元产生的信号供控制单元判定被控对象的状态与目标,进而形成相应的控制决策。

3. 执行单元

在汽车计算机控制系统中,执行单元由受到控制单元控制和驱动的各种执行器及其匹配机构组成。执行单元的作用在于根据控制单元的控制决策对受控对象的状态进行调整,一般有电磁、液压和气动等动作方式。有些情况下,为了使执行器的驱动特性与受控对象的负载

特性相互匹配，还需要采用进行动作方式转换和运动传动的匹配机构。

4. 动力单元

动力单元包括动力转换和放大部分，其功能是为汽车计算机控制系统内的其他单元提供动力能源，其中动力转换和放大部分的作用是将控制单元形成的指令信号按不同方式进行转换和放大，以控制和驱动执行器动作。动力单元一般也受控制单元控制，动力单元提供的动力通常有电力、液压和压气等形式。

5. 控制指令

尽管控制指令并不是控制系统的实体性组成部分，却是确定控制系统行为的重要依据。对于汽车计算机控制系统来说，驾车者通过操纵和控制各种机构和装置，再由传感器和开关将运动或状态转化为控制指令输入控制系统，即通过传感器或开关将转向盘、制动踏板、变速杆等的运动或位置输入控制单元，供控制单元确定驾车者的操纵和控制意图。

6. 连接网络

汽车计算机控制系统中的各个单元之间通过导线连接，以便进行能量和信息传递，从而形成连接网络。

7. 干扰

干扰是外部环境对控制系统行为产生影响的各种物理因素的总称，并非汽车计算机控制系统的组成部分。控制系统的外部干扰会使被控对象的状态偏离预期的控制目标，汽车计算机控制系统必须能够克服外部干扰实现预期的控制目标。

三、控制系统的特性

汽车计算机控制系统及其子系统作为一个完整的控制系统具有如下的特性。

1. 整体性

汽车的各个计算机控制系统都由控制单元、执行单元、检测反馈单元和受控对象等基本部分构成，各部分缺一不可，否则就难以实现系统的控制功能。尽管在汽车的不同计算机控制系统之间存在着传感器的类别和数量、控制单元的结构和功能、执行器的种类和数量等方面的差别，但是，任何一个汽车计算机控制系统都包含感测控制信号的传感器、以微处理器为核心的控制单元和改变受控对象状态的执行器。在汽车计算机控制系统中，检测反馈单元（包括传感器和开关）用于感测影响控制系统的外部信息和内部信息，并将得到的信息转换为电信号输入控制单元，是控制系统的信息输入部分，输入控制单元的信息是引起控制系统状态变化的原因。控制单元是控制系统中处理信息、形成判断和控制决策的部分，是控制系统对输入信息的处理部分，也是控制系统的中枢。执行单元（包括动力单元）受控制单元的控制和驱动，使受控对象产生预期变化，它是控制系统的输出部分，也是对控制系统输入信息的响应。传感单元，控制单元和执行单元之间的关系如图 1-3 所示。

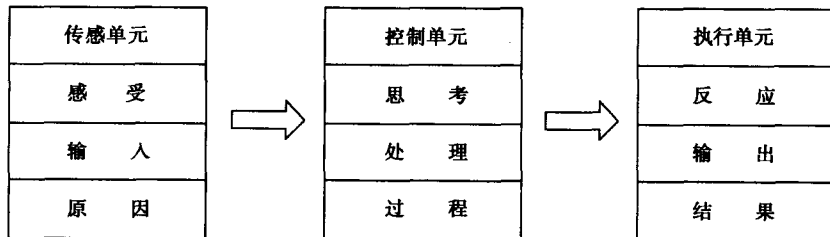


图 1-3 汽车计算机控制系统的信息处理过程

2. 结构性

各种控制系统都是按照一定的内部组成或外部结构组合而成。三元件系统是结构最简单的控制系统,通常的控制系统在其每个控制环节还会包含多个过程。例如,传感单元一般包括多个感测信号与处理信号的过程,控制单元环节一般具有输入信号处理、控制决策和输出信号处理等过程,执行单元一般也包含多个执行器或显示器,其中也有信号处理和能量转换与传递过程。

3. 相关性

控制系统内部各实体之间相互以一定的规律进行联系,它们的特定关系形成了具有特定性能的系统。例如,汽车空调控制系统由空调压缩机、空调风扇、蒸发器、冷凝器、温度传感器、控制单元等组成,各部分之间存在着特定的联系,从而能够实现温度控制的特定功能。

4. 历时性

控制系统在控制过程中与时间的对应关系是非常密切的,随着时间的推移,其控制状态和效果均在发生着变化,它表明了系统在动态和稳态时所显示出的特定性能。例如,在防抱死制动系统的控制过程中,调压器的控制状态和车轮的运动状态都在随着时间而变化。

5. 有序性

有序性是控制系统的一个明显特性,它显示出组合成控制系统的各实体在控制过程中的动作顺序和调整过程。例如,在发动机怠速控制系统中,以微处理器为核心的控制单元根据节气门开度传感器(或怠速开关)感知驾车者要求发动机怠速运转的意图,控制单元再通过发动机转速传感器检测发动机的实际转速,然后由控制单元根据发动机实际转速与期望转速的偏差,形成控制决策,控制怠速控制阀改变发动机的进气量,再根据进气量确定合适的喷油量,使发动机的转速达到设定的期望转速。

总之,要根据计算机控制系统的控制目标 and 设计指标来确定控制系统的界限,其范围的大小要符合研究的要求,既可以将汽车由一个控制单元联系的部分作为一个控制系统进行分析研究,也可以将实现特定功能的组合作为一个控制系统进行分析研究。

四、控制系统的分类

汽车计算机控制系统可以从不同方面进行分类。

1. 按控制过程有无反馈回路分

按控制过程有无反馈回路可以将控制系统分为开环控制系统和闭环控制系统两类。如果控制系统的输出量对系统的控制作用不产生影响(即无反馈回路),称为开环控制系统。在开环控制系统中,控制单元不对控制系统的输出进行监测,即不对实际输出与期望输出的差异进行监测,如图1-4(a)所示。如果控制系统的输出量通过反馈回路作用于控制单元,则称为闭环控制系统,又称为反馈控制系统。在闭环控制系统中,控制单元通过反馈传感器和反馈电路对控制系统的输出进行连续监测,控制单元将根据实际输出与期望输出的差异修正相应的控制信号,使随后的实际输出更进一步向期望输出靠近,所以这种控制系统被称为闭环负反馈控制系统,如图1-4(b)所示。

开环控制系统结构简单,控制精度完全取决于各单元的精度,所以,为了提高开环控制的精度,常需要采用高精度的元件,但这会使系统的成本较高。当系统受到外部干扰时,被控值将偏离给定值,从而影响系统的控制精度,这是开环控制的缺点。因此,开环控制系统只适用于精度要求不高并且不存在内、外干扰的场合。例如,乘员保护系统中的安全气囊控制和安全带收紧控制系统等就采用开环控制。另外,有些情况下,为了实现特定的控制功

能, 汽车计算机控制系统也采用开环控制, 在汽油机控制系统中, 起动、加速和大负荷工况下对于喷油量的控制就是应用实例。

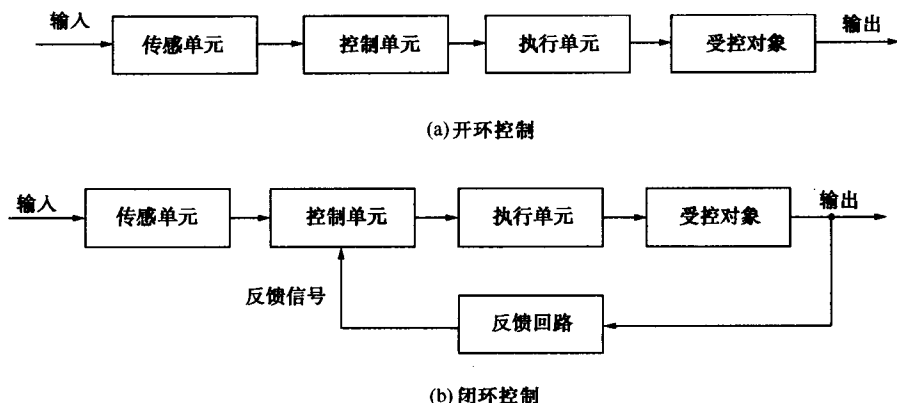


图 1-4 开环控制与闭环控制

闭环控制系统的特点是采用了反馈回路, 控制系统能够自动纠正因外部干扰和内部参数变化所引起的偏差, 因此, 可以用精度不太高而成本较低的元件组成一个较为精确的控制系统。在汽车计算机控制系统中, 闭环控制系统得到了广泛采用。例如, 具有抑制爆震功能的点火控制系统、具有空燃比控制功能的燃油喷射控制系统、防抱死制动控制系统等都采用了闭环控制。但是, 由于闭环控制系统是以偏差消除偏差的, 即控制系统要工作就必须有偏差存在, 所以, 这类系统不会有很高的精度。同时, 由于组成系统的元件存在惯性、传动链存在间隙等因素, 如果控制系统匹配不当, 反馈控制系统将会发生振荡, 从而使控制系统不能稳定地工作。精度和稳定性之间的矛盾始终是闭环控制系统存在的主要矛盾。

2. 按系统的控制功能分

按系统的主要功能分为操作指导型系统和直接控制型系统。

操作指导型系统属于开环控制结构。在这种控制系统中, 控制单元根据传感元件测得的信号数据形式供驾车者选择的操作方案, 提示驾车者进行相应的操作和控制。例如, 车距控制系统可以利用车载雷达探测与前车的距离, 当控制单元按照车速判断车距小于安全距离时, 通过声光向驾车者发出报警信号, 建议驾车者降低车速或改变行驶车道。旅程信息系统的控制单元可以根据喷油脉宽、发动机转速和车速信号计算出汽车的瞬时百公里油耗, 供驾车者优化驾驶操作。

直接控制型系统属于闭环控制结构, 通过传感元件对一个或多个物理量进行巡回检测, 经过输入通道输入控制单元, 由控制系统根据规定的控制规律和给定值进行运算, 然后发出控制信号直接控制执行机构, 使各个被控制量达到预定的要求。例如变速器控制系统的控制单元可以根据发动机节气门开度信号、车速信号和挡位开关确定变速器的最佳挡位, 并控制执行器动作换挡; 防抱死制动控制系统的控制单元根据制动开关和各车轮转速传感器的信号确定各车轮的运动状态, 当判定车轮接近抱死时, 通过控制相应调压电磁阀对车轮实施防抱死控制。

3. 按系统输入量的变化规律分

按控制过程中输入量的变化规律可以分为恒值控制、随动控制和过程控制, 这三种控制都是闭环控制。