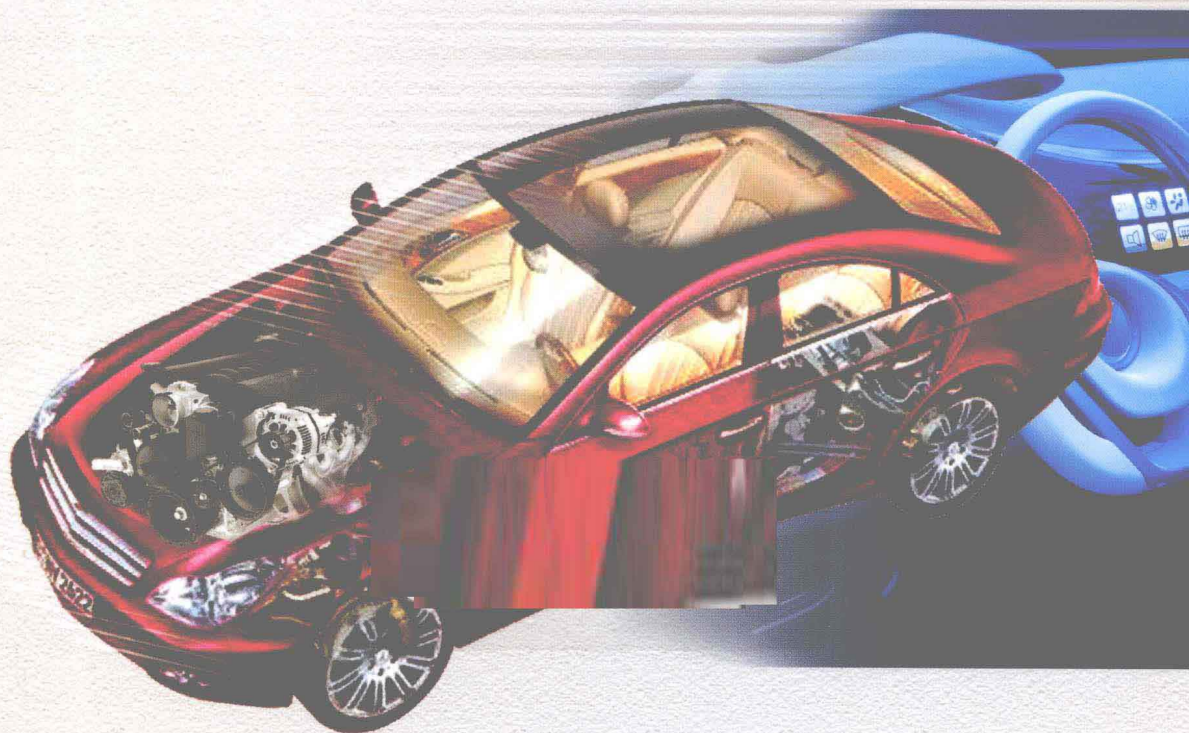


现代汽车 控制及其智能化

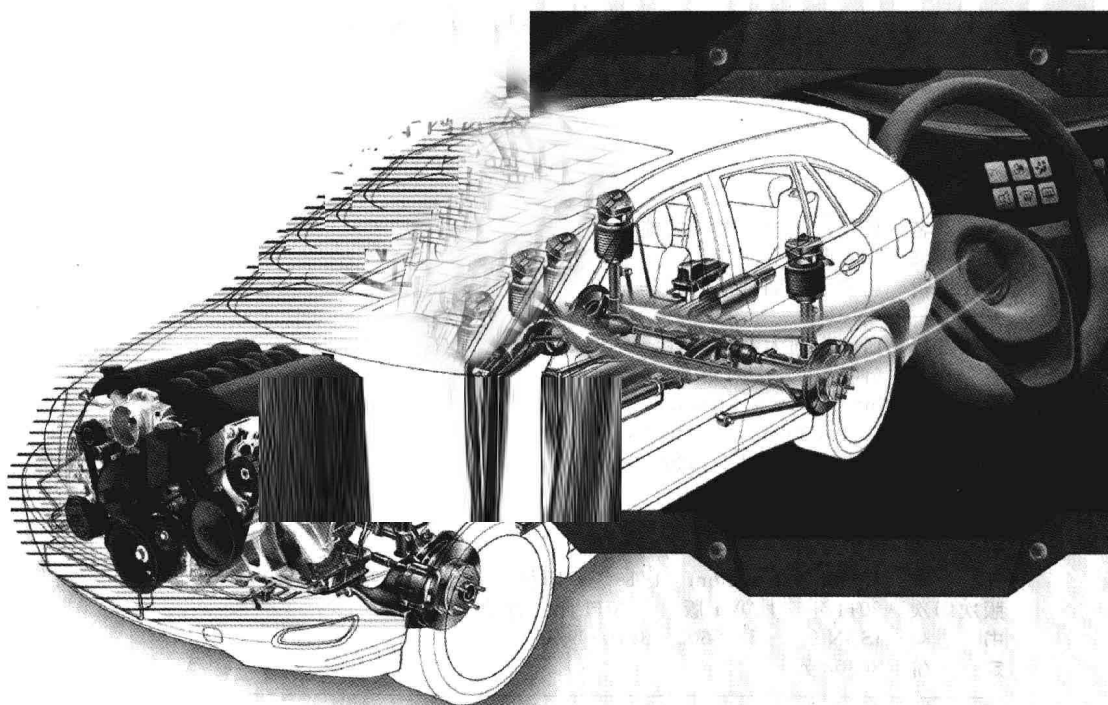
陈丁跃



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

现代汽车 控制及其智能化

陈丁跃



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书系统全面地介绍了现代汽车控制及其智能化的基本内容,着重于基本概念、基本理论和基本方法的论述。全书共分 10 章,内容有汽车控制基本知识,汽车控制系统的数学模型,汽车控制系统的时域分析,汽车控制系统的频域分析,汽车控制系统的稳定性及其判据,汽车控制系统的校正和设计,汽车数字控制系统,汽车智能控制,现代汽车控制技术应用及未来汽车发展。在很多章节均安排了 MATLAB 的具体应用实例,每章都有适当的例题和习题。

本书可供高等学校车辆工程、机电与动力工程、汽车电子控制及内燃机技术、机械控制工程、过程控制、工业电气自动化、机械设计与制造、液压控制、计算机控制与应用等专业本科生、研究生、成教和函授使用,也可供教师和工程技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

现代汽车控制及其智能化/陈丁跃编著. —西安:西安交通大学出版社,2011.4

ISBN 978-7-5605-3870-9

I. ①现… II. ①陈… III. ①汽车-智能控制 IV. ①U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 042903 号

书 名 现代汽车控制及其智能化
编 著 陈丁跃
责任编辑 屈晓燕 刘雅洁 田华

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)

传 真 (029)82668280
印 刷 西安交通大学印刷厂

开 本 787mm×1 092mm 1/16 印张 18.125 字数 435 千字
版次印次 2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-3870-9/U·8
定 价 30.00 元

读者购书、书店添货,如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

前言

《现代汽车控制及其智能化》是车辆工程专业、机电与动力工程专业及工科类各相关专业的一门重要课程,它打破了经典控制理论、现代控制理论与智能控制理论完全分割的老课程体系,将经典理论与现代汽车控制理论结合,以利于学生建立统一的汽车控制基本知识,使学生获得完整的现代汽车机电一体化控制理论。作者在教学实践的基础上,分析和总结学生在学习中容易出错或难于理解和掌握的内容,增加近五年出现的有工程应用价值的现代汽车控制理论内容,同时适当削减经典控制理论中繁琐不实用的内容。减小理论与工程应用间的鸿沟,重视工程应用的需要,增加有工程应用背景的典型例题分析,本书选用的例子多取材于当前高精尖科技领域。为了便于读者深入理解本书所述的重要概念,每章都列举了一定数量的例题和习题,在很多章节均安排了 MATLAB 的具体应用实例。该书凝聚了作者长期讲授“机械控制工程”和多次讲授“汽车电工电子系统设计”以及多年累积的科研成果与经验,是一本适合现代高等教育要求的新教材。

本书作为高校规划教材的主要特点:主动适应教学改革的需要和市场经济对汽车机电一体化人才培养的要求;在内容上适合自主学习;体现教材与国际接轨,面向世界、面向未来的指导思想。书中对汽车机电控制实现手段的计算机智能控制、太阳能汽车控制和未来汽车发展方面的内容给予了应有的重视,这对丰富和完善本学科教学与研究 and 促进汽车机电一体化技术发展具有重要意义。本教材体系能适应多种学时的教学需要,可根据各校各专业特点和实际情况选学,也可供有余力的学生选学。

本书在撰写过程中参考了优秀著作和教材,在此向收录于参考文献中的各位作者表示真诚的谢意。感谢陈刚、李飞、邓龙军、胡建峰、张照伯、孟祥光研究生为本书提供的帮助及校核。同时要特别感谢中国科学院的屈有山研究员、长安大学的张春化教授和徐双应教授在百忙之中审阅了本书,并提出了许多宝贵的意见,这些意见已反映在本书中。最后,我要感谢西安交通大学出版社对本书的出版和发行。书中有些图片来源于网络,在此表示感谢。

本书为长安大学规划系列教材,由学校资助出版,可供高等学校车辆工程、机电与动力工程、汽车电子控制及内燃机技术、机械控制工程、过程控制、工业电气自动化、机械设计与制造、液压控制、计算机控制与应用等专业本科生、研究生、成教和函授使用,也可供教师和工程技术人员阅读。

书中难免存在错误和不妥之处,诚恳期望专家及读者们多加批评和指正。服务邮箱:cdy973@yahoo.com.cn。

陈丁跃
2011年3月

目 录

第 1 章 汽车控制基本知识	(1)
1.1 汽车控制系统的基本组成及概念	(1)
1.1.1 控制的含义	(1)
1.1.2 汽车控制系统的基本组成	(2)
1.1.3 控制的基本问题及方框图和术语	(3)
1.1.3.1 控制的基本问题	(3)
1.1.3.2 控制系统的方框图	(4)
1.1.3.3 控制系统基本术语	(5)
1.2 控制系统的分类	(6)
1.2.1 按自动控制系统是否形成闭合回路分类	(7)
1.2.2 按照控制系统主要元件的特性来分类	(8)
1.2.3 按传递信号是时间的连续函数还是断续函数分类	(9)
1.2.4 按给定值信号的特点分类	(9)
1.2.5 按系统参数是否随时间变化分类	(10)
1.2.6 其他的分类方法	(10)
1.3 控制系统发展概况	(11)
1.4 控制系统的性能要求	(12)
1.5 汽车控制技术应用简介	(15)
1.5.1 动力传动总成的控制	(15)
1.5.2 底盘的控制	(18)
1.5.3 车身系统及信息通信的控制	(19)
1.6 MATLAB 简介	(19)
1.6.1 MATLAB 的用户界面	(19)
1.6.2 MATLAB 的数学运算	(21)
1.6.3 MATLAB 绘图	(27)
习题 1	(33)
第 2 章 汽车控制系统的数学模型	(34)
2.1 传递函数	(34)
2.1.1 拉氏变换与传递函数的定义	(34)
2.1.2 传递函数的特点	(37)
2.2 传递函数的求法	(37)

2.3	系统方框图的等效变换	(39)
2.4	方框图等效变换举例	(42)
2.5	信号流图和梅森公式	(44)
2.5.1	信号流图	(44)
2.5.2	梅森公式	(46)
2.6	汽车控制系统及控制器分类	(47)
2.6.1	汽车控制系统	(47)
2.6.2	双位或开-关控制作用	(48)
2.6.3	比例(P)控制作用	(50)
2.6.4	积分(I)控制作用	(50)
2.6.5	比例-积分(PI)控制作用	(50)
2.6.6	比例-微分(PD)控制作用	(50)
2.6.7	比例-积分-微分(PID)控制作用	(51)
2.7	用 MATLAB 建立系统的数学模型	(51)
2.7.1	MATLAB 中数学模型的表示	(51)
2.7.2	模型之间的转换	(52)
2.7.3	系统建模	(52)
习题 2		(56)
第 3 章	汽车控制系统的时域分析	(59)
3.1	时间响应的组成及其性能指标	(59)
3.1.1	时间响应的组成	(59)
3.1.2	系统性能指标	(60)
3.2	典型试验输入信号	(61)
3.2.1	阶跃信号	(62)
3.2.2	斜坡信号	(62)
3.2.3	加速度信号	(62)
3.2.4	脉冲信号	(62)
3.2.5	正弦信号	(63)
3.3	典型环节的动态响应	(64)
3.3.1	比例环节	(65)
3.3.2	积分环节	(65)
3.3.3	微分环节	(65)
3.3.4	时间滞后环节	(67)
3.4	一阶时滞环节的动态响应	(67)
3.5	二阶时滞环节的动态响应及计算举例	(69)
3.5.1	二阶时滞环节的动态响应	(69)
3.5.2	二阶系统计算举例	(73)
3.6	用 MATLAB 实现系统的时域分析	(74)
习题 3		(76)

第 4 章 汽车控制系统的频域分析	(78)
4.1 频率特性	(78)
4.2 频率特性的表示方法	(81)
4.2.1 幅相频率特性的表示方法	(81)
4.2.2 对数幅相频率特性的表示方法	(81)
4.3 典型环节的频率特性	(82)
4.4 开环频率特性的伯德图	(85)
4.5 传递函数的试验确定	(90)
4.6 开环频率特性与系统时域指标的关系	(92)
4.7 闭环频率特性及其频域性能指标	(94)
4.7.1 闭环频率特性	(94)
4.7.2 频域性能指标	(94)
4.8 频域中的 PID 控制器	(95)
4.9 用 MATLAB 实现系统的频域分析	(96)
习题 4	(99)
第 5 章 汽车控制系统的稳定性及其判据	(101)
5.1 系统稳定性的概念和条件	(101)
5.1.1 稳定性的概念	(101)
5.1.2 系统稳定性的充要条件	(102)
5.2 Routh(劳斯)稳定性判据	(104)
5.3 Hurwitz(赫尔维兹)稳定性判据	(107)
5.4 系统的稳态误差	(108)
5.4.1 稳态误差的定义	(108)
5.4.2 系统类型	(109)
5.4.3 扰动作用下的稳态误差	(112)
5.4.4 提高系统稳态精度的方法	(113)
5.5 系统的相对稳定性	(113)
5.5.1 相位裕量 γ	(113)
5.5.2 幅值裕量 K_g	(114)
5.6 系统的根轨迹法	(116)
5.6.1 根轨迹的基本概念	(116)
5.6.2 根轨迹与系统性能	(117)
5.6.3 根轨迹的幅值条件和幅角条件	(117)
5.7 用 MATLAB 实现系统的稳定性判据	(119)
5.7.1 代数稳定判据的 MATLAB 实现	(119)
5.7.2 频域稳定判据的 MATLAB 实现	(120)
习题 5	(123)

第 6 章 汽车控制系统的校正和设计	(124)
6.1 串联校正	(124)
6.2 并联校正	(125)
6.3 反馈校正	(125)
6.4 复合校正	(126)
6.5 PID 校正器	(128)
6.6 校正装置的设计方法	(128)
6.7 校正所依据的性能指标	(129)
6.8 校正环节的实现	(130)
6.9 用 MATLAB 实现系统的校正设计	(132)
习题 6	(139)
第 7 章 汽车数字控制系统	(141)
7.1 数字计算机控制系统	(141)
7.2 数据采样系统	(142)
7.3 z 变换	(144)
7.4 闭环反馈数据采样控制系统	(146)
7.5 Z 平面内的稳定性分析	(148)
7.6 数字 PID 控制器	(148)
7.7 汽车 ECU	(150)
7.8 用 MATLAB 设计数字控制系统	(151)
习题 7	(154)
第 8 章 汽车智能控制	(156)
8.1 智能控制的基本概念	(156)
8.1.1 智能控制的认识	(156)
8.1.2 智能控制的类型	(156)
8.1.3 智能控制器的一般结构	(158)
8.1.4 汽车智能化	(159)
8.2 递阶控制及汽车应用	(162)
8.2.1 汽车自动驾驶系统的组成	(163)
8.2.1.1 自动驾驶系统总体结构	(163)
8.2.1.2 自动驾驶的硬件系统	(163)
8.2.1.3 实时操作系统	(164)
8.2.1.4 软件设计与系统的实时性	(164)
8.2.2 汽车自动驾驶控制系统的四层递阶结构	(165)
8.2.3 汽车驾驶控制系统的结构与算法	(168)
8.3 模糊控制及汽车应用	(169)
8.3.1 模糊控制的技术原理	(169)
8.3.1.1 模糊控制系统的组成	(169)

8.3.1.2	模糊控制的基本原理	(170)
8.3.1.3	模糊控制器的结构设计	(173)
8.3.2	柴油机怠速模糊控制	(174)
8.3.3	电动汽车伺服调速的模糊控制	(176)
8.3.3.1	电动汽车交流伺服电机的模糊控制	(176)
8.3.3.2	交流伺服系统工作原理	(176)
8.3.3.3	系统内环控制器设计	(178)
8.3.3.4	模糊控制交流伺服系统的设计	(179)
8.3.3.5	软件编程与系统仿真	(182)
8.4	学习控制及汽车应用	(185)
8.4.1	学习控制基本原理	(185)
8.4.2	柴油机喷油系统的学习控制	(185)
8.5	神经网络控制及汽车应用	(186)
8.5.1	神经元和神经网络	(186)
8.5.2	BP 神经网络	(187)
8.5.3	柴油机燃烧系统的优化控制	(190)
习题 8		(192)
第 9 章	现代汽车控制技术应用	(194)
9.1	汽车综合控制	(194)
9.1.1	综合控制的原则	(195)
9.1.2	底盘综合控制	(196)
9.1.3	整车综合控制	(197)
9.2	发动机的集中控制	(198)
9.2.1	发动机集中控制系统	(198)
9.2.2	发动机集中控制系统的基本控制方式	(199)
9.3	自动变速系统控制	(199)
9.3.1	ECT 系统基本组成	(200)
9.3.2	ECT 控制过程	(200)
9.4	行驶与安全控制系统	(202)
9.4.1	电控悬架系统	(202)
9.4.1.1	电控悬架的功能、类型和基本组成	(202)
9.4.1.2	半主动悬架系统的控制原理	(204)
9.4.1.3	主动悬架的控制原理	(205)
9.4.2	巡航控制与导航控制	(207)
9.4.2.1	巡航控制系统	(207)
9.4.2.2	汽车导航系统	(210)
9.4.3	防撞控制系统	(212)
9.4.3.1	行车防撞控制系统	(212)
9.4.3.2	安全气囊	(213)

9.4.3.3 倒车防撞报警系统	(215)
9.4.4 电控转向系统	(216)
9.4.4.1 电动式 EPS	(216)
9.4.4.2 液力式 EPS	(218)
9.4.4.3 控制四轮转向系统	(219)
9.4.4.4 汽车电子稳定程序系统	(221)
9.5 车载网络控制系统	(222)
9.5.1 车载网络技术	(222)
9.5.2 汽车 CAN 网络	(223)
9.5.3 汽车 CAN 节点设计	(225)
9.5.4 汽车 CAN 控制器结构	(226)
9.5.5 车载网络应用	(226)
9.6 电动汽车控制技术	(228)
9.6.1 电动汽车的控制策略和控制系统	(229)
9.6.2 电动汽车交流电动机驱动控制	(230)
9.6.3 电动汽车能量管理	(230)
9.7 太阳能汽车控制技术	(231)
9.7.1 太阳能汽车驱动控制	(232)
9.7.2 太阳能汽车供电控制	(232)
习题 9	(235)
第 10 章 未来汽车发展趋势	(236)
10.1 车联网时代	(236)
10.2 高科技集成无人驾驶智能汽车	(237)
10.3 陆空两用交通车	(239)
10.4 水陆两栖汽车	(242)
10.5 空气动力汽车	(246)
10.6 核动力汽车	(247)
10.7 太阳能汽车	(248)
10.8 其他未来新能源高效动力汽车	(252)
习题 10	(255)
附录 A 各种工况的传感器	(256)
附录 B MATLAB 操作命令和函数	(262)
附录 C 常用函数的 Laplace 变换和 z 变换对照表	(266)
附录 D 汽车专业英文缩略语	(267)
参考文献	(277)

第1章 汽车控制基本知识

汽车是当今社会最重要的交通工具之一,是国民经济的支柱产业。目前,汽车已不仅仅是代步或运输的工具,它正在改变着人们的工作、生活和思维方式。汽车的快速发展,在很大程度上归结为汽车控制技术的进步。应用控制理论和技术,能改变汽车传统的机械装置,增加许多新的功能,使汽车的驾驶更为简单方便,乘坐更为舒适安全,更能使人类以前认为做不到的事情成为现实。

从世界汽车工业的发展状况来看,随着汽车保有量的日益增多,各国均面临着严重的汽车排放污染、能源危机和汽车行驶安全性等问题。面对这些实际问题,传统的汽车技术已无法解决。与此同时,世界各国针对上述问题出台了一系列的相应法规,迫使其在世界范围内对汽车产品进行技术革新。为解决汽车的污染、节能和安全等问题,现代汽车上广泛采用了先进的控制技术,如电控燃油喷射技术、电控自动变速技术、防抱死制动技术等。由于人们对汽车舒适性和智能化的不断追求,汽车控制技术将给汽车工业带来划时代的变革。

从汽车技术的现状和发展来看,微电子、计算机、人工智能、网络通信和自动控制技术相结合的控制技术是支撑现代汽车发展过程的一个基础技术。它不是简单地对汽车零部件进行控制,而是根据汽车实际使用条件多变的需要,对汽车整体性能进行优化控制,包括研究控制系统的输入、输出、各种控制策略与实现方法,开发高实时性、高可靠性、高精度和低成本的控制器等。

现代汽车控制系统的功能越来越强,获取的信息越来越多,智能化程度越来越高,可靠性和安全性也越来越好,汽车已由传统的交通工具发展为舒适、环保、节能、自动化、智能化的多功能“移动空间”。现代汽车控制对提高汽车的安全性、动力性、经济性、舒适性以及减少汽车排放污染,都有着十分显著的效果。今后汽车控制将集中围绕以下几个方面发展。

- (1) 满足用户需求,大幅度提高汽车的性能,使之更加舒适、方便、安全和可靠。
- (2) 满足社会需求,保护环境、节省能源、节约资源。
- (3) 实现交通系统智能化,将汽车和社会有机地联接起来。

1.1 汽车控制系统的基本组成及概念

1.1.1 控制的含义

控制(control)这个概念可定义为某个主体使某个客体按照一定的目的来动作。如一个人驾驶汽车去某处这样一种行为,就是实现了一种控制。这里,人是主体,汽车是客体,去某处为目的。因此可以说,上述行为是一个主体(人)为了一定的目的控制了一个客体(汽车)。我们通常把主体是人的控制称为人工控制(如人驾驶汽车),把主体是机器的控制称为自动控制(如自动驾驶)。如果主体是由人和机器共同组成,则称为半自动控制。

客体的含义比较广泛,一个物体、一套装置、一个物理化学过程、一个系统等都可以称为客体。如一个物体,可以是汽车、飞船、潜艇等。一套装置,可以是节油装置、悬架装置、发电机、液力变速器等。一个物理化学过程,可以是燃烧过程、流动过程等。一个系统,可以是燃油喷射系统、防抱死制动系统、汽车导航系统、配电系统等。无论何种客体,不论其规模大小,均可表现为控制的专业特点。例如,客体为车辆的控制,则被称为车辆控制。类似地,常可见到诸如点火爆震控制、安全舒适性控制、节能控制等等的提法。

1.1.2 汽车控制系统的基本组成

汽车控制系统的基本组成如图 1-1 所示。

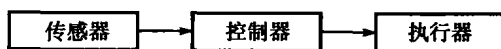


图 1-1 汽车控制系统的基本组成

1. 传感器(变换器、测量装置(元件)、测量变送元件、测量变送单元、变送器)

传感器是汽车控制系统的输入装置,用来测量被控量的大小,它把汽车运行中各种工况的信息(速度、转速、加速度、位置、位移、压力、温度、流量、振动、力等)转换成电压、电流、压力、位移等模拟或数字信号后输送到控制器(调节器)去。这些信号的类型选取,一般都要求与调节器(控制器)的信号相一致。附录 A 中列举了各种传感器的工作原理和主要用途。

2. 控制器(控制装置、调节器、调节单元、调节元件)

控制器是汽车控制系统的核心,接收传感器送来的被控信号,并将它与给定值比较,当被控信号偏离给定值时,控制器将偏差值(偏差信号)按它的大小和方向以一定的控制规律进行处理、计算(如比例[P]、积分[I]、微分[D]等运算)、判断或决策,然后产生新的指令信号输出到各执行器,控制汽车的运行。给定值可以由专门的给定单元取得,也可以由控制器内部设定。在实际控制过程中,控制器是由比较元件、放大元件和校正元件组合的总体。

电子控制装置简称 ECU(Electronic Control Unit),由于它一般都是密封的,其内部线路一般不做维修,故又称“黑盒子”。其功能类似于人类大脑对人运动行为的综合控制作用,执行一系列车辆控制的功能,并与监控车辆的设备交换信息。图 1-2 是使用 ECU 的发动机系统。

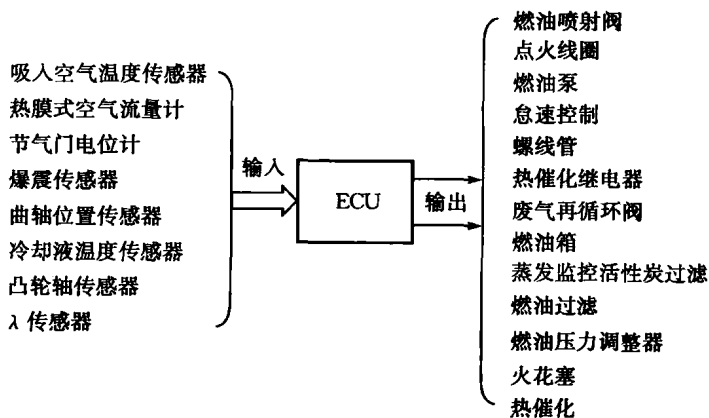


图 1-2 使用 ECU 的发动机系统

在一些处理数据较少的汽车上只控制车上单一系统的较小控制装置,则称为电子控制模块(ECM, Electronic Control Module)或电子控制总成(ECA, Electronic Control Assembly)。

许多新型高级轿车上都不仅使用一台控制装置,而是使用几台控制装置来分别处理一些数据和控制某些系统。有的用一台较大的控制装置集中处理一大批数据,其结果不仅输给几个执行器,还输给其他较小的控制装置(ECM、ECA),这样一台较大的控制装置通常称之为主控制装置,如图1-3所示。

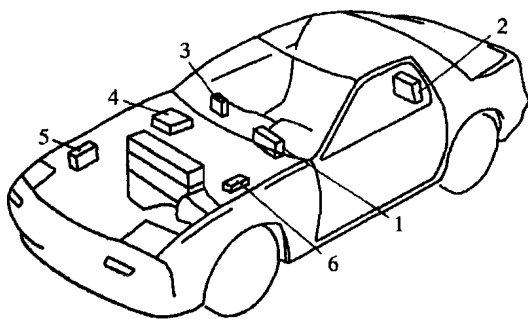


图1-3 多台控制装置的布置

- 1—主电子控制装置;2—ABS电子控制装置;3—电子仪表电子控制装置;
4—发动机电子控制装置;5—悬架电子控制装置;6—电子点火电子控制装置

3. 执行器(执行装置、执行单元、执行机构)

执行器是汽车控制系统的输出装置。在汽车控制系统中,它把控制装置输出的电信号转换为机械运动和输出(力、角度和位置)。它通过电能、发动机真空、气压或三者之间的组合作用,对外做功,推动汽车或发动机的某个装置运动,以完成所需要的控制任务。如,执行器可根据控制装置的指令改变发动机节气门的开度,从而控制发动机的转速。常用的执行器有电磁执行器(直流和交流电动机、步进电动机、电磁铁)、流体动力执行器(液压、气动)和非传统执行器(压电、磁致伸缩、记忆金属)等。

1.1.3 控制的基本问题及方框图和术语

1.1.3.1 控制的基本问题

控制需要解决的两大基本问题是控制系统的分析和控制系统的设计。

1. 控制系统的分析

这类问题是针对现有的控制系统分析它是否符合工程上要求的性能指标,如超调量、振荡次数、调整时间、稳态误差等。控制系统分析的方法有如下两种。

(1) 实验法

在控制系统的输入端加入典型信号(如阶跃信号、正弦信号等),分析系统的输出响应(例如阶跃响应、频率响应等),分析系统响应的特性是否符合所要求的性能指标。

(2) 解析法

从控制系统数学模型的结构和参数,通过一定的计算求出系统的性能,分析其是否符合工程上提出的要求。解析法的前提是要能比较方便、比较正确地建立控制系统的数学模型,因此

比实验法要困难一些。

2. 控制系统的设计

这类问题是要求根据工程上提出的性能指标设计控制系统及控制器的结构和参数。控制系统设计的步骤如下。

(1) 确定性能指标和约束条件,例如是否允许有稳态误差,误差允许范围如何,调整时间允许多长,是否允许被控制的对象有周期性变化,控制量是否有限制等等。

(2) 设计控制方案,例如单回路还是多回路,采用一个控制器还是多个控制器等。

(3) 设计控制器的结构和参数,可应用时域法、频域法、根轨迹法和状态空间法来设计和计算。一般可用计算机辅助设计(CAD, Computer Assistant Design)。

(4) 进行性能校核及参数调整,即整定,一般可用现场调试或计算机仿真试验两种方式。用计算机仿真试验法整定后,一般还需要通过现场试验来确认。

1.1.3.2 控制系统的方框图

研究控制系统时,为了便于分析并能清楚地表示系统各组成环节间的相互影响和信号传递关系,一般习惯于把控制系统用方框图(方块图、结构图)来表示。在方框图中,系统的每一个组成部分(环节)用一个方框来代表,环节间用带箭头的作用线连接起来,表示环节之间的信号传递关系,其中箭头方向代表作用方向。一个环节所接受的作用称为该环节的输入量,而输入量在该环节中引起的变化称为该环节的输出量。

图 1-4 反映了人控制汽车速度的过程。司机决定以“时速 80 km/h”(目标值、给定值、输入量)的速度行驶。他看了一下“车速表”(传感器),指针指在“时速 70 km/h”;这时他的大脑(控制器、调节器)做出了“加大油门,必须再将时速提高 10 km/h”的判断。于是,就将该指令(操作信号)传达给腿部(执行器、操作部)、腿部根据这一指令、做出“用力踩油门”的动作(操作量、控制量)。于是汽车(控制对象、被控对象)的速度(被控制量、被控量、输出量)被提高,反复进行以上动作,即可渐渐提高汽车的速度,最终达到“时速 80 km/h”的目标值。可以将图 1-4

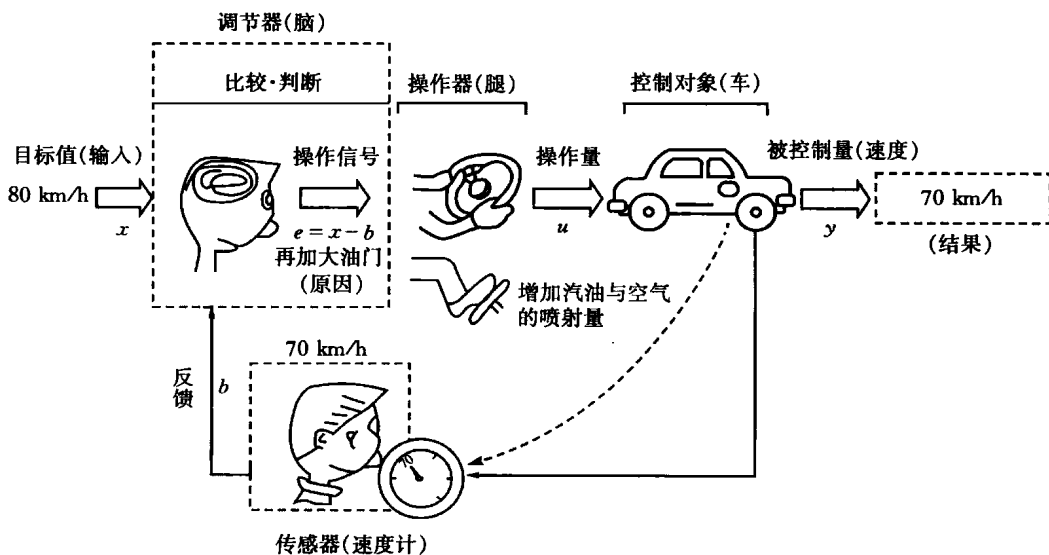


图 1-4 人控制汽车速度的过程示意图

画成图 1-5 所示的方框图。一个反馈控制系统基本由图 1-4 所示系统组成。

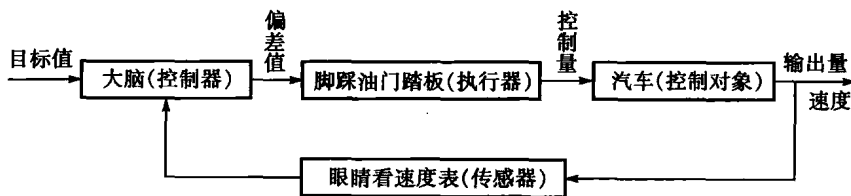


图 1-5 人控制汽车速度方框图

1.1.3.3 控制系统基本术语

(1) 给定元件(给定装置):主要用于产生给定信号或输入信号。

(2) 放大元件(放大变换装置):对较弱的偏差信号进行放大,以推动执行元件动作。它根据控制的形式、幅值及功率来放大变换。放大元件有电气的、液压的和机械的。如各种功率放大器等。

(3) 比较元件:用于比较输入信号和反馈信号的大小,产生反映两者差值的偏差信号。如差动放大器、机械差动装置等。

(4) 反馈元件(检测元件):测量被控量或输出量,产生反馈信号,并反馈到输入端。反馈信号可以是输出量本身,也可以是输出量的函数。通常是一些用电量来测量非电量的元件,如各种传感器。

(5) 执行元件(执行器):用于驱动被控对象的元件。如伺服电机、液压马达、液压缸以及减速器和调压器等。

(6) 校正元件(校正装置):为改善控制系统动态和静态特性而附加的装置。如果校正装置串联在控制系统的前向通道中,称为串联校正装置;如果校正装置接成反馈形式,称为并联校正装置,又称局部反馈校正。较简单的校正元件是 RC 有源或无源网络。

(7) 被控对象(被调对象):指工作状态或运动规律需要给以控制的对象(装置),它接受控制量并输出被控量。如汽车、电动机、发动机等。

(8) 被控量:是指速度、转速、位移、压力、温度、电压、电流等物理量,是被控对象运行中的一个参数,是控制系统需要调节的对象,也是系统的输出量。

(9) 输入信号(参考信号、指令信号、设定值信号):给控制器的外部指令。泛指对系统的输出量有直接影响的外界输入信号,既包括控制信号又包括扰动信号。其中控制信号又称控制量、参考输入或给定值。

(10) 输出信号(输出量、被控量):指控制系统中被控制的物理量(如速度、转速、位移、温度、压力、电压、电流等),它是被控对象运行中的一个参数,是控制系统需要调节的对象。它与输入信号之间有一定的函数关系。

(11) 给定量(控制量、输入量、输入信号):表征被控量的希望运行规律。它作用于控制系统的输入端并作为控制依据的物理量。

(12) 反馈信号:它是输出信号经过反馈元件变换处理后加到输入端的信号。若反馈信号的符号与输入信号相同,称为正反馈;反之,称为负反馈。若反馈信号是从系统输出端取出送入系统输入端,这种反馈信号称主反馈信号。主反馈一般采用负反馈,以免系统失控,而其他称为局部反馈信号。

(13) 偏差信号:它是控制输入信号与主反馈信号之差。

(14) 误差信号:是指系统输出量的实际值与希望值之差。系统希望值是理想化系统的输出,实际上并不存在,它只能用与控制输入信号具有一定比例关系的信号来表示。在单位反馈情况下,希望值就是系统的输入信号,误差信号等于偏差信号。

(15) 扰动信号(干扰信号、干扰量、扰动量、扰动输入量):是引起被控量偏离预定运行规律的信号。通常对系统的输出产生不利的影响。

(16) 控制:是通过给设备(被控对象)配置控制器或补偿器来实现的。

(17) 自动控制:由机器控制的系统,即在无人直接参与的情况下,利用控制装置使被控对象的被控量自动的按预定规律变化。

(18) 自动控制系统:被控对象和控制装置的总体。

(19) 控制系统的任务:减小或消除扰动量的影响,使被控对象的被控量始终按给定量确定的运行规律去变化。

1.2 控制系统的分类

关于控制已出现了各种各样的名称,有机械控制、反馈控制、伺服控制、过程控制、顺序控制等,如表 1-1 所示。

表 1-1 控制的名称及归类

项目	控制的种类
基本方式	反馈控制、前馈控制、闭环控制、开环控制
被控制量	机械控制(速度、加速度、角度、位置、力等广义机械量)、伺服控制(位置、方位、姿势等)、过程控制(温度、流量、压力、液位、成份、质量、效率等)
目标值	定量控制、随动控制、顺序控制、程序控制、比例控制等
输入信号	模拟控制、数字控制、连续控制、离散控制、数值控制、采样控制
控制动作	开关控制、比例控制、积分控制、PID(比例、积分、微分)控制、顺序控制
控制装置构成	继电器控制、计算机控制
控制系统构成	最优控制、自适应控制、串联控制、并联控制、复合控制、智能控制
系统数学特性	线性控制、非线性控制
自动、非自动	自动控制、手动控制
动力源	电气控制、液压控制、气压控制、电气-液压控制、电气-气压控制

控制系统的类型有很多,分类方法多种多样。如,按照输入量的变化规律可将系统分为恒值系统和随动系统;按照系统传输信号对时间的关系可将系统分为连续系统和离散系统;按照系统的输出量和输入量之间的关系可将系统分为线性和非线性系统;按照系统参数对时间的变化情况可将系统分为定常和时变系统;按照系统的结构和参数是否确定可将系统分为确定和不确定性系统等。根据不同的分类方法,控制系统的类型可以概括如下。

1.2.1 按自动控制系统是否形成闭合回路分类

1. 开环控制系统(无反馈系统)

控制装置(控制器)与被控制对象之间只有顺向作用而无反向联系的控制系統,称为开环控制。图1-6是一台直流电动机转速的开环控制系统。电动机带动工作机械(电动汽车或其他转动的机械)以一定的转速旋转。电动机的转速由图1-6中的电位器来改变,当转动电位器时,电位器的输出电压发生变化,经过功率放大器后去改变电动机的电枢电压,从而改变电动机的转速。不同的电位器位置,就有相应的电动机转速。当接到控制指令后,改变电位器位置就可控制转速。从图1-6的控制系统可以看出,转速对电位器的控制作用没有反作用。这种控制系统的输出信号(图1-6中是转速)对输入信号(电位器位置改变)没有影响的系统,称为开环控制系统。图1-6的方框图如图1-7所示。在图1-7中,信号是单方向(自左至右)传递的,形成开环,这是开环控制系统的特点。

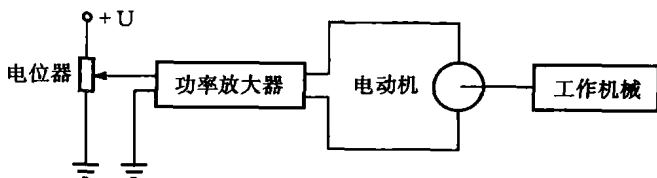


图 1-6 直流电动机转速开环控制系统

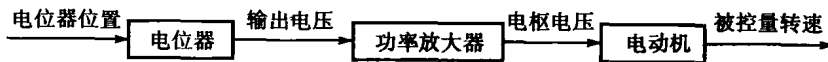


图 1-7 直流电动机转速开环控制方框图

开环控制系统易受各种干扰的影响,所以控制精度较低,但结构简单,成本低,也容易实现,这是它的优点。

2. 闭环控制系统(反馈控制系统)

控制装置(控制器)与被控对象之间既有顺向作用,又有反向联系的控制,即形成信号流动闭合回路的控制,称为闭环控制。如果在图1-6的基础上,增加一个测速发电机来检测电动机转速,再将这个转速信号反馈到功率放大器输入端与电位器的电压进行比较,其偏差值使放大器的输出电压改变,从而实现控制电动机的转速,这就形成了电动机转速的闭环控制系统,如图1-8所示。电动机转速闭环控制的方框图如图1-9所示。

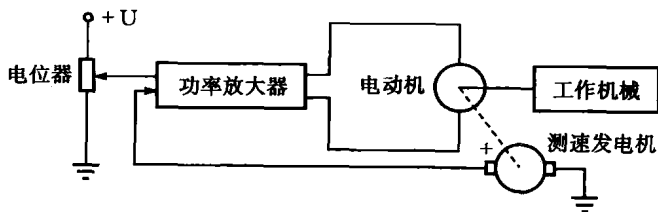


图 1-8 电动机转速闭环控制系统