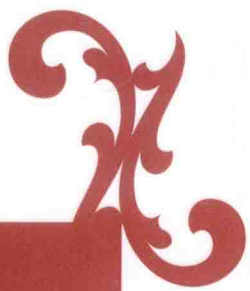


江苏省精品教材

教育部高等学校电工电子基础课程教学指导委员会推荐教材
电子信息学科基础课程系列教材



电路理论基础

(第3版)

邢丽冬 潘双来 编著



清华大学出版社

江苏省精品教材



教育部高等学校电工电子基础课程教学指导委员会推荐教材
电子信息学科基础课程系列教材

电路理论基础

(第3版)

邢丽冬 潘双来 编著

清华大学出版社

内 容 简 介

本书内容符合电工电子基础课程教学指导委员会制订的“电路”课程教学基本要求,满足后续开设“信号与线性系统”、“自动控制原理”等课程的电类专业的课程设置。

全书共 10 章,主要内容有:电路基本概念和基本定律,电阻电路等效法分析,电阻电路系统法分析,正弦交流电路相量法分析,复杂正弦交流电路稳态分析,非正弦周期电流电路的稳态分析,非线性电路,线性电路过渡过程的时域分析,线性电路过渡过程的复频域分析,磁路和有铁心线圈的交流电路。另有一个介绍电路计算机辅助分析与仿真的附录。每章附有习题,书末有部分习题答案。

本书适合高等学校电类专业使用,也可供科技人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电路理论基础/邢丽冬,潘双来编著.—3版.—北京:清华大学出版社,2015

电子信息学科基础课程系列教材

ISBN 978-7-302-40343-2

I. ①电… II. ①邢… ②潘… III. ①电路理论—高等学校—教材 IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 112740 号

责任编辑:文 怡

封面设计:常雪影

责任校对:梁 毅

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:32.25 字 数:801千字

版 次:1999年10月第1版 2015年11月第3版 印 次:2015年11月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:59.00元

产品编号:057844-01

《电子信息学科基础课程系列教材》
编 审 委 员 会

主任委员

王志功(东南大学)

委员 (按姓氏笔画)

马旭东(东南大学)

王小海(浙江大学)

王 萍(天津大学)

刘宗行(重庆大学)

刘新元(北京大学)

张晓林(北京航空航天大学)

陈后金(北京交通大学)

郭宝龙(西安电子科技大学)

高上凯(清华大学)

徐淑华(青岛大学)

崔 翔(华北电力大学)

董在望(清华大学)

蒋宗礼(北京工业大学)

邓建国(西安交通大学)

王诗宓(清华大学)

王福昌(华中科技大学)

刘润华(中国石油大学)

张 石(东北大学)

沈连丰(东南大学)

郑宝玉(南京邮电大学)

柯亨玉(武汉大学)

高小榕(清华大学)

袁建生(清华大学)

傅丰林(西安电子科技大学)

曾孝平(重庆大学)

《电子信息学科基础课程系列教材》 丛书序

电子信息学科是当今世界上发展最快的学科,作为众多应用技术的理论基础,对人类文明的发展起着重要的作用。它包含诸如电子科学与技术、电子信息工程、通信工程和微波工程等一系列子学科,同时涉及计算机、自动化和生物电子等众多相关学科。对于这样一个庞大的体系,想要在学校将所有知识教给学生已不可能。以专业教育为主要目的的大学教育,必须对自己的学科知识体系进行必要的梳理。本系列丛书就是试图搭建一个电子信息学科的基础知识体系平台。

目前,中国电子信息类学科高等教育的教学中存在着如下问题:

- (1) 在课程设置和教学实践中,学科分立,课程分立,缺乏集成和贯通;
- (2) 部分知识缺乏前沿性,局部知识过细、过难,缺乏整体性和纲领性;
- (3) 教学与实践环节脱节,知识型教学多于研究型教学,所培养的电子信息学科人才不能很好地满足社会的需求。

在 21 世纪之初,积极总结我国电子信息类学科高等教育的经验,分析发展趋势,研究教学与实践模式,从而制定出一个完整的电子信息学科基础教程体系,是非常有意义的。

根据教育部高教司 2003 年 8 月 28 日发出的〔2003〕141 号文件,教育部高等学校电子信息与电气信息类基础课程教学指导分委员会(基础课分教指委)在 2004—2005 两年期间制定了“电路分析”、“信号与系统”、“电磁场”、“电子技术”和“电工学”5 个方向电子信息科学与电气信息类基础课程的教学基本要求。然而,这些教学要求基本上是按方向独立开展工作的,没有深入开展整个课程体系的研究,并且提出的是各课程最基本的教学要求,针对的是“2+X+Y”或者“211 工程”和“985 工程”之外的大学。

同一时期,清华大学出版社成立了“电子信息学科基础教程研究组”,历时 3 年,组织了各类教学研讨会,以各种方式和渠道对国内外一些大学的 EE(电子电气)专业的课程体系进行收集和 research,并在国内率先推出了关于电子信息学科基础课程的体系研究报告《电子信息学科基础教程 2004》。该成果得到教育部高等学校电子信息与电气学科教学指导委员会的高度评价,认为该成果“适应我国电子信息学科基础教学的需要,有较好的指导意义,达到了国内领先水平”,“对不同类型院校构建相关学科基础教学平台均有较好的参考价值”。

在此基础上,由我担任主编,筹建了“电子信息学科基础课程系列教材”编委会。编委会多次组织部分高校的教学名师、主讲教师和教育部高等学校教学指导委员会委员,进一步探讨和完善《电子信息学科基础教程 2004》研究成果,并组织编写了这套“电子信

息学科基础课程系列教材”。

在教材的编写过程中,我们强调了“基础性、系统性、集成性、可行性”的编写原则,突出了以下特点:

(1) 体现科学技术领域已经确立的新知识和新成果。

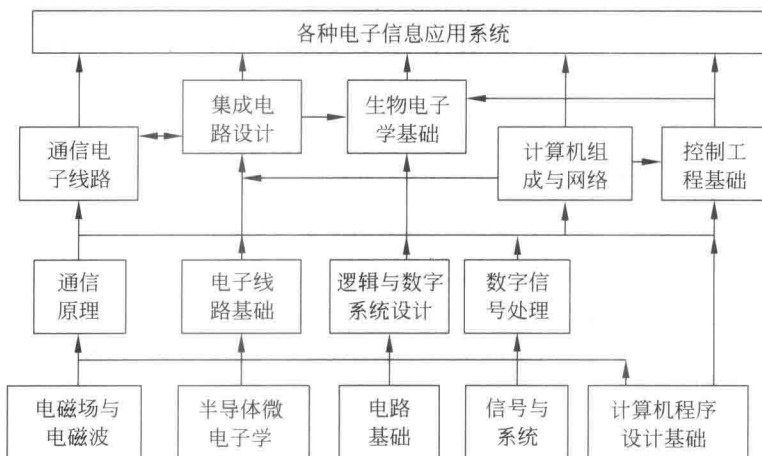
(2) 学习国外先进教学经验,汇集国内最先进的教学成果。

(3) 定位于国内重点院校,着重于理工结合。

(4) 建立在对教学计划和课程体系的研究基础之上,尽可能覆盖电子信息学科的全部基础。本丛书规划的 14 门课程,覆盖了电气信息类如下全部 7 个本科专业:

- 电子信息工程
- 通信工程
- 电子科学与技术
- 计算机科学与技术
- 自动化
- 电气工程与自动化
- 生物医学工程

(5) 课程体系整体设计,各课程知识点合理划分,前后衔接,避免各课程内容之间交叉重复,目标是使各门课程的知识点形成有机的整体,使学生能够在规定的课时数内,掌握必需的知识和技术。各课程之间的知识点关联如下图所示:



即力争将本科生的课程限定在有限的与精选的一套核心概念上,强调知识的广度。

(6) 以主教材为核心,配套出版习题解答、实验指导书、多媒体课件,提供全面的教学解决方案,实现多角度、多层面的人才培养模式。

(7) 由国内重点大学的精品课主讲教师、教学名师和教指委委员担任相关课程的设计和教材的编写,力争反映国内最先进的教改成果。

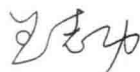
我国高等学校电子信息类专业的办学背景各不相同,教学和科研水平相差较大。本系列教材广泛听取了各方面的意见,汲取了国内优秀的教学成果,希望能为电子信息学

科教学提供一份精心配备的搭配科学、营养全面的“套餐”，能为国内高等学校教学内容和课程体系的改革发挥积极的作用。

然而，对于高等院校如何培养出既具有扎实的基本功，又富有挑战精神和创造意识的社会栋梁，以满足科学技术发展和国家建设发展的需要，还有许多值得思考和探索的问题。比如，如何为学生营造一个宽松的学习氛围？如何引导学生主动学习，超越自己？如何为学生打下宽厚的知识基础和培养某一领域的研究能力？如何增加工程方法训练，将扎实的基础和宽广的领域才能转化为工程实践中的创造力？如何激发学生深入探索的勇气？这些都需要我们教育工作者进行更深入的研究。

提高教学质量，深化教学改革，始终是高等学校的工作重点，需要所有关心我国高等教育事业人士的热心支持。在此，谨向所有参与本系列教材建设工作的同仁致以衷心的感谢！

本套教材可能会存在一些不当甚至谬误之处，欢迎广大的使用者提出批评和意见，以促进教材的进一步完善。



2008年1月

本书第1版于2000年出版,第2版于2007年出版,此次是第3版。编写本书的主要目标是促进工程教育的改革,加强工程实践教学。本书参照教育部高等学校电工电子基础课程教学指导委员会制定的《“电路理论基础”课程教学基本要求》和《“电路分析基础”课程教学基本要求》,体现培养专业基础扎实、知识面宽、工程实践能力强、具有创新能力的综合型人才的目标,展现“高等学校教学质量和教学改革工程”取得的成果。

新版教材在保持原教材优点的基础上,弱化强弱电的界限,突出“优化重组、主线突出、结构精练”的特色。保持重视电路的基本概念、基本理论、基本分析方法的特点;重新构筑知识体系,使教材结构更紧凑;重视工程性内容的引入,培养学生工程概念和能力。补充设计应用性的例题、习题,明确本课程的核心课程地位,拓展电路理论的应用范例。介绍常用的电路分析软件,以加强计算机技术在电路中应用的能力。与本教材配套的《电路学习指导与习题精解》、《电路实验与实践》也做了修订,以方便广大学生学习和教师参考。

新版教材共有10章,另有一个附录。基本内容有:电阻电路(直流电路)的稳态分析、正弦交流电路的分析、动态电路的过渡过程分析。内容编排上:将原版中第2章的电源的等效、含受控源一端口网络的等效,第3章的戴维南定理、诺顿定理、互易定理及第10章二端口网络的部分内容整合成一章内容,称为电阻电路等效法分析;将原版中第4章正弦交流电路中谐振电路、三相交流电路和第5章的含互感、变压器电路整合成复杂正弦交流电路稳态分析一章。新版教材在内容上做了一定的补充和删减,主要有:在电路模型的基本元件中,增加了多端元件的介绍,如受控源模型中的三极管、MOSFET、IGBT等;在非线性电路中又介绍了其开关工作状态(即可控开关元件)的特性。三相电路中介绍了触电故障,动态电路中基于可控开关元件介绍了斩波电路(buck变换器)。删减了特性阻抗、阻抗匹配等内容。附录介绍了MATLAB中用于电路仿真的Simulink的应用、专用电路仿真的PSpice及目前最为流行的Saber软件。全书力求在最基础的知识中涵盖较丰富的内容。

新版教材对习题和例题做了补充,补充了设计性和应用型题目,如模数转换、三运放大电路、滤波电路、点火电路及需通过计算机仿真软件完成的题目。

本书适合作为高等学校电气和电子信息类专业(电气工程、自动化、测试技术与仪器、生物医学工程、电子信息科学与工程)电路相关课程的教材和参考书。本书参考学时为56~80学时(不含实验),书中加注“*”的章节内容为选学内容,可根据专业需求、学时要求和学生水平不同选择使用,个别章节如非线性电路、线性动态电路的复频域分析

及磁路部分内容略去不影响授课的连续性。

本书的修订在潘双来指导下,由邢丽冬主持完成,参加修订的还有王芸、方天治、谢捷如、吴旭文、张岩等。本书也凝聚了前辈们的智慧和心血,特别是艾燃、龚余才、周璧玉老师。在此对本书参考的所有教材和文献的作者,对出版过程中给予帮助和支持的同志们一并表示衷心的感谢。

本书虽为修订教材,但由于编者水平有限,不足和错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。意见请寄南京航空航天大学自动化学院(210016)或发电子邮件至 xldnuaa@nuaa.edu.cn。

编者

于南京航空航天大学

2015年6月

第2版前言

本书第1版于2000年出版,此次出版的第2版,主要目标是适应面向21世纪电工电子课程体系和教学内容的改革以及高等教育迅速发展的形势。参照教育部高等学校电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会2004年制定的《电路理论基础》和《电路分析基础》课程教学基本要求,瞄准“宽口径、厚基础、强能力、高素质”的培养目标。全书共有11章。

新版保持重视基本内容、基本概念和基本分析方法的特点;明确本课程主要任务是为信号与系统、自动控制和模拟电路等后续课程及学生今后工作需要准备必要的基础知识;虽然本课程总学时有所减少,新版在教材内容上力求保持课程知识体系的完整性和系统性,并适当补充电路理论的应用范例,以启发学生的创新思维。另外,与新版配套,已出版了《电路学习指导与习题精解》、《电路实验与实践》,后者作为实验实践教材,以方便广大学生学习和教师教学参考。

新版在内容上作了一定的补充,主要有:考虑电路课程知识系统的完整性,增加了线性动态电路的复频域分析一章,拓宽了教材的适用面;加强了诸如运算放大器、谐振、滤波等知识的应用,增加了脉冲序列作用下的RC电路一节,删去了第5章中有关耦合谐振电路等内容;为配合双语教学,在正文第一次出现有关名词和术语时就给出其英文词汇,使学生在阅读时能够直接接触和熟悉相应的英文词汇,为今后阅读相关的英文资料打下基础。

新版保留了第1版中的大部分习题,补充了一些设计应用性的习题,使习题类型有所增加。书后给出了部分习题的答案。部分习题分析计算可参考与本书配套的《电路学习指导与习题精解》。

本书适合作为高等学校电气工程及其自动化、工业自动化、测试技术与仪器、生物医学工程、电子科学与技术、电子信息科学与工程等电气、电子信息类专业电路相关课程的教材和参考书,参考学时为72~96学时(不含实验)。书中加注“*”的章节内容可供课外选用或自学时参考。教材可依学时多少和学生水平的不同选择使用。

本教材的修订由潘双来主持,参加修订工作的有潘双来、邢丽冬,全书经潘双来修改、补充和定稿。本书承清华大学王树民教授主审,他对全书的修订做了仔细的审阅,提出许多宝贵意见,在此我们表示最诚挚的谢意。

这里要感谢为本教材的建设做出重要贡献的所有编者,特别是艾燃、龚余才老师,对

所有在本书的编写和出版过程中给予热情帮助和支持的同志们,我们在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不足与错误之处,恳请广大同行和读者批评指正。意见请寄南京航空航天大学自动化学院(邮编:210016),也可发送电子邮件至 PSL307@nuaa.edu.cn。

编者

2007年4月于南京

第1版前言

《电路理论基础》课程是电类专业的一门重要的技术基础课。通过本课程的学习,使学生掌握电路的基本理论和分析计算电路的基本方法,为学习后续课程准备必要的电路知识。

本书是在我校使用多年的自编《电路》教材的基础上重新编写而成的。为适应面向21世纪电工电子课程体系改革,根据工科电工课程教学指导委员会制订的《电路》课程教学基本要求,对原《电路》教材的内容进行重新编排和编写,删减了部分内容:均匀传输线全部删除;对网络图论、三相电路和状态方程等内容进行了较大的精简和重组;拉普拉斯变换和网络函数放到后续课程“信号与线性系统”中。增加了第11章磁路和有铁心线圈的交流电路。本教材满足电气工程与自动化、信息工程、计算机科学与技术、测控技术与仪器等电类专业的教学要求,计划教学时数80学时。教材内容的选择与编排力求与有关专业的前设和后续课程良好衔接。各专业可根据本专业的特点取舍教学内容。

本书初稿以讲义形式在电气工程与自动化及测控技术与仪器等专业教学中试用过六遍,经过三次修改,反映效果良好。初稿主要由张明一等编写,周璧玉编写了部分初稿,曹作维、郑步生、潘双来在初稿编写过程中做了不少工作。这次重新编写由龚余才、潘双来完成,也得到了教研室其他老师的支持和协助,可以说该书是教研室电路课程组集体劳动的成果。

编写大纲经过电路课程组的多次讨论,吸收了许多合理的建议。蒙艾燃教授仔细审阅书稿,提出许多具体修改意见,这些意见基本上都采纳了。对所有关心和热情帮助的同志,在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,本书中的缺点与错误在所难免,恳请广大同行和读者不吝赐教。

编者
1999年9月

第 1 章 电路基本概念和基本定律	1
1.1 实际电路和电路模型	2
1.2 电路中的基本电气量	3
1.2.1 电流、电压及其参考方向	3
1.2.2 电功率和电能量	5
1.3 电路中的基本元件	7
1.3.1 电阻元件	7
1.3.2 电容元件	10
1.3.3 电感元件	13
1.3.4 耦合电感元件	16
1.3.5 电压源和电流源	19
1.3.6 受控源	22
1.3.7 运算放大器	26
1.4 电路基本定律	29
1.4.1 基尔霍夫电流定律	29
1.4.2 基尔霍夫电压定律	30
习题	33
第 2 章 电阻电路等效法分析	42
2.1 一端口电阻网络	43
2.1.1 一端口电阻网络	44
2.1.2 电源的模型及其等效变换	48
2.1.3 含受控源无源一端口网络的等效	50
2.1.4 有源一端口网络的等效	51
2.1.5 最大功率传输定理	57
2.2 二端口电阻网络	58
2.2.1 二端口网络的方程和参数	59
2.2.2 二端口网络的等效电路	66
2.2.3 二端口网络的联接	69
2.2.4 有载二端口网络	72

目录

2.2.5 二端口电阻网络的互易定理	75
习题	79
第3章 电阻电路系统法分析	91
3.1 支路电流法	92
3.2 回路(网孔)电流法	95
3.3 节点电压法	104
3.4 具有运算放大器的电阻电路	108
3.5 叠加定理	113
3.6 系统法的一端口等效	117
* 3.7 对偶原理	119
习题	120
第4章 正弦交流电路相量法分析	128
4.1 正弦量及其描述	129
4.1.1 正弦量的时域表示	129
4.1.2 正弦量的频域(相量)表示	131
4.2 相量形式的电阻、电感和电容元件的伏安关系	134
4.3 相量形式电路定律、欧姆定律	137
4.4 正弦稳态功率	147
4.5 正弦稳态电路分析	152
4.6 最大功率传输	157
4.7 相量形式的二端口网络方程和参数	160
4.7.1 Z 参数方程	160
4.7.2 Y 参数方程	160
4.7.3 T 参数方程	161
4.7.4 H 参数方程	161
4.7.5 回转器和负阻抗变换器	162
* 4.8 RC 有源滤波器	166
4.8.1 RC 有源低通滤波器	166
4.8.2 RC 有源高通滤波器	167
4.8.3 RC 有源带阻滤波器	168

4.8.4 RC 有源带通滤波器	169
习题	169
第 5 章 复杂正弦交流电路稳态分析	182
5.1 含有耦合电感电路的分析	183
5.1.1 具有耦合的两线圈串联	184
5.1.2 具有耦合的两线圈并联	186
5.1.3 耦合电感的三端接法	188
5.1.4 具有耦合电感电路分析	189
5.2 空心变压器电路	192
5.3 全耦合变压器和理想变压器	194
5.3.1 全耦合变压器	194
5.3.2 理想变压器	195
5.3.3 全耦合变压器的等效电路	198
5.4 变压器的电路模型	199
5.5 谐振电路	200
5.5.1 RLC 串联谐振	201
5.5.2 GCL 并联谐振电路	206
5.6 三相电路	211
5.6.1 电源配送	211
5.6.2 三相电源及其联接	212
5.6.3 三相负载及其联接	215
5.6.4 对称三相电路的计算	216
5.6.5 不对称三相电路的概念	219
5.6.6 三相电路的功率	222
* 5.7 人体电阻电路模型及触电事故	226
习题	227
第 6 章 非正弦周期电流电路的稳态分析	238
6.1 非正弦周期函数的傅里叶级数展开式	239
6.2 非正弦周期量的有效值和平均值及平均功率	243
6.2.1 非正弦周期电流或电压的有效值和平均值	243

目录

6.2.2 非正弦周期电流电路的平均功率	244
6.3 非正弦周期电流电路的稳态分析	246
* 6.4 对称三相电路中的高次谐波	251
* 6.5 谐波污染与谐波治理	254
6.5.1 谐波污染及危害	254
6.5.2 谐波治理	254
习题	255
第7章 非线性电路	260
7.1 非线性元件	261
7.1.1 非线性电阻元件	261
7.1.2 非线性电容元件	263
7.1.3 非线性电感元件	263
7.1.4 开关器件	264
7.2 非线性电阻的串联和并联	267
7.3 非线性电阻电路的解析法和图解法	269
7.3.1 解析法	269
7.3.2 图解法	270
7.4 分段线性化法	272
7.5 小信号分析法	276
* 7.6 非线性电路方程的列写	278
7.6.1 非线性电阻电路的节点方程	278
7.6.2 非线性动态电路的状态方程	279
* 7.7 牛顿-拉夫逊法	281
习题	283
第8章 线性电路过渡过程的时域分析	288
8.1 动态电路方程	289
8.2 初始条件和初始状态	290
8.3 一阶电路的零输入响应	293
8.3.1 RC 电路的零输入响应	293
8.3.2 RL 电路的零输入响应	295

8.4	一阶电路的零状态响应	299
8.4.1	RC 电路在恒定输入时的零状态响应	299
8.4.2	RL 电路在恒定输入时的零状态响应	301
8.4.3	RL 电路接入正弦电压的零状态响应	301
8.5	一阶电路的全响应——三要素法	305
8.6	脉冲序列作用下的 RC 电路	312
8.7	直流斩波电路	314
8.8	单位阶跃函数和单位冲激函数	316
8.8.1	单位阶跃函数	316
8.8.2	单位冲激函数	318
8.8.3	单位冲激函数与单位阶跃函数之间的关系	319
8.9	一阶电路的阶跃响应和冲激响应	320
8.9.1	阶跃响应	320
8.9.2	冲激响应	322
8.10	二阶电路的零输入响应	326
8.10.1	$\left(\frac{R}{2L}\right)^2 > \frac{1}{LC}$ 即 $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ (非振荡放电过程)	327
8.10.2	$\left(\frac{R}{2L}\right)^2 < \frac{1}{LC}$ 即 $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ (振荡放电过程)	328
8.10.3	$\left(\frac{R}{2L}\right)^2 = \frac{1}{LC}$ 即 $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ (临界情况)	329
8.11	二阶电路的零状态响应和全响应	334
8.11.1	激励为阶跃函数的零状态响应	334
8.11.2	激励为冲激函数的零状态响应	335
8.11.3	二阶电路的全响应	337
* 8.12	电容电压和电感电流的跃变	337
* 8.13	任意激励下的零状态响应——卷积积分	340
8.13.1	卷积积分	341
8.13.2	卷积积分的图解	344
8.14	状态方程	345
8.14.1	状态和状态变量	345
8.14.2	状态方程和输出方程	346
8.14.3	状态方程的列写	347