



国际电气工程先进技术译丛



CRC Press
Taylor & Francis Group

电力电子学的SPICE仿真 (原书第3版)

**SPICE for Power Electronics and Electric Power ,
Third Edition**

[美] 穆哈穆德 H. 拉什德 (Muhammad H. Rashid) 著

毛鹏 译

本书每章实例均附带PSpice仿真程序,读者可以将理论计算和仿真程序相结合,进行对比学习,以便能够更加透彻地掌握电力电子技术。获取本书配套源代码

● 登录机械工业出版社官方网站

<http://www.cmpbook.com>并注册一个会员帐号

● 会员登录后,直接进入图书展示区,在查询图书下方输入书名,进入**相关下载**,获取源代码



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际电气工程先进技术译丛

电力电子学的 SPICE 仿真

(原书第 3 版)

[美] 穆哈穆德 H. 拉什德 (Muhammad H. Rashid) 著
毛 鹏 译



机械工业出版社

SPICE for Power Electronics and Electric Power, Third Edition/by Muhammad H. Rashid/ISBN: 9781439860465

Copyright © 2012 by Taylor & Francis Group, LLC

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC; All rights reserved.

本书中文简体翻译版授权由机械工业出版社独家出版并仅限在中国大陆地区（不包括香港、澳门特别行政区以及台湾地区）销售。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal.

本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签，无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2013-5535 号。

图书在版编目（CIP）数据

电力电子学的 SPICE 仿真：原书第 3 版/（美）拉什德（Rashid, M. H.）著；毛鹏译. —北京：机械工业出版社，2015.8

（国际电气工程先进技术译丛）

书名原文：SPICE for Power Electronics and Electric Power, Third Edition

ISBN 978-7-111-51005-5

I. ①电… II. ①拉… ②毛… III. ①电力电子学—计算机仿真 IV. ①TM769

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 174735 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：江婧婧 责任编辑：江婧婧

版式设计：霍永明 责任校对：刘怡丹

封面设计：马精明 责任印制：李 洋

北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）

2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·30 印张·669 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-51005-5

定价：99.80 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88361066 机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294 机工官博：weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网：www.cmpedu.com

译者序

电子电路的发展日新月异，经历了由晶体管分立元件到小规模集成电路、中规模集成电路、大规模集成电路、超大规模集成电路和甚大规模集成电路的发展历程，分析和设计如此规模的电路并非易事。同时，随着计算机的飞速发展，人们研究问题的方式方法也从单一的解析法延伸至数值法。在这样的背景下，电子电路计算机辅助分析和设计软件应运而生，譬如美国加州伯克利分校推出的电路分析程序 SPICE。该软件版本经过不断更新，功能经过不断完善，已成为工业界和学术界权威的电子电路仿真软件之一。

电力电子技术研究电能的变换与控制，也隶属于电子电路。然而，电力电子器件具有非线性特性，电力电子装置实践性较强，这使得对电力电子电路的分析和认识十分困难。SPICE 的出现使得通过计算机虚拟平台模拟实际的物理系统成为可能，这为电力电子技术的学习和研究提供了有效的途径，大大简化了电力电子技术分析与设计的过程，成为相关专业学生和工程技术人员学习和研究电力电子技术的重要手段。

这本书首先介绍了基本的 SPICE 语法，其后重点介绍了 SPICE 在电力电子中的主电路和控制电路方面的建模和仿真，最后介绍了仿真中常见的问题及其解决办法。与市面上同类书籍不同，本书提出了功率器件 SPICE 模型的建模方法，这对我们研究半导体器件的过渡过程以及获取电路的精确仿真波形具有重要意义。此外，本书对电力电子技术中的典型主电路和调制方式做了模型式的仿真，这对于教学也有着重要的意义。此外，感谢北方工业大学和机械工业出版社同仁的支持。另外，中国科学院光电研究院“02 专项”“光源”项目组的马英麒和徐向宇两位老师完成书中仿真实例，并将资源上传至机械工业出版社官方网站下的本书地址：

<http://www.cmpbook.com/stackroom.php?id=41599>，在此谨致谢意。

限于译者的水平，本书可能存在一些翻译不当之处，欢迎读者提出宝贵的修改意见和建议。

毛 鹏

2015 年 8 月

原 书 前 言

人们通常把电力电子视为一门技术类的选修课程，其实电力电子是一门以数学、电子电路、控制系统、模拟和数字电子技术、微处理器、电工以及电机学为基础，面向应用的跨领域的学科。

要想理解一个电力电子电路的工作原理，就需要清楚地知道电路中每个元器件在任意时刻的电流和电压瞬态波形。

电力电子的这些特点，不仅使学生理解起来比较困难，而且老师也很难去教授这门课程。实验室有助于理解电力电子及其控制接口电路，但与其他电力电子-电力系统 (EE) 课程相比，开发电力电子实验室的代价相当高昂。电力电子在工业生产的功率控制环节发挥着关键的作用。

隶属于工程与技术认证协会的工程认证委员会 (EAC/ABET) 指定了 EE 课程中的计算机集成和设计内容。为了保持竞争力，电力电子课程应该整合大约 50% 的设计内容并广泛使用计算机辅助设计。

学生版 OrCAD PSpice 对学生是免费的，无论是教学还是课后练习，它都是一款十分理想的计算机辅助仿真及分析软件。PSpice 不需要附加的资源 and 课堂时间，而且也能应用到电力电子领域。

在 PSpice 中，探针是一种图形后续处理器，在绘制仿真结果时非常有用。特别是探针具有强大的算术运算能力，可以用来绘制阻抗、功率等曲线。当学生使用 PSpice 软件的仿真经验增多时，他们将会真正地体验到探针功能的强大优势。探针功能只是学生版 PSpice 中的一个功能项。运行探针并不需要数学运算处理器。学生也可以选择通常的打印输出或打印绘图。打印或是绘图对于学生理解相关理论，判断电路的优点和特点也十分有用。

探针类似于执行算术运算的具有特殊功能的理论示波器。它可以作为实验平台显示电流、电压、功率、功率因数以及其他波形，并具有傅里叶分析功能，可以给出任何波形的总谐波失真度。

探针功能以及制表、数值计算、函数运算、多项式计算、拉普拉斯变换、通用参数扫描等数据处理功能，使得 PSpice 成为 EE 课程中一款多用途仿真工具。学生可以设计电力电子电路，再使用 PSpice 仿真器进行验证，并进行必要的设计修改。在缺少专门的电力电子实验室时，可以通过 PSpice 软件对实验作业中的设计问题进行仿真和验证。

本书是以笔者整合 50% 的设计内容以及 3 学时基于电力电子的 SPICE 课程的经验为基础编制的。课后会有一些设计习题，要求学生使用 PSpice 软件通过绘制或打印输出波形来验证自己的设计，并通过绘制瞬时电压、电流和功率波形确定设备等级和网

络组成。本书的目的是用最少的时间和精力，把 SPICE 模拟器和大三或大四所学的电力电子课程集合在一起。本书假定学生没有任何关于 SPICE 模拟器的知识，通过一系列电力电子电路的实例来介绍各种 SPICE 命令的应用。

本书共分为 9 个部分：①第 1~3 章介绍 SPICE 仿真；②第 4 章和第 5 章介绍源和元件模型；③第 6 章介绍 SPICE 命令；④第 7 章和第 11 章介绍整流器；⑤第 8 章介绍 DC-DC 变换器；⑥第 9 章和第 10 章介绍 DC-AC 逆变器；⑦第 12 章介绍交流电压控制器；⑧第 13 章和第 14 章介绍控制应用；⑨第 15 章介绍一些难点。从第 7~12 章，对于功率半导体开关使用简单模型，而对于特殊的项目和任务使用复杂的模型。第 14 章用简单的直流电动机和交流感应器电动机的电路模型，来预测他们的控制特性。两个相关的表格可以用来帮助选择设备、元件或命令。

本书意在展示功率变换器的技术和输出波形的质量，而不是展示功率半导体设备的精确模型。这样做的优点是学生可以与课堂环境下、使用简单开关设备模型得到的实验结果进行比较。

对于电力电子和电力系统专业的学生，本书可以当作学习 SPICE 的教材，也可以当作任何标准电力电子和电力系统教材的辅助教材。学习本书的建议如下：

1. 第 1~6 章，用 3h 的课余时间（或者相等的实验时间）自学，补充基础电力系统（或电机）课程。从第 2 章开始，学生应使用电脑辅助学习。
2. 第 7~14 章，继续用 2h 课余时间（或相等的实验时间）自学，补充电力电子课程。

在没有任何关于 SPICE 以及 SPICE 在电力电子领域应用经验的情况下，本书建议用 2h 的课外时间（或相等的实验时间）来学习第 1~6 章。第 7~14 章是自学任务。从作者的课堂经验来看，通过两个持续 50min 的学习，所有学生都可以在没有任何困难的情况下完成习题。每周用 SPICE 仿真和分析一道电力电子电路的习题，可以使你的课程得到提高。

本书的一些章节提出了一些关于电力电子实验和设计问题的建议，并为每一个实验提供了完整的实验指南。所以，本书也可以作为电力电子实验室手册。对于面向设计的仿真实验室，教师可以把书中的一些设计问题当作课外作业来使用。

尽管书中的一些内容是为工程学的学生所设计的，但是作者也强烈建议专攻电力电子和电力系统的学生使用这本书。

本书作为原书的第 3 版，主要改动如下：

- 在每一个章节的开头会列出学生在学完本章节后，应该掌握的知识点。
- 对于在 9.2 版本 OrCAD 运行的内容进行了一些改动。
- 加入了有关 VPRINT1 和 IPRINT1 的命令和实例。
- 通过贯穿全文的注释定义了一些重要的概念。
- 通过实例对 EVALU、GVALUE、ETABLE、GTABLE、ELAPLACE、GLAPLACE、EFREQ 和 GFREQ 进行说明。
- 在适当的情况下，文章会给出预期结果的数学关系。

致 谢

我对以下各位为本书提出宝贵意见的审稿人表示感谢：

Frederick C. Brockhurst, Rose-Hulman Institute of Technology

A. P. Saki Meliopoulos, Georgia Institute of Technology

Peter Lauritzen, University of Washington

Saburo Matsusaki, TDK Corporation, Japan

能与 Nora Konopka 和 Jessica Vakili 共事是我莫大的荣幸。最后，感谢我的家人对我的关怀、耐心和理解。

作者简介

Muhammad H. Rashid, 西佛罗里达大学的电子与计算机工程教授 (1997 ~ 2007 年, 指导教师)。Rashid 博士在孟加拉工程与技术大学获得了电气工程学士学位, 并且在英国的伯明翰大学获得了硕士和博士学位。以前, 他是韦恩堡印第安纳州立大学—普杜大学的电气工程教授。也曾是美国康奈迪克大学电气工程客座助理教授, 加拿大蒙特利尔肯考迪亚大学电气工程副教授, 普渡大学卡柳梅特分校电气工程教授, 以及沙特阿拉伯法赫德国王石油与矿产大学的客座电气工程教授。Rashid 博士曾是英国 Bursh 电气机械有限公司的设计与开发工程师, 英国 Lucas 集团研究中心的研发工程师, 以及马耳他电子高等学院控制工程部门的讲师和部门主管。

Rashid 博士积极从事电力电子相关的教学、研究和演讲工作。已写作了 17 本书并发表了 130 多篇技术性论文。他的书被全世界国家作为教材来使用。他所著的《电力电子》一书被翻译成多种语言, 包括西班牙语、葡萄牙语、印度尼西亚语、韩语、意大利语、汉语、波斯语, 以及在印度有东部经济版。他所写的《微电子》一书被译成西班牙语、意大利语和汉语。

Rashid 教授受到许多外国政府和机构邀请来做专题讲座, 很多国外的大学请他来为本科生、研究生和博士生考试做校外考官, 一些融资机构请他来审查研究计划, 并且美国和一些国外大学请他来做教授职位晋升的评估。Rashid 在加拿大、韩国、英国、新加坡、马耳他、利比亚、马来西亚、沙特阿拉伯、巴基斯坦和孟加拉国出任定期的雇员或顾问。Rashid 博士在几乎美国各个州和许多国家 (日本、中国、香港、印度尼西亚、中国台湾、马来西亚、泰国、新加坡、印度、巴基斯坦、土耳其、沙特阿拉伯、阿联酋、卡塔尔、利比亚、约旦、埃及、摩洛哥、马耳他、意大利、希腊、英国、巴西和墨西哥) 巡回演讲, 发表论文。

Rashid 博士曾是加拿大安大略省的注册专业工程师和英国注册特许工程师。他是英国电气工程师协会 (IEE, UK) 和美国电气和电子工程师协会 (IEEE, USA) 的会员。他因对电力电子学教育领导和对固态电力电子整流器的分析和设计方法的做出的重大贡献而被选为 IEEE 的会员。Rashid 博士获得了 1991 年由美国电气和电子工程师协会颁发的优秀工程师奖。在 2002 年, 他因在电力电子继续教育和计算机辅助模拟的设计和传播方面做出重大贡献, 而获得了 IEEE 教育活动奖 (EAB) 继续教育功勋成就奖。2008 年, 他因在本科电气工程教育质量、学生积极性和优质教科书出版方面杰出的领导力和奉献, 而获得 IEEE 本科教育奖。

Rashid 博士是电气和电脑工程 ABET 程序评估员 (在 1995 ~ 2000 年也是评估员),

也是美国南部院校联盟委员会 (SACS, USA) 的工程评估员。他参与了由 CRC 出版的《电力电子及应用、纳米技术与应用》一书的一系列版本的编辑。他是 Elsevier 出版的《电力与能源》一书的编辑顾问。他做了关于成果导向教育的演讲, 并组建了相关的工作室, 他也致力于包括评价在内的成果导向教育的实施。他是 IEEE 教育学会的出色演讲师, 也是 IEEE 工业应用学会的地区发言人 (曾经也是出色演讲师)。

PSpice 软件及程序文件

与本书配套的网站是 <http://www.crcpress.com/product/isbn/9781439860465>，包含：(a) 用户自定义模型库文件 Rashid_SP2_MODEL.LIB，(b) 在 Rashid_SP2_AD Circuits 文件夹下的所有 PSpice 电路文件（带有 CIR 扩展名的文件），在 Rashid_SP2_PSpice_Schematics 文件夹下的 PSpice Schematics（带有 SCH 扩展名的文件），以及在 Rashid_SP2_OrCAD_Capture 文件夹下的 OrCAD Capture 文件（带有 OPJ 和 DSN 扩展名的文件）供本书使用。PSpice 原理图和 OrCAD Capture 软件可以从以下地址或网页获取或下载：

Cadence Design Systems, Inc.

2655 Seely Avenue

San Jose, CA 95134

网址：<http://www.cadence.com>

<http://www.orcad.com>

<http://www.pspice.com>

<http://www.ema-edu.com>

重要提示

PSpice 电路文件（带有 .CIR 扩展名的文件）是独立的，并且每个文件包含必要的器件或元件模型。然而 PSpice 原理图文件（带有 .SCH 扩展名的文件）需要用户自定义的模型库文件 Rashid_SP23_MODEL.LIB，这些文件包含在 PSpice Schematic 文件中，而且必须被包含在 PSpice 原理图的分析菜单中。同样地，OrCAD Capture 文件（带有 .OPJ 和 .DSN 扩展名的文件）也需要用户自定义的模型库文件 Rashid_SP2_MODEL.LIB，这些文件必须被包含在 OrCAD Schematic 文件中，并且必须包含在 OrCAD Capture 的 PSpice Simulation 设置菜单中。如果没有这些文件，那么模拟可能无法运行而且会发生错误。

为了把 PSpice Schematics 文件导入到 OrCAD Capture 文件中，OrCAD Capture 需要指定 msim_evl.ini 文件的位置。OrCAD Capture 文件夹里可能没有 msim_evl.ini 文件，但你必须要找出你计算机中这个文件的位置。如果你不能确定这个文件的位置，你可以从配套的网站上复制 msim_evl.ini 文件到你的 window 文件夹 C:\WINNT 下，然后文件的地址就是 C:\WINNT\msim_evl.ini。

本书是原书作者在从事电力电子教学与研究的基础上编写而成的。本书第1~7章首先介绍了 SPICE 语言以及 PSpice 软件在模拟电路中的简单应用,其后第8~12章介绍了 PSpice 在电力电子学中的应用,主要涉及 DC-DC 变换器、DC-AC 逆变器、谐振型变换器、可控式整流器和 AC-AC 变换器的主电路仿真,然后第13章介绍了控制电路的仿真,第14章介绍了直流电动机的建模与仿真,最后介绍了仿真中遇到的一些问题及其解决办法。本书每章实例均附带 PSpice 仿真程序,读者可以从机械工业出版社官方网站相关地址获取本书配套源代码。

本书可为从事电力电子相关研究和应用的工程技术人员提供参考,也可作为高等院校相关专业学生的教材使用。

目 录

译者序

原书前言

致谢

作者简介

PSpice 软件及程序文件

第 1 章 概述	1
1.1 简介	1
1.2 SPICE 描述	1
1.3 SPICE 类型	2
1.4 分析类型	3
1.5 PSpice 的限制条件	4
1.6 仿真软件工具描述	5
1.7 PSpice 平台	6
1.7.1 PSpice A/D	6
1.7.2 PSpice Schematics	6
1.7.3 OrCAD Capture	7
1.8 PSpice SCHEMATICS 与 OrCAD CAPTURE	8
1.9 SPICE 资源	9
1.9.1 含免费 SPICE 模型的网站	9
1.9.2 含付费 SPICE 模型的网站	10
1.9.3 SPICE 和电路仿真信息网站	10
1.9.4 含 SPICE 论文的工程期刊	11
推荐阅读	11
第 2 章 电路描述	13
2.1 简介	13
2.2 输入文件	14
2.3 节点	15
2.4 元器件值	15
2.5 电路元器件	16

2.6	元器件模型	18
2.7	信号源	19
2.8	输出变量	20
2.9	分析类型	20
2.10	PSpice 输出命令	21
2.11	电路文件格式	23
2.12	输出文件格式	25
2.13	PSpice 仿真实例	25
2.13.1	RLC 电路的脉冲响应和阶跃响应	26
2.13.2	RLC 电路的正弦响应和频率响应	32
2.14	PSpice SCHEMATICS	36
2.14.1	PSpice 原理图布局	37
2.14.2	PSpice A/D	39
2.14.3	Probe	40
2.14.4	OrCAD Capture	40
2.15	用 OrCAD Capture 导入 MICROSIM SCHEMATICS	43
	习题	45
	推荐阅读	46
第 3 章 输出变量的定义		47
3.1	简介	47
3.2	直流扫描和瞬态分析	47
3.2.1	电压输出	48
3.2.2	电流输出	49
3.2.3	功率输出	50
3.3	交流分析	52
3.3.1	电压输出	52
3.3.2	电流输出	53
3.4	输出标记	54
3.5	噪声分析	55
	小结	56
第 4 章 电压源和电流源		57
4.1	简介	57
4.2	信号源建模	57
4.2.1	脉冲源	58

4.2.2 分段线性源	59
4.2.3 正弦源	60
4.2.4 指数源	61
4.2.5 单频调频源	62
4.2.6 交流源	63
4.3 独立源	64
4.3.1 独立电压源	64
4.3.2 独立电流源	65
4.3.3 独立源的原理图	66
4.4 受控源	67
4.4.1 多项式源	67
4.4.2 电压控制电压源	69
4.4.3 电流控制电流源	70
4.4.4 电压控制电流源	70
4.4.5 电流控制电压源	71
4.4.6 受控源的原理图	72
4.5 行为元器件建模	73
4.5.1 VALUE	73
4.5.2 TABLE	75
4.5.3 LAPLACE	77
4.5.4 FREQ	79
小结	81
习题	82
推荐阅读	84
第5章 无源元器件	85
5.1 简介	85
5.2 元器件模型	85
5.2.1 模型语句举例	86
5.3 工作温度	87
5.3.1 温度语句举例	88
5.4 电阻、电感、电容元件	88
5.4.1 电阻	88
5.4.2 电容	90
5.4.3 电感	91
5.5 磁性元件和变压器	95

5.5.1 线性磁性电路	95
5.5.2 非线性磁性电路	99
5.6 无损传输线	104
5.7 开关	105
5.7.1 压控开关	106
5.7.2 流控开关	108
5.7.3 时控开关	111
小结	113
习题	114
推荐阅读	117
第 6 章 点命令	118
6.1 简介	118
6.2 Models (模型)	119
6.2.1 .MODEL (模型)	119
6.2.2 .SUBCKT (子电路定义)	119
6.2.3 .ENDS (子电路结束)	120
6.2.4 .FUN (函数定义)	121
6.2.5 .GLOBAL (全局)	121
6.2.6 .LIB (库文件)	121
6.2.7 .INC (包含文件)	123
6.2.8 .PARAM (参数定义)	123
6.2.9 .STEP (参数分析)	125
6.3 输出类型	126
6.3.1 .PRINT (打印输出)	126
6.3.2 .PLOT (绘图)	127
6.3.3 .PROBE (探头)	128
6.3.4 Probe 输出	128
6.3.5 .WIDTH (宽度)	131
6.4 工作温度和电路结束命令	132
6.5 选择项	132
6.6 直流分析	135
6.6.1 .OP (直流工作点分析)	135
6.6.2 .NODESET (节点设置)	136
6.6.3 .SENS (小信号灵敏度分析)	136
6.6.4 .TF (小信号传递函数分析)	138

6.6.5 .DC (直流扫描)	141
6.7 交流分析	145
6.8 噪声分析	148
6.9 瞬态分析	151
6.9.1 .IC (瞬态初始状态)	152
6.9.2 .TRAN (瞬态分析)	152
6.10 傅里叶分析	155
6.11 蒙特卡罗分析	158
6.12 灵敏度与最坏情况分析	162
小结	164
习题	165
推荐阅读	167
第7章 二极管整流器	168
7.1 简介	168
7.2 二极管模型	168
7.3 二极管语句	170
7.4 二极管特性	171
7.5 二极管参数	172
7.5.1 齐纳二极管模型	176
7.5.2 列表数据	176
7.6 二极管整流器	178
7.6.1 单相二极管整流器实例	178
7.6.2 三相二极管整流器实例	189
7.7 实验	196
7.7.1 实验 DR.1	196
7.7.2 实验 DR.2	196
7.7.3 实验 DR.3	197
小结	198
习题	198
推荐阅读	201
第8章 DC-DC 变换器	202
8.1 简介	202
8.2 直流斩波器	202
8.3 BJT 的 SPICE 模型	206

8.4	BJT 参数	209
8.5	BJT DC-DC 变换器实例	214
8.6	MOSFET 斩波器	223
8.7	MOSFET 参数	226
8.8	MOSFET DC-DC 变换器实例	232
8.9	IGBT 模型	235
8.10	IGBT DC-DC 变换器实例	236
8.11	实验	238
8.11.1	实验 TP.1	239
8.11.2	实验 TP.2	239
	小结	240
	习题	241
	推荐阅读	243
第 9 章 脉冲宽度调制逆变器		245
9.1	简介	245
9.2	电压源逆变器	245
9.2.1	单相 PWM 逆变器实例	248
9.2.2	单相 SPWM 逆变器实例	256
9.2.3	三相 PWM 逆变器实例	258
9.2.4	三相 SPWM 逆变器实例	264
9.3	电流源逆变器	268
9.3.1	电流源逆变器实例	268
9.4	直流环节逆变器	272
9.4.1	直流环节三相逆变器实例	274
9.5	实验	277
9.5.1	实验 PW.1	277
9.5.2	实验 PW.2	279
9.5.3	实验 PW.3	279
9.5.4	实验 PW.4	280
9.5.5	实验 PW.5	280
9.5.6	实验 PW.6	281
9.5.7	实验 PW.7	282
	小结	283
	习题	284
	推荐阅读	286