



国际电气工程先进技术译丛

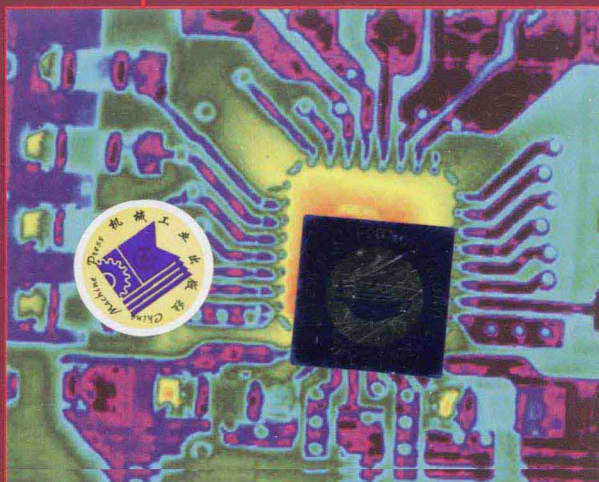
CRC Press  
Taylor & Francis Group

# 传热学： 电力电子器件热管理

Heat Transfer:  
Thermal Management of Electronics

(美) Younes Shabany 著  
余小玲 吴伟烽 刘飞龙 译

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



国际电气工程先进技术译丛

# 传热学：电力电子器件热管理

(美) Younes Shabany 著  
余小玲 吴伟烽 刘飞龙 译



机械工业出版社

全书共 16 章, 结构层次分明。第 1~7 章介绍了电力电子器件热管理涉及的基础理论。阐述了高温导致电力电子器件失效的原因和类型, 能量传递及热传递的机理及方式, 微电子封装的结构类型以及常用散热器的热分析方法。第 8~13 章分别介绍了导热、对流换热(强制对流和自然对流换热)、热辐射的控制方程以及边界条件的设定方法。第 14~16 章分别介绍了计算机热仿真的基础理论和仿真方法、实验测试方法以及先进的冷却技术。

本书的目标读者为进行电力电子装置设计的电气、机械工程师, 无论是否具有工程热物理和传热学知识背景, 都能从本书获益。对于电气工程、热能及动力工程相关专业的本科生或研究生, 本书的内容也足够进行一学期的学习。

Heat Transfer: Thermal Management of Electronics 1 edition/by Younes Shabany/  
ISBN: 9781439814673

Copyright © 2010 by CRC Press.

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限在中国大陆地区销售。未经许可出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

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。

本书北京市版权局著作权登记号: 图字 01-2012-0585

## 图书在版编目 (CIP) 数据

传热学: 电力电子器件热管理/(美)夏班尼(Shabany, Y.)著: 余小玲, 吴伟烽, 刘飞龙译. —北京: 机械工业出版社, 2013.6

书名原文: Heat Transfer: Thermal Management of Electronics

ISBN 978-7-111-42003-3

I. ①传… II. ①夏…②余…③吴…④刘… III. ①电力系统-电子器件-传热学 IV. ①TN303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 063744 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: 牛新国 责任编辑: 赵玲丽

版式设计: 霍永明 责任校对: 李 婷

封面设计: 马精明 责任印制: 乔 宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 24.25 印张 · 483 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-42003-3

定价: 98.00 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

社服务中心: (010)88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203 封面无防伪标均为盗版

## 译 者 序

随着电子设备朝小型化和高功率密度方向的持续发展,电力电子器件的热管理已成为保证产品性能和寿命的关键技术。而传统的电力电子器件设计中对其散热问题考虑较少,亟需一本专门为这一领域编著的有关传热学的书籍。

本书作者尤尼斯·夏班尼教授是一位国际知名的电力电子器件热管理专家,他多年来一直活跃在工程热流学领域,十几年来一直从事电力电子器件传热的教学、研究及设计工作。本书即是作者工作成果精华的总结和凝聚,是一部集理论、实践一体的优秀著作。翻译本书的目的在于传播电力电子器件热管理涉及的基础理论和解决方法,也希望能促进我国电力电子技术的发展。

本书结构完整,内容丰富,论述深入浅出,既有理论知识的精简介绍,又有大量实例的完美诠释,是系统性和实用性的完美结合。全书共16章,层次分明,基本涵盖了电力电子器件传热涉及的基础理论和解决方法。本书对基础理论的叙述简洁流畅,引人入胜,通俗易懂;又给出大量典型实用的设计案例,针对性强,具有极高的参考价值。此外,书中还附有大量插图和数据表,图文并茂。各章节之后还附有习题,供读者练习巩固。在书后还附有附录,为读者的阅读提供了极大方便。本书不仅对进行电力电子装置设计的工程师们有极大帮助,还可以作为电气工程、热能动力工程相关专业本科生、研究生的教材。

原书中存在的印刷错误或笔误,凡是译者发现并且确认的,都已在中译版中改正,一般没有加译注。译稿中使用原书插图,其中电工图形符号不符合我国国家标准,请读者注意。

从本书的翻译策划到最后的完稿付梓,机械工业出版社给予了很多关心和支持。西安交通大学的冯全科教授、杨旭教授给予了极大的鼓励。译者对他们表示衷心感谢!同时,译者所在课题组的研究生詹科、廖雪丽、张方圆、聂娟、张慧龔、付国超、刘展、张俊龙、张坤、郭义宣等分担了大量文字录入和校对工作。在此,译者对他们一并表示感谢。最后,译者还要感谢他们的家人,家人的全力支持也使得本书能顺利完成。

由于时间紧迫,加之译者水平有限,不当与错误之处,敬请广大读者和相关专家批评指正。

译 者  
2013年2月

## 原 书 前 言

微电子器件及系统的设计制造是一门涉及多学科领域融合的工程技术。随着电子设备朝小型化和高功率密度方向的持续发展,各领域之间的融合性越来越显著。芯片设计师、硬件工程师、机械工程师、测试工程师、可靠性工程师以及热设计工程师再不能守在各自领域单打独斗,而是希望相互协作,以使得在某一原则指导下的设计方案不和其他原则的要求起冲突。一些微电子公司更是高瞻远瞩,希望找到集多学科知识和经验于一身的工程师。这些工程师能平行推进各个方面的设计进程,避免顾此失彼,出现某一方面的最优方案而和其他方面要求冲突的设计结果。

热设计便是电子设备设计和制造的一个重要方面。良好的热设计已成为高功率密度电子设备得以面世的保障。除了可以避免由于高温造成的失效,头脑敏锐且有创新精神的热设计工程师们还可以提高电子设备的寿命,减少声学噪声,节约成本,缩短设计周期,节约能源,使之获取比其他同类产品更高的市场份额。

我在电子设备的热管理领域工作已超过10年。和我一起工作过的机械、电气、硬件、电力及工业工程师们对热管理知之甚少。我也教授过电气及计算机工程专业的本科生电子设备传热学的课程超过8年,这些学生基本不具备工程热物理和传热学的知识背景。虽然普遍认为从事硬件设计的电气工程师必然会受益于传热学的基本知识,但一直没有专门为这一群体编著的有关传热学的书。

本书的目标读者是现今或未来的电气工程师们。本书可以使他们获得电子设备热管理的基本知识,拓宽他们的知识和技术视野,使他们朝多学科综合型人才方向迈进一步。本书假定读者们没有任何工程热物理和传热学的背景,将对相关的理论及设计准则一一介绍。

本书的结构层次分明,前7章为电子设备热管理涉及的基础知识,使读者能够进行简单电子冷却问题的分析求解。第8~13章进入到传热学理论的具体细节,可供希望更深入理解传热学本质的读者使用。第14章和第15章对热设计中的计算和实验方法进行讨论。最后,在第16章中介绍了一些先进的电子冷却技术。

第1~7章及第8~13章的部分内容足够电子设备热管理专业或电子设备传热学专业,以及非机械工程专业本科生进行一学期的学习。

第1、6、7、14、15、16章以及其他章节的部分内容可供具有工程热物理和传热学知识背景的机械工程专业本科生进行电子设备热管理方面的课程学习。

第1~7章和第14~16章的内容可供正在从事电子设备设计或制造的机械、电气、电力工程师及项目经理进行研讨时作为补充内容使用。

我愿借此机会对下述专家所提的宝贵意见表示衷心感谢：Advanced thermal solution 的卡维·阿扎 (Kaveh Azar)；太阳微系统公司 (Sun microsystems) 的戴维·科普兰 (David Copeland)；爱荷华州立大学 (Iowa state university) 的保罗·德宾 (Paul Durbin)；塔夫茨大学 (Tufts University) 的马克·霍兹 (Marc Hodes)；圣琼斯州立大学 (San Jose State university) 的妮可·冈本 (Nicole Okamoto)；Luminant 的萨迪克·萨迪基波 (Sadegh Sadeghipour)；先进微电子器件公司 (Advanced Micro Devices) 的 Yizhang Yang；洛克韦尔科林斯公司 (Rockwell Collins) 的罗斯·维尔科克松 (Ross Wilcoxon)；滑铁卢大学 (Univeristy of Waterloo) 的迈克尔·伊万诺维奇 (Michael Yovanovich)。

我还要感谢我的妻子 Saeedeh，她是本书编写过程中最主要的支持者；感谢我的儿子 Arash，他是我动力的源泉。感谢他们给我大量的时间进行写作，这些时间本该属于他们。我无法弥补这些珍贵的时间，但愿本书能为读者们节省时间，以使他们有更多的时间陪伴家人。

## 作者简介

尤尼斯·夏班尼 (Younes Shabany) 出生于伊朗的雷什特城 (Rasht)，但大部分时间在德黑兰度过。他在此读书，直到 1991 年获得谢里夫 (Sharif) 理工大学机械工程专业的学士学位。之后他在加拿大温哥华读书，于 1994 年获得英属哥伦比亚大学机械工程专业硕士学位。然后他赴美国深造，于 1999 年在斯坦福大学获得机械工程专业博士学位，并辅修航空航天专业。

夏班尼博士在热流工程学领域有超过 18 年的从业经验。他现在是加利福尼亚州苗必达市 (Milpitas) 伟创力公司 (Flextronics) 先进技术组里热力工程设计的主管和热构架师。任职以来，他领导了伟创力公司世界知名的设计中心里许多热力设计工作，包括基础设施、计算器、消费品、汽车、医疗和电力电子产品。在任职伟创力公司之前，他为加利福尼亚圣克拉拉 (Santa Clara) 热应用技术中心工作过两年，担任主管一职。在此期间，他和超过 60 个公司一起合作，为各种电子设备设计了热解决方案，包括电信和网络设备，台式计算机和笔记本电脑，生物医学设备以及消费品。

夏班尼博士自 2001 年夏季伊始成为加利福尼亚圣何塞市 (San Jose) 圣何塞州立大学的讲师。他讲授本科生和研究生传热和先进数学分析课程，包括他最爱的课程——电子传热学。他也指导研究生的课题和论文。



# 电力电子新技术系列图书

## 目 录

- 矩阵式变换器技术及其应用 孙凯、周大宁、梅杨编著 (已出版)
- 逆变焊机原理与设计 张光先等编著 (已出版)
- 高压直流输电原理与运行 (第2版) 韩民晓、文俊编著 (已出版)
- 宽禁带半导体电力电子器件及其应用 陈治明、李守智编著 (已出版)
- 开关电源的实用仿真与测试技术 陈亚爱编著 (已出版)
- 交流电动机直接转矩控制 周扬忠、胡育文编著 (已出版)
- 新能源汽车与电力电子技术 康龙云编著 (已出版)
- 电力电子技术在汽车中的应用 王旭东、余腾伟编著 (已出版)
- 脉冲功率器件及其应用 余岳辉、梁琳、彭亚斌、邓林峰编著 (已出版)
- 开关稳压电源的设计和应用 裴云庆、杨旭、王兆安编著 (已出版)
- 太阳能光伏并网发电及其逆变控制 张兴、曹仁贤、张崇巍编著 (已出版)
- 高频开关型逆变器及其并联并网技术 孙孝峰、顾和荣、王立乔、邬伟扬编著 (已出版)
- 电力半导体器件原理与应用 袁立强、赵争鸣、宋高升、王正元编著 (已出版)
- PWM 整流器及其控制 张兴、张崇巍编著 (已出版)
- 机车动车牵引交流传动技术 郭世明编著 (已出版)
- 电压源换流器在电力系统中的应用 同向前、伍文俊、任碧莹等编著 (已出版)
- 有功源率因数校正技术 徐德鸿编著 (已出版)
- 固态感应加热电源技术及其应用 陈辉明、金天均、李胜川编著
- 电能质量控制技术 查晓明、孙建军、宫金武编著
- 功率变换器高频磁技术及其应用 陈为编著
- 双馈风力发电交流控制技术 杨淑英、张兴、曹仁贤、张崇巍编著
- 电力电子新器件及其制造技术 王彩琳编著
- 船舶电力推进系统 汤天浩、韩朝珍主编
- 绝缘栅双极型晶体管 (IGBT) 设计与工艺 赵善麟、高勇、王彩琳编著
- 高性能多单元串联多电平变换器原理及实现 周京华、陈亚爱编著
- 新能源并网发电系统的低电压穿越和控制 耿华、刘淳、张兴、杨耕编著
- 异步电机无速度传感器高性能控制技术 张永昌、张虎、李正熙编著



## 读者需求调查表

### 个人信息

姓名:		出生年月:		学历:	
联系电话:		手机:		E-mail	
工作单位:				职务:	
通讯地址:				邮编:	

#### 1. 您感兴趣的科技类图书有哪些?

- 自动化技术 电工技术 电力技术 电子技术 仪器仪表 建筑电气  
其他 ( ) 以上各大类中您最关心的细分技术 (如 PLC) 是: ( )

#### 2. 您关注的图书类型有:

- 技术手册 产品手册 基础入门 产品应用 产品设计 维修维护  
技能培训 技能技巧 识图读图 技术原理 实操 应用软件  
其他 ( )

#### 3. 您最喜欢的图书叙述形式为:

- 问答型 论述型 实例型 图文对照 图表 其他 ( )

#### 4. 您最喜欢的图书开本为:

- 口袋本 32开 B5 16开 图册 其他 ( )

#### 5. 您常用的图书信息获得渠道为:

- 图书征订单 图书目录 书店查询 书店广告 网络书店 专业网站  
专业杂志 专业报纸 专业会议 朋友介绍 其他 ( )

#### 6. 您常用的购书途径为:

- 书店 网络 出版社 单位集中采购 其他 ( )

#### 7. 您认为图书的合理价位是 (元/册):

- 手册 ( ) 图册 ( ) 技术应用 ( ) 技能培训 ( ) 基础入门 ( )  
其他 ( )

#### 8. 您每年的购书费用为:

- 100元以下 101~200元 201~300元 300元以上

#### 9. 您是否有本专业的写作计划?

- 否 是 (具体情况: )

非常感谢您对我们的支持, 如果您还有什么问题欢迎和我们联系沟通!

地址: 北京市西城区百万庄大街22号 机械工业出版社电工电子分社 邮编: 100037

联系人: 张俊红 联系电话: 13520543780 传真: 010-68326336

电子邮箱: buptzih@163.com (可来信索取本表电子版)

## 编著图书推荐表

姓名		出生年月		职称/职务		专业	
单位				E-mail			
通讯地址						邮政编码	
联系电话				研究方向及教学科目			
个人简历（毕业院校、专业、从事过的以及正在从事的项目、发表过的论文）							
您近期的写作计划有：							
您认为目前市场上最缺乏的图书及类型有：							

地址：北京市西城区百万庄大街 22 号 机械工业出版社，电工电子分社

邮编：100037 网址：[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

联系人：张俊红 电话：13520543780/010-88379768 010-68326336（传真）

E-mail：[bjmsh@163.com](mailto:bjmsh@163.com)（来信索取本表电子版）

# 目 录

译者序

原书前言

作者简介

<b>第1章 引言</b> .....	1
1.1 半导体科技走势 .....	2
1.2 与温度相关的失效 .....	6
1.2.1 与温度相关的机械失效 .....	6
1.2.2 与温度相关的腐蚀失效 .....	10
1.2.3 与温度相关的电气失效 .....	11
1.3 传热对电子设备的重要性 .....	11
1.4 热设计过程 .....	12
参考文献 .....	15
<b>第2章 能量、能量传递和传热</b> .....	16
2.1 能量和功 .....	16
2.2 宏观和微观能量 .....	17
2.3 能量传递和传热 .....	20
2.4 状态方程 .....	21
习题 .....	22
参考文献 .....	23
<b>第3章 能量守恒定律</b> .....	24
3.1 热力学第一定律 .....	24
3.2 控制质量的能量平衡 .....	25
3.3 控制体积的能量平衡 .....	30
习题 .....	36
参考文献 .....	41
<b>第4章 传热机理</b> .....	42
4.1 导热 .....	42
4.2 对流换热 .....	45
4.2.1 空气对流换热的简化公式 .....	46
4.3 辐射换热 .....	48

习题	51
参考文献	52
<b>第5章 热阻网络</b>	<b>53</b>
5.1 热阻的概念	53
5.2 串联导热平壁	56
5.3 并联导热平壁	59
5.4 总热阻网络	61
5.5 接触热阻	65
5.6 热界面材料	67
5.7 扩散热阻	69
5.8 印制电路板 (PCB) 的热阻	72
习题	76
参考文献	80
<b>第6章 微电子封装的热特性</b>	<b>81</b>
6.1 封装的重要性	81
6.2 封装类型	81
6.3 微电子封装的热特性	87
6.3.1 结-空气热阻	87
6.3.2 结-壳热阻和结-板热阻	89
6.3.3 封装的热特性参数	91
6.4 封装的热阻网络	91
6.5 影响封装热性能的参数	94
6.5.1 封装尺寸	94
6.5.2 封装材料	94
6.5.3 芯片尺寸	95
6.5.4 器件热耗散量	96
6.5.5 气流速度	97
6.5.6 板的尺寸和导热系数	98
习题	98
参考文献	100
<b>第7章 翅片与散热器</b>	<b>101</b>
7.1 翅片方程	101
7.1.1 无限长翅片	103
7.1.2 翅顶绝热	105
7.1.3 翅顶的对流和辐射	105
7.1.4 翅顶为恒定温度	107

7.2 翅片热阻、功效和效率 .....	111
7.3 变截面翅片 .....	116
7.4 散热器的热阻、功效和效率 .....	119
7.5 散热器的制造工艺 .....	127
习题 .....	131
参考文献 .....	134
<b>第8章 热传导理论</b> .....	<b>135</b>
8.1 通过平壁的一维导热方程 .....	137
8.2 导热方程的一般形式 .....	139
8.3 边界和初始条件 .....	141
8.3.1 温度边界条件 .....	142
8.3.2 热流边界条件 .....	143
8.3.3 对流边界条件 .....	144
8.3.4 辐射边界条件 .....	145
8.3.5 综合边界条件 .....	146
8.3.6 界面边界条件 .....	146
8.4 稳态导热 .....	148
8.4.1 一维稳态导热 .....	148
8.4.2 二维稳态导热 .....	150
8.5 非稳态导热 .....	152
8.6 集总系统 .....	153
8.6.1 简单集总系统分析 .....	154
8.6.2 一般集总系统分析 .....	154
8.6.3 集总系统分析法的适用范围 .....	157
习题 .....	158
参考文献 .....	162
<b>第9章 对流传热基础</b> .....	<b>163</b>
9.1 流动类型 .....	163
9.1.1 外部流动和内部流动 .....	163
9.1.2 强制对流和自然对流流动 .....	163
9.1.3 层流和湍流 .....	164
9.1.4 稳态和非稳态流动 .....	166
9.2 粘性力、速度边界层和摩擦系数 .....	166
9.3 热边界层和对流传热系数 .....	168
9.4 守恒方程 .....	169
9.5 边界层方程 .....	170

参考文献 .....	170
<b>第 10 章 强制对流换热：外部流动</b> .....	171
10.1 归一化的边界层方程 .....	171
10.2 雷诺数、普朗特数、爱克特数和努塞特数 .....	172
10.3 局部摩擦系数和对流传热系数的函数形式 .....	174
10.4 流体外掠平板流动 .....	176
10.4.1 流过等温平板的层流 .....	177
10.4.2 流过等温平板的湍流 .....	182
10.4.3 流过等热流密度平板的流动 .....	184
10.5 圆柱绕流 .....	185
10.6 圆柱针翅式散热器 .....	190
10.7 解决外部强制对流问题的步骤 .....	192
习题 .....	193
参考文献 .....	197
<b>第 11 章 强制对流换热：内部流动</b> .....	198
11.1 平均速度与平均温度 .....	198
11.2 管内层流与湍流 .....	200
11.3 入口段长度和充分发展段流动 .....	200
11.4 内部流动的泵送功率和对流换热 .....	201
11.5 速度分布与摩擦因子关联式 .....	205
11.6 温度分布和对流换热关联式 .....	208
11.7 风机和泵 .....	211
11.7.1 风机的种类 .....	211
11.7.2 风机曲线和系统阻力曲线 .....	213
11.7.3 风机选型 .....	215
11.7.4 泵的种类 .....	218
11.8 板翅式散热器 .....	220
习题 .....	221
参考文献 .....	223
<b>第 12 章 自然对流换热</b> .....	225
12.1 浮力和自然对流 .....	225
12.2 自然对流的速度和温度边界层 .....	227
12.3 无量纲化自然对流边界层方程 .....	228
12.3.1 格拉晓夫 (GRASHOF) 数和瑞利 (RAYLEIGH) 数 .....	229
12.3.2 对流换热系数的函数形式 .....	230
12.4 外掠垂直平板自然对流的层流和湍流流动 .....	231

12.5	外掠倾斜和水平平板的自然对流 .....	234
12.6	外掠竖直和水平圆柱体的自然对流 .....	237
12.7	机箱内的自然对流 .....	238
12.8	竖直阵列平板间的自然对流 .....	243
12.9	混合对流 .....	245
	习题 .....	246
	参考文献 .....	249
<b>第 13 章</b>	<b>辐射传热</b> .....	<b>250</b>
13.1	辐射强度和辐射力 .....	251
13.2	黑体辐射 .....	253
13.3	表面辐射特性 .....	255
13.3.1	表面辐射率 .....	255
13.3.2	表面吸收率 .....	257
13.3.3	表面反射率 .....	258
13.3.4	表面透射率 .....	258
13.3.5	基尔霍夫定律 .....	259
13.4	太阳和大气辐射 .....	260
13.5	辐射通量密度 .....	263
13.6	角系数 .....	264
13.7	黑体之间的辐射传热 .....	266
13.8	非黑体之间的辐射传热 .....	267
13.9	板翅式散热器的辐射传热 .....	268
	习题 .....	273
	参考文献 .....	274
<b>第 14 章</b>	<b>计算机模拟和热设计</b> .....	<b>275</b>
14.1	传热和流动方程总结 .....	275
14.2	计算机模拟基础 .....	277
14.2.1	一维稳态导热 .....	277
14.2.2	二维稳态导热 .....	279
14.2.3	瞬态导热 .....	281
14.2.4	流动及能量方程 .....	284
14.3	湍流流动 .....	291
14.4	有限差分方程的求解 .....	297
14.5	商业热模拟工具 .....	298
14.5.1	建立热模型 .....	298
14.5.2	生成网格 .....	306



14.5.3 求解流动和温度方程 .....	307
14.5.4 查看结果 .....	309
14.5.5 结果显示 .....	310
14.6 建模与仿真在热设计中的重要性 .....	311
参考文献 .....	312
<b>第15章 实验技术及热设计 .....</b>	<b>313</b>
15.1 流量测量技术 .....	313
15.2 系统阻力测量 .....	318
15.3 泵和风机性能曲线测试 .....	319
15.4 速度测量方法 .....	321
15.5 温度测量技术 .....	324
15.6 噪声测量 .....	328
15.7 热设计中实验测量的重要性 .....	329
参考文献 .....	330
<b>第16章 先进冷却技术 .....</b>	<b>331</b>
16.1 热管 .....	331
16.1.1 毛细极限 .....	332
16.1.2 沸腾极限 .....	334
16.1.3 声速极限 .....	335
16.1.4 携带极限 .....	335
16.1.5 热管的其他性能极限 .....	335
16.1.6 电子冷却中的热管应用 .....	337
16.1.7 热管的选择和模型 .....	339
16.1.8 热虹吸管、回路热管和均热板 .....	343
16.2 液体冷却 .....	346
16.3 热电冷却器 .....	351
16.4 电流体流动 .....	354
16.5 合成射流 .....	355
参考文献 .....	358
<b>附录 材料性质 .....</b>	<b>359</b>
参考文献 .....	373

# 第1章 引言

我们无法想象一个没有电子设备的世界。看看我们的日常生活，我们被数字钟的“嗡嗡”声叫醒，用遥控器来开电视机或者收音机，收看收听早间新闻以及交通报道，在淋浴前打开咖啡机，或者抿几口我们睡前已经调好程序冲好了的咖啡，在面包机里做一块烤面包，或者从冰箱里拿出几个鸡蛋然后在炉子上煎，然后打开电脑，吃完早餐后上网或者查看 E-mail。然后，我们拿起手机，走出屋子，用遥控钥匙打开汽车门，坐进汽车并发动汽车，并且立刻打开收音机或者 CD 唱片（对我而言是一定的）。然后，我们意识到爱人昨晚用过车并且改变了座椅和镜子的设置，所以，我们用电子控制器来调整座椅位置和高度，用镜子控制按钮来调整外后视镜。或者，在大多数高级轿车里，驾驶员座和镜子的调整只需按一个按钮，激活一个预设的微控制器来调整。去工作的路上，我们通过控制交通主干道车流的交通灯，到了各个十字路口的时候，那些灵敏的交通灯刚好变绿。工作时，我们用门禁锁打开雇主大门，开电脑，当电脑启动时候，去咖啡机那里按一个按钮，得到自己最喜欢的咖啡。我们开启 E-mail、浏览器、工程建模软件、文字处理或者 ppt 制作软件，工作时候打电话完成分派给我们的任务。下班后，我们决定回家前先锻炼。外出锻炼时听歌是件很惬意的事。所以，我们拿起 MP3 朝着我们最喜欢的锻炼场所或者公园前行。在热身伸展运动后或者一些举重锻炼后，我们踏上跑步机或者类似心肺功能训练设施。回家路上，我们去加油站把油箱加满。把信用卡放到加油站柜台上的插槽里，根据液晶显示器的指示，加满油箱，然后取收据。当我们靠近车道时候，用车里的远程控制打开车库大门，然后打开屋子里的开关，听答录机上的留言，从冰箱或者冰柜里取出食物，用微波炉或者炉子做晚饭。一天结束的时候，我们通常给朋友或者家人打电话，看最喜欢的电视剧或者新闻节目。睡觉前，我们定下闹钟。

上面提到的诸项在没有电器和电子设备的情况下基本上都不存在，至少不能像现在这样很容易地就能做到。值得注意的是，使以上这些成为可能的大型设施都是不可见的。包括电话和网络供应商提供的远程通信和网络设备，电视台和电影工作室提供的数据服务器和存储设备，银行和其他金融中心的数据处理服务器，汽车中的复杂电子线路等，当然不止以上所述。

微电子设备，例如晶体管、电容器、电感器、变压器、电阻等是所有电子设备的组成基础。要使这样的电子设备运行，就需要有电流流通。一部分能量由于设备的低效或者电流流过非零的电阻而变成热量耗散掉了。这种能量耗散与电阻成正