



国家出版基金项目
National Publishing Fund Project

★ ★ ★
“十三五”

国家重点出版物出版规划项目



国之重器出版工程
国防现代化建设

陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书

现代坦克装甲车辆 电子综合系统

Modern Armored Vehicle Electronic Integrated System

李春明 胡建军 李 芍 编著

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

国家出版基金项目

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

国之重器出版工程

陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书

现代坦克装甲车辆 电子综合系统

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

现代坦克装甲车辆电子综合系统/李春明, 胡建军, 李芍编著. —北京: 北京理工大学出版社, 2019. 6

(陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书)

国家出版基金项目 “十三五” 国家重点出版物出版规划项目 国之重器出版工程

ISBN 978 - 7 - 5682 - 7114 - 1

I. ①现… II. ①李… ②胡… ③李… III. ①坦克 - 电子系统②装甲车 - 电子系统 IV. ①TJ811

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 112299 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地大彩印有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 17.25

彩 插 / 2

字 数 / 303 千字

版 次 / 2019 年 6 月第 1 版 2019 年 6 月第 1 次印刷

定 价 / 86.00 元

责任编辑 / 梁铜华

文案编辑 / 梁铜华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

《国之重器出版工程》

编辑委员会

主任：苗圩

副主任：刘利华 辛国斌

委员：冯长辉 梁志峰 高东升 姜子琨 许科敏

陈因 郑立新 马向晖 高云虎 金鑫

李巍 高延敏 何琼 刁石京 谢少锋

闻库 韩夏 赵志国 谢远生 赵永红

韩占武 刘多 尹丽波 赵波 卢山

徐惠彬 赵长禄 周玉 姚郁 张炜

聂宏 付梦印 季仲华

《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》

编写委员会

名誉主编：王哲荣 苏哲子

主 编：项昌乐 李春明 曹贺全 丛 华

执行主编：闫清东 刘 勇

编 委：（按姓氏笔画排序）

马 越 王伟达 王英胜 王钦钊 冯辅周

兰小平 刘 城 刘树林 刘 辉 刘瑞林

孙葆森 李玉兰 李宏才 李和言 李党武

李雪原 李惠彬 宋克岭 张相炎 陈 旺

陈 炜 郑长松 赵晓凡 胡纪滨 胡建军

徐保荣 董明明 韩立金 樊新海 魏 巍

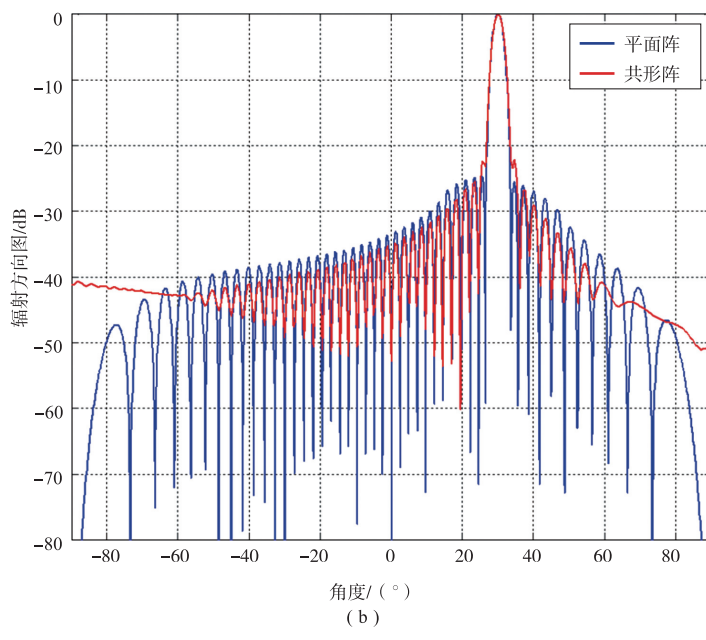
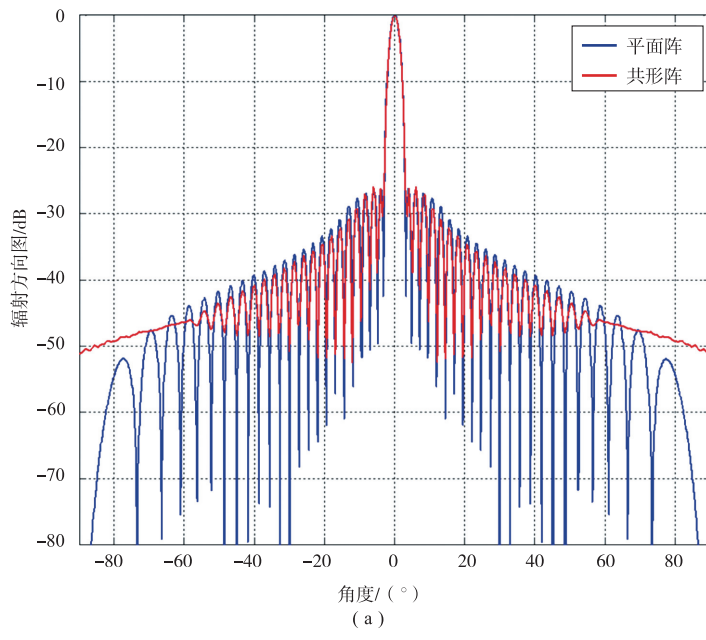


图 5-22 方位维辐射方向图
(a) 扫描 0°; (b) 扫描 30°

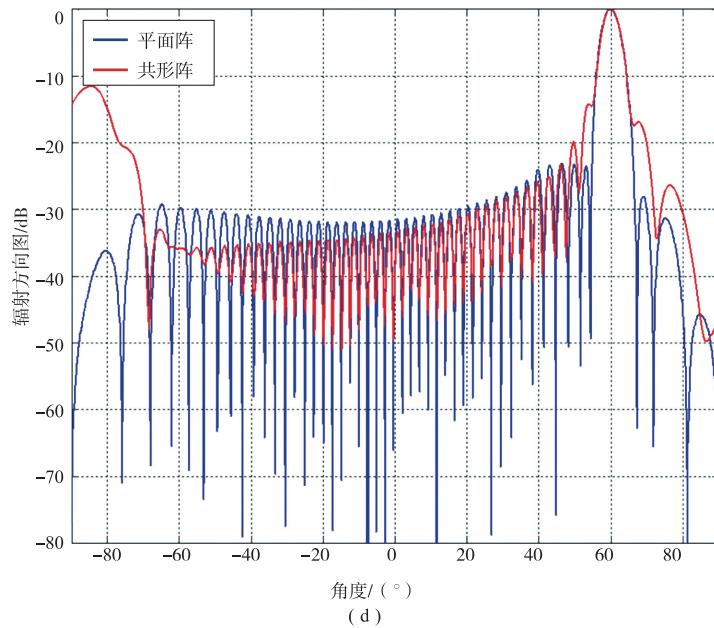
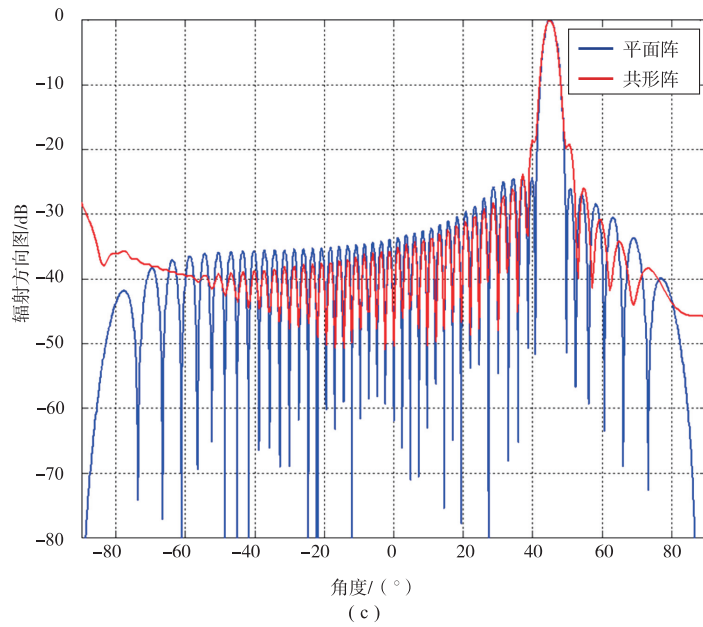


图 5-22 方位维辐射方向图 (续)

(c) 扫描 45°; (d) 扫描 60°

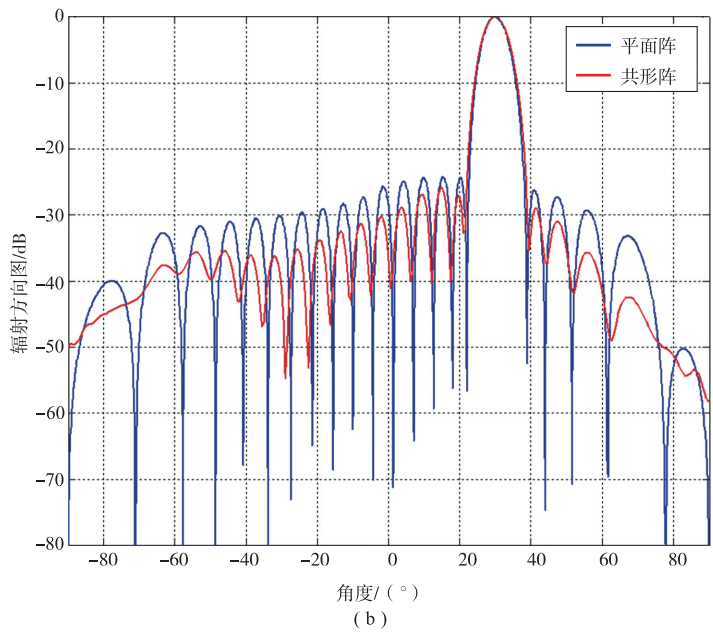
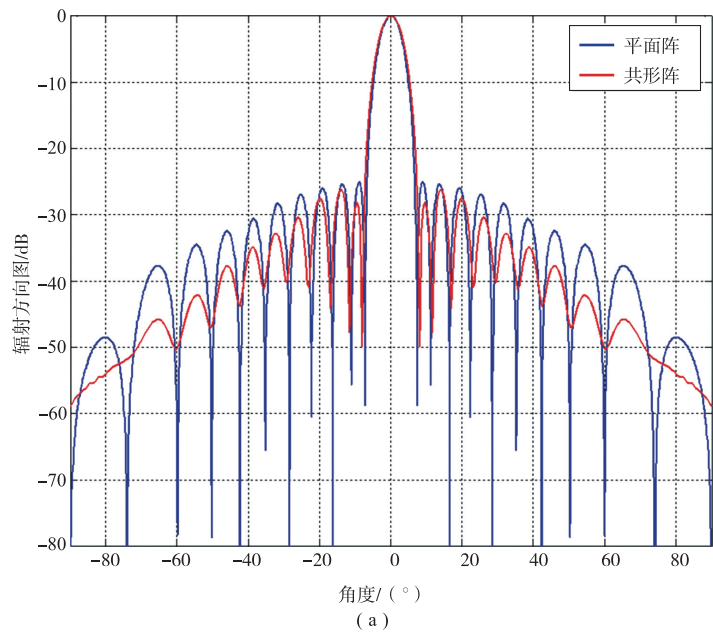


图 5-23 俯仰维辐射方向图
(a) 扫描 0°; (b) 扫描 30°

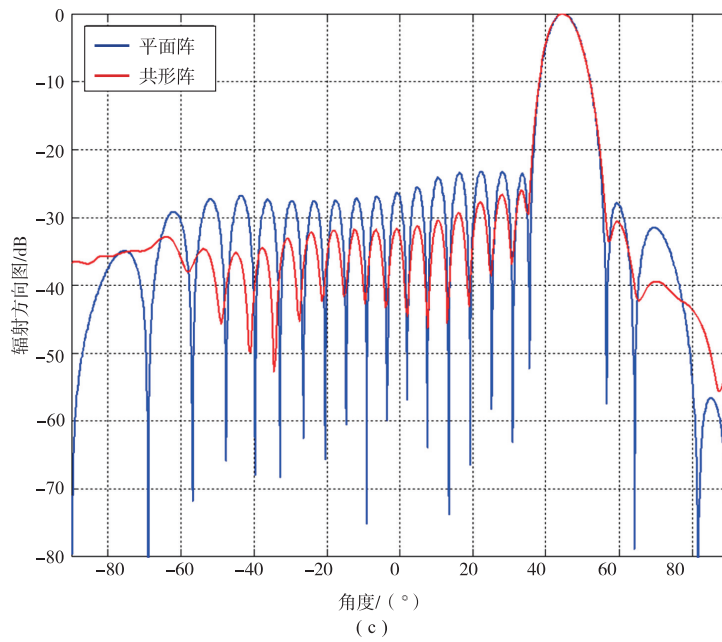


图 5-23 俯仰维辐射方向图 (续)
(c) 扫描 45°



编者序

坦克装甲车辆作为联合作战中基本的要素和重要的力量，是一个最具临场感、最实时、最基本的信息节点，其技术的先进性代表了陆军现代化程度。

装甲车辆涉及的技术领域宽广，经过几十年的探索实践，我国坦克装甲车辆技术领域的专家积累了丰富的研究和开发经验，实现了我国坦克装甲车辆从引进到仿研仿制再到自主设计的一次又一次跨越。在车辆总体设计、综合电子系统设计、武器控制系统设计、新型防护技术、电子电气系统设计及嵌入式软件设计、数字化与虚拟仿真设计、环境适应性设计、故障预测与健康管理等新型工艺等方面取得了重要进展，有些理论与技术已经处于世界领先水平。随着我国陆战装备系统的理论与技术所取得的重要进展，亟需通过一套系统全面的图书，来呈现这些成果，以适应坦克装甲车辆技术积淀与创新发展的需要，同时多年来我国坦克装甲车辆领域的研究人员一直缺乏一套具有系统性、学术性、先进性的丛书来指导科研实践。为了满足上述需求，《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》应运而生。

北京理工大学出版社联合中国北方车辆研究所、内蒙古金属材料研究所、北京理工大学、中国人民解放军陆军装甲兵学院、南京理工大学、中国人民解放军陆军军事交通学院和中国兵器科学研究院等单位一线的科研和工程领域专家及其团队，策划出版了本套反映坦克装甲车辆领域具有领先水平的学术著作。本套丛书结合国际坦克装甲车辆技术发展现状，凝聚了国内坦克装甲车辆技术领域的主要研究力量，立足于装甲车辆总体设计、底盘系统、火力防护、电气系统、电磁兼容、人机工程等方面，围绕装甲车辆“多功能、轻量化、网



络化、信息化、全电化、智能化”的发展方向，剖析了装甲车辆的研究热点和技术难点，既体现了作者团队原创性科研成果，又面向未来、布局长远。为确保其科学性、准确性、权威性，丛书由我国装甲车辆领域的多位领军科学家、总设计师负责校审，最后形成了由14分册构成的《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》（第一辑），具体名称如下：《装甲车辆行驶原理》《装甲车辆构造与原理》《装甲车辆制造工艺学》《装甲车辆悬挂系统设计》《装甲车辆武器系统设计》《装甲防护技术研究》《装甲车辆人机工程》《装甲车辆试验学》《装甲车辆环境适应性研究》《装甲车辆故障诊断技术》《现代坦克装甲车辆电子综合系统》《坦克装甲车辆电气系统设计》《装甲车辆嵌入式软件开发方法》《装甲车辆电磁兼容性设计与试验技术》。

《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》内容涵盖多项装甲车辆领域关键技术工程应用成果，并入选“‘十三五’国家重点出版物出版规划”项目、“国之重器出版工程”和“国家出版基金”项目。相信这套丛书的出版必将承载广大陆战装备技术工作者孜孜探索的累累硕果，帮助读者更加系统全面地了解我国装甲车辆的发展现状和研究前沿，为推动我国陆战装备系统理论与技术的发展做出更大的贡献。

丛书编委会



前 言

传统坦克装甲车辆的信息系统一般称为综合电子系统，该系统的设备主要是车载计算机和总线，其功能种类偏少，技术集成度不高，设计一般围绕着车辆的乘员操控、显示设备的控制需求分析展开，设计对象主要包括车辆的控制总线，任务网络、信息传输协议，以及车载处理及显示计算机等，自上世纪60年代至今经历了分离式，联合式和综合式的发展历程。

近年来，在信息化、网络化、体系化、智能化的发展趋势下，信息系统的内涵和外延发生了较大的变化，这表现在几个方面：一是越来越多的传统功能通过软件实现，新增的任务协同也主要依托软件实现，传统的硬件集成逐渐向软件集成发展；二是显控资源的集成，传统的握把、按键等人机交互方式逐渐向语音、多点触控、多功能手柄以及多功能方向盘等发展；三是通信和射频资源的逐渐丰富，在传统射频应用（包括短波、超短波、敌我识别等）的基础上，又增加了自组网、数据链、卫通卫导甚至探测雷达。无论这些新增加的功能和部件是否被纳入信息系统的范畴，它们的信息交互和功能的发挥都必须依托整车的信息系统。因此，信息系统的关注点从过去的总线和计算机延伸至传感器、任务协同（软件）、综合处理平台（计算机）等方面。

在此背景下，为了更好地适应新技术在坦克装甲车辆中的集成和融合，满足坦克装甲车辆行业工程技术人员知识更新和培养专业人员的需要，作者通过总结近年来的坦克装甲车辆信息系统综合化设计、集成、测试的研究、探索与实践，在中国北方车辆研究所和北京理工大学出版社的支持下，撰写了这本《现代坦克装甲车辆电子综合系统》。



全书共7章，第1章介绍了坦克装甲车辆电子综合系统的概念的基本概念、组成与功能、以及发展历程，并通过分析国外装甲车辆信息系统的发展现状，对装甲车辆信息系统的发展趋势进行了展望；第2章主要对装甲车辆信息系统的设计内容、设计流程和设计方法进行了介绍，并结合俄罗斯最新的T-14坦克进行了说明；第3章对坦克装甲车辆的指控任务综合进行了介绍；第4章对坦克装甲车辆的显控综合技术进行了介绍；第5章围绕坦克装甲车辆的主要传感器，介绍了传感器综合、光电综合以及射频综合的相关技术；第6章主要针对装甲车辆信息系统的计算处理平台，软件架构进行了介绍；第7章对信息系统的动态综合集成技术进行了介绍。

本书第1章由李春明、刘勇撰写，第2章由李春明、李芍撰写，第3章由胡建军撰写，第4章由陈旺、苏瑾撰写，第5章由胡建军、安卫正撰写，第6章由李芍、冯亮撰写，第7章由夏咏梅、周娜撰写。全书由李春明、胡建军研究员起草撰写大纲、统稿和审定。

在撰写过程中得到了中国北方车辆研究所总体技术部和信息与控制技术部很多工程技术人员的帮助，西安电子工程研究所杜自成提供了部分素材，装甲兵工程学院宋小庆教授审读了全书，提出了许多宝贵的修改意见。在此，一并表示衷心感谢。

本书出版发行旨在对国内装甲车辆工程技术人员有所启发和帮助，由于知识、经验和水平有限，书中难免存在不妥和错漏之处，恳请读者批评指正。



目 录

第 1 章 绪论	001
1.1 坦克装甲车辆电子综合系统的概念	002
1.2 坦克装甲车辆电子综合系统的组成与功能	004
1.2.1 底盘控制总线	006
1.2.2 武器控制总线	007
1.2.3 乘员人机交互设备	008
1.3 坦克装甲车辆电子综合系统的发展历程	008
1.3.1 分离式电子系统	008
1.3.2 联合式电子系统	009
1.3.3 综合式电子系统	011
1.3.4 分布综合式电子系统	013
第 2 章 坦克装甲车辆电子综合系统总体设计	015
2.1 概述	016
2.1.1 总体设计内容	017
2.1.2 设计方法	018
2.1.3 设计流程	022
2.2 需求分析与方案论证	024
2.2.1 电子综合系统需求想定	024



2.2.2	需求分析与功能分解	026
2.3	逻辑架构设计	037
2.3.1	功能域的特征与界定	037
2.3.2	坦克装甲车辆电子综合系统功能域划分	039
2.4	物理架构设计	042
2.4.1	概述	042
2.4.2	统一网络设计	046
2.4.3	坦克装甲车辆电子综合系统物理架构设计	051
2.5	方案及工程设计	055
2.5.1	COP	055
2.5.2	信息流与 ICD	057
第3章	任务综合技术	059
3.1	概述	060
3.2	任务规划系统	061
3.2.1	研究现状	061
3.2.2	车载任务规划系统发展趋势	063
3.2.3	关键技术分析	065
3.3	辅助决策技术	066
3.3.1	多传感器协同管控技术	066
3.3.2	目标威胁判断技术	074
3.3.3	火力分配技术	083
3.4	网络管理与控制系统	092
3.4.1	网络管理技术	092
3.4.2	网络控制技术	095
3.4.3	关键技术分析	098
第4章	显控综合技术	101
4.1	概述	102
4.1.1	概念内涵	103
4.1.2	典型坦克装甲车辆的乘员显控系统	105
4.1.3	乘员显控技术发展历程	107
4.1.4	技术发展趋势	109
4.2	乘员显控总体设计	115



4.2.1	设计理念与设计宗旨	115
4.2.2	主要设计内容	116
4.2.3	可用性设计规范	119
4.3	显控设备设计	125
4.3.1	显控资源规划与设计	125
4.3.2	乘员显控界面设计	128
4.3.3	乘员操控逻辑设计	132
4.4	乘员显控系统评价	133
4.4.1	概念	133
4.4.2	评价方法	136
第5章	传感综合技术	143
5.1	概述	144
5.2	多传感器协同感知技术	145
5.2.1	传感器信息管理技术	145
5.2.2	多传感器协同部署技术	146
5.2.3	传感器目标分配	146
5.3	光电综合	147
5.3.1	光电传感器技术	147
5.3.2	光电传感器综合技术	151
5.3.3	传感器综合技术的未来发展方向	156
5.4	射频综合	157
5.4.1	车载传感器装备	157
5.4.2	车载射频传感器发展趋势分析	166
5.4.3	车载射频传感器综合技术	171
第6章	处理综合技术	201
6.1	概述	202
6.1.1	综合体系结构	203
6.1.2	综合处理平台	204
6.2	车辆信息综合处理平台	205
6.2.1	总体方案	205
6.2.2	信息平台模块化设计	206
6.3	综合处理软件平台	207



6.3.1	综合处理软件架构	207
6.3.2	操作系统分区和虚拟化技术	209
6.3.3	构件化软件中间件技术	214
6.4	自主可控处理计算技术	220
6.4.1	国产操作系统	220
6.4.2	多核异构并行计算技术	221
第7章	车辆电子综合系统动态综合测试技术	223
7.1	概述	224
7.1.1	概念	224
7.1.2	综合测试验证一般工作内容	226
7.1.3	综合测试验证基本原理和方法	226
7.1.4	车辆电子综合系统综合测试验证技术体系	227
7.2	车辆电子综合系统综合测试验证工作内容	228
7.2.1	测试验证需求论证	228
7.2.2	车辆电子综合系统主要的综合测试验证需求	229
7.2.3	车辆电子综合系统综合测试与验证方案设计	233
7.2.4	车辆电子综合系统动态综合测试设施	235
7.2.5	车辆电子综合系统测试方法和用例设计	238
7.2.6	坦克装甲车辆测试性设计建议	240
7.3	故障诊断处理、故障预测与健康评估	241
7.3.1	故障诊断和健康管理总体设计	241
7.3.2	故障诊断与健康管理技术	243
	参考文献	247
	索引	248