

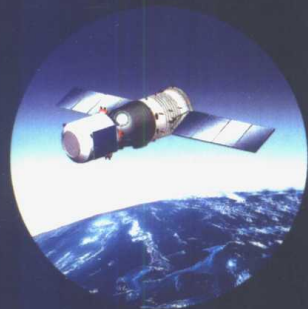
# 现代仪器仪表 技术与设计

MODERN INSTRUMENTATION  
TECHNOLOGY AND DESIGN

上 卷

主 编 王大珩

执行主编 丁先华



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

# 现代仪器仪表技术与设计

MODERN INSTRUMENTATION TECHNOLOGY AND DESIGN

上 卷

主 编 王大珩  
执行主编 丁先华

科 学 出 版 社

北 京

# 现代仪器仪表技术与设计

MODERN INSTRUMENTATION TECHNOLOGY AND DESIGN

下 卷

主 编 王大珩  
执行主编 丁先华

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书是关于现代仪器仪表创新设计和综合化设计的一部技术专著。全书分上、下两卷。上卷为现代仪器仪表设计技术基础,内容包括:总论,量子计量技术及基准,先进制造中的前沿技术,智能微系统技术,传感器技术,现代光学技术与光学系统设计,现代仪器仪表中的精密机械等;下卷为现代仪器仪表创新设计与综合化设计,内容包括:创新设计与现代设计科学,现代仪器仪表的综合化设计,现代航空仪表及系统,现代舰船仪表及系统,陆军兵器仪表及系统,信息传输与网络化仪器相关发展技术等。

本书可供以下人员参考:从事现代仪器仪表设计、研究、开发、制造、应用和维修的广大高中级科技人员;有关现代仪器仪表的设计院所、制造工厂、工业公司、研究发展中心、质量保证系统、专业维修站,进出口科学仪器的商检、质检和技术监督部门等的总体设计、总体分析人员及总设计师、总工程师、主任设计师;IT产业的CEO及CTO等人员;高等院校相关专业的教师、研究生和本科生。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代仪器仪表技术与设计 = MODERN INSTRUMENTATION TECHNOLOGY AND DESIGN/王大珩主编,丁先华执行主编. —北京:科学出版社,2002.10

ISBN 7-03-009990-7

I. 现… II. ①王… ②丁… III. ①仪器—技术 ②仪器—设计  
IV. TH702

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第079382号

责任编辑:张 析 顾英利 / 责任校对:柏连海

责任印制:安春生 / 美术设计:黄华斌

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

丽源印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2002年10月第一版 开本:890×1240 1/16

2002年10月第一次印刷 印张:199 1/4

印数:1—2 000 字数:4 635 000

定价:380.00元(上、下卷)

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

集信息智能于仪表  
现代化建设之急务

宋健

二〇〇二年五月

现代仪器仪表是  
科研与工业测试  
的工具。

洛角祥  
年禧五月

## 主导单位

中国科学院

中华人民共和国科学技术部

(原)中华人民共和国国防科学技术工业委员会

(原)中华人民共和国机械工业部

(原)中国航空工业总公司

---

## 主要支持与参与单位

中国空间技术研究院

中国舰船研究院

中国计量科学研究院

中国测试技术研究院

(原)中国航空工业总公司机载设备系统工程局

中国航空工业第六一八研究所

中国航空工业第六一五研究所

中国航空工业第六一三研究所

中国航空工业第六〇七研究所

中国航空工业第一七一厂

中国航空工业第一六一厂

中国船舶工业第七〇一研究所

中国船舶工业上海航海仪器总厂

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所  
中国科学院光电技术研究所

北京理工大学

清华大学

北京大学

上海交通大学

浙江大学

华中科技大学

武汉理工大学

南京航空航天大学

东南大学

同济大学中德学院

中国人民解放军国防科技大学

中国人民解放军海军工程大学

德国慕尼黑工业大学

德国埃森工业大学

德国德意志联邦国防大学

德国柏林工业大学

中国仪器仪表学会

中国高科技产业化研究会



## 编辑委员会

名誉顾问：路甬祥 朱丽兰 丁衡高 包叙定 刘高倬

顾问：沈 鸿 汪德昭 雷天觉 王 越 姜来根

主任委员：王大珩

副主任委员：杨嘉墀 陈芳允 丁先华

委 员：(按姓氏笔画排序)

丁先华 王大珩 王顺昌 冯培德 匡镜明

朱英富 杨嘉墀 张昆辉 张雄安 林云峰

周 寒 聂万福 阎成德 阎治孝 谢茗苞

秘 书：胡威捷

## 写作委员会

主 编：王大珩

执行主编：丁先华

编审顾问：杨嘉墀 杨叔子 翁史烈 金国藩 宁津生

潘镜芙 沈天惠 毛二可 林祥棣 姜文汉

张钟华 高 洁 陶宝祺 周立伟 张彦仲

冯培德 雪利弗(Schrüfer)(德国)

篇责任编辑：(按篇排序)

丁先华 张钟华 尤 政 林良明 陶宝祺

安连生 刘 旭 盛鸿亮 李庆祥 聂万福

王纪僚 孙隆和 陈 安 朱英富 彭兴泉

卢 凌

## 作者名单

(按篇章排序)

丁先华	王大珩	张钟华	王义遒	沈乃澂	高洁	薛凤仪
刘智敏	尤政	白春礼	李德孚	郑力	刘大成	段广洪
田凌	王先逵	赵晓波	林良明	宋一然	张寿柏	张明生
李朝东	程君实	陈洪亮	施红兵	王雪	陶宝祺	梁大开
丁辛芳	王其生	吴本寿	胡威捷	周立伟	廖延彪	安连生
刘旭	姜文汉	杨国光	哈流柱	李林	王涌天	顾培夫
卓永模	盛鸿亮	杨文运	王惠敏	罗振壁	高世桥	周勇
李庆祥	宋爱国	陈胜军	陈熙源	隋绍昆	白立芬	陈若玉
冯培德	王纪僚	陈安	林云峰	尹积寿	朱建设	郑重
孙隆和	姜世发	季节	朱贵岭	李鸿范	李孔贤	张年祥
李晋远	聂万福	杨治琰	顾世敏	顾伟青	朱英富	闵金才
阮爱莲	陈文冰	谢和持	孔祥础	乔川北	霍国正	张毓芬
施宗伟	刘杰生	王鼎奎	张瑞明	史麟观	何崇德	王之杰
赵跃平	张海昆	王荣成	彭兴泉	邓仁亮	谷素梅	卢凌
许稼						

## 编辑部

主任：宁汝新 丁先华（兼）

副主任：汪祖应 彭兴泉 安连生 胡威捷 范凤桐

联席秘书长：卢国琛 阎宇华 赵宇 孙瑞坤 刘英贵

袁信 严尧清 高德惠 范荫乔 陈本纲

## 前 言

世纪之交，世界各国普遍关注21世纪全球经济发展趋势和国家发展战略。科学技术已经成为国际竞争力新的决定性因素。在创新能力、技术能力已经取代资源要素成为国际竞争力的新的决定性因素的国际竞争背景下，21世纪中国高技术和高技术产业发展水平将决定着中华民族能否屹立于世界民族之林，发展高技术、实现产业化、增强我国的国际竞争力已经刻不容缓。

现代仪器仪表是高技术集成的产物，是发展高技术必需的及重要的技术手段和技术基础。现代仪器仪表从一个重要方面体现了国家高技术和高技术产业发展的水平。仪器仪表工业是信息工业，是信息的源头；仪器技术是信息的源头技术。仪器及检测技术已成为促进当代生产的主流环节。现代仪器仪表整体发展水平是国家综合国力和国际竞争力的重要标志之一。先进的科学仪器设备既是知识创新和技术创新的前提，也是创新研究的主体内容之一和创新成就的重要体现形式，应当把发展现代仪器仪表、科学仪器设备视为国家战略任务。

曾任我国国家科委主任和国防科委主任的聂荣臻元帅在回忆中国研制“两弹一星”的历程时说：“一家人过日子，少不得柴米油盐酱醋茶，这叫开门七件事，依我看，新型原材料、精密仪器仪表、大型设备，就是办国防工业和尖端科学的柴米油盐酱醋茶。”

本书提出了“现代仪器仪表”的概念及其具有的机电一体化、智能化、信息化、系统化、网络化和商品化的基本特征，并以现代仪器仪表技术与设计为内容展开全书的写作。

本书提出将创新设计、现代设计科学的理念和商品化设计的要求融合于现代仪器仪表的综合化设计之中。学科交叉可以加速学科发展。仪器仪表学科和工业的振兴、发展必须面对国际商品（技术）市场的挑战和竞争，这是实现知识经济规模化、产业化的必由之路。

本书用“综合化设计”的理念提升传统的“总体设计”概念，目的是强调、强化技术集成和集成技术的观念。现代仪器仪表及系统设计的发展必然趋向技术的综合化、集成化、一体化和系统工程化。

现代仪器仪表是信息系统的体现，包含信息的获取、转换、处理、传递、控制和应用的全过程，现代仪器仪表及系统的技术与设计又涉及广泛的高新技术领域和重要的基础学科。因此，本书将高新技术与基础学科的发展应用相结合，构成全书的总体框架和写作思路，按信息流程图展开全书的篇章设计。

在写作特点上，本书注重写作内容的原创性和创新意识，注重反映现代仪器仪表的前沿技术，注重将创新设计、综合化设计与商品化设计相融合。用“现代仪器仪表”的概念统一军用仪表和民用仪表两者的技术与设计，促进军民技术兼容和共同发展。

本书用现代设计科学与创新设计的理念和方法总结了我国在现代仪器仪表领域里的某些重大成果。这些成功的范例充实了本书的先导性、实用性和前瞻性，对指导现代仪器仪表设计、促进仪器仪表工业的发展有重要价值。

本书由丁先华教授创意、设计，会同中国科学院王大珩、沈鸿、杨嘉墀、汪德昭、雷天觉院士及徐志坚等仪表界专家于1995年11月倡议发起。由中国科学院资深院士、中国工程院资深院士、著名科学家王大珩教授担任主编。本书得到了中国科学院、科学技术部、原国防科学技术工业委员会、原中国航空工业总公司和原机械工业部等部委以及部分主要支持与参与单位的支持和赞助。来自全国有关科研院所、高等院校、高新技术产业的研究院所、工厂和工业公司的近200名专家学者参加了本书的撰写和编审工作。

由于本书涉及的专业面广，篇幅规模较大，有一定深度，又要突出创新和前沿，再加之编写过程中，全书的总体结构和内容又经过两次较大的调整、提炼和充实，时间匆促，书中疏漏、错误之处在所难免，望广大读者指正。

在本书出版之际，我们特向几年来关心、支持、帮助和指导我们工作的各部委各级领导、各行业的专家以及全体作者和编辑工作人员致以深深的敬意和感谢。

《现代仪器仪表技术与设计》编委会

2002年8月

## 主 导 单 位

中国科学院  
中华人民共和国科学技术部  
(原)中华人民共和国国防科学技术工业委员会  
(原)中华人民共和国机械工业部  
(原)中国航空工业总公司

## 主要支持与参与单位

中国空间技术研究院  
中国舰船研究院  
中国计量科学研究院  
中国测试技术研究院  
  
(原)中国航空工业总公司机载设备系统工程局  
中国航空工业第六一八研究所  
中国航空工业第六一五研究所  
中国航空工业第六一三研究所  
中国航空工业第六〇七研究所  
中国航空工业第一七一厂  
中国航空工业第一六一厂  
  
中国船舶工业第七〇一研究所  
中国船舶工业上海航海仪器总厂  
  
中国科学院长春光学精密机械与物理研究所  
中国科学院光电技术研究所  
  
北京理工大学  
清华大学  
北京大学  
上海交通大学  
浙江大学  
华中科技大学  
武汉理工大学  
南京航空航天大学  
东南大学  
同济大学中德学院  
  
中国人民解放军国防科技大学  
中国人民解放军海军工程大学  
  
德国慕尼黑工业大学  
德国埃森工业大学  
德国德意志联邦国防大学  
德国柏林工业大学  
  
中国仪器仪表学会  
中国高科技产业化研究会

责任编辑：张 析 顾英利

美术设计：黄华斌

责任校对：柏连海

责任印制：安春生

# 目 录

## 上 卷

### 总 论

一、发展高技术, 实现产业化, 迎接知识经济时代 .....	( 3 )
二、迎接 21 世纪挑战, 加速发展我国现代仪器仪表事业 .....	( 4 )
三、中国政府推进高技术发展的回顾与展望 .....	( 9 )
四、现代仪器仪表与知识创新工程 .....	( 12 )
参考文献 .....	( 13 )

### 第一篇 量子计量技术及基准

<b>第一章 绪论</b> .....	( 17 )
第一节 经典计量与实物基准 .....	( 17 )
第二节 量子物理学的一些基本概念 .....	( 18 )
第三节 量子计量基准 .....	( 19 )
参考文献 .....	( 21 )
<b>第二章 时间频率量子标准</b> .....	( 22 )
第一节 概论 .....	( 22 )
第二节 铯原子束频率标准 .....	( 26 )
第三节 铷气室原子频标 .....	( 45 )
第四节 氢喷射器频标 .....	( 53 )
第五节 新频标探索 .....	( 61 )
第六节 量子频标的应用 .....	( 65 )
参考文献 .....	( 69 )
<b>第三章 稳频激光器及其应用</b> .....	( 71 )
第一节 概论 .....	( 71 )
第二节 激光频率测量技术 .....	( 74 )
第三节 用稳频激光精密测量基本物理常数 .....	( 81 )
第四节 稳频激光作为长度基准及在干涉测量中的应用 .....	( 85 )
第五节 稳频激光及激光器件的发展趋势 .....	( 89 )
参考文献 .....	( 104 )
<b>第四章 约瑟夫森电压量子基准</b> .....	( 106 )

第一节	概论	(106)
第二节	电流零偏置技术与1伏特量子电压	(109)
第三节	量子电压阶梯的稳定性与约瑟夫森结系统的混沌态	(111)
第四节	测量系统的框图与误差分析	(114)
第五节	实际复现伏特量值的测量结果	(118)
	参考文献	(121)
<b>第五章</b>	<b>量子化霍尔电阻基准</b>	(122)
第一节	概论	(122)
第二节	量子化霍尔效应及器件	(124)
第三节	器件截面形状的影响	(131)
第四节	低温电流比较仪	(133)
第五节	交流量子化霍尔电阻标准	(136)
	参考文献	(138)
<b>第六章</b>	<b>单电子隧道效应及电流量子基准</b>	(139)
第一节	概论	(139)
第二节	测量技术	(143)
第三节	影响电流量子基准准确度的因素	(149)
第四节	精密测量精细结构常数与“量子计量三角形”	(150)
第五节	量子电流基准的现实性	(152)
	参考文献	(153)
<b>第七章</b>	<b>同步辐射标准光源</b>	(155)
第一节	光学辐射标准光源	(155)
第二节	同步辐射及装置	(162)
第三节	同步辐射标准光源	(165)
第四节	同步辐射标准的发展趋势	(175)
	参考文献	(176)
<b>第八章</b>	<b>现代仪器仪表的不确定度</b>	(177)
第一节	不确定度的概念	(177)
第二节	现代仪器仪表的不确定度来源	(179)
第三节	现代仪器仪表的两类不确定度	(183)
第四节	现代仪器仪表的合成标准不确定度与展伸不确定度	(189)
第五节	现代仪器仪表的不确定度报告	(193)
	参考文献	(197)
<b>第九章</b>	<b>现代计量单位制的发展</b>	(198)
第一节	国际单位制	(198)
第二节	量纲方程	(198)
第三节	抽象单位空间的概念	(200)
第四节	不同单位制的相互变换	(201)
第五节	基于基本物理常数的单位制	(201)



参考文献 .....	( 202 )
<b>第二篇 先进制造中的前沿技术</b>	
<b>第一章 微米/纳米技术</b> .....	( 205 )
第一节 概论 .....	( 205 )
第二节 微米/纳米技术概述 .....	( 205 )
第三节 微米/纳米加工技术 .....	( 209 )
第四节 微米/纳米测试分析技术 .....	( 214 )
第五节 扫描探针显微镜技术 .....	( 224 )
第六节 微型电子机械系统 .....	( 229 )
第七节 专用集成微型仪器与卫星 .....	( 233 )
第八节 微米/纳米技术的军事应用 .....	( 235 )
参考文献 .....	( 239 )
<b>第二章 虚拟制造技术</b> .....	( 240 )
第一节 概论 .....	( 240 )
第二节 虚拟现实 .....	( 247 )
第三节 虚拟产品开发 .....	( 265 )
第四节 虚拟加工 .....	( 282 )
第五节 虚拟企业 .....	( 294 )
参考文献 .....	( 327 )
<b>第三章 计算机集成制造系统技术</b> .....	( 329 )
第一节 CIMS 概念及其组成 .....	( 329 )
第二节 CIMS 应用工程规范 .....	( 336 )
第三节 CIMS 应用工程实例 .....	( 355 )
第四节 现代集成制造技术 .....	( 362 )
第五节 现代集成制造技术的典型模式和发展趋势 .....	( 372 )
参考文献 .....	( 377 )
<b>第四章 设计自动化技术</b> .....	( 379 )
第一节 概论 .....	( 379 )
第二节 产品的协同设计 .....	( 384 )
第三节 产品设计信息的交换与共享 .....	( 389 )
第四节 协同设计中的冲突管理 .....	( 394 )
第五节 协同设计中的网络应用技术 .....	( 403 )
参考文献 .....	( 410 )
<b>第五章 工艺设计自动化技术</b> .....	( 411 )
第一节 概论 .....	( 411 )
第二节 成组技术 .....	( 417 )
第三节 计算机辅助工艺过程设计 .....	( 428 )
第四节 计算机辅助制造 .....	( 442 )