



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

清华大学测控技术与仪器系列教材

Design of Modern Precision Instruments (Second Edition)

现代精密仪器设计 (第2版)

李玉和 郭阳宽 编著

Li Yuhe Guo Yangkuan

李庆祥 主审

Li Qingxiang

清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



北京高等教育精品教材
BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

清华大学测控技术与仪器系列教材

Design of Modern
Precision Instruments
(Second Edition)

现代精密仪器设计

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书为高等工科院校“精密仪器设计”课程教材,对与精密仪器设计有关的基本理论和方法做了较全面、系统的论述,汇集了现代精密仪器设计的有关资料和科研成果,反映了该学科领域的当代发展水平。

全书共分 10 章,包括现代精密仪器设计概论、精密仪器设计方法、仪器精度设计与分析、精密机械系统、传感检测技术、光学系统设计、微位移技术、机械伺服系统设计、精密测量技术、精密仪器设计实例与实验。

本书可作为测控技术与仪器、光学工程以及机电类专业大专院校教材,也可供从事仪器科学与技术及机电类研究、设计、制造、调修的工程技术人员学习和参考。

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

现代精密仪器设计/李玉和,郭阳宽编著. --2版. --北京:清华大学出版社,2010.1

(清华大学测控技术与仪器系列教材)

ISBN 978-7-302-21372-7

I. ①现… II. ①李… ②郭… III. ①仪器—设计—高等学校—教材 IV. ①TH702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 195545 号

责任编辑:张秋玲

责任校对:赵丽敏

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230

印 张:21.75

字 数:475 千字

版 次:2010 年 1 月第 2 版

印 次:2010 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:36.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:029596-01

第2版前言



仪器仪表工业是信息工业,是信息的源头,是认识世界的工具,是人们用来对物质(自然界)实体及其属性进行观察、监视、测定、验证、记录、传输、变换、显示、分析处理与控制的各种器具与系统的总称,其实质是研究信息的获取、处理和利用。仪器仪表发展至今已成为一门独立的学科,即仪器科学与技术,而现代精密仪器则是仪器科学与技术的一个重要组成部分。

当今科学仪器技术最引人注目的发展是在生物、医学、材料、航天、环保、国防等直接关系到人类生存和发展的诸多领域中,研究的尺度深入到介观(纳米)和微观;仪器的研制和生产趋向智能化、微型化、集成化、芯片化和系统工程化;利用现代微制造技术(光、机、电)、纳米技术、计算机技术、仿生学原理、新材料等高新技术发展新式的科学仪器已经成为主流,为精密仪器设计提出了新的研究课题。

随着科学技术的进步,特别是微电子技术、宇航工业、材料科学、生物工程等的发展,使精密仪器已进入亚微米、纳米级的新时代,为精密仪器提供了广泛的研究领域。为适应科技发展的需要,赶上世界科技进步的步伐,提高我国精密仪器的水平,本书从实际应用出发,参照全国精密仪器设计的教学大纲编写而成。书中总结了编著者长期的教学经验与科研成果,汇集了有关现代精密仪器设计理论和成果,着力反映了这一学科领域的当代发展水平,使读者充分了解和掌握精密仪器的学术动态和最新成就。同时力图做到概念清楚、深入浅出,对精密仪器设计有关的共同性理论和方法进行了系统、全面地阐述。每章有设计实例和习题,目的是便于学生自学并启发学生的创造性。

“精密仪器设计”是以设计为主的专业课程,其目的是使学生综合运用基础理论知识,掌握光、机、电、算相结合的现代仪器仪表设计理论和方法,以培养学生独立设计与研究现代精密仪器及微纳米系统的能力。

根据高等学校仪器科学与技术教学指导委员会测控技术与仪器专业本科教学规范的要求,以及本教材的实际使用情况和建议,第2版对第1版中的部分内容进行了修订:

(1) 按测控技术与仪器专业本科教学规范, 缩减“微型机电系统”一章, 其内容在其他教材另行详细、充分阐述;

(2) 增加光电传感技术的有关内容, 以更多地满足测控学科和专业教育教学要求;

(3) 瞄准与对准系统讲述测量基准, 定位与测量系统分析测量方法, 因此将二者整合为“精密测量技术”, 以便对测量有更全面、整体的理解;

(4) 增加“精密仪器设计实例与实验”一章, 利用典型实例阐述现代仪器设计方法, 加强仪器设计的实践环节;

(5) 调整“自动调焦系统”一章, 有关知识在第10章中以实例方式阐述说明。

具体内容如下:

第1章 现代精密仪器设计概论

阐述了仪器仪表学科的重要性和我国以及国际上这一学科当代的发展水平与发展趋势; 介绍了仪器仪表的组成、设计与原则。

第2章 精密仪器设计方法

总体设计是“战略”性的、方向性的、把握全局性的设计。由于总体设计是一个战略性的工作, 其优劣直接影响到精密仪器的性能和使用, 所以总体设计是创造性的工作, 特别是现代精密仪器, 是光、机、电、算技术的综合。在进行总体设计时, 设计者要有创新的理念, 要充分运用科学原理和设计理论。本章介绍了几种设计方法, 对总体设计原则、方法及总体方案制定内容通过实例进行了讨论。

第3章 仪器精度设计与分析

精度(不确定度)是精密仪器及精密机械设备的核心技术指标。随着科学技术的发展, 对于精密机械及精密仪器的精度提出了愈来愈高的要求。本章介绍了精度的概念、精度评价方法、误差的来源及计算与分析方法、误差的综合及动态精度, 为现代精密仪器的设计打下了基础。

第4章 精密机械系统

精密机械系统是实现精密仪器高精度的基础, 特别是当代科技发展已进入纳米时代, 对仪器功能和精度提出了更高要求, 因此对机械系统的设计与制造应给予高度重视。本章主要对精密机械系统中的关键部分设计(包括基座与支承件、导轨、轴系等)进行了阐述, 着重讨论了影响系统精度和性能的因素及提高精度的措施。

第5章 传感检测技术

光电传感为精密仪器的检测、分析提供数据来源, 直接影响仪器功能及性能。本章主要介绍了精密仪器中常用的传感系统检测方法、系统构成、传感器选择以及抗干扰技术等。希望通过本章的学习读者能够对传感检测相关技术有清晰的了解, 并掌握传感器选择方法以及抗干扰技术。

第6章 光学系统设计

光学系统在现代仪器尤其是光学仪器中起着越来越重要的作用。光学系统既是使仪器走向高精度测量不可或缺的部分,随着视觉技术的发展,光学系统也必然成为很多常规仪器的核心内容。本章在光学系统构成基础上,讲述了光学系统各构成部分的设计思路,重点讲述了光学照相、显微、望远及照明系统的设计方法。最后以傅里叶变换红外光谱仪为例说明了光学系统的总体设计方法。

第7章 微位移技术

微位移技术是实现精密仪器亚微米、纳米级精度的关键技术。本章阐述了微位移驱动方法及分类,介绍了各种微位移器件的原理、特点及其应用,分析了各种微位移系统的设计方法、优缺点、适用范围及达到的精度,特别是对柔性铰链微位移系统作了全面的论述,同时还介绍了目前世界上多种先进、实用的微位移机构,供设计者参考。

第8章 机械伺服系统设计

伺服系统是实现精密仪器智能化、自动化的基础。为了实现精密仪器系统高效率、高精度、稳定运动的要求,伺服控制系统必须具有很好的快速响应性,能灵敏地跟踪指令,以达到运动精度及稳定性的要求。本章介绍了伺服控制系统的分类、组成、设计要求及性能指标,阐述了精密机电传动系统静态参数设计与动态分析、开环与闭环伺服系统设计原理,并给出了应用实例。

第9章 精密测量技术

瞄准与对准系统是精密仪器及光学仪器中的重要组成部分。精密仪器的核心问题是精度问题,瞄准与对准是精密仪器的基准,因此瞄准与对准精度将直接影响仪器精度,特别是对高精度仪器影响更大。本章介绍了瞄准与对准系统的用途与性能,对目前通用接触式和非接触式瞄准方法进行了全面论述。另外,精密仪器精度高低,除精密机械部分运动精度外,很大程度上还取决于其定位系统,因此定位测量也是精密仪器中的一个重要组成部分,特别是对高精度仪器尤为重要。本章重点论述了目前大量应用的高精度光栅及激光干涉定位系统,并对该系统的设计和特点等问题进行了详细分析与讨论。

第10章 精密仪器设计实例与实验

本章以线宽测量自动调焦系统、基于光学立体显微镜的微装配系统为例,对精密仪器设计的过程、方法进行了说明;并利用精密仪器设计综合实验对仪器应用及技术进行了实践分析。

本书是在普通高等教育“十五”国家级规划教材、北京高等教育精品教材《现代精密仪器设计》(清华大学出版社,2004)的基础上,依据科学进步与教学经验进行改编的。其中,第1,2,7,9,10章由李玉和编写,第4,5,8章由郭阳宽编写,第6章由王东生编写,第3章由王鹏编写,全书由李玉和统稿,李庆祥教授主审。本书编写过程中得到李庆祥教授、王东生教

授、訾艳阳博士的大力支持和帮助,在此表示感谢!

本书可供高等工科院校测控技术与仪器、电子精密机械、机电一体化及光学仪器等专业师生使用,同时也可供从事精密仪器与机械及微纳米机电系统的研究、设计、制造、使用和调修的工程技术人员学习和参考。

由于编者水平有限,书中难免有不妥甚至错误之处,殷切希望读者提出宝贵意见。

编者

2009年10月于清华园

目录

1	现代精密仪器设计概论	1
1.1	现代精密仪器概述	1
1.1.1	仪器仪表是信息的源头	1
1.1.2	我国现代精密仪器发展的状况	3
1.1.3	国外仪器发展趋势	5
1.1.4	“精密仪器设计”课程的目的与要求	6
1.2	精密仪器的基本组成	7
1.3	精密仪器设计的指导思想与程序	9
1.3.1	指导思想	9
1.3.2	设计程序	11
	习题	12
2	精密仪器设计方法	13
2.1	设计方法概述	13
2.2	设计任务分析	15
2.3	系统参数与指标设计	17
2.3.1	主要参数与技术指标的内容	17
2.3.2	确定主要参数和技术指标的方法	18
2.4	总体方案的制定	25
2.4.1	基本设计原则	25
2.4.2	总体方案制定的内容	40
2.5	典型设计方法	47

2.5.1	优化设计	47
2.5.2	可靠性设计	49
2.5.3	虚拟仪器设计	51
习题	54
3	仪器精度设计与分析	57
3.1	仪器精度概述	57
3.1.1	误差	57
3.1.2	精度(不确定度)	59
3.1.3	仪器精度(不确定度)指标	60
3.2	仪器误差的来源与分类	65
3.2.1	原理误差	65
3.2.2	制造误差	66
3.2.3	运行误差	66
3.3	误差计算分析方法	70
3.3.1	误差独立作用原理	70
3.3.2	微分法	72
3.3.3	几何法	72
3.3.4	逐步投影法	73
3.3.5	作用线与瞬时臂法	73
3.4	误差综合与实例分析	77
3.4.1	随机误差的合成	77
3.4.2	系统误差的合成	78
3.4.3	不同性质误差的合成	79
3.4.4	误差分析计算实例	80
习题	82
4	精密机械系统	87
4.1	基座与支承件	87
4.1.1	基座与支承件的结构特点	87
4.1.2	对基座和支承件的主要技术要求	88
4.1.3	基座与支承件的设计要点	90
4.2	导轨副	92
4.2.1	种类及特点	92
4.2.2	基本要求	94

4.2.3	导轨设计思路	97
4.3	主轴系统	100
4.3.1	设计的基本要求	100
4.3.2	主轴的类型	102
4.3.3	结构举例	105
4.3.4	几种轴系的比较	106
	习题	106
5	传感检测技术	107
5.1	检测系统	107
5.1.1	测量方法简介	107
5.1.2	传感检测系统的构成	110
5.1.3	检测系统设计要点	111
5.2	传感器选择	113
5.2.1	模型与指标参数	114
5.2.2	传感器的分类	116
5.2.3	传感器选择原则	120
5.2.4	典型仪器传感器	121
5.2.5	多传感器信息融合技术	125
5.3	传感检测抗干扰技术	127
5.3.1	噪声源及噪声耦合方式	127
5.3.2	共模与差模干扰	132
5.3.3	屏蔽技术	135
5.3.4	接地技术	138
	习题	140
6	光学系统设计	141
6.1	光学系统的组成与特点	141
6.1.1	光学系统的组成	141
6.1.2	光学系统的特点	142
6.2	人眼和光电探测器	142
6.2.1	人眼的特征	143
6.2.2	光电探测器概述	144
6.3	光源	147

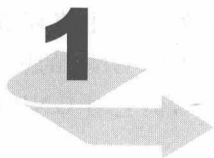
6.4	光学系统设计原则及典型光学系统的基本参数	149
6.4.1	光学系统总体设计原则	149
6.4.2	显微系统及其参数确定	150
6.4.3	投影系统及其参数确定	156
6.4.4	望远系统及其参数确定	160
6.4.5	照明系统及其参数确定	165
6.5	光电系统参数	170
6.5.1	入瞳直径的计算	170
6.5.2	探测器位于像面上的结构	171
6.5.3	光源像大于探测器的结构	173
6.5.4	探测器位于出瞳上的结构	174
6.6	总体设计举例	175
6.6.1	FTIR 光谱仪器的原理、特点及用途	175
6.6.2	技术指标	176
6.6.3	设计方案	177
6.6.4	FTIR 主要结构参数的确定	178
	习题	181

7 微位移技术

7.1	概述	184
7.2	柔性铰链	187
7.2.1	柔性铰链的类型	187
7.2.2	柔性铰链设计	188
7.2.3	典型柔性铰链及应用	189
7.3	精密致动技术	193
7.3.1	机电耦合致动	193
7.3.2	电磁致动	197
7.4	典型微位移系统	201
7.4.1	柔性支承+压电致动	201
7.4.2	滚动导轨+压电致动	203
7.4.3	弹簧导轨+机械致动	204
7.4.4	弹簧导轨+电磁致动	205
7.4.5	气浮导轨	206
7.4.6	滑动导轨+压电致动	207
7.4.7	其他微位移系统	208

7.5	精密微动系统设计实例	213
7.5.1	微动工作台设计要求	213
7.5.2	系统设计中的关键问题分析	214
7.5.3	精密微动工作台的设计	218
7.5.4	微动工作台的特性分析	221
	习题	224
8	机械伺服系统设计	226
8.1	概述	226
8.1.1	伺服系统的分类及闭环控制系统的构成和设计步骤	226
8.1.2	设计要求及性能指标	228
8.1.3	伺服系统的设计步骤	230
8.2	开环伺服系统设计	231
8.2.1	步进电机控制系统	231
8.2.2	开环系统的误差分析与校正	232
8.3	闭环伺服系统设计	236
8.3.1	闭环伺服系统的基本类型及原理	236
8.3.2	设计举例：脉宽调速系统的设计和校正	241
	习题	251
9	精密测量技术	254
9.1	精密测量技术概述	254
9.2	瞄准与对准技术	255
9.2.1	接触式瞄准方法	256
9.2.2	非接触式瞄准方法	267
9.2.3	典型光电对准系统	273
9.3	光栅测量技术	284
9.3.1	测量原理	285
9.3.2	光栅系统设计	289
9.3.3	典型光栅测量系统	293
9.4	激光干涉测量技术	296
9.4.1	测量原理	296
9.4.2	激光干涉测量系统设计	297
9.4.3	双频激光干涉测量系统	305
	习题	308

10	精密仪器设计实例与实验	310
10.1	线宽测量仪自动调焦系统	310
10.1.1	仪器设计任务	310
10.1.2	系统方案选择	311
10.1.3	清晰度判据函数选择	312
10.1.4	最佳物面搜索	315
10.1.5	自动调焦实验	317
10.2	基于光学立体显微镜的微装配系统	318
10.2.1	仪器设计任务	318
10.2.2	系统方案选择	319
10.2.3	微动工作台设计	322
10.2.4	系统测量实验	323
10.3	精密仪器设计综合实验	327
10.3.1	实验目的	327
10.3.2	实验原理	327
10.3.3	实验仪器	328
10.3.4	综合实验	328
	习题	334
	参考文献	335



现代精密仪器设计概论

1.1 现代精密仪器概述

1.1.1 仪器仪表是信息的源头

仪器是认识世界的工具,是信息的源头,是人们用来对物质(自然界)实体及其属性进行观察、监视、测定、验证、记录、传输、变换、显示、分析处理与控制的各种器具与系统的总称。仪器的功能在于用物理、化学或生物的方法,获取被检测对象运动或变化的信息,通过信息转换的处理,使其成为易于人们阅读和识别表达(信息显示、转换和运用)的量化形式,或进一步信号化、图像化,再通过显示系统,以利观测、入库存档,或直接进入自动化、智能运转控制系统。它的实质是研究信息的获取、处理和利用。仪器仪表发展至今已经成为一门独立的学科即仪器科学与技术,而现代精密仪器则是仪器科学与技术的一个重要组成部分。它研究的对象不仅是测量各种物理量所用的仪器仪表,而且已经发展成为具有多种功能的高科技系统设备。

认识世界往往是改造世界的先导,所以仪器与机器同等重要。在现代条件下,仪器往往还是生产的物质先导,历史上许多重要仪器的科研成果常常会带来生产力水平的飞跃。

1. 仪器及检测技术已成为促进当代生产的主流环节,仪器整体发展水平是国家综合国力的重要标志之一

在现代化的国民经济活动中,仪器有着比以前更为广泛的用途,几乎涉及人类所有活动的需求。在国民经济建设中仪器意义重大,在工业生产中起着把关和指导者的作用。它从生产现场获取各种参数,运用科学规律和系统工程,综合有效地利用各种先进技术,通过自控手段和装备,使每个生产环节得到优化,进而保证生产规范化,提高产品质量,降低成本,满足需求,保证安全生产。

目前,仪器及检测技术广泛应用于炼油、化工、冶金、电力、电子、轻工、纺织等行业。据悉,现代化宝山钢铁集团的技术装备投资,有 1/3 的经费用于购置仪器和自控系统。即使原

来认为可以土法生产的制酒工业,今天也需要通过精密仪器仪表严格控制温度流程才能创出名牌。

据美国国家标准技术研究院(NIST)的统计,美国为了质量认证和控制、自动化及流程分析,每天要完成 2.5 亿个检测,占国民生产总值(GNP)的 3.5%。要完成这些检测,需要大量的种类繁多的分析和检测仪器。仪器与测试技术已是当代促进生产的一个主流环节。美国商业部国家标准局(NBS)在 20 世纪 90 年代初评估仪器仪表工业对美国 GNP 的影响作用时提出的调查报告中称,仪器仪表工业总产值只占工业总产值的 4%,但它对 GNP 的影响达到 66%。

仪器仪表对国民经济有巨大的“倍增器”和拉动作用。应用仪器仪表是现代生产从粗放型经营转变为集约型经营必须采取的措施,是改造传统工业必备的手段,也是产品具备竞争能力、进入市场经济的必由之路。

仪器在产品质量评估及计量等有关国家法制实施中起着技术监督的“物质法官”的作用。在国防建设和国家可持续发展战略的诸多方面,都有至关重要的作用。现代仪器已逐渐走进千家万户,与人们的健康、日常生活、工作和娱乐活动休戚相关。

2. 先进的科学仪器设备是知识创新和技术创新的前提

科学仪器是从事科学研究的物质手段,科研之成败决定于实验方法及探测仪器。有些科研工作可以用现成的商品仪器来完成,这时对仪器的配置,可以认为是科研上技术条件的后勤工作;但是当需要靠仪器装备的创新开发来解决科研和生产中的关键问题时,探索研究实验方法和仪器设备的研制,就应该是科技发展工作,是科研工作的重要组成部分,也是当前所提倡的知识创新、技术创新研究的主体内容之一和创新成就的重要体现形式。科学技术欲转化为生产力,首先要靠科学仪器仪表去认识世界。

仪器的进展代表着科技的前沿,是科学发展的支柱。能不能创造高水平的新式科学仪器和设备,体现了一个民族、一个国家的创新能力。例如,电子显微镜、质谱技术、CT 断层扫描仪、X 射线物质结构分析仪、光学相衬显微镜、扫描隧道显微镜等的发明,说明科学技术重大成就的获得和科学研究新领域的开辟,往往是以检测仪器和技术方法上的突破为先导的。为此,有些科学仪器越来越复杂、功能越来越多、性能越来越先进、规模也越来越大。

3. 仪器是信息的源头技术

仪器又是国家高科技发展水平的标志。特别是在今天的信息时代,仪器具有多学科综合的特点,因此仪器科技在学科上也应具有适应时代发展的独立的学术地位。只有对仪器的地位和作用树立了正确的观念,才有利于仪器事业的发展。

今天,世界正在从工业化时代进入信息化时代,向知识经济时代迈进。这个时代的特征是以计算机为核心延伸人的大脑功能,起着扩展人脑力劳动的作用,使人类正在走出机械化的过程,进入以物质手段扩展人的感官神经系统及脑力智力的时代。这时,仪器的作用主要是获取信息,作为智能行动的依据。

仪器是一种信息的工具,起着不可或缺的信息源的作用。仪器是信息时代的信息获取-处理-利用的源头技术。如果没有仪器,就不能获取生产、科研、环境、社会等领域中全方位的信息,进入信息时代将是是不可能的。新技术革命的关键技术是信息技术。信息技术由测试技术、计算机技术、通信技术 3 部分组成,测试技术是关键和基础。

仪器不是单纯的精密仪器,也不是单纯的精密机械加光学,而是机、电、光、计算机、材料科学、物理、化学、生物学等先进技术高度综合的高技术。仪器又是国家高科技发展水平的标志。特别是在今天的信息时代,仪器具有多学科综合的特点。

1.1.2 我国现代精密仪器发展的状况

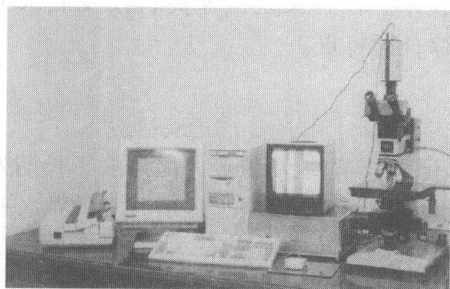
我国古代就已发明创造了仪器,如算盘、指南针、记里鼓车、地动仪等。但是由于长期处于封建统治之下,社会生产力始终停留在较低的水平上,因而仪器的发展远远落后于世界水平。

新中国成立前,我国长期遭受帝国主义的掠夺和反动派的残酷统治,根本谈不上有仪器工业。仅有的几家小型企业,技术落后、设备陈旧,只能生产一些教学仪器、电工测试仪表,以及温度计、压力表等产品。新中国成立后我国的仪器事业几乎是从零开始发展起来的。1955 年制定的 12 年科技远景规划中,发展仪器仪表事业是其中的第 54 项。为此,在国家科委设立了专家组,成立了仪表总局,建设了一批门类比较齐全的仪器仪表的生产和科研基地,为钢铁、煤炭、电力、石油、化工、轻纺、交通等国家经济建设各行业,为国防建设、“两弹一星”及科学研究做出过积极而有成效的贡献。仪器仪表事业也得到了相应的重视和发展。针对我国仪器工业的严峻形势,1995 年 20 位院士联名向国务院递交了《关于振兴仪器仪表工业的建议》,得到了国家和国务院多方面的重视和支持。国家计委、经委、科技部、科学院、自然科学基金委等部门为科学仪器的发展作出了一定的安排。科技部颁发了《关于“九五”期间科学仪器发展的若干意见》,并将科学仪器研究开发列为“九五”国家科技攻关计划。这些措施的实施对振兴我国的科学仪器事业正在产生积极的影响。近年来我国科学仪器研究工作有了很大发展,在生物、医学、材料、航天、环保、国防等直接关系到人类生存和发展的诸多领域中取得了可喜成果,部分科研已达到或接近世界先进水平。例如,中国科学院的原子力显微镜、清华大学的大型检测集装箱系统、微纳米检测仪器(见图 1-1、图 1-2)等,尺度已深入到介观(纳米)和微观领域。在国家基金委和“985”、“863”的支持下,在智能化、微型化、集成化、芯片化和系统工程化及微型元器件(见图 1-3、图 1-4)方面都取得了可喜的进步,但是尚未能形成批量生产。同时,还应该看到,现在我国科学仪器事业还处在十分被动的局面,与世界先进水平的差距还在不断扩大而不是逐年接近,大量高档



图 1-1 表面形貌测量系统

的仪器和重大设备主要依赖进口。1995年仪器仪表进口为机械工业的第一位。据有关部门对分析仪器的调查统计表明,目前国外分析仪器占据我国市场的份额仍然高达70%以上!全自动生化仪器、高档医疗仪器和科学仪器几乎全部是进口的。在工程建设配套中,过去还常使用国产仪器,而现在则以配套进口仪器作为现代化的象征。



测量分辨率: $0.01\ \mu\text{m}$
测量精度: $\pm 0.05\ \mu\text{m}$

图 1-2 线宽测量仪系统

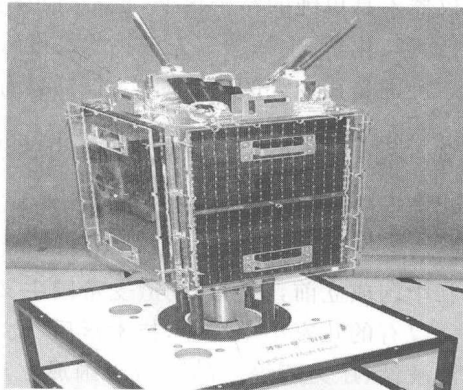
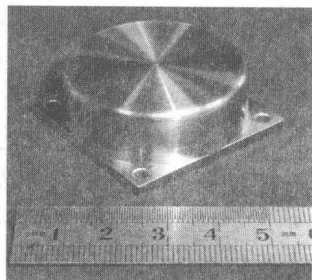
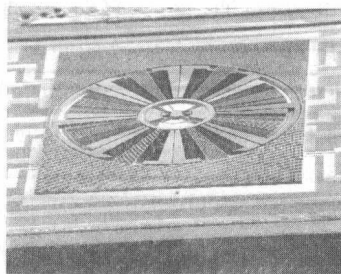


图 1-3 航天清华一号



(a)



(b)

图 1-4 微机械陀螺仪

2002年,王大珩、杨嘉墀和金国藩院士上书国家计委(现更名为国家发展和改革委员会),建议将“自动化仪表与控制系统”列为专项予以支持发展,以适应国际发展的潮流与我国的市场需求,尽快扭转我国自动化仪表与控制系统被动落后的局面。我国政府非常重视仪器仪表行业专家的意见和建议,并在制定相关规划中予以采纳。在《国家中长期科技发展规划纲要(2006—2020)》中,仪器仪表被列入重点领域的优先主题。

经过几十年的发展,我国仪器仪表行业基本构成了学科和产业体系,形成了一定规模。但产业规模仍然较小,相关企业也不大,最大企业的产值只有20多亿元人民币。从技术水平上看,与国外差距总体上还落后10多年,尤其是大型高端精密仪器。中国科学技术协会2007年3月发布的调查结果显示,社会上正在应用的90余种主体分析仪器中,我国只能生