

读一册书，决定人生前途
看寥寥字，构筑学业基础

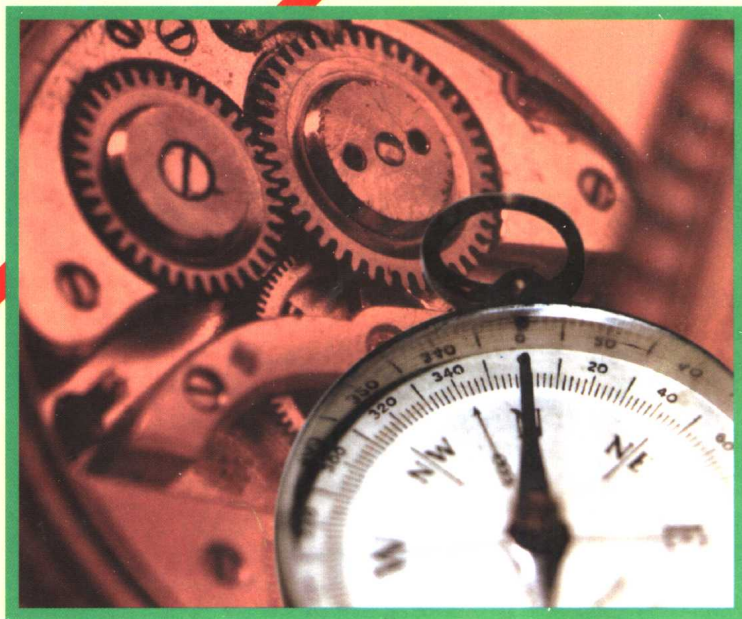


中国高等学校专业知识普及丛书

仪器仪表

王 平 主编

郝 群 施真芳 副主编



● 测控技术与仪器

新 时 代 出 版 社

中国高等学校专业知识普及丛书

仪 器 仪 表

王平 主编

郝群 施真芳 副主编

新 时 代 出 版 社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

仪器仪表/王平主编. —北京:新时代出版社,
2002.1

(中国高等学校专业知识普及丛书)

ISBN 7-5042-0660-1

I. 仪... II. 王... III. ①高等学校—仪器—专业
—简介—中国②高等学校—仪表—专业—简介—中国
IV. G649.28

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 086778 号

新 时 代 出 版 社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 7 $\frac{1}{4}$ 202 千字

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:12.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

编辑委员会

名誉主任 白以龙

主 任 俞 信 张又栋

副 主 任 韩 峰 庞思勤

编 委 (以姓氏笔划为序)

王 平 王 鹏 王中发 王武宏

白以龙 张又栋 吴祈宗 庞思勤

俞 信 赵承庆 龚元明 梅凤翔

韩 峰 彭华良 惠和兴 董润安

序 言

进入新世纪,随着江泽民主席“科教兴国”战略的落实,我国的高等教育正逐步由精英教育走向大众教育阶段。我们高兴地看到,有越来越多的青年进入高等学校学习。

青年是人生长河中一个最充满激情和梦想的时期。当科学家,翱翔于未知世界,用发明造福人类;当工程师,制造宇宙飞船,建设高速铁路,让劳动使世界变样;学政治、经济、法律、管理;造福国家、服务人民;做人民教师,从事最崇高的育人工作,哪一个青年人不对进大学,实现自己的理想和抱负充满了希望……

中国的高等教育所提供的是高层次的,在宽厚基础上的专门化教育。进入大学前,对大学的学科专业有一个较清晰的了解,这为青年学生选择未来主攻方向,规划自己的未来,无疑具有关键意义。

由新时代出版社倡议,以北京市部分重点高校的教授为主,联合编辑出版的《中国高等学校专业知识普及丛书》,其编辑宗旨即在以高中文化程度、科普读物的性质定位,知识性、趣味性并重,力求用深入浅出的语言,形象生动的比喻,科学而又简明的表述,陆续系统地出版介绍我国高等学校所有学科专业。该丛书的每册大致以一至两个学科专业门类为范围,简要叙述其形成历史和发展,重点介绍现状、应用情况,研究前沿和发展方向,从而使读者能了解该专业是什么、学什么、干什么,在四个现代化进程中的地位和作用,发展前景和就业前景。书中并对该学科专业门类的主要成果和名人轶事作了生动的描述,相信这也会引起读者的浓厚兴趣。

本书的对象主要是有志接受高等教育的广大读者,特别是应届高中生,希望该系列丛书能为他们选择



专业指路导航。自然,阅读此书,对于教育工作者、家长,以及任何对我们所处世界中浩如烟海的学科专业知识感兴趣的读者,也不无裨益。

应当说,编辑出版《中国高等学校专业知识普及丛书》无论对编者或出版社而言,都是一个全新的尝试。书中难免有不足之处,诚恳地希望广大读者提出宝贵意见。

北京理工大学副校长 俞信

目 录

一、测试技术的历史发展、现状	1
1. 古代测控技术与仪器的发展历史	1
2. 新中国测试技术与仪器仪表行业的发展	6
3. 测试技术在生产过程的应用	8
4. 测控技术在国防上的应用	13
5. 现代测控技术的发展趋势	14
二、“测控技术与仪器”类专业方向、专业地位和特点	19
1. “测控技术与仪器”类专业方向简介	19
2. 测控技术与仪器仪表在现代科学技术与生产实践中具 有的重要地位	20
三、核心知识和应用	25
四、国内外著名学者简介	28
1. 诺贝尔奖获得者	28
2. 国内测试技术与仪器仪表领域的部分著名专家学者	34
五、常用仪器和技术介绍	41
1. DVD 影碟机	41
2. 精密全球三维定位系统——GPS	46
3. 三坐标测量机	49
4. 大屏幕背投影电视机	55
5. 最昂贵的望远镜	60
6. 头盔显示器——飞行员的第三只眼睛	63
7. 见证飞行器事故的“黑匣子”	66
8. 制导炮弹的“眼睛”和“大脑”	68
9. 新型扫描探针显微镜	70

1) 扫描隧道显微镜(STM)	72
2) 原子力显微镜(AFM)	75
3) 激光力显微镜(LFM)	76
4) 磁力显微镜(MFM)	78
5) 静电力显微镜(EFM)	79
6) 弹道电子发射显微术(BEEM)	79
7) 扫描离子电导显微镜	79
8) 扫描热显微镜	81
9) 扫描隧道电位仪(STP)	81
10) 光子扫描隧道显微镜(PSTM)	81
11) 扫描近场光学显微镜(SNOM)	82
10. 扫描仪	83
11. 虚拟现实技术	89
12. 摄影仪器	101
1) 高智能化的照相机	101
2) 新世纪的摄影仪器——数码照相机	112
3) 航空摄影机	119
4) 高速摄影机	125
5) 多谱段遥感摄影系统	127
13. 虚拟仪器	132
六、应用于测控领域的新技术与传感器技术	137
1. 新型传感器	137
1) 力敏传感器	139
2) 声传感器	142
3) 气敏传感器	144
4) 湿敏传感器	147
5) 光敏传感器	148
6) 液晶传感器	151
2. 激光技术	154
3. CCD 图像传感器	176

4. 光导纤维技术	185
七、部分高等学校“测控技术与仪器”本科专业简介	194
北京理工大学“测控技术与仪器”专业介绍	194
西南交通大学“测控技术与仪器”专业简介	195
长春光学精密机械学院“测控技术及仪器”专业介绍	196
上海交通大学“测控技术及仪器”专业介绍	198
华中科技大学“测控技术与仪器”专业简介	200
南京邮电学院“测控技术与仪器”专业介绍	201
天津大学“测控技术与仪器”专业简介	202
北京航空航天大学“测控技术与仪器”专业介绍	205
南京理工大学“测控技术与仪器”专业简介	206
北京科技大学“测控技术与仪器”专业简介	207
武汉理工大学“测控技术及仪器”专业简介	209
东南大学“测控技术与仪器”专业介绍	210
中国矿业大学“测控技术与仪器”专业简介	214
湘潭大学“测控技术与仪器”专业介绍	216
南京航空航天大学“测控技术与仪器”专业介绍	218
大连铁道学院“测控技术与仪器”专业简介	221
吉林大学“测控技术与仪器”专业简介	222
中国计量学院“测控技术与仪器”专业简介	223
浙江大学“测控技术及仪器”专业简介	225
重庆大学“测控技术与仪器”专业简介	226
太原理工大学“测控技术与仪器”专业简介	229
西安交通大学“测控技术与仪器”专业简介	230
哈尔滨工程大学“测控技术与仪器”专业简介	232
附录 招收“测控技术与仪器”专业主要高校及招生情况	
(2001 年数据)	234
参考文献	239
后记	240

一、测试技术的历史发展、现状

在人类的科技发展史中,测试技术与检测仪器占据了重要篇章。无论是古代还是现代,测试技术和检测仪器的进步,都会带动社会生产力的发展,因此,检测技术与社会的发展和人类生活水平的提高有着密切的关系。本章简要介绍测试技术与仪器仪表的发展历史和现状。

1. 古代测控技术与仪器的发展历史

我国有悠久的历史,我们的祖先曾在认识自然、改造自然方面,为人类的发展做出了巨大的贡献,特别是在天体测量技术和测试仪器方面、地震检测技术与地震仪器、记时、大地勘测等技术都曾领先于世界各国。我国古代四大发明之一的指南针,对人类的航海活动做出了巨大的贡献。

我国古代发明的天体测量仪器主要有浑仪、圭表及漏壶,地震测量仪器有地动仪。

汉代又创制了浑象,浑象类似现代的天球仪。西汉太初历制定期间,落下闳改进了浑仪,用它重新测量了二十八星宿距度等数据。至迟到两汉之际,浑仪已经由一个固定的赤道环和绕极轴旋转并附有窥管的赤道环组成,两环面上都刻有周天度数,可以测定天体的入宿度和去极度。到东汉前期,民间天文学家傅安第一次给浑仪添加了一个黄道环,它和赤道环成 24° 夹角,利用黄道环可以测得日月行度。东汉天文学家张衡又给浑仪增加了地平环和子午环,使浑仪逐渐完善。

东晋末年永兴年间,在太史令晁崇和鲜卑族天文学家斛兰的主持下,铸成了一台铁制浑仪,底部设有十字水准,用来校正仪器



安装,提高了浑仪的安装精度,这是我国历史上水准仪的开端。

关于漏壶的制造,自从东汉张衡开始,已经有两级补偿式漏壶的创制。两级补偿式漏壶就是上下有两个漏壶,上一级漏壶的水漏滴到下一级漏壶,去补偿下一级漏壶滴出去的水,使下一级漏壶的水保持一定的高度,以保证下一级漏壶滴水的快慢基本保持不变。到了晋代,已经有了三级漏壶的改进,使时间的测量更加精确。

西汉宣帝时,耿寿昌首创了用来演示天象的仪器,叫浑象。用铜铸成,跟现今的天球仪相似。东汉的张衡发明了水运浑仪,他用一个大约直径5尺的空心铜球表示天体,上面画有列宿和互成 24° 交角的黄道赤道,球外有地平圈和子午圈,子午圈上支架一根天轴,天轴与地平圈成 24° 的交角,天球可以绕天轴转动。天球转动时,有一半露在地平圈之上,和四时的天空星象相符。有一半隐在地平圈之下。张衡还利用漏壶滴水的等时性,用漏水作动力,巧妙地通过齿轮系统的转动,驱使天球每日均匀地绕天轴旋转一周。这样浑象也就自动地、近似正确地把天象一日里的变化演示出来。这是后世充分发展的水运象仪的鼻祖。

三国时期东吴的葛衡创制了一台别致的浑象,叫浑天象。它是一个比较大的空心球,球面上布置星宿,各星都钻出孔隙,人能钻进空心球,看到空隙漏进的光,就像看到天上的星星一般。空心球可以绕轴旋转,这样就更加逼真地演示星辰的视运动,这是近代天文馆里天象仪的雏形。

南北朝时期,刘宋元嘉十三年(公元436年),太史令钱乐之又仿葛衡的浑象仪,并加以改进,使浑象仪自动跟天象的运动同步。

宋代燕肃发明了“莲花漏”,他在漏壶中第一次用上了“漫流系统”,漏壶保持恒定水位,克服了以经流量变化对漏壶记时准确性的影响。宋代张思训在979年采用水银作为浑天仪的动力。1088—1092年,苏颂和韩公廉等人发明的“水运仪象台”,既能演示和观察天象,又能自动记时报时,具有多种用途,在天文学史上具有重大意义。



苏颂在天文学上的最大贡献表现在他所领导研制的大型天文仪器上。北宋元祐元年(1086年)十一月,他奉皇上诏旨赴翰林院和太史局检查新旧浑仪,当即发现熙宁年间(1072年左右)沈括领导制造的浑仪已经“难于行使”,对其他手动浑仪也感到甚不遂意,极力主张重新制造一种自动运行的天文仪器。元祐二年(1087年)八月十六日皇上批准,以他为首组成“祥定制造水运浑仪所”,于元祐三年(1088年)五月完成小木样的制作,于当年十二月制成大木样,经认真校验,于第二年禀报朝廷,经批准后,动用大量铜材(2万市斤)正式制造此仪器。至元祐七年(1092年)六月十四日,水运仪象台大功告成,放置汴京(今河南省开封市)西南的“合台”。35年后的靖康二年(1127年),金兵攻破汴京城,水运仪象台惨遭破坏。

元代郭守敬(1231—1316年)是一位出色的天文仪器专家,他设计和制造了圭表、简仪、仰仪、七宝灯漏、星晷定时仪、水运浑象、日月食仪、玲珑仪等十多种天文仪器。郭守敬在宋代沈括研究的基础上创制的简仪在1276年获得成功。它的制造水平在世界上领先了300多年,直到1598年第谷(丹麦天文学家)发明的天文仪才能和它相比。现代天文台里大型望远镜的赤道装置、多种用途的经纬仪、航空导航的天文罗盘等仪器,从构造上说和简仪相当相似。郭守敬创造的仪器在1715年被西方来华的传教士纪里安当作废铜熔掉,这架十分珍贵的仪器竟遭此厄运。明代正统二年至七年(1437—1442年)有人复制了郭守敬的简仪,但这种仪器在1900年八国联军入侵北京时,被法国军队抢走,藏在法国大使馆,几年后才还给我国,现存放在南京紫金山天文台。

在地震测量方面,我国的地震测量技术与地震检测仪器都是世界领先的。

汉代科学家张衡创造了当时的地震仪——候风地震仪。据《后汉书·张衡传》记载:“地动仪以精铜制成,圆径八尺,合盖隆起,形似酒尊。”里面结构精巧,主要有立于中间的“都柱”(相当于一种倒立型的振摆)和它周围的“八道”(振摆周围的八组机械装置),外



面相应地设置八条口含小铜丸龙,每个龙头下各有一只张口向上的蟾蜍。一旦发生较强的地震,“都柱”因震波的冲击失去平衡,震波从哪一个方向来,“八道”中哪一个就被触动,使相应的龙口张开,小铜丸于是落入下面蟾蜍口里,观测的人便可以知道地震发生的时间和方位。

据记载,汉顺帝永和三年(公元138年)二月初三日,地动仪西侧一条龙口突然突出铜丸,当时京城(洛阳)的人丝毫没有感觉到地震。没过几天,陇西(今甘肃东南部)有人飞马来报,说那里二月初三日的确发生了地震。说明了张衡的地动仪的可靠和准确性。

我国古代的勘测技术也是世界领先的。

公元前5世纪至前3世纪(战国时期),我国已经有利用磁石制成最早的指南工具“司南”的记载。公元前350年(战国时期)左右,我国的甘德、石申和编制了世界上的第一个星表,即“甘石星表”。公元3—4世纪,魏晋时期刘徽著的“海岛算经”记述了有关计算海岛长度及高度的方法。4世纪后,秦姜岌发现大气的折射现象并给以正确解说。

宋代科学家沈括曾在1076—1087年绘制“天下洲县图”,还在1072—1074年间应用分层筑堰法,利用水平尺、罗盘进行地形测量,并制成了表示地形的立体模型,比欧洲最早的地形模型早了700年。沈括测量的从今天的河南洛阳到安徽寿县的几百公里长的运河地理高度,与当今技术测量结果只有几厘米的误差。

724年(唐代)由右史监南宫说负责自滑县经浚仪、扶沟到上蔡直接丈量了300km的子午线长,并利用太阳的阴影来定纬度,是我国第一次应用弧度测量的方法测定地球的大小,也是最早的子午线弧长的测量。

中世纪以来,西方国家在利用杂光学方面的研究成果,对天文学及天体测量方面做出了贡献。

第谷·布拉赫1546年出生在丹麦的一个贵族家庭,他自己动手制作一些天文测量仪器,并用这些天文仪器进行天文观测,取得了重大发现。丹麦国王非特烈二世对他非常器重,拨巨款修建天



文台,于 1580 年竣工,是世界上第一个设备完善的天文观测基地。

牛顿在光学领域进行了大量研究,更为重要的是他自己亲手制造光学零件与仪器,并进行了一些著名的光学实验。1665—1666 年欧洲发生了流行性鼠疫,剑桥大学停课,人员疏散,牛顿回到沃尔思索普农村。他利用闲居时间磨制了各种形状的光学透镜,并利用自己磨制的三棱镜进行了光谱实验,让太阳光从圆形小孔射到三棱镜的一个平面上,经棱镜折射,在对面墙上出现了红、橙、黄、绿、青、蓝、紫的彩色条纹,为今后科学家的光谱分析开辟了一条思路。通过光谱分析实验,寻找到了折射式望远镜产生成像误差的原因。原来太阳光是混合光,其中各种色光对透镜有各种不同的折射率,这是造成色差(出现彩色光圈)的原因。因此牛顿放弃研究折射式望远镜的计划,转向了设计反射式望远镜的工作。1668 年,牛顿制成了一台精巧的反射式望远镜,这台望远镜长度为 15.24cm(6 英寸),直径为 2.54 厘米(1 英寸),放大倍数为 40 倍。牛顿用这台望远镜对准木星,可以清楚地看到木星的 4 个卫星,也可以准确地观察到金星的盈亏现象,与长度几十 m 的折射式望远镜相比,牛顿制造的这台反射式望远镜显得特别精致。接着,1671 年牛顿制造了一台更为精良的反射式望远镜(长度 26.42cm(10.4 英寸),直径 5.08cm(2 英寸)),交送英国皇家学会,得到英国国王和一大批科学家的赞赏。这年,他仅 29 岁。牛顿制造的反射式望远镜在 1671 年是世界上最好的望远镜,至今仍珍藏在英国皇家学会,上面标注着“牛顿爵士亲造的世界第一台反射式望远镜”。

1608 年,荷兰的一位眼镜商人利伯西,偶然发现通过一些镜片的叠加,能够看到远处肉眼看不到的物体。1609 年意大利物理学家伽利略得知了这一消息,立即动手磨制了镜片,到 1610 年初,伽利略在工人的协助下,共制造了 100 多台望远镜,分送给欧洲各国王公和科学家,同时伽利略还着手设计用来放大近距离物像的显微镜。当他用自己制造的显微镜观察昆虫的眼睛时,发现了昆



虫具有复眼结构。意大利医生马尔比基也在 1660 年用显微镜研究了青蛙的毛细血管。

1675 年,荷兰生物学家列文·虎克用显微镜发现了十分微小的原生动物和红细胞,甚至用显微镜研究动物的受精作用。列文·虎克掌握了很高的磨制镜片的技艺,制成了当时世界上最精致的、可以放大 270 倍的显微镜。当时还出现了一位制造显微镜的高手,他就是著名科学家虎克。虎克巧妙地利用透镜的组合,制造了复式显微镜,开辟了显微镜研究方面的新的发展方向。

2. 新中国测试技术与仪器仪表行业的发展

新中国成立以来,我国的工业建设蓬勃发展,检测技术及仪器仪表制造技术得到了国家的充分重视。20 世纪 50 年代初期,在数十个高等学校设立了相关的专业,50 多年来培养了数十万名这方面的专业技术人员,在我国的各个行业从事生产、科学研究。在我国第一个五年计划首批建设的 256 个重点工业企业中,就有仪器仪表专业工厂。检测技术与仪器仪表制造技术在我国工农业、国防建设中发挥了不可取代的作用。

解放 50 多年来,我国钢产量从解放前的不到 100 万 t,达到了今天的上亿吨年产量。解放前,我国尚不能制造汽车。从 1956 年生产第一辆汽车开始,到目前每年可以生产近 200 万辆各种用途的汽车;航空、航天事业得到了长足的发展,从仿制苏联的飞机,到实现自己设计制造先进性能的各种飞机,我国的载人宇宙飞船不久就要升空,“两弹一星”的成功,我国的国防力量空前强大;我国的机械制造业、轻工业、铁路交通、化工、石油地质、信息等基础产业,建国 50 多年来都得到了飞跃的发展;新兴的家电产业除了达到满足国内市场的需求外,还出口到国外。

解放 50 多年来,我国在天体测量研究方面有着飞跃的发展。1950 年上海徐家汇天文台被中国科学院接管后,使大地测量部门在野外作业中采用我国发送的 BPV 信号;1957 年应军事测绘和大地测量的需要,建立了我国的时间基准;1958 年我国以上海天



文台为首建立了我国的时间服务网;1968 年开始了我国独立自主研制天体测量仪器的时代,先后研制成功了 I 型和 II 型光电等高仪(比法国和日本早 7 年)、摄影天体筒、1.56m 和 2.18m 天体测量望远镜;1980 年至今,建立了 VLBI、SLR、GPS 的观察网,在基线和台站位置的精确测量、板块运动和中国地区的地壳形变研究方面取得了成果;近几年来,我国在星表的观测、视察观测、天体测量参数在银河系结构研究、太阳系天体的观测等方面取得了长足的成就。上述一切都与天体测量仪器的研制和发展分不开的。

解放 50 多年来,我国的科学研究也取得了惊人的发展,这一切都少不了先进的测试技术、仪器仪表,并且测试技术、仪器仪表发展趋向是向着计算机化、高度智能化、数字化、信息化、高精度化、精密化、小型化等方向发展。现在的所有高科技技术都体现在现代检测技术和先进的检测仪器仪表中,是当今高科技含量最多的产业之一。

尽管改革开放以来,我国科学仪器事业得到了快速发展,但同外国相比,仍存在较大的差距,与国家经济建设、国防建设和科学发展不相适应,也与我国在国际上的地位不相符合。

目前,我国大批的科学仪器都要依靠进口,在一定程度上阻碍了我国科学仪器的发展。这是因为,在我们进口别人商品化仪器的时候,在仪器开发研制中的科学工作已经结果了。正如师昌绪院士所说:须知一个仪器从实验室阶段成为商品至少要 3 年~5 年,而在这期间大量有开拓性的工作都已发表,而买来的设备是强弩之末,难以作出开发性的工作……也就是说,用买来的科学仪器进行实验研究,只能永远跟在别人后面。

一些高档科学仪器,特别是涉及国防、科学重大进步及国家重点建设的科学仪器完全依靠国际市场运作是行不通的。因为买的仪器绝不是最先进的,最先进的仪器有时是花钱也买不到的。我们必须立足于自己开发研制。须知,一个国家科学仪器的研制开发水平是衡量一个国家国力的重要标志。



3. 测试技术在生产过程的应用

21 世纪是信息的世纪,信息是物体和现象属性的反映,信息通过一定的信号反映出来,人们要了解和研究物体和现象的属性,就要把信息和信号检验出来,然后对这些信号和信息进行各种处理与分析,从而定性和定量地认识客观世界,因此信息和信号的检测理论和技术就成为一门重要的学科。

测控技术与仪器在生产过程中的重要作用主要体现在:

(1) 提供设备在运转过程中或其他情况下的有关信息,以便监视生产过程,使之保持在最佳工作状态运行;或将生产过程的种种数据信号测出,经处理后,分析工作状况是否正常,判断出故障的性质,以便决定是否继续生产或进行维修。

(2) 作为控制生产的依据。将生产过程中的各种参数测出来,与要求的数据相比较进行反馈,自动调节后使生产过程在符合规定要求的参数下工作,即所谓用信息流来控制物质流和能量流。

(3) 对工艺和设备的分析。机械工程中,对一些待改进的工艺过程、工装设备需作系统的测试才能对原有的状态做出分析、评价,找出改进措施;在改进后,是否达到了预期的效果,仍需作系统的测试来进行分析和鉴定。这些测试结果也是今后进行改进新设备和工艺设计参数的依据。

(4) 作为线形系统及结构的动力分析。

在科学实验和生产实践中,很多物体和现象具有明确和稳定的数量特征,我们可以通过测量和计算,确定这些物理量的大小,并用数字表现出来,例如机械零件的尺寸、物体的质量、海水的温度、灯泡点亮时的光照度等都是比较稳定的,是不随时间或空间变化的量。又如人的血压、地震波的振幅、黑夜中雷电交加时的光照度是随着时间和空间变化的量,是随机变化的量和现象。再如马路上的噪声、未来的天气预报、江河水流量等是可以通以往数据的累积,用一定的统计或数学模型来表达它们的数字特征,为了获得这些量值的大小我们需要进行各种形式的测量和计算。

工业生产过程自动化是工业现代化的重要内容方向,在线检