



辽宁省“十二五”普通高等教育本科省级规划教材



全国普通高校测控技术与仪器专业规划教材

在线分析仪器

于洋 编著



清华大学出版社



辽宁省“十二五”普通高等教育本科省级规划教材



全国普通高校测控技术与仪器专业规划教材

在线分析仪器

于洋 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是辽宁省首批“十二五”规划教材《在线分析仪器》的修订版,是面向工程教育认证进程中编写的新一轮教材。书中以在线分析仪器的工程应用为主线,详细介绍了工业流程上常用的气体和液体在线分析仪器检测理论及其在工业上的应用。全书还包括在线分析系统中自动取样和试样预处理装置,以及基于物联网和云计算的在线分析系统的发展。

本书可作为普通高等院校测控技术与仪器、电子信息工程、化学工程、环境工程、过程自动化、应用化学等专业本科用书和研究生参考用书,也可作为分析仪器行业工程师参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

在线分析仪器/于洋编著. —北京:清华大学出版社,2015

全国普通高校测控技术与仪器专业规划教材

ISBN 978-7-302-39979-7

I. ①在… II. ①于… III. ①分析仪器—高等学校—教材 IV. ①TH83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 086350 号

责任编辑:梁 颖

封面设计:傅瑞学

责任校对:白 蕾

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18 字 数:437千字

版 次:2015年8月第1版 印 次:2015年8月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:35.00元

前言

« F O R E W O R D »

针对目前工程教育认证对学生工程实践能力培养的需求,根据全国高等院校测控技术与仪器专业规范的要求,为本科测控技术与仪器专业和相关专业编写了本书。

在线分析仪器是用在工业流程上在线测量物质成分信息的仪表,广泛应用于石油、化工、冶金、食品、造纸、纺织、环境监测、制药等各个领域,对产品质量的提高、节能降耗、提高生产率、环境保护具有非常重要的作用。书中内容涵盖了常用的液体分析仪表和气体分析仪表,包括电化学式、热学与磁学式、光学式、色谱与质谱仪、在线物性分析仪器的检测原理和应用。介绍了在线分析系统必备的自动取样和试样预处理装置,以及在线分析仪器系统最新技术的发展。本书适用于测控技术与仪器、电子信息工程、化学工程、环境工程、过程自动化、应用化学等专业。

本书特点:

(1) 本书突出在线分析仪器工程实践的应用,以工业流程上常用的在线分析仪器为主线,阐述了在线分析仪器的检测原理、性能及应用经验,并介绍了各种原理的最新在线分析仪器。

(2) 本书特别介绍了在线分析系统发展的最新技术,基于物联网和云计算功能的大气监测系统、水质监测系统等,代表了在线分析系统的集成和最新发展前沿。

全书授课学时建议 48 学时,具体安排如下:第 1 章 2 学时;第 2 章 8 学时;第 3 章 10 学时;第 4 章 4 学时;第 5 章 6 学时;第 6 章 6 学时;第 7 章 6 学时;第 8 章 6 学时。

全书共分 8 章,由于洋老师编著,河北工业大学张思祥老师参与编写了第 2.2 节、3.3 节和 7.4 节。另外,重庆科技学院王森老师对本书给予了很多宝贵的指导意见和素材,在此表示衷心感谢。

本书在编写过程中参考了许多优秀著作和文章,在此向收录于参考文献中的各位作者表示真诚的谢意。

由于编者水平有限,错误或不当之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编者

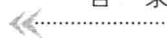
2015 年 6 月

目录



第 1 章 绪论	1
1.1 在线分析仪器的的发展	2
1.1.1 在线分析仪器的的发展概况.....	3
1.1.2 分析仪器市场现状分析.....	3
1.1.3 科学仪器行业“十一五”发展成就.....	5
1.1.4 仪器仪表行业“十二五”发展规划.....	6
1.1.5 分析仪器的的发展趋势.....	8
1.2 在线分析仪器的组成.....	10
1.3 在线分析仪器的分类.....	11
1.4 在线分析仪器的性能指标.....	12
1.5 合成氨生产流程在线分析仪器应用.....	15
思考题 1	17
第 2 章 自动取样和试样预处理系统	18
2.1 概述.....	19
2.1.1 自动取样和试样预处理系统任务	19
2.1.2 自动取样和试样预处理系统组成	21
2.1.3 自动取样和试样预处理系统分类	22
2.1.4 自动取样和试样预处理系统性能指标	22
2.2 组件.....	23
2.2.1 取样探头	23
2.2.2 常用的气体取样探头	27
2.2.3 样品输送管线	29
2.2.4 样品过滤器	32
2.2.5 样品冷却器	38
2.2.6 采样泵	42
2.2.7 天然气的取样和样品处理技术	45

2.3	试样的检测与控制调节	49
2.3.1	试样的流量测量与控制调节	49
2.3.2	试样的压力控制	52
2.3.3	试样的温度测量	54
2.4	高炉生产流程在线分析系统	57
2.4.1	高炉炼铁生产工艺	57
2.4.2	高炉煤气分析	60
2.4.3	高炉炼铁在线分析系统的作用	62
	思考题 2	62
第 3 章 电化学式在线分析仪器		63
3.1	概述	63
3.2	电化学式检测器	64
3.2.1	电极电位检测器	64
3.2.2	工业 pH 计	70
3.2.3	电导检测器	73
3.2.4	电导浓度计	77
3.2.5	浓差电动势检测器	79
3.2.6	氧化锆氧量计	81
3.2.7	电位滴定系统	85
3.3	污水化学耗氧量(COD)在线分析	87
3.3.1	COD 在线自动分析仪的基本构成	87
3.3.2	COD 在线自动分析仪的类型	88
3.3.3	COD 在线自动分析小结	93
3.4	电化学式在线分析仪器	94
3.4.1	工业在线 pH 计	94
3.4.2	工业电导率分析仪	95
3.4.3	氧化锆氧分析器	96
3.5	工业水质在线监测	98
3.5.1	工业水质在线监测方案	98
3.5.2	化学水在线分析仪	98
3.5.3	工艺反应液在线分析仪	99
3.5.4	工业污水在线分析仪	99
	思考题 3	104
第 4 章 热学与磁学式在线分析仪器		105
4.1	概述	105
4.2	热导检测器	106
4.2.1	气体热导率	106



4.2.2	热导检测原理	107
4.2.3	热导检测器	108
4.2.4	热导式分析仪器应用	112
4.3	热磁检测器	113
4.3.1	气体的磁化率	114
4.3.2	气体磁化率与温度的关系	115
4.3.3	磁场对磁介质的作用力	115
4.3.4	热磁检测器结构	116
4.3.5	热磁检测器应用	120
4.3.6	磁力检测器	120
4.3.7	顺磁式氧分析仪测量误差分析	124
4.4	热学式分析仪器	126
4.4.1	热导式分析仪器	126
4.4.2	磁压力式氧分析器	127
4.4.3	磁机械式氧分析器	128
4.4.4	热磁式氧分析器	128
4.5	转炉工艺流程在线分析	129
4.5.1	分析测量点	129
4.5.2	分析仪器	130
4.5.3	转炉炼钢分析仪器作用	132
	思考题 4	133
第 5 章 光学式在线分析仪器		134
5.1	概述	134
5.1.1	电磁波谱的波段划分	134
5.1.2	物质吸收光辐射的选择性	135
5.1.3	光的衰减定律:朗伯-比耳定律	136
5.2	吸收光谱检测系统的组成	137
5.2.1	光源	137
5.2.2	色散元件	137
5.2.3	试样池	140
5.2.4	光的探测元件	141
5.3	红外线气体分析器	147
5.3.1	特征吸收波长	147
5.3.2	红外线气体分析器分类	148
5.3.3	红外线气体分析器	149
5.3.4	非色散型红外线气体分析器组成	153
5.3.5	固定分光型红外分析器	158
5.3.6	常用数据处理方法	162

5.3.7	测量误差分析	163
5.3.8	目前存在的问题	167
5.3.9	红外气体分析器发展方向	168
5.4	可见光分光光度计	168
5.4.1	可见光分光光度计工作原理	168
5.4.2	可见光分光光度计的结构	169
5.4.3	可见光分光光度计的检测系统	169
5.4.4	可见光分光光度计性能指标	170
5.5	光学式在线分析仪器	171
5.5.1	红外分析仪器	171
5.5.2	分光光度计	172
5.6	垃圾焚烧烟气排放连续监测	173
	思考题 5	176
第 6 章	色谱和质谱检测系统	177
6.1	气相色谱检测系统	177
6.1.1	气相色谱分离器的结构	178
6.1.2	气相色谱分析	180
6.1.3	气相色谱的色谱图及常用术语	181
6.1.4	气相色谱的定性与定量分析	182
6.1.5	气相色谱分析用的检测器	184
6.1.6	气相色谱仪的组成	186
6.1.7	气相色谱仪器方面的最新进展	189
6.2	质谱检测系统	189
6.2.1	磁场对运动电荷的作用	190
6.2.2	质谱检测系统组成	191
6.2.3	质谱定量分析	197
6.2.4	在线质谱仪	198
6.2.5	常用质谱仪优缺点比较	200
6.3	色谱-质谱联用技术	201
6.3.1	气相色谱-质谱联用	202
6.3.2	液相色谱-质谱(LC-MS)联用	202
6.4	在线色谱仪与质谱仪	203
6.4.1	在线气相色谱仪	203
6.4.2	在线质谱仪	205
6.4.3	气相色谱-质谱联用仪	205
6.5	在线色谱仪在天然气能量计量中的应用	206
6.5.1	天然气计量	206
6.5.2	天然气计量系统	207

6.5.3	在线气相色谱仪	208
6.5.4	现场应用	209
思考题 6		210
第 7 章 在线物性分析仪器		211
7.1	快速失重式水分在线检测系统	212
7.1.1	水分测量	212
7.1.2	快速失重法	213
7.1.3	极限失重温度的确定	213
7.1.4	快速失重式水分检测系统	215
7.1.5	在线粉粒物料水分仪	216
7.2	微波水分测量系统	217
7.2.1	微波的特点	217
7.2.2	微波测湿的理论基础	218
7.2.3	微波测湿方法	219
7.2.4	微波测湿系统组成	221
7.2.5	微波在线水分检测系统	222
7.3	湿度测量	223
7.3.1	概述	223
7.3.2	湿度传感器分析	225
7.3.3	湿度计	228
7.3.4	天然气水露点在线监测方法	230
7.3.5	湿度测量发展	237
7.4	恶臭气体在线监测	240
7.4.1	恶臭污染评价方法	241
7.4.2	在线电子鼻	242
思考题 7		244
第 8 章 在线分析系统工程技术应用		245
8.1	在线分析系统工程技术	245
8.1.1	在线分析系统工程技术发展	245
8.1.2	在线分析系统工程技术的主要特点	246
8.1.3	在线分析系统工程涉及的主要技术	247
8.1.4	在线分析系统工程技术的系统构成	248
8.1.5	在线分析系统工程技术的展望	248
8.2	网络化在线分析仪器	250
8.2.1	网络化仪器概述	250
8.2.2	网络化仪器结构	251
8.2.3	基于 Internet 的网络化仪器	253



8.2.4	基于物联网的网络化仪器	255
8.2.5	企业全过程物联网监管综合解决方案	261
8.2.6	基于 Internet 网络化在线分析仪器应用	262
8.3	在线分析系统工程应用案例	267
8.3.1	VOCs 监测全面解决方案	267
8.3.2	大气复合污染(灰霾)监测解决方案	269
8.3.3	大气环境质量预警预报系统	270
8.3.4	水资源管理综合解决方案	270
8.3.5	“智慧环保”综合解决方案	272
	思考题 8	274
	参考文献	275

第1章

绪 论

科学仪器是人类感觉器官的延伸,是人类认识世界获取信息的重要工具,在当今人类向宏观宇宙和微观分子原子甚至“亚基本粒子”世界进军的过程中,科学仪器更是不可缺少的工具,它是许多重要而宝贵的信息的源头。

分析仪器是科学仪器的重要组成部分,它所测量或所获取的主要是物质的质和量的信息。它以一切可能的(化学的、物理的、生物医学的、数学的等)方法和技术,利用一切可以利用的物质属性,对一切需要加以表征、鉴别或测定的物质组分(包括无机和有机组分)及其形态、状态(以及能态)、结构、分布(时、空)等进行表征、鉴别和测定,以求得对样品所代表的问题有一个基本的了解。因此分析仪器是物理、化学、生物、光学、微电子、计算机、精密机械等学科领域各种高新技术的集成和结晶。

原创性科学仪器设备往往会开辟新的学科领域,带来崭新的研究成果。诺贝尔奖自1901年首次颁发以来,至2014年共108届,而诺贝尔物理奖仅因仪器设备而获奖就超过23届,利用先进仪器设备而获奖超过24届。这些研究成果最终使得新分析仪器诞生,部分获奖情况如下:

(1) 1922年诺贝尔化学奖。阿斯顿(Francis Willian Aston,英国),研究质谱法,发现整数规划。1925年,阿斯顿凭借自己发明的质谱仪,发现“质量亏损”现象。

(2) 1926年诺贝尔化学奖。斯维德伯格(Theodor Svedberg,瑞典),发明超离心机,用于分散体系的研究。

(3) 1952年诺贝尔化学奖。马丁(Arcger Martin,英国)、辛格(Richard Synge,英国),发明分配色谱法,成为色谱法中一大类别。

(4) 1953年诺贝尔物理学奖。泽尔尼克(Frits Zernike,荷兰),发明相衬显微镜。

(5) 1972年诺贝尔化学奖。穆尔(Stanford Moore,美国)、斯坦(William H. Stein,美国)、安芬林(Christian Borhmer Anfinsen,美国),研制发明了氨基酸自动分析仪,利用该仪器解决了有关氨基酸、多肽、蛋白质等复杂的生物化学问题。

(6) 1979年诺贝尔生理学或医学奖。科马克(Allan M. Cormack,美国)、豪斯菲尔德(Godfrey Newbold Hounsfield,英国),发明X射线断层扫描仪(CT扫描)。

(7) 1981年诺贝尔物理学奖。西格巴恩(Nicolaas Bloembergen,瑞典),开发高分辨率

测量仪器以及对光电子和轻元素的定量分析；肖洛(Arthur L. Schawlow, 美国), 发明高分辨率的激光光谱仪。

(8) 1986 年诺贝尔物理学奖。鲁斯卡(Ernst Ruska, 德国), 设计第一台透射电子显微镜；宾宁(Gerd Binnig, 德国)、罗雷尔(Heinrich Rohrer, 瑞士), 设计第一台扫描隧道电子显微镜。

(9) 1991 年诺贝尔化学奖。恩斯特(Richard R. Ernst, 瑞士), 发明了傅里叶变换核磁共振分光法和二维核磁共振技术, 使核磁共振技术成为化学的基本和必要的工具。

(10) 2002 年诺贝尔化学奖。芬恩(John Fenn, 美国)、田中耕一(日本), 发明了对生物大分子的质谱分析法。其中芬恩发明了电喷雾离子源(ESI), 田中耕一发明了基质辅助激光解析电离源(MALDI)。

而物质谱的诞生, 催生了蛋白质组学等生命科学研究的革命；2010 年 2 月, 离子阱质谱技术精确地测量了第 117 号元素锗的质量, 使获得长寿命的超重元素成为可能；科学仪器不断创新, 还促进了基因测序研究效率和质量显著提升……

钱学森院士曾深刻地指出：“新技术革命的关键技术是信息技术。信息技术由测量技术、计算机技术、通信技术三部分组成。测量技术是关键和基础。”分析仪器作为最重要的测量技术, 是信息技术的重要组成部分。分析仪器工业因此也是实实在在的高技术信息产业, 在 21 世纪里, 分析仪器必将迎来一个欣欣向荣的新局面。

在线分析仪器(on-line analytical instruments)是将分析仪器的检测器或整机置于生产流程线上, 并与被测对象直接或间接接触的实时分析模式, 是在生产流程上自动地测量物质的成分和性质的仪器仪表。它是分析仪器的一类, 也是在线检测仪表的一个分支, 是伴随着生产过程自动化而出现的。在线分析是实现生产系统动态控制的必要手段, 也是生产过程自动化的理想手段。

在线分析仪器在地质、冶金、石油、化工、制药及环保、航天、海洋等方面有着非常广泛的应用, 在工业生产流程中作为监控和分析的重要手段, 是许多工业部门不可缺少的分析工具。

1.1 在线分析仪器的的发展

在线分析仪器是伴随生产过程自动化而出现的。从国际上看, 大约从 20 世纪 30 年代起, 在线分析仪器就直接用于工业生产流程。20 世纪 30 年代, 德国和英国开始把分析仪器用于工业生产过程。美国和苏联大约在 20 世纪 40 年代开始发展分析仪器。日本则较晚, 在第二次世界大战后, 20 世纪 50 年代初期才开始发展分析仪器。目前分析仪器在世界上处于领先地位的是美国, 其次是日本, 再其次是欧洲的一些国家。

我国从 1958 年开始发展分析仪器, 当时在北京、上海、南京等地建立了几个分析仪器制造厂。目前我国已能生产各类分析仪器。

最早分析仪器应用于钢铁工业、化学工业和石油工业上。目前在线分析仪器已广泛应用于工业生产的各个部门。

1.1.1 在线分析仪器的的发展概况

在我国,回顾 20 世纪六七十年代,为配合中、小化肥工业的发展,许多在线分析仪器(如磁氧分析仪、热导式分析仪、电化学分析仪、红外分析仪等)得到了开发应用。20 世纪 80 年代,为配合石油化学工业、炼油工业的发展及环境治理、测量控制的需要,开发了工业在线气相色谱仪、紫外光分析仪、工业 pH 计、工业黏度计等。20 世纪 90 年代,随着国家改革开放,经济、技术的迅速发展,瞄准 20 世纪 80 年代末国际先进水平的仪器性能指标,对工业质谱计、高温高精度工业 pH 计、微量氧分析仪、微量水分测定仪、智能型工业色谱仪进行了研究开发。此外,还结合工业生产的需要,相继开发出应用范围较广的生产单元,如提高锅炉燃烧效率、减少环境污染的主体配套分析控制系统,水泥窑炉分析控制系统等。由此也创造了专用防爆分析小屋,类似不同形式的分析小屋已逐步移植到其他生产系统和生产单元。分析小屋是集在线分析仪表的组合、成套和安装应用于一体,并配备有供电、接线、通风、照明电路及分析仪表所需载气、标准气、驱动气、控制气等基本设施,用于对被测介质进行连续自动的现场测量、分析和控制。成套的分析小屋能满足在线分析系统所要求的特殊环境条件(如温度、湿度和防尘防爆),为在线分析仪表的现场安装、投运和维护提供极大方便。

但是,我国产品无论在技术性能和仪器功能、自动化水平,还是在品种数量上,都落后于技术先进国家;而仪器的智能化、模块化还需发展。有些仪器如近红外分析仪、工业质谱计和以微细加工技术为先导的新型化学传感器组成的分析仪器、毒气可燃气体分析仪等还不多见,不少老产品的技术更新进程比较缓慢。虽然技术指标同国外同类产品比较差距不算很大,但稳定性和可靠性不高。高质量的分析仪、专用监测仪器和自动监测系统多是国外引进的,因此国产仪器占的份额很小。

在线分析仪器是现代工业生产中不可缺少的一部分,并且起着“指导者”和“把关者”的作用。为保证质量和生产安全,各种工业生产,特别是连续自动化生产都离不开关键环节的质量监控,这是众所周知的事实。根据美国国家标准化技术研究所(national institute of standards and technology, NIST)的统计,美国在 20 世纪 90 年代初每年用于质量控制分析的费用已达 500 亿美元,每天要进行 2.5 亿次分析。严格的分析检测使美国大多数产品的质量都稳定在国际一流水平上,为美国在国际经济竞争中占据优势地位奠定了牢固的基础。美国商业部的评估报告也指出,占工业总产值 4% 的仪器工业,实际上影响着美国至少 66% 的国民生产总值。

1.1.2 分析仪器市场现状分析

1. 2010 年分析仪器行业状况

分析仪器应用领域广泛,覆盖了我国工业、农业、食品、医药卫生、交通、科研、环保、航空航天等各个方面,在国民经济建设各行各业的运行过程中承担着把关者和指导者的任务。2010 年,随着我国节能减排力度加大,以及第二产业固定资产投资持续增长和相关产业的升级,分析仪器展现出良好的市场潜力。特别是在环境监测和工业生产过程控制中发挥着更大的作用,应用越来越广泛,拥有很大的发展空间。

2010 年,我国分析仪器主要包括实验室分析仪器、环境监测仪器、工业过程分析仪器的

市场销售额达 170 亿元以上,同比增长 20%以上。其中实验室分析仪器的市场比较成熟稳定,增长幅度小于仪器仪表的平均水平。而环境监测仪器和工业过程分析仪器由于受到国家政策的影响以及节能减排政策要求,增长幅度比较大,下面主要介绍这两个方面的分析仪器的市场发展。

2. 2010 年环境监测仪器行业状况

据不完全统计,2010 年全国共有约 250 家生产废气、废水在线自动监测系统的企业(含集成商)。其中,有 130 家企业生产废气在线监测系统,120 家生产废水在线监测系统,这 230 家企业中有 20 余家属于独资或合资的企业。这些仪器生产厂商以民营企业为主,国有企业屈指可数,企业注册地点主要分布在经济发达和沿海地区。近年来,外资企业进入我国的数量仍在增加。

2010 年,我国环境监测仪器及系统实现产值约 110 亿元,较 2009 年 92.67 亿元增长 18.7%。环境保护作为我国的一项基本国策,加上节能环保产业被列为我国现阶段重点培养和发展的七大战略性新兴产业之一,“十二五”期间,我国环境监测仪器及系统行业预计将保持 15%~25%的增长速度。在环保监测仪器及系统中,除了一些便携式和实验室环境监测仪器外,重点发展在线自动的环境监测仪器,主要包括以下几类产品:

(1) 废气污染源监测系统

2010 年,我国废气污染源监测系统实现产值为 182 000 万元,同比增长 20%以上。“十二五”期间,在钢铁行业脱硫、火电行业脱硝、垃圾焚烧尾气监测以及已有废气污染源监测系统更新换代等因素的驱动下,我国废气污染源监测系统的市场将继续保持持续增长趋势,年增长率应在 15%~25%之间,“十二五”期间废气污染源监测系统预计每年市场容量应在 25 亿元以上。

(2) 环境空气质量监测系统

根据环境保护部《“十二五”国家环境空气质量监测网络点位调整实施方案》,截至 2009 年底,在 113 个环保重点城市中,经国家批复认定并纳入国家环境空气质量监测网的点位有 661 个,地级以上城市(不包括 113 个环保重点城市)现有环境空气监测点位 691 个,国家大气背景监测网监测点位 14 个,国家农村监测网监测点位 31 个,国家酸沉降监测站网监测点位 440 个,沙尘天气影响环境空气质量监测站网监测点位 82 个,城市温室气体试验监测网监测点位 31 个。

“十二五”期间,在地级市新增点位、县级新增点位、农村大气监测、温室气体监测以及在空气质量监测系统更新换代等因素的驱动下,预计全国每年需新增 700 套,以每套空气质量监测系统平均 60 万~70 万元计算,空气质量监测系统每年市场容量约有 4 亿元以上。

(3) 废水污染源监测系统

据国家环境保护部《2010 年国家重点监控企业名单》,我国废水国家重点监控企业有 4547 家,城镇生活污水处理厂 1814 家。2010 年,我国废水污染源监测系统产值为 81 900 万元,同比增长 20%以上。

“十二五”期间,我国持续加大环境监管部门对废水污染源监测力度,增加如水中油、重金属和氰化物等监测因子,进一步增加了对废水污染源监测系统的需求量,废水污染源监测系统的每年需求量将达到 10 亿元以上。

3. 工业在线分析仪器行业状况及发展

“十一五”期间,在我国工业企业结构调整、产业升级及节能减排达标等因素影响下,我国工业在线分析仪器市场规模不断扩大,从2006年19.2亿元,到2007年22亿元、2008年26.8亿元、2009年30.1亿元,到2010年达到35.3亿元。

作为提高工业技术水平的重要工具,我国工业在线分析仪器市场规模近年来在持续增长。但与工业发达国家相比,工业在线分析仪器行业在我国的应用水平仍较低。随着我国国民经济和第二产业的迅速发展,特别是水泥、冶金、石油化工等行业产业升级和固定资产投资持续增长,必然带来我国的工业在线分析仪器的大发展和广阔的市场前景。“十二五”期间,工业在线分析仪器仍将保持15%增长率,市场总规模预计可达300亿元以上。

4. 分析仪器厂家

美国分析仪器厂家最多,占全球的51.8%,其次是德国(10.62%)、瑞士(9.12%)、芬兰(8.13%),中国仅占4.4%。国际上代表性的企业有安捷伦(Agilent,气相色谱仪、液相色谱仪、单级气质联用仪、单级液质联用仪均是全球最大供应商)、赛默飞世尔科技(Thermo Fisher Scientific)、沃特世(Waters)、岛津(Shimadzu)、哈希(Hach)公司等,占领着国内的高端过程分析仪器和环境监测市场。

国际分析仪器最大的市场是美国市场,其次是欧洲和日本市场。按企业市场占有率统计,Thermo Fisher Scientific为42.2%,安捷伦是20.6%,岛津占10.2%,Waters占6.6%。近几年国际大品牌之间的横向收购兼并频频发生,进一步提升了这些跨国巨头的市场份额,增强了这些国际巨头的竞争优势。最著名的案例就是安捷伦收购了瓦里安支(Varian)。

国内主要从事环保分析仪器和在线分析仪器的公司包括杭州聚光科技公司、北京雪迪龙公司、北京天融公司、河北先河公司、牡丹联友公司、航天益来公司、兰州实华公司、北京凯隆公司、重庆川分公司、北分麦哈克公司、南京分析仪器厂有限公司等,主要占有国内的中低端过程分析仪器和环境监测市场。但也有部分公司开始加大研发力度,提高技术实力,目标紧盯高端分析仪器市场。

1.1.3 科学仪器行业“十一五”发展成就

无论是航天、航空、船舶、电子领域,还是通信、交通、家电等领域,要想知道一种零件、部件或者整机性能的稳定性以及设计、结构的合理性,必须进行力学等模拟试验。作为国防、科研、生产等领域的重要装备,长期以来西方国家一直在振动试验仪器上对我国进行技术封锁。从2004年研制出10t电动振动试验系统以后,苏州苏试试验仪器有限公司和苏州东菱振动试验仪器有限公司两家企业先后研制出了16t~40t大推力电动振动试验系统,成为世界上16t以上大推力电动振动试验系统仅有的5个国家之一。自主研制的16t电动振动试验系统因参与神舟五号载人飞船可靠性试验而受到表彰,获得国防科学技术进步奖二等奖。

北京北分瑞利分析仪器集团有限公司在拥有色谱、光谱生产制造技术的基础上,立足于我国元素形态分析的实际需要,完成了“十一五”国家科技支撑计划“食品安全关键技术”之一“液相色谱-原子荧光联用技术的研发”,在已研制开发并具有国际水平的原子荧光光谱仪和通过对元素形态及总量的检测基础上,根据我国国情(水环境)的需要,开发的液相/荧光联用仪,填补了国外产品不能适应国内市场需要的空白。中国疾病预防控制中心营养与食品安全所,已利用液相色谱-原子荧光光谱仪发展了我国食品污染物限量标准急需的汞、砷形态

分析方法,解决了限量标准与检验技术不配套的技术瓶颈。

由上海精密科学仪器有限公司承担、复旦大学和华东理工大学参加完成的全盘自动化气相色谱仪采用了系统性模块化设计,研制了6种不同功能的检测器,开发了高精度多通道温度控制系统,实现了高精度的电子气体压力流量控制,形成了全盘自动化色谱工作站,具有数据采集、色谱仪自动控制功能,项目开发的实验室信息管理系统(LIMS)可实现样品管理、仪器管理及实验室信息管理等,综合技术在国内处于领先,并达到国际先进水平。

上海舜宇恒平科学仪器有限公司自主创新开发的全自动在线过程气体质谱分析仪是我国首款产业化的宽压力范围取样过程气体质谱分析仪,标志着我国在线质谱仪的开发和生产制造方面迈出了一大步。该产品主要针对生物制药、石油化工、钢铁冶炼、真空/冷媒检漏等多个生产过程提供实时分析数据,以优化生产工艺,提高生产效率;同时,可以对环境监测中的水污染、空气污染等进行动态、快速分析。

北京东西电子公司、北京普析通用仪器有限责任公司等单位,坚持走原始创新、集成创新和引进—消化吸收—再创新相结合的道路,通过建立开放式研发平台,引进国际先进技术,集成创新,成功攻克四极杆制造、射频电源等技术瓶颈,推出了四极杆气相色谱/质谱联用仪。并设计、加工等高难水平关键部件,保证了仪器整体先进水平;分子泵和电子倍增器等关键部件采用国际一流产品,并通过反复兼容性设计,确保了整机高性能、高指标,使产品各项指标均达到或接近国际一流水平,大大缩短了与国外产品的差距。

1.1.4 仪器仪表行业“十二五”发展规划

“十二五”期间,我国仪器仪表行业将主要围绕国家重大工程、战略性新兴产业和民生领域的需求,加快发展先进自动控制系统、大型精密测试设备、新型仪器仪表及传感器三大重点。

据了解,从2006年开始的5年是我国仪器仪表行业自建国以来发展最快的5年。目前,我国已经成为国际仪器仪表行业规模最大的国家之一,也是发展中国家仪器仪表行业规模最大、产品品种最齐全的国家。但“仪器仪表行业十二五发展规划”同时指出,我国仪器仪表行业还存在国产产品稳定性和可靠性与国外产品有明显差距、自主创新能力不足、集中度低、企业结构不合理等问题。

目前,物联网、智能电网等新技术快速发展,食品、药品安全等领域的需求也受到高度关注,国家对能源综合利用、环境保护提出了更严格的要求,经济发展环境正在发生变化,这些都为仪器仪表行业提供了广阔的市场和新的发展机会。同时,由于国家经济发展宏观政策的调整 and 市场需求结构发生变化,企业必须尽快进行产品结构调整。国内企业在功能安全技术、安全仪表系统、无线传感器网络、无线仪表、物联网等新技术和新产品领域也才刚刚起步,技术水平与国外差距明显,行业面临着新的挑战。

根据十二五规划,“十二五”期间,仪器仪表行业的发展战略为“强化创新、狠抓基础,市场导向、拓宽领域,体制创新、优化结构,持续推进、振兴产业”。全行业将以中高端产品市场为目标,大力加强设计、制造和质量检验能力,使国产产品稳定性和可靠性得到大幅度提高;瞄准国家重大工程和战略性新兴产业,把行业的服务领域从面向传统领域拓展为面向多个新兴领域;大力推进企业结构调整,着力打造若干“过百亿”龙头企业和形成一批具有国际竞争力的骨干企业;加强对已取得成果的持续推进和长期投入,保持核心技术的不断积累,

形成行业可持续发展的机制。

据悉,“十二五”期间,全行业将力争使出口额超过 300 亿美元,出口增幅大于进口增幅。同时,基本完成石化、火电、核电、风电、轨道交通等领域典型装备控制系统的自主化,并基本满足以环境保护、食品药品安全、紧急事件公共安全处理为代表的重点领域的需要。

在行业关键技术方面,将重点解决新型传感器技术、工业无线通信网络技术、功能安全技术及安全仪表、精密加工技术和特殊工艺技术、分析仪器功能部件及应用技术、智能化技术、系统集成和应用技术。

对于科学仪器设备,着力新原理、新方法开发,研发信息、生物医药、新材料、新能源、资源环境等重点科学仪器设备核心技术和关键部件,发展量大面广的科学仪器设备,推动光谱、色谱、质谱等通用仪器的小型化、便携化和专用化。强化现有仪器设备的综合利用。强力推动国产科学仪器应用和示范,实现国产优质科学仪器设备的广泛应用,带动相关产业和服务业的发展。对分析仪器的关键部件,如检测器、四极杆、高压泵、阀门、磁体、专用光源和电源、全自动进样器、长寿命高灵敏电极、中阶梯光栅、高精度电子引伸计等关键零部件进行攻关,提高仪器整机的稳定性和可靠性。同时开发针对不同应用领域的谱图和数据库。仪器仪表从 2010 年 5200 亿元左右,一直到 2013 年 8256 亿元的产值,主营收入的增长率超过 15%。整个行业每年 1000 亿左右的增幅,行业本身产销的增幅大于进口的增幅;中资企业的增幅大于三资企业的增幅;出口增幅大于进口增幅;新产品和中高档产品的增幅大于一般产品增幅;服务业务增幅大于制造业务增幅。

2014 年 1~5 月,全国规模以上仪器仪表制造业企业实现主营业务收入 2979.8 亿元,同比增长 12.4%,高于所有工业企业的平均增长率 8.1%。实现利润总额 215.4 亿元,同比增长 12.7%,其中实现主营活动利润总额 202.6 亿元,同比增长 15.3%,如表 1-1 所示。

表 1-1 2014 年 1~5 月规模以上仪器仪表制造业企业主要财务指标(分行业)

分 组	主营业务收入		利润总额		主营活动利润	
	本月止累计 (亿元)	同比增长 (%)	本月止累计 (亿元)	同比增长 (%)	本月止累计 (亿元)	同比增长 (%)
总计	416 298.6	8.1	22 764.4	9.8	21 388.1	9.1
煤炭开采和洗选业	12 183.3	-6.6	512.6	-43.9	488.1	-46.4
石油和天然气开采业	4785.0	1.1	1624.7	-5.0	1632.3	-5.2
黑色金属矿采选业	3524.2	2.7	283.6	-3.8	273.2	-8.1
有色金属矿采选业	2296.4	2.1	209.0	-17.2	210.0	-16.1
非金属矿采选业	1879.5	9.1	127.8	5.7	129.3	4.0
农副食品加工业	23 527.5	8.8	970.2	4.3	974.5	5.8
食品制造业	7599.3	11.5	593.4	10.2	574.8	9.4
酒、饮料和精制茶制造业	6297.5	8.4	597.0	-2.7	589.5	-3.3
烟草制品业	4013.5	6.3	608.7	0.2	616.7	0.0
纺织业	14 281.3	8.8	678.3	10.7	668.9	10.5
纺织服装、服饰业	7568.2	9.9	406.7	12.0	398.2	13.2
皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	5084.7	10.0	314.1	17.7	309.7	16.4