

• 科技生产力应用决策读物 •

(干部选读)

地质技术装备丛书

主编：李双新 副主编：赵光德

温家宝



第五卷

实验分析仪器 (上)



地质出版社

登录号	091214
分类号	P5-33
种次号	001

科技生产力应用

地质技术装备丛书

(干部选读)

Sy08/11

第五卷

实验分析仪器(上)

主 编
副主编

李 新 木 学
林 祥 麟 袁 学 诚 赵 光 德
(北京)



地质出版社

· 北 京 ·



200380667



(京)新登字 085 号

图书在版编目 (CIP) 数据

实验分析仪器 (上) / 李双新主编. - 北京: 地质出版社, 1995. 6

(地质技术装备丛书 第五卷)

ISBN 7-116-01844-1

I. 实… II. 李… III. ①分析仪器-实验-设备②地质-分析仪器-实验-设备 IV.

①TH83②P5-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 01308 号

地质出版社出版发行

(100013 北京和平里七区十楼)

责任编辑: 王永奉

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 850×1168¹/₃₂ 印张: 5.75 字数: 145000

1995 年 6 月北京第一版·1995 年 6 月北京第一次印刷

印数: 1—3600 册 定价: 43.00 元 (1~6 卷)

ISBN 7-116-01844-1

P·1454

编委会名单

顾问	夏国治	陈洲其	许宝文		
主编	李双新				
副主编	杜祥麟	袁学诚	赵光德		
编委	(按姓氏笔划为序)				
	于荫平	王 达	王治海	刘祖浩	杜祥麟
	吴天彪	李家熙	李双新	孟宪琛	郎世荣
	袁学诚	曾家松	温洪进	郭剑雄	赵光德

撰稿人名单

(按姓氏笔划为序)

丁悌平	于荫平	于铭强	王庆海	王 钢
朱玉伦	刘祖浩	刘永东	刘敦一	刘腾耀
刘绍伶	刘贵元	余日初	张锦茂	张 勤
杜祥麟	吴连生	吴天彪	陈克樵	应志春
李正泉	李家熙	李维华	李家俊	罗延钟
林润南	杨啸涛	杨光荣	杨孝球	相重琨
柳志斌	赵亨达	翁 校	姜洪涛	顾钧兆
梁国立	袁玄晖	姚修仁	郭剑雄	郭立鹤
廖锦初	熊 焰	瞿兴昌		

地质技术装备丛书

第一卷 钻掘机械设备(上)

- | | | |
|-----|---------|--------|
| 第一篇 | 地质机械发展史 | 杜祥麟 |
| 第二篇 | 岩心钻机 | 郭剑雄 |
| 第三篇 | 水井钻机 | 于荫平 |
| 第四篇 | 坑道钻机 | 杨光荣、翁校 |
| 第五篇 | 泥浆泵及其它 | 廖锦初 |

第二卷 钻掘机械设备(下)

- | | | |
|------|------------|---------|
| 第六篇 | 基础施工工程钻机 | 相重琨 |
| 第七篇 | GPS 系列工程钻机 | 刘祖浩、顾钧兆 |
| 第八篇 | GQ 系列工程钻机 | 李正泉 |
| 第九篇 | 水平钻机 | 吴连生、熊焰 |
| 第十篇 | 锚杆钻机 | 杜祥麟、刘绍伶 |
| 第十一篇 | 装修工程钻机 | 余日初、刘贵元 |
| 第十二篇 | 坑道掘进设备 | 杨孝球、姜洪涛 |

第三卷 地球物理探测及测绘仪器(上)

- | | | |
|------|-----|---------|
| 第十三篇 | 地震仪 | 刘永东、王庆海 |
| 第十四篇 | 磁力仪 | 吴天彪 |
| 第十五篇 | 重力仪 | 林润南 |

第四卷 地球物理探测及测绘仪器(下)

- | | | |
|------|---------|-------------|
| 第十六篇 | 电法仪器 | 罗延钟 |
| 第十七篇 | 地下电磁波仪 | 瞿兴昌 |
| 第十八篇 | 放射性测量仪器 | 李家俊、于铭强、刘腾耀 |
| 第十九篇 | 测绘仪器 | 柳志斌 |

第五卷 实验分析仪器(上)

- | | | |
|-------|-----------|---------|
| 第二十篇 | 原子吸收分光光度计 | 杨啸涛、李家熙 |
| 第二十一篇 | 分光光度计 | 朱五伦 |
| 第二十二篇 | X 射线荧光光谱仪 | 梁国立 |

第二十三篇	等离子体光谱仪	袁玄晖
第二十四篇	等离子体质谱仪	袁玄晖
第二十五篇	极谱仪	姚修仁、王钢
第二十六篇	激光分析仪	李维华

第六卷 实验分析仪器(下)

第二十七篇	电子探针 X 射线分析仪	陈克樵
第二十八篇	同位素质谱计	丁悌平、刘敦一
第二十九篇	红外光谱仪	郭立鹤
第三十篇	热电图谱仪	赵亨达
第三十一篇	氢化物-原子荧光分析仪	张锦茂、张勤
第三十二篇	实验室信息管理系统	应志春

用现代科学技术知识武装起来

——《现代科学技术基础知识》(干部选读)序

江 泽 民

我多次建议编写一本书,系统地介绍马克思主义关于科学技术是生产力的基本观点,深入浅出地论述世界科技发展的现状、趋势和我们的对策,供县级以上干部阅读,以丰富大家的科技知识,提高领导现代化建设的水平。经过国家科委等单位的同志们共同努力,这个愿望现在实现了。

科学技术是生产力发展的重要动力,是人类社会进步的重要标志。纵观人类文明的发展史,科学技术的每一次重大突破,都会引起生产力的深刻变革和人类社会的巨大进步。本世纪以来,特别是二次世界大战以后,以电子信息、生物技术和新材料为支柱的一系列高新技术取得重大突破和飞速发展,极大地改变了世界的面貌和人类的生活。科学技术日益渗透于经济发展和社会生活各个领域,成为推动现代生产力发展的最活跃的因素,并且归根到底是现代社会进步的决定性力量。现代国际间的竞争,说到底综合国力的竞争,关键是科学技术的竞争。邓小平同志敏锐地洞察这一历史大趋势,鲜明地提出“科学技术是第一生产力”的科学论断,丰富和发展了马克思主义关于生产力的学说,对于我们建设富强、民主、文明的社会主义现代化强国,具有重大的指导意义。

本世纪90年代到下世纪中叶,是中华民族振兴的关键时期。和平与发展的世界进步潮流,蓬勃兴起的新科技革命,为我国的改革开放和经济发展提供了契机。我们要牢牢把握这一难得的历史机遇,紧紧追踪世界科学技术产业,加快发展新兴产业,不断提高

科技进步在推动经济增长中的作用,促进整个国民经济持续、快速、健康发展。从世界近现代史看,不少贫弱的民族和落后的国家,能在不太长的时间内实现经济起飞,虽然有着各不相同的具体条件和有利因素,但重视教育,善于采用先进科学技术,则是其共同特点。我们有优越的社会主义制度,有勤劳智慧的人民,只要我们毫不动摇地坚持建设有中国特色社会主义理论和党的基本路线,坚定地依靠科技进步,经过五六十年坚韧不拔的努力,就一定能够实现社会主义现代化的宏伟目标。

加速我国的科技进步,一定要提高各级领导干部的科技素质。改革开放以来,我们的干部队伍朝着知识化、专业化方向迈进了一大步,多数县级以上领导干部具有大专以上文化程度。但这并不意味着大家都已熟悉和掌握现代科学技术知识。我们的干部,无论是学社会科学的还是学自然科学的,无论是毕业早一点的还是近几年走出校门的,都有重新学习的必要。应当看到,现代科学技术的发展日新月异,新发明、新理论层出不穷,知识更新异常迅速。我们只有锲而不舍地努力学习,不断汲取新的知识,充实自己,才能提高决策水平和领导艺术。科技知识浩如烟海,我们的中、高级干部不可能都成为某一领域或某一学科的专家,但完全可以做到知识面相对广一些、深一些,甚至在某些方面有所专长。否则,就不能算是一个合格的、称职的领导者。

抓紧学习和掌握现代科技知识,是摆在我们面前的一项重要任务,各级干部要从事关国家富强、民族振兴的高度来认识学习的重要性,增强学习的自觉性。学习科技知识要知难而进,不耻下问,学以致用,持之以恒。我们的干部担负着领导社会主义现代化建设的繁重任务,工作确实很忙,但是越忙越要挤出时间学习。了解现代科技知识,这本书可以作为“入门”的读物,大家要多下一点功夫仔细阅读。在此基础上,不同岗位的干部要根据工作需要,多读几本自然科学和社会科学方面的论著,不断丰富和拓宽自己的知识面。我们的中、高级干部如果用更多的科技知识把自己武装起来,提高认识自然、利用自然、改造自然和保护自然的能力,那么,我们

在领导建设有中国特色社会主义的伟大事业中,就能够更好地动员和组织亿万人民,在祖国辽阔的土地上描绘出更新更美的画卷。

1994年2月6日

(新华社北京4月7日电)

转载《人民日报》1994年4月8日第一版

编 者 的 话

地质技术装备丛书,是一套现实的科技生产力要素选择的决策性读物,是集科技知识及技术装备应用实例为一体的丛书,是应社会主义市场经济发展的需要,建国以来第一次系统地向社会介绍地质技术装备及其应用的丛书。它适于干部,特别是县以上领导干部,经济部门领导人,企事业单位的科技、经济专家,以及工程勘察、地勘单位和有关制造厂领导参阅;也可作为院校师生教学参考书。

“隔行如隔山”的传统观念,在现代科学技术相互渗透的今天,一定程度上束缚了生产力的发展。具有多学科知识及功能的现代地质技术装备,各类钻机、物理、化学探测及分析仪器,航空遥感,地形测绘设备等,已经冲破“地质专用”的范围,在国民经济领域里发挥着作用。建筑业中的桩基工程、松软地基处理、地下连续墙、楼宇修理改造工程;交通行业的铁路、公路、港口、机场、地铁、桥梁、涵洞、隧道基础工程;能源领域中水电、火电、原子电站、电力、电讯基础工程、地下管线探测及测图;环境保护中的滑坡、泥石流、地震、水污染等地质灾害防治;城市、乡镇建设区划的小区规划、水土分析、农林作物种植最优化分析测图;水力工程的水井、水坝防漏治漏、围幕灌浆、引水隧洞以及各种物理、化学实验鉴定中的选矿实验,元素成分分析,金、银、贵金属、宝石鉴定,食品、医学公安案件侦破实物化验分析等。

对于地质技术装备这样广泛的应用领域,在计划经济观念封闭的体制下,并没有被更多的人所认识。中国地质设备管理协会,为了深入贯彻邓小平同志关于“科学技术是第一生产力”的科学论断和江泽民总书记关于“要在干部特别是领导干部中普及现代科学技术知识”的精神,组织了几十位地质机械、仪器、设备管理专家

及学者,编纂了这套地质技术装备丛书。其主要内容是设备的基本原理、构造,历史渊源,国内外水平,应用领域及实例,以及设备新产品介绍等。全套丛书按设备性质分六卷 32 篇,介绍了几十种机械、仪器装备。中共中央书记处书记温家宝同志对出版此套丛书甚为关怀,并为丛书题写了书名。

设备是物化的科学技术,是现实的生产力要素。从书既向社会各界普及具体、现实的科技生产力知识,并重点为三个方面服务。第一个方面是为用户服务,用户有什么社会、经济、事业工程问题,选择哪些技术装备最适宜,有哪些地勘单位的队伍可以帮助去完成,以利做出决策;第二个方面是为有关地质设备制造厂商服务,自己的产品除向地矿行业销售外,还应该向哪些用户找买主,开拓推销产品的领域;第三个方面是为地勘单位服务,自己拥有的装备除地质找矿外,还应该向哪些方面找用户,发挥潜力,为更多的用户服务。在国内,拥有地质技术装备的单位,多在地矿行业的三千个相当于县团级的单位,如地勘公司、地质队、探矿队、物探队、水文队、测绘队、实验室、勘察院、研究院等,遍布全国,是一个规模宏大、装备精良的队伍,可为社会广泛服务。

本丛书编纂出版,得到地质矿产部领导和许多单位同志的支持。地矿部的经济研究院张茂举、物化探研究所冯沛南、地质科学院测试所王忠风三位同志是本丛书联络员,做了大量联络和初审工作;部直管局张谦、傅芳财以及王谦、刘同良、王昭、张拯等,在组织联络方面都给予了支持。对给予帮助、支持的单位、同志,在此一并表示感谢。由于水平有限,本丛书错误、不当之处在所难免,望读者指正。

地质技术装备丛书编辑委员会

1994 年 8 月

第 二 十 篇

原子吸收分光光度计

杨啸涛 李家熙 编著

目 录

第一章 基本原理和仪器结构	(3)
第二章 原子吸收光谱及其分析技术的发展历史	(5)
第三章 原子吸收光谱分析技术的应用	(8)
一、岩石矿物和冶金样品的分析	(8)
二、建筑材料样品的元素分析	(9)
三、燃料和化工样品的元素分析	(10)
四、在医学、生物学中的应用	(11)
五、食品和制药工业的应用	(12)
六、环境监测中的应用	(13)
第四章 原子吸收光谱仪的发展前景	(16)
第五章 我国原子吸收光谱仪的生产状况及市场分析	(23)

第一章 基本原理和仪器结构

原子吸收光谱法是基于测量气态原子对特征辐射的吸收而确定待测元素浓度的方法。目前，它还是一种相对测量的方法，即需要使用待测元素的标准溶液进行校准测量。

原子吸收光谱和原子发射、原子荧光光谱同属原子光谱，但原子吸收光谱主要由基态原子的特征吸收产生，它必须要有初级光源，而且谱线较少，通常使用中分辨的单色器。测量的是入射辐射的衰减，即直接观察初级光源特征辐射通过原子化器产生的强度变化，因此不易实现多元素同时分析。

原子吸收光谱与通常的分光光度法都属于吸收光谱范畴，但吸收机理不相同。原子吸收光谱由基态原子产生，是窄带吸收，或者说是锐线吸收。

用于测量气态原子吸收的仪器称为原子吸收分光光度计，这是一种通用的元素分析仪器，其原理如图 20.1 所示。

图的左侧代表原子吸收分光光度计的 4 个组成部分，即：

1. 初级光源：通常是空心阴极灯，发射待测元素的特征谱线。
2. 原子化器：将待测样品转化为气态原子的装置，由于样品原子蒸气的吸收过程在这里发生，又称为吸收池。图中画的是一个火焰原子化器，吸喷的待测样品溶液在化学火焰中被气化、原子化。原子化器还有石墨炉原子化器、氢化物原子化器等。
3. 分光系统：目前，商品原子吸收光谱仪均使用光栅单色器作为分光系统。

4. 检出测量系统：由光电转换器件（通常是光电倍增管）及电子系统组成，当代的原子吸收分光光度计都有微处理机系统用于数据处理。

图的右侧代表仪器各个部分的作用：

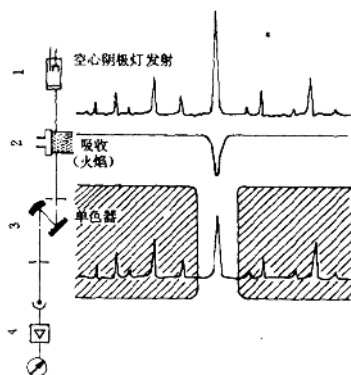


图 20.1 原子吸收分光光度计原理图

上部是空心阴极灯发射的光谱，包括待测元素的特征的谱线以及阴极中其它元素、支撑电极、灯内填充气体的谱线。中部是待测元素的原子蒸气所产生的特征吸收，其波长与空心阴极灯发射的该元素特征谱线相同，所以将此波长称为该元素的共振线。图的下部表示空心阴极灯的辐射在单色器色散后，出射狭缝将共振线分离出来而将其它谱线挡住。经过分光系统后，检测器便能单独观察到共振线的强度以及经原子吸收而产生的衰减量。

光衰减与光吸收物质的浓度符合光的吸收定律，即：

$$A = \lg I_0 / I_1 = k \cdot c \cdot d$$

式中：A 为吸光度； I_0 为入射辐射的强度； I_1 为经过吸收层后的辐射强度； k 为与待测元素共振线有关的吸收系数； c 为吸收物质的浓度； d 为吸收层的厚度。

第二章 原子吸收光谱及其分析 技术的发展历史

原子吸收现象的研究可以追溯到上个世纪初,1802年英国化学家渥拉斯顿(W. H. Wollaston, 1766—1828)观察到太阳光的连续光谱中有7条暗线。1817年左右德国物理学家夫琅和费(J. Fraunhofer, 1787—1826)详细地观察和记录了太阳连续光谱中590条暗线,并以相当的精度标出了这些暗线的波长,因而后人把太阳光谱中的暗线称为夫琅和费暗线。1859年德国物理学家基希霍夫(G. R. Kirchhoff, 1824—1887)发表论著对夫琅和费发现的太阳光谱的暗线作了解释,认为这是由于太阳大气的吸收所致。1860年他和本生(R. Bunsen)对碱金属、碱土金属的火焰光谱进行研究时,发现从钠蒸气发出的光经过较低温度的钠蒸气时,会引起钠谱线(D双线: 589.0 nm; 589.6 nm)的吸收,同时进一步证实了夫琅和费暗线的解释。然而,长期以来,这个现象仅仅被用于天体物理的观察和研究,直到1941年才首次利用原子吸收的方法测定了汞,因为常温下就能很容易获得汞蒸气。

原子吸收光谱从现象的研究到实际应用于分析化学领域经过了一个漫长的阶段,在这个时期中,与原子吸收分析技术直接有关的光量子理论在本世纪初的建立,从理论上认识了原子结构和原子光谱的来源,研究了影响谱线轮廓的各种因素以及积分吸收系数和原子浓度的关系。1916年出现了空心阴极灯,并作为一种锐线光谱光源不断地被改进、完善;1928年预混合空气-乙炔火焰、气动雾化器制作成功使样品溶液通过吸喷过程自动送入火焰继而被原子化。

1953年澳大利亚物理学家沃尔什(A. Walsh)注册了原子吸收的第1个专利,并于1955年发表了题为“原子吸收光谱在分析

化学上的应用”论文。提出了使用锐线光源，假定吸收线和发射线中心波长完全重叠，以峰值吸收代替积分吸收，所测吸光度与待测物浓度的关系符合吸收定律。从此创立了原子吸收光谱分析方法。1958年发表了第1篇原子吸收光谱法的应用报告。继后，随着商品仪器的不断改进，使这一方法得到了广泛应用。

最先发展的火焰原子吸收光谱分析方法，对大多数元素溶液中微克/毫升和微克/升的浓度范围内能得到很好的测定精密度。与原子发射光谱相比较，光谱干扰少，共存物的干扰较少，原子化器温度的变动对测定的影响较小。许多情况下，样品不需要经过预分离即可直接测定，即使有干扰，消除干扰的方法也较为简便。因此火焰原子吸收光谱法是一种灵敏度高、选择性好，易于掌握、分析速度快、精密度好的方法。使用较先进的仪器，与自动进样器等相配合每小时能进行300—600个样品的测定，在适合的测定浓度范围内，相对标准偏差可以控制在0.2%—1.5%。

1965年，一氧化二氮-乙炔火焰成功地用于火焰原子吸收，由于该火焰有较强的还原气氛和较高的温度，一些难熔元素的测定得以解决，原子吸收可测定的元素从30余种增加到70余种。由此，火焰原子吸收法成为适用范围极广的通用常规元素分析仪器。

1959年前苏联学者里沃夫(B. V. L'vov)以俄文发表了第1篇电热石墨炉原子吸收的研究报告，翌年，该报告又以英文发表。石墨炉法的测定的特征质量能达到 10^{-14} — 10^{-10} g。导入石墨炉的样品被电热原子化，因此，可以使用固体样品，而且分析时消耗的样品量极少，溶液状态样品可以从几微升到几十微升，固体样品可以从零点几毫克到几毫克。由于这些特点石墨炉原子吸收引起了分析工作者的极大兴趣，但其实用性主要是基于1968年德国光谱化学家马斯曼(Massmann)的工作。稍后，珀金-埃尔默公司的西德分部推出了第1台商品石墨炉HGA-70，这个设计从电源到炉体几经改进。在70年代到80年代早期，其发展主要围绕如何解决在原子化过程中所产生的各种干扰对分析结果带来的严重影响以及如何提高石墨炉分析的精度。