

内 容 简 介

本书共分九章，全面系统地介绍了化验室基本仪器设备的原理和基本操作，化学试剂与溶液的配制，分析试样的制备与分解，定性分析和重量分析的原理与基本操作，容量分析和比色分析的原理与基本操作，现代常见仪器分析的基本原理和操作，分析结果和数据的处理方法。本书既可作为培训化验员或粮油、食品、农业等中、大专学校的教科书，也可作为高中以上文化水平从事检化验工作人员的自学参考书。

职业培训统编教材

分 析 化 学

饲料工业职业培训系列教材编审委员会 编

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学 / 饲料工业职业培训系列教材编审委员会编.
北京: 中国农业出版社, 1998.8 (2001.12 重印)
职业培训统编教材
ISBN 7-109-04871-3

I. 分... II. 饲... III. 分析化学-技术培训-教材 IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 084380 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 李耀辉 王 凯

北京市密云县印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
1998 年 8 月第 1 版 2001 年 12 月北京第 2 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 6.25

字数: 148 千字 印数: 6 001~8 500 册

定价: 12.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

饲料工业职业培训系列教材编审委员会

顾问 **李瑞山** 张延喜 罗植龄 宋瑞祥 谭竹洲

主任委员 乔玉锋

副主任委员 齐文英 王随元 杨庭楷 刘金波 季之华
宋丹丕 林娇绒

委员 (以姓氏笔画为序)

门伟刚 王瑞林 牟永义 孙 鸣 李荷娣
邹缦云 胡广东 姚继承 饶应昌 章春英
熊先安

饲料工业职业培训系列教材编审人员

主 编 齐文英

副 主 编 王随元 乔玉锋 牟永义

审 校 人 员 (以姓氏笔画为序)

丁晓明 孔平涛 王瑞林 齐文英 牟永义
刘宏达 刘承俊 孙 鸣 陈必芳 沈再春
李国文 李国胜 柳祖翼 孟 枋 张 瑜
张增英 郑喜梅 胡广东 徐百志 霍启光

《分析化学》编审人员

主 编 姚继承 杨 林

副主编 曾小明 吴田瑞 艾地云 曾小春

审 校 张 瑜 陈必芳

序 言

改革开放十几年来,我国的饲料工业已经取得了突飞猛进的发展。截止到1995年底,全国配合饲料产量达到4 858万吨,饲料加工业总产值669亿元。饲料工业已形成一个包括饲料加工、饲料添加剂、饲料机械、饲料原料、教育科研、标准、质量检测以及饲料管理等完备的工业体系。目前,饲料工业从业人员已达40万人,其中,工人为28.8万人,占职工总数的72%。

随着饲料工业的发展,饲料工业新工艺、新设备的广泛应用、工程技术的发展、自动化程度的逐步提高,对饲料加工企业工人的素质提出了更高的要求。因此,大力加强工人的技术培训工作,造就一支高素质的技术工人队伍,对顺利实现《1984—2000年全国饲料工业发展纲要(试行草案)》具有十分重要的意义。

教材在工人技术培训中具有重要的基础地位。为适应饲料加工企业工人培训工作的需要,中国饲料工业协会在有关部门的支持下,于1993年成立了饲料加工企业工人技术培训系列教材编审委员会*,并组织有关专家、工程技术人员、大专院校的教学人员历时3年共同编写了这套教材。

这套教材是按照国家颁布的《饲料加工企业工人技术等级标准》编写的。教材的编审者都是饲料工业的专家、学者和有丰富实践经验的科技工作者。教材针对饲料工业生产具有流水化、岗位专业性强的特点,在编写过程中注重适用性和实效性原则,既可以作为饲料加工企业各工种上岗培训、转岗培训、转正定级培

* 该编审委员会于1998年6月更名为“饲料工业职业培训系列教材编审委员会”。

训的教材，也可以作为饲料工业广大科技人员和管理人员的参考读物。各工种教材的编写以中级工的标准为主要内容，同时兼顾了初级工、高级工的内容。考虑到饲料加工企业工人现有文化水平的实际情况和饲料生产特点，这套教材在文字叙述上力求做到内容丰富、深入浅出、言简意赅、通俗易懂，同时注意突出实际操作技能的训练，旨在提高工人实际操作水平。

这套教材在编审、出版过程中得到了农业部、国内贸易部、地矿部、化工部、各省、自治区、直辖市饲料工业协会、饲料工业办公室、中国农业出版社和其他编审人员所在单位的大力支持与真诚合作，在此向他们一并表示谢意。

中国饲料工业协会会长

李瑞山

1996年12月

编 者 的 话

中国饲料工业协会根据劳动人事部和农业部颁布的《中华人民共和国工人技术等级标准——饲料加工企业》的国家标准，及时组织编写出饲料检化验员的培训教材，这对于加强饲料工业劳动管理，提高饲料加工企业检化验人员的技术素质，促进全行业的科技进步和产品质量的稳定提高，建立一整套饲料行业经济发展和技术进步所必需的科学化、系统化的管理制度具有重要意义。

分析化学是化学学科的一个重要分支，是研究物质化学组成的分析方法及相关理论的一门学科，同时也是一门实践性很强的基础技术学科。它是从事粮食、油脂、食品、饲料、土壤、化肥、农药、矿山等检化验的基础。

本书注重了取材新而实用，可操作性强的原则。既考虑初参加检化验工作人员所需要的基本知识和基本技术，也考虑到已参加检化验工作人员所需要的理论知识和现代分析技术的要求。通过本书的学习，检化验人员既可掌握一定的基本原理，也可掌握检化验分析的操作技能，既可学到化学分析方法，又能懂得一般化验室常用分析仪器的基本原理和操作过程。

本书全面系统地介绍了化验室基本仪器设备的原理和基本操作，化学试剂与溶液的配制，分析试样的制备与分解，定性分析和重量分析的原理与基本操作，容量分析和比色分析的原理与基本操作，现代常见仪器分析的基本原理和操作，分析结果和数据的处理方法。

本书既可作为培训检化验员或粮油、食品、农业等中、大专学校的教科书，也可作为高中以上文化水平从事检化验工作人员

的自学参考书。在作为培训教材时，初级可选用第一、二、三、五章，第六、七、九章中的部分内容；中级再增选第四、六、七、九章的全部内容；高级应掌握全书的内容。也可依据“标准”要求和实际情况选择章节内容。每章末附有复习思考题，可依所选学内容参考使用。

本书编写过程中，受到中国饲料工业协会原秘书长齐文英、副秘书长乔玉锋、科教处牟永义处长、胡广东工程师和中国农业出版社李耀辉主任的大力支持，国家饲料质检中心（北京）主任张瑜研究员、副主任陈必芳研究员审校了全书，国内贸易部武汉科学研究设计院和国家饲料质检中心（武汉）的领导也给予了极大支持，在此一并表示诚挚的谢意。

由于水平有限，加上时间仓促，难免存在不足之处，敬请各位同仁指正。

编 者

1997年春于武汉饲料中心

目 录

序言

编者的话

绪论	1
一、分析化学的任务和作用	1
二、分析方法的分类	1
三、分析化学的进展	2
第一章 基本仪器设备	4
第一节 分析天平	4
一、天平的基本原理	4
二、天平的分类	5
三、空气阻尼天平	5
四、电光天平	6
五、单盘天平	7
六、影响天平灵敏度的因素	7
七、天平的称量方法和规则	8
第二节 常用加热仪器	9
一、电炉和电热板	9
二、高温电炉	10
三、烘箱	10
四、水浴锅	11
五、酒精灯与酒精喷灯	12
第三节 常用玻璃仪器及设备	12
一、烧杯类	12
二、量具类玻璃仪器	13

三、试剂瓶类	14
四、试管类	15
五、其他玻璃仪器和陶瓷器皿	15
六、其他常用实验设备	17
第四节 酸度计	17
一、指示电极	17
二、参比电极	18
三、电位计型酸度计	19
四、直读式酸度计	20
第五节 凯氏定氮仪	21
一、凯氏定氮仪的基本结构	21
二、工作原理	22
三、使用方法	22
第二章 化学试剂和溶液的配制	25
第一节 化学试剂	25
一、我国化学试剂的等级标志和符号	25
二、化学试剂的包装和选用	26
三、化学试剂的贮存和取用规则	27
第二节 溶液的配制	27
一、一般规定	27
二、一般溶液的配制方法	28
三、标准溶液的制备和标定	29
四、缓冲溶液	32
第三章 分析试样的制备与分解	34
第一节 试样的采集和制备	34
一、粉碎	34
二、过筛	35
三、混匀	35
四、缩分	35
第二节 试样的分解	36
一、水溶分解法	37
二、酸溶分解法	37
三、熔融	38

四、其他分解方法	38
第四章 定性分析	39
第一节 概述	39
一、定性分析的目的和任务	39
二、定性反应的灵敏度和选择性	39
三、空白试验和对照试验	40
四、分步分析和系统分析	41
第二节 常见阳离子的定性分析	41
第三节 常见阴离子的定性分析	49
第五章 重量分析	53
第一节 概述	53
第二节 沉淀的处理	54
一、沉淀条件的选择	54
二、沉淀的过滤和洗涤	56
三、沉淀的烘干和灼烧	56
第三节 重量分析的结果计算	56
第六章 容量(滴定)分析	59
第一节 概述	59
一、滴定分析方法的分类	59
二、滴定分析法对化学反应的要求	60
第二节 酸碱滴定法	61
一、酸碱滴定法	61
二、指示剂及选择原则	61
第三节 络合滴定法	65
一、络合滴定法	65
二、金属指示剂	67
三、络合物的表观稳定常数	71
四、提高络合物滴定选择性的方法	73
第四节 氧化还原滴定法	76
一、氧化还原滴定法	76
二、氧化还原指示剂	77
三、高锰酸钾法	78
四、碘量法	79

第五节 沉淀滴定法	80
一、沉淀滴定法	80
二、银量法	80
第六节 容量分析仪器及基本操作	83
一、移液管和吸量管的使用	83
二、滴定管的使用	84
三、容量瓶的使用	87
四、容量器皿的校准	88
五、滴定管的校准	90
六、容量瓶及吸管的校准	91
第七节 容量分析中的计算	91
一、溶液相互滴定中的计算	91
二、滴定固体试样百分含量的计算	92
三、滴定液体试样百分含量的计算	93
四、试剂溶液浓度的计算	93
第七章 比色分析	95
第一节 光度分析法	95
第二节 有色化合物的显色原理	96
一、光色的互补关系	96
二、物质对光的选择吸收	96
三、吸收光谱的产生	97
第三节 光的吸收定律	98
一、吸收曲线	98
二、朗伯一比耳定律	99
三、偏离朗伯一比耳定律的原因	101
第四节 光度分析的常用仪器	102
一、分光光度法测定原理	102
二、72 型分光光度计	103
三、721 型分光光度计	104
四、751 型分光光度计	105
五、仪器的维护	107
第八章 常见仪器分析	109
第一节 原子吸收分光光度法	109

一、基本原理	109
二、原子吸收分光光度计的基本组成	110
三、原子吸收分光光度法的特点、灵敏度、干扰及消除	112
第二节 荧光分光光度法	115
一、基本原理	115
二、荧光分光光度计的基本组成	115
三、荧光分析的特点及主要影响因素	117
第三节 薄层色谱	119
一、薄层色谱原理	119
二、薄层色谱分析的操作方法	121
三、薄层色谱的特点及分析方法	123
第四节 气相色谱法	125
一、概述	125
二、气相色谱分析流程	128
三、分离操作及分析条件的选择	128
第五节 液相色谱法	132
一、液相色谱的特点和基本原理	132
二、高压液相色谱仪	133
三、液相色谱条件的选择	136
第九章 分析结果的数据处理	139
第一节 有效数字及计算规则	139
一、有效数字的概念	139
二、有效数字中“0”的意义	139
三、数字值修约规则	141
四、有效数字的计算规则	142
第二节 数据处理的基本方法	143
一、准确度	143
二、精密度	143
第三节 误差及其来源	145
一、系统误差	145
二、偶然误差	146
第四节 显著性检验	146
一、Cochran 检验法	146

二、t 检验的简化方法	148
附录 1 常用缓冲溶液的配制	151
附录 2 相对原子质量表 (1985)	151
附录 3 中华人民共和国国家标准 化学试剂滴定分析 (容量分析) 用标准溶液的制备	152
参考文献	182

绪 论

一、分析化学的任务和作用

分析化学是化学学科的一个重要分支，是研究物质化学组成的分析办法及相关理论的一门学科。分析化学包括定性分析和定量分析两部分，前者是鉴定物质的化学组成，对于有机物还需确定其官能团和分子结构，后者是测定物质各组分的含量。分析化学在国民经济建设中起着重要的作用，如在农业生产上了解土壤的性质，化肥、农药含量的测定，农作物生长过程的研究等；在工业生产方面，矿山开发，工业原料的选择、工艺流程的控制，成品检验，新产品试制、三废处理等无一不以分析化学的结果作为依据；在饲料工业生产中，从原料的入库检验，配方设计，到产品出厂更是以化学定量分析数据为重要的依据。

二、分析方法的分类

在通常情况下，试样的来源主要成分多为已知，仅是由于产地不同，加工条件不同而使组分的含量有所不同，在此情况下可以不进行定性分析而直接进行定量分析，因此本书对定性分析仅进行介绍，主要讨论定量分析的各种办法。

（一）化学分析方法和仪器分析

以物质的化学反应为基础的分析方法称为化学分析法。根据反应类型、操作方法不同化学分析法可分为重量分析和容量分析。

如果通过化学反应及一系列操作步骤使试样中的待测组分转化为另一种纯粹的、固定化学组成的化合物，再通过称量该化合物的重量，从而计算出待测组分的含量，这样的分析方法称为重

量分析。

如果将已知浓度的试剂溶液，滴加到待测物质的溶液中，而加入的试剂量恰好为反应完成的所必须根据加入试剂的准确体积，计算出待测组分的含量，这样的分析方法称为滴定分析（又称容量分析）。

仪器分析法是以物质的物理和物理化学性质为基础的分析并借助较精密的仪器测定被测物质含量的方法，仪器分析法是灵敏、快速和准确的分析方法，发展很快，应用日趋广泛，仪器分析法包括光学分析法、电化学分析法、色谱分析法、热量分析法、放射分析法、质谱分析法和核磁共振分析法等。

仪器分析是在化学分析的基础上进行的，如试样的分解、干扰物质的分离等都是化学分析的基本步骤，仪器分析大多需要化学纯品作标准，而这些纯品的成分，大多需要化学分析方法确定，因此，化学分析和仪器分析是相辅相成互为补充的，在应用时可根据具体情况，取长补短，互相配合。

（二）无机物质和有机分析

无机分析的对象是无机物，有机分析的对象是有机物，对象不同，所以要求也往往有所不同。在无机分析中，由于组成无机物的元素多种多样，因此通常要求鉴定试样是由哪些元素、离子、原子团或化合物组成的，各成分的百分含量是多少，有时也要求测定它们的存在形式（物相分析）；在有机分析中，情况就不大一样，因为组成有机物的元素虽为数不多，但结构却很复杂，所以不仅要求鉴定组成元素，更重要的是要进行官能团分析和结构分析。

三、分析化学的进展

分析化学的发展与其他学科一样，取决于实践的需要，如工业生产中各种参数的连续测定，大气、环境中超微量有毒有害物质的监测，半导体材料分析等都促进了分析化学的不断发展，当