



教育部高职高专规划教材

工业分析

● 张小康 张正兢 主编

CHEMICAL INDUSTRY PRESS



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

工 业 分 析

张小康 张正兢 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

工业分析/张小康, 张正兢主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 6

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-3060-6

I. 工… II. ①张…②张… III. 工业分析-高等学校: 技术学院-教材 IV. TQ014

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 058942 号

教育部高职高专规划教材

工 业 分 析

张小康 张正兢 主编

责任编辑: 陈有华 蔡洪伟

文字编辑: 刘志茹

责任校对: 李 林

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销
北京云浩印刷有限责任公司印刷
三河市海波装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 21½ 字数 547 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3060-6/G·783

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

高职高专工业分析专业规划教材 编审委员会

主 任：李居参

副主任：乔子荣 袁红兰 金万祥 孙乃有 任耀生

委 员：黄一石 丁敬敏 顾明华 张正兢 王建梅

旷英姿 林俊杰 胡伟光 穆华荣 杨海栓

张清华 杜克生 季剑波 蒋清民 孙喜平

姜洪文 张振宇 王炳强 陈淑刚 刘勇智

房爱敏 王如全 钟 彤

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分，改革开放以来，在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下，各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看，具有高职高专教育特色的教材极其匮乏，不少院校尚在借用本科或中专教材，教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此，1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》（以下简称《基本要求》）和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》（以下简称《培养规格》），通过推荐、招标及遴选，组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师，成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍，并在有关出版社的积极配合下，推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种，用5年左右时间完成。这500种教材中，专门课（专业基础课、专业理论与专业能力课）教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求，在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上，充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位，调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础，突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下，专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间，在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上，充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验，解决新形势下高职高专教育教材的有无问题；然后再用2~3年的时间，在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上，通过研究、改革和建设，推出一大批教育部高职高专规划教材，从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材，并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作，不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

工业分析课程是工业分析专业的一门重要主干课程，是在学习了分析化学和仪器分析以后开设的具有应用型特点的专业课程，是分析化学和仪器分析理论在工业生产中对产品的质量、原材料及中间产品进行分析测定的具体应用。工业分析课程涉及工业的各个领域，本教材主要涉及水质、钢铁、煤炭、化工、硅酸盐、农药、石油化工等行业。本教材可作为高职高专工业分析专业的通用教材，也可作为工矿企业分析工作者的参考书。

全书在编写过程中，突出高职高专以能力为本位的职业教育特色，在内容中做到适度、简明，以够用为前提，同时兼顾到学生创新能力的培养，增加了分析方法的介绍，拓宽学生的知识面和灵活应用知识和技能的能力。在分析仪器和设备方面从普通到现代均做了介绍，以满足不同地区和不同行业在分析技术方面的需求。

本教材由徐州工业职业技术学院张小康主编（编写绪论、第五章、第七章、第十章），南京化工职业技术学院张正兢为第二主编（编写第二章、第三章、第六章），四川化工职业技术学院杨迅参编（编写第四章、第九章），沧州职业技术学院王如全参编（编写第一章、第八章）。全书由张小康统稿。吉林工业职业技术学院张振宇任主审，并提出许多宝贵意见。本书的编写和出版得到了化学工业出版社的大力支持。在此一并致以衷心的感谢！

由于编者水平有限，编写时间较紧，难免有疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

2004 年 4 月

内 容 提 要

本书是根据全国工业分析专业高职高专教材编写大纲审定会审定的编写大纲的要求编写的。

全书共分十章，介绍了试样的采取和制备、水质分析、煤和焦炭分析、硅酸盐分析、钢铁分析、肥料分析、气体分析、化工产品质量检验、农药分析、物理常数和物理性能测定等内容。每章的开始有知识目标和能力，明确各章节的学习重点和目标；在章节之后有习题，以便测试学习的效果及掌握情况；对本书的实验内容（能力模块）均采用最新的国家及行业标准，并作了详细的介绍，方便读者的学习和应用。

本书在内容上力求体现现代分析测试技术水平，在符合国家及行业标准的前提下，介绍了相关的具有现代化水平的仪器设备，以便于读者了解和适应现代工业分析技术的发展。

本教材可作为高职高专工业分析专业的通用教材，也可作为工矿企业分析工作者的参考书。

目 录

本书常用符号的意义及单位.....	1
绪论.....	2
一、工业分析的任务.....	2
二、工业分析的特点.....	2
三、工业分析方法分类.....	3
四、工业分析方法的标准化.....	4
五、标准物质.....	7
六、工业分析工作者的基本素质.....	9
习题	10
第一章 样品的采取和制备	11
第一节 概述	11
一、采样的基本术语	11
二、采样的目的	12
三、工业物料的分类	12
四、采样技术	13
五、采样记录和采样安全	13
第二节 固体试样的采取和制备	14
一、采样工具	14
二、采样程序（方案的制订）	15
三、样品的制备与保存	16
四、固体采样实例——商品煤样的采取方法	17
第三节 液体试样的采集和制备	19
一、采样工具	19
二、一般液体样品的采集	20
三、特殊性质的液体样品的采集	22
四、试样的制备	22
五、采样注意事项	23
六、液体样品采样实例——工业过氧化氢采样	23
第四节 气体样品的采集和制备	23
一、采样设备	23

二、采样类型	24
三、采样方法	25
习题	25
第二章 水质分析	26
第一节 概述	26
一、水的分类及其所含杂质	26
二、水质标准	26
三、水试样的采集	29
第二节 工业用水分析	32
一、pH 的测定	32
二、碱度的测定	32
三、酸度的测定	33
四、硬度的测定	33
五、总铁含量的测定	35
六、氯含量的测定	35
七、硫酸盐的测定	36
八、水中溶解氧的测定	36
阅读材料 水质分析仪	39
习题	40
第三章 煤和焦炭分析	41
第一节 概述	41
一、煤和焦炭的组成及各组分的重要性质	41
二、煤的分析方法	42
第二节 煤试样的制备方法	42
一、制样总则	42
二、制样用品	42
三、煤样的制备	43
第三节 煤的工业分析	46
一、煤中水分的测定	46
二、灰分的测定 (GB 212—91)	49
三、挥发分的测定	51
四、煤中固定碳含量的计算	52
五、各种基准的换算	52
第四节 煤的元素分析	53
一、碳和氢的测定	53
二、氮的测定	59
三、氧的计算	60
四、结果换算	61
第五节 煤中全硫的测定	61
一、艾氏卡法	61

二、库仑滴定法	62
三、高温燃烧——酸碱滴定法	63
第六节 煤的发热量的测定	66
一、发热量的表示方法	66
二、发热量的测定方法——氧弹式量热计法	66
三、发热量的计算方法	68
阅读材料 全自动工业分析仪和微机量热仪	68
习题	69
第四章 硅酸盐分析	70
第一节 概述	70
一、硅酸盐的种类、组成和分析意义	71
二、硅酸盐试样的准备和分解	73
第二节 硅酸盐系统分析方法类型	80
一、系统分析和分析系统	80
二、硅酸盐岩石分析系统	80
三、硅酸盐水泥分析系统	84
第三节 硅酸盐分析	86
一、硅酸盐中二氧化硅含量的测定	86
二、硅酸盐中氧化铝含量的测定	97
三、硅酸盐中三氧化二铁含量的测定	103
四、硅酸盐中二氧化钛含量的测定	110
五、硅酸盐中氧化钙含量的测定	114
六、硅酸盐中氧化镁含量的测定	119
阅读材料 改进的氟硅酸钾容量法	122
习题	123
第五章 钢铁分析	125
第一节 概述	125
一、钢铁材料的分类	125
二、钢铁产品牌号表示方法	126
第二节 钢铁试样的采取、制备和分解	127
一、钢铁样品的采取	128
二、钢铁样品的分解	129
第三节 钢铁中碳的测定	130
一、概述	130
二、方法综述	131
三、钢铁中总碳的测定	135
第四节 钢铁中硫的测定	139
一、概述	139
二、方法综述	141
三、钢铁中硫的测定	146

第五节 钢铁中磷的测定	150
一、概述	150
二、方法综述	152
三、钢铁中磷的测定	154
第六节 钢铁中锰的测定	159
一、概述	159
二、方法综述	162
三、钢铁中锰含量的测定	166
第七节 钢铁中硅的测定	171
一、概述	171
二、方法综述	172
三、钢铁中硅的测定	176
习题	179
第六章 肥料分析	181
第一节 概述	181
第二节 磷肥分析	182
一、概述	182
二、磷肥中的含磷化合物及其提取	182
三、磷肥中有效磷的测定	183
四、游离酸含量的测定——容量法	190
五、水分的测定——烘箱干燥法	191
第三节 氮肥分析	192
一、氨态氮的测定	192
二、硝态氮的测定	193
三、有机氮的测定	195
第四节 钾肥分析	198
一、钾肥分析简介	198
二、钾肥中钾含量的测定	198
三、有机肥料中全钾的测定——火焰光度法	202
习题	203
第七章 气体分析	205
第一节 概述	205
一、工业气体	205
二、气体分析意义及其特点	205
三、气体分析方法	206
第二节 气体试样采取	206
一、采样方法	207
二、气体体积的测量	208
第三节 气体化学分析方法	211
一、吸收法	211

二、燃烧法.....	215
三、其他气体分析法.....	223
第四节 气体分析仪器.....	223
一、仪器的基本部件.....	223
二、气体分析仪器.....	223
第五节 气体分析实例——半水煤气分析.....	225
一、化学分析法.....	225
二、气相色谱法.....	228
习题.....	230
第八章 化工产品质量检验	231
第一节 概述.....	231
一、原材料分析.....	231
二、中间控制分析.....	231
三、产品质量分析.....	232
第二节 工业碳酸钠质量分析.....	233
一、生产工艺简介.....	233
二、工艺流程.....	234
三、工业碳酸钠的技术要求.....	234
四、工业碳酸钠成品分析.....	234
第三节 双氧水生产工艺分析.....	239
一、生产工艺简介.....	240
二、工艺流程.....	241
三、工业过氧化氢的技术要求.....	241
四、工业过氧化氢成品分析.....	241
第四节 硝酸生产工艺分析.....	245
一、稀硝酸的生产工艺简介.....	245
二、稀硝酸的工艺流程.....	246
三、浓硝酸的技术要求.....	246
四、工业浓硝酸成品分析.....	246
第五节 工业乙酸乙酯生产分析.....	250
一、乙酸乙酯的生产现状和主要用途.....	250
二、乙酸乙酯的生产工艺.....	250
三、乙酸乙酯的技术要求.....	251
四、工业乙酸乙酯成品分析.....	251
习题.....	254
第九章 农药分析	256
第一节 概述.....	256
一、农药的定义.....	256
二、农药的分类.....	256
三、农药标准.....	256

四、农药与环境.....	257
第二节 商品农药采样法.....	258
一、总则.....	258
二、采样工具.....	258
三、原粉采样.....	258
四、乳剂和液体状态的采样.....	258
五、粉剂和可湿性粉剂的采样.....	259
六、其他.....	259
第三节 有机硫农药分析.....	259
一、有机硫农药简介.....	259
二、有机硫农药特征.....	259
三、有机硫农药分析实例——代森锌原粉的分析.....	259
第四节 有机氯农药分析.....	261
一、有机氯农药简介.....	261
二、有机氯农药特征.....	262
三、有机氯农药分析实例——毒杀芬乳剂含氯量的分析.....	262
第五节 有机磷农药分析.....	263
一、有机磷农药简介.....	263
二、有机磷农药特征.....	264
三、有机磷农药分析实例——三乙磷酸铝原药的分析.....	264
第六节 杂环类农药分析.....	267
一、杂环类农药简介.....	267
二、杂环类农药特征.....	267
三、杂环类农药分析实例——三唑酮原药的分析.....	267
第七节 其他类农药分析.....	269
一、其他类农药简介.....	269
二、其他类农药特征.....	270
三、其他类农药分析实例——绿麦隆原药的分析.....	270
附 副产物 I 和 II 的测定——薄层色谱法.....	272
阅读材料 农药对人体的慢性危害.....	274
习题.....	275
第十章 物理常数和物理性能的测定.....	276
第一节 粒径的测定.....	276
一、筛分法.....	277
二、微粒度仪法（离心沉降法）.....	278
第二节 熔点的测定.....	279
一、基本概念.....	279
二、熔点与有机物本质的关系.....	280
三、熔点测定的方法.....	281
第三节 沸点和沸程的测定.....	284

一、基本概念	284
二、沸点（或沸程）与分子结构的关系	285
三、沸点测定	285
四、沸程测定	287
五、沸点（或沸程）的校正	288
六、新仪器新技术介绍	291
第四节 密度的测定	291
一、基本概念	291
二、密度的测定方法	292
三、固体密度的测定	296
四、方法讨论	297
第五节 闪点的测定	298
一、基本概念	298
二、闪点测定	298
第六节 旋光度的测定	302
一、基本概念	302
二、旋光度测定的方法	302
第七节 黏度的测定	306
一、基本概念	306
二、黏度测定的方法	307
第八节 光泽度的测定	313
一、仪器和试剂	314
二、测定步骤	314
三、结果计算	315
四、方法讨论	315
五、WGG微机光泽度仪的使用	315
第九节 白度的测定	315
一、白度的定义	315
二、测定原理	315
三、测定仪器	315
四、测定步骤	316
五、结果计算	316
六、方法讨论	316
七、WSD-Ⅲ型白度仪的操作	316
第十节 硬度的测定	317
一、洛氏硬度	317
二、邵氏硬度	317
习题	318
附录	320
附录一 实验室常用酸碱的相对密度、质量分数和物质的量浓度	320

附录二 实验室常用基准物质的干燥温度和干燥时间..... 320

附录三 实验室常用物质的分子式及摩尔质量..... 320

附录四 实验室常用坩埚及其使用注意事项..... 323

附录五 无机盐试样分解方法一览表..... 326

参考文献..... 328

本书常用符号的意义及单位

符 号	意 义	单 位
n	选取的单元数	个
N	总体物料的单元数	个
T	采样的质量间隔	t
Q	批量	t
w	质量分数	%
c	标准溶液的物质的量浓度	mol/L
V_i	滴定试样消耗标准溶液的体积	mL
V_0	空白试验消耗标准溶液的体积	mL
m_B	称量物质 B 的质量	g
M_B	物质 B 的摩尔质量	g/mol
f	相对校正因子	
A	气相色谱峰面积	
$\lambda_{\max}$	最大吸收波长	nm
$\epsilon_{\max}$	摩尔吸收系数	
T	每毫升标准滴定溶液相当于样品的质量	mg/mL
$V_{\text{缩}}$	可燃性气体完全燃烧后体积的缩减	mL
$V_{\text{耗氧}}$	可燃性气体完全燃烧后消耗氧气的体积	mL
$V_{\text{生}}(\text{CO}_2)$	可燃性含碳气体完全燃烧后生成的二氧化碳体积	mL
D	试样的粒度分布	%
t	温度	℃
ρ_T	密度	g/cm ³ 或 g/mL
p	大气压力	Pa(帕)、hPa(百帕)、kPa(千帕)
α	旋光度	(°)
l	旋光管的长度	dm
η_t	动力黏度(绝对黏度)	Pa · s
ν	运动黏度	m ² /s
τ	时间	s

绪 论

一、工业分析的任务

工业分析是一门实践性很强的专业课，是分析化学在工业生产中的应用。它涉及工业各个领域（包括化工、轻工、煤炭、冶金、石油、食品、医药、农药和环保等），是研究各种物料（原料、材料、中间体、成品、副产品和三废等）组成的分析方法和有关理论的一门学科。工业分析的结果可用来评定原料和产品的质量，其分析的过程是对工业产品进行质量过程控制，检查工艺流程是否正常，环境是否受到污染，从而做到合理组织生产，合理使用原料、燃料，及时发现问题，减少废品，提高企业产品质量，保证工艺过程顺利进行和提高企业经济效益等。因此，工业分析有指导和促进生产的作用，是国民经济各部门中不可缺少的一种专门技术，被誉为工业生产的“眼睛”，在工业生产中起着“把关”的作用。

工业生产的发展和科学技术的进步，给工业分析提出了越来越多的课题，要求分析手段必须越来越灵敏、准确、快速、简便和自动化。主要表现在以下几个方面。①在快速方面：化工生产中，要求随时了解化学反应过程进行的情况，故需在几分钟内检验出反应中生成的物质情况和组分变化情况，因此要求有极其快速的分析方法。炼钢工业的迅速发展要求测试手段更加快速，纯氧顶吹钢每炉只要二三十分钟时间，钢中添加成分的炉前分析测定时间只能以秒计，因此要求提供更加快速的测试方法。随着工业生产自动化程度的不断提高，对分析方法的自动化要求也越来越高。②在准确方面：半导体中砷镓比的测定，要求达到的精度为 10^{-6} ，而且要快速自动。半导体技术级的原子级加工，要求测出单个原子的数目。③在灵敏度方面：环境保护工作和半导体材料分析均要求痕量杂质成分测定，灵敏度需达到 10^{-9} 甚至更低，而且要求快速自动。④在微区分析方面：半导体材料表面微小区域内极微量杂质成分的非破坏性检查，要求测定方法具有很高的选择性灵敏度。工业生产过程中各种参数的连续自动测定，大气和水中超微量有害物质的监测等，都促进了工业分析的不断发展。由于使用了特效试剂、掩蔽剂等，所以提高了分析测定的选择性和灵敏度，也加快了分析测试的速度。随着电子工业和真空技术的发展，许多物理检测方法逐渐应用到工业分析中来，产生了许多新的检测手段，它们以灵敏和快速为特点。特别是激光、电子计算机等新技术应用于工业分析中，使分析过程自动化，大大提高了分析工作的效率。

二、工业分析的特点

工业分析的对象多种多样，分析对象不同，对分析的要求也就不同。一般来说，在符合生产和科研所需准确度的前提下，分析快速、测定简便及易于重复是对工业分析的普遍要求。

工业生产和工业产品的性质决定了工业分析的特点。

1. 分析对象的物料量大

工业分析所涉及的物料往往以千百吨计，而且组成不均匀，要从其中取出足以代表全部物料的平均组成的少量分析试样是工业分析的重要环节。科学合理地采取具有代表性的分析试样是工业分析中的一项重要工作和技术。所谓科学合理，是要既取得能代表整个物料的少