

职业技术教育教材

工业分析

汤国龙 主编 林式惠 主审

GONGYE FENXI



 中国轻工业出版社

职业技术教育教材

工 业 分 析

汤国龙 主编

林式惠 主审

马丰仓 汤国龙 廖世荣 编著
林永兴 陈翠蕊

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工业分析/汤国龙主编. —北京: 中国轻工业出版社,
2004. 1

职业技术教育教材

ISBN 7-5019-4153-X

I. 工… II. 汤… III. 工业分析—技术教育—教
材 IV. TQ014

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 099125 号

责任编辑: 王 淳 责任终审: 滕炎福 封面设计: 刘 鹏
版式设计: 黄 薇 责任校对: 燕 杰 责任监印: 吴京一

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市宏达印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 850×1168 1/32 印张: 10.5

字 数: 240 千字

书 号: ISBN 7-5019-4153-X/TS·2440

定 价: 20.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-88390721 88390722

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

30715J1X101ZBW

前 言

为适应新的经济发展时期的需要，为我国改革开放培养更多的实用型的专业人才，2001年全国轻工中专分析化学专业与教材建设指导委员会武汉年会决定，编写具有职教特点的《工业分析》教材，并讨论通过了由武汉市第一轻工业学校汤国龙老师起草的《工业分析》课程教学大纲（征求意见稿）。本教材正是根据这一大纲的要求编写的。

在编写过程中，力求做到结合当前轻工行业生产实际和职业教育的水平，突出“突出复合型、适用型、技艺型”的职教特点。故此，所选实验方法均为当前生产和管理中正在执行的方法，其中以国家标准方法第一法为优选方法。通过本课程的学习，可以使学生能灵活、正确地应用分析化学及其它有关课程的基本理论和实验技术解决生产实践中的问题。所以，本教材适用于各类职业教育工业分析专业。

工业分析方法包括的内容很广，本教材根据教学大纲的要求，择重介绍水的分析、气体分析、煤的分析、油脂分析、食品分析、工业发酵分析、制浆造纸工业分析、日用化学品分析、硅酸盐分析和皮革、毛皮制品分析检验等十章。各章节重点介绍各分析项目的基本原理、测定步骤、结果处理及分析中应注意的问题，并对样品的采取和处理、保存方法作了简单叙述。

本教材由福建省集美轻工业学校林式惠老师任主审，武汉市第一轻工业学校汤国龙老师担任主编（编写：绪论和第四、八、九章），参加编写的有河南省轻工业学校马丰仓老师（编写：第一、二、三章）、福建省侨兴轻工业学校廖世荣老师（编写：第五、六章）、北京市皮革工业学校陈翠蕊老师（编写：第十章）、

福建省集美轻工业学校林永兴老师（编写：第七章）。

限于编者的业务水平和教学经验，书中的缺点和错误在所难免，敬望各位同仁、读者批评指正。

编者 2003 年 10 月

目 录

绪论	(1)
一、工业分析的任务和作用	(1)
二、工业分析的特点	(1)
三、工业分析方法的分类	(2)
四、工业分析学习的内容及要求	(4)
思考题	(4)
第一章 水的分析	(6)
第一节 概述	(6)
第二节 工业用水的分析	(6)
一、pH 的测定	(7)
二、碱度的测定	(9)
三、硬度的测定	(10)
四、总铁量的测定	(13)
五、溶解氧 (DO) 的测定	(14)
六、硫酸盐的测定	(18)
第三节 工业废水的检测	(20)
一、水样的采取和保存	(20)
二、化学耗氧量 (COD) 的测定	(21)
三、五日生化需氧量 (BOD ₅) 的测定——稀释与接种法	(24)
四、氰化物的测定	(29)
五、酚类化合物的测定	(32)
六、铅的测定	(35)
七、铬的测定	(37)
思考题	(39)

第二章 气体分析	(41)
第一节 气态试样的采取	(41)
一、采样设备	(42)
二、样品类型	(43)
三、采样方法	(43)
四、采样中应注意的问题	(44)
第二节 气体的化学分析法	(44)
一、吸收法	(44)
二、燃烧法	(47)
第三节 气体分析仪器	(50)
一、气体分析仪的构造	(50)
二、气体分析仪的组装与调试	(52)
第四节 应用实例	(53)
一、水煤气的分析 (CO_2 、 O_2 、 CO 、 H_2 、 CH_4 、 N_2 的测定)	(53)
二、大气中污染物含量的测定	(57)
思考题	(63)
第三章 煤质分析	(64)
第一节 概述	(64)
一、煤的组成	(64)
二、对工业用煤的要求	(64)
第二节 试样的采取和制备	(65)
一、试样的采取	(66)
二、试样的制备	(69)
第三节 煤的工业分析方法	(71)
一、水分的测定	(71)
二、灰分的测定	(78)
三、挥发分的测定	(81)
四、固定碳 (FC) 含量的计算	(83)

第四节 煤中全硫的测定方法	(84)
一、库仑滴定法	(84)
二、高温燃烧中和法	(87)
第五节 煤的发热量的测定方法	(92)
一、发热量定义	(92)
二、发热量测定方法概述	(93)
三、自动量热仪法	(93)
第六节 不同基分析结果间的换算	(94)
一、煤样的状态	(94)
二、换算公式	(95)
思考题	(95)
第四章 油脂分析	(97)
第一节 油脂试样的采集	(97)
一、采样工具	(97)
二、采样数量与方法	(99)
三、分析试样的制备和保存	(99)
第二节 油脂的分析项目及分析方法	(100)
一、熔点的测定	(100)
二、折射率的测定	(101)
三、色泽的测定	(103)
四、水分和挥发物的测定	(106)
五、酸值的测定	(109)
六、皂化值的测定	(110)
七、碘值的测定	(112)
八、不皂化物的测定	(114)
九、总脂肪物的测定	(116)
十、氧化脂肪酸的测定	(118)
思考题	(119)

第五章 食品分析	(121)
第一节 概述	(121)
一、样品的采集	(121)
二、样品的制备	(122)
三、样品的保存	(122)
四、样品的预处理	(122)
第二节 食品一般成分分析	(123)
一、水分的测定	(123)
二、灰分的测定	(125)
三、脂肪总量的测定	(126)
四、蛋白质和氨基酸总量的测定	(128)
五、碳水化合物的测定	(133)
第三节 成品糖分析	(137)
一、蔗糖分的测定	(137)
二、还原糖分的测定	(139)
第四节 食品添加剂的分析	(142)
一、食品添加剂概述	(142)
二、食品添加剂测定实例	(142)
第五节 食品中限量元素的测定	(147)
一、食品中的限量元素及允许标准	(147)
二、样品消化	(149)
三、汞、铅、砷含量的测定	(151)
思考题	(159)
第六章 工业发酵分析	(161)
第一节 概述	(161)
第二节 制酒原料的分析	(162)
一、原料中淀粉的测定	(162)
二、固体曲糖化酶活力的测定	(165)
第三节 成品白酒的分析	(168)

一、酒度的测定	(169)
二、总酸的测定	(169)
三、总酯的测定	(169)
四、总醛的测定	(170)
五、杂醇油的测定	(172)
六、甲醇的测定	(174)
第四节 啤酒的分析	(177)
一、啤酒色度的测定	(177)
二、啤酒中二氧化碳的测定	(178)
三、游离 α -氨基氮的测定	(180)
四、啤酒中蛋白质的区分	(182)
五、啤酒中双乙酰的测定	(185)
六、啤酒中苦味质的测定	(187)
七、啤酒外观浓度与实际浓度的测定	(189)
八、啤酒中酒精分的测定	(191)
九、原麦汁浓度与发酵度的计算	(191)
思考题	(193)
第七章 制浆造纸工业分析	(195)
第一节 试样的采集和制备	(195)
一、木材原料试样的采取	(196)
二、非木材原料试样的采取	(196)
第二节 植物纤维原料的分析	(197)
一、苯-乙醇抽出物的测定	(197)
二、综纤维素含量的测定	(200)
三、木素的测定	(201)
四、多戊糖的测定	(204)
第三节 生产过程的分析	(210)
一、碱法蒸煮液的分析	(210)
二、纸浆硬度的测定	(214)

三、次氯酸盐漂白液中有效氯含量的分析	(218)
第四节 化学纸浆的化学分析	(219)
一、样品的采集	(220)
二、 α -纤维素的测定	(221)
三、化学纸浆铜价的测定	(224)
思考题	(228)
第八章 日用化学品分析	(230)
第一节 概述	(230)
一、家用洗涤用品	(230)
二、日用化妆品	(230)
三、日用卫生用品	(231)
第二节 洗涤剂分析	(231)
一、总活性物含量的测定	(231)
二、阴离子表面活性剂含量的测定	(233)
三、总磷的测定	(240)
四、发泡力的测定	(242)
五、去污力的测定	(244)
第三节 化妆品理化检验	(250)
一、pH 的测定	(250)
二、粘度的测定	(250)
三、浊度的测定	(251)
四、相对密度的测定	(252)
五、色泽稳定度的测定	(253)
六、香水、花露水中香精的测定	(254)
思考题	(255)
第九章 硅酸盐分析	(256)
第一节 概述	(256)
一、硅酸盐的种类	(256)
二、硅酸盐的组成	(256)

三、硅酸盐分析的项目及意义	(257)
四、样品的采集和制备	(257)
第二节 试样的分解	(258)
一、酸分解法	(258)
二、碱熔融法	(259)
三、碳酸钙——氯化铵烧结法	(260)
四、酸性熔剂熔融法	(260)
第三节 硅酸盐的系统分析方法	(261)
一、经典系统分析法	(261)
二、快速系统分析法	(262)
第四节 水分及灼烧减量的测定	(262)
一、吸附水分的测定	(262)
二、灼烧减量的测定	(263)
第五节 硅酸盐的一般成分分析	(264)
一、二氧化硅的测定	(264)
二、三氧化二铁的测定	(267)
三、氧化钛的测定	(269)
四、三氧化二铝的测定	(270)
五、氧化钙的测定	(272)
六、氧化镁的测定	(274)
七、氧化钾和氧化钠的测定	(275)
思考题	(278)
第十章 皮革、毛皮成品的分析检验	(280)
第一节 概述	(280)
一、鞋面革	(280)
二、鞋底革	(280)
三、服装用革	(281)
第二节 皮革成品的分析检验	(281)
一、试样的制备	(281)

二、成品革的化学分析	(285)
三、成品革的物理-力学性能检验	(296)
第三节 毛皮成品的分析检验	(310)
一、试样的制备	(310)
二、毛皮成品的物理性能测试	(313)
三、毛皮成品的化学性能测试	(316)
思考题	(320)
参考文献	(322)

绪 论

一、工业分析的任务和作用

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具体应用。它研究工业生产中涉及的原料、辅助原料及燃料等化学组成的分析方法，并对生产过程中的中间产品、成品、工艺过程及工业“三废”实施监测，以确保生产所用各类原、辅料的质量，为生产中的工艺过程提供正确的分析结果，为产品质量提供质量依据。从而合理地组织生产，合理使用原、辅料及燃料，及时发现问题，减少废品，提高产品质量，并为生产工艺改革提供必要的依据。因此，工业分析有指导和促进生产的作用，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，推动了工业分析的飞速发展，工业分析手段越来越灵敏、准确、快速、简便和自动化。例如，在环境监测和半导体材料分析中痕量杂质成分测定的灵敏度已达到 10^{-9} 级甚至更低；在生产过程中，很多参数的测定已经实现了连续化、自动化，特别是计算机技术的应用，使分析过程自动化程度进一步提高，从而提高了分析工作的效率。同时由于特效试剂和掩蔽剂的使用，为分析测定提供了更高的选择性和灵敏度。

我国成功加入世界贸易组织，为工业生产和工业分析的发展带来了许多新的机遇和新的挑战，对工业生产和工业分析提出了更高的要求，特别是工业的标准化、管理。

二、工业分析的特点

工业分析的对象是多种多样的，分析的对象不同，分析的要

求也就不同。但一般来说，在符合生产所需准确度的前提下，分析快速，测定简便，以及易于重复等是对工业分析的普遍要求。所以在实际的工业分析中，首先必须注重以下几个方面：

(1) 正确采样。工业分析的主要目的是测定大量工业物料（往往是以千、万吨计算）的平均组成。但是实际进行分析的物料却又只能是其中的很小一部分，显然，这很小一部分物料必须具有能够代表大量物料，即和大量物料有极为相近的平均组成。否则，尽管分析工作非常精密、准确，但是分析结果却不足以代表大量物料，分析是没有意义的，甚至会把生产引入歧途，造成严重的生产事故。因此，正确采样是工业分析工作中的重要环节，是保证分析结果正确无误的前提条件。

(2) 制备分析溶液。工业分析的化学反应一般在溶液中进行，但有些物料却不易溶解。因此，在分析之前必须对物料进行适当的处理，制备成分析溶液。

(3) 排除干扰杂质。工业物料的组成是复杂的，大多含有各种杂质。因此，在选择分析方法时，必须考虑到杂质的影响，在样品的预处理和分析过程中应设法消除杂质的影响。

(4) 分析方法力求准确快速。工业分析对测定结果有一定的准确度的要求，但对于生产过程的分析，特别是车间生产控制分析，完成分析的速度也极为重要。

(5) 配合使用分析检验方法。在分析实践中，有时需要把化学的、物理的、物理化学的分析检验方法配合使用，取长补短，才能达到准确的分析结果。

三、工业分析方法的分类

工业分析中所用的分析方法按定量分析的原理可分为：化学分析法、物理分析法和物理化学分析法；按其在工业生产上所起的作用及完成分析测定的时间不同可分为：标准分析法和快速分析法。

1. 标准分析法

标准分析法的结果是进行工艺计算、财务核算及评定产品质量的依据。因此，要求有较高的准确度。此种方法主要用于测定原料、辅助原料、半成品、成品的化学组成，也常用于校核和仲裁分析。

标准分析方法通常是从不同的分析方法中选择出来的一种较准确可靠的方法，是由国家标准局或有关主管业务的部、委审核批准并作为“法律”公布实施的。前者称为国家标准，简称“国标”，代号为 GB；后者称为行业标准，如：原轻工部标准（QB）、原化工部标准化（HB）、原冶金部标准（YB）。此外，也允许有地方标准或企业标准，但是只能在一定的范围内实施。

标准分析方法不是固定不变的，随着科学技术的发展，旧的方法不断被新的方法所代替，新的标准颁布后，旧的标准随即作废。

标准分析方法都应注明允许误差（或称公差）。公差的数值是将多次分析数据经过数理统计处理而确定的。在生产实践中是用以判断分析结果合格与否的依据，两次平行测定的数据之差在规定公差绝对值两倍以内均认为有效，否则就叫做“超差”，必须重新测定。

例如：用氟硅酸钾滴定法测定粘土中二氧化硅含量，两次测得的结果分别为 28.60% 和 29.20%。两次结果之差为

$$29.20\% - 28.60\% = 0.60\%$$

当二氧化硅含量在 20.00%~30.00% 时其公差为 $\pm 0.35\%$ 。因为 0.60% 小于公差 $\pm 0.35\%$ 的绝对值的两倍（0.70%），所以用两次分析结果的算术平均值作为分析结果。即：

$$\text{二氧化硅含量} = \frac{29.20 + 28.60}{2} = 28.90\%$$

2. 快速分析法

快速分析法的主要作用是控制生产工艺过程中的关键部位。

要求迅速取得分析数据，以了解生产工艺是否正常，准确度只需满足生产要求即可。快速分析多用于中间控制分析。

四、工业分析学习的内容及要求

工业分析是在学完物理化学、分析化学、仪器分析等专业课及专业基础课之后，开设的专业课程。学习的内容有水的分析、气体分析、煤质分析、油脂分析、食品分析、工业发酵分析、制浆造纸工业分析、日用化学品分析、硅酸盐分析、皮革及毛皮成品分析等十章。主要介绍各种分析指标的分析原理、方法、操作步骤以及工业分析中所特用仪器的结构和使用方法。分析方法以标准分析法为主，快速分析方法为辅。

工业分析是一门实践性很强的课程，实验是教学的重点，通过实践教学培养学生良好的实践习惯、严谨的工作作风、实事求是的科学态度、不断创新的开拓精神以及高度的责任感和质量第一的思想。同时工业分析又是以分析化学、仪器分析、物理化学等学科为其理论基础，所以要真正提高学生分析问题、解决问题的能力，熟练掌握操作的基本技能，要求学生在实验前要认真进行预习和准备，了解分析测定方法的基本原理，找出实验的关键，掌握基本的操作技能和仪器的使用方法。实验过程中要认真进行操作，注意观察实验现象，及时记录实验数据。实验后及时进行总结、思考和问题分析，认真完成实验报告。

思 考 题

1. 工业分析的任务及其作用是什么？
2. 工业分析的特点有哪些？
3. 工业分析的方法按其在工业生产上所起的作用及完成分析测定的时间不同应如何分类？各分析方法的特点是什么？
4. 我国现行的标准主要有哪几种？GB/T××××—×××× GB××××—×××× GB/※××××—××××各