

化工工人必读

分析工

胥朝禔 主编

化学工业出版社

化工工人必读

分 析 工

胥朝禔 主编

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

分析工/胥朝提主编. —北京: 化学工业出版社, 1997
(化工工人必读)
ISBN 7-5025-1811-8

I. 分… II. 胥… III. 化学工业-工业分析 IV. TQ014

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 22064 号

化工工人必读

分 析 工

胥朝提 主编

责任编辑: 王秀鸾

责任校对: 凌亚男

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

【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

北京市燕山印刷厂印刷

北京市燕山印刷厂装订

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 21 $\frac{1}{2}$ 字数 491 千字

1997 年 5 月第 1 版 2002 年 6 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5025-1811-8/G·464

定 价: 35.00 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

前 言

随着我国~~化学工业~~的发展，在高速运转的生产过程中，为了满足化工工人学习专业知识的渴望，以《中华人民共和国工人技术等级标准》中级工的要求为依据，组织编写了一套《化工工人必读》。根据目前化工工种划分，将分册出版《操作工》、《分析工》等分册。

本书是根据化工部和劳动部联合颁发的《工人技术等级标准》和现代化工企业分析工人的实际状况编写的，是《化工工人必读》丛书的一册。本书的对象是从事分析工作的初级和中级技术工人，因此，其内容起点是初级分析技术工人的知识和技能水平，高点是中级分析技术工人的应知应会水准。

在编写时，注意了对《工人技术等级标准》的理解、消化、分解并转化为具体的知识内容，不降低也不超过《标准》的要求；在语言文字表达上力求深入浅出、通俗易懂；注意了概念和基础知识的准确性、系统性；全部采用新“国标”、“部标”和法定计量单位；为适应自学和作为教材使用的需要，每节、章后均有适当的练习题或复习题以及每章的内容提要。

本书由胥朝提主编。参加编写的人员有：胥朝提（绪论、第一、五、七、八章）、张光伟（第二、三、四、十、十一、十二章）、蔡增俐（第六章）、张荣（第九、十三、十四、十五、十六、十七、十八章）、江国平、郑为完、万晓分别参加了第十五、十四章和第十八章的编写。由西南师范大学潘银山副教授主审。

本书可作为在职工人培训、自学以及化工技校、职业高中

的教材，也可供化工分析技术人员参考。

由于时间仓促，编者水平有限，有疏漏和错误在所难免，敬请同行和读者批评指正。

编者

1996.8

目 录

绪论	1
第一章 化工分析基本知识	7
第一节 化验室的分类和基本设施	7
第二节 化验室的管理及主要规则	10
第三节 化验室安全防护知识	21
内容提要	42
复习题	44
第二章 分析室的基本操作	45
第一节 玻璃细工	45
第二节 常用玻璃仪器及使用	52
第三节 一般溶液的配制	61
第四节 纯水的制备	64
第五节 蒸馏、回流与萃取	70
第六节 加热、过滤、重结晶与干燥	77
内容提要	91
复习题	91
第三章 分析室常用设备与化学器皿	93
第一节 制样设备	93
第二节 电热设备	96
第三节 测量仪表及其他设备	105
第四节 化学器皿及其他用品	110
内容提要	118
复习题	118
第四章 分析天平	119

第一节 分析天平概述	119
第二节 双盘分析天平	121
第三节 双盘分析天平的使用和称样方法	129
第四节 单盘分析天平和电子天平	134
第五节 天平计量性能检定及常见故障的排除	141
内容提要	149
复习题	150
第五章 化工分析的一般步骤及计算	151
第一节 采样	151
第二节 试样预处理	165
第三节 化工分析中常见的量及其法定计量单位	173
第四节 误差与分析数据的处理	180
第五节 有效数字及运算规则	193
内容提要	200
复习题	202
第六章 常见离子的一般性质和鉴定	204
第一节 概述	204
第二节 常见阳离子的基本性质及鉴定	215
第三节 常见阴离子的基本性质和鉴定	229
第四节 无机物的定性分析	234
内容提要	239
复习题	239
第七章 滴定分析法	241
第一节 概述	241
第二节 化学试剂与标准溶液	244
第三节 滴定分析的主要仪器和操作	251
第四节 滴定分析的计算	263
内容提要	274
复习题	277
第八章 酸碱滴定法	278

第一节	电解质与电离	278
第二节	溶液的 pH 及酸碱溶液 pH 值的计算	283
第三节	盐的水解及溶液 pH 的计算	291
第四节	缓冲溶液	302
第五节	酸碱指示剂	313
第六节	酸碱滴定曲线及指示剂的选择	317
第七节	酸碱标准溶液的配制和标定	335
第八节	酸碱滴定法应用实例	341
	内容提要	345
	复习题	349
第九章	氧化还原滴定法	351
第一节	氧化还原反应	351
第二节	影响氧化还原反应的因素	358
第三节	氧化还原滴定曲线	360
第四节	氧化还原滴定指示剂	364
第五节	高锰酸钾法	366
第六节	重铬酸钾法	372
第七节	碘量法	377
	内容提要	385
	复习题	387
第十章	配位滴定法	389
第一节	配位滴定法概述	389
第二节	EDTA 的性质及其配合物	392
第三节	酸度对配位滴定的影响	395
第四节	配位滴定指示剂	402
第五节	提高配位滴定的选择性	409
第六节	配位滴定用标准溶液的配制	413
第七节	配位滴定应用实例	418
	内容提要	422
	复习题	423

第十一章	沉淀滴定法	425
第一节	沉淀反应及溶度积	425
第二节	沉淀滴定法	430
第三节	莫尔法	432
第四节	佛尔哈德法	435
第五节	法杨司法	437
第六节	沉淀滴定法中的标准溶液	439
第七节	应用实例	441
	内容提要	443
	复习题	444
第十二章	称量分析法	445
第一节	称量分析法简介	445
第二节	称量分析法对沉淀的要求及沉淀剂的选择	446
第三节	影响沉淀溶解度的因素	448
第四节	影响沉淀纯度的因素	454
第五节	进行沉淀的条件和方法	459
第六节	称量分析计算	463
第七节	称量分析的基本操作	465
第八节	应用示例——煤中硫分测定	470
	内容提要	472
	复习题	473
第十三章	气体分析	474
第一节	气体分析法	474
第二节	气体分析仪器	484
	内容提要	487
	复习题	488
第十四章	比色分析及分光光度法	490
第一节	基本概念	490
第二节	目视比色法	499
第三节	光电比色法	502

第四节	分光光度法	506
内容提要		512
复习题		514
第十五章	电位分析法	515
第一节	电位分析法概述	515
第二节	电位法测定溶液 pH 值	518
第三节	离子选择性电极	524
第四节	电位滴定法	529
内容提要		533
复习题		534
第十六章	气相色谱法	536
第一节	概述	536
第二节	基本理论	540
第三节	气路系统	547
第四节	进样系统	551
第五节	分离系统	555
第六节	检测系统	563
第七节	定性定量分析	569
内容提要		578
复习题		580
第十七章	其他常用仪器分析方法简介	583
第一节	高效液相色谱分析法	583
第二节	极谱分析法	590
第三节	库仑分析法	597
第四节	发射光谱分析法	601
第五节	原子吸收分光光度法	607
第六节	红外吸收光谱分析法	610
内容提要		615
复习题		617
第十八章	物理常数的测定方法	618

第一节 熔点和结晶点的测定	618
第二节 沸点和沸程的测定	622
第三节 密度的测定	625
第四节 闪点和燃点的测定	628
第五节 粘度的测定	633
第六节 比旋光度的测定	636
第七节 折射率的测定	639
内容提要	642
复习题	644
附录	645
表 1 相对原子质量表 (1995)	645
表 2 常用酸碱的密度和浓度	646
表 3 弱酸、弱碱在水中的离解常数	646
表 4 标准电极电位	648
表 5 EDTA 螯合物的 $\lg K_{\text{稳}}$	653
表 6 难溶化合物的溶度积	654
表 7 不同温度时的饱和水蒸气压	656
表 8 热导、氢焰质量校正因子	656
表 9 相对分子质量表 (1985)	660

绪 论

人们在从事生产和科学研究的活动中，常需要清楚的知道物质的组成，即某种物质由哪些元素、离子、官能团或化合物组成，各种组分的相对百分含量是多少？为解决这些问题，产生了一门重要科学——分析化学。因此，分析化学是研究物质化学组成的测定方法和有关理论的一门科学。

分析物质的组成，叫定性分析，分析各组分的百分含量叫定量分析。在近代化学研究中，分析化学还新增加了一项任务，即确定物质的结构，所以，可以认为，分析化学由定性分析，定量分析和结构分析三部分组成。

分析化学的应用涉及范围很广，在科学研究和经济建设的很多方面都要用到分析化学。例如，卫生医药部门对各种药物的检验及各种致病物质的分析，农业部门对土壤、肥料的分析，地质部门对矿石的鉴定，冶金部门的冶炼分析，考古学中对文物的出土分析以及卫生食品部门对食品的残毒分析，国防部门对化学毒剂的分析，环保部门的环境监测，航空航天部门对星际物质的分析等。由此可见，分析化学几乎涉及科研、国防和生产的所有部门。人们把分析工作喻为科研的尖兵。

把分析化学的基本原理和方法用于解决化工生产中实际分析任务所形成的学科叫做化工分析。化工分析是分析化学在化工生产中的具体应用。

由于在化工生产中，各种生产原料、辅助材料、产品、副产品乃至中间产物都是已知的，因此，对它们一般不需要进行

定性分析，而只需要用定量分析的方法测定这些物质中各组分的百分含量，所以化工分析主要学习定量分析方法在化工生产中的应用。

一、化工分析的任务

化工分析是分析化学中的定量分析在化工生产中的应用。它的主要任务是研究化工生产中的原料、辅料、中间产物、产品、副产品的分析方法以及燃料、工业用水、三废等的分析方法。具体的分析任务包括：产品出厂之前，通过化工分析检验其是否达到国家规定的质量标准；在生产过程中，为了控制生产过程的正常进行以确保产品质量，必须利用化工分析的方法对生产过程进行中间控制分析；由于原材料、燃料的来源产地不同，其有效成分的含量也不同，因此生产前还必须通过化工分析评定其质量以便合理使用，减少废品和次品；对化工生产过程中产生的废渣、废水、废气（简称“三废”）进行分析，以便合理利用和处理三废，同时更重要的是通过分析判定是否符合国家所规定的三废排放标准以保护环境；经过化工分析，检验工业用水的质量是否符合国家规定的标准；对燃料进行热值分析等。

总之，化工分析对化工生产有着十分重要的意义和作用，因此它被称为化学工业的眼睛。

二、化工分析方法的分类

在分析化学的发展过程中，人们研究出很多种对物质化学组成进行测定的方法（即分析方法）。对这些方法，可以从不同的角度对它们进行分类。如按测定对象的不同，可将分析方法分为无机分析和有机分析；按样品的用量不同，可分为常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析；按分析原理和操作方法的的不同，可分为化学分析和仪器分析；按分析任务和目的

的不同,可分为例行分析和仲裁分析等。

(一) 无机分析和有机分析

无机分析的对象是无机物。无机物大多数是电解质(即在水溶液中或熔融状态下能够导电的化合物),而电解质在水溶液中或熔融状态下都能电离成离子,所以对大多数无机物而言,一般都是通过测定其离子或原子团来表示各组分的百分含量。又由于无机物很多都能溶于水,可制成水溶液,所以无机分析多数在水溶液中进行。

有机分析的对象是有机化合物(简称有机物)。有机物大都是非电解质(即在水溶液中或熔融状态下不能导电的化合物)。组成有机物的元素不多,但有机物的种类很多,且结构比较复杂,分子内一般都含有决定有机物特殊性质的官能团(即决定化合物主要性质的原子或原子团),所以有机分析一般是通过测定组成有机物的元素或官能团来确定各组分的百分含量的。不过,在有机分析中,也常通过测定有机物的一些物理常数(如沸点、冰点、沸程等)来确定其组成。

(二) 常量、半微量、微量及超微量分析

常量、半微量、微量及超微量分析方法的试样用量如表0-1所示:

表 0-1 各类方法的试样用量

方 法	样品用量 mg	试样体积 ml	方 法	样品用量 mg	样品体积 ml
常量分析	>100	>10	微量分析	0.1~10	0.01~1
半微量分析	10~100	1~10	超微量分析	<0.1	<0.01

在实际应用中,经常较多地应用常量分析和半微量分析,这

主要是因为这两种分析方法所使用的仪器为普通仪器，其价格比较低廉，容易购置（如普通的滴定分析器皿和分析天平等），而微量及超微量分析则必须使用较贵重的特殊仪器。

在化工生产分析中，也有按样品中被测组分相对含量的不同将分析方法进行分类的。如被测组分含量在1%以上的，叫主成分分析；含量在0.01~1%之间的，叫微量成分分析；含量小于0.01%的叫痕量成分分析。

（三）化学分析和仪器分析

按分析测定的原理、操作方法或使用仪器的不同，可将分析方法分为化学分析和仪器分析两大类。

1. 化学分析

化学分析是以物质的化学反应为基础的分析方法。

化学分析的历史悠久，是分析化学的基础。在化学分析中，由于反应类型及操作方法的不同，它又可以分为下列三类。

（1）称量分析法 根据测定反应生成物的质量来确定被测组分含量的分析方法。这类方法又分为沉淀法和气化法。

（2）滴定分析法 根据化学反应中所消耗标准溶液的体积来求出被测组分含量的分析方法。即将一种已知准确浓度的试剂溶液（标准溶液），滴加到一定量的被测物质溶液中，至二者刚好反应完全（即达滴定终点）为止（通过所加指示剂的颜色变化指示滴定终点的到达）。再根据标准溶液所消耗的体积和浓度，计算被测组分的含量，这种分析方法叫滴定分析法。

称量分析法准确度高，但操作繁琐，耗时较长，故目前应用较少。滴定分析法设备简单操作简便，耗时少，准确度也较高，因此在生产和科研中应用较广。本书在化学分析部分将重点学习滴定分析。

（3）气体分析法 根据测定化学反应中所生成气体的体积

或气体与吸收剂反应生成的物质的质量，求被测组分含量的分析方法。

2. 仪器分析

仪器分析是以物质的物理性质或物理化学性质为基础并借助特殊的仪器测定被测物含量的分析方法。根据测定原理不同，仪器分析又可分为光学分析法、电化学分析法、色谱分析法、质谱分析法、X-射线分析法、放射化分析法、核磁共振分析法等。

仪器分析具有灵敏度高，分析速度快的特点，能测出含量极低的物质含量，适用于微量或痕量成分分析和生产过程控制分析，能够完成许多化学分析方法难以完成的分析任务，是分析化学的发展方向。但是，由于目前精密分析仪器价格比较昂贵，尚未普及，因而，使仪器分析的应用受到一定的限制。化学分析由于历史悠久，使用的设备和仪器比较简单，对于大量和中等含量物质的测定，准确度高。同时，在仪器分析中，关于试样的处理，方法准确性校验等也往往需要化学分析的方法和内容。所以，化学分析目前仍在科研和生产中广泛地被采用。总之，化学分析和仪器分析各有优缺点，相辅相成，前者是基础，后者是发展方向，在学习中，对二者不可偏废。

（四）例行分析和仲裁分析

按分析的任务和目的不同，可将分析工作分为例行分析和仲裁分析两类。

例行分析，一般是指配合生产而进行的日常分析。例行分析也叫常规分析。在化工生产中，为对生产过程进行控制，使之正常进行，需要迅速报出分析结果。因此，这种例行分析称为快速分析也称为中控分析。

仲裁分析是指不同的单位对分析结果有争议时，要求用指定的方法进行准确的分析，以判断原分析结果的可靠性而进行

的分析。这是一种具有权威性的分析。仲裁分析也叫裁判分析。

以上介绍了分析方法的四种分类。在实际工作中,对分析方法的选择,应根据分析对象、分析项目和分析要求而定。在选择具体的分析方法时,要考虑四个方面的因素——准确度、灵敏度、选择性和分析时间。如,对化工产品的分析,因其目的主要是检验是否符合国家规定的质量标准,所以应选择准确度较高的分析方法;生产中间控制分析(中控分析),因其目的主要是通过分析结果迅速对生产过程进行控制,要求速度要快,但对准确度的要求则相对较低,所以应选择快速的分析方法;仲裁分析,因其目的是为了对分析结果作出准确的判断,而对分析速度(即分析时间的长短)则无特殊要求,所以应选择准确度高的分析方法;环保分析,由于环境试样一般比较复杂,有害物质含量多少不一,而国家规定的环保指标又比较严格,有些有害物质即使含量很少也要测定出具体含量,因此,在环保分析中,应选择灵敏度高,选择性好的仪器分析方法。总之,在选择具体的分析方法时,要综合考虑各种因素,具体问题具体分析,以期选择一种最适当的分析方法。

练 习 题

1. 什么叫分析化学?分析化学的任务和作用是什么?按其任务,它由几部分组成。
2. 化工分析的任务是什么?
3. 按测定对象的不同,分析方法可分为哪两类?
4. 按分析样品用量不同,分析方法可分为哪几类?
5. 化学分析和仪器分析这两类分析方法是按什么划分出来的?
6. 化学分析分为哪几类?
7. 仪器分析分为几类?