

化工工人技术理论培训教材



化学分析

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社

化工工人技术理论培训教材

化 学 分 析

化学工业部人事教育司
化学工业部教育培训中心 组织编写

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

化学分析/化学工业部人事教育司,化学工业部教育培训中心组织编写. —北京:化学工业出版社,1997

化工工人技术理论培训教材

ISBN 7-5025-1832-0

I. 化… I. ①化… ②化… II. 化学分析-技术培训-教材 IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 02249 号

化工工人技术理论培训教材

化 学 分 析

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

责任编辑:田 桦

责任校对:吴桂平

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)

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 11½ 字数 324 千字

1997 年 4 月第 1 版 1997 年 5 月北京第 1 次印刷

印数:1—6000

ISBN 7-5025-1832-0/G·472

定价:19.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买化工版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要,提高工人的技术理论水平和实际操作技能,我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划和教学大纲》的要求,组织有关人员,编写了这套培训教材。

在教材编审过程中,遵循了“坚持标准,结合实际,立足现状,着眼发展,体现特点,突出技能,结构合理,内容精炼,深浅适度”的指导思想,以“等级标准”为依据,以计划和大纲为蓝图,从有利于教师教学和方便工人自学出发,力求教材内容能适应化工生产技术和现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容,在编制教学计划和大纲划定时,我们在充分理解等级标准的基础上,吸取了国外职业教育的成功经验,对不同工种不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解,作为理论教学的基本单位,称之为“单元”。在计划和大纲中,168 个工种按五个专业大类(及公共课)将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动,我们把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起,分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册:《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》和《氨的合成》。

有机化工类单元教材共 7 册:《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应(一)》、《有机化学反应(二)》、《有机化学反应(三)》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共 43 册:《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表(一)》、《化工分析仪表(二)》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修工识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材 6 册:《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共 11 册:《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共 20 册:《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写》、《标准化基础知识》和《化工生产管

理知识》。

在教材编审过程中,尽管广大编审人员作了很大努力,但由于我们经验不足和教材编审时间的限制,部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意。为此我们建议:

一、各单位在组织教学过程中,要按不同等级的培训对象,根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求,以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学要与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外,还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况,制订相应的教学方案,确定相应的教学内容。以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中,如发现教材中存在一些问题,可及时与我们联系,也可与教材的编者或出版单位联系,使教材中的问题得到及时更正,以利教学。

我们组织编写本套教材,得到了全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助,在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司

化学工业部教育培训中心

1996年3月

内 容 提 要

《化工工人技术理论培训教材》是依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划和教学大纲》的要求编写的。

其中《化学分析》分别包括“气体分析法”、“溶液配制与浓度计算”、“分析数据处理与误差”、“酸碱滴定法”、“配位滴定法”、“氧化还原滴定法”、“沉淀滴定法”、“重量分析法”、“非水溶液滴定法”、“常见离子的检出方法”10个单元，介绍了化学分析的基础理论和基本的分析方法，可供各化工企业培训分析工使用，也便于工人自学。

目 录

气体分析法 (分 002)	1
第一章 绪论	2
第一节 概述	2
第二节 气体基本定律及有关计算	4
第三节 气体样品的采取	9
练习题	18
第二章 气体的化学分析法	19
第一节 吸收法	19
第二节 燃烧法	25
第三节 气体的化学分析法的计算	30
第四节 化学式气体分析器	37
第五节 应用实例	48
练习题	58
第三章 气体的其他分析方法	60
第一节 检气管法	60
第二节 量热法	65
第三节 电化学法	69
第四节 其他方法	85
练习题	101
溶液配制及浓度计算 (分 003)	103
第一章 溶液的基本知识	104
第一节 溶质、溶剂和溶液	104
第二节 化学试剂	105
第三节 化学反应的计量关系	10
第二章 溶液的浓度与浓度换算	110
第一节 溶液浓度的表示方法	113
第二节 溶液浓度的换算	115

第三章 溶液的配制方法	119
练习题	123
分析数据处理与误差 (分 004)	126
第一章 分析结果的表示方法	127
第一节 被测组分的化学表示形式	127
第二节 被测组分含量的表示方法	128
第二章 误差的基本概念	134
第一节 误差的分类	134
第二节 真值、平均值与中位值	136
第三节 误差与准确度	137
第四节 极差、偏差与精密度	138
第五节 准确度与精密度的关系	144
第六节 重复性与再现性	146
第七节 提高分析结果准确度的方法	148
第三章 误差的基本理论	151
第一节 误差的分布规律	151
第二节 平均值的可靠性	152
第三节 误差的传递及计算结果的误差	155
第四章 分析数据的处理	160
第一节 有效数字及数字修约	160
第二节 显著性检验	167
第三节 可疑数值的取舍	171
第四节 极限数值的表示方法和判定方法	174
第五节 方差分析	179
第六节 回归分析法在标准曲线法上的应用	183
练习题	188
主要参考文献	190
酸碱滴定法 (分 005)	192
第一章 酸碱滴定法的原理	193
第一节 酸碱滴定的基本原理和指示剂的选择	195
第二节 酸碱标准溶液的配制和标定	200
第二章 酸碱滴定法的应用	204
练习题	206

配位滴定法 (分 006)	208
第一章 配位滴定的基本原理	209
第一节 乙二胺四乙酸及其配合物	209
第二节 配合物在水溶液中的离解平衡	211
第二章 指示剂的变色原理及常见指示剂的选择	215
第一节 指示剂的变色原理	215
第二节 常见的金属指示剂	215
第三章 影响配合滴定准确度的因素	218
第一节 酸效应对配合滴定的影响	218
第二节 其他干扰离子的消除	219
第四章 应用实例	220
第一节 水硬度的测定	220
第二节 其他金属离子的测定	221
练习题	222
氧化还原滴定法 (分 007)	223
第一章 氧化还原滴定原理	224
第一节 电极电位和能斯特方程	224
第二节 氧化还原滴定原理和指示剂选择	226
第二章 常见的氧化还原滴定法	229
第一节 高锰酸钾法	229
第二节 重铬酸钾法	230
第三节 碘量法	230
第四节 溴酸钾法	232
第五节 铈量法	233
第三章 应用实例	234
第一节 过氧化氢含量的测定	234
第二节 铁矿石中铁含量的测定	234
第三节 工业苯酚纯度的测定	236
练习题	237
沉淀滴定法 (分 008)	239
第一章 沉淀滴定法的基本原理	240
第一节 沉淀滴定法的基本原理	240
第二节 沉淀滴定法的条件及分类	243

第二章 莫尔法	245
第一节 莫尔法基本原理和控制条件	245
第二节 莫尔法的标准溶液和应用实例	246
第三章 佛尔哈德法	249
第一节 佛尔哈德法基本原理	249
第二节 佛尔哈德法的应用	251
第四章 法扬司法	254
第一节 吸附指示剂	254
第二节 法扬司法测定条件	255
第三节 法扬司法应用实例	256
练习题	259
重量分析法 (分 009)	262
第一章 重量分析法概述	263
第一节 重量分析法的分类及对沉淀的要求	263
第二节 沉淀的形成及影响因素	266
第二章 沉淀条件和沉淀剂的选择	274
第一节 沉淀的条件	274
第二节 沉淀剂的选择	277
第三章 重量分析的基本操作	279
第四章 沉淀重量法的应用	283
第一节 分析结果的计算	283
第二节 应用实例	285
练习题	287
非水溶液滴定法 (分 011)	289
第一章 概述	290
第一节 非水滴定法	290
第二节 非水滴定法发展过程简介	290
第二章 非水溶液酸碱滴定	292
第一节 质子理论	292
第二节 非水溶液酸碱滴定的溶剂及指示剂	299
第三章 非水溶液滴定的应用实例	305
第一节 酸类化合物的测定	305
第二节 碱类化合物的测定	310

第三节	羧酸盐的测定	312
第四节	水分的测定	314
第四章	非水溶液的氧化还原滴定	319
第一节	非水溶液中的氧化还原滴定	319
第二节	应用实例	320
练习题		323
实验部分		324
实验一	非水酸碱滴定法测定乙酸钠的纯度	324
实验二	非水酸碱滴定法测定苯胺	326
主要参考文献		329
常见离子的分析方法 (分 012)		330
第一章	概述	331
第二章	常见离子的分析	337
练习题		348

气体分析法

(分 002)

吉林化学工业公司化肥厂 吕宝仙 编
吉林化学工业公司电石厂 戴文凤 审

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、常见的几类工业气体

化工生产中经常遇到各种气体，如：合成氨生产中的原料、中间控制产品及产成品大都是气体；燃料燃烧和化工生产中的化学反应常常产生废气；由于生产设备的泄漏，生产厂房内的空气中常混有一部分生产气体，等等。这些气体通常分为化工原料气、厂房空气和废气。化工原料气包括有水煤气和半水煤气、焦炉煤气、炼油气及天然气等，它们不但能作为合成无机及有机产品的重要原料，而且也经常用来做气体燃料。厂房空气的产生是由于化工生产常常是正压操作，生产设备漏气，使生产厂房内的空气中常混有生产用气，如生产水煤气用发生炉厂房中常混有水煤气；脱硫厂房中常混有硫化氢气体；生产硝酸厂房中常混有氨气、氧化氮气体等。另外，在化工生产过程中，由于副反应的发生，或受工艺条件的限制，导致反应不完全及吸收不完全等原因，一般化工厂都要排出一部分废气，如硫酸生产中排出的废气中含有二氧化硫；硝酸生产中的废气中含有氧化氮气体；制碱厂排出的废气中含少量二氧化碳；燃烧炉的烟道气中含有氮气、氧气、二氧化碳、一氧化碳、水蒸气及少量其他气体；有机化工厂的废气则情况各异，组成较为复杂，这些废气将直接排入大气中。

二、气体分析的应用与特点

为了保证化工生产的顺利进行和人民的身心安全，必须进行气体分析。气体分析就是利用各种气体的物理、化学性质的不同来测定混合气体的成分及组成的过程。

气体分析被广泛应用于化工生产中，它可以判断生产过程进行的程度，为合理利用资源、降低原料消耗、稳定优质生产，起着耳目和

指导作用。

通过气体分析,可以掌握进厂原料气的成分,使之合理使用原料;在中间控制生产中,通过对中控气体产品的分析,可以了解生产是否正常,以保证连续化生产的顺利进行;通过分析气体产品,可以保证产品质量、降低消耗、提高效益、满足用户的需要;经常分析厂房空气,可以了解厂房中是否有有害气体,并测定其含量,检查厂房通气及设备漏气情况,以及及时采取措施;在动火检修前和进入设备检修前,要进行动火分析和安全分析(氧含量分析、有毒气体分析),以确保检修工人及厂房安全;在生产废气排入大气前,对其废气进行分析,可以了解其含量,不但给进行废物利用提供数据,重要的还能保护环境,做到文明生产。

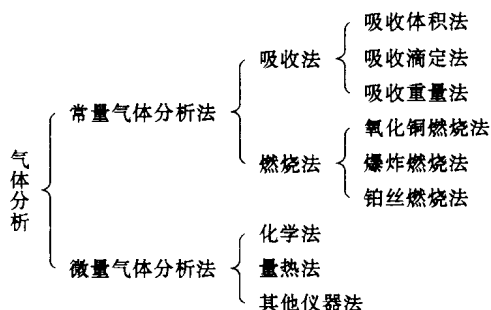
由于气体本身的聚集状态的特点(分子间距离大、吸引力小),使气体分析有其本身的特殊性。气体的密度小、质量轻而流动性大,不易称量,因此气体试样常用测量气体体积的方式代替称量,按体积计算百分含量。而且气体的体积随周围温度与压力的改变而变化,所以测量每种气体体积的同时必须记录当时的温度和压力,利用气体定律,将被测气体的体积校正到同一温度压力下的体积,然后再进行计算。

三、气体分析的方法与分类

用于气体分析的方法很多,其分类方法有两种:一是按被测组分的百分含量分类,二是视分析方法所依据的被测组分的物理或化学性质的不同来分类。

若按被测组分在试样中的含量分类,气体分析可分为常量气体分析与微量气体分析两大类。一般说来,气体试样中被测组分含量在1%(体积百分比)以上的气体分析方法称为常量气体分析法;气体试样中被测组分含量在1%以下时的气体分析方法称为微量分析法。具体分类见下页。

若根据被测组分的物理性质(电导率、导热率、折射率)、物理-化学性质或化学性质(与某试剂进行化学反应)的不同,气体分析可分为化学分析法和仪器分析法。仪器分析法是利用气体的物理或物



理-化学性质,应用各种特殊仪器进行分析的方法。由于它具有操作简便,灵敏度高,选择性好,分析速度快等特点,因此被广泛的用于现代化生产中,尤其适用于微量组分的气体分析。如气体中微量氧的测定,国标规定使用比色法(GB 5831)、电化学法(GB 6285);气体中微量水分的测定可用电解法(GB 5832.1)、露点法(GB 5832.2);气体中微量氢的测定可用色谱法(GB 8981)等等。但是,由于仪器分析法所需的仪器成本高,有时还需标准样品等缺点,因此在中控分析和小型化工厂中常用化学分析法。

第二节 气体基本定律及有关计算

气体体积受压力和温度的影响较大。本节讨论气体的体积、温度、压力三个物理量之间的相互关系及气体浓度的表示方法。

一、体积、压力、温度单位

1. 体积的单位

气体的体积是指气体分子所能达到的空间,也就是气体所充满的容器的容积。体积的法定单位是 m^3 和升。立方米的符号为 m^3 。与 m^3 相对应的倍数与分数单位有:

分米³ dm^3 (10^{-3}m^3)

毫米³ mm^3 (10^{-9}m^3)

厘米³ cm^3 (10^{-6}m^3)

升的符号为L。常用的倍数和分数单位有:

百升 hl (100L)

厘升 cl (0.01L 或 10ml)

分升 dl (0.1L 或 100ml)

毫升 ml (0.001L 或 1cm^3)

气体的体积常用升 (L)、毫升 (ml); 米³ (m³)、分米³ (dm³) 和厘米³ (cm³) 来表示。它们之间的关系是:

$$1\text{m}^3 = 1000\text{L}$$

$$1\text{L} = 1000\text{ml} = 1000\text{cm}^3 = 1\text{dm}^3$$

2. 压力 (压强) 的单位

气体的压力 (压强) 是指气体对容纳它的容器壁单位面积上的作用力。

即
$$P = F/A$$

如果力 (F) 的单位用牛顿 (N), 面积 (A) 的单位用平方米 (m²), 则压力 (P) 的单位为 (N/m²)。国际计量大会给定 N/m² 一个专门名称叫帕斯卡 (Pa)。常用的压力、压强单位的倍数与分数单位有:

吉帕	GPa	(10 ⁹ Pa)	百帕	hPa	(10 ² Pa)
兆帕	MPa	(10 ⁶ Pa)	毫帕	mPa	(10 ⁻³ Pa)
千帕	kPa	(10 ³ Pa)	微帕	μPa	(10 ⁻⁶ Pa)

3. 温度的单位

温度可以通俗地理解为物体的冷热程度。根据热力学原理, 温度可看作处于相互热平衡的两个热力学系统的同一特性, 即彼此处于热平衡的状态特性。中国的法定计量单位规定了温度的国际单位制的基本单位为热力学温度, 它是根据热力学原理而定义的温度。热力学温度的法定单位 (名称) 是开尔文, (单位) 符号为 K。1K 定义为水三相点热力学温度的 1/273.16 (水三相点的热力学温度是 273.16K, 水的冰点是 273.15K)。国际单位制中温度的导出单位为摄氏温度。摄氏温度的单位名称是摄氏度, 单位符号为 (°C)。

摄氏度与开尔文定标的起点不同, 在表示温度时, 摄氏温度的数值 {t}_C 与热力学温度的数值 {T}_K 相差 273.15 (用摄氏度表示水的冰点是 0°C, 对应着开尔文温度是 273.15K), 可简化为 273。因此 {t}_C 与 {T}_K 之间的换算关系为

$$\{T\}_K = \{t\}_C + 273$$

二、气体的体积、温度、压力之间的关系

1. 气体体积与压力的关系——波义耳-马略特定律