

中等专业学校教学用书

分 析 化 学

本溪钢铁学院等合编



中国工业出版社

中等专业学校教学用书



分析化学

本溪钢铁学院 鞍山钢铁学院 石景山冶金学院

湖南冶金学院 辽宁冶金学院合编

中国工业出版社

序 言

本书是中等专业学校炼钢、炼铁、电炉炼钢及铁合金、有色金属冶炼及选矿专业四年制（或三年制）“分析化学”课程的教学用书。

本书对于基本理论的阐述，力求做到系统清晰，重点突出，明白易懂，对于一些不太必要的定义或数学推导则从略，或用小字体作为补充知识附入。在每章后列入了必要数量的思考题与习题，以求理论讲授与作业紧密配合。

由于本书适用专业较多，一方面内容上涉及的面较广，另一方面某些部分也有照顾不足的地方，各专业可根据情况作适当取舍和补充。

本书分三篇：第一篇为定性分析，第二篇为定量分析，第三篇为仪器分析。在取材和编排方面，对有关几个问题作如下说明：

1. 定性分析理论部分的讲述是在普通化学的基础上，联系分析化学的应用作了必要的阐述和补充，尽量避免不必要的重复。

2. 根据冶金工业的特点，定量部分着重于容量分析，内容包括中和法、氧化—还原法和络合滴定法（氨羧络合法）三种方法。

3. 过去一般分析化学教学中，对于滴定曲线部分叙述较多，此次予以精简，免去了繁琐的计算，只采用定性的讲解方法。

4. 分离方法的知识是实际分析复杂物质时所必需的，在冶金工业中经常应用，因此本书在讲完定量分析后，增加

了“元素的分离方法”一章，簡要介紹了数种应用較普遍的分离方法。

5. 由于仪器分析符合生产发展的需要，所以近年来发展极快，在冶金工业中也是如此。为了满足这个需要，本书第三篇扼要介紹了比色分析、电解分析、极譜分析和光譜分析四种常用的仪器分析方法；但为适应学生的实际水平，所以理論上只作簡明讲解，着重于实际应用。

本书的編写是在本溪鋼鉄学院党委的直接领导下进行的，編写期間得到了許多兄弟院校的支援，并提出了不少的具体意見。在內容和題材上我們曾引用了杭州化工学校、东北工学院、北京鋼鉄学院、华东化工学院和北京农业大学的有关教材以及国内已出版的冶金实验书籍中部分叙述和例题，在此我們深表感謝。

限于我們对党的教育方針体会不深，教学經驗及业务水平不足，再加上时间的限制，缺点錯誤在所难免，我們誠懇地希望采用本教材的老师提出意見，以便再版时修正。

編 者

一九六一年五月

目 录

序 言	“
緒 論	1
§1 分析化学的任务及内容	1
§2 分析化学的重要性	2
§3 分析化学的发展史	4
§4 我国分析化学的发展概况	7

第一篇 定性分析

第一章 緒論	10
§1 定性分析的方法	10
§2 定性分析的反应与对它的要求	13
§3 分别分析和系统分析	15
复习題	20
第二章 分析化学的理論基础	20
§1 水的离解与 pH 值	20
§2 离子平衡的移动、同离子效应与緩冲溶液	24
§3 溶度积及其在分析上的应用	27
§4 絡合物及其在分析化学上的应用	33
§5 胶体溶液及其在分析化学上的应用	36
§6 氧化——还原电势	39
复习題	47

第二篇 定量分析

第三章 緒論	49
--------	----

§1. 定量分析的方法	49
§2. 分析方法的統一和标准化	54
§3. 定量分析的准确度和重现度	62
§4. 定量分析中有效数字的运用及运算規則	66
复习題	68
第四章 分析天平	68
§1. 分析天平的构造及砝碼	69
§2. 分析天平的类型	73
§3. 分析天平的維護及使用規則	77
§4. 称量方法	79
复习題	82
第五章 重量分析	82
§1. 重量分析概述	82
§2. 重量分析对沉淀的要求	84
§3. 影响沉淀完全与純淨的因素	85
§4. 沉淀的条件	86
§5. 重量分析的計算	89
§6. 重量分析的特点	91
§7. 重量法应用示例	92
复习題	93
第六章 容量分析	93
§1. 容量分析概述	93
§2. 容量分析方法的分类	95
§3. 标准溶液的濃度	96
§4. 标准溶液的配制和标定	98
§5. 容量分析計算	100
复习題	104
第七章 中和法	105
§1. 中和法的实质	105

§2 指示剂的选择	106
§3 中和法应用示例	113
复习题	114
第八章 氧化—还原法	115
§1 氧化—还原法概述	115
§2 氧化—还原指示剂的选择	117
§3 氧化—还原克当量	120
§4 氧化—还原法的分类	121
一、重铬酸钾法	121
二、高锰酸钾法	123
三、碘量法	124
§5 氧化—还原法的应用示例	125
复习题	126
第九章 络合滴定法	128
§1 常见的氨羧络合剂	128
§2 氨羧络合反应及金属络合物	129
§3 金属指示剂	130
§4 络合滴定应用示例	132
复习题	132
第十章 元素的分离方法	133
§1 沉淀分离	133
§2 掩蔽作用	136
§3 离子交换分离	136
§4 萃取分离	140
§5 汞阴极分离	141
复习题	142

第三篇 仪器分析

第十一章 比色分析	143
------------------------	------------

§1 比色分析概述	143
§2 比色分析的原理	144
§3 入射光的选择	146
§4 比色分析的方法	147
§5 比色法的误差	157
复习题	159
第十二章 电解分析	160
§1 电解分析概述	160
§2 电解分析的主要原理及应用	161
§3 恒电流电解法	164
§4 内电解法	165
复习题	166
第十三章 极谱分析	167
§1 极谱分析概述	167
§2 极谱分析的几个理论问题	171
§3 干扰极谱分析的主要因素	172
§4 极谱定量分析的方法	178
§5 极谱分析的仪器	182
复习题	197
第十四章 光谱分析	198
§1 光谱分析概要	198
§2 激发光源及摄谱仪	200
§3 光谱定性分析	203
§4 光谱定量分析	204
§5 看谱镜及其应用	210
复习题	211
附录	212

緒 論

§1. 分析化学的任务及內容

分析化学是研究测定物质（个别物质或混合物）的化学组成的方法的科学。按照任务的不同，分析化学可分为定性分析与定量分析两个部分：定性分析的任务是确定物质由那些元素（或离子）所組成；定量分析的任务則是准确测定物质各組成部分的含量。因为只有在知道了物质的定性組成以后，才能正确地进行定量分析，故一般在着手定量分析之前，必須先作定性分析。

按照被分析物质性质的不同，分析化学又可分为无机分析化学与有机分析化学。无机分析化学的研究对象为：矿石、金属、合金、天然的和人工制造的无机物。有机分析的研究对象則是各种有机物。在冶金工业生产中要分析的物质主要是无机物。

一般定量分析的内容均着重于通过典型的实验讲授各种分析方法的原理和进行基本操作的训练，而把用于工业生产中原料、半成品和产品的化学分析划为工业分析的范围。但是二者之間并没有严格的界限，这不仅是由于工业分析中所用的方法基本上与定量分析的方法一样，而更重要的是因为定量分析是随着工业生产的发展而发展的，所以不能把它们截然分开。

在测定物质各組成部份的含量时，常常需要使被测定组分与其他组分分离，并将它們轉变成适当的形式，然后进行测定。在分离和测定过程中，不仅要利用物质的化学性质和

化学反应，而且也要利用物质的物理性质和物理的方法。所以，学习分析化学，不仅需要熟悉化学的基本原理和各种反应，而且也应当掌握有关的物理知识，并密切注意其新的成就，才可能运用各方面的成就不断改进现有的分析化学方法或创造新的方法。

§ 2. 分析化学的重要性

分析化学是研究物质的化学组成及其变化的重要方法之一，是一门重要的工具学科，几乎任何科学研究只要涉及化学现象，就往往离不开分析化学的方法。首先化学的发展就离不开分析化学，例如，原子量的测定、化合物化学式的确定和反应机构的研究等都要用到分析化学。此外，分析化学也广泛地用于与化学有关的各门科学中，例如：矿物学、地质学、冶金学、生物学、医药以及农林等技术科学，无一不需要用到分析化学。

分析化学在我国的社会主义经济建设和工农业生产中也起着非常重要的作用。例如：地质勘探工作中即需要化验大批的岩石和矿石样品；在农业生产中，土壤肥力的测定，肥料、农药和农牧产品的鉴定，肥料农药的制造、和农牧产品的加工等生产过程的控制都须借助于分析化学。特别是在国民经济以农业为基础的方针指导下，分析化学更好地为大办农业、大办粮食服务，是分析工作者重大而光荣的任务。

在工业生产中，如各个工厂，为控制生产过程和保证产品质量就必须对原材料、中间产品和成品经常进行分析，不仅在与化学有关的各种工厂如此，就是非化学工业的机械制造厂和发电厂也经常要分析金属材料、水和燃料等。下面我们仍以分析化学在冶金工业生产上的作用来进一步说明这点。

首先，冶金工业生产的原料(矿石、助熔剂和燃料等)，必須事先经过分析檢驗才能投入生产，因为只有知道了原料的定性与定量組成才能正确的选定生产方法和进行生产过程的工艺計算。例如，冶炼的第一步就是配料，配料的目的是使炉料中所含各种成分的数量适当，以便在熔炼时所有的废石成分，如二氧化硅、氧化鈣和氧化鋁等，能按一定比例組合，形成熔点不高、比重輕、粘度小而又能与金属很好分离的炉渣。为此，就必须知道原材料中这些成分的含量。所以，现代冶炼工业中的任何一种原料，如果没有說明其性质与适用范围的化学分析数据，就不能投入生产和在市場上出售。

其次，半成品与控制生产过程而取出的試样的分析也具有同样重要的意义。根据这些分析，生产人員才可以很好地控制生产过程、合理地使用原材料、消除废品和預防事故。例如，炉渣的数量、性质和化学成分对熔炼時間、金属的性质及金属在渣中的损失等都有很大关系。所以在炼鋼过程中，必須按一定時間(加料后、出渣前、精炼和出鋼前)取出渣样来进行分析。如果發現渣的成分不正常，就要加以調整。又如在炼鋼中除了要分析炉渣外、还要分析中間产品冰銅，并根据冰銅的成分来調整配料。这种为控制生产过程而进行的分析称为炉前分析，一般由設在車間附近的車間化驗室来进行。为了及时的向生产人員提出数据，炉前分析应使用特殊的快速方法。

最后，对冶金工业生产出来的各种产品也要进行严格的檢驗，以便确定产品质量是否合乎国家規定的质量标准。表1是生产一定量金属所需要分析的元素和次数的大約統計。

此外，在研究金属矿石精选的工艺流程中，要依靠分析

某些金屬生产中的分析項目与次數 表 1

产 品 名 称	产 量	分 析 项 目	分 析 次 数
生 铁	5,000万吨	C, Si, P, S, Mn	200万次
平 炉 鋼	8,200万吨	C, Si, P, S, Mn	2,700万次
电 炉 鋼	500万吨	10—20	3,500万次

檢驗提供的數據確定精礦金屬的回收率和精礦質量，及尾礦中有用金屬的殘留量。從而根據技術與經濟條件，選擇最合理的工藝流程。

由此，不难看出正确地組織生产的化学檢驗對我國社会主义建設事業具有何等的重要意義。因此，几乎所有的工厂中均有自己的分析化驗室。象冶金工厂这样的大型企业除了在中央試驗室設有总分析室外，还在各个車間設有車間化驗室。中央試驗室的总分析室的任務是配合工厂的研究工作进行各項分析。化驗工作与分析方法的研宄，負責原材料与产品质量檢查，以及对各个車間化驗室的技术指導与監督。車間化驗室的任務則是負責炉前分析。它們都是企业中不可缺少的重要部分。

在学校中学习分析化学，除了使学生学得一門有用科学知識和为将来进行科学研究和掌握生产准备必要的知識与技能外，还要通过分析化学的学习，培养学生独立进行精密實驗的工作能力。通過在實驗室中，觀察物质內在規律及其联系和不断运用理論联系实际的科学方法，培养学生的辯証唯物主义的世界觀和科学的思想方法。

§ 3. 分析化学的發展史

分析化学是化学中历史最悠久的部門之一。和其它科学

在战国时代（公元前 400 年）我国就能制造和使用原始的天平。

近代分析化学是在 19 世纪的中叶才被介绍到我国来的。当时江南制造局和同文馆等处翻译了不少化学书籍，其中有徐寿（1818—1884 年）所译的“化学考质”及“化学求数”，前者是定性分析，后者是定量分析。1882 年同文馆出版的“化学鉴原”一书，其内容主要讲述一些分析的方法。此后，我国分析化学工作者在分析方法的改进，分析系统的改善，有机试剂的发现和应用，硒和碲的分离等方面还作出了一些成绩。但是在旧中国，人民受着帝国主义、官僚买办和封建势力三座大山的压迫，工农业生产饱受摧残，自然科学得不到生产力的推动，因而也就没有什么进展。分析化学的一些研究工作也大半是脱离实际，脱离生产和只从科学家个人兴趣出发的，因而是停滞不前的。

解放后，在党的英明领导下，在优越的社会主义制度下，随着工农业生产的跃进，我国科学事业得到了飞跃的发展，分析化学也获得了很大成就，特别是自 1958 年大跃进以来，全国各省市自治区和人民公社，数以万计的分析工作者与广大群众密切结合，活跃在各个生产战线上，在普及和提高两方面都获得很大的发展。过去我们不能制备和生产的某些试剂，现在不仅已能成批生产，而且在质量上也有很大提高，有的已赶上并超过国际水平；多种光谱纯的分析试剂我国已自己生产了。一般的玻璃仪器我国都已全部大批地生产，质量也愈来愈高；精密仪器，如分析天平，PH 计，光电比色计，光谱分析仪，极谱分析仪等，也都成批生产。

在 1958 年以来工农业生产的大跃进高潮中，在生产过程中广大群众与分析工作者一起，根据土洋并举的方针建立了

力的駁斥了唯心主义观点，于1748年提出了自然科学方面两条最基本的定律——质量守恒和能量守恒定律。质量守恒定律为分析化学进入定量阶段，奠定了理论基础。

到了十九世纪，资本主义处于发展时期（电气和蒸气时代），由于分析工作者，进行了矿石的分析，为冶金工业进入现代大规模的生产创造了条件。为了解决生产实践中提出的問題，科学技术研究活动进入了新的阶段。

在1810年，俄国化学家謝維爾金发表了一本有关金属和矿物分析方面的书籍，盖·吕薩克整理出了容量分析和气体分析的方法。

十九世纪后半期，門捷列夫周期律的創立，以及許多有关分析化学书籍的問世，大大促进了分析化学的进一步发展。借助于周期律使每一元素的性质和测定方法，就显得不是偶然的或孤立的，而是和其它元素的性质和测定方法相互关联着。分析化学不再是分析方法的零星的偶然的聚集，而是由各种不同分析方法，彼此有机的联系起来的整体。

十九世纪末叶，由于各种学说，如电离，溶液水合等的創立，使得分析化学上各种现象有了很好的理論解释，并在理論指导下，推动了分析化学的更大的发展。测定各种物质的物理和物理化学的新的方法也逐渐出現。

廿世纪随着十月革命的胜利，人类进入了新的历史时期。在以苏联为首的社会主义国家中，尤其苏联由于生产力得到了空前的发展，促进了近代物理学、物理化学、有机化学的进展，因而有力的加速了分析化学的发展，因此出现了广泛被采用的光谱分析，极谱分析，色层分析等等。同时随着有机化学的发展，許多灵敏度高，特效性好的有机试剂被运用到分析化学中，提取稀有元素，测定微量元素及对高纯度试

剂的分析等。

在分析化学的发展中，苏联科学家有着杰出的贡献；苏联的分析化学在世界上占有领先地位。

从过去的事实看来，今后分析化学将朝着更迅速，更准确，更灵敏的方向前进。预料在强大的工农业和各門科学技术的支援和推动下，分析化学的方法技术将进入自动控制的新时代。

§ 4. 我國分析化学的发展概况

我們的祖国是历史悠久的国家，我国的劳动人民很早就在生产实践过程中应用着分析化学的概念，来解决实际问题，在認識和改造自然的过程中积累了丰富的分析化学方面的經驗。例如，本草綱目中載有鉴别金子中杂质的方法：“和銀者性柔，試石則色青；和銅者性硬，試石則有声”。这是从硬度，粉色和声音来进行鉴别的方法。值得我們注意的是一些和現代研磨分析法原理极为类似的鉴定方法，也早就为我国劳动人民用来鉴别矿物。例如，“胡粉（鉛矿粉）得雌黃（主要成分为硫化砷）而色黑”。这是鉛和砷矿的互相鉴定的方法。在本草綱目中記載了：“硫能干汞，見五金而黑，得水銀則色赤也”。这是对硫的性质的描述，和現代借硫化物的不同顏色来鉴定金属的概念极为相似的。焰色反应，我們的祖先也很早就用来鉴别硝石（主要成分 KNO_3 ）。梁陶宏景曰：“……以火烧之，紫青烟起”。这和現代以紫色火焰来判定 K^+ 的反应是一致的。我国古代劳动人民很早就知道用比色的道理来测定样品的純度。如：“金有水金、沙金二种，其色七青、八黃、九紫、十赤，以赤为足色”。这是用顏色来区别金的含量和純粹程度的一种方法。根据出土文物的記載，

一样，它的发展总是直接与当时生产力的发展水平紧密的联系着，是由简单到复杂，由低级发展到高级水平。

在古代化学的初期发展阶段，劳动人民已经由劳动实践中总结获得了某些物质的定性方法；我们的祖先很早就知道检验金银制品和其它一些制品的方法。例如，我国古代用银条检验砷和硫、用试金石条紋法和汞齐的作用法来鉴定金银的成分，都很准确而简便。

远在公元前的炼金术时期，人们为了寻找点金石进行了大量的化学试验，为分析化学积累了极为宝贵的操作技术方面的经验。最初还只是用经验的方法来鉴别物质，解决生活和生产活动中所提出的问题，这些鉴别方法便是分析化学的萌芽。正是由于劳动人民在长期生产实践中积累了大量的经验，使人类对自然界的认识逐渐由简单到复杂，由感性到理性，逐步深入就为以后分析化学理论的形成奠定了基础。

十七世纪，在欧洲，由于生产力的发展，突破封建制度的束缚，1648年英国爆发了资产阶级革命，新的工业部门如采矿、冶金、造船、纺织等工业，都迅速成长起来了。工业的发展对科学技术的发展起了有力的推动作用，于是出现了成批的科学家，把历代劳动人民创造的丰富经验加以归纳系统化，总结出一系列的科学的基本定律。

波义尔（1627—1691年）提出了分析的一般概念及一些新的反应，如检验氯、硫酸盐、氨，以及用指示剂检验酸、碱。此时化学分析日益成熟了。

十八世纪俄国彼得大帝时代，西欧的资本主义制度也刺激了俄国工业的发展，定性的概念不能满足生产的需要，生产中提出了很多问题，人们迫切要求了解，化学反应中的量的关系。罗蒙诺索夫（1711—1765年）用唯物主义的观点有

各种分析实验室，創立了許多簡易快速的分析方法和利用較簡單的設備进行生产上的多項測定分析。

在新技术方面，例如光譜分析、极譜分析、放射性同位素以及各种先进的光学，电学的仪器分析等也得到了广泛的应用。

随着我国社会主义建設事业的持续跃进，分析化学必将得到更广泛的更大的发展。