

钢铁及其原材料 分析讲义

冶金工业部钢铁研究院
湖南工作组 編

冶金工业出版社

鋼鉄及其原材料 分析講義

冶金工業部鋼鉄研究院湖南工作組 編

冶金工業出版社

07

钢铁及其原材料分析讲义

冶金工业部钢铁研究院湖南工作组 编

—— * ——

冶金工业出版社出版 (北京市灯市口甲45号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第093号

冶金工业出版社印刷厂印 新华书店发行

—— * ——

1959年10月第一版

1959年10月北京第一次印刷

印数 6,020 册

开本 850×1168·1/32·240,000 字·印张 8 $\frac{28}{32}$

—— * ——

统一书号15062·1571 定价1.10元

前 言

1958年全民大搞鋼鐵运动中，为了完成年产1070万吨鋼的光荣任务，鋼鐵研究院湖南省技術支援团化驗工作組在湖南配合轉爐、高爐生产，协助建立化驗室，并培养化驗人員，曾結合当地条件为各化驗室編写了技术操作规程和訓練班講义，但在数量和質量上还远远不能滿足需要。我們考慮到目前各省以初中、高中学生为主的鋼鐵化驗队伍虽已基本形成，但是在业务水平上还极需要巩固和提高；同时1959年生产1800万吨鋼的新的跃进指标也要求繼續培訓人員，扩大化驗队伍，因此我們感到有必要把三个多月来的初步实践和經驗加以总结，整理出版，使它能在鋼鐵生产战线上發揮更多的作用。

为了适应各地不同的条件，貫徹土洋結合的方針，書中对重点分析項目同时介紹了几种分析方法，这些方法都屬于土法、快速分析法的范围，对每种方法的精确度、所需時間和特殊設備都有介紹，以供选用时参考。

本書部分有关分析方面的基本知識是中学程度同志开始担任鋼鐵化驗工作时应了解的基本知識，在每个分析方法后面的附注中除了叙述操作注意事項以外也加入了一些原理解释，以便工作人員对方法有較深入的了解。

根据在湖南工作的經驗証明，在書中加入冶炼知識、化驗室筹建与管理制度等都是很必要的。

由于時間的仓促及水平所限，加上部分土法还没有經過充分考驗，其中不妥之处在所难免，希望讀者指正。

冶金工业部鋼鐵研究院湖南技術支援团化驗工作組

1959.1.25,

目 录

第一篇 分析化学基本概述

第一章 分析化学基本知识	1
§ 1 化学基本概念	1
§ 2 元素、原子量、分子式	3
§ 3 化学变化、化学方程式	7
§ 4 化合价、当量	12
§ 5 胶体溶液和络合物	16
§ 6 氧化还原	19
第二章 定量分析概述	23
§ 1 概述	23
§ 2 重量分析概要	30
§ 3 容量分析概要	38
§ 4 比色分析	43
第三章 分析化学计算	52
§ 1 溶液的浓度	52
§ 2 配制溶液的计算	60
§ 3 求含量的计算方法	64
§ 4 溶液 pH 值的计算方法	67

第二篇 取样和制样

第一章 钢铁的取样和制样	69
§ 1 钢铁试样的采取	69
§ 2 钢铁试样的制备	71
第二章 铁矿石及其它原料的取样和制样	74
§ 1 原料试样的采取	74
§ 2 原料试样的制备	74

第三篇 钢铁分析

第一章 钢铁概述	79
----------------	----

第二章 生鉄及碳素鋼中碳的測定	82
§ 1 燃燒法測定總碳量	82
§ 2 比色法測定鋼中之化合碳	89
§ 3 石墨碳的測定	90
§ 4 濕法定碳	91
第三章 硫的測定	95
§ 1 燃燒法測定硫	95
§ 2 氣體發生法測定硫	99
第四章 碳硫聯合測定	102
§ 1 氣體容量法	102
§ 2 氣體重量法	103
第五章 生鉄及炭素鋼中硅的測定	104
§ 1 硫硝酸混合酸重量法測定硅	104
§ 2 硅鉬藍目視比色法測定硅	107
§ 3 硅鉬藍光電比色法測定硅	111
第六章 生鉄及碳素鋼中錳的測定	114
§ 1 過硫酸鉍銀鹽容量法(混合酸溶樣)	114
§ 2 過硫酸鉍銀鹽容量法(HNO_3 溶樣)	118
§ 3 比色法	119
第七章 生鉄及碳素鋼中磷的測定	120
§ 1 磷鉬酸鉍容量法	120
§ 2 乙醚鉬藍光電比色法	125
§ 3 乙酸乙酯鉬藍比色法	127
第八章 生鉄及碳素鋼中硅、錳、磷的聯合測定	131
第九章 硅鉄和錳鉄中主要元素的測定	133
§ 1 硅鉄中硅的測定	133
§ 2 錳鉄中錳的測定	135

第四篇 原材料分析

第一章 鉄礦和錳礦的分析	140
§ 1 總鉄量的測定	140
§ 2 二氧化硅(SiO_2)的測定	147
§ 3 氧化鋁的測定	150

§ 4	氧化鈣和氧化鎂的測定	152
§ 5	鐵的測定	156
§ 6	硫的測定	157
§ 7	磷的測定	159
§ 8	鐵的分析	162
第二章	石灰石和白云石的分析	165
§ 1	灼減量的測定	166
§ 2	二氧化硅 (SiO_2) 的測定 (動物膠法)	167
§ 3	氧化鋁、氧化鐵和氧化鈦含量的測定	168
§ 4	氧化鈣的測定 (高錳酸鉀容量法)	170
§ 5	氧化鎂 (MgO) 的測定 (酸鹼滴定)	172
§ 6	氧化鈣和氧化鎂的測定 (EDTA 容量法)	174
第三章	螢石的分析	178
§ 1	氟化鈣的測定	178
§ 2	二氧化硅的測定	179
§ 3	硫的測定	179
第四章	爐渣的分析	180
§ 1	二氧化硅的測定	180
§ 2	氧化鋁的測定	180
§ 3	氧化鈣和氧化鎂的測定	180
§ 4	氧化鐵的測定	183
§ 5	氧化亞鐵的測定	183
§ 6	磷的測定	184
§ 7	硫的測定	184
§ 8	高爐渣中S的測定	184
第五章	粘土的分析	186
§ 1	灼減量的測定	186
§ 2	二氧化硅 (SiO_2) 的測定 (動物膠法)	186
§ 3	三氧化物 (R_2O_3) 的測定	189
§ 4	氧化鐵 (Fe_2O_3) 的測定	191
§ 5	氧化鈦 (TiO_2) 的測定 (比色法)	195
§ 6	氧化鋁的測定	196

§ 7	氧化鈣 (CaO) 的測定	199
§ 8	氧化鎂 (MgO) 的測定	201
§ 9	氧化鈣和氧化鈣測定 (EDTA 容量法)	203
第六章	煤焦、煤氣和鍋爐用水的分析	204
§ 1	煤焦分析	204
§ 2	煤氣分析	211
§ 3	水的分析	220

第五篇 實驗室的籌建、管理與安全技術

第一章	工廠化驗室的籌建	226
§ 1	中小型鋼鐵廠化驗室的工作任務	226
§ 2	分析方法的採用	228
§ 3	化驗室的房屋和設備	223
§ 4	化驗室的儀器和試劑	230
§ 5	人員配備	230
§ 6	籌建計劃	231
第二章	工廠化驗室技術管理制度	234
第三章	化驗室的安全技術規程	237

第六篇 鋼鐵冶煉常識

§ 1	煉鐵	240
§ 2	煉鋼	242
§ 3	高爐配料計算	245

附 錄

§ 1	元素原子量表 (1955)	249
§ 2	某些酸溶液的比重	251
§ 3	某些鹼溶液的比重	254
§ 4	酸鹼鹽的解離度	257
§ 5	氣體容積定碳溫度壓力校正係數表	258
§ 6	對數表及逆對數表	262
§ 7	氨水的制法	268
§ 8	化驗室所用的貴重儀器的使用及維護辦法	270
§ 9	一般試劑的配制	274

第一篇 分析化学基本概念

第一章 分析化学基本知识

§1 化学基本概念

I、物质及其变化

1. 物质

自然界的一切物体都是由物质构成的，例如水、二氧化碳、铁、铜、食盐、淀粉等都是物质。铁锅、铜块等称为物体。

2. 物质的性质

物质所具有的特征，叫物质的性质，我们就是根据物质的性质去认识每一种物质的。例如物质的颜色、光泽、气味、味道、硬度、溶解性、可燃性、沸点、比重、熔点等都是物质的性质。有的性质我们可以感觉到的像颜色、气味、味道等，有些性质像比重、沸点、熔点等需要仪器的帮助才可测得。

颜色、气味、比重、熔点、沸点等称为物质的物理性质；可燃性、氧化性、还原性等称为物质的化学性质。

3. 物质的变化

物质能发生各种各样的变化，如木柴燃烧，铁生锈，水煮沸以后变成水汽等等。物质的变化可以分为两类：

(1) 物理变化：当物质发生变化后并没有变成其他的物质，也就是物质的组成并未改变，这样的变化叫物理变化。

例如：我们加力把糖磨成粉，其形状改变了，但糖的味道并没有改变。再有玻璃加热变软，可以做成任何形状，冷却后仍然是玻璃。

(2) 化学变化：当物质本身发生变化，产生新的物质时，像这样的变化叫化学变化。

例如：鉄在潮湿的空气里会生鏽，使鉄变成一种褐色的粉末——鉄鏽，鉄鏽的本質与鉄完全不同。

又如木柴燃烧后，变成气态的氧化碳和水汽。

I、物質的組成

一切物質都是由不断运动着的相互間具有間隔的微粒构成的，这种微粒称为分子。每一种純物質都是由同种分子构成的。

日常生活中許多现象都可以証明分子的运动，如湿衣服晒干是由于水的分子离开了衣服，飞散到空气中；在相当远的地方可以嗅到酒或醋的气味是由于有看不见的微粒（分子）由酒和醋中飞散出来刺激我們的嗅觉所致。

1. 分子：分子是构成物質的微粒，分子是物質能够独立存在的最小微粒，分子还保持原物質的化学性質，在物理变化中分子不分裂为更小的顆粒。因此分子是物質在物理变化中的最小微粒。

分子还可以再分为更小的微粒，称为原子，但是原子不能单独存在，并且失去了原物質的性質。例如：水分子能够独立存在，它具有水的化学性質。水分子还可以再分成更小的微粒：氧原子和氢原子，但是氢原子，氧原子不能单独存在，其性質与水分子完全不同。

每一种純物質都由同种的分子构成，不同的物質其分子的性質，分子的組成各不相同，水由水分子构成，銅由銅分子构成，水分子与銅分子的性質、組成都不相同。

2. 原子：原子是构成分子的最小微粒。原子不能单独存在，原子的性質与它所組成的分子的性質完全不同。物質的分子在物理变化中不会分裂为原子，但在化学变化中則分裂为原子，生成的原子互相結合成为新的分子，构成了新的物質。因此，原子是化学变化中的最小微粒。

原子有很多种，构成水分子的是氧原子和氢原子，食盐是由鈉原子和氯原子构成，糖是由碳、氢、氧三种原子构成。同一种原子由于它与不同种类、不同数目的其它原子結合就构成不同的

分子，形成不同的物質。

3. 用原子分子論解釋物理变化和化学变化。

物質由原子、分子構成的這一學說稱為原子分子論，已經被許多事實證明。許多物質變化的現象運用原子分子論就可以得到透徹的解釋。物理变化和化学变化的區別可以用原子分子論解釋如下：

(1) 物理变化：物質的分子保持不變，分子並未分裂、僅僅分子間的距离，分子聚集的狀態改變，因此，物質的化学性質不改變，也不會產生新物質。

(2) 化学变化：物質的分子分裂為原子，原子重新組合成為新的不同的分子，形成不同的物質，因此物質經過化学变化後有了本質的改變，產生新物質。如水分子在高溫下可以發生化学变化，產生氫氣和氧氣，是因為水分子分裂成氫原子和氧原子，生成的氫原子自相結合成氫分子，成為氫氣，氧原子自相結合成氧分子，成為氧氣。

4. 單質和化合物。

單質：物質的分子如由同種的原子結合而成，則這物質叫做單質。如氫氣、氧氣、硫。

化合物：物質的分子如由兩種或兩種以上的原子組成，則這物質稱為化合物。如水、食鹽。

§ 2 元素、原子量、分子式

I、元素、元素符號

1. 元素

研究各種物質的分子組成，可以發現自然界中幾十萬種物質的分子都是由 100 餘種原子組成的，一種原子可以和不同數目的其他各種原子結合，成為許多種不同的化合物。如氧原子可以形成氧化鈣、氧化鐵、氧化銅等彼此不同的物質；碳、氫、氧三種原子由於組合時數目不同可以形成糖、酒精、醋酸、淀粉等各種不同的物質。

这100余种原子是构成物质的基本材料，我們称这100余种原子为元素，因此，元素是同种原子的总称，即具有一定化学性质的同种原子叫做元素。

2. 元素符号

为了简单地表示元素种类，表示物质的组成，我們將每种元素都用固定的一种符号来代表它，这种符号就称为元素符号。如氧元素的符号是O，氢是H，铁是Fe，铜是Cu（这些符号都是这些元素拉丁名称的第一个或前二个字母）常见元素的名称和其化学符号见表一。

元素符号有如下的三种含义：（1）表示这元素的名称；（2）表示这元素的一个原子；（3）表示这元素的原子量。

I、原子量

各种原子的重量各不相同。因为原子很小，原子的重量很轻，所以原子的重量不用克为单位，而是以氧一个原子重量的 $\frac{1}{16}$ 为单位来表示各种原子的重量。一个氧原子重量的 $\frac{1}{16}$ 称为一个氧单位，以氧一原子重量为16个氧单位，将各种元素一原子的重量与一氧原子重量相比即可求得各种元素一个原子相当的氧单位数目，称为该元素的原子量。如已知硫一原子为氧一原子重的2倍，所以硫的原子量为32氧单位，氢一原子重为氧一原子的 $\frac{1}{16}$ 倍，所以其原子量为1氧单位，通常可以把“氧单位”省去不用。

各种常见元素的原子量见表1。

II、定组成定律

研究各种化合物的组成时，发现任何纯净的化合物，其中各元素的重量比总是不变的，硫化亚铁中的铁元素与硫元素的比总是7:4，氧化汞中汞与氧的比总是25:2，这就是定组成定律。

化合物中各元素的重量比所以固定不变，其原因是这化合物的每一个分子都是由固定数目的几种原子组成的，而各种原子的重量又是固定不变的，因此每个分子中各种原子的重量比就代表这化合物的各元素重量组成比。如硫化亚铁中铁与硫的重量比总

是7:4,是因为硫化亚铁每分子中含有1个铁原子和一个硫原子,而铁的原子量是56,硫的原子量是32,一分子硫化亚铁中 $\text{Fe:S}=56:32=7:4$ (56, 32 是近似值)。

表 1

各种常见元素的名称、符号、原子量和化合价

元素名称	元素符号	原 子 量	化合价 (原子价)
氧	O	16	2-
氢	H	1.008	1+
氮	N	14.01	3-, 3+, 5+
氯	Cl	35.50	1-
溴	Br	79.92	1-
硅	Si	28.09	4+
硫	S	32.07	2-, 4+, 16+
碘	I	126.91	1-, 5+
碳	C	12.01	4+, 2+
磷	P	30.98	5+, 3-
汞	Hg	200.61	2+, 1+
金	Au	197.20	3+
钠	Na	23.00	1+
钙	Ca	40.08	2+
钾	K	39.10	1+
铁	Fe	55.85	3+, 2+
银	Ag	107.88	1+
铜	Cu	63.54	2+, 1+
铬	Cr	52.01	2+, 6+
钡	Ba	137.36	2+
锌	Zn	65.38	2+
铋	Sb	121.76	3+, 5+
铝	Al	26.98	3+
锡	Sn	118.70	4+, 2+
锰	Mn	54.93	2+, 4+, 7+
镁	Mg	24.32	2+
钨	W	183.92	6+

IV、分子式、分子量

1. 分子式: 前面已谈过物质的分子是由原子构成的, 而各

种原子又有其专用的符号表示，那么，分子組成也可以用这些符号来表示。如硫化鉄可写成 FeS ，水可写成 H_2O ，这种用元素符号来表示物质分子組成的式子叫做分子式。物质的分子組成是通过实验的方法得到的。

写分子式的方法是先將組成这种分子的几种元素种类用符号写出来，然后在各符号的右下角用数字表示这种原子存在的个数，如只有1个原子，就只写符号省去数字，例如三氧化二鋁的分子式为 Al_2O_3 。

由于每种純物质的分子都相同，因此，一种物质其分子式是固定不变的，通常我們可用分子式来代表这物质的名称，如 H_2SO_4 就代表硫酸。

分子式代表下列的四种意义：①表示这物质的一个分子；②表示这分子的質的組成；③表示这分子的量的組成；④表示这分子的分子量。

2. 分子量：分子既然是由原子构成的，所以分子的重量等于組成它的各原子重量的总和。所以分子量也是以氧单位表示的物质分子的重量。

在工业定量分析中，一般都是根据分子式来计算分子量。如已知硫酸的分子式为 H_2SO_4 ，則其分子量为：

$2 \times \text{H 原子量} + 1 \times \text{S 原子量} + 4 \times \text{O 原子量} = 2 \times 1 + 1 \times 32 + 4 \times 16 = 98 \text{ 氧单位 (氧单位也可以不写)}。$

3. 克分子量。

物质的分子量如果用克为单位时，則这个重量称为此物质的克分子量。如 NaOH 1 克分子重40克， H_2SO_4 1 克分子重 98 克。克分子在分析化学中常常用到，例如求克分子浓度就要用到它。

例1：有 NaOH 80 克，求相当 NaOH 几个克分子？

解：1 克分子 $\text{NaOH} = 40 \text{ 克}$

$$\text{克分子}_{\text{NaOH}} = \frac{80}{40} = 2。$$

例2：有 H_2SO_4 49 克，求相当 H_2SO_4 几个克分子？

解：1 克分子 $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98$ 克

$$\text{克分子 } \text{H}_2\text{SO}_4 = \frac{49}{98} = 0.5。$$

根据定組成定律的原理，利用分子式可以計算各种化合物中元素的組成比，并可以进一步計算一定量化合物中含某元素的重量，这种計算在定量分析中常常用以求重量法的換算因数。

例 1：已知氧化汞的分子式为 HgO ，求其中 Hg 元素、 O 元素所占重量比各是多少？

查表 1 HgO 的分子量 = Hg 原子量 + O 原子量 = $200.6 + 16 = 216.6$

氧元素占重量比 = $\frac{16}{216.6}$ ，計算成百分比为

$$\frac{16}{216.6} \times 100\% = 7.4\%$$

汞元素占重量比 = $\frac{200.6}{216.6}$ ，計算成百分比为

$$\frac{200.6}{216.6} \times 100\% = 92.6\%$$

例 2：求 0.5 g SiO_2 中含 Si 多少克？

查表 1 得 SiO_2 分子量 = $28.09 + 2 \times 16 = 60.09$

Si 在 SiO_2 中所占重量比 = $\frac{28.09}{60.09} = 0.4675$

$$0.5 \text{ g } \text{SiO}_2 \text{ 中 } \text{Si} \text{ 之重量} = 0.5 \text{ g} \times \frac{28.09}{60.09} = 0.2338 \text{ g}。$$

§ 3 化学变化、化学方程式

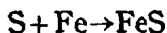
I、物质不灭定律 我們已知道在化学变化过程中，原来的物质变成新物质，也就是原来的物质的分子变成新物质的分子，但是参加反应的一定重量物质，反应后能生成多少新物质？反应前后物质的量的变化如何？这一問題二百多年以来經過許多科学实验証明了“参加化学反应的各种物质的总重量，一定等于反应后生成的各种物质的总重量。”这就是物质不灭定律。

在實驗室里也可以做試驗證明这个定律。如把分別盛着 AgNO_3 和 NaCl 溶液的两个小烧杯放在天平的一个盘子里，在另一端加砝碼使两边平衡，以后将一烧杯的溶液倒入另一烧杯中，作用生成大量的白色沉淀物，把这两个烧杯仍放到原来的天平盘里，結果两边还是平衡。这就說明反应以前物質的总重量等于反应后生成物的总重量。蜡烛燃烧后表面上是不见了，实际是它与氧化合生成看不见的二氧化碳和水蒸汽，如果把生成的气体收集起来秤其重量，就可发现这个化学反应仍是遵守物質不灭定律的。

用原子分子論来解释反应前后物質总重不变，是因为反应过程中組成物質分子的各种原子都沒有消灭，也沒有增加，只是重新組合成为新分子，正由于反应前后各种原子的数目不变，因此其重量总和也不变，也就是物質的总重量不变。

I、化学方程式 前面已經看到用分子式表示物質的組成比文字叙述更簡單清楚，更能明显地表示其中各成分的量的关系。同样，我們也可以用分子式来表明化学反应的情况。这种用分子式来表明化学反应的式子叫做化学方程式。

如硫粉与鉄粉加热生成硫化亚鉄的反应式，可写成：



硝酸鈉加热分解为亚硝酸鈉和氧气的反应式，可写成：



1. 方程式的写法如下：

① 先了解参加此反应的各物質的分子式和反应后生成的各物質的分子式；

② 将参加反应各物質分子式写在箭头的左边，生成物分子式写在右边，都用“+”号相連；

③ 按照物質不灭定律，反应前后各种原子的总数目不改变的原則在各分子式前加上必要的系数，使其反应前后总重相等，这一步称为平衡方程式。

2. 化学方程式的意义：

① 化学方程式表明此化学反应作用物，生成物的組成。

② 化学方程式表明反应前后物质总重量不变（即它反映了物质不灭定律）。

③ 化学方程式还表明了反应物，生成物彼此之间有一定的重量比，这个重量比的关系是我们定量分析中进行计算的根本依据。正是因为有这一定的重量比的关系，我们才可以计算用一定量的反应物应该得到多少生成物，或者欲得到一定量的生成物需用多少反应物参加化学反应。

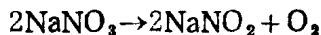
化学分析人员对于化学方程式的写法和其所代表的意义必需了解得非常清楚透彻，否则在进行计算时会发生困难。

3. 应用化学方程式的计算：

(1) 计算生成物的重量

例：将 1 克 NaNO_3 加热，可以生成氧气多少克？

步骤：① 先写出化学方程式，并注意要平衡。



② 计算有关物质的重量比： $2(23+14+3 \times 16) \quad 2 \times 16$

③ 将已知重量写在下面 $170 \quad 32$

④ 列成比例式计算 $1g \quad xg$

$$170 : 32 = 1g : xg$$

$$x = \frac{32}{170} = 0.188g (\text{O}_2 \text{ 重})。$$

(2) 计算反应物的量

例：要制取 2 克的 Al_2O_3 ，问需要用多少克金属 Al？

步骤：① $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$

$4 \times 27 \quad 2(2 \times 27 + 3 \times 16)$ (注：27 为近似值)

② $108 \quad 204$

③ $xg \quad 2g$

$$\textcircled{4} \quad 204 : 108 = 2 : x, \quad x = \frac{2 \times 108}{204} = 1.06g (\text{Al})。$$

(3) 计算过剩的量

例：将硫粉、铁粉各 7 克混合后加热，① 可以生成硫化亚铁