

钢铁及其原材料的化学分析法

南京大学化学系分析化学组编著

江苏人民出版社

54.6

3/0

鋼鐵及其原材料的化学分析法

南京大学化学系 編著
分析化学教研组

江苏人民出版社

內 容 提 要

本书是介绍鋼鐵及其原材料的定量分析法。为了使操作者更好地掌握分析方法，本书首先介绍了化学的基本理論知識，敘述簡明扼要，通俗易懂。接着，扼要地介绍建立化驗室的办法，做定量分析的基本操作技术、採取試样的方法等。然后具体地介绍鋼鐵及其原材料的測定原理、用的試剂及分析的步驟等。可供具有初中文化程度的鋼鐵化驗工作者閱讀。

鋼鐵及其原材料的化学分析法

南京大学化学系
分析化学教研组 編著

*

江苏省书刊出版业营业許可証出〇〇一號

江苏人民出版社出版

南京湖南路十一号

江苏省新华书店发行 南京部队印刷厂印刷

*

开本850×1168^{1/32} 印張7 3/8 字數186,000

一九五九年十一月第一版

一九五九年十一月南京第一次印刷

印數：1—2,700

責任編輯 孙云谷 責任校對 夏萊蒂

封面設計 徐凤嚶

序 言

自从祖国大跃进以来，我們南京大学化学系，在党的领导下，为鋼鉄元帅的升帳，做了一些工作。这些工作是：成立了对外服务的化驗室，为我省化驗了近千个样品（約四千多单項），这些样品主要是鋼鉄、耐火材料、各种矿石等。我們从这些工作中，取得了一些經驗，并創造了土制定碳炉。另外为本省各县、市举办了两次化驗人員訓練班，每一次約 170 人，每次時間近一个月。各县、市派来的學員，絕大多数是初中文化程度，使这些同志在短短的一个月中，培养成为基本上能够独立进行一般的化驗工作；从現在的結果看来，是完全可能的。1958 年 10 月份，我系又派出一百多位师生分赴全省各地支援鋼鉄生产，同志們克服了许多困难，在许多县协助鋼鉄战士成立了化驗室，从中也积累不少經驗，創造了一些土办法。但是目前全省化驗人員的队伍，無論在数量上和質量上，均赶不上形势的需要，因此我們想到要写这样一本小冊子，以供各地搞化驗工作的同志参考。这本小冊子还叙述了一部分理論，企图供尚未搞过化驗工作的同志們自学以后，在別的同的的帮助下，就可基本上掌握化驗工作。我們的經驗还是很不成熟的，并且時間也很仓促，难免有錯誤之处，希望讀者給予批評和指正。

南京大学化学系分析化学教研組

一九五八年十二月

目 录

第一章 化学的基本知識	1
第一节 物质的組成	1
1. 三种最小的东西	1
2. 构成自然界的基本素材——原子	3
3. 102 种原子	5
4. 核外电子的排列	6
5. 原子是怎样相互結合的	8
6. 由原子組成各种物质	12
7. 化合价	15
8. 原子量、克原子、克分子	17
9. 溶液	20
第二节 物质的变化	24
1. 中和反应	25
2. 沉淀反应	24
3. 絡离子生成反应	35
4. 氧化还原反应	36
5. 当量浓度	41
第三节 化学分析方法总論	41
1. 重量分析法	42
2. 容量分析法	47
3. 比色分析法	60
第二章 化驗室的建立	74
第一节 化驗室的設計	74
1. 化驗室內水电的裝置	74
2. 化驗室的裝置和設備	75
第二节 基本仪器的介紹	78
第三节 化驗室的組織	85

第四节	化驗室工作規則和安全技術	85
第三章	化驗工作的基本操作技術	90
第一节	洗瓶的裝置	90
第二节	玻璃儀器的洗滌	91
第三节	天平和砝碼	92
第四节	稱量	97
第五节	沉淀	97
第六节	過濾	98
第七节	洗滌	102
第八节	蒸發	103
第九节	沉淀的干燥和灼燒	104
第十节	玻璃量器使用法	107
第四章	試樣的採取	111
第一节	原始平均試樣的採取	111
第二节	化驗室中平均試樣的採取	114
第五章	鋼鐵分析	116
第一节	碳量的測定	116
1.	燃燒法測定碳	116
2.	容量法測定鋼中碳——土法裝置	120
3.	化學分析法測定碳	123
第二节	硫的測定	124
1.	氫氣燃燒法	125
2.	硫化氫氣體發生法	129
第三节	磷的測定	130
1.	容量法	131
2.	比色法	135
第四节	硅的測定	137
1.	硫酸——硝酸法(重量法)	137
2.	鉬蘭法(比色法)	139
第五节	錳的測定(亞砷酸鈉——亞硝酸鈉法)	140

第六节 炉前分析方法	144
1. 磷的测定	144
2. 硅的测定	145
3. 锰的测定	145
第六章 石灰石的分析	147
第一节 水分的测定	148
第二节 灼烧减量的测定	148
第三节 二氧化硅的测定	149
第四节 混合氧化物的测定	150
第五节 氧化钙的测定	151
第六节 氧化镁的测定	154
第七章 耐火材料的分析	158
第一节 二氧化硅的测定	158
第二节 二三氧化物的测定	159
第三节 氧化铁的测定	161
第四节 氧化铝的测定	163
第五节 氧化钙的测定	164
第六节 氧化镁的测定	167
第八章 炉渣的分析	169
第一节 二氧化硅的测定	169
第二节 铁的测定	170
第三节 氧化钙的测定	173
第四节 氧化锰的测定	175
第九章 煤及焦炭的分析	177
第一节 水分的测定	177
第二节 灰分的测定	177
第三节 挥发物的测定	178
第四节 硫的测定	179
1. 爱氏法	179
2. 快速定硫法	181

第五节 磷的测定	181
1. 酸碱法定磷	181
2. 比色法	182
第十章 鉄矿石和錳矿石的分析	184
第一节 鉄矿石	184
1. 鉄的测定	184
2. 硫的测定	186
3. 磷的测定	187
4. 二氧化硅的测定	189
5. 氧化鋁的测定	190
6. 氧化鎂、氧化鈣的测定	191
第二节 錳矿石	192
1. 錳的测定	192
2. 硫的测定	194
3. 磷的测定	194
4. 二氧化硅的测定	197
第十一章 高炉煤气的分析	199
附 录	
1. 常見元素的原子量	204
2. 水在不同溫度下的比重和比容	204
3. 几种常用酸在20°C时的比重	205
4. 苛性碱及氨的水溶液在20°C时的比重	208
5. 常見化合物的分子量	209
6. 容量分析法常用化合物的当量	211
7. 常用仪器設備表	214
8. 常用药品表	218
9. 对数表	220
10. 逆对数表	223
11. 仪器采购地点	226
12. 国内試剂采购地点	226

第一章 化学的基本知識

第一节 物質的組成

在講述有关冶炼鋼、鉄的化驗工作以前,必須先介紹一些最基本的化学知識。这些化学知識是一切化驗方法的基础,是了解一切化驗方法所不可缺少的。

一切化驗方法所討論的都是物質的变化。什么是物質?什么是物質的变化?物質怎样发生变化?这些变化又怎样被用来作为化驗物質的方法?讓我們先来談談这些問題。

1. 三种最小的东西

世界是物質构成的。世界上的万物都是物質。大至太阳、地球,小至我們看不見的細菌,都是物質。复杂的物質是由簡單的物質构成的,簡單的物質是由更簡單的物質构成的。如果我們“打破砂鍋問到底”,一直追問下去,世界上的万物究竟是什么物質构成的?我們便会发现,构成这个世界的最小的东西只有三种。直到現在为止,我們还不能把这三种小东西中的任何一种再分裂成更小的微粒,因此,我們現在公認它們是构成这个世界的最小的东西。

現在,讓我們介紹一下这三种最小的东西。

第一种小东西,名字叫**电子**。它是一种看不見的极微小的圓球。把 10,000,000,000,000 个电子一个接一个地排成一条直綫,这条直綫約有 4 厘米长。电子很輕,10,000,000,000,000,000,

000,000,000 个电子一共才重 9.1 克 (1 市斤等于 500 克)。我們虽然看不见电子, 却可以看到由电子发生的现象。大量的电子向一个方向流动, 就是我们通常所说的电流。当电流流过电灯泡内的钨丝的时候, 灯丝就会发出光来。

大家一定会联想到: 电子一定是带电的了。正是这样, 电子是带电的。电有两种: 一种叫做阳电 (或叫做正电), 一种叫做阴电 (或叫做负电)。电有一个特点, 就是“同性相拒、异性相引”, 带阳电的物质和带阴电的物质相遇, 它们相互吸引; 带阳电的物质和带阳电的物质相遇, 或者带阴电的物质和带阴电的物质相遇, 它们彼此要相互排斥。电子带的是阴电。一个电子带的电量是很少的。为了方便起见, 我們說一个电子带着一个单位的阴电。10,000,000,000,000,000,000 个电子带的电加起来是 1.603 庫仓 (庫仓是电量的单位, 每秒鐘流过一庫仓的电, 这个电流就叫做一安培的电流)。

既然电子是带电的, 而且同性的电又彼此相排斥, 同时电子又是构成任何一种物质的最小微粒, 那么, 我們人身上一定带着亿万个电子, 我們坐的椅子也带着亿万个电子, 我們周圍的一切物体也都带着亿万个电子。为什么人和椅子、房子, 不相互排斥呢? (如果真要相互排斥的话, 我們將寸步难行了。) 很显然, 人和其他物质虽然都带有亿万个电子, 但都不显电性。这又是为什么呢?

这不得不归功于我們要介紹的第二种小东西, 名叫**質子**。它是构成世界的第二种最小的微粒。它也是既小又輕。但比起电子来, 它卻是个胖子。它的体重是电子的体重的 1840 倍。它也带电, 而且一个質子带的电量和一个电子带的电量刚好一样多。不过, 它带的不是阴电而是阳电。我們把一个質子带着的阳电量叫做一个单位的阳电。一个質子正好吸引一个电子。虽然我們看不见質子, 但也容易感觉到它的存在, 醋和其他酸类的水溶液所以有酸味, 就是因为它们含有質子的緣故。

第三种小东西叫做**中子**。所以叫做中子, 是因为它不带电, 不显阴电性, 也不显阳电性; 不吸引質子, 也不吸引电子。它的重量和質子差不多。

这些就是构成自然世界万物的最根本的三种物质微粒。

现在，让我们从这三种微粒出发，看看它们究竟是怎样构成万物的。

2. 构成自然界的基本素材——原子

电子、质子和中子先构成各种**原子**，再由原子构成各种物质。原子是构成各种物质的基本素材。

原子的组织象一个小型的太阳系，原子的中心有一个原子核，质子和中子都住在里面。核里面可以没有中子，但不能没有质子。电子都在核外，它们在离开核比较远的地方（这里，远近是与核大小的比较说法）围绕核旋转，正如行星围绕太阳运动一样。

原子核内既然有质子，而质子是带阳电的，所以原子核是带阳电的；原子核的阳电量的多少，决定于核内质子的数目。譬如原子核有两个质子，原子核就带两个单位的阳电。原子核外的电子是带阴电的，带阳电的原子核要吸引带阴电的电子，把它拉到核上去，电子所以不被吸引到原子核上去，是因为电子以接近光的高速度在核外绕核旋转（光在空气里的传播速度是每秒30万公里），这种运动就产生了一种使电子脱离核的力量，这个力量和核的吸引力相平衡，这样就规定了电子绕核时轨道的大小。如果核的吸引力大一些，电子的轨道就靠近核一些；如果核的吸引力小一些，电子的轨道就大一些。反过来说，离开核近的电子，受核的吸引力就大一些，离开核远的电子，受核的吸引力就小一些。前面说过，一个质子正好吸引一个电子。当原子核内的一个质子和核外一个电子很强烈地相吸引时，这个质子对原子外面的其他电子不能再有显著的吸引力了，这个电子对原子外面较远的其他质子也没有显著的吸引力了。因此，当原子里面的质子和电子的数目相等时，这个原子对外面的物质就没有显著的电性了。事实正是这样，任何一种原子，它的核内质子的数目总等于核外电子的数目，因此，所有的原子都是不带电的。这就是为什么人身上虽有亿万

个电子却不显电性的原因。

由电子、中子和质子构成了多少种不同的原子呢？

直到现在为止，我們知道：一共只有 102 种不同种类的原子。这些不同种类的原子，它們最根本的区别在于原子核中的质子数目不同。由于任何原子核內的质子数目总是等于核外电子的数目，所以不同的原子核外的电子数目也不相同。102 种原子中的第 1 种，核內只有 1 个质子，第 2 种，核內有 2 个质子，依次类推，第 102 种，核內有 102 个质子。不用說，第 1 种原子，核外只有 1 个电子，第 102 种原子，核外有 102 个电子。如果按照原子的核內质子数目由少到多，順次序地把 102 种原子排列起来，并按照核外电子的排列方式，把原子分成类，我們便把 102 种原子排列成一张表，这个表叫做**原子周期表**。

原子周期表上，原子排列的次序既然是按照原子核內质子的数目排列的，核內只有 1 个质子的排在第 1 位，有 2 个质子的排在第 2 位，有 102 个质子的排在第 102 位，所以一个原子的核內质子的数目是同該原子在周期表上的所在位置的次序是完全一致的。原子在周期表上位置的次序称为**原子序**。所以原子核中质子的数目也称为原子序。我們可以說，不同种类原子的区别在于它們的原子序不同。

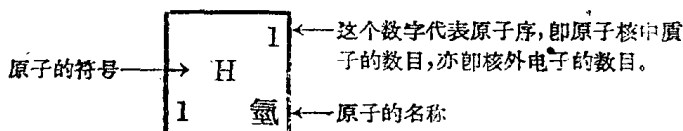
講到現在，我們很少提到中子，好象中子在决定原子的种类上不起什么作用似的。正是这样。前面說过，中子是同质子一同住在原子核內的，但是，因为中子不带电，它不能吸引电子，原子核中多一个中子，或者少一个中子，都不能改变核外电子的数目，都不改变原子的原子序，所以都不改变原子的种类。不管原子核內有几个中子，只要质子数目不变，这些原子都是同一种原子，它們的原子序都一样，在周期表上占有同一位置。当然，这些含有不同中子的原子，它們的重量是不一样的，但重量不是原子分类的标准。因此，中子的数目不决定原子的种类。

3. 102 种原子

前面说过，原子是构成自然界的基本素材。世界上所有的物质，不论是简单的或是复杂的，都是由这 102 种原子中的 1 种或几种原子构成的。而这 102 种原子本身的区别不过是质子和电子数目的不同而已。这个事实就足以使人感到惊奇了。奇怪的还不止此，在这 102 种原子中，在这个世界上出现最多的，也就是构成这个世界的骨干的原子，不过是氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、氢等 9 种而已。

现在让我们熟悉一下构成这个世界的这些基本材料。

周期表上第 1 个原子是氢(音轻)原子，单独由氢原子构成的物质就是普通的氢气。因为这个原子只有 1 个质子，而常见的氢原子又没有中子，所以常见的氢原子是最轻的原子。这便是它的名字的来源。又因为单独由氢原子组成的最简单的物质在平常的情况下是一种气体，所以氢的名字上面有个“气”字头。在化学上，代表氢原子的符号是 H，周期表上在 H 的右上角有个 1 字，这表示 H 的原子序是 1，这个数字同时表明，H 的原子核中有一个质子，核外只有 1 个电子。



周期表上第 12 个原子叫做镁(音美)，单独由镁原子构成的物质就叫做镁。因为镁是金属，所以镁原子的名字左边有个“金”字旁。镁原子的原子序是 12，它的符号是 Mg。

第 16 个原子的名字叫做硫(音流)，单独由硫原子构成的物质就是普通的硫黄。因为硫黄不是金属，并且在平常的情况下也是固体，所以硫的名字左边有个“石”字旁。

第 35 个原子是溴(音臭)原子，单独由溴原子构成的物质叫

做溴。在平常的情况下，溴这种物质是液体，象水一样，所以溴原子的溴字左边从“水”。

从上面的例子，我们可以看出一般原子命名的原则。由原子的名字的写法，可以看出由这种原子所生成的简单物质的性质。至于原子名称的读音，一般来说，就可把“气”字头去掉，或者把“金”、“石”这些偏旁拿掉，再读余下来的字音就行了。

读者现在可以自己认识下列这些原子，记住它们的符号，以后我们要常常碰到它们。

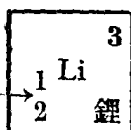
碳	氮	氧	氟	钠	镁	铝	硅
磷	硫	氯	钾	钙	钛	钒	铬
锰	铁	钴	镍	铜	锌	砷	溴
锶	钼	银	锡	碘	钨	鎢	鉛

4. 核外电子的排列

前面提到，一个原子的电子的数目是和这种原子的原子序是一致的。原子序为 102 的原子，它的核外有 102 个电子。原子核外的这些电子究竟是怎样排列的呢？

氢原子的结构最简单，它的核内只有一个质子，核外只有一个电子绕核运转。原子序为 2 的氦原子，它有两个电子在离核同样远的距离的轨道上运转。核对这两个电子的吸引力是相等的。原子序为 3 的锂原子，有一对离核较近的电子，还有一个离核较远的电子，核对第三个电子的吸引力要比对前两个电子的吸引力弱得多。因此锂原子的三个电子分布在两个电子层上，第一层上两个，第二层上一个。原子周期表上每个原子的符号左下角的数字，就表示这个原子核外电子排列的情况。

这些数字表示核
外电子的排列



在这里，写在最下面的数字表示离原子核最近的电子层上的电子数目，写在最上面的数字表示离原子核最远的电子层上的电子数目。

从锂到铍，从铍到硼，依次下去，每到下一种原子，它的原子核就比前一种原子要增加一个单位阳电量，同时第二层上也就多一个电子，一直到第二层上电子总数达到8个为止。这个最后的原子就是惰性气体氖的原子。它是周期表上第二横列的最后一种原子。

周期表上从左到右的横列称为周期，周期表上一共有七个横列，即七个周期。最上面的叫第一周期，只有两种原子，第二列叫第二周期，最下面的一列叫第七周期。

紧接在氖后面的钠原子，也有两个跟氖一样的电子层，即第一层上有2个电子，第二层上有8个电子，它的第11个电子分布在离核更远的第三层上。可见从钠起，原子们增加了第三个电子层，同时由钠起，也进入了第三个周期。在这个周期里，随着原子序的增加，第三层上的电子数目相应地一个一个地加多，一直到第三层上满足8个电子为止。这时，又碰到另一种惰性气体的原子氩。

氩的后面是钾，从钾起有了第四个电子层，第四个周期开始，一直到第四种惰性气体氙为止。

由此可见，原子核外面的每一电子层能容纳的电子数目是一定的。不管那个原子，它的第一个电子层最多只能容纳2个电子，第二层最多只能容纳8个电子，第三层最多只能容纳18个电子，第四层最多只能容纳32个电子。当某一电子层已经容纳了它最多能容纳的电子数目时，这一层就不再要任何电子了，我们说这个层上的电子已经达到饱和状态了。饱和就是吃饱了的意思。值得注意的是：任何原子的最外的电子层，不论它是第几层，却最多只容纳8个电子。

如果由上到下地看一看周期表，就会发现，每一直行里面的原子，它们的最外层的电子的数目是相同的。

拿第一个直行来说，由氢到铷，最外层的电子数目都是1；第

二个直行由铍至镭,最外层的电子数目都是 2; 如果我们把周期表内中间的一些脆性金属、韧性金属和易熔金属的原子不算,把目光由它们身上掠过去,我们便看到由硼到铷的一个直行,它们最外层的电子数目都是 3; 再向右,以碳为首的直行,最外层的电子数目都是 4; 以氮为首的直行,最外层的电子数目都是 5; 以氧为首的直行,最外层的电子数目都是 6; 以氟为首的直行,最外层的电子数目都是 7; 最后一个直行,都是惰性气体,除氦只有一个电子层,它只有 2 个电子以外,其余的原子最外层的电子数目都是 8。所以,如果由第二个横行开始,从左到右,按原子序数下去,并且把周期表中间这一群原子不算在内,你就会发现原子的最外层电子的数目的变化是 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 到了第 8 个后,又是 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 这正好象一星期中有星期一,星期二……星期天,过了星期天又是星期一。一个星期称为一周。每过一周循环一次。原子最外层电子的变化也有同样性质。因此,我们说,当原子按照它们的原子序的递增次序排列起来的时候,它们的最外层的电子数目就周期性的重复着。因为这样,这个排列原子的表就叫周期表。

还要指出:一种原子的化学性质,就决定于它的电子排列阵势和最外层电子的数目; 周期表每一直行内的原子,它们的化学性质也相似; 所以原子的化学性质也随着原子序的递增而有周期性的改变。

周期表内,处在同一个直行的一些原子,叫作一族。表内左边第一个直行由锂到钿,这六种原子是一族,称为碱金属原子。第二直行由铍到镭,称为碱土金属原子; 氟、氯、溴、碘、砹,称为卤素族原子; 以氧为首的这一直行,就称为氧族。

5. 原子是怎样相互结合的

前面说过,世界上的万物都是由原子构成的。原子相互结合,产生各式各样的物质。那末,原子究竟怎样相互结合的呢?

要了解原子究竟怎样相互结合,我们先要看一看,有没有不与

别的原子相結合的原子？如果有的話，它們的原子結構有什么特別的地方？

有这一类的原子，惰性气体的原子就是这样，这些原子不和任何原子相結合。同一种惰性气体的原子也彼此不相結合。例如氖的原子，不与別种原子相結合，同样的两个氖原子也不結合。氖气就是由氖原子直接組成的。这就是我們把它們叫做惰性气体原子的理由。它們太“懶惰”了。如果我們看一看这六种惰性气体原子的原子构造，我們便发现它們最外层上的电子层都是饱和的。氖的外面只有一个电子层，它是一般原子最里面的电子层。前面說过，这个层上只能容納 2 个电子，氖的这个电子层上已經有了 2 个电子了。其他惰性气体原子最外层都有 8 个电子，前面說过最外层只能有 8 个电子。因此一切惰性气体原子的最外层的电子数都已經达到飽和的状态了。从許多事实看来，惰性气体原子的电子結構是特別稳定的結構方式，那些沒有这种結構的原子就比較活潑得多，而当它們发生了变化，变得不活潑的时候，你会发现它們的核外电子結構已經达到了惰性气体原子的結構方式了。

氖（原子序 10）是一种惰性气体原子，它很不活潑。在它的前面是氟。氟和氖有相同的电子层，不过比氖少了一个电子。氟就同氖不同，氟非常活潑，很容易和别的原子，特别是金属原子起作用，起了作用以后，氟总是变成氟离子。什么是氟离子？就是氟原子得到一个电子后所产生的物质。本来氟原子中的质子数目和电子数目是相等的，都是 9，氟原子是不带电的，现在氟原子額外的得到一个电子，它外面的电子数目比核内质子的数目多了一个，整个氟原子就带了一个負电荷，这就是氟离子。氟离子外面有 10 个电子，最外层也有 8 个，完全和氖原子外面的电子排列一样了，氟离子就不再活潑了。所以氟离子和氟原子的化学性質是很不相同的。不过我們还是把带电的氟原子叫做氟离子，不能叫做氖，因为它的原子核还是氟原子的原子核，其中共有 9 个质子，而氖原子的原子核，其中有 10 个质子哩。

氖后面的一个原子是鈉。鈉比氖多一个电子层，它有三个电