

中学生学化学

漫谈氧化— 还原与电化学

徐伟念 编著



大连出版社

漫谈氧化-还原与电化学

徐伟念 编著

《轻工冶金生产和科学技术》(第1卷)

《无机化学方剂知识》(第1卷)

《无机化学方剂知识》(第1卷)

本书是《轻工冶金生产和科学技术》(第1卷)中《无机化学方剂知识》(第1卷)的一部分。本书主要介绍氧化-还原反应和电化学的基本知识,并着重介绍氧化-还原反应在无机化学中的应用。本书共分五章,第一章介绍氧化-还原反应的基本概念,第二章介绍氧化-还原反应的平衡,第三章介绍氧化-还原反应的速率,第四章介绍氧化-还原反应的机理,第五章介绍氧化-还原反应在无机化学中的应用。本书可作为无机化学专业及相关专业的教材,也可供从事无机化学工作的工程技术人员参考。

大连出版社

《青少年自学文库》编委会

主 编：崔孟明

副主编 宋志唐 石绍珩 李勃梁

编 委：庄世群 周去难 胡祖德 曹居东

赵学智 赵仲国 李维福

漫谈氧化-还原与电化学

徐伟念 编著

大连出版社出版 辽宁省新华书店发行
(大连市西岗区大公街市场南口) 沈阳市第二印刷厂印刷

字数：93千 开本：787×1092 $1/32$ 印张：4.3125
印数：1—6000

1991年6月第1版 1991年6月第1次印刷

责任编辑：陈有武 刘 民

封面设计：克 峻

责任校对：曹明珠

ISBN 7-80555-408-0/G·129

定价：1.50元

编者的话

本书结合工农业生产和科学技术，系统地介绍了关于氧化-还原反应和电化学方面的知识。具有培养兴趣，启迪思路，开拓视野，提高能力的作用。氧化-还原反应和电化学基础知识是化学知识的重要组成部分，它在科学实验和生产实际中应用很广，例如高炉炼铁、氯碱工业、化学电源、金属的腐蚀与防护等等。本书在这些方面作了详细的介绍，具有科学普及的作用。同时为了使自学者学习顺利，本书还对知识中的难点和疑点作了认真的分析和解答。

本书适用于具有初中以上文化水平的读者阅读，同时也可供教师参考。

目 录

第一章 氧化-还原反应	1
第一节 从高炉炼铁的反应说起.....	1
第二节 氧化-还原反应的几种形式	11
第三节 常见的氧化剂、还原剂.....	14
第四节 怎样判断氧化-还原产物	18
第五节 氧化-还原反应方程式的配平法	30
第二章 电化学.....	48
第一节 伏打电堆的诞生与电化学的兴起.....	48
第二节 原电池的原理.....	49
第三节 化学电源简介.....	51
第四节 金属的腐蚀与防护.....	60
第五节 电解的原理及电解的规律.....	79
第六节 向食盐水要宝.....	95
第七节 霍尔与铝的生产.....	100
第八节 导线中的铜是怎样得到的.....	104
第九节 给金属穿上漂亮的外衣.....	107
第十节 电极电位简介.....	110

第一章 氧化-还原反应

第一节 从高炉炼铁的反应说起

一、炼 铁

钢铁是国民经济中使用最广泛的一种金属材料。由于铁的化学性质比较活泼，所以分布在地壳中的铁都以化合态存在。要得到铁就得把铁矿石转变为铁，这个过程在工业上就是铁的冶炼。

自然界中铁矿石种类繁多，外貌各异。有暗红色的赤铁矿（主要成分 Fe_2O_3 ），黑色的磁铁矿（主要成分 Fe_3O_4 ），黄褐色的褐铁矿（主要成分 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ），还有黄白色的菱铁矿（主要成分是 FeCO_3 ）等。通过颜色的特征我们可以初步认识是哪一种铁矿石。这些铁矿石除在颜色上的不同外，还有着其它不同的性质。例如，磁性，当我们拿这些铁矿石去接触小铁钉时，会有趣地发现小铁钉被磁铁矿吸起来了。另外几种铁矿石就没有这种性能。这些铁矿石所共同的是都含有化合态的铁。其中铁元素有+2、+3两种化合价，它们都可以做为炼铁的主要原料。

在人类发现和使用元素的历史上，铁的冶炼和广泛使用是在金、银、铜之后。在青铜时代后期，铁逐渐取代了铜，使人类社会进入了先进的铁器时代。引以自豪的是我国是世界上最早冶炼生铁的国家。早在春秋时代，我国就出现了用铁铸造的农具和兵器，这要比欧洲早1900年。

当今铁的冶炼是在高炉中进行的。高炉是个庞然大物，容积小的在55立方米以下，大的可达几千立方米。炉体用耐火砖砌成，外面有厚钢板制成的外壳，高度有几米到几十米不等。炼钢时把铁矿石、焦炭、石灰石按一定比例配成炉料，从高炉顶部的进料口分批加入炉内。同时把预热的空气从炉底部的进风口鼓入炉内。这样炉料自上而下，热气由下而上充分接触，充分反应，过一段时间后，红热的铁水就可以从炉底的出铁口放出。

二、炼铁的原理和氧化-还原反应

1. 炼铁的原理

铁和我们的生活有着密切地联系，可以说铁是最有用、最廉价、最丰富、最重要的金属。从某种意义上看，钢铁的产量可以反映一个国家的现代化水平。因此铁的冶炼至关重要，那么铁的冶炼原理究竟是怎样的呢？

让我们来看下面的实验：如图1-1所示。

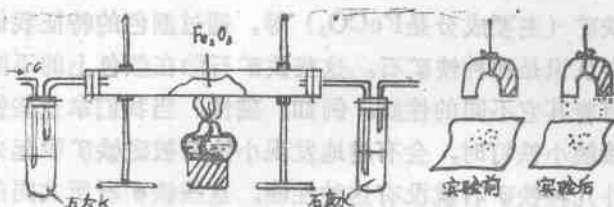


图1-1

由实验我们可以看到，硬质玻璃管中的固态物质的颜色由黑变红，一氧化碳气在反应前不能使石灰水变浑，但经过反应后产生的气体使石灰水变浑了。而反应前的 Fe_2O_3 不能被磁石吸引，反应后产生的固态物质就可被磁石吸起来。这说明反应中 CO 夺得了 Fe_2O_3 中的氧生成了 CO_2 ，所以产生

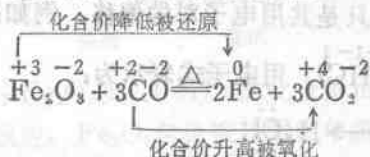
的气体可使石灰水变浑；实验前 Fe_2O_3 不被磁石吸引，而实验后形成的固态物质被磁石吸起来，说明 Fe_2O_3 在反应中失去了氧还原成铁单质。其化学方程式如下：



这就是炼铁的原理。这个重要的反应属于什么类型的反应呢？

2. 氧化-还原反应

在初学化学时我们了解到与氧结合的反应叫氧化反应，失去氧的反应叫还原反应。在这个反应中 CO 得氧， Fe_2O_3 失氧，所以属于氧化-还原反应。氧化-还原反应是十分重要涉及范围很广的一类反应，在以后的学习中会遇到许许多多重要的反应都属于氧化-还原反应。学习氧化-还原反应概念有一个逐步深化的过程，为了从本质上进一步认识氧化-还原反应，让我们再来看炼铁的反应。



在这个反应中 Fe_2O_3 失去了氧，铁的化合价由 $+3 \rightarrow 0$ ，化合价降低发生还原反应。 CO 得氧，碳的化合价由 $+2 \rightarrow +4$ ，化合价升高，发生氧化反应。因此，我们可把氧化-还原反应从得氧失氧扩展到化合价的改变。例如：钠在氯气中燃烧虽没有得氧失氧，但有化合价的改变，所以，属于氧化-还原反应，元素化合价变化的原因是由于得失电子的缘故。在钠和氯气的反应中

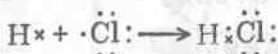
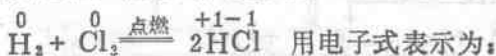


由此可见化合价升降的本质是得失电子，升高的价数就是失电子数，降低的价数就是得电子数，因此可以从本质上给氧化-还原反应下一个确切的定义。

物质失电子的反应叫氧化反应。

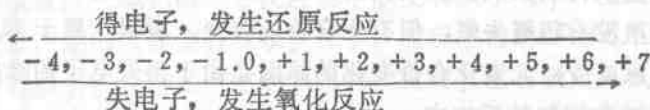
物质得电子的反应叫还原反应。

发生氧化-还原电子转移的过程中，有的完全失去或完全得到电子，而有的只是共用电子对的偏移。例如：



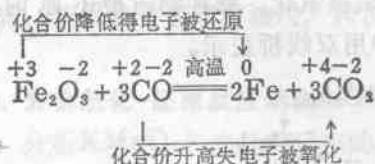
在中学化学中，一般不严格区分，都可根据得失电子或偏移电子数决定元素的正负化合价。

氧化-还原反应里电子转移（得失或偏移）与正负化合价升降的关系如下：



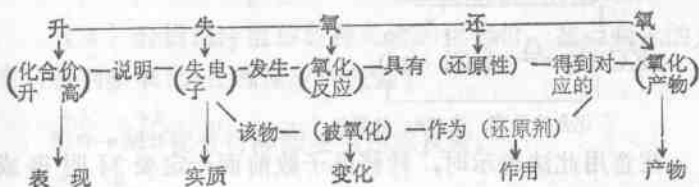
3. 氧化-还原反应中的有关概念

下面以炼铁反应为例，进一步说明有关氧化-还原反应中的一些概念。



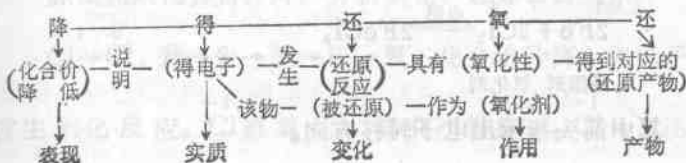
反应中CO变成CO₂，C的化合价由+2→+4失电子，发生氧化反应。CO自身被氧化成CO₂，所以CO₂是氧化产物。CO把Fe₂O₃还原成铁单质，所以CO具有还原性是还原剂。

可概括为：



反应中Fe₂O₃变成Fe，Fe的化合价由+3→0，得电子，发生还原反应。Fe₂O₃自身被还原成单质Fe，所以铁是还原产物。由于Fe₂O₃把CO氧化成CO₂，所以Fe₂O₃具有氧化性是氧化剂。

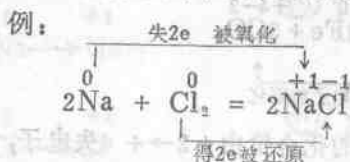
可概括为：



三、氧化-还原反应中电子转移方向和数目的表示方法

1. “双线桥”

说明氧化-还原反应里同一元素化合价变化关系，及电子得失情况和哪种物质被氧化，哪种物质被还原时，在氧化-还原反应方程式中用双线桥表示。



其中“e”表示电子，箭头表示同一元素原子的电子得失情况。

例：化合价降低得2e被还原



注意用此法表示时，转移电子数前面一定要写明得或失。

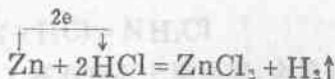
2. “单线桥”

用单线桥表示氧化-还原反应里不同元素间电子转移方向和数目，确定反应物中哪种物质是氧化剂，哪种物质是还原剂。



其中箭头指示出电子转移方向。

例:



还原剂 氧化剂

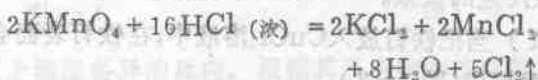
注意: 使用此种表示方法时, 转移电子数前面不写得失。

四、分析氧化-还原反应示例

例: 分析 KMnO_4 与浓盐酸反应的电子转移情况, 氧化、还原关系, 并指出氧化剂、还原剂、氧化产物和还原产物。

分析步骤如下:

(1) 写出反应的化学方程式

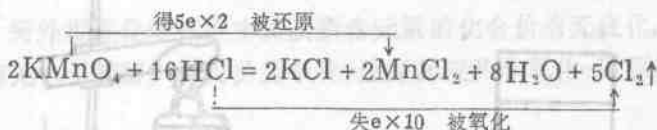


(2) 分析反应前后各种元素的化合价, 找出变化的元素 (是判断氧化-还原反应的关键)

$\overset{+7}{\text{Mn}} \rightarrow \overset{+2}{\text{Mn}}$ 化合价降低发生还原反应,

$\overset{-1}{\text{Cl}} \rightarrow \overset{0}{\text{Cl}}$ 化合价升高发生氧化反应。

(3) 根据化合价升降指出电子得失情况



抓住元素化合价升降, 分析氧化、还原各种关系。

$\overset{-1}{\text{Cl}} \rightarrow \overset{0}{\text{Cl}}$, 升 $\rightarrow$ 失 $\rightarrow$ 氧 $\rightarrow$ 还 $\rightarrow$ 氧, 化合价升高, 失电子,

发生氧化反应。 $\overset{-1}{\text{Cl}}$ 被氧化, 氧化产物是 $\overset{-1}{\text{Cl}_2}$, $\overset{-1}{\text{Cl}}$ 具有还原

性，是还原剂。

$\overset{+7}{\text{Mn}} \rightarrow \overset{+2}{\text{Mn}}$ ，降 $\rightarrow$ 得 $\rightarrow$ 还 $\rightarrow$ 氧 $\rightarrow$ 还，化合价降低，是得电子过程。发生还原反应， $\overset{+7}{\text{Mn}}$ 被还原，还原产物是 MnCl_2 ， $\overset{+7}{\text{Mn}}$ 具有氧化性，是氧化剂。

五、化学反应的四种基本类型与氧化-还原反应

1. 两种分类方法

通过下面四个反应来看化学反应的四种基本类型与氧化-还原反应的关系。

(1) 当把铁钉放入 CuCl_2 溶液中，在铁钉表面会有红色固体物质析出(图1-2)。

反应方程式：



(2) 加热 HgO 会有银白色的液态物和使余烬复燃的气体生成(图1-3)。

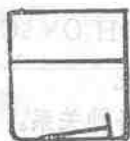


图1-2



图1-3

(3) 将粘有浓盐酸与浓氨水的玻璃棒相靠近时，会有大量的白烟产生(图1-4)。



(4) 在石灰石上滴盐酸, 会看到有气泡产生(图1-5)。

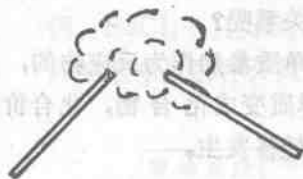


图 1-4

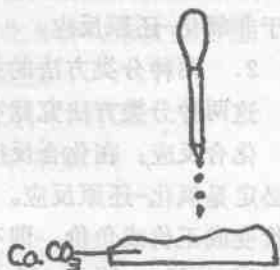


图 1-5

对以上情况各异的反应, 根据其反应物和生成物种类多少及物质的类别可分为以下四种基本类型:

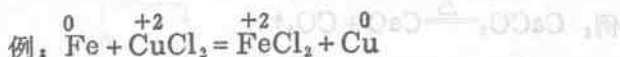
化合反应, 例: $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$

分解反应, 例: $2\text{HgO} \xrightarrow{\Delta} 2\text{Hg} + \text{O}_2\uparrow$

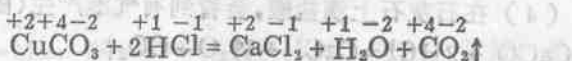
置换反应, 例: $\text{Fe} + \text{CuCl}_2 = \text{FeCl}_2 + \text{Cu}$

复分解反应, 例: $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$

另外根据化学反应中物质所含元素的化合价有无变化, 即有无电子转移, 又可分为氧化-还原反应和非氧化-还原反应。



属于氧化-还原反应。



属于非氧化-还原反应。

2. 两种分类方法的关系

这两种分类方法究竟有什么关系呢？

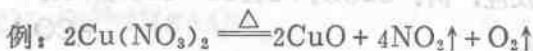
化合反应：在化合反应中有单质参加作为反应物的，反应必定是氧化-还原反应。因为单质变成化合物，化合价由0价变成正价或负价，即有电子转移发生。



一般情况下没有单质参加的化合反应，反应中没有化合价的变化，反应中没有发生电子转移，所以是非氧化-还原反应。



分解反应：在生成物中有单质生成的分解反应，化合物中的元素变成游离态的单质，即发生了电子的得失，所以必定是氧化-还原反应。



在分解反应中，一般没有单质生成，没有发生电子转移，反应前后元素的化合价没有发生改变，是非氧化-还原反应。



置换反应：一种单质和一种化合物反应生成另一种单质和另一种化合物的过程中，元素由游离态变成化合态，另壹种由化合态变成游离态，发生电子得失，所以必定是氧化-

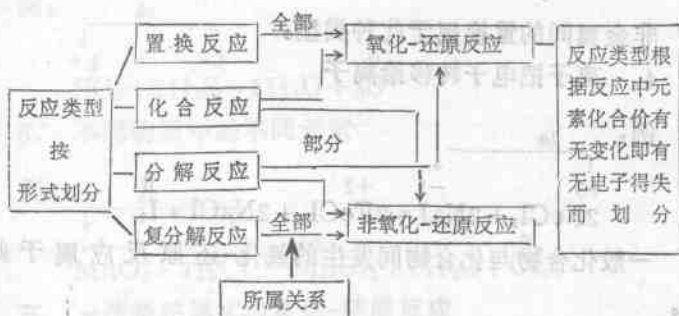
还原反应。



复分解反应：是两种化合物相互交换成份生成两种新的化合物。在这种变化中各元素的化合价均未发生变化，没有电子转移，所以是非氧化-还原反应。



归纳起来这两种分类方法的联系如下：

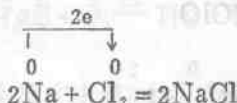


第二节 氧化-还原反应的几种形式

一、根据发生电子转移的微粒划分

1. 原子转移给原子的

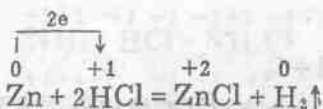
例：



一般金属与非金属的化合反应都属于此类。

2. 原子转移给离子

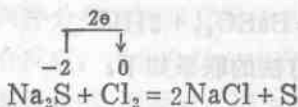
例:



一般金属与酸式盐溶液的反应属于此类。

3. 离子把电子转移给原子

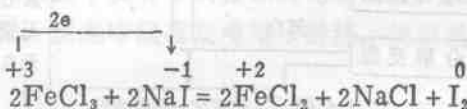
例:



非金属间的置换属于此种类型。

4. 离子把电子转移给离子

例:

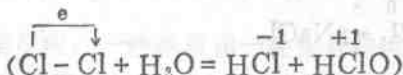
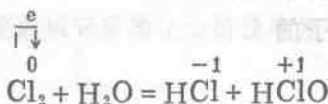


一般化合物与化合物间发生的氧化-还原反应属于此种。

二、根据发生氧化-还原反应的元素划分

1. 同一种物质中的同一价态的同种元素发生氧化-还原反应(歧化反应)

例:



2. 同一种物质中不同价态的同种元素