

元素丛书



铁 铬 锰

IRON
CHROMIUM AND MANGANESE

Fe Cr
Mn

山东教育出版社

元素丛书

Elements

铁 铬 锰

IRON, CHROMIUM AND MANGANESE

出版发行：山东教育出版社

（济南市纬一路 321 号）

网 址：<http://www.sjs.com.cn>

印 刷：利丰雅高印刷（深圳）有限公司

作 者：（英）布莱恩·奈普

翻 译：王平 江家发

责任编辑：赵猛 刘辉

版 次：2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

规 格：16³开本

印 张：3.5 印张

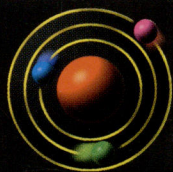
字 数：60 千字

书 号：ISBN 7-5328-5068-4

定 价：18.00 元 / 册

（如印装质量有问题，请与印刷单位联系）

元素丛书



铁 铬 锰

IRON
CHROMIUM AND MANGANESE

Fe



Cr

Mn

山东教育出版社

阅读指南

你手中的这本书是为帮助你学习与化学元素有关的知识而精心编写的。它将系统而全面地向你介绍每一种化学元素的基本性质。翻开书中任何一页，除了有对科技知识深入浅出的讲解以外，还有大量科技术语的定义及其解释，无论你已经掌握了多少化学知识，这本书都可以使你受益匪浅！在每一本书的最后，有详细注解的元素周期表，有出现在这套丛书中的全部科技术语一览表，还有一个专门栏目告诉你如何用化学方程式表达化学反应，另外还有一个栏目帮你提炼有关铁元素、铬元素和锰元素的最精华的知识，可谓精彩不断！

元素知识是整个化学科学的基础，大家一起来分享学习化学的快乐吧！

正文对基本知识和概念进行系统的、深入浅出的讲解

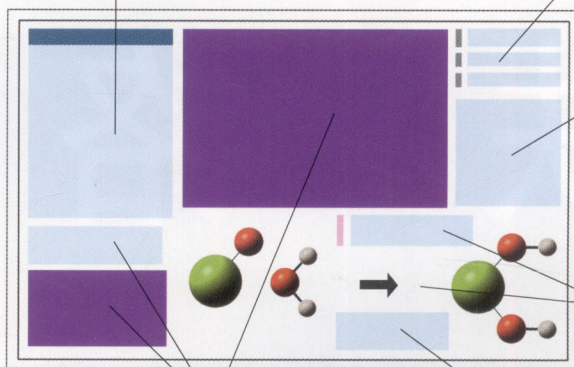
定义科学概念

结合实例，对疑难点进行更加深入的阐述

用元素符号书写化学方程式，有些地方甚至以球棍模型示意化学反应（参见本书第48页）

通过精挑细选、注解清晰的图表，使对知识的阐述更加直观、生动

多识一点：对高阶知识和概念进行通俗易懂的解释



封面图：氧化铁被还原成铁水。图中铁水的温度高达 2 000 ℃。

扉页图：黄铁矿立方晶体

图书在版编目 (CIP) 数据

铁 铬 锰 / (英) 布莱恩·奈普著; 王平, 江家发译.
— 济南: 山东教育出版社, 2005

(元素丛书)

ISBN 7-5328-5068-4

I. 铁... II. ① 布... ② 王... ③ 江... III. ① 铁 - 基本知识 ② 铁化合物 - 基本知识 ③ 铬 - 基本知识 ④ 铬化合物 - 基本知识 ⑤ 锰 - 基本知识 ⑥ 锰化合物 - 基本知识 IV. 0614

中国版本图书馆CIP数据核字 (2005) 第046991号

Copyright©Atlantic Europe Publishing Company
Limited 1996 and 2002

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form of by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior permission of the Publisher.

Suggested cataloguing location

Knapp, Brian

Iron, chromium and manganese

ISBN 1 869860 24 1

— Elements series

540

Chinese edition published by Shandong Education Press. Copyright©1996 and 2002 by Atlantic Europe Publishing Company Limited.

Chinese edition is authorized for sale and distribution in China exclusively.

本书依据英国 Atlantic Europe Publishing Company Limited 1996 和 2002 年国际版权 (C) 翻译。

Atlantic Europe Publishing Company Limited 拥有版权。未经许可, 不得以任何形式, 包括以电子的或机械的方式进行照片复制或录音, 或是将信息存贮在任何检索系统上来翻印书中的任何内容。

中文版由 Atlantic Europe Publishing Company Limited 授权山东教育出版社出版。

该版本的中文版只在中国境内销售。

山东省版权局著作合同登记号:

图字: 15-2004-068

目 录

走进铁、铬和锰的世界	4
铁	6
铁的腐蚀——生锈	8
生锈的实质	10
铁矿石	12
铁的化合物的颜色	14
铁与五彩地貌	16
黄铁矿	18
铁的化合物的性质	20
铝热反应	22
工业炼铁	24
炼铁的化学原理	26
生铁和熟铁	28
炼钢	30
碳素钢	32
特种钢	34
铬	36
七彩铬世界	38
锰	40
高锰酸钾	42
长话短说——铁、铬、锰	44
元素周期表	46
理解化学方程式	48
科技术语表	50



走进铁、铬和锰的世界

也许你对“元素”这个词并不陌生,但是你知道元素到底是什么吗?简单地说,元素是指含有相同核电荷数的一类原子,是组成物质的基本成分。连绵的山脉、翻腾的云海、变幻的星云,就连你我也都是由各种各样的元素组成的。天然存在的元素只有92种,而正是这92种元素构成了宇宙万物。本书所要展现给大家的是其中的三种元素——铁、铬、锰。

铁

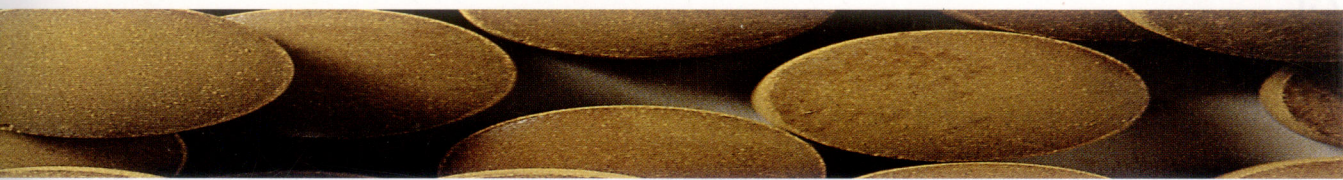
铁,元素符号为Fe,源于拉丁文ferrum。铁是一种用途极为广泛的元素,从桥梁、摩天大楼到计算机、汽车,到处都能见到它的踪影。

铁的冶炼成本比较低,而且易于加工成型,非常坚固,综合这些优点,所以铁比其他任何一种金属的用途都要广泛。但是铁还有一个足以抵消其所有优势的缺点——它是一种活泼金属,当暴露于潮湿的空气中时,很容易生锈。

铁是现代社会中应用最为广泛的金属之一,但是仅仅在200多年以前,情况却远非如此。尽管人类使用铁的历史最早可以追溯到3 000多年以前的铁器时代,但是直到19世纪,铁的开采与制造还是比较困难的,价格也因此而非常昂贵。

纯铁质软,呈银灰色,富有延展性,在室温下就可以弯曲或拉伸。铁在1 535℃才会熔化,这个温度远远高于木材燃烧的温度。在人类文明早期,人们认为铁难以利用,是由于当时还不能获得足够高的温度来加工铁。





事实上，自 18、19 世纪工业革命以来，铁才获得了广泛的应用。在工业革命时期，亚伯拉罕·达贝（Abraham Darby）及其他发明家学会了如何运用焦炭来大规模炼铁。正是因为铁由此而变得价廉且丰富，人类最终才在 19 世纪步入了工业化时代。

铁不仅能以金属单质形式存在，还存在于大量的化合物中。例如，几乎所有的生命体中都含有铁的化合物，它们是所有动、植物生长所必需的营养物质。人体血液之所以呈红色，就是因为含铁化合物的存在。我们经常会感叹于大自然的色彩斑斓，其实构成这些天然色彩的基本组分也是铁的化合物。

当和某些元素混合在一起后，铁会具有磁性，可以用来制作指南针，还可以用在电动机上，这一特性使铁的应用更加广泛。

铬

铬，元素符号为 Cr，源于希腊文，意思是“颜色”。红宝石和绿宝石美丽的颜色都与铬元素有关。单质铬是一种银白色的稀有金属，抗腐蚀性能好，因此常用作镀层金属来保护其他金属，这一工艺叫做“镀铬”。

锰

锰，元素符号为 Mn，源于拉丁文 magnesia（镁氧矿，一种磁矿石）。单质锰是一种银灰色金属。深海海底中分布着大量的锰，但却由于藏在深深的海底而难以开发利用。锰常用来硬化钢铁和制造电池。

▲ 血细胞里的血红蛋白分子因为含有铁而显红色，同时铁还具有携氧功能。

含铁量较高的食物有肉类（尤其是肝脏和心脏）、蛋黄、麦芽和大多数绿叶蔬菜。

有些人群，如孕妇和老年人，常会受到缺铁的困扰，他们需要额外服用补铁剂（如图所示）来补充铁质。



铁

铁是一种银灰色金属，密度较大。铁在自然界中分布比较广，冶炼成本低，而且铁还具有很好的延展性，硬度也比较大，因此在所有金属中，铁的应用最为广泛。

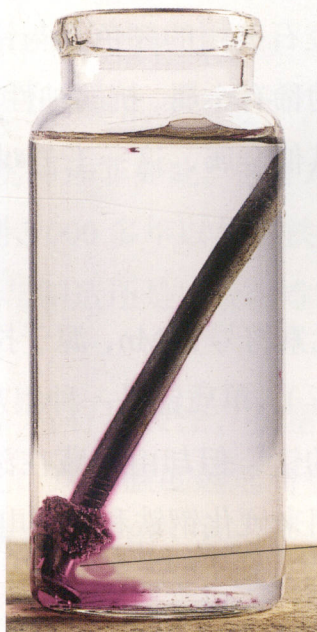
然而，铁也有一些不受人们欢迎的特性。例如，铁的化学性质很活泼，在潮湿的空气中很容易生锈。我们将在下文中讨论铁的有关化学性质。

铁的反应活性

金属的反应活性是不相同的。有些金属不活泼，例如金，基本上不与其他物质反应，因此金子总是会发出耀眼的光芒，不会黯淡无色（生成一层氧化膜）。而有些金属是比较活泼的，例如钾，一旦与空气接触就会与其中的氧气发生剧烈反应（腐蚀）。

将部分常见金属按照其反应活性强弱排列，就得到如右图所示的金属活动性顺序表。

铜在金属活动性顺序表中的位置比较靠后，而铁则比较靠前，因此在溶液中铁能与铜的化合物（如硫酸铜）反应而被腐蚀。而铁又排在镁的后面，因此当镁与铁放在一起时，镁更容易被腐蚀。这可以由如右图所示的实验来说明。将一小块镁条缠绕在铁钉上，放入水中，并滴入指示剂，请注意观察发生的变化。



① 往一堆铁屑（图中黑色物质）中加入蓝色硫酸铜溶液。



金属活动性顺序	
金属	活动性
钾 钙 钠 镁 铝 锰 铬 锌 铁 镉 锡 铅 铜 汞 银 铂	最活泼  最不活泼

红色是由指示剂引起的。镁被腐蚀生成氢氧化镁,从而使溶液显碱性,因此受腐蚀镁条附近区域显红色。

② 随着铁屑与硫酸铜溶液反应的进行，表面皿中发生的现象在随时发生变化。需要说明的是，除了铁屑与硫酸铜以外，表面皿中没有任何酸或其他化学物质。

可以观察到溶液颜色逐渐变至淡绿色，铁屑堆的四周变成了红褐色，看起来有点像珊瑚岛周围的礁滩。

之所以产生这些变化，是因为有化学反应发生。一部分铁跑到了溶液中，而铜“礁石”则从溶液中析出，沉积在铁屑堆的周围。

硫酸铜溶液是蓝色的，而硫酸亚铁溶液则是绿色的，表面皿中物质颜色的改变表明铜和铁之间发生了“互换”，反应后生成的溶液是硫酸亚铁溶液。

但是，并不是所有的铁都被反应消耗掉了。因为铁比铜多，所以不能实现完全的“互换”。如果把这些铁屑放到一大桶硫酸铜溶液中，铁屑就会完全反应，直至消失。

多识一点…

本实验中使用的铁屑是车床加工过程中的下脚料。与一整块铁相比，一堆铁屑的表面积更大，反应进行得将更为迅速。

阴极保护：使被保护物体在电池中充当阴极从而避免被腐蚀的技术。比如钢铁可以用更活泼的镁来保护，前者作阴极，后者作阳极。用锌来保护钢铁也是同样的道理。

腐蚀：物质与环境中的气体和水接触后发生的缓慢的腐坏过程，常用于描述金属。

反应活性：表示一种物质能与其他物质发生反应的倾向性。反应活性常用来描述金属的性质，金属可以按其反应活性排列成一个序列。

溶液：一种液体与另外一种或几种物质形成的均一、稳定的混合物（如食盐水）。这种混合物可以通过蒸发和冷却等物理方法进行分离。



化学方程式：铁与硫酸铜溶液反应

铁 + 硫酸铜 $\longrightarrow$ 硫酸亚铁 + 铜



铁的腐蚀——生锈

外界环境对金属而言是非常“危险”的。即使是在“洁净”的空气中，由于与其中的水和其他气体相互作用，金属表面也会慢慢发生变化，这一过程叫做腐蚀。例如，金属与空气中的氧发生反应，能生成一层氧化物。

因为铁是一种活泼金属，所以很容易受腐蚀，也就是常说的“生锈”。铁在干燥的空气中不会生锈，在干净的沸水里也不会生锈。只有在潮湿的空气或溶有氧气的水中，铁才会生锈（如右图所示）。

▼ 这是一个干燥器，底部的蓝色晶体是氯化钴，可以吸收空气中的水分，因此放置其中的铁钉就处于干燥的环境中。所以，尽管已经封存了若干年，这些铁钉至今仍完好无损，并没有生锈。这就说明水与氧气是铁生锈的两个必备条件。



▲ 铁钉与水、空气中的氧气接触会迅速生锈。如果只与水接触就不容易生锈。然而，水中的铁钉一旦接触到氧气，就会马上生锈（氧化）。



铁的特殊氧化层

腐蚀现象最常发生在金属材料身上。有些金属表面生成的氧化层非常薄，用肉眼根本观察不到。

例如，观察洁净的铁钉或钢钉的表面，好像没有生锈，其实不然。当氧化层逐渐增厚到一定程度，金属表面就会变得暗淡，失去金属光泽。

与铝、铜不同的是，铁的氧化层疏松多孔，不能抵御水和氧气的进一步侵蚀，因此，如果不采取保护措施的话，铁就会锈得越来越厉害。

腐蚀：物质与环境中的气体和水接触后发生的缓慢的腐坏过程，常用于描述金属。

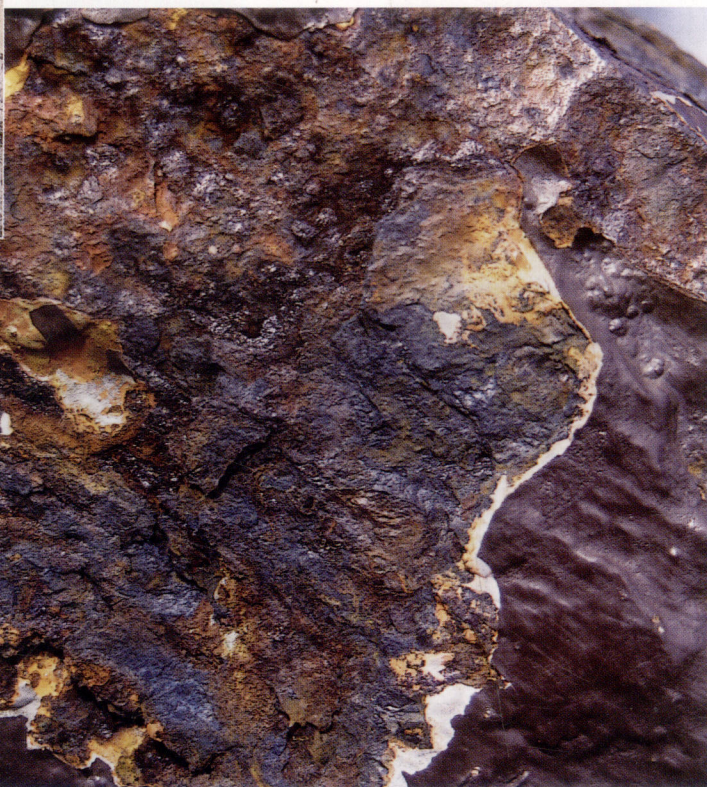
氧化物：只含有氧和另外一种元素的化合物。

多孔材料：含有大量小孔或者缝隙的物质。通常这些小孔都是连通在一起的，因而液体（如水或石油）能够从中流动。



◀ 生锈铁链和镀锌铁链

▼ 铁链的锈蚀极不均匀，有的地方坑坑洼洼，有的地方则是一整块大面积的锈斑。



▼ 生锈螺钉。不难看出螺纹已经模糊了，这是因为铁与氧气反应生成了铁锈，而铁锈的体积比纯铁大，因此，螺纹间的间隙就会变小。所以生了锈的螺钉很难松动。



生锈的实质

生锈是因为其中的金属铁与水、氧气发生反应而导致的。为了理解生锈的实质，化学家从元素的最小微粒——原子——的角度来研究这个过程。

未生锈的铁是由铁原子构成的，铁原子体积小、密度大，它们紧密而有序地排列在一起。水由水分子构成，一个水分子含有一个氧原子和两个氢原子。氧气由两两成对的氧原子构成。

当金属表面发生锈蚀时，原先结合在一起的原子相互分离，然后再与其他原子重新组合。体积不同的多种原子组合在一起，其体积比铁原子组合在一起时的体积大，但是密度却比纯铁小，所以铁锈容易剥落。

▼ 像悉尼港口大桥这样的大型钢铁建筑需要不断地涂刷油漆以防生锈。即便如此，一些裸露部位的锈蚀仍然无法避免。

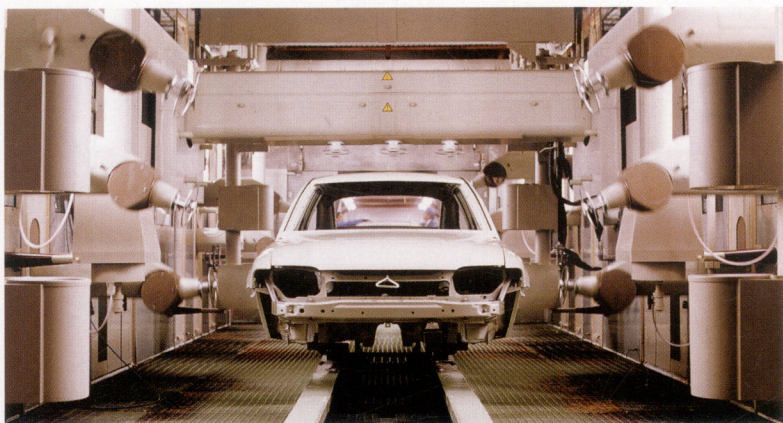


生锈与防锈

铁与水、空气中的氧气相结合就导致生锈，这是我们身边最常见的化学反应之一。即使只是在潮湿的空气中——并没有液态的水滴——钢铁也会生锈。如果空气中还含有其他物质，钢铁生锈的速度会更快。这些物质包括海盐（正是它们使得轮船和沿海地区的铁器极易生锈）和一些污染性气体（如某些工厂和发电站周围的气体）。二氧化硫是一种典型的气体污染物，它溶解在水滴中就形成了酸雨，对钢铁的腐蚀比较严重。

在现代社会里，钢铁的应用非常广泛，为了防止钢铁生锈，可以涂上保护漆或者镀上其他金属，如锌。

▼所有的钢铁制品都要通过涂刷油漆或其他方法来防锈。大多数车辆在制造过程中都要覆上多层保护膜，在出厂之前还要喷上好几层油漆。



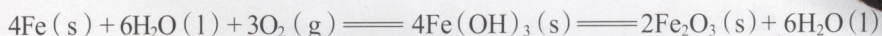
■ **电极：**构成电池终端的导体。

■ **电解：**一种利用电流导致化合物分解和金属离子在溶液中移动的电化学过程。这一过程存在于许多自然现象中（如金属的生锈），同时在工业生产中常用于金属的提炼和电镀。

■ **电解液：**一种能够导电的溶液。

化学方程式：铁生锈

铁 + 水 + 氧气 $\longrightarrow$ 氢氧化铁 $\longrightarrow$ 氧化铁 + 水



多识一点：生锈铁块的表面为什么会变得坑坑洼洼

表面没有覆盖保护膜或表层油漆已经脱落的湿铁块，如果暴露在空气中，氧气分子就会进入铁块表面的水中，并因此形成了世界上最小的微型原电池。在含氧丰富的位置，铁可以构成电池的一个电极。在缺氧的凹陷位置，铁与空气的接触较少，可以作另一个电极。充当电解液的则是水。在这个微型电池中，会产生非常微弱的电流，铁逐渐溶解到含氧丰富的水中，然后氧化沉积下来。

由此可知，铁能从金属中脱落下来，然后在附近以氧化物或氢氧化物的形式沉积下来，因此生锈铁块的表面往往是坑坑洼洼、凹凸不平的。

► 这块生锈的马蹄铁上面有两种铁锈。浅褐色的锈斑是新近形成的氢氧化铁，即 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ；而深褐色的锈斑则是氧化铁，即 Fe_2O_3 。反应的化学方程式如上所示。

铁矿石

在地壳含量最丰富的金属元素当中，铁仅次于铝，列第二位，但是在自然界中却很难发现纯净的金属铁。铁大多存在于赤铁矿（其中铁占矿石总质量的三分之一）和磁铁矿（其中铁占矿石总质量的三分之二）这两种矿石中。

磁铁矿

铁的一个显著特性就是具有磁性，它既可以作磁铁吸引其他物体，又能被其他磁体所吸引。天然铁（纯铁）、铁的合金（如钢）以及铁的化合物（如磁铁矿）都具有磁性。之所以如此，是因为每一个细小的铁晶粒都是具有磁性的，这使得所有铁晶粒都可以按照相同的方向排列，因此整个物体便具有了磁性。

人类对铁磁性的认识最早来自于那些带有强磁性的岩石，即天然磁石（磁铁矿）。磁铁矿的名字来源于希腊文 Magnesia，这是一个地名，古代人们曾在此地开采天然磁石。

每块球形天然磁石都有两个区域，分别能吸引或排斥其他磁石。这两个区域就是我们所说的磁极。

► 这块磁铁矿吸满了铁屑，这说明磁铁矿具有磁性。磁铁矿主要成分的化学式是 Fe_3O_4 。

陨石

陨石是一种罕见的含铁量极高的铁矿石。有的陨石几乎是纯铁。

大多数陨石含铁量都在90%左右，只需稍作提纯就可以得到纯铁，因此陨石在古代价值不菲。通常在陨石坑周围就可以找到一些纯铁。

铁在古代被称作“天堂里的金属”，这大概是因为人们在当时曾亲眼目睹了陨石从天空坠落，并且发现其成分主要是铁。历史学家普遍认为，人类第一次使用的铁就来自于陨石。





▲ 赤铁矿是由氧化铁形成的，因此呈深红色。其中的灰色晶体则是纯铁。赤铁矿主要成分的化学式是 Fe_2O_3 。

矿石：含有某种有用物质的岩石。矿石应该具有一定的开采价值。

氧化反应：氧化剂夺取电子的反应（需要注意的是，氧化剂中未必一定含有氧）。

赤铁矿

赤铁矿是世界上分布最为广泛的一种铁矿石，常见于从海洋或河流中沉淀形成的岩石中。

如果某些岩石呈深红色，就说明其中含有赤铁矿。赤铁矿石大多形成于干、湿两季分明的热带地区。在雨季，矿石被雨水腐蚀、冲刷到盆地、三角洲和海岸上。到了旱季，土壤中的水分蒸发，其中所含的铁的化合物都被氧化成了氧化铁。由此形成的沙石如果大面积存在，往往能够形成像红河床那样壮丽的自然景观。

褐铁矿

褐铁矿也是由氧化铁组成的，但是其形成时的环境温度比赤铁矿的低。通常条件下，褐铁矿呈黄色、橙色或褐色，而不是红色。由于褐铁矿中含有水分子，因此它是一种水合（含水的）氧化铁。

沼泽地中通常有大量的褐铁矿，因此人们又把褐铁矿称为沼铁矿。

水的存在影响了褐铁矿的颜色。加热褐铁矿，蒸发掉其中的水分，其颜色就会加深，最后变成焦赭色。因此在传统工艺中，人们用褐铁矿来制作赭色颜料。

铁的化合物的颜色

铁的氧化物有两种存在形式，这取决于氧与铁的结合比例。其中含氧量低的是氧化亚铁，是+2价铁的氧化物；而含氧量高的则是氧化铁，是+3价铁的氧化物。铁的化合物的颜色取决于该化合物中含氧量的多少。

正铁化合物

正铁化合物（也就是+3价铁的化合物）通常呈黄色、红色或褐色。

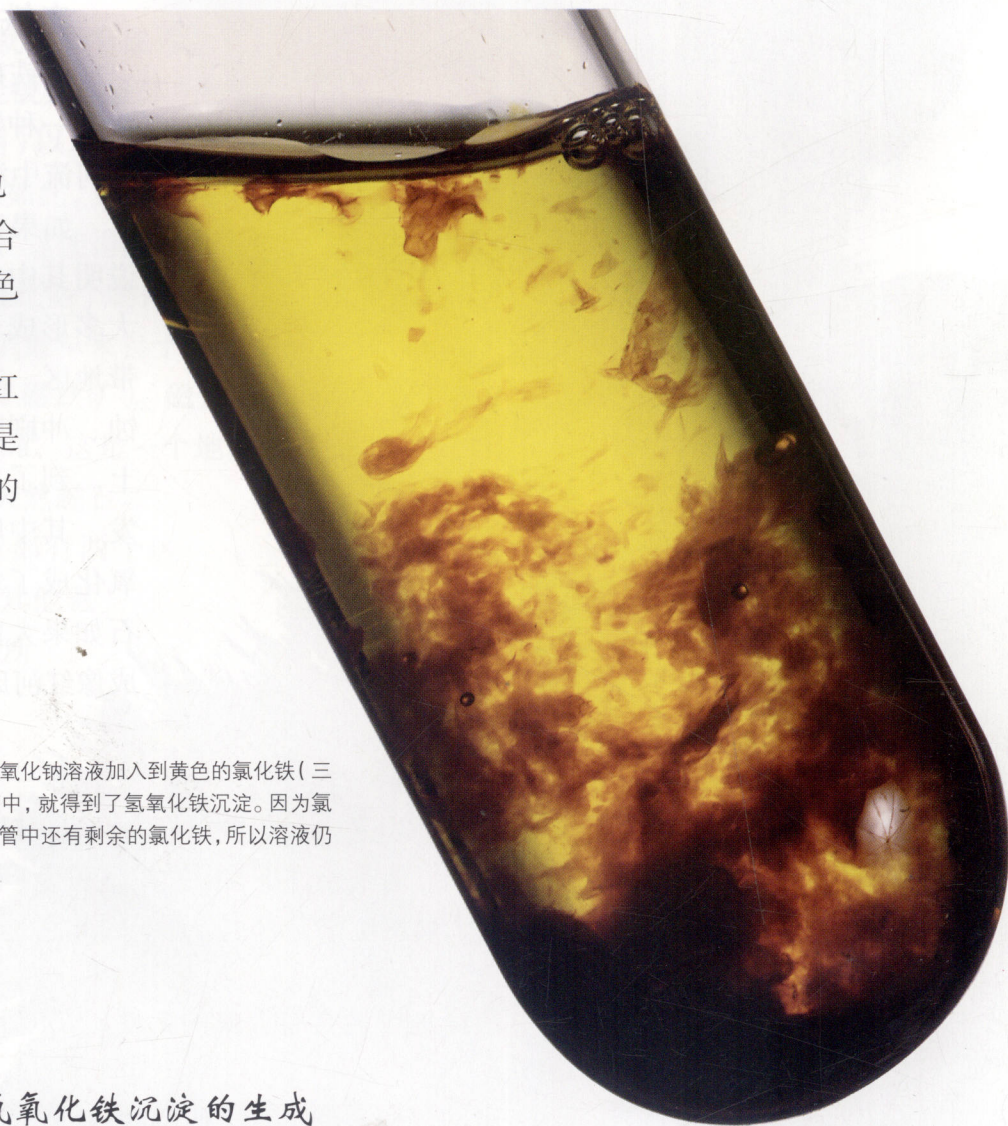
右图试管底部红褐色的胶状沉淀就是氢氧化铁（+3价铁的氢氧化物）。

► 将无色氢氧化钠溶液加入到黄色的氯化铁（三氯化铁）溶液中，就得到了氢氧化铁沉淀。因为氯化铁过量，试管中还有剩余的氯化铁，所以溶液仍显黄色。

亚铁化合物

亚铁化合物（也就是+2价铁的化合物）通常呈绿色、灰色或蓝色。

右图试管底部看起来比较污浊的绿色胶状沉淀就是氢氧化亚铁（+2价铁的氢氧化物）。



化学方程式：氢氧化铁沉淀的生成

氢氧化钠 + 氯化铁（Ⅲ） $\longrightarrow$ 氢氧化铁（Ⅲ）+ 氯化钠





从滴管中滴下的氢氧化钠溶液

多识一点…

其他许多铁的化合物都具有各自的特征颜色，很早以前人类就已经知道并能够利用它们制作颜料。

赭色

赭色指的是由铁的化合物所产生的一种黄红色。将富含铁的各种矿石研磨成碎末就得到赭石粉。褐铁矿和赤铁矿分别显黄色和红色，它们经过烘焙后，颜色都会变深，成为红褐色，人们把这种颜色称为焦赭色。赭石粉末可用作颜料或色素，用前先要与液体混合。

普鲁士蓝

铁的氧化物与亚铁氰化钾反应可以制得普鲁士蓝（因于18世纪由普鲁士人发明而得名）。普鲁士蓝可用于洗衣粉中，充当“增白剂”，因为这种浅蓝色染在衣服上能使衣服看起来更白。高浓度普鲁士蓝可用作涂料和釉料中的颜料。

滴入的氢氧化钠与溶液中的氯化亚铁反应生成胶状沉淀。

► 将无色氢氧化钠溶液加入到氯化亚铁溶液中，就得到了绿色的氢氧化亚铁胶状沉淀。

化学方程式：氢氧化亚铁沉淀的生成

氢氧化钠 + 氯化亚铁(II) → 氢氧化亚铁(II) + 氯化钠

