

高等学校教材

化学原理及 应用基础

(第四册)

应用部分 土建类专业用

施宪法 编



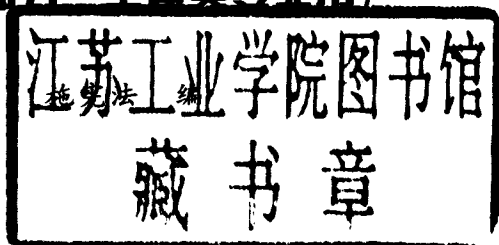
高等教育出版社

高等学校教材

化学原理及应用基础

(第四册)

(应用部分 土壤类专业用)



高等教育出版社

(京)112 号

图书在版编目(CIP)数据

化学原理及应用基础 第4册:应用部分/施宪法编.
—北京:高等教育出版社,1999
高等工科院校教材土建类专业用
ISBN 7-04-006870-2

I. 化… II. 施… III. 化学—高等学校—教材 IV.06-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 20164 号

出版发行	高等教育出版社		
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	邮政编码	100009
电 话	010-64054588	传 真	010-64014048
网 址	http://www.hep.edu.cn		
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	高等教育出版社印刷厂		
开 本	850×1168 1/32	版 次	1999 年 6 月第 1 版
印 张	6.625	印 次	1999 年 6 月第 1 次印刷
字 数	170 000	定 价	6.80 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

内 容 提 要

本书为高等工业学校非化工类专业普通化学课程“组合式”教材中的一个分册,适合于土建类及相近专业使用。本分册着重介绍各类重要的建筑工程材料、辅料、新材料的组成、结构、性能。并介绍土建工程中常见的腐蚀与防护,环境污染与环境保护,以及建筑施工技术等方面有关的化学基础。同时也旁及其它一些化学基础知识和理论,以适应工科大学生素质教育的需要。

在教学中,本分册应与这套教材的第一分册(原理与实验部分)组合在一起使用。两个分册所需要的课堂讲授时间总计约 50 学时。教师可根据实际需要选择内容详讲或略讲。

前 言

普通化学课程是高等学校工科非化工类专业普遍开设的一门基础课,其内容是培养现代工程技术人才所应具备的知识结构的重要组成部分。随着我国社会主义事业的发展,对高等学校所培养的人才的模式、规格的要求也在不断变化发展,势必要求更新和改造原有的教学内容。为此,于1987年在普通化学课程教学指导小组的指导下,由部分新老课指委委员组成了“组合式”普通化学教材编写组,由孔荣贵教授任组长,乐秀毓教授任副组长并负责统稿。编写组对这套教材的内容取材、体裁格式、撰写特色等诸多方面进行了深入细致的研究,广泛听取了各方面的意见,经过反反复复的认真讨论,终于在上述各基本方面取得了共识。这套“组合式”普通化学教材才得以面世。编写组意识到,高等学校工科专业培养的学生必须面向社会主义市场经济的主战场,教学内容应更加突出工科特色。新的普通化学课程内容应体现这一时代特色,进一步精选化学原理的内容,加强应用性和实践性内容。密切联系对当代科技进步和经济发展至关重要的新材料、新能源、环境、通讯等领域中的化学问题、化学应用,介绍化学规律和化学方法。

这套教材的编写形式与众不同,全套书共由三大部分组成:基本化学原理、化学应用基础及简明化学实验,三个部分在教学中可选择地配合使用,故称为“组合式”教材。全套教材分为四个分册:第一册为化学基本原理和实验部分,作为非化工类各专业共同使用的内容,其中化学原理部分由孔荣贵、乐秀毓编写,实验部分由苏嫦、钱巧玲编写;第二册为结合电子类专业实际的应用部分,由何培之编写;第三册为结合机电类专业实际的应用部分,由丁廷桢编写;第四册为结合土建类专业实际的应用部分,由施宪法编

写。各校可根据不同的专业和需要选用。

本书为这套教材的第四册,内容是在第一册介绍的化学原理的基础上,着重结合土建类专业的工程实际,介绍各类重要的建筑工程材料、辅料、新材料的组成、结构、性能;介绍土建工程中常见的腐蚀与防护,环境污染与环境保护,以及建筑施工技术等方面有关的化学基础,同时也旁及其它一些化学基础知识和理论,以适应工科大学生素质教育的需要。本书与第一册组合在一起,可作为工科大学土建类及相近专业的普通化学教材。第一、四册加起来,总的课堂教学学时数约 50 学时,实验 16~20 学时。教师可根据实际需要选择内容详讲或略讲。

本书编写过程中,始终得到全国高等学校工科普通化学课程教学指导小组及高等教育出版社化学室的指导与支持。特别是东北大学乐秀毓教授和合肥工业大学孔荣贵教授,指导框定了全书的体系、内容、大纲,并对各章节的具体撰述提出许多宝贵意见。全书承西安交通大学何培之教授最后审定,并由乐秀毓教授统稿。借此一并表示衷心感谢。由于编写这类教材是一种新的尝试,且编者水平、精力有限,书中错误与不足在所难免,敬请各位同仁批评指教。

编者

1997 年于同济大学

责任编辑	殷继祖
封面设计	刘晓翔
责任绘图	汪 婷
版式设计	周顺银
责任校对	王效珍
责任印制	韩 刚

目 录

第一章 金属	(1)
第一节 金属概论	(1)
金属元素在周期表中的位置和金属的分类 金属在自然界 中的存在 金属的提炼 各类金属的典型用途	
第二节 金属晶体与合金	(10)
金属晶体与金属键 合金	
第三节 建筑工程中常用的金属材料	(20)
钢铁 常用的建筑钢材 铝合金	
第四节 建筑中金属构件的腐蚀与防护	(26)
金属材料的腐蚀原理 常见的金属腐蚀形式 钢筋混凝土 结构中钢筋的腐蚀和防护	
问题与习题	(37)
第二章 非金属及其二元化合物	(39)
第一节 非金属概论	(39)
非金属元素 非金属单质 非金属元素的存在 非金属单质的提取	
第二节 卤化物	(46)
卤化物的结构和物理性质 卤化氢 氯化物的水解	
第三节 氢化物	(51)
离子型氢化物 共价型氢化物 金属型氢化物	
第四节 碳、氮、硼的二元化合物	(54)
碳化物 氮化物与硼化物	
第五节 氧化物与硫化物	(57)
氧化物概述 氧化物及其水合物的酸碱性 硫化物	
第六节 水	(63)
自然界中的水 水的污染和净化	
第七节 气态氧化物对大气的污染	(77)
二氧化碳和温室效应 一氧化碳 硫氧化物 氮氧化物	

问题与习题	(84)
第三章 非金属的含氧酸盐	(86)
第一节 硫酸钙和石膏	(86)
气硬性胶凝材料与石膏 石膏在建筑中的重要应用	
第二节 氮与磷的含氧酸盐	(91)
硝酸盐与亚硝酸盐的性质 磷的含氧酸盐	
第三节 碳酸盐	(97)
碳酸盐的热稳定性 碳酸钙的溶解平衡及其存在	
石灰石和大理石	
第四节 硅酸盐	(102)
硅酸盐及分子筛的晶体结构 二氧化硅及其晶体结构	
水玻璃 玻璃 陶瓷	
第五节 水泥和混凝土	(115)
硅酸盐水泥 硅酸盐水泥的水化与凝结硬化 其它品种水泥	
混凝土	
问题与习题	(122)
第四章 有机与高分子化合物	(124)
第一节 有机化合物概论	(124)
有机化合物的定义 有机化合物的特点 有机化合物的分类	
有机化合物反应的主要类型	
第二节 表面活性剂	(132)
表面活性剂的概念及其结构 表面活性剂的分类	
表面活性剂的应用	
第三节 沥青和沥青材料	(150)
概述 石油沥青 其它各类沥青	
第四节 有机高分子化合物	(166)
有机高分子化合物概论 高分子化合物的合成	
高分子化合物的结构和性能	
第五节 几种重要的高分子合成材料	(177)
塑料 合成橡胶 合成纤维 其它高分子材料	
问题与习题	(188)
索引	(190)

角线左下方的为金属元素,右上方的为非金属元素,位于对角线两侧的硅、砷、硒、碲、锗、镓、铟、铋等元素的物理性质介于金属和非金属之间,称为半金属(semimetal)或准金属(metalloid)。半金属大都是半导体(semiconductor)。它们的导电性随温度升高而增大,在常温下,它们的导电性一般很差,为电的不良导体或绝缘体,就像非金属一样;而在高温下,它们多具有很好的导电性,是良导体,犹如金属一般。

金属的分类有各种不同的方法。最常见的分类方法是按冶金工业中的分类法,把金属分为黑色金属(ferrous metal)和有色金属(nonferrous metal)两大类。铁、铬、锰属于黑色金属,其余的金属全属于有色金属。有色金属又可分为四类,见图 1-1。

(1) 重金属(heavy metal),包括铜、锌、铅、镍、钴、锡、铋、铊、汞等。它们的密度大于 $5 \times 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,称重金属。

(2) 轻金属(light metal),包括铝、镁、钠、钾、钙、锶、钡。它们的密度小于 $5 \times 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,称轻金属。

(3) 贵金属(noble metal),包括金、银和铂系元素(钌、铑、钯、铱、铂)。由于它们具有很高的化学稳定性,其制品经久耐用,可长期保存仍不减其光泽。因而长期以来颇受人们的青睐,被用来制造货币和贵重饰物,沿用至今,故被称为贵金属。其实今天它们的市场价格并不是所有金属中最昂贵的。

(4) 稀有金属(rare metal),包括锂、铷、铯、铍、钨、钼、钽、铌、钛、锆、铪、钒、铌、钼、镓、铟、铊、锗、铋、镧系元素(lanthanide series element)、锕系元素(actinide series elements)等。所谓稀有金属,通常泛指在自然界中含量稀少的金属元素(即真正的稀少元素),或是虽然在自然界中总的含量并不少,但分布稀散的金属(即稀散元素),还包括一些难以从原料矿物中提取,或难以精制纯化,因而发现较晚,在工业上应用较晚的金属。那些具有放射性的或完全通过人工核反应得到的金属元素自然也可包括在内了。因此稀有金属实际是个很庞杂的类别,包括众多的元素。通

常又可分为五类：① 稀有轻金属，包括锂、铷、铯、铍；② 稀有高熔点金属，包括钛、锆、铪、钒、铌、钽、钼、钨、铼；③ 稀散金属，包括镓、铟、铊、锗、铊、铟；④ 稀土金属，包括钪、钇、镧及镧系元素；⑤ 稀有放射性金属，包括铀和钍系元素以及钋、镭等。必须指出上述分类并不是绝对的，也不是很严格的。大部分稀有金属在地壳中的含量也并不比一般金属少，甚至比铜、镉、银、汞这些普通金属还多。例如，稀有金属钛在地壳中的含量居第九位，远远多于大多数普通金属。

二、金属在自然界中的存在

由于各种金属的化学活泼性相差很大，因而它们在自然界中存在形式也各不相同。少数化学性质不活泼的金属元素，能以游离单质形态存在于自然界中。例如金、铂、银、汞等可以单独成矿。其余大多数金属元素，由于化学性质活泼，总是以各种化合物的形式成矿而存在于自然界。其中轻金属常以卤化物、硫酸盐、磷酸盐、碳酸盐、硅酸盐的形式成矿，而重金属则多以氧化物、硫化物形式成矿。有些矿物溶解度较大，可被雨水或地下水带入江河湖海中去，其余难溶的矿物则组成坚硬的地壳。当然，也有部分可溶性矿物埋藏在不受水流作用的坚实的岩层下面，成为地壳的一部分，例如岩盐矿就是这样。

我国地大物博，金属矿藏丰富。钨、钼、锑、锡和稀土矿的储量都居世界首位。铁、汞、铝、锰和铅锌矿也居世界前列。过去我国曾被认为是缺铜的国家，近年在江西、西藏等地发现了特大铜矿，摘掉了“贫铜”的帽子。这些丰富的矿藏为我国的现代化建设提供了可贵的物质基础。今后随着生产的发展，对各种矿藏的需求将与日俱增。而从长远的观点看，矿产资源总是有限的，为了子孙后代着想，也必须十分爱惜地使用这些宝藏，除了不断提高矿物的利用价值外，还必须寻找和开发新的矿物资源。这就促使人们越来越重视海洋资源的开发，人们在深海海底发现了大量锰矿——锰

结核(manganese nodule)。这是一种由层层铁锰氧化物被粘土重重包裹而构成一个个同心圆状的团块,其中还含有铜、钴、镍等重要金属元素。据估计,整个海洋底下,锰结核约有 15000 亿吨,仅太平洋中的锰结核内所含的锰、铜、钴、镍等就相当于陆地总储量的几十到几百倍。除海底含有丰富的矿藏外,海水中亦含有多种贵重的稀有金属。虽然海水中金属浓度很低,但因为海水的量十分巨大,所含的金属总量仍是十分可观的。例如海水中含铀总量在 40 亿吨以上,相当于陆地铀储量的 400 倍。估计海水中含金总量有 500 万吨,镍 8 000 万吨,银 1.6×10^8 万吨,钼 8 万吨等。所以说广袤的海洋确实是个巨大的矿产“百宝盆”。

三、金属的提炼

从含金属的矿石中提炼金属,一般需要经过三大步骤:(1) 采矿和选矿;(2) 冶炼;(3) 精炼。

所谓选矿就是对开采出来的矿石进行预处理,把矿石中大量脉石除去,以提高矿石中 useful 成分的含量,达到富集的目的。脉石就是矿石中的非有用成分,或称为杂质。它的主要成分是石英、石灰石和长石等。脉石被分出来后可另外利用。常用的选矿法有水洗法、磁选法、浮选法等。选矿过程主要是利用矿石中有用成分与脉石在物理性质上的差别将它们分开,与化学性质关系不大。而冶炼与精炼这两步总起来就是通常所说的冶金(metallurgy)过程,这是一个复杂的物理化学过程。

在自然界中除了金、银、汞等少数几种金属可能以游离单质形式存在,绝大多数金属都是以它们的化合物形式存在的。这些化合物中金属元素都呈正氧化数,因此金属的冶炼过程,实际上就是把金属从它们的化合物中还原出来的过程。由于金属的化学活泼性不同,金属离子得到电子被还原为金属原子的能力也不同,因而相应的冶炼方法也不同。

工业上提炼金属的一般方法有:

1. 热还原(thermo-reduction)法

这是使用得最为广泛的一种方法。碳、一氧化碳、氢和活泼金属都是常用的还原剂。按使用的还原剂不同,又可分为下列几种情形:

(1) 用碳作还原剂,即碳还原法。由于碳资源丰富,便宜易得,因而用得十分普遍。历史上最早的炼铁、炼铜都是用碳作还原剂的,沿袭至今仍还在用。从锡石(SnO_2)炼锡或从赤铜矿(Cu_2O)炼铜,都是用的碳还原法:

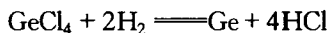


由于这类反应需要高温,通常在高炉和电炉中进行,所以这种冶炼方法又称为火法冶金。

(2) 用氢气作还原剂,即氢还原法。由于用碳作还原剂所得的金属往往含有碳和金属碳化物,因此工业上要制取不含碳的高纯金属,常用氢还原法。具有较大生成焓的氧化物,如氧化铜、氧化铁、氧化钴等容易被氢还原成金属。具有较小生成焓的氧化物,如氧化铝、氧化镁、氧化锆和氧化钛,基本上不能被氢还原成金属。由三氧化钨制备钨可作为氢还原法的一个例子:



氢还原法还常被用于精炼过程中,以制备高纯度的金属。例如:



(3) 用较活泼的金属作还原剂,即金属还原法。铝是最常用的还原剂。由于铝的还原能力强,价廉易得,而且生成氧化铝的反应强烈放热,可不必额外给还原过程加热。例如:

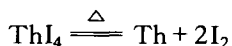


但是铝容易和多种金属生成合金,导致得到的金属中常掺杂有铝,

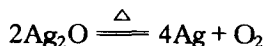
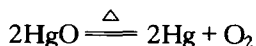
这是铝作还原剂的缺点。除铝以外,钙、镁也是用得较多的还原剂。钙、镁并不和被还原的金属生成合金,因而制得的金属较纯,但成本较高。常用来从钛、锆、铪、钽、铌、铀的氧化物还原制备相应的金属。

2. 热分解(thermal decomposition, thermolysis)法

有些金属可通过加热分解其氧化物、卤化物或金属有机化合物而制得。目前应用最多的是碘化物的热分解,如



钛、锆、铪、钽、铌等金属,和钍一样都可以从它们的碘化物分解而制得。在金属活动序中位于铜后面的金属,其氧化物受热易分解,由此可得到相应的金属,如



利用热分解法可得到纯度很高的金属,因而这种分解常用于制备高纯金属。如用一氧化碳与镍粉作用,生成镍的羰基化合物 $\text{Ni}(\text{CO})_4$,再使其热分解,可制得高纯镍。

3. 电解(electrolysis)法

电解法是最强的还原手段,任何离子化合物都可以进行电解,在阴极上得到还原产物,因而几乎所有的金属都可以用电解法来制备。电解产品纯度很高,但要消耗大量的电能。在制取活泼金属,或对金属纯度要求较高,用其它方法难以达到目的时,往往采用电解法。目前工业上制取铝或比铝更活泼的金属,都是用电解法。

四、各类金属的典型用途

作为材料,金属的使用是非常广泛而普遍的。人们除直接使用各种金属单质外,更多使用合金(alloy)或各种含金属的复合材

料(composite)。在这里不可能将所有金属的各种用途一一介绍,只能按几个大类简单介绍各类金属的典型用途。

碱金属(alkali metal)和碱土金属(alkaline-earth metal)元素处于周期表中的s区,是化学活泼性最大的金属,是极好的还原剂、脱卤剂。特别是金属钠(有时做成钠汞齐(sodium amalgam))和金属镁在有机合成及冶金工业中有重要的用途。金属铯、钾、铷经光照射后会产生电流,即能产生光电效应(photoelectric effect),常被用作光电材料。用它们制成的光电管能把光信号迅速灵敏地转变成电信号,在科技上有重要应用。s区金属及铝属于轻金属,是制造轻质合金(light alloy)的重要原料。但由于碱金属和钡、锶、钙单质都比较软且太活泼,实际上只有铍、镁、铝适于制造轻质合金。镁合金、铍合金、铝合金密度小而强度大,是重要的轻型结构材料,广泛应用于宇航、航空、汽车、机械、建筑等方面。

碱金属及p区的金属单质大多数熔点较低,是制造易熔合金(fusible alloy)的重要原料。但碱金属太活泼,p区的镓、铟、铊等金属又难于冶炼,通常用于制造易熔合金的主要是锡、铅、铋等。特别是铋的熔点仅 271.3°C ,能与其它低熔点金属形成具有更低熔点的易熔合金。而且铋在凝固时体积会膨胀,就像水结冰时体积膨胀一样,因而可以防止在制成合金时发生体积收缩。这是不同于一般金属的。铋与铅、锡、镉的合金熔点可低达摄氏六七十度左右,通常用于自动灭火设备、锅炉安全装置、信号仪表及电路保险丝等。锡、铅、铋的合金还用作活字合金(type metal)和轴承合金(bearing metal)。含铋12%的铅合金用于制造枪弹头。还有一种含钾77.2%、钠22.8%的合金,熔点仅 -12.3°C ,为液体合金,用作原子能反应堆的冷却剂。此外,锡大量用于制造马口铁和作为焊料。铅还用于制造铅蓄电池的电极板。

分布在周期表中金属与非金属交界区的一些金属元素,如镓、锗、铟等是典型的半导体材料,在微电子工业中有重要而广泛的用途。

银、铜、金、铝是所有金属中导电性最好的,而银和金的化学稳定性又高,常用在要求较高的特殊场合作为导电的部件。但金、银的价格很贵,因此在用量很大的一般场合,总是用铜或铝作为导电材料。特别是铝,由于其质轻价廉,现在被大量用来取代铜,制造电线电缆。

金、银、铜自古以来就是制造货币的主要原料。直至今日仍然是各国货币的主要成分。铝和镍现在也加入这一行列,成了制造货币的重要合金原料。当然,制造各种高贵的饰物和器皿以及精美的工艺品也是金和银的一个重要用途。

铁是所有金属中用途最广,用量最大的一种金属。从远古时代起,铁就是制造生产工具、生活用具和武器的基本材料。今天以铁为基本材料的各种钢铁仍然是人类生产、生活领域中最基本、最重要、不可取代的材料。此外,铁、钴、镍还是许多磁性材料(magnetic material)的主要成分。铁、钴及其合金是一类有希望的磁记录材料。由铁、镍、钴制成的磁性薄膜(magnetic film),可用于制造计算机快速存储元件,对发展高存储容量的计算机起着十分重要的作用。永磁材料(permanent magnetism)是一类重要的电子材料,用它制成的元器件,无需再加能量就可提供恒定的磁场。永磁元件在各种电子电工仪表、记录仪、电极及电声、电视器件中起着重要的作用。铝镍钴合金是应用最广的永磁材料之一。以钕铁硼合金及钕钴合金为代表的稀土永磁材料则是一种新的性能优异的永磁材料,已得到越来越广泛的应用。镍以及铁钴钕合金和铝铁合金是磁致伸缩材料(magnetostrictive material),可用来制造超声波发生器等,在生产科研中有重要的应用。

铂系金属有很高的化学稳定性,且耐高温。除钯尚能溶于浓硝酸和热硫酸外,其余五种金属都不溶于一般的酸。铂仅溶于王水,钌、铑、钼、铱连王水也不能使它们溶解。化学工业中用它们制造特殊用途的反应器、蒸发器、坩埚等。铂、钌、铑、钼也是制造耐腐蚀电极及热电偶的重要材料。铂铱合金用于制造标准度量衡的