

非金属材料 化学

江玉和 主编

科学技术文献出版社

非金属材料化学

主编 江玉和

编者 江玉和 张宝砚
张玉庄 陈素梅
窦瑞琴

2k547/10

科学技术文献出版社

(京) 新登字130号

内 容 简 介

本书在介绍非金属材料的同时着重叙述了非金属元素的化学，并注意到新型非金属材料以及它们的发展。为学习和阅读方便，书中提供了一些基础化学和物质结构知识。

全书共分十章。内容包括：非金属元素概述；高分子化合物的物理和化学；塑料及其化学；功能高分子；橡胶；胶粘剂及其化学；涂料；润滑剂及其化学；炸药及其化学基础；无机非金属材料的化学。

本书可以作为工科非冶金类大学学生的化学教材，也可供机械、电气化、无线电、采矿、建筑等工程技术人员阅读参考。

非金属材料化学

江玉和 主编

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号 邮政编码100038)

北京印刷二厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

787×1092毫米 32开本 18.5印张 397千字

1992年8月第1版 1992年8月第1次印刷

印数：1—3100册

科技新书目：260—103

ISBN 7-5023-1571-3/TQ·30

定价：11.80元

序

本书是为了探求普通化学课程的地位和作用，在工科大学生的知识结构中应以什么样的内容，什么样的形式存在而产生的。

我们都是从事工科普通化学的教学工作者。在多年的教学实践过程中，我们深感作为一个工科大学生在业务知识中需要化学。这个问题也从我们与专业课教师在科研问题上的联合以及专业课教师要求对本身的化学知识更新等反映出来。不仅如此，还有一个不容忽视而重要的方面，那就是化学所给予的特有的科学思维逻辑，诸如化合和分解，氧化和还原等矛盾的对立统一；氧和臭氧，同系物，周期律等量到质的转化。化学不仅告诉学生怎样从化学变化即化学反应知识寻找问题的答案，还要从大学一年级起培养学生辩证思维的能力。

为此，我们带着初步的设想，认为在材料科学成为现代技术的基础，非金属材料特别是高分子材料和特种陶瓷材料爆炸性发展的今天，我们应该从化学角度来丰富学生所获得的知识。于是我们在反复征求我院各系（主要是机械一、二系）的专业课教师的意见前提下，确定我们的教学大纲并编写了讲义。在院教务处负责同志的支持下，从1984年度第二学期开始试用至今，经过二次较大的修改和补充构成本书初稿。

在我们的初稿中，以介绍有机高分子材料为主。由于无机非金属材料以崭新的金属陶瓷和氧化物、氮化物、碳化物、硼化物等非金属陶瓷出现，我们也作了概略的介绍。对于传统的硅酸盐材料，虽然仍然是重要的非金属材料分支，但限于篇幅，我们没有过多地介绍。

这次出版前我们不仅对初稿的内容做了较为细致的修改，并在文字上下了功夫，尽量通俗而不失去科学性，简明而能保持结构的完整性。同时也注意了介绍材料的通用性和典型性。尽管如此，由于我们的水平所限，不当和错误之处在所难免，敬请读者批评和指正。

本书江玉和主编，第一章江玉和编写，第二、三章张宝砚编写，第四、八、九章张玉庄编写，第五、六、七章陈素梅编写，第十章窦瑞琴编写。

对于本书有不少兄弟院校教师热切关心并提出许多宝贵意见，我院专业课教师也提供了许多有益和有用的材料，在此一并致谢。

编者

于沈阳市东北工学院

目 录

第一章 非金属元素概述.....	(1)
第一节 非金属元素在元素周期表中的位置.....	(1)
一、非金属元素的原子结构及其外层电 子构型.....	(2)
二、非金属元素的外层电子构型和它们在周 期表中位置的关系.....	(12)
第二节 非金属元素的通性.....	(13)
一、非金属元素的氧化态.....	(13)
二、非金属元素的成键特征.....	(15)
三、非金属单质的结构.....	(17)
四、非金属的含氧酸和氢酸.....	(18)
五、非金属含氧酸盐的热稳定性.....	(22)
第三节 非金属元素的常见化学键.....	(24)
一、杂化轨道理论.....	(25)
二、几种常见的化学键.....	(31)
三、分子中电子密度分布的改变.....	(37)
四、分子轨道理论大意.....	(44)
第四节 非金属化合物的晶体.....	(49)
一、分子间力和氢键.....	(49)
二、晶体和无定形体.....	(53)
三、非金属单质及其化合物的晶体.....	(54)

第二章 高分子化合物的物理与化学	(61)
第一节 高分子化合物的基本概念	(61)
一、高分子化合物的特点.....	(61)
二、高分子化合物的分子量与分子量分布.....	(68)
三、高分子化合物的形状.....	(73)
四、高分子化合物的命名和分类.....	(74)
第二节 高分子化合物的合成	(77)
一、加聚反应.....	(77)
二、缩聚反应.....	(88)
三、共聚反应.....	(91)
第三节 高分子化合物的结构和物性	(93)
一、高分子链的结构.....	(93)
二、高分子的聚集态结构.....	(99)
三、高聚物的分子运动.....	(106)
四、高聚物的性能.....	(111)
第四节 高聚物的化学反应	(119)
一、高聚物的化学反应.....	(120)
二、高聚物的老化与防老化.....	(122)
第三章 塑料	(138)
第一节 塑料概述	(138)
一、塑料的特征.....	(138)
二、塑料的分类.....	(139)
三、塑料的组成.....	(141)
第二节 通用塑料	(147)
一、热固性通用塑料.....	(147)
二、热塑性通用塑料.....	(152)

第三节 常用工程塑料	(159)
一、聚酰胺	(159)
二、聚砜	(163)
三、聚甲醛	(165)
四、聚碳酸酯	(168)
五、ABS树脂	(170)
六、氯化聚醚	(172)
七、氟树脂	(174)
第四节 高分子复合材料	(176)
一、复合材料的组成	(177)
二、几种常用的高强度复合材料	(181)
第五节 工程塑料的选用	(187)
一、正确使用塑料	(187)
二、材料的选用	(188)
第四章 功能高分子	(192)
第一节 概述	(192)
第二节 导电性高分子	(196)
一、固体的能带理论概要	(198)
二、聚合物导电机理简介	(200)
三、高分子半导体	(203)
四、光导电性高分子	(210)
第三节 感光性高分子	(213)
一、有机光化学反应的基础知识	(213)
二、常用感光性高分子	(219)
第四节 离子交换树脂	(226)
一、分类	(226)

二、合成·····	(227)
三、离子交换反应·····	(230)
第五章 橡胶 ·····	(234)
第一节 概述·····	(234)
一、橡胶的分类·····	(235)
二、橡胶配合剂·····	(235)
三、橡胶的性能·····	(238)
第二节 生胶·····	(240)
一、天然橡胶·····	(240)
二、主要合成橡胶·····	(243)
第三节 特种性能的橡胶材料·····	(252)
一、耐热橡胶·····	(253)
二、耐寒橡胶·····	(254)
三、耐油橡胶·····	(257)
四、电性能橡胶·····	(259)
五、耐化学介质腐蚀橡胶·····	(260)
六、耐真空橡胶·····	(260)
七、耐燃橡胶·····	(264)
八、磁性橡胶·····	(265)
第四节 橡胶材料的应用·····	(265)
一、橡胶密封材料·····	(266)
二、减震橡胶·····	(271)
第六章 胶粘剂 ·····	(274)
第一节 概述·····	(274)
一、胶粘剂的分类·····	(274)
二、胶粘剂的组成·····	(275)

三、胶接工艺的特点·····	(276)
第二节 粘附原理·····	(277)
一、润湿·····	(278)
二、高聚物分子的移动和渗透·····	(282)
三、化学键的生成·····	(282)
第三节 环氧树脂胶粘剂·····	(283)
一、环氧胶粘剂的特点·····	(284)
二、环氧树脂的固化剂及固化机理·····	(285)
三、环氧树脂的添加剂·····	(290)
四、环氧树脂通用胶·····	(292)
五、环氧结构胶粘剂·····	(293)
第四节 酚醛树脂胶粘剂·····	(296)
一、酚醛-缩醛胶粘剂·····	(297)
二、酚醛-丁腈胶粘剂·····	(298)
第五节 聚氨酯胶粘剂·····	(299)
一、聚氨酯胶粘剂的特点·····	(299)
二、聚氨酯胶粘剂的分类·····	(300)
三、常用聚氨酯胶粘剂·····	(300)
第六节 丙烯酸酯类胶粘剂·····	(304)
一、 α -氰基丙烯酸酯胶粘剂——瞬干胶·····	(304)
二、厌氧胶·····	(305)
三、第二代丙烯酸酯胶粘剂·····	(307)
第七节 氯丁橡胶胶粘剂·····	(308)
第八节 无机胶粘剂·····	(309)
一、硅酸盐型胶粘剂·····	(309)
二、磷酸盐型胶粘剂·····	(309)

第九节 特种胶粘剂	(311)
一、耐高温胶粘剂	(311)
二、热熔胶粘剂	(315)
三、点焊胶	(315)
四、导电胶、导热胶、导磁胶	(317)
五、光敏胶粘剂	(320)
六、水下胶粘剂	(320)
七、压敏胶粘剂	(321)
八、液态密封胶粘剂	(321)
第十节 胶接技术	(325)
一、胶粘剂的选用	(325)
二、胶接接头的设计	(325)
三、胶接工艺	(328)
第七章 涂料	(334)
第一节 概述	(334)
一、涂料的组成	(334)
二、涂料的分类	(338)
三、涂料的基础品种	(339)
四、涂料的命名	(341)
第二节 防锈涂料和带锈涂料	(341)
一、防锈涂料	(341)
二、带锈涂料	(344)
第三节 防腐蚀涂料	(346)
一、酚醛树脂防腐蚀涂料	(346)
二、环氧树脂防腐蚀涂料	(348)
三、聚氨酯防腐蚀涂料	(350)

第四节 面漆.....	(351)
一、醇酸磁漆.....	(351)
二、酚醛磁漆.....	(351)
三、氨基烘漆.....	(352)
四、丙烯酸磁漆.....	(352)
第五节 特种涂料.....	(353)
一、绝缘涂料.....	(353)
二、导电涂料.....	(355)
三、耐热涂料.....	(355)
四、阻尼涂料.....	(357)
第八章 润滑剂.....	(360)
第一节 概述.....	(360)
第二节 润滑油.....	(362)
一、润滑油的化学组成.....	(364)
二、润滑油的主要理化性质.....	(365)
三、润滑油添加剂.....	(373)
四、润滑油的物理化学.....	(381)
五、常用润滑油.....	(393)
第三节 润滑脂.....	(396)
一、润滑脂的组成与结构.....	(397)
二、润滑脂的分类及其一般适用范围.....	(403)
第四节 润滑冷却液.....	(407)
一、润滑冷却液的作用.....	(407)
二、润滑冷却液的分类.....	(408)
第五节 固体润滑剂简介.....	(415)
一、二硫化钼的晶体结构与润滑原理.....	(416)

二、二硫化钨的物理化学性能	(418)
第九章 炸药	(423)
第一节 概述	(423)
一、炸药及爆炸三要素	(423)
二、炸药化学变化的基本形式	(427)
三、炸药的分类	(428)
第二节 炸药的热化学	(432)
一、氧平衡	(433)
二、爆炸反应方程式的经验确定法	(438)
三、炸药的爆热	(439)
四、炸药的热分解与热安定性	(445)
第三节 单体猛性炸药	(447)
一、硝胺类炸药	(449)
二、硝酸酯类炸药	(457)
三、硝基化合物类炸药	(463)
第四节 混合炸药	(466)
一、概述	(466)
二、常用混合炸药	(468)
第十章 无机非金属材料化学	(483)
第一节 无机非金属材料概述	(483)
一、无机非金属材料概念	(483)
二、无机非金属材料的主要化学元素成分	(484)
三、无机非金属材料化学反应的特点	(490)
四、无机非金属材料组织结构	(497)
第二节 硅酸盐材料	(509)
一、水玻璃	(509)

二、混凝土.....	(514)
第三节 新型无机材料.....	(526)
一、氧化物陶瓷.....	(527)
二、非氧化物陶瓷.....	(531)
第四节 金属陶瓷.....	(540)
一、金属陶瓷的制造原理.....	(541)
二、氧化物基金属陶瓷.....	(543)
三、碳化物基金属陶瓷.....	(544)
附表 I 单位换算.....	(549)
附表 II 一般结构零件用塑料的特性与用途.....	(550)
附表 III 耐摩受力传动零件用塑料的特性与用途.....	(551)
附表 IV 减摩自润滑零件用塑料的特性与用途.....	(554)
附表 V 耐腐蚀塑料的特性与用途.....	(555)
附表 VI 耐高温塑料的特性与用途.....	(557)
附表 VII 国产合成胶粘剂部分品种介绍.....	(558)
附表 VIII 不同金属对底漆的选择.....	(567)
附表 IX 不同用途对涂料的选择.....	(568)
附录 I 一些术语.....	(570)
附录 II 塑料的主要技术性能.....	(570)

第一章 非金属元素概述

材料，是人们生产和生活必需的物质基础。最早，人类的材料来源，主要依赖于自然界的天然产品。经过石器、青铜、铁器时代，在化学和冶炼技术的推动下，冶炼出各种新的金属材料。但是，金属材料的关键问题是它的资源以及使用过程中的磨损和腐蚀。随着合成化学和石油化工的发展，以人工方法合成出橡胶、树脂、塑料、化学纤维等一系列有机高分子材料。从塑料进入机械制造工业的传动系统直到耐高温增强塑料和烧蚀材料用于宇宙飞船、人造卫星、洲际导弹，为非金属材料开辟了广阔的应用范围。60年代以后，激光技术的出现和发展，数字计算机的普遍应用，遥感技术的发展，光学信息处理的发展，以及航天技术的需要，对非金属材料提出了更高的要求。无怪有人做出了如下的评论，认为未来的时代将是非金属材料的时代。

为了便于学习，在与中学化学衔接的基础上，首先介绍非金属元素及其有关的一些化学知识。

第一节 非金属元素在元素周期表中的位置

目前已知的非金属元素共22种，它们位于元素周期表的右上方。除稀有气体元素（He、Ne、Ar、Kr、Xe、Rn）

和氢外, III_A~VII_A族非金属元素共15种(如表1-1)。其中, 砹(At)为放射性元素。在一般情况下, 以气态存在的有氢、氟、氯、氧、氮等5种; 以液态存在的仅溴一种; 以固态存在的有硼、碳、硅、磷、砷、硫、硒、碲、碘等9种。

表1-1 II_A — VI_A 族非金属元素在周期表中的位置

						H	稀有 气体
						F	
	B	C		N	O	Cl	
金属		Si		P	S	Br	
			As		Se	I	
					Te	At	

一、非金属元素的原子结构及其外层电子构型

(一) 原子结构的近代概念

19世纪末20世纪初的一系列重大发现（放射性、电子、同位素的发现等），打开了原子内部结构的大门。由此一些科学家们提出了种种原子模型。1913年，丹麦物理学家玻尔（N. Bohr）引用德国物理学家普朗克（M. Planck）的量子论，爱因斯坦（A. Einstein，德）的光子理论以及卢瑟福（E. Rutherford，英）的含核原子模型，提出了他的原子模型构想，从而引入了能级概念。

玻尔认为：原子中的电子是处于许多具有不同能量的定态中，或者说处于 n 个分立的能级上（ n 叫主量子数）。能量最低的定态叫基态（最低能级， $n = 1$ ），其余的叫激发态

($n = 2, 3, 4 \cdots \infty$)。当原子中的电子在定态间跃迁时，就有能量的吸收或发射。它与辐射能的吸收和发射一样，是不连续的。从而成功地解释了氢原子的线状光谱。

但是，玻尔原子模型不但不能说明多电子原子的光谱，而且也不能说明氢原子的精细光谱（氢光谱的每条谱线实际上是由几条波长相差极小的精细谱线组成的）。这样，只用玻尔提出的主量子数 n 还不能决定一个电子的状态。经过以后的一些物理学家的补充，提出了用 4 个量子数 (n, l, m 和 m_s) 决定原子中一个电子的状态。

1927年，人们通过电子衍射实验发现，电子的运动不仅具有微粒性质（有质量 m 和速度 V ），而且还具有波动性质（电子波有一定的波长 λ 和频率 ν ），即所谓电子的波粒二象性。从此，原子中核外电子的运动规律在新兴的微观物理学——量子力学中才得到满意的解释。

1. 原子轨道

(1) 波函数和原子轨道

物理学告诉我们，波的波动性可以用数学函数式来描写，这种函数式叫波函数 (ψ)。电子的波函数如何表示①，又代表什么呢？

量子力学认为：任何一个微观体系的运动状态都可以用

$$\textcircled{1} \quad \psi_{2, 1, 0} = \frac{1}{4\sqrt{2\pi}} \left(\frac{Z}{a_0} \right)^{3/2} e^{-\rho/2} \cos\theta$$

a_0 玻尔半径， 0.0529nm

Z 核电荷数

$$\rho = \frac{Z}{a_0} r$$

r 电子与核的距离