

全国工人中级技术考核培训教材

化铁工

中国劳动出版社

化 铁 工

劳动部培训司组织编写

责任编辑：金龄

中国劳动出版社出版

(北京市和平里中街 12 号)

东泰鸿印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 32开 11.375 印张 254 千字

1990 年 8 月北京第 1 版 1990 年 8 月北京第 1 次印刷

印数：5000 册

ISBN 7-5045-0562-5/TG·056 定价：3.85 元

本书是为了贯彻《工人考核条例》，根据原机械工业部颁发的《工人技术等级标准》的应知、应会要求，由劳动部培训司组织编写的全国工人中级技术考核培训教材。

本书内容包括两部分。第一部分为化铁工技术基础，主要内容有：金属学基本知识、各种铸铁介绍、常见的铸造缺陷、熔炼设备、炉料、熔炼工艺、冲天炉熔炼常见故障及排除、工艺规程及管理基本知识；第二部分为试题及答案。

本书可作晋级考核前的自学和培训教材，也可供其他有关人员参考。

本书由袁宗明、张桐山编写，袁宗明主编；丁卓予审稿。

前 言

为了适应工人岗位培训和贯彻《工人考核条例》，建立工人培训、考核、使用相结合的制度，推动职业技术培训，提高工人队伍素质的需要，我们组织编写了这套《全国工人中级技术考核培训教材》。首批编写出版的有车工、钳工、铣工、刨工、磨工、气焊工、电焊工、热处理工、化铁工、维修电工等十种教材。以后将陆续编写出版其他工种教材。

《全国工人中级技术考核培训教材》，在内容编排上突破了文化课、技术基础课、专门工艺学的模式。从工人岗位生产技术的实际出发，内容少而精，文字通俗易懂，图文并茂，理论联系实际，突出操作技能训练。全书分两部分。第一部分内容着重阐明本工种中级技术的生产工艺、设备调整与维修等操作技能和技术理论知识及新技术、新工艺、新设备的有关知识。第二部分内容汇集了本工种的数百例试题与答案。因此，这套教材紧密结合在职工人岗位培训需要，可供组织升级考核复习和学员练习使用，也可供有关行业的人员自学使用。

在编写这套教材过程中，得到辽宁省劳动局、沈阳工业学院、沈阳第一机床厂等单位的大力支持，在此深表谢意！

参加本套书编写组织工作的人员有：王佐明、胡呈祥、魏学良、吴景彦、王福山、金文魁、张荣恒、牛忠祥、王醒愚、赵景堃、邹孝慈、李宝忠、吴阳、赵容、李全治。

编写全国工人技术考核培训教材仅仅是初次尝试，由于

经验和水平有限，不足之处在所难免，恳切欢迎各单位和个人提出宝贵意见和建议。

劳动部培训司

1989 年 12 月

目 录

第一部分 化铁工技术基础

第一章 金属学基本知识.....	1
§ 1-1 金属的晶体结构	1
§ 1-2 纯金属的结晶	4
§ 1-3 合金的结构	8
§ 1-4 铁碳合金状态图	10
第二章 铸铁.....	21
§ 2-1 铸铁的基本知识	21
§ 2-2 灰口铸铁	28
§ 2-3 灰口铸铁的生产	33
§ 2-4 孕育铸铁	35
§ 2-5 球墨铸铁	38
§ 2-6 可锻铸铁	51
§ 2-7 蠕墨铸铁	55
§ 2-8 特种铸铁简介	59
第三章 常见铸造缺陷.....	66
§ 3-1 铸件的缩孔	67
§ 3-2 铸件的气孔	72
§ 3-3 铸件的裂纹	75
§ 3-4 铸件的渣眼	77
第四章 熔炼设备.....	79
§ 4-1 典型冲天炉的结构及其熔炼特点	79

§ 4-2 冲天炉的辅助设备	89
§ 4-3 工频感应电炉简介	102
§ 4-4 冲天炉结构和尺寸对熔炼的影响	106
第五章 炉料	112
§ 5-1 金属炉料	112
§ 5-2 熔剂	121
§ 5-3 燃料	123
第六章 熔炼工艺	130
§ 6-1 冲天炉熔炼的基本原理	130
§ 6-2 常用铸铁的熔炼工艺	137
§ 6-3 冲天炉内交界铁水的控制	166
§ 6-4 炉况判断	167
§ 6-5 铁水温度的控制	173
§ 6-6 铁水化学成分的控制	179
第七章 冲天炉熔炼常见故障及排除	184
§ 7-1 工艺操作方面的故障	184
§ 7-2 设备故障	191
第八章 工艺规程及管理基本知识	193
§ 8-1 工艺规程的基本知识	193
§ 8-2 安全操作知识	194
§ 8-3 管理基本知识	199

第二部分 试题与答案

试题	210
一、名词解释	210
二、填空	213
三、选择题	235
四、判断题	244

五、问答题.....	263
六、计算题.....	272
答案.....	276
一、名词解释.....	276
二、填空.....	288
三、选择题.....	300
四、判断题.....	301
五、问答题.....	303
六、计算题.....	347

第一部分 化铁工技术基础

第一章 金属学基本知识

不同的金属材料具有不同的机械性能。影响金属材料机械性能的重要因素是金属的内部构造。因此，要掌握金属材料的机械性能，就必须了解金属的内部构造。

§ 1-1 金属的晶体结构

一、基本概念

1. 晶体与非晶体 自然界中一切物质都是由原子组成的。根据原子在物质内的聚集状态，物质可分为晶体与非晶体两大类。所谓晶体，就是指原子在空间按一定次序作有规则排列的物质，如食盐、石墨及在固态下的金属和合金都是晶体。而非晶体是指原子杂乱无规则堆积的物质，如松香、普通玻璃等都是非晶体。

晶体内原子的聚集状态决定了晶体具有以下特点：

一般晶体有规则的外形；有固定的熔点，如纯铁的熔点为 1538°C ；有各向异性，即在同一晶体的不同方向上具有不同的性能。

2. 晶格与晶胞 为了便于分析和理解晶体中原子的排列情况，可将晶体中的各原子看成为小球，见图 1—1a 所

示，并用直线将各小球的球心连接起来，就构成了一个空间格架。这种形象地表示原子在晶体中排列规律的空间格架称为结晶格子，简称晶格，见图 1—1b 所示。

通常取晶格中一个能代表原子在空间排列规则的最小基本单元来表示晶体结构，这个基本单元称为晶胞，见图 1—1c 所示。

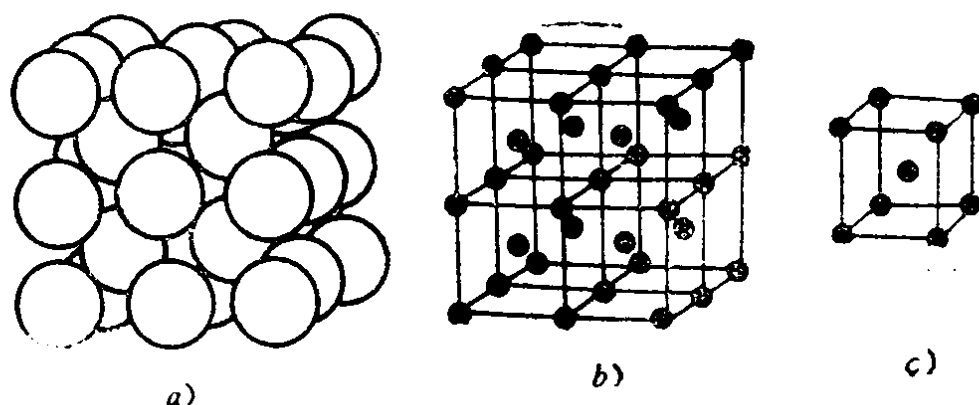


图 1—1 晶体内部结构示意图

a) 晶体结构 b) 晶格 c) 晶胞

二、常见的金属晶格类型

由于金属内原子的排列规则不同，金属的晶格类型也不相同，常见的晶格有以下三种：

1. 体心立方晶格 体心立方晶格的晶胞是一个正立方体，在立方体的八个顶角上和中心处各有一个原子，见图 1—2 所示。钨、钼、钒、铌及 α 铁等金属的晶格都属于这种类型。

2. 面心立方晶格 面心立方晶格的晶胞也是一个正立方体，在立方体的八个顶角和六个面的中心各有一个原子，见图 1—3 所示。铝、铜、银及 γ 铁等金属的晶格都属于这种类型。

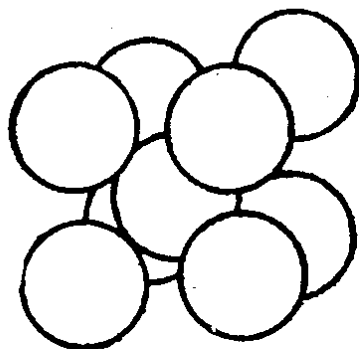
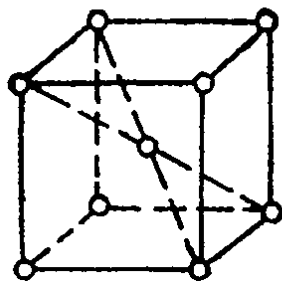


图 1—2 体心立方晶格

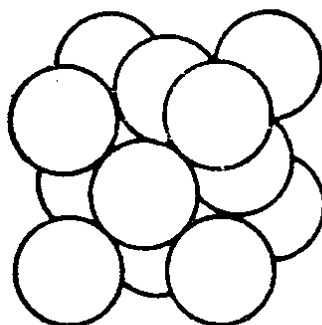
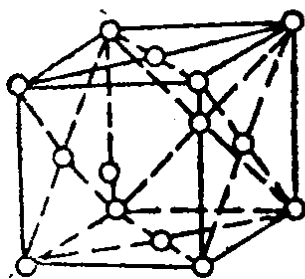


图 1—3 面心立方晶格

3. 密排六方晶格 密排六方晶格的晶胞是一个六棱柱体，在六棱柱体的十二个顶角和上下底面的中心各有一个原子，在上下底面之间还有三个原子，见图 1—4 所示。镁、锌等金属的晶格都属于这种类型。

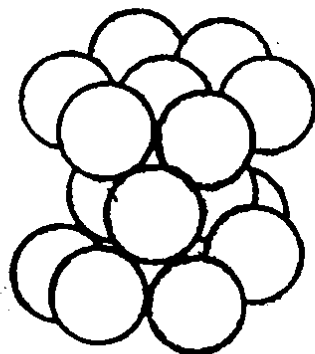
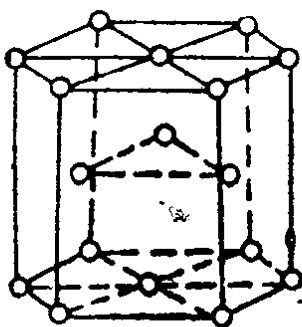


图 1—4 密排六方晶格

由于各种金属的晶格不同，其机械性能也不相同。即使是同一类型的晶格，往往也因晶格的大小不同，在性能上有很大的差异。

§ 1-2 纯金属的结晶

金属由液态转变为固态的过程称为凝固，即金属原子从无规则排列逐步过渡到有规则排列成晶体的结晶过程。了解金属结晶过程的规律，对改善金属材料的性能有很重要的意义。

一、纯金属的冷却

将熔化的金属非常缓慢地冷却，观察并记录温度随时间变化的数据，把所得数据描绘在温度-时间坐标图上，得到如图 1—5a 所示的纯金属结晶的冷却曲线。从冷却曲线可以看到，纯金属液随冷却时间延长，不断向外散失热量，温度逐渐下降。当冷却到 a 点时，纯金属开始结晶，同时放出热量，此热量补偿了金属液冷却散失的热量，这时温度不随时间而下降，图上出现一个水平线段，它对应的温度 T_0 称为纯金属的理论结晶温度。在实际结晶过程中，金属液总是冷却到理论结晶温度 T_0 以下某个温度 T_1 时才开始结晶，见图 1—5b 所示，这一现象称为过冷。理论结晶温度与实际结晶温度之差 ΔT 称为过冷度，用公式表示为：

$$\Delta T = T_0 - T_1$$

金属液的过冷度不是恒定值，过冷度的大小与冷却速度有关。冷却速度越快，过冷度就越大，金属液的实际结晶温度就越低。反之，冷却速度越慢，过冷度就越小，金属液的实际结晶温度就越高。

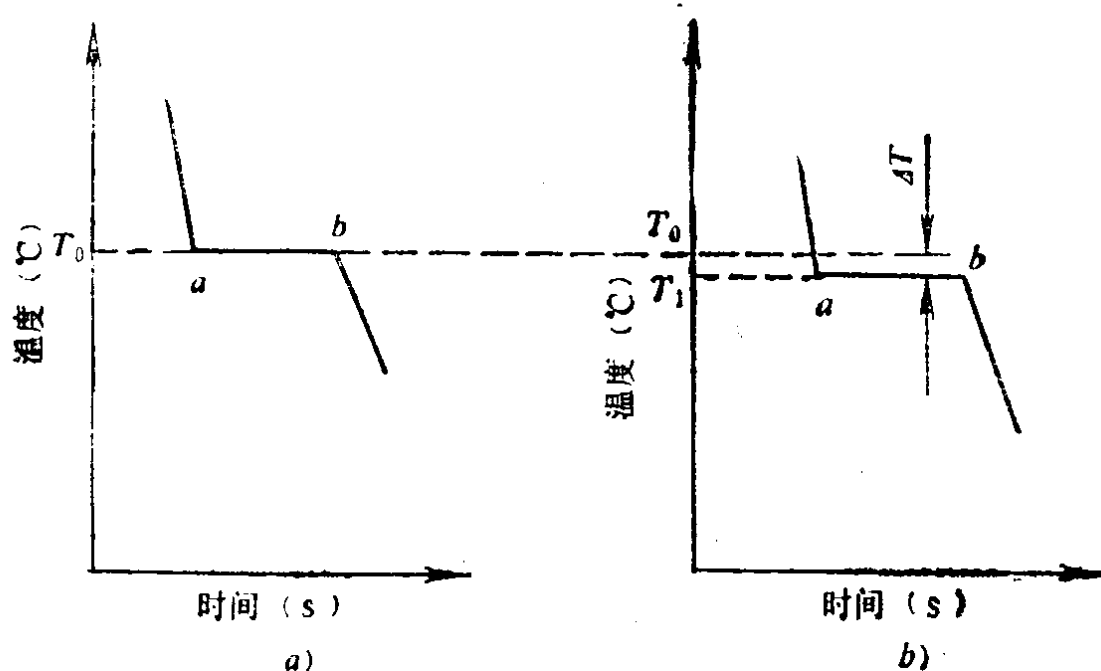


图 1—5 纯金属结晶时的冷却曲线

a) 理论结晶温度 b) 实际结晶温度

二、金属结晶的过程

在液态金属中，原子的活动能力很强，作不规则的运动。随着金属液的温度逐渐降低，金属原子的活动能力随之减弱，原子间的吸引力不断增强。当金属液冷却到结晶温度时，在金属液内部，首先有一些原子有规则地排列起来，形成结晶的核心，称为晶核。晶核生成后吸附周围金属的原子，使晶核不断长大，同时金属液中又会不断产生新的晶核，晶核形成后又继续长大，直到全部金属液转变成固体，结晶过程结束。因此，金属的结晶过程是由晶核的生成和晶核长大这两个基本过程所组成。图 1—6 是金属液的结晶过程示意图。

金属在结晶过程中，开始时各个晶体都是按一定的排列方式自由地生长着，并且保持着规则的外形。但生长的晶体

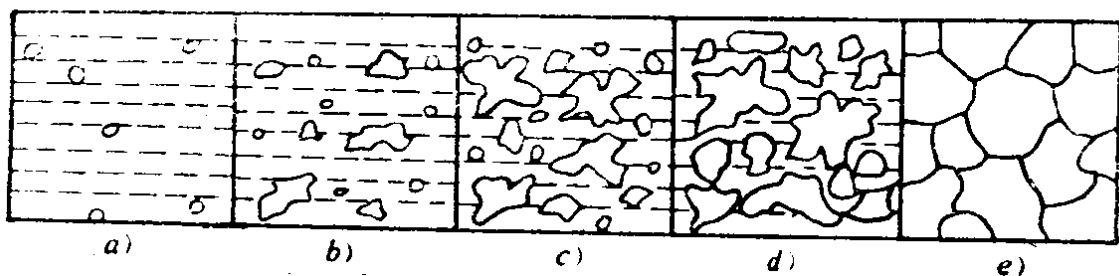


图 1—6 金属液结晶过程示意图
a) 生核 b)、c)、d) 生核和晶核长大 e) 晶体

彼此接触后，在接触处被迫停止生长，规则的外形遭到了破坏，凝固后形成了许多互相接触而外形不规则、大小不等的晶体。结晶时由每个晶核长成的晶体称为晶粒，晶粒与晶粒之间的界面称为晶界。

金属结晶后晶粒的大小与过冷度有关，冷却速度越快，过冷度越大，产生的晶核越多，晶粒就越细，则金属的强度和硬度越高，塑性和韧性越好。生产中为了提高金属的机械性能，常用改变冷却条件的方法，在金属液中加入一些能够促进生核的物质，使金属液凝固后晶粒细化。这种方法称为变质处理或孕育处理。在铁水中加入硅铁就能达到细化晶粒的目的。另外在金属液结晶时，用机械、电磁、超声波产生的振动，使长大中的晶体破碎，也可使晶粒细化。

三、纯铁的同素异晶转变

大多数金属在固态下的晶格都保持不变，但有些金属如铁、锰、锡、钛等在固态下随着温度的变化，晶格类型发生转变，即从一种晶格类型转变为另一种晶格类型。金属在固态下发生的晶格形式转变称为同素异晶转变。

图 1—7 是纯铁的冷却曲线。液态纯铁冷却到 1538°C 时开始结晶，得到体心立方晶格的 δ 铁；继续冷却到 1394°C

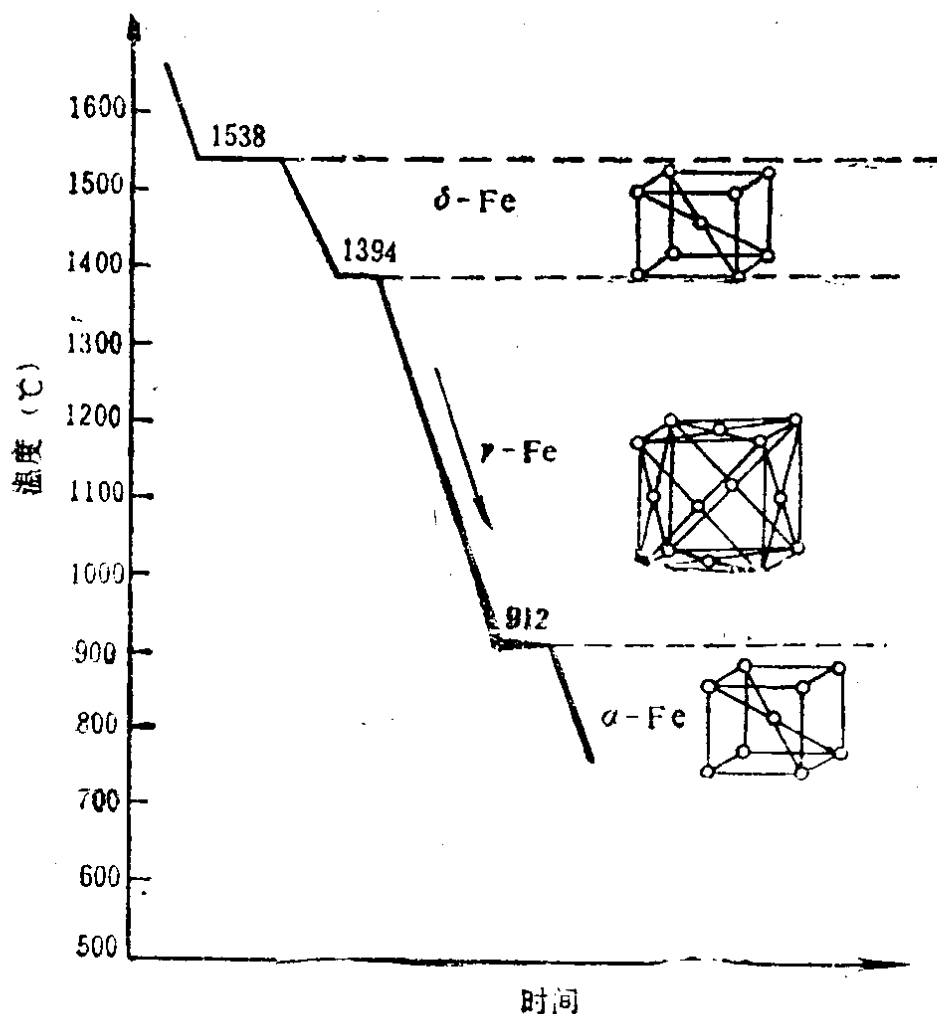
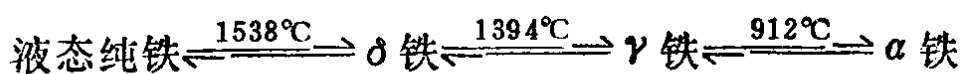


图 1—7 纯铁的冷却曲线

时发生同素异晶转变，体心立方晶格的 δ 铁转变为面心立方晶格的 γ 铁；再继续冷却到 912°C 时又发生同素异晶转变，面心立方晶格的 γ 铁转变为体心立方晶格的 α 铁；再继续冷却时，晶格的类型不再发生变化。这些转变可以用下式表示：



(体心立方晶格)(面心立方晶格)(体心立方晶格)

金属的同素异晶转变与液态金属结晶过程相似，也有晶核的生成和晶核长大的过程。为区别于液态金属结晶，把金

属的同素异晶转变称为重结晶。纯铁在晶格转变时也有热量放出，因此冷却曲线上在 1394°C 和 912°C 各表现为一水平线段。

纯铁的同素异晶转变具有重要意义。正是由于铁能够发生同素异晶转变，生产中才有可能对钢和铸铁进行各种热处理，来改变组织以提高机械性能。

§ 1-3 合金的结构

在实际工业生产中，纯金属虽然得到了一定的应用，但大量使用的却是合金。所谓合金，是两种或两种以上金属元素或金属元素与非金属元素，通过熔化或其它方法得到的具有金属特性的物质。例如，碳钢和铸铁就是以铁和碳为主组成的合金；黄铜是铜与锌组成的合金。组成合金的最基本、独立的单元称为组元，简称元。组元一般是组成合金的元素，也可以是稳定的化合物。例如，黄铜中铜和锌就是组成合金的两个组元。

合金中具有同一化学成分、同一晶格形式、并以界面分开的各个均匀组成部分称为相。

合金的结构比纯金属复杂，根据合金内组元之间在结晶时的相互作用，可以分为以下三种形式。

一、固溶体

固溶体是合金中一组元（溶剂）溶解其它组元（溶质）、或组元之间互相溶解而形成的一种均匀物质。固溶体的晶格保持原溶剂的晶格类型，在固溶体中，一般溶剂含量较多，而溶质含量较少。根据溶质原子在溶剂晶格中所处的位置不同，固溶体分为置换固溶体和间隙固溶体。

1. 置换固溶体 置换固溶体是溶剂晶格上的原子位置被溶质原子所取代而形成的固溶体。图 1—8 是置换固溶体的结构示意图。例如，黄铜就是锌溶于铜中的置换固溶体。形成置换固溶体的溶质与溶剂的原子直径大小比较相近。

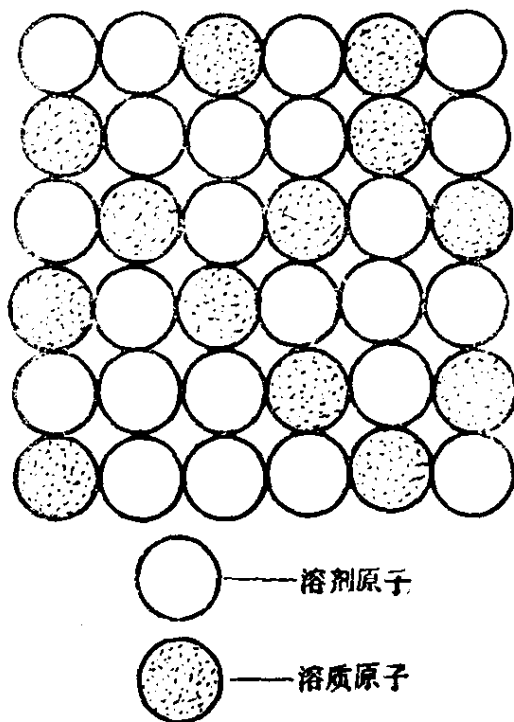


图 1—8 置换固溶体结构示意图

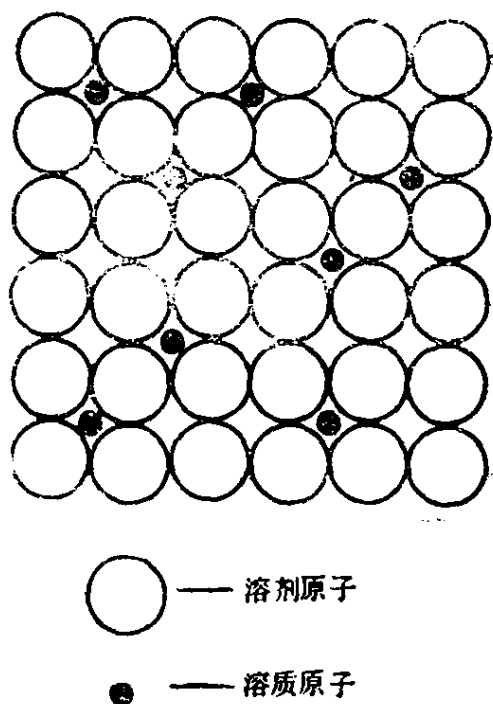


图 1—9 间隙固溶体结构示意图

2. 间隙固溶体 溶质原子处于溶剂晶格的空隙中，所形成的固溶体称为间隙固溶体。图 1—9 是间隙固溶体的结构示意图。从图上可以看出，只有在溶质的原子直径很小，溶剂的晶格间隙比较大的条件下，才能形成间隙固溶体。如碳、氮、硼等非金属元素都是原子直径比较小的元素，因而能溶于铁中形成间隙固溶体。因为溶剂晶格的空隙数量有限，所以间隙固溶体能溶解的溶质原子数量也是有限的。