

员工岗位手册系列

JINSHU RECHULIGONG
GANGWEI SHOUCHE

金属热处理工 岗位手册



技术工人岗位必备
规范化您的岗位操作

北京京城机电控股有限责任公司工会 编
赵莹◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

员工岗位手册系列

金属热处理工

岗位手册

北京京城机电控股有限责任公司工会 编

主 编 赵 莹

副主编 满恒训

参 编 王金艳 聂九骏

李四喜 齐东辉



机械工业出版社

本手册依据金属热处理工最新的国家职业标准编写,从岗位实际出发,深入浅出地介绍了热处理基础知识、工艺规范、质量检验以及工艺实例等内容,对金属热处理工需要掌握的知识、技能做了比较系统的论述。

本手册主要内容包括:热处理基础知识,热处理常用工艺代号及术语,常见金属材料的分类及牌号,常见热处理设备及工辅材料,钢的普通热处理、表面热处理、化学热处理、盐浴热处理,铸铁的热处理,有色金属的热处理,热处理常用工艺规范及质量检验,以及汽轮发电机部件、液压零件、气瓶瓶体热处理的典型案例。

本手册是热处理工岗位必备的工具书,非常适合从事热处理工岗位工作的人员学习和培训使用,对现场的有关工程技术人员了解热处理工岗位知识、指导热处理工工作也有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

金属热处理工岗位手册 / 赵莹主编; 北京京城机电控股有限责任公司工会编. —北京: 机械工业出版社, 2014. 6

(员工岗位手册系列)

ISBN 978-7-111-46785-4

I. ①金… II. ①赵… ②北… III. ①热处理—技术手册 IV. ①TG15-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 106079 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 何月秋 责任编辑: 何月秋 程足芬

版式设计: 霍永明 责任校对: 陈延翔

封面设计: 马精明 责任印制: 乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2014 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 28.75 印张 · 591 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-46785-4

定价: 59.00 元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
策划编辑(010)88379879

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203 封面无防伪标均为盗版

“员工岗位手册系列”编委会名单

主任 赵莹

编委 (按姓氏笔画排序)

于丽	马军	方咏梅	王诚	王兆华	王克俭
王连升	王京选	王博全	卢富良	石仲洋	刘哲
刘运祥	刘海波	孙玉荣	权英姿	阮爱华	吴玉琪
吴伯新	吴振江	张健	张维	张文杰	张玉龙
张红秀	李平	李英	李洪川	李笑声	杜跃熙
周强	周纪勇	林乐强	武建军	宣树青	胡德厚
赵晓军	夏增周	徐文秀	爱新觉罗·蕤琪		聂晓溪
袁新国	常胜武	韩湧	廉红	谭秀田	薛俊明

序

当前我国正面临千载难逢的战略机遇期，同时，国际金融危机、欧债危机等诸多不稳定因素也将对我国经济发展产生不利影响。在严峻考验面前，创新能力强、结构调整快、职工素质高的企业才能展示出勃勃生机。事实证明：在“做强二产”，实现高端制造的跨越发展中，除了自主创新，提高核心竞争力外，还必须拥有一支高素质的职工队伍，这是现代企业生存发展的必然要求。我国已进入“十二五”时期，转方式、调结构，在由“中国制造”向“中国创造”转变的关键期和提升期，重要环节就是培育一批具有核心竞争力和持续创新能力的创新型企业，造就数以千万的技术创新人才和高素质职工队伍，这是企业在经济增长中谋求地位的战略选择；是深入贯彻科学发展观，加快职工队伍知识化进程，保持工人阶级先进性的重大举措；也是实施科教兴国战略，建设人才战略强国的重要任务。

《2002年中国工会维权蓝皮书》中有段话：“有一个组织叫工会，在任何主角们需要的时候和地方，他们永远是奋不顾身地跑龙套，起承转合，唱念做打……为职工而生，为维权而立。”北京京城机电控股有限责任公司工会从全面落实《北京“十二五”时期职工发展规划》入手，从关注企业和职工共同发展做起，组织编撰完成了涵盖30个职业的“员工岗位手册系列”，很好地诠释了这句话。此套丛书是工会组织发动企业工程技术人员、一线生产技师、职业教师和工会工作者共同参与编著而成的，注重了技术层面的维度和深度，体现了企业特色工艺，涵盖了较强的专业理论知识，具有作业指导书、学习参考书以及专业工具书的特性，是一套独特的技能人才必备的“百科全书”。全书力求实现企业工会让广大职工体验“一书在手，工作无忧”以及好书助推成长的深层次服务。

我们希望，机电行业的每名职工都能够通过“员工岗位手册系列”的帮助，学习新知识，掌握新技术，成为本岗位的行家能手，为“十二五”发展战略目标彰显工人阶级的英雄风采！

中共北京市委常委，市人大常委会副主任、
党组副书记，市总工会主席

梁伟

前 言

热处理是将金属材料放在一定的介质内加热、保温、冷却，通过改变材料表面或内部的金相组织结构来控制其性能的一种金属热加工工艺。热处理工序是提高机械零件质量，延长零件使用寿命的关键工序。零件最终的质量往往受到工序操作者技能水平的影响，因此热处理工序的主要操作者，在整个工序的执行过程中起到了极其重要的作用。本手册主要面向热处理工序的主要执行者，即金属热处理工，以及即将走上金属热处理工岗位工作的企业员工。本手册是在北京京城机电控股有限责任公司工会的积极倡导下，为了帮助广大热处理工巩固基础知识，了解本岗位的工作职能、特点而编写的。

本手册是“员工岗位手册系列”丛书之一，主要特点是内容比较全面，理论深入浅出，数据查阅方便，贴近一线生产；既包含热处理的基础理论，供员工学习了解，又有大量的数据图表，方便在工作中查阅，还有大量的实际操作规范及工艺典型案例，供员工参考以解决实际工作中遇到的技术难题。

本手册由赵莹任主编，满恒训任副主编，王金艳、聂九骏、李四喜、齐东辉参加了本书的编写工作。

本手册参阅了目前国内已经出版的有关教材和图书资料，在参考文献中将其列出，在此谨向作者致以由衷的谢意。

由于时间仓促，编写人员水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

序 前言

第一篇 职业道德及岗位规范

第一章 职业道德	1	第二章 金属热处理工岗位规范	5
----------------	---	----------------------	---

第二篇 热处理基础知识

第一章 热处理基础	7	技术要求	87
第一节 金属的晶体结构	7	第二节 热处理工艺材料的 复验和定期分析	90
第二节 Fe-Fe ₃ C 合金相图及 应用	15	第五章 常用金属材料的分类 和牌号	92
第三节 钢的组织转变	26	第一节 金属材料的分类	92
第四节 热处理变形	40	第二节 钢铁材料牌号表示 方法	97
第二章 热处理常用工艺代号 及术语	48	第三节 铸铁材料牌号表示 方法	107
第一节 热处理常用工艺 代号	48	第四节 有色金属及合金牌 号表示方法	109
第二节 热处理常用工艺 术语	52	第六章 钢的热处理	114
第三节 热处理常用工艺材料 名词术语	64	第一节 钢的正火与退火 处理	114
第四节 热处理技术要求 在零件图样上的 表示方法	66	第二节 钢的淬火处理	122
第三章 常见热处理设备	76	第三节 钢的回火处理	137
第一节 热处理设备分类	76	第四节 钢的火焰淬火	143
第二节 热处理主要设备	78	第五节 钢的感应淬火	158
第四章 热处理常用工艺材料	87	第六节 钢的化学热处理	179
第一节 热处理工艺材料的		第七节 钢的真空热处理	227
		第八节 黑色金属制件在盐	

浴中的加热和 冷却·····	238	第九节 大锻件用钢·····	283
第七节 碳素钢及合金钢材料 及应用·····	252	第十节 超高强度钢·····	285
第一节 碳素钢·····	252	第八章 铸铁和有色金属的 热处理·····	289
第二节 合金结构钢·····	254	第一节 灰铸铁、球墨 铸铁、白口铸 铁的热处理·····	289
第三节 弹簧钢·····	263	第二节 可锻铸铁的热 处理·····	296
第四节 轴承钢·····	267	第三节 有色金属的热 处理·····	303
第五节 合金工具钢·····	270		
第六节 高速钢·····	274		
第七节 不锈钢耐酸钢·····	277		
第八节 耐热钢·····	281		

第三篇 热处理工艺操作规范

第一章 热处理工艺规范·····	313	第七节 除应力热处理 工艺规范·····	344
第一节 热处理工艺 规范总则·····	313	第八节 有色金属热处理 工艺规范·····	346
第二节 正火热处理 工艺规范·····	316	第九节 铸铁热处理 工艺规范·····	351
第三节 退火热处理 工艺规范·····	319	第二章 热处理质量检验·····	356
第四节 淬火热处理 工艺规范·····	323	第一节 热处理质量 检验总则·····	356
第五节 调质热处理 工艺规范·····	328	第二节 工件的硬度检验·····	358
第六节 化学热处理 工艺规范·····	340	第三节 材料的显微组织 检验·····	366

第四篇 热处理典型案例

案例 1 汽轮机用动叶片的调质 热处理·····	370	调质热处理·····	382
案例 2 汽轮机用高温螺栓钢调 质热处理·····	374	案例 5 25 通径电液阀阀芯的感 应淬火·····	386
案例 3 汽轮机用高合金耐热钢 调质热处理·····	377	案例 6 溢流阀调节杆的 热处理·····	390
案例 4 汽轮机用中碳结构钢的 调质热处理·····	377	案例 7 阀的热处理·····	393
		案例 8 传动主轴的渗氮·····	396

案例 9 中心轴的渗氮	400	附录 C 金属材料的力学性能及其符号	433
案例 10 钢质无缝气瓶的调质热处理	404	附录 D 金属材料验收技术条件	435
案例 11 钢质无缝气瓶的正火热处理	405	附录 E 常用钢种的临界温度	438
案例 12 钢质焊接气瓶的焊后热处理	406	附录 F 热处理生产常见的危险因素和有害因素	443
案例 13 铝合金气瓶的热处理	407	附录 G 热处理车间空气中的有害物质	447
附录	414	附录 H 热处理环境污染的分类和来源	448
附录 A 金属热处理工岗位标准	414	参考文献	450
附录 B 热处理标准参考目录	429		

一、职业道德的基本概念

职业道德是规范约束从业人员职业活动的行为准则。加强职业道德建设是推动社会主义物质文明和精神文明建设的需要，是促进行业、企业生存和发展的需要，也是提高从业人员素质的需要。掌握职业道德基本知识，树立职业道德观念是对每一个从业人员最基本的要求。

1. 道德与职业道德

道德，就是一定社会、一定阶级向人们提出的处理人和人之间、个人与社会之间、个人与自然之间各种关系的一种特殊的行为规范。道德是做人的根本。道德是一个庞大的体系，而职业道德是这个体系中一个重要部分，它是社会分工发展到一定阶段的产物。所谓职业道德，它是指从事一定职业劳动的人们，在特定的工作和劳动中以其内心信念和特殊社会手段来维持的，以善恶进行评价的心理意识、行为原则和行为规范的总和，它是人们在从事职业的过程中形成的一种内在的、非强制性的约束机制。职业道德的内容包括职业道德意识、职业道德行为规范和职业守则等。职业道德是社会道德在职业行为和职业关系中的具体体现，是整个社会道德生活的重要组成部分。

2. 职业道德的特征

职业道德的特征有以下三个方面：

1) 范围上的局限性。任何职业道德的适应范围都不是普遍的，而是特定的、有限的。一方面，他主要适用于走上社会岗位的成年人；另一方面，尽管职业道德也有一些共同性的要求，但某一特定行业的职业道德也只适用于专门从事本职业的人。

2) 内容上的稳定性和连续性。由于职业分工有其相对的稳定性，与其相适应

的职业道德也就有较强的稳定性和连续性。

3) 形式上的多样性。因行业而异,一般来说,有多少种不同的行业,就有多少种不同的职业道德。

二、职业道德的社会作用

1. 职业道德与企业的发展

(1) 职业道德是企业文化的重要组成部分 职工是企业的主体,企业文化必须以企业职工为中介,借助职工的生产、经营和服务行为来实现。

(2) 职业道德是增强企业凝聚力的手段 职业道德是协调职工同事之间、职工与领导之间以及职工与企业之间关系的法宝。

(3) 职业道德可以提高企业的竞争力 职业道德有利于企业提高产品和服务的质量;可以降低产品成本、提高劳动生产率和经济效益;有利于企业的技术进步;有利于企业摆脱困难,实现企业阶段性的发展目标;有利于企业树立良好形象、创造著名品牌。

2. 职业道德与人自身的发展

(1) 职业道德是事业成功的保证 没有职业道德的人干不好任何工作,每一个成功的人往往都有较高的职业道德。

(2) 职业道德是人格的一面镜子 人的职业道德品质反映着人的整体道德素质,职业道德的提高有利于人的思想道德素质的全面提高,提高职业道德水平是人格升华最重要的途径。

三、社会主义职业道德

职业道德是社会主义道德体系的重要组成部分。由于每个职业都与国家、人民的利益密切相关,每个工作岗位、每一次职业行为,都包含着如何处理个人与集体、个人与国家利益的关系问题。因此,职业道德是社会主义道德体系的重要组成部分。

职业道德的实质内容是树立全新的社会主义劳动态度。职业道德的实质就是在社会主义市场经济条件下,约束从业人员的行为,鼓励其通过诚实的劳动,在改善自己生活的同时,增加社会财富,促进国家建设。劳动无疑是个人谋生的手段,也是为社会服务的途径。劳动的双重含义决定了从业人员要有全新的劳动态度和职业道德观念。社会主义职业道德的基本规范如下:

1. 爱岗敬业, 忠于职守

任何一种道德都是从一定的社会责任出发,在个人履行对社会责任的过程中,培养相应的社会责任感,从长期的良好行为和规范中建立起个人的道德。因此,职业道德首先要从爱岗敬业、忠于职守的职业行为规范开始。

爱岗敬业是对从业人员工作态度的首要要求。爱岗就是热爱自己的工作岗位,

热爱本职工作。敬业就是以一种严肃认真的态度对待工作，工作勤奋努力，精益求精，尽心尽力，尽职尽责。

爱岗与敬业是紧密相连的，不爱岗很难做到敬业，不敬业更谈不上爱岗。如果工作不认真，能混就混，爱岗就会成为一句空话。只有工作责任心强，不辞辛苦，不怕麻烦，精益求精，才是真正爱岗敬业。

忠于职守，就是要求把自己职业范围内的工作做好，达到工作质量标准 and 规范要求。如果从业人员都能够做到爱岗敬业、忠于职守，就会有力地促进企业与社会的发展和进步。

2. 诚实守信，办事公道

诚实守信、办事公道是做人的基本道德品质，也是职业道德的基本要求。诚实就是人在社会交往中不讲假话，能够忠于事物的本来面目，不歪曲、篡改事实，不隐瞒自己的观点，不掩饰自己的情感，光明磊落，表里如一。守信就是信守诺言，讲信誉、重信用，忠实履行自己应承担的义务。办事公道是指在利益关系中，正确处理国家、企业、个人及他人的利益关系，不徇私情，不谋私利。在工作中要处理好企业和个人的利益关系，做到个人服从集体，保证个人利益和集体利益相统一。

信誉是企业市场经济中赖以生存的重要依据，而良好的产品质量和服务是建立企业信誉的基础。企业的从业人员必须在职业活动中以诚实守信、办事公道的职业态度，为社会创造和提供质量过硬的产品和服务。

3. 遵纪守法，廉洁奉公

任何社会的发展都需要有力的法律、规章制度来维护社会各项活动的正常运行。法律、法规、政策和各种组织制定的规章制度，都是按照事物发展规律制定出来的，用于约束人们的行为规范。从业人员除了要遵守国家的法律、法规和政策外，还要自觉遵守与职业活动行为有关的制度和纪律，如劳动纪律、安全操作规程、操作程序、工艺文件等，才能很好地履行岗位职责，完成本职工作任务。

廉洁奉公强调的是，要求从业人员公私分明，不损害国家和集体的利益，不利用岗位职权牟取私利。遵纪守法、廉洁奉公，是每个从业人员都应该具备的道德品质。

4. 服务群众，奉献社会

服务群众就是为人民服务。一个从业人员既是别人服务的对象，又是为别人服务的主体。每个人都承担着为他人做出职业服务的职责，要做到服务群众就要做到心中有群众、尊重群众、真心对待群众，做什么事都要想到方便群众。

奉献社会是职业道德中的最高境界，同时也是做人的最高境界。奉献社会就是不计个人的名利得失，一心为社会做贡献；是指一种融在一件件具体事情中的高尚人格，就是为社会服务，为他人服务，全心全意为人民服务。从业人员达到了一心为社会做贡献的境界，就与为人民服务的宗旨相吻合了，就必定能做好自

己的本职工作。

四、职业守则

- 1) 遵守国家法律、法规和有关规定。
- 2) 具有高度的责任心，爱岗敬业、团结合作。
- 3) 严格执行相关标准、工作程序与规范、工艺文件和安全操作规程。
- 4) 学习新知识新技能，勇于开拓和创新。
- 5) 爱护设备、系统及工具、夹具、量具。
- 6) 着装整洁，符合规定；保持工作环境清洁有序，文明生产。

第二章

金属热处理工岗位规范

一、岗位职责

1. 工作任务

- 1) 按照生产作业计划，优质、高效、低耗地完成生产任务。
- 2) 按照设备操作规程的程序和要求，使用和维护设备。
- 3) 按照工艺文件(工艺卡、作业指导书、工艺规程等)的要求生产、加工零件。
- 4) 根据检验员的检验结果，及时调整相应的工艺参数，使产品质量符合工艺要求。
- 5) 配合技术人员做好新产品的调试工作。
- 6) 执行定置管理标准，按定置图的要求进行定置摆放。
- 7) 按“5S”的要求进行现场管理。
- 8) 执行班组管理标准。
- 9) 遵守安全操作规程。
- 10) 按职工培训计划，进行业务知识的学习。
- 11) 积极参加合理化建议活动。
- 12) 执行能源管理标准，节约用电、水、气。
- 13) 及时、准确地做好生产中的各种记录。

2. 工作责任

- 1) 对所生产的产品质量负责。
- 2) 对所操作设备的运行状况及维护负责。
- 3) 对所使用的工具负责。
- 4) 对所分管的经济指标负责。
- 5) 对所分管的现场负责。
- 6) 有责任学习、掌握并应用新工艺、新知识。

二、上岗条件

1. 文化程度

具有技工学校、职业高中毕业或本专业知识的同等水平。

2. 岗位培训及职业资质

拥有相关国家职业资质，并接受上岗前相应知识的培训，取得岗位培训证书。

3. 专业知识

- 1) 掌握热处理基本原理。
- 2) 掌握热处理工艺学。
- 3) 掌握金属材料的种类、牌号及性能的基本知识。
- 4) 掌握本岗位热处理设备及附属设备的规格、构造、性能、使用和维护保养

方法。

- 5) 掌握机械传动的基本知识。
- 6) 掌握电气基本知识。
- 7) 掌握常用的仪表、量检具的性能和使用方法。
- 8) 掌握布氏硬度计、洛氏硬度计、维氏硬度计及其他相关检验设备的使用

方法。

- 9) 掌握车间现场所应用的热处理工艺过程。
- 10) 掌握常用耐火材料的种类、性能及用途等基本知识。
- 11) 掌握辅助材料的质量要求、保管方法及用途。
- 12) 掌握常见热处理缺陷的种类、预防及补救措施。
- 13) 掌握安全生产知识。
- 14) 掌握质量管理和质量管理体系审核的相关知识。

4. 实际操作能力

- 1) 能看懂零件图样及工艺文件。
- 2) 能合理选择常用金属材料的加热和冷却规范，调整工艺参数，进行热处理操作，达到技术要求。
- 3) 能正确使用和维护现场的检验设备。
- 4) 能正确使用和维护本岗位热处理设备、辅助设备。
- 5) 能根据产品图简单制订热处理工艺。
- 6) 能根据工艺要求，正确合理添加辅助材料。
- 7) 能发现热处理设备的故障，并做应急处理。
- 8) 能简单分析热处理常见缺陷产生的原因，提出预防办法及补救措施。

第一章

热处理基础

第一节 金属的晶体结构

热处理是将金属加热到一定温度，在此温度停留一段时间，然后以某种速度冷却下来，从而改变金属内部组织结构，以得到预期的性能，包括工艺性能、力学性能、物理性能和化学性能等。

金属经过加热和冷却就能改变性能是由于金属在加热和冷却过程中发生了内部组织结构的变化，而不同的组织结构具有不同的性能。唯物辩证法认为：“外因是变化的条件，内因是变化的根据，外因通过内因而起作用”。加热温度、保温时间和冷却速度等是外因，而金属的内部组织结构是内因，两者存在着固有的规律，即成分—热处理—组织—性能之间相互关系的基本规律。

物质是由原子或分子组成的，组成物质的原子的排列方式和空间分布称为组织结构。原子呈规则排列的物质称为晶体；内部质点散乱排列的物质，称为非晶体。在自然界中除了一些少数的物质（如石蜡、沥青、普通玻璃、松香等）以外，包括金属在内的绝大多数固体都是晶体，因此研究金属首先就应从了解其晶体结构开始。了解金属的晶体结构，对学好热处理具有非常重要的指导意义。

一、金属的晶体结构

1. 晶体的概念

晶体是指其原子呈规则排列的物体。图 2-1-1 所示为简单立方晶体结构示例。由于晶体内部原子排列具有规律性，某些物质的外形也具有规则的轮廓，如水晶、食盐及黄铁矿等，而金属晶体一般没有规则的外形。

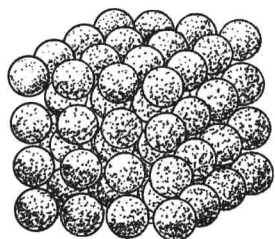


图 2-1-1 简单立方晶体结构

2. 晶格与晶胞

为了便于分析各种晶体中的原子排列规律或形式，常利用通过各原子中心的一些假想连线把它们在三维空间里的几何排列形式描绘出来。为便于描述晶体中内部原子的排列规律，常把原子看成刚性小球，金属晶体就由这些刚性小球堆垛而成，如图 2-1-2a 所示；各连线的交点称为“结点”，在结点处的黑点表示各原子中心的位置，通常把表示晶体中原子排列形式的空间格子称为“晶格”（或点阵），如图 2-1-2b 所示。显然，由于晶体中原子重复排列的规律性，可从其晶格中确定一个最基本的几何单元来表达其排列形式的特征，如图 2-1-2c 所示。组成晶格的最基本的几何单元称为“晶胞”，晶胞是能完全反映晶格特征的最小几何单元。晶胞的各边尺寸 a 、 b 、 c 称为“晶格常数”，其单位为 \AA ($1\text{\AA} = 0.1\text{nm}$)，晶胞各边之间的夹角常以 α 、 β 、 γ 表示。如图 2-1-2c 所示的晶胞，其晶格常数 $a = b = c$ ，而 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ，这种晶胞称为简单立方晶胞。具有简单立方晶胞的晶格称为简单立方晶格。简单立方晶格只存在于非金属晶体中，在金属晶体中则不存在。

各种晶体物质的晶格形式或晶格常数都不同，这主要与其原子构造、原子间的结合力（或结合键）的性质有关，因此，不同晶体便表现出不同的物理性能、化学性能和力学性能。

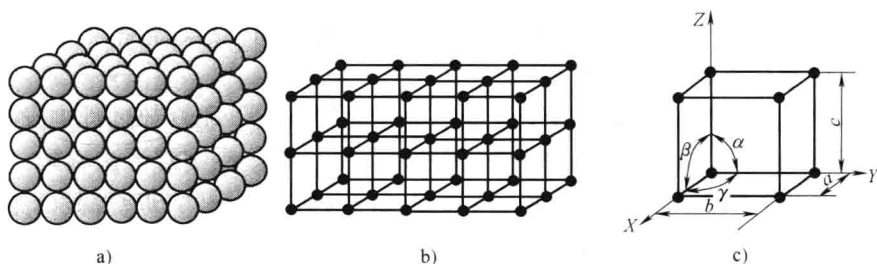


图 2-1-2 晶格与晶胞

a) 晶格中原子的堆垛 b) 晶格 c) 晶胞

3. 三种常见的金属晶格类型

在金属元素中，约有 90% 以上的金属晶体都属于如下三种密排的晶格形式，即体心立方晶格、面心立方晶格、密排六方晶格，除此三种晶格外，少数金属还具有其他类型的晶格，但一般很少遇到。

(1) 体心立方晶格 如图 2-1-3 所示，体心立方晶格的晶胞是一个立方体，立方体的八个顶角和立方体的中心各有一个原子。具有体心立方晶格的金属有： α -Fe（温度低于 912°C 的铁）、铬（Cr）、钨（W）、钼（Mo）、钒（V）、 β -Ti（温度在 $883 \sim 1668^\circ\text{C}$ 的钛）等。

(2) 面心立方晶格 如图 2-1-4 所示，面心立方晶格的晶胞是一个立方体，立方体的八个顶角和六个面的中心各有一个原子。属于面心立方晶格的金属有： γ -Fe（温度在 $912 \sim 1394^\circ\text{C}$ 的铁）、铝（Al）、铜（Cu）、银（Ag）、金（Au）、镍（Ni）等。