

声 明

本电子书由中国农业出版社数字出版，相关权利归中国农业出版社拥有。读者、著作权人和（或）依法可以行使著作权的权利人如有疑问，请与中国农业出版社联系：

地址：北京市朝阳区麦子店街 18 号楼

邮编：100026

电话：010-64194921 010-65005894

E-mail:lishanzhao@sina.com

中国农业出版社

全国农业广播电视学校教材

机械制造 基础

工程类专业

中央农业广播电视学校 组编



中国农业出版社

全国农业广播电视学校教材

机械制造基础

工程类专业

中央农业广播电视学校 组编

中国农业出版社

度值可根据压痕对角线的长度，直接从表中查得。

维氏硬度试验所用的载荷可根据试件的大小、厚薄等条件进行选择，常用的载荷在50—1000N范围内变动。载荷保持时间，黑色金属为10—15s；有色金属为 30 ± 2 s。

维氏硬度用符号HV表示，HV前面为硬度值，HV后面按以下顺序用数值表示试验条件：①试验力；②试验力保持的时间（10—15s不标注）。

例如 640HV30表示用294.2N (30kgf) 试验保持时间为10—15s测定的维氏硬度值为640。

维氏硬度因试验时所加的载荷较小，压入深度浅，故可测量较薄的材料，也可测量表面渗碳、氮化层的硬度。而且维氏硬度值具有连续性（10—1000 HV），故可测定从极软到极硬的各种金属材料的硬度。但是因为测量对角线长度，测试手续较繁，并且压痕小，所以对试件的表面质量要求较高。

4. 冲击韧性 金属材料抵抗冲击载荷而不破坏的能力，叫做冲击韧性 (a_K)，简称韧性，其值为

$$a_K = \frac{A_K}{F} (\text{J/cm}^2)$$

式中： A_K ——击断试样所消耗的冲击功 (J)；

F ——试样断口处的截面积 (cm^2)。

上述 a_K 值仅表示材料承受一次大能量冲击载荷的能力。但实际上，在冲击载荷作用下工作的零件，很少是受大能量一次冲击而破坏的，大多数是承受小能量多次重复冲击，因此，用 a_K 值来判别材料承受冲击的能力是不合适的，一般只供选择材料时参考，而不用于强度计算。研究表明：在冲击能量不大的情况下，材料承受多次重复冲击的能力，主要决定于强度，此时若选用强度较高而冲击韧性较低的材料制造零件，可使零件获得较高的使用寿命。

5. 疲劳强度 在机器设备中，有些零件（如机床主轴、发动机曲轴、连杆、齿轮、滚动轴承、弹簧等）是在重复或交变应力下工作的。在该类应力的长期作用下，零件会在远远低于强度极限 σ_b ，甚至低于屈服极限 σ_s 的应力下断裂，这种断裂称为疲劳断裂。

疲劳强度是指金属材料在无数次重复或交变应力作用下，不致于发生断裂所能承受的最大应力。当其应力呈循环对称时，疲劳强度以符号 σ_{-1} 表示。

产生疲劳断裂的主要原因是材料存有内部缺陷、表面划痕及截面突然改变等因素，使这些部位的实际应力比平均应力增大很多，这种现象称为“应力集中”。这些过大的应力使材料产生微裂纹，而在长期交变应力作用下，这些微裂纹又可能逐步扩展，使工件实际负载的截面积逐渐缩减。当截面缩减到某一极限时，由于实际应力超过了材料的强度极限 σ_b ，于是发生突然破坏。

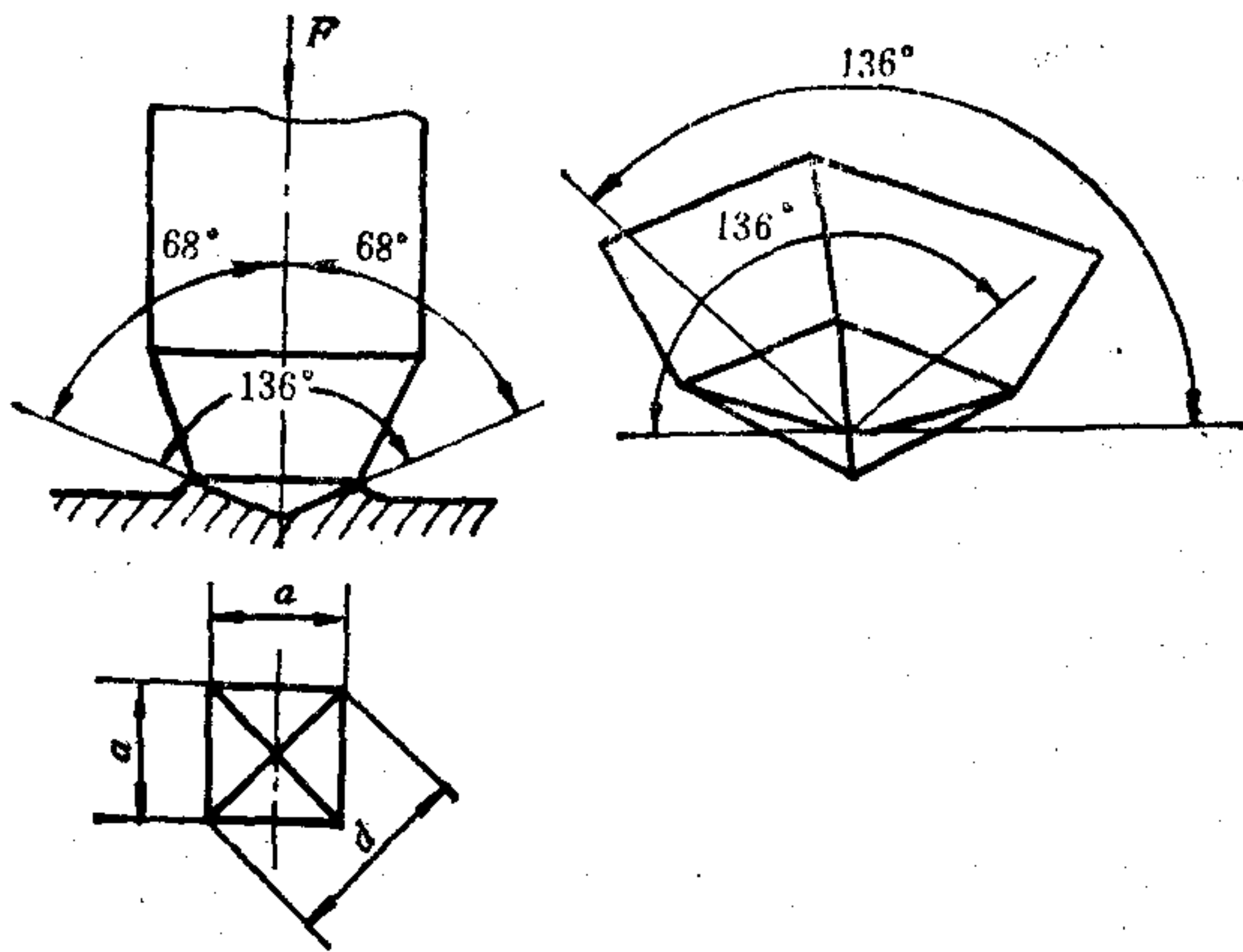


图 1—4 维氏硬度试验示意图

为了提高零件的疲劳强度，一方面在设计零件时应使零件具有合理的结构形状，避免产生应力集中；另一方面要设法提高零件表面的加工质量或采用表面强化的方法，如表面淬火、化学热处理、喷丸处理和滚压等，以减小产生微裂纹的倾向。

（二）物理、化学性能

1. 金属材料的物理性能 金属材料的物理性能包括比重、熔点、导电性、导热性和热膨胀性等。它对热加工工艺有一定的影响。如铸钢、铸铁和铝合金的熔点不同，因此，它们的熔炼工艺就有很大的差别；高速钢（又称“锋钢”或“风钢”）的导热性很差，在锻造和热处理时应缓慢加热，否则会产生裂纹等。

2. 金属材料的化学性能 金属材料的化学性能是指金属材料在室温或高温条件下抵抗活泼介质对其侵蚀的能力。主要的化学性能有抗氧化性、耐蚀性和化学稳定性等。

如化工机械及设备、医疗器械等产品零件，常在腐蚀介质中，甚至在高温下工作，因此该类零件在工作时，比其在空气中或室温下工作时的腐蚀更为强烈，为此，选材时不仅要考虑材料的机械性能，还应考虑其化学性能。

二、金属材料的工艺性能

材料的工艺性能是指机械零件或工具在加工制造过程中，在所指定的冷、热加工条件下所表现出来的适应能力。金属的工艺性能包括铸造性、可锻性、可焊性及切削加工性等。

（一）铸造性 金属材料能否用铸造的方法制成优良铸件的性能，称为铸造性。凡流动性好、收缩小的金属材料，则其铸造性能良好。

（二）可锻性 金属材料在压力加工过程中，能获得优良锻压件的性能，称为可锻性。可锻性与材料的变形抗力和塑性有关。变形抗力小，塑性高，则可锻性好。

（三）可焊性 金属是否容易用一般的焊接方法焊成优良接头的性能，称为可焊性。可焊性好的金属材料能获得没有裂缝、气孔等缺陷的焊缝，并且焊接接头具有一定的机械性能。

（四）切削加工性 金属材料使用某种切削方法以获得优良工件的可能性，称为切削加工性。它是指金属材料经过切削加工而成为合乎要求的工件的难易程度。若其切削加工性好，则加工时刀具的磨损量小、切削用量大、加工的表面质量也较好。

第二节 金属的晶体构造

一、金属晶体的结构

（一）晶体的基本特性 自然界中的固体物质分为非晶体和晶体两类。普通玻璃、松香等是非晶体，食盐、金刚石、石墨、各种金属是晶体。晶体的特性可以归纳为如下三点：

（1）组成晶体的原子在空间总是严格地按照一定的规则排列。因此，晶体一般都是具有规则的几何外形。

（2）所有的晶体一般都具有一定的熔点。例如纯铁的熔点是 1538°C 。

（3）晶体具有各向异性的特性。因此其弹性模量、强度、塑性等都和测量方向有关。

晶体可分为单晶体和多晶体两类。若是物质的原子按统一的规则排列成一个大晶体，叫做单晶体。水晶、食盐等是单晶体。如果物体是由许多取向杂乱无章的小晶粒构成的，这

时，尽管每个晶粒虽然都有规则的外形，但整个物体却没有规则的几何外形，这种晶体叫做多晶体。常见的固态金属都是多晶体。在多晶体中，一般不显示各向异性，其原因是在多晶体中各个晶粒的取向是不一样的。

(二) 晶体结构的基本概念 金属是晶体。金属中的原子是按一定的规律排列的，其排列的方式称为结构。

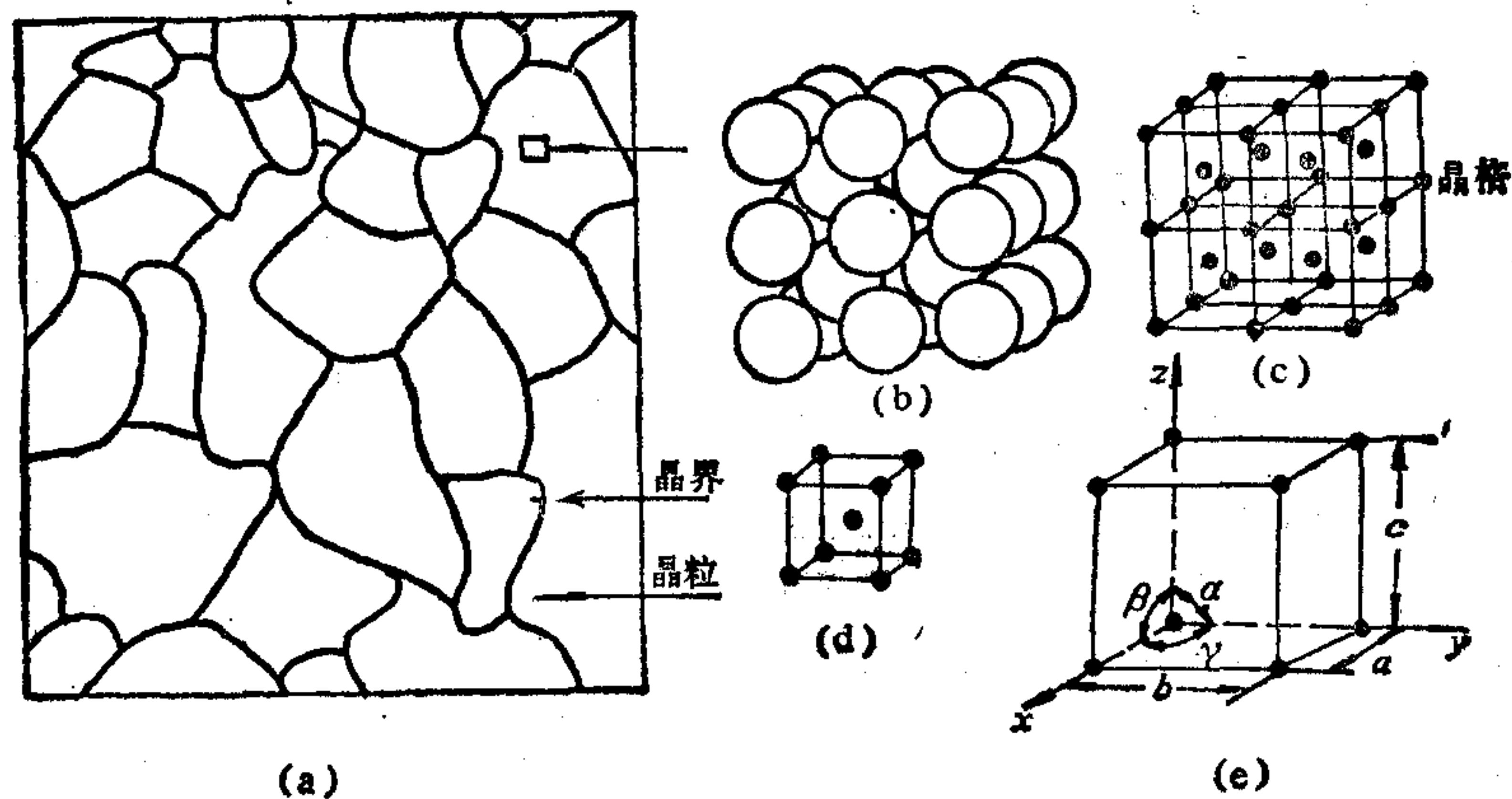


图 1—5 纯铁内部结构示意图

(a) 晶粒与晶界 (b) 规则排列的原子 (c) 晶格 (d) 晶胞 (e) 晶格常数

取一块金属（如纯铁）制成金相试样，放在用于专门分析金属材料内部结构的金相显微镜下，放大 100 倍左右并进行观察，可了解其多晶体结构。如图 1—5 所示。

1. 晶粒与晶界 通过一般的光学显微镜，可分辨出纯铁内部存在如图 1—5 a 所示的类似多边形的颗粒，这种颗粒称为晶粒；晶粒与晶粒之间的界面称为晶界。实际金属材料大都是由许多这样的小晶粒所组成，即为多晶体。

2. 晶格 采用 X 射线对晶粒内部进一步分析表明，内部原子是按一定的几何形状作有规则地排列的（图 1—5 b 所示），为了便于分析和描述晶体中原子排列的情况，把每个原子看成一个小球（或质点），并用假想的线条连接起来，构成一定的空间格架，这种格架称为晶格，如图 1—5 c 所示。

3. 晶胞 晶格中能代表其原子排列规律的最小单元叫做晶胞，或称晶格的最小单位（图 1—5 d）。

4. 晶格常数 用于表示晶胞的几何形状和尺寸的参数，如各棱边的长度 a 、 b 、 c （单位为埃，用 \AA 表示）和晶轴间的夹角 α 、 β 、 γ （图 1—5 e）。立方体的三个晶轴相互垂直，晶胞边长相等，即 $a=b=c$ ，其夹角均为 90° ，因此，立方晶体的晶格常数一般只用其晶胞的边长 a 来表示其大小即可。

(三) 三种常见的晶体结构

1. 体心立方晶格 体心立方晶格的晶胞是个正立方体。如图 1—6 所示。正立方体的 8 个角上和立方体的中心处各排列着一个原子。具有此类晶格的金属有 α -Fe、Cr、Mo、V、W 等。

2. 面心立方晶格 面心立方晶格的晶胞也是一个正立方体，如图 1—7 所示。立方体的 8 个角上和立方体的 6 个面的中心各有一个原子。具有此类晶格的金属有 γ -Fe、Al、Cu 和 Ni

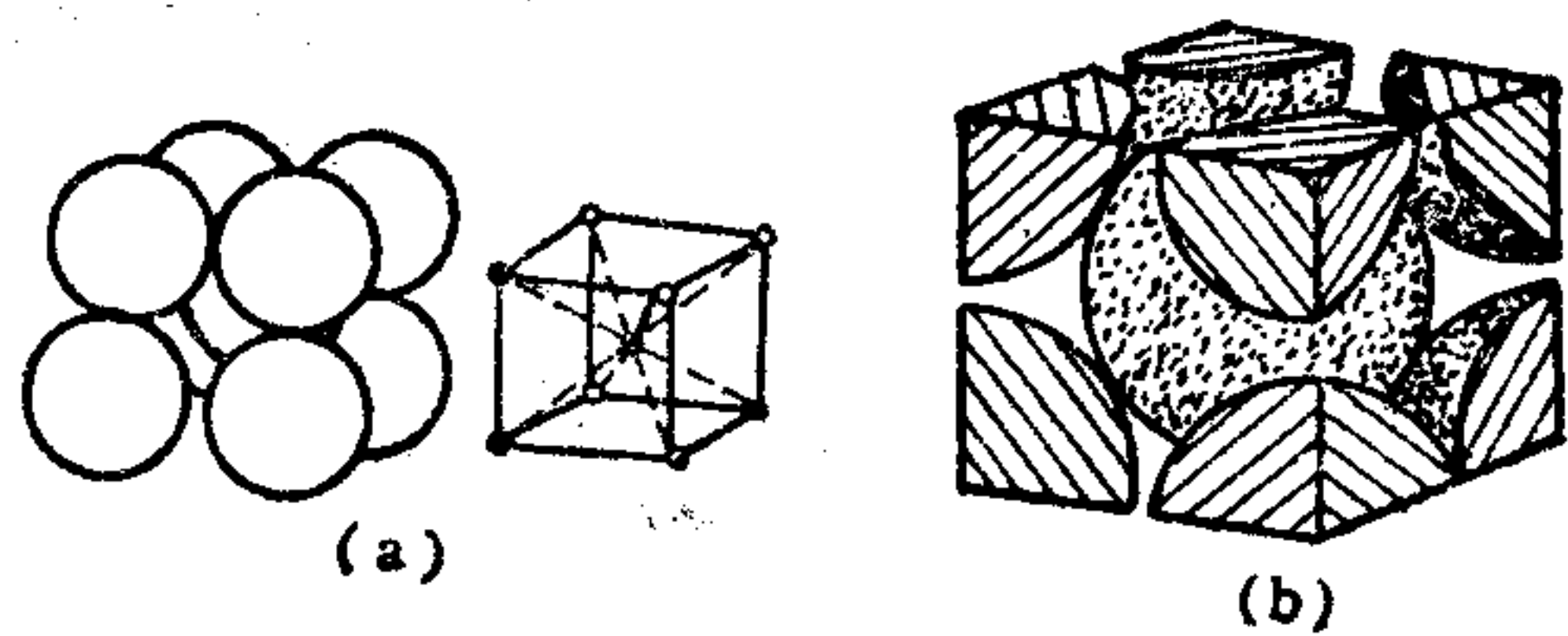


图 1—6 体心立方晶胞示意图

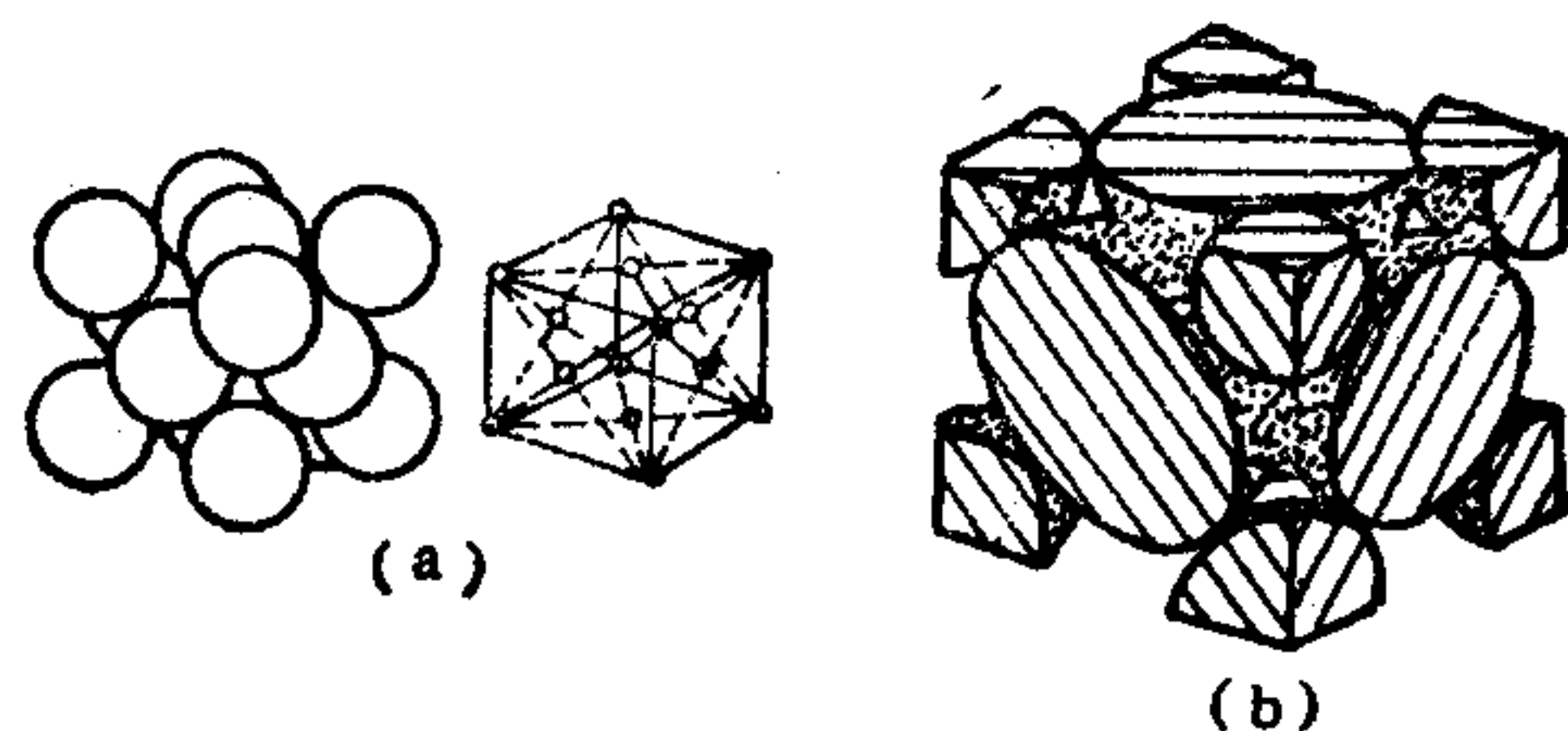


图 1—7 面心立方晶胞示意图

等。

3. 密排六方晶格 密排六方晶格的晶胞是个正六方柱体，如图 1—8 所示。在柱体的 12 个角上和上、下底面的中心各有一个原子，上、下底面之间还有三个原子。具有此类晶格的金属有 Mg、Zn、Be、Cd 和石墨等。

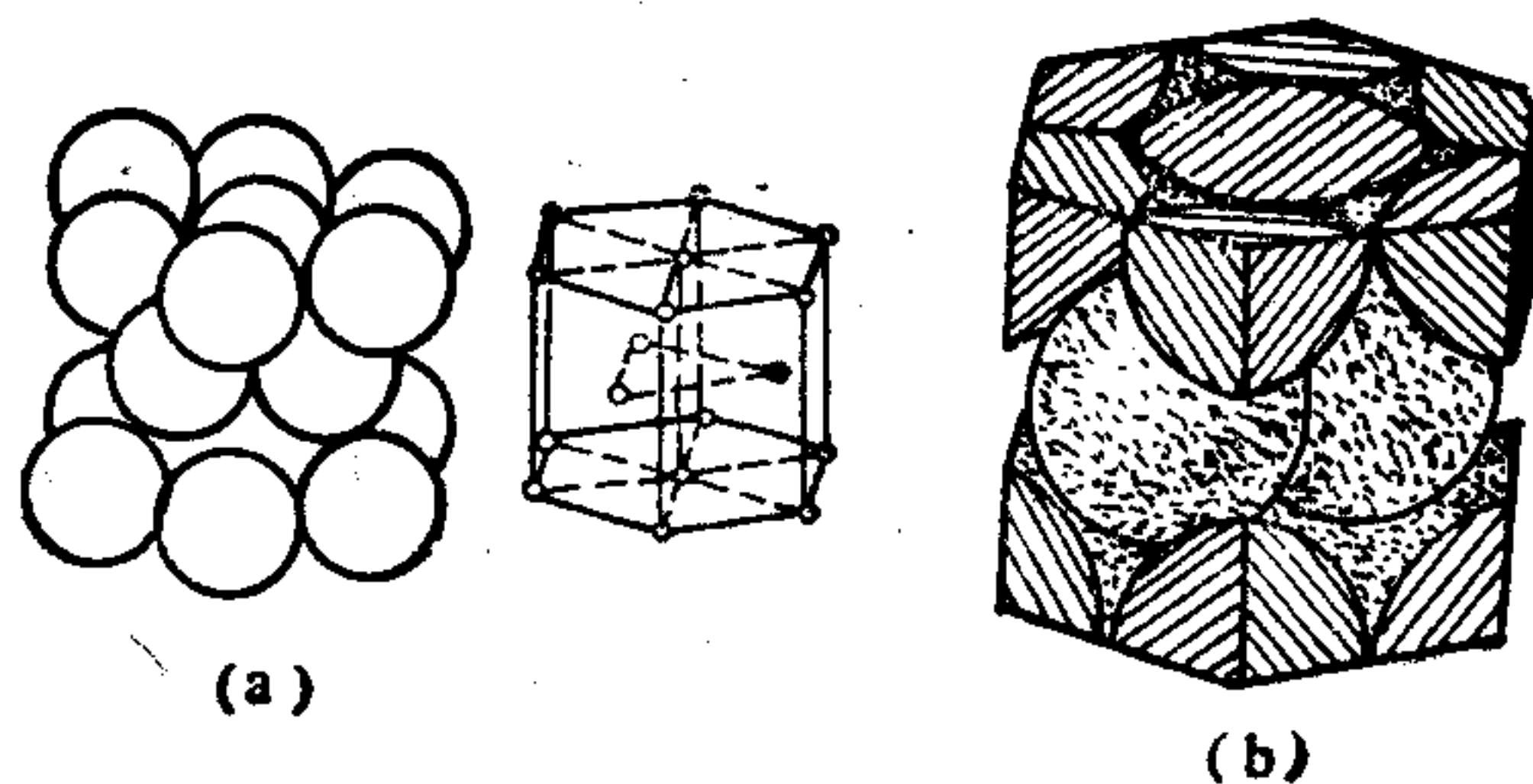


图 1—8 密排六方晶胞示意图

上面介绍的晶体由原子排列方位完全一致的晶格组成，是理想的单晶体结构情况。

实际上金属是一种多晶体结构。其单个晶粒的各向异性彼此相互抵消，金属就显示出各向同性。

此外，由于结晶过程及其他加工条件的影响，金属晶体在局部区域还存在一些缺陷，例如晶格某些结点上缺少原子（称为空位），或是某些原子占据了晶格的间隙位置（称为间隙原子）或置换了晶格结点上的某原子，还可能有一列或若干列原子发生了某种有规律的错排现象（称位错）等。这些晶体缺陷的存在对金属的机械性能有较大的影响。

二、金属的结晶

金属由液体状态转变为固体状态的凝固过程，即从液体状态转变为晶体状态的过程称为结晶。

纯金属的结晶过程可以用热分析的方法来研究。当金属液缓慢冷却时，观察并记录温度随时间而变化的数据，将数据描绘在温度—时间坐标图上，便得到如图 1—9 a 所示的纯金属结晶的冷却曲线。从冷却曲线可以看到，纯金属液冷却到一定温度时，出现一个水平线段，这是由于结晶时放出大量结晶潜热，补偿了金属液向周围散失的热量，所以此时温度并不随时间而下降，这一对应温度就是纯金属的理论结晶温度 (T_0)。金属发生结构改变的温度称为相变点，结晶温度是相变点的一种。在实际结晶过程中，金属液都是冷却到理论结晶温度 T_0 以下某个温度 T_n 时才结晶（图 1—9 b）。理论结晶温度 T_0 与实际结晶温度 T_n 之差称为过冷度，过冷度用

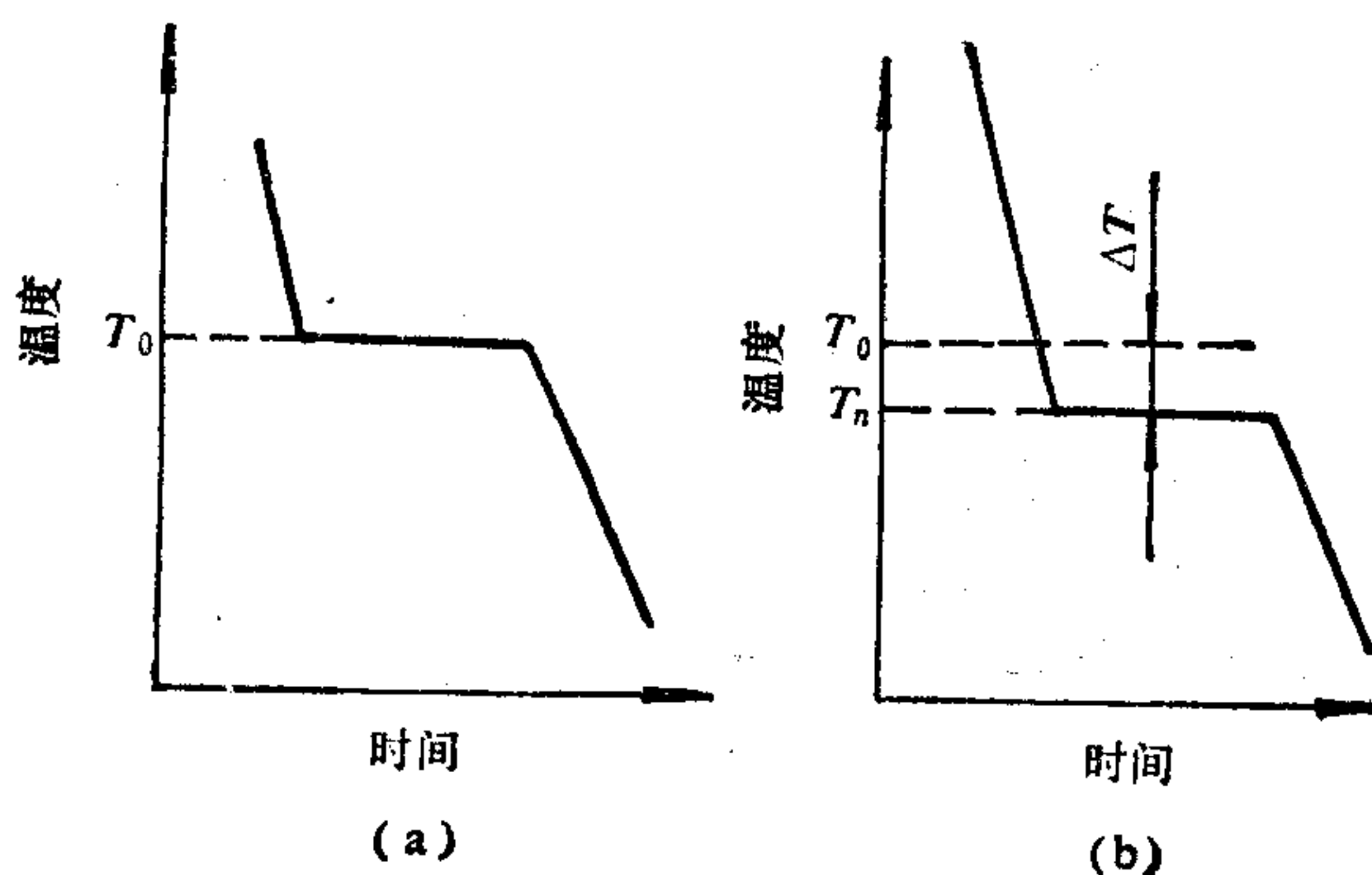


图 1—9 纯金属的冷却曲线
(a) 理论冷却曲线 (b) 实际冷却曲线