

X射线衍射法

残余奥氏体含量

测定原理与方法



什么是奥氏体？

这要从晶体学说起。

简单的晶体学知识



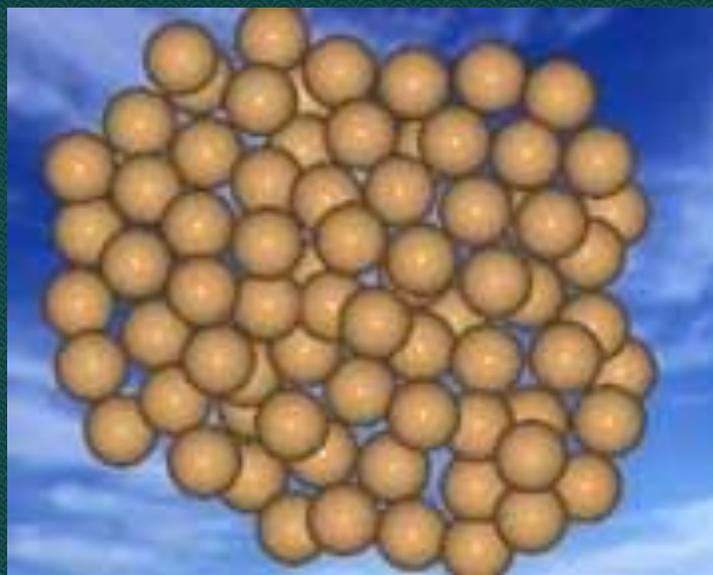
宇宙里的固体物质分为晶体和非晶体。

由分子、原子或离子是按规则排列组成的物体叫做**晶体**。



晶体

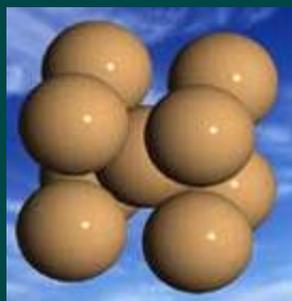
由分子、原子或离子是无规则排列组成的物体叫做**非晶体**。



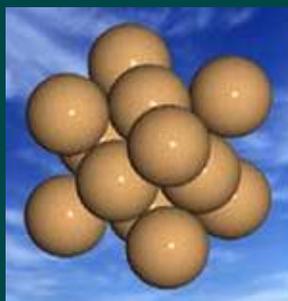
非晶体

对于晶体，把分子、原子或离子排列的规律抽象出来，就形成了所谓**点阵**。

能代表点阵排列花样和规律的最小单元叫作**晶胞**。



体心立方



面心立方



密排六方

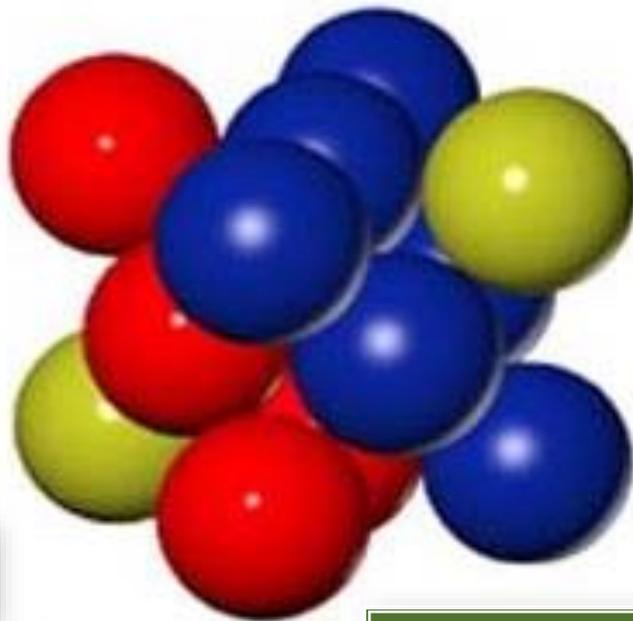


体心立方

α -Fe、Mo、W、
V、Cr、 β -Ti

碳原子间隙式融入 α -Fe
的体心立方晶格中形成的
固溶体叫做**铁素体**。

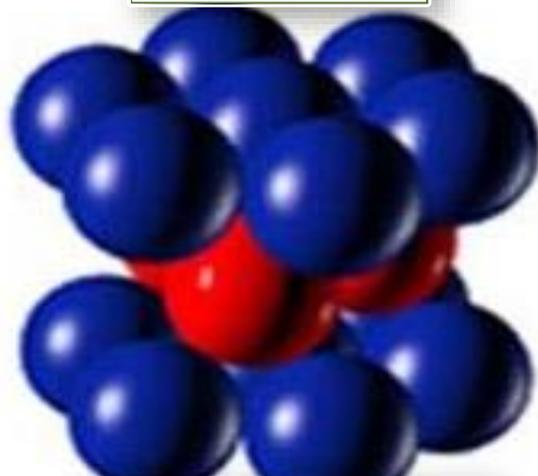
密排六方



面心立方

γ -Fe、Al、Cu、
Ni、Au、Ag

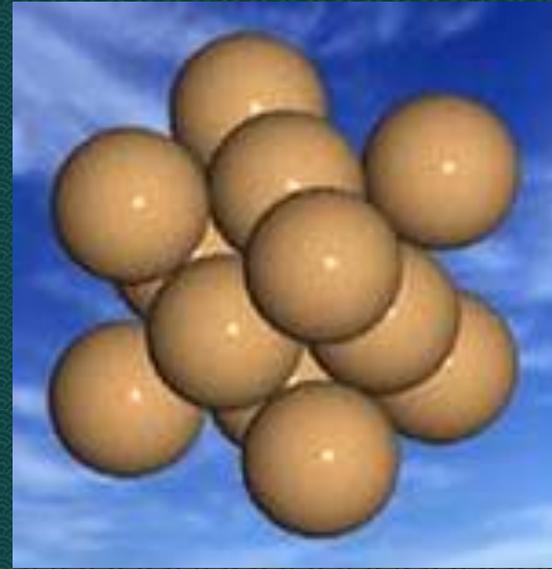
碳原子间隙式融入 γ -Fe
的面心立方晶格中形成的
固溶体叫做**奥氏体**。



Mg、Zn、Be、
Co、 α -Ti



体心立方



面心立方

同是铁原子，可以按体心立方模式排列（左图），生成 α -Fe，也成为铁素体；也可以按照面心立方模式排列（右图），生成 γ -Fe，也叫奥氏体。这两种晶体叫做同素异晶体。

只不过，一般情况下奥氏体是高温组织；当钢中镍、铬元素有足够含量的情况下才能在室温得到奥氏体，例如Cr18Ni9奥氏体不锈钢。

某些合金钢或铸铁，从高温奥氏体状态快速冷却的时候，原来奥氏体当中溶解的碳原子来不及析出并生成渗碳体，面心立方瞬间直接转变成体心立方组织，碳原子过饱和地溶入其中，这就是马氏体组织。

但是，由于动力学原因，这个转变往往是不彻底的，会有奥氏体组织残留下来，这便是残余奥氏体。

钢中残余奥氏体含量对于某些机械零部件的使用性能有着重要影响。

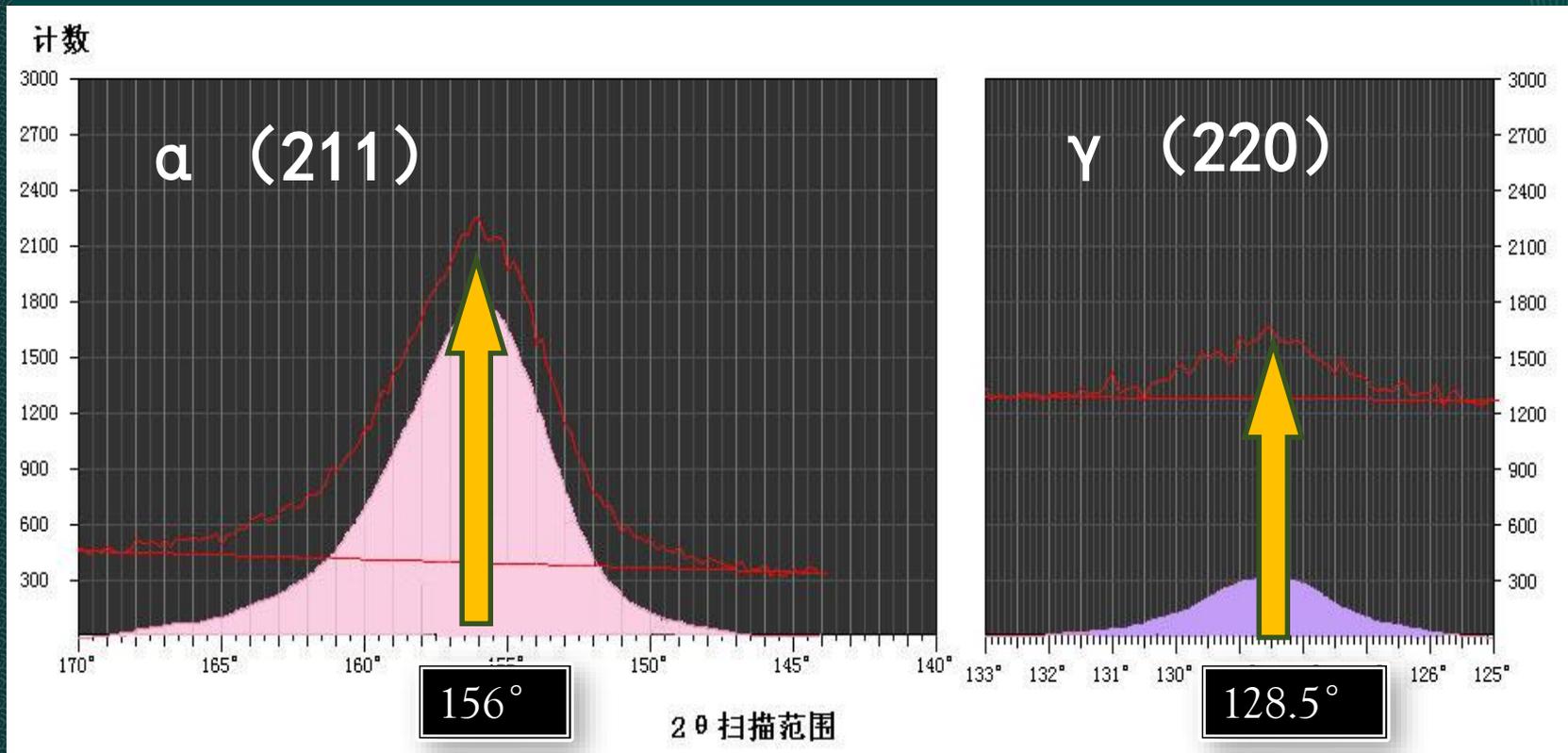


测量原理

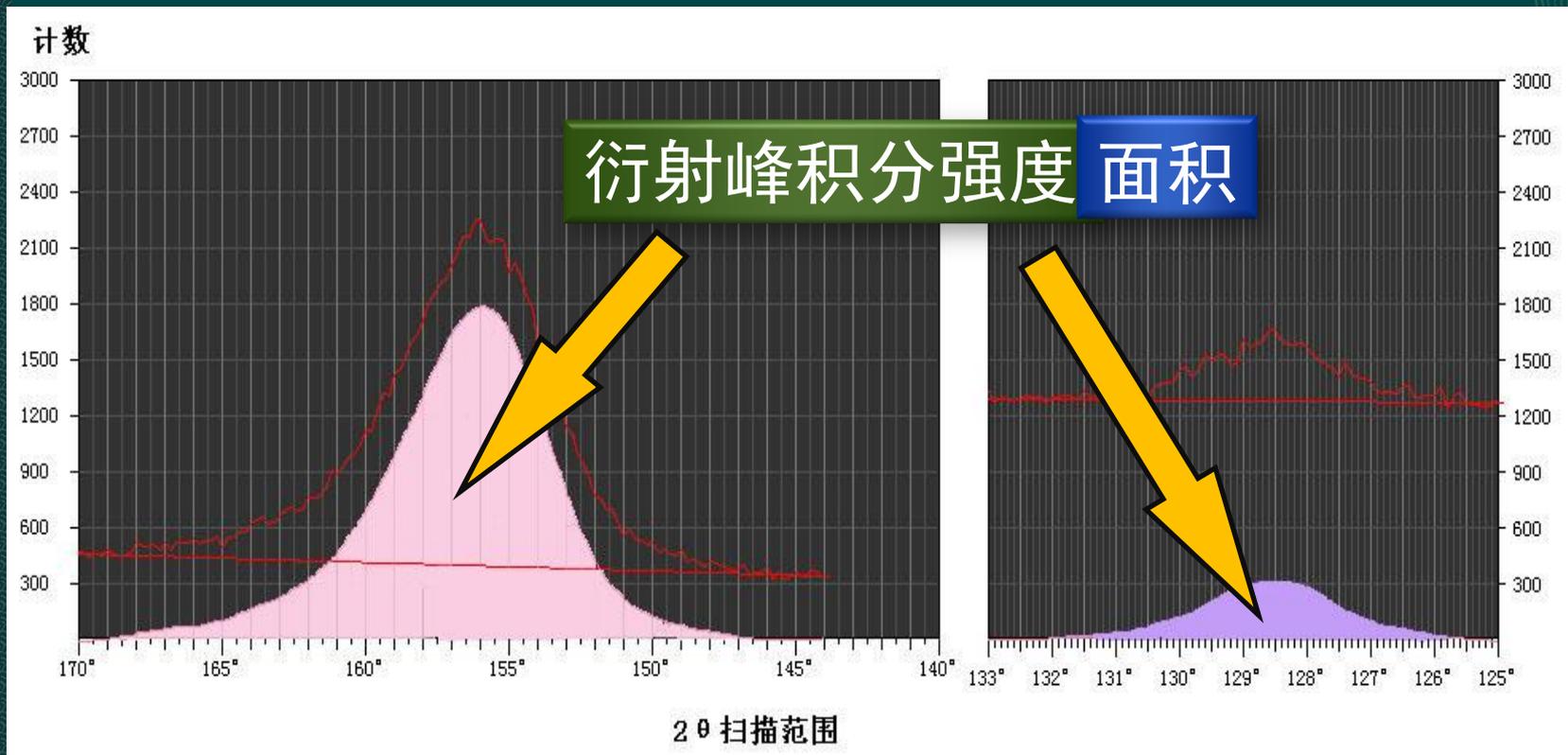
测定钢中残余奥氏体含量依据的是X射线衍射原理。

如果说测定残余应力是依据衍射线方向的话，那么测定残奥含量依据的则是衍射线的强度。

当钢中存在 α 、 γ 两相时，一束单色X射线照射在它上面，遵从布拉格定律，这两相会分别在不同的角度上产生衍射峰。

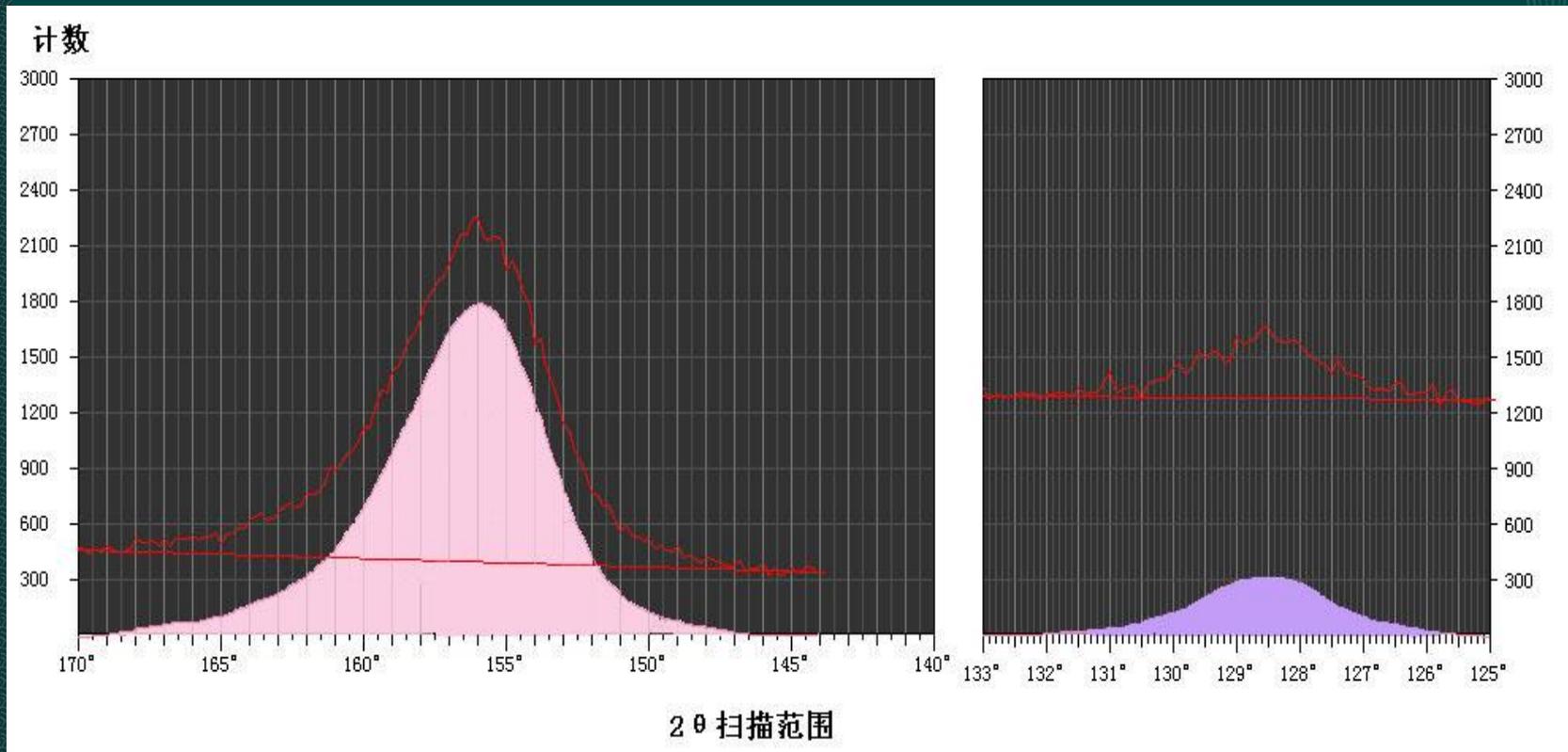


使用CrK α 辐射，
 α (211) 晶面在 156° 左右产生衍射峰，
 γ (220) 晶面在 128.5° 左右产生衍射峰。



这两个衍射峰的大小和强弱，用衍射峰积分强度来描述。衍射峰积分强度，即净峰轮廓线之下的面积。

这两个衍射峰的积分强度，分别与该两相参与衍射的体积百分比成正比。



是否可以直接用这两个面积来计算探们的相对含量呢？

换句话说，如果这两相（马氏体和奥氏体）含量各占50%，那么他们对应的两个衍射峰面积是否相等的呢？

答案是否定的。



这是因为，这两相的晶体结构不同，马氏体是体心立方，而奥氏体是面心立方，衍射晶面更不可能相同，产生衍射峰的角度也不同。各种物理和几何因素使得它们的衍射峰积分强度不可能相等。

X射线衍射运动学理论从一个电子对于入射的单色X射线的散射出发，一步步地研究一个原子的散射，一个晶胞的散射，直至多晶体的散射，最后推导出了衍射线积分强度公式。根据这个公式计算，如果马氏体和奥氏体含量各占50%，那么他们对应的两个衍射峰积分强度之比大体为4：1。这就是X射线残奥测定 G 因子（0.25）的来历。

残余奥氏体含量测定的计算公式

$$A_r \% = \frac{1 - C}{1 + G \frac{A_\alpha}{A_\gamma}}$$

A_α —— α 相（马氏体）衍射峰面积

A_γ —— γ 相（奥氏体）衍射峰面积

C —— 材料中碳化物的含量，可以用金相法确定。
(输入两位小数)

G —— 强度因子，本仪器取0.25.

技术和经验

- 1、应该尽量选用仪器提供的直径较大的准直管（例如 $\Phi 3\text{mm}$ ，甚至 $\Phi 4\text{mm}$ ）
- 2、马氏体（211）衍射峰的扫描范围，取 $169^\circ \sim 143^\circ$ 。
奥氏体（220）衍射峰的扫描范围：
含量在10%以上的，可以选取 $135^\circ \sim 122^\circ$ ；
如果含量较低，例如在5%以下，可以取 $131^\circ \sim 126^\circ$ ；
含量在1%以下时，应该取 $130^\circ \sim 127^\circ$ 。
- 3、 α （211）衍射峰的扫描步距一般可以选择 0.1° 或 0.2° ，在在用直径为 $\Phi 3\text{mm}$ 或 $\Phi 2\text{mm}$ 的条件下，计数时间可确定为 0.5s 或 1s ；
 γ （220）衍射峰的扫描步距可取 0.1° 或 0.05° ，计数时间则依残奥含量高低而定，含量高的，可用 1s 或 2s ，含量低的可延长至 4s 、 5s 。

测试点表面处理



- 1、表面不应该有氧化皮、污垢或磕碰划伤。
- 2、热处理零件的表面如果有稍微的脱碳就无法测出残奥。
- 3、采用线切割手段得到的截面，不可直接测定残奥。因为线切割实际上是一个快速的从熔化到凝固和相变的过程，似有固溶处理的某种效果，残奥含量会大幅度升高。
- 4、手工砂布打磨一般来说对残奥含量影响不大。但是如果使用电动砂轮作强力地疾速地打磨，则会带来意想不到的后果——残奥含量异常升高。
- 5、经过磨削的零件，须注意有无烧伤，烧伤部位无法测定残奥；还要注意的，在砂轮较钝或进刀量较大的情况下，磨削会在极表层产生明显塑性变形，这样，一来会导致某种程度的残奥转变，使含量降低；二来还会产生某种程度的磨削织构，在垂直于磨削方向和平行于磨削方向上（改变 ϕ 角），沿着若干个 ψ 角测得的残奥含量会有所不同。如果不是成品零件，建议采用电解抛光的办法去除磨削影响层。对于不可再作任何处理的成品零件，最好试验在不同的 ϕ 角和 ψ 角分别测定残奥，以观察有无磨削织构的影响。