

X 射线应力测定原理

图解

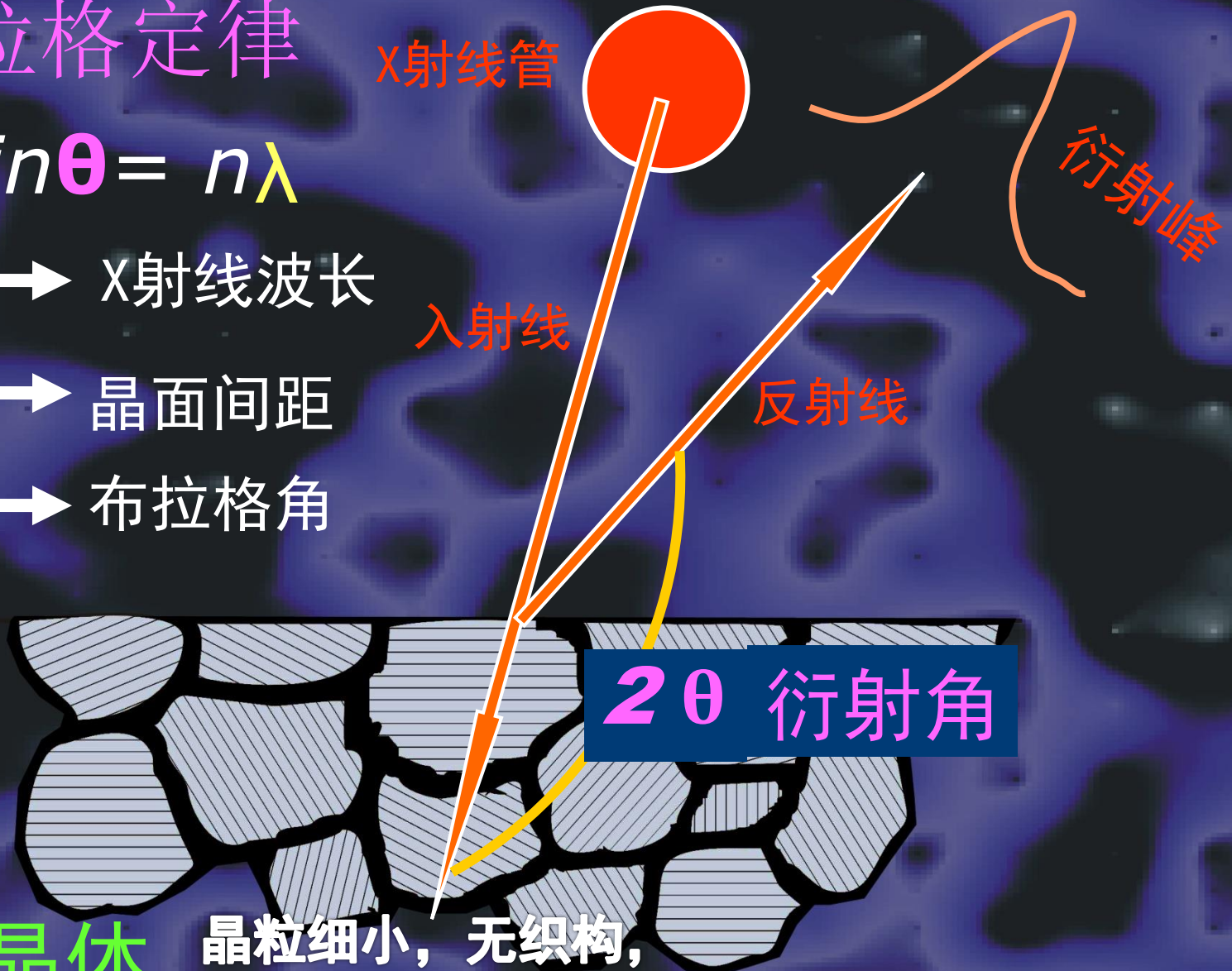
布拉格定律

$$2d \sin \theta = n\lambda$$

λ → X射线波长

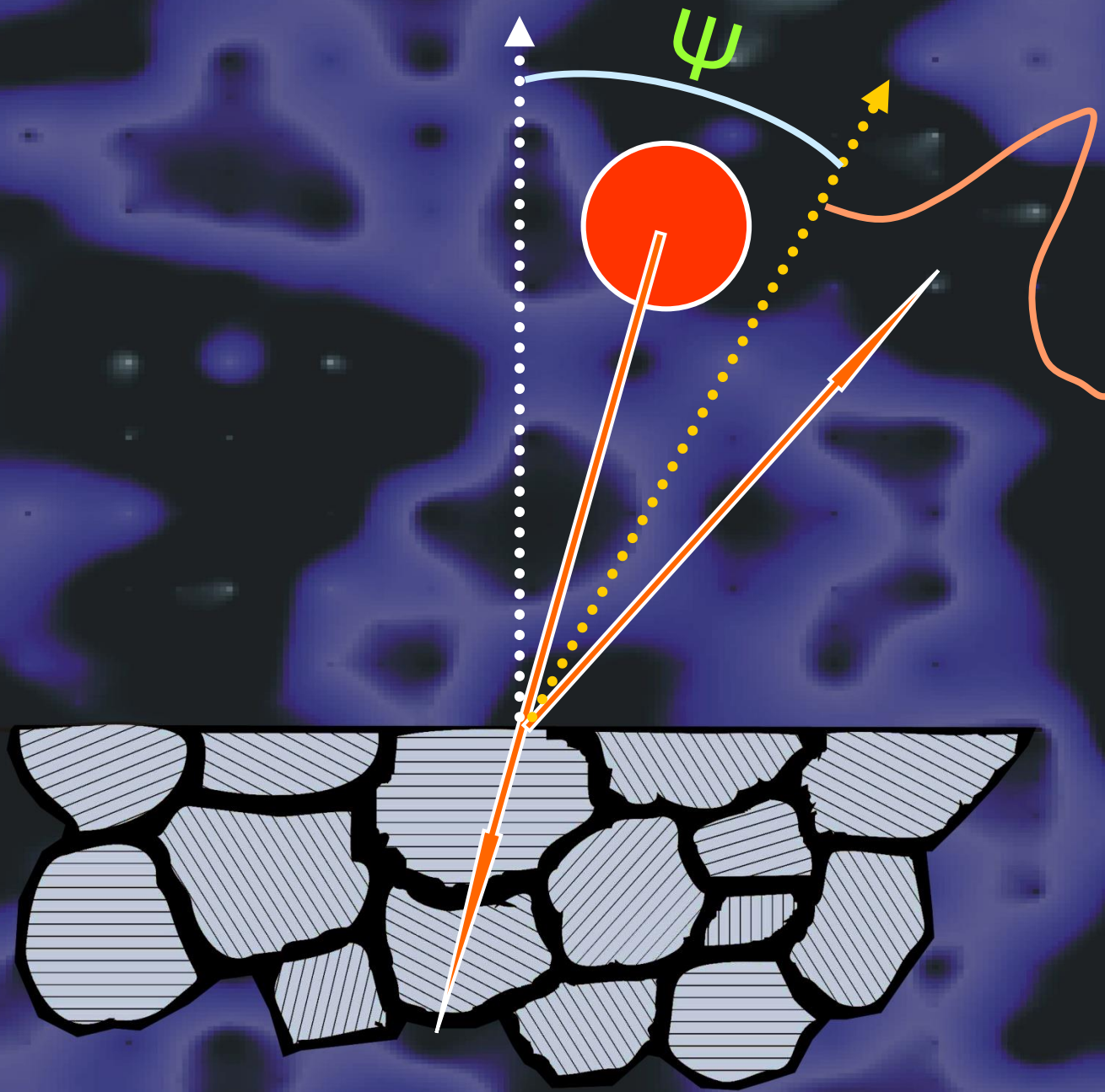
d → 晶面间距

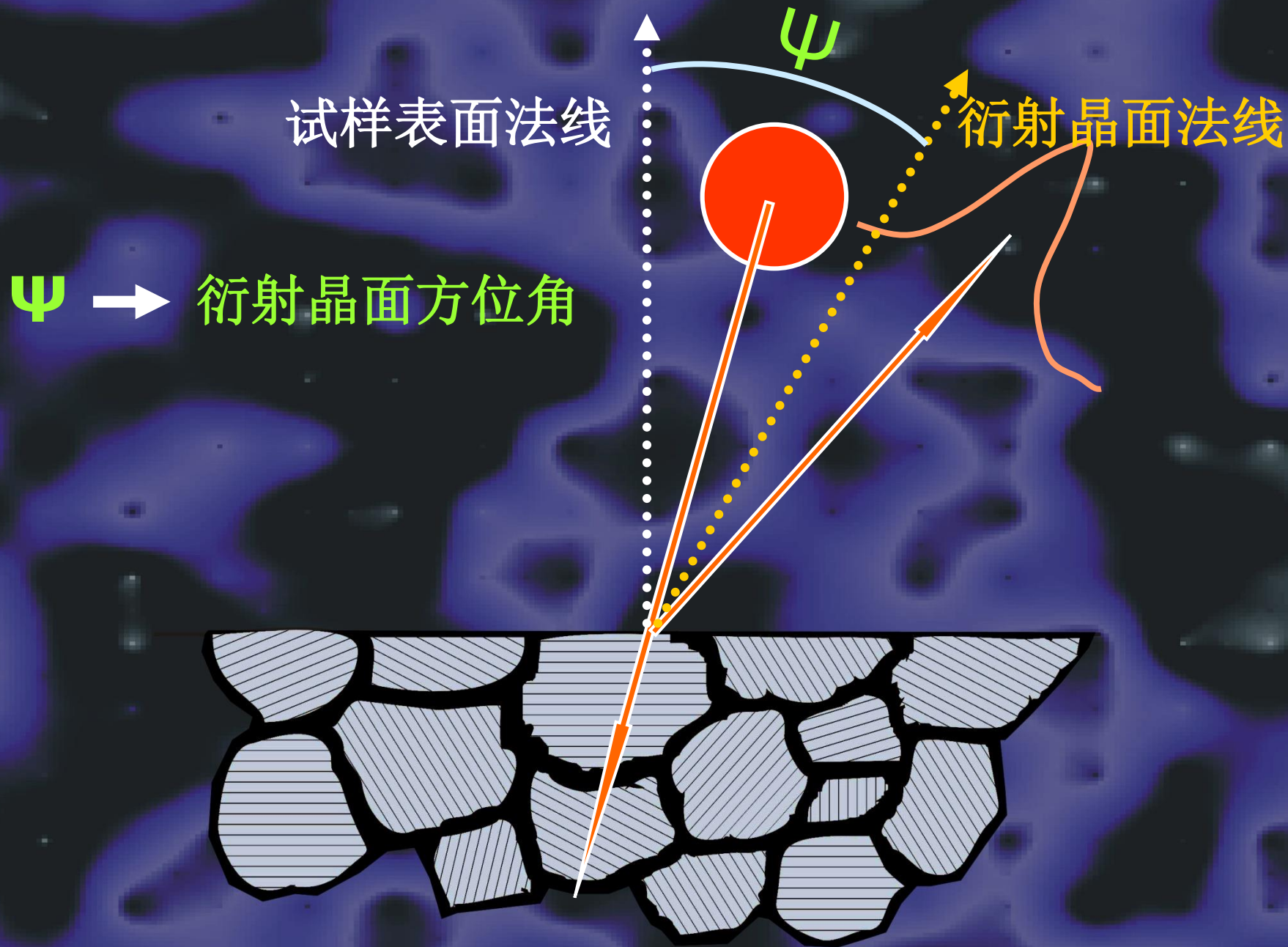
θ → 布拉格角



多晶体

晶粒细小，无织构，在一束X射线的照射范围内有许许多多晶粒。

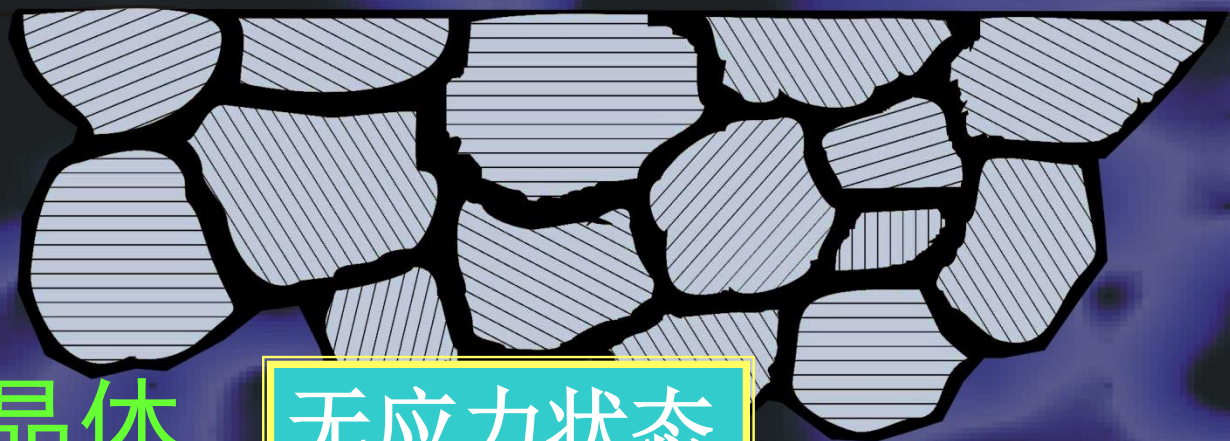




在无应力状态下

在各个晶粒当中

所选 (hkl) 晶面间距 d 均相等



多晶体

无应力状态

在无应力状态下

不论X射线从哪个方向入射

即不论 ψ 角为何值

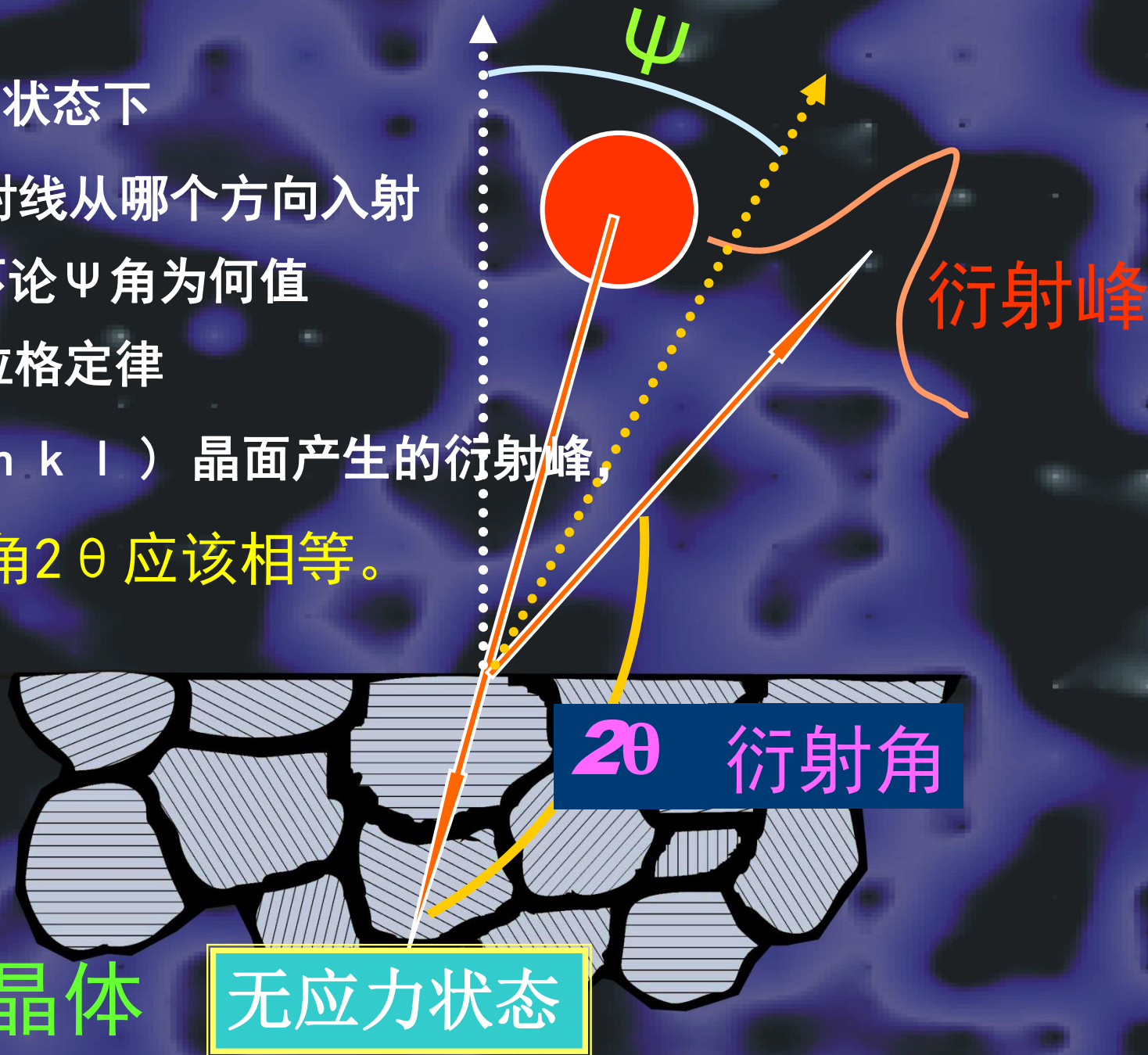
根据布拉格定律

同一 (hkl) 晶面产生的衍射峰，

其衍射角 2θ 应该相等。

多晶体

无应力状态



同一组 $(h k l)$ 晶面，在各个晶粒当中，不论处于什么方位，其晶面间距是相等的。



多晶体

无应力状态



多晶体

拉应力状态

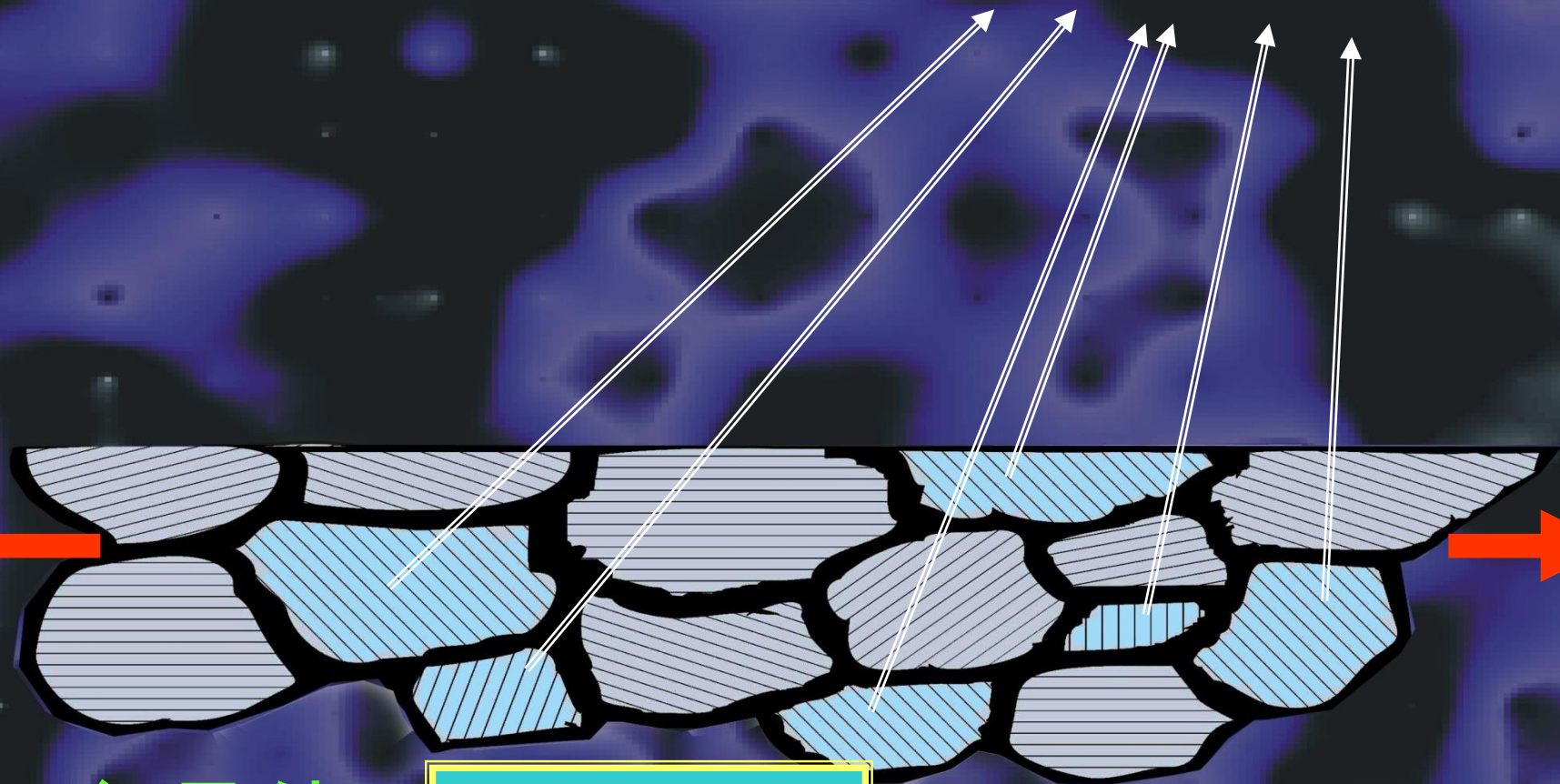
晶面间距 d 变小



多晶体

拉应力状态

晶面间距 d 变大



多晶体

拉应力状态

确定衍射晶面法线 使之与试样表面法线重合 即 $\psi=0^\circ$

确定衍射晶面法线

衍射峰

计数管扫描

根据布拉格定律

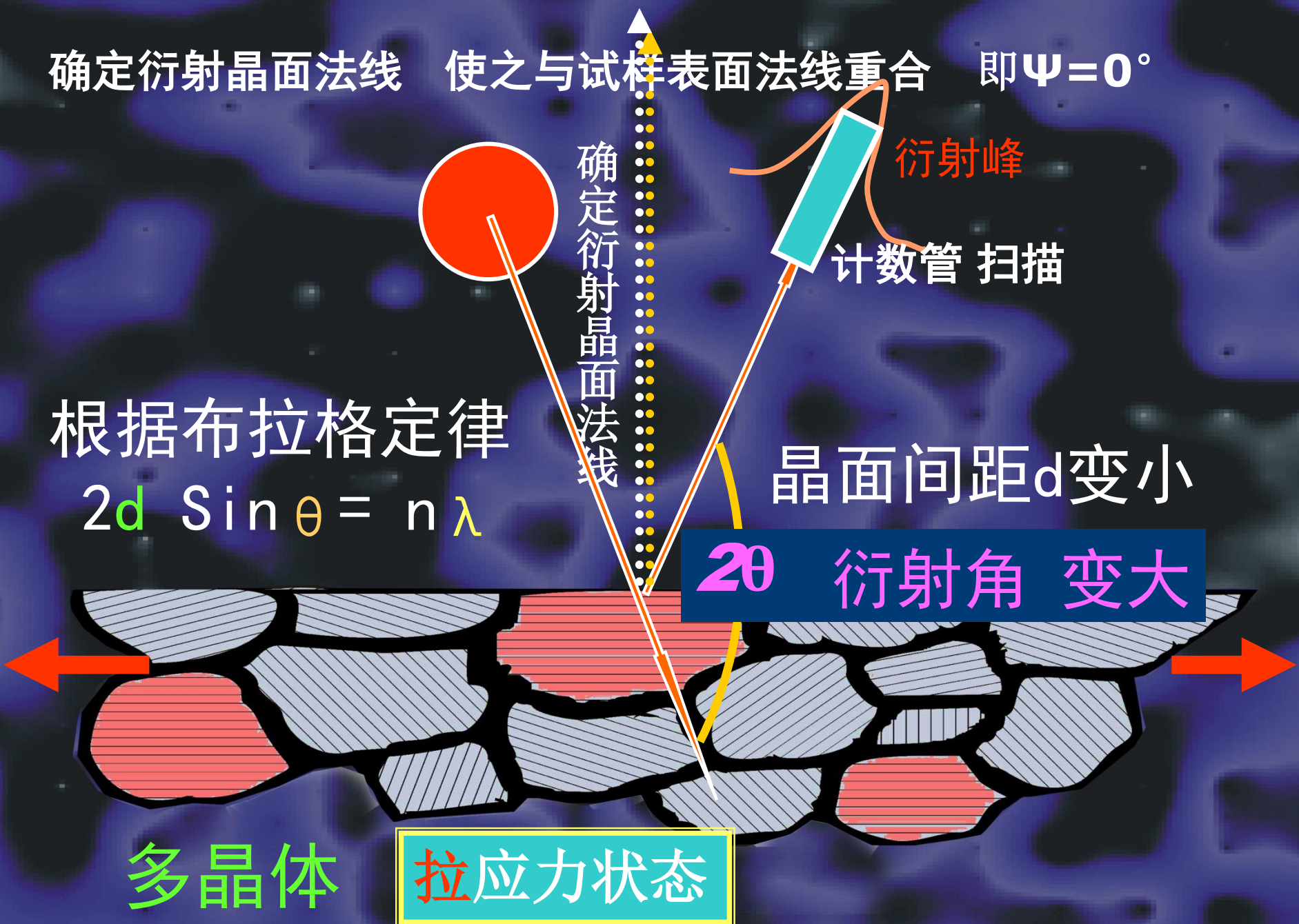
$$2d \sin \theta = n \lambda$$

晶面间距 d 变小

2θ 衍射角 变大

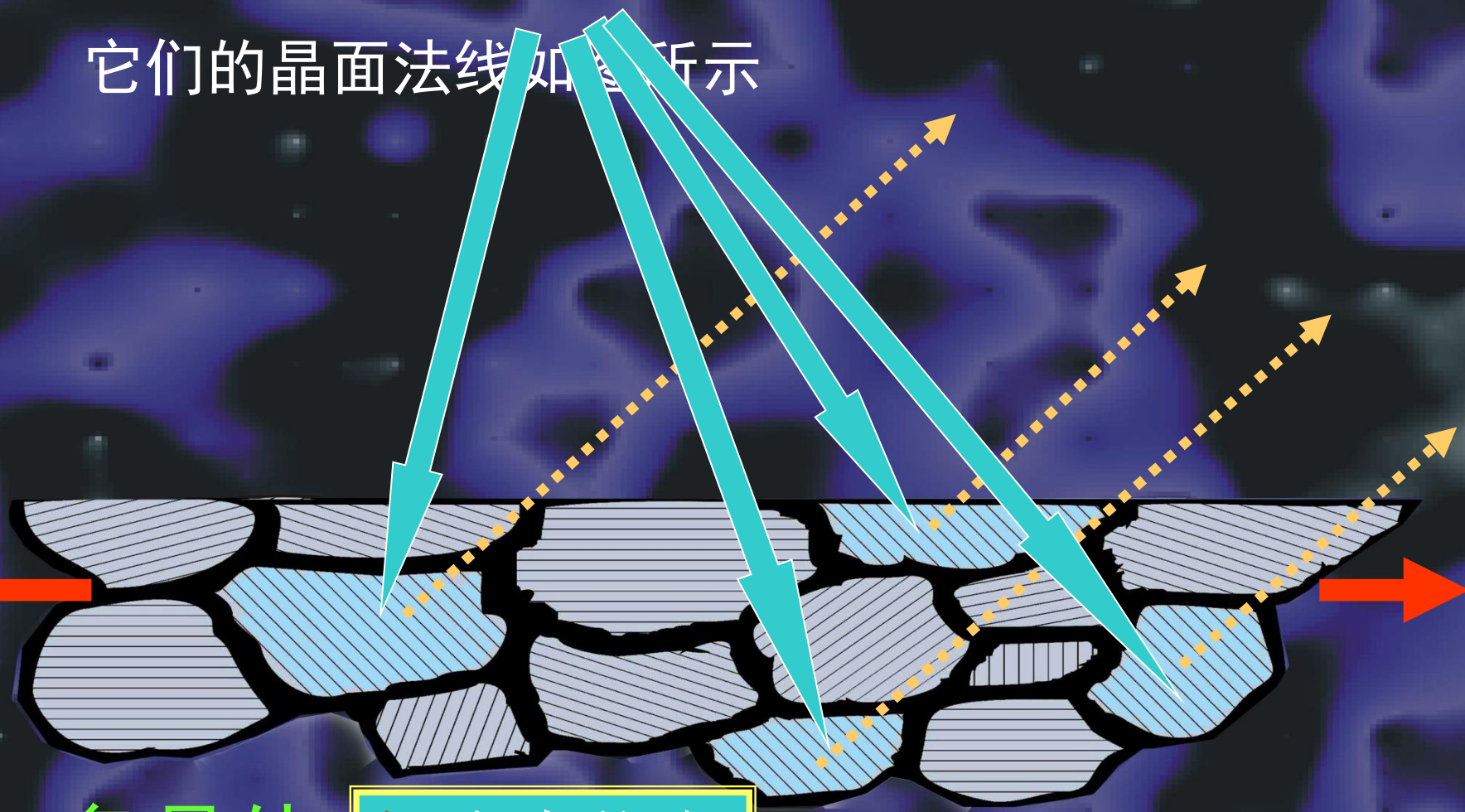
多晶体

拉应力状态



接下来，选取 (hkl) 晶面间距被拉大的晶粒
(示意图中被涂上淡蓝色)

它们的晶面法线如图所示



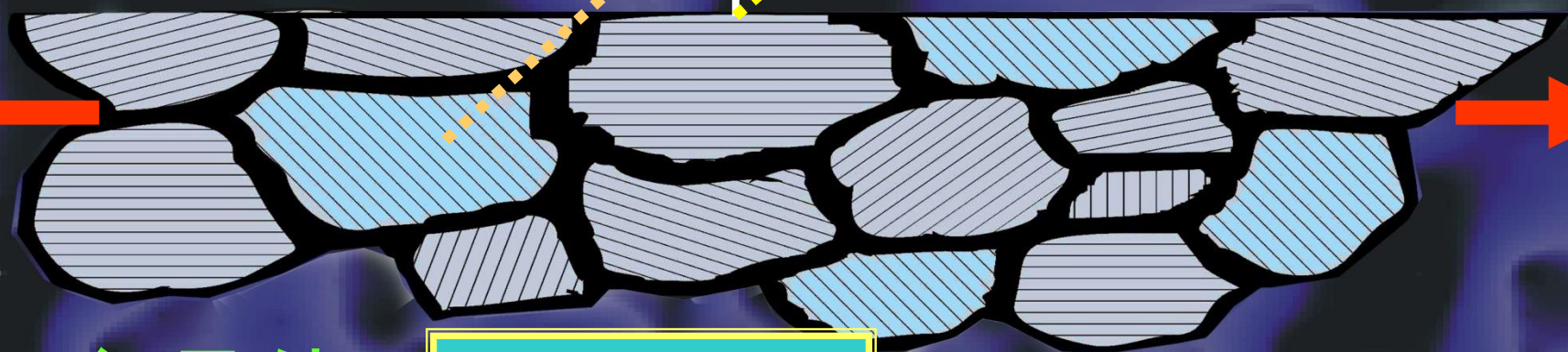
多晶体

拉应力状态

如果从宏观上确定一条晶面法线
它必然对应有许多多晶粒

试样表面法线

晶面法线



多晶体

拉应力状态

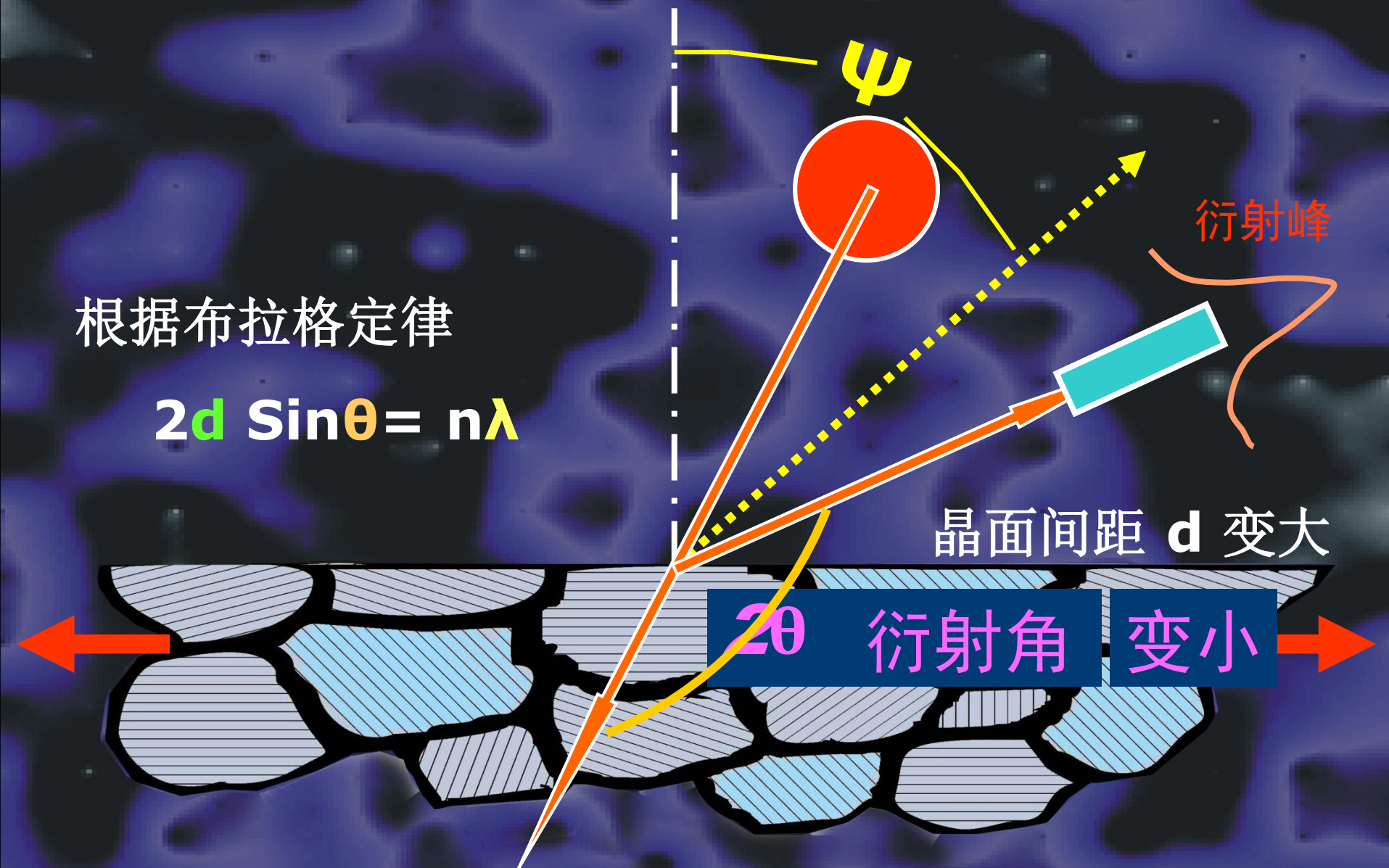
根据布拉格定律

$$2d \sin\theta = n\lambda$$

晶面间距 d 变大

2θ 衍射角 变小

衍射峰



- 在无应力状态，衍射角 2θ 不随晶面方位角 ψ 变化而变化；
- 在拉应力状态，晶面方位角 ψ 越大，晶面间距 d 也越大，依据布拉格定律，衍射角 2θ 就越小；
- 相反，在压应力状态，晶面方位角 ψ 越大，晶面间距 d 也越小，相应地，衍射角 2θ 就越大；
- 可以推想，衍射角 2θ 随晶面方位角 ψ 变化而变化的快慢程度，直接反映出应力值的大小；
- 根据布拉格定律和弹性理论，可以推导出：

$$\sigma = K \cdot \frac{\partial (2\theta)}{\partial \sin^2 \psi}$$

- 式中 K 为应力常数。

测定应力的可操作过程 就是

选定若干 ψ 角

分别测定对应的衍射角 2θ

测量原理

简明示意图

布拉格定律

$$2d \sin\theta = n\lambda$$

通过衍射得到衍射角 2θ

依据布拉格定律可以求出晶面间距 **d**

N_0

每条法线

N_0, N_1, \dots, N_4

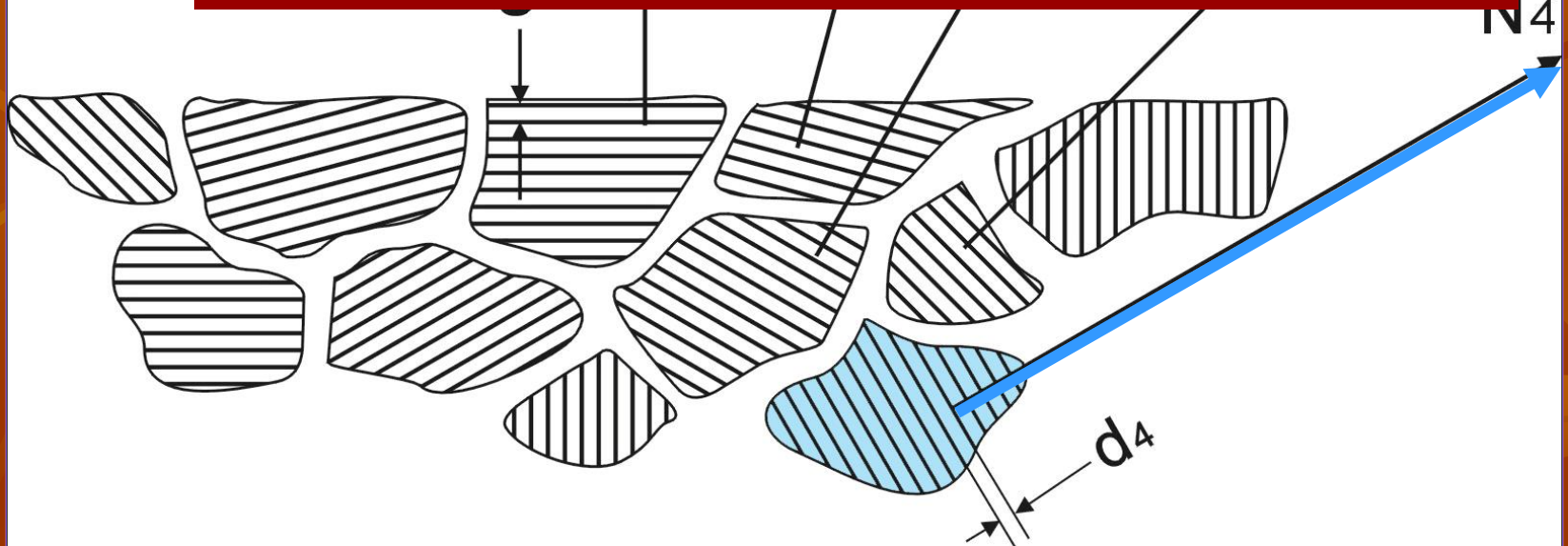
分别对应的晶面间距为 d_0, d_1, \dots, d_4

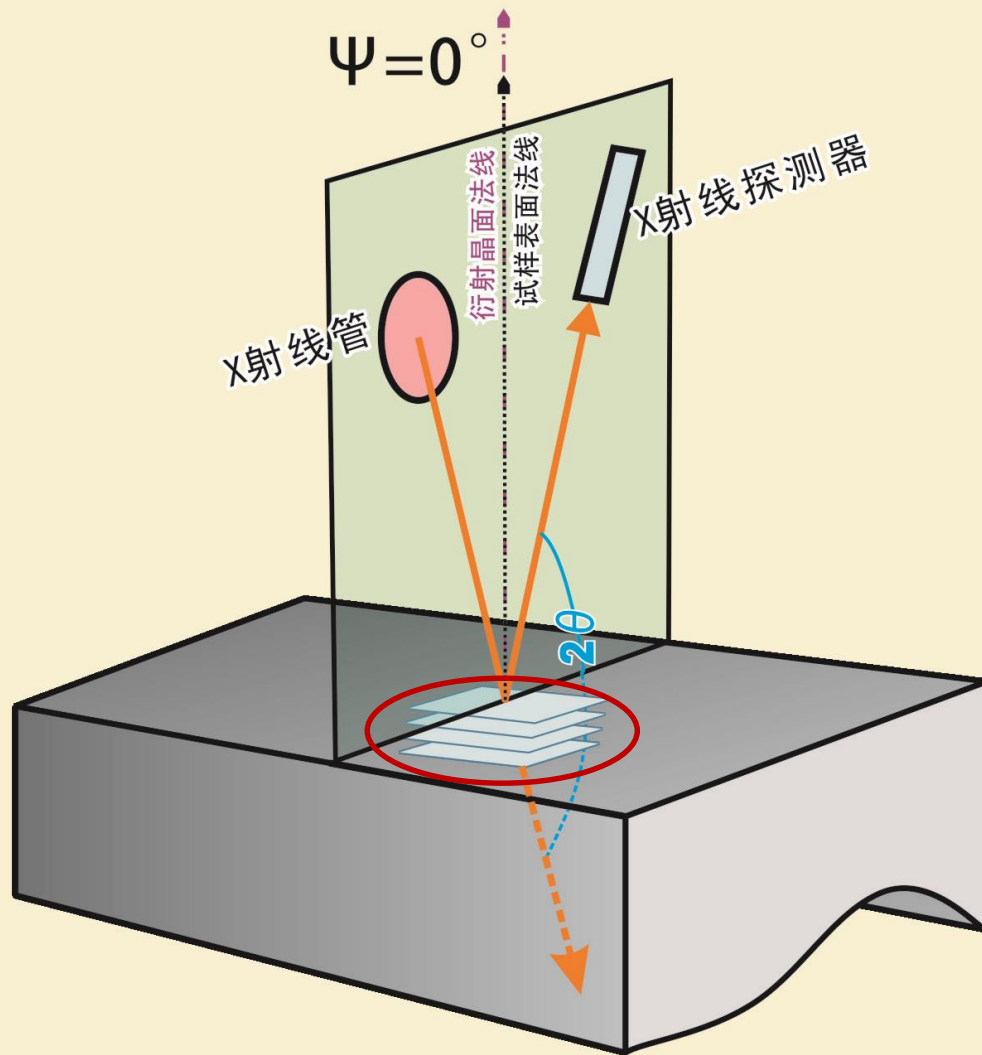
如果测得晶面间距从 d_0 到 d_4 大体相等

· 如未测得晶面间距从 d_0 到 d_4 依次减小

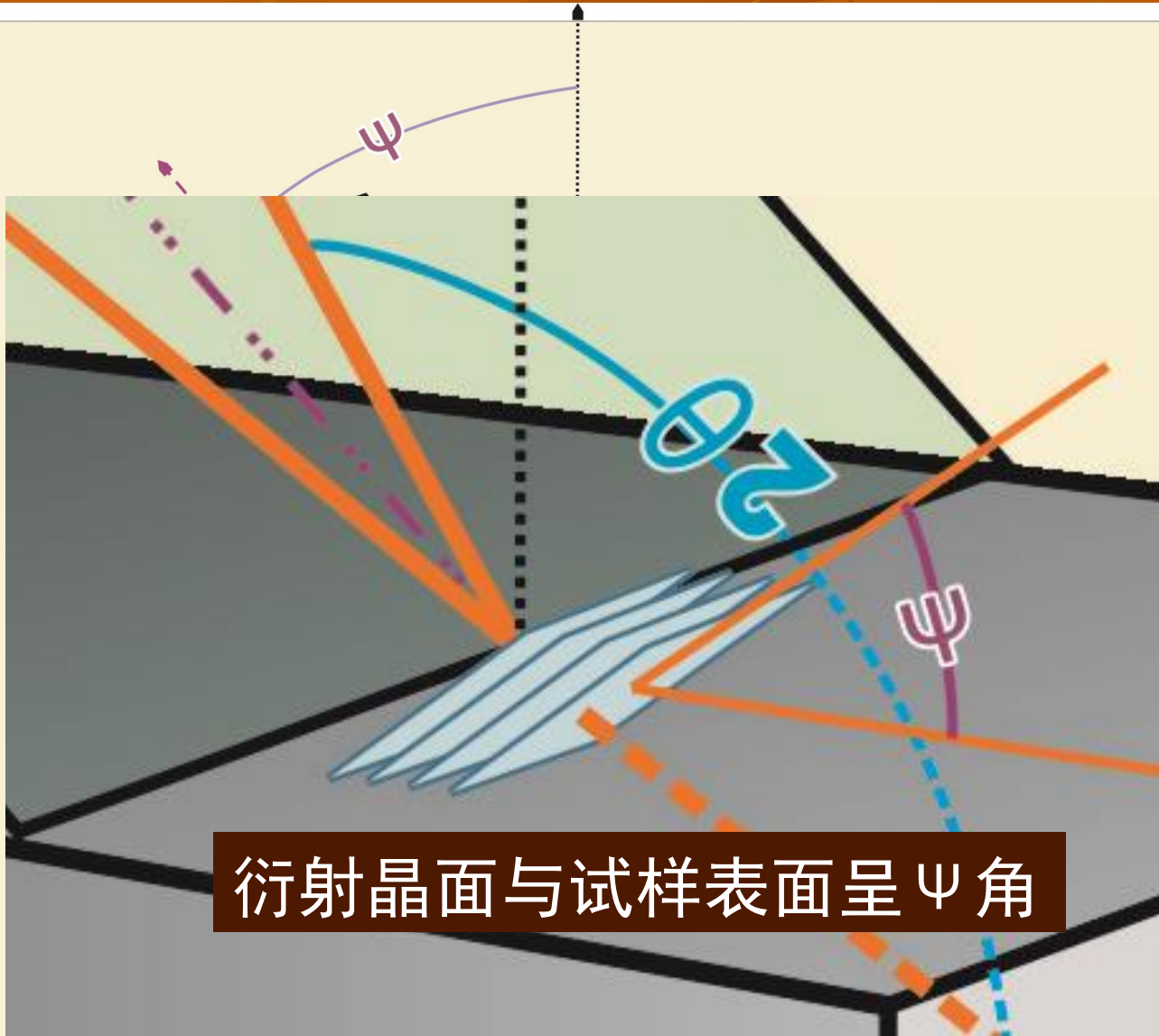
可以推断材料中基本无应力;

可以推断材料中存在压应力;





衍射晶面平行于试样表面



衍射晶面与试样表面呈 ψ 角

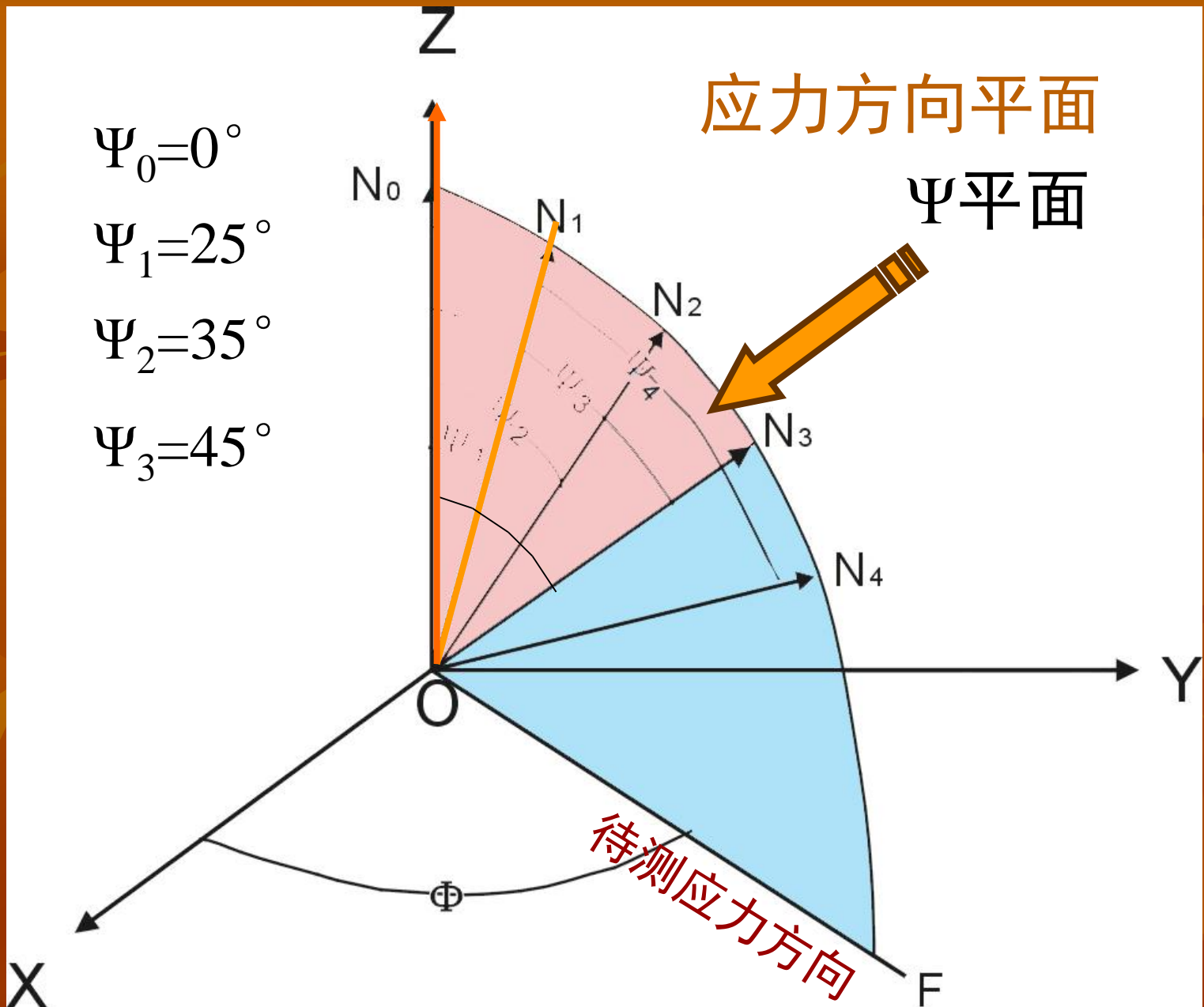
角

测定应力的可操作过程 就是

选定若干 ψ 角

分别测定对应的衍射角 2θ

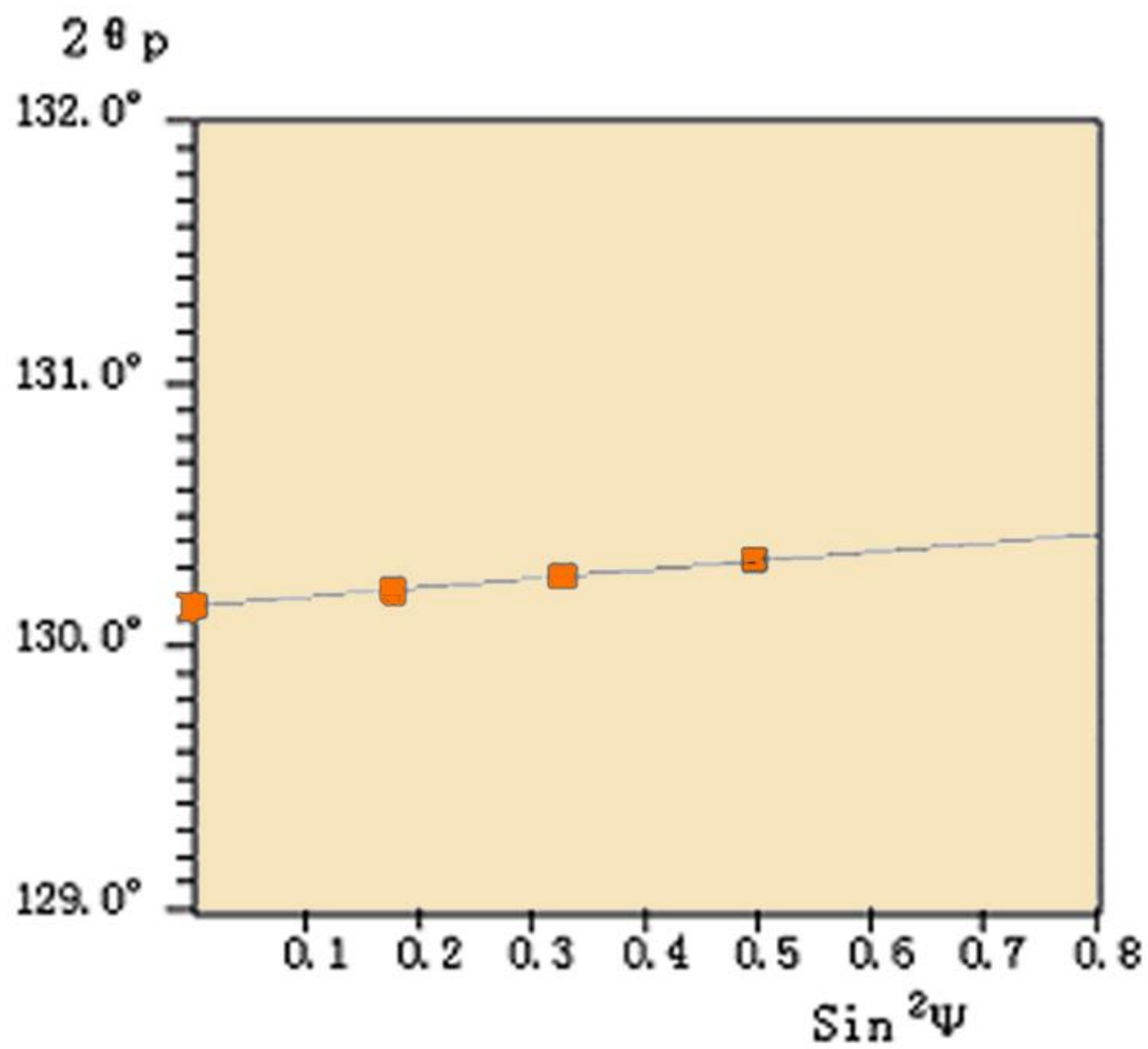
亦即分别测定对应的晶面间距 d



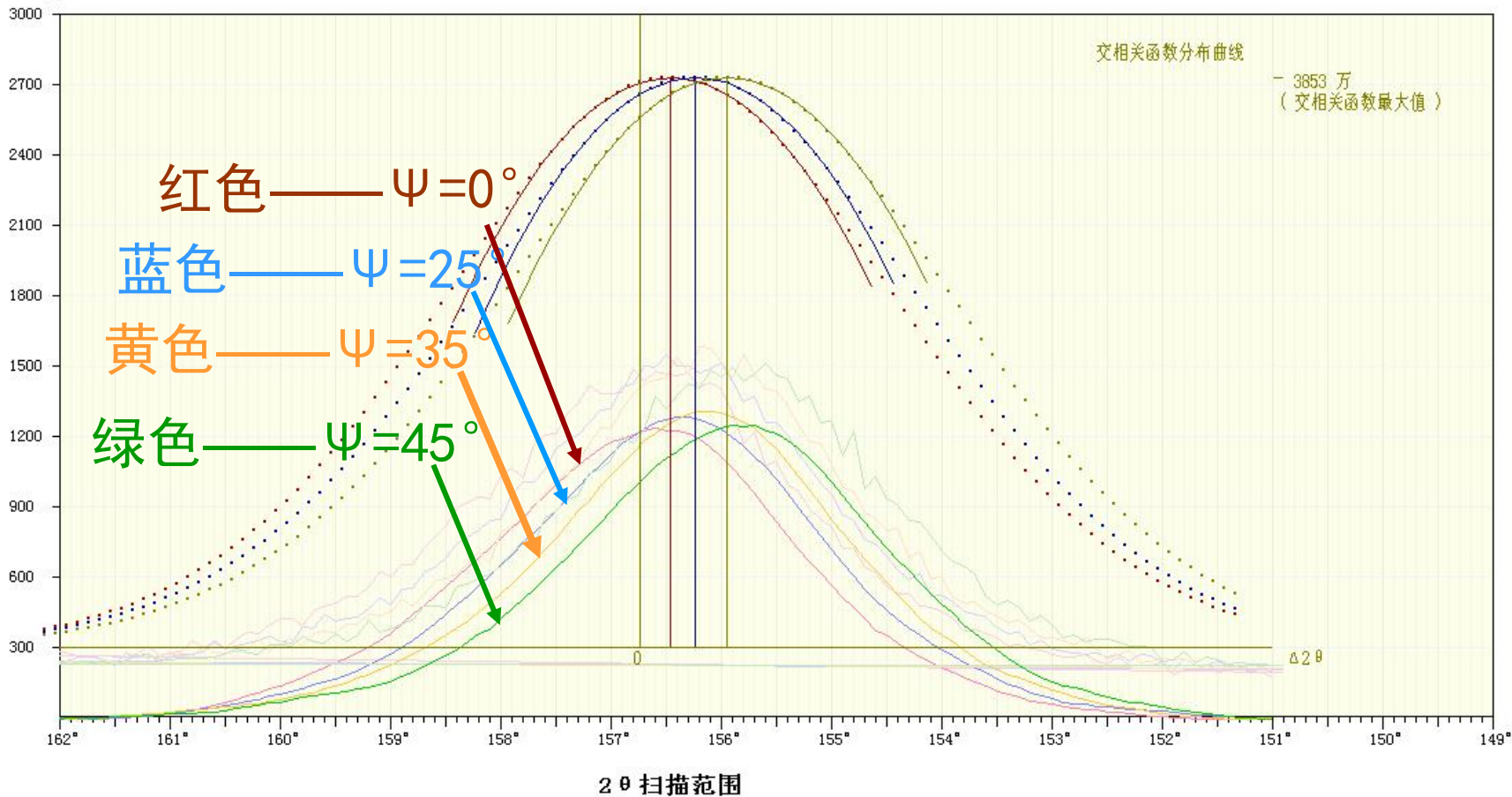
$$\sigma = K \cdot M$$

$$M = \frac{\partial 2\theta}{\partial \sin^2 \Psi}$$

$$K = \frac{E}{2(1 + \mu)} \cot \theta_0 \frac{\pi}{180}$$



计数



$2\theta_p$

158.0°

157.0°

156.0°

155.0°

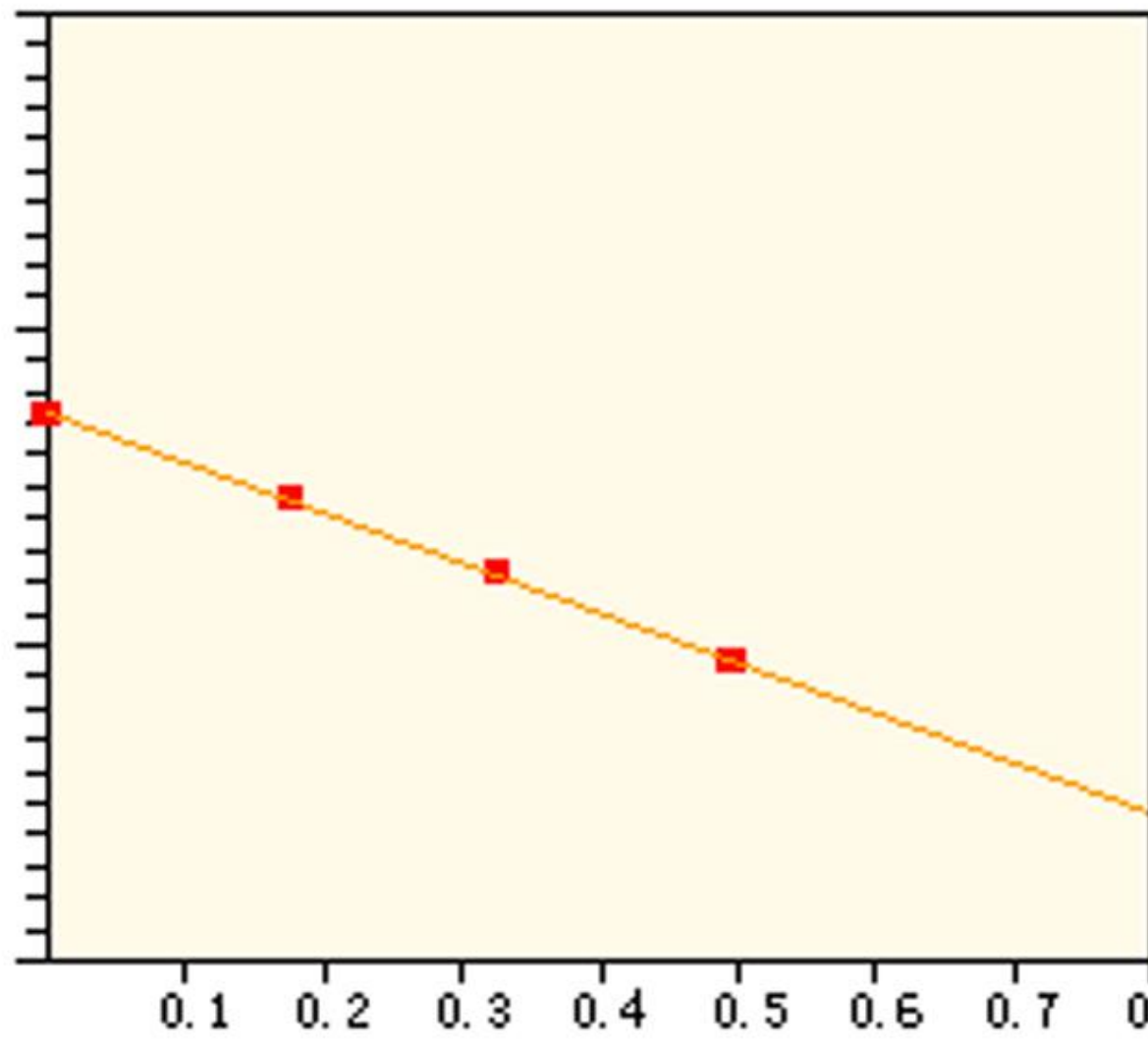
峰

半

积

积

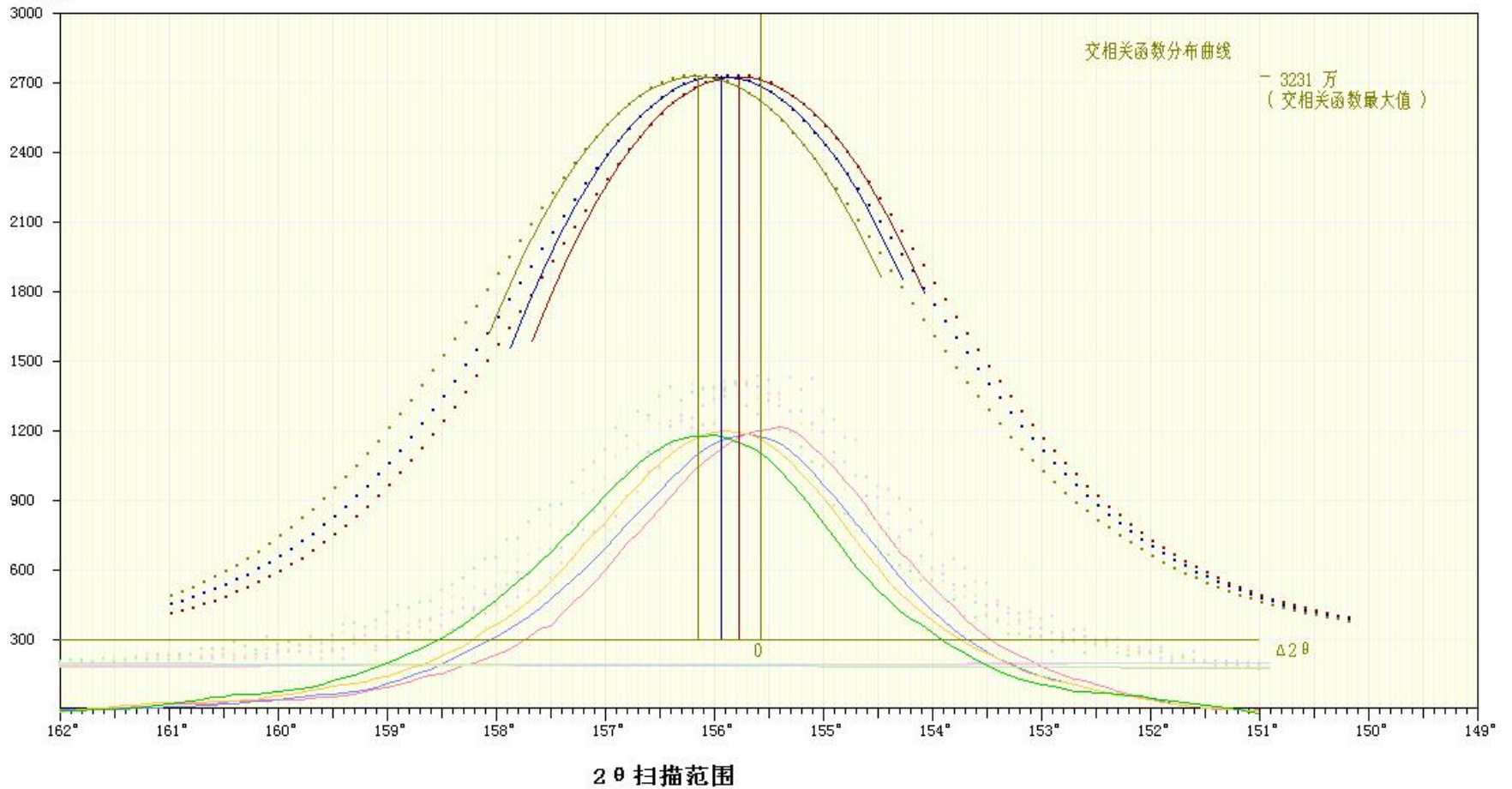
应



$\text{Sin}^2 \Psi$

0

计数



应力值 σ

-369 MPa

误差 $\Delta \sigma$

±

6 MPa

0.1

0.2

0.3

0.4

0.5

0.6

0.7

0.8

$\text{Sin}^2 \Psi$