



同倾法 与 侧倾法

X 射线应力测定方法简介
之 一



X射线应力测定

基本衍射几何关系

按照常规法 —— 同倾固定 ψ_0 法

试样表面法线

入射角 ψ_0

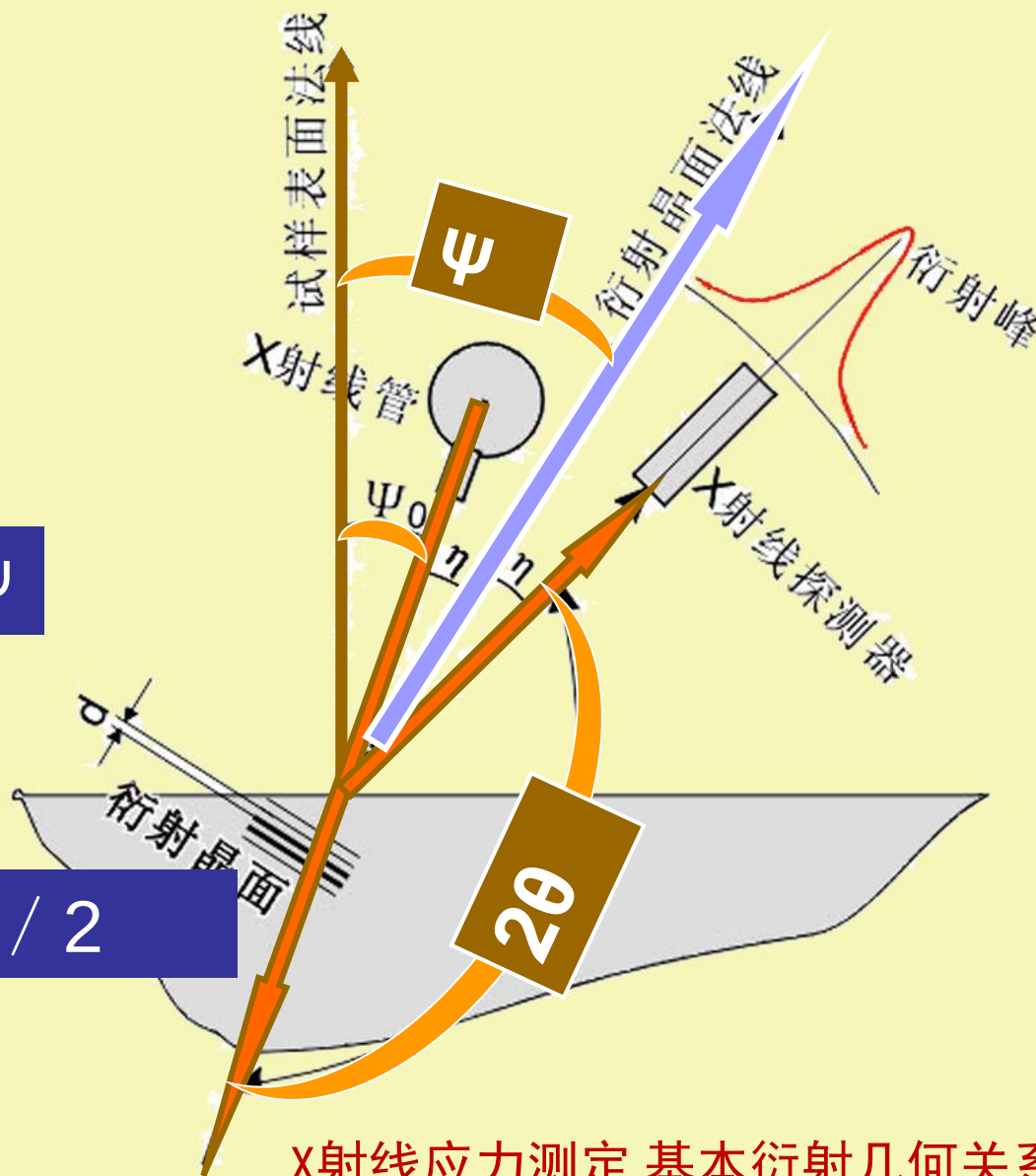
衍射角 2θ

衍射晶面法线

衍射晶面方位角 ψ

$$\psi = \psi_0 + \eta$$

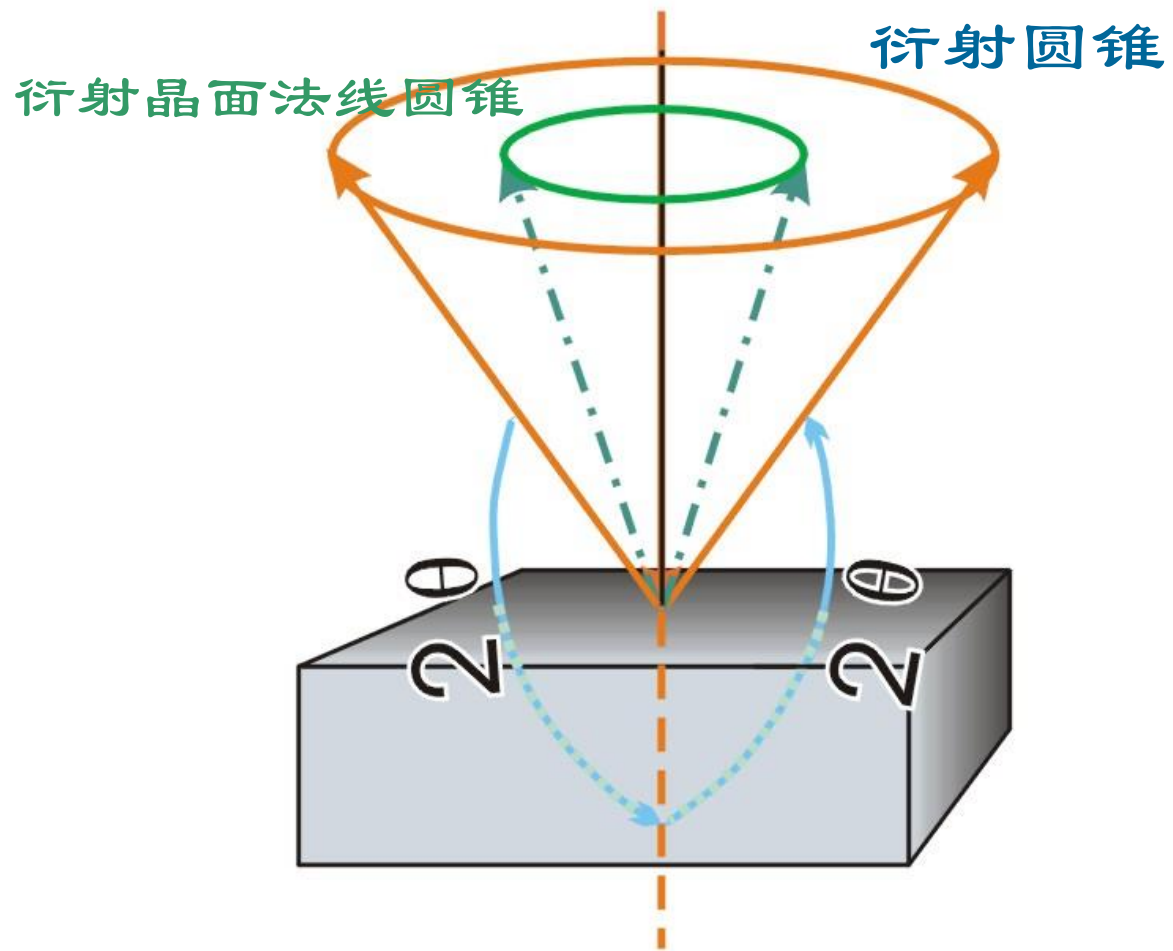
$$\eta = (180^\circ - 2\theta) / 2$$



X射线应力测定 基本衍射几何关系

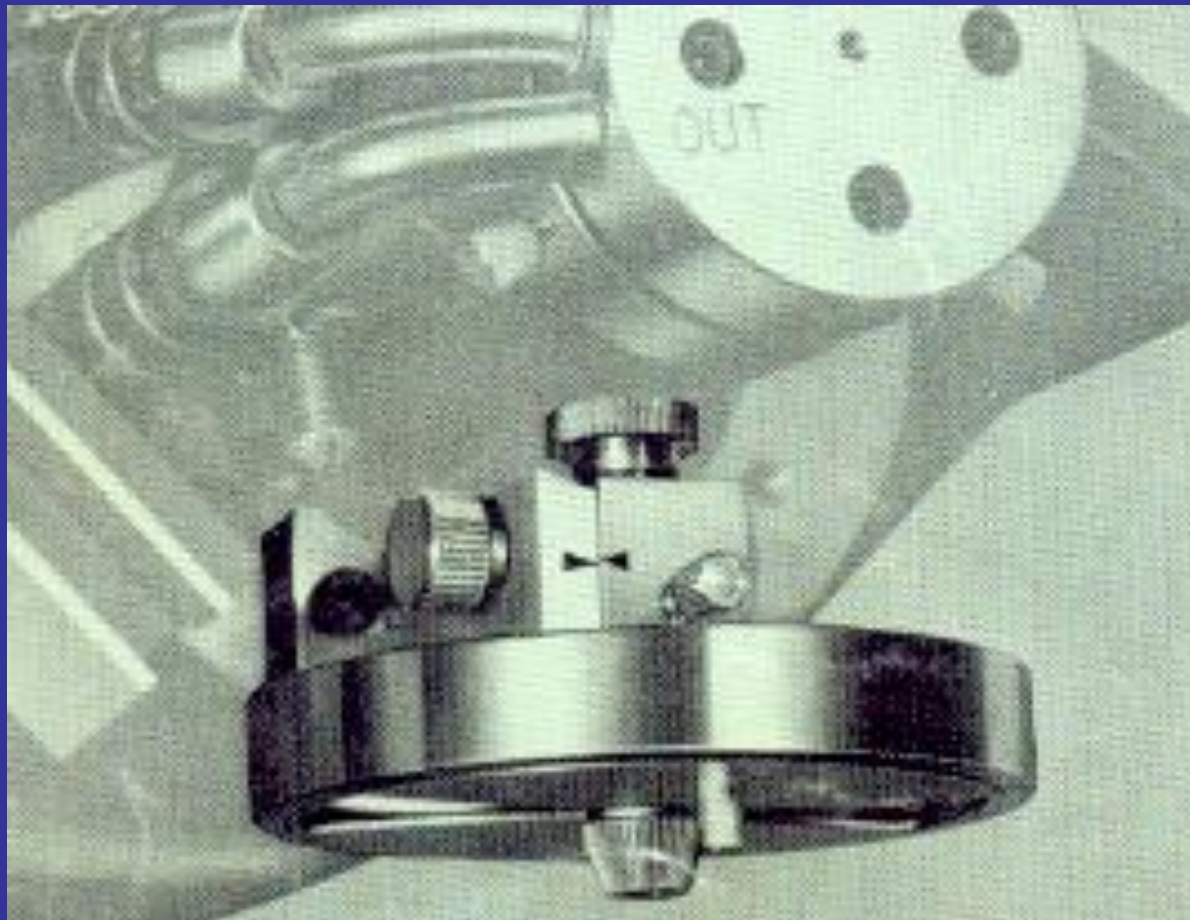


多晶体的衍射



德拜环相机

置于X射线管窗口之下



横截衍射圆锥曝光 得到德拜环

德拜环

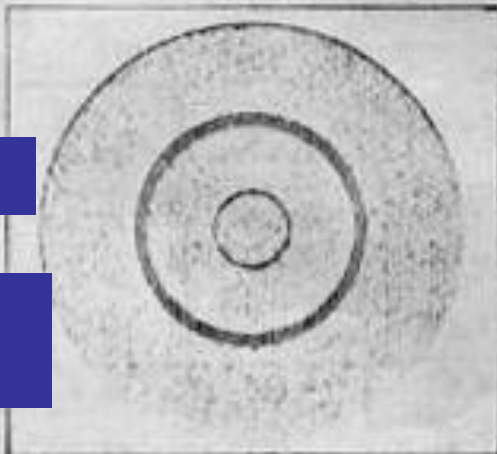
X-ray conditions
Measuring instrument: "Strainflex" Slit: 1 ϕ collimator
Target: CrK α V filter Specimen-to-film distance: 40mm
Diffraction plane: (221) Film: Non-screen type
Tube voltage & current: 25kV, 6mA Exposure time: 5 min.

调质钢

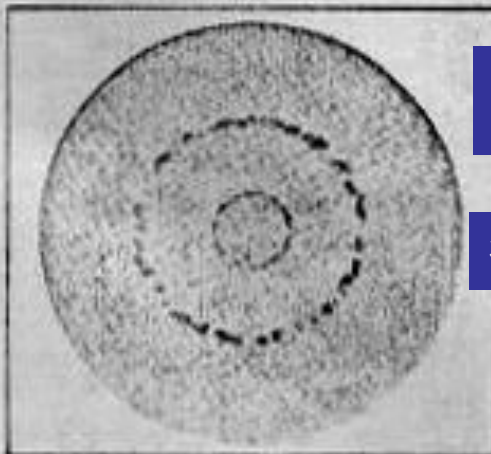
淬火+500℃回火

德拜环均匀连续，
线条不宽

(a) Example of fine crystal grains
(S40C 850°C oil quenching
500°C tempering)



(b) Example of coarse crystal grains (10 μ)
(S45C Normalizing)



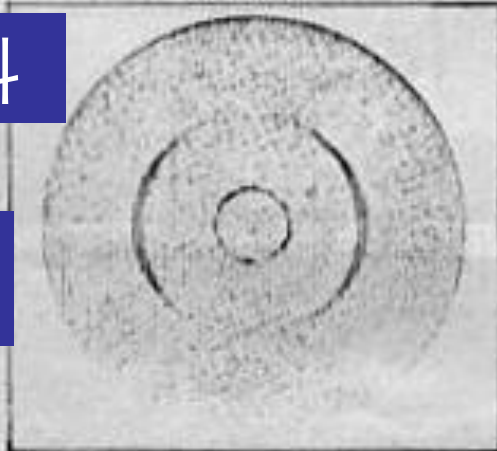
粗晶材料

德拜环由斑点组成

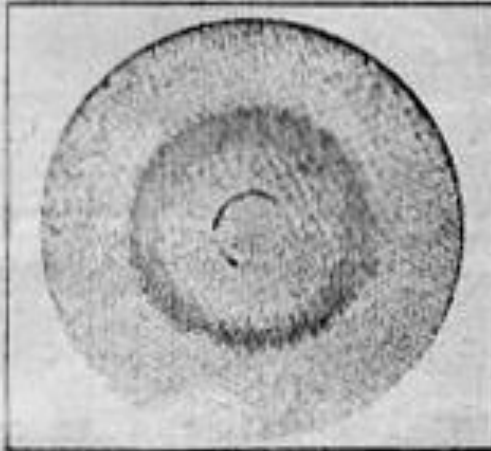
织构材料

德拜环不连续，
呈方向性分布

(c) Example of crystal grains having preferred
orientation
(S534CP10.41 Cold Rolling)



(d) Example of very fine crystal grains
(SLS 850°C Water quenching)



淬火钢

淬火 (850℃水冷)

德拜环显著加宽

这种方法叫做

无倾角侧倾法

ψ 平面

入射光

2θ 扫描平面

衍射晶面法线

注意：此时衍射晶面法线并不在垂直于试样表面的平面里！

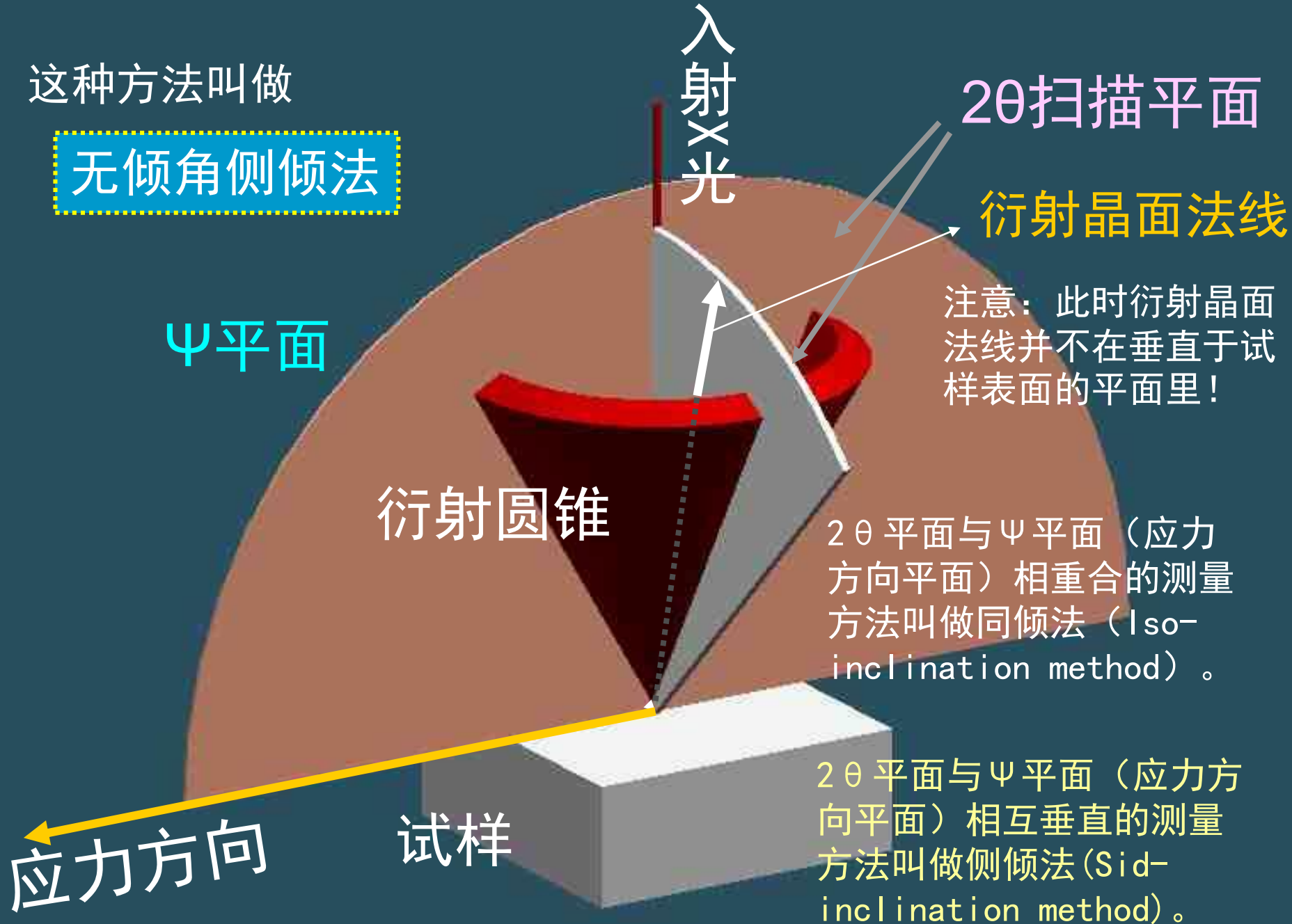
衍射圆锥

2θ 平面与 ψ 平面（应力方向平面）相重合的测量方法叫做同倾法（Iso-inclination method）。

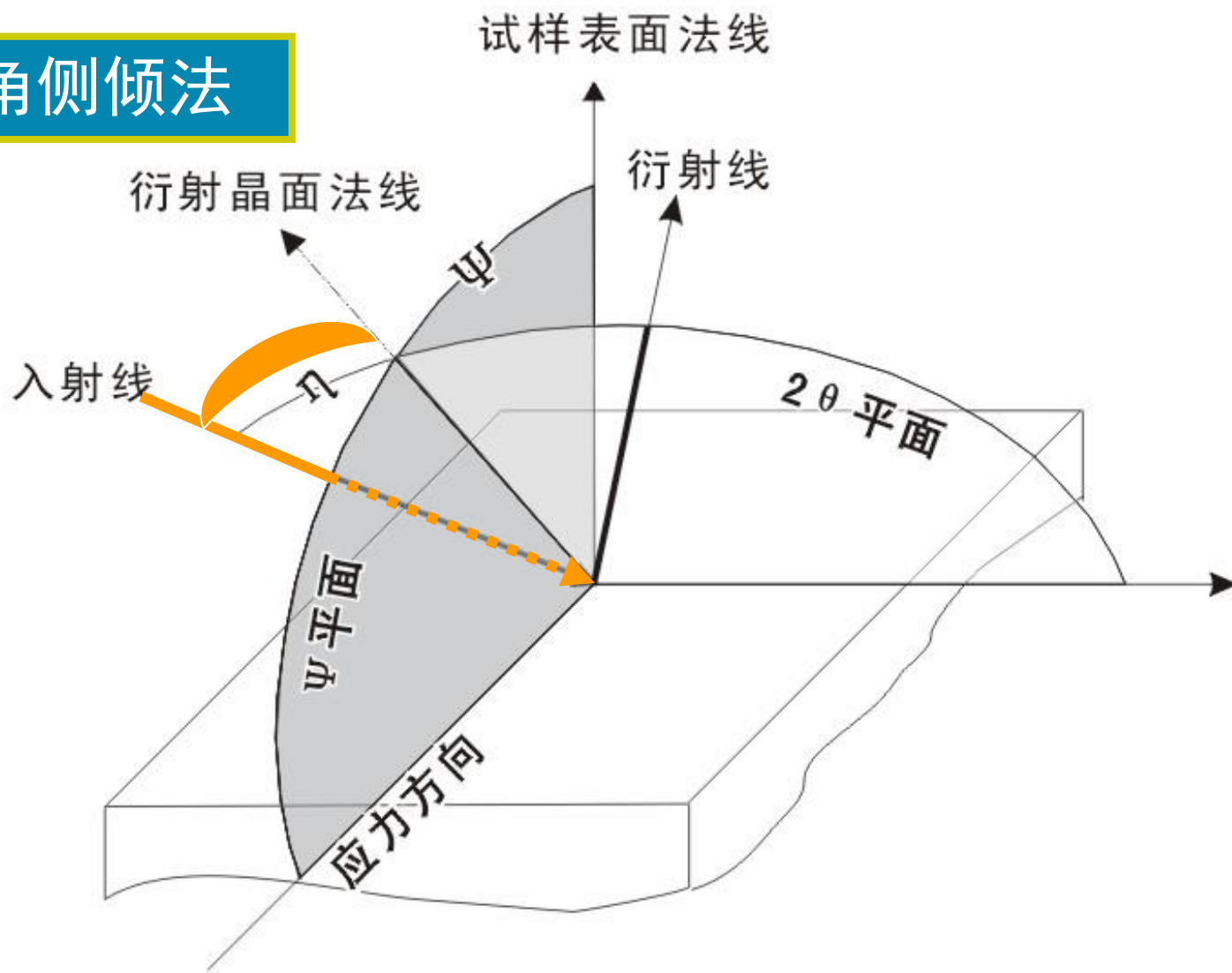
2θ 平面与 ψ 平面（应力方向平面）相互垂直的测量方法叫做侧倾法（Side-inclination method）。

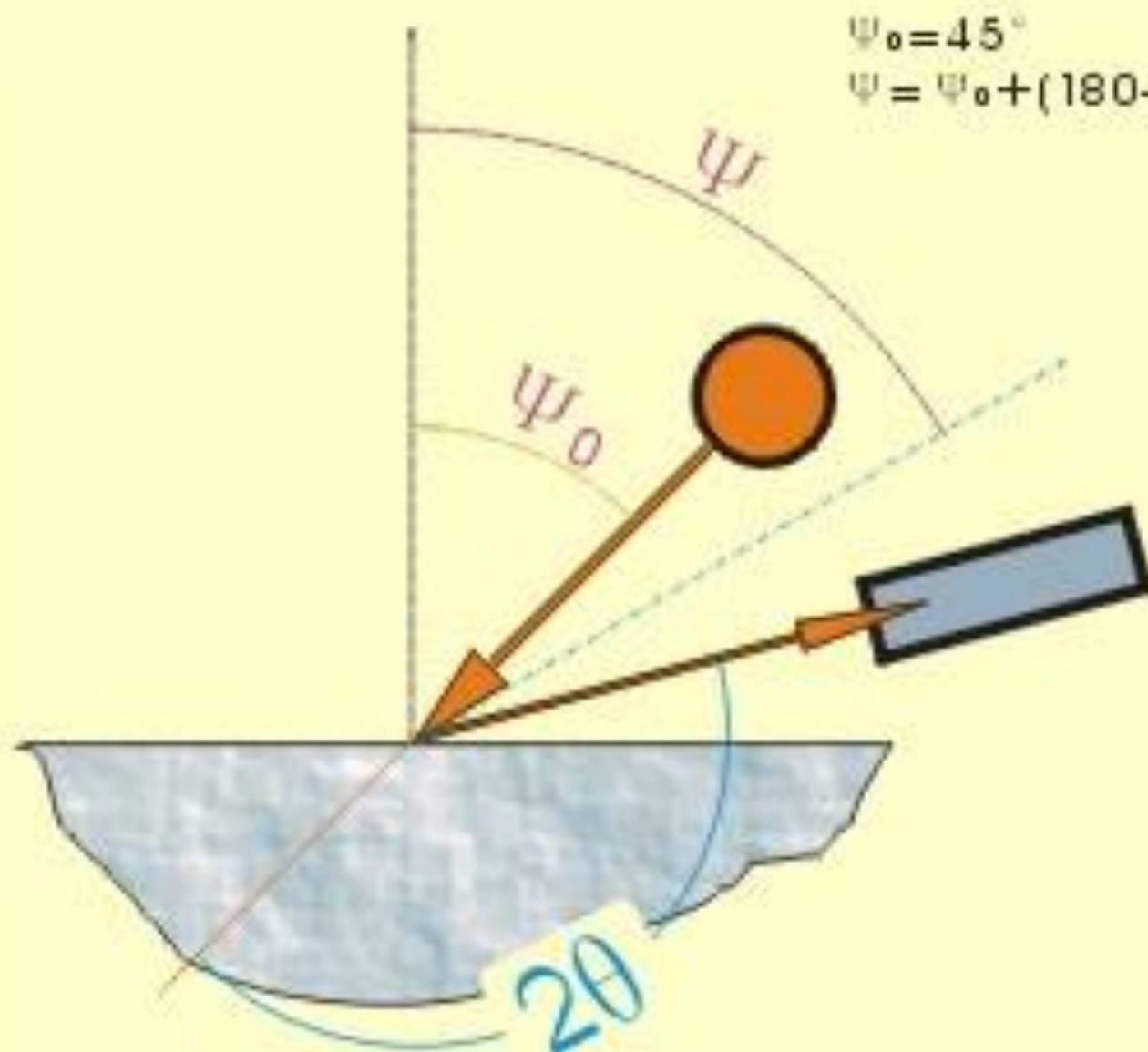
应力方向

试样



有倾角侧倾法





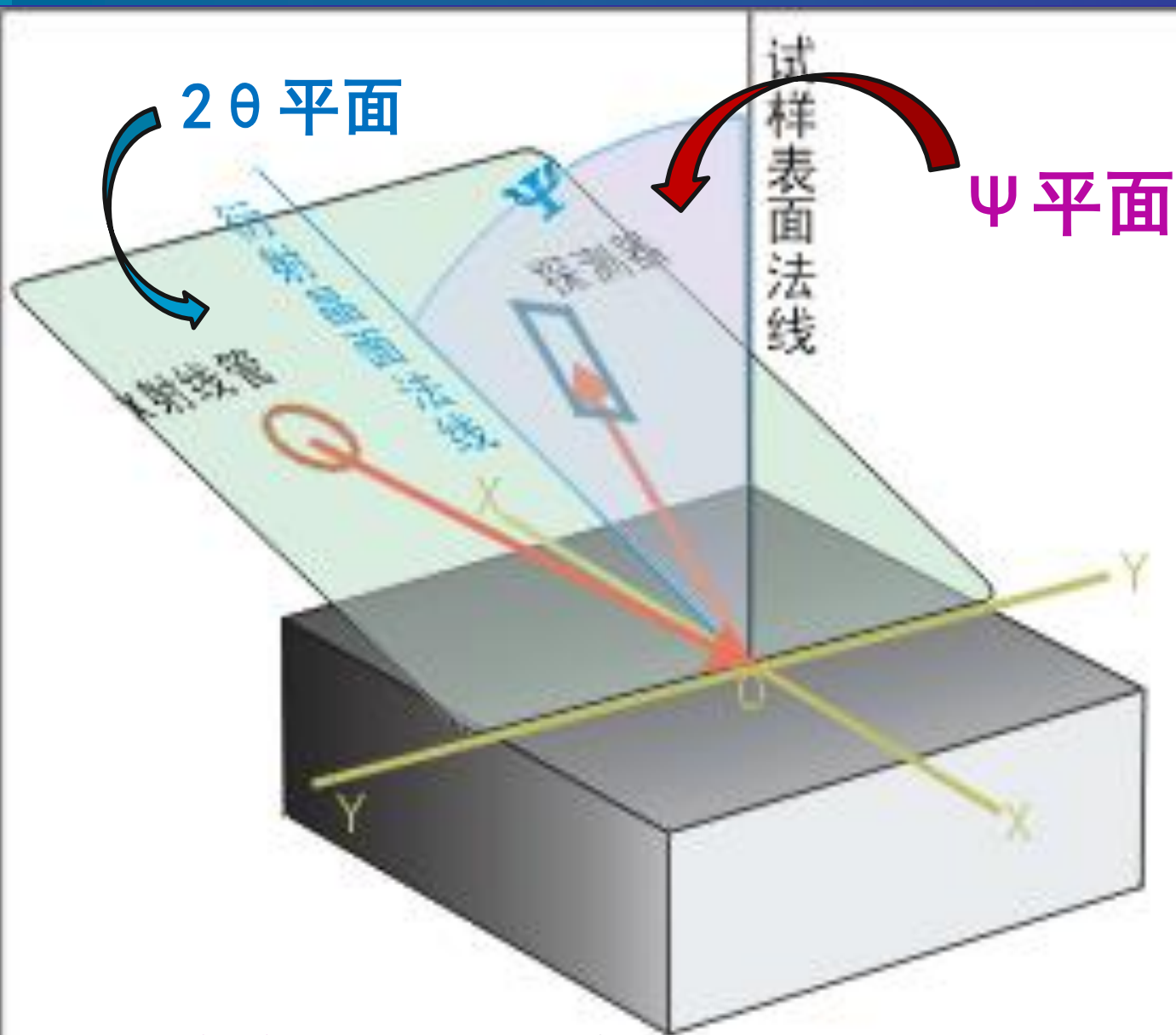
$$\psi_0 = 45^\circ$$

$$\psi = \psi_0 + (180 - 2\theta)/2$$

同倾测角仪

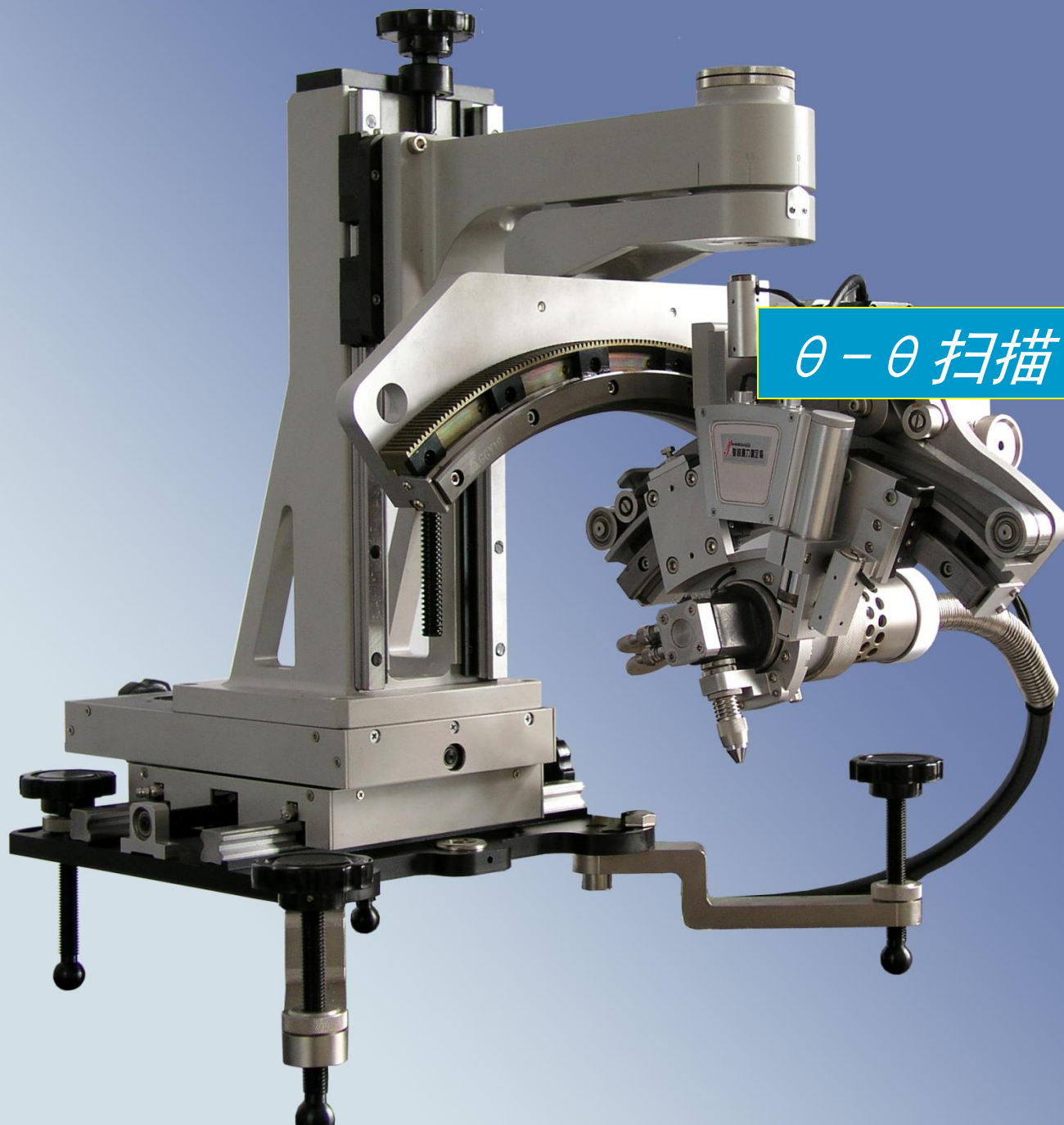
(非对称结构)

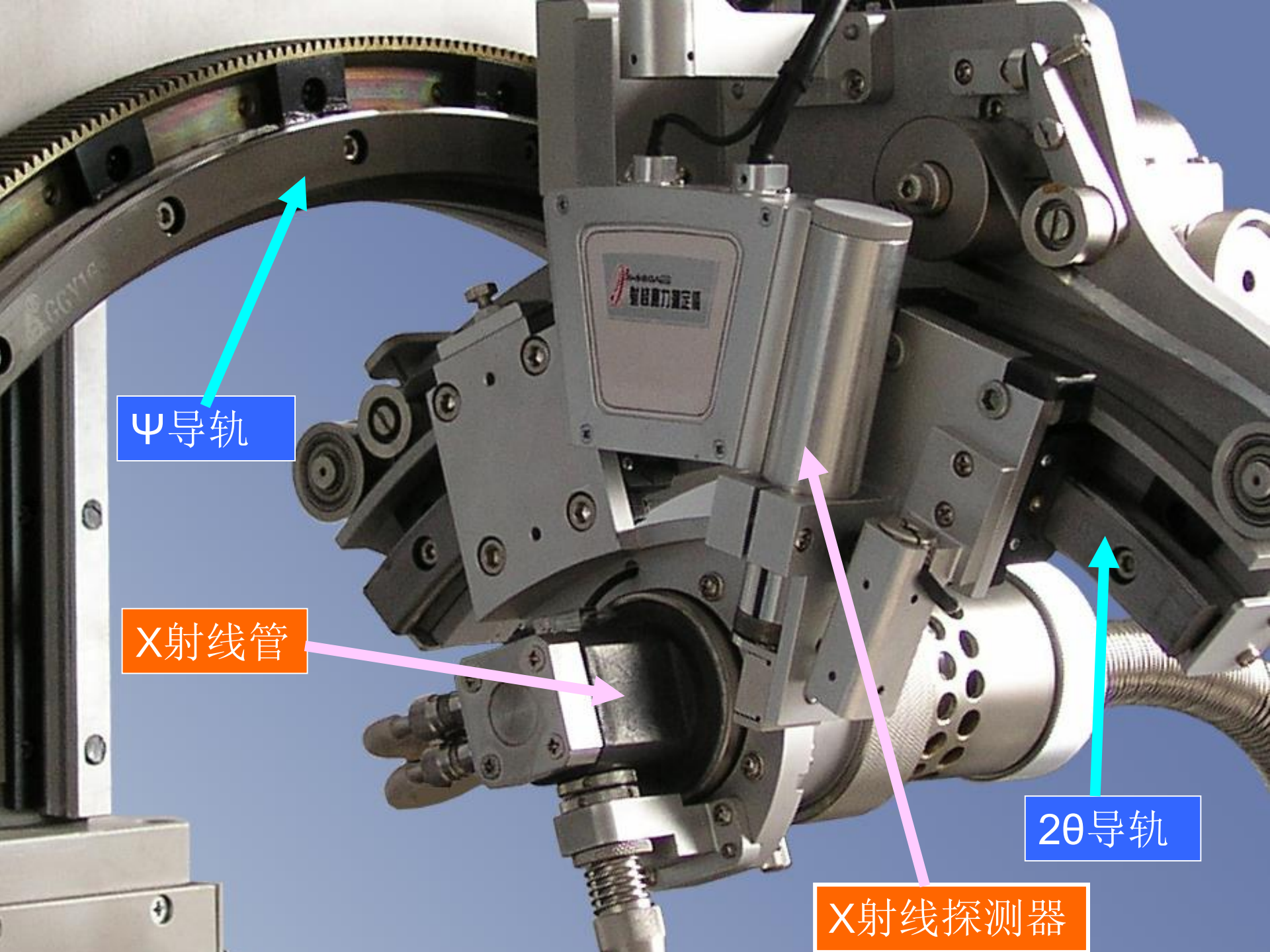




ψ 平面 $\perp$ 2θ 平面

$\theta - \theta$ 扫描 ψ 测角仪





Ψ导轨

X射线管

X射线探测器

2θ导轨

侧倾法与同倾法相比具有一定的优越性。

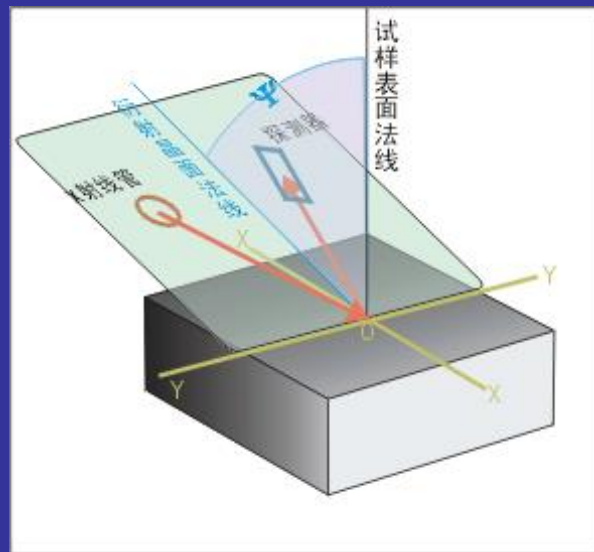
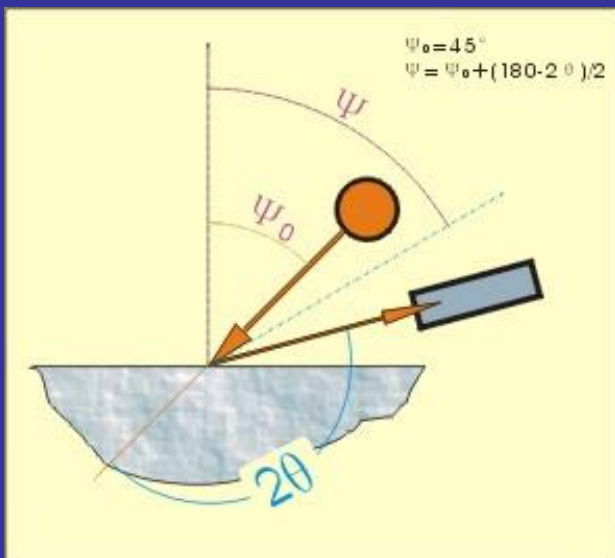
首先在几何空间分配上

在侧倾法的几何条件下， 2θ 平面垂直于 Ψ 平面，二者不会发生空间矛盾。一般测定应力应当尽量使用较高的衍射角；但是在某些情况下也可能不得不使用稍低的衍射角。侧倾法就适应这种情况。而同倾法就不能容忍较低衍射角。

例如

CuK α —钛合金 (311)	—141°
CrK α —金刚石 (220)	—130°
CrK α —硬质合金WC (111)	—124°

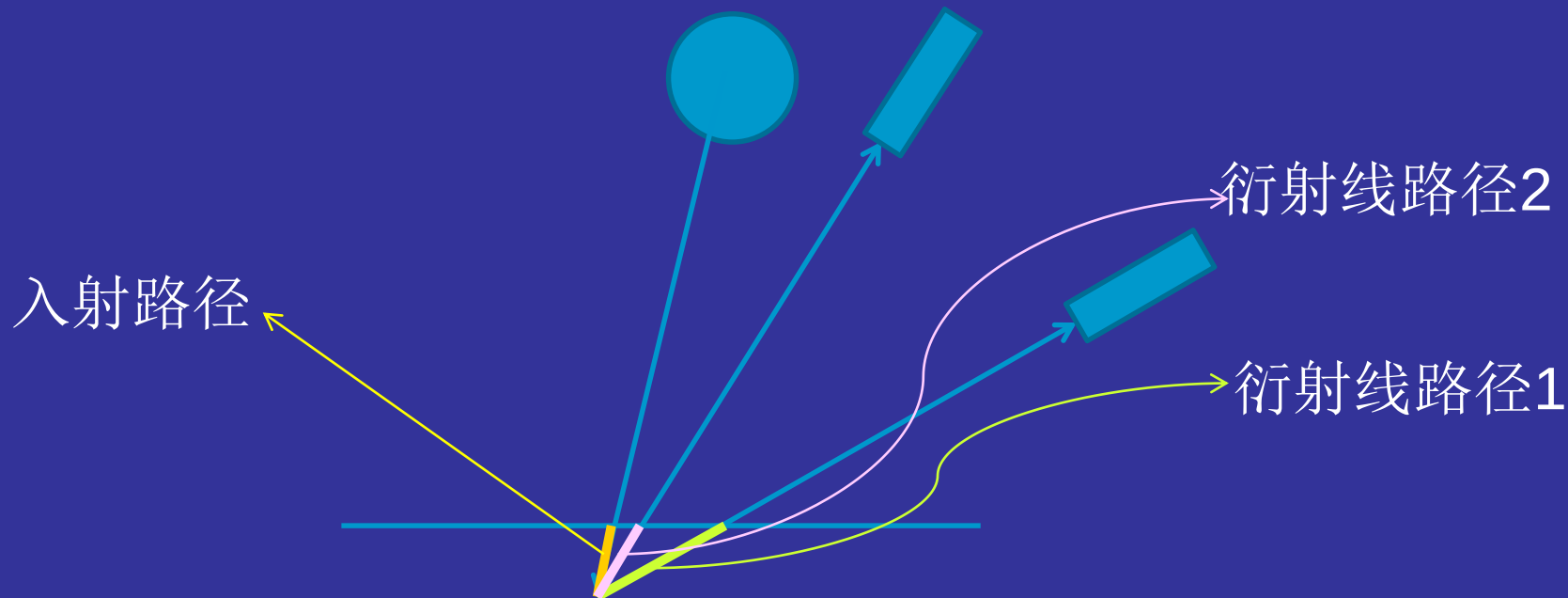
均能保证足够的 Ψ 角，可以达到足够的测试精度。



其次在吸收因子的作用方面，

衍射线路径1 > 衍射线路径2 所以衍射峰的背底是倾斜的。

尽管可以进行吸收校正，但是对于峰背比较差的衍射峰，加上倾斜的背底，往往会降低定峰精度



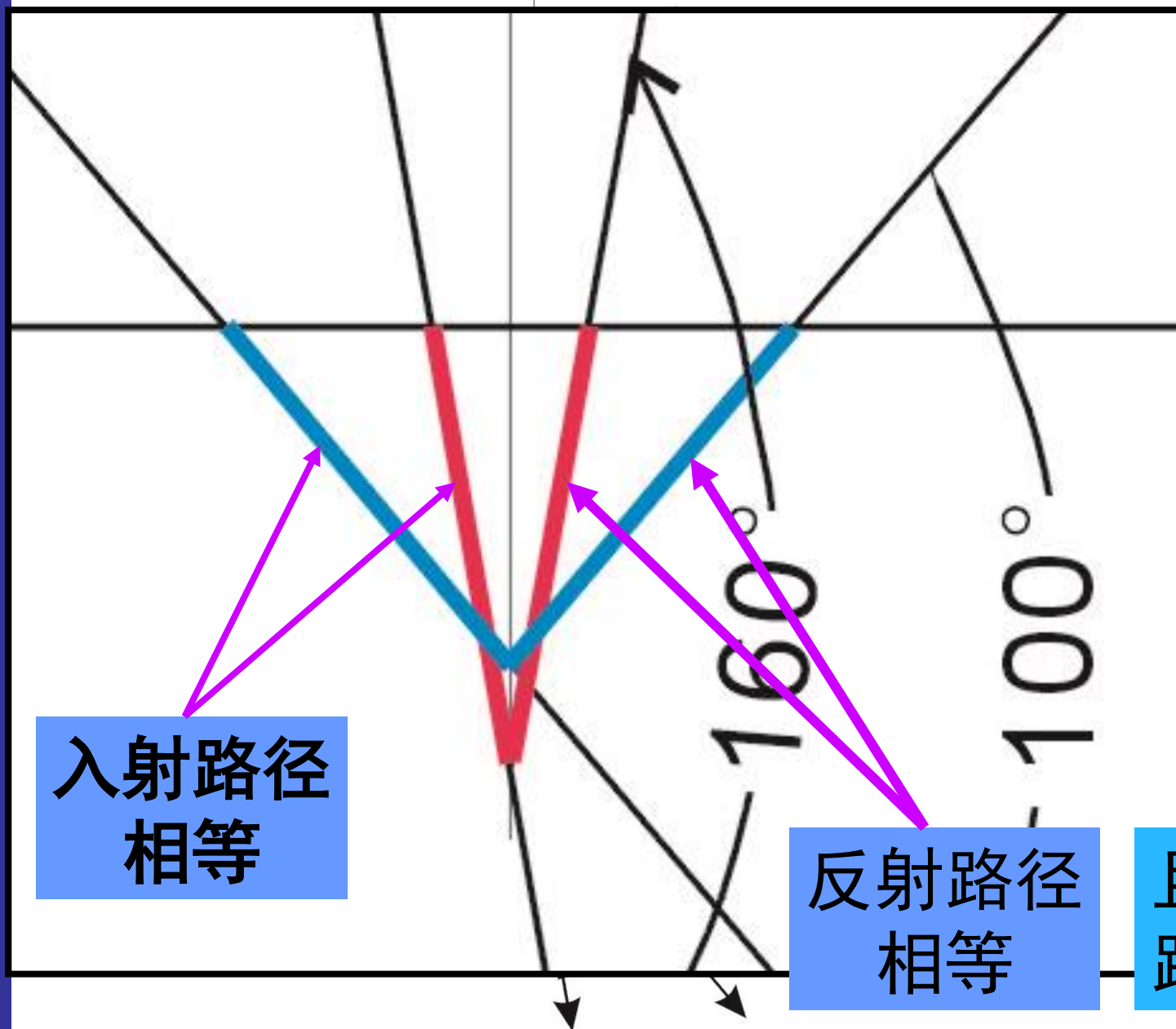
常规法（同倾固定 ψ_0 法）的衍射线吸收路径 示意图



在侧倾法中，吸收因子的影响较小。

特别是侧倾固定 Ψ 法，吸收因子恒等于 **1** 。

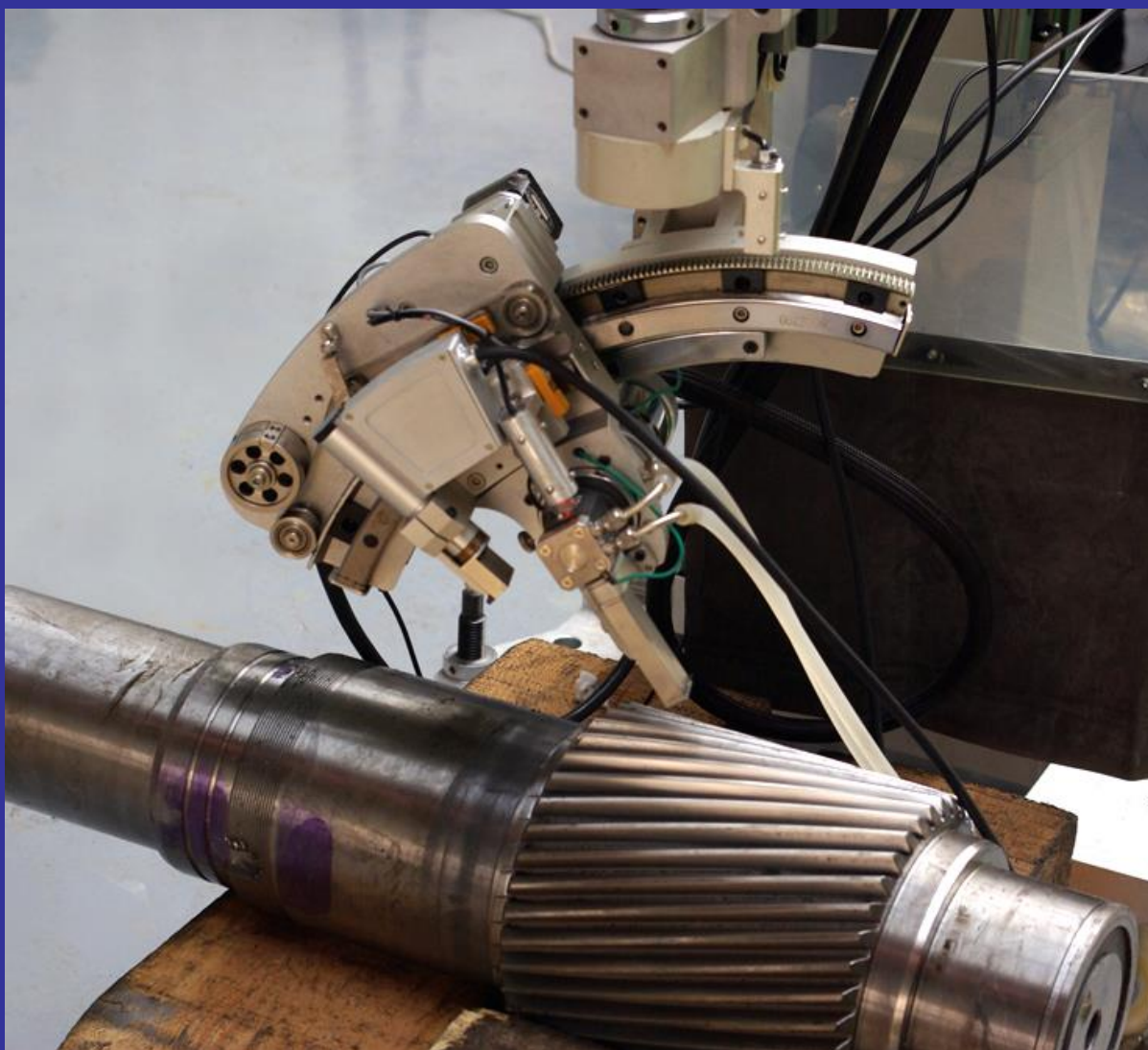
请看示意图：



同倾法，特别是非对称结构的同倾测角仪尚有其独特的应用场合。



测定直角焊缝 及其热影响区应力



测定齿根部位，齿槽方向应力

测定大齿轮齿面部位，齿槽方向应力

