

关于边坡、基坑、地下开挖及抗浮结构锚固工程 若干重要问题的思考与对策

程良奎

目录

- 1、提高土层和软岩中锚杆承载力的主要途径
- 2、锚杆初始预应力变化的主要影响因素及控制方法
- 3、锚杆自由段要否保持永久自由
- 4、锚杆的防腐保护
- 5、边坡主要破坏模式与锚杆的设置
- 6、地下开挖工程主要破坏模式与锚杆的设置
- 7、土中垂直荷载或倾斜荷载及要求的锚固力
- 8、抗浮与挡水结构中锚杆与结构物的连接处理
- 9、基坑阳角处的锚杆设置方位
- 10、群锚效应及控制方法
- 11、控制深孔钻进偏斜的主要措施
- 12、加强岩土锚固工程的长期监测与维护管理

1、提高土层和软土中锚杆承载力的主要途径

- 发展荷载分散型锚固体体系

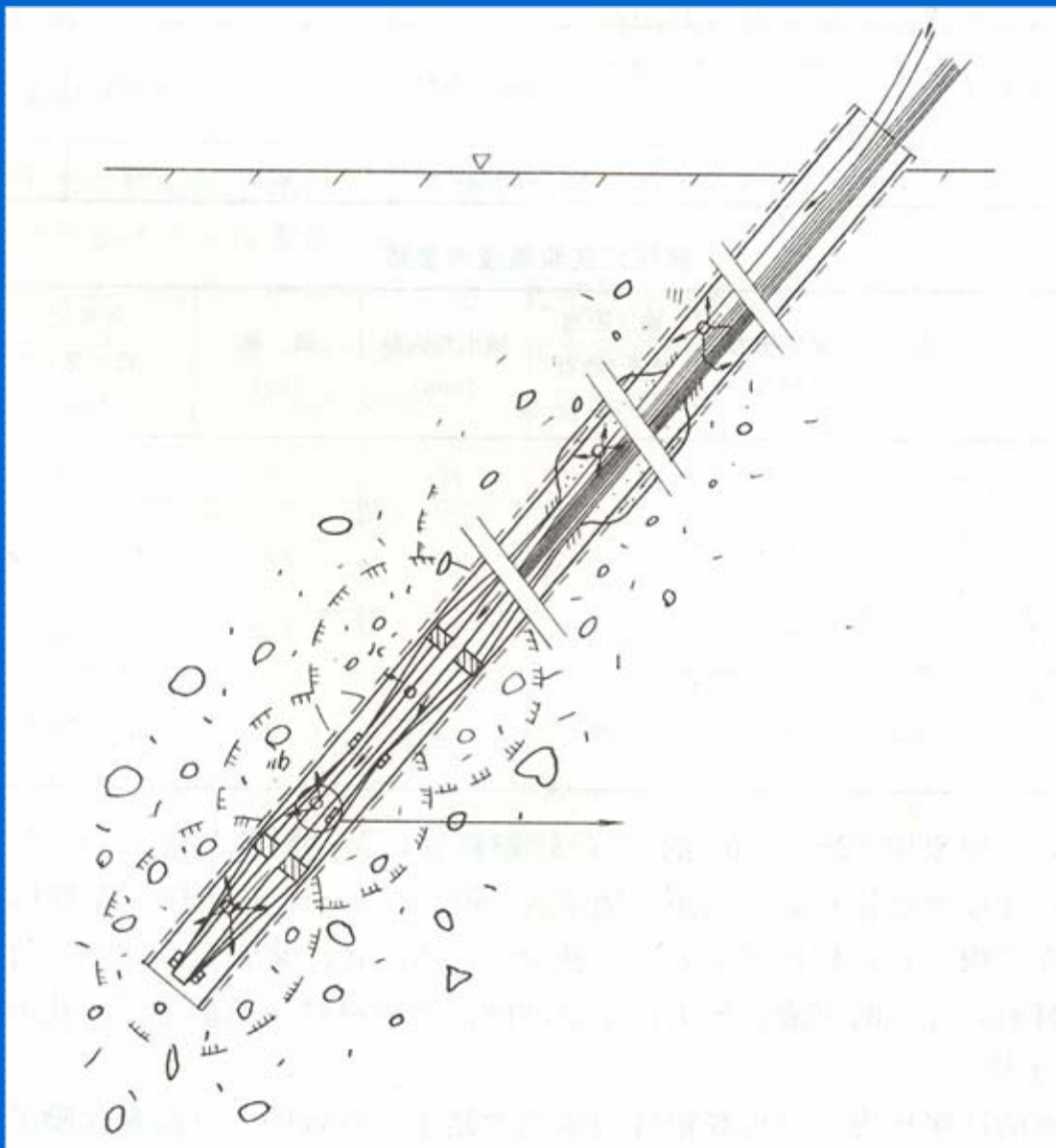
采用单孔复合锚固（即多个单元锚杆组合而成的锚固体体系），使锚固段的剪应力得以均匀分布，大幅度地提高地层抗剪强度的利用率，这样，从理论上说，随着固定长度的增加，锚杆承载力可成比例地提高。

●采用重复高压灌浆处理技术

其基本原理：

通过改善锚固体系周围土体的抗剪强度 τ ，达到提高灌浆体与地层间的粘结摩阻强度。

目前使用规范的重复高压灌浆技术，最高压力为**3.0~3.5MPa**，可使锚杆承载力提高**80%~120%**。



可重复高压灌浆锚杆构造及水泥浆液扩散图

重复高压灌浆型锚固技术的优越性

- 抗拔力提高 60~120%
- 蠕变量减小 $1/2 \sim 2/3$;
- 节约造价 $1/3$ 左右。



一次常压灌浆体与二次
高压灌浆体的比较

- 增大锚固体直径或采用扩体锚杆

- 预加固地层后再安设锚杆

如旋喷桩加固土层后安设锚杆

2、锚杆初始预应力变化的主要影响因素与控制方法

2.1 主要影响因素

- 地层蠕变

发生于应力集中区，即靠近自由段的锚固段区域及锚头下的地层处。

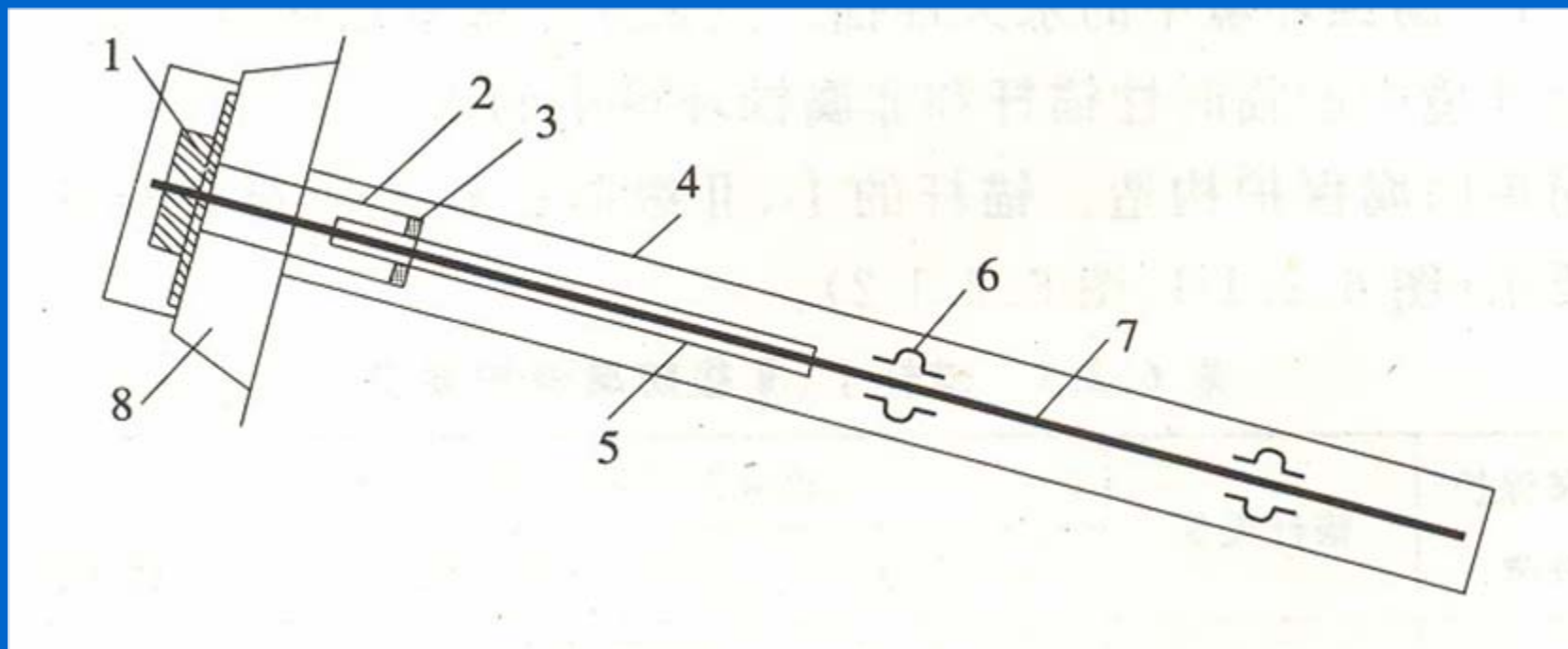
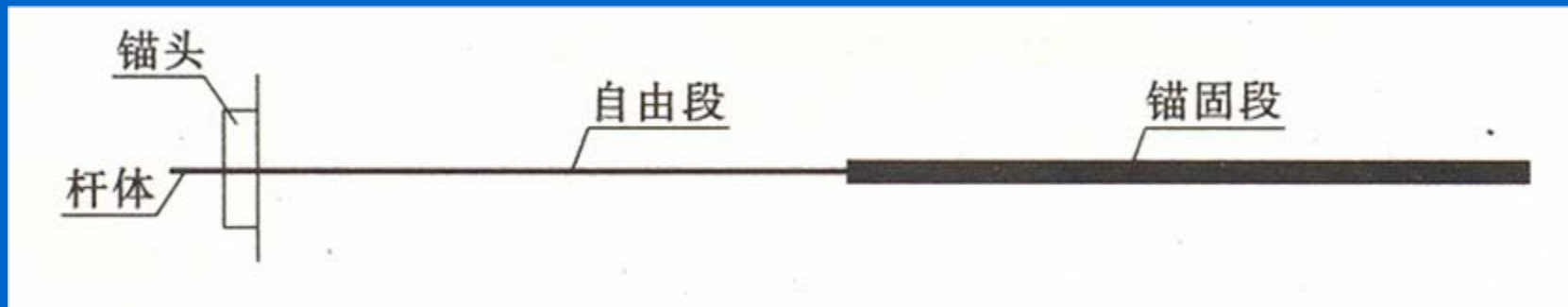
- 金属杆体松弛

荷载水平对钢材松弛的影响很大，当荷载水平大于钢材极限抗拉强度的50%时，松弛会显著增大。

2.2 控制锚杆预应力损失的方法

- 采用低松弛钢绞线制作杆体；
- 荷载水平（控制应力）宜不大于钢材抗拉强度标准值的50%，若大于50%，则钢材松弛明显增大；
- 选择剪应力分布均匀的荷载分散型锚固类型；
- 传力结构的尺寸，强度和刚度务必与其基底地层的承载力相适应；
- 采取有效措施：采用大直径钢绞线，对各股钢绞线预紧等，以降低各股钢绞线受力不均匀度；
- 分阶段施加预应力，即对锚杆施加锁定荷载的80~90%后，停歇一定时间（一般不小于7天），预先消除蠕变及松弛对预应力损失的影响，再加荷至锁定荷载。

3、锚杆自由段应永久自由



对于将拉力传至稳定地层的预应力锚杆而言，若在锚杆锁定后，将自由段（无防止粘结的PE层）用水泥浆灌满，则当锚杆受力时，会产生下列不良后果。

- 灌浆体开裂（无PE层），腐蚀的风险加大；
- 不能将荷载完全传递给破裂面以外的稳定地层；
- 当外力增强时，不能利用自由段调节应力，易产生应力集中；
- 降低预应力锚杆的抗震效应；
- 与测量拉力变化的锚杆，工作状况不一致。

4、锚杆的防腐保护

4.1 锚杆的防腐保护等级和措施的确定

- 锚杆的设计使用年限
- 所处地层有无腐蚀性

当对地层的监测和调查中发现下列一种或多种情况时，应判定该地层具有腐蚀性：

- pH值小于4.5；
- 电阻率小于 $2000\Omega\text{cm}$ ；
- 出现硫化物；
- 出现杂散电流，或出现对水泥浆体和混凝土的化学腐蚀。

4.2 防护等级和要求

- 腐蚀环境中的永久锚杆应采用 I 级防腐构造；
- 腐蚀环境中的临时性锚杆和非腐蚀环境中的永久锚杆可采用简单(II 级)防腐保护构造。

锚杆的 I、II 级防护构造及要求。

防腐保护等级	锚杆类型	预应力锚杆和锚具的防护要求		
		锚头	自由段	锚固段
I	拉力型、拉力分散型	采用过渡管，锚具用混凝土封闭或钢罩保护	采用注入油脂的护套，或无粘结钢绞线，或有外套保护管的无粘结钢绞线	采用注入水泥浆的波形管
	压力型、压力分散型	采用过渡管，锚具用混凝土封闭或用钢罩保护	采用无粘结钢绞线	采用无粘结钢绞线
II	拉力型、拉力分散型	采用过渡管，锚具用钢罩保护或涂防腐油脂	采用注入油脂的护套，或无粘结钢绞线	注浆

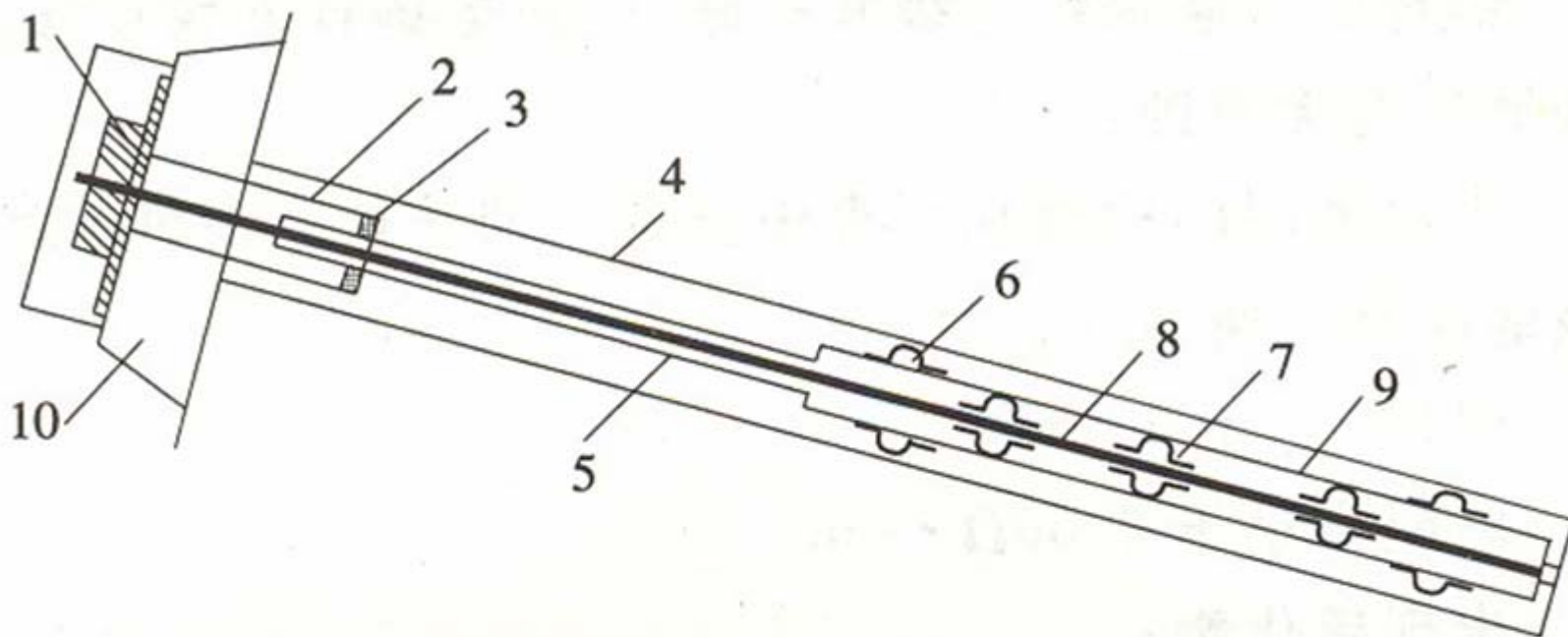


图 6.2.1-1 锚杆 I 级防护构造

1—锚具；2—过渡管(管内注入防腐剂)；3—密封；4—锚杆注浆；
5—注入防腐剂套管；6—对中支架；7—内部隔离(对中)支架；
8—预应力筋材；9—波型套管(管内注入水泥浆)；10—垫座

锚杆 I 级防护构造

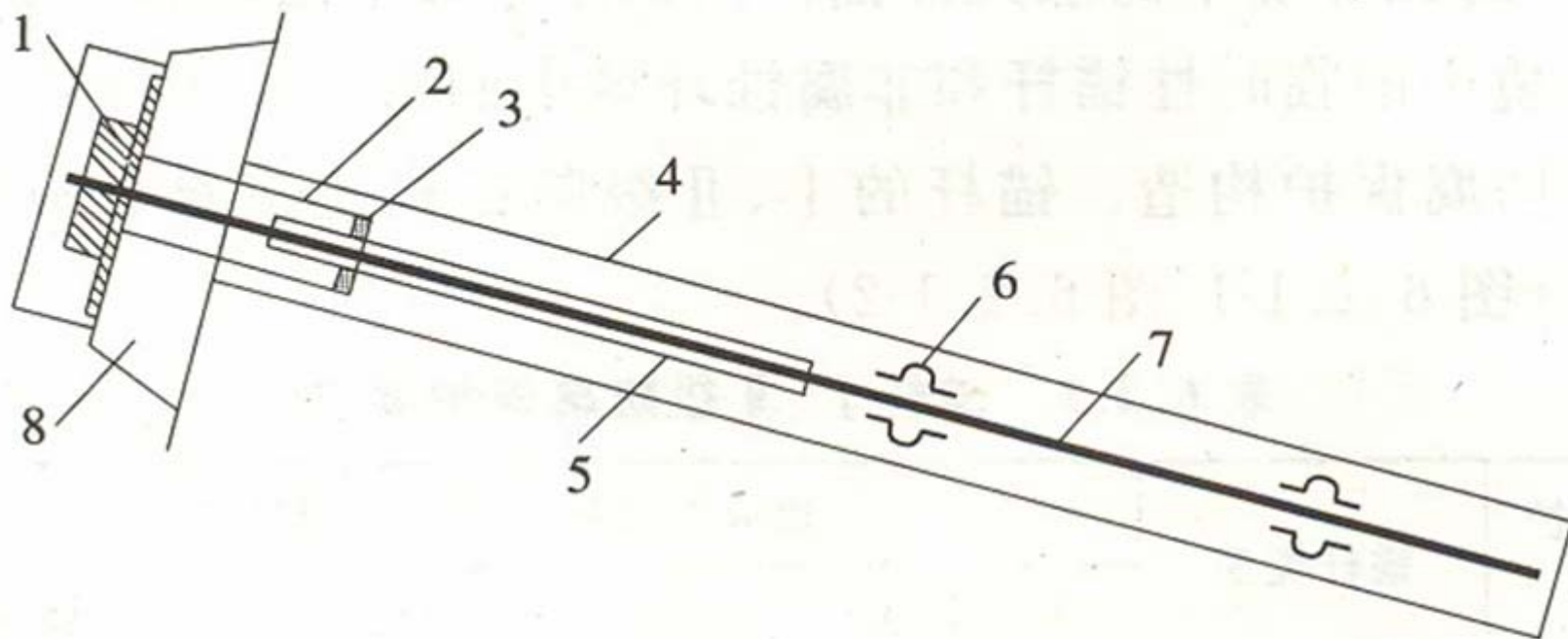
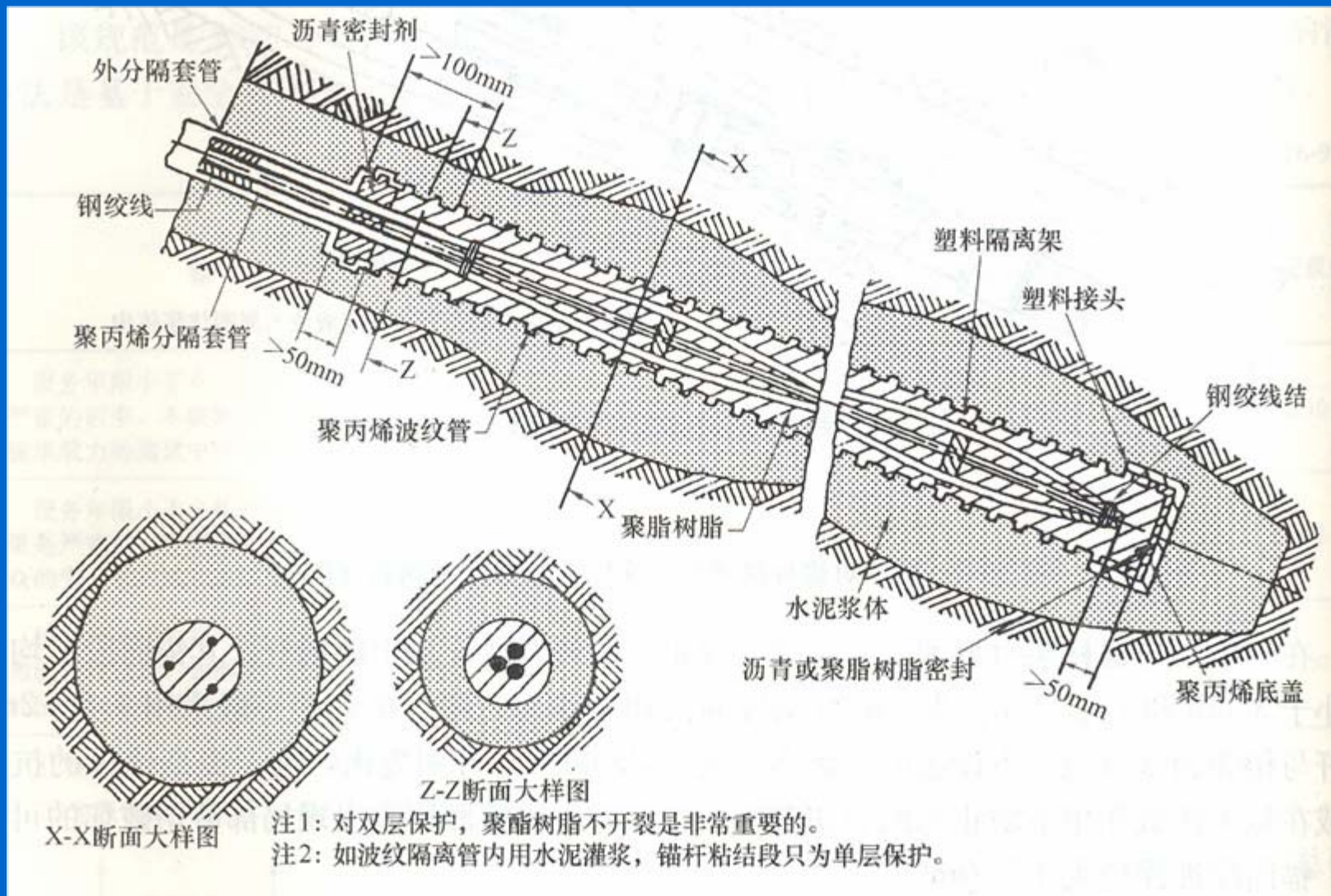


图 6.2.1-2 锚杆Ⅱ级防护构造

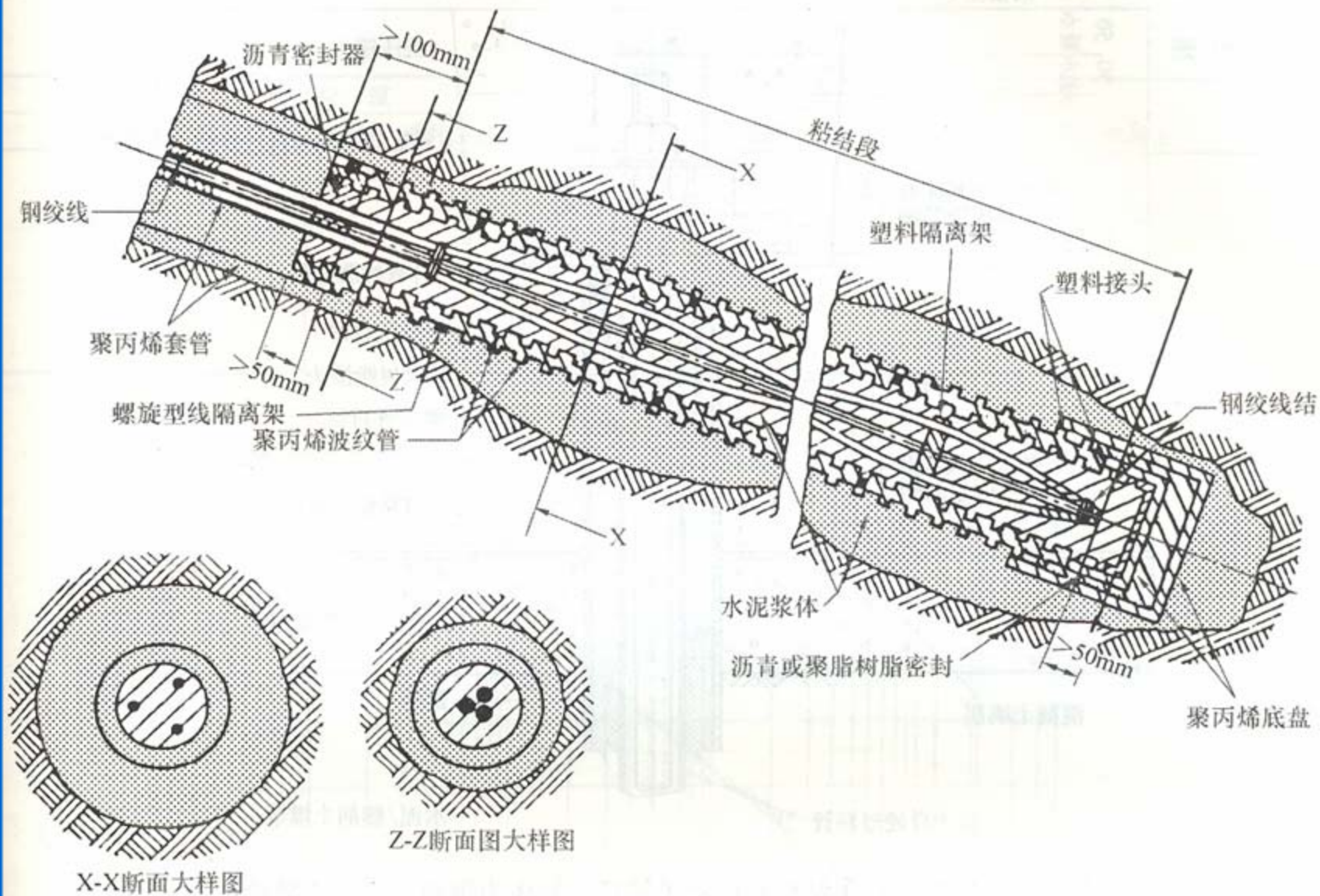
- 1—锚具；2—过渡管(管内注入防腐剂)；3—密封；
4—锚杆注浆；5—注入防腐套管；6—对中支架；
7—预应力筋材；8—垫座

锚杆Ⅱ级防护构造

英国锚杆防腐保护要求



锚杆粘结段采用单层波纹管和聚酯保护的典型双层防护图



锚杆粘结段采用双层波纹管和水泥灌浆保护的典型双层防护图

4.3 锚杆防腐保护的进展

(1) 加强对锚杆灌浆材料裂缝的研究

在张拉过程，锚固段灌浆体开裂，缝宽 **0.04~5.8mm** 间，许多国家不作为主要的防腐措施。或对其裂缝宽度进行限制，要求高浓度水泥砂浆缝宽 $\leq 0.1\text{mm}$ 。

(2) 发展环氧涂层钢绞线

美国标准（PTI）规定，厂商在将产品送达现场前，应进行粘结强度试验。将直径**15mm**钢绞线埋入**400mm**长的纯水泥浆柱中（装入钢管），灌浆体强度为**25~30MPa**，在一端加**35kN**拉力，另一端位移不应大于**0.25mm**。

(3) 纤维增强塑料绞线

1992年Peterson和Pakalnis用了纤维增强塑料绞线锚杆。证明这种杆体的抗拔力要比相似的钢绞线高40%。

(4) 锚杆电绝缘性能测试，已列入瑞士规范
(SLA V191)，以检验锚杆防腐体系的完好性。

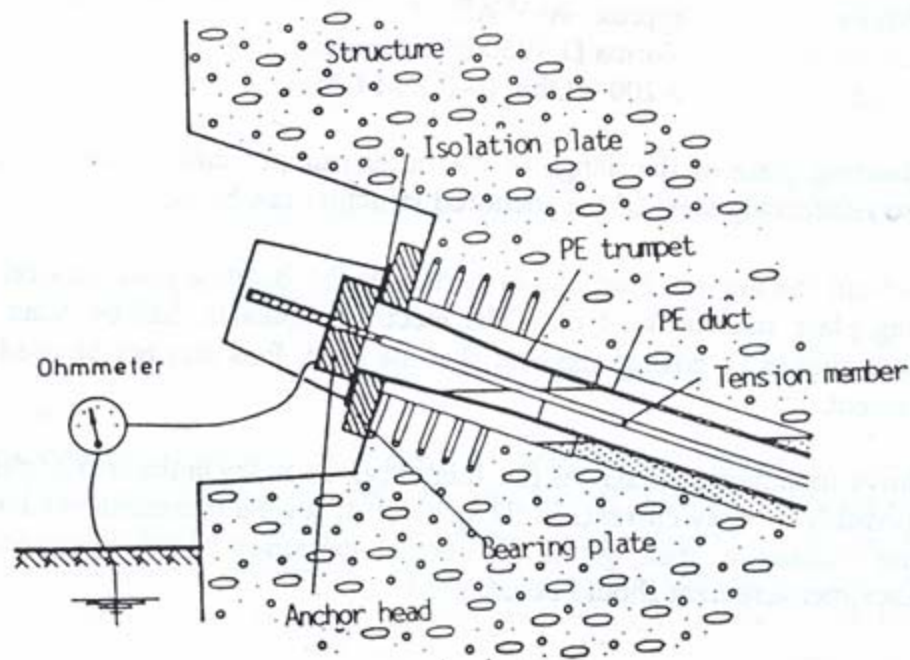
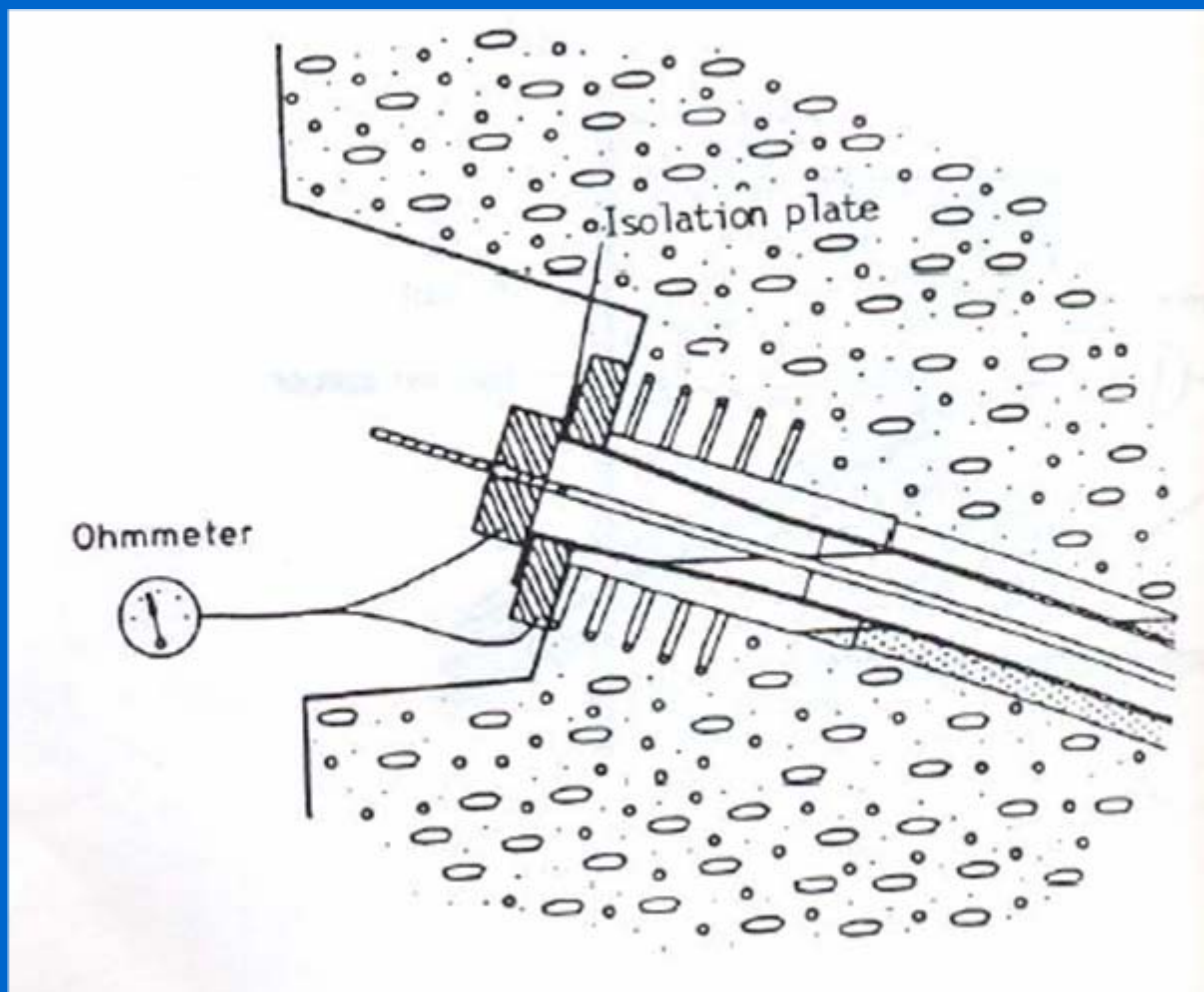


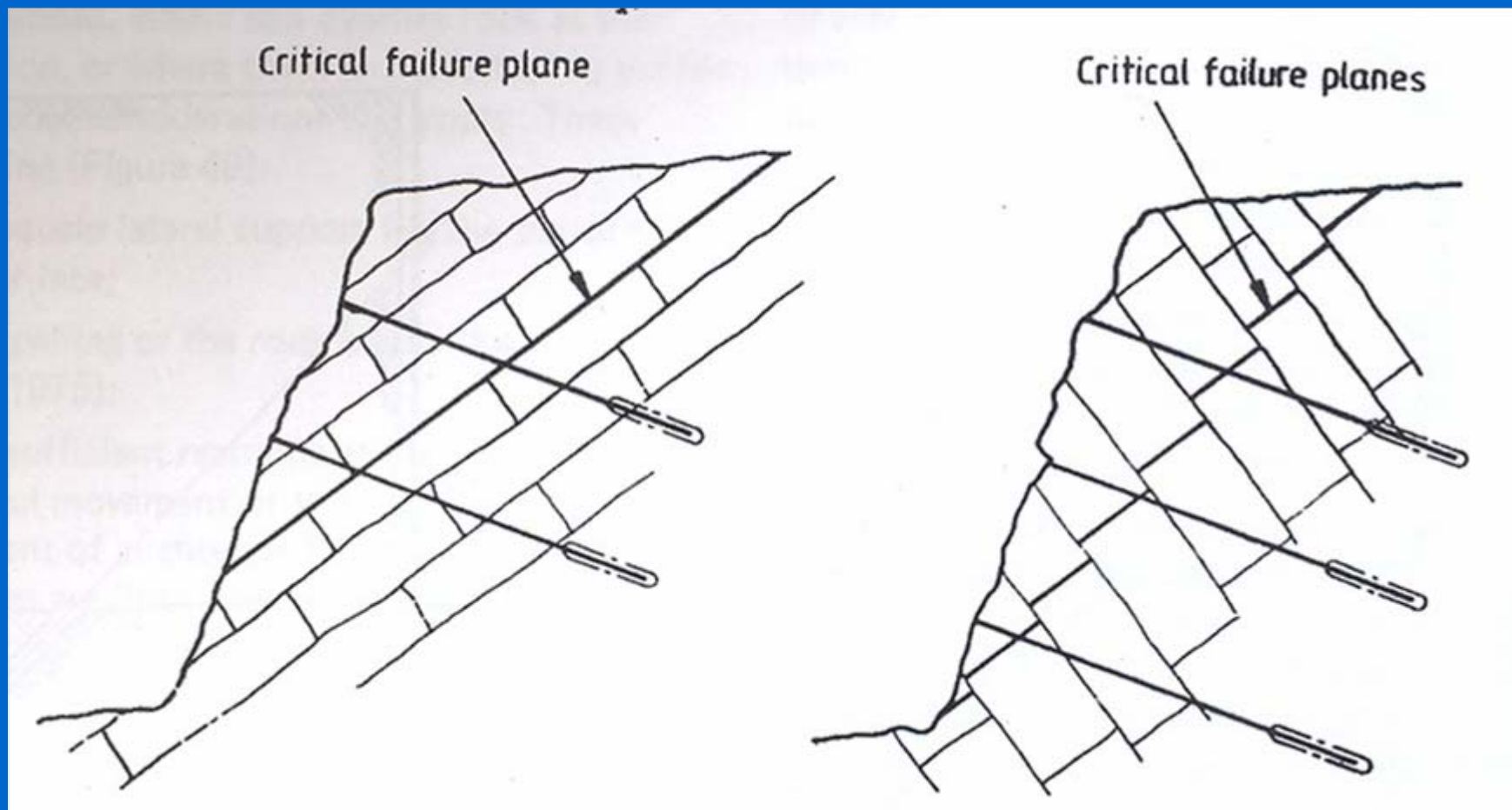
Fig. 1: ERM I at the stressed anchorage

锚杆杆体与地层之间的
电阻值: $R_I \geq 0.1M\Omega$

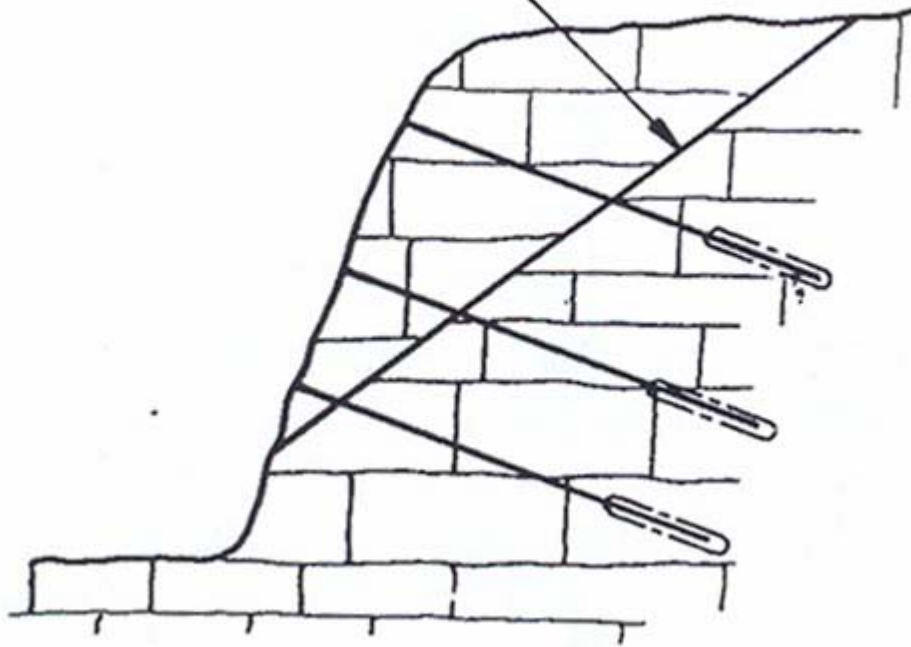


锚头与承载板间的电阻 $R_{\text{H}} \geq 100M\Omega$

5、边坡主要破坏模式与锚杆的设置



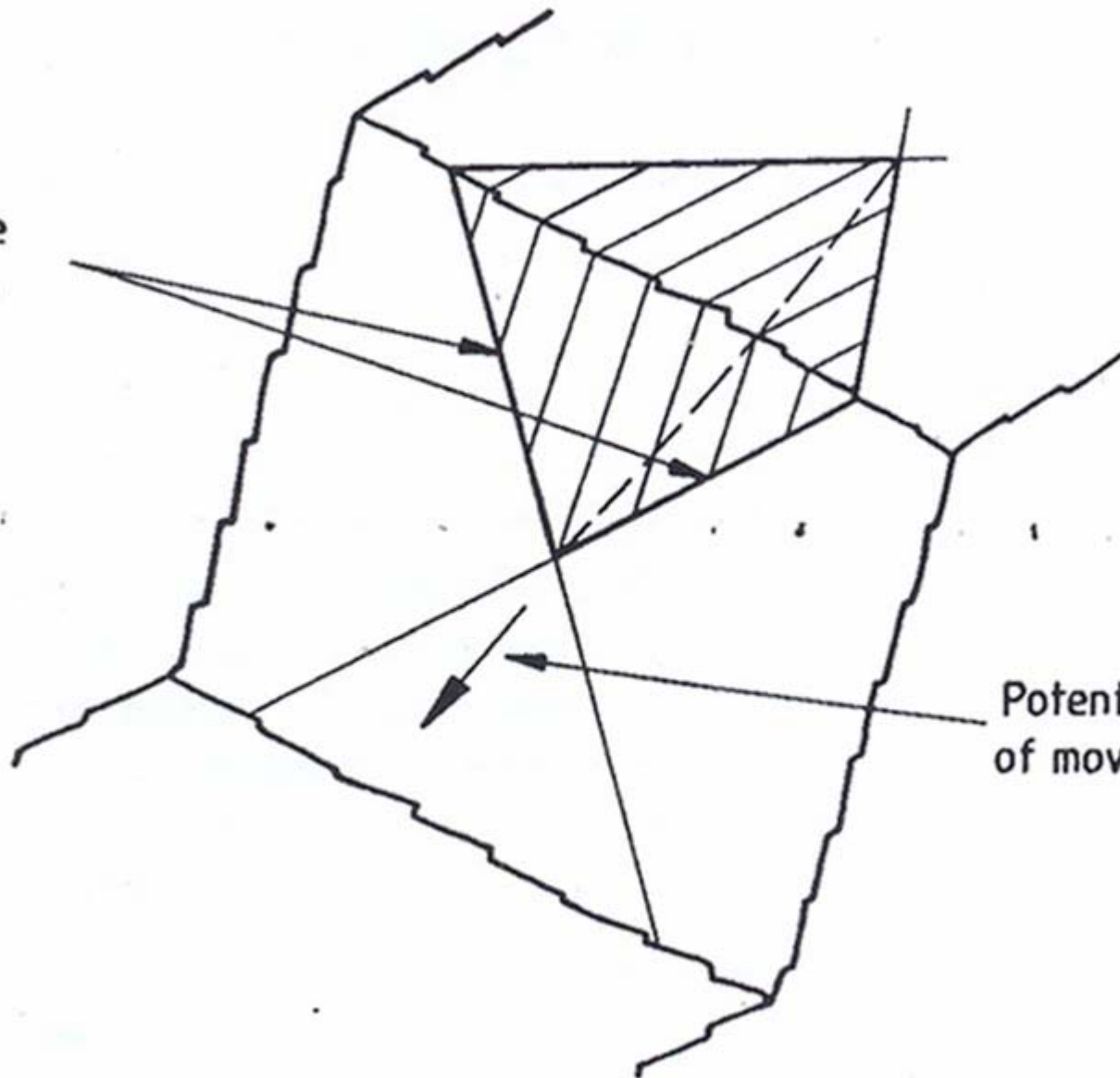
Critical failure plane



倾倒变形模式

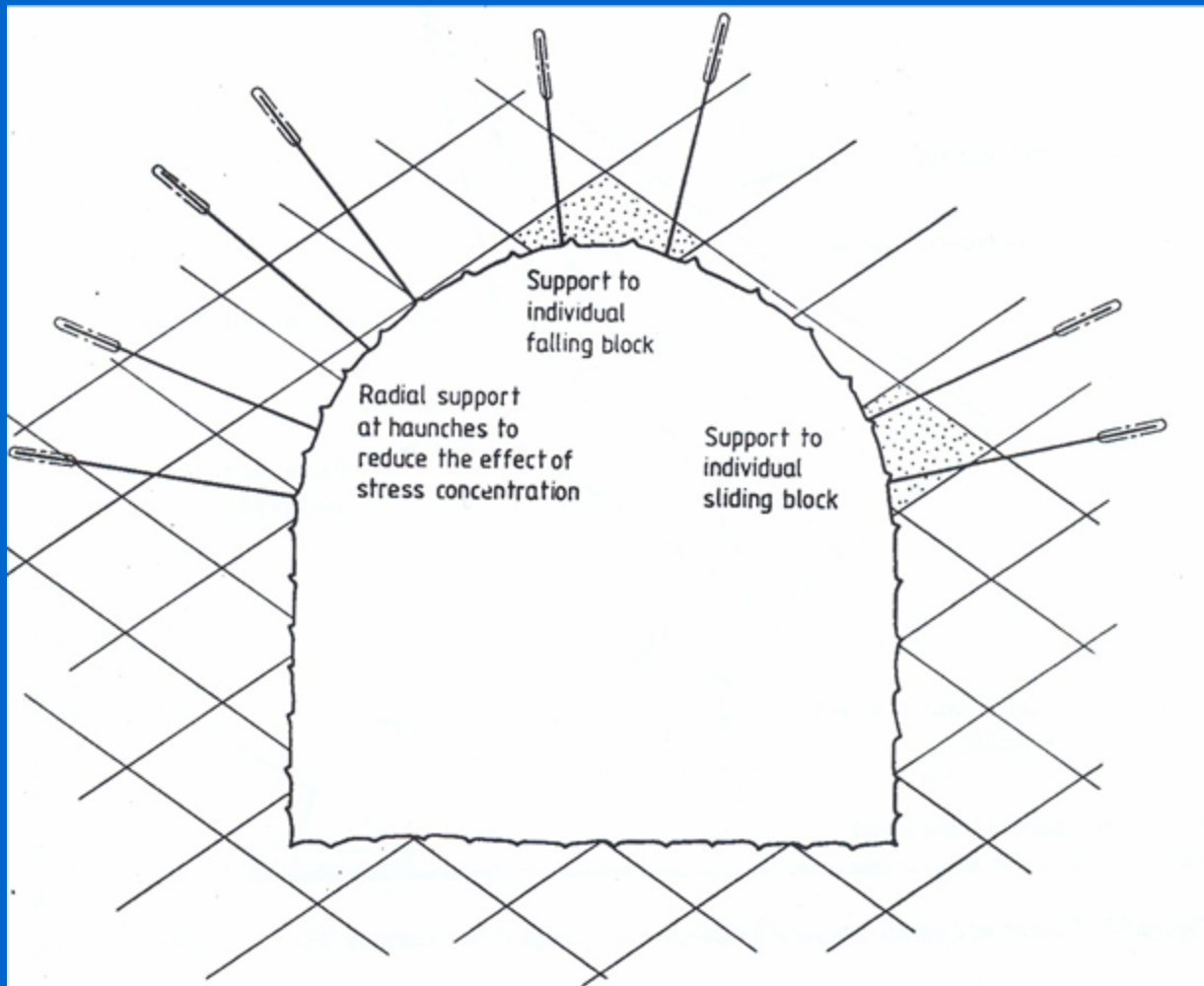


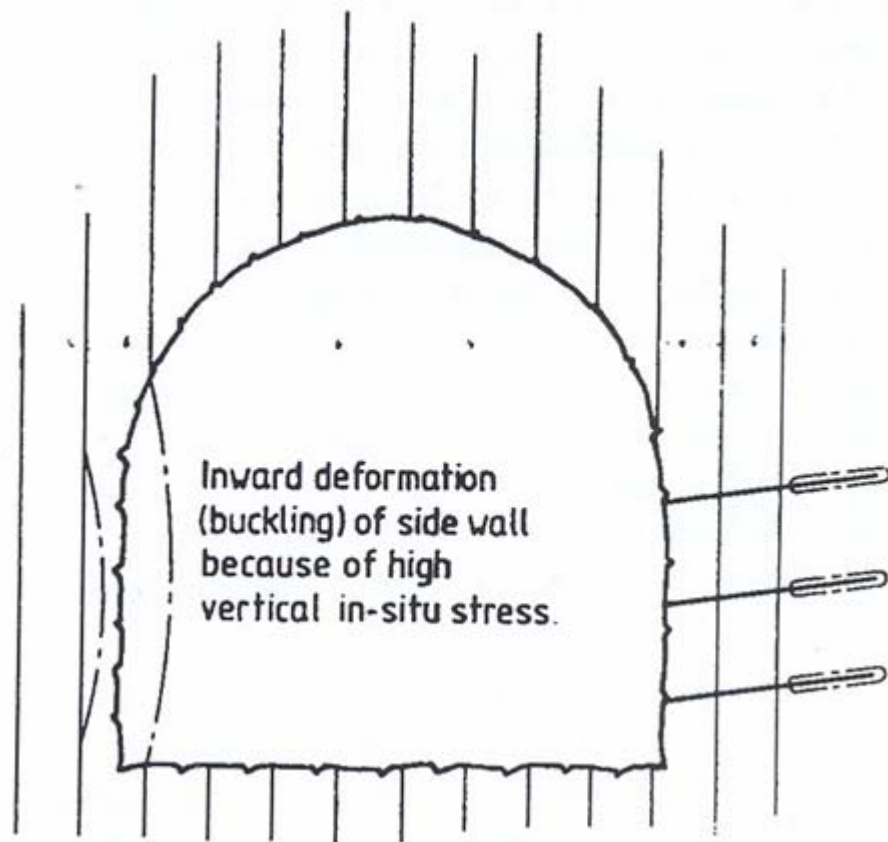
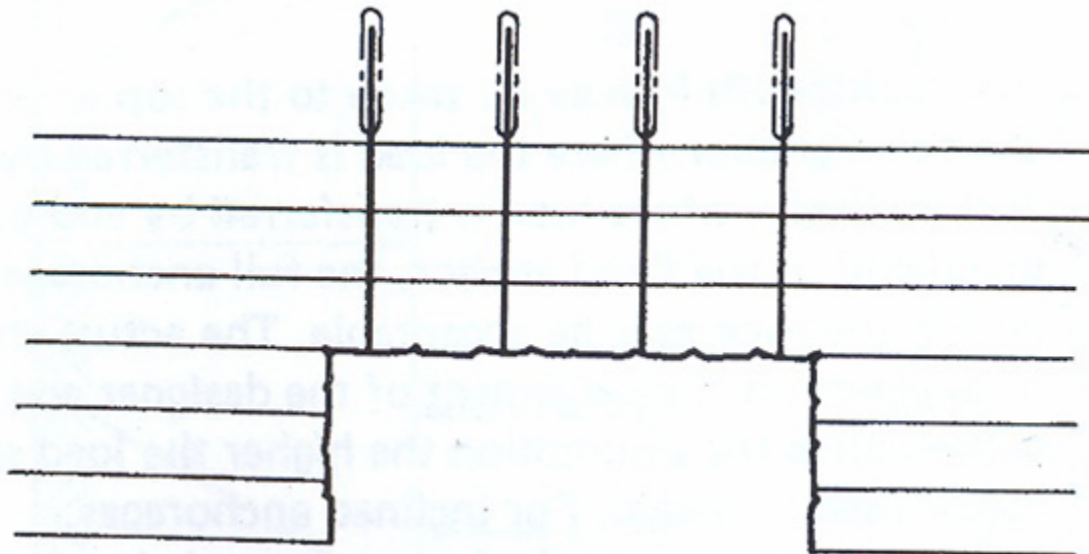
Failure
planes

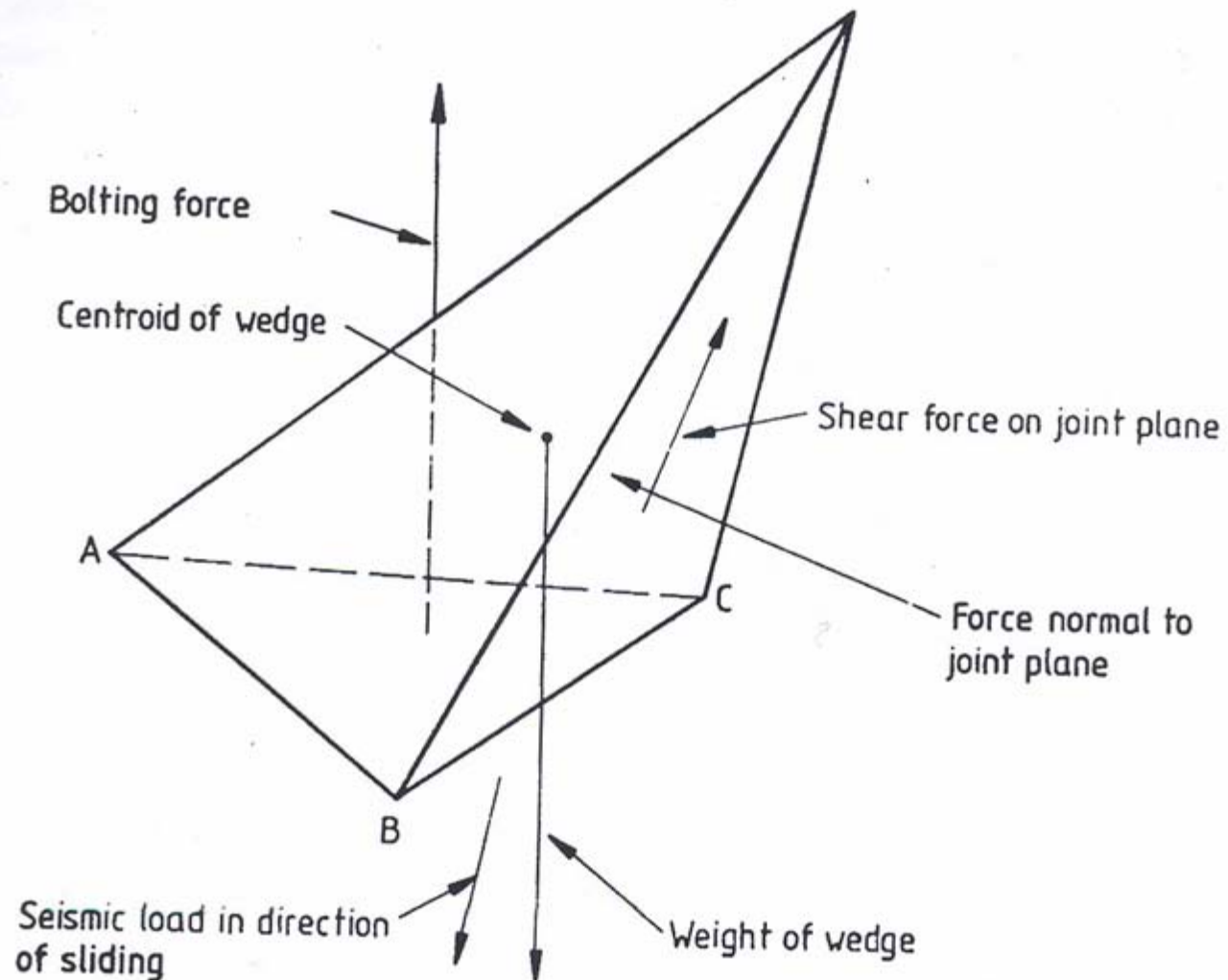


Potential direction
of movement

6、地下开挖工程主要破坏模式与锚杆的设置



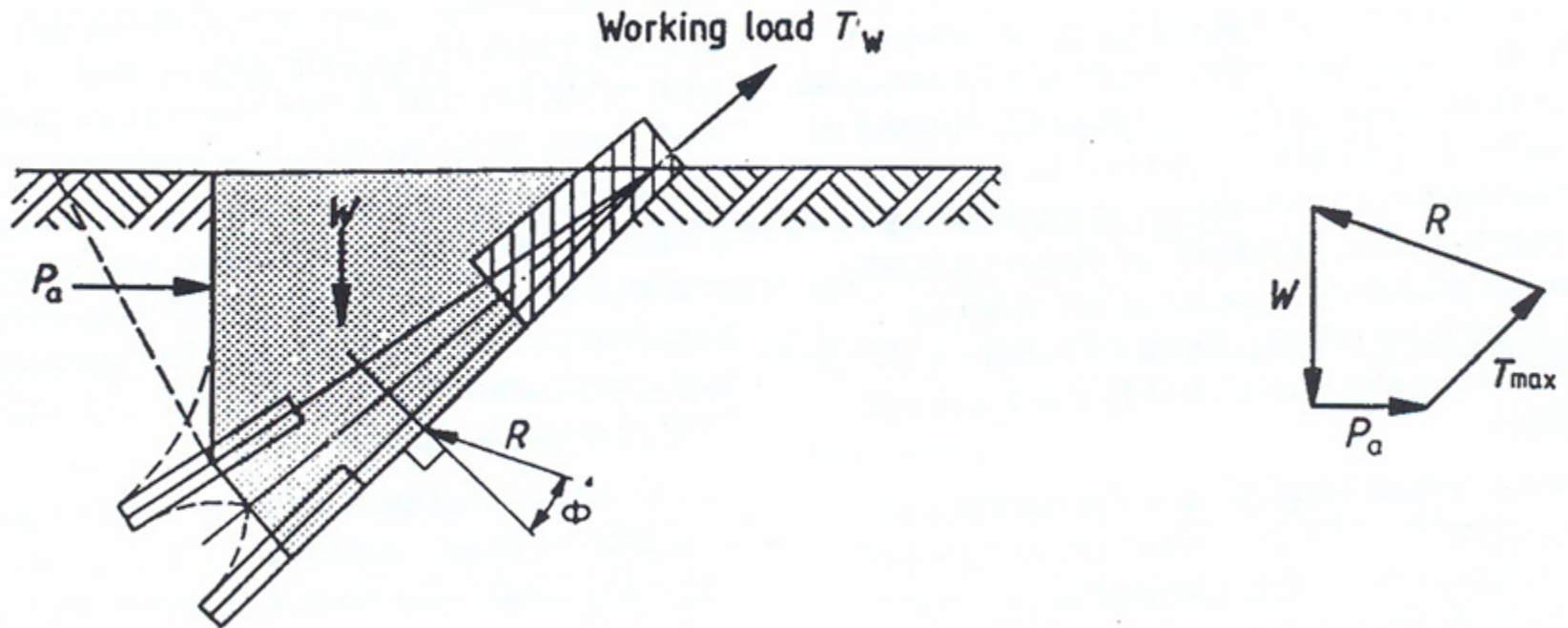




A B C is the excavated face (roof)

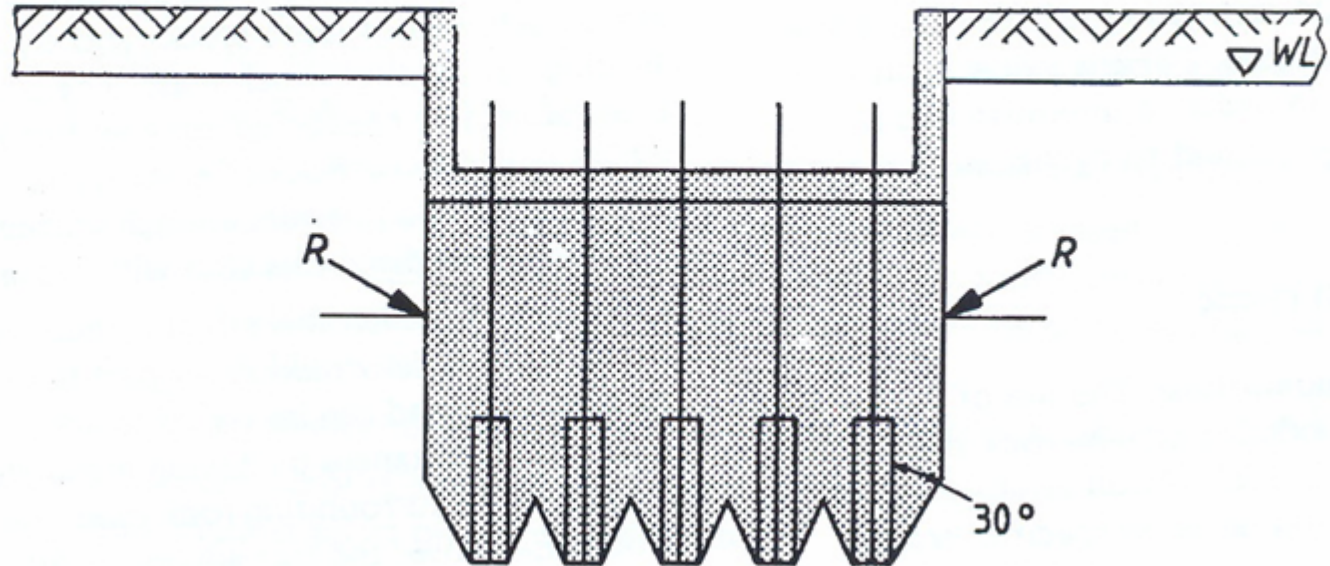
NOTE. Force normal to joint plane may be effectively reduced by the presence of water in the joints.

7、土中垂直荷载或倾斜荷载及要求的锚固力



安全系数 $S = \frac{T_{max}}{T_w}$

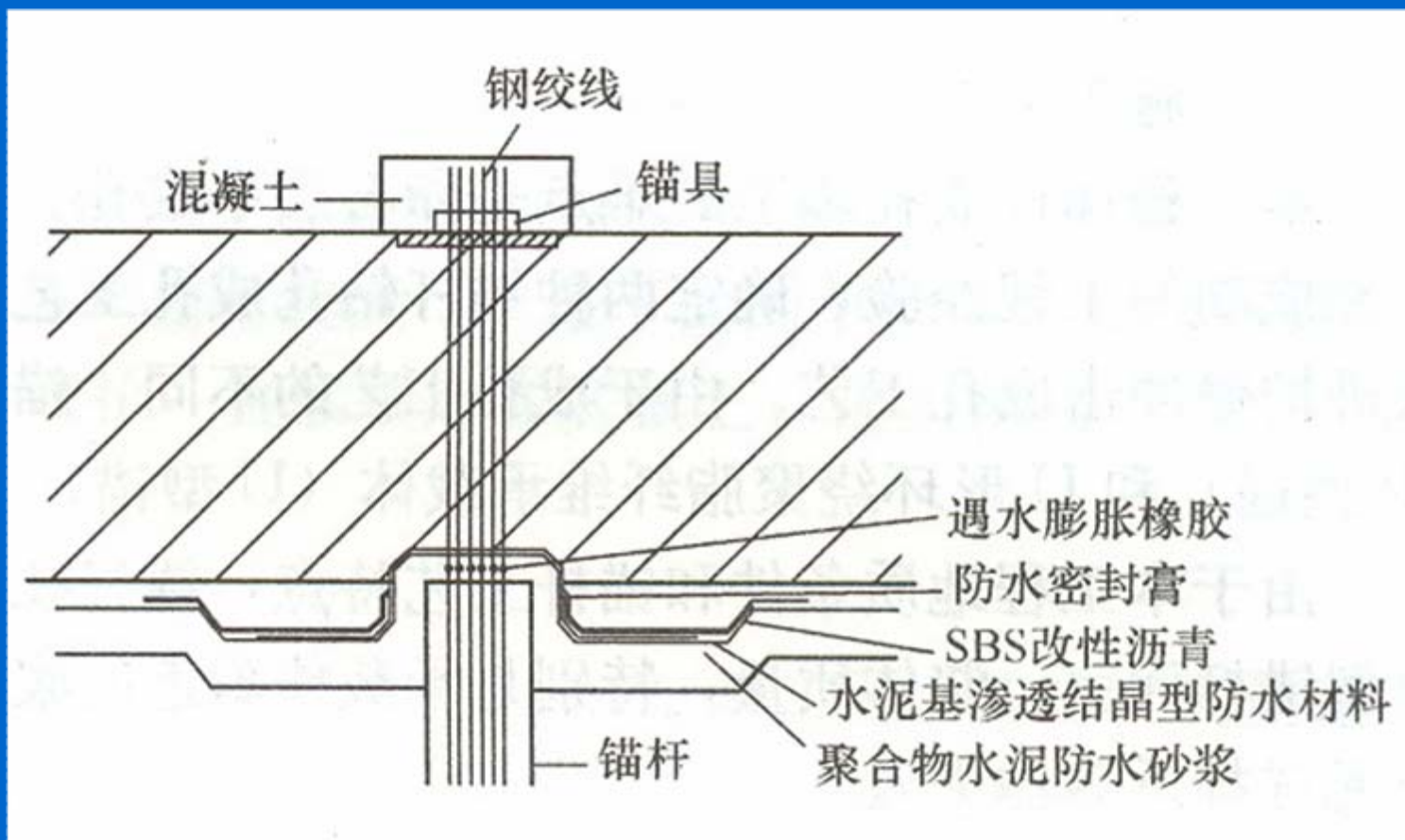
(a) Group of inclined anchorages in cohesionless soils



安全系数 $S = \frac{\text{土的重量和混凝土的重量}}{\text{上浮力}}$

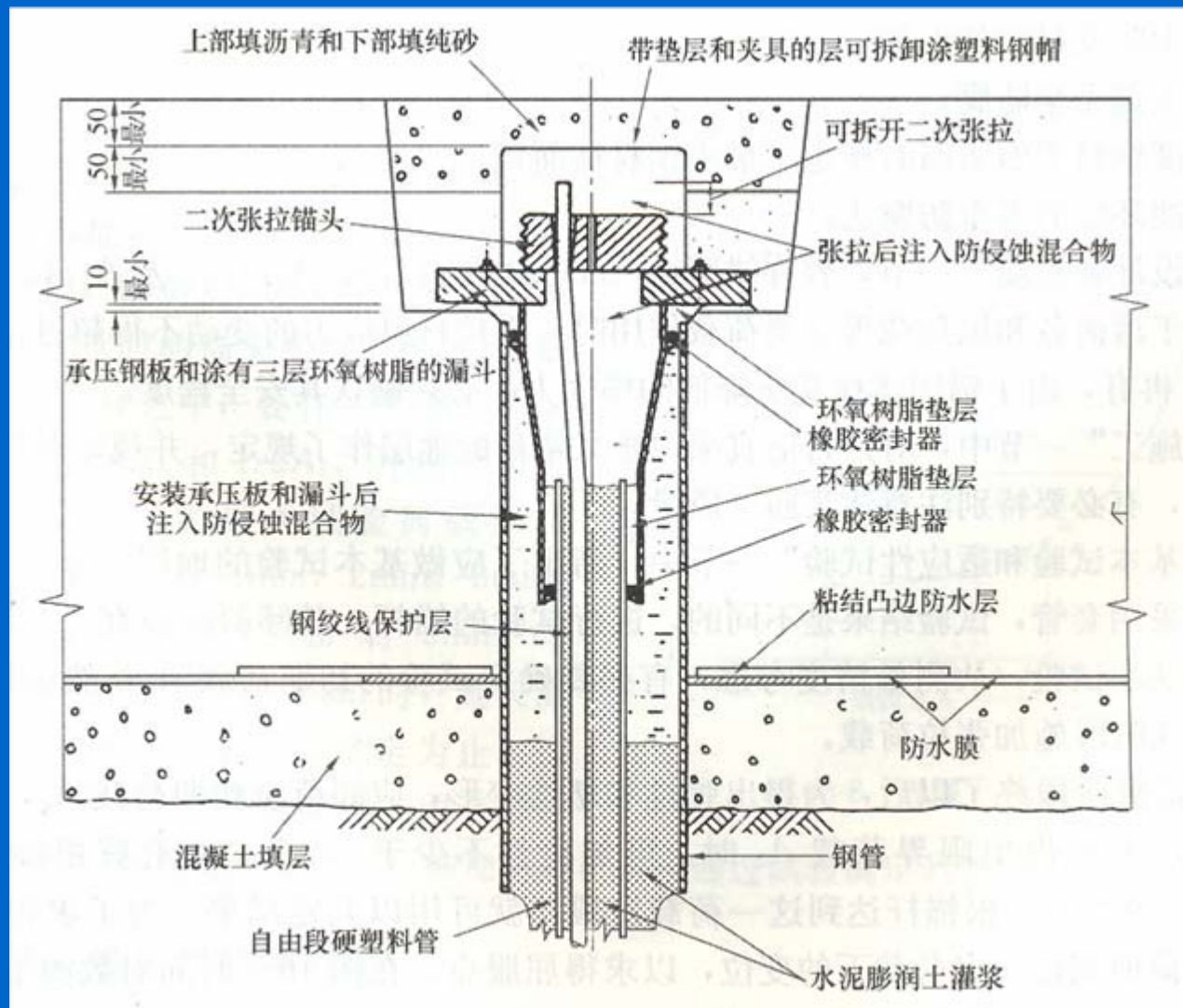
$S = 1.2 \sim 1.5$ 。

8、抗浮与挡水结构中锚杆与结构物的连接处理

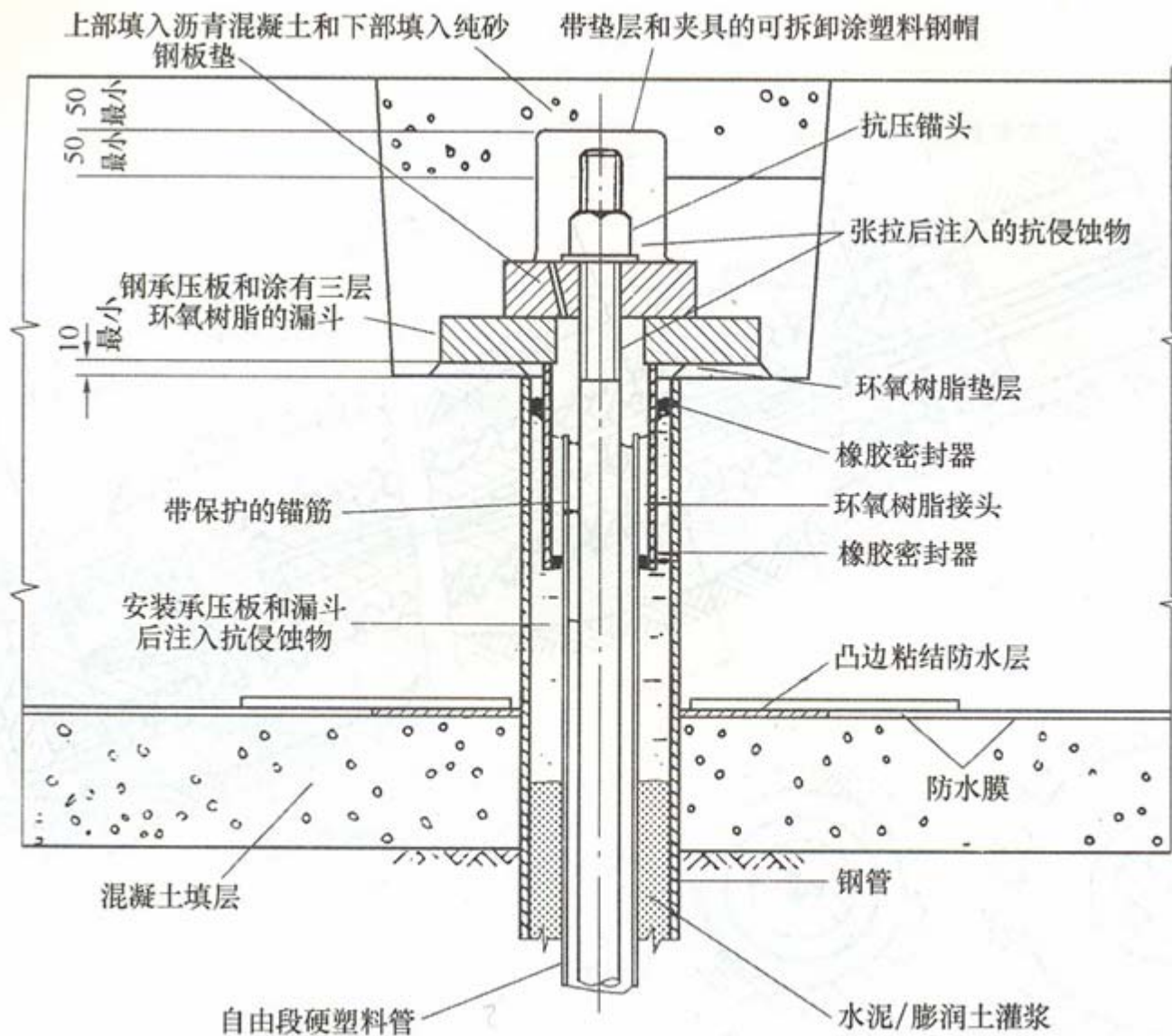


新保利大厦抗浮锚杆工程

德国推荐的处理方法

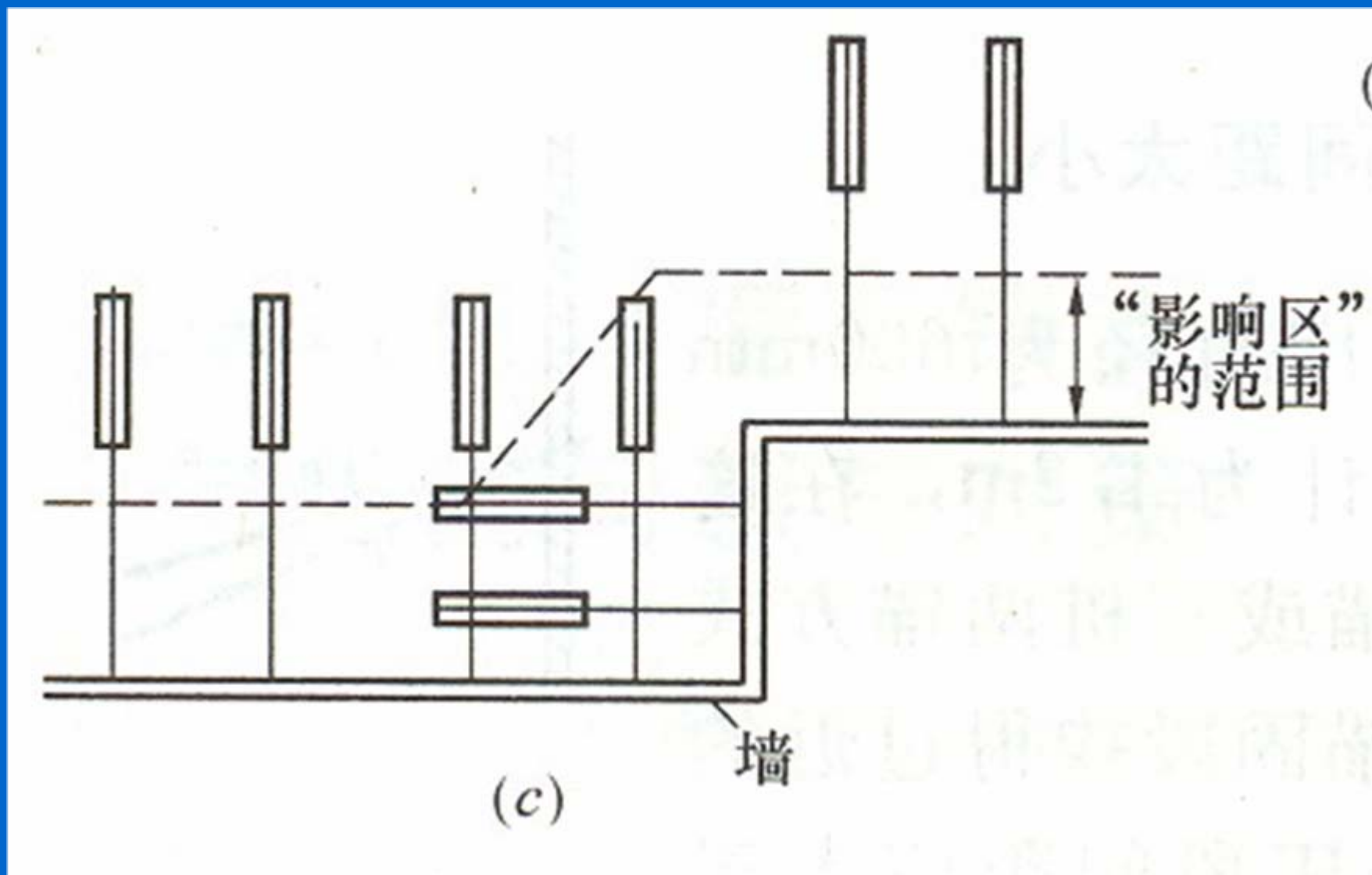


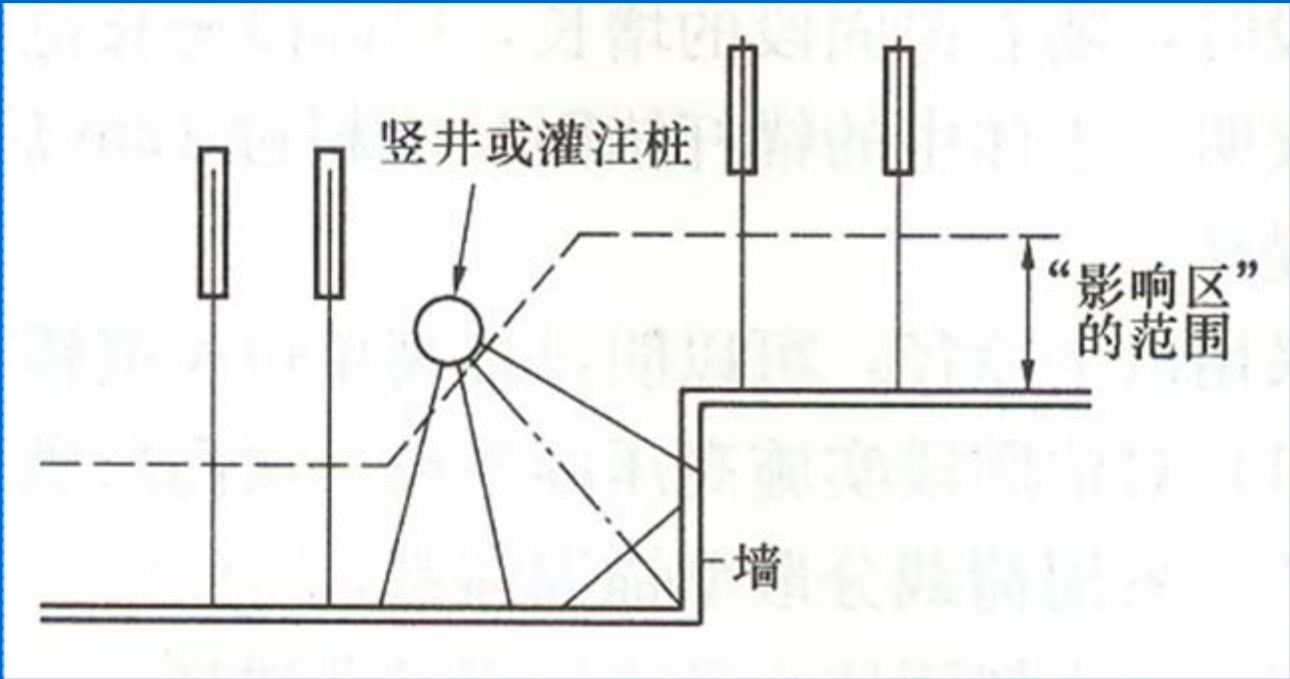
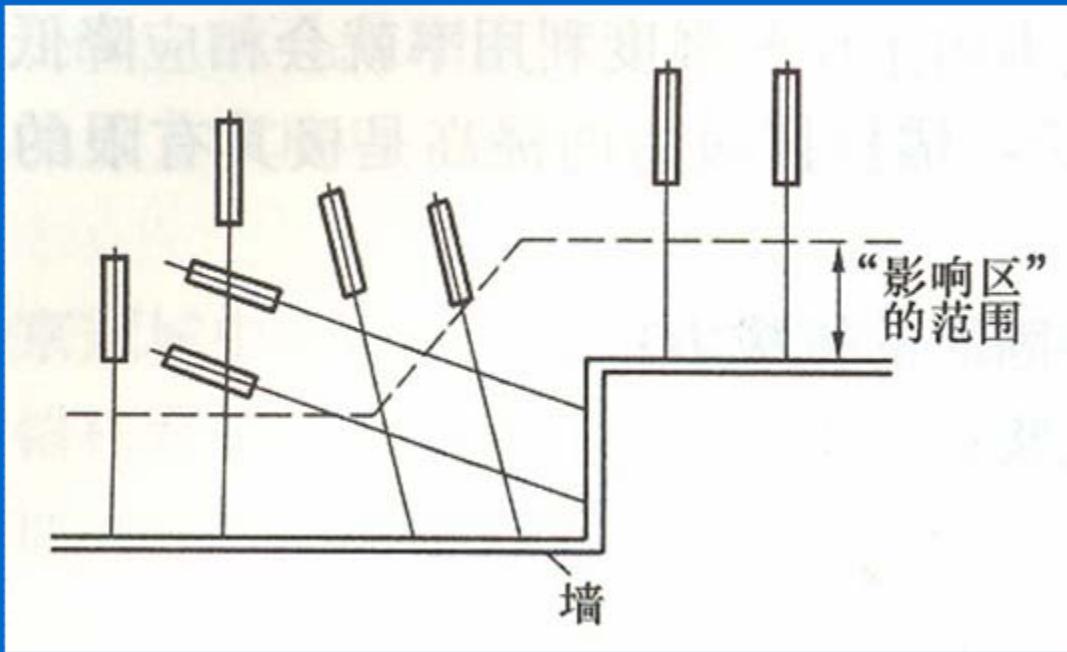
锚杆杆体为钢绞线

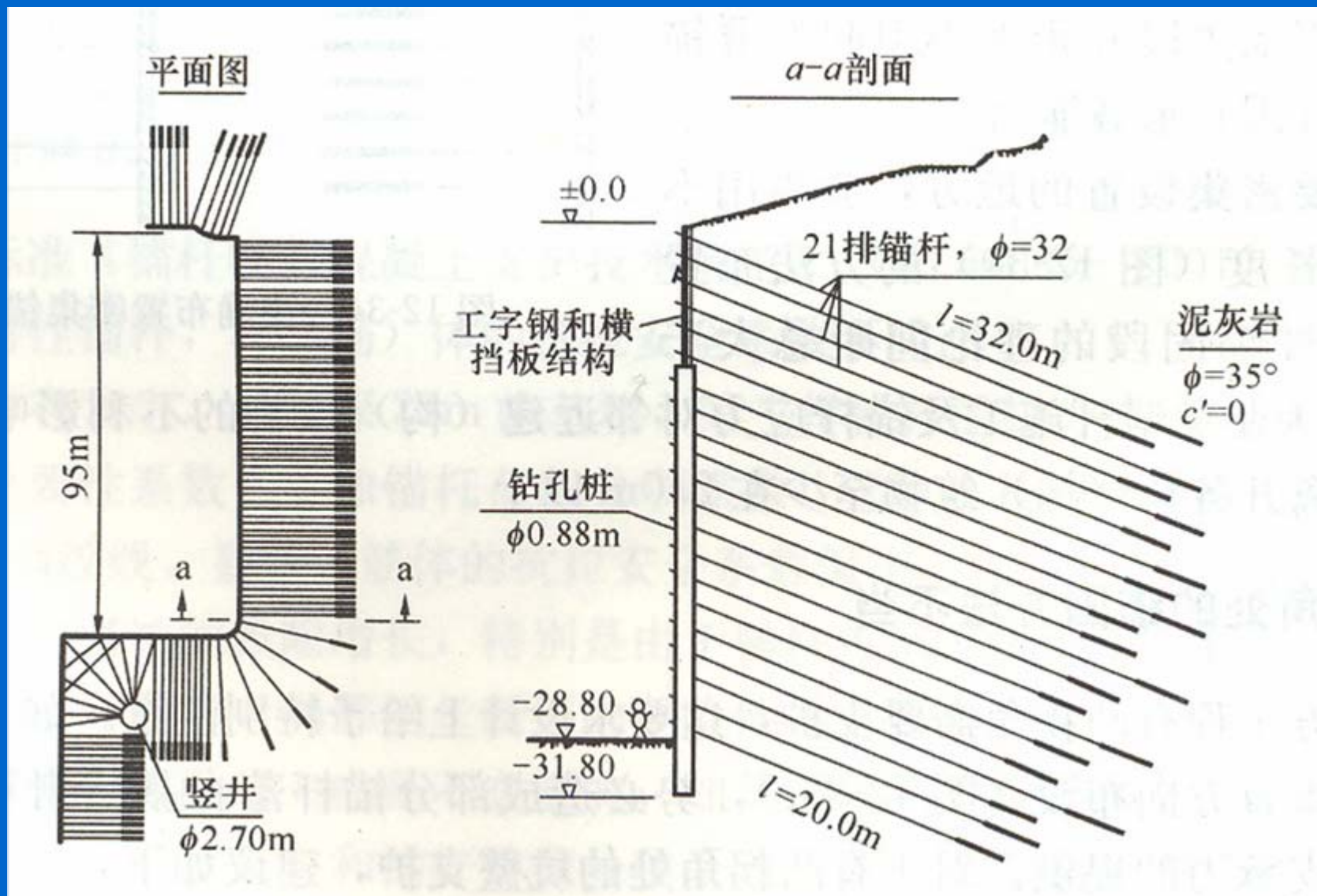


锚杆杆体为钢筋

9、基坑阳角处的锚杆设置方位

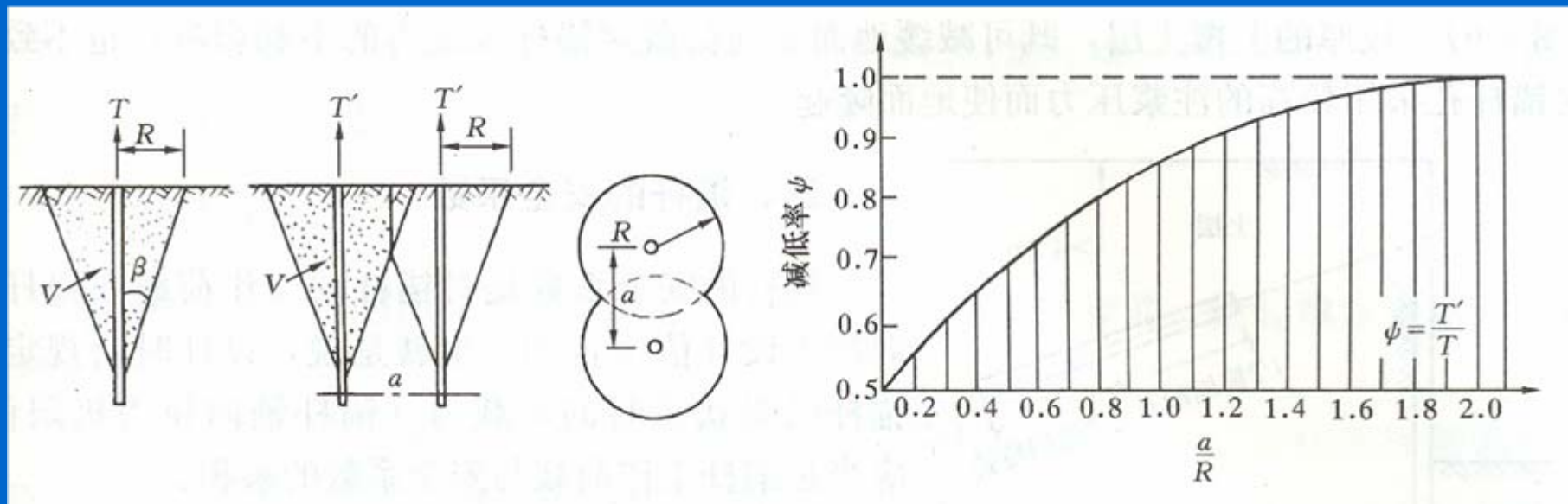




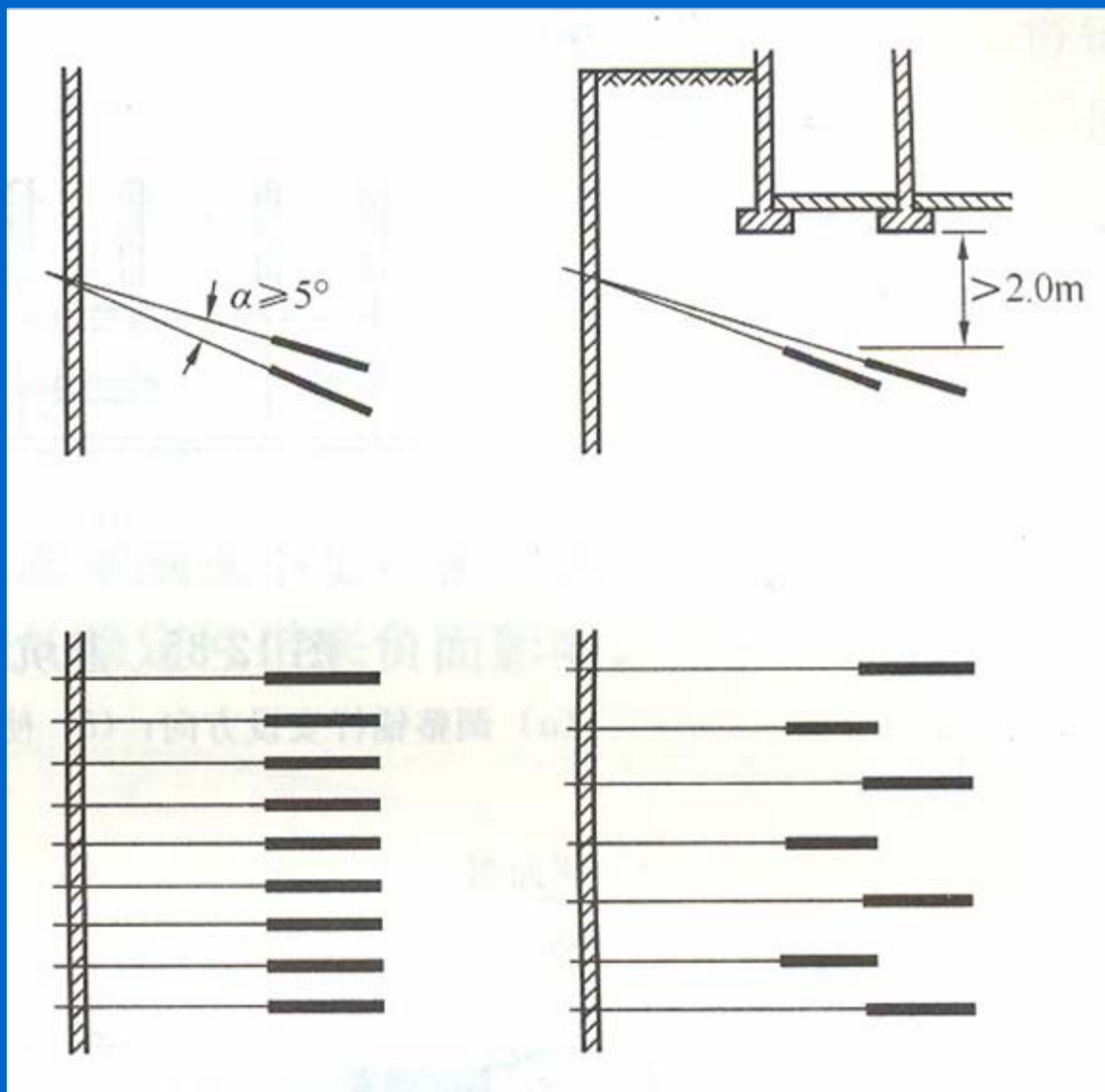


英国斯图加特的挖方工程中对凸拐角的处理方法

10、群锚效应及控制方法



考虑群锚效应的锚杆抗拔力降低图



正确布置密集锚杆的方法

11、控制深孔钻进偏斜的主要措施

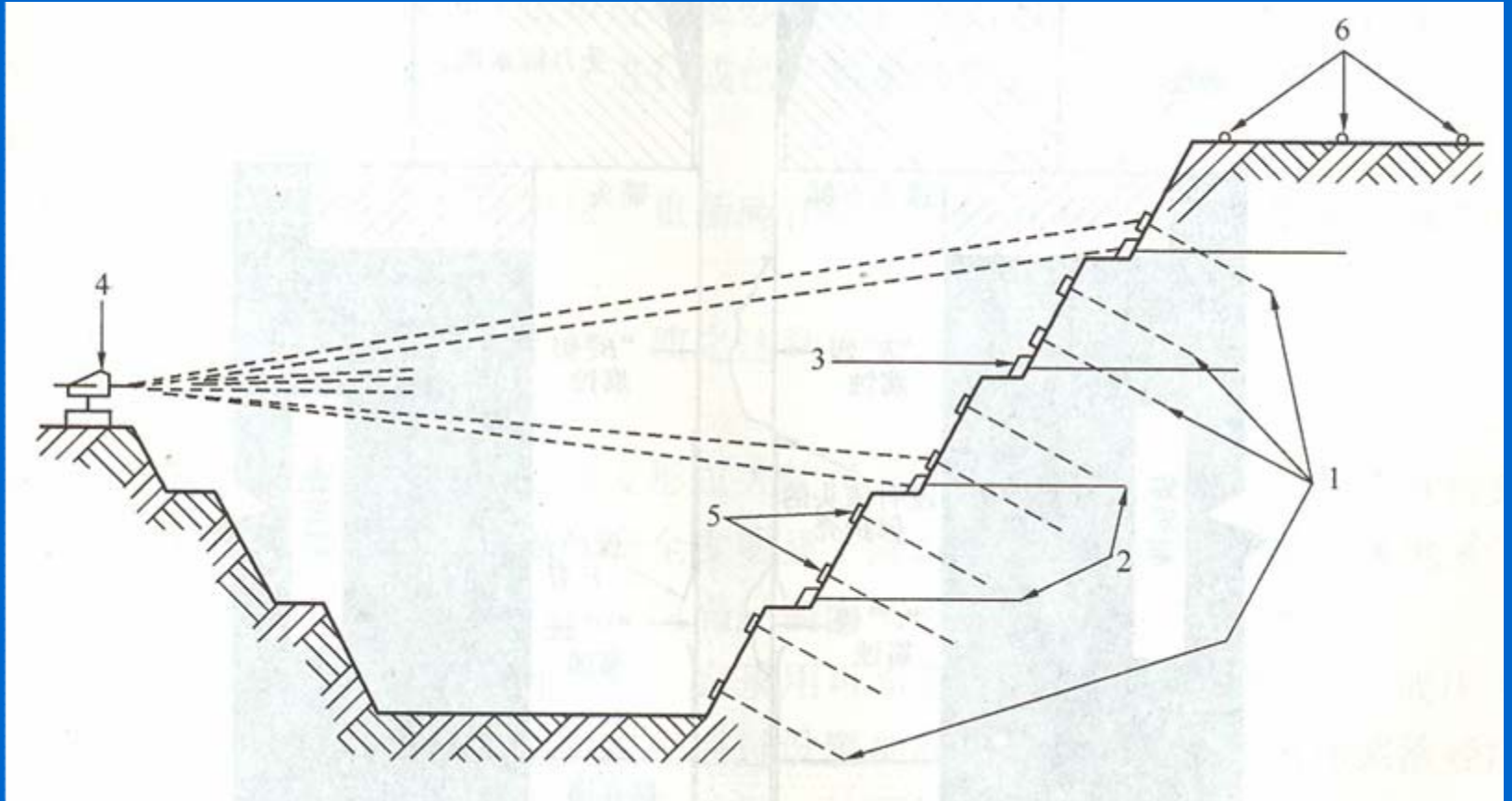
- 钻机选型
- 钻机固定
- 开孔定位
- 钻具刚度
- 适宜的风压、风量与钻进速度
- 调整扶正器位置，支点纠偏
- 随钻进，随测定和纠正偏斜，特别要控制好离孔口较近10~20m钻孔偏斜率。

12、加强岩土锚固工程的长期监测与维护管理

(1) 必测项目

- 位移
- 锚杆拉力变化

边坡位移监测:



边坡锚杆锚头、坡面及坡体内的位移观测图

1—锚杆；2—地中多点位移计；3—多点位移计测点；
4—光波测距仪；5—锚头位移测点；6—水准测量测点

锚杆的拉力监测:

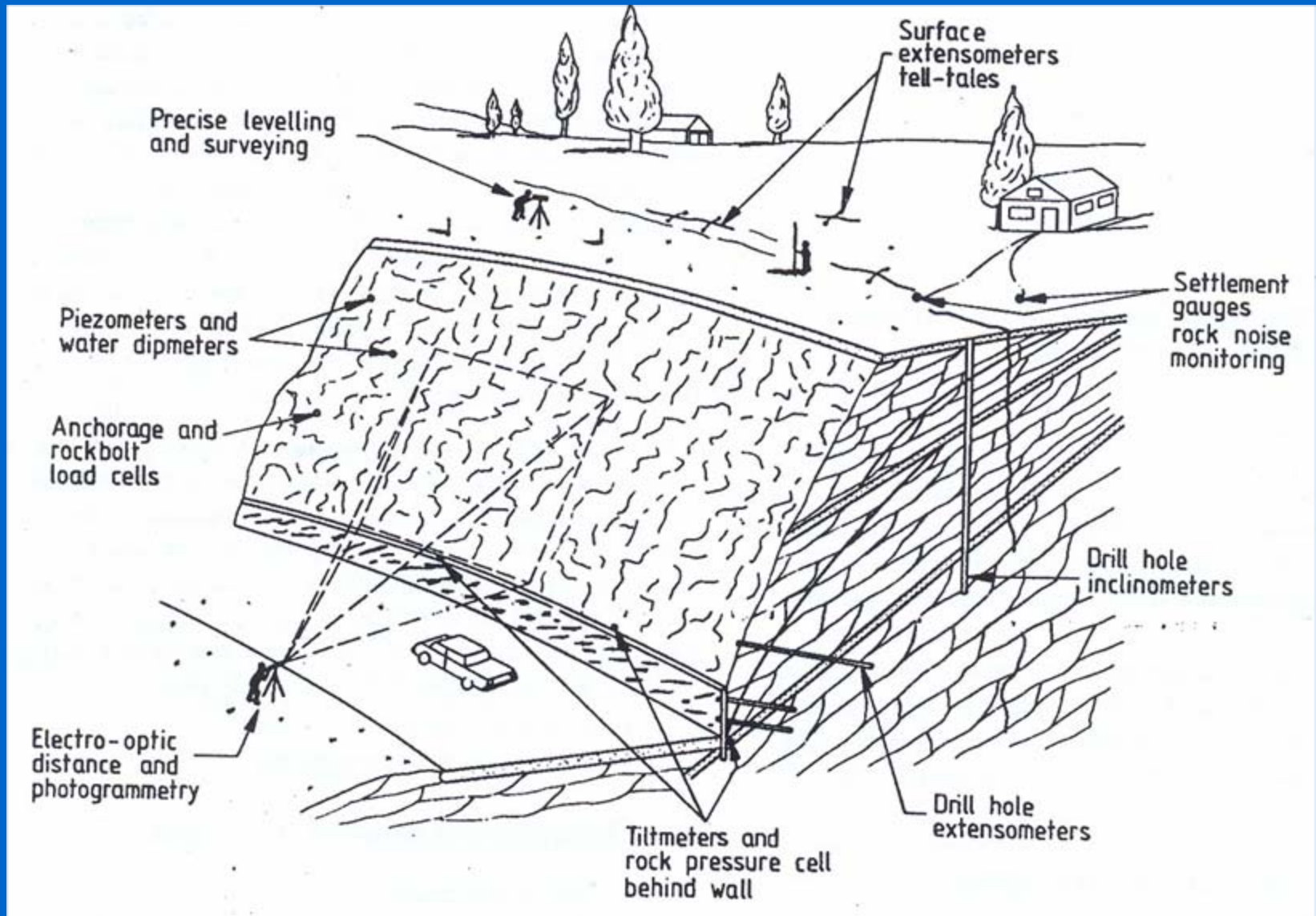


丹东前阳工程测试仪器厂生产的锚杆拉力测力计

丹东前阳工程测试仪器厂XYJ-三弦式荷重 传感器主要技术指标 (200kN~2000kN)

- (1) 非线性 $\leq 1.5\%F.S.$
- (2) 重复性 $\leq \pm 0.5\%F.S.$
- (3) 滞后 $\leq \pm 0.5\%F.S.$
- (4) 分辨率 $\leq 0.2\%F.S.$
- (5) 满量程输出量 $\geq 350-400\text{HZ}$
- (6) 温度漂移 $\leq 0.1\%F.S.$
- (7) 零点漂移 $\leq 0.5\%F.S.$
- (8) 温度范围 $-30^{\circ}\sim +80^{\circ}\text{C}$
- (9) 绝缘电阻 $\geq 500\text{M}\Omega$

(2) 选测项目:



(3) 经常巡视锚固工程部位及周边环境是否有异常变化

(4) 根据锚固工程的服务年限、工程的重要性及有关的监测资料确定是否需要锚杆现存的极限抗拔力及腐蚀损伤情况进行检测，并对工程作出安全评估。