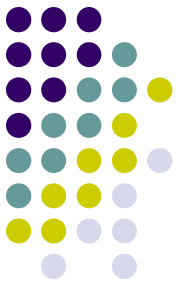


第十一章 边坡的工程地质研究

- 边坡是指岩土体表面具有侧向临空面的地质体。包括自然边坡和人工边坡。
- 自然边坡：指在自然地质作用下形成的山体斜坡、河谷岸坡及海岸陡崖等。
- 人工边坡：指人类工程活动形成的规模不同、陡缓不等的斜坡，如路堤边坡，基坑边坡、渠道边坡、引水隧洞进出口边坡等。
- 边坡在各种内外地质营力作用下，使坡体内应力分布发生变化，当岩土体强度不能适应此应力分布时，就产生边坡的变形破坏。

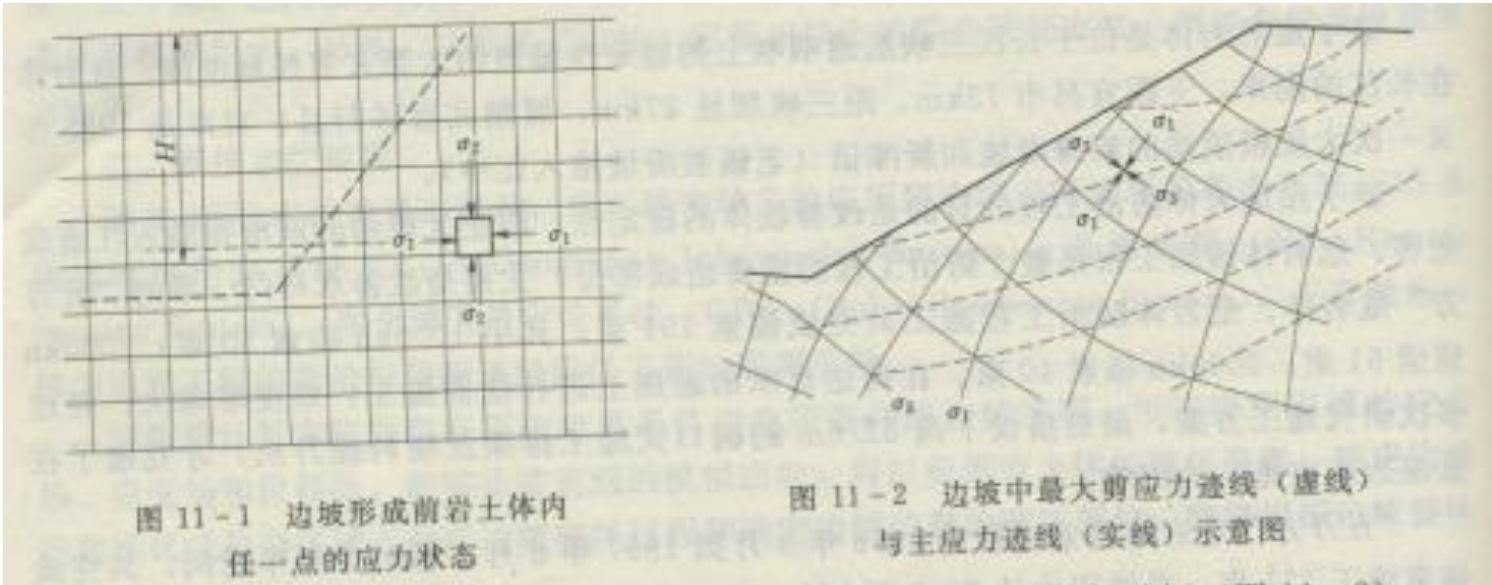


第一节 我国边坡工程的研究现状

- 边坡工程理论研究方法
- 新技术应用
- 高边坡的施工处理

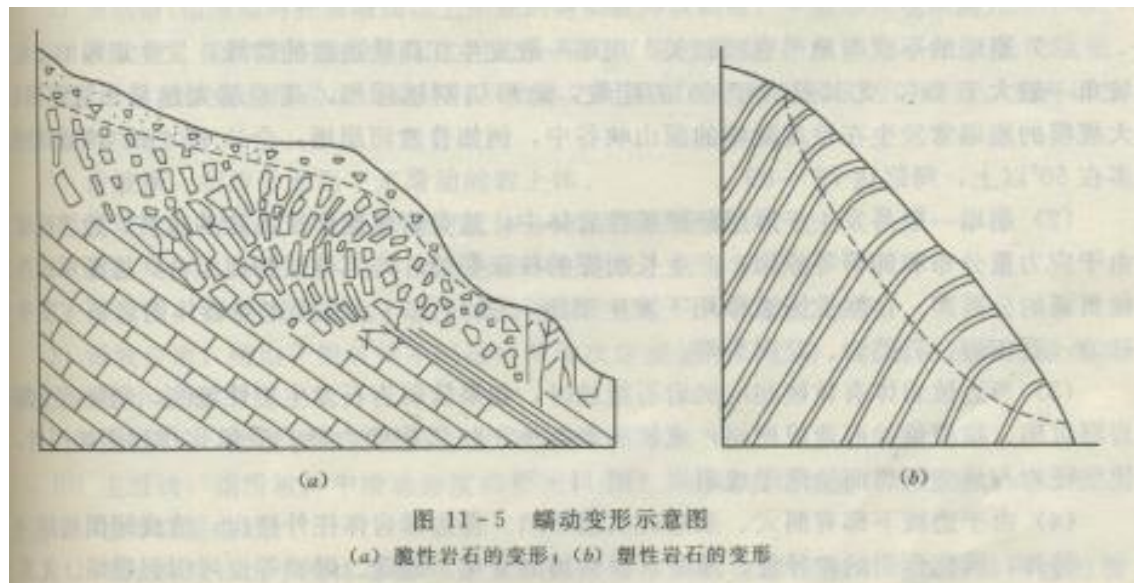
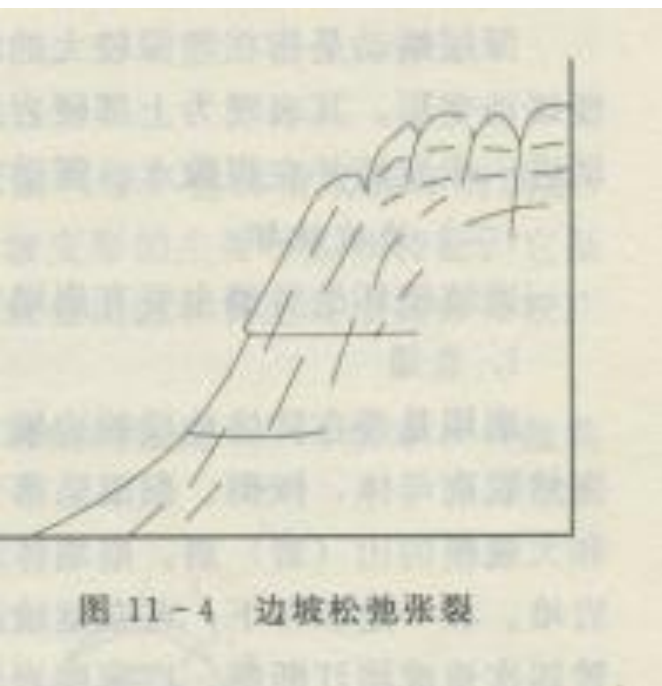
第二节 边坡变形与破坏的类型

1、边坡岩土体应力分布特征



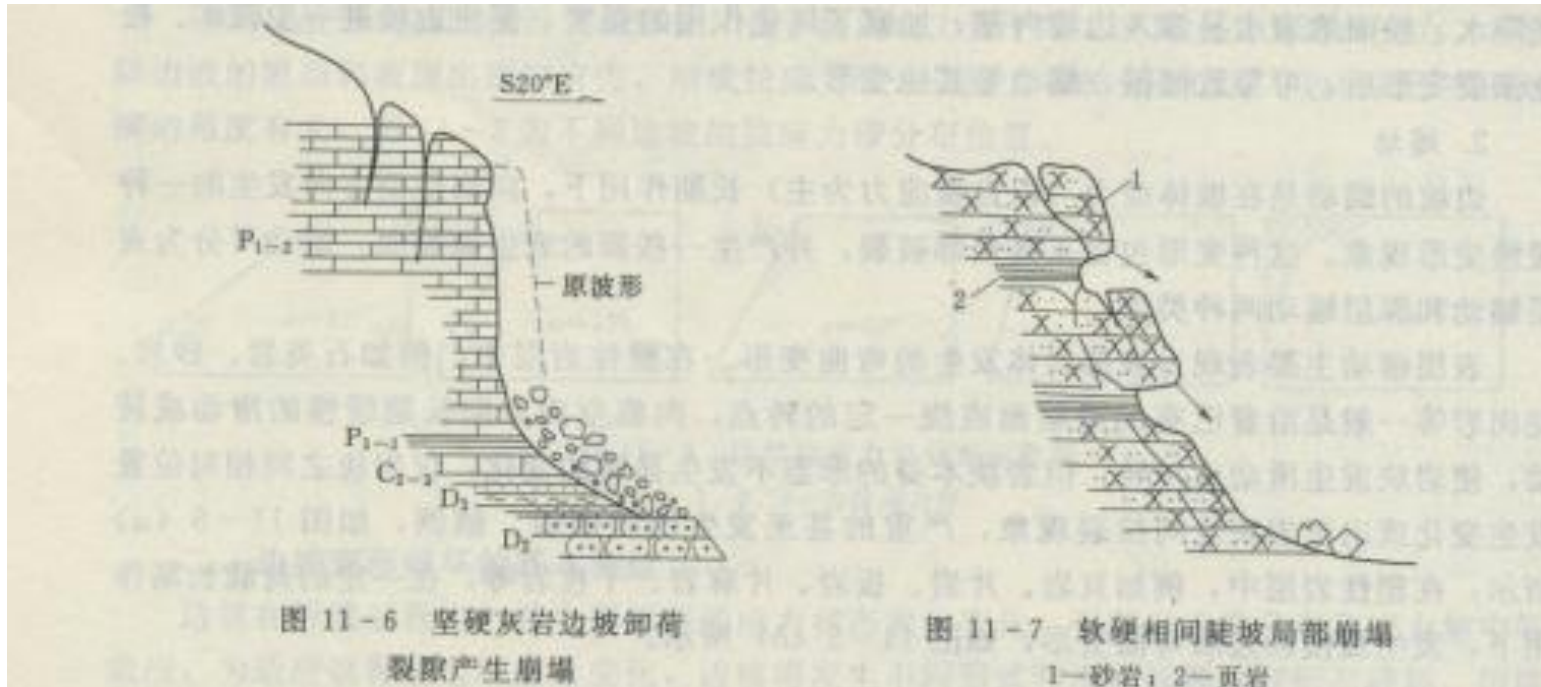
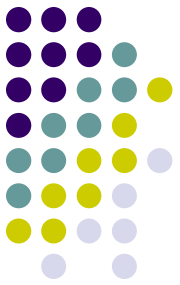
二、边坡变形破坏的基本类型

松弛张裂、蠕动、剥落、崩塌、滑坡



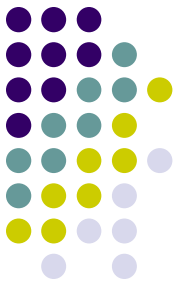
蠕动变形

松弛张裂



崩塌：在陡坡地段的边坡上，岩土体被多组张裂隙和节理裂隙分割，受重力作用突然脱离母体，倾倒、翻滚坠落于坡脚的现象。

因素：地形陡、厚层坚硬脆性岩体或软硬相间的岩石等。



滑坡：是斜坡岩土体在重力作用下失去原有的稳定状态，沿着斜坡内某些滑动面或滑动带（贯通的剪切破坏面或带）作整体向下滑动的现象。

典型滑坡的基本构造特征：

滑坡体

滑动面

滑坡后壁

滑坡台地

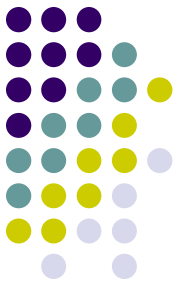
滑坡鼓丘

滑坡舌

滑坡裂缝：拉张裂缝、鼓胀裂缝、剪切裂缝、扇形张裂缝

滑坡主轴

下一张



滑坡分类：

1、按滑坡体的主要物质组成和滑坡与地质构造关系分：覆盖层滑坡、基岩滑坡、特殊滑坡

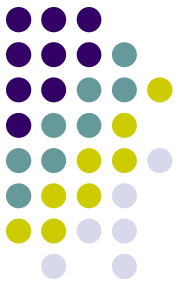
2、按滑坡体的厚度分：浅层滑坡、中层滑坡、深层滑坡、超深层滑坡

3、按滑坡的规模大小分：小型滑坡、中型滑坡、大型滑坡、巨型滑坡

4、按滑坡的形成年代分：新滑坡、古滑坡

5、按力学条件分：牵引式滑坡、推动式滑坡

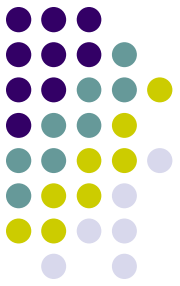
下一张



覆盖层滑坡（以覆盖层的岩性划分）

- 分粘性土滑坡、黄土滑坡、[残坡积土滑坡](#)、风化壳滑坡、古滑坡复活

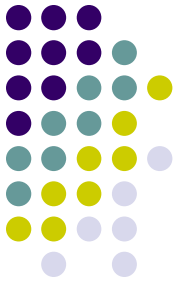
[返回](#)



基岩滑坡：

- [楔形体滑坡](#)
[顺层面滑动的滑坡](#)
[倾倒变形边坡](#)
[溃屈破坏边坡](#)
[破碎岩体滑坡](#)

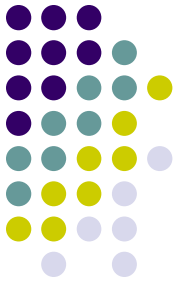
[返回](#)



特殊滑坡

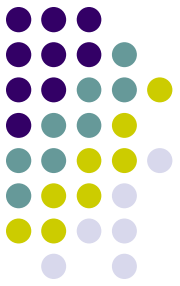
- 融冻滑坡
- 陷落滑坡

[返回](#)



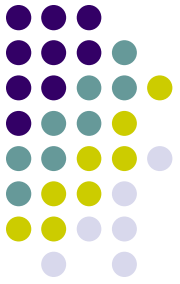
- 滑坡体厚度小于6m（浅）
- 6-20m（中）
- 20-30m（深）
- 大于30m（超深）

[返回](#)



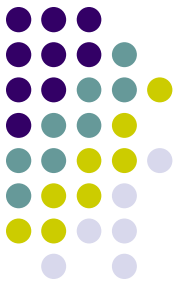
- 滑坡体体积小于3万方（小）
- 3-50万方（中）
- 50-300万方（大）
- 大于300万方（巨）

[返回](#)



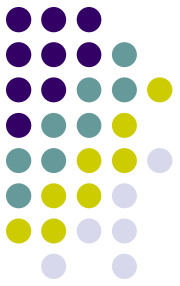
- 由于开挖山体所形成的滑坡（新）
- 已存在的滑坡（老）

[返回](#)



- 滑坡体下部先行变形滑坡，上部失去支撑力量，而随着变形滑动
- 上部先滑动、挤压下部引起变形和滑动

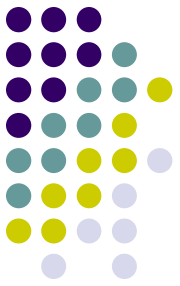
[返回](#)



滑坡的发育过程

- 蠕动变形阶段
- 滑动破坏阶段
- 渐趋稳定阶段

下一张



第三节 影响边坡稳定性的因素：

内因：地形地貌

岩土体类型、

岩土体结构构造

外因：水文地质条件：

地表水作用：河谷、河流、湖泊、海洋水流对坡脚的冲刷：

风化作用

地震：

植被：

人为因素：坡脚开挖、后缘加载

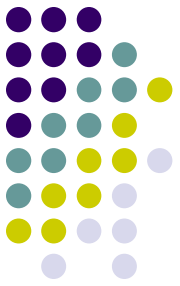
下一张

第四节 边坡稳定性的评价方法 (定性分析与定量评价 K =抗滑力/下滑力)



- 工程地质类比法
- 极限平衡算法中的传递系数法
- 塑性极限平衡分析法（即假定土体为理想刚塑性体，按摩尔-库仑屈服准则确定稳定系数）
- 破坏概率算法（解析法、蒙特-卡洛模拟法）
- 变形破坏判据算法（变形起动判据分析法、失稳判据分析法）

下一张



滑坡的力学分析

- 滑动面平直
- 滑动面为弧形
- 滑动面为折线形

返回

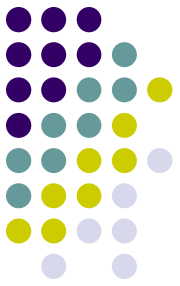
第五节 防治边坡变形与破坏的措施：

以防为主、整治为辅



- 提高滑坡的抗滑力：压脚、挡墙、锚索及锚杆挡墙、抗滑桩、改变土体性质、坡面拦网等
- 降低滑坡的下滑力：削方、减载
- 提高抗滑力和降低下滑力：排水；
- 涉水边坡处理：土工模袋，软体排，抛石，草皮护，防波堤，护岸墙等。

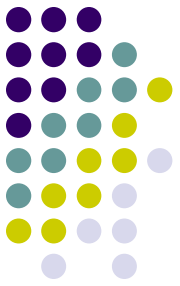
下一张



滑坡预测预报

- **预报类型：** 临滑预报；趋势预报：短期预报、中期预报、长期预报、超长期预报
- **实现临滑预报途径：** 地质地貌综合分析；滑坡观测；模拟试验；宏观的临滑前兆
- **预报内容：** 滑动范围；滑动规模；滑动方向；滑坡灾害后果

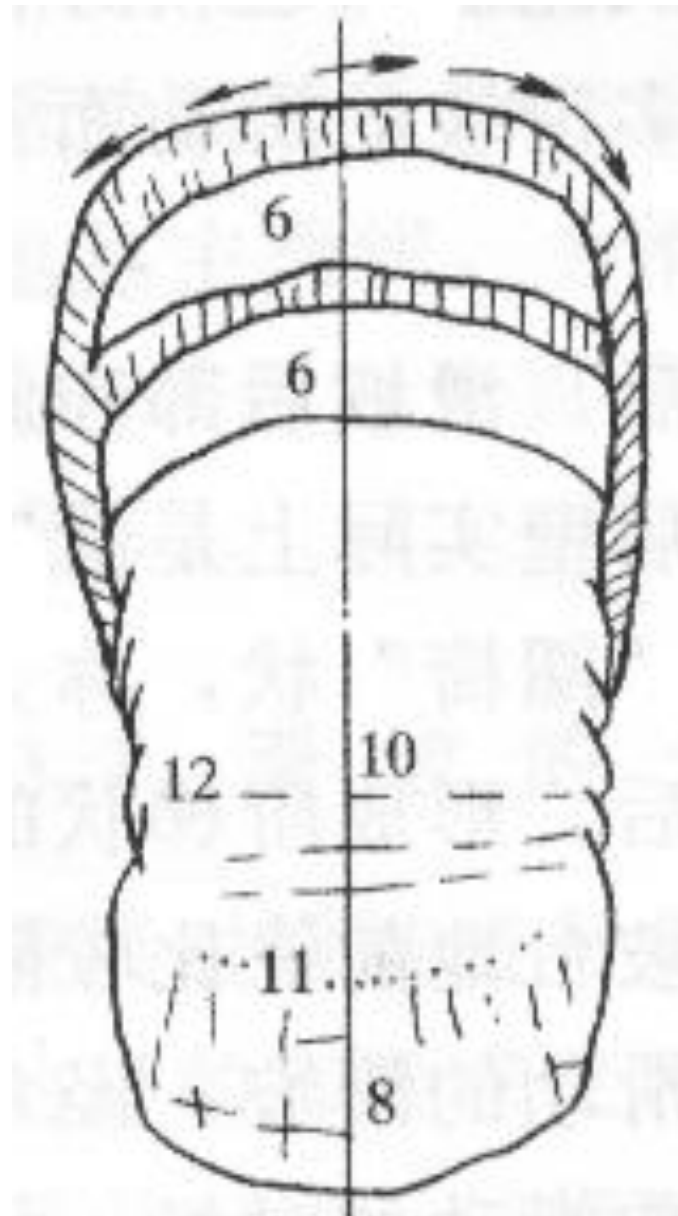
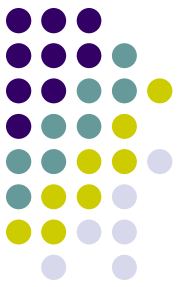
[下一张](#)



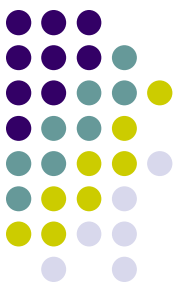
滑坡预报程序

- 趋势预报程序：信息获取-调查分析-预报决策-实施防避措施
- 临滑预报程序：监测监视-综合论证-临滑预报-发布警报

结束

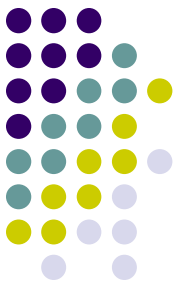


[下一张](#)



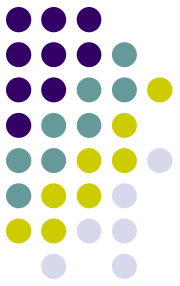
作用于斜坡上的水有多种来源，如大气降水、生产生活用水、河湖海水倒灌水、各种水体的渗漏水、地下水等。进入斜坡内的水在触发滑城中的作用主要是，增加坡体重量、浸泡软化易滑地层，形成粘滑薄层，使抗剪强度大幅度降低。当水充满裂隙时形成静水压力，出现水头差时形成动水压力，干湿交替导致岩土体开裂，使更多的水进入坡体，进一步恶化坡体状况。大量的降水和暴雨与滑坡有着极为密切的关系。

[返回](#)



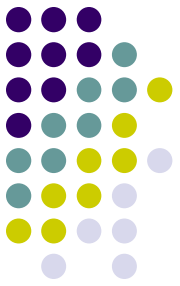
沟、河、湖、海水流冲刷岸坡，淘蚀坡脚、削弱支撑是许多自然滑坡发生的主要触发因素。这类滑坡多具有“滑动-暂时稳定-再滑动”的特征，即当坡脚被冲刷，支撑力下降，当下滑力大于抗滑力时，斜坡就滑动，而当滑坡体的一部分滑入沟、河、湖、海中堆积下来，成为抗滑体时斜坡就暂时稳定下来，一旦这些堆积物被冲走，则斜坡将再次失去平衡而发生滑动。

[返回](#)



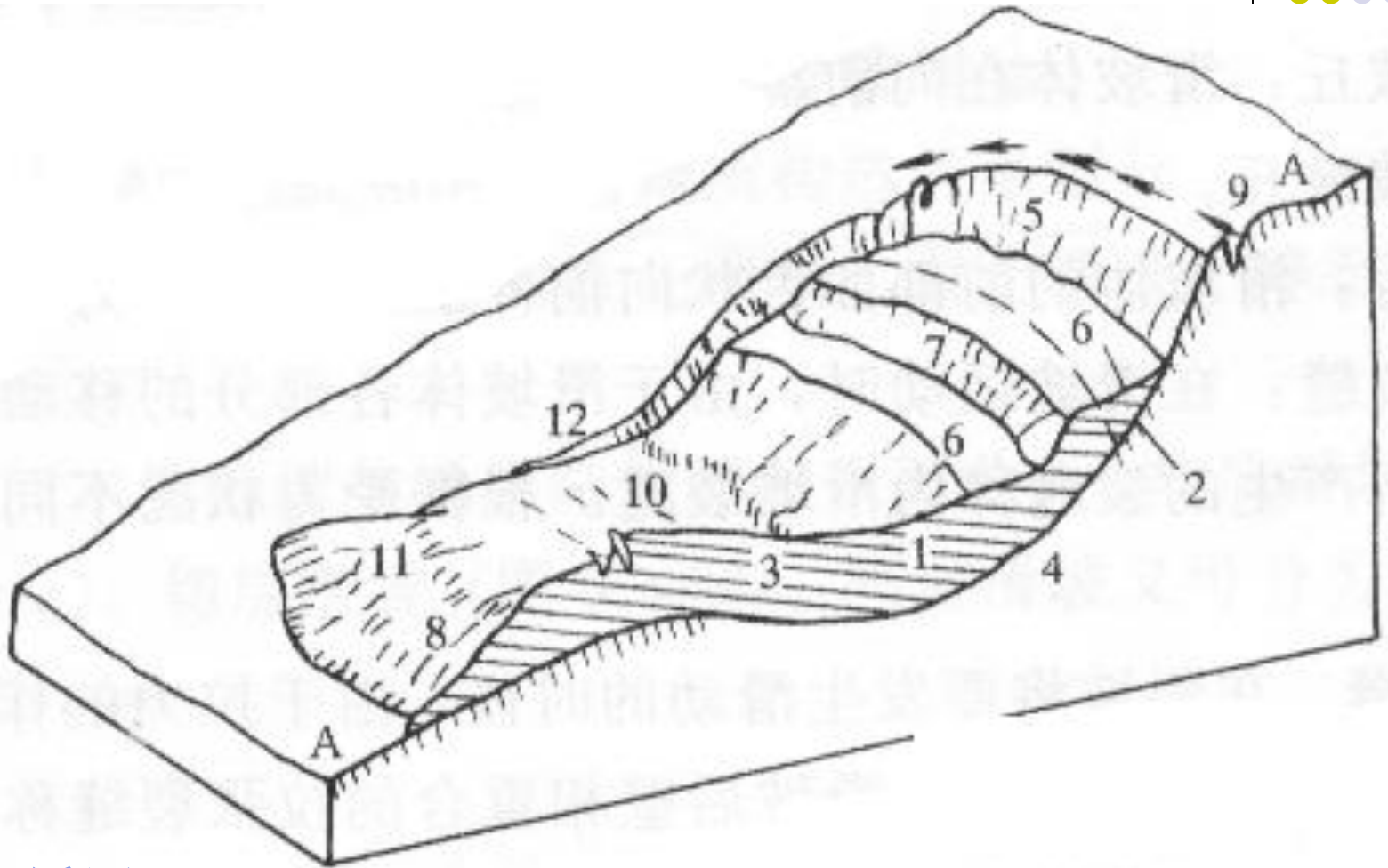
地震对滑坡的作用在于触发滑坡的滑动，促进滑坡体的形成，坡地震动的作用使斜坡承受的惯性力发生改变，触发滑体滑动，造成地形变和裂隙增加，降低岩土的动力学强度，引起地下水位的变化为滑坡体形成创造条件。

[返回](#)



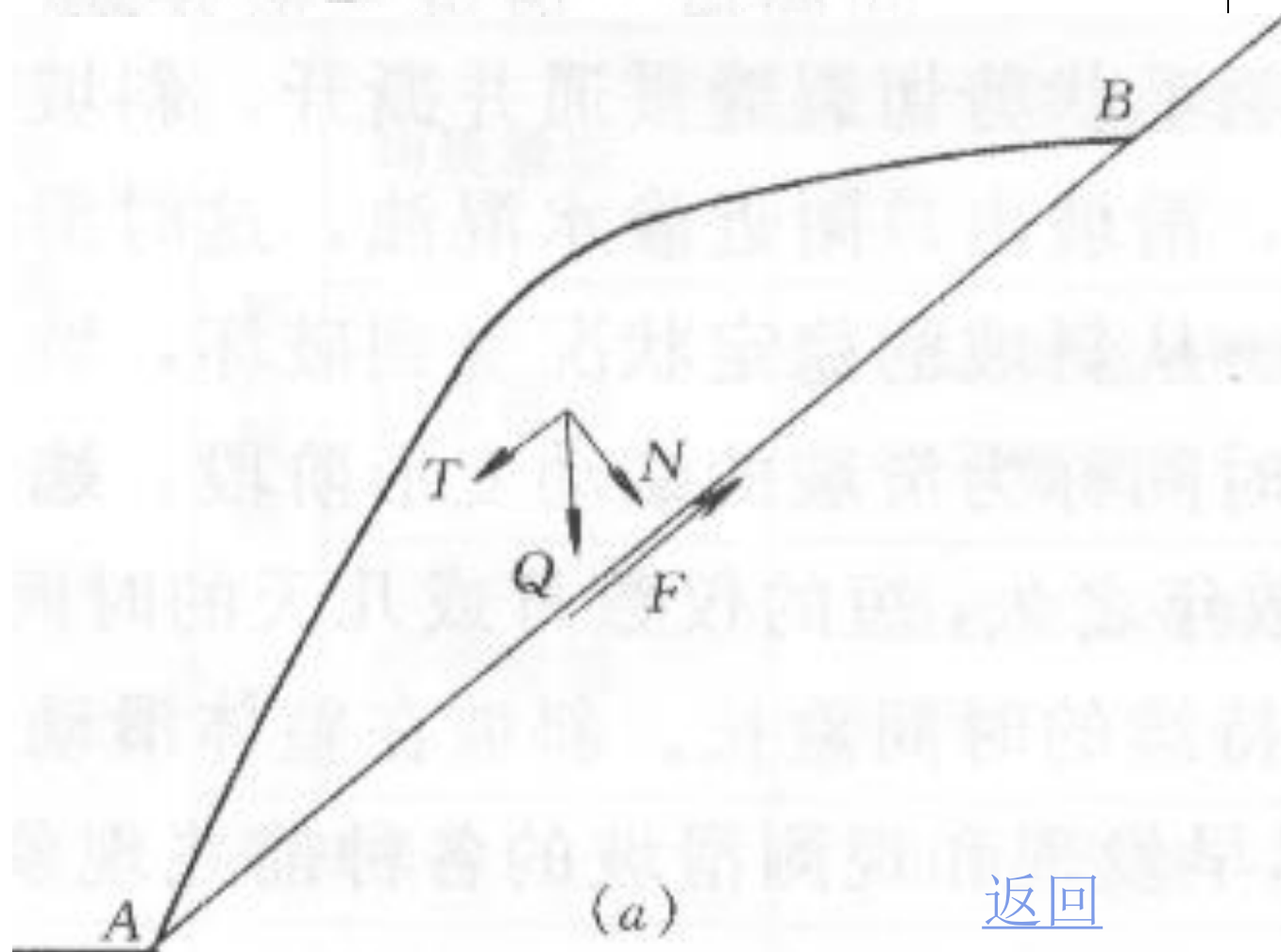
开挖与加荷触发滑坡的实质是使坡脚压力增大，开挖使最小主应力值变小，而加荷则使最大主应力值增大。它们都有增大压力差、降低斜坡稳定性的作用，其中开挖坡脚导致滑坡发生的作用远比加荷明显。

[返回](#)

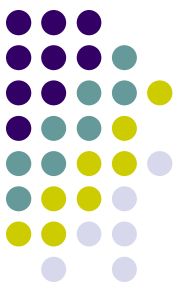


[返回](#)

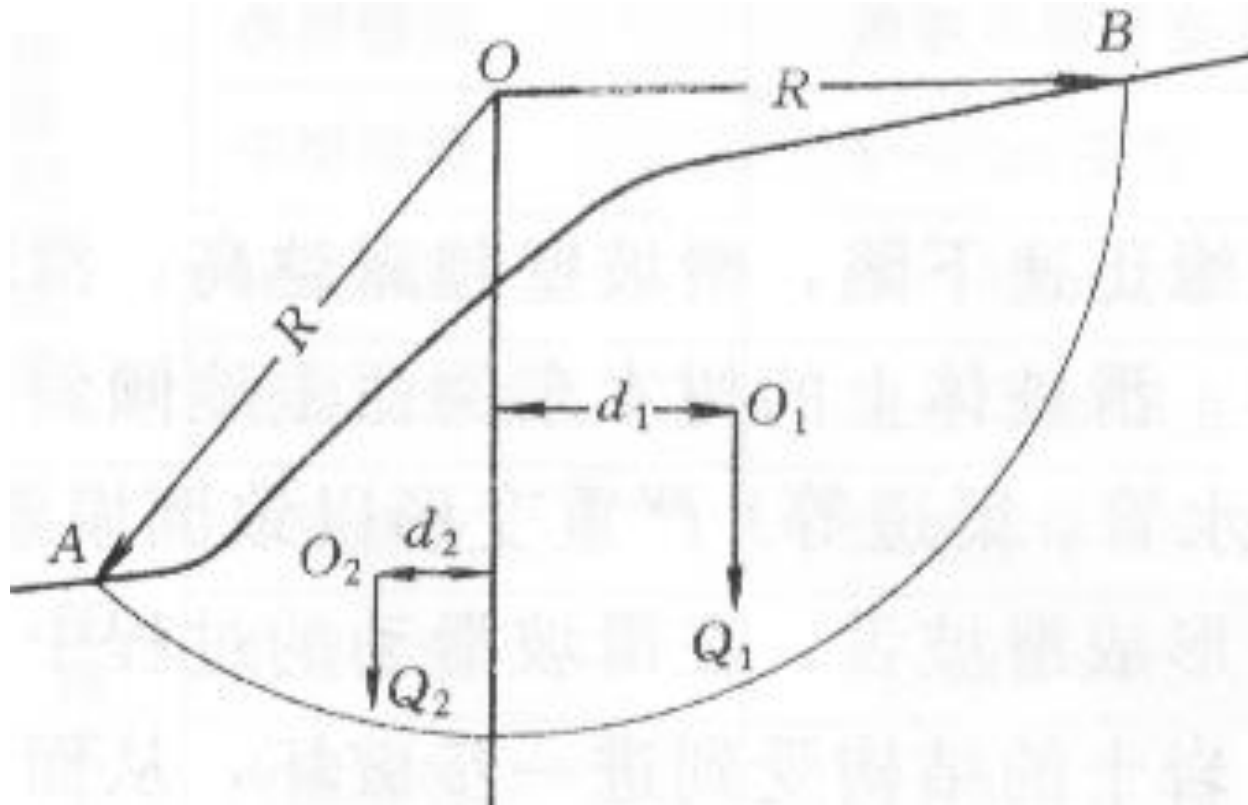
$$K = \frac{\text{总抗滑力}}{\text{总下滑力}} = \frac{F}{T}$$



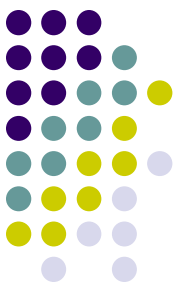
[返回](#)



$$K = \frac{\text{总抗滑力矩}}{\text{总滑动力矩}} = \frac{Q_2 \cdot d_2 + \tau \cdot \widehat{AB} \cdot R}{Q_1 \cdot d_1}$$

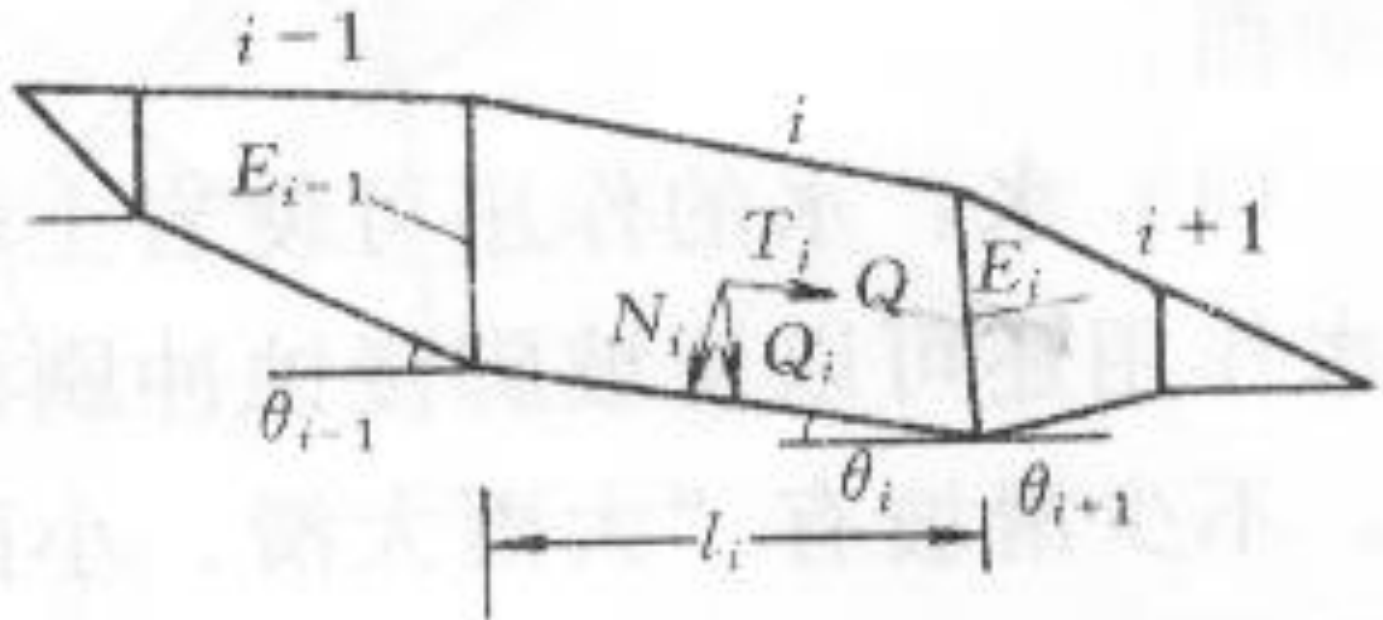


[返回](#)

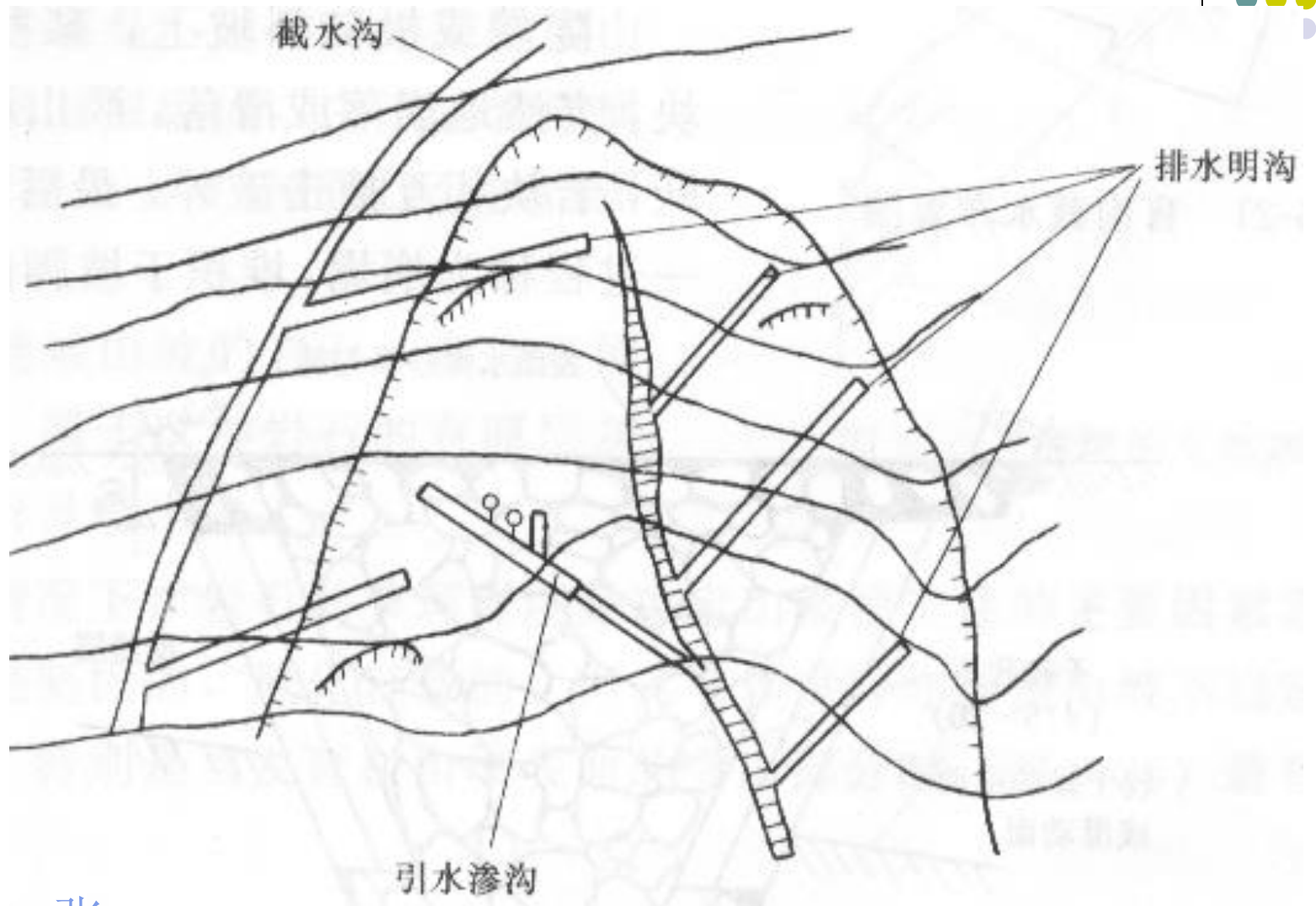


$$E_i = F_s T_i - N_i f_i - c_i l_i + E_{i-1} \psi$$

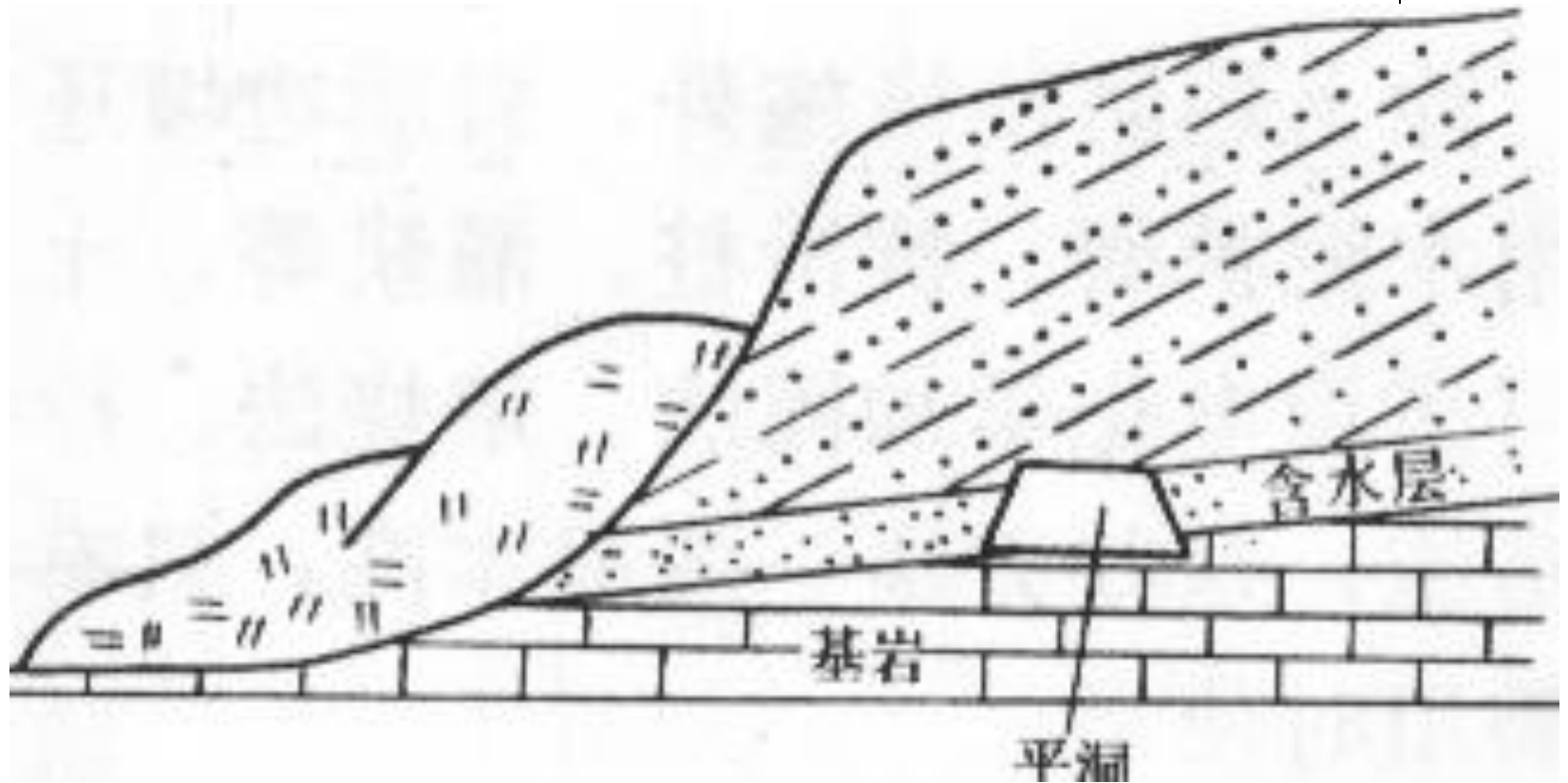
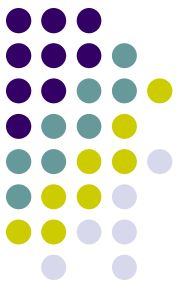
ψ ——传递系数, $\psi = \cos(\theta_{i-1} - \theta_i) - \sin(\theta_{i-1} - \theta_i) \tan \varphi_i$;



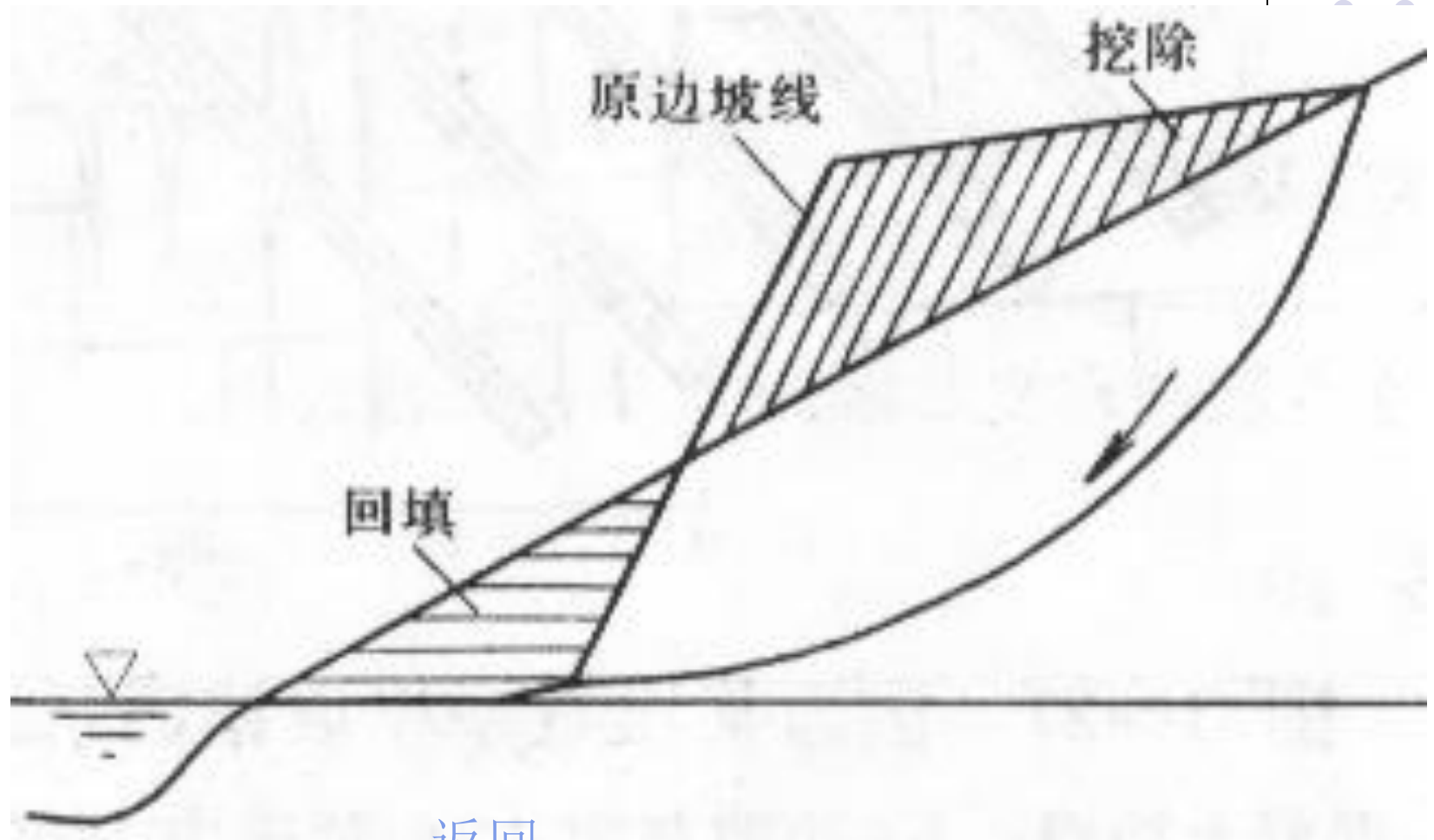
[返回](#)



[下一张](#)



[下一张](#)



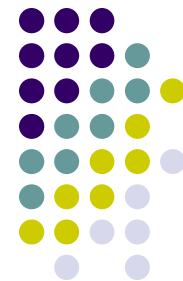
[返回](#)



[下一张](#)



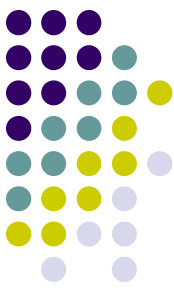
[下一张](#)



[下一张](#)



[返回](#)



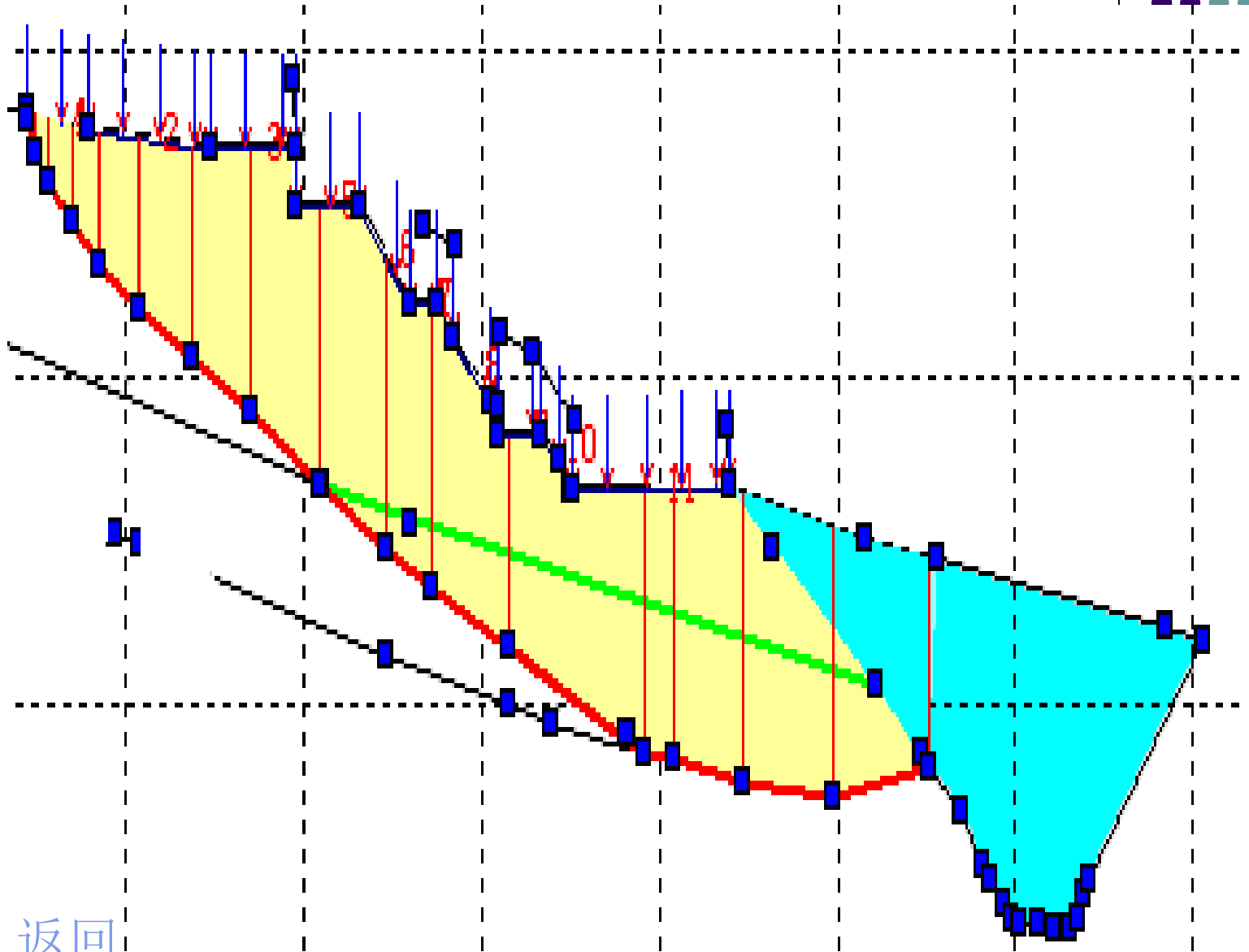
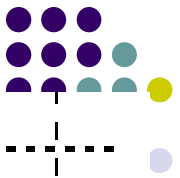
(1) 适用条件

- 1) 推动式滑坡或由错落转化的滑坡，宜采用滑坡后缘减重，前缘反压措施。
- 2) 滑床具有上陡下缓形状，滑坡后缘及两侧的地层相当稳定，不致因减重开挖而引起滑坡向后及向两侧发展时，宜采用减重措施。
- 3) 滑坡前缘有较长的抗滑段，宜利用减重弃方反压抗滑或修筑路堤。在滑体或滑带土具有卸载膨胀开裂的情况下，不应采用减重措施。

(2) 设计要点

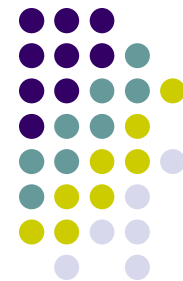
- 1) 经过滑坡推力计算，划分出主滑段与抗滑段。根据稳定滑坡的反复试算，选定减重和反压最适宜的部位与范围。
- 2) 对减重后滑体较薄弱地段应进行验算。减重后暴露的地面应整平夯实，并做好防渗和排水处理。
- 3) 反压抗滑工程，应注意防止堵塞滑坡前部的渗水和排水出路。当反压地段基底有软弱层时，应进行处理。

[下一张](#)



[返回](#)

抗滑桩与护面墙联合使用



[返回](#)

个冷二级公路预应力锚索桩板墙（上下两排桩板墙地面以上墙高达44.13米）



[返回](#)



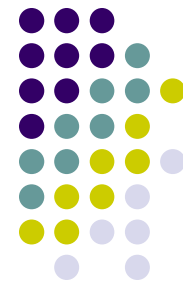
[下一张](#)



[返回](#)



[下一张](#)

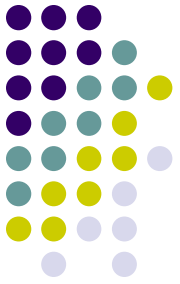


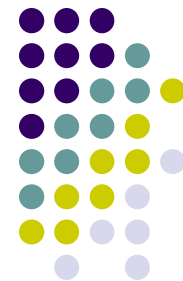
[返回](#)

后缘陡壁



[返回](#)



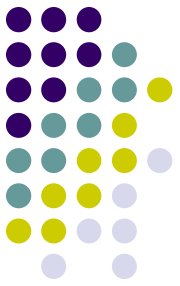


[返回](#)

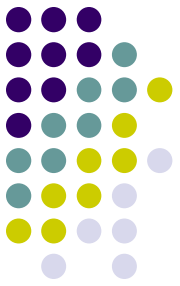
破碎岩体滑坡



[返回](#)

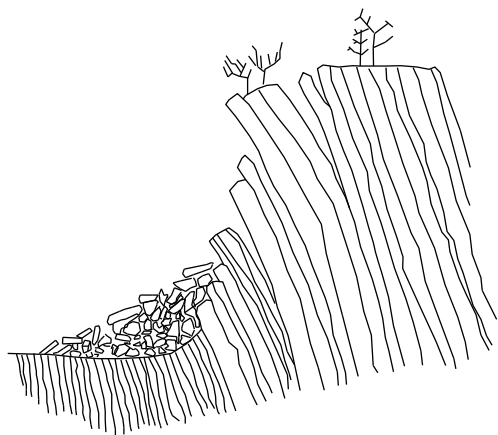


倾倒变形边坡

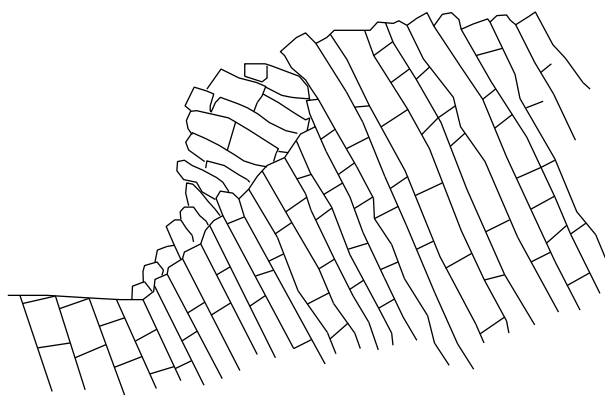


[下一张](#)

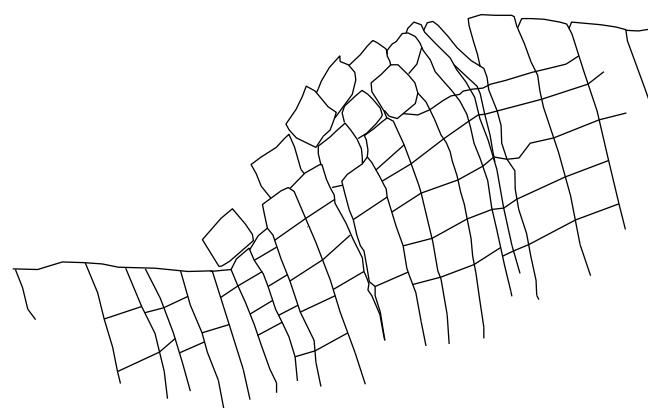
倾倒变形破坏



(a) Flexural toppling



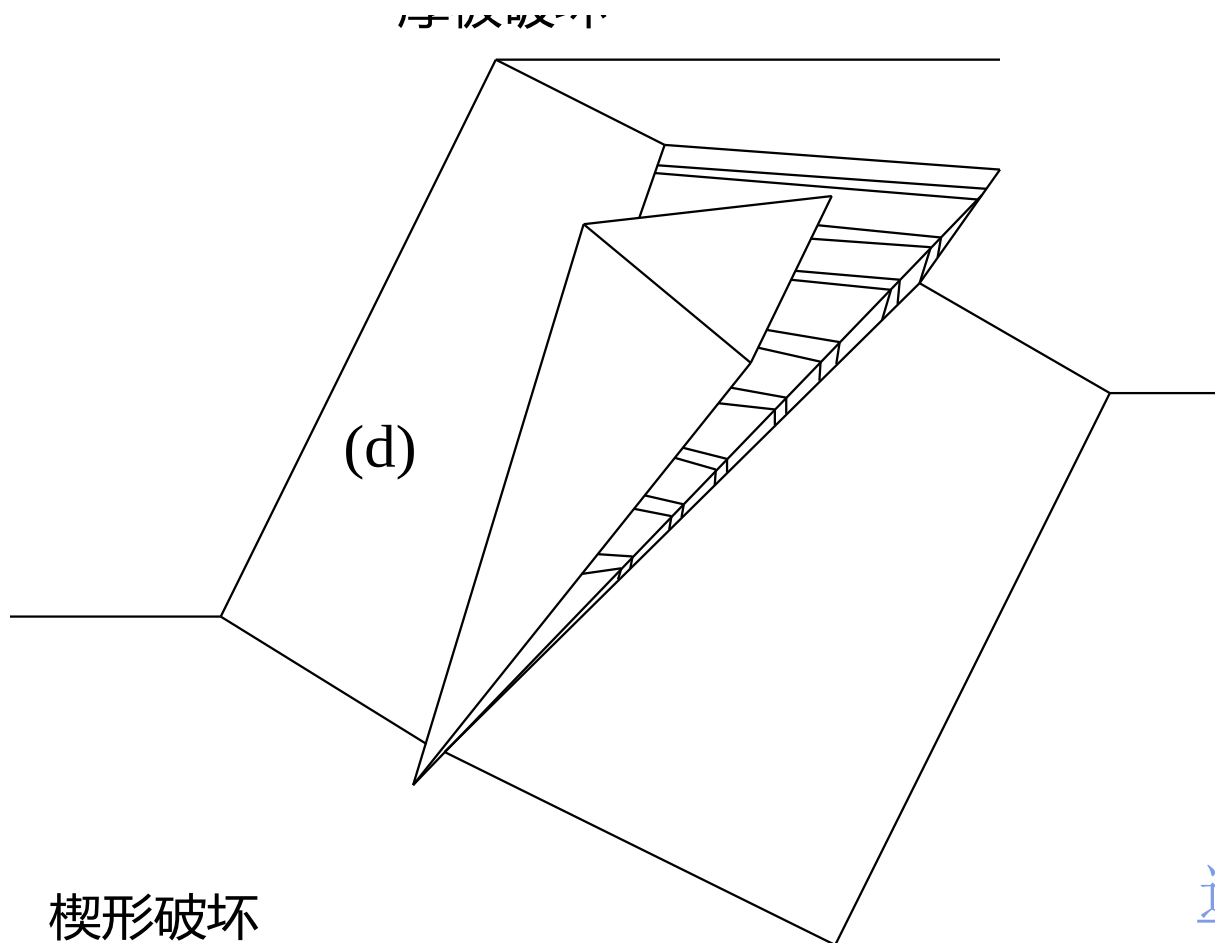
(b) Block toppling



(c) Block flexural toppling

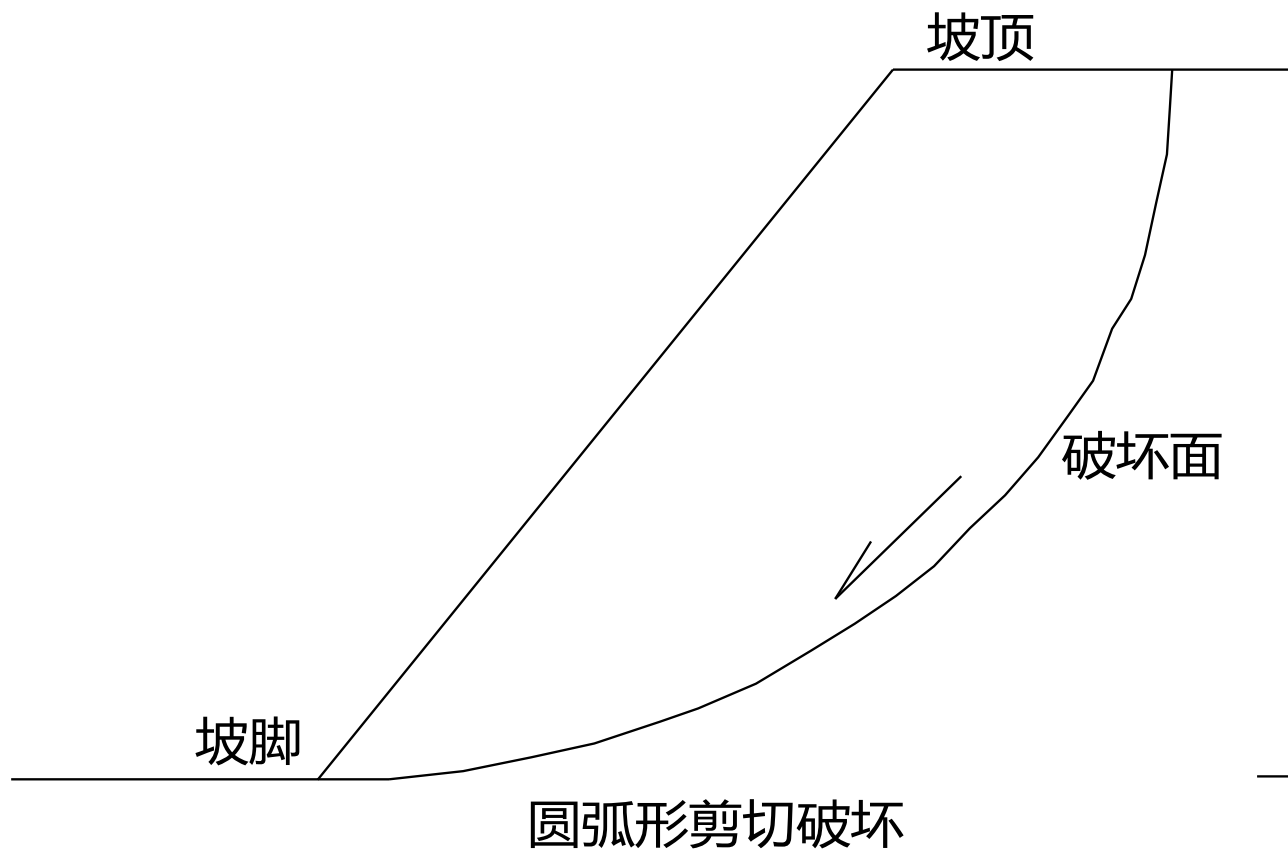
[返回](#)

楔形体滑动



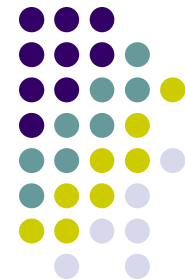
[返回](#)

圆弧形破坏



[返回](#)

顺层滑动

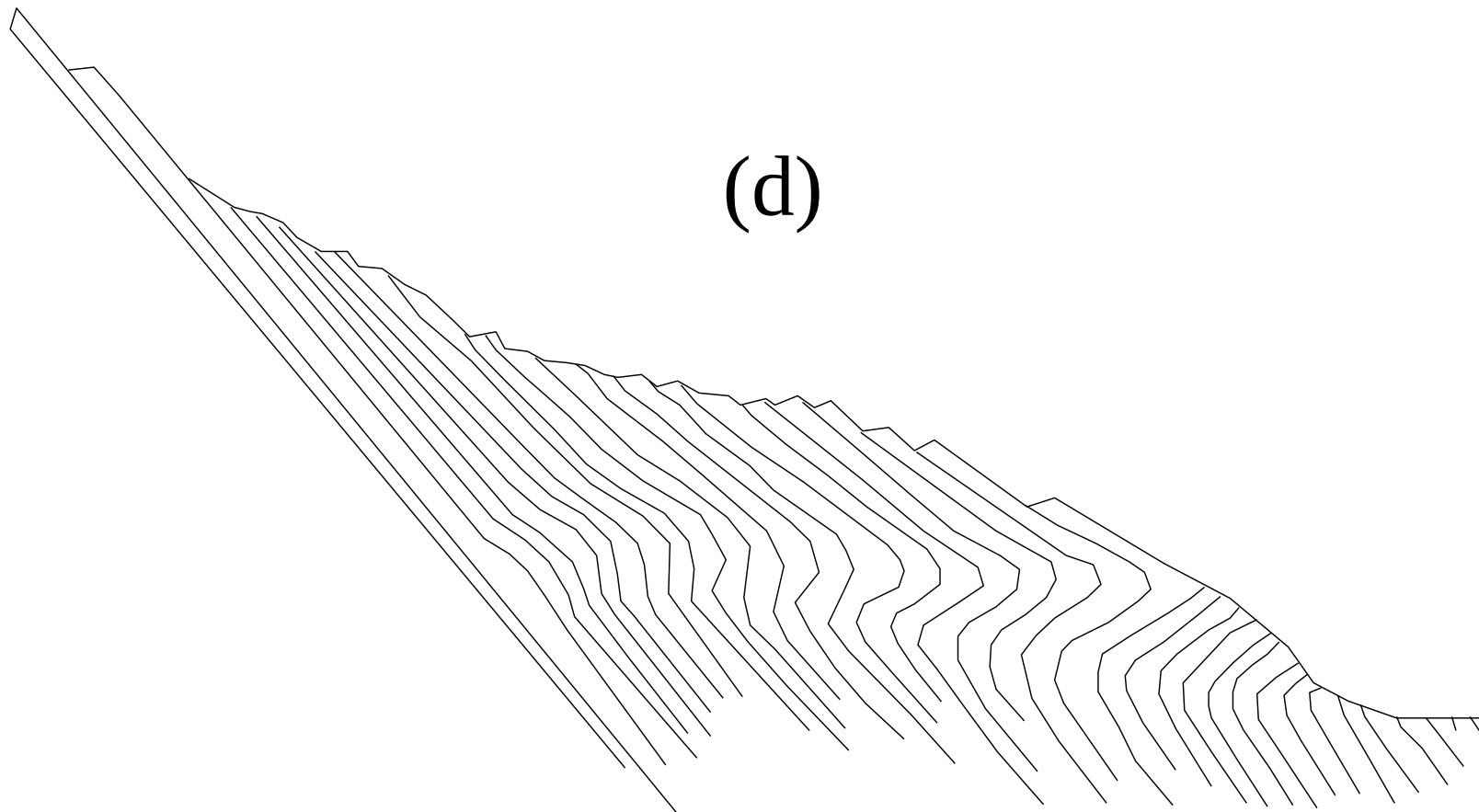


[返回](#)

溃屈破坏边坡



(d)



[返回](#)

松散堆积层滑坡



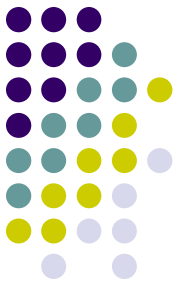
下一张

松散堆积层滑坡



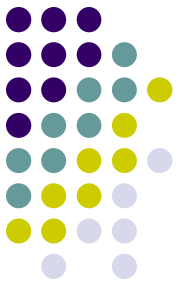
[下一张](#)

抗滑桩



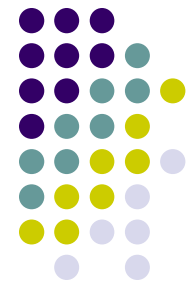
[下一张](#)

预应力锚索



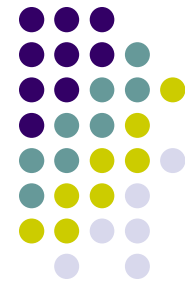
下张

人工挖孔抗滑桩



[下一张](#)

人工挖孔抗滑桩



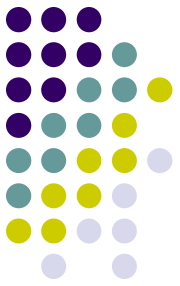
[下一张](#)

H型挡梁

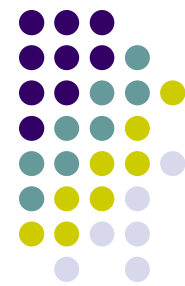


[下一张](#)

生态挡墙



[返回](#)

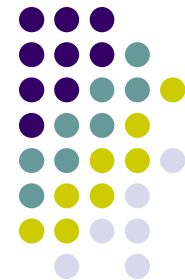


浆砌片石挡墙与H型挡梁、排水沟



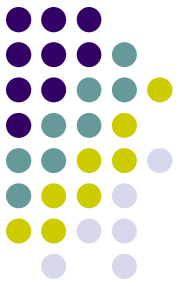
[下张](#)

浆砌片石挡墙与H型挡梁



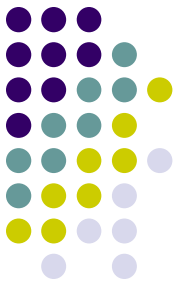
[下一张](#)

挡墙



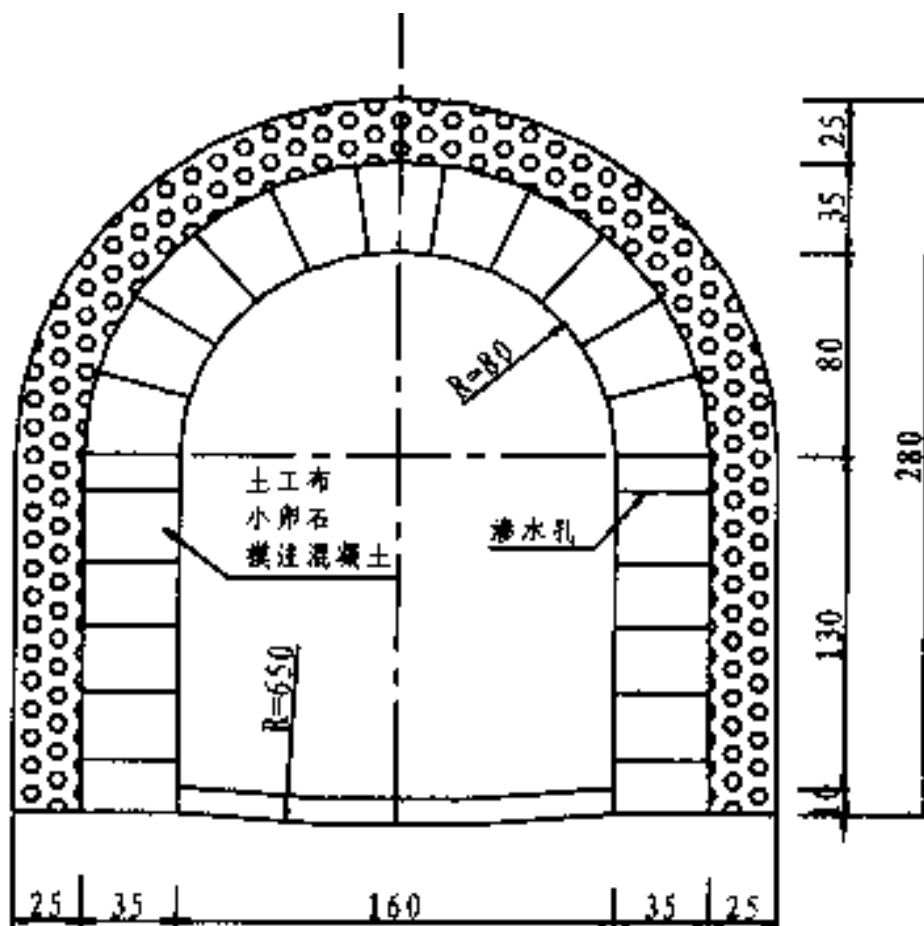
[下一张](#)

地表排水沟



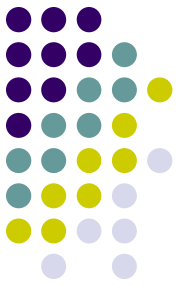
[下一张](#)

地下排水洞



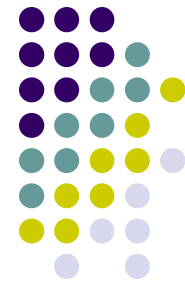
[返回](#)

混凝土梁



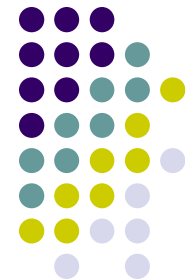
[下一张](#)

混凝土锚梁与坡面喷浆

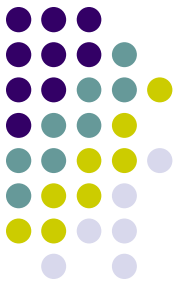


[下一张](#)

混凝土锚梁与坡面喷浆

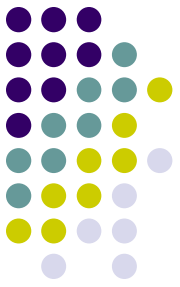


[下一张](#)









[返回](#)