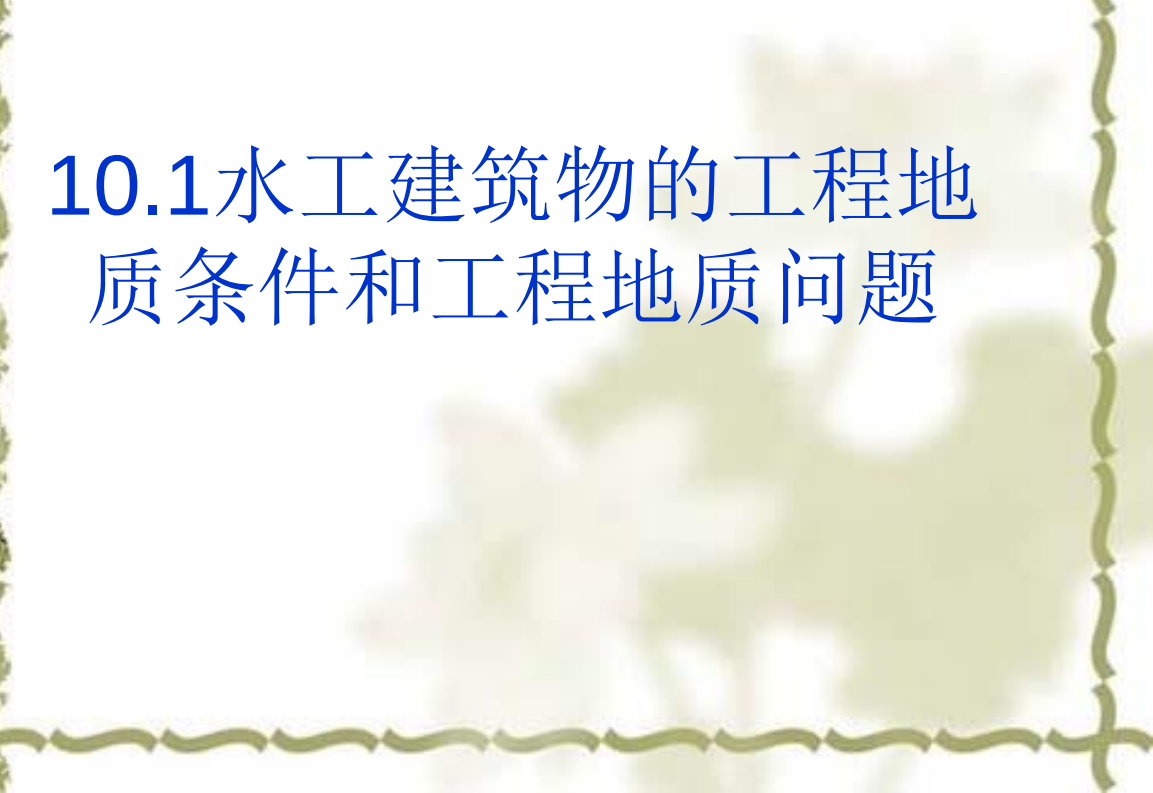




10 坝的工程地质研究

10.1 水工建筑物的工程地质条件和工程地质问题



❖ 目的：查明水工建筑地区的工程地质条件，分析可能存在的工程地质问题，保证水利工程的经济、合理与安全。

1、水工建筑的工程地质条件

工程地质条件：与工程建筑物有关的各种地质因素的综合。包括：土石类型及其性质、地质结构、地形地貌、水文地质、自然地质和天然建筑材料等。

不同坝型对地形和地质的要求：

❖ 土石坝

土坝对地基要求较低，除活断层带或大的顺河断层、巨厚强透水层、压缩变形强烈的淤泥软黏土层、膨胀崩解较强土层、存在较厚粉细砂层的强震区外，一般都可以修建。

堆石坝：对地基变形适应性好。对渗透性大的地基需做防渗处理。

❖ 重力坝

混凝土或浆砌石筑成。特点：体积大，重量大，主要是靠坝体自重与地基间的摩擦力保持稳定。

对坝基的要求比土石坝高，要求坝基有足够的抗压、抗剪强度和抗渗性能，坝基岩体具有足够的整体性和均一性，坝肩及两岸边坡稳定。

❖ 拱坝

平面上呈拱形，凸向上游，两端支撑在岸坡岩体上。大部分水压力专递给两岸山体。

要求高，除跟重力坝一样对地基的要求外，两岸岩体应完整坚硬，坝基岩体有足够的整体性和均一性，拱端有较厚的稳定岩体，地形要求是对称的V型或U型峡谷。

❖ 支墩坝

介于拱坝和重力坝之间。支墩所在的地基岩体应坚固。

水工建筑的工程地质问题：

- ❖ **坝基工程地质问题：**坝基渗漏、坝基渗透变形、坝基的抗滑稳定、坝基的沉降变形问题等；
- ❖ **输水及泄水建筑物的工程地质问题：**渠系建筑物的线路选择、渗透渗漏稳定问题、地基稳定等；隧洞及地下洞室的渗透、稳定，设计及施工地质问题；
- ❖ **水库区工程地质问题：**水库渗漏、水库岸坡稳定、水库淹没、水库淤积及水库诱发地震等；
- ❖ **区域地壳稳定问题：**库区一定范围内断裂构造活动性、场地地震效应及地震动力学问题；
- ❖ **环境工程地质问题：**自然地质灾害及人为活动引起的地质问题对水利工程的影响。



❖ 大坝安全

10.2 坝区的渗漏

- ❖ **坝基的渗漏：**水库蓄水后，库水通过坝基或坝肩的透水地层向河谷下游的渗漏。分别称坝基渗漏和绕坝渗漏。

坝基（肩）渗漏的地质条件：

- ❖ **基岩中的渗透通道：**从岩性（胶结不良的砂岩、砾岩层；具气孔构造且裂隙发育的玄武岩、流纹岩等）和地质构造分析。

纵谷：岩层走向与河流流向平行或近于平行的河谷。

横谷：岩层走向与河流流向垂直或近于垂直的河谷。

斜谷：岩层走向与河流流向斜交的河谷。

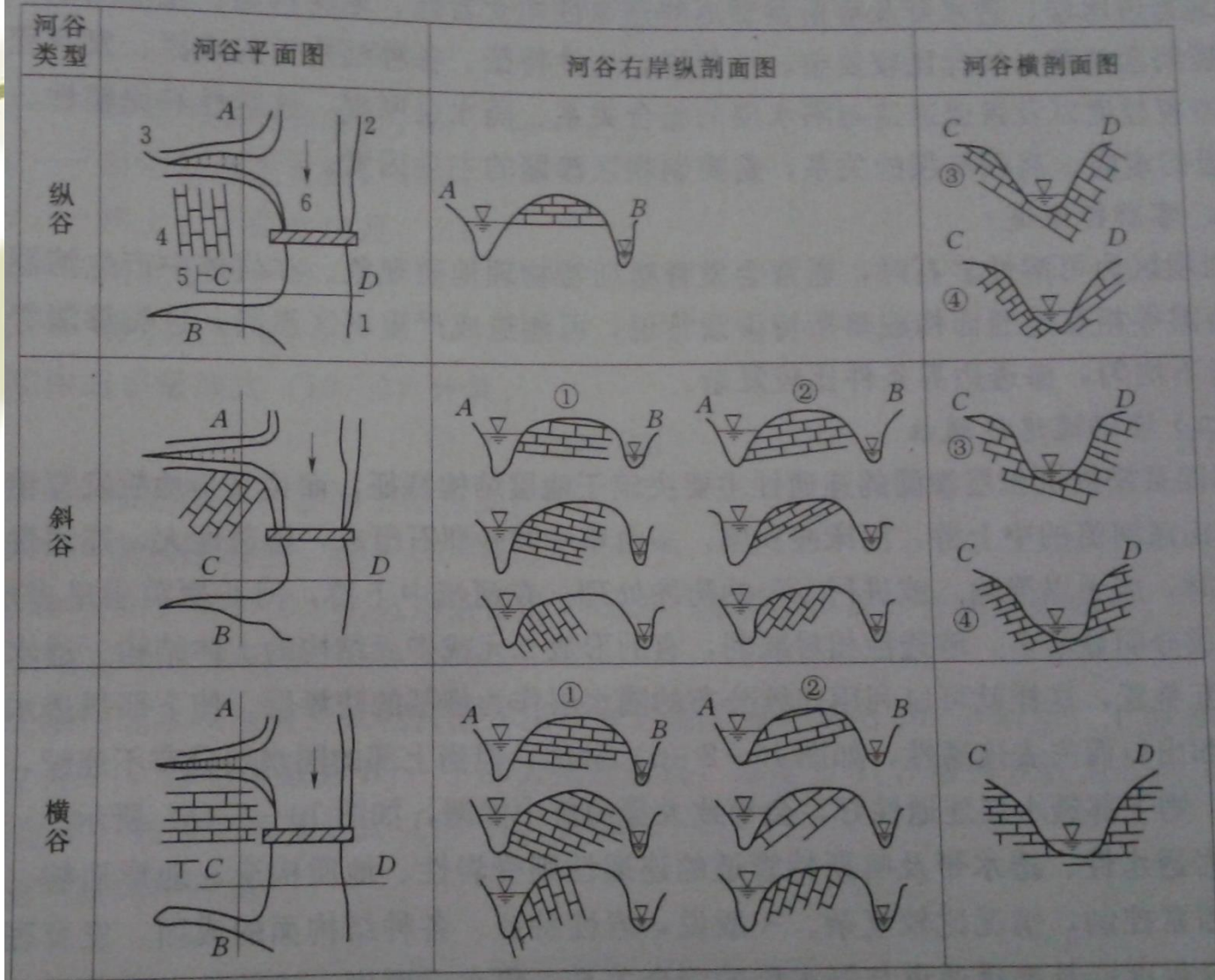


图 10-1 坝基（肩）渗漏与河谷构造关系示意图

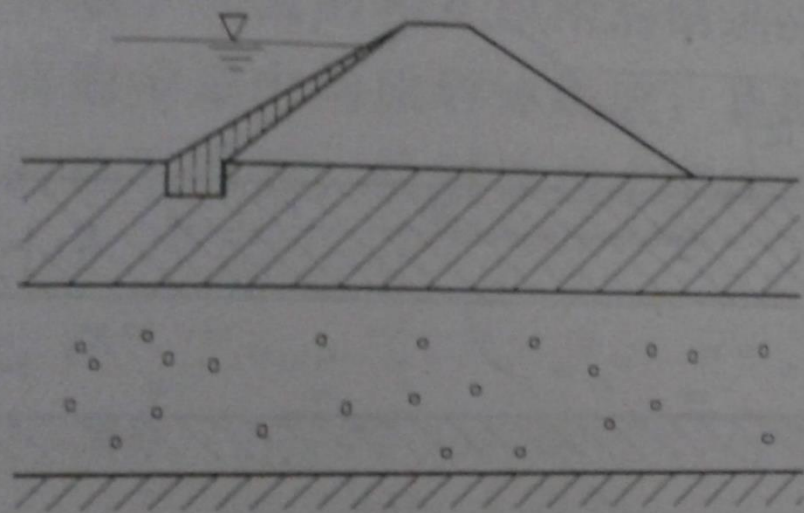
1—河谷；2—水库回水线；3—沟谷；4—岩层；5—岩层产状；6—坝轴线位置；

A—B、C—D—纵横剖面线

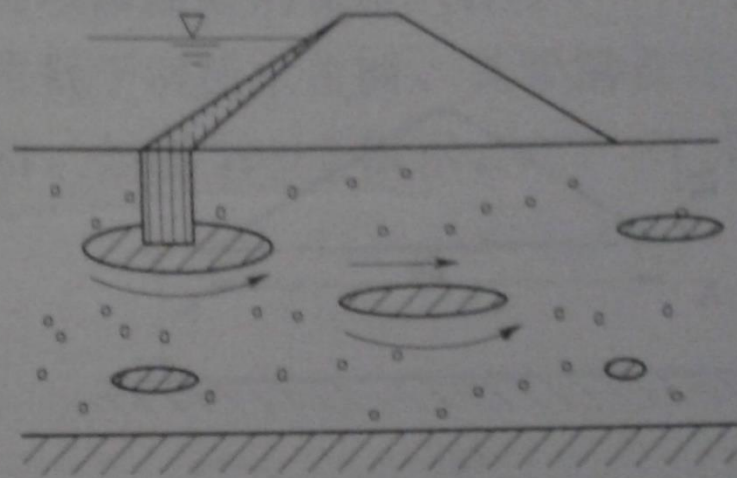
①、②—岩层倾向下游和上游，倾角自上而下为缓倾、中等倾斜和陡倾岩层；

③、④—横剖面上岩层各向一岸倾斜

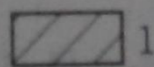
- ❖ 第四纪松散沉积层中的渗漏通道：河流冲积层，坡积层，残积层等。主要是通过古河道、河床和阶地内的砂、卵、砾石层渗漏。
- ❖ 透水带：断层破碎带和裂隙密集带。
- ❖ 喀斯特管道：溶洞、暗河等。



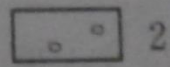
(a)



(b)



1



2

图 10-2 土基隔水层的利用示意图

(a) 可利用的，厚度较大且连续分布的隔水层；(b) 不可利用的，
厚度较小分布不连续的隔水层

1—隔水层；2—透水层

❖ 坝区渗漏量的计算（P158）

包括坝基渗漏量计算和绕坝渗漏量的计算。

10.3 坝基的渗透变形

坝基的渗透变形：水库蓄水后，坝基在有压渗透水流的作用下，引起土体颗粒或裂隙充填物颗粒移动、结构变形甚至破坏的现象。

❖ 坝基渗透变形的表现形式：

管涌（潜蚀）：土体内的细颗粒或可溶成分由于渗流作用而在粗颗粒孔隙通道内移动或被带走的现象。分机械潜蚀和化学潜蚀，也有生物潜蚀。

流土：在上升的渗流作用下，局部粘性土和其他细粒土体表明隆起、顶穿或不均匀的砂土层中所有颗粒群同时浮动而流失的现象。

接触冲刷：渗透水流沿着两种渗透系数不同的土层接触面或建筑物与地基的接触面流动时，沿接触面带走细颗粒的现象。

接触流失：渗透水流垂直于渗透系数相差悬殊的土层流动时，将渗透系数小的土层中细颗粒带进渗透系数大的粗颗粒土的孔隙中的现象。

❖ **坝基渗透变形的原因：** 渗透水流的动水压力对岩土体作用的结果。当渗透动水压力大于岩土体的阻抗力时，就产生渗透变形。

土体对渗透水流的阻抗能力为抗渗强度。

❖ **土体结构因素分析：**

有效粒径 d_{10} ： 小于某粒径的土粒重量累计百分数为10%时相应的粒径。

限定粒径 d_{60} ： 小于某粒径的土粒重量累计百分数为60%时相应的粒径。

不均匀系数 C_u ： d_{60} 与 d_{10} 的比值，反映颗粒级配的不均匀程度。

粗细颗粒粒径比大于20时，易于形成管涌；

土颗粒级配的不均匀系数 C_u 小于10的土易产生流土，
大于20的土易产生管涌，10和20之间的则两者都有可能发生；

土层结构：多层结构的松散土层发生渗透变形的可能性取决于渗透水层与不透水层上下组合关系、相对厚度、透水层性质及其连通性。

❖ 水动力条件:

渗透压力是渗透水流作用在单位土体上的压力。

$$D_{\text{动}} = r_w i$$

临界水力坡降：渗透水流使土体刚刚发生渗透变形时具有的水力坡降。

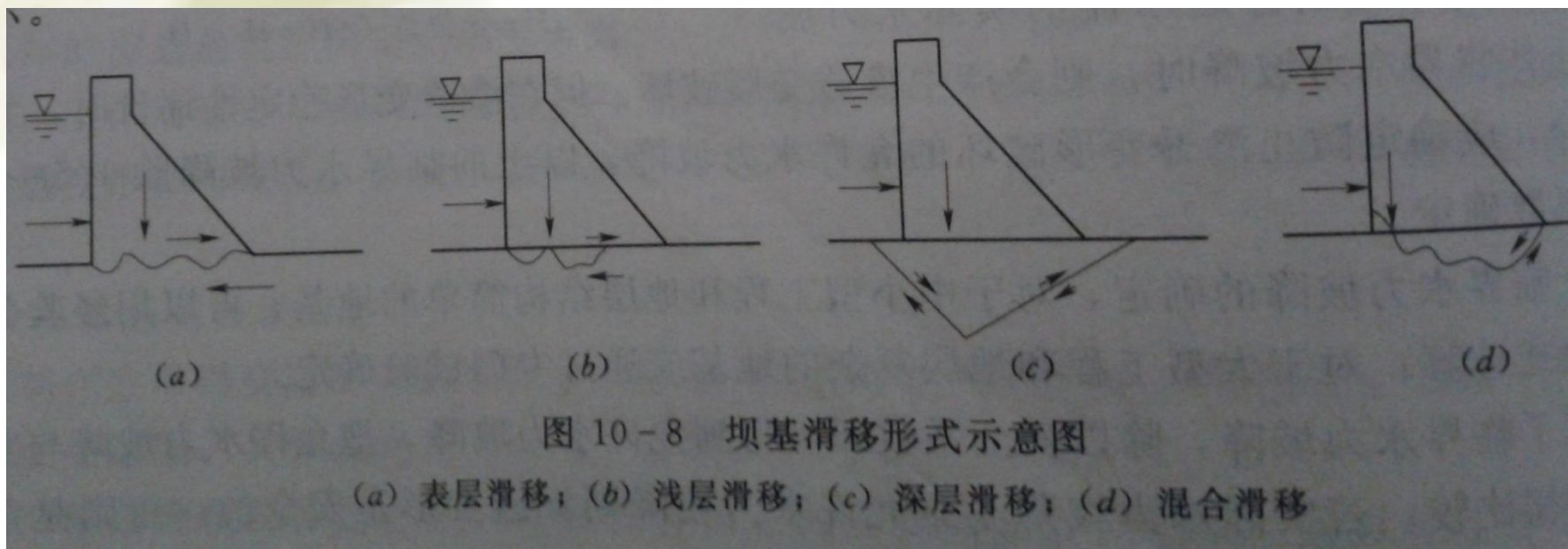
$$i_{cr} = (1-n)(r_{\text{土粒}} - 1) + 0.5n$$

$$i_{cr} = (Gs - 1)(1-n)$$

10.4 坝基的抗滑稳定

1、坝基滑移的形式：表层滑移、浅层滑移、深层滑移。

- ❖ 表层滑移：坝体混凝土地面与基岩接触面之间的剪断破坏现象。
- ❖ 浅层滑移：沿坝基不深处岩体表部的软弱结构面而发生的滑移。
- ❖ 深层滑移：沿某一深处结构面或结构面的不利组合形成的滑移。

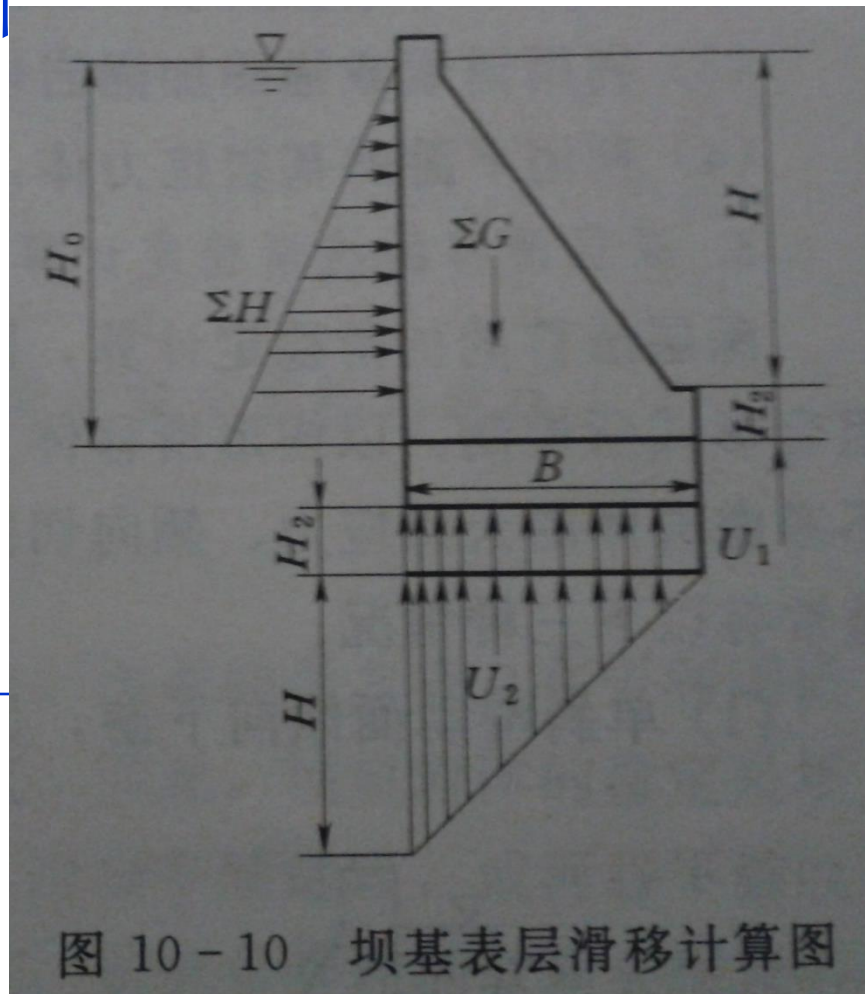


2、坝基抗滑稳定性的分析

❖ 表层滑移的稳定性分析

$$K_c = f(G - U) / H$$

$$K_c' = (f'(g - u) + CA) / H$$



❖ 浅层滑移的稳定性分析

按表层滑移简化。参数取软弱岩或破碎岩体的抗剪强度。

措施：基岩面开挖成向下游抬高的斜面或台阶状；增设齿槽；锚固岩体；下游加抗力体。

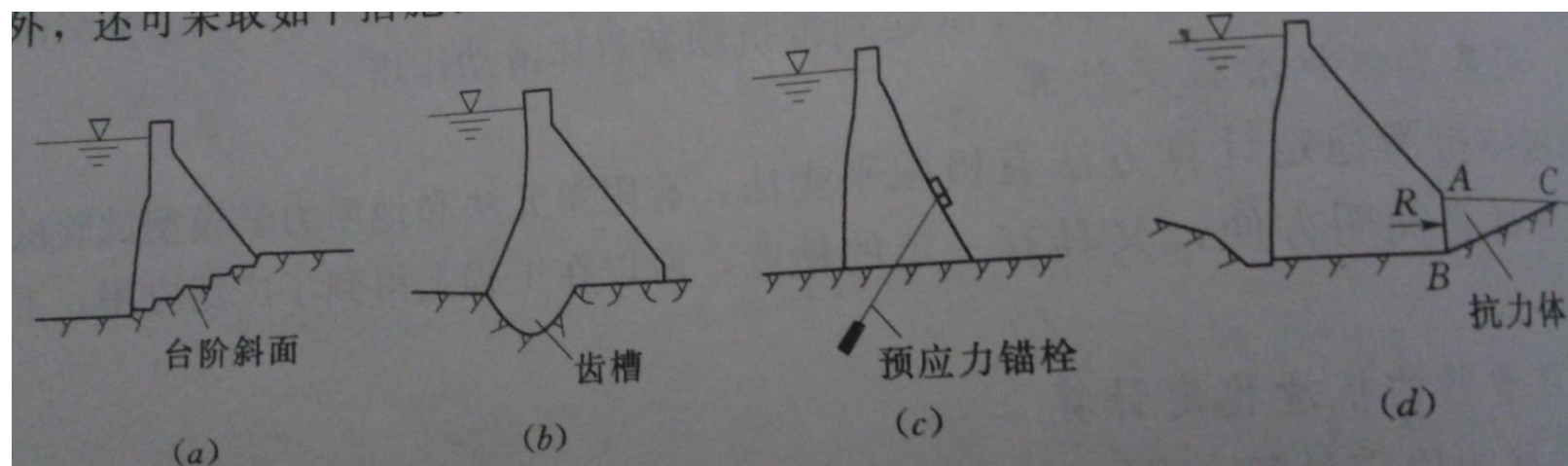
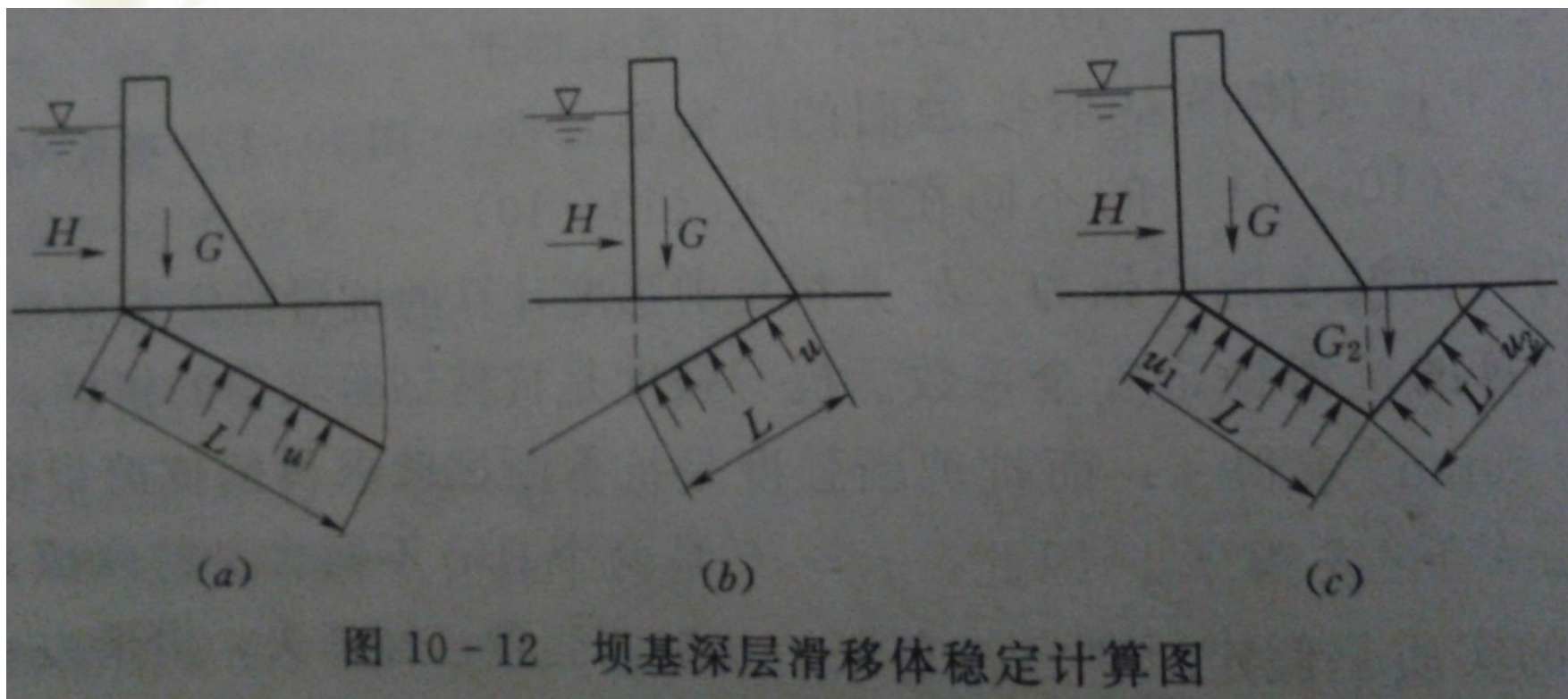


图 10-11 增加坝基抗滑力的措施

(a) 将基岩面开挖成向下游抬升的台阶状；(b) 增设齿槽；
(c) 利用预应力锚栓加固；(d) 利用坝趾处的抗力体

❖ 深层滑移的稳定性分析



❖ 坝肩的抗滑稳定性分析

坝肩岩体内存在滑裂面；

坝肩掩体内存在具有较大变形的岩层；

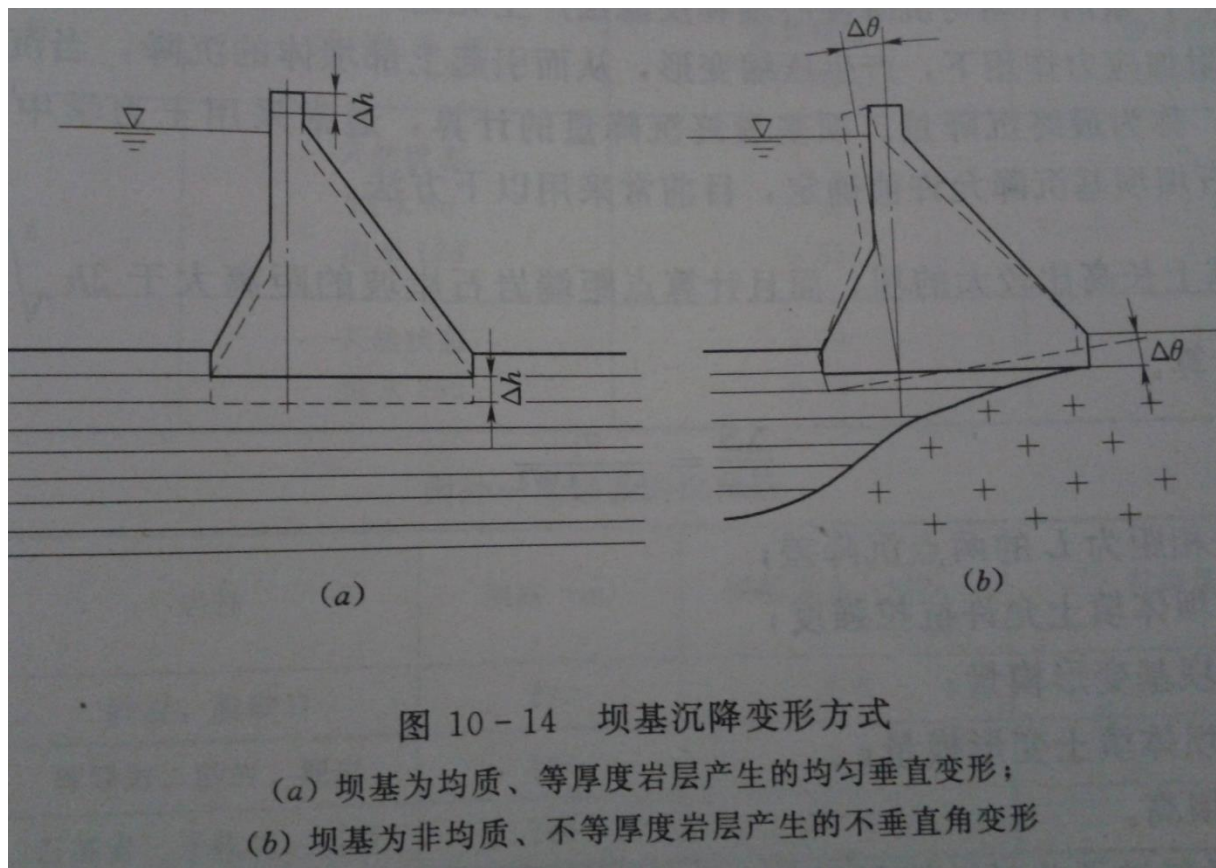
坝肩岩体内存在管涌或潜蚀通道；

地震、山崩、滑坡及软弱结构体的变形或滑移。

❖ **U型谷**：坝底部分的拱端推力最大，**V型谷**，在**1/3**坝高处的拱端推力最大。

10.5 坝基的沉降与承载力

- ❖ 坝基沉降：垂直变位和角变位。
- ❖ 虎克定律：
- ❖ 岩石变形：



10.6 坝基处理

- ❖ 开挖清基
- ❖ 岩土体加固:固结灌浆;锚固;断裂破碎带的槽、井、洞挖回填处理;桩基加固;
- ❖ 防渗和排水:截水槽;混凝土防渗墙;帷幕灌浆;铺盖;回填混凝土;坝基排水;
- ❖ 改变建筑物结构形式,适应坝基的地质条件.