

Basis of Hydrogeology

水文地质学基础

第十二章 岩溶水

Karst Water

吴勇 博士、教授

成都理工大学

环境与土木工程学院

地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室

本章内容

12.1 岩溶发育的基本条件

12.2 岩溶水系统的演变

12.3 岩溶水的特征

12.4 岩溶水的发育规律

第十一章 岩溶水（Karst water）

岩溶对大多数人来说都不陌生，**岩溶现象**对许多人来说是很神密的（含部分专业人员），岩溶现象的壮观奇特，岩溶水的神出鬼末，有着**积极的一面**：

- 济南泉城—世界著名：**蕴育滋养了该城文明与发展**
- 山西自北向南沿太行山脉的名泉：**晋祠泉，娘子关泉，洪山泉，郭庄泉，广胜寺胜泉，龙子祠泉，是山西盆地的工农业发展的主要支柱**
- 广西桂林山水甲天下，**奇特岩溶景观**
- 云南的路南石林，**壮观与气势，让游人流涟忘返**



烟雨漓江



塔山



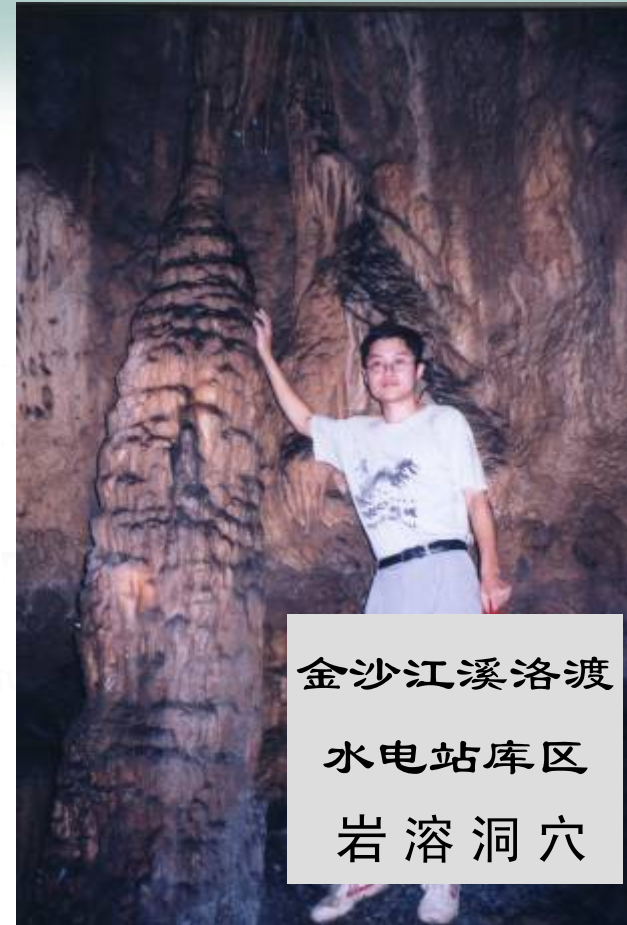
九马山



象鼻山

岩溶水的奇特又使人无可奈何——消积不利

- ❖ 华北的大多数煤层，下伏 O_2 灰岩水承压水头之高，带来开采风险巨大
- ❖ 云南、广西、贵州、四川省岩溶山区，缺水严重，阻碍发展，生活赤贫现象
- ❖ 岩溶区的库水渗漏，处理困难
- ❖ 在基本建设中，地下施工，隧道施工困难重重



金沙江溪洛渡
水电站库区
岩溶洞穴

12.1 岩溶发育的基本条件

岩溶：是水与可溶岩发生化学作用和岩土机械破坏的结果

（思考：与溶滤作用的不同与区别??）

发育的基本条件（水与岩土两大类）

1、可溶岩层的存在：

碳酸盐岩：灰岩、白云质灰岩、灰质白云岩、白云岩；

结构：豹皮灰岩，生物碎屑灰岩，厚层状，薄层状

2、可溶岩必须透水

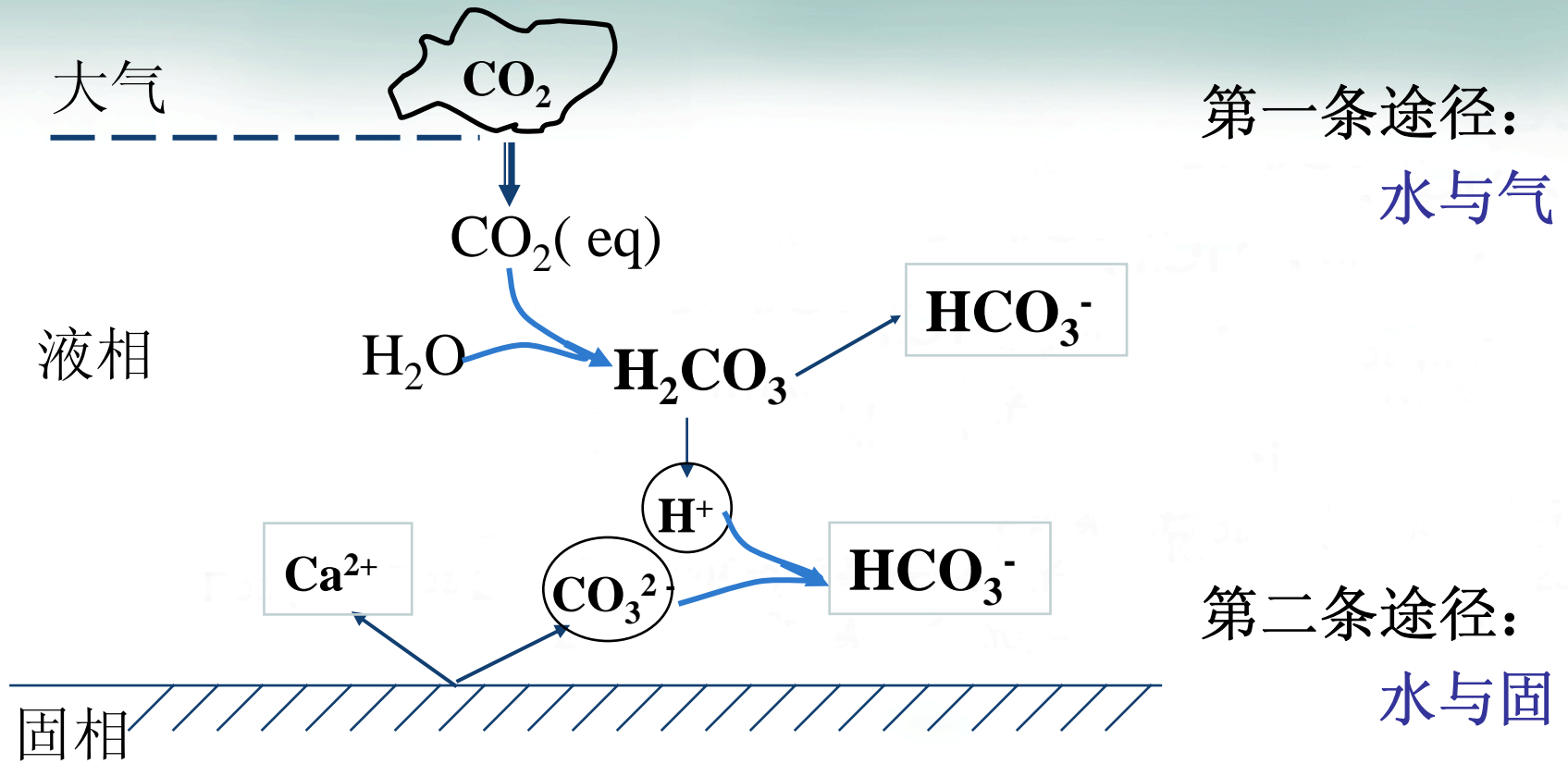
——裂隙发育（初始裂隙）→岩溶系统

断层发育决定了→溶洞形成

3、水具侵蚀性——? ?

从开放体系中的平衡（碳酸）过程来分析

开放体系中的方解石溶解的基本物理化学模式



❖ 水中碳酸平衡: H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-}

12.1 岩溶发育的基本条件

在上述模式中：

- 第一条途径（水与气）增加 H^+
- 第二条途径则产生 CO_3^{2-}
- ❖ 结果：增加 Ca^{2+} HCO_3^-
- ❖ CO_2 的参与是岩溶发育的另一重要前提，也是影响因素之
 - $[\text{CO}_2\text{来源：浅层大气与土壤层，深部来源尚无定论}]$

4. 水的流动性→

地下水的循环交替是岩溶发育的充分必要条件

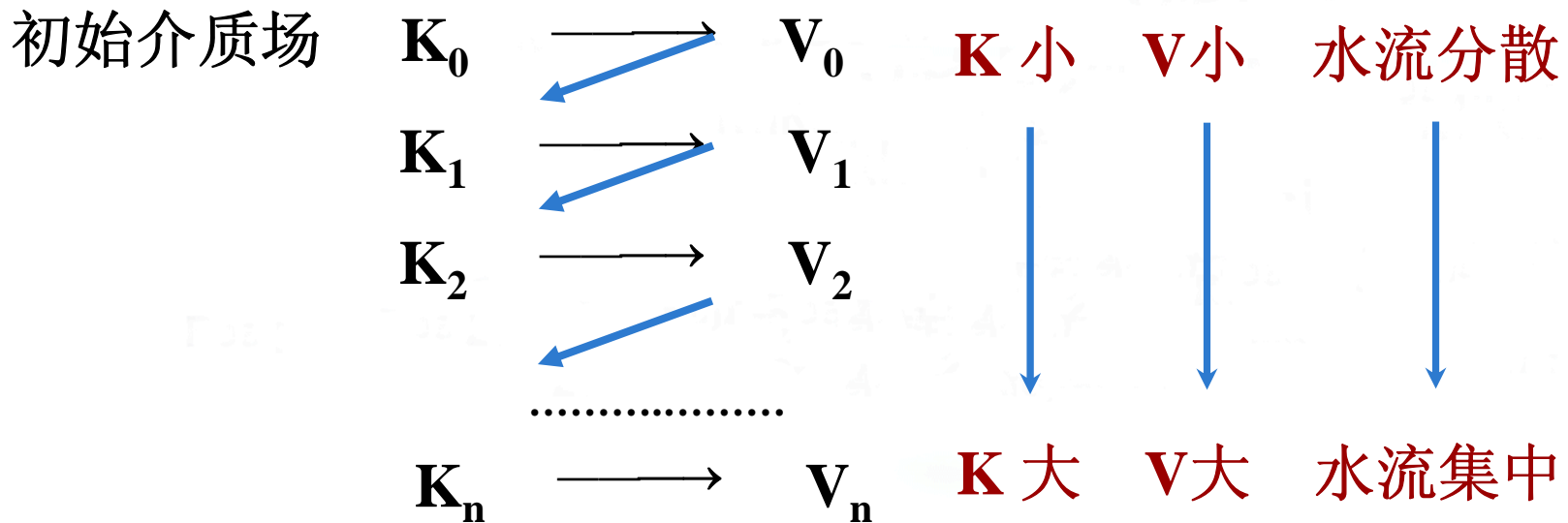
- ❖ 其作用：不断更替补充具侵蚀性的水；将溶解与侵蚀的物质带走——留下空洞（岩溶）

- ❖ 二、影响因素（略） 自学 P126--127

12.2 岩溶水系统的演变

12.2.1 地下水流对介质的改造（机理）

岩溶水与孔隙水裂隙水最大的不同，就是其介质可以被改造，水流特征不断变化，介质特征也不断变化



从系统动力学角度-----正反馈过程

12.2.1 地下水流对介质的改造

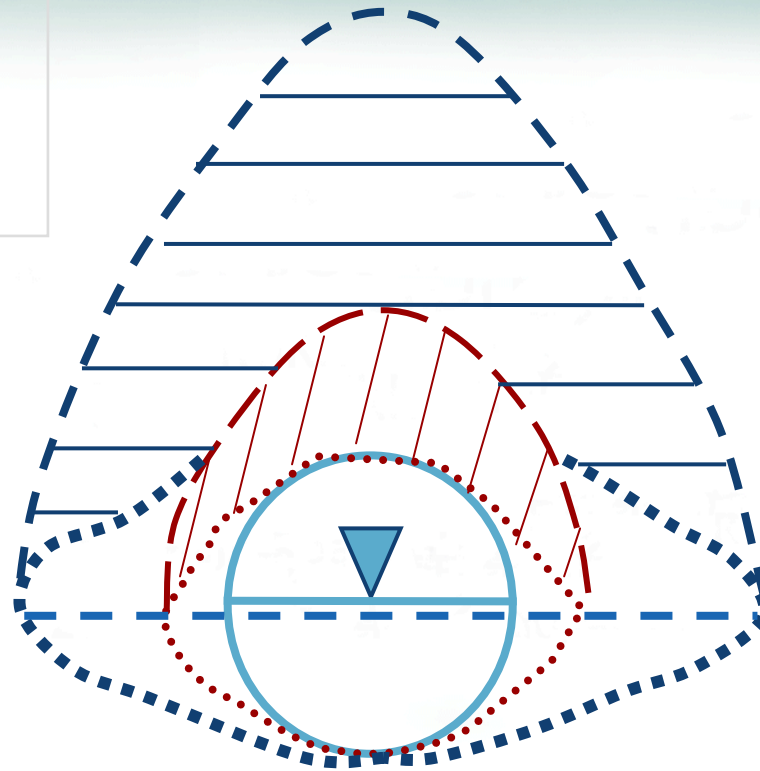
❖ 过程

- ❖ 水流愈来愈集中在少数通道中，少数通道则优先发展为溶洞
- ❖ 介质改造过程也称为差异性溶蚀改造过程，其结果水流不断集中从而构造成为岩溶水系统——地下河系化
- ❖ 在这样的过程中，中后期伴随着机械破坏过程
 - 溶蚀破坏与失稳破坏---
 - 垮塌物质部分由水流携带而走
 - 大型溶洞形成中机械破坏起重要作用

岩溶洞穴形成

溶洞的扩张示意图

- 介质改造过程
- 差异性溶蚀
- 地下河系化



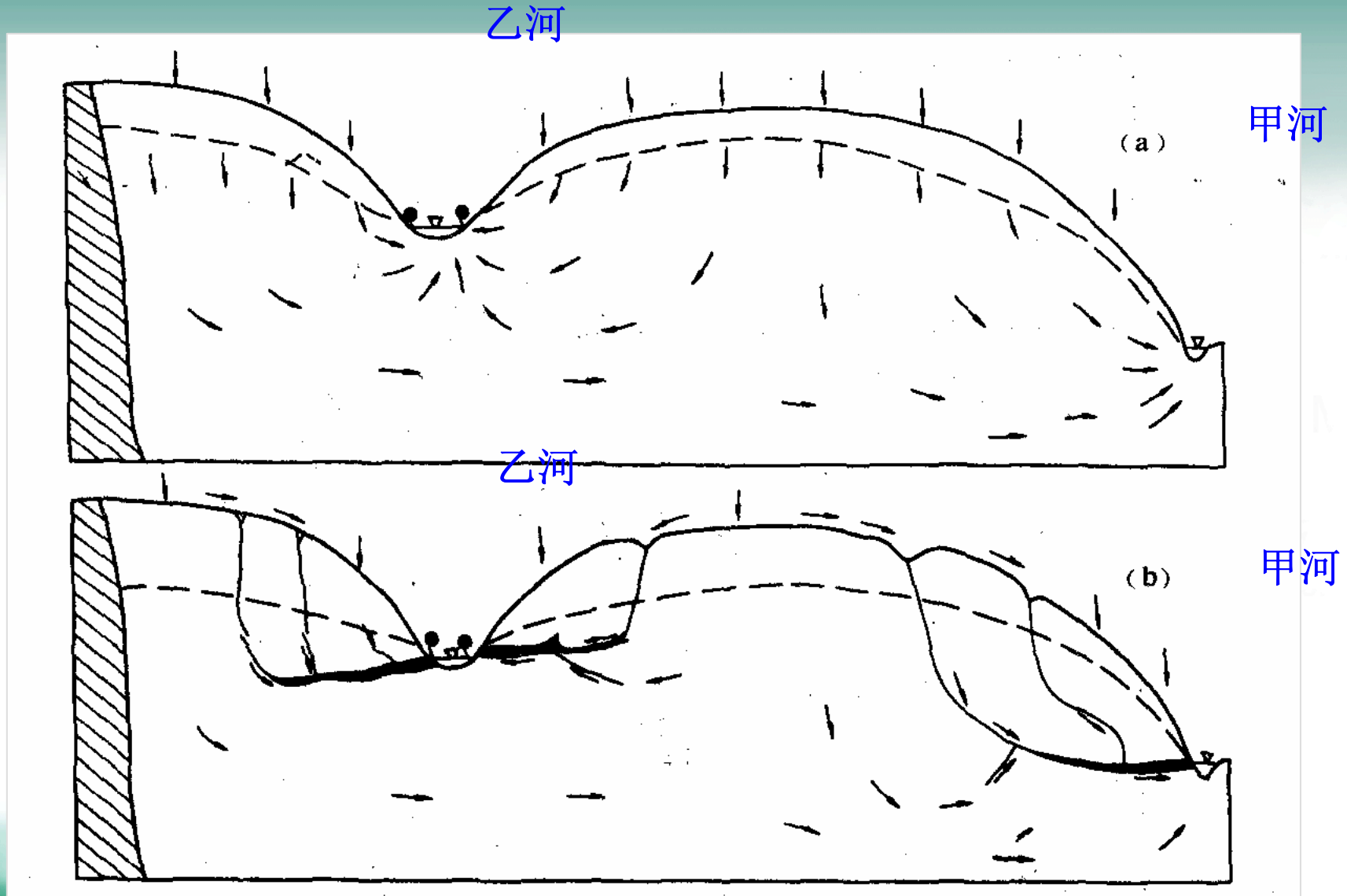
溶蚀破坏与失稳破坏---

12.2.1 地下水流对介质的改造

❖ 结果

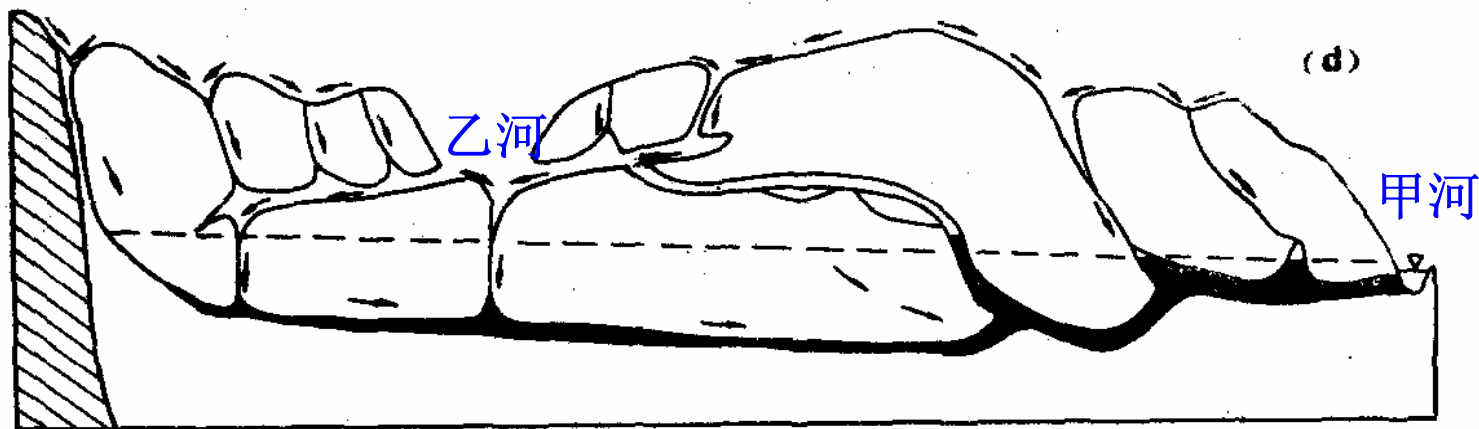
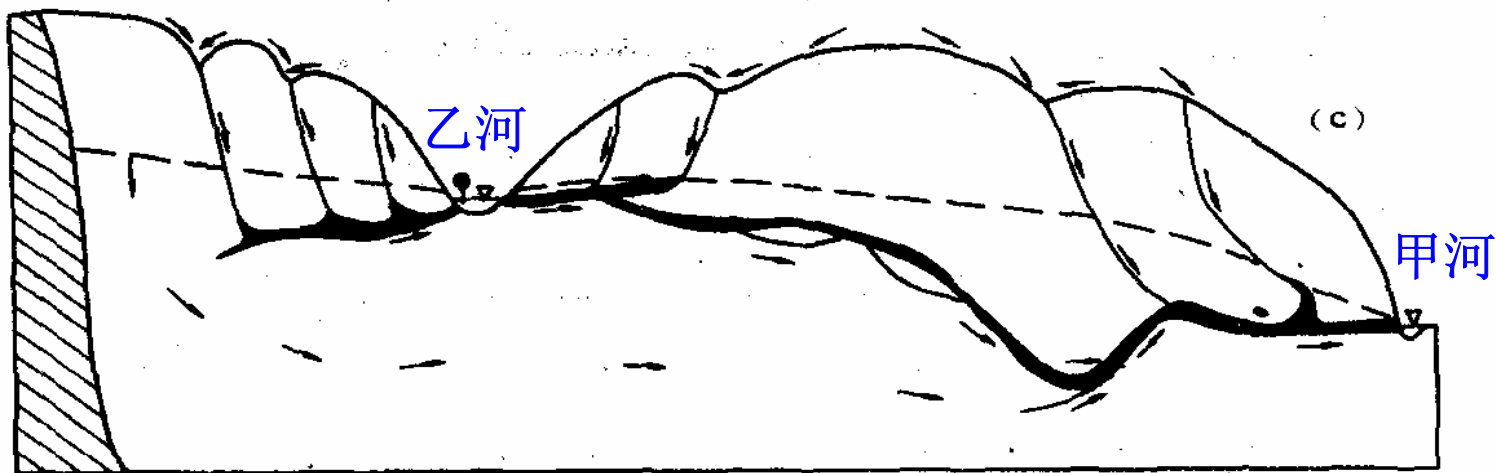
- 1、介质改造愈强烈，机械破坏也愈强
- 2、介质改造后，地下岩体中出现各种规模洞穴
- 3、地表形成溶斗，落水洞以及各种规模的洼地，汇集降水
- 4、介质导水能力增加，地下水位总体下降，水面以上岩体或洞穴失去进一步发展的水动力条件
- 5、地下河系发生袭夺，河系归并，地下河系的流域不断扩大

岩溶水系统演变过程



A) 岩溶发育初期 B) 局部岩溶水系统发育阶段

岩溶水系统演变过程



C) 岩溶水系统的袭夺 D) 统一地下河系的形成

12.3 岩溶水的特征

- ❖ 岩溶水系统是一个能够通过水与介质相互作用不断自我演化的动力系统；
- ❖ 演化初期—快速发展—停滞衰亡阶段；
- ❖ 不同演化阶段的岩溶水具有不同的特征；
 1. 岩溶水的运动特征
 2. 岩溶水的补给、排泄与动态特征
 3. 岩溶水系统的边界特征

12.3.1 岩溶水的运动特征

❖ 岩溶水系统空隙网络的**强烈非均质**的特性所决定：

岩溶管道、岩溶洞穴、岩溶裂隙、
岩溶裂缝和岩溶孔隙等

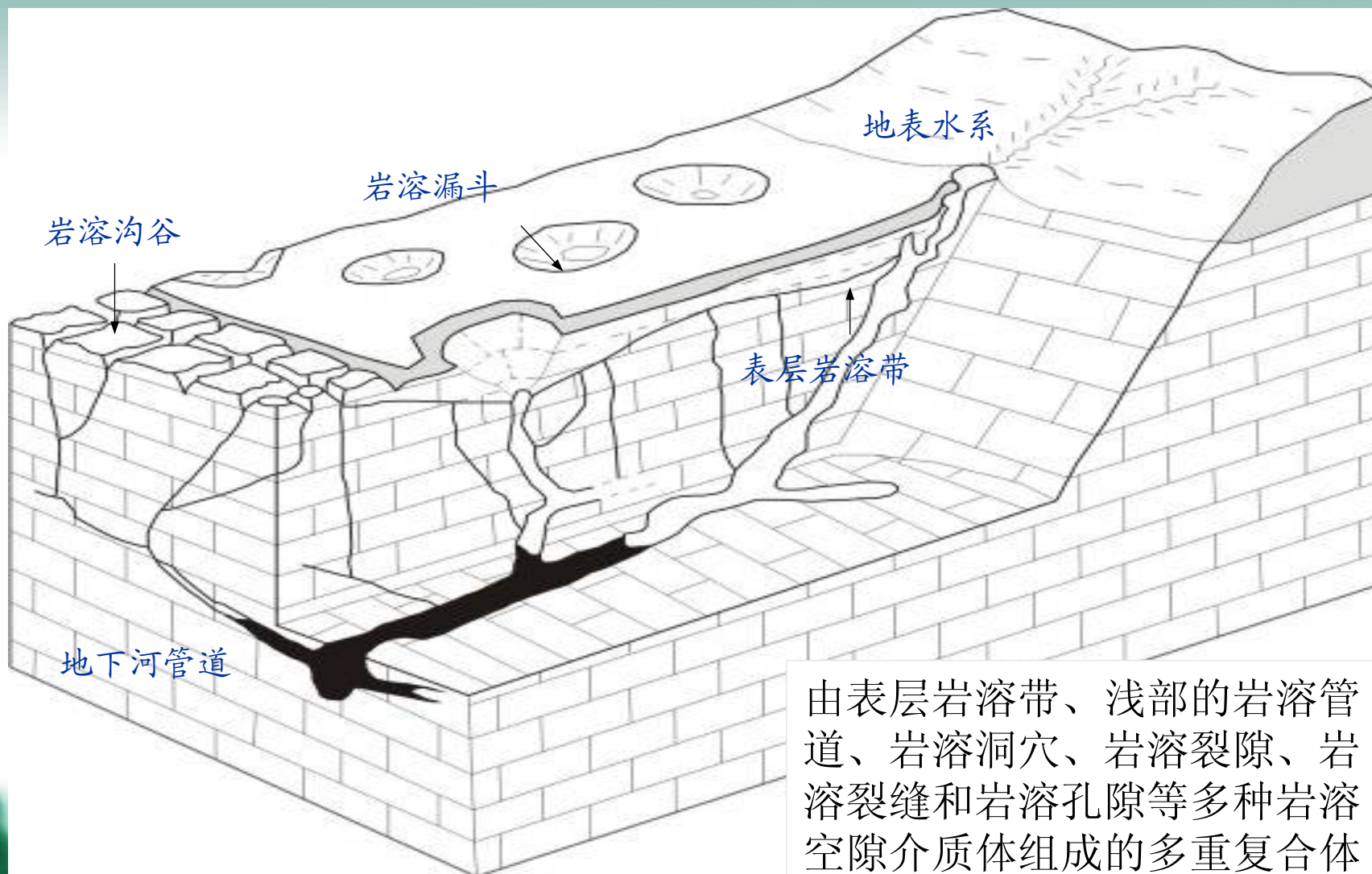
岩溶结构图示

- 层流与紊流共生
- 有压与无压共存
- 运动方向的不同步（局部与整体不一致）
- 缺乏统一的区域地下水水位

运动特征图示

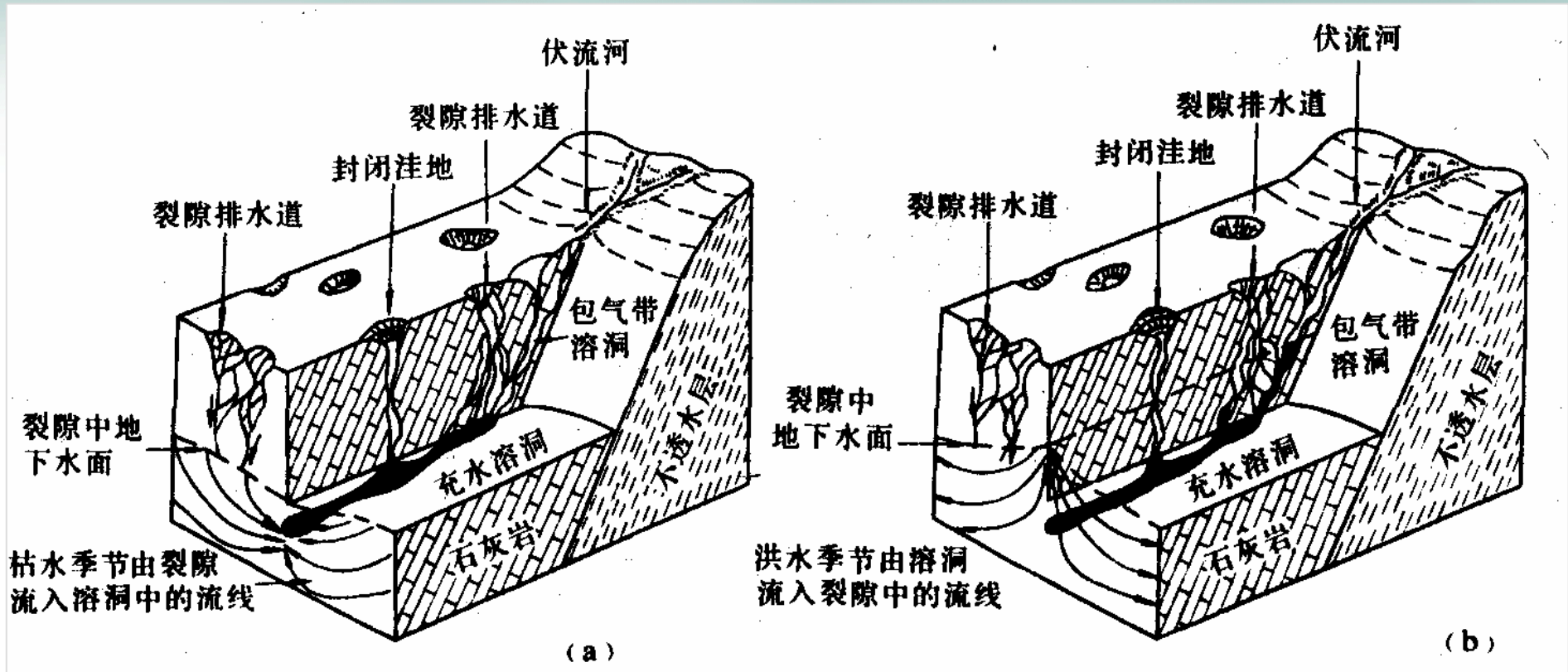


典型岩溶水系统结构概化图



由表层岩溶带、浅部的岩溶管道、岩溶洞穴、岩溶裂隙、岩溶裂缝和岩溶孔隙等多种岩溶空隙介质体组成的多重复合体系，具有高度的非均质性。

岩溶介质中的地下水流动



旱季情况下

雨季情况下

12.3.2 岩溶水的补给、排泄与动态

❖ 补给源—— 大气降水是岩溶水的主要、甚至是唯一的补给源，基本来自上边界的各种补给，但表现多种方式：

❖ 补给条件：

- (1) 面状补给或渗入式补给；
- (2) 点状集中补给—灌入式；入渗系数大（**60—80%**南方，北方**30%**）
- (3) 南方岩溶地下水与地表水常常互为一体，互为转换，相互补给。

12.3.2 岩溶水的补给、排泄与动态

❖ 排泄——

- 北方岩溶水—集中以岩溶大泉形式排泄；
- 南方岩溶水—主要以地下暗河、泉、基流形式排泄。



南方的岩溶地下河排泄成为地表水之源



12.3.3 岩溶水的动态

❖ 动态 —— 水位、水量、水温等要素随时间的变化

思考题一（仅考虑水位变化）：

（1）与孔隙水、裂隙水比较，岩溶水的动态变化具有什么特点？

（2）南方岩溶水与北方岩溶水比较，动态特征是什么？

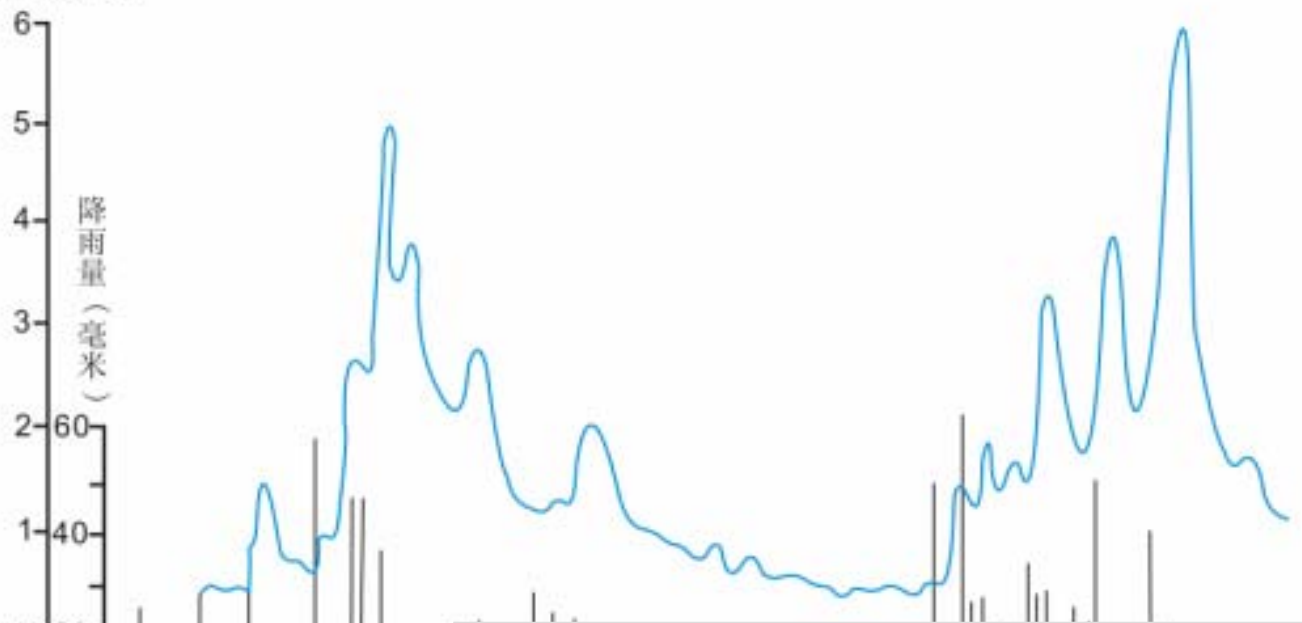
❖ 动态特征 ——

变幅大、不稳定！

岩溶化程度愈高，动态愈不稳定。为什么？

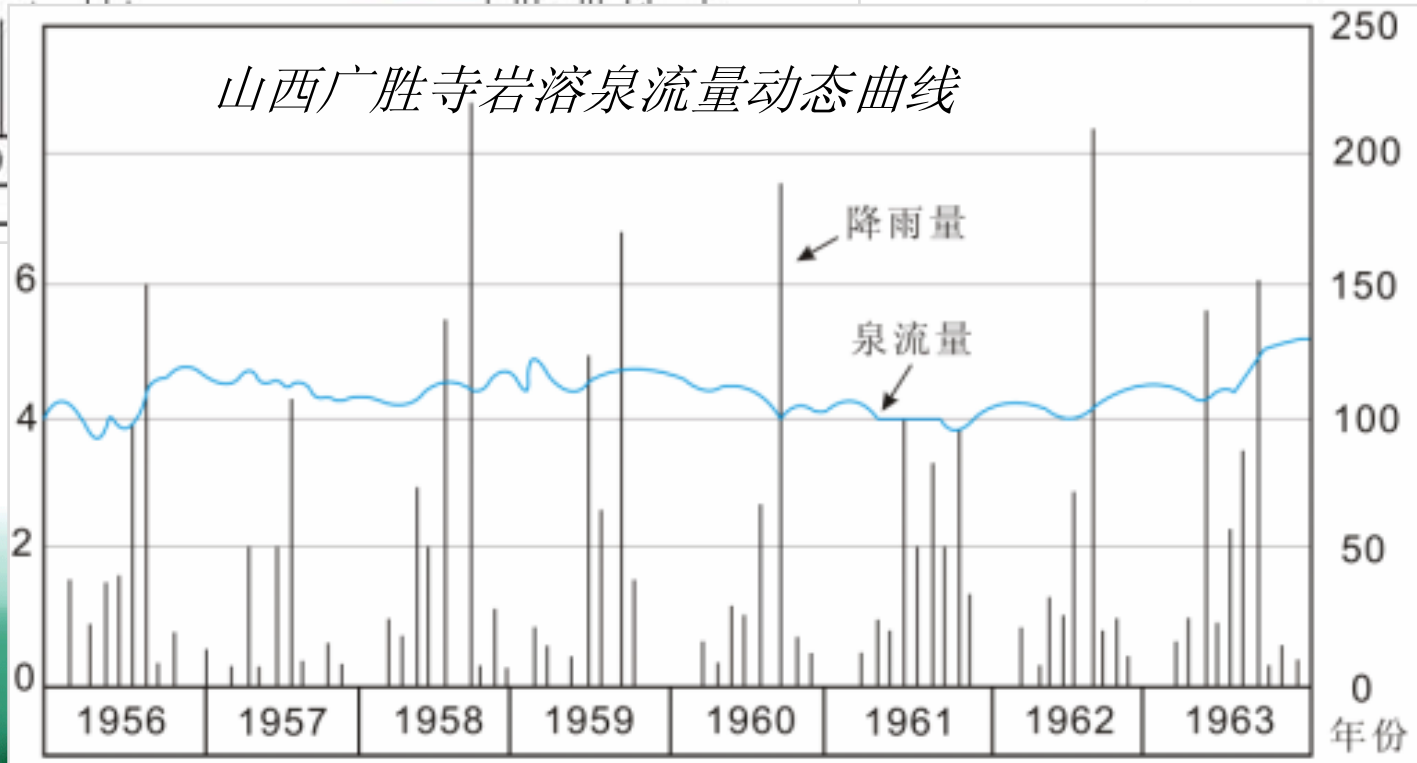
岩溶水动态曲线

流量(米³/秒)



月	4	5	6	7	8	9
年	1973					

山西广胜寺岩溶泉流量动态曲线

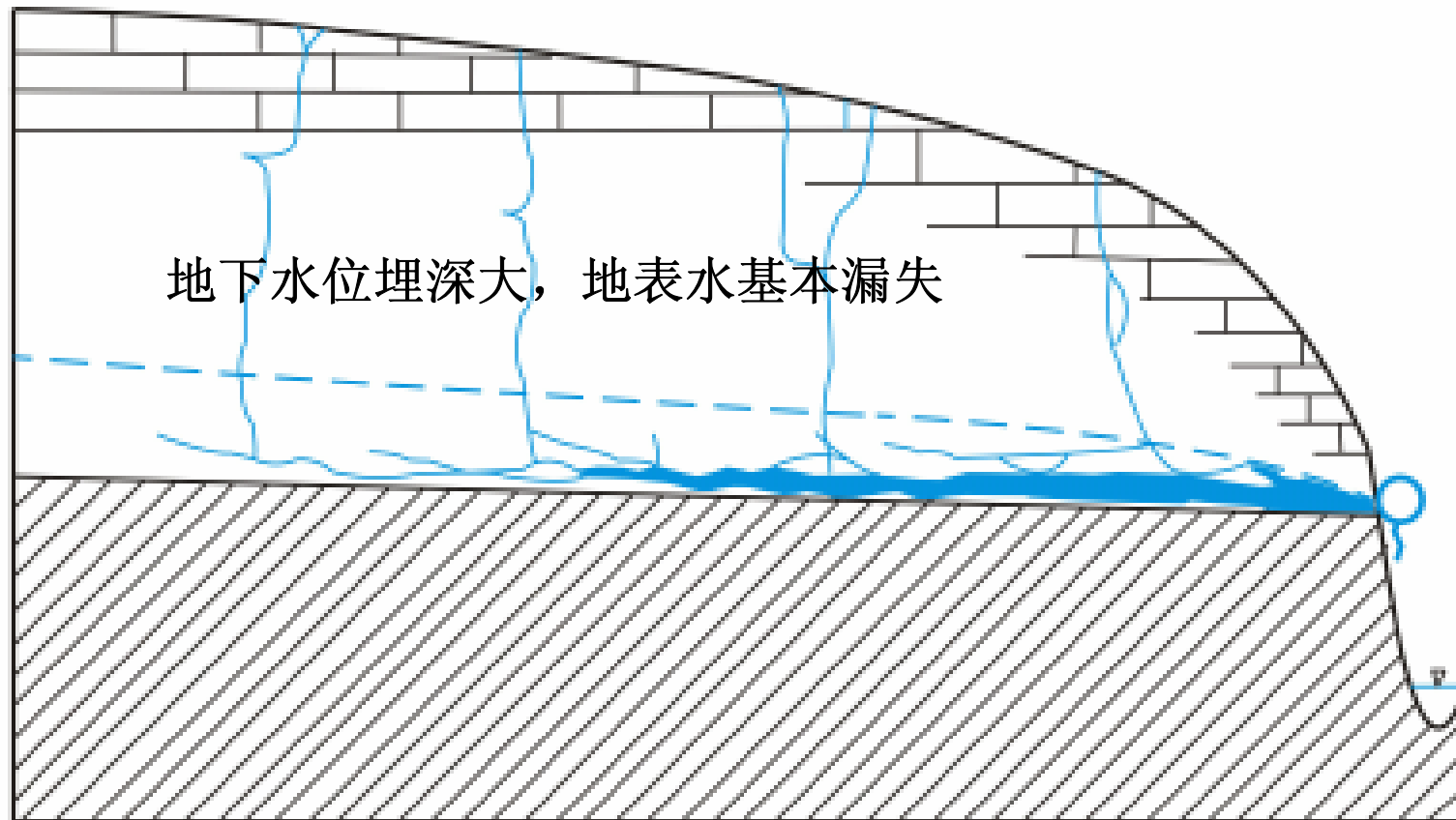


❖ 南方岩溶水系统的几个其他特征：

1. 不同地下河系统之间水位差异变化大，一般没有统一区域地下水位；
2. 补给资源与储存资源难以区分；
3. 地下河水量动态变化特征与地表水流具有很好的相似性；
4. 水位埋深变化很大一常常出现“结构性”缺水。

结构性缺水一

- ❖ 资源型缺水；水质性缺水；
- ❖ **结构性缺水**—天然水资源丰富、但因地质结构导致地表常年性缺水



岩溶山区的分布的落水洞



岩溶水特征产生的若干问题



西南岩溶地区的石漠化远景

岩溶水特征产生的若干问题

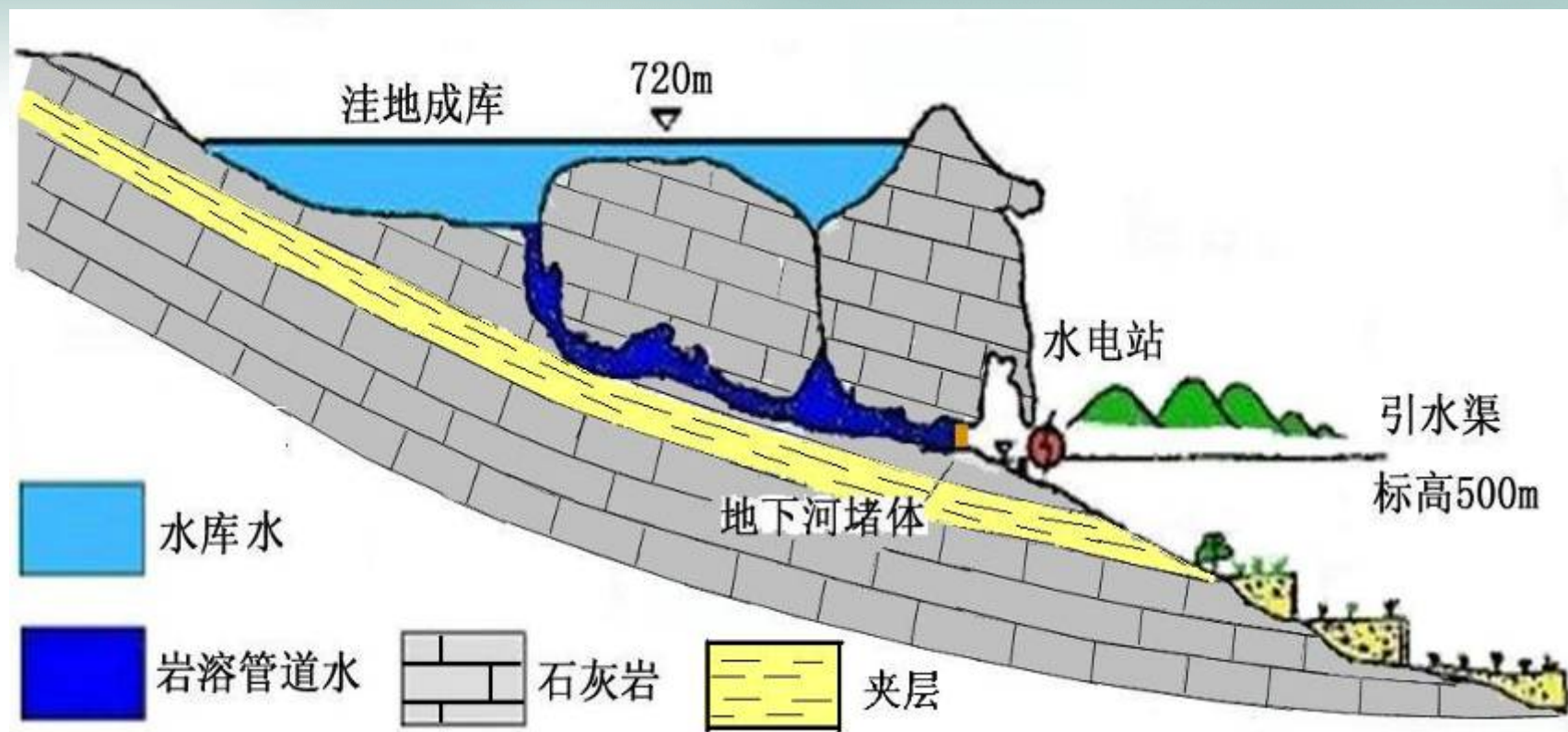


天旱季节时需要远徒跋涉运水



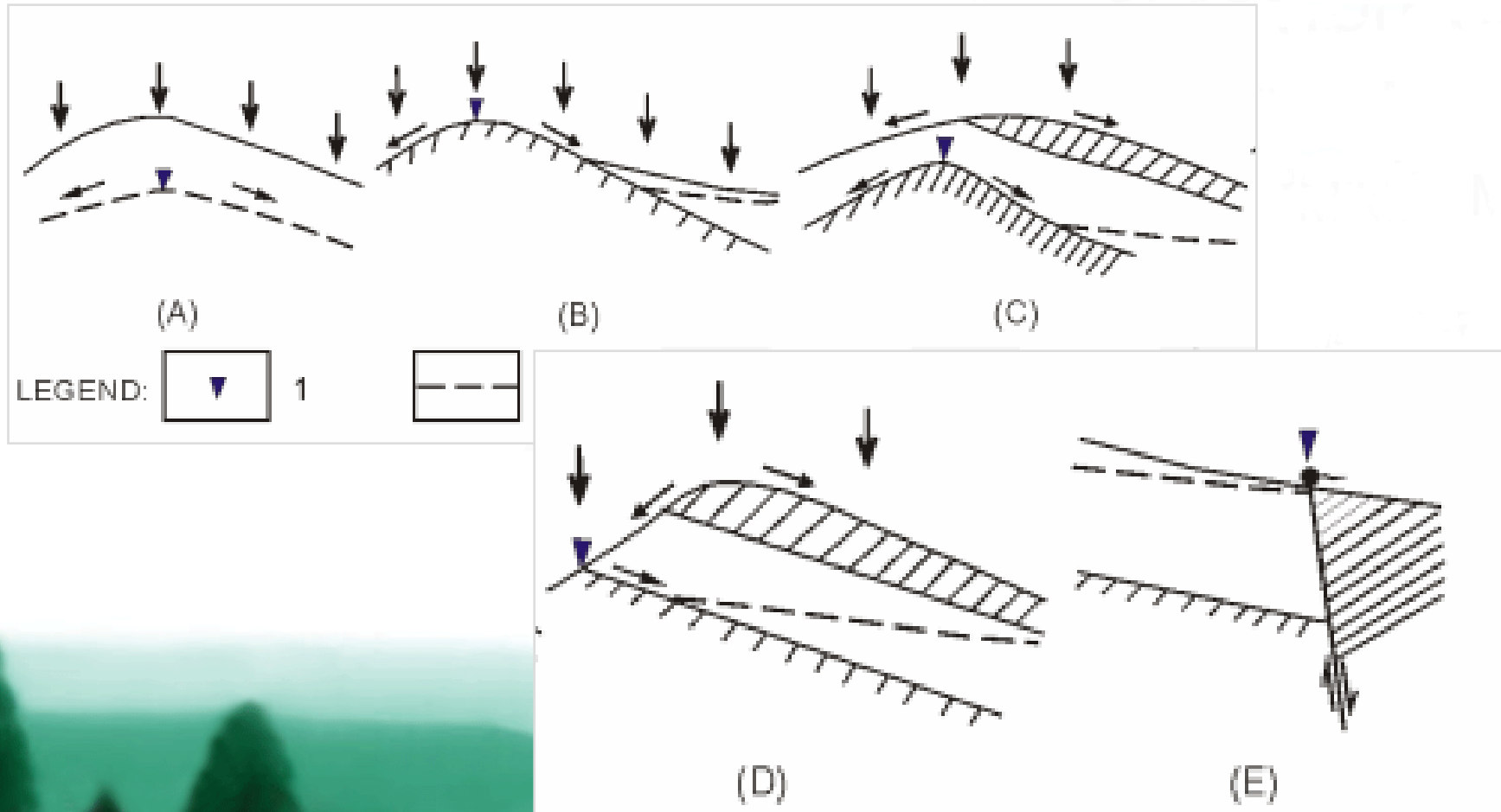
为解决当地饮用水修建的水柜

岩溶水特征产生的若干问题

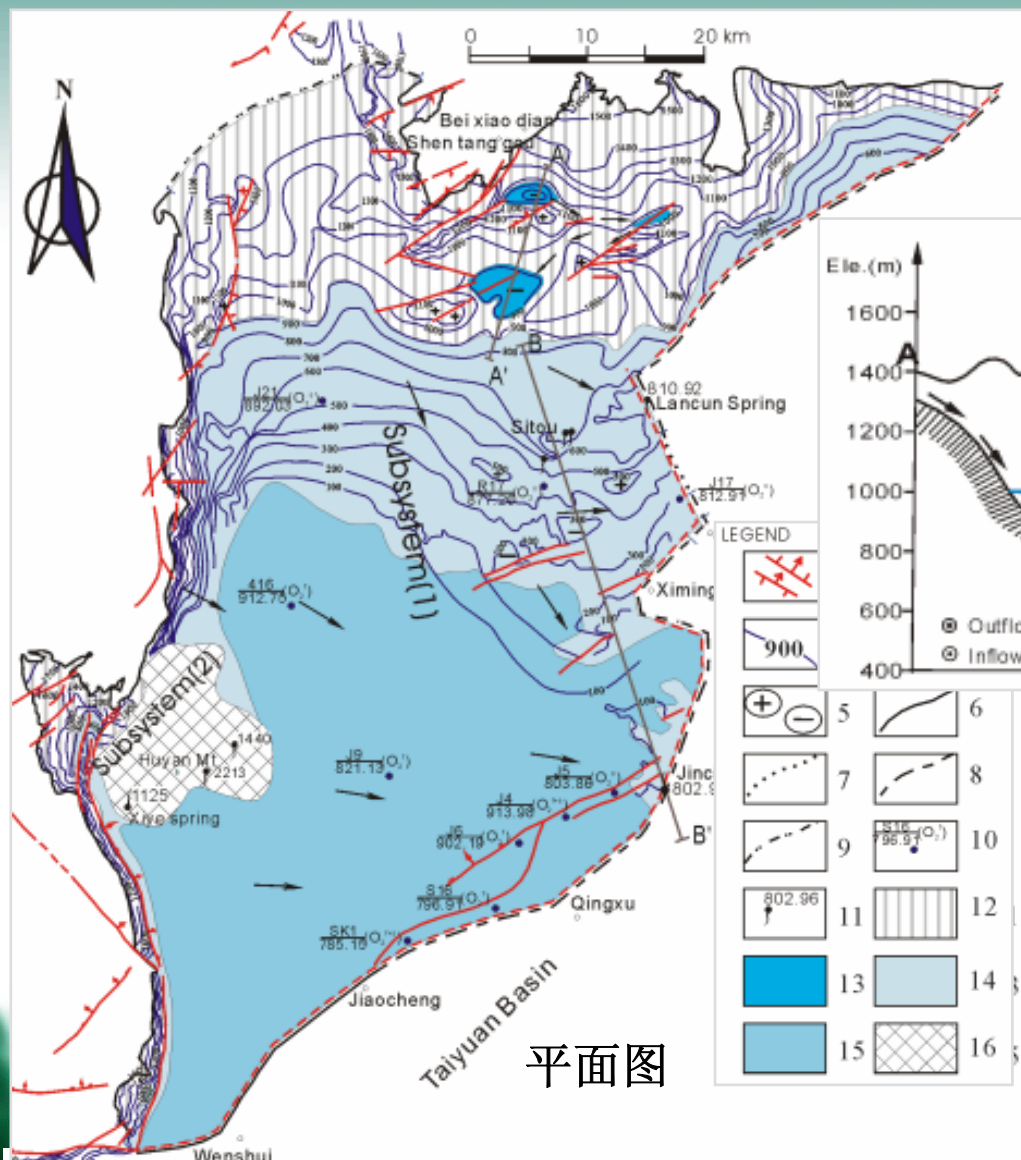


12.3.4 岩溶水系统的圈定

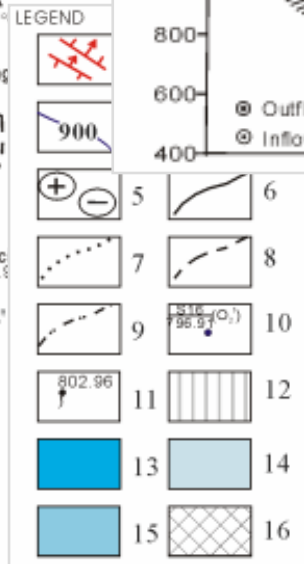
- ❖ 是含水系统边界与地表水流域范围的结合
- ❖ 是地上与地下边界的结合



实例——太原西山岩溶水系统边界



平面图



剖面图

