



# Fundamentals of Hydrogeology

# 水文地质学基础

## 第三章 地下水的赋存

### *The Occurrence of G.W*

中国地质大学（武汉）水文地质学基础教学组

# 本章内容



**3.1 包气带与饱水带**

---

**3.2 含水层 隔水层 弱透水层 含水系统**

---

**3.3 地下水分类**

---

**3.4 潜水与潜水含水层**

---

**3.5 承压水与承压含水层**

---

## 3.1 包气带与饱水带



### 一、包气带与饱水带的划分

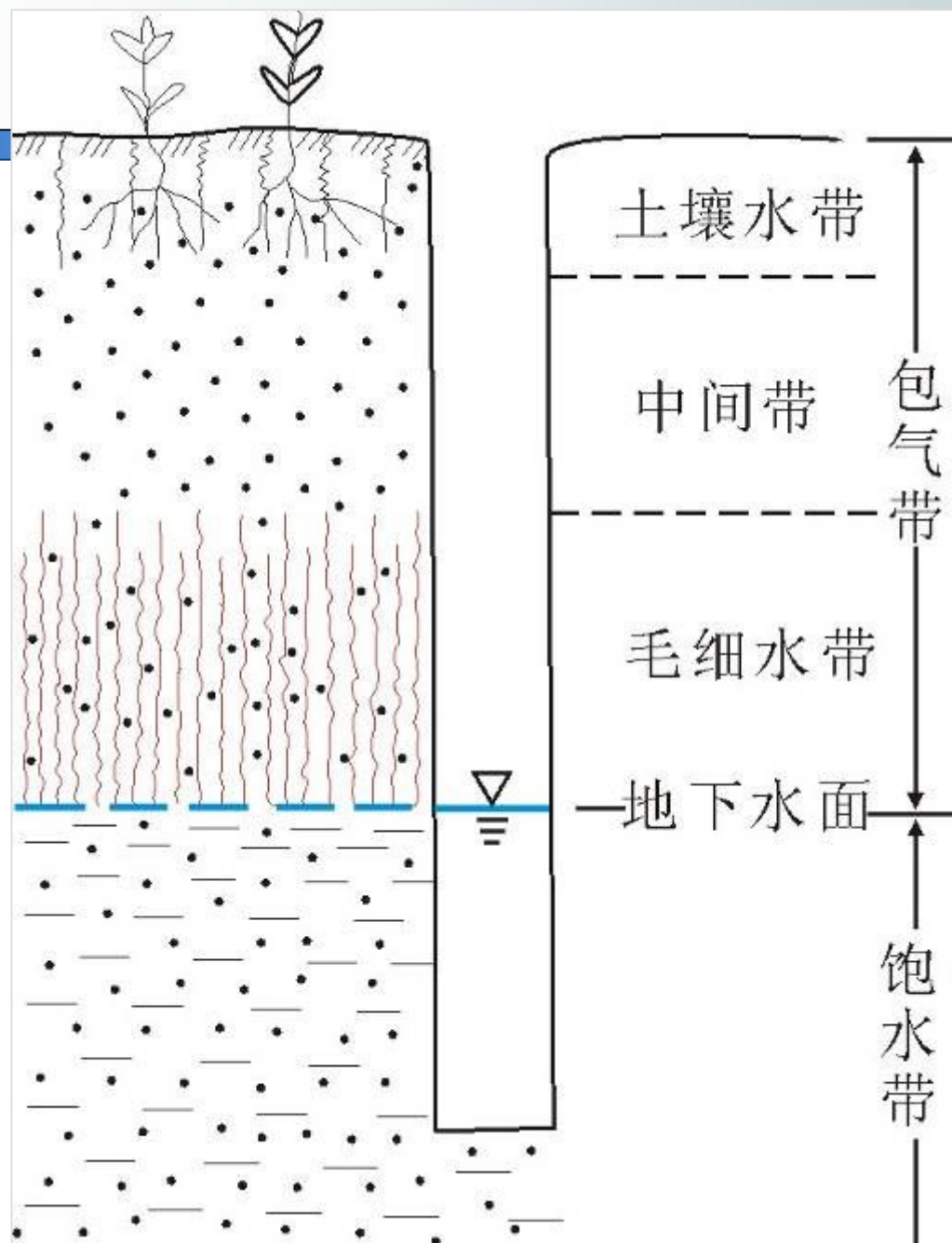
地下水面（水位）：

包气带与饱水带

地下一定深度岩石中的空隙被重力水所充满，  
形成一个自由水面，以海拔高度表示称之地下水位  
(一般通过打井，地下开挖来确定)



# 包气带与饱水带



地下水位



### 3.1.2 包气带

**包气带** (zone of aeration or zone of unsaturation)

❖特点：①岩石空隙未被水充满

②是固、液、气三相介质并存介质

❖水的存在形式（多样） 

结合水、毛细水（各种）、重力水、气态水

❖包气带水的垂直分带

土壤水带，

中间带（过渡带）

支持毛细水带，毛细饱和水带

包气带是饱水带中地下水参与水文循环的一个重要**通道**；“重力水”通过包气带获得降水、地表水的入渗**补给**（补充），部分水又通过包气带将水分传输，**蒸发**，消耗出去。

### 3.1.3 饱水带

#### 饱水带 (saturation zone)

❖ 岩石空隙被水完全充满 → 是二相介质（固相 + 液相水）

❖ 空隙中水的存在形式：

#### ①重力水      ②结合水

- 重力水：连续分布（孔隙是连通）→ 传递压力 → 在水头差作用下，地下水（空隙中的水）可以连续运动。
- 地下开挖，坑道，巷道，基坑，打井在此带均有重力水涌出来！

## 3.2 含水层 隔水层 弱透水层 含水系统

### 一、基本概念

饱水岩层中，根据岩层给水与透水能力而进行的划分

#### ❖ 含水层 (Aquifer) :

是能够透过并给出相当数量水的岩层——各类砂土，砂岩等

#### ❖ 隔水层 (Aquifuge):

不能透过与给出水或透过与给出的水量微不足道的岩层——裂隙不发育的基岩、页岩、板岩、粘土（致密）

#### ❖ 弱透水层 (Aquitard) :

渗透性很差，给出的水量微不足道，但在较大水力梯度作用下，具有一定的透水能力的岩层——各种粘土，泥质粉砂岩

## 3.2.2 概念的相对性

定义中的模糊概念——“相当水量，微不足道，较大水力梯度”等严格的“是与非”的逻辑思维，在很多情况下是相对的和模糊的概念相对性的意义：

### ❖ 从实际应用角度来看划分的相对性——相当水量

满足需要就可以了。如在某处一口井出水量 $80\text{m}^3/\text{d}$ ，作为1万人的供水，非含水层；作为饮料厂、装瓶生产则为含水层。又如一个小泉水流量 $0.11/\text{s} \approx 8.6\text{m}^3/\text{d}$ ，大厂——非，村用——是。

### ❖ 从理论意义来看——微不足道

微不足道，有时空尺度的制约。



- 如华北平原早期地下水开采就是典型的例子，深层水与浅层水的开采有一粘土隔水层；后开采深层，水量大，水位降低快，浅层水向深层“越流”——粘土层成为“透水层”。
- 现在进行水文地质计算、模拟时，不再简单二分法了，而是用模糊学的研究方法，给个隶属度1，0之间，可以为 0.8, 0.7, ... 0.3, 表示“透水性”？

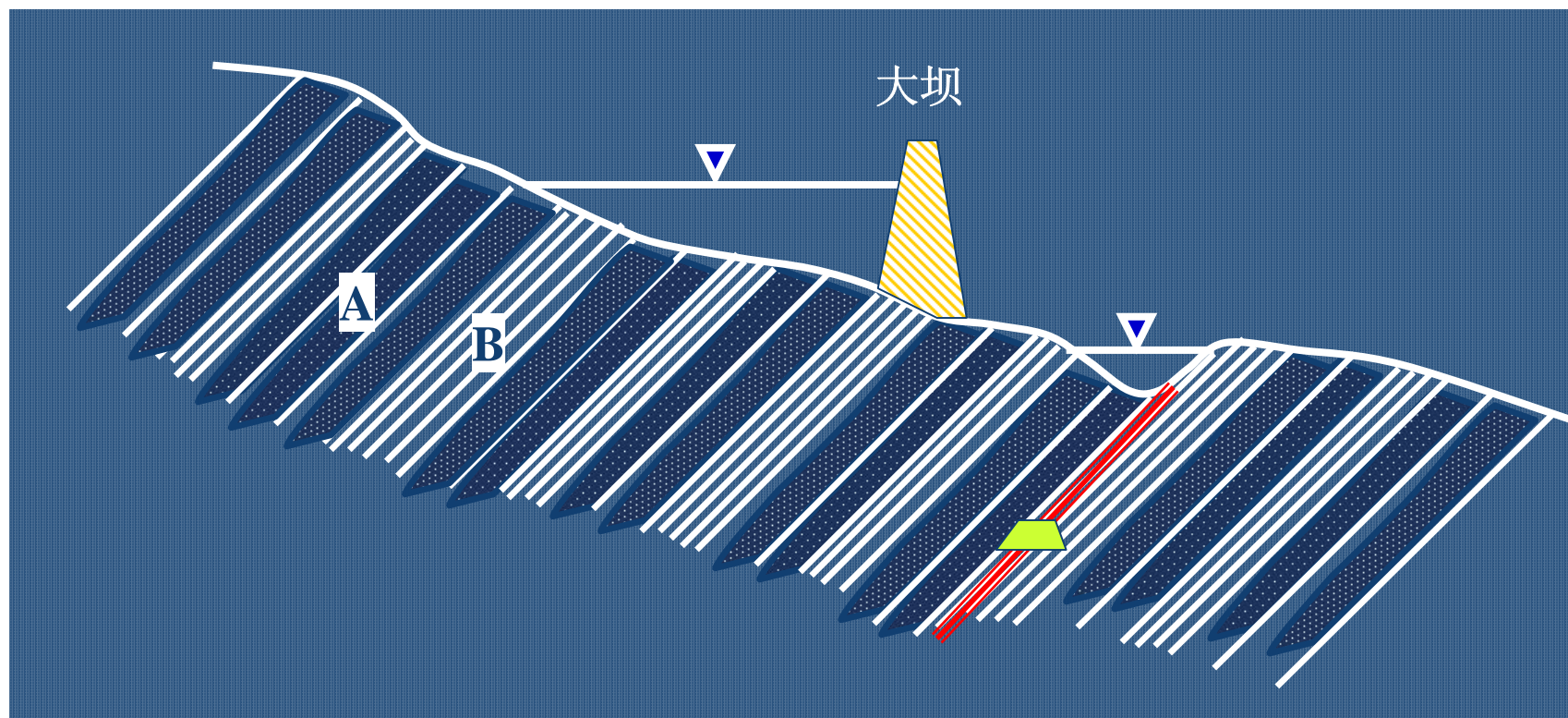






## 概念的思考？


1. 这组地层是含水层还是隔水层？
2. 煤层开采，巷道（矿坑）会否有水？
3. 如果需要修水库，建坝后库水是否渗漏？
4. 如供水的需要——如何布置勘探？



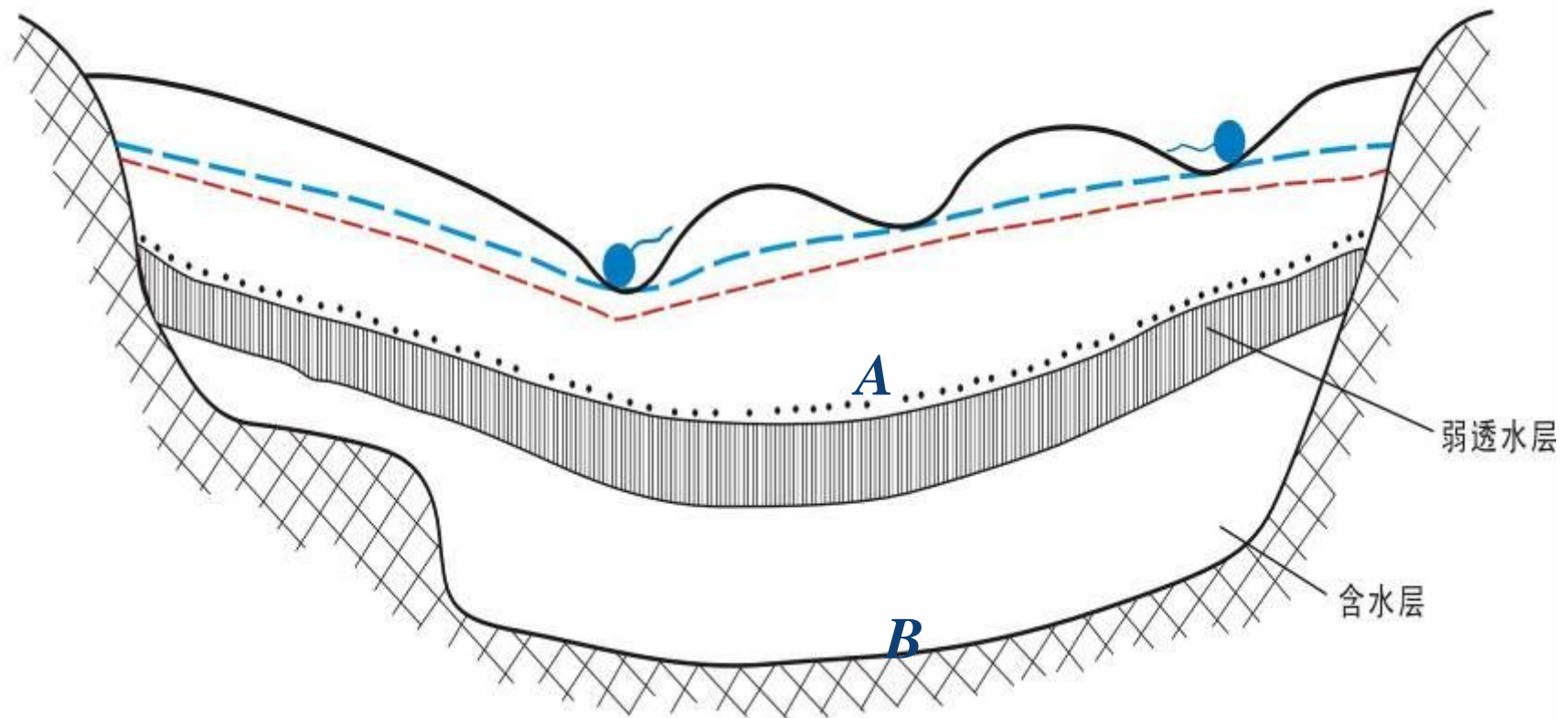
### 3.2.3 含水系统

#### 含水系统—Groundwater aquifer system

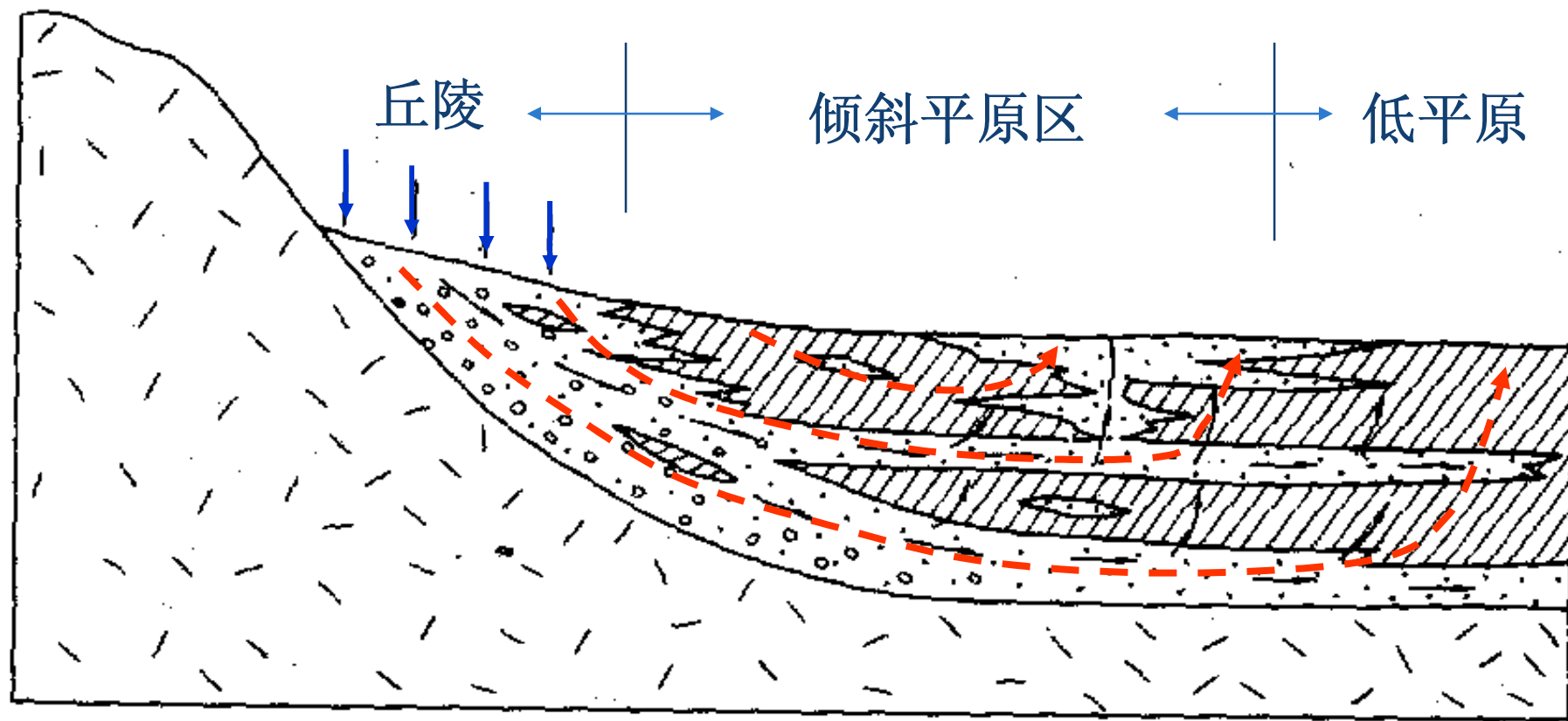
地下水含水系统:

- ❖ 是指由隔水或相对隔水岩层圈闭的，具有统一水力联系的含水岩系
- ❖ 含水系统：包含多个含水层和弱透水层，或局部隔水层
- ❖ 含水系统：可以进行子系统划分 含水系统的划分
- ❖ 含水系统的定义是从大的空间尺度研究含水层、隔水层、与弱透水层的组合关系，是从地质成因角度对岩层的水文地质特征进行划分的分析方法(或给出的概念) 

## 含水系统层次划分—系统与子系统



# 冲洪积平原地下水含水系统



### 3.3 地下水分类

#### ❖ 广义地下水:

地表以下岩石空隙中的水(包气带、饱水带中的水)

subsurface-water, under groundwater, groundwater

#### ❖ 狭义地下水: 地表以下饱水带岩层空隙中的水—重力水

#### ❖ 地下水分类:

主要依据——含水介质的类型(赋存空间)

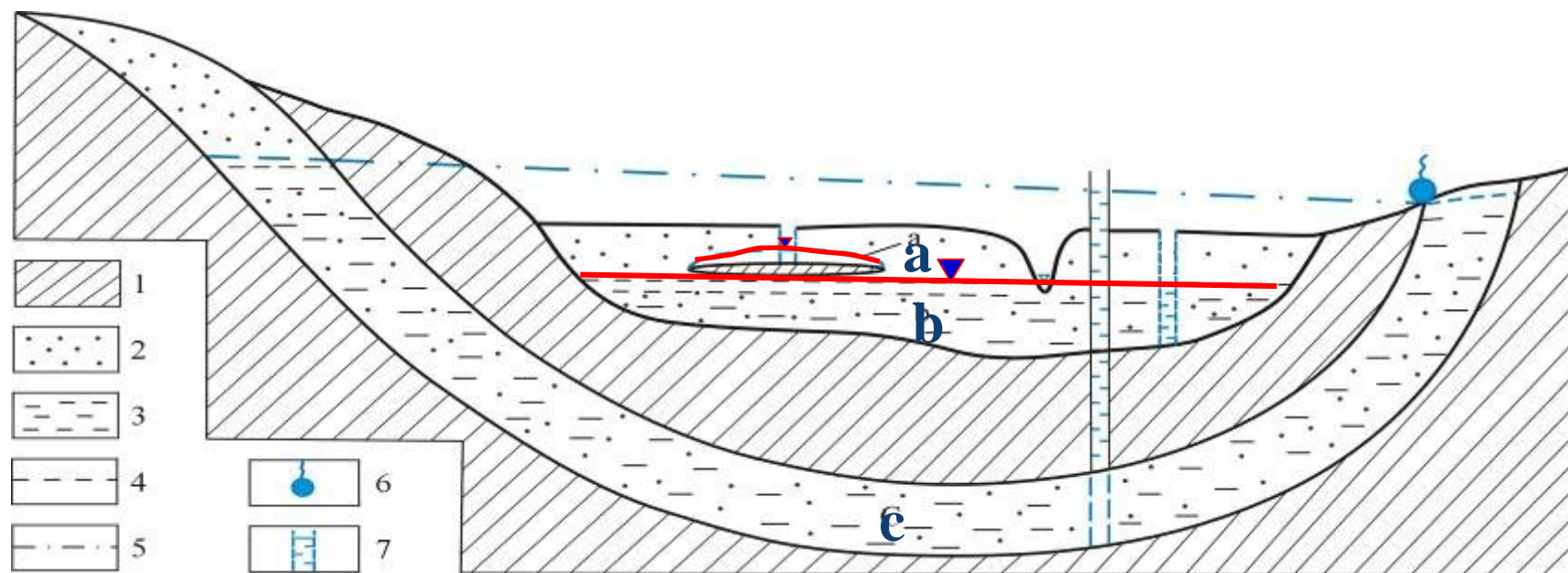
埋藏条件(赋存部位)

#### ❖ 表3-1含水介质三类, 埋藏三分, 组合共分为9类

	孔隙水	裂隙水	岩溶水
包气带	上层滞水	上层滞水	上层滞水
潜水	孔隙潜水	裂隙潜水	岩溶潜水
承压水	孔隙承压水	裂隙承压水	岩溶承压水



# 潜水(b)、承压水(c)、上层滞水(a)



## 3.4 潜水与潜水含水层



### 3.4.1 潜水与潜水含水层概念

#### ❖ 潜水:

- 地表以下，第一个具有自由表面的稳定含水层中的水

自由表面——即设有隔水层限制，与大气直接相通，除大气压强外不受其它力。

稳定——具有一定的空间连续性（范围）以示区分上层滞水

#### ❖ 潜水含水层

- ——赋存潜水的岩层

屋建筑时的基坑排水，大堤堤角处的散浸渗漏（潜水）



## 3.4 潜水与潜水含水层

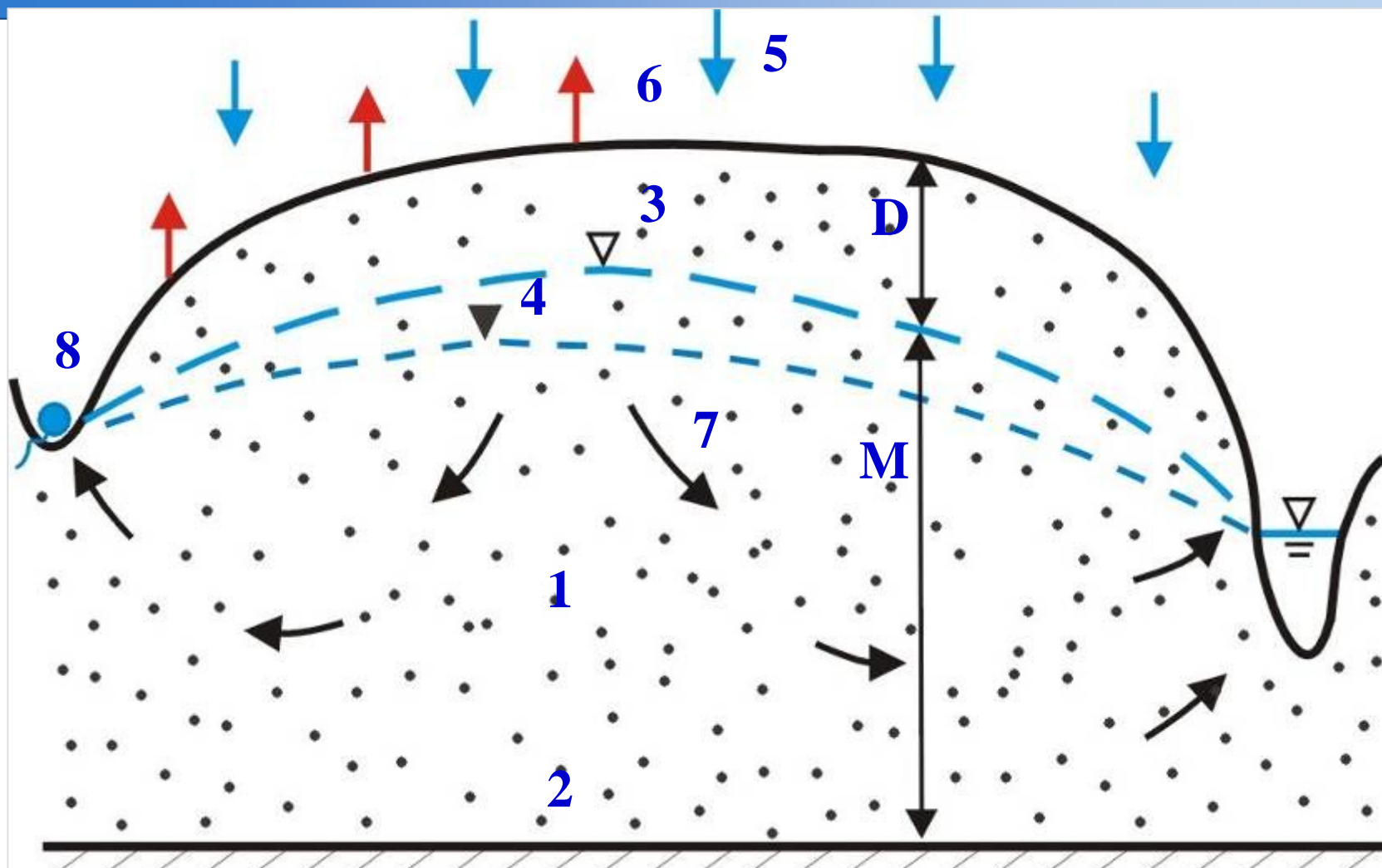


### 二、基本要素（专业术语）

潜水要素图

- ❖ 潜水面 (water table)
- ❖ 潜水位 (water level )
- ❖ 潜水含水层-
- ❖ 含水层厚度-
- ❖ 潜水埋深-

# 潜水与潜水含水层图



1-潜水含水层 2-隔水层 3、4 潜水面 潜水位 M-含水层厚度

D-潜水埋深 5-大气降水入渗 6-蒸发 7-流向 8-泉

## 3.4 潜水与潜水含水层

### 三、主要特征—学习P30~31,总结

❖ 补给(来源): 降水入渗, 河湖入渗

❖ 排泄(汇): 泉, (河) 泄流, 蒸发

补给或排泄通过含水层厚度变化而储水与释水!

❖ 动态: 受气象, 水文因素影响明显, 变化快  
(水量、水位季节性变化)

受人为因素影响也显著, 易污染

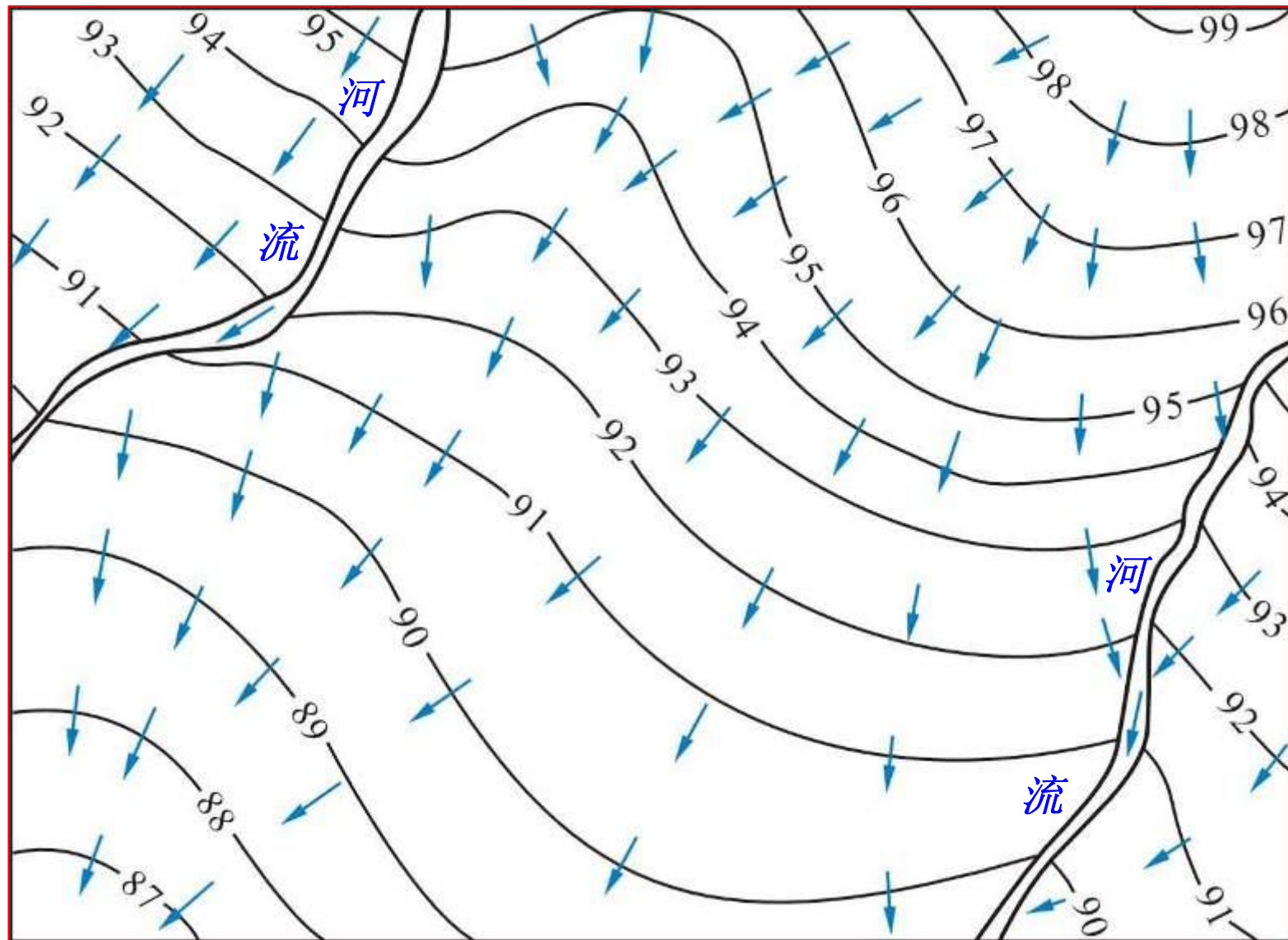
❖ 水循环交替迅速: 水循环周期短, 更新恢复快

❖ 潜水研究基本方法—绘制潜水等水位线图—

获取信息-资料的手段——调查、勘探, 分析

实习一: 编制潜水等水位线图

## 某地潜水等水位线图（平面）



## 3.5 承压水与承压含水层 Confined aquifer

### 一、承压水定义

充满于2个隔水层（或弱透水层）之间的含水层中的水，称之。（图 P31，图3-6）

### 二、基本要素与特征

- ① 承压含水层；② 隔水顶板；③ 隔水底板；
- ④ 承压含水层厚度（H）；⑤ 埋深（D）
- ⑥ 测压水位线（面）：测压水位线的连线（面）——此线是虚拟的（如图有压管）
- ⑦ 承压高度；
- ⑧ 补给区；⑨ 承压区；⑩ 排泄区
- (11) 自溢区——测压水位线与地形等高线的交点连接区

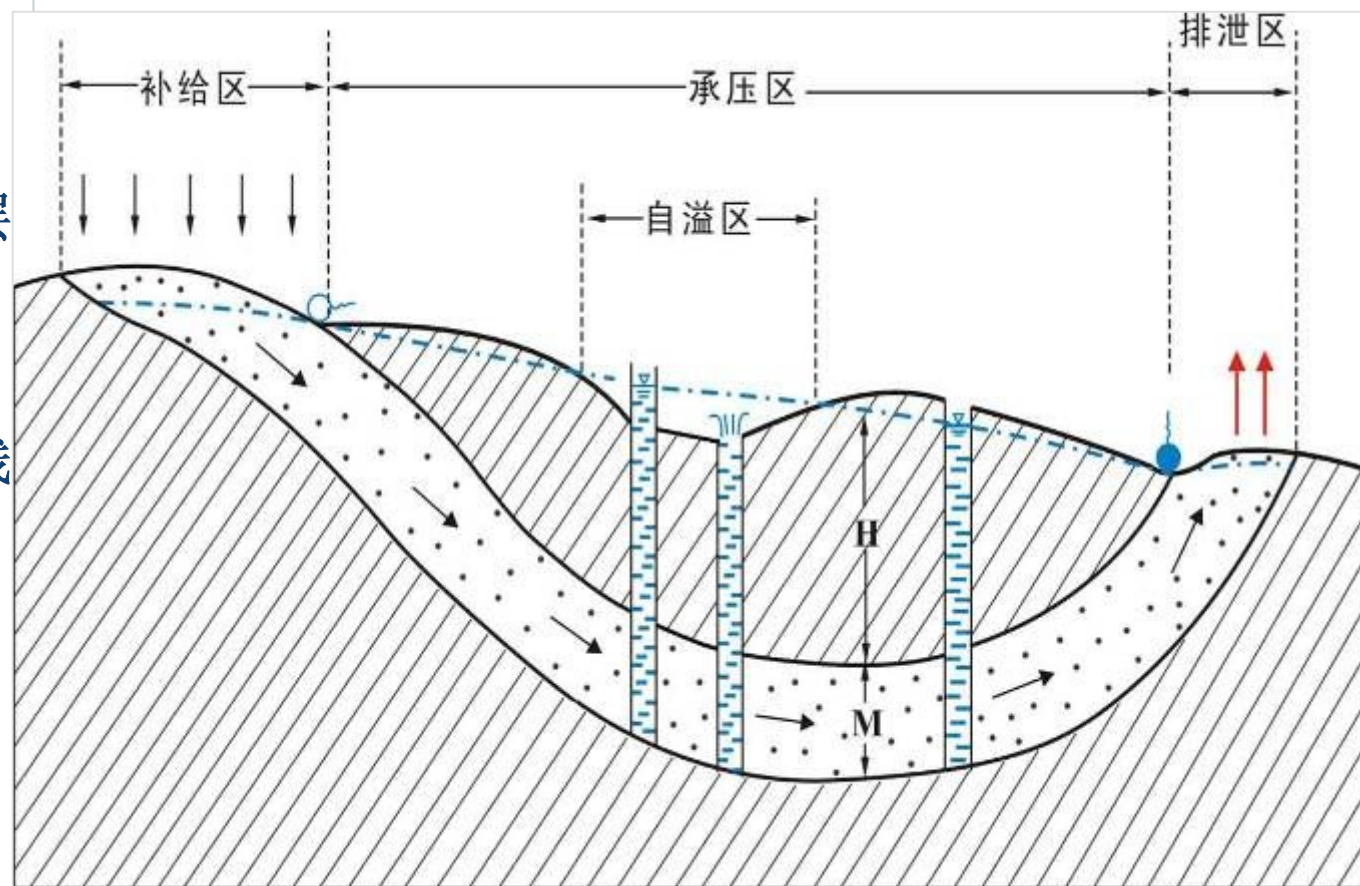
承压水要素

绘制一张承压含水层的等测压水位线图（加地形等高线）



# 基岩自流盆地中的承压水

- ①承压含水层
- ②隔水顶板
- ③隔水底板
- ④承压含水层厚度 (M)
- ⑤埋深 (D)
- ⑥测压水位线 (面) :
- ⑦承压高度-H
- ⑧补给区
- ⑨承压区
- ⑩排泄区
- (1)自溢区



## 3.5 承压水与承压含水层

### ❖ 特征:

#### 补给与排泄

有限区域与外界联系，水循环迟缓些，水交替慢，平均滞留时间长（年龄老或长）——恢复性差

#### 水化学

变化较大，矿化度一般要高点，可以保留“古老”的水

#### 动态

要稳定些，如果分布面积大，厚度稳定——则调节能力很强

❖ 问题？承压含水层的变化：在储水与释水时，含水层厚度是不变的，承压含水层的储水与释水是如何进行的？！

### 3.5.3 承压含水层的储水与释水

#### 承压含水层的储水与释水

##### ❖ 弹性给水度 $\mu_e$

- 承压含水层中当测压水位下降(或上升)1个单位，单位水平面积含水层较体所释放(或储存)的水量

##### ❖ 测压水位降低导致

- 1) 含水层孔隙中水的压力降低—水体积膨胀释水，水的膨胀系数约为 **1/20000**
- 2) 孔隙水压力降低，岩层颗粒间承受压力增加—骨架被压缩
  - 颗粒不变—骨架压缩 = 空隙体积减小（排列改变）——发生释水（挤出来）水

- ##### ❖ 这两部水很有限，所以 $\mu_e$ 很小；
- 与重力给水度  $\mu_d$  相比要小  **$10^{-1} \sim 10^{-3}$**





### ❖ 从理论上来看:

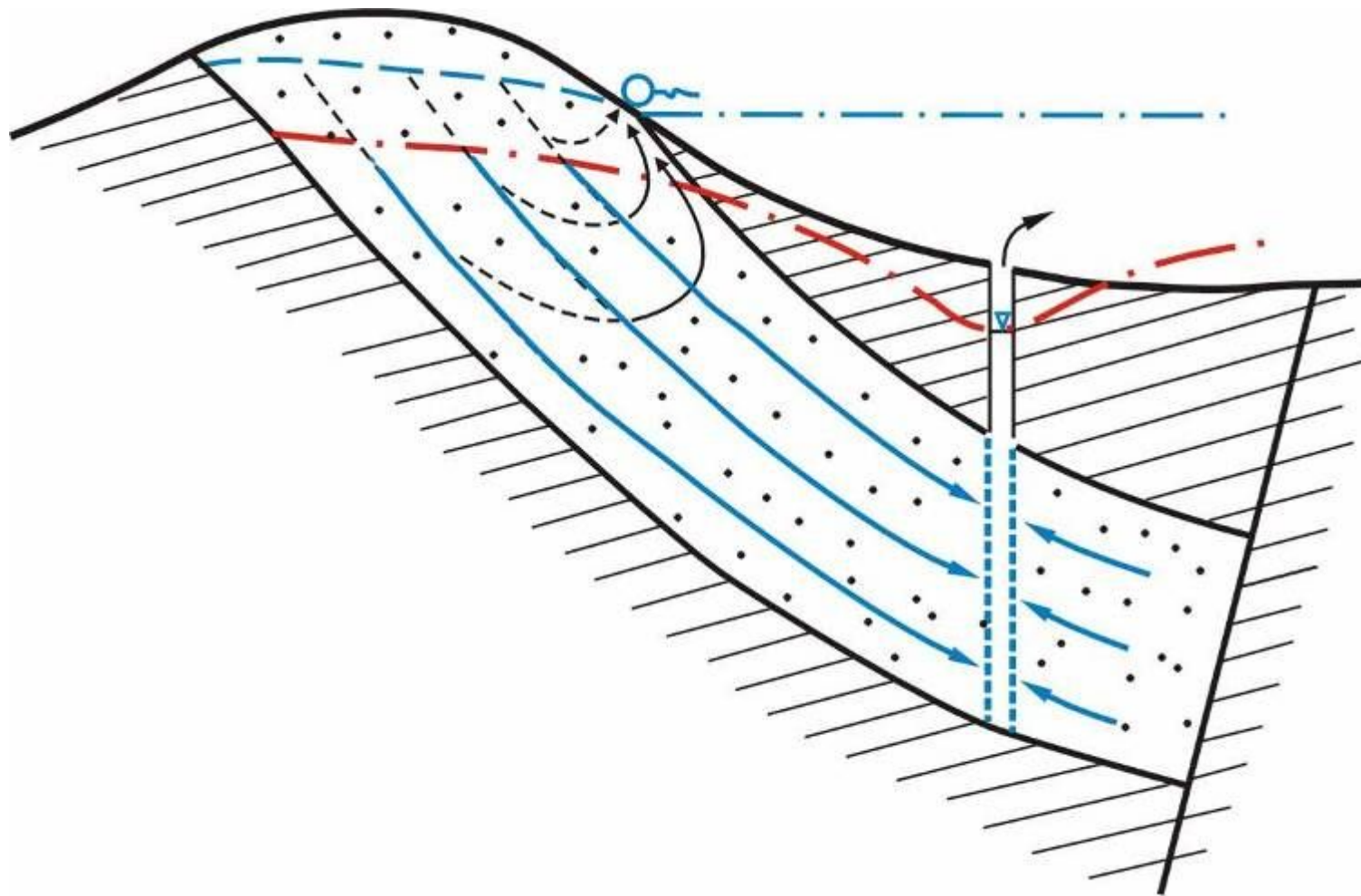
- 弹性给水度是可以恢复的
- 实际上弹性是有限恢复的
- 越过含水层弹性范围（限定），将产生一次性的变形—即永久性不可恢复的变形
- 最终导致含水层的弹性给水与释水能力降低

### 3.5.4 潜水与承压水的相互转化

- ❖ 在自然或实际条件下，潜水与承压水的划分也是相对的
- ❖ 在复杂条件下，很难将某些含水层中的水划定为潜水或承压水
- ❖ 几个例子：
  - 山区基岩互层
  - 一个较厚的含水层
  - 一个封闭的含水层—潜水？
- 开采前—潜水含水层
- 开采后—承压含水层

开采潜水与承压水的转化

## 例：潜水与承压水的转化



### 3.5 承压水与承压含水层



介绍内容——上层滞水（**perched water**）——要求自学P35

这是包气带中唯一有实际利用价值的重力水

上层滞水

- ❖ 前第一、二、三章，是水文地质学中常用的基本概念和术语，要求掌握
- ❖ 后几章将着重介绍一些基本理论与方法
- ❖ 有关地下水运动的内容，请参考学习《水力学》中有关水头、水力梯度的概念。

第三章结束