

Fundamentals of Hydrogeology

水文地质学基础

第八章 地下水系统

Groundwater system

中国地质大学（武汉）水文地质学基础教学组

本章内容



8.1 地下水系统的概念

8.2 地下水含水系统

8.3 地下水流动系统

8.1 地下水系统的概念

- ❖ 源于：系统论—上世纪40年由贝塔朗菲提出
- ❖ 发展于20世纪80年代，
 - 在荷兰召开了首届关于地下水系统的国际学术讨论会（50个国家的200多名代表参加）
 - 83年底荷兰水文与地质学家G. B. Engelen来华进行了讲学，“地下水系统”（在我校、河北正定水文所、北京水文地质公司）。
- ❖ 90年代起：在中国水文地质学界得以迅速广泛的应用、研究与完善（地矿部陈梦熊院士，长春地院的林学钰院士，中国地质大学的地下水系统小组等）

8.1.1 系统与系统方法

- ❖ **系统：** 由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的具有特定功能的整体
 - 相互作用，相互依赖→不是各部分或零部件的简单堆集
 - 整体→功能大于局部（要素）之和
- ❖ **系统方法：** 用系统思想去分析与研究问题方法称之
- ❖ **系统思想：** 就是把研究对象看作一个有机整体，从整体角度去考察、分析与处理问题的方法
- ❖ **系统目标** →
系统整体功能的最优化（不是局部的）

8.1.2 地下水系统

1、地下水系统是个广义的泛指概念

(1) 地下水含水系统 Groundwater aquifer system

(2) 地下水流动系统 Groundwater flow system

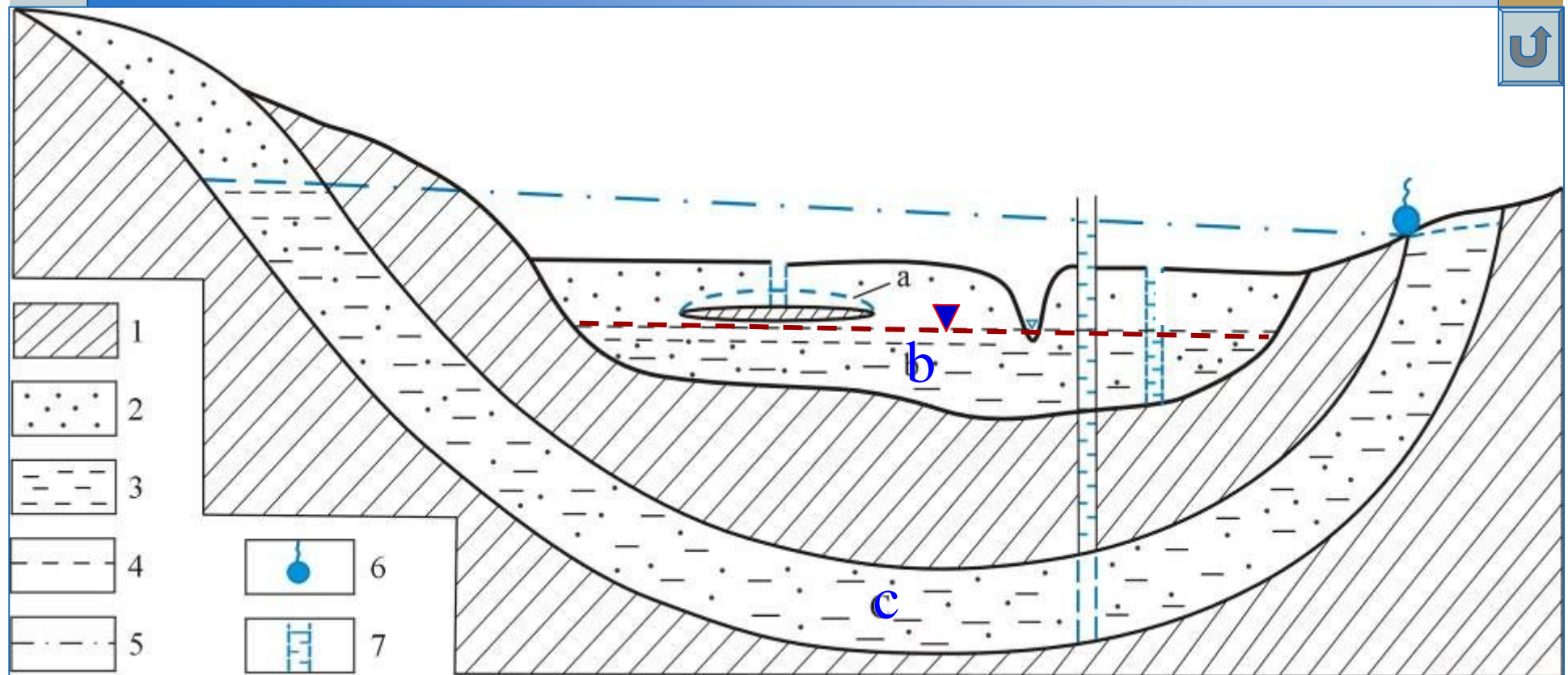
- **地下水含水系统**是指有隔水或相对隔水岩层圈闭的，具有统一水力联系的含水岩系 潜水承压含水层
- **地下水流动系统**是指从源到汇的流面群构成的，具有统一时空演变过程的地下水体 流网图

2、地下水含水系统与地下水流动系统的比较

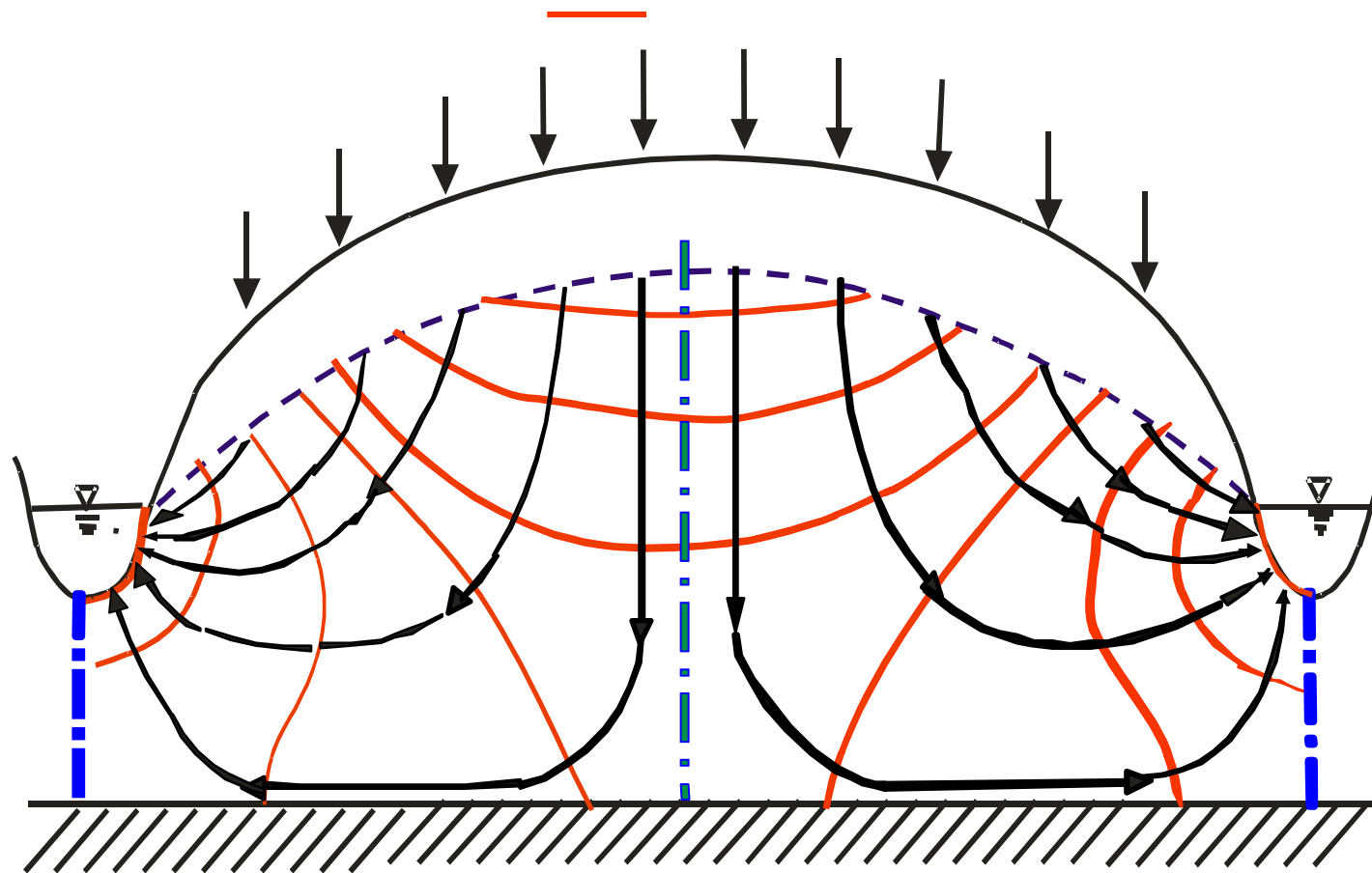
- a. 两者的共同点：突破了把单个含水层作为功能单元的传统，力求以系统的观点去考察、分析与处理地下水体



潜水与承压含水层—含水系统



河间地块流网与流动系统



系统的比较



b.两者的不同比较 **含水系统**

- 根本不同—— 一个是静态系统
- 分类依据 根据储水构造划分的
——以介质场为依据
- 系统发育史 共同的地质演变历史
——地层形成史一致
- 边界性质 相对隔水的地质边界
——地质上的零通量面
- 系统的可变性 边界固定不变
——不变——静态的系统
- 统一性 统一的或潜在统一的
水力联系
- 研究意义 有助于从整体上研究
水量盐量、热量的均衡

流动系统

- 一个是动态系统
- 根据水的流动特征
——以渗流场为依据
- 共同的地下水演变历史
——水的补给径流统一
- 流面(分水线)——水力边界
——水力零通量面
- 边界可变,系统规模数目变
——是可干扰的动态系统
- 水盐热量时空演变统一的
- 有助于研究水量、水质
水温的时空演变(水质)

8.1.2 地下水系统



c. 两者的关系:

- ① 通常，一个大的含水系统可以包含若干个流动系统
- ② 两者都可以进一步划分为子系统——

分层次的：子系统是不同、大的系统是一致的

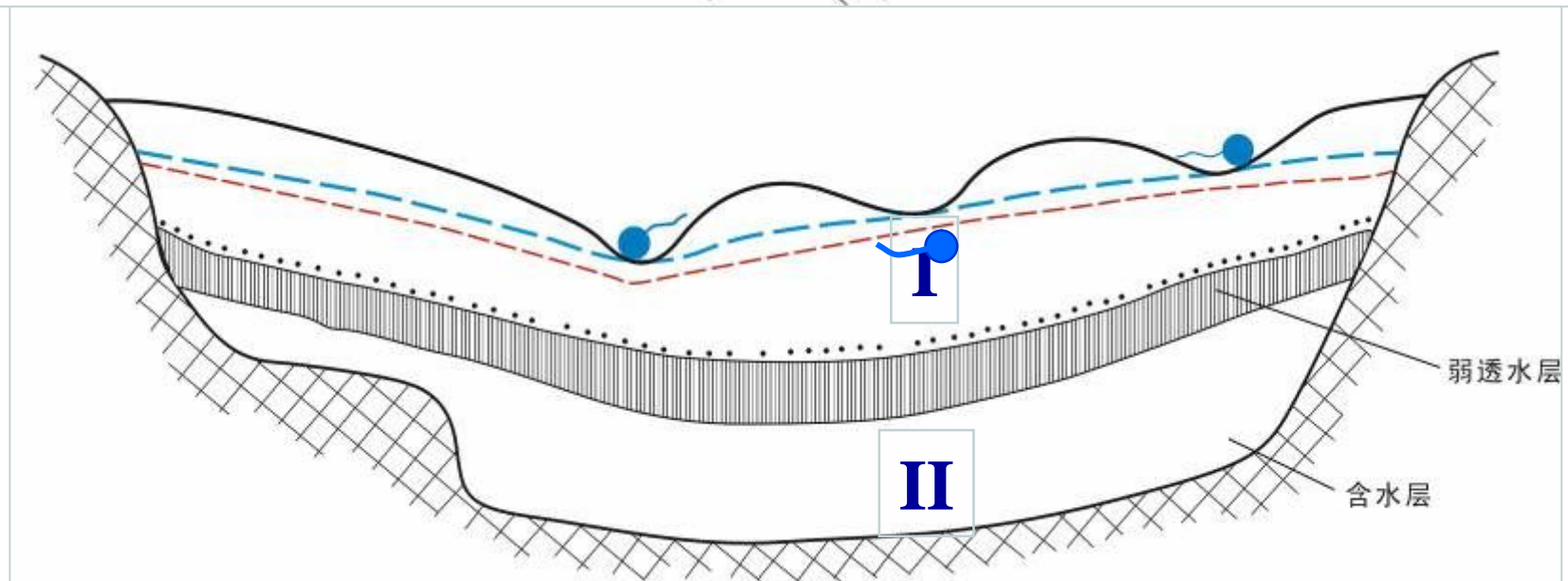
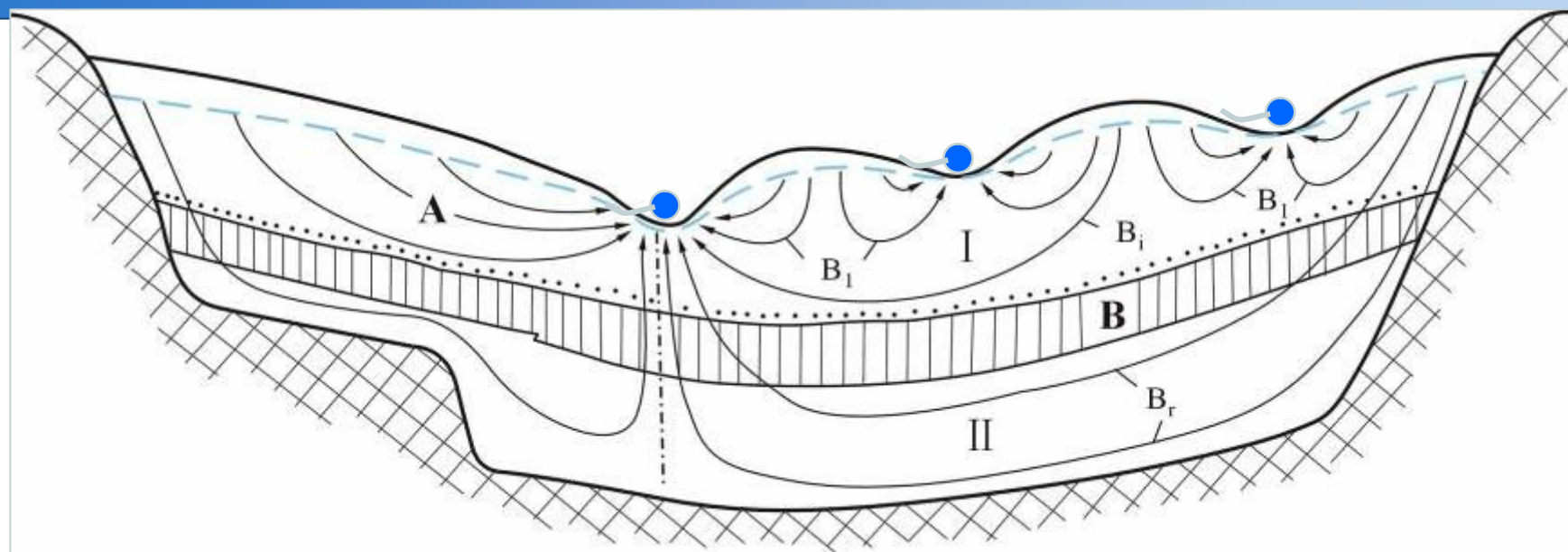
流动系统在人为流动影响下，规模、数量均会发生变化

受到大的含水系统边界的、制约，通常不会越出大的含水系统边界

两者的关系



地下含水系统与流动系统的关系



8.2 地下水含水系统

一、地下水含水系统概念（p84~85）

地下水含水系统——是指有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

二、不同类型的含水系统-（图8-5）


- 松散沉积物
- 基岩——裂隙岩层、岩溶地层



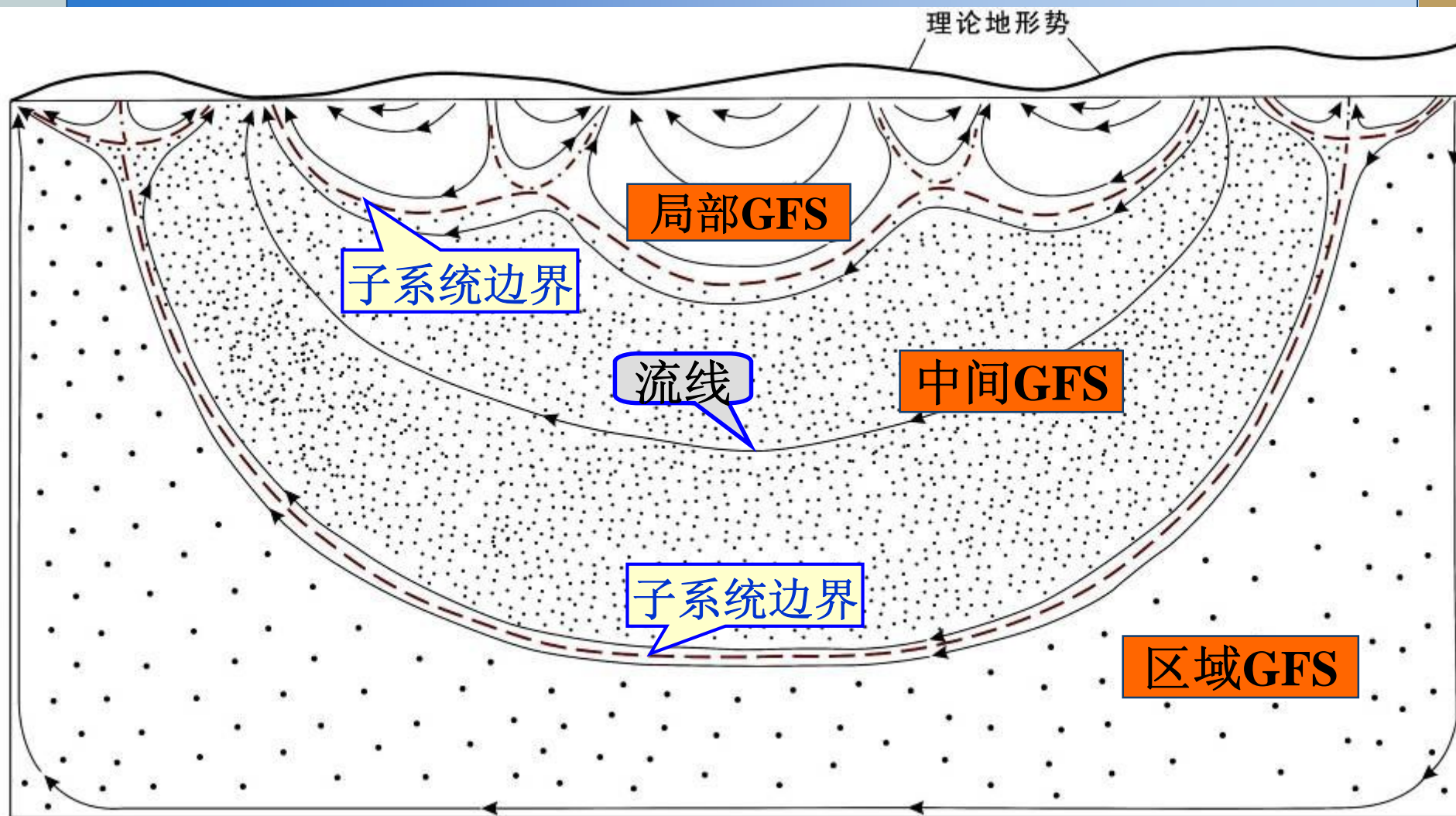
8.3 地下水流动系统

8.3.1 地下水流动系统（GFS）概念

地下水流动系统——是指从源到汇的流面群构成的，具有统一时空演变过程的地下水体

- ❖ 早在1940年，**Hubbert**正确地画出了河间地块流网
- ❖ 1963年，**J.Toth** 用数学模型做了复杂盆地的潜水流网
 - 以拉普拉斯方程为基础的数学解，二维稳定流动
 - 复杂地形条件：正弦函数+直线方程——地形线代替水头值（势分布）
 - 画出理想盆地的流动系统模拟图，P87，图8-7 

流动系统划分为：



局部流动系统—？个；中间流动系统—？个；区域流动系统—？个；



*GFS*理论的两个前提:

(1) 区域水力连续性

从较长的时间尺度与较大的空间尺度来考察问题
广大范围内的地下水存在着水力联系→时间因素

(2) 控制地下水流动的是“势”-地形，不是地质条件

Toth认为:

- 从水力学角度看，地下水体的天然单元是地形盆地，而不是地质盆地
- 驱动水流的势来自区域地形高处，水从地形高处向地形低处运动

8.3.2 GFS的水动力特征

GFS的水动力特征

- ❖ 高势区（势源）——地形高处：地下水由上至下运动
- ❖ 低势区（势汇）——地形低处：地下水由低向上运动
- ❖ 垂向运动中：
 - 由上至下，势能除克服摩擦消耗部分能量外，势能→压能转化；
 - 由下至上，部分储存的压能释放转化为势能
 - 垂向运动的存在：传统的“承压”现象在潜水中也可以出现
- ❖ 流动方向的多样性：由上至下，由下至上，水平运动
- ❖ 流动特征的伴生现象----生态、环境的关系

区域流动系统图

8.3.3 *GFS*的水化学特征

GFS的水化学特征

地下水流动系统的水力特征决定了水化学特征

在流动系统中，水质取决于空间某点：



①入渗补给；②流程—流径长度；③流速；④流动过程中物质补充及迁移性；⑤流程中经受的水化学作用

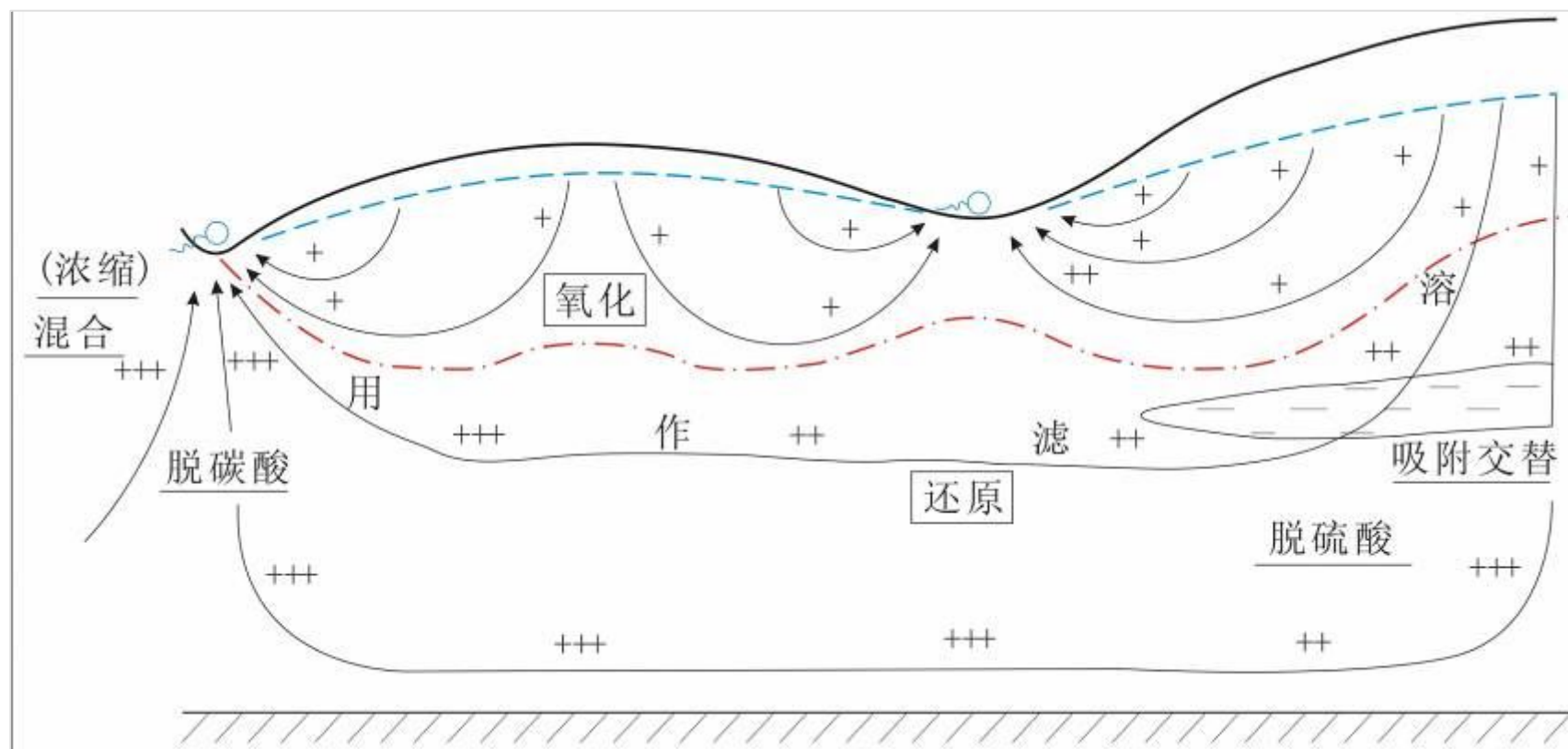
- 局部：流程短，流速快（交替快），TDS 低，水型简单
- 区域：流程长，流速慢（交替迟缓），TDS 高，水型复杂
- 垂直与水平分带性

水化学积聚区：相汇处 → 圈闭带，相背处 → 准滞流带
矿化度，水型与水学形成作用方式，与水力特征相关一致

区域流动系统图

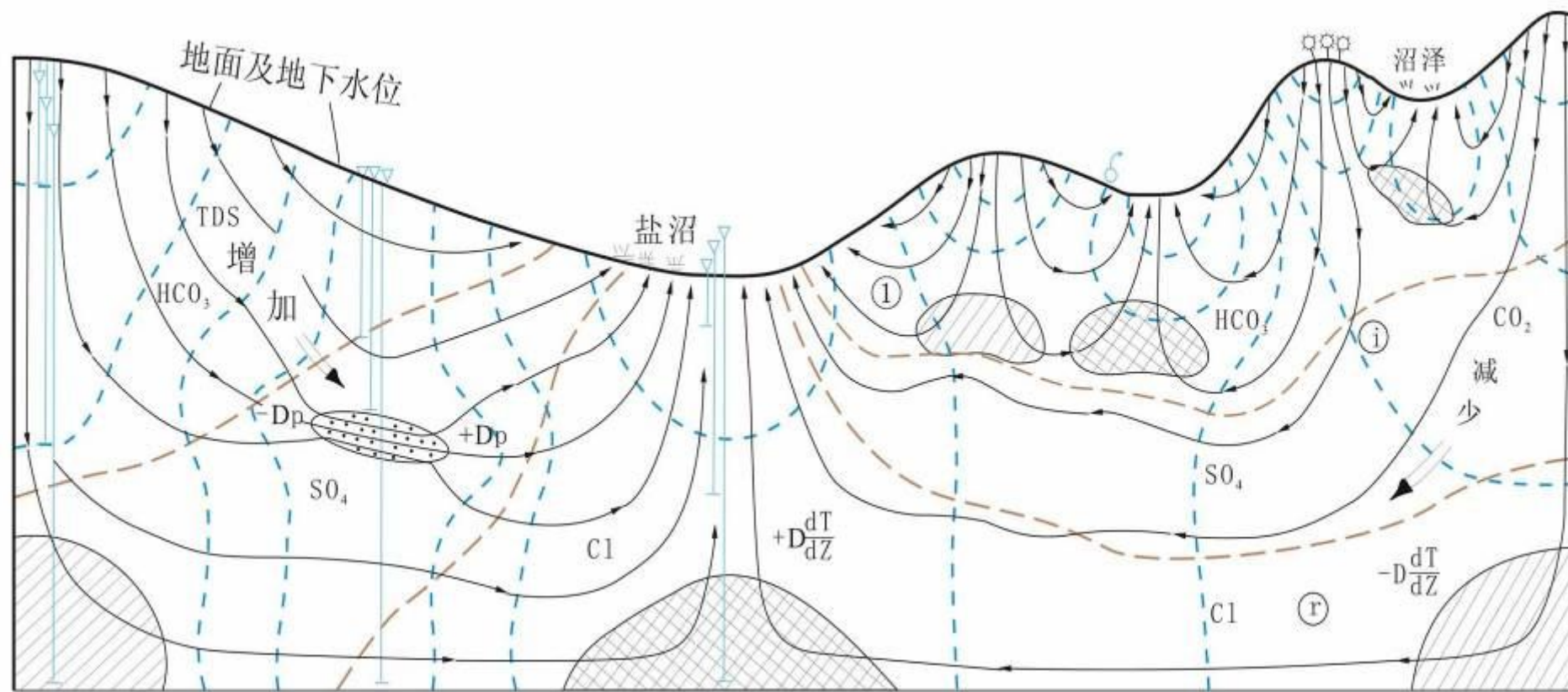


地下水流动系统中的水质演变



局部：流程短，流速快（交替快），TDS 低，水型简单
区域：流程长，流速慢（交替迟缓），TDS 高，水型复杂
垂直与水平分带性

区域地下水流动及其伴生标志



水化学积聚区：相汇处 → 圈闭带， 相背处 → 准滞流带



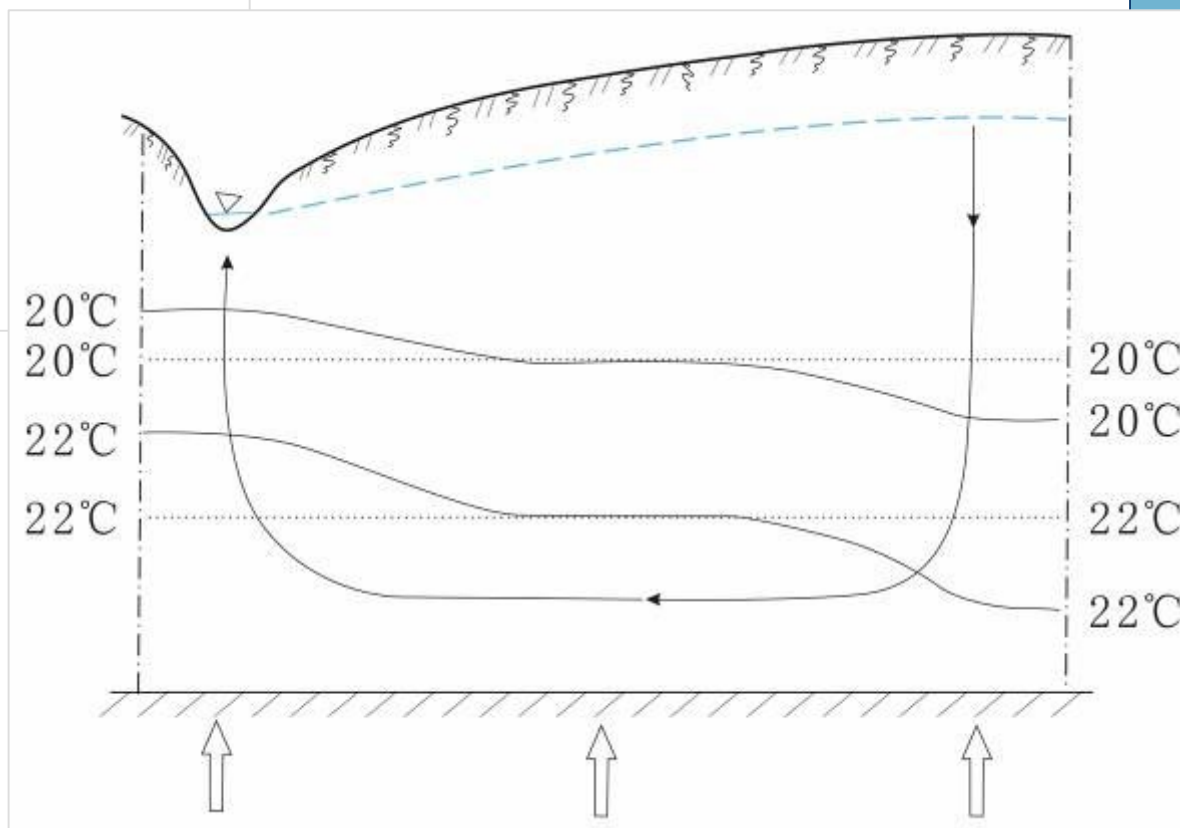
8.3.3 GFS的水温特征

GFS的水温特征

地温分布曲线受

水流作用影响

- 上升水流产生正增温
- 下降水流产生负增温



• 地下水流动系统的总结

- 地下水流动系统理论其实质是以地下水流网为工具，以势场介质场的分析为基础。将渗流场、水化学场、温度场统一于新的地下水流动系统概念框架之中
- 将传统认为互不相关联的地下水各方面的表现联系在一起，纳入到一个有序的地下水空间与时间连续演变的结构之中，有助于人们从整体上把握地下水质与量特征、地下水系统与环境之间联系

——→这一分析方法叫做地下水系统方法

地下水流动系统图

区域流动系统图

第八章结束

思考题

- ❖ 一个地形复杂地区，是否发育多级流动系统，主要取决于哪些因素
- ❖ 阅读图8-12，理解控制地下水流动系统的因素

