

地下水水文学

Groundwater Hydrology

讲授：肖长来

吉林大学环境与资源学院
水文水资源系
2004年9月



第八章 地下水系统

提要

掌握地下水系统概念、地下水含水系统及地下水流动系统，地下水含水系统与流动系统的区别，流动系统的特征；能够利用地下水系统的观点分析和解决有关地下水问题。



第八章 地下水系统

8.1 系统概念

8.2 地下水系统的概念

8.2.1 地下水系统概念的产生

8.2.2 地下水系统的概念

8.2.3 地下水含水系统与地下水流动系统的比较

8.3 地下水含水系统

8.4 地下水流动系统

8.4.1 概念的由来

8.4.2 地下水流动系统



8.1 系统概念

20世纪40年代Ludwig von Bertalanffy提出一般系统理论，50~60年代应用系统工程解决复杂问题并获得巨大成功。

依据《自然辩证法》，**系统**是指相互作用和相互影响的要素组合成具有新质的整体，是自然界中物质实体相互联结而构成的具有整体特性的复合体。为开放系统。

要素是构成系统的基本单元，是构成系统的物质实体。

结构是物质系统内部各组成要素之间的相互联系和相互作用的方式，表现为各要素在时间上的先后顺序和空间上一定排列组合的次序。结构决定功能，为基础；**功能**对结构具有反作用。

系统 (system) 是由相互作用和相互依赖的若干个组成部分按一定规则结合而成的具有特定功能的整体。存在物质、能量、信息的输入、输出，即系统的激励（环境对系统的作用）和响应（系统在受激励后对环境的反作用）。



8.2 地下水系统的概念

8.2.1 地下水系统概念的产生

找水 含水层 含水层系统 地下水系统 地下水系统
环境生态系统

地下水系统与资源枯竭、地面沉降、海水入侵、淡水咸化、土壤沙化、盐渍化、植被退化等环境生态问题有关，成为后者的一个子系统。

水位稳定 水位非稳定 越流



8.2 地下水系统的概念

8.2.2 地下水系统的概念

地下水系统是地下水含水系统和地下水流动系统的统一。**地下水含水系统**是指由隔水层或相对隔水层围闭的、具有统一水力联系的含水岩系。**地下水流动系统**是指由源到汇的流面群构成的、具有统一时空演变过程的地下水水体。

Groundwater system is all the components of subsurface materials that relate to water, including aquifers (confined and unconfined), zone of saturation and water table.

据陈梦熊院士（1987），**地下水系统**是由若干个具有统一独立性而又互有联系、互相影响的不同级次的亚系统或子系统组成，是水文系统的一个组成部分，与降水、地表水系统存在密切联系，互相转化，具有各自的特征与演变规律，包括水动力系统和水化学系统等。



8.2地下水系统的概念

8.2.3 地下水含水系统与地下水流动系统的比较

(1) 整体性（系统性）：二者都属于地下水系统。

含水系统的整体性体现于它具有**统一的水力联系**，存在于同一含水系统中的水是个统一的整体，在含水系统中的任何一部分加入（补给）或排出（排泄）水量，其影响均将波及整个含水层系统。含水系统是一个独立而统一的水均衡单元，是一个**三维系统**；可用于研究水量乃至盐量和热量的均衡，边界属于地质零通量边界，为**隔水边界**，是不变的。

地下水流动系统的整体性体现于它具有**统一的水流**。沿着水流方向，盐量、热量和水量发生有规律的演变，呈现统一的时空有序结构，为**四维时空系统**；它以**流面为边界**，边界属于水力零通量边界，是可变的。



8.2地下水系统的概念

含水系统与流动系统的关系



8.2地下水系统的概念

(2) 级次性：两者均有级次性，可分为区域、中间和局部的流动系统。

(3) 控制因素：控制含水系统发育的，主要是**地质结构**；控制地下水流动系统发育的，主要是**水势场**，由自然地理因素控制。在人为影响下会发生很大变化。



8.3地下水含水系统

地下水含水系统主要受地质结构的控制。

在松散沉积物与坚硬基岩中的含水系统有一系列不同的特征。含水系统在概念上是含水层系统的扩大。



8.4地下水流动系统

8.4.1 概念的由来：J. Toth (1963) 绘制了均质各向同性潜水盆地中的地下水流动系统，包括局部、中间和区域流动系统，强调了水的垂直运动。

8.4.2 地下水流动系统

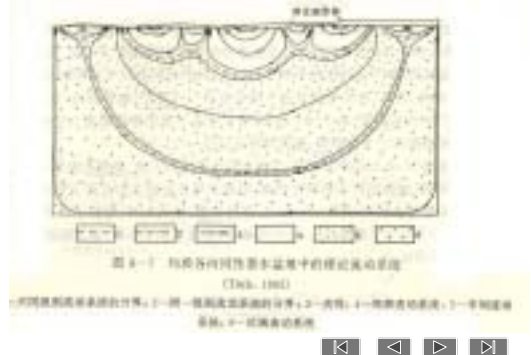
地下水流动系统理论，实质上是以地下水流网为工具，以势场及介质场的分析为基础，将渗流场、化学场和温度场统一于新的地下水流动系统概念框架之中。

(1) 水动力特征：地下水在流动中必须消耗机械能以克服粘滞性摩擦，主要驱动力是重力势能（源于地下水的补给），地形低洼处通常为低势区----**势汇**，地势高处为**势源**。由地形控制的势能叫**地形能**。静止水体中各处的水头相等，而在流动的水体中，沿流线方向，水头越来越低。



8.4 地下水流动系统

地下水流动系统



8.4地下水流动系统

介质中地下水流动系统发育规律：同一介质中存在两种或更多的地下水流动系统时，它们所占据的空间大小取决于两个因素：**势能梯度** (I)，等于源汇的势差除以源汇的水平距离， I 越大，其地下水所占据的空间亦大；**介质渗透系数** (K)，渗透性好，发育于其中的流动系统所占据的空间就大。

在各级流动系统中，补给区的水量通过中间区输向排泄区。与中间区相比，补给区水分不足，排泄区水分过剩。

(2) **水化学特征**：在地下水流动系统中任意一点的水质取决于：

- 输入水质；
- 流程； 流速；
- 流程上遇到的物质及其可迁移性；
- 流程上经受的各种水化学作用。



8.4地下水流动系统

地下水流动系统



8.4地下水流动系统

地下水流动系统的控制因素



8.4地下水流动系统

地下水流动系统中，**水化学存在垂直分带和水平分带**。不同部位发生的主要化学作用不同：

溶滤作用存在于整个流程；

局部系统、中间及区域系统的浅部属于氧化环境，深部属于还原环境；

上升水流处因减压将产生脱碳酸作用；

粘性土易发生阳离子交替吸附作用；

不同系统的汇合处，发生混合作用；

干旱半干旱地区的排泄区，发生蒸发浓缩作用；系统的排泄区是地下水水质复杂变化的地段。



8.4地下水流动系统

(3) **水温度特征**：垂向上年常温带以下地温的等值线通常是上低下高。地下水流动系统中，补给区因入渗影响而水温偏低，排泄区因上升水流带来深部地热而低温偏高，地温梯度变大。对无地势异常区，可根据地下水温度的分布，判定地下水流动系统。

利用**介质场**（取决于地层、构造、第四纪地质等因素）、**势场**（取决于地形、水文、气候等因素）、**渗流场**（地下水流动系统）、**水化学场**与**水温度场**的综合信息进行水文地质条件和地下水系统的研究。

