

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



第三章 地下水赋存

提 要

要求学生掌握包气带、饱水带、含水层、隔水层、弱透水路、潜水、潜水面（潜水位）、承压水、测压水位、隔水顶板、隔水底板、上层滞水的基本概念，能正确区分包气带水、潜水和承压水，孔隙水、裂隙水和岩溶水，理解潜水含水层的厚度、潜水埋藏深度，了解潜水循环的特点和影响因素、承压水循环的特点和影响因素，能根据等水位（压）线图获取水力坡度、径流方向等基本信息，了解潜水与承压在一定条件下可以相互转化。



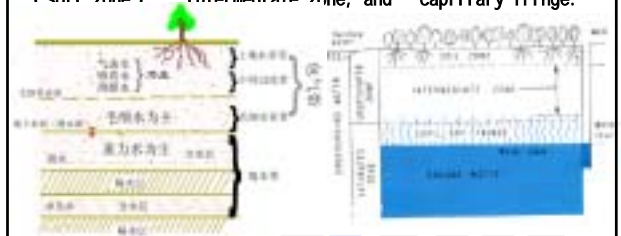
第三章 地下水赋存

- 3.1 包气带和饱水带
- 3.2 含水层、隔水层与弱透水路
- 3.3 地下水
- 3.4 潜水
- 3.5 承压水
- 3.6 上层滞水



3.1 包气带和饱水带

3.1.1 包气带 (zone of aeration, Unsaturated zone, vadose Zone)是指地下水面以上至地表面之间与大气相通的含有气体的地带。 Unsaturated zone is the zone between the land surface and the water table. It includes the root zone (soil zone), Intermediate zone, and capillary fringe.



3.1 包气带和饱水带

包气带是饱水带与大气圈、地表水圈联系必经的通道，其水盐运移对饱水带有重要的影响。

包气带可分为土壤水带、中间带和毛细水带。

包气带水是指以各种形式存在于包气带中的水。其赋存和运移受毛细水和重力的共同影响，确切地说是受土壤水分势能的影响。包气带含水量及其水盐运移受气象因素的影响极其显著。

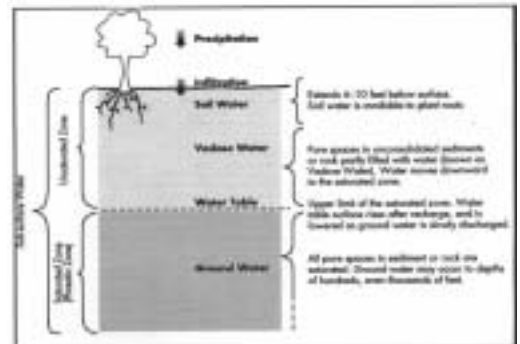
毛细带 (capillary zone) 是由于岩层毛细管力的作用在潜水面以上形成的一个与饱水带有直接水力联系的接近饱和的地带。The soil area above the water table where water can rise up slightly through the cohesive force of *Capillary Action*.

土壤水 (soil water) 是包气带表层土壤层中的各种形式的水。Soil moisture is the water contained in the unsaturated zone.



3.1 包气带和饱水带

Distribution of Subsurface water



3.1 包气带和饱水带

3.1.2 饱水带

饱水带是地下水面以下岩土空间全部或几乎全部被水充满的地带。

Zone of saturation (saturated zone) is the space below the water table in which all the interstices (pore spaces) are filled with water. Water in the zone of saturation is called groundwater. (GW) Saturation zone is the portion that's saturated with water. The upper surface of this zone, open to atmospheric pressure, is known as the water table. (GG)

饱水带中的水体分布连续，可传递静水压力，在水头差作用下可连续运动。其中的重力水是开发利用或排泄的主要对象。



3.2 含水层、隔水层与弱透水层

3.2.1 含水层

含水层 (Aquifer)是指能够透过并给出相当数量水的岩层，是饱含水的透水层。

Aquifer is (1) A geologic formation, group of formations, or part of a formation that contains sufficient saturated permeable material to yield significant quantities of water to wells and springs (USGS); (2) A geologic formation, group of formations, or part of a formation having structures that permit appreciable water to move through them under ordinary field conditions (ASCE). GWT

构成含水层的三个条件是：(1) 有储存水的空间（储水构造），(2) 周围有隔水岩石，(3) 有水的来源，含有重力水为主。



3.2 含水层、隔水层与弱透水层

3.2.2 隔水层

隔水层 (Aquitclode)是指不能透过与给出水、或者透过与给出的水量微不足道的岩层，具有相对性。以含有结合水为主。

A unit of low permeability but is located so that it forms an upper or lower boundary to a groundwater flow system, now also called confining layer or leaky confining layer. HG

不透水层：Aquitfuge is an absolutely impermeable unit that will neither contains nor transmit any water. HG

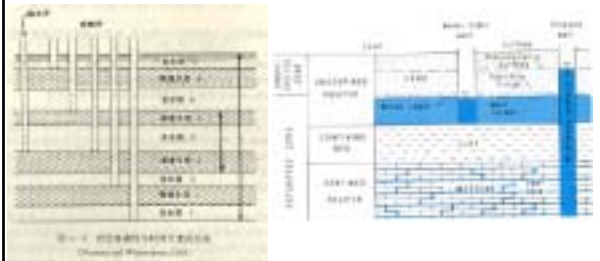
3.2.3 弱透水层

弱透水层 (Aquitard)是指透水性相当差、但在水头差作用下通过越流可交换较大水量的岩层。Aquitard is underground geological formation that is slightly permeable and yields inappreciable amounts of water when compared to an aquifer. GG



3.2 含水层、隔水层与弱透水层

含水层、隔水层与弱透水层关系图



3.3 地下水

3.3.1 地下水

地下水 (groundwater) 广义上是指赋存于地面以下岩石空隙中的水；狭义上仅指赋存于饱水带岩土空隙中的水。

● Ground water is generally all subsurface water as distinct from surface water; specifically, that part of the subsurface water in the saturated zone (a zone in which all voids are filled with water) where the water is under pressure greater than atmospheric. GWT



3.3 地下水

地下水分类表

含水介质类型 埋藏条件	孔隙水	裂隙水	岩溶水
包气带水	土壤水、上层滞水、过路、悬留毛细水及重力水	裂隙岩层浅部季节性存在的重力水及毛细水	裸露岩溶化地层上部岩溶通道中季节性存在的重力水
潜水	各类松散层浅部的水	裸露裂隙岩层中的水	裸露岩溶化岩层中的水
承压水	山间盆地及平原松散层深部的水	构造盆地、向斜、单斜中裂隙岩层中的水	构造盆地、向斜、单斜中岩溶化岩层中的水



3.3地下水

上层滞水 (perched water) 是包气带中局部隔水层上的重力水。

孔隙水 (pore water) 是存在于岩层孔隙中的地下水。

孔隙裂隙水 (pore-fissure water) 是存在于孔隙、裂隙并存的岩层(石)中的地下水。一般指半胶结的碎屑岩。

裂隙水 (fissure-water) 是存在于岩层裂隙中的地下水。

风化裂隙水 (weathering-fissure water) 是岩石风化裂隙带中的地下水。

构造裂隙水 (structure-fissure water) 是存在于岩石构造裂隙中的地下水。

裂隙岩溶水 (fissure karst water) 是存在于可溶性岩层的裂隙、溶孔(洞)中的地下水。

岩溶水 (karst water) 是赋存于岩溶化岩体中的地下水的总称。



3.3地下水

3.3.2地下水埋藏条件

地下水的埋藏条件是指含水层在地质剖面中所处的部位及受隔水层(弱透水层)限制的情况。



3.4 潜水

潜水 (phreatic water, unconfined water) 是指饱水带中第一个具有自由表面的含水层中的水,亦即地表以下第一个稳定隔水层以上具有自由水面的地下水。

Unconfined aquifer is an aquifer in which there are no confining beds between the zone of saturation and the land surface. There will be a water table in an unconfined aquifer. Water-table aquifer is a synonym. HG

潜水的特點:

与大气圈、地表水圈联系密切,积极参与水循环。这由其埋藏特征(位置浅且上面没有连续的隔水层)所决定。另外潜水的补给区通常与排泄区是一致的。

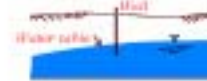


3.4 潜水

潜水



PHREATIC AQUIFER: bounded from above by a phreatic surface.



3.4 潜水

潜水含水层厚度 (thickness of water-table aquifer) 是指从潜水面到隔水底板的距离。

隔水底板 (lower confining bed) 是含水层底部的隔水层。

潜水面 (water table) 是指潜水的表面,为自由水面。

潜水位 (water level) 是潜水面任意一点的高程。

潜水埋藏深度 (水位埋深) (depth to water table) 是指潜水面到地面的距离。

潜水面坡度指相邻两条等水位线的水位差除以其水平距离。当其值很小时,可视为水力梯度。



3.4 潜水

潜水等水位线图



3.5 承压水

承压水 (confined water) 是指充满于两个隔水层 (弱透水层) 之间的含水层中的水, 具有承压性质。

● Confined aquifer is an aquifer that is overlain by a confining bed. The confining bed has a significantly lower hydraulic conductivity than the aquifer. HG

隔水顶板 (upper confining bed) 是承压含水层上部的隔水层。

隔水底板 (lower confining bed) 是承压含水层下部的隔水层。

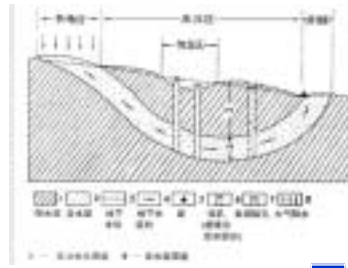
承压含水层的厚度 (thickness of confined aquifer) 为隔水顶板、底板之间的距离。

测压水位 (piezometric water level) 是井孔中静止水位的高程。



3.5 承压水

承压高度 (confining water level) 是指揭穿承压含水层的钻孔中承压水位到承压含水层顶面之间的距离, 亦为作用于隔水顶板的以水柱高度表示的附加压强。从静止水位到承压含水层顶面的垂直距离。



3.5 承压水

自流区 (artesian zone) 是测压水位高于地表面的范围, 又称为承压水的自溢区。

Artesian zone is a zone where water is confined in an aquifer under pressure so that the water will rise in the well casing or drilled hole above the bottom of the confining layer overlying the aquifer. GW

自流水 (artesian water) 是承压水位高于当地地面能自行喷出或溢出地表的地下水。

Artesian aquifer is a geologic formation in which water is under sufficient hydrostatic pressure to be discharged to the surface without pumping. GW

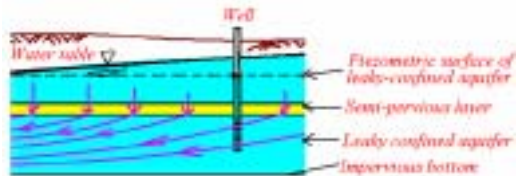
将某一承压含水层测压水位相等的各点连线得到**等水位线图**, 可用于确定承压水流向和水力梯度。



3.5地下水

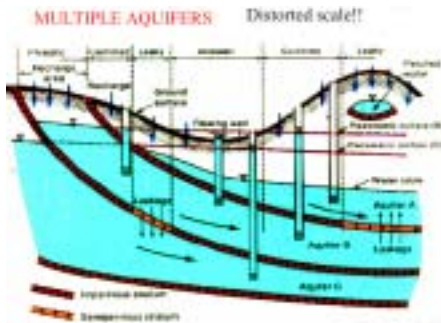
Leaky aquifer

LEAKY (PHREATIC OR CONFINED) AQUIFER: bounded from above and/or below by an aquitard.



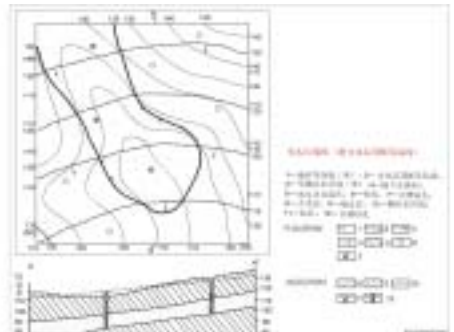
3.5地下水

Multiple aquifer



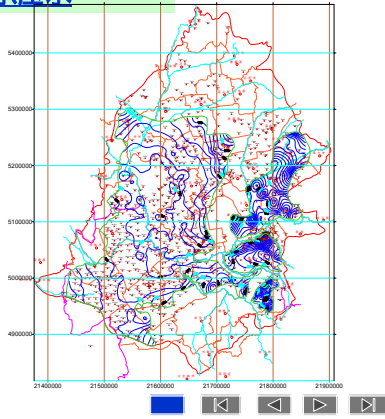
3.5 承压水

等水位线图



3.5 承压水

松嫩平原等水压线图



3.5 承压水

3.5.2 承压含水层的贮水系数

承压含水层的贮水系数是指承压水测压水位下降或上升一个单位深度时单位水平面积含水层所释放或储存的水的体积。所释放出的水来自含水层中水的体积的膨胀和含水介质的压缩。

$$S = V_w / A \Delta H$$

Storativity is the volume of water an aquifer releases from or takes into storage per unit surface area of the aquifer per unit change in head.

It is equal to the product of specific storage and aquifer thickness.

In an unconfined aquifer, the storativity is equivalent to the specific yield. Also called storage coefficient. HG

3.5 承压水

3.5.3 承压水的特点

因受上部隔水层的影响，与大气圈、地表水圈的联系较差，水循环缓慢，不易污染，但污染后不易恢复。

3.5 潜水与承压水的相互转化

潜水与承压水在一定条件下可以相互转化。承压水是由潜水转化而来的，在孔隙含水层中转化更为频繁。

3.7 上层滞水

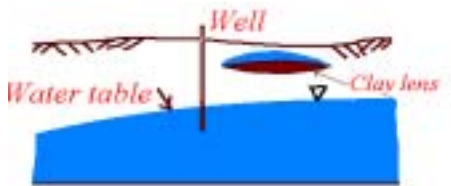
上层滞水 (perched water) 是包气带中局部隔水层或弱透水层上所积聚的具有自由水面的重力水。其性质基本同潜水。

Perched ground water is the water in an isolated, saturated zone located in the zone of aeration. It is the result of the presence of a layer of material of low hydraulic conductivity, called a perching bed. Perched ground water will have a perched water table. HG

3.7 上层滞水

Perched aquifer

Perched aquifer is local phreatic aquifer above the phreatic surface of a major one.



小结

各层地下水循环条件对比表

分类	补给	径流	排泄	水质
土壤水、包气带水、上层滞水	降水、地表水	较快，非连续流	蒸发	易污染
潜水	降水、地表水、凝结水、其它水	较快，连续流	泉、泄流(径流)、蒸发	较易污染
承压水	潜水	慢	越流、径流、泉	不易污染