

中等专业学校试用教材

# 水文地质学

## (三)

应用水文地质学

西安地质学院

地质出版社

中等专业学校试用教材

# 水 文 地 质 学

(三)

应用水文地质学

西安地质学院 主编

地质出版社

# 水文地质学

(三)

应用水文地质学

西安地质学院 主编

\*

地质部教育司教材室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

沧州地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

1979年11月北京第一版·1979年11月北京第一次印刷

印数1—5,490册·定价1.70元

统一书号: 15038·教45

## 前 言

从前，这门课程叫做《专门水文地质学》或《地下水的普查与勘探》。我们认为这样命名不够确切，专门是对普通而言，勘探不是应用。就其内容来说不够全面，很少涉及开采过程中出现的问题，如大面积水位下降（包括引起的地面沉降）及水质恶化（包括污染）问题等；另一方面重复过多，如水文地质调查在各类供水中都讲，实际上这部分内容大同小异，我们把这部分内容统一放在《水文地质基础及水文地质调查》这本书里面了。

关于地下水的开发利用以及对地下水的防护方面，目前在我国主要是供水和排水这两方面工作量最大。供水方面主要是城市供水、厂矿企业供水和农田灌溉供水。排水方面主要是矿山排水。但是其他方面的开发和防护，如热水、矿水、肥水的开发利用，以及由于利用地下水而产生的大面积水位下降、水源污染、水质恶化、次生盐碱化和沼泽化、地方病及环境地质等的调查研究，也都在迅速地展开。特别是在应用过程中所出现的问题，以及如何处理这些问题，也是水文地质工作者的任务。因此，我们把本教材命名为《应用水文地质学》。

本教材共分七章，一至六章由西安地质学院编写，第七章由湖南地质学校编写。第一章地下水蕴藏量的分类和评价；第二章地下水的合理开采与利用；第三章地下水合理开采的水质问题；第四章地下水资源保护；第五章土壤盐碱化和沼泽化及其防治；第六章地下热水及其综合利用；第七章矿区水文地质。这样做是一种尝试，可能有很多不妥之处，加之编写的同志水平有限，错误在所难免，希望读者提出指正，以便修改。

编 者

一九七九年三月

## 目 录

<b>第一章 地下水蕴藏量的分类和评价</b> .....	(1)
第一节 地下水蕴藏量的性质和分类.....	(1)
第二节 地下水天然蕴藏量的性质和计算.....	(2)
第三节 地下水开采量的性质及组成.....	(8)
第四节 地下水开采量的计算与评价.....	(13)
<b>第二章 地下水的合理开采和利用</b> .....	(86)
第一节 合理开采地下水的方法.....	(87)
第二节 恢复和增大水井的出水量.....	(98)
<b>第三章 地下水合理开采的水质问题</b> .....	(115)
第一节 饮用水水质评价.....	(115)
第二节 工业用水水质评价.....	(122)
第三节 农业灌溉用水水质评价.....	(136)
<b>第四章 地下水资源保护</b> .....	(145)
第一节 区域地下水位下降的防治.....	(145)
第二节 地下水水质恶化及其防治.....	(151)
<b>第五章 土壤盐碱化和沼泽化及其防治</b> .....	(156)
第一节 土壤盐碱化及其水文地质防治措施.....	(156)
第二节 沼泽的成因及其改造利用.....	(167)
<b>第六章 地下热水及其综合利用</b> .....	(178)
第一节 地热的基本知识.....	(178)
第二节 地下热水.....	(182)
第三节 中国的地下热水资源.....	(186)
第四节 怎样寻找地下热水.....	(195)
第五节 地下热水综合利用简介.....	(204)

## II

<b>第七章 矿区水文地质</b> .....	(206)
<b>第一节 矿床充水因素</b> .....	(206)
<b>第二节 矿床水文地质分类</b> .....	(219)
<b>第三节 不同类型矿床的水文地质         特征及勘探要求</b> .....	(224)
<b>第四节 矿床不同勘探阶段的水文地质工程地质         工作要求和内容</b> .....	(249)
<b>第五节 矿坑涌水量预测</b> .....	(259)
<b>第六节 矿坑水的疏干方法及防水措施</b> .....	(315)
<b>第七节 矿坑水的综合利用</b> .....	(331)
<b>第八节 资料整理和报告的编写</b> .....	(333)

## 第一章 地下水蕴藏量的分类和评价

近些年来，许多水文地质工作者都用“资源”一词来说明地下水的蕴藏量，而将沿用已久的“储量”一词逐渐趋于抛弃。主要是因为地下水具有流动性，它的蕴藏量不仅表现在储存方面，也表现在运动方面，并且具有可变性质。“储量”一词似乎不能确切地反映地下水蕴藏量的性质。然而，用“资源”一词来说明地下水的蕴藏量，函义更不明确，因为“资源”一词的函义很广，它的主要函义还不是量，而是质，即利用价值。例如：森林、土地、矿产、水利电力等都是资源，地下水当然是资源，这主要是因为它们都有可使人们利用的价值。而利用价值首先是由质来决定的，其次才是量。因此用来说明地下水蕴藏量的多少，“资源”一词的缺陷远比“储量”一词的缺陷大得多。实际上，人们在过去也并非简单的应用“储量”一词，在具体应用时人们早已创造出“动储量”、“静储量”、“调节储量”等词来说明地下水蕴藏量的特殊性。实际上“储量”一词的缺陷早已得到了弥补。所以，在水文地质科学发展的现阶段上，提出废弃“储量”一词而另立“资源”一词，还为时过早。

### 第一节 地下水蕴藏量的性质和分类

地下水是在一定的地质条件和气候条件下，在不断补给和不断消耗的对立发展运动中形成的，补给和消耗的矛盾斗争贯彻地下水形成过程的始终。因此，它与固体矿产不同。它的蕴藏量不仅表现在占有一定空间的储存方面，还表现在随时间而运动的变化方面。

因此，地下水的蕴藏量有以下四种性质。

(1) 地下水的存在都占有一定空间，具有储存的性质，表现为储存量。在这方面，与固体矿产和液体石油的储量的性质是相同的。

(2) 地下水是流体，具有流动性质，表现为径流量。在这方面与固体矿产不同，固体矿产没有径流量。石油虽然是流体，但其流动性只有在开采时才显著的表现出来。

(3) 地下水始终处在不断补给和不断消耗的新旧交替过程中。补给和消耗的矛盾发展是不平衡的，它的数量随时间而周期的变化，具有调节性质，表现为调节量。在这方面，与固体矿产和液体石油都不相同，是地下水蕴藏量的特点。

(4) 人工开采地下水时，补给和消耗之间的矛盾发生激化，引起补给作用加强，使矛盾向着适应开采的方向发展。开采量只要不超过某种限度，地下水量由于有补给而并不显著减少；停止开采后，水量和水位又都能自动地恢复。地下水的数量具有自动补偿的性质，表现为天然补给量和开采袭夺补给量。在这方面，与固体矿产和液体石油都不相同，是地下水蕴藏量的另一特点。

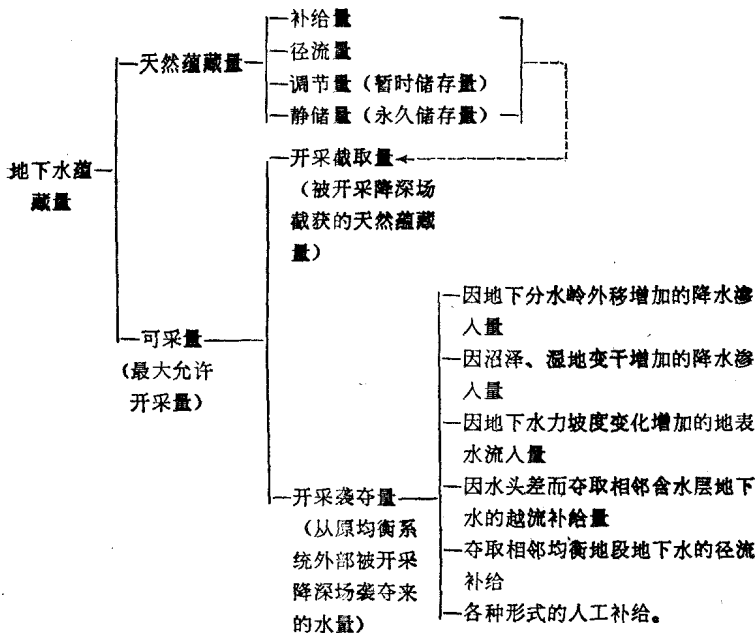
因此，地下水的蕴藏量是从储存性质、流动性质、调节性质、恢复性质四个方面来表现的。一个地区地下水蕴藏量的多少必须从这四个不同的方面来衡量，而可供开采的水量有多少，除了这四个方面外，还要从人们开采地下水的力量方面来衡量。缺少哪一方面都不能全面说明地下水的量。

根据地下水蕴藏量的性质，结合人工开采条件，可将地下水的蕴藏量分类列如后页表。

## 第二节 地下水天然蕴藏量的性质及计算

天然蕴藏量就是在天然条件和状态下计算地段（或计算单元）所蕴藏的地下水量。它表现在以下几个方面。





### 一、天然补给量

天然补给量是指在天然条件和状态下单位时间进入计算地段含水层的水量，单位用米<sup>3</sup>/昼夜或米<sup>3</sup>/年表示。构成天然补给量的通常有以下几项。

1. 降水渗入量；
2. 地表水渗入或流入量；
3. 来自相邻地段的地下水流入量；
4. 来自相邻含水层的地下水越流量。

所以，天然补给量就是在天然条件和状态下地下水的各种收入量，它是表示地下水的自动恢复性质的一个量。当含水层的地下水被不断取用（支出）时，全靠补给量来补偿；而当停止取用后，又全靠补给量来恢复。

天然补给量明显地受气候变化和地质条件的制约，所以它随时间有很大的变化。雨季或丰水年补给量增多；旱季或枯水年补

给量减小。这种变化是引起含水层内部水量变化的主要原因。

人工开采地下水并非直接取自补给量，而是直接取自含水层内部的储存量。补给量转化为储存量。而储存量也只能转化为流向取水构筑物的径流量才能被取出来。所以，补给量是蕴藏在计算地段一定气候条件和地质条件下的一个代表补给能力的量。人工开采地下水时，天然补给量可以全部转化为开采量，但在一些情况下，由于种种原因只是部分天然补给量转化为开采量，其余的部分仍按天然方式消耗。例如蒸发、径流消耗等。在制定取水方案时，应当合理而又最大限度地截取由补给量转化来的天然消耗量。

正因为天然补给量是蕴藏在计算地段一定气候条件和地质条件下的一个代表地下水补给能力的量，而不是已经储存在含水层中的水量，所以在过去的地下水储量分类中，补给量不作为地下水储量考虑。然而，在现代水文地质计算中，补给量已成为表示地下水蕴藏的数量多少的一个十分重要的量。不仅有天然补给量，人工开采地下水时还能够夺取得到更多的补给量。从大气水、地表水同地下水相互转化的关系来看（这种转化关系是计算与评价地下水量不可忽视的），补给量是地下水蕴藏量的一种。只是这种蕴藏量并非直观的蕴藏在含水层内部（储存），而是蕴藏在含水层系统以外。但它与含水层有联系而又必然能进入含水层中，并且是可以被开采的。如果地下水蕴藏量中不包括补给量，那么在河流岸边打井，开采地下水时，来自河水补给的那部分开采水量，也就自然不应算作地下水蕴藏量。然而，实际上它是地下水蕴藏量。所以，我们把补给量也算作地下水蕴藏量。

## 二、天然径流量

天然径流量就是流经含水层过水断面的地下水天然流量。单位以米<sup>3</sup>/昼夜或升/秒表示。在以前，人们习惯上常把天然径流量称为动储量（见图1—1A）

径流量是含水层地下水从补给向消耗的转化过程中以运动形式表现出来的水量，它表示地下水交替作用的强度。在不稳定的

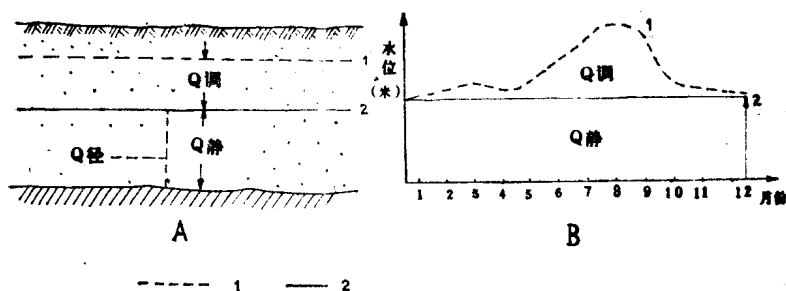


图 1-1 调节储量、径流量与静储量

1—一年最高水位；2—一年最低水位。

天然流场中，含水层各个过水断面的径流量是不相等的。所以径流量都是一定过水断面的地下水流量。径流量是在含水层上下游水位差的作用下形成的；水位差是由补给和消耗的矛盾引起的。随着补给和消耗的矛盾发展，上下游水位差的变化，同一断面的地下水径流量也是随时间而变化的。

人工开采地下水时，随着人工开采流场的形成和发展，天然径流量将变为适应开采的径流量

所以，在有明显人工开采降深场的情况下，拿天然径流量作为开采量的保证的水量评价办法显然是不适宜的。但在没有明显开采降深场的情况下，例如泉水的利用，岩溶地下河水的利用，是可以利用天然径流来评价开采量的。

计算方法：径流量 ( $Q_{\text{径}}$ )

$$Q_{\text{径}} = KI\omega = K \cdot I \cdot H \cdot B \quad (1-1)$$

式中： $K$ ——计算区含水层平均渗透系数（米/日）

$I$ ——地下水的水力坡度（无因次）

$\omega$ ——含水层过水断面面积（米<sup>2</sup>）

$H$ ——含水层平均厚度（米）

$B$ ——计算过水断面宽度（米）

$Q$ ——径流量（米<sup>3</sup>/日）

### 三、天然调节量（暂时储存量，调节储量）

天然调节量是指一年或多年调节期内含水层暂时储存的重力水体积，它在数值上等于一年或多年地下水位变幅带重力水或弹性释放水的体积，<sup>1)</sup>单位以立方米表示（见图1—1B）。调节量就是含水层地下水的暂时储存量，以前，人们习惯上称为调节储量。它包括容积调节量和弹性调节量两种形式。

容积储存量是地下水位变幅带内含水层在一个大气压下暂时储存的重力水体积。弹性调节量是承压水从水头变幅带的最高水头降至最低水头时从含水层内释放的重力水体积。

调节量是地下水补给和消耗的矛盾发展的不平衡性和变化的周期性而以暂时储存形式表现出来的水量。因为地下水的补给总不会是均匀地进行，雨季补给多，旱季补给少，尤其降水渗入更是如此，而地下水消耗量虽然也变化，但幅度较小，相对于补给来说比较稳定，所以雨季补给量大于消耗量，来不及消耗的水量即暂时储存在含水层中，引起地下水位上升；旱季消耗量大于补给量时，就疏干雨季储存的水量，引起地下水位下降。因此，调节量就是储存量的周期性变化量，即暂时储存量。一年内的调节量称为年调节量；若干年内的调节量称为多年调节量。

调节量是在补给和消耗之间起调节作用的水量。当人工开采地下水时，由于补给量增加，由于形成开采漏斗而腾出了更大的调节空间，所以调节量也将发生变化，并在补给和开采之间起调节作用。雨季补给量大于开采量时，多余的补给量除了一部分天然消耗之外其余的都暂时储存于含水层内；旱季补给量小于开采量，不足的部分全靠消耗雨季的暂时储存量来维持开采。这样，只要暂时储存量够旱季使用，在一年内水量也能达到收入和支出的平衡。

计算方法：调节量 ( $Q_M$ )

$$1. \text{ 潜水: } Q_M = \mu \cdot \Delta h \cdot F \quad (1-2)$$

式中： $\mu$ ——计算区潜水含水层的给水度（无因次）；

$\Delta h$ ——计算区潜水水位年变化幅度（米）；

$F$ ——潜水含水层分布面积 (米<sup>2</sup>);

$Q_{调}$ ——潜水年调节量 (米<sup>3</sup>)。

$$2. \text{ 承压水: } Q_{调} = \mu^* \cdot \Delta H \cdot F \quad (1-3)$$

式中:  $\mu^*$ ——承压含水层的释水系数 (无因次);

$\Delta H$ ——承压水位的变幅 (米)

$F$ ——承压含水层分布面积 (米<sup>2</sup>)

$Q_{调}$ ——年调节量 (米<sup>3</sup>)。

对于承压水称弹性调节量。

#### 四、静储量 (永久储存量)

静储量也叫永久储存量或永久储量。它是以运动或静止状态储存于含水层最低水位以下的重力水体积,也就是最低水位以下含水层所容纳的重力水体积,单位以立方米表示 (见图 1—1)。

静储量也分容积的和弹性的两种。对潜水来说只有容积静储量,承压水不仅有容积静储量,同时还有弹性静储量。

对于人工开采地下水来说,静储量只能在开采量超过开采降深场影响范围内的全部补给量 (包括天然补给量和开采增加的补给量) 及调节量的情况下才能被开采消耗。凡是不超过补给量及调节量的开采量,其中都不包括静储量。而静储量一旦被消耗,就必然引起含水层中地下水储存量减少。长期消耗静储量,将引起区域地下水位持续不断地下降,最终将导致地下水源枯竭,或者由于水位降深超过了提水设备所允许的深度而使设备失效。

在地下水开采中,静储量是可以取用的,但是不能全部取用。合理地动用部分静储量,由于能扩大开采降深场影响范围,可以增加开采补给量,从而增加开采水量。以往那种认为地下水静储量完全不可动用的观点,是地下水量评价中的消极观点。

但是,动用静储量的数值是有限度的。静储量的消耗值应当限制在提水设备所允许的水位降深范围内。开采允许降深以内的静储量是可以利用的,其余的静储量则是不可利用或不能利用的。可利用的静储量都随开采量的大小不同,有一定的开采利用期限。在进行地下水蕴藏量计算时应当把这两部分静储量区分

开。那种笼统地单纯计算全部静储量水体积的方法，往往是不符合地下水开采设计要求的。

计算方法：

$$1. \text{ 潜水: } Q_{\text{静}} = \mu \cdot H \cdot F \quad (1-4)$$

式中： $H$ ——潜水最低水位以下含水层的平均厚度（米）；

$\mu$ ——计算区含水层的给水度（无因次）；

$F$ ——含水层分布面积（米<sup>2</sup>）；

$Q_{\text{静}}$ ——静储量（米<sup>3</sup>）。

$$2. \text{ 承压水: } Q_{\text{静}} = \mu \cdot F \cdot M \quad (1-5)$$

式中： $M$ ——承压水含水层的厚度（米）；

$\mu$ ——含水层的给水度（无因次）；

$F$ ——含水层分布面积（米<sup>2</sup>）；

承压水补给量在含水层中的运动形式，与潜水不完全相同。它有径流量，并以水体积形式运动在全部含水层中。没有实际的调节量，但有弹性调节量（即：在巨大水头压力下使含水层发生弹性变形，比它在一个大气压下所多容纳的地下水水量）。这些水量，在雨季补给时暂存含水层中，水头上升；旱季消耗时部分释放出来，水头下降。在开采减压时，可以释放更多的弹性调节量。

### 第三节 地下水开采量的性质及组成

地下水在开采前，由于补给和排泄的矛盾结果，已经形成了地下水的天然动平衡状态。雨季补给量大于消耗量，含水层内水量增加，水位上升；旱季消耗量大于补给量，含水层内水量减少，水位下降。补给和消耗总是不平衡的，但这种不平衡的发展过程具有一定的周期性。从长时间来看，总的补给和总的消耗接近相等，补给和消耗之间又处于一种天然的动平衡状态。

人工开采地下水时，必然改变地下水的天然状态，并向着开采状态发展。开采就意味着增加人工排泄量，改变了原有的排泄

条件。由于地下水开采结果就出现了人工的排泄基准面，将在很大范围内代替了天然排泄基准面，从而改变了含水层原有的排泄条件。

由于排泄条件改变，地下水原有的天然动平衡状态被破坏，出现了地下水的开采状态。

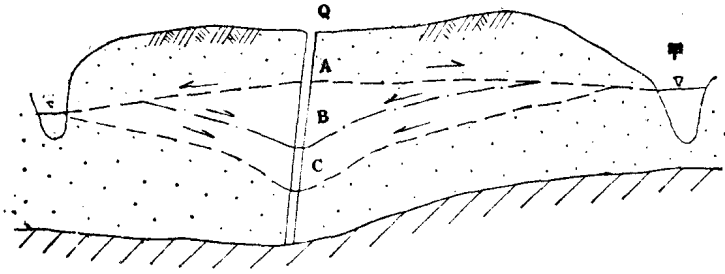


图 1-2 开采过程示意图

用图(1-2)所示的河间地块潜水为例，分析一下开采时地下水的发展过程。

假设以一定的开采量抽水。在水位由A开始下降，抽水井除了不断疏干含水层而取出疏干量外，在疏干范围内还截取了部分补给量(径流量和调节量)。随着下降漏斗的扩展，截取的补给量不断增加，当增加到与开采量平衡时，漏斗停止发展，水位降到B的位置便稳定下来。

到旱季，补给量减少，失去平衡。如果开采量仍保持不变，则必须扩大下降漏斗，继续扩大疏干量。但随着漏斗扩展，截取的补给量也相应增多。特别是在漏斗扩展到乙河沿岸时，乙河由原来排泄潜水而转为补给潜水，使抽水井又得到天然条件下没有的额外补给量(激化补给量)。结果使补给量和开采量又趋向新的动平衡，水位由B降到C的位置又相对稳定下来。

雨季在有利条件下(有疏干水位差)补给量迅速增加，除了

保证开采量外，多余部分就要补偿疏干量，水位回升，漏斗收缩。但随着回升和收缩，补给量又相应减少，减到同开采量平衡时，水位便升到某一高度又稳定下来。

上述过程，随季节和年分变迁不断周期性的发展着。在发展过程中，有两种可能的发展趋势。一是旱季借用的疏干量，到雨季或丰水年能全部补偿回来。所以最大水位降深不超过开采设备的吸程，即允许降深，这时的开采量能保持长期稳定。二是借用的疏干量，历年雨季不能全部补偿回来。所以历年水位下降大于水位回升，总的趋势是水位不断下降。经过一定时期，水位降深超过允许降深，设备就要失效，有补给量也取不出来，这时的开采量就失去稳定性。

从上述实例看出，开采过程，就是在一定开采条件下激化的补给量与开采量的对立发展过程。在这个过程中，要保持开采量稳定而不减少，一是要有一定的补给量与之平衡，二是最大水位降不得超过允许降深，保证开采设备能把地下水从含水层中取出来。这两条缺一不可。这就是说，没有补给保证的开采量只能代表开采能力，没有稳定性。取不出的补给量，只是天然补给量而不是开采量。

开采量的性质不同于天然蕴藏量，主要有两点：

1.组成不同。天然蕴藏量是由径流量、调节量、静储量组成的。而开采量的组成，除了天然补给量外还有激化补给量参加，甚至可能成为开采量组成的主要部分。这是开采激化的必然结果。

凡是在开采过程中夺取过来的，并参与开采量的额外补给量，统一称为激化补给量。其形式很多，如：截取流出量，截断泉流量，夺取邻区含水层的渗透补给量，吸取深部承压水的越流补给，夺取地表水的补给和人工补给等，均属激化补给量（也可称夺取量）如（图1—3）。

这个性质说明，一个含水层中天然补给量可能不多，但是在开采激化条件下，如果具备形成激化补给量的条件时，开采量可



能很大。

2. 数量不同。因为组成不同，所以开采量在数量上可以小于，更可能大于天然蕴藏量。实践证明，由于开采条件和水文地质条件所限，一般情况下不可能把一个含水层（组）中的天然蕴藏量全部取出来，只能取出其中的一部或大部分，其余的仍以天然方式消耗掉。而实际的开采量可以远远超过天然蕴藏量，其原因在于有激化补给量参加。如某城市水源地，在开采前地下水的补给量只有 4.7 万吨/日，因开采而获得的激化补给量则可达 10.9 万吨/日。

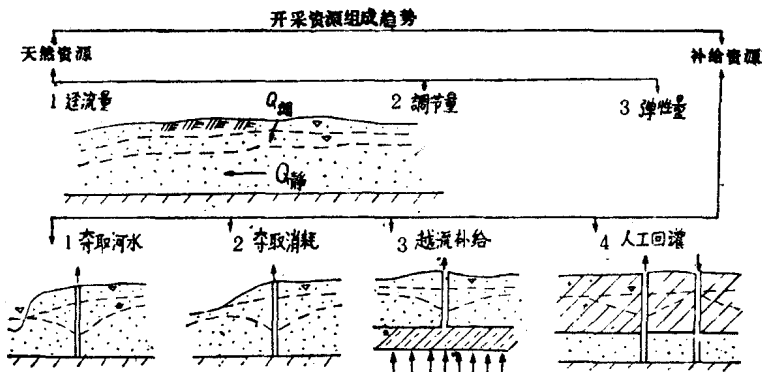


图 1-3

这个性质说明，评价开采量时不能以天然蕴藏量做为唯一的依据。必须具体分析开采过程中可能形成激化补给量的条件，充分考虑开采条件下增加的各种补给量，才能做出符合实际的评价。

激化补给量的确定和计算方法：

1) 夺取地下水的补给量  $Q_{地}$

可用达西定律计算，即公式 1-1

$$Q_{地} = H \cdot B \cdot H \cdot I$$

为取得计算数据，要在补给区沿垂直地下水流向方向布置勘探线，并进行单孔或多孔抽水试验。分别查明天然条件和开采条