



世纪高等教育给排水科学与工程系列规划教材

水源工程

邢丽贞◎主编



免费电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等教育给排水科学与工程系列规划教材

水源工程

主 编 邢丽贞

副主编 杨 辉 王爱军

参 编 张向阳 杨 军

机械工业出版社

本书详细介绍了不同水源类型所采用的取水技术,地下水与地表水取水构筑物的类型、构造、适用条件、设计方法以及输水管道和取水泵房的设计方法等,并对水资源水量供需平衡计算以及水源的保护与利用进行了阐述。

本书可作为高等学校给排水科学与工程专业教材,也可作为环境工程专业的教学参考书,还可供相关专业工程技术人员参考。

本书配有电子课件,免费提供给选用本书的授课教师。需要者请登录机械工业出版社教育服务网(www.cmpedu.com)注册下载,或根据书末的“信息反馈表”索取。

图书在版编目(CIP)数据

水源工程/邢丽贞主编. —北京:机械工业出版社, 2016. 2

21 世纪高等教育给排水科学与工程系列规划教材

ISBN 978-7-111-52165-5

I. ①水… II. ①邢… III. ①水源—市政工程—给水工程—高等学校—教材 IV. ①TU991.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 302599 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:刘 涛 责任编辑:刘 涛 臧程程

版式设计:霍永明 责任校对:张 征

封面设计:陈 沛 责任印制:乔 宇

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2016 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14 印张·343 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-52165-5

定价:29.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

前 言

本书依据全国高等学校给水排水工程学科专业指导委员会编制的《高等学校给排水科学与工程本科指导性专业规范》编写，是高等学校给排水科学与工程专业教材之一。

本书较深入地分析了地下水与地表水的类型、贮存和分布状况及其运动特点，并结合近年来新的技术标准与设计规范，详细介绍了不同水源类型所采用的取水技术，地下水与地表水取水构筑物的类型、构造、适用条件、设计方法以及输水管道和取水泵房的设计方法等，并对水资源水量供需平衡计算以及水源的保护与利用进行了阐述。

本书集理论性与工程性于一体，系统性强，内容全面，可作为高等学校给排水科学与工程专业“水源工程”“取水工程”或“水资源利用与保护”课程的教材，也可作为环境工程专业的教学参考书。

本书第1章由邢丽贞撰写，第2章、第3章由邢丽贞和王爱军共同撰写，第4章由杨辉、杨军共同撰写，第5章由杨辉、张向阳共同撰写，第6章由邢丽贞、张向阳共同撰写。全书由邢丽贞主编。感谢安克瑞老师和陈淑芬老师对本书编写工作所给予的大力支持。此外，在本书编写过程中，参阅了已出版的相关教材，在此向相关作者一并致谢。

由于编者水平有限，编写中难免存在疏漏，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 水源概述	1
1.1 地下水	1
1.1.1 地下水的形成	1
1.1.2 地下水分类	5
1.1.3 地下水水源特点	7
1.2 地表水	7
1.2.1 地表水的形成	7
1.2.2 地表水分类	8
1.2.3 地表水水源特点	8
1.3 水源水质	9
1.3.1 水源水质要求	9
1.3.2 地下水水质	11
1.3.3 地表水水质	12
1.3.4 水质其他分类	16
1.4 取水量	18
1.4.1 供水规模与取水量计算	18
1.4.2 村镇供水规模	19
1.4.3 城市供水规模	23
1.5 水源选择	24
1.5.1 一般原则	24
1.5.2 水源比较	25
1.5.3 城市水源的选择	25
1.5.4 农村水源的选择	26
1.5.5 地表水的取用	26
1.5.6 地下水的取用	27
思考题	27
第2章 地下水取水工程	28
2.1 管井	28
2.1.1 管井构造	28
2.1.2 管井出水量计算	30
2.1.3 管井设计	41
2.1.4 管井设计计算举例	50
2.2 大口井	53
2.2.1 大口井类型与适用条件	53
2.2.2 大口井构造	54
2.2.3 大口井出水量计算	57



2.3 井群互阻影响	59
2.3.1 井群类型	59
2.3.2 井群布置	59
2.3.3 井群互阻影响计算	60
2.3.4 垂直分段取水井组	66
2.3.5 联合工作井群的计算	67
2.4 复合井	70
2.4.1 复合井适用条件与构造	70
2.4.2 复合井出水量计算	70
2.5 辐射井	72
2.5.1 辐射井型式	72
2.5.2 辐射井适用条件	73
2.5.3 辐射井构造	73
2.5.4 辐射井出水量计算	75
2.6 渗渠	79
2.6.1 渗渠型式	79
2.6.2 渗渠适用条件	81
2.6.3 渗渠构造	81
2.6.4 渗渠出水量计算	83
2.7 泉室	86
2.7.1 泉室型式	87
2.7.2 泉室构造	88
2.7.3 泉池水位与容积的确定	88
思考题	89
第3章 地表水取水工程	90
3.1 地表水特征与取水构筑物的选择	90
3.1.1 江河特征	90
3.1.2 湖泊、水库特征	96
3.1.3 取水构筑物位置的选择与设计	97
3.2 固定式取水构筑物	105
3.2.1 岸边式取水构筑物	105
3.2.2 斗槽式取水构筑物	116
3.2.3 江心河床式取水构筑物	118
3.3 移动式取水构筑物	127
3.3.1 浮船式取水构筑物	128
3.3.2 缆车式取水构筑物	131
3.3.3 井架式取水构筑物	133
3.4 山区浅水河流取水构筑物	134
3.4.1 低坝式取水构筑物	134
3.4.2 底栏栅式取水构筑物	138
3.5 库湖与近海取水构筑物	145
3.5.1 库湖取水构筑物	145



3.5.2 海水取水构筑物	148
思考题	153
第4章 取水泵房	154
4.1 地下水取水泵房	154
4.1.1 水泵的基本类型	154
4.1.2 深井泵房	155
4.2 地表水取水泵房	159
4.2.1 水泵的基本类型	159
4.2.2 取水泵房的平面布置	159
4.2.3 取水泵房的高程布置	163
4.2.4 水泵吸水管和出水管布置	164
4.2.5 水泵机组的选择	164
4.2.6 电动机选型	165
4.2.7 泵房附属设备	165
4.2.8 通风与采暖	165
4.2.9 泵房的抗浮、防渗	166
4.2.10 泵房设计与计算举例	166
思考题	170
第5章 输水管渠	171
5.1 输水管渠布置与敷设	171
5.1.1 确定输水方案	171
5.1.2 输水管渠布置	171
5.2 输水管渠计算	172
5.2.1 输水管渠设计流量	172
5.2.2 输水管经济管径	172
5.2.3 输水管渠水头损失	174
5.2.4 输水管渠设计	175
5.3 管材、附件及附属构筑物	180
5.3.1 管材	180
5.3.2 管网附件布置	181
5.3.3 支墩的设置	182
思考题	182
第6章 水源保护与利用	183
6.1 水资源概述	183
6.1.1 水资源概况	183
6.1.2 水资源可利用总量	185
6.1.3 地表水资源可利用量	186
6.1.4 地下水资源可利用量	187
6.1.5 水资源量间的重复计算	192
6.1.6 可供水量预测	192
6.2 水源保护与合理调配	194
6.2.1 饮用水水源保护区的划分	194



6.2.2 饮用水水源地保护规划	198
6.2.3 给水水源卫生防护	200
6.2.4 水源的合理调配	202
6.3 非常规水源的利用	205
6.3.1 再生水利用	205
6.3.2 雨水利用	212
思考题	214
参考文献	215

第1章

水源概述



本章知识点：介绍地下水和地表水的形成、分类与特点，水源水质要求与水源的选择，供水规模的确定与取水量的计算。

本章重点：水源水质要求与水源的选择，供水规模的确定与取水量的计算。

水源工程是给水工程的重要组成部分之一。水源工程包括给水水源的选择、取水构筑物设计以及原水输水管道设计。由于水源的种类和存在形式不同，其相应的取水工程设施对于整个给水系统的组成、布局、投资、安全可靠性以及运行费用具有重大影响。

水源工程涉及多个技术环节。水源的选择与利用，需要研究各种水体的形成、存在形式及运动规律，确定其作为给水水源的可能性，并对给水水源进行以供水为目标的水源勘察、规划、调节治理与卫生防护等工作；取水构筑物的选型和建设，涉及从各种水源取水的方法，各种取水构筑物的构造型式、设计计算、施工方法和运行管理等；原水的输送，是将原水从取水构筑物输送至水厂，涉及管道定线、管材选择、管道水力计算及输水安全性的设计。

给水水源可分为地下水和地表水两大类。埋藏于地表以下岩石空隙中的水称为地下水。地表水则指存在于地壳表面，暴露于大气的水。由于形成条件和存在的环境不同，地下水和地表水各具特点。

1.1 地下水

1.1.1 地下水的形成

1. 地下水来源

大气降水或地表积雪融化后，由于地表疏松多孔，一部分水渗透到地下的土层或岩石空隙里。河湖出现高水位时，也有部分地表水渗透到地下。这些是地下水的主要来源。

另外，当夜间温度持续降低到一定程度，大气和土层中的水汽就凝结成水，渗入地下，成为地下水。

地下深处的岩浆在凝固的过程中释放出一部分水汽。水汽沿岩层裂隙上升，温度逐渐降低凝结成液态，也会形成地下水。

2. 地下水形成条件

任何地下水源，都有一定的形成条件。首先，岩石必须具有空隙，这是基本的先决条件；其次，还要具备使透水层能够积蓄地下水的各种地质构造，如便于存水的向斜构造等；



此外，地史条件、气候条件及地理条件对地下水的形成也会产生不同程度的影响。

3. 含水层及其相关水文地质参数

(1) 含水层 各种岩层具有不同的透水性。地层通常是由透水层和不透水层彼此相间构成的，其厚度和分布因地而异。

结构松散的岩层，具有众多的相互连通的孔隙，透水性较好，水可在其中渗透，这类岩层为透水层；结构致密的岩层，既不能储水又不能透水，或者给出或透过的水量都极少，为不透水层。一般认为，渗透系数大于 1m/d 的岩层为透水层，而渗透系数小于 0.001m/d 的岩层为不透水层；渗透系数介于 $1 \sim 0.001\text{m/d}$ 者为半透水层或弱透水层。含水层的介质空隙完全充满水分，呈饱和状态。

如果透水层下面有一层不透水层，当具有补给来源时，在这一透水层中就会积聚地下水，透水层则成为含水层。

含水层是地下水储存和运动的场所，它不但能储存水，而且水在其中可以运移。疏松的卵石层、富有空隙的砂砾岩、富有裂隙的基岩、喀斯特发育的碳酸岩等，既能容水，又能透过和排出重力水，都具备成为含水层的条件。

在自然条件下，透水层要成为含水层，必须在透水层下部有不透水层或弱透水层存在，才能保证渗入透水层中的水聚集和储存起来。

当不透水层与含水层相邻时，就成为隔水层。隔水层一般分布在含水层的上部或下部，对含水层起隔离作用。分布在含水层上部的隔水层对含水层起保护作用，可防止含水层受到污染。承压水含水层上部的隔水层称作隔水顶板，或叫限制层，下部的隔水层叫作隔水底板，顶板与底板之间的距离为含水层厚度。对于无压含水层，含水层的厚度则为自由水面到隔水底板的距离。

隔水层通常可分为两类：一类是致密岩石，其中没有或很少有空隙，很少含水，也不能透水；另一类是颗粒细小、孔隙度很大但孔隙小的黏土，存在的水绝大多数是结合水，在常压下不能排出，也不能透水。

根据给水工程的具体要求，可从不同的角度，把含水层划分为以下类型，见表 1-1。

表 1-1 含水层类型

划分依据	含水层类型	含水层特征
空隙类型	孔隙含水层	地下水储存在松散孔隙介质中
	裂隙含水层	介质为坚硬岩石，储水空间为各种成因的裂隙
	岩溶含水层	介质为可溶岩层，储水空间为各种规模的溶隙
埋藏条件	无压含水层	含水层上面不存在稳定隔水层，直接与包气带接触
	承压含水层	含水层上面存在稳定隔水层，含水层中的水具有承压性
渗透性能 空间变化	均质含水层	含水层的渗透性具有均一性
	非均质含水层	含水层的渗透性具有不均一性

(2) 地下水位 地下水位指地下含水层中水面的高程，是一个动态变化的高度。浅层水水位主要受大气降水、地表水补给和人工开采影响，与地形地貌、地质构造和含水层岩性有密切的关系。深层地下水由于埋藏较深，不能直接接受大气降水的补给，主要由侧向径流

补给，其水位受人工开采影响较大。

对于无压含水层，可用含水层的埋深和厚度来表示其水力特征。含水层的厚度与地下水位直接相关，而地下水位又受到许多因素影响，尤其易受到降水、河水水位及人工扬水的影响。

对于承压含水层，水头与含水层的埋深、厚度没有直接关系。水头的变化只反映含水层内的压力改变，它同含水层的贮水量之间的关系远比无压含水层中的情况复杂。在承压含水层内，静水压力支撑着一部分覆盖层的重量，含水层骨架颗粒支撑着其余的覆盖层荷载。若水头下降，含水层受到压缩，排挤出一部分水量，此外水头下降也会引起地下水体积的轻微膨胀，“释放”部分水量。反之，若水头上升，则使含水层贮水。

地下水位、含水层的埋深和厚度等水力特征以及相应的水理性质是地下水取水构筑物设计计算的重要依据。影响承压含水层水头变化的因素异常复杂，如因地下水过量开采而引起的地面沉降或上部荷载变化（地震、潮汐、列车运行、大量土方工程等）以及气象因素（气压、蒸发、风、降水等）的影响。

(3) 给水度 给水度是表征无压含水层给水能力和贮水能力的一个指标，它在数值上等于饱和介质在重力作用下自由排出水的体积和相应介质总体积的比值，可用式（1-1）表示。

$$\mu = \frac{V_g}{V} \tag{1-1}$$

式中 μ ——无压含水层的给水度；
 V_g ——在重力作用下排出水的体积（ m^3 ）；
 V ——释水的饱和岩土总体积（ m^3 ）。

给水度是地下水资源评价、地下水动态预测以及地表水与地下水相互转化规律研究中的重要参数。给水度大，说明含水层能够释放的水量大，反之则小。

给水度大小与含水层的性质及其结构特征有关，如含水层的颗粒级配、密实度和空隙的大小等。若松散沉积物含水层的颗粒粗、大小均匀，则给水度大；反之，颗粒细、大小不均，则给水度小。颗粒所含的胶体成分也影响给水度的大小。常见岩土的给水度经验数值见表 1-2。

表 1-2 常见岩土的给水度经验数值

岩土名称	给 水 度	岩土名称	给 水 度
砾砂	0.35 ~ 0.30	强裂隙岩层	0.05 ~ 0.002
粗砂	0.30 ~ 0.25	弱裂隙岩层	0.002 ~ 0.0002
中砂	0.25 ~ 0.20	强岩溶化岩层	0.15 ~ 0.05
细砂	0.20 ~ 0.15	中等岩溶化岩层	0.05 ~ 0.01
极细砂	0.15 ~ 0.10	弱岩溶化岩层	0.01 ~ 0.005
亚砂土	0.10 ~ 0.07	页岩	0.05 ~ 0.005
亚黏土	0.07 ~ 0.04		

裂隙岩层和岩溶化岩层的裂隙率和岩溶率可近似为给水度大小，其经验数值见表 1-3。



表 1-3 坚硬岩石裂隙率经验数值

岩石名称	裂隙率 (%)	岩石名称	裂隙率 (%)
细粒花岗岩	0.05 ~ 0.7	砂岩	3.2 ~ 15.2
粗粒花岗岩	0.3 ~ 0.9	疏松的砂岩	6.9 ~ 26.9
正长岩	0.5 ~ 1.4	大理岩	0.1 ~ 0.2
辉长岩	0.6 ~ 0.7	石灰岩	0.6 ~ 16.9
玄武岩	0.6 ~ 1.3	白垩	14.4 ~ 43.9

(4) 释水系数 对于承压含水层来说, 释水系数为地下水位每下降一个单位深度, 单位面积含水层柱体释出水的体积, 也称为弹性储水系数, 以 μ^* 表示, 为无量纲数值, 其值一般在 $10^{-5} \sim 10^{-3}$ 之间。

(5) 含水层透水性能

1) 渗透系数。渗透系数 K 是综合反映各种岩石渗透性能的指标, 其物理意义为: 当水力坡度为 1 时的地下水流速。

地下水的渗透速度与水力坡度成正比, 其表达式为

$$v = Ki \quad (1-2)$$

式中 v ——渗透速度 (m/d);

K ——渗透系数 (m/d);

i ——水力坡度。

2) 导水系数。导水系数是表示含水层导水能力大小的参数, 在数值上等于渗透系数与含水层厚度的乘积。

对于承压含水层:

$$T = KM \quad (1-3a)$$

对于潜水含水层:

$$T = KH \quad (1-3b)$$

式中 T ——导水系数 (m^2/d);

M ——承压含水层厚度 (m);

H ——潜水含水层厚度 (m);

K ——渗透系数 (m/d)。

3) 压力传导系数与水位传导系数。压力传导系数表示承压含水层中的水压传播速度, 在数值上等于导水系数与释水系数的比值, 即

$$a = \frac{T}{\mu^*} = \frac{KM}{\mu^*} \quad (1-4a)$$

式中 a ——压力传导系数 (m^2/d)。

其余符号含义同前。

水位传导系数表示潜水含水层中的水位传播速度, 在数值上等于导水系数与给水度的比值, 即

$$a = \frac{T}{\mu} = \frac{KH}{\mu} \quad (1-4b)$$

式中 a ——水位传导系数 (m^2/d)。



其余符号含义同前。

1.1.2 地下水分类

按地下水的形成和其他条件,可以从不同角度对地下水进行分类。

1. 按贮存埋藏条件分类

根据埋藏条件可把地下水分为上层滞水、潜水和承压水。

(1) 上层滞水 上层滞水是包气带中局部隔水层或弱透水层上积聚的具有自由水面的重力水。

图 1-1 表示上层滞水的形成条件,它实际上是在地表以下包气带中留存于某些不透水透镜体上的地下水。

上层滞水最接近地表,直接靠大气降水补给,以蒸发形式排泄或向隔水底板边缘排泄。其水量季节性变化大,且极不稳定,往往在雨季存在而在旱季消失;水量大小取决于不透水透镜体的分布面积,水质易受污染,只有在缺水地区才用作小型、临时供水水源。利用上层滞水作为饮用水源时,应特别注意防止水受到污染。

(2) 潜水 潜水又称无压地下水,指埋藏于地表以下第一个稳定隔水层上的含水层中的重力水,主要靠降水、地表水入渗补给。潜水埋藏较浅,靠近地表,分布区与补给区基本一致,受气候特别是降水的影响较大,并且容易受到污染,水质较差。潜水同地表水的联系较密切,当地表水位高于潜水位时,由地表水补给潜水,相反则由潜水补给地表水。

潜水没有隔水顶板,有一个自由水面,或只有局部的隔水顶板,如图 1-2 所示。潜水自由水面称作潜水面。从潜水面到隔水底板的距离为潜水含水层厚度。潜水面到地面的距离为潜水埋藏深度。

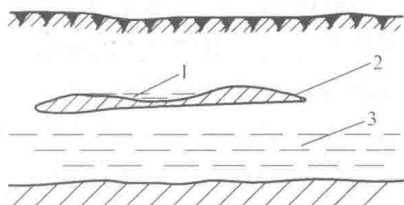


图 1-1 上层滞水形成条件示意图

1—上层滞水 2—不透水透镜体 3—潜水

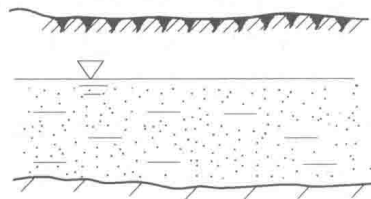


图 1-2 潜水示意图

按地下水径流情况,潜水一般都有补给区、分布区和泄水区。

潜水的补给来源主要有大气降水、地表水、深层地下水及凝结水。大气降水是潜水的主要补给来源。降水补给潜水量大小,取决于降水的特点、包气带的透水性等。一般来说,时间短的暴雨对补给地下水不利,而连绵细雨能大量地补给潜水。当地表水位高于潜水位时,地表水也成为地下水的重要补给来源。总之,潜水的补给来源是多种多样的,某个地区的潜水可以有一种或几种补给来源。

潜水的排泄也有多种途径,可直接渗入地表水体。当地下水位高于河流水位时,潜水可直接渗入河流;潜水也靠蒸发排泄;在地形有利的情况下,潜水则以泉的形式出露地表。

(3) 承压水 承压水是充满于上下两个隔水层之间的含水层中的重力水。在适当的水文地质条件下,无论孔隙水、裂隙水还是岩溶水都可以形成承压水。



承压水埋藏较深，直接受气候的影响较小，水量稳定，不易受污染，水质较好。当上覆的隔水层被凿穿时，水能从钻孔上升或喷出，当承压层间水的水头高于地表时成为自流泉。

典型的承压含水层可分为补给区、承压区及排泄区三部分，如图 1-3 所示。承压水依靠大气降水或地表水通过潜水面侧向补给。

2. 按含水空隙的类型分类

按含水空隙的类型，地下水又被分为孔隙水、裂隙水和岩溶水。

(1) 孔隙水 孔隙水是赋存并运移于岩土孔隙中的地下水，如松散的砂层、砾石层中的地下水。

(2) 裂隙水 裂隙水指赋存并运移于坚硬岩石裂隙中的水。

裂隙水运动复杂，水量变化较大。裂隙水的类型、运动、富集等受裂隙发育程度、性质及成因的控制。裂隙水按基岩裂隙成因可分为风化裂隙水、成岩裂隙水和构造裂隙水。

1) 风化裂隙水。分布在风化裂隙中的地下水多数为层状裂隙潜水。风化裂隙彼此相连接，因此在一定范围内形成的地下水也是相互连通的水体，水平方向透水性均匀，垂直方向随深度而减弱，多属潜水，有时也存在上层滞水。当风化壳上部的覆盖层透水性很差时，其下部的裂隙水具有一定的承压性。风化裂隙水主要受大气降水的补给，有明显季节性循环交替，常以泉的形式向附近沟谷排泄。

2) 成岩裂隙水。具有成岩裂隙的岩层出露地表时，常赋存成岩裂隙水。玄武岩经常发育柱状节理及层面节理。裂隙均匀密集，张开性好，贯穿连通，常形成贮水丰富、导水畅通的潜水含水层。成岩裂隙水多呈层状，在一定范围内相互连通。具有成岩裂隙的岩体为不透水层覆盖时，也可构成承压含水层。在一定条件下可以具有很大的承压性。

3) 构造裂隙水。由于地壳的构造运动，岩石受挤压、剪切等应力作用形成构造裂隙，其发育程度既取决于岩石本身的性质，又取决于边界条件及构造应力分布等因素。

按构造裂隙的差异，构造裂隙水可分为层状构造裂隙水、脉状构造裂隙水和带状构造裂隙水。层状构造裂隙水可以是潜水，也可以是承压水。脉状构造裂隙水，多赋存于张开的裂隙中。由于裂隙分布不连通，所形成的裂隙各有自己独立的系统、补给源及排泄条件。带状构造裂隙水是沿断层带分布的裂隙水，常穿越岩性和时代不同的各个岩层，水量一般很大。

(3) 岩溶水 岩溶水又称喀斯特水，是赋存并运移于可溶性岩层（如石灰岩、白云岩等）的溶蚀裂隙和溶洞中的水。根据岩溶水的埋藏条件可分为：

1) 岩溶上层滞水。在厚层灰岩的包气带中，常有局部非可溶的岩层存在，起着隔水作用，在其上部形成岩溶上层滞水。

2) 岩溶潜水。岩溶潜水广泛分布于大面积出露的厚层灰岩地带。其动态变化很大，水位变化幅度可达数十米。受补给和径流条件影响，水量变化很大，降雨季节水量很大，其他季节水量很小，甚至干枯。

3) 岩溶承压水。岩溶地层被覆盖或岩溶层与砂页岩互层分布时，在一定的构造条件下，就能形成岩溶承压水。岩溶承压水的补给主要取决于承压含水层的出露情况。岩溶水的

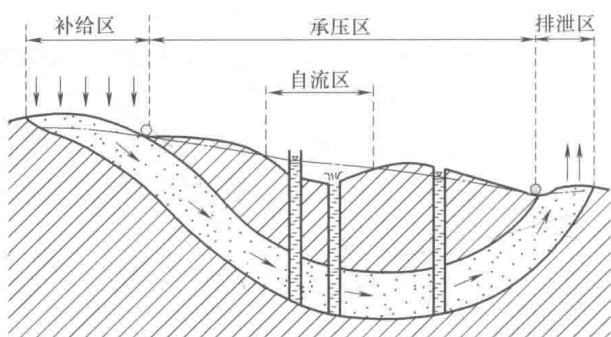


图 1-3 向斜自流盆地承压水



排泄多数靠导水断层,经常形成大泉或泉群,也可补给其他地下水。

3. 泉水分类

泉水是从地下出露地表的地下水。泉水涌出地表是地下含水层中的地下水呈点状出露的现象,为地下水集中排泄形式。它是在一定的地形、地质和水文地质条件的结合下产生的。在适宜的地形、地质条件下,潜水和承压水都有可能集中排出地面成为泉水。

泉水有多种分类方法,按补给来源可分为上层滞水泉、潜水泉、承压水泉等;按泉的出露原因可分为侵蚀泉、接触泉、溢出泉、断层泉等。

由承压含水层形成的泉水可称为自流泉,也叫上升泉,由无压含水层形成的泉水可称为潜水泉,也叫下降泉。另外,温度较高的泉可称为温泉,矿物质含量较高的泉可称为矿泉。

自流泉由承压地下水补给,水质好,是很好的给水水源。

1.1.3 地下水水源特点

大部分地区的地下水受形成、埋藏和补给等条件的影响,具有水质清澈、水温稳定、分布面广等特点。尤其是承压地下水(层间地下水),其上覆盖不透水层,可防止来自地表的渗透污染,具有较好的卫生条件。但大部分地下水矿化度和硬度较高,部分地区可能出现矿化度很高或其他物质(如铁、锰、氟、氯化物、硫酸盐、各种重金属或硫化氢)含量较高的情况。

潜水被广泛用作各种水源。由于潜水埋深浅,上面无连续隔水层,因此其水位、水量和水质等受气候、水文因素影响大,人类活动容易造成潜水的污染。潜水资源一般都缺乏多年调节性。

由于受到隔水层的限制,承压水受气候、水文因素的变化等条件的影响较小,因此比较稳定。但是,承压水资源不像潜水资源那样容易补充、恢复。虽然承压水一般不易受到污染,然而一经污染就很难净化,因此在开发利用承压水时应注意水源的保护。

深层地下水通常补给条件差,被开采后得不到充分补给,容易消耗殆尽;部分深层地下水还可能含盐量偏高,不适于作为饮用水水源。

1.2 地表水

1.2.1 地表水的形成

地表水的概念有广义和狭义之分。广义的地表水指地球表面的一切水体,包括海洋、冰川、河流、湖泊、水库、池塘、沼泽等水体,不包括生物水和大气水。狭义的地表水指地球陆地表面暴露出来的水体,即河流、冰川、湖泊和沼泽四种水体,不包括海洋。事实上,一部分地表水能够渗透形成地下水,同样,地下水也能够进入河湖和沼泽,成为地表水。

我国河川径流量约占全部水资源总量的 94.4%。以 2013 年为例,年均降水总量为 62674.4 亿 m^3 。降水量中约有 45% 转化为地表水和地下水资源,其余消耗于蒸腾散发。陆地表面的基本水源来自大气降水。大气降水落到地表,除一部分被植物截留、蒸发和渗入地下外,其余沿着地面流动形成径流。径流汇入河道形成河流水,在地表洼地滞留蓄水形成湖泊和沼泽水;固体降水逐渐演化成冰川;此外还有极小一部分组成了生物水。



1.2.2 地表水分类

地表水资源一般指地表水中可以逐年更新的淡水量,包括冰雪水、河川水和湖沼水等。

从能源利用角度来说,地表水资源主要指具有一定落差的河川径流。

从航运和养殖角度来说,地表水资源主要指河道和水域中所储存的水。

从给水水源的角度来说,地表水资源指储存于江河、湖泊和冰川中的淡水;在严重缺水的沿海地区,也可以利用海水作为给水水源,但多用作工业给水。

地表水按照地表水环境质量标准可分为Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类和Ⅴ类,具体水质评价标准见1.3水源水质。

1.2.3 地表水水源特点

由于受地面各种因素的影响,地表水通常表现出与地下水不同的特点。由于受流域内的自然环境影响较大,不同地域的地表水水质往往有很大的差异。地表水的水质、水量随季节变化而有明显的差异。大部分地区的地表水径流量较大,但季节性较强。

(1) 河水 一般情况下,河水浊度较高,易受到污染,特别是汛期浊度较常态高出很多,水温变幅大,有机物和细菌含量高,有时还有较高的色度。但是地表水一般具有矿化度低,硬度低,铁、锰等含量较低的优点。

山区河流在地表水中占有较大的比例。山区河流除部分由地下水补给外,主要由地表径流汇集而成,受季节影响很大。北方某些山区河流潜冰期(水内冰)较长。

山区河流多为大江、大河源头,两岸往往是崇山峻岭或悬崖峭壁,河床常由砂、砾石、卵石或岩石组成,其特征为河流相对位置高、比降大、流速快、冲刷力强。

山区河流水质变化较大,暴雨后水流浑浊,含沙量很大,漂浮物较多;雨过天晴,水质恢复至清澈。在平、枯水期时,一般河水浊度很小,有的甚至清澈见底。洪水期时,河水浑浊度可高达5000NTU以上,而且还挟带着大量推移质和悬移质,但持续时间不长。推移质一般粒径较大,有时甚至出现直径很大的滚石。

山区河流水量和水位变化幅度很大,不仅年际流量变化幅度大,年内流量随季节的变化幅度也很大。洪水历时短,来势汹汹,河流水量骤增骤减,水位暴涨暴落;洪水常挟带着大量泥沙、砾石滚滚而下,破坏力很强。以天然降雨为补给水量的山溪、浅水河流,其洪水量与枯水量往往相差达数百倍,甚至数千倍。枯水季节,河水流量很小,甚至断流。

(2) 湖泊与水库 湖泊、水库的补水主要来自于河水、地下水及降雨,其水质与补充水的水质密切相关,因此不同湖泊、水库的水质,其化学成分存在一些差异。即使是同一湖泊(或水库),位置不同,水的化学成分也不完全一样,含盐量也不同。同时各主要离子间没有一定的比例关系,这一点是与海水水质的区别之处。湖水水质的化学变化常常受到生物作用的影响,这又是与河水、地下水水质的不同之处。相对于河水,湖泊更易出现富营养化现象。水库中营养质含量比湖水低,因此其中的漂浮水生物及水底生物也少些,对取水构筑物的危害不像湖水那样严重。

湖泊、水库表层水在风浪作用下促使大气复氧,加上藻类的光合作用,水中的溶解氧基本能保持在饱和水平上。而深层水由于死亡的水生植物和其他有机物的降解,以及水中生物的耗氧,加上阳光透射率低,水中植物无法进行光合作用,导致溶解氧浓度较低。因此,加



上悬浮物的沉淀作用，深层水较表层水具有较高浓度的有机质、磷酸盐、氨和硫化氢等。

深水湖泊和水库，其水质在不同的季节和不同的深度差异很大。图 1-4 所示是某水库在不同水深处的浊度变化。夏季由于水面受阳光直接照射，湖水水温较高，有利于藻类等水生植物的生长繁殖。这些水生植物死后沉积于水底，因腐烂而使水质恶化。在汛期，暴雨后的地面径流及河水挟带大量泥沙流入湖泊或水库，使湖水浊度骤增。湖水的浊度越靠近湖底越高。

湖泊、水库本身就像一座大型沉淀池，有利于悬浮物杂质自然沉降，因此湖泊与水库表层水含沙量少、浊度小，可以取到水质较好的水。与河水相比，洪水期和枯水期的浊度变化较小，一年中绝大部分时间浊度很低，水质比较稳定，但常常存在富营养化和水生物大量繁殖等问题。

(3) 海水 海水水量充沛，但含有较高的盐分，含盐量一般为 3.5%（质量分数）左右，另外水位随潮汐的涨落变化频繁且幅度大，给取水和水质净化带来一定的困难。因此，除了淡水资源特别缺乏的海岛外，海水一般不宜作为生活饮用水水源。在发达国家，海水冷却广泛用在沿海电力、冶金、化工、石油、煤炭、建材、纺织、船舶、食品、医药等工业领域。在我国淡水资源缺乏的沿海地区，海水也被用作某些工业用水的水源。据统计，2012 年全国直接利用海水共计 663.1 亿 m³，主要作为火（核）电的冷却用水。其中广东、浙江和山东利用海水较多，分别为 269.0 亿 m³、212.1 亿 m³ 和 61.5 亿 m³。

1.3 水源水质

1.3.1 水源水质要求

《生活饮用水水源水质标准》（CJ 3020—1993）中将生活饮用水水源水质分为二级，其两级标准的限值见表 1-4。

表 1-4 生活饮用水水源水质标准限值

项 目	单位	标准限值	
		一级	二级
色度		色度不超过 15 度，并不得呈现其他异色	不应有明显的其他异色
浑浊度	度	≤3	
嗅和味		不得有异臭、异味	不应有明显的异臭、异味
pH 值		6.5~8.5	6.5~8.5
总硬度（以碳酸钙计）	mg/L	≤350	≤450
溶解铁	mg/L	≤0.3	≤0.5

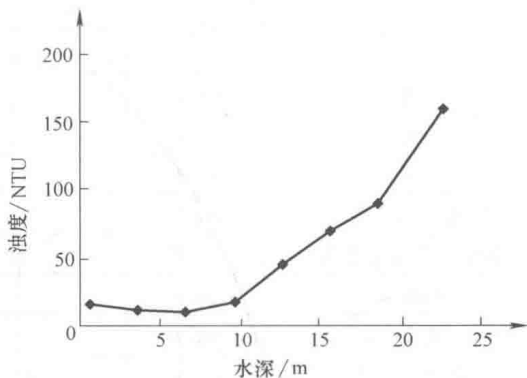


图 1-4 某水库水深与浊度的关系