

JINGDIAN JIANGSHUI
SHIGONG JISHU YU ZHILIANG KONGZHI

井点降水

施工技术与质量控制

宋功业 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

JINGDIAN JIANGSHUI
SHIGONG JISHU YU ZHILIANG KONGZHI

井点降水

施工技术与质量控制

宋功业 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

井点降水是工程建设中一项重要的关键技术。不论建筑工程、市政工程、港口水利工程或某些特种工程,在建设中,都会遇到若干深、大基坑的土方开挖施工问题。我国沿海软弱土层,一般地下水位高,地质属粉质砂土或淤泥质粉质黏土,并夹有薄层粉砂。在这些软弱土层的施工挖土时,往往会受流沙困扰,土方挖了又涨、涨了又挖,对基坑开挖造成极大困难,不但难以达到预定设计深度,且易于导致边坡失稳、酿成塌方等重大事故。

为了帮助工程技术人员在工程中少走弯路,本书从井点降水的基本知识、真空降水施工、重力降水三个章节,重点介绍了轻型井点、喷射井点、电渗井点、管井井点与深井井点的施工技术与质量控制方法。本书可作为现场工程技术人员参考用书,也可以作为建筑工程类大中专教材。

图书在版编目(CIP)数据

井点降水施工技术与质量控制/宋功业著. —北京:中国电力出版社,2014.1
ISBN 978-7-5123-3726-8

I. ①井… II. ①宋… III. ①井点降水—工程施工 IV. ①TU46

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第270564号

中国电力出版社出版发行

北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:梁 瑶 联系电话:010-63412605

责任印制:蔺义舟 责任校对:马 宁

航远印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2014年1月第1版·第1次印刷

700mm×1000mm 1/16·13.25印张·250千字

定价:38.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

我国幅员辽阔，蕴藏着巨大的地下水资源。这是我们的宝贵财富，应当珍惜。

然而，在地下工程施工中，地下水却成了障碍物，给施工带来不便。解决地下水问题往往成为地下工程施工的关键技术。这就是说，地下水既是障碍物，又是资源。

目前，解决地下水问题的主要方法是井点降水。

井点降水是人工降低地下水位的一种方法，就是在基坑开挖前，预先在基坑周围或者基坑内设置一定数量的滤水管。

井点降水常用于地下水位比较高的施工环境中，是土方工程、地基与基础工程施工中的一项重要技术措施，能疏干基土中的水分、促使土体固结，提高地基强度，同时可以减少土坡土体侧向位移与沉降，稳定边坡，消除流沙，减少基底土的隆起，使位于天然地下水以下的地基与基础工程施工能避免地下水的影响，提供比较干燥的施工条件，还可以减少土方量，缩短工期，提高工程质量和保证施工安全。

本书“第一章井点降水概述”首先提出地下水的资源问题，希望工程技术人员在解决工程难题的同时，兼顾资源利用，不能将地下水只当障碍物处理。“第二章真空降水施工”中重点介绍了轻型井点、喷射井点与电渗井点的施工技术 with 质量控制。“第三章重力降水”重点介绍了管井井点与深井井点的施工技术 with 质量控制。本书适合现场工程技术人员参考使用，同时可供大中专院校师生参考使用。

最后，感谢韩成标、徐锦德、邵界立、刘辉、解恒参、武钢平等对本书的著述作出的贡献。

著 者

2013.8 于徐州

目 录

前言

第一章 井点降水概述	1
第一节 地表水与地下水	2
一、地表水	3
二、地下水	8
三、地表水和地下水联合运用	22
第二节 井点降水基本知识	23
一、关键概念	24
二、降水施工与排水施工的比较	40
三、降水施工的准备工作	50
四、降水施工的一般方法	54
五、井点安装	55
六、抽水	56
七、注意事项	56
八、降水施工时应考虑的因素	57
第三节 地下水回灌	58
一、地温能利用回灌	58
二、污水回用地下水回灌	60
三、回灌施工	64
第四节 井点计算	67
一、确定井点系统的布置方式	67
二、基坑涌水量计算	68
三、水泵选用	73
四、井点数量计算	76
五、井点管长度计算	76
六、应用实例	77
第二章 真空降水施工	80
第一节 轻型井点降水施工	81
一、轻型井点降水特点	81
二、轻型井点降水设备	82

三、井点布置	125
四、轻型井点施工工艺	126
五、轻型井点系统使用与管理	134
六、真空轻型井点降水止水方法应用案例	135
第二节 喷射井点降水	138
一、喷射井点工作原理	138
二、喷射井点适用范围	139
三、喷射井点设备	139
四、喷射井点布置	145
五、喷射井点降水施工工艺	147
六、井点系统使用与管理	154
第三节 电渗井点降水	155
一、电渗井点的适用范围	156
二、电渗井点降水原理	156
三、电渗井点施工工艺	159
第三章 重力降水	164
第一节 管井井点降水	164
一、管井井点的适用范围	164
二、管井井点降水设备	165
三、管井井点降水施工工艺	181
第二节 深井井点降水	185
一、深井井点降水特点	185
二、深井设计	185
三、深井井点设备	187
四、深井井点布置	195
五、深井井点降水施工工艺	195
参考文献	202

第一章

井点降水概述

在地下工程施工中，由于地下水的存在，往往导致施工不便或难以施工。为了克服地下水对施工的影响，通常采用排水或降水的方法来解决。而降水的方法，则是通过试验与计算，在工程范围内按一定的距离设置井点，将地下水抽出，使施工能方便、顺利地进行。这就是井点降水。

井点降水的方法是基于地下水是“障碍物”这一理念考虑的。排除地下水是理所应当的，因为它影响施工（图 1-1、图 1-2）。



图 1-1 地下水影响施工

当地下水处理不当时，有时还可能导致地面塌陷（图 1-3）和地面建筑物被毁（图 1-4）的情况发生。

由于地下水深埋地下，地下水的联络通道所处的地质条件比较复杂，当土方开挖面进入承压水地层中时，开挖过程中承压水冲破土层而发生流沙。流沙的产生带动土层扰动、移位，造成隧道结构破坏，引起地面土体沉陷，继而发生地面建筑物倾斜、部分倒塌，防汛墙沉陷、坍塌等险情。

采用井点降水的目的：

- (1) 防止涌水、流沙，保证在较干燥的状态下施工。
- (2) 防止滑坡、塌方、坑底隆起。
- (3) 减少坑壁支护结构的水平荷载。

2 ■ 井点降水施工技术与质量控制



图 1-2 地下水导致建（构）筑物倒塌

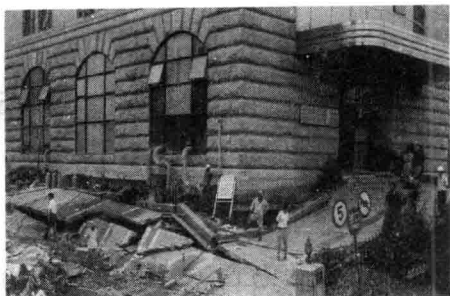


图 1-3 地下水处理不当导致地面塌陷



图 1-4 地下水处理不当导致地面建筑物被毁

但是如果将地下水作为资源看，我们就应该在井点降水的同时进行回灌，使地下水损失达最低程度。

第一节 地表水与地下水

水资源包括地表水和地下水。地下水是水资源的重要组成部分，对经济的可持续发展具有不可替代的作用；同时，地下水还是生态环境的重要组成要素。近年来，地下水位持续下降、水质污染和生态退化问题时有显现。这些问题如果得不到及时解决，势必危及人类社会的生存安全，对未来经济和社会的可持续发展构成威胁。

地下水环境是地下水及其赋存空间环境在内外动力地质作用和人为活动作用

影响下所形成的状态及其变化的总称。是地质环境的重要组成部分。据了解,目前很多地区地下水开采过量、地下水资源浪费严重、随意排放污水、水污染严重等现象仍客观存在。随着城市建筑的规模的越来越大,一般在施工时要进行降水施工,抽取地下水,以降低地下水水位。而大量的抽取地下水是对城市资源的巨大浪费。地下水出现一些环境问题,如地下水中出现农药和化肥的残留成分、泥沙含量在雨季剧增、地下河水细菌总数和大肠杆菌群超过国家饮用水标准规定的量等。同时,开发地下水也会对引水工程沿线地区的自然、社会和生态环境造成有益的和不利的影 响,如挖掘隧洞可增加引水工程水量、高位自流供水可降低成本、白岩洞地下河淤积、部分村庄缺水、生态不良反应等。遏制地下水过度开采的主要途径是明确科学评价地下水含水系统的可开采量及其承载能力,并合理确定开采井和开采量的时空分布,通过法规、行政及经济等手段,对地下水的开发利用进行科学管理,以实现地下水资源的可持续利用。合理开发利用地下水,保护地下水环境,关系子孙后代、关系国计民生,因此,改善和保护地下水这一有限的战略资源已刻不容缓。

一、地表水

地表水是指存在于地壳表面,暴露于大气的水,是河流、冰川、湖泊、沼泽四种水体的总称,也称“陆地水”。它是人类生活用水的重要来源之一,也是各国水资源的主要组成部分。

1. 我国地表水的现状

中国大小河流的总长度约为 42 万 km,径流总量达 27 115 亿 m^3 , 占全世界径流量的 5.8%。中国的河流数量虽多,但地区分布却不均匀,全国径流总量的 96% 都集中在外流流域,面积占全国总面积的 64%, 内陆流域仅占 4%, 面积占全国总面积的 36%。

中国冰川的总面积约为 5.65 万 km^2 , 总储水量约 29 640 亿 m^3 , 年融水量达 504.6 亿 m^3 , 多分布于江河源头。冰川融水是中国河流水量的重要补给来源,对西北干旱区河流水量的补给影响尤大。中国的冰川都是山岳冰川,可分为大陆性冰川与海洋性冰川两大类,其中大陆性冰川约占全国冰川面积的 80% 以上。

中国湖泊的分布很不均匀,1 km^2 以上的湖泊有 2 800 余个,总面积约为 8 万 km^2 , 多分布于青藏高原和长江中下游平原地区。其中,淡水湖泊的面积为 3.6 万 km^2 , 占总面积的 45% 左右。此外,中国还先后兴建了人工湖泊和各种类型水库共计 8.6 万余座。

中国沼泽的分布很广,仅泥炭沼泽和潜育沼泽两类面积即达 11.3 万余 km^2 , 三江平原和若尔盖高原是中国沼泽最集中的两个区域。中国大部分沼泽分布于低平而丰水的地段,土壤潜在肥力高,是中国进一步扩大耕地面积的重

要对象。

2. 地表水环境质量标准

为贯彻《环境保护法》和《水污染防治法》，加强地表水环境管理，防治水环境污染，保障人体健康，国家环境保护总局于2002年4月26日批准《地表水环境质量标准》为国家环境质量标准，并与国家质量监督检验检疫总局联合发布。该标准为强制性标准，由中国环境科学出版社出版，自2002年6月1日开始实施。

3. 水域功能和分类标准

依据地表水水域环境功能和保护目标，按功能高低依次划分为五类：

- (1) I类。主要适用于源头水、国家自然保护区。
- (2) II类。主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产场、仔稚幼鱼的索饵场等。
- (3) III类。主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区。
- (4) IV类。主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区。
- (5) V类。主要适用于农业用水区及一般景观要求水域。

对应地表水上述五类水域功能，将地表水环境质量标准基本项目标准值分为五类，不同功能类别分别执行相应类别的标准值。水域功能类别高的标准值严于水域功能类别低的标准值。同一水域兼有多类使用功能的，执行最高功能类别对应的标准值。实现水域功能与达功能类别标准为同一含义。

4. 标准值

(1) 地表水环境质量标准基本项目标准限值见表1-1。

表 1-1 地表水环境质量标准基本项目标准限值 单位：mg/L

序号	分类标准值项目	I类	II类	III类	IV类	V类
1	水温/℃	人为造成的环境水温变化应限制在：周平均最大温升≤1，周平均最大温降≤2				
2	pH值（无量纲）	6~9				
3	溶解氧 ≥	饱和率 90%（或 7.5）	6	5	3	2
4	高锰酸盐指数 ≤	2	4	6	10	15
5	化学需氧量（COD）≤	15	15	20	30	40

续表

序号	分类标准值项目	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
6	五日生化需氧量 (BOD ₅) ≤	3	3	4	6	10
7	氨氮 (NH ₃ -N) ≤	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0
8	总磷 (以 P 计) ≤	0.02 (湖、库 0.01)	0.1 (湖、 库 0.025)	0.2 (湖、 库 0.05)	0.3 (湖、 库 0.1)	0.4 (湖、 库 0.2)
9	总氮 (湖、库, 以 N 计) ≤	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0
10	铜 ≤	0.01	1.0	1.0	1.0	1.0
11	锌 ≤	0.05	1.0	1.0	2.0	2.0
12	氟化物 (以 F ⁻ 计) ≤	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5
13	硒 ≤	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
14	砷 ≤	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
15	汞 ≤	0.000 05	0.000 05	0.0001	0.001	0.001
16	镉 ≤	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
17	铬 (六价) ≤	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
18	铅 ≤	0.01	0.01	0.05	0.05	0.1
19	氰化物 ≤	0.005	0.05	0.2	0.2	0.2
20	挥发酚 ≤	0.002	0.002	0.005	0.01	0.1
21	石油类 ≤	0.05	0.05	0.05	0.5	1.0
22	阴离子表面活性剂 ≤	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
23	硫化物 ≤	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
24	粪大肠菌群 (个/L) ≤	200	2 000	10 000	20 000	40 000

(2) 集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值见表 1-2。

表 1-2 集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值 单位: mg/L

序号	项目	标准值	序号	项目	标准值
1	硫酸盐 (以 SO ₄ ²⁻ 计)	250	4	铁	0.3
2	氯化物 (以 Cl ⁻ 计)	250	5	锰	0.1
3	硝酸盐 (以 NO ₃ ⁻ 计)	10			

(3) 集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值见表 1-3。

表 1-3 集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值 单位: mg/L

序号	项目	标准值	序号	项目	标准值
1	三氯甲烷	0.06	33	2, 4, 6-三硝基甲苯	0.5
2	四氯化碳	0.002	34	硝基氯苯 ^⑤	0.05
3	三溴甲烷	0.1	35	2, 4-二硝基氯苯	0.5
4	二氯甲烷	0.02	36	2, 4-二氯苯酚	0.093
5	1, 2-二氯乙烷	0.03	37	2, 4, 6-三氯苯酚	0.2
6	环氧氯丙烷	0.02	38	五氯酚	0.009
7	氯乙烯	0.005	39	苯胺	0.1
8	1, 1-二氯乙烯	0.03	40	联苯胺	0.000 2
9	1, 2-二氯乙烯	0.05	41	丙烯酰胺	0.000 5
10	三氯乙烯	0.07	42	丙烯腈	0.1
11	四氯乙烯	0.04	43	邻苯二甲酸二丁酯	0.003
12	氯丁二烯	0.002	44	邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	0.008
13	六氯丁二烯	0.000 6	45	水合肼	0.01
14	苯乙烯	0.02	46	四乙基铅	0.000 1
15	甲醛	0.9	47	吡啶	0.2
16	乙醛	0.05	48	松节油	0.2
17	丙烯醛	0.1	49	苦味酸	0.5
18	三氯乙醛	0.01	50	丁基黄原酸	0.005
19	苯	0.01	51	活性氯	0.01
20	甲苯	0.7	52	滴滴涕	0.001
21	乙苯	0.3	53	林丹	0.002
22	二甲苯 ^①	0.5	54	环氧七氯	0.000 2
23	异丙苯	0.25	55	对硫磷	0.003
24	氯苯	0.3	56	甲基对硫磷	0.002
25	1, 2-二氯苯	1.0	57	马拉硫磷	0.05
26	1, 4-二氯苯	0.3	58	乐果	0.08
27	三氯苯 ^②	0.02	59	敌敌畏	0.05
28	四氯苯 ^③	0.02	60	敌百虫	0.05
29	六氯苯	0.05	61	内吸磷	0.03
30	硝基苯	0.017	62	百菌清	0.01
31	二硝基苯 ^④	0.5	63	甲萘威	0.05
32	2, 4-二硝基甲苯	0.000 3	64	溴氰菊酯	0.02

续表

序号	项目	标准值	序号	项目	标准值
65	阿特拉津	0.003	73	铍	0.002
66	苯并(a)芘	2.8×10	74	硼	0.5
67	甲基汞	1.0×10	75	铋	0.005
68	多氯联苯 ^⑥	2.0×10	76	镍	0.02
69	微囊藻毒素-LR	0.001	77	钡	0.7
70	黄磷	0.003	78	钒	0.05
71	钼	0.07	79	钛	0.1
72	钴	1.0	80	铊	0.000 1

- ① 无色透明液体。有芳香烃的特殊气味。系由 45%~70% 的间二甲苯、15%~25% 的对二甲苯和 10%~15% 邻二甲苯三种异构体所组成的混合物。易流动。能与无水乙醇、乙醚和其他许多有机溶剂混溶，几乎不溶于水。
- ② 长针状结晶。熔点 63.5℃，闪点 126℃，沸点 208.5℃。有特殊气味。不溶于水，微溶于乙醇，易溶于乙醚。用于有机合成、杀虫剂及染料合成。干燥的六六六无毒体在热解釜中加热即得三氯苯，同时副产大量氯化氢。
- ③ 用于有机合成，用作绝缘液及变压器油的凝固抑制剂，危险化学品。本品对眼、上呼吸道、黏膜、皮肤有刺激作用。
- ④ 分为间二硝基苯和邻二硝基苯两种，间二硝基苯又称作 1, 3-二硝基苯，邻二硝基苯又称作 1, 2-二硝基苯。
- ⑤ 主要指对硝基氯苯和邻硝基氯苯均为重要的基础石油化工有机原料，有三种异构体，对硝基氯苯、邻硝基氯苯和间硝基氯苯。
- ⑥ 多氯联苯是流动的油状液体或白色结晶固体或非结晶性树脂。多氯联苯 (PCB) 又称氯化联苯，是一类人工合成有机物，是联苯苯环上的氢原子为氯所取代而形成的一类氯化物。多氯联苯在工业上的广泛使用，已造成全球性环境污染问题。

5. 水质评价

(1) 地表水环境质量评价应根据应实现的水域功能类别，选取相应类别标准，进行单因子评价，评价结果应说明水质达标情况，超标的应说明超标项目和超标倍数。

(2) 丰、平、枯水期特征明显的水域，应分水期进行水质评价。

(3) 集中式生活饮用地表水源地水质评价的项目应包括表 1-1 中的基本项目、表 1-2 中的补充项目以及由县级以上人民政府环境保护行政主管部门从表 1-3 中选择确定的特定项目。

6. 水质监测

(1) 《地表水环境质量标准》规定的项目标准值，要求水样采集后自然沉降 30 分钟，取上层非沉降部分按规定方法进行分析。

(2) 地表水水质监测的采样布点、监测频率应符合国家地表水环境监测技术规范的要求。

7. 标准的实施与监督

(1) 《地表水环境质量标准》由县级以上人民政府环境保护行政主管部门及相关部门按职责分工。

(2) 集中式生活饮用水地表水源地水质超标项目经自来水厂净化处理后，必须达到《生活饮用水卫生规范》的要求。

(3) 省、自治区、直辖市人民政府可以对本标准中未作规定的项目，制定地方补充标准，并报国务院环境保护行政主管部门备案，监督实施。

二、地下水

地下水贮存于包气带以下地层空隙中，包括岩石孔隙、裂隙和溶洞之中的水。地下水是水资源的重要组成部分，由于水量稳定、水质好，是农业灌溉、工矿和城市的重要水源之一。但在一定条件下，地下水的变化也会引起沼泽化、盐渍化、滑坡、地面沉降等不利自然现象。

1. 地下水的组成

地下水分潜水和层间水两种。

潜水即从地表算起第一层不透水层以上含水层中所含的水，这种水无压力，属于重力水。

层间水即夹于两不透水层之间含水层中所含的水。如果水未充满此含水层，水没有压力，称无压层间水；如果水充满此含水层，水则带有压力，称承压层间水。

广泛埋藏于地表以下的各种状态的水，统称为地下水，如图 1-5 所示。大气降水是地下水的主要来源。

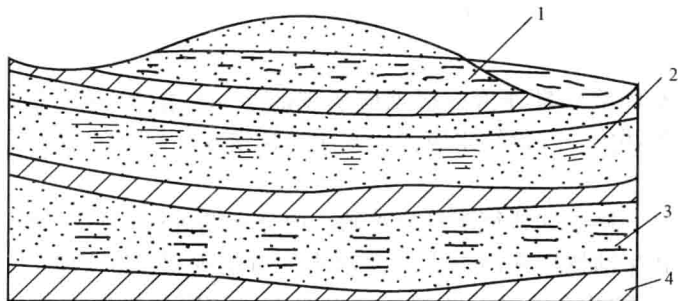


图 1-5 地下水

1—潜水；2—无压层间水；3—承压层间水；4—不透水层

根据地下埋藏条件的不同，地下水可分为上层滞水、潜水和承压水三大类。

(1) 上层滞水

上层滞水是由于局部的隔水作用，使下渗的大气降水停留在浅层的岩石裂缝

或沉积层中所形成的蓄水体。

(2) 潜水

潜水是埋藏于地表以下第一个稳定隔水层上的地下水，通常所见到的地下水多半是潜水。当潜水流出现地面时，就形成泉。

(3) 承压水

埋藏并充满两个稳定隔水层之间的含水层中的重力水。承压水受静水压；补给区与分布区不一致，动态变化不显著，承压水不具有潜水那样的自由水面，所以容易发生的溶蚀、滑坡、土壤盐碱化等过程，所以地下水系统是自然界水循环大系统的重要亚系统。

2. 地下水的循环结构 (图 1-6)

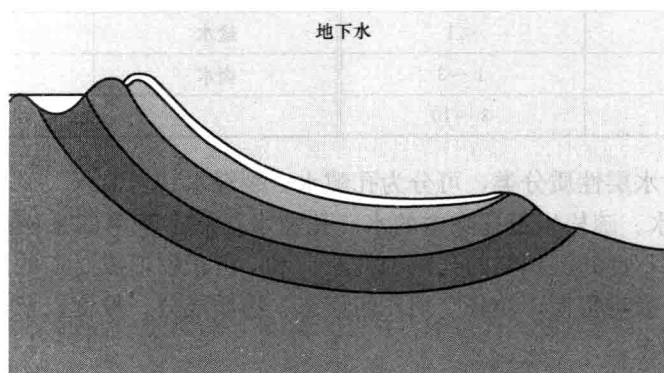


图 1-6 地下水的循环结构

地下水是存在于地表以下岩（土）层空隙中的各种不同形式水的统称。地下水主要来源于大气降水和地表水的入渗补给；同时，以地下渗流方式补给河流、湖泊和沼泽，或直接注入海洋；上层土壤中的水分则以蒸发或被植物根系吸收后再散发入空中，回归大气，从而积极地参与了地球上的水循环过程，以及地球上发生的溶蚀、滑坡、土壤盐碱化等过程，所以地下水系统是自然界水循环大系统的重要亚系统。

由于过量的开采和不合理地利用地下水，常常造成地下水位严重下降，形成大面积的地下水下降漏斗，在地下水用量集中的城市地区，还会引起地面发生沉降。此外，工业废水与生活污水的大量入渗，常常严重地污染地下水源，危及地下水资源。因而，系统地研究地下水的形成和类型、地下水的运动以及与地表水、大气水之间的相互转换补给关系，具有重要意义。

3. 地下水的分类

(1) 按起源不同，可将地下水分为渗入水、凝结水、初生水和埋藏水。

1) 渗入水。降水渗入地下，形成渗入水。

2) 凝结水。水汽凝结形成的地下水，称为凝结水。当地面的温度低于空气的温度时，空气中的水汽便要进入土壤和岩石的空隙中，在颗粒和岩石表面凝结，形成地下水。

3) 初生水。既不是降水渗入，也不是水汽凝结形成的，而是由岩浆中分离出来的气体冷凝形成，这种水是岩浆作用的结果，称为初生水。

4) 埋藏水。与沉积物同时生成或海水渗入到原生沉积物的孔隙中而形成的地下水，称为埋藏水。

(2) 按矿化程度不同，可分为淡水、微咸水、咸水、盐水、卤水（表 1-4）。

表 1-4 地下水按矿化度分类表

地下水类型	总矿化度/(g/L)	地下水类型	总矿化度/(g/L)
淡水	<1	盐水	10 ~50
微咸水	1 ~3	卤水	>50
咸水	3 ~10		

(3) 按含水层性质分类，可分为孔隙水、裂隙水、岩溶水。

1) 孔隙水。疏松岩石孔隙中的水。孔隙水是储存于第四系松散沉积物及第三系少数胶结不良的沉积物的孔隙中的地下水。沉积物形成时期的沉积环境对于沉积物的特征影响很大，使其空间几何形态、物质成分、粒度以及分选程度等均具有不同的特点。

2) 裂隙水。赋存于坚硬、半坚硬基岩裂隙中的重力水。裂隙水的埋藏和分布具有不均一性和一定的方向性；含水层的形态多种多样；明显受地质构造因素的控制；水动力条件比较复杂。

3) 岩溶水。赋存于岩溶空隙中的水。水量丰富而分布不均一，在不均一之中又有相对均一的地段；含水系统中多重含水介质并存，既有具统一水位面的含水网络，又具有相对孤立的管道流；既有向排泄区的运动，又有导水通道与蓄水网络之间的互相补排运动；水质水量动态受岩溶发育程度的控制，在强烈发育区，动态变化大，对大气降水或地表水的补给响应快；岩溶水既是赋存于溶孔、溶隙、溶洞中的水，又是改造其赋存环境的动力，不断促进含水空间的演化。

4. 贮存空间

地下水由于是埋藏于地下岩土的空隙之中可以流动的水体，因而其分布、运动 and 水的性质，要受到岩土的特性以及贮存它的空间特性的深刻影响。与地表水系统相比，地下水系统显得更为复杂多样，并表现出立体结构的特点。

5. 含水介质、含水层和隔水层

自然界的岩石、土壤均是多孔介质，在它们的固体骨架间存在着形状不一、大小不等的孔隙、裂隙或溶隙，其中有的含水，有的不含水，有的虽然含水却难

以透水。通常把既能透水又饱含水的多孔介质,称为含水介质,这是地下水存在的首要条件。所谓含水层是指贮存有地下水,并在自然状态或人为条件下,能够流出地下水来的岩体。由于这类含水的岩体大多呈层状,故名含水层,如砂层、砂砾石层等。也有的含水岩体呈带状、脉状甚至是块状等复杂状态分布,对于这样的含水岩体,可称为含水带、含水体或称为含水岩组。

对于那些虽然含水,但几乎不透水或透水能力很弱的岩体,称为隔水层,如质地致密的火成岩、变质岩,以及孔隙细小的页岩和黏土层,均可成为良好的隔水层。实际上,含水层与隔水层之间并无一条截然的界线,它们的划分是相对的,并在一定的条件下可以互相转化。如饱含结合水的黏土层,在寻常条件下,不能透水与给水,成为良好的隔水层;但在较大的水头作用下,由于部分结合水发生运动,黏土层就可以由隔水层转化为含水层。

6. 含水介质的空隙性与水理性

(1) 含水介质的空隙性

含水介质的空隙性是地下水存在的先决条件之一。空隙的多少、大小、均匀程度及其连通情况,直接决定了地下水的埋藏、分布和运动特性。通常,将松散沉积物颗粒之间的空隙称为孔隙,坚硬岩石因破裂产生的空隙称裂隙,可溶性岩石中的空隙称溶隙(包括巨大的溶穴、溶洞等)。

1) 孔隙率。

孔隙率(n)又称孔隙度,它是反映含水介质特性的重要指标,以孔隙体积(V_n)与包括孔隙在内的岩土体积(V)之比值来表示,即

$$n = V_n / V \times 100\% \quad (1-1)$$

孔隙率的大小,取决于岩土颗粒本身的大小,颗粒之间的排列形式、分选程度以及颗粒的形状和胶结的状况等。

必须指出,孔隙率只有孔隙数量多少的概念,并不说明孔隙本身的大小(即孔隙率大并不表示孔隙也大)。孔隙的大小与岩土颗粒粗细有关,通常是颗粒粗则孔隙大,颗粒细则孔隙小。但因细颗粒岩土表面积增大,因而孔隙率反而增大,如黏土孔隙率达到45%~55%;而砾石的平均孔隙率只有27%。

2) 裂隙率(K_T)。

裂隙率即裂隙体积(V_T)与包括裂隙在内岩石体积(V)的比值,即

$$K_T = V_T / V \times 100\% \quad (1-2)$$

与孔隙相比裂隙的分布具有明显的不均匀性,因此,即使是同一种岩石,有的部位的裂隙率 K_T 可能达到百分之几十,有的部位 K_T 值可能小于1%。

3) 岩溶率(K_k)。

溶隙的多少用岩溶率表示,即溶隙的体积(V_k)与包括溶隙在内的岩石体积(V)之比值为