

建设项目地下水环境影响评价

JIAN SHE XIANG MU DIXIASHUI HUANJING YINGXIANG PINGJIA

乾爱国 冷 阳 毛卫兵 李 波 毕宏伟 段光磊◎编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

建设项目地下水环境 影响评价

乾爱国 冷 阳 毛卫兵 编著
李 波 毕宏伟 段光磊



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

全书介绍了建设项目地下水环境影响评价的相关理论与方法，主要内容包括：概述；地下水环境现状调查与评价；地下水环境影响预测与评价；地下水环境保护措施与对策；常用地下水评价预测模型；地下水环境影响评价专题文件的编写；建设项目地下水环境影响评价案例分析。该书具有较强的针对性和实用性。

本书可以作为高等院校水利工程、水文水资源工程等专业教学参考书；也可作为各级政府建设管理部门、设计单位和从事相关工作的专业技术人员的工作参考书。

图书在版编目（C I P）数据

建设项目地下水环境影响评价 / 乾爱国等编著. —
北京：中国水利水电出版社，2015.7
ISBN 978-7-5170-3434-6

I. ①建… II. ①乾… III. ①基本建设项目—地下水—环境影响—评价 IV. ①X143

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第163737号

书 名	建设项目地下水环境影响评价
作 者	乾爱国 冷 阳 毛卫兵 李 波 毕宏伟 段光磊 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	北京京华虎彩印刷有限公司
规 格	175mm×245mm 16开本 10.75印张 125千字
版 次	2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷
定 价	58.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

| 前言 |

改革开放以来，我国经济稳步快速增长，过去三十多年，为数众多的工矿企业和基础设施建设项目，是我国经济腾飞的基石。伴随经济建设的升级、城镇化进程的加快，抑制粗放式的经济建设，突破人口、资源、环境的瓶颈，已不再是不可调和的死结，其中一个重要的抓手便是建设项目的环境影响评价。由于地下水资源、水环境是我们资源、环境中最脆弱的一环，易破坏难修复，因此把对建设项目对地下水环境影响评价，提高建设项目的准入门槛，对我们时下建设生态友好、环境优良的现代化社会意义重大。

建设项目地下水环境影响评价是建设项目环境影响评价的重要组成部分，凡以地下水作为供水水源或对地下水环境可能产生明显影响的建设项目，均应开展地下水环评工作。建设项目地下水环境影响评价工作的开展，可预测和评价建设项目实施过程各阶段对地下水环境可能造成的直接影响和间接危害，并针对这种影响和危害提出防治对策，控制地下水环境恶化，保护地下水环境，为建设项目选址决策、工程设计和环境管理提供科学依据。

本书由华北、华中、华南长期从事建设项目地下水环境调查、监测分析和评价的专业技术人员联合编写。书中介绍了建设项目地下水环境影响评价的相关理论与方法、专题文件的编制和不同类别

的案例分等，具有较强的针对性和实用性。

全书共分7章。第1章为概述，主要介绍了地下水相关术语和定义、常用地下水质量标准、评价基本要求及程序，以及评价工作等级与范围；第2章为地下水环境现状调查与评价，主要内容包括地下水环境调查与评价原则，现状调查范围、内容和方法，现状评价方法等；第3章为地下水环境影响预测与评价，主要介绍了预测范围、时段、因子、方法和模型概化，评价原则、范围、方法及评价要求等；第4章为地下水环境保护措施与对策，主要包括基本要求，Ⅰ类、Ⅱ类建设项目地下水环境保护措施与对策，以及环境管理对策；第5章为常用地下水评价预测模型，主要介绍了地下水量、流场和污染影响预测模型及应用条件，详细介绍了MODFLOW预测模型的原理、程序结构及应用情况；第6章为地下水环境影响评价专题文件的编写，主要内容为工作方案，专题报告总体要求、内容；第7章为建设项目地下水环境影响评价案例分析，主要介绍了火电类、水电类和采掘类的典型大型建设项目地下水环境影响评价案例；另外，附录A、附录B、附录C列出了典型建设项目地下水环境影响、废水渗入量计算公式和环境水文地质试验方法简介。

限于作者理论水平，本书难免存在不妥之处，敬请读者批评指正。

最后，作者对长江水利委员会水文局荆江水文水资源勘测局、中国能源建设集团广东省电力设计研究院、中国水利水电科学研究院对本书出版的大力支持深表感谢！

作者

2015年6月

| 目录 |

第 1 章 概述 /1

1.1 地下水相关术语和定义 /1

1.2 地下水基本概念 /2

1.3 常用地下水质量标准 /11

1.4 评价基本要求 /12

1.5 评价程序 /14

1.6 评价工作等级与范围 /16

第 2 章 地下水环境现状调查与评价 /25

2.1 调查与评价原则 /25

2.2 地下水环境现状调查 /26

2.3 地下水环境现状评价 /41

第 3 章 地下水环境影响预测与评价 /46

3.1 地下水环境影响预测 /46

3.2 地下水环境影响评价 /49

第 4 章 地下水环境保护措施与对策 /52

4.1 基本要求 /52

4.2 建设项目地下水环境保护措施与对策 /53

4.3	环境管理对策	/54
第5章	常用地下水评价预测模型	/56
5.1	地下水量影响预测	/56
5.2	地下水流场影响预测	/57
5.3	地下水污染影响预测	/69
5.4	MODFLOW 预测模型	/75
第6章	地下水环境影响评价专题文件的编写	/95
6.1	地下水环境影响评价专题工作方案	/95
6.2	地下水环境影响专题报告	/96
第7章	建设项目地下水环境影响评价案例分析	/98
7.1	火电类	/98
7.2	水电类	/114
7.3	采掘类	/123
附录A	典型建设项目地下水环境影响	/138
A.1	工业类项目	/138
A.2	固体废物填埋场工程	/138
A.3	污水土地处理工程	/138
A.4	地下水集中供水水源地开发建设及调水工程	/139
A.5	水利水电工程	/139
A.6	地下水库建设工程	/139
A.7	矿山开发工程	/140
A.8	石油（天然气）开发与储运工程	/140
A.9	农业类项目	/140
A.10	线性工程类项目	/141

附录 B 废水渗入量计算公式 /142

附录 C 环境水文地质试验方法简介 /143

C.1 抽水试验 /143

C.2 野外弥散试验 /154

C.3 注水试验 /157

C.4 渗水试验 /157

C.5 浸溶试验 /158

C.6 土柱淋滤试验 /158

C.7 流速试验（连通试验） /158

C.8 地下水含水层储能试验 /159

参考文献 /160

第1章 概述

1.1 地下水相关术语和定义

(1) 地下水。地下水是指以各种形式埋藏在地壳空隙中的水，包括包气带和饱水带中的水。广义上讲，地下水是指赋存于地表以下土壤与岩石空隙中的水；狭义上讲，地下水是指赋存于地表以下土壤与岩石空隙中的重力水。

(2) 包气带/非饱和带。包气带/非饱和带是指地表与潜水面之间的地带。

(3) 饱水带。饱水带是指地下水面以下，土层或岩层的空隙全部被水充满的地带。含水层都位于饱水带中。

(4) 潜水。潜水是指地表以下，第一个稳定隔水层以上具有自由水面的地下水。

(5) 承压水。承压水是指充满于上下两个隔水层之间的地下水，其承受压力大于大气压力。

(6) 地下水补给区。地下水补给区是指含水层（含水系统）从外界获得水量的区域。对于潜水含水层，补给区与含水层的分布区



一致；对于承压含水层，裂隙水、岩溶水的基岩裸露区，山前冲洪积扇的单层砂卵砾石层的分布区都属于补给区。

(7) 地下水排泄区。地下水排泄区是指含水层（含水系统）中地下水在自然条件或人为因素影响下失去水量的区域，如天然湿地分布区、地下水集中开采区、接受地下水补给的河流分布区等。

(8) 地下水径流区。地下水径流区是指地下水从补给区到排泄区的中间区域。对于潜水含水层，径流区与补给区是一致的。

(9) 地下水背景值。地下水背景值又称地下水本底值。自然条件下地下水中各个化学组分在未受污染情况下的含量。

(10) 地下水污染。地下水污染是指人为或自然原因导致地下水化学、物理、生物性质改变使地下水水质恶化的现象。

(11) 地下水污染对照值。地下水污染对照值是指评价区域内历史记录最早的地下水水质指标统计值，或评价区域内受人类活动影响程度较小的地下水水质指标统计值。

(12) 环境水文地质问题。环境水文地质问题是指因自然或人类活动而产生的与地下水有关的环境问题，如地面沉降、次生盐渍化、土地沙化等。

1.2 地下水基本概念

1.2.1 地下水与水文循环

水文循环是发生于大气水、地表水和地壳岩石空隙中的地下水之间的水循环。地表水、包气带水及饱水带中浅层水通过蒸发和植物蒸腾而变成水蒸气进入大气圈。水汽随风漂移，在适宜条件下形成降水。落到陆地的降水，部分汇集于江河湖沼形成地表

水，部分渗入地下。渗入地下的水，部分滞留于包气带中，其余部分渗入饱水带岩石空隙之中，成为地下水。地表水与地下水有的重新蒸发返回大气圈，有的通过地表径流或地下径流返回海洋。

1.2.2 地下水的赋存

(1) 包气带与饱水带。地表以下一定深度上，岩石中的空隙被重力水所充满，形成地下水面。地下水面以上称为包气带；地下水面以下称为饱水带，如图 1-1 所示。

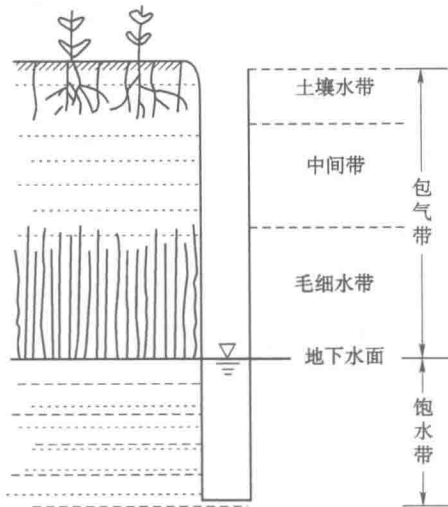


图 1-1 包气带与饱水带

包气带自上而下可分为土壤水带、中间带和毛细水带。包气带中的水来源于大气降水的人渗及地表水体的渗漏。包气带又是饱水带与大气圈、地表水圈联系必经的通道。饱水带通过包气带获得大气降水和地表水的补给，又通过包气带蒸发与蒸腾排泄到大气圈。因此，包气带中水盐的形成及其运移规律对于研究饱水带中水盐的形成具有重要意义。



(2) 含水层、隔水层与弱透水层。根据饱水带岩层给出与透过水的能力划分为：①含水层是地下水在其中储存、渗透并能给出相当数量水的岩层；②隔水层是不能给出和不能透过水的岩层，或者是给出与透过水量微不足道的岩层；③弱透水层则是指那些渗透性相当差的岩层。在水文地质的实际工作中，通常是把某一地层单元内饱含重力水的透水岩层，或由其构成统一水力联系的几个地层，称为含水层组或含水岩组。含水层与隔水层的概念是相对的，因为自然界没有绝对不含水的岩层，也没有绝对的隔水层，而且在一定条件下，含水层和隔水层还可以相互转化。

(3) 地下水的运动。地下水的运动受空隙的影响，如空隙的大小、连通性等。地下水是空隙介质流，以渗流形式运动，控制渗流的因素除水本身的物理化学性质外，还决定于空隙介质的性质。地下水的运动区别于大气水、地表水的运动。

(4) 地下水分类。地下水分类通常是指地下水按埋藏条件的分类，也有按地下水的某一种特征（如运动特征、化学特征等）或地下水的形成条件（成因）进行分类的。比较通用的地下水分类为：①按其埋藏条件划分为上层滞水、潜水和承压水三类；②按其赋存的介质类型划分为孔隙水、裂隙水和岩溶水三种，见表 1-1。

表 1-1 地下水分类

埋藏条件	介质类型		
	孔隙水	裂隙水	岩溶水
上层滞水	土壤水； 局部黏性土隔水层上 季节性存在的重力水 (上层滞水)； 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	裸露岩溶化岩层上部 岩溶通道中季节性存在 的重力水

续表

埋藏 条件	介质类型		
	孔隙水	裂隙水	岩溶水
潜水	各类松散沉积物浅部的水	裸露于地表的各类裂隙岩层中的水	裸露于地表的岩溶化岩层中的水
承压水	山间盆地及平原松散沉积物深部的水	组成构造盆地、向斜构造或单斜断块的被掩盖的各类裂隙岩层中的水	组成构造盆地、向斜构造或单斜断块的被掩盖的岩溶化岩层中的水

上层滞水是聚集在包气带中局部隔水层上面、具有自由水面的重力水，而潜水则是饱水带中第一个稳定隔水层以上具有自由水面的地下水。两者的区别是：前者分布范围常常有限，而且不能终年保持有水；后者分布范围广，常年存在。承压水是充满在两个隔水层之间的含水层中的水，具有承压性质，水量比较稳定。由于承压水在一定条件下能自流溢出地面，故也称自流水。

孔隙水是指赋存并运移在未胶结或半胶结松散沉积物中的水，其分布较均匀；裂隙水是指赋存并运移于基岩裂隙中的地下水；岩溶水则是赋存并运移于岩溶化岩层中的地下水，其分布一般很不均匀。

潜水的特点是与大气圈、地表水圈联系密切，积极参与水循环。由于潜水含水层上面不存在完整的隔水或弱透水顶板，而是与包气带直接连通，且在潜水的全部范围内都可以通过包气带接受大气降水和地表水的补给，因此潜水较易受到污染，其动态特征具有明显的季节变化特点。而承压水尽管其主要来源也是大气降水与地表水的入渗，但由于其上部具有连续的隔水层，其主要通过含水层出露于地表的补给区获得补给，并通过有限的排泄区以泉或其他径流方式向地表或地表水体排泄。因此，承压水参与水循环不如潜水积极，且水资源不容易补给、恢复，但由于其含水层厚度通常较大，故其



资源往往具有多年调节性能。

1.2.3 地下水的补给、径流与排泄

1. 地下水补给

含水层或含水系统从外界获得水量的过程称为补给。地下水的主要补给来源有大气降水、地表水、凝结水和灌溉回归水，以及来自其他含水层中的水和人工补给的水。大气降水是地下水最普遍和最主要的补给来源。降水量的大小对一个地区的地下水补给量起控制作用。降水性质、包气带岩石的透水性及厚度、地形、植被等因素，都影响大气降水对含水层的补给强度。当在含水层之上没有稳定隔水层覆盖而且降水量丰富时，这种补给具有重要意义。河流、湖泊、水库、海洋等地表水体均可补给地下水，只要其底床和边岸岩石为相对透水岩层，便可与其下部含水层中的地下水发生水力联系，而当地表水体水位高于边岸地下水时便会补给地下水。在农田灌溉地区，由于渠道渗漏及田间地面灌溉的灌溉水下渗，浅层地下水获得大量补给。相邻含水层可在水位（头）差的作用下产生相邻含水层间的补给。

2. 地下水径流

地下水由补给区流向排泄区的过程称为径流，是连接补给与排泄两个作用的中间环节。径流的强弱影响着含水层中的水量与水质。径流强度可用地下水的平均渗透速度衡量。含水层透水性好、地形高差大、切割强烈、大气降水补给量丰沛的地区，其地下径流强度大。同一含水层的不同部位径流强度也有差异。

地下水平均渗透速度的计算公式为

$$v=KI$$

式中 K ——含水介质的渗透系数， m/d ；

I ——地下水水力坡度，无量纲。

污染物在含水介质的空隙中运移，污染物在含水介质中的运移速度为

$$v = KI/n_e$$

式中 n_e ——含水介质的有效孔隙度；

其他变量意义同前。

3. 地下水排泄

含水层或含水系统失去水量的过程称为排泄。地下水的主要排泄方式有：泉排泄、向地表水体排泄、蒸发排泄、人工排泄及向另一含水层排泄等。

(1) 泉是地下水的天然露头，是地下水循环过程中的一种重要排泄方式。

(2) 地下水也可排泄到河流等地表水体中去。地下水位与河水水位相差越大，含水层透水性越好，河床切割的含水层面积越大，则排泄量也越大。地表水与地下水之间的补排关系复杂，有转化交替现象，其主要取决于区域气候、地质构造条件及水文网发育情况。

(3) 地下水的蒸发排泄包括土壤表面蒸发和植物叶面蒸腾两种方式。这种排泄不但消耗水量，而且往往造成水的浓缩，导致地下水矿化度的增高、水化学类型改变及土壤盐碱化。

(4) 地下水的人工排泄是指采用集水构筑物（井、钻孔、渠道等）开采或排泄含水层中的地下水。

1.2.4 地下水动态与地下水量均衡

在各种自然和人为因素影响下，地下水的水位、水量、流速、水温、水质等随时间变化的现象，称为地下水动态。研究地下水动态是为了分析地下水的变化规律，预测地下水的演化趋势，并有助



于查明含水层的补给和排泄关系、含水层之间及其与地表水体的水力联系和了解地下水的资源状况等。

地下水量均衡是指地下水的补给量与排泄量之间的相互关系。而地下水化学成分的增加量与减少量之间的相互关系，则称为地下水的盐均衡。

1.2.5 水文地质单元

水文地质单元是根据水文地质条件的差异性（包括地质结构，岩石性质，含水层和隔水层的产状、分布及其在地表的出露情况，地形地貌，气象和水文因素等）而划分的若干个区域，是具有一定边界和统一的补给、径流、排泄条件的地下水分布的区域。

1.2.6 水文地质图

反映某地区的地下水分布、埋藏、形成、转化及其动态特征的地质图件，是某地区水文地质调查研究成果的主要表现形式。水文地质图按其表示的内容和应用目的，可以概括为三类：

(1) 反映某一区域内总的水文地质规律的综合性水文地质图。以区域内的地质、地形、气候和水文等因素的内在联系为基础，综合反映地下水的埋藏、分布、水质、水量和动态变化等特征，以及区域内地下水的补给、径流、排泄等条件。综合性水文地质图的比例尺常小于 1:10 万。比例尺不同，则图的内容、要素详简不一。

(2) 为某项具体目的而编制的专门性水文地质图。如地下水开采条件图、供水水文地质图、土壤改良水文地质图等。这类图的内容以水文地质规律为基础，同时又考虑应用目的的经济技术条件。专门性水文地质图多采用大于 1:10 万的比例尺。

(3) 表示某一方面水文地质要素的水文地质图。例如，地下水化学类型图、地下水等水位线图、地下水污染程度图等。

1.2.7 地下水污染

地下水污染是指在人为影响下，地下水的物理、化学或生物特性发生不利于人类生活或生产的变化。

地下水中的污染物质来源于：①生活污水与垃圾；②工业污水与废渣；③农业肥料与农药。

地下水的污染途径主要包括：①由于雨水淋滤，堆放在地面的垃圾、废渣中的有毒物质进入含水层；②污水排入河、湖、坑塘，再渗入补给含水层；③污水灌溉农田；④止水不良的井孔，会将浅部的污水导向深层；⑤废气溶解于大气降水，形成酸雨补给地下水。

1.2.8 地下水（含水层）防污性能及其影响因素

地下水防污性能是指污染物自顶部含水层以上某一位置到达地下水系统中某一特定位置的趋势和可能性。

地下水的防污性能主要取决于地下水埋深、净补给量、含水层介质、土壤介质、地形坡度、包气带影响和水力传导系数七个因子。

1. 地下水埋深

地下水埋深是指地表至潜水位深度或地表至承压含水层顶部（即隔水层顶板底部）的深度，它是一个很重要的因子，因为它决定污染物到达含水层前要迁移的深度，它有助于确定污染物与周围介质接触的时间。一般来说，地下水埋深越大，污染物迁移的时间越长，污染物衰减的机会越多。此外，地下水埋深越大，污染物受空气中氧的氧化机会也越多。

2. 净补给量

补给水使污染物垂直迁移至潜水并在含水层中水平迁移，从而