

HJ

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 610-2011

环境影响评价技术导则 地下水环境

Technical Guidelines for Environmental Impact Assessment
Groundwater Environment

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2011-02-11 发布

2011-06-01 实施

环 境 保 护 部 发布

目 次

前 言.....	II
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 地下水环境影响识别	5
6 地下水环境影响评价工作分级.....	5
7 地下水环境影响评价技术要求.....	10
8 地下水环境现状调查与评价	11
9 地下水环境影响预测	18
10 地下水环境影响评价	20
11 地下水环境保护措施与对策	21
12 地下水环境影响评价专题文件的编写.....	22
附录A（资料性附录）不同类型建设项目地下水环境影响识别	24
附录B（资料性附录）典型建设项目地下水环境影响	25
附录C（资料性附录）地下水位变化区域半径的确定	27
附录D（资料性附录）废水入渗量计算公式	32
附录E（资料性附录）环境水文地质试验方法简介.....	33
附录F（资料性附录）常用地下水评价预测模型.....	35

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》和《中华人民共和国环境影响评价法》，规范和指导地下水环境影响评价工作，保护环境，防治地下水污染，制定本标准。

本标准规定了地下水环境影响评价的一般性原则、内容、工作程序、方法和要求。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 为资料性附录。

本标准为首次发布。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：环境保护部环境工程评估中心、中国地质大学（北京）、吉林省地质环境监测总站。

本标准环境保护部 2011 年 2 月 11 日批准。

本标准自 2011 年 6 月 1 日起实施。

本标准由环境保护部解释。

环境影响评价技术导则 地下水环境

1 适用范围

本标准规定了地下水环境影响评价的一般性原则、内容、工作程序、方法和要求。

本标准适用于以地下水作为供水水源及对地下水环境可能产生影响的建设项目的环境影响评价。

规划环境影响评价中的地下水环境影响评价可参照执行。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 14848	地下水质量标准
GB 50027	供水水文地质勘察规范
HJ/T 2.1	环境影响评价技术导则 总纲
HJ/T 19	环境影响评价技术导则 非污染生态影响
HJ/T 164	地下水环境监测技术规范
HJ/T 338	饮用水水源保护区划分技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 地下水 groundwater/subsurface water

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。

3.2 包气带/非饱和带 vadose zone/unsaturated zone

地表与潜水面之间的地带。

3.3 饱水带 saturated zone

地下水水面以下，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。

3.4 潜水 unconfined water / diving water

地表以下，第一个稳定隔水层以上具有自由水面的地下水。

3.5 承压水 confined water/artesian water

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。

3.6 地下水补给区 groundwater recharge zone

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。

3.7 地下水排泄区 groundwater discharge zone

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。

3.8 地下水径流区 groundwater flow zone

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。

3.9 集中式饮用水水源地 centralized supply drinking water source

指进入输水管网送到用户的和具有一定供水规模（供水人口一般大于 1000 人）的饮用水水源地。

3.10 地下水背景值 background values of groundwater quality

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。

3.11 地下水污染 groundwater contamination/groundwater pollution

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。

3.12 地下水污染对照值 control values of groundwater contamination

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。

3.13 环境水文地质问题 environmental hydrogeology problems

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。

4 总则

4.1 建设项目分类

根据建设项目对地下水环境影响的特征，将建设项目分为以下三类。

I类：指在项目建设、生产运行和服务期满后的各个过程中，可能造成地下水水质污染的建设项目；

II类：指在项目建设、生产运行和服务期满后的各个过程中，可能引起地下水流场或地下水水位变化，并导致环境水文地质问题的建设项目；

III类：指同时具备 I类和 II类建设项目环境影响特征的建设项目。

根据不同类型建设项目对地下水环境影响程度与范围的大小，将地下水环境影响评价工作分为一、二、三级。具体分级的原则与判据见第 6 章。

4.2 评价基本任务

地下水环境影响评价的基本任务包括：进行地下水环境现状评价，预测和评价建设项目实施过程中对地下水环境可能造成的直接影响和间接危害（包括地下水污染，地下水流场或地下水位变化），并针对这种影响和危害提出防治对策，预防与控制地下水环境恶化，保护地下水资源，为建设项目选址决策、工程设计和环境管理提供科学依据。

地下水环境影响评价应按本标准划分的评价工作等级，开展相应深度的评价工作。

4.3 工作程序

地下水环境影响评价工作可划分为准备、现状调查与工程分析、预测评价和报告编写四个阶段。

地下水环境影响评价工作程序见图 1。

4.4 各阶段主要工作内容

4.4.1 准备阶段

搜集和研究有关资料、法规文件；了解建设项目工程概况；进行初步工程分析；踏勘现场，对环境状况进行初步调查；初步分析建设项目对地下水环境的影响，确定评价工作等级和评价重点，并在此基础上编制地下水环境影响评价工作方案。

4.4.2 现状调查与工程分析阶段

开展现场调查、勘探、地下水监测、取样、分析、室内外试验和室内资料分析等，进行现状评价工作，同时进行工程分析。

4.4.3 预测评价阶段

进行地下水环境影响预测；依据国家、地方有关地下水环境管理的法规及标准，进行影响范围和程度的评价。

4.4.4 报告编写阶段

综合分析各阶段成果，提出地下水环境保护措施与防治对策，编写地下水环境影响专题报告。

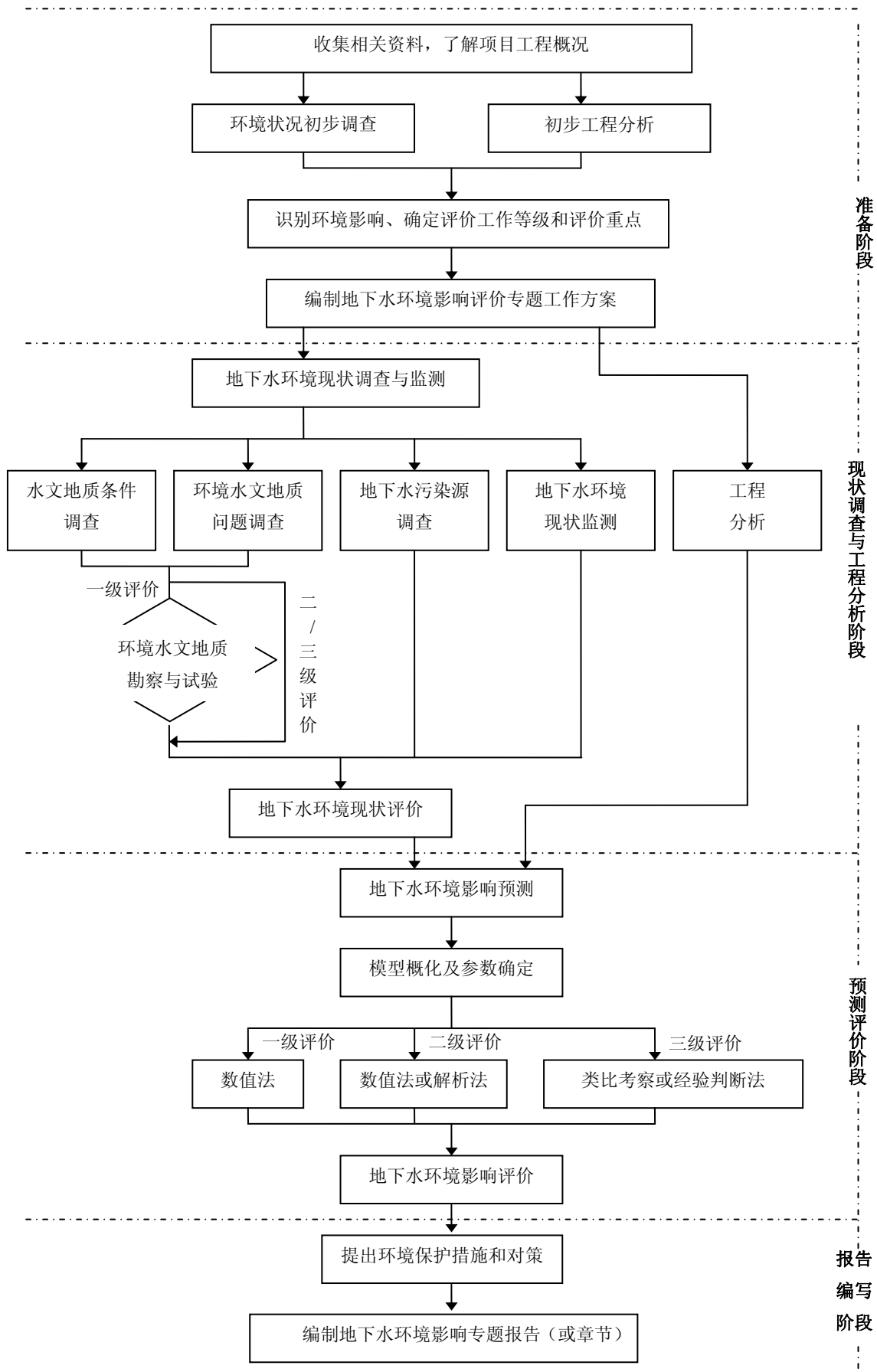


图 1 地下水环境影响评价工作程序框图

5 地下水环境影响识别

5.1 基本要求

5.1.1 建设项目对地下水环境影响识别分析应在建设项目初步工程分析的基础上进行，在环境影响评价工作方案编制阶段完成。

5.1.2 应根据建设项目建设、生产运行和服务期满后三个阶段的工程特征，分别识别其正常与事故两种状态下的环境影响。

5.1.3 对于随着生产运行时间推移对地下水环境影响有可能加剧的建设项目，还应按生产运行初期、中期和后期分别进行环境影响识别。

5.2 识别方法

5.2.1 环境影响识别可采用矩阵法，参见附录A。

5.2.2 典型建设项目的地下水环境影响参见附录B。

6 地下水环境影响评价工作分级

6.1 划分原则

I类和II类建设项目，分别根据其其对地下水环境的影响类型、建设项目所处区域的环境特征及其环境影响程度划定评价工作等级。

III类建设项目应根据建设项目所具有的I类和II类特征分别进行地下水环境影响评价工作等级划分，并按所划定的最高工作等级开展评价工作。

6.2 I类建设项目工作等级划分

6.2.1 划分依据

6.2.1.1 I类建设项目地下水环境影响评价工作等级的划分，应根据建设项目场地的包气带防污性能、含水层易污染特征、地下水环境敏感程度、污水排放量与污水水质复杂程度等指标确定。建设项目场地包括主体工程、辅助工程、公用工程、储运工程等涉及的场地。

6.2.1.2 建设项目场地的包气带防污性能

建设项目场地的包气带防污性能按包气带中岩（土）层的分布情况分为强、中、弱三级，分级原则见表1。

表1 包气带防污性能分级

分级	包气带岩（土）的渗透性能
强	岩（土）层单层厚度 $Mb \geq 1.0m$ ，渗透系数 $K \leq 10^{-7}cm/s$ ，且分布连续、稳定。
中	岩（土）层单层厚度 $0.5m \leq Mb < 1.0m$ ，渗透系数 $K \leq 10^{-7}cm/s$ ，且分布连续、稳定。 岩（土）层单层厚度 $Mb \geq 1.0m$ ，渗透系数 $10^{-7}cm/s < K \leq 10^{-4}cm/s$ ，且分布连续、稳定。
弱	岩（土）层不满足上述“强”和“中”条件。

注：表中“岩（土）层”系指建设项目场地地下基础之下第一岩（土）层；包气带岩（土）的渗透系数指包气带岩土饱水时的垂向渗透系数。

6.2.1.3 建设项目场地的含水层易污染特征

建设项目场地的含水层易污染特征分为易、中、不易三级，分级原则见表 2。

表 2 建设项目场地的含水层易污染特征分级

分级	项目场地所处位置与含水层易污染特征
易	潜水含水层且包气带岩性（如粗砂、砾石等）渗透性强的地区；地下水与地表水联系密切地区；不利于地下水中污染物稀释、自净的地区。
中	多含水层系统且层间水力联系较密切的地区。
不易	以上情形之外的其他地区。

6.2.1.4 建设项目场地的地下水环境敏感程度

建设项目场地的地下水环境敏感程度可分为敏感、较敏感、不敏感三级，分级原则见表 3。

表 3 地下水环境敏感程度分级

分级	项目场地的地下水环境敏感特征
敏感	集中式饮用水水源地（包括已建成的在用、备用、应急水源地，在建和规划的水源地）准保护区；除集中式饮用水水源地以外的国家或地方政府设定的与地下水环境相关的其它保护区，如热水、矿泉水、温泉等特殊地下水资源保护区。
较敏感	集中式饮用水水源地（包括已建成的在用、备用、应急水源地，在建和规划的水源地）准保护区以外的补给径流区；特殊地下水资源（如矿泉水、温泉等）保护区以外的分布区以及分散式居民饮用水水源等其它未列入上述敏感分级的环境敏感区 ¹ 。
不敏感	上述地区之外的其它地区。

注：1、表中“环境敏感区”系指《建设项目环境影响评价分类管理名录》中所界定的涉及地下水的环境敏感区。2、如建设项目场地的含水层（含水系统）处于补给区与径流区或径流区与排泄区的边界时，则敏感程度上调一级。

6.2.1.5 建设项目污水排放强度

建设项目污水排放强度可分为大、中、小三级，分级标准见表 4。

表 4 污水排放量分级

分 级	污水排放总量 (m ³ /d)
大	≥10000
中	1000~10000
小	≤1000

6.2.1.6 建设项目污水水质的复杂程度

根据建设项目所排污水中污染物类型和需预测的污水水质指标数量，将污水水质分为复杂、中等、简单三级，分级原则见表 5。当根据污水中污染物类型所确定的污水水质复杂程度和根据污水水质指标数量所确定的污水水质复杂程度不一致时，取高级别的污水水质复杂程度级别。

表 5 污水水质复杂程度分级

污水水质复杂程度级别	污染物类型	污水水质指标（个）
复杂	污染物类型数 ≥ 2	需预测的水质指标 ≥ 6
中等	污染物类型数 ≥ 2	需预测的水质指标 < 6
	污染物类型数=1	需预测的水质指标 ≥ 6
简单	污染物类型数=1	需预测的水质指标 < 6

6.2.2 I类建设项目评价工作等级

6.2.2.1 I类建设项目地下水环境影响评价工作等级的划分见表6。

6.2.2.2 对于利用废弃盐岩矿井洞穴或人工专制盐岩洞穴、废弃矿井巷道加水幕系统、人工硬岩洞库加水幕系统、地质条件较好的含水层储油、枯竭的油气层储油等形式的地下储油库，危险废物填埋场应进行一级评价，不按表6划分评价工作等级。

表 6 I类建设项目评价工作等级分级

评价级别	建设项目场地包气带防污性能	建设项目场地的含水层易污染特征	建设项目场地的地下水环境敏感程度	建设项目污水排放量	建设项目水质复杂程度
一级	弱-强	易-不易	敏感	大-小	复杂-简单
			较敏感	大-小	复杂-简单
	弱	易	不敏感	大	复杂-简单
				中	复杂-中等
			小	复杂	
			大-中	复杂-简单	
		中	较敏感	小	复杂-中等
				不敏感	大
		不易	较敏感	大	复杂-中等
				中	复杂
	大			复杂-简单	
	中	易	较敏感	中	复杂-中等
				小	复杂
		中	较敏感	大	复杂
				不敏感	大
强	易	较敏感	大	复杂	
			中	复杂	
二级	除了一级和三级以外的其它组合				
三级	弱	不易	不敏感	中	简单
				小	中等-简单
	中	易	不敏感	小	简单
				中	简单
		中	较敏感	中	简单
				小	中等-简单
不易	较敏感	中	简单		

评价级别	建设项目场地包气带防污性能	建设项目场地的含水层易污染特征	建设项目场地的地下水环境敏感程度	建设项目污水排放量	建设项目水质复杂程度
				小	中等-简单
			不敏感	大	中等-简单
				中-小	复杂-简单
	强	易	较敏感	小	简单
			不敏感	大	简单
				中	中等-简单
		中	较敏感	小	复杂-简单
				中	简单
			不敏感	小	中等-简单
		大		中等-简单	
		不易	较敏感	中-小	复杂-简单
				大	中等-简单
不敏感	大-小		复杂-简单		

6.3 II类建设项目工作等级划分

6.3.1 划分依据

6.3.1.1 II类建设项目地下水环境影响评价工作等级的划分，应根据建设项目地下水供、排水（或注水）规模、引起的地下水水位变化范围、建设项目场地的地下水环境敏感程度以及可能造成的环境水文地质问题的大小等条件确定。

6.3.1.2 建设项目供水、排水（或注水）规模

建设项目地下水供水、排水（或注水）规模按水量的多少可分为大、中、小三级，分级标准见表7。

表7 地下水供水、排水（或注水）规模分级

分 级	供水、排水（或注水）量（万 m ³ /d）
大	≥1.0
中	0.2~1.0
小	≤0.2

6.3.1.3 建设项目引起的地下水水位变化区域范围

建设项目引起的地下水水位变化区域范围可用影响半径来表示，分为大、中、小三级，分级标准见表8。影响半径的确定方法可参见附录C。

表8 地下水水位变化区域范围分级

分 级	地下水水位变化影响半径（km）
大	≥1.5
中	0.5~1.5
小	≤0.5

6.3.1.4 建设项目场地的地下水环境敏感程度

建设项目场地的地下水环境敏感程度可分为敏感、较敏感、不敏感三级，分级原则见表9。

表9 地下水环境敏感程度分级

分级	项目场地的地下水环境敏感程度
敏感	集中式饮用水水源地（包括已建成的在用、备用、应急水源地，在建和规划的水源地）准保护区；除集中式饮用水水源地以外的国家或地方政府设定的与地下水环境相关的其它保护区，如热水、矿泉水、温泉等特殊地下水资源保护区；生态脆弱区重点保护区域；地质灾害易发区 ¹ ；重要湿地、水土流失重点防治区、沙化土地封禁保护区等。
较敏感	集中式饮用水水源地（包括已建成的在用、备用、应急水源地，在建和规划的水源地）准保护区以外的补给径流区；特殊地下水资源（如矿泉水、温泉等）保护区以外的分布区以及分散式居民饮用水水源等其它未列入上述敏感分级的环境敏感区 ² 。
不敏感	上述地区之外的其它地区。

注：1、表中“地质灾害”系指因水文地质条件变化发生的地面沉降、岩溶塌陷等。2、表中“环境敏感区”系指《建设项目环境影响评价分类管理名录》中所界定的涉及地下水的环境敏感区。3、如建设项目场地的含水层（含水系统）处于补给区与径流区或径流区与排泄区的边界时，则敏感程度上调一级。

6.3.1.5 建设项目造成的环境水文地质问题

建设项目造成的环境水文地质问题包括：区域地下水水位下降产生的土地次生荒漠化、地面沉降、地裂缝、岩溶塌陷、海水入侵、湿地退化等，以及灌溉导致局部地下水水位上升产生的土壤次生盐渍化、次生沼泽化等，按其影响程度大小可分为强、中等、弱三级，分级原则见表10。

表10 环境水文地质问题分级

级别	可能造成的环境水文地质问题
强	产生地面沉降、地裂缝、岩溶塌陷、海水入侵、湿地退化、土地荒漠化等环境水文地质问题，含水层疏干现象明显，产生土壤盐渍化、沼泽化。
中等	出现土壤盐渍化、沼泽化迹象。
弱	无上述环境水文地质问题。

6.3.2 II类建设项目评价工作等级

II类建设项目地下水环境影响评价工作等级的划分见表11。

表11 II类建设项目评价工作等级分级

评价等级	建设项目供水、排水（或注水）规模	建设项目引起的地下水水位变化区域范围	建设项目场地的地下水环境敏感程度	建设项目造成的环境水文地质问题大小
一级	小-大	小-大	敏感	弱-强
		中等	较敏感	强
	大	大	较敏感	中等-强
		大	较敏感	弱-强
			不敏感	强

		中	较敏感	中等-强
		小	较敏感	强
二级	除了一级和三级以外的其它组合			
三级	小-中	小-中	较敏感-不敏感	弱-中

7 地下水环境影响评价技术要求

7.1 一级评价要求

通过搜集资料和环境现状调查,了解区域内多年的地下水动态变化规律,详细掌握建设项目场地的环境水文地质条件(给出的环境水文地质资料的调查精度应大于或等于 1/10000)及评价区域的环境水文地质条件(给出的环境水文地质资料的调查精度应大于或等于 1/50000)、污染源状况、地下水开采利用现状与规划,查明各含水层之间以及与地表水之间的水力联系,同时掌握评价区评价期内至少一个连续水文年的枯、平、丰水期的地下水动态变化特征;根据建设项目污染源特点及具体的环境水文地质条件有针对性地开展勘察试验,进行地下水环境现状评价;对地下水水质、水量采用数值法进行影响预测和评价,对环境水文地质问题进行定量或半定量的预测和评价,提出切实可行的环境保护措施。

7.2 二级评价要求

通过搜集资料和环境现状调查,了解区域内多年的地下水动态变化规律,基本掌握建设项目场地的环境水文地质条件(给出的环境水文地质资料的调查精度应大于或等于 1/50000)及评价区域的环境水文地质条件、污染源状况、项目所在区域的地下水开采利用现状与规划,查明各含水层之间以及与地表水之间的水力联系,同时掌握评价区至少一个连续水文年的枯、丰水期的地下水动态变化特征;结合建设项目污染源特点及具体的环境水文地质条件有针对性地进行补充必要的勘察试验,进行地下水环境现状评价;对地下水水质、水量采用数值法或解析法进行影响预测和评价,对环境水文地质问题进行半定量或定性的分析和评价,提出切实可行的环境保护措施。

7.3 三级评价要求

通过搜集现有资料,说明地下水分布情况,了解当地的主要环境水文地质条件、污染源状况、项目所在区域的地下水开采利用现状与规划;了解建设项目环境影响评价区的环境水文地质条件,进行地下水环境现状评价;结合建设项目污染源特点及具体的环境水文地质条件有针对性地进行现状监测,通过回归分析、趋势外推、时序分析或类比预测分析等方法进行地下水影响分析与评价;提出切实可行的环境保护措施。

8 地下水环境现状调查与评价

8.1 调查与评价原则

8.1.1 地下水环境现状调查与评价工作应遵循资料搜集与现场调查相结合、项目所在场地调查与类比考察相结合、现状监测与长期动态资料分析相结合的原则。

8.1.2 地下水环境现状调查与评价工作的深度应满足相应的工作级别要求。当现有资料不能满足要求时，应组织现场监测及环境水文地质勘察与试验。对一级评价，还可选用不同历史时期地形图以及航空、卫星图片进行遥感图像解译配合地面现状调查与评价。

8.1.3 对于地面工程建设项目应监测潜水含水层以及与其有水力联系的含水层，兼顾地表水体，对于地下工程建设项目应监测受其影响的相关含水层。对于改、扩建I类建设项目，必要时监测范围还应扩展到包气带。

8.2 调查与评价范围

8.2.1 基本要求

地下水环境现状调查与评价的范围以能说明地下水环境的基本状况为原则，并应满足环境影响预测和评价的要求。

8.2.2 I类建设项目

8.2.2.1 I类建设项目地下水环境现状调查与评价的范围可参考表12确定。此调查评价范围应包括与建设项目相关的环境保护目标和敏感区域，必要时还应扩展至完整的水文地质单元。

表12 I类建设项目地下水环境现状调查评价范围参考表

评价等级	调查评价范围 (km ²)	备注
一级	≥50	环境水文地质条件复杂、含水层渗透性能较强的地区（如砂卵砾石含水层、岩溶含水系统等），调查评价范围可取较大值，否则可取较小值。
二级	20~50	
三级	≤20	

8.2.2.2 当I类建设项目位于基岩地区时，一级评价以同一地下水水文地质单元为调查评价范围，二级评价原则上以同一地下水水文地质单元或地下水块段为调查评价范围，三级评价以能说明地下水环境的基本情况，并满足环境影响预测和分析的要求为原则确定调查评价范围。

8.2.3 II类建设项目

II类建设项目地下水环境现状调查与评价的范围应包括建设项目建设、生产运行和服务期满后三个阶段的地下水水位变化的影响区域，其中应特别关注相关的环境保护目标和敏感区域，必要时扩展至完整的水文地质单元，以及可能与建设项目所在的水文地质单元存在直接补排关系的区域。

8.2.4 III类建设项目

III类建设项目地下水环境现状调查与评价的范围应同时包括 8.2.2 和 8.2.3 所确定的范围。

8.3 调查内容与要求

8.3.1 水文地质条件调查

水文地质条件调查的主要内容包括：

- a) 气象、水文、土壤和植被状况。
- b) 地层岩性、地质构造、地貌特征与矿产资源。
- c) 包气带岩性、结构、厚度。
- d) 含水层的岩性组成、厚度、渗透系数和富水程度；隔水层的岩性组成、厚度、渗透系数。
- e) 地下水类型、地下水补给、径流和排泄条件。
- f) 地下水水位、水质、水量、水温。
- g) 泉的成因类型，出露位置、形成条件及泉水流量、水质、水温，开发利用情况。
- h) 集中供水水源地和水源井的分布情况（包括开采层的成井的密度、水井结构、深度以及开采历史）。
 - i) 地下水现状监测井的深度、结构以及成井历史、使用功能。
 - j) 地下水背景值（或地下水污染对照值）。

8.3.2 环境水文地质问题调查

环境水文地质问题调查的主要内容包括：

- a) 原生环境水文地质问题：包括天然劣质水分布状况，以及由此引发的地方性疾病等环境问题。
- b) 地下水开采过程中水质、水量、水位的变化情况，以及引起的环境水文地质问题。
- c) 与地下水有关的其它人类活动情况调查，如保护区划分情况等。

8.3.3 地下水污染源调查

8.3.3.1 调查原则

- a) 对已有污染源调查资料的地区，一般可通过搜集现有资料解决。
- b) 对于没有污染源调查资料，或已有部分调查资料，尚需补充调查的地区，可与环境水文地质问题调查同步进行。
- c) 对调查区内的工业污染源，应按原国家环保总局《工业污染源调查技术要求及其建档技术规定》的要求进行调查。对分散在评价区的非工业污染源，可根据污染源的特点，参照上述规定进行调查。

8.3.3.2 调查对象

地下水污染源主要包括工业污染源、生活污染源、农业污染源。

调查重点主要包括废水排放口、渗坑、渗井、污水池、排污渠、污灌区、已被污染的河流、湖泊、水库和固体废物堆放（填埋）场等。

8.3.3.3 不同类型污染源调查要点

a) 对工业或生活废（污）水污染源中的排放口，应测定其位置，了解和调查其排放量及渗漏量、排放方式（如连续或瞬时排放）、排放途径和去向、主要污染物及其浓度、废水的处理和综合利用状况等。

b) 对排污渠和已被污染的小型河流、水库等，除按地表水监测的有关规定进行流量、水质等调查外，还应选择有代表性的渠（河）段进行渗漏量和影响范围调查。

c) 对污水池和污水库应调查其结构和功能，测定其蓄水面积与容积，了解池（库）底的物质组成或地层岩性以及和地下水的补排关系，进水来源、出水去向和用途、进出水量和水质及其动态变化情况，池（库）内水位标高与其周围地下水的水位差，坝堤、坝基和池（库）底的防渗设施和渗漏情况，以及渗漏水对周边地下水质的污染影响。

d) 对于农业污染源，重点应调查和了解施用农药、化肥情况。对于污灌区，重点应调查和了解污灌区的土壤类型、污灌面积、污灌水源、水质、污灌量、灌溉制度与方式及施用农药、化肥情况。必要时可补做渗水试验，以便了解单位面积渗水量。

e) 对工业固体废物堆放（填埋）场，应测定其位置、堆积面积、堆积高度、堆积量等，并了解其底部、侧部渗透性能及防渗情况，同时采取有代表性的样品进行浸溶试验、土柱淋滤试验，了解废物的有害成份、可浸出量、雨后淋滤水中污染物种类、浓度和入渗情况。

f) 对生活污染源中的生活垃圾、粪便等，应调查了解其物质组成及排放、储存、处理利用状况。

g) 对于改、扩建 I 类建设项目，还应对建设项目场地所在区域可能污染的部位（如物料装卸区、储存区、事故池等）开展包气带污染调查，包气带污染调查取样深度一般在地面以下 25cm—80cm 之间即可。但是，当调查点所在位置一定深度之下有埋藏的排污系统或储藏污染物的容器时，取样深度应至少达到排污系统或储藏污染物的容器底部以下。

8.3.3.4 调查因子

地下水污染源调查因子应根据拟建项目的污染特征选定。

8.3.4 地下水环境现状监测

8.3.4.1 地下水环境现状监测主要通过对地下水水位、水质的动态监测，了解和查明地下水水流与地下水化学组分的空间分布现状和发展趋势，为地下水环境现状评价和环境影响预测提供基础资料。

8.3.4.2 对于 I 类建设项目应同时监测地下水水位、水质。对于 II 类建设项目应监测地下水水位，涉及可能造成土壤盐渍化的 II 类建设项目，也应监测相应的地下水水质指标。

8.3.4.3 现状监测井点的布设原则

a) 地下水环境现状监测井点采用控制性布点与功能性布点相结合的布设原则。监测井点应主要布设在建设项目场地、周围环境敏感点、地下水污染源、主要现状环境水文地质问题以及对于确定边界条件有控制意义的地点。对于 I 类和 III 类改、扩建项目，当现有监测井不能满足监测位置和监测深度要求时，应布设新的地下水现状监测井。

b) 监测井点的层位应以潜水和可能受建设项目影响的有开发利用价值的含水层为主。潜水监测井不得穿透潜水隔水底板，承压水监测井中的目的层与其他含水层之间应止水良好。

c) 一般情况下，地下水水位监测点数应大于相应评价级别地下水水质监测点数的 2 倍以上。

d) 地下水水质监测点布设的具体要求:

1) 一级评价项目目的含水层的水质监测点应不少于 7 个点/层。评价区面积大于 100km^2 时, 每增加 15km^2 水质监测点应至少增加 1 个点/层。

一般要求建设项目场地上游和两侧的地下水水质监测点各不得少于 1 个点/层, 建设项目场地及其下游影响区的地下水水质监测点不得少于 3 个点/层。

2) 二级评价项目目的含水层的水质监测点应不少于 5 个点/层。评价区面积大于 100km^2 时, 每增加 20km^2 水质监测点应至少增加 1 个点/层。

一般要求建设项目场地上游和两侧的地下水水质监测点各不得少于 1 个点/层, 建设项目场地及其下游影响区的地下水水质监测点不得少于 2 个点/层。

3) 三级评价项目目的含水层的水质监测点应不少于 3 个点/层。

一般要求建设项目场地上游水质监测点不得少于 1 个点/层, 建设项目场地及其下游影响区的地下水水质监测点不得少于 2 个点/层。

8.3.4.4 地下水水质现状监测点取样深度的确定

a) 评价级别为一级的 I 类和 III 类建设项目, 对地下水监测井(孔) 点应进行定深水质取样, 具体要求:

1) 地下水监测井中水深小于 20m 时, 取二个水质样品, 取样点深度应分别在井水位以下 1.0m 之内和井水位以下井水深度约 3/4 处。

2) 地下水监测井中水深大于 20m 时, 取三个水质样品, 取样点深度应分别在井水位以下 1.0m 之内、井水位以下井水深度约 1/2 处和井水位以下井水深度约 3/4 处。

b) 评价级别为二、三级 I 类、III 类建设项目和所有评价级别的 II 类建设项目, 只取一个水质样品, 取样点深度应在井水位以下 1.0m 之内。

8.3.4.5 地下水水质现状监测项目的选择, 应根据建设项目行业污水特点、评价等级、存在或可能引发的环境水文地质问题而确定。即评价等级较高, 环境水文地质条件复杂的地区可适当多取, 反之可适当减少。

8.3.4.6 现状监测频率要求

a) 评价等级为一级的建设项目, 应在评价期内至少分别对一个连续水文年的枯、平、丰水期的地下水水位、水质各监测一次。

b) 评价等级为二级的建设项目, 对于新建项目, 若有近 3 年内至少一个连续水文年的枯、丰水期监测资料, 应在评价期内至少进行一次地下水水位、水质监测。对于改、扩建项目, 若掌握现有工程建成后近 3 年内至少一个连续水文年的枯、丰水期观测资料, 应在评价期内至少进行一次地下水水位、水质监测。

若无上述监测资料, 应在评价期内分别对一个连续水文年的枯、丰水期的地下水水位、水质各监测一次。

c) 评价等级为三级的建设项目, 应至少在评价期内监测一次地下水水位、水质, 并尽可能在枯水期进行。

8.3.4.7 地下水水质样品采集与现场测定

a) 地下水水质样品应采用自动式采样泵或人工活塞闭合式与敞口式定深采样器进行采集。

b) 样品采集前, 应先测量井孔地下水水位(或地下水水位埋藏深度)并做好记录, 然后采用潜水泵或离心泵对采样井(孔)进行全井孔清洗, 抽汲的水量不得小于3倍的井筒水(量)体积。

c) 地下水水质样品的管理、分析化验和质量控制按 HJ/T164 执行。pH、DO、水温等不稳定项目应在现场测定。

8.3.5 环境水文地质勘察与试验

8.3.5.1 环境水文地质勘察与试验是在充分收集已有相关资料和地下水环境现状调查的基础上, 针对某些需要进一步查明的环境水文地质问题和为获取预测评价中必要的水文地质参数而进行的工作。

8.3.5.2 除一级评价应进行环境水文地质勘察与试验外, 对环境水文地质条件复杂而又缺少资料的地区, 二级、三级评价也应在区域水文地质调查的基础上对评价区进行必要的水文地质勘察。

8.3.5.3 环境水文地质勘察可采用钻探、物探和水土化学分析以及室内外测试、试验等手段, 具体参见相关标准与规范。

8.3.5.4 环境水文地质试验项目通常有抽水试验、注水试验、渗水试验、浸溶试验、土柱淋滤试验、弥散试验、流速试验(连通试验)、地下水含水层储能试验等, 有关试验原则与方法参见附录 E。在地下水环境影响评价工作中可根据评价等级及资料占有程度等实际情况选用。

8.3.5.5 进行环境水文地质勘察时, 除采用常规方法外, 可配合地球物理方法进行勘察。

8.4 环境现状评价

8.4.1 污染源整理与分析

8.4.1.1 按评价中所确定的地下水质量标准对污染源进行等标污染负荷比计算; 将累计等标污染负荷比大于 70% 的污染源(或污染物)定为评价区的主要污染源(或主要污染物); 通过等标污染负荷比分析, 列表给出主要污染源和主要污染因子, 并附污染源分布图。

8.4.1.2 等标污染负荷 (P_{ij}) 计算公式:

$$P_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_{0ij}} Q_j \quad (1)$$

式中:

P_{ij} —第 j 个污染源废水中第 i 种污染物等标污染负荷, m^3/a ;

C_{ij} —第 j 个污染源废水中第 i 种污染物排放的平均浓度, mg/L ;

C_{0ij} —第 j 个污染源废水中第 i 种污染物排放标准浓度, mg/L ;

Q_j —第 j 个污染源废水的单位时间排放量, m^3/a 。

若第 j 个污染源共有 n 种污染物参与评价, 则该污染源的总等标污染负荷计算公式:

$$P_j = \sum_{i=1}^n P_{ij} \quad (2)$$

式中:

P_j —第 j 个污染源的总等标污染负荷, m^3/a 。

若评价区共有 m 个污染源中含有第 i 种污染物, 则该污染物的总等标污染负荷计算公式:

$$P_i = \sum_{j=1}^m P_{ij} \quad (3)$$

式中:

P_i —第 i 种污染源的总等标污染负荷, m^3/a 。

若评价区共有 m 个污染源, n 种污染物, 则评价区污染物的总等标污染负荷计算公式:

$$P = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n P_{ij} \quad (4)$$

式中:

P : 评价区污染物的总等标污染负荷, m^3/a 。

8.4.1.3 等标污染负荷比 (K_{ij}) 计算公式:

$$K_{ij} = \frac{P_{ij}}{P} \quad (5)$$

式中:

K_{ij} —第 j 个污染源中第 i 种污染物的等标污染负荷比, 无量纲;

P_{ij} —第 j 个污染源废水中第 i 种污染物等标污染负荷, m^3/a ;

P —评价区污染物的总等标污染负荷, m^3/a 。

$$K_j = \sum_{i=1}^n K_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ij}}{P} \quad (6)$$

式中:

K_j —评价区第 j 个污染源的等标污染负荷比, 无量纲;

P_{ij} —第 j 个污染源废水中第 i 种污染物等标污染负荷, m^3/a ;

P —评价区污染物的总等标污染负荷, m^3/a 。

$$K_i = \sum_{j=1}^m K_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^m P_{ij}}{P} \quad (7)$$

式中:

K_i —评价区第 i 个污染源的等标污染负荷比, 无量纲;

P_{ij} —第 j 个污染源废水中第 i 种污染物等标污染负荷, m^3/a ;

P —评价区污染物的总等标污染负荷, m^3/a 。

8.4.1.4 包气带污染分析

对于改、扩建 I 类和 III 类建设项目, 应根据建设项目场地包气带污染调查结果开展包气带水、土污染分析, 并作为地下水环境影响预测的基础。

8.4.2 地下水水质现状评价

8.4.2.1 根据现状监测结果进行最大值、最小值、均值、标准差、检出率和超标率的分析。

8.4.2.2 地下水水质现状评价应采用标准指数法进行评价。标准指数>1, 表明该水质因子已超过了规定的水质标准, 指数值越大, 超标越严重。标准指数计算公式分为以下两种情况:

a) 对于评价标准为定值的水质因子, 其标准指数计算公式:

$$P_i = \frac{C_i}{C_{si}} \quad (8)$$

式中:

P_i —第 i 个水质因子的标准指数, 无量纲;

C_i —第 i 个水质因子的监测浓度值, mg/L;

C_{si} —第 i 个水质因子的标准浓度值, mg/L。

b) 对于评价标准为区间值的水质因子 (如 pH 值), 其标准指数计算公式:

$$P_{pH} = \frac{7.0 - pH}{7.0 - pH_{sd}} \quad pH \leq 7 \text{ 时} \quad (9)$$

$$P_{pH} = \frac{pH - 7.0}{pH_{su} - 7.0} \quad pH > 7 \text{ 时} \quad (10)$$

式中:

P_{pH} —pH 的标准指数, 无量纲;

pH —pH 监测值;

pH_{su} —标准中 pH 的上限值;

pH_{sd} —标准中 pH 的下限值。

8.4.3 环境水文地质问题的分析

8.4.3.1 环境水文地质问题的分析应根据水文地质条件及环境水文地质调查结果进行。

8.4.3.2 区域地下水水位降落漏斗状况分析, 应叙述地下水水位降落漏斗的面积、漏斗中心水位的下降幅度、下降速度及其与地下水开采量时空分布的关系, 单井出水量的变化情况, 含水层疏干面积等, 阐明地下水降落漏斗的形成、发展过程, 为发展趋势预测提供依据。

8.4.3.3 地面沉降、地裂缝状况分析, 应叙述沉降面积、沉降漏斗的沉降量 (累计沉降量、年沉降量) 等及其与地下水降落漏斗、开采 (包括回灌) 量时空分布变化的关系, 阐明地面沉降的形成、发展过程及危害程度, 为发展趋势预测提供依据。

8.4.3.4 岩溶塌陷状况分析, 应叙述与地下水相关的塌陷发生的历史过程、密度、规模、分布及其与人类活动 (如采矿、地下水开采等) 时空变化的关系, 并结合地质构造、岩溶发育等因素, 阐明岩溶塌陷发生、发展规律及危害程度。

8.4.3.5 土壤盐渍化、沼泽化、湿地退化、土地荒漠化分析, 应叙述与土壤盐渍化、沼泽化、湿地退化、土地荒漠化发生相关的地下水位、土壤蒸发量、土壤盐分的动态分布及其与人类活动 (如地下水回灌过量、地下水过量开采) 时空变化的关系, 并结合包气带岩性、结构特征等因素, 阐明土壤盐渍化、沼泽化、湿地退化、土地荒漠化发生、发展规律及危害程度。

9 地下水环境影响预测

9.1 预测原则

9.1.1 建设项目地下水环境影响预测应遵循HJ/T 2.1中确定的原则进行。考虑到地下水环境污染的隐蔽性和难恢复性，还应遵循环境安全性原则，预测应为评价各方案的环境安全和环境保护措施的合理性提供依据。

9.1.2 预测的范围、时段、内容和方法均应根据评价工作等级、工程特征与环境特征，结合当地环境功能和环保要求确定，应以拟建项目对地下水水质、水位、水量动态变化的影响及由此而产生的主要环境水文地质问题为重点。

9.1.3 I类建设项目，对工程可行性研究和评价中提出的不同选址（选线）方案、或多个排污方案等所引起的地下水环境质量变化应分别进行预测，同时给出污染物正常排放和事故排放两种工况的预测结果。

9.1.4 II类建设项目，应遵循保护地下水资源与环境的原则，对工程可行性研究中提出的不同选址方案、或不同开采方案等引起的水位变化及其影响范围应分别进行预测。

9.1.5 III类建设项目，应同时满足9.1.3和9.1.4的要求。

9.2 预测范围

9.2.1 地下水环境影响预测的范围可与现状调查范围相同，但应包括保护目标和环境影响的敏感区域，必要时扩展至完整的水文地质单元，以及可能与建设项目所在的水文地质单元存在直接补排关系的区域。

9.2.2 预测重点应包括：

- a) 已有、拟建和规划的地下水供水水源区。
- b) 主要污水排放口和固体废物堆放处的地下水下游区域。
- c) 地下水环境影响的敏感区域（如重要湿地、与地下水相关的自然保护区和地质遗迹等）。
- d) 可能出现环境水文地质问题的主要区域。
- e) 其他需要重点保护的区域。

9.3 预测时段

地下水环境影响预测时段应包括建设项目建设、生产运行和服务期满后三个阶段。

9.4 预测因子

9.4.1 I类建设项目

I类建设项目预测因子应选取与拟建项目排放的污染物有关的特征因子，选取重点应包括：

- a) 改、扩建项目已经排放的及将要排放的主要污染物。
- b) 难降解、易生物蓄积、长期接触对人体和生物产生危害作用的污染物，持久性有机污染物。
- c) 国家或地方要求控制的污染物。
- d) 反映地下水循环特征和水质成因类型的常规项目或超标项目。

9.4.2 II类建设项目

II类建设项目预测因子应选取水位及与水位变化所引发的环境水文地质问题相关的因子。

9.5 预测方法

9.5.1 建设项目地下水环境影响预测方法包括数学模型法和类比预测法。其中，数学模型法包括数值法、解析法、均衡法、回归分析、趋势外推、时序分析等方法。常用的地下水预测模型参见附录F。

9.5.2 一级评价应采用数值法；二级评价中水文地质条件复杂时应采用数值法，水文地质条件简单时可采用解析法；三级评价可采用回归分析、趋势外推、时序分析或类比预测法。

9.5.3 采用数值法或解析法预测时，应先进行参数识别和模型验证。

9.5.4 采用解析模型预测污染物在含水层中的扩散时，一般应满足以下条件：

- a) 污染物的排放对地下水流场没有明显的影响。
- b) 预测区内含水层的基本参数（如渗透系数、有效孔隙度等）不变或变化很小。

9.5.5 采用类比预测分析法时，应给出具体的类比条件。类比分析对象与拟预测对象之间应满足以下要求：

- a) 二者的环境水文地质条件、水动力场条件相似。
- b) 二者的工程特征及对地下水环境的影响具有相似性。

9.6 预测模型概化

9.6.1 水文地质条件概化

应根据评价等级选用的预测方法，结合含水介质结构特征，地下水补、径、排条件，边界条件及参数类型来进行水文地质条件概化。

9.6.2 污染源概化

污染源概化包括排放形式与排放规律的概化。根据污染源的具体情况，排放形式可以概化为点源或面源；排放规律可以简化为连续恒定排放或非连续恒定排放。

9.6.3 水文地质参数值的确定

9.6.3.1 对于一级评价建设项目，地下水水量（水位）、水质预测所需用的含水层渗透系数、释水系数、给水度和弥散度等参数值应通过现场试验获取；对于二、三级评价建设项目，水文地质参数可从评价区以往环境水文地质勘察成果资料中选定，或依据相邻地区和类比区最新的勘察成果资料确定。

10 地下水环境影响评价

10.1 评价原则

10.1.1 评价应以地下水环境现状调查和地下水环境影响预测结果为依据，对建设项目不同选址（选线）方案、各实施阶段（建设、生产运行和服务期满后）不同排污方案及不同防渗措施下的地下水环境影响进行评价，并通过评价结果的对比，推荐地下水环境影响最小的方案。

10.1.2 地下水环境影响评价采用的预测值未包括环境质量现状值时，应叠加环境质量现状值后再进行评价。

10.1.3 I类建设项目应重点评价建设项目污染源对地下水环境保护目标（包括已建成的在用、备用、应急水源地，在建和规划的水源地、生态环境脆弱区域和其它地下水环境敏感区域）的影响。评价因子同影响预测因子。

10.1.4 II类建设项目应重点依据地下水水流场变化，评价地下水水位（水头）降低或升高诱发的环境水文地质问题的影响程度和范围。

10.2 评价范围

地下水环境影响评价范围与环境影响预测范围相同。

10.3 评价方法

10.3.1 I类建设项目的地下水水质影响评价，可采用标准指数法进行评价，具体方法见8.4.2。

10.3.2 II类建设项目评价其导致的环境水文地质问题时，可采用预测水位与现状调查水位相比较的方法进行评价，具体方法如下：

a) 地下水位降落漏斗：对水位不能恢复、持续下降的疏干漏斗，采用中心水位降和水位下降速率进行评价。

b) 土壤盐渍化、沼泽化、湿地退化、土地荒漠化、地面沉降、地裂缝、岩溶塌陷：根据地下水水位变化速率、变化幅度、水质及岩性等分析其发展的趋势。

10.4 评价要求

10.4.1 I类建设项目

评价I类建设项目对地下水水质影响时，可采用以下判据评价水质能否满足地下水环境质量标准要求。

a) 以下情况应得出可以满足地下水环境质量标准要求的结论：

1) 建设项目在各个不同生产阶段、除污染源附近小范围以外地区，均能达到地下水环境质量标准要求。

2) 在建设项目实施的某个阶段，有个别水质因子在较大范围内出现超标，但采取环保措施后，可满足地下水环境质量标准要求。

b) 以下情况应做出不能满足地下水环境质量标准要求的结论：

1) 新建项目排放的主要污染物，改、扩建项目已经排放的及将要排放的主要污染物在评价范围内的地下水中已经超标。

2) 削减措施在技术上不可行，或在经济上明显不合理。

10.4.2 II类建设项目

评价II类建设项目对地下水流场或地下水水位（水头）影响时，应依据地下水资源补采平衡的原则，评价地下水开发利用的合理性及可能出现的环境水文地质问题的类型、性质及其影响的范围、特征和程度等。

10.4.3 III类建设项目

III类建设项目的环境影响分析应按照10.4.1和10.4.2进行。

11 地下水环境保护措施与对策

11.1 基本要求

11.1.1 地下水保护措施与对策应符合《中华人民共和国水污染防治法》的相关规定，按照“源头控制，分区防治，污染监控，应急响应”、突出饮用水安全的原则确定。

11.1.2 环保对策措施建议应根据I类、II类和III类建设项目各自的特点以及建设项目所在区域环境现状、环境影响预测与评价结果，在评价工程可行性研究中提出的污染防治对策有效性的基础上，提出需要增加或完善的地下水环境保护措施和对策。

11.1.3 改、扩建项目还应针对现有的环境水文地质问题、地下水水质污染问题，提出“以新带老”的对策和措施。

11.1.4 给出各项地下水环境保护措施与对策的实施效果，列表明确各项具体措施的投资估算，并分析其技术、经济可行性。

11.2 建设项目污染防治对策

11.2.1 I类建设项目污染防治对策

I类建设项目场地污染防治对策应从以下方面考虑：

a) 源头控制措施。主要包括提出实施清洁生产及各类废物循环利用的具体方案，减少污染物的排放量；提出工艺、管道、设备、污水储存及处理构筑物应采取的控制措施，防止污染物的跑、冒、滴、漏，将污染物泄漏的环境风险事故降到最低限度。

b) 分区防治措施。结合建设项目各生产设备、管廊或管线、贮存与运输装置、污染物贮存与处理装置、事故应急装置等的布局，根据可能进入地下水环境的各种有毒有害原辅材料、中间物料和产品的泄漏（含跑、冒、滴、漏）量及其他各类污染物的性质、产生量和排放量，划分污染防治区，提出不同区域的地面防渗方案，给出具体的防渗材料及防渗标准要求，建立防渗设施的检漏系统。

c) 地下水污染监控。建立场地区地下水环境监控体系，包括建立地下水污染监控制度和环境管理体系、制定监测计划、配备先进的检测仪器和设备，以便及时发现问题，及时采取措施。

地下水监测计划应包括监测孔位置、孔深、监测井结构、监测层位、监测项目、监测频率等。

d) 风险事故应急响应。制定地下水风险事故应急响应预案，明确风险事故状态下应采取的封闭、截流等措施，提出防止受污染的地下水扩散和对受污染的地下水进行治理的具体方案。

11.2.2 II类建设项目地下水保护与环境水文地质问题减缓措施

a) 以均衡开采为原则，提出防止地下水资源超量开采的具体措施，以及控制资源开采过程中由于地下水水位变化诱发的湿地退化、地面沉降、岩溶塌陷、地面裂缝等环境水文地质问题产生的具体措施。

b) 建立地下水动态监测系统，并根据项目建设所诱发的环境水文地质问题制定相应的监测方案。

c) 针对建设项目可能引发的其它环境水文地质问题提出应对预案。

11.3 环境管理对策

11.3.1 提出合理、可行、操作性强的防治地下水污染的环境管理体系，包括环境监测方案和向环境保护行政主管部门报告等制度。

11.3.2 环境监测方案应包括：

a) 对建设项目的污染源、影响区域、主要保护目标和与环保措施运行效果有关的内容提出具体的监测计划。一般应包括：监测井点布置和取样深度、监测的水质项目和监测频率等。

b) 根据环境管理对监测工作的需要，提出有关环境监测机构和人员装备的建议。

11.3.3 向环境保护行政主管部门报告的制度应包括：

a) 报告的方式、程序及频次等，特别应提出污染事故的报告要求。

b) 报告的内容一般应包括：所在场地及其影响区地下水环境监测数据，排放污染物的种类、数量、浓度，以及排放设施、治理措施运行状况和运行效果等。

12 地下水环境影响评价专题文件的编写

12.1 地下水环境影响评价专题工作方案

12.1.1 评价工作方案是具体指导建设项目环境影响评价工作的技术文件，应重点明确开展地下水评价工作的具体内容及实施方案，应尽可能具体、详细。

12.1.2 评价工作方案一般应在充分研读有关文件、进行初步的工程分析和环境现状调查后编制。

12.1.3 地下水环境影响评价专题工作方案一般应包括下列内容：

a) 拟建项目概况，初步工程分析。重点给出与地下水环境影响相关的内容，如建设项目建设、生产运行和服务期满后污染源基本情况、排放状况和地下水污染途径等。

b) 拟建项目所在区域的地下水环境概况。重点说明已了解的评价区水文地质条件，环境水文地质问题，地下水环境敏感目标情况，地下水环境功能及执行标准等内容。

c) 识别拟建项目地下水环境影响，确定评价因子和评价重点。

d) 确定拟建项目地下水环境影响评价工作等级和评价范围。

e) 给出地下水环境现状调查与监测方法，包括调查与监测内容、范围，监测井点分布和取样深度、监测时段及监测频次。需要进行环境水文地质勘察与试验的，还应说明勘察与试验的具体方法及技术要求。

- f) 明确地下水环境影响预测方法、预测模型、预测内容、预测范围、预测时段及有关参数的估值方法等。
- g) 给出地下水环境影响评价方法，拟提出的结论和建议的基本内容。
- h) 评价工作的组织、计划安排和经费概算。
- i) 附必要的图表和照片。

12.2 地下水环境影响专题报告（或章节）

12.2.1 专题报告书应全面、概括地反映地下水环境影响评价的全部工作，文字应简洁、准确，同时辅以图表和照片，以使提出的资料和评价内容清楚，论点明确，利于阅读和审查。

12.2.2 专题报告书应根据建设项目对地下水环境影响评价的最终结果，说明建设项目对地下水环境影响的性质、特征、范围、程度，得出建设项目在建设、生产运行和服务期满后不同实施阶段能否满足地下水环境保护要求的结论；提出完善环保措施的对策与建议。

12.2.3 地下水环境影响专题报告（或章节）应包括下列内容：

- a) 总论。包括编制依据、地下水环境功能、评价执行标准及保护目标、地下水评价工作等级、评价范围等。
- b) 拟建项目概况与工程分析。详细论述与地下水环境影响相关的内容，重点分析给出污染源情况、排放状况和地下水污染途径等，以及项目可行性研究报告中提出的地下水环境保护措施。
- c) 地下水环境现状调查与评价。论述拟建项目所在区域的环境状况，重点说明区域水文地质条件，环境水文地质问题及区域污染源状况。说明地下水环境监测的范围，监测井点分布和取样深度、监测时段及监测频次，评价地下水超达标情况，分析超标原因。
- d) 地下水环境影响预测与评价。明确地下水环境影响预测方法、预测模型、预测内容、预测范围、预测时段，模型概化及水文地质参数的确定方法及具体取值等，重点给出具体预测结果。依据相关标准评价建设项目在不同实施阶段、不同工况下对地下水水质的影响程度、影响范围，或评价地下水开发利用的合理性及可能出现的环境水文地质问题的类型、性质及其影响的范围、特征和程度等。
- e) 在评价项目可行性研究报告中提出的地下水环境保护措施有效性及可行性的基础上，提出需要增加的、适用于拟建项目地下水污染防治和地下水资源保护的对策和具体措施，给出各项措施的实施效果及投资估算，并分析其经济、技术的可行性。提出针对该拟建项目的地下水污染和地下水资源保护管理及监测方面的建议。
- f) 评价结论及建议。
- g) 附必要的图表和照片。如拟建项目所在区域地理位置图、敏感点分布图、环境水文地质图、地下水等水位线图和拟建项目特征污染因子预测浓度等值线图。

附录 A

(资料性附录)

不同类型建设项目地下水环境影响识别

不同类型建设项目地下水环境影响识别矩阵见表 A.1。

表 A.1 不同类型建设项目地下水环境影响识别矩阵

水环境指标 及环境水文 地质问题 建设行为		地下水水质与水温						地下水水位									
		常规 指标 污染	重 金 属 污 染	有 机 污 染	放 射 性 污 染	热 污 染	冷 污 染	区 域 水 位 下 降	水 资 源 衰 竭	泉 流 量 衰 减	地 面 沉 降 塌 陷	土 壤 次 生 荒 漠 化	土 壤 次 生 盐 渍 化	土 壤 次 生 沼 泽 化	咸 水 入 侵	海 水 倒 灌	
I 类 建 设 项 目	建 设 阶 段																
	生 产 运 行 阶 段																
服 务 期 满 后																	
II 类 建 设 项 目	建 设 阶 段																
	生 产 运 行 阶 段																
服 务 期 满 后																	

附录 B

（资料性附录）

典型建设项目地下水环境影响

B.1 工业类项目

- B.1.1 废水的渗漏对地下水水质的影响；
- B.1.2 固体废物对土壤、地下水水质的影响；
- B.1.3 废水渗漏引起地下水水位、水量变化而产生的环境水文地质问题；
- B.1.4 地下水供水水源地产生的区域水位下降而产生的环境水文地质问题。

B.2 固体废物填埋场工程

- B.2.1 固体废物对土壤的影响；
- B.2.2 固体废物渗滤液对地下水水质的影响。

B.3 污水土地处理工程

- B.3.1 污水土地处理对地下水水质的影响；
- B.3.2 污水土地处理对地下水水位的影响；
- B.3.3 污水土地处理对土壤的影响。

B.4 地下水集中供水水源地开发建设及调水工程

- B.4.1 水源地开发（或调水）对区域（或调水工程沿线）地下水水位、水质、水资源量的影响；
- B.4.2 水源地开发（或调水）引起地下水水位变化而产生的环境水文地质问题；
- B.4.3 水源地开发（或调水）对地下水水质的影响。

B.5 水利水电工程

- B.5.1 水库和坝基渗漏对上、下游地区地下水水位、水质的影响；
- B.5.2 渠道工程和大型跨流域调水工程，在施工和运行期间对地下水水位、水质、水资源量的影响；
- B.5.3 水利水电工程可能引起的土地沙漠化、盐渍化、沼泽化等环境水文地质问题。

B.6 地下水库建设工程

- B.6.1 地下水库的补给水源对地下水水位、水质、水资源量的影响；
- B.6.2 地下水库的水位和水质变化对其他相邻含水层水位、水质的影响；
- B.6.3 地下水库的水位变化对建筑物地基的影响；
- B.6.4 地下水库的水位变化可能引起的土壤盐渍化、沼泽化和岩溶塌陷等环境水文地质问题。

B.7 矿山开发工程

- B.7.1 露天采矿人工降低地下水水位工程对地下水水位、水质、水资源量的影响；
- B.7.2 地下采矿排水工程对地下水水位、水质、水资源量的影响；

- B.7.3 矿石、矿渣、废石堆放场对土壤、渗滤液对地下水水质的影响；
 - B.7.4 尾矿库坝下淋渗、渗漏对地下水水质的影响；
 - B.7.5 矿坑水对地下水水位、水质的影响；
 - B.7.6 矿山开发工程可能引起的水资源衰竭、岩溶塌陷、地面沉降等环境水文地质问题。
- B.8 石油（天然气）开发与储运工程**
- B.8.1 油田基地采油、炼油排放的生产、生活废水对地下水水质的影响；
 - B.8.2 石油（天然气）勘探、采油和运输储存（管线输送）过程中的跑、冒、滴、漏油对土壤、地下水水质的影响；
 - B.8.3 采油井、注水井以及废弃油井、气井套管腐蚀破坏和固井质量问题对地下水水质的影响；
 - B.8.4 石油（天然气）田开发大量开采地下水引起的区域地下水位下降而产生的环境水文地质问题；
 - B.8.5 地下储油库工程对地下水水位、水质的影响。
- B.9 农业类项目**
- B.9.1 农田灌溉、农业开发对地下水水位、水质的影响；
 - B.9.2 污水灌溉和施用农药、化肥对地下水水质的影响；
 - B.9.3 农业灌溉可能引起的次生沼泽化、盐渍化等环境水文地质问题。
- B.10 线性工程类项目**
- B.10.1 线性工程对其穿越的地下水环境敏感区水位或水质的影响；
 - B.10.2 隧道、洞室等施工及后续排水引起的地下水位下降而产生的环境问题；
 - B.10.3 站场、服务区等排放的污水对地下水水质的影响。

附录 C

(资料性附录)

地下水水位变化区域半径的确定

C.1 影响半径的计算公式

常用的地下水水位变化区域半径的计算公式见表 C.1。

排水渠和狭长坑道线性类建设项目的地下水水位变化区域半径是以该工程中心线为中心的影晌宽度，其计算公式见表 C.1 中的公式 C.13、C.14、C.15。

表 C.1 影响半径 (R) 计算公式一览表

计算公式		适用条件	备注
潜水	承压水		
$\lg R = \frac{S_1(2H - S_1) \lg r_2 - S_2(2H - S_2) \lg r_1}{(S_1 - S_2)(2H - S_1 - S_2)} \quad (C.1)$	$\lg R = \frac{S_1 \lg r_2 - S_2 \lg r_1}{S_1 - S_2} \quad (C.2)$	有二个观察完整井抽水时	确定 R 值较可靠的方法之一
$\lg R = \frac{S_w(2H - S_w) \lg r_1 - S_1(2H - S_1) \lg r_w}{(S_w - S_1)(2H - S_w - S_1)} \quad (C.3)$	$\lg R = \frac{S_w \lg r_1 - S_1 \lg r_w}{S_w - S_1} \quad (C.4)$	有一个观察孔完整井抽水时	精度较式 (C.1) 和 (C.2) 差，一般偏大
$\lg R = \frac{1.366(2H - S_w)S_w}{Q} + \lg r_w \quad (C.5)$	$\lg R = \frac{2.73K_m S_w}{Q} + \lg r_w \quad (C.6)$	无观测孔完整井抽水时	精度较式 (C.1) 和 (C.2) 差，一般偏大
$R = 2d \quad (C.7)$		近地表水体单孔抽水时	可得出足够精确的 R 值
$R = 2S\sqrt{HK} \quad (C.8)$		计算松散含水层井群或基坑、矿山巷道抽水初期的 R 值	对直径很大的井群和单井算出的 R 值过大；计算矿坑基坑 R 值偏小
	$R = 10S\sqrt{K} \quad (C.9)$	计算承压水抽水初期的 R 值	得出的 R 值为概略值
$R = \sqrt{\frac{aK}{\mu}(H - 0.5S_w)t} \quad a = 2.25 - 4.0 \quad (C.11)$	$R = \sqrt{a\alpha t} \quad a = 2.25 - \pi \quad (C.12)$	含水层缺乏补给时，根据单孔非稳定抽水试验确定 R 值	a 为系数，固定流量抽水时取小值；固定水位抽水时为大值
$R = 1.73\sqrt{\frac{KHt}{\mu}} \quad (C.13)$		含水层没有补给时，确定排水渠的影响宽度	得出近似的影晌宽度值
$R = H\sqrt{\frac{K}{2W}[1 - \exp(\frac{-6Wt}{\mu H})]} \quad (C.14)$		含水层有大气降水补给时，确定排水渠的影响宽度	

计算公式		适用条件	备注
潜水	承压水		
	$R = a\sqrt{at}$ (C.15)	$a = 1.1-1.7$	确定承压含水层中狭长坑道的影响宽度 a 为系数, 取决于抽水状态

表中:

- S—水位降深, m;
- H—潜水含水层厚度, m;
- R—观测井井径, m;
- S_w —抽水井中水位降深, m;
- r_w —抽水井半径, m;
- K—含水层渗透系数, m/d;
- m—承压含水层厚度, m;
- d—地表水据抽水井距离, m;
- μ —重力给水度, 无量纲;
- W—降水补给强度, m/d。

C.2 影响半径的经验数值

建设项目引起的地下水水位变化区域半径可根据包气带的岩性或涌水量进行判定, 影响半径的经验数值见表 C.2 或 C.3。当根据含水层岩性和涌水量所判定的影响半径不一致时, 取二者中的较大值。

表 C.2 孔隙含水层的影响半径经验值表

岩性名称	主要颗粒粒径 (毫米)	影响半径 (米)
粉砂	0.05—0.1	50
细砂	0.1—0.25	100
中砂	0.25—0.5	200
粗砂	0.5—1.0	400
极粗砂	1.0—2.0	500
小砾	2.0—3.0	600
中砾	3.0—5.0	1500
大砾	5.0—10.0	3000

表 C.3 单位涌水量的影响半径经验值表

单位涌水量 (升/秒米)	影响半径 (米)	单位涌水量 (升/秒米)	影响半径 (米)
-----------------	----------	-----------------	----------

>2.0	>300	0.5—0.33	50
2.0—1.0	300	0.33—0.2	25
1.0—0.5	100	<0.2	10

C.3 图解法确定影响半径

在直角坐标上,将抽水孔与分布在同一条直线上的各观察孔的同一时刻所测得的水位连结起来,沿曲线趋势延长,与抽水前的静止水位线相交,该交点至抽水孔的距离即为影响半径(见图 C.1)。在观测孔较多时,用图解法确定影响半径值最为精确。

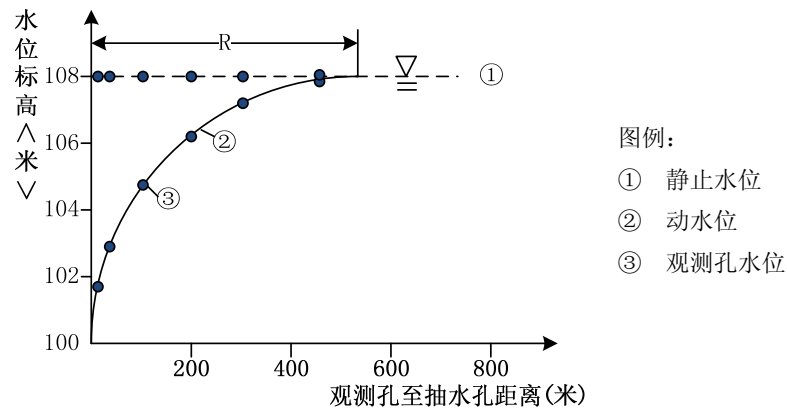


图 C.1 图解法确定影响半径示意图

C.4 引用半径 (r_0) 与引用影响半径 (R_0)

利用“大井法”预测矿坑涌水量及引水建筑工程涌水量时,对于不同几何图形的矿坑和不同排列的供水井群,可采用表 C.4 中的公式计算引用半径 (r_0)。

表 C.4 确定引用半径 (r_0) 的公式表

矿坑或井群平面图形		r_0 表达式	说明
	矩形	$r_0 = \eta \frac{a+b}{4}$ (C.16)	η 值查表 C.5 确定。 当 $a/b \gg 10$ 时, $r_0 = 0.25a$
	正方形	$r_0 = 0.59a$ (C.17)	
	菱形	$r_0 = \eta \frac{c}{2}$ (C.18)	η 值查表 C.6 确定

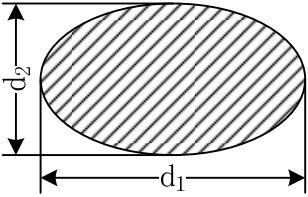
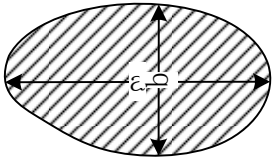
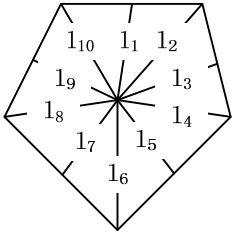
	<p>椭圆形</p>	$r_0 = \eta \frac{d_1 + d_2}{4} \quad (C.19)$	
	<p>不规则的圆形</p>	$r_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 0.565\sqrt{F} \quad (C.20)$	<p>F: 基坑面积, m²; (a/b)<2~3时适用。</p>
	<p>不规则的多边形</p>	$r_0 = \frac{P}{2\pi} \text{ 或 } r_0 = \sqrt[2n]{l_1 l_2 \dots l_{2n}} \quad (C.21)$	<p>P—多边形周长, m; l₁, l₂, ..., l_n—多边形顶及其多边中点至重心的距离, m; n—多边形顶角数。</p>

表 C.5 矩形矿坑或井群 η 值表

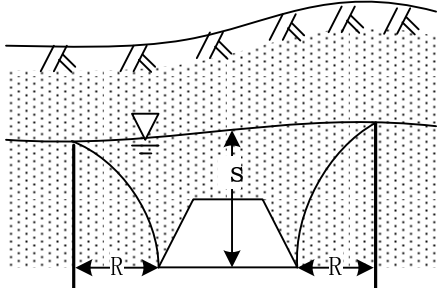
b/a	0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	≥0.6
η	1.00	1.05	1.08	1.12	1.144	1.16	1.174	1.18

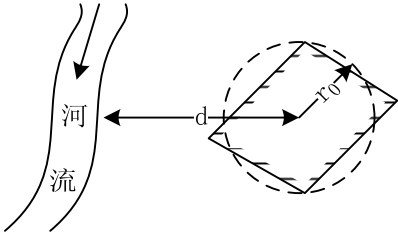
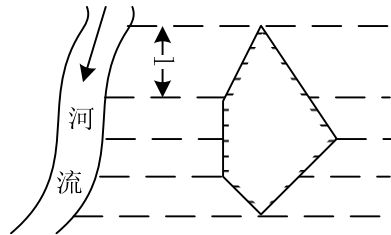
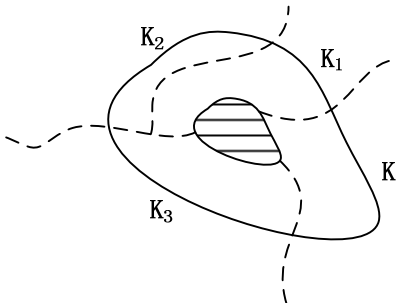
表 C.6 菱形矿坑或井群 η 值表

θ	0°	18°	36°	54°	72°	90°
η	1.00	1.06	1.11	1.15	1.17	1.18

不同水文地质条件及不同排水（或集水）工程形状的引用影响半径（R₀），其确定方法见表 C.7。

表 C.7 确定引用影响半径（R₀）的方法

<p>示意图</p>	<p>适用条件</p>	<p>R₀ 表达式</p>
	<p>矿坑所在含水层呈均质无限分布, 自然水位近于水平时</p>	$R_0 = R + r_0 \quad (C.22)$

示 意 图	适 用 条 件	R_0 表 达 式
	含水层各项均质, 位于河旁的近似圆形矿坑	$R_0 = 2d_0 \quad (C.23)$ d—矿坑中心至河岸距离, m。
	含水层各项均质, 位于河旁的近似圆形矿坑	$R_0 = \frac{\sum d_{cp} l}{\sum l} + r_0 \quad (C.24)$ d_{cp} —各剖面线间矿坑边界与地表水体间的平均距离, m; l—相邻二剖面间的垂直距离, m。
	矿坑各方向岩层呈非均质时, 降落漏斗形状复杂, 应首先计算出各不同渗透段内的影响半径, 然后求出平均值	$R_{cp} = \frac{\sum R_l}{n}$ 或 $R_0 = \frac{P}{2\pi} + r_0 \quad (C.25)$ R_l —各渗透段内的影响半径, m。 P—降落漏洞周长, m;

附录 D

(资料性附录)

废水入渗量计算公式

常用的污染场地废水入渗量计算公式见表 D.1。

表 D.1 废水入渗量计算公式

序号	污染源类型	入渗量计算式	备注	符号
1	渗坑或渗井	$Q_0 = q \cdot \beta$		Q_0 —入渗量, m^3/d 或 m^3/a ; Q —渗坑或渗井污水排放量, m^3/d 或 m^3/a ;
2	排污渠或河流	$Q_0 = Q_{\text{上游}} - Q_{\text{下游}}$		β —渗坑或渗井底部包气带的垂向入渗系数;
3	固体废物填埋场	$Q_0 = \alpha FX \cdot 10^{-3}$	如无地下水动态观测资料, 入渗系数可取经验值	$Q_{\text{上游}}$ —上游断面流量, m^3/d 或 m^3/a ; $Q_{\text{下游}}$ —下游断面流量, m^3/d 或 m^3/a ;
4	污水土地处理	$Q_0 = \beta \cdot Q_g$	β : 经验值 0.10~0.92	α —降水入渗补给系数; F —固体废物渣场渗水面积, m^2 ; X —降水量, mm ; Q_g —实际处理水量, m^3/a 。

附录 E

(资料性附录)

环境水文地质试验方法简介

E.1 抽水试验

抽水试验：目的是确定含水层的导水系数、渗透系数、给水度、影响半径等水文地质参数，也可以通过抽水试验查明某些水文地质条件，如地表水与地下水之间及含水层之间的水力联系，以及边界性质和强径流带位置等。

根据要解决的问题，可以进行不同规模和方式的抽水试验。单孔抽水试验只用一个井抽水，不另设置观测孔，取得的资料精度较差；多孔抽水试验是用一个主孔抽水，同时配置若干个监测水位变化的观测孔，以取得比较准确的水文地质参数；群井抽水试验是在某一范围内用大量生产井同时长期抽水，以查明群井采水量与区域水位下降的关系，求得可靠的水文地质参数。

为确定水文地质参数而进行的抽水试验，有稳定流抽水和非稳定流抽水两类。前者要求试验终了以前抽水流量及抽水影响范围内的地下水位达到稳定不变。后者则只要求抽水流量保持定值而水位不一定到达稳定，或保持一定的水位降深而允许流量变化。具体的试验方法可参见《供水水文地质勘察规范》(GB50027)。

E.2 注水试验

注水试验：目的与抽水试验相同。当钻孔中地下水位埋藏很深或试验层透水不含水时，可用注水试验代替抽水试验，近似地测定该岩层的渗透系数。在研究地下水人工补给或废水地下处置时，常需进行钻孔注水试验。注水试验时可向井内定流量注水，抬高井中水位，待水位稳定并延续到一定时间后，可停止注水，观测恢复水位。

由于注水试验常常是在不具备抽水试验条件下进行的，故注水井在钻进结束后，一般都难以进行洗井（孔内无水或未准备洗井设备）。因此，用注水试验方法求得的岩层渗透系数往往比抽水试验求得的值小得多。

E.3 渗水试验

渗水试验：目的是测定包气带渗透性能及防污性能。渗水试验是一种在野外现场测定包气带土层垂向渗透系数的简易方法，在研究大气降水、灌溉水、渠水等对地下水的补给时，常需要进行此种试验。

试验时在试验层中开挖一个截面积约 $0.3\text{ m}^2\sim 0.5\text{ m}^2$ 的方形或圆形试坑，不断将水注入坑中，并使坑底的水层厚度保持一定（一般为 10 cm 厚），当单位时间注入水量（即包气带岩层的渗透流量）保持稳定时，可根据达西渗透定律计算出包气带土层的渗透系数。

E.4 浸溶试验

浸溶试验：目的是为了查明固体废弃物受雨水淋滤或在水中浸泡时，其中的有害成分转移到水中，对水体环境直接形成的污染或通过地层渗漏对地下水造成的间接影响。有关固体废弃物的采样、处理和分析方法，可参照《工业固体废弃物有害物特性试验与监测分析方法》中的有关规定执行。

E.5 土柱淋滤试验

土柱淋滤试验：目的是模拟污水的渗入过程，研究污染物在包气带中的吸附、转化、自净机制，确定包气带的防护能力，为评价污水渗漏对地下水水质的影响提供依据。

试验土柱应在评价场地有代表性的包气带地层中采取。通过滤出水水质的测试，分析淋滤试验过程中污染物的迁移、累积等引起地下水水质变化的环境化学效应的机理。

试剂的选取或配制，宜采取评价工程排放的污水做试剂。对于取不到污水的拟建项目，可取生产工艺相同的同类工程污水替代，也可按设计提供的污水成分和浓度配制试剂。如果试验目的是为了制定污水排放控制标准时，需要配制几种浓度的试剂分别进行试验。

E.6 弥散试验

弥散试验：目的是研究污染物在地下水中运移时其浓度的时空变化规律，并通过试验获得进行地下水环境质量定量评价的弥散参数。

试验可采用示踪剂(如食盐、氯化铵、电解液、荧光染料、放射性同位素¹³¹I等)进行。试验方法可依据当地水文地质条件、污染源的分布以及污染源同地下水的相互关系确定。一般可采用污染物的天然状态法、附加水头法、连续注水法、脉冲注入法。试验场地应选择在对地质、水文地质条件有足够了解、基本水文地质参数齐全的代表性地区。观测孔布设一般可采用以试验孔为中心“+”字形剖面，孔距可根据水文地质条件、含水层岩性等考虑，一般可采用5米或10米；也可采用试验孔为中心的同心圆布设方法，同心圆半径可采用3米、5米或8米，在卵砾石含水层中半径一般以7米、15米、30米为宜。试验过程中定时、定深在试验孔和观测孔中取水样，进行水化学分析，确定弥散参数。

E.7 流速试验（连通试验）

流速试验(连通试验)：目的是查明地下水的运动途径、流速、地下河系的联通、延展与分布情况，地表水与地下水的转化关系，以及矿坑涌水的水源与通道等问题。

试验一般是在地下水的水平运动为主的裂隙、岩溶含水层中进行。可选择有代表性的或已经污染需要进行预测的地段，按照地下水流向布设试验孔与观测孔。试验孔与观测孔数量及孔距，可根据当地的地下水径流条件确定。一般孔距可考虑10—30米，试剂可用染色剂、示踪剂或食盐等。投放试剂前应取得天然状态下水位、水温、水质对照值；在试验孔内投入试剂，在观测孔内定时取样观测，直至观测到最大值为止，计算出地下水流速和其它有关参数。

E.8 地下水含水层储能试验

地下水含水层储能试验：目的是获取地下水含水层温度场参数（如温度增温率、常温层深度、含水层及隔水层比热、热容量、导热系数等）和地下水水质场参数（如水温、地下水物理特性、化学成分、电导率等）。

储能试验场的选择应根据评价区地质、水文地质条件、评价等级和实际需要确定。场地应有代表性。试验场的观测设施和采灌工程，一般包括储能井、观测井、专门测温井、土层分层观测标和孔隙水压力观测井、地表水准点等组成。工程布置可采用“十”字形或“米”字形剖面。中心点为储能井，周围按不同距离布置观测井。

附录 F

(资料性附录)

常用地下水评价预测模型

F.1 地下水量均衡法

对于选定的均衡域，在均衡计算期内水量均衡方程见式 (F.1)。

$$\sum Q_{\text{补}} - \sum Q_{\text{排}} - Q_{\text{开}} = \Delta Q \quad (\text{F.1})$$

式中：

$Q_{\text{开}}$ —地下水开采总量， m^3/d ；

$\sum Q_{\text{补}}$ —地下水各种补给量之和， m^3/d ；

$\sum Q_{\text{排}}$ —地下水各种排泄量之和， m^3/d ；

ΔQ —均衡域内地下水储存量的变化量。对于承压含水层， $\Delta Q = \mu^* F \cdot \Delta H$ ，对于潜水含水层 $\Delta Q = \mu F \cdot \Delta H$ 。

其中： F —均衡域面积， m^2 ；

μ^* —承压含水层释水系数，无量纲；

μ —潜水含水层给水度，无量纲；

ΔH —均衡期内，均衡域地下水水位变幅， m 。

均衡期的选择一般选用 5 年、10 年或 20 年。各均衡要素的选取应根据评价区域内水文地质条件确定。各均衡要素的计算，参见《供水水文地质手册》中的计算方法。

水量均衡法属于集中参数方法，适宜进行区域或流域地下水补给资源量评价。

F.2 地下水流解析法

F.2.1 应用条件

应用地下水流解析法可以给出在各种参数值的情况下渗流区中任何一点上的水位（水头）值。但是，这种方法有很大的局限性，只适用于含水层几何形状规则、方程式简单、边界条件单一的情况。

F.2.2 预测模型

F.2.2.1 稳定运动

F.2.2.1.1 潜水含水层无限边界群井开采情况

$$H_0^2 - h^2 = \frac{1}{\pi k} \sum_{i=1}^n \left(Q_i \ln \frac{R_i}{r_i} \right) \quad (\text{F.2})$$

式中：

H_0 —潜水含水层初始厚度， m ；

h —预测点稳定含水层厚度， m ；

k —含水层渗透系数， m/d ；

i —开采井编号，从 1 到 n ；

Q_i —第 i 开采井开采量, m^3/d ;

r_i —预测点到抽水井 i 的距离, m ;

R_i —第 i 开采井的影响半径, m 。

F.2.2.1.2 承压含水层无限边界群井开采情况

$$s = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{2\pi T} \cdot 1n \frac{R_i}{r_i} \right) \quad (\text{F.3})$$

式中:

s —预测点水位降深, m ;

Q_i —第 i 开采井开采量, m^3/d ;

T —承压含水层的导水系数, m^2/d ;

R_i —第 i 开采井的影响半径, m ;

r_i —预测点到抽水井 i 的距离, m ;

i —开采井编号, 从 1 到 n 。

F.2.2.2 非稳定运动

F.2.2.2.1 潜水情况

$$H_0^2 - h^2 = \frac{1}{2\pi K} \sum_{i=1}^n Q_i W(u_i) \quad (\text{F.4})$$

$$u_i = r_i^2 \mu / 4K\bar{M}t \quad (\text{F.5})$$

式中:

H_0 —潜水含水层初始厚度, m ;

h —预测点稳定含水层厚度, m ;

k —含水层渗透系数, m/d ;

Q_i —第 i 开采井开采量, m^3/d ;

$W(u_i)$ —井函数, 可通过查表的方式获取井函数的值 (《地下水动力学》);

μ —给水度, 无量纲;

i —开采井编号, 从 1 到 n ;

r_i —预测点到抽水井 i 的距离, m ;

\bar{M} —含水层平均厚度, m ;

t —为自抽水开始到计算时刻的时间;

i —开采井编号, 从 1 到 n 。

F.2.2.2.2 承压水情况

$$s = \frac{1}{4\pi T} \sum_{i=1}^n Q_i W(u_i) \quad (\text{F.6})$$

$$W(u_i) = \int_{u_i}^{\infty} \frac{e^{-y}}{y} dy \quad (\text{F.7})$$

$$u_i = \frac{\mu^* r_i^2}{4Tt} \quad (\text{F.8})$$

式中:

s —预测点水位降深, m ;

T —承压含水层的导水系数, m^2/d ;

Q_i —第 i 开采井开采量, m^3/d ;

$W(u_i)$ —井函数, 可通过查表的方式获取井函数的值 (《地下水动力学》);

r_i —预测点到抽水井 i 的距离, m ;

i —开采井编号, 从 1 到 n ;

μ^* —含水层的贮水系数, 无量纲。

F.2.2.3 直线边界附近的井群

F.2.2.3.1 直线补给边界

a) 承压含水层中的井群

$$s = \frac{1}{2\pi T} \sum_{i=1}^n Q_i \cdot 1n \frac{r_{2,i}}{r_{1,i}} \quad (\text{F.9})$$

式中:

s — n 个开采井在计算点处产生的总降深, m ;

T —导水系数, m^2/d ;

Q_i —第 i 个开采井的抽水量, m^3/d ;

$r_{1,i}$ —计算点至第 i 个实井的距离, m ;

$r_{2,i}$ —计算点至第 i 个虚井的距离, m ;

n —开采井的总数。

b) 潜水含水层中的井群

$$h = \sqrt{H_0^2 - \frac{1}{\pi k} \sum_{i=1}^n Q_i 1n \frac{r_{2,i}}{r_{1,i}}} \quad (\text{F.10})$$

式中:

h —计算点处饱水带的厚度, m ;

H_0 —饱水带的初始厚度, m ;

K—渗透系数，m/d。

Q_i —第 i 个开采井的抽水量， m^3/d ；

$r_{1,i}$ 计算点至第 i 个实井的距离，m；

$r_{2,i}$ 计算点至第 i 个虚井的距离，m；

n —开采井的总数。

计算出 h 后，再由 $s=H_0-h$ 得到降深值。

F.2.2.3.2 直线隔水边界

a) 承压含水层中的井群

$$s=0.366 \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n Q_i \lg \frac{2.25Tt}{r_{1,i} \cdot r_{2,i} \cdot \mu^*} \quad (\text{F.11})$$

式中：

s — n 个开采井在计算点处产生的总降深，m；

T —导水系数， m^2/d ；

Q_i —第 i 个开采井的抽水量， m^3/d ；

$r_{1,i}$ 计算点至第 i 个实井的距离，m；

$r_{2,i}$ 计算点至第 i 个虚井的距离，m；

μ^* —含水层的贮水系数，无量纲；

n —开采井的总数。

b) 潜水含水层中的井群

$$s=\sqrt{H_0^2 - 0.732 \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n Q_i \lg \frac{2.25Tt}{r_{1,i} \cdot r_{2,i} \cdot \mu}} \quad (\text{F.12})$$

式中：

s —预测点水位降深，m；

H_0 —饱水带的初始厚度，m；

$T=KH_m$ ， K 为渗透系数， H_m 为饱水带的平均厚度；

μ —给水度，无量纲；

Q_i —第 i 个开采井的抽水量， m^3/d ；

$r_{1,i}$ 计算点至第 i 个实井的距离，m；

$r_{2,i}$ 计算点至第 i 个虚井的距离，m；

n —开采井的总数。

F.3 地下水溶质运移解析法

F.3.1 应用条件

求解复杂的水动力弥散方程定解问题非常困难，实际问题中多靠数值方法求解。但可以用解析解对数值解法进行检验和比较，并用解析解去拟合观测资料以求得水动力弥散系数。

F.3.2 预测模型

F.3.2.1 一维稳定流动一维水动力弥散问题

F.3.2.1.1 一维无限长多孔介质柱体，示踪剂瞬时注入

$$C(x,t) = \frac{m/w}{2n\sqrt{\pi D_L t}} e^{-\frac{(x-ut)^2}{4D_L t}} \quad (\text{F.13})$$

式中：

x —距注入点的距离，m；

t —时间，d；

$C(x, t)$ — t 时刻 x 处的示踪剂浓度，mg/L；

m —注入的示踪剂质量，kg；

w —横截面面积， m^2 ；

u —水流速度，m/d；

n —有效孔隙度，无量纲；

D_L —纵向弥散系数， m^2/d ；

π —圆周率。

F.3.2.1.2 一维半无限长多孔介质柱体，一端为定浓度边界

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x-ut}{2\sqrt{D_L t}}\right) + \frac{1}{2} e^{\frac{ux}{D_L}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x+ut}{2\sqrt{D_L t}}\right) \quad (\text{F.14})$$

式中：

x —距注入点的距离；m；

t —时间，d；

C — t 时刻 x 处的示踪剂浓度，mg/L；

C_0 —注入的示踪剂浓度，mg/L；

u —水流速度，m/d；

D_L —纵向弥散系数， m^2/d ；

$\operatorname{erfc}()$ —余误差函数（可查《水文地质手册》获得）。

F.3.2.2 一维稳定流动二维水动力弥散问题

F.3.2.2.1 瞬时注入示踪剂—平面瞬时点源

$$C(x, y, t) = \frac{m_M / M}{4\pi n \sqrt{D_L D_T t}} e^{-\left[\frac{(x-ut)^2}{4D_L t} + \frac{y^2}{4D_T t}\right]} \quad (\text{F.15})$$

式中：

x, y —计算点处的位置坐标；

t —时间，d；

$C(x, y, t)$ — t 时刻点 x, y 处的示踪剂浓度，mg/L；

M —承压含水层的厚度，m；

m_M —长度为 M 的线源瞬时注入的示踪剂质量，kg；

u —水流速度，m/d；

n —有效孔隙度，无量纲；

D_L —纵向弥散系数, m^2/d ;
 D_T —横向 y 方向的弥散系数, m^2/d ;
 π —圆周率。

F.3.2.2.2 连续注入示踪剂—平面连续点源

$$C(x, y, t) = \frac{m_t}{4\pi Mn\sqrt{D_L D_T}} e^{\frac{xu}{2D_L}} \left[2K_0(\beta) - W\left(\frac{u^2 t}{4D_L}, \beta\right) \right] \quad (F.16)$$

$$\beta = \sqrt{\frac{u^2 x^2}{4D_L^2} + \frac{u^2 y^2}{4D_L D_T}} \quad (F.17)$$

式中:

x, y —计算点处的位置坐标;
 t —时间, d ;
 $C(x, y, t)$ — t 时刻点 x, y 处的示踪剂浓度, mg/L ;
 M —承压含水层的厚度, m ;
 m_t —单位时间注入示踪剂的质量, kg/d ;
 u —水流速度, m/d ;
 n —有效孔隙度, 无量纲;
 D_L —纵向弥散系数, m^2/d ;
 D_T —横向 y 方向的弥散系数, m^2/d ;
 π —圆周率;
 $K_0(\beta)$ —第二类零阶修正贝塞尔函数;(可查《地下水动力学》获得);
 $W\left(\frac{u^2 t}{4D_L}, \beta\right)$ —第一类越流系统井函数(可查《地下水动力学》获得)。

F.4 地下水数值模型

F.4.1 应用条件

数值法可以解决许多复杂水文地质条件和地下水开发利用条件下的地下水资源评价问题, 并可以预测各种开采方案条件下地下水位的变化, 即预测各种条件下的地下水状态。但不适用于管道流(如岩溶暗河系统等)的模拟评价。

F.4.2 预测模型

F.4.2.1 地下水水流模型

对于非均质、各向异性、空间三维结构、非稳定地下水流系统:

a) 控制方程

$$\mu_s \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) + W \quad (F.18)$$

式中:

μ_s —贮水率, $1/m$;

h —水位, m;

K_x, K_y, K_z —分别为 x, y, z 方向上的渗透系数, m/d;

t —时间, d;

W —源汇项, 1/d。

b) 初始条件

$$h(x, y, z, t) = h_0(x, y, z) \quad (x, y, z) \in \Omega, t = 0 \quad (\text{F.19})$$

式中:

$h_0(x, y, z)$ —已知水位分布;

Ω —模型模拟区。

c) 边界条件

1) 第一类边界

$$h(x, y, z, t)|_{\Gamma_1} = h(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_1, t \geq 0 \quad (\text{F.20})$$

式中:

Γ_1 —一类边界;

$h(x, y, z, t)$ —一类边界上的已知水位函数。

2) 第二类边界

$$k \frac{\partial h}{\partial n} \Big|_{\Gamma_2} = q(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_2, t > 0 \quad (\text{F.21})$$

式中:

Γ_2 —二类边界;

K —三维空间上的渗透系数张量;

n —边界 Γ_2 的外法线方向;

$q(x, y, z, t)$ —二类边界上已知流量函数。

3) 第三类边界

$$(k(h-z) \frac{\partial h}{\partial n} + \alpha h) \Big|_{\Gamma_3} = q(x, y, z) \quad (\text{F.22})$$

式中:

α —已知函数;

Γ_3 —三类边界;

K —三维空间上的渗透系数张量;

N —边界 Γ_3 的外法线方向;

$q(x,y,z)$ —三类边界上已知流量函数。

F.4.2.2 地下水水质模型

水是溶质运移的载体,地下水溶质运移数值模拟应在地下水流场模拟基础上进行。因此,地下水溶质运移数值模型包括水流模型(见 F.4.2.1)和溶质运移模型两部分。

a) 控制方程

$$R\theta \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i C) - WC_s - WC - \lambda_1 \theta C - \lambda_2 \rho_b \bar{C} \quad (F.23)$$

式中:

R —迟滞系数,无量纲。 $R = 1 + \frac{\rho_b}{\theta} \frac{\partial \bar{C}}{\partial C}$

ρ_b —介质密度, $\text{mg}/(\text{dm})^3$;

θ —介质孔隙度,无量纲;

C —组分的浓度, mg/L ;

\bar{C} —介质骨架吸附的溶质浓度, mg/L ;

t —时间, d ;

x, y, z —空间位置坐标, m ;

D_{ij} —水动力弥散系数张量, m^2/d ;

V_i —地下水渗流速度张量, m/d ;

W —水流的源和汇, $1/\text{d}$;

C_s —组分的浓度, mg/L ;

λ_1 —溶解相一级反应速率, $1/\text{d}$;

λ_2 —吸附相反应速率, $\text{L}/(\text{mg} \cdot \text{d})$ 。

b) 初始条件

$$C(x, y, z, t) = c_0(x, y, z) \quad (x, y, z) \in \Omega, t = 0 \quad (F.24)$$

式中:

$c_0(x, y, z)$ —已知浓度分布;

Ω —模型模拟区域。

c) 定解条件

1) 第一类边界—给定浓度边界

$$C(x, y, z, t)|_{\Gamma_1} = c(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_1, t \geq 0 \quad (\text{F.25})$$

式中:

Γ_1 —表示定浓度边界;

$c(x, y, z, t)$ —一定浓度边界上的浓度分布。

2) 第二类边界—给定弥散通量边界

$$\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \Big|_{\Gamma_2} = f_i(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_2, t \geq 0 \quad (\text{F.26})$$

式中:

Γ_2 —通量边界;

$f_i(x, y, z, t)$ —边界 Γ_2 上已知的弥散通量函数。

3) 第三类边界—给定溶质通量边界

$$\left(\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} - q_i C \right) \Big|_{\Gamma_3} = g_i(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_3, t \geq 0 \quad (\text{F.27})$$

式中:

Γ_3 —混合边界;

$g_i(x, y, z, t)$ — Γ_3 上已知的对流—弥散总的通量函数。