

附件二：

# 中华人民共和国国家环境保护标准

HJ□□□-200□

## 环境影响评价技术导则

### 地下水环境

Guidelines for Environmental Impact Assessment

Groundwater Environment

(征求意见稿)

200□-□□-□□发布

200□-□□-□□实施

环 境 保 护 部 发布

# 目 次

前 言.....	I
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 地下水环境影响评价工作分级.....	4
6 地下水环境影响评价技术要求.....	8
7 地下水环境影响识别.....	8
8 地下水环境现状调查与评价.....	9
9 地下水环境影响预测.....	14
10 地下水环境影响评价.....	17
11 地下水保护措施与对策.....	18
12 地下水环境影响评价专题文件的编写.....	19
附录 A（资料性附录）符号.....	21
附录 B（资料性附录）不同类型建设项目地下水环境影响识别.....	23
附录 C（资料性附录）典型建设项目地下水环境影响.....	24
附录 D（资料性附录）不同行业特征污染物和固体废物监测项目.....	26
附录 E（资料性附录）污染源入渗量计算式.....	29
附件 F（资料性附录）地下水环境调查表.....	30
附录 G（资料性附录）环境水文地质试验方法.....	33
附录 H（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》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》，保护环境，防治污染，规范地下水环境影响评价工作，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、附录 G、附录 H 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 200□年□□月□□日批准。

本标准自 200□年□□月□□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或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。

GB50027 供水水文地质勘察规范

HJ/T2.1 环境影响评价技术导则 总纲

HJ/T19 环境影响评价技术导则 非污染生态影响

HJ/T338 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 地下水污染 groundwater contamination

受人类活动影响，地下水水质逐渐恶化的现象。

### 3.2 地下水环境背景值 background value of groundwater environment

在未受人类活动影响的情况下，地下水所含化学成分的含量值。该值反映了天然状态下地下水环境自身原有化学成分的特性值，也称地下水环境本底值。

### 3.3 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。

### 3.4 包气带 Unsaturated zone

地面以下潜水面以上的地带。也称非饱和带。它是大气水和地表水同地下水发生联系并进行水分交换的通道。

### 3.5 环境水文地质问题 Problem of environmental hydrogeology

指因天然或人类活动而产生的与地下水有关的环境问题，如天然劣质水、地下水污染、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：指在项目建设和运营过程中，可能造成地下水水质污染的建设项目；

II类：指在项目建设和运营过程中，由于地下水水位变化可能引起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5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：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，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。

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、调查监测、预测评价和编写小结四个阶段。

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大纲。

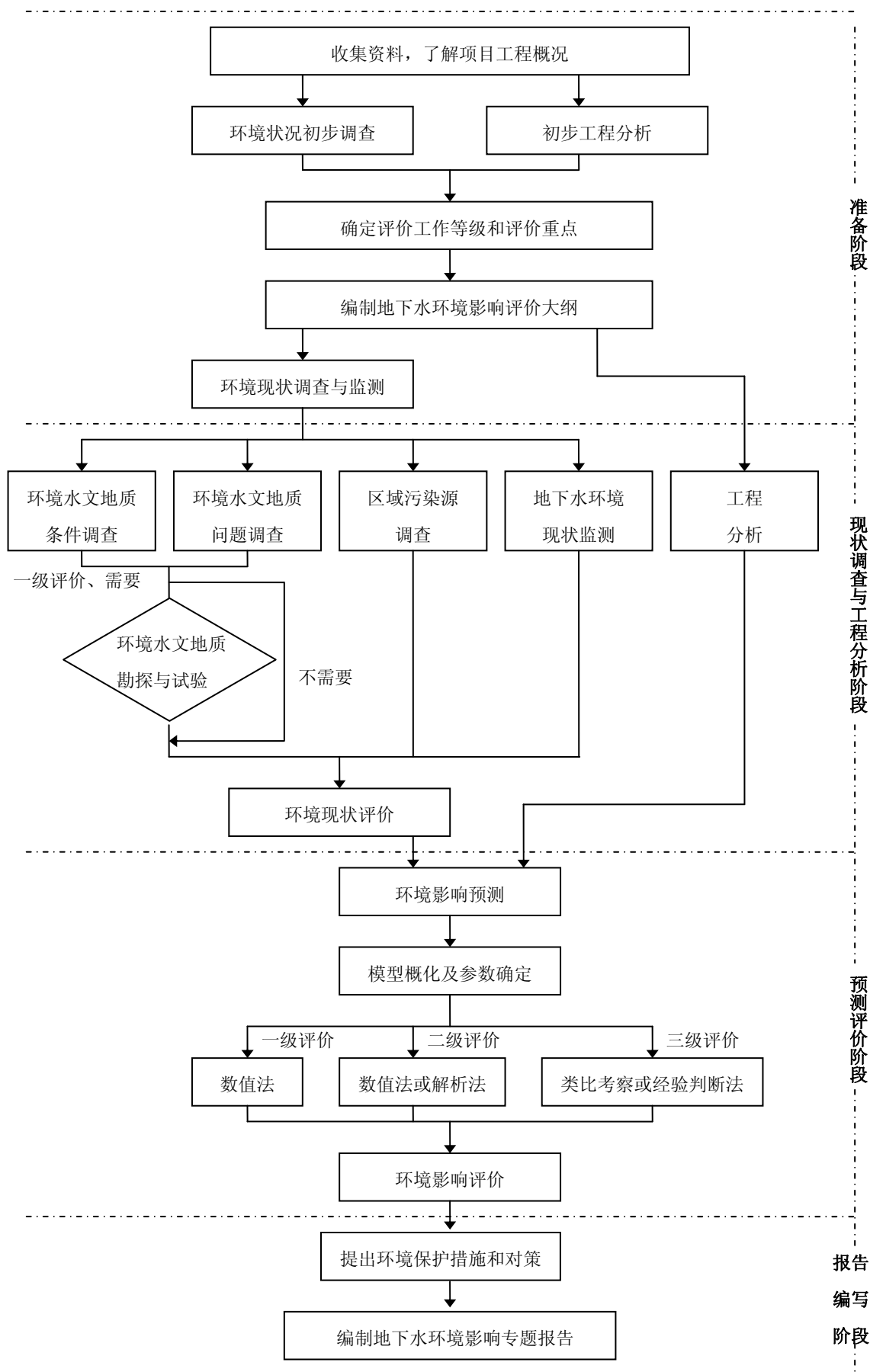


图1 地下水环境影响评价工作程序框图

#### 4.4.2 现状调查与工程分析阶段

完成现场调查、地下水监测、取样分析化验、室内外试验和室内资料分析等工作，同时进行工程分析。

#### 4.4.3 预测评价阶段

依据国家、地方有关地下水环境管理的法规及标准，进行地下水环境现状评价，地下水环境影响预测和评价。

#### 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。

### 5 地下水环境影响评价工作分级

#### 5.1 划分原则

I类和II类建设项目，分别根据其对地下水环境的影响类型、建设项目所处位置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。

#### 5.2 I类建设项目工作等级划分

##### 5.2.1 划分依据

5.2.1.1 I类建设项目地下水环境影响评价工作等级的划分，应根据建设项目场址的包气带防污性能、环境水文地质条件、环境特征、污水排放量与污水水质复杂程度等指标确定。

##### 5.2.1.2 建设项目场址的包气带防污性能

建设项目场址的包气带防污性能按包气带中粘性土的分布情况分为弱、中、强三类，分类原则见表1。

表1 包气带防污性能分类

分 类	包气带岩土渗透性能
弱	粘性土单层厚度 $M_0 < 1.0$ 米或包气带岩层饱和渗透系数 $K > 10^{-4}$ cm/s，并且建设项目场地和废水排放区域内粘性土层不连续。
中	粘性土单层厚度 $1.0\text{m} \leq M_0 \leq 2.0\text{m}$ ，并且包气带岩层饱和渗透系数 $10^{-7}$ cm/s $\leq K \leq 10^{-4}$ cm/s，同时建设项目场地和废水排放区域粘性土层分布较连续。
强	粘性土单层厚度 $M_0 > 2.0\text{m}$ ，并且包气带岩层饱和渗透系数 $K < 10^{-7}$ cm/s，并在建设项目场地和废水排放区域粘性土层分布连续、稳定。

##### 5.2.1.3 建设项目场址的环境水文地质条件

建设项目场址的环境水文地质条件按其特征分为复杂、中等、简单三类，分类原则见表 2。

表 2 环境水文地质条件分类

分 类	项目所处位置与环境水文地质条件特征
复杂	处于潜水补给区，含水层与地表水联系密切，不利于污染物的稀释、自净，现存各种环境水文地质问题较多且突出的地区。
中等	处于潜水径流排泄区，含水层与地表水联系较密切，含水层层数较多，层位较稳定或现存与建设项目类型相关环境水文地质问题较多的地区。
简单	处于承压含水层区，现存环境水文地质问题较少。

对以上分类中未包含的水文地质类型，可按其复杂程度与上述分类原则对照，取最为相似类型定为该水文地质的类型。

#### 5.2.1.4 建设项目场址的环境特征

建设项目场址的环境特征按环境敏感程度可分为敏感、较敏感、不敏感三类，分类原则见表 3。

表 3 环境敏感程度分类

分 类	项目场址的环境敏感特征
敏感	处于城镇生活集中供水水源地补给区和水源保护区，地下水水质优于三类的地区，以及环境敏感区。
较敏感	处于地下水水质三类或四类的地区。
不敏感	处于地下水水质五类或劣于五类的地区。

注：表中环境敏感区系指《建设项目环境保护分类管理名录》中所界定的涉及地下水的环境敏感区。

#### 5.2.1.5 建设项目污水排放量

建设项目污水排放量可分为大、中、小三级，分级标准见表 4。

表 4 污水排放量分级

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

#### 5.2.1.6 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、简单三类，分类原则见表 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类别。

表 5 污水水质复杂程度分类

污水水质复杂程度类别	污染物类型	污水水质指标 (个)
------------	-------	------------

复杂	污染物类型数 $\geq 2$	需预测的水质指标 $\geq 6$
中等	污染物类型数 $\geq 2$	需预测的水质指标 3~5
	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 $< 3$

注：各行业建设项目特征污水水质指标参见附录 D 表 1。

### 5.2.2 I 类建设项目评价工作等级

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。

表 6 I 类建设项目评价工作等级分级

评价 级别	建设项目场址 包气带防污性能	建设项目场址 环境水文地质条件	建设项目场址 环境特征	建设项目 污水排放量	建设项目 水质复杂程度
一级	弱-强	简单-复杂	敏 感	小-大	简单-复杂
	中等	复 杂	较敏感	大	中等-复杂
	弱	中等-复杂	较敏感	中	中等-复杂
		复杂	不敏感	大	复杂
二级	强	复杂	不敏感	大	复杂
	中等	中等-复杂	不敏感-较敏 感	中	中等-复杂
		简单		大	简单-复杂
	弱	复杂	不敏感	小-中	复杂
三级	中等	简单	不敏感-较敏 感	小	
	强	中等		中	中等
		简单		小	简单
	弱	复杂	不敏感	小	简单-中等

### 5.3 II 类建设项目工作等级划分

#### 5.3.1 划分依据

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

#### 5.3.1.2 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 类	供水、排水（或注水）量（万 m <sup>3</sup> /d）
大	≥2.0
中	1.0~2.0
小	≤1.0

#### 5.3.1.3 建设项目引起的地下水水位变化范围

建设项目引起的地下水水位变化区域范围可按影响面积分为大、中、小三级，分级标准见表 8。

表 8 地下水水位变化区域范围分级

分 类	地下水水位变化区域范围（km <sup>2</sup> ）
大	≥10.0
中	5.0~10.0
小	≤5.0

#### 5.3.1.4 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、地面塌陷，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、弱三类，分类原则见表 9。

表 9 环境水文地质问题分类

程 度	可能造成的环境水文地质问题
强	产生地面沉降、地裂缝、地面塌陷、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。

#### 5.3.2 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 10。

表 10 II类建设项目评价工作等级分级

评价等级	供水、排水（或注水）规模	地下水水位变化区域范围	环境水文地质问题大小
一级	大、中	大	强、中
	大、中	中	强
二级	小	大	中
	大、中、小	中	中

	大、中	小	中
三级	中、小	中	弱
	小	小	弱

## 6 地下水环境影响评价技术要求

### 6.1 一级评价要求

通过搜集资料和环境现状调查，详细掌握评价区域的环境水文地质条件（给出大于或等于 1/10000 的相关图件）、污染源状况、地下水开采利用现状与规划。查明各含水层间以及与地表水之间的水力联系，掌握枯、平、丰水期的地下水动态变化规律。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进行现状监测、勘察试验；对地下水水质、水量采用数值法进行环境影响预测和评价，对环境水文地质问题进行半定量或定性的预测和评价；提出切实可行的环境保护措施。

### 6.2 二级评价要求

通过搜集资料和环境现状调查，基本掌握评价区域的环境水文地质条件（给出大于或等于 1/50000 的相关图件）、污染源状况、项目所在区域的地下水开采利用现状与规划。说明各含水层之间以及与地表水之间的水力联系，了解近 5 年内至少一个水文年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现状监测，根据环境影响评价需要进行补充勘察试验；对地下水水质、水量采用数值法或解析法进行环境影响预测和评价，对环境水文地质问题进行定性的分析和评价；提出切实可行的环境保护措施。

### 6.3 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（给出小于 1/50000 的相关图件）、污染源状况、项目所在区域的地下水开采利用现状与规划；掌握建设项目环境影响评价区的环境水文地质条件；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、时序分析和类比预测分析法等进行地下水环境影响分析与评价；提出切实可行的环境保护措施。

## 7 地下水环境影响识别

### 7.1 基本要求

7.1.1 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，在环境影响评价大纲编制阶段完成。

7.1.2 应根据建设项目实施过程的三个阶段（建设、生产运行和服务期满后）、工程特征分别识别其环境影响，并应考虑正常生产运行与事故状态两种情况。

7.1.3 对于一级评价或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、中期和后期进行因素识别。

## 7.2 识别方法

7.2.1 环境影响识别可采用矩阵法，参见附录 B。

7.2.2 典型建设项目地下水环境影响因素，参见附录 C。

## 8 地下水环境现状调查与评价

### 8.1 调查原则

8.1.1 调查工作应遵循资料搜集与现场调查相结合，地下水环境现状调查与项目所在场地监测、实验相结合，项目所在场地调查与类比考察相结合的原则。

8.1.2 地下水环境现状调查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调查。

8.1.3 地下水环境现状调查点以地下水天然露头、地表水体、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为主。

8.1.4 地下水监测参照 GB50027 中有关要求进行。

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

### 8.2 调查范围

#### 8.2.1 基本要求

地下水环境现状调查的范围应能说明地下水环境的基本状况，并能满足环境影响预测和评价的要求。

#### 8.2.2 I 类建设项目

I 类建设项目地下水环境现状调查范围一般采用公式（1）计算，对尚无相关水文地质勘查工作的地区，可参考表 11 确定。

$$l = \frac{cQ_0t}{c'm\mu} \dots\dots\dots (1)$$

式中：  $l$  —地下水环境现状调查半径（m）

$C$  —污染组分排放浓度(mg/l)

$Q_0$ —污水入渗量(m<sup>3</sup>/d)，  $Q_0 = q\lambda$

$q$  —污染物排放量(m<sup>3</sup>/d)

$\lambda$  —入渗系数（参考《水文地质手册》，地质出版社出版）

$t$  —污染物累计排放时间（d）

$c'$  —评价区地下水环境质量标准限值(mg/l)

$m$  —评价区含水层厚度(m)

$\mu$  —评价区含水层给水度

表 11 地下水环境现状调查范围参考表

评价等级	调查范围（km <sup>2</sup> ）	备注
一级	>50	环境水文地质条件复杂、地下水流速较大的地区，调查范围可取较大值，否则可取较小值。
二级	20~50	
三级	<20	

### 8.2.3 II类建设项目

II类建设项目地下水环境现状调查范围应包括项目建设和运营过程中地下水水位变化的影响区域，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范围应同时包括 8.2.2 与 8.2.3 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、渗透系数和富水系数；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) 地下水环境背景值或对照值。

### 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) 地下水开发利用状况、开采层的层井的密度、深度以及开采历史，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) 集中供水水源地和水源井的分布情况、水井结构、地质剖面、卫生防护情况；
- d) 与地下水有关的其它人类活动情况调查。

### 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，不再进行现场调查。
- 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，应选择有代表性的渠（河）段进行渗漏量和影响范围调查。水库渗漏量可根据库底地层结构或库底沉积物的组成和厚度近似估算。
- c) 对污水池和污水库应调查其结构组成和功能，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，进出水规律和不同时期内水质、水量变化情况，库内水位标高与其周围地下水的水位差，坝堤、坝基和库底的防渗设施和渗漏情况，渗漏水对当地地下水质的污染影响。
- d) 对于农业污染源，重点应调查和了解污灌区的位置、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，必要时可补做少量渗水试验，以便了解单位面积渗水量。对污灌区的土壤类型、污灌前后土壤污染物含量及累积情况进行调查。
- e) 对工业固体废物堆放（填埋）场，应测定其位置、堆积面积、高度、堆积量等，并了解其底部、侧部渗透性能及防渗处理情况，同时采取有代表性的样品进行浸溶试验、土柱淋滤试验，废物的有害成份（工业固体废物及有害废物监测项目参见附录 D 表 2）、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。

#### 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 地下水环境监测应以浅层地下水和有开发利用价值的含水层为主，适当兼顾与目标含水层有水力联系的其它含水层或地表水体。

8.3.4.3 地下水环境监测时段，应在能代表当地地下水枯、平、丰水期的月份中进行。

8.3.4.4 地下水环境监测点的布设原则：

a) 地下水环境监测点采用控制性布点与功能性布点相结合的原则，监测点应重点布置在不同的水文地质单元、主要含水层、易污染含水层和已污染含水层，以及主要环境水文地质问题的易发区或已发区等。

一般情况下，地下水水位监测点数应大于各级地下水水质监测点数的2倍以上。

b) 一级评价项目的地下水水质监测点应大于7个点（含7个点）。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应大于1个点（含1个点），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。

c) 二级评价项目的地下水水质监测点不得小于5个点。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，建设项目场地及其下游影响区的地下水水质监测不得少于2个点。

d) 三级评价项目的地下水水质监测点不得小于3个点。一般要求建设项目场地上游不得少于1个点，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。

8.3.4.5 地下水水质监测项目的选择，应根据建设项目行业污水特点、评价等级和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 地下水环境监测频率应符合下列要求：

a) 评价等级为一级的建设项目，应分别在枯、丰、平水期各监测一次。

b) 评价等级为二级的建设项目，应分别在枯、丰水期各监测一次。

c) 评价等级为三级的建设项目，应尽可能在枯水期监测一次。

8.3.4.7 水样的采集、保存、分析化验方法，应按有关国家标准执行。pH、DO、水温等不稳定项目应在现场测定。

8.3.4.8 水质分析结果，应进行范围值、均值、标准差、检出率和超标率的统计。

#### 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、物探以及水土化学分析和室内外测试、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、潜水水量垂直均衡试验、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 G。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。

#### 8.4 环境现状评价

##### 8.4.1 污染源整理与分析

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。

##### 8.4.2 地下水水质评价

地下水水质评价应以地下水水质调查分析资料及水质监测资料为基础，采用标准指数法和污染指数法进行。

###### 8.4.2.1 标准指数法

a) 对于评价标准为定值的水质参数，其标准指数计算公式见（2）。

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \dots\dots\dots (2)$$

式中： $P_i$ —标准指数；

$C_i$ —水质参数  $i$  的监测浓度值；

$S_i$ —水质参数  $i$  的标准浓度值。

b) 对于评价标准为区间值的水质参数（如 pH 值），其标准指数计算公式见（3）、（4）。

$$P_{pH} = \frac{7.0 - pH_i}{7.0 - pH_{sd}} \quad pH_i \leq 7 \text{ 时} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$P_{pH} = \frac{pH_i - 7.0}{pH_{su} - 7.0} \quad pH_i > 7 \text{ 时} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：  $P_{pH}$  —  $pH_i$  的标准指数；

$pH_i$  —  $i$  点实测  $pH$  值；

$pH_{su}$  —标准中  $pH$  的上限值；

$pH_{sd}$  —标准中  $pH$  的下限值。

评价时，标准指数 $>1$ ，表明该水质参数已超过了规定的水质标准，指数值越大，超标越严重。

###### 8.4.2.2 污染指数法

a) 对于地下水污染对照值为定值的水质参数，其污染指数计算公式见（5）。

$$P_i = \frac{C_i}{S_i'} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中： $P_i$ —污染指数；

$C_i$ —水质参数  $i$  的监测浓度值；

$S_i'$ —水质参数  $i$  的对照值浓度值。

b) 对于地下水污染对照值为区间值的水质参数（如  $pH$  值），其污染指数计算公式见（6）、（7）。

$$P_{pH} = \frac{7.0 - pH_i}{7.0 - pH_{sd}} \quad pH_i \leq 7 \text{ 时} \quad \dots\dots\dots (6)$$

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

式中： $P_{pH}$ — $pH_i$  的污染指数；

$pH_i$ — $i$  点实测  $pH$  值；

$pH_{su}$ —地下水污染对照值中  $pH$  的上限值；

$pH_{sd}$ —地下水污染对照值中  $pH$  的下限值。

评价时，污染指数 $>1$ ，表明该水质因子已受到污染，指数值越大，污染越严重。

#### 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，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和地面沉降的危害，阐明地面沉降的形成、发展过程，为发展趋势预测提供依据。

8.4.3.4 地面塌陷状况分析，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，阐明地面塌陷发生、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、结构特征等影响因素，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/T2.1 中确定的原则进行。

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，同时还应按污染物正常排放和事故排放两种工况进行预测，为评价各方案的环境合理性提供基础资料。

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

9.1.5 III类项目，参照9.1.3、9.1.4执行。

## 9.2 预测范围

9.1.1 地下水环境影响预测的范围应包括保护目标和环境影响的敏感区域。

9.1.2 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（如湿地、自然保护区和地质遗迹等）。
- d) 可能造成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实施过程的建设、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拟建项目将要排放的主要污染物。
- b) 毒性较强、影响较大、超标的污染物。
- 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H。

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、时序分析和类比预测法。

9.5.3 采用数值法或解析法模型时，数值法或解析法模型结构形式和参数数值确定之后，还应利用独立于识别模型的评价区地下水水位、水质长期监测数据验证后，模型才能用于预测。

## 9.6 预测模型概化

### 9.6.1 水文地质条件概化

9.6.1.1 水文地质条件概化应根据评价等级、当地含水介质、地下水埋藏条件、地下水流场边界条件和拟选用的水质预测模式确定。

9.6.1.2 采用解析模型预测污染物在含水层中的扩散时，通常进行如下假定或概化：

- a) 污染物进入地下水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。

9.6.1.3 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如下要求：

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

### 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，排放形式可以简化为点源或面源；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 地下水水量(水位)预测所需用的含水层渗透系数、导水系数、释水系数、给水度等参数值，应从评价区以往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。

9.6.3.2 评价区内缺少可直接利用的参数值时，应选择有代表性的机井或民井，开展抽水、注水等试验，求取所需参数值，评价等级较低时，可选用经验值。

9.6.3.3 对于一级评价中对地下水有重大影响的Ⅰ类建设项目，水质模型中的弥散参数应通过现场试验获取。

## 10 地下水环境影响评价

### 10.1 评价原则

10.1.1 建设项目地下水环境影响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，对建设项目各实施阶段的地下水环境影响进行评价。评价原则参见《环境影响评价技术导则—总纲》（HJ/T2.1）。

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 根据 9.1.3、9.1.4、9.1.5 的预测结果，进行多方案的对比评价，从地下水环境影响的角度推荐最佳方案。

10.1.4 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（如已建和拟建的地下水源地、生态环境脆弱区域和其它地下水环境敏感点）的影响。评价的重点因子应是建设项目在各评价时段对地下水污染影响较大的因子。

10.1.5 II 类建设项目应重点依据地下水资源补采平衡的原则，结合地下水资源论证结论，评价地下水开采方案的可行性，并评价开采过程中诱发的环境水文地质问题的影响程度和范围。

### 10.2 评价方法

10.2.1 I 类建设项目的地下水水质影响评价，可采用标准指数法和污染指数法进行评价，具体方法参见 8.4.2。

10.2.2 评价因地下水位变化导致的环境水文地质问题时，可采用预测水位与初始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：可分别采用地下水返盐的临界深度水位和地下水上升幅度至地表的标准进行评价。

c) 地面沉降、地裂缝、地面塌陷的评价可参照地质灾害评估所采用的方法进行。

### 10.3 评价要求

#### 10.3.1 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，有个别水质参数在较大范围内出现超标，但采取一定环保措施后，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) 地下水质量现状已经超标；

2) 削减措施在技术上不可行, 在经济上明显不合理。

### 10.3.2 II类建设项目

II类建设项目地下水资源开发的环境影响分析, 应依据地下水资源补采平衡的原则, 结合地下水资源论证结论, 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性质及其影响范围、程度、特征等。

### 10.3.3 III类建设项目

III类建设项目的环境影响分析可参照 10.3.1、10.3.2 进行。

## 11 地下水保护措施与对策

### 11.1 基本要求

11.1.1 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保护措施和对策。

11.1.2 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。

11.1.3 给出各项地下水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 I类建设项目污染防治对策

I类建设项目污染防治对策应从以下五方面考虑:

- a) 提出采用先进的生产工艺, 加强节水的具体措施, 减少水的消耗量。
- b) 提出减少污水外排量, 提高污水资源化的具体方案。
- c) 加强对无组织排放途径的控制, 提出禁止在地下水可能受到污染的地区进行污灌, 科学使用农药、化肥等的具体措施。
- d) 合理选择建设项目场地, 并提出严格的防渗措施方案, 具体包括:
  - 1) 不得利用渗井、渗坑、裂隙和溶洞排放、倾倒含有毒污染物或含病原体的废水及废弃物;
  - 2) 不得利用无防止渗漏措施的沟渠、坑塘等输送或者存贮含有毒污染物或含病原体的废水及废弃物;
  - 3) 利用地下工程储存、处置有毒有害物质或者废水的, 应提出严格的防护性措施, 防止地下水污染, 提出建立质量监控系统的具体要求, 制定防止地下水污染的应急预案, 防止可能造成地下水污染;
  - 4) 固体废物的收集、贮存、处置场地, 应提出防流失、防渗漏或者其他防止地下水污染的具体措施;
  - 5) 改扩、建项目对地下水环境已经造成污染的既有污染源, 应提出采取封闭、截流、净化恢复, 或抽出净化利用或排放等具体的治理措施。

e) 合理的水资源管理制度。

### 11.3 II类建设项目地下水保护与环境水文地质问题减缓措施

11.3.1 以均衡开采为评价原则，提出禁止超量开采，防止出现区域水位下降的具体要求。提出避免资源开采过程中诱发的湿地退化、地面沉降、地面塌陷、地面裂缝等环境水文地质问题的具体措施。

11.3.2 开采多层地下水，各含水层水质差异较大的，应提出分层开采的具体方案；在地下水已受污染的地区，还应提出禁止已污染含水层和未被污染含水层混合开采的具体措施。

11.3.3 进行勘探等活动时，应提出防护性措施，防止地下水污染。

11.3.4 建设项目可能引发其它环境水文地质问题时，应提出开展针对性专题研究工作的建议和方案。

### 11.4 环境管理对策

11.4.1 合理、可行、操作性强的环境管理体系是防治地下水污染的途径之一。提出的环境管理体系中应包括环境监测方案和向环境行政主管部门报告的制度。

11.4.2 向环境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、治理措施运行状况等。

11.4.3 提出的环境监测方案应包括：

a) 对建设项目的污染源和主要保护目标，提出具体的监测工作计划，一般应包括：监测点布置、监测的主要含水层、监测的水质项目和监测频率等，还应监测与环保措施运行效果有关的数据。

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。

## 12 地下水环境影响评价专题文件的编写

### 12.1 环境影响评价大纲——地下水部分

12.1.1 评价大纲是具体指导建设项目环境影响评价工作的技术文件，也是检查报告书内容和质量的主要判据。评价大纲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 评价大纲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大纲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,监测点分布、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,包括预测模型、预测内容、预测范围、预测时段及有关参数的估值方法等。
- g) 给出不同阶段的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 环境影响报告书——地下水环境影响专题报告

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,并尽量采用图表和照片,以使提出的资料清楚,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,监测点分布、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,包括预测模型、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,并依据相关标准评价建设项目在不同阶段、不同工况下对地下水的影响程度、影响范围。
- 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、适用于拟建项目的地下水污染防治对策和具体措施,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 and 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)

### 符 号

本标准使用的主要符号及其意义与单位见表 A. 1。

表 A. 1 主要符号一览表

序 号	符 号	意 义	单 位
1	C	污染物浓度	mg / L
2	C <sub>0</sub>	污染物初始浓度	mg / L
3	C <sub>i</sub>	实测污染物浓度	mg / L
4	C <sub>max</sub>	污染物最大浓度	mg / L
5	C <sub>p</sub>	废水中污染物排放浓度	mg / L
6	C <sub>R</sub>	无因次浓度	
7	C <sub>S</sub>	地下水质量标准浓度	mg / L
8	$\overline{C}$	污染物平均浓度	mg / L
9	D <sub>L</sub>	纵向弥散系数	m <sup>2</sup> / d
10	D <sub>T</sub>	横向弥散系数	m <sup>2</sup> / d
11	D <sub>Z</sub>	垂向弥散系数	m <sup>2</sup> / d
12	F	污水入渗面积	m <sup>2</sup>
13	G	瞬时污染源质量	g
14	g <sub>2</sub>	二类边界 Γ <sub>2</sub> 给定的函数	
15	H	潜水含水层厚度	m
		河、渠、库水深	m
16	H <sub>c</sub>	注水试验固定水头	m
17	h	抽水时潜水含水层厚度或水柱高度	m
18	$\overline{h}$	潜水含水层平均厚度	m
19	Δ h	地下水位变幅	m
20	I	污染物源汇项	g / m <sup>3</sup> · d
21	K	渗透系数	m / d
22	K <sub>e</sub>	降解系数	1 / d
23	K <sub>d</sub>	分配系数	ml / g
24	L	包气带厚度	m
25	M	承压水含水层厚度	m
26	n	孔隙度	
27	n <sub>e</sub>	有效孔隙度	
28	P <sub>i</sub>	标准指数	
29	Q	水井抽水量	m <sup>3</sup> / d
30	Q <sub>b</sub>	地下水径流量	m <sup>3</sup> / d

序 号	符 号	意 义	单 位
31	$Q_o$	污水入渗量	$m^3 / d$
32	$q$	单位时间钻孔注水量	$m^3 / d$
		含水层单位宽度上的流量	$m^3 / d \cdot m$
33	$R$	抽水影响半径	$m$
34	$r_d$	阻滞系数	
35	$r$	抽水孔过滤器半径	$m$
36	$s$	水位降深	$m$
		固相浓度	$mg / g$
37	$T$	导水系数	$m^2 / d$
38	$T_x$	x 方向导水系数	$m^2 / d$
39	$T_y$	y 方向导水系数	$m^2 / d$
40	$T_{1/2}$	放射性同位素半衰期	a 或 d
41	$t$	时间	d
42	$t_R$	无因次时间	
43	$\Delta t$	时间步长	d
44	$u$	地下水孔隙流速	$m/d$
45	$u_r$	径向地下水孔隙流速	$m/d$
46	$u_x$	x 方向地下水孔隙流速	$m/d$
47	$u_y$	y 方向地下水孔隙流速	$m/d$
48	$W$	水量源汇项	$m/d$
49	$W(u)$	井函数	
50	$X$	t 日内降水量	$m$
		迪卡尔坐标	$m$
51	$\Delta x$	x 方向步长	$m$
52	$y$	迪卡尔坐标	$m$
53	$\Delta y$	y 方向步长	$m$
54	$\alpha$	降水入渗补给系数	
55	$\alpha_L$	纵向弥散度	$m$
56	$\alpha_T$	横向弥散度	$m$
57	$\Gamma_1$	一类边界	
58	$\Gamma_2$	二类边界	
59	$\Gamma_3$	混合边界	
60	$\theta$	土壤含水率	
61	$\lambda$	衰减系数	$1/d$
62	$\mu$	给水度	
63	$S_s$	弹性释水系数	$m^{-1}$
64	$\rho_b$	土壤密度	$g/cm^3$

附 录 B  
(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 B.1。

表 B.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 C**  
**(资料性附录)**  
**典型建设项目地下水环境影响**

C.1 工业类项目

- C.1.1 废水的渗漏对地下水水质的影响(工业废水污染物种类参见附录 D, 下同);
- C.1.2 固体废物对土壤、地下水水质的影响(工业固体废物及有害污染物种类参见附录 E, 下同);
- C.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;
- C.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。

C.2 固体废物填埋场工程

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

C.3 污水土地处理工程

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

C.4 地下水集中供水水源地开发建设工程

- C.4.1 水源地开发对区域地下水水位、水质、水资源量的影响;
- C.4.2 水源地开发引起地下水水位变化而产生的环境水文地质问题;
- C.4.3 水源地开发对地下水水质的影响。

C.5 水利水电工程

- C.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;
- C.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;
- C.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。

C.6 地下水库建设工程

- C.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;
- C.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;
- C.6.3 地下水库的水位变化对建筑物地基的影响;
- C.6.4 地下水库的水位变化可能引起的土壤盐渍化、沼泽化和地面塌陷等环境水文地质问题。

### C.7 矿山开发工程

- C.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；
- C.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；
- C.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；
- C.7.4 尾矿库坝下淋渗、渗漏对地下水水质的影响；
- C.7.5 矿坑水对地下水水位、水质的影响；
- C.7.6 矿山开发工程可能引起的水资源衰竭、地面塌陷、地面沉降等环境水文地质问题。

### C.8 石油开发工程

- C.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；
- C.8.2 石油勘探、采油和运输储存过程中的跑、冒、滴、漏油对土壤、地下水水质的影响；
- C.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；
- C.8.4 油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。

### C.9 农业类项目

- C.9.1 农田灌溉、农业开发对地下水水位、水质的影响；
- C.9.2 污水灌溉和施用农药、化肥对地下水水质的影响；
- C.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。

## 附 录 D

### (资料性附录)

#### 不同行业特征污染物和固体废物监测项目

##### D.1 不同行业特征污染物监测项目

不同行业特征污染物监测项目见表 D.1。

表 D.1 不同行业特征污染物监测项目

序号	行 业 类 别		监 测 项 目
1	黑色金属矿山(包括磁铁矿、赤铁矿、锰矿等)		pH 值、硫化物、铜、铅、锌、镉、汞、六价铬等
2	黑色冶金(包括选矿、烧结、炼焦、炼铁、炼钢、轧钢等)		pH 值、COD、硫化物、氟化物、挥发性酚类、氰化物、石油类、铜、铅、锌、砷、镉、汞等
3	选矿药剂		COD、硫化物、挥发性酚类等
4	有色金属矿山及冶炼(包括选矿、烧结、冶炼、电解、精炼等)		pH 值、COD、硫化物、氟化物、挥发性酚类、铜、铅、锌、砷、镉、汞、六价铬等
5	火力发电、热电		pH 值、硫化物、挥发性酚类、砷、铅、镉、石油类、水温等
6	煤矿(包括洗煤)		pH 值、砷、硫化物等
7	焦化		COD、硫化物、挥发性酚类、氰化物、石油类、水温、氨氮、苯类、多环芳烃等
8	石油开发		pH 值、COD、硫化物、挥发性酚类、石油类等
9	石油炼制		pH 值、COD、硫化物、挥发性酚类、氰化物、石油类、苯类、多环芳烃等
10	化 学 矿 开 采	硫铁矿	pH 值、硫化物、铜、铅、锌、镉、汞、砷、六价铬等。
11		雄黄矿	pH 值、硫化物、砷等
12		磷矿	pH 值、氟化物、硫化物、砷、铜、磷等
13		萤石矿	pH 值、氟化物等
14		汞矿	pH 值、硫化物、砷、汞等
15	无 机 原 料	硫酸	pH 值(酸度)、硫化物、氟化物、铜、铅、锌、镉、砷等
16		氯碱	pH 值(或酸、碱度)、COD、汞等
17		铬盐	pH 值(或酸度)、总铬、六价铬等
18	有机原料		pH 值(或酸、碱度)、COD、挥发性酚类、氰化物、苯类、硝基苯类、有机氯等
19	化 肥	磷肥	pH 值(酸度)、COD、氟化物、砷、磷等
20		氮肥	COD、挥发性酚类、氰化物、硫化物、砷等
21	橡 胶	合成橡胶	pH 值(酸、碱度)、COD、石油类；铜、锌、六价铬、多环芳烃等
22		橡胶加工	COD、硫化物、六价铬、石油类、苯、多环芳烃等

序号	行 业 类 别	监 测 项 目
23	塑料	COD、硫化物、氰化物、铅、砷、汞、石油类、有机类、苯类、多环芳烃等
24	化纤	pH 值、COD、铜、锌、石油类等
25	农药	pH 值、COD、硫化物、挥发性酚类、砷、有机氯、有机磷等
26	制药	pH 值(酸、碱度)、COD、石油类、硝基苯类、硝基酚类、苯胺类等
27	染料	pH 值(酸、碱度)、COD、挥发性酚类、硫化物、苯胺类、硝基苯类等
28	颜料	pH 值、COD、硫化物、汞、六价铬、铅、镉、砷、锌、石油类等
29	油漆	COD、挥发性酚类、石油类、镉、氰化物、铅、六价铬、苯类、硝基苯类等
30	其它有机化工	pH 值(酸、碱度)、COD、挥发性酚类、石油类、氰化物、硝基苯类等
31	合成脂肪酸	pH 值、COD、油、锰等
32	合成洗涤剂	COD、油、苯类、表面活性剂等
33	机械制造	COD、挥发性酚类、石油类、铅、氰化物等
34	电镀	pH 值(酸度)、氰化物、六价铬、铜、锌、镍、镉、锡等
35	电子、仪器、仪表	pH 值(酸度)、COD、苯类、氰化物、六价铬、汞、镉、铅等
36	水泥	pH 值
37	玻璃、玻璃纤维	pH 值、COD、挥发性酚类、氰化物、砷、铅等
38	油毡	COD、石油类、挥发性酚类等
39	石棉制品	pH 值等
40	陶瓷制品	pH 值、COD、铅、镉等
41	人造板、木材加工	pH 值(酸、碱度)、COD、挥发性酚类等
42	食品	COD、PH 值、挥发性酚类、氨氮等
43	纺织、印染	pH 值、COD、挥发性酚类、硫化物、苯胺类、色度、六价铬等
44	造纸	pH 值(碱度)、COD、挥发性酚类、硫化物、铅、汞、木质素、色度等
45	皮革及皮革加工	pH 值、COD、硫化物、氯化物、总铬、六价铬、色度等
46	电池	pH 值(酸度)、铅、锌、汞、镉等
47	火工	铅、汞、硝基苯类、硫化物、锑、铜等
48	绝缘材料	COD、挥发性酚类等
49	生活娱乐设施	pH 值、COD、氨氮、总氮、总磷、表面活性剂、磷酸盐、水温、细菌总数、大肠菌群

注：1. 本表除序号49生活娱乐设施废水引自城市废水监测项目，其余均引自《工业污染源调查技术要求及其建档技术规范》。

2. 与《工业污染源调查技术要求及其建档技术规定》相比,减少了悬浮物、BOD<sub>5</sub>两项。

## D.2 工业固体废物及有害废物监测项目

工业固体废物及有害废物监测项目见表 D.2。

表 D.2 工业固体废物及有害废物监测项目

种 类	监 测 项 目
冶炼废渣	作成分全分析或重金属非金属含量(%)及最大浸出量。
化工废渣、废化学药品及药物	作成分全分析或有毒有害物质(胺基物、硝基物等)含量(%)及最大浸出量、反应性、腐蚀性、易燃性。
尾矿、煤矸石、废矿石	作成分全分析或重金属、非金属含量(%)及最大浸出量。
粉煤灰、炉渣	硫、碳含量(%)、 $\gamma$ 剂量率、水浸出液的 pH 值。
污泥、残渣	作成分全分析或有毒有害物质含量(%)及最大浸出量。
废油、废溶剂	有毒有害物质(如醇类、酮类、酯类、苯类等)含量和易燃性。
工业垃圾及其他废物	有毒有害物质含量(%)及最大浸出量、反应性、腐蚀性、易燃性。

注:本表引自《工业污染源调查技术要求及其建档技术规定》

**附 录 E**  
**(资料性附录)**  
**污染源入渗量计算式**

污染源入渗量计算式见表 E.1。

表 E.1 污染源入渗量计算式

序号	污染源类型	入渗量计算式	备注	符号
1	渗坑或渗井	$Q_0 = \lambda q$		$Q_0$ —污水入渗量 ( $\text{m}^3/\text{d}$ 或 $\text{m}^3/\text{a}$ ) $K$ —渗透系数 ( $\text{m}/\text{d}$ )
2	排污渠与河流	$Q_0 = LBK$	也可按上下断面流量差计	$F$ —污水坑或渣场渗水面积 ( $\text{m}^2$ ) $L$ —河段长度 ( $\text{m}$ )
3	污水库或水渣场	同于渗坑渗井	库区渗漏量	$B$ —河流宽度或坝堤长度 ( $\text{m}$ )
4		$Q_0 = \frac{B\Delta H}{\frac{b}{k_1 h_1} + 2\sqrt{\frac{h_2}{k_1 k_2 h_1}}}$	坝基渗漏量	$\Delta H$ —库内外水头差 ( $\text{m}$ ) $b$ —坝基宽度 ( $\text{m}$ ) $h_1$ 、 $h_2$ —坝下防渗层和渗水层的厚度 ( $\text{m}$ )
5	固体废物	$Q_0 = \alpha FX$	如无地下水动态观测资料, 入渗系数可取经验值	$k_1$ 、 $k_2$ —坝下防渗层和渗水层的渗透系数 ( $\text{m}/\text{d}$ ) $x$ —降水量 ( $\text{mm}$ ) $\alpha$ —降水入渗补给系数 $q_1$ —灌溉水量 ( $\text{m}^3/\text{亩} \cdot \text{a}$ ) $q_2$ —总降水量 ( $\text{m}^3/\text{亩} \cdot \text{a}$ )
6	污灌农田	$Q_0 = (q_1 + q_2) - (q_3 + q_4)$ $q_3 = Q_s + \beta Q_s$ $\beta = Q_T / Q_s$	$\beta$ 经验值 0.68~0.92	$q_3$ —总蒸发量 ( $\text{m}^3/\text{亩} \cdot \text{a}$ ) $q_4$ —外排水量 ( $\text{m}^3/\text{亩} \cdot \text{a}$ ) $Q_s$ —水面蒸发量 ( $\text{m}^3/\text{亩} \cdot \text{a}$ ) $Q_T$ —作物蒸腾量 ( $\text{m}^3/\text{亩} \cdot \text{a}$ ) $\beta$ —茎叶相对蒸腾系数

**附 件 F**  
**(资料性附录)**  
**地下水环境调查表**

水文地质调查表见表 F.1。

表 F.1 水文地质调查表

项目名称：

调查单位：

地理位置		省(市)      市      区      镇(乡)      村				编号		
地理坐标		经度      °      '      "		调查点类型	井 <input type="checkbox"/>	井      深		
		纬度      °      '      "		地面高程	泉 <input type="checkbox"/>			
						流量		
地下水类型		<input type="checkbox"/> 潜水含水层 <input type="checkbox"/> 承压含水层 <input type="checkbox"/> 孔隙水 <input type="checkbox"/> 裂隙水 <input type="checkbox"/> 岩溶水 <input type="checkbox"/> 其他						
是否做过抽水试验		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		取水设施		<input type="checkbox"/> 水泵 <input type="checkbox"/> 其他		
开采情况		<input type="checkbox"/> 连续开采 <input type="checkbox"/> 间歇开采		成井日期		年      月      日		
水位埋深 m		水位标高 m		含水层厚度 m				
水 理 特 征	水温	℃		气温	℃		味	
	pH					嗅		
	色					透明度		
周围的污染源		<input type="checkbox"/> 污水坑 <input type="checkbox"/> 排污河渠 <input type="checkbox"/> 厕所 <input type="checkbox"/> 垃圾场			主要用途	<input type="checkbox"/> 生活用水 <input type="checkbox"/> 工业用水 <input type="checkbox"/> 农牧业用水		
		距井	m					
污染源基本情况								



调查人：调查日期： 年 月 日

表 F.2 污染源调查表

项目名称：调查单位：污染源编号：

地理位置：\_\_\_\_\_

地理坐标：\_\_\_\_\_ 地面高程：\_\_\_\_\_

图幅名称：\_\_\_\_\_ 比例尺：\_\_\_\_\_ 照片编号：\_\_\_\_\_ 照片张数：\_\_\_\_\_

工厂/公司名称：\_\_\_\_\_

地 址：\_\_\_\_\_

接待人：\_\_\_\_\_ 电话：\_\_\_\_\_

土地利用类型： ☐工业 ☐农牧业 ☐林业 ☐矿业 ☐城市（乡） ☐交通 ☐其它

建厂时间：\_\_\_\_\_

产品主要类型：\_\_\_\_\_

废水产生环节：\_\_\_\_\_

废水主要成分：\_\_\_\_\_

废水日产量：\_\_\_\_\_

废水排放方式及去向：\_\_\_\_\_

污染场地位置及外观：\_\_\_\_\_

污染场地面积：\_\_\_\_\_

危险废物/储油罐/加油站：

类型：\_\_\_\_\_ 数量：\_\_\_\_\_

是否发生过意外事件：\_\_\_\_\_

受影响的面积：\_\_\_\_\_

垃圾堆放场/垃圾填埋场

类型：\_\_\_\_\_

堆放时间：\_\_\_\_\_

数量/面积：\_\_\_\_\_

外观：\_\_\_\_\_

所处的地质环境条件：\_\_\_\_\_

化肥/农药：

类 型：\_\_\_\_\_

施用量：\_\_\_\_\_

开始使用时间：\_\_\_\_\_

污灌时间：\_\_\_\_\_ 面积：\_\_\_\_\_

污水来源：\_\_\_\_\_

附近主要排污工厂：\_\_\_\_\_

取样类型：\_\_\_\_\_ 样品编号：\_\_\_\_\_ 样品统一编号：\_\_\_\_\_

分析项目：\_\_\_\_\_

调查人：\_\_\_\_\_ 记录人：\_\_\_\_\_ 检查人：\_\_\_\_\_ 调查日期：\_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

**附 录 G**  
**(资料性附录)**  
**环境水文地质试验方法**

### G.1 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毒性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，可参照国家环保局发布的《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。

### G.2 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有机物的降解，无机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。

### G.3 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  $^{131}\text{I}$  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、土样，进行水、土化学分析，确定弥散参数。

### G.4 潜水水量垂直均衡试验

潜水水量垂直均衡试验：目的是获得评价区潜水水均衡计算中有关均衡要素，以便配合其它水文地质资料，进行地下水均衡计算。

通过试验，可以获取降水垂直入渗补给系数，潜水蒸发系数，灌溉水回渗补给系数以及不同岩层的给水度等资料。同时，还可以研究入渗水在包气带的运移和分布规律。

试验方法主要有地中渗透仪和零通量面法。前者主要应用固定潜水位排水—补偿式地中渗透仪；后者所用的基本仪器为负压计和中子水分仪。具体试验操作方法及仪器的设计、安装和场地要求等，可参见《城市环境水文地质工作规范》(DZ55—87)中的有关规定执行。

#### G.5 流速试验(连通试验)

流速试验(连通试验)：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。

#### G.6 地下水含水层储能试验

地下水含水层储能试验：地下含水层储能可以调节地下水流量，储存地表水，恢复超采含水层的能力，扩大地下水水源，又能抬高地下水位，有利于控制地面沉降；还可以借回灌水建立地下水幕，拦阻污水，防止海水入侵或阻拦地下水水源外流，也可以调节地下水温、储藏冷、热源；在咸水或水质恶化地区，借助人工回灌淡水改善水质等效能，并可以获得地下水流场、温度场、化学场等有关参数。

在地下水含水层储能试验过程中，可以开展地下水温度场的水温变化规律及储能含水层水动力场和水质场变化规律的研究。

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 H

### (资料性附录)

#### 常用地下水评价预测模型

##### H.1 水均衡法

对于选定的均衡域，在均衡计算期内水量均衡方程见式 (H.1)。

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

式中：\$Q\_{\text{开}}\$—地下水开采总量；

\$\sum Q\_{\text{补}}\$—地下水各种补给量之和；

\$\sum Q\_{\text{排}}\$—地下水各种排泄量之和；

\$\Delta Q\$—均衡域内地下水储存量的变化量。对于承压含水层，\$\Delta Q = S\_s 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；\$S\_s\$—承压含水层释水系数；\$\mu\$—潜水含水层给水度；\$\Delta H\$—均衡期内，均衡域地下水水位变幅。

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。

##### H.2 解析解法

###### H.2.1 稳定运动

###### H.2.1.1 潜水含水层无限边界群井开采情况

$$H^2 - h^2 = \frac{1}{\pi k} \sum_{i=1}^n \left( Q_i \ln \frac{R}{r_i} \right) \text{或} s = H - \left[ H^2 - \frac{1}{\pi k} \cdot \sum_{i=1}^n \left( Q_i \ln \frac{R}{r_i} \right) \right] \quad \dots\dots (\text{H.2})$$

$$Q_i = \frac{\pi k (2H - s) s}{\sum_{i=1}^n \ln R / r_i} \quad \dots\dots\dots (\text{H.3})$$

式中：\$H\$—潜水初始水位 (m)；

\$h\$—潜水稳定水位 (m)；

\$k\$—含水层渗透系数 (m/d)；

\$s\$—预测点水位降深值 (m)；

\$i\$—开采井编号，从 1 到 \$n\$；

\$Q\_i\$—第 \$i\$ 开采井开采量 (m<sup>3</sup>/d)；

\$r\_i\$—开采井半径 (m)；

R—影响半径 (m)。

#### H. 2. 1. 2 承压含水层无限边界多井开采情况

$$s = \frac{1}{2\pi T} \sum_{i=1}^n \left( Q_i \cdot \ln \frac{R}{r_i} \right) \text{ 或 } Q = 2\pi T s / \sum_{i=1}^n \ln \frac{R}{r_i} \quad \dots\dots\dots (\text{H. 4})$$

式中: T—承压含水层的导水系数。

其它符号物理意义同前。

#### H. 2. 2 非稳定运动

可采用泰斯公式解析解法。

##### H. 2. 2. 1 潜水情况下:

$$H^2 - h^2 = \frac{1}{2\pi K} \sum_{i=1}^n Q_i W(\mu_i) \quad \dots\dots\dots (\text{H. 5})$$

$$u_i = r^2 \mu / 4K \overline{M} t \quad \dots\dots\dots (\text{H. 6})$$

$$s = H - h \quad \dots\dots\dots (\text{H. 7})$$

式中: H—潜水静水位 (m);

h—开采过程中动水位 (m);

s—开采过程中水位降深值 (m);

$\overline{M}$ —含水层平均厚度 (m);

$\mu$ —给水度。

##### H. 2. 2. 2 承压水情况下:

$$s = \frac{1}{4\pi T} \sum_{i=1}^n Q_i W(u_i) \quad \dots\dots\dots (\text{H. 8})$$

$$W(u) = \int_y^\infty \frac{e^{-y}}{y} dy \quad \dots\dots\dots (\text{H. 9})$$

$$u = \frac{S_s r^2}{4Tt} \quad \dots\dots\dots (\text{H. 10})$$

式中: s—预测点水位降深 (m);

$S_s$ —含水层释水系数;

t—开采地下水的持续时间。

其它符号物理意义同前。

#### H. 2. 3 直线边界附近的井群

##### H. 2. 3. 1 直线补给边界

a) 承压含水层中的井群

$$s = \frac{1}{2\pi T} \sum_{i=1}^n Q_i \cdot \ln \frac{r_{2,i}}{r_{1,i}} \quad \dots\dots\dots (H. 11)$$

式中：s—n 个开采井在计算域内某一计算点处产生的总降深 (m)；

T—导水系数 (m<sup>2</sup>/d)；

Q<sub>i</sub>—第 i 个开采井的抽水量 (m<sup>3</sup>/d)；

r<sub>1,i</sub> 计算点至第 i 个实井的距离 (m)；

r<sub>2,i</sub> 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

$$h = \sum_{i=1}^n \sqrt{H_0^2 - \frac{Q_i}{\pi k} \ln \frac{r_{2,i}}{r_{1,i}}} \quad \dots\dots\dots (H. 12)$$

式中：h—计算点处潜水含水层的剩余厚度 (m)；

H<sub>0</sub>—潜水含水层的起始厚度 (m)；

K—渗透系数 (m/d)。

其余符号物理意义同前。

计算出 h 后，再由 s=H<sub>0</sub>-h 得到降深值。

### H. 2. 3. 2 直线隔水边界

a) 承压含水层中的井群

$$s = \frac{1}{2\pi T} \sum_{i=1}^n Q_i \ln \frac{2.25Tt}{r_{1,i} \cdot r_{2,i} \cdot \mu^*} \quad \dots\dots\dots (H. 13)$$

式中：s—n 个开采井在计算域内某一计算点处产生的总降深 (m)；

T—导水系数 (m<sup>2</sup>/d)；

Q<sub>i</sub>—第 i 个开采井的抽水量 (m<sup>3</sup>/d)；

r<sub>1,i</sub> 计算点至第 i 个实井的距离 (m)；

r<sub>2,i</sub> 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

$$s = \sum_{i=1}^n \sqrt{H_0^2 - \frac{Q_i}{\pi k} \ln \frac{2.25Tt}{r_{1,i} \cdot r_{2,i} \cdot \mu}} \quad \dots\dots\dots (H. 14)$$

式中：h—计算时间为 t 时，计算点含水层的剩余降深 (m)；

H<sub>0</sub>—含水层平均起始厚度 (m)；

T=KHm，K 为渗透系数，Hm 为平均厚度；

μ—给水度；

其余符号物理意义同前。

### H.3 地下水溶质运移数值法

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和溶质运移模型两部分。

#### H.3.1 地下水水流模型

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

$$S_s \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) + q_s \quad \dots\dots\dots (\text{H.15})$$

式中： $S_s$ —给水度 [ $L^{-1}$ ];

$h$ —水位 [ $L$ ];

$K_x, K_y, K_z$ —分别为  $x, y, z$  方向上的渗透系数 [ $LT^{-1}$ ];

$t$ —时间 [ $T$ ];

$q_s$ —源汇项 [ $T^{-1}$ ]。

##### b) 初始条件

$$h(x, y, z, t) = h_0(x, y, z) \quad (x, y, z) \in \Omega, t = 0 \quad \dots\dots\dots (\text{H.16})$$

式中： $h_0(x, y, z)$ —已知水位分布；

$\Omega$ —模型模拟区。

##### c) 边界条件

##### 1) 第一类边界

$$h(x, y, z, t) \Big|_{\Gamma_1} = h(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_1, t \geq 0 \quad \dots\dots\dots (\text{H.17})$$

式中： $\Gamma_1$ —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

$$k \frac{\partial h}{\partial n} \Big|_{\Gamma_2} = q(x, y, z) \quad (x, y, z) \in \Gamma_2 \quad \dots\dots\dots (\text{H.18})$$

式中： $\Gamma_2$ —二类边界；

$K$ —三维空间上的渗透系数张量；

$n$ —边界  $\Gamma_2$  的外法线方向;

$q(x, y, z)$ —二类边界上已知流量函数。

### 3) 第三类边界

$$\left. (k(h-z)\frac{\partial h}{\partial n} + \alpha h) \right|_{\Gamma_3} = q(x, y, z) \quad \dots\dots\dots (H. 19)$$

式中:  $\alpha$ —系数;

$\Gamma_3$ —二类边界;

$K$ —三维空间上的渗透系数张量;

$N$ —边界  $\Gamma_3$  的外法线方向;

$q(x, y, z)$ —三类边界上已知流量函数。

## H. 3. 2 地下水水质模型

### a) 控制方程

$$R\theta \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i C) - q_s C_s - q'_s C - \lambda_1 \theta C - \lambda_2 \rho_b \bar{C} \quad (H. 20)$$

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

$\rho_b$ —介质密度  $[ML^{-1}]$ ;

$\theta$ —介质孔隙度, 无量纲;

$C$ —组分的浓度  $[ML^{-3}]$ ;

$\bar{C}$ —介质骨架吸附的溶质浓度  $[ML^{-3}]$ ;

$t$ —时间  $[T]$ ;

$x, y, z$ —空间位置坐标  $[L]$ ;

$D_{ij}$ —水动力弥散系数张量  $[L^2 T^{-1}]$ ;

$v_i$ —地下水渗流速度张量  $[LT^{-1}]$ ;

$q_s$ —它代表源和汇  $[T^{-1}]$ ;

$C_s$ —源或汇水流中组分的浓度  $[ML^{-3}]$ ;

$\lambda_1$ —溶解相一级反应速率  $[T^{-1}]$ ;

$\lambda_2$ —吸附相一级反应速率 $[T^{-1}]$ 。

b) 初始条件

$$C(x, y, z) = c_0(x, y, z) \quad (x, y, z) \in \Omega, t = 0 \quad \dots \quad (H. 21)$$

式中:  $c_0(x, y, z)$ —已知浓度分布;

$\Omega$ —模型模拟区域。

c) 定解条件

1) 第一类边界—Dirichlet 边界

$$C(x, y, z, t) = c(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_1, t \geq 0 \quad \dots\dots (H. 22)$$

式中:  $\Gamma_1$ —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—Neumann 边界

$$\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} = f_i(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_2, t \geq 0 \quad \dots\dots (H. 23)$$

式中:  $\Gamma_2$ —通量边界;

$f_i(x, y, z, t)$ —边界 $\Gamma_2$ 上已知的弥散通量函数。

3) 第三类边界—Cauchy 边界

$$\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} - q_i C = g_i(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_3, t \geq 0 \quad \dots\dots (H. 24)$$

式中:  $\Gamma_3$ —混合边界;

$g_i(x, y, z, t)$ — $\Gamma_3$ 上已知的对流—弥散总的通量函数。

国际上常用的地下水评价预测模拟软件包有 ModFlow (包括: GMS、Visual Modflow、PMWin 等)、Feflow 等, 国内常用的地下水评价预测模拟软件包是 GWMS。

#### H. 4 数理统计法

H. 4. 1 根据水位、水量的系列资料 (监测数据), 建立两者之间的相关关系, 求出相关系数  $r$ 。

$$r = \frac{\sum \Delta h_i \Delta Q_i}{\sqrt{\sum (h_i - h_0)^2 \cdot \sum (Q_i - Q_0)^2}} \quad \dots\dots\dots (\text{H. 25})$$

式中：  $h_i$ —水位值系列；

$Q_i$ —水量系列；

$h_0$ —水位系列的多年平均值；

$Q_0$ —水量系列的多年平均值；

$\Delta h_i = h_i - h_0$  水位系列的距平值；

$\Delta Q_i = Q_i - Q_0$  水量系列的距平值。

用设计水位降深代入上式，预测开采量，或用设计开采量代入上式，预测水位值。

#### H. 4. 2 布西涅斯克公式

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t} \text{ 或 } h_t = h_0 e^{-\alpha t} \quad \dots\dots\dots (\text{H. 26})$$

式中：  $Q_t, h_t$ —分别为任意时刻的水井涌水量和井水位；

$Q_0, h_0$ —预测开始时的井涌水量及井水位；

$\alpha$ —消耗（衰减）系数；

t—预测时段（5 年、10 年、20 年…）。