

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 610-2016

代替 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

(发布稿)

2016-01-07 发布

2016-01-07 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.....	3
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.....	6
8 地下水环境现状调查与评价.....	8
9 地下水环境影响预测.....	14
10 地下水环境影响评价.....	16
11 地下水环境保护措施与对策.....	16
12 地下水环境影响评价结论.....	19
附录 A（规范性附录）地下水环境影响评价行业分类表	21
附录 B（资料性附录）水文地质参数经验值表	34
附录 C（资料性附录）环境水文地质试验方法简介	35
附录 D（资料性附录）常用地下水评价预测模型	37

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，防止地下水污染，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。

本标准于 2011 年首次发布，本次为第一次修订。本次修订的主要内容如下：

- 调整、补充和规范了相关术语和定义；
- 调整地下水流场和地下水位为调查内容；
- 调整了地下水环境影响评价工作等级分级判定依据；
- 调整了地下水环境现状调查范围的确定方法；
- 修改简化了地下水环境现状监测要求；
- 强化并明确了地下水环境保护措施与对策的相关要求；
- 删除了地下水环境影响评价专题文件编写的要求；
- 增加了地下水环境影响评价结论章节；
- 修订了附录，补充了附录 A《地下水环境影响评价行业分类表》。

本标准自实施之日起，《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2011）废止。

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B、附录 C、附录 D 为资料性附录。

本标准由环境保护部环境影响评价司提出。

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。

本标准环境保护部 2016 年 1 月 7 日批准。

本标准自 2016 年 1 月 7 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、工作程序、内容、方法和要求。
本标准适用于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 3838	地表水环境质量标准
GB 5749	生活饮用水卫生标准
GB/T 14848	地下水质量标准
GB 16889	生活垃圾填埋场污染控制标准
GB 18597	危险废物贮存污染控制标准
GB 18598	危险废物填埋场污染控制标准
GB 18599	一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
GB 50027	供水水文地质勘察规范
GB 50141	给水排水构筑物工程施工及验收规范
GB 50268	给水排水管道工程施工及验收规范
GB/T 50934	石油化工工程防渗技术规范
HJ 2.1	环境影响评价技术导则 总纲
HJ/T 2.3	环境影响评价技术导则 地面水环境
HJ 25.1	场地环境调查技术导则
HJ 25.2	场地环境监测技术导则
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
DZ/T 0290	地下水水质标准

《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令 第33号）

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

地面以下饱和含水层中的重力水。

3.2

水文地质条件 hydrogeological condition

地下水埋藏和分布、含水介质和含水构造等条件的总称。

3.3

包气带 vadose zone

地面与地下水面之间与大气相通的，含有气体的地带。

3.4

饱水带 saturated zone

地下水面以下，岩层的空隙全部被水充满的地带。

3.5

潜水 phreatic water

地面以下，第一个稳定隔水层以上具有自由水面的地下水。

3.6

承压水 confined water

充满于上下两个相对隔水层间的具有承压性质的地下水。

3.7

地下水补给区 groundwater recharge zone

含水层出露或接近地表接受大气降水和地表水等入渗补给的地区。

3.8

地下水排泄区 groundwater discharge zone

含水层的地下水向外部排泄的范围。

3.9

地下水径流区 groundwater runoff zone

含水层的地下水从补给区至排泄区的流经范围。

3.10

集中式饮用水水源 centralized drinking water source

进入输水管网送到用户的且具有一定供水规模（供水人口一般不小于 1000 人）的现用、备用和规划的地下水饮用水水源。

3.11

分散式饮用水水源地 distributed drinking water source

供水小于一定规模（供水人口一般小于 1000 人）的地下水饮用水水源地。

3.12

地下水环境现状值 value of current groundwater quality

建设项目实施前的地下水环境质量监测值。

3.13

地下水污染对照值 control value of groundwater contamination

调查评价区内有历史记录的地下水水质指标统计值,或评价区内受人类活动影响程度较小的地下水水质指标统计值。

3.14

地下水污染 groundwater contamination

人为原因直接导致地下水化学、物理、生物性质改变,使地下水水质恶化的现象。

3.15

正常状况 normal condition

建设项目的工艺设备和地下水环境保护措施均达到设计要求条件下的运行状况。如防渗系统的防渗能力达到了设计要求,防渗系统完好,验收合格。

3.16

非正常状况 unnormal condition

建设项目的工艺设备或地下水环境保护措施因系统老化、腐蚀等原因不能正常运行或保护效果达不到设计要求时的运行状况。

3.17

地下水环境保护目标 protected target of groundwater environment

潜水含水层和可能受建设项目影响且具有饮用水开发利用价值的含水层,集中式饮用水水源和分散式饮用水水源地,以及《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。

4 总则

4.1 一般性原则

地下水环境影响评价应对建设项目在建设期、运营期和服务期满后对地下水水质可能造成的直接影响进行分析、预测和评估,提出预防、保护或者减轻不良影响的对策和措施,制定地下水环境影响跟踪监测计划,为建设项目地下水环境保护提供科学依据。

根据建设项目对地下水环境影响的程度,结合《建设项目环境影响评价分类管理名录》,将建设项目分为四类,详见附录A。I类、II类、III类建设项目的地下水环境影响评价应执行本标准,IV类建设项目不开展地下水环境影响评价。

4.2 评价基本任务

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评价工作,基本任务包括:识别地下水环境影响,确定地下水环境影响评价工作等级;开展地下水环境现状调查,完成地下水环境现状监测与评价;预测和评价建设项目对地下水水质可能造成的直接影响,提出有针对性的地下水污染防控措施与对策,制定地下水环境影响跟踪监测计划和应急预案。

4.3 工作程序

地下水环境影响评价工作可划分为准备阶段、现状调查与评价阶段、影响预测与评价阶段和结论阶段。地下水环境影响评价工作程序见图1。

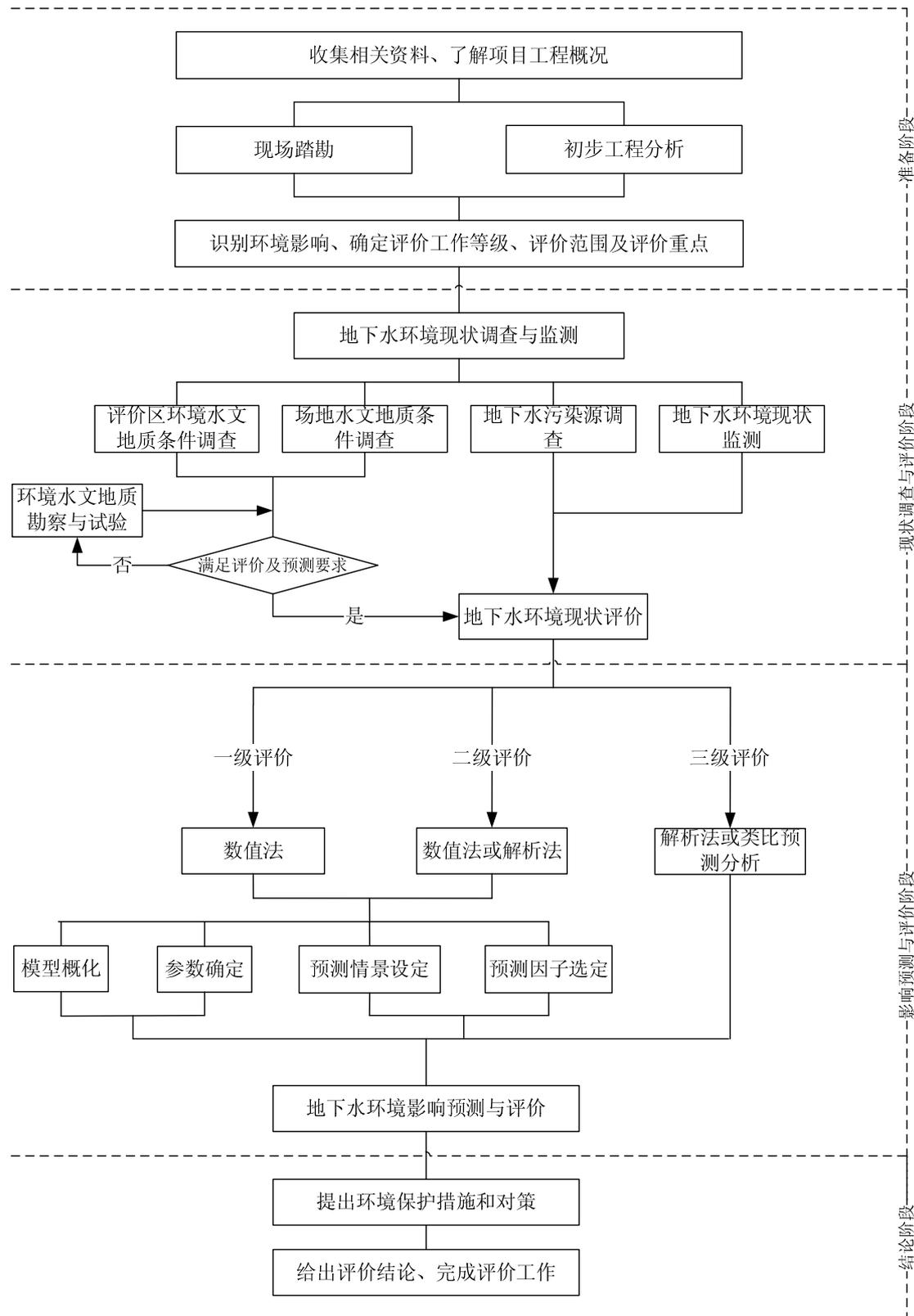


图 1 地下水环境影响评价工作程序图

4.4 各阶段主要工作内容

4.4.1 准备阶段

搜集和分析有关国家和地方地下水环境保护的法律、法规、政策、标准及相关规划等资料；了解建设项目工程概况，进行初步工程分析，识别建设项目对地下水环境可能产生的直接影响；开展现场踏勘工作，识别地下水环境敏感程度；确定评价工作等级、评价范围、评价重点。

4.4.2 现状调查与评价阶段

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工作，进行现状评价。

4.4.3 影响预测与评价阶段

进行地下水环境影响预测，依据国家、地方有关地下水环境的法规及标准，评价建设项目对地下水环境的直接影响。

4.4.4 结论阶段

综合分析各阶段成果，提出地下水环境保护措施与防控措施，制定地下水环境影响跟踪监测计划，完成地下水环境影响评价。

5 地下水环境影响识别

5.1 基本要求

5.1.1 地下水环境影响的识别应在初步工程分析和确定地下水环境保护目标的基础上进行，根据建设项目建设期、运营期和服务期满后三个阶段的工程特征，识别其“正常状况”和“非正常状况”下的地下水环境影响。

5.1.2 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，还应按运营期的变化特征分为初期、中期和后期分别进行环境影响识别。

5.2 识别方法

5.2.1 根据附录 A，识别建设项目所属的行业类别。

5.2.2 根据建设项目的地下水环境敏感特征，识别建设项目的地下水环境敏感程度。

5.3 识别内容

5.3.1 识别可能造成地下水污染的装置和设施（位置、规模、材质等）及建设项目在建设期、运营期、服务期满后可能的地下水污染途径。

5.3.2 识别建设项目可能导致地下水污染的特征因子。特征因子应根据建设项目污废水成分（可参照 HJ/T 2.3）、液体物料成分、固废浸出液成分等确定。

6 地下水环境影响评价工作分级

6.1 划分原则

评价工作等级的划分应依据建设项目行业分类和地下水环境敏感程度分级进行判定，可划分为一、二、三级。

6.2 评价工作等级划分

6.2.1 划分依据

6.2.1.1 根据附录 A 确定建设项目所属的地下水环境影响评价项目类别。

6.2.1.2 建设项目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 1。

表 1 地下水环境敏感程度分级表

敏感程度	地下水环境敏感特征
敏感	集中式饮用水水源（包括已建成的在用、备用、应急水源，在建和规划的饮用水水源）准保护区；除集中式饮用水水源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（包括已建成的在用、备用、应急水源，在建和规划的饮用水水源）准保护区以外的补给径流区；未划定准保护区的集中式饮用水水源，其保护区以外的补给径流区；分散式饮用水水源地；特殊地下水资源（如矿泉水、温泉等）保护区以外的分布区等其他未列入上述敏感分级的环境敏感区 ^a 。
不敏感	上述地区之外的其它地区。

注：a “环境敏感区”是指《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。

6.2.2 建设项目评价工作等级

6.2.2.1 建设项目地下水环境影响评价工作等级划分见表 2。

表 2 评价工作等级分级表

项目类别 环境敏感程度	I 类项目	II 类项目	III 类项目
敏感	一	一	二
较敏感	一	二	三
不敏感	二	三	三

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 2 划分评价工作等级。

6.2.2.3 当同一建设项目涉及两个或两个以上场地时，各场地应分别判定评价工作等级，并按相应等级开展评价工作。

6.2.2.4 线性工程根据所涉地下水环境敏感程度和主要站场位置（如输油站、泵站、加油站、机务段、服务站等）进行分段判定评价等级，并按相应等级分别开展评价工作。

7 地下水环境影响评价技术要求

7.1 原则性要求

地下水环境影响评价应充分利用已有资料和数据，当已有资料和数据不能满足评价要求

时，应开展相应评价等级要求的补充调查，必要时进行勘察试验。

7.2 一级评价要求

7.2.1 详细掌握调查评价区环境水文地质条件，主要包括含（隔）水层结构及分布特征、地下水补径排条件、地下水流场、地下水动态变化特征、各含水层之间以及地表水与地下水之间的水力联系等，详细掌握调查评价区内地下水开发利用现状与规划。

7.2.2 开展地下水环境现状监测，详细掌握调查评价区地下水环境质量现状和地下水动态监测信息，进行地下水环境现状评价。

7.2.3 基本查清场地环境水文地质条件，有针对性地开展现场勘察试验，确定场地包气带特征及其防污性能。

7.2.4 采用数值法进行地下水环境影响预测，对于不宜概化为等效多孔介质的地区，可根据自身特点选择适宜的预测方法。

7.2.5 预测评价应结合相应环保措施，针对可能的污染情景，预测污染物运移趋势，评价建设项目对地下水环境保护目标的影响。

7.2.6 根据预测评价结果和场地包气带特征及其防污性能，提出切实可行的地下水环境保护措施与地下水环境影响跟踪监测计划，制定应急预案。

7.3 二级评价要求

7.3.1 基本掌握调查评价区的环境水文地质条件，主要包括含（隔）水层结构及其分布特征、地下水补径排条件、地下水流场等。了解调查评价区地下水开发利用现状与规划。

7.3.2 开展地下水环境现状监测，基本掌握调查评价区地下水环境质量现状，进行地下水环境现状评价。

7.3.3 根据场地环境水文地质条件的掌握情况，有针对性地进行必要的现场勘察试验。

7.3.4 根据建设项目特征、水文地质条件及资料掌握情况，选择采用数值法或解析法进行预测，预测污染物运移趋势和对地下水环境保护目标的影响。

7.3.5 提出切实可行的环境保护措施与地下水环境影响跟踪监测计划。

7.4 三级评价要求

7.4.1 了解调查评价区和场地环境水文地质条件。

7.4.2 基本掌握调查评价区的地下水补径排条件和地下水环境质量现状。

7.4.3 采用解析法或类比分析法进行地下水影响分析与评价。

7.4.4 提出切实可行的环境保护措施与地下水环境影响跟踪监测计划。

7.5 其他技术要求

7.5.1 一级评价要求场地环境水文地质资料的调查精度应不低于 1:10000 比例尺，评价区的环境水文地质资料的调查精度应不低于 1:50000 比例尺。

7.5.2 二级评价环境水文地质资料的调查精度要求能够清晰反映建设项目与环境敏感区、地下水环境保护目标的位置关系，并根据建设项目特点和水文地质条件复杂程度确定调查精度，建议一般以不低于 1:50000 比例尺为宜。

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（勘察）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，应通过组织现场监测或环境水文地质勘察与试验等方法获取。

8.1.3 对于一、二级评价的改、扩建类建设项目，应开展现有工业场地的包气带污染现状调查。

8.1.4 对于长输油品、化学品管线等线性工程，调查评价工作应重点针对场站、服务站等可能对地下水产生污染的地区开展。

8.2 调查评价范围

8.2.1 基本要求

地下水环境现状调查评价范围应包括与建设项目相关的地下水环境保护目标，以能说明地下水环境的现状，反映调查评价区地下水基本流场特征，满足地下水环境影响预测和评价为基本原则。

污染场地修复工程项目的地下水环境影响现状调查参照 HJ 25.1 执行。

8.2.2 调查评价范围确定

8.2.2.1 建设项目（除线性工程外）地下水环境影响现状调查评价范围可采用公式计算法、查表法和自定义法确定。

当建设项目所在地水文地质条件相对简单，且所掌握的资料能够满足公式计算法的要求时，应采用公式计算法确定（参照 HJ/T 338）；当不满足公式计算法的要求时，可采用查表法确定。当计算或查表范围超出所处水文地质单元边界时，应以所处水文地质单元边界为宜。

a) 公式计算法

$$L = \alpha \times K \times I \times T / n_e \quad (1)$$

式中：L—下游迁移距离，m；

α —变化系数， $\alpha \geq 1$ ，一般取 2；

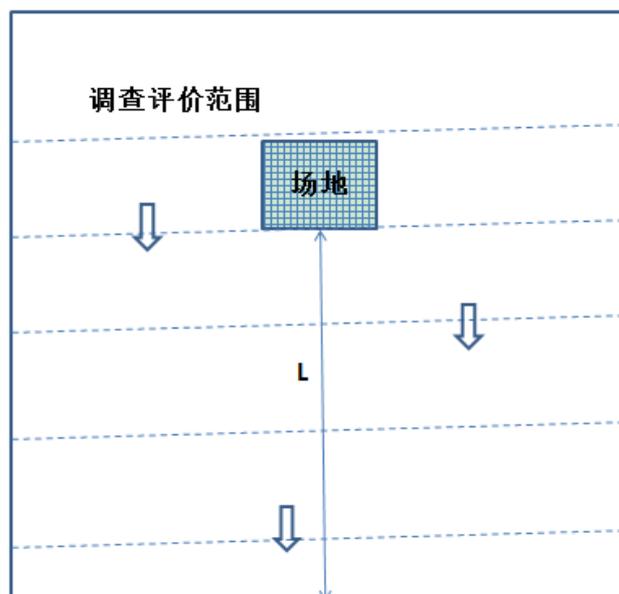
K—渗透系数，m/d，常见渗透系数表见附录 B 表 B.1；

I—水力坡度，无量纲；

T—质点迁移天数，取值不小于 5000d；

n_e —有效孔隙度，无量纲。

采用该方法时应包含重要的地下水环境保护目标，所得的调查评价范围如图 2 所示。



注：虚线表示等水位线；空心箭头表示地下水流向；
场地上游距离根据评价需求确定，场地两侧不小于 $L/2$ 。

图 2 调查评价范围示意图

b) 查表法
参照表 3。

表 3 地下水环境现状调查评价范围参照表

评价等级	调查评价面积 (km^2)	备注
一级	≥ 20	应包括重要的地下水环境保护目标，必要时适当扩大范围。
二级	6-20	
三级	≤ 6	

c) 自定义法

可根据建设项目所在地水文地质条件自行确定，需说明理由。

8.2.2.2 线性工程应以工程边界两侧向外延伸 200m 作为调查评价范围；穿越饮用水源准保护区时，调查评价范围应至少包含水源保护区；线性工程站场的调查评价范围确定参照 8.2.2.1。

8.3 调查内容与要求

8.3.1 水文地质条件调查

在充分收集资料的基础上，根据建设项目特点和水文地质条件复杂程度，开展调查工作，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、分布及垂向渗透系数等；

- d) 含水层岩性、分布、结构、厚度、埋藏条件、渗透性、富水程度等；隔水层（弱透水层）的岩性、厚度、渗透性等；
 - e) 地下水类型、地下水补径排条件；
 - f) 地下水水位、水质、水温、地下水化学类型；
 - 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) 地下水环境现状值（或地下水污染对照值）。
- 场地范围内应重点调查 c）。

8.3.2 地下水污染源调查

8.3.2.1 调查评价区内具有与建设项目产生或排放同种特征因子的地下水污染源。

8.3.2.2 对于一、二级的改、扩建项目，应在可能造成地下水污染的主要装置或设施附近开展包气带污染现状调查，对包气带进行分层取样，一般在 0~20cm 埋深范围内取一个样品，其他取样深度应根据污染源特征和包气带岩性、结构特征等确定，并说明理由。样品进行浸溶试验，测试分析浸溶液成分。

8.3.3 地下水环境现状监测

8.3.3.1 建设项目地下水环境现状监测应通过对地下水水质、水位的监测，掌握或了解评价区地下水水质现状及地下水流场，为地下水环境现状评价提供基础资料。

8.3.3.2 污染场地修复工程项目的地下水环境现状监测参照 HJ 25.2 执行。

8.3.3.3 现状监测点的布设原则

- a) 地下水环境现状监测点采用控制性布点与功能性布点相结合的布设原则。监测点应主要布设在建设项目场地、周围环境敏感点、地下水污染源以及对于确定边界条件有控制意义的地点。当现有监测点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，现状监测井的布设应兼顾地下水环境影响跟踪监测计划。
- b) 监测层位应包括潜水含水层、可能受建设项目影响且具有饮用水开发利用价值的含水层。
- c) 一般情况下，地下水水位监测点数宜大于相应评价级别地下水水质监测点数的 2 倍。
- d) 地下水水质监测点布设的具体要求：
 - 1) 监测点布设应尽可能靠近建设项目场地或主体工程，监测点数应根据评价等级和水文地质条件确定。
 - 2) 一级评价项目潜水含水层的水质监测点应不少于 7 个，可能受建设项目影响且具有饮用水开发利用价值的含水层 3-5 个。原则上建设项目场地上游和两侧的地下水水质监测点均不得少于 1 个，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。
 - 3) 二级评价项目潜水含水层的水质监测点应不少于 5 个，可能受建设项目影响且具有饮用水开发利用价值的含水层 2-4 个。原则上建设项目场地上游和两侧的地下水水质监测点均不得少于 1 个，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。

- 4) 三级评价项目潜水含水层水质监测点应不少于 3 个, 可能受建设项目影响且具有饮用水开发利用价值的含水层 1-2 个。原则上建设项目场地上游及下游影响区的地下水水质监测点各不得少于 1 个。
- e) 管道型岩溶区等水文地质条件复杂的地区, 地下水现状监测点应视情况确定, 并说明布设理由。
- f) 在包气带厚度超过 100m 的评价区或监测井较难布置的基岩山区, 地下水水质监测点数无法满足 d) 要求时, 可视情况调整数量, 并说明调整理由。一般情况下, 该类地区一、二级评价项目至少设置 3 个监测点, 三级评价项目根据需要设置一定数量的监测点。

8.3.3.4 地下水水质现状监测取样要求

- a) 地下水水质取样应根据特征因子在地下水中的迁移特性选取适当的取样方法。
- b) 一般情况下, 只取一个水质样品, 取样点深度宜在地下水位以下 1.0m 左右。
- c) 建设项目为改、扩建项目, 且特征因子为 DNAPLs (重质非水相液体) 时, 应至少在含水层底部取一个样品。

8.3.3.5 地下水水质现状监测因子

- a) 检测分析地下水环境中 K^+Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 的浓度。
- b) 地下水水质现状监测因子原则上应包括两类: 一类是基本水质因子, 另一类为特征因子。
 - 1) 基本水质因子以 pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬(六价)、总硬度、铅、氟、镉、铁、锰、溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氯化物、总大肠菌群、细菌总数等及背景值超标的水质因子为基础, 可根据区域地下水类型、污染源状况适当调整。
 - 2) 特征因子根据 5.3.2 的识别结果确定, 可根据区域地下水化学类型、污染源状况适当调整。

8.3.3.6 地下水环境现状监测频率要求

- a) 水位监测频率要求
 - 1) 评价等级为一级的建设项目, 若掌握近 3 年内至少一个连续水文年的枯、平、丰水期地下水位动态监测资料, 评价期内至少开展一期地下水水位监测; 若无上述资料, 依据表 4 开展水位监测。
 - 2) 评价等级为二级的建设项目, 若掌握近 3 年内至少一个连续水文年的枯、丰水期地下水位动态监测资料, 评价期可不再开展现状地下水水位监测; 若无上述资料, 依据表 4 开展水位监测。

表 4 地下水环境现状监测频率参照表

频 分 布 区	评价等级 次 区	水位监测频率			水质监测频率		
		一级	二级	三级	一级	二级	三级
山前冲(洪)积		枯平丰	枯丰	一期	枯丰	枯	一期
滨海(含填海区)		二期 ^a	一期	一期	一期	一期	一期
其他平原区		枯丰	一期	一期	枯	一期	一期
黄土地区		枯平丰	一期	一期	二期	一期	一期
沙漠地区		枯丰	一期	一期	一期	一期	一期
丘陵山区		枯丰	一期	一期	一期	一期	一期
岩溶裂隙		枯丰	一期	一期	枯丰	一期	一期
岩溶管道		二期	一期	一期	二期	一期	一期

a “二期”的间隔有明显水位变化,其变化幅度接近年内变幅。

- 3) 评价等级为三级的建设项目,若掌握近3年内至少一期的监测资料,评价期内可不再进行现状水位监测;若无上述资料,依据表4开展水位监测。
- b) 基本水质因子的水质监测频率应参照表4,若掌握近3年至少一期水质监测数据,基本水质因子可在评价期补充开展一期现状监测;特征因子在评价期内需至少开展一期现状值监测。
- c) 在包气带厚度超过100m的评价区或监测井较难布置的基岩山区,若掌握近3年内至少一期的监测资料,评价期内可不进行现状水位、水质监测;若无上述资料,至少开展一期现状水位、水质监测。

8.3.3.7 地下水样品采集与现场测定

- a) 地下水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(或地下水埋深)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照HJ/T 164执行。pH、Eh、DO、水温等不稳定项目应在现场测定。

8.3.4 环境水文地质勘察与试验

8.3.4.1 环境水文地质勘察与试验是在充分收集已有资料和地下水环境现状调查的基础上,针对需要进一步查明的地下水含水层特征和为获取预测评价中必要的水文地质参数而进行的工作。

8.3.4.2 除一级评价应进行必要的环境水文地质勘察与试验外,对环境水文地质条件复杂且资料缺少的地区,二级、三级评价也应在区域水文地质调查的基础上对场地进行必要的水文地质勘察。

8.3.4.3 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、试验等手段开展,具体参见相关标准与规范。

8.3.4.4 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、浸溶试验及土柱

淋滤试验等，有关试验原则与方法参见附录 C。在评价工作过程中可根据评价等级和资料掌握情况选用。

8.3.4.5 进行环境水文地质勘察时，除采用常规方法外，还可采用其他辅助方法配合勘察。

8.4 地下水环境现状评价

8.4.1 地下水水质现状评价

8.4.1.1 GB/T 14848 和有关法规及当地的环保要求是地下水环境现状评价的基本依据。对属于 GB/T 14848 水质指标的评价因子，应按其规定的水质分类标准值进行评价；对于不属于 GB/T 14848 水质指标的评价因子，可参照国家（行业、地方）相关标准（如 GB 3838、GB 5749、DZ/T 0290 等）进行评价。现状监测结果应进行统计分析，给出最大值、最小值、均值、标准差、检出率和超标率等。

8.4.1.2 地下水水质现状评价应采用标准指数法。标准指数 >1 ，表明该水质因子已超标，标准指数越大，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，其标准指数计算方法见公式 2：

$$P_i = \frac{C_i}{C_{si}} \quad (2)$$

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），其标准指数计算方法见公式 3、公式 4：

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

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

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。

8.4.2 包气带环境现状分析

对于污染场地修复工程项目和评价工作等级为一、二级的改、扩建项目，应开展包气带污染现状调查，分析包气带污染状况。

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 2.1 中确定的原则。考虑到地下水环境污染的复杂性、隐蔽性和难恢复性，还应遵循保护优先、预防为主的原则，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，应预测建设项目对地下水水质产生的直接影响，重点预测对地下水环境保护目标的影响。

9.1.3 在结合地下水污染防治措施的基础上，对工程设计方案或可行性研究报告推荐的选址（选线）方案可能引起的地下水环境影响进行预测。

9.2 预测范围

9.2.1 地下水环境影响预测范围一般与调查评价范围一致。

9.2.2 预测层位应以潜水含水层或污染物直接进入的含水层为主，兼顾与其水力联系密切且具有饮用水开发利用价值的含水层。

9.2.3 当建设项目场地天然包气带垂向渗透系数小于 1×10^{-6} cm/s 或厚度超过 100m 时，预测范围应扩展至包气带。

9.3 预测时段

地下水环境影响预测时段应选取可能产生地下水污染的关键时段，至少包括污染发生后 100d、1000d，服务年限或能反映特征因子迁移规律的其他重要的时间节点。

9.4 情景设置

9.4.1 一般情况下，建设项目须对正常状况和非正常状况的情景分别进行预测。

9.4.2 已依据 GB 16889、GB 18597、GB 18598、GB 18599、GB/T 50934 设计地下水污染防治措施的建设项，可不进行正常状况情景下的预测。

9.5 预测因子

预测因子应包括：

- a) 根据 5.3.2 识别出的特征因子，按照重金属、持久性有机污染物和其他类别进行分类，并对每一类别中的各项因子采用标准指数法进行排序，分别取标准指数最大的因子作为预测因子；
- b) 现有工程已经产生的且改、扩建后将产生的特征因子，改、扩建后新增加的特征因子；
- c) 污染场地已查明的主要污染物；
- d) 国家或地方要求控制的污染物。

9.6 预测源强

地下水环境影响预测源强的确定应充分结合工程分析。

- a) 正常状况下，预测源强应结合建设项目工程分析和相关设计规范确定，如 GB 50141、GB 50268 等。

- b) 非正常状况下, 预测源强可根据工艺设备或地下水环境保护措施因系统老化或腐蚀程度等设定。

9.7 预测方法

9.7.1 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分析法。其中, 数学模型法包括数值法、解析法等方法。常用的地下水预测数学模型参见附录 D。

9.7.2 预测方法的选取应根据建设项目工程特征、水文地质条件及资料掌握程度来确定, 当数值方法不适用时, 可用解析法或其他方法预测。一般情况下, 一级评价应采用数值法, 不宜概化为等效多孔介质的地区除外; 二级评价中水文地质条件复杂且适宜采用数值法时, 建议优先采用数值法; 三级评价可采用解析法或类比分析法。

9.7.3 采用数值法预测前, 应先进行参数识别和模型验证。

9.7.4 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) 评价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。

9.7.5 采用类比分析法时, 应给出类比条件。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) 二者的工程类型、规模及特征因子对地下水环境的影响具有相似性。

9.7.6 地下水环境影响预测过程中, 对于采用非本导则推荐模式进行预测评价时, 须明确所采用模式适用条件, 给出模型中的各参数物理意义及参数取值, 并尽可能的采用本导则中的相关模式进行验证。

9.8 预测模型概化

9.8.1 水文地质条件概化

根据调查评价区和场地环境水文地质条件, 对边界性质、介质特征、水流特征和补径排等条件进行概化。

9.8.2 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、线源、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以及瞬时排放。

9.8.3 水文地质参数初始值的确定

预测所需的包气带垂向渗透系数、含水层渗透系数、给水度等参数初始值的获取应以收集评价范围内已有水文地质资料为主, 不满足预测要求时需通过现场试验获取。

9.9 预测内容

9.9.1 给出特征因子不同时段的影响范围、程度, 最大迁移距离。

9.9.2 给出预测期内场地边界或地下水环境保护目标处特征因子随时间的变化规律。

9.9.3 当建设项目场地天然包气带垂向渗透系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 或厚度超过 100m 时, 须考虑包气带阻滞作用, 预测特征因子在包气带中迁移。

9.9.4 污染场地修复治理工程项目应给出污染物变化趋势或污染控制的范围。

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,对建设项目各实施阶段(建设期、运营期及服务期满后)不同环节及不同污染防治措施下的地下水环境影响进行评价。

10.1.2 地下水环境影响预测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 应评价建设项目对地下水水质的直接影响,重点评价建设项目对地下水环境保护目标的影响。

10.2 评价范围

地下水环境影响评价范围一般与调查评价范围一致。

10.3 评价方法

10.3.1 采用标准指数法对建设项目地下水水质影响进行评价,具体方法同 8.4.1.2。

10.3.2 对属于 GB/T 14848 水质指标的评价因子,应按其规定的水质分类标准值进行评价;对于不属于 GB/T 14848 水质指标的评价因子,可参照国家(行业、地方)相关标准的水质标准值(如 GB 3838、GB 5749、DZ/T 0290 等)进行评价。

10.4 评价结论

评价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标准的要求。

10.4.1 以下情况应得出可以满足标准要求的结论:

- a) 建设项目各个不同阶段,除场界内小范围以外地区,均能满足 GB/T 14848 或国家(行业、地方)相关标准要求的;
- b) 在建设项目实施的某个阶段,有个别评价因子出现较大范围超标,但采取环保措施后,可满足 GB/T 14848 或国家(行业、地方)相关标准要求的。

10.4.2 以下情况应得出不能满足标准要求的结论:

- a) 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地下水中已经超标的;
- b) 环保措施在技术上不可行,或在经济上明显不合理的。

11 地下水环境保护措施与对策

11.1 基本要求

11.1.1 地下水环境保护措施与对策应符合《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》的相关规定,按照“源头控制、分区防控、污染监控、应急响应”,重点突出饮用水水质安全的原则确定。

11.1.2 地下水环境环保对策措施建议应根据建设项目特点、调查评价区和场地环境水文地质条件,在建设项目可行性研究提出的污染防治对策的基础上,根据环境影响预测与评价结果,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、扩建项目应针对现有工程引起的地下水污染问题，提出“以新带老”的对策和措施，有效减轻污染程度或控制污染范围，防止地下水污染加剧。

11.1.4 给出各项地下水环境保护措施与对策的实施效果，列表给出初步估算各措施的投资概算，并分析其技术、经济可行性。

11.1.5 提出合理、可行、操作性强的地下水污染防治的环境管理体系，包括地下水环境跟踪监测方案和定期信息公开等。

11.2 建设项目污染防治对策

11.2.1 源头控制措施

主要包括提出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污染控制措施，将污染物跑、冒、滴、漏降到最低限度。

11.2.2 分区防控措施

11.2.2.1 结合地下水环境影响评价结果，对工程设计或可行性研究报告提出的地下水污染防治方案提出优化调整的建议，给出不同分区的具体防渗技术要求。

一般情况下，应以水平防渗为主，防控措施应满足以下要求：

- a) 已颁布污染控制国家标准或防渗技术规范的行业，水平防渗技术要求按照相应标准或规范执行，如 GB 16889、GB 18597、GB 18598、GB 18599、GB/T 50934 等；
- b) 未颁布相关标准的行业，根据预测结果和场地包气带特征及其防污性能，提出防渗技术要求；或根据建设项目场地天然包气带防污性能、污染控制难易程度和污染物特性，参照表 7 提出防渗技术要求。其中污染控制难易程度分级和天然包气带防污性能分级分别参照表 5 和表 6 进行相关等级的确定。

表 5 污染控制难易程度分级参照表

污染控制难易程度	主要特征
难	对地下水环境有污染的物料或污染物泄漏后，不能及时发现和处理。
易	对地下水环境有污染的物料或污染物泄漏后，可及时发现和处理。

表 6 天然包气带防污性能分级参照表

分级	包气带岩石的渗透性能
强	岩（土）层单层厚度 $M_b \geq 1.0m$ ，渗透系数 $K \leq 1 \times 10^{-6} cm/s$ ，且分布连续、稳定。
中	岩（土）层单层厚度 $0.5m \leq M_b < 1.0m$ ，渗透系数 $K \leq 1 \times 10^{-6} cm/s$ ，且分布连续、稳定。 岩（土）层单层厚度 $M_b \geq 1.0m$ ，渗透系数 $1 \times 10^{-6} cm/s < K \leq 1 \times 10^{-4} cm/s$ ，且分布连续、稳定。
弱	岩（土）层不满足上述“强”和“中”条件。

表 7 地下水污染防渗分区参照表

防渗分区	天然包气带防污性能	污染控制难易程度	污染物类型	防渗技术要求
重点防渗区	弱	难	重金属、持久性有机物 污染物	等效黏土防渗层 $M_b \geq 6.0m$, $K \leq 1 \times 10^{-7}cm/s$; 或参照 GB18598 执行
	中-强	难		
	弱	易		
一般防渗区	弱	易-难	其他类型	等效黏土防渗层 $M_b \geq 1.5m$, $K \leq 1 \times 10^{-7}cm/s$; 或参照 GB16889 执行
	中-强	难		
	中	易	重金属、持久性有机物 污染物	
	强	易		
简单防渗区	中-强	易	其他类型	一般地面硬化

11.2.2.2 对难以采取水平防渗的场地,可采用垂向防渗为主,局部水平防渗为辅的防控措施。

11.2.2.3 根据非正常状况下的预测评价结果,在建设项目服务年限内个别评价因子超标范围超出厂界时,应提出优化总图布置的建议或地基处理方案。

11.3 地下水环境监测与管理

11.3.1 建立地下水环境监测管理体系,包括制定地下水环境影响跟踪监测计划、建立地下水环境影响跟踪监测制度、配备先进的监测仪器和设备,以便及时发现问题,采取措施。

11.3.2 跟踪监测计划应根据环境水文地质条件和建设项目特点设置跟踪监测点,跟踪监测点应明确与建设项目的位关系,给出点位、坐标、井深、井结构、监测层位、监测因子及监测频率等相关参数。

11.3.2.1 跟踪监测点数量要求:

- a) 一、二级评价的建设项目,一般不少于 3 个,应至少在建设项目场地,上、下游各布设 1 个。一级评价的建设项目,应在建设项目总图布置基础之上,结合预测评价结果和应急响应时间要求,在重点污染风险源处增设监测点。
- b) 三级评价的建设项目,一般不少于 1 个,应至少在建设项目场地下游布设 1 个。

11.3.2.2 明确跟踪监测点的基本功能,如背景值监测点、地下水环境影响跟踪监测点、污染扩散监测点等,必要时,明确跟踪监测点兼具的污染控制功能。

11.3.2.3 根据环境管理对监测工作的需要,提出有关监测机构、人员及装备的建议。

11.3.3 制定地下水环境跟踪监测与信息公开计划

11.3.3.1 落实跟踪监测报告编制的责任主体,明确地下水环境跟踪监测报告的内容,一般应包括:

- a) 建设项目所在场地及其影响区地下水环境跟踪监测数据,排放污染物的种类、数量、浓度。
- b) 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、事故应急装置等设施的运行状况、跑冒滴漏记录、维护记录。

11.3.3.2 信息公开计划应至少包括建设项目特征因子的地下水环境监测值。

11.4 应急响应

制定地下水污染应急响应预案，明确污染状况下应采取的控制污染源、切断污染途径等措施。

12 地下水环境影响评价结论

12.1 环境水文地质现状

概述调查评价区及场地环境水文地质条件和地下水环境现状。

12.2 地下水环境影响

根据地下水环境影响预测评价结果，给出建设项目对地下水环境和保护目标的直接影响。

12.3 地下水环境污染防控措施

根据地下水环境影响评价结论，提出建设项目地下水环境污染防控措施的优化调整建议或方案。

12.4 地下水环境影响评价结论

结合环境水文地质条件、地下水环境影响、地下水环境污染防控措施、建设项目总平面布置的合理性等方面进行综合评价，明确给出建设项目地下水环境影响是否可接受的结论。

附录 A

(规范性附录)

地下水环境影响评价行业分类表

行业类别	环评类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
				报告书	报告表
A 水利					
1、水库		库容 1000 万立方米及以上；涉及环境敏感区的	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
2、灌区工程		新建 5 万亩及以上；改造 30 万亩及以上	其他	再生水灌溉工程为Ⅲ类，其余Ⅳ类	Ⅳ类
3、引水工程		跨流域调水；大中型河流引水；小型河流年总引水量占天然年径流量 1/4 及以上；涉及环境敏感区的	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
4、防洪治涝工程		新建大中型	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
5、河湖整治工程		涉及环境敏感区的	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
6、地下水开采工程		日取水量 1 万立方米及以上；涉及环境敏感区的	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
B 农、林、牧、渔、海洋					
7、农业垦殖		5000 亩及以上；涉及环境敏感区的	其他	Ⅳ类	Ⅳ类
8、农田改造项目		/	涉及环境敏感区的		Ⅳ类
9、农产品基地项目		/	涉及环境敏感区的		Ⅳ类
10、农业转基因项目、物种引进项目		全部	/	Ⅳ类	
11、经济林基地项目		原料林基地	其他	Ⅳ类	Ⅳ类

行业类别	环评类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
				报告书	报告表
12、森林采伐工程		/	全部		IV类
13、防沙治沙工程		/	全部		IV类
14、畜禽养殖场、养殖小区		年出栏生猪 5000 头（其他畜禽种类折合猪的养殖规模）及以上；涉及环境敏感区的	/	III类	
15、淡水养殖工程		/	网箱、围网等投饵养殖；涉及环境敏感区的		IV类
16、海水养殖工程		/	用海面积 300 亩及以上；涉及环境敏感区的		IV类
17、海洋人工鱼礁工程		/	固体物质投放量 5000 立方米及以上；涉及环境敏感区的		IV类
18、围填海工程及海上堤坝工程		围填海工程；长度 0.5 公里及以上的海上堤坝工程；涉及环境敏感区的	其他	IV类	IV类
19、海上和海底物资储藏设施工程		全部	/	IV类	
20、跨海桥梁工程		全部	/	IV类	
21、海底隧道、管道、电（光）缆工程		全部	/	IV类	
C 地质勘查					
22、基础地质勘查		/	全部		IV类
23、水利、水电工程地质勘查		/	全部		IV类
24、矿产资源地质勘查（包括勘探活动）		/	全部		IV类
D 煤炭					
25、煤层气开采		年生产能力 1 亿立方米及以上；涉及环境敏感区的	其他	水力压裂工艺的 II 类，其余 III 类	IV类
26、煤炭开采		全部	/	煤矸石转运场	

续表

行业类别	环评类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
				报告书	报告表
				II类, 其余III类	
27、洗选、配煤		/	全部		III类
28、煤炭储存、集运		/	全部		IV类
29、型煤、水煤浆生产		/	全部		III类
E 电力					
30、火力发电（包括热电）		除燃气发电工程外的	燃气发电	灰场II类, 其余III类	IV类
31、水力发电		总装机 1000 千瓦及以上；抽水蓄能电站；涉及环境敏感区的	其他	III类	IV类
32、生物质发电		农林生物质直接燃烧或气化发电；生活垃圾、污泥焚烧发电	沼气发电、垃圾填埋气发电	III类	IV类
33、综合利用发电		利用矸石、油页岩、石油焦等发电	单纯利用余热、余压、余气（含煤层气）发电	III类	IV类
34、其他能源发电		海上潮汐电站、波浪电站、温差电站等；涉及环境敏感区的总装机容量 5 万千瓦及以上的风力发电	利用地热、太阳能热等发电；并网光伏发电；其他风力发电	IV类	IV类
35、送（输）变电工程		500 千伏及以上；涉及环境敏感区的 330 千伏及以	其他（不含 100 千伏以下）	IV类	IV类
36、脱硫、脱硝、除尘等环保工程		/	全部		IV类
F 石油、天然气					
37、石油开采		全部	/	I 类	
38、天然气、页岩气开采（含净化）		全部	/	II 类	
39、油库（不含加油站的油库）		总容量 20 万立方米及以上；地下洞库	其他	I 类	地下储罐 I 类, 其余 II 类
40、气库（不含加气站的气库）		地下气库	其他	IV类	IV类

续表

行业类别	环评类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
				报告书	报告表
41、石油、天然气、成品油管线（不含城市天然气管线）		200公里及以上；涉及环境敏感区的	其他	油II类，气III类	油II类，IV类
G 黑色金属					
42、采选（含单独尾矿库）		全部	/	排土场、尾矿库I类，选矿厂II类，其余IV类	
43、炼铁、球团、烧结		全部	/	焦化I类，其余IV类	
44、炼钢		全部	/	IV类	
45、铁合金制造；锰、铬冶炼		全部	/	锰、铬冶炼I类，铁合金制造III类	
46、压延加工		年产50万吨及以上的冷轧	其他	II类	III类
H 有色金属					
47、采选（含单独尾矿库）		全部	/	排土场、尾矿库I类，选矿厂II类，其余III类	
48、冶炼（含再生有色金属冶炼）		全部	/	I类	
49、合金制造		全部	/	III类	
50、压延加工		/	全部		IV类
I 金属制品					
51、表面处理及热处理加工		有电镀工艺的；使用有机涂层的；有钝化工艺的热镀锌	其他	III类	IV类
52、金属铸件		年产10万吨及以上	其他	III类	IV类

续表

行业类别	环评类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
				报告书	报告表
53、金属制品加工制造		有电镀或喷漆工艺的	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
J 非金属矿采选及制品制造					
54、土砂石开采		年采 10 万立方米及以上；海砂开采工程；涉及环境敏感区的	其他	Ⅳ类	Ⅳ类
55、化学矿采选		全部	/	Ⅰ类	
56、采盐		井盐	湖盐、海盐	Ⅲ类	Ⅳ类
57、石棉及其他非金属矿采选		全部	/	Ⅲ类	
58、水泥制造		全部	/	Ⅳ类	
59、水泥粉磨站		年产 100 万吨及以上	其他	Ⅳ类	Ⅳ类
60、砼结构构件制造、商品混凝土加工		/	全部		Ⅳ类
61、石灰和石膏制造		/	全部		Ⅳ类
62、石材加工		/	全部		Ⅳ类
63、人造石制造		/	全部		Ⅳ类
64、砖瓦制造		/	全部		Ⅳ类
65、玻璃及玻璃制品		日产玻璃 500 吨及以上	其他	Ⅳ类	Ⅳ类
66、玻璃纤维及玻璃纤维增强塑料制品		年产玻璃纤维 3 万吨及以上	其他	Ⅳ类	Ⅳ类
67、陶瓷制品		年产建筑陶瓷 100 万平方米及以上；年产卫生陶瓷 150 万件及以上；年产日用陶瓷 250 万件及以上	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
68、耐火材料及其制品		石棉制品；年产岩棉 5000 吨及以上	其他	Ⅳ类	Ⅳ类
69、石墨及其他非金属矿物制品		石墨、碳素	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
70、防水建筑材料制造、沥青搅拌站		/	全部		Ⅳ类
K 机械、电子					
71、通用、专用设备制造及维修		有电镀或喷漆工艺的	其他	Ⅲ类	Ⅳ类

续表

环评类别 行业类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
			报告书	报告表
72、铁路运输设备制造及修理	机车、车辆、动车组制造；发动机生产；有电镀或喷漆工艺的零部件生产	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
73、汽车、摩托车制造	整车制造；发动机生产；有电镀或喷漆工艺的零部件生产	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
74、自行车制造	有电镀或喷漆工艺的	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
75、船舶及相关装置制造	有电镀或喷漆工艺的；拆船、修船	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
76、航空航天器制造	有电镀或喷漆工艺的	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
77、交通器材及其他交通运输设备制造	有电镀或喷漆工艺的	其他	Ⅲ类	Ⅳ类
78、电气机械及器材制造	有电镀或喷漆工艺的；电池制造（无汞干电池除外）	其他（仅组装的除外）	Ⅲ类	Ⅳ类
79、仪器仪表及文化、办公用机械制造	有电镀或喷漆工艺的	其他（仅组装的除外）	Ⅲ类	Ⅳ类
80、电子真空器件、集成电路、半导体分立器件制造、光电子器件及其他电子器件制造	显示器件	有分割、焊接、酸洗或有机溶剂清洗工艺的	Ⅱ类	Ⅲ类
81、印刷电路板、电子元件及组件制造	印刷电路板	有分割、焊接、酸洗或有机溶剂清洗工艺的	Ⅱ类	Ⅲ类
82、半导体材料、电子陶瓷、有机薄膜、荧光粉、贵金属粉等电子专用材料	全部	/	Ⅳ类	
83、电子配件组装	/	有分割、焊接、酸洗或有机溶剂清洗工艺的		有机溶剂清洗工艺的Ⅲ类，其余Ⅳ类
L 石化、化工				
84、原油加工、天然气加工、油母页岩提炼原油、煤制油、生物制油及其他石油制品	全部	/	天然气净化做燃料为Ⅲ类，其余Ⅰ类	

续表

环评类别 行业类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
			报告书	报告表
85、基本化学原料制造；化学肥料制造；农药制造；涂料、染料、颜料、油墨及其类似产品制造；合成材料制造；专用化学品制造；炸药、火工及焰火产品制造；饲料添加剂、食品添加剂及水处理剂等制造	除单纯混合和分装外的	单纯混合或分装的	I类	III类
86、日用化学品制造	除单纯混合和分装外的	单纯混合或分装的	II类	IV类
87、焦化、电石	全部	/	I类	
88、煤炭液化、气化	全部	/	I类	
89、化学品输送管线	全部	/	地面以下II类， 地面上III类	
M 医药				
90、化学药品制造；生物、生化制品制造	全部	/	I类	
91、单纯药品分装、复配	/	全部		IV类
92、中成药制造、中药饮片加工	有提炼工艺的	其他	III类	
93、卫生材料及医药用品制造	/	全部		IV类
N 轻工				
94、粮食及饲料加工	年加工 25 万吨及以上；有发酵工艺的	其他	III类	IV类
95、植物油加工	年加工油料 30 万吨及以上的制油加工；年加工植物油 10 万吨及以上的精炼加工	其他（单纯分装和调和除外）	III类	IV类
96、生物质纤维素乙醇生产	全部	/	III类	
97、制糖、糖制品加工	原糖生产	其他	III类	IV类
98、屠宰	年屠宰 10 万头畜类（或 100 万只禽类）及以上	其他	III类	IV类
99、肉禽类加工	/	年加工 2 万吨及以上		IV类

续表

环评类别 行业类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
			报告书	报告表
100、蛋品加工	/	/		
101、水产品加工	年加工 10 万吨及以上	鱼油提取及制品制造；年加工 10 万吨~2 万吨（含）；涉及环境敏感区的年加工 2 万吨以下	IV 类	IV 类
102、食盐加工	/	全部		III 类
103、乳制品加工	年加工 20 万吨及以上	其他	IV 类	IV 类
104、调味品、发酵制品制造	味精、柠檬酸、赖氨酸、淀粉、淀粉糖等制造	其他（单纯分装除外）	III 类	IV 类
105、酒精饮料及酒类制造	有发酵工艺的	其他	III 类	IV 类
106、果菜汁类及其他软饮料制造	原汁生产	其他	III 类	IV 类
107、其他食品制造	/	除手工制作和单纯分装外的		IV 类
108、卷烟	年产 30 万箱及以上	其他	IV 类	IV 类
109、锯材、木片加工、家具制造	有电镀或喷漆工艺的	其他	III 类	IV 类
110、人造板制造	年产 20 万立方米及以上	其他	IV 类	IV 类
111、竹、藤、棕、草制品制造	/	有化学处理或喷漆工艺的		III 类
112、纸浆、溶解浆、纤维浆等制造；造纸（含废纸造纸）	全部	/	II 类	
113、纸制品	/	有化学处理工艺的		III 类
114、印刷；文教、体育、娱乐用品制造；磁材料制品	/	全部		IV 类
115、轮胎制造、再生橡胶制造、橡胶加工、橡胶制品翻新	全部	/	II 类	
116、塑料制品制造	人造革、发泡胶等涉及有毒原材料的；有电镀工艺的	其他	II 类	IV 类
117、工艺品制造	有电镀工艺的	有喷漆工艺和机加工的	III 类	IV 类

续表

行业类别	环评类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
				报告书	报告表
118、皮革、毛皮、羽毛（绒）制品		制革、毛皮鞣制	其他	皮革 I 类，其余 III 类	IV 类
0 纺织化纤					
119、化学纤维制造		除单纯纺丝外的	单纯纺丝	II 类	/
120、纺织品制造		有洗毛、染整、脱胶工段的；产生缫丝废水、精炼废水的	其他（编织物及其制品制造除外）	I 类	III 类
121、服装制造		有湿法印花、染色、水洗工艺的	年加工 100 万件及以上	III 类	IV 类
122、鞋业制造		/	使用有机溶剂的		IV 类
P 公路					
123、公路		新建、扩建三级及以上等级公路；涉及环境敏感区的 1 公里及以上的独立隧道；涉及环境敏感区的主桥长度 1 公里及以上的独立桥梁（均不含公路维护）	其他（配套设施、公路维护除外）	加油站 II 类，其余 IV 类	IV 类
Q 铁路					
124、新建铁路		全部	/	机务段 III 类，其余 IV 类	
125、改建铁路		200 公里及以上的电气化改造；增建 100 公里及以上的铁路；涉及环境敏感区的	其他	机务段 III 类，其余 IV 类	IV 类
126、枢纽		大型枢纽	其他	涉及维修 III 类，其余 IV 类	IV 类
R 民航机场					
127、机场		新建；迁建；涉及环境敏感区的飞行区扩建	其他	地下油库 I 类，地上油库 II 类，其余 IV 类	IV 类
128、导航台站、供油工程、维修保障等配套		/	供油工程；涉及环境敏感区的		供油工程 II

续表

行业类别	环评类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
				报告书	报告表
工程					类, 其余IV类
S 水运					
129、油气、液体化工码头		全部	/	II类	
130、干散货(含煤炭、矿石)、件杂、多用途、通用码头		单个泊位 1000 吨级及以上的内河港口; 单个泊位 1 万吨级及以上的沿海港口; 涉及环境敏感区的	其他	IV类	IV类
131、集装箱专用码头		单个泊位 3000 吨级及以上的内河港口; 单个泊位 3 万吨级及以上的海港; 涉及危险品、化学品的; 涉及环境敏感区的	其他	涉危险品、化学品、环境敏感区的为 II 类, 其余 IV 类	IV类
132、滚装、客运、工作船、游艇码头		涉及环境敏感区的	其他	IV类	IV类
133、铁路轮渡码头		涉及环境敏感区的	其他	IV类	IV类
134、航道工程、水运辅助工程		航道工程; 涉及环境敏感区的防波堤、船闸、通航建筑物	其他	IV类	IV类
135、航电枢纽工程		全部	/	IV类	
136、中心渔港码头		涉及环境敏感区的	其他	IV类	IV类
T 城市交通设施					
137、轨道交通		全部	/	机务段 III 类, 其余 IV 类	/
138、城市道路		新建、扩建快速路、主干路; 涉及环境敏感区的新建、扩建次干路	其他快速路、主干路、次干路; 支路	加油站 III 类, 其余 IV 类	IV类
139、城市桥梁、隧道		1 公里及以上的独立隧道或独立桥梁; 立交桥	其他(人行天桥和人行地道除外)	IV类	IV类
U 城镇基础设施及房地产					
140、煤气生产和供应工程		煤气生产	煤气供应	IV类	IV类

续表

环评类别 行业类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
			报告书	报告表
141、城市天然气供应工程	/	全部	IV类	IV类
142、热力生产和供应工程	燃煤、燃油锅炉总容量 65 吨/小时（不含）以上	其他	IV类	IV类
143、自来水生产和供应工程	/	全部	IV类	IV类
144、生活污水集中处理	日处理 10 万吨及以上	其他	II类	III类
145、工业废水集中处理	全部	/	I类	
146、海水淡化、其他水处理和利用	/	全部		IV类
147、管网建设	/	全部		IV类
148、生活垃圾转运站	/	全部		IV类
149、生活垃圾（含餐厨废弃物）集中处置	全部	/	生活垃圾填埋 处置项目 I 类， 其余 II 类	
150、粪便处置工程	/	日处理 50 吨及以上		IV类
151、危险废物（含医疗废物）集中处置及综合利用	全部	/	I类	
152、工业固体废物（含污泥）集中处置	全部	/	一类固废III类， 二类固废II类	
153、污染场地治理修复工程	全部	/	III类	
154、仓储（不含油库、气库、煤炭储存）	有毒、有害及危险品的仓储、物流配送项目	其他	有毒、有害及危 险品的仓储 I 类，其余III类	III类
155、废旧资源（含生物质）加工、再生利用	废电子电器产品、废电池、废汽车、废电机、废五金、 废塑料、废油、废船、废轮胎等加工、再生利用	其他	危废 I 类，其余 III类	IV类
156、房地产开发、宾馆、酒店、办公用房等	/	建筑面积 5 万平方米及以上；涉及环境敏 感区的		IV类

续表

行业类别	环评类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
				报告书	报告表
V 社会事业与服务业					
157、学校、幼儿园、托儿所	/	/	建筑面积 5 万平方米及以上；有实验室的学校（不含 P3、P4 生物安全实验室）		IV类
158、医院	新建、扩建		其他	三甲为III类，其余IV类	IV类
159、专科防治院（所、站）	涉及环境敏感区的		其他	传染性疾病的专科III类，其余IV类	IV类
160、疾病预防控制中心	涉及环境敏感区的		其他		IV类
161、社区医疗、卫生院（所、站）、血站、急救中心等其他卫生机构	/		全部		IV类
162、疗养院、福利院、养老院	/		建筑面积 5 万平方米及以上	IV类	IV类
163、专业实验室	P3、P4 生物安全实验室；转基因实验室		其他	III类	IV类
164、研发基地	含医药、化工类专业中试内容的		其他	III类	IV类
165、动物医院	/		全部		IV类
166、体育场、体育馆	/		占地面积 2.2 万平方米及以上		IV类
167、高尔夫球场、滑雪场、狩猎场、赛车场、跑马场、射击场、水上运动中心	高尔夫球场		其他	高尔夫球场为II类，其余IV类	IV类
168、展览馆、博物馆、美术馆、影剧院、音乐厅、文化馆、图书馆、档案馆、纪念馆	/		占地面积 3 万平方米及以上		IV类
169、公园（含动物园、植物园、主题公园）	占地 40 万平方米及以上		其他	IV类	IV类
170、旅游开发	缆车、索道建设；海上娱乐及运动、景观开发工程		其他	IV类	IV类
171、影视基地建设	涉及环境敏感区的		其他	IV类	IV类
172、影视拍摄、大型实景演出	/		涉及环境敏感区的		IV类

续表

行业类别	环评类别	报告书	报告表	地下水环境影响评价项目类别	
				报告书	报告表
173、胶片洗印厂		/	全部		Ⅲ类
174、批发、零售市场		/	营业面积 5000 平方米及以上		Ⅳ类
175、餐饮场所		/	涉及环境敏感区的 6 个基准灶头及以上		Ⅳ类
176、娱乐场所		/	营业面积 1000 平方米及以上		Ⅳ类
177、洗浴场所		/	营业面积 1000 平方米及以上		Ⅳ类
178、Ⅱ类社区服务项目		/	/		
179、驾驶员训练基地		/	全部		Ⅳ类
180、公交枢纽、大型停车场		/	车位 2000 个及以上；涉及环境敏感区的		Ⅳ类
181、长途客运站		/	新建		Ⅳ类
182、加油、加气站		/	全部		加油站Ⅱ类，加气站Ⅳ类
183、洗车场		/	营业面积 1000 平方米及以上；涉及环境敏感区的		Ⅲ类
184、汽车、摩托车维修场所		/	营业面积 5000 平方米及以上；涉及环境敏感区的		Ⅲ类
185、殡仪馆		涉及环境敏感区的	其他	Ⅳ类	Ⅳ类
186、陵园、公墓		/	涉及环境敏感区的		Ⅳ类

注：本表未提及的行业，或《建设项目环境影响评价分类管理名录》修订后较本表行业类别发生变化的行业，应根据对地下水环境影响程度，参照相近行业分类，对地下水环境影响评价项目类别进行分类。

附录 B

(资料性附录)

水文地质参数经验值表

表 B.1 渗透系数经验值表

岩性名称	主要颗粒粒径 (mm)	渗透系数 (m/d)	渗透系数 (cm/s)
轻亚黏土		0.05~0.1	$5.79 \times 10^{-5} \sim 1.16 \times 10^{-4}$
亚黏土		0.1~0.25	$1.16 \times 10^{-4} \sim 2.89 \times 10^{-4}$
黄土		0.25~0.5	$2.89 \times 10^{-4} \sim 5.79 \times 10^{-4}$
粉土质砂		0.5~1.0	$5.79 \times 10^{-4} \sim 1.16 \times 10^{-3}$
粉砂	0.05~0.1	1.0~1.5	$1.16 \times 10^{-3} \sim 1.74 \times 10^{-3}$
细砂	0.1~0.25	5.0~10	$5.79 \times 10^{-3} \sim 1.16 \times 10^{-2}$
中砂	0.25~0.5	10.0~25	$1.16 \times 10^{-2} \sim 2.89 \times 10^{-2}$
粗砂	0.5~1.0	25~50	$2.89 \times 10^{-2} \sim 5.78 \times 10^{-2}$
砾砂	1.0~2.0	50~100	$5.78 \times 10^{-2} \sim 1.16 \times 10^{-1}$
圆砾		75~150	$8.68 \times 10^{-2} \sim 1.74 \times 10^{-1}$
卵石		100~200	$1.16 \times 10^{-1} \sim 2.31 \times 10^{-1}$
块石		200~500	$2.31 \times 10^{-1} \sim 5.79 \times 10^{-1}$
漂石		500~1000	$5.79 \times 10^{-1} \sim 1.16 \times 10^0$

表 B.2 松散岩石给水度参考值

岩石名称	给水度变化区间	平均给水度
砾砂	0.20-0.35	0.25
粗砂	0.20-0.35	0.27
中砂	0.15-0.32	0.26
细砂	0.10-0.28	0.21
粉砂	0.05-0.19	0.18
亚黏土	0.03-0.12	0.07
黏土	0.00-0.05	0.02

附录 C

(资料性附录)

环境水文地质试验方法简介

C.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；群井开采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 GB 50027。

C.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。

C.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 $0.3\sim 0.5\text{m}^2$ 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。

C.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，可参照执行关于固体废弃物的国家环境保护标准或技术文件。

C.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确定污水排放控制要求，需要配制几种浓度的试剂分别进行试验。

附录 D

(资料性附录)

常用地下水评价预测模型

D.1 地下水溶质运移解析法

D.1.1 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。但可以用解析解对照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。

D.1.2 预测模型

D.1.2.1 一维稳定流动一维水动力弥散问题

D.1.2.1.1 一维无限长多孔介质柱体,示踪剂瞬时注入

$$C(x, t) = \frac{m/w}{2n_e \sqrt{\pi D_L t}} e^{-\frac{(x-ut)^2}{4D_L t}} \dots\dots\dots (D.1)$$

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, g/L;

m —注入的示踪剂质量, kg;

w —横截面面积, m²;

u —水流速度, m/d;

n_e —有效孔隙度, 无量纲;

D_L —纵向弥散系数, m²/d;

π —圆周率。

D.1.2.1.2 一维半无限长多孔介质柱体,一端为定浓度边界

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

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, g/L;

C_0 —注入的示踪剂浓度, g/L;

u —水流速度, m/d;

D_L —纵向弥散系数, m²/d;

$\operatorname{erfc}()$ —余误差函数。

D. 1. 2. 2 一维稳定流动二维水动力弥散问题

D. 1. 2. 2. 1 瞬时注入示踪剂—平面瞬时点源

$$C(x, y, t) = \frac{m_M / M}{4\pi n t \sqrt{D_L D_T}} e^{-\left[\frac{(x-ut)^2}{4D_L t} + \frac{y^2}{4D_T t}\right]} \dots\dots\dots (D.3)$$

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, g/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_e —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。

D. 1. 2. 2. 2 连续注入示踪剂—平面连续点源

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

$$\beta = \sqrt{\frac{u^2 x^2}{4D_L^2} + \frac{u^2 y^2}{4D_L D_T}} \dots\dots\dots (D.5)$$

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, g/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_e —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;

$W\left(\frac{u^2 t}{4D_L}, \beta\right)$ —第一类越流系统井函数。

D.2 地下水数值模型

D.2.1 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，即预报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。

D.2.2 预测模型

D.2.2.1 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

$$\mu_s \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) + W \quad \dots\dots\dots (D.6)$$

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，m³/d。

b) 初始条件

$$h(x, y, z, t) = h_0(x, y, z) \quad (x, y, z) \in \Omega, t = 0 \quad \dots\dots\dots (D.7)$$

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

$$h(x, y, z, t) \Big|_{\Gamma_1} = h(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_1, t \geq 0 \quad \dots\dots\dots (D.8)$$

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

$$k \frac{\partial h}{\partial n} \Big|_{\Gamma_2} = q(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_2, t > 0 \dots\dots\dots (D.9)$$

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

$$(k(h-z) \frac{\partial h}{\partial n} + \alpha h) \Big|_{\Gamma_3} = q(x, y, z) \quad \dots\dots\dots (D.10)$$

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;
- \vec{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。

D. 2. 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

$$R\theta \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i C) - WC_s - WC - \lambda_1 \theta C - \lambda_2 \rho_b \bar{C} \dots\dots\dots (D.11)$$

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, $\text{kg}/(\text{dm})^3$;
- θ —介质孔隙度,无量纲;
- c —组分的浓度, g/L ;
- \bar{C} —介质骨架吸附的溶质浓度, g/kg ;
- 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_j —地下水渗流速度张量, m/d;

W —水流的源和汇, 1/d;

C_s —组分的浓度, g/L;

λ_1 —溶解相一级反应速率, 1/d;

λ_2 —吸附相反应速率, 1/d。

b) 初始条件

$$C(x, y, z, t) = C_0(x, y, z) \quad (x, y, z) \in \Omega_1, t = 0 \dots\dots\dots (D.12)$$

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

$$C(x, y, z, t)|_{\Gamma_1} = c(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_1, t \geq 0 \dots\dots\dots (D.13)$$

式中:

Γ_1 —表示给定浓度边界;

$c(x, y, z, t)$ —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

$$\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \Big|_{\Gamma_2} = f_i(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_2, t \geq 0 \dots\dots (D.14)$$

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

$$\left(\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} - q_i C \right) \Big|_{\Gamma_3} = g_i(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_3, t \geq 0 \dots\dots (D.15)$$

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。
