ICS 13.080
Z 50
备案号：48688-2016

DB11

北　京　市　地　方　标　准

DB11/T 1281—2015

污染场地修复后土壤再利用环境评估导则

Environmental assessment guideline for remediated soil reuse from contaminated site

2015－12－30 发布　　2016－03－01 实施

北京市质量技术监督局　　发布

目　　次

前言 II
引言 III
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　工作程序 2
5　第一阶段——土壤再利用区环境调查 2
6　第二阶段——土壤再利用风险筛选 3
7　第三阶段——土壤再利用风险评估 6
8　污染防治对策及长期监测计划 8
9　报告编制 8
附录A（规范性附录）　地下水系统防污性能评估方法 9
附录B（资料性附录）　达标点浓度预测方法 16
附录C（资料性附录）　部分污染物理化性质参数 19
附录D（资料性附录）　污染场地修复后土壤再利用环境评估报告编写示例 23

前　言

本标准按照 GB/T1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由北京市环境保护局提出并归口。

本标准由北京市环境保护局组织实施。

本标准起草单位：北京市环境保护科学研究院、北京市固体废物和化学品管理中心。

本标准主要起草人：贾晓洋、钟茂生、唐丹平、姜林、唐振强、夏天翔、王亚军、张丹、李慧颖、贾琳。

引　言

为规范污染场地土壤再利用过程，防止土壤再利用时危害人民群众身体健康、污染周边区域土壤和地下水，根据《中华人民共和国环境保护法》、《废弃危险化学品污染环境防治办法》（原国家环境保护总局令第27号）、《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发〔2012〕140号）和《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发〔2014〕66号）等有关法律和通知的规定，结合北京实际，制定本标准。

本标准规定了污染场地修复后土壤再利用环境评估的工作程序、方法、内容和技术要求。

污染场地修复后土壤再利用环境评估导则

1 范围

本标准规定了污染场地修复后土壤再利用环境评估的工作程序、方法、内容及要求。

本标准适用于污染场地修复后土壤在非环境敏感区被再利用的评估。

本标准不适用于涉及放射性污染和致病性生物污染场地修复后土壤再利用的评估。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

HJ 682 污染场地术语

DB11/T 656-2009场 地环境评价导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土壤再利用 soil reuse

污染场地修复达标后土壤用于回填用土、道路用土、绿化用土等用途。

3.2

土壤再利用筛选值 screening value for soil reuse

判定是否开展修复后土壤再利用环境风险评估的启动值。

3.3

环境敏感区 environmental sensitive area

自然保护区、饮用水水源保护区及其补给径流区、特殊地下水资源保护区、基本农田保护区、重要湿地等区域。

3.4

达标点 compliance point

确保地下水中污染物浓度不超过相关水质标准的控制点，可选择土壤孔隙水中、地下水水面处或再利用区边界处。

4 工作程序

污染场地修复后土壤再利用环境评估工作包括土壤再利用区环境调查、土壤再利用风险筛选及土壤再利用风险评估三个阶段，见图1。

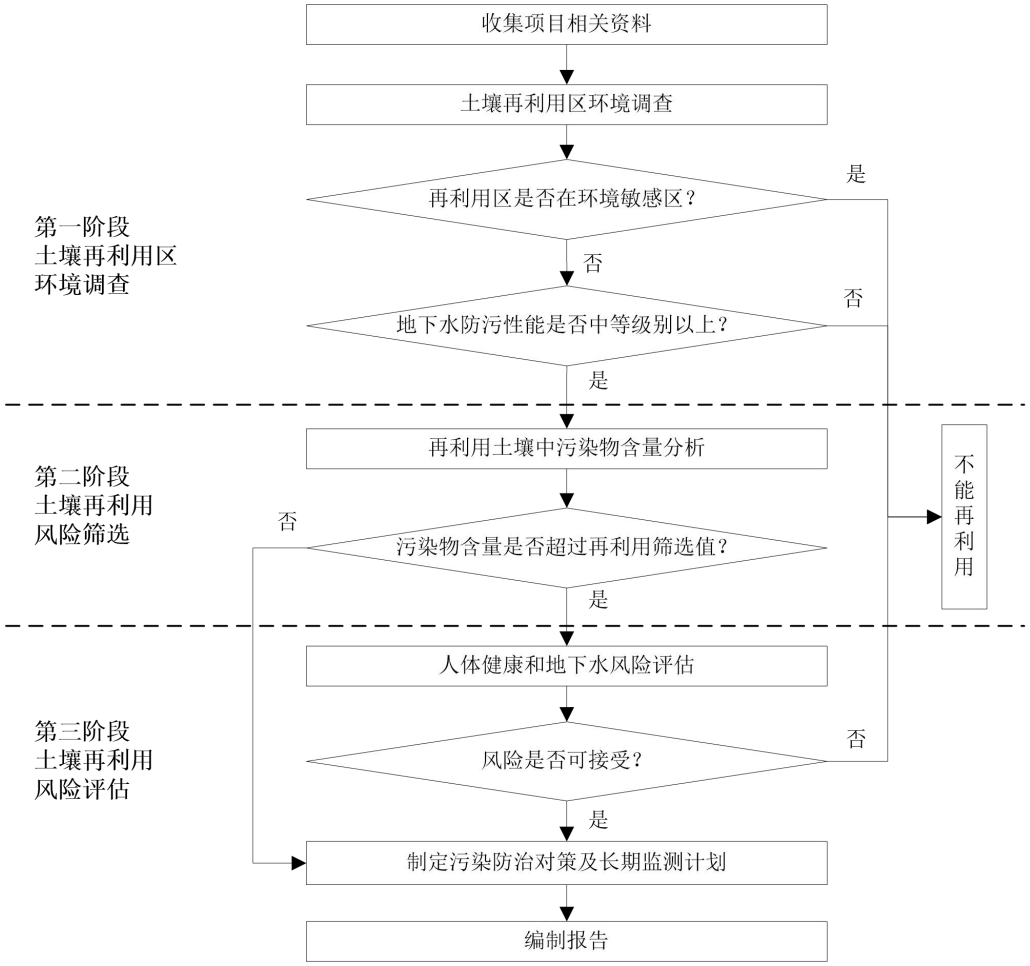


图 1 污染场地修复后土壤再利用环境评估工作程序

5 第一阶段——土壤再利用区环境调查

5.1 周边环境敏感区调查

调查再利用区周边环境敏感区的类型、数量和分布，修复后土壤不应在环境敏感区再利用。

5.2 再利用区环境现状调查

5.2.1 土壤环境现状

对再利用区的土壤现状进行调查：

a) 土壤现状调查的布点采样应符合 DB11/T 656-2009 中 6.2.4 表 1 简化布点及 6.2.3 的要求；

b) 土壤样品分析项目应为原场地调查报告中超过再利用筛选值的污染物。

5.2.2 地下水环境现状

一般应对再利用区易受污染的第一层连续含水层进行现状调查。当第二层含水层作为主要保护对象且可能受到污染时，应设置地下水监测组井，同时监测第一层和第二层地下水，要求如下：

a) 地下水现状调查的布点采样应符合 DB11/T 656-2009 中 6.2.4 表 1 简化布点及 6.3.5 的要求。地下水调查可利用再利用区及周边已有地下水水质监测井，对于水文地质条件复杂或存在于多个水文地质单元的调查对象，应根据实际情况增加监测点数量。

b) 地下水样品分析项目为地下水质量常规指标以及原场地调查报告中超过再利用筛选值的污染物。

5.3 再利用区水文地质条件调查

5.3.1 地形地貌及气象水文条件

在充分收集资料的基础上，分析再利用区的地形地貌特征，分析近年来的降水量、降雨频度、雨强、蒸发量、气温及暴雨等气象资料，以及周边河流、水库、湖泊等地表水体的分布、径流量、水位及动态变化等。

5.3.2 水文地质结构

调查再利用区包气带、含水层、相对隔水层、隔水层的岩性、厚度及其变化情况。

5.3.3 地下水补、径、排条件

在充分收集资料的基础上，分析再利用区地下水的补径排条件如下：

a) 地下水补给条件的分析包括降水、人工回灌、地表水等因素，应以收集资料为主，收集场地所在地区的降水量及其水化学变化资料（月、年），收集或观测地表水水位、流量、水质变化资料，分析地表水与地下水的相互关系；

b) 地下水径流条件的分析应注意关注含水层渗透系数、水力坡度、厚度等因素在场内的变化；

c) 地下水排泄条件的分析包括蒸发、开采、径流等因素，应主要收集再利用区的蒸发量变化资料（月、年），获取地下水开采利用信息，收集或观测地下水水位及水化学变化资料。

5.3.4 水流场特征

地下水流场特征的分析包括地下水埋深、地下水水位标高、地下水流向、水力坡度及其动态变化。

5.3.5 水文地质参数

水文地质参数主要包括包气带的土壤容重、孔隙度、孔隙体积含水率、孔隙体积含气率、残留含水量、饱和含水量、有机碳含量、pH、渗透系数、弥散度等，以及含水层的渗透系数、弥散系数、水力坡度、有效孔隙度、地下水流速等。应优先通过土工试验或水文地质试验获取，较难获取的参数可采用经验值。

5.4 再利用区地下水系统防污性能评估

基于已获得的水文地质资料，对再利用区地下水系统防污性能进行评估，评估方法见附录A。修复后土壤不应在防污性能级别为中等以下的区域再利用。

6 第二阶段——土壤再利用风险筛选

6.1 再利用土壤污染物含量分析

再利用土壤污染物含量分析要求如下：

a) 土壤样品分析项目应为原场地调查报告中超过再利用筛选值的污染物；
b) 每个土壤样品代表的土壤体积应不超过 500 m^3，采样方法和分析方法按 DB11/T 656 规定的执行。

6.2 土壤再利用风险筛选

按照表1的再利用筛选值对再利用土壤进行风险筛选，判断过程见图2，具体内容如下：

a) 若土壤中污染物含量低于一级再利用筛选值，可在居住区、工/商业区、垃圾填埋场等区域再利用；
b) 若土壤中污染物含量高于一级再利用筛选值且低于二级再利用筛选值，可在工/商业区、垃圾填埋场等区域再利用，在居住区再利用时应进行风险评估；
c) 若土壤中污染物含量高于二级再利用筛选值且低于三级再利用筛选值，在居住区、工/商业区、垃圾填埋场等区域再利用时均应进行风险评估；
d) 若土壤中污染物含量高于三级再利用筛选值，不应再利用；
e) 有异味的土壤不应在居住区、学校、幼儿园、医院、养老场所等区域再利用，其他情景再利用时应满足相关的空气质量标准要求。

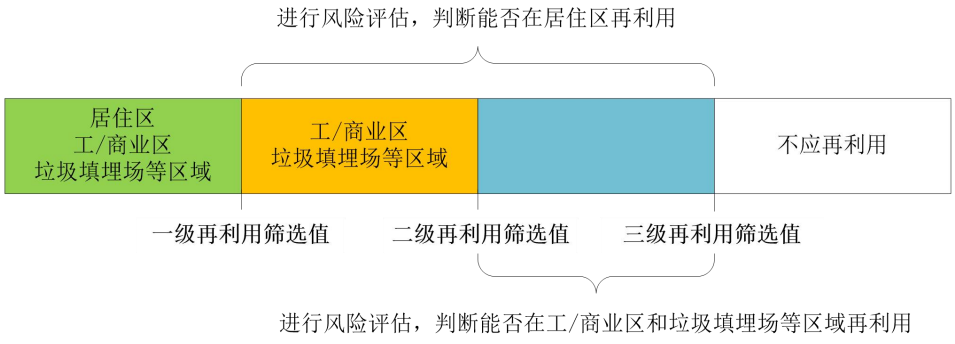


图 2 土壤再利用判断过程

表 1 污染场地土壤再利用筛选值 单位为 mg/kg

序号	污染物	一级	二级	三级
无机污染物				
1	砷	20	20	20
2	铍	4	8	8
3	镉	8	150	150
4	铬（总）	250	2500	2500
5	铬（VI）	12	12	12
6	铜	600	10000	10000
7	铅	400	1200	1200
8	汞	10	14	14

序号	污染物	一级	二级	三级
9	镍	50	300	300
10	锌	3500	10000	10000
11	锡	3500	10000	10000
12	氰化物	0.95	0.95	0.95
13	氟化物	650	2000	2000
挥发性有机污染物				
14	二氯甲烷	0.05①	0.05①	0.5
15	苯	0.05①	0.05①	0.5
16	甲苯	2.3	2.3	6.9
17	乙苯	2	2	20
18	氯仿	0.05①	0.05①	0.5
19	溴仿	0.05①	0.05①	0.5
20	氯苯	0.96	0.96	2.88
21	四氯化碳	0.05①	0.05①	0.5
22	1,1-二氯乙烷	0.05①	0.05①	0.5
23	1,2-二氯乙烷	0.05①	0.05①	0.5
24	1,1,1-三氯乙烷	1.7	1.7	5.1
25	1,1,2-三氯乙烷	0.05①	0.05①	0.5
26	1,1,2,2-四氯乙烷	0.05①	0.05①	0.5
27	三氯乙烯	0.073	0.073	0.73
28	四氯乙烯	0.061	0.061	0.61
29	二溴乙烯	0.05①	0.05①	0.15
30	苯乙烯	0.13	0.13	0.39
31	二甲苯（总）	2.7	2.7	8.1
32	氯乙烯	0.05①	0.05①	0.5
33	氯甲烷	0.05①	0.05①	0.15
34	1,2-二氯乙烯（顺式）	0.051	0.051	0.15
35	1,2-二氯乙烯（反式）	0.073	0.073	0.22
36	1,1-二氯乙烯	0.05①	0.05①	0.15
37	1,2-二氯丙烷	0.05①	0.05①	0.5
38	1,2,3-三氯丙烷	0.05①	0.05①	0.5
39	二溴氯甲烷	0.054	0.054	0.54
40	一溴二氯甲烷	0.05①	0.05①	0.5
半挥发性有机污染物				
41	六氯苯	0.2	1	10
42	苯胺	0.1	0.1	1
43	硝基苯	0.1①	0.1①	1
44	苯酚	4.9	4.9	14.7
45	2,4-二硝基甲苯	0.1	0.1	1
46	邻苯二甲酸二丁酯	0.19	0.19	0.57

序号	污染物	一级	二级	三级
47	邻苯二甲酸二辛酯	13	30	300
48	邻苯二甲酸正辛酯	500	9000	9000
49	萘	39	39	390
50	菲	5	40	120
51	蒽	50	400	1200
52	荧蒽	50	400	1200
53	芘	50	400	1200
54	屈	50	400	4000
55	芴	50	400	1200
56	苯并[b]荧蒽	0.5	4	40
57	苯并[k]荧蒽	5	40	400
58	苯并[a]芘	0.2	0.4	4
59	茚并[1,2,3-cd]芘	0.2	4	40
60	苯并[g,h,i]苝	5	40	120
61	苯并[a]蒽	0.5	4	40
62	二苯并[a, h]蒽	0.1①	0.4	4
63	2-氯酚	0.16	0.16	0.48
64	2,4-二氯酚	0.16	0.16	0.48
65	2,4-二硝基酚	0.28	0.28	0.84
66	2-硝基酚	0.1①	0.1①	0.3
67	4-硝基酚	0.1①	0.1①	0.3
68	五氯酚	3	10	100
69	2,4,5-三氯酚	193	193	579
70	2,4,6-三氯酚	35	50	500
71	4-甲酚	0.1①	0.1①	0.3
农药/多氯联苯及其他				
72	多氯联苯（总）	0.2	1	1
73	二噁英类(总)	0.000002	0.00002	0.0002
74	六六六α	0.1①	0.1①	1
75	六六六β	0.11	0.11	1.1
76	六六六δ	2	3	30
77	林丹（六六六γ）	0.11	0.11	1.1
78	DDT(包括 o,p'-DDT, p,p'-DDT)	1	11	11
79	p.p'-DDE	1	11	11
80	p,p'-DDD	2	15	15
81	敌敌畏	0.1①	0.1①	1
82	乐果	0.1①	0.1①	0.3
注1：①计算结果低于分析方法标准检出限，以检出限作为筛选值。				

7　第三阶段——土壤再利用风险评估

7.1　人体健康风险评估

人体健康风险评估按照 DB11/T 656 规定的执行。若土壤在原污染场地以外的区域再利用，无论是否作为表层土壤，均应包括直接摄入、皮肤接触和呼吸吸入土壤尘等直接接触途径。

7.2　地下水风险评估

7.2.1　构建概念模型

土壤再利用过程对地下水产生危害的典型概念模型见图3，包括三个子过程，具体内容如下：

a)　污染物的解吸，即再利用土壤中污染物解吸至土壤孔隙水中；

b)　污染物的迁移转化，即土壤孔隙水中污染物向下迁移，在清洁非饱和带经对流、弥散、吸附解吸和生物降解等一系列迁移转化过程，到达地下水水面处；

c)　污染物的混合稀释，即土壤孔隙水中污染物进入地下水后，被地下水混合稀释。

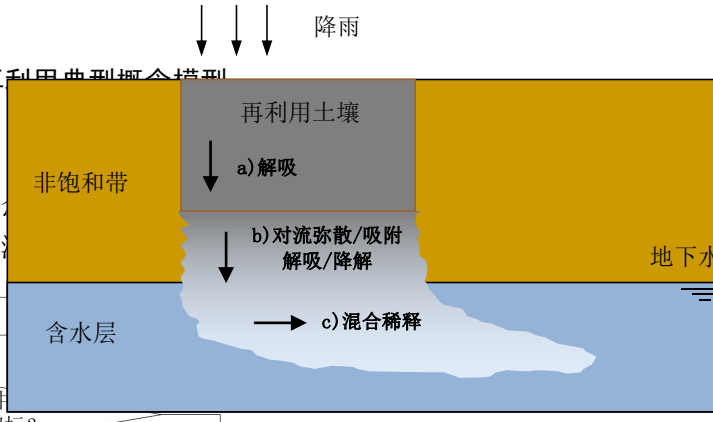


图 3　污染场地修复后土壤再利用典型概念模型

7.2.2　风险评估方法

采用层次化的评估方法（见图4），应根据实际的概念模型确定各层次的达标点，各层次达标点及评估方法见表2。达标点浓度预测方法见附录A。

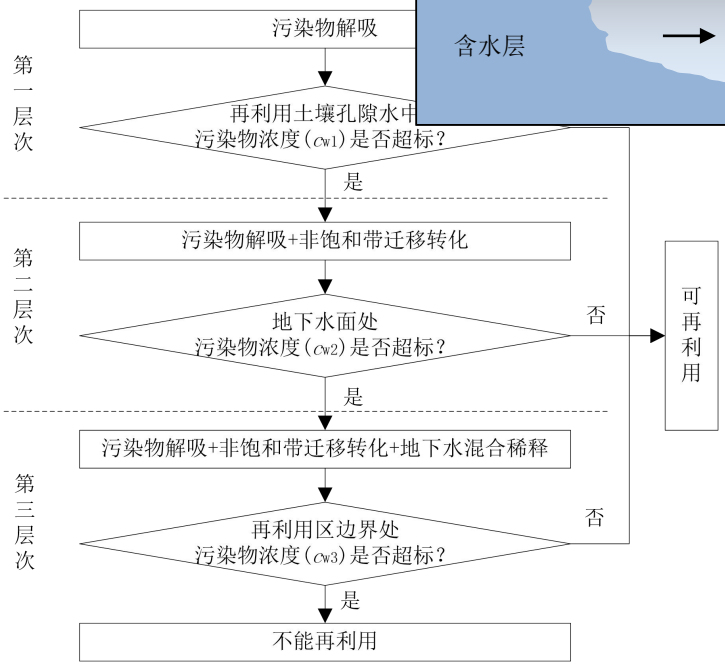


图 4　层次化地下水风险评估

表 2　各层次达标点及评估方法

评估层次	达标点	评估方法

第一层次	再利用土壤孔隙水中	三相平衡模型（见附录B.1）
第二层次	地下水面处	三相平衡模型+一维溶质运移模型（见附录B.2）
第三层次	再利用区边界处	三相平衡模型+一维溶质运移模型+箱式混合模型（见附录B.3）

7.3 评估结论

若评估结论表明土壤再利用不会对人体健康或地下水造成危害，可在该区域再利用。

若评估结论表明土壤再利用会对人体健康或地下水造成危害，可对土壤进行进一步修复，或采取必要措施，或重新选择再利用区。

8 污染防治对策及长期监测计划

根据再利用区具体情况，制定相应的污染防治措施和长期监测计划，具体要求如下：

a) 土壤再利用区顶部不宜直接暴露于环境，底部应至少高于地下水最高水位2 m，且底部宜铺设厚度不小于1 m的粉质粘土或粘土；

b) 制定防止再利用区地下水污染的环境监测方案，包括监测井点布置、监测指标、监测频率等。

9 报告编制

报告可参照附录D的示例编写。

附 录 A
（规范性附录）
地下水系统防污性能评估方法

A.1 孔隙潜水防污性能评估

孔隙潜水防污性能评估采用DRASTIC模型。该模型在应用时假设以下条件成立：（1）污染物由地表经土壤层、包气带进入含水层；（2）污染物随水渗到地下水中；（3）污染物随水流动。

DRASTIC模型包括7个指标：地下水位埋深（D）、净补给量（R）、含水层厚度（A）、土壤带介质（S）、地形（T）、包气带介质类型（I）和含水层渗透系数（C）。模型中每个指标都分成几个区段，每个区段赋予1-10的评分，根据每个指标对防污性能的权重，通过加权求和得到孔隙潜水防污性能指数（DI），见公式（A.1）：

$$DI = D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W \quad \text{(A.1)}$$

式中：

DI——地下水防污性能指数；

D_R——地下水位埋深的评分值（见表A.1）；

D_W——地下水位埋深的推荐权重值（见表A.2）；

R_R——净补给量的评分值（见表A.1）；

R_W——净补给量的推荐权重值（见表A.2）；

A_R——含水层厚度的评分值（见表A.1）；

A_W——含水层厚度的推荐权重值（见表A.2）；

S_R——土壤带介质的评分值（见表A.1）；

S_W——土壤带介质的推荐权重值（见表A.2）；

T_R——地形的评分值（见表A.1）；

T_W——地形的推荐权重值（见表A.2）；

I_R——包气带介质类型的评分值（见表A.1）；

I_W——包气带介质类型的推荐权重值（见表A.2）；

C_R——含水层渗透系数的评分值（见表A.1）；

C_W——含水层渗透系数的推荐权重值（见表A.2）。

表 A.1　孔隙水防污性能评估指标等级划分和赋值

指标	评分									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	>30	(25,30]	(20,25]	(15,20]	(10,15]	(8,10]	(6,8]	(4,6]	(2,4]	≤2
R	0	(0,51]	(51,71]	(71,92]	(92,117]	(117,147]	(147,178]	(178,216]	(216,235]	>235
A	>50	(45,50]	(40,45]	(35,40]	(30,35]	(25,30]	(20,25]	(15,20]	(10,15]	≤10
S	非胀缩和非凝聚性粘土（岩石）	粘质壤土（粘土）	粉质壤土	壤土	砂质壤土（砂土）	胀缩或凝聚性粘土	粉砂、细砂	砾石/中砂、粗砂	卵砾石	薄或缺失
T	>10	(9,10]	(8,9]	(7,8]	(6,7]	(5,6]	(4,5]	(3,4]	(2,3]	(0,2]
I	粘土	亚粘土	亚砂土	粉砂	粉细砂	细砂	中砂	粗砂	砂砾石	卵砾石
C	(0,4]	(4,12]	(12,20]	(20,30]	(30,35]	(35,40]	(40,60]	(60,80]	(80,100]	>100

表 A.2　DRASTIC 模型各指标说明和权重建议值

指标	数据来源	说明	推荐权重
D	水平年高水位期地下水水位统测资料	此处地下水位埋深指地表到潜水面的距离，单位为 m，精度按 10-15 个井/100 km^2	5
R	降水量减去地表径流量和蒸散量或降水量乘以降水入渗系数	以大气降水为区域潜水补给最主要来源时，可近似采用降水入渗补给量替代垂向净补给量；在有其他主要的补给途径时，要综合考虑各种补给来源对潜水的补给量。在农灌区需迭加灌溉回归量，在地表水和地下水有水力联系的评估区需迭加地表水渗漏量，单位为 mm/a	4
A	含水层顶底板等值线图或钻孔资料	含水层厚度可以从含水层顶、底板等直线图中计算得到，或从钻孔资料分析得出，单位为 m，按 2-4 个钻孔/100 km^2 分析	3
S	钻孔柱状图或区域土壤分区图	土壤层为地表厚度 2 m 或小于 2 m 的风化层，按 4-10 个钻孔/100 km^2	2
T	DEM 坡度提取	利用 1:5 万或 1:1 万地形图的 DEM 提取后，在 ArcGIS 中可自动生成坡度值，单位为%	1
I	钻孔柱状图或野外剖面	此处包气带是指潜水位以上或承压含水层顶板以上、土壤层以下的非饱和区或非连续饱和区的岩层，根据钻孔资料获取包气带介质类型，按 4-10 个钻孔/100 km^2 分析，以专家和有经验的水文地质工作者进行判断定名，或者收集当地国土部门已完成的包气带岩性图	5
C	经验值或野外抽水试验	含水层渗透系数从野外抽水试验获取，或从钻孔资料分析得出，按 2-4 个钻孔/100 km^2 分析，单位为 m/d	3

根据DI值将地下水防污性能分为低、较低、中等、较高和高5个级别，DI值越高，地下水防污性能越低（见表A.3）。

表 A.3　孔隙水防污性能评价标准

地下水防污性能指数 DI	[20,70]	(70,100]	(100,120]	(120,150]	(150,200]
地下水防污性能级别	高	较高	中等	较低	低

A.2　岩溶水防污性能评估

岩溶水防污性能评估采用PLEIK模型，不同类型的评估区可根据自然地理特征和水文地质特征对评估指标进行适当调整。

PLEIK模型包括5个指标：保护性盖层厚度（P），土壤利用类型（L），表层岩溶带发育强度（E），补给类型（I），岩溶网络系统发育程度（K）。根据实际情况对每个指标权重赋值并评分，通过加权求和得到岩溶水防污性能指数，见公式（A.2）：

$$DI = P_i \times w_1 + L_j \times w_2 + E_k \times w_3 + I_m \times w_4 + K_1 \times w_5 \quad \text{(A.2)}$$

式中：

P_i——保护性盖层厚度评分值（见表A.5和A.6）；

w_1——保护性盖层厚度的权重值（见本节b））；

L_j——土壤利用类型评分值（见表A.7）；

w_2——土壤利用类型的权重值（见本节b））；

E_k——表层岩溶带发育强度评分值（见表A.8和表A.9）；

w_3——表层岩溶带发育强度的权重值（见本节b））；

I_m——补给类型评分值（见表A.10和A.11）；

w_4——补给类型的权重值（见本节b））；

K_1——岩溶网络系统发育程度评分值（见表A.12-表A.14）；

w_5——岩溶网络系统发育程度的权重值（见本节b））。

根据DI值将地下水防污性能分为低、较低、中等、较高和高5个级别（见表A.4），DI值越高，地下水防污性能越低。

表 A.4　岩溶地下水防污性能评估标准

地下水防污性能指数 DI	[1,2]	(2,4]	(4,6]	(6,8]	(8,10]
地下水防污性能级别	高	较高	中等	较低	低

各指标评分标准及权重值的确定如下：

a)　各指标的评分标准

1)　保护性盖层厚度（P）

保护性盖层是指地下水位以上的非岩溶地层（如第四系松散沉积物等土层）。土层性质（包括结构、构造、有机质和粘土矿物及饱水度和导水率等）使土层对大部分污染物具有潜在的降解或吸附功能，因此增加阳离子交换容量（CEC）这一指标，与覆盖层厚度属性共同构成评分矩阵（见表A.6）。分值越低，防污性能越高。

表 A.5　土层厚度属性分类

保护性盖层分级	特性描述	
	土层直接覆盖于灰岩或高渗透率的碎石上	土层覆盖于低渗透率的底层上，如湖积物、粘土等
P_1	土层厚度 0-20 cm	不超过 1 m 的底层上土层厚度 0-20 cm
P_2	土层厚度 20-100 cm	不超过 1 m 的底层上土层厚度 20-100 cm
P_3	土层厚度 100-150 cm	超过 1 m 的底层上土层厚度 100 cm 左右
P_4	土层厚度>150 cm	低渗透率的底层上覆土层厚度超过 100 cm，或者超过 8 m 的粘土或淤泥，或者非岩溶岩石地层

表 A.6　保护性盖层评分矩阵

保护性盖层分级	CEC 含量/(meq/100 g)			
	<10	10-100	100-200	>200
P_1	1	3	5	7
P_2	2	4	6	8
P_3	3	5	7	9
P_4	4	6	8	10

2)　土壤利用类型（L）

表 A.7　土地利用程度属性分类

土地利用程度及评分				特性描述
低↓高	林地	L_1	10	以乔木为主、植被覆盖率大于 60%的有林地（不包括幼林）
	草地	L_2	8	以灌木、荒草为主的土地（包括幼林）
	园地	L_3	6	用于种植果树的土地
	耕地	L_4	4	用于耕种的土地（包括菜地）
	裸地	L_5	2	几乎无植被覆盖
	村镇及工矿用地	L_6	1	包括居民区、工厂和矿山用地、公路等工程建设用地

3)　表层岩溶带发育强度（E）

表层岩溶带发育强度主要受岩性、岩石结构、构造、地貌、水动力条件、土层及植被覆盖情况等因素影响。表层岩溶带发育强度可以通过垂直相交溶蚀通道（包括岩溶节理、溶蚀裂缝、小溶沟、溶隙、溶管、小溶坑、竖井等）在特定尺度内的平均深度和频率来度量。

表 A.8　表层岩溶带属性分级

表层岩溶带类型及评分			特性描述
强烈发育的表层岩溶带	E_1	10	最小溶蚀间距(<0.25 m)，典型溶蚀深度>2 m
高度发育的表层岩溶带	E_2	8	较近的溶蚀间距(<0.5 m)，平均溶蚀深度 1-2 m
中等发育的表层岩溶带	E_3	6	中等溶蚀间距(<1 m)，平均溶蚀深度 0.5-1.0 m
轻度发育的表层岩溶带	E_4	4	较大的溶蚀间距(>2 m)，平均溶蚀深度小于 0.5 m

不明显发育的表层岩溶带	E_5	2	在基岩上观察不到表层岩溶的溶蚀发育
发育不清楚的表层岩溶带	E_6	1	表层岩溶带不可见或被厚层沉积物所覆盖

当表层岩溶带定量测量难度较大时，可以以区域岩溶层组类型为基础进行分级（表 A.9）。

表 A.9　表层岩溶带区域属性分级

岩溶组类型		E	备注
均匀状纯碳酸盐岩类	灰岩连续型，表层岩溶带强烈发育	10	中-厚层纯灰岩
	灰岩夹白云岩型，表层岩溶带高度发育	[8,9]	无非碳酸盐岩夹层，不纯碳酸盐岩夹层小于 10%
	灰岩-白云岩交互（间隔）型，表层岩溶带中等发育	[6,7]	
间层状碳酸盐岩类	断续状不纯碳酸盐岩型，表层岩溶带轻度发育	[4,5]	非碳酸盐岩夹层小于 15%，不纯碳酸盐岩厚度大于 50%
	非碳酸盐岩-不纯碳酸盐岩交互型，表层岩溶带不明显发育	[2,3]	非碳酸盐岩夹层大于 30%，不纯碳酸盐岩厚度大于 50%
不纯碳酸盐岩类	表层岩溶带不发育	1	非碳酸盐岩夹层大于 50%，不纯碳酸盐岩厚度小于 30%

4)　补给类型（I）

补给类型既包括岩溶含水层的补给类型，又包括补给强度。

表 A.10　补给类型分级

补给类型		属性描述
集中补给 ↓ 分散补给	I_1	落水洞或漏斗周围 500 m 区域或伏流两侧各 500 m 距离
	I_2	落水洞或漏斗周围 500-1000 m 之间，且向落水洞汇流坡度>10%的耕作区和坡度>25%的草地区和伏流两侧 500-1000 m 之间
	I_3	落水洞或漏斗周围 500-1000 m 之间，且汇流坡度<10%的耕作区和坡度<25%的草地区
	I_4	上述之外的汇水区域

表 A.11　入渗补给强度分级与评分

补给类型	雨强特征(mm/d)		
	＜9.9	10-24.9	＞25
I_1	4	[5,9]	10
I_2	3	[4,7]	8
I_3	2	[3,5]	6
I_4	1	[2,3]	4

5)　岩溶网络系统发育程度（K）

含水层岩溶网络或洞穴系统是由直径或宽度超过10 mm的溶蚀空间组成的，也是自然条件下产生紊流的最小有效尺寸。空洞在岩溶网络系统中或多或少发育并相互连通，岩溶网络的发育及其结构对水流速度起重要作用，并因此影响岩溶水系统防污性能。表A.12-A.14均可进行岩溶网络发育评分，其中表A.12分类比较宏观，适于资料不足时判断评分；表A.13采用地下水径流模数作为反映含水层岩溶网络发

育的参数，可定量地评价含水层岩溶网络发育特征，建议采用；另外还可根据岩溶含水层组类型划分结果简单地确定含水层岩溶网络发育系统（表A.14）。

表 A.12　岩溶网络发育程度分类

发育类型及评分		属性描述
强烈发育的岩溶网络	[8,10]	存在良好发育的岩溶网络(由分米到米级的管道组成，连通性极好，很少阻塞)
弱发育的岩溶网络	[4,7]	存在微弱发育的岩溶网络(小型管道，连通性较差或被重填，分米级的或更小尺寸的空间)
混合和裂隙含水层	[1,3]	孔隙出露泉水，无岩溶发育，仅存裂隙含水层

表 A.13　岩溶网络属性的径流模数分类

溶岩网络类型与评分		径流模数/($L\cdot s^{-1}\cdot km^{-2}$)
强烈发育的岩溶网络	[8,10]	<1
中等发育的岩溶网络	[6,7]	1-7
弱发育的岩溶网络	[4,5]	7-15
混合和裂隙含水层	[1,3]	>15

地下水径流模数，也称“地下径流率”，是1 km^2含水层分布面积上地下水的径流量；表示一个地区以地下径流形式存在的地下水量的大小。年平均地下径流模数可用式（A.3）计算：

$$M = Q/(86.4F) \quad \text{(A.3)}$$

式中：

M——地下水径流模数，$L\cdot s^{-1}\cdot km^{-2}$；

F——含水层分布面积，km^2；

Q——地下水天然径流量，m^3/d。

表 A.14　岩溶网络属性的岩溶含水层组类型划分

类型及评分			备注
均匀状纯碳酸盐岩类	灰岩连续型	10	无非碳酸盐岩夹层，不纯碳酸盐岩夹层小于 10%
	灰岩夹白云岩型	9	
	灰岩-白云岩交互型	8	
	灰岩-白云岩间隔型	7	
间层状不纯碳酸盐岩类	断续状不纯碳酸盐岩型	[4,6]	非碳酸盐岩夹层小于 15%,不纯碳酸盐岩厚度大于 50%
	非碳酸盐岩-不纯碳酸盐岩交互型	[1,3]	非碳酸盐岩厚度大于 30%,不纯碳酸盐岩厚度大于 50%

b)　各指标权重确定

各指标权重赋值采用模糊综合矩阵法确定，方法如下：

1)　构造指标集：将 5 项地下水防污性能评价指标组成指标集：D=（d_1, d_2, d_3, d_4, d_5）=（保护性盖层，土地类型及利用程度，表层岩溶带，补给类型，岩溶网络发育程度）。

2)　根据覆盖性岩溶区的水文地质条件，确定 5 个指标的相对重要性为：保护性盖层＞土地类型及利用程度＞表层岩溶带＞补给类型＞岩溶网络发育程度。

3) 通过两两比较确定优先矩阵，对优先矩阵进行一致矩阵转化并利用方根法进行归一化，得到最终的权重矩阵（$\vec{W} = (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5)$）。

A.3 裂隙水防污性能评估

裂隙水是指保存在坚硬岩石裂隙中的地下水，主要分布于基岩山区，平原区埋藏于松散沉积物之下的基岩中，地表很少出露。裂隙水具有强烈的非均匀性、各项异性和随机性，采用DRASTIC模型评估其防污性能，见A.1节。

A.4 承压水防污性能评估

对于有承压性的地下水，根据承压层地下水污染主要影响因子，推荐采用DLCT模型（该模型在DRASTIC模型原理的基础上进行改进）。DLCT模型包括4个评估指标：承压含水层埋深（D）、隔水层岩性（L）、隔水层连续性（C）和隔水层厚度（T）。对各指标评分，根据每个指标对防污性能的权重（表A.16），通过加权求和得到承压地下水防污性能指数（DI），见公式（A.4）：

$$DI = D_R D_W + L_R L_W + C_R C_W + T_R T_W \quad \text{(A.4)}$$

式中：

D_R——承压含水层埋深评分值（见表A.15）；

D_W——承压含水层埋深的权重值（见表A.16）；

L_R——隔水层岩性评分值（见表A.15）；

L_W——隔水层岩性的权重值（见表A.16）；

C_R——隔水层连续性评分值（见表A.15）；

C_W——隔水层连续性的权重值（见表A.16）；

T_R——隔水层厚度评分值（见表A.15）；

T_W——隔水层厚度的权重值（见表A.16）。

表 A.15 DLCT 模型指标等级划分和赋值

承压含水层埋深 D		隔水层岩性 L		隔水层连续型 C		隔水层厚度 T	
埋深/m	评分	岩性	评分	连续性	评分	厚度/m	评分
＜40	10	粉砂、页岩	10	不连续	10	＜2	10
[40,60)	9	粉土、泥质页岩	9	连续	5	[2,4)	9
[60,80)	8	亚砂土、泥岩	8	-	-	[4,6)	8
[80,100)	7	亚粘土	7	-	-	[6,8)	7
[100,120)	6	粘土	6	-	-	[8,10)	6
＞120	5	-	-	-	-	＞10	5

表 A.16 DLCT 模型指标权重

指标	承压含水层埋深 D	隔水层岩性 L	隔水层连续型 C	隔水层厚度 T
权重	5	4	5	4

根据DI值将地下水防污性能分为中等、较高和高3个级别，DI值越高，地下水防污性能越低（见表A.17）。

表 A.17　承压水防污性能评价标准

地下水防污性能指数 DI	<120	[120,160]	>160
地下水防污性能级别	高	较高	中等

附 录 B
（资料性附录）
达标点浓度预测方法

B.1 三相平衡模型

再利用土壤孔隙水中污染物浓度可采用三相平衡模型进行预测，见公式（B.1）：

$$c_{w1} = c_s \times \frac{\rho_{b1}}{\theta_{w1} + H \times \theta_{a1} + \rho_{b1} \times K_d} \times 10^{-3} \quad \text{(B.1)}$$

$$K_d = K_{oc} \times f_{oc} \quad \text{(B.2)}$$

式中：

c_{w1}——再利用土壤孔隙水中污染物浓度，mg/cm^3；

c_s——再利用土壤中污染物总浓度，mg/kg；

ρ_{b1}——再利用土壤干容重，g/cm^3；

θ_{w1}——再利用土壤中水的体积含量，无量纲；

θ_{a1}——再利用土壤中空气的体积含量，无量纲；

H——污染物亨利常数，无量纲；

K_d——污染物土-水分配系数，cm^3(水)/g(土)；

K_{oc}——污染物有机碳-水吸附系数，cm^3(水)/g(碳)；

f_{oc}——土壤有机碳含量，无量纲。

B.2 一维溶质运移模型

水流控制方程和溶质迁移模型如下：

a) 水流控制方程

假设水流在包气带中的运动服从一维稳态方程，采用Richards方程描述一维平衡水流运动，见公式（B.3）：

$$\frac{\partial \theta_{w2}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left[K(h,z)\left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1\right)\right] - S \quad \text{(B.3)}$$

$$K(h,z) = K_s(z)K_r(h,z) \quad \text{(B.4)}$$

初始条件 $h(z,0) = h_0(z)$ （t=0，z≥0） (B.5)

上边界条件 $-K(h,z)\left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1\right) = q(t)$ （t≥0，z=L） (B.6)

下边界条件 $\frac{\partial h}{\partial z} = 0$ （t≥0，z=0）……(B.7)

式中：

θ_{w2}——非饱和带土壤中水的体积含量，无量纲；

h——压力水头，cm；

S——源汇项，$cm^3/(cm^3 \cdot s)$；

$K(h,z)$——非饱和带渗透系数函数，cm/s；

$K_s(z)$——非饱和带饱和渗透系数，cm/s；

$K_r(h,z)$——非饱和带相对渗透率，无量纲；

h_0——初始时刻包气带压力水头，cm；

$q(t)$——边界上已知的水通量函数，cm^3/s；

L——下边界处。

b) 溶质运移控制方程

溶质运移基本控制方程见公式（B.8）：

$$\theta \frac{\partial c_w}{\partial t} + \rho_{b2} \frac{\partial s}{\partial t} = \theta D \frac{\partial^2 c_w}{\partial z^2} - u\theta \frac{\partial c_w}{\partial z} - \mu_1 c_w \quad \text{(B.8)}$$

如果吸附作用为线性吸附，则

$$\rho_{b2} \frac{\partial s}{\partial t} = \rho_{b2} k_d \frac{\partial c_w}{\partial t} \quad \text{(B.9)}$$

公式（B.8）可改写为

$$(1 + \frac{\rho_{b2} k_d}{\theta}) \frac{\partial c_w}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c_w}{\partial z^2} - u \frac{\partial c_w}{\partial z} - \mu_1 c_w \quad \text{(B.10)}$$

或

$$R \frac{\partial c_w}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c_w}{\partial z^2} - u \frac{\partial c_w}{\partial z} - \mu_1 c_w \quad \text{(B.11)}$$

初始条件 $c_w(z,0) = c_{w0}$（t=0，z≥0）……(B.12)

上边界条件 $\theta D \frac{\partial c_w}{\partial z} = q(t) c_0$（t≥0，$z$=L）……(B.13)

下边界条件 $\frac{\partial c_w}{\partial z} = 0$（t≥0，$z$=0）……(B.14)

式中：

c_w——非饱和带土壤孔隙水中污染物浓度，mg/cm^3（到达地下水面处为c_{w2}）；

θ——非饱和带土壤有效孔隙度，无量纲；

ρ_{b2}——非饱和带土壤干容重，mg/cm^3；

s——非饱和带土壤固相吸附浓度，mg/mg；
D——非饱和带土壤水动力弥散系数，cm^2/s；
u——垂直方向非饱和带土壤孔隙水渗流流速，cm/s；
μ_1——一阶生物降解系数，1/s（可通过实验获得，不考虑生物降解作用时取值为0）；
z——相对于基准面的高度，向上为正，cm；
R——延迟系数，无量纲；
c_{w0}——初始状态非饱和带土壤孔隙水中污染物浓度，mg/cm^3（清洁的非饱和带取值为0）；
c_0——边界上已知水通量中污染物浓度，mg/cm^3（上边界水通量不含污染物时取值为0）。
由于溶质运移模型难以解析求解，实际问题中多靠数值方法求解。

B.3 箱式混合模型

箱式混合模型见公式（B.15）：

$$c_{w3} = \frac{c_{w2}}{DF} \quad \text{(B.15)}$$

$$DF = 1 + \frac{U_{gw} \times \delta_{gw}}{I \times W_{gw}} \quad \text{(B.16)}$$

$$\delta_{gw} = \min(B, 0.10583 \times W_{gw} + B \times (1 + \exp(\frac{-W_{gw} \times I}{U_{gw} \times B}))) \quad \text{(B.17)}$$

式中：
c_{w3}——经混合稀释后地下水中污染物浓度，mg/cm^3；
DF——地下水混合稀释因子，无量纲；
U_{gw}——地下水流速，cm/a；
δ_{gw}——地下水混合层厚度，cm；
W_{gw}——平行于地下水流向的污染土壤长度，cm；
I——土壤中水的入渗率，cm/a；
B——含水层厚度，cm。

附 录 C
（资料性附录）
部分污染物理化性质参数

表 C.1 部分污染物理化性质参数

序号	中文名	英文名	CAS 号	H'	数据来源	D_w cm^2/s	数据来源	D_a cm^2/s	数据来源	K_{oc} cm^3/g	数据来源
1	砷	Arsenic	7440-38-2								
2	铍	Beryllium	7440-41-7								
3	镉	Cadmium	7440-43-9								
4	铬（总）	Chromium (total)	7440-47-3								
5	铬（VI）	Chromium (VI)	18540-29-9							1.44E+00	CRC89
6	铜	Copper	7440-50-8								
7	铅	Lead (inorganic)	7439-92-1								
8	汞	Mercury	7439-97-6	4.67E-01	SSL	6.30E-06	SSL	3.07E-02	SSL	6.37E-01	EPI
9	镍	Nickel	7440-02-0								
10	锌	Zinc	7440-66-6								
11	锡	Tin	7440-31-5								
12	氰化物	Cyanide	57-12-5	5.44E-03	EPI	2.46E-05	WATER9	2.11E-01	WATER9	9.90E+00	EPI
13	氟化物	Fluorine (soluble fluoride)	7782-41-4							1.50E+02	EPI
14	二氯甲烷	Methylene chloride	75-09-2	1.33E-01	EPI	1.25E-05	WATER9	9.99E-02	WATER9	2.17E+01	EPI
15	苯	Benzene	71-43-2	2.27E-01	EPI	1.03E-05	WATER9	8.95E-02	WATER9	1.46E+02	EPI
16	甲苯	Toluene	108-88-3	2.71E-01	EPI	9.20E-06	WATER9	7.78E-02	WATER9	2.34E+02	EPI
17	乙苯	Ethyl benzene	100-41-4	3.22E-01	EPI	8.46E-06	WATER9	6.85E-02	WATER9	4.46E+02	EPI

序号	中文名	英文名	CAS 号	H'	数据来源	D_w cm^2/s	数据来源	D_a cm^2/s	数据来源	K_{oc} cm^3/g	数据来源
18	二甲苯（总）	Xylenes (mixed isomers)	1330-20-7	2.12E-01	EPI	9.90E-06	WATER9	8.47E-02	WATER9	3.83E+02	EPI
32	氯乙烯	Vinyl chloride	75-01-4	1.14E+00	EPI	1.20E-05	WATER9	1.07E-01	WATER9	2.17E+01	EPI
33	氯甲烷	Chloromethane	74-87-3	3.61E-01	EPI	1.36E-05	WATER9	1.24E-01	WATER9	1.32E+01	EPI
34	1,2-二氯乙烯（顺式）	Dichloroethylene, cis-1,2-	156-59-2	1.67E-01	EPI	1.13E-05	WATER9	8.84E-02	WATER9	3.96E+01	EPI
35	1,2-二氯乙烯（反式）	Dichloroethylene, trans-1,2-	156-60-5	1.67E-01	EPI	1.12E-05	WATER9	8.76E-02	WATER9	3.96E+01	EPI
36	1,1-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,1-	75-35-4	1.07E+00	EPI	1.10E-05	WATER9	8.63E-02	WATER9	3.18E+01	EPI
37	1,2-二氯丙烷	Dichloropropane, 1,2-	78-87-5	1.15E-01	EPI	9.73E-06	WATER9	7.33E-02	WATER9	6.07E+01	EPI
38	1,2,3-三氯丙烷	Trichloropropane, 1,2,3-	96-18-4	1.40E-02	EPI	9.24E-06	WATER9	5.75E-02	WATER9	1.16E+02	EPI
39	二溴氯甲烷	Dibromochloromethane	124-48-1	3.20E-02	EPI	1.06E-05	WATER9	3.66E-02	WATER9	3.18E+01	EPI
40	一溴二氯甲烷	Dibromochloromethane	75-27-4	8.67E-02	EPI	1.07E-05	WATER9	5.63E-02	WATER9	3.18E+01	EPI
41	六氯苯	Hexachlorobenzene	118-74-1	6.95E-02	EPI	7.85E-06	WATER9	2.90E-02	WATER9	6.20E+03	EPI
42	苯胺	Aniline	62-53-3	8.26E-05	EPI	1.01E-05	WATER9	8.30E-02	WATER9	7.02E+01	EPI
43	硝基苯	Nitrobenzene	98-95-3	9.81E-04	EPI	9.45E-06	WATER9	6.81E-02	WATER9	2.26E+02	EPI
44	苯酚	Phenol	108-95-2	1.36E-05	EPI	1.03E-05	WATER9	8.34E-02	WATER9	1.87E+02	EPI
45	2,4-二硝基甲苯	Dinitrotoluene, 2,4-	121-14-2	2.21E-06	EPI	7.90E-06	WATER9	3.75E-02	WATER9	5.76E+02	EPI
46	邻苯二甲酸二丁酯	Di-n-butyl phthalate	84-74-2	7.40E-05	EPI	5.33E-06	WATER9	2.14E-02	WATER9	1.16E+03	EPI
47	邻苯二甲酸二辛酯	Bis (2-ethyl-hexyl) phthalate	117-81-7	1.10E-05	EPI	4.18E-06	WATER9	1.73E-02	WATER9	1.20E+05	EPI
48	邻苯二甲酸正辛酯	Di-n-octyl phthalate	117-84-0	1.05E-04	EPI	4.15E-06	WATER9	3.56E-02	WATER9	1.41E+05	EPI
49	萘	Naphthalene	91-20-3	1.80E-02	EPI	8.38E-06	WATER9	6.05E-02	WATER9	1.54E+03	EPI
50	菲	Phenanthrene	85-01-8	5.40E-03	TX11	7.47E-06	TX11	3.33E-02	TX11	1.41E+04	TX11
51	蒽	Anthracene	120-12-7	2.27E-03	EPI	7.85E-06	WATER9	3.90E-02	WATER9	1.64E+04	EPI
52	荧蒽	Fluoranthene	206-44-0	3.62E-04	EPI	7.18E-06	WATER9	2.76E-02	WATER9	5.55E+04	EPI
53	芘	Pyrene	129-00-0	4.87E-04	EPI	7.25E-06	WATER9	2.78E-02	WATER9	5.43E+04	EPI
54	屈	Chrysene	218-01-9	2.14E-04	EPI	6.75E-06	WATER9	2.61E-02	WATER9	1.81E+05	EPI

序号	中文名	英文名	CAS 号	H'	数据来源	D_w cm^2/s	数据来源	D_a cm^2/s	数据来源	K_{oc} cm^3/g	数据来源
55	芴	Fluorene	86-73-7	3.93E-03	EPI	7.89E-06	WATER9	4.40E-02	WATER9	9.16E+03	EPI
56	苯并[b]荧蒽	Benzo-b-fluoranthene	205-99-2	2.69E-05	EPI	5.56E-06	WATER9	4.76E-02	WATER9	5.99E+05	EPI
57	苯并[k]荧蒽	Benzo-k-fluoranthene	207-08-9	2.39E-05	EPI	5.56E-06	WATER9	4.76E-02	WATER9	5.87E+05	EPI
58	苯并[a]芘	Benzo-a-pyrene	50-32-8	1.87E-05	EPI	5.56E-06	WATER9	4.76E-02	WATER9	5.87E+05	EPI
59	茚并[1,2,3-cd]芘	Indeno-1,2,3-cd-pyrene	193-39-5	6.56E-05	SSL	5.23E-06	WATER9	4.48E-02	WATER9	3.47E+06	SSL
60	苯并[g,h,i]苝	Benzo-g,h,i-perylene	191-24-2	5.82E-06	TX11	5.65E-05	TX11	4.90E-02	TX11	1.58E+06	TX11
61	苯并[a]蒽	Benz-a-anthracene	56-55-3	4.91E-04	EPI	5.94E-06	WATER9	5.09E-02	WATER9	1.77E+05	EPI
62	二苯并[a, h]蒽	Dibenz-a,h-anthracene	53-70-3	5.76E-06	EPI	5.21E-06	WATER9	4.46E-02	WATER9	1.91E+06	EPI
63	2-氯酚	Chlorophenol, 2-	95-57-8	4.58E-04	EPI	9.48E-06	WATER9	6.61E-02	WATER9	3.07E+02	EPI
64	2,4-二氯酚	Dichlorophenol, 2,4-	120-83-2	1.75E-04	EPI	8.68E-06	WATER9	4.86E-02	WATER9	4.92E+02	EPI
65	2,4-二硝基酚	Dinitrophenol, 2,4-	51-28-5	3.52E-06	EPI	9.08E-06	WATER9	4.07E-02	WATER9	4.61E+02	EPI
66	2-硝基酚	Nitrophenol, 2-	88-75-5	2.21E-05	TX11	8.47E-06	TX11	6.87E-02	TX11	2.09E+01	TX11
67	4-硝基酚	Nitrophenol, 4-	100-02-7	3.24E-08	TX11	8.66E-06	TX11	6.73E-02	TX11	3.16E+00	TX11
68	五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	1.00E-06	EPI	8.01E-06	WATER9	2.95E-02	WATER9	4.96E+03	EPI
69	2,4,5-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,5-	95-95-4	6.62E-05	EPI	8.09E-06	WATER9	3.14E-02	WATER9	1.78E+03	EPI
70	2,4,6-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,6-	88-06-2	1.06E-04	EPI	8.09E-06	WATER9	3.14E-02	WATER9	1.78E+03	EPI
71	4-甲酚	Cresol, p-	106-44-5	4.09E-05	EPI	9.24E-06	WATER9	7.24E-02	WATER9	3.00E+02	EPI
72	多氯联苯（总）	Polychlorinated biphenyls (liquid)	1336-36-3	7.77E-03	EPI	5.04E-06	WATER9	4.32E-02	WATER9	7.81E+04	SSL
73	二噁英类（总）	Dioxin (2,3,7,8-TCDD)	1746-01-6	2.04E-03	EPI	4.73E-06	WATER9	4.70E-02	WATER9	2.49E+05	EPI
74	六六六α	Hexachlorocyclohexane, alpha	319-84-6	2.10E-04	EPI	5.06E-06	WATER9	4.33E-02	WATER9	2.81E+03	EPI
75	六六六β	Hexachlorocyclohexane, beta	319-85-7	2.10E-04	EPI	7.40E-06	WATER9	2.77E-02	WATER9	2.81E+03	EPI
76	六六六δ	Hexachlorocyclohexane, delta	319-86-8	1.77E-04	TX11	6.20E-06	TX11	4.50E-02	TX11	8.51E+03	TX11
77	林丹（六六六γ）	Hexachlorocyclohexane, gamma	58-89-9	2.10E-04	EPI	5.06E-06	WATER9	4.33E-02	WATER9	2.81E+03	EPI
78	DDT(包括 o,p'-DDT,	DDT	50-29-3	3.40E-04	EPI	4.43E-06	WATER9	3.79E-02	WATER9	1.69E+05	EPI

序号	中文名	英文名	CAS 号	H'	数据来源	D_w cm^2/s	数据来源	D_a cm^2/s	数据来源	K_{oc} cm^3/g	数据来源
	p,p'-DDT)										
79	p.p'-DDE	DDE	72-55-9	1.70E-03	EPI	4.76E-06	WATER9	4.08E-02	WATER9	1.18E+05	EPI
80	p,p'-DDD	DDD	72-54-8	2.70E-04	EPI	4.74E-06	WATER9	4.06E-02	WATER9	1.18E+05	EPI
81	敌敌畏	Dichlorvos	62-73-7	2.35E-05	EPI	7.33E-06	WATER9	2.79E-02	WATER9	5.40E+01	EPI
82	乐果	Dimethoate	60-51-5	9.93E-09	EPI	6.74E-06	WATER9	2.61E-02	WATER9	1.28E+01	EPI

注 1：H'为无量纲亨利常数；Da 为空气中扩散系数；Dw 为水中扩散系数；Koc 为土壤-有机碳分配系数。

注 2：“EPI”代表美国环保局“化学品性质参数估算工具包（Estimation Program Interface Suite）”数据；“WATER 9”代表美国环保局“废水处理模型（the wastewater treatment model）”数据；CRC89 代表“美国 CRC 的化学和物理手册（Handbook of Chemistry and Physic）”数据；SSL 代表“美国土壤筛选值（Soil Screening Level）”数据库；TX11 代表德克萨斯州“毒性因子和化学/物理参数（Toxicity Factors and Chemical/Physical Parameters）”数据。

附 录 D
（资料性附录）
污染场地修复后土壤再利用环境评估报告编写示例

1 概述
1.1 项目背景
1.2 评估因子与标准
1.3 工作内容
1.4 技术路线
2 土壤再利用区环境调查
2.1 地理位置
2.2 自然环境概况
2.3 周边环境敏感区
2.4 土壤/地下水环境现状调查
2.4.1 土壤环境
2.4.2 地下水环境
2.5 水文地质勘查
2.5.1 勘察孔布设
2.5.2 地层结构
2.5.3 水文地质条件
2.5.4 水文地质参数
2.6 地下水系统防污性能评估
3 土壤再利用风险筛选
3.1 再利用工程介绍
3.2 再利用土壤污染物含量分析
3.3 土壤再利用风险筛选
4 土壤再利用风险评估（如有）
4.1 概念模型建立
4.2 人体健康风险评估
4.2.1 危害识别
4.2.2 暴露评估
4.2.3 毒性评估
4.2.4 风险表征
4.3 地下水风险评估
4.3.1 评估方法
4.3.2 参数取值
4.3.3 评估结果
4.4 风险评估结论
5 污染防治对策及长期监测计划
6 结论与建议

附件