

ICS 13.080  
Z 50

# DB13

河北省地方标准

DB 13/T 2206—2015

---

## 河北省农田土壤重金属污染修复技术规范

2015 - 05 - 20 发布

2015 - 07 - 01 实施

河北省质量技术监督局  
河北省环境保护厅 发布

## 前 言

标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由河北省环境保护厅提出并归口。

本标准起草单位：河北农业大学、石家庄市环境监测中心。

本标准起草人：谢建治、刘霞、温静、赵东宇、靳伟、刘春敬、韩书宝、宁国辉、王小敏、杨铮铮。

本标准由河北省环境保护厅负责解释。

# 河北省农田土壤重金属污染修复技术规范

## 1 范围

本标准规定了农田土壤重金属污染修复技术的规范性引用文件、术语和定义、土壤重金属污染程度等级划分、土壤重金属污染修复技术要点、基本原则和工作程序、采样与分析方法、标准实施与监督。

本标准适用于河北省内农田土壤重金属污染程度的评价分级和修复技术方案的设计。

## 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。

- GB 15618 土壤环境质量标准
- 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 25.3 污染场地风险评估技术导则
- HJ 25.4 污染场地土壤修复技术导则
- HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**农田土壤** soil in farmland

用于种植各种粮食作物、蔬菜、水果、纤维和糖料作物、油料作物及农区林木、花卉、药材、草料等作物的农业用地土壤。

### 3.2

**土壤重金属污染** heavy metal pollution in soil

由于人类活动产生的重金属进入土壤，积累到一定程度，超过土壤本身的自净能力，导致土壤性状和质量变化，构成对人体和生态环境的负面影响和危害。

### 3.3

**重金属污染区域** contaminated site

已被重金属污染的特定区域的农田。

### 3.4

**土壤修复** soil remediation

利用物理、化学和生物的方法固定、转移、吸收和转化土壤中的污染物，使其危害降低到可接受水平。

### 3.5

**土壤修复技术 soil remediation technology**

使遭受污染的土壤恢复正常功能的技术措施。

### 3.6

**修复模式 remediation strategy**

对重金属污染区域进行修复的工艺路线与管控制度，又称修复策略。

## 4 土壤重金属污染程度等级划分

### 4.1 土壤重金属污染程度评价方法

#### 4.1.1 单因子指数法见式（1）。

$$P_i = C_i / S_i \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$P_i$ ——土壤中污染物的环境质量指数；

$C_i$ ——污染物的实测浓度；

$S_i$ ——污染物评价标准， $S_i = x + 2s$ ，其中： $x$ 为某污染物在当地的背景值； $s$ 为标准差。

#### 4.1.2 多因子综合污染指数法见式（2）。

$$P_{综} = \{[(P_i)^2 + [\max(P_i)]^2] / 2\}^{1/2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$P_{综}$ ——土壤污染综合污染指数；

$\max P_i$ ——单因子污染指数的最大值；

$P_i$ ——单因子污染指数的平均值。

#### 4.1.3 Hakanson 潜在生态危害指数（RI）法见式（3）。

$$RI = \sum_{i=1}^n T_r^i C_{实测}^i / C_r^i \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$RI$ ——某一点土壤多种重金属综合潜在生态危害指数；

$T_r^i$ ——各重金属的毒性响应系数，见表1；

$C_{实测}^i$ ——表层土壤重金属元素的实测含量；

$C_r^i$ ——该元素的评价标准值（参照4.1.1中 $S_i$ ）。

表1 重金属的毒性系数

元素	Ti	Mn	Zn	V	Cr	Cu	Pb	Ni	Co	As	Cd	Hg
毒性系数	1	1	1	2	2	5	5	5	5	10	30	40

## 4.2 土壤重金属污染评价分级标准

按以上土壤重金属污染程度评价方法进行计算后，进行了如下分级，见表2。

表2 土壤重金属污染评价分级标准

评价方法			土壤质量		备注
单因子指数法	多因子综合指数法	潜在生态危害指数法	等级	污染程度	
$P_i \leq 0.7$	$P_{\text{综}} \leq 0.7$	$RI \leq 100$	1级	清洁	评价方法中选择结果最高者进行污染等级和程度的划分
$0.7 < P_i \leq 1$	$0.7 < P_{\text{综}} \leq 1$	$100 < RI \leq 150$	2级	尚清洁	
$1 < P_i \leq 2$	$1 < P_{\text{综}} \leq 2$	$150 < RI \leq 300$	3级	轻度污染	
$2 < P_i \leq 3$	$2 < P_{\text{综}} \leq 3$	$300 < RI \leq 600$	4级	中度污染	
$P_i > 3$	$P_{\text{综}} > 3$	$RI > 600$	5级	重度污染	

## 5 土壤重金属污染修复技术要点

### 5.1 物理修复技术

5.1.1 技术要点：深耕翻土应将底土与表土更新或混匀；客土法中使用的非污染土壤性质最好与原污染土壤相一致，以免引起污染土壤中重金属活性的增大；换土法应妥善处理被挖出的污染土壤，按照 HJ 25.4 标准执行，使其不致引起二次污染。

5.1.2 适用对象：深耕翻土适用于轻度污染农田；客土法适用于中度或重度污染农田；换土法适用于重度污染农田。

### 5.2 物理化学修复技术

5.2.1 技术要点：固化技术要将重金属污染的土壤与固化剂按一定比例混合，经熟化最终形成渗透性很低的固体混合物；电修复技术利用电动力学法在土壤中插入电极，把低强度直流电导入土壤以清除污染物；化学修复技术包括化学提取修复技术和化学改良剂修复技术。修复的土壤要保持土壤理化性质稳定，尤其是 pH。

5.2.2 适用对象：固化技术一般适用于轻、中度污染的农田；电修复技术适用于各种污染程度的农田，特别适合于低渗透的粘土和淤泥土的重金属污染的治理，不适用于对砂性土壤重金属污染的治理；化学提取修复技术适用于各种污染程度的渗透系数大的表层污染土壤的修复，化学改良剂修复技术多适用于轻、中度污染的农田。

### 5.3 生物修复技术

5.3.1 技术要点：微生物修复技术利用微生物能够改变重金属存在的氧化还原状态或与重金属具有很强的亲和性的特性，固定或转化重金属，从而降低土壤中重金属的毒性；植物修复技术利用重金属超累积植物来固定、转移或转化土壤中的重金属；植物-微生物联合修复把植物与微生物结合起来，融合二者优势。修复前先要确定重金属种类，针对特定种类选择相应的植物或微生物。

5.3.2 适用对象：适用于轻度和中度重金属污染的农田。在实际应用中，可选择单一修复技术或多种修复技术联合使用。

表3 与土壤重金属污染程度相适合的修复技术

等级	污染程度	适合的修复技术
1级	清洁	等同于未污染区域，主要包括耕地和集中式饮用水水源地，实施优先保护。
2级	尚清洁	预防为主保护措施，限制污染物进入量，限制引起较大土壤理化性质变异措施，限制重金属高富集类型作物种植等措施。
3级	轻度污染	物理修复技术采用深耕翻土；物理化学修复技术；生物修复技术。
4级	中度污染	物理修复技术采用客土或换土；物理化学修复技术；生物修复技术。
5级	重度污染	物理修复技术采用换土；物理化学修复技术。

## 6 基本原则和工作程序

### 6.1 基本原则

综合考虑农田土壤重金属污染区域各项因素，采用科学方法选择修复技术，制定修复方案，使其目标可达，修复工程切实可行，同时要确保污染区域修复工程实施的安全性。

### 6.2 工作程序

#### 6.2.1 确认重金属污染区域的条件和污染程度

##### 6.2.1.1 资料收集

收集并核实相关资料的完整性和有效性，结合当地农业和国土部门的相关调查和监测结果，确定土壤重金属污染物来源、种类、程度、范围和空间分布特征，判断土壤重金属污染情况及其管理制度、监测能力等。

##### 6.2.1.2 现场踏勘

考察重金属污染区域，包括植物种类、耕作制度、土壤修复工程施工条件，特别是用电、用水、施工道路等情况。

##### 6.2.1.3 土壤重金属污染程度和等级

通过本标准4.1和4.2中污染程度评价方法确定其污染程度和等级。

#### 6.2.2 确定修复目标和修复模式

##### 6.2.2.1 确认目标污染物

分析前期资料获得的土壤重金属监测值，确认污染区域重金属污染类型，若为复合污染，确认进行修复的重金属的主要种类。

##### 6.2.2.2 提出修复目标值

参照重金属污染农田所在区域土壤中目标污染物的背景值含量和国家有关标准中规定的限值，合理提出土壤目标污染物的修复目标值。

##### 6.2.2.3 确认修复区域和要求

确认前期重金属污染区域环境调查风险评估提出的土壤修复区域，包括修复的面积、四周边界、污染土层厚度、修复区域内的种植耕作情况等。依据土壤目标污染物的修复目标值，分析和评估需要修复的土壤量。

#### 6.2.2.4 选择修复模式

根据土壤重金属污染程度等级、修复目标及要求，选择确定修复总体思路、修复模式。

### 6.2.3 筛选修复技术

#### 6.2.3.1 修复技术的初筛

根据重金属污染区域的土壤特性、污染特征、修复模式等，综合考察技术特点、目标重金属、修复效果、时间和成本等，初步定性筛选修复技术。

#### 6.2.3.2 修复技术可行性评估

编制污染修复工程可行性研究报告，可行性报告的编写内容包括：前言、污染场地概况（农田特征条件、重金属种类、污染程度、污染范围、污染源、建议修复目标值）、筛选和评价修复技术、修复技术实施技术方案、监测与分析方法（布点、采样方法、分析方法）、结论和建议。

必要时需进行实验室小试、现场中试和应用案例分析。

#### 6.2.3.3 确定修复技术

对各备选修复技术进行综合比较，选择确定实用、经济、有效的修复技术，可以是一种修复技术，也可是多种修复技术的联合应用。

### 6.2.4 制定修复方案

6.2.4.1 制定技术路线 应反映出重金属污染区域的修复方法、修复工艺流程和具体步骤。

6.2.4.2 确定修复技术的工艺参数 包括修复材料投加量或比例、设备处理能力、处理所需时间、处理条件、能耗、处理面积等。

6.2.4.3 估算修复的工程量 涉及土壤处理和处置所需的工程量、现场中试的工程量、修复过程中产生的污染土壤或植物等的无害化处置的工程量，以及方案涉及的其它工程量。

6.2.4.4 修复工程的环境监理计划 包括修复前、修复过程中和修复工程验收中的环境监测，二次污染监控，以及环保措施实行情况和修复目标完成情况。

#### 6.2.4.5 修复工程的环境影响分析及应急安全计划

为保护重金属污染区域修复工程正常运行、周边居民的健康以及二次开发利用土地，必须分析污水灌溉情况、周边工厂和汽车尾气的排放特征等，提出相应的控制措施。对于采取特殊技术的污染区域，如化学淋洗，必须分析修复活动结束后，污染区域土壤的维护及其对周边环境的影响。对于环境影响可能较大的修复工程项目，应进行环境影响评价。同时，应制定周密的场地修复工程应急安全计划，包括安全问题识别及相应的预防措施、突发事件的应急措施、配备安全防护设备和安全防护培训等。

## 7 采样与分析方法

### 7.1 采样

农田土壤重金属采样频次、布点、采样时间和方法按HJ/T 166标准执行。

## 7.2 分析方法

农田土壤重金属分析方法按GB 15618标准执行。

## 8 标准实施与监督

本标准由县级以上人民政府环境保护行政主管部门负责监督实施。

---