

ICS 13.080  
Z 50

# DB13

## 河北省地方标准

DB 13/T 2206—2020

代替 DB13/T 2206-2015

---

### 农用地土壤重金属污染修复技术规程

2020 - 11 - 19 发布

2020 - 12 - 19 实施

---

河北省市场监督管理局 发布



## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准代替DB 13/T 2206-2015 《河北省农田土壤重金属污染修复技术规范》。与DB13/T 2206-2015相比，主要内容变化如下：

- 标准名称由《河北省农田土壤重金属污染修复技术规范》修改为《农用地土壤重金属污染修复技术规程》。
- 将“农田土壤”修改为“农用地土壤”。
- 增加了规范性引用文件《食用农产品产地环境质量评价标准》（HJ/T 332）、《农用地土壤环境质量监测技术规范》（NY/T 395）、《耕地污染治理效果评价准则》（NY/T 3343）、《受污染耕地治理与修复导则》（NY/T 3499）。
- 删除了规范性引用文件《场地环境调查技术导则》（HJ 25.1）、《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2）、《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3）。
- 增加了“农用地”的术语和定义，删除了“农田土壤”、“重金属污染区域”、“土壤修复”、“土壤修复技术”的术语和定义，修改了“修复模式”的术语和定义。
- 将修复技术要点修改为农艺调控类修复技术、土壤改良类修复技术、生物类修复技术及综合治理技术四类，并更新了相关内容和表3中的推荐技术。
- 修改了基本原则和工作程序的部分内容。
- 删除了标准实施与监督。

本标准由河北省生态环境厅提出并归口。

本标准起草单位：河北农业大学、河北省生态环境科学研究院。

本标准主要起草人：刘霞、刘春敬、谢建治、田在峰、王靖飞、朱静。

本标准所代替标准的历次版本发布情况：

- DB13/T 2206-2015。



# 农用地土壤重金属污染修复技术规程

## 1 范围

本标准规定了农用地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。

本标准适用于农用地土壤重金属污染程度评价分级和修复技术方案设计。

## 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 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

HJ 25.4 建设用地土壤修复技术导则

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

HJ/T 332 食用农产品产地环境质量评价标准

NY/T 395 农用地土壤环境质量监测技术规范

NY/T 3499 受污染耕地治理与修复导则

## 3 术语和定义

GB 15618、HJ 25.4界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了GB 15618、HJ 25.4中的某些术语和定义。

### 3.1

**农用地** agricultural land

指GB/T 21010中的01耕地（0101水田、0102水浇地、0103旱地）、02园地（0201果园、0202 茶园）和04草地（0401天然牧草地、0403人工牧草地）。

[GB 15618-2018，定义3.2]

### 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

**修复模式** remediation strategy

对地块进行修复的总体思路，包括原地修复、异地修复、异地处置、污染阻隔、居民防护和制度控制等，又称修复策略。

[HJ25.4-2019，定义3.4]

## 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 单因子污染指数法见式（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；

$C_i$ ——污染物的实测浓度值；

$S_i$ ——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）。

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

式中：

$RI$  —— 某一点土壤多种重金属综合潜在生态危害指数；

$T_r^i$  —— 各重金属的毒性系数，见表 1；

$C_{实测}^i$  —— 表层土壤重金属元素的实测含量；

$C_n^i$  —— 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	钛(Ti)	锰(Mn)	锌(Zn)	钒(V)	铬(Cr)	铜(Cu)	铅(Pb)	钴(Co)	镍(Ni)	砷(As)	镉(Cd)	汞(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

选择以上土壤重金属污染程度评价方法进行计算后，按表2 确定土壤重金属污染程度及等级。

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	
$P_i \leq 0.7$	$P_{综} \leq 0.7$	$RI \leq 100$	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
$0.7 < P_i \leq 1$	$0.7 < P_{综} \leq 1$	$100 < RI \leq 150$	2 级	尚清洁	
$1 < P_i \leq 2$	$1 < P_{综} \leq 2$	$150 < RI \leq 300$	3 级	轻度污染	
$2 < P_i \leq 3$	$2 < P_{综} \leq 3$	$300 < RI \leq 600$	4 级	中度污染	
$P_i > 3$	$P_{综} > 3$	$RI > 600$	5 级	重度污染	

## 5 土壤重金属污染修复技术要点

### 5.1 农艺调控类修复技术

5.1.1 适用对象：适用于轻度污染农用地土壤。主要包括优化施肥、石灰调节、品种调整、水分调控、叶面调控和深翻耕等技术，其中石灰调节常适用于土壤 pH 值在 6.5 以下的农用地，对于稻田，适用于镉污染但不存在砷超标风险的稻田；深翻耕技术对于一般农用地均适用，但对于稻田，耕作层加犁底层厚度宜在 25cm 以上，且稻田耕作层厚度 $\leq$ 15cm、稻田犁底层厚度 $\geq$ 10cm。

#### 5.1.2 技术要点

5.1.2.1 优化施肥是根据土壤环境状况与种植作物特征，优化有机肥、化肥的种类与施用量等。要结合当地耕作制度、气候、土壤、水利等情况，选择适宜的化肥种类。氮肥施用，优化铵态氮和硝态氮的施用比例；磷肥施用，推荐钙镁磷肥；钾肥施用，推荐硫酸钾。推荐施用一些如黄腐酸类肥料、硅肥等可降低植物对重金属吸收的新型肥料。

5.1.2.2 石灰调节采用人工或机械化的方式，将石灰均匀地撒施在耕地土壤表面，同时补施硅、锌等元素，施用频率为 1 次/年，其土壤 pH 值达到 7.0 后，需停施 1 年。

5.1.2.3 品种调整指种植可食部位重金属富集能力较弱，但生长和产量基本不受影响的作物品种。推荐已筛选出的单一污染源下的重金属低累积作物品种，如镉低累积水稻、玉米、菜心、苋菜、小白菜、芥菜、番茄、豇豆等。

5.1.2.4 水分调控是在明确修复植物的最适需水量、灌水量下限及供水最佳时期和方法的基础上，对植物进行有目的、定量化补给水分，提高植物修复效率。对于酸性镉污染稻田，通过淹水来提高土壤 pH 值，降低重金属活性，但需确保灌溉水中重金属含量达到农田灌溉水质标准要求，并加强水稻病虫害的观察与防控。

5.1.2.5 叶面调控通过叶面喷施氮、磷、硅、硒、锌等有益元素，提高作物抗逆性，抑制作物根系向可食部位转运重金属，降低可食部位重金属含量，主要选用可溶性硅、可溶性锌、可溶性硒等原料。可以根据作物种类、土壤中有益元素的有效态含量优化组合。

5.1.2.6 深耕翻土需将底土与表土更新或混匀，实施时间一般为冬闲或春耕翻地时，实施的周期和深度等需根据当地种植习惯、作物类型、土壤类型和耕作层厚度等来确定。深翻耕后宜进行配套施肥，以满足农作物生长需要。不适用于连续两年深翻的稻田、沙漏田、潜育性田。

### 5.2 土壤改良类修复技术

5.2.1 适用对象：适用于轻度、中度和重度污染农用地土壤。主要包括原位钝化技术、定向调控技术、客土法和换土法，其中原位钝化技术和定向调控技术一般适用于轻、中度污染的土壤；客土法常适用于小面积中度污染土壤；换土法常适用于小面积重度污染土壤。

#### 5.2.2 技术要点

5.2.2.1 原位钝化技术通过添加蒙脱土、黏土矿物粉、泥炭等钝化材料，将重金属离子由有效态转化为无效形态，降低其植物有效性和生物毒性。钝化过程需充分考虑土壤类型、土壤理化性质、重金属种类及污染程度、植物种类以及当地降雨量。在大面积应用前，需加强该技术的适应性试验研究，先小规模示范，再大面积推广应用。注意要正确选择钝化材料种类，精准把握施用剂量，避免过度钝化和造成二次污染。同时，钝化后需跟踪监测土壤重金属有效态含量及农作物可食部位重金属含量的变化等，评估钝化的长期效应和可能产生的负面影响。

5.2.2.2 定向调控技术通过调节污染土壤中的 pH 值、Eh 值或施加铁锰材料等，降低重金属污染物的有效性和毒性，定向控制土壤中重金属元素的迁移以及农作物的富集。通常采用具有特殊功能的材料配置成土壤调理剂，在完善的试验基础上，根据重金属种类和污染水平，开展土壤重金属污染的定向调控。

5.2.2.3 客土法是在污染的土壤上覆盖非污染土壤，根据种植植物的根系情况确定运入非污染土壤的厚度，建议种植浅根系植物，运入的非污染土壤性质宜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。

5.2.2.4 换土法是挖除部分或全部污染土壤而换上非污染土壤。通过监测确定土壤剖面由上至下每 10cm~20cm 土层重金属污染程度后，再根据重金属污染土壤深度及种植情况，确定换土的厚度，但需注意污染土壤异地转移后的扩散和二次污染问题。修复的土壤要保持土壤理化性质稳定，尤其是有机质和 pH 值。

### 5.3 生物类修复技术

5.3.1 适用对象：一般适用于轻度和中度重金属污染的农用地土壤。主要包括微生物修复技术和植物提取技术，其中微生物修复技术适用于较大面积重金属污染农用地，植物提取技术一般适用于较小面积重金属污染农用地。

5.3.2 技术要点：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。

5.3.2.1 微生物修复技术利用微生物（藻类、细菌、真菌等），固定或转化重金属，降低土壤中重金属的毒性。推荐施用微生物菌剂、微生物接种剂、复合微生物肥料和生物有机肥等微生物修复材料。施用种类和施用量需根据当地土壤类型和作物类型确定。

5.3.2.2 植物提取技术利用重金属超富集（高富集）植物（如砷超富集植物蜈蚣草），或在种植植物的同时添加某些可以活化土壤重金属的物质，络合诱导植物高效吸收污染土壤中的重金属，通过收割累积了重金属的地上部分，并妥善处理，去除土壤中的重金属。在应用超富集植物修复重金属污染土壤时，宜选择合适的栽培措施，并结合植物的特点与当地气候，提高修复植物的生物量。在诱导植物高效吸收重金属的过程中，宜选择环境友好，易于自然降解的活化剂（如木醋液），并要严格把控施用时间（最好在植物的生物量达到最大时施加）和施用量。

5.3.2.3 植物-微生物联合修复技术是把植物与微生物结合起来，融合二者优势。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。

### 5.4 综合治理技术

5.4.1 适用对象：适用于中度和重度重金属污染的农用地土壤。

5.4.2 技术要点：根据当地农用地土壤受重金属污染情况，尤其是复合污染，可选择农艺调控类、土壤改良类和生物类修复技术中的两种或两种以上技术措施叠加进行修复。遵循大面积施用、衔接农时、经济高效、科学规范等基本原则，进行各项技术的组合和排序，并根据土壤污染程度，适当调整综合技术中集成技术的数量和单项技术的实施强度。

## 6 基本原则和工作程序

### 6.1 基本原则



综合考虑农用地土壤重金属污染区域各项因素，对确有必要修复的区域，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，结合当地农业农村、生态环境和自然资源等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，判断土壤重金属对农作物污染情况及其管理制度、监测能力等。可参照HJ/T 166和NY/T 3499确定收集资料的具体内容。

#### 6.2.1.2 现场踏勘

考察重金属污染区域，包括污染源、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和污染评价分级标准确定其污染程度和等级，并参照NY/T 3499进行风险评估。

### 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物种类，若为复合污染，确认进行修复的重金属的主要种类和优先序。

#### 6.2.2.2 提出修复目标值

参照重金属污染农用地土壤所在区域土壤中目标污染物的背景值和HJ/T 332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

根据农用地土壤重金属污染程度等级、范围、修复目标及要求，因地制宜选择修复模式，确定修复总体思路。为减少污染地块重金属的输入，对已确定污染源的地块或区域，要考虑切断污染源。

### 6.2.3 筛选修复技术

#### 6.2.3.1 修复技术的初筛

初筛过程中可按照表3中土壤重金属污染程度及其与之相适应的修复技术，结合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。

表3 土壤重金属污染修复技术

等级	污染程度	宜采用的修复技术
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	农艺调控类修复技术、生物类修复技术、土壤改良类修复技术。
4 级	中度污染	土壤改良类修复技术、生物类修复技术、综合治理技术。
5 级	重度污染	土壤改良类修复技术、综合治理技术。

### 6.2.3.2 修复技术可行性评估

可以采用实验室小试进行土壤修复技术可行性评估，必要时进行现场中试，也可通过应用案例分析进行可行性评估，具体内容可参照 HJ 25.4。评估后可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、污染地块概况（农用地土壤特征条件、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、修复技术实施方案、监测与分析方法（布点、采样方法、分析方法）、结论和建议。

### 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，也可能是多种修复技术的联合应用。确定修复技术的具体环节可参照 NY/T 3499 的规定进行。

## 6.2.4 制定修复方案

### 6.2.4.1 制定技术路线

宜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

土壤修复技术的工艺参数通过实验室小试和/或现场中试获得，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。为确保修复过程中施工人员与周边居民的安全，需制定周密的污染地块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。

#### 6.2.4.5 修复工程的环境影响分析

修复工程的开展，应分析修复活动对周边环境的影响。对于环境影响可能较大的修复工程项目，按相关规定进行环境影响评价。

### 7 采样与分析方法

#### 7.1 采样

在土壤重金属污染程度等级划分时，农用地土壤重金属的采样频次、布点、采样时间和方法按HJ/T 166、NY/T 395规定执行。

#### 7.2 分析方法

农用地土壤重金属分析方法按GB 15618规定执行。

---