

DB54

西藏自治区地方标准

DB54/T 0369—2024

耕地土壤重金属污染治理修复效果评价
技术规范

地方标准信息服务平台

2024-04-21 发布

2024-05-21 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 评价原则 3

5 评价范围 3

6 评价目标 4

7 评价程序 6

8 技术要求 7

附录 A（规范性） 重金属有效态平均下降率及总量平均下降率计算方法 9

附录 B（资料性） 现场踏勘与样品采样记录表格式 11

附录 C（规范性） 修复效果评价报告编写提纲 16

附录 D（规范性） 采样评价单元异常值筛查-箱线图法 18

地方标准信息服务平台

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由西藏自治区农业农村厅提出。

本文件由西藏自治区农业农村标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：农业农村部环境保护科研监测所、西藏自治区农牧科学院农业质量标准与检测研究所、西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所、中国科学院地理科学与资源研究所。

本文件主要起草人：赵玉杰、蔡彦明、梁学峰、师荣光、杨琰瑛、杨小俊、央珍、郝治华、张唐伟、田原、邱城、桑琼拉姆。

地方标准信息服务平台

耕地土壤重金属污染治理修复效果评价技术规范

1 范围

本文件规定了耕地土壤重金属污染治理修复效果评价的原则、评价方法与范围、目标、程序以及技术要点等技术要求。

本文件适用于以农产品可食部位重金属达标、土壤耕层重金属总量或有效态含量消减为目标的耕地土壤重金属污染治理修复效果评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2762 食品安全国家标准食品中污染物限量

GB 5009.11 食品中总砷及无机砷的测定

GB 5009.12 食品中铅的测定

GB 5009.15 食品中镉的测定

GB 5009.17 食品中总汞及有机汞的测定

GB 5009.123 食品中铬的测定

GB 15618 土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准

GB 18877 有机-无机复混肥料

GB 20287 农用微生物菌剂

GB/T 21010 土地利用现状分类

GB 38400 肥料中有毒有害物质的限量要求

NY/T 395 农田土壤环境质量监测技术规范

NY/T 398 农、畜、水产品污染监测技术规范

NY/T 798 复合微生物肥料

NY 884 生物有机肥

NY/T 3343 耕地污染治理效果评价准则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

耕地 cultivated land

用于农作物种植的土地，指 GB/T 21010 中的 01 耕地（0101 水田、0102 水浇地、0103 旱地）。

3.2

农产品 agricultural product

在农业活动中获得的可食用植物及其产品。

3.3

耕地土壤重金属污染 heavy metal-contamination in cultivated land

土壤重金属含量达到危害农产品质量安全、农作物生长或对耕地生态环境产生不利影响或超过 GB15618 风险管控值的现象

3.4

有效态重金属 availibily of heavy metals

土壤中的重金属可以运移到土壤孔隙水并在一定时期内特定环境条件下可被生物吸收的部分。有效态重金属常和某项提取技术关联。

3.5

耕层土壤 plow layer soil

位于农田土壤的最上部，从地面至地下一定深度的土壤层，主要是农作物根部生长密集、人为扰动强烈、营养元素和污染物易于迁移扩散的土层，根据农业耕作类型不同深度有所差异，通常在 0~0.2m。

3.6

目标污染物 target contaminant

耕地土壤重金属含量超过 GB 15618 规定的土壤污染风险筛选值的重金属，以及食用农产品含量超过 GB2762 规定的污染物限量值的重金属。

3.7

治理修复 soil pollution control and remediation

采用物理、化学或生物等措施减少耕地土壤中重金属含量或降低重金属有效态含量的过程。

3.8

治理修复效果 remediation effects

耕地治理修复措施对土壤或农产品中重金属污染物含量降低所起的作用，分当季效果和整体效果。当季效果指修复措施实施后对当季种植的农产品可食部位或土壤中污染物总量或有效态所产生的减少程度；整体效果指根据项目实施过程中 2 年内每季修复效果，综合评价后所得出的目标区域内综合修复效果。

3.9

修复指标 target of remediation

修复后目标区域内农产品可食部位中重金属含量或土壤中重金属总量或有效态应达到的规定的限值水平。分为约束性修复指标和引导性修复指标。其中约束性修复指标为修复措施达到的最低要求；引导性修复目标为引导修复措施在达标的前提下达到的更高要求。

3.10

采样评价单元 **evaluation sample unit**

按照修复措施种类将目标耕地划分成的若干采样田块的组合体，用以布设农产品和土壤评价点位。

4 评价原则

4.1 科学性原则

综合考虑耕地土壤重金属污染风险评估情况、修复治理目标与方案、修复治理实施过程及效果等，采用现场踏勘、布点监测、数理统计、专家研判、综合评价等方式，开展耕地土壤重金属污染修复治理的效果评价工作。

4.2 独立性原则

耕地土壤重金属污染修复治理效果评价方案，应由第三方评价机构编制，并负责组织实施，客观、独立地开展修复治理效果评价工作。第三方评价机构出具的检测数据及编制的评价报告应具有法律意义。

4.3 公正性原则

评价机构应秉持良好的职业操守，依据相关法律、法规和标准，公平、客观、规范地开展农用地土壤重金属污染修复治理效果评价工作，正确地判定耕地土壤重金属污染修复治理效果等级。

4.4 全面性原则

以降低土壤重金属总量或有效态含量，持续保障农产品质量安全为重点，兼顾修复治理过程的二次污染风险、农产品减产风险、农用地质量等级变化等方面，全面、综合地评价修复治理效果，促进耕地土壤健康和可持续利用。

5 评价范围

评价范围应与治理修复措施实施范围相一致。当治理修复范围发生变更时，应根据实际情况对评价范围进行调整。

6 评价目标

6.1 约束性修复目标

6.1.1 生产可食用农产品的，耕地土壤重金属污染修复治理的效果评价，以实现可食用部位中目标重金属污染物含量降低到 GB 2762 规定的限量值及其以下为评价目标。

6.1.2 耕地重金属污染土壤修复措施不得对农产品、耕地、地表水等造成二次污染；修复所使用的土壤调理剂、有机及无机肥料中重金属、有机污染物含量不得超过 GB 38400 规定的筛选值。微生物制剂质量应符合 GB 20287 要求，复合微生物肥料应符合 NY/T 798 要求，生物有机肥应符合 NY 884 要求。

6.1.3 耕地污染治理措施不能对治理区域主栽农产品产量产生严重的负面影响。种植结构未发生改变的，治理区域农产品单位产量（折算后）与治理前同等条件对照相比减产幅度应小于或等于 10%。治理区域内农产品单位产量及其测算方式由前期耕地污染风险评估确定。

6.2 引导性修复目标

6.2.1 以减少重金属有效态含量为指标的修复治理技术，其评价指标为实施期间单季重金属有效态含量平均下降率，计算方法见附录 A。

6.2.2 以减少重金属总量为指标的修复治理技术，以实施期间耕层重金属总量平均下降率为评价指标，计算方法见附录 A。

6.3 治理修复效果等级评价

6.3.1 食用农产品治理效果评价

当季治理效果等级评价见表 1，整体治理效果评价见表 2，具体计算方法参见 NY/T 3343 9.5，显著性检验参见 NY/T 3343 附录 A，B。

表1 当季治理效果等级

可食用农产品中目标污染物单因子污染 指标算术平均值	农产品样本超标率（%）	污染治理效果等级
>1 ^注 或>10		不达标
耕地污染治理措施不符合 6.1.3，6.1.4 规定		
<1 或与 1 差异不显著且≤10		达标
^a 注：要求单尾 t 检验达到显著性水平（显著性水平一般小于或等于 0.05）		

连续 2 年内每季的效果等级均为达标，则整体治理效果等级判定为达标。2 年中任一季的治理效果等级不达标，则整体治理效果等级判定为不达标（表 2）。

表2 整体治理效果等级

治理后连续2年内每季效果等级	整体治理效果等级
任一季的治理效果等级不达标	不达标
连续2年内每季治理效果等级均达标	达标

6.3.2 土壤治理修复效果评估

6.3.2.1 以重金属有效态含量消减为治理修复评价指标的技术，重金属有效态含量下降引导性指标评价分类见表 3。

表3 项目实施期间重金属有效态下降引导性指标分类表

序号	实施期间单季重金属有效态含量平均下降率	效果等级
1	$E_A \leq 5\%$	效果未显现
2	$5\% < E_A \leq 10\%$	有效

序号	实施期间单季重金属有效态含量平均下降率	效果等级
3	$10\% < E_A \leq 15\%$	良好
4	$E_A > 15\%$	优秀 ^a
^a 注：重金属有效态检测方法以国家、行业或自治区标准为依据，方法有冲突的或不适宜自治区现状的，需经专家论证后确定采用哪种方法。没有标准支撑的以经专家论证的检测方法为准，且确保修复前、中、后使用检测方法 及检测条件一致。		

以单季每季检测数据评判当季治理修复效果。

每个采样评价单元应单独评价。

每个评价单元整体治理修复效果评价以连续 2 年多季评价效果以取低不取高的原则加以综合评价。

6.3.2.2 以减少重金属总量为指标的修复治理技术指引性指标的分类指引见表 4。

表4 项目实施期耕层重金属总量下降率引导性指标分类表

序号	耕层重金属总量平均下降率	效果等级
1	$E_x \leq 5\%$	效果未显现
2	$5\% < E_x \leq 10\%$	有效
3	$10\% < E_x \leq 15\%$	良好
4	$E_x > 15\%$	优秀

耕层重金属总量平均下降率以治理初期和最终项目验收检测数据为依据。

6.3.2.3 即减少重金属总量又可减少耕层有效态含量的治理修复技术

参考表 3 和表 4，采取取高策略来评价引导性修复效果等级。

6.3.3 修复后整体效果评价

耕地土壤重金属污染治理修复效果综合评价见表 5。修复效果分为五个等级，不达标、基本达标、整体达标、良好和优秀。修复达不到约束性修复指标要求则判定为不达标。修复达到约束性指标但引导性修复指标无效可认为其它措施起到了关键性作用，可判断为基本达标。修复达到约束性指标且引导性修复指标有效，可判断为整体达标。修复在达标基础上引导性修复指标良好、优秀等级的可判定为良好、优秀。

每个采样评价单元应单独评价，项目整体评价以各单元评价结果为依据进行专家综合研判。

表5 耕地土壤重金属污染治理修复效果综合评价表

序号	约束性目标	引导性目标	综合评价等级
1	不达标	/	不达标
2	达标	效果未显现	基本达标
3	达标	有效	整体达标
4	达标	良好	良好
5	达标	优秀	优秀

7 评价程序

7.1 评价方案制定

在审阅修复方案等相关资料的基础上，确定评价采样对象；结合现场踏勘结果，明确评价单元和点位布设方案，确定样品采集与检测方法、修复效果评价内容，在修复措施实施前制定评价方案。

7.2 样品采集与检测分析

在评价方案的指导下，结合耕地重金属污染土壤修复措施实施全过程，开展修复前后农产品产量测算、土壤和农产品现场样品采集和实验室检测分析工作，以上工作由评价单位组织实施。

7.3 效果等级评价

通过对各项修复措施实施前后评价数据进行复核与统计分析，逐条对比评价指标条款，判定修复效果等级，并作出评价结论。

7.4 评价报告编制

综合修复实施过程资料与各项修复措施评价结论，编制评价报告，对修复区域内耕地重金属污染土壤修复效果进行科学评价，并给出总体结论。

地方标准信息服务平台

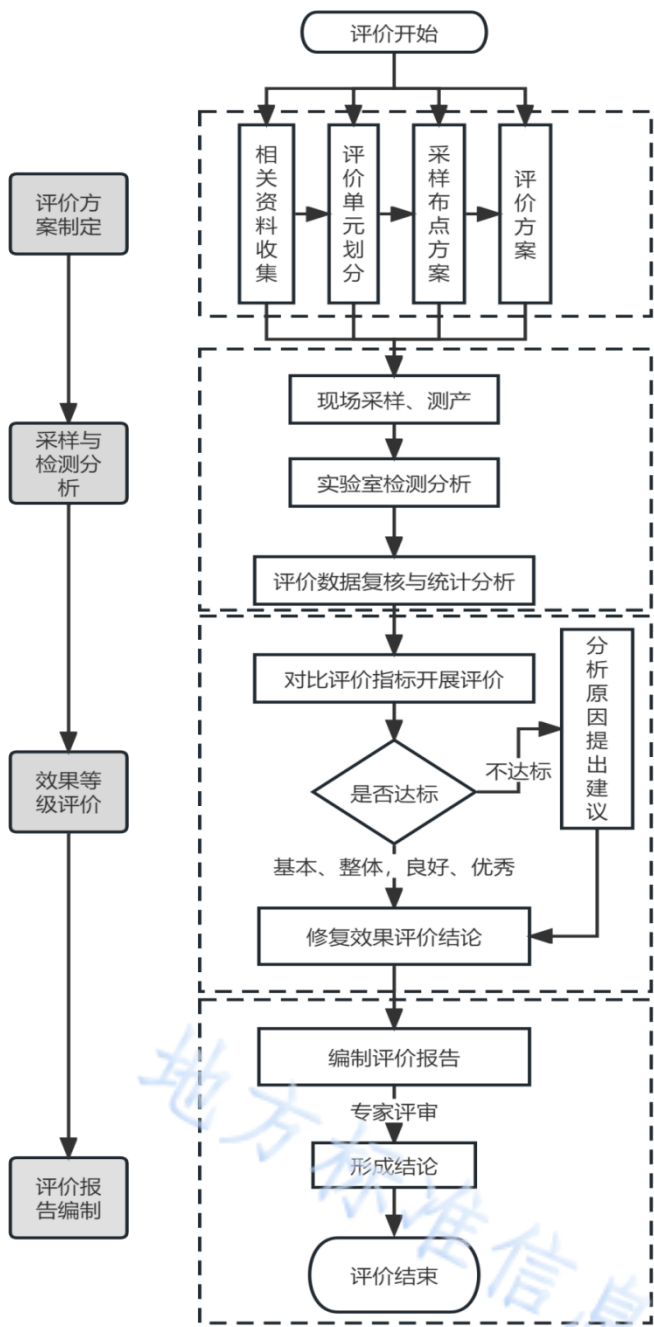


图1 耕地重金属污染土壤修复效果评价总体流程

8 技术要求

8.1 评价单元划分

根据修复方案内容，按照修复措施种类将修复目标耕地划分为若干采样评价单元，并统一进行编号

结合污染耕地位置示意图，开展现场踏勘，明确各评价单元内田块数量、单元面积、拐点坐标等信息，踏勘记录按照附录 B 填写。

8.2 评价点位布设

按照 NY/T 398 的规定采用系统布点法在各采样评价单元内分别布设修复效果评价点位。治理效果评价点位布点数量见表 6。

表6 治理效果评价采样单元点位布点数量

治理采样单元/hm ²	评价点位数量/ 个	备注
小于或等于10	10	(1) 土壤-农产品应协同采样
10 以上	每 1 hm ² 设置 1 个点	

8.3 样品采集和检测

8.3.1 采用随机抽样法在修复措施实施过程中采集所使用的每一批次农用投入品，包括有机肥、化肥、修复药剂、微生物制剂、灌溉水等，检测镉、汞、砷、铅、铬 5 种重金属。微生物制剂，复合微生物肥料，生物有机肥应根据相关要求检测限定性指标。

8.3.2 在修复开始前采集评价点位耕层土壤样品，检测土壤镉、汞、砷、铅、铬 5 种重金属总含量和需治理的目标重金属有效态含量；在修复结束后连续 2 年内每季采集评价点位农产品和（或）耕层土壤样品，检测农产品可食部位重金属含量、土壤重金属总量和需治理修复目标重金属有效态含量；每个评价点位样品采用五点法混合采样，采样记录按照附录 B 填写，具体方法按照 NY/T 398 和 NY/T 395 的规定执行。

8.3.3 土壤调理剂重金属检测参考 GB 15618 要求执行；土壤重金属含量检测方法按照 GB 15618 相关要求执行；农产品可食部位重金属铅、镉、汞、砷、铬含量检测方法分别按照 GB 5009.12，GB 5009.15，GB 5009.17，GB 5009.11，GB 5009.123 相关要求执行；有机-无机复混肥料、农用微生物菌剂、复合微生物肥料、生物有机肥等指标检测分别参考 GB 18877，GB 20287，NY/T 798，NY 884 相关要求执行。

重金属有效态检测方法以国家、行业或自治区标准为依据，方法有冲突的或不适宜自治区现状的，需经专家论证后确定采用哪种方法。没有标准支撑的以经专家论证的检测方法为准，且确保修复前、中、后使用检测方法及检测条件一致。

8.3.4 样品实验室分析质量控制与保证，按照 NY/T 395 中的实验室内部质量控制和实验室间质量控制执行。

8.4 资料收集

按照 NY/T 3343 的相关规定执行。

8.5 评价报告编制

按照 NY/T 3343 的相关规定执行。评价报告提纲见附录 C。

附 录 A

(规范性)

重金属有效态平均下降率及总量平均下降率计算方法

(1) 以减少重金属有效态含量为指标的修复治理技术，其评价指标为实施期间单季重金属有效态含量平均下降率，按照公式 (1) 计算：

$$E_A = \frac{B_{Aavg}}{B_{Bavg}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

E_A —评价样品中重金属有效含量下降率；

B_{Aavg} —项目实施后单季重金属有效态平均含量；其计算公式见 (2)

$$B_{Aavg} = \frac{\sum_{i=1}^n B_{Ai}}{n} \quad (2)$$

式中：

n 为采样单元采样量；

B_{Ai} 项目实施后第 i 个样品目标重金属有效态含量；

B_{Bavg} —项目实施前或实施后空白对照样品单季重金属有效态平均含量，计算公式见 (3)

$$B_{Bavg} = \frac{\sum_{i=1}^m B_{Bi}}{m} \quad (3)$$

式中：

m 为采样评价单元采样量；

B_{Bi} 项目实施前或实施后空白对照第 i 个样品目标重金属有效态含量。

计算采样评价单元单季重金属有效态含量平均下降率时，需特别注意异常值的影响，可采用箱线图法检测数据的异常值(参见附录 D)，如判定确为异常值应剔除，如非异常值而是属于特殊情况，需根据实际情况加以处理。

(2) 以减少重金属总量为指标的修复治理技术，以实施期间耕层重金属总量平均下降率为评价指标，

按照公式 (4) 计算：

$$Ex = \frac{A_{avg}}{T_{avg}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

E_x —采样评价单元中重金属总量下降率；

A_{avg} —项目实施后耕层重金属总量平均含量；其计算公式见（5）

$$A_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n} \tag{5}$$

式中：

n 为采样单元采样量；

A_i 第 i 个样品目标重金属总量。

T_{avg} —项目实施前采样评价单元耕层重金属平均含量，计算公式见（6）

$$T_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^m T_i}{m} \tag{6}$$

式中：

m 为采样评价单元采样量；

T_i 第 i 个样品目标重金属总含量。

计算采样评价单元实施期间耕层重金属总量平均下降率，需特别注意异常值的影响，可采用箱线图法检测数据的异常值（参见附录 D），如判定确为异常值应剔除，如非异常值而是属于特殊情况，需根据实际情况加以处理。

地方标准信息服务平台

附 录 B
(资料性)

现场踏勘与样品采样记录表格式

- B.1 评价单元现场踏勘记录卡见表 B.1。
- B.2 土壤、农作物/修复植物、灌溉水样、投入品采样记录卡分别见表 B.2~表 B.5。

表B.1 修复效果评价单元现场踏勘记录卡

单元编号		踏勘时间	年 月 日 时	天气	
所属	县(市、区) 乡(镇、街道) 村(组)				
拐点坐标					
修复措施			实际面积(亩)		
单元空间位置示意图				备注	
田块编号	拍摄照片编号	田块面积(亩)	中心点坐标		

踏勘人：记录人：

表B.2 修复效果评价土壤样品采集记录卡

单元编号		采样时间	年 月 日 时			天气	
所属	县(市、区) 乡(镇、街道) 村(组)						
具体位置							
耕作层厚度	cm	采样土壤深度	cm	耕地熟制		是否基本农田	
土壤描述	土壤类型:						
	土壤颜色() 1 紫色 2 红色 3 黄色 4 褐色 5 灰色 6 其它						
	土壤粒度() 1 粗 2 中 3 细						
	土壤粘度() 1 强 2 中等 3 弱						
	土壤质地() 1 砂土 2 砂壤土 3 轻壤 4 中壤 5 重壤 6 粘土 7 其它						
评价点位编号	样品编号	拍摄照片编号	中心点坐标		4 个分点坐标		
灌溉情况			采样点位置及结构示意图				
周边生态环境 状况描述							
备注							

采样人:

记录人:

检查人:

表B.3 农作物/修复植物样品采样记录表

单元编号		采样时间	年 月 日 时			天气	
所属	县(市、区)		乡(镇、街道)			村(组)	
具体位置							
植物名称			植物品种				
样品类型	(): 1 籽实 2 根 3 茎 4 叶 5 果实 6 蔬菜						
用肥类型			年施肥量(kg/亩)				
评价点位编号	样品编号	拍摄照片编号	样品鲜重(g)	年产量(kg/亩)	中心点坐标		
周边生态环境状况描述			采样点位置及结构示意图				
备注							

采样人：

记录人：

检查人：

表B. 4 灌溉水采集记录表

县(市、区)	乡(镇、街道)	村(大队)	组(社)	天气
样点编号		坐标		
水渠或水系名称		灌溉水量(m ³ /亩/年)		
pH		水温		
水样编号				
原水		酸化水样每 1000 ml 加入 10 ml HCl(1:1)或 HNO ₃ (1:1)		
测 Hg 水样 加入 50 ml 浓 HNO ₃ 和 10ml 5% K ₂ Cr ₂ O ₇ 溶液, 再注入 1000 ml 水样				
其他水样	编号与添加试剂:			
照片	编号		拍摄时间	
采样水域特征描述				

采集人：记录人：核对人：时间：年

月日

表B. 5 投入品采样记录表

材料名称			采样时间	年 月 日 时	
厂家名称			生产地址		
主要成分				执行标准	
材料颜色		材料气味		材料粒度 (mm)	
批次编号	样品编号	拍摄照片编号	样品重量 (g)	施用量 (kg/亩)	备注

采样人： 记录人： 核对人： 时间： 年 月

日

地方标准信息服务平台

附 录 C
(规范性)
修复效果评价报告编写提纲

- C.1 耕地重金属污染修复背景
- C.2 耕地重金属污染修复依据
- C.3 耕地重金属污染风险评估情况
- C.4 耕地重金属污染修复方法(含相关审核审批文件清单，文件作为附件)
- C.5 耕地重金属污染修复开展情况
 - C.5.1 修复措施实施情况(治理台账及过程记录文件清单，典型文件作为附件)
 - C.5.2 二次污染控制情况(含农用投入品污染物含量情况)
- C.6 耕地重金属污染修复效果评价
 - C.6.1 评价内容与方法
 - C.6.1.1 评价内容和范围
 - C.6.1.2 评价程序与方法
 - C.6.2 采样布点方案
 - C.6.2.1 布点原则
 - C.6.2.2 单元划分
 - C.6.2.3 布点方案
 - C.6.2.4 监测对象
 - C.6.3 样品采集与实验室检测
 - C.6.3.1 样品采集与制备
 - C.6.3.2 实验检测与分析
 - C.6.3.3 质量控制与保证
 - C.6.4 修复效果评价
 - C.6.4.1 评价指标分析
 - C.6.4.2 负面影响分析
 - C.6.4.3 效果等级评价
- C.7 耕地重金属污染修复效果评价总体结论(含建议)
- C.8 附件(相关审核审批文件、修复台账及过程记录典型性文件、检测报告等)

附 录 D
(规范性)
采样评价单元异常值筛查-箱线图法

箱线图是一种用于识别数据批中的异常值的方法。通过计算一组数据的中位数、25/%分位数、75/%分位数、上边界和下边界等统计量，可以生成一个箱体图。这个箱体图包含了大部分的正常数据，而在箱体上边界和下边界之外的，就是异常数据。

在箱线图中，异常值通常被定义为：

- 1. 低于 $Q1 - 1.5 \times IQR$ 或
- 2. 高于 $Q3 + 1.5 \times IQR$

其中，Q1 和 Q3 分别是数据的第一个四分位数和第三个四分位数，IQR 是四分位距，即 $Q3 - Q1$ 。
因此，如果你想用箱线图查询异常值，可以按照上述规则手动进行判断，也可以使用统计软件（例如 Excel、SPSS、DPS、origin 等）来自动识别异常值。

使用箱线图判定数据的异常值，通常选择的数据要不少于 5 个。

地方标准信息服务平台