

# 地下水环境背景值统计表征技术指南

（试行）

2023 年 10 月

# 目 录

<b>第一章 总 则</b> .....	1
1.1 编制目的 .....	1
1.2 适用范围 .....	1
1.3 规范性引用文件 .....	1
1.4 术语和定义 .....	1
1.5 指导原则 .....	3
<b>第二章 工作内容和流程</b> .....	4
2.1 工作内容 .....	4
2.2 工作流程 .....	4
<b>第三章 数据获取</b> .....	6
3.1 调查范围和目标含水层确定 .....	6
3.2 数据收集与整理 .....	6
3.3 历史水化学数据筛选 .....	6
3.4 背景值指标选取 .....	7
3.5 水文地质分区划分 .....	7
3.6 统计单元初步划分 .....	8
3.7 布点密度和最小样本量确定 .....	8
<b>第四章 样品采集与测试</b> .....	11
4.1 采样点布设 .....	11
4.2 建井采样与测试 .....	12

第五章 数据处理与分析 .....	13
5.1 数据处理 .....	13
5.2 异常值识别与剔除 .....	13
5.3 异常数据分析 .....	16
第六章 统计与表征 .....	18
6.1 统计单元调整 .....	18
6.2 背景值统计 .....	18
6.3 背景值表征 .....	18
6.4 背景值成因分析 .....	19
6.5 技术报告编制 .....	19
6.6 背景值应用 .....	19
附录 A (资料性附录) 不同应用情景的调查范围 .....	21
附录 B (资料性附录) 地下水环境背景值统计表征工作资料 .....	22
附录 C (资料性附录) 地下水环境背景值调查测试指标 .....	23
附录 D (资料性附录) 水文地质分区方法 .....	26
附录 E (资料性附录) t 分布表 .....	27
附录 F (资料性附录) Grubbs 检验法临界值表 .....	28
附录 G (资料性附录) 背景值统计图表绘制方法 .....	30
附录 H (规范性附录) 地下水环境背景值统计表征技术报告大纲 .....	32

# 第一章 总 则

## 1.1 编制目的

为贯彻落实《地下水管理条例》，规范地下水环境背景值的统计与表征，制定本指南。

## 1.2 适用范围

本指南规定了地下水环境背景值统计表征的数据获取、样品采集与测试、数据处理与分析，以及统计与表征等技术要求。

本指南适用于地下水超标成因判定等需开展地下水环境背景值统计表征工作的情形。

## 1.3 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指南必不可少的条款。其中，注明日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本指南；未注日期的引用文件，其最新版本适用于本指南。

GB/T 4882 数据的统计处理和解释 正态性检验

GB/T 4883 数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理

GB/T 14848 地下水质量标准

HJ 164 地下水环境监测技术规范

NY/T 1121.16 土壤检测 第 16 部分：土壤水溶性盐总量的测定

## 1.4 术语和定义

下列术语和定义适用于本指南。

(1) 地下水天然化学组分 natural chemical composition of groundwater

天然状态下地下水中可能存在的化学组分，按照分布情况和含量可分为宏量组分、微量组分和痕量组分。

(2) 宏量组分 **major element**

在地下水中分布较广，含量较高（一般大于 5 mg/L）的天然化学组分，包括钠离子、钾离子、钙离子、镁离子、氯离子、硫酸根、重碳酸根、碳酸根等，决定地下水的化学类型。

(3) 微量组分 **minor element**

在地下水中较为常见，含量通常低于宏量组分（一般在 0.1-5 mg/L 之间）的天然化学组分。

(4) 痕量组分 **trace element**

在地下水中不常见、分布局限，含量较低（一般在 0.1 mg/L 以下）的天然化学组分。

(5) 综合指标 **aggregative indicator**

反映地下水的综合性质的指标，本指南包括地下水的 pH 值、溶解性总固体、总硬度和耗氧量四项综合指标。

(6) 地下水环境背景值 **groundwater environmental background values**

在一定时间范围内，不受人类活动影响或受人类活动影响较小的地下水天然化学组分和综合指标含量。

(7) 异常值 **outlier**

样本中偏离其他观测值较远，可能来自不同的总体或受到特殊作用影响的观测值。

(8) 水文地质分区 **hydrogeologic zonation**

根据各种水文地质要素或参数的时空差异性，将研究区人为划分为若干区域的做法及划分结果。

(9) 统计单元 **statistic unit**

用于统计地下水环境背景值的样本集所分布的地理区域。

(10) 背景值下限 **lower limit of background values**

一个统计单元内地下水某组分环境背景值的最低值。

(11) 背景值上限 **upper limit of background values**

一个统计单元内地下水某组分环境背景值的最高值。

## 1.5 指导原则

(1) 针对性原则：针对不同应用情景地下水环境背景值确定的需求，制订针对性的调查范围，为地下水环境管理提供依据。

(2) 规范性原则：采用程序化、系统化的方法规范地下水环境背景值的统计与表征，保证背景值表征结果的可靠性与稳定性。

(3) 可行性原则：背景值统计表征的数据获取上充分利用历史数据，保证工作的经济可行性；同时给出合理的异常数据剔除、数据统计与表征技术方法，保证工作的技术可行性。

## 第二章 工作内容和流程

### 2.1 工作内容

#### 2.1.1 数据获取

根据确定的调查范围和目标含水层，收集整理相关数据资料，筛选可用的地下水历史水化学数据，确定需要开展背景值统计表征的指标。根据调查范围的水文地质条件划分水文地质分区，初步划分统计单元。确定每个统计单元的布点密度和最小样本量，核实历史水化学数据的样本密度和样本量是否满足要求。

#### 2.1.2 样品采集与测试

当历史水化学数据的样本密度或样本量不满足要求时，需布设采样点，进行地下水和土壤样品采集与测试。

#### 2.1.3 数据处理与分析

对每个统计单元的背景值数据进行正态性检验。对不符合正态分布的数据进行正态转换后，采用统计学方法进行异常值识别和剔除，并分析说明数据异常的原因。

#### 2.1.4 统计与表征

根据各背景值指标的分布情况，分析统计单元划分的合理性，对不合理的统计单元进行调整。对调整后各统计单元内的背景值数据进行统计。绘制用于表征地下水环境背景值的图件和表格。分析调查范围内的背景值成因，并编制地下水环境背景值统计表征技术报告。

### 2.2 工作流程

地下水环境背景值统计表征的工作流程见图 1。

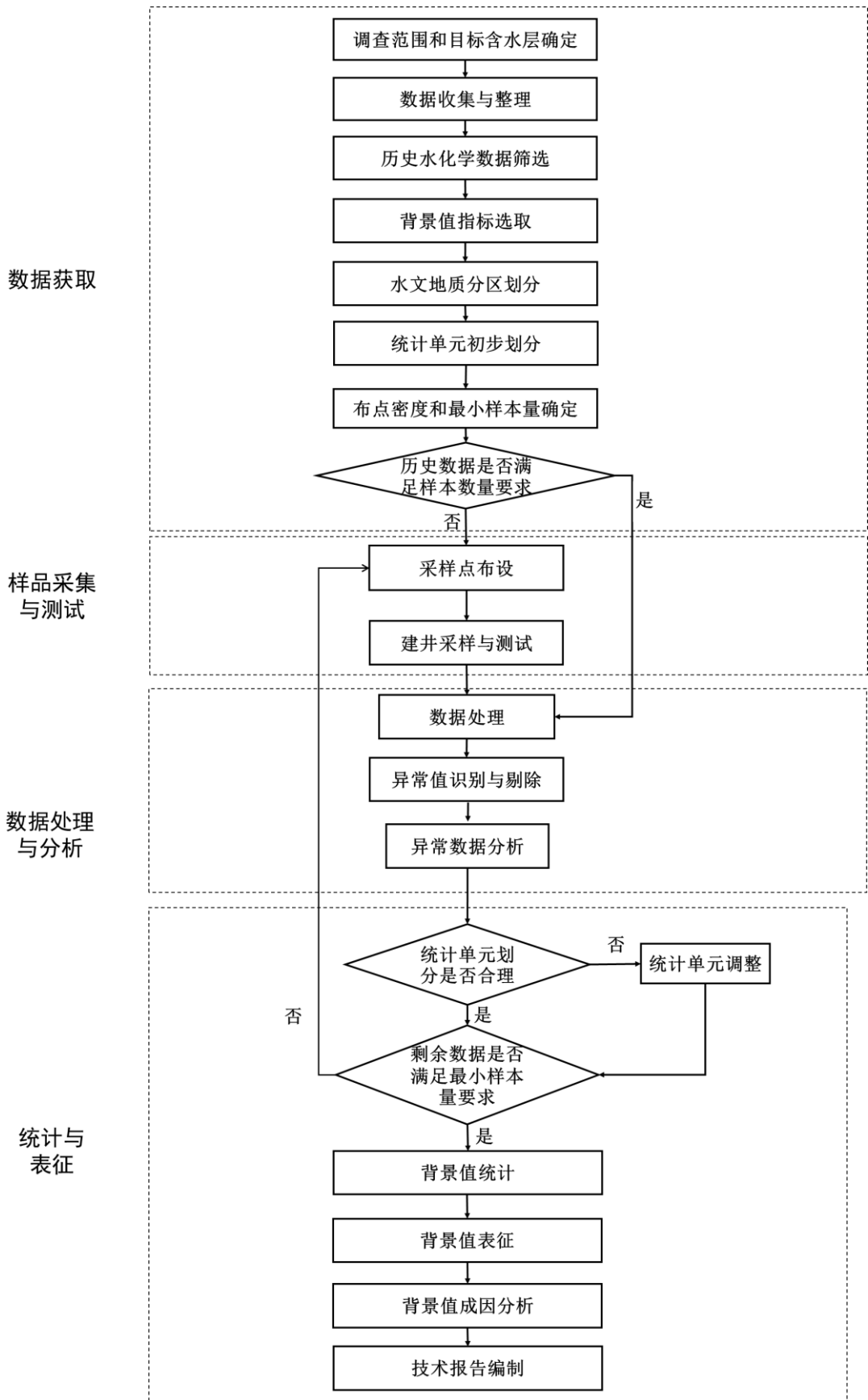


图 1 地下水环境背景值统计表征工作流程



## 第三章 数据获取

### 3.1 调查范围和目标含水层确定

调查范围和目标含水层根据地下水环境背景值统计表征工作的需要确定。最小调查范围为最小水文地质分区或集中式地下水型饮用水水源保护区及补给区。不同应用情景的最小调查范围见附录 A。目标含水层根据考核点位监测层位、饮用水源开采层位，以及其他工作需要确定。

### 3.2 数据收集与整理

收集整理地下水环境背景值统计表征所需资料，主要包括调查范围的区域地质、水文地质资料和水质检测报告，以及污染源分布情况等信息，具体见附录 B。

### 3.3 历史水化学数据筛选

对收集到的所有年份的历史水化学数据进行综合分析，剔除以下数据：

#### 3.3.1 层位不详的样品数据

监测目标层位不详的样品数据应全部剔除。

#### 3.3.2 受人为污染的样品数据

通过污染源识别及特征污染物分析，可明确判定为受人为污染的样品数据应全部剔除。

#### 3.3.3 宏量组分含量显著异常或测试不全的数据

宏量组分含量显著异常，判定属于不同的水化学类型的数据应剔除。对于宏量组分（碳酸根除外）测试不全的样品，应剔除全部

宏量组分数据，但微量组分和痕量组分数据可保留，用于背景值统计表征。

### **3.3.4 阴阳离子不平衡的数据**

对于阴阳离子物质的量浓度总和大于 5 mmol/L 且阴阳离子电荷不平衡 (>10%)，或阴阳离子物质的量浓度总和小于等于 5 mmol/L 且阴阳离子电荷不平衡 (>15%) 的样品，应判定为异常，剔除全部宏量组分数据，但微量组分和痕量组分数据可保留，用于背景值统计表征。

### **3.3.5 测试结果不可靠的数据**

原则上，所有历史水化学数据均应按照附录 C 推荐方法检测，满足其目标检出限要求，并具备加盖 CMA 专用章或实验室检测专用章的检测报告。如历史水化学数据无加盖 CMA 专用章或实验室检测专用章的检测报告，应对其采样时间、地点、采样方法、测试方法，以及数据的真实性和可靠性进行综合分析。经分析判定数据真实可靠的，可作为背景值数据使用，并编制可靠性说明。测试结果不可靠的数据应剔除。

## **3.4 背景值指标选取**

地下水环境背景值统计表征的指标应包括地下水宏量组分和综合指标，以及本区域可能存在的高背景微量组分、痕量组分(附录 C)。对于可支撑地下水环境背景值成因分析的土壤和岩石相关指标，也应进行调查。

## **3.5 水文地质分区划分**

基于调查范围内的地质构造、地层分布、地下水补径排条件等，

划分水文地质分区。水文地质分区可参照自然资源部门的地下水资源分区成果确定，也可依据附录 D 的原则从大到小逐级划分。最小水文地质分区应划分至五级或六级。

### 3.6 统计单元初步划分

首先将最小水文地质分区或集中式地下水型饮用水水源保护区及补给区作为一个统计单元，然后分析该统计单元内的地下水水化学特征。当统计单元内部不同区域地下水水化学特征存在明显差异时，应进一步划分统计单元。划分时应综合考虑水化学特征和其他信息，以同一统计单元内的地下水水化学特征相近、含水层组成相似、地下水径流条件无较大变化为原则。

统计单元划分前，应准备以下基础资料：

(1) 水化学类型分布图(绘图使用的数据点密度不低于 1 个/100 km<sup>2</sup>)；

(2) 溶解性总固体浓度等值线图(绘图使用的数据点密度不低于 1 个/100 km<sup>2</sup>)；

(3) 含水层、地下水径流条件的突变带，如山前冲洪积扇前缘、不同冲洪积扇交界带、地下水降落漏斗范围等。

划分统计单元时，先将水化学类型和溶解性总固体浓度相近的区域划分为同一个统计单元，再结合含水层、地下水径流条件的突变带等进行调整。

### 3.7 布点密度和最小样本量确定

#### 3.7.1 总体原则

将历史水化学数据样本的空间位置与统计单元分布进行叠加，

核实每个统计单元内的样本密度和样本量是否满足 3.7.2 布点密度和 3.7.3 最小样本量的要求。如不满足，则应补充设置采样点位，开展样品采集测试。

### 3.7.2 布点密度要求

布点密度应根据工作需要确定。为保证地下水环境背景值的空间精度，每个统计单元的最小样本密度根据全国不同区域已完成的水文地质调查工作精度确定，具体见表 1。未开展水文地质调查的区域、承压含水层以及沼泽平原、沙漠岩漠、高山峡谷、高原多年冻土区等特殊地区的最小样本密度可按照 1:25 万比例尺的工作精度确定。

表 1 背景值调查最小样本密度 (个/100km<sup>2</sup>)

地区类别		调查精度				
		1:5 万及以上	1:10 万	1:20 万	1:25 万	
平原地区	简单地区	8	6	4	2	
	中等地区	12	10	8	5	
	复杂地区	16	12	9	7	
干旱内陆盆地区	山区	简单	4	3	2	1
		复杂	7	6	4	3
	戈壁平原	简单	4	3	2	1
		复杂	7	6	4	3
	细土平原	简单	7	6	4	3
		复杂	12	10	7	5
黄土地区	黄土丘陵		10	8	7	5
	黄土塬区		13	11	9	7
	河谷平原		14	12	10	8
滨海地区	滨海平原		10	8	7	5
	丘陵台地		8	7	5	3
	岛屿		7	5	3	1
丘陵山地区	河谷平原		10	8	7	5
	简单山区		7	5	4	3
	复杂山区		4	3	2	1
岩溶地区	裸露区		10	8	7	5
	覆盖区		7	5	3	1
	埋藏区		5	4	3	1

应在满足最小样本密度基础上，预留出数据处理过程中可能剔除的样本数，同时结合准确刻画地下水环境背景值空间分布的需要，确定地下水样品的布点密度。布点时根据地下水样品布点密度计算地下水采样点平均间距，并结合地下水的分布适当调整。对于已有点位密度过大的区域，可选取部分代表性点位，使采样点整体上相对均匀分布。

### 3.7.3 统计单元最小样本量

单个统计单元的样本量应不少于 6 个，并满足按公式 (1) 确定的最小样本量要求：

$$N = \frac{t^2 C_v^2}{m^2} \quad (1)$$

式中：

$N$ —样本量，个；

$t$ —选定置信水平（一般选定为 95%）和自由度（ $df = N - 2$ ）时的  $t$  值，见附录 E；

$C_v$ —样本数据集的变异系数，即样本标准差（离均差平方的均值）与样本均值的比值。当涉及多个指标时，可按溶解性总固体的变异系数作为数据集的变异系数；

$m$ —允许误差，承压水样品数据的允许误差在 30% 以内，潜水地下水样品数据的允许误差在 20% 以内。

## 第四章 样品采集与测试

当单个统计单元的样本密度或样本量不满足地下水背景值统计表征要求时，应补充设置采样点，开展地下水样品的采集与测试。同时根据需要补充土壤和岩石样品测试。

### 4.1 采样点布设

#### 4.1.1 布点位置

新增采样点应根据地下水补给、径流、排泄分带规律，沿地下水径流方向和水化学分带规律布设，并避开以下因素的影响：

##### (1) 污染源（羽）

布点位置应避开地下水污染源（羽）。当布点位置周围存在在产企业或历史遗留污染场地时，应根据污染状况调查报告，或结合污染源存在历史、特征污染物性质、水力梯度、含水层渗透性、埋深和厚度等，判断其地下水污染羽范围，选择在地下水污染羽的外围布设采样点。

##### (2) 强烈人为扰动

对因地下水超采、地下工程疏干排水、地下水回补等引起地下水水化学特征变化的区域，可根据已有数据分析地下水受影响的空间范围和层位，采样点布设宜避开上述范围和层位。

##### (3) 受污染地表水

布点位置应避开地下水和地表水相互转化较为强烈，且地表水已受污染的区域。

#### 4.1.2 采样层位

若新增采样点为已有取水井或监测井，应了解井孔深度和滤水管位置。新增采样点监测的含水层层位应与拟调查的目标层位一致。

#### **4.1.3 采样频次**

若历史数据表明，地区地下水化学组分含量季节差异显著，应分别采集丰、平、枯水期或丰、枯水期的样品。其他地区可采集 1-2 次样品。

### **4.2 建井采样与测试**

#### **4.2.1 建井要求**

若在布点位置附近无满足要求的取水井或监测井，应新建地下水监测井，监测井的建设方法参照 HJ 164。

#### **4.2.2 地下水样品采集要求**

地下水样品采集、保存与流转、分析测试、质量控制等内容应符合 HJ 164 的规定。

#### **4.2.3 岩芯样品采集要求**

在新建监测井过程中，根据需要采集岩芯（包括土壤或岩石）样品用于相关组分含量测试，采样过程中应避免岩芯样品受到污染。

#### **4.2.4 测试要求**

地下水样品测试指标分为现场测试指标、宏量组分、综合指标、微量组分和痕量组分等，测试方法见附录 C。

岩芯样品测试指标为岩芯样品中可能影响地下水环境背景值的水溶性组分和相关活性矿物组分含量，测试方法可参照 NY/T 1121.16 等。

## 第五章 数据处理与分析

### 5.1 数据处理

首先对每个统计单元的背景值数据进行正态性检验。正态性检验参照 GB/T 4882 执行，具体包括 Shapiro-Wilk 法和 Epps-Pulley 法等。经检验不符合正态分布的数据，可通过 Box-Cox 变换、对数变换、平方根变换、倒数变换或平方根反正弦变换等方式进行正态转换。经检验或转换后符合正态分布的数据可进行异常值识别与剔除。

当同一个点位的数据涉及不同年份，或丰、平、枯水期等多个数据时，取其中位数作为一个数据进行处理、统计和表征。

### 5.2 异常值识别与剔除

#### 5.2.1 宏量组分和综合指标

每个统计单元的宏量组分和综合指标数据首先采用 Piper 三线图法进行异常值识别和剔除，再根据剩余样本数量大小，采用 Grubbs 检验法（样本数量 $\leq 100$  个时）或均值加减三倍标准差法（样本数量 $> 100$  个时）进行异常值的识别和剔除。

采用 Piper 三线图法进行异常值识别时，当某个样品的单个或多个宏量组分的数据被识别为异常值时，该样品的所有宏量组分和综合指标数据均应被视作异常值加以剔除；其微量组分和痕量组分数据可结合数值大小和污染源识别结果判断是否受到人为活动影响，决定是否保留并参与数据统计。

Piper 三线图法、Grubbs 检验法和均值加减三倍标准差法的具体方法如下：



### (1) Piper 三线图法

利用地下水中钠离子、钾离子、钙离子、镁离子、氯离子、硫酸根、重碳酸根、碳酸根 8 项指标的浓度数据绘制各统计单元的 Piper 三线图。当碳酸根未检出时，其浓度以 0 计。

将 Piper 三线图的菱形区域转换为二维坐标。

Piper 三线图二维坐标转换公式见式 (2) 和式 (3)：

$$x = 1.125 - \left(1 - \frac{vm_{Na+K}}{\sum vm_c}\right) \times 0.5 + \left(1 - \frac{vm_{HCO_3+CO_3}}{\sum vm_a}\right) \times 0.5 \quad (2)$$

$$y = 0.2165 + \left(1 - \frac{vm_{Na+K}}{\sum vm_c}\right) \times 0.866 + \left(1 - \frac{vm_{HCO_3+CO_3}}{\sum vm_a}\right) \times 0.866 \quad (3)$$

式中：

$x$ —二维坐标的横坐标值；

$y$ —二维坐标的纵坐标值；

$v$ —对应离子的电荷数；

$m_{Na+K}$ —钠离子和钾离子组分物质的量浓度之和，单位 mol/L；

$m_{HCO_3+CO_3}$ —重碳酸根和碳酸根组分物质的量浓度之和，单位 mol/L；

$m_c$ —各阳离子组分（钠离子、钾离子、钙离子、镁离子）物质的量浓度，单位 mol/L；

$m_a$ —各阴离子组分（氯离子、硫酸根、重碳酸根、碳酸根）物质的量浓度，单位 mol/L。

采用马氏距离公式 (4) 计算各样本数据点对应的  $Da^2$ ，利用所有  $Da^2$  的均值加减三倍标准差作为临界距离 ( $Di^2$ )，通过比较  $Di^2$

与  $Da^2$  的大小来判断水化学异常,将  $Da^2$  值超出  $Di^2$  的样本全部剔除。将剔除后的数据再重新计算  $Da^2$ ,重复以上步骤,经过多次循环计算,直到所剩样本的  $Da^2$  均小于临界距离  $Di^2$ ,即完成异常值识别。

$$Da^2 = (X - \bar{X})S^{-1}(X - \bar{X})^T \quad (4)$$

式中:

$Da$ —马氏距离;

$X$ —数组的坐标值;

$\bar{X}$ —数组坐标值的均值;

$S^{-1}$ —协方差逆矩阵;

$T$ —矩阵转置。

### (2) Grubbs 检验法 (样本数量 $\leq 100$ 个)

参考 GB/T 4883,采用 Grubbs 检验法剔除异常值时取显著性水平  $\alpha=0.05$ 。统计量  $G$  的计算见公式 (5),若统计量  $G$  的计算值大于 Grubbs 检验法临界值表 (附录 F) 中显著性水平  $\alpha$  下的临界值,将  $X_d$  视为异常值剔除,利用剔除异常值之后的数据再次计算  $G$  值,直到  $G$  值不大于临界值,即完成异常值识别。

$$G = \frac{|X_d - \bar{X}_n|}{S_n} \quad (5)$$

式中:

$X_d$ —待检验的可疑值;

$\bar{X}_n$ —根据包括可疑值在内的  $n$  个值的均值;

$S_n$ —根据包括可疑值在内的  $n$  个值的标准差。

### (3) 均值加减三倍标准差法 (样本数量 $> 100$ 个)

计算各水化学组分数据集的均值和标准差。检查水化学组分测试值是否在均值加减三倍标准差所对应的上下限范围内。若数据超出上下限范围，则将该样本标记为异常并从数据集中剔除，重新计算剩余样本的均值和标准差，继续循环剔除异常样本，直至剩余样本全部在均值加减三倍标准差范围内为止。

### 5.2.2 微量组分

对于检出率>75%的微量组分，将未检出数据用 1/2 检出限替代后，根据其样本数量大小，采用 Grubbs 检验法（样本数量≤100 个）或均值加减三倍标准差法（样本数量>100 个）进行异常值的识别和剔除。

对于检出率≤75%的微量组分，按痕量组分的异常值识别方法处理。

当硝酸盐受农业活动等影响呈现面源污染特征，常规方法无法识别出异常值时，可将硝酸盐（以 N 计）浓度>10 mg/L 的数据直接视为异常数据并剔除。

### 5.2.3 痕量组分

对于检出率≥25%的痕量组分，选取统计单元内该组分所有检出的数据，根据其样本数量大小，采用 Grubbs 检验法（样本数量≤100 个），或均值加减三倍标准差法（样本数量>100 个）进行异常值的识别和剔除。

对于检出率<25%的痕量组分，将检出数据均视为异常值，检出限作为该组分的背景值上限。

## 5.3 异常数据分析

应对识别后剔除的异常数据逐一核查并分析异常原因。异常数据核查主要考虑以下方面：（1）采样井建设是否规范，以及样品采集、保存、运输、测试过程是否规范；（2）采样井所在位置是否存在局部地质、水文地质异常；（3）采样井周边是否存在潜在污染源。

对小范围的地下水水化学特征异常区（明显与其他统计单元不一致），应单独圈出，不纳入统计单元。

## 第六章 统计与表征

### 6.1 统计单元调整

完成异常值识别和剔除后，将统计单元分区图与各指标的分布等值线图叠加。当一个统计单元边界附近样本的水化学特征与相邻单元相近，而与本单元内其他样本差别较大时，则应调整统计单元边界并将上述样本归入相邻统计单元进行统计。调整后应核实剩余样本是否满足布点密度和最小样本量要求，当不满足要求时，应针对性补充开展样品采集和测试。

### 6.2 背景值统计

统计调整后各统计单元内各组分数据的最小值、最大值、5%分位数、95%分位数和中位数，作为表征地下水环境背景值的数据基础。

### 6.3 背景值表征

绘制用于表征地下水环境背景值的图件和表格，并给予必要的说明。具体包括：

(1) 统计单元分布图。使用不同颜色和编号表达统计单元，并用不同颜色标注背景点和异常点。

(2) 各背景值指标浓度频率分布图。包括分布频率图和累计频率图。

(3) 背景值统计表。内容包括每个统计单元的名称、编号、指标名称，以及每个指标的样本量、最小值、最大值、5%分位数、95%分位数和中位数（格式见附录 G）。对于 pH 值指标，以 95%分位数为其背景值上限，5%分位数为其背景值下限。对于其他指标，以 95%

分位数作为其背景值上限。

(4) 水化学图件。基于背景值数据，绘制调查范围内的地下水水化学类型图、溶解性总固体分布等值线图，以及各主要背景值指标的分布等值线图（格式见附录 G）。

## 6.4 背景值成因分析

根据新绘制的水化学图件和表格，总结调查范围内地下水环境背景值指标含量分布规律，并结合调查范围内区域地质（地层与构造）、水文地质条件，分析各组分可能的来源，识别人为污染输入或开发利用引起的地下水化学场及水动力场变化对背景值指标含量分布的影响，分析背景值成因和计算结果的合理性。

## 6.5 技术报告编制

技术报告内容主要包括项目概况、调查范围概况、数据获取、样品采集与测试、数据处理与分析，最终得出统计单元划分情况和各统计单元的各指标环境背景值统计图表，并对背景值成因进行分析。技术报告大纲见附录 H。

## 6.6 背景值应用

### 6.6.1 应用情景

地下水环境背景值可用于以下情景：

- (1) 地下水型饮用水水源、国家地下水环境质量考核点位或地下水污染源所在区域地下水超标成因分析判定；
- (2) 地下水污染修复目标值的合理确定；
- (3) 地下水环境管理需要的其他情景。

当调查范围内无任何历史遗留污染地块或在产企业等污染源，或当有证据表明人为因素导致地下水超标时，则无需开展超标成因

判定的地下水环境背景值统计表征工作。

### **6.6.2 应用方法**

(1) 超标成因分析：当某个统计单元内的地下水 pH 值在其背景值上下限范围内，或其他超标指标数值不高于其背景值上限时，可判定水质超标是受地质背景影响；反之可判定受人为因素影响。

(2) 地下水污染修复目标值确定：若通过风险评估等方式确定的地下水修复目标值低于区域地下水环境背景值上限，则可将该上限值作为修复目标值。

## 附录 A

### (资料性附录)

#### 不同应用情景的调查范围

调查范围建议按省级或地市级行政区域连片开展，也可针对不同应用情景，确定其最小调查范围如下。

##### A.1 集中式地下水型饮用水水源的环境背景值最小调查范围

最小调查范围为集中式地下水型饮用水水源保护区及补给区。

##### A.2 污染源地下水环境背景值最小调查范围

最小调查范围为污染源所在的五级或六级水文地质分区。当分区内有明显水文地质条件差异时，可适当缩小调查范围。当污染源跨多个水文地质单元时，对污染源所在的多个水文地质单元开展调查。

##### A.3 国家地下水环境质量考核点位地下水环境背景值最小调查范围

区域考核点位地下水环境背景值最小调查范围为所在的五级或六级水文地质分区，当分区内有明显水文地质条件差异时，可适当缩小调查范围。

饮用水源点位地下水环境背景值最小调查范围参考 A.1。

重点污染区域风险监控点位地下水环境背景值最小调查范围参考 A.2。



## 附录 B

### (资料性附录)

#### 地下水环境背景值统计表征工作资料

表 B.1 地下水环境背景值统计表征工作资料收集信息表

资料类别	主要目的	主要内容
区域地质、水文地质资料及水质检测报告	①划分水文地质分区； ②明确调查含水层的深度和岩土矿物成分； ③指导样品采集方案的制定； ④明确背景值调查指标； ⑤辅助进行统计单元的初步划分； ⑥支撑地下水环境背景值统计与表征。	国家地下水监测工程的水质检测报告； 区域地质、水文地质、地下水资源及相关环境问题调查与评价报告、相关图件和水质检测报告； 区域地下水污染调查与评价报告、相关图件和水质检测报告； 区域地下水地质环境监测报告、相关图件和水质检测报告； 区域地下水资源评价与监测报告、相关图件和水质检测报告； 其他相关区域水文地质调查研究成果和水质检测报告； 调查范围内地下水型饮用水水源日常监测成果报告； 调查范围内水源保护区划分报告、相关图件和水质检测报告； 调查范围内地下水环境状况调查评价报告、相关图件和水质检测报告； 调查范围内重点项目环境影响评价地下水专项评价报告； 调查范围内重点监管企业土壤与地下水环境自行监测、建设项目环境影响评价要求的地下水日常监测、地下水环境监督性监测、重点行业企业土壤污染状况调查等的水质检测报告； 调查范围内相关地下水污染风险管控或修复报告； 区域水资源开发利用规划、水资源调查评价报告、相关图件和水质检测报告； 区域水资源开发利用年报表； 调查范围内水源地供水勘查、建设项目、水源地取水水资源论证报告和水质检测报告； 调查范围内重点建设项目水资源论证报告； 调查范围内其他相关地下水资源调查研究成果和水质检测报告； 调查范围内相关学术论文和专著。
污染源分布情况	指导样品采集方案的制定。	调查范围内地下水环境状况调查评价报告； 调查范围内历史环境统计数据； 调查范围内第二次污染源普查数据； 调查范围内历史遥感影像资料。

## 附录 C

(资料性附录)

### 地下水环境背景值调查测试指标

表 C.1 地下水环境背景值调查测试指标一览表

序号	分类	指标	推荐测试方法 <sup>1</sup>	目标检出限 (mg/L)	备注 <sup>2</sup>
1	现场测试指标	水温 (°C)	温度计法 (GB/T 13195)	0.5	选测
2		pH 值	玻璃电极法 (现场和实验室均需检测)	0.1 (无量纲)	必测
3		电导率 (μs/cm)	电导仪法 (SL 78)	/	必测
4		氧化还原电位 (mV)	电位法 (SL 94)	/	必测
5		溶解氧	电化学探头法 (HJ 506)	/	选测
6		浑浊度 (NTU)	散射法、比浊法、电探头法	0.5	选测
7	宏量组分	重碳酸根 (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	滴定法 (DZ/T 0064.49)	3	必测
8		碳酸根 (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	滴定法 (DZ/T 0064.49)	3	必测
9		硫酸根 (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	硫酸钡重量法、离子色谱法、EDTA 滴定法、硫酸钡比浊法	2	必测
10		氯化物 (Cl <sup>-</sup> )	离子色谱、硝酸银滴定法	2	必测
11		钾	离子色谱、电感耦合等离子体发射光谱法、电感耦合等离子体质谱法和原子吸收光谱法	0.1	必测
12		钠	离子色谱、电感耦合等离子体发射光谱法、电感耦合等离子体质谱法和原子吸收光谱法	1	必测
13		钙	离子色谱、电感耦合等离子体发射光谱法、电感耦合等离子体质谱法和原子吸收光谱法	3	必测
14		镁	离子色谱、电感耦合等离子体发射光谱法、电感耦合等离子体质谱法和原子吸收光谱法	3	必测
15	综合指标	溶解性总固体	105°C干燥重量法、180°C干燥重量法	4	必测
16		总硬度	EDTA 滴定、电感耦合等离子体原子发射光谱、电感耦合等离子体质谱法	20	必测
17		耗氧量	酸性高锰酸盐法、碱性高锰酸盐法	0.5	必测
18	微量和痕量组分	硝酸盐 (以 N 计)	离子色谱、紫外分光光度法	0.2	必测
19		氨氮 (以 N 计)	离子色谱、分光光度法	0.02	选测
20		亚硝酸盐 (以 N 计)	分光光度法	0.004	选测
21		氟化物 (F <sup>-</sup> )	离子色谱、离子选择电极、分光光度法	0.1	选测

序号	分类	指标	推荐测试方法 <sup>1</sup>	目标检出限 (mg/L)	备注 <sup>2</sup>
22		碘化物 (I <sup>-</sup> )	分光光度法、电感耦合等离子体质谱法、离子色谱法	0.01	选测
23		铁	电感耦合等离子体原子发射光谱、原子吸收光谱、分光光度法	0.05	选测
24		锰	电感耦合等离子体原子发射光谱法、电感耦合等离子体质谱法、原子吸收光谱法	0.01	选测
25		砷	原子荧光光谱、电感耦合等离子体质谱法	0.001	选测
26		铬 (六价)	电感耦合等离子体质谱、分光光度法	0.004	选测
27		镉	电感耦合等离子体质谱、石墨炉原子吸收光谱法	0.0002	选测
28		铅	电感耦合等离子体质谱法	0.002	选测
29		汞	原子荧光光谱、冷原子吸收光谱法	0.0001	选测
30		铍	电感耦合等离子体质谱法	0.0001	选测
31		铝	电感耦合等离子体原子发射光谱、电感耦合等离子体质谱法	0.01	选测
32		偏硅酸 (H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> )	硅钼蓝光谱法 (GB 8538)	0.1	选测
33		硫化物	碘量法、分光光度法	0.02	选测
34		溴	离子色谱法 (HJ 84)	0.01	选测
35		钡	电感耦合等离子体质谱法	0.001	选测
36		钼	电感耦合等离子体质谱法	0.0005	选测
37		镍	电感耦合等离子体质谱法	0.002	选测
38		硼	电感耦合等离子体质谱、分光光度法	0.02	选测
39		铋	原子荧光光谱、电感耦合等离子体质谱法	0.0001	选测
40		银	电感耦合等离子体质谱、石墨炉原子吸收光谱法	0.001	选测
41		铊	电感耦合等离子体质谱法	0.0001	选测
42		锌	电感耦合等离子体质谱、原子吸收光谱法	0.001	选测
43		铜	电感耦合等离子体质谱、原子吸收光谱法	0.003	选测
44		硒	原子荧光光谱、电感耦合等离子体质谱法	0.0002	选测

注：

1. 除单独标注外，测试方法均采用 GB/T 14848 附录 B 中的推荐方法。
2. 选测指标根据调查范围可能存在的地下水高背景值组分确定。除表中测试方法外，也可以使用其他能够满足检出限的标准测试方法。

表 C.2 我国主要高背景值地下水组分的分布及成因

指标	分布区域	成因
砷	河套平原、银川平原、松嫩平原、华北平原、淮河流域平原、大同盆地、江汉—洞庭湖平原、四川盆地等。	高砷地下水常赋存于富含有机质的冲—湖积含水层中，区域地势低洼平坦，地下水径流滞缓，水环境呈弱碱且常为强还原环境，周围有富砷地层。富砷地热水也可能形成高砷地下水。
氟	松嫩平原、下辽河平原、华北平原、淮河流域平原、珠江三角洲、大同盆地、运城盆地、太原盆地、临汾盆地、忻州盆地、河套平原、鄂尔多斯盆地、银川平原、河西走廊、柴达木盆地、准噶尔盆地和塔里木盆地等。	地下水中氟化物主要来自地层中氟化矿物的溶解和吸附态氟的释放，地下水中氟化物浓度沿地下水流向通常会增加。另外，地下水也易形成高氟地下水。
碘	黄淮海平原、干旱内陆盆地、珠江三角洲等沿海地区，其中黄淮海平原是高碘地下水的主要分布区。	蒸发和溶滤作用是高碘地下水的主要成因，高碘地下水一般分布在地势低洼、地层富碘的地区。同时，海水入侵也可能形成高碘地下水。
铁/锰	三江平原、松嫩平原、下辽河平原、华北平原、太原盆地、江汉—洞庭湖平原、长江三角洲、珠江三角洲、四川盆地、河套平原、银川平原、河西走廊等地。	富含有机质的冲—湖积含水层中，区域地势低洼平坦、地下水径流滞缓及还原环境，导致含水层沉积物中铁锰氧化物发生还原性溶解。
铬	黄土高原、运城盆地、马莲河流域、河北平原等。	氧化弱碱条件下，含水层中含铬矿物氧化释放。
溶解性总固体/氯化物/硫酸根/钠/总硬度	大部分地下水径流区和排泄区地下水溶解性总固体浓度高，特别是干旱—半干旱盆地、黄土高原、珠江三角洲、咸水含水层、海水入侵区等。	蒸发浓缩、溶滤、海水入侵和地热水等多种因素会导致这些组分升高。
氨氮	三江平原、松嫩平原、下辽河平原、江汉—洞庭湖平原、河套平原、银川平原、珠江三角洲、关中平原等地。	富含有机质的含水层中，含氮有机质在微生物降解下产生氨氮。
pH 值	华东、华中、华南和西南地区等。	我国南方土壤偏酸性。

注：表中高背景组分的分布供参考，未涵盖所有地区高背景情况，实际工作中需结合各地地下水环境背景值统计与表征工作，以及水文地质、地球化学、地下水调查等工作分析确定。

**附录 D**  
**(资料性附录)**  
**水文地质分区方法**

**D.1 一级水文地质分区**

一级水文地质分区原则上与水资源一级区和大型内流盆地保持一致，东南诸河流域与珠江流域合并为一级区。

**D.2 二级水文地质分区**

二级及以下水文地质分区划分应兼顾不同尺度流域和区域水文地质特征。北方多以地下水集水盆地为单位划分，再将周边山丘集水区和地下水盆地平原汇流区划分为次级分区；山丘集水区主要依据次级流域进一步划分，地下水盆地平原汇流区主要依据第四系含水层水文地质特征兼顾流域分区进一步划分；南方多以不同级次的流域特征为依据逐级划分。

**D.3 三级水文地质分区**

基岩山区在较大流域分级的基础上，以含水岩组类型（碳酸盐岩类、碎屑岩类、岩浆岩与变质岩类等）进一步划分，突出大型岩溶泉域、地下河系统和大型碎屑岩地下水系统。应注意判断地表水分水岭与地下水分水岭一致性，以地表水集水区和地下水分布区的外包线作为该分区的边界。

**D.4 四级水文地质分区**

对于山区面积较大的山间盆地、大型洼地或大型河谷参照地下水集水盆地划分，对于平原区面积较大的山丘区可参考 D.3 具体要求划分次级分区。

**D.5 五级及以下水文地质分区**

根据县级行政边界与溶解性总固体界限进一步划分五级水文地质分区。可结合水文地质条件及行政边界等因素，进一步划分为次一级的水文地质分区。

附录 E  
(资料性附录)  
t 分布表

df	置信水平 (1- $\alpha$ ) %/双侧								
	50	60	70	80	90	95	98	99	99.5
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.321
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971
50	0.679	0.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.937
60	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915
80	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	2.887
100	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	2.871
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860
$\infty$	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807

附录 F

(资料性附录)

Grubbs 检验法临界值表

<i>n</i>	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995	<i>n</i>	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995
3	1.148	1.153	1.155	1.155	1.155	36	2.639	2.823	2.991	3.191	3.330
4	1.425	1.463	1.481	1.492	1.496	37	2.650	2.835	3.003	3.204	3.343
5	1.602	1.672	1.715	1.749	1.764	38	2.661	2.846	3.014	3.216	3.356
6	1.729	1.822	1.887	1.944	1.973	39	2.671	2.857	3.025	3.228	3.369
7	1.828	1.938	2.020	2.097	2.139	40	2.682	2.866	3.036	3.240	3.381
8	1.909	2.032	2.126	2.221	2.274	41	2.692	2.877	3.046	3.251	3.393
9	1.977	2.110	2.215	2.323	2.387	42	2.700	2.887	3.057	3.261	3.404
10	2.036	2.176	2.290	2.410	2.482	43	2.710	2.896	3.067	3.271	3.415
11	2.088	2.234	2.355	2.485	2.564	44	2.719	2.905	3.075	3.282	3.425
12	2.134	2.285	2.412	2.550	2.636	45	2.727	2.914	3.085	3.292	3.435
13	2.175	2.331	2.462	2.607	2.699	46	2.736	2.923	3.094	3.302	3.445
14	2.213	2.371	2.507	2.659	2.755	47	2.744	2.931	3.103	3.310	3.455
15	2.247	2.409	2.549	2.705	2.806	48	2.753	2.940	3.111	3.319	3.464
16	2.279	2.443	2.585	2.747	2.852	49	2.760	2.948	3.120	3.329	3.474
17	2.309	2.475	2.620	2.785	2.894	50	2.768	2.956	3.128	3.336	3.483
18	2.335	2.504	2.651	2.821	2.932	51	2.775	2.964	3.136	3.345	3.491
19	2.361	2.532	2.681	2.854	2.968	52	2.783	2.971	3.143	3.353	3.500
20	2.385	2.557	2.709	2.884	3.001	53	2.790	2.978	3.151	3.361	3.007
21	2.408	2.580	2.733	2.912	3.031	54	2.798	2.986	3.158	3.368	3.516
22	2.429	2.603	2.758	2.939	3.060	55	2.804	2.992	3.166	3.376	3.524
23	2.448	2.624	2.781	2.963	3.087	56	2.811	3.000	3.172	3.383	3.531
24	2.467	2.644	2.802	2.987	3.112	57	2.818	3.006	3.180	3.391	3.539
25	2.486	2.663	2.822	3.009	3.135	58	2.824	3.013	3.186	3.397	3.546
26	2.502	2.681	2.841	3.029	3.157	59	2.831	3.019	3.193	3.405	3.553
27	2.519	2.698	2.859	3.049	3.178	60	2.837	3.025	3.199	3.411	3.560
28	2.534	2.714	2.876	3.068	3.199	61	2.842	3.032	3.205	3.418	3.566
29	2.549	2.730	2.893	3.085	3.218	62	2.849	3.037	3.212	3.424	3.573
30	2.563	2.745	2.908	3.103	3.236	63	2.854	3.044	3.218	3.430	3.579
31	2.577	2.759	2.924	3.119	3.253	64	2.860	3.049	3.224	3.437	3.586
32	2.591	2.773	2.938	3.135	3.270	65	2.866	3.055	3.230	3.442	3.592
33	2.604	2.786	2.952	3.150	3.286	66	2.871	3.061	3.235	3.449	3.598
34	2.616	2.799	2.965	3.164	3.301	67	2.877	3.066	3.241	3.454	3.605
35	2.628	2.811	2.979	3.178	3.316	68	2.883	3.071	3.246	3.460	3.610

<i>n</i>	<b>0.9</b>	<b>0.95</b>	<b>0.975</b>	<b>0.99</b>	<b>0.995</b>	<i>n</i>	<b>0.9</b>	<b>0.95</b>	<b>0.975</b>	<b>0.99</b>	<b>0.995</b>
69	2.888	3.076	3.252	3.466	3.617	85	2.961	3.151	3.327	3.543	3.695
70	2.893	3.082	3.257	3.471	3.622	86	2.966	3.155	3.331	3.547	3.699
71	2.897	3.087	3.262	3.476	3.627	87	2.970	3.160	3.335	3.551	3.704
72	2.903	3.092	3.267	3.482	3.633	88	2.973	3.163	3.339	3.555	3.708
73	2.908	3.098	3.272	3.487	3.638	89	2.977	3.167	3.343	3.559	3.712
74	2.912	3.102	3.278	3.492	3.643	90	2.981	3.171	3.347	3.563	3.716
75	2.917	3.107	3.282	3.496	3.648	91	2.984	3.174	3.350	3.567	3.720
76	2.922	3.111	3.287	3.502	3.654	92	2.989	3.179	3.355	3.570	3.725
77	2.927	3.117	3.291	3.507	3.658	93	2.993	3.182	3.358	3.575	3.728
78	2.931	3.121	3.297	3.511	3.663	94	2.996	3.186	3.362	3.579	3.732
79	2.935	3.125	3.301	3.516	3.669	95	3.000	3.189	3.365	3.582	3.736
80	2.940	3.130	3.305	3.521	3.673	96	3.003	3.193	3.369	3.586	3.739
81	2.945	3.134	3.309	3.525	3.677	97	3.006	3.196	3.372	3.589	3.744
82	2.949	3.139	3.315	3.529	3.682	98	3.011	3.201	3.377	3.593	3.747
83	2.953	3.143	3.319	3.534	3.687	99	3.014	3.204	3.380	3.597	3.750
84	2.957	3.147	3.323	3.539	3.691	100	3.017	3.207	3.383	3.600	3.754



## 附录 G

(资料性附录)

### 背景值统计图表绘制方法

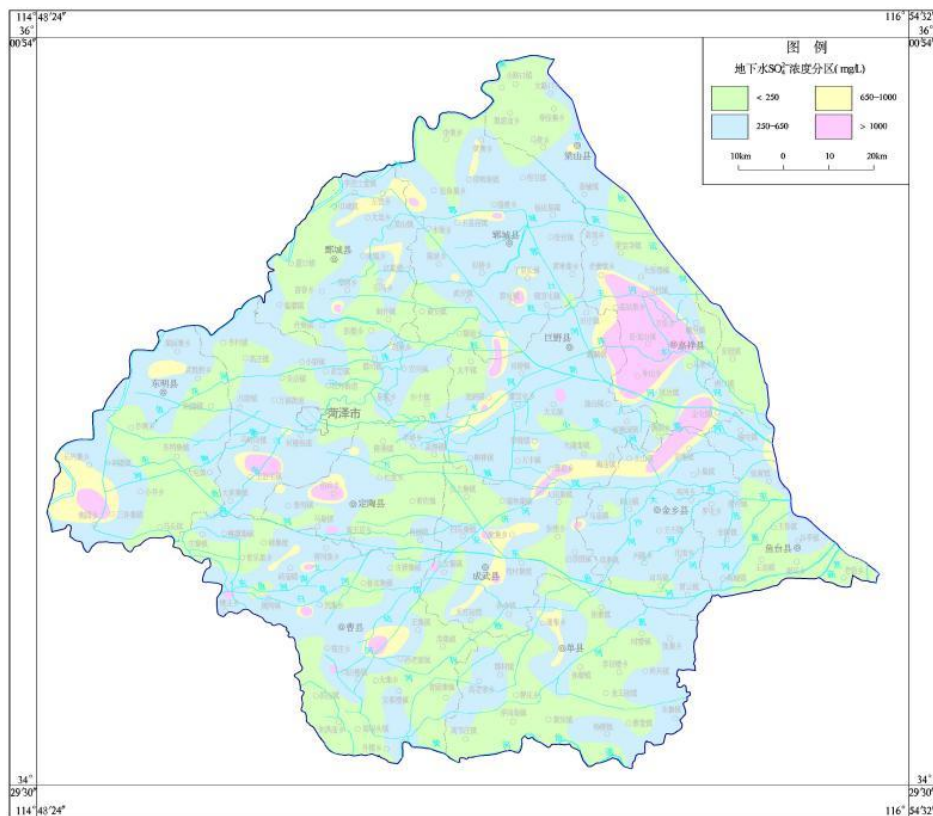


图 G.1 浓度等值线图示例

制图方法:

以已知数据点在平面上的分布为基础,通过克里金插值算法,计算出调查区域空间平面上浓度值的面状分布,然后通过相同值的连线,绘制等值线图,一般将浓度值分为4个区间及以上。

表 G.1 地下水环境背景值统计表示例

统计单元名称	编号	指标名称	样本量	最小值	最大值	5%分位数	95%分位数	中位数

## 附录 H

### (规范性附录)

#### 地下水环境背景值统计表征技术报告大纲

##### 第一章 项目概况

###### 1.1 工作目标

###### 1.2 工作内容和流程

###### 1.3 技术路线

##### 第二章 调查范围概况

###### 2.1 自然地理与社会经济

###### 2.1.1 地形地貌

###### 2.1.2 气象水文

###### 2.1.3 社会经济

###### 2.2 地质与水文地质概况

###### 2.2.1 地质概况

###### 2.2.2 水文地质概况

###### 2.3 污染源情况

###### 2.4 地下水水化学异常与质量状况

###### 2.4.1 地下水水化学异常和地方病分布

###### 2.4.2 地下水质量状况

##### 第三章 数据获取

###### 3.1 历史水化学数据筛选

###### 3.1.1 数据来源

###### 3.1.2 筛选结果

###### 3.2 背景值指标选取

###### 3.2.1 宏量组分和综合指标

###### 3.2.2 微量组分

###### 3.2.3 痕量组分

###### 3.2.4 关联因子

###### 3.3 水文地质分区划分

###### 3.4 统计单元初步划分

###### 3.5 布点密度和最小样本量

##### 第四章 样品采集与测试

###### 4.1 补充调查样品采集方案

- 4.1.1 布点原则及依据
- 4.1.2 采样点位分布
- 4.2 采样井建设与样品采集
  - 4.2.1 采样井建设及质量控制
  - 4.2.2 样品采集及质量控制
  - 4.2.3 样品保存与流转
- 4.3 样品测试与质量控制
  - 4.3.1 检测机构介绍及资质
  - 4.3.2 样品测试结果与方法
  - 4.3.3 实验室质量控制
- 4.4 测试结果分析

## **第五章 数据处理与分析**

- 5.1 异常值识别
  - 5.1.1 宏量组分和综合指标
  - 5.1.2 微量组分
  - 5.1.3 痕量组分
- 5.2 异常数据分析

## **第六章 统计与表征**

- 6.1 统计单元调整
- 6.2 地下水环境背景值统计
- 6.3 地下水环境背景值表征
- 6.4 地下水环境背景值成因分析

## **第七章 调查结论**

- 7.1 调查工作总结
- 7.2 主要结论
- 7.3 调查建议

## **附件**

1. 统计单元划分图
2. 背景值指标频率分布图
3. 水化学类型分布图
4. 溶解性总固体及宏量组分浓度等值线图
5. 岩性柱状图
6. 现场钻探及采样照片
7. 现场钻探及采样记录表
8. 地下水水质监测报告与数据汇总表