

ICS 01.040.27

F 10

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 10274—2019

浅层地热能开发地质环境影响
监测评价规范

**Monitoring and evaluation specification for shallow geothermal energy
development impact on the geological environment**

2019-11-04 发布

2020-05-01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国能源
行业标准
浅层地热能开发地质环境影响监测评价规范
NB/T 10274—2019

*

中国石化出版社出版发行
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号
邮编：100011 电话：(010) 57512500
石化标准编辑部电话：(010) 57512453
发行部电话：(010) 57512575
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail: press@sinopec.com
北京艾普海德印刷有限公司印刷
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 38 千字
2020 年 1 月第 1 版 2020 年 1 月第 1 次印刷

*

书号：155114·1528 定价：25.00 元
(购买时请认准封面防伪标识)

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 地质环境影响监测	2
6 监测数据采集、传输及存储	4
7 地质环境影响评价	5
8 评价报告编写	9
附录 A（资料性附录） 水质评价模糊综合评判法	10
附录 B（规范性附录） 评价报告编写要求	12

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规定起草。

本标准由能源行业地热能专业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：北京市地质矿产勘查开发局、北京市地热研究院、北京市华清地热开发集团有限公司、中国地质调查局浅层地温能研究与推广中心、中石化新星（北京）新能源研究院有限公司。

本标准主要起草人：李宁波、杨俊伟、刘少敏、张进平、郑佳、于媛、李翔、郭艳春、李娟、王哲、朱昕鑫、刘冰、项悦鑫、王立志、卫万顺、张文秀、李海东、邢罡、林海亮、李敏、赵丰年、向焯。

本标准于2019年首次发布。

浅层地热能开发地质环境影响监测评价规范

1 范围

本标准规定了浅层地热能开发利用地质环境监测系统建设、监测数据采集、传输及存储以及地质环境影响评价的内容、方法和要求。

本标准适用于浅层地热能开发利用系统（包括地埋管地源热泵系统、地下水地源热泵系统，不包括地表水、再生水热泵系统）地质环境影响监测系统建设及地质环境影响评价。

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 50366 地源热泵系统工程技术规范

GB/T 14848 地下水质量标准

DZ/T 0225 浅层地热能勘查评价规范

NB/T 10097 地热能术语

HJ/T 164 地下水环境监测技术规范

DB11/T 1253 地埋管地源热泵系统工程技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

浅层地热能 shallow geothermal energy

从地表至地下200m深度范围内，储存于水体、土体、岩石中的温度低于25℃，采用热泵技术可提取用于建筑物供热或制冷等的地热能。

[NB/T 10097—2018，定义2.1.6]

3.2

地源热泵系统 ground-source heat pump system

以岩土体、地下水和地表水为低温热源，由水源热泵机组、浅层地热能换热系统、建筑物内系统组成的供暖制冷系统。根据地热能交换方式，可分为地埋管地源热泵系统、地下水地源热泵系统和地表水地源热泵系统。

[GB 50366—2005，定义2.0.1]

3.3

地埋管地源热泵系统 pipe ground-source heat pump system

传热介质通过竖直或水平地埋管换热器与岩土体和地下水进行热交换的地源热泵系统。

3.4

地下水地源热泵系统 groundwater-source heat pump system

通过地下水进行热交换的地源热泵系统。

3.5

换热孔 **heat exchange hole**

地埋管地源热泵系统中，埋设地埋管换热器参与热量交换的钻孔。

3.6

热源侧 **heat source side**

地源热泵系统中，通过热交换提供冷、热量的循环侧。

3.7

总管 **main pipe**

地源热泵系统中，各区域支管道汇总后的总管道。

3.8

换热监测孔 **heat exchange monitoring hole**

通过在换热孔内下入温度传感器，用于监测地埋管换热器换热过程中孔内温度变化的换热孔。

3.9

换热影响监测孔 **heat exchange effect monitoring hole**

通过在钻孔内下入温度传感器，用于监测换热孔、抽灌井温度变化影响范围的钻孔。

3.10

常温监测孔 **initial temperature monitoring hole**

通过在钻孔内下入温度传感器，用于监测地层原始温度的钻孔。

4 总则

4.1 浅层地热能开发地质环境影响监测与评价是通过建设监测系统对浅层地热能开发利用过程中地质环境因素的动态变化情况进行监测，评价浅层地热能资源开发利用过程中对地质环境的影响规律和程度。

4.2 浅层地热能开发地质环境影响监测系统建设应设置地质环境影响监测平台，进行监测数据的显示、存储和预警，监测方式为长期、连续监测。

5 地质环境影响监测

5.1 监测内容

5.1.1 应监测地源热泵系统热源侧进、出水总管温度、流量，供暖/制冷面积 10000m² 以上的地源热泵工程，并根据工程的规模设置地质环境影响监测孔。

5.1.2 供暖/制冷面积 10000m² 以上的地下水地源热泵系统监测内容：

- a) 系统热源侧进、出水总管温度；
- b) 水井抽水、回灌量；
- c) 原始地温、水位、水质；
- d) 水井及周边地温、水位、水质变化。

5.1.3 供暖/制冷面积 10000m² 以上的地埋管地源热泵系统监测内容：

- a) 系统热源侧进、出水总管温度、流量；
- b) 原始地温；
- c) 换热区及周边地温场变化。

5.2 系统热源侧总管温度、流量监测

5.2.1 监测点应选择管道满液的位置。

5.2.2 总管温度监测宜采用插入式温度传感器，当传感器为后期安装且管道不可开孔时，可采用贴片式温度传感器。

5.2.3 循环流量监测宜采用通过式流量计，当流量计为后期安装且不能破坏原管道时，可采用超声波流量计。

5.2.4 温度传感器精度不应低于 0.2°C ，流量计精度不应低于 0.5 级。

5.3 地下温度及水位监测

5.3.1 地下水地源热泵系统监测要求：

- a) 应监测所有水井的水温、水位变化；
- b) 宜在水井影响半径内布设不少于 1 个监测孔，监测场区地温场、水位变化，监测孔的布置应考虑地下水流动方向；
- c) 在竖直方向上，监测孔的深度应不小于水井的深度。

5.3.2 竖直埋管地源热泵系统监测要求：

- a) 地温场监测孔数量应不少于换热孔数量的 1%；
- b) 地温场监测孔的类型包括换热监测孔、换热影响监测孔及常温监测孔，换热监测孔应在布孔区中心和边缘均有布设，换热影响监测孔应在布孔区内部和外围均有布设，常温监测孔应布设于布孔区温度影响范围以外，一般不小于 10m，监测孔的布置应考虑地下水流动方向；
- c) 监测孔的深度应不小于换热孔的深度。

5.3.3 水平埋管地源热泵系统监测要求：

- a) 地温场监测的类型包括换热监测、换热影响监测及常温监测，换热监测应在地埋管埋设区中心和边缘均布设测温探头，换热影响监测应在地埋管埋设区内部和外围均布设测温探头，常温监测测温探头应布设在地埋管埋设区温度影响范围以外，距地埋管埋设区不小于 10m；
- b) 所有地埋管埋设层均应监测。

5.3.4 监测设备要求：

- a) 地埋温度传感器应加装钢制护套，护套内应充实导热介质，护套直径应与线径匹配，接口处应做防水处理；
- b) 温度传感器精度不应低于 0.2°C ，液位传感器精度不应低于 0.5 级。

5.3.5 水井温度、液位传感器安装方法：

- a) 水井温度传感器安装方式分为井外埋设和井内埋设。井外埋设是将温度传感器安装于井管外壁，井内埋设是将温度传感器下入井管内部；
- b) 水井温度应分层监测，温度传感器可按照地层岩性排布，也可均匀排布，间距不宜大于 10m，变温带温度传感器宜加密至间距 2m，不同监测孔内的温度传感器排布深度应相同；
- c) 水井液位传感器应采用井内埋设，必须位于水井年最低水位以下，且量程必须大于水位年变化幅度。

5.3.6 竖直地埋温度传感器安装方法：

- a) 竖直地埋温度传感器安装方式包括地埋管外埋设、地埋管内埋设和单独埋设。地埋管外埋设是将温度传感器预先固定在地埋管外部，随地埋管一同下入监测孔后回填；地埋管内埋设是先将地埋管下入监测孔后回填，再将温度传感器下入地埋管内部；单独埋设是将温度传感器单独下入监测孔后回填；

b) 地埋管地源热泵项目中，垂直地埋温度传感器测温探头可按照地层岩性排布，也可均匀排布，间距不宜大于 10m，变温带温度传感器宜加密至间距 2m，不同监测孔内的温度传感器排布深度应相同；

c) 地下水地源热泵项目中，垂直地埋温度传感器排布应与水井相同。

5.3.7 水平地埋温度传感器安装方法：

a) 水平地埋温度传感器安装方式包括地埋管外埋设和单独埋设，地埋管外埋设是将温度传感器固定在地埋管外壁，单独埋设是将温度传感器单独埋入监测沟；

b) 换热监测及换热影响监测温度传感器测温探头的间距不宜大于 20m。

5.3.8 传感器连接方法：

a) 传感器附带电缆线长度宜直接到达数据采集器，当必须进行电缆线延长对接时，延长线应与附带线使用相同型号；

b) 电缆线延长对接后，接线处应具有不低于电缆线的机械强度及绝缘、防水性能；

c) 传感器电缆线宜沿水平管沟到达数据采集器，也可另行开沟埋设，埋设深度不应小于冻土层厚度；

d) 数据采集器宜安装于地面以上或机房内。

5.3.9 监测间隔及方式：

a) 地下温度及水位监测时间间隔不宜大于 1h；

b) 监测方式应为长期、连续监测。

5.4 地下水水质监测

5.4.1 地下水地源热泵系统，应对所有抽、灌井进行水质监测。

5.4.2 地埋管地源热泵系统，宜对换热区附近水井进行水质监测。

5.4.3 地下水水质监测可采用现场在线监测、采样现场检测或采样送实验室检测等方式。

5.4.4 地下水水质监测指标宜参照 GB/T 14848 的规定，现场采样、样品管理、水质检测方法宜符合 HJ-T 164 的规定。

5.4.5 现场在线监测时间间隔不宜大于 1 天，现场采样检测时间间隔不宜大于 3 个月，监测应为长期、连续监测。

6 监测数据采集、传输及存储

6.1 数据采集

6.1.1 宜在监测孔附近或机房内设置监控机柜，在监控机柜内安装带通信功能的数据采集仪表或模块。

6.1.2 为避免产生信号干扰，不同类型的信号应分开采集，即采用多个仪表或模块分别采集电阻、电流、脉冲等信号。

6.1.3 监测数据采集间隔不宜大于 1h。

6.2 数据传输

6.2.1 宜在系统维护单位住所建设监测项目的远程监测平台，用于接收远程传输的监测数据。

6.2.2 传输网络可采用互联网或无线通信网络，互联网宜采用专线。

6.3 数据存储

6.3.1 数据采集后，宜做现场存储。

6.3.2 远程监测平台应具备数据显示、存储、导出功能。

6.3.3 监测数据应定期导出，并做备份存储。

6.4 数据校验

6.4.1 应对监测数据进行校验；

6.4.2 监测数据校验每年不宜少于2次。

7 地质环境影响评价

7.1 评价内容

7.1.1 评价内容包括地温场影响评价、地下水水位影响评价及地下水水质影响评价。

7.1.2 对各评价内容进行评价时，应同时考虑监测项目运行以外的影响因素。

7.2 地温场影响评价

7.2.1 评价阶段及指标：

- a) 运行季影响评价，评价指标包括影响速率 (a_1)、影响幅度 (a_2) 及影响范围 (a_3)；
- b) 过渡季恢复评价，评价指标包括恢复速率 (a_4) 及恢复程度 (a_5)；
- c) 年度影响评价，评价指标包括影响幅度 (a_6) 及恢复程度 (a_7)；
- d) 多年累计影响评价，评价指标包括影响速率 (a_8) 及影响幅度 (a_9)。

7.2.2 运行季影响评价：

- a) 以总管实时温度最大日变化值，评价运行季地温场的影响速率；
- b) 以总管实时温度与运行初期总管温度的最大差值，评价运行季地温场的影响幅度；
- c) 以换热监测孔实时温度及换热影响监测孔实时温度与常温监测孔实时温度差值的最大日变化值，评价运行季地温场的影响速率；
- d) 以换热监测孔实时平均温度及换热影响监测孔实时平均温度与常温监测孔实时平均温度的最大差值，评价运行季地温场的影响幅度；
- e) 以不同位置换热影响监测孔实时平均温度与常温监测孔实时平均温度的差值，评价运行季地温场影响的广度范围；
- f) 以换热孔深度以深的地层温度值，评价运行季地温场影响的深度范围。

7.2.3 过渡季恢复评价：

- a) 以相邻运行季运行初期总管温度的差值，评价过渡季地温场的恢复程度；
- b) 以换热监测孔实时平均温度及换热影响监测孔实时平均温度与常温监测孔实时平均温度差值的最大日变化值，评价过渡季地温场的恢复速率；
- c) 以过渡季末换热监测孔平均温度及换热影响监测孔平均温度与常温监测孔平均温度的差值，评价过渡季地温场的恢复程度。

7.2.4 年度影响评价：

- a) 以相邻年度相同运行季运行初期总管温度的变化值，评价年度地温场的恢复程度；
- b) 以相邻年度相同过渡季末换热监测孔及换热影响监测孔平均温度的变化值，评价年度地温场恢复程度。

7.2.5 多年影响评价：

- a) 以多年首末年度相同运行季运行初期总管温度的差值，评价多年地温场的影响幅度；
- b) 以多年首末年度相同过渡季末换热监测孔平均温度及换热影响监测孔平均温度的变化值，评价多年地温场的影响幅度；

c) 以多年地温场的影响幅度与年度数的比值，评价多年地温场的影响速率。

7.2.6 评价指标定性结论：

a) 影响速率定性结论按表1确定：

表 1 地温场影响速率定性评价表

评价指标		评价指标定性结论		
		1级	2级	3级
运行季影响速率 (°C/d)	总管	$a_1 < 0.5$	$0.5 \leq a_1 < 4$	$4 \leq a_1$
	换热监测孔	$a_1 < 0.5$	$0.5 \leq a_1 < 4$	$4 \leq a_1$
	换热影响监测孔	$a_1 < 0.2$	$0.2 \leq a_1 < 1$	$1 \leq a_1$
多年影响速率 (°C/a)	总管	$a_8 < 0.2$	$0.2 \leq a_8 < 1$	$1 \leq a_8$
	换热监测孔	$a_8 < 0.2$	$0.2 \leq a_8 < 1$	$1 \leq a_8$
	换热影响监测孔	$a_8 < 0.2$	$0.2 \leq a_8 < 1$	$1 \leq a_8$

b) 恢复速率定性结论按表2确定：

表 2 地温场恢复速率定性评价表

评价指标		评价指标定性结论		
		1级	2级	3级
过渡季恢复速率 (°C/d)	换热监测孔	$4 \leq a_4$	$0.5 \leq a_4 < 4$	$a_4 < 0.5$
	换热影响监测孔	$1 \leq a_4$	$0.2 \leq a_4 < 1$	$a_4 < 0.2$

c) 影响幅度定性结论按表3确定：

表 3 地温场影响幅度定性评价表

评价指标		评价指标定性结论		
		1级	2级	3级
运行季影响幅度 (°C)	总管	$a_2 < 5$	$5 \leq a_2 < 25$	$25 \leq a_2$
	换热监测孔	$a_2 < 5$	$5 \leq a_2 < 25$	$25 \leq a_2$
	换热影响监测孔	$a_2 < 0.5$	$0.5 \leq a_2 < 4$	$4 \leq a_2$
年度影响幅度 (°C)	总管	$a_6 < 0.5$	$0.5 \leq a_6 < 4$	$4 \leq a_6$
	换热监测孔	$a_6 < 0.5$	$0.5 \leq a_6 < 4$	$4 \leq a_6$
	换热影响监测孔	$a_6 < 0.2$	$0.2 \leq a_6 < 1$	$1 \leq a_6$
多年影响幅度 (°C)	总管	$a_9 < 0.5$	$0.5 \leq a_9 < 4$	$4 \leq a_9$
	换热监测孔	$a_9 < 0.5$	$0.5 \leq a_9 < 4$	$4 \leq a_9$
	换热影响监测孔	$a_9 < 0.2$	$0.2 \leq a_9 < 1$	$1 \leq a_9$

d) 影响范围定性结论按表4确定：

表4 地温场影响范围定性评价表

评价指标		评价指标定性结论		
		1级	2级	3级
水平方向 (m)	地下水上游方向	$a_3 < 1$	$1 \leq a_3 < 4$	$4 \leq a_3$
	地下水下游方向	$a_3 < 2$	$2 \leq a_3 < 5$	$5 \leq a_3$
垂直方向 (m)	布孔区中心	$a_3 < 1$	$1 \leq a_3 < 2$	$2 \leq a_3$
	布孔区外围	$a_3 < 0.5$	$0.5 \leq a_3 < 1.5$	$1.5 \leq a_3$

e) 恢复程度定性结论按表5确定:

表5 地温场恢复程度定性评价表

评价指标		评价指标定性结论		
		1级	2级	3级
过渡季恢复程度 ($^{\circ}\text{C}$)	总管	$a_5 < 0.5$	$0.5 \leq a_5 < 4$	$4 \leq a_5$
	换热监测孔	$a_5 < 0.5$	$0.5 \leq a_5 < 4$	$4 \leq a_5$
	换热影响监测孔	$a_5 < 0.2$	$0.2 \leq a_5 < 1$	$1 \leq a_5$
年度恢复程度 ($^{\circ}\text{C}$)	总管	$a_7 < 0.5$	$0.5 \leq a_7 < 4$	$4 \leq a_7$
	换热监测孔	$a_7 < 0.5$	$0.5 \leq a_7 < 4$	$4 \leq a_7$
	换热影响监测孔	$a_7 < 0.2$	$0.2 \leq a_7 < 1$	$1 \leq a_7$

7.3 地下水水位影响评价

7.3.1 评价阶段及指标:

- 运行季影响评价,评价指标包括影响速率(b_1)、影响幅度(b_2);
- 过渡季恢复评价,评价指标包括恢复速率(b_3)及恢复程度(b_4);
- 年度影响评价,评价指标包括影响幅度(b_5)及恢复程度(b_6);
- 多年累计影响评价,评价指标包括影响速率(b_7)及影响幅度(b_8)。

7.3.2 运行季影响评价方法:

- 以运行季内抽水井水位的最大小时变化值,评价运行季地下水水位的影响速率;
- 以运行季内抽水井水位的最大变化值,评价运行季地下水水位的影响幅度。

7.3.3 过渡季恢复评价:

- 以过渡季内抽水井、回灌井各自水位的最大小时变化值,评价过渡季地下水水位的恢复速率;
- 以过渡季末抽水井、回灌井各自水位与地下水水位背景值的差值,评价过渡季地下水水位的恢复程度。

7.3.4 年度影响评价:

- 以相邻相同过渡季末抽水井水位的差值,评价年度地下水水位的恢复程度;
- 以相邻相同过渡季末回灌井水位的差值,评价年度地下水水位的恢复程度。

7.3.5 多年影响评价:

- 以多年首尾过渡季末抽灌井水位的差值,评价多年地下水水位的影响幅度;
- 以多年首尾过渡季末抽灌井水位的差值与年度数的比值,评价多年地下水水位的影响速率。

7.3.6 评价指标定性结论:

- 影响速率定性结论按表6确定:

表 6 地下水水位影响速率定性评价表

评价指标		评价指标定性结论		
		1级	2级	3级
运行季影响速率 (m/h)	抽水井	$b_1 < 0.5$	$0.5 \leq b_1 < 4$	$4 \leq b_1$
多年影响速率 (m/a)	抽水井	$b_7 < 0.1$	$0.1 \leq b_7 < 1$	$1 \leq b_7$
	回灌井	$b_7 < 0.1$	$0.1 \leq b_7 < 1$	$1 \leq b_7$

b) 恢复速率定性结论按表7确定:

表 7 地下水水位恢复速率定性评价表

评价指标		评价指标定性结论		
		1级	2级	3级
过渡季恢复速率 (m/h)	抽水井	$4 \leq b_3$	$0.5 \leq b_3 < 4$	$b_3 < 0.5$
	回灌井	$4 \leq b_3$	$0.5 \leq b_3 < 4$	$b_3 < 0.5$

c) 影响幅度定性结论按表8确定:

表 8 地下水水位影响幅度定性评价表

评价指标		评价指标定性结论		
		1级	2级	3级
运行季影响幅度 (m)	抽水井	$b_2 < 5$	$5 \leq b_2 < 10$	$20 \leq b_2$
	回灌井	$b_2 < 5$	$5 \leq b_2 < 10$	$20 \leq b_2$
多年影响幅度 (m)	抽水井	$b_8 < 0.5$	$0.5 \leq b_8 < 2$	$4 \leq b_8$
	回灌井	$b_8 < 0.5$	$0.5 \leq b_8 < 2$	$4 \leq b_8$

d) 恢复程度定性结论按表9确定:

表 9 地下水水位恢复程度定性评价表

评价指标		评价指标定性结论		
		1级	2级	3级
过渡季恢复程度 (m)	抽水井	$b_4 < 0.5$	$0.5 \leq b_4 < 2$	$4 \leq b_4$
	回灌井	$b_4 < 0.5$	$0.5 \leq b_4 < 2$	$4 \leq b_4$
年度恢复程度 (m)	抽水井	$b_6 < 0.5$	$0.5 \leq b_6 < 2$	$4 \leq b_6$
	回灌井	$b_6 < 0.5$	$0.5 \leq b_6 < 2$	$4 \leq b_6$

7.4 地下水水质影响评价

7.4.1 评价阶段:

- a) 运行季影响评价;
- b) 过渡季恢复评价;
- c) 年度影响评价;
- d) 多年累计影响评价。

7.4.2 评价方法：

- a) 单因子评价法，分析各水质监测指标的变化情况，水质监测指标至少包含pH、色度、嗅和味、浑浊度、肉眼可见物、总硬度、高锰酸钾指数、溶解性总固体、氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、Mn、Fe、氯化物、氟化物、硫酸盐、细菌总数、硫化物、钠；
- b) 模糊综合评判法，具体评价方法见附录A，评价因子根据项目评价需求选取。

7.4.3 评价指标定性结论：

- a) 单因子评价法定性结论按表10确定：

表 10 地下水水质单因子影响定性评价表

评价指标	评价指标定性结论		
	1级	2级	3级
相应指标变化幅度 (c)	$c < 1\%$	$1\% \leq c < 10\%$	$10\% \leq c$

- b) 模糊综合评判法定性结论按表11确定：

表 11 地下水水质模糊综合影响定性评价表

评价指标	评价指标定性结论		
	1级	2级	3级
水质类别变化幅度	无	1~2个类别	3~5个类别

7.5 项目综合影响评价

7.5.1 以项目所有定性评价结论级别的平均值 (A)，对项目进行综合评价，评价结论按表 12 确定。

表 12 项目综合影响定性评价表

评价指标	评价指标定性结论		
	风险较小	风险一般	风险较大
所有定性评价结论级别的平均值范围	$1 \leq A < 1.6$	$1.6 \leq A \leq 2.3$	$2.3 < A \leq 3$

7.5.2 如个别指标出现不可接受的影响，则综合评价结论即为“风险较大”。

8 评价报告编写

8.1 评价报告内容

评价报告内容包括监测过程及成果、评价内容及方法、项目评价计算。

8.2 评价报告编写提纲及要求

评价报告编写提纲及要求应按附录B执行。

附录 A
(资料性附录)
水质评价模糊综合评判法

A.1 复合运算

A.1.1 建立水质因子集合

选择具有代表性的污染物作为评价因子，建立评价因子集 $U=\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ 。

A.1.2 建立水质评价集合

采用中华人民共和国地下水质量标准 (GB/T 14848) 中的 I ~ V 类水质标准进行评价，建立评价集 $V=\{I, II, III, IV, V\}$ 。

A.1.3 构建隶属函数

用隶属度划分水质分级界限。令 y 为隶属度，它表示属于某种标准值的百分数。根据水质的 5 个级别标准，建立评价因子相对应的 5 个隶属度函数，隶属度函数如下：

第 1 级评价隶属度函数：

$$y_1 = \begin{cases} 1 & x \leq x_1 \\ \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} & x_1 < x < x_2 \dots\dots\dots (A.1) \\ 0 & x \geq x_2 \end{cases}$$

第 2 ~ 4 级评价隶属度函数：

$$y_i = \begin{cases} 1 & x = x_i \\ \frac{x - x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} & x_{i-1} < x < x_i \dots\dots\dots (A.2) \\ \frac{x_{i+1} - x}{x_{i+1} - x_i} & x_i < x < x_{i+1} \\ 0 & x \leq x_{i-1} \text{ 或 } x \geq x_{i+1} \end{cases}$$

第 5 级评价隶属度函数：

$$y_5 = \begin{cases} 1 & x \geq x_5 \\ \frac{x - x_5}{x_5 - x_4} & x_4 < x < x_5 \dots\dots\dots (A.3) \\ 0 & x \leq x_4 \end{cases}$$

式中： x 为实测值， x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 分别对应 I 级、II 级、III 级、IV 级、V 级的水质标准。

A.1.4 模糊矩阵 R 的建立

已知 U 为 n 个污染物指标的集合， V 为水质分级的集合， A 为污染物的各项指标。 $U=\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ ，

$V = \{I, II, III, IV, V\}$, 通过计算隶属函数, 求出 n 个单项指标对 5 级水的隶属程度, 得出模糊矩阵 R , 即:

$$R = \begin{cases} y(A_1, I) & y(A_1, II) & y(A_1, III) & y(A_1, IV) & y(A_1, V) \\ y(A_2, I) & y(A_2, II) & y(A_2, III) & y(A_2, IV) & y(A_2, V) & \dots\dots\dots \\ & & \dots\dots & & & \\ y(A_n, I) & y(A_n, II) & y(A_n, III) & y(A_n, IV) & y(A_n, V) \end{cases} \quad (\text{A.4})$$

A.1.5 计算权重

根据各评价因子的污染指数计算出各水样各评价因子的权重值。污染指数为:

$$W_i = \frac{C_i}{S_i} \quad \dots\dots\dots (\text{A.5})$$

式中: C_i 为第 i 种污染物实测浓度; S_i 为第 i 种污染物各级水质标准的算术平均值。

为进行模糊计算, 将各单项污染指数进行归一化, 即:

$$Z_i = \frac{\frac{C_i}{S_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{S_i}} = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad \dots\dots\dots (\text{A.6})$$

计算得权重矩阵 $B = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$ 。

A.1.6 模糊矩阵复合运算

将 B 矩阵与 R 矩阵进行复合运算, 确定水体的综合隶属度。

A.2 确定水质级别

按照最大隶属度原则确定水质级别, 即隶属度最大值所在的级别为该监测井的水质类别。当出现 2 个或 2 个以上隶属度最大值时, 选择贴近代大值的隶属度所在的级别为该监测井的最终水质类别。

附 录 B
(规范性附录)
评价报告编写要求

B.1 报告提纲

- 第一章 前言
- 第二章 监测过程及成果
- 第三章 评价内容及方法
- 第四章 项目评价
- 第五章 结论及建议

B.2 报告编写要求

第一章，简述项目来源，对项目的地理位置、建筑类型、使用功能、建筑规模、地质及水文地质条件、工程场地井、孔布设情况进行阐述。

第二章，详细阐述各监测内容的监测过程及取得的监测数据情况。

第三章，详细阐述评价的内容、评价指标及所采用的方法。

第四章，根据项目选取的评价内容及采取的评价方法，对监测项目进行评价计算。

第五章，对评价项目给出综合评价结论，对项目存在的风险部分提出规避风险的措施。