

DB3709

泰 安 市 地 方 标 准

DB 3709/T 034—2025

岩溶水脆弱性评价规范

Specification for vulnerability assessment of karst water

2025 - 02 - 18 发布

2025 - 03 - 18 实施

泰安市市场监督管理局 发 布

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 评价指标体系 1

5 资料收集与补充调查 4

6 评价方法 4

7 成果编制 5

附录 A（资料性） 岩溶水脆弱性评价成果 7

参考文献 9

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。

本文件由泰安市生态环境局提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：泰安市生态环境保护控制中心、山东省地质矿产勘查开发局第五地质大队、中国地质大学（武汉）、生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心。

本文件主要起草人：王婷、李晓波、张学明、李明毅、崔浩、王艳伟、吕祥、孙大伟、马晓倩、马传明、张亚威、刘梦娇、于浩坤、柴会祥、张军、李宗文、时益众、韩峰、杜延磊、李培娟、张桐。

岩溶水脆弱性评价规范

1 范围

本文件规定了岩溶水脆弱性评价的术语和定义、评价指标体系、资料收集和补充调查、评价方法及成果编制的内容和要求等。

本文件适用于岩溶水脆弱性评价。

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/T 14157-2023 水文地质术语

GB/T 40112-2021 地质灾害危险性评估规范

DZ/T 0447 岩溶塌陷调查规范（1:50000）

DZ/T 0469 地下水资源调查评价规范

SL 196 水文调查规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

岩溶水 karst water

赋存于可溶性岩层的溶蚀裂隙和溶洞中的地下水。

[来源:GB/T 14157-2023]

3.2

地下水脆弱性 groundwater vulnerability

地下水脆弱性是指地下水系统对人类和（或）自然的敏感性。

3.3

岩溶水脆弱性指数 vulnerability index of karst water

各个岩溶水脆弱性评价指标的加权综合值，其大小表示岩溶水脆弱性的高低。脆弱性指数越大，表示岩溶水脆弱性越高；反之越低。

3.4

岩溶水脆弱性图 vulnerability map of karst water

表征岩溶水脆弱性高低的图件，是岩溶水脆弱性评价结果的直观图形表示方式。

4 评价指标体系

4.1 评价指标及赋值

评价指标包括4项一级评价指标、10项二级评价指标，评价指标赋值见表1，其中土层（ O_1 ）与岩层（ O_2 ）的赋值分别见4.2、4.3。

表1 评价指标赋值表

一级指标	二级指标	赋值依据	赋值
岩溶条件（ K ）	岩溶发育程度（ K_1 ）	岩溶发育不明显区	1分
		岩溶发育程度低区	4分
		岩溶发育程度中等区	7分
		岩溶发育程度高区	10分
	距岩溶塌陷点的距离（ K_2 ） (m)	≥ 500	1分
		[200, 500)	4分
		[100, 200)	7分
		< 100	10分
覆盖层条件（ O ）	土层（ O_1 ）	见4.2	见4.2
	岩层（ O_2 ）	见4.3	见4.3
	覆盖层富水性（ O_3 ） (m^3/d)	< 300	1分
		[300, 1000)	4分
		≥ 1000	7分
		无覆盖层	10分
径流条件（ C ）	坡度（ C_1 ） ($^\circ$)	≥ 18	1分
		[12, 18)	4分
		[6, 12)	7分
		< 6	10分
	含水层富水性（ C_2 ） (m^3/d)	< 100	1分
		[100, 300)	4分
		[300, 1000)	7分
		[1000, 5000)	10分
	距导水构造的距离（ C_3 ） (km)	≥ 3	1分
		[2, 3)	4分
		[1, 2)	7分
		< 1	10分
降水条件（ P ）	年降水量（ P_1 ） (mm)	< 600	1分
		[600, 700)	4分
		[700, 800)	7分
		≥ 800	10分
	降水强度（ P_2 ） (mm/d)	< 10	1分
		[10, 20)	5分
		≥ 20	9分

4.2 土层赋值

土层赋值取决于土的类型，分值取1~10分，见表2。

表2 土层赋值表

赋值依据		赋值
土层类型	薄或缺失	10分
	卵砾石	9分
	砾石/中砂、粗砂	8分
	粉砂、细砂	7分
	胀缩或凝聚性粘土	6分
	砂土	5分
	壤土	4分
	粉质壤土	3分
	粘土	2分
	非胀缩和非凝聚性粘土	1分

4.3 岩层赋值

岩层赋值由岩层指数（*layers index*）和岩溶含水层承压性（*cn*）确定。岩层指数与岩性及裂隙发育程度（*ly*）、岩层厚度（*m*）有关，赋值由公式（1）、公式（2）决定，取1~10分。

$$O_2 = (\text{Layers index}) * cn \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Layers index} = \Sigma (ly * m) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

layers index ——岩层指数；

cn ——岩溶含水层承压性；

ly ——岩性及裂隙发育程度；

m ——岩层厚度，单位为米（m）。

岩性及裂隙发育程度、岩层指数、岩溶含水层承压性的赋值分别见表3、表4、表5。

表3 岩性及裂隙发育程度（*ly*）赋值表

赋值依据		赋值
岩层类型	泥岩	1500
	粉砂岩	1200
	泥质灰岩	500
	胶结砾岩、角砾岩	100
	砂岩	60
	半胶结砾岩、角砾岩	40
	砂砾岩	10
	有裂隙碳酸岩	3
	石灰岩	1

表4 岩层指数（*layers index*）赋值表

赋值依据		赋值
岩层指数分级	0~250	5分
	250~1000	4分
	1000~2500	3分
	2500~10000	2分
	>10000	1分

表5 岩溶含水层承压性（*cn*）赋值表

赋值依据		赋值
承压类型	承压	1
	半承压	1.5
	无压	2

5 资料收集与补充调查

5.1 资料收集

5.1.1 地形地质资料

收集地形和地质资料包括：

- 地形地貌资料，主要包括 DEM 数据、岩土体组成及成因、斜坡的形态、坡度等；
- 地质资料，主要包括地层岩性、地层分布、接触关系、断层类型等；
- 水文地质资料，主要包括含水层的分布、类型、富水性、透水性，隔水层的岩性、厚度及分布，地下水类型及水位、水量等。

5.1.2 气象水文资料

收集气象资料主要包括气温、降水、降雨强度等，收集水文资料主要包括流域特征、流量、水位等。

5.2 补充调查

5.2.1 水文地质调查

调查评价区所处的水文地质单元、地下水赋存特征、地下水类型、主要含水层的埋藏与分布特征、补给与排泄条件、所在区域地下水用途等信息。调查要求按SL196、DZ/T 0469的规定执行。

5.2.2 地质灾害调查

调查岩溶塌陷的基本特征、地质条件、水文地质条件和工程地质条件，调查要求按DZ/T 0447的规定执行。

6 评价方法

6.1 评价指标权重确定

一级评价指标、二级评价指标的权重值(ω) 由层次分析法(AHP)计算取得，分别见表6、表7。

表6 一级评价指标权重表

指标	权重
岩溶条件 (K)	0.43
覆盖层条件 (O)	0.33
径流条件 (C)	0.15
降水条件 (P)	0.09

表7 二级评价指标权重表

指标	权重
岩溶发育程度 (K_1)	0.11
距岩溶塌陷点的距离 (K_2)	0.32
土层 (O_1)	0.08
岩层 (O_2)	0.20
覆盖层富水性 (O_3)	0.05
坡度 (C_1)	0.01
含水层富水性 (C_2)	0.1
距导水构造的距离 (C_3)	0.04
年降水量 (P_1)	0.06
降水强度 (P_2)	0.03

6.2 岩溶水脆弱性指数计算

采用综合指数模型处理已量化的评价指标，按照公式（3）计算得出改良COPK模型的岩溶水脆弱性指数（IV）。

计算公式：

$$IV = \sum w_i \cdot s_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

IV ——岩溶水脆弱性指数；

$\sum w_i$ ——各评价指标的权重；

s_i ——对应分值。

6.3 岩溶水脆弱性指数分级

将岩溶水脆弱性指数的分布区间分为三级，岩溶水脆弱性指数大于6的区域划为高脆弱性区，岩溶水脆弱性指数为4~6的区域为中脆弱性区，岩溶水脆弱性指数小于4的区域为低脆弱性区，见表8。

表8 岩溶水脆弱性指数分级表

脆弱性指数	<4	4~6	>6
脆弱性等级	低	中	高

7 成果编制

评价成果包括报告、附图、附件，编制要求见附录A。

附图比例尺一般为1：10000～1：100000。

附 录 A
(资料性)
岩溶水脆弱性评价成果

A.1 报告

报告正文主要包括但不限于以下内容：

A.1.1 前言

主要包括项目概况、目的任务、基础及研究进度、评价区范围、技术路线等：

- 项目概况：项目来源及任务下达单位、名称、编号、起止时间、协作单位及分工、工作量；
- 目的任务：研究目的、工作方法、拟解决的主要问题、预期成果，社会、经济、环境效益；
- 基础及研究进度：评价区以往工作基础；
- 评价区范围：地理位置、坐标、面积，附评价区位置插图；
- 技术路线：附技术路线插图。

A.1.2 评价区基本概况

主要包括自然条件概况、区域地质概况、区域水文地质概况、社会经济概况、岩溶塌陷情况等：

- 自然条件概况：地理位置、气象水文、地形地貌等，附多年年均降水量、降水强度、地形地貌等插图；
- 区域地质概况：地层、构造、岩浆岩，附区域地质插图；
- 区域水文地质概况：水文地质单元划分、岩溶含水岩组划分及其水化学特征，岩溶地下水补、径、排特征，岩溶地下水流场及动态变化特征，附区域水文地质等插图；
- 社会经济概况：评价区所属行政区划、人口密度和分布、经济现状和发展规划；
- 岩溶塌陷情况：岩溶塌陷的分布、发育情况，附岩溶塌陷分布插图。

A.1.3 数据来源

主要包括资料搜集、数据格式、数据年份等。

A.1.4 计算与评价

主要包括评价指标选取、评价指标分级标准制定及评价指标分区、评价模型、评价指标权重确定、评价结果等：

- 评价指标选取：对所选取的指标进行分析，简述合理性；
- 评价指标分级标准制定及评价指标分区：基于单指标分级标准把相应的条件图进行分区，附分区插图；
- 评价模型：评价模型的介绍、计算公式等；
- 评价指标权重确定：评价指标权重的计算过程、计算结果；
- 评价结果：对评价结果进行分级，并对评价结果进行分析，包括各类脆弱性的分布、面积及其易发特点等，附相关评价过程和结果插图。

A.1.5 结论与建议

主要对本次评价的方法与结果进行总结，提出保护与管理措施建议。

A.2 附图

A.2.1 颜色

使用面状普染颜色表示地下水脆弱性三级分区，详见表A.1。

表 A.1 岩溶水脆弱性等级颜色

岩溶水脆弱性等级	颜色	RGB
低		(255, 230, 150)
中		(170, 210, 140)
高		(190, 145, 0)

A.2.2 布局

岩溶水脆弱性分区图的图式，见图A.1。图件的地理和地质底图编制按照GB/T 40112-2021附录D.2要求执行。

图名	
岩溶水脆弱性分区图	编图单位 比例尺
	图例
水文地质横剖面图	水文地质纵剖面图

图A.1 岩溶水脆弱性分区图式

A.3 附件

附件主要包括岩溶塌陷调查表、洪水和干旱调查表、野外调查典型照片、录相等。

参 考 文 献

- [1] 唐蕴, 唐克旺, 高爽. 地下水脆弱性评价导则研究[M]. 中国水利水电出版社, 2017.
- [2] 中国地质调查局. GWI-D3 地下水脆弱性评价技术要求[Z]. 2004.