

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

XX/T XXXXX—XXXX

城市地质安全风险评价技术要求

Technical requirements for urban geological safety risk assessment

(报批稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前 言	I
引 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
4.1 目的任务	2
4.2 基本要求	2
5 设计编制	2
5.1 资料搜集与利用	2
5.2 设计编写	2
6 城市地质安全风险要素识别	2
6.1 一般规定	2
6.2 案例库建设	3
6.3 基础条件分析	3
6.4 城市地质安全单要素危险性评价	3
7 城市地质安全单要素风险评价	9
7.1 一般规定	9
7.2 城市社会经济易损性评价	9
7.3 城市地质安全单要素风险评价	10
8 城市地质安全综合风险评价	10
8.1 一般规定	10
8.2 综合风险评价	10
8.3 城市地质安全风险区划图编制	11
8.4 风险区划对策建议	11
9 成果编制与提交	11
9.1 一般规定	11
9.2 成果图件编制	11
9.3 评价报告编写	11
9.4 成果提交	11
9.5 资料汇交	11
附 录 A （规范性）地质环境问题与地质调查成果资料汇总表	12
附 录 B （规范性）地质环境监测点基本信息表	13
附 录 C （规范性）可利用钻孔资料基本信息表	14
附 录 D （资料性）城市地质安全风险评价设计编写提纲	15

附录 E（资料性）城市地质安全风险主要类型和识别要点.....	16
附录 F（规范性）案例库入库表.....	17
附录 G（规范性）基础条件图编制要求.....	18
附录 H（资料性）城市地质安全风险评价成果.....	20
参考文献.....	21

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。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（SAC/TC 93）归口。

本文件起草单位：中国地质调查局南京地质调查中心、中国地质调查局水文地质环境地质部、浙江省地质院、浙江省自然资源厅、深圳市优特普科技有限公司、南京市测绘勘察研究院股份有限公司、青岛地质工程勘察院、江苏省地质局第一地质大队、中国地质科学院地质力学所、中国地质科学院水文地质环境地质研究所、中国地质调查局武汉地质调查中心、中国地质调查局成都地质调查中心、中国地质调查局沈阳地质调查中心、中国地质调查局西安地质调查中心。

本文件主要起草人：葛伟亚、李云峰、曹佳文、邢怀学、张达政、华健、金雪莲、周丽玲、聂怀东、竺启泽、孙文明、刘洪华、吴官正、田健、丰成君、吕敦玉、齐信、李鹏岳、张静、曾磊、陈绪钰、王睿、张庆、雷廷、马青山、陈宗芳、陆远志、杨洋、徐成华、杜菁菁、沈慧珍、黄卫平、董贤哲。

引 言

城市区社会经济活动受到地面沉降、地面塌陷、不稳定斜坡、地裂缝和地震等地质安全风险影响，随着人类活动方式的改变，不同地质背景中地质安全风险类型和大小均会发生改变。为了规范城市地质安全风险评价工作，提高城市地质安全风险认识水平和防控能力，统一工作流程，明晰地质安全风险要素识别、单要素风险评价、综合风险评价等技术方法，科学评价地质安全风险，精准掌握城市地质安全风险动态趋势，制定本文件。

城市地质安全风险评价技术要求

1 范围

本文件规定了城市地质安全风险评价的设计编制、风险要素识别、单要素风险评价、综合风险评价、成果编制与提交等方面的技术要求。

本文件适用于以地面沉降、地面塌陷（岩溶区、采空区、黄土区、饱和砂土区）、不稳定斜坡、地裂缝等为主的城市地质安全风险评价工作。

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 958 区域地质图图例
GB/T 12328 综合工程地质图图例及色标
GB/T 14538 综合水文地质图图例及色标
GB 18306 中国地震动参数区划图
GB/T 40112 地质灾害危险性评估规范
GB 50011 建筑抗震设计规范
GB 50021 岩土工程勘察规范
DZ/T 0097 工程地质调查规范（1:50000）
DZ/T 0273 地质资料汇交规范
DZ/T 0290 水文地质调查规范
DZ/T 0306 城市地质调查规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

城市地质安全风险 urban geological safety risk

城市区人民生命、财产、环境等不良地质条件和工程活动影响产生灾害的可能性和严重程度。

3.2

城市地质安全危险性 urban geological hazard potential

城市区地质体在天然或人为因素作用下可能造成的危害。

注：主要包括地面沉降、地面塌陷、不稳定斜坡、地裂缝和地震等危险性，其中地面塌陷在岩溶区、采空区、黄土区和饱和砂土区表现不同。

3.3

城市社会经济易损性 urban socio-economic vulnerability

城市社会经济系统（包括人口、经济和重要基础设施等）在面对自然灾害或突发事件时，可能受影响或遭受损失的程度。

3.4

不良地质作用 adverse geologic action

由地球内力或外力产生的对人民生命财产和工程建设可能造成危害的地质现象和过程。

注：本文件中的不良地质作用主要包括崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等地质灾害，以及地震、火山、构造运动、海岸侵蚀、浅层气喷发、地下水位升降、特殊岩土灾害等地质作用。

4 总则

4.1 目的任务

通过城市地质安全风险评价工作，提高城市地质安全风险认识水平和防控能力，科学评价地质安全风险，精准掌握城市地质安全风险动态趋势。主要任务应包括以下几个方面：

- a) 建立城市地质安全风险案例库，掌握城市地质安全问题历史及发展趋势，识别城市地质安全风险要素；
- b) 分析城市社会经济易损性，评价城市地质安全单要素风险，摸清地质安全底数；
- c) 开展城市区地质安全综合风险评价和区划。

4.2 基本要求

- 4.2.1 评价范围应覆盖城镇开发边界以内所有范围，以城区为单位进行评价。
- 4.2.2 工作流程应按照“设计编审—城市地质安全风险要素识别—城市地质安全单要素风险评价—城市地质安全综合风险评价—成果编制与提交”步骤实施。
- 4.2.3 地理底图应采用 CGCS2000 国家大地坐标系、1985 高程基准。
- 4.2.4 评价精度应符合 DZ/T 0306 的规定，不低于 1:50000。
- 4.2.5 成果图应使用 GIS 成图。

5 设计编制

5.1 资料搜集与利用

- 5.1.1 应搜集利用城市区及周边区域地质调查、水文地质调查、工程地质调查、环境地质调查、地质灾害勘查、供水水文地质勘查、城市地质调查、工程地质勘察、土地利用等资料，分析城市不良地质条件，总结城市存在的主要地质安全问题和地质安全隐患，整理提取与地质安全风险评价相关的调查数据，主要搜集资料清单应按照附录 A 规定执行。
- 5.1.2 应分析城市区及周边地区地下水、地面沉降、地应力、地震等监测资料，厘清城市地质环境监测现状，整理提取与地质安全风险评价相关的监测数据与信息。地质环境监测点基本情况资料清单整理应按照附录 B 规定执行。
- 5.1.3 应分析城市区及周边地区地质钻孔、水文地质钻孔、工程地质钻孔资料，整理分析可用于甄别地质安全风险、构建三维地质模型各类钻孔，可利用钻孔整理应按照附录 C 规定执行。
- 5.1.4 应搜集城市人口密度、经济密度、重大工程、重大基础设施等分布资料，描述城市社会经济易损对象特征。

5.2 设计编写

- 5.2.1 设计编写应在资料收集整理、充分对接需求以及野外踏勘的基础上进行，编写应包含以下内容：
 - a) 确定项目目标任务、调查内容和工作重点；
 - b) 详细分析以往工作程度、已有资料的可利用程度和存在的主要问题；
 - c) 预期成果产品名目及绩效目标、阶段性成果内容和具体提交时间。
 设计章节内容见附录 D。
- 5.2.2 设计应包括相关附图、附表。

6 城市地质安全风险要素识别

6.1 一般规定

- 6.1.1 在搜集资料基础上应分析城市地质问题类型、分布和孕灾环境。

6.1.2 根据地质环境特点分别开展地面沉降、地面塌陷、地裂缝、不稳定斜坡、地震等单要素危险性评价，应分别评价岩溶区、采空区、黄土区及饱和砂土区的地面塌陷。

6.2 案例库建设

6.2.1 应根据城市不良地质条件和主要地质环境问题，识别威胁城市建设和运行的潜在地质安全风险。

6.2.2 主要风险类型包括地面沉降、地面塌陷、地裂缝、不稳定斜坡、地震等，其中地面塌陷在岩溶区、采空区、黄土区及饱和砂土区表现不同应分别统计。风险识别要点见附录 E。

6.2.3 在区分城市主要地质安全风险类型的基础上，根据风险识别要点，梳理历史上城市地质问题事故，典型地质问题事件案例库应按照附录 F 规定进行整理填写。

6.2.4 造成人员死亡或经济损失超过 100 万元的地质问题事件均应收入案例库。

6.3 基础条件分析

6.3.1 应分析影响城市地质安全风险的地质条件及其空间分布和属性特征，包括基本地质条件、不良地质条件分布、地质环境评价和地质环境监测成果等。

6.3.2 编制基础条件图，内容包括基本地质条件图、不良地质条件分布图、地质环境评价图、地质环境监测成果图等内容，图件编制应按照附录 G 要求执行。

6.4 城市地质安全单要素危险性评价

6.4.1 地面沉降危险性评价

评价指标从地面沉降易发程度、发育程度和沉降预测三个方面，应包括近 5 年累计地面沉降量、地面沉降速率监测数据、黏土层软土层厚度、含水层数量、松散沉积物厚度和沉降预测。

地面沉降危险性评价的指标权重及赋值应符合表 1 的规定。

表 1 地面沉降危险性评价指标权重及赋值表

评价指标		权重 (a_i)	指标分级及赋值 (b_i)		
			1.0	0.5	0
易发程度	黏土层软土层厚度	0.10	>40	20~40	<40
	含水层数量	0.10	>3	1~3	<1
	松散沉积物厚度	0.10	>100	50~100	<50
发育程度	近 5 年地面累计沉降量 (mm)	0.20	>800	300~800	<300
	近 5 年沉降速率 (mm/年)	0.30	>30	10~30	<10
沉降预测	沉降速率预测 (mm/年)	0.20	发展阶段	发生阶段	稳定阶段

应按照公式 (1) 计算地面沉降综合危险指数 H_G 。

$$H_G = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \quad (1)$$

式中：

H_G ——地面沉降综合危险指数，无量纲；

a_i —— i 类影响因素的权重，无量纲；

b_i —— i 类影响因素的分值，无量纲。

6.4.2 地面塌陷危险性评价

地面塌陷在隐伏岩溶分布区、采空区、黄土分布区及饱和砂土区表现不同，应分别评价：

a) 隐伏岩溶分布区地面塌陷危险性评价

评价指标主要包括基岩岩溶发育程度、土层厚度、土层结构、第四系底部土层岩性、第四系底部土层液性指数、地下水年变化幅度、岩溶水水位、已有塌陷孔密度等。

岩溶塌陷危险性评价的指标权重及赋值应符合表 2 的规定。

表2 岩溶塌陷危险性评价指标权重及赋值表

评价指标		权重	指标分级		
			1.0	0.5	0
基岩	岩溶发育程度	0.10	发育	中等	不发育
土层	土层厚度 (m)	0.05	<15	15~30	>30
	土层结构	0.10	双层结构	多层结构	单层结构
	第四系底部土层岩性	0.20	砂土	粉土	碎石土、粉质黏土、黏土
	第四系底部土层液性指数	0.15	流塑、软塑	可塑	硬塑、坚硬
地下水	变化幅度 (m/年)	0.15	>10	5~10	<5
	岩溶水位	0.15	在基岩面上下反复波动	在基岩面以下波动	在基岩面以上波动
已有塌陷	塌陷坑密度 (个/10km ²)	0.10	>2	0~2	0

根据评价指标与权重，应按照公式（2）计算岩溶塌陷危险指数 H_K 。

$$H_K = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \quad (2)$$

式中：

H_K ——岩溶塌陷的危险指数，无量纲；

a_i —— i 类影响因素的权重，无量纲；

b_i —— i 类影响因素的分值，无量纲。

b) 采空区地面塌陷危险性评价

评价指标应包括地面现象、地表移动变形值、开采深厚比等，采用定性与定量相结合的方式
进行采空塌陷危险区划分。

采空塌陷危险评价指标权重及赋值应符合表3的规定。

表3 采空塌陷危险评价指标权重及赋值表

指标及权重		权重	赋值		
			1.0	0.5	0
地面现象		0.25	地表存在塌陷和裂缝；地表建设工程变形开裂明显	地表存在变形及地裂缝；地表建设工程有开裂现象	地表无变形及地裂缝；地表建设工程无开裂现象
地表移动变形值	下沉量 mm/a	0.20	>60	20-60	<20
	倾斜 mm/m	0.10	>6	3-6	<3
	水平变形 mm/m	0.15	>4	2-4	<2
	地形曲率 mm/m ²	0.20	>0.3	0.2-0.3	<0.2
开采深厚比		0.10	<80	80-120	>120

根据评价指标与权重，应按照公式（3）计算采空塌陷危险指数 H_M 。

$$H_M = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \quad (3)$$

式中：

H_M ——采空塌陷的危险指数，无量纲；

a_i —— i 类影响因素的权重，无量纲；

b_i —— i 类影响因素的分值，无量纲。

c) 黄土分布区地面塌陷危险性评价

根据黄土湿陷致灾机理，以自重湿陷量或湿陷量作为评价指标，采用定量方式进行黄土湿陷危险区划分。

根据参考文献1给出的计算方法，根据式（4）、式（5）计算湿陷系数和湿陷量，结合表4评价黄土湿陷危险性。

$$\delta_s = \frac{h_p - h'_p}{h_0} \quad (4)$$

式中：

δ_s ——湿陷系数，无量纲；

h_p ——保持天然湿度和结构的试样，加至一定压力时，下沉稳定后的高度，单位为毫米；

h'_p ——上述加压稳定后的试样，在浸水（饱和）作用下，附加下沉稳定后的高度，单位为毫米；

h_0 ——试样的原始高度，单位为毫米。

$$\Delta s = \sum_{i=1}^n \beta \delta_{si} h_i \quad (5)$$

式中：

δ_{si} ——第 i 层土的湿陷系数，无量纲；

h_i ——第 i 层土的厚度，单位为毫米；

β ——考虑基底地基土受水浸湿可能性和侧向挤出等因素的修正系数，在缺乏实测资料时，可按下列规定取值：基底下0~5m深度内，取 $\beta = 1.5$ ；基底下5~10m深度内，取 $\beta = 1.0$ ；基底下10m以下至非湿陷性黄土层顶面，在自重湿陷性黄土地带，可取工程所在地区的 β_0 值（陇西地区取1.50、陇东-陕北-晋西地区取1.20、关中地区取0.90、其他地区取0.50），无量纲；

Δs ——湿陷量，单位为毫米。

表4 黄土湿陷危险性指数 H_H 对照表

湿陷量	非自重湿陷性场地	自重湿陷性场地	
	$\Delta z_s \leq 70$	$70 < \Delta z_s \leq 350$	$\Delta z_s > 350$
$\Delta s \leq 300$	低危险性	中危险性	—
$300 < \Delta s \leq 700$	中危险性	中危险性	高危险性
$\Delta s > 700$		高危险性	高危险性

d) 饱和砂土区地面塌陷危险性评价

根据 GB 50021 中对不良地质作用和特殊岩土体相关规定，结合饱和砂土区地面塌陷形成机制，以距暗河暗浜距离、表层填土厚度、首层饱和粉（砂）土顶板埋深、10m 以浅饱和粉（砂）土厚度、软土层厚度与评价深度的比值等作为评价指标，采用定性定量相结合的方式进行地面塌陷危险区划分。

应根据引起饱和砂土区地面塌陷的孕灾环境，确定各评价指标权重，地面塌陷危险性评价指标权重及赋值应符合表 5 的规定。

表5 饱和砂土区地面塌陷危险性评价指标权重及赋值表

指标	与暗河暗浜距离	表层填土层厚度 (m)	首层饱和粉 (砂) 土顶板埋深 (m)	10m 以浅饱和粉 (砂) 土厚度 (m)	软土层厚度与评价深度的比值 (%)	赋值
权重 (a_i)	0.20	0.20	0.25	0.25	0.10	
指标等级	界线范围内	>3	<2	>5	>50	1.0
	界线周边 10m 内	1.5~3	2~5	3~5	30~50	0.5
	界线 10m 以外	<1.5	>5	<3	<30	0

根据评价指标与权重，应按照公式 (6) 计算饱和砂土区地面塌陷危险指数 H_U 。

$$H_U = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \quad (6)$$

式中：

H_U ——砂土区地面塌陷的危险指数，无量纲；

a_i —— i 类影响因素的权重，无量纲；

b_i —— i 类影响因素的分值，无量纲。

6.4.3 不稳定斜坡危险性评价

评价指标分土质坡和岩质坡，结合堆积成因类型、地下水特征、坡高、流土或掉块及坡面变形等评价指标，采用定性与定量相结合的方式对崩塌、滑坡、泥石流危险区划分。

根据 GB/T 40112 确定各评价指标权重，对各评价指标进一步分级和赋值，土质坡和岩质坡的不稳定斜坡危险评价指标权重及赋值应符合表 6、表 7 的规定。

表6 土质坡危险评价指标权重及赋值表

指标	发育特征				赋值	
	堆积成因类型	地下水特征	坡高 m	流土或掉块		坡面变形
权重	/	/	0.30	0.35	0.35	
指标分级	滨海堆积、湖沼沉积	有地下水	>4	有流土有掉块	中下部有轻微变形	1.0
			2~4	有流土	上部有轻微变形	0.5
			<2	无流土无掉块	无坡面变形	0
		无地下水	>5	有流土有掉块	中下部有轻微变形	1.0
			3~5	有流土	上部有轻微变形	0.5
			<3	无流土无掉块	无坡面变形	0
	大陆流水堆积、风积、坡积、残积、人工堆积	有地下水	>10	有流土有掉块	中下部有轻微变形	1.0
			5~10	有流土	上部有轻微变形	0.5
			<5	无流土无掉块	无坡面变形	0
		无地下水	>20	有流土有掉块	中下部有轻微变形	1.0
			10~20	有流土	上部有轻微变形	0.5
			<10	无流土无掉块	无坡面变形	0

表7 岩质坡危险性评价指标权重及赋值表

指标	发育特征							赋值		
	岩体类型	地下水特征和岩层倾角(或结构面)		岩层面(或结构面)与坡向关系	坡高(m)	流土或掉块	坡面变形			
权重	/	/	0.25	0.20	0.15	0.20	0.20			
指标分级	风化带,构造破碎带、成岩程度较差的泥岩	有地下水	>15°	相同	>10	有流土 有掉块	中下部有 轻微变形	1.0		
			8°~15°	相同、斜交	5~10	有流土	上部有轻 微变形	0.5		
			<8°	相同、相 反、斜交	<5	无流土 无掉块	无坡面变 形	0		
		无地下水	>15°	相同	>15	有流土 有掉块	中下部有 轻微变形	1.0		
			10°~15°	相同、斜交	10~15	有流土	上部有轻 微变形	0.5		
			<10°	相反、斜交	<10	无流土 无掉块	无坡面变 形	0		
		层状岩体	有泥页岩软弱夹层	有地下水	>12°	相同	>15	有流土 有掉块	中下部有 轻微变形	1.0
					8°~12°	相同、斜交	8~15	有流土	上部有轻 微变形	0.5
					<8°	相反、斜交	<8	无流土 无掉块	无坡面变 形	0
	无地下水			>18°	相同	>20	有流土 有掉块	中下部有 轻微变形	1.0	
				12°~18°	相同、斜交	15~20	有流土	上部有轻 微变形	0.5	
				<12°	相反、斜交	<15	无流土 无掉块	无坡面变 形	0	
	均质较坚硬的碎屑岩和碳酸岩类		有地下水	>18°	相同	>20	有流土 有掉块	中下部有 轻微变形	1.0	
				12°~18°	相同、斜交	10~20	有流土	上部有轻 微变形	0.5	
				<12°	相反、斜交	<10	无流土 无掉块	无坡面变 形	0	
			无地下水	>20°	相同	>30	有流土 有掉块	中下部有 轻微变形	1.0	
				15°~20°	相同、斜交	15~30	有流土	上部有轻 微变形	0.5	
				<15°	相反、斜交	<15	无流土 无掉块	无坡面变 形	0	
	较完整坚硬的变质岩和岩浆岩类	有地下水	>20°	相同	>25	有流土 有掉块	中下部有 轻微变形	1.0		
			15°~20°	相同、斜交	15~25	有流土	上部有轻 微变形	0.5		
			<15°	相反、斜交	<15	无流土 无掉块	无坡面变 形	0		

表 7 (续)

指标	发育特征						赋值
	岩体类型	地下水特征和岩层倾角(或结构面)	岩层面(或结构面)与坡向关系	坡高(m)	流土或掉块	坡面变形	
	无地下水	>20°	相同	>40	有流土有掉块	中下部有轻微变形	1.0
		15°~20°	相同、斜交	20~40	有流土	上部有轻微变形	0.5
		<15°	相反、斜交	<20	无流土无掉块	无坡面变形	0

根据评价指标与权重, 应按照公式(7)计算不稳定斜坡危险指数 H_B 。

$$H_B = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \quad (7)$$

式中:

H_B ——不稳定斜坡的危险指数, 无量纲;

a_i —— i 类影响因素的权重, 无量纲;

b_i —— i 类影响因素的分值, 无量纲。

6.4.4 地裂缝危险性评价

评价指标应包括发育特征、平均活动速率和历史地震震级, 采用定性与定量相结合的方式进行地裂缝危险区划分。

应根据地裂缝的致灾机制, 结合 GB/T 40112 确定各评价指标权重, 地裂缝危险性评价指标权重及赋值应符合表 8 的规定。

表8 地裂缝危险性评价指标权重及赋值表

指标	发育特征	参考指标		赋值
		平均活动速率 v	历史地震震级	
		mm/a	M	
权重 (a_i)	0.20	0.40	0.40	
指标等级	评估区有活动断裂通过, 中或晚更新世以来有活动, 全新世以来活动强烈, 地面地裂缝发育并通过建设用地区。地表开裂明显; 可见陡坎、斜坡、微缓坡、陷坑等微地貌现象; 房屋裂缝明显	$v > 1$	$M \geq 7$	1
	评估区有活动断裂通过, 中或晚更新世以来有活动, 全新世以来活动较强烈, 地面地裂缝中等发育, 并从建设用地区附近通过。地表有开裂现象; 无微地貌显示; 房屋有裂缝现象	$1 \geq v \geq 0.1$	$7 > M \geq 6$	0.5
	评估区有活动断裂通过, 全新世以来有微弱活动, 地面地裂缝不发育或距建设用地区较远。地表有零星小裂缝, 不明显; 房屋未见裂缝	$v < 0.1$	$M < 6$	0

根据评价指标与权重，应按照公式（8）计算地裂缝危险指数 H_A 。

$$H_A = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \quad (8)$$

式中：

H_A ——地裂缝的危险指数，无量纲；
 a_i —— i 类影响因素的权重，无量纲；
 b_i —— i 类影响因素的分值，无量纲。

6.4.5 地震危险性评价

根据 GB 18306 和 GB 50011 规定，应参考 II 类建筑选用地震动加速度反应谱特征周期进行评价地震危险性。

地震危险性指数 H_D 取值应符合表 9 规定。

表9 地震危险性指数 H_D 取值表

地震动加速度反应谱特征周期 T_g	<0.4	0.4~0.45	>0.45
地震危险性指数 H_D	高危险性	中危险性	低危险性

7 城市地质安全单要素风险评价

7.1 一般规定

7.1.1 通过城市地质安全风险识别评价的单要素危险性，结合城市社会经济易损性，量化评价城市地质安全风险。

7.1.2 应包括城市社会经济易损性评价和城市地质安全单要素风险评价。

7.2 城市社会经济易损性评价

7.2.1 城市社会经济易损性评价是对城市区人口、经济和重要基础设施等分布密度、重要程度的描述，采用定性定量相结合的方式对社会经济易损区划分。

7.2.2 评价指标应报告人口密度、重要基础设施和经济密度等。人口、经济和重要基础设施密度越高，社会经济易损性越大。

7.2.3 城市社会经济易损性评价指标权重及赋值应符合表 10 的规定。

表10 城市社会经济易损性评价指标权重及赋值表

指标		权重 (a_i)	影响因素分级及分值 (b_i)		
			1	0.5	0
人口密度 (万人每平方千米)		0.3	>0.2	0.1~0.2	<0.1
重要基础设施	房屋地面投影面积占比	0.2	>0.4	0.1~0.4	<0.1
	轨道交通密度 (千米每平方千米)	0.2	>0.4	0.1~0.4	<0.1
经济密度 (亿元每平方千米)		0.3	>2.0	1.2~2.0	<1.2

根据评价指标与权重，应按照公式（9）计算社会经济易损性指数 V 。

$$V = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i \quad (9)$$

式中：

V ——易损指数，无量纲；
 a_i —— i 类影响因素的权重，无量纲；

b_i —— i 类影响因素的分值，无量纲。

7.3 城市地质安全单要素风险评价

7.3.1 在对城市内主要地质安全危险性评价的基础上，采用相应的数学方法，叠加社会经济易损性进行综合分析，划分各地质安全风险的高风险区、主要易损体等。

7.3.2 应包括上述地质安全危险性和社会经济易损性两个指标。

7.3.3 应根据危险性和易损性评价结果，按照公式（10）计算城市地质安全风险指数 R ，低风险、中风险、高风险划分依据参照表 11。

$$R_i = H_i \times V \quad (10)$$

式中：

R_i ——第 i 类风险指数，无量纲；

H_i ——第 i 类危险指数，无量纲；

V ——社会经济易损指数，无量纲。

表11 各类地质安全风险评价等级与地质安全风险指数赋值对应表

第 i 类地质安全风险指数 R_i	风险等级	第 i 类地质安全风险评价指数 P_i
$0 < R_i \leq 0.33$	低风险	1
$0.33 < R_i \leq 0.66$	中风险	50
$0.66 < R_i \leq 1$	高风险	100

8 城市地质安全综合风险评价

8.1 一般规定

8.1.1 根据城市地质安全风险综合评价结果，圈定城市区地质安全风险高、中、低边界范围。

8.1.2 应分析高风险区形成的原因，并提出风险防控建议。

8.2 综合风险评价

8.2.1 应在对城市内主要单要素地质安全风险评价的基础上，划分城市地质安全综合风险区，为城市地质安全综合风险防控提供支撑。

8.2.2 应根据地面沉降、地面塌陷（岩溶塌陷、采空塌陷、黄土湿陷和饱和砂土区地面塌陷）、不稳定斜坡、地裂缝和地震等地质安全风险评价结果进行综合风险评价。

8.2.3 评价单元内只要存在一种地质安全问题为中风险综合评价即判定为中风险，存在两种及以上中风险或存在一种以上高风险即判定综合评价结果为高风险。按照式（11）计算区域城市地质安全风险综合评价指数 P 。

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \quad (11)$$

式中：

P_i ——第 i 类地质安全综合评价指数。

第 i 类地质安全综合评价指数 P_i 主要根据第 i 类风险指数 R_i 进行赋值，其对应赋值如表11所示：

表12 城市地质安全综合评价风险性取值表

城市地质安全风险综合评分 P	$1 \leq P < 50$	$50 \leq P < 100$	$P \geq 100$
城市地质安全综合评价风险性	低风险性	中风险性	高风险性

8.3 城市地质安全风险区划图编制

8.3.1 图面主要包括风险区等级分区界线、主要地质安全风险案例和重要基础设施等内容。

8.3.2 全图图示图例严格按照专业地质图格式规范编制。

8.3.3 风险等级划分依次为高、中、低三级，色调相应设置为浅红（255,85,85）、浅黄（255,255,85）、浅蓝（85,255,255）。

8.3.4 分界线颜色全部为黑色，等值线及其数值颜色均为淡灰（135,135,135），案例点为红色（255,0,0）圆点，地面沉降监测点为蓝色（0,0,255）方块点，地下水监测点位绿色（0,255,0）方块点。

8.3.5 位于城市运行核心区范围内的各类高风险区，应在主图截取示意后，专门编制放大图，其制图样式和要求与主图一致。

8.4 风险区划对策建议

8.4.1 按照风险评价分区，提出地质安全风险防控对策与建议。应包括但不限于建设优化地质安全监测预警网、禁止或限制地质资源（地下水、地热及其他矿产资源）开采、禁止或限制地下空间开发利用、实施地质安全问题治理修复、提出地质安全风险关键要素控制指标等。

8.4.2 新增建设用地布局需避让地质安全高风险区域，确实无法避让的需采取消除或预防地质安全风险的措施。

8.4.3 城市地质安全高风险区要制定风险排查技术方案，确定风险排查目标、技术方法、工作周期和应急处置措施等，做好防灾减灾的空间安排。

9 成果编制与提交

9.1 一般规定

9.1.1 城市地质安全风险评价成果应包括成果图件和评价报告。

9.1.2 成果完成后应按照相关规定提交验收和归档。

9.2 成果图件编制

9.2.1 应编制基础条件图、单要素危险性评价图、社会经济易损性评价图、单要素风险评价图、综合风险分区图等。

9.2.2 综合风险分区图件应包括主图、图例、比例尺和编图说明。

9.2.3 编图说明应详细说明数据来源与数量、编图方法、主要结论与风险防控建议等。

9.3 评价报告编写

9.3.1 应分析城市基础地质条件、典型地质问题现状及发展趋势。

9.3.2 评价报告提纲应按照附录 H 规定的要求编制。

9.4 成果提交

9.4.1 提交的原始资料应包括地质环境监测点基本信息表、可利用钻孔资料基本信息表和案例库入库表等。

9.4.2 提交的成果资料应包括城市地质安全风险评价报告、基础条件图、单要素危险性评价图、社会经济易损性评价图、单要素风险评价图、综合风险分区图。

9.5 资料汇交

资料汇交按照DZ/T 0273执行。

附录 A
(规范性)

地质环境问题与地质调查成果资料汇总表

表A.1规定了城市地质环境问题与地质调查成果资料汇总表。

表A.1 城市地质环境问题与地质调查成果资料汇总表

序号	资料名称	比例尺/调查范围	编制单位	编制时间	主要环境地质问题	备注
1	2	3	4	5	6	7

填写时间：

填写人：

审核人：

附录 C
(规范性)
可利用钻孔资料基本信息表

表C.1规定了城市可利用钻孔资料基本信息表。

表C.1 ××市可利用钻孔资料基本信息表

序号	钻孔编号	县(市、区)	2000 国家大地坐标系		XX 原始坐标系		钻孔类型	孔口高程 m	孔深 (m)	开孔孔径 mm	基岩深度 m	静水位 m	地理位置	项目名称	施工单位	开孔日期	终孔日期
			X	Y	X	Y											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

注 1: CGCS2000 国家大地坐标系 X、Y 以度为单位, 保留小数点后 6 位有效数字;
注 2: “钻孔类型”一栏, 按地质钻孔、水文孔、工程孔填写;
注 3: “孔口高程”“孔深”“开孔孔径”“基岩深度”“静水位”保留小数点后 2 位有效数字。

填写时间:

填写人:

审核人:

附录 D
(资料性)
城市地质安全风险评价设计编写提纲

图D.1给出了城市地质安全风险评价设计编写提纲。

前言
说明评价任务由来,评价工作的依据,主要任务和要求
第一章 自然地理
一、地理位置
二、区域经济发展
三、地形地貌特征
四、城市地质安全工作需求分析
第二章 以往工作程度及地质背景分析
一、基础地质
二、水文地质
三、工程地质
四、环境地质
五、城市地质
第三章 工作部署
一、部署原则
二、目标任务
三、总体工作安排
四、工作方法和技术要求
第四章 组织管理与保障措施
一、评价原则
二、评价方法
三、结果分析
第五章 预期成果
一、报告
二、附图
三、案例库、地质安全风险空间数据库
附图 工作程度图、监测点分布图等
附表 监测点基本信息表、可利用钻孔资料基本信息表

图D.1 城市地质安全风险评价设计编写提纲

附录 E
(资料性)

城市地质安全风险主要类型和识别要点

表E.1给出了城市运行地质安全风险主要类型和识别要点。

表E.1 城市运行地质安全风险主要类型及识别要点

风险类型		识别要点
不稳定斜坡		已发生崩滑流地质灾害案例区域；不稳定斜坡分布区。
地震危险性		断裂带以粘滑方式活动，已发生地震活动案例所在区域；活动断裂分布区；历史上发生过破坏性地震。
地裂缝		断裂带以蠕滑方式活动，已发生断裂两侧差异性活动所在区域；活动断裂分布区；断裂两侧差异性沉降或平移地段等。
地面沉降	区域地面沉降	监测已发生地面沉降区域；平原区发育有孔隙含水层、软土等松散堆积层区域；承压水开采区。
	工程性地面沉降	软土层分布地区、新近围垦区；长时间地下水禁采后监测显示沉降区域；吹填区、深基坑降水区域等。
地面塌陷	岩溶塌陷	已发生岩溶塌陷案例所在区域；隐伏型灰岩地层发育分布区；钻孔揭露的岩溶或溶洞发育地段等。
	采空塌陷	已发生采空塌陷案例所在区域；存在地下采矿活动形成的地下空间区域；存在废弃城市人防工程（废弃防空洞）区域；遥感调查发现的矿山可能存在塌陷的区域等。
	黄土湿陷	已发生黄土湿陷案例所在区域；黄土发育分布区；钻孔揭露的黄土发育地段且具有湿陷性。
	饱和砂土区地面塌陷	城市饱和砂土区因人为扰动已发生地面塌陷案例所在区域；暗河暗浜分布区域；钻孔揭示填土层较厚的区域；钻孔揭示浅表层饱和粉土、砂土分布区域等。

附录 F
(规范性)
案例库入库表

表F.1规定了案例库入库表。

表F.1 案例库入库表

时间	地点	经度	纬度	地质安全风险分类	工程活动	地质背景	伤亡情况	经济损失	灾情等级	灾害特征 (造成影响)	原因分析	备注

填写时间：

填写人：

审核人：

附录 G
(规范性)
基础条件图编制要求

表G.1规定了基础条件图编制要求。

表G.1 基础条件图编制要求

基础条件图类型		图面内容	关键数据因子	数据来源及编制建议
基本地质条件图	基础地质图	反映地形地貌、地质构造、地层分布及时代、岩石组成等区域地质条件	地层分布、断裂构造、岩石类型、地貌分界、基岩埋深、地层剖面	利用最新的基础地质调查研究成果，样式参照区域地质图图例(GB/T 958)，修编
	水文地质图	反映地下水类型、空间分布、富水性特征、地下水位等区域水文地质条件	水量、水位、顶板埋深、含水层边界、水文地质剖面	利用最新的水文地质调查研究成果，样式参照综合水文地质图图例及色标(GB/T 14538)，修编
	工程地质图	工程地质岩组划分、工程地质分区	岩组类型、工程分区、工程地质剖面	利用最新的工程地质调查研究成果，样式参照综合工程地质图图例及色标(GB/T12328)，修编
不良地质条件分布图	可溶岩分布图	反可溶岩分布范围、地层、构造等	可溶岩分布界线可溶岩地层类型隐伏可溶岩分布隐伏可溶岩埋深断裂构造	利用地质图、钻孔、案例点数据，编制，服务岩溶塌陷风险区划
	软土层分布图	反映地下软弱土层分布情况(如有多层，需分层编制)	厚度分布，顶板埋深	参考DZ/T 0097、DZ/T 0290、DZ/T 0306等要求，利用城市地质、水工环地质调查成果、钻孔数据，修编，服务路面塌陷、地面沉降风险区划
	饱和粉(砂)土分布图	反映浅部饱和粉(砂)土分布情况	厚度分布，顶板埋深	参考DZ/T 0097、DZ/T 0290、DZ/T 0306等要求，利用城市地质、水工环地质调查成果、钻孔数据，修编，服务路面塌陷风险区划
	填土分布图	反映填土分布情况	厚度分布	参考DZ/T 0097、DZ/T 0290、DZ/T 0306等要求，利用工程地质钻孔等资料数据，编制，服务路面塌陷风险区划
	暗河暗浜分布图	反映暗河暗浜分布情况	边界范围	利用遥感或地形图解译数据，编制，服务路面塌陷风险区划
	浅层气分布图	反映浅层气分布范围	分布边界	用已有案例和发育规律、钻孔数据，编制，服务浅层气次生灾害风险区划
	采空区分布图	反映地下采空区分布范围	采空区边界线采空区埋深	利用矿山调查成果及矿区开采数据，编制，服务采空塌陷风险区划

表G.1 (续)

基础条件图类型	图面内容	关键数据因子	数据来源及编制建议	
	钙芒硝分布图	反应钙芒硝分布范围	分布边界	利用最新调查成果、钻探资料，服务钙芒硝次生灾害风险区划
地质环境评价图	地质灾害易发性评价图	反应崩滑流地质灾害易发程度	分区边界	利用最新的调查、评价和区划成果，服务地质灾害易发性评价。
	地震动参数区划图	反应地震动参数特征	行政区划、峰值加速度、地震动加速度反应谱特征周期等。	根据《中国地震动参数区划图》(GB18306) II类场地地震动参数进行调整，反应地震动参数。
	隐伏断裂活动性评价图	反应隐伏断裂活动性特征。	空间分布、上断点地层、活动方式等。	利用最新调查成果，服务活动断裂评价。
地质环境监测成果图	地下水监测点分布图	反映区内地下水监测站点分布情况	监测点位	利用最新地下水监测成果，修编，服务地面沉降风险区划
	地面沉降监测点分布图	反映区内地面沉降监测站点分布情况	监测点位	利用最新地面沉降监测成果，修编，服务地面沉降风险区划
	地面沉降速率图	反映区域内最近年度的地面沉降速率	沉降速率等值线沉降速率值	利用最新地面沉降监测成果，修编，服务地面沉降风险区划
	地面累计沉降量图	反映区域地面累计沉降量情况	累计沉降量等值线、累计沉降量值	利用最新地面沉降监测成果，修编，服务地面沉降风险区划
	地面沉降易发程度图	反映地质环境产生区域性地面沉降的危险程度	易发区等级易发区边界	利用最新的地面沉降易发分区图，修编，服务地面沉降风险区划
	地质灾害监测点分布图	反应地质灾害监测点分布情况	监测点位	利用最新地质灾害监测成果，服务地质灾害风险区划。

附录 H
(资料性)
城市地质安全风险评价成果

图H.1规定了城市地质安全风险调查评价与区划报告编写提纲。

前言	说明评价任务由来,评价工作的依据,主要任务和要求
第一章 自然地理	
一、地理位置	
二、区域经济发展	
三、地形地貌特征	
四、城市地质安全工作需求分析	
第二章 基础地质条件分析	
一、区域地质条件	
二、水文地质条件	
三、工程地质条件	
四、环境地质条件	
五、不良地质条件	
第三章 城市地质问题案例库分析	
一、建库原则	
二、城市地质问题演化趋势	
三、典型城市地质问题案例分析	
第四章 单要素危险性评价	
一、评价原则	
二、评价方法	
三、结果分析	
第五章 地质风险评价与区划建议	
一、评价方法	
二、结果分析	
三、高风险区“一区一策”建议	

图H.1 城市地质安全风险调查评价与区划报告章节

参考文献

- [1] 《工程地质手册》编委会.工程地质手册[M].中国建筑工业出版社,2018.
-