ICS 07.060

P13

|  |
| --- |
|  |

DB42

湖北省地方标准

DB42/T xxxx—xxxx

|  |
| --- |
|  |

地面塌陷监测技术规程

Technical specification for surface collapse monitoring

|  |
| --- |
| **（征求意见稿）** |
|  |

xxxx - xx - xx发布

xxxx - xx - xx实施

湖北省市场监督管理局   发布

目 次

[前 言 I](#_Toc139534269)

[引 言 II](#_Toc139534270)

[1 范围 1](#_Toc139534271)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc139534272)

[3 术语与定义 1](#_Toc139534273)

[4 总则 2](#_Toc139534274)

[4.1 地面塌陷分类 2](#_Toc139534275)

[4.2 监测目的 2](#_Toc139534276)

[4.3 监测任务 2](#_Toc139534277)

[4.4 监测实施和终止条件 2](#_Toc139534278)

[4.5 监测工作流程 3](#_Toc139534279)

[4.6 监测范围 4](#_Toc139534280)

[5 监测前期准备 4](#_Toc139534281)

[5.1 前期准备工作任务 4](#_Toc139534282)

[5.2 资料收集 4](#_Toc139534283)

[5.3 野外调（勘）查 5](#_Toc139534284)

[6 监测工程设计 5](#_Toc139534285)

[6.1 监测工程设计编制 5](#_Toc139534286)

[6.2 监测工程设计审查 6](#_Toc139534287)

[6.3 设计方案变更 6](#_Toc139534288)

[7 监测等级划分 6](#_Toc139534289)

[7.1 岩溶地面塌陷易发性划分 6](#_Toc139534290)

[7.2 采空地面塌陷稳定性划分 7](#_Toc139534291)

[7.3 监测等级划分 7](#_Toc139534292)

[8 监测指标及监测方法选择 8](#_Toc139534293)

[8.1 岩溶地面塌陷 8](#_Toc139534294)

[8.2 采空地面塌陷 9](#_Toc139534295)

[9 监测点布设 10](#_Toc139534296)

[9.1 总体要求 10](#_Toc139534297)

[9.2 动力条件监测 10](#_Toc139534298)

[9.3 岩土体内部变形监测 11](#_Toc139534299)

[9.4 地表变形监测 13](#_Toc139534300)

[10 监测工程建设 19](#_Toc139534301)

[10.1 动力条件监测 19](#_Toc139534302)

[10.2 岩土体内部变形监测 21](#_Toc139534303)

[10.3 地表变形监测 27](#_Toc139534304)

[10.4 简易监测 29](#_Toc139534305)

[11 监测工程竣工验收 29](#_Toc139534306)

[11.1 竣工验收内容 29](#_Toc139534307)

[11.2 竣工验收比例 30](#_Toc139534308)

[11.3 竣工验收程序 30](#_Toc139534309)

[11.4 竣工验收应提交的成果 30](#_Toc139534310)

[12 监测系统运行与维护 30](#_Toc139534311)

[12.1 监测系统调试 30](#_Toc139534312)

[12.2 监测系统试运行 31](#_Toc139534313)

[12.3 监测系统运行维护 31](#_Toc139534314)

[13 监测数据分析 31](#_Toc139534315)

[13.1 一般规定 31](#_Toc139534316)

[13.2 监测数据整理分析 32](#_Toc139534317)

[13.3 监测数据综合分析评估 35](#_Toc139534318)

[14 成果编制与汇交 37](#_Toc139534319)

[14.1 成果编制 37](#_Toc139534320)

[14.2 监测成果提交 37](#_Toc139534321)

[14.3 监测成果归档 37](#_Toc139534322)

[附 录 A （资料性附录） 地面塌陷监测工程建设方案提纲 39](#_Toc139534323)

[附 录 B （资料性附录） 地面塌陷监测报表提纲 40](#_Toc139534324)

[附 录 C （资料性附录） 地面塌陷监测成果报告提纲 42](#_Toc139534325)

[附 录 D （资料性附录） 采空塌陷稳定性评价 44](#_Toc139534326)

[附 录 E （资料性附录） 钻孔深部位移监测记录数据格式 48](#_Toc139534327)

[附 录 F （规范性附录） 光纤应变监测光纤埋设参数表 50](#_Toc139534328)

[附 录 G （规范性附录） 微震传感器空间位置记录表 51](#_Toc139534329)

[附 录 H （规范性附录） 地面塌陷简易监测记录表 52](#_Toc139534330)

[附 录 I （规范性附录） 地面塌陷简易监测结果分析表 53](#_Toc139534331)

[附 录 J （资料性附录） 水平位移速率统计表 54](#_Toc139534332)

[附 录 K （资料性附录） 竖向位移速率统计表 55](#_Toc139534333)

[附 录 L （资料性附录） 地表移动变形计算 56](#_Toc139534334)

[附 录 M （资料性附录） 人工巡视记录表 57](#_Toc139534335)

[附 录 N （资料性附录） 地面塌陷监测文件归档范围及保管期限 58](#_Toc139534336)

前 言

本技术规程按照G1/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。

本技术规程由湖北省地质局提出。

本技术规程由湖北省自然资源厅归口管理。

本技术规程起草单位：湖北省地质环境总站、中国地质大学（武汉）、武汉市测绘研究院。

本技术规程主要起草人：涂婧、熊启华、刘鹏瑞、王芮琼、李圣军、曾嘉、王湘桂、陈标典、晏鄂川、高旭、杜毅、安阳、刘传逢、陶良、张娅婷、夏冬生、王小利。

对本技术规程的有关修改意见建议请反馈至湖北省地质环境总站（技术规程起草牵头单位），电话：027-83592470，邮箱：g203@hbdk.gov.cn。

引 言

湖北省地质条件复杂，地面塌陷地质灾害频发，监测工作是避免或减少因灾造成的人员伤亡与财产损失的有效手段之一。为深入贯彻落实党的二十大精神和习近平总书记“两个坚持三个转变”和“加强地质灾害防治”的要求，更加突出地质灾害防治“以防为主”，规范和指导全省地面塌陷监测工作，提高我省地面塌陷监测技术水平，提出本技术规程。

本技术规程，在认真研究国内外有关地面塌陷监测技术规范标准和较为成熟的方法技术的基础上，针对我省塌陷特点，对塌陷类型、监测工作流程、监测分级分类等分别做出规定。

# **1 范围**

本技术规程规定了湖北省岩溶地面塌陷和采空地面塌陷监测工作程序、内容、技术方法、仪器和精度要求，监测网点建设、运行与维护和监测数据处理，工程验收、成果提交与归档等内容。

本技术规程适用于湖北省隐伏的可溶岩分布区内有可能发生、已经发生且可能继续扩展或再发生岩溶地面塌陷活动区域的监测工作，以及湖北省石膏矿、岩盐矿、煤矿、金铜铁矿和磷矿等固体矿产地下开采引起的地表变形、岩土体内部变形及地下水变化等的监测工作。

# **2 规范性引用文件**

下列文件对于本技术规程的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本技术规程。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本技术规程。

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB 50027 供水水文地质勘察规范

GB/T 12898 国家三、四等水准测量规范

GB/T 18314 全球定位系统（GPS）测量规范

GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范

GB4208 外壳防护等级（IP代码）

DZ/T 0273-2015 地质资料汇交规范

JGJ 8-2016 建筑变形测量规范

YS/T 5226 水质分析规程

T/CAGHP 005-2018 采空塌陷勘查规范

T/CAGHP 009-2018 地质灾害应力应变监测技术规程

T/CAGHP 013-2018 地质灾害InSAR监测技术指南

T/CAGHP 014-2018 地质灾害地表变形监测技术规程

T/CAGHP 018-2018 地质灾害地面三维激光扫描监测技术规程

T/CAGHP 029-2018 地质灾害地声监测技术指南

T/CAGHP 052-2018 地质灾害深部位移监测技术规程

# **3 术语与定义**

下列术语和定义适用于本技术规程。

3.1

地面塌陷 ground collapse

地表岩体或者土体，在自然作用或者人为活动影响向下陷落，在地面形成凹陷、坑洞或裂缝的过程和现象。可分为岩溶地面塌陷和采空地面塌陷。

3.2

动力条件监测 dynamic condition monitoring

对诱发或触发地面塌陷的动力条件进行监测，主要包括对地下水、大气降雨量监测。

3.2

地下水监测 groundwater monitoring

按照规定的时间间隔和精度要求对地下水的水温、水位、水量和水质等动态要素进行监测的过程。

3.3

地表变形监测 surface deformation monitoring

在一定时期内，对岩土体的地表水平位移、沉降、倾斜、裂缝等现象，进行周期性的或实时的测量，并对变形体进行分析的过程。

3.4

岩土体内部变形监测 subsurface soil and stratum deformation monitoring

在一定时期内，对岩层或土体内部的变形进行周期性的或实时的测量，以反映地面塌陷从下向上扩展演化的全过程。

3.5

应力应变监测 Stress and Strain monitoring

通过在岩土体中埋设应力传感器、应变计等设备，量测岩土体中由位移、应力变化引起的压力或应变变化信息，并对信息进行分析处理的过程。

3.6

钻孔深部位移监测 Borehole deep displacement monitoring

通过在钻孔内部，沿钻孔轴向按一定间距直接或间接布设监测点，观测钻孔内不同深度岩土体位移或变形的监测手段。

3.7

微震监测 Microseismic monitoring

采用检波器、传感器等设备，对岩土体变形或破坏所释放的震动波进行实时采集、记录和分析，据此分析和判断震源特征。属于地声监测方法之一。

# **4 总则**

## **4.1 地面塌陷分类**

依据地面塌陷形成的主导因素，划分为岩溶地面塌陷和采空地面塌陷。

## **4.2 监测目的**

掌握岩溶区和采空区地面塌陷的时空动态，分析影响因素，评价监测区稳定状态和发展趋势，为地面塌陷预警预报、工程治理设计、施工安全及治理工程效果评价等提供依据，为应急处置决策和最大限度地保护群众生命财产安全提供技术支撑，为城市规划建设、土地资源开发利用和防灾减灾提供科学依据。

## **4.3 监测任务**

4.3.1 根据地面塌陷特征与危害范围，确定监测内容、监测手段与仪器设备等，建立地面塌陷监测网络。

4.3.2 运行和维护地面塌陷监测网络，对监测信息进行采集和整理，分析地面塌陷活动特征，预测地面塌陷活动趋势，并根据地质环境发展变化情况及时调整监测方案。

4.3.3 编制监测报表和成果报告，及时提交监测成果，并完成资料归档。

## **4.4 监测实施和终止条件**

4.4.1 下列情况应进行地面塌陷监测：

a) 面积及影响范围较大或已造成建（构）筑物破坏或人员伤亡，且活动性较强的地面塌陷；

b) 对建（构）筑物及人民生命财产安全构成重大威胁；

c) 在可能发生地面塌陷的区域进行较重大的工程建设；

d) 有特殊要求时。

4.4.2 下列情况下，经过上级部门或委托单位批准后，可终止地面塌陷监测：

a) 工程施工已完成或经过工程治理，通过监测数据综合分析或稳定性评价，地面塌陷已处于稳定状态。

b) 威胁对象搬迁，已无威胁对象。

## **4.5 监测工作流程**

应在开展监测工程设计之前，通过资料收集及适量的调（勘）查方法，查明塌陷区地质环境条件、采矿条件或工程施工情况，分析地面塌陷的成因机理和影响因素，判断地面塌陷的发展趋势，评价地面塌陷危害程度，有针对性的提出地面塌陷监测工程建设方案。根据监测工程设计开展监测工程建设。通过监测工程竣工验收后，进行监测系统运行与维护。整理分析监测数据，编制监测成果报告及图件，最后完成资料规定汇交。监测工作流程见图1。



图1 监测工作流程图

4.5.1 在系统收集分析相关资料和野外调（勘）查工作基础上，根据监测区地质环境特征、人类工程活动、监测工作需求、周边环境和施工方案等因素，科学选择和合理部署各类监测站点，并完成监测方案编制（附录A）。

4.5.2 监测工程建设应包括：监测工程施工、监测设备安装、仪器校验和标定、检查验收等。

4.5.3 监测工作运行包括监测数据的采集、处理、信息反馈及监测点的维护。

4.5.4 提交成果包括：监测成果报告、周报、月报和年报，必要时提交的专题报告等（附录B）。

## **4.6 监测范围**

**4.6.1 岩溶地面塌陷监测范围**

根据岩溶地面塌陷易发性分区及人类工程活动情况，确定岩溶地面塌陷监测网分布范围。监测区范围应覆盖场地所处的整个岩溶水文地质单元或岩溶水系统，监测区可分为重点监测区和一般监测区。

a) 重点监测区应包括：岩溶地面塌陷高易发区（岩溶发育强烈地段、地下水强径流带、构造带和纯碳酸盐岩分布带等），受已有岩溶地面塌陷影响的地区，重要工程场址分布区。

b) 一般监测区包括：除重点监测区外的地区。

**4.6.2 采空地面塌陷监测范围**

根据矿区地质环境条件和采矿情况，进行采空地面塌陷稳定性评价，再结合已有塌陷发育和地表工程建设情况，确定采空地面塌陷监测网分布范围。监测区可分为重点监测区和一般监测区。

a) 重点监测区应包括：采空地面塌陷不稳定区，受已有塌陷影响的地区，重要工程场址分布区。

b) 一般监测区包括：除重点监测区外的地区。

# **5 监测前期准备**

## **5.1 前期准备工作任务**

5.1.1 通过资料收集和野外调（勘）查，充分了解监测区的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质、工程地质和人类工程活动。

5.1.2 针对岩溶地面塌陷，掌握岩溶分布、埋藏、发育特征、第四系土层结构及厚度，能够对岩溶地面塌陷易发性进行评价分析。针对采空地面塌陷，掌握矿区开采方式、开采范围和深度等特征，能够对采空区稳定性进行定量评价分析。

5.1.3 查明监测区地面塌陷发育特征、影响因素和成灾机理。

5.1.4 能确定监测方案以及现场实施的可行性。

## **5.2 资料收集**

5.2.1 岩溶地面塌陷监测应收集资料：

a) 岩溶地面塌陷现状，岩溶地面塌陷的数量、形态、规模、成因类型、发育特征和时空分布规律，岩溶地面塌陷造成的人员伤亡和直接经济损失；岩溶地面塌陷监测、治理等防治工作资料。

b) 水文地质条件，地下水水质、水量及其补给、径流和排泄条件，岩溶地下水位动态变化及其与地表水体、大气降水和第四系孔隙水的转化关系。

c) 第四系土层工程地质条件，第四系土层的成因、岩性及颗粒组成、厚度、结构及其工程地质性质。

d) 可溶岩岩溶分布和埋藏条件、岩溶发育特征，掌握地下岩溶发育程度及分布规律。

e) 人类工程活动特征。

5.2.2 采空地面塌陷监测应收集资料：

a) 地质环境条件，包括区域地质、气象水文、水文地质条件、地下开采活动、矿产资源开发状况等。

b) 地表工程环境条件，包括已建、拟建工程的管道、线路等分布、规划及开发情况。

c) 矿区采矿条件，包括矿体及围岩赋存条件、开采层位埋深、采矿方式和技术条件、开采时间、矿井抽排水、矿坑涌水量、采空区积水情况、采空区范围和未开采区的划分、矿区开采井对照图、矿区开采分布图和规划图等。

d) 已发生的采空地面塌陷特征，采空地面塌陷监测、治理等防治工作资料。

e) 采空地面塌陷覆岩结构特征；采空地面塌陷冒落状况，分析岩层移动变形特征。

f) 采空地面塌陷地表剩余变形量、稳定性系数等计算；采空塌陷区稳定性及未来发展趋势预测评价；采空地面塌陷危害程度分析等。

## **5.3 野外调（勘）查**

5.3.1 野外调（勘）查应包括以下内容：

a) 复核收集的相关资料与现状的符合程度；

b) 通过收集资料无法获取的重要信息，可通过补充遥感、地质测量、物探、钻探、测试试验等调（勘）查工作，以满足监测网点布设所需的基础依据。

c) 现场调查地面塌陷的发育特征、地形地貌条件和人类工程活动等，确定监测方案以及现场实施的可行性。

5.3.2 地面塌陷调查路线的布置及调查点的密度，应满足查明地面塌陷孕灾地质环境条件、地面塌陷分布特征和规模以及布设监测网络的要求，调查精度应高于1:10000。

# **6 监测工程设计**

## **6.1 监测工程设计编制**

6.1.1 设计书编写应在充分收集整理调查、勘查、监测等资料，详细了解分析地面塌陷防治现状、防灾减灾工作需求和发展规划、地质环境条件、社会人文、经济等情况，经野外调（勘）查后进行。

6.1.2 宜首先明确监测等级。根据监测等级有针对性的选择适宜的监测方法，进行合理布设，并阐述选择和部署依据。

6.1.3 设计书应做到目的任务明确，工作部署合理，依据充分，技术方法先进可行，经费预算合理，文字简明扼要、重点突出。

6.1.4 设计书编写提纲应根据任务书或合同书要求，细化目标任务，确定量化可考核的绩效目标，明确需要重点解决的问题，制定技术路线和工作进度安排，落实具体实物工作量，阐明实物工作量部署依据等。

6.1.5 监测工程设计内容应包括：地面塌陷类型及分级、监测内容、监测方法及监测点布设等。设计书编写格式见附录A。

## **6.2 监测工程设计审查**

设计书应由项目主管部门组织审查。通过审查的设计书，应由项目主管部门批准后组织实施。

## **6.3 设计方案变更**

设计书一经批准应严格执行。在执行过程中确需修改和调整，须报项目主管部门批准。

# **7 监测等级划分**

## **7.1 岩溶地面塌陷易发性划分**

根据地质环境条件和岩溶地面塌陷特征，选择影响因素（表1、表2），进行岩溶地面塌陷易发性评价。易发性评价方法可参见附录D。

表1 岗地和平原区岩溶地面塌陷主要影响因素一览表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 评估指标 | | 对岩溶地面塌陷的影响 | | |
| 大类 | 细类 | 高 | 中 | 低 |
| 基岩 | 岩溶发育程度 | 强发育  溶洞、溶蚀裂隙等规模和数量多，钻孔岩溶率＞10%，遇洞率＞60% | 中等发育  溶洞、溶蚀裂隙等数量或规模较小，钻孔岩溶率3～10%，遇洞率30～60% | 弱发育  溶洞、溶蚀裂隙等数量和规模很小，钻孔岩溶率＜3%，遇洞率＜30% |
| 土层 | 土层厚度/m | ≤15 | 15～30 | ＞30 |
| 土层结构 | 双层结构 | 多层结构 | 单层结构 |
| 第四系底部土层岩性 | 砂土  红黏土、软土 | 粉土、碎石土 | 粉质黏土、黏土 |
| 第四系底部土层液性指数 | 松散、稍密  流塑、软塑 | 中密、密实  可塑 | 硬塑、坚硬 |
| 非可溶岩地层厚度/m | ≤10 | 10～30 | ＞30 |
| 地下水 | 变化幅度/(m/a) | ≥10 | 5～10 | ＜5 |
| 岩溶水承压性 | 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（土洞） | 塌陷坑（土洞）密度/(个/10km2) | ≥10 | 2～10 | ＜2 |
| 注：1.“非可溶岩”是指可溶岩之上覆盖的泥岩、砂岩等碎屑岩；  2.土的分类和定名参见《岩土工程勘察规范GB 50021 - 2001》（2009版）。 | | | | |

表2 丘陵和中低山区岩溶地面塌陷主要影响因素一览表

| 评估指标 | | 对岩溶地面塌陷的影响 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 大类 | 细类 | 高 | 中 | 低 |
| 地形 | 地形起伏 | 洼地、沟谷、河床两岸 | 山麓斜坡或平缓地段 | 山头 |
| 构造 | 褶皱或断层发育情况 | 褶皱紧密或断层发育 | 褶皱较紧密或断层较发育 | 褶皱宽舒或断层一般发育 |
| 基岩 | 岩溶发育程度 | 强发育  地表洼地、漏斗落水洞发育，地下溶洞发育，多岩溶大泉和暗河，岩溶发育深度大 | 中等发育  洼地、漏斗落水洞较发育，地下洞穴不多，岩溶大泉数量较少，暗河稀疏，深部岩溶不发育 | 弱发育  地表岩溶发育稀疏，地下洞穴少，岩溶大泉及暗河少见 |
| 土层 | 土层厚度/m | ≤5 | 5～10 | ＞10 |
| 土层结构 | 砂土、碎石土为主结构松散的单层结构 | 双层或多层结构 | 以坚硬～硬塑的黏性土为主的单层结构 |
| 地下水 | 地下水活动情况 | 地下水埋深浅，水位变幅大，循环交替强烈 | 地下水埋深较浅，水位变幅较大，循环交替较强 | 地下水埋深大，循环交替弱 |
| 已有塌陷 | 塌陷坑密度/(个/10km2) | ≥10 | 2～10 | ＜2 |
| 注：土的分类和定名参见《岩土工程勘察规范GB 50021 - 2001》（2009版）。 | | | | |

## **7.2 采空地面塌陷稳定性划分**

7.2.1 应采用定性与定量评价相结合的方法，对采空地面塌陷稳定性进行分析评价，可参照《采空塌陷勘查规范（试行）》（T/CAGHP005-2018）。

7.2.2 采空地面塌陷稳定性评价分为场地稳定性评价和建（构）筑物地基稳定性评价两个部分。采空地面塌陷场地稳定性评价应以地表允许变形量为评价依据。采空地面塌陷建（构）筑物地基稳定性评价应以地基允许变形值作为评价依据。最终稳定性等级按不利原则取高的一级。

7.2.3 应综合考虑矿层开采方法、顶板管理方式、开采时限以及采空地面塌陷的类型、规模、埋深、采深采厚比和覆岩特征等因素，选择适宜的评价标准和评价方法，可参照附录D。

## **7.3 监测等级划分**

应根据地面塌陷规模（表3）、易发性（稳定性）、危害对象的重要性或成灾后可能造成的损失大小进行地面塌陷监测等级划分（表4）。

表3 地面塌陷规模划分

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 规模等级 | 大型 | 中型 | 小型 |
| 塌陷坑直径D/m | D≥30 | 30＞D≥10 | D＜10 |
| 影响范围面积S/km2 | S≥10 | 10＞S≥1 | S＜1 |

表4 地面塌陷监测等级划分

| 监测等级 | | 一级 | 二级 | 三级 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 规模 | | 大型 | 中型 | 小型 |
| 易发性  (稳定性) | | 高易发  (不稳定) | 中等易发  (基本稳定) | 不易发  (稳定) |
| 危害对象 | 建筑物 | 国家文物建筑物、高度超过100m的超高层建筑、放射性设施、核电站等特别重要的工业建筑物、在同一跨度内有两台重型桥式吊车的大型厂房、办公楼、医院、剧院、学校、体育场馆、娱乐场所等。 | 长度大于20m的二层楼房和二层以上多层住宅楼、钢筋混凝土框架结构的工业厂房、设有桥式吊车的工业厂房、总机修厂等较重要的大型工业建筑物，城镇建筑群或者居民区等，砖木、砖混结构平房或者变形缝区段小于20m的二层楼房，村庄民房等。 | 村庄木结构承重房屋等。 |
| 构筑物 | 落差超过100m的水电站坝体、大型电厂主厂房、机场、重要港口、国防工程设施、大型水库大坝等，特高压输电线塔、大型隧道、输水（油、气）管道干线、矿井主要通风机房、集中供水水源地、跨度＞30m或高度＞50m的建设工程、垃圾处理厂、水处理厂等。 | 110kV及以上高压线塔（电杆）、架空索道塔架、移动通信基站、以及重要河（湖、海）堤、库（河）坝、船闸、跨度24～30m或高度24～50m的建设工程、垃圾处理厂、水处理厂等。 | 小型的水利工程、电力工程、港口码头、矿山、集中供水水源地、跨度≤24m或高度≤24m的建设工程、垃圾处理厂、水处理厂等。 |
| 公路铁路等线性交通 | 国家高速铁路、一级铁路、城际铁路、客货共线铁路、高速公路、二级（含）以上公路、特大型桥梁、城市轨道交通等。 | 国家二级、三级铁路、省级一级公路等 | 四级铁路、省级二级公路等 |
| 自然保护区 | 国家级自然保护区、地质公园、风景名胜区或重要旅游景区 | 省级及以下自然保护区、地质公园、风景名胜区或较重要旅游景区 | 无自然保护区及旅游景区 |
| 耕地林地/亩 | ≥500 | 200～500 | ＜200 |
| 威胁人数/人 | | ≥100 | 10～100 | ＜10 |
| 直接（潜在）经济损失/万元 | | ≥500 | 100～500 | ＜100 |
| 注1：凡未列入本表的建（构）筑物，可以依据其重要性、用途等类比其等级归属。对于不易确定者，可以进行专门论证审定。  注2：分级确定宜采取高级别优先原则，要有一项要素符合高一级别，宜定为该级别。 | | | | |

# **8 监测指标及监测方法选择**

地面塌陷监测方法选择，应遵循技术可行、经济合理的原则，积极推广使用新技术、新工艺。在经济、技术条件具备的情况下，宜采用数据自动化采集与实时在线监测预警技术。尤其监测等级为一级时，应采用微震、光纤应变监测、多点位移计等技术进行“立体式”连续监测。

## **8.1 岩溶地面塌陷**

8.1.1 岩溶地面塌陷监测内容包括动力条件监测、土体内部变形监测、地表变形监测和简易监测，相应的监测指标和监测方法见表5。分别按照表6和表7确定监测指标和监测方法。

表5 岩溶地面塌陷监测指标及监测方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 监测指标 | 监测方法 | 监测仪器 |
| 动力条件监测 | 裂隙岩溶水水位、松散岩类孔隙水水位 | 地下水位监测法 | 孔隙水压力传感器、振弦式渗压计、光纤渗压计、水位计 |
| 降雨量 | 降雨量监测法 | 虹吸式、翻斗式、新型数字式雨量计 |
| 土体内部变形监测 | 土层扰动带或土洞的形成演化 | 应力应变监测法 | 光纤应变计 |
| 同轴电缆时域反射仪 |
| 探地雷达法 | 地质雷达探测仪 |
| 钻孔深部位移监测法 | 测斜仪、位移计、沉降仪、变形计 |
| 地表变形监测 | 地表水平和竖向位移变化 | 水准测量法 | 全站仪、水准仪 |
| GNSS定位监测法 | GNSS接收机 |
| 地表、建筑物裂缝 | 埋桩法、标尺法、贴片法、埋钉法、上漆法、水准测量法 | 精密钢尺、游标卡尺、百分表、钢尺收敛计、位移传感器、全站仪、水准仪 |
| 塌陷坑扩展 | 激光扫描法 | 三维激光扫描仪 |
| 遥感影像测量法 | 无人机 |
| 简易监测 | 塌陷前兆现象，包括井（泉）的干枯、井水浑浊、地面喷水冒砂、地面下凹汇水、地板架空、墙壁开裂等 | 肉眼观测、皮尺测量、敲击等人工观测法 | —— |

8.1.2 根据土层结构和塌陷主要诱发因素，按表6确定监测指标。

表6 岩溶地面塌陷监测指标选取

| 土层结构 | | 诱发因素 | 监测指标 |
| --- | --- | --- | --- |
| 双层结构  多层结构 | | 降雨 | 降雨量 |
| 振动或加载 | 地表变形、土体内部变形 |
| 抽排岩溶水、钻探、桩基施工等引起地下水位  大幅或快速的下降或波动 | 地下水 |
| 单层结构 | 黏性土 | 地下水、土体内部变形 |
| 顶板破坏 | 地表变形、土体内部变形 |
| 振动或加载 | 地表变形、土体内部变形 |
| 降雨 | 降雨量 |
| 砂土  碎石土 | 降雨 | 降雨量 |
| 地表水和地下水的渗流潜蚀作用 | 地下水、土体内部变形 |
| 注：岩溶地面塌陷地表变形监测主要针对已发育有塌陷坑、地裂缝、沉降带的地区。 | | | |

8.1.2.1 在有砂土层的双层结构或多层结构土体中，宜以岩溶水位动态监测为主，土体内部变形监测为辅的组合。

8.1.2.2 单层黏性土结构的土体从下至上均有着变形过程，宜以土体内部变形监测为主，依据诱发因素选择地下水或地表变形监测指标为辅的组合。

8.1.2.3 若上部土体为软弱土体，可选择地表变形监测指标；若上部为黏性土、下部为软弱土，宜选择土体内部变形，组合地下水等诱发作用的监测指标。

8.1.2.4 残坡积层覆盖区，宜根据岩溶发育程度，选择降雨量监测为主、地下水监测为辅的组合。

8.1.2.5 单层砂土或碎石土覆盖区，宜根据岩溶发育程度，选择降雨量监测为主、地下水或土体内部变形监测为辅的组合。

8.1.3 根据监测等级，按表7确定监测方法。

表7 不同监测等级及其适宜的监测方法

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测等级 | 监测区划分 | 动力条件监测 | | 土体内部变形监测 | | | 地表变形监测 | | | | | 简易监测 |
| 地下水位 | 降雨量 | 应力应变 | 探地雷达 | 钻孔深部位移 | 水准测量 | GNSS | 裂缝监测 | 激光扫描 | 遥感影像 | 人工测量 |
| 一级 | 重点 | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |  |
| 一般 | √ |  |  | √ | √ | √ |  | √ | √ |  |
| 二级 | 重点 | √ | √ | √ |  | √ | √ | √ | √ |  |  |  |
| 一般 | √ |  |  | √ | √ | √ |  |  |  |  |
| 三级 | —— | √ |  |  |  | √ |  | √ |  |  |  | √ |

## **8.2 采空地面塌陷**

8.2.1 采空地面塌陷监测内容包括地表变形监测、岩层内部变形监测和动力条件监测，动力条件监测包括地下水监测和降雨量监测，相应的监测指标和监测方法见表8。根据监测等级，按表9确定监测项目。

8.2.4 采空地面塌陷建（构）筑物变形监测时，应充分考虑采空地面塌陷稳定状态，结合建（构）筑物结构类型与地基基础形式，构建采空地面塌陷与地面建（构）筑物一体化监测系统。变形监测系统应同时满足采空地面塌陷变形监测与地面建（构）筑物沉降监测技术要求。地面建（构）筑物沉降监测按照《建筑变形测量规范》（JGJ 8-2016）执行。

表8 采空地面塌陷监测指标及监测方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 监测指标 | 监测方法 | 监测仪器（工具） |
| 地表变形监测 | 地表水平和竖向位移变化 | 遥感影像测量法 | InSAR |
| GNSS定位监测法 | GNSS接收机 |
| 水准测量法 | 全站仪、水准仪 |
| 地表、建（构）筑物裂缝 | 埋桩法、标尺法、贴片法、埋钉法、上漆法、水准测量法 | 精密钢尺、游标卡尺、百分表、钢尺收敛计、位移传感器、全站仪、水准仪 |
| 岩层内部变形监测 | 采空区上覆盖层变形过程 | 应力应变监测法 | 光纤应变计 |
| 埋入式振弦应变计 |
| 地声监测法 | 微震（传感器、数据采集器和数据通信） |
| 钻孔深部位移监测法 | 测斜仪、位移计、沉降仪 |
| 动力条件监测 | 地下水水位、水质、水量 | 地下水位监测法 | 孔隙水压力传感器、振弦式渗压计、光纤渗压计、水位计 |
| 降雨量 | 降雨量测量法 | 虹吸式、翻斗式、新型数字式雨量计 |

表9 采空地面塌陷监测项目确定

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 监测项目 | 监测等级 | | |
| 一级 | 二级 | 三级 |
| 地表变形监测 | 应测 | 应测 | 应测 |
| 岩层内部变形监测 | 应测 | 宜测 | 可测 |
| 动力条件监测 | 可测 | — | — |
| 注：1.当监测矿区为岩盐矿、或矿山排水对监测区地下水产生影响、或在采空区进行水利水电工程建设时，应进行地下水监测。  2.当监测等级为一级，或新建矿区（山）首采工作面及生产矿井重复开采区，或地质条件复杂、多层开采条件下的工程建设场地，或存在建（构）筑物地基变形敏感、渗漏与渗透破坏等特殊问题的场地，应进行岩层内部变形监测。 | | | |

# **9 监测点布设**

## **9.1 总体要求**

9.1.1 地面塌陷监测应在前期调查的基础上进行合理的设计和部署，主要有动力条件、岩土体内部变形和地表变形监测。

9.1.2 及时优化调整监测网。监测区地质环境和人类工程活动状况有较大变动时，应优化和调整监测网点，确保监测数据采集准确、及时。半年以上动态不明显的监测点应降低监测频率，或及时更换；动态显著的监测区应适当提高监测密度或频率。

9.1.3 监测点要求设立易识别、不易损毁的标识，标注“\*\*监测设施”字样。

## **9.2 动力条件监测**

**9.2.1 岩溶区地下水监测**

9.2.1.1 监测剖面线布设

监测剖面宜平行和垂直于地下水径流方向布设，形成纵横交错的监测网。

9.2.1.2 监测孔布设

a) 存在第四系孔隙水含水层时，监测点应包括裂隙岩溶水监测孔和第四系孔隙水监测孔。

b) 不同监测等级岩溶地下水水位监测点间距按照表10确定，人类工程活动集中、水文地质条件复杂区域可适当加密。

表10 不同监测等级岩溶地下水监测点间距

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测等级 | 一级 | | 二级 | | 三级 | |
| 重点监测区 | 一般监测区 | 重点监测区 | 一般监测区 | 重点监测区 | 一般监测区 |
| 监测点间距/m | 50～100 | 500～1000 | 100～200 | 500～1000 | 200～500 | 1000～10000 |

c) 第四系孔隙水监测孔，宜凿穿整个含水层（组）；裂隙岩溶水监测孔，应穿过岩溶裂隙发育带或岩溶管道，进入完整基岩5m。

9.2.1.3 监测频率

a) 根据第四系覆盖层的类型和厚度，选择适宜的监测频率：上覆砂土或厚度小于10m薄层黏性土的岩溶区，地下水位监测时间间隔宜不大于1小时。上覆厚度不小于10m黏性土的岩溶区，地下水位监测时间间隔宜不大于4小时。

b) 当地下水位日变化量大于2m时，应缩短监测间隔时间。

c) 工程施工、抽排地下水等强烈人类活动期间，地下水监测时间间隔应不大于20分钟。

**9.2.2 采空区地下水监测**

9.2.2.1 每座矿山地下水监测点，不宜少于3组。可根据矿种类型、矿山开采情况、水文地质条件和监测等级，适当增加或减少监测点数量。

9.2.2.2 地下水监测是岩盐矿区的主要监测指标，监测点宜布设于盐井管周围，尤其是压裂连通、超期或服务年限超过10年、报废但未封堵、存在断裂口、卤水渗漏的井管。监测内容可选择水位（压）、水质和水温等。

9.2.2.3 地下水监测是石膏矿和磷矿区较主要的监测指标，可根据监测区水文地质条件布设地下水监测。监测点宜布设于采空区，尤其是废弃或时间久远、被地下水浸泡的采空区。监测内容可选择水位（压）和水量等。

9.2.2.4 地下水监测是煤矿和金铜铁矿区的次要监测指标，可根据监测区水文地质条件和监测等级，选择地下水监测指标。监测点主要布设于冒落带、断裂带和弯曲带，采空区蓄水、水位埋深小且水量较丰富地段。监测内容可选择水位（压）和水量等。

9.2.2.5 地下水监测精度、频率宜符合表11规定。

表11 地下水监测精度及频率

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测项目 | | 水位（压） | 水质 | 水量 | 水温 |
| 监测精度 | | 2cm | **/** | 0.01m3 | 0.1℃ |
| 监测频率 | 人工监测 | 1次/30d | 4次/a | 3次/30d | 1次/90d |
| 自动监测 | 1次/1小时 | 1次/1天 | 1次/1天 | 1次/1小时 |
| 注：监测频率可根据监测工程实际情况增减。 | | | | | |

**9.2.3 降雨量监测**

9.2.3.1 降雨量监测站布设在监测区及周边较空旷平坦地区，应避开强风区、对降雨量有影响的树木区、建（构）筑物区以及烟尘区等区域。选择房屋顶安装或野外高杆安装。

9.2.3.2 每个监测区宜布置不少于1个降雨量监测点。

## **9.3 岩土体内部变形监测**

**9.3.1 钻孔深部位移监测**

9.3.1.1 由监测点、监测孔和监测剖面组成的三维立体监测网。根据监测等级、监测范围大小和形状、地形地貌等特征布设监测剖面；根据监测等级、监测分区、施工条件等情况布设监测孔位；根据监测等级、地质结构、岩土体工程地质条件等特征，在监测孔内适当层位布设监测点。

9.3.1.2 监测网的布设应能达到系统监测岩土体变形量、变形方向，掌握其时、空动态和发展趋势，满足地面塌陷稳定性评价的要求（图1、图2）。

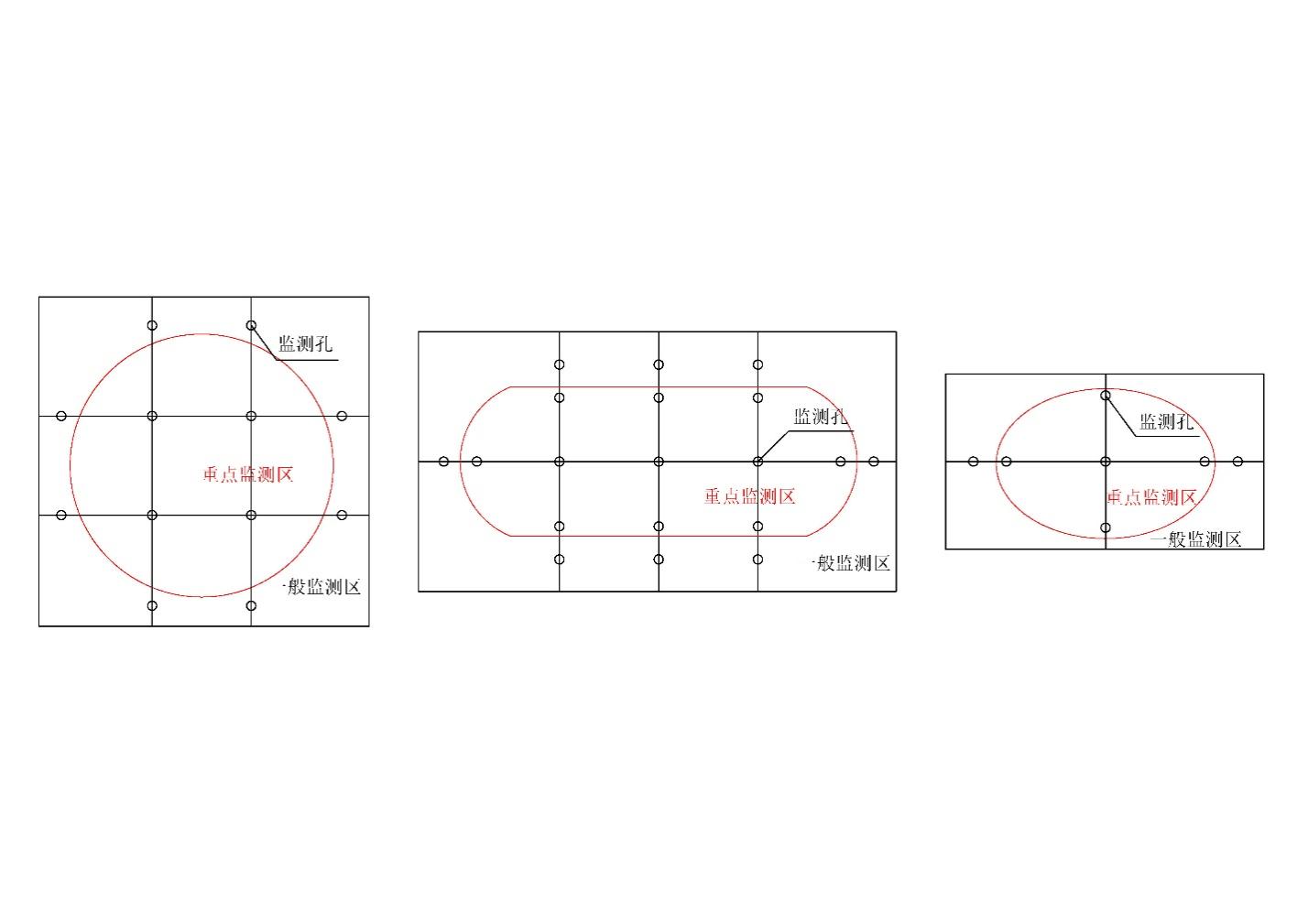


图1 钻孔深部位移监测网、监测剖面布设示意图

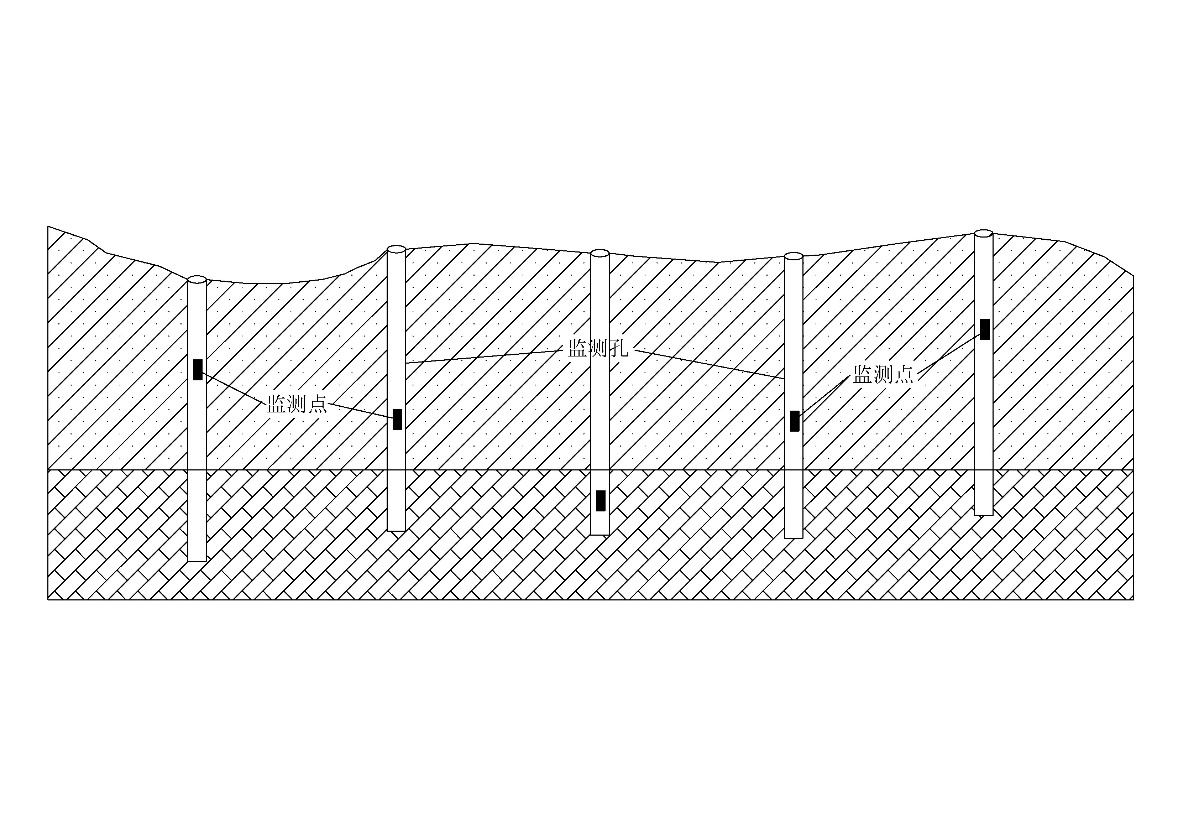


图2 钻孔深部位移监测孔、监测点布设示意图

9.3.1.3 对于岩溶地面塌陷，可只监测竖向位移。对于采空地面塌陷，监测等级为一级时，宜同时开展竖向位移和水平位移监测；监测等级为二级时，水平位移可根据需要选择。

9.3.1.4 竖向位移宜采用钻孔测斜仪、分层沉降仪，也可采用滑动变形计、钻孔位移计等方法进行监测；水平位移宜采用钻孔测斜仪，也可采用滑动变形计、钻孔位移计等方法进行监测。

9.3.1.5 监测剖面布设

a) 监测剖面数量宜根据表12的规定选择。

表12 钻孔深部位移监测剖面数量表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 监测等级 | 一级 | 二级 |
| 监测剖面数量 | 不少于3条 | 不少于2条 |

b) 监测剖面宜按矿层或岩层走向或倾向布设，应穿过采空区、岩溶（土洞）发育区、塌陷或沉降区、可能发生或发展扩大的区域。

c) 监测剖面两端应进入稳定的区域内。

d) 监测剖面可依据监测等级、岩溶（土洞）发育、采空区或地面沉降区分布、监测区形状和范围、岩土体工程地质条件、地形地貌等特征，按照“十”“井”“卄”或“丰”等字形布设。

9.3.1.6 监测孔布设

a) 监测剖孔数量宜根据表13的规定选择，布设过程中优先满足监测孔的数量要求。

表13 钻孔深部位移监测孔数量表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 监测等级 | 一级 | 二级 |
| 监测孔数量 | 不少于4个 | 不少于3个 |
| 监测孔布设间距 | 30～100m | 50～150m |

b) 监测孔宜在监测剖面测线上或测线两侧10m范围内布设。同时应考虑在危害性大、稳定性差或易发性大的部位以及能反映地面塌陷稳定状态的关键部位等布设监测孔。当采空区地面建（构）筑物工程重要性等级高、地基基础变形敏感时，监测钻孔应靠近建（构）筑物布设。

c) 易发生大变形部位（地裂缝边缘、地面塌陷坑（洞）和沉降中心附近等）宜加密布设监测孔。

d) 监测孔深度应根据地质条件和勘查设计资料综合确定，监测孔应穿越发生变形破坏的潜在范围的岩土体，相应测管或保护套管底部宜埋设于稳定岩层中。

e) 监测孔应有自己独立的监测、预报功能，宜充分利用已有的钻孔来布设。

f) 监测孔位置选定后，必须定名、编号，测定坐标与高程，标记在地形图上。

g) 监测孔应设置监测标志，监测标志应稳固、明显、结构合理，监测孔的位置应避开障碍物，便于施测与观测。

h) 监测孔孔口应设置保护装置或设施，且监测孔应及时清淤，以维持正常监测。

9.3.1.7 监测点布设

a) 监测孔内监测点设置，应遵循监测级别越高、监测点布设越密的原则。宜根据钻孔柱状图等地质资料，在地质条件差或岩土体可能发生显著变形破坏的部位加密监测点设置。

b) 对于土体分层沉降监测孔，监测孔内监测点宜布设在各层土的中部或界面上，也可等间距布设，布设间距宜为1.0m～2.0m，每个监测孔内监测点数量应满足：监测等级为一级时，不少于8个监测点；监测等级为二级时，不少于6个监测点。

c) 若采用活动式测斜仪，其监测点沿测斜管轴线方向按0.5m或1.0m间距布设。

d) 若采用滑动变形计，其监测点沿测管轴线方向按1.0m间距布设。

e) 若采用多点位移计、固定式测斜仪，监测点应布设在基岩顶部、关键层、导水裂隙带等位置。每个监测孔内监测点数量应满足：监测等级为一级时，不少于4个监测点；监测等级为二级时，不少于3个监测点。

**9.3.2 应力应变监测**

9.3.2.1 布设于重点监测区，方法主要包括光纤应变和同轴电缆时域反射监测。

9.3.2.2 埋设方式包括水平埋设、垂直埋设两种。

9.3.2.3 水平埋设应根据场地特点和监测目的设计布置测线，测线间距应小于3m，测线埋深应不小于2m。

9.3.2.4 垂直埋设主要监测已探明溶洞顶板的不同层位的变形，采用钻孔埋设，钻孔数量根据溶洞的规模确定，孔深应不小于拟监测的溶洞顶板埋深。

9.3.2.5 对于一级监测等级或塌陷规模大时，宜构建全分布式光纤、等距定点光纤、不等距定点光纤相结合的多回路监测系统。

9.3.2.6 监测频率：灌浆结束后应每天上午、下午各测量1次，持续3d；正常监测期间，每年不少于3次，当其他监测数据出现异常变化时应及时增加1次测量。

**9.3.3 探地雷达监测**

9.3.3.1 布设于重点监测区、人类活动强烈地段，探测土层扰动情况。

9.3.3.2 测线应布置在地形相对平缓、地面无障碍物、地质雷达天线易于移动的地区。测线周边没有金属构件或无线电发射频源等较强的电磁波干扰。

9.3.3.3 测线应平行布置，测线间距应小于3m。

9.3.3.4 地质雷达监测深度应大于5m。

9.3.3.5 监测频率：每年不少于2次，当其他监测数据出现异常变化时，应及时增加1次测量。

**9.3.4 地声监测**

9.3.4.1 微震传感器阵列宜包络整个重点监测区，避免传感器阵列平面布设或者长条形布设。

9.3.4.2 微震传感器阵列宜采用均匀分布原则，不同传感器间距应根据地质条件和传感器频率参数综合确定。

9.3.4.3 微震传感器应布设于稳定区域，但距离不稳定区最远距离不宜超过30m。传感器阵列的布设位置应避开溶洞、夹层、裂隙、破碎区和液化层，应远离车辆行驶的道路、工厂、大型建筑、发射塔、空调、高压电线等噪声源1km以上，如确因场地限制只能将微震传感器布设在噪声源附近，则应建立该噪声信号的波形特征，以备分析滤除。

## **9.4 地表变形监测**

**9.4.1 地表变形监测网一般规定**

9.4.1.1 地表变形监测区范围的确定：在现有塌陷坑、地裂缝、沉降带外扩100m～200m。

9.4.1.2 地表变形监测主要包括水平位移、竖向位移和地表或建筑裂缝的监测。

9.4.1.3 地表变形监测网点包括基准点、工作基点及观测点。应根据地面塌陷类型与规模、地质条件、变形特征、影响范围、监测等级、地形地貌、通视条件和施测要求进行布设。

9.4.1.4 GNSS测量应符合《全球定位系统（GPS）测量规范》（GB/T18314-2009）D级以上标准的规定，建立监测网、设置标石并编制埋石说明。

9.4.1.5 水准测量应符合《国家三、四等水准测量规范》（GB/T12898-2009）三等水准测量标准的规定，建立监测网和埋设水准标志。

9.4.1.6 InSAR监测可参照《地质灾害InSAR监测技术指南》（T/CAGHP 013-2018）方案部署、精度指标等要求。

9.4.1.7 三维激光扫描监测可参照《地质灾害地面三维激光扫描监测技术规程（试行）》（T/CAGHP 018-2018）方案部署、精度指标等要求。

9.4.1.8 地表变形监测应在监测数据的基础上，总结地表变形特征，预测发展趋势。

9.4.1.9 地表变形可采用多种方法进行监测，数据应互相校核验证综合分析。

**9.4.2 地表变形监测基准网点布设**

9.4.2.1 地表变形监测基准网由基准点和工作基点构成。

9.4.2.2 每个监测区的基准点不少于3个，重要地区应再增设1～2个。工作基点根据需要设置，便于校核。

9.4.2.3 基准点应设置在变形区域（监测区）以外、不受地面塌陷及其他人类工程活动影响的稳定区域，易于长期保存的稳定岩土层上。

9.4.2.4 基准点应选在视线开阔地区，以便于与工作基点联测。

9.4.2.5 工作基点应布设在稳固且方便观测的位置。对于通视条件较好的小范围监测区，可不设立工作基点，在基准点上直接测定监测点。

9.4.2.6 基准点与工作基点构成合理的网形，监测基准网应满足监测精度要求。

a) 水平位移监测基准网可采用测角网测边网、边角混合网、导线网、GNSS网等。测量方法可采用测角、电磁波测距、附合导线、GNSS测量等。各种布网应考虑图形强度，相邻边长相差不宜超过1/3，交会角应大于30°或小于150°

b) 竖向位移监测基准网应布设成闭合环结点网或附合高程路线。竖向位移监测基准网监测方法可采用几何水准测量、液体静力水准测量等方法。

9.4.2.7 当使用GNSS卫星定位系统测量方法进行平面或三维控制测量时，基准点同时应满足下列要求：

a) 点位周围应便于安置接收设备和操作。

b) 视场内障碍物的高度角不宜超过15°。

c) 离电视台、电台、微波站等大功率无线电发射源的距离不应小于200m；离高压输电线和微波无线电信号传输通道的距离不应小于50m；附近不应有强烈的反射卫星信号的大面积水域、大型建筑以及热源等。

d) 通视条件好，应方便其他测量手段扩展和联测。

**9.4.3 地表变形监测网点布设**

9.4.3.1 采用点（观测点）、线（剖面线）、面（监测网）相结合方式，组成控制整个塌陷区的监测网，反映地质灾害体的整体变化趋势，并掌握其时空动态和发展趋势，突出对关键和敏感部位的监测。

9.4.3.2 观测点可根据变形特征和危害对象沿剖面布设。对于变形速率较大、对稳定性起关键作用、控制变形位移的裂缝等部位可加密观测点。

9.4.3.3 观测点的位置应避开障碍物，监测标志应稳固、明显、结构合理，且便于保护和维护。

9.4.3.4 监测剖面、观测点的数量均应以充分反映地质灾害体的变形大小、方向为原则。监测网可参照9.3.1.2钻孔深部位移监测网布设（图1）选择，可采用其中一种网型，也可同时采用两种或两种以上网型，布成综合网型。

9.4.3.5 地表变形监测剖面和观测点布设宜根据表14的规定选择，具体剖面数和测点数应根据地质灾害体的规模来确定。

表14 地面塌陷地表变形监测数量表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 监测等级 | 一级 | 二级 |
| 监测剖面数量 | 不少于3条 | 不少于2条 |
| 每条监测剖面上观测点数量 | 不少于6点 | 不少于5点 |

9.4.3.6 岩溶地面塌陷地表变形监测网点布设要求

a) 监测剖面应穿越塌陷坑、地裂缝、沉降带，宜平行和垂直岩溶发育方向布置；剖面线应沿有利于施测的公路、大路、乡村小路布设，不要跨越500m以上的河流、湖泊、水体等障碍物。测线距离10m～30m，剖面长度宜大于溶洞最大孔径。

b) 观测点沿剖面等距布设，或距塌陷坑、地裂缝、沉降带不同距离布设，点数参照表13，点间距应控制在5m～20m。

9.4.3.7 采空地面塌陷地表变形监测网点布设要求

9.4.3.7.1 监测剖面布设原则

a) 采空地面塌陷地表变形监测剖面应平行和垂直矿层走向布设，至少有1条剖面设在移动盆地的中心部位，长度宜大于地表移动变形预计范围。

b) 对于壁式开采所形成的采空地面塌陷，应结合地面工程平面布局及单体建（构）筑物变形监测的要求，在平行移动盆地的走向主断面上布设1条、倾向主断面布设1～2条。

c) 对于房柱式、巷柱式等不规则开采所形成的采空地面塌陷，宜结合地面工程平面布局及单体建（构）筑物变形监测要求网格状布设。

d) 对受采空地面塌陷影响的线性工程，宜平行轴线方向布设。

e) 对有特殊要求的工程，应进行专题研究

9.4.3.7.2 观测点布设原则

a) 根据采空地面塌陷目前稳定状态、未来变化趋势和工程建设技术要求，结合矿层地质条件、开采深度、开采方式及塌陷特征等进行采空地面塌陷地表变形监测点布设。

b) 宜在移动盆地的中间区、内边缘区、外边缘区及采空的影响带布置观测点。可采用均匀布点，或移动盆地由内向外密度逐渐增大的方式布设。观测点间距可根据开采深度按表15确定。

表15 采空区地表变形观测点间距

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 开采深度H/m | <50 | 50～100 | 100～200 | 200～300 | 300～400 | >400 |
| 监测点间距L/m | 5～10 | 10～15 | 15～20 | 20～25 | 25～30 | 30～50 |

c) 对于房柱式、巷柱式等不规则开采所形成的采空地面塌陷，应结合地面工程布局及单体建（构）筑物变形监测要求均匀布设。

d) 在地貌单元分界、褶皱、断层、岩层露头、土岩界线等地形地质条件变化及变形敏感的建（构）筑物部位，监测点应加密布设。

9.4.3.7.3 水平位移监测

a) 水平位移监测可根据监测要求及监测环境选择下列方法：

1) 测量特定方向上的水平位移时，宜采用视准线法、小角度法。

2) 测量任意方向上的水平位移时，可采用前方交会法、后方交会法、边角交会法、极坐标法、电磁波测距导线法等。

3) 当工作基点与监测点无法通视或距离较远时，可采用GNSS测量法。

b) 视准线法测量水平位移应符合下列规定

1) 适用于直线边的水平位移监测，监测仪器应架设在变形区外，且测站与基准点、工作基点及监测点不宜太远。

2) 基准点、工作基点及监测点偏离基准线的距离不应大于20mm，并应测量活动牌的零位差。

c) 小角度法测量水平位移应符合下列规定：

1) 适用于不在同一直线上或分布不规则的基准点、工作基点及监测点。

2) 仪器应架设在监测区外，且测站点与监测点不宜太远，起始方向与工作基点到基准点、工作基点及监测点的夹角宜小于5°。

d) 交会法及极坐标法测量水平位移应符合下列规定：

1) 测角交会法宜采用三点交会法，交会角应在30°～150°之间，基线边长不大于600m

2) 边角交会法、导线测量法、极坐标法进行水平位移监测时，边长不得大于1000m，其误差可按误差理论公式估算监测精度。

e) GNSS测量水平位移应符合下列规定：

1) GNSS测量法宜将基准点、工作基点及监测点布设成网，长短边相差不宜太悬殊。

2) GNSS监测时应与基准点组网联测，统一平差计算。

3) GNSS测量法采用GNSS网最弱边相对中误差来评定监测精度。

f) 水平位移监测点可设置强制对中装置，或采用精密的光学对中装置，对中误差不宜大于0.5mm。

9.4.3.7.4 竖向位移监测

a) 竖向位移监测可采用几何水准、液体静力水准、电磁波测距三角高程导线GNSS测量等方法。各竖向位移监测点与水准基准点或工作基点应组成闭合环路或附合水准路线进行平差计算。

b) 竖向位移监测仪器选用应符合下列规定：

1) 一、二级监测项目使用不低于DS05型水准仪和钢钢水准标尺、钢钢条码尺，水准视准轴与水准管轴的夹角，不超过±10″。

2) 三级监测项目可使用不低于DS1型水准和红、黑双面木标尺，或采用全站三角高程测量方法，视准轴与水准管轴的夹角i不超过±15″。

3) 对精度要求不高的大面积竖向位移监测，可使用经过大地水准面精化后的GPS拟合高程测量。

c) 监测项目初始值应在监测标志埋设完成并稳固后测量，取至少2次独立、连续监测值的平均值。

9.4.3.7.5 裂缝变形监测

a) 新建矿区（山）首采工作面开采引起的采空塌陷区，应监测工作面上方采动影响区内的地表贯通性裂缝。地面存在建（构）筑物的塌陷区，应对建（构）筑物产生影响的主要裂缝进行监测。

b ) 地表裂缝监测点宜布设在裂缝较宽、变形速率较大或靠近威胁对象等处。

c) 地表裂缝监测点不少于3组，应成对布设在裂缝两侧，使用两个对应标志，并统一编号。

d) 地表裂缝监测应包括地表及危害对象裂缝的收敛和位错，位错包括裂缝的垂直位错变形和水平位错变形。

e) 根据采空地面塌陷地表裂缝发育特征及危害程度，可采用简易监测、专业监测方法。当监测等级为二级或三级时可采用简易监测方法，当监测等级为一级时应采用专业监测方法。

f) 地表裂缝简易监测可采用贴纸条、钢尺、皮尺、埋桩、埋钉、上漆等简单易行的工具进行测量；专业监测可采用精密钢尺、游标卡尺、百分表、钢尺收敛计、位移传感器、全站仪等专业设备进行测量。位置比较危险或裂缝宽度比较大且人工直接量测和位移传感器监测等方法不便于操作时，宜采用全站仪等进行裂缝收敛观测。

g) 裂缝收敛监测采用全站仪，可使用视准线法、激光准直法或极坐标法测量，观测方法应符合《建筑变形测量规范》（JGJ 8-2016）有关条款规定；裂缝水平位错可采用精密钢尺、游标卡尺等设备进行监测；垂直位错可采用水准测量的方法测得沉降差。

h) 裂缝收敛简易监测精度误差不宜低于2mm或监测周期内平均变化值的1/5，条件具备时应对钢尺、皮尺等测量工具进行标定或校准；专业监测裂缝收敛，采用精密钢尺、游标卡尺、百分表、收敛尺等进行人工直接量测，观测精度误差不宜超过0.5mm或监测周期内平均变化值的1/10；采用测缝计、伸缩计等位移传感器测量时，传感器测量系统应预留有足够的量程，有设计预警值时，预留量程宜为预警值的2倍，当采用两个以上传感器组合测量时应采取有效措施确保现场组装测量系统的准确性，综合误差不宜低于1.5%F⋅S，分辨率不宜低于0.2%F⋅S。

i) 采用精密钢尺、游标卡尺等进行裂缝位错观测时，观测精度不宜低于士0.5mm或监测周期内平均变化值的1/10。

j) 地表裂缝监测周期应与地表变形监测周期保持一致，可根据裂缝变化速度进行调整、当发仪器现裂缝加大时，应及时增加监测频次。

k) 地表裂缝监测标志安装稳固，应具可供量测的明晰端面或中心。量测时应采取有效措施确保竖向位移、水平位移的准确性。

l) 应及时整理地表裂缝监测数据，计算裂缝变形观测点的收敛量、水平位错量和垂直位移量以及本周期平均收敛速率、水平位错速率、垂直位错速率和累计收敛量、水平位错量、垂直位错量。将地表裂缝与地表变形监测数据等成果进行综合分析。

m) 地质灾害裂缝变形观测应提交裂缝变形观测点位布置图、裂缝收敛观测成果表、裂缝位错观测成果表、时间-收敛曲线图和时间-位错（水平位错和垂直位错）曲线图。

**9.4.4 地表变形监测频率**

9.4.4.1 岩溶地面塌陷地表变形监测频率：

a) 采用自动监测时，塌陷坑、地裂缝、沉降带等现象发生前，结合其他监测指标判断，平稳期每个月测量2次，活跃期每天不少于3次；发生后的1d～10d，监测频率每天不少于2次；11d～20d，每天测量1次；21d～30d，每3d测量1次；其他时间段，每个月测量2次。

b) 采用人工监测时，塌陷坑、地裂缝、沉降带等现象发生前，结合其他监测指标判断，平稳期每个月测量1次，活跃期每天不少于2次；发生后的1d～10d，监测频率每天不少于1次；11d～20d每2d测量1次；21d～30d，每7d测量1次；其他时间段，每个月测量1次。

9.4.4.2 采空地面塌陷地表变形监测频率

a) GNSS自动监测，连续不间断，监测频率可每小时1次，自动上传信息化平台。

b) 遥感影像测量，可每季度1次。

c) 其他人工监测：矿区开采期按表16确定；采空地面塌陷治理及地面建（构）筑物建设施工期，监测频率宜为每14d～28d监测1次；采空地面塌陷地面建（构）筑物竣工后，监测频率宜为每30d～60d监测1次，当180d内地表变形累计下沉量小于10mm时，可每半年监测1次。

表16 矿区开采期监测频率取值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 开采深度H/m | <50 | 50～100 | 100～200 | >200 |
| 监测频率 | 1次/（10d～20d） | 1次/（20d～30d） | 1次/（30d～60d） | 1次/60d |

d) 监测过程中发生下列情况之一时，应及时报告委托方，并调整变形监测方案，增加监测频次：

1) 变形量或变形速率出现异常变化。

2) 变形量达到或超过预警值（表17）。

表17 监测预警值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测项目 | 下沉速率值Vw/（mm·d-1） | 倾斜值△/（mm·m-1） | 曲率值△K/（×10-3·m-1） | 水平变形值△/（mm·m-1） |
| 预警值 | 1.0 | 3～10 | 0.2～0.6 | 2～6 |
| 注：监测预警值应根据采空地面塌陷上部结构对地基变形的适应能力和使用上的要求及设计要求综合考虑。 | | | | |

3) 采空塌陷区突发沉陷、塌陷、滑坡等不良地质现象。

4) 建（构）筑物及周边建筑、地表发生变形异常。

5) 地震、地下水抽放、邻近矿区复采等因素引起其他异常。

# **10 监测工程建设**

## **10.1 动力条件监测**

**10.1.1 地下水监测**

监测点宜采用钻探或其他方式成孔，或选择符合监测要求的已有的机井、民井。

10.1.1.1 监测孔施工技术要求

a) 监测孔覆盖层段宜采用无水钻进，岩段须采用清水钻进或低水压钻进，具体按照《供水水文地质勘察规范》（GB50027-2001）的有关规定执行。

b) 终孔内径应不小于91mm。

c) 监测孔深度应根据含水层埋深和厚度确定：

1) 水源地地下水开采，监测孔深度不宜超过地下水的开采含水层底板。

2) 矿山或隧道工程疏干排水，监测孔深度应大于疏干含水层以下20m。

3) 基坑工程施工，监测孔深度应大于工程施工层位底板以下10m。

4) 其他地区裂隙岩溶水监测孔深度应穿过岩溶裂隙发育带或岩溶管道，进入完整基岩5m以上；第四系孔隙水监测孔深度应大于第四系含水层底板0.5m。

d) 岩芯采取率：黏性土和完整岩石不低于80%，砂类土不低于70%，软土、砾类土、溶洞充填物和破碎带不低于60%；无芯间隔不得超过1m，其中黏性土不得超过0.5m。

10.1.1.2 监测孔成孔工艺要求

a) 钻孔应保持垂直，成孔过程中宜跟套管钻进，终孔后，应在套管内放入PVC护管，然后拔出套管。在拔起套管的同时，护管应不受影响。最后，孔口钢套管的保留长度根据具体情况确定。

b) 护管的直径应不小于70mm，放至孔底。护管由3部分组成：下部为3m～5m带堵头且不透水的沉砂管，中部为花管（滤水管），上部为不透水的固定段，固定段深度大于基岩面埋深1m。

c) 岩溶水监测孔：护管的固定段下部绑扎止水带，沿套管和护管之间慢速、均匀浇注水泥砂浆至地面；第四系孔隙水监测孔：PVC管外围倒入粗纱至含水层顶面以上，再倒入黏土或水泥砂浆进行密封。

10.1.1.3 监测仪器要求

a) 水位（压）监测可采取人工监测或自动监测。人工监测可采用钢卷尺、测绳、导线等测量工具，每次应测两次，间隔时间不小于1min；当两次测量数值之差超过2cm时，应重新进行测量；自动监测可采用压力式水位监测、超声波水位监测等方法。监测仪器的量程应大于地下水位的年变幅，监测仪器的测量精度宜±0.5%全量程。

b) 流量可采用人工监测或自动监测。人工监测可采用水表法、水泵出水量统计法等方法。自动监测可采用水表、超声波流量计、电磁流量计等方法。

c) 水温监测可采取人工监测或自动化监测。人工水温监测时，应连续测量两次，当两次测量数据之差大于0.4℃时，应重新测量。

d) 水质可采用人工监测或自动化监测。人工监测可采用现场测试（便携式水质分析仪）、实验室测试等方法。自动化监测可在钻孔中安装水质分析仪，也可水位、水温、水质等一体式传感器。应依据矿种类型、地面塌陷成因、地下水用途及其水质评价标准，确定水质分析项目。水质分析可参照《水质分析规程》（YS/T 5226）。

e) 野外数据采集系统应具备防水、防潮、防雷等功能。

10.1.1.4 监测系统安装要求

a) 安装前应将传感器在水中浸泡30min以上，使传感器空腔内的空气排出

b) 应测量钻孔深度、水位埋深，设计传感器放置深度。

c) 在传感器电缆线上打上水位埋深、放置深度标志。

d) 将传感器放入水面附近，确定其0值读数（水面）。

e) 传感器放至设计深度后固定，读数。

f) 安装数据采集系统，进行监测系统测试，保证数据采集和信号传输等功能正常。

10.1.1.6 监测数据采集

a) 现场直接进行数据采集时，应检查参数设置的一致性，并详细检查数据，消除粗差。

b) 客户端自动采集传输数据时，应对数据逐一进行筛选，检查异常数据，当异常数据无法从客观监测条件中找到合理的解释时，需人工剔除。

10.1.1.7 监测点维护

a) 应定期检查更换数据采集系统的供电系统。

b) 每半年应检查监测设备情况。

c) 每3～6个月应进行一次监测区岩溶地面塌陷巡查。

**10.1.2 降雨量监测**

降雨量监测应能反映监测区所在岩溶地下水系统（水文地质单元）范围内的大气降雨情况，一个监测区应布置不少于1个监测点，要求监测点周围无妨碍雨量计采集雨量的因素存在。

10.1.2.1 仪器设备要求

a) 采用雨量计进行降雨量监测，雨量计由雨量筒、数据记录仪组成，可根据实际情况选购数据无线传输和数据处理模块。

b) 雨量计测量精度不宜低于0.2mm。

10.1.2.2 雨量计安装要求

a) 安装前，应检查确认仪器各部分完整无损，翻斗、数据记录仪工作正常中

b) 用3颗螺栓将仪器底座固定在混凝土基座上，调节水准泡至水平

c) 应根据仪器说明书的要求，正确设置各项参数后，再进行人工注水试验，确认设备运转正常，符合要求。试验完毕，应清除试验数据。

d) 在离开现场前，应观察雨量计周边环境是否有可能遮蔽雨量计的障碍物，若有，应彻底清除。

10.1.3.3 运行与维护

a) 每3个月应定期检查雨量筒1次，及时清除雨量筒中的树叶、泥沙、昆虫等杂物，以防堵塞。

b) 根据电池的使用寿命定期更换数据记录仪的电池。

c) 应定期对数据记录仪进行校对。

## **10.2 岩土体内部变形监测**

**10.2.1 岩土体内部变形监测一般规定**

a) 岩土体内部变形监测钻孔可采取地面成孔或井下成孔方式。可利用地面塌陷勘察、注浆施工或工后质量检测的钻孔，终孔孔径应满足监测设备安装要求。

e) 监测钻孔施工过程中，应做好瓦斯气体突出、渗透突水等安全防护措施，监测仪器及设备应满足防爆、防水、防尘、防火等安全生产技术要求，确保监测工程、工程施工、矿山生产安全。

g) 监测仪器主要技术指标应满足地面塌陷监测精度要求。

b) 监测设备安装前应对监测孔进行扫孔、洗孔、测斜、测保等工作，并在地面对监测设备检验、检测、标定、组装与调试，监测设备连接杆件应排列整齐、连接牢固密封可靠。

c) 监测设备、灌浆管、排气管等一次性整体送入孔内，待下放至设计位置后，应利用与所监测目标地层变形模量相当的充填材料，采用自下上的灌浆固结施工工艺，进行封孔施工。

d) 监测仪器设备应及时安装，专业化施工安装过程中应采取相应防护措施，确保仪器设备完好、正常工作，尽量减小对主体工程的影响。

e) 仪器设备安装理设后，应及时填写安装理设记录表，记录内容应详细、完整、准确、可靠。

d) 岩土体内部变形监测周期应与地表变形监测周期保持一致，可根据变形速度变化调整。当发现变形速率加大时，应及时增加监测频次。

**10.2.2 钻孔深部位移监测**

10.2.2.1 钻孔测斜仪

a) 测斜仪的测量方式，宜采用活动式的，固定式的仅在实现活动式观测有困难或进行在线自动采集时采用。其系统精度不宜低于0.25mm/m，分辨率不宜低于0.02mm/500mm，电缆长度应大于测斜孔深度。测斜仪技术参数要求参见《地质灾害深部位移监测技术规程（试行）》（T/CAGHP 052-2018）。

b) 在预先设计的钻孔中埋设测斜管，测斜管的埋设参见《地质灾害深部位移监测技术规程（试行）》（T/CAGHP 052-2018）。

c) 按置测斜仪前，宜用清水将测斜管内冲刷干净，并采用模拟探头进行试孔检查后，再将测斜仪探头放入测斜管底，静置等候5min，以便探头适应管内水温，监测时应注意仪器探头和电缆线的密封性，以防探头数据传输部分进水。

d) 深部位移监测时，将探头导轮插入测斜管导槽内，缓慢下放至管底，然后由管底自下而上沿导槽逐段量测，记录测点深度和读数。测读完毕后，将测头旋转180°插入同一对导槽内，以上述方法再测一次，测点深度应与第一次相同。

e) 每一深度监测点均应进行正、反两次观测，并取其平均值为本次测值。每一深度的正、反两测值的绝对值之差不宜大于0.05%F·S，数据记录格式参见附录E.1。

10.2.2.2 分层沉降仪

a) 宜采用磁环式分层沉降仪进行深部位移监测，精度不宜低于0.1mm。沉降仪技术参数要求参见《地质灾害深部位移监测技术规程（试行）》（T/CAGHP 052-2018）。

b) 采用分层沉降仪进行深部位移监测，应在预先设计的钻孔中埋设沉降管，沉降管的埋设参见《地质灾害深部位移监测技术规程（试行）》（T/CAGHP 052-2018）。

c) 深部位移监测前，用一沉降环套住探头从上至下移动，检查探头与仪器是否正常工作。

d) 采用分层沉降仪监测时，以孔口（或孔底）为标高，顺孔放入探头，当探头敏感中心与沉降环相交时，仪器发出“哪”的响声，并伴有灯光指示，电表指示值同时变大。此时钢尺在参照点上的指示值即是沉降环所在深度值，记录测试数据。

e) 应对磁环距管口深度采用进程和回程两次观测，并取进、回程读数的平均数作为本次测值。读数较差不应大于1.5mm。数据记录格式参见附录E.2。

10.2.2.3 滑动变形计

a) 滑动变形计精度不宜低于0.03mm/m，分辨率不宜低于0.01mm/m。相关技术参数要求参见《地质灾害深部位移监测技术规程（试行）》（T/CAGHP 052-2018）。

b) 采用滑动变形计，应在预先设计的钻孔中埋设测管，测管的埋设参见《地质灾害深部位移监测技术规程（试行）》（T/CAGHP 052-2018）。

c) 深部位移监测前，应检查并保证测试探头各密封圈完整无破损，连接各测试部件并确保各连接处螺丝拧紧，将探头放入测管内平衡探头与测管温度，同时测试系统开机预热，时间不宜少于20min；测试前后探头应在标定筒中进行标定获得零点位置和率定系数值。

d) 进行深部位移监测时，旋转操作杆使探头处于测试位置，向回拉动操作杆，探头张开并使上下球形头与两测标紧密接触获得测试数据，记录观测数据和探头温度。

e) 两相邻测标构成一个测试单元，同一测试单元重复观测不宜少于3次，观测数据间差值对滑动变形计不大于0.03mm视为稳定，取中间值作为本次测值。数据记录格式参见附录E.3。

10.2.2.4 钻孔位移计

a) 采用钻孔位移计进行深部位移监测，位移计精度不宜低于0.03mm/m，分辨率不宜低于0.01mm/m。钻孔位移计技术参数要求参见《地质灾害深部位移监测技术规程（试行）》（T/CAGHP 052-2018）。

b) 采用钻孔位移计进行深部位移监测，应在预先设计的钻孔中埋设位移计，位移计的埋设参见《地质灾害深部位移监测技术规程（试行）》（T/CAGHP 052-2018）。

c) 进行深部位移监测时，将数据采集仪与位移计的引出电缆对接。待显示数稳定后，记录仪器读数及温度。

d) 同一测杆重复观测不宜少于3次，观测数据间差值不应大于1%F⋅S，取中间值作为本次测值。数据记录格式参见附录E.4。

10.2.3 应力应变监测

10.2.3.1 同轴电缆时域反射监测

10.2.3.1.1 时域反射仪（TDR）设备技术指标要求

a) 脉冲发生器输出：250mV/50Ω·s

b) 输出阻抗：50Ω·s±1%

c) 脉冲发生器和取样电路组合的时间响应：≤300ps。

d) 脉冲发生器偏差：小于10ns时5%，大于10ns时0.5%。

e) 分辨率：1.8mm，6.1ps。

f) 温度范围：-40℃～55℃。

10.2.3.1.2 同轴电缆参数要求

a) 反射损耗应小于0.1p/100m

b) 同轴电缆的特性阻抗应不超过（50±3）Ω。

c) 同轴电缆缠绕夹具模式下拉断的延伸率应不超过50%。

d) 同轴电缆的拉断荷载应低于200N。

10.2.3.1.3 胶结材料要求

a) 胶结材料中水泥、砂的比例应介于1:3～1:4之间。

b) 砂浆抗折强度应低于2MPa。

10.2.3.1.4 同轴电缆安装埋设

a) 安装前准备工作

1) 应结合电缆布设方案（单向或回路），计算所需电缆的长度。

2) 应连接设备测试并记录实际长度。

b) 根据实际条件，选择水平挖槽方式或非开挖定向钻孔方式铺设同轴电缆。

c) 安装过程

1) 确定同轴电缆接头位置。

2) 拉测线，用腻子粉在地面上划线。

3) 沿线挖槽或定向钻孔，直接铺设同轴电缆。

4) 搅拌砂浆，同轴电缆上覆砂浆，砂浆厚度应大于2cm；定向钻孔铺设时，分段灌注砂浆。

5) 记录初始测量值。

10.2.3.1.5 监测点维护

应注意同轴电缆接头防潮防水条件检查、及时更新破损接头。每隔4个月应沿测线开展地表异常调查。

10.2.3.2 光纤应变监测

10.2.3.2.1 光纤水平埋设技术要求

a) 光纤安装前，应结合测线计算所需光纤的长度，同时应连接设备进行测试并记录实际长度。

b) 可采用地面挖槽方式埋设，也可在地基工程施工期间直接埋设光纤

c) 地面挖槽埋设技术要求如下：

1) 确定光纤接头的位置，便于后续测量维护。

2) 测线定位，用腻子粉在地面上划线、插签标示。

3) 沿线挖槽，将开挖土体分层放置在旁边。

4) 沿槽记录地表至槽底土层的厚度与性质、土洞位置等特征，确定光纤标定位置。

5) 平整槽底部，放置光纤，在标定位置预留2m光纤，间隔2m用砂或粉碎的黏土固定，测量光纤。

6) 根据测线位置记录光纤在转角处标定位置、土层性质变化位置、埋设起点及终点段的码标，并填报相关表格，参见附录F。

7) 采用RTK或全站仪测量测线端点、转角点坐标。

8) 用加热法在标定位置加热，测量光纤，读取标定距离。

9) 用人工将粉碎黏土或砂回填至高度20cm，测量光纤。

10) 继续用机械将黏土回填至地表，压实，测量光纤长度及变形。

d) 工程施工期间理设技术要求如下：

1) 确定光纤接头位置。

2) 拉测线，用腻子粉在地面上划线，确定光纤标定位置。

3) 沿测线直接铺设光纤，在标定位置顶留2m光纤，间隔2m用砂或粉碎的黏土固定。

4) 根据测线位置记录光纤在转角处标定位置，设初始结束段的码标。

5) 采用RTK或全站仪测量测线端点、转角点坐标。

6) 用加热法在标定位置加热，测量光纤应变并读取标定距离。

7) 光纤上覆砂浆，砂浆厚度应大于2cm；水泥砂的比例应介于1:3～1:4之间；砂浆抗折强度应低于2MPa。

8) 测量光纤长度及变形。

10.2.3.2.2 光纤垂直埋设技术要求

a) 一般采用钻孔安装，终孔直径应不小于90mm，钻孔垂直度应小于2%。

b) 应根据孔深、孔径大小，初步估算灌浆材料用量和所需光纤的长度。

c) 连接设备测试并记录光纤实际长度；记录钻孔底部码标位置，记录溶洞段、岩土分界、孔口等对应的光纤码标位置。

d) 光纤埋设流程如下：

1) 放置光纤至设计深度。

2) 自下而上分段灌浆。

3) 保证光纤在灌浆过程中不被压、踩、弯折。

4) 灌浆结束后，记录孔口光纤实际码标，连接仪器设备进行测量并记录。

5) 安装孔口保护箱。

10.2.3.2.3 监测点维护

应注意光纤接头防潮防水条件，每隔4个月应沿测线开展地表异常调查。

**10.2.4 探地雷达监测**

10.2.4.1 仪器设备要求

a) 信号增益控制应具有指数增益功能。

b) A/D转换位数不小于16bit。

c) 连续测量时扫描速率每秒不小于128线。

10.2.4.2 技术要求

a) 测线端点、拐点应埋设桩石，做好保护，采用RTK或全站仪等测量坐标。

b) 现场扫描时应清除或避开测线附近的金属物、高压线及电线。

c) 支撑天线的器材应选用绝缘材料，天线操作人员不应佩带含有金属成分的物件，并应与工作天线保持相对固定的距离。

d) 探测过程中，应保持工作天线的平面与地面基本平行，距离相对一致。

e) 采用连续测量时，天线的移动速率应均匀，并与仪器的扫描率相匹配；采用点测时，点距应不大于1m。

f) 遇岩溶土洞异常时，宜使用两组正交的方向分别进行扫描，确定土洞边界。

g) 记录标注应与测线桩号一致。采用自动标注时，应避免标注信号线的干扰；采用测量轮标注时，应每10m校对一次。

h) 应采用同型号设备、相同探测参数进行监测。

**10.2.5 地声监测**

10.2.5.1 微震监测仪器选型

a) 微震监测系统包括传感器、数据采集仪和监控数据分析软件，各构件技术指标要求可参考《地质灾害地声监测技术指南（试行）》（T/CAGHP 029-2018）。

b) 监测用传感器的频率响应应覆盖监测对象微震信号的主频范围，微震传感器的线性度误差不应大于1%。

c) 微震监测系统宜采用冗余系统设计方案，无冗余功能的传感器、数据采集仪、传输控制设备、报警模块等必须配备已布设仪器总量20%且不少于1个的备品，长交期备品应增加到总量的30%且不低于2个的备品。

d) 应合理确定单分量及三分量传感器所占的比例，一般为3:1，传感器总数不低于8个。对于定位精度要求较高的监测工程，宜尽量选择三分量传感器；在监测通道数有限的情况下，如需监测更大的范围，宜以单分量传感器为主。

e) 传感器引线与信号电缆连接的信号屏应固定在排水良好的基础或专用杆上，信号屏应是户外型，防护等级按《外壳防护等级（IP代码）》（GB4208-2017）的规定划分，不应低于IP66。

f) 数据采集仪的采样频率应根据传感器的频率响应和岩体基本质量等级综合确定，确保微震数据采集完整，无遗漏或失真情况出现，采样频率不应低于信号频率的5倍。

g) 数据传输线路应采用双回路方案，可采用不同的敷设路径或不同的传输方式。数据传输方案宜能自动转换，如需手动转换，则应在5min内完成线路切换。

h) 监测数据传输方式应保证数据传输的可靠性和安全性，选择恰当的传输方式：

1) 如现场具备电缆敷设条件，传感器与数据采集站之间宜采用有线信号电缆传输，且单条电缆最长不宜超过300m，传输距离大于300m，应在传感器端添加放大器。

2) 如现场不具备电缆敷设条件，传感器与数据采集站之间可采用无线传输，采集站应布设在信号发射功率覆盖范围之内，并与现场服务器的无线接受器之间具备可通视区域。

3) 数据采集站到现场服务器之间可采用网络传输，也可采用有线信号电缆传输。

4) 现场服务器到数据分析中心、办公室可采用网络传输。

i) 采用多个传感器进行微震监测，应确保时间同步，绝对误差不宜大于0.1ms。

10.2.5.2 微震监测仪器安装

a) 微震传感器应采用钻孔安装，也可利用探槽、探洞、平硐或其他已有地下硐室。

b) 钻孔安装前应确保孔内无碎石残渣，并采用水泥砂浆浇灌，砂浆强度等级不得低于M10。应深入中风化基岩1.3～1.5m，总体孔深不小于3m，确保浇灌砂浆后的传感器与基岩充分耦合。孔径宜为传感器外径的1.3～1.5倍，且不应小于32mm。

c) 若钻孔为水平孔、下斜孔或垂直孔，应利用安装杆将带电缆线的传感器放置至孔底，排气管应放置于孔口，防止被砂浆堵住无法排出孔内空气，注浆管应深入底部，距孔底 1m∼2 m为宜，浆液注满标准与上倾孔时要求一致。

d) 若钻孔为上斜孔，应利用安装杆将带电缆线的传感器与排气管捆绑伸人孔底，孔口应采用木塞密封，排气管、注浆管和电缆线可从木塞的预制孔中穿出，注浆管不宜深入底部，以探人孔内1m～2m为宜，应以排气孔溢出浆液为注满标准。

e) 如因地质条件限制，传感器只能埋设在断层或其他破碎岩层中，应采用导波杆作为辅助工具。

f) 传感器安装完成后，应对其进行编号，并记录其所在的空间位置坐标，记录结果应写入附录G中表G。

g) 数据采集仪应安装在室内，并应符合《建筑物电子信息系统防雷技术规范》(GB50343-2012)关于防雷的有关规定。室内所有金属外壳、金属门窗、进出的金属管线都应与等电位箱做可靠连接。接地电阻不宜大于4Ω，宜采用等电位放射式连接，禁止串接。如周边岩层接地电阻大于16Ω，宜采用换土法或导电剂加以改善。进出建筑物的线缆、管线也必须做等电位可靠连接。

h) 数据采集仪应安装在距地面1.4m～1.6m高度位置，采集仪上方应避开窗户和管路。

i) 采用电缆传输时，线路宜采用埋地敷设，穿越路基、构造物、河流湖泊等，与其他管道交叉必须穿金属保护管。

j) 传输电缆在开阔地带或易遭雷击处严禁采用架空敷设。

k) 监测系统用电等级为一级，宜配备不间断电源或发电机。供电系统宜采用自动转换装置，如需手动转换，应能在5min内完成供电线路的切换。发电机或其他备用电源的接地必须与主电源的接地做等电位可靠连接。

l) 监测系统供电回路严禁与其他大功率设备同用，并应配备稳压器。

10.2.5.3 微震监测仪器校验

监测仪器安装完成后，应进行监测灵敏度测试和系统校验，根据传感器布阵方案分析监测区域最小可监测能级分布情况。

10.2.5.4 微震监测仪器维护

a) 微震监测应建立现场监测保障制度，定期对设备进行维护并对场地内及场地周围规定距离内的环境进行巡视检查，对可能影响监测结果的因素应当及时排除或向有关部门反映，及时采取补救措施。

b) 对于地面塌陷风险高的灾害点，应建立3班24h工作制，定期观察、巡视现场线路和设备工作状况，及时排查出现的故障。

## **10.3 地表变形监测**

**10.3.1 仪器设备要求**

a) 地表变形监测应根据监测等级及精度选择合适的仪器。满足精度和效率要求并经过国家计量认证的监测仪器。仪器参数可参考《地质灾害地表变形监测技术规程（试行）》（T/CAGHP 014-2018）。

b) 地形地貌复杂、人工监测存在安全风险时，宜安装自动化监测仪器。

**10.3.2 监测控制网建设**

10.3.2.1 地表竖向位移监测应设置高程基准点；水平位移、裂缝观测应设置平面基准点，必要时应设置高程基准点。

10.3.2.2 变形监测基准点的标石、标志埋设后，应达到稳定状态后方可开始观测。稳定期应根据观测要求与地质条件确定，不宜少于15天。

10.3.3.3 地表变形监测水平位移基准网可采用独立坐标系统，必要时可与国家坐标系统联测。竖向位移基准网宜采用所在区域原有的高程系统。

10.3.2.4 平面基准点、工作基点的形式及埋设应符合下列要求：

a) 平面控制点宜采用带有强制归心装置的观测墩或埋设专门观测标石，点位标志、标石埋设可参照《地质灾害地表变形监测技术规程（试行）》（T/CAGHP 014-2018）。

b) 照准装置应具有明显的几何中心或轴线，并应符合图像反差大、图案对称、相位差小和本身不变形等要求。

c) 照准标志宜采用强制对中装置的规牌，强制归心时对中中误差不得大于±0.2mm。

d) 对用作平面基准点的深埋式标志、兼作高程基准的标石和标志以及特殊土地区或有特殊要求的标石、标志及其埋设应另行设计。

10.3.2.5 高程基准点、工作基点的形式及埋设应符合下列要求：

a) 高程基准点的标石应埋设在基岩层或原状土层中，可根据点位所处的不同地质条件，选埋基岩水准基点标石、深埋双金属管水准基点标石、深埋钢管水准基点标石、混凝土基本水准标石。

b) 高程工作基点的标石可按点位的不同要求，选用浅埋钢管水准标石、混凝土普通水准标石等。

c) 标石、标志的形式可参照《地质灾害地表变形监测技术规程（试行）》（T/CAGHP 014-2018），亦可埋设在观测墩上。特殊土地区和有特殊要求的标石、标志规格及理设，应另行设计。

10.3.2.6 应加强对观测点的保护，必要时应设置观测点的保护装置或设施。

**10.3.3 水平位移监测点**

10.3.3.1 水平位移观测的标志应根据不同地面塌陷的特点进行设计。标志应牢固、适用、美观，便于保护。

10.3.3.2 水平位移观测点一般应设置有强制对中装置，特殊情况下可采用精密的光学对中装置。

10.3.3.3 土体上的地表水平位移观测点可埋设预制混凝土标石。根据观测精度要求，顶部的标志可采用具有强制对中装置的活动标志或嵌入加工成半球状的钢筋标志。标石埋深不宜小于lm，在冻土地区应埋至当地冻土线以下0.5m。标石顶部应露出地面20cm～30cm。

10.3.3.4 岩体上的地表水平位移观测点可采用砂浆现场浇固的钢筋标志。凿孔深度不宜小于10cm。标志埋好后，其顶部应露出岩体面5mm。

10.3.3.5 必要的临时性或过渡性观测点以及观测周期短、次数少的地表水平位移观测点，可埋设硬质大木桩，但顶部应安置照准标志，底部应埋至软土层以下。

**10.3.4 竖向位移监测点**

10.3.4.1 竖向位移观测的标志应根据不同地面塌陷的特点进行设计。标志应牢固、适用、美观，便于保护。

10.3.4.2 竖向位移观测标志的立尺部位应加工成半球形或有明显的突出点，并涂上防腐剂。

10.3.4.3 竖向位移观测点标志可采用浅埋标和深埋标。浅埋标可采用普通水准标石或用直径25cm的水泥管现场浇灌，埋深宜为1m～2m，并使标石底部埋在软土层以下。深埋标可采用内管外加保护管的标石形式，标石顶部须埋入地面下20cm～30cm，并砌筑带盖的窖井加以保护。

10.3.4.4 当采用静力水准测量方法进行竖向位移观测时，观测标志的形式及埋设，应根据采用的静力水准仪的型号、结构、读数形式以及现场调解确定。标志的规格尺寸设计，应符合仪器安置的要求。

10.3.4.5 竖向位移观测点标志和埋设，应根据观测要求确定，可采用浅埋标志。

**10.3.5 裂缝监测点**

10.3.5.1 裂缝变形观测点宜布设在具有代表性的最大裂缝处及可能的破裂面部位。对于长度大于2m的裂缝不应少于2组观测标志，其中一组应在裂缝的最宽处，另一组应在裂缝的末端。每组应使用两个对应的标志，分别设在裂缝的两侧。

10.3.5.2 监测标志宜在裂缝两侧埋设固定棱镜、专用反光片或刻十字丝的金属标志，当人工无法接近或比较危险的裂缝位置，可采用记录裂缝两侧固定特征点作为监测标志。

10.3.5.3 根据裂缝两侧地面岩土性质不同制作稳固的监测标志。基岩可采用刻画平行线标志或粘贴玻璃片、砂浆片、金属片、石膏饼等标志；土层可采用埋设木桩、混凝土桩或钢筋等标志，标志离裂缝边缘不宜小于30cm，标志埋入地面深度不宜小于50cm，并用水泥砂浆或混凝土加固桩脚部位。

10.3.5.4 监测标志应稳固且具有可供量测的明晰端面、刻线或固定接触点。基岩可用砂浆、环氧树脂等建筑粘合剂粘贴的玻璃片、金属片或钻孔植人金属钩（环）等标志；土层可采用埋设混凝土桩或金属杆等标志，埋设方法应符合本标准10.3.5.2条的规定。

10.3.5.5 传感器和监测标志的安装应固定可靠，岩质地面可采用钻孔膨胀螺钉固定、土质地面可采用埋设混凝土桩（墩）辅助固定。

10.3.5.6 位错监测标志宜根据裂缝的宽度、地形条件、地质特征等条件理设，应符合下列规定：

a) 监测标志应具有可供量测的明晰端面或中心；量测时应采取有效措施确保垂直和水平位移两个变量的准确性

b) 监测标志安装应稳固，记录或刻画裂缝一侧标志在另一侧标志上投影或相对位置的初始值或投影点。

## **10.4 简易监测**

**10.4.1 一般规定**

10.4.1.1 简易监测主要是观测塌陷发生前后异常现象的变化。

10.4.1.2 简易监测工作应纳入群测群防体系，由基层巡查员或监测单位巡视人员承担。

10.4.1.3 简易监测发现重大异常现象时，应及时上报，以开展专业监测。

**10.4.2 监测内容**

10.4.2.1 通过对主要水点、居民点的巡查走访，观测岩溶地塌陷前兆现象，包括井（泉）的干枯、井水浑浊、地面喷水冒砂、地而下凹汇水、地板架空、墙壁开裂等，及时填报相关表格（附录H）。

10.4.2.2 巡查可能诱发岩溶地面塌陷的大型工程施工情况，及时填报相关表格（附录H）。

**10.4.3 监测频率**

在汛期以及附近工程强烈抽水或排水期间，简易监测每天不少于1次；其余时段，每个月不少于1次。

# **11 监测工程竣工验收**

## **11.1 竣工验收内容**

a) 根据甲、乙双方签定的地质调（勘）查、设计、施工、监理等符合国家经济合同法规定的合同书，检查是否已完成工程设计和合同约定的各项内容。

b) 施工单位在工程完工之后，对工程质量进行自检，确认工程质量符合有关法律、法规和工程建设标准，符合设计文件及合同要求，并提交工程施工竣工报告。工程施工竣工报告应经项目经理和施工单位法人审核签字。

c) 监理单位对工程进行了质量评价，具有完整的监理资料，并提交包括工程质量评价内容的施工监理总结报告。工程监理总结报告应经总监理工程师和监理单位法人审核签字。

d) 调（勘）查、设计单位对调（勘）查、设计文件及施工过程中有关调（勘）查、设计的变更通知书进行了检查认定，并提出了包括质量检查内容的调（勘）查、设计总结报告。调（勘）查、设计总结报告应经该项目调（勘）查、设计负责人和调（勘）查、设计单位法人审核签字。

e) 监测试运行检验检测单位进行了监测运行检验检测，完成了初始值的监测，编制了监测检验检测报告。

f) 工程使用的主要建筑材料、建筑配件和监测设备的合格证及进场复验报告齐全合格。

g) 有完整的技术档案和施工管理资料。

## **11.2 竣工验收比例**

竣工验收比例为100%，对所有监测工程全部进行竣工验收。

## **11.3 竣工验收程序**

a) 调（勘）查、设计、监理、施工单位分别汇报监测工程合同履约情况和在监测工程建设各个环节执行法律、法规和各类建设标准的情况。

b) 监测试运行检验检测单位汇报对工程监测试运行的检验检测情况、监测初始值及存在问题。

c) 现场实地查验监测工程数量、外观、工程质量、监测试运行检验情况，逐点填写地面塌陷监测工程竣工现场验收检查表。

d) 审阅建设、调（勘）查、设计、施工、监理单位的监测工程档案及有关资料文件。

e) 验收组进行讨论，进行工程质量评定，对监测工程设计、施工、建设管理、监理、监测检验、工程资料等方面做出全面评价，形成经验收组签署的地面塌陷监测工程竣工验收鉴定书。

f) 对于验收达不到合格标准的工程，不予验收，责令其整改，整改完成后再进行竣工验收。

g) 建设单位完成竣工验收、资料归档和录入后，向省、市自然资源主管部门提出竣工验收申请书，申请竣工验收。申请书应附建设单位完成的竣工验收报告和相应的竣工验收成果。

## **11.4 竣工验收应提交的成果**

a) 调（勘）查单位提交：\*\*地面塌陷监测工程调（勘）查总结报告。

b) 设计单位提交：\*\*地面塌陷监测工程设计报告。

c) 施工单位提交：\*\*地面塌陷监测工程施工竣工总结报告。

d) 监理单位提交：\*\*地面塌陷监测工程监理总结报告。

e) 监测试运行检测单位提交：\*\*地面塌陷监测工程监测试运行检测报告。

f) 建设单位提交：\*\*地面塌陷监测工程建设管理报告；\*\*地面塌陷监测工程竣工现场验收检查表；\*\*地面塌陷监测工程竣工验收鉴定书；\*\*地面塌陷监测工程竣工验收报告。

# **12 监测系统运行与维护**

## **12.1 监测系统调试**

12.1.1 系统调试在监测系统安装过程中完成并出具调试说明书。

12.1.2 监测系统调试负责人及调试技术人员必须熟练掌握所调试设备的各项性能，并携带调试所需经过鉴定合格的检测设备。

12.1.3 监测系统调试应包括监测设备正常运行、信息信号联通、监测数据各种信道记录传送、预警设置演练、软件演练及数据分析等。

12.1.4 按监测目的和预警要求，合理设置各类设备数据采集的各项指标。

12.1.5 系统各项指标要求达到设计要求后，系统可连续运行72小时，无异常情况后调试完成。

12.1.6 监测工程建设完成后，应待混凝土、水泥等凝固稳定后方可进行首测。

## **12.2 监测系统试运行**

12.2.1 监测系统试运行是由建设单位委托监测单位或监测建设单位按照正常运行的要求，开展监测预警工作，对运行过程中所发现的问题及时反馈给建设单位，进行检查、调试和整改。

12.2.2 监测实施单位应与建设单位明确试运行周期。

12.2.3 通过一定周期的试运行，应将试运行过程中所发生和发现的问题逐一解决，故障率逐渐下降，最终达到设计要求。

12.2.4 试运行期间应定期对仪器设备进行野外巡检和外观巡视。保证仪器设备正常运营。

12.2.5 终端实时的异常数据，及时进行现场调查、校核与检查分析，保证（设备硬件这方面）原始数据采集真实、准确。

12.2.6 定期与仪器设备商家进行技术交流、沟通，提高工程质量的把控能力。

## **12.3 监测系统运行维护**

12.3.1 所有仪器设备（包括电缆）和设施应予保护，制作醒目的保护标志牌，明确保护单位、保护人及联系方式。

12.3.2 硬件设施的维护包括仪器各模块的测试、校正、标定、更新、供电设施维护及周边环境维护。

12.3.3 软件维护包括参数设置、显示、承储、传输、系统升级、漏洞修复、更新等。

12.3.4 定期开展监测设备运转的现场巡视检查。每年定期（不少于2次）开展现场设备的维护维修。

12.3.5 应具备设备运行状态实时检测功能。软件系统中必须具有实时反馈设备运行状态的功能，一旦监测数据中断系统能及时反馈给工作人员，并在不超过2周的时间内使仪器设备恢复正常运行。

12.3.6 每月应至少开展一次设备运行状态检测。

12.3.7 每年应至少开展一次设备（硬件和软件）全面检测，每年按规定对设备进行检定。

12.3.8 每三年应对监测基准点进行一次复测，每半年或一年应对监测工作基点进行一次复测。

12.3.9 应经常对监测区域内的基准点、控制点、工作基点、形变监测点的地形地貌变化进行巡视检查，发现异常应采取必要的补救措施和对策。

12.3.10 综合信息平台的运维管理、更新升级按照相关的信息化安全运行管理制度和要求执行。

# **13 监测数据分析**

## **13.1 一般规定**

13.1.1 数据采集应注重两个方面：一是按时，按监测频率或预报需要及时采集数据；二是全面，每次都应收集与监测灾害体有关的所有数据。

13.1.1 监测人员应对监测数据进行整理与检核（含粗差剔除），利用可靠监测数据绘制单点变形过程线，及时掌握动力条件、地表或地下变形的基本情况。

13.1.2 综合分析应联合各种监测数据、结合孕灾环境条件进行。分为2个层面：一是同类监测指标的联合分析，二是灾害体不同监测指标的联合分析。得到各监测内容、数据之间的相关性。

13.1.3 综合分析过程中，对监测数据曲线可以采用一些数学手段，如平滑滤波、去噪、等间隔化处理等，消除外界因素干扰成分，突出灾害体发展演化的宏观趋势和总体规律。

13.1.4 基于监测数据分析的预测模型经验算后方可采用，预测模型外推数据不得大于2期。

13.1.5 监测单位应将监测数据及时汇总，经资料整理与分析后，报表中应含明确、可靠的结论，为主管部门或建设单位防灾、预警决策提供技术支撑。

a) 监测实施期间，监测单位应根据监测设计的预报警方案，及时判定灾害体稳定性现状，预测其变形发展趋势。

b) 监测实施期间，当监测数据超过注意阈值或出现黄色及其以上预警状态时，监测单位应及时现场核实预警的有效性，分析产生预警的原因，对有效预警须立即向相关主管部门汇报并提交预警报告；同时，监测单位须有针对性地对当前监测方案进行调整。

## **13.2 监测数据整理分析**

**13.2.1 地下水监测数据**

a) 根据传感器标定参数及安装参数，及时将采集到的原始监测数据转换为水头压力、地下水位埋深、标高，形成时间系列数据，建立数据库，拷贝数据并编号存档。

b) 绘制水位标高及其变化速率的时间变化曲线图。

c) 绘制地下水位等值线图、地下水位变化等值线图、地下水位与基岩面关系图等图件。

d) 按月、季、半年、年的间隔对监测数据进行统计分析，获取水位标高、水气压力变化速率等指标的最大值、最小值、平均值等特征值。

e) 分析可能导致数据异常的原因。

f) 通过水质检测结果，分析监测区水质变化情况。

**13.2.2 降雨量监测数据**

a) 应及时分析数据，分别计算小时降雨量12小时降雨量、日降雨量、月降雨量。

b) 建立降雨量数据库。

c) 绘制地下水位变化和降雨量关系曲线。

**13.2.3 钻孔深部位移监测数据**

a) 监测数据采集后，首先对监测数据进行校核，甄别粗大误差、系统误差、随机误差或其他原因造成的异常数据，减小监测数据失真对分析、评价结果的影响。

b) 由于计数或记录错误、操作不当、突然冲击振动等原因产生个别的粗差，宜采用统计方法判别，确定后应予以剔除。

c) 系统误差中的恒值系统误差采用标准量代替法或抵消法消除，线性系统误差采用标准量代替法、平均斜率法或最小二乘法消除。

d) 随机误差应确定其分布参数，主要是均值和均方值（标准误差），并设法减小标准误差。减小标准误差的方法包括平均值法、排队剔除法和数字滤波法。

e) 取得现场监测资料后，应及时对监测资料进行整理、分析和校对，监测数据出现异常时，应分析原因，必要时应进行现场校对或复测。

f) 对监测资料应及时进行分析处理，一般包括变形量、变形速率等，进行监测曲线拟合、平滑和滤波，绘制深部位移随深度的变化曲线和关键、典型深度位置处监测点深部位移随时间的变化曲线。

**13.2.4 同轴电缆时域反射监测数据**

a) 直接根据监测数据，绘制同轴电缆时域反射曲线。

b) 对比分析同一条测线在不同时间的同轴电缆时域反射曲线，记录同轴电缆发生新断点的距离、测线实际位置、测量时间。

c) 同轴电缆时域反射测量出现断点异常时，可判断为地下土洞形成。

d) 建立数据库，拷贝数据并编号存档。

**13.2.5 光纤应变监测数据**

a) 导出数据，将光纤应变分析仪所取得的监测数据转换为土体竖向应变数据。

b) 消除仪表盲区和光纤后期维护对监测数据配准的影响。

c) 记录异常应变值的距离和实际位置、测量时间。

d) 绘制监测光纤的应变曲线图、监测光纤应变时间序列图。

e) 变形破坏判断：当光纤出现断点异常时，直接判断为土洞形成；前后两次对比结果应变量增大50%时，推断该点土体发生异常，需进一步核实土洞形成情况。

f) 建立数据库，拷贝数据并编号存档。

**13.2.6 地质雷达监测数据**

a) 地质雷达数据处理方法包括：删除无用道水平比例归一化、增益调整、地形校正、频率滤波、f-k倾角滤波、反褶积、偏移归位、空间滤波、点平均等。

b) 选择处理方法和处理步骤时，应根据外业记录数据质量及解释要求进行。当反射信号弱、数据信噪比低时不宜进行反褶积、偏移归位处理，在进行f-k倾角滤波和偏移归位处理前应删除无用道，并进行水平比例归一化和地形校正。

c) 绘制地质雷达剖面图像，连续测量时可绘制灰度或色谱图像，点测时可绘制波形图像，雷达图像应标注测线号、桩号、深度时间标注。

d) 结合岩溶地质条件，对探测结果进行解释，绘制雷达地质成果解释剖面图，应绘制分层界线、土洞或土层扰动带异常中心、范围、延伸方向等。

e) 对比不同时间的地质雷达探测结果分析土洞或层扰动带异常中心的变化。

f) 建立数据库，拷贝数据并编号存档。

**13.2.7 微震监测数据**

13.2.7.1 微震监测数据应保证微震信号的实时采集、处理和发送，微震事件波形应获得有效记录及触发，用于震源定位的监测数据获取的有效通道不宜少于4个。

13.2.7.2 数据采集系统应配备滤波功能，不同类型的噪声可采用以下方法滤除：

a) 电流干扰、机械振动干扰等具备固定频率段的干扰源，宜采用陷波滤波器滤除。

b) 底噪干扰较大时，宜采用限幅滤波器滤除。

c) 特定的低频噪声源或高频噪声源，宜采用高通滤波器或低通滤波器滤除。

13.2.7.3 微震监测信号滤噪应遵循以下技术路线：

a) 从微震监测系统获取实测波形信息。

b) 建立噪声及岩土体破裂典型信号的波形特征。

c) 微震信号类型识别。

d) 噪声滤除，获得岩石破裂真实信号。

13.2.7.4 应分析微震现场监测可能遇到的噪声类型，提取爆破、开挖、钻进、电气等典型噪声及岩石破裂典型信号的波形特征，噪声信号源及其波形特征可根据实际情况增减。

13.2.7.5 不同类型的微震信号可按如下方法识别：

a) 岩石破裂有效信号受干扰较小的工程可通过示波窗人工识别波形类型。

b) 特定类型的岩石破裂信号可通过信噪比、振幅或波形历时等指标识别波形类型。

c) 平稳型噪声可通过小波-AIC方法进行识别。

d) 复杂环境下岩石破裂有效信号受干扰较大的工程可采用多指标识别方法。

13.2.7.6 P波、S波到时应按如下方法选取：

a) 应选取波形图上第一个突起的像素点为P波粗略到时点，在该点处放大波形图，通过左右移动像素点进行人工细调，获取最终的P波到时。

b) 应选取P波到时点之后波形振幅突然跳起的像素点为S波粗略到时点，在该点处放大波形图，通过左右移动像素点进行人工细调，获取最终的S波到时。

13.2.7.7 微震监测系统波速模型采用人工定点爆破试验确定，方法如下：

a) 在传感器阵列范围内分散布设爆破点，布点数量不少于6个。

b) 记录爆破点空间位置坐标。

c) 进行小药量非微差爆破，记录爆破时间。

d) 拾取各传感器所接收到的人工定点爆破P波或S波到时。

e) 根据传感器到时、坐标和爆破时间、爆破源坐标，进行定位误差分析，选择误差最小的P波或S波波速作为波速模型。

13.2.7.8 获取微震时间后，应开展震源空间定位分析，震源定位的基本原理参见《地质灾害地声监测技术指南（试行）》（T/CAGHP 029-2018）。震源定位可采用以下方法：

a) 震源位于传感器阵列内时，可采用牛顿迭代法。

b) 震源位于传感器阵列边缘时，可采用单纯形法，

c) 震源位于传感器阵列外时，可采用粒子群分层定位算法，

13.2.7.9 应利用振动能量计算事件规模，并深入分析微震能量、震源震级（如矩震级、近震震级等）、地震矩、视应力、动态应力降、静态应力降等基本参数。

13.2.7.10 微震事件空间定位和能量分析结果应形成可视化图件，在三维或二维监测区地质图上对照显示。

**13.2.8 地表变形监测数据**

a) 对数据进行甄别分析，保证数据的可靠性。

b) 计算监测点的下沉值W、水平移动值U、倾斜值i、曲率值K、水平变形值∈、下沉速率值Vw、移动角、边界角等变形值。地表变形监测数据可按附录J、附录K、附录L格式进行计算分析。

c) 绘制水平变形值、水平移动值U、曲率值K、倾斜值i、下沉速率值Vw等各种移动变形曲线，绘制监测区地面沉降等值线图。

d) 绘制地表裂缝分布位置图、裂缝时程变化曲线图等。分析地裂缝、建筑裂缝的时间变化规律。

e) 建立数据库，拷贝数据并编号存档。

**13.2.9 简易监测资料整理**

a) 整理简易监测记录表，建立数据库。

b) 甄别简易监测结果，填写岩溶地面塌陷简易监测结果分析表，参见附录I。

c) 建立数据库，拷贝数据并编号存档。

**13.2.10 监测资料整编内容**

a) 监测资料应包括：监测点位布置图、监测成果表位移矢量图、变化时程曲线、监测分析总结、监测仪器检定资料及其他必要的附件。

b) 巡视检查内容应及时填报地面塌陷巡检记录表，格式见附录M。巡检过程中发现的异常问题及其原因分析应做完整编录，必要时可附素描和照片。

## **13.3 监测数据综合分析评估**

以地下空洞分布特征为基础，结合地下水资源开采、工程建设、地下采矿等活动分布，综合分析地下水、地表和岩土体内部变形的监测数据，预测地面塌陷短期变形发展趋势。一般情况下，各类监测信息发生明显变化时，均应进行预警预报，无需过多地分析各类数据间的数值关系。

**13.3.1 动力条件监测**

根据动力条件监测结果，分析地面塌陷易发性

a) 通过原状土样渗透变形实验，获取土体渗透破坏、形成土洞的临界水气压力变化速率和临界水力坡降。分析监测区水位变化速率和水力坡降的时空分布规律，当监测资料大于临界值时，进入发生地面塌陷的高易发期，编制高易发区分布图。

b) 分析监测区水位与基岩面位置关系的动态变化，当水位在基岩面上下波动时，处于发生地面塌陷的高易发期，编制高易发区分布图。

c) 分析监测区岩溶水位和第四系水位关系的动态变化，研究岩溶含水层与第四系含水层的水力联系，当两者联系紧密而且出现较大水位差时，说明第四系含水层与岩溶含水层之间的相对隔水层出现“天窗”，土体渗流作用增强，进入发生岩溶地面塌陷的高易发期，编制高易发区分布图。

d) 分析降雨量监测数据，统计日降雨量的动态变化，在岩溶地下水位低于基岩面的地区，当日分布图降雨量大于该地区年平均降雨量的1/3时，进入发生岩溶地面塌陷的高易发期，编制高易发区分布图。

e) 定期编制水动力作用下监测区地面塌陷高易发区分布图。

**13.3.2 岩土体内部变形监测**

根据岩土体内部变形监测结果，圈定地面塌陷隐患区。

a) 根据各测线地质雷达解释图，圈定隐伏土洞、扰动带空间位置。

b) 根据各测线应力应变监测曲线，圈定发生断点和大应变的空间位置，通过地质雷达探测核实，确定是否为土洞或扰动带。

c) 根据钻孔深部位移监测数据，计算各岩层相对位移量，绘制岩体内部变形曲线；绘制各监测点位移时程曲线，计算变形速率。圈定发生大变形的空间位置，确定地面塌陷隐患区。

d) 根据反映主要微震事件的频谱、波形、持续时间特征、空间位置、能量特征的图件，圈定发生变形的空间位置，确定地面塌陷隐患区

e) 定期编制监测区土洞和土层扰动带分布图、地面塌陷隐患区分布图。

**13.3.3 地表变形监测**

根据地表变形监测结果，分析岩溶地面塌陷发展特征。

a) 分析监测区各监测点竖向位移、水平位移的时空变化特点，研究地表变形的时空变化规律。

b) 根据地表变形量的大小，圈定地面塌陷影响区。

c) 每一轮监测工作完成后，编制监测区地面塌陷影响区分布图。

**13.3.4 简易监测**

根据简易监测结果，定期绘制监测区地面宏观异常分布图，分析异常区的时空变化规律。

**13.3.5 综合分析评估**

13.3.5.1 岩溶地面塌陷

a) 定期整合水动力作用下岩溶地面塌陷高易发区分布图、土洞和土层扰动带分布图、岩溶地面塌陷影响区分布图、地面宏观异常分布图等图件，形成监测区岩溶地面塌陷隐患分布图。

b) 综合分析岩溶地面塌陷动力条件变化规律与岩溶地面塌陷隐患、宏观异常变化的关系。

c) 分析岩溶地面塌陷的发展趋势。

d) 针对岩溶地面塌陷的诱发或触发因素的动态变化特点和隐伏岩溶灾变规律，提出对策建议。

13.3.5.2 采空地面塌陷

a) 定期整合地表和岩土体内部位移矢量图、变化时程图，变形空间位置分布图，地下水水位、水质或水量的变化曲线图，地面宏观异常分布图等图件，形成监测区采空地面塌陷隐患分布图。

b) 综合分析地表宏观变化、岩土体内部变形规律与采空地面塌陷隐患的关系。

c) 分析采空地面塌陷的发展趋势。

d) 针对采空区地表和岩土体内部变形特点和采空地面塌陷灾变规律，提出对策建议。

# **14 成果编制与汇交**

## **14.1 成果编制**

**14.1.1 监测报告**

根据被监测对象（工程）的重要性与塌陷的复杂程度，一般有监测周报、月报、年报、专题报告和最终监测成果报告等。参见附录A—附录C。

**14.1.2 监测周报**

应包括主要监测数据、简单分析及可能需要报告的异常情况等信息。

**14.1.3 监测月报**

a) 应反映主要监测数据、历时曲线及相关曲线，并对该时段内的变化规律、地面塌陷的稳定性进行综合分析评价。

b) 主要图件：监测区地面塌陷稳定性及隐患分布图。

**14.1.4 监测年报**

a) 主要内容应包括：自然地理与地质概况，监测对象，地面塌陷的成因、变形或活动动态特征、发展趋势，结论和建议（防灾、治灾措施等）。

b) 若有防治工程，应增加防治工程效果评价。

c) 主要图件：地质图、监测网点布置图、监测资料分析图、监测区地面塌陷稳定性分区及隐患分布图、监测数据年统计表等。

**14.1.5 最终监测成果报告**

除包括监测年报的相关内容外，还需给出明确的结论性内容，并对被监测对象的后续处置措施提出明确建议。

## **14.2 监测成果提交**

14.2.1 地面塌陷监测成果提交应符合业主或相关主管部门的要求。

14.2.2 监测运行期间，监测单位须提交电子版和纸质版监测报表（周、月、年、专报），报表中应包含明确、可靠的监测阶段性结论，监测报表提纲见附录B。

14.2.3 监测单位须提交监测总结报告，并完成监测项目的资料归档。

## **14.3 监测成果归档**

14.3.1 与项目实施有关的各种载体的文件，均应收集整理后归档，具体归档内容及分类代号为：监测工程基础资料（分类代字：基）、监测工程设计文件（分类代字：设）、监测工程施工监理及验收文件（分类代字：监）、监测工程竣工验收文件（分类代字：竣）、监测工程原始文件（分类代字：原）、监测工程成果文件（分类代字：成）、专业监测工程竣工验收文件（分类代字：竣）、专业监测工程财务相关文件（分类代字：财）八大类。

14.3.3 监测工程文件归档范围和保管期限见附录N。保管期限分为永久、长期、短期三种。永久是指项目档案需永久保存；长期是指项目档案的保存期限等于该监测项目的运行时间；短期是指该监测项目的建设时间。

14.3.4 文件形成单位对归档文件进行整理，主要包括项目文件的分类、组卷、排列、编目、装订等内容。项目文件整理应遵循项目文件的形成规律和成套性特点，保持卷内文件的有机联系，分类科学，组卷合理，便于保管和利用。具体参考《地质资料汇交规范》（DZ/T 0273-2015）。

# 附 录 A

# （资料性附录）

# 地面塌陷监测工程建设方案提纲

**一、前言**

应说明项目任务来源、监测目的意义、目标任务；已有工作基础；监测技术要求以及主要监测内容；监测起止时间、投入人员、主要仪器设备以及完成工作量等。

**二、监测区概况**

应说明监测区位置、范围；测区周边环境概况；气象水文、地形地貌；区域地质环境、水文地质条件、工程地质特征；测区地面塌陷发育类型及特征、地面塌陷成因及稳定状态；人类工程活动等。

**三、监测现状**

已有监测工作及监测成果分析。

**四、监测方案**

1.技术设计依据。主要包括监测的技术要求，执行的主要技术标准和文件。

2.地面塌陷及变形特性。

2.监测级别划分。

3.监测方法和频率。

4.监测网（点）布设原则、监测网（点）布置。

**六、监测方法及技术要求**

分别阐述各个监测方法的仪器设备（包括仪器名称、型号、测读精度、校准证书有效期等）、安装（施工）的技术要求；监测起止时间、投入人员等内容。

**七、经费预算**

监测工作量，监测工程建设费用，监测试运行费用，年度监测运行费用等。

**八、保障措施**

质量保障措施：组织、人员结构、质量管理体系、控制构架；成果资料检查验收；安全、涉密等方面的保障措施。

**九、预期提交成果**

监测设备检验资料；外业观测记录；数据处理中生成的文件、资料和成果等；各类监测点的部署图；监测成果报告（周报、月报和年报，以及必要时提交的专题报告等）；监测数据库等。

附 录 B

（资料性附录）

地面塌陷监测报表提纲

B.1 周报提纲

**第一章 监测网运行现状**

包括监测点布设及有无变更情况、本周监测工作开展情况等。

**第二章 监测数据分析**

绘制曲线图，统计各单点的最大变化量、变化速率、累计变化量等，分析数据变化规律、原因及影响因素等。

**第三章 稳定性现状**

基于目前监测数据并结合地质环境条件，判定监测区的稳定性。

B.2 月报提纲

**第一章 前言**

任务来源及目标任务等。

**第二章 监测网点布设及运行现状**

第一节 监测方法及网点布设

第二节 监测网点运行现状

包括监测点布设及有无变更情况、本月监测工作开展情况、本月取得的监测成果情况。

**第三章 监测数据及成果分析**

第一节 单点分析

第二节 剖面分析

第三节 总体分析

**第四章 监测质量保障措施**

**第五章 结论及建议**

包括稳定性现状及发展变化趋势；工作建议；存在问题；下一步工作安排等。

**附图1 监测点位布设平面图**

**附图2 监测成果图（剖面、变形过程线）**

B.3 年报提纲

**第一章 前言**

任务来源及目标任务等。

**第二章 监测区域地质环境条件**

**第三章 地面塌陷特征及变形破坏模式**

**第四章 监测方法及监测精度**

**第五章 监测网络布设及运行现状**

本年度完成的工作量、监测点位或频率变更情况、有无变形异常、特殊工况及预报警情况等。

**第六章 监测数据分析及监测成果**

第一节 监测统计

包括监测数据汇总表、曲线图，汇总表内可用包括最大变形量、最大变形速率以及异常数据等。

第二节 数据分析模型

第三节 单点变形分析

第四节 剖面变形分析

第五节 总体变形分析

第六节 监测数据分析结论

第七节 监测质量保障措施

**第七章 异常原因判定及发展变化趋势预测**

**第八章 经费管理使用情况**

**第九章 结论及建议**

**附图1 监测点位布设平面图**

**附图2 监测成果变形过程图**

B.4 专报提纲

**第一章 前言**

第一节 任务来源及目标任务等

第二节 监测现状

包括本年度完成的工作量、监测点位或频率变更情况、有无变形异常、特殊工况及预报警情况等。

第三节 专报事由

**第二章 专报期间监测方案**

重点说明专报期间监测工作量、监测方法、频率等变更情况及变更依据。

**第三章 监测实施及监测成果**

说明监测实施细节、监测期间外界条件情况等、监测数据汇总表及曲线图，数据分析模型，监测数据分析结论等内容。

**第四章 变形原因判定及发展变化趋势预测**

**第五章 结论及建议**

**附图1 监测点位布设平面图**

**附图2 监测成果变形过程图**

附 录 C

（资料性附录）

地面塌陷监测成果报告提纲

**第一章 前言**

第一节 任务来源

第二节 目标任务

第三节 工作量完成情况

第四节 工作方法及质量评述

**第二章 监测区域地质环境条件**

第一节 自然地理概况

第一节 地质概况

第二节 水文地质条件

第三节 工程地质条件

第四节 地面塌陷地质环境条件（或采矿条件及建（构）筑物结构参数）

**第三章 地面塌陷特征及变形破坏模式**

**第四章 项目工作情况**

第一节 监测方法及监测精度分析

第二节 监测网点布设

第三节 各监测点建设情况

**第五章 监测质量保障措施**

第一节 质量管理体系

第二节 质量检查

第三节 竣工验收

第四节 监测系统调试

第五节 监测系统运行与维护

**第六章 监测点运行情况及监测成果**

第一节 监测网点运行现状

第二节 监测成果

第三节 稳定性判断及变形趋势预测

**第七章 结论及建议**

**附图1 监测点位布设平面图**

**附图2 监测点位布设剖面图**

**附图3 监测点埋设构造图**

**附表1 监测基准点稳定性检验成果**

**附表2 监测点施工验收报告**

**附表3 监测竣工验收报告**

**附表4 监测数据汇总表**

视实际情况可增加相应附件。监测报告根据监测实际情况提供季报和年报；监测对象有需要响应时，及时提供相应的监测专报。

# 附 录 D

# （资料性附录）

# 地面塌陷评价方法

D.1 岩溶地面塌陷易发性评价方法

D.1.1 层次分析法

层次分析法是20世纪70年代发展起来的一种定性与定量相结合的决策分析方法。其基本思路是根据工程问题的性质和要求达到的总目标，将问题分解成不同的分目标、子目标，并按目标间的相互关联程度与隶属关系分组，形成多层次的结构，通过两两比较的方式确定层次中诸目标的相对重要性，同时运用矩阵运算确定子目标对其上一层目标的相对重要性。层层下去，最终确定出子目标对总目标的重要性。层次分析法计算确定易发性权重的步骤如图D.1所示。

图示

描述已自动生成

图D.1 层次分析法确定风险权重流程

1、建立系统梯阶层次结构模型

首先，根据对问题的了解和初步分析，把复杂问题按特定的目标、准则和约束条件等分解成被称为因素的各个组成部分，把这些因素属性和不同分层排列。同一层次的因素对下一层的某些因素起支配作用，同时它又受上一层次因素的支配，形成了一个自上而下的递阶层次。最简单的递阶层次分为3层。最上面的层次一般只有一个因素，它是系统的目标，被称为目标层；中间的层次是准则，其中排列了衡量是否达到目标的各项准则；最底层是方案层，表示所选取的解决问题的各方案、策略等，如图D.2所示。

墙上的钟表

描述已自动生成

图D.2 易发性评价层次分析法结构图

2、构造判断矩阵

U={*u1*，*u2*，…，*um*}为评价因素集，*uij*表示*ui*对*uj*的相对重要性数值，运用T.L.Satty1～9标度（表D.1）两两比较得到判断矩阵T。

表D.1 层次分析法的判断矩阵标志及其含义

| **标度** | **含义** |
| --- | --- |
| 1 | 表示两个因素相比，具有同等重要性 |
| 3 | 表示两个因素相比，一个因素比另一个因素稍微重要 |
| 5 | 表示两个因素相比，一个因素比另一个因素明显重要 |
| 7 | 表示两个因素相比，一个因素比另一个因素更为重要 |
| 9 | 表示两个因素相比，一个因素比另一个因素极端重要 |
| 2，4，6，8 | 上述两相邻判断之中值，表示重要性判断之间的过渡性 |
| 倒数 | 因素xi与xj比较得到判断uij，则因素j与i比较的判断uji=1/uij |

据此得到判断矩阵T：

(D.1)

(D.2)

得到：，为所求得的特征向量的近似值，即为各指标的权重；

第四步，计算矩阵的最大特征值

(D.3)

其中，为向量的第个元素。

4、层次单排序及其一致性检验

由于客观事物的复杂及对事物认识的片面性，构造的判断矩阵不一定是一致性矩阵（也不强求是一致性矩阵），但当偏离一致性过大时，会导致一些问题的产生。因此得到*λ*max后，还需进行一致性和随机一致性检验。

一致性指标定义为：

 (D.4)

式中：为一致性指标；*λ*max为最大特征根；为矩阵阶数。

当时判断矩阵错误，应作调整；当时，判断矩阵完全一致；当时，越大，判断矩阵不一致性程度越大。

平均随机一致性指标，它是衡量不同阶判断矩阵是否具有满意一致性，对于1～14阶判断矩阵值如下表D.2所示。

表D.2 1～14阶判断矩阵值值

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **阶数** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  | 0.00 | 0.00 | 0.52 | 0.89 | 1.12 | 1.26 | 1.36 |
| **阶数** | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|  | 1.41 | 1.46 | 1.49 | 1.52 | 1.54 | 1.56 | 1.58 |

5、层次总排序及其一致性检验

层次总排序为计算同一层次所有元素相对最高层元素重要性的排序权值，这一过程是最高层次到最低层次逐层进行的。当阶数大于2时，与之比称为层次总排序随机一致性比率。一般地，只有当时，判断矩阵才具有满意的一致性，才认为评价的结果是协调一致的，所获取值才是合理的。此时，求出相应于*λ*max的特征向量，将其归一化即为权数分配。否则，就需要重新做出判断矩阵。

D.1.2 信息量法

信息量法是通过评价栅格单元内某种因素作用下地质灾害发生频率与区域地质灾害发生频率来反映一定地质环境下最易致灾因素及其细分区间的方法。某种因素特定分级状态下的地质灾害信息量公式可表示为：

（j = 1，2，3，…，*n*） (D.5)

式中，IA*j*→B为对应因素A、*j*状态（或区间）下地质灾害B发生的信息量；N*j*为对应因素A、*j*状态（或区间）下地质灾害分布的单元数；N为调查区已知有地质灾害分布的单元总数；S*j*为因素A、*j*状态（或区间）分布的单元数；S为调查区单元总数。

当IA*j*→B >0时，反映了对应因素A、*j*状态（或区间）下地质灾害发生的可能性较大，或者说利于地质灾害发生；当IA*j*→B <0时，表明因素A、*j*状态（或区间）条件下，不利于地质灾害发生；当IA*j*→B=0时，表明因素A、*j*状态（或区间）不提供有关地质灾害发生与否的任何信息，即因素A、*j*状态（或区间）可以剔除掉，排除其作为地质灾害预测指标。

由于每个评价单元受众多因素的综合影响，各因素又存在若干状态，各状态因素组合条件下地质灾害发生的总信息量可用下式确定：

 (D.6)

式中，I为对应特定单元地质灾害发生的总信息量，指示地质灾害发生的可能性，可作为地质灾害易发性指数；Ni为对应特定因素、第i状态（或区间）条件下的地质灾害面积或地质灾害点数；Si为对应特定因素、第i状态（或区间）的分布面积；N为调查区地质灾害总面积或总地质灾害点数。

D.1.3 频率比法

频率比模型（frequency ratio，简称FR），是一种基于数理统计的预测方法，其公式如下：

(D.7)

式中：*N*——指分类内地面塌陷面积；

*N*0——指研究区内地面塌陷面积；

*S*——指分类面积；

*S*0——指研究区总面积。

频率比表征了指标因子各属性区间对地面塌陷易发性的重要程度，FR-1＞0表示该分类区间对地面塌陷发生有不同程度的影响，而FR-1＜0则说明该属性区间与地面塌陷形成相关性很小甚至无关。通过计算地面塌陷影响指标因子各区间的频率比，并对频率比相近的区间进行合并，可实现对指标因子状态的科学划分。

D.1.4 定性分析法

岩溶地面塌陷易发性评价选取岩溶发育程度和覆盖层特性为评价指标，根据评价指标对岩溶地面塌陷的影响大小，采用就高原则，综合评估岩溶地面塌陷易发性（表D.3）。

表D.3 岩溶地面塌陷易发性评价

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 评价指标 | | 第四系覆盖层的影响程度 | | | 地下水的影响程度 | | |
| 强 | 中 | 弱 | 强 | 中 | 弱 |
| 岩溶发育的影响程度 | 强 | 强 | 强 | 强 | 强 | 中 | 中 |
| 中 | 强 | 中 | 中 | 中 | 弱 | 弱 |
| 弱 | 中 | 中 | 弱 | 弱 | 弱 | 弱 |

D.2 采空地面塌陷稳定性评价方法

采空塌陷稳定性评价分为场地稳定性评价和建（构）筑物地基稳定性评价两个部分。

D.2.1 场地稳定性评价

D.2.1.1 采空塌陷场地稳定性评价，应重点分析下列条件与采空塌陷变形的关系：

a) 地形地貌、地质构造、水文地质及不良地质作用；

b) 地层岩性及采空塌陷上覆岩（土）体力学性质；

c) 岩（矿）层倾角；

d) 开采时间、采矿方式及顶板管理方式；

e) 开采深度、深厚比、开采宽度、矿（岩）柱及空洞尺寸大小；

d) 重复采动及多层充分开采；

g) 地面荷载及动力作用。

D.2.1.2 采空塌陷稳定性评价标准，应结合采空塌陷类型、停采时间、地表移动变形等，采用定性与定量相结合的方法，划分为稳定、基本稳定和不稳定3个等级。

D.2.1.3 采空塌陷稳定性评价方法主要包括工程地质类比法、地表移动变形判别法、极限平衡分析法和数值模拟法。

D.2.1.3.1 采用工程地质类比法应符合下列规定：

a) 适用于各种类型采空塌陷稳定性定性评价，对不规则开采、非充分采动等难以进行定量计算的采空塌陷，应以工程地质类比法为主进行评价；

b) 工程地质类比法主要评价因素包括采空塌陷类型、矿层产状、开采及顶板管理方法、采深、采厚、开采层数、终采时间、回采率、覆岩结构、地下水；

c) 工程地质类比法应以本地区经验为主，结合各类评价因素综合判别。

D.2.1.3.2 采用地表移动变形判别法应符合下列规定：

a) 地表移动变形判别法适用于充分采动条件下采空塌陷场地稳定性定量评价。

b) 地表移动变形值宜以场地实际监测结果为判别依据。有成熟经验的地区也可采用经现场核实与验证后的地表移动变形预计法计算的结果作为判别依据。

c) 地表移动变形预计法宜采用概率积分法（相关计算公式与参数可参考《采空塌陷勘查规范（试行）》（T/CAGHP 005-2018））。有经验的地区，可采用典型曲线法、负指数函数法、数值计算分析法等其他方法。在下述情况下，应根据地形、地貌、特殊地质条件等对预计结果进行修正：

1) 易出现塌坑、台阶状非连续变形的开采条件下的地表移动与变形的预测；

2) 易引起边坡失稳和山崖崩塌的开采条件下的地表移动与变形的预测；

3) 开采特厚矿层及厚矿层露头区域的地表移动与变形的预测；

4) 开采急倾斜矿层时地表移动与变形的预测；

5) 山区及丘陵地段的地表移动与变形预测。

d) 长壁式或短壁式开采条件下，场地稳定性可根据地表最大下沉点的下沉速度、预计或实测的地表变形指标值按表D.4评价

e) 柱式开采条件下，顶板已垮落、地表塌陷充分的采空塌陷，可按表D.5进行评价，对于顶板尚未垮落的浅理、煤柱留设不规则的采空塌陷场地应列为不稳定区

表D.4 长壁式或短壁式开采条件下采空塌陷稳定性评价标准

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 最大下沉点的下沉速度/mm/d | 地表变形指标值（最大值） | | | 场地稳定性 | 备注 |
| 水平变形值  ∣ε∣/mm/m | 倾斜值  ∣i∣/mm/m | 曲率值  ∣k∣/×10-3/m |
| 采动影响显现之前 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 稳定 | — |
| ≤1.7  （切始期，下沉速度正增长） | ≤2.0 | ≤3.0 | ≤0.2 | 稳定 | 三项指标同时具备 |
| 2.0～4.0 | 3.0～6.0 | 0.2～0.4 | 基本稳定 | 三项指标具备其一 |
| ＞4.0 | ＞6.0 | ＞0.4 | 不稳定 |
| ＞1.7  （活跃期，下沉速度正增长，到一定程度，再负增长） | ≤2.0 | ≤3.0 | ≤0.2 | 稳定 | 三项指标同时具备 |
| 2.0～6.0 | 3.0～10.0 | 0.2～0.6 | 基本稳定 | 三项指标具备其一 |
| ＞6.0 | ＞10.0 | ＞0.6 | 不稳定 |
| ≤1.7  （衰退期，下沉速度负增长） | ≤4.0 | ≤6.0 | ≤0.4 | 稳定 | 三项指标同时具备 |
| 4.0～6.0 | 6.0～10.0 | 0.4～0.6 | 基本稳定 | 三项指标具备其一 |
| ＞6.0 | ＞10.0 | ＞0.6 | 不稳定 |
| 地表移动期结束 | 各变形指标值趋于某一定值 | | | 稳定 | — |

表D.5 柱式开采条件下采空陷场地稳定性评价标准

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 终采时间/d | 地表变形指标值（最大值） | | | 场地稳定性 | 备注 |
| 水平变形值  /mm/m | 倾斜值  /mm/m | 曲率值  /(×10-3/m) |
| ≥2.5H0 | 各变形指标值趋于某一定值 | | | 稳定 | — |
| ＜2.5H0 | ≤2.0 | ≤3.0 | ≤0.2 | 稳定 | 三项指标同时具备 |
| 2.0～6.0 | 3.0～10.0 | 0.2～0.6 | 基本稳定 | 三项指标具备其一 |
| ＞6.0 | ＞10.0 | ＞0.6 | 不稳定 |

D.2.1.3.3 采用极限平衡分析法应符合下列规定：

a) 适宜于穿巷、房柱及单一巷道等类型以及条带式开采所形成的采空塌陷场地稳定性定量评价；

b) 巷道（采空塌陷）的空间形态、断面尺寸、埋藏深度、上覆岩层特征及其物理力学指标等计算参数，应通过实际勘查成果资料或者本矿区的经验资料获得；

c) 安全系数可参照表D.6判别。

表D.6 矿（岩）柱安全性判别标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 稳定状态 | 不稳定 | 基本稳定 | 稳定 |
| 矿（岩）柱安全系数 | <1.5 | 1.5-2 | >2 |

D.2.1.3.4 采用数值模拟法应符合下列规定：

a) 适宜于正规开采条件下的采空塌陷，包括单层或多层的崩落法开采、空场法开采、充填式开采、壁式开采、柱式开采等，可作为一种比较和参考性方法；

b) 可采用有限单元法、有限差分法，离散元法、边界元法，或两种以上方法的耦合使用；

c) 计算单元宜采用四边形、六面体等参元或三角形、四面体常应变单元，可采用无厚度或等厚度节理单元模拟节理面，覆岩破坏准则可用MC、DP等弹塑性准则，应根据建设工程及采空塌陷工程地质特征确定合理的计算范围及边界条件；

d) 正确选用强度指标，宜根据测试成果、反分析和经验综合确定；

e) 经验证可靠的数值模拟结果，可用于地表移动变形预计、矿（岩）柱稳定性计算中。

D.2.1.3.5 采空塌陷场地稳定性评价标准应符合下列规定：

a) 满足下列条件之一者，场地可划为稳定

1) 地表移动变形稳定地段；

2) 地发生连续变形，且变形值满足要求的地段；

3) 空场法、房柱式、巷柱式、条带式开采，矿（岩）柱稳定性系数满足要求的地段。

b) 满足下列条件之一者，场地可划为不稳定：

1) 特厚矿层和倾角大于55°的厚矿层露头地段；

2) 地表可能出现塌坑、台阶状开裂缝等非连续变形地段；

3) 地表移动和变形引起边坡失稳、崩塌及坡脚隆起地段；

4) 地表移动变形不满足要求的地段；

5) 非正规开采条件下顶板尚未完全垮塌且地表移动变形不满足要求的地段；

6) 非正规开采条件下顶板尚未垮落的浅埋采空塌陷或切冒型的采空塌陷地段；

7) 矿（岩）柱稳定系数不满足要求的地段；

8) 非充分采动且存在大量抽取地下水的地段；

9) 采空塌陷抽水、排水或地下水位下降引起的可能地面塌陷地段。

c) 除上述a)、b)之外，场地可划为基本稳定。

D.2.2 建（构）筑物地基稳定性评价

D.2.2.1 采空塌陷建（构）筑物地基稳定性，根据采空塌陷场地稳定性评价结论及地基允许变形值要求进行综合评价，划分为稳定、基本稳定、不稳定3个等级。

D.2.2.2 采空塌陷建（构）筑物地基稳定性评价方法包括定性评价和定量评价。定性评价可采用工程地质类比法；定量评价可采用地表移动变形判别法、极限平衡分析法及数值模拟法。

D.2.2.3 工程地质类比法适宜于地质、采矿条件相同或相似的同一矿区或邻近矿区，评价前应对场地稳定性、结构形式、荷载作全面分析比较。

D.2.2.4 采用地表移动变形指标评价采空塌陷建（构）筑物地基稳定性时，应符合下列规定：

a) 采空塌陷地表变形可根据地表水平变形值、地表倾斜值、地表曲率值等按表D.7划分为4个等级。

b) 可根据地表移动变形指标，按表D.8判断地基的稳定性

表D.7 采空塌陷地表变形区等级划分标准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 地表变形区 | 地表变形指标值 | | | 备注 |
| 水平变形值  ∣ε∣/mm/m | 倾斜值  ∣i∣/mm/m | 曲率值  ∣k∣/×10-3/m |
| Ⅰ区 | ≤2.0 | ≤3.0 | ≤2.0 | 三项指标同时具备 |
| Ⅱ区 | 2.0～4.0 | 3.0～6.0 | 0.2～0.4 | 三项指标具备其一 |
| Ⅲ区 | 4.0～6.0 | 6.0～10.0 | 0.4～0.6 | 三项指标具备其一 |
| Ⅳ区 | ＞6.0 | ＞10.0 | ＞0.6 | 三项指标具备其一 |

表D.8 采空塌陷建（构）筑物地基稳定性等级评价标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 地表变形分区 | 浅基础 | | 深基础 |
| 地基允许变形与地表变形值之比 | 稳定性评价结论 | 稳定性评价结论 |
| Ⅰ区 | — | 稳定 | 专题研究 |
| Ⅱ区 | ≥1.5 | 稳定 | 不稳定 |
| 1.5～1.0 | 基本稳定 |
| ＜1.0 | 不稳定 |
| Ⅲ区 | ≥1.5 | 稳定 |
| 1.5～1.0 | 基本稳定 |
| ＜1.0 | 不稳定 |
| Ⅳ区 | — | 不稳定 |

D.2.2.5 对于穿巷、房柱及单一巷道等类型以及条带式开采所形成的采空塌陷建（构）筑物地基稳定性计算可采用极限平衡分析法，计算时应考虑建（构）筑物基底荷载。

D.2.2.6 验证后可靠的数值模拟结果可作为采空塌陷建（构）筑物地基稳定性评价的比较和参考。

# 附 录 E

# （资料性附录）

# 钻孔深部位移监测记录数据格式

E.1 钻孔测斜仪监测数据表格

**表E.1a 钻孔测斜仪原始数据表格**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测工程地点（名称）： 监测孔号：  仪器编号： 监测时间： | | | | | |
| 测点号 | 深度 | A+ | A- | B+ | B- |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**表E.1b 钻孔测斜仪结果数据表格**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测工程地点（名称）： 监测孔号：  仪器编号： 监测时间： | | | | | | | |
| 测点号 | A变化 | A积累 | B变化 | B积累 | 水平位移 | 竖向位移 | 移动方向 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

E.2 分层沉降仪监测数据表格

**表E.2a 分层沉降仪原始数据表格**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 监测工程地点（名称）： 监测孔号：  仪器编号： 监测时间： | | | |
| 沉降磁环1  测值 | 沉降磁环2  测值 | 沉降磁环3  测值 | 沉降磁环4  测值 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**表E.2b 分层沉降仪结果数据表格**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测工程地点（名称）： 监测孔号：  仪器编号： 监测时间：  孔口初始高度： 孔口本次高程： | | | | |
| 沉降磁环  编号 | 磁环初始  高程 | 磁环本次  测值 | 磁环本次  高程 | 磁环  位移 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

E.3 滑动变形计监测数据表格

**表E.3 滑动变形计结果数据表格**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第 页 | | | 共 页 | | |
| 工程名称： | | | 测试时间： | | |
| 测管编号： | | | 测试工况： | | |
| 其他信息： | | | | | |
| 测试单元编号 | 进程 | | | 回程 | |
| 测值 | 温度/℃ | | 测值 | 温度/℃ |
|  |  |  | |  |  |
|  |  |  | |  |  |
|  |  |  | |  |  |
|  |  |  | |  |  |
|  |  |  | |  |  |
|  |  |  | |  |  |
| 备注： | | | | | |

测试： 记录： 审核：

E.4 多点位移计监测数据表格

**表E.4a 多点位移计原始数据表格**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 监测工程地点（名称）： 监测孔号：  仪器编号： 监测时间： | | | |
| 锚固点1  测值 | 锚固点2  测值 | …… | 锚固点n  测值 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**表E.4b 多点位移计结果数据表格**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 监测工程地点（名称）： 监测孔号：  仪器编号： 监测时间： | | | |
| 锚固点号 | 传感器  测值 | 锚固点  初始值 | 锚固点  位移 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

# 附 录 F

# （规范性附录）

# 光纤应变监测光纤埋设参数表

**表F.1 土体内部变形光纤应变监测光纤埋设参数表**

项目名称：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 坐标 | 位置 | | | | | | | | |
| 光纤埋设起点 | 光纤埋设终点 | 光纤熔接位置 | 标定位置1 | 标定位置2 | 标定位置N | 转角位置1 | 转角位置2 | 转角位置N |
| 光纤码标 |  | | | | | | | | |
| 地形图X |  | | | | | | | | |
| 地形图Y |  | | | | | | | | |
| 光纤码标 |  | | | | | | | | |
| 地形图X |  | | | | | | | | |
| 地形图Y |  | | | | | | | | |
| 光纤码标 |  | | | | | | | | |
| 地形图X |  | | | | | | | | |
| 地形图Y |  | | | | | | | | |
| 光纤码标 |  | | | | | | | | |
| 地形图X |  | | | | | | | | |
| 地形图Y |  | | | | | | | | |
| 光纤码标 |  | | | | | | | | |
| 地形图X |  | | | | | | | | |
| 地形图Y |  | | | | | | | | |
| 光纤码标 |  | | | | | | | | |
| 地形图X |  | | | | | | | | |
| 地形图Y |  | | | | | | | | |
| 光纤码标 |  | | | | | | | | |
| 地形图X |  | | | | | | | | |
| 地形图Y |  | | | | | | | | |
| 光纤码标 |  | | | | | | | | |
| 地形图X |  | | | | | | | | |
| 地形图Y |  | | | | | | | | |
| 光纤码标 |  | | | | | | | | |
| 地形图X |  | | | | | | | | |
| 地形图Y |  | | | | | | | | |

填报人： 审核人： 时间：

# 附 录 G

# （规范性附录）

# 微震传感器空间位置记录表

**表G.1 微震传感器空间位置记录表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 传感器编号 | 空间位置（大地坐标系） | | | 备注 |
| X/m | Y/m | Z/m |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 传感器空间位置（平面图） | | | | |

# 附 录 H

# （规范性附录）

# 地面塌陷简易监测记录表

**表H.1 地面塌陷简易监测记录表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地理位置 | 地面异常 | 异常范围 | 附近地段工程活动 | 异常时间 | 工程活动时间 | 监测时间（每天1次加密巡视） |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 注1：地面异常（地面塌陷、土洞形成、地面开裂房屋开裂、地表水漏失、喷砂等）。  注2：地面工程活动[①爆破；②矿山的排水；③挖方（深度大于1m）；④机井（日开采量、井深、土层厚度、水位埋深）；⑤农灌点（水位下降速度、泵的大小）；基坑开挖降水；⑦桩基的施工]。 | | | | | | |

记录人： 时间：

# 附 录 I

# （规范性附录）

# 地面塌陷简易监测结果分析表

**表I.1 地面塌陷简易监测结果分析表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 地面工程活动 | 判断 | 监测措施 |
| 地面异常20m范围内有农灌点 | 可能性大 | 加密巡测（每天1次） |
| 地面异常100m范围内有爆破行为 | 可能性大 | 禁止爆破、加密巡测（每天1次） |
| 地面异常20m范围内有桩基施工、基坑开挖 | 可能性大 | 上报、专业监测 |
| 地面异常100m范围内新建机井 | 可能性大 | 上报、评价机井影响范围、专业监测 |
| 地面异常200m范围内矿山抽排地下水 | 可能性大 | 上报、评价抽排水影响范围、专业监测 |

# 附 录 J

# （资料性附录）

# 水平位移速率统计表

**表J.1 水平位移速率统计表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测点号 | 月 日— 月 日 | | 月 日— 月 日 | | 月 日— 月 日 | |
| X位移量/mm | 速率  /mm﹒d-1 | X位移量/mm | 速率  /mm﹒d-1 | X位移量/mm | 速率  /mm﹒d-1 |
| Y位移量/mm | 速率  /mm﹒d-1 | Y位移量/mm | 速率  /mm﹒d-1 | Y位移量/mm | 速率  /mm﹒d-1 |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |

记录： 复核：

# 附 录 K

# （资料性附录）

# 竖向位移速率统计表

**表K.1 竖向位移速率统计表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测点号 | 月 日— 月 日 | | 月 日— 月 日 | | 月 日— 月 日 | |
| X位移量/mm | 速率（mm﹒d-1） | X位移量/mm | 速率（mm﹒d-1） | X位移量/mm | 速率（mm﹒d-1） |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |
|  |  | |  | |  | |

记录： 复核：

# 附 录 L

# （资料性附录）

# 地表移动变形计算

**表L.1 地表移动变形计算表**

项目名称：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 观测点号 | 初始高程H0/m | 本次观察高程Hi/m | 下沉值W/mm | 下沉差ΔW/mm | 初始平距D0/m | 本次平距Di/m | 拉伸（压缩）值ΔD/m | 水平移动值U/mm | 倾斜值i/  （mm﹒m-1） | 曲率值K/（mm﹒m-2） | 水平变形值ε/（mm﹒m-1） |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 注：表中，，，，，，，，式中x、y为坐标点观测值，j为点号，l为监测点之间的距离。 | | | | | | | | | | | |

附 录 M

（资料性附录）

人工巡视记录表

巡视表格编号：

|  |
| --- |
| 人工巡视记录表 |
| 日期： 年 月 日 时间： 至  巡视人员： 天气： |
| 地质环境描述： |
| 监测设施：  1.基准点、测点完好状况  2.监测元件完好情况  3.观测工作条件 |
| 现场异常情况： |
| 重点部位描述及检查： |
| 人员询问走访： |
| 草图素描或照片： |

工程负责人： 监测单位：

附 录 N

（资料性附录）

地面塌陷监测文件归档范围及保管期限

表N.1 地面塌陷监测文件归档范围及保管期限表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 应归档文件材料 | 保 存 单 位 和 保 管 期 限 | | | | | |
| 建设  单位 | 监理  单位 | 施工  单位 | 设计  单位 | 监测  单位 | 主管部门 |
| 1 | 监测工程基础资料（分类代字：基） | | | | | | |
| （1） | 监测区基础地质、  水工环地质资料 | 永久 | 短期 | 短期 | 永久 | 永久 | 长期 |
| （2） | 调（勘）查总结报告 | 永久 | 短期 | 短期 | 永久 | 永久 | 长期 |
| 2 | 监测工程设计文件（分类代字：设） | | | | | | |
| （1） | 监测工程设计 | 长期 |  |  | 长期 |  | 长期 |
| （2） | 设计任务书/委托书或合同 | 永久 |  |  | 永久 |  | 永久 |
| （3） | 设计变更通知书及相关文件 | 长期 | 永久 |  | 永久 |  | 长期 |
| （4） | 设计各阶段的咨询审查意见及会议纪要 | 永久 | 永久 |  | 永久 |  | 永久 |
| 3 | 监测工程施工监理及验收文件（分类代字：监） | | | | | | |
| （1） | 监测工程施工  监理及验收表格 | 永久 | 永久 | 永久 | 长期 | 永久 | 永久 |
| （2） | 监理总结报告 | 永久 |  |  |  |  | 永久 |
| 4 | 监测工程竣工验收文件（分类代字：竣） | | | | | | |
| （1） | 监测工程竣工现场  验收检查表 | 永久 | / | / | 永久 | 永久 | 永久 |
| （2） | 工程竣工验收鉴定书 | 永久 | / | / | 永久 | 永久 | 永久 |
| （3） | 竣工总结报告 | 永久 |  |  |  |  | 永久 |
| 5 | 监测工程原始文件（分类代字：原） | | | | | | |
| （1） | 外业原始资料 | 永久 | / | / | / | 永久 | 永久 |
| 6 | 监测工程成果文件（分类代字：成） | | | | | | |
| （1） | 监测试运行检测报告 | 永久 | / | / | / | 永久 | 永久 |
| （2） | 监测报表 | 永久 | / | / | / | 永久 | 永久 |
| （3） | 监测成果报告 | 永久 | / | / | / | 永久 | 永久 |
| （4） | 成果审查意见 | 永久 | / | / | / | 永久 | 永久 |
| 7 | 专业监测工程财务相关文件（分类代字：财） | | | | | | |
| （1） | 工程决算  及审查意见 | 永久 | / | / | / | 永久 | 永久 |
| （2） | 竣工财务决算  及审查结论 | 永久 | / | / | / | 永久 | 永久 |

附 录 O

规范用词说明

H.0.1 为了便于在执行本技术规程条文时区别对待，对于要求严格程度不间的用词，说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的用词：正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

H.0.2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”。非必须按所指定的规范、标准或其他规定执行时，写法为“可参照……”。