

T/SDAS

团 体 标 准

T/SDAS XXXX—XXXX

岩溶塌陷监测与预警技术要求

Technical requirement for monitoring and warning of karst collapse

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2023.12.6）

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

山东标准化协会 发布

目 次

前言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 目的、原则与监测内容.....	2
4.1 目的任务.....	2
4.2 原则.....	2
4.3 监测内容.....	错误!未定义书签。
5 监测方案设计.....	2
5.1 一般规定.....	3
5.2 监测方案.....	3
6 设备安装与运行维护.....	10
6.1 一般规定.....	10
6.2 基础施工.....	10
6.3 设备安装.....	11
6.4 联调联试.....	11
6.5 安装记录.....	12
6.6 设备管理.....	12
6.7 设备验收.....	12
6.8 运行维护.....	12
7 监测数据通讯及数据库建设.....	13
7.1 一般规定.....	13
7.2 监测数据通讯技术要求.....	13
7.3 网络环境与硬件系统.....	13
7.4 数据库.....	13
7.5 信息系统.....	14
7.6 安全体系.....	15
8 监测预警实施.....	15
8.1 一般规定.....	15
8.2 预警判据.....	16
8.3 预警等级与信息发布.....	16
8.4 预警响应.....	17
8.5 成果要求.....	17
8.6 预警实施与反馈优化.....	18
9 质量管理与过程控制.....	18
9.1 设备检验检测.....	18
9.2 设备安装与运行维护.....	18

9.3 数据库与系统建设..... 18

附录 A （资料性） 土体内部变形光纤应变监测光纤埋设参数..... 20

附录 B （资料性） 岩溶地面塌陷简易监测记录..... 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。

本文件由山东标准化协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

岩溶塌陷监测与预警技术要求

1 范围

本文件规定了岩溶塌陷监测方案设计、设备安装与运行维护、监测数据通讯及数据库建设、监测预警实施提出了技术要求。

本文件适用于有可能发生、已经发生且可能继续扩展或再次发生岩溶地面塌陷活动区域的岩溶地面塌陷监测。岩溶地面塌陷监测，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

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 191 包装储运图示标志
GB/T 12898 国家三、四等水准测量规范
GB/T 18314-2009 全球定位系统（GPS）测量规范
GB/T 22239 信息系统安全等级保护基本要求
GB/T 22240 信息系统安全等级保护定级指南
GB 50021 岩土工程勘察规范
GB 50027 供水水文地质勘察规范
JGJ 8 建筑变形测量规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

岩溶 karst

水对可溶性岩石碳酸盐岩、石膏、岩盐等进行以化学溶蚀作用为主，以流水的冲蚀、潜蚀和崩塌等机械作用为辅的地质作用，以及由这些作用所产生的现象的总称。

3.2

岩溶地面塌陷 karst collapse

岩溶地面塌陷是与岩溶有关的地面塌陷现象。它是由于溶洞或溶蚀裂隙上覆岩土体在自然或人为因素影响下发生变形破坏，最后在地面形成塌陷坑（洞）的过程和现象，可分为基岩塌陷和土层塌陷两种。前者由于溶洞顶板失稳塌落而产生，后者由于土洞顶板塌落或土层在地下水渗流作用下发生破坏而产生。

3.3

动力条件监测 dynamic condition monitoring

对诱发或触发岩溶地面塌陷的动力条件进行监测，主要包括对岩溶管道裂隙系统水（气）压力、大气降雨进行监测等。

3.4

土体内部变形监测 internal deformation monitoring of soil

对土体内部（或深层）的变形进行监测，以反映岩溶塌陷从土洞向上扩展演化的全过程，主要使用地质雷达监测法、同轴电缆时域反射监测法、光纤应变监测法。

3.5

地质雷达监测法 geological radar monitoring method

用地质雷达沿测线定期扫描，通过不同时期探测结果对比，查找异常，实现对隐伏土洞的发育、发展过程及隐伏土体变形情况的监测。

3.6

同轴电缆时域反射监测法 time domain reflectance monitoring method for coaxial cables

通过时域反射仪（TDR）测量埋设在岩土中的同轴电缆因土洞形成所产生的电缆断点位置，以此获取土洞的准确位置，实现对岩溶地面塌陷的监测。

3.7

光纤应变监测法 fiber optic strain monitoring method

通过光纤应变分析仪（BOTDR、BOTDA、OTDR、FBG）测量埋设在土层中光纤不同位置的轴向应变，由于光纤的变形与土体变形一致，因此可计算出沿光纤测线的土层应变，实现对岩溶地面塌陷的监测。

3.8

地面变形监测 ground deformation monitoring

对地面观测点的水平位移和垂直位移进行监测，反映岩溶地面塌陷的影响范围及动态变化。

4 目的、原则与监测内容

4.1 目的任务

- 4.1.1 了解岩溶地面塌陷活动现状，为岩溶地面塌陷危险性评价提供依据。
- 4.1.2 掌握岩溶地面塌陷发育规律及发展趋势，为塌陷防治工程的勘察、设计和施工以及塌陷工程防治效果评价提供资料。
- 4.1.3 为研究岩溶地面塌陷活动规律、形成机理，预测预报岩溶地面塌陷灾害可能发生的时间、地点提供依据。

4.2 原则

岩溶塌陷监测预警坚持以宏观防御灾害为主，技术手段监测为辅，预警报告先行，灾后防御治理为指导，利用多学科多方法科技技术手段，配合群测群防，完成岩溶塌陷监测预警。

4.3 监测内容

- 4.3.1 岩溶塌陷监测主要包括岩溶塌陷动力条件因素监测、土体变形监测、变形破坏宏观前兆监测等。
- 4.3.2 岩溶塌陷动力条件因素监测包括岩溶系统地下水气压力监测、降雨量监测、地震活动监测等。
- 4.3.3 岩溶塌陷土体变形监测分为地面变形监测和地下土体变形监测。地面变形监测指地面开裂、沉降、房屋变形等；可采用全站仪、静态 GPS、位移计、裂缝计监测。地下土体变形监测指地面以下隐伏土洞或土层扰动带向上发展过程的变形监测。监测方法包括地质雷达监测、时域反射同轴电缆土体变形监测、光纤分布式土体变形监测。
- 4.3.4 岩溶塌陷变形破坏宏观前兆监测，主要包括地表水和地下水宏观异常。

5 监测方案设计

5.1 一般规定

5.1.1 岩溶地面塌陷监测应综合考虑场地岩溶水文工程地质条件、周边环境和施工方案等因素，制定合理的监测方案，精心组织和实施。

5.1.2 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：

- a) 重点监测区：包括岩溶发育强烈的地区（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。

5.2 监测方案

5.2.1 岩溶水气压力监测

5.2.1.1 监测点布设

5.2.1.1.1 岩溶水气压力监测应能反映监测区诱发或触发塌陷的岩溶管道裂隙系统水动力条件变化特点。

5.2.1.1.2 根据岩溶地下水径流方向布设监测点，形成垂直于地下水流向的监测网。

5.2.1.1.3 存在第四系孔隙水含水层时，监测点包括岩溶监测孔和第四系监测孔。

5.2.1.1.4 不同监测等级岩溶地下水动力监测点间距按照表 1 确定。

5.2.1.1.5 应采用 RTK、全站仪等测量监测点的坐标和标高。

表1 不同监测等级岩溶地下水动力监测点间距

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

5.2.1.2 监测孔施工技术要求

5.2.1.2.1 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。

5.2.1.2.2 监测孔覆盖层段宜采用无水钻进，基岩段须采用清水钻进或低水压钻进，应按照 GB 50027 规定执行。

5.2.1.2.3 终孔内径应不小于 91mm。

5.2.1.3 监测孔深度

5.2.1.3.1 监测孔深度应根据含水层埋深和厚度确定。

5.2.1.3.2 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。

5.2.1.3.3 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。

5.2.1.3.4 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。

5.2.1.3.5 其他地区监测孔深度应低于静止水位 10 m 以上，第四系监测孔深度应大于含水层底板 0.5m。

5.2.1.3.6 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。

5.2.1.3.7 监测孔均为取样孔，每一主要土层、底部土层、土层扰动带、岩溶充填物取样数量不应少于 6 组。取样工具和方法按 GB 50021 规定执行。

5.2.1.4 监测孔成孔工艺要求

- 5.2.1.4.1 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。
- 5.2.1.4.2 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。
- 5.2.1.4.3 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。

5.2.1.5 监测仪器精度要求

- 5.2.1.5.1 监测仪器宜采用可监测岩溶管道裂隙中水气压力变化的自动监测系统。
- 5.2.1.5.2 监测仪器的量程应大于岩溶地下水气压力的年变幅。
- 5.2.1.5.3 监测仪器的测量精度为+0.5%全量程。
- 5.2.1.5.4 野外数据采集系统应具备防水、防潮、防雷功能。

5.2.1.6 监测系统安装要求

5.2.1.6.1 传感器安装要求如下：

- 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) 孔口应采用膨胀泡沫、玻璃胶等进行密封处理。

5.2.1.6.2 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。

5.2.1.7 监测频率

- 5.2.1.7.1 岩溶水气压力监测时间间隔应不大于 20min。
- 5.2.1.7.2 当岩溶水气压力的变化量大于 2m 时，应缩短监测间隔时间。

5.2.1.8 监测数据采集

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。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。

5.2.1.9 监测点维护

- 5.2.1.9.1 应定期检查更换数据采集系统的供电系统。
- 5.2.1.9.2 每半年应检查监测设备、孔口的密封情况。
- 5.2.1.9.3 每 3~6 个月应进行一次监测区岩溶地面塌陷巡查。

5.2.2 降雨量监测

5.2.2.1 监测点布设

- 5.2.2.1.1 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。
- 5.2.2.1.2 降雨量监测点应设在能较好地反映监测区降雨特点的地方。
- 5.2.2.1.3 监测点附近地势应平坦空旷，可选择房屋顶安装或野外高杆安装。
- 5.2.2.1.4 每个监测区应布置不少于 1 个降雨量监测点。

5.2.2.2 仪器设备要求

5.2.2.2.1 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。

5.2.2.2.2 雨量计测量精度不宜低于 0.2mm。

5.2.2.3 雨量计安装要求

5.2.2.3.1 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。

5.2.2.3.2 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。

5.2.2.3.3 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。

5.2.2.3.4 在离开现场前，应观察雨量计周边环境，看有没有可能遮蔽雨量计的障碍物，若有，应彻底清除。

5.2.2.4 运行与维护

5.2.2.4.1 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。

5.2.2.4.2 根据电池的使用寿命定期更换数据记录仪的电池。

5.2.2.4.3 应定期对数据记录仪进行校对。

5.2.3 地质雷达监测

5.2.3.1 测线布置

5.2.3.1.1 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。

5.2.3.1.2 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。

5.2.3.1.3 测线应平行布置，测线间距应小于 3m。

5.2.3.1.4 地质雷达监测深度应大于 5m。

5.2.3.2 设备性能要求

设备性能要求如下：

- a) 信号增益控制应具有指数增益功能；
- b) 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。

5.2.3.3 设备参数要求如下：

5.2.3.3.1 雷达主机天线工作频率的选取应根据监测深度、分辨率、介质特性以及天线尺寸是否符合场地条件等因素综合确定。

5.2.3.3.2 记录时窗的选择应根据最大探测深度与上覆地层的平均电磁波波速按下式确定：

$$T=K \cdot 2H/V \dots\dots\dots (1)$$

式中：

T ——频率，单位为兆赫（MHz）；

K ——折算系数，范围为 1.3~1.5；

H ——雷达最大探测深度，单位为米（m）；

V ——上覆地层的电磁波平均波速，单位为米每纳秒（m/ns）。

5.2.3.3.3 仪器的信号增益应保持信号幅值不超出信号监视窗口的 3/4，天线静止时信号应稳定。

5.2.3.3.4 宜选择所用天线中心频率的 6~10 倍作为采样率。

5.2.3.3.5 宜选择频率为 100 MHz~500 MHz 的屏蔽天线，当多个频率的天线均能符合探测深度的要求时，应选择高频天线。

5.2.3.4 技术要求

5.2.3.4.1 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。

5.2.3.4.2 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。

5.2.3.4.3 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。

5.2.3.4.4 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。

5.2.3.4.5 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。

5.2.3.4.6 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。

5.2.3.4.7 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。

5.2.3.4.8 应采用同型号设备、相同探测参数进行监测。

5.2.3.5 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。

5.2.4 同轴电缆时域反射监测

5.2.4.1 测线布置

5.2.4.1.1 应根据场地特点设计布置测线。

5.2.4.1.2 测线间距应小于 3m。

5.2.4.1.3 测线埋深应不小于 2m。

5.2.4.2 仪器设备要求

5.2.4.2.1 时域反射仪(TDR)设备技术指标要求如下：

- a) 脉冲发生器输出：250mV/50Ds；
- b) 输出阻抗：50Ds+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℃。

5.2.4.2.2 同轴电缆参数要求如下：

- 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+3Ds；
- 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。

5.2.4.2.3 胶结材料要求如下：

- 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 2 MPa。

5.2.4.3 同轴电缆安装埋设

5.2.4.3.1 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。

5.2.4.3.2 安装前准备工作包括：

- a) 应结合电缆布设方案(单向或回路)，计算所需电缆的长度。
- b) 应连接设备测试并记录实际长度。

5.2.4.3.3 安装过程如下：

- a) 确定同轴电缆接头位置。
- b) 拉测线，用腻子粉在地面上划线。
- c) 沿线挖槽或定向钻孔，直接铺设同轴电缆。
- d) 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。
- e) 记录初始测量值。

5.2.4.4 监测频率

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。

5.2.4.5 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。

5.2.5 光纤应变监测

5.2.5.1 光纤埋设

5.2.5.1.1 光纤埋设有水平埋设、垂直埋设两种方式。

5.2.5.1.2 水平埋设光纤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。

5.2.5.1.3 垂直埋设光纤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

5.2.5.1.4 溶洞的规模确定，孔深应不小于拟监测的溶洞顶板埋深。

5.2.5.2 仪器设备要求

光纤应满足表2所列技术参数要求。应采用 BOTDR、BOTDA、OTDR、FBG 等光纤应变分析仪进行测量，其技术参数应满足表3所列要求。

表2 光纤技术参数

项目	单模	项目	单模
纤芯/模态直径/ μm	9.2 $\pm$ 0.4	最大衰减/(dB·km ⁻¹)	0.4dB/km@1310nm、 0.3dB/km@1550nm
工作温度/℃	-20~90	光纤净重/(kg·km ⁻¹)	10~20

表3 光纤监测设备性能指标

项目	性能指标				
测量距离/km	1, 2, 5, 10, 20, 40, 80				
脉冲宽度/ns	10	20	50	100	200
空间分辨率/m	1	2	5	11	22
空间采样间隔/m	1	0.5	0.2	0.1	0.05
应变测量精度	+0.004%(40μ2)		+0.003%(30μ2)		
频率采样范围/GHz	9.9~11.9				

表 3 （续）

项目	性能指标	
频率采样间隔/MHz	1, 2, 5, 10, 20, 50	
空间定位精度/m	$\pm \left[2.0 \times 10^{-5a} \times H^a(m) + 0.2m + 2 \times k^b (m) \right]$	
应变测量范围	-1.5 %~1.5 % (15000 μm)	
重复性	<0.04%	<0.02%
^a 测量范围; ^b 距离采样间隔。		

5.2.5.3 光纤水平埋设技术要求

5.2.5.3.1 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。

5.2.5.3.2 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。

5.2.5.3.3 地面挖槽埋设技术要求如下：

- 确定光纤接头的位置，便于后续测量维护；
- 测线定位，用腻子粉在地面上划线、插签标示；
- 沿线挖槽，将开挖土体分层放置在旁边；
- 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；
- 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；
- 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，见附录 A；
- 采用 RTK 或全站仪测量测线端点、转角点坐标；
- 用加热法在标定位置加热，测量光纤，读取标定距离；
- 用人工将粉碎黏土或砂回填至高度 20cm，测量光纤；
- 继续用机械将黏土回填至地表，压实，测量光纤长度及变形。

5.2.5.3.4 工程施工期间埋设技术要求如下：

- 确定光纤接头位置；
- 拉测线，用腻子粉在地面上划线，确定光纤标定位置；
- 沿测线直接铺设光纤，在标定位置预留 2m 光纤，间隔 2m 用砂或粉碎的黏土固定；
- 根据测线位置记录光纤在转角处、标定位置、埋设初始结束段的码标；
- 采用 RTK 或全站仪测量测线端点、转角点坐标；
- 用加热法在标定位置加热，测量光纤应变并读取标定距离；
- 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 2 MPa；
- 测量光纤长度及变形。

5.2.5.4 光纤垂直埋设技术要求

5.2.5.4.1 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%。

5.2.5.4.2 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。

5.2.5.4.3 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。

5.2.5.5 光纤埋设流程

光纤埋设流程如下：

- a) 放置光纤至设计深度；
- b) 自下而上分段灌浆；
- c) 保证光纤在灌浆过程中不被压、踩、弯折；
- d) 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；
- e) 安装孔口保护箱。

5.2.5.6 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。

5.2.5.7 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。

5.2.6 地面变形监测

5.2.6.1 一般规定

- 5.2.6.1.1 地面变形监测应主要针对已发育有塌陷坑、地裂缝、沉降带的地区。
- 5.2.6.1.2 地面变形监测包括地表水平位移、地表垂直位移和塌陷地裂缝、建筑裂缝的监测。
- 5.2.6.1.3 地面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。
- 5.2.6.1.4 地面变形监测优先采用 GPS，也可采用水准测量等方法。

5.2.6.2 监测网点的布置

5.2.6.2.1 GPS 测量监测网布置要求：

- a) 监测网的建立及精度要求应符合 GB/T 18314-2009 中 D 级以上标准要求；
- b) 监测网的布设应根据监测区卫星状况、接收机类型和数量、测区已有的资料、测区地形和交通状况以及作业效率综合考虑；
- c) 监测网可布设成闭合环或附合路线，闭合环或附合路线的边数不大于 8 个；
- d) 监测网由位于监测区之外的基准点、工作基点，以及位于监测区之内的监测点组成，可直接将基准点作为工作基点；
- e) 基准点、工作基点须布置在监测区以外的稳定地区；
- f) 测线应穿越塌陷坑、地裂缝、沉降带，尽量垂直岩溶发育方向布置，测线距离 10m~30m；
- g) 监测点沿测线布置，距塌陷坑、地裂缝、沉降带不同距离应布置监测点，监测点间距应控制在 5m~20m；
- h) 工作基点、监测点应按照 GB/T18314 要求设置标石，编制埋石说明。

5.2.6.2.2 水准测量监测网布置要求：

- a) 按三等水准测量标准布设监测网；
- b) 采用点、线、面相结合方式，组成控制整个塌陷区的监测网；
- c) 以塌陷带长轴或主要地质构造线方向为中轴，垂向布设 3 条以上监测剖面，监测点距离 5m~10m；
- d) 测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；
- e) 测点应保证埋设标志能反映所在位置的地面变形信息，而且便于保护、维护；
- f) 按 GB/T 12898 埋设水准标志。

5.2.6.3 仪器设备要求

应根据实际情况，选择满足精度和效率要求并经过国家计量认证的 GPS 系统、全站仪、水准仪、陀螺经纬仪等测量仪器。

5.2.6.4 监测技术要求

5.2.6.4.1 在进行地面测量时，应确保监测人员和仪器设备的安全。

5.2.6.4.2 应注意保持人员和设备的延续性，对同一个监测项目，应确保主要监测人员固定、测量方法和测量线路固定、测量设备固定。

5.2.6.4.3 监测中，应严格执行相关测量规范，按照仪器使用手册要求进行。

5.2.6.4.4 监测精度应满足 JGJ 8、GB/T 12898 的要求。

5.2.6.5 监测频率

5.2.6.5.1 采用 GPS 自动监测时，岩溶地面塌陷发生后的 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。

5.2.6.5.2 采用人工监测时，岩溶地面塌陷发生后的 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。

5.2.7 简易监测

5.2.7.1 一般规定

5.2.7.1.1 简易监测主要是观测塌陷发生前后异常现象的变化。

5.2.7.1.2 简易监测工作应纳入群测群防体系，由基层巡查员承担。

5.2.7.1.3 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。

5.2.7.2 监测内容

5.2.7.2.1 通过对主要水点、居民点的巡查走访，观测岩溶地面塌陷前兆现象，包括井（泉）的干枯、井水。

5.2.7.2.2 浑浊、地面喷水冒砂、地面下凹汇水、地板架空、墙壁开裂等，及时填报相关表格，见附录 B。

5.2.7.2.3 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，见附录 B。

5.2.7.3 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。

6 设备安装与运行维护

6.1 一般规定

6.1.1 设备的安装应保证监测设备的安全性，安装方法应符合监测设备的测量原理及测量条件。

6.1.2 设备安装应考虑监测设备的复用性。

6.1.3 安装应尽可能稳固、美观，整体宜采用蓝（#005CAF）、白、灰等进行搭配。

6.1.4 设备维护方法应简单易推广，维护工作应做到准时、及时、长时。

6.2 基础施工

- 6.2.1 对采用地埋件安装立杆的监测设备，采用钢筋混凝土基础，上端为地脚螺栓螺纹，下端为防拔结构；在保障稳定性需求前提下，可采用预埋箱、地插胀杆等新型绿色安装方式。地埋件应保持水平，上端与监控立杆法兰盘应可靠配合。
- 6.2.2 对采用混凝土浇筑安装立杆的监测设备，2 米立杆高度时混凝土底座长*宽*深不小于 500mm*500mm*600mm，3 米立杆高度时混凝土底座长*宽*深不小于 600mm*600mm*800mm，5m~6m 立杆高度时混凝土底座长*宽*深不小于 800mm*800mm*1000mm。
- 6.2.3 对于地插胀杆式的新型安装方法，应保证钻孔直径不小于 5cm，地插部分长度不小于 60cm，地插深度不小于 60cm。并采用原位土活泥浆填充空隙，保证仪器安装稳定。
- 6.2.4 监测基础地面平台长、宽不小于 400mm，露出地面高度不小于 200mm。
- 6.2.5 采用悬挂安装的仪器设备，应配备仪器安装背板，并安装不少于 3 颗 $\phi 6\text{mm}$ 的膨胀螺钉固定。
- 6.2.6 对需要采取避雷措施的监测仪器设备，基础施工时应预先埋入接地电极。
- 6.2.7 基坑开挖属隐蔽工程，开挖时应按施工流程做好影像记录以备查验。
- 6.2.8 监测工作须在监测点的基础达到稳定状态后开展，监测数据也应在此之后方可被认为有效。

6.3 设备安装

- 6.3.1 根据监测设计方案，将对应类型的传感器安装在指定位置。
- 6.3.2 雨量计应检查承水器口、压敏（电）感应区是否水平；雨量计承水器口、承雨面的安装高度选定后，不得随意变动，以保持历年降雨量观测高度的一致性和降雨记录的可比性。
- 6.3.3 立杆直径 $\geq 90\text{mm}$ ，管壁厚度 $\geq 3\text{mm}$ ，并加装防雷设施。
- 6.3.4 地面移位计在岩溶塌陷位置应尽可能垂直穿过塌陷位置安装，拉绳必须通过保护管进行保护，移位计标靶必须固定，且标靶面积不小于 500mm $\times$ 500mm。
- 6.3.5 各类传感器固定在灾害体表面或水泥台上，以便准确反映灾害体变化。
- 6.3.6 含水率计安装应满足下列要求：
- 在监测点位选择时，宜先使用洛阳铲取土样，选择含碎石杂质较少位置安装，避免插针式含水量传感器折损。
 - 插针式含水量传感器应探针水平插入原状土中直至没针，减少误操作及重复插拔，避免出现空穴或气孔影响测量精度。
 - 一般采用 3~5 个传感器一组，传感器间埋设深度 $\geq 400\text{mm}$ 。
 - 回填时采用原状土小心回填。
 - 非插针式含水量测量探头垂直插入土层中，并用原状土密实回填。
- 6.3.7 移位计立杆和横杆管径应分别 $\geq 140\text{mm}$ 、76mm，管壁厚度 $\geq 4\text{mm}$ ，支撑杆管径和长度视实际需求而定，要求雷达传感器晃动幅度不超过精度范围。
- 6.3.8 需配备太阳能电池板的仪器设备，应将太阳能支架固定在立杆上，并确保太阳能板受力均匀，朝向为南向。
- 6.3.9 采用外置传输天线的设备应通过机箱预留开孔固定在机箱外侧。
- 6.3.10 设备安装完成后，应整理接线，收纳美观。对安装的所有监测仪器支架进行接地电阻测试，达到防雷设计规范。及时清理安装现场残余垃圾，保护环境。
- 6.3.11 设备安装完成后，现场应统一安装普适型岩溶塌陷地质灾害监测仪器标识，仪器设备二维码应刻蚀、印刷或贴于仪器外壳明显处，并防止损毁。

6.4 联调联试

- 6.4.1 对所有外连接线（电源线、数据线）进行检查，特别注意电源线正负极连接是否正确，以免造成设备损坏。
- 6.4.2 连接太阳能电池板与充电控制器线缆，检测太阳能充电控制器负载端输出电压。

- 6.4.3 依顺次连接传感器、电源、太阳能电池板控制器、天线与主机线缆等。
- 6.4.4 检查数据采集、传输通讯情况，查看远程客户端是否收到测试数据及收到的测试时间、数据量，并检查分析测试数据的合理性。
- 6.4.5 如数据异常，依次检查传感器、供电电源、传输天线，排除故障直至传输正常。

6.5 安装记录

- 6.5.1 安装记录应包括监测点信息、基础施工、安装调试步骤、过程影像记录等内容。
- 6.5.2 监测点信息应包括岩溶塌陷灾害点名称、编号、安装地点、地理位置、坐标及主要监测内容等。
- 6.5.3 基础施工包括施工条件、基础尺寸、施工时间等内容。
- 6.5.4 设备进场安装前，应组织现场验收。
- 6.5.5 对安装过程进行拍照记录，控制各过程节点，主要包括基础施工、设备安装、设备调试、设备整体等。

6.6 设备管理

- 6.6.1 设备管理包括二维码信息编制、监测设备防护、监测设备标识建立等内容。
- 6.6.2 对每台设备应编制二维码信息，野外可通过移动设备扫描快速检索到设备信息及实时监测数据曲线，二维码信息须与设备安装记录信息一致。
- 6.6.3 监测设备建成后，应按照 DZ/T 0309 设置标识警示牌，标识牌宜采用醒目标识及警告内容。
- 6.6.4 对于保护要求较高的监测点，可修建围栏、防护网等防止破坏。

6.7 设备验收

- 6.7.1 对照监测设计方案和施工组织设计，检查监测仪器指标符合性、安装位置及安装方式等是否符合设计要求。
- 6.7.2 检查仪器设备工作状态，各部分组件安装是否齐全。
- 6.7.3 检查仪器设备安装记录表、资料归档、后续维护人员等信息。
- 6.7.4 检查仪器设备监测数据库，查看监测数据的实时性、准确性及完整性。
- 6.7.5 明确仪器设备服务周期，确保后期运行正常及维护及时到位。

6.8 运行维护

- 6.8.1 充分利用信息系统进行设备故障统计，及时发现问题并进行维护，维护工作应及时上报系统存档记录。
- 6.8.2 汛期内每月对监测点进行巡检，检查有无破坏迹象，对已被破坏的监测点进行记录，及时填表上报并快速解决。非汛期每两月巡检一次。
- 6.8.3 每季度检查太阳能充电面板，对有灰尘、积雪覆盖的太阳能电池板进行清理；对树木生长导致太阳能电池板被遮挡的监测点，应及时修剪树枝。
- 6.8.4 具备电量自动测量功能的仪器设备，应定期观察仪器电池电量；无电量自动测量功能的仪器设备，应每月进行人工检查。对电量不足的仪器设备，应及时进行人工充电或更换电池。
- 6.8.5 每季度检查仪器机箱内部状态，对有异物的机箱进行清理；对锈蚀的接线端子进行更换。
- 6.8.6 工作期内出现数据异常的监测仪器设备，须在发现异常后 48 小时内响应，并采取相应措施及时排除异常。
- 6.8.7 雨量计应保持传感器探头无异物遮挡；翻斗式雨量计应每月清理雨量筒内的杂物，避免影响仪器测量精度。

6.8.8 监测设备质保期不低于 2 年，后期年运行维护费不宜低于建设投资的 15%，可根据灾害点数量、分布及维护难度等情况适当调整。

6.8.9 加强岩溶塌陷灾害监测设施保护。根据《地质灾害防治条例》第四十六条规定，对侵占、损毁、损坏地质灾害监测设施的，应当限期恢复原状或者采取其他补救措施。

7 监测数据通讯及数据库建设

7.1 一般规定

岩溶塌陷灾害监测设备通讯及数据库建设标准，依托国家级与省级地质灾害数据库互联互通和动态更新基础，实现国家级-省级-县（市）级-群测群防员实时联动，充分利用物联网、大数据与云计算等先进技术，为专群结合地质灾害监测预警工作提供全流程数据服务支撑。

7.2 监测数据通讯技术要求

数据采集设备使用传感器对变形场、物理场、影响因素、宏观现象等岩溶塌陷灾害监测类型进行数据采集，通过数据采集设备中的通信单元进行数据传输，通过HTTP、MQTT、COAP等协议接入物联网平台及监测预警信息系统。

7.3 网络环境与硬件系统

网络环境依托现有国家电子政务外网、自然资源业务网、地质环境业务专网等专网体系建设，国家-省级通过地质环境业务网进行数据交换与共享，省-县（市）级通过国家电子政务外网、自然资源业务网或互联网进行数据交换与共享。

硬件系统根据数据库与平台建设需求，结合各地实际情况，可采用私有云、公有云或混合云的方式开展。

7.4 数据库

7.4.1 基本要求

7.4.1.1 地质灾害监测预警数据库应服务地质灾害监测、预警业务，包含基础数据、监测数据、预警业务数据、监测业务数据等，数据库可基于数据交换平台服务解决各级数据异源异构、数据同步时效性差、数据同步和共享的安全性低等问题。

7.4.1.2 本数据库表结构中使用的数据类型共有三种：字符串、数值、时间。

7.4.1.3 接口格式说明如下：

- a) 所有接口统一使用 restful api 提供服务；
- b) 客户端通过 HTTP 动词(GET、POST、DELETE、PUT)，对服务器资源进行操作；
- c) 所有服务返回结果需要有明确的状态码和提示内容。

7.4.2 数据表

7.4.2.1 监测业务数据表

监测业务数据表主要包括监测点基础信息表、监测点建设信息表、二维码记录表、监测点剖面线表、钻孔基本信息表、设备基础信息表、设备选址安装记录表、设备状态记录表、设备指令下发历史记录表、设备运行维护记录表、传感器基础信息表、传感器异常设置表等。

7.4.2.2 监测数据表

监测数据表主要包括雨量数据表、土壤含水率数据表、土体位移数据表、GNSS 数据表。

7.4.2.3 预警业务数据表

预警业务数据表主要包括监测点预警信息表。

7.4.3 数据接口

数据接口主要包括各信息系统之间以及信息系统与第三方平台之间数据交互所需的 API 接口。

7.4.4 数据库集成

7.4.4.1 软硬件集成

应根据数据库物理设计方案，将数据库建设所选择的硬件和软件进行有机集成。硬件网络化集成应确保网段与网址合理分配、权限分级设置、硬件互联互通和资源有效共享等；软件系统的集成应确保所选择的操作系统、数据库管理系统、专业软件系统等能够发挥各自的效能，并形成有机的整体。

7.4.4.2 数据集成

为满足数据一体化管理的需要，应采用相应的数据组织方式，建立多类型、多尺度数据(包括同尺度同类型、同尺度不同类型、不同尺度同类型、不同尺度不同类型等)之间的逻辑关联，元数据与相应数据体之间也应建立相应的逻辑关联。

7.4.4.3 功能实现与集成

应根据系统的功能设计进行软件开发，实现数据库管理、维护与分发等功能，包括日志管理、用户管理、视图管理、数据的导入导出、查询与检索等模块，并能将不同的功能模块进行集成，形成不同的子系统和系统。

7.4.5 数据库测试

数据库测试应包含编写测试大纲、明确测试项目、明确测试方法与步骤、编写测试报告等重要步骤，数据库在系统测试后，应根据测试报告针对设计目标的完成情况作整体性评价。

7.4.6 数据库验收

数据库应根据设计要求按照相应的验收流程进行验收，验收依据应包括数据库建库任务书、委托检验文件、数据库建库技术设计书、有关技术规定和标准以及测试报告等，验收内容可以从是否提供了齐全完整的数据库成果文档、操作手册、测试报告以及数据库基本功能是否符合数据库设计的要求等方面进行。

7.5 信息系统

7.5.1 基本要求

地质灾害监测预警信息系统应满足对监测对象的自动、连续、实时监测，具备前端监测数据管理、数据动态展示、预警分析以及数据应用服务能力；同时能在信息采集及预报分析决策基础上，根据预警等级及地质灾害威胁范围，通过短信、传真、无线广播等预警方式及相应预警流程，将预警信息及时准确地传递到地质灾害危及区域，使预警信息接收人员能实时掌握地质灾害区域整体的安全状态。

7.5.2 系统架构

7.5.2.1 基于地质灾害监测预警信息系统的建设目标和标准体系，系统总体架构如图 1 所示。

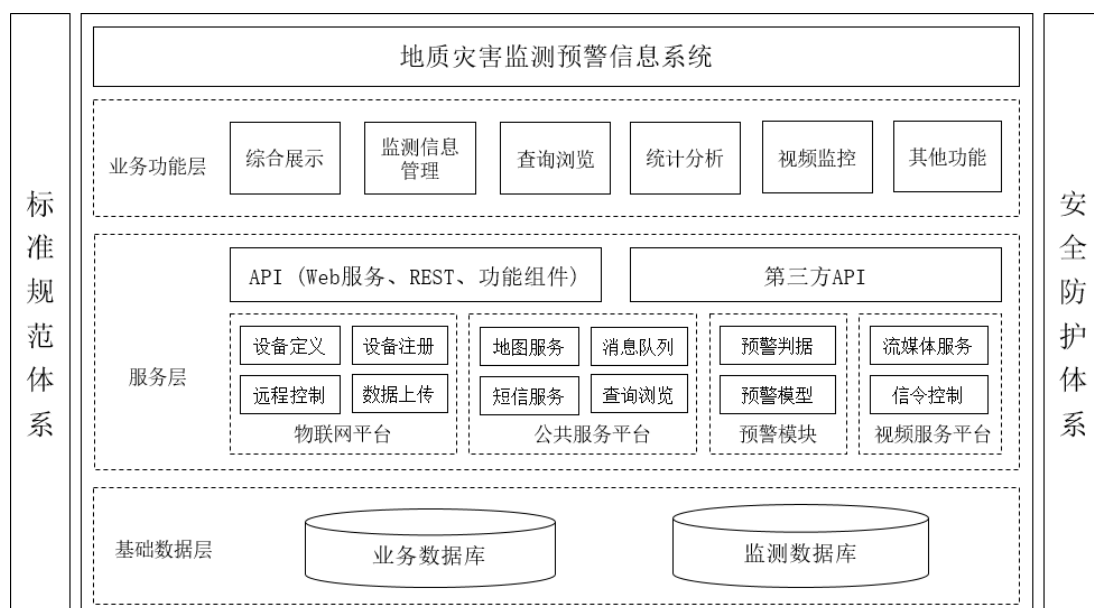


图1 地质灾害监测预警信息系统总体架构

7.5.2.2 基础数据层主要包括监测业务数据、预警业务数据、监测数据，其中监测数据可通过物联网平台实时转发获取，国家-省（直辖市）-地市各级监测业务数据、监测数据等可通过数据交换平台进行同级、跨级的双向实时动态地交换共享获取。

7.5.2.3 地质灾害监测预警业务平台底层主要由物联网平台、公共服务平台、预警系统、视频服务平台等提供基础的业务支撑服务，且各业务支撑服务平台之间通过完全解耦的方式提高业务平台的可伸缩性、可扩展性。业务平台可通过对基础业务支撑服务的封装，对外部提供 WebAPI 服务、功能组件以及第三方 API，便于业务平台内部进行功能扩展、第三方应用进行数据服务调用。

7.5.2.4 业务功能层以 Web 界面形式将业务功能进行可视化展示并提供相应的业务功能操作，提供基于 Web 技术实现的数据检索、空间与数据可视化、数据分析等功能，平台应具备数据综合展示、监测管理、监测设备管理、查询浏览、统计分析、预警分析等基础功能模块。

7.5.3 数据备份

制定并执行数据备份策略，确保监测数据的完整性和存储安全，避免出现数据丢失的情况。

7.6 安全体系

按照GB/T 22240、GB/T 22239对平台进行定级备案、安全体系建设、测评与整改，重点包括物理、网络、系统、应用和数据等层面的安全控制要素。

8 监测预警实施

8.1 一般规定

8.1.1 监测预警应坚持“以人为本，科技防灾”的原则，在群测群防的基础上统筹兼顾技防与人防，通过宏观迹象巡查、监测数据分析和区域岩溶塌陷灾害气象预警综合研判隐患风险等级；群测群防监测在发现可辨识的灾害前兆时，可进行临灾预警，并根据预案及时采取应对措施。

8.1.2 依据各因素监测数据波动与降雨等关键指标监测数据开展岩溶塌陷灾害专业预警，主要分为单参数预警方式与多参数综合预警方式：

- a) 单参数预警主要通过单一设备直接获取或计算得到的指标判据来确定岩溶塌陷灾害发生的可能性，阈值应在机理认识、历史经验的基础上研究设定并动态调整；
- b) 多参数综合预警主要通过多个指标判据的组合来综合确定岩溶塌陷灾害发生的可能性，预警模型应基于岩溶塌陷灾害隐患的地质特征、影响因素及发展变化趋势，在综合分析数据波动与破坏特征的基础上确定，并根据机理认识与监测数据及时调整。

8.1.3 依据地面土体变形、异常地声、地表水域突然下降等宏观迹象开展岩溶塌陷灾害预防预警。

8.2 预警判据

预警判据主要包括降雨判据、变形判据和临灾前兆异常判据等。

- a) 降雨判据包括日降雨量、累积降雨量、有效降雨量、变形量-降雨关系等；
- b) 变形判据包括变形量、变形速率等；
- c) 临灾前兆异常判据包括变形特征、地面土体组合及变形发展特征等。

8.3 预警等级与信息发布

8.3.1 岩溶塌陷灾害监测预警等级

按照地质灾害发生的发展阶段、紧急程度、不稳定发展趋势和可能造成的危害程度，地质灾害预警级别分为一级、二级、三级、四级，分别对应地质灾害风险极高、风险高、风险较高和风险一般等不同程度，依次用红色、橙色、黄色、蓝色标示。一级为最高级别。

- a) 红色预警（警报级）：地质灾害发生的可能性很大，各种短临前兆特征显著，在数小时或数天内大规模发生的概率很大；
- b) 橙色预警（警戒级）：地质灾害发生的可能性大，有一定的宏观前兆特征，在几天内或数周内大规模发生的概率大；
- c) 黄色预警（警示级）：地质灾害发生的可能性较大，有明显的变形特征，在数周内或数月内大规模发生的概率较大；
- d) 蓝色预警（注意级）：地质灾害发生的可能性小，有一定的变形特征，一年内发生地质灾害的可能性不大。

8.3.2 预警级别调整

8.3.2.1 预警级别提高

监测显示，岩溶塌陷灾害宏观迹象及短临前兆更加明显，短期内大规模发生的概率增大，岩溶塌陷灾害风险进一步增大，经认定后，可以提高岩溶塌陷灾害预警级别。

8.3.2.2 预警级别降低与解除

岩溶塌陷灾害风险降低，发生概率变小，短临前兆监测趋缓，经认定后，可以降低预警等级或解除预警。

8.3.3 预警信息发布

8.3.3.1 发布原则

遵循“政府主导，统一发布；属地管理，分级负责；纵向到底，全部覆盖”的原则。

8.3.3.2 发布流程

预警信息根据由县级以上人民政府自然资源主管部门发布，第一时间将相应等级预警信息告知有关防灾责任人、监测责任人、群测群防员，并根据有关规定决定是否向社会发布。

8.3.3.3 发布渠道

发布渠道包括电话、传真、网络、网站、电视台、广播、短信、微信、微博、QQ、电子显示屏，以及高音喇叭、铜锣、口哨等方式。

8.4 预警响应

8.4.1 蓝色预警应对措施

蓝色预警发出后，群测群防员应去现场对宏观迹象进行巡查，并将有关情况进行反馈至乡（镇、街道办事处）自然资源主管部门。

8.4.2 黄色预警应对措施

黄色预警发出后，岩溶塌陷灾害隐患点监测责任人、群测群防员应去现场对宏观迹象进行巡查；技术支撑单位加强监测数据分析，开展中期预警，预测发展趋势，并到到现场进一步核查，并将有关情况反馈至乡（镇、街道办事处）自然资源主管部门。

8.4.3 橙色预警应对措施

橙色预警发出后，岩溶塌陷灾害隐患点监测责任人、群测群防员应去现场对宏观迹象进行巡查，加强对宏观变形迹象的监测；技术支撑单位加强监测数据分析，开展短期预警，预测发展趋势；乡（镇、街道办事处）防灾责任人会同技术支撑单位前往现场进一步核查，并将有关情况反馈至县（区）级自然资源主管部门。

8.4.4 红色预警应对措施

红色预警发出后，岩溶塌陷灾害隐患点监测责任人、群测群防员应去现场对宏观迹象进行巡排查，加强宏观变形监测及短临前兆监测，开展短临预警，由其根据现场宏观变形等实际情况判定是否提前组织地质灾害危险区群众进行转移。县级自然资源主管部门会同乡（镇、街道办事处）和技术支撑单位前往现场进一步调查处置，若确属灾险情，则立即按照应急预案和灾险情速报机制采取相应行动。

8.5 成果要求

8.5.1 基本要求

岩溶塌陷灾害监测预警成果包括监测预警报告、数据附表、监测专题图件和应急监测每日简报等相关文件。所有资料成果应提供数字化成果。可根据需要分单体监测预警和区域监测预警进行编制。

8.5.2 监测预警报告

8.5.2.1 报告表述要简明扼要、层次分明、逻辑严谨、用语规范、重点突出，突出实用性和可操作性。总体编排顺序按封面、章节目录（含附图、附表、附件）、正文、结论等。

8.5.2.2 文本电子文档要求为.doc 和.xls 格式，电子图件要求为 MapGIS 或 ArcGIS 格式。

8.5.3 报告附图

8.5.3.1 图件应完整清晰，简明易懂，突出监测内容，淡化背景条件。主要附图一般包括岩溶塌陷灾害监测部署图、监测分析图、预警成果图等。

8.5.3.2 附图应根据需要和资料情况设置比例尺。图面内容第一层次为主要地理要素，第二层次地质环境要素，第三层次为要反映的主题内容。

8.5.3.3 各地可根据需要编制其他专题图件。

8.5.4 报告附表

报告附表一般包括岩溶塌陷灾害调查表、监测分析报表等。

8.6 预警实施与反馈优化

8.6.1 每年汛期结束后，对历史监测数据的综合分析，提取有效数据、筛选冗余数据、剔除异常数据，研判各类数据之间的关联性及其与地质要素的耦合关系，梳理能快速、真实、有效反映地质体演化规律和破坏过程的有效数据与关键信息，构建不同类型地质灾害隐患监测数据样本库与案例集，为预警模型验证与动态优化提供数据支持。

8.6.2 研判、科学分析灾害机理和发展趋势，必要时补充相关的调（勘）查评价、测试实验等工作，精准识别变形破坏的重点区块和关键部位，在重点区块和关键部位安装布设不同类型的普适型监测仪器设备。进行现场宏观变形破坏情况巡查排查，分析研判传感器放置位置的科学性，优化隐患点监测仪器设备安装布设方案。

8.6.3 分区分类开展成灾机理与临灾监测指标体系研究；根据监测仪器设备获取数据特点，进行以水气压力、降雨、含水率、土体变形光纤为主的岩溶塌陷综合预警模型研究，形成多参数预警模型并在信息系统及设备端运行。

9 质量管理与过程控制

9.1 设备检验检测

9.1.1 监测仪器设备应按型号由具有法定测试资质的机构认定或主管部门测试认证。

9.1.2 提交检测的单位产品应处于包装状态，包装箱牢固，应有防潮、防振等措施。包装标志应满足以下要求：

- a) 产品名称、型号、数量；
- b) 制造单位名称、地址；
- c) 外型尺寸；
- d) 样品编号；
- e) 毛重；
- f) 符合 GB/T 191 规定的其他标志。

9.1.3 提交检测的产品应具有铭牌，应标志以下信息：

- a) 制造单位；
- b) 产品名称、型号；
- c) 出厂编号；
- d) 出厂日期。

9.1.4 根据实际应用情况，结合不同类型仪器设备，试验项目校准。

9.2 设备安装与运行维护

设备安装与运行维护需按照要求，做好点位选择、基础施工、联调联试、安装记录和定期维护等工作，每个关键环节均要做好相应记录。有条件的地方可引入监理制度，确保工程质量。

9.3 数据库与系统建设

数据库与系统建设需按照规定要求，必要时引入第三方测试。

9.4 组织验收

监测预警设备材料、安装、运行和预警等环节应及时组织专家进行验收，针对安装布设、系统运行、模型设定等关键节点，验收不合格的应提出整改意见并及时整改，整改后再重新组织验收，直至验收通过。验收具体内容如下：

- a) 材料验收：监测设备运抵现场后，第一时间组织验收，包括主材及辅材数量、规格、型号等；
- b) 竣工验收：根据监测设计方案布设后，及时组织现场设备安装验收，包括基础施工、设备安装、设备调试等验收项目；
- c) 数据库与信息系统验收：设备安装验收通过后，对数据上传监测预警系统进行验收，包括现场监测设备及位置系统显示是否准确、监测数据回传是否正常、预警指令下发是否通畅等；
- d) 预警模型验收：应结合隐患点地质灾害成因机理分析、宏观现象等，以合理的可能性早期预警为目标，聚焦关键核心参数，形成简明扼要、行之有效的预警模型。验收内容包括预警判据、阈值设定。

附 录 B
(资料性)
岩溶地面塌陷简易监测记录

岩溶地面塌陷简易监测记录见表B.1

表 B.1 岩溶地面塌陷简易监测记录表

地理位置	地面异常	异常范围 （长×宽）	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：地面工程活动爆破；矿山的排水；挖方（深度大于1 m）；机井（日开采量、井深、土层厚度、水位埋深）；农灌点（水位下降速度、泵的大小）；基坑开挖降水；桩基的施工。

填报人：

审核人:

时间: