



中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0283—2015

地面沉降调查与监测规范

Specification for survey and monitoring of land subsidence

www.docin.com

2015-06-11 发布

2015-10-01 实施



中华人民共和国国土资源部 发布

目 次

前言 Ⅲ

引言 Ⅳ

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 工作内容 3

5 地面沉降调查 3

 5.1 一般规定 3

 5.2 技术设计 3

 5.3 调查内容 4

 5.4 调查方法 5

6 地面沉降监测 6

 6.1 一般规定 6

 6.2 技术设计 7

 6.3 InSAR 监测 8

 6.4 GPS 监测 10

 6.5 水准监测 12

 6.6 基岩标、分层标监测 14

 6.7 地下水位和孔隙水压力监测 15

 6.8 监测成果综合处理 16

7 地面沉降评价 16

 7.1 一般规定 16

 7.2 易发性评价 16

 7.3 预测评价 17

 7.4 危险性评价 19

 7.5 经济损失评估 20

8 成果编制与汇交 20

 8.1 一般规定 20

 8.2 成果报告编制 20

 8.3 数据库建设要求 21

 8.4 资料汇交 21

附录 A(规范性附录) 地面沉降调查表 23

附录 B(规范性附录) 地裂缝调查表 24

附录 C(规范性附录) 地面沉降调查技术设计书编制大纲 26

附录 D(资料性附录) InSAR 调查技术方法 27

附录 E(规范性附录)	地面沉降监测技术设计书编制大纲	29
附录 F(资料性附录)	角反射器(CR)的设计与安装	30
附录 G(资料性附录)	GPS 点结构设计与建设要求	34
附录 H(资料性附录)	基岩标、分层标建设	36
附录 I(资料性附录)	地下水监测井成井工艺技术要求	43
附录 J(资料性附录)	地面沉降经济损失评价	46
参考文献		48

www.docin.com

前 言

本标准依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的有关规则起草。

本标准由中华人民共和国国土资源部提出。

本标准由全国国土资源标准化技术委员会(SAC/TC 93)归口。

本标准起草单位：上海市地质调查研究院、中国地质环境监测院、长安大学、中国国土资源航空物探遥感中心。

本标准主要起草人：严学新、方正、杨天亮、王寒梅、熊福文、彭建兵、何庆成、张勤、郭小方、俞俊英、吴建中、黄强兵、王艳、刘金宝、陈明忠、卢全中、叶晓滨、钟立勋、李志明、刘文波、李采、王利、赵超英、詹龙喜、焦珣、占光辉、黄鑫磊、朱晓强、张欢、何晔。

www.docin.com

引 言

地面沉降现象分布广泛,主要包括因自然因素产生的土体固结和因抽取地下流体、工程建设等人为活动引发的压缩变形,并常伴生地裂缝现象。

我国开展地面沉降调查与监测工作已有五十多年的历史,积累了丰富的实践经验,取得了显著的地面沉降防治成效,但目前尚无统一的地面沉降调查、监测技术方法,难以满足当前地面沉降防治的需要。

为了贯彻执行国家地面沉降防治要求,全面提升地面沉降防治工作水平,在充分总结以往工作经验和防治成果的基础上,制定本标准。

www.docin.com

地面沉降调查与监测规范

1 范围

本标准规定了地面沉降的调查与监测及评价等技术方法和工作要求,并规定了成果编制、数据库建设和资料汇交等内容。

本标准适用于地面沉降的调查与监测及评价。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 12897 国家一、二等水准测量规范
- GB/T 14497 地下水资源管理模型工作要求
- GB/T 18314 全球定位系统(GPS)测量规范
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB 50027 供水水文地质勘察规范
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- CECS 55 孔隙水压力测试规程
- DZ/T 0064 地下水水质检验方法
- DZ/T 0133 地下水动态监测规程
- DZ/T 0151 区域地质调查中遥感技术规定(1:50 000)
- DZ/T 0154 地面沉降水准测量规范
- DZ/T 0181 水文测井工作规范
- DZ/T 0190 区域环境地质勘查遥感技术规程(1:50 000)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地面沉降 land subsidence

因自然因素和人为活动引发松散地层压缩所导致的地面高程降低的地质现象,包括在其发育过程中伴生的地裂缝现象。

3.2

地面沉降监测设施 land subsidence monitoring device

监测地面沉降动态的各类观测标志和设施,包括基岩标、分层标等观测标志和地下水监测井等观测设施。

3.2.1

基岩标 bedrock benchmark

埋设在坚硬基岩或稳定地层上的地面水准观测标志。

3.2.2

分层标 benchmark fixed on different stratum

埋设在不同深度松散土层分界面位置的地面水准观测标志。

3.2.3

地下水监测井 groundwater monitoring well

用于监测地下水动态变化的管井设施。

3.3

合成孔径雷达干涉测量 interferometric synthetic aperture radar(InSAR)

利用合成孔径雷达(SAR)数据中的相位信息进行干涉测量处理,结合雷达参数和卫星位置信息反演地表三维及其变化信息的遥感技术。

3.3.1

差分合成孔径雷达干涉测量 differential interferometric synthetic aperture radar(D-InSAR)

对两幅 SAR 影像进行干涉差分处理提取地表变化信息的干涉测量手段。

3.3.2

永久散射体 permanent scatterer (PS)

在长时间跨度 InSAR 图像序列中稳定的天然反射体。

3.3.3

点目标 point object

PS-InSAR 技术提取的永久散射体。

3.3.4

角反射器 corner reflector (CR)

采用金属材料制成,与雷达波的人射方向保持最佳夹角的人工反射装置。

3.4

地面沉降评价 land subsidence evaluation

对地面沉降及其伴生地裂缝的易发性、危险性进行评价,对经济损失等进行评估。

3.4.1

易发性评价 susceptibility evaluation

对特定区域发生地面沉降及其伴生地裂缝的难易程度进行评价。

3.4.2

危险性评价 risk evaluation

对特定区域一定时段内发生地面沉降及其伴生地裂缝的概率和危险程度进行评价。

3.4.3

经济损失 economic loss

地面沉降及其伴生地裂缝所造成的能用货币量度的各种损失。

4 总则

4.1 目的任务

调查地面沉降及伴生地裂缝现象的基本情况,监测其变化情况,并开展评价工作,为地面沉降防治提供科学依据,为城市安全和经济社会可持续发展提供基础支撑。

4.2 工作内容

- 4.2.1 采用遥感解译、野外调查、地球物理勘探、钻探、分析测试等方法,系统调查地面沉降及伴生地裂缝的地质背景、灾害现象、人类工程活动及灾害防治情况等。
- 4.2.2 通过精密水准、GPS、InSAR、土体分层沉降标组等技术手段,监测地面沉降及地下水动态变化。
- 4.2.3 依据地面沉降调查与监测成果,对地面沉降发育、发展、危害程度及经济损失情况进行评价。
- 4.2.4 通过综合分析调查和监测成果,编制地面沉降调查、监测工作的成果报告,建立数据库,并汇交归档。

5 地面沉降调查

5.1 一般规定

- 5.1.1 地面沉降调查工作主要在以下地区开展(见表1)。
- 5.1.2 调查范围和深度应在充分收集基础资料和分析区域地质背景的基础上,依据区域地质环境条件、地下流体开发利用现状与规划、灾害发育程度、人类工程活动及社会经济发展重要程度等综合因素确定。
- 5.1.3 野外调查宜采用点、线、面相结合的方式,应开展各类灾害现象的实地调查和访问。
- 5.1.4 对各类灾害现象应记录卡片、绘制手图、拍摄照片或影像等,并填写地面沉降调查表(见附录A)、地裂缝调查表(见附录B)。详细调查工作区内存在的地面沉降及其伴生地裂缝现象的基本情况。

表1 地面沉降主要发育环境和典型发育地区

地面沉降主要发育环境		典型发育地区
现代冲积平原		华北平原地区、松嫩平原地区、江汉平原地区
三角洲平原		长江三角洲地区、珠江三角洲地区
断陷盆地	近海式	滨海平原地区
	内陆式	汾渭平原地区

- 5.1.5 在调查区内进行水文地质、工程地质测绘时,宜在比例尺大于或等于测绘比例尺地形地质图基础上进行;无地质图时,应同时进行第四纪地质测绘。测绘比例尺宜符合下列要求:

- 区域性大范围灾害普查,平面测绘比例尺可大于1:100 000;
- 区(县)、市范围内的调查,平面测绘比例尺宜在1:50 000~1:100 000之间;
- 重要规划区、重大线性工程等相对较大范围的调查,平面测绘比例尺宜在1:10 000~1:50 000之间;
- 居民点和工程建设区的地裂缝调查,平面测绘比例尺宜在1:1 000~1:10 000之间,剖面测绘比例尺宜在1:100~1:1 000之间。

- 5.1.6 在地面沉降资料空白区或资料较少时,若有卫星观测数据宜优先选用InSAR等先进技术调查灾害发育现状;若无卫星观测数据,应以收集和分析该地区地质资料为主要手段调查灾害发育现状。

- 5.1.7 对已造成城镇、重要公共基础设施破坏且活动性较强的地面沉降及伴生地裂缝,应进行专门的勘察工作。

5.2 技术设计

- 5.2.1 收集工作区内已有地形地貌、气象水文、基础地质、水文地质、工程地质等地质背景资料;水准点

分布、高程测量资料；地下水开采利用资料；地面沉降、地裂缝、地下水监测资料；地裂缝的调查与勘探资料；地面沉降、地裂缝防治成果资料；地面沉降、地裂缝经济损失评估等资料；以及国民经济与社会发展规划、重大工程建设项目资料等。

5.2.2 系统分析整理已收集的地质背景资料，掌握工作区的区域地质环境条件和地面沉降、地裂缝发育的地质条件；对比分析高程测量成果和地下水动态特征，当有监测资料时，可相互印证，获得地面沉降及地裂缝的基本特征；分析评估地面沉降、地裂缝防治效果。

5.2.3 在收集、整理和分析资料的基础上，编制技术设计书。当基础资料不足时，应按相关规范要求对工作区进行现场踏勘和补充调查。

5.2.4 地面沉降调查技术设计书应做到目的任务明确、依据充分、工作部署得当、技术方法合理、保障措施完备。编制大纲见附录 C。

5.3 调查内容

5.3.1 地质背景调查

5.3.1.1 地形地貌调查应包括下列内容：

- a) 自然地貌和人工地貌类型及其分布、高程、形态、成因时代、物质组成和地貌单元间的接触关系；
- b) 水网分布与水文特征；
- c) 地形地貌与地下水的形成、埋藏、富集、补给、径流、排泄的关系；
- d) 与地面沉降、地裂缝相关的构造地貌特征、微地貌组合特征，灾害所处地貌单元的部位及其与地貌走向的关系等。

5.3.1.2 基础地质调查应包括下列内容：

- a) 基岩埋深、岩性、成因类型、形成时代、分布特征等；
- b) 第四纪地层分布、厚度、岩性、成因类型、形成时代、沉积环境、演化规律等；
- c) 断裂(包括隐伏断裂和活动断裂)及其活动时代和主要构造线的展布方向等；调查不同构造单元和主要断裂构造带在晚近地质时期以来的活动情况，以及全新世以来活动性断裂的规模、性质等，分析断裂的现今活动特征和规律；
- d) 在地裂缝分布区，尚应调查区内各种构造节理面的产状、形态、规模、性质、密度及其相互切割关系等。

5.3.1.3 水文地质调查应包括下列内容：

- a) 水文地质结构和地下水基本特征，包括地下水赋存类型、主要含水层系统空间分布特征、水化学特征、水位变化等；
- b) 地下水开发利用情况和地下水位动态特征，包括开采井及回灌井的分布、开采及回灌的层位与深度、抽水量和回灌量等。

5.3.1.4 工程地质调查应包括下列内容：

- a) 岩土体的成因、类型、地质时代、埋藏分布和物理力学性质，并宜根据岩土体分布和地层组合特征，进行工程地质结构分区；
- b) 软土、湿陷性土、膨胀土、吹填土等特殊土及不良地质现象的分布和工程地质性质。

5.3.2 灾害现象调查

5.3.2.1 建(构)筑物破坏调查应包括下列内容：

- a) 建(构)筑物破坏状况，包括墙体开裂、墙体裂缝的特征，开裂时间及变化情况；
- b) 建(构)筑物基本性质和使用年限；
- c) 周围地下水开采或其他工程活动对建(构)筑物的影响等。

5.3.2.2 地面开裂调查应包括下列内容:

- a) 地裂缝宽度、深度、走向、延展长度,以及高差、形成时间和活动速率等;
- b) 是否有群裂缝,调查地裂缝两侧地面的变形情况等。

5.3.2.3 井口抬升调查应包括下列内容:

- a) 井管相对地面抬升情况;
- b) 井管所处地段地基条件,有无松散填土分布;
- c) 井管周围建筑物有无破坏情况。

5.3.2.4 桥洞净空及结构调查应包括下列内容:

- a) 桥梁涵洞相对抬升情况;
- b) 桥梁采用的基础型式;
- c) 桥梁结构错动情况;
- d) 河道通航变化情况等。

5.3.2.5 市政设施破坏调查内容主要调查地下电力、燃气、电信、输水、输油、排水、供热等管线和地铁等地下隧道的变化、破坏情况。

5.3.2.6 港口码头或堤岸失效调查应包括下列内容:

- a) 港口码头或堤岸的岸坡变形情况、高程变化情况;
- b) 水面变化规律,是否持续上升等。

5.3.2.7 海水倒灌调查应包括下列内容:

- a) 海水倒灌的区域地质背景;
- b) 临海(江、河、湖)堤岸的高程变化、海水倒灌时间、频率和规模等情况;
- c) 海平面上升、潮汐等自然现象,以及与抽取地下水等因素和海水倒灌的关系。

5.3.2.8 洪涝调查应包括下列内容:

- a) 防汛设施能力减弱或失效的变化情况;
- b) 洪涝灾害发生的时间、次数、淹没范围、当时大气降水情况等;
- c) 与水患有关的地面下沉、堤防管涌等环境地质问题特征与危害。

5.3.3 人类工程活动调查

人类工程活动调查应包括下列内容:

- a) 区内社会经济发展环境、区域总体规划和建设交通发展规划等基本情况;
- b) 主要工程建设活动的基本情况及其对地质环境的可能影响;
- c) 人类工程活动与地面沉降、地裂缝之间的关系。

5.3.4 地质灾害防治情况调查

地质灾害防治情况调查应包括下列内容:

- a) 地面沉降、地裂缝的监测与防治设施建设和应用情况;
- b) 灾害发育区工程防护与防治措施等现状及其效果。

5.4 调查方法

5.4.1 遥感解译

5.4.1.1 应充分采用多分辨、多时相遥感技术,遥感信息源宜选用卫星、航空遥感影像资料。遥感解译范围应大于调查区范围。

5.4.1.2 解译时宜选用具有代表性的3个及以上不同时期遥感影像进行对比分析。解译工作可参见DZ/T 0190及DZ/T 0151的有关规定执行。

5.4.1.3 在地面沉降发育地区的前期调查中,宜优先利用InSAR技术进行区域性地面沉降及伴生地裂缝的宏观调查。InSAR调查技术方法可参见附录D。

5.4.1.4 对一般调查区地面沉降遥感调查结果应进行野外核查,核查数不应低于解译总数的80%,并逐一填写调查卡片;对收集的已有灾害点资料,应根据其完备程度进行野外核查与完善,重点调查地面沉降及伴生地裂缝的动态变化情况。

5.4.2 地球物理勘探

5.4.2.1 在钻探及槽探工程进行之前,根据调查需要和工作区地质条件,选择有效的物探方法,包括电法、浅层地震、三维地震、重力、磁法及放射性、测井等方法。

5.4.2.2 根据工作需要选择钻孔进行地球物理测井,工作要求宜参见DZ/T 0181的相关规定执行。

5.4.2.3 在地裂缝勘察时,可采用人工浅层地震反射波法、高密度电法等手段探查地裂缝的位置。

5.4.3 钻探

5.4.3.1 宜根据地面沉降发育现状、岩土体和含水层系统特征,合理布置钻探勘探线和勘探网,勘探线宜通过地面沉降中心。

5.4.3.2 钻探工作应与土工试验结合进行,可与综合物探勘查资料相互验证;钻孔布置宜一孔多用。

5.4.3.3 钻孔孔深应根据钻探目的和具体要求确定,还应结合相关的测试要求设计孔深。水文地质钻孔孔深应揭露主要含水层(组),并进行抽水试验求取水文地质参数。抽水试验的技术要求,应参见GB 50027的有关规定执行。

5.4.3.4 对于威胁城镇、重要公共基础设施且活动性较强的地裂缝,应采用钻探、槽探、硐探、井探等方法进行地裂缝勘探。具体的勘探工程布设应结合地裂缝的成因、发育特征等来确定。

5.4.4 测试与试验

5.4.4.1 岩土体样品的采集、保存、测试等技术要求,应按GB 50021和GB/T 50123的有关规定执行。

5.4.4.2 水体样品的采集、保存、测试等技术要求,应按DZ/T 0064及其他有关规范执行。

5.4.4.3 在地裂缝勘察区,10 m深度内采样间距不宜大于1 m。

5.4.4.4 在软土、黄土等特殊土分布地区,宜进行黄土湿陷性、软土流变等相关特殊试验。

5.4.4.5 为掌握地面沉降及伴生地裂缝发育机理或影响规律,可进行相关物理模型试验,模拟其应力-应变过程等。

6 地面沉降监测

6.1 一般规定

6.1.1 地面沉降监测应在前期调查基础上进行,并按区域统一规划和部署进行地面沉降及伴生地裂缝监测网的设计、建设。各监测设施均应埋设永久性标志,并采取稳固耐久、防腐抗蚀、保持垂直稳定等保护措施。

6.1.2 在地面沉降发育地区,应结合区位功能和服务对象,建设区域骨干监测网、区域控制监测网和重点地区监测网,并与行政区划中的国家级监测网、省(区、市)级监测网和地区级监测网相对应。地面沉降监测网分类参见表2。

6.1.3 地面沉降及伴生地裂缝应采用 InSAR、GPS、水准等测量技术进行监测,监测方法的选择参见表 2。

表 2 地面沉降监测网分类和监测方法

按行政区划分类	按区位功能、服务对象分类	属性	监测网性质	监测设施	采用监测方法	用途
国家级监测网	区域骨干监测网	点	实时监测站	1) 全天候 GPS 固定站; 2) 地面沉降自动化监测站; 3) 区域地面沉降监控中心	优先采用 GPS 测量、InSAR 技术	国家层面快速、全面获取行政区或跨行政区地面沉降信息
		线	综合控制剖面	1) 全天候 GPS 固定站; 2) GPS 一级网点; 3) 基岩标、分层标组; 4) 城市水准网点; 5) 地下水动态监测井		
		面	骨干监测网	1) GPS 一级网; 2) 国家级地下水动态监测井		
省(区、市)级监测网	区域控制监测网	点	实时或人工	基岩标、分层标组	GPS 测量、InSAR 技术为主,水准测量为辅	在区域骨干监测网基础上适当加密和完善
		面	控制监测网	1) GPS 二级网; 2) 精密水准监测网		
地区级监测网	重点地区监测网	点	实时或人工	基岩标、分层标组	以精密水准测量、基岩标、分层标组监测技术为主	在区域控制监测网基础上适当加密和完善
		面	局部重点监测	精密水准监测网		

6.1.4 地面沉降及伴生地裂缝监测的高程基准起算点应采用国家统一的高程系统,亦可根据监测需要采用经国家和地方行政主管部门审批备案的与国家高程系统相联的独立高程系统。

6.1.5 对于同一监测区采用不同的监测方法应统一监测基准。

6.2 技术设计

6.2.1 地面沉降及伴生地裂缝监测前,应根据区域地质环境条件编制地面沉降监测技术设计书,编制大纲见附录 E。

6.2.2 对于地面沉降及伴生地裂缝监测常规性项目,在工作内容、工作量、时间节点等主要技术要求不变的情况下,可沿用原有技术设计,不再重新编制技术设计书;在工作内容、工作量、时间节点等主要技术要求发生调整的情况下,应重新编制技术设计书。

6.3 InSAR 监测

6.3.1 监测布设

6.3.1.1 布设原则

6.3.1.1.1 监测范围应从区域上兼顾宏观和微观,依据监测对象的形变特征、监测区域地理气候条件、全区和重点区域监测目标选用合适的 SAR 影像,SAR 数据在时间和空间范围应略大于实际调查的范围。

6.3.1.1.2 根据地面沉降及地裂缝的调查需要,对 InSAR 监测数据在时间和空间上的空白区域,宜采用水准或 GPS 等监测方法进行补充。

6.3.1.1.3 地裂缝 InSAR 监测对点应沿垂直于地裂缝带发育方向在地裂缝上下盘分别布设,监测点间距应根据地裂缝上下盘影响宽度而定。每条地裂缝带上布设的监测对点宜不少于 3 组。

6.3.1.1.4 在植被发育地区及沿海产业带地区,宜布设角反射器增强干涉效果。

6.3.1.2 选点

InSAR 选点应符合下列要求:

- a) CR 基准点应固定在稳定且易长期保护的区域,基座和拉线亦应保持长期稳定;
- b) 监测点应选在具有代表性的区域,且固定在地表,拉线应保证反射器的指向和方位长期不变,且拉线和基座应位于同一形变体上;
- c) 点位应远离大功率无线电发射源和高压输电线,距离分别不小于 200 m 和 100 m;
- d) 点位附近不应有强烈干扰接收卫星信号的物体,并应远离镜面建(构)筑物等强反射体;
- e) 点位附近环境与区域环境宜保持一致。

6.3.1.3 埋设

CR 的埋设应符合下列要求:

- a) CR 点的观测墩参照 GPS 墩设计与埋设;
- b) CR 正四面体采用铝合金薄板或网状材料构成;
- c) CR 安装需根据预先选定的 SAR 卫星成像轨道倾角和侧视角确定,CR 的设计与安装要求参见附录 F。

6.3.2 监测方法与技术要求

6.3.2.1 监测精度

常规 InSAR 监测雷达垂直向形变精度为 ± 1 cm,CR-InSAR 监测垂直向形变精度为 ± 5 mm。

6.3.2.2 监测频率

监测频率宜为 1~2 次/年,可根据地面沉降速率及季节变化特点等情况进行调整。

6.3.2.3 技术要求

监测技术要求参见附录 D。

6.3.2.4 数据处理要求

6.3.2.4.1 SAR 数据的选择

SAR 数据的选择要求如下：

- a) SAR 数据选择参见附录 D；
- b) 成图比例尺为 1 : 250 000 时，宜采用不低于 30 m 分辨率的 SAR 影像；成图比例尺为 1 : 100 000 时，宜采用不低于 10 m 分辨率的 SAR 影像；
- c) 地面沉降监测可采用地面分辨率为 40 m 的多视处理；地裂缝监测可采用不低于 5 m 分辨率的 SAR 数据或 CR-InSAR 数据处理；
- d) SAR 影像选择时宜将 2/3 临界基线值作为应用基线挑选标准。C 波段的临界基线值应小于 1 000 m；L 波段临界基线值应小于 6 000 m；X 波段的临界基线值应小于 600 m。

6.3.2.4.2 数据处理流程与技术要求

数据处理流程与技术要求如下：

- a) 数据处理基本流程参见附录 D；
- b) 影像配准精度要求方位向不低于 0.125 个像元，距离向不低于 0.2 个像元；
- c) 干涉图滤波应采用频率域滤波方法；
- d) 影像上的基线分布可基于精密轨道参数、干涉条纹频率法或基于地面控制点的方法估算；
- e) 利用基于轨道参数计算平地相位，通过距离向和方位的条纹频率估算去除残余平地相位；
- f) 将 DEM 转换至 SAR 坐标系下进行差分处理，DEM 分辨率可等于或略低于 SAR 影像，但应覆盖完整 SAR 影像工作区范围；
- g) DEM 地理编码主要分为 DEM 数据获取与预处理、创建初始坐标关系查找表、模拟 SAR 影像与 SAR 强度图精配准等三个步骤；
- h) 相位解缠方法一般常用基于路径积分或基于最小范数法；
- i) 在综合考虑数据质量、时间基线和空间基线等因素的前提下，剔除干涉图不连续和存在较大残余相位的干涉图形成工作区干涉图序列；
- j) 对 InSAR 形变图进行必要的滤波和数据压缩，根据沉降量大小利用彩色色标分级显示，与必要的地理要素同时叠加在 SAR 强度图或 DEM 图上；
- k) 地面沉降信息成果以地面沉降速率等值线图等形式表达。

6.3.2.4.3 数据处理结果检校

数据处理结果检校要求如下：

- a) 形变信息应采用内符合精度和外符合精度两种方法进行精度评定；
- b) 应对 InSAR 监测推断的沉降区域进行实地踏勘，并与专门布设卫星同步测量水准点或分层标的方法相结合验证推断结果。水准点或分层标应选择离基岩标近、沉降量大、点目标稳定的位置布设，联测精度应不低于二等水准测量精度；
- c) 可选用最临近法、区域半径法、区域融合法和形变格局法（见表 3），对获取的形变信息进行检校解译。

表3 InSAR 监测结果检校解译方法

评价方法	评价要求	适用范围
最临近法	选择在实测点3个像元等量的地面实距范围内与之最接近的点目标作为评价的验证点	PS-InSAR
区域半径法	对实测点一定半径范围的所有点目标形变值进行平均,验证其与实测点的形变值	PS-InSAR
区域融合法	在整个区域上用所有点目标形变值生成等值线面,验证与实测点位置相同的形变值	D-InSAR、PS-InSAR
形变格局法	用实测结果与解译结果分别生成形变等值线面,进行空间分布上的格局分析	D-InSAR、PS-InSAR

6.3.2.4.4 数据成果分析

监测数据应绘制基本反映地面沉降发育程度、发展趋势的等值线图等成果图件,并结合地质条件及人类工程活动进行分析,为地面沉降综合研究提供参考。

6.4 GPS 监测

6.4.1 监测网布设

6.4.1.1 布设原则

6.4.1.1.1 应根据精度要求、卫星状况、监测区地质、地形和交通状况及作业效率等条件综合考虑布设GPS监测网。

6.4.1.1.2 构网一般采取三级布网方式,包括特级GPS网(用于基岩标和GPS固定站之间的联测)、一级GPS网(控制整个沉降区及地裂缝的基本框架)和二级GPS网(控制沉降区的细部)三个层次逐级布设或布设同级全面网。

6.4.1.1.3 一、二级GPS网应布设成连续网,除边缘点外,每点的连接点数不少于2个。

6.4.1.1.4 一、二级GPS网应与特级GPS网进行联测,联测的特级GPS网点数不少于3个。

6.4.1.1.5 地面沉降、地裂缝GPS监测网中的最简独立闭合环或附合路线的边数均不大于6条。

6.4.1.1.6 应确保相邻同步环之间至少有2条公共基线(即3个公共点),对于由不同单位完成本项工作的连接处应有3条公共基线。

6.4.1.1.7 地裂缝GPS监测对点应沿垂直于地裂缝带发育方向在地裂缝上下盘分别布设,监测点间距应根据所确定地裂缝上下盘影响宽度而定。每条地裂缝带上布设的监测对点宜不少于3组。

6.4.1.2 选点

点位选择要求如下:

- GPS基准点应选择附近基岩点或远离地面沉降的稳定区域;GPS监测点应选在能够充分代表或反映该地区地面沉降或地裂缝变形特征的位置;
- GPS点均应选在天空开阔、视场内周围障碍物的高度角不大于 15° 的位置,并远离大功率无线电发射源、高压输电线、微波传送通道等电磁场及电磁波反射物体以及对信号产生强反射的物体(大面积水域、镜面建筑物、树木丛林等);

- c) 地裂缝监测对点应沿地裂缝两侧布设若干 GPS 对点,并保证能够进行同步观测。

6.4.1.3 埋设

GPS 点埋设要求如下:

- 特级 GPS 点埋设技术要求按 GB/T 18314 规定执行;
- 一级 GPS 点应设立带有强制对中装置的 GPS 观测墩,二级 GPS 点宜设立带有强制对中装置的 GPS 观测墩;
- 观测墩高度应不低于 1.5 m,应建在地面基础坚固、易于保存的位置,底部宜设置水准监测标志。观测墩结构与建设要求参见附录 G;
- 埋设作业及其相关资料汇交的技术要求按 GB/T 18314 规定执行。

6.4.2 监测方法与技术要求

6.4.2.1 监测精度

监测精度要求如下:

- 特级 GPS 网平均边长 20 km~30 km,监测精度应符合表 4 的要求。

表 4 特级 GPS 网精度要求

级 别	坐标年变化率中误差		相对精度	地心坐标各分量 年平均中误差/mm
	水平分量/(mm/a)	垂直分量/(mm/a)		
特 级	2	3	10^{-8}	0.5

- 一级、二级 GPS 网点平均边长与监测精度应符合表 5 的要求。

表 5 一、二级 GPS 网精度要求

级 别	相邻点基线分量中误差		相对精度	相邻点平均 边长/km
	水平分量/mm	垂直分量/mm		
一 级	3	6	10^{-7}	10
二 级	5	10	10^{-8}	5

6.4.2.2 监测频率

监测频率要求如下:

- 特级 GPS 监测点为全年连续观测;
- 一级 GPS 监测网监测频率可 1 次/年或依据地面沉降速率确定;
- 二级 GPS 监测网监测频率依据地面沉降速率确定。

6.4.2.3 技术要求

各级 GPS 监测网的观测技术要求应符合表 6 的要求。

表 6 各级 GPS 监测网的观测技术要求

项目	监测级别		
	特级	一级	二级
卫星截止高度角/(°)	10	10	15
同时观测有效卫星数/颗	≥4	≥4	≥4
有效观测卫星总数 ^a /颗	≥20	≥20	≥6
观测时段数	连续观测	≥1h	≥1h
观测时段长度 ^b	连续观测	≥24h	≥12h
采样间隔/s	30	30	15 或 30
^a 有效观测卫星总数是指各时段的有效卫星数总和减去其间的重复卫星数。			
^b 观测时段长度是指由开始记录数据到结束记录的时间段。			

6.4.2.4 数据处理要求

监测数据处理要求如下：

- a) GPS 数据基线处理、网平差应在外业成果的检查验收和概算通过后进行；
- b) 起算数据使用前应进行完整性、正确性与可靠性检验；
- c) GPS 网基线处理应采用满足精度要求的数据处理专用软件。特级、一级 GPS 网应以 3~5 个分布均匀的 IGS 站的坐标和原始观测数据为起算数据，二级 GPS 网应以适当数量的特级和一级 GPS 网点的坐标和原始观测数据为起算数据；
- d) GPS 网平差应在 GPS 监测数据与水准监测结果之间进行对比分析，符合要求时应绘制等值线图、成果图件，如达不到要求应重新计算或重测。

6.5 水准监测

6.5.1 监测网布设

6.5.1.1 布设原则

6.5.1.1.1 应在重点地区布设，按照水准测量等级由高至低逐级控制，可分为三个监测等级，其应用条件可按表 7 的规定执行。

表 7 地面沉降水准监测等级

监测等级	监测网	监测应用条件	布设区域
特等水准	特级高程控制网	基岩水准点之间的联测	稳定基准点空白区域
一等水准	首级高程控制网	重要地区或城市且沉降速率较缓	地面沉降漏斗外围区
二等水准	次级(加密)水准监测网	沉降速率较快地区	在一等水准网(环线)内布设

6.5.1.1.2 地面沉降水准监测网宜采用一、二等水准闭合环方式布设。对于不同地质单元的区域，水准测线应垂直(斜交)于不同地质单元的分界线。布设时，应与国家一、二等水准网之间进行联测。布设的水准网、水准路线应尽量利用已测定的、较稳定的国家水准网、水准路线。

6.5.1.1.3 监测点间距宜按 0.5 km~1.0 km 布设。在地面沉降显著发育区、地下水开采区和人类工程建设活动密集区应适度加密布设水准点。

6.5.1.1.4 水准监测起算点应是基岩标或基岩水准点,高程从国家一等水准网点引测。一、二等水准网应选取基岩标、分层标或其他稳定的水准点作为结点。

6.5.1.1.5 水准路线应尽量穿越不同方向的构造带、地下水开采区、地面沉降和地下水漏斗中心,并沿道路等较平缓、通视条件好的区域;而应尽量避免堆土区、河湖、山谷等阻碍观测地带以及可能遭受较大震动和交通影响的区域。

6.5.1.1.6 地面水准点位应选在地势平坦、坚实稳固、通视条件较好处,并应避免地下设施地段。

6.5.1.1.7 地面沉降区伴生的地裂缝监测网布设包括跨地裂缝带的短水准剖面、监测对点、地裂缝活动仪器监测站等。监测网布设要求如下:

- a) 根据地裂缝活动程度,宜采用点、线、面相结合的方式,组成地裂缝监测网。
- b) 应选择活动性较强的地裂缝建设监测网点,采用垂直于地裂缝带走向的剖面形式,且在地裂缝两侧影响宽度带,布设一定数量的监测点。

6.5.1.1.8 监测点布设要求如下:

- a) 每条地裂缝带上宜根据地裂缝发育的宽度和长度,布设不少于3条短水准监测剖面,长度宜穿过地裂缝带(含次地裂缝带)宽度并向两侧外延100 m左右。短水准剖面监测点间距宜按5 m~10 m布设,向两侧由近及远间距可逐渐增大。
- b) 地裂缝水准监测对点应沿垂直于地裂缝带发育方向在地裂缝上下盘分别布设,监测点间距应根据所确定地裂缝上下盘影响宽度而定。每条地裂缝带上布设的监测对点宜不少于3组。
- c) 监测站测点与地裂缝应保持适当距离。

6.5.1.2 选点

6.5.1.2.1 水准路线选择要求如下:

- a) 尽量沿公路及坡度较小的道路;
- b) 尽量避开土质松软、依山傍水和其他阻碍观测的地段;
- c) 尽量避开有较大震动的地区和车辆、行人众多的街道;
- d) 尽量避免跨越湖泊、沼泽、山谷、较宽河流及其他障碍物。

6.5.1.2.2 水准点位置的选定应保证埋设标志能充分体现沉降信息、安全和有利于长久保存,并易于寻找、便于观测。下列地点不应设置水准标志:

- a) 易于淹没、潮湿或地下水位甚高的地点;
- b) 土堆、河堤、坟地、冲积层的河岸及土质松软的地点;
- c) 受剧烈震动的地点;
- d) 地形隐蔽不便观测的地点;
- e) 短期内将因工程建设而可能毁掉标志或阻碍观测的地点。

6.5.1.3 埋设

水准点标志类型、埋设要求、埋设后提交资料等按照 DZ/T 0154、GB/T 12897 中的有关规定执行。

6.5.2 监测方法与技术要求

6.5.2.1 监测精度

监测精度应符合 DZ/T 0154 和 GB/T 12897 中的有关规定。

6.5.2.2 监测频率

水准监测频率应符合下列要求:

- a) 区域地面沉降宜为 1 次/年;
- b) 重大工程沿线地面沉降宜为 1~2 次/年,重点区段宜加密。

6.5.2.3 监测技术要求

水准监测应符合下列技术要求:

- a) 监测技术要求应符合 DZ/T 0154 和 GB/T 12897 的有关规定;
- b) 独立高程系统应选用基岩标或基岩水准点作为起算基点,基岩标之间应采用特等水准方法联测,即采用单路线二次往返观测;
- c) 地裂缝带短水准剖面 and 监测对点宜主要采用人工监测,地裂缝活动仪器监测站宜采用人工或自动化远程遥控监测。

6.5.2.4 数据处理

水准监测数据处理要求如下:

- a) 平差应在外业成果检查验收和概算通过后进行;
- b) 平差应有稳定的起算基点,且各期之间起算基点应保持统一;
- c) 数据处理应符合 DZ/T 0154 和 GB/T 12897 的有关规定;
- d) 监测数据应绘制成等值线图等成果图件。

6.6 基岩标、分层标监测

6.6.1 监测布设

6.6.1.1 基岩标布设要求

无稳定基准点的地面沉降发育区应布设不少于三个基岩标。

6.6.1.2 分层标(组)布设要求

分层标(组)布设应符合下列要求:

- a) 应依据地面沉降易发性、地面沉降分布规律及监测目的、特定建设工程监测需要等,确定分层标(组)布设位置;
- b) 分层标(组)布设时宜根据监测需要设置基岩标;
- c) 单组分层标的平面位置应结合建设用地面积和形状布设,宜优先布设成扇形且各标等距分布在圆弧上,圆心为测站位置,圆半径宜在 4 m~10 m 之间。当受场地条件等限制时,也可布设成矩形、线形等形状,各分层标最小间距应不小于 4 m。

6.6.1.3 选点

基岩标、分层标(组)选点要求如下:

- a) 基岩标位置宜优先选在基岩露头处,若地表松散沉积物较厚时,基岩标标底宜设置在主要地下水开采层之下的稳定基岩地层中;
- b) 分层标(组)宜埋设在地面沉降漏斗中心、漏斗边缘、多个漏斗的结合部、监测目标土层变化部位等;
- c) 应根据场地水文地质、工程地质结构和特征及监测目的,确定分层标组数与单组分层标个数。

6.6.1.4 埋设

基岩标、分层标(组)建设要求如下:

- a) 应根据地质条件设计成多层保护管式结构,其结构设计为建设要求参见附录 H;
- b) 宜建设保护用房、窖井保护盖等长期保护设施;
- c) 基岩标应经稳定性评价后方可投入使用;分层标(组)应在建成三个月且稳定后方可投入使用。

6.6.2 监测方法与技术要求

6.6.2.1 监测精度

监测精度要求应符合 DZ/T 0154 的有关规定。

6.6.2.2 监测频率

人工观测频率应不少于 1 次/月,自动化方式监测频率可适当加密,具体可根据地面沉降速率及季节变化特点等情况进行调整。

6.6.2.3 技术要求

监测技术要求如下:

- a) 监测技术应符合 DZ/T 0154 的有关规定;
- b) 起算点应选择邻近基岩标或标组中埋设最深的标;
- c) 应以两测回为一组,测回间应变动仪器高度,变动量不少于 3 cm;
- d) 可采用人工或自动化方式监测,自动化监测时应使用人工监测成果校准。

6.6.2.4 数据处理要求

监测数据处理要求如下:

- a) 分层标(组)中应有稳定的起算基点,且各期之间起算基点应保持统一;
- b) 分层标沉降量是主标与各分层标之间两次观测高差之差,数值取位至 0.01 mm;
- c) 分层沉降数据应按累计沉降量和沉降速率分别统计,绘制成沉降统计图表。

6.7 地下水位和孔隙水压力监测

6.7.1 监测井(孔)布设

6.7.1.1 布设原则

6.7.1.1.1 按照水文地质单元和地下水的补给、径流、排泄条件布设地下水动态监测网,密度应能反映地下水流场动态变化规律;监测井宜沿地下水流向与垂直地下水流向布设,在地下水开采影响地区的各主要开采含水层宜加密。

6.7.1.1.2 在分层标(组)布设时,宜在同层次含水层同步布设地下水监测井;宜在同层次黏土层同步布设孔隙水压力监测孔。

6.7.1.2 选点与建设

6.7.1.2.1 监测井位应具备建设、长期保护(存)的场地条件。

6.7.1.2.2 监测井位与已有同层次开采井间距不宜小于影响半径值。

6.7.1.2.3 监测井成井工艺技术要求参见附录 I。

6.7.1.2.4 孔隙水压力监测孔建设应符合 CECS 55 的有关规定。

6.7.2 监测方法与技术要求

6.7.2.1 监测精度要求如下：

- a) 地下水位监测精度允许偏差为 $\pm 0.01\text{ m}$ ；
- b) 地下水水量宜采用流量计进行观测，观测精度允许偏差为 $\pm 0.1\text{ m}^3$ ；
- c) 孔隙水压力监测精度不宜低于 0.5% F.S.，分辨率不宜低于 0.2% F.S。

6.7.2.2 监测频率要求如下：

- a) 地下水位监测频率应不少于1次/月；
- b) 地下水开采量监测频率应为1次/月或1次/季；
- c) 孔隙水压力监测频率应不少于1次/月；
- d) 自动化技术监测频率可根据需要设定，应不少于1次/天。

6.7.2.3 监测技术要求应符合 DZ/T 0133 和 CECS 55 的有关规定。

6.7.2.4 监测数据应分别统计分析，绘制地下水位、水量等统计图表。

6.8 监测成果综合处理

6.8.1 对同一监测区采用多种技术方法取得的监测成果，经相互对比、验证及修正后综合利用。

6.8.2 基于同一监测基准，融合多种技术方法的监测数据，编制统一的地面沉降统计图表。

7 地面沉降评价

7.1 一般规定

7.1.1 应以地面沉降调查、监测成果为依据，以地面沉降及伴生地裂缝历史强度、现状特征、变化趋势及影响规律等分析为基础，开展地面沉降评价，包括易发性评价、预测评价、危险性评价和经济损失评估等。

7.1.2 应对地面沉降调查、监测成果进行下列综合分析：

- a) 掌握地面沉降区的影响范围及形态、沉降中心的地理位置、各压缩层的地层结构及相对压缩量、主要压缩层位等，综合分析地面沉降的诱发因素，并结合区域水文地质、工程地质条件及人类工程活动，分析总结地面沉降的发育特征、影响规律和成因机理；
- b) 分析地裂缝群体的总体分布范围、平面组合形态、展布方向、裂缝带宽度，地裂缝单体的分布位置、延伸方向、平面形态、长度、裂缝宽度、地表影响带宽度、地裂缝两盘高差、倾向及倾角、裂缝数量、裂缝的主次关系及剖面组合形态、发育深度（包括可测深度、推断深度）、裂隙面及裂缝充填物特征、裂缝的切割关系、地层错断情况、主变形带和微变形带宽度等发育和分布特征，综合研究地裂缝发育的基本特征和影响规律；
- c) 分析地裂缝力学性质与可能的运动方式、不同方向的运动量、地裂缝的活动强弱及分段活动性、地裂缝发生的期次、周期性、裂开过程及伴生现象等特征，并结合区域地质构造、水文地质、工程地质条件及人类工程活动，综合研究地裂缝的诱发因素和致灾机理；
- d) 综合分析评价地面沉降与地裂缝的伴生关系。

7.2 易发性评价

7.2.1 地面沉降易发性评价的主要判别要素有地形地貌、松散沉积层厚度、软土层厚度、地下水主采层数量等。

7.2.2 地面沉降易发性评价参见表 8。

表 8 地面沉降易发性评价表

判别要素	易发性评价			
	高易发区	中易发区	低易发区	不易发区
地形地貌	河口三角洲、内陆平原、盆地			
松散沉积层厚度/m	≥ 150	100~150	50~100	< 50
软土层厚度/m	≥ 30	20~30	10~20	< 10
地下水主采层数量/层	≥ 3	2	1	无

7.2.3 地裂缝易发性评价应将地面沉降影响范围内的地貌环境、第四系黏性土层厚度差异、基岩面埋深、基岩面起伏度或坡度、地面沉降及其影响范围、主采层水位及活动断裂等作为主要判别要素。

7.2.4 地裂缝易发性评价参见表 9。

表 9 地裂缝易发性评价表

判别要素	易发性评价			
	高易发区	中易发区	低易发区	不易发区
地貌环境	地形起伏较大的 不同地貌单元交接带	地形起伏不大的 不同地貌单元交接带	地形起伏较大的 同一地貌单元	地形平坦的 同一地貌单元
第四系黏性土层 厚度差异/m	≥ 50	30~50	10~30	< 10
基岩面埋深/m	≤ 100	100~150	150~200	> 200
基岩面起伏度或坡度	$\geq 30^\circ$	10°~30°	$< 10^\circ$	
地面沉降易发程度	高易发	中易发	低易发	不易发
活动断裂	一级影响带	二级影响带	三级影响带	稳定区

7.3 预测评价

7.3.1 地面沉降、地裂缝发育宜分为发生、发展、趋于稳定三个阶段，地面沉降、地裂缝阶段性预测评价标准分别参见表 10、表 11。

表 10 地面沉降阶段性预测表

阶段性	评价标准
发生阶段	地面高程出现降低现象；地面沉降速率逐渐增加
发展阶段	沉降速率明显增加，沉降范围急剧扩大，沉降规律更加明显
趋于稳定阶段	地面沉降基本稳定，未出现明显变化；地面沉降速率明显减小，趋于稳定

表 11 地裂缝活动阶段性预测表

阶段性	评价标准
发生阶段	地面出现差异沉降变形;地表可见细微裂隙或裂缝;活动速率逐渐增加;建(构)筑物出现局部裂缝
发展阶段	地面差异沉降变形十分明显;地表破裂增多,且破裂张开和垂直位移量进一步扩大;活动速率明显增加;建(构)筑物受损明显
趋于稳定阶段	地面差异沉降变形基本稳定,未出现明显变化;地表破裂不再增加,张开与垂直位移量不再扩大;活动速率明显减小或趋于稳定;建(构)筑物未出现新裂缝

7.3.2 预测评价应根据区域地面沉降资料和历史地裂缝活动资料及研究程度,可选用历史演变趋势分析法、工程地质类比法、统计分析法、数值模型法等评价方法。

7.3.2.1 历史演变趋势分析法是根据区域地质构造和地层结构以及水文地质条件,结合人类工程活动特征,应用岩土体变形破坏机理及基本规律,通过地面沉降和地裂缝调查研究,追溯其演变的全过程,对地面沉降和地裂缝发展趋势和区域特征进行预测评价。

7.3.2.2 工程地质类比法应用时应类比的内容如下:

- a) 地面沉降区(段)工程地质条件及水文地质条件;地面沉降主导因素及其发展趋势;地面沉降防治工程措施。
- b) 区域地质构造背景;地层结构及水文地质条件;地裂缝诱发因素;地裂缝分布特征及发展趋势。

7.3.2.3 统计分析法应用要求如下:

- a) 动态监测资料时间序列长度不宜少于十年;
- b) 分析动态监测资料的内在联系,选择合适的参数,建立多元回归分析模型、时间序列分析模型、随机模型或双曲线模型、指数模型等统计分析模型;
- c) 通过对模型输入和输出结果的分析,校正已建立模型的正确性,对模型的参数进行识别,使计算所得数据与实际监测资料有最好的拟合;
- d) 采用已校正参数的模型,选择合适的地下水开采方案进行地面沉降预测评价;或对未来不同时间段内的地裂缝活动量进行预测评价。

7.3.2.4 数值模型法应用要求如下:

- a) 对复杂的水文地质、工程地质条件进行概化,划分出若干评价层,确定压缩层,建立概念模型;根据工作区具体条件对边界条件进行概化和假设,地下水渗流选择一类或二类边界条件,地面沉降选择一类边界条件;
- b) 利用地面沉降调查成果、地下水及分层监测成果、室内外试验资料、易发性评价成果等进行参数分区,选择合适的初始地质参数;
- c) 依据地下水渗流和土层变形机理建立地面沉降数值模型,地下水流模型可采用准三维或三维,土层变形模型可利用地面沉降机理研究成果采用一维固结模型;
- d) 对建立的概念模型、边界条件和数学模型的可靠性进行识别验证,并对模型地质参数进行识别,使计算所得地下水位、地下水流场、土层分层变形、地面沉降分布、地面沉降趋势等数据与以往实际监测资料和调查成果有最好的拟合,拟合精度应符合 GB/T 14497 中的有关规定;
- e) 选择合适的地下水开采方案,利用校正检验过的地面沉降数学模型进行预测评价。

7.3.3 地面沉降预测评价应具备地下水开发规划面积、使用年限、地下水开采量及水位动态、地面沉降等方面的资料,制定一个或多个可供选择的地下水开采方案。

7.3.4 地面沉降预测评价成果应包括在设定不同地下水开采方案基础上的地面沉降和地下水变化速率和总量,编制历年地面沉降量等值线图、相应的地下水位等值线图、重点地段沉降量历时曲线图等,对可能发生地面沉降的层位做分析和划分,并根据地裂缝易发程度的判别因素圈定可能发生地裂缝的位置或区域,提出地面沉降及地裂缝预防和控制措施。

7.4 危险性评价

7.4.1 地面沉降危险性分区宜划分为危险性大、危险性中等和危险性小,具体参见表 12。

表 12 地面沉降危险性评价表

判别要素	要素分区
地面沉降易发程度	高易发区
	中—低易发区
	不易发区
地面沉降历史灾害强度	大—较大强度区
	中强度区
	较小—小强度区
预测沉降速率	大—较大速率区
	中速率区
	较小—小速率区
地势高程	低—较低地势区
	中地势区
	较高—高地势区
注 1:“地面沉降易发程度”分区依据 7.2 的有关规定确定。 注 2:“预测沉降速率、地面沉降历史灾害强度、地势高程”三项要素分区时,根据各地区相对大小进行划分。 注 3:符合表中任意两项或以上判别要素之最高者,确定为地面沉降危险性大;符合任意三项判别要素之最低者,确定为地面沉降危险性小;除上述之外地区确定为地面沉降危险性中等。	

7.4.2 地裂缝危险性分区宜划分为危险性大、危险性中等和危险性小,具体参见表 13。

表 13 地裂缝危险性分区判别表

判别要素	危险性分区		
	危险性大	危险性中等	危险性小
地裂缝易发程度	高易发区	中—低易发区	不易发区
地裂缝历史灾害强度	大	中—低	小
地裂缝活动速率	大	较大—中等	小
与地裂缝的相对位置	地裂缝出露位置	主变形区	微变形区
注:表中“与地裂缝的相对位置”及其他任意一项或以上判别要素之最高者,确定为地裂缝危险性大;符合“与地裂缝的相对位置”及其他任意两项或以上判别要素之最低者,确定为地裂缝危险性小;除上述之外地区确定为地裂缝危险性中等地区。在按照“地裂缝历史灾害强度、地裂缝活动速率、与地裂缝的相对位置”三项判别要素进行判别分区时,应根据各地区具体情况及相对大小进行划分。			

7.5 经济损失评估

经济损失评估宜遵循动态性、可计量性、综合性、稳健性和可分性评估原则,可参见附录J进行。

8 成果编制与汇交

8.1 一般规定

8.1.1 地面沉降及其伴生地裂缝调查与监测工作应编制年度成果,包括调查记录资料和成果报告;对于重大、重点工程宜按要求适时提交成果。

8.1.2 地面沉降及其伴生地裂缝调查与监测成果应按报告文本和数据库形式汇交归档。

8.2 成果报告编制

8.2.1 调查成果报告编制

8.2.1.1 成果报告主要包括:

- a) 年度调查工作概况;
- b) 调查方法技术;
- c) 地面沉降、地裂缝动态规律分析;
- d) 调查成果的综合分析和系统总结;
- e) 调查成果图件的绘制;
- f) 下一年度工作建议等。

8.2.1.2 调查成果报告应能充分反映本年度地面沉降及伴生地裂缝调查工作情况及其综合成果,编制提纲如下:

- a) 前言:扼要说明调查目的和任务;调查意义、调查技术依据等。
- b) 调查区工作概况:调查区概况;以往工作成果;调查工作范围、采用技术手段、调查工作实际材料图和工作量。
- c) 调查区地质环境条件:地形地貌条件;地质环境条件;地面沉降及伴生地裂缝发育现状和特征。
- d) 调查方法与技术要求:调查技术路线;调查方法及主要技术要求。
- e) 地面沉降及伴生地裂缝调查:地质背景调查;地质灾害现象调查;人类工程活动调查;地质灾害防治情况调查;相关图件编绘。
- f) 调查成果综合分析评价:调查成果综合分析评价与灾害动态特征;灾害现状与发展趋势评价;相关成果图件编绘。
- g) 结论与建议:调查工作主要结论;监测与防治建议。

8.2.2 监测成果报告编制

8.2.2.1 监测成果报告主要包括:

- a) 年度监测、评价与防治工作概况;
- b) 监测方法技术;
- c) 灾害动态变化规律;
- d) 灾害综合评价;
- e) 灾害防治措施与效果评价;
- f) 各类综合图件的绘制;

g) 下一年度工作建议等。

8.2.2.2 监测成果报告应能充分反映本年度地面沉降及伴生地裂缝监测、评价和防治工作情况及其综合成果,编制提纲如下:

- a) 前言:扼要说明监测目的和任务;监测工作的意义、监测工作依据等。
- b) 监测区工作概况:监测区概况;以往工作成果;监测区工作范围。
- c) 调查区地质环境条件:地形地貌条件;地质环境条件;地面沉降及伴生地裂缝发育现状和特征。
- d) 监测网(点)的布设:监测网(点)的布设;监测网(点)的选择与建设;监测工作实际材料图。
- e) 地面沉降及伴生地裂缝监测:监测技术路线;监测方法及主要技术要求。
- f) 监测成果综合分析评价:监测成果综合分析评价与灾害动态特征;灾害现状与发展趋势评价;相关成果图件编绘。
- g) 结论与建议:监测工作主要结论;监测与防治建议。

8.3 数据库建设要求

8.3.1 数据分为野外调查数据和综合研究成果两类,其中野外调查数据应包含野外调查、钻探与试验、样品测试、动态监测等;综合研究成果数据应包含地面沉降、地裂缝综合分析评价形成的各专业成果及地理、地质相关图件等。

8.3.2 按照元数据、信息分类与编码和数据库标准,建立属性数据库和空间数据库,并将数据校验入库。

8.4 资料汇交

8.4.1 汇交资料应包括设计资料,野外调查、监测、试验等原始资料,岩心等实物资料,质量管理资料和综合研究报告等全部资料。

8.4.2 归档的资料应完整、准确、系统,资料归档一般在最终成果认定后六个月内完成。

www.docin.com

附 录 A
(规范性附录)
地面沉降调查表

表 A.1 地面沉降调查表

项目名称:

调查单位:

名称			省(市、区)		县(市、区)		乡		村		组	
编号	野外:	地理 位置	坐标	经度:	X:	标高						m
	室内:			纬度:	Y:							
地质 环境 条件	沉降历史及变化规律											
	地形地貌											
	地质构造及活动情况											
	第四纪沉积环境和沉积物工程地质特征											
	水文地质特征											
地面 沉降 现象	☐ 建(构)筑物破坏			☐ 桥洞净空减少 ☐ 市政设施破坏			☐ 海水倒灌 ☐ 洪涝灾害					
	☐ 地面开裂 ☐ 井口抬升			☐ 港口码头或堤岸失效			☐ 其他					
灾害现象描述												
沉降区 地下水 等开采 概况	地下水开采					地下水位		地下水回灌				
	开采层位	开采时间	开采井 数量	开采井 深度	开采量	开采前 水位(头) 高程	漏斗中心 水位(头) 高程	回灌 层位	回灌 时间	回灌井 数量	回灌井 深度	
			眼	m 或	m ³ /a 或 m ³ /d	m	m			眼	m	
	其他(油、气及固体矿产等)											
沉降区 人类 活动 特征												
沉降 原因												
发展 趋势												
灾害 现状及 预测												
防治 现状及 建议	已采取的防治措施及效果						今后防治建议					
现场 图像	平(剖)面图						图片及编号: 影像及编号:					

调查人:

记录人:

审核人:

填表日期:

年 月 日

附录 B
(规范性附录)
地裂缝调查表

表 B.1 地裂缝调查表
调查单位:

项目名称:

名称		野外:		室内:		形态		延伸方向		地理位置		省(市、区)		县(市、区)		乡		村		组	
编号	坐标		经度:		纬度:		X:		Y:		深度		性质		位移		填充物		出现时间及活动性		
	倾向	倾向角	长度	宽度	深度	性质	位移	填充物	出现时间及活动性												
发育特征	单缝特征	缝号	形态	☐ 直线 ☐ 折线 ☐ 弧线	延伸方向	倾向	倾向角	长度	宽度	深度	性质	位移	填充物	出现时间及活动性							
	群缝特征	缝数	分布、发育情况	面积: km ² 间距: m	排列形式	☐ 平行,产状: , 阶步指向: ☐ 斜列,产状: , 阶步指向: ☐ 环围,圆心位置: ☐ 杂乱无章	缝的规模	始发时间	盛发时间	停止时间	尚在发展										
成因类型	☐ 抽排地下水引起 ☐ 开采石油、天然气引起 ☐ 其他		裂缝区所处地貌单元: ☐ 位于内部 ☐ 位于内部 ☐ 位于内部		与		交界附近		☐ 跨和		裂缝与地貌或微地貌界线的走向关系: ☐ 平行 ☐ 横交 ☐ 斜交										
形成条件	地质环境条件	受裂岩土层时代: 下伏层时代: 裂缝区构造断裂:1组:走向,倾向,倾角; 2组:走向,倾向,倾角	岩性: 岩性: 岩性:	受裂土层时代: 下伏层时代: 土层中有无新断裂(构造节理)及其产状:	土性: 岩性: 土性:	受裂土层时代: 下伏层时代: 下伏不良地质体类型及特征:															

表 B.1 地裂缝调查表 (续)

形成条件	诱发动力因素	☐ 抽排地下水 ☐ 井、孔 ☐ 坑道 井深或坑道埋深: m; 含水层类型: ; 水位埋深: m; 水位降深: m; 日出水量: m ³ ; 与裂缝区的位置关系: 抽排水时间: ☐ 始于 年 月 日 ☐ 止于 年 月 日 ☐ 仍然继续	☐ 井、孔 井深: m; 开采层深度: m; 降深: m; 开采量: m ³ ; 与裂缝区的位置关系: 开采时间: ☐ 始于 年 月 日 ☐ 止于 年 月 日 ☐ 仍然继续	☐ 开采石油、天然气 ☐ 断层活动 ☐ 构造节理 活动断层(节理)的位置: 产状: 长度: m 性质: 活动时间: 活动速率: 断距:	☐ 构造活动 ☐ 水理作用 ☐ 降雨 ☐ 水库水 ☐ 地表水 ☐ 地下水 作用时间: ☐ 其他作用引起的干湿变化
		潜在灾害预测			
灾害情况	已有灾害损失	裂缝发展预测		潜在损失预测	
		毁房 间; 阻断交通 处, 小时; 伤亡人员 人 ☐ 缝数增多 ☐ 原有裂缝加大 ☐ 活动强度增加	毁房 间; 阻断交通 处, 小时; 伤亡人员 人 今后防治建议		
防治情况	已采取的防治措施及效果				
现场图像	平(剖)面图	图片及编号:		影像及编号:	

填表说明: 1. 此表按每一裂缝区填写一张。同一调查点(村、组、矿山等)有多个分离的裂缝区, 应分别填写; 2. 每一裂缝区填写代表性单缝 1~3 条, 有 2 条以上裂缝者, 需填写群缝(组合发育)特征; 3. 情况符合“□”后面文字内容者, 在“□”中打“√”; 其他描述用文字填写。

调查人： 记录人： 审核人： 填表日期： 年 月

附录 C

(规范性附录)

地面沉降调查技术设计书编制大纲

地面沉降调查技术设计书宜按下列大纲要求编制：

- a) 前言：调查目的和任务；调查区范围；调查的重要意义和作用。
- b) 技术设计依据：技术设计书编制的主要原则；调查工作执行的主要技术规范及相关文件。
- c) 调查区概况：地形、地貌条件；地质环境条件；地面沉降、地裂缝发育现状和特征；以往工作程度。
- d) 调查工作部署：调查内容；技术路线；工作部署；工作计划安排；实物工作量；仪器设备；相关图件编绘。
- e) 调查方法及主要技术要求：调查工作方法；主要技术要求。
- f) 组织管理及人员安排：组织管理；人员构成与安排；任务分工；质量检查与验收。
- g) 预期提交成果：调查工作报告及相关图件；阶段工作报告及相关图件。
- h) 质量保障与安全措施：质量保障措施；安全及劳动保护措施等。

www.docin.com

附录 D
(资料性附录)
InSAR 调查技术方法

D.1 根据 InSAR 技术算法的不同,主要可分为 InSAR、D-InSAR、PS-InSAR、SBAS 和 CR-InSAR 等技术方法,其需要的 SAR 数据量、主要用途、精度和应用条件可按表 D.1 的规定选择。

表 D.1 InSAR 技术方法

方法	SAR 数据的最少量/景	主要用途	精度	监测应用条件
InSAR	2	获取地表高程信息	小于 10 m	实现全天时、全天候的对地观测,获取 SAR 覆盖区域的地表高程信息(DEM)
D-InSAR	2	地表形变	1 cm~3 cm	适用时间间隔短和天气/季节接近的地区,以避免受到过多的时间去相干和大气的影晌,主要适宜于沉降趋势调查
SBAS	>4	地表形变	亚厘米级	通过较多的 SAR 干涉组合,获取地表形变时间序列信息
PS-InSAR	>25	地表形变	5 mm	适用于时间间隔长、天气状况差异大的地区。一般要求 25 景影像。PS 点要求城镇地区平均有 10 点/平方千米;非城镇地区有 1 点/平方千米。可以获取 PS 点的形变时间序列、DEM 改正值和所有 SAR 影像的大气延迟量
CR-InSAR	2	CR 点相对形变	2 mm	适用于植被覆盖区域的形变监测,需要按照预定的卫星类型提前安置 CR 点,尤其可用于对地裂缝等空间突变灾害的监测以及植被密集区域地面沉降监测

D.2 SAR 影像应在工作时间范围内连续观测并获取设计中所需数量的影像,或接近数量的影像;应选取同一类数据(相同波段、相同成像模式、相同极化方式、相同轨道、相同视角、相同多普勒中心频率)进行干涉处理。

D.3 选取数据时,应根据设计方案需要,利用 SAR 数据编程定制数据。定制数据应首先考虑数据的波长、覆盖范围和分辨率以及现有存档数据数量;其次考虑时间基线、空间基线和极化信息等参数,山区需考虑传感器视角。目前可用的 SAR 数据参见表 D.2。

表 D.2 目前可使用的 SAR 星载数据表

星载 SAR 系统	ERS-1/2	JERS-1	RADARSAT-1/2	ENVISAT	ALOS/PALSAR	TerraSAR-X	COSMO/Skymed
国家或机构	欧洲太空局	日本	加拿大	欧洲太空局	日本	德国	意大利
运行时间	1) 1991~2000 年 2) 1995~2011 年	1992~1998 年	1) 1995~2013 年 2) 2007~至今	2002~2012 年	2006~2011 年	2007 年	2007 年
轨道高度/km	790	568	790	800	691	514	620
波段/cm	C 波段(5.6)	L 波段(23.5)	C 波段(5.6)	C 波段(5.6)	L 波段(23.5)	X 波段(3.1)	X 波段(3.1)
极化方式	VV	HH	HH	HH/VV	HH/VV	HH/VV	HH/VV

表 D.2 目前可使用的 SAR 星载数据表 (续)

星载 SAR 系统	ERS-1/2	JERS-1	RADARSAT-1/2	ENVISAT	ALOS/PALSAR	TerraSAR-X	COSMO/Skymed
侧视角/(°)	23	38	23~65	15~45	8~50.8	20~55	19.7~45.5
轨道倾角/(°)	98.49	98.16	98.6	98.55	98.16	97.44	97.86
重复周期/天	35	44	24	35	46	11	16
地面分辨率/m	25	25	8~30	25~100	7~100	1~16	1~100
影像宽度/km	100	80	50~500	100~405	30~350	15~100	15~200
可否编程定制	否	否	2号星可以	否	否	可以	可以
备注	—	—	多侧视角	多侧视多极化	多侧视多极化	多侧视多极化	多侧视多极化

D.4 InSAR 数据处理宜参见图 D.1 的基本流程进行。

D.5 InSAR 获取的地面形变信息应进行 InSAR 成果之间的内符合比较以及与其他测量结果的外符合比较。内符合是采用覆盖同一监测区域,近似同一时间段的不同 InSAR 干涉对获取的地面沉降信息进行较差统计;外符合是对 InSAR 监测的形变信息与同一区域同一时间段的其他测量技术(如 GPS、水准和分层标等)获取的形变信息进行较差比较。



图 D.1 数据处理基本流程图

附录 E
(规范性附录)

地面沉降监测技术设计书编制大纲

地面沉降监测技术设计书宜按下列大纲要求编制：

- a) 监测目的、意义、任务。包括监测区位置、范围；测区周边环境概况；监测目的、技术要求以及主要监测内容；监测起止日期、投入人员、主要仪器设备以及完成工作量。
- b) 技术设计依据。包括监测的技术要求；执行的主要技术标准和文件。
- c) 监测区地形、地质、水文概况及以往工作程度。包括监测区地形、地貌概况；监测区地质概况；监测区水文概况；监测区以往工作程度。
- d) 监测项目、监测网(点)布置及相关图件部署。包括监测项目；监测网(点)布设原则；技术路线；监测网(点)布置；监测网(点)工作部署图。
- e) 监测方法及主要技术要求。包括监测方法；主要技术要求。
- f) 任务分工与质量控制。包括任务分工；任务管理、质量控制的各自职责。
- g) 组织实施及监测用主要仪器设备。包括组织、人员结构；质量管理、控制架构；工作进度(表)；投入仪器设备清单(包括仪器名称、型号、测读精度、校准证书有效期)。
- h) 成果资料检查验收。包括成果质量检查；成果质量验收。
- i) 预期提交成果。包括各类监测点的点之记(GPS点含环视图)；测量标志委托保管书；选点和埋石资料；测量设备(水准仪、GPS接收机等)，气象仪器及其他设备的检验资料；外业观测记录、测量手簿及其他记录；数据处理中生成的文件、资料和成果表；各类监测点的展点图；本期监测结果各监测点的地面沉降量成果表；等值线图与剖面图；地面沉降监测数据库电子文档；技术总结和验收报告。

www.docin.com

附录 F

(资料性附录)

角反射器(CR)的设计与安装

F.1 角反射器(CR)的设计

F.1.1 角反射器雷达后向散射横截面(RCS)

角反射器(CR)测量原理要求雷达发射的入射信号经过角反射器的反射面时能够沿原路径的反方向被反射回去,在 SAR 图像上形成高强度的亮斑。常用 CR 有两种类型,即二面 CR 和三面 CR,其中三面 CR 以单面形状分为等腰直角三角形和正方形两种。

雷达后向散射横截面(RCS)是衡量一个物体将信号反射到雷达信号接收装置能力大小的一个物理量,RCS 越大,表示该方向上反射的信号强度越大,越容易将 CR 与其他背景地物区别开。现以单面形状为等腰直角三角形的三面角反射器为例,其 RCS 计算公式见式(F.1)和式(F.2)。不同尺寸的三面角反射器在 ERS 和 RADARSAT 卫星影像上的 RCS 参见表 F.1。

$$\sigma_{\max} = \frac{4\pi a^4}{3\lambda^2} \text{ 或 } \sigma_{\max} = \frac{\pi l^4}{3\lambda^2} \quad (\text{F.1})$$

$$\sigma = 10 \lg \sigma_{\max} \quad (\text{F.2})$$

式中:

$\sigma_{\max}$ ——最大散射截面,单位为平方米(m^2);

a ——等腰三角形直角边边长,单位为米(m);

λ ——雷达波长,单位为米(m);

l ——等腰直角三角形的斜边边长,单位为米(m);

σ ——最大散射截面,单位为分贝(dB)。

表 F.1 角反射器最大雷达后向散射截面

l/m	a/m	ERS-1/2, RADARSAT-1 ($\lambda = 5.66 \text{ cm}$)	
		$\sigma_{\max}/\text{m}^2$	σ/dB
1.0	0.707	326	25.1
1.3	0.919	936	29.7
1.4	0.990	1 251	31.0
1.8	1.273	3 419	35.3
2.0	1.414	5 212	37.2

F.1.2 角反射器(CR)几何结构

以单面形状为等腰直角三角形的三面角反射器为例,其几何结构参见图 F.1。

图 F.1 中, $\triangle OAB$ 、 $\triangle OAC$ 和 $\triangle OBC$ 均为等腰直角三角形,且三个面两两相互垂直构成三角锥形,边长根据雷达波长确定。

F.2 角反射器(CR)的制作

角反射器(CR)在制作时,需根据周围地表的反射特性及雷达入射波长,合理选择制作类型和设计尺寸。直角边长为 1 m 的三面角反射器参见图 F.2。

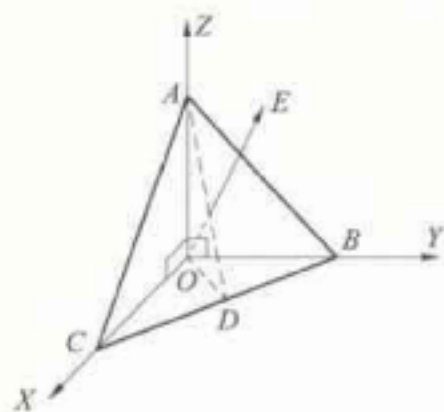


图 F.1 三面角反射器几何结构图

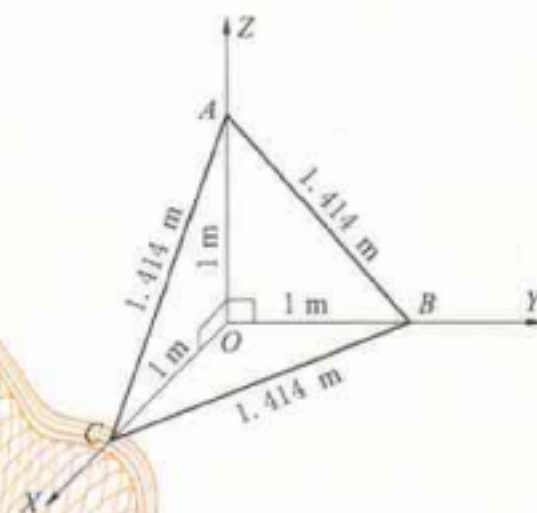


图 F.2 直角边长为 1 m 的三面角反射器几何结构

角反射器(CR)的雷达散射截面除与雷达波长、角反射器边长大小有关外,还与 CR 反射表面材料、光滑度、角度加工公差有关。电磁波理论表明,材料表面越光滑,材料导电性越好,反射能力越强,反射效率越高,实现最大散射截面的可能性越大。一般角反射器的材料选择铝板和镀锌铁皮双层结构,铝板厚度取 3 mm,外加镀锌铁皮(1 mm 厚)以保护反射面(铝板),侧边加三角角钢加固。加工过程中,严格检查三块金属板之间的相互垂直关系,要求角度加工公差不得超过 $\pm 1^\circ$ 。直角边长为 1 m 的三面角反射器实物图参见图 F.3。



图 F.3 边长为 1 m 的三面角反射器实物图

CR 棱边设置了三个活动关节,通过伸缩杆来调节 CR 的仰角,在 CR 的底部设置一漏水孔,防止积水。

F.3 角反射器(CR)的安装

F.3.1 雷达截面的定向

CR 安装的主要目的是使角反射器的 RCS 达到最大,参见图 F.2 及图 F.4,OE 为雷达截面 ABC 的法线。设

$$OA = OB = OC = a$$

则有

$$AB=AC=BC=l=\sqrt{2}a$$

且

$$OD=a/\sqrt{2}=l/2, \angle AOB=\angle AOC=\angle BOC=90^\circ$$

$$\angle OAD=35.26^\circ, \angle AOE=90^\circ-35.26^\circ=54.74^\circ$$

显然,获得最大 RCS 的条件是法线 OE 的方向与雷达入射方向平行,即雷达入射光线垂直于平面 ABC 。为此,需要将角反射器沿 O 点向上旋转一个角度,即将 BC 边抬高。三面角反射器安装截面图定向示意图参见图 F.2 及图 F.4。

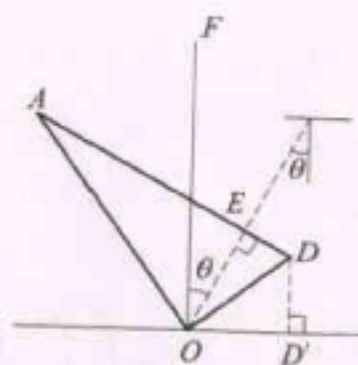


图 F.4 三面角反射器安装截面图定向示意图

假设 BC 边与卫星飞行方向平行, OF 为铅垂线,将 CR 的 BC 边绕 O 点抬升至 D 点时, OE 与入射光线平行, θ 为雷达入射角, D' 为 D 在水平面的投影,则有:

$$DD'=OD \times \sin \angle DOD', \angle AOF + \angle DOF = 90^\circ, \angle DOD' + \angle DOF = 90^\circ$$

$$\angle DOD' = \angle AOE - \theta, DD' = OD \times \sin(\angle AOE - \theta)$$

对于不同的卫星,由于其入射角各不相同,故其 DD' 值也是不相同的。设 $OA=1\text{ m}$,表 F.2 即为几种星载 SAR 卫星对应的 DD' 值。

表 F.2 SAR 卫星对应的 DD' 值

星载 SAR 卫星	ERS-1/2	ENVISAT	JERS-1	ALOS	RADARSAT-1	TerraSAR-X	COSMO/Skymed
轨道倾角/(°)	98.49	98.55	98.16	98.16	98.6	97.44	97.86
入射角/(°)	23	15~45	35	8~60	20~40	20~45	40~50
DD'	0.37	0.45~0.12	0.24	0.51~-0.06	0.4~0.18	0.4~0.12	0.18~0.05

DD' 值与 SAR 卫星的入射角成反比,当入射角度大于 54.74° 时, BC 边应绕 O 点向下旋转。

F.3.2 雷达底边的定向

根据包含 CR 的雷达数据轨道信息来调整角反射器的底边方位角,并使角反射器的底边与卫星飞行方向平行,参见图 F.5。

当卫星处于升轨模式时,图 F.2 中开口面 ABC 应朝向西;当卫星处于降轨模式时,开口面 ABC 应朝向东。同时,沿 OA 轴顺时针旋转(降轨)或逆时针旋转(升轨)一个角度 $(\alpha-90^\circ)$, α 是卫星轨道倾角。角反射器底边方位角 β (与南北方向的夹角)与卫星轨道倾角 α 、角反射器所在纬度 ζ 之间的精确关系为:

$$\beta = \arcsin \frac{\pm \cos \alpha}{\cos \zeta} \dots\dots\dots (F.3)$$

当 SAR 卫星获取数据模式为升轨时, $\cos \alpha$ 取正值;否则, $\cos \alpha$ 取负值。

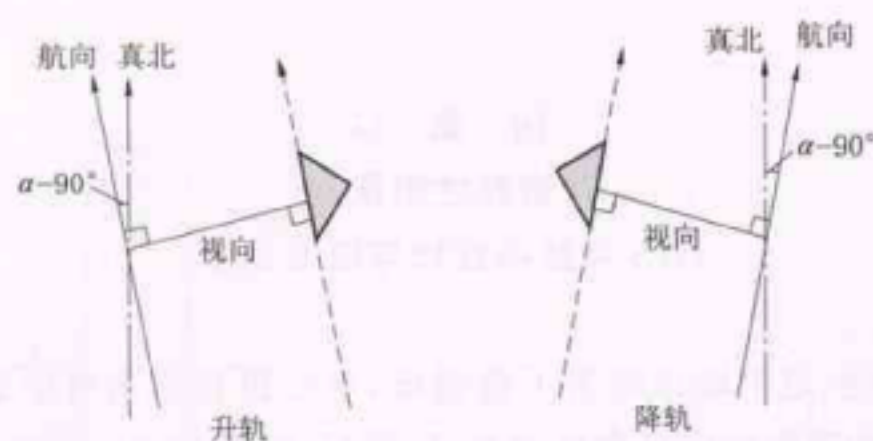


图 F.5 升、降轨模式下 CR 底边定向示意图

F.3.3 其他注意事项

- 应注意保证角反射器能在野外可以微调(方位角和仰角方向),并保证其具有一定的稳定性,即使在有大风时也不会发生偏转;
- 人工角反射器应尽量安置在背景反射特性较弱的地方,以便于在 SAR 强度图中提取其位置;
- 人工角反射器安装时应尽量远离容易产生多路径效应的物体,一般约 100 m 左右。

www.docin.com

附录 G

(资料性附录)

GPS 点结构与建设要求

GPS 点应采用强制观测墩,观测墩顶部为不锈钢板,中心设有强制对中螺丝(英制),在底座上埋设水准点。观测墩的设计规格和建设结构可参见表 G.1、图 G.1、图 G.2。

表 G.1 GPS 观测点设计规格

部件	规格(长×宽×高)	材料
圆柱	直径 0.40 m, 高 1.8 m	混凝土(4 根 $\Phi 12$, $\Phi 8@250$)
基础	1.2 m×1.2 m×0.8 m	混凝土($\Phi 8@360$)
顶板	0.20 m×0.20 m×0.003 m	不锈钢



图 G.1 GPS 观测结构设计平面图

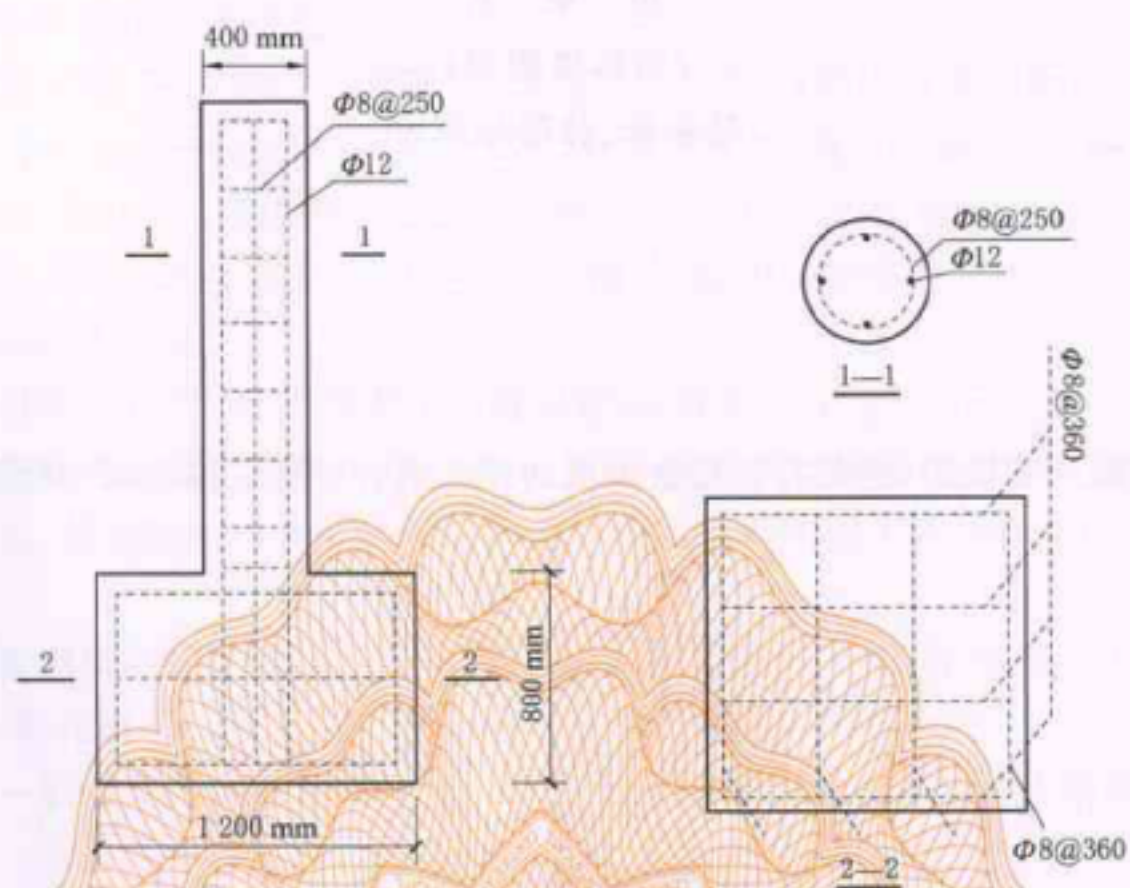


图 G.2 GPS 观测墩结构设计剖面图

DZ

www.docin.com

附录 H
(资料性附录)
基岩标、分层标建设

H.1 基岩标建设

H.1.1 标型结构

基岩标结构采用保护管保护,应配有钢制扶正器的无缝钢管标杆结构形式的标型(参见图 H.1)。

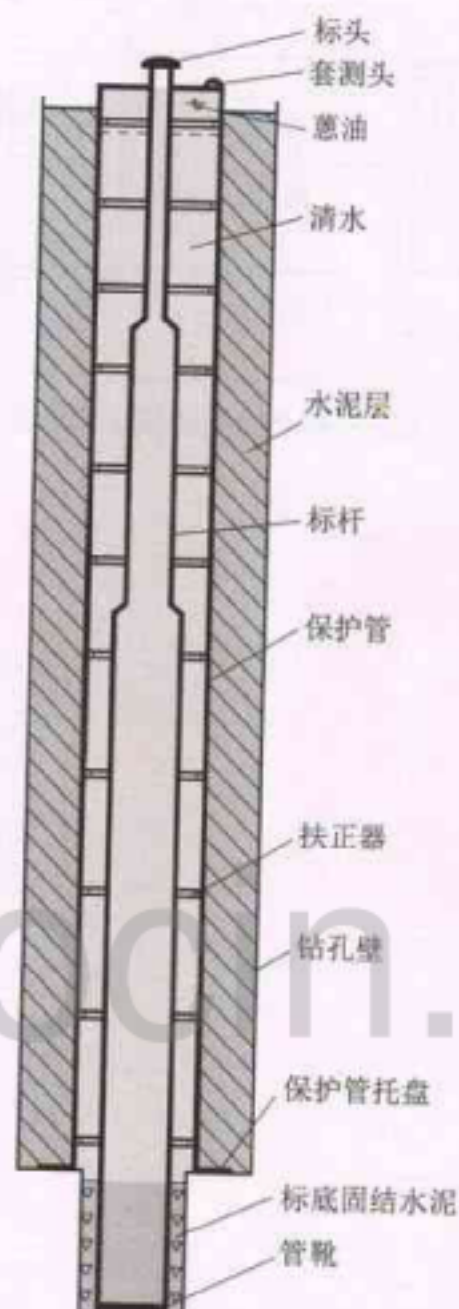


图 H.1 基岩标标型结构参考图

H.1.2 保护管结构

H.1.2.1 保护管的直径及壁厚宜根据基岩标埋深和标杆及扶正器的规格确定:

- 埋标深度大于或等于 150 m 时,保护管外径不应小于 $\Phi 168$ mm,壁厚不宜小于 6.5 mm;
- 埋标深度小于 150 m 时,保护管外径不应小于 $\Phi 127$ mm,壁厚不宜小于 4.5 mm。

H.1.2.2 保护管宜采用优于 DZ40 的地质专用无缝钢管。

H.1.2.3 保护管宜采用公、母丝扣连接方式。

H.1.2.4 保护管底部宜安装钢质环状托盘,其外径 $\geq$ 钻孔直径—保护管与钻孔的环状间隙,差值在 80 mm~100 mm 之间,厚度宜为 20 mm~25 mm。

H. 1.3 标杆结构

H. 1.3.1 标杆结构应按埋设深度确定：

- a) 埋设深度大于或等于 150 m 时,宜选用“多宝塔形”结构,采用合理的标杆规格及长度配比。常用的规格为 $\Phi 89\text{ mm}$ — $\Phi 73\text{ mm}$ — $\Phi 42\text{ mm}$,长度配比按“九五分割原理”确定;
- b) 埋设深度小于 50 m 时,宜选用一径到底结构,常用规格为 $\Phi 42\text{ mm}$;
- c) 其余埋设深度的基岩标宜选用“二级宝塔形”结构,常用的规格为 $\Phi 73\text{ mm}$ — $\Phi 42\text{ mm}$,长度配比按“九五分割原理”确定。

H. 1.3.2 材质应采用优于 DZ40 的地质专用无缝钢管,壁厚不小于 4.5 mm。

H. 1.3.3 应采用地质专用套管梯形丝扣、外平接箍连接,或采用锁接头丝扣连接,接箍材质同标杆。

H. 1.3.4 管材应圆直,每米管材的弯曲度不得大于 1 mm,壁厚误差不得大于 10%,丝扣及变径连接应与管材同心。

H. 1.3.5 底部应安装钢质环状托盘,外径宜小于基岩钻孔直径 10 mm,厚度宜为 15 mm~20 mm,在托盘底部宜开 $\Phi 30\text{ mm}$ 的孔眼。

H. 1.3.6 标杆底部一般应进入到完整基岩内 5 m~10 m,保护管的底部应进入新鲜基岩 2 m,确保引测标杆不受干扰。

H. 1.4 扶正器结构

H. 1.4.1 结构应与标杆、保护管的结构及规格匹配,可采用钢制滚轮式、钢珠式;材质应采用 45° 碳钢或铸钢件。钢制滚轮式扶正器参见图 H. 2 所示。

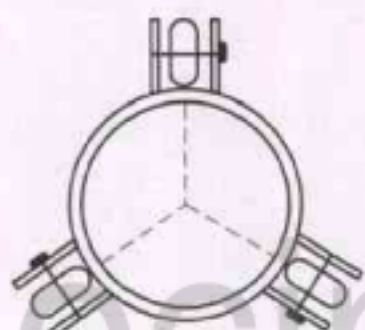


图 H. 2 滚轮式扶正器

H. 1.4.2 扶正器安装间距。基岩标下部标杆的扶正器间距可稍短,上部间距可适当放长,一般宜为 6 m~9 m,最大间距不得超过 10 m。钻孔基岩段内的标杆,可不安装扶正器。

H. 1.5 主标头结构

H. 1.5.1 长度宜为 400 mm~500 mm,应高出保护盖顶端 100 mm 左右。

H. 1.5.2 外径应比与其相连接的顶部标杆直径大 2 mm~3 mm,与保护管顶盖内孔的间隙宜为 0.5 mm~1.0 mm。

H. 1.5.3 应采用不锈钢材质制作,通常选用的材质为 1Cr18Ni9Ti,顶端应车制成半球弧形。

H. 1.6 副标头结构

H. 1.6.1 副标头应固定在保护管的保护盖上,保护盖应采用地质套管专用梯形丝扣与保护管连接。

H. 1.6.2 保护盖板应开中心孔,镶有铜套,其内径宜大于主标头外径 1.5 mm~2.0 mm。铜套的材质同扶正器。

H. 1.6.3 保护盖应采用与保护管同径的 DZ40 无缝钢管管材制成,并应采取镀铬处理。

H. 1.6.4 副标头应采用防锈、防腐蚀的不锈钢制成,常用的材质为1Cr18Ni9Ti,直径宜为 $\Phi 12$ mm,顶部制成半球弧形。

H. 1.7 基岩标孔钻探要求

H. 1.7.1 钻进时应保持钻孔垂直,并应符合下列要求:

- 孔口处钻孔顶角应为 0° ;
- 每钻进50 m,钻孔顶角累计递增不得大于 0.2° ;
- 终孔深度小于300 m时,终孔顶角不得大于 1.0° ;
- 终孔深度大于300 m且小于500 m时,终孔顶角不得大于 1.5° ;
- 终孔深度大于500 m时,终孔顶角不得大于 2.0° ;
- 在基岩标孔施工中,每钻进(或扩孔)50 m、换径及终孔时必须校正一次孔深,钻孔的孔深允许误差范围为 $\pm 1\%$ 。

H. 1.7.2 应根据钻孔的性质及地层情况,下入不同规格、不同深度的护管护孔。基岩标孔的覆盖层孔段可先钻小径的“导正孔”($\Phi 130$ mm~150 mm),再扩孔成孔。成孔口径宜比保护管外径大100 mm~150 mm,基岩孔段的钻孔口径不宜小于 $\Phi 130$ mm。

H. 1.8 保护管外的灌浆加固与补强

H. 1.8.1 保护管外灌注法应符合下列要求:

- 在保护管与钻孔间隙内下入外径不大于 $\Phi 50$ mm的灌浆导管,下入深度应为保护管底部环状托盘以上300 mm,并再次循环泥浆,保持灌浆通道畅通;
- 现场配制水泥浆液。水泥标号应不低于325,水泥浆液的水灰比不应大于0.5,水泥浆液内不得混入杂物;
- 向灌浆管内泵入水泥浆液,体积宜为保护管与钻孔的环状间隙体积量;
- 灌浆深度应为自底部托盘至孔口距离,当孔口返出纯水泥浆液时,灌浆工序结束。同时按规范要求取3~4个水泥浆样,妥善保管、保管;
- 灌浆结束后应重新校正保护管上部的垂直度,使其居中、固定;
- 水泥浆灌注完毕必须候凝,一般候凝时间为3~5天。

H. 1.8.2 保护管内压浆法应符合下列要求:

- 将搅拌好的水泥浆液(其体积量通常为保护管与钻孔外环状间隙体积的1.2倍左右)直接泵入保护管内,通过保护管底部通水孔,使水泥浆液压入保护管与钻孔外环状间隙内,直至灌完;
- 泵入计算好的替浆清水。替浆清水应立即泵入,体积通常为保护管的管内体积与灌注通道体积之和。将水泥浆液压至保护管底,孔口返出纯水泥浆液,并将保护管顶部的压浆阀门严密封闭,在待凝不超过12 h时,下钻杆泵入清水,将保护管内固结强度较低的水泥浆固结物清除,只保留保护管底2 m~3 m已初具强度的水泥柱;
- 应取3~4个水泥浆样,并妥善保管、保管;
- 灌浆结束后应重新校正保护管上部的垂直度,使其居中、固定;
- 水泥浆灌注完毕必须候凝,一般候凝时间为3~5天。

H. 1.9 标杆的埋设

H. 1.9.1 标杆必须下到预定深度,允许误差 ± 0.1 m。

H. 1.9.2 标杆下到位后,向标杆内灌入现场配制的定量水泥浆液,其体积量宜为钻孔基岩孔段实际体积的80%。

H. 1.9.3 保护管与标杆间注入清洁水(一般为自来水),上部2 m~3 m灌入防锈油。

H. 1.9.4 基岩标竣工后,应安装窖井盖或建设标房对标体进行保护。

H. 2 分层标建设

H. 2.1 标型结构

分层标结构宜选用保护管保护、无缝钢管标杆、金属扶正器、标底配有滑筒、插杆及护管托盘的分层标标型(参见图 H. 3),并应符合下列要求:

- 标杆应与标底托盘、插杆连为一体;
- 保护管底部应安装滑筒装置,并应根据地层特征调整保护管底部与标底的合理间距;
- 标杆与保护管之间必须安装扶正器;
- 在保护管与钻孔间隙内应采取下部投黏土球止水、上部灌注水泥浆或填土加固。

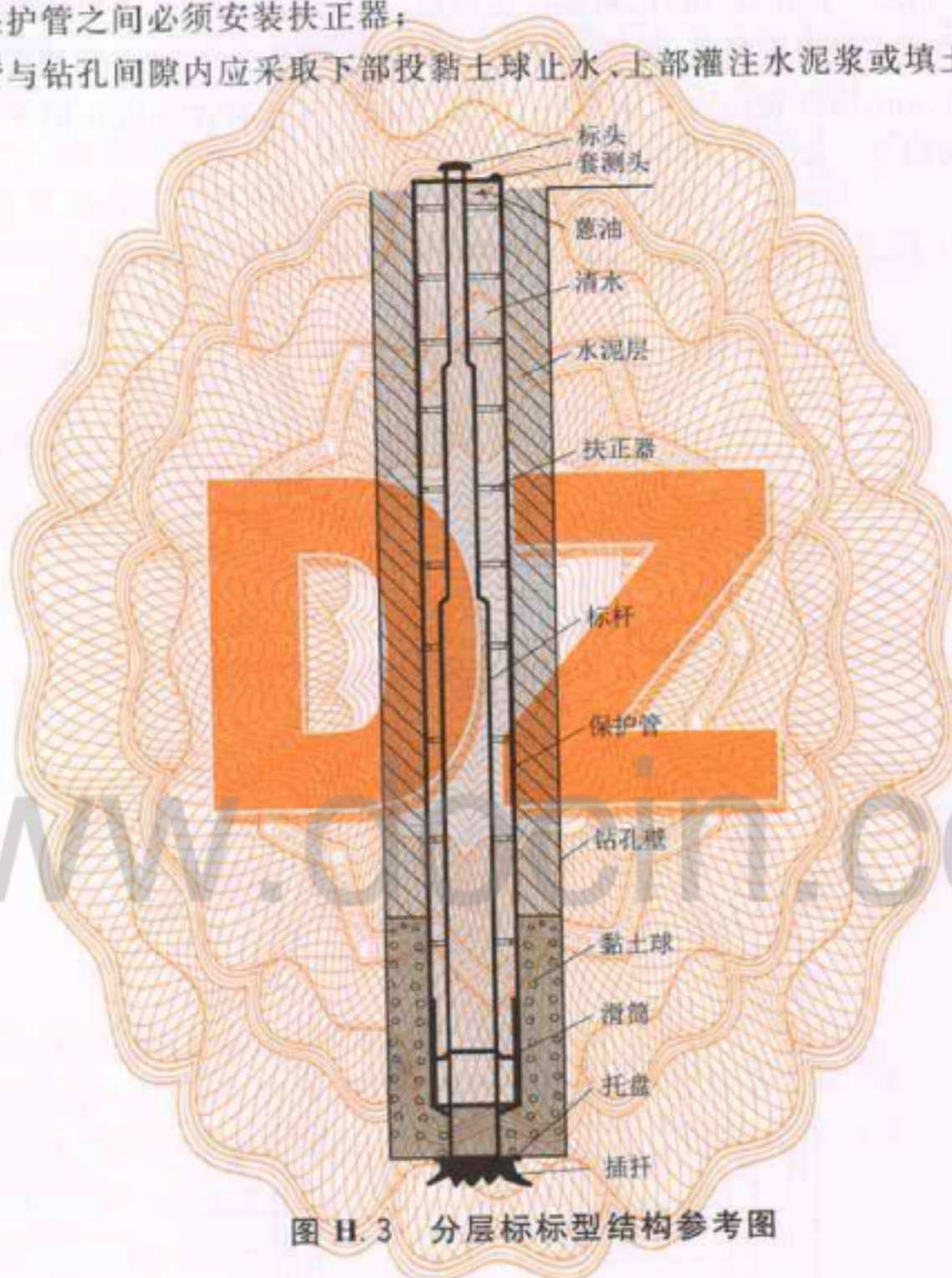


图 H. 3 分层标标型结构参考图

H. 2.2 保护管结构

H. 2.2.1 保护管的结构形式宜采用单层结构保护管或单层管外补强保护管。

H. 2.2.2 规格应根据分层标埋深确定:埋深大于 150 m 可选用 $\Phi 146$ mm 或 $\Phi 168$ mm 规格;埋深小于 150 m 时可选用 $\Phi 127$ mm 或 $\Phi 108$ mm,材质选用 DZ40 地质专用无缝钢管,管壁厚度不宜小于 4.5 mm。

H. 2.2.3 连接宜采用地质专用套管的梯形丝扣、外平接箍连接,接箍材质同保护管。

H. 2.2.4 保护管应具有良好的圆直度,丝扣加工须保证与保护管同心度。

H. 2.3 标杆结构

H. 2.3.1 埋深大于 50 m 且小于 150 m 的分层标,宜采用“宝塔型”结构的标杆,一般采用“双宝塔”结构。标深大于或等于 150 m,也可采用“三宝塔”结构,并按“九五分割原理”设置。小于或等于 50 m 的浅式分层标,可采用上、下同径的标杆。

H. 2.3.2 标杆材质可选用 DZ40 地质专用无缝钢管,壁厚不小于 4.5 mm。

H. 2.3.3 底部与位于滑筒中心的滑杆顶部对接接头相连接,使标杆与标底连为一体。

H. 2.4 标底结构

H. 2.4.1 由底部插杆、钢质环状托盘、滑杆、对接接头组成,相互连为一体。

H. 2.4.2 插杆应由 DZ40 无缝钢管制成,直径宜为 $\Phi 89$ mm,壁厚宜为 4.5 mm,长度视土层软硬确定,一般宜为 300 mm~400 mm,沿其轴向均匀地开 8~10 条叉缝。压标时在外力作用下,将开过叉缝的插杆斜向插入地层,与地层固为一体。标底的结构参见图 H. 4。

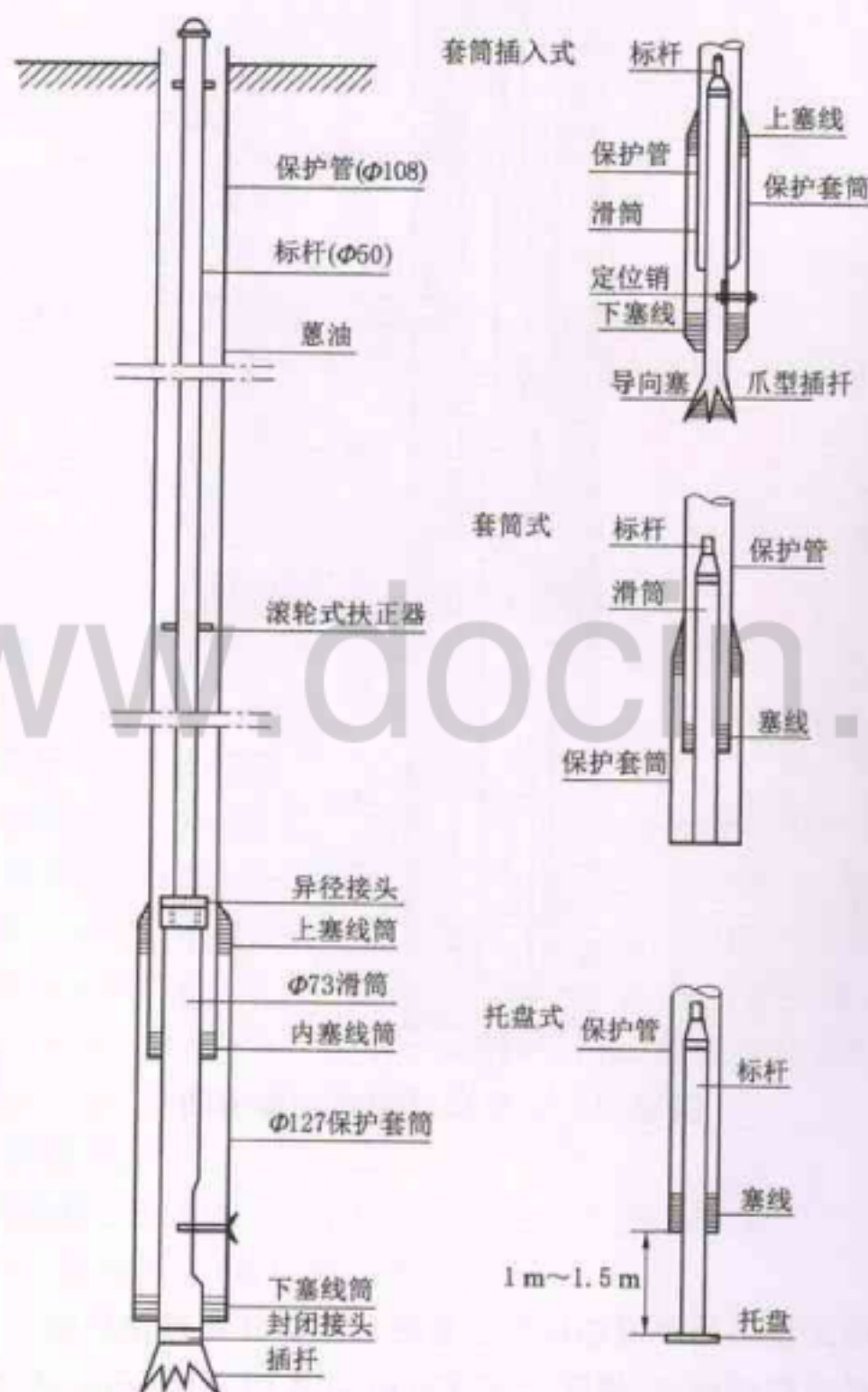


图 H. 4 分层标标底结构示意图

H. 2.4.3 插杆一般为爪形,其底部放置锥形木楔,最大外径应大于插杆内径 10 mm~15 mm,长度不应超过 100 mm。为防止下入孔内时木楔中途脱落,应预先将锥形木楔装入爪形插杆内孔。

H. 2. 4. 4 插钎全部压入地层时,位于上部的钢质环状托盘必须平稳地坐落在目的监测层面上。

H. 2. 4. 5 滑杆的下部与钢质环状托盘连接,上部通过对接接头与标杆相连。通过连接在保护管底部特殊滑筒的滑动、密封作用,使滑杆、标杆与保护管能在一定距离(1 m~2 m)内上下滑动。

H. 2. 4. 6 托盘外径宜不小于钻孔直径 50 mm,厚度宜为 20 mm~25 mm,材质为 45# 碳结钢。

H. 2. 4. 7 滑杆直径宜不小于 $\Phi 60$ mm,长度宜不小于 1 500 mm,采用 45# 碳结钢车磨制成。

H. 2. 4. 8 标底与保护管的滑动间距应依据地层的特性及分层标的埋设深度确定,范围宜为 400 mm~1000 mm。

H. 2. 5 滑筒结构

H. 2. 5. 1 液压滑筒由外筒、液压腔、注油螺栓、液压油、上密封盖、铜套、油封、中心轴孔、锥形密封底盖等组成密封滑动系统。

H. 2. 5. 2 在液压滑筒的上部安装一组滑杆导正装置,滑杆导正装置由下列部件组成:

- 外壳:应采用同规格的保护管制成,下与液压滑筒、上与保护管连接;
- 导正滑道:应由固定在外壳内壁上的两根呈 180°方向的方钢与安装于滑杆上端的二块导正凹槽组成,导正凹槽沿着方钢上下滑动,使标杆与保护管的滑动更加稳定;
- 滑杆应安装在滑筒的中心,借助液压密封系统使滑筒与滑杆上下滑动(滑杆保持不动),完成保护管与标杆之间的垂向位移;
- 滑筒底部的密封底盖应安装倒锥形的导向体,以减少保护管下沉时对下部地层及标底的影响。

H. 2. 6 扶正器及主、副标头结构

扶正器及主、副标头的结构形式同基岩标。

H. 2. 7 分层标组钻探要求

H. 2. 7. 1 钻孔开孔口径应根据地表地层的性质及标孔的用途选择,通常应大于分层标孔成孔直径 100 mm~200 mm。下入孔口护管后,下部钻孔应采用多级扩孔、一径到底施工。

H. 2. 7. 2 钻孔垂直度及孔深校正技术同基岩标。

H. 2. 7. 3 分层标组钻探时,各标间距不宜小于 4 m。在相邻分层标埋设标底的深度差较大的情况下,标间距可适当减小。

H. 2. 8 压标底

H. 2. 8. 1 保护管、标底必须下到预定埋标深度,深度误差不应超过 1%。

H. 2. 8. 2 在保护管内下入压标钻杆,利用钻机油缸压力,通过压标钻杆、滑杆将插钎压入土层。同时,底部托盘也随之下滑,最终使环状托盘底面平稳坐落在目的监测层上;也可直接压保护管,压力通过保护管、环状托盘,将插钎压入土层。

H. 2. 8. 3 压标深度必须大于插钎的长度。

H. 2. 8. 4 上提保护管时,应在保护管内下入钻杆压住滑杆,保持标底固定不动,然后再上提保护管,调整好保护管底与标底的合理间距。

H. 2. 9 对接标杆

应在保护管内,按照编号逐根下入标杆,并在规定的位置安装扶正器。当下至滑杆顶部对接接头处,核对深度误差小于 ± 100 mm 后,顺时针旋转标杆,将标杆与对接接头拧紧,使标杆与标底连为一体。

H. 2. 10 保护管外的止水、加固与补强

H. 2. 10. 1 应在标底以浅 20 m 孔段投入干黏土球封孔止水。

H. 2. 10. 2 黏土球顶部至孔口的钻孔环状间隙内:深式分层标(深于 50 m)应采用灌注水泥浆加固,灌浆技术要求同基岩标保护管外灌浆;浅式分层标(浅于 50 m)可全部用黏土块回填、封孔加固。

H. 2. 10. 3 黏土球应由优质膨润土制作并风干,直径不应大于 30 mm,黏土球、黏土块不应投入过快,以防止中途“架桥”。

H. 2. 10. 4 封孔、加固水泥的标号不应低于 325,水泥浆液的水灰比宜为 0. 5。

H. 2. 10. 5 孔口部位应灌注水泥浆加固。

H. 2. 10. 6 止水、灌浆结束后,必须使保护管顶部垂直、居中、固定。

H. 2. 11 标体的防锈、防腐蚀及保护要求

H. 2. 11. 1 下保护管和标杆前,必须清除内、外壁锈蚀层,并涂刷防锈蚀保护层。

H. 2. 11. 2 标体高于地面的裸露部位,应采用不锈钢制作,或对其进行镀铬处理。

H. 2. 11. 3 成标后,保护管内应灌满清水,使整个标体处于“无氧的还原环境”之中,上部 2 m~3 m 灌入防锈油,通常选用腐蚀性小的机油或机械油。

H. 2. 11. 4 分层标竣工后,应安装窖井盖或建设标房对标体进行保护。

DZ

www.docin.com

附录 I

(资料性附录)

地下水监测井成井工艺技术要求

I.1 成井结构

地下水位监测井包括钻孔口径、井管口径、终孔孔深、井壁管、过滤器、沉淀管、填砾、止水与封孔等，其结构示意图参见图 I.1。

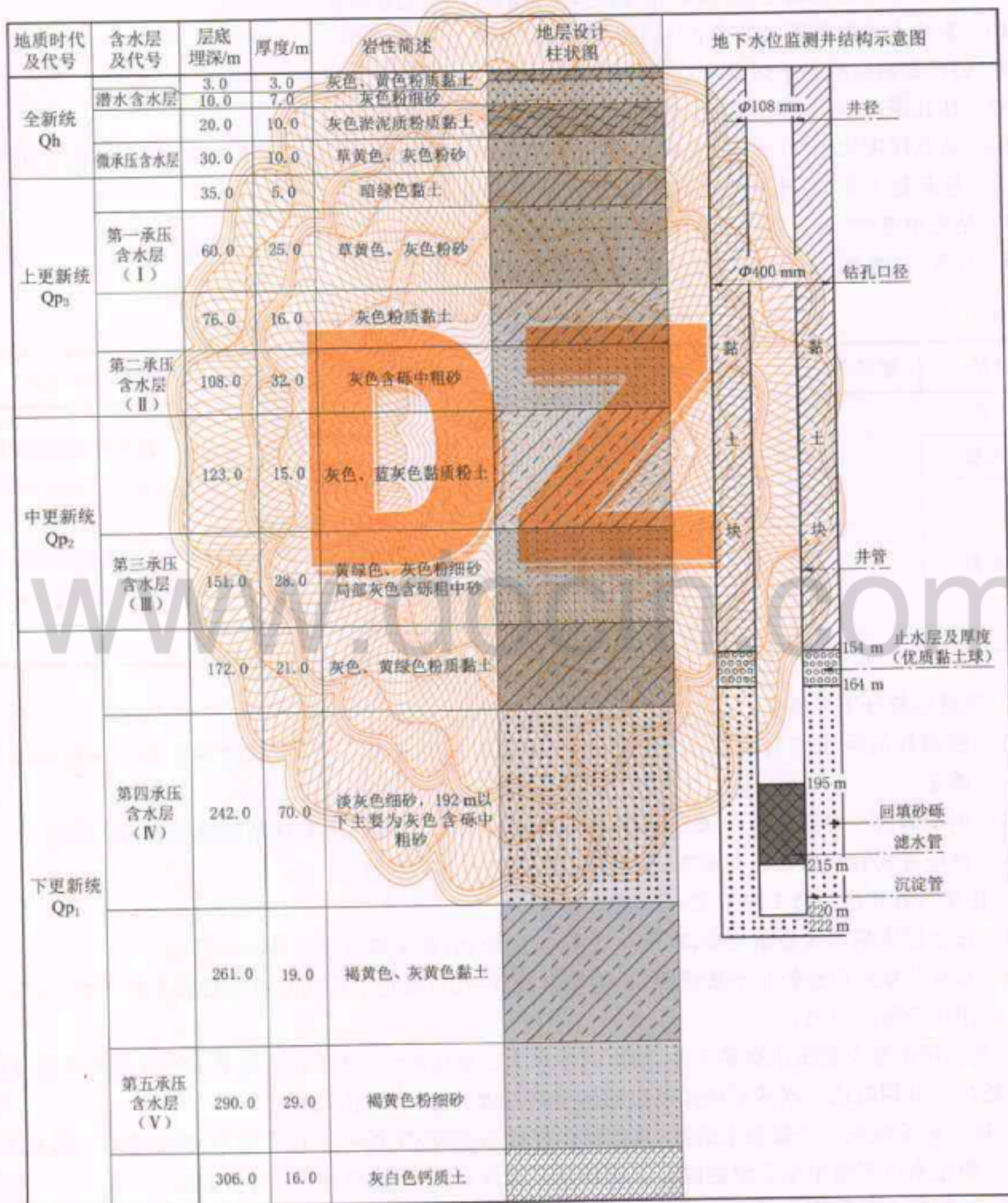


图 I.1 某地区典型含水层地下水监测井成井结构示意图

I.2 成井工艺

I.2.1 地下水监测井钻孔孔径与井径可参见表 I.1 规定。

表 I.1 地下水监测井钻孔孔径与井径一览表

类型	开孔孔径/mm	钻孔孔径/mm	目的层过滤器段孔径/mm	终孔孔径/mm	井径/mm
地下水监测井	同径,一般 400				108 或 146

I.2.2 钻孔取心应符合下列要求:

- 宜进行地层全取心(连续取心)钻进,至目的含水层底面时止;
- 黏性土采取率不应低于 90%,砂性土采取率不应低于 70%。

I.2.3 钻孔孔斜应符合下列要求:

- 钻孔深度小于 50 m 时,要求终孔测斜,孔斜不应大于 1° ;
- 钻孔深度大于 50 m 时,要求每 50 m 及终孔测斜,孔斜每百米不应大于 1° ,终孔钻孔累计孔斜不应超过 1.5° ,钻孔终孔孔斜可累计计算,超差必须纠正。

I.2.4 钻进中每 50 m 及终孔校正孔深,其误差不应大于 1%。

I.2.5 井管、过滤器、沉淀管口径、材质、长度可参见表 I.2。

表 I.2 井管、过滤器、沉淀管口径、材质、长度一览表

内容	壁厚/mm	口径/mm	长度/m	材质
井管	8	同径	过滤器至地表段	地质专用无缝钢管
沉淀管			3~5	
过滤器			视含水层厚度而定,当含水层厚度小于 10 m 时,一般为完整井,长度为含水层厚度的 2/3 左右;当含水层厚度大于 10 m 时,一般为非完整井,长度根据要求设置	与井管同规格的骨架管焊肋筋缠铜丝过滤器

I.2.6 围填应符合下列要求:

- 围填砂应采用与目的含水层砂颗粒级配相匹配的天然石英砂,围填砂型号应根据相关规范确定;
- 围填高度一般要高于含水层顶面,但不得超越隔水层顶面,遇特殊情况应现场再次确定;
- 投砾方式宜采取动态投砾方式,边投边测砾料所在的深度。

I.2.7 止水与封孔应符合下列要求:

- 止水层应采用优质黏土球,高度一般不小于 10 m,黏土球直径为 3 cm~5 cm;
- 止水结束后应进行止水效果检验,检验合格后,孔口至止水深度间可采用黏土块围填,孔口应采用优质黏土封口。

I.2.8 宜采用活塞及空压机交替洗井,抽出的井水含砂量达到设计标准,且地下水的单位涌水量与该含水层附近供水井相近或二次活塞洗井单位涌水量不再增加时,可停止洗井。

I.2.9 抽水试验宜按三个落程来进行,具体操作可按 GB 50027 的有关规定执行,尚应符合下列要求:

- 静止水位观测中水位稳定时间应符合相关规范要求(稳定时间不小于 4 h);
- 进行最大降深稳定流抽水试验,动水位稳定延续时间不应少于 24 h,另两个落程进行稳定流抽

水试验时,动水位稳定延续时间不应少于 8 h;

- c) 停泵后观测恢复水位,水位恢复至抽水前的静水位后,宜继续观测 4 h 左右;
- d) 根据相关规范,记录抽水试验过程中的出水量、地下水位、水温等数据;
- e) 抽水试验结束前应采集地下水样。

www.docin.com

附录 J

(资料性附录)

地面沉降经济损失评价

J.1 因地面沉降直接或间接地对社会经济造成一定程度的损失,因此有必要进行阶段性地面沉降经济损失评估,评估结果可作为制定地面沉降控制措施、法律法规建设的基础依据。

J.2 地面沉降灾害经济损失评估理论体系框架可参见图 J.1。



图 J.1 地面沉降灾害经济损失评估理论参考框图

J.3 地面沉降经济损失指标的具体含义如下：

- a) 地面沉降灾害总损失是指某一时间阶段由于地面沉降因素而造成的总经济损失；
- b) 年均损失则是指以上述总经济损失为总数而计算得出同一时间阶段的平均每年的经济损失；
- c) 单位沉降量损失是指同一时间阶段地面平均每下降一个单位的高度所造成的经济损失；
- d) 控沉经济效益为控沉条件下的地面沉降损失与同期内不控沉条件下地面沉降损失之差；
- e) 控沉净经济效益为控沉经济效益与控沉投入之差；
- f) 控沉效益费用比为控沉经济效益与控沉投入之比；
- g) 控沉净效益费用比为控沉净经济效益与控沉投入之比；
- h) 年均控沉效益为自采取控沉措施后平均每年减少的沉降经济损失；
- i) 单位沉降量的控沉效益为减少 1 mm 沉降量所获得的控沉效益；
- j) 地面沉降灾害风险经济损失指标包括地面沉降灾害造成的风险经济总损失、年均风险损失和单位沉降量风险损失；
- k) 地面沉降灾害风险经济总损失是指以某一估算时点为起算点,预测某一时间阶段由于地面沉降

灾害而可能造成的总经济损失；

- l) 年均风险损失是指预测时间阶段平均每年可能造成的经济损失；
m) 单位沉降量风险损失是指预测时间阶段地面平均每下降一个单位的高度可能造成的经济损失。

J.4 本标准采用的各类经济损失评估方法含义如下：

- a) 终值法：设地面沉降灾害造成某区域第 j 类受灾体在第 i 年当年的经济损失为 S_{ij} ，第 i 年当年的折现率为 R_i ，则从 t_1 到 t_n 的时段内，以 t_n 为估算时点，该区域因地面沉降造成的总经济损失为：

$$S = \sum_{j=1}^m \sum_{i=t_1}^{t_n} S_{ij} \left[\prod_{i=t_1}^{t_n} (1 + R_i) \right] \quad \dots\dots\dots (J.1)$$

式中：

S ——估算时点地面沉降经济损失；

S_{ij} ——第 j 类受灾体在第 i 年当年的经济损失；

R_i ——第 i 年的折现率；

m ——受灾体的种类或者损失项目。

- b) 影子工程法：一种工程替代的方法，即为了估算某个不可能直接得到结果的损失项目，假设采用某项实际效果相近但实际上并未进行的工程，以该工程建造成本替代待评估项目的经济损失的方法。
- c) 重置成本法：在估计以往年份市政工程受灾体遭受地面沉降造成的损失时，可采用市政工程受灾体在估算时点的重置成本作为其经济损失。
- d) 工程费用法：根据建筑工程或市政工程受灾体受灾损失程度或修复费用、防灾投入的建造成本来估算这一类受灾体因地面沉降造成的经济损失。
- e) 统计推断法：在调查统计基础上，根据灾情数据之间的某种内在联系或趋势，对没有定量数据的年份的损失进行推断的方法。
- f) 灾情比较法：在对潮灾和涝灾损失进行估算时，由于历史上有相当部分的潮灾和涝灾在发生后只有灾情描述而无损失统计资料，因而只能采用灾情对比的方法，并通过修正系数的调整，根据已知灾情的经济损失推算相似灾情的经济损失。
- g) 间接损失和直接损失比例法：由于潮灾和涝灾的间接损失项目多且缺乏历史统计资料，难以估算，因此可根据对典型年份潮灾和涝灾的分析推断，运用已有研究成果，得到潮灾和涝灾损失中间接损失与直接损失的比例，并以此通过潮灾或涝灾的直接经济损失来估算其间接经济损失。
- h) 权重分解法：主要用于对潮灾、涝灾以及防汛工程、排水工程设施损失的估算。
- i) 有无对比法：主要用于不控沉时对地面沉降经济损失的估算。
- j) 期望值法：主要用于对地面沉降灾害风险损失的评估。

参考文献

- [1] HJ 493—2009 水质 样品的保存和管理技术规定
 - [2] GB/T 14157—93 水文地质术语
 - [3] GB/T 14158—93 区域水文地质工程地质环境地质综合勘查规范(1:50 000)
 - [4] DZ/T 0130—2006 地质矿产实验室测试质量管理规范
 - [5] DZ/T 0148—2014 水文水井地质钻探规程
 - [6] DZ/T 0224—2004 地下水资源数值法计算技术要求
-

www.docin.com