

中国地质调查局地质调查技术标准

DD2015—02

活动断层与区域地壳稳定性调查评价规范 (1:50 000、1:250 000)

中国地质调查局

2015年12月

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	2
4.2 任务	2
4.3 活动断层调查评价基本要求	3
4.4 区域地壳稳定性调查评价基本要求	3
4.5 一般工作流程	3
5 设计编审	4
5.1 资料搜集	4
5.2 技术定额	5
5.3 设计书编写	6
5.4 设计书审查与审批	7
6 活动断层调查评价	7
6.1 一般规定	7
6.2 活动断层判别	7
6.3 活动断层调查	8
6.4 活动断层评价	8
7 区域地壳稳定性调查评价	10
7.1 一般规定	10
7.2 评价指标调查	10
7.3 单指标数据准备	11
7.4 构造稳定性评价	11
7.5 地表稳定性评价	12
7.6 区域地壳稳定性评价	13
8 调查评价数据管理	15
8.1 基本要求	15
8.2 数据分类	15
8.3 数据内容	15
8.4 数据组织	15
8.5 数据库集成	15

9	图件编制与报告编写	15
9.1	活动断层图编制与报告编写	15
9.2	区域地壳稳定性图编制与报告编写	16
10	质量检查与成果验收	17
10.1	质量检查	17
10.2	最终成果验收	17
附录 A (规范性附录)	设计书的编制提纲	19
附录 B (资料性附录)	活动断裂调查工作手段	21
附录 C (资料性附录)	常用的年轻断(地)层年龄测定方法及参数	30
附录 D (资料性附录)	断层构造规模分类标准及主要特征	31
附录 E (资料性附录)	区域地壳稳定性评价指标调查	32
附录 F (资料性附录)	岩土体稳定性评价指标及分级标准	41
附录 G (规范性附录)	活动断层调查评价技术报告提纲	42
附录 H (规范性附录)	区域地壳稳定调查评价报告提纲	44
	参考文献	46

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国地质调查局提出。

本标准由中国地质调查局归口管理。

本标准起草单位：中国地质调查局、中国地质科学院地质力学研究所。

本标准主要起草人：殷跃平、吴树仁、姚鑫、张永双、谭成轩、李铁锋、侯春堂、张作辰、张岳桥、李晓春、吴中海、徐忠胜、石菊松、郭长宝。

本标准由中国地质调查局负责解释。

引 言

区域地壳稳定性评价是工程地质学的重要分支，在我国重大工程场地选址、国土资源规划、减灾防灾等地质工作中发挥了积极的作用，已经形成了一套较完善的理论方法体系。活动断层调查评价是区域地壳稳定性评价的重要基础。随着我国现代化建设的推进，迫切需要加强活动断层与区域地壳稳定性调查评价工作。2005 年以来，中国地质调查局在全国有计划地部署开展了多个重要经济区带和重大工程的区域地壳稳定性评价工作。积累了丰富的经验，为进一步规范活动断层与区域地壳稳定性调查评价工作，中国地质调查局组织有关单位制定了本规范。

活动断层与区域地壳稳定性调查评价规范（1:50 000、1:250 000）

1 范围

本标准规定了陆地1:50 000活动断层和1:250 000区域地壳稳定性调查评价的目的、任务、内容、设计编审、调查与评价技术方法、数据管理、图件编制与报告编写、质量检查与成果验收等方面的基本要求。

本标准适用于活动断层与区域地壳稳定性调查评价工作。

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，仅所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 958-2015 区域地质图图例

GB/T 13923-2006 基础地理信息要素分类与代码

GB 17741-2005 工程场地地震安全性评价

CH/T 1007-2001 基础地理信息数字产品元数据

DZ/T 0170-1997 浅层地震勘查技术规范

DZ/T 0261-2014 滑坡崩塌泥石流灾害调查规范（比例尺1:50 000）

DD 2006-06 数字地质图空间数据库

3 术语和定义

下列术语与定义适用于本文件。

3.1

活动构造 active tectonics

第四纪以来曾经活动、未来仍可能活动的各类地质构造，包括活动断层、活动褶皱、活动盆地、活动隆起、活动火山及其所围限的地壳和岩石圈块体。

3.2

活动断层 active fault

第四纪特别是晚更新世以来曾经活动，未来仍可能活动的断层。

3.3

全新世断层 holocene fault

距今1万年以来在地表或近地表有活动迹象的活动断层。

3.4

隐伏活动断层 buried active fault

平原或盆地地区被第四纪松散沉积物覆盖、在地表没有醒目迹线的活动断层。

3.5

裸露活动断层 bare active fault

位于基岩出露的丘陵山区，在地表有明显地质标志的活动断层。

3.6

活动断层调查评价 active fault investigation and assessment

利用地质与物化遥等方法综合查明活动断层空间展布、规模和产状，获取其第四纪以来活动性质、幅度、时代、速率及地震复发间隔等参数，研究断层分段、活动性及地质灾害效应的技术过程。

3.7

区域地壳稳定性 regional crust stability

在内外动力、人类工程活动的综合作用下，一定区域范围内现今地壳及其表层的稳定程度，以及这种稳定程度与工程建设之间的相互作用，根据范围和工作内容可分构造稳定性和地表稳定性两个层次。

3.8

区域地壳稳定性评价 regional crust stability assessment

在搜集调查区域地质、地球物理、内外动力灾害等资料的基础上，综合分析各指标对区域地壳稳定性影响及指标间的相互作用，划分出不同稳定程度的区块，并阐明各区块主要区域地壳稳定性条件，提出利用与改造建议。

3.9

构造稳定性 tectonic stability

地球内动力为主的地质作用（主要包括现代地壳变形、地震活动、断层活动及火山活动等）引起的某一地区的稳定程度。

3.10

地表稳定性 ground stability

在内外动力和人类工程活动作用下某一地区浅表层岩土体的稳定程度。

3.11

安全岛 stable island

现今活动构造区中的相对稳定地块。

4 总则

4.1 目的

查明活动断层特征及灾害效应，评价区域地壳稳定性，为国土空间开发利用、重大工程和城镇规划选址提供地质依据。

4.2 任务

- 4.2.1 调查活动断层空间展布、规模、产状，确定其活动方式、时代、活动速率等，研究其地质灾害效应，划分断层活动级别。
- 4.2.2 调查和分析区域地壳稳定性的影响因素，进行区域地壳稳定性分区并划分级别，编制区域地壳稳定性评价图。
- 4.2.3 建立活动断层与区域地壳稳定性评价空间数据库。
- 4.2.4 根据区域地壳稳定性评价结果，提出为国土空间开发利用、重大工程和城镇规划选址建议。

4.3 活动断层调查评价基本要求

- 4.3.1 活动断层调查评价工作精度宜为 1:50 000 比例尺。
- 4.3.2 应在搜集、整理和分析已有资料基础上，确定活动断层调查评价的技术方法和工作流程。
- 4.3.3 活动断层调查评价应按裸露活动断层与隐伏活动断层分别采用相应的调查评价方法。
- 4.3.4 对裸露断层，宜选择高分辨率遥感影像解译、条带状地质地貌填图、槽探、年代样品测试等技术方法。
- 4.3.5 对隐伏断层，宜选择遥感解译、气体地球化学探测与浅层地震勘探、钻孔勘探与钻孔联合地质剖面分析、槽探、年代样品测试等技术方法。
- 4.3.6 在活动断层判别、调查、探测和测年结果的基础上，宜开展断层规模、断层分段、活动方式、活动速率、地质灾害效应等断层活动性评价工作。
- 4.3.7 应根据断层活动性指标（活动速率、历史地震及古地震、最新活动时代、断层分段、断层规模）评价活动性（强活动、较强活动、中等活动和弱活动）。

4.4 区域地壳稳定性调查评价基本要求

- 4.4.1 区域地壳稳定性调查评价工作精度宜为 1:250 000 比例尺，对难于获取的指标，如地球物理场、地壳形变等，可利用 1:500 000~1:1 000 000 数据。
- 4.4.2 应在构造稳定性和地表稳定性调查评价的基础上进行区域地壳稳定性评价。
- 4.4.3 区域地壳稳定性调查评价应充分搜集构造地貌、活动断层、地壳形变、构造应力场、地壳结构、深部地球物理场、地震活动性、岩土体性质等方面的资料，并补充适量的调查与勘探工作。
- 4.4.4 对区域地壳稳定性评价分区结果应阐述数据来源、评价方法及对策建议。
- 4.4.5 调查评价成果主要由区域地壳稳定性评价报告、区域地壳稳定性评价图、数据库三部分组成。
- 4.4.6 数据库中应包括单指标图层、单指标评价图、构造稳定性评价图、地表稳定性评价图、区域地壳稳定性评价图。

4.5 一般工作流程

活动断层与区域地壳调查评价的一般流程如图1所示。

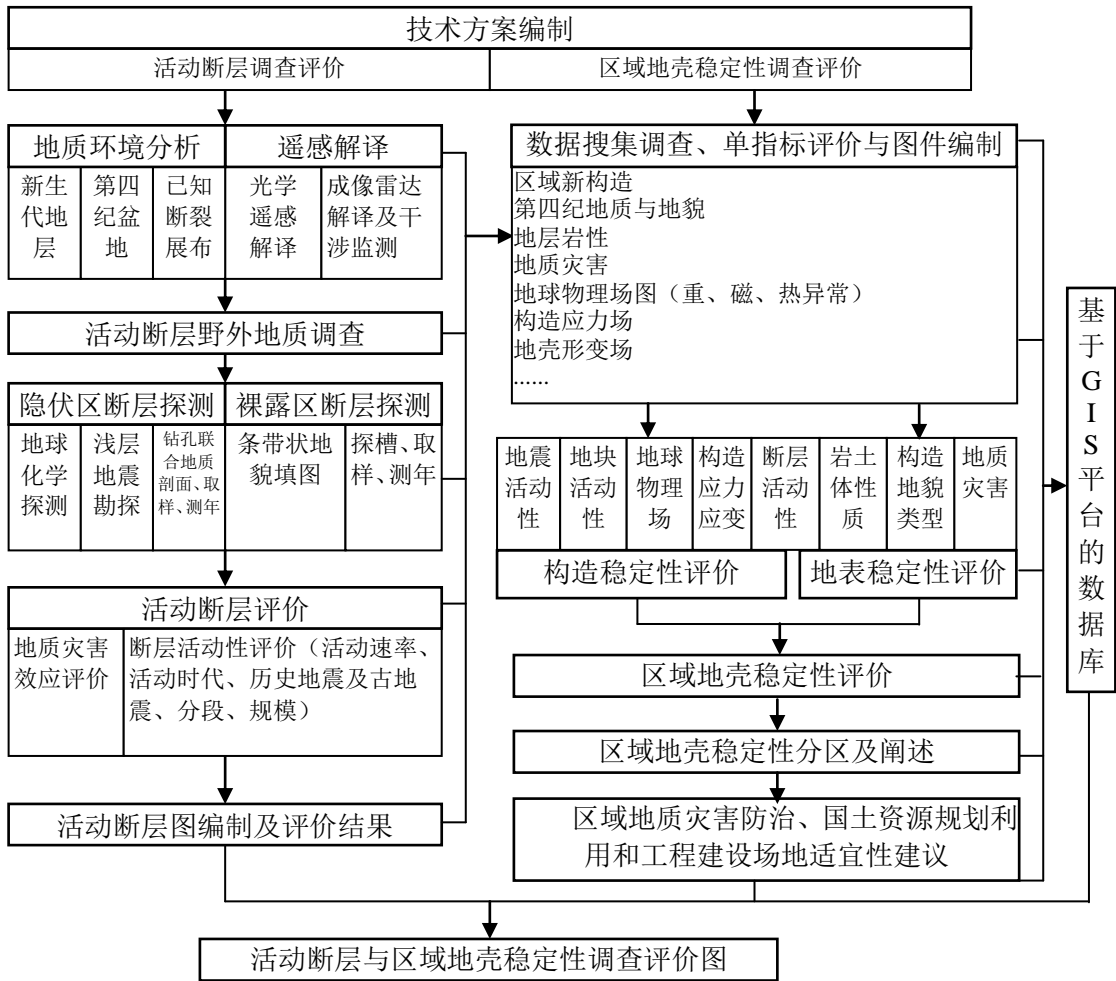


图1 活动断层与区域地壳稳定性调查评价工作流程

5 设计编审

5.1 资料搜集

5.1.1 资料搜集的目的是全面了解掌握工作区区域地质与构造、地球物理、新构造与活动断层、地震地质、第四纪地质、灾害地质、水文地质、工程地质等方面的调查和研究状况，总结前人的工作成果及存在的主要问题，确定可能存在的活动断层作为调查探测目标，找出影响区域地壳稳定的主要地质问题，明确进一步野外工作的主攻方向，为设计编写和制定详细的调查方案提供可靠的依据。

5.1.2 资料搜集的内容及要求如下：

- a) 详细查阅研究区有关综合或专项调查报告与成果图件、专著、研究论文等，特别是最新的、总结性的资料，以便迅速了解前人的工作全貌；
- b) 宜搜集构造地貌、地震地质遗迹、地质灾害、特殊岩土体、地热温泉、不良地质作用的工程破坏现象等资料；
- c) 宜对前人工作成果的质量及其资料可供利用的程度进行综合分析评价

5.1.3 编写设计书之前应进行野外踏勘，从整体上对工作区的活动断层与区域地壳稳定性评价主要影响指标进行概略了解，并对室内搜集的有关资料进行必要的验证；同时还要了解测区自然地理、交通条件、社会经济等，为编制设计以及经费预算提供依据。

5.1.4 宜对搜集到的资料进行整理和处理，具体要求如下：

- a) 按照 DD 2006-06 对工作区及外延不小于 25 km 范围内的自然地理、地质、遥感影像、数字地面模型进行 GIS 入库处理，包括数据纠正、配准、坐标转换、数据拼接、属性录入、完整性检验等；
- b) 初步确定工作区主要断层和地壳稳定性评价主要影响指标，利用各种搜集的资料和踏勘成果初步编制工作部署图，图面内容包括主要断层展布和搜集的各种区域地壳稳定性影响指标概要信息。

5.2 技术定额

5.2.1 活动断层调查评价设计阶段的技术定额主要取决于活动断层的出露情况，按隐伏断层和裸露断层两类来确定工作手段及实物工作量，工作量可参考表 1 不知。

表1 活动断层（1:50 000）调查主要技术定额（100 km）

断层类别	优于 1:25 000 遥感解释 (km ²)	实测剖面 (km)	化探 (点)	联合地质剖面 (条)	探槽 (个)	浅层地震 (km)	钻孔 (个)	年代学测试 (组)	备注
隐伏断层	1000	50	200	2	4	4	8	40	以物化遥及钻探为主
裸露断层	1000	100	-	2	4	4	-	40	以地质地貌调查为主

5.2.2 区域地壳稳定性调查评价设计阶段的技术定额主要依据地质环境条件复杂程度。

5.2.3 按地形地貌、地质构造、岩土体结构、地质环境、人类工程活动五项指标应将地质条件复杂程度综合划分为简单、中等和复杂三种类型，划分标准参见表 2。

表2 地质环境条件复杂程度划分

等级	地质条件复杂	地质条件中等	地质条件简单
地形地貌	极高山、高山，相对高度 > 500 m，坡面坡度一般 > 25° 的山地	中山、低山，相对高度 200 m ~ 500 m，坡面坡度一般 > 15° ~ 25° 的山地	盆地、平原，丘陵缓坡，坡面坡度一般 < 15°
地质构造	褶皱、断层构造发育，新构造运动强烈，地震频发，最大震级 $M_s > 6.5$ 或多遇地震加速度 $a > 0.15 g$	褶皱、断层构造较发育，新构造运动较强烈，地震较频发，最大震级 $5.0 < M_s \leq 6.5$ 级或多遇地震加速度 $0.05 g < a \leq 0.15 g$	地质构造简单，新构造运动微弱，活动断层不发育，地震少，最大震级 $M_s \leq 5.0$ 或多遇地震加速度 $a \leq 0.05 g$
岩土体结构	层状碎屑岩体，层状碳酸盐岩夹碎屑岩体，片状变质岩体，碎裂状构造岩体，碎裂状风化岩体；淤泥类土、湿陷性黄土、膨胀土、冻土等特殊类土。	层状碳酸盐岩体；层状变质岩体；粉土，粘性土。	块状岩浆岩体；碎砾土，砂土。

表2 地质环境条件复杂程度划分（续）

等级	地质条件复杂	地质条件中等	地质条件简单
地质环境	各种类型地下水相互关系复杂，现代动力地质作用和现象及地质灾害广泛发育，存在较严重的工程地质问题。	区域性地下水位波动较大，现代动力地质作用和现象及地质灾害中等发育，无较严重的工程地质问题。	区域性地下水位基本稳定，现代动力地质作用和现象及地质灾害不发育，基本无工程地质问题。
人类工程活动	大、中型水库，公路、铁路沿线边坡开挖量大，矿山开采活动强烈，城镇化建设速度快，城镇化率>30%。	小型水库，公路、铁路沿线边坡开挖量较大，矿山开采活动较强烈，城镇化建设速度较快，城镇化率 20%~30%。	无水库工程建设，公路、铁路沿线边坡开挖量小，矿山开采活动微弱，城镇化建设速度缓慢，城镇化率<20%。
注：地质条件复杂程度就高不就低，有1项条件满足就按复杂程度高等级划分。			

5.2.4 区域地壳稳定性调查评价基本工作手段及程度参见表3执行。

表3 区域地壳稳定性调查评价主要技术定额（100 km²）

地区类别		比例尺	观测路线间距 (Km)	观测点 (个)	钻孔 (个)	钻探量 (m) m	岩土物理力学试样 (组)
平原地区	简单区	1:250 000	10~15	1.5~2	0.0~0.01	0.3~1	0.05~0.1
		1:50 000	2~7	30~40	0.1~0.15	10~25	15~2.5
	中等复杂区	1:250 000	5~7	3~5	0.01~0.02	0.5~1	0.1~0.15
		1:50 000	1.5~2	60~70	0.2~0.4	15~25	2.5~4.0
	复杂区	1:250 000	5~7	4~6	0.01~0.23	0.7~1.5	0.15~0.23
1:50 000		0.5~1	75~100	0.3~0.5	20~40	3~5	
丘陵山区	简单区	1:250 000	15~20	1~1.5	0.0~0.02	0.7~1.5	0.1~0.2
		1:50 000	3~5	20~25	0.2~0.35	20~45	3.0~5.0
	中等复杂区	1:250 000	12.5~15	2~3	0.015~0.03	1~2	0.2~0.3
		1:50 000	2.5~3	40~50	0.4~0.7	30~50	5~7.5
	复杂区	1:250 000	7.5~10	3~5	0.02~0.45	1.5~3	0.3~0.45
		1:50 000	1~2	50~75	0.6~1.0	45~75	7.5~10
<p>注1：对于基岩丘陵山区的河谷平原、山间盆地，区域地壳稳定性评价的技术定额可参照平原地区的要求执行。</p> <p>注2：当调查区已有资料能满足本规范要求时，可以利用已有资料整编，但应进行必要的野外核查。</p> <p>注3：遥感图像解译效果较好的地区，可减少观测点线。其指标按本规范遥感图像应用中的有关条款执行。</p> <p>注4：考虑到平原区地形简单、交通方便和普遍覆盖等特点，适当减少观测路线和观测点，而增加钻探和采样工作量。</p> <p>注5：以往做的勘探、测试等工作，经检验可用后，可计入表3内工作量。</p>							

5.3 设计书编写

5.3.1 通过前人资料研究、野外踏勘，根据工作区实际情况及下达的任务书要求编写设计，设计书编写的主要依据：

- a) 项目任务书；

- b) 工作区地质条件、以往工作程度和存在的问题、服务对象需求;
 - c) 有关技术标准和经费预算标准。
- 5.3.2 设计书内容包括前言、评价范围、区域地质环境、以往工作程度、工作部署、工作内容与技术要求、组织管理和保障措施、预期成果和经费预算等。
- 5.3.3 设计书编写应做到任务明确,依据充分,各项工作部署合理,技术方法可行、措施有力,文字简明扼要、重点突出,所附图表清晰齐全。
- 5.3.4 设计书编写提纲参见附录 A。

5.4 设计书审查与审批

设计书应经任务下达单位组织审查审批后实施。工作过程中,因情况变化而确需修改设计书时,应及时补充设计,报请原审批单位批准。

6 活动断层调查评价

6.1 一般规定

- 6.1.1 野外活动断层水平定位误差应不大于 50 m,配合手持 GPS 和精度优于 1:50 000 的地形底图图标绘活动断层地表迹线。
- 6.1.2 单条活动断层的调查范围应为目标断层及其影响带两侧各 2 km~4 km。
- 6.1.3 活动断层调查评价工作应符合第 4 章中的基本要求与工作流程。

6.2 活动断层判别

- 6.2.1 在开展活动断层调查前,应根据搜集、踏勘、遥感解译和地质地貌判读的结果对区内断层进行活动性初步判别,以明确调查评价工作的对象与重点。
- 6.2.2 活动断层判别的地震学标志包括:
 - a) 使第四纪以来的地层产生错位并存在断层面的断层;
 - b) 经可靠年龄测定,断层中构造岩或被错动脉体最后一次错动的年代距今不足 2.48 Ma;
 - c) 根据仪器连续的地形变观测,显示其滑动速率 ≥ 1 mm/a 的断层;
 - d) 根据历史记载或仪器记录地震,有下列特征之一者,属活动断层:
 - 1) 发生过大于本底地震的断层;
 - 2) 沿断层已发生多次中等强度($M \geq 4.5$)以上地震的断层;
 - 3) 沿断层有密集而频繁的微震活动。
 - e) 在地质构造上,证实与已知活动断层有共生、同生或伴生关系的断层;
 - f) 错移古文化层及古代、近代建筑物的断层。
- 6.2.3 活动断层判别的地形地貌标志包括下列内容:
 - a) 沿断层存在山脊、冲沟或多条河流同步转弯;
 - b) 沿断层有串珠状或线状分布的盆地、沼泽和泉水点;
 - c) 沿断层存在断层崖、平直新鲜的断层三角面、山前洪积扇的叠置或错动、分布连续的大规模崩塌滑坡;
 - d) 沿断层存在河道错动或河谷遗弃,河谷横剖面不对称,河谷纵剖面出现裂点、河流阶地变位。
- 6.2.4 活动断层判别的地质标志包括下列内容:
 - a) 沿断层的地质体分界线呈特定的几何图形,或存在第四纪以来新地层沉积相的突变带以及新老地层的线性接触带;

- b) 断层线上存在第四纪以来新地层厚度的突变带。
- 6.2.5 活动断层判别的物探、化探、遥感异标包括下列内容：
 - a) 沿断层地球物理场（重力、航磁、地热）线性异常；
 - b) 沿断层地球化学（水化学或同位素）线性异常；
 - c) 沿断层遥感图像线性异常，包括线性影像醒目。
- 6.2.6 强活动性断层的判别标志：
 - a) 沿断层地貌形态突变，反差明显；
 - b) 跨断层的第四纪地层年代新、变形显著；
 - c) 断层所控制的断陷盆地规模大、盆地内第四系沉积厚度大、相邻断块上升幅度大；
 - d) 断层带垂直剖面差异活动量大；
 - e) 断层延伸长；
 - f) 断层发生多次大于 5.0 级地震或一次 6.0 级以上地震。
- 6.2.7 判别活动断层时，应注意识别下列假象：
 - a) 基岩内不存在断层的地段，分布高程有差异的不同沉积相和不同时代的第四纪地层；
 - b) 同沉积期断层（同生断层）或滑坡、崩塌形成的第四纪地层中的变形现象；
 - c) 基岩陡坎与第四纪沉积物接触面；
 - d) 两种不同人工堆积物的交接面；
 - e) 由地形地貌显示的线性影像；
 - f) 老断层或岩性差异形成的裂点、线性陡崖，基岩岩性和地质构造控制的河流直弯转。

6.3 活动断层调查

- 6.3.1 活动断层根据地质条件宜选用遥感解译、气体地球化学探测、条带状活动断层地质地貌填图、探槽、钻孔勘探、浅层地震勘探 6 种工作手段中的 3 种以上进行调查，6 种工作手段适用范围为：
 - a) 遥感解译适用于已知或未知活动断层的探测工作，光学遥感适用于有地表形迹的活动断层探测，干涉雷达遥感适用于现今变形速率显著且附近地层裸露的活动断层的探测；
 - b) 气体地球化学探测适用于未受严重化学污染场地的隐伏活动断层探测工作；
 - c) 条带状活动断层地质地貌填图适用于裸露地表的断层或有地形地貌迹象的隐伏活动断层探测；
 - d) 探槽适用于裸露地表的断层、埋藏浅于 8 m 的隐伏活动断层探测及古地震鉴定；
 - e) 钻孔勘探适用于第四纪沉积物覆盖区隐伏活动断层的位置、上断点埋深探测及其活动性鉴定；
 - f) 浅层地震勘探适用于上断点埋深十几米至数百米的隐伏活动断层勘探。
- 6.3.2 6 种活动断层调查工作手段见附录 B。

6.4 活动断层评价

6.4.1 断层活动年龄测定

- 6.4.1.1 断层活动年龄测定样品的采集，应符合下列要求：
 - a) 宜在地表或探槽内取风化程度较低的样品；
 - b) 断层采样应采用于断层破碎最强烈、有明显断错面、能显示断层新位错影响的部分；
 - c) 断层带中石英脉、方解石脉和其他碳酸钙类及石膏等样品，应进行野外观察和室内显微结构鉴定，以判断其形成后是否受过构造作用或应力影响；
 - d) 测年样品应在同一断层的同一剖面位置采 2 个~3 个，测年方法与校核方法也应是同一样品。

6.4.1.2 断层活动年龄的测试，应根据地质条件和测试对象，参照附录 C 选取适宜的测试方法及相关参数。

6.4.1.3 断层活动年龄鉴定方法：

- a) 根据被错断地层（地貌面）中的最新年龄和未被错断地层中的最老年龄综合确定断层的最新一次活动时间；
- b) 根据断层带物质的物理化学性质变化或断层充填物的年龄值，确定断层的最新活动年龄：
 - 1) 断层充填物的年龄测试，所测矿物质形成于断层之后，其形成年龄，可表示断层在充填物形成前的最新活动年龄的界线值；
 - 2) 断层形成物的年龄测试，被测矿物存在于断层带中并受构造破裂作用，根据其物理化学指标、放射性元素辐射剂量，计算出受构造作用的年龄，以此确定断层最后一次强烈活动的近似地质年龄。

6.4.1.4 断层活动年龄测定结果的分析与应用，应遵守下列原则：

- a) 断层活动年龄的判定应有两个以上可靠的观测点或观测剖面资料为依据，每个观测点或观测剖面的有效年龄数据不应少于两个；
- b) 断层带上覆有未被错动的新地层时，应同时测定未错断地层形成年龄值和断层物质年龄值，以相互印证；
- c) 断层带上无新地层时，只能采用测定断层物质年龄值，但应兼用两种测年方法，或以一种方法为主用另一种方法校核，同时结合断层的组成、性状和结构综合分析对比；
- d) 同一测年方法所测年龄值分散性大，应选取较集中的年龄值，一般舍去小值和大值，但还要结合样品的结构特点分析判断；
- e) 当同一样品同时采用 OSL、ESR 和 U 系三种方法测年时，宜选取两种方法所得比较接近的年龄平均值，舍去其中偏离大的年龄值，或者选择 OSL 或 U 系法所测年龄值为主要结果；
- f) 当长度为上百公里或更长的断层带上的不同采样点年龄值相差很大时，应结合断层宏观和微观结构、地震、地形变、地貌等特征，对其活动年龄分段评价；
- g) 对于既有断层泥样品年龄值又有脉岩样品年龄值的同一断层或同一采样点，如果岩脉有构造变形，应采用岩脉年龄值，断层泥年龄值相差很大应舍去，两者代表不同的地质意义，同一采样点断层泥年龄应大于未变形岩脉形成年龄；
- h) 方解石脉样品若后期受热液活动或外动力地质作用的影响，测年结果往往偏差很大，其年龄值仅供参考。

6.4.2 活动断层分段

6.4.2.1 断层分段分为以下 4 种类型：

- a) 几何分段，根据断层的分布排列等几何学特征进行的分段；
- b) 构造分段，根据断层内及断层两盘地层岩性结构差异进行的分段；
- c) 活动性分段，根据断层长期活动性差异进行的分段；
- d) 地震破裂分段，断层上地震破裂状况的分段。

6.4.2.2 分段原则和要求：

- a) 活动性分段一般大于或等于破裂分段长度，在断层破裂资料缺乏情况下，一般仅需进行活动性分段；
- b) 应根据断层长度和活动时间确定最大破裂震级和发震概率进行破裂分段，破裂分段需研究古地震、历史地震和现代地震破裂资料，研究地震破裂与断层的关系；
- c) 尽量利用可靠的分段标志，给出充分的分段依据，宜以图件方式表达，使读者独立判断分段的合理性和可靠性。

6.4.3 断层活动性评价

6.4.3.1 断层活动性评价宜根据断层工作程度有针对性的选用评价指标,应包括断层年平均活动速率、历史地震及古地震震级、最新活动时代、活动断层长度、断层规模 5 项基本指标,具有地区特征,能反映断层活动性的其他特征指标也应纳入到评价指标体系中。

6.4.3.2 断层活动性应分为强活动、较强活动、中等活动和弱活动 4 个级别。

6.4.3.3 断层活动性评价宜首选多指标进行评价,也可采用单指标判别法进行评价。

6.4.3.4 断层活动性分级结果与各项基本指标的对应关系宜符合表 4 的规定。

6.4.4 活动断层地震危险性评价

活动断层地震危险性评价参照GB 17741-2005执行。

6.4.5 活动断层地质灾害效应评价

6.4.5.1 搜集由地震引起的砂土液化、软土震陷、地表沉降、塌陷、斜坡失稳等方面的资料,结合发震断层活动性,分析由地震引起上述潜在地质灾害的可能性及强度。

6.4.5.2 据发震活动断层展布范围、产状、性质和潜在位错量等特征综合评价地表破裂影响范围和程度,提出近断层构(建)筑物的避让距离。

6.4.5.3 分析远场或近场地震影响下活动断层带附近的地质灾害特征。

6.4.5.4 搜集地震海啸和地震湖涌资料,评估其对工作区可能产生的影响。

6.4.6 活动断层规模划分

6.4.6.1 活动断层应根据切割深度、地质现象、重磁异常界面特征 3 项指标划分规模。

6.4.6.2 活动断层的规模可分为盖层断层、基底 I 型断层、基底 II 型断层、地壳断层和岩石圈断层 5 种,划分应符合附录 D 的规定。

表4 断层活动性分级

断层活动性分级	年平均活动速率 V mm/a	历史地震及古地 震震级 M	最新活动 时代	活动断层长度 km	断层规模
强活动	$V \geq 10$	$M \geq 7.0$	全新世	≥ 150	岩石圈断层
较强活动	$1.0 \leq V < 10$	$6.0 \leq M < 7.0$	晚更新世	100~150	地壳断层
中等活动	$0.1 \leq V < 1.0$	$5.0 \leq M < 6.0$	早中更新世	40~100	基底断层
弱活动	$V < 0.1$	$M < 5.0$	前第四纪活动过, 现今活动性质不 明	≤ 40	盖层断层

7 区域地壳稳定性调查评价

7.1 一般规定

7.1.1 区域地壳稳定性调查评价工作应符合第 4 章中的基本要求和一般工作流程。

7.1.2 区域地壳稳定性调查评价中的断层活动性应按第 6 章中的规定开展工作并采用其结果。

7.1.3 评价结果应分为稳定、次稳定、次不稳定、不稳定四个级别,根据区域特点可增加极不稳定、极稳定等额外分级,分区大小宜体现出“区内相似,区间有别”的地质条件差异。

7.2 评价指标调查

7.2.1 区域地壳稳定性评价指标调查应符合下列要求:

- a) 应充分搜集和分析已有的区域地质、物探、遥感等的工作成果;
- b) 应以新构造、活动断层、地震和内动力地质灾害为主要调查内容;
- c) 当区域内的第四系覆盖区、水域可能存在发震构造时,应选用适当的地球物理勘探方法进行调查,并说明所用方法的适宜性;
- d) 应调查并编制两条以上垂直构造线走向的综合地形地质剖面。

7.2.2 区域地壳稳定性评价指标调查包括区域地貌调查、区域构造与新构造调查、地球物理场及深部构造调查、区域构造应力场调查、地震活动调查、外动力现象与地质灾害调查、水文地质调查、区域地层岩性与工程地质岩组调查 8 个方面,具体调查要求见附录 E。

7.3 单指标数据准备

7.3.1 获取的各评价指标资料应在 GIS 软件平台上进行数字化、格式转换、投影纠正、分层及属性编码,建立研究区、研究对象的空间数据库,编制各单指标分类评价图件。

7.3.2 各单项指标数据宜转化为栅格形式的面域数据再进行评价计算,点要素(如地震、地质灾害)宜通过空间插值转换,线要素(如活动断裂、河流)宜通过缓冲区扩展转换,区要素(如地层岩性、地貌类型)宜通过栅格化直接转换。

7.3.3 单指标数据准备应既包括工作区范围内的数据,也包括构造稳定性评价需要外延区域范围内的数据。

7.4 构造稳定性评价

7.4.1 构造稳定性评价的目的主要是反映大区域上构造活动指标对工作区的影响,如区域构造部位及其活动强度、地震活动规律的统计和潜在震源区震级上限、地壳深部地球物理特征、构造应力场特征、活动断层带分段等对研究区的影响。

7.4.2 构造稳定性评价的范围应外延不小于 150 km,外延范围内的工作精度应优于 1:1 000 000 比例尺,工作区范围内的工作精度应优于 1:250 000。

7.4.3 构造稳定性评价宜根据区域地质条件有针对性的选用评价指标,应包括地震活动性、地块特征、断层活动性、构造应力应变特征、地球物理特征 5 类基本指标,其中:

- a) 断层活动性划分参照表 4 的规定执行;
- b) 其他基本指标的构成和分级参见表 5 执行。

表5 构造稳定性评价基本指标及分级标准

构造稳定性分级	地震活动性			地块特征	邻近 50 km 范围内断层活动性 ^a	构造应力应变特征		地球物理场特征	
	地震峰值加速度 g	区域内历史最大地震震级 M	潜在震源区(震级上限) M ₁			构造应力场	区域地表变形 s (mm/a)	重力布格异常梯度 (10 ⁻⁵ m/(s ² ×km))	大地热流值 ^b (mW/m ²)
稳定	≤0.05	M<5 级地震	M ₁ <5.5	古老结晶基底(前寒武纪),工作区范围内没有活动火山或潜在火山灾害不能影响划分单元,划分单元内没有第四纪火山。	无活动	岩石饱和单轴抗压强度与最大主应力比值大于 10,主应力方向变化 0°~10°。	均匀上升或下降 (s<0.1)	<0.6	≤60,基本无温泉

表5 构造稳定性评价基本指标及分级标准（续）

构造稳定性分级	地震活动性			地块特征	邻近 50 km 范围内断层活动性 ^a	构造应力应变特征		地球物理场特征	
	地震峰值加速度 g	区域内历史最大地震震级 M	潜在震源区（震级上限） M_1			构造应力场	区域地表变形 s (mm/a)	重力布格异常梯度 ($10^{-5}m/(s^2 \times km)$)	大地热流值 ^b (mW/m^2)
次稳定	0.05~0.15	有 $5 \leq M < 6$ 级地震活动或不多于 1 次 $M \geq 6$ 级地震	$5.5 \leq M_1 < 6.5$	古生代褶皱带中地（岩）块、地壳较完整，工作区范围内可能存在活火山，但潜在火山灾害不能影响划分单元，划分单元内有第四纪火山，但没有活火山。	弱活动断层	岩石饱和单轴抗压强度与最大主应力比值 7~10，主应力方向变化 $10^\circ \sim 30^\circ$ 。	不均匀升降，轻微差异运动 ($s=0.1 \sim 0.4$)	0.60~1.0	60~75，有零星温泉分区
次不稳定	0.15~0.4	有 $6 \leq M < 7$ 级地震活动或不多于 1 次 $M \geq 7$ 级地震	$6.5 \leq M_1 < 7.5$	中、新生代褶皱带盆地、槽地边缘、裂谷带、地壳破碎，工作区范围内存在影响地区安全性的活火山，划分单元范围内可能存在活火山。	较强活动或中等活动	岩石饱和单轴抗压强度与最大主应力比值 4~7，主应力方向变化 $30^\circ \sim 60^\circ$ 。	显著断块差异 ($s=0.4 \sim 1$)	1.1~1.2	75~85，有热泉、沸泉发育
不稳定	≥ 0.4	有多次 $M \geq 7$ 级的强地震活动或一次 $M \geq 8$ 级地震	≥ 7.5	新生代褶皱带、板块碰撞带、现代板块俯冲带，现代岛弧深断层发育，地壳破碎，划分单元范围内存在影响安全的活火山。	强活动	岩石饱和单轴抗压强度与最大主应力比值小于 4，主应力方向变化 $60^\circ \sim 90^\circ$ 。	强烈断块差异运动 ($s > 1$)	> 1.2	> 85 ，热泉、沸泉密集发育

^a 参考表 4。
^b 温泉作为参考。

7.4.4 具有地区特征，对稳定性影响大的其他构造指标也应纳入到评价指标体系中。

7.4.5 构造稳定性评价工作方法以搜集有关资料进行编图和分析为主，构造稳定性评价及分级宜首选多指标权重叠加法，也可采用单指标判别法或信息量法开展工作。

7.4.6 构造稳定性分级结果与各项基本指标的对应关系应符合表 5 的规定。

7.5 地表稳定性评价

7.5.1 地表稳定性评价的目的是反映内外动力对工作区浅表层稳定性的近距离或直接影响。

7.5.2 地表稳定性评价范围应为整个工作区，工作精度应达到 1:250 000 比例尺。

7.5.3 地表稳定性评价的工作方法为断层探测、地质灾害调查、岩土体物理力学性质测试，大中比例尺工程地质、地震地质、环境地质资料搜集，并补充一定的调查工作。

7.5.4 地表稳定性评价指标应包括活动断层展布、地质灾害、岩土体类型和构造地貌四项基本指标，其中：

- a) 活动断层活动性和展布依据第 6 章中的调查评价结果；
- b) 地质灾害包括外动力地质灾害、内动力地质灾害和人类活动地质灾害三个次级指标；
- c) 具有地区特征，对地表稳定性影响大的其他指标也应纳入到评价指标体系中。

7.5.5 地表稳定性评价及分级宜首选多指标权重叠加法，也可采用单指标判别法、信息量法等评价方法。

7.5.6 地表稳定性分级结果与各项基本指标的对应关系应符合表 6 的规定。

表6 地表稳定性评价指标及分级标准

稳定性分级	活动断层展布	地质灾害			岩土体类型	构造地貌
		外动力地质灾害	内动力地质灾害	人类活动地质灾害		
稳定	划分单元及外延 20km 范围内无活动断层	基本无外动力地质灾害	无构造地质灾害，不具备地震震动诱发地质灾害的岩土体条件	无采矿、水库蓄水等工程建设，或大规模工程建设不易造成地质灾害	完整坚硬岩体：火成岩，厚层、巨厚层沉积岩，结晶变质岩等坚硬岩石	剥蚀准平原、山前平原、冲积平原、构造平原
次稳定	划分单元及外延 5km 范围内无活动断层	降雨、河流冲刷等水动力诱发的地质灾害偶有发生、规模较小	无构造地裂缝，具有地震砂土液化的岩土体条件	采矿或地下工程诱发地质灾害偶有发生，库岸斜坡基本稳定，抽汲地下水或气体未诱发地表变形	较坚硬的沉积岩，砂砾土，砂土的粗颗粒第四纪地层	山间凹地，冲积平原，河口三角洲，湖泊平原，黄土派、梁、峁，溶蚀准平原
次不稳定	划分单元内有弱活动断层和中等活动性断层	降雨、河流冲刷等水动力诱发的地质灾害频较繁、规模中等	存在构造地裂缝，具有发震断层地表破裂、地震砂土液化的构造和岩土体条件，未来可能发生	采矿或地下工程易诱发地质灾害，库岸斜坡有蓄水失稳，抽汲地下水诱发地表变形	页岩、粘土岩、千枚岩及其它软弱岩石，风化较强烈（未解体）岩石，松散土体	丘陵，剥蚀残丘，洪积扇，坡积裙，阶地，沼泽堆积平原，冰川堆积刨蚀区，海岸阶地、平原，石穿残丘，峰林地形，风蚀盆地
不稳定	划分单元内有较强活动断层和强活动断层	降雨、河流冲刷等水动力诱发的地质灾害频繁、规模大	构造地裂缝成带分布，或发震断层地表破裂、地震砂土液化历史上曾有发生，未来发生可能性大	采矿或地下工程诱发地质灾害频繁发生、库岸斜坡严重失稳、抽汲地下水液体导致地表严重变形	砂土层，特别是淤泥、粉细砂层、粘土类土发育。劣质岩土，如冻融土层、湿陷性土、分布较宽的构造岩带（糜棱化破碎带）、风化严重致解体的松、严重的岩溶地段，以及膨胀性岩土，浅水位松散土	构造或剥蚀山地、丘陵，河床，河漫滩，牛轭湖，河间地块，沼泽，沙漠砂丘，岩溶盆地

7.6 区域地壳稳定性评价

7.6.1 应根据 7.3 条准备的单指标信息，7.4 条构造稳定性和 7.5 条地表稳定性综合评价区域地壳稳定性，宜首选多指标栅格叠加法或层次综合分析法进行评价，次选布尔运算或单指标判别法进行评价。

7.6.2 区域地壳稳定性评价以构造稳定性为主导，以地表稳定性为辅助，评价结果应符合表 7 中规定的对应关系。

表7 依据地表稳定性和构造稳定性划分的区域地壳稳定性

区域地壳稳定性分级	构造稳定性	地表稳定性
稳定	稳定	稳定
	稳定	次稳定
次稳定	稳定	次不稳定
	次稳定	稳定

表7 依据地表稳定性和构造稳定性划分的区域地壳稳定性（续）

区域地壳稳定性分级	构造稳定性	地表稳定性
次稳定	次稳定	次稳定
次不稳定	稳定	不稳定
	次稳定	次不稳定
	次稳定	不稳定
	次不稳定	稳定
	次不稳定	次稳定
	不稳定	稳定
不稳定	次不稳定	次不稳定
	次不稳定	不稳定
	不稳定	次稳定
	不稳定	次不稳定
	不稳定	不稳定

7.6.3 对区域地壳稳定性每个分区单元应阐述其地质条件，包括以下主要指标：

- a) 构造地貌；
- b) 活动断裂；
- c) 地震活动性；
- d) 地块特征；
- e) 构造应力场；
- f) 地球物理场特征；
- g) 岩土体类型；
- h) 地质灾害。

7.6.4 根据当地社会经济发展情况，结合区域地壳稳定性评价结果，提出每个分区地块内土地资源的合理开发建议，包括但不限于以下内容：

- a) 土地利用类型；
- b) 工程规划建设的防灾减灾对策措施；
- c) 地质灾害防治措施。

7.6.5 区域地壳稳定性评价过程中应注重次不稳定区、不稳定区中相对稳定地块，即“安全岛”的选择，遵循的原则如下：

- a) 构造部位上属于断块或僵化的褶皱带；
- b) 地块内无活动断层切割；
- c) 在场区范围内无弱震以上地震记载；
- d) 无迹象表明第四纪以来场区内有岩浆或水热活动；
- e) 地块内水热活动不强烈；
- f) 地块内基本烈度不超过Ⅶ度，或者比邻区低；
- g) 区域物理地质作用弱，对场区无灾害性危害发生；
- h) 人类工程活动不会导致严重灾害；
- i) 地块应有一定规模，通常在数十平方公里以上。

7.6.6 在区域地壳稳定性评价基础上可根据工作任务进一步选择重大工程场址区进行岩土体稳定性评价，岩土稳定性评价指标及分级标准可参考附录 F 执行。

8 调查评价数据管理

8.1 基本要求

8.1.1 基础地理信息数据和调查评价数据应采用相同的坐标体系。

8.1.2 应建立基于统一 GIS 数据模型结构基础上的活动断层与区域地壳稳定性调查评价成果数据管理系统，将空间数据分层存储，同时兼顾数据可视化效果。

8.1.3 应在编制技术方案的同时，完成基础地理信息数据入库；开展调查评价工作同时，开展专业数据入库、元数据库建设和活动断层探测数据库集成。

8.2 数据分类

8.2.1 按数据特征可分为空间数据、属性数据、调查评价原始数据。

8.2.2 按数据内容可分为基础地理信息数据、专业数据、元数据。

8.3 数据内容

8.3.1 基础地理信息数据宜包括 1:1 000 000、1:250 000、1:50 000 三种比例尺的数据。

8.3.2 专业数据宜包括工作范围数据、活动断层调查及评价数据、新构造运动数据、构造应力场数据、构造变形 GPS 实测数据、地球物理场数据、地质灾害数据、地层岩性数据、测年样品数据、构造稳定性区划数据、地表稳定性评价数据、文献资料等。

8.3.3 基础地理信息数据的元数据应包括信息资源的格式、质量、处理方法和获取方法，技术要求应符合 CH/T 1007-2001 第 4 章的规定；专业数据的元数据应包括探测数据类型、数据特征、数据总貌介绍和数据提供单位等信息。

8.4 数据组织

8.4.1 基础地理信息数据分层和编码应符合 GB/T 13923-2006 中第 5 章的规定。

8.4.2 1:1 000 000、1:250 000 及 1:50 000 的基础地理信息数据应采用国家基础地理信息数据库数据。

8.4.3 专业数据按数据应用需求分层组织。

8.5 数据库集成

8.5.1 基础地理信息数据、专业数据、元数据应进行规范化处理及完整性检查。

8.5.2 应完成基于数据库的成果图件组织。

9 图件编制与报告编写

9.1 活动断层图编制与报告编写

9.1.1 活动断层调查评价成果应包括区域地壳稳定性图（1:250 000）及说明书、活动断层调查评价技术报告、活动断层调查评价技术报告附件。

9.1.2 活动断层调查评价成果应包括活动断层图（1:50 000）及说明书。

9.1.3 活动断层图（1:50 000）及说明书应包括但不限于以下内容：

- a) 活动断层分布及性质与产状；
- b) 活动断层时代（全新世、晚更新世、中更新世和早更新世）；
- c) 断层活动位移与速率；

- d) 第四纪盆地边界;
 - e) 新生代不同时期地层界线及产状、不同构造期岩浆岩界线;
 - f) 不同类型断错地貌或地质体;
 - g) 地震震中、震级和发震时间;
 - h) 地质灾害的规模与类型;
 - i) 作为背景的数字地面模型或遥感影像。
- 9.1.4 活动断层调查评价技术报告编写按附录 G 执行。

9.1.5 活动断层调查评价技术报告附件宜包括以下内容:

- a) 实际材料图;
- b) 活动断层典型地质剖面图、地球物理探测剖面图、探槽编录剖面;
- c) 活动断层遥感解译图;
- d) 断层活动年龄测试报告。

9.2 区域地壳稳定性图编制与报告编写

9.2.1 成果应包括区域地壳稳定性图(1:250 000)及说明书、区域地壳稳定性调查评价技术报告、区域地壳稳定性调查评价技术报告附件。

9.2.2 区域地壳稳定性调查评价成果图既要充分反映区域地壳稳定性评价的层级结构、主要的地质要素信息、重要的中间过程和结果说明,又要精简扼要,便于应用,宜参照图 2 执行。

9.2.3 区域地壳稳定性评价图图面(1:250 000)应包括主图、辅图、说明表格和典型剖面(照片)四个基本部分。

9.2.4 主图面应表现自然地理、构造地貌、地层岩性、活动断层、地震、主要地质灾害、评价结果分区及编号等内容。

9.2.5 辅图应包括与主图范围相对应的各要素图层,也有地域构造稳定性分区、地区地表稳定性评价二个必备层次的中间过程图,及区域地壳稳定性定量计算结果。

9.2.6 应以表格形式简洁阐述每个分区的地质条件特征、主要稳定性问题、防治措施和利用建议。

9.2.7 应表示典型的地质现象和地质剖面,使读者对稳定性因素有直观的认识。

9.2.8 区域地壳稳定性调查评价技术报告编写应参照附录 H。

9.2.9 区域地壳稳定性调查评价技术报告附件包括下列内容:

- a) 实际工作材料图(1:100 000~1:250 000);
- b) 地质灾害分布图;
- c) 工程地质岩组划分图;
- d) 新构造运动与活动断层;
- e) 地质剖面图;
- f) 区域地球物理场;
- g) 第四系分布及等厚线图;
- h) 构造应力场图;
- i) 地壳形变场图;
- j) 钻探、物探、化探、探槽等勘探成果图;
- k) 区域地质环境遥感影解译图。

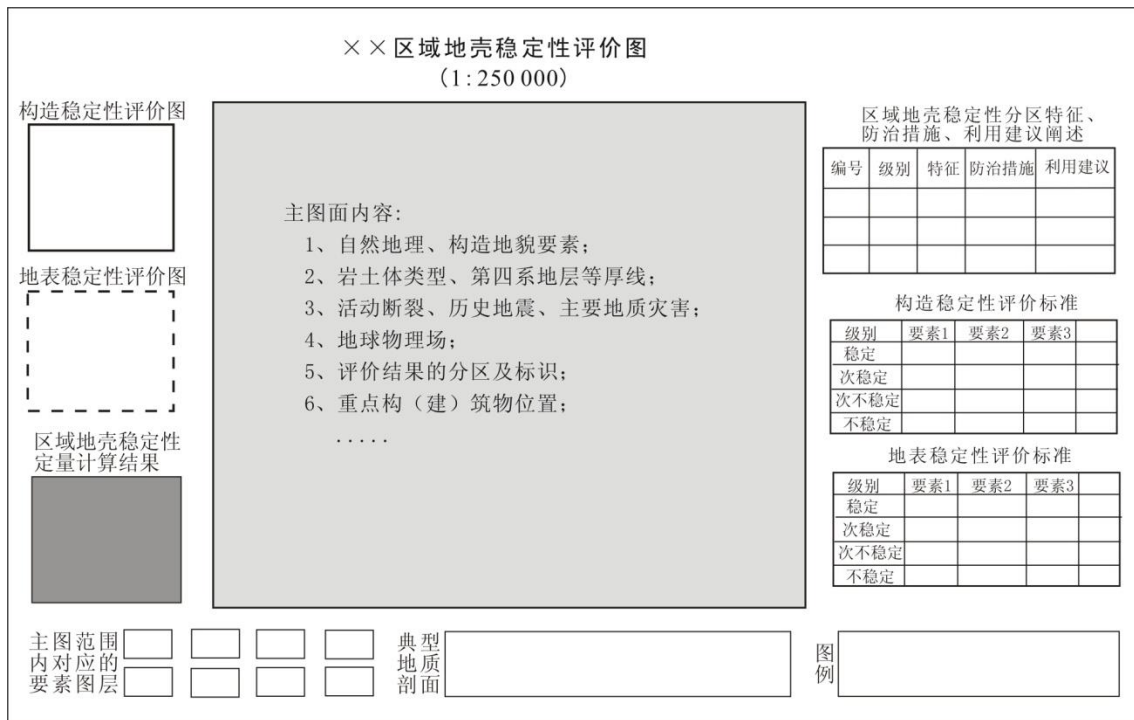


图2 区域地壳稳定性分区图布局与内容示例

10 质量检查与成果验收

10.1 质量检查

质量检查的内容包括:

- a) 检查项目工作部署、工程布置是否按照设计书的要求进行;
- b) 随机抽样检查,对地质点、物探点、测量点、试验点、测试点、取样点等进行不少于3%的随机抽样检查和现场检查;
- c) 对获得的数据,包括数据采集库、数字实际材料图、各类原始编录资料、样品鉴定、分析、测试送样单和分析测试结果等进行随机抽查检查;
- d) 查看质量检查记录,包括自检、互检、抽检、年度原始资料检查记录小结;
- e) 对资料检查认为有疑问的、危害严重或典型的地质现象进行野外现场检查;
- f) 验收组形成验收意见,组织验收单位应对验收意见进行审核、签署意见,并及时通知被验收单位;
- g) 被验收单位收到验收意见书和组织验收单位意见后,应按意见内容完善各项工作;并向组织验收单位提交补充工作总结,经组织验收单位审核认可后,方可转入最终成果报告的编写。

10.2 最终成果验收

10.2.1 成果验收依据项目任务书、设计书、设计审查意见书、设计审批意见书、任务变更和工作调整批复意见书、质量检查意见书,以及有关技术标准和要求进行。

10.2.2 成果验收内容宜包括:

- a) 报告的完整性、合理性、可靠性和实用性;
- b) 各项实际资料的综合整理与利用程度;

- c) 各项工作成果是否符合设计及本技术要求的规定;
 - d) 报告、图件与实际资料是否相符;
 - e) 各种图件的内容、要素是否准确齐全;
 - f) 信息系统建设是否达到预定的技术指标, 各项数据是否齐全完整, 管理系统是否实用等;
 - g) 调查评价成果是否能取得预期的社会、经济、环境效益。
- 10.2.3 报告验收评审结束后, 组织评审单位签署评审意见书, 下发成果报告给提交单位, 对验收审查意见书提出的各项问题, 项目承担单位应在规定时间内组织专人修改补充, 并将报告修改稿提交组织评审单位审查。
- 10.2.4 经审查发现有较多质量问题的成果资料, 或通过补充仍达不到规定要求的成果资料, 不予验收。

附 录 A
(规范性附录)
设计书的编制提纲

A.1 前言

包括任务来源，任务书编号及项目编码，项目目的、任务和意义，工作起始时间，主要工作量、总预算和年度预算经费额度。

A.2 区域地质环境背景

A.2.1 自然地理概况

包括地理位置，坐标范围或图幅及编号，面积及不同精度调查评价区面积，涉及的行政区、流域、图幅及编号，地形地貌特征，气象水文概况，交通条件，经济社会发展概况，区域内重大工程建设及国土资源规划（附交通位置、地貌水系图）。

A.2.2 区域地质概况

包括地质构造，地层岩性，地震，水文地质，工程地质，人类工程经济活动，主要活动断层等。

A.2.3 以往工作程度

包括以往基础地质、地震地质和水工环地质工作情况，与本次调查评价有关的成果及存在的问题与不足，主要区域地壳稳定性问题及已经应用的防治措施等。

A.3 工作部署

工作部署是设计编制的主要章节，设计审查时将对每项内容严格要求。包括技术路线、部署原则与总体思路、工作部署、实物工作量、工作计划、年度工作安排等。在编写过程中要对所搜集的资料认真分析，并对部署逐一分解，应重点突出，层次清晰。

A.4 工作内容与技术要求

A.4.1 活动断层调查工作内容与技术要求

活动断层调查评价的工作内容主要包括资料的搜集整理，调查活动断层空间展布、规模、分段和产状，第四纪以来活动性质、幅度、时代、速率，特征地震及地震复发间隔等参数，评价断层活动性及地质灾害效应等。针对调查评价内容，结合区域特点，提出活动断层遥感解译、地球化学探测、浅层地震勘探、地质地貌填图、槽探、钻孔勘探与钻孔联合地质剖面分析、年代学测试、断层活动性分段、特征地震和活动断裂地质灾害研究等相应调查评价方法的具体应用程序和计划安排。

A.4.2 区域地壳稳定性调查评价工作内容与技术要求

区域地壳稳定性调查评价工作内容主要包括搜集、分析、整理和评价地壳结构、地表介质强度、构造活动性、地震活动、地质灾害、区域工程地质条件等内外动力地质作用，对区域地壳的相对稳定性做出评价，建立区域地壳稳定性评价的信息系统，编制区域地壳稳定性分区图件及相应说明。针对调查评价内容，结合地区特点，提出用于评价区域地壳稳定性的基础数据调查与分析整理的计划安排，专题图件编制的表达内容与技术要求，区域地壳稳定性分层次评价的工作方法与技术流程等。

A. 5 组织管理和保证措施

包括项目的管理协调体系（或组织机构）以及人员组成与分工，技术装备、工期保证措施、项目质量保证措施和安全及劳动保护措施等。

A. 6 预期成果

包括调查评价报告、专题研究报告、系列图件、空间数据库；调查分析数据与质量评估报告；阶段性总结报告和图件、附表等。

A. 7 经费预算

按《国土资源部项目预算编制暂行办法》及相关预算文件编写，包括预算编制依据和预算表两个部分。

A. 8 设计附图

设计附图主要包括区域构造纲要图、区域地质研究程度图、活动断层与区域地壳稳定性调查评价工作部署图。

附 录 B
(资料性附录)
活动断裂调查工作手段

B. 1 遥感解译

B. 1. 1 比例尺确定

根据成图比例尺要求, 应选用适当分辨率的多类型、多时相图像数据对比解译。应选用分辨率优于 5 m 的图像数据编制比例尺大于或等于 1:50 000 的地质地貌解译图, 选用分辨率优于 1 m 的图像数据编制比例尺大于或等于 1:5 000 的断错地貌解译图。

B. 1. 2 光学遥感解译

B. 1. 2. 1 图像数据应无云层覆盖、影像清晰, 内部无显著偏光、偏色现象。

B. 1. 2. 2 应对图像数据进行几何校正、空间校正等预处理。

B. 1. 2. 3 宜选择不同波段的遥感图像数据, 进行波段运算、影像融合、色彩变换、图像增强、色彩平衡等技术处理, 突出活动断层的线性影像特征和色调异常特征。

B. 1. 2. 4 应根据活动断层特有的线性影像纹理结构特征及色调变化, 结合地形、地貌与地质资料, 实地验证, 尽可能识别可能存在的隐伏活动断层, 初步确定活动断层的平面展布、断层性质、位移及其附近断错地质体或地貌单元。

B. 1. 2. 5 光学遥感解译参考标志应重点关注以下内容:

- a) 具有一定宽度、明显区别于两侧正常地貌单元和地层单元的线性色调异常带, 或两种不同色调区的分界线;
- b) 有规律横切山脊、水系、冲沟、阶地、洪积扇等各种地貌面(线)的线性影像;
- c) 线性排列的鼓包、挤压脊、拉分盆地、三角面、断层陡坎等微地貌;
- d) 有规则排列的峡谷、湖盆、沼泽等负地形和地下水溢出点;
- e) 多条河流或冲沟有规律地扭动、折线状拐弯, 湖岸线或海岸线的非正常转折等现象。

B. 1. 3 成像雷达遥感解译

B. 1. 3. 1 对于云雾遮挡严重, 光学遥感成像质量不好的地区, 可选用能够穿透云雾的成像雷达数据进行活动断层目视解译。

B. 1. 3. 2 成像雷达目视解译应注意区分雷达不同入射方向、入射角度产生的成像效果, 宜选用入射方向基本相反, 入射角度不大于 30° 的两期成像雷达影像进行对照解译。

B. 1. 3. 3 活动断层成像雷达解译宜根据反射雷达波的强度、纹理及地貌产生的叠掩、阴影、倒置等图斑现象进行分析。

B. 1. 3. 4 对于现今区域性变形显著的活动断层, 可选用雷达数据进行小基线集、永久反射点等长期微变形干涉雷达测量技术, 测定其展布、变形速率并分析其活动性质。

B. 1. 3. 5 对于活动断层地震前后有存档雷达数据的情况, 可采用两轨或多轨差分干涉雷达观测活动断层同震变形, 从区域上获取断层同震的全局及分段变形量, 并根据同震地表变形分布、变形量、变形方向, 结合现场调查确定发震活动断层空间展布、活动断层分段、现今运动形式及活动性。

B. 1. 3. 6 通过差分干涉雷达微变形测量识别隐伏活动断层，在平原盆地区要注意与地表沉降产生的变形相区别，在特殊土地区要注意与土体变形相区别。

B. 1. 4 遥感制图

B. 1. 4. 1 图像数据格式应采用标准地图投影格式，附带完备投影参数说明。各个通道数据宜采用8 bit 存储。

B. 1. 4. 2 解译成果应具有空间坐标信息，采用带解译属性表的GIS软件提供的通用格式存储，并符合第9章的规定。

B. 1. 4. 3 应根据活动断层遥感影像特征，编绘比例尺大于或等于1:50 000的活动断层和晚第四纪断错地质地貌解译图。标注地理基本要素、活动断层几何结构、断错地貌单元、位移、第四纪盆地边界、第四系和前第四系地层单元等内容。

B. 1. 4. 4 第四纪堆积物的制图单元应为统，前第四纪地质体宜为界、系。按形成时间和成因类型划分地貌制图单元。

B. 1. 4. 5 目标区活动断层分布解译图比例尺应不小于1:50 000，标识尺度大于或等于500 m的地质、地貌单元和断层迹线或线性构造，以及位移值大于或等于100 m的断错地貌单元。

B. 1. 4. 6 条带状活动断层解译图比例尺应为1:25 000~1:10 000，标识尺度大于或等于100 m的地质地貌单元和断层迹线或线性构造，以及位移值大于或等于20 m的断错地貌单元。

B. 1. 4. 7 断错地貌现象明显的地段应编制1:5 000~1:1 000活动断层断错地貌解译图，并应标注尺度大于或等于50 m的地质地貌单元和断层迹线或线性构造，以及位移值大于或等于5m的断错地貌单元。

B. 2 气体地球化学探测

B. 2. 1 测试内容

测项分为主要测项和辅助测项，包括汞、氦、二氧化碳、氡、氢气，应进行现场试验选取测项合理搭配，并以断层土壤气测量为主，有条件的地区可配合进行地下热水气体测量。

B. 2. 2 性能指标

用于隐伏活动断层探测的地球化学仪器主要性能指标应满足表B. 1要求。

表 B. 1 气体地球化学仪器性能指标要求

仪器名称	测项	检出限	重复测量误差	零漂移
测汞仪	汞	$\leq 0.01\text{ng}$	$\leq \pm 10\%$	0.004A/h
快速测氦仪	氦	$\leq 0.37\text{Bq/L}$	$\leq \pm 10\%$	—
气相色谱仪	二氧化碳	$\leq 0.01\%$	$\leq \pm 15\%$	—
气相色谱仪	氡、氩	$\leq 0.001\%$	$\leq \pm 15\%$	—

B. 2. 3 测线布置

测线应跨越推测隐伏活动断层，垂直其走向布置；测点间距宜为20 m，异常段测点应加密布设，间距可为5 m~10 m。

B. 2. 4 样品采集

B. 2. 4. 1 采样前应进行现场条件试验，确定采样深度、采样量和抽气速率。

B. 2. 4. 2 断层土壤气样品采集深度应大于或等于0.6 m，并高出潜水面不少于0.2 m，冬季采集深度应大于冻土层厚度。

B. 2. 4. 3 气汞测量抽气量宜为2 000 cm³~3 000 cm³；其他气体样品量宜为1 000 cm³~1 500 cm³，土壤样品量应大于或等于200 g。

B. 2. 4. 4 气汞样品采集前应净化捕汞管，并对捕汞管进行漏汞与释汞试验，对不合格者应用热稀硝酸清洗法进行处理，仍不合格者应剔除。

B. 2. 4. 5 应在相同或相似的气象条件下采集同一条测线上的样品。

B. 2. 4. 6 如采用 α 卡或活性炭吸附器进行氡样品采集， α 卡在地下埋藏时间应在4 h以上；活性炭吸附器埋藏时间应在48 h以上。

B. 2. 5 样品测试

B. 2. 5. 1 应使用测汞仪、测氡仪、气相色谱仪对样品进行测定。

B. 2. 5. 2 样品测试前应对测汞仪、测氡仪、气相色谱仪进行标定。

B. 2. 6 质量控制

B. 2. 6. 1 应进行样品重复采集与测定，重复采样点宜位于原采样点1 m~2 m范围内。

B. 2. 6. 2 重复采样与测定点数不应少于总测点数的5%。

B. 2. 6. 3 重复测量结果中与正常测量结果或趋势形态有50%以上基本一致时，其测量工作判为合格。

B. 2. 7 异常确定

各测项异常下限值宜为该测项的均值与(2~4)倍均方差之和，超出此下限值时应判定为可能存在活动断层的地球化学异常。

B. 3 条带状活动断层地质地貌填图

B. 3. 1 填图内容

B. 3. 1. 1 填图要素包括：

- a) 断层性质：正断层、逆断层、走滑断层、混合断层，及断层产状；
- b) 构造要素：活动断层迹线，几何分叉、拐弯、尖灭和错列阶区等结构，劈理带、褶皱、挤压隆起、拉分盆地等各种次级构造等；
- c) 地貌要素：断层谷地、断层陡坎、断塞塘、闸门脊、阶地、冲洪积扇、河流、冲沟、断头沟、弃沟等；
- d) 地层要素：岩类、岩性、厚度、产状、时代符号、接触关系等；
- e) 位移：活动断层两侧对应地质体、地貌面或地貌线之间的距离。

B. 3. 1. 2 填图单元及其划分要求如下：

- a) 沉积地层单元：第四系应划分到统或组，区分沉积物的成因类型，并建立第四纪沉积物的相对层序，前第四系宜划分到系或统；
- b) 地貌单元：应利用测年数据或微地貌结构对晚第四纪以来形成的各种地貌面(线)，特别是活动断层两侧均存在且被错断的各种地貌单元进行划分；
- c) 岩浆岩单元：新生代岩浆岩应按形成年代、侵入或喷发期次和岩类划分。

B. 3. 2 年代样品选取与测年

- B. 3. 2. 1 宜取堆积物中的含炭物质，用放射性同位素¹⁴C测定其年龄值，对距今一万年以来的¹⁴C年龄值应进行树轮年龄校正。
- B. 3. 2. 2 对没有含炭物质的堆积物，宜采集风成黄土、粉砂、细砂、烘烤层、古陶器等物质样品，用释光方法测定其堆积年龄值。
- B. 3. 2. 3 代表性地貌面，可采集宇宙成因核素测年样品，测定其暴露年龄。
- B. 3. 2. 4 年龄样品应由相应资质的实验室测定；古文化层和古生物化石应由专业人员鉴定。
- B. 3. 2. 5 地质地貌填图要求
- B. 3. 2. 6 应标绘活动断层迹线，不同时期的地质体、地貌面（线）及古文化层等。
- B. 3. 2. 7 应标绘被错断的地质体、构造线或地貌面（线）的位移值。
- B. 3. 2. 8 应区分并标绘活动断层沿线的测年样品位置。
- B. 3. 2. 9 应测量并绘制典型断错地貌图。
- B. 3. 2. 10 至少应有一条比例尺不小于1:2 000的实测第四纪地层剖面。
- B. 3. 2. 11 位移发生的起始时间应以被断错地质体或地貌面最终形成的年龄为准，有效年龄数据不少于两个。

B. 3. 3 制图要求

- B. 3. 3. 1 条带状活动断层地质地貌图比例尺应根据具体工作需要确定，宜为1:50 000；范围为活动断层活动迹线及其影响带两侧各2 km~4 km。各种实测断错地貌图比例尺宜为1:2 000~1:500。
- B. 3. 3. 2 图例应采用GB/T 958-2015规定的图例。
- B. 3. 3. 3 应编制与条带状活动断层地质地貌图比例尺一致的实际材料图。标注内容包括：观测点、观测路线、采样点位置及编号、探槽位置及编号、实测剖面位置及编号，各类探测测线位置及编号。

B. 4 槽探

B. 4. 1 基本内容

B. 4. 1. 1 需要探查的要素包括：

- a) 活动断层产状；
- b) 性质；
- c) 错动遗迹；
- d) 位移值以及古地震事件。

B. 4. 1. 2 探槽位置的选择标准：

- a) 走滑断层宜选在断层束窄、结构简单及晚更新世以来有连续堆积地段；
- b) 正断层和逆断层宜选在断层迹线单一，且断层陡坎前有连续堆积地段。

B. 4. 1. 3 探槽类型的选择方式：

- a) 探查正断层和逆断层的探槽应垂直其走向，视需要开挖单一或组合探槽；
- b) 探查走滑断层的探槽宜采用垂直断层走向和平行断层走向的三维组合探槽。

B. 4. 2 探槽编录

B. 4. 2. 1 应建立编录参考坐标网，基本网格宜为1 m×1 m，重点部位可建立0.5 m×0.5 m或0.2 m×0.2 m的网格，对于组合探槽或三维探槽，应建立统一的三维坐标系。

B. 4. 2. 2 应采取图像、图形与文字并用的方式编录，原始记录宜采用写实方式。

B. 4. 2. 3 应根据断层形迹、地层岩性与沉积结构、沉积界面或间断面等进行分层，并划分基本编录单元，进行图文描述。内容应包括：

- a) 沉积物的颜色；
- b) 沉积物粒度等级及其百分比；
- c) 碎屑成分、形态、磨圆度、粒径；
- d) 细粒物质的结构、硬度与胶结程度；
- e) 分层厚度和沉积界面特征；
- f) 堆积结构（沉积层理和分选性）；
- g) 化石、矿物结核；
- h) 古土壤层及其发育程度；
- i) 变形构造（显性断层、隐性断层、裂缝、褶皱、崩积楔、充填楔、液化体或砂脉）。

B. 4. 2. 4 宜恢复探槽剖面上古地震事件的变形过程，检验探槽编录及初步解释的可靠性。

B. 4. 3 年龄样品采集

应采集与地震事件相关地层的样品作年龄测定，限定古地震事件发生年代，每次事件的有效年龄数据不少于两个。

B. 4. 4 古地震识别参考标志

古地震识别标志如下：

- a) 构造地貌标志包括：断层陡坎及陡坎的明显坡折、鼓包、地裂缝等；不同类型、不同级别地貌面（线）错动及其位移值成倍差异；
- b) 构造地层标志包括：切割不同地层层位的断层，构造楔、崩积楔、充填楔、断塞塘等快速堆积体；未固结堆积物中的褶皱和弯曲及其变形程度；不同地层单元沿断层走向或倾向位移值的突然增加或减少；
- c) 其他标志还包括：砂土液化、地层的揉皱或破碎、滑坡与崩塌、地面裂缝与塌陷、异常隆起与沉降。

B. 4. 5 技术要求

探槽施工和编录的技术要求如下：

- a) 数量：一个独立地震破裂段上宜有两个以上可对比或相互验证的探槽，探槽位置应标绘在活动断层条带状地质地貌图上；
- b) 规模：探槽深度应不小于 2 m，长度应保证跨过活动断层地表破裂（变形）带，探槽底宽应大于 1 m；
- c) 古地震事件：应对每次古地震事件的构造、地貌、沉积等识别标志和测年数据进行综合分析，厘定古地震事件及其序列；
- d) 比例尺：探槽剖面图比例尺宜为 1:20；视需要可在 1:50~1:10 范围内变动；
- e) 成果：每个探槽应提供完整的地质剖面图及详细说明，宜包括地层单元和事件层划分、古地震事件期次、单个事件发生年代、事件序列、复发间隔和最新一次事件的离逝时间等参数。

B. 5 钻孔勘探

B. 5. 1 钻孔布设

B. 5. 1. 1 钻孔位置应布设在具有明显垂直位移的活动断层两侧、沿地球物理测线布设，钻孔连线应横跨活动断层。

B. 5. 1. 2 组合方式为活动断层两侧至少应各有两个钻孔，相邻两个钻孔间距宜为5 m~30 m。

B. 5. 1. 3 终孔深度应穿透上更新统底界至中更新统内2 m~5 m。

B. 5. 1. 4 岩芯采取率为黏土及粉砂芯采取率应到达90%，中~细砂应达80%，松散粗砂不应小于40%；厚层砾石应采取定深取样法，取样间隔宜为1 m~2 m。

B. 5. 2 岩芯编录

B. 5. 2. 1 应进行地层单元划分和岩芯编录：编录不应遗漏厚度大于或等于0. 2m的地层单元。

B. 5. 2. 2 应根据钻孔岩芯反映的岩性、颜色、物质组成、沉积结构和接触界面形态等确定基本编录单元，进行图文描述。内容应包括：

- a) 分层层序、厚度、深度；
- b) 地层颜色；
- c) 粒度及不同粒度成分含量的百分比；
- d) 碎屑成分、形态与磨圆度；
- e) 地层胶结程度；
- f) 层理结构特征；
- g) 矿物结核和动植物化石；
- h) 分层接触关系；
- i) 构造变形现象；
- j) 快速异常堆积层；
- k) 年龄样品采集的位置、类型及编号。

B. 5. 3 样品采集

B. 5. 3. 1 采集应满足地层划分、对比和断代的需要，应能确定活动断层最新一次错动的年代。

B. 5. 3. 2 样品类型宜包括碳十四 (^{14}C)、光释光 (OSL)、电子核磁共振 (ESR)、古地磁、微体古生物和孢粉等。

B. 5. 3. 3 测年样品应按地层单元系统采集，每层至少应有一个样品，标志地层的顶部和底部应分别取样。

B. 5. 4 综合分析

B. 5. 4. 1 钻孔应编录钻孔岩芯柱状图，厘定详细的地层层序。标准钻孔宜标出具有断代意义的化石位置、孢粉图谱、古地磁曲线、年龄数据和各种测井曲线。

B. 5. 4. 2 钻孔柱状图应标明孔口地理坐标、海拔高程和终孔深度、采芯率，以及施工单位、人员名称和钻探日期。

B. 5. 4. 3 应结合具有断代意义的化石、孢粉和古地磁分析、年龄数据或地层岩相分析等，确定相邻钻孔间地层对比标志。

B. 5. 4. 4 应结合地球物理探测剖面，编制跨断层钻孔联合地质剖面图。

B. 5. 4. 5 应利用联合地质剖面图提供的各种信息，确定上断点埋深、活动年代和不同地层层位的垂直位移。

B. 5. 5 活动断层识别标志

B. 5.5.1 活动断层识别的直接标志包括：同层位地层或等时面在两个以上钻孔间的落差，相邻两个钻孔之间地层层序、分层厚度、埋藏深度、沉积结构、岩性特征与颜色等差异；钻通断层面与断层破碎带。

B. 5.5.2 活动断层识别的间接标志包括：下降盘细粒沉积层增厚与上升盘同层位地层减薄或缺失、相邻两个钻孔间古土壤层不等同发育等。

B. 5.6 制图要求

B. 5.6.1 钻孔岩芯柱状图比例尺宜采用1:500~1:100，标志层厚度较薄时，可适当放大标示。

B. 5.6.2 跨断层钻孔联合地质剖面图比例尺宜为1:1 000~1:200。

B. 5.6.3 钻孔柱状图及联合剖面图应为满足数据管理要求的矢量数据文件，并注明软件名称及版本。

B. 6 浅层地震勘探

B. 6.1 勘探方法与测线布设

B. 6.1.1 浅层地震勘探应以反射波勘探方法为主。当地震地质条件复杂时，宜采用折射和反射波联合勘探方法。

B. 6.1.2 浅层地震勘探测线宜垂直目标断层走向布设，间距宜小于3 km；测线布设应考虑已有钻孔资料的利用，条件具备时应布设联络测线。

B. 6.2 仪器设备

B. 6.2.1.1 浅层地震勘探应采用具有实时噪音监视、垂直叠加和相关处理等功能的数字地震仪。

B. 6.2.1.2 反射波勘探宜选用固有频率大于等于40 Hz的检波器。

B. 6.2.1.3 折射波勘探宜选用固有频率10 Hz~40 Hz的检波器；横波勘探宜采用固有频率28 Hz~40 Hz的水平检波器。

B. 6.3 数据采集

B. 6.3.1 现场试验

B. 6.3.1.1 勘探前应按DZ/T 0170-1997中6.1条要求进行现场试验，选择最佳激发、接收方式和条件，确定最佳观测系统参数。

B. 6.3.1.2 宜采用扩展排列法了解有效波和干扰波的发育情况，扩展排列长度应大于实际记录排列长度的1.5倍，道间距应小于或等于实际工作的道间距。

B. 6.3.2 观测系统

B. 6.3.2.1 浅层反射波勘探应采用多次覆盖观测系统，在满足空间采样定理的情况下，道间距宜为1 m~5 m，覆盖次数应不少于八次，叠加剖面信噪比应不低于2.0。

B. 6.3.2.2 浅层折射波勘探宜采用多重追逐相遇观测系统，在相遇段内应不少于四个检波点接收来自被追踪界面的折射波。

B. 6.3.3 地震波激发

B. 6.3.3.1 外界干扰较强时宜采用可控震源或伪随机编码震源，连续变频扫描时应使扫描起始频率和终止频率之比应不小于2.5个倍频程，扫描频带中心频率应不小于100 Hz。

B. 6.3.3.2 使用炸药震源时，激发药量、激发孔深应通过试验选定；井中激发深度宜在潜水面以下或井中注满水、泥浆，宜选择在黏土或砂质黏土等激发条件好的层位上。

B. 6. 3. 4 地震波接收

B. 6. 3. 4. 1 检波器应与地面保持良好的耦合。

B. 6. 3. 4. 2 检波器不能安置在原设计点位时，沿线偏移不应大于道间距的1/10，垂线偏移不应大于道间距的1/5。

B. 6. 3. 5 记录质量要求

反射波法的野外原始记录合格率应不小于95%；折射波法的野外记录初至波清晰，信噪比应高于3.0。

B. 6. 4 数据处理

B. 6. 4. 1 一般要求

反射波法应根据测区地质特点、探测要求和原始资料特征确定数据处理流程和参数，基本数据处理流程应符合相关地球物理勘探的规定。

B. 6. 4. 2 折射波法

B. 6. 4. 2. 1 依据下列特征进行折射波的对比：

- a) 各记录道的波形、振幅和震相延续度的相似性；
- b) 波的相位一致性和同相轴的延伸长度；
- c) 追逐炮记录同相轴的平行性。

B. 6. 4. 2. 2 依据下列特征确定折射波的置换位置：

- a) 视速度变化；
- b) 波形和振幅变化；
- c) 两组波相交波形叠加。

B. 6. 4. 2. 3 按下列规定绘制时距曲线：

- a) 横向比例尺宜为 1:10 000~1:2 000，纵向比例宜用 10 mm 表示 5 ms~20 ms；
- b) 沿横轴应标明测线桩号、激发点位置和炮序号；
- c) 不同方向的时距曲线宜采用不同颜色或符号来区分，两相邻点之间用直线段连接。

B. 6. 5 资料解释

B. 6. 5. 1 反射波法

B. 6. 5. 1. 1 反射波法应依据反射波组特征，结合地质和钻孔资料进行反射波对比分析，确定地震波组和地质层位对应关系，进行速度分析与资料解释。

B. 6. 5. 1. 2 应依据下列特征识别推测活动断层及其位置：

- a) 反射波同相轴或波组的错断；
- b) 反射波同相轴数目的明显增加或减少；
- c) 反射波同相轴产状突变，反射零乱或出现空白区域；
- d) 反射波同相轴的强相位反转；
- e) 剖面上、下反射波组的相互依赖关系。

B. 6. 5. 1. 3 解释剖面图应符合下列要求：

- a) 标明测线桩号、测线方向、界面深度和构造（线）；
- b) 当测线上有钻孔时，应标注界面的地质属性，给出相应的钻孔柱状图、钻孔位置及编号；
- c) 成图横向比例尺宜为 1:5 000~1:500，纵向比例尺宜为 1:10 000~1:1 000；

d) 地质解释剖面图宜为满足数据管理要求的矢量格式文件，并标明软件名称及版本。

B. 6. 5. 2 折射波法

B. 6. 5. 2. 1 宜采用时间项法或哈莱斯法由相遇时距曲线求取地层速度和界面深度。对于多层不均匀地层或具有特殊结构的地层，宜采用折射波前成像或有限差分正反演拟合方法综合求解。

B. 6. 5. 2. 2 解释剖面图应符合下列要求：

- a) 标明测线桩号、测线方向、界面深度、界面速度和解释的构造线；
- b) 当测线上有钻孔时，应给出相应的钻孔柱状图、钻孔位置及编号；
- c) 成图横向比例尺宜为 1:10 000~1:2 000，纵向比例尺宜为 1:10 000~1:1 000；
- d) 地质解释剖面图宜为满足数据管理要求的矢量格式文件，并标明软件名称及版本。

B. 6. 6 探测精度要求

B. 6. 6. 1 反射波法的断层水平定位误差宜小于15 m，探测深度误差应小于目标层埋深的10%。

B. 6. 6. 2 折射波法测定的岩土纵波速度误差应小于10%。

附 录 C
(资料性附录)

常用的年轻断(地)层年龄测定方法及参数

常用的年轻断(地)层年龄测定方法及参数见表C.1。

表 C.1 常用的年轻断(地)层年龄测定方法及参数

方法	测定对象 (矿物、岩石)	可测年限 a	地质条件	最小需要量	年龄分析和应用	技术本身 误差率 %	可信度
放射性碳(¹⁴ C)	含碳淤泥、方解石、骨骼、碳化木、贝壳等	0~5×10 ⁴	地层断层带充填物、崩积物、钙华	木头、树根、纸张、谷物 25 g, 钙质结核、贝壳、泉华 150 g, 泥炭、淤泥 500 g, 骨头 1 000 g, 土壤 2 000 g。	断层活动年龄区间	1.5~2.5	可信度高, 代表真实年龄, 但应注意老碳效应。
光释光(OSL)	石英、方解石、碳酸钙沉积物、风积物、冲洪积、河湖海相沉积层、冰碛物	0~20×10 ⁴	风成沉积物、地层断层带充填物、崩积物、钙华	风积物(黄土、沙丘砂等) 300 g, 碳酸盐(溶洞方解石、方解石脉) 250 g, 构造热事件(断层泥等) 300 g, 河湖海沉积物 300 g。	断层活动年龄区间、断层最晚一次强烈活动年龄	±5~15	可信度较高, 基本接近真实年龄。
热释光(TL)	石英、方解石、碳酸钙沉积物、烘烤层、陶瓷	0~1×10 ⁶	风成沉积物、地层断层带充填物、断层破碎物、钙华	焙烧物(砖、陶片、窑炉等) 100 g, 风积物(黄土、沙丘砂等) 300 g, 碳酸盐(溶洞方解石、方解石脉) 250 g, 构造热事件(断层泥等) 300 g。	断层活动年龄区间、断层最晚一次强烈活动近似年龄	±40 (仅供参考)	可信度一般, 作为参考数据使用。
铀系法(U系)	方解石、火山岩、碳酸钙沉积物	1×10 ⁴ ~6×10 ⁵	地层断层带充填物、钙华	火山岩、碳酸盐(石灰华、钟乳石、石笋、泉华、珊瑚、贝壳)、湖积物、海洋沉积物等 100 g。	断层活动年龄区间	±5~10	可信度较高。
电子自旋共振(ESR)	碳酸钙类、贝壳、石英、长石、磷灰石、火山灰、石膏	1×10 ³ ~1×10 ⁶	沉积或沉淀结晶物, 断层带充填物、断层破碎物、钙华	化学沉积物(石灰质、硅质、盐等) 200 g, 生物化石(珊瑚、贝壳、骨头等) 100 g, 碎屑沉积物(石英长石颗粒) 1 000 g。	断层活动年龄区间、断层最晚一次强烈活动近似年龄	±20	可信度一般, 作用参考数据使用。
宇宙核素	碳酸钙类、贝壳、磷灰石、石英	1×10 ² ~3×10 ⁶	暴露的地质条件	AMS, 纯石英 200 g、氯同位素等。	阶地、古地质灾害、地表破裂的年龄	±20	可信度较高, 用其他方法校核。

附 录 D

(资料性附录)

断层构造规模分类标准及主要特征

断层构造规模分类标准及主要特征见表D. 1。

表 D. 1 断层构造规模分类标准及主要特征

规模	切割深度		地质现象	重磁异常界面
	地质分析	地球物理探测		
盖层断层	沉积盖层及火成岩体一定深度或达基底顶面	盖层内或达基底顶面 1 km~8 km	地面出露一般区域性断层或火成岩墙(脉)	一般情况下缺乏
基底 I 型断层	基底“花岗岩”或“变质岩层”内	切穿基底顶进入上地壳内 5 km~14 km	地表出露区域性断层或有火成岩脉	局部磁异常梯度带
基底 II 型断层	基底“花岗岩”和“闪长岩层”	切穿上地壳进入中地壳内 14 km~29 km	沿断层带有中酸性火成岩带或隐伏于断陷盆地之下, 一般为三级构造单元分界	磁异常梯度带、居里面突变带
地壳断层	“玄武岩层”内或达上地幔顶面(莫霍面)	下地壳或达上地幔顶面(莫霍面) 30 km~46 km	沿断层带有基性火成岩(玄武岩、辉绿岩、辉长岩)和碱性岩, 大陆裂谷二级或一级构造单元分界	局部重力梯度带、莫霍面突变(断层)带
岩石圈断层	切穿莫霍面到达上地幔一定深度	上地幔之上一定深度或达软流圈 50 km~200 km 或更深	沿断层带分布超基性岩或地幔源岩类(金伯利岩、榴辉岩), 高压变质岩板块边界, 大陆裂陷带, 一级构造单元分界	区域重力异常梯度带、莫霍面突变(断层)带、重力均衡异常带
注: 切割深度条件为确定性指标, 地质现象、重磁异常界面作为参考性指标。				

附 录 E
(资料性附录)
区域地壳稳定性评价指标调查

E.1 区域地貌调查研究

E.1.1 应通过区域地貌及局部特征地貌调查,分析确定新构造活动的性质及基本型式。

E.1.2 宜采用1:50 000~1:250 000的地形图,调查评价区地貌形态特征及其分布,划分地貌类型、地貌单元和不同级序地貌面,调查各级地貌面物质组成、成因类型,并结合地层和相关沉积对比,分析其形成时代。

E.1.3 在河谷区,宜采用1:10 000~1:100 000地形图,调查评价区河谷形态、河流阶地,划分河谷类型和阶地类型,分析研究阶地物质成分和成因;测定阶地物质形成年代;根据河谷类型和水流动态特征,结合测年资料,确定阶地级序,进行阶地等位相分析。

E.1.4 根据区域地貌、河谷地貌发育特征以及水系变迁,分析研究区域地貌发展演化过程、水系发育史及与新构造活动的相互关系。根据地形切割若干剖面 and 实测典型剖面,对比分析。除宏观对比外,还应有物质和相应测龄的年代资料对比。对有区域性断层通过的地带,应作重点研究,为分析新构造活动的强度、断层新活动性提供依据。

E.2 区域构造与新构造调查

E.2.1 结合沉积建造、火山活动、岩浆活动和变质作用,确定大地构造单元及所处大地构造环境,分析区域地质构造演化特点、区域断层构造及发育特征,编制区域地质构造图,划分区域内次级构造单元,说明区域地质构造基本特征。

E.2.2 结合搜集和整理的区域新构造资料,调查新近纪以来区域地层与地貌发育的基本特征、区域地球动力性背景、区域新构造运动、现今地壳形变的基本特征,编制区域新构造分区图,说明各新构造分区特点,论述工作区所在新构造分区的特征。

E.2.3 新构造活动的研究应包括地貌面和阶地分布及变形、水系分布及变迁、线状地貌特征、洪积扇分布状态,判定原生构造地貌、后生构造地貌;新沉积物变形变位、相变及厚度变化,新生代盆地槽地沉积环境及火山活动,泉水特别是温泉的分布;调查拗陷断陷槽地盆地规模、分布状态、下陷深度、沉积环境和特征,分析现今地壳活动作用和影响;地壳变形量及趋势;现代地壳运动的性质、方式和特征,现今构造应力作用方式、强度,断层活动性和地震活动水平。

E.2.4 当区域范围内存在第四纪火山活动,应调查其最新活动时代、活动类型及特征,评价火山活动(地震、火山熔岩、火山灰运移)对工作区的影响。

E.2.5 区域构造调查宜采用1:50 000~1:250 000地质图,采用1:50 000地形图或相应比例尺的数字地面模型进行遥感解译,并应有足够的野外实地检验量,保证遥感解译资料的可靠性。构造复杂地区还应进行专门地质测绘,并对重要断层取样进行最新活动年龄测试。

E.3 地球物理场及深部构造调查

E.3.1 应搜集重力、航磁、地温资料，研究深部构造。必要时开展地震测深、电磁测深、天然地震转换波分析。根据各种地球物理异常，分析判断地质演变和现代地壳活动的深层背景，推测地表断层切割深度及深部构造特征。

E.3.2 对于区域重力场研究，应搜集工程研究区内重力资料，并对资料进行统一改正处理后，开展下列工作：

- a) 分析重力异常特征与地表及深部断层的关系；
- b) 分析均衡异常特征及地壳均衡状态；
- c) 分析不同深度构造特征及与地壳厚度变化和深断层的关系；
- d) 分析区域性大断层深部反映特征。

E.3.3 对于航磁异常的研究，应搜集工程研究区内各种比例尺航磁测量资料，并对资料进行统一归算处理后，开展下列工作：

- a) 分析磁场结构特征和基底构造基本特征；
- b) 分析深部磁场结构特征以及断层深部反映特征；
- c) 分析基底构造特征及与断层的关系。

E.3.4 搜集地震测深或电磁测深资料，必要时应根据断层构造展布特征专门实测，分析波速界面及电阻层结构特征，较准确地划分壳内层圈结构，推断地表断层切割深度以及深部断层信息，验证重力异常梯度带、航磁异常梯度带性状特征及与断层构造的关系。

E.3.5 搜集大地热流值和地温梯度值资料，分析研究区域大地热流值大小和分布状态及地温梯度情况。

E.3.6 分析各种地球物理异常特征与地震活动的关系。

E.4 区域构造应力场调查

E.4.1 应研究区域构造应力的作用方式和强度，分析不同地质历史时期构造应力场的发展变化规律，重点研究现今构造应力场。

E.4.2 区域构造应力场调查研究宜采用下列方法：

- a) 利用构造形迹（褶皱、断层）、共轭节理、断层擦痕、岩组分析、压溶构造、水系网络等，分析古主压应力方位；
- b) 利用大地或断层水平形变位移和应变，通过数值分析等手段分析现今主压应力方位，应力作用方式和强度；
- c) 采用震源机制解和小震综合平均节面解，分析判定不同地带现今主压应力方位；
- d) 搜集区域地应力实测资料，并结合重点区地应力实测成果，分析现今区域构造应力场，研究全区现今应力分布状态和主要断层带内应力特征及所处应力条件。

E.5 地震活动调查

E.5.1 搜集与统计区域地震资料，编绘工程研究区地震目录；结合地震区、带的划分，分析工程研究区内中、强地震的活动特征。

E.5.2 地震资料可包括下列内容：

- a) 历史地震资料，即根据各类历史文献对于地震破坏现象的记载进行分析整理而成的地震资料；
- b) 由地震监测台网所测定的地震资料。其震级下限可视工作区地震活动性强度和台网监测能力而定。对于强震区（如中国西部地区），震级下限一般取 $M \geq 3.0$ ；对于弱地震活动区（如华中地区），震级下限一般取 $M_{\min} \leq M < 3.0$ (M_{\min} 为台网在研究区内能准确确定出震中位置的最小震级)。

E.5.3 对所搜集的地震资料应进行可靠性和相对完整性评价和分析：

- a) 利用震级—时间 ($M-T$) 图和震级—频率关系 ($M-\log N$) 曲线, 分时段分震级对历史地震的可靠性与相对完整性进行检验, 得出地震资料的“可信时间域”和“可信震级域”;
 - b) 利用震级—频度关系或台网地震监测能力评估方法确定近期可信地震下限 (M_{\min})。编制历史地震 ($M \geq 4.5$) 和近期地震 ($M \geq M_{\min}$) 震中分布图, 比例尺为: 1:50 000~1:250 000。图中要注明资料起止时间; 近期地震震中分布图中还要注明地震台站位置。分析区域地震活动的空间分布特征, 研究大震的重复性和重复周期。
- E. 5.4 地震区划分主要依据历史地震和地震构造类比, 具体方法如下:**
- a) 晚更新世活动构造的展布方向、断层带宽度及长度决定潜在震源区的长轴方向和边界, 在充分考虑工程安全前提下, 根据研究区活动构造调查结果, 尽可能精确地划分潜在震源区边界;
 - b) 历史上发生过 $M \geq 4.5$ 级及以上地震的地区, 均划入潜在震源区;
 - c) 与晚第四纪活动构造密切相关的 6.0 级以上地震, 多数潜在震源区均沿活动断层带或第四纪断陷盆地两侧勾划, 形状大多为细长条状, 并大致与该区强震等震线的形状为长椭圆形相一致;
 - d) 在历史上发生过 6.0 级地震的地区, 如果地表调查结果显示该区的晚第四纪断层活动不明显, 但遥感解译和地形图判读确定可能存在的区域性晚第四纪活动断层或地震活动带, 可结合该区内强地震的空间分布规律, 将大致地震条带及相关的区域构造带做为潜在震源区;
 - e) 在活动断层分段性较为清楚, 且活动性有差异的地带, 潜在震源区应进一步细划。
- E. 5.5 潜在震源区震级上限的构造标志确定宜遵守以下原则:**
- a) 震级上限 $M_s > 7.5$ 级地震的潜在震源区的构造标志:
 - 1) 构成一级活动块体的主边界断层;
 - 2) 沿断层带发生过 $M_s \geq 7.5$ 级以上地震或古地震;
 - 3) 控震断层属于全新世强烈活动断层或中—强活动断层;
 - 4) 活动构造的特殊构造部位, 如主断层的分叉点、转折处、枢纽部位以及与其它构造带的交汇区;
 - 5) 规模和断陷幅度大的第四纪断陷盆地的边界带上;
 - 6) 区域重力异常梯度带和航磁异常分界线上以及地幔隆起的边缘地带;
 - 7) 断层带规模大, 长度一般在 60 km 以上。
 - b) 震级上限 $7.0 < M_s \leq 7.5$ 级地震的潜在震源区的构造标志:
 - 1) 具备发生 $M_s \geq 7.5$ 级地震的地区也会发生 7~7.5 级地震;
 - 2) 往往构成区域一级块体中次级块体的边界断层或大型活动构造带或断层带的分支断层;
 - 3) 断层规模中等, 长度一般为数十公里;
 - 4) 活动断层与其它构造的交汇部位, 或断层本身的拐点、枢纽点、交叉点和端点等闭锁构造部位往往容易成为潜在震源区;
 - 5) 断层带上规模较大、断陷幅度较大的次一级第四纪断陷盆地边缘或端部等;
 - 6) 断层的晚第四纪或全新世活动性中等。
 - c) 震级上限为 7.0 级地震的潜在震源区的构造标志:
 - 1) 发生 $M_s \geq 6.5$ 级地震的地区通常会发生 $M_s = 6.0 \sim 7.0$ 级地震;
 - 2) 晚更新世以来活动速率 0.1 mm/a~0.5 mm/a 的正断层和 1 mm/a 左右的走滑断层带;
 - 3) 具一定规模晚更新世活动的一般断层或分布于活动地块的内部而不构成地块边界的断层;
 - 4) 构成断层带上规模较小的第四纪断陷盆地的边界或构成断层带中规模较小的次级断层。

E. 6 外动力地质现象和地质灾害调查

E. 6.1 一般规定

外动力地质灾害调查包括崩塌、滑坡、泥石流、冲沟、水土流失、岩石风化、岩溶、地表沉降与地裂缝。其中崩塌、滑坡、泥石流的详细调查方法与标准宜参照《滑坡崩塌泥石流灾害调查规范(1: 50 000)》DD2008-02执行。

E. 6.2 崩塌调查

调查崩塌的位置、地形、岩性、地质构造(主要是结构面及其组合特点)、岩石风化和水的活动特点。同时,还要调查崩塌堆积物的形态、规模、物质成分、颗粒成分、发育过程以及所造成的灾害情况和现今稳定性。在地形陡峻、岩性软硬相间、断层发育及地震活动强烈而频繁的地区,尤应加强对崩塌及其所造成灾害的调查研究。

E. 6.3 滑坡调查

研究滑坡的目的是查明滑坡的成因、形成时间和分布规律,预测和评价天然斜坡及人工边坡的稳定性。因此,应在调查滑坡空间分布规律的基础上,选择规模较大、有代表性的滑坡进行较深入的调查研究,其内容一般包括:

- a) 滑坡分布区斜坡的坡高、坡角、岩性及其组合特征、地质构造、岩石风化、植被地下水、地表水及人类活动情况;
- b) 滑体的周界、规模及微地形(如滑坡壁、台阶、鼓丘、裂缝等)特征;
- c) 滑面的数目、形态、埋藏分布及物质组成;
- d) 滑坡活动的特点(缓慢或高速滑动、多级滑面、多期活动等),及其环境指标的关系;
- e) 滑坡所造成的危害、治理措施及效果,滑坡稳定趋势的预测。

通过现场调查,对滑坡进行类型划分。

E. 6.4 泥石流调查

对泥石流调查的主要内容包括:

- a) 根据地形特征和泥石流堆积物的分布位置,划分泥石流的物源区、流通区和堆积区;
- b) 调查物源区的地形、岩土性质、地质构造、风化破碎、崩塌滑坡等动力地质现象,分析泥石流的物质来源,了解降水、融雪、地表水及地下水流动情况,估计径流量及搬运能力;
- c) 查明流通区的位置、沟谷地形特征、山坡稳定性、泥石流流动痕迹及过流断面规模等;
- d) 调查堆积物的分布位置、范围、形态、规模、物质成分、堆积总量及最后一次堆积量;
- e) 访问泥石流的性质(泥流、泥石流、石流)和所造成的灾害、防治措施及其效果。

通过调查进行泥石流的分类。

E. 6.5 冲沟调查

冲沟调查的主要内容是:冲沟形态(纵横断面特征)、规模、发展过程和发育阶段;冲沟分布区的地形、岩性、地质构造、岩石风化、水文现象特征;冲沟岸坡稳定性;沟底及沟口堆积物的岩性、厚度、分布范围、形态特征及不同时期堆积物的组合关系;测区冲沟发育的密度、速度与气象、地质和人类活动的关系。在雨量集中、植被不发育、松散土石大面积分布的丘陵地区和黄土区,应特别重视对冲沟的调查。

E. 6.6 水土流失调查

水土流失调查内容如下:

- a) 调查水土流失的状况,包括:地表面状冲刷情况,冲沟和河流侵蚀作用的速率,河流的输砂量及冲淤规律,水土流失对农田和建筑物的破坏情况、治理措施及效果等;

- b) 调查形成水土流失的条件, 包括: 侵蚀基准面以上岩、土性质、分布特征, 地质构造和风化破碎情况, 地形特点, 崩塌、滑坡及泥石流发育情况, 降水、地表水和地下水活动特点, 植被及人类活动情况等;
- c) 在松散土层覆盖的丘陵地区, 特别是在黄土分布区, 水土流失现象往往较严重, 应列为重点调查对象。

E. 6.7 岩石风化调查

岩石风化调查的主要内容是:

- a) 岩石风化变异程度, 风化壳厚度、形态和性质(均一风化、囊状风化、夹层风化);
- b) 通过基坑、路堑等人工露头研究岩石的风化速率;
- c) 分析岩石风化与岩性、地形、水文气象、地质构造、水文地质、植被及人类活动的关系, 初步掌握岩石风化的特点和一般规律性;
- d) 在岩浆岩、部分变质岩和页岩、泥岩等抗风化能力较弱、风化速率较快的岩石分布区, 应将岩石风化列为重点调查内容, 并查明易风化岩层的岩性、层位及空间分布情况。

必要时可选择典型地段, 通过各种露头和勘探, 进行风化壳的垂直分带, 其分带标志见表E. 1。

表 E. 1 岩石风化程度划分表

风化程度	岩矿颜色	岩石组织结构的变化及破碎情况	矿物成分的变化	物理力学特征	锤击声
全风化	颜色已改变, 光泽消失	组织结构已完全破坏, 呈松散状或仅外观保持原岩状态, 用手可折断捏碎, 基本不含坚硬块体	除石英晶粒外, 其余矿物大部分风化变质形成风化次生矿物	浸水崩解, 与风化土层的性质近似	似击土声
强风化	颜色改变, 唯有岩块的断口中心尚保持原有颜色	外观具原岩组织结构, 但裂隙发育, 岩体呈干砌块石块、岩块上裂纹密布, 疏松易碎; 疏松物质与坚硬块体混杂	易风化矿物均已风化形成次生矿物, 其它矿物部分保持原矿物特征	物理力学性质显著减弱, 单块为新鲜岩石的 1/3 或更小	发哑声
弱风化	表面和沿节理面大部变色, 但断口仍保持新鲜岩石特点	组织结构大部完好, 但风化裂隙发育, 裂隙面风化剧烈, 坚硬块体夹疏松物质	沿节理裂隙面出现次生风化矿物	物理力学性质减弱, 单块为新鲜岩石的 1/3~2/3	发声不够清脆
微风化	沿节理面略有变色	组织结构未变, 仅沿裂隙有风化现象, 无疏松物质	矿物未变, 仅沿节理面有时可见铁锰质	物理力学性质几乎不变, 力学强度略有减弱	发声清脆

E. 6.8 岩溶调查

在碳酸盐岩等可溶岩分布区, 岩溶是影响工程地质条件的重要指标, 应列为调查的重点。调查的主要内容是:

- a) 查明各种岩溶形态的特征、规模、分布规律;
- b) 查明各种岩溶形态的组合关系和分布规律, 并在典型地段和代表性地段统计其密度, 评价岩溶发育程度;
- c) 分析研究岩溶发育规律和发育阶段, 划分岩溶地貌成因类型;
- d) 查明岩溶水文地质条件;

- e) 研究岩溶的发育与地层岩性、地质构造、新构造运动、水文地质条件、地貌等的关系;
- f) 查明与岩溶有关的地面塌陷、崩塌、滑坡、坑道突水突泥、水库渗漏、干旱与洪涝等动力地质现象和地质灾害情况;
- g) 查明岩溶现象作为景观资源开发、利用的前景;
- h) 评价岩溶区工程地质条件和主要工程地质问题。

E. 6.9 地面沉降与地裂缝调查

地面沉降调查主要关注由于常年抽汲地下水引起水位或水压下降而造成的地面沉降,不包括由于其它原因所造成的地面下降。主要通过搜集资料、调查访问来查明地面沉降原因、现状和危害情况。着重查明下列问题:

- a) 综合分析已有资料查明第四纪沉积类型、地貌单元特征,特别要注意冲积、湖积和海相沉积的平原或盆地及古河道、洼地、河间地块等微地貌分类。第四系岩性、厚度和埋藏条件,特别要查明压缩层的分布;
- b) 查明第四系含水层水文地质特征、埋藏条件及水力联系;搜集历年地下水动态、开采量,开采层位和区域地下水位等值线图等资料;
- c) 根据已有地面测量资料和建筑物实测资料,同时结合水文地质资料进行综合分析,初步圈定地面沉降范围和判定累计沉降量,并对地面沉降范围内已有建筑物损坏情况进行调查。

E. 7 水文地质调查

E. 7.1 河流、湖沼等地表水体的分布、动态及其与水文地质条件的关系。

E. 7.2 主要井泉的分布位置,所属含水层类型、水位、水质、水量、动态及开发利用情况。

E. 7.3 区域含水层的类型、空间分布、富水性和地下水化学特征及侵蚀性。

E. 7.4 含水层、相对隔水层和透水层的岩性、透水性、厚度和空间分布。

E. 7.5 地下水的流速、流向、补给、径流和排泄条件,地下水活动与环境的关系,如土地盐碱化、冷浸现象等。

E. 7.6 在区域调查中,要着重浅部(如30 m以上)水文地质条件的研究。此外,应注意地下热水、矿水的调查研究。

E. 8 区域地层岩性与工程地质岩组调查

E. 8.1 区域地层调查

区域地层调查内容如下:

- a) 依据区域地质资料,选择典型剖面实地调查地层岩性及组合关系,分析研究基底分布特征和盖层沉积建造以及相互接触关系,确定构造层和构造活动期次;
- b) 调查岩浆岩分布形态和特征,分析火山活动、岩浆活动的强弱和期次以及与构造的关系;
- c) 调查变质岩的分布、类型、变质程度,划分变质岩带,分析变质类型和变质期及其与构造活动的关系;
- d) 调查第四纪地层的分布、类型,特别应调查河床覆盖层、地质灾害变形体的分布、规模及与地貌、新构造活动等的相关关系。

E. 8.2 岩体工程地质调查

岩体工程地质调查内容如下：

- a) 岩体工程地质调查要在区域地层调查研究的基础上，突出调查岩体工程地质特征，包括：结构面的发育特点，软弱类岩层的分布情况、易溶成分及有机物的相对含量，成岩程度及其坚实性，岩石风化程度，不同岩性的组合关系等，其中要特别注意对软弱岩层的调查研究。在调查中，一般采用回弹锤、点荷载等试验来测定岩石的强度指标；
- b) 对沉积岩调查的主要内容是：岩性岩相变化特征，层理（平行层理、斜层理、波状层理、交错层理）和层面构造（波痕、泥裂、缝合线等）特征，结核、化石及沉积韵律，岩层间的接触关系；碎屑岩的成分、结构、胶结类型、胶结程度和胶结物的成分；化学岩和生物化学岩的成分、结晶特点、溶蚀现象及特殊构造（鳞状、竹叶状等）；软弱岩层（页岩、泥岩、岩盐、石膏、白垩、泥炭、煤层等）和泥化夹层的岩性、层位、厚度及空间分布等；
- c) 对岩浆岩调查的主要内容是：岩浆岩的矿物成分及其共生组合关系，岩石结构、构造、原生节理特征，岩浆活动次数及序次，岩石风化的程度；侵入体的形态、规模、产状和流面、流线构造及其与围岩的接触关系，析离体、捕虏体及蚀变带的特征；喷出岩的气孔状、流纹状和枕状构造特点，反映喷出岩形成环境和次数的标志（如蚀变带、风化夹层、沉积岩夹层等），凝灰岩的分布及泥化、风化特点等；
- d) 对变质岩调查的主要内容是：变质岩的成因类型、变质程度、原岩的残留构造和变余结构特点，板理片理、片麻理的发育特点及其与层理的关系，软弱岩层及岩脉的分布特点，岩石的风化程度等。

E. 8. 3 土体工程地质调查

E. 8. 3. 1 确定沉积物的成因类型

运用地貌学和岩相分析法确定沉积物的成因类型。主要根据沉积物颗粒组成、土层结构和成层性、特殊矿物及矿物共生组合关系、动植物遗迹和遗体、沉积物的形态及空间分布等来确定基本成因类型。常见的基本成因类型有：残积物、坡积物、崩积、冲积物、洪积物、湖积物、沼泽堆积物、海洋沉积物、冰川沉积物和风力堆积物等。

实际工作中可视具体情况，在同一基本成因类型的基础上进一步细分（如冲积物可分为河床相、漫滩相、牛轭湖相等），或对成因类型进行归并（如冲积湖积物、坡积洪积物等）。

E. 8. 3. 2 确定土体的结构特征

通过野外观察和勘探，了解不同时代、不同成因类型和不同岩性的沉积物在剖面上的组合关系及空间分布特征，并按土体的结构类型特征分为以下三种基本类型：

- a) 均一结构类型：由一种土层构成，其中夹层的单层厚度小于 1 m，累积厚度小于总厚度的 10%；
- b) 双层结构类型：由同一成因类型中的两种岩性（如阶地的二元结构）或两种时代或两种成因类型的土层所构成；
- c) 多层结构类型：由同一成因类型中三种以上不同岩性的土层构成，或由不同时代、不同成因及不同岩性土层所组成。

E. 8. 3. 3 确定土的工程地质特征

在上述调查的基础上，通过野外观察和简易试验，鉴别土的颗粒组成、矿物成分、结构构造、密实程度和含水状态，并进行初步定名。要注意观测土层的厚度、空间分布、裂隙、空洞和层理发育情况，搜集已有的勘探和试验资料，选择典型地段和土层，进行物理力学试验。

调查中要特别注意调查淤泥、淤泥质粘性土、盐渍土、膨胀土、软弱红粘土、湿陷性黄土、易液化的粉细砂层、冻土、新近沉积土、人工堆填土等的岩性、层位、厚度及埋藏分布条件。

E. 8.4 黄土地区调查

查明黄土的生成环境、岩性、结构及其主要的工程地质特征和地貌特征；重点查明黄土的湿陷性及特有的一些外动力地质作用和现象：如水土流失、滑坡、崩塌、泥石流、黄土洞穴等，并对其发育特征、形成条件和分布规律进行工程地质分析评价。

E. 8.5 岩溶地区调查

岩溶地区调查内容如下：

- a) 查明影响岩溶发育的各类碳酸盐岩和其它可溶岩的岩性、结构、构造特征及岩溶发育程度；
- b) 查明各种岩溶地貌特征、岩溶形态特征及其发育组合类型和特征，对岩溶发育程度作出评价；
- c) 查明岩溶塌陷、土洞、水库渗漏及其它与岩溶有关的动力地质现象，并预测其发展趋势；
- d) 查明岩溶地区地下水的埋藏条件及分布特征，地下水动态、水化学特征评价及其侵蚀性；
- e) 调查岩溶地区特殊土(如红粘土、淤泥、草煤及胀缩土)的成因、分布及其工程地质特征。

E. 8.6 红层地区调查

红层地区调查内容如下：

- a) 查明红层的岩性、岩相、层序及其组合特征，特别注意查明软弱夹层和软弱结构面的特征及其分布规律；
- b) 查明红层中工程地质不良的含盐层、具胀缩性的泥岩层的岩性、厚度及分布规律；
- c) 查明红层风化特征和水土流失、滑坡等现象，并预测其发展趋势；
- d) 查明红层浅层地下水的类型、形成条件及其水化学性质，评价其侵蚀性。

E. 8.7 滨海地区调查

滨海地区调查内容如下：

- a) 查明地层岩性，特别是第四系软弱粘性土、粉细砂层等沉积物的成因、时代、分布及其工程地质特征；
- b) 查明海岸地貌特征，特别是海岸地貌的形态、成因和分布；
- c) 查明地质构造、新构造运动、构造现今活动性等特征和地震情况，应特别注意研究海岸带的变迁与新构造运动的关系。

E. 8.8 沙漠地区调查

沙漠地区调查内容如下：

- a) 查明沙漠的成因、岩性、含盐性及盐渍土的分布，沙漠活动特点及其分布规律。研究不同类型沙漠的工程地质特征；
- b) 查明自然地理要素，尤其是气候条件对沙漠形成、发展的影响。预测沙漠的发展趋势，提出治理沙漠的建议；
- c) 查明水文地质条件和地表水流特征，并对水质、水量做出概略性评价。

E. 8.9 冻土地区调查

冻土地区调查内容如下：

- a) 查明冻土垂向及水平方向的分布规律及成因；

- b) 查明研究控制冻土特征的主要指标(岩性、温度和含水率等)的变化及相互制约的特点;
- c) 查明冻土的工程地质特征及其变化规律;
- d) 查明冻土地区地下水埋藏条件、动态特征及水化学特征;
- e) 查明冻土地区冻融物理地质现象的形成条件、形态特征及分布规律。

E. 8. 10 浅海—大洋地区调查

浅海—大洋地区调查内容如下:

- a) 查明海底地形、地貌特征, 要特别研究其构造地貌特征;
- b) 查明海底地壳结构、地质构造特征, 尤其要查明浅层活动断层;
- c) 查明地层层序、岩性、软弱夹层厚度、分布规律和产状;
- d) 查明海底沉积物类型、分布规律和现代沉积作用;研究各类沉积物工程地质特征;
- e) 查明区内各种特殊地质体(如埋藏谷、古海岸线、古河道、古泻湖、古三角洲等)分布与其特征;
- f) 查明各种灾害地质, 如滑坡、底劈、浅层高压气囊等。

附 录 F
 (资料性附录)
 岩土体稳定性评价指标及分级标准

岩土体稳定性评价指标及分级标准见表F.1。

表 F.1 岩土体稳定性评价指标及分级标准

岩土体稳定性 分级	场地土类别	场地平均 剪切波速 m/s	卓越周期 s	承载力 MPa	地下水条件	地形条件
稳定	坚硬	≥500	<0.25	>0.4	埋深>6 m 无侵蚀性	平坦, 坡度<5%, 场地相对 高差<2 m
次稳定	中硬	500~270	0.25~ 0.4	0.4~ 0.15	埋深>4 m 微侵蚀性	平缓, 坡度<10%, 场地相 对高差<5 m
次不稳定	中软	270~140	0.4~0.6	0.15~ 0.08	埋深>4 m 中等侵蚀	地形复杂, 坡度 10~20%, 场地相对高差<10 m 切割中 等
不稳定	软弱	≤140	>0.6	<0.08	埋深<2 m 强烈侵蚀	地形极复杂, 坡度>20%, 相对高差≥10 m 切割强烈
注: 分级原则就“差”不就“稳”, 区块指标满足次不稳定性、不稳定级别任意一项即归入该类。						

附 录 G
(规范性附录)
活动断层调查评价技术报告提纲

G.1 序言

主要包括：目的任务、区域经济与社会发展概况、活动断层概况、以往活动断层地质调查工作程度、本次调查评价工作进展、方法、完成的工作量及质量评述。

G.2 自然地理及地质环境条件

主要包括：地形地貌、气候水文、地层岩性、地质构造、新构造运动与地震等。

G.3 地壳结构与深断层

主要包括：地壳各圈层厚度、重力异常、大地热流值、航磁延拓、大地电磁测深、地震反演、地震带与深断层关系、地块分割、大地变形、区域构造应力场等。

G.4 活动断层初步判定

主要包括：区域内断层的梳理与第四纪活动性判别、第四纪地层展布与全新世盆地分布、地层地貌与活动断层的关系等。

G.5 活动断层鉴定与定位

主要包括：遥感解译、断层带地质剖面测量、条带状地貌填图、钻探、化探、探槽、浅层地震勘探、年代学测试。

G.6 断层活动性评价

主要包括：活动断层规模、断层活动性、活动断层分段、区域地震与活动断层关系、地质灾害与活动断层关系、地震危险性区划等。

G.7 活动断层数据GIS管理与制图说明

主要包括：运行环境、系统框架、数据库结构与内容、系统功能。

G.8 活动断层灾害防治对策

结合工作区国民经济与社会发展规划，提出断层活动灾害防治原则及要求、依据调查成果有针对性地提出断层活动次生灾害防治措施、地震烈度区划、断层活动防灾预案及防治规划等建议，为地方政府全面科学制定工作区断层活动灾害防治规划提供详细可靠的地质依据。

G.9 结论

主要包括本次调查工作的主要成果、工作质量综述、环境效益与防灾减灾效益评述、合理利用与保护地质环境的建议、本次调查工作存在的问题与不足之处，下一步工作建议等。

附 录 H
(规范性附录)
区域地壳稳定调查评价报告提纲

H.1 序言

主要包括：目的任务、经济与社会发展概况、环境地质问题与地质灾害概况、以往调查工作程度、本次调查工作进展、方法、完成的工作量及质量评述。

H.2 自然地理及地质环境条件

主要包括：地形地貌、气候水文、地层岩性、地质构造、新构造运动与地震、岩土体类型与基本特征、水文地质特征、植被类型及分布特征、人类工程活动类型及特征。

H.3 地壳结构与深断层

主要包括：地壳各圈层厚度、重力异常、大地热流值、航磁延拓、大地电磁测深、地震反演、地震带与深断层关系、地块分割、大地变形、区域构造应力场等。

H.4 新构造运动与活动断层调查评价

主要包括：地貌与第四地质特征，新构造运动特征，第四纪地层展布与全新世盆地分布；工作区断层活动性的综合划分，活动断层遥感解译，断层带地质剖面测量，条带状地貌填图，钻探、化探、探槽、浅层地震勘探及结果分析；活动断层规模、断层活动性、区域地震与活动断层关系、地震危险性区划等活动性评价。

H.5 地质灾害

主要包括：地质灾害形成条件、地质灾害主要类型、发育特征和分布规律，地质灾害危险性，地质灾害易发区划分及分区评价。

H.6 构造稳定性评价

区域地壳稳定性相关因素分析、评价指标的选择和量化途径、构造稳定性区划。

H.7 地表稳定性评价

基岩丘陵山区与第四纪盆地平原区划分，地表稳定性相关因素分析、地表稳定性标准区的选取和描述、评价指标的选择和量化途径、地表稳定性评价过程及结果、地表稳定性分区及稳定性特征描述。

H.8 区域地壳稳定性评价

根据单指标信息、构造稳定性、地表稳定性综合评价区域地壳稳定性，对区域地壳稳定性每个分区单元应阐述其地质条件，包括，构造地貌、活动断裂、地震活动性、地块特征、构造应力场、地球物理场特征、岩土体类型、地质灾害等。根据当地社会经济发展情况，结合区域地壳稳定性评价结果，提出每个分区地块内土地资源的合理开发建议，包括：土地利用类型、构建筑物的灾害防治措施、地质灾害监测治理措施。在次不稳定区、不稳定区中选择相对稳定地块（“安全岛”）。

H.9 活动断层与区域地壳稳定性评价数据库建设

活动断层调查与区域地壳稳定性信息系统建设的平台、运行环境、系统框架、数据库结构与内容、系统功能等。

H.10 防治对策与建议

结合工作区国民经济与社会发展规划，提出不稳定区主要地质问题防治原则及要求、依据调查成果有针对性地提出不稳定区、次不稳定区主要灾害防治措施、防灾预案及防治规划等建议，为地方政府全面科学制定工作区国土利用规划和重大工程选择提供详细可靠的地质依据。

H.11 主要成果和存在问题

主要包括本次调查工作的主要成果、环境效益与防灾减灾效益评述、合理利用与保护地质环境的建议、本次调查工作存在的问题与不足之处，下一步工作建议等。

H.12 附件

附件主要包括：

- a) 活动断层野外调查点汇总表：包括的位置、现象描述、照片或素描，活动性结论等；
- b) 地质灾害搜集和调查汇总表：位置、照片或素描，灾害描述等；
- c) 典型环境地质调查点汇总表：位置、照片或素描，地质现象描述；
- d) 地质灾害信息系统及其说明书；
- e) 物探、化探和钻探报告，断层槽探索描图。

参 考 文 献

- [1] Tanio Ito, Hiroshi Sato, Takeshi Ikawa. New scope for the study of structural Geology added by the seismic reflection method. The Memoirs of the Geological Society of Japan, No. 50, 1998
- [2] Yeats R. S., K. Sieh, C. R. Allen, The Geology of Earthquake, 1997
- [3] International Atomic Energy Agency, VIENNA, Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants, SAFETY GUIDE. No. NS-G-3.3
- [4] 邓起东, 徐锡伟, 张先康等, 2003. 城市活动断层探测的方法和技术[J]. 地学前缘, 10(1):93-104
- [5] 邓起东, 闻学泽, 2008. 活动构造研究—历史、进展与建议[J]. 地震地质, 3(1):1-30
- [6] 邓起东, 张培震, 冉永康等, 2002. 中国活动构造基本特征. 中国科学(D辑), 32(12):1020-1031
- [7] 胡海涛, 2001. 区域地壳稳定性评价的“安全岛”理论及方法[J]. 地质力学学报, 7(2):97-103
- [8] 李兴唐, 许兵, 黄鼎成等, 1987. 区域地壳稳定性研究理论与方法[M] 北京:地震出版社
- [9] 孙叶, 谭成轩等, 1998. 区域地壳稳定性量化评价[M] 北京:地质出版社, 1998
- [10] 刘国昌, 1993. 区域稳定性工程地质学[M] 长春:吉林大学出版社
- [11] 胡海涛, 易明初等, 1987. 广东核电站规划选址区域稳定性分析与评价[M]. 北京:档案出版社. 94-113
- [12] 刘保金, 张先康, 方盛明等, 2002. 城市活动断层探测的高分辨率浅层地震数据采集技术[J]. 地震地质, 24(4)
- [13] 马寅生等, 2003. 黄河上游新构造活动与地质灾害风险评价[M]. 北京:地质出版社
- [14] 王庆海, 徐明才, 1991. 抗干扰高分辨率浅层地震勘探[M]. 北京:地震出版社
- [15] 向宏发, 方仲景, 贾三发等, 1994. 隐伏断层研究及其工程应用—以北京平原区为例[M]. 北京:地震出版社
- [16] 徐瑞春, 谢广林, 吴树仁等, 2000. 清江流域断层活动性与地壳稳定性研究[M] 科学出版社
- [17] 易明初等, 1997. 中国区域地壳稳定性图(1:5000000)及说明书[M]. 北京:地质出版社
- [18] 殷跃平, 胡海涛, 康宏达, 1992. 重大工程选址区域稳定性专家系统[M]. (CRVST AB) 北京:地震出版社, 15
- [19] 张永双, 胡道功, 吴中海等, 2008. 滇藏铁路沿线地壳稳定性调查评价报告[R]. 北京:中国地质科学院地质力学研究所
- [20] 张永庆, 谢富仁, 2007. 活动断层地震危险性的研究现状和展望 1[J]. 震灾防御技术, 2(1):64-74
- [21] 张有良, 2006. 最新工程地质手册[M]. 中国知识出版社 (ISBN7-5015-4258-9)
- [22] 国家地震局《中国岩石圈动力学地图集》编委会, 1989. 中国岩石圈地球动力学地图集. 中国地图出版社
- [23] 铁道部第一勘测设计院. 1999. 铁路工程地质手册[M]
- [24] 国家核安全局, 1994. 核电厂厂址选择中的地震问题 (HAD101/01) [11]
- [25] 国家地震局, 活动断层地质填图工作规范 (1:50000) [S]. 1991 [9]
- [26] 中国地震局, 2004. 城市活动断层探测与地震危险性评价工作大纲 (试行)
- [27] 国土资源部 69 号文—国土资源部关于加强地质灾害危险性评估工作的通知
- [28] GB 17741-1999 工程场地地震安全性评价技术规范
- [29] GB/T 50572-2010 核电厂工程地震调查与评价规范

- [30] GB50218-1994 工程岩体分级标准
 - [31] GB/ T14158-1993 1:50 000 区域水文地质工程地质环境地质综合勘查规范
 - [32] DZ/T 0097-1994 工程地质调查规范(1:250 000~1:50 000)
 - [33] DZ/T 0190-1997 区域环境地质勘查遥感技术规程(1:50 000)
 - [34] DZ/T 0238-2004 地质灾害分类分级.
 - [35] DZ/T 0220-2006 泥石流灾害防治工程勘查规范.
 - [36] DZ/T 0218-2006 滑坡防治工程勘查规范.
 - [37] DZ/T 0219-2006 滑坡防治工程设计与施工技术规范.
 - [38] DZ/T 0151-95 区域地质调查中遥感技术规定
 - [39] DZ/T 0017-1991 工程地质钻探规程
 - [40] DZ/T 0141-1994 地质勘查坑探规程
 - [41] DZ/T 0151-1995 区域地质调查中遥感技术规定(1:50000)
 - [42] DZ/T 0189-1997 同位素地质年龄数据文件格式
 - [43] DBT 15-2005 活动断层探测方法
 - [44] DZ/T0096-1994 工程地质调查规范(1:100 000~1: 200 000)
 - [45] DD2008-03 城市环境地质调查规范
 - [46] TB 10041-2003 铁路工程地质遥感技术规程
 - [47] DLT 5335-2006 水电水利工程区域构造稳定性勘察技术规程
-