

森林沼泽多年冻土区生态地质调查技术要求
(1:50 000) (征求意见稿)

中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心

黑龙江省自然资源调查院

联系人：周传芳 联系电话：15244660150 邮箱：546011015@qq.com

2024 - xx - xx 发布

2024- xx - xx 实施

黑龙江省市场监督管理局 发布

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 总则	4
5 预研究	7
6 设计书编写	7
7 调查内容	8
8 调查方法	9
9 生态地质评价	14
10 资料整理与野外验收	14
11 综合研究及成果编制	15
12 成果评审验收	16
13 资料归档与汇交	16
附 录 A （规范性） 森林沼泽多年冻土区生态地质调查设计书编写提纲.....	17
附 录 B （规范性） 森林沼泽多年冻土区生态地质调查记录表.....	19
附 录 C （规范性） 森林沼泽多年冻土区生态地质调查成果报告编写提纲.....	25
参 考 文 献	27

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。

本文件是在 DD 2019-09《生态地质调查技术要求（1：50 000）（试行）》基础上，对森林沼泽多年冻土区生态地质调查进行的具体规范。

本文件由黑龙江省自然资源厅提出并归口。

本文件起草单位：中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心、黑龙江省自然资源调查院、中国自然资源航空物探遥感中心、中国地质调查局牡丹江自然资源综合调查中心、东北林业大学、中国科学院西北生态环境资源研究院等。

本文件主要起草人：周传芳、邢卫国、梁中恺、孙彦峰、张立、刘智杰、魏小勇、聂洪峰、肖春蕾、刘立芬、郑吉林、张玉敏、徐立明、佟智强、赵文志、胡宸、王恩宝、张起鹏、张璇璞、杜海双、姜平、贾立明、符安宗、王立佳、张欣然、金会军、何瑞霞等。

森林沼泽多年冻土区生态地质调查技术要求（1：50 000）

1 范围

本文件规定了森林沼泽多年冻土区（1：50 000）生态地质调查的目的任务、资料收集、设计书编写、野外调查方法、调查内容、生态地质评价、野外验收、综合研究及成果编制等方面的要求。

本文件适用于黑龙江省森林沼泽多年冻土区（1：50 000）生态地质调查工作，其他地区可参考使用。

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（包括所有的修改版）适用于本文件。

- GB 3838 地表水环境质量标准
- GB 50324 冻土工程地质勘察规范
- GB/T 14848 地下水质量标准
- DZ/T 0017 工程地质钻探规程
- DZ/T 0078 固体矿产勘查原始地质编录规程
- DZ/T 0130 地质矿产实验室测试质量管理规范
- DZ/T 0148 水文水井地质钻探规程
- DZ/T 0190 区域环境地质调查遥感技术规定（1：50 000）
- DZ/T 0227 地质岩心钻探规程
- DZ/T 0258 多目标区域地球化学调查规范（1：250 000）
- DZ/T 0295 土地质量地球化学评价规范
- DA/T 41 原始地质资料立卷归档规则
- DD 2019-09 生态地质调查技术要求（1：50 000）（试行）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冻土

指具有负温或零温度并含有冰的土（岩）。

3.2

多年冻土

指冻结状态持续2年或2年以上的冻土。

3.3

森林沼泽多年冻土区

指多年冻土之上主要发育森林沼泽生态系统的区域。

3.4

连续多年冻土区

指高纬（中高纬）山地或高海拔（高山高原）地区大面积连续分布的多年冻土区域。

3.5

岛状多年冻土区

多年冻土以分散的岛状形式出现，形成岛状多年冻土区。

3.6

不连续多年冻土区

指介于连续多年冻土与岛状多年冻土之间的地带，连续程度低于前者而高于后者。

3.7

季节冻土

指冬季冻结、春夏季融化的土壤和岩石。

3.8

融区

指因特殊的水热条件导致在多年冻土区内未发育多年冻土的地段或空间。

3.9

生态地质廊带

指区域上沿某一特定方向展布的，能够反映不同生态地质单元植被、土壤、成土母质、生态地质问题等特征的带状廊道。

3.10

生态和冻土监测

指利用物理、化学、生化、生态学等技术手段，对生态环境中的一些要素、生物与环境之间的相互关系、生态系统结构和功能、冻土的季节融化深度和年平均地温进行监控和测试。

3.11

生态地质问题

指在地质作用和人为因素影响下引起的地质环境和生态环境发生改变，进而导致生态系统的结构和功能失调的现象。

3.12

生态地质单元

指研究生态地质环境，按照一定区域内生态地质环境的整体联系性、空间连续性及相似相异性，进行划分与合并的空间区域。

3.13

生态地质评价

指根据气象水文、地形地貌、地质灾害、成土母岩（质）类型、土壤类型、冻土稳定性、地球化学特征、植被覆盖度和地下水位等因素，按照一定的评价标准和评价方法对特定区域内生态地质特征、生态资源优势、生态地质问题进行说明、评定和预测，并提出国土空间利用与生态保护修复建议。

3.14

生态脆弱性

指生态系统在特定时空尺度相对于外界干扰所具有的敏感反应和自我恢复能力，是生态系统的固有属性。

4 总则

4.1 目的任务

4.1.1 调查目的

以地球系统科学理论为指导，通过地面调查、遥感解译、地球物理勘探、山地工程、钻探、岩矿测试等手段和方法进行森林沼泽多年冻土区生态地质调查，开展生态地质脆弱性评价，提出生态保护修复意见，为地方经济可持续发展提供地学依据。

4.1.2 调查任务

- a) 调查森林沼泽多年冻土区水文、地质、成土母质、土壤等生态地质条件的现状分布，分析各要素之间的相互作用过程；
- b) 调查森林沼泽多年冻土区主要生态地质问题的类型及分布，分析主控因素。根据生态地质条件和生态地质问题进行生态地质单元分区，并进行评价；
- c) 基于多期遥感影像数据，对自然资源种类和生态地质问题进行调查监测；
- d) 编制生态地质系列图件，建立森林沼泽多年冻土区生态地质调查数据库。

4.2 基本要求

4.2.1 以地球系统科学理论为指导，突出生态文明思想，服务国土空间用途管制和生态保护修复工作。

4.2.2 调查区应根据目标任务和实际需要，同时可参照行政区划、自然地理单元或国际标准图幅等确定，重点部署在重要生态功能区、生态脆弱区、重要生态地质问题区和冻土水热反应强烈区。

4.2.3 按照调查区范围设计工作量，针对解决的主要生态地质问题，明确重点调查目标与内容，合理部署工作。

4.2.4 充分收集和利用以往相关成果资料，结合遥感解译，合理安排地面调查、物化探、山地工程、钻探等工作量的投入。

4.2.5 充分利用现代信息技术等新技术、新方法，提高森林沼泽多年冻土区生态地质调查的工作效率和成果质量，根据需要布设生态和冻土监测样地和工程。

4.3 工作流程

应遵循预研究、设计书编写、野外调查、综合研究与成果编制、成果提交和资料汇交等工作流程，详见图 1。

4.4 工作部署要求

4.4.1 根据调查区复杂程度划分为简单、中等和复杂三类，分类原则如下：

- a) 简单地区：现代地质作用弱、岩土体稳定性好、生态系统稳定性好、生态地质问题少，冻土稳定性强，以大片或断续分布的多年冻土区（ $\geq 50\%$ ）或季节性冻土区或融区为主；
- b) 中等地区：现代地质作用中等、岩土体稳定性较好，生态系统较稳定、生态地质问题较多，冻土稳定性中等，以不连续冻土区（ $50\% - 10\%$ ）为主，分布有岛状冻土；
- c) 复杂地区：现代地质作用强、岩土体稳定性差、生态系统稳定性差、生态地质问题类型多，冻土稳定性差，以（零星）岛状（ $< 10\%$ ）多年冻土为主，可能出现深埋藏或多层多年冻土。

4.4.2 重点调查森林退化、草地退化、沼泽萎缩、水土流失、土地荒漠化、冻土沼泽化、森林火灾、冻土消融、滑坡、泥石流、岩屑坡、石海、冻融褶皱和热喀斯特及冻融侵蚀、热侵蚀等生态地质问题。

4.4.3 主要技术定额按照表 1 执行。设计具体工作量时，应考虑下列因素：

表 1 森林沼泽多年冻土区 1 : 50 000 生态地质调查每百平方千米基本工作量

地区类型	基本工作量						补充工作量		
	调查点 个	路线 调查 km	垂向 剖面 m	遥感 调查 km ²	样品 测试 组	样方 调查 个	物探 点	浅钻 个	钻孔 个
简单地区	20-30	40-45	5-10	100	20-30	1-3	60-75	3-5	0-1
中等地区	30-40	45-55	10-20	100	30-40	3-6	75-90	5-8	1-2
复杂地区	40-50	55-65	20-30	100	40-50	6-10	90-100	8-10	2-3

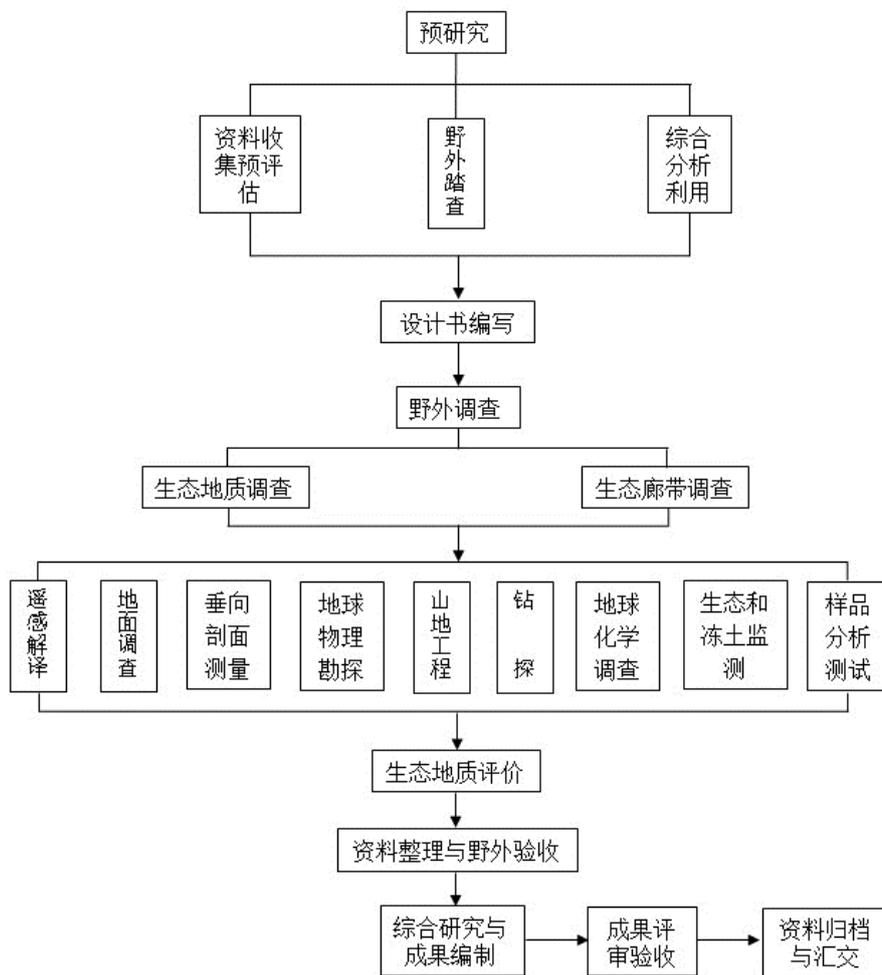


图 1 工作流程图

- 本着充分利用前人资料原则，符合质量要求的已有工作量可纳入技术定额，再补充部署各项工作；
- 采取不少于 3 期的遥感数据进行遥感解译，进行动态监测，遥感数据应根据调查区自然资源发生明显变化的时间点进行选取，如森林火灾、湖水消失、矿山开采等，可根据实际情况增加期次；

- c) 调查区遥感影像解译程度为中等-良好，野外调查工作量，可按规定指标减少不高于 30 %工作量；
- d) 可根据实际需要，选择在生态地质问题代表性地区，进行生态和冻土监测。根据实际需求可布设监测工程和监测样地。监测工程主要布设地温监测孔，监测样地根据样地内植被发育情况布设草地样方（一般为 1 m×1 m）、灌木样方（一般为 5 m×5 m）和乔木样方（一般为 20 m×20 m），乔木样方内可套灌木样方和草地样方。

5 预研究

5.1 资料收集与评估

5.1.1 充分收集前人工作所取得的成果资料，重点收集以下资料：

- a) 地质资料：区域地质、物化遥、水工环、生态地质、生物地球化学和水文地球化学等基础地质和专项调查研究的相关资料；
- b) 地形地貌资料：地形图、数字高程模型、地貌图、遥感、航飞和无人机数据等资料；
- c) 生态系统资料：土壤、植被、动物和微生物群落的调查研究资料；典型生态系统定位观测与研究数据资料，包括生物数据、土壤数据、水分数据等；
- d) 冻土资料：冻土调查、冻土监测、工程建设等资料；
- e) 气象水文资料：气象站和水文系统多年统计资料；
- f) 经济社会发展资料：经济社会（GDP、人口、地方病）环境、国土空间规划、土地利用现状、重大工程情况以及重大决策文件；
- g) 森林火灾资料：森林火灾原因、过火面积、火烧程度、火烧频率，火灾后冻土性质、土壤理化性质、火灾后地貌景观和热喀斯特、生态恢复等资料；
- h) 其他：调查区及邻区科研报告、专著和论文等资料。

5.1.2 对收集的资料分类整理，评估其质量及可利用性，编制资料目录，建立资料档案或数据库。

5.2 野外踏查

5.2.1 对调查区前人工作中发现的主要生态地质问题进行核查，进一步了解调查区植被类型、交通地理、社会人文等情况。

5.2.2 典型路线踏查，了解调查区生态地质条件和主要生态地质问题分布情况，为森林沼泽多年冻土区生态地质调查的设计书编写提供依据。

5.3 综合分析利用

5.3.1 根据调查的目的任务与要求，整理汇编各类资料，对可利用程度进行评价，对各类量化数据进行统计分析，编制专项和综合图表。

5.3.2 综合分析调查区区域地质背景、生态地质问题和现状、冻土分布情况和植被类型，结合野外踏查情况，编制森林沼泽多年冻土区生态地质调查工作部署图，初步划分生态地质单元。

5.3.3 明确调查区存在的主要生态地质问题，确定调查（或研究）对象。

6 设计书编写

6.1 编写依据

6.1.1 设计书是开展调查工作的依据，应在充分收集研究以往成果资料和野外踏查基础上，根据调查

的目的任务与要求、生态地质条件和主要生态地质问题进行编写。

6.2 编写要求

6.2.1 设计书应做到目的明确、任务具体、依据充分、部署合理。所设计工作内容、实物工作量、预期成果满足调查的目的任务与要求，技术路线合理与工作方法可行，组织管理措施完善，经费预算科目合理，可操作性强。表达内容应全面、文字精练、重点突出、附图附表齐全规范。设计书编写提纲按照附录 A 执行。

6.3 编写内容

6.3.1 设计书主要内容应包括项目来源、项目目标任务，调查区自然地理概况、以往工作程度及存在主要问题，技术路线、工作内容、工作方法和工作量，项目总体部署、时间安排，项目预期成果、组织管理、经费预算等。

6.3.2 附图附件应包括生态地质调查工作程度图、工作部署图，资料清单以及其他综合调查图表等。

7 调查内容

7.1 生态地质调查

7.1.1 调查区选择

在充分收集和分析自然地理、区域地质、物化遥、水文地质等资料基础上，选取主要流域、行政区、1:50 000 国际标准图幅、生态地质单元或主要生态地质问题区开展生态地质调查。

7.1.2 一般调查区

重点查明区域生态地质条件和主要生态地质问题，为生态地质分区评价提供依据。主要开展以下调查内容：

- a) 表层基岩的成因类型、岩性特征和接触关系、产状、风化壳特征等；
- b) 成土母质的分布、厚度、结构、组分、成因类型等；
- c) 土壤的类型、厚度、粒度、结构、成因、组分等；
- d) 浅层地下水位及其时空变化，地下水化学特征，地表水的类型、分布、水质、时空变化等；
- e) 包气带的岩性、结构、厚度、入渗率、含水率等；
- f) 森林、草地、沼泽、泥炭地等分布、面积、结构变化，植被类型及分带、覆盖度、净初级生产力、叶面积指数、生物量及其变化、根系分布和发育深度，微生物、动物种群变化和生物入侵等概略调查。

7.1.3 重点调查区

在一般性调查的基础上，重点调查区域生态地质条件、生态环境变化和生态地质问题类型、分布、程度、驱动因素，为生态地质评价提供依据。重点开展以下调查内容：

- a) 多年冻土和融区分布、类型、组成、活动层厚度和季节冻结融化过程、持续时间，冻土温度、冻土厚度、冻土消融/退化现状，冻土与生态系统的关系，多年冻土南界、下界分布及其变化、影响因素等；
- b) 不同生态系统碳氮元素的储量及其稳定性、排放源和吸收性，主要排放和固定机制、途径、制约因素等；
- c) 交通和其他工程相关的生态调查，如管道、道路、输变线、机场、防火隔离带等线性工程和城镇、库坝淹没区、大规模垦殖和天保工程、退耕还林和植树造林等；
- d) 森林退化、草地退化、沼泽湿地萎缩、水土流失、冻土消融的成因类型、分布、程度、变化，

及其有关的降水、地形、植被和土壤（冻土）等自然成生条件，以及土地利用、植被破坏等人为影响因素；

- e) 综合研究揭示多圈层各相关要素间的相互作用过程、生态系统演化的地质学机理，研究森林沼泽多年冻土区水分、盐分、碳氮磷硫等营养元素及硒、砷等特定元素的循环过程和演化机制；
- f) 生态地质问题修复现状及效果评估。

7.2 生态廊带调查

7.2.1 布设原则：

- a) 在生态地质单元划分和地面调查基础上，生态廊带调查布设应涵盖调查区全部生态地质单元；
- b) 根据野外实际情况，应布设在人为扰动小、天然露头多、便于通行的地带；
- c) 由 2 条或 2 条以上剖面构成，每条剖面间隔一般在 1 000 m-5 000 m。

7.2.2 测制要求：

- a) 应垂直于主要生态地质单元和生态地质问题的展布方向；
- b) 观测点距根据实际情况选择 500 m-1000 m。在植被（生态系统）类型、生态地质单元、生态地质问题、地表水点、地下水点、成土母质、土壤类型、冻土类型、森林火灾等的分界点和典型点均应有控制点进行控制；
- c) 系统观察廊带上的生态地质条件和生态地质问题，重要现象记录应翔实，并附素描图或照片；
- d) 选择不低于 20 %的观测点进行取样，参考地面调查和垂向剖面进行系统取样。

8 调查方法

8.1 遥感解译

8.1.1 运用高分辨率、高精度、多期次遥感影像的宏观性、连续性和即时性优势，对区域生态地质单元、生态系统类型、冻土分布、地形地貌、地质环境等信息进行提取，增强调查的预见性和针对性，提高调查精度和效率，并利用多期次遥感数据对生态环境进行动态监测。

8.1.2 根据调查内容和需解决的实际问题，收集多时相、多类型传感器（多光谱、高光谱、合成孔径雷达、激光雷达等）、高分辨率（空间分辨率和光谱分辨率）的遥感数据，进行预处理、数据融合与信息提取。

8.1.3 信息提取一般包括森林、草地、沼泽湿地等空间分布、类型及其动态变化，生态地质问题及其影响因素；生态信息提取内容主要包括植物盖度、净初级生产力、叶面积指数、物种多样性、水汽和碳通量、植被类型分布等；冻土信息提取内容主要包括冻土地表温度、冻融状态和水分、积雪、冻融灾害等。

8.1.4 根据调查区实际情况，确定数据源。一般情况下，宜选择云雾覆盖少（云量小于 10 %）、多时相、可解译性强的遥感数据。

- a) 森林沼泽多年冻土区生态地质调查应采用空间分辨率优于 2 m 的遥感数据；
- b) 在满足遥感调查精度条件下，应选用影像层次丰富、图像清晰、色调均匀、反差适中的合格遥感数据源，优先使用国产卫星影像数据；
- c) 生态地质调查数据源应具有较强的现势性，一般宜选择植被生长旺盛期；
- d) 森林沼泽多年冻土区生态地质遥感调查流程与方法、精度要求参照 DZ/T 0190 执行。

8.1.5 遥感解译结果应在踏查和野外调查过程中不断的验证和修正，记录内容见附录 B.1。

8.2 地面调查

8.2.1 布设原则：

- a) 在预研究和遥感解译的基础上, 布设生态地质调查路线, 垂直主要生态地质单元、主要生态地质问题区和生态系统类型;
- b) 根据调查区生态地质条件、主要生态地质问题, 采用实测、修测或编测的方式开展调查;
- c) 应在调查区或邻区选择有代表性的植被-土壤(冻土)-水-成土母质-岩石剖面, 建立典型的标志, 统一工作方法;
- d) 根据调查目的与内容, 合理布置观测路线, 重点在解决主要生态地质问题的地段布置;
- e) 观测路线的布置应以穿越法为主, 结合追索法。根据调查区生态地质条件复杂程度及遥感可解译程度, 优化部署观测线路, 一般间隔 1 500 m-2 000 m, 生态地质条件复杂且遥感可解译程度差的地区观测线路间隔 800 m-1 500 m。

8.2.2 测制要求:

- a) 客观描述主要生态地质条件的类型、特点、产状等。详细观察描述记录植被(生态系统)类型、生态地质问题、生态地质单元、地表水点、地下水点、成土母质、土壤类型、冻土类型、森林火灾等。记录应翔实, 测量数据准确齐全, 并附素描图或照片, 采集代表性样品和实物标本;
- b) 地面调查观测点布置要突出重点, 控制不同生态系统类型和生态地质单元, 根据生态地质条件的空间分布和复杂程度, 每百平方公里观测点数量为 20 个-50 个;
- c) 生态地质观测点应充分利用天然露头 and 人工露头, 必要时可利用浅井、浅钻、坑探、槽探等山地工程进行揭露。观测点记录全面, 重点突出, 进行沿途观察记录。野外调查方法采用“智能地质调查系统”(或数字地质调查系统)进行数据采集;
- d) 选择不少于 30 %的观测点进行样品采集, 系统采集岩石、成土母质、土壤(冻土)、地下水、地表水、植被、微生物等样品;
- e) 记录内容见附录 B. 2, 采样记录见附录 B. 3。

8.3 垂向剖面测量

8.3.1 布设原则:

- a) 在生态地质单元划分和地面调查的基础上, 选择典型地段布设生态地质垂向剖面;
- b) 垂向剖面应布设在生态地质现象齐全、出露较好的地区, 系统观测生态地质现象, 进行植被-土壤(冻土)-水-成土母质-岩石等采样工作;
- c) 充分利用天然或人工挖掘剖面, 视情况可利用浅井、浅钻等山地工程予以揭露。

8.3.2 测量要求:

- a) 生态地质单元应均有垂向剖面进行控制, 重要的生态地质单元应布设 3 条-30 条(根据生态地质单元面积大小确定);
- b) 选取不少于 50 %的代表性剖面按实际分层采样, 样品不跨层, 最大间隔原则上不超过 20 cm, 采样要求、定点、采样记录、样品交接、加工、运输和保存按照 DZ/T 0258 规定执行;
- c) 垂向剖面记录要完整、全面, 主要包括地形地貌、植被、土壤(冻土)、成土母质、岩石、构造、地表水、地下水、森林火灾等, 对不同地质、地形地貌、生态、土壤等生态地质信息进行拍照或录像, 绘制信手剖面图;
- d) 记录内容见附录 B. 4, 采样记录见附录 B. 3。

8.4 地球物理勘探

8.4.1 充分收集、处理、分析已有物探资料, 在遥感图像解译和野外调查的基础上, 采用地球物理方法, 开展重要生态地质问题调查。在综合研究的基础上, 进行精细处理和联合反演, 结合工程资料和地质模型推断、解释各种浅层地下结构、地下水赋存状态、冻土结构、冻土活动层厚度等生态地质条件。

8.4.2 地球物理勘探符合下列要求:

- a) 根据调查区实际情况采取合理的地球物理方法, 进行剖面测量;

- b) 地球物理剖面应沿生态地质条件变化最大的方向布置;
- c) 当发生难解、多解或解释成果有争议时,应采用多种方法或其他勘探手段综合判定;
- d) 重点地段适当加密,以提高勘探精度;
- e) 具体工作要求和方法按照相关地球物理方法行业规范执行。

8.4.3 物探成果与其他地质成果要进行综合编录、综合解释。应编制物探推断的地质图件或综合物探、地质两方面成果的地质图件。

8.5 山地工程

8.5.1 通过工程揭露揭示重要生态功能区、生态地质问题区浅层地下结构,查明水文地质条件、土壤(冻土)和沉积物的结构和组分等。

8.5.2 在充分利用天然露头 and 人工露头基础上,根据不同生态地质条件和生态地质问题部署坑探、探槽、浅钻等山地工程。山地工程应与地球物理调查工作相结合,形成物探-钻探-生态地质联合剖面。

8.5.3 冻土的浅部土层勘探,可采用坑探、槽探和浅钻等简易勘探方法进行,并应符合下列规定:

- a) 对泥炭沼泽或黏性土中的厚层地下冰地段,可采用钎探和浅钻(参照 DZ/T 0017、DZ/T 0227 执行)进行勘探,并应取得季节融化深度资料;
- b) 各地貌单元分界线处的季节融化深度和地层变化情况,可采用坑探、槽探方法完成;
- c) 探坑和探槽的深度、长度和断面尺寸,应按勘探要求确定(参照 DZ/T 0078、GB 50324 执行)。探坑、探槽的开挖应根据深度和冻土融化情况,采取加固措施;
- d) 坑探、槽探工作完成后应及时回填,并应恢复地表自然状态;
- e) 坑探、槽探应做好岩性描述记录、影像记录,并提交坑探展开图、槽探槽壁纵断面图等图件。

8.6 钻探

8.6.1 钻探工作主要布置在冻土发育区。主要调查地下地质结构特征、地下水含水层厚度、冻土结构、冻土厚度等。

8.6.2 冻土区钻探工作应采用干钻或单动双管岩芯管低温冲洗液钻进。

8.6.3 冻土区钻探符合下列要求:

- a) 冻土区钻探的开孔直径不应小于 130 mm,终孔直径不宜小于 110 mm;
- b) 钻探要求全取芯,取不出完整冻结土样的岩土,可按常规钻探的有关规定执行;
- c) 进尺 50m 以上及终孔时,都要进行孔深、孔斜校正,孔深误差不得大于 1%,孔斜误差不得大于 2°;
- d) 冻土层为第四系低含冰量松散地层时,宜采取低速钻进方法,回次进尺宜为 0.20 m-0.50 m;为高含冰量黏性土时,可采取快速钻进方法,回次进尺不宜大于 0.80 m;冻结的碎石类土和基岩,宜采用低温冲洗液钻进方法,回次进尺宜为 0.15 m-0.30 m;
- e) 应设置护口管及套管封水或采取其他止水措施;
- f) 获取最大冻结与融化深度数据,应在地表开始融化或冻结前进行钻探;
- g) 钻探记录应按钻进回次逐段填写,岩芯摆放应及时准确;
- h) 钻探和测温期间,应减少对场地地表植被的破坏,已破坏的应在任务完成后进行植被恢复;
- i) 对需要保留的观测孔和测温孔,应按勘察阶段要求处理,工作完成后应及时回填封孔。

8.7 地球化学调查

8.7.1 调查取样

8.7.1.1 岩石、土壤地球化学调查

- a) 采样点布局合理, 样品采集要有代表性, 最大限度控制调查面积;
- b) 样点布设应结合地面调查和垂向剖面测量, 主要生态系统、特殊生态景观、重要生态地质问题区应布设采样点, 采样点间距在 4000 m-5000 m;
- c) 在人类活动频发地内、金属矿床和大型采矿区布设采样点时, 应在河流流域或风向的上、中、下部各布设至少一个采样点;
- d) 人工采坑或天然露头区视情况加密采样点;
- e) 样品采集需分层取样, 在分层明显的地区, 按 A、B、C、R 层逐层进行采样。在分层不明显的地区从表层土壤开始, 每 20 cm 取一个样品, 有基岩出露的地区一直取到基岩层, 没有基岩出露的地区最大采取到 200 cm;
- f) 采集岩石样品位置应避开各类接触带、蚀变带、断裂破碎带等, 选取新鲜、无蚀变的岩石, 标本及薄片样品规格一般为 3 cm×6 cm×9 cm, 全岩地球化学分析样品不小于 5 kg;
- g) 土壤样品采样过程应防止污染, 样品中应去除动、植物残留体、砾石、肥料团块等, 土壤样品原始重量>1 kg。

8.7.1.2 水地球化学调查

- a) 样品布设应根据水体功能、水文要素和污染源、污染物排放等实际情况, 以最低采样频次, 采取最有代表性的样品;
- b) 样品必须具有足够的代表性, 不受任何意外的污染;
- c) 采用玻璃瓶装取有机物和生物样品, 高密度聚乙烯瓶用于水中的氯化物、氟化物、硬度等无特殊要求项目的分析, 对光敏物质使用棕色玻璃瓶, BOD₅、石油类等必须用专用的容器, 微生物类采样瓶要提前灭菌;
- d) 溶解氧现场测定, 生化需氧量、油类、硫化物等项目测定需要单独采样; 测定生化需氧量、硫化物的水样必须充满容器, 上部不留空间, 并有水封口。采样时还需同步测量水文参数和气象参数;
- e) 采样时, 采样器和采样瓶应用采样的水冲洗三次后再行采样;
- f) 地表水采样应在自然水流状态下进行, 不要扰动水流与底部沉积物, 以保证样品代表性。用塑料桶或样品瓶人工直接采集水体表层水样时, 采样容器的口部应面对水流流向。

8.7.1.3 植物地球化学调查

- a) 样点布设应与土壤样品点、岩石样品点、地下水样品点等配套;
- b) 植物样品采集应根据调查区内主要植物群落和优势种确定, 能代表主要植物群落、优势种和群体情况, 根据工作需要, 采集植物根、茎、叶、花、果等不同位置或全株样品;
- c) 在采样地根据不同情况采用棋盘法、梅花点法、对角线法、蛇形法等进行多点取样后, 等量均匀组成 1 个混合样品, 样品重量一般大于 1 kg;
- d) 农作物样品采集按照 DZ/T 0295 规定执行。

8.7.2 定点与标绘

地球化学调查和样品采集点应正确地标绘在电子地质底图中, 并使用 GPS 航迹监控, 清楚记录采样航迹。

8.7.3 采样记录

- 8.7.3.1 岩石土壤样品采样时, 在野外对样品性质、位置和所处环境等进行记录, 记录内容见附录 B. 4。
- 8.7.3.2 水样品采样时, 每个水样瓶都应贴上标签(填写采样点编号、采样日期和时间、测定项目等); 要塞紧瓶塞, 必要时还要密封, 记录内容应符合附录 B. 5。
- 8.7.3.3 植物样品采样时, 每个植物样品袋都应贴上标签(填写采样点编号、采样日期和时间、植物种类、采样部位、测定项目等), 记录内容见附录 B. 4 和 B. 6。

8.7.4 样品加工处理:

8.7.4.1 各类样品的加工处理应满足实验室要求和相关规范。

8.7.4.2 样品加工应在野外完成,样品加工组负责样品干燥、过筛、填写样品标签,装袋或装瓶、填写送样单,装箱送样等。

8.7.4.3 根据分析项目,需要对植物样品进行初步烘干和保鲜处理,土壤样品加工按照 DZ/T 0295 执行。

8.8 样品分析测试

8.8.1 岩矿分析

包括岩石样品薄片鉴定和全岩地球化学分析,采用全岩地球化学分析方法分析岩石主量元素、微量元素和稀土元素含量;根据实际情况可增加分析 F、Cl、Br、I、S 等元素和 U、Th 放射性指标、矿物鉴定等。

8.8.2 土壤分析

包括土壤容重、有机质、含水量、易溶盐、粒度分析、矿物分析、pH、Eh、Cu、Zn、Mo、Fe、Mn、Se、有机碳、CaO、N、S、Cr、Pb、Cd、Hg、As 等,根据需要可增加测试 SiO₂、Al₂O₃、TFe₂O₃、MgO、K₂O、Na₂O、MnO、全磷、稀土元素等。

8.8.3 水分析

8.8.3.1 地表水分析包括:水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量(COD)、五日生化需氧量(BOD₅)、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、铬(六价)、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠杆菌等指标;

8.8.3.2 地下水分析包括:色、嗅和味、浑浊度、肉眼可见物、pH、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、铜、锌、铝、挥发性酚类、阴离子表面活性剂、耗氧量、氨氮、硫化物、钠、总大肠菌群、菌落总数、亚硝酸盐、硝酸盐、氟化物、碘化物、汞、砷、硒、镉、铬(六价)、铅、三氯甲烷、四氯化碳、苯、甲苯、总α放射性、总β放射性等

8.8.3.1 DOC、DON、DIC 和 DIN 等特殊指标根据实际情况选择。

8.8.4 植物分析

主要分析营养元素和重金属元素,根据具体情况可增加分析 Se、Sr、Fe 和 Mo 等对人体有益的微量元素。

8.8.5 其他分析

根据生态地质调查需要,增加同位素、元素有效态、微生物(包括超级细菌、超级病毒)等生化指标,岩石孔隙度、岩石渗透率等物化性质指标。

8.8.6 测试方法

参照 DZ/T 0130 执行。

8.9 生态和冻土监测

8.9.1 布设原则:

- a) 充分收集和利用调查区内及邻区已有的林草等部门的样地数据、冻土监测孔数据等;
- b) 无相关样地地区,每 300 km²-400 km²布设相应的监测样地 1 个-3 个,样地设置应以解决实际问题为主,参考但不限于林草部门样地布设标准;

- c) 无冻土监测孔地区,在冻土发育典型区,可布设冻土监测孔,冻土监测孔应与工程地质钻探相结合,掌握冻土结构、季节融化深度、年平均地温、冻土厚度等基本信息。

8.9.2 观测要求:

- a) 观测项目、程序及观测场地应在充分论证情况下确定,一经确定不应随意变动;
- b) 观测仪器设备安装应符合各观测要素技术要求,并做好防护;
- c) 制定定期观测计划,做好观测记录。

9 生态地质评价

9.1 生态地质评价包括一般调查区生态地质分区评价、重点调查区生态地质脆弱性评价。

9.2 森林沼泽多年冻土区生态地质评价应综合考虑气象水文、地形地貌、地质灾害、成土母质类型、基岩类型、土壤类型、冻土稳定性和地球化学特征、植被覆盖度、地下水位等因素,以定性方法为主,开展区域生态地质分区评价,指出各分区生态地质特征、生态资源优势、存在主要问题及国土空间利用与生态保护修复建议。

9.3 针对重点调查区生态地质问题,结合典型地段多圈层交互作用分析结果,确定评价因子和权重,突出考虑冻土因素对生态环境的影响,建立定量评价模型,开展生态地质脆弱性分级评价,指出脆弱性的主控因素。

9.4 利用相关分析法判断生态地质评价模型的各生态环境因子之间的关系,分析各类影响因子的内在联系。

9.5 利用相关软件的栅格计算功能,对栅格化的要素文件进行计算和重分类,生成生态脆弱性综合评价图,并进行分级评价。

10 资料整理与野外验收

10.1 资料整理

10.1.1 当日采集的文字记录数据、照片、影像和实物等原始资料,须进行当日资料整理。每个生态地质单元或主要生态地质问题野外调查结束后应进行阶段资料整理,年度工作结束后应进行年度资料整理。

10.1.2 内容主要包括:

- a) 野外录入数据和地质观察内容;
- b) 整理质量检查资料,统计工作精度;
- c) 野外采集的生态地质调查路线、垂向剖面等原始数据,及时录入数字(智能)地质调查系统数据库并进行检查,形成实际材料图数据库和剖面数据库;
- d) 核实野外生态地质记录和素描图、照片、录像、样品采集、测试分析等资料,完善数据库。处理物探、化探数据,进行生态地质解释,编制成果图件;
- e) 整理分析山地工程原始地质编录资料、各种样品测试鉴定资料和测井资料;
- f) 整理分析样地调查、生态和冻土监测数据。

10.2 野外验收

10.2.1 基本要求:

- a) 野外验收以项目任务书(合同书)、设计书和技术规范为主要依据;
- b) 完成设计规定的野外工作和主要实物工作量,完成野外资料整理、编制生态地质图和野外工作总结;
- c) 应在野外现场组织验收,室内检查和实地检查相结合、验证;

- d) 野外验收意见应对野外工作做客观评价，提出补充调查工作意见。通过野外验收后方可进入成果编制阶段；
- e) 补充调查工作应在期限内完成。

10.2.2 野外验收需准备的材料：

- a) 野外记录、垂向剖面、岩心编录、探槽、浅井剖面描述及素描图等；
- b) 样品测试鉴定采（送）样单、测试分析结果；
- c) 遥感多期数据、遥感解译成果图件及野外验证卡片等；
- d) 物探、化探、山地工程、钻探工作记录、原始数据、处理解释数据和图件；
- e) 野外生态地质图、成土母质图、实际材料图和其他相关图件；
- f) 野外工作总结；
- g) 野外资料数据库；
- h) 项目管理过程中的相关材料。

11 综合研究及成果编制

11.1 综合研究

11.1.1 按野外验收意见，补充完成野外调查工作后，转入室内综合研究及成果编制阶段。

11.1.2 综合研究主要包括：

- a) 整理分析样品分析测试报告，对测试数据进行处理和计算；
- b) 根据综合研究及分析结果，修改、绘制综合性图件和成果图、报告插图、插表等；
- c) 根据野外资料，结合各类分析测试结果，调查森林发育特征与冻土区地质建造关系，确定生态地质问题的主控因素，建立典型生态地质图谱；
- d) 综合分析生态地质条件，对生态地质单元、生态适应性、生态脆弱性进行分级评价，提出合理的生态保护修复建议；
- e) 在对所有资料全面综合整理、研究的基础上，依据本文件的有关规定，确定地质调查报告的主要内容。

11.2 图件编制

11.2.1 室内资料整理与综合研究完成后编制成果图件，成果图件一般按国际标准图幅分幅编制，非国际标准分幅地质图按设计要求编制。

11.2.2 包括以下图件：

- a) 实际材料图：反映野外调查工作内容，主要包括调查路线、调查点、取样点、监测点、生态地质剖面等；
- b) 生态地质剖面图：反映不同生态地质单元间岩石、土壤、植被相互之间的关系，比例尺根据实际使用需求确定；
- c) 生态地质单要素图：反映生态地质相关的要素分布，主要包括地貌形态类型图、成土母质图、土壤地球化学图、森林、湿地分布及其变化图、生态地质问题分布图等；
- d) 生态地质图：反映生态地质条件和生态地质问题分布，主要结合成土母质分区、林草湿分布、生态地质问题等进行编制；
- e) 生态地质分区评价图：反映生态地质状况和综合评价结果，成图比例尺宜根据实际使用需求确定；
- f) 生态脆弱性评价图：反映生态地质问题严重程度、主控因素分布和脆弱性分级评价，成图比例尺为 1：50 000；
- g) 其他专题评价类图件。

11.3 报告编写

11.3.1 报告编写须在各种资料高度综合整理的基础上进行，客观反映调查区生态地质条件、相互关系和作用过程及主要生态地质问题，提出合理的生态保护修复建议。

11.3.2 以调查区范围编制成果报告，专题研究报告作为成果报告附件单独编写。

11.3.3 生态地质调查报告编写提纲按照附录 C 执行。报告编写应做到内容真实、文字精炼、主题突出、层次清晰、图文并茂、各章节观点统一协调，着重突出调查所取得的大量实际资料及进展成果。所附插图美观、图例齐全。

11.4 数据库建设

11.4.1 原始资料数据库内容包括预研究、设计书、野外调查、工程、物化遥和样品测试等数据。

11.4.2 成果数据库包括成果图件和成果报告数据库。

11.4.3 资料数据库在成果验收之前提交项目管理单位进行数据库验收。

12 成果评审验收

12.1 成果验收应以项目任务书（合同书）和设计书为依据，重点对项目的目标任务、绩效目标达标程度和取得的主要成果进行检查验收。

12.2 成果经评审验收后，应按照专家组意见逐条进行详细修改，由评审专家复核确认后，上报项目下达部门予以审查认定。

13 资料归档与汇交

13.1 原始资料归档

13.1.1 调查工作中形成的原始资料立卷归档按照 DA/T 41 要求执行。

13.1.2 调查工作中形成的有重要价值的实物资料应向调查区归属地地质资料馆汇交。

13.2 成果资料汇交

项目取得成果及成果报告经审查验收合格后，按照相关要求及时进行成果资料汇交归档。

附录 A

(规范性)

森林沼泽多年冻土区生态地质调查设计书编写提纲

A.1 前言

A1.1 目的任务

包括任务来源，任务书（或合同书）的主要内容、工作起始时间、成果提交时间及预期成果等。

A1.2 调查区范围及地理条件

包括调查区地理位置、行政区划、自然地理、交通条件及社会经济概况等。

A.2 以往工作程度

A2.1 已有工作基础及工作程度

包括基础地质、物化遥、水工环、林草湿和冻土工作基础和工作程度。

A2.2 工作进展及主要认识

包括基础地质、物化遥、水工环、林草湿和冻土工作进展和主要认识。

A2.3 存在的主要问题

主要介绍调查区内存在的需生态地质调查解决的主要问题。

A.3 项目绩效目标

A3.1 绩效目标设置

包括数量指标、质量指标、时限指标、成本指标、效益指标等。

A3.2 项目绩效管理

包括项目质量管理、绩效目标分解、项目审查、质量检查、技术研究报告提交等。

A3.3 项目绩效目标申报表

按照相关要求编制项目预算绩效目标申报表。

A.4 目标任务和主要内容

A4.1 目标任务

包括项目总体目标、年度目标、总体任务、年度任务等。

A4.2 主要内容

包括资料收集与分析、生态地质条件调查、生态地质问题调查和专题调查等。

A.5 工作部署

A5.1 技术路线

包括技术路线、关键技术和技术创新等。

A5.2 总体部署

包括工作思路、工作部署原则及各阶段主要工作内容，工作布置、工作量，各项工作部署与研究内容的耦合关系等。

A5.3 年度工作方案

分年度介绍工作任务和工作安排。

A5.4 工作方法与技术要求

论述所采用的工作方法与各自的技术要求、生态地质评价的方法与要求、专题研究的任务与方法等。

A5.5 主要实物工作量

列表说明项目总体和分年度各类实物工作量。

A.6 预期成果

A6.1 总体预期成果

包括项目实施周期内提交总体预期成果的成果名称和成果提交的时间。

A6.2 年度预期成果

包括年度预期成果的成果名称和成果提交的时间。

A.7 实施可行性

A7.1 技术可行性

包括单位的技术优势、技术人员组成、人才优势、项目负责人简历、项目组研究基础，列表说明项目组成员姓名、年龄、技术职务、从事专业、工作单位、在项目中的分工和参加项目的工作时间等。

A7.2 组织与管理

包括项目执行过程中的组织管理方式和组织结构。说明为保障任务完成而采取的各种质量保证措施、提高工作人员技术水平所采用的技术培训措施和项目执行过程中所采取的各项安全和劳动保护措施等。

A7.3 技术装备

包括从事本项目投入的软硬件装备等。

A.8 经费预算

按中国地质调查局地质调查项目预算编制或黑龙江省地质调查项目预算编制有关规定，编制项目预算。包括项目预算表和编制说明。

A.9 附图及附件

生态、地质调查工作程度图，工作部署图等。

附录 B

(规范性)

森林沼泽多年冻土区生态地质调查记录表

表B.1 生态地质调查遥感解译野外观察验证记录表

点号		时间	年 月 日 时
点性		天气	
点位			
坐标	N: X:	E: Y:	H:
影像类型		影像时相	
照片编号		镜头方向	
遥感解译类别		实地观测类别	
解译正确性	<input type="checkbox"/> 正确 <input type="checkbox"/> 基本正确 <input type="checkbox"/> 错误 <input type="checkbox"/> 遗漏 <input type="checkbox"/> 勾绘不准		
遥感图像		野外照片	
描述:			
调查人:	记录人:	检查人:	日期: 年 月 日

表B.2 生态地质调查地面调查记录表

项目名称							
图幅名		图幅号		路线号		点号	
点 位							
坐 标	N:	E:	H:				
	X:	Y:					
地形地貌	地貌类型			地貌单元			
	坡向(°)		坡度(°)		坡型		
地质条件	基岩代号		岩性				
	基岩产状		基岩风化程度		节理发育程度		
	构造类型及规模			构造产状			
成土母质	沉积分类			原岩分类			
	颜色		命名				
土 壤	颜色		类型				
	粒度		厚度(cm)		侵蚀类型		
	命名						
土地利用	一级类			二级类			
植被情况	植被种类			植被长势			
	根系发育情况		覆盖度		优势种		
风化壳	风化壳结构层						
	O 层厚度(cm)		A 层厚度(cm)		E 层厚度(cm)		
	B 层厚度(cm)		C 层厚度(cm)		R1 层厚度(cm)		
样品及编号							
照相编号							
点间描述							
调查人:	记录人:		检查人:		日期: 年 月		

表B.3 生态地质调查野外垂向剖面记录卡

剖面编号						
地理位置	市 县(区) 乡(镇) 村					
坐标	N: X:		E: Y:		H:	
自然条件	土地利用		地貌类型		地形部位	
	坡度		坡向		土层厚度	
	环境状况		污染描述*		工业活动*	
土壤剖面采样情况	样品编号	送样号	采样深度	土壤分层	土壤颜色	土壤质地
备注:						
取样人:	记录人:	检查人:	日期:	年	月	日

表B.4 生态地质调查野外土壤-岩石-植被采样记录表

点号							
地理位置	市 县(区) 乡(镇) 村						
坐标	N: X:	E: Y:	H:				
土壤	土壤类型			土地利用类型			
	样品编号	取样深度 (cm)	颜色	质地	紧实度	分层	植物根系 发育情况
	STTY0001						
	STTY0002						
	备注						
岩石	样品编号	岩石 名称	颜色	岩石 结构	岩石 构造	产状(出露 情况)	所属地层代号
	STYY0001						
	STYY0002						
	备注						
植被	样品编号	STZY0001		采样时间			
	植被类型			植物名称			
	采集部位			人工/天然			
	发育状况			地形部位			
		备注					
平面位置图				照片			
取样人:	记录人:		检查人:		日期: 年 月 日		

表B.5 生态地质调查野外水样采集记录表

点号															
地理位置	市 县(区) 乡(镇) 村														
坐标	N:			E:			H:								
	X:			Y:											
水点类型				水点名称				采样深度(m)							
样品类型				取样时间				样品性质							
洗井	是否洗井				洗井方式				洗井时间						
	初始水位(m)				观测时间				停止时间						
	恢复水位(m)				恢复时间				抽水量(m ³)						
	井水体积(m ³)				设备				停止水位						
	未洗原因														
现场测试	气温(°C)				EC(us/cm)				Eh(mV)						
	水温(°C)				DO(mg/L)				pH						
	浊度(NTU)				色				嗅						
采样方法							采样层位								
含水层岩性							水样体积(L)								
分析要求															
化学处理方式															
平面位置图															
备注:															
取样人:				记录人:				检查人:				日期:	年	月	日

表B.6 生态地质调查野外农作物及根系土样品采集记录卡

点号						
地理位置	市 县(区) 乡(镇) 村					
坐标	N: E: H: X: Y:					
农作物样品 描述	样品编号		GPS ID号		地块编号	
	送样号		样袋编号		相片编号	
	标志位置		采样天气		采样时间	
	作物品种		样品类型		样品鲜重	
	化肥施用情况					
	农药施用情况					
根系土样品 描述	样品编号		送样号		样袋编号	
	土壤类型		土壤颜色		土壤结构	
	土壤粒度		松紧度		土壤质地	
环境描述	土地利用		地貌类型		地形部位	
	环境状况		污染描述*		工业活动*	
备注:						
取样人:	记录人:	检查人:	日期:	年	月	日

附录 C

(规范性)

森林沼泽多年冻土区生态地质调查成果报告编写提纲

C.1 绪言

C1.1 项目来源及目的任务

包括项目来源、总体目标任务、预期成果、经费预算等情况。

C1.2 交通位置及自然地理概况

包括调查区地理位置、行政区划、地形地貌、水文特征、气候特征、交通条件及社会经济概况等。

C1.3 工作概况及完成任务情况

包括项目人员组成、项目实施情况、工作方法简述、实物工作量完成情况等。

C1.4 质量评述

包括质量管理体系运行情况各项工作质量评述等。

C1.5 报告编写及致谢

包括报告各章节分工和项目实施过程中给予支持、帮助、指导的领导、专家、单位的感谢等。

C.2 生态地质条件

C2.1 地形地貌

包括地形地貌特征及对区域生态格局的影响等。

C2.2 气象水文

包括气候气象特征、水文与水资源特征（地表水和地下水）及气象水文对生态格局的影响等。

C2.3 地质特征

包括地层、岩浆岩、变质岩、大地构造演化、地球物理特征、地球化学特征及地质要素对生态格局的影响等。

C2.4 成土母质与土壤

包括成土母质分区、成土母质特征、土壤分区、土壤特征及成土母质和土壤对生态格局的影响等。

C2.5 冻土特征

包括冻土分布、冻土特征、冻土分布的影响因素及冻土与区域生态格局的内在联系等。

C2.6 林草湿资源分布及变化特征

包括林草湿资源现状、林草湿变化及生态环境变化等情况。

C.3 生态地质问题

分别论述调查区内各类生态地质问题的特征、分布规律、影响因素和生成机理等。重点论述调查区内冻土退化的机理及对区域生态环境的影响等。

C.4 生态地质分区及评价

C4.1 生态地质分区及评价

包括生态地质分区、各分区主要特征等。

C4.2 生态地质脆弱性分级及评价

包括生态地质脆弱性评价的指标选取、单要素评价、综合评价、生态地质脆弱性分级、生态地质脆弱性分区及评价等。

C.5 生态保护与修复建议

分别论述不同生态地质问题区生态保护及修复的具体意见。

C.6 结论与工作建议

C6.1 主要成果与进展

C6.2 工作建议

C.7 参考文献

参 考 文 献

- [1] DD 2019-09 生态地质调查技术要求（1：50 000）（试行）.
- [2] DZ/T 0289 区域生态地球化学评价规范.
- [3] GB 50324 冻土工程地质勘察规范.
- [4] 郭东信, 王绍令, 鲁国威, 等. 1981. 东北大小兴安岭多年冻土分区[J]. 冰川冻土, 3 (3): 1-9.
- [5] 何瑞霞, 金会军, 吕兰芝. 2009. 东北北部冻土退化与寒区生态环境变化[J]. 冰川冻土, 31 (3): 525-531.
- [6] 金会军, 王绍令, 吕兰芝, 等. 2009. 兴安岭多年冻土退化特征[J]. 地理科学, 29 (2): 223-228.
- [7] 聂洪峰, 肖春蕾, 任伟祥, 等. 2021. 生态地质研究进展与展望[J]. 中国地质调查, 8 (6): 1-8.
- [8] 吴青柏, 周幼吾, 童长江. 2018. 冻土调查与测绘[M]. 北京: 科学出版社.
- [9] 杨润田, 林凤桐. 1986. 多年冻土区水文地质及工程地质学[M] 哈尔滨: 东北林业大学出版社.
- [10] 张景华, 欧阳渊, 刘洪, 等. 2021. 基于主控要素的生态地质脆弱性评价——以四川省西昌市为例[J]. 自然资源遥感, 33 (4): 181-191.
-