ICS 13.020.01
CCS Z04

T/LCH

中 国 长 城 绿 化 促 进 会 团 体 标 准

T/LCH XXXX—XXXX

生态建设项目测绘与监测技术规范

Technical specification for surveying, mapping and monitoring of ecological construction projects

草案版次选择

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

中国长城绿化促进会　　发 布

目　　次

1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　总则 2
5　测绘工作准备 3
6　测绘技术要求 4
7　监测方案设计 5
8　监测实施与数据采集 6
9　数据处理与分析 7
10　成果编制与质量控制 8
11　安全管理与环境保护 9

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国长城绿化促进会提出。

本文件由中国长城绿化促进会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

生态建设项目测绘与监测技术规范

1 范围

本文件规定了生态建设项目在规划、建设、验收及运维阶段的测绘与监测内容、方法、精度、成果要求等。

本文件适用于湿地修复、水土保持、植被恢复、矿山生态治理等项目的测绘与监测工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 27417-2017 合格评定 化学分析方法确认和验证指南

HJ 869 固定污染源废气 酞酸酯类的测定 气相色谱法

HJ 1295-2023 水生态监测技术指南 河流水生生物监测与评价

YS/T 5229-2019 岩土工程监测规范

DB32/T 4515-2023 自然资源信息公共数据元规范

DB41/T 2316-2022 自然资源数据资源分类与编码规范

ISO 19115 地理信息元数据

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生态建设项目 ecological construction project

以恢复、重建或改善生态系统功能为目标的人为干预工程，包括但不限于湿地修复、水土保持、矿山生态治理等。

3.2

生态测绘 ecological surveying and mapping

对生态系统要素（地形、植被、水体、土壤等）的空间分布、属性特征及相互关系进行量测、表达与分析的技术活动。

3.3

生态监测 ecological monitoring

采用系统化方法对生态系统结构、功能及环境因子的动态变化进行持续性观测、记录与评估的过程。

3.4

生态控制点 ecological control point

布设在生态敏感区域的永久性测量标志，用于统一空间基准与长期监测定位。

3.5

空天地一体化监测 integrated sky-ground-space monitoring

融合卫星遥感、航空无人机、地面传感器等多平台技术的协同监测模式。

3.6

生态本底数据 ecological baseline data

项目实施前区域内生态系统要素的原始状态数据集，包括空间位置、属性及环境参数。

3.7

植被覆盖度 vegetation coverage

单位面积内植被垂直投影面积占地表面积的百分比。

3.8

水土保持率 soil and water conservation rate

治理区域土壤侵蚀模数降低量占原侵蚀模数的比例。

3.9

生态弹性指数 ecological resilience index, ERI

表征生态系统抵抗干扰并恢复初始状态能力的量化指标。

3.10

原位光谱监测 in-situ spectral monitoring

直接在地表使用便携式光谱仪获取物体反射/辐射特性的方法。

3.11

时序变化检测 time-series change detection

基于多期遥感影像或传感器数据，通过算法识别生态系统要素变化的分析技术。

4 总则

4.1 基本原则

生态建设项目测绘与监测应遵循：

a) 保护优先原则：采用非介入式技术（如遥感、激光扫描），减少对生态系统的扰动；

b) 全过程覆盖：覆盖项目 规划期、建设期、验收期、运维期 全阶段；

c) 数据溯源性：所有数据需保留原始记录及处理痕迹链，存储期≥10 年；

d) 协同性要求：测绘与监测数据应与生态修复方案动态交互验证。

4.2 技术路线

采用 “三阶递进” 技术框架，见图1：

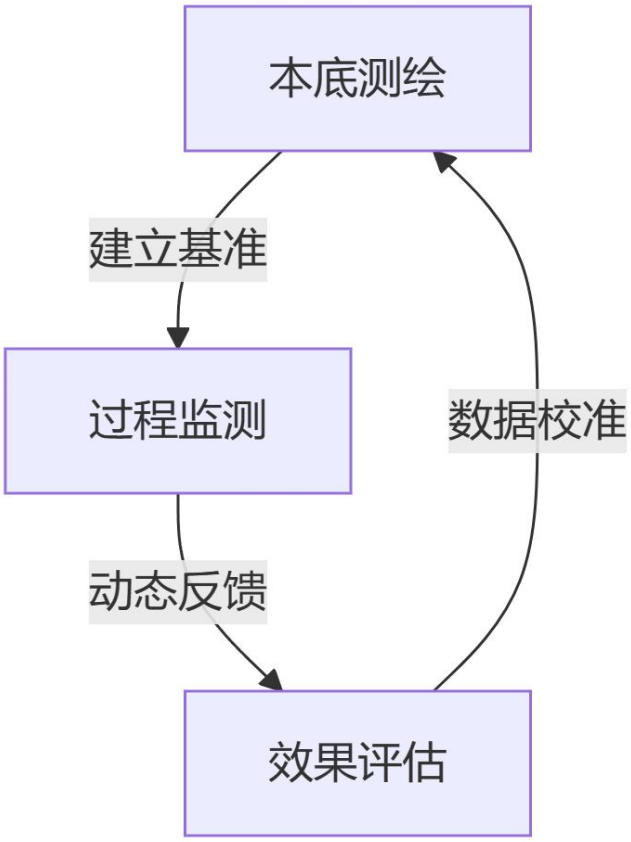

图 1　技术路线图

4.3　基准要求

基准要求见表1。

表 1　基准要求表

项目	强制性规定
平面坐标系	CGCS2000国家大地坐标系
高程基准	1985国家高程基准
时间基准	北京时间（UTC+8）
数据格式	空间数据：Shapefile/Geodatabase； 属性数据：CSV/XML

4.4　特殊区域要求

生态敏感区（湿地、保护区等）：

a)　测绘精度需提高一级；

b)　监测频率加倍（建设期≥2 次/月）。

人类活动禁区：采用无人机LiDAR或卫星合成孔径雷达（SAR）技术。

5　测绘工作准备

5.1　资料收集

5.1.1　必须收集的基础资料包括：

a)　区域 1:10000 或更大比例尺地形图；

b)　近 3 年内分辨率≤2m 的遥感影像；

c)　生态本底调查报告（含土壤、植被、水文专题）；

d)　项目规划设计图纸（CAD 格式）。

5.1.2　资料有效性验证：

a)　地形图坐标系转换误差≤0.5m；

b)　遥感影像时相需在项目启动前 6 个月内。

5.2　设备准备

5.2.1　设备配置清单

设备配置清单见表2。

表 2　设备配置表

设备类型	技术要求	检定要求
GNSS接收机	双频，RTK定位精度：水平8mm+1ppm	有效期≤12个月
无人机航测系统	搭载RGB+多光谱相机，续航≥45分钟	气密性检测每季度1次
水下地形测绘仪	测深精度≤±2cm，声波频率≥200kHz	每次作业前现场比测校正

5.2.2　设备操作授权

无人机操作员需持有 AOPA认证证书；水下设备作业人员需具备潜水员资格证。

5.3　技术设计书编制

5.3.1　内容要求

技术设计书应包含：

a)　生态要素分类方案；

b)　测绘精度设计表（明确平面/高程限差）；

c） 采样密度计算公式，见公式（1）：

$$N = \frac{A \cdot K}{S} \quad (1)$$

式中：

N——采样点数；

A——区域面积（公顷）；

K——复杂度系数（1.0~2.5）；

S——单点代表面积（默认1公顷）。

5.3.2 审批流程

审批流程包括项目组编制、技术负责人审核、生态专家评审、主管部门备案。

5.4 测绘基准建立

5.4.1 控制网布设

每10平方公里布设≥3个 生态控制点（等级不低于C级GPS点）。

控制点标志要求：采用不锈钢材质，埋设深度≥1.5m，顶端刻十字丝。

5.4.2 坐标系转换

非CGCS2000坐标数据需使用七参数转换模型，残差中误差≤0.05m。

6 测绘技术要求

6.1 通用规定

6.1.1 测绘成果平面位置中误差限值按附录 B 执行，植被覆盖区高程测量可放宽至 1.5 倍限差。

6.1.2 遇下列情况需采用冗余观测：

a） 坡度≥25°区域；

b） 水体边界波动带；

c） 珍稀植物群落核心区。

6.2 分项技术要求

6.2.1 地形地貌测绘

地形地貌测绘见表3。

表 3 测绘要素表

要素	方法组合	关键参数
微地形	无人机LiDAR+地面RTK校验	点云密度≥50点/m²，高程插值间距≤0.2m
地表裸露率	多光谱影像解译+实地验证	裸露斑块识别精度≥90%
侵蚀沟	三维激光扫描+横断面测量	横断面间距≤10m，沟深测量误差≤3cm

6.2.2 植被覆盖测绘

植被覆盖测绘包括：

a） 分类体系：采用生态要素编码（如灌木林编码 VEG203）；

b） 精度控制要求：乔木层 Pc≥90%，草本层 Pc≥85%；

c） 样方布设：每 5 公顷至少 1 个 20m×20m 验证样方。

6.2.3 水体测绘

水面边界：GNSS RTK沿岸测量+无人船动态跟踪（采样间隔≤2s）；

水下地形：单波束测深仪（湖库）或多波束（河道），测线布设满足公式（2）计算结果：

$$D=K\cdot H \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

D为测线间距(m)；

K为系数（平静水域取5，急流区取2）；

H为平均水深(m)。

6.2.4 土壤测绘

采用网格分层采样法：

a) 表层土（0-20cm）：采样密度≥3 点/公顷；

b) 深层土（>50cm）：钻孔岩芯保存，按照 LY/T 1210 相关规定分析容重/有机质。

7 监测方案设计

7.1 设计原则

7.1.1 差异化设计：

差异化设计见表7。

表 4 差异化项目表

项目类型	监测重点	技术手段
矿山生态修复	边坡稳定性、重金属迁移	微震监测+土壤淋溶实验
湿地恢复	水文连通性、水生生物多样性	水位传感器+eDNA监测
河道生态治理	水文连通性、河床演变	ADCP流速仪+三维地形扫描
森林生态恢复	碳汇增量、生物多样性	通量塔+eDNA生物采样
注1：湿地监测中eDNA采样需遵循《水生态监测技术指南 河流水生生物监测与评价》（HJ 1295-2023）。 注2：矿山微震监测按《岩土工程监测规范》（YS/T 5229-2019）执行。		

7.1.2 经济性原则：优先选用 物联网自动监测站（数据回传周期≤1 小时）。

7.2 监测指标体系

7.2.1 结构性指标

结构性指标见图2。

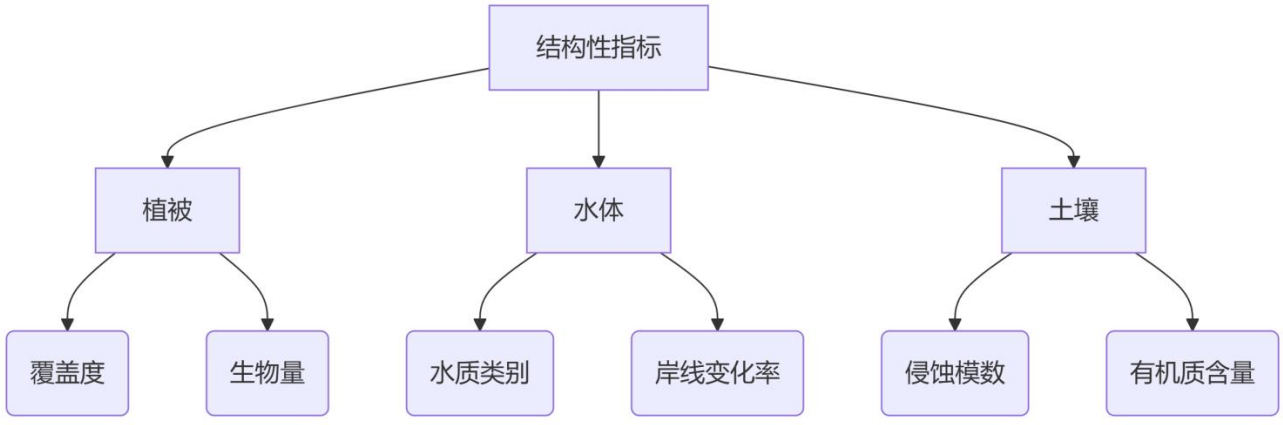

图 2 结构性指标图

7.2.2 功能性指标

功能性指标见表5。

表 5 功能性指标

指标	监测方法	精度要求
固碳速率	光合作用仪+CO_2通量塔	日数据完整率≥90%
水土保持效益	径流小区+侵蚀针阵列	泥沙量测量误差≤5%
生境质量指数	MaxEnt模型+红外相机捕获率	AUC值≥0.8

7.3 监测频率

7.3.1 基础频率：

a) 建设期：每月 1 次（暴雨后 24 小时内加测）；
b) 验收后 3 年内：季度 1 次（4/7/10/1 月）；
c) 第 4 年起：年度 1 次（植被生长期）。

7.3.2 动态调整规则按照公式（3）计算调整：

$$T_{adj} = T_0 \cdot e^{(-0.2 \cdot |\Delta E|)} \quad (1)$$

式中：

T_{adj}为调整后频率(次/年)；

T_0为基础频率；

ΔE为上期生态弹性指数变化绝对值。

7.4 监测网络布设

7.4.1 地面传感器布点

按 Voronoi图 划分监测单元，确保全覆盖无重叠；

其典型配置包括：

a) 土壤墒情仪（深度：0/20/50cm）；
b) 气象站（温湿度、降水、辐射）；
c) 水质多参数探头（pH/DO/浊度）。

7.4.2 遥感监测要求

遥感监测要求见表6。

表 6 遥感监测要求

平台	分辨率	适用场景
卫星	≤2m（光学）	大区域植被动态
无人机	≤5cm（多光谱）	工程扰动边界精细识别
近地遥感	叶冠尺度	病虫害胁迫监测

8 监测实施与数据采集

8.1 实施准备

8.1.1 人员资质：

a) 野外作业组需包含 1 名注册测绘师+1 名生态工程师；
b) 特种设备操作员持证率 100%（如潜水证/AOPA 无人机证）。

8.1.2 设备校验流程按照以下步骤执行：

a) 设备出库校验；
b) 现场比测校正；
c) 数据采集；
d) 入库复检。

8.2 数据采集技术

8.2.1 非干扰式采集

非干扰式采集见表7。

表 7 非干扰式采集表

对象	技术方法	参数控制
野生动物	红外相机网格	相机间距≤500m，曝光间隔≤2s
水生生物	eDNA水样采集	采样体积≥2L，过滤孔径0.22μm
夜间生态	夜光遥感+声纹记录仪	声纹采样率≥44.1kHz

8.2.2 原位监测

土壤呼吸：采用 Li-8100A土壤碳通量系统，测量前静置30分钟；
水质指标：原位探头需每30分钟自动冲洗，避免生物膜附着。

8.3 数据质量控制

8.3.1 数据有效性规则

数据有效阈值按照表8处理。

表 8 数据有效阈值处理表

数据类型	有效阈值	异常处理
传感器时序	数据缺失率≤5%	启动冗余设备补测
遥感影像	云量覆盖率≤10%	15日内重飞/重购
实验室样本	平行样相对偏差≤15%	重新采样分析

8.3.2 元数据记录要求

应按照DB32/T 4515-2023相关规定执行，每批次数据需包含：
a) 采集时间（精确到秒）；
b) 地理坐标（CGCS2000，精度 0.1m）；
c) 环境参数（气温/湿度/天气状况）；
d) 操作人员签名。

8.4 特殊环境作业

8.4.1 湿地/沼泽区：
a) 使用气垫船或浮筒式无人机平台；
b) 设备防水等级≥IP68。

8.4.2 陡坡/危险区：
a) 布设无线传感器网络（WSN），人工巡检距离≥50m；
b) 配备北斗应急通讯终端。

9 数据处理与分析

9.1 数据预处理

9.1.1 空间数据：
a) 坐标系强制转换至 CGCS2000（使用七参数模型，残差≤0.05m）；

b） 地形数据需进行植被穿透校正（LiDAR 点云适用）。

9.1.2 属性数据：

a） 建立生态要素编码映射表；

b） 缺失值填充：时序数据用三次样条插值，空间数据用克里金插值。

9.2 专项分析技术

9.2.1 变化检测分析

变化检测分析见表9。

表 9 变化检测分析表

对象	方法	精度要求
植被覆盖	NDVI差值法+面向对象分类	变化图斑最小面积≥0.1公顷
地形演变	DEM of Difference (DoD)	高程变化阈值≥0.1m
水体动态	水体质心追踪+岸线变迁分析	位移检测灵敏度≤1m

9.2.2 生态效应评估

生态效应和水土保持效益可按照碳汇计算模型以及水土保持效益公式进行评估。

水土保持效益公式：

$$R_S = 1 - \frac{E_{\text{post}}}{E_{\text{pre}}} \times 100\% \cdots\cdots (1)$$

式中：

R_S为水土保持效益；

E为侵蚀模数（t/km² • a）。

9.3 阈值预警

9.3.1 建立三级预警机制

三级预警机制见表10。

表 10 预警分级表

级别	触发条件	响应动作
黄色	单项指标变化≥历史均值20%	数据复核+人工验证
橙色	连续2期超阈值或ERI下降>0.3	加密监测+专题分析
红色	突发性生态退化（如滑坡、污染）	暂停施工+启动应急预案

10 成果编制与质量控制

10.1 成果体系

10.1.1 必交成果清单

必交成果清单包括：

a） 生态本底图集（比例尺≥1:2000），含地形、植被、土壤、水文 4 类专题图；

b） 监测报告系列，见表 11；

c） 数据库成果：

1） 时空数据库（Geodatabase 格式）；

2） 元数据文件（ISO 19115 标准）。

表 11 监测报告类型表

类型	内容要求
季报/年报	指标动态+阈值预警+归因分析

效果评估报告	修复前后对比+ERI指数计算+达标率统计

10.2 编制规范

10.2.1 图件制作

图例应按GB/T 20257.1自然要素符号绘制；
动态变化图应用热力图梯度色带表示（红-黄-绿表示负向-稳定-正向变化）。

10.2.2 报告文本

报告文本必须包含：
a) 封面与签署页；
b) 执行摘要；
c) 监测指标动态分析；
d) 生态弹性评估；
e) 阈值预警响应；
f) 附件要求：
1) 质量控制记录表（含设备检定证书编号）；
2) 元数据清单（ISO 19115 标准）；
3) 阈值突破事件佐证材料（如滑坡影像）。

10.3 质量控制

10.3.1 三级检核制度

三级检核制度见图3。

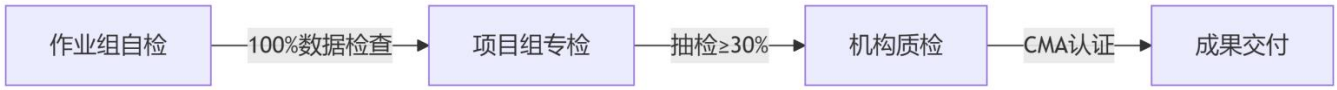

图 3 三级检核制度图

10.3.2 精度指标

精度指标见表12。

表 12 精度指标

成果类型	允许误差	检验方法
数字高程模型	高程中误差≤0.1m	野外RTK抽查≥5点/km²
植被分类图	Kappa系数≥0.85	混淆矩阵+独立样点验证
监测数据	实验室平行样偏差≤10%	GB/T 27417-2017

10.4 成果归档

电子数据：双重备份（本地服务器+云存储）；
纸质报告：蓝色硬质封面，保存期限≥项目寿命+10年；
元数据：包含数据溯源链（采集人-处理人-审核人-时间戳）。
注：监测原始数据保存应满足 DB41/T 2316-2022的相关要求。

11 安全管理与环境保护

11.1 安全责任体系

11.1.1 实行三级安全责任制，具体流程见图 4：

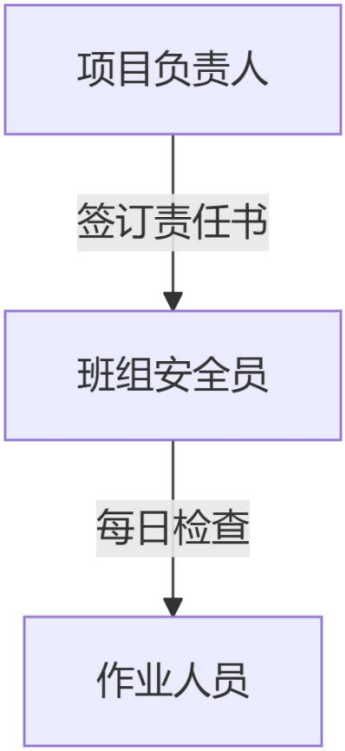

图 4 三级安全责任制流程图

11.1.2 安全培训要求：

a) 全员每年培训≥8 学时；

b) 高风险作业（陡坡/深水）需专项考核认证。

11.2 作业安全控制

11.2.1 区域风险分级管控

区域风险分级管控见表13。

表 13 区域风险分级管控表

风险等级	判定条件	管控措施
Ⅰ类（红）	坡度>45° 或水深>3m	禁止人工作业，改用无人机/无人船
Ⅱ类（橙）	野生动物出没区/地质灾害隐患点	双人作业+北斗应急终端
Ⅲ类（黄）	常规野外环境	配备急救包+岗前风险告知

11.2.2 设备安全操作

无人机：

a) 禁飞区提前报备（军用/机场/核电站 5km 内）；

b) 风力≥5 级时停止飞行。

水下设备：

a) 流速>1.5m/s 时启用锚定系统；

b) 裸露电缆绝缘电阻≥10MΩ（每日检测）。

11.3 生态环境保护

11.3.1 最小干扰原则：

a) 植被区布设控制点采用 无桩标志（喷涂可降解涂料）；

b) 动物繁殖期（3-5 月）关闭设备提示音及闪光灯。

11.3.2 污染防控

污染防控见表14

表 14 污染防控表

污染类型	控制要求
化学污染	禁止使用铅酸电池，改用锂电
生物污染	设备进出场需消毒（参照HJ 869）
噪声污染	声源设备≤45dB（距栖息地100m）

11.4 事故应急响应

11.4.1 预案编制

必须包含：

a) 人员伤亡处置流程（含就近医院坐标）；

b) 生态破坏紧急修复方案（如油污吸附剂喷洒）；

c) 数据泄露报告机制（2 小时内报自然资源主管部门）。

11.4.2 应急物资储备

应急物资储备见表15。

表 15 应急物资储备表

场景	物资清单	最低配置
人员救援	卫星电话、急救药箱、担架	每班组1套
生态应急	围油栏、吸附棉、植物修复菌剂	项目基地常备
数据安全	离线备份硬盘、加密U盘	双份异地存储