

ICS 65.020.01

B 65

CSF

团 体 标 准

T/CSF 007-2021

人工林生长及环境因子物联网监测 数据采集技术要求

**IoT based information collection technical requirement for growth and
environmental factors of forest plantation**

2021-10-13 发布

2021-10-13 实施

中 国 林 学 会 发 布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 物联网部署	3

全国团体标准信息平台

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。

本文件由中国林业科学研究院资源信息研究所提出。

本文件由中国林学会归口。

本文件起草单位：中国林业科学研究院资源信息研究所、北京林业大学、福建农林大学、广西林业勘测设计院、盈创星空（北京）科技有限公司。

本文件起草人：于新文，张旭，范东璞，邓广，赵燕东，郑一力，刘健，余坤勇，张伟，欧阳萱，李轩。

人工林生长及环境因子物联网监测数据采集技术要求

1 范围

本文件规定了人工林生长与环境因子物联网监测数据采集时物联网网关、传感器节点和传感器部署安装的技术要求。

本文件适用于人工林生长与环境因子物联网监测数据采集。

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 26423-2010 森林资源术语

GB/T 30363-2013 森林植被状况监测技术规范

GB/T 30269.2-2013 信息技术 传感器网络 第2部分：术语

GB/T 38624.1-2020 物联网 网关 第1部分：面向感知设备接入的网关技术要求

GB/T 7665-2005 传感器通用术语

GB/T 33776.603-2017 林业物联网 第603部分：无线传感器网络组网设备通用规范

QX/T 45-2007 地面气象观测规范 第一部分：总则

QX/T 61-2007 地面气象观测规范 第17部分：自动气象站观测

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

人工林 forest plantation

由人工直播（条播或穴播）、植苗、分殖或扦插造林形成的森林。

[来源：GB/T 26423-2010, 6.18]

3.2

森林资源监测 forest resources monitoring

根据森林资源经营管理和生态建设、科学研究等的需要，采用相应的技术方法和标准，按照确定的时空尺度，在特定范围内对森林资源分布、数量、质量的动态变化以及相关的自然和社会经济条件等数据进行采集、统计、分析和评价的工作。

[来源：GB/T 26423-2010, 7.21]

3.3

样地 sample plot

以随机或系统抽样方法抽取的用以推算森林资源的数量和质量的地块单元。根据保存时间、调查方法、样地形状等的不同，样地可划分为不同类型。按保存时间分为固定样地和临时样地；按调查方法分为目测样地和实测样地；按抽样单元的样地数量分为单个样地和群团样地；按样地形状分为方形样地、菱形样地、角规样地、带状样地和复合样地。

[来源：GB/T 30363-2013, 3.2]

3.4

标准地 standard plot

按规定要求选择的具有典型代表性的一定面积的地块单元。

[来源：GB/T 30363-2013, 3.3]

3.5

平均木 average tree

林分内具有平均直径和平均高的林木。

[来源：GB/T 26424-2010, 3.9]

3.6

传感器 sensor

能感受被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成。

[来源：GB/T 7665-2005, 3.1.1]

3.7

无线传感（器）网（络） wireless sensor network

利用传感器网络节点及其它网络基础设施，通过无线连接方式对物理世界进行信息采集并对采集的信息进行传输和处理，为用户提供服务的网络化信息系统。

[来源：GB/T 33776.603-2017, 3.4]

3.8

物联网 internet of things

通过感知终端，按照约定协议，连接物、人、系统和信息资源，实现对物理和虚拟世界的信息进行处理并做出反应的智能服务系统。

[来源：GB/T 36951-2018, 3.1.1]

3.9

林业物联网 forestry internet of things

在森林、湿地、荒漠化和沙化等环境中，通过感知设备，按照约定的协议，进行物与物之间的信息

交换和通信，实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理等功能的系统。

[来源：LY/T 2413.2-2015，3.1.1]

3.10

感知终端 sensing terminal

能对物或环境进行信息采集和/或执行操作，并能联网进行通信的装置。

[来源：GB/T 36951-2018，3.1.2]

3.11

传感（器）节点 sensor node

在传感器网络中，能够进行采集，并具有数据处理、组网和控制管理的功能单元。

[来源：GB/T 30269.2-2013，2.1.3]

3.12

物联网网关 internet of things gateway

具有数据存储能力、计算能力和协议转换能力等，可通过北向接口与应用平台建立通信连接和通过南向接口与感知控制设备进行通信的实体。

[来源：GB/T 38624.1-2020，3.1]

3.13

监测点 monitoring spot

同一个传感器节点所控制的监测范围。

3.14

监测场 monitoring field

采用相同物联网通信协议组网连接在一起的所有监测点所覆盖的监测区域。

3.15

监测区 monitoring area

同一林业局（林场）管理范围内所有监测场的统称。

3.16

单因子传感器节点 single element sensor node

只采集单一因子的传感器节点。

3.17

多因子传感器节点 multiple elements sensor node

可采集多种因子的传感器节点。

4 物联网部署

人工林生长与环境因子物联网监测系统的层次结构是由监测区、监测场和监测点构成。1个监测点

可由 1 个单因子或多因子传感器节点构成。1 个监测场可以由 1 个或多个监测点构成。1 个监测区可由 1 个或多个监测场构成。人工林生长和环境因子采集物联网系统物理结构是由网关、传感器节点、传感器组成，传感器节点间能够通过自组织方式构成网络。传感器采集数据可被多个节点接收，经过多跳后汇聚至网关节点，由网关节点集中上传至数据中心。

4.1 传感器安装

4.1.1 传感器种类

林木生长监测传感器主要包括单木直径测量传感器、活立木树干水分传感器、林分郁闭度测量传感器。土壤参量传感器包括土壤剖面水分传感器、土壤温度传感器、土壤电导率传感器、土壤紧实度传感器、土壤 pH 传感器等。

4.1.2 林木生长传感器安装

a) 用于单木生长监测

选择目标树进行安装，单木直径测量传感器应安装在目标树树干 1.3 m 高度处（更详细的要求参照 LY/T 2249-2014, 4.2.1.3 胸径标记和测定）。

活立木树干水分传感器可安装在单木直径传感器的上方或下方，不超过 10 cm 处。该传感器分为插针式和无损式两类，具体安装方法如下：

1) 插针式：安装时需事先定位安装孔，若树木直径较小，传感器安装孔应垂直树干切面排布。定位后，选用 M3.5 的钻头进行打孔，打孔深度应与探针深度一致。打孔后，利用橡胶锤将传感器探针敲入孔中，敲击时注意上下均匀敲击，将传感器探针垂直敲入树中，直到探针的 2/3 部分没入树干中。此时，需对传感器探针根部进行防水处理，可使用防水泡沫胶均匀喷在探针根部，之后再利用橡胶锤将传感器探针完全敲入孔中即可。注意同一株树需要安装多个传感器时，传感器应在水平和垂直方向错开位置，避免安装在树干的同一方向。

2) 无损式：无损式传感器安装时只需通过拧动探测环上的松紧螺柱，使探测环贴近树干同时将传感器固定在树干上即可。传感器固定完成后，还需要使用铝膜对其进行包裹处理。取用铝膜的宽度应至少大于传感器高度 10 cm。进行铝膜包裹时，传感器上部铝膜用胶带粘紧，下部无需胶带粘贴固定。

b) 用于林分生长监测

应先按照规程设置标准地或样地，并建立本底调查记录。

生长测量传感器应在标准地/样地内选择 3 株胸径平均木、胸径 ± 1 倍标准差样木 3 株，胸径 ± 2 倍标准差样木 3 株进行安装，能够反映整个样地林分的平均情况。

林木生长传感器在平均木/样木上安装时，按照单木生长测量传感器安装要求进行安装。

c) 林分郁闭度感知终端

应在标准地/样地内设置林分郁闭度感知终端。宜在标准地/样地中心及 1/4 对角线位置共 5 个点安装林分郁闭度感知终端进行测定。

在各测定安装时，使设备水平器居中安置即可测定，位置高度 1.0~1.3 m 均可。

4.1.3 土壤传感器安装

a) 土壤剖面水分传感器

土壤剖面水分传感器的安装需使用专业的安装工具（标准取土钻头）进行安装。安装前需在地面固定三脚架，以确保钻头垂直钻入地面。根据安装深度选择合适的钻杆、T型手柄和取土钻头等，注意需根据安装深度在土钻捣棒上进行标记（预留长度 20 cm）。安装时持续钻土并及时清理钻头土壤，直到捣棒上的标记与三脚架的顶部处于同一水平位置，即可在孔中部署土壤剖面水分传感器。

b) 土壤电导率传感器

事先应在人工林标准地内选择合适的安装地点及安装深度，并挖出 $0.4\text{m} \times 0.4\text{m} \times h\text{m}$ （ h 为安装深度）的立方体土坑（安装面需为坑体侧壁，要求较为平整）。安装传感器时需注意垂直安装面插入与地面保持水平，直到传感器探针完全没入侧壁为止。最后进行土壤回填后即完成安装。

c) 土壤 pH 传感器

安装要求同 b) 土壤电导率传感器。

d) 土壤紧实度传感器

土壤紧实度传感器为便携式传感器，测量时需测量人员手持握柄，垂直匀速压入土体，并根据显示屏上的测量结果记录数据。

4.1.4 森林气象观测

4.1.4.1 观测内容

观测设备应能够观测包括空气温湿度、气压、风速、风向、光照、日照时数、辐射、 CO_2 （层深度：20 cm/30 cm）、降雨量等在内的环境要素。

4.1.4.2 森林气象观测方法

按照 QX/T 45 和 QX/T 61 标准执行。

4.2 传感器节点部署

4.2.1 传感器节点位置

传感器节点部署位置应选择代表该林分不同典型特征的区域，如坡位特征可选上、中、下部。避免设置在林分边缘。

监测场内设置有标准地或样地时，标准地或样地内至少应设置 1 个传感器节点。

4.2.2 传感器节点部署

4.2.2.1 天线部署

传感节点天线应优先选择部署在树干中部—树冠高度之间，不低于 1.5 m，避免部署在地表植被层和冠层植被比较密集的部位。

当测量林分垂直结构时，传感器需要在垂直方向上部署，此时传感节点与传感器的连线可以考虑延长馈线，保证传感节点（天线）能够部署在树干范围。

4.2.2.2 传感节点单元部署

a) 海拔高度

传感节点水平部署时优先选择相同海拔高度、相同坡向的位置，避免地形变化对通信影响。传感节点位置的海拔高度变化范围控制在 20%以下。

b) 坡位坡向

两个传感节点部署时应优先选择相同坡位、相同坡向部署。传感器节点确需部署到坡背面时，节点间距离应不超过 250 m。海拔高度变化不超过 5%。

c) 通信距离

传感节点与网关之间或传感节点与节点之间应控制适当的距离，不大于 1000 m。

4.2.2.3 中继节点部署

当采用网状网结构时，应部署中继节点。中继节点应部署在区域制高点。

4.3 物联网网关部署

4.3.1 单/多网关确定原则

人工林环境最大通信距离为 R ，则 1 个网关的通信覆盖面积为：

$$S = \pi R^2$$

当监测场面积 $\leq S$ ，只需要部署单个网关。

当监测场面积 $> S$ ，则需要部署多个网关。

4.3.2 单网关部署

单个网关部署时，网关部署应选择监测区域内制高点，且具有良好的公网（4 G/5 G）信号覆盖。网关天线应安装在相对网关位置之上不低于 1.5 m 的高度。

4.3.3 多网关部署

4.3.3.1 网关部署结构

多个网关部署应按照正六边形部署原则进行部署。

正六边形部署的通信覆盖无缝拓扑结构如图 1 所示。

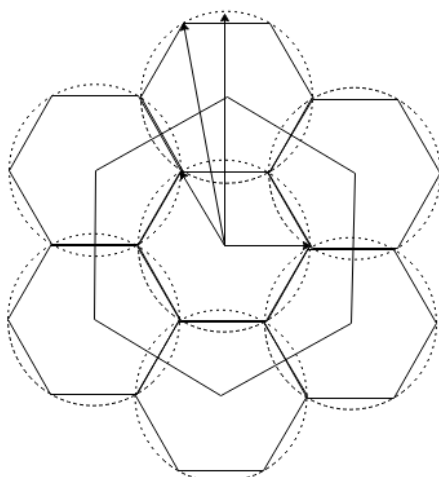


图 1 正六边形蜂窝部署

图 1 中传感器网络网关节点是每个圆的圆心，圆代表以最大通信距离 R 为半径的辐射圆。每个辐射圆的面积都充分利用，这样监测区域就能够实现无缝覆盖。而每个圆的内接正六边形可以形成一个无重复覆盖蜂窝网络结构，称为正六边形部署。

4.3.3.2 网关节点覆盖面积

如以最大通信距离 R 为圆形半径，则：内接正六边形面积为： $S = \frac{3\sqrt{3}}{2}R^2$ 。

由图 1，一个部署单元共有 7 个正六边形，则一个完整的正六边形部署单元的面积为

$$S = \frac{21\sqrt{3}}{2}R^2$$

4.3.3.3 多网关部署

根据监测区面积，可计算出需要部署的网关数量。

2 个网关的部署，按照两个圆的内接正六边形的一条边相连的方式进行部署，如图 2 所示，其中圆的半径 R 为最大通信距离，A、B 分别为 2 个网关的部署位置。

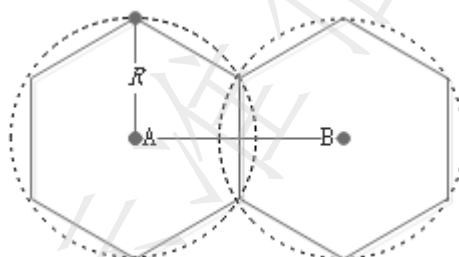


图 2 两个网关的部署情况

3 个网关的部署，按照 3 个内接正六边形中心形成等边三角形的形式部署，如图 3 所示，圆的半径 R 为最大通信距离，A、B、C 分别为三个网关的部署位置。

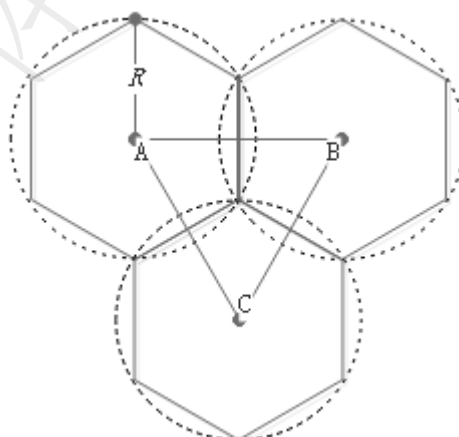


图 3 三个网关的部署情况

其他多个网关的部署类似，按照正六边形部署方式向外扩展即可。