

ICS 00.000

CCS 0 00



团 标 准

T/CEATEC XXX—2025

10KV 柱上变压器高效节能技术规范

Technical specification for high efficiency and energy saving of 10KV

pole-mounted transformers

(征求意见稿)

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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 原理与流程	2
4.1 高效节能原理	2
4.2 全流程管控流程	2
5 技术要求	3
5.1 材料与制造工艺	3
5.2 基本性能要求	3
5.3 智能控制特性	4
5.4 环境适应性	4
5.5 安全与可靠性	4
5.6 辅助系统要求	5
6 试验	5
6.1 材料与制造工艺验证	5
6.2 基本性能试验	5
6.3 智能控制功能测试	6
6.4 环境适应性试验	6
6.5 安全可靠性测试	6
7 操作制度	7
7.1 安装操作要求	7
7.2 运行操作要求	7
7.3 维护操作要求	7
8 节能评价	7
8.1 评价指标	7
8.2 评价方法	8
8.3 评价报告	8
9 标志、包装、运输、贮存	8
9.1 标志	8
9.2 包装	8
9.3 运输	9
9.4 贮存	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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

10KV 柱上变压器高效节能技术规范

1 范围

本文件规定了10KV柱上变压器高效节能产品的术语与定义、原理与流程、技术要求、试验方法、操作制度、节能评价及标志、包装、运输、贮存要求。

本文件适用于10KV电压等级、额定容量为30kVA~2000kVA的油浸式和干式柱上变压器的设计、制造、检验、运行维护及推广应用；不适用于特殊环境（如核设施、矿山井下）专用10KV柱上变压器。

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 191 包装储运图示标志
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 1094.1 电力变压器 第1部分：总则
- GB/T 1094.2 电力变压器 第2部分：温升
- GB/T 1094.3 电力变压器 第3部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙
- GB/T 1094.10 电力变压器 第10部分：声级测定
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 2536 电工流体 变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 20052 三相配电变压器能效限定值及能效等级
- GB/T 20438.1 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第1部分：一般要求
- GB/T 20438.2 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第2部分：电气/电子/可编程电子安全相关系统的要求
- GB/T 20438.3 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第3部分：软件要求
- GB/T 22072 干式电力变压器技术参数和要求
- GB/T 23156 包装 包装与环境 术语
- JB/T 4730.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测
- JB/T 10088 6kV~500kV级电力变压器声级
- DL/T 572 电力变压器运行规程
- DL/T 724 电力变压器油中溶解气体在线监测装置技术条件
- ISO 3448 工业用液体润滑剂ISO黏度分类
- ISO 4406 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号

3 术语和定义

GB/T 1094.1、GB/T 20052界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3. 1

10KV 柱上变压器 10KV pole-mounted transformer

安装于户外电杆上，额定电压为10KV，用于将10KV高电压转换为0.4KV等低压等级，为周边居民、商业或工业用户提供电力供应的配电变压器，分为油浸式和干式两种结构类型。

3. 2

高效节能技术 high-efficiency and energy-saving technology

通过采用低损耗核心材料（如非晶合金铁芯、高导电无氧铜绕组）、优化磁路与电路结构、集成智能负荷调节与无功补偿功能等方式，实现变压器空载损耗、负载损耗显著降低，能源利用效率与运行经济性大幅提升的一系列技术的总称。

3. 3

智能监测模块 intelligent monitoring module

集成温度、电流、电压、负荷等多参数传感器，具备数据采集、实时分析与通信传输功能，可实现变压器运行状态远程监控与异常预警的组件。

3. 4

低露点除湿系统 low dew point dehumidification system

用于控制变压器运行环境湿度，避免绝缘受潮的辅助系统，通常与油浸式变压器的油箱呼吸阀或干式变压器的外壳配套，确保设备内部露点温度 $\leq -40^{\circ}\text{C}$ 。

3. 5

节能评价指标 energy-saving evaluation index

衡量10KV柱上变压器节能效果的核心参数，包括能效值（空载损耗、负载损耗）、年节电率、全生命周期能耗成本等。

4 原理与流程

4. 1 高效节能原理

10KV柱上变压器的高效节能通过“材料降损+结构优化+智能调控”三重机制实现。

4. 1. 1 材料降损

采用非晶合金或35H级以上高导磁硅钢片制作铁芯，降低磁滞损耗与涡流损耗；采用无氧铜绕组提升导电效率，减少铜损。

4. 1. 2 结构优化

通过多级步进搭接铁芯工艺优化磁路，降低磁阻；采用紧密绕制绕组工艺减少漏磁，降低负载损耗；油浸式变压器配置片式散热器与余热回收装置，干式变压器优化风冷结构，降低散热能耗。

4. 1. 3 智能调控

集成负荷自适应调节功能，轻载时（负荷率 $\leq 30\%$ ）自动降低励磁电流，减少空载损耗；配套无功补偿组件，改善功率因数，降低线路损耗。

4. 2 全流程管控流程

10KV柱上变压器从生产到运行的高效节能全流程管控包括以下环节。

4. 2. 1 设计阶段

依据本文件技术要求确定核心材料选型（如铁芯、绕组材料）、结构参数（如铁芯叠片系数、绕组直流电阻不平衡率）及智能模块配置。

4. 2. 2 生产阶段

按工艺要求完成铁芯叠装、绕组绕制、油箱焊接（油浸式）或外壳封装（干式），同步开展材料性能与工艺质量验证。

4.2.3 检验阶段

通过出厂检验与型式检验，验证设备基本性能、智能控制功能、环境适应性及安全可靠性是否符合要求。

4.2.4 安装阶段

按操作制度完成设备吊装、接线与智能模块调试，确保散热系统、通信模块正常运行。

4.2.5 运行阶段

通过智能监测模块实时采集运行参数，开展能耗统计与节能评价，定期执行维护操作，保障设备长期高效运行。

5 技术要求

5.1 材料与制造工艺

5.1.1 核心材料要求

5.1.1.1 铁芯材料

采用非晶合金或35H级及以上高导磁硅钢片，在1.5T、50Hz条件下铁损值≤1.0W/kg。

5.1.1.2 绕组导线

采用无氧铜材料，导电率≥98%，抗拉强度≥240MPa，表面无氧化、划痕等缺陷。

5.1.1.3 绝缘油（油浸式）

符合GB/T 2536的规定，击穿电压≥35kV（2.5mm间距），水分含量≤10mg/kg。

5.1.1.4 绝缘材料（干式）

采用F级及以上环氧浇注材料，氧指数≥30%，耐温范围≥155°C，体积电阻率≥ 1×10^{14} Ω·cm（20°C时）。

5.1.1.5 外壳材料

采用Q235B及以上防腐钢板（油浸式）或SMC复合材料（干式），厚度≥3mm，表面采用静电喷塑处理，涂层厚度≥60 μm。

5.1.2 制造工艺要求

5.1.2.1 铁芯叠装

采用多级步进搭接工艺，叠片系数≥0.96，铁芯接缝处间隙≤0.1mm，铁芯整体紧固度偏差≤2mm。

5.1.2.2 绕组绕制

采用紧密绕制工艺，导线排列整齐，绝缘包扎均匀，同相绕组直流电阻不平衡率≤2%，异相绕组直流电阻不平衡率≤4%。

5.1.2.3 油箱焊接（油浸式）

采用自动埋弧焊工艺，焊缝100%按JB/T 4730.2进行射线检测，合格级别不低于Ⅱ级，无渗漏油现象（气压试验0.03MPa，保压30min压降≤0.005MPa）。

5.1.2.4 设备外壳防护层

通过1000h中性盐雾试验（GB/T 10125），表面无红锈，涂层剥落面积≤5%。

5.2 基本性能要求

10KV柱上变压器的基本性能应满足表1的要求。

表1 基本性能要求

项目	油浸式变压器要求	干式变压器要求
空载损耗	符合 GB/T 20052 1 级能效，比 2 级降低≥15%	符合 GB/T 20052 1 级能效，比 2 级降低≥15%
负载损耗 (额定负载下)	符合 GB/T 20052 1 级能效，比 2 级降低≥10%	符合 GB/T 20052 1 级能效，比 2 级降低≥10%

短路阻抗	30kVA~630kVA:4%~6%;800kVA~2000kVA:6%~8%	30kVA~630kVA:4%~6%;800kVA~2000kVA:6%~8%
电压调整率	额定负载、 $\cos \phi=0.8$ 时, $\leq 2.5\%$	额定负载、 $\cos \phi=0.8$ 时, $\leq 2.5\%$
绝缘电阻	高压对低压及地 $\geq 3000M\Omega$; 低压对高压及地 $\geq 1000M\Omega$	高压对低压及地 $\geq 2000M\Omega$; 低压对高压及地 $\geq 800M\Omega$
声级水平	$\leq 55dB(A)$	$\leq 50dB(A)$
温升限值	顶层油温 $\leq 60K$; 绕组 $\leq 65K$	绕组 $\leq 80K$

5.3 智能控制特性

5.3.1 数据监测与传输

5.3.1.1 监测参数

应实时采集三相电压（范围0~12kV）、三相电流（范围0~额定电流1.2倍）、油温（油浸式，-40℃~120℃）/绕组温度（干式，-40℃~150℃）、负荷率（0%~120%）、功率因数（0.5~1.0），采样频率 ≥ 1 次/秒，测量误差 $\leq \pm 1\%$ 。

5.3.1.2 通信功能

支持RS485/Modbus或4G/5G通信协议，数据传输成功率 $\geq 99.5\%$ ，延迟时间 $\leq 3s$ ；本地存储容量 ≥ 30 天历史数据，支持USB导出与远程调取。

5.3.1.3 异常预警

当监测参数超出阈值（如油温 $\geq 95^\circ C$ 、负荷率 $\geq 110\%$ ）时，应在1s内发出声光报警，并推送报警信息至后台系统。

5.3.2 智能调控功能

5.3.2.1 负荷自适应调节

轻载状态（负荷率 $\leq 30\%$ ）下，空载损耗降低 $\geq 20\%$ ；重载状态（负荷率 $\geq 80\%$ ）下，自动优化绕组电流分布，负载损耗降低 $\geq 5\%$ 。

5.3.2.2 无功补偿

配套智能无功补偿模块，补偿容量0~50kvar，功率因数调节至 ≥ 0.95 。

5.3.2.3 远程控制

支持后台系统远程启停、参数设置（如报警阈值）与故障复位，控制指令执行响应时间 $\leq 10s$ 。

5.4 环境适应性

5.4.1 温度范围

设备工作温度范围为-40℃~+60℃，存储温度范围为-50℃~+70℃，在极端温度条件下仍能正常运行，性能参数变化率 $\leq 5\%$ 。

5.4.2 湿度耐受

在40℃、95%相对湿度（无冷凝）环境中持续运行96h，绝缘电阻下降幅度 $\leq 20\%$ ，无电气故障。

5.4.3 防护等级

油浸式变压器外壳防护等级 $\geq IP54$ ；干式变压器外壳防护等级 $\geq IP30$ ，户外安装时应提升至IP54。

5.4.4 抗震能力

应能耐受8级地震烈度，在5~150Hz正弦扫频振动（加速度峰值2g）条件下，结构无松动、损坏，电气性能正常。

5.4.5 防腐性能

户外暴露部件使用寿命 ≥ 15 年，在工业粉尘、盐雾环境中无明显腐蚀。

5.5 安全与可靠性

5.5.1 功能安全

控制单元通过SIL2安全完整性等级认证（符合GB/T 20438.1/2/3），配置双路传感器冗余设计，主传感器故障时切换延迟 $\leq 1s$ 。

5.5.2 故障保护

具备过载（1.2倍额定电流报警，1.5倍额定电流跳闸）、短路（瞬时跳闸）、过温（油温 $\geq 105^{\circ}\text{C}$ 跳闸/绕组温度 $\geq 140^{\circ}\text{C}$ 跳闸）、过电压（1.15倍额定电压报警，1.2倍额定电压跳闸）保护功能，故障识别准确率 $\geq 99\%$ 。

5.5.3 失电保护

主电源断开后，备用电池（DC24V）驱动智能模块持续工作 $\geq 72\text{h}$ ，保障数据存储与报警功能。

5.5.4 使用寿命

正常运行条件下，设备设计使用寿命 $\geq 20\text{年}$ ，平均无故障工作时间（MTBF） $\geq 80000\text{h}$ 。

5.6 辅助系统要求

5.6.1 散热系统（油浸式）

5.6.1.1 采用片式散热器，散热面积按温升限值计算（每1kW损耗对应散热面积 $\geq 1.5\text{m}^2$ ）。

5.6.1.2 配置温控阀，油温 $\geq 50^{\circ}\text{C}$ 时自动开启散热风扇，油温 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ 时自动关闭，风扇噪声 $\leq 60\text{dB(A)}$ 。

5.6.2 除湿系统（干式）

5.6.2.1 集成低露点除湿装置，除湿后空气露点温度 $\leq -40^{\circ}\text{C}$ ，除湿量 $\geq 0.5\text{kg}/24\text{h}$ 。

5.6.2.2 湿度传感器测量误差 $\leq \pm 5\%\text{RH}$ ，当外壳内湿度 $\geq 60\%\text{RH}$ 时自动启动除湿， $\leq 40\%\text{RH}$ 时自动停止。

6 试验

6.1 材料与制造工艺验证

6.1.1 材料性能测试

6.1.1.1 铁芯铁损测试

按GB/T 3655进行，在1.5T、50Hz条件下测量铁损值，应 $\leq 1.0\text{W/kg}$ 。

6.1.1.2 绕组导线测试

按GB/T 228.1测试抗拉强度，按GB/T 3048.2测试导电率，分别满足 $\geq 240\text{MPa}$ 、 $\geq 98\%$ 要求。

6.1.1.3 绝缘油测试

按GB/T 507测试击穿电压，按GB/T 7600测试水分含量，分别满足 $\geq 35\text{kV}$ 、 $\leq 10\text{mg/kg}$ 要求。

6.1.1.4 盐雾试验

按GB/T 10125对设备外壳进行1000h中性盐雾试验，结束后检查表面腐蚀情况，应无红锈、涂层剥落面积 $\leq 5\%$ 。

6.1.2 制造工艺检测

6.1.2.1 铁芯叠片系数

通过称重法计算（叠片系数=铁芯有效体积/铁芯几何体积），应 ≥ 0.96 。

6.1.2.2 绕组直流电阻

采用直流电阻测试仪（精度 $\pm 0.5\%$ ）测量，同相不平衡率 $\leq 2\%$ ，异相不平衡率 $\leq 4\%$ 。

6.1.2.3 油箱焊缝检测

按JB/T 4730.2进行100%射线检测，合格级别不低于II级；气压试验（0.03MPa，保压30min），压降 $\leq 0.005\text{MPa}$ ，无渗漏。

6.2 基本性能试验

按表2的方法开展基本性能试验，结果应符合本文件5.2的要求。

表2 基本性能试验方法

测试项目	试验条件	测试方法
空载损耗	额定电压、额定频率，空载运行30min	采用变压器损耗参数测试仪（精度 $\pm 0.5\%$ ）测量，记录空载损耗值
负载损耗	额定电流、额定频率，短路运行30min	采用变压器损耗参数测试仪（精度 $\pm 0.5\%$ ）测量，记录额定负载下损耗值

短路阻抗	额定电流, 短路状态	测量短路电压, 按公式“短路阻抗=短路电压/额定电压×100%”计算
电压调整率	额定负载、 $\cos \phi = 0.8$	测量空载电压与负载电压, 按公式“电压调整率=(空载电压-负载电压)/负载电压×100%”计算
绝缘电阻	20°C, 断电静置 24h	采用 2500V 兆欧表(精度±5%)测量高压对低压及地、低压对高压及地的绝缘电阻
声级水平	空载运行, 环境噪声≤40dB(A)	按 GB/T 1094.10, 在距设备 1m、高度 1.5m 处取 4 个测点, 测量并计算平均值
温升试验	额定负载, 持续运行至温升稳定	按 GB/T 1094.2, 采用电阻法测量绕组温升, 采用温度计测量顶层油温温升

6.3 智能控制功能测试

6.3.1 监测功能测试

6.3.1.1 参数采集精度

模拟不同工况(如电压10kV、电流50A、油温60°C), 对比智能监测模块显示值与标准仪表(精度±0.2%)测量值, 误差≤±1%。

6.3.1.2 报警功能验证

人为设置参数超阈值(如油温96°C、负荷率111%), 观察模块是否在1s内发出声光报警, 并推送信息至后台, 报警准确率≥99%。

6.3.2 调控功能测试

6.3.2.1 负荷自适应调节

模拟轻载(负荷率20%)、重载(负荷率90%)工况, 测量空载损耗、负载损耗降低幅度, 分别满足≥20%、≥5%要求。

6.3.2.2 无功补偿测试

调整负载功率因数至0.85, 启动无功补偿模块, 测量补偿后功率因数, 应≥0.95。

6.3.2.3 远程控制测试

通过后台系统发送启停、参数设置指令, 记录响应时间, 应≤10s, 指令执行准确率100%。

6.3.3 通信与存储测试

6.3.3.1 通信稳定性

连续24h传输数据, 统计传输成功率, 应≥99.5%, 延迟时间≤3s。

6.3.3.2 数据存储

存储30天历史数据后, 断电72h, 恢复供电后检查数据完整性, 丢失率≤0.1%。

6.4 环境适应性试验

6.4.1 高低温试验

按GB/T 2423.1/2, 在-40°C (4h) → 25°C (0.5h) → 60°C (4h) → 25°C (0.5h) 循环10次, 试验后测试基本性能, 变化率≤5%。

6.4.2 湿热试验

按GB/T 2423.3, 在40°C、95%RH环境持续运行96h, 试验后测量绝缘电阻, 下降幅度≤20%。

6.4.3 振动试验

按GB/T 2423.10, 在5~150Hz正弦扫频振动(加速度2g), XYZ三轴向各30min, 试验后检查结构无松动、电气性能正常。

6.4.4 防护等级试验

按GB/T 4208, IP54等级测试(喷水试验+防尘试验), IP54等级测试后开盖检查无进水、无明显粉尘进入。

6.5 安全可靠性测试

6.5.1 功能安全验证

按GB/T 20438.2, 注入CPU死机、传感器短路故障, 检查备用系统切换时间≤1s, 安全功能正常。

6.5.2 故障保护测试

模拟过载（1.5倍额定电流）、短路（3倍额定电流）、过温（油温106℃）工况，检查保护装置动作时间≤0.1s，跳闸准确率100%。

6.5.3 失电保护测试

切断主电源，检查备用电池驱动智能模块工作时间≥72h，数据存储正常。

6.5.4 寿命加速试验

在1.2倍额定负载、60℃环境下连续运行1000h，试验后测试基本性能，损耗值变化率≤10%。

7 操作制度

7.1 安装操作要求

7.1.1 选址

安装位置应避开低洼积水区、强腐蚀环境，电杆强度满足设备重量要求（油浸式≤500kg，干式≤300kg）。

7.1.2 吊装

采用吊车或手动葫芦吊装，吊装点应位于设备指定吊耳，严禁直接吊装油箱或外壳，吊装过程中设备倾斜角度≤15°。

7.1.3 接线

高压侧采用10KV绝缘导线（截面≥25mm²），低压侧采用0.4KV电缆（截面≥16mm²），接线端子紧固力矩符合设备说明书要求（通常≥25N·m）。

7.1.4 调试

安装后调试智能监测模块，确保参数采集正常；调试散热、除湿系统，验证自动启停功能；调试通信模块，确保与后台系统连通。

7.2 运行操作要求

7.2.1 启动前检查

检查油箱油位（油浸式）、绕组绝缘电阻（干式）、接线端子紧固情况，确认无异常后合闸启动。

7.2.2 日常监测

通过智能模块实时监测运行参数，每日记录空载损耗、负载损耗、油温/绕组温度，每周检查散热、除湿系统运行状态。

7.2.3 故障处理

发生报警时，先远程查看故障类型，若为轻微异常（如负荷率超阈值），可远程调节；若为严重故障（如短路、过温跳闸），应现场断电检修，排除故障后方可重启。

7.3 维护操作要求

7.3.1 定期维护

每3个月清洁设备外壳与散热器，每6个月检查接线端子紧固度，每年检测绝缘油性能（油浸式）或除湿系统露点（干式），每2年开展一次全性能测试。

7.3.2 特殊维护

雷雨季节后，检查绝缘电阻与接地系统；高温季节前，清洗散热器、检查风扇运行状态；低温季节前，检查备用电池电量与防冻措施。

7.3.3 维护记录

建立维护档案，记录维护时间、内容、测试数据，档案保存期限≥设备使用寿命。

8 节能评价

8.1 评价指标

10KV柱上变压器的节能评价指标应包括表3中的内容。

表3 节能评价指标

评价指标	定义与计算方法	要求
能效达标率	实际空载损耗/GB/T 20052 1级能效空载损耗×100%；实际负载损耗/GB/T 20052 1级能效负载损耗×100%	均≤100%
年节电率	(传统变压器年损耗一本设备年损耗)/传统变压器年损耗×100% (传统变压器按GB/T 20052 2级能效计算)	≥12%
负载损耗降低率	(传统变压器负载损耗-本设备负载损耗)/传统变压器负载损耗×100%	≥10%
全生命周期能耗成本	设备购置成本+(年损耗×电价×使用寿命)-节能补贴(若有)，电价按0.6元/kWh计算	比传统变压器低≥15%

8.2 评价方法

8.2.1 数据采集

采集设备实际运行的空载损耗、负载损耗数据（连续监测30天，取平均值），统计年运行时间（按8760h计算）。

8.2.2 基准确定

选取同容量、同结构的传统变压器（符合GB/T 20052 2级能效）作为基准，获取其空载损耗、负载损耗参数。

8.2.3 指标计算

按表3的公式计算能效达标率、年节电率、负载损耗降低率及全生命周期能耗成本。

8.2.4 评价等级

根据计算结果将节能效果分为三级——优秀（年节电率≥15%）、良好（12%≤年节电率<15%）、合格（年节电率≥10%且<12%），评价结果应至少达到良好等级。

8.3 评价报告

节能评价完成后，应编制评价报告，内容包括：

- a) 设备基本信息（型号、容量、制造厂家、安装时间）；
- b) 数据采集方法与监测周期；
- c) 各评价指标的计算过程与结果；
- d) 节能效果等级判定；
- e) 提升节能效率的建议（如优化负荷分配、加强维护等）。

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 标志

9.1.1 设备本体应设置永久标志，内容包括：产品型号、额定容量、额定电压、额定电流、制造厂家、生产日期、产品编号、能效等级标志（符合GB/T 20052）。

9.1.2 智能模块外壳应标注通信协议类型、电源参数、报警指示灯含义。

9.1.3 包装件外表面应按GB/T 191标注储运图示标志（如“小心轻放”“防潮”“向上”），并标注设备型号、数量、毛重、外形尺寸、制造厂家及联系方式。

9.2 包装

9.2.1 设备采用木箱包装，木箱材质为松木或胶合板，厚度≥15mm，内部填充泡沫或珍珠棉（厚度≥50mm），防止运输过程中碰撞。

9.2.2 智能模块、备件（如传感器、连接线）单独包装，放入防潮袋后置于木箱内专用凹槽中。

9.2.3 包装内应随带技术文件，包括产品说明书、合格证、检验报告、安装图纸、维护手册，文件应密封在防水袋中。

9.3 运输

- 9.3.1 运输工具应清洁、干燥，无腐蚀性物质，严禁与有毒、有害、有异味物品混装。
- 9.3.2 运输过程中应固定设备，避免剧烈振动与倾斜（倾斜角度 $\leqslant 15^\circ$ ），严禁摔撞、挤压。
- 9.3.3 运输途中应避免暴晒、雨淋，高温季节（ $\geqslant 35^\circ\text{C}$ ）运输时应采取遮阳措施，低温季节（ $\leqslant -10^\circ\text{C}$ ）运输时应采取防冻措施。

9.4 贮存

- 9.4.1 设备应贮存在阴凉、干燥、通风的库房中，库房温度 $-20^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $\leqslant 70\%$ ，无腐蚀性气体、粉尘。
 - 9.4.2 设备应放置在距地面 $\geqslant 100\text{mm}$ 的垫板上，严禁露天堆放，避免靠近热源（如暖气、火炉）。
 - 9.4.3 未开箱设备贮存期限 $\leqslant 18$ 个月，开箱后未安装设备应在3个月内安装，贮存期间每月检查一次包装是否完好、有无受潮迹象，智能模块备用电池每6个月充电一次（充至满电状态）。
-