

团 体 标 准

T/CAPS XXX—202X

机载绝缘子检测机器人

Airborne insulator inspection robot

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国生产力学会 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 分类和组成 .....       | 2  |
| 5 技术要求 .....        | 2  |
| 6 试验方法 .....        | 4  |
| 7 检验规则 .....        | 7  |
| 8 标志、包装、运输和贮存 ..... | 8  |

## 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。

本文件由山东海恩德智能科技有限公司提出。

本文件由中国生产力学会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

# 机载绝缘子检测机器人

## 1 范围

本文件规定了机载绝缘子检测机器人的分类和组成、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于机载绝缘子检测机器人的研发、设计、生产、检验、验收和维护。

## 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 包装储运图形符号标志
- GB/T 2423.1—2008 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—2008 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—2016 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—2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 2900.8—2009 电工术语 绝缘子
- GB/T 2900.55—2016 电工术语 带电作业
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 4857.23—2021 包装 运输包装件基本试验 第23部分：垂直随机振动试验方法
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 12643 机器人 词汇
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3—2023 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.9—2025 电磁兼容 试验和测量技术 第9部分：脉冲磁场抗扰度试验
- DL/T 487 330kV及以上交流架空输电线路绝缘子串分布电压测量导则
- DL/T 626 劣化悬式绝缘子检测规程

## 3 术语和定义

GB/T 2900.55、GB/T 2900.8、GB/T 12643、DL/T 487及DL/T 626界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**机载绝缘子检测机器人** airborne insulator inspection robot

能够通过无人机吊装的，可以沿绝缘子串自动爬行，在带电和不带电工况下对劣化绝缘子进行检测、判断、存储、无线传输功能的自动化装置。

### 3.2

**无人机挂载机构** unmanned aerial vehicle mounting mechanism

由无人机连接件、吊装模块组成，用于无人机和机器人的连接、运输、投放的装置。

### 3.3

**绝缘子检测机器人本体** insulator inspection robot body

由可沿绝缘子串运行的移动行走机构、检测机构、控制箱、视频传输模块等组成，用于架空线路绝缘子串检测作业的装置。

### 3.4

#### 遥控器 remote control

控制组件和视频显示器组成，在地面控制和监控机器人进行绝缘子串检测作业的系统。

## 4 分类和组成

### 4.1 分类

#### 4.1.1 按机器人吊装上串方式分为：

- a) 遥控吊装上串 (M)：操作人员通过遥控器实时发送控制指令，操控无人机将机器人挂载到绝缘子串；
- b) 自动吊装上串 (A)：操作人员设定作业范围及参数后，无人机自主飞行将绝缘子检测机器人本体挂载到绝缘子串，挂载过程无需人工干预。

#### 4.1.2 按机器人检测工作原理分为：

- a) 高压冲击式 (HVS)：利用高压冲击法检测绝缘子是否劣化；
- b) 电阻式 (HVR)：通过检测绝缘子阻值大小判断绝缘子劣化程度；
- c) 分布电压式 (DV)：通过测量绝缘子电压分布和标准值比较判断绝缘子劣化程度；
- d) 超声式 (US)：通过超声回波判断绝缘子内部裂纹破损缺陷；
- e) 红外式 (IR)：通过绝缘子温度判断绝缘子劣化程度；
- f) 综合式 (SYN)：采用上述两种或两种以上方式的组合进行检测；
- g) 其他。

### 4.2 组成

4.2.1 机载绝缘子检测机器人由无人机挂载机构、绝缘子检测机器人本体、遥控器等部分组成。

4.2.2 无人机挂载机构由无人机连接件、吊装连接模块组成。

4.2.3 绝缘子检测机器人本体由移动行走机构、检测机构、控制单元、视频监控装置、供电单元等组成。

4.2.4 遥控器由控制单元、图数显示单元、通信模块、供电单元等组成。

## 5 技术要求

### 5.1 外观及结构要求

产品外观应符合以下要求：

- a) 表面不应有明显的凹痕、划伤、裂缝、变形和污渍；
- b) 表面应色泽均匀，不应有起泡、龟裂、脱落和磨损现象；
- c) 开关、操作键、指示灯应有明确标志；
- d) 产品应有铭牌和商标；
- e) 结构应坚固、紧凑且布局合理，能够承受运输、安装及检测作业过程中的振动、碰撞。所有零部件应无锈蚀、裂纹、变形或其他影响结构强度的质量缺陷；
- f) 机器人外壳防护等级应不低于 GB/T 4208—2017 中 IP54 的要求。

### 5.2 环境适应要求

机器人在以下环境条件下应能可靠的储存、运输和工作：

- a) 环境温度：
  - 1) 工作温度：-20 °C~+50 °C；
  - 2) 储存温度：-20 °C~+55 °C。
- b) 环境湿度：<80%RH；
- c) 作业天气：风速≤5 m/s。

### 5.3 安全与可靠性要求

机器人安全应满足以下要求：

- a) 机器人应具备防跌落功能，在设备失电、故障或断电情况下依靠自身结构或闭锁装置，防止机器人从绝缘子上脱落；
- b) 机器人须配备紧急停止按钮，急停按钮应具有最高控制优先级，触发后机器人应立即停止所有动作，并保持该状态直至手动解除；
- c) 机器人应具备低电量、过温、过充、过放、短路等保护功能；
- d) 机器人具备自动重启功能，当控制系统故障后，可以自动重启消除错误；
- e) 应具备通信断连保护功能，若控制设备与机器人之间的通信中断，机器人应在规定时间（如 2 s）内自动停止所有作业动作，并保持防跌落装置锁紧；
- f) 机器人及控制设备的设计寿命应不小于 3 年。

### 5.4 功能要求

#### 5.4.1 自检功能

机器人应具备自检功能，自检项目应包括驱动系统、检测系统、电源系统、通信系统、传感器系统等的工作状态。发生异常时，机器人应能发出声光警报，并将详细故障信息上传至控制端。

#### 5.4.2 吊装上串功能

机器人具备无人机吊装上串功能，通过无人机连接件、吊装模块和机器人对接，将机器人运输至绝缘子串上。

#### 5.4.3 运动功能

- 5.4.3.1 机器人应能够沿绝缘子串进行移动，并防止掉落、打滑，有一定的爬坡能力。
- 5.4.3.2 机器人应能调整尺寸，适应不同盘径及结构高度的绝缘子。
- 5.4.3.3 机器人攀爬时应不损伤瓷绝缘子。

#### 5.4.4 绝缘子检测功能

- 5.4.4.1 机器人对绝缘子进行检测时应不损伤绝缘子。
- 5.4.4.2 机器人具备高压带电作业环境下抗电磁干扰功能。

#### 5.4.5 状态监控与通信功能

机器人应具备状态监控与通信功能，包括：

- a) 机器人应能向地面控制端实时发送其状态信息；
- b) 应能接收并迅速、准确地响应地面控制端的控制指令；
- c) 机器人应具备数据和视频双通道远程实时通信功能。

### 5.5 性能要求

#### 5.5.1 吊装上串性能

- 5.5.1.1 无人机连接件、吊装模块在机器人 10 倍重量下，无变形、破断。
- 5.5.1.2 在风速小于 5 m/s、能见度不低于 1 km 时，无人机应能正常进行机器人吊装工作。
- 5.5.1.3 无人机自动吊装上串时间应控制在 1 min 内。

#### 5.5.2 运动性能

机器人运行性能应满足如下要求：

- a) 机器人移动速度应大于 100 mm/s；
- b) 机器人爬坡角度应大于 30°；
- c) 机器人行走定位误差应在 ±1 cm 内。

#### 5.5.3 检测性能

5.5.3.1 机器人检测绝缘子的用时应小于 5 s/片。

5.5.3.2 机器人检测绝缘子的误差应小于±1%。

#### 5.5.4 遥控与通信性能

机器人应具备与控制设备的通信功能，具体性能如下：

- a) 机器人与控制设备间的有效通信距离应不小于 1 km；
- b) 控制指令响应延迟应小于 0.2 s；
- c) 图像传输延时小于 0.5 s；
- d) 机器人与控制设备间出现短时通信中断后恢复时，应能自动重连并恢复通信与控制；
- e) 多台机器人同时工作时，通信信号不应相互干扰；
- f) 通信带宽应满足视频实时传输要求，视频传输应画面清晰、无卡顿、无丢失。

#### 5.5.5 电源与续航

机器人采用电池供电，续航性能要求如下：

- a) 连续检测作业续航时间≥4 h；
- b) 电池电量低于 10%时，应能发出告警，宜停止作业；
- c) 并具备过充、过放、短路保护功能。

### 5.6 电磁兼容性

机器人的电磁兼容能力应满足表1的要求，试验后各项功能应满足其性能要求。

表1 电磁兼容性试验要求

| 序号  | 试验项目       | 执行标准              | 试验等级 | 性能判据 |
|---|------------|-------------------|------|------|
| 1   | 静电放电抗扰度    | GB/T 17626.2—2018 | 等级4  | B    |
| 2   | 射频电磁场辐射抗扰度 | GB/T 17626.3—2023 | 等级3  | A    |
| 3   | 工频磁场抗扰度    | GB/T 17626.8—2006 | 等级5  | A    |
| 4   | 脉冲磁场抗扰度    | GB/T 17626.9—2025 | 等级5  | A    |
| 注：性能判据A：试验过程中及试验后，装置均能正常工作和通信；B：试验过程中功能或性能暂时丧失或降低，但能自行恢复。 |            |                   |      |      |

#### 5.7 振动适应性

机器人应能承受GB/T 2423.10—2019中“试验Fc”规定的振动响应及振动耐久试验，试验后不应有紧固件松动、零件变形或功能异常。

#### 5.8 运输适应性

机器人及控制设备（带包装）应能承受GB/T 4857.23—2021附录D中表D.1等级2规定的公路运输振动试验，试验后功能正常，外观无损伤。

#### 5.9 防护要求

机器人整机防护应能达到GB/T 4208规定的IP54等级。

### 6 试验方法

#### 6.1 外观和结构检查

采用目视、手感及通用量具（如卡尺、卷尺）检查。结果应符合5.1的要求，具体包括：

- a) 检查表面是否有明显的凹痕、划伤、裂缝、变形和污渍；
- b) 检查表面是否色泽均匀，是否有起泡、龟裂、脱落和磨损现象；
- c) 检查开关、操作键、指示灯标志是否清晰醒目；
- d) 检查铭牌和商标是否清晰醒目；

- e) 检查结构是否坚固、紧凑且布局合理，能够承受运输、安装及检测作业过程中的振动、碰撞。检查所有零部件是否无锈蚀、裂纹、变形或有其他影响结构强度的质量缺陷。

## 6.2 环境适应性试验

### 6.2.1 低温工作试验

将机器人置于低温试验箱内，通电处于待机状态。按GB/T 2423.1—2008“试验Ad”进行降温至 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度稳定后，恒温2 h；在此温度下，启动机器人，测试其基本行走、通信功能是否正常。试验后恢复至室温，检查其功能应正常。结果应符合5.2的要求。

### 6.2.2 高温工作试验

将机器人置于高温试验箱内，通电处于待机状态。按GB/T 2423.2—2008“试验Bd”进行升温至 $+50\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度稳定后，恒温2 h；启动机器人，测试其基本功能是否正常。试验后恢复至室温，检查功能是否恢复正常。结果应符合5.2中的工作温度要求。

### 6.2.3 低温储存试验

将机器人断电后置于低温试验箱内，按GB/T 2423.1—2008“试验Ab”进行降温至 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度稳定后，恒温16 h；恢复至室温后，静置2 h，再通电检查其功能是否正常。结果应符合5.2中的储存温度要求。

### 6.2.4 高温储存试验

将机器人断电后置于高温试验箱内，按GB/T 2423.1—2008“试验Ab”进行升温至 $55\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度稳定后，恒温16 h；恢复至室温后，静置2 h，再通电检查其功能是否正常。结果应符合5.2中的储存温度要求。

### 6.2.5 湿热试验

将机器人断电后置于湿热试验箱内，按GB/T 2423.3—2016“试验Cab”进行：温度 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $(80\pm 3)\%$ ，持续48 h；试验后取出，恢复2 h，擦干表面水汽，检查是否有锈蚀，绝缘电阻和耐压强度是否符合要求，功能是否恢复正常。结果应符合5.2的要求。

### 6.2.6 抗风能力试验

在风洞中或模拟风速装置上，启动风机使风速稳定在5 m/s，持续30 min。试验过程中及试验后，机器人结构应无松动、变形，功能应恢复正常。结果应符合5.2的要求。

## 6.3 安全与可靠性试验

### 6.3.1 防跌落功能试验

将机器人可靠安装于模拟绝缘子串上，启动其防跌落装置。施加1倍机器人自重的横向外力，检查其是否能牢固锁紧在绝缘子串上；结果应符合5.3 a)的要求。

### 6.3.2 紧急停止功能试验

在机器人执行任何动作时，触发遥控器急停按钮。机器人应立即停止所有动作，并保持此状态直至急停复位。急停应具有最高优先级。结果应符合5.3 b)的要求。

### 6.3.3 异常状态告警试验

模拟电机过载、通信信号弱、电池低压等异常状态，检查机器人本体的声光告警和地面基站的显示告警功能是否及时、准确。结果应符合5.3 c)的要求。

### 6.3.4 通信断联保护试验

在人为中断与地面基站的通信时，使用秒表测量从断联到机器人完全停止作业的时间，该时间应满足规定时间要求，且防跌落装置应始终保持锁紧，结果应符合5.3 e)的要求。

## 6.4 功能试验

### 6.4.1 自检功能试验

启动机器人，观察其自检过程，检查是否能够正确上报电源、驱动、通信、传感器等部件的状态信息。模拟一种故障（如拔掉一个传感器），检查其自检是否能发现并告警。结果应符合5.4.1的要求。

### 6.4.2 吊装上串功能试验

在设置有绝缘子串的试验线上，测试无人机吊装机器人上串。结果应符合5.4.2的要求。

### 6.4.3 运动功能试验

在设置有绝缘子串的试验线上，调整绝缘子串坡度为 $30^\circ$ ，遥控机器人行走爬坡。更换不同盘径、结构高度的绝缘子，结果应符合5.4.3的要求。

### 6.4.4 绝缘子检测功能试验

在设置有绝缘子串的试验线上，遥控机器人检测绝缘子，结果应符合5.4.4 a)的要求。

### 6.4.5 状态监控与通信功能试验

基本通信：在1 km的有效通信范围内，测试机器人状态信息上传和控制指令下发的准确性和实时性；结果应符合5.4.4的要求。

视频功能：检查视频传输的清晰度、流畅度，确保无卡顿、丢帧。结果应符合5.4.4的要求。

## 6.5 性能试验

### 6.5.1 吊装上串性能试验

使用拉力计拉伸无人机连接件和吊装模块，结果应符合5.5.1 a)的要求。

在风速小于5 m/s、能见度不低于1 km时，采用无人机吊装机器人，结果应符合5.5.1 b)的要求。

在设置有绝缘子串的试验线上，使用无人机自动吊装机器人功能，其吊装时间应符合5.5.1 c)的要求。

### 6.5.2 运动性能试验

在设置有绝缘子串的试验线上，使用测速仪（如光电传感器、激光测距仪）测量机器人于不同坡度上的行走速度和定位精度。结果应符合5.5.2的要求。

### 6.5.3 检测性能试验

在设置有绝缘子串的试验线上，使用计时器、兆欧表等工具测量机器人检测性能。结果应符合5.5.3的要求。

### 6.5.4 遥控与通信性能试验

遥控与通信性能试验包含以下内容：

- a) 通信距离：在无遮挡场景下逐步增加机器人与控制端之间的距离，直至达到1 km，测试通信是否流畅且无断连；
- b) 控制延迟：使用高速摄像机或专用测试设备记录从控制端发出指令到机器人开始动作的时间差，测量多次并取最大值，结果应符合5.5.4 b)的要求；
- c) 图像延迟：使用高速摄像机或专用测试设备记录从摄像头拍摄的计时器画面到遥控器显示的计时器画面的时间差，测量多次并取最大值，结果应符合5.5.4 c)的要求；
- d) 通信恢复：在通信过程中人为短时中断，测试恢复后是否能够自动重连，结果应符合5.5.4 d)的要求；
- e) 多机互扰：测试两台以上机器人同时作业时，检查其通信与控制是否互不干扰。

### 6.5.5 电源与续航性能试验

将充满电的机器人置于模拟试验线上，使其以不低于额定作业速度连续工作，直至电池耗尽或电量降至保护值，记录总工作时间。结果应符合5.5.5 a)和b)的要求。

检查电池是否具备管理系统（BMS），模拟过充、过放、短路等条件，检查保护功能是否有效。结果应符合5.5.5 c)的要求。

## 6.6 电磁兼容性（EMC）试验

根据表1中规定的标准、试验等级和性能判据，对机器人进行各项EMC试验。试验过程中及试验后，检查机器人功能应满足要求（如A级：功能正常；B级：功能可自行恢复）。

## 6.7 机械振动试验

按GB/T 2423.10—2019“试验Fc”和5.7条要求，进行振动响应与振动耐久试验。试验后检查紧固件是否松动、结构是否有损伤，功能是否正常。

## 6.8 运输振动试验

将带包装的机器人固定在振动试验台上，按GB/T 4857.23—2021和5.8条的要求进行（等级2，垂直方向，180 min），试验后开箱检查，外观无损伤且功能正常。

## 6.9 外壳防护等级试验

根据GB/T 4208的方法进行IP54防护等级试验。试验后，打开外壳检查内部，确保无灰尘进入和水分残留。结果应符合5.9的要求。

# 7 检验规则

## 7.1 检验分类

机器人产品的检验分为型式试验、出厂试验和验收试验。各类检验项目应按表2的规定进行。所有检验结束后，均应形成完整、规范的测试记录并出具检验报告。

表2 检验项目

| 序号  | 试验项目        | 要求章条号 | 试验方法章条号 | 型式试验 | 出厂试验            | 验收 |
|---|-------------|-------|---------|------|-----------------|----|
| 1   | 外观和结构检查     | 5.1   | 6.1     | √    | √               | √  |
| 2   | 环境适应性试验     | 5.2   | 6.2     | √    | —               | 可选 |
| 3   | 安全与可靠性试验    | 5.3   | 6.3     | √    | 部分 <sup>a</sup> | √  |
| 4   | 功能试验        | 5.4   | 6.4     | √    | √               | √  |
| 5   | 性能试验        | 5.5   | 6.5     | √    | —               | √  |
| 6   | 电磁兼容（EMC）试验 | 5.6   | 6.6     | √    | —               | —  |
| 7   | 机械振动试验      | 5.7   | 6.7     | √    | —               | —  |
| 8   | 运输振动试验      | 5.8   | 6.8     | √    | —               | —  |
| 9   | 外壳防护等级试验    | 5.9   | 6.9     | √    | —               | —  |
| 注1：“√”表示必须进行的检验项目。<br>注2：“—”表示不需要进行的检验项目。<br>注3：“（可选）”表示由供需双方协商决定是否进行的项目。 |             |       |         |      |                 |    |

## 7.2 型式试验

### 7.2.1 试验要求

有下列情况之一时，应进行型式试验：

- 新产品设计定型或生产定型时；
- 产品转厂或转移生产地点生产时；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺、关键元器件有重大改变，可能影响产品性能时；
- 产品停产一年及以上，恢复生产时；
- 出厂试验或验收试验结果与以往型式试验结果有重大差异时；
- 国家质量监督机构或客户提出型式试验要求时。

## 7.2.2 抽样与合格判据

7.2.2.1 型式试验的样品应从出厂检验合格的产品中随机抽取，数量不少于3台。

7.2.2.2 所有试验项目按表2进行测试均合格，则判定型式试验合格。

7.2.2.3 若任何一项不合格，应加倍抽样对不合格项及相关项进行复检。若复检合格，则判定型式试验合格；若复检仍不合格，则判定型式试验不合格，应暂停生产直至查明原因并采取有效纠正措施。

## 7.3 出厂试验

### 7.3.1 试验要求

7.3.1.1 每台产品均必须进行出厂试验，经质量检验部门逐台检验合格并签发合格证后方可出厂。

7.3.1.2 出厂试验项目按表2规定，但至少应包含：外观与结构检查、安全与可靠性试验（部分关键项目）、全部功能试验。

7.3.1.3 试验中若发现任一项目不合格，则该台产品为不合格品，应退修直至合格。无法修复者应予报废。

### 7.3.2 随行文件

每台出厂产品应附有质量证明文件，包括但不限于：

- a) 产品合格证；
- b) 出厂试验报告；
- c) 产品使用说明书；
- d) 装箱清单。

## 7.4 验收试验

### 7.4.1 试验要求

7.4.1.1 验收试验应在产品交付至使用地点或双方约定的地点进行，由需方或委托的第三方检验机构主持，供方配合。

7.4.1.2 试验项目按表2规定，通常包括：外观与结构检查、安全与可靠性试验、功能试验、性能试验。具体项目可由供需双方在合同中明确。

### 7.4.2 抽样与合格判据

7.4.2.1 抽样方案应由供需双方在购销合同中协商确定。

7.4.2.2 按合同规定的抽样方案和合格判据进行判定。所有样本的全部规定项目合格，则判定该批产品验收合格。

7.4.2.3 若验收试验不合格，供方应在规定时间内对产品进行修复或更换，并重新提交验收。

## 8 标志、包装、运输和贮存

### 8.1 标志

机器人本体及遥控器均应有清晰、耐久、防腐蚀的永久性标牌。标牌的内容至少应包括：

- a) 产品名称及型号；
- b) 制造商名称或商标；
- c) 出厂编号（或序列号）及生产日期。

### 8.2 包装

#### 8.2.1 包装要求

8.2.1.1 产品的包装应符合 GB/T 13384 的规定，保证产品在运输、装卸和贮存过程中不受损坏、不受潮、不腐蚀。

8.2.1.2 包装箱内应有可靠的防潮、防震、防锈、防碰撞措施。机器人本体、遥控器、电池及精密部件应使用定制泡沫、塑形衬垫等固定于箱内，避免相互碰撞。

8.2.1.3 包装材料宜符合环保要求。

## 8.2.2 随行文件

每个包装箱内应附有下列文件，文件应用塑料袋密封包装以防受潮：

- a) 装箱单；
- b) 产品合格证；
- c) 中文使用说明书：内容应包括产品外观图、各部位名称与功能、技术规格、操作方法、维护保养要求、注意事项、故障排除及环保要求（如电池回收）等；
- d) 产品保修卡；
- e) 必要的专用工具及备件（如特殊扳手、备用刀具或电池）。

## 8.2.3 包装箱外部标志

包装箱外的收发货标志和储运图示标志应清晰、牢固，符合GB/T 191和GB/T 6388的规定，至少应包括：

- a) 产品名称、型号及数量；
- b) 制造商名称、地址及联系方式；
- c) 收货单位名称、地址；
- d) 箱体尺寸或背包（长×宽×高，单位：cm）、毛重/净重（单位：kg）；
- e) 必要的储运图示标志，如：“向上”、“怕雨”、“怕湿”、“禁止翻滚”、“重心点”、“堆码层数极限”等。

## 8.3 运输

8.3.1 包装好的产品 在装卸和运输过程中，应小心轻放，严禁抛掷、跌落和剧烈碰撞。

8.3.2 运输工具应清洁、干燥、有防雨防潮措施，不应与腐蚀性、易燃易爆等危险品混合装运。

8.3.3 运输过程中，应避免产品承受可能引起损坏的振动和冲击。

## 8.4 贮存

8.4.1 产品应贮存在通风、干燥、清洁的室内仓库中，周围不应有腐蚀性气体、强磁场源及易燃易爆物品。

8.4.2 贮存环境条件应为：

- a) 环境温度：0℃~+40℃；
- b) 相对湿度：不大于80%RH（无凝露）。

8.4.3 产品若长期贮存，应定期（建议每3个月一次）进行检查，必要时通电测试并对电池进行充放电维护，以确保其性能完好。

---