

T/CASME

中国中小商业企业协会团体标准

T/CASME XXXX—XXXX

无人机电力线跟踪巡检系统

Power line tracking and inspection system of UAV

（征求意见稿）

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。

2023 – XX – XX 发布

2023 – XX – XX 实施

中国中小商业企业协会 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 缩略语 2

5 基本要求 2

 5.1 系统设计 2

 5.2 数据格式 2

 5.3 数据处理 2

6 功能要求 2

7 质量要求 2

 7.1 性能要求 2

 7.2 易用性 3

 7.3 可靠性 3

 7.4 兼容性 3

8 质量检测 3

 8.1 性能检测 4

 8.2 易用性检测 4

 8.3 可靠性检测 4

 8.4 兼容性检测 4

9 安全要求 4

附录 A（资料性） 无人机电力线跟踪巡检系统工作原理 6

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。本文件的发布单位不承担识别这些专利的责任。

本文件由武汉圆桌智慧科技有限公司提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：武汉圆桌智慧科技有限公司、武汉珈呈科技有限公司。

本文件主要起草人：墙强、艾睿、胡欢、石慧琪。

无人机电力线跟踪巡检系统

1 范围

本文件规定了无人机电力线跟踪巡检系统（以下简称“系统”）的术语和定义、基本要求、功能要求、质量要求、质量检测和安要求。

本文件适用于对架空电力线路通道环境状况进行巡视检查的电力巡检作业无人机。

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 14911 测绘基本术语
- GB/T 8566 系统与软件工程 软件生存周期过程
- GB/T 8567 计算机软件文档编制规范
- GB/T 28452—2012 信息安全技术 应用软件系统通用安全技术要求
- GB/T 29831.1 系统与软件功能性 第1部分：指标体系
- GB/T 38152 无人驾驶航空器系统术语
- CH/T 8023—2011 机载激光雷达数据处理技术规范
- DL/T 1578—2021 架空电力线路多旋翼无人机巡检系统
- DL/T 2119—2020 架空电力线路多旋翼无人机飞行控制系统通用技术规范

3 术语和定义

GB/T 14911、GB/T 38152 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人机电力线跟踪巡检系统 power line tracking and inspection system of UAV

基于计算机视觉技术和三维点云模型，对交直流架空电力线路进行自动识别和实时跟踪，实现巡检无人机与架空电力线路保持临界飞行安全距离的机载系统。

注：系统工作原理见附录 A。

3.2

点云 point cloud

以离散、不规则方式分布在三维空间中的点的集合。

[来源：CH/T 8023—2011, 3.3]

3.3

三维点云模型 three-dimensional point cloud model

利用机载激光雷达、序列影像或深度图像等方式获得线路本体、通道环境等目标物表面大量密集点的三维坐标数据，经数据处理及建模得到的目标物的三维表达。

3.4

点云密度 density of point cloud

单位面积上点的平均数量。

注：一般用每平方米的点数表示。

[来源：CH/T 8023—2011, 3.5]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

UAV：无人机（Unmanned aerial vehicle）

5 基本要求

5.1 系统设计

应满足如下要求：

- a) 系统开发符合 GB/T 8566 的规定；
- b) 系统文档编制符合 GB/T 8567 的规定；
- c) 系统具有良好的扩展性，包括但不限于系统功能、数据接口、系统处理能力的可扩展，并且支持定制功能开发。

5.2 数据格式

系统应按规定的格式生成姿态信息数据包、地理信息数据包，各信息数据包格式分别见 DL/T 2119—2020 表 1、表 2，其余类型数据包可自定义。

5.3 数据处理

点云数据的处理及质量控制应符合 CH/T 8023—2011 的相关规定。

6 功能要求

应满足以下要求：

- a) 支持提取目标跟踪地区的点云数据，依据点云数据提取无人机飞行安全临界面；
- b) 支持通过无人机信息（如无人机尺寸、镜头焦距等）、电力线通道周边的障碍环境确定无人机飞行平面；
- c) 支持在点云数据中提取每一档的电塔位置，实现无人机夸档飞行；
- d) 支持在图传界面绘制出需要跟踪的电力线位置，自动识别图传中的电力线信息；
- e) 支持将二维图像信息反转为三维空间信息，实现无人机锁线飞行。

7 质量要求

7.1 性能要求

7.1.1 响应时间

系统响应时间应不大于 2 s。

7.1.2 三维点云模型精度

应满足如下要求：

- a) 线路、通道的三维模型扫描点云密度应不低于 150 点/m²；
- b) 平面和高程绝对精度均不低于 ± 10 cm；
- c) 输电通道应轮廓、结构完整，挂点清晰。

7.1.3 通信传输

应满足如下要求：

- a) 在通视环境飞行高度 40 m 的条件下，数据的全向传输距离不小于 2 km；
- b) 影像数据传输时延不大于 300 ms；
- c) 图像传输质量应满足：
 - 1) 图像分辨率不低于 1080 p；
 - 2) 帧率不低于 30 fps。

7.1.4 飞行控制偏差

与规划航线的飞行控制偏差水平方向不大于 1 m、标准差不大于 0.5 m，垂直方向不大于 1 m、标准差不大于 0.5 m。

7.2 易用性

应满足如下要求：

- a) 系统界面架构应能支持新用户在没有受到培训情况下按界面提示完成常规的交互操作，如软件打开、退出、选择等；
- b) 系统具有支持有效引导的能力，包括但不限于系统导航、操作手册等方式，应保证用户可以通过操作方式引导完成相应的操作；
- c) 系统的界面元素，如窗口、文本、菜单、图形、按钮等应清晰、容易分辨和选择。

7.3 可靠性

应满足如下要求：

- a) 系统应具有一定的容错性，包括但不限于：
 - 1) 输入操作错误时，系统不应出现非正常退出或崩溃；
 - 2) 输入操作错误时，不应导致系统其他功能失效。
- b) 系统应具有易恢复性，包括但不限于：
 - 1) 系统的数据应进行可靠备份；
 - 2) 系统应能恢复人工误操作之前的运行状态。
- c) 系统的运行无故障时间应不小于 12 h。

7.4 兼容性

应满足如下要求：

- a) 系统能与说明书描述的 UAV 机型兼容；
- b) 系统能有效执行其功能并且不会对其他软件产品或组件造成负面影响；
- c) 能与说明书描述的数据接口兼容。

8 质量检测

8.1 性能检测

8.1.1 响应时间检测

随机进行 10 次常规的交互操作，统计系统响应时间的均值。

8.1.2 三维点云模型精度检测

按 DL/T 1578—2021 6.4.6 的规定执行。

8.1.3 通信传输检测

测试方法如下：

- a) 传输距离试验按 DL/T 1578—2021 的规定执行；
- b) 影像数据传输时延试验按 DL/T 1578—2021 的规定执行；
- c) 图像传输质量使用分辨率测量设备和帧率测量设备检测。

8.1.4 飞行控制偏差检测

按 DL/T 1578—2021 的规定执行。

8.2 易用性检测

测试方法如下：

- a) 新用户在不查看系统帮助文档的情况下，完成系统的打开、退出、选择等操作；
- b) 根据操作方式引导完成相应的操作；
- c) 打开系统，准确选择系统界面元素。

8.3 可靠性检测

测试方法如下：

- a) 分别作出无效动作、无效选择、输入超出合理范围的动作：
 - 1) 检查系统是否出现非正常退出或崩溃；
 - 2) 检测系统其他功能是否失效。
- b) 通过人为的强制性手段让软件出故障：
 - 1) 检查系统的必要性数据是否进行备份；
 - 2) 检查系统重启后是否可以恢复操作之前的运行状态。
- c) 不断电连续运行时间 12 h，检查系统有无突然退出运行程序或者其他异常运行的现象。

8.4 兼容性检测

测试方法如下：

- a) 确定系统能够兼容的 UAV 机型，在该机型上使用系统，检查系统功能、性能是否符合本文件要求；
- b) 确定需要共存的其他软件产品或组件，启动系统及需兼容的软件或组件样本，观察共存运行情况。

9 安全要求

应满足如下要求：

- a) 系统的安全保密性应符合 GB/T 29831.1 的相关规定；
- b) 系统的安全技术要求应不低于 GB/T 28452—2012 中第二级。

附录 A
(资料性)

无人机电力线跟踪巡检系统工作原理

无人机电力线跟踪巡检系统工作原理如图 A.1 所示，分为如下步骤：

- a) 利用三维点云模型锁定电力线无人机安全飞行平面。
 - 1) 在三维点云空间，提取电力线所属竖直平面。基于欧拉几何，获取无人机安全飞行平面并完成避障分析。点云模型即目标表面特性的海量三维点的集合。
 - 2) 基于电力线的空间特征，选取同一侧的电力线中最外侧的一条电力线，以穿过此电力线以及垂直地面为特征可确定飞行安全临界面。
 - 3) 根据不同的无人机机型（机身尺寸、镜头焦距等）选取合适的安全距离，取飞行安全临界面的平行面为最终的无人机飞行平面。
- b) 无人机自动识别与跟踪电力线。
 - 1) 基于深度学习算法，采用 One—Stage 策略，直接通过卷积神经网络提取特征，预测目标的分类与定位。
 - 2) 通过对无人机回传的图像画面进行识别，实现电力线的实时提取与跟踪。
- c) 利用实时微控技术实现无人机锁定电力线飞行。
 - 1) 无人机安全飞行平面约束了无人机的飞行切平面。飞行切平面的位置信息由电力线跟踪技术确定。
 - 2) 无人机识别并跟踪（咬合）电力线之后，实时返回电力线跟踪端的中点坐标。
 - 3) 通过旋转矩阵，视野中的标识点可转换至无人机飞行空间，进行对无人机飞行位置进行指导与微调。

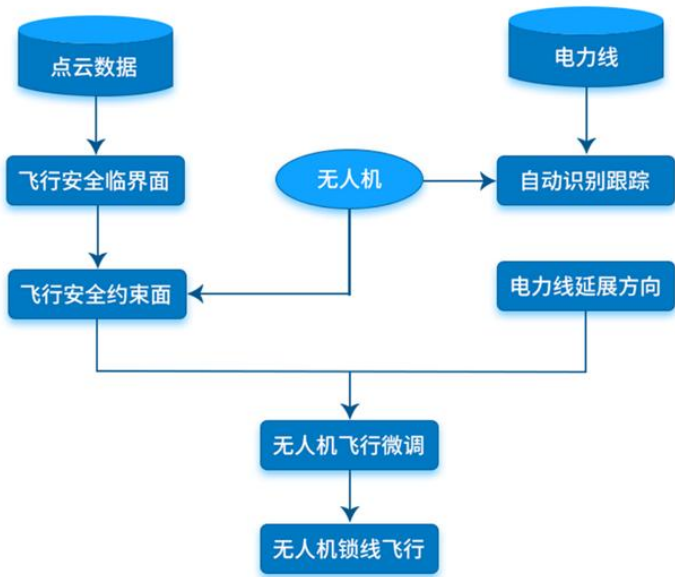


图 A.1 无人机电力线跟踪巡检系统工作原理