

ICS 19.240.10

CCS F 21

团 体 标 准

T/CSEE 0321—2022

输电线路防施工机械碰线监测 预警系统技术条件

**Technical conditions for monitoring and early warning system
against construction machinery collision of transmission line**



2022-12-05 发布

2023-03-01 实施

中国电机工程学会 发布

团 体 标 准
输电线路防施工机械碰线监测
预警系统技术条件

T/CSEE 0321—2022

*

中国电力出版社出版、印刷、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

*

2023年7月第一版 2023年7月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 1.25印张 37千字

*

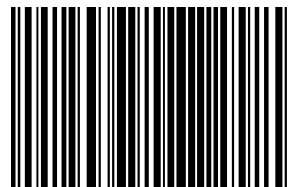
统一书号 155198·4821 定价 32.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电机工程学会官方微信



155198.4821

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 系统构成	2
5 总体要求	3
6 装置	3
6.1 工作条件	3
6.2 外观和结构	3
6.3 通信接口	4
6.4 功能要求	4
6.5 性能要求	5
6.6 环境适应性	6
6.7 电磁兼容性能	6
6.8 机械性能	7
6.9 可靠性	7
7 主站	7
7.1 功能要求	7
7.2 性能要求	7
7.3 安全要求	7
附录 A（资料性） 监测预警系统架构	9
附录 B（资料性） 多元传感融合处理方法	10
附录 C（资料性） 手持终端与主站之间的通信规约	12
参考文献	15

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据 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。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会电力系统自动化专业委员会技术归口并解释。

本文件起草单位：国网北京市电力公司、国电南瑞科技股份有限公司、东南大学、徐州重型机械有限公司。

本文件主要起草人：张庆、董毅、胡立平、滕贤亮、马李锋、王琳、任杰、张敏、潘树国、陈力、侯明国、高旺、陈龙、李芬芳、魏建胜。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条 1 号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

输电线路防施工机械碰线监测预警系统技术条件

1 范围

本文件规定了输电线路防施工机械碰线监测预警系统的系统构成、功能要求和性能要求等。

本文件适用于 10 kV 及以上电压等级交直流架空输电线路防施工机械碰线预警系统，其他电压等级架空输电线路防施工机械碰线预警系统可参照执行。

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 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 2423.4 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Db： 交变湿热（12 h+12 h 循环）
- GB/T 2423.5 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Ea 和导则：冲击
- 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 2423.22 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 N： 温度变化
- GB/T 2423.24 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 S： 模拟地面上的太阳辐射及太阳辐射试验和气候老化试验导则
- GB/T 3512 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验
- 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 16422.2 塑料 实验室光源暴露试验方法 第 2 部分：氙弧灯
- GB/T 16422.3 塑料 实验室光源暴露试验方法 第 3 部分：荧光紫外灯
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 22240 信息安全技术 网络安全等级保护定级指南
- GB/T 25095 架空输电线路运行状态监测系统
- GB/T 36572 电力监控系统网络安全防护导则
- DL/T 741 架空输电线路运行规程
- DL/T 1248 架空输电线路状态检修导则

3 术语和定义

GB/T 25095、DL/T 741、DL/T 1248 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

输电线路防施工机械碰线 **transmission line anti construction machinery collision**

防止在架空输电线路附近施工的起重机等工程机械与输电线路之间的距离小于安全电气距离，发生非接触式放电。

3.2

输电线路防施工机械碰线监测预警系统 **monitoring and early warning system against construction machinery collision of transmission line**

由监测预警装置、监测预警主站、距离测量传感器（3.5）、图像采集传感器（3.6）、电场感应传感器（3.7）、手持终端（3.8）等组成的，输电线路防施工机械碰线（3.1）的设备与软件系统（以下简称“监测预警系统”）。

3.3

输电线路防施工机械碰线监测预警装置 **monitoring and early warning device against construction machinery collision of transmission line**

安装在起重机械吊臂等工程机械上，接入汇集多个传感器测量的距离数据和图像数据，通过融合算法处理得到施工机械与输电线路之间的准确距离，根据不同电压等级输电线路安全净距要求，判断碰线风险并产生预警，并实时上送监测数据和预警信号的测量装置（以下简称“装置”）。

3.4

输电线路防施工机械碰线监测预警主站 **monitoring and early warning master station against construction machinery collision of transmission line**

部署在输电线路运维检修部门，接入区域内防碰线监测预警装置实时测量的距离、现场图片和预警信号等信息，统一展示和告警，提供在线远方监测的计算机系统（以下简称“主站”）。

3.5

距离测量传感器 **distance measuring sensor**

测量施工机械与架空输电线路之间安全距离的传感器。

3.6

图像采集传感器 **image acquisition sensor**

采集施工机械周边图像信息，区分输电线路与其他障碍物的传感器。

3.7

电场感应传感器 **electric field induction sensor**

根据电场感应强度与距离之间的关系估计施工机械与架空输电线路的距离，判断施工机械是否在架空输电线路附近的传感器。

3.8

手持终端 **handheld terminal**

通过无线通信方式接收装置的距离和碰线预警信息，并展示和告警的便携式终端。

4 系统构成

监测预警系统应由装置、主站、传感器、手持终端和通信网络组成，并应符合下列要求：

- a) 装置应包括传感器采集接收、融合运算和图像识别、数据和预警服务、电池供电管理等模块，应采集传感器数据，采用多传感器数据融合处理，计算得到施工机械与输电线路之间的实时距离并根据安全净距阈值判断产生预警。
- b) 主站应包括信息接入前置、数据库、数据服务、数据处理和监测预警应用等模块，应通过通信网络与监测装置信息交互，接收监测数据、集中存储、统一展示和预警。

- c) 传感器宜包括距离测量传感器、图像采集传感器、电场感应传感器，距离测量传感器宜采用毫米波测距传感器，与电场感应传感器组合成传感器组进行距离测量。
 - d) 手持终端应由装置无线通信、主站无线通信、本地人机接口和位置定位模块组成，应通过无线通信接收装置下发的监测预警数据，由人机接口产生声光报警，通过无线通信将监测预警数据和位置信息上传主站。
 - e) 通信网络应采用无线通信方式。
- 监测预警系统架构见附录 A。

5 总体要求

监测预警系统应满足下列要求：

- a) 装置应遵循简单、可靠、适用的原则。
- b) 装置应满足标准化、模块化、小型化要求，易于安装在施工机械上。
- c) 装置应采用低功耗设计和自然散热方式，满足户外环境下可靠运行的要求。
- d) 装置接地应有明显标志和安全警示标识。
- e) 主站运行过程中不应影响电力系统安全性，不应因本身故障或错误导致电网安全事故。
- f) 主站应符合 GB/T 36572 及《电力监控系统安全防护总体方案等安全防护方案和评估规范》（国能安全〔2015〕36 号）对网络安全的总体要求。
- g) 装置与主站之间通信应采取信息安全措施，安全接入应符合 GB/T 22239、GB/T 22240 的有关规定。

6 装置

6.1 工作条件

工作条件应符合表 1 的规定。

表 1 工作条件

等级	环境温度 ℃	工作温度 ℃	相对湿度	大气压力 kPa	抗风等级
I 级	-25~+45	-25~+70	5%~100%	50~106	不低于输电线路 本体抗风等级
II 级	-40~+45	-40~+85			
III 级	-55~+45	-55~+85			

6.2 外观和结构

装置的外观和结构应符合下列要求：

- a) 装置外观应完整、清洁、无损伤。
- b) 装置应具有永久标识、铭牌，文字及符号应简明、清晰。
- c) 装置外壳防护等级应符合 GB/T 4208 规定的 IP65 要求。
- d) 装置金属构件应采用耐腐蚀材料，非金属构件应采用耐老化材料。
- e) 装置零部件及相应连接线应有防松措施。
- f) 装置外接数据线应采用屏蔽线，数据线与电源线均应采用金属软管保护；引线均应采用专用金具固定，并应采取防松措施。
- g) 装置无线通信应采用满足户外运行环境的天线，天线安装应牢固、可靠。

6.3 通信接口

6.3.1 串行通信接口

装置应支持通过控制器局域网（CAN）总线接入距离传感器数据，并应符合下列规定：

- a) 接口数量：CAN 通信接口不应少于 3 个；
- b) 接口形式：应采用屏蔽双绞线加航空插头。

6.3.2 无线通信接口

装置应支持 Wi-Fi 无线通信方式，并应满足下列要求：

- a) 应具备 Wi-Fi 热点功能；
- b) 应支持通过 Wi-Fi 接口接入图像采集传感器数据和上送监测预警数据；
- c) 应支持通过 Wi-Fi 接口对装置进行配置和调试。

6.4 功能要求

6.4.1 总体功能

装置总体功能应符合下列要求：

- a) 应采用电池供电，电池应方便充电和更换，并具备电池管理功能；
- b) 应具备向传感器提供工作电源的输出接口，宜与通信接口一体设计；
- c) 距离测量传感器、图像采集传感器、电场感应传感器之间应就近或一体化安装，宜采用 CAN 总线或 Wi-Fi 通信方式；
- d) 距离信息和预警信息应通过手持终端就地展示和告警；
- e) 装置与手持终端之间应采用 Wi-Fi 通信方式。

6.4.2 输电线路识别和距离测量

装置对架空输电线路识别和距离测量应符合下列规定：

- a) 应具备通过传感器识别并实时测量与输电线路之间安全距离的功能。
- b) 应具备采用图像采集传感器实时采集机械作业前方环境图像信息，通过图像识别算法从图像信息中辨别是否存在输电线路功能，并应在上送图片信息中对输电线路在图像中的位置标识。
- c) 测量机械与输电线路安全距离应至少采用 2 种不同原理传感器，宜采用毫米波传感器和电场感应传感器组合。
- d) 应具备多类型传感器数据融合处理功能，有效识别输电线路和其他障碍物，通过距离测量传感器探测障碍物并测算精确距离，根据感应到的电场强度和图像识别结果判断是否为输电线路，对不同传感器测量的数据进行滤波计算和校核处理，输出稳定可靠的距离和预警信息。多元传感融合处理方法见附录 B。
- e) 应采用多个传感器组成阵列形式实现 360°测量角度全覆盖。
- f) 应对距离实时判断，当距离不大于安全净距阈值时应产生预警信号，并向手持终端上送告警。

6.4.3 通信和定位

装置定位和通信功能应符合下列规定：

- a) 应具备上下行通信功能：上行应具备与手持终端的通信能力，下行应具备与多类型传感器的通信能力；

- b) 应支持通过 Wi-Fi 通信将实时采集的输电线路距离和图像信息传输至本地手持终端；
- c) 应至少接入 3 路距离测量传感器。

6.4.4 电源管理

装置电源管理功能应满足下列要求：

- a) 应具备对电池电量、电池电压等供电电源状态监测功能，并向手持终端上传相关信息；
- b) 应具备电池电量不足预警功能，当电池电量低于设定阈值时向手持终端推送告警信息；
- c) 应具备电量与装置运行方式管理功能，可根据当前电池电量、功耗等通过手持终端调整装置运行方式。

6.4.5 手持终端

手持终端应具备下列功能：

- a) 应具备通过 Wi-Fi 通信接收装置下发的测量和预警数据功能；
- b) 应具备输电线路识别和距离测量结果可视化展示功能；
- c) 当装置推送距离不大于安全净距阈值预警时应产生声光报警信号；
- d) 应支持通过无线通信向主站系统转发测量和预警数据功能，手持终端与主站之间的通信规约见附录 C；
- e) 应支持修改告警电压等级和安全净距判断阈值功能；
- f) 应支持展示当前电池剩余电量功能，并可控制电池开关和装置运行方式切换；
- g) 宜具备通过北斗定位技术确定机械作业三维坐标信息等实时位置的功能，并应通过无线通信网络实时回传至主站。

6.5 性能要求

6.5.1 输电线路识别和距离测量

输电线路识别和距离测量应符合下列规定：

- a) 输电线路可有效测量最大距离不应小于 20 m；
- b) 测量输电线路直径不应小于 15 mm；
- c) 距离测量精度不应超过 ± 0.1 m；
- d) 距离测量分辨率不应大于 0.2 m；
- e) 图像采集传感器分辨率不应低于 640×360 ，帧率不应低于 1 帧/s，拍摄视角不应小于 20° ；
- f) 在光照良好环境，图像中输电线路识别率不应低于 70%；
- g) 输电线路识别和距离测量的响应时间不应大于 3 s。

6.5.2 通信和定位

装置通信和定位性能应符合下列规定：

- a) 装置与距离测量传感器之间的串行通信波特率不应小于 250 kbit/s；
- b) 装置与图像采集传感器和手持终端之间的 Wi-Fi 通信速率不应小于 54 Mbit/s；
- c) 手持终端与主站之间的通信数据传输通信速率不应小于 1 Mbit/s；
- d) 手持终端的北斗实时定位误差不应大于 10 m，定位测量延时不应大于 2 s。

6.5.3 时钟性能

装置时钟性能应符合下列规定：

- a) 应具备网络对时功能, 对时误差应小于 5 s;
- b) 应具备守时功能, 24 h 守时误差应小于 1 s。

6.6 环境适应性

6.6.1 低温性能

低温性能应符合 GB/T 2423.1 中严酷等级为温度 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、持续时间 72 h 的低温试验的规定。

6.6.2 高温性能

高温性能应符合 GB/T 2423.2 中严酷等级为温度 $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、持续时间 72 h 的高温试验的规定。

6.6.3 交变湿热性能

交变湿热性能应符合 GB/T 2423.4 中严酷等级为高温温度 $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、试验周期 48 h (2 个循环) 的交变湿热试验的规定。

6.6.4 温度变化(冲击)性能

温度变化(冲击)性能应符合 GB/T 2423.22 中严酷等级为低温 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、高温 $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，暴露时间为 3 h，循环次数为 5 次的温度变化(冲击)试验的规定。

6.6.5 盐雾腐蚀性能

盐雾腐蚀性能应符合 GB/T 10125 中乙酸盐雾试验(AASS 试验)或铜加速乙酸盐雾试验(CASS 试验)的规定。

6.6.6 老化性能

老化性能应符合 GB/T 16422.3、GB/T 16422.2、GB/T 2423.24、GB/T 3512 中荧光紫外灯老化、氙弧灯老化、热空气加速老化试验的规定。

6.7 电磁兼容性能

6.7.1 静电放电抗扰度

静电放电抗扰度应符合 GB/T 17626.2 中试验等级为 4 级的静电放电抗扰度的规定。

6.7.2 射频电磁场辐射抗扰度

射频电磁场辐射抗扰度应符合 GB/T 17626.3 中试验等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度的规定。

6.7.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

电快速瞬变脉冲群抗扰度应符合 GB/T 17626.4 中试验等级为 4 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度的规定。

6.7.4 浪涌(冲击)抗扰度

浪涌(冲击)抗扰度应符合 GB/T 17626.5 中试验等级为 4 级的浪涌(冲击)抗扰度的规定。

6.7.5 工频磁场抗扰度

工频磁场抗扰度应符合 GB/T 17626.8 中试验等级为 5 级的工频磁场抗扰度的规定。

6.7.6 脉冲磁场抗扰度

脉冲磁场抗扰度应符合 GB/T 17626.9 中试验等级为 5 级的脉冲磁场抗扰度的规定。

6.8 机械性能

6.8.1 振动性能

非工作状态下，非包装状态的监测装置应承受 GB/T 2423.10 规定的下列试验条件的正弦振动：

- a) 频率范围：5 Hz~55 Hz；
- b) 峰值加速度：10 m/s²；
- c) 扫频循环次数：5 次；
- d) 危险频率持续时间：10 min ± 0.5 min。

6.8.2 碰撞性能

非工作状态下，非包装状态的监测装置应承受 GB/T 2423.5 规定的下列试验条件的碰撞：

- a) 脉冲持续时间：16 ms；
- b) 每方向的碰撞次数：1000 次；
- c) 峰值加速度：100 m/s²。

6.9 可靠性

6.9.1 装置平均无故障工作时间不应低于 25 000 h。

6.9.2 装置使用寿命不应低于 8 年，电池使用寿命不应低于 4 年。

7 主站

7.1 功能要求

主站可接入区域内装置测量信息，统一展示和告警。应具备下列功能：

- a) 支持通过无线通信方式接入装置测量信息；
- b) 采用鉴权认证等手段保证手持终端接入和信息通信安全性；
- c) 支持装置的资产管理，支持装置列表的增加、删除、参数配置功能；
- d) 支持展示装置的位置信息；
- e) 具备架空输电线路识别结果、距离测量、现场采集图片可视化展示功能；
- f) 支持根据接入装置的预警信号对告警提示。

7.2 性能要求

主站性能应符合下列规定：

- a) 接入装置能力不应少于 50 台；
- b) 显示界面数据同步更新时间不应大于 3 s；
- c) 任意 30 min 内服务器 CPU 平均负荷率不应大于 50%；
- d) 测量数据不应小于 2000 点，状态数据不应小于 10 000 点，图片数据不应小于 1000 张。

7.3 安全要求

主站安全性应满足下列要求：

T/CSEE 0321—2022

- a) 应部署在安全IV区，通过无线安全接入区接入装置数据；
- b) 与装置之间通信应采用数字证书进行鉴权认证；
- c) 应采用非对称加密算法对身份进行鉴别；
- d) 装置接入主站应使用由主站统一发布的公钥对身份信息进行加密，主站应使用私钥对装置身份密文进行解密，判定是否为合法接入的装置。

附录 A
(资料性)
监测预警系统架构

监测预警系统架构示意图如图 A.1 所示。

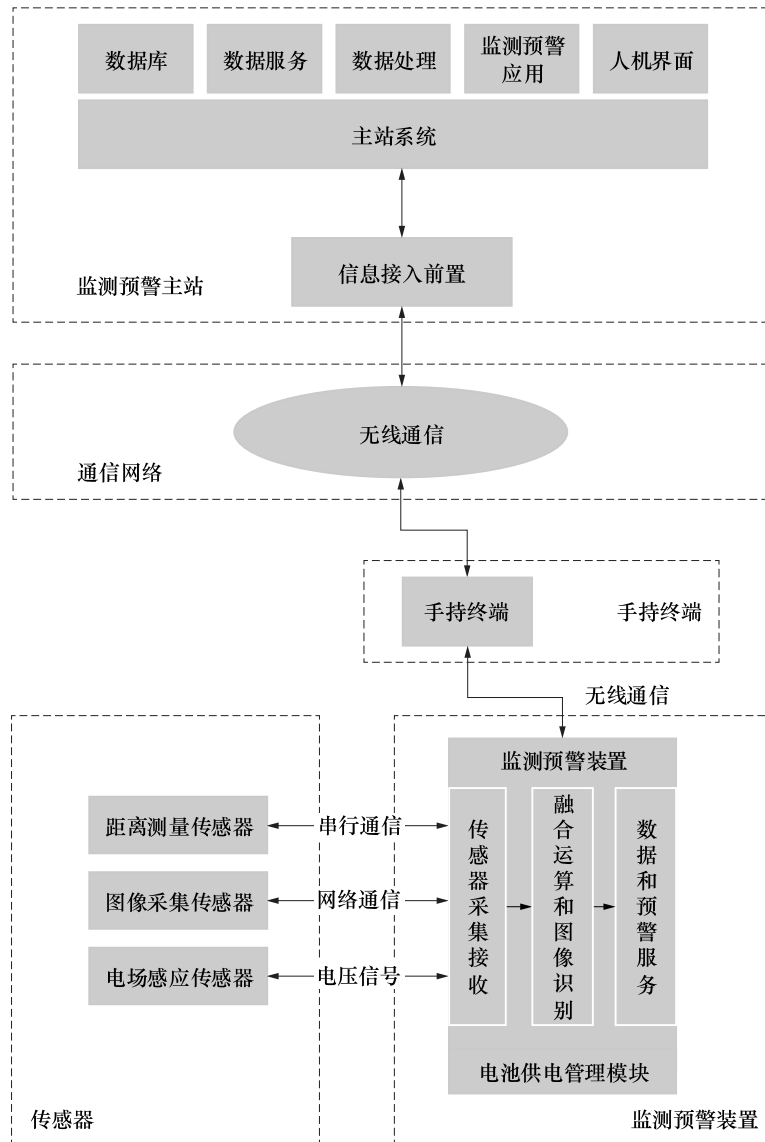


图 A.1 监测预警系统架构示意图

附录 B

(资料性)

多元传感融合处理方法

B.1 概述

多元传感融合处理应根据输电线路环境和机械作业场景，对距离测量传感器、电场感应传感器和图像采集传感器的测量数据进行融合。

B.2 距离测量

距离测量应满足下列要求：

- a) 距离测量应剔除环境中非输电线路物体的干扰，宜包括空目标信息和非输电线路目标。当距离测量传感器扫描范围内无输电线路存在时，应具有空目标识别能力。非输电线路目标宜包括环境中的树木、建筑物、电线杆/塔等物体，数据融合处理时应根据距离观测值特征，剔除无效目标测量值。
- b) 对于无效目标初步剔除后的距离测量序列，应结合吊臂运动状态，在时序层面对测量得到的距离观测值作处理。传感器探测输电线路距离输出应平稳变化，当距离测量前后帧输出的有效距离变化速率大于设定阈值时，应认为该帧测到的目标物为无效目标并滤除。
- c) 目标物方位角度输出应循序变化，当相邻帧输出的目标物方位角变化速率大于设定阈值时，应认为该帧测到的目标物为无效目标并滤除。
- d) 无效目标剔除后，应对距离测量观测值采用抗差滤波处理，滤波数据窗不应大于 1 s。

B.3 视觉识别

视觉识别应满足下列要求：

- a) 利用图像采集传感器对输电线路识别时，宜根据输电线路在背景环境中的视觉特征，从目标识别角度确认。
- b) 应采用线特征识别相关算法检测。处理步骤可包括图像灰度化、边缘检测、霍夫变换计算、聚类判别等，聚类判别环节应根据输电线路平行分布规律，视场中的树干、路灯等线状物体进行区分。
- c) 应根据识别过程参数计算得到目标物识别为输电线路的概率，给出量化识别结果。

B.4 输电线路预警判断

当距离测量不大于安全距离且经视觉识别目标物识别为输电线路的概率大于设定阈值时，装置应进行防碰线安全预警。防施工机械碰线安全距离条件见表 B.1。

表 B.1 防施工机械碰线安全距离条件

输电线路电压等级 kV	安全距离 m
≤10	1
35	1.5
66	2.2
110	2.2

表 B.1 (续)

输电线路电压等级 kV	安全距离 m
220	4.5
330	6
500	7.5
750	9
1000	10.5

附录 C

(资料性)

手持终端与主站之间的通信规约

C.1 概述

手持终端应支持 4G 或 5G 无线通信接入主站。通信消息交互流程示例如图 C.1~图 C.3 所示。

C.2 注册上线

每台手持终端应拥有唯一的设备 ID，接入主站的手持终端，应在主站侧创建唯一设备 ID 的应用驱动，手持终端应发起登录请求，主站侧应用驱动订阅登录请求消息，请求登录的设备 ID 为本应用驱动的，应向该手持终端发送登录响应消息，并携带访问令牌（accesstoken），手持终端注册上线消息主题和消息内容示例见表 C.1，手持终端注册上线消息交互流程示意图如图 C.1 所示。

表 C.1 手持终端注册上线消息主题和消息内容示例

消息类型	主题	消息结构
注册登录消息	ns3920_dev/login	{dev_id: (\$dev_id)}
主站注册后回复消息	ns3920_app/(\$dev_id)/login_res	{accesstoken: (\$token string)}

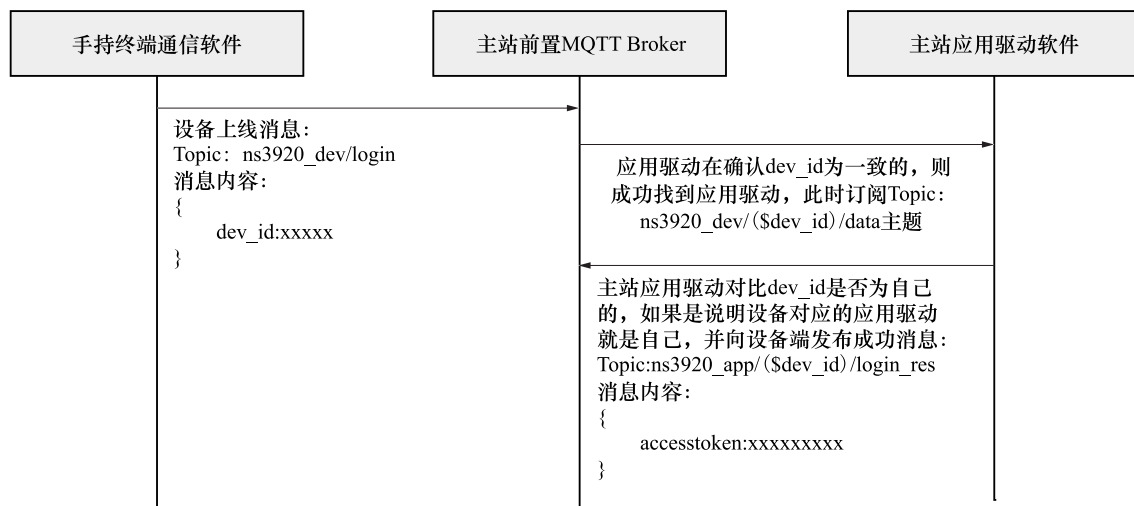


图 C.1 手持终端注册上线消息交互流程示意图

C.3 数据上报

手持终端登录成功后，采集到有效数据应向主站服务器的 MQTT Broker 发布，主站应用驱动软件从 MQTT Broker 获取数据，监测数据上报消息主题和消息内容示例见表 C.2，本地数据上报流程示意图如图 C.2 所示。

C.4 保活消息

主站服务器应通过“心跳”保活消息维护手持终端状态机，手持终端应按消息协议要求定时发送

PINGREQ 消息，保活消息主题和消息内容示例见表 C.3，保活信息交互流程示意图如图 C.3 所示。

表 C.2 监测数据上报消息主题和消息内容示例

消息类型	主题	消息结构
上报数据消息	ns3920_dev/(\$dev_id)/data	{accesstoken: ((\$token string), data: {(\$消息内容)})}
主站回复消息	ns3920_app/(\$dev_id)/data_res	{dev_id: (\$dev_id)}

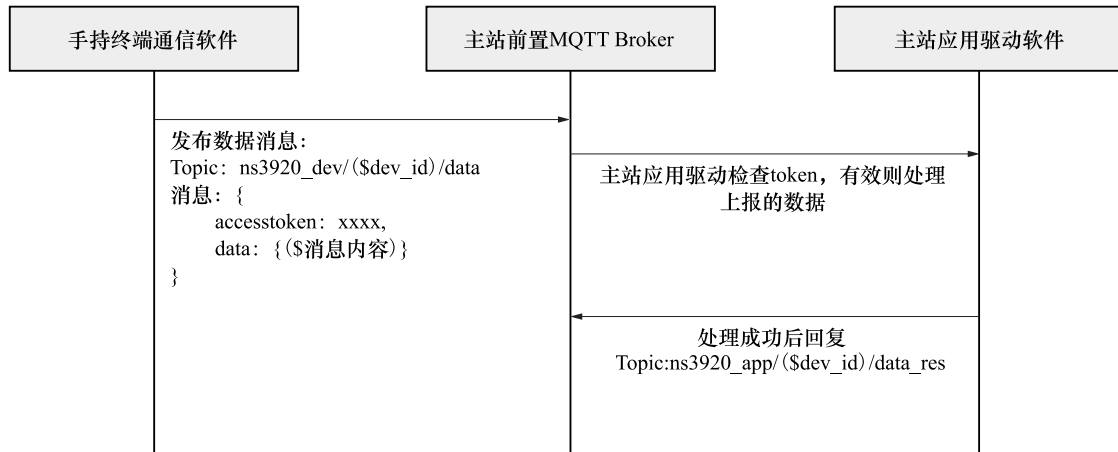


图 C.2 本地数据上报流程示意图

表 C.3 保活消息主题和消息内容示例

消息类型	主题	消息结构
保活消息上报	ns3920_dev/(\$dev_id)/pingreq	{accesstoken: ((\$token string))}
保活消息响应	ns3920_app/(\$dev_id)/pingresp	{ dev_id: (\$dev_id)}

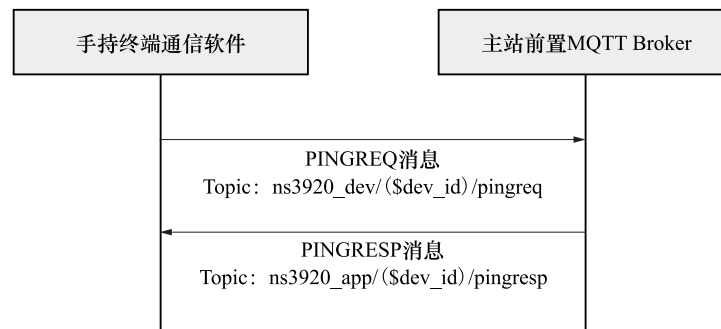


图 C.3 保活信息交互流程示意图

C.5 安全认证

安全认证应采用非对称加密，手持终端应使用公钥，主站应使用私钥；手持终端登录注册前，应使用公钥对子站身份信息进行加密，并将加密后的密文发送给主站；主站使用私钥应对手持终端发送的密文进行解密，解密后应对身份进行鉴别，手持终端设备身份合法，可允许接入主站。安全认证流程示意图如图 C.4 所示。

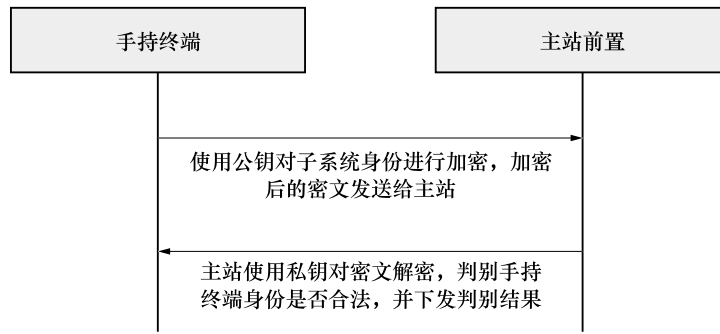


图 C.4 安全认证流程示意图

参 考 文 献

- [1] GB/T 191 包装储运图示标志
 - [2] GB/T 14598.27 量度继电器和保护装置 第 27 部分：产品安全要求
 - [3] GB/T 35697 架空输电线路在线监测装置通用技术规范
-