ICS 19.020

CCS K85

团体标准

发 布

中国电机工程学会

20XX—XX—XX实施

20XX—XX—XX发布

电力感知终端射频能量收集技术导则

Technical guidelines for RF energy harvesting for power sensing terminals

（征求意见稿）

T/CSEE XXXX—YYYY

代替 T/XXXX

目  次

[前 言 II](#_Toc180097089)

[1 范围 1](#_Toc180097090)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc180097091)

[3 术语和定义 1](#_Toc180097092)

[4 缩略语 1](#_Toc180097093)

[5 总则 2](#_Toc180097094)

[6 总体架构 2](#_Toc180097100)

[7 物理层技术要求 4](#_Toc180097101)

[8 媒体访问控制层技术要求 5](#_Toc180097102)

[9 安全要求 6](#_Toc180097103)

[附　录　A （技术性） 电力感知终端工作状态 7](#_Toc180097104)

[附　录　B （资料性） 电力地下管廊低速率物联感知类业务需求 8](#_Toc180097105)

[附　录　C （资料性） 智慧变电站场景低速率物联感知类业务需求 9](#_Toc180097106)

[附　录　D （资料性） 智慧仓储场景低速率物联感知类业务需求 1](#_Toc180097107)

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法》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通信专业委员会归口和解释。

本文件起草单位：国网河北省电力有限公司雄安新区供电公司、国网智能电网研究院有限公司、中国电力科学研究院有限公司、国网信息通信产业集团有限公司、北京智芯微电子科技有限公司、电子科技大学。

本文件主要起草人：钟成、路鹏程、李树荣、陆阳、吴青青、翟迪、邹显炳、韩金侠、张春玲、张晓燚。

本文件首次发布。

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）。

电力感知终端射频能量收集技术导则

1. 范围

本标准规定了电力感知终端能量收集与反向散射通信系统架构、物理层技术、媒体访问控制层技术与安全等技术要求。

本标准适用于电力感知通信网络设计、施工、验收和维护。

1. 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 28926-2012信息技术 射频识别2.45GHz空中接口符合性测试方法

GB/T 35102-2017信息技术 射频识别800/900MHz空中接口符合测试方法

GB/T 37093-2018 信息安全技术 物联网感知层接入通信网的安全要求

GB/T 42760-2023智慧城市 感知终端应用指南

GJB 7378.2-2011 军用射频识别空中接口 符合性测试方法 第1部分：800/900MHz

GJB 7378.2-2011 军用射频识别空中接口 符合性测试方法 第2部分：2.45GHz

T/SZS SIA 009.2-2021 轻型多维感知智能视频监控系统技术要求第2部分:数据传输协议

1. 术语和定义

GB/T 37093-2018、GB/T 42760-2023界定的以及下列术语和定义适用于本文件。



射频能量源 RF power source

以全向或定向方式向环境中发射射频信号，用于提高空间中电磁能量密度，用以给电力感知终端补充能量。射频能量源可以是专门安装的能量源，或是其他无线通信网络设备节点作为射频能量源，如广播电视塔、WiFi接入点等。



电力感知终端 power sensing terminal

通过能量收集、能量管理和反向散射来实现感知与通信的传感器，主要用于解决电力系统取电困难场景下的感知与通信问题。



能量收集 energy harvesting

区别于传统在本身集成电池的方式，通过捕获环境中游离的电磁、太阳能能量来满足设备本身电能消耗的一种能量补充手段。

1. 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ASK：振幅键控（Amplitude Shift Keying）

BPSK：二进制相移键控（Binary Phase Shift Keying）

QPSK：正交相移键控（Quadrature Phase Shift Keying）

WiFi：无线保真技术（Wireless Fidelity）

1. 总则
   1. 电力感知终端能量收集与反向散射通信技术应能够结合环境和电磁能量收集技术，实现电力感知场景中数据的采集与无线传输。
   2. 基于能量收集与反向散射通信技术的电力感知系统设计应遵循信息数字化、功能集成化、结构紧凑化的原则，应符合易扩展性、易升级、易维护的电力应用要求。
   3. 基于能量收集与反向散射通信技术的电力感知系统不应对现有部署的无线或有线通信网络造成性能影响。应遵循国家无委会的相关要求。
   4. 基于能量收集与反向散射通信技术的电力感知系统的应用与部署不宜影响现场原有结构，应遵循GB/T 42760-2023。
   5. 基于能量收集与反向散射通信技术的电力感知系统应遵循安全可靠、全寿命周期内整体成本最优的原则。
2. 总体架构
   1. 射频能量源与访问接入点合一架构

电力感知系统可采用射频能量源与访问接入点合一架构。此架构中射频信号发射和下行链路发送、上行链路接收三者应位于同一个无线访问接入点。无线访问接入点应负责给电力感知终端设备提供能量，且应负责与电力感知终端进行通信，给电力感知终端发送下行信号，并接收电力感知终端发送的上行信号。架构示意图如图1所示。



图 1 射频能量源与访问接入点合一架构示意图

* 1. 射频能量源与访问接入点分离架构

电力感知系统可采用射频能量源与访问接入点分离架构。此架构中射频能量源应为电力感知终端提供射频能量，电力感知终端可与无线访问接入点进行数据/信息传输。其中，射频能量源宜细分为两种形式，一种是专门设置的射频能量源，该射频能量源宜部署在距离终端较近位置。此时无线访问接入点可对其进行控制，例如设置操作频段、发射功率的大小，控制节点开启或关闭等；另一种是可选择非此无线通信网络的其他网络中的节点作为射频能量源，如电视或广播电视塔、WiFi接入点、蜂窝基站等。架构示意图如图2所示。



图 2 射频能量源与访问接入点分离架构示意图

1. 物理层技术要求
   1. 工作频段

总体架构中访问接入点和电力感知终端宜支持470MHz或2.4GHz频段通信，应遵循GB/T 28925-2012、《中华人民共和国工业和信息化部公告2019年第52号》。

电力感知终端应能提供：

1. 在470MHz频段下激活门限应不高于-40dBm，射频能量收集效率不低于8%；
2. 在2.4GHz频段下激活门限应不高于-50dBm，射频能量收集效率不低于10%。
   1. 调制技术要求

总体架构中访问接入点和电力感知终端应采用检测简单，功耗低的调制技术，宜选用ASK、FSK、BPSK、QPSK。

* 1. 帧结构

物理层帧结构应包含帧头、数据、帧尾三个部分，如图3所示。

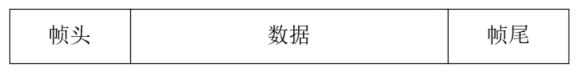


图 3 帧结构示意图

* + 1. 帧头

其中帧头应为一个前导序列，应具备如下功能：

1. 识别帧结构信号的开始时间，起到定时同步的作用；
2. 在接入或识别过程中，识别是否发生多个终端信号冲突；
3. 若物理层帧为下行帧，可在帧头中插入控制域，控制域可控制电力感知终端所使用的调制方式、码率、重复次数等信息。
   * 1. 数据字段

数据字段应能承载电力感知终端发出的具体信息，数据字段最大支持比特数应不小于16bit。

* + 1. 帧尾

帧尾应能确定一个帧结构信号传输结束。

1. 媒体访问控制层技术要求

媒体访问控制层技术应能保证访问接入点和电力感知终端之间数据传输的成功率，提升资源调度与连接管理效率，兼顾安全需求，可遵循T/SZS SIA 009.2-2021。访问接入点和电力感知终端通信的基本过程如下：



图 4 通信的基本过程

* 1. 广播消息

广播消息应满足以下功能：

1. 选择参与本次通信的电力感知终端；
2. 携带解决冲突避免的资源；
3. 携带实现同步功能的资源。
   1. 响应消息

访问接入点期望通信的电力感知终端收到广播消息后，应能够对期望进行响应。

响应消息可用于向访问接入点发送电力感知终端所处的状态，见附录A。

* 1. 下行消息

可用来向目标电力感知终端指示数据类型、调制方式、码率等信息。

下行消息设计应能减弱因接入冲突造成的传输性能下降的影响。

* 1. 上行消息

可用于电力感知终端向访问接入点传输信息。

上行消息设计应能减弱因接入冲突造成的传输性能下降的影响。

1. 安全要求

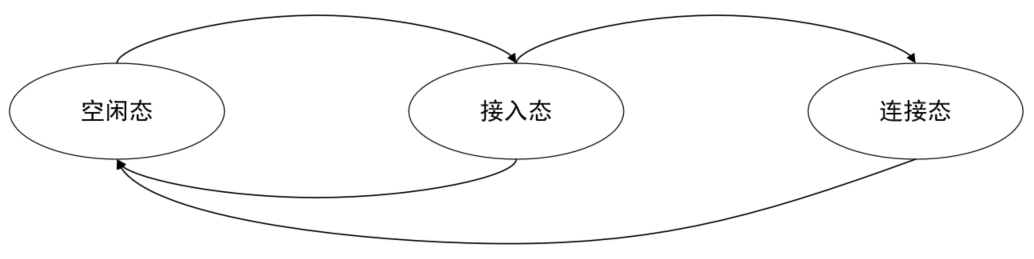
基于能量收集与反向散射通信技术的电力感知终端数据应满足以下安全要求：

1. 仅允许接入管理信息大区；
2. 在通过访问接入点接入管理信息大区时应采取轻量级身份认证和数据加密手段。
3. （技术性）  
   电力感知终端工作状态

电力感知终端工作状态见表A.1。

表A.1 电力感知终端工作状态表

| 状态 | 功能描述 | 触发条件 |
| --- | --- | --- |
| 空闲态 | 此状态下设备未被唤醒，但可接收能量信号，从周围感知、获取能量，不发送上行信号 | 未接收到任何消息时，或接收到广播消息但为非目标传感器、或反馈上行消息后 |
| 接入态 | 此状态下设备被唤醒，会执行内存读取操作，进行冲突解决处理，而且仍会接收广播消息，并反馈响应消息 | 接收到广播消息且为目标传感器时 |
| 连接态 | 等待接收访问接入点发送的下行消息，或并反馈上行消息 | 接收到广播消息且为目标传感器并发送响应消息后 |



图A.1 电力感知终端状态转换示意图

1. （资料性）  
   电力地下管廊低速率物联感知类业务需求

此场景可采用射频能量源与访问接入点合一架构，访问接入点发射的无线信号可作为电力感知终端的能量源和激励信号。

电力地下管廊中数字化感知业务需求见表B.1。

表B.1 电力地下管廊中数字化感知业务需求

| 监测对象 | 传感器 | 传输速率 | 传输时延 | 丢包率 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 通风系统 | 风速传感器 | >1kbps | ＜6s | ＜1% |
| 环境监测系统 | 温湿度监测系统 | >1kbps | ＜6s | ＜1% |
| 防外破监测系统 | 防外破监测装置 | >1kbps | ＜30s | ＜1% |
| 沉降监测系统 | 加速度传感器 | >1kbps | ＜30s | ＜1% |
| 振动传感器 | >1kbps | ＜30s | ＜1% |
| 应变传感器 | >1kbps | ＜30s | ＜1% |

1. （资料性）  
   智慧变电站场景低速率物联感知类业务需求

此场景可采用射频能量源与访问接入点分离架构，射频能量源安装在距离电力感知终端较近的区域，访问接入点安装在区域中心。

智慧变电站场景数字化感知业务需求见表C.1。

表C.1 智慧变电站数字化感知业务需求

| 监测对象 | 传感器 | 传输速率 | 传输时延 | 丢包率 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 站内环境 | 环境温湿度传感器 | ＜2kbps | ＜6s | ＜1% |
| 避雷器 | 温度传感器 | ＜2kbps | ＜6s | ＜1% |
| 开关柜 | 温湿度传感器 | ＜2kbps | ＜6s | ＜1% |

1. （资料性）  
   智慧仓储场景低速率物联感知类业务需求

此场景可采用射频能量源与访问接入点合一架构，访问接入点发射的无线信号可作为电力感知终端的能量源和激励信号。

智慧仓储场景数字化感知业务需求见表D.1。

表D.1 智慧仓储场景数字化感知业务需求

| 监测对象 | 传感器 | 传输速率 | 传输时延 | 丢包率 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 资产货物 | 身份标签 | >1kbps | ＜200ms | ＜1% |

**━━━━━━━━━━━**