

团 体 标 准

电力无线局域网（EPWL）技术要求

（征求意见稿）

编制说明

2025-01-05

《电力无线局域网（EPWL）技术要求》 （征求意见稿）编制说明

1 任务来源、协作单位

1.1 任务来源

本标准制订任务根据中国能源研究会下达的《关于 2024 年第一批中国能源研究会标准立项的通知》（中能研[2024]3 号），团体标准《电力无线局域网（EPWL）技术要求》予以立项，由中国电力科学研究院有限公司提出，国家电网有限公司科技创新部技术归口。

提出单位：中国电力科学研究院有限公司。

1.2 协作单位

牵头单位：中国电力科学研究院有限公司；

参编单位：国网上海市电力公司经济技术研究院；国网江苏省电力有限公司；国网浙江省电力有限公司；国网江西省电力有限公司；中国科学院沈阳自动化研究所；新岸线（北京）科技集团有限公司；北京密码云芯科技有限公司；智芯微电子科技有限公司；沈阳邦粹科技有限公司。

中国电力科学研究院有限公司作为编写牵头单位，负责标准相关资料的搜集与调研、标准框架编制、标准内容起草、反馈意见整理、组织协调等工作。

2 编制工作组简况

2.1 编制工作组及其成员情况

编制组主要单位由各个设计单位组成。

本标准主要起草人：张慧、高凯强、徐高峰、项栩琛、宋彦斌、汪莞乔、汤婵娟、吕征宇、赵新建、汤亿则、邱兰馨、刘强、傅裕、杨雨沱、刘慎发、崔心发、李鹏、孙马秋、袁艳芳、杨峰、刘立辉。

2.2 标准主要起草人及其所做的工作

张慧，标准编写负责人，负责标准整体编写整理及第一章节：范围、第二章节：规范性引用文件、第三章节：术语和定义、第四章节：缩略语、第五章节：网络架构内容编写。标准编制总体进度的管控、技术调研、标准各阶段内容的编写及审核等工作；

高凯强、徐高峰、项栩琛、宋彦斌、汪莞乔，负责标准第五章第一小节：网络整体架构、第五章第二小节：组网技术要求、第八章：频率要求、第十一章第二小节：环境要求、附录 A 的内容编写工作。资料收集，标准具体章节的编写、校核、反馈意见整理及格式规范等工作；

汤婵娟、吕征宇，负责第十章第一小节：物理层，第十一章第一小节：接口要求的内容编写工作。

赵新建，负责第七章第一小节：网络容量要求、第九章第二小节：密码容量要求的内

容编写工作。

汤亿则、邱兰馨，负责第六章第四小节：电力鉴别服务单元、第六章第五小节：设备网管系统、第八章：频率要求的内容编写工作。

刘强、傅裕，负责第五章第二小节：组网技术要求、第九章第四小节：鉴别服务要求的内筒编写工作。

杨雨沱，负责第六章第二小节：电力无线接入点、第六章第三小节：电力无线终端、第十一章第一小节：接口类型的内容编写工作。

刘慎发、崔心发，负责第七章第二小节：网络性能要求、第十章第二小节：媒体接入控制协议的内容编写工作。

李鹏、孙马秋，负责第九章第五小节：访问控制要求、第九章第六小节：数据保护要求的内容编写工作。

袁艳芳、杨峰，负责第九章第一小节：安全总体要求、第九章第三小节：密钥管理要求的内容编写工作。

刘立辉，负责第六章第一小节：电力无线接入控制单元的内容编写工作。

3 起草阶段的主要工作内容

在接收到标准编制任务后，牵头单位协调各个参与单位组建编写小组，确定编写组长、编写小组成员、以及编写整体进度计划安排，并提交相关资料；

深入具体应用场景如变电站、换流站等进行问题需求调研，并广泛收集各个业务场景的需求及同各个参与单位进行技术领域的分析，形成标准的编写大纲；

于2024年9月初，对编写大纲进行评审讨论，根据与会专家提出的主要的6条建议，对标准大纲进行修改，形成编写大纲初稿；

于2024年9月中旬，依据标准大纲有标准编写参与人员进行标准初稿的编写工作；

于2024年10月下旬，完成标准初稿草案的编写工作，并在编写组内部进行了初稿草案评审工作，根据编写组内部提出的主要的8条建议，完成对初稿草案的进行修改，形成修改完成后的标准初稿，并提交标准初稿到标准评审组进行评审；

根据标准组委会的安排，于2024年10月底，完成标准初稿的专家评审，根据专家提出的14条建议，对标准初稿进行修改完善，形成征求意见稿。

4 标准编制原则及与国家法律法规和强制性标准及有关标准的关系

4.1 标准编写原则：

统一性：本标准编制过程中要求对标准结构的统一，标准编写过程中涉及到的章、条、段、表、图和附录的排列顺序的一致；文体的统一，类似的条款由相似的措辞来表达，采用应、宜、可的方式对必要性、推荐性、可选性进行描述；术语的统一，即同一个概念采用同一个术语；形式的统一，标准中条标题、图表标题的统一编号。

协调性：本标准编制过程中，为了达到标准系统整体协调的目的，在制定标准与已经发布的标准进行协调。通过遵守基础标准和采取引用的方法来保证标准协调。

适用性：本标准编制过程中要充分使用适用性的思路。

一致性：本标准起草过程中与现有的行业标准、国家标准、国际标准保持一致。

规范性：本标准编写过程中参考 GB/T 1《标准化工作导则》、GB/T 20000《标准化工作指南》、GB/T 20001《标准编写规则》、GB/T 20002《标准中特定内容的编写》等标准中规范性的要求进行标准编写。

开放性：本标准编制工作组秉持开放原则，成员来自电网企业、发电企业等多家单位，向电力行业各单位广泛征求意见。

灵活性：针对不同企业情况，可在本标准的基础上，进行细化和扩展，满足电力企业各种通信需求。

实用性：本标准借鉴电力行业多家企业通信应用成果，注重实用性，从策略层到实施层，逐层细化分解，确保设计成果落地。

4.2 标准涉及法律法规

本标准与现行法律、法规、政策及相关标准保持一致。

5 标准主要技术内容的论据或依据；修订标准时，应增加新、旧标准水平的对比情况

5.1 标准主要技术理论依据

5.1.1 无线局域网干扰影响及消除技术

降低无线局域网络中干扰影响的研究主要从两个方向入手，一种是针对系统内部中站点之间的干扰。在网络运行过程中，每个站点在发送数据时会由于竞争资源等原因对其它站点的传输产生影响，这种影响在有些时候会对严重影响站点的正常工作，因此如何避免网络内部站点之间的干扰是一个热门的研究方向。当前使用的是分布式协调功能（DCF：Distributed Coordination Function）和点协调功能（PCF：Point Coordination Function）这两种方式。但是随着用户数量的增多，现有的避免方式已经无法满足网络的需求。针对这种干扰最直接的方法就是减少参与竞争的用户，Chen.Q 等人以这种思想为基础，提出了一种名为协调交替目标唤醒时间策略；Hong.K 等人也提出了一种分组接入方案，根据节点的接收信号强度（RSSI：Received Signal Strength Indication）来对站点进行分组，使得不同 RSSI 的站点在不同的信道资源上发起接入，增加了接入信道的概率，减少了站点之间的碰撞概率；Agrawal 提出了一种基于发射功率的控制算法，网络中的站点根据其余站点的发送功率来决定自己发送功率的大小，从而减少了站点互相之间的干扰；Zhou.S.K 提出了一种动态时隙分配算法，其根据网络中的站点数量对网络中的时隙参数进行调整，从而使网络此时的性能达到较好的状态；而 Suherman 等人则分析了数据包大小对于网络性能的影响，其提出了一种数据包自适应算法，网络根据此时的状态对传输数据包的大小进行调整，从而减少了站点传输数据时出现冲突的概率。

5.1.2 基于固定优先级调度算法

固定优先级算法是指消息集合中的每种消息都会被赋予一个固定的优先级在消息调度时会根据优先级进行资源分配，优先级高的消息可以比优先级低的消息更优先地在信道中传输，对于两条优先级相同的消息，则遵循先到先服务的原则进行调度。原理如下图。该算法的优点在于可以根据用户或者网络的需求来为消息集合中的消息设置不同优先级，让

户数的增加，碰撞次数会增加，同时 AP 的平均接入延迟逐步增加。

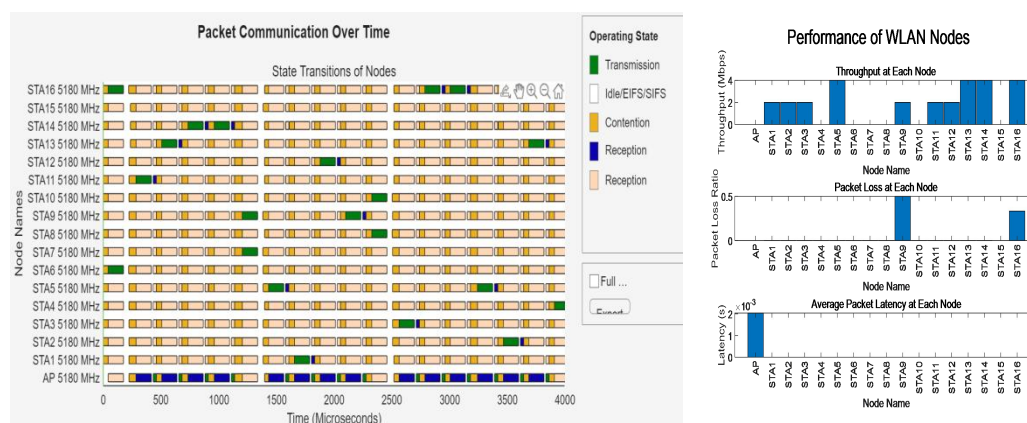


图 3：CSMA/CD 多用户接入碰撞仿真图

5.3 标准主要技术实践依据

EPWL 技术指标参考是 WIA 技术、EUHT 技术，其中工业无线网络 WIA(Wireless Networks for Industrial Automation) 技术是由中国科学院沈阳自动化研究所牵头研发的具有自主知识产权的高可靠、超低功耗的智能多跳无线传感器网络技术，采用了基于 MIMO 的分层网络架构、微秒级高精度时间同步、基于正交频分复用的频域轮训方法等核心技术，形成了自主技术体系；达到了百点规模工厂自动化无线网络接入时延由 100 毫秒降低到 10 毫秒、时间同步精度小于 10 微秒等指标。

WIA 定义了一组物理设备，包括主控机、网关设备、现场设备、手持设备以及路由设备、接入设备或基站，统一采用免授权频段。WIA-PA 完全采用 IEEE 802.15.4 标准作为其物理层 (PHY) 和介质访问控制 (MAC) 子层，并定义了数据链路子层、网络层 (NET) 和应用层 (APP)；WIA-FA 仅采用 IEEE 802.11 标准的物理层，并定义了数据链路层和应用层；WIA-NR 仅采用 5G 的物理层、介质访问控制层和无线链路控制层，并重定义了应用层。

WIA-PA 可支持千点规模组网，典型速率为 250 kbps，平均功率可低至 0.63 mW。同时，WIA-PA 实现了大于 99.3%的可靠性和小于 100 ms 的端到端时延。可支持实时闭环控制；WIA-FA 可实现大于 99.99%可靠性和小于 10 ms 的时延，速率达到 54 Mbps，可支持百点级高并发接入。WIA-FA 已用于工业多媒体通信、离散制造的闭环控制等；WIA-NR 随着 5G 的研发启动，仍在研究和测试中，尚未得到实际部署，仿真基本达到 5G URLLC 的性能指标，可以支持运动控制。

EUHT (Enhanced Ultra High Throughput 增强型超高吞吐率)。相比 802.11ac，EUHT 采用了全双工通信技术和 MAC 机制、能够进行多任务多用户的时分调度，因此效率更高。2012 年 2 月，工信部发布第 7 号公告——《高频谱利用率和 high 数据吞吐的无线局域网技术要求》，使得 EUHT 成为国家标准。该公告表明，EUHT 代表了我国目前在无线局域网方面

的最高水平。目前已经广泛应用于高速列车的无线通讯领域。

基于 EUHT 无线通信协议，目前完成了核心通信基带、射频芯片、核心协议软件、基站、终端、网管软件和应用软件的开发，形成了成熟、高性价比的完整解决方案。自 2017 年开始产业化应用以来，已先后在轨道交通、车联网、工业互联、无线宽带等领域大规模产业化应用。EUHT 在车地之间建立一条高可靠、低时延的“无线光纤”，以“双网、双频、双安全、双备份，多网合一”的解决方案，支持我国高铁下一代列控 C4 系统和地铁 CBTC、集群调度、乘信息、广播、视频等综合业务承载需求，在广州地铁、北京地铁已取得丰富的应用业绩。EUHT 产品在首钢的冷轧库远程遥控天车、原料库无人料车、炼钢监测、码头远程控制、智能推焦等十多个工业场景投入生产使用，首钢已立项陆续部署无人铁水车、厂区生产网无线覆盖、矿井无人化改造等项目。公安一所采用警用无线局域网产品开展了厦门金砖国家峰会安保、北京冬奥会安保等工作。

5.2 修订标准时，应增加新、旧标准水平的对比

无

6 主要试验（验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

6.1 主要试验（验证）的分析

在实际应用场所，对 EPWL 产品的进行的性能测试数据如下，测试数据表明，EPWL 系统可以有效的满足现有电力场景的无线传输要求。

设备性能测试（站点 1）

表 1：西侧（500kV 配电装置区与主变、无功配电装置区之间）

| 位置（距离 EAP） | 带宽（Mbps） | 时延（ms） | | | 丢包率（%） |
|------------|----------|--------|----|----|--------|
| | | 最大 | 最小 | 平均 | |
| 12.3 米 | 25.7 | 34 | 4 | 7 | 0 |
| 42.5 米 | 19.6 | 20 | 4 | 6 | 0 |
| 67.2 米 | 16.2 | 7 | 5 | 5 | 0 |
| 87.8 米 | 13.1 | 8 | 4 | 5 | 0 |
| 102.9 米 | 18.9 | 7 | 4 | 5 | 0 |
| 119.2 米 | 9.62 | 28 | 4 | 6 | 3 |
| 134.3 米 | 7.21 | 142 | 7 | 31 | 0 |
| 149.1 米 | 10.8 | 109 | 5 | 24 | 0 |
| 164.3 米 | 4.85 | 123 | 5 | 51 | 4 |
| 179.5 米 | 2.78 | 143 | 4 | 29 | 1 |
| 194.5 米 | 1.92 | 123 | 4 | 47 | 3 |

表 2：中间（两个主变、无功配电装置区之间）

| 位置（距离 EAP） | 带宽（Mbps） | 时延（ms） | | | 丢包率（%） |
|------------|----------|--------|----|----|--------|
| | | 最大 | 最小 | 平均 | |
| 15.3 米 | 18.1 | 41 | 4 | 7 | 0 |

| | | | | | |
|--------|------|---|---|---|---|
| 31 米 | 16.8 | 7 | 4 | 5 | 0 |
| 47 米 | 21.7 | 7 | 4 | 5 | 0 |
| 61.8 米 | 13.5 | 7 | 4 | 5 | 0 |

表 3：东侧（1000kV 配电装置区与主变压器之间）

| 位置（距离 EAP） | 带宽（Mbps） | 时延（ms） | | | 丢包率（%） |
|------------|----------|--------|----|----|--------|
| | | 最大 | 最小 | 平均 | |
| 10.4 米 | 25.8 | 42 | 4 | 7 | 0 |
| 25.6 米 | 24.8 | 59 | 4 | 8 | 0 |
| 43.9 米 | 21.8 | 62 | 4 | 7 | 0 |
| 66.6 米 | 20.0 | 39 | 4 | 6 | 0 |
| 86.8 米 | 15.4 | 15 | 4 | 5 | 0 |
| 113.7 米 | 14.1 | 121 | 4 | 22 | 0 |
| 152.7 米 | 2.52 | 121 | 4 | 38 | 2 |

设备性能测试（站点 2）

表 4：北侧（220kV 配电装置区内）

| 位置（距离 EAP） | 带宽（Mbps） | 时延（ms） | | | 丢包率（%） |
|------------|----------|--------|----|----|--------|
| | | 最大 | 最小 | 平均 | |
| 10 米 | 17.2 | 9 | 4 | 5 | 0 |
| 20 米 | 15.8 | 19 | 4 | 6 | 0 |
| 30 米 | 15.4 | 20 | 4 | 6 | 0 |
| 40 米 | 17.6 | 69 | 4 | 9 | 0 |
| 50 米 | 18.4 | 10 | 4 | 5 | 0 |
| 60 米 | 15.0 | 52 | 5 | 11 | 0 |
| 70 米 | 7.5 | 14 | 4 | 5 | 0 |
| 80 米 | 10.3 | 18 | 5 | 7 | 0 |
| 90 米 | 10.4 | 45 | 4 | 7 | 0 |
| 100 米 | 9.79 | 72 | 4 | 8 | 0 |
| 110 米 | 16.9 | 38 | 4 | 7 | 0 |
| 120 米 | 2.66 | 109 | 4 | 19 | 0 |
| 130 米 | 2.45 | 143 | 5 | 23 | 0 |

表 5：中间（主变一侧）

| 位置（距离 EAP） | 带宽（Mbps） | 时延（ms） | | | 丢包率（%） |
|------------|----------|--------|----|----|--------|
| | | 最大 | 最小 | 平均 | |
| 10 米 | 15.9 | 54 | 4 | 7 | 0 |
| 20 米 | 12.1 | 25 | 5 | 9 | 0 |
| 30 米 | 14.2 | 214 | 5 | 97 | 0 |
| 40 米 | 21.0 | 99 | 4 | 12 | 0 |
| 50 米 | 25.2 | 131 | 4 | 47 | 0 |
| 60 米 | 19.3 | 44 | 4 | 11 | 0 |

表 6: 南侧 (110kV 配电装置区内)

| 位置 (距离 EAP) | 带宽 (Mbps) | 时延 (ms) | | | 丢包率 (%) |
|-------------|-----------|---------|----|----|---------|
| | | 最大 | 最小 | 平均 | |
| 10 米 | 14.1 | 15 | 4 | 6 | 0 |
| 20 米 | 24.8 | 69 | 4 | 8 | 0 |
| 30 米 | 17.5 | 9 | 4 | 5 | 0 |
| 40 米 | 9.98 | 30 | 4 | 6 | 0 |
| 50 米 | 7.62 | 15 | 4 | 6 | 0 |
| 60 米 | 10.1 | 14 | 4 | 6 | 0 |
| 70 米 | 6.29 | 166 | 5 | 42 | 2 |
| 80 米 | 7.32 | 159 | 5 | 47 | 3 |
| 90 米 | 9.65 | 273 | 5 | 32 | 5 |
| 100 米 | 7.27 | 171 | 4 | 19 | 0 |
| 110 米 | 2.97 | 313 | 5 | 19 | 0 |
| 120 米 | 1.63 | 762 | 8 | 98 | 9 |
| 130 米 | 4.65 | 129 | 7 | 49 | 6 |

6.2 综述报告

通过理论推导以及实际测试报告的数据分析, EPWL 技术可以有效承载变电站、换流站等固定场所的业务数据传输要求。在安全性上, 通过底层数据硬加密、三元认证、动态密钥协商、动态波形管控等技术有效的保证了电力场景下的安全业务需求。从数据传输适应性上, 采用变化子载波数、定制化 CP 长度、调整调制方式等方法实现了针对电力场景下宽窄业务一体化的解决方案。从传输速率方面, 采用短前导、短 CP、控制帧间应答机制实现了数据高吞吐量的传输。从漫游切换方面, 采用软切换、分时隙接入等方式解决了漫游切换时间过长甚至掉线的问题。

综上, EPWL 技术充分借鉴了现有成熟的无线局域网技术, 并针对电力场景下的业务需求进行功能适配、性能提升。解决了通用无线局域网技术在适配电力场景业务需求时碰见的各种问题。

6.3 技术经济论证

变电站、换流站等固定场所都需要电力无线局域网作为业务数据交互的承载技术手段, 是能源传输节点广泛存在的需求, 本标准中规定无线局域网终端模块、中心接入点、网络控制单元设备和综合网管系统、安全鉴权模块, 可适配对接各类业务终端, 有效承载电力无线局域网业务需求。

6.4 预期的经济效果

按照国网公司 27 个省(市) 4 万多个变电站, 还有数万级的换流站、配电房、开闭所等场景估算, 未来市场规模推广前景非常可观。通过建立综合试点应用并不断扩大试点应用规模, 积累经验并改进技术, 制定详细的成果落地实施方案, 与公司系统内、外的生产单位合作, 实现技术成果的产业化和大规模应用, 后期可通过转化形成产业, 潜在经济效益可达百亿级别。在电力系统外, 无线局域网可为交通、钢铁、矿山等工业生产领域提供

安全可靠的无线局域网方案。

7 采用国际标准的程度及水平的简要说明

参照采用：IEEE STD 802.11-2012

8 重大分歧意见的处理经过和依据

无

9 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）

待本标准发布后实施前，将面向标准的各相关方开展标准宣贯工作。建议该标准自发布之日起 24 个月内开始实施。

10 其他应予说明的事项，如涉及专利的处理等

无