

中华人民共和国电力行业标准

项目编号：能源 2019040

电力无线通信设计规程

Code for design of electric wireless private network

征求意见稿

主编单位：中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司

参编单位：中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司

中国电力工程顾问集团广西电力设计研究院有限公司

中国电建集团河南省电力勘测设计院有限公司

中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司

2022年4月 长春

前 言

根据国家能源局 xxx 文件要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结电力无线通信的设计经验，编制《电力无线通信设计规程》。

本标准主要内容是：总则、术语和符号、基本规定、业务需求、电力无线专网构成及组网方式、电力无线专网设计、网络安全、机房和电源、防雷接地等。

本标准由国家能源局负责管理，由电力规划设计总院提出，由能源行业电网设计标准化技术委员会负责管理，由中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司负责具体内容的解释。

本标准主编单位、参编单位。主要起草人和主要审查人：

主编单位：中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司

参编单位：中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司

中国电力工程顾问集团广西电力设计研究院有限公司

中国电建集团河南省电力勘测设计院有限公司

中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总 则.....	1
2 术语和缩略语.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 缩略语.....	3
3 基本规定.....	7
3.1 一般要求.....	7
3.2 设计原则.....	7
3.3 设计内容.....	7
3.4 组网架构.....	8
4 业务需求.....	9
4.1 应用场景.....	9
4.2 需求分析.....	9
5 电力无线接入网.....	10
5.1 服务指标.....	10
5.2 覆盖设计.....	10
5.3 容量设计.....	11
5.4 数据传输.....	12
5.5 频率配置及干扰控制.....	12
6 支撑系统.....	14
6.1 认证.....	14
6.2 网管.....	14
7 设备性能要求.....	15
7.1 接入点 AP 性能要求.....	15
7.2 接入控制器 AC 性能要求.....	16
7.3 无线终端性能要求.....	16
7.4 鉴别服务器性能要求.....	17

8 编号方式.....	18
8.1 网络和设备编号.....	18
8.2 IP 地址分配.....	18
9 网络安全.....	19
10 安装要求.....	20
10.1 设备安装要求.....	20
10.2 天线安装要求.....	20
10.3 线缆布线安装要求.....	20
11 机房和电源.....	22
11.1 机房要求.....	22
11.2 电源要求.....	22
12 防雷和接地.....	23
12.1 防雷.....	23
12.2 接地.....	23
标准用词说明.....	24
引用标准名录.....	25
条文说明.....	26

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms and Abbreviation.....	2
2.1	Terma.....	2
2.2	Abbreviation.....	3
3	Basic provisions.....	7
3.1	Business Requirements.....	7
3.2	Design Philosophy.....	7
3.3	Design Content.....	7
3.4	Network architecture.....	8
4	Business Requirements.....	9
4.1	Application Scenarios.....	9
4.2	Requirements Analysis.....	9
5	Power Wireless Access Network.....	10
5.1	Service Index.....	10
5.2	Covering Design.....	10
5.3	Capacity Design.....	11
5.4	Data Transfer.....	12
5.5	Frequency Configuration and Interference Control.....	12
6	Support System.....	14
6.1	Authentication.....	14
6.2	Network Managemen.....	14
7	Equipment Performance Requirements.....	15
7.1	AP Performance Requirements.....	15
7.2	AC Performance Requirements.....	15
7.3	Wireless Terminal Performance Requirements.....	16
7.4	Identify Server Performance Requirements.....	17
8	Numbering.....	18
8.1	Network and Device Numbers.....	18
8.2	IP Address Allocation.....	19
9	Network Security.....	20
10	Installation Requirements.....	20
10.1	Device Installation Requirements.....	20
10.2	Antenna Installation Requirements.....	20
10.3	Cable Wiring Installation Requirements Requirements.....	20
11	Room and Power.....	22
11.1	Room Requirements.....	22
11.2	Power Requirements.....	22
12	Lightning Protection and Grounding.....	23
12.1	Lightning Protection.....	23
12.2	Grounding.....	23

Explanation of wording in this standard.....	24
List of quoted standards.....	25
Addition:Explanation of provisions.....	26

1 总 则--东北院

1.0.1 为规范电力无线通信设计工作，使电力无线通信设计符合国家的有关政策、法规，达到安全可靠、先进适用、经济合理、节能环保的要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于电力系统无线局域网的设计。

1.0.3 本标准规定了电力系统无线局域网的设计要求。

1.0.4 电力无线局域网设计除应符合本标准外，还应符合国家现行有关标准。

2 术语和缩略语--东北院

2.1 术语

下列术语和定义适用于本标准:

2.1.1 电力无线通信 electric wireless private network

电力公司主导建设、专用于电力业务,采用无线通信技术的无线通信网。

2.1.2 无线局域网 wireless local area network

通过无线介质进行数据传送的局域网。本标准中至工作与 2.4GHz/5GHz 频段,遵循 IEEE802.11 系列协议无线局域技术,采用独立的无线局域网设备的网络,简写为 WLAN。

2.1.3 骨干通信网 backbone communication network

电力通信网中覆盖 35kV 及以上电压等级发电厂、变电站、调度机构、办公场所的通信系统,实现各节点之间的信息交互和终端通信接入网业务的汇接。

2.1.4 胖 AP fat access point

能够独立实现配置、管理和工作的无线局域网接入设备,也成为非集中控制型 AP、独立控制型 AP。

2.1.5 瘦 AP fit access point

需与接入控制器配合,共同实现配置、管理和工作的无线局域网接入设备,也称集中控制型 AP。

2.1.6 接入控制器 access controller

对瘦 AP 进行集中配置、管理和控制的网络设备,简写为 AC。

2.1.7 Mesh 网络 mesh network

指“无线网格网络”。Mesh 网络中的 AP 均采用点对点方式通过无线中继链路互联,并且 AP 间可以建立多跳的无线链路。

2.1.8 室内放装型 AP indoor wall/ceiling mount AP

指 AP 设备安装在室内热点,通过自带天线对目标区域直接覆盖。

2.1.9 室内分布型 AP indoor DAS AP

指 AP 设备作为室内分布系统的信号源,通过室内分布系统对目标区域进行覆盖。

2.1.10 室外型 AP outdoor AP

指 AP 设备在室外环境使用，通过自带天线或外接天线对室外目标区域进行覆盖。

2.1.11 认证服务器 AAA

是一个能够处理用户访问请求的服务器程序，提供验证授权以及帐户服务，主要目的是管理用户访问网络服务器，对具有访问权的用户提供服务。

2.2 缩略语

本标准中使用的缩略语的中文名称、英文名称和涵义。

802.11 (IEEE 802.11)

IEEE 信息技术标准，无线局域网媒体访问控制 (MAC) 和物理层 (PHY) 规范。

802.11a (IEEE 802.11a)

IEEE 信息技术标准补充，无线局域网媒体访问控制 (MAC) 和物理层 (PHY) 规范，5GHz 频段高速物理层。

802.11b (IEEE802.11b)

IEEE 信息技术标准补充，无线局域网媒体访问控制 (MAC) 和物理层 (PHY) 规范，2.4GHz 频段高速物理层扩展。

802.11g (IEEE802.11g)

IEEE 信息技术标准，无线局域网媒体访问控制 (MAC) 和物理层 (PHY) 规范，2.4GHz 频段更高速率扩展。

802.11n (IEEE 802.11n)

IEEE 信息技术标准，无线局域网媒体访问控制 (MAC) 和物理层 (PHY) 规范，更高吞吐量增强。

802.11ac (IEEE 802.11ac)

IEEE 信息技术标准，无线局域网媒体访问控制 (MAC) 和物理层 (PHY) 规范，5GHz 频段超高速率扩展。

802.11ax (IEEE 802.11ax)

IEEE 信息技术标准，无线局域网媒体访问控制 (MAC) 和物理层 (PHY) 规

范，Wi-Fi 6。

AAA (Authentication, Authorization, Accounting)

认证、授权、计费

AC (Access Controller)

接入控制器

ACL (Access Control Lists)

访问控制列表

AP (Access Point)

接入点

BAS (Broadband Access Server)

宽带接入服务器

BLE(Bluetooth low energy)

低功耗蓝牙

BSS (Basic Service Set)

基本服务组合，一个热点的覆盖范围被称为一个 BSS。

BSS Coloring (Basic Service Set Coloring)

是用于识别重叠基本服务集 (OBSS) 的方法。

CPE (Customer Premise Equipment)

用户终端设备

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

动态主机配置协议

DNS (Domain Name System)

域名系统

EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power)

等效全向辐射功率

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

电气电子工程师学会

IP (Internet Protocol)

互联网协议

IPv4 (Internet Protocol version 4)

互联网协议版本 4

IPv6 (Internet Protocol version 6)

互联网协议版本 6

LAN (Local Area Network)

局域网

MAC (Media Access Control)

媒体访问控制

MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)

多入多出

QoS (Quality of Service)

服务质量

Ping (Packet Internet Grouper)

因特网包探索器

PoE (Power over Ethernet)

以太网供电

RFID (Radio Frequency Identification)

射频识别

S/N (Signal-to-Noise Ratio)

信噪比

SNMP (Simple Network Management Protocol)

简单网络管理协议

SPD (Surge Protective Device)

浪涌保护器

SSID (Service Set Identifier)

服务集标识

TCP (Transmission Control Protocol)

传输控制协议

UDP (User Datagram Protocol)

用户数据报协议

VLAN (Virtual Local Area Network)

虚拟局域网

WAPI (Wireless Authentication Privacy Infrastructure)

无线局域网鉴别和保密基础结构

WIDS (Wireless Intrusion Detection System)

无线入侵侦测系统

WIPS (Wireless Intrusion Prevention System)

无线入侵防御系统

WLAN (Wireless Local Area Network)

无线局域网

UWB (Ultra WideBand)

超宽带

3 基本规定--东北院

3.1 一般要求

3.1.1 电力系统无线局域网设计应综合考虑应用场景业务需求及未来发展的需要，并结合具体安装环境进行设备选型。

3.1.2 电力系统无线局域网设计应实现各类承载业务的安全可靠传输，保障电网运行的安全性。

3.1.3 电力系统无线局域网应采用先进、成熟、适用的无线通信技术，技术体制应具备延伸性和扩展性。

3.1.4 工程中所采用的无线电发射设备 AP 应具备国家无线电管理机构核发的无线电设备型号核准证，并应符合无线局域网国家标准。

3.1.5 工程所采用无线局域网设备的工作频率，应满足工业和信息化部的相关规定。

3.2 设计原则

3.2.1 电力系统无线局域网应根据电力业务需求选择目标覆盖区域，应与覆盖区域内的其他通信网络协同设计，不应干扰电力系统相关控制信号，同时也不应干扰地铁等公共交通控制信号。

3.2.2 电力系统无线局域网的室内覆盖和室外覆盖应协同设计。

3.2.3 电力系统无线局域网应结合建筑物结构特点进行设计。

3.2.4 同一热点的多个电力系统无线局域网宜共建共享。

3.2.5 AC 设备应按照冗余配置。

3.2.6 若采用 WAPI 技术体制组网，AS 认证服务器宜按照省地两级部署。

3.2.7 无线局域网应同时支持 IPv4 和 IPv6。

3.2.8 无线局域网的容量设计应为业务发展预留余量。

3.3 设计内容

3.3.1 电力系统无线局域网设计内容宜包括业务需求、无线接入网、支撑系统、

编号方式、网络安全、安装要求、机房和电源、防雷和接地等。

3.4 组网架构

3.4.1 电力系统无线局域网的系统架构应根据业务需求和运维管理等因素确定，一般包括接入网和支撑系统，应符合下列规定：

1 无线接入网提供终端接入、设备信息采集和业务管理控制功能；可采用自治式和集中式两种组网方式，自治式组网由胖 AP 组成，集中式组网由瘦 AP 和 AC 组成；AP 间的拓扑关系可以相互独立，也可组成 mesh 网络；无线接入网通过电力骨干通信网进入电力专网；

2 支撑系统提供认证、网管等功能，可由 BAS 宽带接入服务器、AAA 服务器、DHCP 服务器、Portal 服务器、网管服务器等组成。

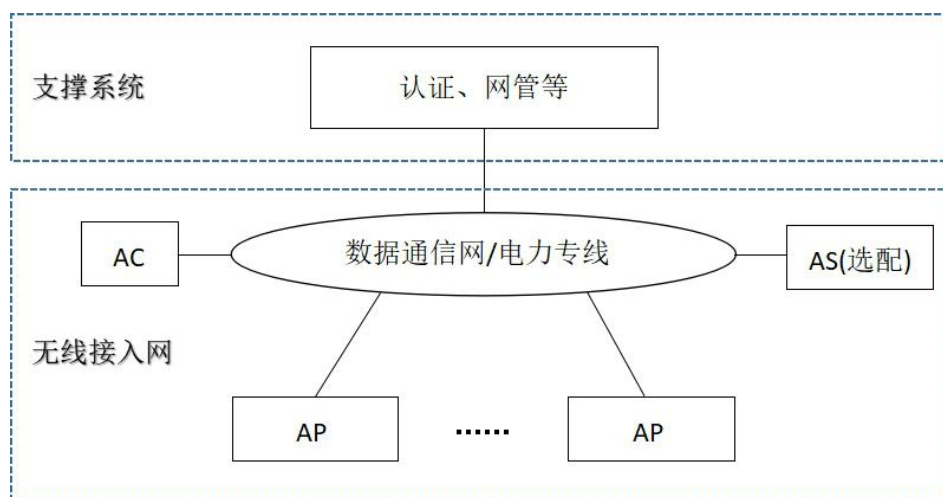


图 3.4.1 无线局域网基本结构图

4 业务需求--东北院

4.1 应用场景

4.1.1 根据电力业务生产消费环节维度，电力无线通信网主要应用场景可划分为发电、输电、变电、配电、用电和综合应用环节。

4.1.2 发电环节主要应用场景包括微电网综合应用、智慧电厂生产系统、智慧电厂管理系统、智慧电厂时空定位及可视化运维系统等。

4.1.3 输电环节主要应用场景包括输电线路状态在线监测及视频监控、隧道状态在线监测、隧道机器人巡检等。

4.1.4 变电环节主要应用场景包括精准负荷控制、变电设备在线监测、动环监控、智能作业机器人、智能巡检机器人、无人机巡检、安全工器具管理及可穿戴运维等。

4.1.5 配电环节主要应用场景包括配电所综合监测、开闭所环境监测等。

4.1.6 用电环节主要应用场景包括用电信息采集、分布式储能、高级计量、电动汽车充电站/桩等。

4.1.7 综合应用环节主要应用场景包括智慧能源园区、智慧工地、智能仓储管理、智能营业厅、智能办公、电力应急通信、移动作业等。

4.2 需求分析

4.2.1 电力无线通信专网需求预测包括业务需求分析、容量需求预测、实时性需求预测等内容。

4.2.2 业务需求分析应参考相关业务信息采集与控制的技术规定，包括业务功能、业务类型、业务流向、性能指标、业务工作环境等内容。

4.2.3 业务性能指标应包括数据采样周期、带宽要求、时延要求、可靠性要求、安全性要求、抗电磁干扰等性能要求。

4.3.4 业务容量需求宜适度预留未来业务发展，业务容量冗余系数可设置为20%~30%。

5 电力无线接入网--东北院

5.1 服务指标

5.1.1 目标覆盖区域内 95% 以上的位置，无线信号接收电平宜大于 -75dBm，重点覆盖区域，无线信号接收电平宜大于 -65dBm，用户终端接收到的信号 S/N 值宜大于 10dB。

5.1.2 目标覆盖区域内以 64bytes 数据包对 AP 网关进行 Ping 测试，平均时延不宜大于 100ms，丢包率不宜大于 5%。

5.1.3 链路带宽设计应根据估算目标覆盖区域所承载的各种业务的平均速率和峰值速率确定。

5.2 覆盖设计

5.2.1 根据无线局域网规划设计流程，确定覆盖目标和覆盖方式，覆盖场景主要分为室内覆盖和室外覆盖两种。

5.2.2 进行覆盖设计时需通过无线链路预算估算覆盖区域内所需的 AP 数量。

5.2.3 EIRP 应满足国家无线电发射设备射频技术要求。

5.2.4 覆盖范围还受天线类型、天线角度、天线增益、天线工参、MIMO 增益等因素影响。

5.2.5 覆盖天线选型满足环境、应用场合和安装位置的要求。

5.2.6 AP 或天线的安装位置，应充分了解覆盖区域用户及建筑结构特点，根据现场环境测试结果确定。

5.2.7 室内热点宜采用室内放装型 AP 设备或室内分布型 AP 设备。室外热点宜采用室外型 AP 设备。

5.2.8 采用室内放装型 AP 设备时应符合下列规定：

- 1 系统拓扑结构应易于拓展与组合；
- 2 AP 数量和输出功率设置应满足带宽容量、干扰和边缘场强等需求；
- 3 应综合考虑施工难度、施工效率及维护难度，合理安排 AP 位置及走线路

由。

5.2.9 采用室内分布型 AP 设备时应符合下列规定：

- 1 新建的室内分布系统应具有良好的兼容性和可扩充性；
- 2 接入已有室内分布系统时，应先确认其支持待接入 AP 的工作频段；当不支持时，应改造已有室内分布系统或更改设计方案；
- 3 室内分布型 AP 宜在末端合路，应根据带宽容量、链路预算和室内分布系统的结构，合理选择合路点位置，合理设置 AP 的数量及输出功率；
- 4 合路器选型应满足功率容量、频率适用范围、隔离度的要求；
- 5 不宜使用功率放大器增加输出电平。

5.2.10 室外型 AP 天线选型应满足覆盖需求并符合环境特征。

- 1 对于布局简单的条形区域、楼层较多的建筑物，宜选择定向天线进行覆盖；
- 2 对于空旷、容量需求较小区域或者楼层较少且距离较近的建筑物，可选择全向天线进行覆盖。

5.2.11 天线挂高、方位角和俯仰角设置，应符合覆盖区域环境和用户特征，定向天线主波瓣应正对覆盖目标区域。不宜使用功率放大器增加输出电平。

5.2.12 大规模部署无线网局域网时，可以省、市为单位统一配置 AC 管理装置，方便统一管理维护。

5.3 容量设计

5.3.1 AP 数量应满足热点内并发用户数和吞吐量等业务需求，容量设计应结合设备能力、用户分布、流量预测、频率干扰等因素确定。

5.3.2 接入容量设计可在满足现有需求基础上按 30% 预留余量，即：

$$\text{设计容量} = \text{现有需求总和} / (1 + 30\%) \quad (5.3-1)$$

5.3.3 AC 的容量应能满足接入 AP 数量、并发用户数和总吞吐量等各方面的需求，容量设计应根据设备能力、AP 分布情况、流量预测和网络架构等因素确定。

5.3.4 若接入业务包含视频监控、智能机器人、无人机巡检等大带宽上行业务，需根据接入设备参数、接入设备使用范围等校验无线网络设计参数。在需要时可为接入设备改装天线或增加 CPE 终端。

5.4 数据传输

5.4.1 AP 至 AC 的数据传输通道由数据通信网或电力专线进行承载。

5.4.2 站内多个 AP 分别上联至组网交换机后，通过以太网通道统一上传。

5.4.3 传输带宽应满足容量设计并预留一定余量。

5.5 频率配置及干扰控制

5.5.1 无线局域网可使用 2.4GHz 和 5GHz 频段。

5.5.2 AP 设备可工作于 2.4GHz 频段，频率范围为 2.4GHz~2.4835GHz，频段带宽为 83.5MHz，划分为 13 个子信道，每个子信道带宽为 22MHz。

5.5.3 AP 设备可工作于 5GHz 频段，频率范围为 5.150GHz~5.350GHz 和 5.725GHz~5.850GHz，划分为 13 个独立信道，每个子信道带宽为 20MHz。

5.5.4 频率配置应避免同频干扰，2.4GHz 频段信道中心频率间隔不应低于 25MHz，全网频率配置以整体干扰最小为宜。

5.5.5 对于无线局域网内的干扰可采取以下干扰控制措施：

- 1 根据现场无线环境测试结果，优先选择无干扰或干扰小的信道；
- 2 合理规划覆盖区；
- 3 设计合理的发射功率；
- 4 设计合理的天线方位角、俯仰角；
- 5 选择合理的天线参数和天线类型；
- 6 选用支持 BSS Coloring 或其他信道区分技术的设备。

5.5.6 对于无线局域网间的干扰可采取以下干扰控制措施：

- 1 无线局域网间频率协调；
- 2 无线接入网共建共享。

5.5.7 对于无线局域网与其他系统的干扰可采取以下干扰控制措施：

- 1 远离同频段内的其他设备，如微波设备；
- 2 预留保护频带；
- 3 增加额外隔离器件，降低系统间干扰。

6 支撑系统--华北院

6.1 认证

无线局域网应建设认证系统，并应符合下列规定：

6.1.1 可采用 DHCP+WEB、基于 WAPI 的双向身份认证等认证方式，支持终端、设备、鉴权服务器三元身份认证。同一 AP 不同 SSID 的用户应进行独立身份验证。

6.1.2 无线局域网应为无线局域网接入用户提供可识别标识，与其他接入方式的用户进行区分。

6.1.3 室内款 AP 支持扩展物联接口，支持 BLE/RFID/Zigbee，认证方式应满足电力系统业务安全要求。

6.2 网管

6.2.1 无线局域网宜建设集中式的综合网管系统，采用标准的网络管理接口，支持 SNMP 协议、Telemetry 协议，支持上级网管系统通过对应的协议接入综合网管，支持多个无线局域网厂商设备的管理。

6.2.2 网管系统宜实现无线接入设备和无线控制器以及热点接入交换机的统一管理。

6.2.3 网管系统应具备数据采集、性能管理、故障管理、配置管理、安全管理、拓扑管理的功能，宜具备业务统计分析的功能。

6.2.4 网管系统宜具备 AP 设备空口无线安全事件监测、安全告警事件监测、日志分析与审计、流量监控等安全监控功能。

7 设备性能要求--东北院

7.1 接入点 AP 性能要求

- 7.1.1 室内放装型/室外型 AP 工作频段支持 2.4G/5G 双频同时工作。
- 7.1.2 室内型 AP 应支持 802.11 a/b/g/n/ac 工作模式，宜支持 802.11 ax 工作模式；室外型 AP 应支持 802.11 a/b/g/n/ac/ax 工作模式。
- 7.1.3 室外 AP 应支持外置天线，室内 AP 可选内置天线和外置天线方式。
- 7.1.4 网络侧应具备北向接口，用户侧应具备南向接口。
- 7.1.5 应支持 IPv4 和 IPv6 双栈协议，具备同时获取 IPv4 和 IPv6 地址的能力。
- 7.1.6 支持手动配置、二层发现、DHCP、通过 DNS 域名解析发现等多种 AC 发现方式。
- 7.1.7 应同时支持集中转发，本地转发的业务转发方式。
- 7.1.8 应支持切换，切换应保证业务不间断。
- 7.1.9 应支持固定功率调整及自适应功率动态调整以降低干扰，自动功率调整不影响已有的业务连接。
- 7.1.10 应支持基于 SSID、基于 MAC 地址、基于 IP 地址和 IP 地址范围等的接入控制。
- 7.1.11 支持单 AP 及不同 AP 下的二层隔离功能，并且支持用户隔离功能的打开和关闭。
- 7.1.12 AP 设备应符合网络侧和空口侧的网络安全要求，应支持 WAPI 安全协议。
- 7.1.13 AP 设备的体积和质量宜满足室内型 AP 不超过 3L/1.5Kg，室外型 AP 不超过 6L/5Kg。
- 7.1.14 室内型 AP 设备应适合放装安装、吸顶安装等多种安装方式，室外型 AP 设备应适合抱杆安装、墙面安装等多种安装方式。
- 7.1.15 AP 设备应满足一定的温度湿度工作环境要求，具备相应的防尘防水等级。

7.2 接入控制器 AC 性能要求

7.2.1 AC 应支持双机热备份，故障切换时不影响业务正常运行；当主用 AC 设备恢复后，流量可从备份 AC 回切到主用 AC。

7.2.2 AC 应实现 DHCP 服务器功能，支持 DHCP 中继。

7.2.3 AC 设备应具备 VLAN 功能，支持 VLAN Trunk 和 VLAN 终结特性。

7.2.4 AC 设备应同时支持二层链路聚合功能和三层 IPv4/IPv6 双栈功能。

7.2.5 AC 设备应支持 AP 对 AC 基于二层协议、三层协议的自动发现。

7.2.6 AC 设备应支持满足 QoS 基本要求的功能。

7.2.7 AC 设备应支持对 AP 设备的集中控制功能

7.2.8 AC 设备应具备集中转发和本地转发能力。

7.2.9 AC 应支持时间同步功能，以便 AP 从 AC 获得时间同步。

7.2.10 AC 设备应具备一定的网络访问控制和安全防护能力，具备非法 AP 的检测发现功能。

7.2.11 支持单个 AP 及不同 AP 下的二层隔离功能；支持用户隔离功能的打开和关闭，默认为打开。

7.2.12 AC 应支持对所管理 AP 及 AC 设备本身的集中统一配置和管理，管理方式应包括本地管理和远程管理，同时具备日志管理功能。

7.2.13 AC 设备应满足一定的温度湿度工作环境要求。

7.3 无线终端性能要求

7.3.1 根据应用场景不同，无线终端可分为 CPE 终端（含室内型、室外型）、嵌入式终端模块、数据卡（USB 接口）和手持终端等类型，各类无线终端应根据应用场景需要支持 802.11a/b/g/n/ac/ax 中的一种或多种模式。

7.3.2 无线终端应工作在 2.4GHz/5GHz 频段。

7.3.3 无线终端应获得国家无线电主管部门颁发的型号核准证书。

7.3.4 无线终端的无线接口应符合 GB 15629.11；

7.3.5 CPE 终端应支持以太网口、串口等。

7.3.6 无线终端应支持 AP 扫描功能，能够搜索到周围无线环境中存在的 AP 设备。

7.3.7 无线终端宜支持对 SSID 的设置，并与对应的 AP 设备建立关联。

7.3.8 CPE 终端应支持无误地接收和发送组播业务。

7.3.9 支持国家密码管理主管部门批准的用于无线局域网的算法，支持密钥更新功能，包括单播密钥更新、组播密钥更新和基密钥更新。

7.3.10 无线终端的工作温度、存储温度、工作湿度计存储湿度应满足一定要求。

7.4 鉴别服务器性能要求

7.4.1 应支持双机热备份及双电源备份。

7.4.2 应支持对数字证书的管理及操作。

7.4.3 应具备数据备份和恢复策略，能够实现数据的备份与恢复。

7.4.4 应具备日志及调取功能。

7.4.5 应支持多用户鉴别，单个有效证书鉴别速率为毫秒级。

7.4.6 AS 应支持 WAPI 协议。

7.4.7 运行环境应满足一定要求。

8 编号方式--广西院

8.1 网络和设备编号

8.1.1 网络和设备编号符合通用性、一致性、扩展性、适用性原则，宜按照省内情况自行划分，同一地区网络内设备编号应按设备类型进行连续编号。

8.1.2 网络编号宜采用“字符+连接符+数字”形式。

8.1.3 无线局域网 SSID 规划应符合以下要求：

- 1 同一个 AC 管理下的 AP 宜配置相同的 SSID，SSID 编码应保持一致；
- 2 可为每一类业务设置一个 SSID，并与业务管理 VLAN 划分方式保持一致；
- 3 同一个省（级）公司所辖区域内 AP 的 SSID 编码宜保持一致，便于省内跨地区漫游接入。

8.2 IP 地址分配

8.2.1 电力无线局域网省内 IP 地址可按照省内情况自行划分。

8.2.2 无线局域网 IP 地址符合以下要求。

- 1 应支持 IPv4 和 IPv6 双栈协议；
- 2 IP 地址设置应满足唯一性、可管理性、连续性和可扩展性的要求；
- 3 IP 地址包括网络设备互连 IP 地址、网络设备管理 IP 地址、无线终端地址三类；
- 4 每台网络设备应设置 1 个设备管理 IP 地址，三层交换机启用设备 Loopback 地址作为网管地址，二层交换机使用管理 VLAN 地址作为网管地址；
- 5 二层交换机、AP、无线终端可采用私网 IP。

9 网络安全--华北院

9.0.1 无线局域网工程网络安全应符合《电力监控系统网络安全防护导则》（GB/T36572）、《公众无线局域网网络安全防护要求》（YD/T2696）、《公众无线局域网网络安全防护检测要求》（YD/T2697）的规定。

9.0.2 无线局域网应部署安全策略及安全措施，可采用动态黑名单、安全加密、防火墙、网络监测等安全措施，配置分级权限，违反安全策略的访问被限制，网络运行中及时关闭高危端口，启用安全防护策略。

9.0.3 应按照 6.1 章节内容进行用户授权和认证。

9.0.4 无线局域网应对用户认证信息数据和用户业务数据进行加密，加密算法采用国密算法 SM4。支持 L2TP、IPSEC、DTLS、IKE、SSL 等安全协议建立安全隧道，加密处理用户认证信息等敏感数据。

9.0.5 无线网络承载业务应符合电力监控系统分区分级要求，不同安全分区业务应接入不同无线 AP，无线 AP 应接入交换机分区 VLAN，跨区接入应配置防火墙、隔离装置等设备，在域边界处采用双向访问控制。

9.0.6 公共区域的无线局域网用户之间应进行逻辑隔离。

9.0.7 网络设备应具备非法攻击、非法设备识别检测，宜采用 WIPS、WIDS 实现防攻击检测，可部署专用探测 AP 实现 Rogue AP 反制。

9.0.8 无线 AP 应上报告警至 AC，AC 统计攻击/非法设备类型，并告知网管平台。

9.0.9 AC 设备应开启防护功能，包括端口隔离、用户隔离、非法 AP 检测等功能。AC 设备上应配置 ACL，防止 DNS 隧道攻击绕过认证机制。

9.0.10 无线网络应接入安全接入网关、安全隔离装置方可接入电网系统信息内网。

9.0.11 无线网络运维管理可根据实际需求对设备、网管系统开展风险评估。

10 安装要求--河南院

10.1 设备安装要求

10.1.1 通信机房内设备安装应符合各设备相关规范的规定。

10.1.2 AP 设备安装应牢固、可靠、美观，做好防尘、防水、安全防盗措施。

10.1.3 AP 安装在吊顶内时，应靠近检修口附近以便维护。

10.1.4 AP 内置于防水型设备箱内安装于建筑物屋顶时，应选择无日光直射或直射时间较短的位置。

10.1.5 室外设备与线缆的接头应连接紧固，并做防水处理。

10.2 天线安装要求

10.2.1 天线的安装应牢固、美观，不应破坏周边整体环境。

10.2.2 室内天线的安装不宜影响建筑物原有结构和装饰。

10.2.3 室内全向天线宜安装在吊顶下，无吊顶时宜采用吊架固定方式，天线应略低于梁、通风管道、消防管道等障碍物，保证天线不受阻挡。

10.2.4 室外全向天线安装应保证天线垂直。

10.2.5 天线周围应无直接遮挡物，定向天线宜采用壁挂、抱杆或支架安装方式，天线主瓣方向应正对目标覆盖区。

10.2.6 定向天线的方位角、俯仰角应符合工程设计要求。

10.3 线缆布线安装要求

10.3.1 线缆布放应符合现行国家标准《综合布线系统工程设计规范》GB 50311 的规定。

10.3.2 线缆布放应用扎带、线码或馈线夹等进行牢固固定；弯曲布放时，弯曲角应圆滑，弯曲半径应符合相应的缆线技术规范规定。

10.3.3 线缆布放应充分利用楼内的线缆桥架敷设。

10.3.4 在线井、天花板等外侧布放的线缆宜加套管，并对走线管进行固定。

10.3.5 电源线与信号线应分架分孔洞敷设，无法避免同槽同孔敷设的或交叉的应采取隔离措施。

10.3.6 以太网线缆布放应考虑线缆传输距离要求，并做好干扰屏蔽措施。

11 机房和电源--广西院

11.1 机房要求

11.1.1 新建机房宜符合现行行业标准《通信建筑工程设计规范》YD5003 的规定。电力无线局域网室内设备应处于良好的运行环境中，在进行工程设计时，应根据网络规划和设备的技术要求，综合考虑水文、地质、地震、电力、交通等因素，选择符合电力无线通信设备工程环境设计要求的安装地址。

11.1.2 新建机房室内的环境应符合现行行业标准《通信局（站）机房环境条件要求与检测方法》YD/T 1821。

11.1.3 电力无线局域网的节点设备和网管系统设备可安装于已有自动化机房或通信机房内，也可安装在电气二次设备室内。设备宜安装在专用的标准尺寸设备屏柜内，支持机架式安装。设备走线方式可根据现场实际情况确定，但强电、弱电在设备机柜前后应分开走线。

11.2 电源要求

11.2.1 安装于机房内设备供电应符合现行国家标准《通信电源设备安装工程设计规范》GB 51194。机房内设备应采用不间断电源供电。直流供电时，宜采用不间断 DC-48V 电源；交流供电时，宜采用不间断 AC220V 电源。在条件许可时宜采用冗余方式供电。

11.2.2 AP 设备可采用 PoE 直流供电、本地交流供电或本地直流供电方式，重要热点的 AP 设备宜配备后备电源。

12 防雷和接地--河北院

12.1 防雷

12.1.1 防雷应符合现行国家标准《通信局（站）防雷与接地工程设计规范》GB 50689 和行业标准《电力系统通信站过电压防护规程》DL/T 548 的规定。

12.1.2 室外天线安装具备的防雷设施应符合下列规定：

1 安装在厂（站）避雷装置的保护范围内，无法利用厂（站）避雷装置保护时，楼顶安装场景应在天线支架顶端设置避雷针；

2 设备馈线端口应安装 SPD。

12.1.3 设备安装在室外并需要本地供电时，应在电源侧电源线端口安装 SPD；采用 PoE 供电时，应在缆线两端安装 SPD。

12.1.4 数据线室内布放时，宜在网络设备端和 AP 端都安装数据线 SPD；数据线室外布放时，应在网络设备端和 AP 端都安装数据线 SPD。

12.2 接地

12.2.1 接地应符合现行国家标准《通信局（站）防雷与接地工程设计规范》GB 50689 和行业标准《电力系统通信站过电压防护规程》DL/T 548 的规定。

12.2.2 设备和缆线的下列金属部分应做保护接地：（参考 GB 50689-2011《通信局（站）防雷与接地工程设计规范》、DL/T 548-2012《电力系统通信站过电压防护规程》）

1 设备的金属机架、支架、抱杆；

2 缆线的金属外皮和屏蔽层；

3 布线用金属管槽、支架、构件等。

12.2.3 室外设备 SPD 防雷接地和保护接地均应就近与厂（站）接地系统连接。

12.2.4 室外设备在安装时，应在设备下方或设备箱内设置汇流接地排。

12.2.5 接地线应根据最大故障电流值和材料机械强度确定。

12.2.6 接地线中严禁加装开关或熔断器。

标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严谨”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《无线电链路传输损耗概念》 ITU-R P.341

《计算自由空间损耗》 ITU-R P.525

《用于规划频率范围再 300MHz 到 100GHz 内的室内无线电通信系统和无线局域网的传播数据和预测方法》 ITU-R P.1238

《无线局域网工程设计标准》 GB/T 51419

《通信局(站)防雷与接地工程设计规范》 GB 50689

《信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网 特定要求 第 11 部分: 无线局域网媒体访问控制和物理层规范》 GB 15629.11

《电力监控系统网络安全防护导则》 GB/T36572

《综合布线系统工程设计规范》 GB 50311

《通信电源设备安装工程设计规范》 GB 51194

《电力系统通信站过电压防护规程》 DL/T 548

《公众无线局域网网络安全防护要求》 YD/T2696

《公众无线局域网网络安全防护检测要求》 YD/T2697

《通信建筑工程设计规范》 YD5003

《通信局（站）机房环境条件要求与检测方法》 YD/T 1821

中华人民共和国电力行业标准

电力无线通信设计规程

DL/T XXXX— 202×

条文说明

3 基本规定

3.4 组网架构

3.4.1 无线终端类型主要包括 CPE（含室内型、室外型）、嵌入式终端模块、数据卡（USB 接口）和手持终端等。

4 业务需求

4.1 应用场景

4.1.1 电力系统中发电、输电、变电、配电、用电及综合六个环节应用场景主要业务分类见表 4.1.1。

表 4.1.1 电力系统应用场景主要业务分类表

应用场景	子场景	业务
发电	微电网综合应用场景	分布式电源的监测及管理
		控制微电网与大电网的通断
		监测微电网与大电网的连接状态及电压、电流、电量等各项参数
		对发电设备及储能设备的实时视频监控
		监测储能电池的充放电状态
		监测微电网内建筑物暖通、空调、照明等各种设施的用电负荷
		控制暖通、空调启停和调整功率等级
	智慧电厂生产系统	无线仪表技术
	智慧电厂管理系统	一体化集中监控
		厂区无人值守出入口控制
		厂区边界入侵探测报警
		物联网智能巡更
	智慧电厂时空定位系统	机器人智能巡检
输电	输电线路状态在线监测及视频监控	输电线路状态监测
	隧道状态在线监测	视频监控
		隧道环境状态监测
隧道机器人巡检	机器人巡检	
变电	精准负荷控制	变电站侧精准负荷控制
	变电设备在线监测	变电设备状态监测
	动环及视频监控	视频监控
		动环监控
	智能作业机器人	作业机器人
	智能巡检机器人	机器人巡检
	无人机巡检	无人机巡检
安全工器具管理及可穿戴运维	时空定位	
	视频接入	
配电	配电所综合监测	配电所综合监测
	开闭所环境监测	开闭所环境监测
用电	用电信息采集	用电信息采集

应用场景	子场景	业务
	分布式储能	分布式储能
	高级计量	高级计量
	电动汽车充电站/桩	电动汽车充电站/桩
综合	智慧能源园区	智慧能源园区
	智慧工地	基建全过程综合数字化管理
	智能仓储管理	仓储管理
	智能营业厅	智能营业厅
	智能办公	移动 IMS 语音
		办公终端无线接入
	电力应急通信	电力应急通信
移动作业	移动作业	

4.1.2 微电网综合应用中的“微电网”，是相对传统“大电网”而言的一个概念，是指采用先进的控制技术以及电力电子装置，把分布式能源和它所供能的负荷以及储能等设备连接形成一个微型的完整电网。这种“微型”的电网是从发电、输变电，直到终端用户的完整电力系统，既可以自身形成一个功能齐全的局域性能源网络，以不干扰输配电系统的方式“孤网运行”，也可以通过一个公共连接点与市政电网并网连接，当微电网电源功能不足时可以通过大电网补充缺额，发电量大时可以将多余电量馈送回大电网。必要时，两种模式间可以进行切换，这充分维护了微电网和大电网的安全稳定运行。

在一套完整的微电网系统中，分布式能源作为发电侧的供能主体，不同品类的能源之间能够协同互补；在用电侧，系统对用电负荷进行监测和控制；在控制系统层面，微电网需要进行内部调度以及与外部的沟通，实现高度自治；蓄冷、蓄热和电储能使得微电网兼具安全性以及灵活性。

在微电网中可应用无线局域网的场景涉及分布式电源的监测及管理，监测微电网内建筑物暖通、空调、照明等各种设施的用电负荷并控制其启停和调整功率等级，监测储能部分的电池的充放电状态，监测微电网与大电网的连接状态及电压、电流、电量等各项参数，控制微电网与大电网的通断，对发电设备及储能设备的实时视频监控等环节。

智慧电厂是指在广泛采用现代数字信息处理技术和通信技术基础上，集成智能的传感与执行、控制和管理等技术，达到更安全、高效、环保运行，与智能电网及需求侧相互协调，与社会资源和环境相互融合的发电厂。

智慧电厂涉及智慧电厂生产系统、智慧电厂管理系统、电厂空间定位系统等

各个环节。

智慧电厂生产系统是智慧电厂的基础，发电厂的生产过程目前已全部采用基于 DCS 系统或 DCS+PLC 系统的监控方式，已基本实现控制系统的信息化、数字化。随着控制技术的不断发展，发电厂的生产控制系统正逐步迈向智能型生产控制系统。智能型生产控制系统涉及发电机组自启停 APS 控制、现场总线技术、无线仪表等技术的应用。

其中，无线仪表控制网络由操作管理设备过程控制器无线网关、网络管理站、安全管理站、无线接入点、无线仪表、无线适配器等组成，可以与常规控制系统、现场总线控制系统有机结合成一个整体。无线仪表控制网络具有高灵活性易使用；可靠、易维护；安装周期缩短，安装成本低等优点。针对无线仪表的应用，鉴于安全性和实时性的问题，建议在部分辅助系统（如油罐区及燃油泵房除灰）、室外设施、改造等项目应用。上述应用场景可采用无线局域网技术接入。

智慧电厂管理系统，就是以计算机技术、信息技术物联网技术为支撑，通过数据接口、信息集成和协议转换等手段将智能管理系统、视频监控系统、一卡通管理系统、边界入侵探测报警系统、智能照明控制系统、广播报警系统、火灾报警系统、大屏幕视频管理等系统接入统一的数据平台，实现对厂区的自动化数字化、智能化、集约化融合的综合管控，使厂区管理更加安全便捷高效人性化。

智慧电厂管理系统主要包括集中监控、系统联调用及面向工作人员三种应用。

集中监控类的应用主要有一体化集中监控，厂区无人值守出入口控制，厂区边界入侵探测报警、物联网智能巡更及机器人智能巡检等功能。

系统联动类应用主要有消防联动、安防联动、厂区场景切换及广播管理等。

面向工作人员的智慧应用主要有移动终端应用智能会议、访客引导、停车引导、智慧班车、智慧餐厅等。

智慧电厂时空定位系统是基于 UWB 高精度定位技术提供的电厂人员定位系统，保障现场作业及外委人员的行为可控、位置可视。结合定位基站、定位标签等设备提供全局位置显示、实时轨迹跟踪、历史数据回放及定位监测分析等功能，支持电子围栏对事故多发区域快速设置，对接近或进入危险区域人员发出本地和远程预警提示。UWB 高精度定位基站功能可由无线局域网 AP 联合提供。

4.1.3 输电线路状态在线监测及视频监控主要实现输电线路的温度、气象、现场

环境等信息数据的实时监测，业务主要分布在输电线路沿线，线路长度几公里至数百公里不等，各类传感信息及视频信息采集的现场通信可采用无线局域网方式，采集的数据回传不适用于无线局域网。

4.1.4 精准负荷控制通信对象包括接入层电力用户配电室分路开关及计量装置，以及骨干汇聚层各级上联汇聚站点。精准负荷控制系统重点解决电网故障初期频率快速跌落、主干通道潮流越限、省际联络线功率超用、电网旋转备用不足等问题，根据不同控制要求，分为实现快速负荷控制的毫秒级控制系统和更加友好互动的秒级及分钟级控制系统。

精准负荷控制终端可分布在电网侧（变电站内）以及低压用户侧，主要实现受控终端至控制主站之间的通信。分布在低压用户侧的精准符合控制终端分布在低压配电网中，分布较为分散，无法采用无线局域网方式覆盖。分布在变电站内的精准负荷控制终端从覆盖角度分析可以采用无线局域网进行承载。

4.1.5 配电所综合监测主要包括站房（环网柜、配电室等）测温、带电检测等，以及少量的配电线路状态监测。配电所内各类传感装置及测量装置现场通信可采用无线局域网方式，各类传感及测量装置数据汇聚至 AP。但配电所综合监测终端与主站距离较远，数据上传不适用无线局域网通信。

开闭所环境监测现场通信可采用无线局域网方式实现开闭所内各类传感装置上传至动力环境监测子站。开闭所动力环境监测子站与主站距离较远，数据上传不适用无线局域网通信。

4.1.6 用电信息采集是对电力用户的用电信息进行采集、处理和实时监控，实现用电信息的自动采集、计量异常监测、电能质量监测、用电分析和管理等功能。电力用户用电信息采集业务当前主要传输数据业务，包括终端上传主站（上行方向）的状态量采集类业务以及主站下发终端（下行方向）的常规总召命令，呈现出上行流量大、下行流量小的特点，主站多为以省为单位集中部署。用电信息采集终端多部署于楼道、屋檐及小区配电房等，部分位于地下室内。

无线局域网可用于用电信息采集现场通信，将多个用电信息采集终端数据汇聚至 AP，汇聚后的数据上传不适用无线局域网通信。

高级计量以智能电表为基础，开展用电信息深度采集，满足智能用电和个性化客户服务需求。对于工商业用户，主要通过企业用能服务系统建设，采集客户

数据并智能分析，为企业能效管理服务提供支撑。对于家庭用户，重点通过居民侧“互联网+”家庭能源管理系统，实现关键用电信息、电价信息与居民共享，促进优化用电。未来业务特点主要呈现出采集频次提升、采集内容丰富、双向互动三大趋势。无线局域网可用于高级计量现场通信，实现多个智能电表数据汇聚至 AP，汇聚后的数据上传不适用无线局域网通信。

电动汽车充电桩内置 TCU 装置，与车联网平台之间双向点对点通信，主站下发召测、计费等命令，终端上传设备状态、计量等信息。充电站由数十至数百个充电桩组成，可通过无线局域网覆盖整个充电站，单个充电桩数据通过 TCU 装置上传至无线局域网 AP，汇聚后的数据上传至车联网平台不适用无线局域网通信。

分布式储能主要采用电化学储能、超级电容器储能、超导储能、压缩空气等储能技术，储能功率、容量规模相对较小。相较于集中式储能，分布式储能减少了集中储能电站的线路损耗和投资压力，但也具有分散布局，可控性差等特点。电网中接入的分布式储能系统数量达到一定规模时，需要对分布式储能系统进行有序的调度管理，使其不仅满足就地的功能，同时还能通过统一的协调控制满足电网级的应用，最大限度发挥分布式储能系统的作用。无线局域网可应用于分布式储能的状态监测及运行管理方面。

4.1.7 电力应急通信

电力应急通信的保障范围是突发事件场景和重要保电场景。均要求应急通信应具备应急指挥和电力运行控制功能。突发事件场景要求应急通信应能够快速建立应急指挥中心与现场之间的通信通道、快速恢复现场电力关键生产业务的通信通道、为应急指挥及快速恢复供电提供通信保障。重要保电场景要求应急通信应提供保电现场临时业务、对所已有生产控制业务通道实施加固，并对未实现通信的场所进行通信延伸。对于未实现通信的场所，可通过无线局域网方式实现网络快速覆盖，满足各类业务的现场通信需求。

4.2 需求分析

4.2.3 电力系统各应用场景主要业务带宽要求、时延要求、可靠性要求指标见表 4.2.1。

表 4.2.1 电力系统主要业务指标表

序号	应用场景	业务名称	现有站内接入方式（现场通信）	数据回传承载方式	无线局域网适用分析	带宽要求	时延要求	通信可靠性
1	发电	微电网分布式电源	GPRS/4G	公网	现场通信适用于无线局域网	单站≥4kbps	1) 遥测：时延<60s 2) 遥信：时延<60s 3) 遥控：时延<5s	遥测误控率≤1.5% 遥信正确率≥99.9% 遥控正确率 100%
2	输电	输电状态监测	GPRS/4G	公网	现场通信适用于无线局域网	单点≥2Mbps	时延<1s	
3	变电	精准负荷控制	有线接入	专线	低压用户侧精准负荷控制业务无线局域网不适用，电网侧精准现场通信适用于无线局域网	毫秒级控制≥22.4kbps； 秒级和分钟级系统 ≥48.1kbps，远期≥1.13Mbps。	时延<200ms	
4	变电	变电状态监测	有线接入	专线	现场通信适用于无线局域网	单点≥2Mbps	时延<1s	
5	变电	视频监控	有线接入	数据通信网	现场通信适用于无线局域网	上行： 每路>2Mbps（普清视频） 每路>4Mbps（高清视频） 下行：≥10kbps	时延≤100ms	99.99%
6	变电	智能巡检机器人	WLAN/4G	数据通信网	现场通信适用于无线局域网	数据业务≥11.2kbps 视频业务≥2Mbps	数传时延≤80ms 图传时延≤300ms	误码率≤1×10 ⁻⁶
7	配电	配电所综合监测	GPRS/4G	公网	现场通信适用于无线局域网	数据业务≥20kbps 图像业务≥256kbps 视频业务≥2Mbps		
8	配电	开闭所环境监测	GPRS/4G	公网	现场通信适用于无线局域网	数据业务≥20kbps 图像业务≥256kbps		

序号	应用场景	业务名称	现有站内接入方式（现场通信）	数据回传承载方式	无线局域网适用分析	带宽要求	时延要求	通信可靠性
						视频业务≥2Mbps		
9	用电	用电信息采集	GPRS/4G	公网	现场通信适用于无线局域网	用电数据采集业务 ≥1.05kbps; 负荷控制指令≥2.5kbps	主站巡检终端重要信息 时间<15min; 系统控制操作响应时间 ≤5s; 常规数据召测和设置响 应时间<15s; 历史数据召测响应时间 <30s; 系统对客户侧事件的响 应时间≤30min。	遥控正确率≥99.99% 一次采集成功率 ≥95% 周期采集成功率 ≥99.5%
10	用电	分布式储能	GPRS/4G	公网	现场通信适用于无线局域网	单站≥4kbps	1) 遥测: 时延<60s 2) 遥信: 时延<60s 3) 遥控: 时延<5s	遥测误控率≤1.5% 遥信正确率≥99.9% 遥控正确率 100%
11	用电	高级计量	GPRS/4G	公网	现场通信适用于无线局域网	上行≥2Mbps 下行≥1Mbps	一般的大客户管理、配变 检测、低压集抄、智能电 表: 时延<3s; 需精准费控: 时延 <200ms	要求高, 99.9%
12	用电	电动汽车充电站/桩	GPRS/4G	公网	适用于充电站或密集分部的充电桩现场通信	单个充电桩≥4kbps	时延<5 秒	≥99.9%
13	综合	基建全过程综合数字化管理	有线接入	专线	现场通信适用于无线局域网	视频监控: 每路≥2Mbps (实时视频调阅);	时延要求为毫秒级	

序号	应用场景	业务名称	现有站内接入方式（现场通信）	数据回传承载方式	无线局域网适用分析	带宽要求	时延要求	通信可靠性
						视频感知：每路≥20Mbps（危险源自动识别）		
14	综合	仓储管理	WLAN	数据通信网	适用于无线局域网	语音：8kbps-64kbps 视频：384kbps-2Mbps 数据：64kbps-2Mbps		
15	综合	智能营业厅	有线接入	数据通信网	适用于无线局域网	视频≥2Mbps		
16	综合	移动IMS语音	WLAN	数据通信网	适用于无线局域网	标清语音≥12.2kbps 高清语音≥23.85kbps	单向时延≤300ms	
17	综合	办公（办公上网，办公自动化系统、财务、安监信息等）	有线接入	数据通信网	适用于无线局域网	≤1Mbps	≤100ms	
18	综合	电力应急通信	有线接入	专线	现场通信适用于无线局域网	语音≥22.5kbps 视频≥512kbps 数据≥512kbps 调度电话（TDM）≥64kbps	语音：时延≤600ms 视频：时延≤600ms 数据：时延≤600ms 调度电话：时延≤150ms	语音：丢包率≤1% 视频：丢包率≤1% 数据：丢包率≤1%
19	综合	移动作业	GPRS/4G	公网	适用于无线局域网	语音：8kbps-64kbps 视频：384kbps-2Mbps 数据：64kbps-2Mbps		
20	综合	智能VR/AR	WLAN	数据通信网	现场通信适用于无线局域网	每路≥10Mbps	≤100ms	
21	综合	物联网类业务	有线接入	公网/专线	现场通信适用于无线局域网	认证签到、物资管理≤50kbps； 电子标签、微气象站、传感器类≤10bps。	秒级时延	

5 电力无线接入网

5.1 服务指标

5.1.2 对于延时、抖动等指标要求较高的业务，需根据业务实际情况对 AP 网关进行 Ping 测试。

5.2 覆盖设计

5.2.1 无线局域网网络规划设计流程可分为调研和需求确定、方案设计、规划输出三个阶段，见图 5.2.1。

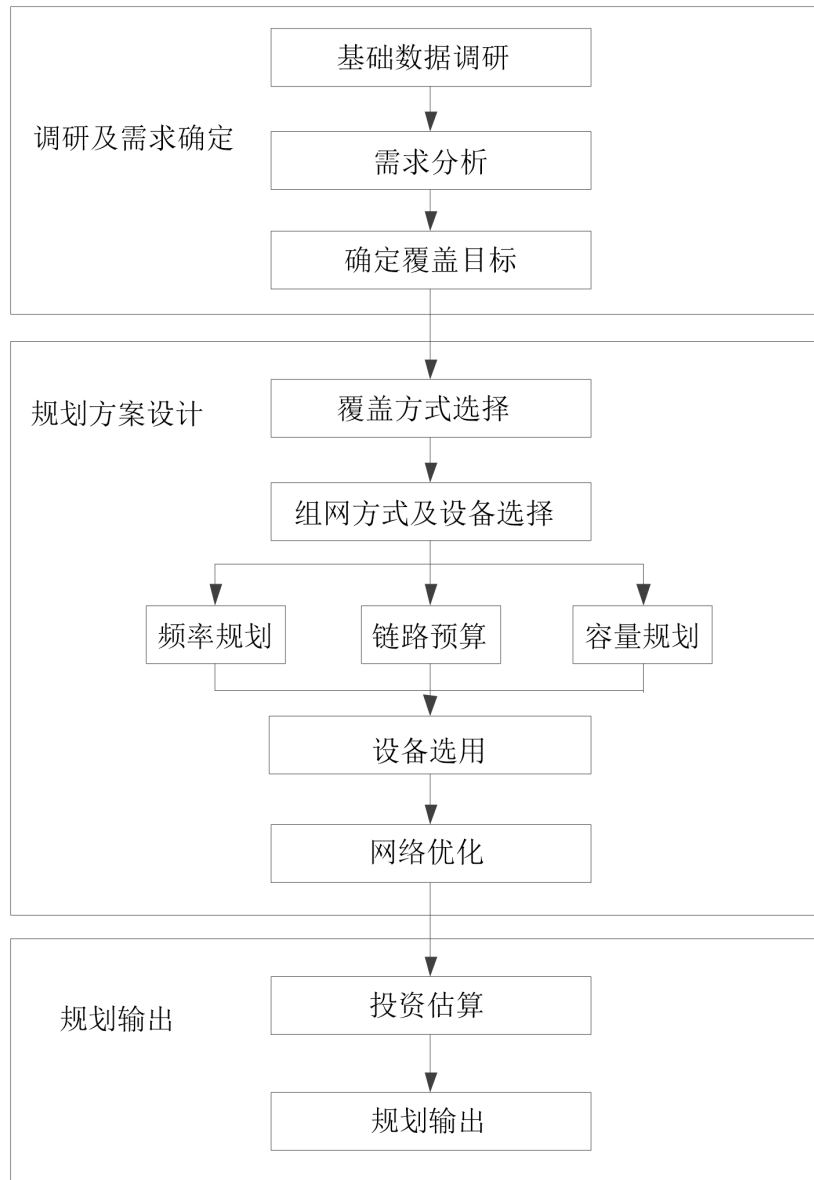


图 5.2.1 无线局域网网络规划设计流程图

室内覆盖方式包括单独建设方式和共用室内分系统建设方式，室外覆盖方式包括室外型 AP 覆盖方式和 Mesh 型网络覆盖方式，电力系统无线局域网室内覆盖主要采用单独建设方式，室外覆盖主要采用室外型 AP 覆盖方式。

5.2.2 链路预算是无线局域网覆盖分析的重要手段，WLAN 无线链路预算就是在保证覆盖质量的前提下，确定 AP 和终端之间的无线链路所能允许的最大路径损耗，从而指导规划小区半径设置、所需 AP 数据和站址布局。

无线电链路的基本传输路径损耗采用 ITU-R P.341 建议的路径损耗基本模型见公式 5-1:

$$L_b = P_t - P_a + G_t + G_r - L_{tc} - L_{rc} \quad (5.2-1)$$

其中： L_b : 空间传播损耗 (dBm)

P_t : 发射机发射功率 (dBm)

P_a : 接收机接收功率 (dBm)

G_t : 发射天线增益 (dB)

G_r : 接收天线增益 (dB)

L_{tc} : 发射端馈线损耗 (dB)

L_{rc} : 接收端馈线损耗 (dB)

室外环境下路径损耗：无线局域网小区的覆盖范围较小，采用 ITU-R P.525 自由空间传播损耗模型，自由空间路径损耗基本模型见公式 5-2。

$$L_{bf} = 32.4 + 20\log(f) + 20\log(d) \quad dB \quad (5.2-2)$$

其中： L_{bf} : 点对点链路自由空间路径损耗 (dB)

f : 频率 (Mhz)

d : 距离 (km)

室内环境下路径损耗：室内环境下路径损耗采用 ITU-R P.1238 建议的路径损耗基本模型见公式 5-3。

$$L_{bf} = L(d_0) + N\log\left(\frac{d}{d_0}\right) + Lf(n) \quad dB \quad (5.2-3)$$

其中： L_{bf} : 点对点链路自由空间路径损耗 (dB)

N : 距离功率损耗系数

f : 频率 (Mhz)

d : 基站和便携终端之间的距离 (m), 其中 $d > 1m$

d_0 : 参考距离 (m)

$L(d_0)$: d_0 处的路径损耗, 对于 1m 的参考距离 d_0 , 并且假设自由空间传播, $L(d_0) = 20\log(f) - 28$, 其中 f 的单位为 (Mhz)

L_f : 楼层穿透损耗因子 (dB)

n : 基站和终端之间的楼层数, 对于 $n=0$, $L_f=0$

表 5.2.1 和表 5.2.2 给出了一些典型参数, 主要基于各种各样的测量结果得到的。

表 5.2.1 用于室内传输损耗计算的功率损耗系统 N

序号	频率	居民楼	办公室	商业楼	工厂	走廊
1	2.4GHz	28	30	-	-	-
2	5.2GHz	30	31	-	-	-
3	5.8GHz	-	24			

表 5.2.2 用于室内传输损耗计算的穿透 n 层楼板时的楼板

穿透损耗因子 L_f (dB)

序号	频率	居民楼	办公室	商业楼
1	2.4GHz	10	14	-
2	5.2GHz	14	16	-
3	5.8GHz	-	22	

通过路径损耗公式计算, 可以得到不同传播环境下的单 AP 的覆盖面积, 在满足覆盖条件下, 计算 AP 数量。

5.2.3 无线电发射设备射频技术要求中关于 EIRP 的要求见表 5.2.3。

表 5.2.3 EIRP 技术要求表

序号	使用频率	EIRP 技术要求
1	2400MHz-2483.5MHz	合成天线增益小于 10dBi 时, 不大于 20dBm
2		合成天线增益大于等于 10dBi 时, 不大于 27dBm
3	5150MHz-5350MHz	不大于 23dBm
4	5725MHz-5850MHz	不大于 33dBm

5.2.4 天线类型主要包括内置天线和外置天线，天线角度主要包括水平角度和垂直角度，天线增益包括发送天线增益和接收天线增益，天线工参包括方位角和下倾角。当单流终端接入多流 AP 时，存在 MIMO 增益，双流增益取 3dB，三流增益取 5dB，而多流终端接入对应数量的多流 AP 时无 MIMO 增益。

5.3 容量设计

5.3.1 容量设计的目标是满足用户在并发场景下的带宽要求，其主要考虑因素包括单 AP 容量、业务类型、每种不同业务的用户并发率、终端类型及 AP 数量。单 AP 设备在不同工况下的理论最大能力可见表 5.3.1。

表 5.3.1 单 AP 设备理论最大能力表

工作模式	工作频段	空间流	工作带宽 (MHz)	最高调制方式	单 AP 理论最大带宽 (Mbps)
802.11a	5GHz	/	20	64-QAM	54
802.11b	2.4GHz	/	20	CCK	11
802.11g	2.4GHz	/	20	64-QAM	54
802.11n	2.4GHz 5GHz	1 空间流	20	64-QAM	72.2
			40		150
		2 空间流	20		144.4
			40		300
		3 空间流	20		216.7
			40		450
		4 空间流	20		288.9
			40		600
802.11ac	5GHz	1 空间流	20	256-QAM	86.7
			40		200
			80		433.3
			160/80+80		866.7
		2 空间流	20		173.3
			40		400
			80		780
			160/80+80		1733.3
		3 空间流	20		260
			40		600
			80		1300
			160/80+80		2600
		4 空间流	20		346.7
			40		800

工作模式	工作频段	空间流	工作带宽 (MHz)	最高调 试方式	单 AP 理论 最大带宽 (Mbps)
			80		1733.3
			160/80+80		3466.7
		5 空间流	20		433.3
			40		1000
			80		2166.7
			160/80+80		4333.3
		6 空间流	20		520
			40		1200
			80		2600
			160/80+80		5200
		7 空间流	20		606.7
			40		1400
			80		3033.3
			160/80+80		6066.7
		8 空间流	20		693.3
			40		1600
			80		3466.7
			160/80+80		6933.3
		802.11ax	2.4GHz 5GHz		1 空间流
40	286.765				
80	600.49				
160/80+80	1200.98				
2 空间流	20			286.756	
	40			573.529	
	80			1200.98	
	160/80+80			2401.961	
3 空间流	20			430.147	
	40			860.294	
	80			1801.471	
	160/80+80			3602.941	
4 空间流	20			573.592	
	40			1147.059	
	80			2401.961	
	160/80+80			4803.922	
5 空间流	20			716.921	
	40			1433.824	
	80			3002.451	
	160/80+80			6004.982	
6 空间流	20			860.294	

工作模式	工作频段	空间流	工作带宽 (MHz)	最高调制方式	单 AP 理论最大带宽 (Mbps)
			40		1720.588
			80		3602.941
			160/80+80		7205.822
		7 空间流	20		1003.676
			40		2007.353
			80		4203.431
			160/80+80		8406.863
		8 空间流	20		1147.059
			40		2294.118
			80		4803.922
			160/80+80		9607.843

在多用户的情况下，AP 设备的吞吐量和理论最大带宽将会有很大的差距，因此在容量设计时，我们需要根据设备的实际吞吐量估算设备数量，吞吐量设计时主要考虑单位时间里单个 AP 通过的数据总量，表 5.3.2 及 5.3.3 为 2020 年主流水平 AP 设备对于不同带宽业务的最大接入能力。

表 5.3.2 Wi-Fi 5 AP 在不同带宽下的最大并发终端数

序号	用户接入带宽	单频最大并发终端	双频最大并发终端	三频最大并发终端
1	1Mbps	30	55	85
2	2Mbps	22	40	62
3	4Mbps	12	22	34
4	6Mbps	11	20	31
5	8Mbps	10	18	28
6	16Mbps	5	9	14

表 5.3.3 Wi-Fi 6 AP 在不同带宽下的最大并发终端数

序号	用户接入带宽	单频最大并发终端	双频最大并发终端	三频最大并发终端
1	2Mbps	42	72	114
2	4Mbps	24	41	65
3	6Mbps	18	29	47
4	8Mbps	15	24	39
5	16Mbps	9	14	23

首先根据 WLAN 网络的业务类型确认每种业务的“平均每用户吞吐量”及“同时工作用户数”，再根据 AP 设备类型及工况确认在此吞吐量下设备的“最大并发终端”数量，最后将所有业务的终端需求数量相加就得到了最小需求的 AP 数量。

$$n = \sum_1^k \frac{A \times B}{C} \quad (5.3-1)$$

其中： n ：需要配置 AP 的最小数量，有小数位则向上取整

A ：总用户数

B ：并发率

C ：当前“平均每用户吞吐量”下，单 AP 允许最大并发终端数

k ：WLAN 网络中的业务类型数

5.3.2 当接入需求容量较小时，可根据 WLAN 网络的工作模式进行用户容量设计。当 AP 和 WLAN 终端在无阻挡的传播环境中，无特殊要求情况下用户容量应达到要求可见表 5.3.4。当 AP 覆盖的范围内仅有 1 个终端，且为 AP 和 WLAN 终端无阻挡的传播环境中系统吞吐量要求可见表 5.3.5。

表 5.3.4 用户容量要求表

工作模式	工作频段	空间流	工作带宽 (MHz)	用户容量设计		
				同时工作用户数	同时关联用户数	平均每户上/下行吞吐量
802.11n	2.4GHz z 5GHz	1 空间流	20	≥25	/	≥500Kbps
			40	≥25	64	≥1Mbps
		2 空间流	20	≥25	/	≥1Mbps
			40	≥25	64	≥1.5Mbps
		3 空间流	20	≥25	/	≥1.5Mbps
			40	≥25	64	≥2Mbps
		4 空间流	20	≥25	/	≥3Mbps
			40	≥25	64	≥4Mbps
802.11ac	5GHz	1 空间流	20	≥25	/	≥1Mbps
			40	≥25	64	≥2Mbps
		2 空间流	20	≥25	/	≥2Mbps
			40	≥25	64	≥4Mbps
		3 空间流	20	≥25	/	≥3Mbps
			40	≥25	64	≥6Mbps
		4 空间流	20	≥25	/	≥4Mbps
			40	≥25	64	≥8Mbps
802.11ax	2.4GHz z	1 空间流	20	≥30	/	≥1.5Mbps
			40	≥30	64	≥3Mbps

工作模式	工作频段	空间流	工作带宽 (MHz)	用户容量设计		
				同时工作用户数	同时关联用户数	平均每户上/下行吞吐量
	5GHz	1 空间流	80	≥30	64	≥4Mbps
			20	≥30	/	≥3Mbps
			40	≥30	64	≥6Mbps
		2 空间流	80	≥30	64	≥8Mbps
			20	≥30	/	≥4.5Mbps
			40	≥30	64	≥9Mbps
		3 空间流	80	≥30	64	≥12Mbps
			20	≥30	/	≥6Mbps
			40	≥30	64	≥12Mbps
		4 空间流	80	≥30	64	≥16Mbps
			20	≥30	/	≥6Mbps
			40	≥30	64	≥12Mbps

表 5.3.5 11n/ac/ax 模式单用户容量要求表

工作模式	工作频段	空间流	工作带宽 (MHz)	上下行吞吐量 (Mbps)
802.11n	2.4GHz 5GHz	1 条空间流	20	≥32
			40	≥60
		2 条空间流	20	≥64
			40	≥120
		3 条空间流	20	≥96
			40	≥180
802.11ac	5GHz	1 条空间流	20	≥36
			40	≥64
		2 条空间流	20	≥72
			40	≥128
		3 条空间流	20	≥108
			40	≥192
802.11ax	2.4GHz 5GHz	1 条空间流	20	≥48
			40	≥97
			80	≥180
		2 条空间流	20	≥97
			40	≥195
			80	≥360
3 条空间流	20	≥144		
	40	≥390		

工作模式	工作频段	空间流	工作带宽 (MHz)	上下行吞吐量 (Mbps)
			80	≥540
		4 条空间流	20	≥195
			40	≥392
			80	≥720

5.5 频率配置及干扰控制

5.5.1 根据工业和信息化部移动或固定业务无线电频率划分，2.4GHz 频段可用于室内、外无线局域网；5.1GHz 频段可用于室内无线局域网；5.8GHz 频段可用于室内、外无线局域网。

5.5.2 根据工业和信息化部 2.4GHz 频段无线接入系统频率相关规定，频率范围是 2400MHz~2483.5MHz。

表 5.5.1 2.4GHz 频段 22MHz 带宽信道配置表

信道标号	中心频率 (GHz)	信道低端 (GHz)	信道高端 (GHz)	备注
1	2.412	2.401	2.423	室内/室外
2	2.417	2.406	2.428	室内/室外
3	2.422	2.411	2.433	室内/室外
4	2.427	2.416	2.438	室内/室外
5	2.432	2.421	2.443	室内/室外
6	2.437	2.426	2.448	室内/室外
7	2.442	2.431	2.453	室内/室外
8	2.447	2.436	2.458	室内/室外
9	2.452	2.441	2.463	室内/室外
10	2.457	2.446	2.468	室内/室外
11	2.462	2.451	2.473	室内/室外
12	2.467	2.456	2.478	室内/室外
13	2.472	2.461	2.483	室内/室外

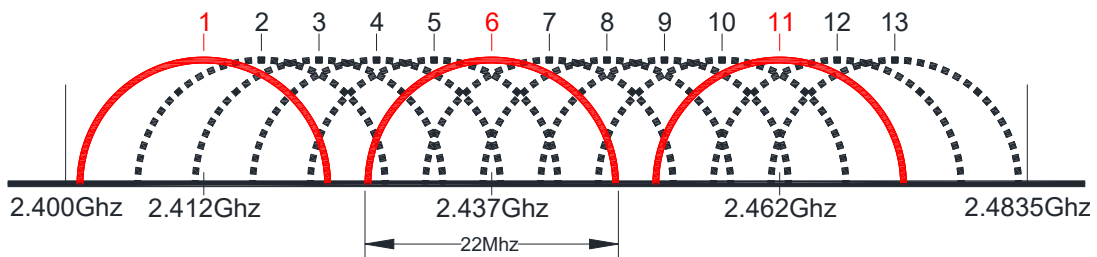


图 5.5.1 2.4GHz 频段信道划分图

5.5.3 根据工业和信息化部 5GHz 频段无线接入系统频率相关规定，5.1GHz 频段的频率范围是 5150MHz~5350MHz。其中工作在 5250~5350MHz 频段的无线电发射设备应采用发射功率控制（TPC）及动态频率选择（DFS）干扰抑制技术，且不得设置关闭 DFS 的功能选项。TPC 范围应不小于 6dB；如无 TPC 功能，则等效全向辐射功率和等效全向辐射功率谱密度限值均应较附件所列的相应限值再降低 3dB。

表 5.5.2 5.1G 频段 20MHz 带宽信道配置表

信道标号	中心频率 (GHz)	信道低端 (GHz)	信道高端 (GHz)	备注
36	5.180	5.170	5.190	室内/TPC/DFS
40	5.200	5.190	5.210	室内/TPC/DFS
44	5.220	5.210	5.230	室内/TPC/DFS
48	5.240	5.230	5.250	室内/TPC/DFS
52	5.260	5.250	5.270	室内/TPC/DFS
56	5.280	5.270	5.290	室内/TPC/DFS
60	5.300	5.290	5.310	室内/TPC/DFS
64	5.320	5.310	5.330	室内/TPC/DFS

5.5.4 根据工业和信息化部 5GHz 频段无线接入系统频率相关规定，5.8GHz 频段的频率范围是 5725~5850MHz。

表 5.5.3 5.8G 频段 20MHz 带宽信道配置表

信道标号	中心频率 (GHz)	信道低端 (GHz)	信道高端 (GHz)	备注
149	5.745	5.735	5.755	室内/室外
153	5.765	5.755	5.775	室内/室外
157	5.785	5.775	5.795	室内/室外
161	5.805	5.795	5.815	室内/室外
165	5.825	5.815	5.835	室内/室外

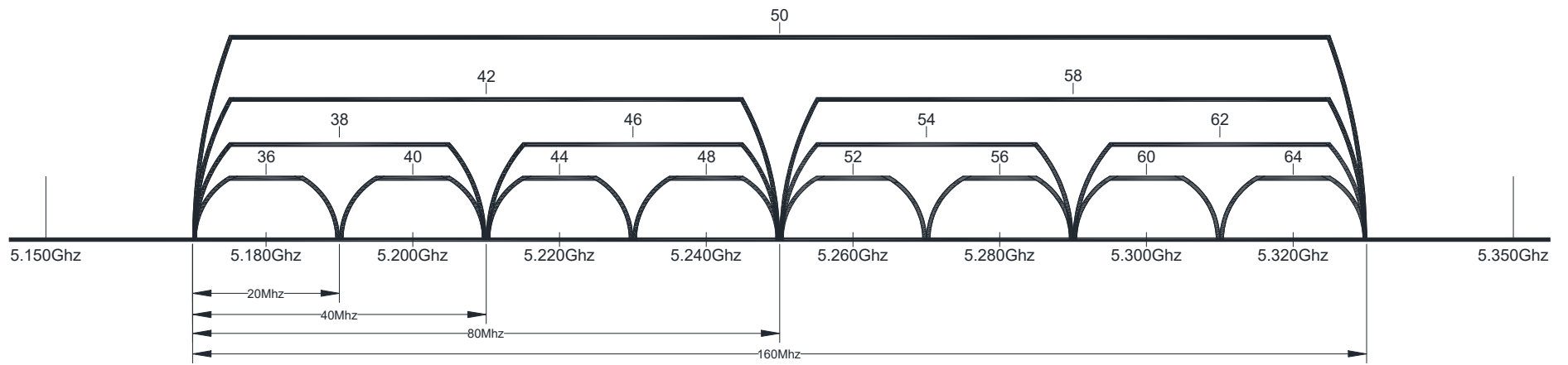


图 5.5.2 5.1GHz 频段信道划分图

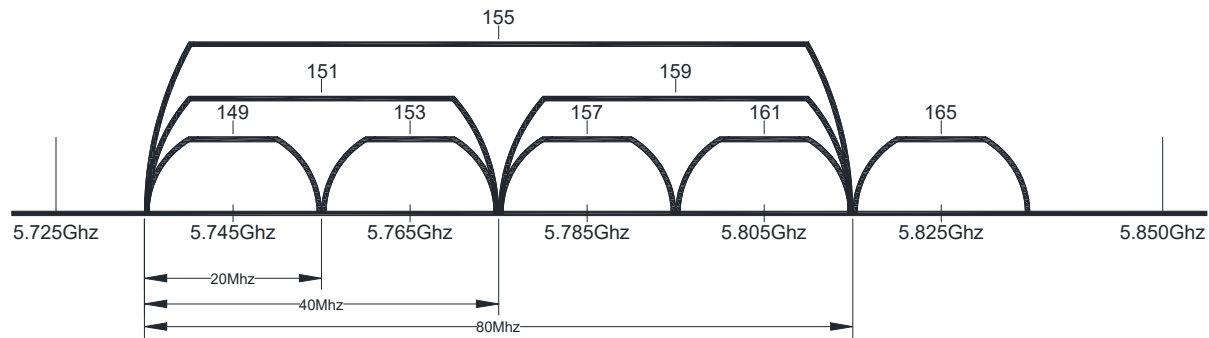


图 5.5.3 5.8GHz 频段信道划分图

5.5.5 AP 设备工作于 2.4GHz 频段，在同一小区或相邻小区的无线干扰信道间隔至少应为 25MHz。在实际相邻区域频率配置时宜选用 1、6、11 信道。

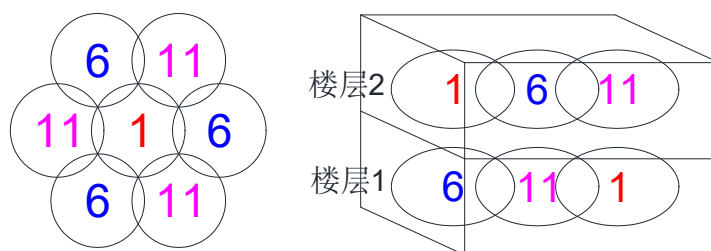


图 5.5.4 2.4GHz 覆盖示意图

BSS Coloring 可以理解为不同的 AP 发出的报文套上不同颜色的信封，接收端收到信后，不拆信封就能立马判断是否跟自己相关，颜色相同表示自己相关，颜色不同就跟自己无关，对于跟自己无关的报文就当不存在，接收端依旧可以发起通信而不必退避，这就达到了空间复用的效果。

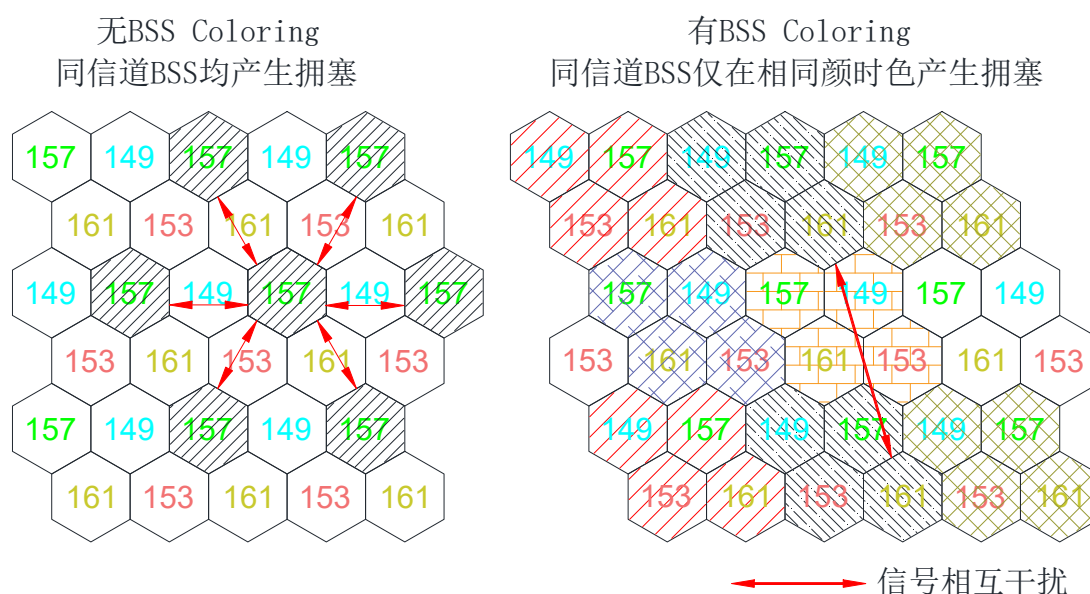


图 5.5.5 BSS Coloring 颜色标注前后受干扰距离对比

5.5.7 无线局域网与其他系统间的干扰指来自蓝牙、无绳电话、微波家电等工作在同频段内其他设备的干扰，或者不同通信系统的杂散干扰及交调干扰。

7 设备性能要求

7.1 接入点 AP 性能要求

7.1.9 AP 设备的射频功率要求：

- 1 室内放装型 AP，射频输出等效全向辐射功率（EIRP） $\leq 20\text{dBm}$ 。
- 2 室内合路型 AP，设备射频输出功率 $\leq 27\text{dBm}$ ，发射功率可调，射频输出等效全向辐射功率 $\leq 20\text{dBm}$ ；
- 3 室外型 802.11g AP，AP 设备射频输出功率 $\leq 27\text{dBm}$ ，发射功率可调，射频输出等效全向辐射功率 $\leq 27\text{dBm}$ ；
- 4 采用合路建设方式时，天线口功率应符合国家对于电磁辐射防护的规定。

7.1.10 接入控制应具备以下功能：

- 1 应当具有限制最大关联用户数的功能及基于 SSID 的用户数限制功能；
- 2 支持多 SSID 功能，能够为不同 SSID 配置不同的 VLAN；
- 3 应支持同一 VLAN 中不同的用户之间的访问隔离；
- 4 上行以太网口应支持 VLAN Trunk 功能。

7.1.11 应符合网络侧和空口侧的网络安全要求：

1 网络侧安全要求：AP 与 AC 应能配合提供接入控制能力、报文过滤能力、防 DOS 攻击能力、防端口扫描能力、防止非法报文攻击等能力，并提供本地网络日志。

2 空口侧安全要求：安全应支持配置不同 SSID 以区分网络；应支持 WAPI 安全机制；应支持强制 STA 下线功能；应支持 MAC 地址过滤功能；应支持与后台系统配合，切断非法 STA 的网络连接。

7.1.15 AP 设备应满足一定的温度湿度要求，具备相应的防尘防水等级。

1 室内型 AP 应在温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 10%~95%环境下可正常工作，室外型 AP 应在温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 10%~95%环境下可正常工

作。

2 室外型 AP 防尘防水等级满足 IP67；室内型 AP 防尘防水等级满足 IP41。

7.2 接入控制器性能要求

7.2.4 AC 设备基于三层协议的发现方式应支持 DNS 和 DHCP 两种发现方式。

7.2.6 QoS 功能支持在 AP 与 AC 之间隧道内保持用户优先级，端到端支持 QoS；支持有线侧优先级映射到 802.11e；支持基于 SSID 的优先级；支持终端上、下行流量限速功能。

7.2.7 集中控制功能支持通过 AC 对 AP 进行集中配置和管理；支持 AP 的参数批量配置；支持自动信道选择；支持用户在同一 AC 下 AP 之间切换，以保证用户业务连接连续不中断；支持终端接入状态的监视。

7.2.10 网络访问安全满足如下要求：

1 应满足基于 MAC 地址的接入控制，以及基于源 IP 地址（IPv4 和 IPv6）、目的 IP 地址（IPv4 和 IPv6）、IP 协议类型、源 TCP/UDP 端口、目的 TCP/UDP 端口接入控制；

2 可通过网管操作或网管下发的断开消息实时断开用户网络连接，控制用户的连接时长。

3 AC 应支持防 DOS 攻击能力。

4 AC 应支持 DNS 白名单配置功能，禁止用户使用非白名单内 DNS 服务器。

5 AC 应支持用户地址核查功能，核查用户地址与 DHCP 地址池，非 DHCP 地址池下发的地址不予转发。

6 AP 和 AC 设备之间应支持对控制报文和数据报文进行加密传输，确保数据传输安全性。

7.2.12 AC 管理功能应包含如下内容：

1 支持 AC 和 AP 设备信息、设备状态、接口状态、网络资源状态、流量统计等信息的查看；

2 支持 AP 批量配置和单独对一台 AP 进行配置，包括无线网络、无线参数、无线安全等配置；

3 支持批量化 AP 固件升级和单独对一台 AP 进行固件升级；

4 支持 AC 和 AP 的远程复位重启、恢复出厂设置，支持 AP 使能或禁用无线网络；

5 支持 AC 控制 AP 进行远程网络诊断

6 支持无线终端信息查看，包括终端地址信息、接入网络、上网时长、接收速率、发送速率、信号强度等；

7 支持无线终端强制下线操作；

8 支持 AC 和 AP 配置数据备份与恢复。

7.2.13 AC 设备在 0℃~45℃环境中应能正常工作；在相对湿度 10%~95%的环境中应能正常工作。

7.3 无线终端性能要求

7.3.10 无线终端的工作温度、存储温度、工作湿度计存储湿度应满足如下要求：

1 室内型无线终端工作温度：-10℃~+50℃；室外型无线终端工作温度：-40℃~60℃。

2 存储温度：-40℃~70℃。

3 工作湿度：10%~95%RH 不凝结。

4 存储湿度：10%~95%RH 不凝结。

7.4 鉴别服务器性能要求

7.4.2 应支持对数字证书的管理及操作。

1 应支持对证书的签发操作。数字证书应用采用国家密码管理主管部门批准的用于无线局域网的算法。

2 应能根据 CRL 签发策略签发 CRL 文件，并支持 CRL 查询和下载。

3 应支持按证书序列号或证书持有者名称对证书状态的查询、证书的吊销以及批量吊销。

4 应支持 CA 导入，且相关私钥数据以及用户私钥受保护存储。

5 应支持 STA 或 AP/AC 的证书信息与 MAC 地址绑定，并将绑定正确与否作为鉴别通过的参考依据。

6 应支持根据证书持有者身份信息在本地 AS 和信任 AS 之间执行证书漫游鉴别。

7.4.4 应具备日志及调取功能：

1 日志应记录事件发生的时间、事件的操作者、操作类型及操作结果等信息。

2 应能按时间、操作者、操作类型等对日志进行分类或综合查询。

3 应提供审计管理的接口/界面，能够对事件发生的时间、事件的操作者、操作类型及操作结果等信息进行审计。审计数据应能归档且不能篡改，审计过的记录应有明显标记。

7.4.7 运行环境应满足以下要求：

1 工作温度：在 0℃~45℃环境中应能正常工作；

2 存储温度：在-40℃~55℃；

3 工作湿度：10%~95% RH 不凝结；

4 存储湿度：10%~95% RH 不凝结；

5 气压：满足气压 86~106 kPa；

6 电气条件：电压 220V(单相)波动范围：210~240V, 50 Hz×(100±20)%。