

# T/WAA

## 世界无线局域网应用发展联盟团体标准

T/WAA 011—2024

### WLAN 工业终端性能技术要求

WLAN Industrial Terminal Performance Technical Requirements

2024 - 9 - 11发布

2024 - 9 - 11实施

## 目 次

前 言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
3.1 WLAN 工业终端 WLAN industrial terminals .....	1
3.2 时延 latency .....	1
3.3 丢包率 Packet Loss Rate .....	1
4 缩略语 .....	1
5 WLAN 工业终端部署及关键指标要求 .....	2
5.1 WLAN 工业终端部署 .....	2
5.2 工业场景 WLAN 终端关键性能指标 .....	2
5.2.1 连接性 .....	3
5.2.2 覆盖 .....	3
5.2.3 可靠性 .....	3
5.2.4 实时性 .....	3
5.2.5 稳定性 .....	4
5.2.6 安全性 .....	4
6 工业场景定义及体验要求 .....	4
6.1 仓储场景 .....	4
6.1.1 概述 .....	4
6.1.2 AGV 小车指标要求 .....	4
6.2 生产车间 PLC 场景 .....	5
6.2.2 PLC 场景指标要求 .....	5
6.3 大流量车间场景 .....	5
6.3.1 概述 .....	5
6.3.2 机器视觉场景指标要求 .....	5
6.4 电力行业场景 .....	6
6.4.1 概述 .....	6
6.4.2 电力行业场景指标要求 .....	6
6.5 协同控制场景 .....	6
6.5.1 概述 .....	6
6.5.2 协同控制场景指标要求 .....	7
附 录 A （资料性） 常见障碍物信号衰减参考值 .....	8
A.1 常见障碍物信号衰减参考值 .....	8
附 录 B （资料性） 常见工业应用时延要求 .....	9
B.1 常见工业应用时延要求 .....	9
附 录 C （资料性） 安全要求 .....	10

C.1 物理安全要求 .....	10
C.1.1 物理接入安全 .....	10
C.1.2 防爆安全 .....	10
C.1.3 电气安全 .....	10
C.1.4 EMC 安全 .....	10
C.1.5 其他安全 .....	10
C.2 功能安全要求 .....	10
C.3 信息安全要求 .....	10
参 考 文 献 .....	11

## 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权和著作权。本文件的发布机构不承担识别专利和著作权的责任。世界无线局域网应用发展联盟不对标准涉及专利的真实性、有效性和范围持有任何立场；不涉足评估专利对标准的相关性或必要性；不参与解决有关标准中所涉及专利的使用许可纠纷等。

本文件由世界无线局域网应用发展联盟标准委员会提出并归口。

本文件由世界无线局域网应用发展联盟拥有版权，未经允许，严禁转载。

本文件起草单位：机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、华为技术有限公司、思博伦通信科技(北京)有限公司、新华三技术有限公司、广东南方电力通信有限公司、中国信息通信研究院、深圳市亚启科技有限公司、中兴通讯股份有限公司、中国电子技术标准化研究院、深圳市极致汇仪科技有限公司、深圳大学电子与信息工程学院。

本文件主要起草人：郑秋平、范大卫、王岩、罗桂兴、李方健、陈洁、季晨荷、马晓刚、刘乘昱、方明、赵艳领、王振、全智、顾一帆、张睿、张文君、雷根、樊智超。

# WLAN 工业终端性能技术要求

## 1 范围

本文件定义了世界无线局域网应用发展联盟中工业生产场景WLAN终端性能及体验的技术要求。目的是通过确定标准的工业测试场景，定义工业场景下WLAN性能及体验性能要求，适用于基于WLAN的工业场景的规划、设计、建设与优化。

本文件内定义的无线电要求应符合所在国的国家要求。开展联盟性能及体验测试认证的设备必须满足相关国家的监管要求，包括频谱范围、发射功率/发射功率控制、干扰规避/动态频率选择等要求。

## 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。

IEEE Std. 802.11-2020 IEEE信息技术标准，用于系统间电信和信息交换，本地和城域区域网络特定要求 第11部分：无线局域网介质访问控制（MAC）和物理层（PHY）规范（IEEE Standard for Information Technology Telecommunications and Information Exchange between Systems Local and Metropolitan Area Networks Specific Requirements Part 11:Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications）

IEC 1588 网络时钟同步协议（Precision Time Protocol）

IEEE 802.1as 时间敏感流的时间同步（Timing and Synchronization for Time-Sensitive Streams）

IEEE 802.11w 保护管理架构（Protected Management Frames）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 WLAN 工业终端 WLAN industrial terminals

WLAN工业终端是指支持802.11ax以上通信标准的工业终端设备，它可以通过工业网关实现数据的实时传输。

### 3.2 时延 latency

报文从一个终端设备的应用层（源）实时交付到另一个终端设备应用层（目的地）所需的时间。

### 3.3 丢包率 Packet Loss Rate

未发送成功报文个数占总报文个数的比例。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AGV：自动导引车（Automated Guided Vehicle）

AP：接入点（Access Point）

AR/VR：增强现实/虚拟现实（Augmented Reality/ Virtual Reality）

CPE：客户终端设备（Customer Premise Equipment）

CRMS：客户关系管理系统（Customer Relationship Management System）

DCS：分散控制系统（Distributed Control System）

ERP：企业资源计划（Enterprise Resource Planning）

HMI：人机界面（Human Machine Interface）

KPI: 关键性能指标 (Key Performance Indicator)  
 MES: 制造执行系统 (Manufacturing Execution System)  
 MFP: 管理帧保护 (Protected Management Frame)  
 PLC: 可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)  
 RSSI: 接收的信号强度指示 (Received Signal Strength Indication)  
 SCADA: 监控和数据采集 (Supervisory Control and Data Acquisition)  
 WAPI: 无线局域网鉴别和保密基础结构 (Wireless LAN Authentication and Privacy Infrastructure)  
 WLAN: 无线局域网 (Wireless Local Area Network)  
 WMS: 仓库管理系统 (Warehouse Management System)  
 WPA: Wi-Fi网络安全接入 (Wi-Fi Protected Access)

## 5 WLAN 工业终端部署及关键指标要求

### 5.1 WLAN 工业终端部署

WLAN工业终端可直接接入，或通过工业CPE或者工业网关接入工业系统，如图1。

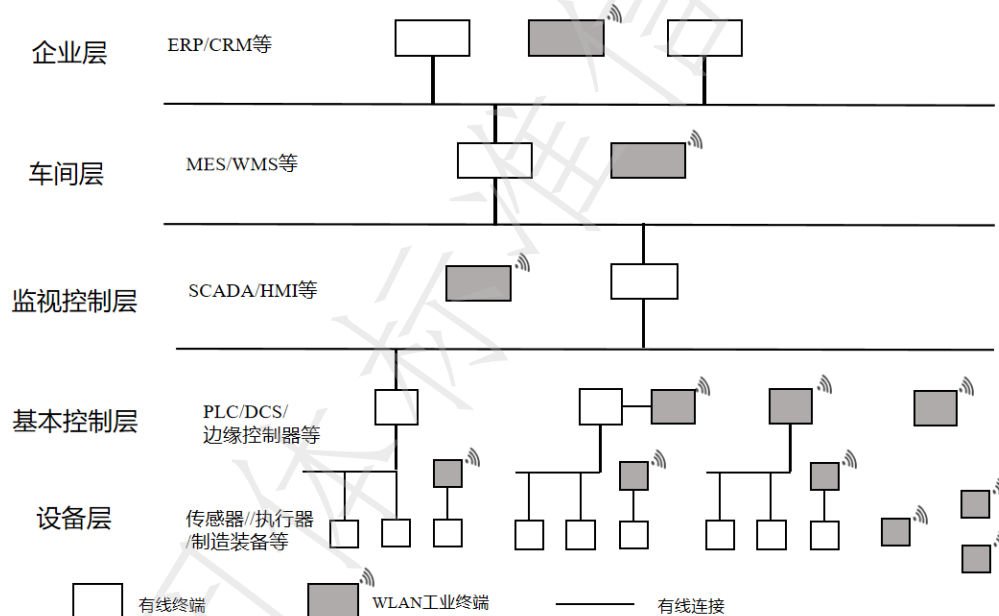


图1 WLAN 工业终端部署示意图

其中：

- 设备层和基本控制层：现场设备（传感器/执行器/制造装备等）与可编程控制设备（PLC/DCS/边缘控制器等）通信；
- 监视控制层：可编程控制设备与可视化监控设备（HMI、SCADA 或 MES 等）通信；
- 车间层和企业层：ERP/MES/WMS/CRMS 等通信。

### 5.2 工业场景 WLAN 终端关键性能指标

针对工业场景中的WLAN终端，连接性、可靠性、覆盖、稳定性、实时性及安全性是保障工业WLAN应用的六大终端性能指标。

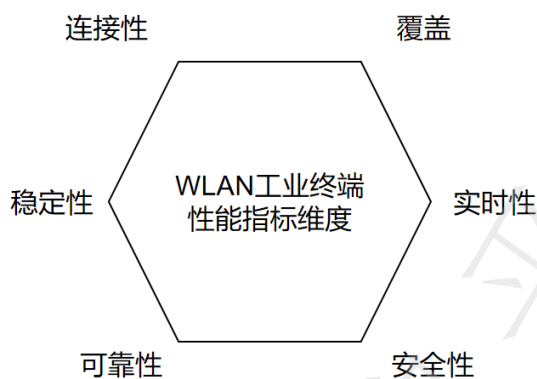


图2 工业场景 WLAN 终端性能指标

## 5.2.1 连接性

### 5.2.1.1 WLAN 工业终端接入

WLAN工业终端能接入WLAN网络并正常通信。

WLAN工业终端接入包括：

- 连接；
- 重连接。

## 5.2.2 覆盖

根据在保证如转发时延、数据带宽或连接数等指标的数据性能的前提下(需定义条件)，在理想无干扰，静止条件信道环境，终端到AP的回传距离。

## 5.2.3 可靠性

### 5.2.3.1 抗干扰

在不同信号质量情况下[选取好，中，差点]，加载典型干扰信号[强，中，弱]，观察CPE终端是否依然能够保证如转发时延、数据带宽或连接数等指标的数据性能。

测试观察指标：

- 断网时长；
- 数据转发时延变化区间；
- 数据传输速率变化。

### 5.2.3.2 漫游

通过信道模拟器，模拟CPE终端在两个AP信号辐射空间沿切线方向移动，在不同移动速度下，是否产生数据链路中断情况，观察时延与数据带宽等指标数据性能下降情况。

测试观察指标：

- 断网时长；
- 时延变化区间；
- 数据传输速率变化。

## 5.2.4 实时性

从数据性能角度，评估通过Wi-Fi转发的数据报文，时延变化的稳定性，通过最小，最大时延区间，抖动变化范围进行评估。

从时钟性能角度，评估IEC 1588或IEEE 802.1as分组同步协议的时间偏差（TE）范围。

### 5.2.4.1 时延

应用数据量从源端传输到目的端所期望的最大时长。

注：应用数据量从源端传输到目的端所期望的最大时长。

## 5.2.5 稳定性

### 5.2.5.1 故障恢复时间

WLAN网络正常运行状态下，接入网络的WLAN工业终端设备的故障恢复时间指在测试该设备从故障发生到恢复的时间，如设备故障重启恢复后，连接不上WLAN网络的情况。

### 5.2.5.2 长期稳定性

基于WLAN网络的工业应用场景在尽可能接近实际生产运行时，工业应用场景的内部和外部相互之间应用和通信正常，保证各系统和子系统稳定有效地实现其功能。

## 5.2.6 安全性

WLAN工业终端设备面临来自互联网或局域网的攻击威胁，宜从物理安全、功能安全、信息安全三个方面进行考虑，见附录C。

### 5.2.6.1 安全接入要求

安全接入要求见表1。

表1 安全接入要求

认证方式	是否必选
WPA2	是
WPA3	否
WAPI	否
Portal	是

### 5.2.6.2 管理帧保护（MFP）

WLAN工业终端可选支持管理帧保护，宜符合IEEE 802.11w。

## 6 工业场景定义及体验要求

### 6.1 仓储场景

#### 6.1.1 概述

仓储场景，选取AGV小车场景为测试评估场景，基本的场景示意图如图3。

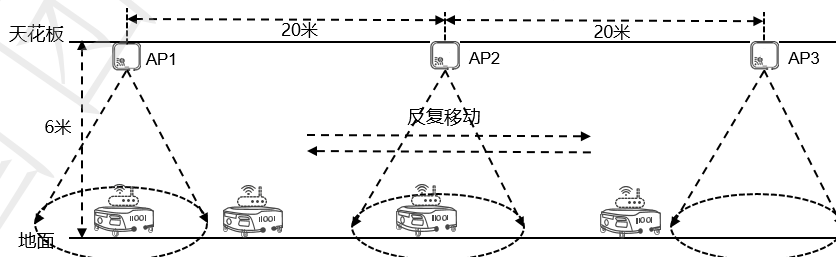


图3 仓储场景 AGV 运动示意图

该场景下，无线AP吸顶安装，挂高6米，AP间隔20米，95%的区域RSSI $\geq$ -65dBm，5G频段20Mhz带宽组网场景下，主要业务类型：

AGV 小车以 2m/s 的速度在固定路径移动。

#### 6.1.2 AGV 小车指标要求

在AGV小车场景下，业务的KPI体验要求如表2。

表2 AGV 小车场景指标

序号	性能指标	指标值
1	时延(ms)	$\leq 100\text{ms}$
2	可靠性	99.99%@100ms

## 6.2 生产车间 PLC 场景

### 6.2.1 概述

生产车间 PLC 场景，选取机械臂场景为测试评估场景，基本的场景示意图如图 4。

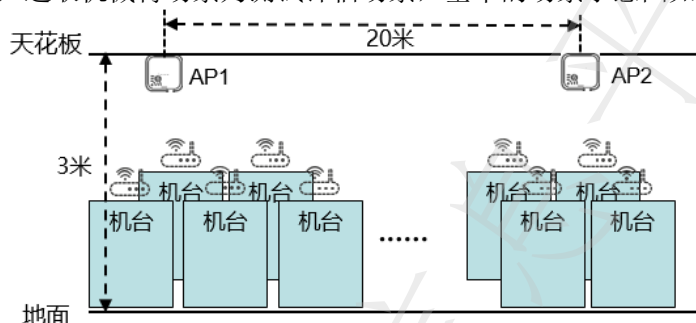


图4 生产车间 PLC 场景示意图

该场景下，无线AP吸顶安装，挂高3米，95%的区域RSSI $\geq -65\text{dBm}$ ，5G频段20Mhz带宽组网场景下，主要业务类型：

PLC 通过 CPE 接入单个 AP，通过上位机下发控制指令（例如较大指令包 1Gbps）到 PLC。

### 6.2.2 PLC 场景指标要求

在PLC场景下，业务的KPI体验要求如表3。

表3 PLC 场景指标要求

序号	性能指标	指标值
1	指令时延(ms)	$\leq 20\text{ms}$
2	可靠性	99.99%@20ms

## 6.3 大流量车间场景

### 6.3.1 概述

大流量生产车间场景，选取机器视觉场景为测试评估场景，基本的场景示意图如图5。

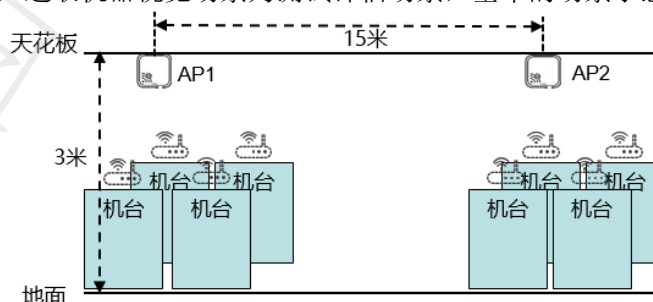


图5 机器视觉场景示意图

该场景下，无线AP吸顶安装，挂高3米，95%的区域RSSI $\geq -65\text{dBm}$ ，5G频段40Mhz带宽组网场景下，主要业务类型：

- 工业摄像头通过 CPE 上传测量数据至图像处理系统；
- 下发控制指令至 CPE 控制设备动作。

### 6.3.2 机器视觉场景指标要求

在机器视觉场景下，业务的KPI体验要求如表4。

表4 机器视觉场景指标

序号	性能指标	指标值
1	指令时延(ms)	≤2s
2	可靠性(指令丢包率)	99.99%
3	单CPE上行速率(Mbps)	≥100Mbps

## 6.4 电力行业场景

### 6.4.1 概述

电力无线专网和可信WLAN解决方案作为电力行业基础设施的重要组成部分，其中常用WAPI。

### 6.4.2 电力行业场景指标要求

在电力行业场景下，业务的KPI体验要求如表5。

表5 电力行业场景性能指标要求

业务类别	业务类型	时延	带宽	移动性
移动型业务	机器人巡检	≤200ms	15-20Mbps	满足最高0.6m/s移动速度作业
	无人机巡检	≤100ms	4Mbps	满足最高2.78m/s移动速度作业
	智能安全帽			满足最高1m/s移动速度作业
	移动布控球			间歇性移动，移动时满足最高1m/s移动速度作业
	智能VR/AR眼镜		10Mbps	满足最高1m/s移动速度作业
	视频双确认		10Mbps	
	移动作业		1Mbps	
静止型业务	变电设备状态监测	≤100ms	100Kbps	/
	电能质量检测		50Kbps	
	办公与管理信息业务	≤100ms	1Mbps	
	视频安防监控	分钟级	4Mbps	
	物资管理	分钟级	50Kbps	
	电子标签		10Kbps	
	声纹传感器			
	温湿度在线监测			
	水浸在线监测			
	SF6在线监测			
	CO2在线监测			
	小型微气象站			

## 6.5 协同控制场景

### 6.5.1 概述

协同性控制典型场景为某工件经节拍化流水线完成加工。如图6，工件半成品通过机械臂或传送带等传送装置实现机台间的搬运，传送装置与机台通过工业WLAN网络接入协同处理中心，协同处理中心集中调度传送装置与机台的。

为保证节拍化流水线协同控制的效率和稳定性，工业WLAN的终端设备需考虑如下指标要求：

- 指令时延；
- 指令丢包率。

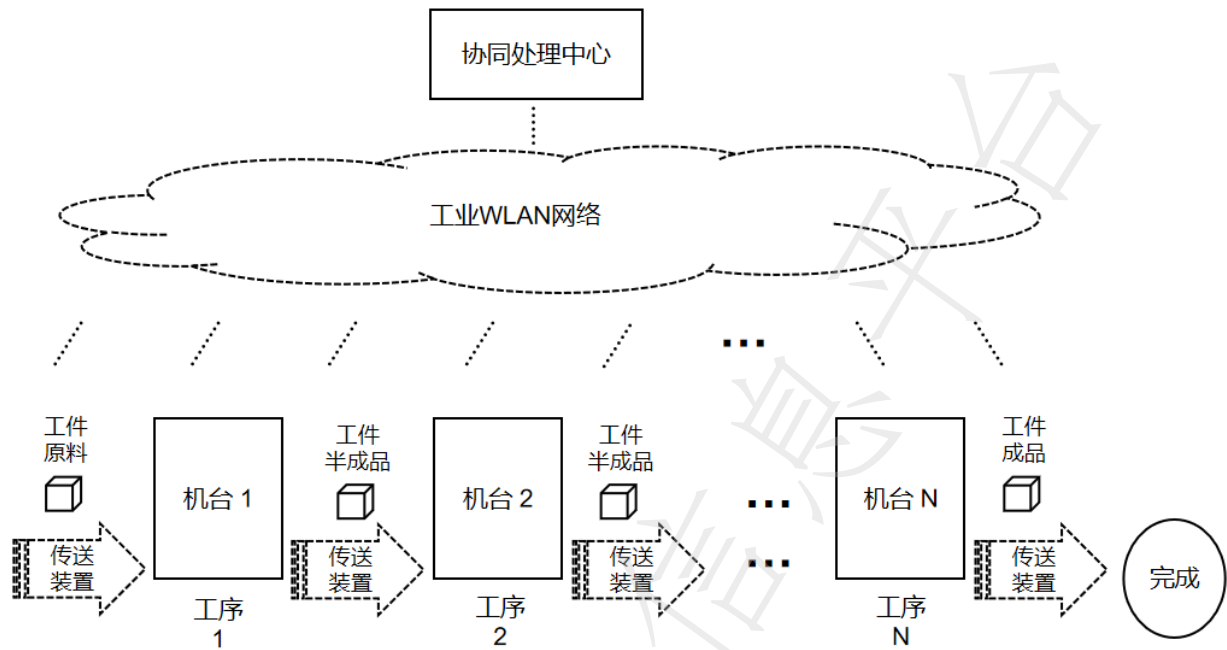


图6 协同控制场景示意图

### 6.5.2 协同控制场景指标要求

在协同控制场景下，业务的KPI体验要求如表6。

表6 协同控制场景性能要求

序号	性能指标	指标值
1	时延	$\leq 1\text{ms}$
2	指令丢包率	99.999% <sup>a</sup>

<sup>a</sup> 理想环境，或者一定空口利用率下

附 录 A  
(资料性)  
常见障碍物信号衰减参考值

A.1 常见障碍物信号衰减参考值

常见障碍物信号衰减参考值如表A.1。

表A.1 常见障碍物信号衰减参考值

序号	典型障碍物	厚度(mm)	2.4GHz信号衰减 (dB)	5GHz信号衰减 (dB)
1	普通砖墙	120	10	20
2	加厚砖墙	240	15	25
3	混凝土	240	25	30
4	石棉	8	3	4
5	泡沫板	8	3	4
6	空心木	20	2	3
7	普通木门	40	3	4
8	实木门	40	10	15
9	普通玻璃	8	4	7
10	加厚玻璃	12	8	10
11	防弹玻璃	30	25	35
12	承重柱	500	25	30
13	卷帘门	10	15	20
14	钢板	80	30	35
15	电梯	80	30	35

附录 B  
(资料性)  
常见工业应用时延要求

B.1 常见工业应用时延要求

常见工业应用时延要求如表B.1。

表B.1 常见工业应用时延要求

序号	典型工业应用	时延范围 (循环周期)
1	高性能同步处理/电子传动等	1 $\mu$ s~100 $\mu$ s
2	机床/高速过程/机器人等	100 $\mu$ s~100ms
3	物料输送/简单控制/多数工厂自动化等	1ms~1s
4	过程自动化/仓储系统/楼宇控制等	100ms~10s

## 附录 C (资料性) 安全要求

### C.1 物理安全要求

#### C.1.1 物理接入安全

当工业终端接入身份认证及数据加密有如下几种：

——支持有线等效保密（WEP）认证/加密

——支持终端配置混合加密，例如：Wi-Fi保护访问（WPA）系列+802.1X认证/加密方式。

注1：WPA见参考文件[1]，支持无线局域网鉴别和保密基础结构（WAPI）认证/加密方式。

注2：WAPI见参考文献[2]，支持门户（PORTAL）认证（即WEB认证）。

#### C.1.2 防爆安全

危险区域中的工业WLAN终端应具备防爆安全，应符合GB 3836.1-2010[3]的要求。

注1：危险区域指在石油和化学工业的加工厂中，或具备爆炸性气体的区域。

注2：危险区域的工业WLAN终端研发、安装、运输等应符合IEC 60079[4]系列标准。

#### C.1.3 电气安全

工业WLAN终端在使用中涉及的供电电源、绝缘电阻、电击防护、介电性能、导线电缆、输出接口信号短路、爬电距离、电气间隙、泄露电流、耐受冲击电压、启动和运行检查等电气安全要求应符合GB 4943.1-2022[5]的规定。

#### C.1.4 EMC安全

工业WLAN终端可按应用环境进行静电放电抗扰度试验，电快速瞬变脉冲群抗扰度试验，浪涌试验，射频场感应的传导骚扰抗扰度试验，电压暂降和短时中断试验等电磁兼容安全应符合GB/T 17799.2-2023[6]和GB 17799.4-2022[7]。

#### C.1.5 其他安全

工业WLAN终端应考虑由于其自身材料，使用的光源等导致的辐射安全，以及由于高频振动产品的噪声安全问题、盐雾及腐蚀等问题。

### C.2 功能安全要求

工业WLAN终端功能安全应满足GB/T 20438.1-2017[8]规定，其中针对产品应满足安全完整性等级（SIL）。

### C.3 信息安全要求

工业WLAN终端应按照工业自动化和系统的安全规定，如IEC 62443-4-2[9]相关规定。

## 参 考 文 献

- [1] Wi-Fi Alliance WPA3™ Specification Version 3.1
  - [2] GB 15629.11-2003 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
  - [3] GB 3836.1-2010 爆炸性环境 第 1 部分:设备 通用要求
  - [4] IEC 60079 爆炸性气体环境用电气设备
  - [5] GB 4943.1-2022 音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分:安全要求
  - [6] GB/T 17799.2-2023 电磁兼容 通用标准 第2部分:工业环境中的抗扰度标准
  - [7] GB 17799.4-2022 电磁兼容通用标准 第4部分:工业环境中的发射
  - [8] GB/T 20438.1-2017 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第1部分:一般要求
  - [9] IEC 62443-4-2 工业自动化和控制系统安全 第4-2部分:安全要求和网络安全等级
-