

中华人民共和国工业和信息化部  
通信计量技术规范

JJF(通信)066-2023

无线局域网 Wi-Fi 数据网络测试仪  
校准规范

Calibration Specification for Wi-Fi Data Network Performance Testers

(送审稿)

2023-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

# 无线局域网Wi-Fi数据网络 测试仪校准规范

Calibration Specification for Wi-Fi Data  
Network Performance Testers

JJF(通信)066-2023

归口单位：中国信息通信研究院

起草单位：中国信息通信研究院

本规程技术条文委托起草单位负责解释

**本规范起草人：**

沈岸平（中国信息通信研究院）

毛宇博（中国信息通信研究院）

张培艳（中国信息通信研究院）

**参加起草人：**

许 伟（中国信息通信研究院）

王悦欣（中国信息通信研究院）

# 目 录

引言.....	(III)
1 范围 .....	(错误!未定义书签。)
2 参考文件 .....	(错误!未定义书签。)
3 概述 .....	(1)
4 术语和计量单位 .....	(2)
4.1 吞吐量 .....	(2)
4.2 丢帧(包)率.....	(2)
4.3 HT-MCSS 调制编码与数据速率对照表.....	(2)
4.4 VHT-MCSs 调制编码与数据速率对照表.....	(2)
4.5 HE-MCSs 调制编码与数据速率对照表 .....	(2)
4.6 GI 保护间隔 .....	(2)
4.7 MIMO 多入多出技术.....	(2)
4.8 Nss 空间流数 .....	(2)
5 计量特性 .....	(2)
5.1 有线吞吐量 .....	(2)
5.2 有线丢包率 .....	(2)
5.3 有线数据包发送速率 .....	(3)
5.4 协议编码 .....	(3)
5.5 协议解码 .....	(3)
5.6 WIFI 下行吞吐量.....	(3)
5.7 WIFI 上行吞吐量.....	(3)
5.8 下行丢包率 .....	(3)
5.9 上行丢包率 .....	(3)
6 校准条件 .....	(3)
6.1 环境条件 .....	(3)
6.2 测量标准及其他设备 .....	(3)
7 校准项目和校准方法 .....	(4)
7.1 仪表外观及工作正常性检查 .....	(4)
7.2 有线吞吐量 .....	(4)
7.3 有线丢包率 .....	(4)
7.4 有线数据包发送速率 .....	(4)

---

7.5 协议编码 .....	(4)
7.6 协议解码 .....	(5)
7.7 Wifi 下行吞吐量 .....	(5)
7.8 Wifi 上行吞吐量 .....	(6)
7.9 下行丢包率 .....	(6)
7.10 上行丢包率 .....	(7)
8 校准结果表达 .....	(9)
9 复校时间间隔 .....	(9)
附录 A 原始记录推荐格式.....	(10)
附录 B 校准证书内页推荐格式.....	(14)
附录 C 测量结果的不确定度评定实例.....	(18)

# 引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次制定。

# 无线局域网 Wi-Fi 数据网络测试仪校准规范

## 1 范围

本规范规定了无线局域网 Wi-Fi 数据网络性能测试仪的协议编解码、Wifi 上行吞吐量、Wifi 下行吞吐量、丢包率等参数计量特性、校准方法及校准所用仪器设备的要求，适用于符合 802.11 n/ac/ax 制式无线局域网 Wi-Fi 数据网络性能测试仪，或具有该功能的其他仪表设备的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

IEEE P802.11ax 无线局域网介质访问控制层(MAC)和物理层(PHY)规范 第一修正案：高效无线局域网的增强功能(Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 1: Enhancements for High Efficiency WLAN)

IEEE Std 802.11ac 无线局域网介质访问控制层(MAC)和物理层(PHY)规范 第四修正案：6GHz 以下频段超高吞吐量的增强功能(Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 4: Enhancements for Very High Throughput for Operation in Bands below 6GHz)

IEEE Std 802.11n 无线局域网介质访问控制层(MAC)和物理层(PHY)规范 第五修正案：高吞吐量的增强功能(Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput)

IEEE Std 802.3 以太网规范(IEEE Standard for Ethernet)

RFC 768 用户数据报协议(User Datagram Protocol)

RFC 791 互联网协议(Internet Protocol)

RFC 792 网络控制消息协议(Internet Control Message Protocol)

RFC 793 传输控制协议(Transmission Control Protocol)

JJF 1534-2015 数据网络性能测试仪校准规范

注：凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的应用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范

## 3 概述

无线局域网 Wi-Fi 数据网络测试仪，可以对 Wi-Fi 数据进行发送和接收，是 Wi-Fi 转发器、Wi-Fi 终端等通信设备研发、生产和一致性测试过程中必不可少的电子测量仪器。

## 4 术语和计量单位

### 4.1 吞吐量 Throughput

被测设备在不丢帧(包)的情况下,最大转发速率。用帧(包)/秒(Packets/s)、比特/秒(bit/s)以及与线速率的百分比(%)来表示。

### 4.2 丢帧(包)率 Packet loss

被测设备在固定负载下,由于资源不足而导致的没有被转发的帧(包)数占应转发的帧(包)数的百分比。

### 4.3 HT-MCSs 调制编码与数据速率对照表

High throughput - Modulation and coding scheme, 802.11n 中规定的对信号采取不同调制与编码策略所对应的无线局域网 Wi-Fi 数据速率的标称值。

### 4.4 VHT-MCSs 调制编码与数据速率对照表

Very High throughput - Modulation and coding scheme, 802.11ac 中规定的对信号采取不同调制与编码策略所对应的无线局域网 Wi-Fi 数据速率的标称值。

### 4.5 HE-MCSs 调制编码与数据速率对照表

High Efficiency - Modulation and coding scheme, 802.11ax 中规定的对信号采取不同调制与编码策略所对应的无线局域网 Wi-Fi 数据速率的标称值。

### 4.6 GI 保护间隔

Guard Interval 802.11 中规定通信帧是被划分成不同的数据块进行发送的,为了数据传输的可靠性,数据块之间会有保护间隔,用以保证接收侧能够正确的解析出各个数据块。

### 4.7 MIMO 多入多出技术

Multiple Input, Multiple Output 终端使用多根天线,充分利用频谱资源与单个或多个终端同时进行通信。

### 4.8 $N_{ss}$ 空间流数

Number of Spatial Streams 单终端或多终端在 MIMO 环境下通信时,多根不同天线通过频分复用(OFDM/OFDMA)技术将当前信道划分成多个子信道,子信道上传输的数据流称为空间流。

## 5 计量特性

5.1 有线吞吐量: 自环测试状态,测试结果应达到 100%;

5.2 有线丢包率: 自环测试状态,测试结果应为 0%;



- 5.3 有线数据包发送速率：最大允许误差： $\pm (1 \times 10^{-4} \times P + 1)$  包/秒（P：接口每秒发送包数标称值）；
- 5.4 协议编码：应符合 RFC 791、RFC 793、RFC 768、RFC 792 要求；
- 5.5 协议解码：应符合 RFC 791、RFC 793、RFC 768、RFC 792 要求；
- 5.6 Wifi 下行吞吐量：丢包率容忍度 $\leq 0.1\%$ ，对应 Nss、调制、频宽、编码率和 GI 参数，Wifi 下行吞吐量应达到相应 IEEE Std 802.11ac、IEEE Std 802.11n 中标称值的 65%，IEEE Std 802.11ax 中标称值的 60%；
- 5.7 Wifi 上行吞吐量：丢包率容忍度 $\leq 0.1\%$ ，对应 Nss、调制、频宽、编码率和 GI 参数，Wifi 上行吞吐量应达到相应 IEEE Std 802.11ac、IEEE Std 802.11n 中标称值的 65%，IEEE Std 802.11ax 中标称值的 60%；
- 5.8 下行丢包率：显示精度应达到 0.1%，计数误差应 $< 1$  个数据包；
- 5.9 上行丢包率：显示精度应达到 0.1%，计数误差应 $< 1$  个数据包；
- 注：以上指标不适用于合格性判别，仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

- a) 环境温度： $23 \pm 5^\circ\text{C}$
- b) 相对湿度： $\leq 80\%$
- c) 移动式供电电源： $(220 \pm 22) \text{ V}$ ， $(50 \pm 1) \text{ Hz}$
- d) 其它：无影响仪器正常工作的电磁干扰及机械振动。

### 6.2 测量标准及其他设备

主要设备应在检定有效期内或校准复校时间间隔内使用

#### 6.2.1 频率计

- a) 频率测量范围：0.1 kHz~1 GHz；
- b) 频率准确度： $1 \times 10^{-8}$ 。

#### 6.2.2 帧头触发器

具有 10Mbit/s/100 Mbit/s /1000 Mbit/s /10Gbit/s 速率接口

#### 6.2.3 数据网络性能测试仪

具有 10Mbit/s/100 Mbit/s /1000 Mbit/s /10Gbit/s 速率接口。支持吞吐量、丢包率、编解码测试功能。

#### 6.2.4 无线局域网 Wi-Fi 转发器

- a) 无线射频接口：符合 802.11 n /ac/ax；
- b) 有线接口：具有 10Mbit/s/100 Mbit/s /1000 Mbit/s /10Gbit/s 速率接口；
- c) 具有将 802.11 数据帧射频信号和 802.3 数据帧有线信号相互转换的功能，且转换能力应大于 IEEE802.11 文档中吞吐量标称值的 75%。

### 6.2.5 数据网络损伤仪

- a) 具有 10Mbit/s/100 Mbit/s /1000 Mbit/s /10Gbit/s 速率接口，数据转发能力应达接口线速率，最大允许误差： $\pm (1 \times 10^{-4} \times P + 1)$  包/秒（P：端口每秒发送包数标称值）；
- b) 具有丢包损伤功能，丢包率设置范围 0%~100%。

### 6.2.6 射频电缆

- a) 长度 $\leq 2\text{m}$ ，使用多根射频线连接时，射频线长度应相等；
- b) 插入损耗： $\leq 3\text{dB}@2.4\text{GHz}$ 、 $\leq 5\text{dB}@5\text{GHz}$ ；

## 7 校准项目和校准方法

表 1 校准项目一览表

序号	项目名称
1	仪表外观及工作正常性检查
2	有线吞吐量
3	有线丢包率
4	有线数据包发送速率
5	协议编码
6	协议解码
7	Wifi 下行吞吐量
8	Wifi 上行吞吐量
9	下行丢包率
10	上行丢包率

### 7.1 仪表外观及工作正常性检查

校准开始前，应对被校仪表做工作正常性检查，确保被校仪表不存在影响校准结果的任何缺陷。

### 7.2 有线吞吐量

见《JJF 1534-2015 数据网络性能测试仪校准规范》8.5.1

### 7.3 有线丢包率

见《JJF 1534-2015 数据网络性能测试仪校准规范》8.5.1

### 7.4 有线数据包发送速率

见《JJF 1534-2015 数据网络性能测试仪校准规范》8.5.3

### 7.5 协议编码

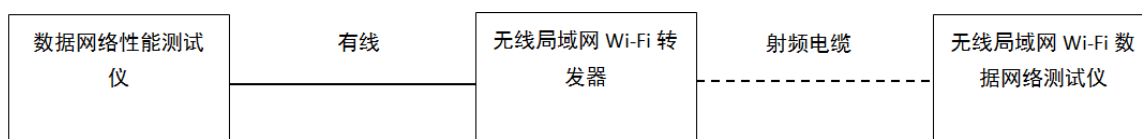


图 1 协议编码/解码、Wifi 下行/上行吞吐量测试连接图

- a) 按图 1 将被校无线局域网 Wi-Fi 数据网络测试仪接口与无线局域网 Wi-Fi 转发器无

线接口使用射频电缆连接，如果被校仪表采用 MIMO 技术，则按图 2（该图为常用 MIMO 连接规则，如有其他情况，应按照产品说明使用相应规则连接）连接。无线局域网 Wi-Fi 转发器有线接口与标准数据网络性能测试仪有线接口连接；



图 2 MIMO 连接示意图

- b) 将被校仪表设置为发送模式，将标准数据网络性能测试仪设置为抓包模式，按表 2 协议编码验证项选择相应的包类型，对该数据包内每个字段内容按相应标准进行编辑，生成正确的数据包，调整发送流量，开始发送。
- c) 启动标准表的抓包功能，接收到被校仪表发送的数据包后，停止抓包，比较被测表所抓数据包解码值和标准仪表发送值是否一致，并记录测量结果。

表 2 协议编码/解码要求

协议类型	要 求
IP 包	符合 RFC 791 标准
TCP 包	符合 RFC 793 标准
UDP 包	符合 RFC 768 标准
ICMP 包	符合 RFC 792 标准

7.6 协议解码

- a) 按图 1 将被校仪表无线接口与无线局域网 Wi-Fi 转发器无线接口使用射频电缆连接，如果被校仪表采用 MIMO 技术，则按图 2（该图为常用 MIMO 连接规则，如有其他情况，应按照产品说明使用相应规则连接）连接。无线局域网 Wi-Fi 转发器有线接口与标准数据网络性能测试仪有线接口连接；
- b) 将标准数据网络性能测试仪设置为发送模式，将被校仪表设置为抓包模式，按表 2 协议编码验证项选择相应的包类型，对该数据包内每个字段内容按相应标准进行编辑，生成正确的数据包，调整发送流量，开始发送。
- c) 启动被测表的抓包功能，接收到标准表发送的数据包后，停止抓包，比较被测表所抓数据包解码值和标准仪表发送值是否一致，并记录测量结果。

7.7 Wifi 下行吞吐量

- a) 按图 1 将被校仪表无线接口与无线局域网 Wi-Fi 转发器无线接口使用射频电缆连接，如果被校仪表采用 MIMO 技术，则按图 2（该图为常用 MIMO 连接规则，如有其他情况，应按照产品说明使用相应规则连接）连接，调整发射功率，确保 MIMO 功率

平衡，且 tr 接口接收功率在-15dbm~-35dbm 范围内（各个厂家最佳接收功率不同，具体参考仪表产品说明），使无线接口协商速率达到被校仪表最佳速率。无线局域网 Wi-Fi 转发器有线接口与标准数据网络性能测试仪有线接口连接；

- b) 根据被校仪表的协议制式分别按照 IEEE 802.11 n/ac/ax 中的 HT-MCSs/VHT-MCSs/HE-MCSs 表设置被校仪表的 Nss、调制、频宽、编码率和 GI 参数（参考表 3）、数据包帧长为 1518 字节，发送时长 60 秒，将数据包从标准数据网络性能测试仪有线接口发出，通过无线局域网 Wi-Fi 转发器，从被校仪表无线口接收，记录丢包率 $\leq 0.1\%$ 时无线接口数据最大接收速率。

表 3 Wifi 下行/上行吞吐量测试参数设置参考表

Wifi 制式	N <sub>ss</sub>	调制方式	频宽 (MHz)	编码率	GI (ns)	数据速率标称值 (Mbit/s)
IEEE 802.11n	2	64-QAM	40	5/6	400	300.0
IEEE 802.11ac	2	256-QAM	80	5/6	400	866.7
IEEE 802.11ax	2	1024-QAM	80+80	5/6	800	2401.9

注：以上设置值不适用于合格性判别，仅供参考，规程使用者可根据实际情况参考 IEEE 802.11 选择设置值。

## 7.8 Wifi 上行吞吐量

- a) 按图 1 将被校仪表无线接口与无线局域网 Wi-Fi 转发器无线接口使用射频电缆连接，如果被校仪表采用 MIMO 技术，则按图 2（该图为常用 MIMO 连接规则，如有其他情况，应按照产品说明使用相应规则连接）连接，调整发射功率，确保 MIMO 功率平衡，且 tr 接口接收功率在-15dbm~-35dbm 范围内（各个厂家最佳接收功率不同，具体参考仪表产品说明），使无线接口协商速率达到被校仪表最佳速率。无线局域网 Wi-Fi 转发器有线接口与标准数据网络性能测试仪有线接口连接；
- b) 根据被校仪表的协议制式分别按照 IEEE 802.11 n/ac/ax 中的 HT-MCSs/VHT-MCSs/HE-MCSs 表设置被校仪表的 Nss、调制、频宽、编码率和 GI 参数（参考表 3）、数据包帧长为 1518 字节，发送时长 60 秒，将数据包从被校仪表无线口发出，通过无线局域网 Wi-Fi 转发器，从标准数据网络性能测试仪有线口接收，记录丢包率 $\leq 0.1\%$ 时被校仪表无线接口数据最大发送速率。

## 7.9 下行丢包率

- a) 按图 3 将被校仪表无线接口与无线局域网 Wi-Fi 转发器无线接口使用射频电缆连接，如果被校仪表采用 MIMO 技术，则按图 2（该图为常用 MIMO 连接规则，如有其他情况，应按照产品说明使用相应规则连接）连接，调整发射功率，确保 MIMO 功率平衡，且 tr 接口接收功率在-15dbm~-35dbm 范围内（各个厂家最佳接收功率不同，具体参考仪表产品说明），使无线接口协商速率达到被校仪表最佳速率。数据网络

损伤仪串联在被校仪表和无线局域网 Wi-Fi 转发器有线接口之间；

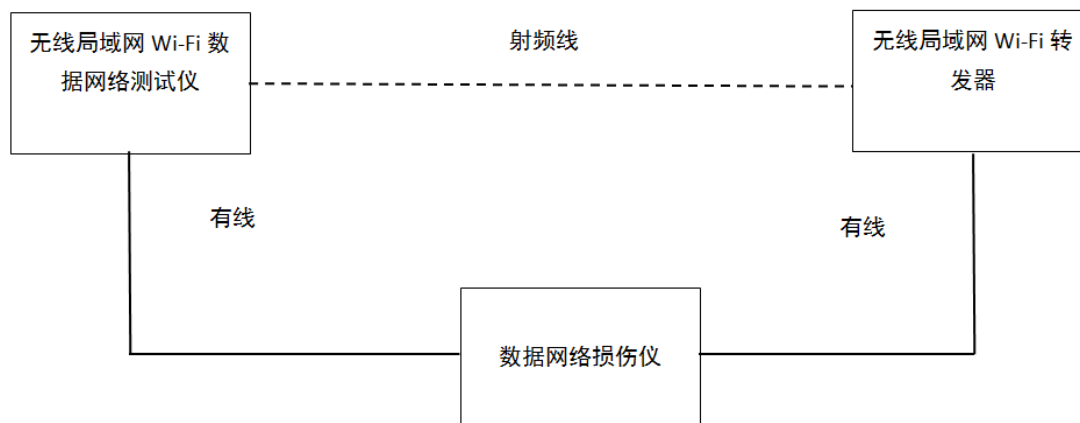


图 3 下行/上行丢包率测试连接图

- b) 根据被校仪表的协议制式分别按照 IEEE 802.11 n/ac/ax 中的 HT-MCSs/VHT-MCSs/HE-MCSs 表设置被校仪表的 N<sub>ss</sub>、调制、频宽、编码率和 GI 参数（参考表 4）、数据包帧长为 1518 字节，发送时长 60 秒，将数据包（建议为数据速率标称值的 10%，参考表 4）从被校仪表有线口发出，通过无线局域网 Wi-Fi 转发器，从被校仪无线口接收，形成回路，数据网络损伤仪丢包率设置为 0.0%，确认整个测试系统丢包率为 0.0%，即发送包数与接收包数相等；

表 4 下行/上行丢包率测试参数设置参考表

Wifi 制式	N <sub>ss</sub>	调制方式	频宽 (MHz)	编码率	GI (ns)	数据速率标称值 (Mbit/s)	数据速率设置值 (Mbit/s)
IEEE 802.11n	2	64-QAM	40	5/6	400	300.0	30.0
IEEE 802.11ac	2	256-QAM	80	5/6	400	866.7	86.7
IEEE 802.11ax	2	1024-QAM	80+80	5/6	800	2401.9	240.2

注：以上设置值不适用于合格性判别，仅供参考，规程使用者可根据实际情况参考 IEEE 802.11 选择设置值。

- c) 设置数据网络损伤仪丢包率分别为 10.0%、50.0%、90.0%，观察被校仪表接收包数是否与丢包率一致，记录丢包率结果。

## 7.10 上行丢包率

- a) 按图 3 将被校仪表无线接口与无线局域网 Wi-Fi 转发器无线接口使用射频电缆连接，如果被校仪表采用 MIMO 技术，则按图 2（该图为常用 MIMO 连接规则，如有其他情况，应按照产品说明使用相应规则连接）连接，调整发射功率，确保 MIMO 功率平衡，且 tr 接口接收功率在 -15dbm~35dbm 范围内（各个厂家最佳接收功率不同，具体参考仪表产品说明），使无线接口协商速率达到被校仪表最佳速率。数据网络损伤仪串在被校仪表和无线局域网 Wi-Fi 转发器有线接口之间；
- b) 根据被校仪表的协议制式分别按照 IEEE 802.11 n/ac/ax 中的 HT-MCSs/VHT-MCSs/HE-MCSs 表设置被校仪表的 N<sub>ss</sub>、调制、频宽、编码率和 GI 参数（参考表 4）、数

据包帧长为 1518 字节，发送时长 60 秒，将数据包（建议为数据速率标称值的 10%，参考表 4）从被校仪表无线接口发出，通过无线局域网 Wi-Fi 转发器，从被校仪有线接口接收，形成回路，数据网络损伤仪丢包率设置为 0.0%，确认整个测试系统丢包率为 0.0%，即发送包数与接收包数相等；

- c) 设置数据网络损伤仪丢包率分别为 10.0%、50.0%、90.0%，观察被校仪表接收包数是否与丢包率一致，记录丢包率结果。

## 8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映,推荐校准证书内页格式见附录 B。校准证书应准确、客观的报告校准结果。校准结果用校准数据的形式给出,并给出测量不确定度,不确定度评定实例见附录 C。校准证书应至少包括以下信息:

- a) 标题:“校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点(如果与实验室的地址不同);
- d) 证书的唯一性标识(如编号),每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期,如果与校准结果的有效性和应用有关时,应说明被校对象的接收日期;
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时,应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 校准所依据的技术规范的标识,包括名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准,不得部分复制证书的声明。

## 9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的,因此,送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议不超过 1 年。更换重要部件、维修或对仪器性能有怀疑时,应及时校准。

## 附录 A

## 原始记录推荐格式

证书编号: \_\_\_\_\_

共\_\_\_\_\_页 第\_\_\_\_\_页

## 一、外观及工作正常性检查

外观	
工作正常性检查	

## 二、有线吞吐量

包 长 (字节)	速 率 (%)	标称值 (Packets/s)	测量值 (Packets/s)

## 三、有线丢包率

包 长 (字节)	速 率 (%)	标称值 (%)	测量值 (%)

## 四、有线数据包发送速率

接口线速率 (bit/s)	发送包长 (字节)	标称值		实测值	
		%	(Packets/s)	%	(Packets/s)

## 五、协议编码

序号	项 目		指标要求	结 果
1	IP 包头	Version	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Internet header length		
		Type of service		
		Total length		
		Identification		
		Flags/Fragment offset		
		Time to live		



序号	项目		指标要求	结 果
		Protocol		
		Header checksum		
		Source IP address		
		Destination IP address		
2	TCP 包头	Source port	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Destination port		
		Sequnce number		
		Acknowledgment number		
		Header length		
		Options		
		Window		
		Checksum		
		Urgent Pionter		
3	UDP 包头	Source port	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Destination port		
		Length		
		Checksum		
4	ICMP 包头	Code	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Checksum		
		Identifier		
		Sequence number		

## 六、 协议解码

序号	项目		指标要求	结 果
1	IP 包头	Version	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Internet header length		
		Type of service		
		Total length		
		Identification		
		Flags/Fragment offset		
		Time to live		
		Protocol		
		Header checksum		
		Source IP address		
		Destination IP address		
2	TCP 包头	Source port	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Destination port		
		Sequnce number		
		Acknowledgment number		
		Header length		
		Options		
		Window		
		Checksum		
		Urgent Pionter		
3	UDP 包头	Source port	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Destination port		
		Length		
		Checksum		
4	ICMP 包头	Code	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Checksum		
		Identifier		
		Sequence number		

## 七、 Wifi 下行吞吐量

标称值（Mbit/s）	实测值（Mbit/s）

八、 Wifi 上行吞吐量

标称值（Mbit/s）	实测值（Mbit/s）

九、 下行丢包率

IEEE 802.11n

速率(Mbit/s)	丢包率设置值	测试结果
30.0	10.0%	
	50.0%	
	90.0%	

IEEE 802.11ac

速率(Mbit/s)	丢包率设置值	测试结果
86.7	10.0%	
	50.0%	
	90.0%	

IEEE 802.11ax

速率(Mbit/s)	丢包率设置值	测试结果
240.2	10.0%	
	50.0%	
	90.0%	

十、 上行丢包率

IEEE 802.11n

速率(Mbit/s)	丢包率设置值	测试结果
30.0	10.0%	
	50.0%	
	90.0%	

IEEE 802.11ac

速率(Mbit/s)	丢包率设置值	测试结果
86.7	10.0%	
	50.0%	
	90.0%	

IEEE 802.11ax

JJF(通信)066-2023

速率(Mbit/s)	丢包率设置值	测试结果
240.2	10.0%	
	50.0%	
	90.0%	

附录 B

校准证书内页推荐格式

证书编号：\_\_\_\_\_

共\_\_\_\_\_页 第\_\_\_\_\_页

一、 外观及工作正常性检查

外观	
工作正常性检查	

二、 有线吞吐量

包 长 (字节)	速 率 (%)	标称值 (Packets/s)	测量值 (Packets/s)

三、 有线丢包率

包 长 (字节)	速 率 (%)	标称值 (%)	测量值 (%)

四、 有线数据包发送速率

接口线速率 (bit/s)	发送包长 (字节)	标称值		实测值	
		%	(Packets/s)	%	(Packets/s)

五、 协议编码

序号	项目		指标要求	结 果
1	IP 包头	Version	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Internet header length		
		Type of service		
		Total length		
		Identification		
		Flags/Fragment offset		

序号	项目		指标要求	结 果
		Time to live		
		Protocol		
		Header checksum		
		Source IP address		
		Destination IP address		
2	TCP 包头	Source port	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Destination port		
		Sequnce number		
		Acknowledgment number		
		Header length		
		Options		
		Window		
		Checksum		
		Urgent Pionter		
3	UDP 包头	Source port	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Destination port		
		Length		
		Checksum		
4	ICMP 包头	Code	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Checksum		
		Identifier		
		Sequence number		

## 六、协议解码

序号	项目		指标要求	结 果
1	IP 包头	Version	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Internet header length		
		Type of service		
		Total length		
		Identification		
		Flags/Fragment offset		
		Time to live		
		Protocol		
		Header checksum		
		Source IP address		
		Destination IP address		
2	TCP 包头	Source port	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Destination port		
		Sequnce number		
		Acknowledgment number		
		Header length		
		Options		
		Window		
		Checksum		
		Urgent Pionter		
3	UDP 包头	Source port	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Destination port		
		Length		
		Checksum		
4	ICMP 包头	Code	被校仪表编码发送的数据值与标准表接收解码的数据值一致	
		Checksum		
		Identifier		
		Sequence number		

七、 Wifi 下行吞吐量

标称值（Mbit/s）	实测值（Mbit/s）

八、 Wifi 上行吞吐量

标称值（Mbit/s）	实测值（Mbit/s）

九、 下行丢包率

IEEE 802.11n

速率(Mbit/s)	丢包率设置值	测试结果
30.0	10.0%	
	50.0%	
	90.0%	

IEEE 802.11ac

速率(Mbit/s)	丢包率设置值	测试结果
86.7	10.0%	
	50.0%	
	90.0%	

IEEE 802.11ax

速率(Mbit/s)	丢包率设置值	测试结果
240.2	10.0%	
	50.0%	
	90.0%	

十、 上行丢包率

IEEE 802.11n

速率(Mbit/s)	丢包率设置值	测试结果
30.0	10.0%	
	50.0%	
	90.0%	

IEEE 802.11ac

速率(Mbit/s)	丢包率设置值	测试结果
86.7	10.0%	
	50.0%	
	90.0%	

IEEE 802.11ax

速率(Mbit/s)	丢包率设置值	测试结果
240.2	10.0%	
	50.0%	
	90.0%	

## 附录 C

## 无线局域网 Wi-Fi 数据网络测试仪测量结果的不确定度评定示例

依据无线局域网 Wi-Fi 数据网络测试仪校准规范的各校准项目的计量特性、校准条件及校准方法的规定，对无线局域网 Wi-Fi 数据网络测试仪进行了校准，并对测量结果的不确定度进行了评定，其中有线数据包发送速率不确定度评定可以参考《JJF 1534-2015 数据网络性能测试仪校准规范》附录 C。

## C.1 Wifi 下行吞吐量

## C.1.1 不确定度来源

- 1) 数据网络性能测试仪测量误差引入的测量不确定度分量  $u_1$
- 2) 无线局域网 Wi-Fi 转发器转发误差引入的测量不确定度分量  $u_2$
- 3) 测量重复性引入的不确定度分量  $u_3$
- 4) 被校仪表分辨力引入的不确定度  $u_4$

## C.1.2 测量不确定度评定

C.1.2.1 数据网络性能测试仪测量误差引入的测量不确定度分量  $u_1$ 

数据网络性能测试仪 1000Mbit/s 端口速率下测量不确定度为 1.0 包/秒 ( $k=2$ )，数据包长 = 1518 Byte，计算得到：

$$1518 \times 8 = 12144 \text{ bit/s}$$

正态分布， $k=2$ ，则：

$$\frac{12144}{2} = 6072 \text{ bit/s}$$

C.1.2.2 无线局域网 Wi-Fi 转发器测量误差引入的测量不确定度分量  $u_2$ 

无线局域网 Wi-Fi 转发器在 820.4Mbit/s 转发速率下，引入的不确定度 1.0 包/秒 ( $k=2$ )，数据包长 = 1518 Byte，计算得到：

$$1518 \times 8 = 12144 \text{ bit/s}$$

正态分布， $k=2$ ，则：

$$\frac{12144}{2} = 6072 \text{ bit/s}$$

C.1.2.3 测量重复性引入的不确定度分量  $u_3$ 

实际测量中，在重复性条件下，重复进行 10 次测量，结果如下表：

测量次数 ( $i$ )	测量结果 ( $x_i$ ) (Mbit/s)
1	820.4
2	820.3



3	820.4
4	820.3
5	820.4
6	820.4
7	820.4
8	820.4
9	820.3
10	820.3
平均值 ( $\bar{x}$ )	820.4

利用贝塞尔公式得到

$$u_3 = s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0.021082 \text{ Mbit/s} = 21082 \text{ bit/s}$$

C. 1. 2. 4 被校仪表分辨力引入的不确定度分量  $u_4$

观察被校仪表显示值可得到 Wifi 下行吞吐量分辨力为 0.1Mbps，设在此区间内为均匀分布，则区间半宽度为 0.05Mbps， $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$\frac{0.05}{\sqrt{3}} = 28868 \text{ bit/s}$$

C. 1. 3 标准不确定度的合成

C. 1. 3. 1 标准不确定度评定表

序号	不确定度来源	$u_i$	分布类型
1	数据网络性能测试仪测量误差	$u_1=6072 \text{ bit/s}$	正态
2	无线局域网 Wi-Fi 转发器转发误差	$u_2=6072 \text{ bit/s}$	正态
3	测量重复性	$u_3=21082 \text{ bit/s}$	正态
4	分辨力	$u_4=28868 \text{ bit/s}$	平均

C. 1. 3. 2 合成标准不确定度为：

以上各项标准不确定度分量之间独立不相关，按计算公式，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 36763.4 \text{ bit/s} \approx 0.037 \text{ Mbit/s}$$

C. 1. 4 扩展不确定度

取包含因子  $k = 2$ ，则

$$U = 2 \times u_c = 0.074 \text{ Mbit/s}$$

可得到被校 Wifi 下行吞吐量量结果的扩展不确定度  $U = 0.1 \text{ Mbit/s}$  ( $k=2$ )。

## C.2 Wifi 上行吞吐量

### C.2.1 不确定度来源

- 1) 数据网络性能测试仪测量误差引入的测量不确定度分量  $u_1$
- 2) 无线局域网 Wi-Fi 转发器转发误差引入的测量不确定度分量  $u_2$
- 3) 测量重复性引入的不确定度分量  $u_3$
- 4) 被校仪表分辨力引入的不确定度  $u_4$

### C.2.2 测量不确定度评定

#### C.2.2.1 数据网络性能测试仪测量误差引入的测量不确定度分量 $u_1$

数据网络性能测试仪 1000Mbit/s 端口速率下测量不确定度为 1.0 包/秒 ( $k=2$ )，数据包长 = 1518 Byte，计算得到：

$$1518 \times 8 = 12144 \text{ bit/s}$$

正态分布， $k=2$ ，则：

$$\frac{12144}{2} = 6072 \text{ bit/s}$$

#### C.2.2.2 无线局域网 Wi-Fi 转发器测量误差引入的测量不确定度分量 $u_2$

无线局域网 Wi-Fi 转发器在 620.3Mbit/s 转发速率下，引入的不确定度 1.0 包/秒 ( $k=2$ )，数据包长 = 1518 Byte，计算得到：

$$1518 \times 8 = 12144 \text{ bit/s}$$

正态分布， $k=2$ ，则：

$$\frac{12144}{2} = 6072 \text{ bit/s}$$

#### C.2.2.3 测量重复性引入的不确定度分量 $u_3$

实际测量中，在重复性条件下，重复进行 10 次测量，结果如下表：

测量次数 (i)	测量结果 ( $x_i$ ) (Mbit/s)
1	620.3
2	620.2
3	620.3
4	620.2
5	620.3
6	620.3

7	620.3
8	620.2
9	620.2
10	620.2
平均值 ( $\bar{x}$ )	606.7

利用贝塞尔公式得到

$$u_3 = s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0.023570 \text{ Mbit/s} = 23570 \text{ bit/s}$$

#### C.1.2.4 被校仪表分辨力引入的不确定度分量 $u_4$

观察被校仪表显示值可得到 Wifi 上行吞吐量分辨力为 0.1Mbps, 设在此区间内为均匀分布, 则区间半宽度为 0.05Mbps,  $k = \sqrt{3}$ , 则:

$$\frac{0.05}{\sqrt{3}} = 28868 \text{ bit/s}$$

#### C.2.3 标准不确定度的合成

##### C.2.3.1 标准不确定度评定表

序号	不确定度来源	$u_i$	分布类型
1	数据网络性能测试仪测量误差	$u_1=6072\text{bit/s}$	正态
2	无线局域网 Wi-Fi 转发器转发误差	$u_2=6072\text{bit/s}$	正态
3	测量重复性	$u_3=23570\text{bit/s}$	正态
4	分辨力	$u_4=28868\text{bit/s}$	平均

##### C.2.3.2 合成标准不确定度为:

以上各项标准不确定度分量之间独立不相关, 按计算公式, 合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 38244.5 \text{ bit/s} \approx 0.038 \text{ Mbit/s}$$

##### C.2.4 扩展不确定度

取包含因子  $k = 2$ , 则

$$U = 2 \times u_c = 0.076 \text{ Mbit/s}$$

可得到被校 Wifi 下行吞吐量量结果的扩展不确定度  $U = 0.1 \text{ Mbit/s} (k=2)$ 。