

# 贵州省地方计量技术规范

JJF (黔) XX-2020

## 100G 数据网络性能测试仪校准规范

Calibration Specification for 100G Data Network Performance Testers

(报批稿)

2020-xx-xx 发布

2020-xx-xx 实施

贵州省市场监督管理局 发布

# 100G 数据网络性能测试仪 校准规范

JJF (黔) xx—2020

Calibration Specification for 100G

Data Network Performance Testers

---

归口单位：贵州省市场监督管理局

主要起草单位：贵州航天计量测试技术研究所

参加起草单位：北京信而泰科技有限公司

本规范委托贵州航天计量测试技术研究所负责解释

**本规范主要起草人：**

李金阳（贵州航天计量测试技术研究所）

袁 文（贵州航天计量测试技术研究所）

石竹君（贵州航天计量测试技术研究所）

**参加起草人：**

李 阳（北京信而泰科技有限公司）

黄兵兵（贵州航天计量测试技术研究所）

# 目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(2)
3 术语和计量单位.....	(2)
4 概述.....	(2)
5 计量特性.....	(3)
5.1 通信协议编码/解码.....	(3)
5.2 性能参数.....	(3)
6 校准条件.....	(7)
6.1 环境条件.....	(7)
6.2 测量标准及其他设备.....	(7)
7 校准项目和校准方法.....	(8)
7.1 校准项目.....	(8)
7.2 校准方法.....	(8)
8 校准结果的表达.....	(12)
8.1 校准原始记录.....	(12)
8.2 校准证书.....	(12)
8.3 数据处理.....	(12)
9 复校时间间隔.....	(13)
附录 A 校准原始记录格式.....	(14)
附录 B 校准证书内页格式.....	(21)
附录 C 校准不确定度评定示例.....	(28)

# 引 言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》进行编制。



# 100G 数据网络性能测试仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于(1~100) Gbit/s 的数据网络性能测试仪(以下简称测试仪)的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件:

JJF 1534-2015 数据网络性能测试仪校准规范

IEEE 802.3 采用冲突检测存取方法的载波检测多址存取(CSMA/CD)及物理层规范(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications)

IEEE 802.3ba 40Gb/s 和 100Gb/s 操作介质访问控制参数、物理参数和管理参数(Media Access Control Parameters, Physical Layers and Management Parameters for 40Gb/s and 100Gb/s Operation)

ITU-T I.361 B-ISDN ATM 层技术规范(B-ISDN ATM layer specification)

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)

RFC 826 以太网地址解析协议(Ethernet Address Resolution Protocol)

RFC 1242 网络互连设备术语(Benchmarking terminology for network interconnection devices)

RFC 1661 点对点协议(The Point-to-Point Protocol (PPP))

RFC 2544 网络互连设备的基准测试方法(Benchmarking Methodology for Network Interconnection Devices)

RFC 2889 局域网(LAN)交换设备基准(测试)方法(Benchmarking Methodology for LAN Switching Devices)

凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本规范;凡是不注明日期的

引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

### 3 术语和计量单位

JJF 1534 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

#### 3.1 吞吐量 throughput

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

#### 3.2 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。

#### 3.3 背对背 back to back

当被测设备收到一组具有固定长度和速率的帧（包）时，由空闲状态到开始转发的时间周期内，按此速率所能转发的帧（包）数，该参数反映了被测设备数据缓存能力。以称突发某一帧（包）长的数帧（包）数(frames)来表示。

#### 3.5 存储转发时延 store forwarding latency

输入帧（包）的最后一比特位到达输入口开始至该帧（包）第一比特位在输出口出现的时间间隔。

#### 3.6 按位转发时延 bit forwarding latency

输入帧（包）的第一比特位到达输入口开始至该帧（包）第一比特位在输出口出现的时间间隔。

#### 3.7 数据包发送速率 packet send rate

以太网端口以某一固定帧（包）长，在某一固定帧（包）间隔下，每秒发送数据帧（包）的个数。用帧（包）/秒(fps)来表示。

#### 3.8 帧头 frame header

二进制数据组成帧（frame），帧的起点称为帧头。

#### 3.9 协议分析仪 protocol analyzer

对网络上运行的各种协议进行捕获、解码和协议仿真的仪表。

### 4 概述

数据网络性能测试仪是用于对数据网络及其相关设备的性能参数进行测试



的仪表，可以模拟网络终端产生流量，进行网络性能测试，对网络状态进行实时监测，分析和统计结果。

## 5 计量特性

### 5.1 通信协议编码 / 解码

通信协议编码 / 解码要求见表 1。

表 1 通信协议编码 / 解码要求

协议类型	要求
以太网帧	符合 IEEE 802.3 规定 符合 IEEE 802.3ba 规定
IP 包	符合 RFC 791 规定
TCP 包	符合 RFC 793 规定
UDP 包	符合 RFC 768 规定
ARP 包	符合 RFC 826 规定
ICMP 包	符合 RFC 792 规定
ATM 信头	符合 ITU-T I.361 规定
ATM AAL5 信元承载 IP 包	符合 ITU-T I.361 规定
ATM AAL5 信元承载 TCP 包	符合 ITU-T I.361 规定
ATM AAL5 信元承载 UDP 包	符合 ITU-T I.361 规定
PPP 帧头	符合 RFC 1661 规定
PPP 承载 IP 包	符合 RFC 1661 规定
PPP 承载 TCP 包	符合 RFC 1661 规定
PPP 承载 UDP 包	符合 RFC 1661 规定

### 5.2 性能参数

#### 5.2.1 吞吐量

自环校准状态，校准结果应达到 100%。

以太网中通常使用的帧（包）长分别为 64、128、256、512、1024、1280、1518 字节（B）。端口线速率为（1~100）Gbit/s 对应的吞吐量标称值见表 2。

表 2 吞吐量标称值

端口线速率 (Gbit/s)	帧 (包) 长 (B)	吞吐量标称值 (fps)
1	64	1 488 095
	128	844 594
	256	452 898
	512	234 962
	1024	119 371
	1280	96 153
	1518	81 274
10	64	14 880 952
	128	8 445 946
	256	4 528 986
	512	2 349 624
	1024	1 193 718
	1280	961 538
	1518	812 744
100	64	148 809 524
	128	84 459 459
	256	45 289 855
	512	23 496 241
	1024	11 937 180
	1280	9 615 385
	1518	8 127 438

### 5.2.2 丢包率

自环校准状态，校准结果应为 0%。

### 5.2.3 背对背

自环校准状态，校准结果应为：吞吐量×测试时长，规定 5s 校准时长。端口线速率为 (1~100) Gbit/s 对应 5s 测试时长的背靠背标称值见表 3。

表 3 背靠背标称值

端口线速率 (Gbit/s)	帧 (包) 长 (B)	背靠背标称值 (frame)
1	64	7 440 476
	128	4 222 973
	256	2 264 493
	512	1 174 812
	1024	598 659
	1280	480 769
	1518	406 372
10	64	74 404 762
	128	42 229 730
	256	22 644 928
	512	11 748 120
	1024	5 986 590
	1280	4 807 692
	1518	4 063 719
100	64	744 047 619
	128	422 297 297
	256	226 449 275
	512	117 481 203
	1024	59 865 900
	1280	48 076 923
	1518	40 637 191

#### 5.2.4 时延

端口线速率为 (1~100) Gbit/s 对应的时延 0.1  $\mu$ s~500 ms ;

最大允许误差:  $\pm (1 \times 10^{-4} \times T + 1) \mu$ s (T: 时延标称值)。

#### 5.2.5 数据包发送速率

端口线速率 (1 ~100) Gbit/s 对应的数据包发送率标称值见表 4。

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)。

数据包发送速率设置值范围见表 4。可采用公式 (1) 进行计算。

$$F = \frac{T \times 10^6}{(L + 20) \times 8} \quad (1)$$

式中：

$F$ ——数据包发送速率，frames/s；

$T$ ——仪表端口线速率，Mbit/s；

$L$ ——数据帧（包）长，B，1 B=8 bit。

表 4 数据包发送速率标称值

端口线速 (Gbit/s)	发送包长 (B)	数据包发送速率标称值	
		%	frames/s
1	64	100	1 488 095.2
	128	100	844 594.6
	256	100	452 898.6
	512	100	234 962.4
	1024	100	119 731.8
	1280	100	96 153.8
	1518	100	81 274.4
10	64	100	14 880 952.4
	128	100	8 445 945.9
	256	100	4 528 985.5
	512	100	2 349 624.1
	1024	100	1 197 318.0
	1280	100	961 538.5
	1518	100	812 743.8
100	64	100	148 809 523.8
	128	100	84 459 459.5
	256	100	45 289 855.1
	512	100	23 496 240.6
	1024	100	11 973 180.1
	1280	100	9 615 384.6
	1518	100	8 127 438.2

注：以上技术指标不用于合格性判定，仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(20±5)℃；

6.1.2 相对湿度：不大于 80%；

6.1.3 电源：(220±22)V、(50±1)Hz；

6.1.4 实验室应无影响测量结果的振动和电磁干扰。

### 6.2 测量标准及其他设备

#### 6.2.1 频率计

频率测量范围：100 Hz~10 GHz；

频率准确度： $1 \times 10^{-8}$ ；

时间间隔测量范围：500 ns~1 s；

时间间隔测量最大允许误差： $\pm 5$  ns。

#### 6.2.2 时延发生器

具有 100/1000BASE-T、100BASE-FX、1000BASE-SX/LX、10GBASE-SR/LR/ER/ZR、25/40/50/100GBASE-SR/LR/ER/ZR 速率接口，数据转发能力应能达到端口线速率。

时延设置不确定度： $<(0.1 + 1 \times 10^{-5} \times T) \mu\text{s}$ ；

各类型接口时延设置要求见表 5。

表 5 各类型接口时延要求

接口类型	时延可调范围	可调步长
10/100 BASE-T	0 $\mu\text{s}$ ~500 ms	1 $\mu\text{s}$
100 BASE-FX	0 $\mu\text{s}$ ~500 ms	
1000 BASE-SX/LX	0 $\mu\text{s}$ ~500 ms	
10GBASE-SR/LR/ER/ZR	0 $\mu\text{s}$ ~5 ms	
25/40/50/100GBASE-SR/LR/ER/ZR	0 $\mu\text{s}$ ~5 ms	

#### 6.2.3 帧头触发器

具有 100/1000BASE-T、100BASE-FX、1000BASE-SX/LX、10GBASE-SR/LR/ER/ZR、25/40/50/100GBASE-SR/LR/ER/ZR 速率接口。

帧头触发器测量误差：优于 $\pm 0.8$ 包/秒。

#### 6.2.4 参考协议分析仪

具有 100/1000BASE-T、100BASE-FX、1000BASE-SX/LX、10GBASE-SR/LR/ER/ZR、25/40/50/100GBASE-SR/LR/ER/ZR 速率接口。具有协议编、解码功能，支持 TCP/IP、ATM、POS 等协议，发送数据流量 (0~100)% 可调、数据包长可变。

#### 6.2.5 参考网络性能测试仪

具有 100/1000BASE-T、100BASE-FX、1000BASE-SX/LX、10GBASE-SR/LR/ER/ZR、25/40/50/100GBASE-SR/LR/ER/ZR 速率接口。支持吞吐量、时延、丢包率、背对背、数据包发送速率的自动测试。

### 7 校准项目和校准方法

#### 7.1 校准项目

校准项目一览表见表 6。

表 6 校准项目一览表

序号	项目名称
1	通信协议编码
2	通信协议解码
3	吞吐量
4	丢包率
5	背对背
6	时延
7	数据包发送速率

#### 7.2 校准方法

##### 7.2.1 通信协议编码

7.2.1.1 按图 1 建立通信协议编码验证连接。设置接口参数，使二者之间正常通信。将参考协议分析仪设置为抓包解码模式，将被校测试仪设置为发送模式。

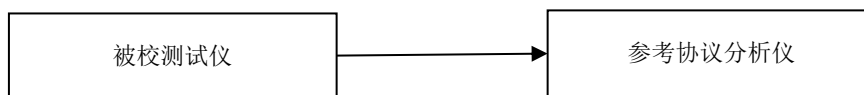


图 1 通信协议编码验证连接图

7.2.1.2 设置被校测试仪，根据其具体支持的协议，按表 7 通信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，存盘，调整发送流量，开始发送。

表 7 协议编码/解码验证内容一览表

项目	内容
以太网接口	以太网帧
	IP 包头
	TCP 包头
	UDP 包头
以太网接口	ARP 包头
	ICMP 包头
ATM 接口	ATM UNI 信元头
	ATM AAL5 信元承载 IP 包
	ATM AAL5 信元承载 TCP 包
	ATM AAL5 信元承载 UDP 包
POS 接口	PPP 帧头
	PPP 承载 IP 包
	PPP 承载 TCP 包
	PPP 承载 UDP 包

7.2.1.3 启动参考协议分析仪的抓包功能，接收到被校测试仪发送的数据包后，停止抓包。

7.2.1.4 启动参考协议分析仪的解码功能，比较参考协议分析仪所抓数据包解码值和被校测试仪发送值是否一致，记录测试结果。

7.2.1.5 根据表 7 继续下一协议编码验证项，重复 7.2.1.2、7.2.1.3、7.2.1.4，直至完成所有编码内容的验证。

## 7.2.2 通信协议解码

7.2.2.1 按图 2 建立通信协议解码验证连接。设置接口参数，使二者之间正常通信。将参考协议分析仪设置为编码发送模式，将被校测试仪设置为抓包解码模式。

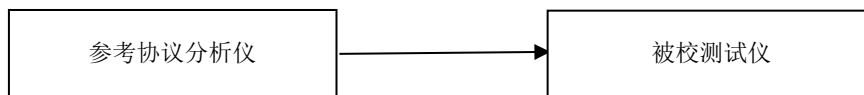


图 2 通信协议解码验证连接图

7.2.2.2 设置参考协议分析仪，根据被校测试仪具体支持的协议，按表 7 通信协议解码验证项选择相应的发送包的类型，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，存盘，调整发送流量，开始发送。

7.2.2.3 启动被校测试仪抓包功能，接收到参考协议分析仪发送的数据包后，停止抓包。

7.2.2.4 启动被校测试仪的解码功能，比较被校测试仪所抓数据包解码值和参考协议分析仪发送值是否一致，记录测试结果。

7.2.2.5 根据表 7 继续下一协议解码验证项，重复 7.2.2.2、7.2.2.3、7.2.2.4，直至完成所有解码项目的验证。

### 7.2.3 吞吐量、丢包率、背对背

7.2.3.1 被校测试仪进行自环校准，验证其吞吐量、丢包率、背对背测试功能。校准的以太网端口数量采用最大端口数。

7.2.3.2 记录吞吐量、丢包率、背对背测试实现方式：手动 / 自动。

7.2.3.3 被校测试仪各端口与参考网络性能测试仪按图 3 建立一对一校准连接。

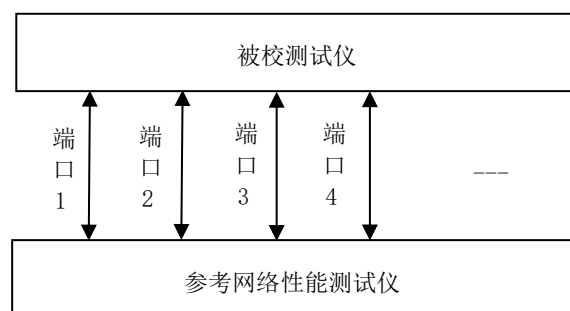


图 3 吞吐量、丢包率、背对背校准连接图

7.2.3.4 设置被校测试仪速率(1 Gbit/s、10 Gbit/s、25 Gbit/s、40 Gbit/s、50 Gbit/s 或 100 Gbit/s)，工作模式（全双工 / 半双工），保证每对端口之间正常通信，分别启动吞吐量、丢包率、背对背测试。测试时需针对不同以太网包长 64、128、256、512、1024、1280、1518 字节分别进行。记录校准结果。

### 7.2.4 时延

7.2.4.1 根据被校测试仪以太网接口类型，选择两个同类型接口，设置被校测试仪接口速率(1 Gbit/s、10 Gbit/s、25 Gbit/s、40 Gbit/s、50 Gbit/s 或 100 Gbit/s)，工作模式（全双工 / 半双工）。时延发生器采用同样配置的接口，按图 4 连接，保证二者之间正常通信。电接口测试用线缆长度不超过 2m。



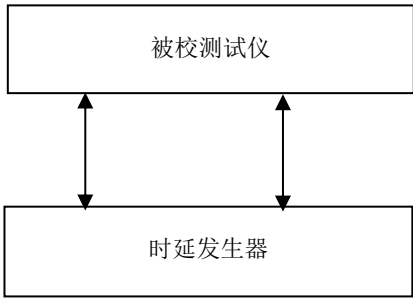


图 4 时延校准连接图

7.2.4.2 启动被校测试仪的时延测试模块，按表 8 设置校准参数，测试包长分别设为 64、128、256、512、1 024、1 280、1 518 字节，测试速率设为线速率。

7.2.4.3 按表 8 设置时延发生器的时延值校准输出。开始校准，记录校准结果到附录 A 中。

7.2.4.4 重复 7.2.4.3，直至完成所有时延校准点的校准。

表 8 时延参数校准

端口线速率（Gbit/s）	测试包长（B）	时延发生器时延值设置（μs）
1、10、25、40、50、100	64	5、10、50、100、500、1 000、 5 000、10 000、50 000、100 000、 500 000
	128	
	256	
	512	
	1024	
	1280	
	1518	

7.2.5 数据包发送速率

7.2.5.1 被校仪表选择一个以太网端口，按图 5 连接。

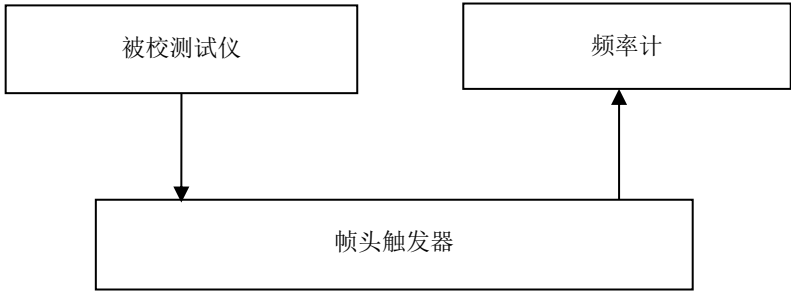


图 5 数据包发送速率校准连接图

7.2.5.2 频率计设置在频率计数模式。

7.2.5.3 将被校测试仪设置为数据发送模式,按表 4 设置端口速率、测试包长、发送速率。

7.2.5.4 被校测试仪发送包,从频率计上读取显示值,将结果记录到附录 A。

7.2.5.5 重复 7.2.5.3、7.2.5.4,直至完成所有校准点的校准。

## 8 校准结果的表达

### 8.1 校准原始记录

校准原始记录格式见附录 A。

### 8.2 校准证书

校准证书内页格式见附录 B。校准结果应在校准证书上反映,校准证书应至少包括以下信息:

- a) 标题:“校准证书”;
- b) 实验室的名称和地址;
- 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(如证书编号),每页及总页数的标识;表明报告结束的清晰标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 校准所依据的技术规范的名称和代号;
- g) 数据网络性能测试仪的名称和明确标识(如型号、产品编号、生产商等);
- h) 实施校准的日期及校准证书的发布日期;
- i) 校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及测量不确定度的说明;
- l) 校准证书校准员及核验员的签名;
- m) 校准证书批准人的签名、职务;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准,不得部分复制证书或报告的声明。

### 8.3 数据处理

证书中数据的有效位数应与扩展不确定度的有效位数对应。

## 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。建议复校时间间隔不超过 12 个月。

## 附录 A

## 校准原始记录格式

第 页 共 页

委托单位:			记录编号:			
通讯/地址:			仪器设备名称:			
型号/规格:	出厂编号:		制造单位:			
不确定度或准确度或最大允许误差						
仪器设备接收日期:						
校准地点:			环境温度:	℃	相对湿度:	%
校准所依据文件:						
校准用标准仪器						
名称	型号/规格	出厂编号	测量范围	不确定度或准确度 或最大允许误差	证书编号	有效期

## 一、通信协议编码及解码

## 1 以太网接口卡协议编码发送功能及协议解码功能

序号	项目		指标要求	校准结果	
				编码 (Y/N)	解码 (Y/N)
1	以太网帧	Source MAC address	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Destination MAC address			
		Oversize frame			
		Undersize frame			
		CRC error			
2	IP 包头	Version	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Internet header length			
		Type of service			
		Total length			
		Identification			
		Flags/Fragment offset			
		Time to live			
		Protocol			
		Header checksum			
		Source IP address			
		Destination IP address			
3	TCP 包头	Source port	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Destination port			
		Sequnce number			
		Acknowledgment number			
		Header length			

序号	项目		指标要求	校准结果	
				编码 (Y/N)	解码 (Y/N)
		Options			
		Windows			
		Checksum			
		Urgent Pionter			
4	UDP 包头	Source port	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Destination port			
		Length			
		Checksum			
5	ARP 包头	Hardware type	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Protocol type			
		Hardwareaddress length			
		Protocoladdress length			
		Operation			
		Source hardware address			
		Source protocol address			
		Target hardware address			
		Target protocol address			
6	ICMP 包头	Code	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Checksum			
		Identifier			
		Sequence number			

## 2 ATM 接口卡的协议编码发送功能及协议解码功能

序号	项目		指标要求	校准结果	
				编码 (Y/N)	解码 (Y/N)
1	ATM UNI 信元 头	GFC	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		VPI			
		VCI			
		PTI			
		CLP			
		HEC			
2	ATM AAL5 信元 承载 IP 包	Version	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Internet header length			
		Type of service			
		Total length			
		Identification			
		Flags/Fragment offset			
		Time to live			
		Protocol			
		Header checksum			
		Source IP address			
		Destination IP address			
3	ATM AAL5 信元 承载 TCP	Source port	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Destination port			
		Sequence number			
		Acknowledgment number			
		Header length			
		Options			
		Windows			
		Checksum			
		Urgent Pointer			

序号	项目		指标要求	校准结果	
				编码 (Y/N)	解码 (Y/N)
4	ATM AAL5 信元 承载 UDP 包 头	Source port	编码：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	解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Checksum			

## 3 POS 接口卡的协议编码发送功能及协议解码功能

序号	项目		指标要求	校准结果	
				编码 (Y/N)	解码 (Y/N)
1	PPP 帧头	Address	编码：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；		
		Control			
		Protocol	解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编		
2	PPP 承载 IP 包	Version	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Internet header length			
		Type of service			
		Total length			
		Identification			
		Flags/Fragment offset			
		Time to live			
		Protocol			
		Header checksum			
		Source IP address			
		Destination IP address			



序号	项目		指标要求	校准结果	
				编码 (Y/N)	解码 (Y/N)
3	PPP 承载 TCP 包	Source port	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Destination port			
		Sequnce number			
		Acknowledgment number			
		Header length			
		Options			
		Windows			
		Checksum			
		Urgent Pionter			
4	PPP 承载 UDP 包头	Source port	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Destination port			
		Length			
		Checksum			

二、吞吐量（测试方式：☐手动 ☐自动）

端口线速率 (Gbit/s)	帧（包）长 (B)	速率 (%)	吞吐量校准结果（fps）	
			标称值	被校表显示值

三、丢包率 (测试方式: ☐ 手动 ☐ 自动)

端口线速率 (Gbit/s)	帧 (包) 长 (B)	速率 (%)	丢包率校准结果 (%)	
			标称值	被校表显示值

四、背靠背 (测试方式: ☐ 手动 ☐ 自动)

端口线速率 (Gbit/s)	帧 (包) 长 (B)	速率 (%)	背靠背校准结果 (frames)	
			标称值	被校表显示值

## 五、时延

端口线速率 (Gbit/s)	帧 (包) 长 (B)	速率 (%)	时延校准结果 ( $\mu$ s)		
			标称值	被校表显示值	测量不确定度 ( $k=2$ )

## 六、数据包发送速率

端口线速率 (bit/s)	发送包长 (B)	标称值		实际值		
		速率 (%)	(frames/s)	速率 (%)	(frames/s)	测量不确定度 ( $k=2$ )

校准员: 年 月 日

核验员: 年 月 日

## 附录 B

## 校准证书内页格式

证书编号：

第 页 共 页

校准机构授权说明：

校准所使用的主要测量标准：测量标准的量值可溯源至国家基准。

名 称	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
样品接收日期：				
温度		℃	相对湿度	%
地点				

注：

- 1 未经本机构书面授权，不得部分复制证书；
- 2 本证书的校准结果仅对本次所校准的对象有效；
- 3 被校计量器具修理后，应立即重新校准；
- 4 在使用过程中，如对被校准计量器具的技术指标产生怀疑，请重新校准；
- 5 本证书仅对加盖“XXXXX 校准专用章”的完整证书负责。

证书编号:

第 页 共 页

## 一、通信协议编码及解码

## 1 以太网接口卡协议编码发送功能及协议解码功能

序号	项目		指标要求	校准结果	
				编码 (Y/N)	解码 (Y/N)
1	以太网帧	Source MAC address	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Destination MAC address			
		Oversize frame			
		Undersize frame			
		CRC error			
2	IP 包头	Version	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Internet header length			
		Type of service			
		Total length			
		Identification			
		Flags/Fragment offset			
		Time to live			
		Protocol			
		Header checksum			
		Source IP address			
		Destination IP address			
3	TCP 包头	Source port	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Destination port			
		Sequence number			
		Acknowledgment number			
		Header length			

序号	项目		指标要求	校准结果	
				编码 (Y/N)	解码 (Y/N)
		Options			
		Windows			
		Checksum			
		Urgent Pionter			
4	UDP 包头	Source port	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Destination port			
		Length			
		Checksum			
5	ARP 包头	Hardware type	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Protocol type			
		Hardwareaddress length			
		Protocoladdress length			
		Operation			
		Source hardware address			
		Source protocol address			
		Target hardware address			
		Target protocol address			
6	ICMP 包头	Code	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Checksum			
		Identifier			
		Sequence number			

## 2 ATM 接口卡的协议编码发送功能及协议解码功能

序号	项目		指标要求	校准结果	
				编码 (Y/N)	解码 (Y/N)
1	ATM UNI 信元 头	GFC	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		VPI			
		VCI			
		PTI			
		CLP			
		HEC			
2	ATM AAL5 信元 承载 IP 包	Version	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Internet header length			
		Type of service			
		Total length			
		Identification			
		Flags/Fragment offset			
		Time to live			
		Protocol			
		Header checksum			
		Source IP address			
		Destination IP address			
3	ATM AAL5 信元 承载 TCP	Source port	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Destination port			
		Sequence number			
		Acknowledgment number			
		Header length			
		Options			
		Windows			
		Checksum			
		Urgent Pionter			

序号	项目		指标要求	校准结果	
				编码 (Y/N)	解码 (Y/N)
4	ATM AAL5 信元 承载 UDP 包 头	Source port	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Destination port			
		Length			
		Checksum			

## 3 POS 接口卡的协议编码发送功能及协议解码功能

序号	项目		指标要求	校准结果	
				编码 (Y/N)	解码 (Y/N)
1	PPP 帧 头	Address	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编		
		Control			
		Protocol			
2	PPP 承 载 IP 包	Version	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Internet header length			
		Type of service			
		Total length			
		Identification			
		Flags/Fragment offset			
		Time to live			
		Protocol			
		Header checksum			
		Source IP address			
		Destination IP address			

序号	项目		指标要求	校准结果	
				编码 (Y/N)	解码 (Y/N)
3	PPP 承载 TCP 包	Source port	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Destination port			
		Sequnce number			
		Acknowledgment number			
		Header length			
		Options			
		Windows			
		Checksum			
		Urgent Pionter			
4	PPP 承载 UDP 包头	Source port	编码：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； 解码：被校仪表接收解码的数据值与标准表编码发送的数据值一致。		
		Destination port			
		Length			
		Checksum			

## 二、吞吐量

端口线速率 (Gbit/s)	帧(包)长 (B)	速率 (%)	吞吐量校准结果 (fps)	
			标称值	被校表显示值



## 三、丢包率

端口线速率 (Gbit/s)	帧(包)长 (B)	速率 (%)	丢包率校准结果(%)	
			标称值	被校表显示值

## 四、背靠背

端口线速率 (Gbit/s)	帧(包)长 (B)	速率 (%)	背靠背校准结果(frames)	
			标称值	被校表显示值

## 五、时延

端口线速率 (Gbit/s)	帧(包)长 (B)	速率 (%)	时延校准结果( $\mu$ s)		
			标称值	被校表显示值	测量不确定度 ( $k=2$ )

## 六、数据包发送速率

端口线速率 (bit/s)	发送包长 (B)	标称值		实际值		
		速率 (%)	(frames/s)	速率 (%)	(frames/s)	测量不确定度 ( $k=2$ )

## 附录 C

### 校准不确定度评定示例

#### C.1 时延测量结果的不确定度评定

##### C.1.1 概述

###### C.1.1.1 测量依据

JJF (黔) XX-2020 100G 数据网络性能测试仪校准规范。

###### C.1.1.2 测量标准

时延发生器。

###### C.1.1.3 被测对象

数据网络性能测试仪。

###### C.1.1.4 环境条件

温度：21.0℃，相对湿度：60%。

##### C.1.2 测量方法

采用直接测量法，即时延发生器设定时延值后，被校仪表直接测量得到时延值。

根据被校仪表以太网接口类型，选择两个同类型接口，设置被校仪表接口速率、工作模式。时延发生器采用同样配置的接口，按图 4 连接进行校准。

##### C.1.3 测量模型

依据测量方法，测量模型如公式 (C.1)。

$$\Delta T = T - T_n \quad (C.1)$$

式中：

$\Delta T$  ——在校准点，被校设备时延的示值误差；

$T$  ——为给定校准点的被校设备的时延示值；

$T_n$  ——为时延发生器校准点的设置值（标准值）。

##### C.1.4 测量不确定度来源及评定

###### C.1.4.1 测量重复性引入的测量不确定度分量 $u_1$

用 A 类方法进行评定。在实际测量中的重复性条件下，测以太网 10 Gbit/s

速率下 512 字节时的包转发时延, 时延发生器设置输出 10000  $\mu\text{s}$ , 数据网络性能测试仪重复进行 10 次测量, 测量结果如表 C.1 所示。

由贝塞尔公式 (C.2) 得到:

$$u_1 = s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \approx 0.031 \text{ (}\mu\text{s)} \quad (\text{C.2})$$

#### C.1.4.2 时延示值分辨力引入的测量不确定度分量 $u_2$

用B类方法进行评定。依据被校仪表技术指标可得到时延测量分辨力为 0.1  $\mu\text{s}$ , 设在此区间内为均匀分布, 区间半宽度  $a_2 = 0.05 \mu\text{s}$ , 包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 按公式 (C.3) 则有:

$$u_2 = \frac{a_2}{k} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} \approx 0.03 \text{ (}\mu\text{s)} \quad (\text{C.3})$$

表 C.1 时延重复性测量数据

序号	测量结果 $x_i$ ( $\mu\text{s}$ )
1	9999.6
2	9999.7
3	9999.6
4	9999.8
5	9999.6
6	9999.5
7	9999.6
8	9999.7
9	9999.6
10	9999.8
平均	9999.65

#### C.1.4.3 时延发生器设定值误差引入的标准不确定度 $u_3$

用B类方法进行评定。依据时延发生器 10000  $\mu\text{s}$  设置值的技术指标, 得到其时延设定最大允许误差为  $\pm 0.2 \mu\text{s}$ , 设在此区间内为均匀分布, 半宽度  $a_3 = 0.2 \mu\text{s}$ ,  $k = \sqrt{3}$ , 按公式 (C.4) 则有:

$$u_3 = \frac{a_3}{k} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} \approx 0.12 \text{ (}\mu\text{s)} \quad (\text{C.4})$$

## C.1.4.4 合成标准不确定度

不确定度汇总如表 C.2 所示。

表 C.2 不确定度汇总表

序号	不确定度来源 ( $x_i$ )	$a_i$	$k_i$	$u$
1	测量重复性引入的测量不确定度分量 $u_1$	$s(\bar{x})$		0.031 $\mu\text{s}$
2	时延示值分辨力引入的测量不确定度分量 $u_2$	0.05 $\mu\text{s}$	$\sqrt{3}$	0.03 $\mu\text{s}$
3	时延发生器设定值误差引入的标准不确定度 $u_3$	0.2 $\mu\text{s}$	$\sqrt{3}$	0.12 $\mu\text{s}$

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以按公式 (C.5) 合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \quad (\text{C.5})$$

$$= \sqrt{0.031^2 + 0.03^2 + 0.12^2} = 0.124 \text{ (}\mu\text{s)}$$

## C.1.4.5 扩展标准不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则有：

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.124 \approx 0.25 \text{ (}\mu\text{s)}$$

## C.2 数据包发送速率测量结果的不确定度评定

## C.2.1 概述

## C.2.1.1 测量依据

JJF (黔) XX-2020 100G 数据网络性能测试仪校准规范。

## C.2.1.2 测量标准

频率计、帧头触发器。

## C.2.1.3 被测对象

数据网络性能测试仪。

## C.2.1.4 环境条件

温度：21.0℃，相对湿度：60%。

## C.2.2 测量方法

被校仪表选择一个以太网端口，按图 5 连接。以太网端口以某一速率发送某一固定包长数据时，帧头触发器检测到以太网信号中帧头即产生一个计数脉

冲，用频率计数器测出发送频率，即为该端口的数据包发送速率。

### C.2.3 测量模型

依据测量方法，测量模型如公式 (C.6)。

$$\Delta F = F - F_n \quad (\text{C.6})$$

式中：

$\Delta F$ ——在校准点，被校设备数据包发送速率的示值误差；

$F$ ——为给定校准点的被校设备数据包发送速率输出示值；

$F_n$ ——为给定校准点测量标准测得的标准值。

### C.2.4 测量不确定度来源及评定

#### C.2.4.1 测量重复性引入的测量不确定度分量 $u_1$

用 A 类方法进行评定。在实际测量中，在重复性条件下，测量 10 Gbit/s 接口速率下 512 字节时的发包速率，重复进行 10 次，结果如表 C.3 所示。

由贝塞尔公式 (C.7) 得到：

$$u_1 = s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \approx 0.069 \text{ (包/秒)} \quad (\text{C.7})$$

表 C.3 数据包发送速率重复性测量数据

序号	测量结果 $x_i$ (包/秒)
1	2349624.7
2	2349624.8
3	2349624.6
4	2349624.4
5	2349624.7
6	2349624.8
7	2349624.7
8	2349624.5
9	2349624.3
10	2349624.4
平均	2349624.59

#### C.2.4.2 数据包发送速率标准（帧头触发器）测量引入的测量不确定度分量 $u_2$

用 B 类方法进行评定。根据帧头触发器的技术指标可得到其测量误差为±

0.8 包 / 秒，区间半宽度为  $a_2=0.8$  包 / 秒，包含因子  $k=\sqrt{3}$ ，按公式 (C.8) 则有：

$$u_2 = \frac{a_2}{k} = \frac{0.8}{\sqrt{3}} \approx 0.46 \text{ (包/秒)} \quad (\text{C.8})$$

#### C.2.4.3 频率计测量误差引入的标准不确定度 $u_3$

用 B 类方法进行评定。频率计测量准确度为  $2 \times 10^{-8}$ ，设在此区间内为均匀分布，半宽度  $a_3 = 1 \times 10^{-8} \times P$  ( $P$  数据发送包速率)， $k=\sqrt{3}$ ，在 10 Gbit/s 的线速率下，512 字节的包发送速率为 2349624.1 包 / 秒 (见表 4)，由频率计引起的不确定度分量，按公式 (C.9) 则有：

$$u_3 = \frac{a_3}{k} \times 2349624.1 = \frac{1 \times 10^{-8}}{\sqrt{3}} \times 2349624.1 \approx 0.014 \text{ (包/秒)} \quad (\text{C.9})$$

#### C.2.4.4 合成标准不确定度

标准不确定度汇总如表 C.4 所示。

表 C.4 标准不确定度汇总表

序号	不确定度来源 ( $x_i$ )	$a_i$	$k_i$	$u$
1	测量重复性引入的测量不确定度分量 $u_1$	$s(\bar{x})$		0.069 包/秒
2	帧头触发器引入的测量不确定度分量 $u_2$	0.8 包/秒	$\sqrt{3}$	0.46 包/秒
3	频率计测量误差引入的标准不确定度 $u_3$	0.023 包/秒	$\sqrt{3}$	0.014 包/秒

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以按公式 (C.10) 合成标准不确定度为：

$$\begin{aligned}
 u_c &= \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \\
 &= \sqrt{0.069^2 + 0.46^2 + 0.014^2} = 0.47 \text{ (包/秒)}
 \end{aligned} \quad (\text{C.10})$$

#### C.2.4.5 扩展标准不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则有：

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.47 = 1 \text{ (包/秒)}。$$