

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)XXXX-XXXX

偏振光源校准规范

Calibration Specification for Polarized Light Sources

(报批稿)

202X-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

偏振光源校准规范

Calibration Specification for
Polarized Light Sources

JJF(通信)XXXX-XXXX

归口单位：中国信息通信研究院

主要起草单位：中国信息通信研究院

参加起草单位：湖北省计量测试技术研究院

本规范条文委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

傅栋博（中国信息通信研究院）

周轩羽（中国信息通信研究院）

孙小强（中国信息通信研究院）

参加起草人：

朱新旺（湖北省计量测试技术研究院）

付 康（中国信息通信研究院）

黄 震（中国信息通信研究院）

目录

引 言..... II

1 范围..... 1

2 引用文件..... 1

3 概述..... 1

4 计量特性..... 1

4.1 中心波长..... 1

4.2 光谱宽度（FWHM）..... 1

4.3 输出光功率..... 2

4.4 光功率稳定度..... 2

4.5 偏振消光比..... 2

4.6 偏振度..... 2

5 校准条件..... 2

5.1 环境条件..... 2

5.2 测量标准及其他设备..... 2

6 校准项目和校准方法..... 3

6.1 校准前检查..... 3

6.2 校准前准备..... 3

6.3 校准方法..... 3

7 校准结果表达..... 5

8 复校时间间隔..... 6

附录 A 原始记录推荐格式..... 7

附录 B 校准证书内页推荐格式..... 8

附录 C 不确定度评定示例..... 9

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。

本规范为首次发布。

偏振光源校准规范

1 范围

本规范适用于光纤型偏振光源的校准，具有产生或调节偏振光功能的其他仪表可参照本规范执行。

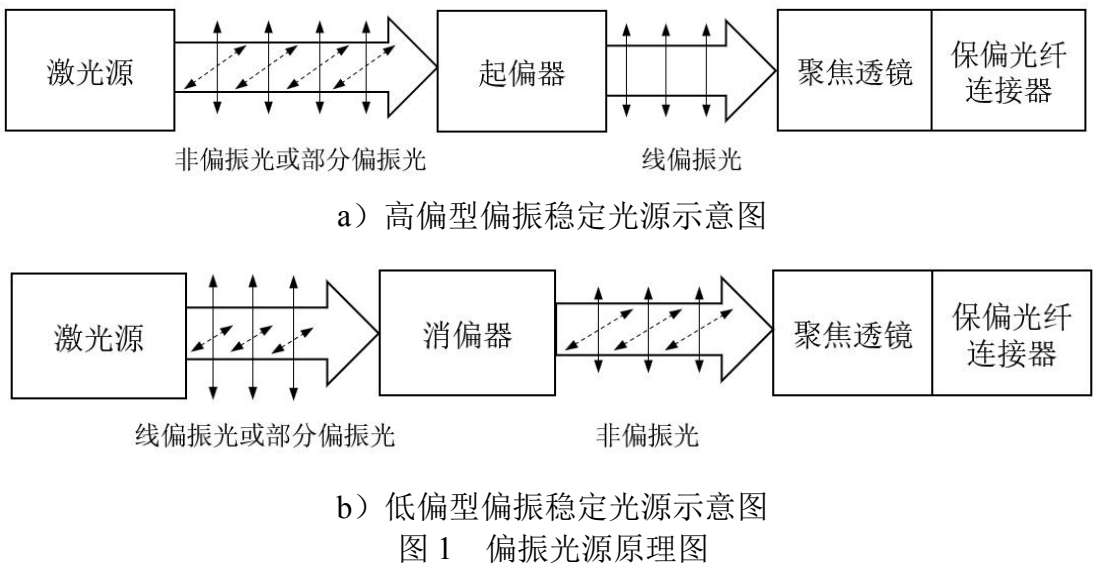
2 引用文件

JJG 958 光传输用稳定光源检定规程

凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规范。

3 概述

偏振光源主要应用于通信中的偏振复用系统、保偏光器件的检测、传感中的激光雷达、光纤陀螺等领域。典型的偏振稳定光源如图 1 所示分为高偏型和低偏型，高偏型通过起偏器，入纤偏振消光比可高于 35 dB；低偏型通过消偏器，入纤偏振消光比可低于 0.2 dB。偏振光源典型工作波长有 850 nm，980 nm，1064 nm，1310 nm，1480 nm，1550 nm，1625 nm 等。



4 计量特性

4.1 中心波长

最大允许误差：±20 nm

4.2 光谱宽度（FWHM）

高偏型：≤10 nm

低偏型：≤500 nm

4.3 输出光功率

(-20~+20) dBm

4.4 光功率稳定度

± 0.05 dB (15min)

4.5 偏振消光比

(0.02~40) dB

4.6 偏振度

0.20%~99.99%

注：以上所有指标不用于合格性判别，仅提供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

- a) 环境温度 (23 $\pm$ 5) °C，校准过程中环境温度变化不大于 ± 2 °C；
- b) 相对湿度： $\leq 85\%$ ；
- c) 校准区域不应有影响测量结果的电磁场干扰和机械振动。

5.2 测量标准及其他设备

5.2.1 光谱分析仪

- a) 工作波长：(600~1700) nm；
- b) 最大允许输入光功率： $> +20$ dBm；
- c) 波长示值最大允许误差： ± 0.2 nm。

5.2.2 光功率计

- a) 波长满足偏振光源波长要求；
- b) 光功率最大允许误差： ± 0.25 dB；
- c) 光功率测量范围：(-40~+20) dBm；
- d) 光功率非线性修正因子：不超过 ± 0.03 dB。

5.2.3 检偏器

- a) 波长满足偏振光源波长要求；
- b) 偏振消光比： ≥ 45 dB。

5.2.4 偏振消光比测试仪

- a) 波长满足偏振光源波长要求；
- b) 偏振消光比动态范围： > 45 dB；
- c) 偏振消光比最大允许误差：
 ± 0.15 dB (偏振消光比 < 20 dB)
 ± 0.35 dB (偏振消光比 ≥ 20 dB)。

5.2.5 偏振度测试仪

- a) 波长满足偏振光源波长要求；

- b) 偏振度测量范围：0～100%；
- c) 偏振度最大允许误差：±0.5%。

5.2.6 保偏光纤

- a) 偏振串音：<-45 dB；
- b) 长度：小于 2 m。

5.2.7 低应力裸纤适配器

- a) 适配保偏光纤；

6 校准项目和校准方法

6.1 校准前检查

- a) 被校仪器应具备规格、型号、制造厂名、设备编号等。
- b) 被校样品应带有必要的附件、说明书。
- c) 被校样品各部件应安装牢固，能确保正常工作。

6.2 校准前准备

将被校仪器置于平稳工作台上，校准用设备应在检定或校准周期内使用，光纤在整个校准过程中应保持固定。校准前，各校准用设备和被校偏振光源应按规定进行预热。

6.3 校准方法

6.3.1 中心波长和光谱宽度

- a) 按图 2 组成测量系统，设定光谱分析仪为测试光源光谱特性状态；



图 2 中心波长和光谱宽度校准框图

- b) 依据偏振光源特性选择光谱分析仪 LED、FP、DFB 自动测试程序（参考 JJG 958 光传输用稳定光源检定规程），重复测试 3 次并记录中心波长和光谱宽度测试结果，原始记录推荐格式见附录 A；
- c) 按公式（1）计算中心波长和光谱宽度的平均值，按公式（2）计算中心波长标称误差；

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (1)$$

式中：

n ——重复测试次数；

λ_i ——单次测量的中心波长或光谱宽度，nm；

$\bar{\lambda}$ ——中心波长或光谱宽度的平均值，nm。

$$\Delta\lambda = \lambda_0 - \bar{\lambda} \quad (2)$$

式中：

$\Delta\lambda$ ——中心波长标称误差，nm；

λ_0 ——中心波长标称值, nm。

6.3.2 输出光功率和光功率稳定度



图3 输出光功率和输出光功率稳定度校准框图

- 按图3组成测量系统,设备之间用保偏光纤连接,光纤接口尽量采用低应力裸纤适配器;
- 按一定时间间隔,记录光功率值 P_i ,测量15min,测得 n 个光功率值($n \geq 10$),按公式(3)计算平均值 P_{out} 作为输出光功率,光功率值亦可采用自动化采集方式进行记录;

$$P_{out} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (3)$$

式中:

n ——重复测试次数;

P_i ——单次测量的光功率值, dBm;

P_{out} ——输出光功率的平均值, dBm。

- 按公式(4)计算光功率稳定度;

$$S = \pm \frac{P_{max} - P_{min}}{2} \quad (4)$$

式中:

P_{max} —— n 次测试中输出光功率最大值, dBm;

P_{min} —— n 次测试中输出光功率最小值, dBm;

S ——光功率稳定度, dB。

6.3.3 偏振消光比

6.3.3.1 基准法

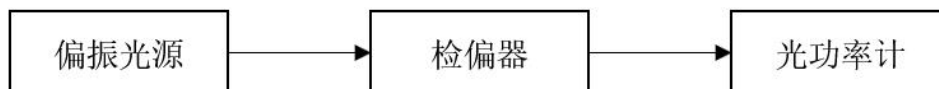


图4 偏振消光比基准法校准框图

- 按图4组成测量系统,根据偏振光源波长范围选择相应的检偏器;
- 设备之间用保偏光纤连接,光纤接口尽量采用低应力裸纤适配器,保证入纤后光源的偏振消光比不受影响,必要时可采用空间光耦合;
- 旋转检偏器,直到出现并记录光功率最小值 $P_{E\min i}$;
- 继续旋转检偏器,直到出现并记录光功率最大值 $P_{E\max i}$;
- 按公式(5)计算偏振消光比 PER_i ;
- 重复步骤c)至e)3次,按公式(6)计算平均值 $\overline{PER}$ 作为偏振光源的偏振消光比;

$$PER_i = P_{E\max i} - P_{E\min i} \quad (5)$$

式中：

$P_{E\min i}$ ——旋转检偏器得到的光功率最小值，dBm；

$P_{E\max i}$ ——旋转检偏器得到的光功率最大值，dBm；

PER_i ——单次测量的偏振消光比，dB。

$$\overline{PER} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PER_i \quad (6)$$

式中：

$\overline{PER}$ ——偏振消光比的平均值，dB。

6.3.3.2 替代法



图5 偏振消光比替代法校准框图

- 按图5组成测量系统，根据偏振光源波长范围选择相应的偏振消光比测试仪；
- 设备之间用保偏光纤连接，光纤接口尽量采用低应力裸纤适配器，保证入纤后光源的偏振消光比不受影响，必要时可采用空间光耦合；
- 重复测试3次偏振消光比 PER_i ，按公式(6)计算平均值 $\overline{PER}$ 作为偏振光源的偏振消光比；
- 当两种方法存在争议时，以基准法结果为准。

6.3.4 偏振度



图6 偏振度校准框图

- 按图6组成测量系统，设备之间用保偏光纤连接，光纤接口尽量采用低应力裸纤适配器，保证入纤后光源的偏振度不受影响，必要时可采用空间光耦合；
- 重复测试3次并记录偏振度的测试结果，按公式(7)计算平均值作为偏振光源的偏振度；

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \quad (7)$$

式中：

n ——重复测试次数；

D_i ——单次测量的偏振度，百分数表示；

$\bar{D}$ ——偏振度的平均值，百分数表示。

7 校准结果表达

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) 校准证书或校准报告签发人的签名、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。

8 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。

附录 A

原始记录推荐格式

证书编号：

共 页 第 页

1、中心波长

标称值/nm	中心波长值/nm			平均值/nm	示值误差/nm	扩展不确定度/nm
	第 1 次	第 2 次	第 3 次			

2、光谱宽度 (FWHM)

光谱宽度/nm			平均值/nm	扩展不确定度 /nm
第 1 次	第 2 次	第 3 次		

3、输出光功率和光功率稳定度

测试次数	光功率值/dBm	输出光功率/dBm	扩展不确定度/dB
1			
2			
...			
n			
短时间稳定性/dB			

4、偏振消光比

测量次数	$P_{E\min i}$ /dBm	$P_{E\max i}$ /dBm	偏振消光比 PER_i /dB	偏振消光比 平均值 $\overline{PER}$ /dB	扩展不确定度 /dB
1					
2					
3					
注：若采用替代法， $P_{E\min i}$ 和 $P_{E\max i}$ 列填写 “/”。					

5、偏振度

偏振度			平均值	扩展不确定度
第 1 次	第 2 次	第 3 次		

(以下空白)

附录 B

校准证书内页推荐格式

证书编号：

共 页 第 页

1、中心波长

标称值/nm	实测值/nm	示值误差/nm	扩展不确定度/nm

2、光谱带宽（FWHM）

实测值/nm	扩展不确定度/nm

3、输出光功率和光功率稳定度

输出光功率/dBm	扩展不确定度/dB

15 分钟光功率稳定度_____dB

4、偏振消光比

实测值/dB	扩展不确定度/dB

5、偏振度

实测值	扩展不确定度

（以下空白）

附录 C

不确定度评定示例

依据偏振光源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，对型号为 HIPFOSS-02-3-1550-1-ER=40 偏振光源的中心波长、输出光功率、偏振消光比（基准法）和偏振度进行了校准，并对测量结果的不确定度进行了评定。

C.1. 中心波长

C.1.1. 中心波长偏差测量模型

$$\Delta\lambda = \lambda_0 - \bar{\lambda} \quad (\text{C.1})$$

式中：

$\Delta\lambda$ ——中心波长标称误差，nm；

λ_0 ——中心波长标称值，nm。

C.1.2. 测量不确定度来源

- 1) 光谱分析仪准确度引入的不确定度 u_1 ；
- 2) 测量重复性引入的不确定度 u_2 ；

C.1.3. 测量不确定度评定

C.1.3.1. 光谱分析仪准确度引入的不确定度分量：

光谱分析仪波长最大允许误差为 ± 0.2 nm，按均匀分布 $k_1 = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_1 = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.115 \text{ nm} \quad (\text{C.2})$$

C.1.3.2. 测量重复性引入的不确定度分量。

表 C.1 中心波长的测量结果

标称值/nm	中心波长值/nm		
	第 1 次	第 2 次	第 3 次
1550	1552.2	1552.3	1552.3

中心波长的测试数据记录在表 C.1 中。按极差法，测量次数 $n = 3$ ，极差系数 $C = 1.69$ ，按公式 C.2 计算重复性引入的不确定度分量 u_2 ：

$$u_2 = \frac{\lambda_{i\max} - \lambda_{i\min}}{C \times \sqrt{n}} = 0.034 \text{ nm} \quad (\text{C.3})$$

式中：

n —— 重复测试次数；

$\lambda_{i\max}$	——	中心波长最大值;
$\lambda_{i\min}$	——	中心波长最小值;
C	——	极差系数。

C.1.4. 标准不确定度的合成

C.1.4.1. 标准不确定度评定表

表 C.2 标准不确定度来源汇总表

序号	不确定度来源	u_i	分布类型
1	光谱分析仪准确度	$u_1 = 0.115 \text{ nm}$	均匀
2	测量重复性	$u_2 = 0.034 \text{ nm}$	/

C.1.4.2. 合成标准不确定度为:

以上各项标准不确定度分量之间强相关, 按计算公式, 合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.12 \text{ nm} \quad (\text{C.4})$$

C.1.5. 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则

$$u_c = k \times u_c = 0.3 \text{ nm} \quad (\text{C.5})$$

可得到中心波长在包含因子 $k=2$ 时, 扩展不确定度 0.3 nm 。

C.2. 输出光功率

C.2.1. 测量不确定度来源

- 1) 光功率计准确度引入的不确定度 u_1 ;
- 2) 光功率计非线性引入的不确定度 u_2 ;
- 3) 测量重复性引入的不确定度 u_3 ;

C.2.2. 测量不确定度评定

C.2.2.1. 光功率计准确度引入的不确定度分量:

光功率计最大允许误差为 $\pm 0.25 \text{ dB}$, 按均匀分布 $k_1 = \sqrt{3}$, 则:

$$u_1 = \frac{0.25}{\sqrt{3}} = 0.144 \text{ dB} \quad (\text{C.6})$$

C.2.2.2. 光功率计非线性引入的不确定度分量:

光功率计非线性为 $\pm 0.03 \text{ dB}$, 按均匀分布 $k_1 = \sqrt{3}$, 则:

$$u_2 = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.017 \text{ dB} \quad (\text{C.7})$$

C.2.2.3. 测量重复性引入的不确定度分量。

表 C.3 输出光功率的测量结果

测试次数	光功率值 P_i /dBm
1	-0.231
2	-0.231
3	-0.233
4	-0.233
5	-0.234
6	-0.234
7	-0.235
8	-0.235
9	-0.234
10	-0.234
光功率平均值 $\bar{P}$ /dBm	-0.233

输出光功率的测试数据记录在表 C.3 中。按标准偏差法，测量次数 $n=10$ ，则：

$$u_3 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n \times (n-1)}} = 0.001 \text{ dB} \quad (\text{C.8})$$

式中：

n —— 重复测试次数；
 P_i —— 光功率值；
 $\bar{P}$ —— 光功率平均值。

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

表 C.4 标准不确定度来源汇总表

序号	不确定度来源	u_i	分布类型
1	光功率计准确度	$u_1 = 0.144 \text{ dB}$	均匀
2	光功率计非线性	$u_2 = 0.017 \text{ dB}$	均匀
3	测量重复性	$u_3 = 0.001 \text{ dB}$	/

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强相关，按计算公式，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.145 \text{ dB} \quad (\text{C.9})$$

C.2.4. 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则

$$u_c = k \times u_c = 0.3 \text{ dB} \quad (\text{C.10})$$

可得到输出光功率在包含因子 $k=2$ 时，扩展不确定度 0.3 dB。

C.3. 偏振消光比（基准法）

C.3.1. 测量不确定度来源

- 1) 标准光功率计线性度引入的不确定度 u_1 ;
- 2) 测量重复性引入的不确定度 u_2 ;
- 3) 保偏光纤连接器的偏振角度失配引起的不确定度 u_3 。

C.3.2. 测量不确定度评定

C.3.2.1. 标准光功率计线性度引入的不确定度分量:

标准光功率计线性度为 $\pm 0.01\text{dB}$ ，按均匀分布 $k_1 = \sqrt{3}$ 则:

$$u_1 = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006 \text{ dB} \quad (\text{C.11})$$

C.3.2.2. 测量重复性引入的不确定度分量。

表 C.5 偏振消光比的测量结果

测量次数	$P_{E\min i} / \text{dBm}$	$P_{E\max i} / \text{dBm}$	偏振消光比 PER_i / dB	偏振消光比 平均值 $\overline{PER} / \text{dB}$
1	-41.125	-0.112	41.013	41.189
2	-41.281	-0.105	41.176	
3	-41.488	-0.109	41.379	

偏振消光比的测试数据记录在表 C.5 中。按极差法，测量次数 $n=3$ ，极差系数 $C=1.69$ ，按公式 C.2 计算重复性引入的不确定度分量 u_2 ：

$$u_2 = \frac{PER_{i\max} - PER_{i\min}}{C \times \sqrt{n}} = 0.125 \text{ dB} \quad (\text{C.12})$$

式中：

- n —— 重复测试次数；
 $PER_{i\max}$ —— 偏振消光比最大值；
 $PER_{i\min}$ —— 偏振消光比最小值；

C ——— 极差系数。

C.3.2.3. 保偏光纤连接器的偏振角度失配引起的不确定度分量：

按照经验由于偏振角度失配引起的不确定度约为 ± 0.1 dB，按均匀分布 $k_3 = \sqrt{3}$ 则：

$$u_1 = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.058 \text{ dB} \quad (\text{C.13})$$

C.3.3. 标准不确定度的合成

C.3.3.1. 标准不确定度评定表

表 C.6 标准不确定度来源汇总表

序号	不确定度来源	u_i	分布类型
1	标准光功率计线性度	$u_1 = 0.006 \text{ dB}$	均匀
2	测量重复性	$u_2 = 0.125 \text{ dB}$	/
3	偏振角度失配	$u_3 = 0.058 \text{ dB}$	均匀

C.3.3.2. 合成标准不确定度为：

以上各项标准不确定度分量之间强相关，按计算公式，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.14 \text{ dB} \quad (\text{C.14})$$

C.3.4. 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则

$$u_c = k \times u_c = 0.3 \text{ dB} \quad (\text{C.15})$$

可得到偏振消光比在包含因子 $k=2$ 时，扩展不确定度 0.3 dB。

C.4. 偏振度

C.4.1. 测量不确定度来源

- 1) 偏振度测试仪准确度引入的不确定度 u_1 ；
- 2) 测量重复性引入的不确定度 u_2 ；
- 3) 保偏光纤连接器的偏振角度失配引起的不确定度 u_3 。

C.4.2. 测量不确定度评定

C.4.2.1. 偏振度测试仪准确度引入的不确定度分量：

偏振度测试仪最大允许误差限为 $\pm 0.5\%$ ，按均匀分布 $k_1 = \sqrt{3}$ 则：

$$u_1 = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.289\% \quad (\text{C.16})$$

C.4.2.2. 测量重复性引入的不确定度分量。

表 C.7 偏振度的测量结果

测量次数	偏振度 D_i	偏振度平均值 $\bar{D}$
1	99.8%	99.83%
2	99.9%	
3	99.8%	

偏振度的测试数据记录在表 C.7 中。按极差法，测量次数 $n=3$ ，极差系数 $C=1.69$ ，按公式 C.2 计算重复性引入的不确定度分量 u_2 ：

$$u_2 = \frac{D_{i\max} - D_{i\min}}{C \times \sqrt{n}} = 0.034\% \quad (\text{C.17})$$

式中：

n —— 重复测试次数；
 $D_{i\max}$ —— 偏振度最大值；
 $D_{i\min}$ —— 偏振度最小值；
 C —— 极差系数。

C.4.2.3. 保偏光纤连接器的偏振角度失配引起的不确定度分量：

按照经验由于偏振角度失配引起的不确定度约为 $\pm 0.5\%$ ，按均匀分布 $k_3 = \sqrt{3}$ 则：

$$u_3 = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.289\% \quad (\text{C.18})$$

C.4.3. 标准不确定度的合成

C.4.3.1. 标准不确定度评定表

表 C.8 标准不确定度来源汇总表

序号	不确定度来源	u_i	分布类型
1	标准光功率计线性度	$u_1 = 0.289\%$	均匀
2	测量重复性	$u_2 = 0.034\%$	/
3	偏振角度失配	$u_3 = 0.289\%$	均匀

C.4.3.2. 合成标准不确定度为：

以上各项标准不确定度分量之间强相关，按计算公式，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.401\% \quad (\text{C.19})$$

C.4.4. 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则

$$u_c = k \times u_c = 0.8\% \quad (\text{C.20})$$

可得到偏振度在包含因子 $k=2$ 时，扩展不确定度 0.8%。
