

附录 A

校准原始记录推荐格式

证书编号： _____
共 _____ 页 第 _____ 页

一、 外观及工作正常性检查

	内 容	有	无	数 量	备 注
1	前次校准证书、说明书				
2	配 件				
3	开关、键、钮损伤				
4	通电后显示功能				

二、 插入损耗、隔离度、回波损耗和偏振相关损耗测试波长： nm

通道号	插入损耗(dB)		隔离度(dB)		回波损耗(dB)		偏振相关损耗(dB)	
	测量值	不确定度 (<i>k</i> =2)	测量值	不确定度 (<i>k</i> =2)	测量值	不确定度 (<i>k</i> =2)	测量值	不确定度 (<i>k</i> =2)
1								
2								
3								
4								

三、 插入损耗重复性

测试波长： nm

通道号		插损 IL(dB)	
		次数	
1		1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	

重复性： $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$	
--	--

四、 光开关切换时间：

第一次(ms)	第二次(ms)	第三次(ms)	切换时间平均值(ms)

切换时间测量结果的不确定度（k=2）：

温度	℃	相对湿度	%
电源电压	V	校准日期	

核验人（签名）

校准人（签名）

附录 B

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

二、 插入损耗、隔离度、回波损耗和偏振相关损耗测试 测试波长: nm

通道号	插入损耗(dB)		隔离度(dB)		回波损耗(dB)		偏振相关损耗(dB)	
	测量值	不确定度 (k=2)	测量值	不确定度 (k=2)	测量值	不确定度 (k=2)	测量值	不确定度 (k=2)
1								
2								
3								
4								

三、 插入损耗重复性测试

测试波长: nm

通道号		1
插损 IL(dB)	次数	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	
重复性: $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$		

四、 光开关切换时间:

切换时间测量结果的不确定度 (k=2) :

附录 C

光开关不确定度评定示例

依据光开关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 AQ2211 的光开关进行了校准，并对测量结果的不确定度进行了评定。

C1 插入损耗校准

C.1.1 测量不确定度来源

- 1) 由激光光源稳定度引入的标准不确定度 (u_1)；
- 2) 由光电型光功率计线性度引入的标准不确定度 (u_2)；
- 3) 由光电型光功率计分辨力引入的标准不确定度 (u_3)；
- 4) 测量重复性引入的标准不确定度 (u_4)；
- 5) 连接器插拔重复性引入的标准不确定度 (u_5)。

C.1.2 测量不确定度评定

C.1.2.1 由激光光源稳定度引入的标准不确定度分量。

光源稳定度 a_1 优于 ± 0.005 dB 每 15 分钟，按均匀分布， $k_1 = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_1 = \frac{a_1}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ dB} \quad (\text{C.1})$$

C.1.2.2 由光电型光功率计线性度引入的标准不确定度分量。

HP8153A 型光电型光功率计的线性度误差 a_2 为： ± 0.04 dB，均匀分布， $k_2 = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_2 = \frac{a_2}{k_2} = 0.023 \text{ dB} \quad (\text{C.2})$$

C.1.2.3 由光电型光功率计分辨力引入的标准不确定度分量。

HP8153A 的分辨力为 0.001 dB，按均匀分布， $a_3=0.0005$ dB， $k_3 = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_3 = \frac{a_3}{k_3} = 0.0003 \text{ dB} \quad (\text{C.3})$$

C.1.2.4 测量重复性引入的标准不确定度分量。

由于标准光电型光功率计的测量重复性非常好，约为 ± 0.001 dB 可以忽略不计，这里主要指测量结果的重复性。重复测量三次，测量结果分别为 0.493dB，0.493dB，0.494dB，采用极差法，得标准偏差为 $s = (x_{\max} - x_{\min})/d_n$ ，查表得测量次数 $n=3$ 时， $d_n=1.69$ 。则：

$$u_4 = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{d_n} = 0.00059 \text{ dB} \quad (\text{C.4})$$

C.1.2.5 连接器插拔重复性引入的标准不确定度分量。

连接器重复性 a_5 根据经验可得，优于 ± 0.02 dB。

设在该区间内为均匀分布 $k_5 = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_5 = \frac{a_5}{k_5} = 0.0115 \text{ dB}$$

(C.5)

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

表 C.1 标准不确定度评定表

序号	不确定度来源	u_i/dB	分布类型
1	激光光源稳定度	$u_1 = 0.0029$	均匀
2	光电型光功率计线性度	$u_2 = 0.023$	均匀
3	光电型光功率计分辨力	$u_3 = 0.0003$	均匀
4	测量重复性	$u_4 = 0.00059$	正态
5	连接器插拔重复性	$u_5 = 0.0115$	均匀

C.1.3.2 合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 0.026 \text{ dB}$$

(C.6)

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量（ u_3 和 u_4 ）因重复计算，合成时取较大的分量计算。

C.1.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则： $U = k \times u_c = 0.052 \text{ dB}$
可得到被校光开关插入损耗测量结果的不确定度 $U=0.06 \text{ dB}$ 。

C2 隔离度校准

C.2.1 测量不确定度来源

- 1) 由激光光源稳定度引入的标准不确定度（ u_1 ）；
- 2) 由光电型光功率计线性度引入的标准不确定度（ u_2 ）；
- 3) 由光电型光功率计分辨力引入的标准不确定度（ u_3 ）；
- 4) 测量重复性引入的标准不确定度（ u_4 ）；
- 5) 连接器插拔重复性引入的标准不确定度（ u_5 ）。

C.2.2 测量不确定度评定

C.2.2.1 由激光光源稳定度引入的标准不确定度分量。

光源稳定度 a_1 优于 ± 0.005 dB 每 15 分钟, 按均匀分布, $k_1 = \sqrt{3}$, 则:

$$u_1 = \frac{a_1}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ dB} \quad (\text{C.7})$$

C.2.2.2 由光电型光功率计线性度引入的标准不确定度分量。

HP8153A 型光电型光功率计的线性度误差 a_2 为: ± 0.04 dB, 均匀分布, $k_2 = \sqrt{3}$, 则:

$$u_2 = \frac{a_2}{k_2} = 0.023 \text{ dB} \quad (\text{C.8})$$

C.2.2.3 由光电型光功率计分辨力引入的标准不确定度分量。

HP8153A 的分辨力为 0.001 dB, 按均匀分布, $a_3=0.0005$ dB, $k_3 = \sqrt{3}$, 则:

$$u_3 = \frac{a_3}{k_3} = 0.0003 \text{ dB} \quad (\text{C.9})$$

C.2.2.4 测量重复性引入的标准不确定度分量。

由于标准光电型光功率计的测量重复性非常好, 约为 ± 0.001 dB 可以忽略不计, 这里主要指测量结果的重复性。重复测量三次, 测量结果分别为 60.5 dB, 61.2 dB, 60.7 dB, 采用极差法, 得标准偏差为 $s = (x_{\max} - x_{\min})/d_n$, 查表得测量次数 $n=3$ 时, $dn=1.69$ 。则:

$$u_4 = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{d_n} = 0.415 \text{ dB} \quad (\text{C.10})$$

C.2.2.5 连接器插拔重复性引入的标准不确定度分量。

连接器重复性 a_5 根据经验可得, 优于 ± 0.02 dB。

设在该区间内为均匀分布 $k_5 = \sqrt{3}$, 则:

$$u_5 = \frac{a_5}{k_5} = 0.0115 \text{ dB} \quad (\text{C.11})$$

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.2 标准不确定度评定表

序号	不确定度来源	u_i/dB	分布类型
1	激光光源稳定度	$u_1 = 0.0029$	均匀
2	光电型光功率计线性度	$u_2 = 0.023$	均匀
3	光电型光功率计分辨力	$u_3 = 0.0003$	均匀
4	测量重复性	$u_4 = 0.415$	正态
5	连接器插拔重复性	$u_5 = 0.0115$	均匀

C.2.3.2 合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 0.416 \text{ dB} \quad (\text{C.12})$$

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量 (u_3 和 u_4) 因重复计算, 合成时取较大的分量计算。

C.2.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则: $U = k \times u_c = 0.84 \text{ dB}$

可得到被校光开关隔离度测量结果的不确定度 $U=0.9 \text{ dB}$ 。

C3 回波损耗校准

C.3.1 测量不确定度来源

- 1) 由回波损耗测试仪固有误差引入的标准不确定度 (u_1);
- 2) 由回波损耗测试仪分辨力引入的标准不确定度 (u_2);
- 3) 测量重复性引入的标准不确定度 (u_3)。

C.3.2 测量不确定度评定

C.3.2.1 由回波损耗测试仪固有误差引入的标准不确定度分量。

使用 RX3070-2I 在 (0~60) dB 范围内, 查指标得到最大允许误差为 $\pm 0.4 \text{ dB}$, 按均匀分布, $k_1 = \sqrt{3}$, 则:

$$u_1 = \frac{a_1}{\sqrt{3}} = 0.231 \text{ dB} \quad (\text{C.13})$$

C.3.2.2 由回波损耗测试仪分辨力引入的标准不确定度分量。

RX3070-2I 的分辨力为 0.1 dB, 按均匀分布, $a_2 = 0.05 \text{ dB}$, $k_2 = \sqrt{3}$, 则:

$$u_2 = \frac{a_2}{k_2} = 0.029 \text{ dB} \quad (\text{C.14})$$

C.3.2.3 测量重复性引入的标准不确定度分量。

重复测量三次, 测量结果分别为 48.2 dB, 48.6 dB, 48.3 dB, 采用极差法, 得标准偏差为 $s = (x_{\max} - x_{\min})/d_n$, 查表得测量次数 $n=3$ 时, $d_n=1.69$ 。则:

$$u_3 = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{d_n} = 0.237 \text{ dB} \quad (\text{C.15})$$

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.3 标准不确定度评定表

序号	不确定度来源	u_i/dB	分布类型
----	--------	-----------------	------

1	回波损耗测试仪线性度	$u_1 = 0.231$	均匀
2	回波损耗测试仪分辨力	$u_2 = 0.029$	均匀
3	测量重复性	$u_3 = 0.237$	正态

C.3.3.2 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：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.333 \text{ dB} \quad (\text{C.16})$$

C.3.4 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，则 $U = k \times u_c = 0.66 \text{ dB}$ 。

可得到被校光开关回波损耗测量结果的不确定度 $U=0.7 \text{ dB}$ 。

C.4 偏振相关损耗校准

C.4.1 不确定度来源

- 1) 由偏振控制器调节精度引入的标准不确定度 u_1 ；
- 2) 由光电型光功率计线性度引入的标准不确定度 u_2 ；
- 3) 由测量重复性引入的标准不确定度 u_3 。

C.4.2 不确定度评定

C.4.2.1 由偏振控制器调节精度引入的标准不确定度分量。

偏振控制器型号为 HP 11896A，根据仪表技术指标，偏振控制器调节精度为 5%， $k_1 = \sqrt{3}$ ，偏振相关损耗 PDL 测量结果为 0.063dB 时：

$$u_1 = \frac{5\% \text{PDL}}{k_1} = 0.0289 \times 0.063 = 0.0018 \text{ dB} \quad (\text{C.17})$$

C.4.2.2 由光电型光功率计线性度引入的标准不确定度分量。

HP8153A 型光电型光功率计的线性度误差 a_2 为：±0.04 dB，均匀分布， $k_2 = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_2 = \frac{a_2}{k_2} = 0.023 \text{ dB} \quad (\text{C.18})$$

C.4.2.3 测量重复性引入的标准不确定度分量。

由于标准光电型光功率计的测量重复性非常好，约为±0.001 dB 可以忽略不计，这里主要指被校光开关在多次测量时候引入的不确定度。重复测量三次，测量结果分别为 0.06 dB，0.08 dB，0.05 dB，采用极差法，得标准偏差为 $s = (x_{\max} - x_{\min})/d_n$ ，查表得测量次数 $n=3$ 时， $d_n=1.69$ 。则：

$$u_3 = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{d_n} = 0.018 \text{ dB} \quad (\text{C.19})$$

C.4.3 不确定度合成

C.4.3.1 标准不确定度评定表

表 C.4 标准不确定度评定表

序号	不确定度来源	u_i/dB	分布类型
1	偏振控制器调节精度	$u_1 = 0.001\text{E}$	正态
2	光电型光功率计线性度	$u_2 = 0.023$	均匀
3	测量重复性	$u_3 = 0.018$	正态

C.4.3.2 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:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.030 \text{ dB} \quad (\text{C.20})$$

C.4.4 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$, 则 $U = k \times u_c = 0.06 \text{ dB}$ 。

可得到被校光开关偏振相关损耗测量结果的不确定度 $U=0.06 \text{ dB}$ 。

C.5 切换时间校准

C.5.1 不确定度来源

- 1) 由示波器测量分辨力引入的标准不确定度 u_1 ;
- 2) 由示波器测量时间间隔引入的标准不确定度 u_2 ;
- 3) 测量重复性引入的标准不确定度 u_3 。

C.5.2 不确定度评定

C.5.2.1 示波器测量分辨力引入的标准不确定度分量。

延迟时间测量分辨力为 0.01ns , 在测量结果大于 50ns 的条件下, 以相对扩展不确定度来计算。 $a_1 \leq 0.02\%$, 按均匀分布, $k_1 = \sqrt{3}$, 则:

$$u_1 = \frac{a_1}{k_1} = 0.012\% \quad (\text{C.21})$$

C.5.2.2 示波器测量时间间隔引入的标准不确定度分量。

示波器采用 Agilent 86100C, 测量结果大于 50ns 的条件下, 依据校准证书得到测量时间间隔的不确定度为 0.1% , $k_2 = 2$, 则

$$u_2 = \frac{a_2}{k_2} = 0.05\% \quad (\text{C.22})$$

C.5.2.3 测量重复性引入的标准不确定度分量。

测量重复性主要指被校光开关在多次测量时候引入的不确定度。重复测量三次, 测量结果分别为 0.126ms , 0.125ms 和 0.125ms 。采用极差法, 得标准偏差为 $s = (x_{\max} - x_{\min})/d_n$, 查表得测量次数 $n=3$ 时, $d_n=1.69$ 。则:

$$u_3 = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{d_n} = 0.472\% \quad (\text{C.23})$$

C.5.3 相对不确定度合成

C.5.3.1 相对标准不确定度评定表

表 C.5 相对标准不确定度评定表

序	不确定度来源	u_i	分布类型
---	--------	-------	------

号			
1	示波器测量分辨力	$u_1 = 0.012\%$	均匀
2	示波器测量时间间隔	$u_2 = 0.05\%$	均匀
3	测量重复性	$u_3 = 0.472\%$	正态

C.5.3.2 合成相对标准不确定度

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：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.475\% \tag{C.24}$$

C.5.4 相对扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，则 $U_{rel} = k \times u_c = 0.95\%$ 。

可得到被校光开关切换时间测量结果的相对扩展不确定度 $U_{rel}=0.95\%$ 。
