

# 全国衰减量值比对

## 比对报告

(精密 N 接头步进衰减器，测量频率：60MHz、5GHz)

高秋来，梁伟军，黄辉，中国计量科学研究院

李放，中国航天机电集团二院 203 所

张秋梅，刘军英，王伟红，中国空间技术研究院五一四所

王海平，曹芸，总装计量中心

杨平，安捷伦科技有限公司

陈峰，罗德与施瓦茨中国有限公司

廖文仲，韩银花，中国电子科技集团五十四研究所

姚晓辉，中国电子科技集团 41 所

刘芳瑾，楼红英，中国电子科技集团 14 所

黄玉晖，沈菊霞，上海计量测试技术研究院

李文臻，黄娟，信息产业部电子中南区域计量站

王勇，杨桥新，广州赛宝计量检测中心

潘柳，尹仲琪，中国电子科技集团十研究所

刘峰，成都总参三部第二计量站

于颖杰，中国电子科技集团公司第 20 所计量中心

冉志强，信息产业部通信计量中心

报告起草人：高秋来，梁伟军，黄辉

中国计量科学研究院，信息电子所

2007 年 5 月

## 目录

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 1. 概述 .....                          | 3  |
| 2. 参加实验室 .....                       | 3  |
| 3. 比对传递标准 .....                      | 4  |
| 4. 比对协议 <sup>[2]</sup> .....         | 5  |
| 5. 比对时间安排 .....                      | 6  |
| 6. 参加实验室所用的测量技术 .....                | 7  |
| 7. 比对结果 .....                        | 8  |
| 8. 结论 .....                          | 35 |
| 参考文献 .....                           | 36 |
| 附录 A: 测量结果处理方法 .....                 | 37 |
| 附录 B: 参加实验室的测量方法技术报告 .....           | 39 |
| 附录 C: 参加实验室提交的衰减测量报告 (含不确定度评定) ..... | 44 |
| 附录 D 稳定性试验 .....                     | 61 |

## 1. 概述

在 2001 年至 2005 年 BIPM 进行了衰减国际关键比对，比对号是 CCEM-RF-K19.CL，主持实验室是 NPL (National Physical Laboratory, 英国)。该项国际比对测量已完成，并于 2006 年 3 月至 6 月分别公布了比对报告 A 草稿<sup>[1]</sup>，并于近期提交比对报告 B，中国计量科学研究院参加了这次国际比对，其比对结果表明中国的衰减量值与国际参考值是一致的。

2005 年国家质量监督检验检疫总局决定在国内进行一系列重要参数的全国比对，以保证国内量值的一致。衰减参数作为无线电计量的关键参数之一，并具备了良好的条件，因此计划于 2006 年进行全国衰减量值比对。本次全国衰减量值比对可以以国际关键比对作为参考，在量值上也能得到支持。

在全国无线电计量技术委员会的领导和支持下，并受全国无线电计量技术委员会委托，中国计量科学研究院 (NIM) 信息电子所作为主持实验室，负责组织这次全国衰减量值比对。

本次全国衰减量值比对对国内从事无线电计量实验室是开放的，欢迎有技术条件的实验室参加，最终参加实验室为 15 个，参加实验室的主要是由全国无线电计量技术委员会选择的同时考虑了行业、地区的代表性。

## 2. 参加实验室

表 1. 参加实验室表

| 负责人 | 单位名称             | 省市/部门  | 单位缩写    |
|-----|------------------|--------|---------|
| 高秋来 | 中国计量科学研究院 信息电子所  | 北京/计量  | NIM     |
| 李放  | 中国航天机电集团二院 203 所 | 北京/航天  | 203 所   |
| 张秋梅 | 514 所            | 北京/科工委 | 514 所   |
| 王海平 | 总装计量中心           | 北京/部队  | 总装      |
| 杨平  | 安捷伦科技有限公司        | 北京/外企  | Agilent |
| 陈峰  | R/S 公司           | 北京/外企  | R&S     |
| 廖文仲 | 54 所             | 河北/电子  | 54 所    |

|     |                      |       |       |
|-----|----------------------|-------|-------|
| 姚晓辉 | 中国电子科技集团 41 所        | 山东/电子 | 41 所  |
| 刘芳瑾 | 中国电子科技集团 14 所        | 江苏/电子 | 14 所  |
| 黄玉晖 | 上海计量测试技术研究院          | 上海/计量 | SIMT  |
| 李文臻 | 信息产业部电子中南区域计量站       | 湖北/电子 | 710 厂 |
| 王勇  | 广州赛宝计量检测中心           | 广东/电子 | 5 所   |
| 潘柳  | 中国电子科技集团十研究所         | 四川/电子 | 10 所  |
| 刘峰  | 成都总参三部第二计量站          | 四川/部队 | 57 所  |
| 于颖杰 | 中国电子科技集团公司第 20 所计量中心 | 陕西/电子 | 20 所  |
| 冉志强 | 信息产业部通信计量中心          | 通信/北京 | TMC   |

注：信息产业部通信计量中心是后加入的实验室，在计算参考值时，不被考虑。

在计算参考值时，信息产业部通信计量中心不被考虑原因有二：（一）该实验室是后加入的；（二）该实验室在测量之前，主持实验室已完成了比对报告的征求意见稿，并已在各参加实验室之间公布。

经与全国无线电计量技术委员会协商，在征得实验室同意的情况下，组成了支持小组，其成员为：

李放，中国航天机电集团二院 203 所

陈峰，R/S 公司

尹仲琪，中国电子科技集团十研究所

支持小组帮组、审议主持实验室编写比对报告。

### 3. 比对传递标准

比对传递标准由衰减器 8496H, 控制器 11713A 和两个 10dB 固定衰减器组成。(两个 10dB 固定衰减器可供没有测量反射系数能力的实验室选用)。8496H 是 Agilent 公司生产的商用电动开关衰减器，该衰减器的量程是 0dB~110dB，接头形式是精密 N-Type (female)。8496H 衰减器由控制器（11713A）驱动，在测量中可以手动或通过 GPIB 程控控制 8496H 的衰减量的变化。衰减比对传递标准如下实物图所示。



#### 4. 比对协议<sup>[2]</sup>

主持实验室于 2006 年 8 月编写了本次衰减比对协议，并通过 Email 发给了参加实验室，得到了参加实验室和全国无线电计量技术委员会的认可。

比对测量内容如下：

衰减量：20dB，40dB，60dB，80dB，100dB。建议每个衰减量程测量 10 次。

测量频率：60MHz，5GHz

反射系数：测试端口的反射系数模值（60MHz，5GHz）；衰减器的反射系数模值（0dB，20dB，40dB，60dB，80dB，100dB。在 60MHz，5GHz）（测量反射系数是为了计算失配不确定度。如某实验室没有测量反射系数的技术条件，可用主持实验室提供的 10dB 衰减器作为隔离器，失配不确定度由主持实验室提供。注意：序列号为 MY39262041 的 10dB 衰减器接在输入端（左侧）；序列号为 MY39262026 的 10dB 衰减器接在输出端（右侧）），但是提供的固定衰减器的反射系数较大，因此不建议用主持实验室提供的固定衰减器作为隔离器，最好用自己的反射系数小的隔离器。

衰减比对的最大量程由实验室根据自己的技术条件，自行确定。例如 A 实验室的衰减标准的最大测量范围是 80dB，那么 100dB 和 110dB 可作为选测项。

馈送到比对传递标准的信号电平严格控制在 100mW 以下，以减小热引入的影响。实验室测量环境温度需控制在  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  之内，实际环境温度需记录在报告中，主持实验室将不会进行温度修正。

衰减器 8496H 内部由 4 个衰减块组成，10dB, 20dB, 40dB, 40dB，相互组合可实现 0dB~110dB，步进 10dB。当测量 40dB, 60dB 时，使用第一个 40dB 衰减块。

## 5. 比对时间安排

在衰减比对测量中，由于再邮寄过程中耽误了时间，使得第二比对循环没有能完全以原计划进行，在后续的测量中，有些单位抓紧时间，顾全大局，使比对能顺利进行。

衰减比对测量开始于 06 年 8 月在中国计量科学研究院信息电子所进行第一次测量，最后的测量于 07 年 4 月在中国计量科学研究院信息电子所进行最后一次测量。具体的时间如下表 2 所示：

表 2. 测量时间表

| 单位      | 计划测量时间                        | 实际测量时间                        |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|
| NIM     | 06 年 8 月 3 日~06 年 8 月 12 日    | 06 年 8 月 3 日~06 年 8 月 12 日    |
| 203 所   | 06 年 8 月 15 日~06 年 8 月 24 日   | 06 年 8 月 14 日~06 年 8 月 25 日   |
| 514 所   | 06 年 8 月 27 日~06 年 9 月 5 日    | 06 年 8 月 24 日~06 年 9 月 5 日    |
| 总装      | 06 年 9 月 8 日~06 年 9 月 17 日    | 06 年 9 月 8 日~06 年 9 月 15 日    |
| Agilent | 06 年 9 月 20 日~06 年 9 月 29 日   | 06 年 9 月 20 日~06 年 9 月 29 日   |
| R&S     | 06 年 10 月 8 日~06 年 10 月 17 日  | 06 年 10 月 8 日~06 年 10 月 16 日  |
| NIM     | 06 年 10 月 20 日~06 年 10 月 29 日 | 06 年 10 月 20 日~06 年 10 月 29 日 |
| 54 所    | 06 年 11 月 1 日~06 年 11 月 10 日  | 06 年 10 月 30 日~06 年 11 月 10 日 |
| 41 所    | 06 年 11 月 13 日~06 年 11 月 22 日 | 06 年 11 月 19 日~06 年 11 月 25 日 |
| 14 所    | 06 年 11 月 25 日~06 年 12 月 4 日  | 06 年 11 月 25 日~06 年 12 月 8 日  |
| SIMT    | 06 年 12 月 7 日~06 年 12 月 16 日  | 没有准备好，最后补测                    |
| 710 厂   | 06 年 12 月 19 日~06 年 12 月 28 日 | 07 年 1 月 22 日~07 年 1 月 31 日   |
| 5 所     | 07 年 1 月 8 日~07 年 1 月 17 日    | 07 年 2 月 1 日~07 年 3 月 1 日     |

|      |                              |                             |
|------|------------------------------|-----------------------------|
| 10 所 | 07 年 1 月 20 日~07 年 1 月 29 日  | 07 年 3 月 2 日~07 年 3 月 7 日   |
| 57 所 | 07 年 2 月 1 日~07 年 2 月 10 日   | 07 年 3 月 8 日~07 年 3 月 19 日  |
| 20 所 | 07 年 2 月 13 日~07 年 3 月 5 日   | 07 年 3 月 20 日~07 年 3 月 30 日 |
| SIMT | 06 年 12 月 7 日~06 年 12 月 16 日 | 07 年 4 月 2 日~07 年 4 月 10 日  |
| NIM  | 07 年 3 月 8 日~07 年 3 月 17 日   | 07 年 4 月 13 日~07 年 4 月 23 日 |
| TMC  |                              | 07 年 5 月 9 日~07 年 5 月 14 日  |

## 6. 参加实验室所用的测量技术

表 3. 参加实验室的测量技术表

| 单位      | 测量方法或仪器/标准                          |
|---------|-------------------------------------|
| NIM     | 低中频替代法和射频部分替代法/PAS-1B 衰减测量接收机       |
| 203 所   | 中频替代法/VM-4 衰减测量装置                   |
| 514 所   | 中频替代法/VM-7 衰减测量装置                   |
| 总装      | 中频替代法/VM-7 衰减测量装置                   |
| Agilent | 频谱分析仪 E4440A                        |
| R&S     | FSMR 测量接收机                          |
| 54 所    | 中频替代法/VM-7 衰减测量装置                   |
| 41 所    | FSMR26 测量接收机                        |
| 14 所    | 串联中频替代法和射频替代法/8902AT 测量接收机 (050 选件) |
| SIMT    | 8902A/8902S 测量接收机                   |
| 710 厂   | 8902A/8902S 测量接收机                   |
| 5 所     | 8902A/8902S 测量接收机                   |
| 10 所    | 串联中频替代法和射频替代法/8902AT 测量接收机 (050 选件) |
| 57 所    | 8902A/8902S 测量接收机 (050 选件)          |
| 20 所    | 8902A/8902S 测量接收机 (050 选件)          |
| TMC     | E8362B 网络分析仪                        |

## 7. 比对结果

依照比对协议

- A. 本次比对的参考值计算将采用不加权平均的方法，但是当两个或两个以上的实验室采用同一型号的标准设备，方法又一样时，则每个实验室的权重为  $1/N$ （ $N$  为相同标准设备，方法又一样的实验室个数）。例如有 5 个实验室采用 HP8902 作为标准设备，方法又一样时，这 5 个实验室中每个实验室的权重为 0.2。
- B. 如某实验室的测量结果引用了上一级实验室的衰减校准值，则不参加参考值的计算，例如 A 实验室溯源到 B 实验室，并在测量中引用 B 实验室传递给 A 实验室的校准值，那么 A 实验室的测量结果将不参加参考值的计算。

在数据处理过程中，首先剔除离群值，然后，在参加参考值计算的实验室中再考虑相同标准设备（上述 A 的情况）和溯源关系（上述 B 的情况）的权重问题

测量结果的处理依照附录 A 测量结果处理方法，该测量数据处理方法依照国际关键比对相应的方法进行处理

表 4-1 至表 4-5 的数据是 60MHz 的比对数据，表 5-1 至表 5-5 的数据是 5GHz 的比对数据。

图 4-1 至图 4-5 是 60MHz 的比对数据图，图 5-1 至图 5-5 是 5GHz 的比对数据图。

表 6-1 至表 6-5 的数据是 60MHz 的比对等效性计算数据，表 7-1 至表 7-5 的数据是 5GHz 的比对等效性计算数据。

考虑测量 110dB 量程的单位数量少，本比对报告不公布 110dB 的比对结果。



表 4-1. 60MHz, 20dB 的比对数据 (数据单位: dB)

| 单位           | 标准          | 测量值           | 不确定度         | 权              |
|--------------|-------------|---------------|--------------|----------------|
| NIM          | PAS-1B      | 20.119        | 0.002        | 1              |
| 203 所        | VM-4        | 20.120        | 0.020        | 1              |
| <b>514 所</b> | <b>VM-7</b> | <b>20.182</b> | <b>0.072</b> | 0 (离群值)        |
| 总装           | VM-7        | 20.110        | 0.009        | 1/2 (VM-7)     |
| Agilent      | E4440A      | 20.124        | 0.093        | 1              |
| R&S          | FSMR        | 20.117        | 0.013        | 1/2 (FSMR)     |
| 54 所         | VM-7        | 20.120        | 0.060        | 1/2 (VM-7)     |
| 41 所         | FSMR        | 20.130        | 0.050        | 1/2 (FSMR)     |
| 14 所         | 8902(050)   | 20.122        | 0.040        | 1/4 (8902-050) |
| 710 厂        | 8902A/S     | 20.123        | 0.027        | 1/3 (8902A/S)  |
| 5 所          | 8902A/S     | 20.111        | 0.023        | 1/3 (8902A/S)  |
| 10 所         | 8902(050)   | 20.116        | 0.015        | 1/4 (8902-050) |
| 20 所         | 8902(050)   | 20.121        | 0.029        | 1/4 (8902-050) |
| SIMT         | 8902A/S     | 20.117        | 0.020        | 1/3 (8902A/S)  |
| 57 所         | 8902A/S     | 20.118        | 0.044        | 1/4 (8902-050) |
| TMC          | E8362B      | 20.119        | 0.070        | 0 (后加入)        |
|              |             |               |              |                |
| 参考值          |             | 20.120        | 0.002        |                |

注: 测量值的中位数: 20.120; 偏差中位数: 0.003; 离群判别值: 0.012

表 4-2. 60MHz, 40dB 的比对数据 (数据单位: dB)

| 单位           | 标准          | 测量值           | 不确定度         | 权              |
|--------------|-------------|---------------|--------------|----------------|
| NIM          | PAS-1B      | 40.066        | 0.002        | 1              |
| 203 所        | VM-4        | 40.080        | 0.046        | 1              |
| <b>514 所</b> | <b>VM-7</b> | <b>40.125</b> | <b>0.078</b> | 0 (离群值)        |
| 总装           | VM-7        | 40.056        | 0.015        | 1/2 (VM-7)     |
| Agilent      | E4440A      | 40.064        | 0.092        | 1              |
| R&S          | FSMR        | 40.068        | 0.018        | 1              |
| 54 所         | VM-7        | 40.071        | 0.060        | 1/2 (VM-7)     |
| <b>41 所</b>  | <b>FSMR</b> | <b>40.110</b> | <b>0.050</b> | 0 (离群值)        |
| 14 所         | 8902(050)   | 40.082        | 0.080        | 1/4 (8902-050) |
| 710 厂        | 8902A/S     | 40.076        | 0.053        | 1/3 (8902A/S)  |
| 5 所          | 8902A/S     | 40.061        | 0.046        | 1/3 (8902A/S)  |
| 10 所         | 8902(050)   | 40.059        | 0.019        | 1/4 (8902-050) |
| 20 所         | 8902(050)   | 40.058        | 0.039        | 1/4 (8902-050) |
| SIMT         | 8902A/S     | 40.055        | 0.050        | 1/3 (8902A/S)  |
| 57 所         | 8902A/S     | 40.067        | 0.046        | 1/4 (8902-050) |
| TMC          | E8362B      | 40.062        | 0.103        | 0 (后加入)        |
|              |             |               |              |                |
| 参考值          |             | 40.067        | 0.003        |                |

注: 测量值的中位数: 40.067; 偏差中位数: 0.009; 离群判别值: 0.035

表 4-3. 60MHz, 60dB 的比对数据 (数据单位: dB)

| 单位           | 标准          | 测量值           | 不确定度         | 权              |
|--------------|-------------|---------------|--------------|----------------|
| NIM          | PAS-1B      | 60.185        | 0.003        | 1              |
| 203 所        | VM-4        | 60.210        | 0.069        | 1              |
| <b>514 所</b> | <b>VM-7</b> | <b>60.245</b> | <b>0.088</b> | 0 (离群值)        |
| 总装           | VM-7        | 60.179        | 0.021        | 1/2 (VM-7)     |
| Agilent      | E4440A      | 60.190        | 0.093        | 1              |
| R&S          | FSMR        | 60.189        | 0.025        | 1/2 (FSMR)     |
| 54 所         | VM-7        | 60.197        | 0.070        | 1/2 (VM-7)     |
| 41 所         | FSMR        | 60.230        | 0.050        | 1/2 (FSMR)     |
| 14 所         | 8902(050)   | 60.195        | 0.120        | 1/4 (8902-050) |
| 710 厂        | 8902A/S     | 60.193        | 0.074        | 1/3 (8902A/S)  |
| 5 所          | 8902A/S     | 60.165        | 0.104        | 1/3 (8902A/S)  |
| 10 所         | 8902(050)   | 60.166        | 0.026        | 1/4 (8902-050) |
| 20 所         | 8902(050)   | 60.177        | 0.049        | 1/4 (8902-050) |
| SIMT         | 8902A/S     | 60.171        | 0.110        | 1/3 (8902A/S)  |
| 57 所         | 8902A/S     | 60.181        | 0.048        | 1/4 (8902-050) |
| TMC          | E8362B      | 60.176        | 0.125        | 0 (后加入)        |
|              |             |               |              |                |
| 参考值          |             | 60.191        | 0.005        |                |

注: 测量值的中位数: 60.190; 偏差中位数: 0.011; 离群判别值: 0.043

表 4-4. 60MHz, 80dB 的比对数据 (数据单位: dB)

| 单位           | 标准          | 测量值           | 不确定度         | 权              |
|--------------|-------------|---------------|--------------|----------------|
| NIM          | PAS-1B      | 80.285        | 0.003        | 1              |
| <b>203 所</b> | <b>VM-4</b> | <b>80.350</b> | <b>0.092</b> | 0              |
| <b>514 所</b> | <b>VM-7</b> | <b>80.470</b> | <b>0.099</b> | 0 (离群值)        |
| <b>总装</b>    | <b>VM-7</b> | <b>80.424</b> | <b>0.059</b> | 0 (离群值)        |
| Agilent      | E4440A      | 80.282        | 0.093        | 1              |
| R&S          | FSMR        | 80.290        | 0.030        | 1              |
| <b>54 所</b>  | <b>VM-7</b> | <b>79.934</b> | <b>0.180</b> | 0 (离群值)        |
| <b>41 所</b>  | <b>FSMR</b> | <b>80.360</b> | <b>0.050</b> | 0 (离群值)        |
| 14 所         | 8902(050)   | 80.291        | 0.160        | 1/4 (8902-050) |
| 710 厂        | 8902A/S     | 80.283        | 0.105        | 1/3 (8902A/S)  |
| 5 所          | 8902A/S     | 80.271        | 0.127        | 1/3 (8902A/S)  |
| 10 所         | 8902(050)   | 80.288        | 0.034        | 1/4 (8902-050) |
| 20 所         | 8902(050)   | 80.269        | 0.059        | 1/4 (8902-050) |
| SIMT         | 8902A/S     | 80.268        | 0.130        | 1/3 (8902A/S)  |
| 57 所         | 8902A/S     | 80.27         | 0.059        | 1/4 (8902-050) |
| TMC          | E8362B      | 80.297        | 0.221        | 0 (后加入)        |
|              |             |               |              |                |
| 参考值          |             | 80.289        | 0.010        |                |

注: 测量值的中位数: 80.285; 偏差中位数: 0.015; 离群判别值: 0.058

表 4-5. 60MHz, 100dB 的比对数据 (数据单位: dB)

| 单位          | 标准             | 测量值            | 不确定度         | 权              |
|-------------|----------------|----------------|--------------|----------------|
| NIM         | PAS-1B         | 100.397        | 0.019        | 1              |
| 203 所       | VM-4           |                |              | 0              |
| 514 所       | VM-7           |                |              | 0              |
| 总装          | VM-7           |                |              | 0              |
| Agilent     | E4440A         | 100.441        | 0.104        | 1              |
| R&S         | FSMR           | 100.403        | 0.035        | 1              |
| <b>54 所</b> | <b>VM-7</b>    | <b>100.087</b> | <b>1.100</b> | 0 (离群值)        |
| <b>41 所</b> | <b>FSMR</b>    | <b>100.490</b> | <b>0.050</b> | 0 (离群值)        |
| 14 所        | 8902(050)      | 100.414        | 0.200        | 1/3 (8902-050) |
| 710 厂       | 8902A/S        | 100.382        | 0.134        | 1/3 (8902A/S)  |
| 5 所         | 8902A/S        | 100.388        | 0.192        | 1/3 (8902A/S)  |
| 10 所        | 8902(050)      | 100.399        | 0.118        | 1/3 (8902-050) |
| 20 所        | 8902(050)      | 100.351        | 0.069        | 1/3 (8902-050) |
| SIMT        | 8902A/S        | 100.378        | 0.190        | 1/3 (8902A/S)  |
| <b>57 所</b> | <b>8902A/S</b> | <b>100.304</b> | <b>0.063</b> | 0 (离群值)        |
| TMC         | E8362B         |                |              | 0 (后加入)        |
|             |                |                |              |                |
| 参考值         |                | 100.402        | 0.011        |                |

注: 测量值的中位数: 100.398; 偏差中位数: 0.018; 离群判别值: 0.070

表 5-1. 5GHz, 20dB 的比对数据 (数据单位: dB)

| 单位      | 标准        | 测量值    | 不确定度  | 权              |
|---------|-----------|--------|-------|----------------|
| NIM     | PAS-1B    | 20.117 | 0.011 | 1              |
| 203 所   | VM-4      | 20.130 | 0.100 | 1              |
| 514 所   | VM-7      | 20.101 | 0.098 | 1/3 (VM-7)     |
| 总装      | VM-7      | 20.109 | 0.020 | 1/3 (VM-7)     |
| Agilent | E4440A    | 20.109 | 0.152 | 1              |
| R&S     | FSMR      | 20.125 | 0.034 | 1/2 (FSMR)     |
| 54 所    | VM-7      | 20.103 | 0.140 | 1/3 (VM-7)     |
| 41 所    | FSMR      | 20.130 | 0.050 | 1/2 (FSMR)     |
| 14 所    | 8902(050) | 20.087 | 0.090 | 1/4 (8902-050) |
| 710 厂   | 8902A/S   | 20.127 | 0.011 | 1/3 (8902A/S)  |
| 5 所     | 8902A/S   | 20.102 | 0.107 | 1/3 (8902A/S)  |
| 10 所    | 8902(050) | 20.109 | 0.020 | 1/4 (8902-050) |
| 20 所    | 8902(050) | 20.123 | 0.088 | 1/4 (8902-050) |
| SIMT    | 8902A/S   | 20.118 | 0.160 | 1/3 (8902A/S)  |
| 57 所    | 8902(050) | 20.116 | 0.044 | 1/4 (8902-050) |
| TMC     | E8362B    | 20.084 | 0.171 | 0 (后加入)        |
|         |           |        |       |                |
| 参考值     |           | 20.116 | 0.004 |                |

注: 测量值的中位数: 10.116; 偏差中位数: 0.009; 离群判别值: 0.035

表 5-2. 5GHz, 40dB 的比对数据 (数据单位: dB)

| 单位          | 标准               | 测量值           | 不确定度         | 权              |
|-------------|------------------|---------------|--------------|----------------|
| NIM         | PAS-1B           | 40.083        | 0.011        | 1              |
| 203 所       | VM-4             | 40.100        | 0.110        | 1              |
| 514 所       | VM-7             | 40.070        | 0.107        | 1/3 (VM-7)     |
| 总装          | VM-7             | 40.079        | 0.021        | 1/3 (VM-7)     |
| Agilent     | E4440A           | 40.072        | 0.176        | 1              |
| R&S         | FSMR             | 40.102        | 0.044        | 1/2 (FSMR)     |
| 54 所        | VM-7             | 40.071        | 0.160        | 1/3 (VM-7)     |
| 41 所        | FSMR             | 40.110        | 0.050        | 1/2 (FSMR)     |
| 14 所        | 8902(050)        | 40.059        | 0.120        | 1/3 (8902-050) |
| 710 厂       | 8902A/S          | 40.101        | 0.123        | 1/3 (8902A/S)  |
| 5 所         | 8902A/S          | 40.044        | 0.114        | 1/3 (8902A/S)  |
| 10 所        | 8902(050)        | 40.077        | 0.021        | 1/3 (8902-050) |
| 20 所        | 8902(050)        | 40.091        | 0.160        | 1/3 (8902-050) |
| SIMT        | 8902A/S          | 40.104        | 0.200        | 1/3 (8902A/S)  |
| <b>57 所</b> | <b>8902(050)</b> | <b>39.837</b> | <b>0.046</b> | 0 (离群值)        |
| TMC         | E8362B           | 40.059        | 0.190        | 0 (后加入)        |
|             |                  |               |              |                |
| 参考值         |                  | 40.085        | 0.005        |                |

注: 测量值的中位数: 40.079; 偏差中位数: 0.02; 离群判别值: 0.078

表 5-3. 5GHz, 60dB 的比对数据 (数据单位: dB)

| 单位          | 标准               | 测量值           | 不确定度         | 权              |
|-------------|------------------|---------------|--------------|----------------|
| NIM         | PAS-1B           | 60.202        | 0.011        | 1              |
| 203 所       | VM-4             | 60.240        | 0.120        | 1              |
| 514 所       | VM-7             | 60.185        | 0.118        | 1/3 (VM-7)     |
| 总装          | VM-7             | 60.204        | 0.026        | 1/3 (VM-7)     |
| Agilent     | E4440A           | 60.170        | 0.162        | 1              |
| R&S         | FSMR             | 60.228        | 0.058        | 1/2 (FSMR)     |
| 54 所        | VM-7             | 60.179        | 0.160        | 1/3 (VM-7)     |
| 41 所        | FSMR             | 60.230        | 0.050        | 1/2 (FSMR)     |
| 14 所        | 8902(050)        | 60.173        | 0.150        | 1/3 (8902-050) |
| 710 厂       | 8902A/S          | 60.217        | 0.133        | 1/3 (8902A/S)  |
| 5 所         | 8902A/S          | 60.172        | 0.147        | 1/3 (8902A/S)  |
| 10 所        | 8902(050)        | 60.191        | 0.028        | 1/3 (8902-050) |
| 20 所        | 8902(050)        | 60.211        | 0.198        | 1/3 (8902-050) |
| SIMT        | 8902A/S          | 60.191        | 0.250        | 1/3 (8902A/S)  |
| <b>57 所</b> | <b>8902(050)</b> | <b>59.931</b> | <b>0.048</b> | 0 (离群值)        |
| TMC         | E8362B           | 60.161        | 0.210        | 0 (后加入)        |
|             |                  |               |              |                |
| 参考值         |                  | 60.202        | 0.010        |                |

注: 测量值的中位数: 60.191; 偏差中位数: 0.019; 离群判别值: 0.074



表 5-4. 5GHz, 80dB 的比对数据 (数据单位: dB)

| 单位           | 标准               | 测量值           | 不确定度         | 权              |
|--------------|------------------|---------------|--------------|----------------|
| NIM          | PAS-1B           | 80.325        | 0.011        | 1              |
| <b>203 所</b> | <b>VM-4</b>      | <b>80.620</b> | <b>0.134</b> | 0 (离群值)        |
| 514 所        | VM-7             | 80.340        | 0.128        | 1/2 (VM-7)     |
| <b>总装</b>    | <b>VM-7</b>      | <b>80.465</b> | <b>0.061</b> | 0 (离群值)        |
| Agilent      | E4440A           | 80.332        | 0.183        | 1              |
| R&S          | FSMR             | 80.354        | 0.068        | 1/2 (FSMR)     |
| 54 所         | VM-7             | 80.294        | 0.230        | 1/2 (VM-7)     |
| 41 所         | FSMR             | 80.360        | 0.050        | 1/2 (FSMR)     |
| 14 所         | 8902(050)        | 80.292        | 0.180        | 1/3 (8902-050) |
| <b>710 厂</b> | <b>8902A/S</b>   | <b>80.638</b> | <b>0.161</b> | 0 (离群值)        |
| 5 所          | 8902A/S          | 80.331        | 0.165        | 1/2 (8902A/S)  |
| 10 所         | 8902(050)        | 80.350        | 0.036        | 1/3 (8902-050) |
| 20 所         | 8902(050)        | 80.329        | 0.278        | 1/3 (8902-050) |
| SIMT         | 8902A/S          | 80.344        | 0.280        | 1/2 (8902A/S)  |
| <b>57 所</b>  | <b>8902(050)</b> | <b>80.055</b> | <b>0.060</b> | 0 (离群值)        |
| TMC          | E8362B           | 80.274        | 0.309        | 0 (后加入)        |
|              |                  |               |              |                |
| 参考值          |                  | 80.332        | 0.006        |                |

注: 测量值的中位数: 80.340; 偏差中位数: 0.016; 离群判别值: 0.060

表 5-5. 5GHz, 100dB 的比对数据 (数据单位: dB)

| 单位          | 标准          | 测量值            | 不确定度         | 权              |
|-------------|-------------|----------------|--------------|----------------|
| NIM         | PAS-1B      | 100.446        | 0.013        | 1              |
| 203 所       | VM-4        |                |              |                |
| 514 所       | VM-7        |                |              |                |
| 总装          | VM-7        |                |              |                |
| Agilent     | E4440A      | 100.445        | 0.185        | 1              |
| R&S         | FSMR        | 100.485        | 0.096        | 1/2 (FSMR)     |
| <b>54 所</b> | <b>VM-7</b> | <b>100.088</b> | <b>1.100</b> | 0 (离群值)        |
| 41 所        | FSMR        | 100.490        | 0.050        | 1/2 (FSMR)     |
| 14 所        | 8902(050)   | 100.414        | 0.200        | 1/3 (8902-050) |
| 710 厂       | 8902A/S     |                |              |                |
| 5 所         | 8902A/S     | 100.332        | 0.236        | 1/2 (8902A/S)  |
| 10 所        | 8902(050)   | 100.594        | 0.158        | 1/3 (8902-050) |
| 20 所        | 8902(050)   | 100.399        | 0.489        | 1/3 (8902-050) |
| SIMT        | 8902A/S     | 100.448        | 0.300        | 1/2 (8902A/S)  |
| 57 所        | 8902(050)   |                |              |                |
| TMC         | E8362B      |                |              | 0 (后加入)        |
|             |             |                |              |                |
| 参考值         |             | 100.447        | 0.017        |                |

注: 测量值的中位数: 100.446; 偏差中位数: 0.042; 离群判别值: 0.170

10 所关于该测量的修改意见: 关于我所在 5GHz、100dB 时的测量值: 当时报告为 100.631dB, 后来发现 10 个测量数据中有一个突跳, 属不正常值。因为我们的每次测量是重新连接的、独立的测量, 估计是由于那次连接不良造成的。剔除了该值后, 测量值应为 100.594dB。

60MHz 比对数据图表

图4-1 60MHz, 20dB

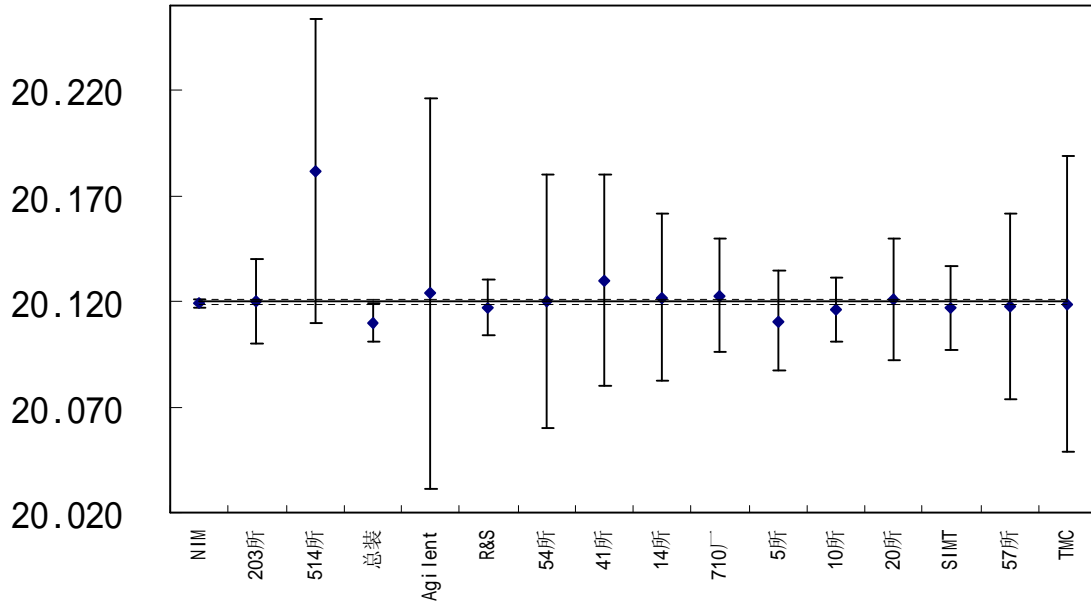


图4-2 60MHz, 40dB

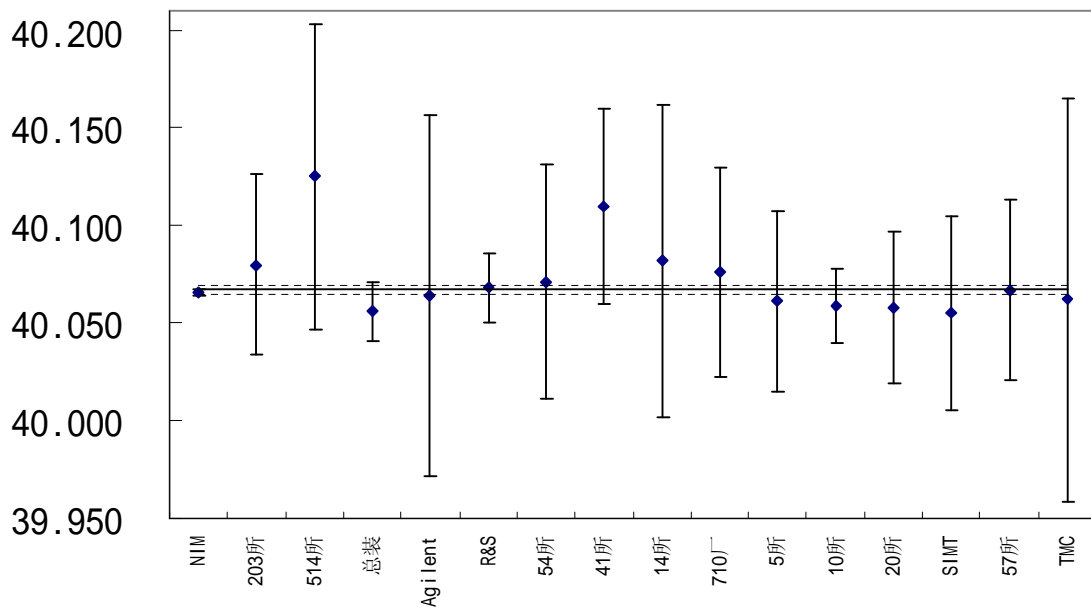


图4-3 60MHz, 60dB

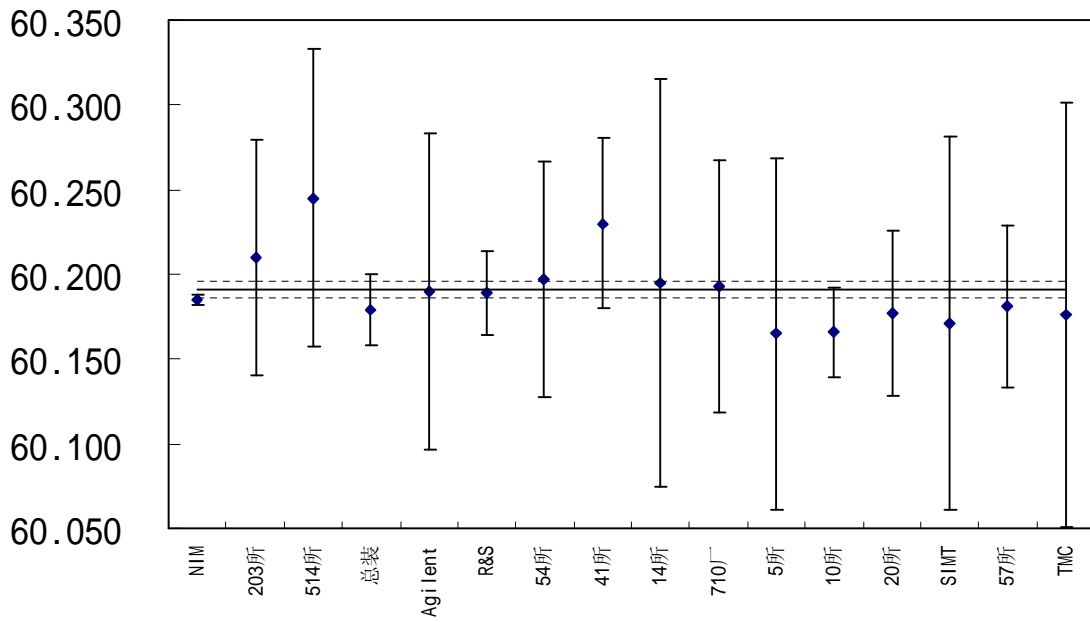


图4-4 60MHz, 80dB

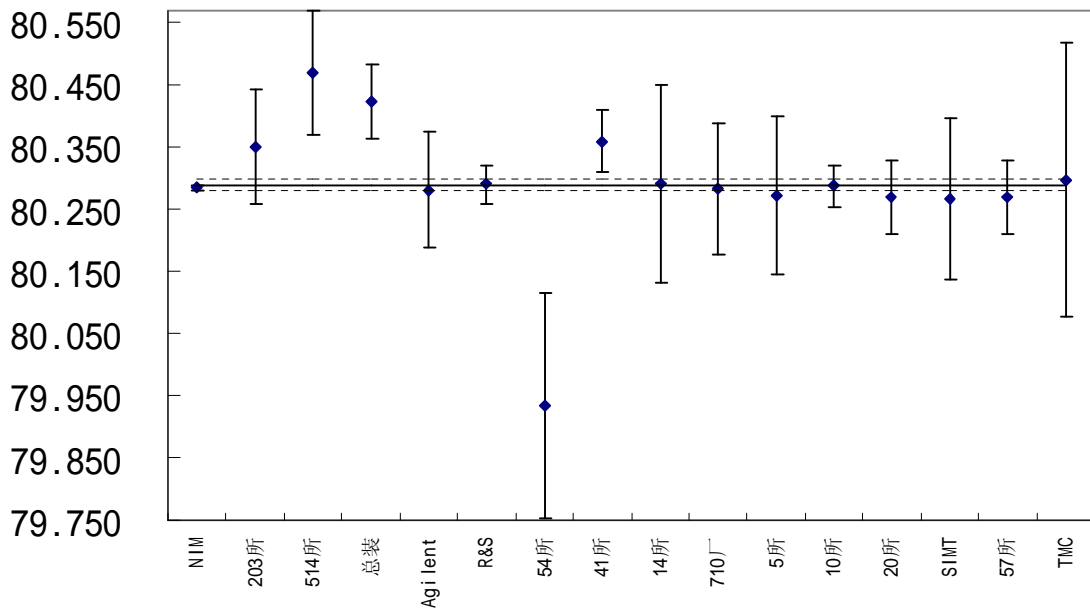


图4-5 60MHz, 100dB

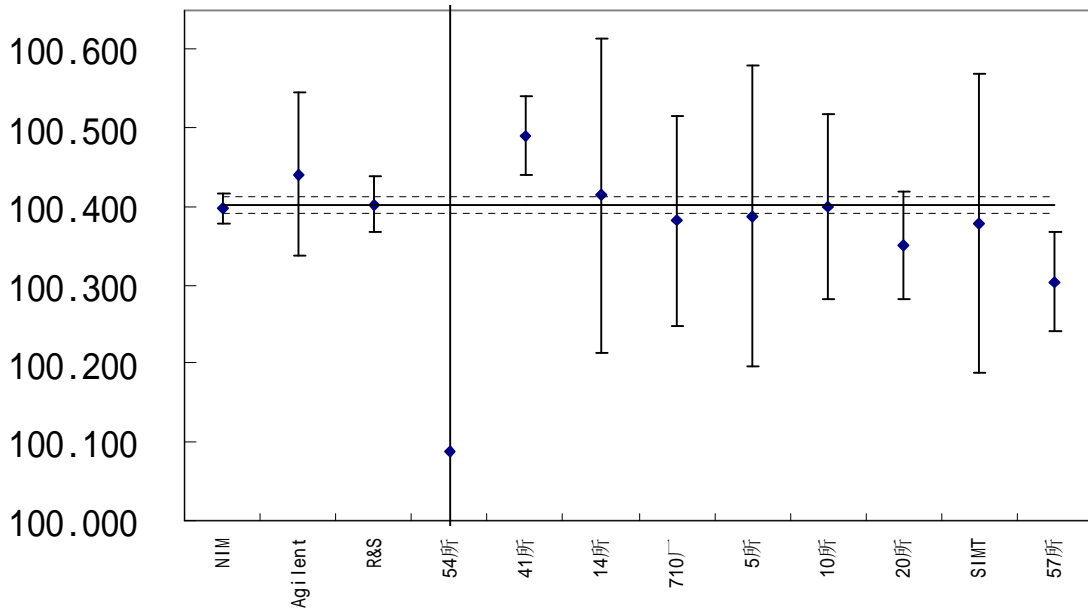


图5-1 5GHz, 20dB

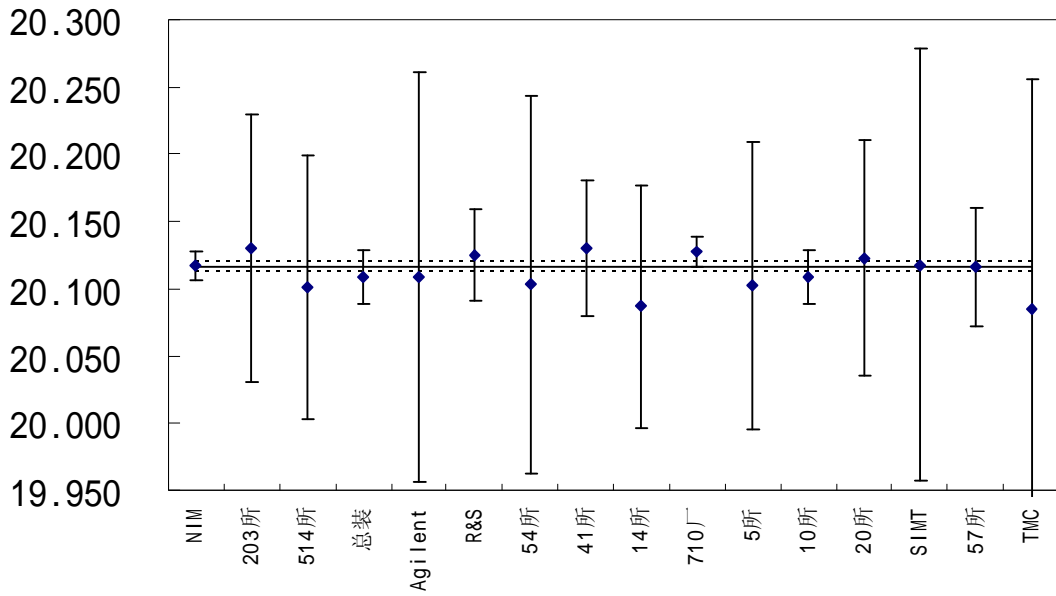


图5-2 5GHz, 40dB

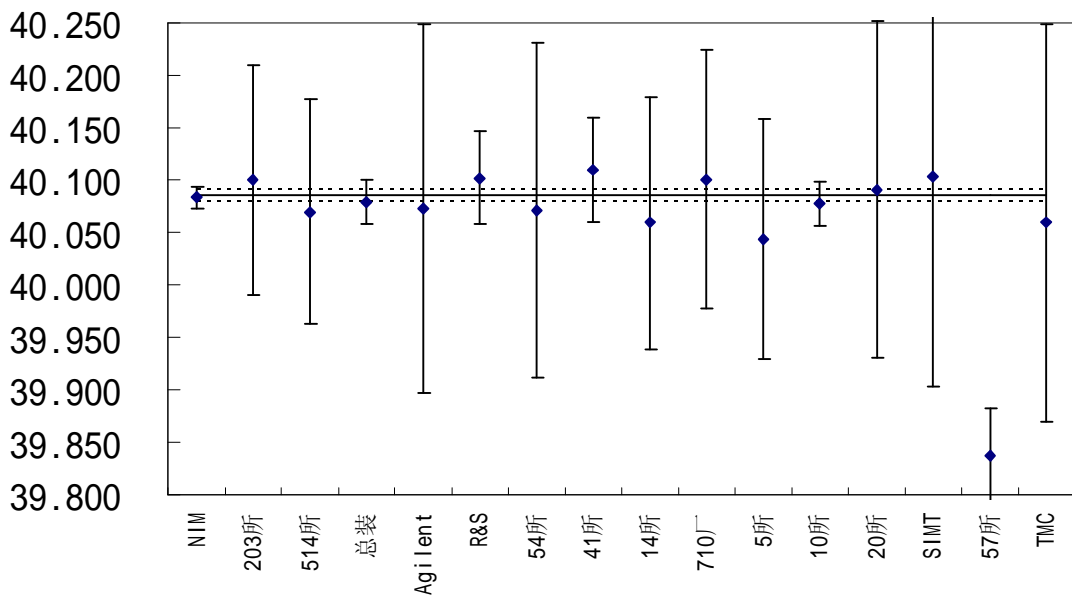


图5-3 5GHz, 60dB

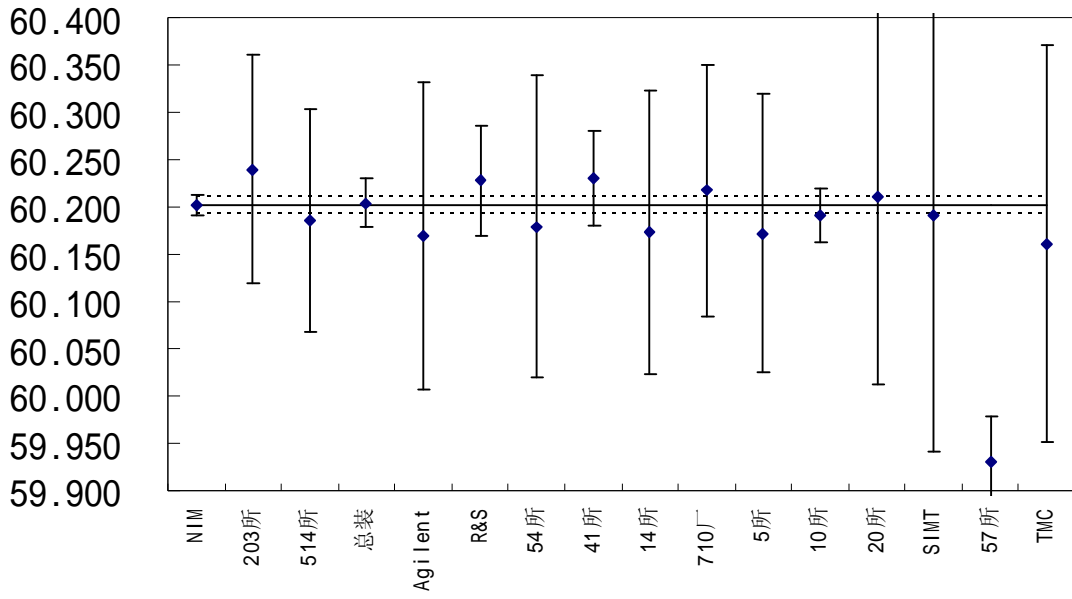


图5-4 5GHz, 80dB

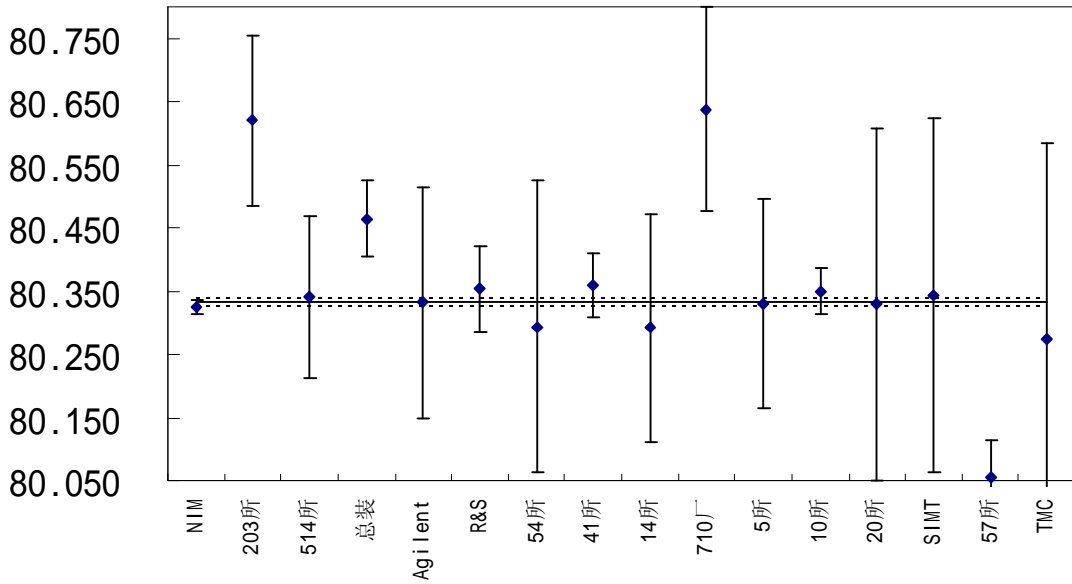
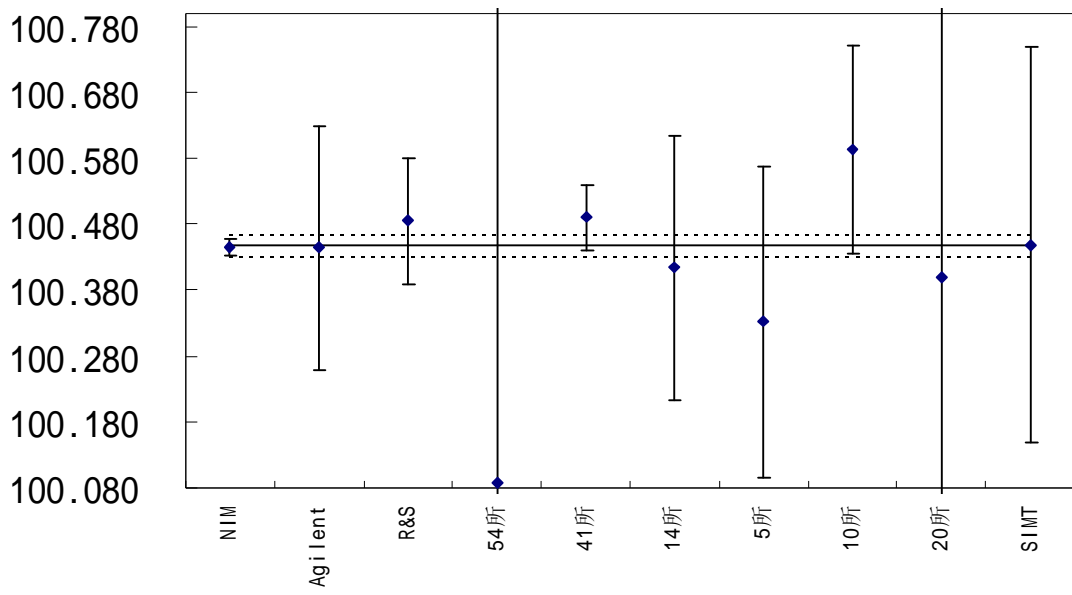


图5-5 5GHz, 100dB





比对等效性

表 6-1 60MHz, 20dB 的等效性, 注: 等效性的不确定度的覆盖因子 k=95%

| 实验室     | 实验室数据  |       | 等效性 (与参考值) |       | 等效性 (与主持实验室) |       |
|---------|--------|-------|------------|-------|--------------|-------|
|         | 测量值    | 不确定度  | 等效性        | 不确定度  | 等效性          | 不确定度  |
| 参考值     | 20.120 | 0.002 |            |       |              |       |
| NIM     | 20.119 | 0.002 | 0.001      | 0.005 |              |       |
| 203 所   | 20.120 | 0.020 | 0.000      | 0.040 | -0.001       | 0.040 |
| 514 所   | 20.182 | 0.072 | -0.062     | 0.122 | -0.063       | 0.144 |
| 总装      | 20.110 | 0.009 | 0.010      | 0.018 | 0.009        | 0.018 |
| Agilent | 20.124 | 0.093 | -0.004     | 0.185 | -0.005       | 0.185 |
| R&S     | 20.117 | 0.013 | 0.003      | 0.026 | 0.002        | 0.026 |
| 54 所    | 20.120 | 0.060 | 0.000      | 0.120 | -0.001       | 0.120 |
| 41 所    | 20.130 | 0.050 | -0.010     | 0.100 | -0.011       | 0.100 |
| 14 所    | 20.122 | 0.040 | -0.002     | 0.080 | -0.003       | 0.080 |
| 710 厂   | 20.123 | 0.027 | -0.003     | 0.053 | -0.004       | 0.054 |
| 5 所     | 20.111 | 0.023 | 0.009      | 0.047 | 0.008        | 0.047 |
| 10 所    | 20.116 | 0.015 | 0.004      | 0.030 | 0.003        | 0.030 |
| 20 所    | 20.121 | 0.029 | -0.001     | 0.058 | -0.002       | 0.058 |
| SIMT    | 20.117 | 0.020 | 0.003      | 0.040 | 0.002        | 0.040 |
| 57 所    | 20.118 | 0.044 | 0.002      | 0.088 | 0.001        | 0.088 |
| TMC     | 20.119 | 0.070 | 0.001      | 0.140 | 0.000        | 0.140 |

表 6-2 60MHz, 40dB 的等效性, 注: 等效性的不确定度的覆盖因子 k=95%

| 实验室     | 实验室数据  |       | 等效性 (与参考值) |       | 等效性 (与主持实验室) |       |
|---------|--------|-------|------------|-------|--------------|-------|
|         | 测量值    | 不确定度  | 等效性        | 不确定度  | 等效性          | 不确定度  |
| 参考值     | 40.067 | 0.003 |            |       |              |       |
| NIM     | 40.066 | 0.002 | 0.001      | 0.005 |              |       |
| 203 所   | 40.080 | 0.046 | -0.013     | 0.093 | -0.014       | 0.092 |
| 514 所   | 40.125 | 0.078 | -0.058     | 0.132 | -0.059       | 0.156 |
| 总装      | 40.056 | 0.015 | 0.011      | 0.030 | 0.010        | 0.030 |
| Agilent | 40.064 | 0.092 | 0.003      | 0.185 | 0.002        | 0.185 |
| R&S     | 40.068 | 0.018 | -0.001     | 0.036 | -0.002       | 0.036 |
| 54 所    | 40.071 | 0.060 | -0.004     | 0.120 | -0.005       | 0.120 |
| 41 所    | 40.110 | 0.050 | -0.043     | 0.085 | -0.044       | 0.100 |
| 14 所    | 40.082 | 0.080 | -0.015     | 0.160 | -0.016       | 0.160 |
| 710 厂   | 40.076 | 0.053 | -0.009     | 0.107 | -0.010       | 0.107 |
| 5 所     | 40.061 | 0.046 | 0.006      | 0.093 | 0.005        | 0.093 |
| 10 所    | 40.059 | 0.019 | 0.008      | 0.038 | 0.007        | 0.038 |
| 20 所    | 40.058 | 0.039 | 0.009      | 0.078 | 0.008        | 0.078 |
| SIMT    | 40.055 | 0.050 | 0.012      | 0.100 | 0.011        | 0.100 |
| 57 所    | 40.067 | 0.046 | 0.000      | 0.092 | -0.001       | 0.092 |
| TMC     | 40.062 | 0.103 | 0.005      | 0.207 | 0.004        | 0.206 |

表 6-3 60MHz, 60dB 的等效性, 注: 等效性的不确定度的覆盖因子 k=95%

| 实验室     | 实验室数据  |       | 等效性 (与参考值) |       | 等效性 (与主持实验室) |       |
|---------|--------|-------|------------|-------|--------------|-------|
|         | 测量值    | 不确定度  | 等效性        | 不确定度  | 等效性          | 不确定度  |
| 参考值     | 60.191 | 0.005 |            |       |              |       |
| NIM     | 60.185 | 0.003 | 0.006      | 0.012 |              |       |
| 203 所   | 60.210 | 0.069 | -0.019     | 0.139 | -0.025       | 0.139 |
| 514 所   | 60.245 | 0.088 | -0.054     | 0.149 | -0.060       | 0.176 |
| 总装      | 60.179 | 0.021 | 0.012      | 0.043 | 0.006        | 0.042 |
| Agilent | 60.190 | 0.093 | 0.001      | 0.187 | -0.005       | 0.186 |
| R&S     | 60.189 | 0.025 | 0.002      | 0.051 | -0.004       | 0.050 |
| 54 所    | 60.197 | 0.070 | -0.006     | 0.140 | -0.012       | 0.140 |
| 41 所    | 60.230 | 0.050 | -0.039     | 0.101 | -0.045       | 0.100 |
| 14 所    | 60.195 | 0.120 | -0.004     | 0.240 | -0.010       | 0.240 |
| 710 厂   | 60.193 | 0.074 | -0.002     | 0.149 | -0.008       | 0.149 |
| 5 所     | 60.165 | 0.104 | 0.026      | 0.208 | 0.020        | 0.208 |
| 10 所    | 60.166 | 0.026 | 0.025      | 0.053 | 0.019        | 0.053 |
| 20 所    | 60.177 | 0.049 | 0.014      | 0.099 | 0.008        | 0.098 |
| SIMT    | 60.171 | 0.110 | 0.020      | 0.220 | 0.014        | 0.220 |
| 57 所    | 60.181 | 0.048 | 0.006      | 0.012 | 0.004        | 0.096 |
| TMC     | 60.176 | 0.125 | 0.015      | 0.251 | 0.009        | 0.251 |

表 6-4 60MHz, 80dB 的等效性, 注: 等效性的不确定度的覆盖因子 k=95%

| 实验室     | 实验室数据  |       | 等效性 (与参考值) |       | 等效性 (与主持实验室) |       |
|---------|--------|-------|------------|-------|--------------|-------|
|         | 测量值    | 不确定度  | 等效性        | 不确定度  | 等效性          | 不确定度  |
| 参考值     | 80.289 | 0.010 |            |       |              |       |
| NIM     | 80.285 | 0.003 | 0.004      | 0.019 |              |       |
| 203 所   | 80.350 | 0.092 | -0.061     | 0.144 | -0.065       | 0.185 |
| 514 所   | 80.470 | 0.099 | -0.181     | 0.154 | -0.185       | 0.198 |
| 总装      | 80.424 | 0.059 | -0.135     | 0.093 | -0.139       | 0.118 |
| Agilent | 80.282 | 0.093 | 0.007      | 0.187 | 0.003        | 0.186 |
| R&S     | 80.290 | 0.030 | -0.001     | 0.063 | -0.005       | 0.060 |
| 54 所    | 79.934 | 0.180 | 0.355      | 0.279 | 0.351        | 0.360 |
| 41 所    | 80.360 | 0.050 | -0.071     | 0.080 | -0.075       | 0.100 |
| 14 所    | 80.291 | 0.160 | -0.002     | 0.321 | -0.006       | 0.320 |
| 710 厂   | 80.283 | 0.105 | 0.006      | 0.211 | 0.002        | 0.210 |
| 5 所     | 80.271 | 0.127 | 0.018      | 0.255 | 0.013        | 0.254 |
| 10 所    | 80.288 | 0.034 | 0.001      | 0.070 | -0.003       | 0.068 |
| 20 所    | 80.269 | 0.059 | 0.020      | 0.119 | 0.016        | 0.118 |
| SIMT    | 80.268 | 0.130 | 0.021      | 0.261 | 0.017        | 0.260 |
| 57 所    | 80.27  | 0.059 | 0.019      | 0.119 | 0.015        | 0.118 |
| TMC     | 80.297 | 0.221 | -0.008     | 0.442 | -0.013       | 0.441 |

表 6-5 60MHz, 100dB 的等效性, 注: 等效性的不确定度的覆盖因子 k=95%

| 实验室     | 实验室数据   |       | 等效性 (与参考值) |       | 等效性 (与主持实验室) |       |
|---------|---------|-------|------------|-------|--------------|-------|
|         | 测量值     | 不确定度  | 等效性        | 不确定度  | 等效性          | 不确定度  |
| 参考值     | 100.402 | 0.011 |            |       |              |       |
| NIM     | 100.397 | 0.019 | 0.005      | 0.043 |              |       |
| 203 所   |         |       |            |       |              |       |
| 514 所   |         |       |            |       |              |       |
| 总装      |         |       |            |       |              |       |
| Agilent | 100.441 | 0.104 | -0.039     | 0.209 | -0.044       | 0.212 |
| R&S     | 100.403 | 0.035 | -0.001     | 0.073 | -0.006       | 0.080 |
| 54 所    | 100.087 | 1.100 | 0.315      | 1.704 | 0.310        | 2.200 |
| 41 所    | 100.490 | 0.050 | -0.088     | 0.080 | -0.093       | 0.107 |
| 14 所    | 100.414 | 0.200 | -0.012     | 0.401 | -0.017       | 0.402 |
| 710 厂   | 100.382 | 0.134 | 0.021      | 0.269 | 0.015        | 0.271 |
| 5 所     | 100.388 | 0.192 | 0.014      | 0.385 | 0.009        | 0.386 |
| 10 所    | 100.399 | 0.118 | 0.003      | 0.236 | -0.002       | 0.238 |
| 20 所    | 100.351 | 0.069 | 0.051      | 0.140 | 0.046        | 0.143 |
| SIMT    | 100.378 | 0.190 | 0.024      | 0.381 | 0.019        | 0.382 |
| 57 所    | 100.304 | 0.063 | 0.098      | 0.100 | 0.093        | 0.132 |
| TMC     |         |       |            |       |              |       |

表 7-1 5GHz, 20dB 的等效性, 注: 等效性的不确定度的覆盖因子 k=95%

| 实验室     | 实验室数据  |       | 等效性 (与参考值) |       | 等效性 (与主持实验室) |       |
|---------|--------|-------|------------|-------|--------------|-------|
|         | 测量值    | 不确定度  | 等效性        | 不确定度  | 等效性          | 不确定度  |
| 参考值     | 20.116 | 0.004 |            |       |              |       |
| NIM     | 20.117 | 0.011 | -0.001     | 0.023 |              |       |
| 203 所   | 20.130 | 0.100 | -0.014     | 0.200 | -0.013       | 0.201 |
| 514 所   | 20.101 | 0.098 | 0.015      | 0.196 | 0.016        | 0.197 |
| 总装      | 20.109 | 0.020 | 0.007      | 0.041 | 0.008        | 0.046 |
| Agilent | 20.109 | 0.152 | 0.007      | 0.305 | 0.008        | 0.305 |
| R&S     | 20.125 | 0.034 | -0.009     | 0.068 | -0.008       | 0.072 |
| 54 所    | 20.103 | 0.140 | 0.013      | 0.280 | 0.014        | 0.281 |
| 41 所    | 20.130 | 0.050 | -0.014     | 0.100 | -0.013       | 0.102 |
| 14 所    | 20.087 | 0.090 | 0.029      | 0.180 | 0.030        | 0.181 |
| 710 厂   | 20.127 | 0.011 | -0.011     | 0.024 | -0.010       | 0.032 |
| 5 所     | 20.102 | 0.107 | 0.014      | 0.213 | 0.015        | 0.214 |
| 10 所    | 20.109 | 0.020 | 0.007      | 0.041 | 0.008        | 0.046 |
| 20 所    | 20.123 | 0.088 | -0.007     | 0.176 | -0.006       | 0.177 |
| SIMT    | 20.118 | 0.160 | -0.002     | 0.320 | -0.001       | 0.321 |
| 57 所    | 20.116 | 0.044 | 0.000      | 0.088 | 0.001        | 0.091 |
| TMC     | 20.084 | 0.171 | 0.032      | 0.343 | 0.033        | 0.344 |

表 7-2 5GHz, 40dB 的等效性, 注: 等效性的不确定度的覆盖因子 k=95%

| 实验室     | 实验室数据  |       | 等效性 (与参考值) |       | 等效性 (与主持实验室) |       |
|---------|--------|-------|------------|-------|--------------|-------|
|         | 测量值    | 不确定度  | 等效性        | 不确定度  | 等效性          | 不确定度  |
| 参考值     | 40.085 | 0.005 |            |       |              |       |
| NIM     | 40.083 | 0.011 | 0.002      | 0.024 |              |       |
| 203 所   | 40.100 | 0.110 | -0.015     | 0.220 | -0.017       | 0.221 |
| 514 所   | 40.070 | 0.107 | 0.015      | 0.214 | 0.013        | 0.215 |
| 总装      | 40.079 | 0.021 | 0.006      | 0.043 | 0.004        | 0.048 |
| Agilent | 40.072 | 0.176 | 0.013      | 0.352 | 0.011        | 0.353 |
| R&S     | 40.102 | 0.044 | -0.017     | 0.089 | -0.019       | 0.091 |
| 54 所    | 40.071 | 0.160 | 0.014      | 0.320 | 0.012        | 0.321 |
| 41 所    | 40.110 | 0.050 | -0.025     | 0.101 | -0.027       | 0.102 |
| 14 所    | 40.059 | 0.120 | 0.026      | 0.240 | 0.024        | 0.241 |
| 710 厂   | 40.101 | 0.123 | -0.016     | 0.246 | -0.018       | 0.247 |
| 5 所     | 40.044 | 0.114 | 0.041      | 0.228 | 0.040        | 0.229 |
| 10 所    | 40.077 | 0.021 | 0.008      | 0.043 | 0.006        | 0.047 |
| 20 所    | 40.091 | 0.160 | -0.006     | 0.320 | -0.008       | 0.321 |
| SIMT    | 40.104 | 0.200 | -0.019     | 0.400 | -0.021       | 0.401 |
| 57 所    | 39.837 | 0.046 | 0.248      | 0.078 | 0.246        | 0.095 |
| TMC     | 40.059 | 0.190 | 0.026      | 0.321 | 0.024        | 0.381 |

表 7-3 5GHz, 60dB 的等效性, 注: 等效性的不确定度的覆盖因子 k=95%

| 实验室     | 实验室数据  |       | 等效性 (与参考值) |       | 等效性 (与主持实验室) |       |
|---------|--------|-------|------------|-------|--------------|-------|
|         | 测量值    | 不确定度  | 等效性        | 不确定度  | 等效性          | 不确定度  |
| 参考值     | 60.202 | 0.010 |            |       |              |       |
| NIM     | 60.202 | 0.011 | 0.000      | 0.029 |              |       |
| 203 所   | 60.240 | 0.120 | -0.038     | 0.241 | -0.038       | 0.241 |
| 514 所   | 60.185 | 0.118 | 0.017      | 0.237 | 0.017        | 0.237 |
| 总装      | 60.204 | 0.026 | -0.002     | 0.055 | -0.002       | 0.057 |
| Agilent | 60.170 | 0.162 | 0.033      | 0.325 | 0.032        | 0.326 |
| R&S     | 60.228 | 0.058 | -0.026     | 0.117 | -0.026       | 0.118 |
| 54 所    | 60.179 | 0.160 | 0.023      | 0.321 | 0.023        | 0.321 |
| 41 所    | 60.230 | 0.050 | -0.028     | 0.102 | -0.028       | 0.102 |
| 14 所    | 60.173 | 0.150 | 0.029      | 0.301 | 0.029        | 0.301 |
| 710 厂   | 60.217 | 0.133 | -0.015     | 0.268 | -0.015       | 0.268 |
| 5 所     | 60.172 | 0.147 | 0.030      | 0.295 | 0.030        | 0.295 |
| 10 所    | 60.191 | 0.028 | 0.011      | 0.059 | 0.011        | 0.060 |
| 20 所    | 60.211 | 0.198 | -0.009     | 0.396 | -0.009       | 0.397 |
| SIMT    | 60.191 | 0.250 | 0.011      | 0.500 | 0.011        | 0.501 |
| 57 所    | 59.931 | 0.048 | 0.271      | 0.083 | 0.271        | 0.099 |
| TMC     | 60.161 | 0.210 | 0.041      | 0.356 | 0.040        | 0.421 |



表 7-4 5GHz, 80dB 的等效性, 注: 等效性的不确定度的覆盖因子 k=95%

| 实验室     | 实验室数据  |       | 等效性 (与参考值) |       | 等效性 (与主持实验室) |       |
|---------|--------|-------|------------|-------|--------------|-------|
|         | 测量值    | 不确定度  | 等效性        | 不确定度  | 等效性          | 不确定度  |
| 参考值     | 80.332 | 0.006 |            |       |              |       |
| NIM     | 80.325 | 0.011 | 0.007      | 0.025 |              |       |
| 203 所   | 80.620 | 0.134 | -0.288     | 0.219 | -0.296       | 0.268 |
| 514 所   | 80.340 | 0.128 | -0.008     | 0.256 | -0.016       | 0.257 |
| 总装      | 80.465 | 0.061 | -0.133     | 0.100 | -0.141       | 0.124 |
| Agilent | 80.332 | 0.183 | 0.000      | 0.367 | -0.007       | 0.367 |
| R&S     | 80.354 | 0.068 | -0.022     | 0.136 | -0.029       | 0.138 |
| 54 所    | 80.294 | 0.230 | 0.038      | 0.460 | 0.031        | 0.461 |
| 41 所    | 80.360 | 0.050 | -0.028     | 0.101 | -0.035       | 0.103 |
| 14 所    | 80.292 | 0.180 | 0.040      | 0.360 | 0.032        | 0.361 |
| 710 厂   | 80.638 | 0.161 | -0.306     | 0.264 | -0.314       | 0.324 |
| 5 所     | 80.331 | 0.165 | 0.001      | 0.330 | -0.006       | 0.331 |
| 10 所    | 80.350 | 0.036 | -0.018     | 0.072 | -0.025       | 0.075 |
| 20 所    | 80.329 | 0.278 | 0.003      | 0.556 | -0.004       | 0.556 |
| SIMT    | 80.344 | 0.280 | -0.012     | 0.560 | -0.019       | 0.561 |
| 57 所    | 80.055 | 0.060 | 0.277      | 0.099 | 0.269        | 0.122 |
| TMC     | 80.274 | 0.309 | 0.058      | 0.504 | 0.050        | 0.618 |

表 7-5 5GHz, 100dB 的等效性, 注: 等效性的不确定度的覆盖因子 k=95%

| 实验室     | 实验室数据   |       | 等效性 (与参考值) |       | 等效性 (与主持实验室) |       |
|---------|---------|-------|------------|-------|--------------|-------|
|         | 测量值     | 不确定度  | 等效性        | 不确定度  | 等效性          | 不确定度  |
| 参考值     | 100.447 | 0.017 |            |       |              |       |
| NIM     | 100.446 | 0.013 | 0.002      | 0.042 |              |       |
| 203 所   |         |       |            |       |              |       |
| 514 所   |         |       |            |       |              |       |
| 总装      |         |       |            |       |              |       |
| Agilent | 100.445 | 0.185 | 0.003      | 0.372 | 0.001        | 0.371 |
| R&S     | 100.485 | 0.096 | -0.038     | 0.195 | -0.039       | 0.194 |
| 54 所    | 100.088 | 1.100 | 0.359      | 1.704 | 0.358        | 2.200 |
| 41 所    | 100.490 | 0.050 | -0.043     | 0.105 | -0.044       | 0.103 |
| 14 所    | 100.414 | 0.200 | 0.033      | 0.401 | 0.032        | 0.401 |
| 710 厂   |         |       |            |       |              |       |
| 5 所     | 100.332 | 0.236 | 0.116      | 0.473 | 0.114        | 0.473 |
| 10 所    | 100.594 | 0.158 | -0.147     | 0.247 | -0.148       | 0.318 |
| 20 所    | 100.399 | 0.489 | 0.048      | 0.979 | 0.047        | 0.978 |
| SIMT    | 100.448 | 0.300 | -0.001     | 0.601 | -0.002       | 0.601 |
| 57 所    |         |       |            |       |              |       |
| TMC     |         |       |            |       |              |       |

## 8. 结论

本次全国衰减量值比对分成了两个比对环,主持实验室分别在每个比对环的开始和结束测量了比对传递标准,测量结果表明本次比对所用的传递标准在比对过程中是稳定的(其结果参见附录 D),满足本次比对的要求。

主持实验室以及各参加实验室严格按照比对协议测量传递衰减器,以及按比对报告格式提交测量报告,测量过程中的测量条件也满足本次比对的要求。

本次衰减比对参照了国际比对管理指南进行管理和运作,除时间有所延期之外,比对严格按照比对协议所规定的程序进行操作和管理,并及时向全国无线电计量技术委员会汇报。

比对的结果处理参照了国际比对的数据处理指南进行处理,科学、客观,并经过支持小组的审查。

**本次比对的结果是科学的、可靠的,本次比对是有效的。**

从比对结果分析来看,

- (1) 采用 VM-7 以及 VM-4 衰减测量装置的实验室的测量结果在 80dB 误差较大,因此其最大测量能力为 80dB;
- (2) 部分实验室的不确定度评定不合理,有的实验室不确定度评定过大,有的实验室在大量程的不确定度评定过小,也有实验室并没有给出不确定度评定的各分项。
- (3) 除个别实验室的部分量程外,大部分参加实验室的衰减测量能力与各实验室的声明能力是一致的。

## 参考文献

- [1]. John Howes (NPL UK), CCEM key comparison CCEM.RF-K19.CL draft-A report, 2006.6
- [2]. 高秋来, 衰减比对协议, 2006.8
- [3]. J. Randa (NIST USA), Proposal for KCRV & Degree of Equivalence for GTRF Key Comparisons, GTRF 2000-12
- [4]. J. Randa (NIST USA), Update to Proposal for KCRV & Degree of Equivalence for GTRF Key Comparisons, GTRF 2005-04

## 附录 A：测量结果处理方法

### 测量数据处理方法依照国际关键比对相应的方法进行处理

本衰减比对的测量结果处理完全依照当前国际关键比对的处理方法，见参考文献[3]，[4]

#### 一、离群值的判别

离群值是指含粗差即粗大误差或过失误差的测量值，当将离群值用于参考值计算时，其参考值会受离群值的影响而偏离实际值，增加了参考值的误差，因此对离群值的判别是非常重要的，目前在国际关键比对中，都普遍采用剔出离群值的方法。

判别用中位数方法。首先从各实验室提交的测量数据  $Y_i$  中找出中位数  $Y_{med}$ ，如式 (1)

$$Y_{meds} = \text{mediad}\{Y_i\} \quad (1)$$

从各实验室的测量数据  $Y_i$  与中位数  $Y_{med}$  的差值可计算标准偏差  $\sigma$ ，如式 (2)

$$s = k \cdot \text{medial}\{|Y_i - Y_{med}|\} \quad (2)$$

式中， $k$  的取值与参加实验室数  $N$  有关，它的取值如表 1 所示

表 1. 系数  $k$  的取值

|   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| k | 1.773 | 2.206 | 2.019 | 1.800 | 1.764 | 1.686 | 1.671 | 1.633 | 1.626 |
| N | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 20    | 25    | 50    | 100   |
| k | 1.602 | 1.596 | 1.581 | 1.577 | 1.566 | 1.544 | 1.530 | 1.507 | 1.494 |

当某实验室的测量值满足式 (3) 时，该实验室的测量被认为是离群值

$$|Y_i - Y_{med}| > 2.5 \cdot s \quad (3)$$

#### 二、参考值的计算

参考值的计算采用不加权平均的方法，参加参考值计算的实验室测量值不包含离群值，参考值  $RV$  用式 (4) 计算

$$RV = \frac{1}{N'} \sum_{i=1}^{N'} Y_i \quad (4)$$

式中，N' 值是用于参加参考值计算的实验室个数，即参加实验室数减去离群值数。

参考值 RV 的不确定度 u 用式 (5) 计算

$$u^2 = \frac{1}{N'(N'-1)} \sum_{i=1}^{N'} (Y_i - RV)^2 \quad (5)$$

### 三、 等效性计算

等效性是指实验室的测量值偏离参考值的程度（95%的置信概率）。各实验室的测量值的等效性计算用式 (6)

$$\Delta = RV - Y_i \quad (6)$$

实验室测量值的等效性的不确定度分为两类，一类是参加参考值计算的测量值的等效性的不确定度，另一类是没有参加参考值计算的测量值的等效性的不确定度，对于参加参考值计算的测量值的等效性的不确定度（95%的置信概率）的计算用式 (7)

$$U_{AR} = 2 \cdot \sqrt{u(Y_i)^2 + u(RV)^2} \quad (7)$$

对于没有参加参考值计算的测量值的等效性的不确定度（95%的置信概率）的计算用式 (8)

$$U_A = 2 \cdot \sqrt{u(RV)^2 + (1 - \frac{2}{N'})u(Y_i)^2} \quad (8)$$

式 (8) 中，N' 值是用于参加参考值计算的实验室个数，即参加实验室数减去离群值数。

### 四、 两个实验室之间的等效性计算

考虑到主持实验室 (NIM) 已参加了国际比对，并其量值与国际参考值是一致性很好的原因，给出参加实验室的测量值与主持实验室测量值的等效性及其等效性的不确定度。

实验室的测量值与主持实验室测量值的等效性计算用式 (9)

$$\Delta_{P-i} = Y_P - Y_i \quad (9)$$

式 (8) 中，Y<sub>P</sub> 是主持实验室测量值。

等效性 Δ P-i 的不确定度（95%的置信概率）的计算用式 (10)

$$U_{P-i} = 2 \cdot \sqrt{u(Y_P)^2 + u(Y_i)^2} \quad (10)$$

## 附录 B: 参加实验室的测量方法技术报告

### NIM

中国计量科学研究院与 2000 年建立 10kHz~18GHz 的国家衰减基准, 并于 2003 年用该基准参加国际衰减关键比对 (CCEM.RF-K19.CL), 该比对的量程 0dB~100dB, 测量频率为 60MHz 和 5GHz, 国际比对结果表明我国的衰减量值与国际参考之是一致的。

在本次全国衰减量值比对中, 中国计量科学研究院仍然用 10kHz~18GHz 的国家衰减基准测量衰减传递标准。10kHz~18GHz 的国家衰减基准的测量方法是低中频串联替代法, 以感应分压器 (IVD) 作为参考标准, 该参考标准溯源到中国计量科学研究院的交流比值标准 (IVD 标准)。

为了减小大衰减的有噪声引入的不确定度, 也应用射频部分替代法。在 60MHz 测量时, 采用同轴 10dB 固定衰减器作为隔离器, 在 5GHz 测量时, 采用环流器作为隔离器

参考文献:

高秋来, 新建立的衰减国家标准装置, 计量学报, 2004 年第一期

高秋来, 射频部分替代法的衰减测量分析, 现代测量, 2005 年 12 期

### 10 所

8902AT 具有测量准确度高、动态范围宽的调谐射频电平能力, 采用串联中频替代法和射频替代法相结合的原理。进行衰减测量。中频衰减器预先校准后, 将其修正值存储在 ROM 中, 采用微处理器对其误差进行实时修正。射频衰减器可随时用机内的中频衰减器校准, 具有与中频衰减器同样的准确度。

### 14 所

衰减测量的主标准器为 8902AT(加配 050 选件), 利用两只比较好的 10dB 衰减器做隔离, 采用中频替代法对被测衰减器进行十次测量。因此除开关重复性引入测量不确定度外, 不再引入测量不确定度。

### 41 所

测量方法描述：1. 设置信号源频率 60MHz，电平 10dBm；

2. 将接收机频率设置与信号源一致；
3. 将被测衰减器衰减值置为 0，读取当前值为参考值 P0 (0dB)；
- 4) 设置被测衰减器至 20dB；
- 5) 读取接收机读数 P1 (dB)；
- 6) 设置被测衰减器至 40/60/80/100/110dB，重复步骤 5，记录测试值(P2/P3/P4/P5/P6)；
- 7) 将信号源频率置为 5GHz，重复步骤 2 至 6。

注：由于在实验过程中，由于信号源输出电平不稳定，另外衰减器会产生开关切换的不确定性，因此，在每一个衰减读数后，应调节衰减器回到参考点进行验证。

## 54 所

中频替代法：VM7 型衰减和信号校准器与 8852 型变频器组成微波衰减标准装置，使用 E8257C 型 PSG-A 系列信号发生器输出 60MHz 或 5000MHz 信号，经 8852 变频器输出 30MHz 中频信号到 VM7 型衰减和信号校准器，衰减器设置为 0dB 时归零，然后衰减器分别设置为 20、40、60、80、100，在 VM7 上读数。连接好系统后，测量 20dB、40dB、60dB 衰减器时，DUT 两端分别加 10dB 和 20dB 隔离衰减器，使用 E8257C 型 PSG-A 系列信号发生器输出 +8dBm。测量 80dB、100dB 衰减器时，DUT 两端加 10dB 隔离衰减器，使用 E8257C 型 PSG-A 系列信号发生器输出 +18dBm。

## 203 所

系统采用直接测量法，即由衰减校准装置 VM-4 直接测量被测步进衰减器衰减量的方法，隔离器用以减小失配带来的测量误差。

## 514 所

VM-7 型衰减标准装置采用中频替代法测量衰减量。把微波频率上的被测衰减量通过混频器线性变化为固定 30MHz 中频衰减量，然后与装置中的标准衰减器输出信号相比较，由仪器内部自动调谐测出被测衰减量。



## Agilent

测量系统由安捷伦公司高性能频谱分析仪 E4440A 和信号源 E8257D 构成。E4440A 具有极大的动态范围及良好的线性度。测量时，未使用 10dB 固定衰减器。频谱分析仪 E4440A 接到 8496H 端口 1，信号发生器 E8257D 接到 8496H 端口 2。运用相对测量功能对步进衰减进行测量。

## R&S

标准用：ROHDE&SCHWARZ 接收机 FSMR

- 1) 根据测试比对协议，设置信号源频率至 60MHz，电平 10dBm；
- 2) 根据布置图连接测试设备，将接收机频率设置与信号源一致；
- 3) 将被测衰减器衰减值置为 0，设置接收机状态为相对电平测试，读取当前值为参考值  $V_0$  (0dB)；
- 4) 调节被测衰减器至 20dB
- 5) 读取接收机读数  $V_1$  (dB)；
- 6) 调节被测衰减器至 40/60/80/100/110dB，重复步骤 5，记录测试值；
- 7) 将信号源频率置为 5GHz，重复步骤 2 至 6。

注：由于在实验过程中，由于信号源输出电平会产生一定程度的波动，另外衰减器会产生开关切换的不确定性，因此，在每一个衰减读数后，应调节衰减器回到参考点进行验证

## 5 所

- 1 按右图连接测量系统。

| 信号发生器      | 6dB衰减器     | 步进衰减器      | 6dB衰减器     | 测量接收机      |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| E4438C     | 8491B      | 8496H      | 8491B      | 8902A/S    |
| MY45092969 | MY39262984 | MY42141577 | MY39262975 | 3403A03514 |

- 2 将信号发生器频率设为 60MHz 或 5GHz，在被测步进衰减器为 0dB 时，调节信号发生器的输出电平为 12dBm，使测量接收机输入端功率电平约为 0dBm。
- 3 设置被测步进衰减器为 0dB，设置测量接收机为调谐射频电平状态，按提示进行校准，并使其进入比值(dB)测量状态。
- 4 设置被测步进衰减器为被测位置，待测量接收机读数稳定后，记下其读数。
- 5 设置被测步进衰减器为其它被测位置，重复步骤 4 操作，对其它衰减量进行测量。

6 重复步骤 4-5 操作，进行下一遍测量。

## 总装

VM-7 型衰减校准装置采用的中频替代法,中频替代法的基本原理是用外差变频方法,将微波或高频信号线性地变换为固定的中频信号,然后用中频标准衰减器的衰减量来替代微波或高频通道中的被测衰减量,从而实现衰减的准确测量。

在实际测量中,首先将被测衰减器的起始位置定为参考,然后改变被检衰减器到第一个需要测量的刻度,此时 VM-7 显示的 dB 数为该刻度相对于起始位置的衰减量,记录测量结果。依次改变被检可变衰减器到各检定的刻度,VM-7 相应显示的 dB 数为各刻度相对于起始 0 刻度位置的衰减量,分别记录测量结果。

## 710 厂

根据测试比对协议,在本次比对中,我们以 AV1481C 作为激励信号源,并利用主持实验室提供的 10dB 衰减器作为隔离器(序列号为 MY39262041 的 10dB 衰减器接在输入端(左侧);序列号为 MY39262026 的 10dB 衰减器接在输出端(右侧)),在 60MHz 及 5GHz 两个频率点,采用 8902S 对 8496H 的待测衰减量分别进行了 10 次测量,测试步骤如下:

- 1) 根据协议,将信号源 AV1481C 频率设置至 60MHz,电平 15dBm;
- 2) 连接好测试设备,将接收机 8902S 初始化;
- 3) 将被测衰减器 8496H 衰减量置为 0,设置接收机为相对电平测试状态,并置相对零;
- 4) 调节被测衰减器至各待测值,并读取接收机读数;
- 5) 记录测试值;
- 6) 将信号源频率置为 5GHz,重复步骤 2 至 5。

## 20 所

采用 8902A 的 050 选件测量功能。

测量方法描述:采用 8902S 系统作为衰减校准装置,测量时隔离衰减器采用主实验室提供的固定衰减器。60MHz 频率点测量时探头采用 11722A,5000MHz 探头采用 11792A。

## SIMT

根据测试比对协议，设置信号源频率至 60MHz，电平 10dBm；将接收机频率设置与信号源一致；

将被测衰减器衰减值置为 0，设置接收机状态为相对电平测试，读取当前值为参考值 V0 (0dB)；

调节被测衰减器至 20dB；

读取接收机读数 V1 (dB)；

调节被测衰减器至 40/60/80/100dB，重复上述步骤，记录测试值；

将信号源频率置为 5GHz，重复以上步骤。

## 57 所

HP8902S with opt050

## TMC

用网络分析仪 E8362B 作为测量标准，先将网络分析仪校准，然后测量衰减器

## 附录 C：参加实验室提交的衰减测量报告（含不确定度评定）

# NIM

60MHz

| mean value | SU_tot | V_eff | SU_C1  | SU_C2  | SU_C3  | SU_C4  | SU_C5  | SU_C6  | SU_C7  | SU_C8 |
|------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 20.1188    | 0.0015 | 390   | 0.0003 | 0.0008 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0001 |       |
| 40.066     | 0.0016 | 323   | 0.0003 | 0.0008 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0007 |       |
| 60.1852    | 0.0025 | 227   | 0.0020 | 0.0008 | 0.0006 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0001 |       |
| 80.2846    | 0.0031 | 266   | 0.0020 | 0.0008 | 0.0007 | 0.0018 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0002 |       |
| 100.3971   | 0.0190 | 28    | 0.0030 | 0.0008 | 0.0032 | 0.0180 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0040 |       |

5GHz

| mean value | SU_tot | V_eff | SU_C1  | SU_C2  | SU_C3  | SU_C4  | SU_C5  | SU_C6  | SU_C7  | SU_C8 |
|------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 20.117     | 0.0111 | 106   | 0.0003 | 0.0110 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0001 |       |
| 40.0831    | 0.0111 | 106   | 0.0003 | 0.0110 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0004 |       |
| 60.2018    | 0.0112 | 126   | 0.0020 | 0.0110 | 0.0006 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0002 |       |
| 80.3245    | 0.0114 | 125   | 0.0020 | 0.0110 | 0.0007 | 0.0018 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0004 |       |
| 100.4457   | 0.0217 | 75    | 0.0030 | 0.0110 | 0.0032 | 0.0180 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0020 |       |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*

## 10 所

60MHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4   | SU_C5   | SU_C6 | SU_C7   | SU_C8 |
|------------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|
| 20.1160    | 0.01493 | 17    | 0.00800 | 0.00042 |         |         | 0.00030 |       | 0.01260 |       |
| 40.0590    | 0.01900 | 51    | 0.01600 | 0.00038 |         |         | 0.00030 |       | 0.01024 |       |
| 60.1660    | 0.02626 | 59    | 0.02400 | 0.00038 |         |         | 0.00030 |       | 0.01064 |       |
| 80.2880    | 0.03397 | 58    | 0.03200 | 0.00038 |         |         | 0.00030 |       | 0.01138 |       |
| 100.3990   | 0.11751 | 39    | 0.04000 | 0.00039 | 0.10400 | 0.10400 | 0.00030 |       | 0.03731 |       |
| 110.3680   | 0.15736 | 125   | 0.04400 | 0.00044 | 0.10400 | 0.10400 | 0.00030 |       | 0.03453 |       |

5GHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4   | SU_C5   | SU_C6 | SU_C7   | SU_C8 |
|------------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|
| 20.10900   | 0.02028 | 43    | 0.00800 | 0.01334 |         |         | 0.00030 |       | 0.01300 |       |
| 40.07700   | 0.02091 | 99    | 0.01600 | 0.01144 |         |         | 0.00030 |       | 0.00710 |       |
| 60.19100   | 0.02800 | 80    | 0.02400 | 0.01142 |         |         | 0.00030 |       | 0.00880 |       |
| 80.35000   | 0.03572 | 71    | 0.03200 | 0.01145 |         |         | 0.00030 |       | 0.01100 |       |
| 100.59400  | 0.15825 | 124   | 0.04000 | 0.01142 | 0.10400 | 0.10400 | 0.00030 |       | 0.04100 |       |
| 110.54300  | 0.15616 | 124   | 0.04400 | 0.00940 | 0.10400 | 0.10400 | 0.00030 |       | 0.02700 |       |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*

## 14 所

60MHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3 | SU_C4 | SU_C5 | SU_C6 | SU_C7   | SU_C8 |
|------------|---------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| 20.1220    | 0.04000 |       | 0.04000 | 0.00500 |       |       |       |       | 0.00100 |       |
| 40.0820    | 0.08000 |       | 0.08000 | 0.00500 |       |       |       |       | 0.00200 |       |
| 60.1950    | 0.12000 |       | 0.12000 | 0.00500 |       |       |       |       | 0.00200 |       |
| 80.2910    | 0.16000 |       | 0.16000 | 0.00500 |       |       |       |       | 0.00200 |       |
| 100.4140   | 0.20000 |       | 0.20000 | 0.00500 |       |       |       |       | 0.00400 |       |

5GHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3 | SU_C4 | SU_C5 | SU_C6 | SU_C7   | SU_C8 |
|------------|---------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| 20.08700   | 0.09000 |       | 0.04000 | 0.08200 |       |       |       |       | 0.00100 |       |
| 40.05900   | 0.12000 |       | 0.08000 | 0.08800 |       |       |       |       | 0.00200 |       |
| 60.17300   | 0.15000 |       | 0.12000 | 0.08500 |       |       |       |       | 0.00200 |       |
| 80.29200   | 0.18000 |       | 0.16000 | 0.08900 |       |       |       |       | 0.00400 |       |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*

# 41 所

60MHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4   | SU_C5   | SU_C6   | SU_C7   | SU_C8   |
|------------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 20.1200    | 0.05000 | ∞     | 0.00010 | 0.01000 | 0.04000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 40.0700    | 0.05000 | ∞     | 0.00010 | 0.01000 | 0.04000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 60.1900    | 0.05000 | ∞     | 0.00010 | 0.01000 | 0.04000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 80.2900    | 0.05000 | ∞     | 0.00010 | 0.01000 | 0.04000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.01000 | 0.00000 |
| 100.4100   | 0.05000 | ∞     | 0.00010 | 0.01000 | 0.04000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.01000 | 0.00000 |

5GHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4   | SU_C5   | SU_C6   | SU_C7   | SU_C8   |
|------------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 20.13000   | 0.05000 | ∞     | 0.00010 | 0.01000 | 0.04000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 40.11000   | 0.05000 | ∞     | 0.00010 | 0.01000 | 0.04000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 60.23000   | 0.05000 | ∞     | 0.00010 | 0.01000 | 0.04000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| 80.36000   | 0.05000 | ∞     | 0.00010 | 0.01000 | 0.04000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.01000 | 0.00000 |
| 100.49000  | 0.05000 | ∞     | 0.00010 | 0.01000 | 0.04000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.01000 | 0.00000 |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*



## 54 所

60MHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4 | SU_C5   | SU_C6 | SU_C7   | SU_C8 |
|------------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| 20.1200    | 0.06000 |       | 0.01000 | 0.05000 | 0.02000 |       | 0.00500 |       | 0.00000 |       |
| 40.0700    | 0.06000 |       | 0.02000 | 0.05000 | 0.03000 |       | 0.00500 |       | 0.00300 |       |
| 60.2000    | 0.07000 |       | 0.03000 | 0.05000 | 0.04000 |       | 0.00500 |       | 0.00600 |       |
| 79.9300    | 0.18000 |       | 0.16000 | 0.05000 | 0.05000 |       | 0.00500 |       | 0.00500 |       |
| 100.0900   | 1.10000 |       | 0.20000 | 0.05000 | 1.10000 |       | 0.00500 |       | 0.02000 |       |

5GHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4 | SU_C5   | SU_C6 | SU_C7   | SU_C8 |
|------------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| 20.10000   | 0.14000 |       | 0.01000 | 0.14000 | 0.02000 |       | 0.00500 |       | 0.00500 |       |
| 40.07000   | 0.16000 |       | 0.02000 | 0.16000 | 0.03000 |       | 0.00500 |       | 0.00300 |       |
| 60.18000   | 0.16000 |       | 0.03000 | 0.15000 | 0.04000 |       | 0.00500 |       | 0.00600 |       |
| 80.29000   | 0.23000 |       | 0.16000 | 0.16000 | 0.05000 |       | 0.00500 |       | 0.00500 |       |
| 100.09000  | 1.10000 |       | 0.20000 | 0.16000 | 1.10000 |       | 0.00500 |       | 0.04000 |       |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*

## 203 所

60MHz

| mean value | SU_tot | V_eff | SU_C1  | SU_C2  | SU_C3 | SU_C4 | SU_C5  | SU_C6  | SU_C7  | SU_C8 |
|------------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|
| 20.12      | 0.02   | > 50  | 0.0231 | 0.0015 | *     | *     | 0.0003 | 0.0003 | 0.0001 |       |
| 40.08      | 0.05   | > 50  | 0.0462 | 0.0013 | *     | *     | 0.0003 | 0.0022 | 0.0007 |       |
| 60.21      | 0.07   | > 50  | 0.0693 | 0.0015 | *     | *     | 0.0003 | 0.0030 | 0.0009 |       |
| 80.35      | 0.09   | > 50  | 0.0924 | 0.0013 | *     | *     | 0.0003 | 0.0085 | 0.0027 |       |

5GHz

| mean value | SU_tot | V_eff | SU_C1  | SU_C2  | SU_C3 | SU_C4 | SU_C5  | SU_C6  | SU_C7  | SU_C8 |
|------------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|
| 20.13      | 0.10   | > 50  | 0.0231 | 0.0945 | *     | *     | 0.0003 | 0.0023 | 0.0007 |       |
| 40.10      | 0.11   | > 50  | 0.0462 | 0.0962 | *     | *     | 0.0003 | 0.0027 | 0.0009 |       |
| 60.24      | 0.12   | > 50  | 0.0693 | 0.0944 | *     | *     | 0.0003 | 0.0040 | 0.0013 |       |
| 80.62      | 0.13   | > 50  | 0.0924 | 0.0967 | *     | *     | 0.0003 | 0.0055 | 0.0017 |       |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*

## 514 所

60MHz

| mean value | SU_tot | V_eff    | SU_C1 | SU_C2 | SU_C3 | SU_C4 | SU_C5 | SU_C6 | SU_C7 | SU_C8 |
|------------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 20.182     | 0.072  | $\infty$ | 0.017 | 0.038 | 0.004 | 0     |       |       | 0.001 | 0.058 |
| 40.125     | 0.078  | $\infty$ | 0.035 | 0.037 | 0.008 | 0     |       |       | 0.001 | 0.058 |
| 60.245     | 0.088  | $\infty$ | 0.052 | 0.038 | 0.012 | 0     |       |       | 0.001 | 0.058 |
| 80.470     | 0.099  | $\infty$ | 0.069 | 0.037 | 0.016 | 0     |       |       | 0.007 | 0.058 |

5GHz

| mean value | SU_tot | V_eff    | SU_C1 | SU_C2 | SU_C3 | SU_C4 | SU_C5 | SU_C6 | SU_C7 | SU_C8 |
|------------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 20.101     | 0.098  | $\infty$ | 0.017 | 0.077 | 0.004 | 0     |       |       | 0.001 | 0.058 |
| 40.070     | 0.107  | $\infty$ | 0.035 | 0.083 | 0.008 | 0     |       |       | 0.001 | 0.058 |
| 60.185     | 0.118  | $\infty$ | 0.052 | 0.088 | 0.012 | 0     |       |       | 0.001 | 0.058 |
| 80.340     | 0.128  | $\infty$ | 0.069 | 0.090 | 0.016 | 0     |       |       | 0.002 | 0.058 |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*

# Agilent

60MHz

| mean value | SU_tot | V_eff    | SU_C1   | SU_C2  | SU_C3 | SU_C4  | SU_C5  | SU_C6  | SU_C7 | SU_C8 |
|------------|--------|----------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 20.124     | 0.09   | $\infty$ | 0.0047  | 0.0058 | 0.06  | 0.0700 | 0.0005 | 0.0013 |       |       |
| 40.064     | 0.09   | $\infty$ | 0.00008 | 0.0063 | 0.06  | 0.0700 | 0.0005 | 0.0021 |       |       |
| 60.190     | 0.09   | $\infty$ | 0.0048  | 0.0064 | 0.06  | 0.0700 | 0.0005 | 0.0104 |       |       |
| 80.282     | 0.09   | $\infty$ | 0.0015  | 0.0064 | 0.06  | 0.0700 | 0.0005 | 0.0094 |       |       |
| 100.441    | 0.10   | $\infty$ | 0.0015  | 0.0064 | 0.06  | 0.0700 | 0.0005 | 0.0480 |       |       |

5GHz

| mean value | SU_tot | V_eff    | SU_C1 | SU_C2 | SU_C3 | SU_C4  | SU_C5  | SU_C6  | SU_C7 | SU_C8 |
|------------|--------|----------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 20.109     | 0.15   | $\infty$ | 0.11  | 0.051 | 0.06  | 0.0700 | 0.0005 | 0.0013 |       |       |
| 40.072     | 0.18   | $\infty$ | 0.13  | 0.075 | 0.06  | 0.0700 | 0.0005 | 0.0031 |       |       |
| 60.170     | 0.16   | $\infty$ | 0.11  | 0.075 | 0.06  | 0.0700 | 0.0005 | 0.0122 |       |       |
| 80.332     | 0.18   | $\infty$ | 0.14  | 0.074 | 0.06  | 0.0700 | 0.0005 | 0.0049 |       |       |
| 100.445    | 0.19   | $\infty$ | 0.14  | 0.075 | 0.06  | 0.0700 | 0.0005 | 0.0227 |       |       |

SU\_C1: *mismatch (port 1)*

SU\_C2: *mismatch (port 2)*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *display fidelite*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*

## R&S

60MHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1 | SU_C2 | SU_C3 | SU_C4 | SU_C5 | SU_C6 | SU_C7 | SU_C8 |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 20.1170    | 0.01300 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 40.0680    | 0.01800 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 60.1890    | 0.02500 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 80.2900    | 0.03000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 100.4030   | 0.03500 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 110.4120   | 0.03900 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

5GHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1 | SU_C2 | SU_C3 | SU_C4 | SU_C5 | SU_C6 | SU_C7 | SU_C8 |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 20.12500   | 0.01300 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 40.10200   | 0.01800 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 60.22800   | 0.02500 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 80.35400   | 0.03000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 100.48500  | 0.03600 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 110.56600  | 0.04400 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*

## 5 所

60MHz

| mean value | SU_tot | V_eff    | SU_C1 | SU_C2   | SU_C3 | SU_C4 | SU_C5  | SU_C6 | SU_C7  | SU_C8 |
|------------|--------|----------|-------|---------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 20.111     | 0.02   | $\infty$ | 0.023 | 0.00009 | 0.000 | 0.000 | 0.0006 |       | 0.0032 |       |
| 40.061     | 0.05   | $\infty$ | 0.046 | 0.00003 | 0.000 | 0.000 | 0.0006 |       | 0.0035 |       |
| 60.165     | 0.10   | $\infty$ | 0.104 | 0.00008 | 0.000 | 0.001 | 0.0006 |       | 0.0039 |       |
| 80.271     | 0.13   | $\infty$ | 0.127 | 0.00007 | 0.000 | 0.005 | 0.0006 |       | 0.0040 |       |
| 100.388    | 0.19   | $\infty$ | 0.185 | 0.00007 | 0.000 | 0.052 | 0.0006 |       | 0.0101 |       |

5GHz

| mean value | SU_tot | V_eff    | SU_C1 | SU_C2 | SU_C3 | SU_C4 | SU_C5  | SU_C6 | SU_C7  | SU_C8 |
|------------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 20.102     | 0.11   | $\infty$ | 0.023 | 0.005 | 0.10  | 0.000 | 0.0006 |       | 0.0029 |       |
| 40.044     | 0.11   | $\infty$ | 0.046 | 0.006 | 0.10  | 0.000 | 0.0006 |       | 0.0030 |       |
| 60.172     | 0.15   | $\infty$ | 0.104 | 0.006 | 0.10  | 0.000 | 0.0006 |       | 0.0059 |       |
| 80.331     | 0.16   | $\infty$ | 0.127 | 0.005 | 0.10  | 0.002 | 0.0006 |       | 0.0154 |       |
| 100.332    | 0.24   | $\infty$ | 0.185 | 0.005 | 0.10  | 0.017 | 0.0006 |       | 0.1024 |       |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*

## 总装

60MHz

| mean value | SU_tot | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4   | SU_C5   | SU_C6   | SU_C7 | SU_C8 |
|------------|--------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 20.110     | 0.009  | 68    | 0.00866 | 0.00375 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00029 | 0.00022 |       |       |
| 40.056     | 0.015  | 61    | 0.01443 | 0.00488 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00029 | 0.00044 |       |       |
| 60.179     | 0.021  | 53    | 0.02021 | 0.00375 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00029 | 0.00063 |       |       |
| 80.424     | 0.059  | 135   | 0.02598 | 0.00474 | 0.04082 | 0.03333 | 0.00029 | 0.00294 |       |       |

5GHz

| mean value | SU_tot | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4   | SU_C5   | SU_C6   | SU_C7 | SU_C8 |
|------------|--------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 20.109     | 0.020  | 72    | 0.00866 | 0.01768 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00029 | 0.00025 |       |       |
| 40.079     | 0.021  | 100   | 0.01443 | 0.01457 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00029 | 0.00051 |       |       |
| 60.204     | 0.026  | 94    | 0.02021 | 0.01590 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00029 | 0.00041 |       |       |
| 80.465     | 0.061  | 149   | 0.02598 | 0.01400 | 0.04082 | 0.03333 | 0.00029 | 0.00538 |       |       |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*

## 20 所

60MHz

| mean value | SU_tot  | V_eff    | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3 | SU_C4 | SU_C5   | SU_C6 | SU_C7   | SU_C8 |
|------------|---------|----------|---------|---------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|
| 20.1210    | 0.02900 | $\infty$ | 0.02900 | 0.00080 | /     | /     | 0.00100 | /     | 0.00000 | /     |
| 40.0580    | 0.03900 | $\infty$ | 0.03900 | 0.00170 | /     | /     | 0.00100 | /     | 0.00100 | /     |
| 60.1770    | 0.04900 | $\infty$ | 0.04900 | 0.00170 | /     | /     | 0.00100 | /     | 0.00000 | /     |
| 80.2690    | 0.05900 | $\infty$ | 0.05900 | 0.00170 | /     | /     | 0.00100 | /     | 0.00100 | /     |
| 100.3510   | 0.06900 | $\infty$ | 0.06900 | 0.00800 | /     | /     | 0.00100 | /     | 0.00100 | /     |

5GHz

| mean value | SU_tot  | V_eff    | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4   | SU_C5   | SU_C6 | SU_C7   | SU_C8 |
|------------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|
| 20.1230    | 0.08800 | $\infty$ | 0.07100 | 0.05200 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00100 | /     | 0.00000 | /     |
| 40.0910    | 0.16000 | $\infty$ | 0.15100 | 0.05400 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00100 | /     | 0.00000 | /     |
| 60.2110    | 0.19800 | $\infty$ | 0.19100 | 0.05200 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00100 | /     | 0.00100 | /     |
| 80.3290    | 0.27800 | $\infty$ | 0.27100 | 0.05400 | 0.01000 | 0.03000 | 0.00100 | /     | 0.00300 | /     |
| 100.3990   | 0.48900 | $\infty$ | 0.47100 | 0.05400 | 0.01000 | 0.12000 | 0.00100 | /     | 0.00800 | /     |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*



# 710 厂

60MHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4   | SU_C5   | SU_C6   | SU_C7   | SU_C8   | SU_C9   | SU_C10  |
|------------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 20.1227    | 0.02672 | /     | 0.01155 | 0.00000 | 0.02309 | 0.00000 | 0.00577 | 0.00000 | 0.00013 | 0.00231 | 0.00083 | 0.00288 |
| 40.0762    | 0.05337 | /     | 0.01155 | 0.00000 | 0.04619 | 0.02309 | 0.00577 | 0.00000 | 0.00013 | 0.00231 | 0.00079 | 0.00298 |
| 60.1930    | 0.07427 | /     | 0.01155 | 0.00000 | 0.06928 | 0.02309 | 0.00577 | 0.00000 | 0.00126 | 0.00231 | 0.00084 | 0.00282 |
| 80.2826    | 0.10499 | /     | 0.01155 | 0.00000 | 0.09238 | 0.04619 | 0.00577 | 0.00000 | 0.01260 | 0.00231 | 0.00079 | 0.00503 |
| 100.3818   | 0.13419 | /     | 0.01155 | 0.00000 | 0.00547 | 0.04619 | 0.00577 | 0.00000 | 0.12456 | 0.00231 | 0.00079 | 0.01244 |
| 110.3285   | 0.41123 | /     | 0.01155 | 0.00000 | 0.12702 | 0.04619 | 0.00577 | 0.00000 | 0.38376 | 0.00231 | 0.00056 | 0.05834 |

5GHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4   | SU_C5   | SU_C6   | SU_C7   | SU_C8   | SU_C9   | SU_C10  |
|------------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 20.1271    | 0.11360 | /     | 0.01155 | 0.10392 | 0.02309 | 0.00000 | 0.00577 | 0.00000 | 0.00013 | 0.00231 | 0.03735 | 0.00225 |
| 40.1006    | 0.12310 | /     | 0.01155 | 0.10392 | 0.04619 | 0.02309 | 0.00577 | 0.00000 | 0.00013 | 0.00231 | 0.03868 | 0.00446 |
| 60.2170    | 0.13349 | /     | 0.01155 | 0.10392 | 0.06928 | 0.02309 | 0.00577 | 0.00000 | 0.00126 | 0.00231 | 0.03818 | 0.00742 |
| 80.6384    | 0.16143 | /     | 0.01155 | 0.10392 | 0.09238 | 0.04619 | 0.00577 | 0.00000 | 0.01260 | 0.00231 | 0.03881 | 0.05250 |

SU\_C1: 检波器线性引入的标准不确定度

SU\_C2: 由混频器非线性引入的不确定度

SU\_C3: 中频量程转换引入的不确定度

SU\_C4: 射频量程转换引入的不确定度

SU\_C5: 1LSD 引入的测量不确定度

SU\_C6: 由噪声引入的测量不确定度

SU\_C7: 由于辅助信号发生器泄漏和窜绕引入的标准不确定度

SU\_C8: 由于辅助信号发生器幅度不稳引入的标准不确定度

SU\_C9: 由于失配引入的标准不确定度

SU\_C10: 被测衰减器测量重复性引入的标准不确定度

## 57 所

60MHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4  | SU_C5   | SU_C6  | SU_C7   | SU_C8 |
|------------|---------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|-------|
| 20.118     | 0.044dB |       | 0.011dB | 0.001dB | 0.041dB | 0.00dB | 0.006dB | 0.01dB | 0.000dB | /     |
| 40.067     | 0.046dB |       | 0.017dB | 0.001dB | 0.041dB | 0.00dB | 0.006dB | 0.01dB | 0.000dB | /     |
| 60.181     | 0.048dB |       | 0.023dB | 0.001dB | 0.041dB | 0.00dB | 0.006dB | 0.01dB | 0.000dB | /     |
| 80.270     | 0.059dB |       | 0.029dB | 0.002dB | 0.041dB | 0.03dB | 0.006dB | 0.01dB | 0.001dB | /     |
| 100.304    | 0.063dB |       | 0.035dB | 0.002dB | 0.041dB | 0.03dB | 0.006dB | 0.01dB | 0.003dB | /     |

5GHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4  | SU_C5   | SU_C6  | SU_C7   | SU_C8 |
|------------|---------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|-------|
| 20.11600   | 0.044dB |       | 0.011dB | 0.001dB | 0.041dB | 0.00dB | 0.006dB | 0.01dB | 0.000dB | /     |
| 39.83700   | 0.046dB |       | 0.017dB | 0.001dB | 0.041dB | 0.00dB | 0.006dB | 0.01dB | 0.006dB | /     |
| 59.93100   | 0.048dB |       | 0.023dB | 0.001dB | 0.041dB | 0.00dB | 0.006dB | 0.01dB | 0.002dB | /     |
| 80.05500   | 0.060dB |       | 0.029dB | 0.002dB | 0.041dB | 0.03dB | 0.006dB | 0.01dB | 0.004dB | /     |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*

# SIMT

60MHz

| mean value | SU_tot | V_eff | SU_C1 | SU_C2 | SU_C3 | SU_C4 | SU_C5 | SU_C6 | SU_C7 | SU_C8 |
|------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 20.117     | 0.02   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 40.055     | 0.05   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 60.171     | 0.11   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 80.268     | 0.13   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 100.378    | 0.19   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

5GHz

| mean value | SU_tot | V_eff | SU_C1 | SU_C2 | SU_C3 | SU_C4 | SU_C5 | SU_C6 | SU_C7 | SU_C8 |
|------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 20.118     | 0.16   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 40.104     | 0.20   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 60.191     | 0.25   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 80.344     | 0.28   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 100.448    | 0.30   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*

TMC

60MHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2   | SU_C3   | SU_C4   | SU_C5   | SU_C6   | SU_C7   | SU_C8 |
|------------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 20.1186    | 0.06983 | 2     | 0.03400 | 0.00140 | 0.00700 | 0.00100 | 0.00100 | 0.00300 | 0.00100 |       |
| 40.0622    | 0.10323 | 2     | 0.05100 | 0.00140 | 0.00700 | 0.00100 | 0.00100 | 0.00300 | 0.00100 |       |
| 60.1764    | 0.12539 | 2     | 0.06200 | 0.00140 | 0.00700 | 0.00100 | 0.00100 | 0.00300 | 0.00500 |       |
| 80.2974    | 0.22071 | 2     | 0.11000 | 0.00140 | 0.00700 | 0.00100 | 0.00100 | 0.00300 | 0.00400 |       |

5GHz

| mean value | SU_tot  | V_eff | SU_C1   | SU_C2 | SU_C3   | SU_C4   | SU_C5   | SU_C6   | SU_C7   | SU_C8 |
|------------|---------|-------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 20.084     | 0.17146 | 2     | 0.08000 | 0.029 | 0.00700 | 0.00100 | 0.00100 | 0.00300 | 0.00700 |       |
| 40.0589    | 0.19001 | 2     | 0.09000 | 0.029 | 0.00700 | 0.00100 | 0.00100 | 0.00300 | 0.00500 |       |
| 60.1614    | 0.21043 | 2     | 0.10000 | 0.029 | 0.00700 | 0.00100 | 0.00100 | 0.00300 | 0.01300 |       |
| 80.2742    | 0.30855 | 2     | 0.15000 | 0.029 | 0.00700 | 0.00100 | 0.00100 | 0.00300 | 0.02000 |       |

SU\_C1: *reference standard*

SU\_C2: *mismatch*

SU\_C3: *system linearity*

SU\_C4: *leakage*

SU\_C5: *resolution*

SU\_C6: *connectors repeatability*

SU\_C7: *experimental standard uncertainty of the mean of 10 measurement*

## 附录 D 稳定性试验

本次全国衰减量值比对分成两个比对环，主持实验室在两个比对环的开始和结束分别对衰减出递标准进行了测量，以监视衰减出递标准的稳定性，测量结果表明衰减出递标准稳定性是好的，三次测量结果如下表所示：

60MHz 稳定性测量结果

| 量程 (dB) | 三次测量结果 (dB) |             |            |
|---------|-------------|-------------|------------|
|         | 2006 年 8 月  | 2006 年 10 月 | 2007 年 4 月 |
| 20      | 20.1195     | 20.1188     | 20.1171    |
| 40      | 40.0745     | 40.066      | 40.0638    |
| 60      | 60.1971     | 60.1852     | 60.1834    |
| 80      | 80.3107     | 80.2846     | 80.2799    |
| 100     | 100.4217    | 100.3908    | 100.3769   |

5GHz 稳定性测量结果

| 量程 (dB) | 三次测量结果 (dB) |             |            |
|---------|-------------|-------------|------------|
|         | 2006 年 8 月  | 2006 年 10 月 | 2007 年 4 月 |
| 20      | 20.0899     | 20.117      | 20.1196    |
| 40      | 40.0612     | 40.0831     | 40.0857    |
| 60      | 60.1822     | 60.2018     | 60.2051    |
| 80      | 80.308      | 80.3245     | 80.3282    |
| 100     | 100.4305    | 100.4457    | 100.4501   |

主持实验室所提交的数据采用中间一次的测量结果。

### 5GHz 数据分析：

主持实验室的第一次数据与后两次数据有一定的差别，主持实验室分析认为当初的环流器连接有误，在第二次测量前重新对环流器的反射参数进行了测量，并在后两次测量中，使用小反射系数的环流器作为测试端口。