

微波仪器操作基础

MICROWAVE INSTRUMENTATION OPERATIONS FUNDAMENTALS

王林林 王成 邸晶晶 / 主编



天津出版传媒集团
天津科学技术出版社

微波仪器操作基础

主 编：王林林 王 成 邸晶晶

图书在版编目(CIP)数据

微波仪器操作基础 / 王林林, 王成, 邸晶晶主编
— 天津 : 天津科学技术出版社, 2017. 4
ISBN 978-7-5576-2560-3

I. ①微… II. ①王… ②王… ③邸… III. ①微波技术 IV. ①TN015

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第070546号

责任编辑: 布亚楠

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社出版

出版人: 蔡 颢

天津市西康路35号 邮编 300051

电话: (022) 23332695 (编辑室)

网址: www.tjkjcb.com.cn

新华书店经销

廊坊市蓝菱印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 31.50 字数 500 000
2017年4月第1版第1次印刷
定价: 100.00元

编委会名单

主 编：王林林 王 成 邸晶晶

（排名不分先后，以拼音排序）

副主编：崔 琳 冯 雷 李凯峰

杨 帆 张 琴 朱月华

参编人员：胡卓林 李 姣 潘 琳

宋晓婵 徐靖玖 于 鹏

于 麒 张 军 赵文霞

周佳胜 周 挺

序

大多数的仪器使用者对自己操作的高端仪器的感情是复杂的：一方面仪器无疑是非常有用的，价格昂贵而又功能强大；另一方面，在开发仪器的操作使用和功能的过程中，又显得捉襟见肘。针对后一种情况，目前采用的方法是培训，而培训起到的效果十分有限，因为我们只对我们关心的内容感兴趣：培训的老师在上面讲了一天，除了我已经知道的，我只关心我目前遇到的困难，讲到的时候会认真听讲、记录、提问，对于暂时未涉及的领域还是采取自动忽略的态度。然而，培训漫漫，我很有可能在恍惚之间错过了我想听的那一段，结果就是，不管他讲的什么，我会在课间向他提问我的问题，解决眼前的问题。

本书在这一版本收集了几种常见且功能复杂的仪器，每种仪器搜集近百种的常见问题使用问题及其操作案例。当然，数量上还远远不足，因为我一个人能想到的问题十分有限。一个人和一种仪器搭档的时间越长，发现的问题越多，或者说经验越丰富。然而，我还比较年轻，所以不可能使用很多种仪器，并且每种都操作颇多，因此不能提供更大的样本空间。这就需要亲爱的广大读者帮忙，将本书未收录的但是您遇到过的问题发给我，将您的经验转化为工具，来帮助更广大的群体。

将向读者的求助放在首页，让我很焦虑，因为有人看书直接看正文，这样他就看不到我的求助；放在尾页我也焦虑，因为有人看完正文就把书合上，因此，我想把这段文字放在正文之中。但是这是一本工具类的书，没有人会从头读到尾，他很可能还是看不到，我焦虑至极，但是很快我找到了解决的方法：随机地在正文中插入若干个本文内容，利用我学过的概率论的知识，我知道，如此这般，这段求助被读者发现的可能将大大提高。我兴奋地将这个重大发现告知朋友，他们说这样不好，应该放在首页，我说明了我的考虑，他们默默不语并且十分焦虑。他们都是好人，我不想让他们焦虑，所以，还是放在了首页。

王林林

2016年11月29日

前言

新科技的应用给生活和工作带来了诸多方便，同时，困扰应运而生，尤其是在射频领域，仪器的特点鲜明：功能强大、价格昂贵、操作复杂。这让工作人员对仪器又爱又恨：爱它，因为价格不菲、功能强大，如果用得好，则可十分显著地提高工作效率；恨它，因为功能太多、操作复杂、说明书看不懂，而且，可能会坏。购买时，可能有销售人员上门培训，来个三五天的培训，但是只有三五天，再加上几百页的说明书，就算能听懂也记不住，而且，销售人员哪里知道使用人员的确切需求。不得不承认，有些时候，使用人员真地提不出具体的需求，射频工程师很质朴：有集成的功能我就用，效率高；没有也无所谓，自己想办法，我能力强。

基于以上原因，编者编写了这部《微波仪器操作基础》，为的是让工程师们将手中的仪器大胆地使用起来。注意！即便我们的能力再强，让手中价值百万的仪器只发挥几万元的功能也是不合算的！

本书作为一本工具书，采用了字典式的设计，章与章、节与节之间相互独立。读者若是需要，则直接打开目录，跳转到相应的章节，直接获取关心的内容，不必关心上下文，以提高工作效率。如果您有时间，您就可以按照目录顺序，一节节来熟悉仪器。如果您一遍看下来，您就会发现仪器的所有功能尽在掌握，换言之，本书用来培训也能物尽其用。

本书共分5部分。第一章介绍射频信号线缆和射频转接器的技术参数和适用范围；第二章频谱分析仪，从仪器的外观接口、安全操作、详细案例和外文菜单对照等几个方面进行介绍；第三章矢量网络分析仪，从仪器的外观接口、安全操作、详细案例和选型指南等几个方面进行介绍；第四章信号发生器，从仪器的外观接口和详细案例进行介绍；附录部分收集整理了部分读者可能需要的资料。

《微波仪器操作基础》一书由王林林、王成、邸晶晶主编。第一章由王林林、邸晶晶编写；第二章和第四章由王林林组织编写，胡卓林、李姣、徐靖玖、于麒、赵文霞参与案例搜集和编写；第三章由王成、潘琳组织编写，宋晓婵、周佳胜参与编写；附录部分由于鹏组织编写，周挺参与编写工作。编写工作历时很久，案例搜集困难重重，感谢以上工作人员付出的努力和耐心。本书内容有限，针对读者的困扰，定有照顾不周之处存在，望读者不惜笔墨，多多提点，编者定当改进。另由于编者水平有限，文中必有不当之处，欢迎读者批评指正，编者不胜感激。

王林林

2016年11月29日

目 录

第1章 射频电缆及转接器.....	001
第1节 射频电缆	001
1.1.1 前言	001
1.1.2 电缆分类	001
第2节 转接器	003
1.2.1 前言	003
1.2.2 连接器类型	003
第2章 频谱分析仪.....	010
第1节 外观及按键	010
2.1.1 仪器前面板	010
2.1.2 仪器后面板	012
第2节 安全操作	015
2.2.1 安全标识	015
2.2.2 仪器摆放	015
2.2.3 仪器供电	016
2.2.4 仪器操作	017
第3节 操作案例	018
2.3.1 如何显示校准信号	018
2.3.2 如何优化信号显示	018
2.3.3 如何设置Marker（标记）	019
2.3.4 如何移动Marker（标记）	019
2.3.5 如何峰值列表	020
2.3.6 如何筛选峰值列表	021
2.3.7 如何设置复位状态	021
2.3.8 如何调用复位状态	021
2.3.9 如何调用测量状态	022
2.3.10 如何存储测量状态	022

2.3.11 如何读取测量状态	022
2.3.12 什么是测量数据文件类型	023
2.3.13 如何保存文件	023
2.3.14 如何调用文件	024
2.3.15 如何截屏	025
2.3.16 如何设置中心频率	025
2.3.17 如何设置起始/终止频率	026
2.3.18 如何设置频率步进	026
2.3.19 如何设置频率偏移	026
2.3.20 如何设置自动调谐	026
2.3.21 如何设置信号跟踪	026
2.3.22 如何设置SPAN（扫频宽度）	027
2.3.23 如何设置全SPAN（扫频宽度）	027
2.3.24 如何设置零SPAN（扫频宽度）	027
2.3.25 如何调整频率测量范围	027
2.3.26 什么是分辨力带宽的选择性	028
2.3.27 如何设置RBW（分辨力带宽）	028
2.3.28 如何设置VBW（视频带宽）	029
2.3.29 如何设置[VBW/RBW]	029
2.3.30 如何设置[频宽/RBW]	030
2.3.31 如何设置[滤波器类型]	030
2.3.32 如何设置滤波器带宽	030
2.3.33 什么是占用带宽	030
2.3.34 如何设置扫描时间	030
2.3.35 如何设置单次/连续扫描	031
2.3.36 单次测量和单次扫描的区别	031
2.3.37 如何进行扫描设置	031
2.3.38 如何设置扫描点数	031
2.3.39 带宽、滤波器与扫描时间的相互作用	031
2.3.40 设置扫描时间的限制	032

2.3.41 手动配置扫描类型规则	032
2.3.42 如何判断信号分析仪寄生响应或剩余响应	033
2.3.43 如何配置FFT宽度	033
2.3.44 如何配置滤波器类型	033
2.3.45 如何配置滤波器带宽	033
2.3.46 如何设置参考电平	034
2.3.47 如何设置衰减值	034
2.3.48 如何设置最大混频器电平	034
2.3.49 如何设置刻度类型	035
2.3.50 如何是无源互调	035
2.3.51 如何设置纵轴显示范围	035
2.3.52 通过改变参考电平改变纵轴显示范围造成的影响	035
2.3.53 如何设置自动刻度	035
2.3.54 如何打开前置放大器	036
2.3.55 什么是触发	036
2.3.56 如何执行视频触发测量	036
2.3.57 如何执行外部触发测量	037
2.3.58 如何执行电源触发测量	037
2.3.59 如何执行突发信号触发测量	037
2.3.60 如何执行定时器触发测量	038
2.3.61 什么是测量控制	039
2.3.62 如何平均次数	039
2.3.63 如何平均类型	040
2.3.64 如何限定线测量	040
2.3.65 如何控制ADC抖动	040
2.3.66 什么是关联与自动参数设置	040
2.3.67 如何设置频率参考	041
2.3.68 如何进行输入端口设置	041
2.3.69 如何进行校准端口设置	041
2.3.70 如何执行校准	041

2.3.71 如何设置耦合方式	041
2.3.72 如何设置输入阻抗	042
2.3.73 如何设置重构信号输出	042
2.3.74 如何设置检波输出	043
2.3.75 如何设置高中频输出	043
2.3.76 什么是检波	044
2.3.77 什么是轨迹处理	045
2.3.78 如何配置轨迹	045
2.3.79 如何使用轨迹运算	045
2.3.80 如何使用轨迹拷贝	046
2.3.81 什么是Marker（标记）	046
2.3.82 如何激活Marker（标记）	047
2.3.83 如何使用差值标记比较同一个屏幕中的信号	047
2.3.84 如何使用差值标记功能比较不在同一屏幕上的信号	048
2.3.85 如何分辨两个等幅信号的测量	049
2.3.86 如何分辨两个不等幅信号的测量	051
2.3.87 如何识别信号分析仪产生的失真	052
2.3.88 如何快速谐波测量方法	054
2.3.89 如何精确谐波测量方法	056
2.3.90 如何利用射频衰减器测量小信号	058
2.3.91 如何利用分辨率带宽测量小信号	059
2.3.92 如何利用平均值检波和增加扫描时间测量小信号	060
2.3.93 如何利用视频平均测量小信号	061
2.3.94 如何利用频率计数功能提高频率分辨率和精度	062
2.3.95 如何测量信噪比	063
2.3.96 如何利用噪声标记功能测量噪声	064
2.3.97 如何测量AM信号调制速率和调制深度	065
2.3.98 如何利用解调波形测量AM幅度调制速率	067
2.3.99 如何利用解调波形测量AM调制深度	068
2.3.100 如何测量频率漂移信号	069

2.3.101 如何跟踪信号	070
2.3.102 如何应用幅度修正功能提高幅度测量准确度	071
2.3.103 如何测量信道功率	073
2.3.104 如何测量占用带宽	074
2.3.105 如何测量邻道功率	075
2.3.106 如何进行功率统计	077
2.3.107 如何测量突发功率	080
2.3.108 如何测量谐波失真	081
2.3.109 如何测量三阶交调	082
2.3.110 如何测量杂散发射	082
2.3.111 如何测量频谱发射模板	083
2.3.112 如何显示和设定限定线	085
第4节 选型指南	088
第5节 频谱仪菜单中文对照	090
第3章 矢量网络分析仪.....	102
第1节 外观及按键	102
3.1.1 网络分析仪前面板	102
3.1.2 网络分析仪后面板	109
3.1.3 网络分析仪显示界面	114
第2节 安全操作	115
3.2.1 网络分析仪加电、开机和关机	115
3.2.2 网络分析仪操作注意事项	116
3.2.3 网络分析仪和连接器的维护	116
第3节 操作案例	118
3.3.1 什么是轨迹 (Trace)	118
3.3.2 如何新建S参数测量轨迹	119
3.3.3 如何改变轨迹的激活状态	120
3.3.4 如何删除轨迹	123
3.3.5 如何移动轨迹	124
3.3.6 什么是通道 (Channel)	127

3.3.7 如何新建测量通道	128
3.3.8 如何改变测量通道的激活状态	129
3.3.9 如何关闭测量通道	131
3.3.10 如何复制测量通道	133
3.3.11 什么是窗口 (Window)	134
3.3.12 如何新建一个窗口	135
3.3.13 如何关闭窗口	136
3.3.14 如何使用全屏观察窗口	137
3.3.15 如何设置窗口排列	138
3.3.16 如何设置预配置的测量设置	144
3.3.17 如何复位网络分析仪	149
3.3.18 如何设置S参数测量类型	153
3.3.19 网络分析仪支持的测量数据格式	154
3.3.20 如何设置测量数据格式	157
3.3.21 如何设置频率	157
3.3.22 如何设置信号功率电平	160
3.3.23 网络分析仪支持的扫描类型	163
3.3.24 如何设置线性频率扫描	164
3.3.25 如何设置对数频率扫描类型	165
3.3.26 如何设置功率扫描类型	166
3.3.27 如何设置点频扫描类型	167
3.3.28 如何设置段扫描类型	167
3.3.29 如何设置插入和删除段	168
3.3.30 如何设置编辑段表	172
3.3.31 如何设置扫描时间	175
3.3.32 如何设置扫描点数	176
3.3.33 如何设置扫描设置	178
3.3.34 如何设置触发	179
3.3.35 如何设置中频带宽	185
3.3.36 如何设置扫描平均	187

3.3.37 如何设置系统阻抗	190
3.3.38 什么是校准	192
3.3.39 为什么要进行校准	192
3.3.40 测量参考平面的定义	192
3.3.41 需要校准的情况	193
3.3.42 网络分析仪测量时存在哪些测量误差	193
3.3.43 校准如何消除系统误差	199
3.3.44 网络分析仪支持的校准类型	201
3.3.45 如何开启校准向导	207
3.3.46 什么是校准件和校准标准	218
3.3.47 如何修改校准件定义和创建自定义校准件	220
3.3.48 什么是机械校准件	235
3.3.49 如何开展机械校准件校准	237
3.3.50 什么是电子校准ECal	245
3.3.51 如何开展电子校准件（ECal）校准	246
3.3.52 开展TRL校准的场合	251
3.3.53 使用不正确的校准件带来的影响	252
3.3.54 如何正确进行隔离校准	252
3.3.55 如何开展功率校准	253
3.3.56 如何建立和使用光标	261
3.3.57 如何设置轨迹运算与统计	274
3.3.58 如何设置极限测试	279
3.3.59 网络分析仪支持保存和回调的格式文件	284
3.3.60 如何保存文件	285
3.3.61 如何回调文件	287
3.3.62 如何保存图形文件	288
3.3.63 如何设置比例	290
3.3.64 如何设置状态栏显示	292
3.3.65 如何设置工具栏显示	294
3.3.66 如何设置表显示	299

3.3.67 如何显示或隐藏轨迹状态栏	303
3.3.68 如何显示和隐藏频率激励状态栏	305
3.3.69 如何设置轨迹标题	307
3.3.70 如何设置窗口标题	309
3.3.71 如何显示标题栏	310
3.3.72 如何设置存储数据轨迹	312
3.3.73 如何利用功率斜坡补偿附件的损耗	313
3.3.74 如何提高低损耗2端口器件的反射测量精度	315
3.3.75 如何提高网络分析仪的测试动态范围	316
3.3.76 如何提高长电延时器件的测量精度	319
3.3.77 如何降低测量噪声	322
3.3.78 如何设置降低接收机串扰	325
3.3.79 如何设置轨迹平滑	327
3.3.80 如何提高测量稳定性	329
3.3.81 如何提高扫描速度	331
3.3.82 如何提高多参数测量的效率	335
3.3.83 如何快速进行数据传输	338
3.3.84 如何设置和使用宏	339
3.3.85 如何提高高增益放大器测试精度	341
3.3.86 如何设置开关矩阵功能	344
3.3.87 如何测试增益压缩[高级测量]	348
3.3.88 如何测试互调频谱[高级测量]	356
3.3.89 如何测试扫频方式的互调失真[高级测量]	364
3.3.90 如何测试噪声系数[高级测量]	371
3.3.91 如何测试混频电路[高级测量]	380
3.3.92 如何实现单次连接多项测量[高级测量]	381
3.3.93 如何测试失配器等单端口器件	391
3.3.94 如何测试放大器	391
3.3.95 如何测试衰减器	392
3.3.96 如何测试隔离器	393

3.3.97 如何测试滤波器	394
3.3.98.如何测试移相器、空气线	395
3.3.99 如何测试定向耦合器	396
3.3.100 如何测试电缆	397
3.3.101 如何测试功分器、开关矩阵	398
3.3.102 如何进行连接器的测量连接	399
3.3.103 如何使用力矩扳手	402
3.3.104 如何进行静电放电 (ESD) 保护	402
第4节 选型指南	404
第4章 信号发生器.....	405
第1节 外观及按键	405
4.1.1 仪器前面板	405
4.1.2 仪器显示屏	408
第2节 操作案例	416
4.2.1 什么是表编辑器	416
4.2.2 什么是表编辑器软功能键	416
4.2.3 如何修改数据字段中的表项	417
4.2.4 如何设置输出频率	417
4.2.5 如何设置频率增量	417
4.2.6 如何设置参考频率	418
4.2.7 如何设置频率偏移	418
4.2.8 如何设置输出幅度	418
4.2.9 如何设置幅度增量	418
4.2.10 如何设置幅度参考	419
4.2.11 如何设置幅度偏移	419
4.2.12 如何设置单步进扫描	419
4.2.13 如何设置连续步进扫描	420
4.2.14 什么是列表扫描	420
4.2.15 如何使用步进扫描数据配置列表扫描	420
4.2.16 如何编辑列表扫描点	421

4.2.17 如何激活单扫描的列表扫描	421
4.2.18 什么是用户平坦度修正	422
4.2.19 如何创建用户平坦度修正	422
4.2.20 如何执行用户平坦度修正	423
4.2.21 如何手动执行用户平坦度修正	423
4.2.22 如何保存手动用户平坦度修正	423
4.2.23 如何应用用户平坦度修正	424
4.2.24 如何设置信号发生器出于监听模式	424
4.2.25 如何使用仪器状态寄存器	424
4.2.26 如何调用仪器状态	425
4.2.27 如何删除序列内的特定寄存器	425
4.2.28 如何删除序列内所有寄存器	425
4.2.29 如何删除所有序列	425
4.2.30 如何激活选件	425
4.2.31 如何配置GPIB接口	426
4.2.32 如何配置LAN接口	426
4.2.33 如何配置RS-232接口	426
4.2.34 如何配置AM调制输出	427
4.2.35 如何配置FM调制输出	427
4.2.36 如何配置 Φ M调制输出	427
4.2.37 如何配置脉冲调制输出	428
4.2.38 什么是LF输出	428
4.2.39 如何配置内部调制LF输出	429
4.2.40 如何配置函数发生器LF输出	429
4.2.41 如何激活预置的CDMA前向链路状态	429
4.2.42 如何创建用户自定义的CDMA前向链路状态	429
4.2.43 如何插入其他的CDMA前向链路状态	431
4.2.44 如何激活预置的CDMA反向链路状态	431
4.2.45 如何创建用户自定义的CDMA反向链路状态	432
4.2.46 如何插入其他的CDMA反向链路状态	433

4.2.47 如何将定制的CDMA2000状态存储	434
4.2.48 如何创建多载波CDMA2000波形	434
4.2.49 如何存储多载波CDMA2000波形	436
4.2.50 如何调用定制的多载波CDMA2000波形	436
4.2.51 如何使用FIR表编辑器创建FIR滤波器	436
4.2.52 如何使用FIR表编辑器修改FIR滤波器	439
4.2.53 如何对CDMA2000应用自定义 FIR滤波器	441
4.2.54 如何配置W-CDMA下行链路调制	441
4.2.55 如何自定义W-CDMA下行链路状态	441
4.2.56 如何削减波形	443
4.2.57 如何将信道修改应用于活动波形	443
4.2.58 如何存储W-CDMA下行链路状态	444
4.2.59 如何调用W-CDMA下行链路状态	444
4.2.60 如何自定义多载波W-CDMA状态	444
4.2.61 如何存储多载波W-CDMA状态	445
4.2.62 如何调用定制的多载波W-CDMA状态	445
4.2.63 如何创建预置W-CDMA上行链路状态	445
4.2.64 如何自定义W-CDMA上行链路状态	446
4.2.65 如何插入其他信道和修改I/Q设置	446
4.2.66 如何存储W-CDMA上行链路状态	447
4.2.67 如何调用W-CDMA上行链路状态	447
4.2.68 如何创建IS-95A CDMA调制	447
4.2.69 如何自定义IS-95A CDMA调制状态	448
4.2.70 如何存储IS-95A CDMA调制状态	448
4.2.71 如何调用IS-95A CDMA调制状态	449
4.2.72 如何自定义多载波IS-95A CDMA状态	449
4.2.73 如何存储多载波IS-95A CDMA状态	450
4.2.74 如何调用定制的多载波IS-95A CDMA状态	450
4.2.75 如何创建TDMA调制	450
4.2.76 如何自定义TDMA调制状态	450