

NB IoT 和 eMTC 测试平台

1. NB-IoT 基站测试解决方案

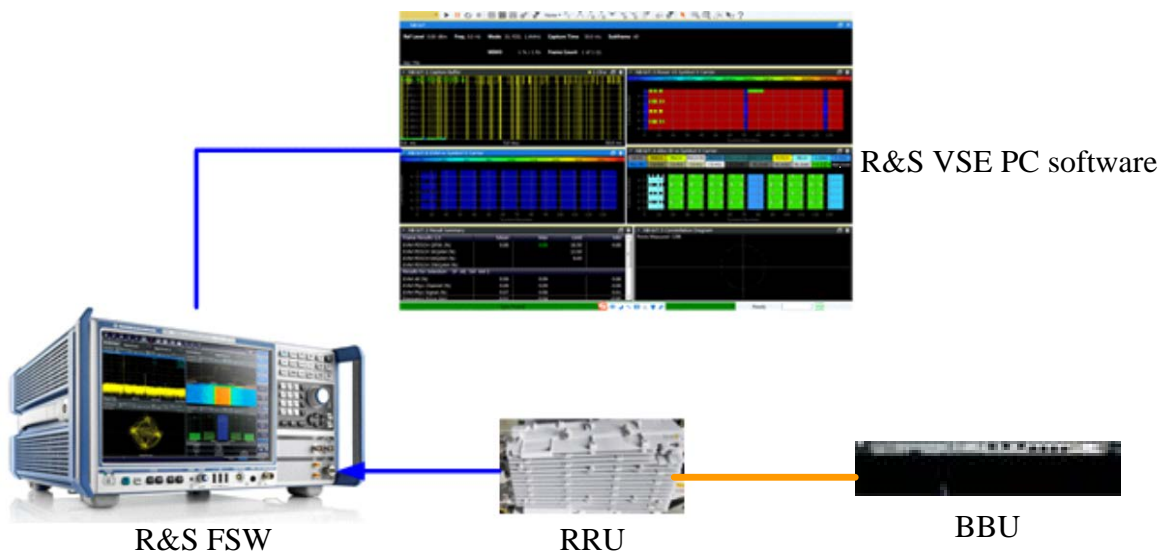
在通信网络的部署当中，测试仪器对于网络性能的验证至关重要。R&S公司一直走在NB-IoT测试验证的最前沿，在2016年6月NB-IoT标准冻结之日，R&S公司测试仪器的NB-IoT功能也正式发布。2016年底，与三大运营商和几大设备厂商（包括中兴、华为、爱立信、大唐等）之间就已经完成了NB-IoT基站的摸底测试。

1.1 基站实验室测试方案

罗德与施瓦茨是第一个提供NB-IoT基站测试方案的供应商，基于R&S测试仪器，可以产生与分析NB-IoT信号。NB-IoT测试方案基于完美的测试设备组合，由矢量信号发生器SMW200A和信号与频谱分析仪FSW组成，这两款仪器已经广泛应用于移动网络设备生产厂商的基站测试中。

1.1.1 NB-IoT 基站发射机测试

NB-IoT信号分析通过R&S的VSE矢量信号分析软件选件来实现，用户也可以通过软件把测试系统升级到具有NB-IoT功能，以确保NB-IoT生态系统的成功应用。

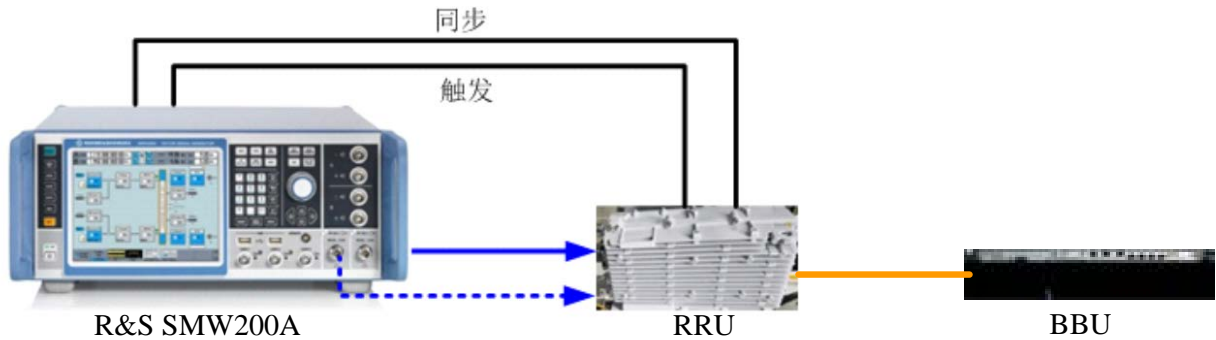


R&S FSW/FSV/FSVA/FPS 内置NB-IoT解调分析，也可以采用外置 VSE-K106的方案，可以非常方便灵活地完成NB-IoT的发射机测试，测试项完全符合3GPP标准要求。

1.1.2 NB-IoT 基站接收机测试

NB-IoT信号分析通过R&S的VSE矢量信号分析软件选件来实现，用户也可以通过软件把测试系统升级到具有NB-IoT功能，以确保NB-IoT生态系统的成功应用。

罗德与施瓦茨公司的矢量信号源SMW200A，内置NB-IoT的上行信号产生，其测试框图如下：



R&S SMW200A，是目前市场上唯一的一台双通道矢量信号源，可以通过单台仪表的方式完成NB-IOT的接收机测试，尤其是针对邻道选择性、阻塞、动态范围等指标的测试，不需要另外的信号源。同时，由于R&S SMW200A内置信道衰落和高斯白噪声，这个测试可以很容易的通过R&S SMW200A单台仪表实现。同时，R&S公司也提供产线级的测试仪表，如SMBV100B或SGT100A；

1.2 基站外场测试方案

为了保证 NB-IoT 网络运行的质量，R&S 公司提供专业的路测和网优测试解决方案。该方案由扫频仪与 ROMES 路测软件组成，在中国移动，中国联通和中国电信的实际网络部署中，都有广泛采用。

针对外场的基站维护，R&S 也提供了专业的测试方案。手持式频谱分析仪 FSH 可以对各种蜂窝信号进行解调，并且具备干扰查找和地图定位功能；天馈线测试仪 ZVH 可用于天馈线故障定位、器件测试等需求。

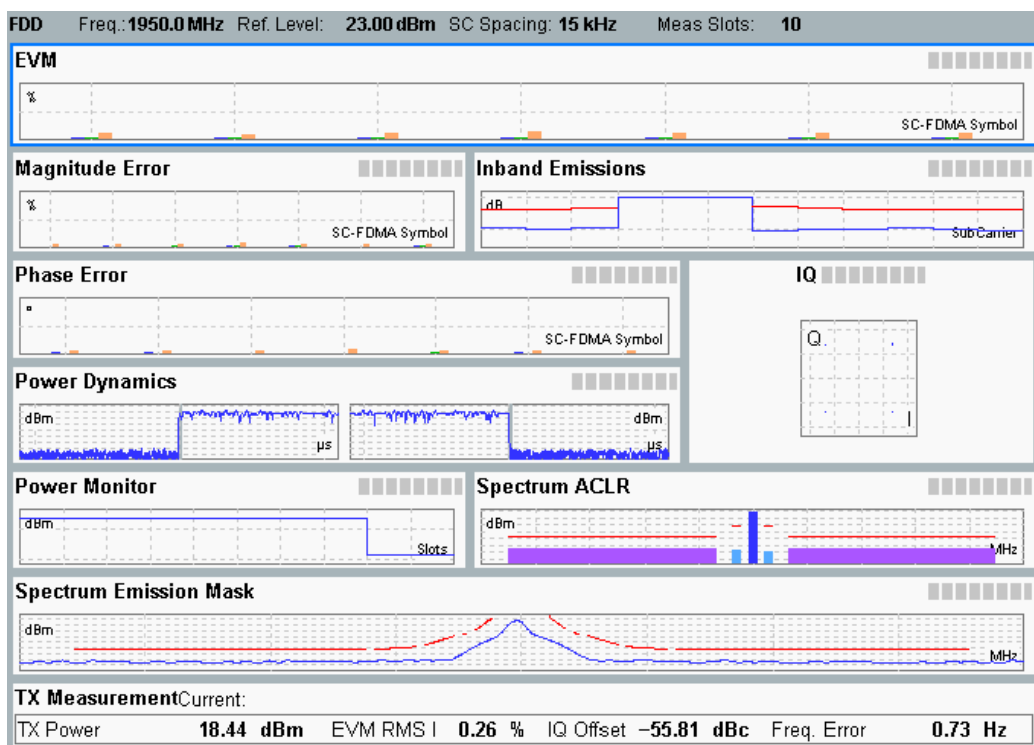
2. NB-IoT 终端测试解决方案

从 NB-IoT 产业链来看，终端的发展与系统设备的发展是相辅相成的。为了满足 NB-IoT 芯片及终端的产业发展需求，R&S 公司提供了完整的测试解决方案，覆盖射频、协议、数据测试等方面，并应用到芯片研发、生产、认证和服务等各个阶段。

2.1 NB-IoT 终端研发和生产射频测试方案

针对 NB-IoT 终端芯片研发阶段的射频测试，可以采用 FSW 和 SMW200A 的方案，这套信号源和频谱仪的组合，拥有最佳的性能和极高的灵活性，方便研发人员进行芯片算法分析验证和射频性能调试。R&S 无线综测仪 CMW500 和 CMW290 对于 NB-IoT 同时提供信令和非信令两种测试方案，涵盖了 3GPP 规范的各个测试项目。CMW500/290 除了支持 NB-IoT 以外，还可以支持传统的 2G/3G/4G 移动通讯技术和 WLAN、Bluetooth 等非蜂窝技术，从而用一台仪器可以测试具备多种无线技术的终端。基于 CMW500/290，R&S 开发了 CMWRun 软件来进行 NB-IoT 的自动化测试，帮助研发和测试工程师提高测试效率。对于生产射频测试，除了可用 CMW500/290 以外，还可用生产专用的 CMW100 实现高效的非信

令生产测试。它同样可以支持蜂窝和非蜂窝技术。



CMW500 和 CMW100

2.2 蜂窝物联网协议测试 —— R&S CMW500



随着通信技术的快速发展，网络之间的互联互通以及通信业务越来越依赖通信协议的发展。可以说，通信系统的正常运行和通信业务的顺利开展，首先就是取决于协议软件是否满足协议规范的要求，所以必须进行协议测试加以保证。协议测试的目的就是保证通信协议正确实现以及确保不同的通信设备之间可以互通互联。在通信测试中，协议测试仅仅是一种黑盒测试，它并不检查协议代码，而是按照协议标准，通过控制观察被测协议实现的外部行为对其进行评价。

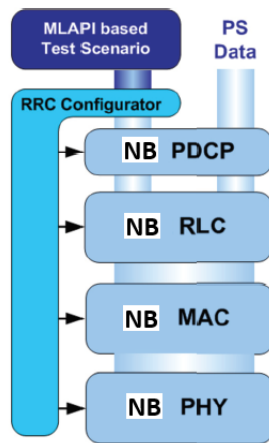
在无线终端测试的各个阶段，从早期的研发测试到最后的一致性验证测试以及运营商定制测试，对协

协议栈的验证都具有非常重要的作用。R&S 公司的 CMW500 无线终端信令测试仪，可以模拟目前主流的 GSM/WCDMA/LTE 及蜂窝物联网（包括 NB-IoT 及 eMTC）等各种无线通信技术基站，并对无线终端的协议栈进行详尽的测试。

使用 MLAPI 实现 C-IoT 协议研发测试

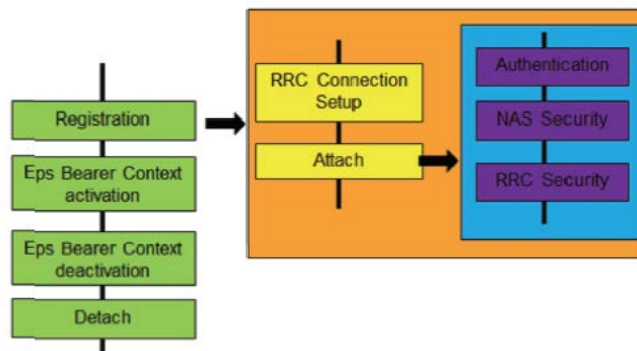
针对 NB-IoT/eMTC 的协议研发测试需求，CMW500 协议测试仪提供了 MLAPI（Medium-Layer API）编程接口，用于测试被测终端的信令流程。

MLAPI 测试场景利用 CMW500 中 RRC 层的一个服务接入点来进行信令测试，如下图所示，这个接入点主要进行空口端到端消息的传输交换。RRC 配置器自动配置底层的协议层，并且保证在 NB-IoT/eMTC 被测终端和网络侧之间交互信令消息的一致性。



RRC 配置器可以确保协议栈的一致性配置，并且也可以评估 MLAPI 测试场景和 UE 之间交互的消息。MLAPI 测试场景只是包含了 RRC/NAS 层消息的发送和回应，而协议栈中的 RRC 配置器，控制并且配置了底层协议栈。R&S 公司的 CMWcomposer 消息编辑器可以方便地进行 RRC/NAS 层消息内容的编辑，并可以保持消息本身和协议栈配置之间的一致性。由于协议消息内容保存为 xml 文件格式，它在 MLAPI 测试场景运行时才载入使用，所以对消息进行配置修改后，不需要进行编译就可以使用。只要测试场景的动态回应不变，也就是保持不同消息类型的序列不变，那么就可以创建新的测试场景，而不需要修改 C++的源代码。这使得新用户使用 MLAPI 进行测试变得很容易，甚至不需要任何 C++的知识。

为了简化 RRC/NAS 层信令场景的产生，CMW500 提供了一个 C++的类库，以及一些 NB-IoT/eMTC 测试场景的例子。C++类库中包含了 RRC 和 NAS 协议流程中状态机类需要的模块。下图图示了一个测试流程可以通过调用四个 MLAPI 的状态机来实现：UE 注册，激活和去激活一个 PDP 数据连接，以及最后发起一个去附着流程。其中注册流程分为 RRC Connection setup 和 Attach 两个流程；Attach 流程又分为 Authentication、NAS/RRC Security 三个子流程。MLAPI 状态机使用模块化的方式来构建，也就是说，在多个 MLAPI 状态机中使用的公共流程可以封装成单独的状态机。



由于可以把复杂的信令测试分解成不同模块，而且不需要重新编写所有的流程模块，因此使用 MLAPI 可以很快地实现复杂的信令测试，这对于 MLAPI 用户来说是很有益的。而且 MLAPI 还具有下面一些优点：面向对象的编程可以确保 C++源代码的结构很清晰；所有状态机都提供源代码，高级用户可以使用这些状态机作为他们自定义的状态机中的基本类；MLAPI 状态机和协议消息都以 XML 文件格式提供。

用 CMWCards 实现 C-IoT 协议研发测试

无线通信终端设备的开发必须进行日益复杂的测试，要编写各种测试用例，必须熟悉 3GPP 定义的协议流程，同时还需要懂得编程的技巧，必须依赖程序设计及通讯协议的专家方能完成。如今，通信技术发展日新月异，通信行业的竞争也日愈激烈，很多运营商都有自己特有的测试需求和测试用例，对于芯片和终端厂商来说，如何快速、有效地编写测试用例就显得尤为重要。

R&S 公司基于 MLAPI 已经开发并发布了一系列协议测试用例包。由于可以通过 CMWcomposer 修改任意的信令消息，并且可以通过修改 C++源代码来实现任意的信令流程，所以，可以满足用户所有的协议测试用例的需求。但是，由于使用该方案要求用户对代码的编程和 3GPP 的协议规范都比较熟悉，对于用户来说显得比较复杂，开发测试用例的效率比较低。而用户关心的是某个具体的测试用例，产品是否符合规范，是否可以在现有的网络使用进行验证，而不是花很多的时间去学习如何编程和研究 3GPP 的很多规范。

基于该考虑，R&S 公司在 CMW500 协议测试仪平台提供图形化界面编辑测试用例的软件用户接口 CMWcards。使用该接口，开发人员不需要具备程序开发的经验。CMWcards 接口就如同纸牌游戏般简单，通过简易的规则，用户即可建立功能性测试及减少实际网络联机问题。

CMWcards 提供相当广泛的 GSM/WCDMA/LTE/NB-IoT/eMTC 测试功能卡片，用户可以使用卡片拖放进行测试脚本的编辑及参数进行修改，进而编写出所需的测试用例。CMWcards 提供种类多样化的卡片，其中包括了程序设定、人机接口等，并可通过颜色定义来确保所建立的测试序列是实用的也是可用的；CMWcards 提供 GUI 界面，详尽地说明 3GPP 规范中的各种终端设备状态，并仅显示待测物所需的协议状态卡片，当用户创建完成测试脚本，即可在 CMW500 执行所需的测试项目。下图是使用 CMWcards 工具创建并编辑协议测试用例的示意图。



C-IoT 协议一致性测试

协议一致性测试的定义是：“一个一致性的实现应满足静态一致性需求和动态一致性需求，并与协议实现一致性声明（Protocol Implementation Conformance Statements, PICS）中所声明的功能相符合。”一致性测试主要是确定被测终端是否与标准规定一致。通常利用一组测试用例，在一定的网络环境下，对被测终端进行黑盒测试，通过比较 DUT 的实际输出与预期输出的异同，判定 DUT 是否与协议描述相一致。

一致性测试只关心协议实现呈现于外部的性能。对于手机行业来说，我们知道现在世界上很多手机的品牌，也有众多的移动通信网络设备的制造商，他们所生产出来的手机和网络设备被销往全球的不同地方，因此为了能保证不同厂商的手机和不同的网络设备之间能正常工作，通过一致性测试会提高人们对不同设备符合相应协议标准的置信程度，提高相同标准不同实现之间互连的概率。

在理想的情况下，不同手机厂商按相同协议标准生产出来的手机本应在不同网络设备厂商的网络环境下正常通信。但是实际情况并非如此，由于设计者对标准的不同理解，导致手机的某些性能要么偏离标准，要么是标准的一个子集。这些不同程度与标准不一致的手机将不能正常工作，因此需用统一的尺度来衡量手机的一致性，从而保证不同的手机之间，不同的手机和网络之间可以正常通讯。

因此，协议一致性测试是众多运营商强制要求的测试内容。作为终端厂家或者是手机芯片厂家，为了更好地验证终端的协议一致性要求，一致性测试一个非常重要的必不可少的环节。

NB-IoT/eMTC 的协议一致性测试用例的定义，均来自于 3GPP TS36.523-1。R&S 公司的协议一致性测试系统 CMW500 满足 NB-IoT/eMTC 的协议一致性测试，并被 GCF/PTCRB 两大认证组织认可。在 GCF/PTCRB 中，R&S CMW500 协议一致性测试平台的编号都是 92，可以覆盖 GSM/WCDMA/LTE/NB-IoT/eMTC 的所有协议一致性测试用例。

C-IoT 协议运营商定制测试

运营商定制的协议测试，通常用于运营商的选型测试中，一般是运营商根据自己的网络铺设特点，制定的一系列测试用例，一般可以认为是一致性测试的一个补充。

针对 NB-IoT，R&S 基于 CMW500 提供对于中国移动、中国电信、TMO-US、Dish 等运营商的定制测试用例。

针对 eMTC，R&S 基于 CMW500 提供对于 AT&T、VZW 等运营商的定制测试用例。

2.1.5 C-IoT 协议测试的订购信息

产品型号	主要特性	备注
协议测试仪 R&S CMW500	CMW-PS505, PK364, B500I*2, B450I, S570B/H, B570B/H*3, S590D, B590D CMW-KP030, KR313, MLAPI: KU300, KU301, KU302, KU314, KU503 CMWcards: KT022, KT026, KX340, KX341 PCT: KK300, KK305, NetOp: KO350, KY390, KX530~KX532, KX545~KX549, KY570, KAO76, KAO10,	

2.3 蜂窝物联网射频一致性测试 —— R&S CMW-IoT 及 TS8980

C-IoT 射频一致性测试

3GPP 不仅定义了 NB-IoT/eMTC 系统和终端的核心规范，而且还定义 NB-IoT/eMTC 终端一致性测试规范，其中终端射频一致性测试标准是 36.521-1。测试内容主要包括：终端的发射机特性、接收机特性和性能需求等射频指标。

针对 NB-IoT/eMTC 的射频一致性测试，R&S 提供两种 GCF/PTCRB 认可的方案：

- TS8980FTA-3 系统。该系统可以覆盖 GSM/WCDMA/LTE/NB-IoT/eMTC 的所有射频一致性测试用例。系统中的主要仪表包括：CMW500 协议测试仪；FSW26 频谱仪；SMW200A 信号源；NRP33S 功率计；SSCU3A/SSCU3B；CS-RUB6 时钟源；PC 用于运行 CONTEST 软件控制整个系统。
- CMW-IoT 系统。考虑到 C-IoT 产品的低成本性，R&S 针对 C-IoT 产品的认证需求，推出了 CMW-IoT 紧凑型方案。该系统由一台 CMW500 协议测试仪与一台 PC 组成，可以覆盖 NB-IoT/eMTC 的大部分用例。对于一些发射机/接收机频段外的测试用例以及一些需要使用信号源的接收机相关测试用例，则需要使用 TS8980FTA-3 系统进行测试。



针对 NB-IoT/eMTC 的射频一致性测试，R&S 的 TS8980FTA-3 及 CMW-IoT 系统都是 GCF/PTCRB 认可的一致性认证测试平台，平台号为 98。

2.2.2 C-IoT 射频一致性测试系统订购信息

TS8980FTA-3 测试系统订购信息：

产品型号	主要特性	备注
协议测试仪 CMW500	CMW-PS505, PK364, B500I*2, B450I, S570B/H, B570B/H*3, S590D, B590D CMW-KP030, KR313,	
频谱仪 FSW26	FSW-B3, B8, B28	
信号源 SMW200A	SMW-B10*2, B14*2, B13T, B81, B106, B220 SMW-K55, K62	
功率计 NRP33S		
射频通道 SSCU3A/3B		
时钟源 CS-RUB6		
主控机 PC	TS8-KT100, KT140 TS8-KL442~KL446	

CMW-IoT 系统订购信息：

产品型号	主要特性	备注
协议测试仪 CMW500	CMW-PS505, PK364, B500I*2, B450I, S570B/H, B570B/H*3, S590D, B590D CMW-KP030, KR313,	
主控机 PC	TS8-KT100, KT140 TS8-KL442, KL444, KL446	

2.4 蜂窝物联网 RRM 一致性测试 —— R&S CMW-IoT

C-IoT RRM 一致性测试

3GPP 36.521-3 定义了 NB-IoT/eMTC 终端 RRM (Radio Resource Management, 无线资源管理) 的测试标准, 测试无线终端的无线资源管理的性能。

NB-IoT 的测试内容主要包括：小区重选；RRC 重建；Timing 精度测试；Timing 调整测试；无线链路失败监测等；

eMTC 的测试内容主要包括：小区选择/重选；小区切换；RRC 重建及随机接入竞争解决；Timing 精度测试；Timing 调整测试；无线链路失败监测；测量报告上报；RSRP 上报等。

R&S CMW-IoT 系统用于 NB-IoT/eMTC 的 RRM 一致性测试，是 GCF/PTCRB 认可的测试平台，平台号为 96。系统由一台 CMW500 协议测试仪与一台 PC 组成。可以覆盖 NB-IoT/eMTC 的所有 RRM 一致性用例。

C-IoT RRM 一致性测试系统订购信息

产品型号	主要特性	备注
协议测试仪 CMW500	CMW-PS505, PK364, B500I*2, B450I, S570B/H, B570B/H*3, S590D, B590D CMW-KP030, KR313, KK042, KK047, KK030	
主控机 PC	TS8-KT100, KT140	

2.5 蜂窝物联网数据性能测试 —— R&S TS-PQA

C-IoT 数据性能测试

NB-IoT/eMTC 作为两种物联网接入技术，虽然速率比传统的 WCDMA/LTE 低很多，但是终端的数据性能同样不可忽视。针对无线终端的数据性能测试，R&S TS-PQA（Performance & Quality Analysis，性能质量分析）系统可以模拟真实使用场景包括各种信道场景状态下，无线终端所能获得的数据性能。针对 NB-IoT/eMTC，TS-PQA 可以覆盖中国移动、中国电信、AT&T、TMO-US、GSMA 等运营商及组织的测试需求。

C-IoT 数据性能测试系统 TS-PQA 的订购信息

产品型号	主要特性	备注
协议测试仪 CMW500	CMW-PS505, PK364, B500I*2, B450I, S570B/H, B570B/H*3, S590D, B590D CMW-KP030, KR313	
主控机 PC	TS8-KT100, KT140 PQA-KM923, KM924, KM853, KM235, KM735, KM130	

2.6 NB-IoT 终端耗电测试方案

对于 NB-IoT 来说，功耗测试相比于以往的 2G/3G/4G 技术，显得更为重要。而如何准确评估 NB-IoT 终端的耗电性能也成为一难题。R&S 基于其无线综测仪 CMW500、专门的功耗采集单元 RT-ZVC 和 CMWRUN 自动化软件平台，针对运营商的测试需求开发专门的测试用例，从而为客户提供了一个全面和经济的功耗性能测试解决方案。

2.7 NB-IoT 终端定位测试方案

定位业务作为 NB-IoT 的一项补充功能，也得到了中国移动等运营商的关注，目前 R&S 公司正在和运营商一起讨论，制定相应的测试规范来覆盖基于 NB-IoT 的终端定位测试。

3. 订购信息

CMW500 典型配置：

Option	Order No.	Description
CMW-PS505	1208.8921.06	R&S®CMW500 Basic Assembly (Mainframe), 70MHz to 3.3GHz
CMW-S100A	1202.4701.02	Baseband Measurement Unit with 1GByte digitizer memory
CMW-S550N	1202.4801.15	Baseband interconnection, flexible link
CMW-S570B	1202.5008.03	First RF Converter (TRX)
CMW-S052S	1202.4201.20	Solid State Drive (SSD)
CMW-S590A	1202.5108.03	RF Frontend, advanced functionality
CMW-S600B	1201.0102.03	CMW500 front panel with display/keypad
CMW-B690A	1202.5908.02	OcXO, high stability
CMW-B500I	1208.7954.10	Signaling Unit Advanced (SUA) for GSM, WCDMA, LTE, WLAN, NBIOT
CMW-B660H	1202.7000.09	Option Carrier, retrofittable in R&S Service,
CMW-B661H	1202.7100.09	Ethernet switch, retrofittable in R&S Service,
CMW-KS300	1211.1160.02	NB-IOT Release 13 signaling, network emulation
CMW-KM300	1211.1182.02	NB-IOT release 13 TX measurement, uplink
CMW-KW300	1211.0686.02	NB-IOT release 13 waveforms for ARB generator
CMW-KT051	1203.4157.02	General purpose, CMWrun sequencer software tool (software license)
CMW-KT052	1211.1682.02	C-IOT, CMWrun sequencer software tool including eMTC and NB-IoT

RTZVC04A 典型配置

Option	Order No.	Description
R&S® RT-ZVC04A	1326.0259.34	Multi-channel power probe, 4 current- and 4 voltage channels 5 MSa/s sampling rate, 18 bit resolution autoranging, version for R&S®CMWrun

CMW100 典型配置

Option	Order No.	Description
CMW100	1201.0002K03	Communications Manufacturing Test Set
CMW-S10C	1210.7006.04	CMW100 Compact Radio Test Head H10A (sel.)
CMA-Z053A	1173.6058.00	External power supply, AC 100V to 240V, DC 24V (acc.)
CMW100-Z053	1210.7870.02	DC cable "Y" for power supply CMA-Z53A (acc.)
CMW100-Z12	1204.7208.04	USB 3.0 cable for CMW100, lenght 1,8m (acc.)
CMW-PK461	1210.7129.02	CMW100, extended frequency range, 4 to 6 GHz (SL)
CMW-PKV191	1210.7306.03	CMW100, waveforms for ARB generator (SL)
CMW-KM300	1211.1182.02	NB-IOT release 13 TX measurement, uplink