



CNAS 技术报告

通信领域检测实验室 外部质量控制方法与实例 (征求意见稿)

中国合格评定国家认可委员会

目 录

前 言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	3
4 通信检测外部质量控制方法概述	3
5 通信检测外部质量控制计划的制定	4
5.1 通信检测外部质量控制计划制定的依据	4
5.2 通信检测外部质量控制计划的内容	4
5.3 通信检测外部质量控制方法的选择	4
5.3.1 能力验证	4
5.3.2 其他外部质量控制方法	6
6 通信检测外部质量控制活动的实施	6
6.1 能力验证的实施	6
6.1.1 能力验证检测前的准备工作	6
6.1.2 能力验证检测工作	7
6.1.3 能力验证材料报送工作	14
6.2 其他外部质量控制活动的实施	14
6.2.1 概述	14
6.2.2 方案制定	14
6.2.3 实施步骤	14
7 通信检测外部质量控制评价结果的确认及利用	16
7.1 样品稳定性与均匀性检验	16
7.1.1 概述	16
7.1.3 样品均匀性检验	18
7.2 外部质量控制评价结果的确认	19
7.2.1 概述	19
7.2.2 数据分布及处理	19
7.2.3 指定值及其不确定度	20
7.2.4 能力评定准则（判定值）	22
7.2.5 统计量及评定方法	22
7.2.6 图示法	23
7.2.7 其他可选择的比对结果评价方法	24
7.3 外部质量控制评价结果的利用	27
7.3.1 参加者结果为“满意/可接受”	27
7.3.2 参加者结果为“不满意/不可接受”或“有问题”	28
7.3.3 单次能力验证计划或实验室间比对的结果	29
7.3.4 连续能力验证计划或实验室间比对的结果	29
附录 A 射频辐射性能外部质量控制方法实例（辐射发射功率检测能力验证计划）	31
A.1 概述	31
A.2 样品制备	31
A.3 检测方法	32

A.4 结果统计及能力评价	33
A.5 技术分析及建议	39
附录 B 射频传导性能外部质量控制方法实例（5G 终端射频性能检测能力验证计划实例）	41
B.1 概述	41
B.2 样品制备	41
B.3 检测方法	43
B.4 结果统计及能力评价	44
B.5 技术分析及建议	48
附录 C 通信领域检测实验室间比对实例（数字移动通信终端音频性能（响度评定值） 测试实验室间比对）	51
C.1 概述	51
C.2 样品制备	51
C.3 测试方法	53
C.4 结果统计及能力评价	53
C.5 技术分析及建议	58
参考文献	60

前 言

本文件依据CNAS相关规则、准则、说明、指南等文件以及国际、国内标准中关于实验室质量控制的要求，并结合通信检测领域质量控制的特点而制定。

本文件旨在规范通信检测领域实验室外部质量控制活动，以确保实验室选择适当的外部质量控制方法，开展有效的质量控制活动，保证其检测结果的准确可靠。

本文件介绍了通信检测领域实验室外部质量控制方法及其相关要素，并在附录 A~C 中给出了外部质量控制方法实例。

本文件就外部质量控制方法给出指导性建议，所提供的方法和实例并非是唯一或最优的，仅为通信检测实验室开展外部质量控制活动提供参考。

本文件由中国合格评定国家认可委员会提出并归口。

本文件主要起草单位：中国合格评定国家认可中心、中国计量科学研究院、国家无线电监测中心检测中心、中国信息通信研究院、武汉网锐检测科技有限公司、中讯邮电咨询设计院有限公司、成都泰瑞通信设备检测有限公司

本文件主要起草人：龙跃、贾汝静、沈庆飞、陶洪波、张大元、唐维、姜秋红、张秩惟、张宇星、华广胜、沈雅琴、杨春、吕威、肖势川、牛年增、张京、王粤

通信领域检测实验室外部质量控制方法与实例

1 范围

本文件适用于通信领域检测实验室策划和实施外部质量控制活动，为实验室制定外部质量控制计划、选择和参加外部质量控制活动、利用外部质量控制结果提供指导性建议。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4883-2008 数据统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理

GB/T 6379.1-2004 测量方法与结果的准确度（正确度与精密度） 第1部分 总则与定义（ISO 5725-1:1994, IDT）

GB/T 15000.2-2019 标准样品工作导则 第2部分：常用术语及定义（ISO Guide 30:2015, IDT）

GB/T 19000-2016 质量管理体系 基础和术语（ISO 9000:2015, IDT）

GB/T 27043 合格评定 能力验证的通用要求（ISO/IEC 17043, IDT）

GB/T 28043-2019 利用实验室间比对进行能力验证的统计方法（ISO 13528:2015, IDT）

JJF1001-2011 通用计量术语及定义技术规范

ETSI TR 100 028-1 V1.4.1 (2001 -12) 电磁兼容和无线电频谱管理；移动无线电设备特性测量的不确定度；第1部分 [Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics; Part 1]

ETSI TR 100 028-2 V1.4.1 (2001 -12) 电磁兼容和无线电频谱管理；移动无线电设备特性测量的不确定度；第2部分 [Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics; Part 2]

CNAS-CL01 检测和校准实验室能力认可准则

CNAS-CL01-G002 测量结果的计量溯源性要求

CNAS-GL002 能力验证结果的统计处理和评价指南

CNAS-GL003 能力验证样品均匀性和稳定性评价指南

CNAS-RL02 能力验证规则

3 术语和定义

GB/T 6379.1、GB/T 15000.2、GB/T 19000、GB/T 27043、GB/T 28043、JJF 1001 界定的术语和定义适用于本文件。

4 通信检测外部质量控制方法概述

近年来，在产业结构调整及高质量发展的背景下，通信技术在国民经济各领域中的应用愈加广泛，对国民经济发展所起的作用越发重要，社会各行业也对通信检测领域的质量控制（以下简称质控）提出了更高的要求。

外部质控是确保实验室检测结果有效性的重要手段之一，包括能力验证、能力验证以外的实验室间比对（以下简称实验室间比对）。其中，能力验证作为国际上通行的实验室外部质控方法，有着较完善的管理和技术标准体系，是实验室开展外部质控活动的有效手段，也是评价和认可实验室能力的重要依据。

此外，实验室还可通过组织或参加实验室间比对，对自身检测结果进行检验。本文结合通信检测工作实际，给出外部质控工作中各要素、环节的一般信息，旨在对通信检测领域组织、实施、参与外部质控活动，利用外部质控活动结果提供帮助。同时，本文附录给出了通信检测领域外部质控方法实例，作为应用示范，为实验室开展和参与外部质控活动提供指导。

质控是为达到质量要求采取的作业技术和活动。对于实验室检测工作，质控活动贯穿于检测工作的全过程，实验室外部与内部质控活动是互相联系，共同作用的，开展质控活动仅采取某一种手段是不全面的，不能使质控活动的效果达到最佳，因此本文在描述通信检测领域外部质控方法及实例时，会涉及实验室内部质控的要素。同时，由于通信检测项目及参数众多，通信技术更新迭代较快，检测方法复杂多样，文中给出了广泛应用和较为成熟的外部质控方法和实例，未涵盖所有通信检测领域，且仅对一般情形进行描述，未涉及特殊情况。文中给出的外部质控方法及实例也不是唯一或最优的，仅对通信检测领域实验室开展外部质控活动提供参考。

5 通信检测外部质量控制计划的制定

5.1 通信检测外部质量控制计划制定的依据

通信领域检测实验室(以下简称实验室)可根据体系管理和技术方面的风险、实验室内部质控情况及管理部门和认可机构的要求,制定外部质量控制计划。实验室发现管理和技术方面的风险后,通过外部质控活动,对风险因素进行确认并采取相应措施,以确保管理体系实现预期结果及目标,预防或减少实验室活动中的不符合工作并实现改进,实验室常见风险因素参见 CNAS-RL02 和 CNAS-GL032。同时,实验室通过内部质控活动可发现风险和不符合工作,并以此为输入制定外部质控计划。此外,实验室应根据中国合格评定国家认可委员会(以下简称 CNAS)及其行政、行业主管部门及对质控工作的要求选择适当的外部质控方法,按规定的频率开展外部质控活动。

5.2 通信检测外部质量控制计划的内容

外部质控计划一般包括以下信息:质控活动的方式(能力验证或实验室间比对)、检测依据的方法标准、项目及参数(代表实验室关键能力,尽可能在一个复评审或管理评审周期内覆盖所有参数)、日程安排、检测地点、人员、针对外部质控活动评价结果的措施预案、外部质控活动频率等。

5.3 通信检测外部质量控制方法的选择

5.3.1 能力验证

5.3.1.1 参加能力验证的最低要求

根据 CNAS-RL02,实验室在初次认可、扩大认可范围时,只要存在可获得的能力验证,应至少参加过 1 次认可子领域的能力验证计划;同时,实验室在复评审或监督评审时,只要存在可获得的能力验证,应按 CNAS 的领域及频次要求参加过认可子领域的能力验证计划。实验室参加上述能力验证计划,应获得“满意/可接受”结果,或者结果为“有问题/可疑”但符合认可项目依据的标准或规范所规定的判定要求。由 CNAS-RL02,通信检测领域能力验证包括“射频辐射性能”及“射频传导性能”两个子领域,每个子领域最低参加频次为 1 次/2 年。对于不属于上述子领域的通信检测项目能力验证,鼓励实验室积极参加。此外,申请认可或已认可实验室应参加 CNAS 指定的能力验证计划。

5.3.1.2 选择能力验证计划的要求

实验室应优先选择 CNAS 认可的能力验证提供者（以下简称 PTP）及已签署 PTP 相互承认协议（MRA）的认可机构认可的 PTP 在其认可范围内运作的的能力验证计划。在上述能力验证不可获得时，可选择未签署 PTP MRA 的认可机构、国际认可合作组织、国际权威组织等组织的能力验证计划，选择各类能力验证计划的优先级，参见 CNAS-RL02。当实验室选择依据 ISO/IEC 17043 获准认可的 PTP 在其认可范围外运作的的能力验证计划，或行业主管部门、行业协会、其他机构组织的能力验证计划时，需对其提供的能力验证计划的方法、作业指导书、检测样品、指定值、能力评定方法等的适宜性进行核查，核查内容参见 CNAS-RL02。

5.3.1.3 选择能力验证计划需考虑的因素

实验室可根据其预期目标，能力验证样品的检测参数及方法与其日常检测参数及方法的一致程度，PTP 的技术服务水平等因素，选择参加满足其外部质控需求的能力验证计划。此外，从能力验证参加者数量来看，能力验证分为多个参加者的“一对多”能力验证计划及一个参加者的“一对一”能力验证计划（测量审核），鼓励实验室优先参加“一对多”能力验证计划。关于选择能力验证计划需考虑因素的详细信息，参见 CNAS-GL032。

5.3.1.4 能力验证资源的获取

CNAS 官网-获认可的机构名录中查询获 CNAS 认可 PTP 以及其认可的能力范围；也可以通过 CNAS 官网-能力验证专栏内的“中国能力验证资源平台”（以下简称平台）中发布的 PTP 以及能力验证计划等相关信息。；还可通过 PTP 官网获取拟参加能力验证计划的通知、报名表等信息。实验室获取满足条件的能力验证计划信息，并通过联系方式报名参加能力验证计划。

由于“中国能力验证资源平台”中的信息由 PTP 自行维护，CNAS 对其真实性不承担相关责任，也不保证其科学性及严谨性，同时可能有已认可 PTP 未在平台上发布信息，平台所列能力验证计划项目也可能未获 CNAS 认可。实验室应以 PTP 官方提供的能力验证计划信息为准，确认其是否满足本实验室参加能力验证的需求，并以 PTP 官方发布的检测时间、方法、样品规格及传递路径、结果报送方式等参与能力验证计划。

5.3.2 其他外部质量控制方法

通常，实验室应选择能力验证作为外部质控的有效手段，特别是应优先选择获 CNAS 认可的能力验证计划。当能力验证不可获得时，实验室可选择能力验证之外的实验室间比对进行外部质控。在通信领域检测项目中，目前 PTP 开展的能力验证计划仅涉及无线通信终端射频性能及辐射性能、移动通信天线及光通信检测领域，在通信协议、卫星通信等领域没有提供相关的能力验证计划。对于不能获得能力验证计划的检测项目，实验室可组织或参加实验室间比对。

当实验室组织实验室间比对时，应优先选择比对项目已获 CNAS 认可的检测实验室，行业内专家实验室作为参比实验室。选择实验室间比对的考虑因素，可参照 5.3.1.3 部分选择能力验证计划需考虑的因素。

6 通信检测外部质量控制活动的实施

6.1 能力验证的实施

6.1.1 能力验证检测前的准备工作

6.1.1.1 能力验证设计方案的核查

能力验证设计方案通常会给出能力验证计划的参加条件，样品特性、参数及其预期的量值范围，样品的均匀性及稳定性检验方法，检测方法，指定值及能力评定标准差的确定，能力评定方法等内容，包含了能力验证计划的关键信息。实验室如能获得能力验证计划设计方案，可根据方案中的信息确认其是否具备参加此项能力验证计划的条件，能力验证样品、检测参数及方法与日常检测样品、参数及方法是否一致，数据统计及能力评定方法是否合理等。如能力验证设计方案与本实验室外部质控需求存在偏离，实验室需考虑通过其他外部质控活动对检测结果进行监控。

6.1.1.2 能力验证检测方法的确认

PTP 一般以作业指导书的形式向参加者提供能力验证计划的检测方法，包括检测条件、参数设置、操作程序、检测参数、测量点及测量结果记录要求等信息。参加者可对作业指导书中规定的内容逐条进行确认，包括实验室的检测能力是否与能力验证计划规定的检测方法及条件相匹配，能力验证计划检测样品、参数及测量点是否与实验室日常检测类似等。如能力验证计划检测方法与本实验室检测能力存在偏离，参加者需与 PTP 确认其检测方法与能力验证计划规定方法的等

效性，或通过外部质控活动对检测结果进行监控。

6.1.2 能力验证检测工作

6.1.2.1 人员

建议能力验证计划参加者对能力验证计划检测、复核及审核人员的最低要求进行规定，包括受教育程度、技术职称及应具备的能力、技术、知识、经验、工作经历等条件。上述人员应了解参加能力验证计划检测项目的测量原理，熟悉检测项目相关方法标准等技术规范，了解被测样品检测结果的意义，并熟练掌握相关测量设备、设施的使用方法、操作步骤。同时，参加者需具备对上述人员进行授权和监督的制度并予以实施。如有需要，参加者应对上述人员进行培训，确保上述人员符合开展相关能力验证计划检测工作的要求。通信检测实验室检测人员应满足的要求，可参见 CNAS-CL01-A007。

6.1.2.2 检测设备及系统

通信检测项目能力验证计划参加者应具备检测所需的设备及系统。参加者可通过以下手段确保通信检测项目设备及系统符合检测要求。

a) 常规检查

定期检查测量设备及系统外观是否完整无破损、线缆连接是否牢固、接地是否良好（如有需要）、是否可以正常运行、计量性能是否符合相关技术规范要求、测量参数设置、测量条件是否符合检测工作要求等。

b) 自检及验证

具备自检功能的测量设备及系统，如无线通信终端音频性能检测使用的人工嘴、人工耳等，应根据设备及系统使用要求或需要进行自检，并通过自检结果对检测结果进行修正，以达到提高测量精度的目的。对于可进行验证的测量设备或系统，例如比吸收率（SAR）测量系统，可根据测量设备或系统的验证方法对其进行验证，以确认测量设备的精度是否满足技术规范的要求。设备自检或验证使用的测量设备应具有量值溯源性。

c) 量值溯源

对于影响检测结果的测量设备及系统，应按 CNAS-CL01、CNAS-CL01-G002 认可规范中对测量设备及系统计量溯源的要求，以及测量设备及系统相关计量检定规程、校准规范、产品标准、方法标准等技术规范制定量值溯源计划并予以实

施。

如通信终端射频性能检测使用的频谱分析仪、通信综合测试仪以及通信设备辐射杂散、基站天线及空中性能（OTA）检测使用的电波暗室、天线、接收机，无线通信终端音频性能检测使用的标准声源等，均应根据相关技术规范进行量值溯源。

d) 期间核查

对于具备计量特性（最大允许误差、准确度等）的测量设备、系统或标准物质，可通过对核查标准进行测量，判定测量设备、系统或标准物质是否符合技术规范中对其计量特性的要求。

除上述质量控制关键要素外，通信检测领域能力验证计划项目检测设备及系统的相关要求，可参见CNAS-CL01-A007。

6.1.2.3 样品

对于通信检测项目能力验证计划，PTP 通常会选择被测参数稳定性检验结果符合要求的通信终端设备或模组作为能力验证样品。为确保参加者对通信检测项目能力验证计划样品进行适当处置及正确测量，避免因样品因素导致检测结果不满意的情况出现，参加者应注意以下事项：

a) 参加者应严格按 PTP 要求对样品输出信号模式、参数等进行设置。

b) 对于需建立终端设备与基站连接的检测项目，检测前需确认样品与基站模拟器已按作业指导书参数配置要求建立稳定连接

c) 对于通过传导发射方式进行测试的通信终端样品，一般会配备信号测试线缆，线缆与通信终端设备信号输出接口的连接方式主要为胶封、焊接等。参加者在对能力验证样品进行包装、搬运、处置及检测时，应确保测试线缆与通信终端设备及测量设备连接到位且稳固，测试线缆没有过度弯折、扭转的情况，以确保样品测量结果的准确性及较好的稳定性和复现性。

d) 样品通过内部电池供电时，需确保检测过程电量充足。如作业指导书等技术规范中对检测样品电量有要求，则应确保检测时样品电量符合相关规定。

6.1.2.4 检测方法

a) 概述

PTP 一般会规定能力验证计划参加者依据通信检测项目广泛使用的标准方

法进行检测。同时，PTP 通常会选择通用、典型指标作为通信检测项目能力验证计划的检测参数，并从通讯终端设备常用的模式、工作信道、标准中规定的频率范围内以及限值附近选择测量点。这样可更准确的反映参加者在参数关键量值处的测量能力，对参加者给出客观、准确及全面的评价，进而通过能力验证更有效的反映参加者的检测能力。参加者进行能力验证计划检测工作时，应根据作业指导书中的规定配置参数，并按作业指导书中的操作要求及步骤对指定测量点进行检测。

b) 配置参数

符合能力验证计划要求的参数配置是检测工作正常开展的重要前提和保障，也是确保检测结果可比性及有效评价实验室能力的关键因素。因此，参加者应根据能力验证计划作业指导书及相关技术规范对检测参数及要求进行确认，如能力验证计划未明确某些必要的配置参数，参加者应联系 PTP 予以确认，以确保检测工作在规定的条件下实施。表 1 给出了部分通信检测项目能力验证计划主要的配置参数。

表 1 部分通信检测项目能力验证计划主要的检测配置参数

检测项目	检测配置参数
移动电话 射频性能	模式、频段、频率、带宽、调制方式、资源块（RB）个数及位置、子载波间隔（适用于 5G 模式）、功率等级（适用 5G 等模式）
无线局域网终端 射频性能	信道、模式、频率、带宽、轨迹、检波方式、分辨率带宽（RBW）、视频带宽（VBW）、SPAN
移动电话机 OTA 性能	模式、频率、EUT 相位中心
辐射杂散	频率、检波方式、RBW、VBW、SPAN、Sweep Time、EUT 的位置，EUT 与接收天线的极化方向及距离，天线高度及转盘是否固定，天线不固定时高度的变化范围
基站天线	频点、极化角度、下倾角
辐射场强 （电磁环境）	频率范围（选频方式适用）、检波方式、信号源与测量探头的高度及距离
无线通信设备 SAR	频率、带宽、调制方式、RB 个数及位置、EUT 位置及与人体模型的距离

无线通信终端音频性能(响度评定值)	头和躯干模拟器 (HATS) 的角度及压力、EUT 发射功率
-------------------	--------------------------------

c) 测量不确定度

通过了解测量不确定度来源,在能力验证计划检测开始前及过程中对其进行监控,是实验室获得能力验证可靠数据及“满意/可接受”评定结果的重要前提。同时,测量不确定度也是 PTP 及参加者对能力验证计划评定结果进行分析,对“有问题”及“不满意/不可接受”结果给出解决方案并采取相应措施的必要依据。

通信检测项目不确定度评定的详细信息,可参考相关测试方法标准及下列文献:

- 1) CNAS-GL026:2018 无线电领域测量不确定度评估指南及实例
- 2) ETSI TR 100 028-1/2 V1 .4.1 (2001 -12) Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics; Part 1/2
- 3) GB/T 6113.402-2002/CISPR 16-4-2:2018 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 4-2 部分: 不确定度、统计学和限值 建模 测量设备和设施的不确定度

表 2 部分通信检测项目能力验证计划测量不确定度主要来源

检测项目	测量不确定度主要来源
移动电话 射频性能	输出功率: 测试系统的重复性及误差, 链路损耗, 失配, 被测设备 (EUT) 供电电压、时间周期、环境温度的变化等; 占用带宽: 测试系统的重复性及误差, 环境温度的变化等。
无线局域网终端 射频性能	同上
移动电话机 OTA 性能	全总向辐射功率 (TIRP): 全电波暗室 (FAR) 测量系统: 信号源与校准天线、测量天线和接收设备的失配, 信号源输出电平的准确性和稳定性、校准及测量天线增益及其电缆因子, 测量链路损耗, 接收设备的测量误差、重复性及稳定性, EUT 位置 (包括 EUT 或校准天线相位中心与旋转轴中心的偏差,EUT 对测量天线的阻塞影

	<p>响（电压驻波比（VSWR）、暗室驻波）、EUT 的相位曲率），测量天线位置，EUT 与测量天线的距离，静区内纹波的影响，环境温度，手、头模型及其固定装置与标准的偏差等。</p> <p>混响室测量系统： 混响室统计纹波及重复性，参考功率传递函数，EUT 外壳导致的额外功率损耗，以及上述 FAR TIRP 的测量误差及不确定度来源。</p> <p>全总向辐射灵敏度（TIRS）： FAR 暗室测量系统： 基站模拟器输出电平的正确性及稳定性，基站模拟器与测量天线间失配，灵敏度搜索步长，空间网格取点位置及上述 FAR TIRP 的测量误差及不确定度来源。</p> <p>混响室测量系统： 包括上述 FAR TIRS 及混响室 TIRP 的测量误差及不确定度来源。</p>
辐射杂散 （等效全向 辐射功率）	<p>接收机读数，接收机修正（正弦波电压、前置增益的稳定性及噪声基底），天线到接收机的衰减，放大器增益，天线系数，天线与前置放大器及前置放大器与接收机之间的失配，天线修正（频率内插计算、方向性差异、相位中心位置及交叉极化），场地修正（场地瑕疵、测试桌材料及高度、天线高度、测试距离），样品输出信号的稳定性。</p>
基站天线	<p>增益：测量仪器的误差及稳定性、场地屏蔽、静区及口径场的特性、探头性能（近场测量）、接收天线和源天线指向及极化对准、源天线增益；</p> <p>VSWR 及隔离度：天线放置位置、指定位置 VSWR 变化量，网络分析仪的校准。</p>
电磁环境 （辐射场强）	<p>测量仪器校准、线性、频率响应、检出限、各向同性及温度特性曲线等特性；测试过程读数时间、结果计算方法上的差异；EUT 和探头的位置；测量环境中物体及检测人员对源信号的反射、电磁干扰等。</p>
无线通信设备 SAR	<p>a) SAR 测量探头：包括探头的校准情况、校准结果的漂移、线性和探测限、频率响应特性、各向同性、空间分辨率、传感器偏移距离、探头积分及响应时间；探头在模型外壳表面上方位置的误差。</p>

	<p>b) 模型及样品：组织模拟液介电参数（相对介电常数、电导率）的测量、组织模拟液介电参数测量与 SAR 测量时的温度差、样品辐射发射元件与组织模拟液之间的距离、样品与模型正交位置的距离重复性、样品支架的影响、样品信号调制方式及漂移。</p> <p>c) 验证及测量 SAR 的过程、方法：验证天线接收功率、功率损耗、尺寸等与参考值的差异；组织模拟液介电参数测量值与目标值之差的修正；时间周期平均 SAR 测量时的取样速率；根据功率比确定 SAR 等。</p> <p>d) 环境：环境射频信号、系统噪声及反射的影响。</p> <p>e) 软件对 SAR 测量数据的计算（外插及内插等）、处理方法引入的误差。</p>
<p>无线通信终端音频性能（响度评定值）</p>	<p>a) 校准、设置阶段</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 标准声源、Ref.mic 校准值的校准数据不准确引入了系统误差，或者未在规定期限内进行校准或更新校准数据。 2) 人工嘴、人工耳自校准周期过长，导致系统误差。 3) 手动电声自校准过程中，操作不准确导致校准数据不准确。 4) 音频测试系统设置的电、声的参数调用过程有误，导致测试结果偏倚。 <p>b) 测试阶段</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 手机夹具操作不准确、应力释放不到位，导致测试结果偏移。 2) 人工耳橡胶老化、硬度变化，导致测试结果偏移。 3) 射频链路建立后，手机发射功率过高或综测仪功率设置过大，影响手机语音性能，导致测试结果偏移。 4) 编解码方式及速率未按照正确要求设置，导致测试结果偏移。 5) 音频分析仪的模拟电信号接口端对测试结果的影响。 6) 音频分析仪测试结果的重复性及稳定性。
<p>无线通信设备 SAR 检测用组织模拟液</p>	<p>a) 人员操作：检测过程中一些细节的控制，如探头放入样品中时，其与样品接触面上是否存在气泡；使用柔性线缆时，探头夹具锁定位置、连接线缆走线及位置在校准件、参考液体及被测液体检测过程中是否保持固定等。</p> <p>b) 检测仪器及装置：网络分析仪的校准、漂移及随机误差、无源装</p>

	置规格尺寸相对于设计值的偏差等。 c) 标准物质及样品：测量系统标定用参考液体（如去离子水）的温度及其介电参数测量值与目标值的偏差；样品的均匀性及稳定性等。
--	---

d) 测量误差

识别测量误差来源的作用与第 2 部分所述监控不确定度来源的作用类似，是实验室获得能力验证“满意/可接受”结果的重要保障。此外，识别并明确测量误差的类型，对于选择更有效的措施减小或消除误差具有重要意义。

测量误差的主要分为随机误差和系统误差，关于随机误差和系统误差的特征、产生原因、减小或消除的措施，参见表 3。更多信息，可参考《误差理论与数据处理（第 7 版）》第二章第一、二节。

表 3 测量误差的类型

测量误差的类型	随机误差	系统误差
特征	参加者测量数据与指定值之差在符号和绝对值上不固定且没有统计规律。	测量数据与指定值之差在符号和绝对值上相对固定，或者在测量条件及测量点改变时，测量数据与指定值之差按一定的规律变化。
产生原因	一般由未能掌握或不便掌握的因素造成。	人员操作不当、测量设备问题、标准样品实际值与标定值的偏差、测量方法与理想状态的偏离、实际环境与标准环境的差异。
减小或消除的措施	在检测中对影响测量结果的因素进行监控，当相关因素发生变化，且与测量要求发生偏离时，通过采取纠正措施恢复因素原有状态，可减小或消除随机误差。	通过排除其来源及修正的方法减小或消除。

6.1.2.5 设施及环境

对于一些通信检测项目，如辐射杂散、OTA、基站天线测试等，需具备电波暗室等相关场地及设施，实验室应定期对场地及设施指标进行监测及确认，包括但不限于场地参数（屏蔽效能、归一化场地衰减（NSA）、VSWR、场均匀性、

纹波特性等)、静区参数(静区尺寸等)、接地电阻、绝缘电阻、防静电措施、电源特性、环境条件(温度、相对湿度、大气压、洁净度、环境噪声电平等)等。

通信检测领域能力验证计划项目设施及环境的相关要求,可参见 CNAS-CL01-A007。

6.1.3 能力验证材料报送工作

能力验证计划相关材料通常包括报名表、被测样品接收状态确认表、被测样品发送状态表、结果报告单、检测报告及不确定度评定报告。参加者应根据 PTP 的要求,在截止日期前将相关材料报送至指定地址和(或)电子邮箱。

6.2 其他外部质量控制活动的实施

6.2.1 概述

如 5.3.2 所述,当实验室无法获得其检测项目所属领域的能力验证时,可通过实验室间比对开展外部质控活动。进行实验室间比对时,建议由 3 家(含)以上实验室进行比对,并优先选择本行业内已获得 GB/T 27025/ISO 17025 体系 CNAS 认可的实验室、APAC、ILAC 多边承认协议成员认可的实验室及专家实验室开展比对。

6.2.2 方案制定

进行实验室间比对前,组织方应制定方案。方案应包括但不限于以下内容:

a) 实验室间比对的组织方、参加方

注:1、实验室间比对组织方也可为参加方。

2、如参加方未确定需给出参加方数量。

b) 实验室间比对的参加条件

c) 检测方法

d) 数据处理及统计分析方法,包括指定值及不确定度的确定方法,指定值的计量溯源性,结果评价方法及准则。

6.2.3 实施步骤

a) 组织方制定实验室间比对作业指导书,作业指导书中应至少明确但不限于以下信息:检测依据的方法标准、参数配置要求、必要的操作步骤及结果记录格式。

b) 参加方对实验室间比对方案及检测方法进行核查,确认本实验室是否具

备开展实验室间比对工作的能力。对于拟通过实验室间比对评价其检测能力的参加方，还应确认实验室间比对是否满足其质控需求。核查内容可参考 6.1.1 部分。

c) 由组织方制备比对样品，样品被测参数量值应稳定可靠。在条件允许的情况下，组织方应对样品稳定性和(或)均匀性进行检验，确认样品稳定性和(或)均匀性满足实验室间比对工作的要求。样品稳定性和(或)均匀性检验的步骤、评价方法，参见 7.1 部分。

d) 由组织方组织参加方开展样品传递及检测工作。参加方收到样品后，对样品状态进行确认，并将确认信息反馈给组织方。

e) 参加方根据作业指导书中规定的方法标准、检测条件、样品设置、操作步骤、数据处理等要求对样品进行检测，并在规定时间将检测结果(参加方实验室格式的检测报告和(或)不确定度评定报告等)反馈给组织方。参加方在实验室间比对实施过程中，检测工作各要素关键点及注意事项，参见 6.1.2 和 6.1.3。

f) 参加方按组织方的要求，将样品包装好发送至指定地点，并将样品发送情况反馈给组织方。

g) 全部参加方完成检测工作并反馈结果后，组织方对试验结果进行统计及评价，向参加方发布实验室间比对结果报告，报告应包含以下内容但不限于：

1) 参加方的结果

2) 指定值及其确定方法、指定值的计量溯源性及其不确定度。指定值及其不确定度的确定方法，参见 7.2.3.1。

3) 参加方结果统计量、评价准则及其确定依据、评价方法及评价结果。统计量的选择及评价方法、评价准则的确定方法，参见 7.2.4、7.2.5。

注：实验室间比对指定值的确定及评价方法和准则的选择，应独立于拟评价其检测能力的参加方实验室。

4) 技术分析及建议

注：当参加方存在“不满意/不可接受”或“有问题”评价结果时，报告中应给出原因分析及措施建议。

h) 如参加方实验室间比对评价结果为“不满意/不可接受”或“有问题”时，需采取相应纠正措施，并再次通过实验室间比对等质控活动措施的有效性，评价检测结果是否“满意/可接受”。参加方对结果的利用，参见 7.3。

7 通信检测外部质量控制评价结果的核查及利用

7.1 对样品稳定性与均匀性检验的核查

7.1.1 概述

能力验证或实验室间比对（以下简称比对）样品（以下简称样品）具有足够的稳定性与均匀性，可确保能力验证计划或比对参加者“不满意/不可接受”的评定结果不会归咎于样品的变异性，也是保证参加者检测结果有效性及可比性的前提。因此，对于样品的被检测参数，在通常情况下需由 PTP 进行稳定性和（或）均匀性检验，以确认是否需要改进样品的稳定性和（或）均匀性，或在能力评定中考虑样品的稳定性和（或）均匀性。

通信检测项目能力验证计划或比对参加者应对样品的稳定性和（或）均匀性进行核查，确认样品的稳定性和（或）均匀性对能力评定或比对结果的影响是否可以忽略。样品稳定性和（或）均匀性检验结果通常在能力验证计划或比对报告中给出。

由于通信检测项目的特殊性，样品的均匀性较难实现。因此，样品通常为了一件（含测试线缆、充电器等配件），此时仅需对样品稳定性进行检验。通信检测项目样品需进行均匀性检验的情况较少，如有必要则需对样品进行均匀性检验。以下给出针对通信检测项目样品稳定性和（或）均匀性检验的常用方法及判定准则。

7.1.2 对样品稳定性检验的核查

7.1.2.1 样品稳定性检验的时机

对于通信检测项目能力验证计划或比对，样品稳定性检验通常在样品开始传递前、传递中及返回 PTP 后进行；在样品制备过程中，需对样品的稳定性进行考核和验证时，也可对样品进行稳定性检验。

7.1.2.2 样品稳定性检验的步骤

通信检测项目样品稳定性检验的一般步骤为：在一个实验室中，使用一种具有良好中间精密度（介于重复性和再现性条件之间）的测量方法，对样品进行 1 组 g 次（为确保检验结果的可信度， $g \geq 6$ ）测量；将样品在一定时间内（可为样品传递时间）暴露于预期存储及运输条件下；在前述实验室中，使用前述测量方法，尽快对样品进行第 2 组 g 次（ $g \geq 6$ ）测量；使用第 1、2 组数据，通过下述

评估准则对样品进行稳定性检验。

7.1.2.3 样品稳定性评估准则

a) 比较样品检测结果的平均值

如果稳定性检验结果满足式 (1) 或式 (2)，可认为样品稳定性符合要求。

$$|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| \leq 0.3\sigma_{pt} \dots\dots\dots (1)$$

$$|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| \leq 0.1\delta_E \dots\dots\dots (2)$$

式 (1)、(2) 中各参数含义如下：

\bar{y}_1 —样品发出前检测结果平均值；

\bar{y}_2 —样品在能力验证计划或比对进行中或完成后检测结果的平均值；

σ_{pt} —能力评定标准差；

δ_E —最大允许误差；

b) t检验

对两组稳定性检验测量数据的平均值进行显著性水平为 α （通常取 0.05）的 t 检验，当 $t < t_{\alpha(n_1+n_2-1)}$ 时，两组稳定性检验结果无显著差异（上式中， n_1 、 n_2 分别为两组稳定性检验的测试次数）；还可对一组稳定性检验测量数据的平均值与参考值/标准值进行显著性水平为 α （通常取 0.05）的 t 检验，当 $t < t_{\alpha(n-1)}$ 时，稳定性检验结果与参考值/标准值无显著差异（上式中， n 为稳定性检验的测试次数）。

c) 比较实验标准差与测量不确定度

在通信检测项目能力验证计划或比对实施过程中，有时样品状态正常，但稳定性检验结果较难满足上述第 1、2 条所述判定准则。这里提供另一种稳定性检验评估准则，供能力验证计划或比对参加者参考：

在样品发给参加者前、传递过程中、返回 PTP 或比对组织者后分别对样品进行 n_1 、 n_2 、 n_3 次测量（ n_1 、 n_2 、 n_3 均应大于 6），分别计算检测结果前 n_1 次、前 n_1+n_2 、 $n_1+n_2+n_3$ 测量结果的实验标准差 s_1 、 s_2 、 s_3 ，将试验标准差分别与测量不确定度参考值 U_{ref} 比较，如满足式 (3)、(4)、(5)，则认为样品稳定性符合要求。 U_{ref} 可通过方法标准等技术规范中给出的不确定度评估示例、限值等确定。此外，实验标准差 s_1 、 s_2 、 s_3 还可分别取 n_1 、 n_2 、 n_3 次测量结果的实验标准差，稳定性检验评价方法同式 (3)、(4)、(5)，此时需同时根据第 1

部分比较检验结果平均值的方法进行稳定性检验。

$$s_1 \leq 0.3U_{\text{ref}} \dots\dots\dots (3)$$

$$s_2 \leq 0.3U_{\text{ref}} \dots\dots\dots (4)$$

$$s_3 \leq 0.3U_{\text{ref}} \dots\dots\dots (5)$$

样品稳定性检验的一般程序及评估准则的详细信息，可参考 GB/T 28043-2019 B.4~B.6 及 CNAS-GL03。

7.1.3 对样品均匀性检验的核查

7.1.3.1 样品均匀性检验的时机

一些通信检测项目的的能力验证计划或比对，如无线通信设备 SAR 检测用 TEL 介电参数测量，需在样品分发给参加者前，对样品进行均匀性检验。

7.1.3.2 样品均匀性检验的步骤

通信检测项目样品均匀性检验的一般步骤为：选择执行均匀性检验的实验室及测量方法（重复性标准差 s_r 足够小）；随机抽取 g 份（ $g \geq 10$ ）样品，从 1 个样品中制备 $m \geq 2$ 个子样，选择适当的方法使子样间差异最小；在重复性条件下，随机测量 $g \times m$ 份子样；计算总平均值 \bar{x} 、样品内标准差 s_w 、样品间标准差 s_s 。使用上述统计量，根据下述评估准则对样品进行稳定性检验。

7.1.3.3 样品均匀性评估准则

a) 比较样本间标准差与能力评定标准差/最大允许误差

如果均匀性检验结果满足式 (6) 或式 (7)，可认为样品符合均匀性要求。

$$S_s \leq 0.3\sigma_{\text{pt}} \dots\dots\dots (6)$$

$$S_s \leq 0.1\delta_E \dots\dots\dots (7)$$

式 (6)、(7) 中各参数含义如下：

S_s —样品间标准差；

σ_{pt} —能力评定标准差；

δ_E —最大允许误差。

b) F 检验

对均匀性检验数据进行显著性水平为 α （通常取 0.05）的单因子方差分析 F

检验,即通过以样品间方差与样品内方差的比值作为统计量 F ,当 $F < F_{\alpha}(f_1, f_2)$ 时,均匀性检验结果无显著差异,其中 f_1 、 f_2 分别为样品间及样品内方差的自由度。

样品均匀性检验的一般程序及评估准则的详细信息,参见 GB/T 28043-2019 B.1~B.3, CNAS-GL03。

7.2 外部质量控制评价结果的核查

7.2.1 概述

能力验证计划及比对结果报告中通常给出指定值及其不确定度、能力统计量、评定准则及方法。作为能力评定的基础,上述内容是否符合统计方法的的应用前提及适用条件,是否与能力验证计划或比对的目標相一致,是准确评价参加者能力的重要因素。因此,能力验证计划及比对参加者需对上述内容进行核查,以确认 PTP 或比对组织者采用了适当的统计方法,获得了适当的指定值及其不确定度,同时参加者的结果被合理评价。7.2 部分对上述内容进行了讨论,给出了能力验证及比对数据统计和能力评定的一般方法及注意事项,供参加者确认结果时参考。

能力验证计划及比对按参加者给出的结果类型分为定量计划及定性计划,定量计划结果为数值,定性计划结果为特征属性。目前通信领域检测项目能力验证计划涉及无线通信终端射频传导及辐射性能,移动通信天线及光通信检测等领域,均为定量计划,7.2 部分均以定量计划为基础描述能力验证及比对数据统计及能力评定的方法。

在能力验证计划中,只有一个参加者对样品进行测试,其测试结果与参考值进行比较的活动称为“测量审核”。PTP 一般会使用之前已开展能力验证计划的样品进行测量审核,并在测量审核中沿用已开展能力验证计划的方法、指定值、统计量及能力评定准则。对于适用于“测量审核”的数据统计及能力评定方法,7.2.5 和 7.2.7 部分给出了说明。

此外,7.2.7 部分还给出了能力验证相关技术规范之外的一些比对结果的评价方法,这些评价方法可用于通信领域检测实验室开展比对等外部质控活动时,对实验室比对结果进行评价。

7.2.2 数据分布及处理

数据符合正态分布是能力验证计划及比对样品稳定性 t 检验、均匀性 F 检验、

参加者数据统计及能力评定方法的应用前提。因此，对样品进行稳定性及均匀性统计假设检验前，或对参加者数据进行统计分析前，应对数据进行正态性检验。主要的检验方法包括：直观观察样本直方图或核密度图法得到的概率密度曲线；Q-Q 图、P-P 图、偏度-峰度检验、夏皮罗-威尔克（Shapiro-Wilktest）检验、科尔莫戈罗夫-斯米尔诺夫（Kolmogorov-Smirnov）检验。当检验结果表明数据分布为近似正态分布，即数据概率密度函数为单峰且近似对称时，可以检验并剔除离群值后计算简单统计量（平均值、标准差）。当数据分布不对称和（或）存在离群值时，如数据量、崩溃点等满足稳健统计方法的适用条件时，可以通过稳健统计方法计算统计量；也可以检验并剔除离群值后，计算简单统计量。

7.2.3 指定值及其不确定度

7.2.3.1 指定值及其不确定度的确定

对于通信检测项目能力验证计划及比对，一般通过单一实验室的检测结果或专家实验室/参加者的公议值确定检测参数的指定值。由于通信领域检测项目往往涉及测量设备、设施构成的测量系统，测量设置及过程复杂，影响检测结果的因素较多，不易确定测量系统、设备间测量误差及不确定度的大、小，同时一些检测项目（如 SAR）的检测结果离散性较大，单一实验室结果的可靠性有一定风险。因此，通信检测项目能力验证计划及比对通常以专家实验室/参加者的公议值作为指定值，优先选择专家实验室的公议值。

对于指定值的不确定度，如指定值为单一实验室的检测结果，以此实验室测量不确定度的评定结果作为指定值的不确定度，如有需要，需考虑样品均匀性及稳定性、样品运输过程对指定值不确定度的影响；如指定值为专家实验室/参加者的公议值，可根据指定值的计算方法，按相应的统计方法（基于标准差计算公式的变形）计算不确定度，例如当通过中位值、算法 A、Hampel 估计量等稳健算法计算指定值时，其不确定度按式（8）计算，式中 $u(x_{pt})$ 为指定值的标准不确定度， s^* 为专家实验室/参加者结果的稳健标准差， p 为专家实验室/参加者数量。

$$u(x_{pt}) = 1.25 \times \frac{s^*}{\sqrt{p}} \dots\dots\dots (8)$$

关于指定值确定及其不确定度计算方法的详细信息，参见 GB/T 28043-2019

7.1、7.2、7.5~7.7, CNAS-CL03, CNAS-GL002, 表 4-2。

7.2.3.2 异常数据的检查、稳健统计方法及离群值检验

能力验证计划及比对结果中存在明显异常的数据可通过直观检查或直方图、核密度图等方式发现并删除；也可通过与以往数据或能力评定准则比较，发现并剔除异常数据。

稳健统计方法为对给定概率模型假定条件的微小偏离不敏感的统计方法，通过稳健统计方法计算稳健统计量（平均值、标准差），可减小离群值对统计量的影响，因此使用稳健统计方法前，无需对离群值进行检验及剔除。稳健统计方法有效率、崩溃点、对局部众数的抵消能力等性能指标，统计者应根据数据集的情况，选择适用的（当数据量大于等于 12 时，大多数单变量稳健估计是适用的。）、性能优良（高效率、高崩溃点、对局部众数的抵消能力强）的稳健统计方法进行统计。一般来说，进行数据处理及统计时，稳健统计方法宜优先于检验及剔除离群值后计算简单统计量（平均值、标准差）的方法。常用的平均值稳健统计方法包括中位数、算法 A、Hampel 估计等，常用的标准差稳健统计方法包括中位绝对离差（MADe）、标准化四分位距（nIQR）、算法 A、算法 S、 Q_n 法、 Q 法等。

能力验证计划及比对结果中的离群值，可在高置信水平（如 0.99）下通过格拉布斯检验法、科克伦方法等进行检验、识别和剔除，再计算平均值、标准差等简单统计量。剔除后的离群值作为能力验证计划或比对结果，仍需进行评价。

关于异常数据检查、稳健统计方法及离群值检验的详细信息，参见 GB/T 28043-2019 6.3~6.6、及其附录 C 和附录 D.2, CNAS-CL03, CNAS-GL002。

7.2.3.3 参加者较少时指定值及标准差的确定

当能力验证计划及比对参加者较少时，指定值宜使用独立于参加者的方法确定，能力评定准则宜基于外部标准确定。如果必须使用参加者的结果进行统计，统计模型往往不能给出可靠的统计结果。我们只能使用相对适当的模型，计算出相对可靠的统计量。小样本的统计，通常可采用稳健统计方法（优先采用高效率的方法），或者离群值检验后计算简单统计量，来确定指定值及参加者结果的标准差。不同的统计方法适用于不同的参加者数量。关于参加者较少时采用的统计方法，参见 GB/T 28043-2019 5.4 及其附录 D.1。

7.2.3.4 指定值不确定度的限定

当指定值的标准不确定度相对于能力评定标准差较大时,参加者的能力评定或比对结果将由于较大的指定值不准确度而不可靠。鉴于以上情况,当指定值的不确定度符合式(9)或式(10)时,可以忽略不计,不需要在能力评定或比对结果中予以解释,否则需采取以下措施之一:在能力评定中使用指定值的不确定度;选择其他确定指定值的方法,使其不确定度满足式(9)或式(10)。

$$u(x_{pt}) < 0.3\sigma_{pt} \dots\dots\dots (9)$$

$$u(x_{pt}) < 0.1\delta_E \dots\dots\dots (10)$$

式(9)、(10)中各参数含义如下:

$u(x_{pt})$ —指定值标准不确定度;

σ_{pt} —能力评定标准差;

δ_E —最大允许误差。

关于限定指定值不确定度的详细信息,参见 GB/T 28043-2019 9.2。

7.2.4 能力评定准则(判定值)

能力评定准则是评价统计量是否可以接受的尺度,即能力评定判定值。通常可以最大允许误差、能力评定标准差、不确定度最大值等作为能力评定准则。对于通信检测领域能力验证计划及比对,宜优先选择相关技术规范中给出的最大允许误差、不确定度最大值等作为能力评定准则,也可由本次或以往能力验证计划的数据、专家意见,协同研究获得的重复性、再现性及一般模型确定。关于确定能力评定准则的详细信息,参见 GB/T 28043-2019, CNAS-GL002。

7.2.5 统计量及评定方法

能力验证计划及比对需选择适当的统计量进行能力评定。首先,参加者的结果应符合分布假设(通常指正态分布),在此基础上进行统计量的计算。同时,统计量应符合能力验证计划或比对的目標,即适用于对参加者的能力评定。此外,为便于对实验室能力评定结果趋势进行分析,不同被测量水平和不同轮次能力验证计划或比对的能力评分宜便于比较。

为符合目标适用性原则,对于通信检测项目能力验证计划及比对,一般优先使用不基于统计理论的统计量(差值 D_i 、百分相对差 $D_i\%$ 、允许偏差百分比 P_{Ai})

进行能力评定，其中 P_{Ai} 为测量审核常用的统计量之一。上述统计量计算公式见式 (11) ~ (13)。

$$D_i = x_i - x_{pt} \dots\dots\dots (11)$$

$$D_i \% = (x_i - x_{pt}) / x_{pt} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

$$P_{Ai} = (D_i / \delta_E) \% \dots\dots\dots (13)$$

式 (11) ~ (13) 中各参数含义如下：

x_i —参加者 i 报告的检测结果（或多次检测结果的平均值）；

x_{pt} —指定值；

δ_E —最大允许误差。

评定方法如下：

对于差值 D_i ，当 $-\delta_E < D_i < \delta_E$ 时，结果为“满意/可接受”；否则结果为“不满意/不可接受”；对于百分相对差 $D_i \%$ ，当 $-\delta_E \% < D_i \% < \delta_E \%$ 时，结果为“满意/可接受”；否则结果为“不满意/不可接受”，其中 $\delta_E \% = (\delta_E / x_{pt}) \%$ ；对于允许偏差百分比 P_{Ai} ，当 $-100\% < P_{Ai} < 100\%$ 时，结果为“满意/可接受”；否则结果为“不满意/不可接受”。

通信检测项目能力验证及比对还可使用统计量 z 、 z' 、 ζ 、 En 值进行能力评定，上述统计量需使用能力评定标准差 σ_{pt} 、指定值标准或扩展不确定度 ($u(x_{pt})$ 、 $U(x_{pt})$)、参加者测量值标准或扩展不确定度 ($u(x_i)$ 、 $U(x_i)$) 进行计算。其中， En 为测量审核常用的统计量之一。统计量及能力评定方法的详细信息，参见 GB/T 28043-2019 和 CNAS-GL002。

7.2.6 图示法

图示法从整体上给出能力验证计划或比对各参加者的结果，参加者可在图示中看到自身结果与其他参加者结果的关系，并对自身检测能力进行评估。表 4 给出了常用图示法的含义及作用。图示法的详细信息及实例，参见 GB/T 28043-2019 和 CNAS-GL002。

表 4 常用图示法的含义及作用

图示法	含义	作用
直方图	横轴为测量值或统计量，纵轴为频次。	给出能力评定或比对结果频次分布，帮助参加者了解自身结果在所有结果中的位置。
核密度图	横轴为测量值，纵轴为概率密度。	发现局部众数、离群值。
条形图	横轴为参加者，纵轴为测量值或统计量。	展示参加者结果的偏倚、离散。
尧敦图	横、纵轴分别为参加者对两种等同或相似样品测量值的偏倚或统计量；原点为中位值或统计量 0 值。	分析参加者结果的偏倚程度、重复性及两种样品测量结果的相关性。
重复性标准差图	每个参加者测得 m 个结果，以横轴为参加者平均值，纵轴为参加者标准差。由指定统计量服从自由度为 2 的 χ^2 分布绘制置信区域。	识别偏倚较大的参加者。
分割样品	横轴为样品，纵轴为两家实验室平均值或标准差之差（可归一化，并推广为多家实验室的平均值、标准差的极差或标准差）。	展示两家（或多家）实验室测量结果离散性或离散性的分布随样品的变化趋势。
组合评分图示法	横轴为时间或测量值，纵轴为统计量。	展示实验室能力评定或比对结果随时间或测量值水平的变化趋势。

7.2.7 其他可选择的比对结果评价方法

7.2.7.1 使用重复性及再现性进行实验室间比对的方法

本部分所述方法需已知检测项目的重复性 σ_r 和（或）再现性 σ_R 。确定重复性 σ_r 及再现性 σ_R 的方法，参见 GB/T 6379.2-2004、GB/T 6379.5-2006。以下检验方法的置信水平为 95%。

a) 两个实验室检测结果的比较

在重复性条件下，第 1 个实验室的检测结果算术平均值和检测次数分别为 \bar{y}_1 和 n_1 ，第 2 个实验室的检测结果算术平均值和检测次数分别为 \bar{y}_2 和 n_2 。当式(14)成立时，两实验室检测结果是一致的。

$$|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| \leq \sqrt{(2.8\sigma_R)^2 - (2.8\sigma_r)^2 \left(1 - \frac{1}{2n_1} - \frac{1}{2n_2}\right)} \dots\dots\dots (14)$$

当取第 1 个实验室测量数据算术平均值 \bar{y}_1 和第 2 个实验室测量数据中位值 $\text{med}(\{y_{2i}\})$ 作为检测结果时, 如式 (15) 成立, 两实验室检测结果是一致的。式 (15) 中 $c(n_2)$ 的数值可通过 GB 6379.6-2009 表 2 获得。

$$|\bar{y}_1 - \text{med}(\{y_{2i}\})| \leq \sqrt{(2.8\sigma_R)^2 - (2.8\sigma_r)^2 \left(1 - \frac{1}{2n_1} - \frac{\{c(n_2)\}^2}{2n_2}\right)} \dots\dots\dots (15)$$

类似的, 当两个实验室均取测量数据的中位数 ($\text{med}(\{y_{1i}\})$ 和 $\text{med}(\{y_{2i}\})$) 作为检测结果时, 如式 (16) 成立, 两实验室检测结果是一致的。式 (16) 中 $c(n_1)$ 和 $c(n_2)$ 的数值可通过 GB 6379.6-2009 表 2 获得。

$$|\text{med}(\{y_{1i}\}) - \text{med}(\{y_{2i}\})| \leq \sqrt{(2.8\sigma_R)^2 - (2.8\sigma_r)^2 \left(1 - \frac{\{c(n_1)\}^2}{2n_1} - \frac{\{c(n_2)\}^2}{2n_2}\right)} \dots (16)$$

上述方法也是常用的测量审核结果评价方法之一。详细信息参见 GB 6379.6-2009 5.3.2.2。

b) 实验室检测结果与参照值的比较

1) 通过重复性及再现性比较实验室检测结果与参照值

在实验室内重复性条件下进行一组测量, 测量结果算术平均值及数量分别为 \bar{y} 和 n , 当已知被测量的参考值 μ_0 时, 如式 (17) 成立, 则认为此组测量结果与参考值是一致的, 否则认为此组测量结果与参考值存在显著差异, 需排查原因并采取纠正措施。参照值 μ_0 可为参比实验室给出的公议值, 或者通过其他可靠方法获得。

$$|\bar{y}_1 - \mu_0| \leq \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(2.8\sigma_R)^2 - (2.8\sigma_r)^2 \left(\frac{n-1}{n}\right)} \dots\dots\dots (17)$$

当引入一个可检出的实验室偏倚 Δ_m 作为实验室希望从试验结果中以高概率检测出的实验室偏倚的最小值, 则式 (17) 可变为式 (18)。

$$|\bar{y}_1 - \mu_0| \leq \Delta_m / 2 \dots\dots\dots (18)$$

2) 通过重复性比较实验室检测结果与参考值

首先根据式 (19)、(20) 确定测量结果数 n 。式 (19) 通过 n 计算得到系数 A_w ，将 A_w 代入式 (20)，其中 σ_r 为检测方法的重复性， Δ_m 为希望从比对结果中检测出的偏移量，即检测结果与参照值之差大于等于 Δ_m 时，认为实验室结果与参照值之间存在显著差异。式 (20) 满足时的 n 即为测量结果数。

$$A_w = \frac{1.96}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (19)$$

$$A_w \sigma_r \leq \frac{\Delta_m}{1.84} \dots\dots\dots (20)$$

根据式 (21) 计算实验室偏倚的估计量 $\hat{\Delta}$ ，式中 \bar{y}_w 为实验室 n 次测量结果的平均值； μ 为参照值，可为参比实验室给出的公议值，或通过其他可靠方式获得。

$$\hat{\Delta} = \bar{y}_w - \mu \dots\dots\dots (21)$$

式 (22) 给出了实验室偏倚 Δ 95% 的置信区间，当 σ_r 未知时，可通过其估计值 s_r 代替， s_r 的计算方法，参见 GB/T 6379.2-2004 4.3 及 GB/T 6379.1-2004 5.1.3.3。当置信区间包含 0 时，实验室结果与参照值是一致的；否则实验室的偏倚显著。本方法的详细描述，参见 GB/T 6379.4-2006 第 5 部分。

$$\hat{\Delta} - A_w \sigma_r \leq \Delta \leq \hat{\Delta} + A_w \sigma_r \dots\dots\dots (22)$$

7.2.7.2 传递比较法及比对法

a) 概述

计量领域可通过传递比较法或比对法对检定或校准结果进行验证，检测实验室可参照上述方法开展外部质控活动。

b) 传递比较法

检测实验室对样品进行检测后得到结果 y_{lab} ，测量扩展不确定度为 U_{lab} ；将样品送至具备较小测量误差/较高准确度等级/较小测量不确定度的参考实验室进行检测，结果为 y_{ref} ，测量扩展不确定度为 U_{ref} ，在检测实验室与参考实验室扩展不确定度包含因子近似相等的前提下，如式 (23) 成立，则表示检测结果是可以接受的。此方法等同于统计量 En 的计算及评定方法。

$$|y_{\text{lab}} - y_{\text{ref}}| \leq \sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2} \dots\dots\dots (23)$$

c) 比对法

检测实验室可与多个配备相同或相似测量设备或系统的实验室进行比对。根据除本实验室外各实验室（以下简称其他实验室）检测设备的准确度等级、测量不确定度确定权重，计算其他实验室测量结果的加权平均值 \bar{y}_w ，本实验室测量结果及扩展不确定度分别为 y_{lab} 和 U_{lab} ，当本实验室测量重复性接近于其他实验室测量重复性的平均值且所有实验室测量扩展不确定度包含因子相等的情况下，如式（24）成立，则表示检测结果是可接受的。比对法不具有量值溯源性，因此为得到较为可靠的评价结果，参加比对的实验室数量应尽可能多。

$$|y_{\text{lab}} - \bar{y}_w| \leq \sqrt{\frac{n-1}{n}} U_{\text{lab}} \dots\dots\dots (24)$$

7.3 外部质量控制评价结果的利用

能力验证计划及比对项目的参加者可通过能力验证计划或比对结果报告提供的信息，了解本次能力验证计划或比对项目本实验室和其他参加者的检测结果，以及本实验室检测结果在所有参加者中的位置，同时根据报告给出的能力评定或比对结果，对本实验室相应检测项目的能力进行评估，如有需要，应采取相应措施对实验室风险和不符合工作进行改进和纠正。以下针对几种能力评定及比对结果的情况给出措施建议，供实验室参考。

7.3.1 参加者结果为“满意/可接受”

7.3.1.1 概述

“满意/可接受”的能力评定或比对结果表明参加者符合开展相关检测项目的的能力要求（通过统计量 D 、 $D\%$ 、 P_d 及 7.2.7 所述方法进行能力评定时）或者具备在声称的不确定度水平内得到与指定值相符的结果的能力（通过统计量 z' 、 ζ 、 En 进行能力评定时），实验室在继续对检测相关要素进行质量控制，确保检测结果有效性的同时，仍需注意以下两点：

7.3.1.2 不确定度对能力评定或实验室间比对结果的影响

参加者的测量值及指定值的不确定度作为计算能力评定统计量 z' 、 ζ 、 En 值的输入参数，其可对参加者的能力评定或比对结果产生影响。因此，参加者测量

不确定度、指定值不确定度的评定过程及结果是否合理及客观的反映测量结果的分散性，决定了评定结果能否客观反映实验室的检测水平和能力。如果参加者测量值及指定值不确定度的评价不够合理，有可能导致能力评定或比对结果不能正确反映参加者的能力。例如，无线通信设备 SAR 检测能力验证计划使用 E_n 值作为统计量，当高估测量不确定度和（或）指定值不确定度时， E_n 值被低估，即参加者的能力被高估，此时参加者可能不符合此项检测的能力要求，但获得了“满意/可接受”的能力评定或比对结果。类似的，当低估测量不确定度和（或）指定值不确定度时，参加者的能力被低估。

7.3.1.3 统计量接近“不满意/不可接受”判定值的情况

当参加者的能力评定或比对结果为“满意/可接受”，但统计量接近“不满意/不可接受”判定值时，能力评定或比对结果的可信度会降低。例如在无线终端射频性能测试能力验证计划中，以差值的绝对值 $|D|$ 作为最大输出功率测量结果的统计量，以相关标准中规定的输出功率不确定度最大值 0.7dB 作为判定值，某参加者某频点的最大输出功率测量数据与指定值之差的绝对值为 0.5dB，虽然小于判定值 0.7dB，但参加者最大输出功率测量不确定度为 0.5dB，如果以测量值为中心，不确定度为半宽表示测量结果的分布区间，则测量结果存在大于判定值的可能性。因此，即使能力评定或比对结果为“满意/可接受”，统计量接近“不满意/不可接受”判定值时，参加者应参考 7.3.2，分析测量结果出现较大偏倚的原因以及误差来源及类型，必要时应采取整改措施。

7.3.2 参加者结果为“不满意/不可接受”或“有问题”

7.3.2.1 CNAS 相关要求

根据 CNAS-RL02，当实验室能力验证结果为“不满意/不可接受”且不符合认可项目依据的标准或规范所规定的判定要求时，实验室应暂停在相应项目证书/报告中使用 CNAS 认可标识，同时在 180 天内采取纠正措施并可通过 CNAS 现场评价或再次参加能力验证计划对纠正措施的有效性进行验证，当能力验证计划评价结果为“满意/可接受”或为“有问题/可疑”但符合认可项目标准或规范规定的判定要求时，纠正措施有效，实验室可恢复使用 CNAS 认可标识。

当实验室能力验证结果为“不满意/不可接受”，但仍符合认可项目标准或规范规定的判定要求时，或当实验室能力验证结果为“有问题/可疑”时，实验室应

对能力验证相关检测项目进行风险评估，并在必要时采取相应措施。

比对项目结果为“不满意/不可接受”或“有问题”时，可参照上述 CNAS 要求进行操作。

7.3.2.2 措施建议

当参加者能力评定或比对结果为“不满意/不可接受”，或者能力评定或比对结果为“有问题”且不符合认可项目依据的标准或规范所规定的判定要求时，实验室应分析测量误差及不确定度的来源（见表 2），识别测量误差的类型（见表 3），从人员、测量设备及设施、标准及被测样品、检测方法、环境条件等影响检测结果的因素排查引起能力评定或比对结果不理想的原因，并采取相应措施对实验室风险及不符合工作进行改进和纠正，之后通过能力验证、实验室内或实验室间比对等质控方式对检测结果进行检验，评估改进及纠正措施效果，以确保实验室检测能力符合要求。

7.3.3 单次能力验证计划或实验室间比对的结果

单次能力验证计划或比对的结果在特定情况下不能完全反映实验室真实的检测能力。对于符合质量体系运行要求的实验室，其能力验证计划或比对检测结果出现“异常数据”，可能是基于数理统计理论在小概率情况下出现第一类错误，即可能将正常数据判定为异常数据，也有可能能力验证计划或比对规定的检测方法、能力评定准则及方法等存在缺陷，导致检测结果出现较大偏倚或评定结果不恰当。因此，实验室单次能力验证计划或比对结果为“不满意/不可接受”或“有问题”时，参加者除参考 7.3.2 排查能力评定或比对结果不理想的原因，还可再次参加该检测项目的能力验证计划，或者进行实验室间比对、在实验室内进行不同检测人员、不同测量设备的比对，以对之前能力验证计划或比对结果进行验证。当上述措施均不能识别风险及不符合工作时，实验室可与 PTP 或专家实验室联系获得该检测项目更多的技术信息与支持，以便在以后更好的对检测工作进行质量控制，确保检测能力符合 CNAS 及管理体的要求。同时，实验室单次能力验证计划或比对结果为“满意/可接受”时，也应积极开展内外部质控工作，以持续对检测结果进行监控，确保检测能力符合要求。

7.3.4 连续能力验证计划或实验室间比对的结果

连续能力验证计划或比对可对某一参数在某一水平的检测结果随时间的变

化趋势进行监控，较常见的分析方法是将每次能力验证计划或比对的检测数据或统计量（如 z 比分数）绘制在控制图上，并根据检测数据确定控制图中心线，上、下警戒限及控制限，以一定的判定方法判断数据是否处于受控状态。例如，在常规控制图中，当有 1 个点落在行动限外，或者连续 3 个点中有 2 个落在同侧警戒限，或者连续 6 点结果为正值或负值时，表示检测结果处于失控状态。此时，需排查检测结果失控的原因，并采取相应措施使检测结果处于受控状态。控制图相关判定方法，参见 GB/T 17989.2-2020 。

附录 通信检测领域外部质量控制方法实例

附录 A 射频辐射性能外部质量控制方法实例(辐射发射功率检测能力验证计划)

A.1 概述

本部分给出了辐射发射功率检测能力验证计划（以下简称本计划）的实例。本计划有 19 家实验室参加，通过比较实验标准差与技术规范中给出的不确定度评定结果的 0.3 倍进行样品稳定性检验，使用稳健统计方法 A 进行结果统计，并利用统计量 z 值进行能力评价，最后给出技术分析及建议。

A.2 样品制备

A.2.1 样品规格及数量

本计划样品为梳状信号发生器 1 台，充电器 1 只。（以下简称为样品）

A.2.2 样品稳定性检验

A.2.2.1 检验方法

依据 A.3.2 所述方法，样品在实验室间传递前进行一组 6 次检测的检验，样品返回后进行一组 6 次检测的检验，每次检测对样品 1.5GHz、2GHz、3.5GHz、4GHz、5GHz、6GHz 频点处的辐射发射功率进行检测。

A.2.2.2 检验准则

各频点前 6 次及全部 12 次稳定性检验检测结果的实验标准差 s_1 及 s_2 与分别与 0.3 倍的 U_{ETSI} 比较， U_{ETSI} 为 ETSI TR 100 028-2 V1.4.1(2001-12)Table B.1 给出的发射机辐射发射推荐的不确定度最大值（6dB），当式（A.1）及（A.2）满足时，样品稳定性符合要求。

$$s_1 \leq 0.3U_{\text{ETSI}} \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

$$s_2 \leq 0.3U_{\text{ETSI}} \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

A.2.2.3 检验数据

样品稳定性检验数据及统计量见表 A.1。

A.2.2.4 检验结果

样品指定频点处辐射发射功率前 6 次及全部 12 次稳定性检验检测结果实验标准差均小于 $0.3U_{\text{ETSI}}$ ，即 2dB，样品稳定性在其发出前及返回后均满足要求。

A.1 样品稳定性检验数据及统计量

检测次数 及统计量/ 频率 (MHz)	1.5GHz	2GHz	3.5GHz	4GHz	5GHz	6GHz	
辐射发射功率检测数据 (dBm)							
样品 传递 前	1	-54.58	-46.15	-39.64	-27.44	-34.08	-42.64
	2	-54.31	-45.99	-39.08	-27.71	-34.12	-44.03
	3	-53.41	-47.81	-36.03	-25.95	-32.34	-42.82
	4	-57.15	-47.80	-39.12	-26.17	-33.17	-39.02
	5	-55.53	-49.07	-38.91	-26.72	-31.10	-41.45
	6	-56.14	-45.51	-40.04	-25.51	-32.37	-39.93
样品 返回 后	7	-51.82	-48.39	-35.05	-26.84	-30.34	-43.39
	8	-55.28	-47.35	-39.30	-27.63	-34.52	-44.36
	9	-55.52	-49.35	-38.84	-26.31	-32.62	-42.77
	10	-54.23	-50.17	-39.49	-26.60	-32.63	-40.92
	11	-51.83	-48.34	-38.55	-25.94	-33.28	-43.10
	12	-55.94	-49.04	-38.32	-26.52	-31.62	-43.43
前 6 次平均值 (dBm)	40.30	-55.19	-47.06	-38.80	-26.58	-32.86	
前 6 次实验标 准差 (dB)	0.38	1.35	1.38	1.42	0.87	1.16	
12 次平均值 (dBm)	40.57	-54.65	-47.91	-38.53	-26.61	-32.68	
12 次实验标准 差 (dB)	0.62	1.65	1.45	1.49	0.70	1.26	

A.3 检测方法

A.3.1 检测依据

YD/T 1483-2016 无线电设备杂散发射技术要求和测量方法

A.3.2 检测步骤

- a) 检测前，将样品充满电。
- b) 将样品平放在电波暗室转台中心位置的测试桌上，此时样品为垂直极化。确保样品中心轴通过转台中心。将样品开关对准接收天线放置，调整接收天线的高度，使之与样品中心处于同一水平面。
- c) 调整接收天线极化，使之与样品一致，均为垂直极化。
- d) 开启样品开关。
- e) 将频谱仪检波器设置为峰值 (Peak) 检波，RBW 设置为 1MHz，VBW

设置为 1MHz，扫频时间（Sweep Time）设置为 200ms；

f) 对于每个频点，旋转转台，读取频点 1.5GHz、2GHz、3.5GHz、4GHz、5GHz、6GHz±1MHz 处辐射发射功率最大值，检测结果以 dBm 为单位，保留 2 位小数。

g) 检测完毕，关闭样品开关。

注：1、本计划检测在 FAR 中进行。

2、样品应放置在具有合适介电常数材料制成的试验桌上，以保证能最大限度地减少试验桌对检测结果的影响，例如使用未喷漆的发泡聚苯乙烯作为材料制成的试验桌。

3、轻拿轻放样品，在触碰样品前，需事先释放身上的静电，以免静电击毁样品。

A.4 结果统计及能力评价

A.4.1 参加者数据分布

本计划参加者各检测频点辐射发射功率检测结果通过格拉布斯准则检验离群值后的核密度曲线如图 A.1 (a) ~ (f)，从图中可看出，各频点检测结果分布基本为近似正态分布。因此，本计划可对各频点检测数据进行统计及能力评价。核密度图的绘制方法，参见 GB/T 28043-2019 10.3。

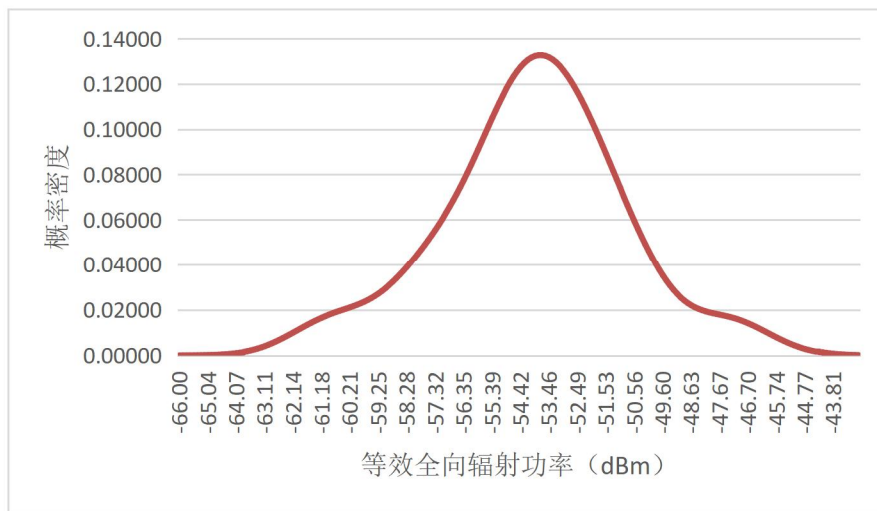
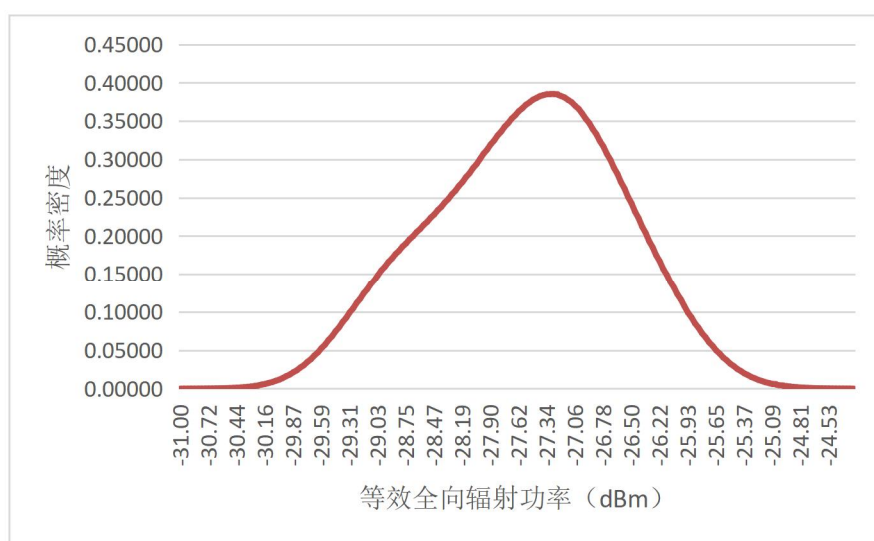
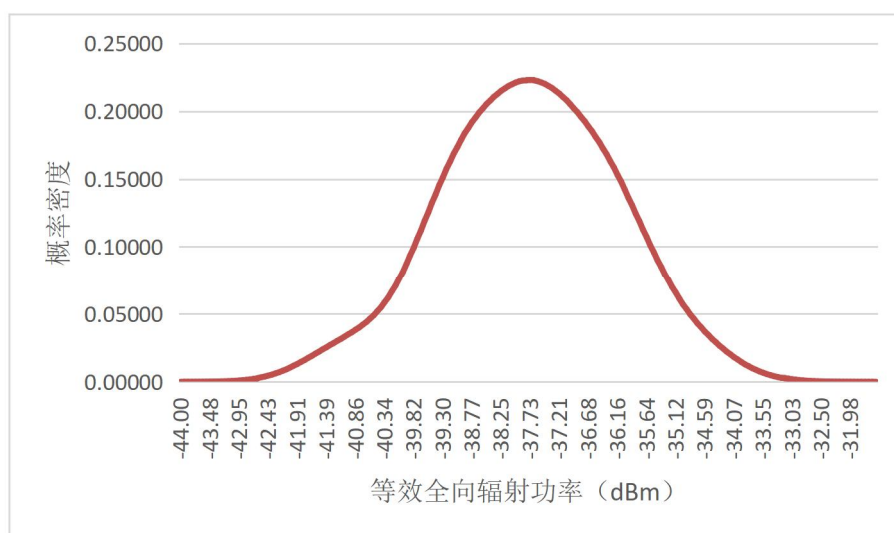
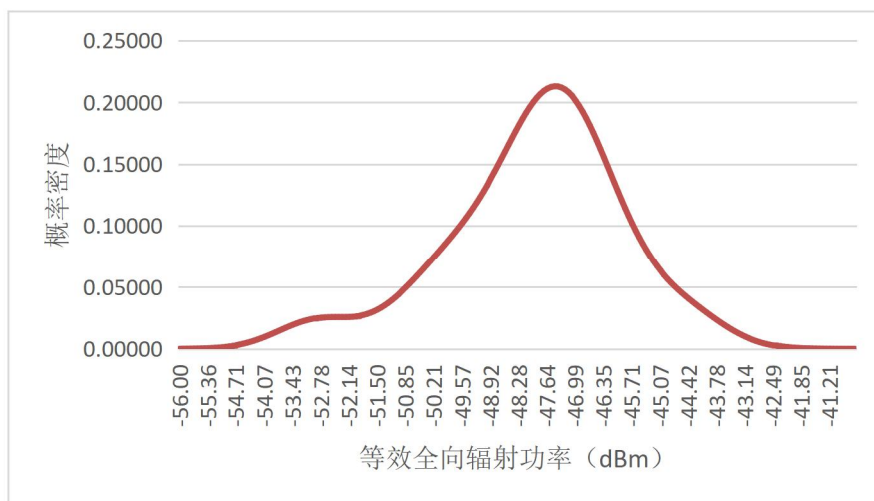


图 A.1 a) 1.5GHz 辐射发射功率检测结果核密度图



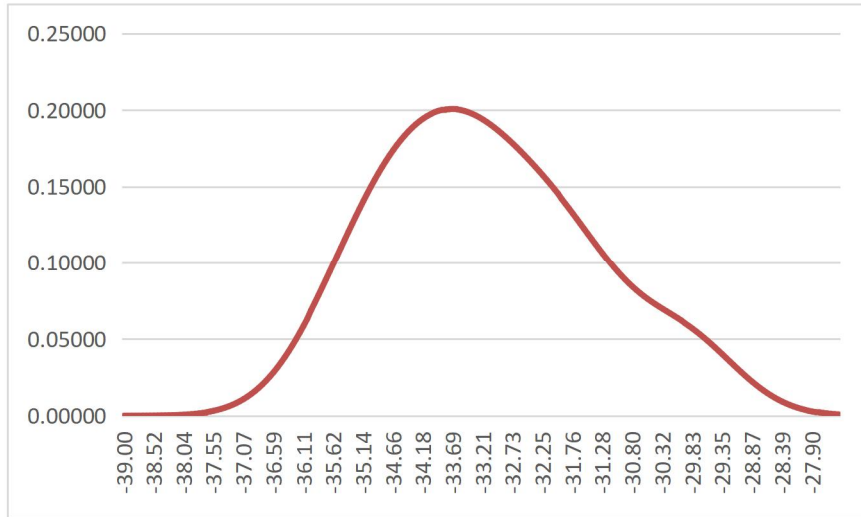


图 A.1 e) 5GHz 辐射发射功率检测结果核密度图

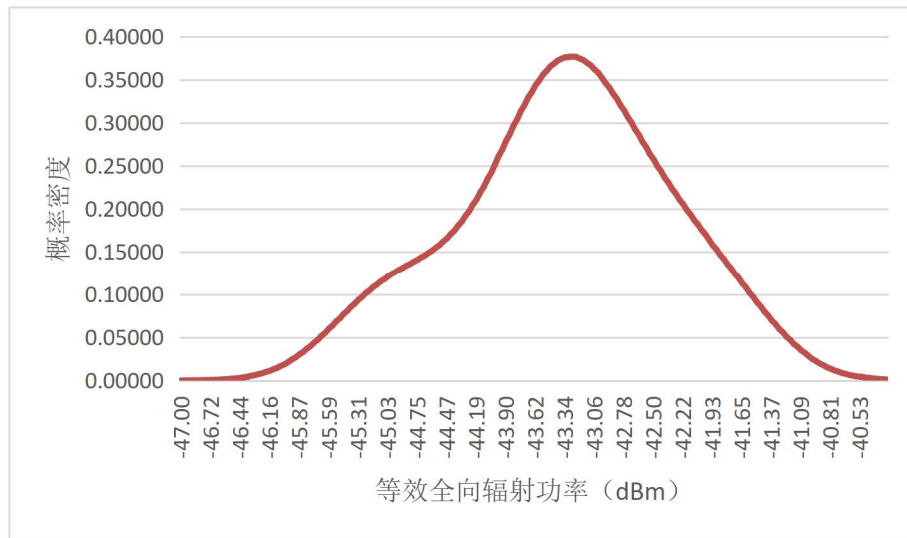


图 A.1 f) 6GHz 辐射发射功率检测结果核密度图

A.4.2 指定值及其不确定度

根据 GB/T 28043-2019 7.7 及 CNAS-GL002，以各实验室检测结果的稳健平均值作为本计划各检测频点辐射发射功率的指定值（见表 A.2），以减少系统误差的影响，同时尽量避免偏倚较大的检测结果对指定值的干扰，稳健平均值的计算参见 GB/T 28043-2019 C3.1 和 CNAS-GL002。

根据 GB/T 28043-2019 7.7.3，本计划指定值的标准不确定度按式（A.3）计算。

$$u_x = 1.25 \times \frac{s^*}{\sqrt{p}} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中 s^* 为算法 A 计算得到的稳健标准差， p 为参与本计划的实验室数量 19。

根据 GB/T 28043-2019 9.2 关于指定值不确定度的限定要求，当 p 为 19 时，本计划指定值的标准不确定度 $u_x = 0.287s^* < 0.3\sigma$ ，其中 σ 为能力评定标准差，这里等于 s^* 。本计划指定值的不确定度可以忽略，无需在能力评定中予以解释。

指定值的扩展不确定度按式 (A.4) 计算，计算结果见表 A.2。

$$U_x = 2u_x \dots\dots\dots (A.4)$$

表 A.2 指定值及其扩展不确定度 ($k=2$)

频率 (GHz)	指定值 (dBm)	不确定度 (dB)
1.5	-54.12	1.61
2	-47.94	1.04
3.5	-37.85	0.89
4	-27.52	0.55
5	-33.25	0.98
6	-43.27	0.59

A.4.3 能力统计量及能力评定判定值

A.4.3.1 能力统计量

本计划以 z 值作为统计量 (见式 A.5)，详细信息参见 GB/T 28043-2019 9.4、CNAS-GL002。

$$z = \frac{x - X}{\hat{\sigma}} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中， x 为参加者结果； X 为指定值； $\hat{\sigma}$ 为能力评定标准差，即 s^* (见表 A.4)。

A.4.3.2 能力评定标准差

根据 GB/T 22450.1-2008 中给出辐射杂散骚扰限值 (见表 A.3) 以及“环境噪声至少应比标准中规定的 EUT 骚扰限值低 6dB”的规定，1.5GHz 频点辐射发射功率可能由环境噪声引入，因此本计划不对 1.5GHz 频点检测结果进行能力评定。

表 A.3 辐射杂散骚扰限值

频率范围 (MHz)	功率电平 (峰值) (dBm)
30~880	-57
880~915	-59
915~1000	-57
1000~1710	-47
1710~1785	-53
1785~6000	-47

表 A.4 能力评定标准差 $\hat{\sigma}$

频率 (GHz)	能力评定标准差 $\hat{\sigma}$ (dB)
2	1.82
3.5	1.56
4	0.96
5	1.70
6	1.03

A.4.4 能力评定方法

根据 GB/T 28043-2019 9.4.2，本计划以如下方法对参加者能力进行评价：

当 $|z| \leq 2$ 时，结果“可接受”；

当 $2 < |z| < 3$ 时，结果“有问题”；

当 $|z| \geq 3$ 时，结果“不可接受”。

本计划全部指定频点辐射发射功率检测结果为“可接受”的参加者，能力评定或比对结果为“满意”；辐射发射功率检测结果中存在“有问题”数据且无“不可接受”数据的参加者，能力评定或比对结果为“有问题”；辐射发射功率检测结果中存在“不可接受”数据的参加者，能力评定或比对结果为“不满意”。

A.4.5 结果统计及能力评定

19 家实验室报告的检测结果、统计量 z 值及能力评定或比对结果分别见表 A.5、A.6、A.7。同时，为直观表示本计划参加者检测结果的离散程度，图 A.2 给出了六个检测频点的 z 值分布示意图。

表 A.5 参加者辐射发射功率检测结果 (dBm)

实验室 编号/检测频 点	1.5GHz	2GHz	3.5GHz	4GHz	5GHz	6GHz
1	-56.20	-49.50	-39.80	-28.18	-34.14	-42.28
2	-52.02	-47.62	-37.13	-26.94	-32.13	-43.29
3	-55.22	-50.79	-40.96	-28.64	-34.04	-43.85
4	-57.15	-49.77	-39.40	-28.14	-31.39	-43.13
5	-56.53	-48.84	-39.05	-27.44	-29.83	-42.46
6	-50.60	-45.47	-36.31	-27.44	-33.66	-43.41
7	-50.72	-46.59	-34.87	-26.70	-34.98	-43.28
8	-54.85	-48.48	-38.87	-26.97	-35.20	-45.06
9	-53.12	-46.62	-36.32	-26.41	-33.19	-42.84
10	-54.06	-47.56	-37.19	-28.90	-31.66	-43.47
11	-60.83	-52.87	-39.26	-28.21	-34.11	-45.18
12	-54.71	-48.26	-37.54	-28.00	-32.78	-42.4
13	-54.58	-47.74	-38.10	-27.19	-34.35	-44.55
14	-47.34	-44.39	-37.71	-27.56	-33.36	-41.82
15	-53.02	-46.40	-38.77	-29.12	-35.70	-43.36
16	-58.25	-49.69	-37.86	-27.02	-33.04	-43.68
17	-52.49	-46.86	-36.24	-27.66	-30.11	-44.14
18	-52.49	-47.62	-37.84	-26.11	-32.03	-42.74
19	-54.00	-47.34	-36.12	-26.46	-34.69	-41.78

表 A.6 参加者辐射发射功率检测结果统计量 (z 值)

实验室 编号/检测频 点	2GHz	3.5GHz	4GHz	5GHz	6GHz
1	-0.86	-1.25	-0.69	-0.52	0.96
2	0.18	0.46	0.60	0.66	-0.02
3	-1.57	-1.99	-1.17	-0.46	-0.56
4	-1.01	-0.99	-0.65	1.09	0.14
5	-0.49	-0.77	0.08	§ 2.01	0.79
6	1.36	0.99	0.08	-0.24	-0.14
7	0.74	1.91	0.85	-1.02	-0.01
8	-0.30	-0.65	0.57	-1.15	-1.74
9	0.73	0.98	1.16	0.04	0.42
10	0.21	0.42	-1.44	0.94	-0.19
11	§ -2.71	-0.90	-0.72	-0.51	-1.85
12	-0.18	0.20	-0.50	0.28	0.84

13	0.11	-0.16	0.34	-0.65	-1.24
14	1.95	0.09	-0.04	-0.06	1.41
15	0.85	-0.59	-1.67	-1.44	-0.09
16	-0.96	-0.01	0.52	0.12	-0.40
17	0.59	1.03	-0.15	1.85	-0.84
18	0.18	0.01	1.47	0.72	0.51
19	0.33	1.11	1.10	-0.85	1.45

注：1、表中有问题的 z 值 ($2 < |z| < 3$) 以“§”标注，不可接受的 z 值 ($|z| \geq 3$) 以“§§”标注。

2、1.5GHz 频点辐射发射功率值可能处于环境噪声水平，因此不进行统计量计算及能力评定。

表 A.7 参加者能力评定结果

评定结果	实验室编号
满意	1,2,3,4,6,7,8,9,10,12,13,14,15,16,17,18,19
有问题	5,11

A.5 技术分析和建议

本计划能力评定结果为满意、有问题的实验室分别有 17 家、2 家，没有能力评定结果为不满意的实验室。根据表 A.5、A.6 及图 A.2 所示，能力评定结果为有问题的实验室中，5 号实验室各频点检测数据水平差异较大，11 号实验室检测结果均有明显的系统性偏倚，建议实验室核查检测过程及排查引起较大偏倚的原因，分析影响实验的人员、设备、样品、方法、环境等因素是否与实验要求存在偏离，如发现问题应采取纠正措施，通过消除产生误差的根源或进行修正来减小或消除系统误差，通过规范检测过程中影响结果的因素减小随机误差。影响辐射杂散（辐射发射功率）检测结果的主要因素有：接收机读数，接收机修正（正弦波电压、前置增益的稳定性及噪声基底），天线到接收机的衰减，放大器增益，天线系数，天线与前置放大器及前置放大器与接收机之间的失配，天线修正（频率内插计算、方向性差异、相位中心位置及交叉极化），场地修正（场地瑕疵、测试桌材料及高度的影响、测试距离），样品输出信号的稳定性等。

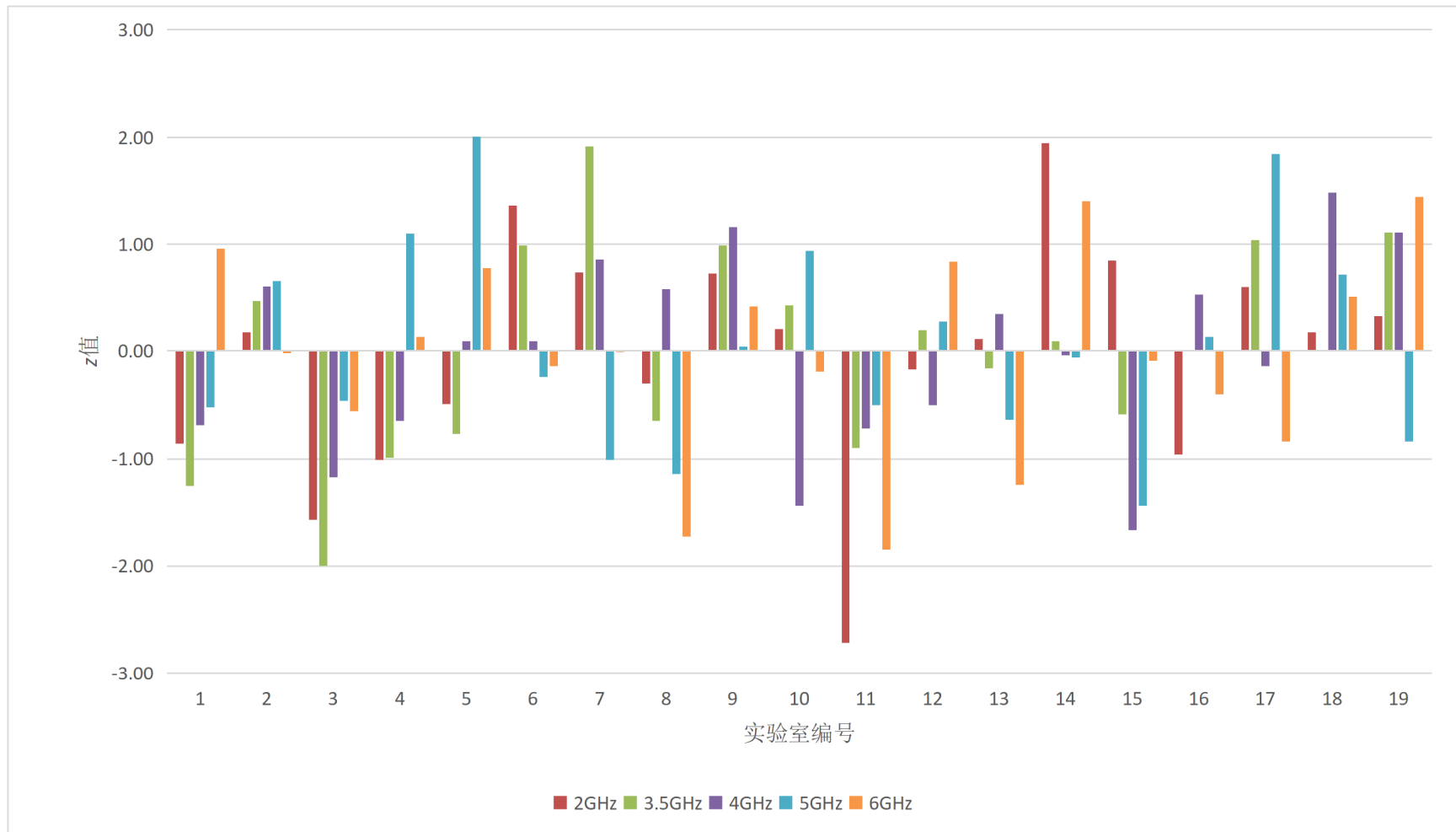


图 A.2 参加者辐射发射功率检测结果 z 值分布示意图

附录 B 射频传导性能外部质量控制方法实例(5G 终端射频性能检测能力验证计划实例)

B.1 概述

本部分给出了 5G 终端射频性能检测能力验证计划（以下简称本计划）的实例。本计划有 13 家实验室参加，通过 t 检验进行样品稳定性检验，使用稳健统计方法 A 进行结果统计，并利用统计量差值 D 进行能力评价，最后给出技术分析和建议。

B.2 样品制备

B.2.1 样品规格及数量

本计划样品为 5G 制式移动电话机 1 台，配备射频测试线 1 条（已连接至样品背面射频信号输出口）、充电器 1 只及数据线 1 条（以下简称为样品）。

B.2.2 样品稳定性检验

B.2.2.1 检验方法

依据 B.3.2 所述方法，样品在实验室间传递前进行两组检验，返回后进行一组检验，每组检验对样品在表 B.2 中规定的频点及参数下检测 6 次。

B.2.2.2 检验准则

依据 CNAS-GL003， t 检验法对样品进行稳定性检验，即对样品在传递前的两组检验数据及样品传递前第 1 组检测数据和样品返回后的 1 组检测数据分别计算 t 值，若 t 小于显著性水平 $\alpha = 0.05$ 、自由度为 $n_1 + n_2 - 2$ 的临界值 $t_{\alpha(n_1+n_2-2)}$ ， n_1 、 n_2 为 6，则两组平均值之间无显著性差异，样品稳定性满足要求。

B.2.2.3 检验数据

样品稳定性检验数据及统计量见表 B.1。

表 B.1 5G 终端射频性能能力验证样品稳定性检验数据及统计量

第 1 组检测（样品传递前）				
检测次数/ 检测指标及频点	最大输出功率（dBm）		占用带宽（MHz）	
	3549.99MHz	2592.99MHz	3549.99MHz	2592.99MHz
1	23.15	25.90	97.17	97.09
2	23.25	25.87	97.17	97.09

3	23.21	25.88	97.16	97.08
4	23.23	25.87	97.17	97.09
5	23.20	25.88	97.17	97.10
6	23.23	25.89	97.18	97.09
第 2 组检测（样品传递前）				
检测次数/ 检测指标及频点	最大输出功率（dBm）		占用带宽（MHz）	
	3549.99MHz	2592.99MHz	3549.99MHz	2592.99MHz
1	23.17	25.91	97.16	97.08
2	23.23	25.88	97.17	97.09
3	23.27	25.88	97.16	97.08
4	23.23	25.87	97.17	97.09
5	23.22	25.88	97.17	97.08
6	23.23	25.89	97.16	97.09
第 1 组和第 2 组 数据统计量 t	0.6890	0.4518	1.4639	1.4639
第 3 组检测（样品返回后）				
检测次数/ 检测指标及频点	最大输出功率（dBm）		占用带宽（MHz）	
	3549.99MHz	2592.99MHz	3549.99MHz	2592.99MHz
1	23.20	25.87	97.17	97.07
2	23.25	25.86	97.17	97.09
3	23.22	25.88	97.17	97.08
4	23.19	25.86	97.16	97.08
5	23.24	25.86	97.17	97.09
6	23.21	25.89	97.17	97.11
第 1 组和第 3 组 数据统计量 t	0.3900	1.6592	0.5423	0.5423

B.2.2.4 检验结果

样品传递前的两组检验数据及样品传递前第 1 组检测数据和返回后的 1 组检

测数据的统计量 t 值均小于临界值 $t_{0.05(10)}$ (2.2281)，因此样品在传递前及返回后的稳定性均满足要求。

B.3 检测方法

B.3.1 检测依据

a) 3GPP TS 38.101-1 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 1: Range 1 Standalone

b) 3GPP TS 38.521-1 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; NR; User Equipment (UE) conformance specification; Radio transmission and reception; Part 1: Range 1 Standalone;

c) YD/T 3627-2019 5G 数字蜂窝移动通信网 增强移动宽带终端设备技术要求 (第一阶段)

B.3.2 检测步骤

B.3.2.1 检测前准备工作

- a) 确保样品电量至少为 80%，否则需对样品进行充电；
- b) 综测仪开机预热 30 分钟；
- c) 连接系统模拟器(SS)和用户设备(UE)。

B.3.2.2 检测过程

- q) 根据 3GPP TS 38.508-1 中 4.4.3 节设置小区(cell)的参数；
- b) 根据 3GPP TS38.521-1 附录 C.O、C.1 和 C.2 设置下行信号，根据 3GPP TS38.521-1 附录 G.0、G.1、G.2 和 G.3.0 设置上行信号；
- c) 按照表 B.2 设置检测频段、检测频点、信道带宽、子载波间隔、调制方式、RB 配置；
- d) 消息内容参照 3GPP TS 38.521-1 第 6.2.1.4.3 (UE 最大输出功率检测时适用)；
- e) 建立数据连接。在上行调度信息中连续发送上行功控“上升”(“up”)命令给 UE，以确保 UE 以 PUMAX 电平发射；
- f) 测量无线接入模式下 UE 信道带宽内的平均功率。测量周期至少为一个连续子帧(1ms)。

g) 测量以中心频率起算，2 倍占用带宽或者更大范围的功率谱密度。测量间隔为一个上行子帧。

注：检测结果不考虑测试线线损。

表 B.2 5G 终端射频性能检测参数

检测频段	检测项目	检测频点	信道带宽	子载波间隔	调制方式	RB配置	单位	数据要求
3400-3600 MHz	UE 最大输出功率	3549.99M Hz	100MHz	30kHz	DFT-s-OFDMQPS K	Inner_1RB_Left	dBm	小数点后 2 位
	占用带宽	3549.99M Hz	100MHz	30kHz	CP-OFDMQPS K	Outer full	MHz	小数点后 2 位
2515-2675 MHz	UE 最大输出功率	2592.99M Hz	100MHz	30kHz	DFT-s-OFDMQPS K	Inner Full	dBm	小数点后 2 位
	占用带宽	2592.99M Hz	100MHz	30kHz	CP-OFDMQPS K	Outer full	MHz	小数点后 2 位

B.4 结果统计及能力评价

B.4.1 参加者数据分布

通过夏皮罗-威尔克（Shapiro-Wilktest）检验法对本计划经格拉布斯准则进行离群值检验及剔除后的参加者检测数据进行正态性检验，检验结果见表 B.3。由表 B.3 可知，各检测频点数据显著性均大于 0.05，因此本计划各检测频点数据符合正态分布，可使用以正态分布为前提的统计及评定方法对本计划检测数据进行计算、分析。

表 B.3 参加者检测数据正态性检验结果

检测频点	检测指标	夏皮罗-威尔克检验法 (Shapiro-Wilktest)	
		统计量	显著性
3549.99MHz	UE 最大输出功率	0.954	0.654
3549.99MHz	占用带宽	0.967	0.857
2592.99MHz	UE 最大输出功率	0.912	0.197
2592.99MHz	占用带宽	0.899	0.154

B.4.2 指定值及其不确定度

根据 GB/T 28043-2019 7.7 及 CNAS-GL002，以各实验室检测结果的稳健平

均值作为本计划各检测频点 UE 最大输出功率及占用带宽的指定值（见表 B.4），以减少系统误差的影响，同时尽量避免偏倚较大的检测结果对指定值的干扰，稳健平均值的计算参见 GB/T 28043-2019 C3.1、CNAS-GL002。

根据 GB/T 28043-2019 7.7.3，本计划指定值的标准不确定度按式（B.1）计算。

$$u_x = 1.25 \times \frac{s^*}{\sqrt{p}} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中 s^* 为算法 A 计算得到的稳健标准差， p 为参与本计划的实验室数量 13。指定值的扩展不确定度按式（B.2）计算，计算结果见表 B.4。

$$U_x = 2u_x \dots\dots\dots (B.2)$$

表 B.4 指定值及其扩展不确定度 U_x ($k=2$)

检测频点	检测指标	指定值	扩展不确定度 ($k=2$)
3549.99MHz	UE 最大输出功率	23.67dBm	0.26dB
3549.99MHz	占用带宽	97.17MHz	0.04MHz
2592.99MHz	UE 最大输出功率	25.58dBm	0.20dB
2592.99MHz	占用带宽	97.11MHz	0.06MHz

B.4.3 能力统计量

本计划以 D 值作为统计量，详细信息参见 GB/T 28043-2019 9.3、CNAS-GL002。

B.4.4 能力评定方法

根据 GB/T 28043-2019 9.3.2，本计划以如下方法对参加者能力进行评价：

当 $|D| < U_{\max}$ ，结果“可接受”；

当 $|D| \geq U_{\max}$ 时，结果“不可接受”。

上述评定方法中， U_{\max} 为 3GPP TS 38.521-1 附录 F 中规定的测量不确定度最大值（见表 B.5）。

注：由式 B.1，当 P 为 13 时，本计划指定值的标准不确定度 $u_x = 0.347s^* > 0.3\sigma$ ，其中 σ 为能力评定标准差，这里等于 s^* 。根据 GB/T 28043-2019 9.2 关于指定值不确定度

的限定要求，本计划指定值的不确定度不可忽略，需在能力评定中予以解释。但是由于本计划能力评定判定值 U_{\max} 明显大于指定值的扩展不确定度 U_X ，因此这里不考虑 U_X ，仅使用 U_{\max} 进行能力评定。

表 B.5 测量不确定度最大值 U_{\max} （测量不确定度最大值）

指标	频率 f 、带宽 BW 范围	测量不确定度最大值 U_{\max}
UE 最大输出功率	$f \leq 3.0\text{GHz}$, $40\text{MHz} < \text{BW} \leq 100\text{MHz}$	1.4dB
	$3.0\text{GHz} < f \leq 4.2\text{GHz}$, $40\text{MHz} < \text{BW} \leq 100\text{MHz}$	1.6dB
占用带宽	/	1.5%通道带宽

本计划全部检测频点 UE 最大输出功率及占用带宽检测结果为“可接受”的参加者，本次计划结果为“满意”；本计划全部检测频点存在 UE 最大输出功率或占用带宽检测结果“不可接受”的参加者，本次计划结果为“不满意”。

B.4.5 结果统计及能力评定

13 家实验室报告的检测结果、统计量 D 值及能力评定结果分别见表 B.6、B.7、B.8。同时，为直观表示本计划参加者检测结果的离散程度，图 B.1、B.2 分别给出了 UE 最大输出功率及占用带宽检测结果 D 值的分布示意图。

表 B.6 参加者检测结果

实验室 编号/ 检测指标及 频点	最大输出功率 (dBm)		占用带宽 (MHz)	
	3549.99MHz	2592.99MHz	3549.99MHz	2592.99MHz
1	23.77	25.75	97.16	97.16
2	23.70	25.96	97.17	97.14
3	23.74	25.32	97.31	97.27
4	23.45	25.60	97.18	97.10
5	23.73	25.65	97.28	97.51
6	23.24	25.48	97.14	97.08
7	22.69	25.56	97.05	97.02
8	23.49	25.73	97.13	97.12
9	24.30	25.40	97.20	97.02
10	23.51	26.08	97.16	97.09
11	23.86	24.92	97.11	97.08
12	24.18	25.38	97.15	97.09

13 23.37 25.56 97.15 97.13

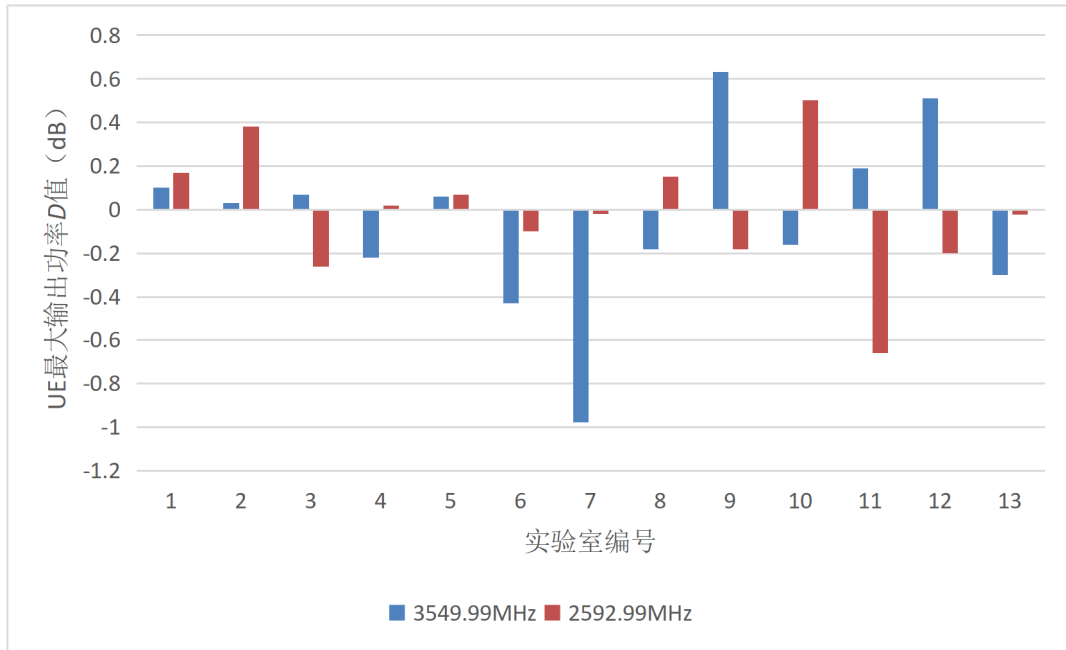
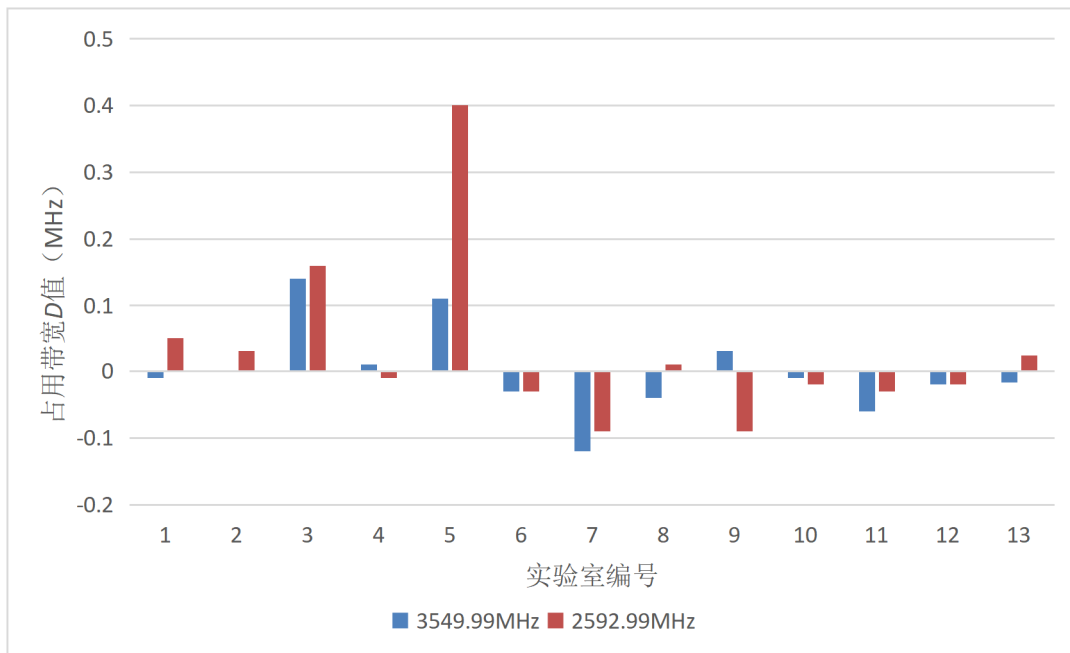
表 B.7 参加者检测结果统计量 (D 值) 及判定值

实验室 编号/ 检测指标及 频点	最大输出功率 (dB)		占用带宽 (MHz)	
	3549.99MHz	2592.99MHz	3549.99MHz	2592.99MHz
1	0.10	0.17	-0.01	0.05
2	0.03	0.38	0.00	0.03
3	0.07	-0.26	0.14	0.16
4	-0.22	0.02	0.01	-0.01
5	0.06	0.07	0.11	0.40
6	-0.43	-0.10	-0.03	-0.03
7	-0.98	-0.02	-0.12	-0.09
8	-0.18	0.15	-0.04	0.01
9	0.63	-0.18	0.03	-0.09
10	-0.16	0.50	-0.01	-0.02
11	0.19	-0.66	-0.06	-0.03
12	0.51	-0.20	-0.02	-0.02
13	-0.30	-0.02	-0.02	0.02
指定值 \bar{X}	23.67	25.58	97.17	97.11
判定值 U_{\max}	1.6	1.4	1.6	1.4

注：表中“不可接受” D 值以“§”标注。

表 B.8 参加者能力评定结果

评定结果	实验室编号
满意	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13

图 B.1 UE 最大输出功率检测结果 D 值分布示意图图 B.2 占用带宽检测结果 D 值分布示意图

B.5 技术分析和建议

根据表B.7、B.8、图B.1、B.2可知，本计划参加者结果均为满意。影响本计划检测结果的主要因素有：

a) 检测人员在检测时未严格按照检测标准和作业指导书中规定的仪器仪表配置要求和检测步骤展开操作，造成最终结果出现偏差，例如本次计划要求在功率等级2下进行相关测试项的检测，实验室存在未按照要求功率等级下检测的可

能；

b) 检测人员在检测准备阶段由于疏忽未正确搭建测试链路，或者检测前未对相关链路进行校准，导致检测时采用的链路衰减与真实情况有偏差，影响检测结果；

c) 实验室用于开展检测的相关仪器仪表在定期校准方面需要按照规定要求执行，避免日常检测时由于仪器仪表测试状态不符合要求而造成测量准确度和精确度的偏移；

d) 实验室可能忽视对检测环境的控制，检测环境不符合检测要求或 EUT 未处于合适状态下进行检测。

对于参加本计划的各实验室，有如下建议：

a) 实验室检测人员应在开展检测前熟悉并掌握相关标准和作业指导书的检测要求，严格按照检测标准和作业指导书中规定的仪器仪表配置要求和检测步骤进行操作，实验室可定期进行相关标准、检测项目以及相关仪器仪表的技术类培训；

b) 实验室应主动按要求定期联系相关机构承认的计量单位对检测工作所用仪器设备进行校准，并将校准因子补偿到仪表中。实验室仪器仪表同时应按要求定期进行开机自校准，并对设备状态进行监控；

c) 实验室应灵活利用实验室内部比对与实验室间比对来进行质量保证工作，从多方面考虑健全质量控制手段，例如定期开展实验室内不同人员或不同设备间的比对、定期制定参加外部比对的能力验证活动以及定期制定质量管理相关的非技术类培训，从实验室内到外进行质量管控；

d) 实验室检测人员应按正确方法搭接试验链路，必要时应用紧固工具，避免各个器件节点间出现松动，导致检测结果出现偏差。检测人员在实验前应使用网络分析仪对检测所用的链路进行校准，了解测试链路对检测结果的影响程度。如有需要，将相关衰减值补偿到检测结果中。此外，还应注意校准功分器这类的多端口器件时，应确保器件内部在非校准链路上的功率输出端口接有匹配负载，以避免校准数据不准确；

e) 实验室检测人员应定期对试验场地的环境条件进行监控，保证检测环境满足检测标准的要求；

f) 本次计划中, 7 号参加者 3549.99MHzUE 最大输出功率及 5 号参加者 2592.99MHz 占用带宽测量结果虽然为满意, 但其 D 值绝对值较大, 仍需参加者引起关注, 组织排查实验室可能存在的潜在风险。

附录 C 通信领域检测实验室间比对实例（数字移动通信终端音频性能（响度评定值）测试实验室间比对）

C.1 概述

本部分给出了数字移动通信终端音频性能（响度评定值）测试实验室间比对的实例（以下简称本次比对）。本实例实验室间比对在 1 家需进行外部质控的实验室（以下简称组织实验室）和 3 家参比实验室之间进行，通过 t 检验进行样品稳定性检验，使用参比实验室算术平均值进行结果统计，并利用以往能力验证计划的能力评定标准差，通过 z' 值进行评价，最后给出技术分析及建议。

C.2 样品制备

C.2.1 样品规格及数量

本次比对样品为 5G 制式数字移动电话机 1 台，含充电器 1 只及数据线 1 条（以下简称为样品）。

C.2.2 样品稳定性检验

C.2.2.1 检验方法

依据 C.3.2 所述方法，样品在实验室间传递前，首先进行 1 组测试，样品在高/低温试验后进行第 2 组测试，在振动/跌落试验后进行第 3 组测试，每组测试对样品在 GSM 窄带及 VoLTE 宽带下对发送响度评定值（SLR）及接收响度评定值（RLR）的最大值、最小值分别测试 6 次。

C.2.2.2 检验准则

依据 CNAS-GL003， t 检验法对样品进行稳定性检验，即对样品第 1 组测试和进行高/低温实验后的第 2 组测试，以及样品第 1 组测试和振动/跌落试验后的第 3 组测试结果分别计算 t 值，若 t 小于显著性水平 $\alpha = 0.05$ 、自由度为 $n_1 + n_2 - 2$ 的临界值 $t_{\alpha(n_1+n_2-2)}$ ， n_1 、 n_2 为 6，则两组平均值之间无显著性差异，样品稳定性满足要求。

C.2.2.3 检验数据

样品稳定性检验数据及统计量见表 C.1。

表 C.1 数字移动通信终端音频响度评定值稳定性检验数据 (dB)
及 t 检验统计量

第 1 组检测 (环境试验前)						
检测次数/ 检测参数	GSM 窄带			VoLTE 宽带		
	SLR	RLR Min	RLR Max	SLR	RLR Min	RLR Max
1	10.27	12.69	-7.04	9.12	12.57	-7.24
2	10.18	12.97	-6.96	9.67	12.18	-7.54
3	9.81	12.65	-7.20	8.77	13.30	-6.45
4	9.95	12.41	-7.26	9.16	13.37	-6.54
5	10.20	12.23	-7.45	9.35	13.41	-6.45
6	9.79	13.27	-6.52	8.77	13.29	-6.44
第 2 组检测 (高/低温试验后)						
检测次数/ 检测参数	GSM 窄带			VoLTE 宽带		
	SLR	RLR Min	RLR Max	SLR	RLR Min	RLR Max
1	10.18	13.41	-6.49	9.29	12.23	-7.52
2	9.60	13.63	-6.27	9.98	12.78	-7.02
3	10.24	12.46	-7.34	8.94	11.93	-7.79
4	10.60	12.73	-7.02	9.42	13.27	-6.36
5	9.88	12.33	-7.44	9.31	12.78	-7.02
6	10.43	12.72	-7.02	9.19	12.72	-7.13
第 1 组和第 2 组 t 检验统 计量	0.71	0.67	0.62	1.07	1.41	1.29
第 3 组次检测 (振动/跌落试验后)						
检测次数/ 检测参数	GSM 窄带			VoLTE 宽带		
	SLR	RLR Min	RLR Max	SLR	RLR Min	RLR Max
1	10.68	12.12	-6.98	9.58	12.69	-6.89
2	10.19	12.24	-7.13	8.94	13.28	-6.92

3	9.92	12.02	-7.56	9.60	12.53	-7.58
4	10.65	12.95	-7.49	9.11	12.44	-6.73
5	10.00	12.35	-7.02	9.73	12.46	-6.76
6	10.03	12.92	-7.56	9.37	12.95	-7.52
第 1 组和第 3 组 t 检验统计量	1.30	1.20	1.27	1.31	1.18	1.15

C.2.2.4 检验结果

样品进行高、低温，跌落试验前、后测试数据的统计量 t 值均小于临界值 $t_{0.05(10)}$ (2.2281)，因此样品稳定性符合要求。

C.3 测试方法

C.3.1 测试依据

a) YD/T 1538-2021 《数字移动终端音频性能通用测试方法》

b) 3GPP TS 26.132 Technical Specification Group Services and System Aspects; Speech and video telephony terminal acoustic test specification

C.3.2 测试步骤

窄带SLR及RLR测试步骤参见YD/T 1538-2021第5.3、5.4，宽带SLR及RLR测试步骤参见YD/T 1538-2021 6.3、6.4。

C.4 结果统计及能力评价

C.4.1 指定值及其不确定度

C.4.1.1 概述

根据本文档 7.2.3.3 部分所述，当能力验证计划参加者较少时，指定值宜使用不依赖于参加者结果的方法确定，但受限于本次比对的情况，指定值只能通过参比的 3 家参比实验室得到，此时无论采用何种统计方法，结果均不会非常可靠，只能通过适当的统计模型，得到相对可靠的统计结果。为得到可靠的比对结果，本实例以 3 家参比实验室测试结果的中位值以及检验、剔除离群值后的平均值分别作为指定值，用于能力评定。中位值是平均值的稳健统计结果，其可减小离群值对平均值计算结果的影响，如 3 家实验室中有一家实验室结果为离群值，此时中位值较平均值作为指定值更加可靠；检验并剔除离群值后计算平均值，目的和

稳健统计类似，也是减少离群值对平均值的影响。

根据 GB/T 28043-2019 7.7.3，对于中位值的不确定度，通过中位值方差效率倒数开方后与测试数据标准差之积计算得到，其中标准差根据 GB/T 28043-2019 D.1.4 推荐的方法计算得到（详见 C.4.1.2）；对于检验、剔除离群值后平均值的不确定度，与上述方法中位值不确定度确定方法类似，但无需考虑方差效率（此时方差效率倒数开方为 1）。

C.4.1.2 中位值

对三个测试结果进行排序，位于中间（第二位）的值即中位值。指定值取中位值时，记为 X_1 。

根据 GB/T 28043-2019 D.1.4，保守起见，使用平均绝对离差估计参比实验室测试结果的标准差，平均绝对离差 $\text{MeADe}(x)$ 计算公式见式 C.1，式中 x_i 为第 i 家参比实验室测试结果， \bar{x} 为参比实验室测试结果的平均值， p 为参比实验室数量，取 3。

$$\text{MeADe}(x) = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p |x_i - \bar{x}| \dots\dots\dots \text{(C.1)}$$

根据 GB/T 28043-2019 7.7.3，以中位数为指定值的标准不确定度 u_1 按式(C.2) 计算。

$$u_1 = 1.25 \times \frac{s^*}{\sqrt{p}} \dots\dots\dots \text{(C.2)}$$

式中 s^* 为参比实验室测试结果的稳健标准差，这里取 $\text{MeADe}(x)$ ； p 为参比实验室数量，取 3；1.25 为中位数效率（0.64）倒数开方后的值。根据 GB/T 28043-2019 9.2 关于指定值不确定度的限定要求，当 p 为 3 时，本计划指定值的标准不确定度 $u_1 = 0.72s^* > 0.3\sigma$ ，其中 σ 为能力评定标准差，这里取 $\text{MeADe}(x)$ 。因此，以中位值作为指定值时，不确定度不可忽略，需在能力评定中予以解释。

指定值的扩展不确定度 U_1 按式（C.3）计算，计算结果见表 C.2。

$$U_1 = 2u_1 \dots\dots\dots \text{(C.3)}$$

表 C.2 指定值 X_1 (中位值) 及其扩展不确定度 U_1 ($k=2$) (dB)

制式/测试参数	SLR		RLR Min		RLR Max	
	指定值	扩展 不确定度	指定值	扩展 不确定度	指定值	扩展 不确定度
GSM 窄带	10.23	0.68	12.87	0.86	-6.64	0.26
VoLTE 宽带	9.63	0.44	12.67	0.50	-7.04	0.36

C.4.1.3 检验、剔除离群值后的平均值

根据 GB/T 4883-2008 B.2 所述, 由于本次比对参比实验室只有 3 家, 选择格拉布斯检验法对参比实验室测试结果进行检验。如无离群值, 则计算 3 家参比实验室的平均值; 当最大值或最小值为离群值时, 剔除离群值并停止检验, 计算测试结果为非离群值的 2 家参比实验室的平均值。指定值为离群值检验及剔除后计算的平均值时, 记为 X_2 。

当指定值为 3 家参比实验室测试结果平均值时, 参照 C.4.1.2 部分, 使用平均绝对离差估计参比实验室测试结果的标准差, 记为 s 。

当指定值为 2 家参比实验室测试结果的平均值 (剔除离群值后计算的平均值) 时, 使用式 (C.4) (即标准差定义) 计算标准差 s 。

$$s = |x_1 - x_2| / \sqrt{2} \dots\dots\dots (C.4)$$

由于上述平均值为测试结果剔除离群值后计算得到, 可认为其效率为 100% (参见 GB/T 28043-2019 D.2.3), 因此通过式 (C.5) 计算以检验、剔除离群值后的平均值作为指定值的标准不确定度 u_2 , 式中 s 为通过式 (C.1) 或 (C.4) 计算的标准差, p 为计算标准差的实验室数量。

$$u_2 = \frac{s}{\sqrt{p}} \dots\dots\dots (C.5)$$

与 C.4.1.2 部分所述类似, 当 p 为 2 或 3 时, 本计划指定值的标准不确定度 u_2 分别为 $0.71s$ 和 $0.58s$, 均大于 0.3σ , σ 为能力评定标准差, 这里取 s 。因此以测试结果剔除离群值后的平均值作为指定值时, 需在能力评定中考虑其不确定度。指定值的扩展不确定度参照式 (C.3) 计算, 计算结果见表 C.3。

表 C.3 指定值 X_2 (检验、剔除离群值后的平均值)
及其扩展不确定度 U_2 ($k=2$) (dB)

制式/测试参数	SLR		RLR Min		RLR Max	
	指定值	扩展 不确定度	指定值	扩展 不确定度	指定值	扩展 不确定度
GSM 窄带	10.56	0.54	13.23	0.68	-6.62	0.20
VoLTE 宽带	9.76	0.34	12.55	0.40	-7.15	0.28

C.4.2 能力统计量及判定值

本计划以 z' 值作为能力统计量 (见式 C.6), 详细信息参见 GB/T 28043-2019 9.4、CNAS-GL002。

$$z' = \frac{x_i - X}{\sqrt{\sigma^2 + u^2(X)}} \dots\dots\dots (C.6)$$

上式中, x_i 为参加者 i 测试结果, X 为指定值, σ 为能力评定标准差。

由于以往音频性能 (响度评定值) 的能力验证计划 (以下简称以往计划) 的参加者覆盖了行业内主要的实验室, 因此可认为以往计划的测试结果代表了行业内的测试能力, 即以往计划中参加者测试数据的能力评定标准差 σ 可以比较客观的反映出行业内测试结果的离散性。同时, 本次比对样品与以往计划样品类似, 因此以以往计划的能力评定标准差 σ 作为判定值对本次比对结果进行能力评定, 各参数能力评定标准差见表 C.4。

表 C.4 能力评定标准差 σ (dB)

制式/测试参数	SLR	RLR Min	RLR Max
GSM 窄带	0.54	0.57	0.52
VoLTE 宽带	0.54	0.68	0.61

C.4.3 能力评定方法

根据 GB/T 28043-2019 9.5.3, 本计划以如下方法对参加者能力进行评定:

当 $|z'| \leq 2$ 时, 结果“可接受”;

当 $2 < |z'| < 3$ 时, 结果为“有问题”;

当 $|z'| \geq 3$ 时，结果“不可接受”。

本次比对的组织实验室，分别以中位值及检验、剔除离群值后的平均值作为指定值计算测试结果的 z' 值。当组织实验室两种制式下各参数测试结果按两种方式计算的 z' 值均为“可接受”时，本次比对结果为“满意”；两种制式下各参数测试结果按两种方式计算的 z' 值中存在“有问题”的且无“不可接受” z' 值时，本次比对结果为“有问题”；两种制式下各参数测试结果按两种方式计算的 z' 值中存在“不可接受” z' 值时，本次比对结果为“不可接受”。

C.4.4 结果统计及能力评定

本次比对组织实验室与参比实验室的测试结果见 C.5、能力评定统计量 z' 值见表 C.6。由表 C.6 可知，在两种指定值确定方式下，组织实验室 GSM 窄带 SLR 评定值 z' 值均有问题，因此本次比对组织实验室结果为“有问题”。

表 C.5 测试数据、统计量及判定值

模式		GSM 窄带			VoLTE 宽带			
参数		SLR	RLR Min	RLR Max	SLR	RLR Min	RLR Max	
测试结果	组织实验室	11.91	12.71	-7.93	10.12	11.85	-6.68	
	参比实验室	1	10.23	12.71	-6.64	10.22	12.93	-7.52
		2	10.19	14.11	-6.86	9.44	12.67	-6.88
		3	11.26	12.87	-6.35	9.63	12.04	-7.04
指定值（中位值） X_1		10.23	12.87	-6.64	9.63	12.67	-7.04	
指定值（中位值）标准不确定度 u_1		0.34	0.43	0.13	0.22	0.25	0.18	
指定值（离群值检验后的平均值） X_2		10.56	13.23	-6.62	9.76	12.55	-7.15	
指定值（离群值检验后的平均值）标准不确定度 u_2		0.27	0.34	0.10	0.17	0.2	0.14	
能力评定标准差 σ		0.54	0.57	0.52	0.54	0.68	0.61	

表 C.6 能力评定统计量 z' 值

模式	GSM 窄带			VoLTE 宽带		
参数	SLR	RLR Min	RLR Max	SLR	RLR Min	RLR Max
以中位值作为指定值时	§ 2.63	-0.22	-1.03	0.84	-1.13	0.57
以检验离群值后的平均值作为指定值时	§ 2.24	-0.78	-1.08	0.64	-0.99	0.75

注：表中“有问题”z' 值以“§”标注，“不可接受”z' 值以“§§”标注

C.5 技术分析及建议

C.5.1 影响比对测试结果的主要因素

a) 校准、设置阶段

1) 标准声源、Ref.mic校准值的校准数据不准确引入了系统误差，或者未在规定期限内进行校准或更新校准数据。

2) 人工嘴、人工耳自校准周期过长，导致系统误差。

3) 手动电声自校准过程中，操作不准确导致校准数据不准确。

4) 音频测试系统设置的电、声参数调用过程有误，导致测试结果偏倚。

b) 测试阶段

1) 手机夹具操作不准确、应力释放不到位，导致测试结果偏移。

2) 人工耳橡胶老化、硬度变化，导致测试结果偏移。

3) 射频链路建立后，手机发射功率过高或综测仪功率设置过大，影响手机语音性能，导致测试结果偏移。

4) 编解码方式及速率未按照正确要求设置，导致测试结果偏移。

5) 音频分析仪的模拟电信号接口端对测试结果的影响。

6) 音频分析仪测试结果的重复性及稳定性。

C.5.2 对组织方的建议

a) 应按周期要求安排计量技术机构对音频性能（响度评定值）测试相关仪器设备进行校准，并将校准因子补偿到仪器设备中。同时应按周期要求对人工嘴、人工耳等进行自校准，并对设备状态进行监控。人工嘴的校准周期建议不超过一周。

b) 测试人员应在仪器设备使用前正确调用校准参数与设置，检查配置菜单的

正确性。

c) 检查手机电量是否充足，建议电量大于 80% 时进行测试。

d) 测试人员在对手机进行定位操作时，建议位置精确到 0.5mm，角度精确到 0.5°，压力精确到 0.1N。定位完成后，测试开始前，建议观察压力变化，考虑应力释放对测试结果的影响，避免各个器件节点间出现松动，导致测试结果出现偏差。

e) 测试人员在建立手机与综测仪的语音链路时，在能建立稳定的射频链路的前提下，射频功率控制应处于较低功率等级，不超过中间功率级。

f) 测试人员应确保被测手机、试验场地环境满足标准要求，尤其环境噪声数值应在标准要求的范围内。

g) 本次比对 GSM SLR 评定值 z' 值有问题，可根据 C.5 第 1、2 部分排查出现较大偏倚的原因并采取相应措施。

C.5.3 比对结果评定的可靠性

由于本次比对只有 3 家参比实验室，为提高比对结果的可靠性及可信度，本次比对分别用两种方式（中位值及检验、剔除离群值后的平均值）确定指定值，并分别计算统计量 z' 用于能力评定。如组织实验室对上述能力评定方法给出的结果存在疑问，可采取以下措施（不限于），以提高比对结果评定的可靠性及可信度：

a) 增加参比实验室，通过更多的行业内权威参比实验室的结果确定指定值及其不确定度。

b) 使用其他样品进行实验室间比对。

c) 通过实验室内部质量控制活动，如实验室内多名测试人员、多台（套）仪器设备等进行比对，对实验室间比对结果进行验证。

参考文献

- [1] GB/T 6113.402-2022/CISPR 16-4-2:2018 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 4-2 部分: 不确定度、统计学和限值 建模 测量设备和设施的不确定度
- [2] GB/T 6379.2-2004 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第2部分 确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法
- [3] GB/T 6379.4-2006 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第4部分 确定标准测量方法正确度的基本方法
- [4] GB/T 6379.5-2006 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第4部分 确定标准测量方法精密度的可替代方法
- [5] GB/T 6379.6-2009 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第6部分: 准确度值的实际应用
- [6] GB/T 17989.2-2020 控制图 第2部分: 常规控制图
- [7] CNAS-CL01-A007 检测和校准实验室能力认可准则在通信检测领域的应用说明
- [8] CNAS-CL03 能力验证提供者认可准则
- [9] CNAS-GL026 无线电领域测量不确定度评估指南及实例
- [10] CNAS-GL032 能力验证的选择核查与利用指南
- [11] 马捷, 关淑君, 茅祖兴, 能力验证及其结果处理与评价, 北京, 中国质检出版社, 2016, 39
- [12] 费业泰, 误差理论与数据处理(第7版), 北京, 机械工业出版社, 2015, 10-44