

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2020.05.10

基于 5G 技术的智慧计量变革

杜泽翰, 杨永军, 姜延欢

(航空工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095)

摘要: 随着我国正式进入 5G 商用时代, 传统计量行业的数字化转型迎来了新的发展机遇, “5G + 智慧计量”的理念应运而生。5G 技术借助其在三种不同应用场景下的优势, 利用网络切片、边缘计算等关键技术为智慧计量赋能: 一方面, 融入 5G 通信的智慧实验室能够显著提升计量工作效率; 另一方面, 5G 结合人工智能、物联网、云计算、大数据等技术形成的“5G +”模式将带来更多的智慧计量服务, 共同推动智慧计量变革。

关键词: 网络切片; 边缘计算; 智慧实验室; 智慧计量服务

中图分类号: TB9

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2020)05-0053-05

Intelligent Measurement Transformation Based on the 5th-Generation Mobile Communication Technology

DU Zehan, YANG Yongjun, JIANG Yanhuan

(Changcheng Institute of Metrology and Measurement, Beijing 100095, China)

Abstract: With China officially entering the 5G commercial era, the digital transformation of traditional measurement industry ushered in new development opportunities, and "5G + Intelligent Measurement" concept came into being. 5G technology, with its advantages in three different application scenarios, uses key technologies such as network slicing and edge computing to enable intelligent measurement. On the one hand, the intelligent laboratory integrated with 5G communication can significantly improve the efficiency of traditional measurement; on the other hand, "5G +" mode, which combines artificial intelligence, Internet of things, cloud computing, big data and other technologies, will bring more intelligent measurement services and jointly promote the transformation of intelligent measurement.

Key words: metrology; network slicing; edge computing; intelligent laboratory; intelligent measurement service

0 引言

近年来, 随着移动通信技术的飞速发展, 众多传统行业搭上移动互联网的快车, 焕发出新的活力。计量行业面临着新挑战和新需求: 一方面, 传统的计量行业有诸多瓶颈, 如各类计量标准器具的使用相对独立、量值传递过程对检定员的经验依赖程度较高、数据处理效率及仪器分拣效率较低等, 借助移动通信技术可实现更高效的计量过程从而解决上述问题; 另一方面, 随着工业 4.0 智能化时代的到来, 越来越多的传感器及仪器仪表融入生产生活中, 计量测试的需求与日俱增, 需要计量测试产能升级。新一代移动通信技术与传统计量行业的融合, 将逐步实现原位、在线、远程的计量, 显著提升计量测试能力及效率。基于以上两点, “5G + 智慧计量”的理念应运而生。

1 5G 及其关键技术

第五代移动通信技术(5th-Generation, 简称 5G 技

术)是基于网络切片、边缘计算等技术的新一代移动通信技术, 其发展历程如图 1 所示。

自上世纪 80 年代移动电话(1G)诞生后, 移动通信技术大约每十年完成一次升级更新, 目前“5G 时代”已经完成了技术突破与标准建立, 正逐步迈入商用部署阶段。相较于 4G 技术, 5G 技术有更低的时延、更高的带宽及更多的连接数, 其三种不同应用场景如表 1 所示。

伴随着工业 4.0 智能化时代的到来, 5G 技术将改变各行各业的运营模式, 也势必会影响传统计量模式。值得注意的是, 5G 技术在三种不同应用场景中的指标不是同时达到的, 而是依靠网络切片^[1]与边缘计算^[2]共同实现的。网络切片是一种针对不同业务需求切分网络的技术^[3]。针对不同业务场景的服务质量(Quality of Service, QoS)需求, 不同的切片可应对不同的业务; 边缘计算是一种数据就近即时处理的网络服务技术, 其本质是拉近距离降低时延, 本地计算节省带宽, 数据隔离保障安全。

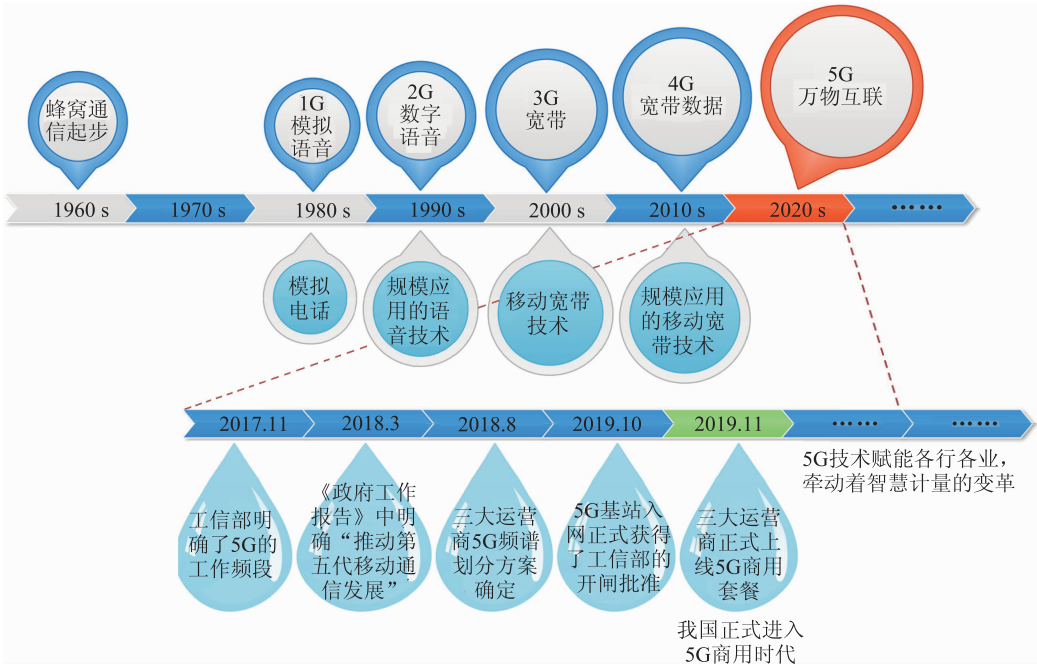


图 1 5G 技术的发展历程

表 1 5G 技术与 4G 技术的对比

通信技术	低时延高可靠场景		增强移动带宽场景		低功耗大连接场景
	E2E 时延	可靠性	每链接吞吐量	高速场景	每平方公里链接数
5G 技术	1 ms	99.999%	10 Gbps	500 km/h	1000 k
4G 技术	30 ~ 50 ms	/	100 Mbps	350 km/h	10 k
提升倍数	30 ~ 50 倍	/	100 倍	1.5 倍	100 倍

2 5G 技术在计量中的应用

与传统计量相比，智慧计量的变革主要体现在智慧实验室和智慧计量服务两个方面。智慧实验室提升内生能力，向传统计量注入 5G 技术新动力，大幅提升工作效率；智慧计量服务提升外延能力，将 5G 技术结合人工智能、物联网、云计算、大数据等技术，以“5G+”的模式为计量服务提供新理念、新技术和新方法。

2.1 智慧实验室

5G 技术作为整个智慧实验室的“神经系统”，将在中央控制系统即“大脑”的控制下，把各实验室及仪器设备、各职能部门及相关人员、试验数据及实验室环境等“神经末梢”有机结合起来，实现真正的智慧化计量实验室。

2.1.1 现状分析

结合 ISO/IEC 17025：2017《检测和校准实验室能力的通用要求》中提及的实验室管理要求^[4]，目前的计

量实验室在计量标准器具管理、实验室内部环境管理、被检仪器内部流转管理、科研人员及检定员管理、计量业务流程管理及计量实验数据管理等方面尚存在一些问题。

1) 计量标准器具管理：当前的计量标准及配套设备仍依赖人工监管，尚未建立智能化管理体系，如仪器预热、气瓶气量等需要人工检测；仪器设备的状态未能实现实时监控，如工作、待机、停机、故障、检修及保养等状态缺乏监管。

2) 实验室环境管理：目前的实验室环境未能实现自动化控制，如空调、加湿器、排风扇等依靠人工控制；整个实验楼的温度、湿度、气压等环境指标未能实现实时监控。

3) 被检仪器内部流转管理：当前实验室被检仪器的内部流转仍依赖人工搬运；被检仪器的分拣过程需要一定数量的调度人员进行安排；被检仪器计量周期的到期预警需要人工统计。

4) 科研人员及检定员的管理：科研人员的实验任

务安排及工作量统计仍依靠人工书面管理;科研人员及检定员在岗、出差、请假等考勤状态信息滞后,业务能力未建立完善的知识工程。

5) 计量业务流程管理:实验任务的调度仍处于半自动化状态,即实验任务相关的预约(委托单)、排队(分拣收发)、进行(检定校准)、审核(证书打印签字)、结束(结果查询)等需要人工确认安排。

6) 计量实验数据管理:部分原始数据仍需人工读数抄录,部分数据处理需通过U盘或光盘导出;各类计量原始数据未能实现实时监控、共享,无法有效避免笔误、错录及篡改等人为因素。

总之,目前实验室的管理大多仍依靠人力支撑,科研人员及检定员除本职的实验工作外还需掌握和监管实验室内的供电、供水、环境、计量器具保障等系统的维护工作,实验数据缺乏全面电子化管理,浪费了人力和时间,影响了科研人员及检定员的工作效率^[5]。

2.1.2 解决方案

针对上述六个方面的现状及问题,结合5G技术的低时延高可靠场景、增强移动带宽场景及低功耗大连接场景,可以为智慧实验室的建设提出以下相应的解决方案。

1) 计量标准器具全生命周期管理

5G技术的大带宽、大数据流特点能够保障实时监管计量标准器具的使用情况,仪器预热、气瓶气量等可以借助远程控制发送指令监管;通过开展计量标准器具的全生命周期管理,跟踪每一台计量标准器具的工作状态,分析期间核查的测量数据,判断甚至预测其是否需要检修或保养;同时,自动记录保留计量标准器具使用情况电子档案,建立智能化计量标准器具管理系统^[6]。

2) 实验室环境智慧监管

计量过程对于实验室内部温度、湿度、气压等环境因素要求严苛,需要随时将各项环境参数控制在一定范围内。首先需要在每个实验室布置各类智能温湿压传感器,借助5G技术每平方公里更多连接数的特点,实时反映实验室内各项环境参数状况;若某项环境参数超出既定范围,即时反馈、多级预警并提供相应处置建议,数字智能网关能够通过无线网络外接温湿度探测器、通断空调电源的智能插座、控制空调工作的红外遥控设备、通断加湿器、排风扇的开关控制器等设备,从而自动化地控制空调、加湿器、排风扇等保障计量过程所需的环境要求。此外,建立实验室内部环境电子档案用于后续统计分析。

3) 仪器流转智能分拣

5G通信保障下的AGV物流技术能够显著简化现有的仪器内部流转过程。传统的磁条或色带导航需要改造环境,不够灵活;5G技术满足大带宽、低时延的要求,支持AGV视觉导航,能够支撑大规模组网调度。客户在仪器收发大厅送检仪器后,借助AGV物流技术自动将待检仪器运送到指定专业计量实验室,检定完毕的仪器亦可借助无人车运送回收发大厅,整个运送过程均通过计算机远程监控。该技术明显提升集中收发点与计量实验室之间的对接效率,自动将待检设备运送至计量实验室,实现被检仪器从接收到发放的全程跟踪监测,避免人工分拣、运送、收取等复杂流程,提高工作效率,便于对送检仪器进行统一管理,真正实现仪器设备的内部流水线式管理^[7]。

4) 科研人员及检定员管理

科研人员及检定员是实验室的主体,人员信息及知识工程的建立尤为关键。一方面科研人员及检定员的在岗、出差、请假等状态信息需要内部即时共享,另一方面实验室需要实现便捷高效的安全准入管理。5G通信中的边缘计算技术通过拉近数据处理距离降低时延,且在附近处理数据能够最大程度地保障人员信息的安全性。此外,仪器装置使用流程、实验操作注意事项等知识工程也可以借助5G技术更快、更安全地建立、调用。

5) 计量业务流程自动化管理

计量检定的业务流程一般包含电子委托单预约、被检仪器分拣收发、实验室或现场检定校准、证书打印签字盖章、费用结算及结果查询等环节。5G技术更快的传输速率可以结合智能机器人、智能小车技术,实现用户自助预约、无人化内部流转、透明化检定校准、无纸化电子证书、自助缴费开票及手机端检定结果查询等,为客户提供更方便、快捷、透明的计量业务流程。

6) 计量实验数据智能化管理

一方面,可以通过改进现有计量装置,将图像识别技术与5G技术的低时延高可靠性相结合,快速识别并读取原始数据,自动上传边缘云进行数据处理;另一方面,利用5G技术边缘计算的特点,提高数据处理速率的同时保障数据的安全性,有效避免笔误、错录及篡改等人为因素对实验数据的影响。同时,原始数据的电子化建档也是后续无纸化证书和数据库共享调用的基础。

2.2 智慧计量服务

5G技术契合了传统计量向智慧计量转型过程中对

无线网络的应用需求,能有效满足计量仪器设备互联和远程交互应用需求,在协同设计、高速采集、异地比对、培训考核、远程计量等典型应用领域中起到关键支撑作用。

2.2.1 5G + 协同设计

目前,计量标准装置及标准器具研建过程中,开发技术含量高、具有自主知识产权的高端计量仪器设备,已成为计量行业不可忽视的竞争焦点。传统的高端计量仪器设备研制通常采用顺序作业的工程方法,设计仿真、加工工艺、检验校准、使用维护都是相对独立的活动,相应的组织和管理也相对独立。使得设计人员往往忽视工艺方面的问题,易引发产品质量问题。

5G 技术通过大带宽、低时延、大连接的网络,能够实现多路高清视频回传及实时数据分析反馈,同时 5G 技术的数据安全性与可靠性也在原有 4G 技术的基础上有所提升,为异地协同设计提供了有效保障。协同设计以数字化设计制造为基础,构建跨专业、跨流程的产品研制新模式。结合 AR/VR 技术,将各专业、各流程模块化,再组合起来形成全局性的总控,由计算机提供强大的建模和仿真环境,贯穿设计、装配各个环节,使产品研发的信息能够跨专业、跨流程充分共享。5G + 协同设计将改变传统的设计研发模式,实现单一数据源的协同设计并行工作模式,保障设计制造流程中数据的一致性。

2.2.2 5G + 数据采集

智能化时代下,随着人工智能等领域的创新发展,将会涌现出各类新型的传感器及仪器仪表,随之而来的是测量数据体量、种类和形式的爆发式增长,高速、动态的数据采集显得尤为重要。同时,复杂环境下的计量校准,往往需要开展多参数、多部位的综合测量,借助无线传输的传感器及仪表将更有利于数据的采集与分析。

一方面,5G 技术可以基于边缘计算本地分流来提升数据采集速率。高速数据采集及数据处理属于时延敏感型和计算密集型的应用,需要信号传输的低时延和高可靠性,边缘计算技术可以为高速数据采集提供本地分流,在本地进行数据采集、运算可以极大提升数据采集能力,有效应对一些动态、高频数据采集的应用场合。另一方面,5G 技术可以在小范围内连接更多的设备,充分利用 5G 多连接数特点,将仪器仪表或各类传感器在出厂时内嵌无线数据采集模块,随时随地监控其测量数据,后续通过数据建模,可分析复杂环境大型试验设施的综合计量校准过程,实现计量数

据采集的常态化。5G + 数据采集将改变传统的数据采集与处理模式,实现高速采集及实时动态监控。

2.2.3 5G + 培训考核

传统的计量检定员培训注重理论讲解,相对缺乏实际操作的教学训练。使用实际计量标准装置进行教学会耗费开机成本,学员操作不当甚至会影响到计量标准装置的日常使用,且计量实际操作培训受限于实验室的场地、培训学员人数,同时可能还会因人员因素影响实验室内部环境,造成培训效率不高、效果不佳。

5G + 培训考核以网络为载体,通过结合 AR/VR 技术,可实现低成本、高效率的培训和考核。基于 5G 技术大带宽、低时延的特点,利用云计算实现 AR/VR 应用的运行、渲染、展现及控制,并将实验室真实场景的画面和声音编码成 AR/VR 视频,通过 5G 网络实时传输至终端。5G 技术能够满足远程直播教学、虚拟实验室操作培训等低延时的需求,为参与培训考核的学员提供沉浸式教学体验。

2.2.4 5G + 异地比对

传统的计量比对过程中,主导实验室与参比实验室先后对传递标准或样品进行测量及数据处理,通过各自不确定度来判定其计量能力^[8-10]。若能实时高清直播各自人员操作及数据处理过程,可以令异地比对更加透明化,使能力验证更加科学可靠。

基于 5G 技术大带宽、低时延的特点,通过实时传输 AR/VR 高清视频,可以实时开展实验室间的异地比对工作。AR/VR 高清视频远程直播的数据传输量大,以往的通讯方式不足以实现高清实时直播需求,5G 技术以其 10 Gbps 的吞吐量可有效保障 AR/VR 高清视频的高速传输。

类似地,利用该技术还可以推进计量行业监管,实现 AR/VR 实时监督管理;也可以利用 AR/VR 技术在不干扰正常实验任务的同时,实现异地参观计量实验室等。

2.2.5 5G + 远程计量

远程计量可以应用于一些特定环境的现场、原位校准中,使操作仪器的人员远离某些恶劣环境(例如高温高压、高噪声、强辐射、易燃易爆或病毒疫区等),保护检定员的人身安全。

传统的通信方式不足以远程精准操控计量器具,不满足远程计量的条件。随着 5G 通信的发展,利用 5G 技术低时延、高可靠性的特点,能够通过远程操作机械臂来操控计量器具,异地完成计量过程。目前,利用 5G 技术操控机械臂的远程外科手术已经实现,而

该技术保障下的远程计量, 将为各类复杂恶劣环境下的检定校准工作提供一种新型解决方案。

3 结 论

5G 时代是万物互联的智能时代, 涌现出众多新型的传感器及仪器仪表, 给计量行业带来与日俱增的需求和创新发展的机遇, 同时也伴随着产能有限和效率不足的挑战。基于 5G 技术三种不同场景的应用, 能够有效解决当前计量实验室在计量标准器具管理、实验室内部环境管理、被检仪器内部流转管理、科研人员及检定员管理、计量业务流程管理及计量实验数据管理等方面的不足, 显著提升计量实验室的工作效率。同时, 5G 技术结合人工智能、物联网、云计算及大数据等新技术, 能够在协同设计、高速采集、异地比对、培训考核、远程计量等方面提供“5G+”的智慧计量服务。可以预见, 在 5G 时代, 传统计量行业的智能化升级将更为全面, 以 5G 为核心的多技术融合创新将成为智慧计量发展的强大动力和有力支撑。

参 考 文 献

- [1] Hongyu X, Yangwen X, Xian Z, et al. Edge computing and network slicing technology in 5G[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(6): 54-63.
- [2] Hongyuan M A, Ziyu X, Zhonggui B U, et al. 5G edge computing technology and application prospects[J]. Telecommunications Science, 2019, 35(6): 114-123.
- [3] 陈松, 梁文婷, 宋楠, 等. 5G 网络切片安全防护设计[J]. 通信技术, 2019, 52(10): 2499-2506.
- [4] 国际标准化组织. ISO/IEC 17025: 2017 检测和校准实验室能力的通用要求[S]. 2017.
- [5] 李薇, 杨庆华, 赵玉萍. 基于物联网技术的智慧实验室近远程测控系统[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(11): 52-57, 62.
- [6] 范巧成, 郑磊, 姜荣华. 一种准确可靠的期间核查方法[J]. 计量学报, 2015, 36(6): 662-665.
- [7] 付建林, 张恒志, 张剑, 等. 自动驾驶车调度优化研究综述[J]. 系统仿真学报, 2019, 6(3): 1-12.
- [8] 国家质量监督检验检疫总局. 计量比对管理办法[J]. 中国质量技术监督, 2008(7): 22-23.
- [9] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 28043-2011 利用实验室间比对进行能力验证的统计方法[S]. 2011.
- [10] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS-GL002: 2018 能力验证结果的统计处理和评价指南[S]. 2018.

收稿日期: 2020-10-01

作者简介

杜泽翰(1993-), 男, 山西晋中人, 工程师, 硕士, 主要从事科研管理工作。

