中国计量协会校准委员会
China Metrology Association-Calibration Committee

校准委员会信息通讯

2020 年第四期

中国计量协会校准委员会编

目 录

行业简讯

P1 行业简讯

工作动态

P5 中国计量协会校准委员会发布《校准行业蓝皮书（2020 年度）》

P6 中国计量协会团体标准《计量检测电子记录的通用规范》发布实施

P7 中国计量协会校准委员会 2020 年工作回顾与展望

学术交流

P9 计量检定及校准中计算机技术的应用研究

P12 校准前沿数字技术赋能国家治理的“仪表盘”

P16 数字多用表远程校准系统的设计与开发

P20 不同温度压力对浓度反演精度的定量分析

P28 工业包装生产线自动检重秤校准方法研究

P31 气相色谱－质谱联用仪的校准探讨

主　　编：王晓冬
责任编辑：罗新元 何欣
编　　辑：刘方雷 唐楠
主办单位：中国计量协会校准委员会
编辑单位：北京康斯特仪表科技股份有限公司

1. 10 月 26 日，为持续优化营商环境，深入落实“放管服”改革举措，市场监管总局发布公告，决定调整实施强制管理的计量器具目录（全文附后）。

2. 10 月 29 日，智能传感技术发展论坛暨中国计量协会智能传感器专业委员会成立大会在京召开，论坛由中国计量协会、航空工业北京长城计量测试技术研究所所联合主办，中国计量协会智能传感器专业委员会承办。来自市场监管总局计量司、中国计量协会、航空工业计量所、中国计量协会智能传感器专业委员会会员单位代表，以及来自智能制造、芯片研发、智能通讯、汽车制造、物联网、智慧医疗等智能传感器产业链相关单位共 200 余名代表出席会议。论坛围绕“探讨产业发展新趋势，交流智能传感新技术”这一主题，进行了信息分享和深入研讨。

3. 10 月 29 日至 30 日，市场监管总局计量司在安徽省合肥市组织召开全国计量量值传递与溯源工作研讨会。市场监管总局计量司负责人、安徽省市场监管局负责人出席会议并讲话，各省（区、市）市场监管部门计量处负责人、部分计量技术机构及有关单位代表参加会议。会议主要是深入贯彻全国市场监管工作座谈会精神，交流量值传递与溯源工作经验，对贯彻落实市场监管总局近年来出台的关于社会公用计量标准建设与管理、注册计量师职业资格制度、计量比对等方面的文件精神提出要求，并就《计量比对管理办法（修订征求意见稿）》《注册计量师注册管理规定（修订征求意见稿）》《计量标准考评员管理办法（修订征求意见稿）》进行了深入交流研讨。

4. 10 月 30 日，计量促进仪器仪表质量提升研讨会在北京召开。市场监督管理总局计量司张益群一级巡视员，中国计量科学研究院方向院长，相关地方计量行政部门、技术机构代表，各仪器仪表相关课题承担单位代表，特邀专家等 20 余人参加。计量司张益群指出，仪器仪表是工业体系建立的基础，仪器仪表是量值是否准确的载体，现代仪器仪表的发展水平，是国家科技水平和综合国力的重要体现。针对仪器仪表行业的发展，要分析现状，在制度、机制、技术层面加强研究，加强顶层设计，尽快研究提出计量促进仪器仪表发展的具体措施。中国计量科学研究院方向围绕计量单位量子化变革，分析了未来仪器仪表产业发展的趋势和方向，建议进一步加大产学研用沟通合作，以需求为导向，以计量为手段，推动高端仪器仪表研制和国产化应用，并争取国家首台套方面的政策支持，不断促进仪器仪表产业创新发展和质量提升。各仪器仪表相关课题承担单位代表分别就各自承担的课题进行了汇报。特邀专家分别就计量促进仪器仪表质量提升进行了建言、讨论。普析通用仪器有限责任公司和北京康斯特仪表科技股份有限公司的代表，分别结合本企业情况进行了发言。

5. 11 月 2 日，市场监管总局发布了《国家市场监督管理总局关于修改部分规章的决定》（总局令第 31 号），其中对《计量标准考核办法》进行了修订。

6. 11 月 13 日，市场监管总局发布了《关于大力开展质量基础设施“一站式”服务的意见》。按照党中央、国务院关于质量提升行动、现代化经济体系建设以及促进消费扩容提质加快形成强大国内市场等有关部署，对大力开展质量基础设施“一站式”服务，进一步加强质量基础建设，发挥质量基础设施效能进行部署安排。《意见》指出，质量基础设施“一站式”服务是通过有机融合计量、标准、认证认可、检验检测、质量管理等要素资源，面向企业、产业、区域特别是中小企业提供的全链条、全方位、全过程质量基础设施综合服务。根据《意见》，此次大力开展质量基础设施“一站式”服务主要领域是重点消费品、重点产业链和重点区域。《意见》明确，质量基础设施“一站式”服务的试点地方应为基础条件好、推进意愿强的市（地、州、盟）、县（市、区、旗）。“一站式”服务模式主要包括一个统筹规划、一个共享平台、一个受理窗口、一揽子服务和一个结果通行。《意见》要求，各省级市场监管

部门要积极推动质量基础设施建设纳入发展总体规划，建立协调机制，做好日常管理，定期交流、通报试点进展情况，推动各试点单位出实招、见实效，提高服务对象的感知度、获得感，对推进试点成效突出的地方，优先推荐其申报国务院办公厅“推进质量工作成效突出的地方”督查激励。

7. 12 月 1 日，市场监管总局发布 18 项国家计量技术规范（全文附后）。

8. 12 月 7 日，全国市场监管系统计量工作会议在深圳召开。市场监管总局党组成员、副局长（正部长级）秦宜智出席会议并讲话。秦宜智指出“十三五”时期，特别是今年在统筹推进疫情防控和经济社会发展中，计量工作认真贯彻落实党中央、国务院决策部署，夯实计量科技基础，完善量值传递溯源体系，提升计量服务保障能力，加强计量监督管理，实现了新发展。展望“十四五”，推进新时代计量工作改革创新，必须坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，准确把握推进国家治理体系和治理能力现代化、推进全面依法治国对计量工作提出的新要求，把握国际竞争合作新形势、国际单位制（SI）量子化变革给计量发展带来的新挑战，全面加强计量体系和能力建设，奋力开创计量发展新局面。秦宜智强调计量是构建一体化国家战略体系和能力的重要支撑。当前要深入学习贯彻党的十九届五中全会精神，学习贯彻习近平总书记关于计量工作的重要指示精神，着眼于计量发展更加紧密地融入“五位一体”总体布局和“四个全面”战略布局，更好地发挥计量在支撑经济社会高质量发展中的积极作用，高标准编制好计量中长期发展规划。做好明年工作，要突出抓好制度建设，抓好计量基础，抓好改革创新，抓好计量服务，抓好能力提升，以优异的成绩迎接建党 100 周年。会上，中国计量院和部分省（区、市）市场监管部门负责同志作交流发言。各地市场监管部门负责同志，计量技术机构、协学会、高校等单位负责同志 200 余人参加会议。

9. 12 月 7 日，为全面提升支撑区域协调发展战略实施的计量服务和保障能力，构建区域协调发展计量支撑体系，市场监管总局发布《关于构建区域协调发展计量支撑体系的指导意见》。《指导意见》指出，构建区域协调发展计量支撑体系是贯彻落实《中共中央 国务院关于建立更加有效的区域协调发展新机制的意见》《中共中央国务院关于开展质量提升行动的指导意见》等文件精神，服务国家区域协调发展战略和质量强国战略的一项重要举措，对优化计量供给、更好满足高质量发展的计量需求具有重要意义。《指导意见》明确了三项基本原则，即围绕中心、服务大局，需求引导、改革创新，协调统一、开放共享。同时，明确了总体目标，即到 2025 年，建立与推进国家重大区域发展战略实施和形成新发展格局相适应的区域计量发展体制机制，在统筹区域计量发展、深化区域计量合作、提升区域发展计量服务保障和科技创新能力等方面取得新进展，与国家重大战略推进实施相配套的区域计量支撑体系基本健全。《指导意见》提出，要建立区域计量发展统筹机制、要提升区域计量服务保障能力、要构建区域计量科技创新生态、要加强法制计量领域区域合作互认。《指导意见》强调，要加强组织领导、积极争取支持、强化人才培养，鼓励各地结合实际和发展特点，在区域协调发展计量支撑体系建设中积极改革探索、先行先试。及时梳理和总结典型案例、经验做法，形成可借鉴、可复制、可推广的发展路径和模式，在全国范围内宣传推广。

10. 12 月 17 日，中央军委主席习近平日前签署命令，发布新修订的《军队计量条例》，自 2021 年 1 月 1 日起施行。《条例》深入贯彻习近平强军思想，深入贯彻新时代军事战略方针，按照军委管总、战区主战、军种主建的总原则，着眼联合作战计量保障要求，立足军队计量建设和保障特点规律，继承成熟经验做法，吸纳实践探索成果，构建整体优化、协同高效的军队计量管理体系、技术体系和监督制度体系，规范军队计量建设各方面全过程工作运行。《条例》共 9 章 44 条，明确军队计量工作的主要任务、基本原则、管理分工等，优化运行机制，保证军队计量工作在新体制下顺利开展。健全军队计量技术机构、计量标准、计量检定人员、计量技术规范的建设管理，规范军队采购地方计量服务，全面重塑军队计量技术体系。规范军队计量保障组织实施方式方法，规定计量周期检定、保障目录、保障模式，明确监督管理要求，构建覆盖军队计量各层次各领域的监督管理模式，提高部队备战打仗计量保障能力。

市场监管总局关于发布《柴油车氮氧化物（NOX）检测仪校准规范》等18项国家计量技术规范的公告

序号	编号	名称	批准时间	发布时间	备注
1	JJF1873-2020	柴油车氮氧化物（NOx）检测仪校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
2	JJF1874-2020	（自动）核酸提取仪校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
3	JJF1875-2020	高锰酸盐指数在线自动监测仪校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
4	JJF1876-2020	波形记录仪校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
5	JJF1877-2020	水声材料声学性能参数测量系统(脉冲管法)校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
6	JJF1878-2020	电容型设备在线监测装置校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
7	JJF1879-2020	互感器合并单元校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
8	JJF1880-2020	250MHz～110GHz口面天线增益校准规范(外推法)	2020-11-26	2021-05-26	
9	JJF1881-2020	水（地）源热泵机组能源效率计量检测规则	2020-11-26	2021-05-26	
10	JJF1882-2020	3.6kV～40.5kV交流开关设备能效计量测试规范	2020-11-26	2021-05-26	
11	JJF1883-2020	阻抗管吸声标准试样校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
12	JJF1884-2020	10kHz～100MHz电磁场探头校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
13	JJF1885-2020	射频与微波功率计校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
14	JJF1886-2020	电场探头校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
15	JJF1887-2020	射频与微波功率传感器校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
16	JJF1888-2020	氯化氢气体检测报警器校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
17	JJF1889-2020	医用硬拷贝照相机校准规范	2020-11-26	2021-05-26	
18	JJF1076-2020	数字式温湿度计校准规范	2020-11-26	2021-05-26	代替JJF1076-2001

中国计量协会校准委员会发布《校准行业蓝皮书（2020 年度）》

随着校准事业的发展，2019 年 11 月，中国计量协会校准委员会正式成立了。校准委员会以“打造知识共同体、建立校准大平台”为愿景，力争把委员会打造成为校准行业的信息平台、技术平台、服务平台、国际合作平台。

1993 年，原国家技术监督局印发了《加强企业计量工作的若干意见》，其中提到“企业有权建立对内部非强检工作计量器具进行检定或校准的计量标准装置，并开展检定、校准工作”，在官方文件中第一次引入了“校准”概念。1996 年 1 月，原国家技术监督局发布《关于正式使用“检定 / 校准”证书的通知》（技监局量发 [1996]07 号），为各级法定计量检定机构开展校准服务提供依据为标志，校准在我国开始了逐步发展的历程。截至目前，校准已成为保证量值准确可靠的重要技术手段，是现代计量测试服务体系的重要组成部分。据测算，目前国内可提供校准服务的机构大约在 6000 家左右，全国计量校准市场容量约 106 亿元。

但目前，我国还缺乏关于校准市场准确的统计数据，对校准发展历程也没有开展系统性地总结，很多新进入校准市场的机构甚至对校准的基本概念还比较模糊。因此，中国计量协会校准委员会编制了一本反映校准行业概况和发展的蓝皮书，以满足各方需要，特别是会员单位的需要。

《校准行业蓝皮书（2020 年度）》第一章介绍了有关校准的基本情况，开展校准的基本概念，开展校准应具备的基本条件、相关资质，阐述了校准发挥的作用；第二章介绍了校准行业现有体系，包括利益相关者分析，我国计量相关体系介绍，认可机构和国际组织的基本情况；第三章分析了校准发展形势，包括在我国的发展历程，国内外发展形势；第四章介绍了校准技术相关情况，以及校准服务的一些典型应用；第五章介绍了校准设备有关情况；第六章对校准行业发展提出了建议。

《校准行业蓝皮书（2020 年度）》将于近期发放给各会员单位。

中国计量协会团体标准《计量检测电子记录的通用规范》发布实施

11 月 30 日，中国计量协会发布了《计量检测电子记录的通用规范》团体标准，于 2021 年 1 月 1 日实施。随着现代计量技术的不断发展，电子记录在法定计量检定机构、检测校准实验室的使用越来越广泛。标准的发布实施可规范计量行业最基本的技术质量活动，实现检测质量管控的能力提升。可以提高计量检测工作效率、规范原始数据的记录行为，减少人为数据差错，培养检测人员诚信计量、科学计量的职业习惯；有利于实施数据自动采集、自动生成证书的智能化计量检测。该团体标准由会员单位河南省计量科学研究院、福建省计量科学研究院、山西省计量科学研究院、华测检测认证集团股份有限公司、深圳天溯计量检测股份有限公司、深圳市中图仪器股份有限公司、北京康斯特仪表科技股份有限公司等 11 家机构或企业参与编制。

团体标准全文可至 http://www.ttbz.org.cn/Home/Standard 查看。

中国计量协会校准委员会 2020 年工作回顾与展望

2020 年是全面建成小康社会和“十三五”规划收官之年，是“十四五”谋篇布局之年，是中华民族伟大复兴进程中一个重要的历史节点。校准行业经过这些年的快速发展，形成了具有中国特色的法律法规、技术法规、行政监管、国家量传溯源体系、实验室认可、人员管理等比较完善的工作体系。在为确保国内量值准确、可靠，支撑服务产业发展等方面取得了卓有成效的成绩。

在各方面的支持和各会员单位的积极参与下，2019 年 11 月，中国计量协会校准委员会正式成立了。校准委员会以“打造知识共同体、建立校准大平台”为愿景，力争把委员会打造成为校准行业的信息平台、技术平台、服务平台、国际合作平台。2020 年校准委员会着力开展了五大工作。

一是编制《校准蓝皮书（2020 年度）》。为满足会员单位需要，在市场监管总局计量司的指导下，在中国合格评定国家认可中心的大力支持下，成立了校准委员会秘书处牵头，以副主任委员航空工业北京长城计量测试技术研究所为核心、会员单位北京康斯特仪表科技股份有限公司参与的《校准蓝皮书（2020 年度）》编制小组，撰写了《校准蓝皮书（2020 年度）》。对校准的基本概念和发展历程进行了梳理和总结，对我国现阶段校准市场总体情况进行了摸底和数据统计，对校准技术、设备发展、服务产业等情况进行了介绍，对校准行业的国内外发展形势进行了分析，对校准行业发展提出了政策建议。

二是创立《校准委员会信息通讯》。为了更好地服务广大会员，2020 年 3 月校准委员会内部技术刊物《校准委员会信息通讯》迎来了创刊的日子。我们希望通过《校准委员会信息通讯》打造一个信息分享的平台，提供校准行业最新的信息。打造一个知识共享的平台，把行业发展的真知灼见与君共享。打造一个沟通交流的平台，致力于为计量校准从业者搭建对话的桥梁。打造一个热情服务的平台，将大家工作中遇到的问题能够在这里回应。打造一个展示风采的平台，把行业中的优秀者展示出来。2020 年《校准委员会信息通讯》已发布了四期，内容涵盖行业简讯、工作动态、学术交流、会员文采四大主题，汇总行业重点简讯 40 篇，转载行业热点学术文章 17 篇，发布工作动态 13 篇，宣传会员单位 3 家。

三是开展校准委员会技术文件体系研究。编制《校准委员会团体标准制修订工作管理办法》《校准委员会计量校准规范制修订工作管理办法》，为工作委员会制定技术文件提供依据。计量检测电子数据记录在计量技术机构、检测校准实验室的使用越来越广泛，但它的使用和管理缺乏有效标准，出现了许多不规范现象。校准委员会洞察并积极关注校准行业热点问题，编制并发布《计量电子原始记录通用规范》，《规范》的实施有利于实施数据自动采集、自动生成证书的智能化计量检测。进一步提高计量检测工作效率、规范原始数据的记录行为，减少人为差错培养检测人员诚信计量、科学计量的职业习惯；有力规范技术机构最基本的技术质量活动，实现检测质量管控的能力提升。

四是广泛吸收会员单位。按照《中国计量协会校准委员会工作条例》规定，进一步扩大校准委员会影响力，采取公开征集方式，吸收符合条件的单位加入校准委员会。截止目前，校准委员会会员从成立时的 55 家发展到会员 114 家，其中法定计量检定机构 38 家，校准机构 57 家，技术机构和大专院校 6 家，校准用户 13 家。校准委员会将努力建设成为校准全产业链条相关各方沟通交流平台。

五是加强与总局计量司、合格评定国家认可委员会（CNAS）的沟通联系。共同推进校准市场健康有序发展。积极承担总局计量司《校准管理办法》研讨工作，及时反映校准市场发展动向和校准机构发展诉求，为市场监督管理部门提供政策制定依据。多次走访合格评定国家认可委员会（CNAS），围绕行业规划、信息互通、技术研讨、人员培训等工作建立长期、持续、稳固的合作机制夯实基础。

随着经济和社会的发展，我国校准行业正在逐步兴起，在给我国校准行业带来许多发展机遇的同时，也面临许多挑战和不确定性因素。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》中指出：“完善国家质量基础设施，加强标准、计量、专利等体系和能力建设，深入开展质量提升行动”，国家对校准行业的重视，结合“放、管、服”背景下，必将引导我国各校准行业参与者朝着健康的方向发展。在迎来新的发展契机的同时，校准委员会要引领我国校准机构聚焦发展机遇，立足从行业自律、技术提升、品牌建设下功夫，引导我国校准行业规范发展。

明年是十四五规划的第一年，校准行业及校准行业参与者如何跟上时代的步伐和节凑，面对新形势新要求，需要大家要去深思、去研究、去决策、去行动。校准委员会也会持续搭建好行业交流平台，在继续做好延续性工作的同时努力做好以下工作：

一是引导校准行业加强自律。要加强政策培训宣贯，培育校准客户转变观念树立校准意识，提高全社会对校准的认知度，在整个经济社会发展和工业制造领域形成“有测量必须校准、有校准就有品质”高质量发展意识。要做好政府主管部门的参谋助手，建立计量校准市场行为规范，创造公平竞争的环境条件，引导校准市场将向成熟和规范的方向发展。要加强对校准机构的规范自律和诚信服务意识，强化内部管理，规范操作，不断加强自身的能力建设，提高自身的技术能级和服务

水平，以诚信服务、优质服务树立起自身的品牌和形象，形成有序竞争和充分竞争的局面。

二是提升校准行业技术水平。随着计量技术逐步进入量子化时代，校准技术的发展势必呈现出校准对象和参数越来越多、准确度越来越高、测量范围越来越宽、校准对象的功能越来越综合和智能。这就要求我们必须不断研制出新的计量标准器具、不断研究出新的校准方法、不断培训新的校准人才。开展原创性、创新性校准新技术评选工作，鼓励更多的校准技术人员不断探索创新，提高校准行业科研工作整体水平和核心竞争力。组织有代表性的第三方校准机构开展计量比对工作，提高校准机构保障量值统一的技术能力，不断提高校准行业的整体形象和服务水平。

三是开展标准化工作。按照《校准委员会团体标准制修订工作管理办法》《校准委员会计量校准规范制修订工作管理办法》，开展《计量电子证书电子通用规范》《计量校准活动良好行为规范》开展编制预研工作。引导校准机构开展示范创建活动，促进校准机构良性健康发展。

四是要完善工作协调推进机制。紧密联系总局计量司、合格评定国家认可委员会（CNAS），形成监管、认可、服务三位一体的校准行业管理新格局，构建更加科学、全面、完善的校准行业服务体系，进一步有效激发校准市场活力。

如何在新的历史时期展现校准行业蓬勃奋进的良好形象，是每个校准行业参与者必须面临的重大问题。在中国计量协会委员会的引导下，广大会员要坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入学习贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中、五中全会精神，紧密围绕党中央、国务院战略决策和国家经济社会发展大局，在提高服务发展的能力和水平上展现新作为；要围绕统一市场监管体制要求，在提升市场服务综合效能上发挥重要作用；要围绕行业高质量发展，在推进市场化、国际化、专业化、集约化、规范化发展上持续加大力度。

让我们并肩携手，砥砺前行，一起助力和见证我国校准行业腾飞和跨越！

计量检定及校准中计算机技术的应用研究

Application of Computer Technology in Metrological Verification and Calibration

宋冬
（陕西省计量科学研究院，西安市 710065）
Song Dong
(Shaanxi Institute of Metrology Science, Xi'an 710065)

【摘 要】计量是实现单位统一、量值准确可靠的活动，通过这种技术手段来保障稳定的测量结果。检定校准 工作中，如何快速、准确地得出被测对象的计量性能参数，是有效提升计量工作质量的关键。随着 现代社会信息技术的快速发展，计算机技术带来了一系列的产业革新，也给现代计量检定工作提供 了参考和借鉴。本文以此为切入点，分析计量检定校准工作中计算机技术的应用方法。

【关键词】 计量检定校准 计算机技术 应用方法

Abstract: Metrology is an activity that realizes unity of unit and accurate and reliable value. This technique is used to ensure stable measurement results. In the verification and calibration work, how to quickly and accurately obtain the measurement performance parameters of the measured object is the key to effectively improve the quality of the measurement work. With the rapid development of information technology in modern society, computer technology has brought a series of industrial innovations, and also provided a reference and reference for modern metrological verification work. This article uses this as a starting point to analyze the application of computer technology in metrological verification and calibration.

Key words: Metrological Verification and Calibration Computer Technology Application Methods

引言

计算机技术的核心内容包括数据库技术、网络技术、虚拟器技术等，不同技术在应用的过程中有不同 的技术特点与优势，在实际应用的过程中也给计量管理提供了良好的发展空间，使现代计量朝着更加全面化、智能化的方向发展。计量检定校准工作的目的在于减少误差，在客观条件下尽量减小误差带来的不利影响。但计量检定校准工作的任务本身存在一定的难度，需要通过各类问题的妥善处理，减少影响因素。

1 计量检定校准工作的相关技术

计量检定校准工作是为了评定相关的计量性能，是进行量值传递的主要形式。多年来我国在计量检定校准工作的质量上都要低于国外。从计量检定校准的工作要求来看，我们需要考虑产品生成和检测两个大环节，前者需要通过校准过程来让产品符合规格，后者则是对测量仪器进行规划，确保给出的数据有据可查。

1.1 单位统一技术

单位统一技术按照国际单位值确定了不同的基本量，即长度单位 m、质量单位 kg、时间单位 s、温度单位 K、电流单位 A，发光强度单位 cd 和物质量单位 mol，通过这些单位的计算衍生出其它的 21 个辅助单位。

1.2 量值溯源技术

量值溯源技术和单位统一技术之间存在密切联系，即保障单位的计量、校准和检测结果可以与误差允许值在可控范围内。无论是实验室内标准设备还是 标准物质都会产生不可控的误差，影响到后续的检测值，所以在某些基本量上的保障程度可能存在缺陷，因此量值溯源技术中引入了不确定度的评定技术，然后通过比对和校准来给出误差值、不确定度范围，从上至下可以有一个被跟踪的误差范围。

1.3 无线传输技术

无线技术的快速发展在各行各业得到了广泛应用，最常见的应用领域为移动通信领域，在城市管理中的电力线无线报警与城市管网压力计算也需要通过传递和数据处理给出定量的分析结果，且技术已经发展成熟。

1.4 JavaEE 技术

在 Java 中引入了对于错误运行时的异常处理检测机制，所以当 Java 编写的语言程序出错时，系统也会进行异常处理并寻找异常处理方法。另外 Java 避免了对内存地址的不确定管理，减少

收稿日期：2019-12-18
作者：宋冬（1980-），男，西安人，汉族，本科，工程师
研究方向：计量

了对于无效数据的破坏情况，更好地发挥系统稳定性，作为开发计量检定校准系统的前端而存在。

2 计量检定校准工作中计算机技术的应用

计量检定校准工作中的标准要求较多，同时需要借助各种类型的仪器和设备进行数据处理，且在检定的过程中需要将信息进行留存。在传统的工作模式下，这项工作需要耗费大量的人力和财力，且整体的工作效率较低，产生人为错误的可能性较高，在纠正的过程中也无法完全定位问题产生的点。所以，引入现代计算机手段就可以有效地解决此类问题，从根源上提升工作效率。

2.1 数据库技术

未来的计量检定校准朝着自动化、智能化的方向发展，大容量数据库系统下的多功能模块可以创造 良好的自动化管理系统，涵盖主控单位、信息数据模块、维护管理模块和数据处理模块等多个方面的内容。而主控单位作为基础性模块，涵盖了系统内部的不同功能，通过菜单高职用户，同时还可以以此为基础扩展已有的数据库体系。在模块当中，初始信息不可进行更改，需要借助其他手段完成有效的信息分类，并且结合维护过程实现查询、复制和修改。借助变成语言完成系统操作之后，就可以对设备检定的相关信息进行综合处理，针对不同的用户赋予不同的权限，做好日常的数据库管理工作。

例如在系统功能的模块设计方面，客户端程序可以直接在测量现场完成数据的收集和处理，并且在需要完成计量检定校准工作时，以无线形式发送请求，数据库表的内容用于保存数据，在这一过程中可以采用数据约束、数据保存规则、触发器使用等不同方法来保持其稳定性。例如在数据库的录入过程中如果有误操作行为的存在，系统可以按照事先所设定好的约束条件来提示管理员是否要录入信息。如需要对某个表中的内容进行更改，则按照数据的完整性原则，将与某条记录相关的其它记录同时进行更改。一般流程可以如图 1 所示。

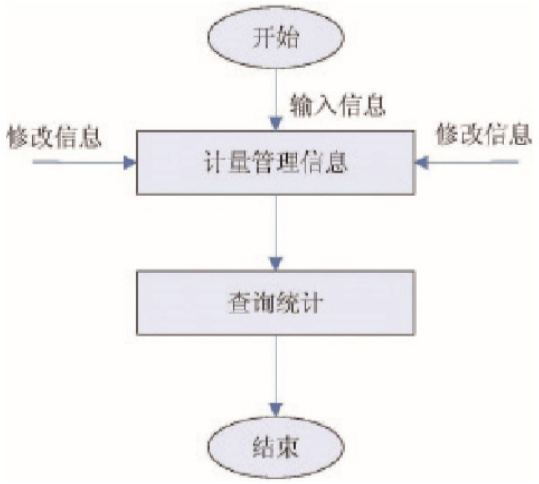


图1 计量检定校准系统流程

整体来看，系统的设计方案应结合系统总体功能需求来决定，并且在数据库的选型、数据处理流程、 数据字典设计方面做好规划，满足应用技术要求。

2.2 网络技术

网络技术的应用成为了现代计量检定校准工作的主要方式，可以实现更加完善化的控制和管理，减少管理人员的工作强度。现代化管理方法也逐渐成为了计量人员关注的技术重点。网络化的核心在于借助计算机技术手段来创设计量管理系统平台，让不同层次的用户都可以借助数据共享实现内容研究，以此为基础做好数据的综合处理，保障工作质量。例如在计量检定校准管理中可以将不同机构的分散信息进行集中化处理，然后借助决策管理层的工作来进行动态掌控，作业层可以灵活地处理各种类型的信息和数据，包括对系统需求的收集分析[1]。这样一来，决策制定过程中的各类信息都可以通过网络平台来进行传输，直接通过网络省略某些不必要的工作形式。良好的数据库网络体系支持之下，即便是大量的计量检定校准信息可以实现信息层面的共享和应用[2]。

例如在电能平台系统设计方面，通过智能化计量检定校准系统的建设，实现了过程风险的控制，满足国家计量检定要求的同时，对传统电能作业中涉及到的身份识别、通电检查、准确度确定和功能实验工作进行管理，单元可以独立地完成各项检定项目的检查工作，结合软硬件组合设计构成计量检定校准的局部网络。自动化功能平台模块的构建，可以让各个模块的功能得到发挥，满足技术指标的要求。

2.3 虚拟器技术应用

随着计算机技术快速发展，一些智能化的检测手 段或是数字信号处理技术、图片处理技术等方面也实现了质变，在这种环境下虚拟器技术手段也随之产生。与计量检定校准相关的技术在近年来主要表现为电子计量层面的发展，更新了传统设备中的物理结构，更加高效化、便捷化，成为了当前计量设备中的主要组成部分。按照虚拟仪器的使用过程来看，它将技术手段融入了测试分析的过程中，以更加强有力的计算机软件工具，在计算机屏幕当中构成与传统仪器类似的图像，用户可以借助操作设备来操作虚拟按键，按照需求来调整仪器设备中的不同功能，利用屏幕来实时掌握系统运行的状态，呈现出最终的检测分析结果。因为传统的计量设备成本较高，功能性集中，虚拟仪器的优势在于可以重复利用，较传统方法有着更加明显的优势。

这一方面的技术应用在气象站的计量检定校准工作中得到了广泛应用，通过信息数据采集的虚拟系统，来获取标准装置的信号，借助传感器获得输入、输出的具体数值后再得出最终的计量检定结果，面向气象站之内的处理体系[3]。气象管理平台在逻辑上实现为三层结构，第一层为表现层，是对公告信息的展示，第二层主要负责业务逻辑的处理，第三层则是数据访问层，包括对数据的添加、删除等。系统管理模块的作用可以实现对气象局各个部门的管理，让各个部门可以协调开展各项工作，保障系统的安全性。数据管理模式可以如图 2 所示。

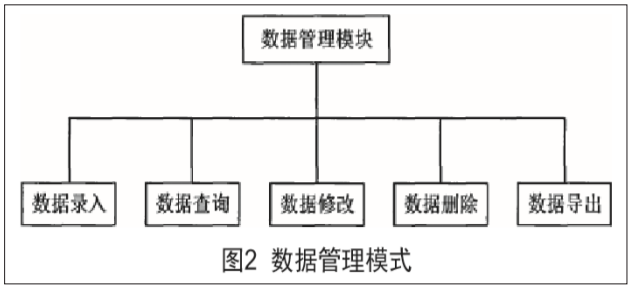


图2 数据管理模式

数据录入是计量检定校准的技术人员完成数据手机之后，将生成的鉴定数据写入 MySQL 数据库中进行存储，便于随时查询。如果数据记录中的某些信息具有权限设定，在非权利者查阅时并不会现实出来。数据修改方面，某些工作人员可以设定不同的指定条件，查找出符合要求的数据记录。当需要修改时也能更改并确认，但这项操作的前提是用户应具有修改操作的权限。用户具具有修改操作的权限。用户具有删除的权限时，就需要对无效数据进行删除，系统也会对删除数据确认后，最终将有效的数据导入 Excel 表格之内进行后续的数据处理[4]。

2.4 测试校准装置

在目前的装置硬件系统当中，自动测试校准装置比较复杂，分为几个不同的阶段的应用。首先是标准信号的产生分路，将产生的标准信号划分为不同的标准信号，发送至不同的通道当中，计算机可以对标准信号进行处理，对比测试信号的准确度。之后实现信息层面的相互传递。以目前的技术要求来看，某些影响到测试结果的条件需要进行控制，例如环境因素等。在装置应用时可以考虑使用原位校准法等精度较高的程序，将其与时间间隔保持同一，保障测量数据的真实性。

3 结语

计量检定校准工作的技术性突出，对于产业建设发展的作用十分明显，现代计算机技术的应用能够促进计量检定校准工作质量大幅提升。因此，相关工作人员应较为熟练地掌握这些技术手段，发挥各项技术的内在价值，促进其在计量检定校准工作中的有效应用，推进计量检定校准工作更好地发展。

参考文献

[1] 陈海林，邱云峰，潘宏斌等 . 测绘仪器计量检定校准管理系统开发及应用 [J]. 测绘技术装备，2015（3）：90-91

[2] 李丽 . 检定示功仪校准装置标准器的测量不确定度评定 [J]. 石油工业计算机应用，2017（4）：58-60

[3] 张攀，张琳凤，王海涛 . 计算机技术在现代计量检定与管理中的应用研究 [J]. 科技创新与应用，2015（21）：300-300

[4] 江思杰，马耿，江传华 . 基于 GJB7691-2012 的通用数字示波器自动检定关键技术的研究 [J]. 舰船电子工程，2015（3）：55-58

校准前沿数字技术赋能国家治理的“仪表盘”

北京师范大学政府管理学院教授　孙 宇

【摘　要】随着大数据、人工智能、低轨卫星互联网、量子计算等前沿数字技术的发展，其“双 刃剑”效应也日渐凸显，一方面推动了生产力发展，另一方面也为国家治理带来了一系列挑战。 因此，需要从国家治理制度设计的高度出发，加强其赋能的一面，限制其耗散的一面，将前 沿数字技术创新和发展导入赋能国家治理的轨道。

【关键词】前沿数字技术　国家治理　赋能
【中图分类号】G30
【文献标识码】A DOI:10.16619/j.cnki.cn10-1264/d.2020.35.009

近年来，大数据、人工智能、低轨卫 星互联网、量子计算等前沿数字技术在促进生产力发展的同时，也给国家治理带来了严峻挑战。前沿数字技术变革一方面正在完善国家治理体系并赋能国家治理，另一方面却不仅“耗散”了传统治理结构及其相关制度安排，而且给相关立法、公共政策以及社会伦理等提出了新命题。如何充分发挥前沿数字技术在赋能国家治理、创造国民福利盈余等方面的积极作用，科学规避冲击，是新时代国家治理的新命题、新要求。

前沿数字技术创新发展带来的治理挑战

大数据技术的“双刃剑”效应日渐凸显，数据监管如何平衡发展与安全成为新课题作为数字经济发展和繁荣的核心要素，数据为经济社会的数字化转型和公共服务效率提升提供了引擎，但其破坏作用也不可小觑。其中“剑桥分析”事件开启了大数据应用于政治营销的先例。2016 年美国大选期间，特朗普竞选团队聘请剑桥分析（Cambridge Analytica）公司将 8700 万脸书个人用户数据用于精准绘制用户心理特征和政治倾向等“个人画像”，这些数据涉及用户的出生日期、地理位置、登录日志、教育背景、政治和宗教信仰、社会关系网络、个人兴趣、日常活动等，进而帮助特朗普团队制定有效的竞选策略，投放政治广告，影响选民投票。不可否认的是，这些举动的确在一定程度上左右了美国大选的最终结果。随后披露的信息显示，剑桥分析除涉足美国大选外，还至少参与了尼日利亚、肯尼亚、捷克、印度和阿根廷等国家的 200 多场选举。除此之外，隐私泄露和个人信息滥用事件多发频发，跨境数据流动和各国数据监管政策，如欧盟的《通用数据保护条例》、美国的《云法案》、我国的《网络安全法》之间的冲突也此起彼伏。

人工智能正在强劲触发并推动新一轮科技

革命和产业变革，给国际竞争、科技伦理、法律规则带来严峻挑战当前，人工智能已经在数据积累良好、工作程序规范的医疗、金融、安防、物流和教育等行业投入使用，并取得了骄人成效。但是，随着人工智能、大数据以及算法之间所形成的“喂养”关系越来越紧密，一些前所未有的风险开始显现。例如，“深度伪造”技术被恶意用于炮制政治谣言、捏造虚假信息、制造虚假新闻，频繁突破伦理底线，增加了网络内容监管的复杂性，带来了网络政治安全和意识形态安全风险。其所导致的社会危害是系统性的，并且会沿着互联网、社交网络扩散，从而扭曲民主对话、操纵选举、降低公共政策的社会预期、侵蚀社会信任、制造并加剧社会分裂、损毁特定军事或情报行动及能力、威胁正常的经济和社会秩序，乃至破坏国际关系等。

5G、低轨卫星互联网等新技术的应用加大了网络信息监管的复杂性和不确定性 5G 具有高速率、低时延、广覆盖等特点，数据传输方式、存储方式等发生了重大变化，信息传播方式多样且去中心化。随着 5G 大规模进入商用阶段，短视频、高清视频、虚拟现实、增强现实等新业务愈加普遍，导致有害视频的监看发现、解析识别、 处置清理等面临极大挑战和更高成本。

以“星链”（Starlink）计划以及“柯伊伯”（Kuiper）星座计划等为代表的低轨卫星互联网竞争已经拉开了序幕。由于近地轨道频率资源奉行“先到先得”原则，加之低轨卫星间链互联网

竞争已经拉开了序幕。由于近地轨道 频率资源奉行“先到先得”原则，加之低轨 卫星间链路以及落地的信关站可以穿透网络 空间的监管边界，低轨卫星互联网星座商业 化发展的不断加速，不仅可能使追赶者失去 在低轨卫星互联网领域的话语权，而且也会 给国家主权带来新的挑战。

区块链和量子计算等新技术的发展在释放

技术红利的同时也带来了风险区块链在技术上的新奇之处在于，它可以让人们对一个分布式账本的真实状态达成共识，成为“无需信任的共识引擎”。这个分布式账本可以记录交易、合同、产权，在每个网络节点上都保存一份副本，并且存在一种安全加密和经济激励加密机制，以确保所有参与者对账簿的真实状态达成共识，无需信任某个集中节点或权威机构。从合约的角度看，分布式账本记录了谁（或什么机构）拥有什么、谁（或什么机构）同意了什么、以什么来计算等共识，同时记录所有有价值的交易，从而改变了交易机制，极大降低了交易成本，成为创造经济效率和繁荣的先决条件。但是，有不法分子打着“区块链”的幌子，从事营销传销、金融欺诈等非法行为，诱骗不明真相的网民参与，致使近几年来 P2P 暴雷事件频发多发，严重破坏了经济金融秩序，增加了金融安全风险。量子计算、量子通信在理论上具备无条件的安全性，能突破现行计算构架的算力瓶颈，从而开辟新的计算时代和通信时代。但是，谷歌提出的“量子霸权”一旦投入编解码应用，现行编解码体系将遭遇前所未有的危机，甚至可能被颠覆。

国际环境变化始料未及，远远超出预期

中美关系紧张、新冠肺炎疫情全球大流行等给前沿数字技术创新和应用带来了重大影响。2020 年 8 月 5 日，美国国务卿蓬佩奥假借保护美国公民隐私和美国公司敏感信息之名，宣布发起针对中国的“清洁网络”计划，这预示着美国单边贸易霸凌行径对我国信息科技的打压进一步升级为“数据脱钩”。同时，新冠肺炎疫情全球大流行加速 了数字技术创新应用发展的深度和广度。作为互联网应用大国和数据大国，我国在面对美国贸易战、科技战的过程中，表现出了强劲的技术创新韧性，并在世界范围内率先取得了抗击新冠肺炎疫情的重大战略成果，其中数字化抗疫发挥了关键作用。面向未来，我国前沿数字技术发展如何立足自主研发，加快核心技术突破，培育非对称性“杀手锏”，如何深化国际合作和交流，解决基础性、通用性技术问题，降低供应链单线、单 点阻断的风险，确保供应链、产业链安全，构建和提升国内国际双循环发展的配置资源能力，成为亟待解决的问题。技术的本质：赋能还是耗散？

美国著名经济学家布莱恩·阿瑟（W. Brain Authur）在其 2009 年出版的《技术的本质》（The Nature of Technology）一书中敏锐地指出:“技术是万事万物深层秩序的一个重要组成部分。但是，我们的潜意识对奴役我们天性的技术与解放我们天性的技术作出了区分。我们或许不接受抑制我们天性的技术。我们是人类，并且我们不只是需要经济舒适感。我们需要挑战，我们需要意义，我们需要目的，我们需要与天性同在。技术在哪里将我们与上述需求分离，它就会在哪里走向终结；反之，技术在哪里增强上述需求，它就会在哪里不断成长，并体现我们的天性。”很显然，技术治理必须遵循解放人类天性以及为人类赋能的发展方向。

意大利创新经济学家乔凡尼·多西（Giovanni Dosi）认为，作为信息、知识、程序、人工制品和中间产品投入的组合，技术具有四个方面的重要特性。一是技术在使用过程中是非竞争性的，一个经济行为者使用某种技术并不能降低其他行为者使用同种技术的能力。二是技术应用与信息应用一样具有内在的不可分割性。三是当特定技术发挥作用时，该技术实际上已经得到社会化利用，其所耗费的高昂前置投入成本已经被后期重复利用该技术的低成本所淹没。四是技术的使用受制于收益非递减规律，有时候遵从收益递增规律。也就是说，信息和知识不会因技术进步而蒙受无形损耗。在多西看来，技术进步是在企业发展、产业变革和经济增长方式演化的框架下进行的，针对新技术治理的衡量标准取决于其是否有利于企业创新和解决问题的能力，是否有利于产业发展和转型，是否有利于改变市场交易方

式、市场容量以及增强竞争力，以及是否有利于建立技术和制度变革驱动的宏观经济发展进程。近期，关于数字技术能否真正促进经济增长、增强国民福利盈余引起了宏观经济学家及增长理论家们的关注。技术悲观主义者罗伯特·戈登（Robert Gordon）认为，数字技术并没有像想象中那样带来劳动生产率的提高，“枝头低垂的果实已经摘尽”。但诺贝尔经济学奖获得者迈克尔·斯宾塞（Michael Spence）却认为，数字技术正在深刻地变革着经济和社会，在健康、教育、协作方式等领域所产生的影响极为深远，这种影响多维且复杂，应该衡量和区分其积极和消极的影响，以便为公共政策制定提供指南。

麻省理工斯隆管理学院教授埃里克·布林约尔松（Erik Brynjolfsson）认为，免费数字技术和产品给人们带来了显著的国民福利，但这些福利盈余是传统 GDP 衡量方法无法捕捉的，如搜索引擎、社交网络、在线音乐等为居民创造了难以度量的巨大价值。根据他的测算，仅一家知名社交网络在 2004—2017 年间就使美国 GDP 年均增速提升了 0.1%。但值得注意的是，因快速的技术迭代，某些数字产品不但无法被 GDP 捕捉，反而会降低GDP,比如智能手机导致计算机、电视机、数码相机以及导航终端等产品的销量剧烈下降，从而降低了 GDP。布林约尔松认为，以人工智能等为代表的新一代通用目的技术带来整个社会互补性投资的增加，但这些投资通常是无形的，在这些新技术导入的初期，其生产率增长会被低估，当这些无形投资伴随着人们适应能力的增长产生收益时，生产率增长会显现出来且容易被高估。因此，他认为前沿数字技术所带来的生产率增长是一条 J 型曲线。

诺贝尔经济学奖获得者威廉·诺德豪斯（William D.Nordhaus）认为，人们乐观 地以为计算技术、人工智能等数字技术的快速变化将会跨越某些边界或“奇点”，进而全面加速经济增长。但是，虽然计算技术、人工智能可以完成许多常规工作，非常规工作却不那么容易被编程且它们会随着时间的推移和经济环境的变化而演化。“如果我们将这个具有潜在超级智能的世界看作是人类和机器之间的竞争，那么我们肯定需要一个人类团队来考虑如何保护人类免受机器的伤害。”技术与人之间的可替代性程度就将决定“奇点”的到来。诺德豪斯认为，只有当信息投入或产出在整个经济的投入或消费中所占的比例上升时，信息和计算技术才可能会主宰整个经济。根据过去的经验，通过在人工智能与人力之间实施替代测试，“奇点”远未来临，大约还需一个世纪的时间才有可能达到增长的“奇点”。从经济增长和生产率增长的角度来看，我们必须对数字技术促进经济增长的积极效应严肃地加以甄别并因势利导，必须通过增加互补性投资来改变整个社会的资源配置，以便防止数字技术耗散经济增长所导致的“挤出效应”。

校准前沿数字技术赋能国家治理的“仪表盘”

前沿数字技术是一把“双刃剑”，既可能赋能国家治理，也可能耗散国家治理。我们必须注意到，技术创新、需求变化和制度变革是密切互动的过程，前沿数字技术与国家治理之间的互动会决定未来国家治理结构及相应制度安排。未雨绸缪，防患于未然，需要我们加强其赋能的一面，限制其耗散的一面。因此，从现实出发，特别是由于大数据、云计算、人工智能、区块链、低轨卫星互联网、量子计算等前沿数字技术仍处于发轫期，我们必须从国家治理制度设计的高度出发，将前沿数字技术创新和发展导入赋能国家治理的轨道。

建立跨政府部门的数字技术治理联动机制

技术赋能不应该固化政府部门的法定权责边界，而应该从标准兼容、数据共享、测试仿真、创新适应、协作联动、安全可信的角度建立数字技术治理规则。高度重视互联网社会化普及后，根据政府部门与商业主体在数据搜集、处理、存储和利用等环节的能力差异，特别是数据占有量方面已经出现的“反向剪刀差”，建立商业部门向公共部门提供规范化数据接口的规定，从而保证公共政策的制定能够满足社会预期。政府部门应定期发布数字技术应用指引，保证数字技术的创新和应用赋能国家治理，实现公共价值。

完善数字技术赋能国家治理的法治体系

加快修订数字技术赋能国家治理的法律法规，

扩大现行法律法规的适用范围，完善相关的司法解释，特别是加快制定《数据安全法》《个人信息保护法》《跨境数据流动监管法》《人工智能伦理准则》等法律法规。严格执行《国家安全法》《网络安全法》和《民法典》，保障行政执法程序的规范和公开透明，加强部门执法合作和数据共享，形成执法合力。

深化数字技术赋能国家治理的试点示范

新冠肺炎疫情全球大流行加速了数字技术赋能国家治理的创新应用。在此背景下，应及时总结数字技术在公共卫生、应急管理、民生服务等领域所取得的治理经验和教训，激浊扬清，整合和构建国家大数据融合治理平台，建立包含数据采集聚合、数据流动交易、数据开放运行、数据安全治理等环节的全流程标准规范体系，将数字技术赋能国家治理的领域逐步向自然资源监测、生物多样性以及环境保护、养老救助、社区治理等领域延伸。

开展人工智能社会治理试验

面向第三代人工智能——知识、数据、算法和算力的集成，特别是深度机器学习、推理、建模和辅助决策能力，针对目前互联网超级平台存在的滥用市场垄断地位、不正当竞争、过度索权、侵害消费者权益等行为，建立国家算法监管平台，防止互联网超级平台之间的“算法串谋”以及利用算法“套牢”消费者。

促进各类政策间的协调配合

重点推进技术研发创新政策、产业政策、知识产权、标准和专利政策以及消费者权益保护政策之间的协调配合。建立国家技术研发创新政策的多目标评价体系；技术迭代与产业转型的匹配适应必须有利于促进经济增长和全要素劳动生产率的提高；知识产权保护、标准和专利政策要与消费者权益最大化相适宜；积极实施标准化战略，以标准助力创新发展、协调发展、绿色发展、开放发展、共享发展。

完善面向数字技术赋能国家治理的国民教育体系

加快调整和改革现行高等教育和职业教育的课程体系、教学模式，依托互联网平台，设置面向大数据、人工智能、区块链等前沿数字技术的开放教育课程。强化科研机构、高等院校和职业高等学校与知名互联网企业、独角兽企业间的合作，增加大众参与数字技术的现场模拟，倡导沉浸式体验，提高公众数字化生存技能。加强各级领导干部和公务员的数字素养培训，强化数字思维、底线思维和风险思维，提高对数字技术的领悟能力和驾驭能力。

加强数字治理的国际交流和合作

面向国内国际两个大局、网上网下两个场域，逐步形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，加强数据治理和数据监管政策立法的国际交流和合作，分享成功经验，促进国际数据治理规则的开放、包容和趋同。特别是将“防止前沿数字技术应用造成以邻为壑的单极化”提上优先议事日程。

参考文献

[1]Brynjolfsson, Erik, Daniel Rock, and Chad Syverson （2020）. The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies. American Economic Journal: Macroeconomics. Vol.12（4）.

[2]Nordhaus, William D. （2020）. Are We Approaching an Economic Singularity? Information Technology and the Future of Economic Growth. American Economic Journal: Macroeconomics. Vol.12（4）.

责编：臧雪文 / 司文君

数字多用表远程校准系统的设计与开发

谢志明，曾全胜
（长沙航空职业技术学院，湖南长沙，410014）

【摘　要】：数字多用表种类繁多，不同表的校准量程、校准档位、及技术参数选取不一样，人工手动校准时间较长，且存在人为失误风险。目前市场上鲜有对数字多用表进行自动校准的专用软件，本文主要研究数字多用表的远程校准技术，开发自动校准程序。通过远程加载校准程序实现对不同表进行自动校准 ， 通过远程桌面控制技术来实现远程校准操作，从而提高了数字多用表的校准效率和校准可靠性。

【关键词】：数字多用表　远程校准　设计开发
DOI: 10.16520/j.cnki.1000-8519.2020.09.027

Design and development of remote calibration system for digital multimeter

Xie Zhiming, Zeng Quansheng
（Changsha Aeronautical Vacational and Technical College, Changsha Hunan, 410014）

Abstract: There are many kinds of digital multimeters. And the calibration range, calibration gear and Technical parameter selection are different. The manual calibration time is longer, and the risk of human error exists. At present, there are few special software for automatic calibration of digital multimeter. In this article, the remote calibration technology of digital multimeter is studied and develop the autamatic calibation program . The automatic calibration of different multimeters is realized by remote loading calibration program, Through the remote desktop control technology to achieve remote control calibration function, there by improve the calibration efficiency and reliability of digital multimeter.

Keywords: digital multimeter; remote calibration; design and development.

引言

数字多用表种类繁多，不同品牌、不同型号表的量程及技术参数多种多样。数字多用表有多种通讯接口，比如 ：RS232、IEEE488、网口、GBIP、USB 等，也存在多种通讯协议，通讯参数的设置复杂，通讯命令集繁多，主要有：SCPI、Fluke 8842、Fluke 5720、Fluke 6130 等，因此数字多用表 的校准方法复杂多样。

对于程控数字多用表，大多数具有自校准（CAL）功能，程控数字多用表的校准可以由技术人员借助于控制器和精密标准源来手动实现。校准过程中，技术人员根据表的校准项目比如零度校准、满度校准等，调整标准源与数字多用表的连接线。整个校准过程不必卸开仪器的外壳，也不用调整任何电位器、电容，因而大大提高了校准的可靠性。但数字多用表功能各异，量程及技术参数多样化。不同数字多用表的校准点选取不一样，技术人员需要对每一种表的技术手册非常熟悉，并熟悉每一种表的校准方法，因此大大增加了技术人员的工作难度。在校准过程中，需要对每一个校准项目进行接线端子的连接，并手动调整标准源的输出参数，校准时间大大增加，校准的效率较低，并存在一定的人为失误风险。通过研究数字多用表的远程校准技术，开发数字多用表远程校准系统，使校准全过程中校准项目、校准参数能自动调整切换，技术人员只需进行标准源与被校表的端子接线操作，实现全自动校准。针对不同型号数字多用表的校准点、校准命令、校准参数有差异的问题，开发完整的通讯规约库，按型号进行管理，通过系统中远程加载校准程序可以实现对不同表进行自动校准，大大增强了系统的灵活性。通过系统中远程桌面控制技术来实现远程控制校准功能，能有效减少表在运输过程中带来的误差，可靠性大大增强。

1 数字多用表远程校准系统的设计与开发

1.1 系统总体设计思路

数字多用表远程校准系统主要包括三个基本部分 ：校准现场端、网络数据传输、校准中心端（远程控制端 ）。其中，校准现场端主要负责校准现场仪表的接线等操作和原始校准数据的采集，远程控制端主要负责校准过程的实施并对校准数据进行分析处理。

（1）校准现场

校准现场包括校准计算机（带仪器接口卡）、被校仪表、标准源和相关的配件等。校准计算机安装数字多用表远程校准系统，通过软件按照数字多用表的校准流程进行全自动操作，现场技术人员只需要根据校准的项目将标准源和被校表用

接线端子进行正确连接。

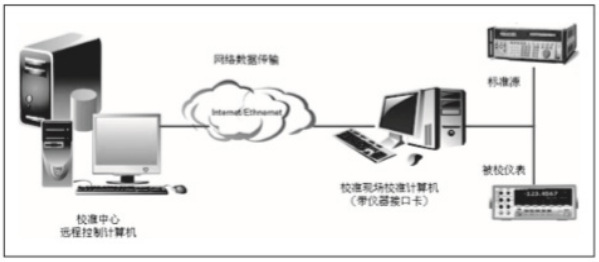


图 1　远程校准系统基本结构图

（2）远程控制端

远程控制计算机通过数字多用表远程校准系统中的远 程加载模块，可以实现不同表的校准程序的安装，大大增加了系统的可扩展性，使系统能够非常方便的对不同型号的数字多用表进行校准。同时系统自带 TeamViewer 插件工具，通过网络进行远程控制本地计算机，从而实现远程校准操作。

1.2 校准流程

数字多用表校准包括零度校准和满度校准，不同数字多用表的校准点选取不一样，应严格按数字表的手册进行选取。对于自动校准的数字多用表，其校准点的选择、校准命令、校准参数都已固化在程序里。本系统以安捷伦 34401A 数字多用表的校准为研究内容来说明校准过程。

（1）数字多用表的校准流程

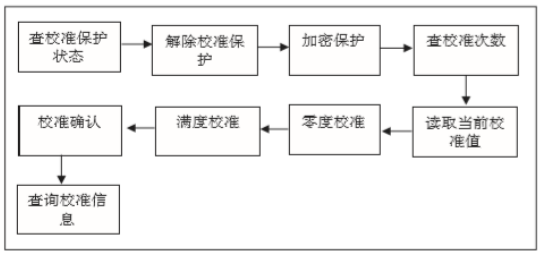


图 2　数字多用表校准流程

表 1　校准相关命令

序号	校准信息	校准命令	备注
1	查校准保护状态	:CAL:SEC:STAT?;##	返回 0 未保护 OFF，1 保护 ON
2	解除校准保护	:CAL:SEC:STAT OFF,HP034401	
3	加密保护	:CAL:SEC:STAT ON,HP034401	
4	查校准次数	:CAL:COUN?;##	返回次数
5	读取当前校准值	:CAL:VAL?;##	
6	零度校准	:CAL:VAL +1.00000000E-01	手工操作，把前面电压电流 4 个端子全部短接
7	满度校准	:CAL:VAL +1.00000000E-01	
8	校准确认	:CAL?;##	发送完满足后，校准确认
9	查询校准信息	CAL:STR?;##	返回校准信息字符串

（2）校准方法

A. 满度校准 begin

① MEAS:VOLT:DC? 0.1// 切换到那个量程

② CAL:SEC:STAT OFF,HP034401// 获取权限

③ 调节输出源到满度

④ CAL:VAL+1.00000000E-01// 设置满度

⑤ CAL?;##// 触发满度

⑥ CAL:SEC:STAT ON,HP034401// 关闭权限

满度校准 End

B. 零点校准整个设备只校准一次，（由于连接会断开，所以导致错误）至少需要 5 分钟

begin

①把前面电压电流 5 个端子全部短接（ 电压电流电阻 ）

② MEAS:VOLT:DC? 0.1// 切换到那个量程 100mV?

③ CAL:SEC:STAT OFF,HP034401// 获取权限

④ CAL:VAL 0.000000000// 设置零点

⑤ CAL?;##// 触发零点要一致等待，不知道到什么时候结束

⑥ CAL:SEC:STAT ON,HP034401// 关闭权限

end

*IDN?

1.3 系统硬件组成 该系统主要由以下仪器设备组成 ：标准源、仪器控制器 （计算机）、GPIB 接口卡及 GBIB 总线、被检数字表多用表、自动校准程序等组成。将 GPIB 接口卡直接插在微机的 I/O 扩 展槽上，实现微机与 GPIB 总线的连接，在程序的控制下实现 GPIB 系统的其他设备间的通讯。

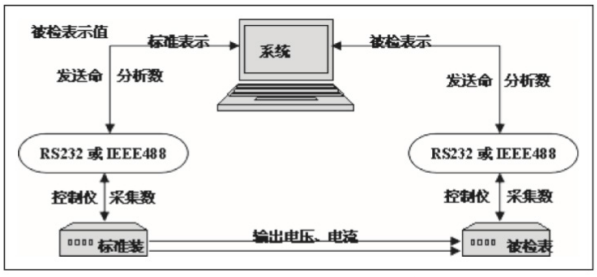


图 3　数字多用表校准硬件连接

在本系统中，GPIB 总线连接三台设备 ：计算机、标准源和被校的数字多用表。当计算机作为“控者”发命令，执行“讲者”功能时，标准源作为“听者”接受该命令，自动完成测试功能、测试点、频率的选择，标准源送出标准信号给被

被校表 ；同时被校表也作为“听者”接受发自计算机的命令，自动设置测试功能档、量程范围及滤波频率等。校准完毕后，被校表和标准源作为“讲者”将数据送到总线上，此时微机就变为“听者”了，接受标准源和被校表输送过来的数据，这样就实现了数 据的自动采集，之后计算机对自动采集的数据进行处理，打印原始记录和检定报告。

1.4 系统软件设计

（1）软件结构框架设计

系统主要功能包括以下几个方面 ：

台帐管理 ：可新建、编辑、删除设备台帐信息 ；可根据设 备型号、设备名称、出厂编号等信息进行查询设备台帐。

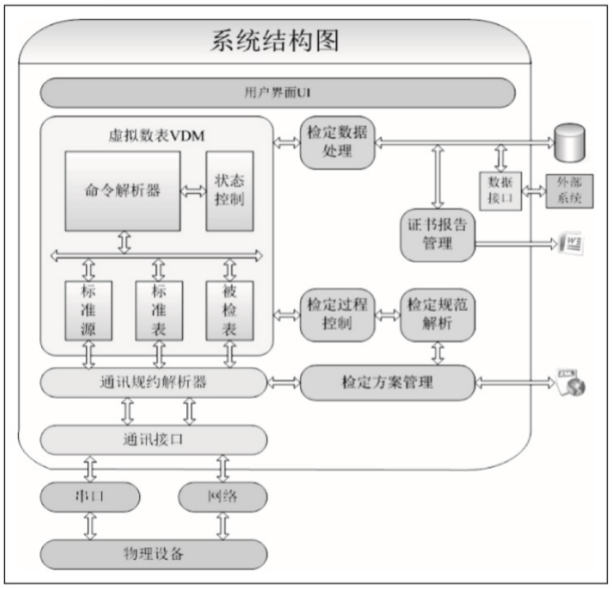


图 4 系统结构图

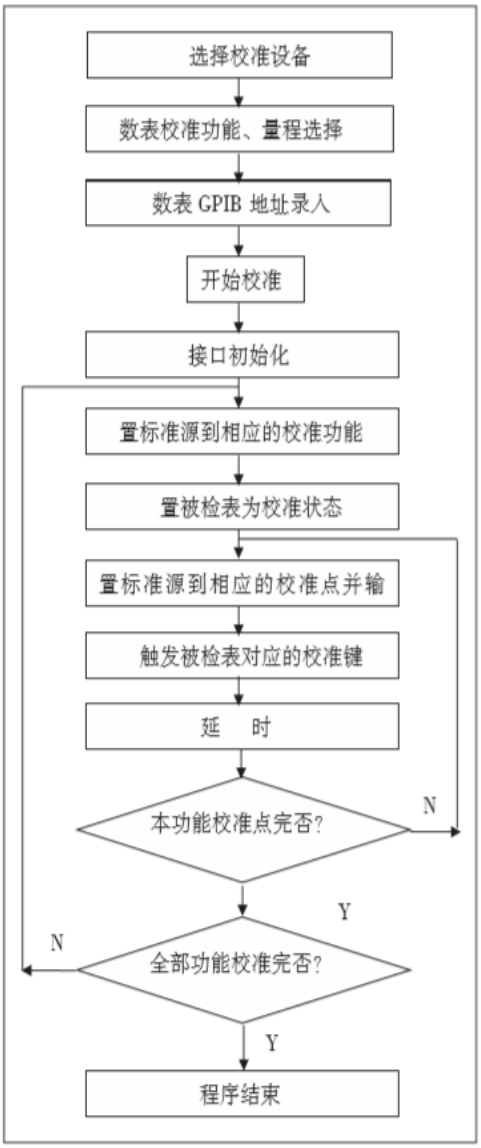


图 5 数字多用表校准流程

型号设置：可新建、修改、删除型号；添加制造商相关信息；添加委托单位信息。

历史记录：可根据制造商、设备型号、出厂编号信息查找检定记录；可根据历史记录查询相关的检定记录。

设备校准：用户可选择固化在程序中的校准项目，也可用户按所需校准点进行选择。

结果处理：可根据指定的模板自动生成各种文档，文档模板可以通过 Word 直接编辑。

远程加载：校准模块的程序可以通过远程下载嵌入在该系统内。

程序设计流程图如图 5 所示。

（2）远程控制模块设计

①远程加载模块

不同的数字多用表需要根据手册专门编写校准配置文件。校准前通过软件的远程加载模块把被校表的校准配置文件加载到系统中去，接下来就可以开始进行校准操作。因此系统能够对不同的数字多用表进行自动校准。

图 6　数字多用表远程加载

②远程桌面

将 TeamViewer 插件工具嵌入到本系统中，通过 ID 和密码实现两端计算机的匹配，从而实现远程控制本地计算机进行软件的操作，实现远程检定与校准功能。

图 7　数字多用表远程控制

2 结束语

在数字多用表的远程自动校准方面，与国内外技术相比较，国外一些知名企业早已有自己的标准源，并针对自己的 标准源，开发出相应数字多用表自动校准软件，但这些软件的校准方案不适应国内数字表的校准方法，可扩展性不强，费用高，可维护性差。国内数字多用表的远程自动校准技术还只停留在研究阶段，目前市场上没有成熟的软件，实现自 动校准仍还是一片空白，没有任何经验可借鉴。本系统是按 照模块化来进行设计，在软件设计阶段就考虑了软件的可扩展性，较好的解决了不同型号、不同厂家的数字多用表的远 程自动校准。通过远程传输、加载检定参数设置文件，可以实 现数字多用表的远程全自动校准定功能。

参考文献

[1] 刘勇 . HP3458A 数字万用表电子校准技术 [J]. 电子测量技术，1993，03 ：39-45.

[2] 魏小飞，邹坚，李世平 . 基于 LabVIEW7.1 的万用表校准系统的研究 [J]. 上海计量测试，2007，04 ：16-18.

[3] 武志华 . 企业标准《数字万用表校准规范》指定的意义与要点 [J]. 铁道技术监督，2009，08 ：7-8.

[4] 章克来 . 数字万用表自动 / 半自动检定校准系统设计 [D]. 上海交通大学 , 2009，10.

[5]Agilent 34401A 数字万用表使用手册 [Z]. 2003，03 ：1-240.

[6] 王志虎 . 基于网络的远程校准平台研究与设计 [D]. 国防科学技术大学，2011.11.

[7] 李玮 . 数字多用表自动检定 / 校准系统的设计 [D]. 大连 理工大学，2013.06.

[8] 毛玉苹 . 基于 Fluke MET/CAL 和 5700A 的 Agilent344 01A 自动校准系统 [J]. 研究与开发，2009，10 ：55-59.

不同温度压力对浓度反演精度的定量分析

王钰豪 [1)2)] 刘建国 [1)2)] 徐亮 [2)] 刘文清 [1)2)] 宋庆利 [3)] 金岭 [2)] 徐寒杨 [2)]
1)（中国科学技术大学环境科学与光电技术学院，合肥 230026）
2)（中国科学院合肥物质科学研究院，安徽光学精密机械研究所，中国科学院环境光学与技术重点实验室，合肥 230031）
3)（黑龙江龙凤山大气成分本底国家野外科学观测研究站，哈尔滨 150209）

摘 要

自研傅里叶变换红外光谱仪在龙凤山大气本底站测量 CO2，CH4 等温室气体。自研仪器的测量结果与符合世界气象组织标准的本底站仪器的测量结果进行对比，结果表明：自研仪器与本底站仪器测量的 CO2 浓度值相关系数为 0.9576，均方根误差为 18.6015。自研仪器使用标准温度、压力下的校准光谱反演浓度，但测量气体的温度随着气温变化，导致自研仪器反演浓度有误差。基于以上分析，提取高分辨率透射分子吸收数据库参数计算吸收截面并结合仪器线形计算不同温度、压力下的校准光谱，根据不同温度、压力下的校准光谱来校准反演浓度。校准后，自研与本底站仪器测量的 CO2 浓度值相关系数为 0.9637，均方根误差为 6.7800。自研与本底站仪器测量的 CO2 浓度值相关系数提高，绝对误差减小，说明校准算法提高了测量结果的精确度。

关键词：傅里叶变换红外光谱技术，温室气体，温度，压力

PACS：32.30.Bv，02.70.Hm，07.57.Ty，42.30.Kq

DOI:10.7498/aps.70.20201672

1 引言

温室气体的观测数据是研究气候变化的重要数据基础，观测技术的发展使得温室气体数据精度不断提高。1995 年，Keeling 等 [1] 使用非色散红外法（non-dispersive infrared,NDIR）对温室气体 CO2 进行长期观测。NDIR 和气相色谱法（gas chromatography，GC）具有精度高稳定性好等优点，成为测量温室气体的主要方法 [2]。随着技术的不断发展，光谱学仪器自动化程度和测量精度不断提高。光腔衰荡光谱（cavity ring-down spectroscopy，CRDS）法、傅里叶变换红外光谱法（Fourier transform infrared spectroscopy，FTIR）仪器也逐渐应用于大气监测领域，能够实现长期无人观测 [3]。CRDS 和 FTIR 最初应用于抽取式仪器，定点测量的 CRDS 和 FTIR 抽取式仪器能够提供高精度、多种类气体数据，但定点测量方式下 CRDS 和 FTIR 仪器无法提供区域大气变化数据 [4]。CRDS 和 FTIR 仪器在机载、星载观测方式下能获取区域大气变化数据和进行高层大气研究 [5, 6]。仪器在机载、星载观测过程需要校准，通常校准的两种方式是标准气体校准和利用计算校准光谱校准 [7]。Griffith[8] 在 1996 年将校准光谱应用于 FTIR，Esler 等 [9]2000 年研究了在 1 cm-1 FTIR 仪上对温室气体观测并利用校准光谱校准，能达到世界气象组织（world meteorological organization，WMO）的测量标准。Hammer 等 [10] 和 Griffith 等 [11] 对流速、温度、压力等环境因素进行控制，评估了温度、压力、流量等测量因素的交叉敏感性对仪器测量精度的影响，他们的研究有效地提高了实验室仪器反演的精度，减小了使用校准光谱方法因环境变量带来的误差。但在实验中，仪器无法在控制环境变量的状态下测量属于常态，本文基于高分辨率透射分子吸收数据库（high-resolution transmission molecular absorption database，HITRAN）计算吸收截面并结合仪器线形产生不同温度、压力的校准光谱，反演浓度过程使用不同温度、压力的校准光谱。

2 原理与实验

2.1 定量分析物理基础

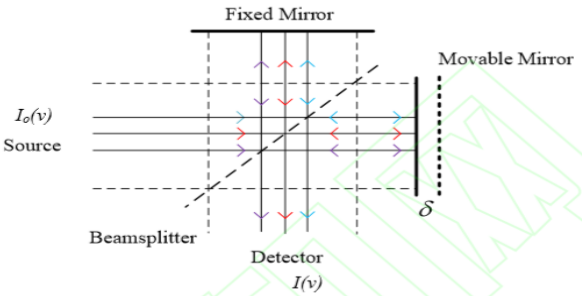


图 1 干涉仪

Fig.1. Interferometer.

如图 1 所示，红外光源发出的光经过抛物镜反射成平行光进入分束片（半透射半反射），分别经过动镜、定镜，再次汇聚在分束片上形成干涉光，干涉光经过样品后到达探测器。光源发出的光（I0(v)）与经过样品吸收后的光（I(v)）进行对比，由朗伯－比尔定律得透过率 T(v) 、吸光度 A(v)[12] 分别为：

$$T(v)=\frac{I(v)}{I_o(v)}\times 100\% , \quad (1a)$$

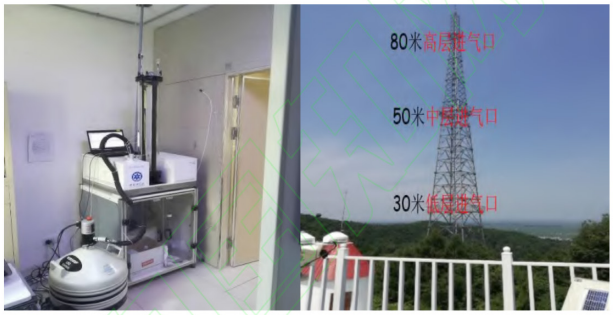
$$A(v)=\lg\frac{1}{T(v)} , \quad (1b)$$

$$A=kcl . \quad (1c)$$

气体为均匀非色散吸光物质是（1c）式成立的前提。A（单位 1）为气体定量分析光谱区域的吸光度，k（1/molecule×cm^{-2}）为样品的吸收系数，c（mol/mol）为气体的浓度，l （m）为光程长度。利用校准光谱进行浓度反演的过程为：HITRAN 中光谱参数逐线积分计算得到标准温度、压力下的校准光谱，实际测量的吸光度谱最小二乘拟合校准光谱得到气体浓度 [13, 14]。

2.2 实验条件

自研 FTIR 仪器在龙凤山大气本底站的观测现场，如图 2 所示。其中图 2（a）为仪器主机在线测量状态，图 2（b）为仪器外界进气口。



(a) (b)

图 2 （a）仪器主机在线测量状态；（b）仪器外界进气口

Fig.2. (a) Online measurement status of instrument host; (b) external air inlet of the instrument.

外界空气从低层进气口经过前期气体处理装置（除湿、过滤）后，以 1.5 L/min 流速进入怀特池。自研 FTIR 仪器的分辨率为 1 cm^{-1}[15]。光谱采集波段为 400～4000 cm^{-1}，64 次累加测量光谱平均得测量光谱 [16]。

2.3 实验算法

HITRAN 参数可以预测和模拟大气中光的传输和发射 [17]。假设能级 i 和能级 j 之间跃迁，真空中光谱线跃迁的波数 v_{ij}（cm^{-1}）为

$$\Delta E = E_i - E_j = v_{ij} .$$

HITRAN 数据库提供标准温度下，单位体积的单个分子的光谱线强度 S_{ij}（cm^{-1}/(molecule×cm^{-2})）。温度不为标准温度时，光谱线强度需要修正，温度 T 下 S_{ij}(T) 为

$$S_{ij}(T)=S_{ij}(T_{ref})\frac{Q(T_{ref})}{Q(T)}\frac{\exp(-c_2E''/T)}{\exp(-c_2E''/T_{ref})}\frac{\left[1-\exp(-c_2v_{ij}/T)\right]}{\left[1-\exp(-c_2v_{ij}/T_{ref})\right]} ,$$

其中，T_{ref}=296 K，E″ 为跃迁能级的低能态能量，配分函数来自于 TIPS-2011 数据库，Q(T) 为配分函数之和：

$$Q(T)=\sum_k g_k\exp\left(-\frac{c_2E_k}{T}\right) .$$

考虑分子的不规则运动和分子之间碰撞造成的影响，分子的不规则运动造成的多普勒展宽的高斯线型为 [18]

$$f_G(v;v_{ij},T)=\sqrt{\frac{\ln 2}{\pi\alpha_D^2}}\exp\left(-\frac{(v-v_{ij})^2\ln 2}{\alpha_D^2}\right),$$

$$\alpha_D(T)=\frac{v_{ij}}{c}\sqrt{\frac{2N_A k_b T\ln 2}{M}},$$

其中 $\alpha_D(T)$ 高斯线型的半高宽，M_A 为物质的量，NA 为阿伏伽德罗常数，k_b 为玻尔兹曼常数。洛伦兹线型不仅与温度有关，也与压力有关：

$$f_L(v;v_{ij},T,p)=\frac{1}{\pi}\frac{\gamma(p,T)}{\gamma(p,T)^2+\left[v-(v_{ij}+\delta(p_{ref})p\right]^2},$$

$$\gamma(p,T)=\left(\frac{T_{ref}}{T}\right)^{n_{air}}\left(r_{air}(p_{ref},T_{ref})(p-p_{self})+\gamma_{self}(p_{ref},T_{ref})p_{self}\right),$$

其中 γ(p,T) 为洛伦兹线型的半高宽。T_{ref}，P_{ref} 为 296 K 和 1 atm。p 和 p_{self} 分别为总气体压力和单独气体的分压，n_{self} 为空气自展宽系数，δ_{air} 为线宽偏移。Voigt 线型为高斯线型和洛伦兹线型的卷积：

$$f(v;v_{ij},T,p)=f_G(v;v_{ij},T)\otimes f_L(v;v_{ij},T,p),$$

光谱线强度由 Voigt 线型展宽并在对应波数叠加得吸收系数：

$$k_{ij}(v,T,p)=S_{ij}(T)f(v;v_{ij},T,p)$$

无量纲的光学厚度为吸收系数乘以吸收分子的列数密度（浓度）：

$$\tau_{ij}(v,T,p)=u\,k_{ij}(v,T,p)$$

仪器线型（instrument line shape, ILS）矩型函数，傅里叶变换后为 sinc 函数：

$$B(x)=\frac{2}{\gamma}\sin\left(\frac{2\pi}{\gamma}x\right)/\left(\frac{2\pi}{\gamma}x\right),$$

其中 γ 为仪器的分辨率。光学厚度卷积 ILS 得到仿真吸光度谱为 [19, 20]

$$A_{ij}=\tau_{ij}\otimes B(x)$$

以上介绍了吸光度谱的算法过程，以 CO2 在 2290 ～ 2380 cm-1 为例，光谱线强度（红色）、吸收系数（蓝色）、吸光度（橘黄色）如图 3 所示。

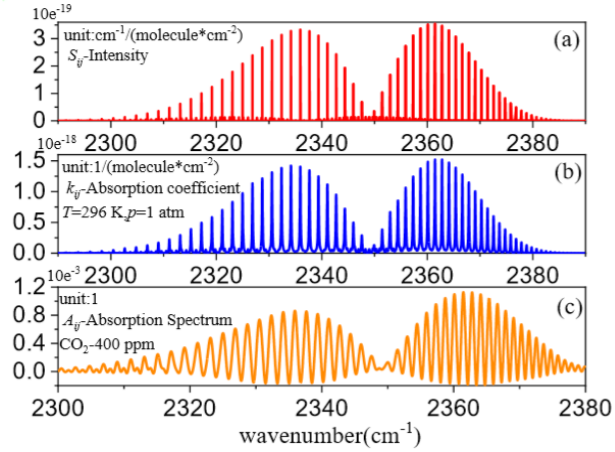


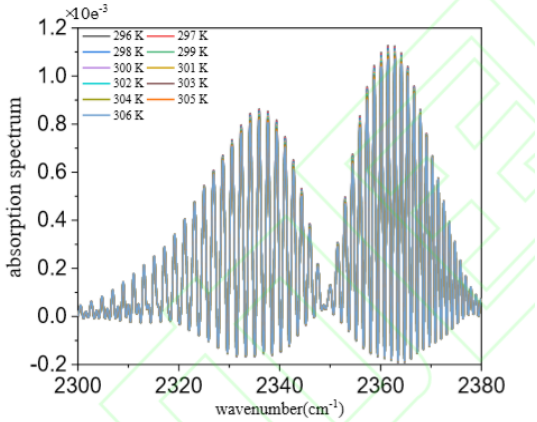
图 3 （a）CO_2 在 2290 ～ 2380 cm^{-1} 的光谱线强度 S_{ij}；（b）CO2 在 2290 ～ 2380 cm^{-1} 的吸收 系数 k_{ij}；（c）CO_2 仿真吸光度谱 A_{ij}

Fig. 3. (a) The spectral line intensity S_{ij} at 2290 – 2380 cm^{-1} of CO_2; (b) absorption coefficient k_{ij} at 2290 – 2380 cm-1 of CO_2 ; (c) simulated absorbance spectrum A_{ij} of CO_2.

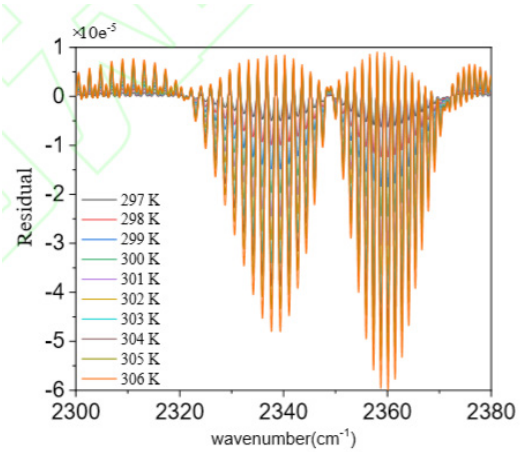
2. 温度、压力校正算法

2.4 温度、压力校正算法

计算 CO_2 不同温度（297 ～ 306 K）下的吸收光谱与 296 K 吸收光谱在拟合区域的残差。残差谱进行二次拟合，进行温度、压力的校正。图 4（a）为 296 ～ 306K 下 CO_2 在 2290 ～ 2380 cm^{-1} 的吸收光谱，297 ～ 305 K 吸收光谱与 296 K 吸收光谱在 2290 ～ 2380 cm^{-1} 的残差在图 4（b）中，残差与吸收光谱之间相差两个数量级，有非常丰富的信息。



（a）



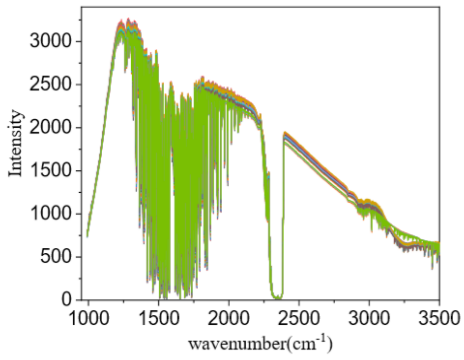
(b)

图 4（a）CO_2 在 2290 ～ 2380 cm^{-1} 的仿真吸光度谱 A_{ij}；
（b）297 ～ 306 K 下仿真吸光度谱相 比于 296 K 仿真吸收光谱在拟合波段的残差

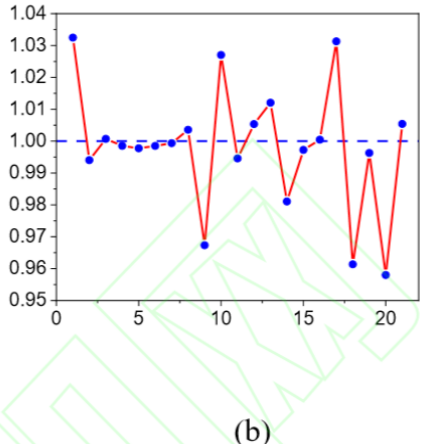
Fig. 4. (a) The simulated absorbance spectrum A_{ij} under 296 - 306K of CO_2;
(b) the residual of the simulated absorbance spectrum at 297 - 306 K compared to the simulated absorption spectrum at 296 K in the fitted band.

3 实验系统及测量结果

3.1 仪器状态验证



(a)



(b)

图 5 （a）光谱数据（1000 ～ 3500 cm^{-1}）；
（b）光谱数据的一致性

Fig. 5. (a) Spectral data;
(b) consistency of spectral data.

$$STD\left[\frac{S_n}{S_{n-1}}[2100-2200\ cm^{-1}]\right],$$

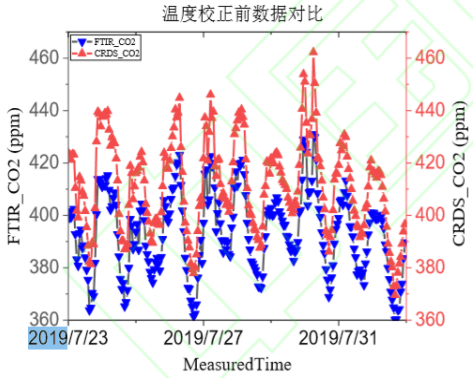
标准偏差（standard deviation，STD）。S_{n-1}，S_n 为相邻时间测量得到的两条光谱在 2100 ～ 2200 cm^{-1} 的光谱数据，计算出的值越接近于 1，说明仪器状态越稳定。2019 年 07 月 23 日光谱数据如图 5（a）所示，对该光谱数据的一致性进行分析，结果如图 5（b）所示。一致性结果表明仪器状态正常，测量光谱有效。

3.2 观测结果的分析

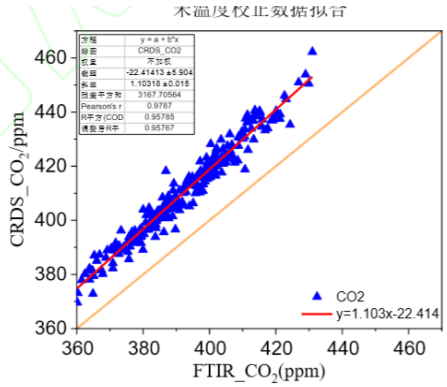
用均方根（root mean square，RMS）误差来衡量 CO_2 绝对浓度的差异。xi 表示 FTIR 测量的 CO_2 浓度，yi 表示相同测量时间 CRDS 仪器测量的 CO_2 浓度。公式如下：

$$RMS_error=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-y_i)^2}{n}}.$$

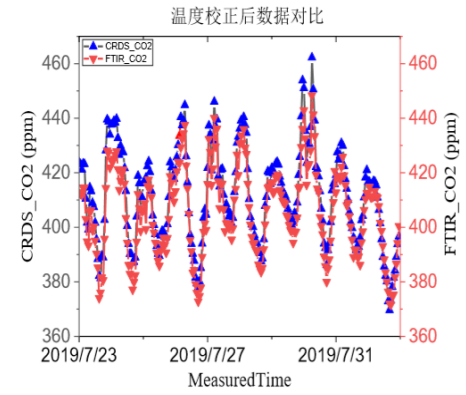
均方根误差越小说明两者测量时间内浓度越接近。分析 2019 年 07 月 23 日到 2019 年 08 月 01 日测量的 CO_2 浓度数据，在图 6（a）中使用同一坐标轴显示了 CO_2 浓度。计算了 FTIR 与 CRDS 仪器测量的 CO2 浓度的相关系数，结果如图 6（b）所示。FTIR 与 CRDS 仪器测量的 CO2 浓度值的相关系数为 0.9576，RMS 误差为 18.6015。经过温度、压力校准算法后，FTIR 与 CRDS 仪器测量的 CO_2 浓度值相关系数为 0.9637，均方根误差为 6.7800。校正后 CO_2 浓度对比结果如图 6（c）所示，线性拟合 FTIR 与 CRDS 仪器测量 CO_2 浓度值的结果如图 6（d）所示。



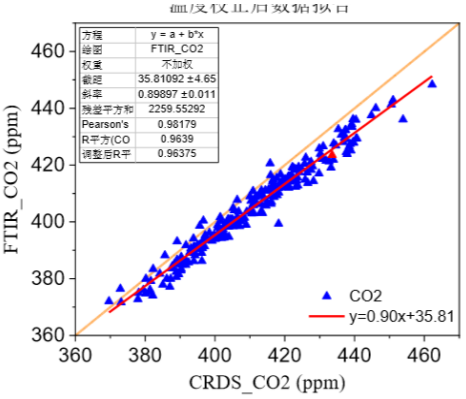
(a)



(b)



(c)



(d)

图 6 （a）CO_2 浓度趋势对比；
（b）CO_2 浓度值线性拟合；
（c）校准后 CO_2 浓度趋势对比；
（d）校准后 CO_2 浓度值线性拟合

Fig. 6. (a) CO_2 concentration trend comparison; (b) CO_2 concentration value linear fitting; (c) CO2 concentration trend comparison after calibration; (d) linear fitting of CO_2 concentration value after calibration.

4 讨论

观测时，气体温度、压力并不能保持标准状态。基于标准温度、压力的校准光谱拟合吸光度光谱反演浓度会导致反演浓度误差。图 4（b）中给出了不同温度的 CO_2 吸收光谱相对于 296 K 下 CO_2 吸收光谱的误差。实际吸收光谱比标准吸收光谱高，则反演得出的 CO2 浓度会低于实际的 CO_2 浓度。$CO_2$297 K 的吸收光谱与 296 K 的吸收光谱形成的残差谱相比于 296 K 的吸收光谱的光谱误差总和为 1.8%，反演出的浓度误差为 0.41%，所以计算出不同温度、压力吸收光谱用来校准反演浓度。

5 结论

自研 FTIR 仪器与 CRDS 仪器测量 CO_2 的浓度值的相关系数能达到 0.9637，RMS 误差为 6.7800。以上结果说明了自研 FTIR 仪器的可靠性，本次实验为自研 FTIR 仪器的研究工作提供了重要的数据基础。校准前，FTIR 仪器与 CRDS 仪器测量的 CO_2 浓度值的相关系数为 0.9576，RMS 误差为 18.6015。温度、压力校准后，FTIR 仪器与 CRDS 仪器测量的 CO_2 浓度值的相关系数为 0.9861，RMS 误差为 6.7800。以上结果说明温度、压力校正算法一定程度上可以提高使用校准光谱的仪器测量气体反演的精确度。 计算不同温度、压力下的校准光谱得出的校正系数只能一定程度上校正反演浓度。反演浓度的波段不同会造成校准光谱不同，那么反演效果可能并不相同。反演波段的识别和选择、反演算法的选择、硬件控制温度、压力，在使用温度，压力校准，可以使仪器测量精度进一步提高。

参考文献

[1]Keeling C D, Whorf T P, Wahlen M, Van der Plichtt J 1995 Nature 375 666

[2]Hodgkinson J, Smith R, Ho W O, Saffell J R, Tatam R P 2013 Sens. Actuators, B 186 580

[3]Chen H, Winderlich J, Gerbig C, Hoefer A, Rella C W, Crosson E R, Van Pelt A D, Steinbach J,

Kolle O, Beck V, Daube B C, Gottlieb E W, Chow V Y, Santoni G W, Wofsy S C 2010 Atmos.

Meas. Tech. 3 375

[4]Cheng S Y, Xu L, Cao M G, Jin L, Li S, Feng S X, Liu J G, Liu W Q 2013 Acta Phys. Sin.

62 124206(in Chinese) [程巳阳，徐亮，高闽光，金岭，李胜， 冯书香，刘建国，刘文清 2013

物理学报 62 124206]

[5]Zhang C, Liu C, Hu Q, Cai Z, Su W, Xia C, Zhu Y, Wang S, Liu J 2019 Light- Sci. Appl. 8 1

[6]Zhang C, Liu C, Chan K L, Hu Q, Liu H, Li B, Xing C, Tan W, Zhou H, Si F 2020 Light-Sci.

Appl. 9 1

[7]Lamouroux J, Régalia L, Thomas X, Vander Auwera J, Gamache R, Hartmann J M 2015 J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer 151 88

[8]Griffith D W 1996 Appl. Spectrosc. 50 59

[9]Esler M B, Griffith D W, Wilson S R, Steele L P 2000 Anal. Chem. 72 206

[10]Hammer S, Griffith D W T, Konrad G, Vardagl S, Caldow C, Levin I 2013 Atmos. Meas. Tech.

6 1153

[11]Griffith D W T, Deutscher N M, Caldow C, Kettlewell G, Riggenbach M, Hammer S 2012

Atmos. Meas. Tech. 5 2481

[12]Griffiths P R, De Haseth J A 2007 Fourier Transform Infrared Spectrometry (Vol. 171) (New

Jersey: John Wiley & Sons, Inc) pp19—21

[13]Arnold J O, Whiting E E, Lyle G C 1969 J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer 9 775

[14]Heinz D C 2001 IEEE Trans. Geosci. Electron. 39 529

[15]Feng M C, Xu L, Liu W Q, Liu J G, Gao M G, Wei X L 2016 Acta Phys. Sin. 65 168 (in Chinese) [冯明春，徐亮，刘文清，刘建国，高闽光，魏秀丽 2016

物理学报 65 168]

[16]Jiao Y, Xu L, Gao M G, Jin L, Tong J J, Li S, Wei X L 2013 Acta Phys. Sin. 62 140705

(in Chinese)[焦洋，徐亮，高闽光，金岭，童晶晶，李胜，魏秀丽

物理学报 62 140705]

[17]Gordon I E, Rothman L S, Hill C, Kochanov R V, Tan Y, Bernath P F, Birk M, Boudon V, Campargue A, Chance K 2017 J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer 203 3

[18]Hill C, Gordon I E, Kochanov R V, Barrett L, Wilzewski J S, Rothman L S 2016 J. Quant.

Spectrosc. Radiat. Transfer 177 4

[19]Bernardo C, Griffith D W T 2005 J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer 95 141

[20] Kochanov R V, Gordon I, Rothman L, Wciso P, Hill C, Wilzewski J 2016 J. Quant. Spectrosc.

Radiat. Transfer 177 15

Quantitative analysis of different temperature and

pressure on the accuracy of concentration inversion*

Wang Yu-Hao1) 2) Liu Jian-Guo1) 2) Xu Liang 2) Liu Wen-Qing1) 2) Song Qing-Li 3) Jin Ling 2) Xu Han-Yang 2)

1) (School of Environmental Science and Optoelectronic Technology, University of Science and

Technology of China, Heifei 230026, China)

2) (Key Laboratory of Environmental Optics and Technology, Anhui Institute of Optics and Fine

Mechanics, Hefei Institute of Physical Science, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

3) (National Field Scientific Observation and Research Station of Atmospheric Composition

Background in Longfeng Mountain, Heilongjiang Province, Harbin 150209, China)

Abstract

CO_2, CH_4 and other greenhouse gases were measured by self-developed Fourier transform infrared spectrometer at Longfengshan atmospheric background station. Compared with the measurement results of the instrument from the background station that meets the standards of the World Meteorological Organization, the correlation coefficient and the root mean square error of the CO_2 concentration value are 0.9576 and 18.6015, so the measurement results of self-developed instrument is reliable. Self-developed instrument use calibration spectrum of standard temperature and pressure to invert the concentration. With the changing temperature, the temperature of the measured gas will change, which will cause error. Research of environmental variable factors can improve the accuracy of concentration inversion. For example, compared with CO_2 absorption spectrum under 296 K, CO_2 absorption spectrum under 297 K will have 1.8% spectrum deviation and its inverted concentration error is 0.41%. This is the main cause of inverted concentration error. Based on the above analysis, the absorption cross section is calculated by using the high-resolution transmission molecular absorption database parameters. In combination with the instrument line shape, the calibration spectra at

different temperatures and pressures can be obtained. The calibration spectra at different temperatures and pressures is used to calibrate the inverted concentration. After calibration, compared with the measurement results of the background station instrument, the correlation coefficient and the root mean square error of the CO_2 concentration value are 0.9637 and 6.7800. The correlation coefficient of CO_2 concentration value measured by self-developed instrument is improved and root mean square error is reduced. The result shows that the calibration algorithm has improved the accuracy of the measurement results to a certain extent. The above results illustrate the reliability of the self-developed FTIR instrument and this experiment provides an important data, which lay the foundation for the research work of the self-developed Fourier transform infrared spectrometer. Of course, improvements can be made in the following areas. Other minor factors may affect the effect of the inversted algorithm. Inversted concentration will be subtle differences at different bands of calibration spectra. So in order to improve the measurement accuracy, we need to choice more reasonable inverted band and more precise parameters from the high-resolution transmission molecular absorption database.

Keywords: FTIR, greenhouse gases, temperature, pressure

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 41941011), the Key Research Program of Frontier Sciences of Chinese Academy of Sciences (Grant No. QYZDY-SSW-DQC016), the National Key R&D Program of China (Grant Nos. 2016YFC0201002, 2016YFC0803001-08), the Key R&D Program of Anhui Province, China (Grant No. 1804d08020300).

工业包装生产线自动检重秤校准方法研究

孙鹏龙，陆进宇
(河南省计量科学研究院，河南 郑州 450000)

【摘　要】自动检重秤的量值准确可靠对提高生产企业的定量包装产品质量具有重要意义。文章依据国际建议 OIML R 51 2006(E) 和国家标准 GB /T 27739—2011 的相关技术要求提出了一种自动检重秤的校准方法，包括静态校准和动态校准，静态校准项目包括静态示值误差和静态偏载误差，动态校准项目包括动态平均示值误差和动态标准偏差，最后对动态平均示值误差的校准结果进行了不确定度评定。

【关键词】 自动检重秤； 静态校准； 动态校准； 不确定度评定
【文献标志码】A 文章编号： 1002 — 1183 (2020) 06 — 0018 — 03

自动检重秤是通过对不同质量的预包装分立载荷按其质量与标称设定点的差值细分成两类或更多类的一种自动分检衡器[1 — 2]。它一般用于工业包装生产线上，对符合定量包装商品计量规则的产品进行在线动态称重和检验。当被分检物品由传输带输入端送到承载装置上时，称重传感器由于受到被分检物品的重力而产生电信号，通过信号处理装置转化成质量值，由显示装置显示，并与检重秤的设定值 （ 包括上限值和下限值）相比较，根据两者间的差值结果判断分选装置是否触发，从而将被称物自动地进行分类。目前自动检重 秤已 广泛应 用于食品、医药、化工等行业[3 — 6]。

1 校准项目和校准方法

1. 1 静态校准

用于进行检重秤静态校准的砝码，应满足 JJG 99—2006 砝码检定规程的计量性能要求［7］。其误差应不超过 GB /T 27739—2011 中规定的检重秤相应载荷最大允许误差的 1 /3，静态试验载荷的质量值应覆盖静态试验中各种试验指定的试验载荷值。

1. 1. 1 静态示值误差

将检重秤置零，向承载器上正向添加静态试验载荷，至少要选择 5 个秤量点，其中必校点包括等于或接近最大秤量、等于或接近最小秤量以及等于或接近最大允许误差 （ MPE) 改变的秤量点。然后逆向减轻静态试验载荷至零点。

基金项目：河南省科技攻关计划
(192102210146)
作者简介： 孙鹏龙 (1988—) ， 男，工程师；
收稿日期： 2020 — 03 — 24

(1) 静态示值误差计算

检重秤的检定分度值为 e，实际分度值为 d。对于 e 不小于 5d 的检重秤，静态示值误差计算方法为：

$$E = I - m \quad (1)$$

式中： E 为检重秤的示值误差； I 为检重秤的示值； m 为静态试验载荷质量值。

对于 e 小于 5d 的检重秤，需要使用附加小砝码来确定检重秤化整前的示值误差，方法如下：对于某一载荷 m 记录下其示值 I。连续加放 0. 1d 的附加砝码，直到检重秤的示值明显地增加了一个分度值 （I + d） 。此时加到承载器上的附加载荷 Δm，用下述公式求出化整前的示值 P:

$$P = I + 0.5d - \Delta m \quad (2)$$

则化整前的误差 E 为：

$$E = P - m = I + 0.5d - \Delta m - m \quad (3)$$

(2) 零点误差计算

对于 e 不小于 5d 的检重秤，首先将仪器置零，再将仪器的示值摆脱自动 置零和零点 跟踪范围（如放置 10d 的砝码在承载器上），使用式 (1) 计算零点误差。

对于 e 小于 5d 的检重秤，首先将仪器置零，再将仪器的 示值摆脱自动 置零和零点 跟踪范围（如放置 10d 的砝码在承载器上），向承载器添加附加小砝码，记录使检重秤的示值由一个分度值变为下一个分度值的附加砝码质 量，然 后采用式 (3) 计算零点误差。

(3) 修正示值误差计算

首先用式 (1) 或式 (3) 计算得到零点误差 E0 ，再用式 (1) 或公式 (3) 计算得到载荷为 m 时的示值误差 E，那么修正示值误差 Ec 为：

$$E_c = E - E_0 \quad (4)$$

1．1．2 静态偏载误差

将质量值接近最大称量的 1 /3 的静态试验载荷分别置于检重秤承载器的的每个 1 /4 分割区域内。如果使用单个静态试验载荷，应将其放置在每个 1 /4 分割区域的中心位置；如果静态试验载荷为组合使用，应在 1 /4 分割区域内均布摆放。静态偏载误差的计算参照 1．1．1 节中静态示值误差的计算方法。

1．2 动态校准

动态校准采用实物进行，即实际生产中被检重秤分检的产品。动态校准试验应配有控制衡器，用来确定动态试验载荷质量的约定真值。控制衡器可以是分离的，即被校检重秤以外的控制衡器；也可以是集成的，即用被校检重秤本身作为控制衡器。被校仪器调至正常工作状态后，选择动态试验载荷（例如，用于分拣袋状包装食品的检重秤，可选用袋状包装产品），首先在控制衡器上确定动态试验载荷质量的约定真值，然后将其放置在检重秤的输入端，经过检重秤载荷传输系统传送到检重秤承载器上进行动态称量后，从检重秤传输带的输出端取出。参照 GB /T 27739—2011 中的规定，按照表 1 中规定的试验次数重复上述过程，并记录每次试验的动态称量结果。

表 1 动态校准试验称量次数

动态试验载荷质量 m	动态校准最少试验次数
$m \leqslant 1\text{kg}$	60
$1\text{kg} < m \leqslant 10\text{kg}$	30
$10\text{kg} < m \leqslant 20\text{kg}$	20
$20\text{kg} < m$	10

1．2．1 动态平均示值误差

动态称量平均值 I 为：

$$\bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_i}{n}$$

式中，i 为动态试验次数序号，n 为动态试验次数，I_i 为记录的每次动态称量结果。

动态平均示值误差 E 为：

$$E = \bar{I} - L$$

式中：L 为动态试验载荷质量的约定真值。

1．2．2 动态标准偏差

对于 1．2．1 节中的试验数据，使用式（7）计算动态标准偏差 s。

$$E = f(\bar{I}, L) \qquad (7)$$

则方差传递公式：

$$u^2(E) = \sum \left[\frac{\partial f}{\partial x_i}\right]^2 u^2(x_i) = u^2(\bar{I}) + u^2(L)$$

2 动态平均示值误差的不确定度评定

实物检验是校准自动检重秤最准确的测量方法，它通过比较被校检重秤的示值与实物质量约定真值之差，得到被校检重秤的动态示值误差．对检重秤进行动态校准时进行 n 次重复测量，对于每次测量结果 I_i，独立测得 I_1、I_2、…I_n。

2．1 数学模型

$$E = \bar{I} - L$$

式中：E 为动态平均示值误差；I 为动态示值平均值；L 为动态试验载荷质量的约定真值。

根据数学模型可知：

$$E = f(\bar{I}, L)$$

则方差传递公式：

$$u^2(E) = \sum \left[\frac{\partial f}{\partial x_i}\right]^2 u^2(x_i) = u^2(\bar{I}) + u^2(L)$$

2．2 不确定度的来源及评定

经分析，动态平均示值误差的测量不确定度来源有：控制衡器的示值误差、控制衡器的分辨力、检重秤显示装置的分辨力、其他与检重秤相关的影响量。其他与检重秤相关的影响量包括人员操作、环境（车间温度、湿度、振动、噪声等）变化、运行速率不均匀等，这些可以通过对检重秤的重复性测量进行考虑。

2.2.1 由检重秤动态称量的平均值 $\bar{I}$ 引入的不确定度 $u(\bar{I})$

（1）检重秤分辨力引入的不确定度分量 $u(\bar{I}_1)$

检重秤的分度值 d，估计为均匀分布，则由检重秤分辨力带来的不确定度分量为：

$$u(\bar{I}_1) = \frac{d}{2\sqrt{3}} \qquad (11)$$

（2）与检重秤相关的其他不确定度分量 $u(\bar{I}_2)$

由表 1 可知，检重秤动态校准试验次数至少为 10 次，采用贝赛尔公式进行计算动态试验单次测量的标准偏差：

$$s(I_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(I_i - \bar{I})^2}{n-1}} \quad (12)$$

动态试验平均示值的标准偏差:

$$s(\bar{I}) = \frac{s(I_i)}{\sqrt{n}} \quad (13)$$

则与检重秤相关的其他不确定度分量 $u(\bar{I}_2) = s(\bar{I}) = \frac{s(I_i)}{\sqrt{n}}$。

由于 $u(\bar{I}_1)$ 和 $u(\bar{I}_2)$ 两者相关系数为 0,所以与检重秤相关的不确定度 $u(\bar{I})$ 为:

$$u(\bar{I}) = \sqrt{u^2(I_1) + u^2(I_2)} \quad (14)$$

2. 2. 2 与控制衡器有关的不确定度 u(L)

(1) 控制衡器示值误差引入的不确定度分量 u(L_1) 控制衡器的计量性能需要满足 JJG 539—2016 数字指示秤检定规程的要求。依据规程，若控制衡器是在校准工 作开始前立即检定的，其允差 MPE 分别为 ± 0.5e、± 1.0e、± 1.5e; 若不是在校准工作开始前立即进行检定的，则控制衡器的允差 MPE 为 ± 1. 0e、± 2. 0e、± 3. 0e [8] 。按均匀分布计算，控制衡器示值误差引入的不确定度分量为 :

$$u(L_1) = \frac{MPE}{\sqrt{3}}$$

(2) 控制衡器分辨力引入的 不 确定度分量 u(L2) 控制衡器的分度值 d，其分布估计为均匀分布，则控制衡器分辨力引入的不确定度分量为 :

$$u(L_2) = \frac{d}{2\sqrt{3}}$$

由于u(L1) 和u(L2) 两者相关系数为 0，所以与控制衡器相关的不确定度 u(L) 为 :

$$u(L) = \sqrt{u^2(L_1) + u^2(L_2)} \quad (17)$$

2.2.3 合成标准不确定度

由方差传递公式，采用均方根合成法:

$$u(E) = \sqrt{u^2(\bar{I}) + u^2(L)} \quad (18)$$

2.2.4 扩展不确定度

$$U = k \times u(E) \quad k = 2 \quad (19)$$

3 结束语

自动检重秤是全自动包装生产线上关键计量设备之一，由于自动检重秤所在的生产车间环境复杂多变，仪器的测 量 值受温度、湿度、振动、噪声、空气流动、皮带传输速度等各种因素影响而产生波动，波动过大时会导致所通过的包装产品质量值的分散性偏大。本文研究的自动检重秤校准方法为该仪器的量值溯源工作提供更好的技术支持。通过对该仪器进行校准，可以提高产品的包装质量，减少过度包装，另外也维护了企业和消费者双方的利益平衡，促进贸易公平。

参考文献 :

[1] GB /T 27739—2011 自动分拣衡器 [S] .
[2] OIML R 51 2006 (E). Automatic catch weighing instru-ments.
[3] 方原柏 . 检重秤设定值的设定方法探讨 [J . 衡器，2018 (7) : 25.
[4] 张晓东，赵庆山 . 自动检重秤为企业降低成本 [J] . 衡器，2008 (4) : 19.
[5] 方原柏 . 检重秤装料过程的自动控制 [J] . 衡器，2019 (12) : 7.
[6]张开生 . 化妆品在线检重秤的设计与应用[J] . 衡器，2019 (12) : 26.
[7] JJG 99—2006 砝码 [S] .
[8] JJG 539—2016 数字指示秤 [S] .

气相色谱 - 质谱联用仪的校准探讨

王灵燕
(无锡市计量测试院，江苏 无锡 214000)

【摘　要】本文对气相色谱 一质谱联用仪在校准过程中遇到的问题进行探讨。
【关键词】 气相色谱 一质谱联用仪；校准过程中的问题
【中图分类号】 0657. 7 +1 【文件标识码】A【国家标准学科分类代码】460. 4099
DOI:10．15988/j．cnki．1004 - 6941．2020．11．023

Discussion on Calibration of Gas Chromatography - mass Spectrometer

WANG Lingyan

Abstract: This article discussed the problems in the calibration process of gas chromatography - mass spectrometer.
Keywords: gas chromatography - mass spectrometer; problems in the calibration process

气相色谱－质谱联用仪（以下简称 GC － MS）是环境检测、食品安全、药物研发等领域中分析物质组分、控制产品质量常用的分析仪器之一。随着科研工作人员对仪器高灵敏度和低检出限的要求，气相色谱－质谱联用仪的高速发展，JJF 1164 － 2006《台式气相色谱－质谱联用仪校准规范》的一些计量特性不能满足新仪器的校准需求，中国计量科学研究院的邵明武、何海红等专家对规范进行了修订，新规范 JJF 1164-2018《气相色谱－质谱联用仪校准规 范》于 2019 年 3 月 25 日开始实施。本文将对校准 过程中遇到的问题进行探讨。[1]

1 校准前的准备

具有合适的色谱柱、足够的真空度以及适合的 进样装置才能对 GC － MS 的校准有序进行，对这三 者的具体阐述如下。

1．1 色谱柱参数

由于气相色谱柱种类很多，针对样品种类选择 合适的色谱柱是仪器顺利进行校准的关键因素之一。在对仪器进行抽真空之前，需要选择安装合适的色谱柱并老化。为了较好的分离八氟萘、六氯苯和硬脂酸甲酯三个物质，通常选择固定相为 5% －苯基－甲基聚硅氧烷的柱子，也就是常说的 DB － 5MS 柱、 HP － 5MS 柱、Rtx － 5MS 柱（厂家的不同则－ 5 前面的字母不同）等。值得注意的是，环境检测类的企事业单位的 GC － MS 色谱柱通常有两种：一种是测定环境空气、固定污染源废气或土壤中挥发性有机物的 30m × 0.25mm ×1.4μm 的 DB － 624MS 柱； 另一种是测定土壤和沉积物中半挥发性有机物的 30m × 0.25mm ×0.25μm 的 DB － 5MS 柱。若是中等极性、液膜厚度较厚的 DB － 624MS 柱，则必须卸真空更换柱子。笔者在有家嫌麻烦不愿意更换色谱柱的企业，尝试过用 30m × 0. 25mm × 1. 4μm 的 DB － 624MS 柱，柱 子条件为 60℃以 10℃ /min 升至 250℃保留 25min，柱流量 4mL/min，混合标物出峰时间分别为 14. 2min 的八氟萘、 25. 3min 的六氯苯和 37. 1min 的硬脂酸甲酯。虽然标物的分离效果不错，但是代价是增加柱流量（ 流量太大会缩短柱子寿命）和延长保留时间（ 增加校准的时间成本）。总的来说选择 30m × 0. 25mm × 0. 25μm 的 DB － 5MS 等非极性或 弱极性的色谱柱比较适合，[2] 若柱子长度为 60m 可采用 20℃ /min 程序升温，若柱子长度为 15m 的测试柱需要降低程序升温的初始温度至 40℃或 50℃，若液膜厚度大于 0. 25μm 可适当延长保留时间，根据现场实际情况适当的优化程序升温使三种标物的出峰时间分别控制在（4～6）min 的八氟萘、（8 ～12）min 的六 氯苯、（10 ～ 16）min 的硬脂酸甲酯为佳。[3]

1．2 仪器提前抽真空

GC － MS 是具有真空系统的，需要跟客户沟通提前一天抽真空，使仪器达到最佳状态。抽真空使质谱在高真空状态下工作，是为了减少本底的干扰，避免发生不必要的离子－分子反应，相应的真空度不够则灵敏度低。如果真空达不到仪器厂家规定的要求，则不能进行校验，否则会导致灯丝寿命变短、离子源容易污染、电子倍增管过早损坏、缩短质谱使用寿命等后果。通常，导致真空度达不到的原因主要有：(1) 抽真空的时间不够，所以需要提前一天开 机抽真空；

(2) 空气泄漏，空气泄漏主要由于真空密封垫破损造成，泄漏主要发生于气相进样口垫圈、进样口柱接头、气相与质谱接口处的 O 型圈、石墨垫圈等，应对方法为检查接口接头松紧，必要时更换各种规格的 O 型圈、垫圈；(3) 维持高真空度的两个核心———前级泵和扩散泵不能正常工作，在泵非损坏的前提下主要排查泵油的量是否足够、有无按照要求更换泵油。

1. 3 进样装置

GC — MS 的进样方式除了常规的手动进样和液体进样瓶自动进样，还有经过改装并连接辅助进样装置的热脱附 / 热解析、吹扫捕集、顶空进样等方式，需要将这些辅助进样装置换成常规的进样方式。如果没有自动进样器，则需要提前准备一支 5 μL 的微量进样器以便进行手动进样。另外，可测定低沸点且同时测定空气中几十甚至百种挥发性组分的苏玛罐自动进样塔装置相连的 GC — MS 应用越来越多，该仪器内部的进样口、色谱柱都是经过改装的，无论柱子还是进样口都不适合按照规范要求来进行校准。由于该仪器的复杂性通常需要仪器厂家在现场的情况下将其拆装为合适的柱子、进样口，校准结束后，厂家重新安装苏玛罐自动进样塔，且同时仪器的泄漏点检查可能需要花费较长的时间。对客户来说，校准连接苏玛罐的 GC — MS，增加了时间成本和金钱成本（ 仪器维护厂家的上门费），此处建议标物研发中心研制适用于苏玛罐的标准物质，同时补充 校准规范的内容，减轻客户负担。

2 仪器的校准

GC — MS 按照校准规范的校准项目逐条进行， 还是挺容易操作的，对过程的操作有以下几个心得和建议： (1) 信噪比的校准通常会遇到三种情况： ①信号强无噪音： 对于 Agilent、SHIMADZU、 Thermo 等生产厂家的 GC — MS 的阈值 / 增益采用仪器默认值时，其中 Agilent 的仪器的默认阈值 150，通常仪器读取不到噪声，阈值太大将噪声都过滤掉，此时需要将仪器的阈值设为 10 左右。②八氟萘信号很弱：(a) 首先检查进样器，排除进样针是否有气泡，导致实际进样量没有 1 μL，最好将进样针取下手动抽吸洗针液多次使针进样顺利； (b) 检查仪器方法中进样器的高度有没有被改过，有些客户为了吸取样品瓶中的上清液，修改了进样高度，而标物大概 1mL，此时会导致吸取的其实是空气；(c) 柱子使用时间长、污染物比较多，且没有经过老化，而做信噪比用的八氟萘浓度小，会导致样品信号弱且噪声大，此时需要卸真空老化柱子；(d) 排除（c) 的问题后，通常是离子源受污染的原因，需要对离子源进行清洁维护。③ 仪器软件无信号：笔者多次遇到仪器软件操作运行都没问题，但发现软件采集数据无信号，GC — MS 主机界面却有信号的现象，排除软件设置里面信号采集有勾选之后，其实是主机和软件的信号传输没连上，需要仪器及电脑软件重启便可解决。

(2) 质量准确性的校准：

①其中三重四级杆有 Q1 和 Q3 两个四级杆质谱检测器，需要分别进行校准。

②规范上要求离子肼、单四级杆和三重四级杆质谱仪有效数字保留到小数点后两位，其他两类保留到小数点后四位。对于 Agilent 的仪器，质谱棒状图上通常显示小数点后一位，可通过对数字拖动右键放大直到显示小数点后两位为止。对于 SHIMADZU 和 Thermo 的仪器，通常可以修改参数直接显示多位有效数字。

③笔者通过多次试验，发现用硬脂酸甲酯单标、气质校准用三组分混合溶液标准物质来做硬脂酸甲酯的质量准确性，发现两者的数据几乎没有偏差。规范考虑用硬脂酸甲酯单标是基于怕有其他碎片离子进行干扰，而笔者用三组分标物来试验的时候，由于三个组分的分离度很好，八氟萘和六氯苯碎片离子的的影响便减弱或者几乎不影响。将质量准确性和保留时间重复性合并来做，可以增加工作效率这个提议是否现实值得考虑。

1. 2 仪器提前抽真空

GC — MS 是具有真空系统的，需要跟客户沟通提前一天抽真空，使仪器达到最佳状态。抽真空使质谱在高真空状态下工作，是为了减少本底的干扰，避免发生不必要的离子－分子反应，相应的真空度不够则灵敏度低。如果真空达不到仪器厂家规定的要求，则不能进行校验，否则会导致灯丝寿命变短、离子源容易污染、电子倍增管过早损坏、缩短质谱使用寿命等后果。通常，导致真空度达不到的原因主要有：(1) 抽真空的时间不够，所以需要提前一天开 机抽真空；(3) 保留时间重复性的校准： 规范要求注入 1.0 μL 浓度为 3ng/ μL 八氟萘、六氯苯、硬脂酸甲酯的三组分混合溶液标准物质，分别记录对应的特征离子 m/z =272u、284u、298u，但是在实际校准过程中发现，有些仪器由于使用年限较长，仪器灵敏度下降，采用特征离子 298u 的时候发现硬脂酸甲酯的峰形比较小，此时建议采用特征离子 74u，可以得到比较好的峰形。在校准硬脂酸甲酯质量准确性时，从棒状图上可以很明显的看出特征离子 74u 的强度是最高的，导致在分别提取特征离子 74u 和 298u 时的峰面积两者可以差（6 ～ 10） 倍，峰形上的差异在低灵敏度上的仪器格外明显。

3 结束语

本文针对气相色谱－质谱联用仪在实际校准工作中可能会遇到的问题进行探讨，并结合工作经验指出校准过程中需要注意的点，可以有效的提高工作效率，期望通过本文可以给从事 GC － MS 校准的 同行带来些许帮助。

参考文献

[1] JJF 1164 － 2018《气相色谱－质谱联用仪校准规范》[S] .

[2] 陈辉，张贝贝，詹俊雄 . 一种快速校准 GC － MS 仪的色谱参 数设置方法 [J] . 化学分析计量， 2014，23(04) :76 ～ 78.

[3] 何海红，王卫华，邵明武 . 气相色谱三重四级杆质谱联用仪 校准实例 [J] . 计量技术，2016，(11) :7 ～ 10. [4] 杨家欢 . 气相色谱 －质谱联用仪灵敏度和日常维护分析 [J] . 化工设计通讯， 2019， 45(03) :121.

促进校准发展
确保量值精准

中国计量协会校准委员会
China Metrology Association-Calibration Committee