

食品安全检验量值溯源体系的构建

杨耀武¹, 霍江莲¹, 安平¹, 林志国¹, 齐香荣², 芦云³, 卢晓蕊⁴,
张英⁵, 杨晓婷¹, 刘文清⁶, 郭江莹⁶, 李云巧⁷

(1. 中国合格评定国家认可中心,北京 100062;2. 中科国邦(北京)检验检测有限公司,北京 102629;3. 中国检验检疫科学研究院,北京 100176;4. 北京市产品质量监督检验院,北京 101300;5. 中国食品发酵工业研究院有限公司,北京 100015;6. 北京智云达科技股份有限公司,北京 100081;7. 中国计量科学研究院,北京 100013)

摘要: 测量结果的计量溯源性对于保障食品安全检验结果的有效性至关重要。作者从食品安全检验量值溯源体系的建立入手,按不同溯源的因素对检验结果有效性的贡献进行评估,建立适当的控制级别,提出了食品理化、微生物和分子生物学领域的量值溯源体系模型,根据该体系模型,对食品安全检验实验室常见检验参数(项目)和方法标准中的重要溯源的因素,如标准物质、重要仪器、溯源等级图等进行评估、分析和研究,形成了量值溯源数据体系架构,构建了食品安全检验量值溯源软件系统平台,期望为食品安全检验实验室提供一个量值溯源数据共享平台,帮助实验室科学、系统地建立食品安全检验量值溯源体系。

关键词: 食品安全;量值溯源;标准物质;溯源等级图;互联网+

中图分类号:TS 207.7 文章编号:1673-1689(2022)01-0010-12 DOI:10.3969/j.issn.1673-1689.2022.01.002

Construction of Traceability System for Food Safety Inspection

YANG Yaowu¹, HUO Jianglian¹, AN Ping¹, LIN Zhiguo¹, QI Xiangrong², LU Yun³, LU Xiaorui⁴,
ZHANG Ying⁵, YANG Xiaoting¹, LIU Wenqing⁶, GUO Jiangying⁶, LI Yunqiao⁷

(1. China National Accreditation Service for Conformity Assessment, Beijing 100062, China; 2. Gobond Testing Technology (Beijing) Co., Ltd., Beijing 102629, China; 3. Chinese Academy of Inspection and Quarantine, Beijing 100176, China; 4. Beijing Products Quality Supervision and Inspection Institute, Beijing 101300, China; 5. China National Research Institute of Food & Fermentation Industries Co., Ltd., Beijing 100015, China; 6. Beijing Zhiyunda Technology Co., Ltd., Beijing 100081, China; 7. National Institute of Metrology, Beijing 100013, China)

Abstract: Metrological traceability is very important for ensuring data validity of food safety inspection. The validity of inspection results was evaluated according to the contribution of different traceability factors based on the establishment of traceability system for food safety inspection. The appropriate control level was established and the quantitative traceability model was proposed in the fields of food physics and chemistry, microbiology and molecular biology. According to the traceability model, the important traceability elements, such as reference material, important equipment, and hierarchy schemes were assessed, analyzed and studied on the common inspection

收稿日期: 2020-04-25

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1603400)。

作者简介: 杨耀武(1977—),男,博士,高级工程师,主要从事实验室检测技术与实验室认可评审研究。E-mail: yangyw@cnas.org.cn

parameters/items and method standards used in the food safety inspection laboratories, forming a metrological traceability data frame and constructing the software system platform of the food safety testing measurement traceability. It's expected to provide a data-sharing platform for food safety inspection laboratory and establish a scientific and systematic metrological traceability system of food safety inspection.

Keywords: food safety, metrological traceability, reference material, hierarchy scheme, Internet plus

民以食为天,食以安为先,安以质为本。食品安全和食品质量事关人民健康、社会稳定、对外贸易和民族繁荣,食品检验是食品安全得以实现的一个重要途径。近年来,随着我国对食品领域监管力度的逐步加大,使得检验结果能够实现实验室内及实验室间的准确一致、可靠可比成为食品相关量值溯源的核心要求^[1]。

目前,国内外针对食品安全溯源的研究较多,但很多研究集中在食品管理学上,主要针对食品原料和产地构建质量追溯体系^[2-6],虽然随着信息化技术的发展,通过区块链技术和5G技术对食品源头进行溯源的应用越来越广,食品原料和产地供应的保障程度越来越高^[7-10],但这方面的溯源仍然存在很多的不可控因素,即使同一产地的产品也可能因为环境条件、生产过程、运输方式等因素导致食品质量差别较大,因此,食品质量最终仍需通过食品检验检测来判断是否符合国家相关标准或要求。而为了保证食品检验的准确性和可靠性,食品安全检验的量值溯源体系就显得尤为重要。目前,我国对食品安全检验的量值溯源的研究主要针对单个(类)检验项目或领域,如食品中重金属含量检验的量值溯源研究^[11-12]、食品无机成分检测量值溯源体系研究^[1]等;或者针对食品安全检验量值溯源某个关键因素(如标准物质、仪器设备等)进行研究,如乳制品成分分析仪的量值溯源研究^[13]、食品添加剂的标准物质研制^[14]、转基因大豆粉国家标准物质的研制^[15]、动物性食品中磺胺类及雌激素类兽药残留标准物质的研制^[16]等,而很少从影响量值溯源结果的各个关键因素的评估入手对食品安全量值溯源体系进行系统性研究。另外,对食品标准物质的研究是为食品安全检验提供溯源途径和依据,但并不能指导食品安全检验实验室建立量值溯源体系。因此,食品安全检验领域迫切需要一套科学的、可行的量值溯源体系模型来指导实验室建立自己的食

品安全检验量值溯源体系。

作者根据目前我国食品安全检验涉及的领域和相关方法,通过对不同领域和方法的关键量值进行系统分析、评估和归纳,并对标准物质的可获得性进行评估和分析,采用直接测量、比对传递等量值溯源方式保证检验结果溯源到国际单位制(SI)或国家计量标准,并在其基础上,依托国家重点研发计划项目构建了食品安全检验量值溯源软件系统平台,期望能够通过标准物质、设备和检验过程中的关键量值进行分析和评估,帮助食品检验实验室科学地建立食品安全检验量值溯源体系,保障食品安全检验结果的准确性、一致性和可溯源性。

1 食品安全检验量值溯源的概念和体系

1.1 量值溯源的概念

量值溯源国际上称为计量溯源性,国际通用计量学基本术语(VIM)中对计量溯源性的定义为:通过文件规定的不间断的校准链,将测量结果与参照对象联系起来,校准链中的每项校准均会引入测量不确定度^[17]。对计量溯源性的定义进行分析,包含以下几方面含义:1)不间断的校准链也称为溯源链,严格意义上来说,所有的测量,其结果都应按照溯源链追溯到国际单位制SI;2)当技术上不可能溯源到国际单位制SI时,应通过有证标准物质的标准值,或使用能够满足预期要求,并能通过比对等方式保证测量结果的参考测量程序、规定方法或描述清晰的协议标准等溯源到适当的参考标准,从而使测量的准确性和一致性得到技术保证^[18];3)量值溯源的实现,必须具备可以密切联系测量结果的参照对象,如标准物质、国家或国际测量标准物质等;4)每个可溯源的测量结果均应附有合理评定的测量不确定度。

1.2 食品安全检验量值溯源体系

量值溯源是为追求高品质的、有效的检验结果

而采取的一项重要技术措施。在食品安全检验领域,结果的有效性来源于检验结果的可靠性和可比性,结果的可靠性来源于纵向的量值溯源结果,而结果的可比性则来源于同级实验室间检验结果的横向对比。因此,保证食品安全检验结果的有效性是一项综合工程,食品安全检验实验室出于市场竞争的压力和自身利益与效益的驱动,应主动作为量值溯源和内外质量控制的发起者和参与者,充分评估食品安全检验的内外溯源因素(包括标准物质、仪器设备、方法标准以及试剂耗材等),并对需要量值溯源的仪器设备按照要求进行校准和检定,积极寻求并参加实验室间比对、能力验证等活动^[9],从而保证检验结果的可靠性。

本研究中通过对多家中国合格评定国家认可

中心认可的食品安全检验实验室在实际检测工作中的量值溯源体系进行综合分析、比较和评估,认为食品安全检验实验室应根据实际工作涉及的食品安全检验领域及相关的检验方法,按图 1 所示的食品理化、微生物和分子生物学领域的溯源体系模型,对溯源性因素根据其其对检验结果准确性和可靠性贡献大小进行充分评估,建立适当的控制级别。可按溯源性贡献从大到小分为较高控制级别、中等控制级别和基本控制级别等(也可标注不同颜色表示不同的控制级别,如图 1 所示),对较高和中等控制级别的溯源性因素进行溯源体系评估分析。不同实验室可根据实际情况适当予以调整并建立自身的食品安全检验量值溯源体系。

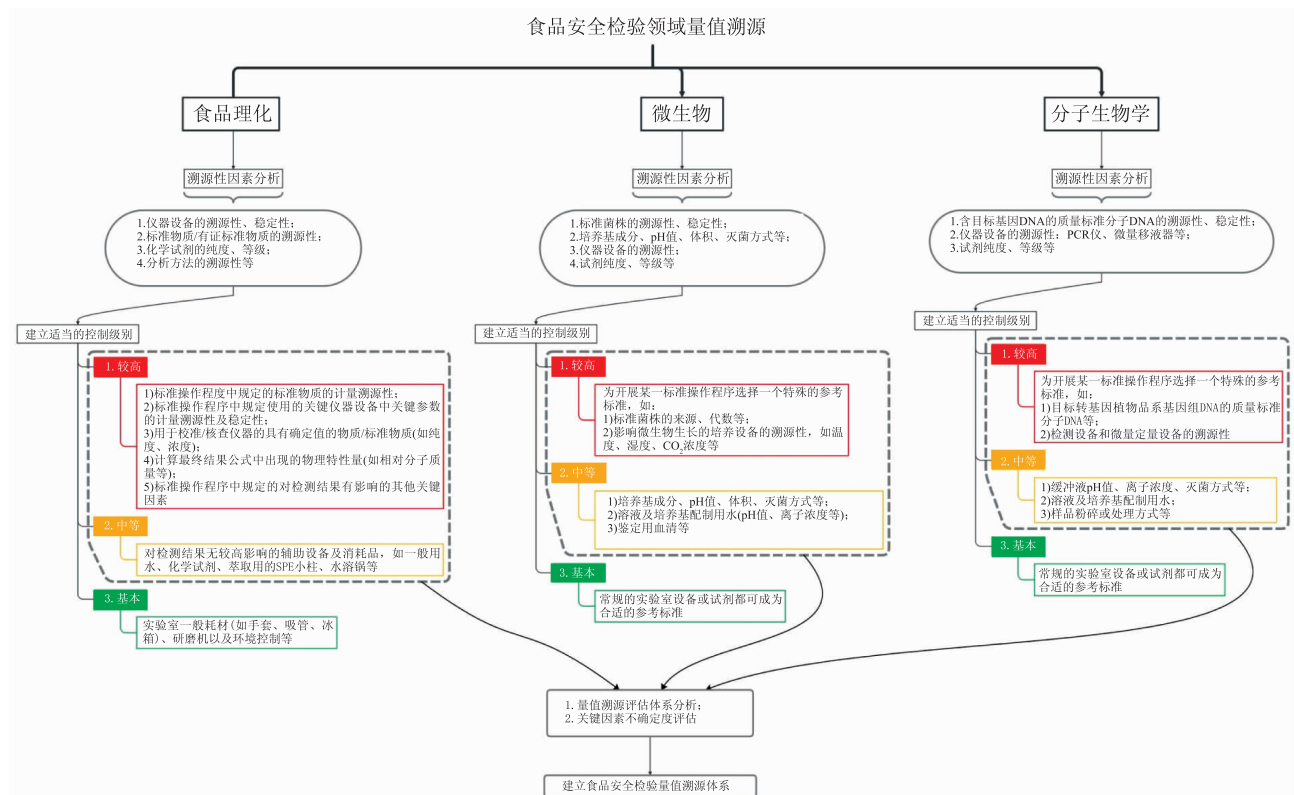


图 1 食品安全检验量值溯源体系模型

Fig. 1 Model of traceability system of food safety inspection

由图 1 可以看出,标准物质在食品安全检验量值溯源体系中占据了主导地位,包括理化检验量值溯源的标准物质/有证标准物质、微生物检验的标准菌株以及分子生物学检验的含目标基因 DNA 的质量标准分子等。标准物质是具有一种或多种确定特性足够均匀且稳定的材料,并已被确定其符合测量

过程的预期用途,其特性值表征了其物理、化学或生物所对应特性量的值,具有良好的可追溯性^[20]。在我国,标准物质分为一级标准物质(GBW)和二级标准物质(GBW(E)),均为国家有证标准物质(CRM),需要经过国家计量行政审批。国际通用的基准标准物质(PRM)类别目前在我国没有单独分级,而是列

入一级标准物质进行管理。我国标准物质质量值溯源和分级体系如图 2^[21]所示。其中,一级标准物质采用绝对测量法或两种以上不同原理的准确可靠方法定值,若只有一种方法,可采用多个实验室合作定值,其不确定度具有国内最高水平。而二级标准物质采用与一级标准物质进行比较测量的方法或一级标准物质的定值方法定值,其不确定度和均匀性均未达到一级标准物质的水平,但能够满足一般测量的需要^[21],实验室检验采用的工作用标准物质一般为二级标准物质,因此,二级标准物质也叫工作标准物质。

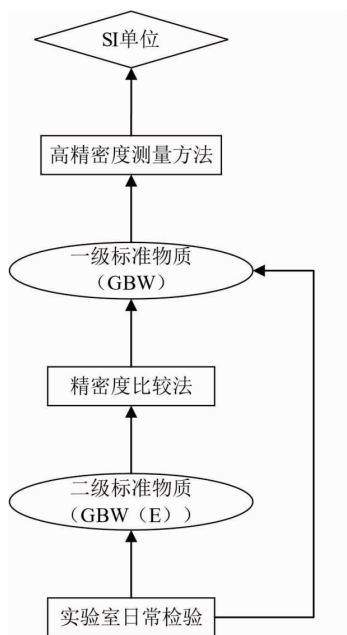


图 2 我国标准物质质量值溯源等级

Fig. 2 Hierarchy scheme of reference material in China

对于食品安全检验的量值溯源来说,标准物质是溯源过程中不可或缺的部分。图 3 展示了包括抽样和样品制备的食品检验流程^[20],可以看出标准物质在样品制备、仪器校准、检验数据评估、检验结果计算以及测量不确定度评估中都发挥着重要作用。因此,在食品检验过程中使用标准物质是实现食品安全检验量值溯源、保证测量结果准确一致的重要手段。

食品安全检验实验室在使用标准物质进行量值溯源时,应注意:1)充分评估标准物质对预期用途的适用性,如对于食品安全检验理化分析中的痕量组分(如重金属残留等),应明确是否是全部含量、不完全消解得到的含量、浸出含量或是包含痕

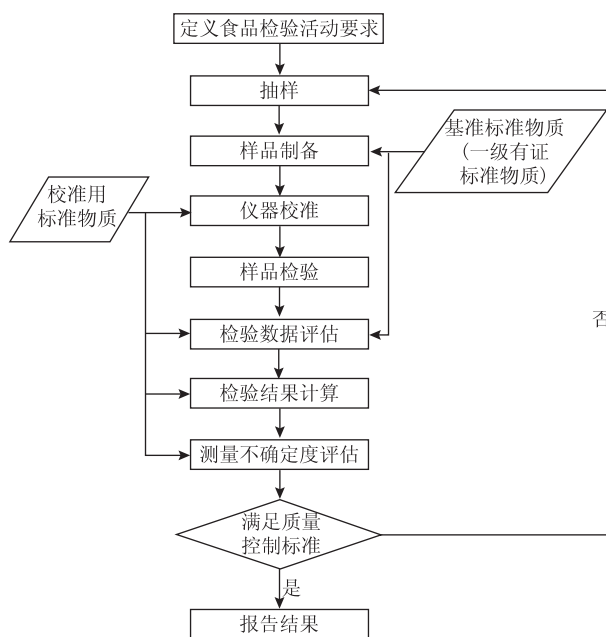


图 3 标准物质在食品安全检验过程中的作用

Fig. 3 Role of reference material in food safety inspection

量元素的某个特定组成。对食品安全检验溯源中最常用的有证标准物质(CRM)进行标准物质适用性评估的通用流程如图 4^[20]所示。2)确认标准物质特性值关于计量溯源性的声明,实验室可以通过声明中特性值溯源到的测量标准来判断标准物质是否适用于预期的检验活动。对于有证标准物质尤其一级标准物质来说,通常应溯源至国际单位制 SI(见图 2)。3)遵守标准物质使用和储存说明,避免不正确的使用标准物质,以保证标准物质特性值及其不确定度的有效性。4)遵守标准物质证书上的有效期限,不使用超过有效期的标准物质,尤其是有证标准物质。5)对于可多次使用的标准物质,应遵循标准物质生产者提供的标准物质包装和储存使用说明,确保包装的严密性和储存方式的恰当性。6)标准物质的取样,应能代表整个包装样品特性,以保证特性值和不确定度的有效性。同时,应按说明给出的最小取样量取样,小于最小取样量的取样没有代表性,有必要时,标准物质应按说明在取样前再次均匀化。7)当使用实物标准物质时,其基质应尽量与食品样品匹配。

随着我国对食品安全检验的日益重视,与溯源相关的标准物质(包括有证标准物质和基准标准物质)的数量、种类已基本满足食品安全检验的需求。根据国家标准物质资源共享平台(CNRM)的数据,

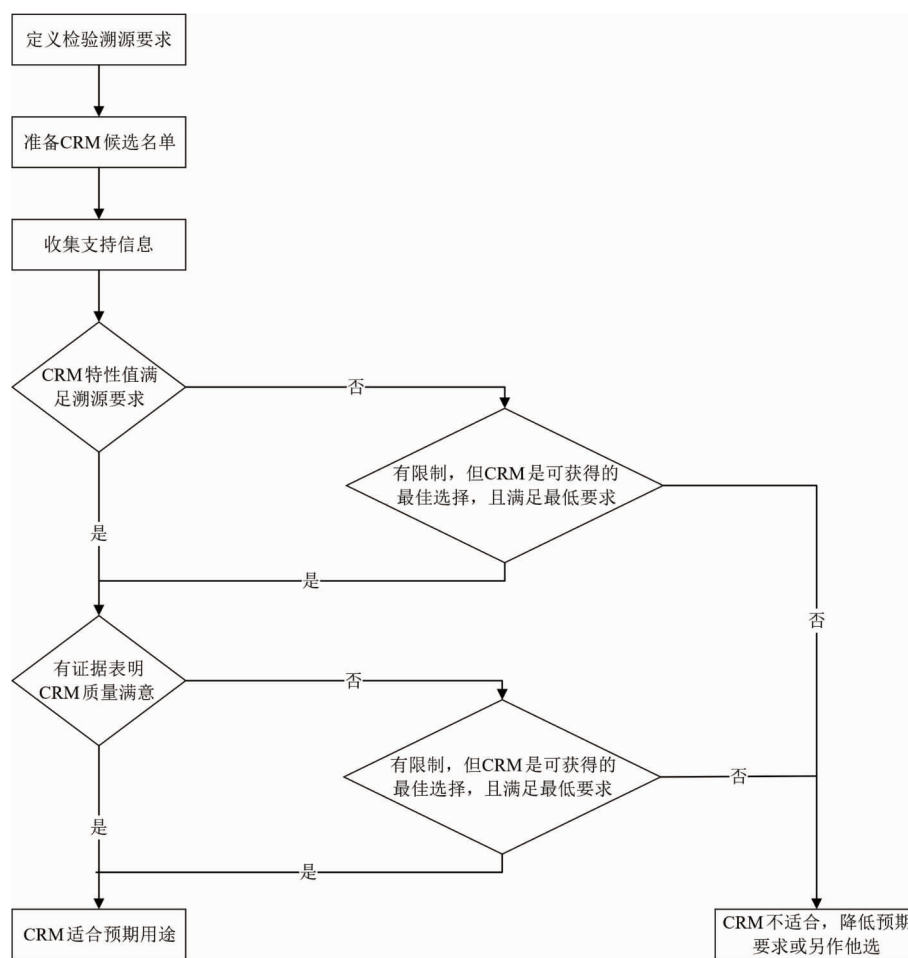


图4 有证标准物质(CRM)预期用途适用性评估

Fig. 4 Applicability evaluation of Certified Reference Materials (CRM) for intended use

截至2021年4月,我国食品相关一级标准物质173种,二级标准物质201种^[22],涉及食品添加剂、食品限量物质、食品包装中残留有害物质等,覆盖食品理化、食品微生物和分子生物学三大检验领域。因此,对于食品安全检验来说,首选采用我国研制和生产的标准物质进行量值溯源。

食品安全检验量值溯源除标准物质外,检验过程中使用的标准方法和关键仪器设备等也是重要的溯源性因素(见图1),尤其当标准物质不可获得时,这些溯源性因素在实验室参加外部质控(如能力验证、实验室间比对等)或仪器设备校准和检定等从而获得横向可比性的活动中就显得尤为重要。因此,实验室应根据自身的检验活动对采用的标准方法和关键仪器设备进行充分评估,制定标准方法核查程序和关键仪器设备校准、检定程序,并按照评估结果和程序要求定期对标准方法的适用性进

行核查,对关键仪器设备进行校准或检定。

2 食品安全检验量值溯源体系的重要参量

食品安全检验主要涉及食品理化检验(含仪器分析、常规理化分析等)、微生物检验和分子生物学检验3个领域(见图1),实验室在进行量值溯源评估时,应充分考虑不同检验类型的标准物质和关键仪器设备的可获得性、不确定度及相关技术指标等重要参量的溯源性要求,评估相应的关键溯源参量数据,构建量值溯源体系架构,有条件的实验室,应形成溯源体系数据库,确保检验结果的准确性和可靠性^[18]。作者依据《国家食品安全监督抽检实施细则(2019年版)》^[23]涉及的检验项目,以大米中镉检验、全脂奶粉中大肠菌群检验和转基因玉米检验为例,分别叙述食品安全检验理化、微生物和分子生物学检验领域的量值溯源体系架构和重要参量,其在

《国家食品安全监督抽检实施细则(2019年版)》中 分类、风险等级和依据标准如表 1 所示。

表 1 食品安全检验项目分类、风险等级及检验依据

Table 1 Classification, risk level and testing basis of food safety inspection items

食品类别 序号	食品大类 (一级)	食品亚类 (二级)	食品品种 (三级)	食品细类 (四级)	风险等级	检验项目	依据法律法 规或标准	检测方法
一、2	粮食加工品	大米	/	/	较高	镉(以 Cd 计)	GB 2762	GB 5009.15
五、2	乳及乳制品	乳粉和奶油粉	全脂奶粉	/	较高	大肠菌群	GB 19644	GB 4789.3
一、4	粮食加工品	其他粮食加工品	谷物碾磨加工品	玉米粉	较高	转基因玉米	GB/T 19495.5	GB/T 19495.5

注:食品类别序号来自《国家食品安全监督抽检实施细则(2019年版)》。

2.1 食品理化检验量值溯源体系架构和重要参量

对于食品安全理化检验来说,影响结果准确性和可靠性的因素比较多,从量值溯源的角度来看,主要包括标准物质、检验方法、仪器设备等。本文中以大米中镉检验为例,标准物质的溯源指标参量包括技术指标(如标准物质纯度和配置要求、测量范围、规格、不确定度等)、控制级别、溯源等级图类别及其他因素(如有效期、校准周期等)等,如表 2 所示。

关键仪器设备溯源指标参量则包括技术指标(如仪器的测量范围、规格、不确定度等)、控制级别、溯源等级图类别及其他因素(如有效期、校准周期等)等,如表 3 所示。由表 3 可以看出,大米中镉检验的主要仪器为原子吸收分光光度计和天平,其控制级别最高,为 1 级。

2.2 食品微生物量值溯源体系架构和重要参量

对于食品安全微生物检验来说,影响结果准确性和可靠性的溯源性因素主要包括标准菌株和仪器设备等。本文中以全脂奶粉中大肠菌群检验为例,其标准菌株的溯源指标参量包括标准菌株来源、保存要求、控制级别、溯源等级图类别等,如表 4 所示。

表 2 食品理化检验标准物质溯源指标参量

Table 2 Traceability parameters of reference material for physical and chemical inspection of food

标准物质溯源指标参量		溯源数据 ¹
一级标准物质		√
二级标准方法		/
名称		镉标准溶液
分子式		Cd
技术指标	纯度(质量浓度)	100 μg/mL
	标准液配置要求	/
	测量范围	/
	不确定度、准确度或最大允许误差	/
	规格	100 mL/瓶
制造厂商及出厂编号		国家有色金属及电子材料分析测试中心/GNM-M235239-2013
有效期		20210311—20220310
控制级别 ²		1
溯源等级图类别		标准物质

注:¹代表溯源数据由北京市产品质量监督检验院提供;²代表控制级别根据图 1 量值溯源体系模型所示进行评估。

表 3 食品理化检验关键仪器溯源指标参量

Table 3 Traceability parameters of important equipment for physical and chemical inspection of food

仪器溯源指标参量		溯源数据 ¹					
		原子吸收分光光度计	天平	微波消解仪	马弗炉	电热板	食品加工机
技术指标	测量范围	波长: 190~900 nm	0~500 g	40 位	温度: 20~1 000 °C	温度: 40~350 °C	/
	感量	/	0.1 mg	/	1 °C	/	/
	规格	/	XP205	MARS6	SXL-1008	EH20APlus	符合要求即可
	溯源方式	校准	校准	/	校准	/	/
	不确定度 ² 、准确度或最大允许误差	波长示值误差:0.12 nm; 波长重复性:0.02 nm	$U=3.5$ mg, $k=2$	/	$U=3.0$ °C, $k=2$	/	/

续表 3

仪器溯源指标参量	溯源数据 ¹					
	原子吸收分光光度计	天平	微波消解仪	马弗炉	电热板	食品加工机
校准周期或复校间隔	2 年	1 年	/	/	/	/
检定或校准机构	北京市计量检测科学研究院	北京市计量检测科学研究院	/	北京市计量检测科学研究院	/	/
制造厂商及出厂编号	Perkinelmer/800S9070401	梅特勒/1129101624	CEM/MJ2100	上海精宏实验设备有限公司/L-903786	北京莱博曼科技公司	/
有效期	20190925—20210924	20201008—20211007	/	20201008—20211007	/	/
控制级别 ³	1	1	2	2	2	3
溯源等级图类别	原子吸收分光光度计	天平	/	/	/	/

注:¹代表溯源数据由北京市产品质量监督检验院提供;²包含因子 $k=2$ 表示正态分布的情况下,测量不确定度 u 乘以包含因子 2 之后,其扩展不确定度 U 所确定分散区间的置信概率约为 95%;³代表控制级别根据图 1 量值溯源体系模型所示进行评估。

表 4 食品微生物检验标准菌株溯源指标参量

Table 4 Traceability parameters of standard strain in food microbiology inspection

标准菌株溯源指标参量	溯源数据 ¹
菌株名称	大肠埃希氏菌
菌属	埃希氏菌属
来源或服务商	CICC
菌株号	CICC 10389
代数(次)	2
体积	1 mL
保存形式	甘油
保存温度	-80 °C
生长条件	37 °C,需氧
生物安全等级	2
控制级别 ²	1
溯源等级图类别	标准菌株

注:¹代表溯源数据由中国检验检疫科学研究院提供,²代表控制级别根据图 1 量值溯源体系模型所示进行评估。

食品安全微生物检验领域的主要仪器包括电子天平、无菌吸管、恒温培养箱和培养物保存冰箱等,其控制级别为 1 级(见表 5),其他溯源指标参量与理化检验类似(见表 3、表 5)。

2.3 食品分子生物学量值溯源体系架构和重要参量

对于食品安全分子生物学检验来说,与理化和微生物检验不同,分子生物学检验对象属于痕量级别,主要依靠聚合酶链反应(PCR)对基因片段进行指数扩增后进行检验,所以影响结果准确性和可靠性的溯源性因素主要包括含有目标 DNA 的质量标准分子 DNA 和 PCR 仪以及其他重要辅助仪器设备

(如移液器、微量核酸分析仪等)等。本文中以转基因玉米检验为例,从质量标准分子 DNA 和仪器设备的技术指标(如 DNA 分子的拷贝数、仪器的测量范围、规格、不确定度等)以及其他因素(如有效期、校准周期等)构建量值溯源架构,形成不同控制级别的量值溯源指标参量(见表 6 和表 7)。从表中可以看出,溯源控制级别为 1 级的标准物质和仪器设备主要为质量标准分子 DNA、实时荧光 PCR 仪、离心机、微量移液器等,都与其痕量分析的特征相吻合。

2.4 食品安全检验量值溯源等级图

从表 1~7 可以看出,在对量值溯源重要参量进行评估过程中,量值溯源等级图也是一个重要的参量,所谓的量值溯源等级图是用框图的形式来表示量值溯源的技术特性,其可以清晰直观的表明计量器具或标准物质的计量特性与给定的量值基准之间的关系,代表了量值溯源等级的顺序,是对溯源链的一种说明。绘制食品安全检验实验室标准物质和重要仪器设备的量值溯源等级图是一件技术性和专业性较强的工作^[24],应有专业人员根据相关标准、作业指导书、仪器设备性能指标以及自身的专业理论、实践经验进行绘制,同时,在绘制过程中,应充分考虑溯源过程中的不确定度,并应用到实际的检验过程中。

食品安全检验涉及的理化、微生物和分子生物学检验中的标准物质、标准菌株、质量标准分子 DNA 及重要仪器设备等重要组成部分的溯源性需要绘制溯源等级图,并在溯源等级图上清晰标明确定的特性值和量值溯源到上级计量标准的途径。

表 5 食品微生物检验关键仪器溯源指标参量

Table 5 Traceability parameters of important equipment in food microbiology inspection

仪器溯源参量		溯源数据 ¹						
		电子天平	无菌吸管	恒温培养箱	高压灭菌锅	pH 计	培养物保存冰箱	
技术指标	测量范围	/	1 mL(具 0.01 mL 刻度), 10 mL(具 0.1 mL 刻度)	(36±1) °C	115、121 °C	0~14	2~5 °C	-80 °C
	感量	0.1 g	/	/	/	/	/	/
	容量	称量范围: 0~4 100 g	0.01~1.00, 0.1~10.0	温度: 5~65 °C	105~135 °C	-2.00~20.00	0~10 °C	-50~ -86 °C
	溯源方式	校准	校准	校准	校准	校准	校准	校准
	不确定度 ² 、准确度或最大允许误差	准确度等级: E2 等级	最大允许误差: ± (0.000 08~0.060 00)mL	不确定度: U=0.1 °C, k=2	不确定度: U=0.010~0.024 °C, k=2	准确度等级: 国际一级标准物质, U=0.005, k=3; 国家二级标准物质, U=0.001, k=3	不确定度: U=0.1 °C, k=2	不确定度: U=0.1 °C, k=2
校准周期或复校间隔	1 年	3 年	1 年	1 年	1 年	1 年	1 年	
检定或校准机构	北京市计量检测科学研究院	北京市计量检测科学研究院	北京市计量检测科学研究院	北京市计量检测科学研究院	中国计量科学研究院	北京市计量检测科学研究院	北京市计量检测科学研究院	
制造厂商及出厂编号	METTLER/1225250080	北玻	memmeert/D 813.0176	厦门致微/A6174001	METTLER/B741795896	/	/	
有效期	/	/	20190802—20210801	/	/	/	/	
控制级别 ³	1	1	1	2	2	1	1	
溯源等级图类别	质量	容量;玻璃量具	温度	温度	pH 酸度计	温度	温度	

注:¹代表溯源数据由中国检验检疫科学研究院提供。²代表包含因子 k=2 表示正态分布的情况下,测量不确定度 u 乘以包含因子 2 之后,其扩展不确定度 U 所确定分散区间的置信概率约为 95%;包含因子 k=3 表示正态分布的情况下,测量不确定度 u 乘以包含因子 3 之后,其扩展不确定度 U 所确定分散区间的置信概率约为 99.73%。³代表控制级别根据图 1 量值溯源体系模型所示进行评估。

我国食品安全检验中涉及的标准物质质量值溯源等级图如图 2 所示。

在我国,仪器设备的溯源通常由仪器使用方或服务供应商根据校准方案进行核查、校准或检定,并根据校准方案要求定期送上一级计量机构进行校准或检定,以确保检验结果的溯源性能通过不间断的校准链与适当参考标准相链接^[18]。上一级计量机构通常包括中国计量科学研究院、获得相关资质或授权的校准或检定实验室(如获得中国合格评定国家认可中心认可的校准实验室、我国法定计量机构或计量行政主管部门授权的相关校准或检定实验室等)。

以下为食品安全检验常用仪器设备的溯源等级图示例,不同的实验室可以根据自身需求和情况进行相应的调整。

2.4.1 质量溯源等级图示例 食品安全检验涉及的理化、微生物和分子生物学检验中质量组分量值溯源等级图示例如图 5 所示。

表 6 食品分子生物学检验标准分子 DNA 溯源指标参量

Table 6 Traceability parameters of standard DNA in food molecular biology inspection

标准分子 DNA 溯源指标参量	溯源数据 ¹
名称	含有目标转基因植物品系基因组 DNA 的质量标准分子 DNA
规格	GBW(E)100307
测量范围	3×10 ⁻¹ ~3×10 ⁷ ng/μL
不确定度、准确度或最大允许误差	U _m =2.8%, k=2
制造厂商及出厂编号	上海市计量测试技术研究院 160520
有效期	2020-04—2022-04
保存形式	冻干粉
保存温度	4 °C
控制级别 ²	1
溯源等级图类别	基因序列溯源

注:¹代表溯源数据由中国食品发酵工业研究院有限公司提供,²代表控制级别根据图 1 量值溯源体系模型所示进行评估。

表 7 食品分子生物学检验关键仪器溯源指标参量

Table 7 Traceability parameters of important equipment in food molecular biology inspection

仪器溯源指标参量		溯源数据 ¹					
		实时荧光 PCR 仪	离心机	高压灭菌锅	涡旋振荡器	微量移液器	恒温孵育器
技术指标	测量范围	10 个数量级	/	115、121 °C	/	/	/
	感量	4 通道	≤3 000 r/min	105~135 °C	/	/	/
	容量	/	/	/	/	2、10、100、200、1 000 μL	/
	溯源方式	校准	校准	校准	/	校准	/
	不确定度 ² 、准确度或最大允许误差	/	/	不确定度： $U=0.010\sim 0.024$ °C, $k=2$	/	/	/
校准周期或复校间隔	1 年	1 年	1 年	/	1 年	/	
检定或校准机构	中国计量科学研究院	中国计量科学研究院	中国计量科学研究院	/	中国计量科学研究院	/	
制造厂商及出厂编号	Roche/LightCycler 480	/	/	/	/	/	
控制级别 ³	1	1	2	3	1	3	
溯源等级图类别	/	速度	温度	速度	容量	温度	

注：¹代表溯源数据由中国食品发酵工业研究院有限公司提供；²代表包含因子 $k=2$ 表示正态分布的情况下，测量不确定度 u 乘以包含因子 2 之后，其扩展不确定度 U 所确定分散区间的置信概率约为 95%；³代表控制级别根据图 1 量值溯源体系模型所示进行评估。

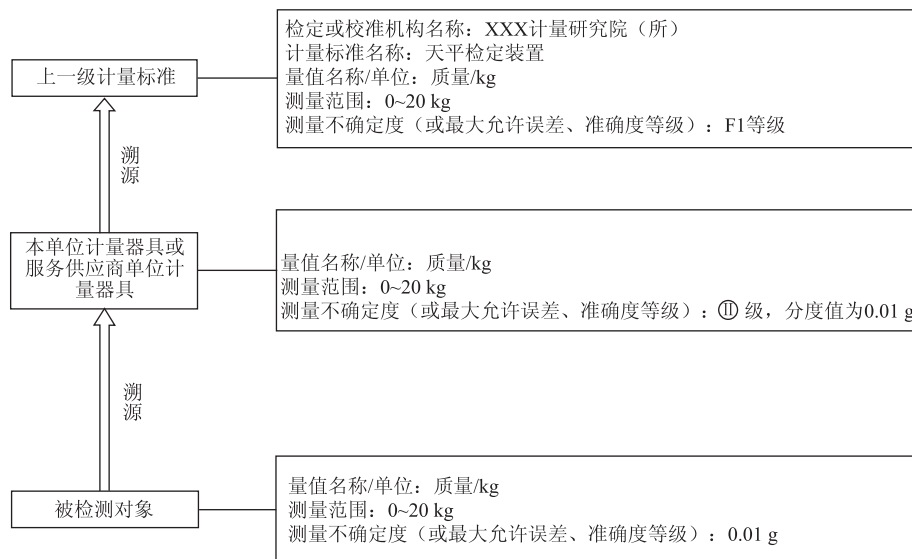


图 5 质量溯源等级

Fig. 5 Hierarchy scheme of mass measurement

(资料来源:中国计量科学研究院)

2.4.2 原子吸收分光光度计溯源等级图示例 食 分光光度计测量值溯源等级图示例如图 6 所示。品安全检验涉及的食品理化检验领域中原子吸收

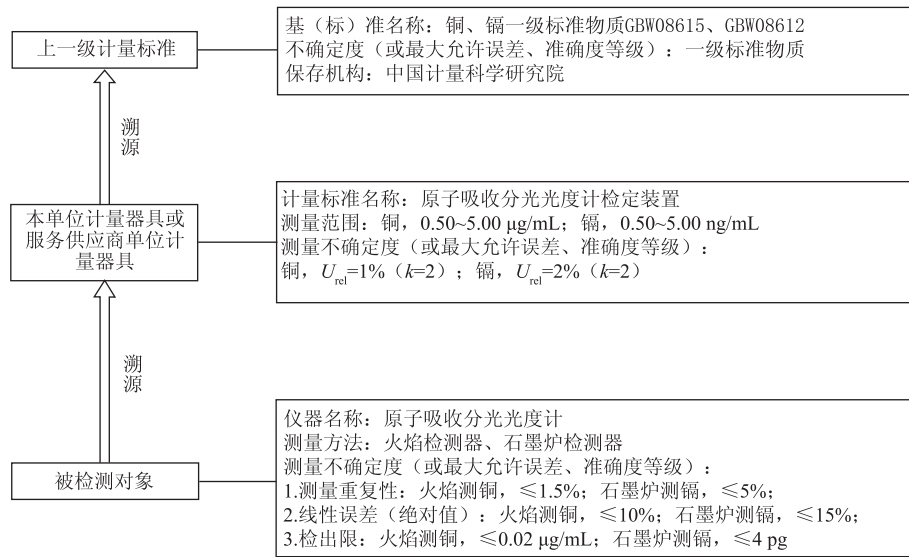


图 6 原子吸收分光光度计溯源等级

Fig. 6 Hierarchy scheme of atomic absorption spectrophotometer

(资料来源:中国计量科学研究院)

2.4.3 标准菌株溯源等级图示例 食品安全检验 图示例如图 7 所示。
 涉及的微生物检验领域中标准菌株量值溯源等级

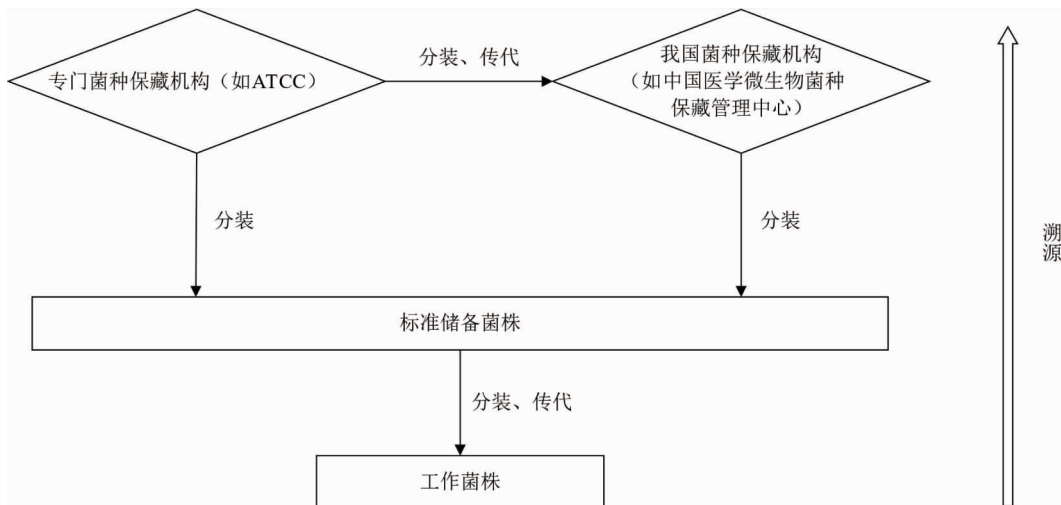


图 7 标准菌株溯源等级

Fig. 7 Hierarchy scheme of standard strain

(资料来源:中国计量科学研究院)

2.4.4 分子生物学基因序列溯源等级图示例 食品安全检验涉及的分子生物学检验领域中基因序列溯源等级图示例如图 8^[25]所示。

2.4.5 相对分子质量溯源等级图示例 食品安全检验涉及的分子生物学检测中相对分子质量溯源等级图示例如图 9^[25]所示。

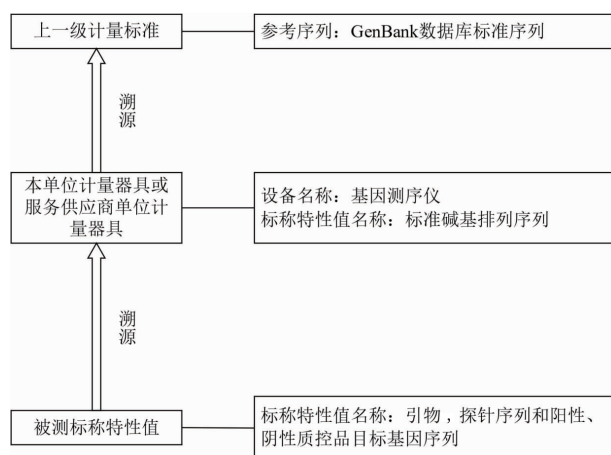


图 8 基因序列溯源等级

Fig. 8 Hierarchy scheme of gene sequences

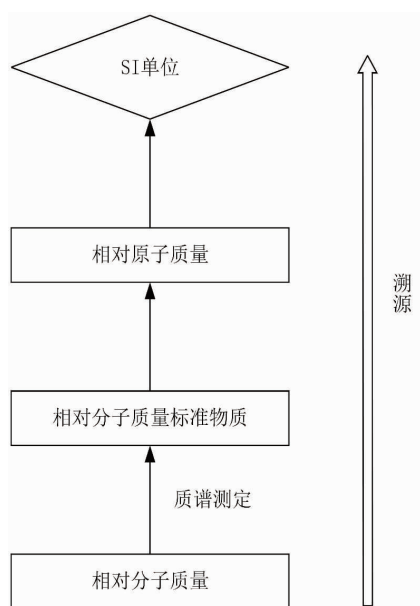


图 9 相对分子质量溯源等级

Fig. 9 Hierarchy scheme of molecular mass

3 互联网+食品安全检验量值溯源平台的构建

随着创新 2.0 下的“互联网+”新业态大环境的发展和逐步成熟,移动互联网、云计算和大数据技术也越来越多地应用到食品安全质量保证的各个过程和领域,如前言提到的食品管理学领域就有很多 5G 技术和区块链技术的运用研究,但对于食品安全检验的量值溯源来说,目前互联网技术的应用尚处于空白。作者所在课题组依托国家重点研发计划项目“食品安全检验在线质控系统研究”(项目编

号:2018YFC1603400),构建了食品安全检验量值溯源软件系统平台。该平台有以下特点:

1) 功能模块集成度高 可实现数据采集、资源管理、信息检索等功能模块,并可根据需要随时增减模块;

2) 平台功能齐全 依据《国家食品安全监督抽检实施细则(2019 年版)》的分类原则,实现针对食品分类的 9 大类、19 小类,以及课题研究的 50 项检测项目,根据理化、微生物、分子生物学等指标信息对溯源体系和判定规则进行采集、录入、整理、查询和分析等;

3) 开放程度高 可根据国家食品安全监管的新要求、食品安全检验要求或客户要求对平台的数据和字段即时修改、增减和录入;

4) 内部数据关联性强 平台依据《国家食品安全监督抽检实施细则(2019 年版)》的分类将溯源体系和智能判定体系进行有机融合,可根据所有字段和数据,如食品类别、检测领域、检测项目、检测方法和标准、风险等级、判定依据等,对食品的溯源体系和判定要求进行检索和查询;

5) 兼容性强 支持同食品安全检验不确定度评估方法研究输出的研究结果和数据对接的统一接口,实现国家重点研发计划(项目编号:2018YFC1603400)项目组各平台之间的数据交换;同时,技术支持检测设备对接平台的统一接口,实现设备同平台的无缝对接,数据在各设备间共享、传输、转换。

目前,该平台已基本构建完毕,相关的量值溯源数据正在录入和扩展当中,相信随着平台数据的不断增加和完善,用户数量的逐渐增加,将会极大地促进我国食品安全检验实验室科学、规范地建立量值溯源体系,平台的开放性和可扩展性也将极大地方便用户获取需要的溯源数据,保证食品安全检验结果的正确性和可靠性。

4 结语

食品检验结果可靠性和准确性对食品安全来说至关重要,而可靠和准确的检测结果以检测数据结果的可溯源性为基础。本研究中对如何进行食品安全检验量值溯源体系构建进行了系统的阐述,并对体系中涉及的关键因素和关键参量的评价和溯源展开讨论。同时,随着互联网技术的飞速发展,尤

其 2019 年至今,在全世界范围的新冠疫情形势下,食品安全检验实验室迫切需要一个可以进行远程量值溯源数据获取和共享的平台。因此,作者构建的食品安全检验量值溯源体系平台将对我国食品

安全风险监测、监督、抽查提供科学的溯源统计和判定依据,保障我国食品安全检验的准确性、真实性与可溯源性,产生显著的经济和社会效益。

参考文献:

- [1] 李海峰,刘军. 食品无机成份检测量值传递与溯源体系研究[J]. 食品工业科技,2010,31(11):321-324.
- [2] VINCENT D, LAURENT N, THIERRY G. Determination of chromium, iron and selenium in foodstuffs of animal origin by collision cell technology, inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), after closed vessel microwave digestion[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2006, 565: 214-221.
- [3] 秦玉青, 耿全强, 晏绍庆. 基于食品链的食品溯源系统解析[J]. 现代食品科技, 2007(11): 85-88.
- [4] 米瑞芳, 陈曦, 戚彪, 等. 不同产地羊肉稳定同位素特征差异及其溯源应用[J]. 核农学报, 2020(34): 89-95.
- [5] 叶敏, 胡麟烽, 杨凌霄, 等. 可持续发展背景下畜牧业食品安全溯源体系探究[J]. 畜禽业, 2021, 32(2): 8-9.
- [6] 张丽君, 王丹, 王育娇, 等. 基于气相色谱-质谱联用技术的代谢组学在农产品产地溯源中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(6): 2197-2203.
- [7] 胡建兵. 数字创新助力食品溯源[N]. 柴达木日报, 2021-04-14(3).
- [8] 姚超, 唐松. 区块链技术在冷链食品溯源中应用的研究[J]. 河北省科学院学报, 2021, 38(1): 78-83.
- [9] 李琳, 陈甲伟. 基于区块链的蔬菜溯源系统设计[J]. 科技与创新, 2021(5): 77-79.
- [10] 袁菲, 王飞, 刘凤. 基于 5G 技术河北省农产品全产业链安全信息溯源体系构建研究[J]. 中国信息化, 2021(4): 60-62.
- [11] 林振强, 秦宏伟, 孙倩芸, 等. 国家科技成果: 食品及农产品中重金属总量及元素形态检测量值溯源体系的研究与应用[Z]. 济南: 山东省计量科学研究院, 2019.
- [12] 李海峰, 马联弟, 王军, 等. 食品重金属检测量值溯源体系研究浅议: 2009 年重金属污染监测、风险评价及修复技术高级研讨会论文集[C]. 青岛: 中华环保联合会能源环境专业委员会, 2009.
- [13] 王远丽. 乳成分分析仪量值溯源的探讨[J]. 新疆畜牧业, 2019, 34(1): 33-34.
- [14] 马康, 全灿, 巢静波, 等. 国家科技成果: 食品添加剂及非法添加物计量技术与标准物质研制[Z]. 北京: 中国计量科学研究院, 2018.
- [15] 曹际娟, 赵昕, 于灵, 等. 国家科技成果: 转基因大豆粉国家标准物质的研制[Z]. 辽宁: 辽宁出入境检验检疫局, 2006.
- [16] 李杰, 许卓妮, 于瑞祥, 等. 国家科技成果: 动物性食品中磺胺类及雌激素类兽药残留检测用同位素标记标准物质的研制[Z]. 上海: 上海市计量测试技术研究院, 2017.
- [17] International Organization for Standardization. ISO/IEC GUIDE 99: 2007 International vocabulary of metrology: basic and general concepts and associated terms (VIM) [EB/OL]. [2021-04-25]. <https://www.iso.org/standard/45324.html>.
- [18] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS-CL01-G002: 2018, 测量结果的溯源性要求 [EB/OL]. (2018-03-01) [2021-04-25]. <https://www.cnas.org.cn/rkgf/sysrk/rkyzz/2020/12/904398.shtml>.
- [19] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS-RL02: 2018, 能力验证规则 [EB/OL]. (2018-03-29) [2021-04-25]. <https://www.cnas.org.cn/fwzl/nlyzz/nlyzgzcyzl/875650.shtml>.
- [20] International Organization for Standardization. ISO Guide 33: 2015 reference materials: good practice in using reference materials [EB/OL]. [2021-04-25]. <https://www.iso.org/standard/46212.html>.
- [21] 卢晓华. 标准物质的溯源性与分级[J]. 中国计量, 2007(7): 39-41.
- [22] 国家市场监督管理总局, 中国计量科学研究院. 国家标准物质资源共享平台 [DB/OL]. [2021-04-25]. <http://www.ncrm.org.cn>.
- [23] 国家市场监督管理总局, 国家食品安全监督抽检实施细则 (2019 年版) [EB/OL]. (2019-02-26) [2021-04-25]. http://www.samr.gov.cn/specs/cjjc/qtwj/201902/t20190226_291363.html.
- [24] 王亚伟, 乔玫, 郝晓宏. 如何绘制实验室认可 / 计量认证评审中计量器具的量值溯源图[J]. 科技情报开发与经济, 2005, 15(11): 289-290.
- [25] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 核酸检测试剂盒溯源性技术规范: GB/T 37868-2019 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.