

食品安全标准及监督管理

我国食品中放射性物质分析标准现状研究与建议

崔西勇¹,尹峰¹,岳琳琳²,刘澜涛¹,郭泽钦¹

(1. 北京市化工职业病防治院,北京市职业病防治研究院,北京 100093;2. 华能山东石岛湾核电有限公司,山东荣成 264312)

摘要:研究我国食品中放射性物质分析标准现状,完善食品安全标准体系建设。以当前食品中放射性物质分析标准的内容、应用情况和制修订状况为研究对象,剖析其中存在的不足并提出建议。分析标准在时效性、适宜性等方面与实践需求存在不相适应情况,有必要完善相关分析标准建设,为风险监测评估和应急处置提供有力的技术支持。建议形成多方参与的标准管理工作机制、加快限量标准和响应行动水平标准的制修订、完善急常兼备的检测方法标准,持续保持分析标准的适宜性和有效性。

关键词:食品;放射性物质;分析标准;现状;建议

中图分类号:R155 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-8456(2023)12-1771-09

DOI:10.13590/j.cjfh.2023.12.012

Research and recommendations on the current situation of analysis standards for radioactive substances in food in China

CUI Xiyong¹, YIN Feng¹, YUE Linlin², LIU Lantao¹, GUO Zeqin¹

(1. The Beijing Prevention and Treatment Hospital of Occupational Disease for Chemical Industry, Beijing Institute of Occupational Disease Prevention and Treatment, Beijing 100093, China; 2. Huaneng Shandong Shidao Bay Nuclear Power Co., Ltd., Shangdong Rongcheng 264312, China)

Abstract: To improve the construction of a food safety standards system, the current status of analysis standards for radioactive substances in food in China was studied. Examining the content, application, and revision status of the current standards for the analysis of radioactive substances in food, shortcomings, and proposed suggestions were analyzed. Analysis standards are not suitable for practical needs in terms of timeliness and suitability, and it is necessary to improve the construction of relevant analysis standards to provide strong technical support for risk monitoring, assessment, and emergency disposal. It is recommended to establish a multiparty standard management mechanism, accelerate the preparation and revision of limit standards and response action level standards, improve testing methods and standards that are both urgent and routine, and continuously maintain the suitability and effectiveness of analytical standards.

Key words: Food; radioactive substances; analysis standards; current situation; recommendations

环境中放射性物质广泛存在,其来源一是天然放射性核素,包括宇宙射线的粒子与大气中物质相互作用产生的氢-3(氚)、碳-14等,和地球形成时就已存在的核素及其衰变产物;二是人为放射性核素,来自核试验、核工业、核事故泄漏的放射性物质,其通过空气、水、土壤等进入食物链并进入到人体内^[1]。通常认为天然本底基本上不会影响食品的安全性,当食品中放射性物质活度浓度高于天然本底或发生放

射性紧急事件时会造成放射性污染,在人体食入或接触时可产生内照射或外照射,可能对人体健康造成确定性效应(如造血损伤、消化道损伤、急性甲状腺炎及甲状腺功能衰退等)^[2]或随机性效应(如癌症和遗传效应)^[3]。1986年切尔诺贝利核电站事故和2011年福岛核电站事故对相关地区水产品、农产品等造成严重放射性污染,其后果在多年以后仍然存在^[4-5]。

截至2021年底,全世界共有437座正在运行的反应堆和56座在建反应堆^[6],而在国际降碳减排趋势下,各国正在或规划建设更多的核电机组。为及时、有效、科学识别和处置现存照射和应急照射情况下的食品污染,保护人身健康安全,国内外均制定了相应的分析标准,当放射性物质活度浓度超

收稿日期:2023-03-23

作者简介:崔西勇 男 高级工程师 研究方向为检测分析和实验室管理 E-mail:cuixiyong@126.com

通信作者:尹峰 男 高级工程师 研究方向为食品安全检测和实验室质量管理 E-mail:sterifine@163.com

过标准规定水平时应采取相应的控制措施。本文通过研究现存照射情况下和应急照射情况下我国食品中放射性物质分析标准建设、应用、制修订现状,分析可能存在的不足之处并提出建议,以促进食品安全标准体系更加完善。

1 食品中放射性物质分析标准

常用的现行有效食品中放射性物质分析国家

标准和行业标准见图1,根据现存照射和应急照射两种情况分为两类。这些标准的管理较统一,从归口单位来看,主要归口国家卫生健康委员会;从标准起草单位看,主要由各地疾病预防控制中心和出入境检验检疫局及中国医学科学院等放射检测机构联合起草,相对集中统一管理有利于统筹规划标准的布局、制定、使用及跟踪评价,提高标准的管理效能。

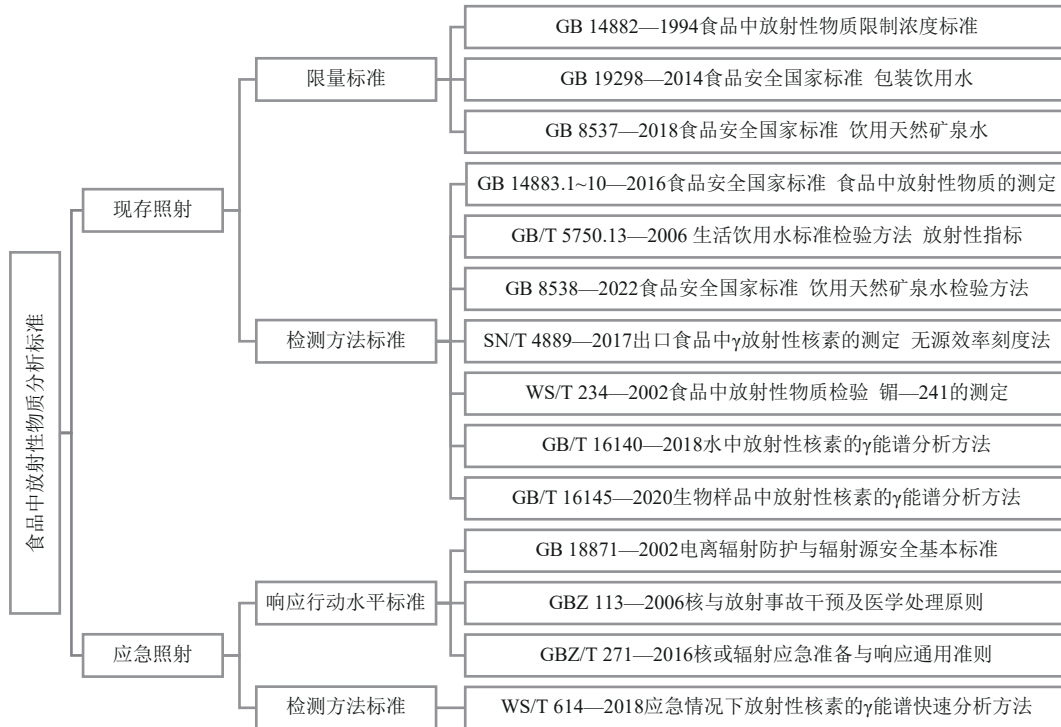


图1 我国食品中常用放射性物质分析标准框架图

Figure 1 Framework diagram of commonly used radioactive substances analysis standards in food in China

1.1 我国食品中放射性物质限量标准和响应行动水平标准

对于食品的放射性污染,既要关注易产生外照射的 γ 放射性核素,又要关注易产生内照射的 α 、 β 、 γ 放射性核素,即要同时关注人工放射性核素和天然放射性核素的影响,我国食品中放射性物质限量标准和响应行动水平标准所规范的食品分类、项目指标、限量类型见表1。

1.1.1 现存照射情况下的限量标准

GB 14882—1994规定了5类食品品种中5种天然和7种人工放射性核素的限制浓度,其是依据国际辐射防护委员会(International Commission on Radiological Protection, ICRP)26号和30号建议书的基本原则和国内外研究成果,假设单一食品被单一放射性核素污染,根据年摄入量和食用最多数人的平均日食用量推算的,但随着人们饮食结构的变化(如动物性食物消费类增多^[7])、食品工业的发展(食品生产许可品种已达32类^[8],包括特殊食品尤

其是对婴幼儿最重要甚至是唯一营养来源的婴幼儿配方食品的发展)、对放射性污染认识的深入(如使用导出限制浓度存在局限性^[9])以及国际新发展趋势(如制定了现存照射情况下适用于国际贸易食品的一般准则^[10])等,该标准亟需调整以适应当前需求。

GB 19298—2014和GB 8537—2018规定的放射性指标以筛查性指标为主,GB 19298—2014规定的源水易受环境中放射性核素的影响,其放射性指标引用GB 5749—2022,GB 8537—2018规定的源水主要受地壳中放射性核素影响,但总 α 或总 β 活度浓度超出限量值时并不意味着该产品一定是不安全的,而是提示应进一步对其进行具体核素分析和评价,以考虑是否需要采取必要的控制措施,但两项标准均未规定总 β 指标进行核素分析评价前扣除钾-40的要求,且未明确总 α 或总 β 指标高于限值时应如何进行核素分析和评价,有必要进一步修订完善。

1.1.2 应急照射情况下的响应行动水平标准

GB 18871—2002 规定了应急照射情况下开展紧急防护行动的食品中一些重要人为放射性核素的通用行动水平,其等效采用的《国际电离辐射防护和辐射源安全基本安全标准》(国际原子能机构安全丛书 115 号,1996 年版)是受放射性核素污染食品的国际贸易应遵循的准则,GBZ 113—2006 引用 GB 18871—2002 相关规定。因国际原子能机构(International Atomic Energy Agency, IAEA)于 2014 年发布新标准^[10]替代 1996 年版标准,并提出了新的理念,要求监管机构在制定现存照射情况下食品中

放射性核素引起的照射的参考水平时,必须考虑国际食品法典委员会相关文件关于放射性物质活度浓度水平的规定,这两个标准的内容已不合时宜,有必要依据新国际理念修改完善。

GBZ/T 271—2016 参照 IAEA 于 2011—2013 年间发布的 IAEA-No. GSR Part 3 暂行版等几个文件制定,规定了核或辐射应急准备与响应下的操作干预水平(Operational intervention levels, OILs),用于在核或辐射应急时对决定的技术支持,如超过某一 OILs 预置值,应迅速启动相应的防护行动,体现了本领域国际上发展的新趋势。

表 1 我国现存照射、应急照射情况下食品中放射性物质限量标准和响应行动水平标准

Table 1 Limit standards and response action level standards for radionuclides in food in China under existing exposure, emergency exposure situations

标准编号	食品分类	项目指标	结果表述	限量类型	应用场景
GB 14882—1994	粮食、薯类、蔬菜及水果、肉 鱼虾类和奶类食品	人工放射性核素:氢-3、铯-89、铯-90、碘-131、铯-137、铀-147、钚-239	单项结果	导出限制浓度	现存照射
		天然放射性核素:钋-210、镭-226、镭-223、天然钍、天然铀			
GB 19298—2014	包装饮用水	总α放射性、总β放射性(均仅针对以地表水或地下水为源水加工的包装饮用水)	单项结果	最大允许浓度	现存照射
GB 8537—2018	饮用天然矿泉水	总β放射性、镭-226	单项结果	最大允许浓度	现存照射
GB 18871—2002	一般消费食品、牛奶、婴儿 食品和饮水	(I)铯-134、铯-137、钐-103、钐-106、铯-89; (II)碘-131;(III)铯-90;(IV)镭-241,钚-238,钚-239	组内各核素的活度之和	通用行动水平	应急照射
GBZ 113—2006	一般消费食品、牛奶、婴儿 食品和饮水	(I)铯-134、铯-137、钐-103、钐-106、铯-89; (II)碘-131;(III)铯-90;(IV)镭-241,钚-238,钚-239	组内各核素的活度之和	通用行动水平	应急照射
GBZ/T 271—2016	食物(可食部分)、(新鲜)奶	OIL5:总α或总β OIL6:357个放射性核素 OIL7:碘-131、铯-137	单项结果	操作干预水平	应急准备与响应

1.1.3 与国际组织相关标准的比较

主要国际组织发布的旨在国家层面应用的国际标准,见表 2。这些国际标准规定了评估不同情况下食品中放射性核素的活度浓度水平,具体而言,粮农组织/世界卫生组织国际食品法典委员会(FAO/WHO CAC)规定的是核或放射性紧急情况发生后供人食用和国际贸易的食品中所含放射性核素的指导水平(放射性浓度),IAEA 规定的是应急照射情况下进行食品中放射性核素筛查的操作干预水平,以及核或放射紧急情况后国际贸易食品中放射性核素的指导水平,这些国际标准之间没有重大差异,但需要采取适当措施以促进其有效使用,并协助各国家当局制订食品中放射性核素活度浓度水平^[11]。

表 1 与表 2 比较发现,我国标准与国际标准在食品分类、项目指标、结果表述等方面均存在着一定的差异,虽然这些国际标准不是强制性要求,但按照《国家标准管理办法》中“积极推动结合国情采

用国际标准”的精神,仍然存在改进的空间。表 2 中同时列出了美国、欧盟关于食品中放射性核素控制的规定,显然其在食品分类、项目指标、限量类型等方面也适应于本国或本区域的具体情况。

1.2 我国食品中放射性物质检测方法标准

我国食品中放射性物质检测方法标准的检测对象、检测项目、测量方法等见表 3,主要检测方法是α能谱法、β能谱法、分光光度法、γ能谱法等。采用α能谱法、β能谱法、分光光度法等方法时均需经过复杂且繁琐的样品前处理过程,采用萃取法、离子交换法、色层法等以对放射性核素进行富集、分离纯化,以提高检测灵敏度,且常只能测量单一核素,耗时较长,工作效率较低;同时因步骤繁杂,影响结果准确性的因素较多,需采取必要的过程质量控制措施,以保证检测结果的准确性,因此这些方法主要用于现存照射情况。在应急照射情况下,主要采用γ能谱法检测易造成外照射的γ放射性核素,该法前处理较简单,可同时测量多种放

表2 主要国际组织、美国和欧盟食品中放射性核素限量标准和响应行动水平标准

Table 2 Limit standards and response action level standards for radionuclides in food of international organizations, USA and EU

组织或国家	文件名称或编号	食品分类	项目指标	限量类型	应用场景
FAO/WHO CAC	CXS 193—1995 (2019年修订)	婴儿食品、除婴儿食品以外的食品	(I)铯-238, 铯-239, 铯-240, 镅-241; (II)铯-90, 钇-106, 碘-129, 碘-131, 铀-235; (III) 硫-35(有机结合态), 钴-60, 铯-89, 钇-103, 铯-134, 铯-137, 钷-144, 铀-192; (IV)氢-3 (有机结合态), 碳-14, 镅-99 应符合 WHO “Guidelines for drinking water quality” 要求: 筛查指标: 总α、总β 特定核素: 氢-3、碳-14、铯-90、碘-131、铯-134、铯-137、铅-210、钋-210、镭-226、镭-228、钍-228、钍-230、钍-232、铀-234、铀-238、铯-239、镅-241、氡 应符合具有管辖权的官方机构制定的所有标准	指导水平	现存照射
FAO/WHO CAC	CXS 227—2001 (2019年修订)	瓶装/包装饮用水 (天然矿泉水除外)	筛查指标: 总α、总β 特定核素: 氢-3、碳-14、铯-90、碘-131、铯-134、铯-137、铅-210、钋-210、镭-226、镭-228、钍-228、钍-230、钍-232、铀-234、铀-238、铯-239、镅-241、氡	筛查水平 指导水平	现存照射
FAO/WHO CAC	CXS 108—1981 (2019年修订) CXC/RCP 33—1985 (2011年修订)	天然矿泉水	应符合具有管辖权的官方机构制定的所有标准	—	现存照射
IAEA	IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3	食品	要求监管机构应考虑 CXS 193-1995 规定的指导水平	指导水平	现存照射
IAEA	IAEA Safety Standards Series No. GSG-2	食品、牛奶	OIL5: 总α、总β(筛查) OIL6: 357个放射性核素(特定)	操作干预水平	应急照射
FDA	CPG Sec. 555.880 (2020年修订)	食品	(I)铯-90; (II)碘-131; (III)铯-134, 铯-137; (IV)铯-238, 铯-239, 镅-241; (V)钇-103, 钇-106 总α放射性(含镭-226, 不含氡和铀)、镭-226与镭-228、(人造放射性核素的)β粒子和光子放射性、铀 铯同位素合计, 主要是铯-90; 碘同位素合计, 主要是碘-131; 钷或超钷元素的α发射体同位素合计, 主要是铯-239, 镅-241; 其他半衰期超过10天的核素合计, 主要是铯-134, 铯-137(不含氢-3、碳-14、钾-40) 氢-3、碳-14、钴-60、铯-90、碘-131、铯-134、铯-137、铅-210、钋-210、镭-226、镭-228、铀-234、铀-238、铯-239、铯-240、镅-241、氡、氡、总α、总β	导出干预水平	现存照射
FDA	21 CFR Part 165.110 (2023年修订)	瓶装水	最大允许浓度	—	现存照射
EU	Council Regulation(Euratom) 2016/52	液体食品、次要食品、其他食品	计, 主要是碘-131; 钷或超钷元素的α发射体同位素合计, 主要是铯-239, 镅-241; 其他半衰期超过10天的核素合计, 主要是铯-134, 铯-137(不含氢-3、碳-14、钾-40) 氢-3、碳-14、钴-60、铯-90、碘-131、铯-134、铯-137、铅-210、钋-210、镭-226、镭-228、铀-234、铀-238、铯-239、铯-240、镅-241、氡、氡、总α、总β	最大允许水平	现存照射
EU	Council Directive 2013/51/Euratom	供人饮用水	—	参考值	现存照射

注:—表示无该项内容

放射性核素,适宜时还可采取无源效率刻度法,降低对放射源的依赖,检测效率较高,但也因此在测量时存在较多干扰因素,尤其在计数和样品峰净面积本底修正这两个环节可能会引入较大的测量不确定度,需采取技术手段减少干扰;另γ能谱仪采购、维护成本更高,可能会影响此类检测方法的应用广度。

随着我国检测方法标准的持续更新,在技术原理、设备等方面与国际检测方法标准基本相当,但

对照实际需求仍存在进一步完善的内容。如 GB 14883.5—2016 测定钋-210 时某些基质折算灰鲜比后的检出限可能高于 GB 14882—1994 限制浓度的要求,GB/T 5750.13—2006 未规定总β放射性活度扣减钾-40 的方法及进行核素分析的方法,缺少应急照射情况下食品中总α、总β放射性的检测方法标准^[12-14]等,因此有必要同步调整分析标准,相互协调,补充缺失的方法标准,以满足实际工作需要。

表3 我国食品中放射性物质检测方法标准

Table 3 Standards for detection methods of radioactive substances in food in China

方法标准	检测对象	检测项目	测量方法	测量仪器	标准源
GB 14883.1—2016	食品	采样、预处理、检验方法、数据处理、质控、安全、报告等的共同要求	—	—	—
GB 14883.2—2016	食品	氢-3	燃烧-氧化-电解法	液体闪烁计数器	标准 ³ H水
GB 14883.3—2016	食品	铯-89、铯-90	二-(2-乙基己基)磷酸萃取法、离子交换法、发烟硝酸法	低本底β测量仪	⁹⁰ Sr- ⁹⁰ Y、 ⁸⁹ Sr标准溶液

续表

方法标准	检测对象	检测项目	测量方法	测量仪器	标准源
GB 14883.4—2016	食品	钷-147	纸上色层法	低本底β射线测量仪、分光光度计	¹⁴⁷ Pm 标准溶液
GB 14883.5—2016	食品	钋-210	湿式灰化-自沉积法	低本底α放射性测量仪	²¹⁰ Pb- ²¹⁰ Po 或 ²¹⁰ Po 标准溶液
GB 14883.6—2016	食品	镭-226	共沉淀-射气法	氢钍分析仪、γ放射性测量装置	¹³³ Ba 示踪剂、 ²²⁶ Ra 标准溶液
	食品	镭-228	共沉淀-二-(2-乙基己基)磷酸萃取法	γ放射性测量装置、低本底β测量仪	¹³³ Ba 示踪剂、 ²²⁸ Ra 标准溶液
GB 14883.7—2016	食品	天然钍	三正辛胺萃取-分光光度法 PMBP 萃取-分光光度法	分光光度计	硝酸钍
	食品	天然铀	三正辛胺萃取-分光光度法 激光荧光法	分光光度计 激光铀分析仪或激光-时间分辨发光分析仪	八氧化三铀
GB 14883.8—2016	食品	钷-239、钷-240	离子交换法、萃取色层法、α放射性测量法	低本底α谱仪	²³⁹ Pu 标准溶液
GB 14883.9—2016	食品	碘-131	γ能谱测量法 放射化学测量法 γ能谱仪测定法	低本底γ能谱仪系统 低本底β测量仪	¹³⁷ Cs 或 ¹³¹ I 标准溶液
GB 14883.10—2016	食品	铯-137	磷酸铵法 亚铁氰化钾法	低本底γ能谱仪系统 低本底β测量仪	¹³⁷ Cs 标准溶液
SN/T 4889—2017	食品	γ放射性核素(碘-131、铯-137、铯-134、铀-238、钍-232、镭-226等)	无源效率刻度法	高纯锗γ能谱仪	能量刻度用标准源、无源效率刻度
WS/T 234—2002	食品	镭-241	离子交换-电沉积法	低本底α谱仪	²⁴¹ Am 收率标示剂溶液
GB 8538—2022	饮用天然矿泉水	总β放射性 氟 镭-226	薄样法、活性炭吸附法 蒸馏-电解法 射气闪烁法	低本底β测量仪 液体闪烁计数器 室内钍分析仪	氯化钾或 ⁹⁰ Sr- ⁹⁰ Y 标准源 标准氟水 液体镭标准源
GB/T 5750.13—2006	包装饮用水	总α放射性	低本底总α检测法(厚样法、比较测量法、标准曲线法)	低本底α、β测量系统	电镀源、天然铀标准溶液、 ²⁴¹ Am 或天然铀固体标准物质
		总β放射性	薄样法	低本底α、β测量系统	检验源、氯化钾
GB/T 5750.13—2023	包装饮用水	总α放射性	低本底总α检测法(有效厚样法、比较法、厚源法)	低本底α、β测量系统	电镀源、 ²⁴¹ Am 标准溶液(或 ²³⁹ Pu 或天然铀标准溶液)、 ²⁴¹ Am 或天然铀标准物质粉末
		总β放射性 铀 镭-226	薄样法 紫外荧光法 电感耦合等离子体质谱法 射气法 液体闪烁计数法	低本底α、β测量系统 微量铀分析仪 电感耦合等离子体质谱仪 闪烁室测氡仪 低本底液体闪烁谱仪	检验源、氯化钾 铀标准溶液 ²²⁶ Ra 标准溶液 ²²⁶ Ra、α、β 标准溶液
GB/T 16140—2018	水	γ放射性核素	γ能谱仪测定法	高纯锗γ能谱仪	能量和效率刻度用标准源
GB/T 16145—2020	生物样品	γ放射性核素	γ能谱仪测定法	高纯锗γ能谱仪	能量和效率刻度用标准源
WS/T 614—2018	食品和饮用水	γ放射性核素	γ能谱仪测定法	高纯锗γ能谱仪	能量和效率刻度用标准源

注:—表示无该项内容

2 标准制修订和应用情况

2.1 标准制修订情况

食品中放射性核素的活度浓度水平主要受环境影响,随着核技术在工业、农业、医疗等领域的广泛应用,其对食品的放射性污染风险隐患也在提高,需根据发展现状与趋势,不断推进相关分析标准的适宜性和有效性。

在限量标准方面,近些年来关于修订 GB 14882—

1994 的呼声一直存在^[15-16],其于 2012 年列入食品安全国家标准项目计划并征求意见,但最终并未发布;2020 年再次列入食品安全国家标准立项计划并对标准送审稿进行了审查,目前尚未有更新进展。此外,国家卫生健康委员会于 2017 年立项了强制性国家标准《食品中放射性核素行动水平》,以更新 GB 18871—2002 中规定的核和放射紧急情况(包括恶意行为)下食品中人工放射性核素通用行动水

平,目前仍处于起草阶段。未查询到其他限量标准和响应行动水平标准修订计划。

在检测方法标准方面,在2012年食品安全国家标准项目计划中,拟制定《食品中放射性核素的高纯锗 γ 能谱分析方法》,修订《食品和饮水中放射性物质检测方法》,但最终并未发布。2021年度食品安全国家标准立项计划拟修订GB 14883.5—2016《食品中放射性物质钋-210的测定》,目前未有更新进展。GB/T 5750.13—2023已于2023年3月发布,修改了总 α 、总 β 检测方法,增加了铀和镭-226的检测方法,但仍未包含扣减钾-40及进行核素分析的方法;GB/T 16145—2022《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》已于2022年12月发布,将代替GB/T 16145—2020、GB/T 16140—2018等标准,利于标准管理,应用范围也将更广泛。

国家卫生健康委在《食品安全标准与监测评估“十四五”规划》“完善最严谨的食品安全标准体系”任务中明确要修订污染物限量标准、制修订放射性核素检验方法,并发布《食品安全标准跟踪评价工作方案》,以进一步推动食品安全标准跟踪评价工作的有效开展,市场监管总局标准技术司发布《关于加强国家标准制修订周期管理的通知》,将强化国家标准制修订周期管理,相信在上述政策规划引领下,放射性核素分析标准将加速推出,建立适宜当前国际趋势、国内发展水平的标准体系。

2.2 标准应用情况

食品中放射性核素监测是核电站周围居民健康与卫生监测的重要工作内容,也是核事故医学应急救援的任务之一^[17]。开展食品中放射性污染日常监测和核事故情况下应急监测技术研究,对提高我国健康风险评估和应急处置能力具有重要意义,表4给出了分析标准在食品放射性水平监测中的应用实例。

从表4可见,在限量标准应用上,GB 14882—1994是最常用的限量标准,其是开展食品安全风险监测、放射性水平调查、核电站运行前和正常运行期间食品放射性监测的重要依据,而GB 18871—2002并未应用其通用行动水平,主要应用其进行剂量估算;从检测项目来看,人为放射性核素较天然放射性核素更受关注;从实践应用来看,还有部分样品基质(茶叶、婴幼儿奶粉等)、检测项目(²⁴¹Am、²²⁸Ra等)等不在限量标准的限定范围内,存在无法判定情况。根据检测项目,其相应的检测方法标准主要是 γ 能谱法如GB/T 16145,而GB 14883系列检测方法标准应用较少,主要原因是部分核素难以采用 γ 能谱法进行检测;在检测结果上,存在个别

海产品²³²Th超标、红薯样品²²⁶Ra超标的情况,显示放射性污染总体水平在控制范围内,但仍存在一定的风险。总 α 、总 β 也是常用筛查项目,采用实验室内部方法开展检测^[12-14]。

GB 19298—2014、GB 8537—2018主要用于食品生产企业申请生产许可时试制产品检验^[26],而由于放射性核素活度浓度受生产过程因素影响有限等原因,放射性物质并未纳入到食品安全监督抽检任务中。我国核设施都处于相对安全运行状态,而对于核事故发生地食品国际贸易采取了禁运等措施,因此GBZ/T 271—2016、GB 18871—2002、GBZ 113—2006等标准的应用报道较少。

3 建议

食品中放射性物质分析标准在时效性、适宜性、应用性等方面与实践需求还存在一定的差距,为适应当前及今后一段时间内的实践需求,应积极行动,加快推动食品中放射性污染分析标准的完善,提升标准的适宜性、便捷性和有效性,为风险监测系统的高效运行提供技术基础。

3.1 多方参与,共建协调合作的标准制修订工作机制

根据食品中放射性污染的产生来源,须统筹环境、原料、生产、国内外贸易等多个重要环节,协调卫生健康、生态环境、农业农村、市场监管、海关、核工业等多个相关行业主管部门共同参与,建立职责明确、协调统一、环节衔接顺畅的标准制修订工作机制,以促进部门联动、资源利用和信息整合共享,以“完善最严谨的食品安全标准体系”为抓手,系统性研究当前形势下对食品中放射性污染防治工作的实践需求,有序推进分析标准的制修订。

3.2 顶层规划,加快推动限量标准和响应行动水平标准的制修订

以《食品安全标准与监测评估“十四五”规划》为指导,依据发展现状和国际趋势,积极采用国际标准的基本原则,以风险监测评估为依据,加速推动GB 14882—1994、GB 18871—2002及GBZ 113—2006等限量标准和响应行动水平标准的制修订,系统梳理现存照射和应急照射情况下应关注的食品种类(如按婴儿食品与非婴儿食品分类等)、重点监测放射性核素种类(如增加²⁴¹Am、²²⁸Ra等)、限量值或响应行动水平值(如项目按组别评估,并采用指导水平)等,制定科学有效、符合放射性核素限制浓度评价特点的标准。修订GB 19298—2014和GB 8537—2018,补充总 α 或总 β 指标高于限值时进行核素分析和评价的要求。

表4 食品中放射性物质分析标准应用实例

Table 4 Examples of application of analysis standards for radioactive substances in food

应用场景	样品基质	检测项目	检测标准	使用设备	检出情况	判定依据	结论
核电站周围食品 ^[18]	乳制品、蔬菜类、粮食类、畜禽肉类、水产类5类13个品种14份样品	¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ^{110m} Ag、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ²³⁸ U、 ²³² Th、 ²²⁶ Ra、 ⁴⁰ K	WS/T 440—2014、GB 14883.1—94(样品采集)、GB/T 16145—1995、GB/T 11713—2015(效率曲线法估算)	高纯锕γ谱仪	²³⁸ U(1/14)、 ²³² Th(5/14)、 ²²⁶ Ra(5/14)、 ⁴⁰ K(14/14)、 ¹³⁷ Cs(5/14), 其他未检出。	GB 14882—1994	符合
			文献法(样品采集制备)、自建检测方法(γ能谱法(无源效率刻度))				
核电站周围食品 ^[19]	全膳食3份样品	²¹⁰ Pb、 ²²⁶ Ra、 ²²⁸ Ra、 ²³⁸ U、 ⁴⁰ K、 ¹³⁷ Cs	GB/T 16145—1995、GB/T 11713—2015(全能峰效率曲线法)	宽能HPGeγ能谱仪	²²⁶ Ra(3/3)、 ⁴⁰ K(3/3)、 ²¹⁰ Pb(1/3)、 ²²⁸ Ra(1/3), 其他未检出。	GB 14882—1994	符合
核电站周围食品 ^[20]	粮食、蔬菜、瓜果、海产品、禽肉、茶叶6类13个品种79份样品	¹³¹ I、 ¹³⁴ Cs、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co和 ¹¹⁰ Ag、 ¹³⁷ Cs、 ²²⁶ Ra、 ²³² Th、 ⁴⁰ K、 ²³⁸ U	GB/T 16145—1995、GB/T 11713—2015(全能峰效率曲线法)	高纯锕(HPGe)γ谱仪测量系统	¹³⁷ Cs(29/79)、 ²²⁶ Ra(73/79)、 ²³² Th(67/79)、 ⁴⁰ K(79/79)、 ²³⁸ U(9/79), 其他未检出。	GB 14882—1994	符合
核设施周围食品 ^[21]	粮食、蔬菜、禽畜肉类、奶粉和茶叶5类9个品种57份样品	¹³¹ I、 ^{110m} Ag、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ²³⁸ U、 ²³² Th、 ²²⁶ Ra、 ⁴⁰ K	WS/T 440—2014、GB 14883.9—2016、GB/T 16145—1995	高纯锕(HPGe)γ谱仪	⁵⁷ 、 ²²⁶ Ra(47/57)、 ⁴⁰ K(57/57), 其他均未检出。	GB 14882—1994	符合
核电站周围食品 ^[22]	粮食作物、家畜家禽类、蔬菜水果类、海水鱼虾蟹类、茶叶、乳品6类17个品种103份样品	¹³⁷ Cs、 ²³⁸ U、 ²³² Th、 ²²⁶ Ra、 ⁴⁰ K、 ⁹⁰ Sr	GB/T 16145—1995(相对测量方法)、GB/T 11222.1—1989	高纯锕γ谱仪、低本底α、β计数器	(103/103)、 ²³² Th(103/103)、 ²²⁶ Ra(103/103)、 ⁴⁰ K(103/103)、 ⁹⁰ Sr(39/39)。	GB 14882—1994	符合
北部湾近海某海域海产品 ^[23]	海产品10份样品	¹³⁷ Cs、 ²²⁶ Ra、 ²³² Th、 ⁴⁰ K、 ²³⁸ U	GB/T 16145—1995、GB/T 11713—2015(全吸收峰探测效率法)	高纯锕(HPGe)γ能谱仪	²²⁶ Ra(10/10)、 ⁴⁰ K(10/10)、 ²³² Th(10/10)、 ²³⁸ U(4/10)、 ¹³⁷ Cs(7/10)。	GB 14882—1994	1份样品 ²³² Th超标, 其他均符合
退役铀矿山区周边食品 ^[24]	大米、红薯、黄豆3类17份样品	¹³⁷ Cs、 ²²⁶ Ra、 ²³² Th、 ⁴⁰ K、 ²³⁸ U	GB/T 16145—1995(全能峰效率曲线法)	低本底HPGeγ谱仪	⁴⁰ K(17/17)、 ²³⁸ U(15/17)、 ²²⁶ Ra(14/17)、 ²³² Th(14/17)、 ¹³⁷ Cs(14/17)。	GB 14882—1994、GB 18871—2002(剂量估算)	有红薯样品 ²²⁶ Ra超标, 其他均符合
进口婴幼儿奶粉 ^[25]	婴幼儿奶粉12份样品	²³⁸ U、 ²³² Th、 ²²⁶ Ra、 ⁹⁰ Sr、 ⁶⁰ Co、 ¹⁰³ Ru、 ¹⁰⁶ Ru、 ¹³¹ I、 ¹³⁴ Cs、 ¹³⁷ Cs、 ²¹⁰ Po、 ²³⁵ U、 ²⁴¹ Am、总α、总β	GB 14883.3—2016、GB/T 11713—2015、HJ 898—2017、HJ 899—2017	γ能谱仪测量系统、低本底α、β测量仪	⁹⁰ Sr(6/12)、 ²³⁸ U(1/12)、总α(7/12)、总β(8/12), 其他均未检出。	GB 14882—1994、GB 18871—2002	符合

注:检出情况括号中的数据为样品检出份数/检测份数

3.3 突出重点,完善常急兼备的检测方法标准

建立满足限量标准和响应行动水平标准需求的检测方法标准,加快 GB 14883.5—2016 等不完善、不满足使用要求的标准的修订,推动缺失标准的立项。为适应应急响应与常态控制的需要,根据放射性核素衰变的特点,优先制订食品中总α总β筛查方法标准,并建立配套特定核素的分析和评价方法,提升标准的实操性、便捷性和应用率。

参考文献

[1] 刘朋宇, 耿鑫, 周长民, 等. 放射性污染食品对环境及人类的影响研究进展[J]. 现代食品, 2021(22): 50-53.
LIU P Y, GENG X, ZHOU C M, et al. Research progress on the effects of radioactive contaminated food on environment and

human beings[J]. Modern Food, 2021(22): 50-53.
[2] 中华人民共和国卫生部. 内照射放射病诊断标准: GBZ 96—2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
Ministry of Health of the People's Republic of China. Diagnostic criteria for radiation sickness from internal exposure: GBZ 96—2011[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.
[3] 中华人民共和国卫生部. 核与放射事故干预及医学处理原则: GBZ 113—2006[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
Ministry of Health of the People's Republic of China. Guidelines on intervention and medical management in the nuclear and radiological accident: GBZ 113—2006[S]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2007.
[4] 付照明, 袁龙, 孙全富. 日本福岛事故10周年剂量与健康效应评估[J]. 中国辐射卫生, 2021, 30(6): 732-738.
FU X M, YUAN L, SUN Q F. Assessment of the dose and health effects of the Fukushima accident in Japan in the past 10

- years [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2021, 30(6): 732-738.
- [5] BAZYKA D A, PRYSYAZHNYUK A Y, GUDZENKO N A, et al. Late oncological aftereffects of radiation exposure caused by the chornobyl accident[J]. Problems of Radiation Medicine and Radiobiology, 2022, 27: 138-149.
- [6] International Atomic Energy Agency. Reference data series No. 2: Nuclear power reactors in the world 2022 edition [EB/OL]. [2023-01-28]. <https://www.iaea.org/publications/15211/nuclear-power-reactors-in-the-world>.
- [7] 诸洪达. 对现行《食品中放射性物质限制浓度标准》修订应考虑的因素[J]. 辐射防护通讯, 1998, 18(5): 8-11.
- CHU H D. Factors to be considered in revising the current “Standard for the limit concentration of radioactive substances in food” [J]. Radiation Protection Bulletin, 1998, 18(5): 8-11.
- [8] 国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于修订公布食品生产许可分类目录的公告 [EB/OL]. (2020-02-26) [2022-12-16]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spscs/202002/t20200226_312123.html.
- State Administration for Market Regulation. Announcement of the State Administration of Market Regulation on the revision and publication of the classification catalogue of food production licenses [EB/OL]. (2020-02-26) [2022-12-16]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spscs/202002/t20200226_312123.html.
- [9] 张宏宏, 张君, 周长民, 等. 食品中放射性核素限量标准研究[J]. 品牌与标准化, 2021(6): 81-83.
- ZHANG H H, ZHANG J, ZHOU C M, et al. Research on limit standards of radionuclides in food [J]. Brand & Standardization, 2021(6): 81-83.
- [10] International Atomic Energy Agency. IAEA safety standards series No. GSR part 3: Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards [EB/OL]. [2023-02-10]. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf.
- [11] International Atomic Energy Agency. IAEA-TECDOC-1788: Criteria for radionuclide activity concentrations for food and drinking water [EB/OL]. [2023-03-06]. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1788_web.pdf.
- [12] 曾亚楠, 朱晓明, 姚誉阳, 等. 2014—2019年无锡市环境样品总 α 和总 β 放射水平调查[J]. 中国辐射卫生, 2022, 31(1): 17-22.
- ZENG Y N, ZHU X M, YAO Y Y, et al. Gross α and gross β radioactivity of environmental samples in Wuxi, China, 2014—2019 [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2022, 31(1): 17-22.
- [13] 顾俊, 何智敏, 叶青华, 等. 比较测量法同时测定食品中总 α 总 β 放射性[J]. 中国食品卫生杂志, 2018, 30(1): 46-49.
- GU J, HE Z M, YE Q H, et al. Determination of gross alpha radioactivity and gross beta radioactivity in food at the same time through comparative measurement method [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2018, 30(1): 46-49.
- [14] 张燕, 魏伟奇, 王浩, 等. 福清核电站周边食品中总 α 和总 β 放射性水平调查与分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2022, 42(6): 443-447.
- ZHANG Y, WEI W Q, WANG H, et al. Investigation of gross α and β radioactivity levels in foods around Fuqing nuclear power plant site [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2022, 42(6): 443-447.
- [15] 拓飞, 周强, 孙全富. 我国食品中放射性物质监测工作及其挑战[J]. 中国辐射卫生, 2020, 29(5): 447-452.
- TUO F, ZHOU Q, SUN Q F. Monitoring of radioactive substances in food in China and its challenges [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2020, 29(5): 447-452.
- [16] 付熙明, 袁龙, 刘英. 食品和饮用水的放射性核素指导水平分析[J]. 中国医学装备, 2018, 15(1): 32-36.
- FU X M, YUAN L, LIU Y. Analysis of guidance levels of radionuclide for food and drinking water [J]. China Medical Equipment, 2018, 15(1): 32-36.
- [17] 陈惠芳, 袁龙, 付熙明, 等. 国家核辐射突发事件卫生应急队伍组建与管理探讨[J]. 中国辐射卫生, 2021, 30(2): 201-204.
- CHEN H F, YUAN L, FU X M, et al. Discussion on establishment and management of national health emergency team for nuclear radiation emergency [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2021, 30(2): 201-204.
- [18] 郑琪珊, 卿云花, 黄丽华, 等. 福清核电站周边地区食品放射性核素本底调查[J]. 海峡预防医学杂志, 2018, 24(1): 75-77.
- ZHENG Q S, QING Y H, HUANG L H, et al. Background survey of food radionuclide in the Fuqing nuclear power plant area [J]. Strait Journal of Preventive Medicine, 2018, 24(1): 75-77.
- [19] 庞超亚, 拓飞, 杨宝路. 全膳食中放射性核素的 γ 能谱测量方法研究[J]. 中国辐射卫生, 2018, 27(6): 567-569.
- PANG C Y, TUO F, YANG B L. A study for measuring radionuclides in whole diet by gamma spectrometry [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2018, 27(6): 567-569.
- [20] 赵新春, 冯兰英, 卢秀芳, 等. 2016—2020年防城港核电站运行初期周边主要食品放射性水平与卫生学评估[J]. 职业与健康, 2022, 38(16): 2208-2212.
- ZHAO X C, FENG L Y, LU X F, et al. Evaluation on radioactivity level and hygiene of main foods around Fangchenggang Nuclear Power Plant during initial period of operation from 2016—2020 [J]. Occupation and Health, 2022, 38(16): 2208-2212.
- [21] 王芳, 王延俊, 邹家龙, 等. 甘肃省核设施周围食品放射性核素水平监测与分析[J]. 中国辐射卫生, 2019, 28(6): 668-670.
- WANG F, WANG Y J, WU J L, et al. Monitoring and analysis of radionuclide levels in foodstuffs around the nuclear facilities in Gansu Province [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2019, 28(6): 668-670.
- [22] 张巍, 夏春冬, 于夕荣. 2016—2018年山东海阳核电站周边食品风险监测放射性核素分析[J]. 预防医学论坛, 2019, 25(8): 572-574.
- ZHANG W, XIA C D, YU X R. Analysis on radioactivity doses of food around Haiyang nuclear power plant, Shandong, 2016—2018 [J]. Preventive Medicine Tribune, 2019, 25(8): 572-574.
- [23] 赵新春, 冯兰英, 吴应宇, 等. 北部湾近海某海域主要海产品放射性水平分析[J]. 中国辐射卫生, 2021, 30(6): 687-692.
- ZHAO X C, FENG L Y, WU Y Y, et al. Analysis of

- radioactivity level of main seafood in a sea area offshore Beibu Gulf[J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2021, 30(6): 687-692.
- [24] 吴应宇,覃志英,赵新春,等.广西桂西北某退役铀矿区周边食品放射性核素含量及所致居民剂量[J].职业与健康,2019,35(23):3214-3216.
- WU Y Y, QIN Z Y, ZHAO X C, et al. Radionuclide contents in food collected from regions surrounding retired uranium mine in Northwest of Guangxi and their committed dose to public[J]. Occupation and Health, 2019, 35(23): 3214-3216.
- [25] 高飞,陈飞,姜珊,等.跨境电商销售日本进口婴幼儿奶粉中放射性核素含量水平调查分析[J].中国食品卫生杂志,2022,34(3):410-414.
- GAO F, CHEN F, JIANG S, et al. Analysis of radionuclide levels in infant milk powder imported from Japan through cross-border e-commerce network sales[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2022, 34(3): 410-414.
- [26] 国家食品药品监督管理总局.关于发布饮料生产许可审查细则(2017版)的公告[EB/OL].(2017-12-26)[2023-02-16].
https://www.samr.gov.cn/spscstzgg/201902/t20190226_291425.html.
- China Food and Drug Administration. Announcement on the issuance of detailed rules for the examination of beverage production license (2017 Edition) [EB/OL]. (2017-12-26) [2023-02-16].
https://www.samr.gov.cn/spscstzgg/201902/t20190226_291425.html.

[上接第1748页]

- [2] BERRY R J, LI Z, ERICKSON J D, et al. Preventing neural tube defects with folic acid in China[J]. N Engl J Med, 1999, 314: 1485-1490.
- 著作或编著:**[序号]主要责任者.文献题名[文献类型标志].其他责任者.版本项(版次为第一版的不用标明).出版地:出版者,出版年:起页-止页.
- 举例 图书:[3] 吴阶平,裘法祖,黄家驷.外科学[M].4版.北京:人民卫生出版社,1979:82-93.
- 译著:[4] ZIEGLER E E, FILER L J.现代营养学[M].闻之梅,陈君石,译.7版.北京:人民卫生出版社,1998:126-129.
- 著作中的析出文献:**[序号]析出文献主要责任者.析出文献题名[文献类型标志]//原文献主要责任者.原文献题名.版本项.出版地:出版者,出版年:析出文献起页-止页.
- 举例 [5] 白书农.植物开花研究[M]//李承森.植物科学进展.北京:高等教育出版社,1998:146-163.
- 会议文献中的析出文献:**[序号]析出文献主要责任者.析出文献题名[文献类型标志/文献载体标志]//会议文献主要责任者.会议文献题名:其他题名信息.出版地:出版者,出版年:析出文献起页-止页[引用日期]获取和访问路径.
- 举例 [6] 董家祥,关仲英,王兆奎,等.重症肝炎的综合基础治疗[C]//张定凤.第三届全国病毒性肝炎专题学术会议论文汇编,南宁,1984.北京:人民卫生出版社,1985:203-212.
- 科技报告:**著录格式同著作或编著.
- 举例 [7] World Health Organization. Factors regulating the immune response: report of WHO Scientific Group [R]. Geneva:WHO,1970:1-74.
- 法令、条例:**[序号]主要责任者.题名[文献类型标志].公布日期.
- 举例 [8] 中华人民共和国全国人民代表大会.中华人民共和国著作权法[A].2012-03-31.
- 标准:**[序号]主要责任者.标准名称:标准编号[文献类型标志].出版地:出版者,出版年.
- 举例 [9] 全国文献工作标准化技术委员会第七分委员会.科学技术期刊编排格式:GB/T 3179—1992[S].北京:中国标准出版社,1992.
- 电子文献:**[序号]主要责任者.题名[文献类型标志/文献载体标志].出版地:出版者,出版年(更新或修改日期)[引用日期].获取和访问路径.
- 举例 [10] 肖钰.出版业信息迈入快道[EB/OL].(2001-12-19)[2002-04-15].http://www.creader.com/news/20011219/200112190019.html.
- 专利文献:**[序号]专利申请者.题名:专利国别,专利号[P].公告或公开日期.

3 声明

本刊已进入中国所有主要期刊数据库,本刊所付稿酬已包含这些数据库的稿酬。编辑部对来稿将作文字性修改,若涉及内容修改会与作者商榷。编辑部收到稿件后,于3个月内通知处理意见。投稿6个月如未收到修稿或录用通知,作者可自行处理稿件,所收稿件纸质版概不退还。来稿一经采用,即收取版面费,按规定向作者支付稿酬,并赠送杂志。

4 投稿

投稿请登录《中国食品卫生杂志》网站 <http://www.zgspws.com>,并同时邮寄单位介绍信和稿件纸版1份(需第一作者、通信作者和副高以上作者签名)。来稿中应有清楚完整的作者通信地址、联系电话和E-mail地址。编辑部地址:北京市朝阳区广渠路37号院2号楼802室《中国食品卫生杂志》编辑部 邮政编码:100021 电话:010-52165596 E-mail:spws462@163.com