

食品安全标准及监督管理

我国食品中放射性物质检测技术能力分析

崔西勇,尹峰,刘澜涛,张贵英,牛东升,李珏

(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)

摘要:分析我国食品中放射性物质检测技术能力,完善放射性污染监测体系。通过研究获证机构和检测项目分布、能力考核结果情况等内容,分析放射性物质检测技术能力现状与不足,并提出相应的应对措施。我国放射性物质检测技术能力可较好地支撑监测体系的运作,但在检测技术能力有效性和持续性、技术能力网络布局、食品放射性污染监测制度建设等方面有待进一步完善和加强,以适应我国正常情况下以及核或放射紧急情况时快速反应工作需要。

关键词:食品;放射性物质;资质;能力考核;检测技术能力

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2023)02-0271-07

DOI:10.13590/j.cjfh.2023.02.020

Analysis on the technical detection capacity of radioactive substances in food in China

CUI Xiyong, YIN Feng, LIU Lantao, ZHANG Guiying, NIU Dongsheng, LI Jue

(The Beijing Prevention and Treatment Hospital of Occupational Disease for Chemical Industry,
Beijing Institute of Occupational Disease Prevention and Treatment, Beijing 100093, China)

Abstract: To analyze the detection capacity of radioactive substances in food in China, and improve the radioactive contamination monitoring system. By studying the distribution of certified institutions and testing items and the results of proficiency assessment, the current situation and deficiencies of the detection capacities were analyzed, and corresponding countermeasures were put forward. The capacity of radioactive material detection in China can better support the operation of the monitoring system, however, the effectiveness and sustainability of testing capacity, the layout of capacity network and the construction of food radioactive pollution monitoring system need to be further improved and strengthened, so as to meet the needs of normal circumstances and rapid response in case of nuclear or radiological emergencies in China.

Key words: Food; radioactive substances; qualification; proficiency assessment; detection technical capacity

放射性物质是食品中重要的物理性危害因素,其通过食物进入人体产生内照射,当摄入量达到或超过阈值时会对红骨髓、结肠、甲状腺等靶器官造成严重确定性健康效应,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^[1]。继1986年切尔诺贝利核电站事故后,2011年日本福岛核电站泄漏事故再次引起各国政府^[2-3]、学者^[4-8]对食品中放射性污染的关注和警惕,在该事故发生多年后,食品中放射性物质超标事件仍时有报道^[9],2021年12月日本研究人员首次在北冰洋检测出福岛核事故放射性物质钨-134^[10],核污水持续扩散。更甚的

是,日本政府2021年4月13日正式决定将福岛核电站上百万吨核污水排入大海^[11],进一步激起了全球民众对食品被放射性物质污染的安全隐忧。

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^[12],在国际降碳减排趋势下,各国正在或计划建设更多的核电机组,如何持续保障我国正常状态以及核或放射紧急情况下的食品安全,仍是一项艰巨而长期的挑战。为更有效地支撑我国食品中放射性污染监测体系的运作,提高核或放射紧急情况下的应急能力,有必要探讨我国食品中放射性物质检测技术能力的适宜性情况,目前尚未有相关研究文献报道。本文以检测资质和能力考核结果为研究对象,综合分析我国食品中放射性物质检测技术能力情况,以提升检测技术能力网络,促进资源的充分利用,完善放射性污染监测体系,有效控制正常情况下以及核或放射紧急情况下放射性污染对我国食品安全的影响。

收稿日期:2022-03-11

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

1 检验检测机构资质情况

获得检测资质表明机构具备合法合规开展检验检测活动的的能力,收集和分析获证机构情况有助于了解资源和能力配置状况。食品中放射性物质检测方法标准有 GB 14883.1~10—2016《食品安全国家标准 食品中放射性物质的测定》、GB 8538—2022《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水检验方法》、GB/T 5750.13—2006《生活饮用水标准检验方法 放射性指标》、SN/T 4889—2017《出口高盐食品中 γ 放射性核素的测定 无源效率刻度法》、WS/T 234—2002《食品中放射性物质检验 镭-241的测定》等,以检测方法标准编号为关键词,使用国家市场监督管理总局检验检测机构资质认定(CMA)网上审批系统查询获资质认定机构及其授权检测方法和项目(因各省局发证机构授权范围详细数据难以获得,故本文不包含各省局发证机构数据),以获得中国合格评定国家认可委员会(CNAS)实验室认可的机构作为补充,最终以获得 CMA 和(或)CNAS 资质的机构作为分析对象,以更全面体现整体检测资质。经统计,共 182 家检验检测机构获得了食品中放射性物质检测资质,其中具备 GB 14883 资质的机构 29 家,具备 GB 8538 资质的机构 134 家,具备 GB/T 5750.13 资质的机构 103 家,具备 SN/T 4889 资质的机构 1 家,没有机构具有 WS/T 234 资质。此外,还有 16 家机构获得了 GB/T 16145—2020《生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》用于食品检测的资质,没有机构获得 WS/T 614—2018《应急情况下放射性核素的 γ 能谱快速分析方法》用于食品检测的资质。检索日期为 2021 年 12 月 31 日,检索数据中不包含我国港澳台地区。

1.1 机构所属分布

具有食品中放射性物质检测资质的机构所属分布见图 1,排列前五的依次为市场监管(含授权)(34.6%)、卫生(16.5%)、民营机构(15.9%)、国有企业(15.4%)及海关(13.2%)系统机构,其中具备 GB 14883 放射性物质检测资质的机构均为部门所属或国有企业,海关(13/29,44.8%)、卫生(7/29,24.1%)、国企(5/29,17.2%)所属机构分列前三;具备 GB 8538 和(或)GB/T 5750.13 放射性物质检测资质的机构中,部门所属机构或国有企业数量占比约 83.1%(143/172),而其中市场监管系统所属或授权的检验检测机构占比达 36.0%(62/172),卫生、国有企业及海关系统机构分别占比 17.4%(30/172)、14.0%(24/172)、11.6%(20/172),民营机构数量占比约 16.9%(29/172)。此外,获得 GB/T 16145 食品检测资质的机构均为部门所属或国有企

业,主要为海关、卫生系统技术机构,占比达 81% 以上。机构所属分布的差异可能与检测方法标准的用途有关,GB 14883、GB/T 16145 主要用于食品放射性监测^[13],由海关和卫生系统机构分别牵头承担进口和国内食品放射性物质风险监测任务^[14],GB 8538、GB/T 5750.13 主要用于生产企业申请生产许可时试制产品检验^[15],使用第三方机构更有利于发挥市场的作用。

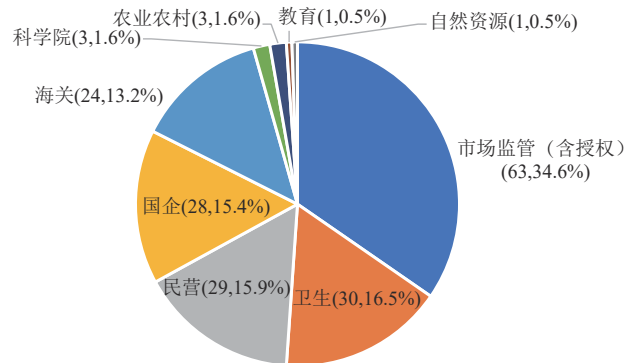


图1 具备食品中放射性物质检测资质的机构所属分布
Figure 1 Distribution of institutions for the detection of radioactive substances in food

1.2 机构区域分布

具备食品中放射性物质检测资质的机构区域分布见图 2,除安徽省外,其余各省(自治区、直辖市)均有机构分布,重点分布在东部地区,并有 1 家国有检测机构横滨实验室获得了 CNAS 实验室认可。具备 GB 14883 检测资质的机构分布于全国 18 个省(自治区、直辖市),主要分布在华南、华北和华东三个地区,又以广东省、北京市最集中,而华中地区仅湖北省有 1 家机构,是机构数量最少的地区;具备 GB 8538、GB/T 5750.13 检测资质的机构分布于全国 30 个省(自治区、直辖市),主要分布在华东、华南和华北三个地区,机构数量最多的前三名分别是广东省、北京市和山东省,西北地区是机构数量最少的地区。此外,具备 GB/T 16145 检测资质的机构基本分布于东部 8 省(自治区、直辖市),仅 1 家位于新疆。机构大多分布在经济较发达地区,反映了这些地区的放射检测需求较多,对放射性污染较重视,一方面我国的核电站均分布在沿海地区,另一方面这些地区也是食品进口的主要关口。全国地区间尤其是具有 GB 14883、GB/T 16145 检测资质的机构分布不平衡,在应急条件下可能会存在响应不及时的风险。

1.3 检测项目分布

获得各检测项目资质的机构数见图 3,其中没有机构具备 GB 14883 系列标准全部检测项目资质。铯-137、碘-131、铯-134 是核事故后最受关注的

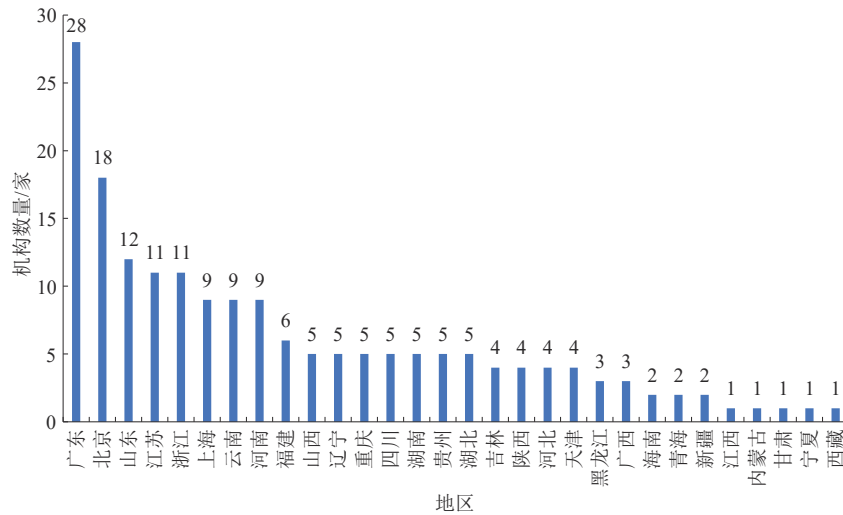


图2 具备食品中放射性物质检测资质机构的空间分布

Figure 2 Spatial distribution of institutions for the detection of radioactive substances in food

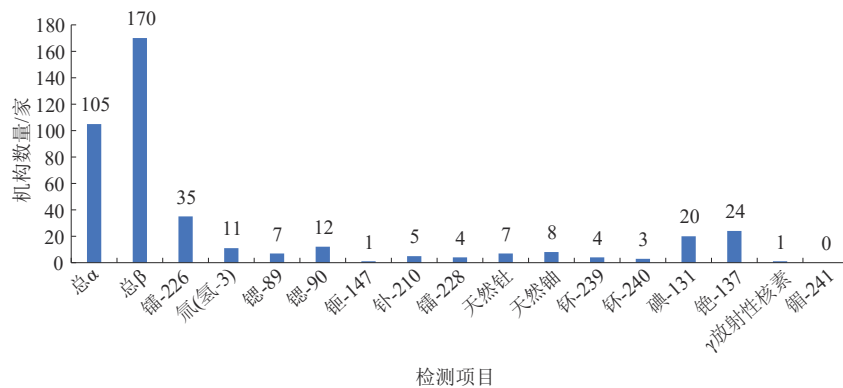


图3 具备各放射性物质检测项目资质的技术机构数

Figure 3 Number of technical institutions with qualifications for testing items of radioactive substances in food

人工放射性核素,铯-90、钋-103、钋-106等也是需要关注的人工放射性核素^[16],但没有机构同时具备这六个项目的检测资质,也没有机构获得钋-103、钋-106检测资质,仅有1家机构获得了γ放射性核素(含铯-137、碘-131、铯-134)检测资质,7家机构同时具备铯-137、碘-131、铯-90的检测资质,19家机构同时具备铯-137、碘-131检测资质,这些机构均位于东部城市,西部地区机构的项目资质相对更不完整。各机构所具备的项目资质不能完全覆盖所有或重点关注的检验项目,在区域分布上也不平衡,同样可能存在核或放射紧急情况下应急能力不足的隐患。项目资质常与该机构所开展的业务相关联,各地所获检测项目资质不一,既体现了各地实情不同,也反映出各地对放射性物质监测重视程度不够,缺乏有效规划。

共29家机构具备GB 8537—2018全部放射性限量指标相关检测资质,主要分布在东部城市;132家机构具备总β放射性检测资质。共101家机构具备GB/T 5750.13全部放射性检测项目资质,仅2家机构的项目资质不齐全,相关机构在全国各区域

均有分布,但西部地区相对较少。饮用水检测项目资质相对较齐全,在承担常规检测任务委托时,能较充分地为社会提供所需服务。

2 能力考核结果状况

能力验证可有效评价检验检测机构实际的检测技术能力,是能力建设有效性的结果体现。放射性核素γ能谱分析和总α、总β放射性测量是食品和饮用水放射性污染风险监测的主要方法,是对放射性物质进行定性定量分析的重要手段^[17]。2016—2020年度中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所组织了放射性核素γ能谱分析、总α、总β放射性测量能力考核,要求承担食品、饮用水中放射性物质监测的机构必须参加,根据公布的能力考核结果^[18-22]统计,2016—2020年度共199家机构参加了放射性核素γ能谱分析和(或)总α总β放射性测量能力考核,而具备食品中放射性检测资质的机构仅占13.1%(26/199),历年参加能力考核的机构数及相应的考核结果满意率见图4。目前未查询到其他能力验证提供者发布的食品中放射性物质

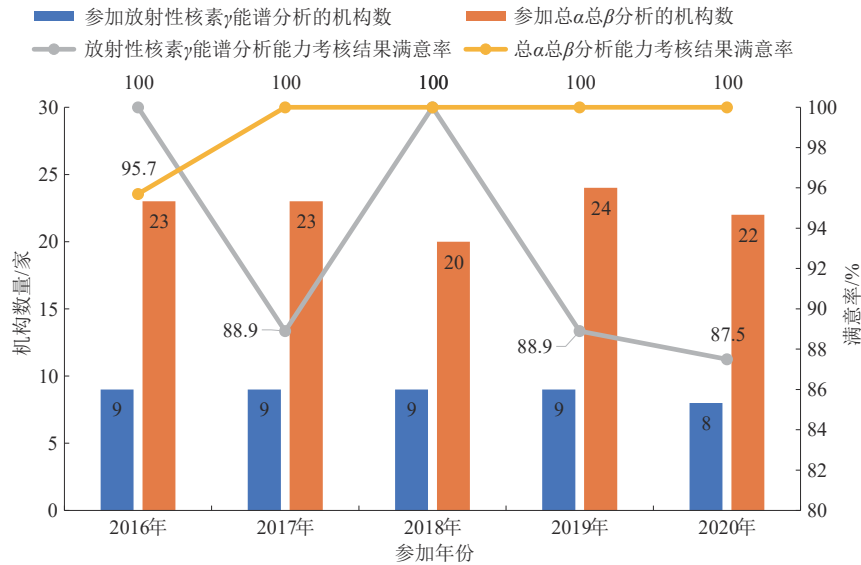


图4 2016—2020年度具备食品中放射性物质检测资质的机构参加能力考核结果情况

Figure 4 Results of proficiency assessment of institutions with qualifications for detection of radioactive substances in food from 2016 to 2020

检测能力验证计划。

2016—2020年度,8家具备GB 14883和(或)GB/T 16145食品中放射性物质检测资质的卫生系统机构参加了历次放射性核素 γ 能谱分析检测能力考核,优秀率逐年提升,但2020年有1家机构不合格;1家海关系统机构参加了2016—2019年度的能力考核,但在2017年、2019年均出现不合格。历年参加能力考核的机构基本相同,数量基本持平,满意率相较总体水平波动较大,显示部分机构技术能力仍有待提高,这也与周强等^[23]的研究结论一致。

2016—2020年度,24家具备GB 8538和(或)GB/T 5750.13食品中放射性检测资质的卫生系统机构参加了总 α 、总 β 放射性测量能力考核(其中17家为连续5年参加),除1家机构发生过1次不合格外,其余考核结果均为合格或优秀;1家海关机构参加了除2019年外的4次考核,1家国企检测机构参加了2019年度能力考核,结果均合格。历年参加能力考核的机构基本相同,数量基本持平,满意率优于总体水平^[17]。

以上结果表明,由于有关能力验证管理文件^[24-25]均未明确技术机构应参加的放射性物质能力考核频次要求,即属于鼓励参加的领域,且行业主管部门近年来未实施统一的能力考核计划,导致获证机构自愿参加考核的积极性不高,而未参加考核机构的检测规范性和能力可靠性有待进一步核实。

3 讨论与建议

我国已在重点部门系统、重点区域建立了与目

前状态基本相适应的食品中放射性物质检验检测技术队伍,但对照实践需求,仍存在需要改进的内容。

3.1 持续强化检验检测机构资质管理和能力考核

GB 14883系列标准已于2017年3月1日实施,但截至查询时,仍有多家机构存在未及时完成过期检测方法标准资质认定标准变更的情况,检验检测机构应加强对检测方法标准有效性的控制,推进质量管理体系的持续有效运行,确保检测资质的实时有效。

具备食品中放射性物质检测资质的机构中参加放射性物质检测能力考核的机构仅约14.3%,且主要是卫生系统技术机构,能力考核参与度不足,不能体现具备相关检测资质机构的整体技术能力水平。建议行业主管部门强化检测技术能力考核力度,加大对能力考核结果的利用,适当组织一轮或多轮次覆盖全部具备相关资质检测机构的能力考核计划,不断提高检测技术能力的可靠性,为今后各种情况下的利用提供依据。

《“十四五”认证认可检验检测发展规划》^[26]为今后检验检测行业的发展提出了更高的要求,指出要“完善事前事中事后相结合的监管制度”,“完善检验检测机构能力验证制度”,及时发现检验检测机构在管理和技术上存在的问题并督促整改,持续提升技术能力和人员水平。该文件为行业主管部门提供了重要抓手和工作方向,相关管理部门应进一步重视放射性物质检测机构的规范化管理,强弱项、补短板、固优势、促提升,不断完善检测技术能力提升机制。

3.2 持续完善区域发展协调的检测技术能力网络

具备 GB 14883 食品中放射性物质检测资质、重点关注项目检测资质的机构呈东部多、中部低、西部少分布,且具备全部项目检测能力的检测机构较少,具备 GB/T 16145 检测资质的机构基本分布于东部,均存在区域不均衡分布的情况。国家“十四五”规划^[27]提出要深入实施区域协调发展战略,“发挥国家发展规划战略导向作用”,“以空间规划为基础,以专项规划、区域规划为支撑”,《“十四五”认证认可检验检测发展规划》^[26]指出要促进认证认可检验检测区域协调发展,建议行业主管部门以上述文件要求为抓手,根据行业特点、区域特征、风险程度及实践需要,统筹引导各地区检测资源配置,在完善和提升关键区域、关键环节及重点关注项目检测技术能力的同时,协调发展各区域内的检测技术能力网络。

3.3 不断深化食品放射性污染监测制度建设

我国已制定了 GB 14882—1994《食品中放射性物质限制浓度标准》^[28]、应急照射情况下的食品通用行动水平^[29]及相应的检测方法标准,发布了核电站运行前、运行期间食品饮用水放射性核素监测的工作指南^[30],并组织开展了食品中放射性物质风险监测工作,对全国特别是核电站周边地区食品、铀(钍)矿山等核设施周围典型食品、一般地区食品和加工食品脱氧剂/干燥剂中放射性水平进行监测,获得了较多的监测数据,食品放射性监测体系逐步完善,放射性监测规模逐步扩大,但还面临着应急技术储备不足、监测体系需进一步完善等挑战^[31]。国家“十四五”规划^[27]提出要“严格核与辐射安全监管,推进放射性污染防治”,“加强食品药品安全风险监测、抽检和监管执法,强化快速通报和快速反应”,在核利用不断扩大及日本核废水即将排放的安全隐患形势下,需要国家、行业、机构等协同工作,建议行业主管部门完善发展食品中放射性污染监测制度,以安全底线思维不断强化放射性污染的风险管控防线,推进建立政策引导、行业规范、机构服务,立足常规、突出重点、前瞻性规划的放射性物质监测框架,以技术服务为导引,推动检测技术能力的可持续发展,不断提升正常情况下以及核或放射紧急情况下食品安全保障能力。

参考文献

[1] 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.

[2] U.S. Food & Drug Administration. Fukushima sample analysis results collected thru feb 5 2021 [EB/OL]. (2021-02-05) [2022-02-23]. <https://www.fda.gov/media/147557/download>.

[3] 徐金龙, 黄武, 孙良娟, 等. 各国食品中放射性核素限量比较[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(4): 1731-1738.
XU J L, HUANG W, SUN L J, et al. Comparison of radionuclides limitation in food of different countries [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2016, 7(4): 1731-1738.

[4] BATLLE J V I. The potential impact of marine discharges from Fukushima 10 years after the accident [J]. Integrated Environmental Assessment and Management, 2022, 18(6): 1530-1538.

[5] HAASE G, VAGT T, FRITSCHE J. Monitoring environmental radionuclide activity of the incident-relevant radionuclides ¹³⁷Cs und ⁹⁰Sr in animal feed and foodstuffs consumed in Germany[J]. Journal of Consumer Protection and Food Safety, 2021, 16(1): 97-101.

[6] OKADA K, SAKAI M, GOMI T, et al. Seasonal variations of ¹³⁷Cs concentration in freshwater charr through uptake and metabolism in 1-2 years after the Fukushima accident [J]. Ecological Research, 2021, 36(6): 935-946.

[7] 付熙明, 袁龙, 孙全富. 日本福岛事故 10 周年剂量与健康效应评估 [J/OL]. 中国辐射卫生: 1-11 [2023-01-08]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1206.R.20211104.1324.004.html>.
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/OL]. Chinese Journal of Radiological Health, 2021: 1-11. (2021-11-04). <https://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1206.R.20211104.1324.004.html>.

[8] 高琦, 张立炎, 管映雪, 等. 日本核电站事故对蘑菇的放射性污染 (¹³⁷Cs) 特征及去除污染的研究进展 [J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(6): 2439-2446.
GAO Q, ZHANG L Y, GUAN Y X, et al. Research progress on the characteristics and removal of radioactive pollution (¹³⁷Cs) from mushroom caused by nuclear power plant accident in Japan [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(6): 2439-2446.

[9] 食品伙伴网. 福岛产蜂蜜放射性铯超标 韩国忧日本食品安全 [EB/OL]. (2021-08-01) [2022-02-21]. <http://news.foodmate.net/2021/08/601431.html>.
Foodmate Network. Radioactive cesium in honey produced in Fukushima exceeds the standard, The Republic of Korea worries about food safety in Japan [EB/OL]. (2021-08-01) [2022-02-21]. <http://news.foodmate.net/2021/08/601431.html>.

[10] 央视新闻. 日本新研究: 福岛核事故放射性物质扩散入北冰洋 [EB/OL]. (2021-12-14) [2022-02-21]. https://content-static.cctvnews.cctv.com/snow-book/index.html? toc_style_id=feeds_default& share_to=copy_url& item_id=15997476450016486228& track_id=BC3F971C-248B-4980-9E11-F779F3C86289_661185852434.
CCTV News. Japan's new research: radioactive material from the Fukushima nuclear accident spreads into the Arctic Ocean. [EB/OL]. (2021-12-14) [2022-02-21]. https://content-static.cctvnews.cctv.com/snow-book/index.html? toc_style_id=feeds_default& share_to=copy_url& item_id=15997476450016486228& track_id=BC3F971C-248B-4980-9E11-F779F3C86289_661185852434.

- 852434.
- [11] 新华网. 新华国际时评: 排放核废水入海, 日方不可一意孤行 [EB/OL]. (2021-04-13) [2022-02-21]. http://www.xinhuanet.com/world/2021-04/13/c_1127325752.htm? baike.
Xinhuanet. Xinhua International Current Review: Japan can't be willful in discharging nuclear waste water into the sea. [EB/OL]. (2021-04-13) [2022-02-21]. http://www.xinhuanet.com/world/2021-04/13/c_1127325752.htm? baike.
- [12] 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>.
- [13] 国家卫生和计划生育委员会. 核电站周围居民健康调查规范: WS/T 440—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Specification for health survey of residents in the vicinity area of nuclear power plant: WS/T 440—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.
- [14] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 关于印发《食品安全风险监测管理规定》的通知 [EB/OL]. (2021-11-12) [2022-02-04]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s7892/202111/534ef059068f469986d58bf14ecbb157.shtml>.
National Health Commission of the People's Republic of China. Notice on Printing and Distributing the Regulations on Food Safety Risk Monitoring and Management [EB/OL]. (2021-11-12) [2022-02-04]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s7892/202111/534ef059068f469986d58bf14ecbb157.shtml>.
- [15] 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) [2022-02-16]. https://www.samr.gov.cn/spscstzgg/201902/t20190226_291425.html.
State Food and Drug Administration of the People's Republic of China. Announcement on Issuing the Detailed Rules for Examination of Beverage Production License (2017) [EB/OL]. (2017-12-26) [2022-02-16]. https://www.samr.gov.cn/spscstzgg/201902/t20190226_291425.html.
- [16] U. S. Food & Drug Administration. FDA Response to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Facility Incident [EB/OL]. (2021-09-21) [2022-02-04]. <https://www.fda.gov/news-events/public-health-focus/fda-response-fukushima-daiichi-nuclear-power-facility-incident#new1>.
- [17] 姚竹, 贾天娇, 张伟. 2010—2019年全国放射卫生技术机构检测能力考核结果分析[J]. 中国辐射卫生, 2020, 29(4): 410-414.
YAO Z, JIA T J, ZHANG W. Analysis on results of testing ability assessments of radiation health technical institutions in China from 2010 to 2019 [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2020, 29(4): 410-414.
- [18] 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所. 2020年度全国放射卫生技术机构检测能力考核结果通报 [EB/OL]. (2020-12-21) [2022-01-25]. <http://www.nirp.cn/htm/article1154.htm>.
National Institute for Radiological Protection, China CDC. Report on the results of proficiency assessment of national radiological health technical institutions in 2020 [EB/OL]. (2020-12-21) [2022-01-25]. <http://www.nirp.cn/htm/article1154.htm>.
- [19] 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所. 2019年度全国放射卫生技术机构检测能力考核结果通报 [EB/OL]. (2019-12-27) [2022-01-25]. <http://www.nirp.cn/htm/article1046.htm>.
National Institute for Radiological Protection, China CDC. Report on the results of proficiency assessment of national radiological health technical institutions in 2019 [EB/OL]. (2019-12-27) [2022-01-25]. <http://www.nirp.cn/htm/article1046.htm>.
- [20] 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所. 2018年度全国放射卫生技术机构检测能力考核结果通报 [EB/OL]. (2018-12-21) [2022-01-25]. <http://www.nirp.cn/htm/article941.htm>.
National Institute for Radiological Protection, China CDC. Report on the results of proficiency assessment of national radiological health technical institutions in 2018 [EB/OL]. (2018-12-21) [2022-01-25]. <http://www.nirp.cn/htm/article941.htm>.
- [21] 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所. 2017年度全国放射卫生技术机构检测能力考核结果通报 [EB/OL]. (2018-01-19) [2022-01-25]. <http://www.nirp.cn/htm/article864.htm>.
National Institute for Radiological Protection, China CDC. Report on the results of proficiency assessment of national radiological health technical institutions in 2017 [EB/OL]. (2018-01-19) [2022-01-25]. <http://www.nirp.cn/htm/article864.htm>.
- [22] 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所. 2016年度全国放射卫生技术机构检测能力考核结果通报 [EB/OL]. (2017-01-24) [2022-01-25]. <http://www.nirp.cn/htm/article792.htm>.
National Institute for Radiological Protection, China CDC. Report on the results of proficiency assessment of national radiological health technical institutions in 2016 [EB/OL]. (2017-01-24) [2022-01-25]. <http://www.nirp.cn/htm/article792.htm>.
- [23] 周强, 拓飞, 杨宝路, 等. 我国卫生系统食品中 γ 核素检测能力分析[J]. 中国辐射卫生, 2019, 28(4): 420-424.
ZHOU Q, TUO F, YANG B L, et al. Analysis of detection capability for gamma-emitting radionuclides in food in the health system laboratories in China [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2019, 28(4): 420-424.
- [24] 国家认证认可监督管理委员会. 实验室能力验证实施办法(2006年第9号公告) [EB/OL]. (2015-10-12) [2022-09-29]. http://www.cnca.gov.cn/zw/gfxwj/202006/t20200618_58633.shtml.
Certification and Accreditation Administration of the P.R. C. Measures for the implementation of laboratory proficiency assessment (Announcement No. 9 of 2006) [EB/OL]. (2015-10-12) [2022-09-29]. http://www.cnca.gov.cn/zw/gfxwj/202006/t20200618_58633.shtml.
- [25] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS-RL02: 2018《能力验证规则》 [EB/OL]. (2018-03-01) [2022-09-29]. <https://www.cnas.org.cn/rkgf/sysrk/rkgz/2018/03/889058.shtml>.
China National Accreditation Service for Conformity Assessment. CNAS-RL02: 2018: Rules for proficiency testing [EB/OL]. (2018-03-01) [2022-09-29]. <https://www.cnas.org.cn/rkgf/>

- sysrk/rkgz/2018/03/889058.shtml.
- [26] 国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于印发《“十四五”认证认可检验检测发展规划》的通知[EB/OL]. (2022-08-05) [2022-09-27]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/rzjgs/202208/t20220805_349143.html.
- State Administration for Market Regulation. Notice on Printing and Distributing the "14th Five-Year Plan" for the Development of Certification, Accreditation, Inspection and Testing [EB/OL]. (2022-08-05) [2022-09-27]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/rzjgs/202208/t20220805_349143.html.
- [27] 新华社. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要[EB/OL]. (2021-03-13) [2022-02-25]. http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm.
- Xinhuanet. The 14th Five-Year Plan for National Economic and Social Development of the People's Republic of China and the Outline of Long-term Objectives for 2035 [EB/OL]. (2021-03-13) [2022-02-25]. http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm.
- [28] 中华人民共和国卫生部. 食品中放射性物质限制浓度标准: GB 14882—1994[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.
- Ministry of Health of the People's Republic of China. Limited concentration of radioactive materials in foods: GB 14882—1994 [S]. Beijing: Standards Press of China, 1994.
- [29] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 电离辐射防护与辐射源安全基本标准: GB 18871—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Basic standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources: GB 18871—2002 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2002.
- [30] 国家卫生健康委员会. 卫生部办公厅关于印发《核电站周围居民健康与卫生监测工作指南》的通知[EB/OL]. (2010-09-19) [2022-09-27]. <http://www.nhc.gov.cn/cms-search/xxgk/getManuscriptXxgk.htm?id=49042>.
- National Health Commission of the People's Republic of China. Notice on Printing and Distributing Guidelines for Health and Hygiene Monitoring of Residents around Nuclear Power Plant [EB/OL]. (2010-09-19) [2022-09-27]. <http://www.nhc.gov.cn/cms-search/xxgk/getManuscriptXxgk.htm?id=49042>.
- [31] 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.