

《核技术利用单位辐射风险评估技术规范》 (送审稿) 编制说明

一、项目背景

(一) 制定地方标准的必要性和意义

深圳市属于核技术利用大城市，现有核技术利用单位约占全省总数的四分之一，数量超过 2600 家。深圳市的辐射安全监管对象数量、分布密度居全国同类城市之首。核技术利用项目的特点决定了辐射安全风险由固有风险和运行风险组成，但各核技术利用单位的辐射防护设施和管理制度落实水平参差不齐，增加了辐射安全隐患。

核与辐射安全管理是一项专业技术性较强的工作，事关公众健康、环境安全、社会稳定，党中央、国务院将核安全纳入国家总体安全体系。根据《中共深圳市委 深圳市人民政府关于推进安全生产领域改革发展的实施意见》（深发〔2017〕25 号）文件关于定期组织开展安全风险评估的工作要求，2023 年，市安委办决定在 2020—2021 年全市公共安全风险评估基础上，在全市范围内组织开展新一轮事故灾难类安全风险评估。然而，我市地标 DB4403/T 4—2019《城市安全风险评估导则》并不适用于辐射领域。目前在核技术利用单位辐射安全风险评估方面，各级政府部门、各核技术利用单位面临尚无标准可依的局面。

核技术利用项目运行中的辐射风险评估，涉及辐射源安全、辐射安全防护、工作人员培训、安全规章制度与应急预

案等，由于缺乏辐射风险评估规范或标准，以往多采用传统打分法（核技术利用监督检查技术程序），或经验法（基于辐射源分级与事故概率的风险矩阵法），实际应用中常因操作性不强而评估欠准，不能全面系统、针对性地评估风险。2023 年，在深圳市核与辐射风险评估的探索与实践中，虽已取得一定的技术经验，但仍存在评估过程复杂、覆盖面不全的问题。

因此，开展辐射风险评估技术标准研制工作非常迫切。制订符合市情，覆盖我市所有核技术利用项目类型的风险评估技术规范，动态、量化评估深圳市辐射风险点、辐射源的实际情况，将为辐射环境安全风险管理和精细化监督提供有效支撑，对更好地保护辐射环境安全与公众健康具有重要的现实意义。

（二）国内外情况说明

目前，国内北京市、上海市、重庆市、山东省、四川省、广西壮族自治区等省（区、市）均开展了辐射风险评估工作，分别发布了《上海市核技术利用分类分级监督管理办法（征求意见稿）》《重庆市辐射安全风险评估实施方案》《山东省核技术利用单位监管分类分级工作方案》和《广西壮族自治区辐射安全风险分级管理办法（试行）》等成果文件。

在国际方面，美国、英国、澳大利亚、比利时、日本、韩国等发达国家，以及国际放射防护委员会（International Commission on Radiological Protection, 简称 ICRP）和国际原子能机构（International Atomic Energy Agency, 简称 IAEA）

等国际机构均有研究核技术在不同应用领域的风险评估。ICRP 推荐的风险评估方法包括初步危险分析、检查表、风险指标法（定性评估）和事件树分析、故障树分析、马尔科夫和半马尔科夫模型、经验回顾（定量评估）、风险矩阵法等。根据文献查询与分析，概率风险评估（Probabilistic Safety Assessment，简称 PSA）正在被各国鼓励和采用。概率风险评估（PSA）是利用所有可能的事故情况的数据分布，从中选择多个点作为多个模拟过程中的风险输入，输出潜在暴露的分布结果。形成的评估指南有英国的《X 射线辐射风险评估指南》《密封源辐射风险评估指南》，印度的《工业辐射安全风险评估》等。

我国辐射风险评估工作尚未形成规范化的评估体系。为贯彻《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规，国家“十四五”核安全规划中明确要求强化风险源头管控，地方需细化落实风险评估标准。构建符合深圳先行示范区在核技术利用方面的辐射风险评估技术规范，切实保障公众健康和辐射环境安全，提升辐射安全水平，具有重要的现实意义以及示范引领作用。

二、工作简况

（一）任务来源

为规范辐射风险评估工作，由广东省深圳生态环境监测中心站牵头起草，获得深圳市市场监督管理局立项，列入《2024 年深圳市地方标准计划项目》。

（二）主要起草过程

本文件具体编制过程安排如下：

1.前期准备阶段

2023 年 7 月至 2024 年 2 月，开展前期调查研究工作，查阅整理了国内外大量有关风险评估的文献资料，并对深圳市核技术利用单位现状进行初步调研分析，结合深圳市核技术利用单位的基本情况、辐射安全防护设施运行情况、法规及辐射安全管理情况等，评估深圳市核技术利用项目运行过程中存在的辐射风险，形成基础资料，为标准的起草做好前期准备。

2.标准立项阶段

2024 年 3 月 10 日，根据《深圳市市场监督管理局关于开展 2024 年深圳市地方标准制修订计划项目征集工作的通知》，深圳市生态环境局组织填报了该标准的深圳市地方标准制修订计划项目建议书，随后经过专家评审和公示，2024 年 4 月 7 日，根据《深圳市市场监督管理局关于下达 2024 年深圳市地方标准计划项目任务的通知》文件，《核技术利用单位辐射安全风险评估技术规范》正式立项。

3.标准预研阶段

2024 年 4 月，标准编制组正式成立，并确定了核心研究的任务分工。

2024 年 4 月至 2024 年 12 月，开展了核技术利用项目辐射安全隐患现场调查，国内经验调研等工作。

4.标准起草阶段

2025 年 1 月至 2 月，标准编制组召开标准文稿编制启动会议，讨论确定标准大纲和框架，明确了各起草单位和起草人的任务分工。各参编单位按启动会议拟定的进度要求编写标准内容及编制说明。

2025 年 2 月下旬至 3 月，标准编制组完成标准初稿及编制说明编写，形成了《核技术利用单位辐射安全风险评估技术规范》初稿及编制说明。

5.征求意见阶段

2025 年 3 月中旬 ~ 5 月下旬，标准编制组广泛征求深圳市卫生健康委员会、深圳市市场监督管理局、深圳市交通运输局、深圳市教育局、深圳市宝安区人民政府、深圳市大鹏新区人民政府、深圳市福田区人民政府、深圳市光明区人民政府、深圳市龙岗区人民政府、深圳市龙华区人民政府、深圳市罗湖区人民政府、深圳市南山区人民政府、深圳市盐田区人民政府、深圳市坪山区人民政府、深圳市深汕特别合作区人民政府、中华人民共和国深圳海关、中华人民共和国蛇口海关，以及四川省辐射环境管理监测中心站、广西壮族自治区辐射环境监督管理站、江苏省核与辐射安全监督管理中心、重庆市生态环境局核与辐射安全管理处、广东省辐射防护协会、深圳市核与辐射技术应用协会、深圳市城安核与辐射安全研究中心、中国科学院深圳先进技术研究院、西门子（深圳）磁共振有限公司、深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司、招商局重工（深圳）有限公司、深圳市沃尔核材股份有限公司、瑞派南华宠物医院管理（深圳）有限公司、深圳

市联合宠物医疗管理有限公司、新瑞鹏宠物医疗集团有限公司、深圳市芭比堂动物医院管理有限公司、深圳市宠未来动物医院有限公司、深圳市创凡宠物医院有限公司、深圳市卡拉宠物医院管理有限公司、深圳市安安宠物医院有限公司共 37 个单位的意见，总共征集到 48 条意见，其中无意见 29 条，采纳意见 10 条，部分采纳意见 1 条，不采纳意见 8 条。标准编制组根据征求意见，对征求意见稿进行修改形成送审稿。

2025 年 4 月 18 日至 5 月 18 日，在深圳市生态环境局门户网站公开征求意见，共征集到意见 3 条，采纳意见 3 条。标准编制组进一步梳理汇总公众反馈意见，根据意见处理情况修改完善标准文本。

三、制定标准原则和依据，与现行法律法规、标准的关系

（一）编制原则

本文件贯彻落实《中华人民共和国放射性污染防治法》预防为主、防治结合、严格管理、安全第一的方针，通过开展风险评估，提出针对性的风险控制措施，保障辐射安全。本文件遵循系统性、规范性、可操作性的编制原则。

1. 系统性原则

本文件从评估原则、评估范围、评估时效、评估程序、风险控制等方面分别进行规范，对辐射风险评估的各阶段提出要求，各章节紧密衔接，体现系统性。

2. 规范性原则

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部

分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则进行编写，同时编写也符合《中华人民共和国标准化法》《地方标准管理办法》《广东省标准化条例》《深圳市地方标准管理办法》等文件要求，编制规范。

3.可操作性原则

根据国内外的辐射风险评估经验，辐射安全水平的根本性提高，需要由人、设施和环境（管理）等各个方面综合完善。本文件主要针对辐射风险评估范围、评估程序、评估指标技术要求制定，用于支撑日常辐射安全管理、风险评价、成因分析、对策分析和安全投入与效益分析等，以使得在有限的经济条件下产生最大化安全投入效益。本文件参照类似行业领域风险评估规范要求，结合深圳实际制定，强调可操作性原则。

（二）主要内容的依据

本文件的编制主要是依据国家相关法律法规，参考了《核技术利用项目监督检查技术程序（NNSA/HQ—08—JD—IP 系列）》（国家核安全局）、GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》《放射性污染场所的辐射风险和剂量评估模型概述及选定的默认输入参数》（美国环境保护署 EPA）、《辐射风险评估（X 射线）》（英国诺丁汉大学）、《医疗工作场所的辐射风险评估》（比利时鲁汶大学）、《工业辐射安全风险评估与电离辐射的应用管理》（印度原子能管理委员会）等成果文件，结合深圳市实际情况编制完成。文件涉及的风险评估指标来源主要有两个方面，一

是相关国家标准、行业标准、国家核安全局核技术利用监督检查技术程序以及相关的政策法规规定；二是国内外辐射风险评估体系文件及深圳市辐射安全监管实际情况。

（三）与现行法律法规、标准的关系

本文件与相关标准协调一致，符合《深圳市地方标准管理办法》规定。本文件的编制完全遵守和按照我国宪法和现行有关法律法规的要求。本文件的内容不存在与有关现行法律法规和强制性标准相悖之处。国内尚无辐射风险评估的国家、行业标准。

（四）与国内领先、国际先进标准的对标情况

本文件的风险分级内容主要参考了 DB4403/T 4—2019《城市安全风险评估导则》，合规性分析主要参考了《广西壮族自治区辐射安全风险分级管理办法（试行）》，具体见表 1。

表1 关键内容标准比对表

序号	主要内容	本文件要求	对标标准	对标标准要求	对标情况
1	风险等级	辐射安全风险分为I、II、III、IV四个等级，对应风险状况为高、较高、中、低	DB4403/T 4—2019《城市安全风险评估导则》	风险等级分为重大、较大、一般、低四个等级	与对标标准要求基本相同，仅语句描述不同
2	合规性分析	合规性分析所有指标有任意一项（及以上）不满足要求的，项目风险等级即为I级（高风险）	广西壮族自治区辐射安全风险分级管理办法（试行）	存在以下情况之一的辐射工作单位，风险等级不低于中风险：（二）存在违法行为，未整改到位的。	严于对标标准
3	评分标准	根据实际情况，将各三级指标分别评价为优、良、中、差，并分别赋分为0、0.5、0.8、1	核技术利用项目监督检查技术程序（NNSA/HQ—08—JD—IP系列）	无	对标标准无评分内容，本标准中优、良、中、差是对监督检查程序检查结果量化

四、主要条款的说明以及主要技术指标、参数、试验验证的论述

本文件主要由8个章节构成。以下对本文件的主要条款进行简要说明，相关规范性引用或资料性引用文件以标准号的形式简要表述。

（一）范围

本文件规定了辐射风险评估的评估原则、评估范围、评估时效、评估程序、风险控制等内容。

本文件适用于生态环境部门对深圳市核技术利用单位开展辐射风险评估活动，核技术利用单位开展辐射风险自评估可参考执行。

（二）规范性引用文件

本章节列出了标准编制过程中规范性引用的相关文件。包括 GB/T 23694、GB/T 24353、GB/T 27291、DB4403/T 4、GB/T 45001。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

（三）术语和定义

本章节给出了文件编制过程中涉及的术语和定义，包括核技术利用、辐射风险、评估指标、评估重点指标、合规性分析、合规性指标、风险等级、风险系数、风险评估模型、风险评估、风险控制。术语和定义的确定主要是根据文件的标准化对象，采用内涵定义的形式，使用陈述性条款给出。

本章节主要参考 GB/T 23694、DB15/T 966、GB/T 45001 进行编制。其中，本文件将“辐射风险”定义为“单位在核技术利用活动中辐射事故发生的可能性与其后果严重性的组合”。

（四）评估原则

本章节对辐射风险评估过程中应遵循的基本原则，包括全面性、系统性、专业性、定性分析与定量分析相结合。

（五）评估范围

本章节明确了风险评估对象的选取范围为核技术利用单位所有在运行（不含销售）、停用（不含射线装置）、在退役的核技术利用项目。

（六）评估时效

本章节明确了风险等级评价宜每年开展一次，风险等级

划分结果对应核技术利用单位接受评估时的辐射风险具体情况。核技术利用项目情况发生变化，应重新开展辐射风险评估。

辐射风险评估具有一定的时效性，即评估对象是核技术利用项目的一个特定时期。这是因为辐射防护设施和内部管理工作可能会随着日常应用发生较大变化，如设备设施老化、人员变更等，会对原评估结果产生较大影响，产生新的评估需求。《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定核技术利用单位应当对本单位的放射性同位素、射线装置的安全和防护状况进行年度评估。发现安全隐患的，应当立即进行整改。本文件参照该规定，明确风险等级评价每年至少开展一次。

（七）评估程序

本章节明确了辐射风险评估的评估程序为辐射安全信息收集、风险分析、风险等级评价。风险评估程序主要参考 GB/T 24353—2022 中第 6.4 条中风险评估的程序“风险识别、风险分析、风险评价”。

7.1 规定了需辐射安全信息收集的内容与流程。

7.1.1 规定了辐射安全信息收集第一步，收集合规性指标信息，收集内容见附录 A 表 A.1。

7.1.2 规定了辐射安全信息收集第二步，收集风险评估指标信息，收集内容见附录 B 至附录 J。

7.1.3 规定了辐射安全信息收集第三步，对核技术利用单位在运行的所有核技术利用项目辐射工作场所宜开展监

督性监测，监测项目参照 HJ 61 相关内容。未开展监督性监测可采纳核技术利用项目年度检测结果。开展监督性监测主要依据为《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第九条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测”。风险评估过程中需对辐射环境泄漏指标进行赋值，由生态环境部门对被评估单位的所有核技术利用项目开展监督性监测，监测结果更具真实性、准确性，赋值更准确；通过检验检测机构资质认定（CMA）的环境监测机构出具的监测数据具备法律效力，因此未开展监督性监测可采纳核技术利用项目年度检测结果。

7.2 规定了风险分析的内容与流程。

7.2.1 规定了风险分析的第一步为合规性指标的分析，分析内容见附录 A 表 A.1。

7.2.2 规定了风险分析的第二步为风险评估指标赋值，赋值标准见附录 K 表 K.1。

7.2.3 规定了风险分析的第三步为风险系数计算，计算方法见附录 K。

7.3 规定了风险等级评价方法

7.3.1 规定了风险等级的划分方法，划分方法中划分依据为合规性分析结果、评估重点指标评价结果、风险系数。

项目合规性分析主要参考《广西壮族自治区辐射安全风

险分级管理办法（试行）》第五条“存在以下情况之一的辐射工作单位，风险等级不低于中风险：（二）存在违法行为，未整改到位的”。本文件中合规性分析指标主要考虑因素为核技术利用单位相关程序的合规性、合法性，合规性风险结果中有任意一项（及以上）指标分析结果为“否”，单位辐射安全风险等级即为I级，对应风险状况为高风险。对比《广西壮族自治区辐射安全风险分级管理办法（试行）》，进行了风险等级提升。

重点指标评价主要参考国内外辐射风险影响因素研究成果总结分析及深圳市辐射安全监管实际情况，重点指标中每有一个指标评价结果为“差”，风险系数对应风险等级提高一级。

风险系数及其对应风险等级主要参考北京市城市放射性废物管理中心制订的北京市辐射风险源分级中风险系数划分方法。

7.3.2 规定了辐射风险划分为I、II、III、IV四个等级，同一核技术利用单位存在多个核技术利用项目的，应取各项目最高辐射安全风险等级作为该单位辐射安全风险等级。

风险等级划分为四个等级主要参考《国务院安委会办公室关于印发标本兼治遏制重特重大事故工作指南的通知》（安委办〔2016〕3号）、《国务院安委会办公室关于实施遏制重特重大事故工作指南构建双重预防机制的意见》（安委办〔2016〕11号）中辐射事故分级，将辐射安全风险等级从高到低划分为“重大风险、较大风险、一般风险和低风险”四

个等级。

同一核技术利用单位存在多个核技术利用项目的，应分别确认各项目风险等级，取最高等级作为该单位风险等级，主要参考为山东省《山东省核技术利用单位监管分类分级工作方案》中“一家核技术利用单位同时具有两类核技术利用项目，以最高分类的核技术利用项目作为监管分类的判定依据”。

（八）风险控制

本章节明确了风险的接受准则、控制措施、效果评估。

8.1 规定了应根据风险等级评价结果，分级制定具有针对性的风险控制措施，将风险降低至可接受或可忽略水平。对于连续两年风险等级评价结果不降低（在Ⅲ级及以上）的，控制对策提一级处理。主要依据为 GB/T 24353—2022 第 6.5.1 条“风险应对是一个循环提升的过程，包括：制定和选择风险应对方案、计划和实施风险应对措施、评估风险应对措施的成效、确定剩余风险是否可接受、若不可接受，采取进一步应对措施”。为避免因风险长期滞留或反复出现导致发生辐射事故，体现“预防为主”的安全理念，对于连续 2 次评价Ⅱ级，表明现有控制措施未能有效降低风险，需通过升级管理来阻断风险累积。

8.2 规定了风险控制措施的具体内容，应包括法规执行、辐射安全防护设施、辐射环境监测等方面。控制措施主要考虑人员、设施和管理等方面采取的综合风险控制所取得最大的安全效果。

8.3 规定了风险控制措施选择原则。主要依据为 GB/T

24353—2022 第 6.5.2 条“选择最合适的风险应对方案，可在实现目标获得的潜在收益和付出的成本、耗费的精力或由此引发的不利后果之间进行权衡。”

8.4 规定了应评估风险控制措施的实施效果，为进一步的辐射安全监管提供依据。主要依据为 DB4403/T 4—2019 第 6.9 条“对于较大以上风险应优先采用工程技术措施，并组织相关专家对控制措施的有效性、合理性和可操作性，以及是否会引发新的风险进行论证”。

（九）附录 A：合规性分析表

附录 A 为资料性附录，给出了核技术利用单位合规性分析指标、分析内容和分析结果。

附录 A 中合规性指标及分析内容制定主要参考我国生态环境部（国家核安全局）2020 年修订的核技术利用项目监督检查技术程序（NNSA/HQ—08—JD—IP 系列）中法规执行情况检查指标和内容，结合《深圳市建设项目环境影响评价审批和备案管理名录（2021 年版）》，从中选取可能直接导致辐射事故发生、事故影响较大的指标及分析内容。

（十）附录 B 至附录 J：核技术利用项目辐射风险评估表

附录 B 至附录 J 为资料性附录，给出了风险评估过程中需要收集和调查的项目基本信息及风险评估指标，并给出了风险评估三级指标对应的层次总排序权重值和评估重点指标。

附录 B 至附录 J 中项目基本信息及风险评估指标制定主

要参考我国生态环境部（国家核安全局）2020年修订的核技术利用项目监督检查技术程序（NNSA/HQ—08—JD—IP系列）中设定的基本信息、辐射安全防护设施与运行、法规执行情况、管理制度与执行情况的检查指标和内容。评估重点指标的确定主要参考为国内外辐射风险评估体系文件及深圳市辐射安全监管实际情况。

辐射源固有风险中三级指标设有类别、应用场景、出厂年限等指标。放射源共分为I、II、III、IV、V五类，为方便计算，取固定分值1、0.8、0.6、0.4、0.2；非密封场所级别共分为甲、乙、丙三级，对应放射源分类中I、II、III类源的分值1、0.8、0.6；射线装置共分为I、II、III三类，I、II、III类固定分值1、0.8、0.6。

放射源的应用场景与其辐射风险水平密切相关，如化工原料生产、锂电池材料生产企业安全生产事故发生的可能性及事故严重性相对于造纸业、食品饮料生产、科研、医疗等应用场景较大，因此将应用场景作为风险评估的指标之一，按风险发生的可能性和严重程度大小赋值。

放射源、射线装置的出厂年限与放射源的密封性、射线装置性能密切相关。对于测厚、测料位等粒子注量测量用放射源，放射源厂家给出的半衰期长的放射源（如钴-60、铯-137）建议使用年限通常为10~15年；对于刻度/校准用放射源，放射源厂家给出建议使用年限通常为5年；对于 γ 探伤装置，根据《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8号），探伤装置的安全使用期限为10

年，禁止使用超过 10 年的探伤装置；对于 γ 辐照装置，根据 GB10252—2009 《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》， γ 辐照装置的使用寿命为 40 年；对于加速器，设计寿命通常取决于其核心部件的材料性能、运行环境、维护水平以及应用场景的负荷强度，工业电子辐照加速器的常规设计寿命为 10~20 年，医疗或科研用加速器的常规设计寿命为 8~15 年，核心部件如加速管的寿命通常为 5~10 年，热阴极电子枪寿命约为 2~5 年，真空泵和密封件的寿命约为 5~8 年，高频高压电源寿命约 8~12 年；对于 X 射线装置，X 射线球管的使用寿命受多重因素影响（如使用频率、维护质量、工作负载等），无法给出统一值，一般来说，国产 X 射线球管的使用寿命约 3~5 年，进口 X 射线球管的使用寿命约 10~15 年。不同应用场景和维护水平对设备的实际使用寿命影响也比较大，但设备整体随着使用年限增长，出现故障的可能性一定更大。因此将出厂年限作为风险评估的指标之一，按已使用年限长短由高至低分别赋值。

评估体系中设定了评估重点指标，如参考《工业辐射安全风险评估与电离辐射的应用管理》（印度原子能管理委员会）及我市实际监管经验，联锁装置（如人员通道门、货物通道门等）失效时，人员误入辐照室受到过度照射的可能性和危害最大， γ 辐照装置的风险评估将联锁装置设为评估重点指标。

附录 B 至附录 J 中辐射风险评估三级指标对应的层次总排序权重值，由专家组（共 7 名行业专家）按照基于专家支

持度的层次分析法打分后综合分析计算后得出。

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, 简称 AHP 法) 是美国运筹学家匹兹堡大学教授 TL.Saaty 于 20 世纪 70 年代提出来的, 它是一种对较为模糊或较为复杂的决策问题使用定性和定量相结合、系统化、层次化的分析方法, 特别是将决策者的经验判断给予量化, 可以把定性分析和定量分析有机地结合起来, 根据问题的性质和要达到的总目标将问题分解为不同的组成因素, 并按因素间的相互关联影响以及隶属关系, 将因素按不同层次聚集组合, 形成一个多层次的 analysis 结构模型。传统 AHP 法依赖单一专家的经验判断, 主观性较强, 如判断矩阵构造易受个人偏好影响。本文件采用基于专家支持度的层次分析法是对传统 AHP 法的改进, 通过引入专家群体决策机制和量化支持度, 有效解决了传统 AHP 法主观性强、数据统计量大等局限性, 同时保留了系统性、实用性等核心优势, 得到相对客观、准确的风险评估结果。

专家支持度是个体专家的决策结果对总的决策结果的影响程度或一种意见被支持的程度, 该支持度体现了专家个体间在对被评价问题上的差异, 可用权重来描述。通常可以根据专家组中每个专家的知识结构、现场经验、工作领域等因素来得到专家的权重。选取合适的评价指标, 建立能够反映专家评价水平的指标体系, 可以得到体现专家评价水平的权重, 即专家支持度。

专家支持度取值在 0~1 之间, 值越大表示专家的决策

意见权重越大，影响越大，即被支持的程度越高，评价水平越高。本评估体系选取专家工作领域、工作年限、职称等作为典型指标，计算专家组专家支持度。

工作领域指标反映专家的工作（研究）领域与被评估项目的贴近程度，体现了专业性。分为：完全符合（取值 1），包含本项目研究内容（取值 0.6~0.9），有交叉但不包括（取值 0.3~0.5），相邻（取值 0.1~0.2）等方面，为了便于计算分别设值：1、0.7、0.4、0.2。

工作年限指标反映从事本领域工作实践积累的经验，体现了经验的丰富性。分为：10 年以上，5 年~10 年，2 年~5 年，2 年以下 4 个等级，其中 10 年以上为经验丰富（取值 1），5 年~10 年为有较多经验（取值 0.6~0.9），2 年~5 年为有一定经验（取值 0.3~0.5），工作 2 年以下为经验欠缺（取值 0.1~0.2），根据具体的领域工作年限在 4 个等级中进行取值计算。

职称指标反映专家的专业技术水平、能力、成就等，也反映了其在行业中的地位和影响力，设定为五个等级：正高级工程师、高级工程师、工程师、助理工程师、技术员，为了便于计算分别设值：1、0.8、0.6、0.4、0.2。

根据归一化原理，各指标对于专家支持度构成的权重（用 c 表示，总值为 1）按其对于决策的重要性分别设定为：工作（研究）领域 $c_E=0.4$ ，表示重要程度高；领域工作年限 $c_Y=0.4$ ，表示重要程度高；职称 $c_L=0.2$ 表示重要程度较高。

专家支持度的计算公式为：

$$p_j = \frac{\sum_i c_i g_i^j}{\sum_j \sum_i c_i g_i^j} \quad (1)$$

式中， p_j 为第 j 个专家的专家支持度；

c_i 为专家的第 i 个评价指标的权重值， $\sum_i c_i = 1$ ；

g_i^j 为第 j 个专家的第 i 个指标的得分量化值。

专家组对辐射风险评估指标体系，从上到下逐层按照各指标间的相对重要性，采用 1—9 标度法比较打分后，将打分结果写成矩阵形式，通过计算矩阵的标准化特征向量并进行一致性检验，得到某一层某指标相对于上一层某指标的相对重要性权重值，即层次单排序权重值。

1—9 标度法通过量化两两比较结果，将抽象的重要性差异转化为具体数值。例如，标度“1”表示两个元素同等重要，“9”表示前者极端重要于后者，中间数值（如 3、5、7）分别对应“稍强”“明显强”“强烈强”等程度差异，详见下表：

序号	重要性比对结果	赋值
1	I 和 j 元素同样重要	1
2	i 比 j 元素稍微重要	3
3	i 比 j 元素明显重要	5
4	i 比 j 元素强烈重要	7
5	i 比 j 元素极端重要	9
6	i 比 j 元素稍微不重要	1/3
7	i 比 j 元素明显不重要	1/5
8	i 比 j 元素强烈不重要	1/7

9	i 比 j 元素极端不重要	1/9
---	---------------	-----

通过对专家支持度与层次单排序权重值的加权平均得出各指标基于专家支持度的权重值，将各指标基于专家支持度的权重值相乘，即可得到层次总排序权重值。含专家支持度的第 1 层中第 m 项因素的权重值可由式（2）得到。

$$q_{l,m} = \sum_j p_j \omega_{l,m}^j \quad (2)$$

式中，l 为计算因素所在三层结构中的特定层次，m 为计算因素在该层次中的顺序；

$q_{l,m}$ 为基于专家支持度的权重值；

p_j 为第 j 个专家的专家支持度；

$\omega_{l,m}^j$ 为利用层次分析法计算的第 j 个专家给出的 l 层第 m 项因素的权重值。

得出三个层次所有因素的权重值后，某一层次因素权重值与上一层次因素权重值进行加权综合，即可计算出该层次某因素相对于上一层次的相对重要性权重值，三个层次加权综合即可得到第三层（最底层）总排序权重值 W_m ，层次总排序权重值可由式（3）计算。

$$W_m = \prod_l q_{l,m} \quad (3)$$

式中， W_m 为第三层第 m 项的层次总排序权重值。

（十一）附录 K：辐射风险评估模型

附录 K 为资料性附录，给出了辐射风险评估模型和风险评估三级指标的赋值标准。

附录 K 中辐射风险评估模型主要参考国际风险评估组织和辐射安全手册等国外成果，融合了我国风险指数计算方

法的核心要素。

附录 K 中风险评估三级指标的赋值，主要参考是北京市辐射风险源分级体系中最底层第 m 项指标的赋分取值，该体系中赋分取值为范围值。本文件为加强赋分客观性、可执行性，将赋分取值设定为固定值，优取赋分范围值的最低值，良、中、差分别取赋分范围值的最高值。

辐射环境泄漏风险的赋值标准中，周围剂量当量率不高于标准限值的 85%、表面污染水平不高于标准限值的 75%、总 α 、总 β 、应用核素活度浓度不高于标准限值、季度剂量不高于 2.5mSv，评价等级为“优”；季度剂量高于 2.5mSv，但不高于 3mSv，评价等级为“良”；周围剂量当量率高于标准限值的 85%，但不高于标准限值；表面污染水平高于标准限值的 75%，但不高于标准限值；季度个人剂量高于 3mSv，评价为“差”。

周围剂量当量率赋值标准的主要依据是 JJG 393—2018 第 5 条“便携式 X、 γ 、辐射周围剂量当量（率）和监测仪的计量性能要求”和 JJG 521—2024 第 5 条“环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪计量性能要求”，以上两个标准仪器性能要求中均规定仪器相对固有误差技术要求为 -15% ~ +22%，考虑到监测结果受仪器固有误差影响，将辐射监测结果分为标准限值的 85% 以下、85% ~ 标准限值两个等级，分别评价为优、差。

表面污染水平赋值标准的主要依据是 JJG 478—2016 第 5 条“计量性能要求”， α 、 β 表面污染仪的相对固有误差技术

要求为不超过 $\pm 25\%$ ，考虑到监测结果受仪器固有误差影响，将辐射监测结果分为标准限值的 75%以下、75%~标准限值两个等级，分别评价为优、差。

季度个人有效剂量赋值标准的主要依据是 GBZ 128—2019 第 6.1.2“本标准建议的年调查水平为有效剂量 5mSv，单周期的调查水平为 5mSv/（年监测周期数）”和 JJG 1009—2024 第 5 条“计量性能要求”，X、 γ 辐射个人剂量当量监测仪的相对固有误差技术要求为不超过 $-17\% \sim +25\%$ ，考虑到监测结果受仪器固有误差影响，将季度个人有效剂量结果分为季度个人有效剂量调查水平的 83%（1mSv/季度）以下、83%（1mSv/季度）~季度个人有效剂量调查水平（1.25mSv/季度）、高于季度个人有效剂量调查水平（1.25mSv/季度）三个等级，分别评价为优、良、差。

五、是否涉及专利等知识产权问题

无。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

无。

七、实施地方标准的措施建议

为确保本文件的顺利实施，提出以下建议：

（1）标准宣贯。举办宣贯培训会至少1次，相关单位参与宣贯培训会，并由标准编制组对本文件实施的重要性和必要性、技术规定等内容进行培训，为本文件的实施提供良好的实施基础。

（2）实施监督。由市级生态环境部门对本文件实施过

程中风险评估记录进行检查和指导，为本文件的实施提供良好的制度保障。

（3）效果评估。由市级生态环境部门结合本文件对辐射风险评估实施效果进行定期评估。针对评估效果进行下一步工作的改进和完善，切实提升核技术利用单位辐射安全管理水平，保护生态环境、辐射工作人员和公众健康。

八、其他需要说明的事项

无。