

附件 3

《用于导出核设施退役场址土壤中残留放射性水平的 照射景象、计算模式与参数（征求意见稿）》 编制说明

一、起草背景

国家标准《核设施退役场址土壤中残留放射性可接受水平》（GB45437-2025）于 2025 年发布。在该标准的技术审查过程中，专家一致认为应制定配套的法规技术文件——《用于导出核设施退役场址土壤中残留放射性水平的照射景象、计算模式与参数》（以下简称《技术文件》），用以说明土壤中残留放射性水平推导的具体工作方式，以便指导营运单位、设计单位、环评单位等合理使用该标准。

二、任务来源和目的

2023 年 2 月，生态环境部（国家核安全局）辐射源安全监管司向核与辐射安全中心下发工作任务单（三司工作单[2023]57 号（废）），组织开展《技术文件》的编制工作。

本《技术文件》的编制和发布可为核设施退役场址土壤中残留放射性水平的推导和审查提供参考。

三、起草过程

按照国家核安全局辐射源安全监管司工作任务单的要求，生态环境部核与辐射安全中心成立了编制工作组，开展《技术文件》的

研究起草工作。工作组编制了工作计划，明确了人员分工，研究确定了编制原则。

2023年2月至4月，按照“土地用途—景象—建模—参数选取—土壤残留放射性水平计算”思路的具体工作方式，编制完成《技术文件》（初稿）。

5月5日，在北京召开专家咨询会。会议纪要指出，该《技术文件》作为HJ53的配套文件，进一步细化了核设施退役场址土壤中残留放射性水平推导的技术路线和计算方法，给出了模型和参数，内容完整、结构合理，其制定对于指导核设施退役工作是十分必要的。

6月2日，在北京召开国家核安全专家委员会第八次专题会。会议纪要指出，该《技术文件》进一步细化了核设施退役场址土壤中残留放射性水平推导的技术路线、开放景象、计算模式及参数选取，内容完整、结构合理。其制定对于指导我国核设施退役工作是十分必要的，建议通过。

7月，编制组根据专家纪要，对照专家建议逐一进行梳理和补充完善，详见附表1的专家意见汇总处理表。

8月28日，中心在北京组织召开专家咨询会。会议纪要指出，《技术文件》给出了核设施退役场址土壤中残留放射性水平的导出过程，包括开放景象、照射途径和参数选择，并以附录形式给出了剂量模式和示例计算，可用于指导具体设施退役时场址土壤中残留放射性水平的推导工作。

9月，编制组对照专家纪要的具体建议，逐一进行梳理和完善，并落实了专家纪要要求。

10月12日，编制组邀请专家，对修改后的《技术文件》进行专家咨询，主要咨询两个问题，一是《技术文件》中绘制的导出退役场址土壤中残留放射性水平的工作流程是否清晰明确；二是附录2中H-3和C-14的示例计算的过程和结果是否合理可信。

通过专家咨询，对《技术文件》进行完善，具体内容如下：在工作流程中，补充多种核素的处理方式，即按照归一化处理。同时，采用比活度模型，对H-3和C-14的示例计算进行复核，结果表明《技术文件》中附录2给出的计算过程具有一定的保守性和可操作性。

四、起草原则

（一）按照土地用途构建开放景象

《中华人民共和国土壤污染防治法》规定，国务院生态环境主管部门根据土壤污染状况、公众健康风险、生态风险和科学技术水平，并按照土地用途，制定国家土壤污染风险管控标准，加强土壤污染防治标准体系建设。

土地用途分类是土地用途管制的前提条件。我国土地分为农用地、建设用地与未利用地。只有明确核设施退役终态的土地用途，对农用地和建设用地区别对待，才能推导得出合理可行的土壤残留放射性水平。

在《技术文件》编制过程中，考虑了不同土地利用类型和相应的照射情景，给出了土壤残留放射性水平的推导工作流程。首先需要确定土地用途，然后构建具体的场址开放景象。开放景象的构建是进行剂量模式评估的前提。按照土地用途，构建适合的场址开放景象，更加符合核设施退役后场址的实际情况，推导得出的土壤残

留放射性水平计算结果更加符合实际需求。

(二) 不同的开放景象对应不同的照射途径

根据核设施退役后的具体土地用途，构建场址的开放景象，进而分析可能的照射途径。不同的开放景象对应不同的照射途径组合。在《技术文件》编制过程中，对农用地和建设用地的具体土地类型进行了具体分析，给出了不同开放景象下需要考虑的主要照射途径或特定的人群组，这对于指导环评编制单位构建适合的开放景象和分析具体的照射途径具有指导作用。

需要指出的是，对于具体的土地用途，应在构建开放景象的基础上给出主要的照射途径，而不是简单的照搬《技术文件》中列出的照射途径，这是因为具体的土地用途可能更为复杂，开放景象的构建涉及的影响因素更多，人类活动的具体类型与参数选取关系极大，不能一概而论，应具体问题具体分析。

五、编制的主要内容

《技术文件》参照 IAEA 的 TECDOC 格式进行编写，包括概述、土地用途、开放景象、剂量模式、参数选取及附录等内容。

第一章概述，给出了核设施退役场址土壤中残留放射性水平推导的工作流程。这是导出土壤残留水平较为通用的工作流程，可以指导相关单位开展土壤残留放射性水平导出工作。首先需要确定土地用途，再构建具体的场址开放景象。再进行照射途径分析和计算参数选取，计算得出单一核素的总有效剂量。再由退役终态剂量准则除以单一核素的总有效剂量，得出单一核素的土壤残留放射性水平。对于存在多种放射性核素的情况，应按照归一化处理。

第二章开放景象，根据核设施退役后具体的土地用途，构建场址开放景象。需要考虑人类的具体活动类型和在该场址上的受照人群的居留时间，分析可能的照射途径，并给出几种典型开放景象的照射途径分析和关注人群组。

第三章照射途径，给出照射途径的计算模式，包括总剂量、食入食物的有效剂量、吸入再悬浮的有效剂量、饮水途径的有效剂量、地表外照射的有效剂量、食入土壤的有效剂量。各种照射途径的计算模式详见技术文件的附录 1。

第四章参数选取，根据核设施退役后的土地用途，构建退役场址的开放景象，确定退役终态的剂量准则，尽可能采用场址相关参数的实测值（即场址特征参数）导出具体场址的土壤中残留放射性水平。

技术文件的附录 1 的表 1 列出了场址相关参数。附录 1 剂量模式，主要给出了导出土壤中残留放射性水平的各种照射途径的计算模式。附录 2 示例计算，分别给出了 Co-60、H-3、C-14 的示例计算过程及结果。

附表 1

专家意见汇总处理情况

专家意见	处理情况
<p>(1) 文件名称不确切,可修改为《用于导出核设施退役场址土壤中残留放射性水平的照射情景、计算模式与参数》或《导出核设施退役场址土壤中残留放射性水平的照射情景、计算模式与参数》。</p>	<p>采纳。 已修改为《用于导出核设施退役场址土壤中残留放射性水平的照射景象、计算模式与参数》</p>
<p>(2) 前言中,①要体现:借鉴国内外核与辐射安全技术方面的资料,并结合我国工程和管理实践这 2 个要点;②无需再次强调 HAJ 的属性“本技术文件对于.....具有指导意义”,可修改为“可供有关部门和人员在确定合理可行的土壤残留放射性水平时使用”;③此文件作为国家核安全局的 HAJ 系列文件,最后一句应修改为:生态环境部核与辐射安全中心为本文件编写的技术支持单位。</p>	<p>采纳。 已补充参考资料,如 EJ/T 1191-2005、HJ 25.3-2018、User's Manual for RESRAD Version 6; 本技术文件可供我国核设施退役营运单位、设计单位及环境影响报告书编制单位有关人员导出具体开放景象的土壤中残留放射性水平参考使用。 本技术文件的技术支持单位是生态环境部核与辐射安全中心。</p>
<p>(3) 在概述中,应对《核设施退役场址土壤中残留放射性水平规定》的要点,包括“(单一核素)土壤残留水平”的基本定义作概要描述,作为本配套文件的基础。</p>	<p>采纳。 根据已构建的退役场址开放景象,分析得出需要考虑的照射途径,选取适当的计算参数,计算得出单一核素的总有效剂量。再由退役终态剂量准则除以单一核素的总有效剂量,得出单一核素的土壤残留放射性水平。</p>
<p>(4) 在开放景象中,“不同类型的土地用途,其人类活动类型和受照时间也有所不同”。而本文件是否按照“农用地”和“建设用地”两大类考虑并不明确,出现“农业生产/建设用地/工业用地”以及人类活动时间混搭,条例不够清晰,需要进一步梳理。</p>	<p>采纳。 退役终态具体的场址开放景象与土地用途紧密相关。对于不同的土地用途,其场址的开放景象也各有不同。核设施退役后的土地用途可分为农用地和建设用地两大类。 具体分类时,根据专家建议,将农用地分为两类,即人类长期活动和短期活动;对建设用地也分为两类,涉及建造建筑物和涉及工业用地。</p>

专家意见	处理情况
<p>(5) 模式和参数表述存在较多问题，需要进一步研究。①鉴于我国南方和北方、沿海和内陆居民食谱差异较大，以及不同场址地域和植被状态直接影响到空气中再悬浮尘埃浓度，从而使得内照射剂量（食入和吸入）具有较大的不确定度。因此，需要谨慎考虑这些差异所带来的不确定度对确定残留水平的影响；②计算公式和参数取值中，食物年消费总量（如：水生产物的年消耗量）和受污染总量（如：个人每年摄入的不同类食品的量，个人饮水量等）混用，未能确切表达涉及场址残留放射性核素相关的照射；③计算细节缺失，使得模式表述不完整，而失去技术文件的价值。如：公式（1.4）中，缺少核素在水中浓度的计算（或最小稀释倍数法），涉及核素在地下水中的运移等。</p>	<p>采纳。 内照射的参数包括食入和吸入。其中，居民食谱一般考虑采用场址周边实际调查数据。个人呼吸率取值差别较大，建议采用当地特定的受照人群组的实测数据。 已对计算公式和参数描述进行校核和梳理；在附录 1 的 1.4 饮水途径的计算公式已补充最小稀释倍数法。</p>
<p>(6) 本文件缺少工作流程的最后一步，即如何“根据核设施退役终态剂量准则，反推得出单一核素的土壤残留放射性水平”。</p>	<p>采纳。 在概述章节，已补充描述“再由退役终态剂量准则除以单一核素的总有效剂量，得出单一核素的土壤残留放射性水平。”</p>
<p>(7) 根据某种照射场景给出一个完整的计算示例（作为附件）可能是必要的。</p>	<p>采纳。 附录 2 给出了农用地和建设用地的示例计算。</p>
<p>(8) 根据 HJ53 修订稿的要求，对本技术文件的范围、内容、技术路线的表述予以补充和完善。</p>	<p>采纳。 根据专家建议，已对技术文件的内容进行梳理和完善，技术路线图也相应修改，更加契合土壤残留水平导出工作，主要包括开放景象、照射途径、参数选取、示例计算等内容。</p>
<p>(9) 土地用途的类型应限定于 HJ53 修订稿所规定的三类土地。</p>	<p>采纳。 第二章的开放景象指出，退役终态具体的场址开放景象与土地用途紧密相关。对于不同的土地用途，其场址的开放景象也各有不同。核设施退役后的土地用途可分为农用地和建设用地两大类。这与 HJ53 修订稿的三种土地类型是对应的，范围是保持一致的。</p>
<p>(10) 开放景象应改为活动景象，包括在退役场址用途假设的基础上假设公众活动景象，主要活动人群特性，还应分析核素筛选等内容。</p>	<p>不采纳。场址开放在 HJ53 修订稿里进行定义。这里所说的开放景象是对应场址开放而言的，主要包括退役场址的人类活动情况，也会考虑主要的受照人群组。</p>
<p>(11) 增加核素筛选的方法或模式</p>	<p>不采纳。筛选主要放射性核素不属于本技术文件的主要内容，而是导出单一核素土壤残留水平的前提条件。</p>

专家意见	处理情况
(12) 章节名称和技术文件标题保持一致。	采纳。 根据专家建议，已修改章节名称。
(13) 给出一个附录，指导根据土地用途确定照射情景。	采纳。 技术文件的第二章给出了开放景象，对于农用地和建设用地具体分析。
(14) 附录 3 仅给出通用参数，如成人和儿童饮水量，删除具体退役终态相关的量。	采纳。 技术文件的第四章说明，尽可能采用场址相关参数的实测值（即场址特征参数）导出具体场址的土壤中残留放射性水平。
(15) 最好给出一个示例，在示例中给出参数选取具体值。	采纳。 附录 2 给出了农用地和建设用地的示例计算，包括开放景象、照射途径、参数选取、计算过程、计算结果。
(16) 对前言中的文字描述进行完善	采纳 在前言中，补充国内外相关资料，还结合我国退役工程和管理时间，给出了土壤中残留放射性水平导出的技术路线。同时，还说明本技术文件的使用范围。
(17) 在编制说明中补充与 EJ1191 的应用比较	采纳 本技术文件给出的计算模式更为简化，通过对比计算，计算结果更为保守
(18) 附录 3 中推荐值，由于不同区域不同耕作等差异性，推荐值不应为单一值，建议细化分区域分类给出，如水文地质、耕作深度等	采纳 在技术文件的第四章，尽可能采用场址相关参数的实测值（即场址特征参数）导出具体场址的土壤中残留放射性水平。附录 1 的表 1 列出导出土壤中残留放射性水平的相关特征参数，并说明尽可能采用实际测量数据。
(19) 食入土壤的剂量模式中，FA、FCD 如何选取没有出处	采纳 对于 FA，补充了计算公式； 对于 FCD，由于不设覆盖层，保守取 1。
(20) 认真核实附录 1 各剂量模式相关内容	采纳 对附录 1 的计算公式逐一进行核实并修改完善。
(21) 计算模式的修改建议，如 Cf、DF、FWR、WSR	采纳 根据专家建议，在附录 1 计算模式中逐一进行梳理并修改完善。

专家意见	处理情况
<p>(22) 关于土壤用途的修改建议, 如“土壤污染责任人”建议修改为“污染场址退役治理责任单位”; “应沟通... 确定”建议修改为“应根据土壤污染治理的客观情况提出具体的土地用途建议方案与自然资源主管部门和生态环境主管部门进行沟通, 并由自然资源主管部门确定具体的土地用途”</p>	<p>不采纳。 这属于管理方面的内容, 不是本技术文件导出土壤中残留放射性水平的过程。</p>
<p>(23) 计算模式的修改建议, 如附录 1 的 1.4 的量纲, 1.7.1 的量纲。</p>	<p>采纳 根据专家建议, 对附录 1 的 1.4 和 1.7.1 的量纲逐一进行梳理。</p>
<p>(24) 食物中 H-3 是否考虑 OBT</p>	<p>没有单独计算 OBT 的影响, 而是采用简化保守的方法计算食物中 H-3。</p>
<p>(25) C-14 的吸入途径</p>	<p>吸入途径按附录 1 的 1.3 的计算模式进行计算。其中, 空气中 C-14 的浓度按 1.7.2 的公式进行计算即可。</p>