

《放射性核素摄入量及内照射剂量估算方法》编制说明

一、项目基本情况

1.项目来源 2025 年 7 月，国家标准委下达《放射性核素摄入量及内照射剂量估算方法》修订项目计划，计划号：20255352-T-361。

2.各起草单位和起草人承担的工作

本标准起草单位：中国医学科学院放射医学研究所、天津市疾病预防控制中心、首都医科大学附属北京朝阳医院、浙江省疾病预防控制中心、

本标准起草人：武权、刘庆芬、张继勉、杨旗、宣志强、李松、翟贺争、阮书州、俞顺飞、陈雪。

承担工作如下：刘庆芬负责标准工作的总体协调，审阅各版本标准文本，组织征求专家意见；武权负责整理国内外相关文献资料，处理征求意见，各版本标准文本、编制说明的编制，张继勉、杨旗、宣志强负责资料审核、审阅各版本标准文本和技术支持。李松、翟贺争、阮书州、俞顺飞、陈雪负责资料收集、各版本标准文本的制图、校对。

3、起草过程

2021 年 6 月，标准项目下达后，组建标准起草组，收集整理相关文献资料，拟定标准修订原则和标准结构框架。

2021 年 7 月 8 日，参加放射卫生标准修订工作启动会。

2021 年 7 月 9 日~7 月 16 日，工作组初步讨论，确定修订思路，撰写并完成标准工作组讨论稿和编制说明。

2021 年 7 月 18 日~7 月 25 日，在工作组讨论稿修改的基础上形成征求意见稿，并就征求意见稿向行业专家征求意见。共发函 28 份，收到反馈 28 份，其中非委员 21 份。

2021 年 7 月 26 日，根据专家汇总意见继续完善标准文本。

2021 年 7 月 30 日，提交《放射性核素摄入量及内照射剂量估算标准》（送审稿）、《编制说明》和《征求意见汇总处理表》至放射卫生标准专业委员会（以下简称委员会）秘书处。

2021 年 9 月 3 日~10 月 8 日，中国疾病预防控制中心在官方网站上对包括本标准的 13 项标准征求意见稿公开向社会征求意见。未收到意见反馈。

2022 年 10 月 26 日，放射卫生标准专业委员会秘书处组织专家对标准征求意见稿进行了预审，形成了预审意见 31 条，起草组根据预审意见进行了相应修改(预审意见修改详情见附件)后将送审资料提交秘书处。

2022 年 12 月 7 日，放射卫生标准专业委员会放射性疾病诊断组第六次会议对标准送审材料进行了会审审查，形成了审查意见 8 条，起草组根据审查意见再次对标准和其他材料进行了相应修改。

2023 年 5 月 24 日~25 日，放射卫生标准专业委员会放射性疾病诊断组第七次会议对标准修改后的送审材料再次进行了讨论，形成了修改意见 12 条，起草组根据修改意见再次对标准和其他材料进行了相应修改。

2023 年 7 月 19 日~20 日，放射卫生标准专业委员会放射性疾病诊断组第八次会议对再次修改后的送审材料进行了会审审查，审查结果为通过。

2023 年 12 月，根据中国疾控中心卫生标准处反馈意见，对标准报批稿和编制说明进行了修改。

2023 年 3 月，根据国家卫生健康委相关司局的意见，修改标准报批稿和编制说明进行

了修改。

二、与相关规范性文件和其他标准的关系

天然放射性核素和人工放射性核素除可对人体造成外照射外，还可经食物、饮用水和大气进入人体而造成内照射。

过去的核事故，特别是1986年原苏联切尔诺贝利核电站事故使白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰地区大量居民撤离、大片土地和作物受放射性污染，北半球所有国家都可测到放射性沉降物污染。美国“9.11”事件后，核辐射作为恐怖手段之一的可能危害受到了各国的重视。无论是核装置或“脏弹”爆炸、放射源或放射性物质释放、袭击核电站或其他核设施以及核武器爆炸事件等，都可能导致放射性核素污染。具有现实警示意义的是2011年3月11日，日本9.0级大地震和海啸引起的福岛核电站泄漏事故，影响了全球的食品和饮水。2021年4月，日本政府拟强行将核事故废水排入大海，对全世界的核安全提出了新的挑战。这些都与放射性核素的内照射息息相关。

我国《国家核应急预案》中也有相关条款，如“3.1.2辐射监测和后果评价：开展事故现场和周边环境（包括……食品和饮水等）放射性监测……，以及应急工作人员和公众受照射剂量的监测等。……”“3.1.6市场监管和调控：针对受事故影响地区市场供应及公众心理状况，及时进行重要生活必需品的市场监管和调控。禁止或限制受污染食品 and 饮水的生产、加工、流通和食用，避免或减少放射性物质摄入”。

20世纪70年代初，为落实周恩来总理“进出口食品应进行无放射性物质污染签证”指示，按卫生部（74）卫防字第428号文《检发食品卫生（放射性部分）科研规划》安排，中国医学科学院放射医学研究所组织各省、市、自治区开展了大量调查研究，首次制定和试行了我国内部标准《食品中放射性物质限制量》（GBn54—77，后改为GBn54—81）。1994年按国际放射防护委员会（ICRP）26号和30号出版物，根据原国家基本标准《放射卫生防护基本标准》（GB 4792—84）对公众长期持续照射控制原则，吸收当时国内外进展，制定和发布了包括12种核素或元素（原称放射性物质，下同）的我国《食品中放射性物质限制浓度标准》（GB 14882—94）和配套的《食品中放射性物质检验》国家标准（GB 14883.1—10—1994）^[5]。GB 14882—94对公众食入放射性核素造成的内剂量已有评价估算方法，其配套标准也是食品中放射性核素摄入量的检测方法的依据。

2002年我国发布的《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002），该标准中规定了适用于内照射的待积有效剂量的公式，在附录B中给出了工作人员和公众成员食入和吸入的剂量转换系数，这些都是内照射剂量评估的基础数据。

对于职业内照射的监测和评估，我国已有专项的职业卫生标准GBZ 129，现行版本为2016年发布，该标准对于职业人员内照射的监测方法、周期，剂量估算方法等都有详细的阐述，是放射性核素内照射摄入量和剂量估算重要的组成部分。

由此可见，为保障我国人民健康，促进人员救治和事故处理以及核应急预案、科学研究需要，都应对放射性核素摄入人体后进行评估和剂量评价。其评估方法作为此工作的技术规范是极其重要的，GB/T 16148即是这个工作的体现。修订GB/T 16148—2009具有重要的现实意义和社会、经济效益。

GB/T 16148在以上标准的基础上，综合考虑放射性核素摄入和内照射剂量估算相关内容，因职业照射中的相关内容已有专项标准GBZ 129进行了充分和详细的规定，故本次修订重点放在了日常情况下的公众照射中放射性核素摄入和内照射剂量的估算，同时补充GBZ 129中未给出的模型、计算框架和公众剂量系数等，与GBZ 129共同组成放射性核素摄入和内照射剂量估算的标准方法。

三、国外相关规定和标准情况的对比说明

国际放射防护委员会在 ICRP 第 30、54、78 号出版物就给出了工作人员放射性核素的监测、摄入限值和参数模式，在 ICRP 第 56、67、68、69、71、72 号出版物给出了公众成员摄入放射性核素的年龄依赖剂量学参数。在 ICRP 第 66 号和 ICRP 第 Supporting Guidance 3 号出版物给出了人类呼吸道模型和胃肠道模型。ICRP 第 100 号出版物更新了人类消化道模型。其后多项 IAEA 或 ICRP 相关标准都以 ICRP 第 66、72、Supporting Guidance 3 等为蓝本。如 IAEA 安全系列标准第 RS-G-1.2 号 “Assessment of occupational exposure due to intakes of radionuclides” 和 IAEA 安全报告系列第 37 号 “Methods for assessing occupational radiation doses due to intakes of radionuclides”。ICRP 第 119 号出版物更新了第 68 和 72 号出版物的剂量系数。2018 年出版的 IAEA 安全标准系列第 GSG-7 号 Occupational Radiation Protection 中的内照射也是以上模型的延续。

近年来，ICRP 陆续出版了第 130 号、134 号、137 号、141 号、151 号等出版物对职业照射内照射的估算模式和系数进行了更新，这些出版物是基于 ICRP 第 100 号出版物中的新消化道模型和 ICRP 66 号出版物中的呼吸道模型，同时 ICRP 对公众照射内照射剂量的估算的新出版物也在进行中但是还未出版。

原标准 GB/T 16148—2009 即参考了 IAEA 安全报告系列第 37 号 “Methods for assessing occupational radiation doses due to intakes of radionuclides” 和安全系列标准第 RS-G-1.2 号出版物 “Assessment of occupational exposure due to intakes of radionuclides” 进行编制的。

本次修订后的标准在职业照射上参考了 ICRP 第 130 号、134 号、137 号、141 号、151 号等出版物和 IAEA 安全系列标准第 GSG-7 号中对内照射估算模型和系数的最新成果，同时根据 ICRP 第 56、67、68、69、71、72、119 号出版物给出了日常公众照射内照射剂量的估算，技术内容均以国际相关标准或文献为依据。

四、各项技术内容的依据

对于职业照射中的放射性核素摄入量和内照射剂量估算，我国已有专项国家职业卫生标准 GBZ 129—2016《职业性内照射个人监测规范》对其进行了详细的规定，近年来 ICRP 陆续出版了第 130 号、134 号、137 号、141 号、151 号等出版物对职业照射内照射的估算模式和系数进行了更新。这些出版物在职业内照射计算方法和参数上有更新，特别提出直接从测量量通过 $z(t)$ 函数进行剂量的估算，在职业性内剂量估算中可省略摄入量计算的一步，使职业性内照射剂量的计算更简单，因此建议职业照射中的内照射剂量标准应及时更新。

本标准为与现行的 GBZ 129—2016《职业性内照射个人监测规范》相一致不发生冲突，协调统一公众照射和职业照射的一般内照射剂量计算方法，因此本次修订中职业照射相关内容参考了 GBZ 129，并引入新的内照射估算方法，同时增加了公众照射内容。

1. 范围

原标准的界定范围是根据其标准内容给出的，按照本标准的内容，对标准范围的描述为“本标准规定了放射性核素摄入量及内照射剂量估算的方法。本标准适用于职业照射和公众照射的放射性核素摄入量及内照射剂量的估算。”。删除了原标准“不确定度估算中应考虑的因素。”，因不确定度仅是估算方法中的子内容，现在的标准文本阐述中包括了不确定度，不需单独在“范围”内提及。

2. 规范性引用文件

原标准规范性引用文件只有GBZ 129—2002，本标准按照标准内容将GBZ 129—2002变更为不设年号的GBZ 129，以与GBZ 129的新旧版本一致，同时根据正文内容增加了GB/T 16141 《放射性核素的 α 能谱分析方法》、GB/T 16145 《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》、WS/T 584 《人体内放射性核素全身计数测量方法》等相关检测方法的引用。

3.术语与定义

原标准在术语和定义中共给出了“摄入量”、“吸收量”、“滞留量”、“沉积”、“呼吸道模型”、“胃肠道模型”、“直接测量”、“间接测量”、“空气动力学直径活度中值”、“空气热动力学直径活度中值”10个术语。

本标准按照标准内容对应，删除了“吸收量”、“滞留量”、“沉积”、“空气热动力学直径活度中值”等在标准正文中未出现的4个术语，删除了“呼吸道模型”和“胃肠道模型”两个在附录中有详细叙述的术语，保留了“摄入量”、“直接测量”、“间接测量”、“空气动力学直径活度中值”4个术语。

“摄入量”按照“IAEA Safety Glossary (2018)”进行了改写。“空气动力学直径活度中值”按《放射医学与防护名词》(2014)中的“活性中值空气动力学直径”相关内容改为“活度中值空气动力学直径”；“直接测量”和“间接测量”按照原标准相关内容进行了精简，删除了原标准术语定义中的评价性内容。

4.摄入途径与模式

保留了原标准“摄入途径与模式”的内容。描述上删除了原标准的“采用ICRP推荐的”。并按照附录A中各条目的具体内容分条目列述。

5.放射性核素摄入量的估算

本章标题在原标准“摄入量的测量和估算”的基础上增加了“放射性核素”的定语。删除了“测量”，因摄入量无法测量，测量只是摄入量估算的中间步骤。

将原标准“5.1 摄入量测量的主要方法”改为“5.1 一般方法”。原标准5.1.1的内容基本保留，为逻辑上对应，将语句内容中的改为“应用直接测量给出的全身、器官或组织中的放射性核素的测量结果，间接测量给出的生物样品的放射性核素的测量结果，环境样品的放射性核素的测量结果，结合摄入途径、摄入时间、放射性核素的辐射特性和生物动力学行为等估算放射性核素的摄入量。”此描述也参考了ICRP第103号出版物中4.4.2的描述。

将5.2条改写为“职业照射”。5.2.1中叙述了特殊监测和任务相关监测时的估算。5.2.2叙述了空气采样方法估算吸入模式下的核素摄入量的计算方法。5.2.3采用了GBZ 129—2016附录B.1中常规监测（连续摄入）的方法。

增加了5.3“公众照射”。5.3.1明确了公众个体摄入量估算一般情况下可参照职业照射5.2.1的方法。5.3.2给出以空气采样方法估算公众个体吸入核素摄入量时可参照5.2.2的方法。5.3.3叙述了当无法用5.2.1和5.2.2方法且有食入途径时，以消耗量模式下公众个体放射性核素摄入量的补充估算方法。

6.内照射剂量估算及方法

本章标题保留了原标准第6章的标题。

删除原标准的6.1，原标准6.1仅是描述单个核素的剂量估算，可被全部核素包括，故不再保留。将6.1更改为提出放射性核素摄入量及内照射剂量估算的逻辑框图。

将原标准6.2的2个公式精简为1个公式（与GBZ 129—2016算法一致），并重新进行了描述，成为本标准的6.2，同时给出了内照射剂量估算的一般公式。在剂量评价中，待积有效剂量有着较复杂的公式（此处未列），它是摄入放射性物质后，随时间积分的一个剂量学量，如果没有特别说明，对成年人，积分50年，对儿童积分70年。使用复杂公式计算待积有效剂量比较困难，实际操作中也不需要这样复杂的计算，因此剂量学公式采用了简化公式，

即本标准 6.2 中的公式（也是原标准 6.2 中的公式），仅在参数和参数意义上小的改动。应该注意的是，有效剂量不是个人特定的剂量量，而是在特定照射条件下对参考人的剂量，对于个人在可能在特殊情况下的器官剂量（如摄入大量放射性核素情况），ICRP 第 130 号出版物中明确对个人的评估不在其考虑的范围内。

增加了 6.3 条，将 ICRP 第 130、134、137、141、151 号出版物中新的职业照射内照射剂量估算方法（即直接通过测量量和 $z(t)$ 函数估算内照射剂量）分 6.3.1~6.3.3 条进行阐述，分别是特殊监测和任务监测一次测量时和常规监测时的职业内照射的剂量估算方法。

7.放射性核素摄入量及内照射估算中的不确定度

改写了原标准本章的标题，以使本章的标题和标准标题呼应。将本章的主要内容变更为资料性附录（附录 G）。

8.附录 A

因 ICRP 第 68、72、119 号出版物中的相关模型中描述核素在人体内摄入、转移和排泄路径的示意图在 ICRP 第 130 号出版物已有改变，人呼吸道模型和人消化道模型的结构示意图均有改变，因此按照 ICRP 第 130 号出版物重新绘制了图 A.1、图 A.2 和图 A.3，并按照 ICRP 第 130 号出版物相关内容改写了 A.2 和 A.3。在 A.4“伤口和完好皮肤摄入”中按照 IAEA 安全标准系列第 GSG-7 号相关内容增加了 A.4.2 和 A.4.3 的相关描述，补充完善了伤口和完好皮肤摄入的相关内容。本附录为资料性附录。

9.附录 B

保留了原标准的附录 B，按照实际内容将原标准附录 B 标题“用直接和间接测量数据估算摄入量的方法”改写为“摄入量及内照射剂量估算方法的逻辑框图”将图 B.1 按照 IAEA 安全标准系列第 GSG-7 号 P17 中的计算逻辑图进行了修改（在间接测量增加了食品饮用水的浓度和消费量的相关内容），删除了原 B.2“其他情况采用的方法”。本附录为资料性附录。

10.附录 C

删除了原标准的附录 C，原标准附录 C 表的数据来源是安全报告系列第 37 号“Methods for assessing occupational radiation doses due to intakes of radionuclides”，原标准附录 C 中吸入、食入、注入的剂量系数仅为职业照射时使用，且核素种类非全部核素，也未包含公众照射的剂量系数。职业照射估算中吸入、食入、注入的剂量系数在 GBZ 129—2016 已列出，故删除了原附录 C。

将 ICRP 第 119 号出版物(经 ICRP 第 123 号出版物勘误)中表 F.1 的公众食入放射性核素的有效剂量系数选取 25 种主要关注的放射性核素（ ^3H 、 ^{14}C 、 ^{18}F 、 ^{35}S 、 ^{40}K 、 ^{60}Co 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Sr 、 ^{90}Y 、 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{234}U 、 ^{235}U 、 ^{238}U 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{241}Am ）列出作为附录 C 以便于使用。表中的物理半衰期按照 ICRP 107 号出版物的数据列出。为避免理解和使用误解，将 ICRP 第 119 号出版物 F.1 中的年龄组别“infant”、“1 year”、“5 years”、“10 years”、“15 years”、“Adult”变为 GB 18871-2002 和 IAEA 基本标准第 GSR Part 3 号中相关内容一致的“<1 岁”、“1 岁~2 岁”、“2 岁~7 岁”、“7 岁~12 岁”、“12 岁~17 岁”、“>17 岁”，并且将表格中放射性核素的半衰期按照 ICRP 第 107 号出版物进行了修正，附录 D 和附录 E 中同，本附录为资料性附录。

11.附录 D

删除了原标准的附录 D，原标准的附录 D 是职业照射内照射剂量估算的示例，在 GBZ 129—2016 附录 F 中也给出了示例，因此为避免标准交叉重复，删除了附录 D。

将 ICRP 第 119 号出版物的表 G.1（经 ICRP 第 123 号出版物勘误）公众成员吸入放射性核素的有效剂量系数选取 25 种主要关注的放射性核素（ ^3H 、 ^{14}C 、 ^{18}F 、 ^{35}S 、 ^{40}K 、 ^{60}Co 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Sr 、 ^{90}Y 、 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{234}U 、 ^{235}U 、 ^{238}U 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{241}Am ）列出作为附录 D 以便于使用，表中的物理半衰期按照 ICRP 107

号出版物的数据列出。本附录为资料性附录。

12.附录E

将ICRP 第119号出版物的表H.1公众成员吸入可溶性或活性气体与蒸汽的有效剂量系数选取5种主要关注的放射性核素（ ^3H 、 ^{14}C 、 ^{35}S 、 ^{106}Ru 、 ^{131}I ）列出作为附录E以便于使用。表中的物理半衰期按照ICRP 107号出版物的数据列出。本附录为资料性附录。

13.附录F

因在6.3条增加了ICRP第130、134、137、141、151号出版物中新的职业照射内照射剂量估算方法（即直接通过测量量和 $z(t)$ 函数估算内照射剂量），附录F中即从ICRP第134、137、141、151中选取24种主要关注的放射性核素（ ^3H 、 ^{14}C 、 ^{35}S 、 ^{40}K 、 ^{60}Co 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Sr 、 ^{90}Y 、 ^{99}Tcm 、 ^{106}Ru 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{234}U 、 ^{235}U 、 ^{238}U 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{241}Am ）的 $z(t)$ 在本附录中以表F.1-表F.32列出以便于使用，本附录为资料性附录。

核素	来源	核素	来源	核素	来源
^3H	ICRP第134号出版物 表2.8	^{99}Tcm	ICRP第134号出版物 表15.8	^{228}Ra	ICRP第137号出版物 表13.9
^{14}C	ICRP第134号出版物 表3.10	^{106}Ru	ICRP第137号出版物 表2.7	^{232}Th	ICRP第137号出版物 表14.13
^{35}S	ICRP第134号出版物 表5.8	^{131}I	ICRP第137号出版物 表5.12	^{234}U	ICRP第137号出版物 表15.9
^{40}K	ICRP第151号出版物 表9.6	^{134}Cs	ICRP第137号出版物 表6.8	^{235}U	ICRP第137号出版物 表15.10
^{60}Co	ICRP第134号出版物 表8.10	^{137}Cs	ICRP第137号出版物 表6.9	^{238}U	ICRP第137号出版物 表15.11
^{89}Sr	ICRP第134号出版物 表10.9	^{210}Pb	ICRP第137号出版物 表9.8	^{239}Pu	ICRP第141号出版物 表22.18
^{90}Sr	ICRP第134号出版物 表10.10	^{210}Po	ICRP第137号出版物 表11.6	^{240}Pu	ICRP第141号出版物 表22.19
^{90}Y	ICRP第134号出版物 表11.6	^{226}Ra	ICRP第137号出版物 表13.8	^{241}Am	ICRP第141号出版物 表23.9

14.附录G

将原标准第7章内容改为本附录G.1条，将原标准7.1、7.2改为本标准G.1.2、G.1.3。将原标准7.3的内容结合GBZ 129—2016附录H“内照射个人检测的不确定度分析方法”相关内容进行了改写，变为G.1.3条。按照GBZ 129—2016附录H“内照射个人检测的不确定度分析方法”增加了G.1.4条“不同受照情况引起的不确定度”，补充完善了不确定度的需考虑的因素。增加了G.2估算中不确定度的分析方法，G.2.1中对于检测方法或结果引起的不确定度的分析引至各相关检测方法，因GBZ 129—2016附录H“内照射个人检测的不确定度分析方法”，有不不确定度分析的详细示例，本标准不再赘述，G.2.2中将不确定度和具体估算的示例引至GBZ 129。本附录为资料性附录。

15.参考文献

列出了23个相关国际出版物和资料，以便在使用本标准时参考。

五、征求意见和采纳情况

征求了28家单位或个人（其中非委员21人）的意见或建议，综合整理了109条意见或建议。109条意见或建议采纳或部分采纳90条，未采纳19条。采纳或未采纳的理由见征

求意见汇总处理表。

六、 重大意见分歧的处理结果和依据

无。

七、根据需要提出实施标准的建议，强制性标准应当说明强制执行涉及的机构和产品

1.本标准建议发布后六个月实施。标准实施中要特别注意与 GBZ 129 标准的衔接，使用本标准时应注意 GBZ 129 等标准的共同使用。

2.应加强对国际相关标准和文献的追踪，待国际相关标准和文献更新完成后及时再次修订本标准。

3.加强本标准的宣贯。

4.本标准为推荐性标准，无强制执行涉及的机构和产品。