

附件 3

# 《环境空气中氮的标准测量方法（征求意见稿）》

## 编制说明

《环境空气中氮的标准测量方法》标准编制组

二〇二〇年五月

# 目 录

1	项目背景.....	1
1.1	任务来源.....	1
1.2	工作过程.....	1
2	标准修订的必要性分析.....	1
2.1	氨的危害.....	1
2.2	相关环保标准和环保工作的需要.....	3
2.3	现行标准的实施情况和存在的问题.....	3
3	国内外相关标准情况.....	4
3.1	主要国家、地区及国际组织相关分析方法研究.....	4
3.2	国内现有相关技术标准和规范.....	5
4	标准修订的基本原则和技术路线.....	5
4.1	标准修订的基本原则.....	5
4.2	标准的适用范围和主要技术内容.....	6
4.3	标准修订的技术路线.....	6
5	标准主要修订内容.....	9
5.1	修订的主要依据.....	9
5.2	修订的主要内容.....	9
6	与国内外同类标准或技术法规的水平对比和分析.....	9

# 1 项目背景

## 1.1 任务来源

根据原国家环境保护总局 2007 年下达的国家标准制修订计划，浙江省辐射环境监测站承担了 24 项国标的制修订任务。《环境空气中氡的标准测量方法》（GB/T14582-1993）的修订是此次国标制修订任务的其中一项，此项任务的完成期限为 2008 年 12 月。项目编号为 1585。

项目要求通过对现有的标准方法进行系统调研，修订《环境空气中氡的标准测量方法》（GB/T14582-1993），经广泛征求意见后进一步修改，形成科学实用性、符合现实情况的新标准，即形成环境空气中氡的标准测量方法国家标准送审稿。承担单位为浙江省辐射环境监测站（辐射环境监测技术中心）。

## 1.2 工作过程

2007 年任务下达后，编制单位成立标准编制组，开展资料调研、专家咨询、论证。2008 年形成征求意见稿，向全国各有关单位征求意见。根据反馈意见，于 2010 年 1 月，形成送审稿；后又陆续收到中国辐射防护学会、中国核学会关于标准的修改意见，编制组根据修改意见进行了修改。

按照《国家环境保护标准“十三五”发展规划》（环科技〔2017〕49 号）及辐射环境监测管理新要求，2019 年，编制单位重新组建标准编制组，对标准的修订重新进行了梳理。2020 年 3 月，标准编制组组织专家对征求意见稿进行了函审，根据专家提出的意见，对标准进一步修改完善，形成征求意见稿。

# 2 标准修订的必要性分析

## 2.1 氡的危害

### 2.1.1 氡及氡子体的特性

#### （1）氡的理化特性

氡在标准状态下是无色无味透明的单原子惰性气体，密度为  $9.73 \text{ kg/m}^3$ 。当温度下降到  $-65^\circ\text{C}$  时变为液体，其密度为  $5.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，汽化热为  $4325 \text{ cal/mol}$ 。温度进一步下降到  $-71^\circ\text{C}$  时变成闪闪发光的橙黄色固体。

氡是惰性气体，不易发生化学反应。氡的半衰期为 3.825d，衰变时发射出能量为  $5.49\text{MeV}$   $\alpha$  粒子。氡可溶解于水和多种液体中，也易溶于血液和脂肪中，还

可溶解于橡胶中，其溶解因子（液体中与空气中浓度之比）与温度、压力有密切关系。同时氡容易被活性炭、粘土等多孔材料所吸附。

## （2）氡子体性质

氡子体指的是铀系中氡衰变后的几个短寿命子体核素，铀系的 $^{218}\text{Po}$ （镭 A—RaA）、 $^{214}\text{Pb}$ （镭 B—RaB）、 $^{214}\text{Bi}$ （镭 C—RaC）、 $^{214}\text{Po}$ （镭 C'—RaC'）。钍系中钍射气衰变后产生的几个短寿命子体称为钍射气子体，镭射气的短寿命子体称为镭射气子体。由于钍射气和镭射气的半衰期较短，在空气中积累的浓度有限，因此，人们比较关注的是氡及氡子体。

氡子体的性质与氡完全不同，他们是重金属的固体微粒。氡衰变后新生成的 $^{218}\text{Po}$ 原子是一个能量约为 100 keV 的反冲核，在它和物体表面或凝聚核结合之前能自由存在一段时间，此时被称为未结合态氡子体。未结合态氡子体一般带有正电，扩散能力较强，在空气中存在的时间不长，很容易与空气中的凝聚核结合在一起而变成结合态氡子体。

未结合态氡子体有很强的附着能力，它们能牢固地附着在物体的表面，此种现象叫做附壁效应（plate-out），也称淀积效应。当空气流动速度增大时，这种附壁效应更明显，此种现象常用来降低局部空间的氡子体浓度。因此，只有在环境条件较稳定的情况下，空气中氡与其子体有一定的比例关系。

## （3）氡对人体的危害

氡作为一种广泛存在的天然辐射源，与其子体一起对人产生的辐射剂量，占天然辐射源产生的总辐射剂量中的 50% 左右。氡的危害最早是在对铀矿矿工的健康影响中显现出来的，其记录可以追溯到 16 世纪中欧厄尔士（Erz）山区一些矿工患有一种异常的致命的肺部疾病，当时称其为“施内贝格矿山病”，患者一般死于进矿工作 15~25 年之后。1913 年阿恩斯坦（Arnstein, A.）将“施内贝格矿山病”确诊为“初期肺癌”。1924 年路德维格（Ludwig, P.）和洛伦森（Lorenser, E.）报道施内贝格矿井空气中氡浓度高达 15~570 kBq/m<sup>3</sup>，并认为是矿工高发肺癌的致癌因素。这个观点在氡的辐射防护方面具有里程碑的意义。1951 年贝尔在美国联邦政府公共卫生调查局的支持下调查了科罗拉多高原铀矿井下辐射环境，提出矿工吸入含氡和氡子体的空气后，肺部辐射剂量几乎全部来自氡子体的  $\alpha$  辐射贡献。从此氡及氡子体的辐射防护得到了世界各国与国际组织的高度重

视。

氡也是导致居民肺癌发生的原因之一，是仅次于吸烟的诱发肺癌的第二大因素。自 20 世纪 70 年代末开始，发达国家对环境氡特别是室内氡浓度水平进行了大量的调查，美国国家科学院估计美国每年约 5000~20000 例肺癌死亡与氡有关。因此，1990 年以来各国都相继制定了居室内氡的干预行动水平，国际放射防护委员会（ICRP）65 号出版物《住宅和工作场所  $^{222}\text{Rn}$  的防护》建议行动水平在  $200\sim 600\text{Bq}/\text{m}^3$ 。2005 年公布了一项关于欧洲 9 个国家的氡致肺癌危险研究，此项研究明确地证明了居室内高水平氡照射有导致肺癌的危险，而且在英国现行的行动水平  $200\text{Bq}/\text{m}^3$  以下，肺癌的危险仍在增长，世界卫生组织（WHO）将氡及其子体列为 19 种致癌物质之一。

## 2.2 相关环保标准和环保工作的需要

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》和《中华人民共和国核安全法》，加强环境质量管理，监测氡对环境可能造成的污染，不断规范环境空气中氡的监测方法是十分必要和重要的。

《环境空气中氡的标准测量方法》（GB/T14582-1993）标准颁布实施已有 20 余年，在实际工作中已发现有不适宜的地方。因此，需要对上述标准进行修订，使修订后的标准主要技术内容科学、合理、可行，满足现实监测要求。

本项目的实施，可提高测量方法的准确性，对开展环境监测工作具有十分重要的意义。可广泛应用于环境监测、放射性污染源监测与评价等领域，以正确判断和估计环境中氡浓度水平以及对人可能造成的危害，及时发现异常情况，以便采取安全措施，防止对居民造成有害影响，保证环境安全，有较高的环境效益和社会效益。

## 2.3 现行标准的实施情况和存在的问题

目前国内开展氡测量的单位很多，采用的测量方法也很多，自发现氡以来，随着人们对氡的认识的深入，以及对氡危害的日益重视，测氡的方法和仪器也在不断完善和提高，但每种方法也都有其适用的范围和局限性。环境中的温度、湿度、气压及仪器的本底、灵敏度、响应时间等因素都会对测量结果造成影响。因此根据不同测量目的需选择不同的测量方法。

现行标准存在的问题主要表现为以下几个方面：

(1) 由于标准颁布实施时间过长，在文字表述、编制格式等方面与国内现有标准编制要求有差距，有必要对标准的章节进行合理安排，对内容进行适当修改。

(2) 原标准中采用双滤膜法、气球法现在已极少使用，同时脉冲电离室法、静电收集法和仪器在不断完善和提高，并得到了广泛的运用。

(3) 原标准中所列的测量方法描述过细，且该方法在现阶段已被新的方法所取代。

(4) 原标准中缺少方法应用的选择策略，根据不同的测量方法、目的和场所不同，应该要对测量方法有不同要求。

### 3 国内外相关标准情况

#### 3.1 主要国家、地区及国际组织相关分析方法研究

目前，国际上关于氡的标准主要由 ISO11665 和 IEC61577 标准。其中 ISO11665 标准系列提供了多种测量方法，并且提供了不同方法的选择策略。该标准主要由 10 个部分组成，包括了瞬时测量法、累积测量方法、连续测量法等。

对氡测量方法的现状进行的调研表明，至今为止，国内外已经开发出不少测量环境中氡及其子体的技术，主要有闪烁室法、 $\alpha$ 径迹法、活性炭盒法、双滤膜法、气球法、电离室法、静电收集法、驻极体法等。各种测量方法的比较见下表 1。

表 3-1 氡的各种测量方法比较

方法名称	优点	缺点	取样方式	取样时间	运用
闪烁室法	采样时间短(仅需十几秒钟)，对住户干扰小，受环境温度、相对湿度等因素的干扰较小	现场不能得到测量结果，需进行气压修正	主动 被动	瞬时 连续	一般
$\alpha$ 径迹法	可以进行环境水平氡浓度的长期累积测量，直接得到被测场所氡的年平均浓度；对 $\gamma$ 和 $\beta$ 射线不敏感，能够长久纪录并保持 $\alpha$ 辐射的照射信息，从而避免了由于时间、气象因素变化所带来的影响；适用于大批量样品的采集和集中处理与测读。方法稳定，测量结果重现性好	不能快速得到测量结果	主动 被动	累积	广泛
活性炭盒法	代表性较好，适用于环境大面积布样测量，取样干扰较小，成本低	对湿度、温度比较敏感，不适合在室外和湿度较大的地区使用	被动	累积	广泛

双滤膜法	排除了氡子体的干扰，提高了测量准确度	体积较大，装置笨重，不便于携带，采样泵流量大，采样时产生的干扰较大	主动	瞬时	较少
气球法	较为简单实用的瞬时测量方法，所需装置较少，携带方便	受环境影响因素较多	主动	瞬时	很少
电离室静电计法	采样快，对住户干扰小	不能即时给出数据，读数方法原始	主动 被动	瞬时 连续	很少
脉冲电离室法	灵敏度高，可以探测到环境水平，而且稳定性好，测量结果可靠	气压效应明显	主动 被动	瞬时 连续	广泛
静电收集法	便于携带，价格适中；测量时间短，不受大气压力变化的影响，现场可以得到测量结果，也可以连续监测环境氡浓度的变化	静电场受空气湿度的影响较大，需要进行除湿或湿度修正	主动 或被动	连续	广泛
驻极体法	测量氡浓度范围广，几乎适用于任何可遇到的环境条件	驻极体元件对 $\gamma$ 射线灵敏，在测量氡的同时，需要测量天然 $\gamma$ 辐射剂量率；偶然脱落或触动驻极体表面会引起驻极体表面电压明显下降	被动	累积	国内运用很少

### 3.2 国内现有相关技术标准和规范

目前，国内涉及测氡的标准有《室内氡及其衰变产物测量规范》(GBZ/T182—2006)、《铀矿山空气氡及子体测定方法》(EJ 378—89)、《氡及其子体测量规范》(EJ/T 605—91)、《空气中氡浓度的闪烁瓶测量方法》(GB/T16147-1995)、《矿用便携式 $\alpha$ 潜能快速测量仪》(EJ/T 825—94)、《水中氡的测量规程》(EJ/T1133-2001)等。

## 4 标准修订的基本原则和技术路线

### 4.1 标准修订的基本原则

我国环境保护标准制修订管理办法规定了标准制修订工作遵循的基本原则：以科学发展观为指导，以实现经济、社会的可持续发展为目标，以国家环境保护相关法律、法规、规章、政策和规划为根据，通过制定和实施标准，促进环境效益、经济效益和社会效益的统一；有利于保护生活环境、生态环境和人体健康；有利于形成完整、协调的环境保护标准体系；有利于相关法律、法规和规范性文件的实施；与经济、技术发展水平和相关方的承受能力相适应，具有科学性和可实施性，促进环境质量改善；以科学研究成果和实践经验为依据，内容科学、合

理、可行；根据本国实际情况，可参照采用国外相关标准、技术法规；制订过程和技术内容应公开、公平、公正。

本次修订在遵循上述原则基础上还满足下列要求：

(1) 符合《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（环办函 41 号公告）、《标准编写规则》（GB/T 20001-2001）和《环境保护标准编制出版技术指南》要求；

(2) 符合《环境监测分析方法标准制修订技术导则》（HJ/T168-2010）的要求。

(3) 修订后的标准方法应满足相关环境保护标准要求。

#### 4.2 标准的适用范围和主要技术内容

本标准规定了可用于测量环境空气中氡的五种测量方法，即径迹蚀刻法、活性炭盒法、脉冲电离室法、静电收集法、闪烁室测量法。

本标准的技术内容以《环境空气中氡的标准测量方法》（GB/T14582-1993）修订为主，其技术内容以 GB/T14582-1993《环境空气中氡的标准测量方法》为主，对该标准中的径迹蚀刻法、活性炭盒法进行了修订，增加了脉冲电离室法、静电收集法、闪烁室测量法。修订过程中参照了《室内氡及其衰变产物测量规范》（GBZ/T182—2006）、《铀矿山空气氡及子体测定方法》（EJ 378—89）、《氡及其子体测量规范》（EJ/T 605—91）、《空气中氡浓度的闪烁瓶测量方法》（GB/T16147-1995）、《矿用便携式 $\alpha$ 潜能快速测量仪》（EJ/T 825—94）、《水中氡的测量规程》（EJ/T1133-2001）和《环境保护标准编制出版技术指南》等资料。

本标准是对《环境空气中氡的标准测量方法》（GB/T14582-1993）的修订。修订过程参考了新标准的编制要求，使表述更加合理、准确，同时删除了原标准中关于双滤膜法和气球法的内容；增加了脉冲电离室法、静电收集法。

#### 4.3 标准修订的技术路线

本标准修订的技术路线图，见图 4-1。

(1) 查阅期刊文献、国内和国际标准化组织的标准文本。

(2) 组织专家论证会，确定标准存在的主要问题，对比国际标准与现有国家标准的具体内容，确定修订的内容；



(3) 参照有关的基础标准或者规范技术要求，编制国家标准文本草案，同时编制标准文本修订的说明。提交标准文本和编制说明的征求意见稿；

(4) 向国务院有关部门、环境保护相关机构、科研院所、大专院校等公开征求意见；

(5) 汇总回复意见，针对意见对草案文本和编制说明进行完善。提交标准文本和编制说明的送审稿；经过技术审查合格后正式发布。

(6) 召开标准审议会，进行技术和格式审查。

(7) 按照审议会专家意见修改，形成标准和编制说明报批稿，经行政审查合格后正式发布。

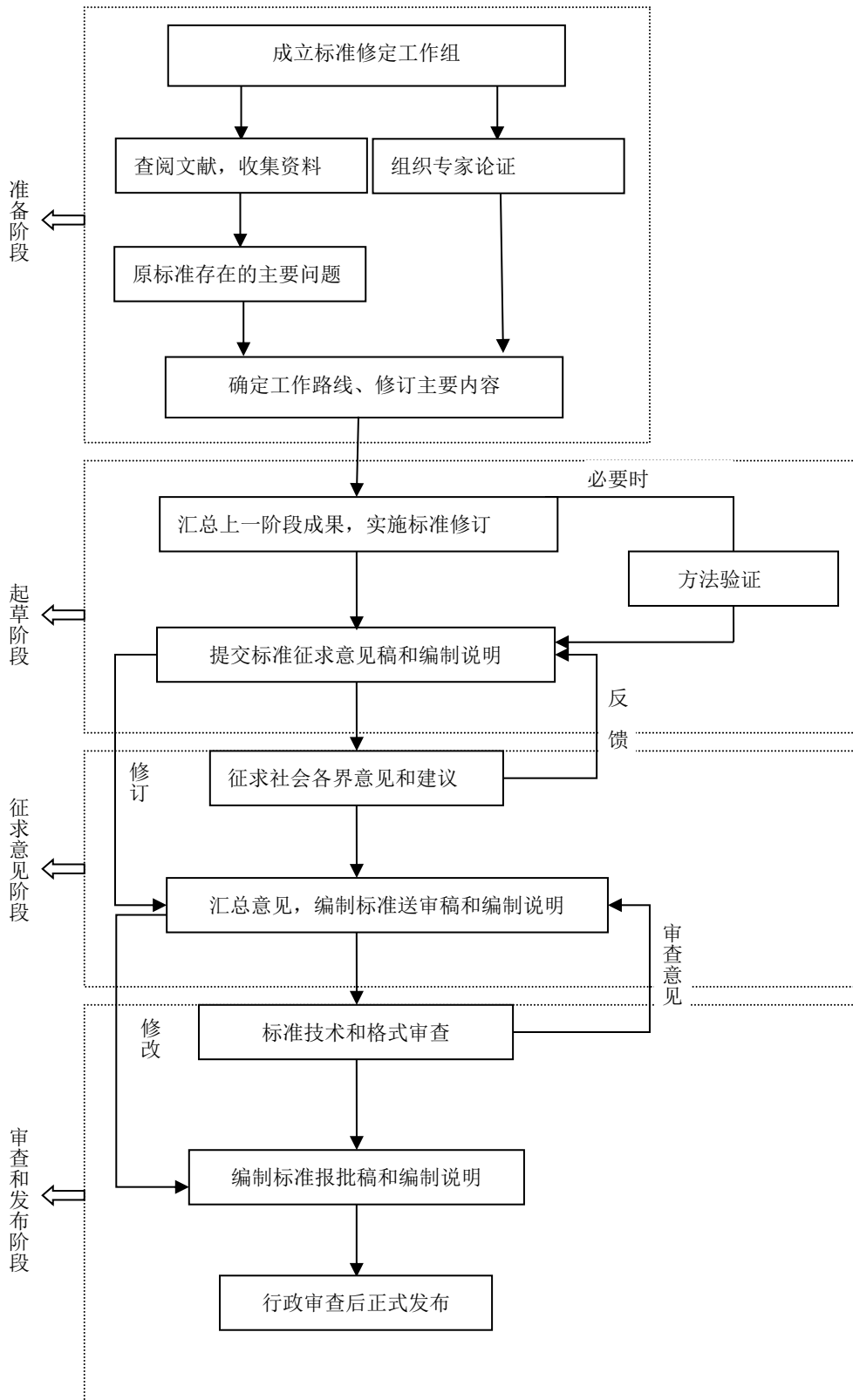


图 4-1 本标准修订的技术路线图

## 5 标准主要修订内容

### 5.1 修订的主要依据

(1) 《环境空气中氡的标准测量方法》(GB/T14582-1993) 国家标准的环境保护标准计划书和环境保护项目任务合同书。

(2) 全国各征求意见单位的反馈意见。

(3) 专家评审意见。

### 5.2 修订的主要内容

修订后的标准相对与原标准主要在以下几方面进行了修改：

(1) 对标准格式的规范

标准编制组根据环保部提供的标准最新格式要求对本标准编制格式进行了规范,同时也参考了《标准化工作导则 第1部分: 标准的结构和编写规则》(GB/T 1.1) 和《环境保护标准编制出版技术指南》等标准, 对原标准的封面、目次、前言和正文内容进行了修改。

(2) 删除了原标准中关于双滤膜法和气球法的内容。

由于双滤膜法和气球法现在很少使用, 因此, 删除了双滤膜法和气球法。

(3) 增添了脉冲电离室法、静电收集法、闪烁室测量法。

由于脉冲电离室法、静电收集法、闪烁室测量法的仪器在不断完善和提高, 并得到了广泛的运用。因此, 增添了脉冲电离室法、静电收集法、闪烁室测量法。

(4) 附录 B 剂量估算公式中, 明确了居民吸入氡子体所产生的年有效剂量当量与氡浓度  $C_{Rn}$  之间的核算关系。

(5) 对附录 C 适用于环境空气中氡的测量方法进行了修订。

(6) 对标准中部分术语、单位、公式及文字表述进行了规范。

(7) 在标准中增加了方法应用的选择策略, 根据不同的测量方法、目的和场所不同, 选择不同的测量方法。

(8) 对原标准中的固体径迹蚀刻法、活性炭盒法进行了修订, 根据现阶段上述测量方法的改进, 删除了原标准中过于详细的步骤, 以便适用于现阶段的改进的测量方法。

## 6 与国内外同类标准或技术法规的水平对比和分析

本标准是对《环境空气中氡的标准测量方法》（GB/T14582-1993）的修订，编写组调研了国内外氡测量技术的现状，参考了 ISO11665 和 IEC61577 标准，参照了《室内氡及其衰变产物测量规范》(GBZ/T182—2006)、《铀矿山空气氡及子体测定方法》(EJ 378—89)、《氡及其子体测量规范》(EJ/T 605—91)、《空气中氡浓度的闪烁瓶测量方法》(GB/T16147-1995)、《矿用便携式 $\alpha$ 潜能快速测量仪》(EJ/T 825—94)、《水中氡的测量规程》(EJ/T1133-2001)，对原标准中已经很少使用的标准方法进行了修改，增加了氡测量的选择性策略和原则性条款，同时结合我国环境空气中监测工作特点，制定了《环境空气中氡的标准测量方法》（GB/T14582-1993）的修订版。

修订后的标准能够较全面、客观反映现阶段环境空气中的测量方法和选择策略，具有较强的实用性、规范性和先进性。