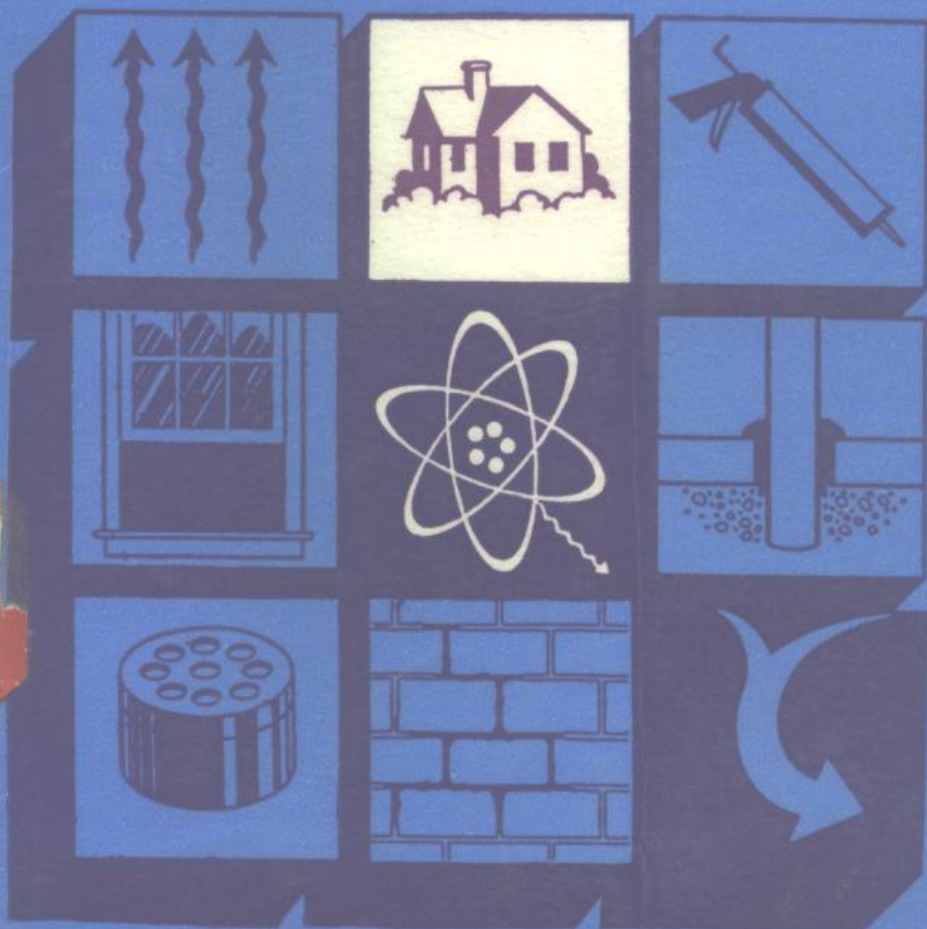


环境中氡来源及危害

赵亚民 等译

中国环境科学出版社



环境中氡来源及危害

赵亚民 等 译

中国环境科学出版社

1990

内 容 简 介

本书阐述了人类赖以生存的生活环境中氡的来源、性质及进入人体的途径和危害、探测方法以及减少和防止氡进入生活环境的措施，介绍了人们可以掌握的最简单的降氡方法，也介绍了在氡研究领域的国外最新资料。

本书可以作为科普读物献给广大读者，又可以作为环境保护、辐射防护、卫生保健等领域中专业技术人员的参考资料。

环境中氡来源及危害

赵亚民 等 译

责任编辑 刘永良

中国环境科学出版社出版

北京崇文区北岗子街8号

三河县艺苑印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1990年7月 第 一 版 开本 787×1092 1/32

1990年7月 第一次印刷 印张 8 1/4

印数：1—5 000 字数 190千字

ISBN 7-80010-662-5/X-354

定价：4.70元

2776/15

前 言

氡是一种放射性气体,呼吸时氡及其子体随气流进入肺部。氡子体衰变时放出 α 射线,这种射线像小“炸弹”一样轰击肺的细胞,使肺组织受损,严重时引起肺癌。据科学家估算,若房间里氡浓度高到200pCi/l,每100人一生中会有44~77人得肺癌(这样的浓度在某些地下室中就可以达到)。

现在各国对氡的问题都非常重视,有些国家甚至开展了全国性生活环境中氡的水平调查。以美国为例,美国政府一方面组织各州开展调查,一方面印发大量的有关氡的小册子,向公众宣传氡的问题。到1987年7月,美国国家环保局向各州和公众发放了28万册“氡的居民指南”和15万册的“降氡方法”。仅在最近二三年内,美国在氡的项目方面就支出了数千万美元。

我国是发展中国家,与发达国家有所不同。如在发达国家几乎家家使用空调;室内外空气交换不好,氡的问题变得更为突出。但是在我国同样存在氡的问题,如有的人住在地下室而又不注意通风;有人用含有铀的工业废渣作建材。此外,随着经济的发展,家庭使用空调也是一种不可避免的趋势。

鉴于氡是个人人面临的普遍性问题。目前个别地区氡的问题已相当严重,随着经济发展,住宅条件的改善,氡的问题会变得更为严重。出于保护环境、保护公众健康的愿望,译者愿意把在美国进修期间收集到的九篇最新(1986年以后)关于氡的资料介绍给大家。前面四篇是美国国家环保局出版的一套关于氡的宣传材料,后面四篇是关于氡测量方面的报告,最

后一篇是关于氡问题的综述报告。第一到第四篇由赵亚民同志译,第五篇由赵亚民、何玉槟同志合译,第六篇由于小江同志译,第七篇由何振芸同志译,第八篇由焦志延同志译,第九篇由鲍世宽同志译。全书由赵亚民同志校。

鉴于水平有限,错误难免,欢迎批评指正。

译 者

1989年3月于北京

目 录

第一部分 氡的居民指南	(1)
1. 什么是氡?	(1)
2. 氡来自何处?	(1)
3. 氡如何影响我们?	(2)
4. 科学家怎样确信氡的危险?	(2)
5. 氡是怎样引起肺癌?	(2)
6. 什么时候出现氡的问题?	(3)
7. 每一栋住宅都存在氡的问题吗?	(3)
8. 氡是怎样进入房子内的?	(4)
9. 如何探测氡?	(4)
10. 怎样可以获得氡探测器?	(5)
11. 应怎样使用测氡探测器?	(6)
12. 测量结果的含义是什么?	(7)
13. 应该多快采取行动?	(9)
14. 有什么其他因素应当考虑吗?	(12)
15. 怎样降低氡的危险度?	(12)
16. 资料来源	(13)
17. 州与美国国家环保局的区域性办公室的对 应关系	(14)
18. 美国国家环保局的 10 个区域办公室及地址	(15)
第二部分 降氡方法	(17)
一、综述	(17)
1. 美国国家环保局的研究	(17)
2. 特殊性问题	(17)
3. 一般性资料	(17)

4. 雇佣承包商	(18)
5. 技术资料	(19)
6. 方法	(19)
7. 降氡期间的跟踪测量	(20)
8. 在选定降氡方法之前应考虑的问题	(20)
9. 新的建筑物.....	(21)
10. 水中氡	(21)
11. 空气净化器.....	(22)
二、降氡方法.....	(23)
1. 自然通风.....	(23)
2. 强迫通风.....	(25)
3. 热回收式通风.....	(28)
4. 复盖暴露的土壤.....	(30)
5. 密封裂缝和开口.....	(32)
6. 排水孔管抽气	(35)
7. 从地板下面通风	(37)
8. 砌块墙通风	(38)
9. 防止室内负压	(40)
10. 室内增压	(43)
11. 性能比较(见表2-1).....	(44)
三、其他	(46)
1. 资料来源.....	(46)
2. 美国国家环保局的区域性办公室(略).....	(46)
3. 州与美国国家环保局的区域性办公室的 关系(略)	(46)
4. 各州负责氡项目的单位(略)	(46)
第三部分 清除家庭用水中的氡.....	(47)
1. 美国国家环保局的研究	(47)

2. 一般资料	(47)
3. 健康问题	(48)
4. 水中的氡	(49)
5. 要注意的区域	(49)
6. 从水到空气	(50)
7. 检测水	(51)
8. 控制方法	(52)
9. 粒状活性炭如何降氡	(53)
10. 粒状活性炭水箱	(53)
11. 维护	(56)
12. 跟踪检验	(56)
13. 成本	(57)
14. 来自水箱的辐射	(57)
15. 粒状活性炭的处置	(58)
16. 使工作就绪	(58)
17. 资料来源	(59)
第四部分 在新建筑物中除氡	(60)
1. 引言	(60)
2. 氡的性质	(61)
3. 新建筑物的原则	(63)
4. 房址评价方法	(63)
5. 建造方法	(64)
6. 减少氡进入室内路径的方法(图4-2)	(65)
7. 减少真空效应的方法(图4-3)	(68)
8. 房子建好后易于除氡的建造方法(图4-4)	(70)
9. 作者声明	(71)
10. 资料来源	(73)
第五部分 氡及氡衰变产物测量暂定方案	(74)

综述	(74)
一、一般考虑	(75)
1. 引言及背景情况	(75)
2. 标准测量条件	(76)
① 住宅条件	(77)
② 测量位置选择	(78)
3. 质量保证目标	(79)
二、氡的测量方案	(80)
1. 用连续氡监测器测量室内氡浓度的方案	(80)
2. 用 α 径迹探测器测量室内氡浓度的方案	(84)
3. 用活性炭罐测室内氡浓度的方案	(92)
4. 用瞬时随机取样法确定室内氡浓度的方案	(99)
三、氡衰变产物测量方案	(106)
3.1 用连续工作水平监测器测室内氡衰变产物 浓度的方案	(106)
3.2 用氡子体累积取样装置测室内氡衰变产 物浓度的方案	(106)
3.3 用瞬时随机取样确定室内氡衰变产物浓度的方案	(112)
参考文献	(122)
附录 A 对氡的瞬时随机取样方 案的补充资料	(124)
附录 B 对于氡衰变产物瞬时随机取样方案 的补充资料	(129)
第六部分 对氡及其子体进行筛选和跟 踪测量的暂定方案	(135)
综述	(135)
1. 引言	(137)
2. 筛选测量	(138)
3. 跟踪测量	(142)

4. 适宜的测量位置举例	(145)
5. 瞬时随机取样的推荐用法	(146)
6. 封闭的住宅条件	(147)
7. 仪器选择	(149)
参考文献	(153)
第七部分 氦及氦子体测量熟练化计划 累计	
的熟练化报告	(155)
综述	(155)
测量方法的选择	(157)
计划要求	(161)
缩写词的注释	(162)
表7-1按服务区域排列的测量公司名细表	(163)
表7-2对公司性能检验的结果	(169)
第八部分 美国国家环保局东方环境辐射实验室用	
活性炭罐测量氡-222的标准操作程序	(173)
一、综述	(173)
二、材料和设备	(174)
A. 活性炭罐	(174)
B. 计数系统	(175)
C. 刻度室	(177)
D. 标准和本底活性炭罐	(177)
E. 天平	(178)
三、实验室方法	(178)
A. 活性炭罐的准备	(178)
B. 刻度	(179)
C. 辐照过的活性炭罐中氡的计算	(183)
D. 最小可探测活度的计算	(187)
E. 质量保证程序	(188)
四、调查方法	(189)

A. 活性炭罐的运输	(189)
B. 使用	(189)
C. 表格	(189)
D. 时间限制	(192)
E. 报告	(193)
参考文献	(194)
第九部分 美国各州氨计划概述	(195)
一、引言	(195)
目标和方法	(195)
资料来源和问题	(196)
美国国家环保局的活动概要	(197)
报告的构成	(198)
二、计划的由来、侧重点和发展水平综述	(200)
州计划的由来	(200)
计划的侧重点和发展水平	(202)
三、计划特点概述	(206)
计划的构成和执行	(206)
测量活动	(217)
缓解活动	(233)
健康危害和地质研究	(234)
向公众提供资料活动	(241)
四、问题评论和趋势	(248)
各州表现出的问题和评论	(248)
总的评论和趋势	(249)

第一部分 氡的居民指南

美国国家环境保护局和美国疾病控制中心对室内氡水平高于平均值下生活的人们面临的肺癌发病率增加表示关切。这本小册子是美国国家环境保护局与美国疾病控制中心共同努力完成的，编写目的是为帮助读者了解氡的危害以及决定是否需要采取措施来减少家庭中氡的水平。

1. 什么是氡？

氡是天然产生的一种放射性气体。人们看不见它，闻不到它也尝不到它。

2. 氡来自何处？

氡来源于自然界中铀的放射性衰变。在含有铀的土壤和岩石、花岗岩、页岩、磷酸盐和沥青铀矿中，人们可以发现高浓度的氡。在受到某种类型的工业废物如铀和磷酸盐开采的付产品污染的土壤中，也会发现较高水平的氡。

在室外空气中，氡被稀释到很低的浓度，在通常情况下可以不必担心氡的问题。但是，一旦形成一个封闭的空间（如一所房子）氡可以在室内累积。室内空气中氡的水平依赖于建筑物的结构和房屋底下土壤中氡的浓度。

3. 氡如何影响我们？

受到较高水平氡的照射，已知唯一的健康效应是肺癌发生的危险度增加。但不是受到较高水平氡照射的每个人都要

得肺癌，一般从受到氡的照射起到肺癌发病之间可能要经过许多年。

科学家估计：在美国每年肺癌的死者中大约 5000～20000 人是因受到氡的照射而死的。（美国癌症协会预计：在 1986 年大约 130000 人死于肺癌。一般医师认为肺癌死亡人数中的 85% 归因于吸烟所致。）

受到氡照射时导致肺癌的危险度决定于氡的浓度和受到氡照射的时间。长时间受到略高的氡水平的照射，肺癌发生的危险比在短时间受到高水平氡的照射的危险要大。一般地说，引起肺癌的危险度随着氡水平和照射时间的增加而增加。

4. 科学家怎样确信氡的危险？

受到氡照射，和受到其他放射性污染物的照射一样，对健康造成的危险度的量存在一些不确定性。氡的危险度估计是基于对受到各种氡水平照射的在井下工作的矿工的观察研究。因此，与仅仅依赖于动物实验所得出的危险度估计相比，科学家们更确信通过观察矿工得出的氡的危险度估计。

为了说明在氡的危险度估计中的不确定性，科学家一般是将受到某一特定水平照射的危险度用一个数目范围表示。（在这本小册子中给出氡的危险度估计是根据美国国家环保局的科学顾问组的建议确定的，这个顾问组是为在各个科学问题方面向美国国家环保局提出建议而设立的专家小组。）

关于氡的危险度估计尽管存在着一些不确定性，但是人们普遍相信，受到氡的照射越多，产生肺癌的危险就越大。

5. 氡怎样引起肺癌？

氡，它本身会发生天然衰变并产生具有放射性的衰变产

* 即 α 粒子——译者注。

物。当呼吸时，氡的衰变产物能够被肺所捕捉。由于这些衰变产物的进一步衰变放出小的能量炸弹^{*}，这种小的能量炸弹能够损坏肺的组织，并导致肺癌，见图 1-1。

6. 什么时候出现氡的问题

氡一直在空气中存在着。首次提出室内氡浓度高的问题是在本世纪 60 年代末期，当时在美国西部地区发现有些住宅是用受铀矿废物污染了的材料建造的，自此以后，由于工业活动引起的氡的水平升高在美国许多地方相继发现。然而，直到最近我们才知道，在美国各地的住宅中，有些室内空气中的氡水平高是由于铀在建房地带的天然沉积引起的。

7. 每一栋住宅都存在氡的问题吗？

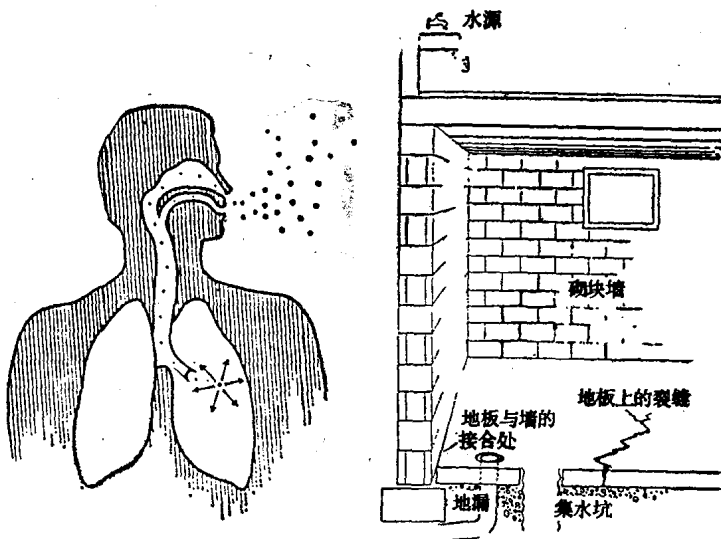


图 1-1 氡引起肺癌的示意图^{**}

图 1-2 氡进入室内的途径

^{**} 原文无图题和图序——译者注。

回答是否定的。在美国，大多数住房不存在氡的问题；然而相当少的一些房子确实存在较高的氡的水平。现在的困难是没有人知道那些房子存在氡的问题，那些屋子不存在氡的问题。你可以给你所在州的辐射防护办公室打电话，以便弄清楚是否在你所住的地区已经发现氡水平高的问题。

许多州以及联邦政府正在进行一项工作，想确认在这个国家的哪些地区可能存在室内氡的问题。但是，这项工作的早期结果还不能确定这个问题。如果你关心你的家是否存在氡的问题，你就应当在你家的住宅中进行一次氡的检验。

8. 氡是怎样进入房子里的？

氡是一种可以在房基下的土壤和岩石的空隙中自由运动的气体，氡可以通过泥土地板、混凝土地板上的裂缝，通过墙、地沟、集水坑、接合面以及空心砖墙中的缝或孔进入房间。

氡还可以进入井水中，当家庭用水时，氡会在水中释放出来进入室内空气中。通常，由大的社区公共水源供水的家庭，从用水中释放出来的氡算不了什么问题，因为水从公共水源地到家庭使用之前，在公共水源处氡已经释放到室外空气中去了。（有关水中氡的更加详细的资料，请与所在州的辐射防护办公室联系。）

在一些特殊的情况下，氡可能是从建房所用的材料中释放到室内。例如，如果在住宅中有大的石头壁炉或者有用大的石头床贮存热能的太阳能取暖系统的话，就会出现这一问题。但是，一般的建筑材料不会是室内氡的主要来源，见图1-2。

9. 如何探测氡？

因为氡是看不见、闻不到的，探测它需要专门的设备。市场上可以买到的两种最通常的氡探测器是活性炭罐和 α 径迹

探测器。测氡时先将这两种仪器在室内放置一段时间，然后将其送往实验室分析，见图 1-3，图 1-4。

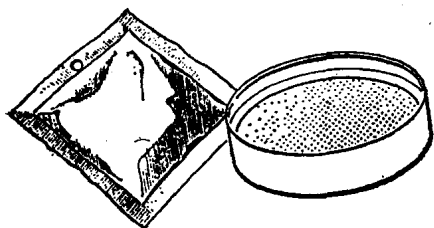


图 1-3 活性炭罐
检测时间：3~7 天

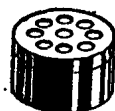


图 1-4 α 径迹探测器
最短的检测时间：2~4 周

还有其他一些探测氡的方法。——需要经过训练的人员操作——可用来测量室内空气中的氡的水平，但是这些方法要比上边提出的两种方法在成本上贵得多。

测氡结果可以用两种方式报告。若用测氡衰变产物的仪器测量，就用“工作水平”(WL)报告结果。若用测量氡气浓度的仪器测量，结果用“每升微微居里”(pCi/l)*表示。

10. 怎样可以获得氡探测器？

在一些地区，州或地方政府向房主提供测氡探测器。在许多地区，私人公司承担室内氡气水平检验。你所在的州的辐射防护办公室可能会向你提供关于探测器索取或服务方面的资料。

美国国家环保局指导一项氡测量的熟练化计划。这项自愿性的计划可以让各个实验室和营业部门展示一下它们在室内氡测量方面的能力。有关参加这一项计划的公司的名字

* “Ci 是放射性活度单位，WL 是氡衰变子体的照射单位。在正常情况下， $1\text{WL}=200\text{pCi/l}$ ——编者注”。

可以从各州的辐射防护办公室或从美国国家环保局的区域性办公室获取。

11. 应怎样使用测氡探测器

为了得到室内空气中关于氡水平的有用估计，需要在住宅内不同的地方放几个探测器进行测量。当考虑是否需要采取进一步行动时，要遵循下面几段给出的准则（测氡时，要遵守仪器制造厂所规定的测量条件。）

第一阶段：筛选测量

第一阶段应当进行的是一次短时间的“过筛式”测量，以便使你了解你的住宅中室内可能最高的氡气水平情况。这样，你就可以快速而又花钱不多地弄清楚你的住宅是否存在潜在的氡的问题。

筛选测量应当在你的住宅中可住人的最底层进行。（如果你有地下室，就在地下室中测量）。在进行测量之前，所有的门窗均要关闭达 12 小时以上，在整个测量期间也要尽可能保持关闭状态。为使整个测量期间氡的水平保持恒定，必须这样做。因为要使窗户尽最大可能关着，我们建议，应在一年的寒冷月份中进行这种短期氡测量的工作。

第二阶段：确定进一步测量的必要性

在大多数情况下，筛选测量不能做为你及你家庭受到照射的氡的平均水平的可靠测量。因为氡的水平随着季节变化以及在不同的房间会有很大的改变，筛选测量仅仅作为指示氡的问题的潜在性。基于筛选测量的结果，需要进行一次跟踪测量，这样就可以使关于室内氡的平均水平有更准确的了解。

下面的指南在确定进行跟踪测量的迫切性方面是有用的。