

◆ 职业技能鉴定规划教材

室内环境检测 技术

贾劲松 主编
姚运先 主审

SHINEI HUANJING
JIANCE JISHU

中国环境科学出版社

职业技能鉴定规划教材

室内环境检测技术

贾劲松 主编
姚运先 主审

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

室内环境检测技术/贾劲松主编. —北京: 中国环境
科学出版社, 2009.10

职业技能鉴定规划教材

ISBN 978-7-5111-0097-9

I. 室… II. 贾… III. 室内空气污染—检测—
职业技能鉴定—教材 IV. X510.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 177121 号

责任编辑 沈 建
责任校对 尹 芳
封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2009 年 10 月第 1 版
印 次 2009 年 10 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 11.75
字 数 260 千字
定 价 22.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

编 委 会

主 编 贾劲松

副主编 贺小凤 杨光明

参 编 赵根成 方 晖

主 审 姚运先

前 言

社会、经济和环境协调发展已经成为当今世界的主旋律。近年来，随着我国社会经济的飞速发展和人民生活水平的不断提高，直接关系到人体健康的室内环境质量问题的日益受到人们的普遍关注。进入新世纪以来，由建筑、装饰装修、家具和现代家电与办公器材等造成的室内环境污染，已成为影响人们健康的一大隐形杀手。在我国环境保护事业不断发展的形势下，室内环境保护已成为环境保护事业的一个新的重要组成部分。因此，我们必须对室内环境问题予以高度重视。

为了保护室内环境，我国相继颁发了《民用建筑工程室内环境污染控制规范》、《室内装饰装修材料有害物质限量》、《室内空气质量标准》等国家标准，对室内环境质量检测与评价、室内环境污染治理效果检测与评价提供了法律依据，同时也为室内环境检测机构开展社会服务的室内检测奠定了必要条件。

本书在参照以上标准的基础上，结合高职高专院校室内检测与控制技术、环境监测、工业分析等专业的实际情况，针对我国室内环境监测的迫切需要，为满足室内环境检测人员的培训需要及高等学校环境类专业对室内环境检测教材的要求，根据我们多年从事室内环境检测的实践经验及室内环境监测工考核经验编写而成。力求做到内容全面、重点突出，内容涵盖了监测分析基础知识、监测分析质量控制、室内环境监测基本理论及室内主要环境监测项目的分析测定等，具有较强的综合性、实用性和针对性。

本书主要用于职业资格考证培训及各大中专院校、环境保护相关企业事业单位的培训教材；同时，也可供高职高专室内检测与控制技术专业、环境类其他各相关专业师生及室内环境技术人员使用。

全书共四章：第一章 室内环境监测基本理论；第二章 监测分析基础知

识；第三章 监测分析质量控制；第四章 室内环境监测项目的分析测定。第一章由赵根成（长沙环境保护职业技术学院）编写，第二章由贺小凤（深圳信息职业技术学院）编写，第三章由杨光明（长沙理工大学）编写，第四章由贾劲松（长沙环境保护职业技术学院）编写，室内环境检测工理论模拟试题与参考答案及操作技能考核评分参考标准由方晖（长沙环境保护职业技术学院）编写。由贾劲松负责全书的统稿工作。长沙环境保护职业技术学院姚运先教授对本书进行了全面审阅，并提出了许多宝贵意见，本书的出版得到了中国环境科学出版社的大力支持，在此一并致谢！

由于时间仓促，加之作者的水平所限，书中错误和不妥之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

编 者

2009年2月

目 录

第一章 室内环境监测基本理论	1
第一节 室内空气污染与室内环境	1
第二节 室内环境检测技术	17
第二章 监测分析基础知识	28
第一节 环境监测分析实验室基本知识	28
第二节 环境监测分析方法	39
第三节 监测分析的数据处理	41
第三章 监测分析质量控制	48
第一节 监测分析质量控制的意義和内容	48
第二节 监测分析质量控制方法	49
第四章 室内环境监测项目的分析测定	59
第一节 室内空气监测项目的分析测定	59
第二节 室内装饰材料中有害物质分析测定	111
第三节 厨房油烟测定	134
附 录	138
附录一 室内空气质量标准 (GB/T 18883—2002)	138
附录二 民用建筑工程室内环境污染控制规范 (GB 50325—2001)	141
附录三 室内环境检测工理论模拟试题 (一) 及参考答案	151
附录四 室内环境检测工理论模拟试题 (二) 及参考答案	156
附录五 室内环境检测工理论模拟试题 (三) 及参考答案	160

附录六 室内环境检测工仪器分析操作技能考核评分参考标准	164
附录七 室内环境检测工化学分析操作技能考核评分参考标准	166
附表 1 检测报告	168
附表 2 室内空气采样及现场监测原始记录	172
附录八 室内装饰装修材料有害物质限量	173
参考文献	180

第一章 室内环境监测基本理论

第一节 室内空气污染与室内环境

一、室内空气污染及其特点

室内环境是指人们工作、生活、社交及其他活动所处的相对封闭的空间，包括住宅、办公室、学校教室、医院、候车（机）室、交通工具及体育、娱乐等室内活动场所。

室内空气污染是指由于通风不佳或室内引入能释放有害物质的污染源，而导致室内空气中化学、生物和物理等有害物质无论是从数量上还是种类上不断增加，并引起人的一系列不适症状。

（一）室内空气污染的表现

2001 年 12 月，中国室内环境监测中心公布了室内环境污染的 12 种症状，分别表现为：

- （1）每天清晨起床时感到恶心憋闷、头晕目眩；
- （2）家人经常感冒；
- （3）家人长期精神、食欲不振；
- （4）不吸烟却经常感到嗓子不适、呼吸不畅；
- （5）家里孩子经常咳嗽、免疫力下降；
- （6）家人有群发性的皮肤过敏现象；
- （7）家人共有一种疾病，且离家后症状明显好转；
- （8）新婚夫妇长期不孕，又查不出原因；
- （9）孕妇正常怀孕发现婴儿畸形；
- （10）新搬家或新装修的房子中植物不易成活；
- （11）家养宠物莫名其妙死掉；
- （12）新装修的房间内有刺鼻、刺眼等刺激性气味，且长时间不散。

（二）室内空气污染的特点

室内空气污染不仅来源广泛、种类繁多、对人体危害程度大，而且作为现代人生活工作的主要场所，在现代的建筑设计中因为越来越考虑能源的有效利用，使其与外界的通风交换是非常少的。在这种情况下，室内和室外就变成了两个相对不同的环境，因此

室内环境污染就有其自身的特点，主要表现在以下几个方面：

(1) 影响范围广。室内空气污染不同于特定的工矿企业环境，它包括居室环境、办公室环境、交通工具内环境、娱乐场所环境以及医院、疗养院环境等，故所涉及的人群数量大，几乎包括了整个年龄组。

(2) 接触时间长。人一生中至少 80%的时间是在室内度过的，当人们长期暴露在有污染的室内环境中时，污染物对人体的作用时间也就相应地增加了。

(3) 污染物浓度高。很多室内环境，特别是刚刚装修完毕的室内环境，污染物从各种装修材料中释放出来的量较大，并且在通风换气不充分的条件下，污染物不能排放到室外，大量的污染物长期滞留在室内，使得室内污染物浓度很高，严重时室内污染物浓度可超过室外的几十倍之多。

(4) 污染物种类多。室内空气污染有物理性污染、化学性污染、生物性污染、放射性污染等。特别是化学性污染，其中不仅有无机物污染，如氮氧化物、硫氧化物、碳氧化物等，还有更为复杂的有机污染，其种类可达上千种，并且这些污染物又可以重新发生作用产生新的污染物。

(5) 污染物排放周期长。对于装修材料中释放出来的污染物，如甲醛，尽管在通风充足的条件下，它还是能不停地从材料空隙中释放出来。有研究表明甲醛的释放可达十几年之久，而对于放射性污染，其危害的时间则更长。

(6) 危害表现时间不一。有的污染物在短期内就可以对人体产生极大的危害，而有的潜伏期很长，例如放射性污染，有的潜伏期可达到几十年之久。

二、室内空气污染物

近年来，国内外对室内空气污染进行了大量的研究，已经检测到的有害物质达数百种，其中常见污染物有甲醛、苯、TVOC、氡、氩等。

(一) 甲醛 (HCHO)

1. 甲醛的理化性质

甲醛别名蚁醛，是一种无色、有强烈刺激性气味的气体，相对分子质量为 30.03，密度为 1.083 g/mL，熔点 -92°C ，沸点 -19.5°C 。甲醛在常温下是气态，通常以水溶液形式出现。易溶于水、醇和醚，35%~40%的甲醛水溶液称为福尔马林，该溶液沸点为 19°C ，故在室温时极易挥发，随着温度的上升挥发速度加快。

2. 甲醛的用途

甲醛是一种极强的杀菌剂，在医院和科研部门广泛用于标本的防腐保存，一些低劣的水性内墙涂料及白乳胶也有使用甲醛做防腐剂的，一些不法商人也用其来进行食品（如海产品、米粉等）的保鲜。

甲醛广泛用于工业生产中，是制造合成树脂、油漆、塑料以及人造纤维的原料，使人造板工业制造脲醛树脂胶、三聚氰胺树脂胶和酚醛树脂胶的重要原料。目前，世界各国生产人造板（包括胶合板、大芯板、中密度纤维板和刨花板等）主要使用的脲醛树脂胶（UF）为胶黏剂，脲醛树脂胶是以甲醛和尿素为原料，在一定条件下进行加成反应和缩聚反应而制成的胶黏剂。

3. 甲醛污染对人体健康的危害

甲醛为较高毒性的物质，在我国有毒化学品优先控制名单上甲醛高居第二位。甲醛已经被世界卫生组织确定为致癌和致畸形物质，是公认的变态反应源，也是潜在的强致突变物之一。

研究表明：甲醛具有强烈的致癌和促癌作用。大量文献记载，甲醛对人体健康的影响主要表现在嗅觉异常、刺激、过敏、肺功能异常、肝功能异常和免疫功能异常等方面。其质量浓度在空气中达到 $0.06\sim 0.07\text{ mg/m}^3$ 时，儿童就会发生轻微气喘。当室内空气中的甲醛质量浓度为 0.1 mg/m^3 时，就有异味和不适感；达到 0.5 mg/m^3 时，可刺激眼睛，引起流泪；达到 0.6 mg/m^3 ，可引起咽喉不适或疼痛。浓度更高时，可引起恶心呕吐，咳嗽胸闷，气喘甚至肺水肿；达到 30 mg/m^3 时，会立即致人死亡。

长期接触低剂量甲醛可引起慢性呼吸道疾病，引起鼻咽癌、结肠癌、脑瘤、月经紊乱、细胞核的基因突变，DNA 单链内交联和 DNA 与蛋白质交联及抑制 DNA 损伤的修复、妊娠综合征、引起新生儿染色体异常、白血病，引起青少年记忆力和智力下降。在所有接触者中，儿童和孕妇对甲醛尤为敏感，危害也就更大。

4. 室内空气中甲醛的来源

(1) 装饰材料以及新的组合家具是造成甲醛污染的主要来源。装修材料及家具中的胶合板、大芯板、中纤板、刨花板（碎料板）的黏合剂余热、潮解时甲醛就释放出来，是室内最主要的甲醛释放源。

(2) UF 泡沫做房屋隔热、御寒的绝缘材料。在光和热的作用下泡沫老化，释放甲醛。

(3) 用甲醛做防腐剂的涂料、化纤地毯、化妆品等产品。

(4) 室内吸烟，每支烟的烟气中含甲醛 $20\sim 88\text{ }\mu\text{g}$ ，并有致癌的协同作用。

(二) 苯、甲苯、二甲苯 (C_6H_6 、 C_7H_8 、 C_8H_{10})

1. 苯系物的理化性质

苯，分子式 C_6H_6 ，相对分子质量 78.11， 20°C 时相对密度 0.879 4，比水轻，且不溶于水，因此可以漂浮在水面上。苯的熔点是 5.51°C ，沸点为 80.1°C ，燃点为 562.22°C ，在常温常压下是无色透明的液体，并具强烈的特殊芳香气味。因此，苯遇热、明火易燃烧、爆炸，苯蒸气与空气混合物的爆炸限是 $1.4\%\sim 8.0\%$ 。苯是常用的有机溶剂，不溶于水，能与乙醇、氯仿、乙醚、二硫化碳、四氯化碳、冰醋酸、丙酮、油等混溶，因此常用做有机溶剂。

甲苯和二甲苯都为无色、有芳香气味，都具有易挥发、易燃的特点。

甲苯，分子式 C_7H_8 ，相对分子质量为 92.13，常温下为无色透明液体，有刺激性气味。 20°C 时相对密度为 0.866。熔点 -95°C ，沸点 110.8°C ，燃点 552°C 。不溶于水，能与乙醇、乙醚、苯、丙酮、二硫化碳、溶剂汽油混溶。易燃，蒸气与空气形成爆炸性混合物，爆炸极限的体积分数 $1.27\%\sim 7.0\%$ 。甲苯是胶黏剂中应用最广的溶剂，也可用做环氧树脂的稀释剂。

二甲苯别名混合二甲苯，分子式 C_8H_{10} ，为对二甲苯、邻二甲苯、间二甲苯及乙苯的混合物，以间二甲苯含量较多。常温下为无色透明液体。溶于乙醇和乙醚，不溶于水。主要用做油漆涂料的溶剂。

2. 苯系物对人体的危害

苯、甲苯和二甲苯是以蒸气状态存在于空气中，中毒作用一般是由于吸入蒸气或皮肤吸收所致。由于苯系物属芳香烃类，使人一时不易警觉其毒性。

苯被世界卫生组织（WHO）国际癌症研究中心（IARC）确认为高毒致癌物质。它的危害主要表现在以下几个方面：

（1）慢性苯中毒主要是苯对皮肤、眼睛和上呼吸道有刺激作用。经常接触苯，皮肤可因脱脂而变干燥、脱屑，有的出现过敏性湿疹。天津医院部门统计发现，有些患过敏性皮炎、喉头水肿、支气管类及血小板下降等病症的患者其患病的原因均与房间装修时室内有害气体超标有关，专家们称为化合物过敏症。

（2）长期吸入苯能导致再生障碍性贫血。初期时齿龈和鼻黏膜处有类似坏血病的出血症，并出现神经衰弱样症状，表现为头昏、失眠、乏力、记忆力减退、思维及判断能力降低等症状。以后出现白细胞减少和血小板减少，严重时可使骨髓造血功能发生障碍，导致再生障碍性贫血。若造血功能完全被坏，可发生致命的颗粒性白细胞消失症，并可引起白血病。近些年很多劳动卫生学资料表明：长期接触苯系混合物的工人中再生障碍性贫血罹患率较高。

（3）女性对苯系物危害较男性敏感，甲苯、二甲苯对生殖功能也有一定影响。育龄妇女长期吸入苯还会导致月经异常，主要表现为月经过多或紊乱，初时往往因经血过多或月经间期出血而就医，常被误诊为功能性子宫出血而贻误治疗。孕期接触甲苯、二甲苯及苯系混合物时，妊娠高血压综合征、妊娠呕吐及妊娠贫血等妊娠并发症的发病率显著增高，专家统计发现接触甲苯的实验室工作人员和工人的自然流产率明显增高。

长期接触一定浓度的甲苯、二甲苯会引起慢性中毒，可出现头痛、失眠、精神萎靡、记忆力减退等神经衰弱症。甲苯、二甲苯对生殖功能也有一定影响，并导致胎儿先天性缺陷（畸形）。对皮肤和黏膜刺激性大，对神经系统损害比苯强，长期接触还有引起膀胱癌的可能。

3. 室内空气中苯系物的来源

苯和甲苯常用作漆料的溶剂，还常用于建筑、装饰材料及人造板家具的溶剂、添加剂和黏合剂。所有的液体清洁剂中都含有甲苯。木着色剂、塑料管中也含有甲苯和二甲苯。

（三）总挥发性有机物（TVOC）

1. TVOC 的定义

世界卫生组织（WHO）对总挥发性有机化合物（Total Volatile Organic Compound, TVOC）的定义为，熔点低于室温而沸点在 50~260℃ 的挥发性有机化合物的总称。

在目前已确认的 900 多种室内化学物质和生物性物质中，挥发性有机化合物（VOC）至少在 350 种以上（ $>1 \mu\text{g/L}$ ），其中 20 多种为致癌物或致突变物。由于它们单独的浓度低，但种类多，故总称为 TVOC，以 TVOC 表示其总量（总挥发性有机物），当若干种 VOC 共同存在于室内时，其联合毒性作用是不可忽视的。常见的 TVOC 有烷烃/环烷烃、芳香烃、烯烃、醇、酚、醛、酮、萜烯八类，包括甲醛、苯、甲苯、乙酸丁酯、乙苯、对（间）二甲苯、苯乙烯、邻二甲苯、十一烷等有机物。

2. TVOC 对人体的危害

TVOC 对人体的危害主要表现为异臭、头晕、头痛、乏力、眼睛干、鼻咽部干、咳嗽、喷嚏、流鼻涕、流泪、恶心、食欲下降、嗜睡、多梦、易怒、烦躁不安、健忘、皮肤干燥、皮肤瘙痒、皮炎、皮疹、月经不调，有时还会出现哮喘、呼吸困难、发憋、呕吐、工作效率低下等。

一般认为，室内 TVOC 质量浓度在 0.16~0.3 mg/m³ 时，对人体健康基本无害，但在装修中往往要超过，特别是不当的装修；当 TVOC 质量浓度为 3.0~25 mg/m³ 时，会产生刺激和不适，与其他因素联合作用时，可能出现头痛；当 TVOC 质量浓度大于 25 mg/m³ 时，除头痛外，可能出现其他的神经毒性作用。

3. TVOC 的来源

室内环境中 TVOC 主要是由建筑材料、清洁剂、油漆、含水涂料、黏合剂、化妆品和洗涤剂释放出来的，此外吸烟和烹饪过程中也会产生。

世界卫生组织曾列出了室内常见的 TVOC 种类和来源，见表 1-1。

表 1-1 常见的 TVOC 种类和来源

TVOC	来 源
甲醛	杀虫剂、压板制成品、尿素-甲醛泡沫绝缘材料（UFFI）、硬木夹板、黏合剂、粒子板、层压制品、油漆、塑料、地毯、软塑家具套、石膏板、接合化合物、天花瓦及壁板、非乳胶嵌缝化合物、酸固化木涂层、木制壁板、塑料/三聚氰烯酰胺壁板、乙烯基（塑料）地砖、镶木地板
苯	室内燃烧烟草的烟雾、溶剂、油漆、染色剂、清漆、图文传真机、电脑终端机及打印机、接合化合物、乳胶嵌缝剂、水基黏合剂、木制壁板、地毯、地砖黏合剂、污点/纺织品清洗剂、聚苯乙烯泡沫塑料、塑料、合成纤维
四氯化碳	溶剂、制冷剂、喷雾剂、灭火器、油脂溶剂
三氯乙烯	溶剂、经干洗布料、软塑家具套、油墨、油漆、亮漆、清漆、黏合剂、图文传真机、电脑终端机及打印机、打字机改错液、油漆清除剂、污点清除剂
四氯乙烯	经干洗布料、软塑家具套、污点/纺织品清洗剂、图文传真机、电脑终端机及打印机
氯仿	溶剂、染料、除害剂、图文传真机、电脑终端机及打印机、软塑家具垫子、氯仿水
1,2-二氯苯	干洗附加剂、去油污剂、杀虫剂、地毯
1,3-二氯苯	杀虫剂
1,4-二氯苯	除臭剂、防霉剂、空气清新剂/除臭剂、抽水马桶及废物箱除臭剂、除虫丸及除虫片
乙苯	与苯乙烯相关的制成品、合成聚合物、溶剂、图文传真机、电脑终端机及打印机、聚氨酯、家具抛光剂、接合化合物、乳胶及非乳胶嵌缝化合物、地砖黏合剂、地毯黏合剂、亮漆硬木镶木地板
甲苯	溶剂、香水、洗涤剂、染料、水基黏合剂、封边剂、模塑胶带、墙纸、接合化合物、硅酸盐薄板、乙烯基（塑料）涂层墙纸、嵌缝化合物、油漆、地毯、压木装饰、乙烯基（塑料）地砖、油漆（乳胶及溶剂基）、地毯黏合剂、油脂溶剂
二甲苯	溶剂、染料、杀虫剂、聚酯纤维、黏合剂、接合化合物、墙纸、嵌缝化合物、清漆、树脂及陶瓷漆、地毯、湿处理影印机、压板制成品、石膏板、水基黏合剂、油脂溶剂、油漆、地毯黏合剂、乙烯基（塑料）地砖、聚氨酯涂层

(四) 氡 (^{222}Rn)

1. 氡的理化性质

氡是一种惰性天然放射性气体, 无色无味。平常所说的 ^{222}Rn 也包含其子体。氡在空气中以自由原子状态存在, 很少与空气中的颗粒物结合。氡气易扩散, 能溶于水和脂肪, 在体温条件下, 极易进入人体。氡的半衰期为 3.8 天, 它最终裂变成一系列的“短命”的同位素, 即氡子体, 包括 ^{218}Po 、 ^{214}Pb 、 ^{214}Bi 和 ^{214}Po 。氡就像空气一样, 很大部分在被人体吸入的同时也会被呼出, 但是 ^{222}Rn 在进一步衰变过程中会释放出 α 、 β 、 γ 等 8 个子代核素, 这些子体物质与母体全然不同, 是固体粒子, 有着很强的附着力, 它们能在其他的物质表面形成放射性薄层, 也可以与空气中的一些微粒形成结合态, 这种结合态被称作放射性气溶胶。

2. 氡对人体的危害

氡是除吸烟以外引起肺癌的第二大因素, 世界卫生组织把它列为使人致癌的 19 种物质之一。

氡本身虽然是惰性气体, 但其衰变的子体极易吸附在空气中的细微粒上, 这就是氡子体。氡及其子体通过内照射给人类造成损害, 氡子体随呼吸进入人体后, 氡子体会沉积在气管、支气管部位, 部分深入到人体肺部, 氡子体就在这些部分不断积累, 并继续快速衰变产生很强的辐射。统计表明, 大部分肺癌就在这个部位发生。氡子体在衰变的同时, 放射出能量高的粒子, 杀伤人体细胞组织, 被杀死的细胞可通过新陈代谢再生, 但被杀伤的细胞就有可能发生变异, 成为癌细胞, 使人患有癌症。受氡辐射时间越长, 初始辐射年龄越小, 危险程度就越高。氡对人体脂肪有很高的亲和力, 特别是氡与神经系统结合后, 危害更大。医学临床多项试验表明, 多种疾病, 像恶性肿瘤、白血病等, 都与氡等放射性物质有关。美国环保局已将氡列为最危险的致癌因子之一, 美国国家安全委员会将氡列为仅次于酗酒群的第二大死亡原因。科学研究表明, 氡诱发肺癌的潜伏期大多都在 15 年以上, 世界上有 1/5 的肺癌患者与氡有关。

由于氡的危害是长期积累的, 且不易被察觉, 因此, 必须引起高度重视。尽管氡及其子体的寿命都不长, 但由于它们是铀、钍等衰变的产物, 只要地球上存在铀、钍等天然放射性核素, 氡及其子体便会源源不断被释放出来。因此人们不可能完全摆脱氡, 只能尽量避免接触高浓度的氡。科学研究发现, 氡对人体的辐射伤害占人体受到的全部辐射的 55% 以上, 对人体健康威胁极大。据美国国家安全委员会估计, 美国每年因为氡而死亡的人数达到 30 000 人。美国科学院在 1998 年发表的室内氡照射的健康影响报告估计, 美国每年有 15 000 人死于由于氡引起的肺癌。我国也存在着严重的氡污染问题, 1994 年以来我国调查了 14 座城市的 1 524 个写字楼和居室, 空气中氡含量超越国家标准的占 6.8%, 氡含量最高的达到 596 Bq/m^3 , 是国家标准的 6 倍! 有关部门曾对北京地区公共场所进行室内氡含量调查, 发现室内氡含量最高值是室外的 3.5 倍, 据不完全统计, 我国每年因氡致肺癌为 50 000 例以上。

3. 室内空气中氡的来源

室内氡的来源主要有以下几方面:

(1) 从地基上场所中析出的氡

在地层深处含有铀、镭、钍的土壤和岩石中人们可以发现高浓度的氡。这些氡可以通过地层断裂带,进入土壤,并沿着地的裂缝扩散到室内。一般而言,低层住房室内氡含量较高。

(2) 从建筑材料中析出的氡

1982 年联合国原子辐射效应科学委员会的报告指出,建筑材料是室内氡的最主要来源,如花岗岩、砖沙、水泥及石膏之类,特别是含有放射性元素的天然石材,易释放出氡。各种石材由于产地、地质结构和生成年代不同,其放射性也不同。国家质量监督检验检疫总局曾对市场上的天然石材进行了监督抽查,从检测结果看,其中花岗岩超标较多,放射性较高。我国生产的一些釉面砖也会使室内空气中放射性氡浓度增高。

(3) 从户外空气带入室内的氡

在室外空气中氡的辐射剂量是很低的,可是一旦进入室内,就会在室内大量地积聚。室内氡还具有明显的季节变化,冬季最高,夏季最低。可见,室内通风状况直接决定了室内氡气对人体危害性的大小。

(4) 从日常用水以及用于取暖和厨房设备的天然气中释放出的氡。这方面只有水和天然气的含量比较高时才会有危害。

(五) 氨

1. 氨的理化性质

氨是一种无色且具有强烈刺激性臭味的气体,比空气轻(相对密度为 0.5)。

2. 氨对人体的危害

氨是一种碱性物质,它对所接触的皮肤组织都有腐蚀和刺激作用,可以吸收皮肤组织中的水分,使组织蛋白变性,并使组织脂肪皂化,破坏细胞膜结构。浓度过高时除腐蚀作用外,还可通过三叉神经末梢的反向作用而引起心脏停搏和呼吸停止。氨通常以气体形式吸入人体进入肺泡内,氨被吸入肺后容易通过肺泡进入血液,与血红蛋白结合,破坏运氧功能。氨的溶解度极高,所以主要对动物或人体的上呼吸道有刺激和腐蚀作用,减弱人体对疾病的抵抗力。少部分氨为二氧化碳所中和,余下少量的氨被吸收至血液可随汗液、尿或呼吸道排出体外。部分人长期接触氨可能会出现皮肤色素沉积或手指溃疡等症状;短期内吸入大量氨气后可出现流泪、咽痛、声音嘶哑、咳嗽、痰带血丝、胸闷、呼吸困难,可伴有头晕、头痛、恶心、呕吐、乏力等症状,严重者可发生肺水肿、成人呼吸窘迫综合征,同时可能发生呼吸道刺激症状。所以碱性物质对组织的损害比酸性物质深而且严重。

为了证明空气中低浓度的氨对人体健康也是有危害和影响的,专家们监测了在 $3 \sim 13 \text{ mg/m}^3$ 氨的室内环境中工作的工人们,历时 8 小时,每组 10 人,并将他们与不接触氨的健康人比较,发现试验组人群的尿中尿素和氨的含量均增加,血液中尿素则明显增加。

3. 空气中氨的来源

(1) 主要来自建筑施工中使用的混凝土外加剂

特别是在冬季施工过程中,在混凝土墙体中加入以尿素和氨水为主要原料的混凝土

防冻剂。这些含有大量氨类物质的外加剂在墙体中随着温湿度等环境因素的变化而还原成氨气并从墙体中缓慢释放出来,造成室内空气中氨的浓度大量增加。

(2) 室内装饰材料中的添加剂和增白剂

室内空气中的氨也可来自装饰装修材料中的添加剂和增白剂。但是,这种污染释放期比较快,不会在空气中长期大量积存,对人体的危害相应小一些。

(六) 其他污染物

1. 一氧化碳(CO)

(1) 一氧化碳的理化性质

一氧化碳为无色、无味气体,相对分子质量为 28.0,对空气相对密度为 0.967。在标准状况下,1 L 气体质量为 1.25 g,100 mL 水中可溶解 0.024 9 mg (20℃)。燃烧时为淡蓝色火焰。

(2) 一氧化碳对人体的危害

一氧化碳是有害气体,对人体有强烈的毒害作用。一氧化碳中毒时,使红血球的血红蛋白不能与氧结合,妨碍了机体各组织的输氧功能,造成缺氧症。当一氧化碳质量浓度为 12.5 mg/m³ 时,无自觉症状,50.0 mg/m³ 时会出现头痛、疲倦、恶心、头晕等感觉,700 mg/m³ 时发生心悸亢进,并伴随有虚脱危险,1 250 mg/m³ 时出现昏睡,痉挛而死亡。有时根据碳氧血红蛋白(COHb)来评价室内一氧化碳低暴露水平对人体的影响,3~11 岁儿童 COHb 平均饱和度为 1.01%;12~74 岁不吸烟人群为 1.25%。但成年不吸烟人群中 4% 的人 COHb 超过 2%~5%。室内污染所致 COHb 饱和度只有超过 2%,才会影响心肺病人的活动能力,加重心血管的缺血症状。

(3) 室内空气中一氧化碳的来源

CO 是燃料不完全燃烧产生的污染物,若没有室内燃烧污染源,室内 CO 浓度与室外是相同的。室内使用燃气灶或小型煤油加热器,其释放 CO 量是 NO₂ 的 10 倍。厨房使用燃气灶 10~30 min,CO 水平在 12.5~50.0 mg/m³。由于一氧化碳在空气中很稳定,如果室内通风较差,CO 就会长时间滞留在室内。

2. 二氧化碳(CO₂)

(1) 二氧化碳的理化性质

二氧化碳为无色、无臭气体,相对分子质量为 44.01,相对密度为 1.977 (0℃时)。在标准状况下,1 L 气体质量为 1.977 g。二氧化碳能被液化,其再度为气体时,蒸发极快;未蒸发的液体凝结而成的雪状固体,称为干冰。

(2) 二氧化碳对人体的危害

长时间吸入二氧化碳体积分数 4% (80 000 mg/m³) 时,会出现头痛等神经症状,浓度达到 8% (160 000 mg/m³) 以上可引起死亡。室内空气二氧化碳体积分数在 0.07% (1 400 mg/m³) 时,人体感觉良好;0.1% (2 000 mg/m³) 时,个别敏感者有不舒服感;0.15% (3 000 mg/m³) 时,不舒服感明显;0.2% (4 000 mg/m³) 时,室内卫生状况明显恶化;0.3% (6 000 mg/m³) 以上时,人们出现明显头痛等其他症状。

(3) 室内空气中二氧化碳的来源

室内 CO₂ 主要来自人体呼出气,燃料燃烧和生物发酵。室内 CO₂ 水平受人均占有面

积、吸烟和燃料燃烧等因素影响。在我国北方，冬天燃烧烹饪及分散式取暖，加上通风不足，室内二氧化碳体积分数可达 2.0% (40 000 mg/m³) 以上。在南方，由于室内通风条件良好，如果人均占有面积大于 3 m³，室内二氧化碳浓度均在 0.10% 以下。

3. 氮氧化物 (NO_x)

(1) 氮氧化物的理化性质

氮氧化物是常见的空气污染物，通常指一氧化氮和二氧化氮，常以 NO₂ 表示。一氧化氮是一种无色无味的气体，微溶于水。在空气中能迅速变为二氧化氮。二氧化氮有刺激性，在室温下为红棕色，具有较强的腐蚀性和氧化性，易溶于水，在阳光作用下能形成 NO 及 O₃。

(2) 氮氧化物对人体的危害

在氮氧化物高污染区 (空气中氮氧化物质量浓度约在 0.20 mg/m³) 儿童肺功能和呼吸系统疾病发病率均相对较高。国外调查表明，使用煤气家庭患有呼吸系统症状和疾病的儿童比例增加，且儿童肺功能明显降低。氮氧化物对人体产生危害作用的阈质量浓度为 0.31~0.62 mg/m³。

(3) 室内空气中氮氧化物的来源

室内氮氧化物主要来自人们在烹饪及取暖过程中燃料的燃烧产物。燃煤气和液化气排放的污染物主要是氮氧化物。室内氮氧化物浓度、扩散和稀释取决于通风量，通风量越大，氮氧化物稀释扩散越快，浓度下降越明显。吸烟也是室内氮氧化物的主要来源。

4. 臭氧 (O₃)

(1) 臭氧的理化性质

臭氧是氧的同素异性体，为无色气体，有特殊臭味。臭氧在常温下分解缓慢，在高温下分解迅速，形成氧气。臭氧在大气污染中有着重要的意义，在紫外线的作用下，臭氧与烃类和氮氧化物的光化学反应，形成具有强烈刺激作用的有机化合物，称为光化学烟雾。臭氧在水中的溶解度比较高，是一种广谱高效消毒剂，可作为生活饮用水的消毒剂使用。

(2) 臭氧对人体的危害

臭氧具有强烈的刺激性，对人体有一定的危害。它主要是刺激和损害深部呼吸道，并可损害中枢神经系统，对眼睛有轻度的刺激作用。当大气中臭氧质量浓度为 0.1 mg/m³ 时，可引起鼻和喉头黏膜的刺激；质量浓度在 0.1~0.2 mg/m³ 时，引起哮喘发作，导致上呼吸道疾病恶化，同时刺激眼睛，使视觉敏感度和视力降低。臭氧质量浓度在 2 mg/m³ 以上可引起头痛、胸痛、思维能力下降，严重时可导致肺气肿和肺水肿。此外，臭氧还能阻碍血液输氧功能，造成组织缺氧；使甲状腺功能受损、骨骼钙化；还可引起潜在性的全身影响，如诱发淋巴细胞染色体畸变，损害某些酶的活性和产生溶血反应。

(3) 室内空气中臭氧的来源

臭氧主要来自室外的光化学烟雾。此外，室内的电视机、复印机、激光印刷机、负离子发生器、紫外灯、电子消毒柜等在使用过程中也都能产生臭氧。室内的臭氧可以氧化空气中的其他化合物而自身还原成氧气；还可被室内多种物体所吸附而衰减，如橡胶制品、纺织品、塑料制品等。臭氧是室内空气中最常见的一种氧化型污染物。