



欧盟“中国西部可持续建筑项目”2016年培训计划

室内装修与环境污染

王 晗

重庆大学室内环境检测研究中心



§ 目 录

1 装修室内环境的现状

2 室内环境暴露与健康

3 室内环境检测及评价

4 室内环境改善及防治

§ 1 装修室内环境的现状

室内环境污染主要指室内空气污染

室内空气污染是有害的化学性因子、物理性因子和（或）生物性因子进入室内空气中并已达到对人体身心健康产生直接或间接，近期或远期，或者潜在有害影响的程度的状况。



§ 1 装修室内环境的现状

室外来源

燃料燃烧
及加热

建筑材料及
装饰材料

家用
电器

人类
活动



影响室内空气质量的因素很多也很复杂，美国环保局EPA通过对SBS调查，分析了引起不良室内环境的因素，见右表：

因素	构成比
通风不足	43%
室外污染	10%
生物污染	5%
建筑材料污染	14%
未知	13%

§ 1 装修室内环境的现状

无机材料和再生材料

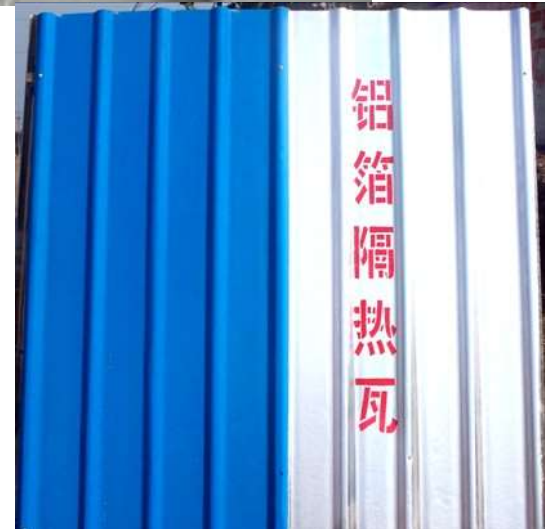
- 无机建筑材料以及再生建筑材料包括砂、石、砖、瓦、水泥、墙砖、地砖、马赛克、陶瓷、玻璃、以及混凝土、石灰、石膏等及其制品，如砌块、预制品和构件等。
- 这类材料比较突出的问题是放射性问题，有的建筑材料含有超过国家标准的 γ 辐射。



§ 1 装修室内环境的现状

隔热材料

- 隔热材料一般可分为无机和有机两大类。无机隔热材料如矿棉、玻纤等材料中通常含有石棉；
- 有机隔热材料通常以各种树脂为基本原料，加入一定量的发泡剂、催化剂、稳定剂等辅助材料，经加热发泡而制成的。
- 无机隔热材料主要产生**石棉污染**；有机隔热材料主要产生**甲醛、氯乙烯、苯、甲苯、醚类、甲苯二异氰酸酯（TDI）**等。
- 研究发现，聚氯乙烯泡沫塑料在使用过程中，能挥发出**150多种**有机物。





§ 1 装修室内环境的现状

壁纸

- 壁纸装修对室内空气质量的影响主要是壁纸本身的有毒物质造成的，由于壁纸的成分不同，其影响也是不同的。
- 天然纺织壁纸尤其是羊毛壁纸中的织物碎片是一种**致敏源**，可导致人体过敏；
- 有些化纤纺织物壁纸可释放出**甲醛等有害气体**；
- 塑料壁纸在使用过程中，由于其中含有未被聚合的化学物质以及塑料的老化分解，可向室内释放各种挥发性有机污染物，如**甲醛、氯乙烯、苯、甲苯、二甲苯乙苯等**。
- 同时，**在壁纸施工中使用的粘结剂也可向室内释放有害物质**。



§ 1 装修室内环境的现状

地毯

- 纯羊毛地毯的**细毛绒**是一种致敏源，可引起皮肤过敏甚至引起哮喘。
- 化纤地毯、地毯衬垫和胶黏剂可向室内空气中释放**甲醛以及苯乙烯、4-苯基环己烯、丁基羟基甲苯、2-乙基乙醇**等多种挥发性有机化学物质。
- 地毯的另外一种危害是其**吸附能力很强**，能吸附许多有害气体如**甲醛、灰尘以及病原微生物**，尤其纯毛地毯是尘螨的理想孳生和隐藏场所。



§ 1 装修室内环境的现状

人造板及其制品

- 人造板是指以杂木、边角木料或其他纤维材料（如秸秆）为原料，经过机械粉碎，再添加胶粘剂压制而成的板材。
- 人造板及其制品造成**甲醛污染**主要有以下4个方面的原因。
 - 1) 原料的影响（原料中含有甲醛）
 - 2) **胶粘剂**的影响（树脂类的胶黏剂）
 - 3) 工艺的影响（板芯固化程度差、含水率高）
 - 4) 结构降解的影响（温度、湿度、酸碱、风化、光照等条件）



§ 1 装修室内环境的现状

溶剂型木器涂料

- 溶剂型木器涂料是指涂敷在木器表面形成保护膜的胶体材料。其中，溶剂型木器涂料一般由合成树脂为基料，以甲苯等有机化合物为溶剂，配以助剂、颜料等制成。
- 聚氨脂木器涂料是较高档的品种，可能使其产品中的**游离甲苯二异氰酸脂（TDI）**含量超过标准。
- 溶剂型木器涂料中有的有毒有害物质主要为**苯类（苯、甲苯、二甲苯）、挥发性有机化合物（VOC）、甲苯二异氰酸脂（TDI）以及铅、镉、铬、汞等重金属。**





§ 1 装修室内环境的现状

内墙涂料

- 内墙涂料，俗称内墙乳胶漆，是以合成树脂为基料，配以颜料、填充料以及各种助剂而制成的涂料。内墙涂料大致有溶剂型涂料、水溶性涂料与乳胶涂料三种。有害物质主要有挥发性有机化合物、游离甲醛、重金属铅、镉、铬、汞等。



- 绿色内墙涂料是指对环境友好、对人体无害甚至能改善空气质量的内墙涂料。目前已经商业化的有经过改性的水性涂料、粉末涂料、固化涂料等。
- 纳米光催化材料、气凝胶等复合的新型涂料在提高涂料的抗划、自洁、耐污等性能方面有重大突破。

§ 1 装修室内环境的现状

胶粘剂

- 装饰装修中使用的胶粘剂是指在室温下将同质或异质的物体表面粘合在一起的材料，是装饰装修工程必不可少的材料。装饰装修中常用的胶粘剂大致有=墙纸粘合剂、墙布粘合剂、木地板粘合剂、塑料地板瓷砖粘合剂等。装饰装修中使用的胶粘剂也分为溶剂性与水基性两种：



- 溶剂性胶粘剂采用苯类有机物作为溶剂，最常用的是二甲苯。但二甲苯中含有一定量的苯与甲苯。
- 水基性水基性胶粘剂都可能含有游离甲醛、甲苯、二甲苯、甲苯二异氰酸酯与总挥发性有机物等有害物质。



§ 1 装修室内环境的现状

吸声及隔声材料

- 常用的吸声材料包括无机材料和有机材料两大类，无机材料有石膏板、泡沫玻璃、矿渣棉等；有机材料有软木板、胶合板、工业毛毯等。
- 隔声材料一般有软木、橡胶、聚氯乙烯塑料板等。这些吸声和隔声材料都可向室内释放多种有害物质如石棉、甲醛、酚类、氯乙烯等。



§ 2 室内环境暴露与健康

室内环境污染已导致30多种疾病

- 80%的白血病发病率与家装污染有关，
- 近70%的疾病根源于室内空气的污染问题：35%的呼吸道疾病，22%的慢性肺病和15%的气管炎、支气管炎和肺癌。

每年10万儿童死于装修

- 室内环境污染是儿童白血病的罪魁祸首：一份来自北京儿童医院的调查，在该院接诊的白血病患者有九成患儿家庭在半年内，曾经装修。



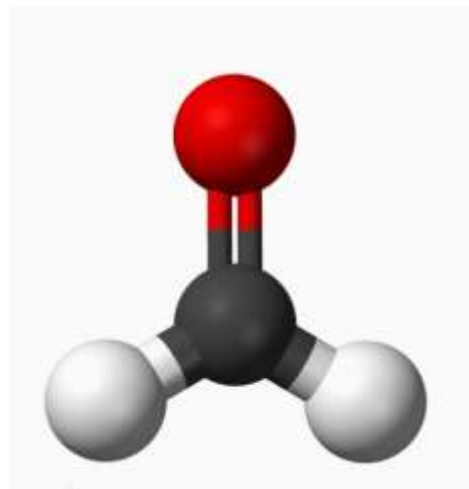
§ 2 室内环境暴露与健康

甲醛

室内最主要的室内空气污染，无色刺激性气味。

来源：脲醛树脂、酚醛树脂等用于黏合剂中的原料。

危害：嗅觉异常、呼吸道刺激、发炎、过敏、肺功能异常、肝功能异常、免疫功能异常等方面。



甲醛已被世界卫生组织（WHO）确定为1类致癌物。低浓度致毒，污染源普遍，而且释放期较长，一般可达3至15年。

§ 2 室内环境暴露与健康

苯、甲苯和二甲苯

苯、甲苯和二甲苯为带有苯环的芳香族化合物，具特殊的芳香味，不溶于水，极易溶解有机物质。

来源：建筑材料的有机溶剂；各种油漆的添加剂和稀释剂；防水材料的添加剂；空气消毒剂和杀虫剂的溶剂。

危害：血液毒性、遗传毒性和致癌性三个方面。

苯化合物已被世界卫生组织确认为**强烈致癌物质**。





§ 2 室内环境暴露与健康

总挥发性有机化合物(TVOC)

总挥发性有机物（TVOC）是在常温条件下，以气体的形式存在于室内空气中的所有的有机化合物的统称。

来源：其主要来源为装修材料如：油漆、胶粘剂、涂料、稀释剂等；其次可来自人造板如：家具、壁厨、天花板、地板、护墙板；以及装饰物：墙纸、墙布、化纤地毯、挂毯、人造革等。

危害：TVOC具有**毒性、刺激性和致癌性**，会对皮肤和粘膜等造成伤害。室内低浓度的TVOC会引起过敏反应、会引起头痛、易倦、怕冷怕热及其他不舒适感。





§ 2 室内环境暴露与健康

氨

氨是一种无色而具有强烈刺激性臭味的气体。

来源：家具涂饰用的添加剂和增白剂大部分都用氨水，但该类氨污染仅限表面且释放期较快，在流通的空气中约1~3个月左右消失，不会在室内空气中长期积存，对人体危害小。另外，人造板材在压制成型过程中，使用了大量粘合剂，这些粘合剂主要是甲醛和尿素加工聚合而成，它们在室温下除释放出甲醛外，还可以时放出氨气。

危害：中毒轻度者：呼吸道炎症，黏膜、咽部充血、水肿；严重者：发生中毒性肺水肿，患者剧烈咳嗽、咳大量粉红色泡沫痰、昏迷等。

§ 2 室内环境暴露与健康

铅、镉、铬、汞、砷

来源：铅、镉、铬、汞、砷的主要来源为涂料，其可溶物对人体有明显危害。

危害：皮肤长期接触铬化合物可引起**接触性皮炎或湿疹**。
过量的铅、镉、汞、砷对人体神经、内脏系统造成危害，特别是对儿童**生长发育和智力发育**影响较大。



§ 2 室内环境暴露与健康

氡

氡气是一种无色、无味、具有放射性的气体，主要是铀、镭、钍等放射性元素的衰变产物。

来源：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。

危害：引起肺癌，致畸、致突变。





§ 2 室内环境暴露与健康

健康危害过程

环境有害物从产生到危害发生的过程：

- 1、污染物的产生阶段
- 2、环境动力学阶段
- 3、暴露阶段（室内环境污染后）
- 4、致毒动力学阶段
- 5、毒效阶段



§ 2 室内环境暴露与健康

室内环境暴露

(1) 室内环境污染的毒害效应取决于:

- 暴露程度(Exposure extent);
- 暴露时间 (duration);
- 受害个体的敏感性 (Sensitivity)

(2) 暴露剂量决定受害程度:

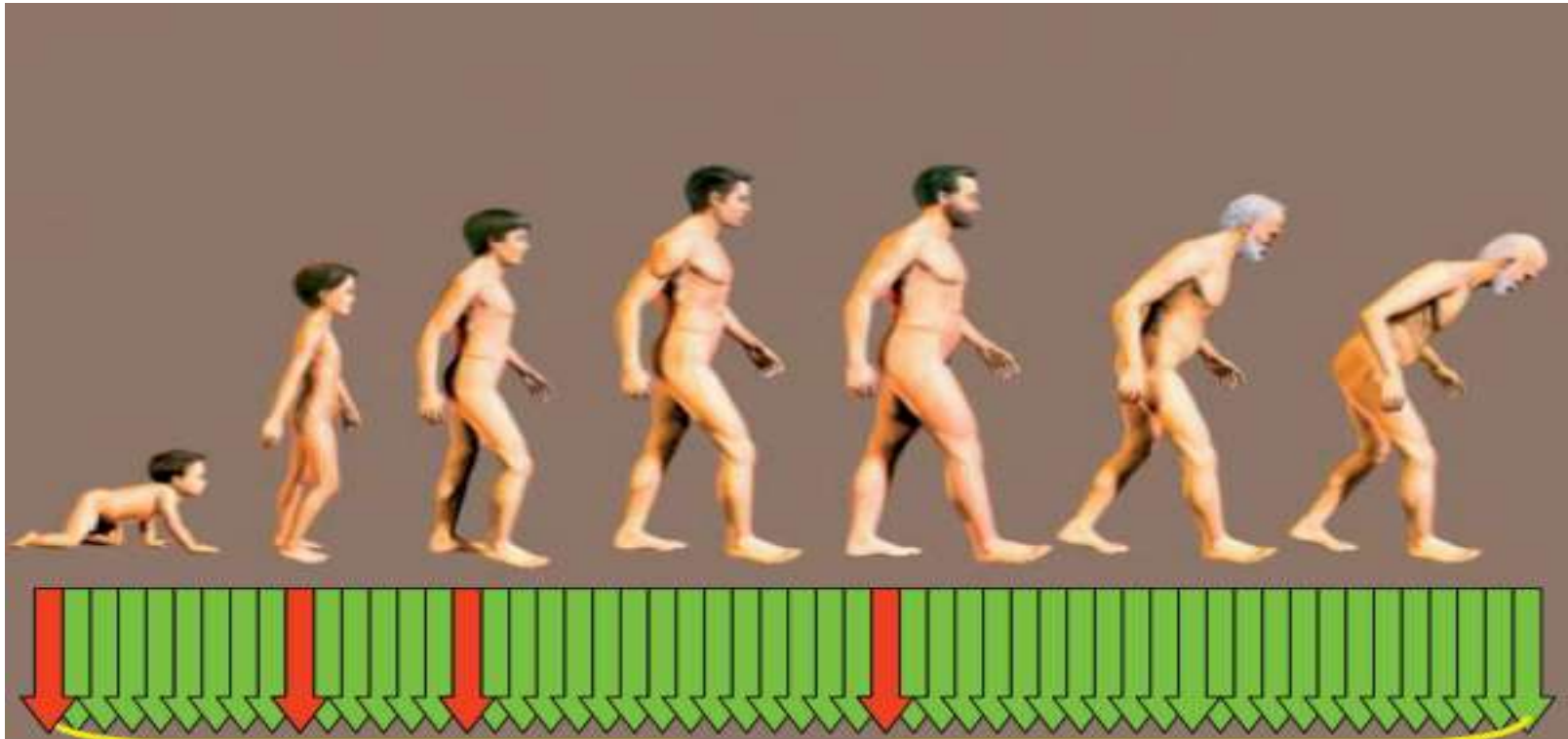
- 有所表现 (Noticeable)
- 可逆失调 (Reversible disorder)
- 不可逆失调或致残 (Disability)
- 死亡 (Lethal)

- 长期暴露
- 低剂量暴露
- 多因素混合暴露
- 终生暴露
- 多途径暴露
- 全人群暴露
- 多阶段终点

§ 2 室内环境暴露与健康

健康风险

暴露时间vs 疾病发生时间



—— 传染病急性中毒（以小时计）
—— 慢性病（以年计）



§ 3 室内环境检测及评价

室内环境标准

室内空气品质（IAQ—Indoor Air Quality）

- 丹麦工业大学P.O.Fanger的定义(1989)：品质反映了人们要求的程度，如果人们对空气满意，就是高品质；反之，就是低品质。——从纯主观感受出发。
- ASHRAE 62-1989的良好IAQ 定义：空气中没有已知的污染物达到公认的权威机构所确定的有害浓度指标，并且处于这种空气中的绝大多数人（ $\geq 80\%$ ）对此没有表示不满意——主观感受与客观评价结合。



§ 3 室内环境检测及评价

室内环境标准

- 室内环境指标（**针对建筑、装修竣工验收**）
 - I类民用建筑工程：住宅、宿舍、医院病房、老年建筑、幼儿园、学校教室等建筑工程；
 - II类民用建筑工程：旅店、办公楼、文化娱乐场所、书店、图书馆、展览馆、体育馆、商场(店)、公共交通工具等候室、医院候诊室、饭馆、理发店等公共建筑工程。

污染物	I类民用建筑工程	II类民用建筑工程
氡 (Bq/m^3)	≤ 100	≤ 200
甲醛 (mg/m^3)	≤ 0.08	≤ 0.12
苯 (mg/m^3)	≤ 0.09	≤ 0.09
氨 (mg/m^3)	≤ 0.2	≤ 0.5
TVOC (mg/m^3)	≤ 0.5	≤ 0.6

《民用建筑工程空气环境污染控制规范》（GB50325-2001）



§ 3 室内环境检测及评价

室内环境标准

- 室内空气质量部分指标（针对日常运行）

二氧化硫SO2	mg/m3	0.50	1小时均值
二氧化氮NO2	mg/m3	0.24	1小时均值
一氧化碳CO	mg/m3	10	1小时均值
二氧化碳CO2	%	0.10	日平均值
氨NH3	mg/m3	0.20	1小时均值
甲醛HCHO	mg/m3	0.10	1小时均值
苯C6H6	mg/m3	0.11	1小时均值
甲苯C7H8	mg/m3	0.20	1小时均值
二甲苯C8H10	mg/m3	0.20	1小时均值
苯并[a]芘B(a)P	mg/m3	1.0	日平均值
总挥发性有机物TVOC	mg/m3	0.60	8小时均值
氡222Rn	cfu/立方米	2500	依据仪器定

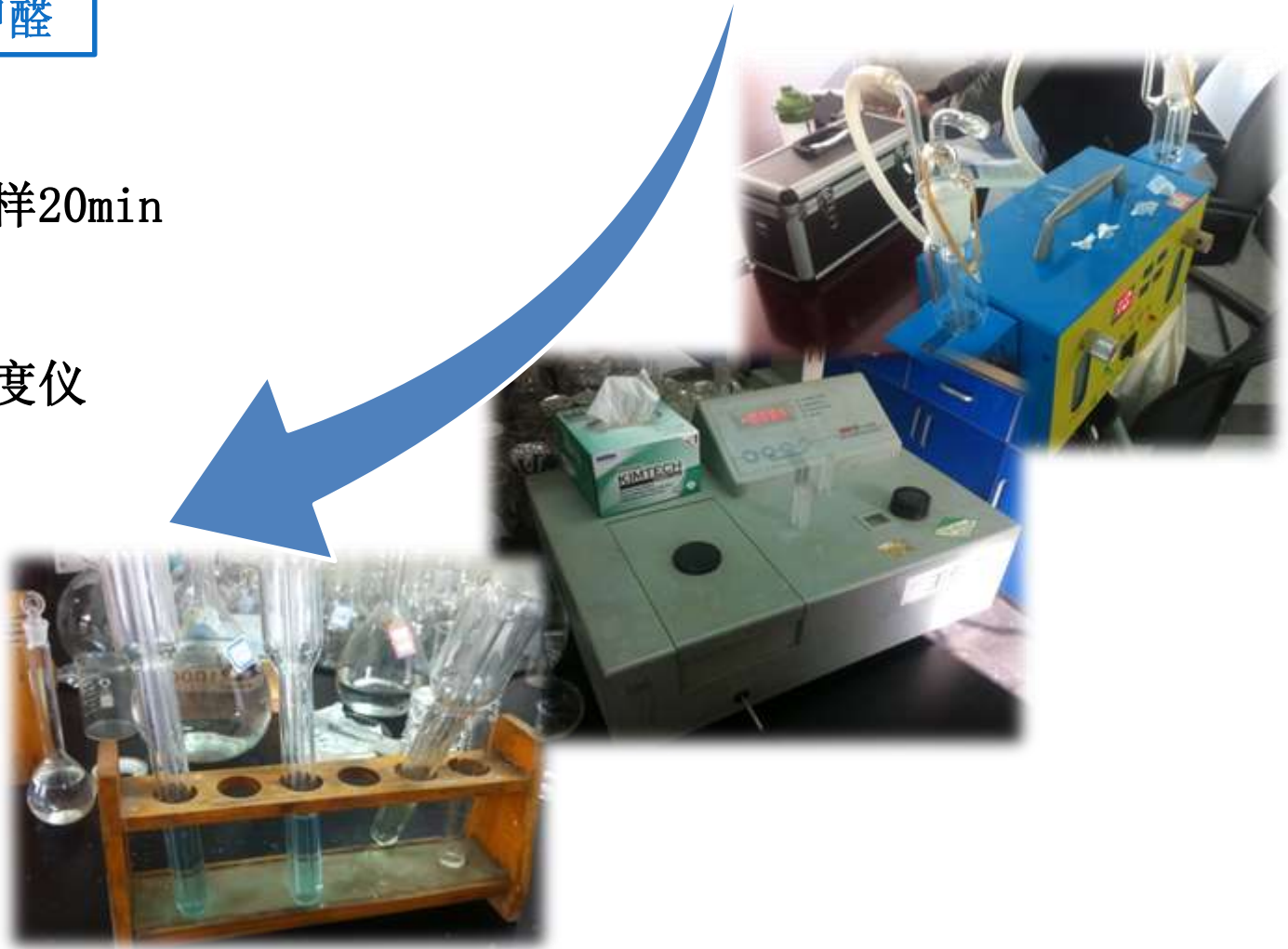
《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）

§ 3 室内环境检测及评价

典型参数检测-甲醛

分光光度法:

- 采样, 连续采样20min
- 提取显色
- 分析, 分光光度仪



§ 3 室内环境检测及评价

室内环境检测-苯及苯系物、TVOC

ATD-GC-MS分析法:

- 采样, Tenax管 (TA管)
- 热脱附, 色谱法分离, 质谱定量





§ 4 室内环境改善及防治

1. 源头解决

1.1 设计方面

- 合理地计算房屋空间承载、搭配各种材料的使用量
- 保证室内有一定的新风量

1.2 施工方面

- 尽量使用无毒、少毒、无污染、少污染的施工工艺

§ 4 室内环境改善及防治

1. 源头解决

1.3 室内装饰装修材料选取

采用符合国家标准的、污染少的装修材料，是降低室内有毒有害气体含量的有效措施。

- 一是石材瓷砖类
- 二是胶漆涂料类
- 三是木质板材类



§ 4 室内环境改善及防治

2. 污染治理-吸附剂

优点：无毒且成本低廉。

缺点：但容易达到饱和，治理效果缓慢，饱和后还会将吸附物释放出来。



活性炭



竹炭的吸附包

§ 4 室内环境改善及防治

2. 污染治理-负离子

优点：见效快、无污染、不留死角、健康。

缺点：机器价格高，只能对部分空气中有毒有害物质起作用。



负离子净化器



§ 4 室内环境改善及防治

2. 污染治理-臭 氧

优点：利用臭氧强氧化性，净化空气，分解空气中的有害成分。

缺点：采用这种技术对居室进行治疗时，高浓度的臭氧对人体有害，人要暂时离开房间，避免臭氧中毒。

2. 污染治理-甲醛清除 剂

优点：加速所涂刷板材等所含有害气体的挥发

缺点：涂刷后有害气体大量挥发到空气中，如此时居室内没有能采取有效通风方式，挥发出来的有害气体就会吸附到室内如衣服、沙发、被褥、窗帘等东西上，形成新的污染源。

§ 4 室内环境改善及防治

2. 污染治理-光触媒

优点：有效期长，对多种污染物有效。

缺点：光触媒催化反应需要有光，其施工需要专业人员使用喷枪进行，价格高





§ 4 室内环境改善及防治

3. 通风稀释

室内通风是清除室内有毒气体行之有效的办法，这样有利于室内材料中甲醛等污染物的散发和排放。通风可分为自然通风和机械通风。

表 3.0.5-3 高密人群建筑每人所需最小新风量 $[\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})]$

建筑类型	人员密度 P_F (人/ m^2)		
	$P_F \leq 0.4$	$0.4 < P_F \leq 1.0$	$P_F > 1.0$
影剧院、音乐厅、 大会厅、多功能厅、会议室	14	12	11
商场、超市	19	16	15
博物馆、展览厅	19	16	15
公共交通等候室	19	16	15
歌厅	23	20	19

内容来自《公共建筑节能（绿色建筑）设计标准》（DBJ50-052-2013）



§ 4 室内环境改善及防治

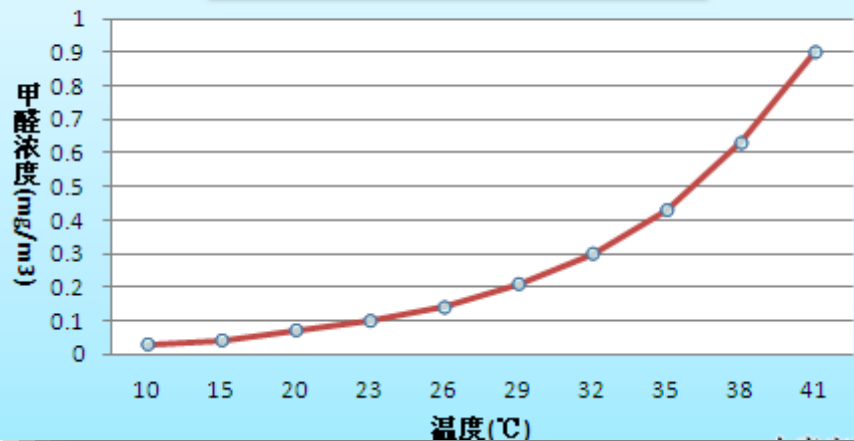
4. 温湿度控制

经研究发现，甲醛的释放随着湿度的增大而增加，随温度升高而增大。

温度由30℃降到25℃可降低甲醛50%，相对湿度由70%降到30%时甲醛量降低40%，温度和湿度效应降低室内甲醛量主要是靠降低污染源的扩散。

一般在刚刚装修的房中采取烘烤的方法或在室内摆放一盆清水可使甲醛加快释放；要控制室内甲醛浓度就要降低其温湿度。

温度与室内甲醛浓度的关系示意图





§ 4 室内环境改善及防治

5. 植物吸附

在室内种植植物，也可以很好的改善室内空气质量。

优点：投入少，可美化环境。

缺点：植物吸收分解有毒物质的能力有限，作用缓慢。一般一种植物只能吸收一种有毒物质，作用单一。在选用植物净化空气时还要小心该植物是否有副作用，是否适合放在要摆放的空间。

宽叶吊兰，绿萝，芦荟，菊花、非洲菊
等是吸收甲醛及各种挥发性有机污染物
比较有效的植物。





§ 4 室内环境改善及防治

重庆大学室内环境检测研究中心

实现**健康室内环境**的营造，需要
室内环境设计、检测、评价及改
善等阶段的专业技术支撑



重庆大学
CHONGQING UNIVERSITY

室内环境检测研究中心



中国建筑科学研究院
China Academy of Building Research

国家建筑工程质量监督检验中心

资质认定
审查认可证书

证书编号: 2019000003

名称: 中国建筑科学研究院/国家建筑工程质量监督检验中心
地址: 北京市朝阳区北三环东路30号(100013)

经审查, 该机构已具备国家有关法律、行政法规规定的条件和能力, 准予批准, 可以向社会出具具有证明作用的数据和结果。特此证书。

检查能力见证书附表。

(该证书的有效性依赖于获证机构遵守认可标准的要求, 并接受本中心实施的监督评审。)

准许使用徽标



发证日期: 2019年10月12日
有效期至: 2021年10月12日
发证机关: 国家认证认可监督管理委员会

本证书的有效性依赖于获证机构遵守认可标准的要求, 并接受本中心实施的监督评审。

资质认定
授权证书

证书编号: (2019) 国建质监字(077)号

名称: 国家建筑工程质量监督检验中心
地址: 北京市三里屯路36号(100013)

经审查, 该机构已具备国家有关法律、行政法规规定的条件和能力, 准予批准, 可以向社会出具具有证明作用的数据和结果。特此证书。

检测能力见证书附表。

(该证书的有效性依赖于获证机构遵守认可标准的要求, 并接受本中心实施的监督评审。)

准许使用徽标



发证日期: 2019年10月12日
有效期至: 2021年10月12日
发证机关: 国家认证认可监督管理委员会

本证书的有效性依赖于获证机构遵守认可标准的要求, 并接受本中心实施的监督评审。



§ 4 室内环境改善及防治

重庆大学室内环境检测研究中心

主要从事室内环境专业检定与测评、室内环境污染改善与防治。





谢谢！