

建设工程质量检测人员岗位培训教材

INDOOR ENVIRONMENTAL POLLUTION DETECTION FOR
CIVIL CONSTRUCTION PROJECTS

民用建筑工程室内环境 污染检测

贵州省建设工程质量检测协会 组织编写

中国建筑工业出版社

非外借

建设工程质量检测人员岗位培训教材

民用建筑工程室内环境污染检测

贵州省建设工程质量检测协会 组织编写



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

民用建筑工程室内环境污染检测/贵州省建设工程质量检测协会组织编写. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018.9

建设工程质量检测人员岗位培训教材

ISBN 978-7-112-22428-9

I. ①民… II. ①贵… III. ①民用建筑-室内环境-环境污染-检测-国家标准-中国-岗位培训-教材 IV. ①X503.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 150465 号

本书是建设工程质量检测人员岗位培训教材的一个分册, 按照国家《建设工程质量检测管理办法》的要求, 依据相关国家技术法规、技术规范及标准等编写完成。主要内容有: 室内环境污染及室内环境质量检测必要性、相关国家标准及规范的内容对比和要点解读、化学分析的基本知识和各种检测方法 (分光光度法、气相色谱法) 基本概念和基本理论、化学检测中术语和计量单位、检测工作中记录 and 数据处理、室内空气现场采样技术、室内空气中常见污染物 (甲醛、氨、氡、苯、TVOC) 的检测技术、土壤中氡浓度和建筑装饰装修材料有害物质的检测方法等。

本书为建设工程质量检测人员培训教材, 也可供从事建设工程设计、施工、质监、监理等工程技术人员参考, 还可作为高等职业院校、高等专科学校教学参考用书。

责任编辑: 胡永旭 范业熙 杨 杰

责任设计: 李志立

责任校对: 焦 乐

建设工程质量检测人员岗位培训教材
民用建筑工程室内环境污染检测

贵州省建设工程质量检测协会 组织编写

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17 字数: 418 千字

2018 年 10 月第一版 2018 年 10 月第一次印刷

定价: 50.00 元

ISBN 978-7-112-22428-9

(31676)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

建设工程质量检测人员岗位培训教材

编写委员会委员名单

主任委员：杨跃光

副主任委员：李泽晖 许家强 谢文辉 梁 余 宫毓敏 谢雪梅

王林枫 陈纪山 姚家惠

委 员（按姓氏笔画排序）：

王 转 王 霖 龙建旭 卢云祥 冉 群 朱 孜

李荣巧 李家华 周元敬 黄质宏 詹黔花 潘金和

本书主编

李家华 周元敬

丛书前言

建设工程质量检测是指依据国家有关法律、法规、工程建设强制性标准和设计文件，对建设工程材料质量、工程实体施工质量以及使用功能等进行检验检测，客观、准确、及时的检测数据是指导、控制和评定工程质量的科学依据。

随着我国城镇化政策的推进和国民经济的快速发展，各类建设规模日益增大，与此同时，建设工程领域内的有关法律、法规和标准规范逐步完善，人们对建筑工程质量的要求也在不断提高，建设工程质量检测随着全社会质量意识的不断提高而日益受到关注。因此，加强建设工程质量的检验检测工作管理，充分发挥其在质量控制、评定中的重要作用，已成为建设工程质量管理的重要手段。

工程质量检测是一项技术性很强的工作，为了满足建设工程检测行业发展的需求，提高工程质量检测技术水平和从业人员的素质，加强检测技术业务培训，规范建设工程质量检测行为，依据《建设工程质量检测管理办法》、《建设工程检测试验技术管理规范》和《房屋建筑和市政基础设施工程质量检测技术管理规范》等相关标准、规范，按照科学性、实用性和可操作性的原则，结合检测行业的特点编写本套教材。

本套教材共分6个分册，分别为：《建筑材料检测》、《建筑地基基础工程检测》、《建筑主体结构工程检测》、《建筑钢结构工程检测》、《民用建筑工程室内环境污染检测》和《建筑幕墙工程检测》。全书内容丰富、系统、涵盖面广，每本用书内容相对独立、完整、自成体系，并结合我国目前建设工程质量检测的新技术和相关标准、规范，系统介绍了建设工程质量检测的概论、检测基本知识、基本理论和操作技术，具有较强的实用性和可操作性，基本能够满足建设工程质量检测的实际需求。

本套教材为建设工程质量检测人员培训教材，也可供从事建设工程设计、施工、质监、监理等工程技术人员参考，还可作为高等职业院校、高等专科学校教学参考用书。

本套教材在编写过程中参阅、学习了许多文献和有关资料，但错漏之处在所难免，敬请谅解。

关于本教材的错误或不足之处，诚挚希望广大读者在学习使用过程中及时发现的问题函告我们，以便进一步修改、补充。该培训教材在编写过程中得到了贵州省住房和城乡建设厅及有关专家的大力支持，在此一并致谢。

前 言

近几年来,随着人们生活水平的提升,大家越来越注重居住环境质量,其中室内环境空气质量就是重要的一个组成部分,因此室内环境检测逐步进入到千家万户。目前网络上有关室内环境检测的产品琳琅满目,市场上各种室内环境检测和治理公司的能力水平也良莠不齐,使得人们对室内环境检测工作犹如雾里看花。室内环境检测的主要对象是室内空气,其特点是摸不着、看不见且具有流动性,需要检测的污染物成分又复杂(TVOC的成分达几十上百种),这就对检测人员提出了较高的专业技术要求。然而室内环境质量的好坏,事关室内人员呼吸的每一口空气,直接影响着每一个人的身体健康,容不得半点疏忽和马虎。

本教材主要是以《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325—2010(2013年版)为依据,结合相关检测标准、规范,全面而系统地阐述了室内环境污染的来源、危害以及常见污染物的限量和相应的采样、检测、数据处理等技术。针对目前检测人员的知识水平参差不齐,本教材还特意编写了与室内环境检测技术相关的化学分析基本知识和仪器分析的基本概念、基本理论、检测方法以及注意事项等内容,旨在帮助和提高相关技术人员掌握室内环境检测的基础知识和检测技能,有利于室内环境检测行业更好地发展。

本教材共分为6章:第1章简述了室内环境污染、室内环境质量检测的必要性、民用建筑工程室内环境污染控制规范的相关检测技术要求;第2章叙述了化学检测的相关基础知识;重点介绍了室内环境检测所用的分光光度法和气相色谱法;第3章叙述了检测技术数据处理和质量控制;第4章叙述了室内空气现场采样技术;第5章叙述民用建筑工程室内空气中甲醛、氨、苯、TVOC和氡浓度检测技术;第6章叙述了几种常用建筑及装饰装修材料中有害物质的检测方法。

本教材内容丰富、资料翔实,具有较好的参考性和实用价值,可作为室内环境检测从业人员的培训教材以及大专院校相关专业的教学用书,也可作为从事室内环境检测管理、设计、监理、科研等人员的参考用书。

本教材由李家华、周元敬、徐青、袁霄、龙尚俊编写,在本教材的编写过程中贵州省分析测试研究院杨鸿波副院长、宋光林、李荣华高工给予了悉心的指导和大量的支持,编写完成后由李媛高级工程师审阅,给出了大量宝贵意见,在此一并致谢。

在本教材的编写过程中参阅、学习了大量文献和资料,但鉴于近几年相关标准不断更新,编写人员的学识和水平有限,时间仓促,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

目 录

第1章 概述	1
1.1 环境与室内空气	1
1.1.1 环境的定义	1
1.1.2 环境与人	1
1.1.3 环境问题	2
1.1.4 室内空气	3
1.1.5 绿色建筑	4
1.2 室内空气污染及危害	4
1.2.1 室内空气污染	4
1.2.2 室内空气污染物来源	5
1.2.3 室内空气主要污染物及其危害	6
1.2.4 室内空气污染的特点	8
1.3 室内环境检测	8
1.3.1 室内环境检测定义	9
1.3.2 室内环境检测的目的	9
1.3.3 室内环境检测的要求	9
1.3.4 室内环境检测的必要性	9
1.4 室内环境检测依据及标准解读	10
1.4.1 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325—2010 要点解读	10
1.4.2 《室内空气质量标准》GB/T 18883—2002 要点解读	13
1.4.3 GB 50325 与 GB/T 18883 的比较	14
第2章 室内环境检测基础知识	16
2.1 化学分析基础知识	16
2.1.1 玻璃仪器	16
2.1.2 化学试剂和标准物质	28
2.1.3 实验室用水	34
2.1.4 溶液配制	36
2.1.5 标准溶液	40
2.1.6 分析天平	43
2.1.7 化学分析常用术语	45
2.1.8 化学分析常用物理量单位	45

2.2 容量分析	47
2.2.1 容量分析的基本知识	47
2.2.2 酸碱滴定法	49
2.2.3 氧化还原滴定法	51
2.2.4 络合滴定法	52
2.2.5 沉淀滴定分析	53
2.3 重量分析法	54
2.3.1 重量法概念	54
2.3.2 重量分析法的分类与特点	54
2.4 分光光度法	55
2.4.1 分光光度法基本知识	55
2.4.2 分光光度计	62
2.5 原子吸收分光光度法	72
2.5.1 原子吸收分光光度法基本原理	72
2.5.2 原子吸收分光光度法主要特点	72
2.5.3 原子吸收分光光度计结构	72
2.5.4 原子吸收分光光度检测方法	73
2.5.5 原子吸收光法应用	74
2.6 气相色谱法	74
2.6.1 气相色谱法的基本知识	74
2.6.2 气相色谱仪的基本知识	84
2.6.3 气相色谱工作站的定性和定量分析方法	98
2.7 实验室安全及防护	108
2.7.1 一般安全	108
2.7.2 用电安全	108
2.7.3 防火防爆安全	109
2.7.4 气瓶使用安全	111
2.7.5 危险化学品管理	111
2.7.6 化学灼伤处理	112
第3章 数据处理及质量控制	114
3.1 有效数字	114
3.1.1 有效数字及其位数	114
3.1.2 有效数字的修约规则	115
3.1.3 有效数字的运算	115
3.1.4 有效数字的应用	116
3.2 误差、准确度及不确定度	117
3.2.1 误差	118
3.2.2 准确度与精密度	119

3.2.3	灵敏度、检测下限和检测上限	120
3.2.4	不确定度	121
3.2.5	提高准确度的方法	129
3.3	统计检验及比对试验	130
3.3.1	统计检验方法简介	130
3.3.2	可疑值及其判定方法	131
3.3.3	显著性检验	133
3.3.4	室内、室间的比对试验	136
3.4	原始记录及检测报告	138
3.4.1	原始记录	138
3.4.2	检测报告	139
第4章	室内空气检测的采样	142
4.1	空气采样	142
4.1.1	采样方法	142
4.1.2	采样点设置	143
4.1.3	采样效率	144
4.2	室内空气采样仪器及流量校准	145
4.2.1	采样的仪器	145
4.2.2	流量校准	149
4.2.3	采样体积换算	152
4.3	室内空气采样技术	152
4.3.1	采样前准备	152
4.3.2	现场采样	155
4.3.3	采样的注意事项	157
4.3.4	采样可能造成的误差	158
第5章	室内空气主要污染物的检测	160
5.1	空气中甲醛的检测	160
5.1.1	甲醛的性质	160
5.1.2	酚试剂分光光度法	162
5.1.3	AHMT 分光光度法	168
5.1.4	气相色谱法	170
5.1.5	乙酰丙酮分光光度法	173
5.1.6	光电光度甲醛分析仪器法	175
5.1.7	电化学传感器法	176
5.2	空气中氨的检测	177
5.2.1	氨的性质	177
5.2.2	靛酚蓝分光光度法	178

5.2.3	纳氏试剂分光光度法	184
5.2.4	离子选择电极法	187
5.3	空气中 TVOC 的检测	189
5.3.1	TVOC 的性质	189
5.3.2	热解吸-气相色谱法	190
5.4	空气中苯的检测	193
5.4.1	苯的性质	193
5.4.2	毛细管气相色谱法	193
5.4.3	便携式气相色谱法	195
5.5	空气中氩的检测	197
5.5.1	氩的性质	197
5.5.2	室内空气中氩的检测	199
5.5.3	活性炭盒法测定氩浓度	201
5.5.4	双向薄膜探测器测定技术	202
5.5.5	闪烁瓶法测定氩浓度	203
第 6 章	土壤氩浓度及建筑装饰材料检测	207
6.1	土壤氩浓度检测	207
6.1.1	土壤中氩浓度测定	207
6.1.2	土壤表面氩析出率测定	208
6.2	无机非金属材料放射性比活度测定 GB 6566—2010	209
6.2.1	术语和定义	209
6.2.2	标准中材料限量值	211
6.2.3	试验方法	211
6.3	人造木板中游离甲醛的测定	212
6.3.1	测定方法概述	212
6.3.2	环境测试舱法测定游离甲醛释放量	213
6.3.3	穿孔法测定游离甲醛含量	214
6.3.4	干燥器法测定游离甲醛释放量	216
6.4	涂料和胶粘剂中污染物的测定	217
6.4.1	取样	217
6.4.2	游离甲醛含量的测定	221
6.4.3	挥发物及不挥发物的测定	224
6.4.4	密度测定	225
6.4.5	水分测定	227
6.4.6	挥发性有机化合物 (VOC) 的测定	227
6.4.7	苯含量测定	229
6.4.8	甲苯二异氰酸酯 (TDI) 的测定	230

附录 I 233

附录 II 246

附录 III 252

附录 IV 254

参考文献 260

第 1 章 概 述

1.1 环境与室内空气

1.1.1 环境的定义

环境（environment）是相对于中心事物而言，与某一中心事物发生关系的周围一切因素的总和。不同的中心事物，环境内容的不同；环境随中心事物而变化，是围绕中心事物存在的空间、条件和状况，构成中心事物的环境。比如，对生物来说，环境是指生物生存的场所、气候、生态系统、周围群体和其他种群；对文学、历史和社会科学来说，环境指具体的人生活周围的条件和状况；对建筑来说，环境是指建筑物内外和周围的条件；从环境保护的宏观角度来说，环境就是人类生存的地球家园。

1.1.2 环境与人

人和环境是一个不可分割的整体。在人类社会发展的漫长过程中，人与环境形成了一种既相互对立、相互制约又相互依赖与相互作用的辩证统一关系。一方面，人与环境之间连续不断地进行着物质交换、能量流通与信息交流，保持着动态平衡，成为一个不可分割的统一体。另一方面，在人类长期进化发展过程中，各种环境条件是经常变化的，人体经过长期的适应性调节，对环境变化具有一定的适应能力，现代人类的行为特征、形态结构和生理功能都是适应其周围环境变化的结果。再次，环境为人类提供生命活动的物质基础，环境的组成成分及存在状态的任何改变都会对人体产生影响；同时，人的生活和生产活动也以各种形式不断地对环境施加影响，使环境的组成与性质发生变化。

《中华人民共和国环境保护法》指出：“环境，是指影响人类生存和发展的各种天然和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等”。它包含两层含义：第一，环境法所说的环境，是指以人为中心的人类生存环境，关系到人类的毁灭与生存。同时，环境又不是泛指人类周围的一切自然的和社会的客观事物整体。比如，银河系，我们并不把它包括在环境这个概念中。所以，环境保护所指的环境，是人类赖以生存的环境，是作用于人类并影响人类未来生存和发展的外界的一个实施体。第二，随着人类社会的发展，环境概念也在发展。如现阶段没有把月球视为人类的生存环境，但是随着宇宙航行和空间科学的发展，月球将有可能成为人类生存环境的组成部分。所以，通常我们所称的环境是指与人类生活相关的自然环境与社会环境。

自然环境，就是指原生态的，未经人为加工和改造而天然存在的，人类生存和发展所依赖的各种自然条件的总和。如大气、水、其他物种、土壤、岩石矿物、太阳辐射等。人

类生活的自然环境，按要素可分为大气环境、水环境、土壤环境、地理环境和生物环境等，主要是指地球的五大圈——大气圈、水圈、土圈、岩石圈和生物圈，这些都是人类赖以生存的物质基础。

社会环境，是次生环境，是人类为了提高物质和文化生活，在自然环境的基础上，经过人类劳动改造或加工的物质的、非物质的成果的总和。物质的成果指文物古迹、绿地园林、建筑部落、器具设施等；非物质的成果指社会风俗、语言文字、文化艺术、教育法律以及各种制度等。这些成果都是人类的创造，具有文化烙印，渗透人文精神。社会环境反映了一个民族的历史积淀，也反映了社会的历史与文化，对人的素质提高起着培育熏陶的作用。

社会环境按所包含要素的性质分为：

- 1. 物理社会环境：包括建筑物、道路、工厂等；
- 2. 生物社会环境：包括驯化、驯养的植物和动物；
- 3. 心理社会环境：包括人的行为、风俗习惯、法律和语言等。

按环境功能把社会环境分为：

- 1. 院落环境、村落环境和城市环境；
- 2. 工业环境；
- 3. 农业环境；
- 4. 文化环境；
- 5. 医疗环境等。

自然环境和社会环境是人类生存、繁衍和发展的摇篮。根据科学发展的要求，保护和改善环境，建设生态文明，是人类维护自身生存与发展的需要。

1.1.3 环境问题

环境问题指由于自然界或人类活动作用于人们周围的环境引起环境变化或生态失调，以及这种变化反过来对人类的生产和生活产生影响的现象。人类在改造自然环境和创造社会环境的过程中，自然环境仍以其固有的自然规律变化。社会环境一方面受自然环境的制约，也以其固有的规律运动着。人类与环境不断地相互影响和作用，产生环境问题。

1. 环境问题分类

环境问题可分为两大类：一类是由于自然因素的破坏和污染等原因所引起的。如：火山活动，地震、风暴、海啸等产生的自然灾害，或因环境中元素自然分布不均引起的地方病，以及自然界中放射物质产生的放射病等。另一类是由于人为因素造成的环境污染和自然资源与生态环境的破坏。在人类生产、生活活动中产生的各种污染物进入环境，超过了环境容量的容许极限，使环境受到污染和破坏；人类在开发利用自然资源时，超越了环境自身的承载能力，使生态环境质量恶化，有时候会出现自然资源枯竭的现象，这些都可以归结为人为造成的环境问题。

我们通常所说的环境问题，多指人为因素所作用的结果。当前人类面临着日益严重的环境问题，这里，“虽然没有枪炮，没有硝烟，却在残杀着生灵”，但没有哪一个国家和地区能够逃避不断发生的环境污染和自然资源的破坏，它直接威胁着人类的健康和子孙后代的生存。于是人们大声疾呼“世界只有一个地球”，“文明人一旦毁坏了他们的生存环境，

他们将被迫迁移或衰亡”，世界各国强烈要求保护人类生存的环境。

2. 环境问题产生的根源

环境问题的产生，从根本上讲是经济、社会发展的伴生产物。具体说可概括为以下几个方面：

- (1) 人口增长对环境造成的巨大压力；
- (2) 人类的生产（特别是工业生产）、生活活动产生的环境污染；
- (3) 人类在开发建设活动中造成的生态破坏的不良变化；
- (4) 人类的社会活动，如军事活动、旅游活动等，造成的人文遗迹，风景名胜区、自然保护区的破坏，珍稀物种的灭绝以及海洋等自然和社会环境的破坏与污染。

3. 环境问题的治理及重要意义

环境的重要性是不可估量的，一旦环境受到破坏和污染，将会对它赖以生存的人和物造成影响，环境污染还会衍生出许多环境连锁效应。随着经济的发展，具有全球性影响的环境问题日益突出，不仅发生了区域性的环境污染和大规模的生态破坏，而且出现了温室效应、臭氧层破坏、全球气候变化、酸雨、雾霾、物种灭绝、土地沙漠化、森林锐减、越境污染、海洋污染、野生物种减少、热带雨林减少、土壤侵蚀等大范围、全球性的环境危机，严重威胁着全人类的生存和发展。中国非常重视环境保护立法工作，《中华人民共和国宪法》明确规定：“国家保护和改善生活环境和生态环境，防治污染和其他公害。”1979年，全国人民代表大会常务委员会通过并颁布了《中华人民共和国环境保护法（试行）》。自1982年开始，全国人民代表大会常务委员会先后通过了《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》和《中华人民共和国大气污染防治法》。1989年，第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过了《中华人民共和国环境保护法》，并于2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议进行了修订，《环境保护法修订案（草案）》历经四次审议，最终定稿。这部法律增加了政府、企业各方面责任和处罚力度，被专家称为“史上最严的环保法”。修订后的环保法加大了惩治力度：“企业事业单位和其他生产经营者违法排放污染物，受到罚款处罚，被责令改正，拒不改正的，依法作出处罚决定的行政机关可以自责令更改之日的次日起，按照原处罚数额按日连续处罚。”修订后的《中华人民共和国环境保护法》于2015年1月1日起施行。修订后的法律对保护和改善环境，保障民众健康，推进生态文明建设，促进经济社会可持续发展具有重要意义。

1.1.4 室内空气

室内空气是室内环境的一部分。室内环境包括居室、写字楼、办公室、交通工具、文化娱乐体育场所、医院病房、学校、幼儿园教室、活动室、饭店、旅馆、宾馆、车站候车室、机场候机室等场所内的空气、物品以及整个卫生条件。是相对于室外而言的，是指人类为满足生产、生活的需要，采用天然材料或人工材料围隔而成的，与外界相对分隔而形成的人工小环境，它是供我们进行正常学习、工作、休息和各项生活活动而免受室外自然因素及其他因素干扰的人工环境。室内空气质量的优劣与人的身体健康均有密切的关系，健康的室内空气主要是指室内空气中无污染、无危害，或污染和危害较小，有助于人们健康的居住环境。在这里先谈谈人们天天接触的室内空气。

室内空气是人们接触最频繁、最密切的环境之一。人们有 80% 以上的时间是在各种室内环境中度过的，因此室内空气质量的优劣将直接影响到每个人的健康。也是继“煤烟型”和“光化学烟雾型”污染后，现代人正进入以“室内空气污染”为标志的第三次污染时期，室内空气污染问题已经成为许多国家极为关注的环境问题之一。据美国环保总局对各种建筑物室内空气连续 5 年监测结果表明，迄今已在室内空气中发现有数千种化学物质，其中某些有毒化学物质含量比室外绿化区高 20 倍。室内空气污染的严重程度是室外空气的 2~3 倍，在某些情况下，甚至可达 100 多倍。越来越多的研究表明，室内空气污染物种类逐步增多，其中化学物污染尤为严重，污染物来源广，对人体的健康已造成严重威胁。北京市儿童医院从 2004 年开始，对白血病患者进行了家庭居住环境调查，发现 90% 的小患者家中半年之内曾经装修过，而且大多是豪华装修。全世界每年有 30 万人因为室内空气污染而死于哮喘病，其中 35% 为儿童。

1.1.5 绿色建筑

绿色建筑指在建筑的全寿命周期内，最大限度地节约资源，包括节能、节地、节水、节材等，是保护环境和减少污染，为人们提供健康、舒适和高效的使用空间，与自然和谐共生的一种建筑物。绿色建筑技术注重低耗、高效、经济、环保、集成与优化，是人与自然、现在与未来之间的利益共享，是可持续发展的建设手段。

绿色建筑的“绿色”，并不是指一般意义的立体绿化、屋顶花园，而是代表一种概念或象征，指建筑对环境无害，能充分利用自然环境资源，并且在不破坏环境基本生态平衡的条件下建造的一种建筑，又可称为可持续发展建筑、生态建筑、回归大自然建筑、节能环保建筑等。

绿色建筑并不是一定要采用高新技术，也并不一定是高成本，它可以利用常见的健康材料向人们提供一个清洁而舒适的室内环境，达到居住环境和自然环境的协调统一。如延安窑洞冬暖夏凉，把它改造成中国式的绿色建筑，造价并不高；新疆当地特色的建筑，它的墙壁由当地的石膏和透气性好的秸秆组合而成，保温性很好，再加上非常当地化的屋顶，就是一种典型的乡村绿色建筑，其造价不过 800 元/平方米，可谓价廉物美。

1.2 室内空气污染及危害

室内空气质量（Indoor Air Quality, IAQ）：指一定时间和一定区域内，空气中所含有的各项检测物达到一个恒定不变的检测值。是用来指示环境健康和适宜居住的重要指标。主要的标准有含氧量、甲醛含量、水汽含量、颗粒物等，是一套综合数据，能够充分反映某一区域或某一空间的空气状况。

因室内空气质量问题导致的人体健康问题出现得越来越多，室内空气质量安全目前已经成为继食品安全之后的第二大受公众关注的焦点问题，国家针对室内空气质量的标准规范也正在不断完善，全社会对室内环保的意识得到了提高。

1.2.1 室内空气污染

室内空气污染是指在封闭空间内的空气中存在对人体健康有危害的物质并且浓度已经

超过国家标准达到可以伤害到人的健康程度，我们把此类现象总称为室内空气污染。

室内空气污染有很多，已经检测到的有毒有害物质达数百种，常见的也有10种以上，其中绝大部分为有机分子，另还有氨、氡气等。调查和研究发现：甲醛、氨、苯、TVOC、氡五类物质在民用建筑工程中普遍存在，且挥发性强，空气中挥发量大，对身体危害较大，社会上各方面反响强烈。所以，《民用建筑工程室内环境质量控制规范》将其列为控制污染物。

1.2.2 室内空气污染物来源

除建筑本身修建主体材料和装修材料外，室内有很多物体和用品，其本身即含有各种有害因子，一旦暴露于空气中，就会散发出有害气体，造成危害。主要来自以下几方面：

1. 建筑材料

某些水泥、砖、石灰等建筑材料的原材料中，本身就含有放射性镭。待建筑物落成后，镭的衰变物氡（ ^{222}Rn ）及其子体就会释放到室内空气中，进入人体呼吸道。室外空气中氡含量约为 $10\text{Bq}/\text{m}^3$ 以下，室内严重污染时可超过数十倍。

2. 泡沫绝热材料

使用脲—甲醛泡沫绝热材料（UFFI）的房屋，可释放出大量甲醛，有时可高达 $10\text{kg}/\text{m}^3$ 以上。甲醛具有明显的刺激作用，对眼、喉、气管的刺激很大；在体内能形成变态原，引起支气管哮喘和皮肤的变态反应；能损伤肝脏，尤其是有肝炎既往史的人，住进UFFI活动房屋以后，容易复发肝炎。长期吸入低浓度甲醛，能引起头痛、头晕、恶心、呼吸困难、肺功能下降、神经衰弱，免疫功能也受影响。动物试验能诱发出鼻咽癌。尚未见到人体致癌的流行病学证据。

3. 家具、装饰用品和装潢摆设

常用的有地板革、地板砖、化纤地毯、塑料壁纸、绝热材料、脲—甲醛树脂粘合剂以及用该粘合剂粘制成的纤维板、胶合板等做成的家具等等，都能释放多种挥发性有机化合物，主要是甲醛。中国沈阳市某新建高级宾馆内，甲醛浓度最高达 $1.11\text{kg}/\text{m}^3$ ，普通居室内新装饰后可达 $0.17\text{kg}/\text{m}^3$ 左右，以后渐减。此外，有些产品还能释放出苯、甲苯、二甲苯、 CS_2 、三氯甲烷、三氯乙烯、氯苯等不下百余种挥发性有机物。其中有的能损伤肝脏、肾脏、骨髓、血液、呼吸系统、神经系统、免疫系统等，有的甚至能致敏、致癌。

4. 日常生活和办公用品

化妆品、洗涤剂、清洁剂、消毒剂、杀虫剂、纺织品、油墨、油漆、染料、涂料等都会散发出甲醛和其他种类的挥发性有机化合物、表面活性剂等。这些都能通过呼吸道和皮肤影响人体。

5. 室外污染物

室内空气受室外环境空气质量影响，如周围的工厂、附近的交通要道、周围的大小烟囱、分散的小型炉灶、局部臭气污染源等。当室外空气受到污染后，有害气体可以通过门窗直接进入室内污染室内空气。

土壤中含镭的地区，镭的衰变物氡及其子体可以通过房屋地基或房屋的管道入口处的缝隙进入室内。也可以先溶入地下水，当室内使用地下水时，即逸出到空气中。地下室或底层房间内空气中的氡浓度可达几百 Bq/m^3 ，楼层越高，浓度越低。

总之，室内空气污染物的来源很广、种类很多，对人体健康可以造成多方面的危害。而且，污染物往往可以若干种类同时存在于室内空气中，可以同时作用于人体而产生联合有害影响。

1.2.3 室内空气主要污染物及其危害

1. 甲醛

甲醛，化学式 HCHO ，是一种无色、有强烈刺激性气味的气体。易溶于水、醇和醚。甲醛在常温下是气态，通常以水溶液形式出现，其 40% 的水溶液称为福尔马林，此溶液沸点为 19°C 。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。长期接触低剂量的甲醛会引起慢性呼吸道疾病、女性月经紊乱、妊娠综合征，引起新生儿体质降低、染色体异常、甚至鼻咽癌。高浓度的甲醛则对神经系统、免疫系统、肝脏等都有毒害。甲醛还有致畸、致癌作用，能凝固蛋白质，可引起鼻腔、口腔、鼻咽、皮肤和消化道的癌症。

甲醛是制备脲醛树脂、三聚氰胺甲醛树脂、酚醛树脂等聚合物的主要原料，这些树脂主要用作粘合剂和涂料中的基料。室内装饰装修材料及家具中的胶合板、大芯板、中纤板、刨花板（碎料板）中的粘合剂和涂料在遇热、潮解时就会释放出甲醛，成为室内环境甲醛污染的主要来源。另外 UF 泡沫作为房屋防热、御寒的绝缘材料，在光和热的作用下泡沫老化，会释放甲醛。室内吸烟也会产生甲醛，每支香烟气中含甲醛 $20\sim 88\mu\text{g}$ ，并有致癌协同作用。还有用甲醛作防腐剂的涂料、化纤地毯、化妆品等产品。

2. 氨

氨，化学式 NH_3 ，一种无色而具有强烈刺激性臭味的气体，比空气轻（比重为 0.5），熔点 -77.7°C ，沸点 -33.5°C ，易被液化成无色液体，易溶于水、乙醇和乙醚。氨是一种碱性物质对人的感官系统、呼吸系统和皮肤组织有刺激作用，可感觉最低浓度为 5.3ppm。吸入氨轻者引起充血和分泌物增多，进而引起肺水肿。长时间接触低浓度氨可能会出现面部皮肤色素沉积，可引起支气管炎、皮炎、喉炎、声音沙哑，重者表现出流泪、头痛、头晕症状，可发生喉头水肿、喉痉挛而引起窒息，也可出现呼吸困难、肺水肿、昏迷和休克。

主要来自建筑施工中使用的阻燃剂、混凝土外加剂（防冻剂、膨胀剂、早强剂等）。在施工中，许多建筑商为防冻会将含有氨或尿素的防冻剂加入水泥中，为提高混凝土的凝固速度加入高碱混凝土膨胀剂、早强剂等，这些外加剂都会释放出氨气，造成室内氨的污染。另外，也可能来自室内装饰材料，如家具涂饰时所使用的添加剂和增白剂大部分都用氨水，还有室内装修的织物和木材使用的阻燃剂、理发店里的染发水等。这种污染释放期比较快，不会在空气中长期大量积存，对人体的危害相对小一些。

3. 苯

苯，化学式 C_6H_6 ，最简单的芳香烃类化合物，常温下为一种无色、具有特殊芳香气味的无色液体。苯可燃，有毒，难溶于水，易溶于有机溶剂，本身也可作为有机溶剂，极易挥发。国际卫生组织已经把苯认定为强烈致癌致突变物质，苯对人体造血功能有抑制作用，会使白细胞、红细胞和血小板减少。短间接接触苯会导致头晕、倦睡、头痛、胸闷、恶心、呕吐等症状，重者中毒而死。长期吸入苯可导致牙龈出血、鼻出血、皮下出血点或