



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专适用）

室内环境监测

主 编 王雪平 李玉静
副主编 朱慧斌 李华北



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专适用）

室内环境监测

主 编 王雪平 李玉静
副主编 朱慧斌 李华北



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书根据高职高专院校环境类专业的教学要求和高职高专室内环境监测教学大纲的要求,并按照国家颁布的新规范、新标准编写而成,是全国水利水电高职院校首选教材。

全书共分四章,介绍了室内环境现状,室内污染物检测技术,室内主要污染物的分析测试方法,新装修房屋装饰材料中有害物质的测定。本书针对高职院校的特色,避免大量理论问题的分析和讨论,增加了可操作性和实践性,为学生今后的职业生涯打下坚实的基础。

本书内容简明,重点突出,实用性强,既可作为高职高专环境类、建筑类专业教材,也可作为社会职业技术教育、职业培训的教材,还可作为环境监测从业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

室内环境监测 / 王雪平, 李玉静主编. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2012.2
普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专适用
ISBN 978-7-5084-9447-0

I. ①室… II. ①王… ②李… III. ①室内环境—环
境监测—高等职业教育—教材 IV. ①X83

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第017025号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材(高职高专适用) 室内环境监测
作 者	主编 王雪平 李玉静 副主编 朱慧斌 李华北
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 5.25印张 124千字
版 次	2012年2月第1版 2012年2月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	12.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

室内环境问题越来越引起人们的关注，中国城市居民占不到总人口的一半，但已有 2.7 亿人以上居民呼吸的空气不达标。这一近于耸人听闻的说法，来自经济合作与发展组织（OECD）2007 年 7 月 17 日宣布的《OECD 中国环境绩效评估》报告。在人的一生中，至少有 80% 以上的时间是在室内环境中度过，仅有低于 5% 的时间在室外，而其余时间则处于两者之间。而一些行动不便的人、老人、婴儿等则可能有高达 95% 的时间在室内生活，故室内空气质量的好坏对人体健康的关系就显得更加密切、更加重要了。

国外大量研究结果也表明，室内空气污染会引起“致病建筑综合症”（SBS），症状包括头痛和眼、鼻、喉部不适，干咳，皮肤干燥发痒，头晕恶心，注意力难于集中和对气味敏感等。建筑关联病（BRI），症状有咳嗽，胸部发紧，发烧寒战和肌肉疼痛等，所以，任何一个场所都有必要进行空气检测，给现代人一个舒适健康的生活环境。

全书共四章。第一章室内环境现状，包括室内空气质量、室内空气污染物来源及危害、室内环境标准体系、中国室内环境污染治理法规，让学习者建立初步的理论基础。第二章室内污染物检测技术，包括室内环境监测的目的和质量保证、室内环境检测采样规则及室内空气监测技术，让学习者掌握基础的监测技术方法。第三章室内主要污染物的分析测试方法，包括无机污染物的测定、有机污染物的测定、氨的测定、菌落总数的测定、可吸入颗粒物的测定，给学习者提供国标监测方法，对检测原理、方法、步骤及结果计算进行详细的学习。第四章新装修房屋装饰材料中有害物质的测定，包括人造板中甲醛的测定，油漆、涂料中挥发性有机化合物的测定，壁纸中有害物质的测定以及混凝土外加剂中氨气释放量的测定，主要目的是增强学习者的实际应用能力。

本书由王雪平、李玉静任主编，朱慧斌、李华北任副主编。王雪平编写第一章和第三章，李玉静、朱慧斌、李华北、崔虹、陈志冉、王哲嵘、姬艳培编写第二章和第四章。

由于编者水平有限，在编写过程中难免有疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2011 年 12 月

前言

第一章 室内环境现状	1
第一节 室内空气质量.....	1
第二节 室内空气污染物来源及危害.....	2
第三节 室内环境标准体系.....	4
第四节 中国室内环境污染治理法规.....	6
第二章 室内污染物检测技术	7
第一节 室内环境监测的目的和质量保证.....	7
第二节 室内环境检测采样规则	12
第三节 室内空气监测技术	14
第三章 室内主要污染物的分析测试方法	20
第一节 无机污染物的测定	20
第二节 有机污染物的测定	43
第三节 氡的测定	51
第四节 菌落总数的测定	55
第五节 可吸入颗粒物的测定	55
第四章 新装修房屋装饰材料中有害物质的测定	58
第一节 人造板中甲醛的测定	58
第二节 油漆、涂料中挥发性有机化合物的测定	68
第三节 壁纸中有害物质的测定	71
第四节 混凝土外加剂中氨气释放量的测定	76
参考文献	79

第一章 室内环境现状

第一节 室内空气质量

进入 21 世纪, 保护生态环境, 实现可持续发展成为人类面临的一个重要问题。可是, 人们以往在重视保护蓝天碧水, 治理大气、江河湖海等大环境污染的时候, 却忽视了一个与人们的生活息息相关, 直接涉及人身健康的室内环境污染问题。

室内环境包括居室、办公室、交通工具、文化娱乐体育场所、医院病房、学校教室、幼儿园活动室和餐馆、旅馆宾馆等场所。所有室内环境质量的优劣与健康均有密切的关系。在这里先谈谈人人接触的家居环境。家居环境是家庭团聚、休息、学习和家务劳动的人为小环境。家居环境卫生条件的好坏, 直接影响着居民的发病率和死亡率。近年来, 环境保护愈来愈受到人们的重视, 但有很多人还没有意识到室内环境质量对健康的影响。城市居民每天在室内工作、学习和生活的时间占全天时间的 90% 左右, 因此, 居室环境与人类健康和儿童生长发育的关系极为密切。

随着经济的发展和人民生活水平的提高, 在改善居住条件时, 大家比较习惯于考虑住房的位置、环境、交通是否方便, 再就是住房的面积、实用方便性和是否美观。20 世纪 70 年代爆发了全球性能源危机, 一些发达国家在建筑物设计方面为了节省能源, 导致室内通风不足, 室内污染状况恶化, 出现了“军团病”和“致病建筑物综合症”。

现代人生活和工作在室内环境中的时间已达到全天的 80%~90%, 因此室内环境质量的好坏直接影响人们的身体健康。有研究显示, 室内并不是安全的场所, 有时室内污染反而更加严重。室内空气质量 (IAQ) 的重要性不言而喻。一个人每天需要 1kg 食品 2kg 饮水, 但所需空气则为 10kg, 室内空气质量 (IAQ) 对人的健康保障、舒适感受和工作学习效率尤为重要。

在经历了 18 世纪工业革命带来的“煤烟型污染”和 19 世纪石油和汽车工业带来的“光化学烟雾污染”之后, 现代人正经历以“室内环境污染”为标志的第三污染时期。室内污染物可能达数千种之多, 室内污染也被称为现代城市的特殊灾害, 国际上已经把室内空气污染列为对公众健康危害最大的环境因素。

当前我国环境污染已经超过了警戒线, 尤其是空气、水、碳尘、辐射和有毒物质时刻侵害着我们的健康, 室内环境的污染更为严重。据中国消费者协会统计, 近年来投诉重点已经从质量投诉逐步转向室内环境污染投诉。国家卫生、建设和环保部门最近进行过一次室内装饰材料抽查, 结果发现具有毒气污染的材料占 68%, 这些装饰材料会挥发出 300 多种挥发性的有机化合物, 如甲醛、三氯乙烯、苯、二甲苯等, 容易引发各种疾病。建筑物自身也可能成为室内空气的污染源。另有一种室内空气污染的隐患——空调, 它在现代生活中日益普及, 造成人体、房间和空调机在室内形成一个封闭的循环系统, 极容易使细

菌、病毒等微生物大量繁衍。

中国环境保护协会有关数据统计表明：90%白血病患者家中曾进行过豪华装修，每年210名儿童死于豪华装修；80%的家庭装修甲醛超标；70%的孕妇流产和环境污染有关；每年我国因室内环境污染引起的死亡人数高达11.1万人，平均每天304人死亡。室内环境污染已经成为严重影响现代人类健康的杀手之一。

第二节 室内空气污染物来源及危害

一、造成室内空气污染的主要原因及污染物

从目前检测分析，室内空气污染物的主要来源有以下几个方面：建筑及室内装饰材料、室外污染物、燃烧产物和人本身活动。其中室内装饰材料及家具的污染是目前造成室内空气污染的主要原因。

(1) 烹调油烟污染。烹调油烟含有多种有毒化学成分，厨房煮饭炒菜产生的一氧化碳、氮氧化物及强致癌物，对机体具有肺脏毒性、免疫毒性、致癌、致突变性。烹调油烟对人外周血淋巴细胞具有一定的毒性作用，烹调油烟对机体的体液免疫和细胞免疫功能均有一定的影响，有关烹调油烟的危害研究近年来也日益受到重视。

(2) 辐射及尘埃污染。家用电器均产生不同的辐射、静电等结合尘埃粒子，病毒等随空气流动而污染室内环境，影响人们身体健康。

(3) 烟草烟雾污染。烟草的危害是当今世界最严重的公共卫生问题之一，烟雾中含有许多致病物质，如烟碱、二氧化氮、氢氰酸、丙烯醛、砷、铅、汞等，环境烟草烟雾暴露和肺癌发生有很强的病因学关系，已经被40多个流行病学研究证实。

(4) 生物性污染。主要来自家庭饲养的花鸟鱼虫和猫狗宠物，包括细菌、真菌（包括真菌孢子）、花粉、病毒、生物体有机成分等。

(5) 人体代谢污染。由人体呼吸排入环境的气体污染物有100多种，由皮肤排泄的近200种。其中，影响人体健康的主要有体臭、氨、病菌、病毒等。

(6) 室外来源污染。室外空气中的各种污染物（包括工业废气和汽车尾气）通过门窗、孔隙等进入室内，人为带入室内的污染物等。

国家卫生、建设和环保部门曾经进行过一次室内装饰材料抽查，结果发现具有毒气污染的材料占68%，这些装饰材料会挥发出300多种挥发性的有机化合物。其中甲醛、氨、苯、甲苯、二甲苯、挥发性有机物以及放射性气体氡等，人体接触后，可以引起头痛、恶心呕吐、抽搐、呼吸困难等，反复接触可以引起过敏反应，如哮喘、过敏性鼻炎和皮炎等，长期接触则能导致癌症（肺癌、白血病）或导致流产、胎儿畸形和生长发育迟缓等。

(1) 甲醛。这是一种无色易溶的刺激性气体。刨花板、密度板、胶合板等人造板材、胶粘剂和墙纸是空气中甲醛的主要来源，释放期长达3~15年。可经呼吸道吸收，甲醛对人体的危害具长期性、潜伏性、隐蔽性的特点。长期吸入甲醛可引发鼻咽癌、喉头癌等严重疾病。

(2) 苯。这是一种无色、具有特殊芳香气味的气体。胶水、油漆、涂料和黏合剂是空

气中苯的主要来源。苯及苯系物被人体吸入后,可出现中枢神经系统麻醉作用;可抑制人体造血功能,使红细胞、白细胞、血小板减少,再生障碍性贫血患率增高;还可导致女性月经异常,胎儿的先天性缺陷等。

(3) 氡。这是一种无色、无味、无法察觉的惰性气体。水泥、砖砂、大理石、瓷砖等建筑材料是氡的主要来源,地质断裂带处也会有大量的氡析出。氡及其子体随空气进入人体,或附着于气管黏膜及肺部表面,或溶入体液进入细胞组织,形成体内辐射,诱发肺癌、白血病和呼吸道病变。世界卫生组织研究表明,氡是仅次于吸烟引起肺癌的第二大致癌物质。

(4) 氨。这是一种无色而有强烈刺激气味的气体。主要来源于混凝土防冻剂等外加剂、防火板中的阻燃剂等。它对眼、喉、上呼吸道有强烈的刺激作用,可通过皮肤及呼吸道引起中毒,轻者引发充血、分泌物增多、肺水肿、支气管炎、皮炎,重者可发生喉头水肿、喉痉挛,也可引起呼吸困难、昏迷、休克等,高含量氨甚至可引起反射性呼吸停止。

(5) 总挥发性有机化合物(TVOC)。这是一种挥发性有机化合物(VOC)在室内空气中作为异类污染物,由于它们单独的浓度低,但种类多,一般不予逐个分别表示,以TVOC表示其总量。TVOC包括甲醛、苯、对(间、邻)二甲苯、苯乙烯、乙苯、乙酸丁酯、三氯乙烯、三氯甲烷、十一烷等。室内建筑和装饰材料是空气中TVOC的主要来源。研究表明,即使室内空气中单个VOC含量都低于其限含量,但多种VOC的混合存在及其相互作用,就使危害强度增大。TVOC表现出毒性、刺激性,能引起机体免疫水平失调,影响中枢神经系统功能,出现头晕、头痛、嗜睡、无力、胸闷等症状,还可能影响消化系统,出现食欲不振、恶心等,严重时可损伤肝脏和造血系统,甚至引起死亡。

二、室内空气监测项目的选取

室内空气污染具有来源复杂、成分多样、作用持久的特点,如何选择监测项目是首先需要考虑的。各个国家根据自身室内空气的污染状况,所监测的污染物不尽相同。一般依据以下原则来选择监测的项目。

(1) 对污染物的性质如化学活性、毒性、扩散性、累积性等作全面的分析,从中选取影响较大、持续时间较长、可使人体发生病变的物质。

(2) 监测的项目有可靠的分析手段。

(3) 监测的结果有比较的标准或能作出正确的解释和判断。

我国室内空气监测的项目包括物理、化学(分子态和粒子态污染物)、放射性和生物4大类19个指标,既有与建筑热舒适有关的项目,如温湿度、风速、新风量等,又有与人体健康密切相关的有害污染物,如苯、甲醛、氡等。

在实际监测中,有时不需要测定所有的项目,可根据室内的具体情况判断,选择污染严重、对人体危害最大的指标进行监测。在室内空气中存在500多种挥发性有机物,其中致癌物质就有20多种,致病病毒200多种。国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325—2010)中控制的5种污染物是:甲醛、苯、TVOC、氨和氡。

三、室内空气污染物的特征

(1) 室内空气污染物具有复杂性。室内空气污染物的组成有别于大气污染物,室内空

气污染物来源的广泛性造成了其组成的复杂性。

(2) 室内空气污染物具有多样性。这既指污染物种类的多样性,如化学污染、物理污染、生物污染和放射性污染,又指污染物形态的多样性,如气态、蒸气态、气溶胶、颗粒物等。

(3) 室内空气污染物具有累积性。室内环境是相对封闭的空间,从污染源进入室内到污染源不断散发污染物导致其浓度升高,再到利用自然通风或机械通风将污染物排出室外,使其浓度逐渐趋于零,大都需要经过很长的时间,有些污染源如果不清除,其散发污染物的能力可以持续多达几十年。人们如果长期在含有污染物(即使是浓度很低的污染物)的空气中生活,污染物作用于人体后,由于产生累积作用,也会影响人体健康。

第三节 室内环境标准体系

一、室内空气质量标准

国家质量监督检验检疫局、卫生部、国家环保总局于2002年11月19日联合发布了《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002)。它主要作为衡量房屋是否合乎人居环境健康要求的标准。

二、民用建筑工程室内环境污染控制规范

2001年11月26日建设部颁布了《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325—2010),分别对新建、扩建和改建的民用建筑在建筑和装修材料的选择、工程勘查设计、工程施工中有害物质的限量值提出了具体要求,并提出验收时必须进行室内环境污染物浓度检测。它主要作为民用建筑工程和室内装修工程环保验收检测时的依据。

三、两种室内空气质量控制标准的区别

依据GB/T 18883—2002的室内检测和依据GB 50325—2010的室内检测的主要区别见表1.1。

(1) 针对性的区别。GB/T 18883—2002是衡量人居环境健康的尺度,对建筑商、装修商、家具商没有约束力,GB 50325—2010是建筑、装修验收标准,对建筑商、装修商具有强制性,该标准规定,建筑工程、装修工程必须通过环保验收,达标后才能交工,严禁不达标房屋交付使用。

(2) 指标值的区别。GB/T 18883—2002涉及室内环境物理性、化学性、生物性、放射性共19项指标,GB 50325—2010只对甲醛、苯、氨、TVOC和氡222等5个项目进行了限定。两个标准重叠的指标为:甲醛、苯、氨、TVOC和²²²Rn各项指标的限定值依次为0.10/0.08mg/m³、0.11/0.09mg/m³、0.20/0.20mg/m³、0.60/0.50mg/m³、200/400mg/m³。

(3) 检测条件不同。尽管按指标值来看,GB 50325—2010比GB/T 18883—2002的要求还要高一点,但事实上,落实到检测条件的时候,GB 50325—2010比GB/T 18883—

2002 要宽松得多。前者规定检测前要充分通风，然后，只关闭门窗 1h 就进行检测，后者则规定要关闭门窗 12h 之后进行。检测条件的不同，往往导致按 GB 50325—2010 验收合格，交工交付使用的房屋，再按 GB/T 18883—2002 进行检测又不合格的现象发生。由此产生的种种纠纷案例屡见不鲜，且终以房屋业主败诉而结束。

四、两种环境标准体系的选择

（一）以下情况选择 GB 50325—2010 检测

（1）收房之前。如果对建筑环保达标问题表示怀疑，就需要提出复检。在排除怀疑以前，不要收房，收了房后再追究就难上加难。

（2）装修验收前。按 2004 年北京市新版装修合同规定，装修商必须依据 GB 50325—2010 验收合格后才能交工。装修环保验收应当在装修商撤出之前进行，环保验收不合格不能接收。环保验收必须是由业主委托的与装修商没有关联的、事先不知晓的第三方检测单位进行，这样才能保障业主的权益。

（二）以下情况选择 GB/T 18883—2002 检测

（1）新居入住之前。诊断室内空气质量，保障人居环境健康。

（2）室内污染治理工程验收。如事前委托治理公司作过室内污染治理，则要找第三方检测来验收。

（3）室内空气质量问题排查。对存在疑虑的已入住的房屋进行检测。

表 1.1 两种环境标准体系的对比

标准名称	《民用建筑工程室内环境污染控制规范》 (GB 50325—2001)	《室内空气质量标准》 (GB/T 18883—2002)
发布单位	中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中华人民共和国建设部	国家质量监督检验检疫总局 卫生部 国家环境环保总局
发布实施日期	2001 年 11 月 26 日发布 2002 年 1 月 1 日实施	2002 年 11 月 19 日发布 2003 年 3 月 1 日实施
标准性质	强制性标准	推荐性标准
适用范围	适用于新建、扩建和改建的民用建筑工程室内环境污染控制。室内环境污染是指由建筑材料和装修材料产生的污染，民用建筑工程交付使用后，非建筑装修材料产生的室内环境污染，不属于本规范范围	适用于住宅和办公建筑物，其他室内环境可参照本标准执行
检测污染物	甲醛、氨、苯、TVOC 和氡等 5 种物质	温度、相对湿度、空气流速、新风量、二氧化硫、二氧化氮、二氧化碳、一氧化碳、臭氧、氨、甲醛、苯、甲苯、二甲苯、TVOC、苯并〔a〕芘、可吸入颗粒物、菌落总数和氡等 19 种物质
常规检测项	甲醛、苯、氨、TVOC	甲醛、苯、甲苯、二甲苯、TVOC
采样时间	工程完工至少 7d 以后	工程完工至少 7d 以后

续表

标准名称	《民用建筑工程室内环境污染控制规范》 (GB 50325—2001)	《室内空气质量标准》 (GB/T 18883—2002)
采样条件	自然通风的民用建筑，关闭门窗 1h 后开始采样；检测氡时要求关闭门窗 24h 后开始采样；采用集中空调的民用建筑，应在空调正常运转的条件下进行	自然通风后，关闭门窗 12h 后开始采样
布点要求	小于 50m ² 的房间设 1 个点，50~100m ² 设 2 个点，100m ² 以上设 3~5 个采样点	小于 50m ² 的房间设 1~3 个点，50~100m ² 设 3~5 个点，100m ² 以上至少设 5 个采样点

第四节 中国室内环境污染治理法规

为保护环境、保障人民身体健康，我国已相继颁发了《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325—2010)、《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002)等一系列标准法规。根据国家有关装修和室内空气质量的标准，上海市也制定了《住宅装饰装修验收标准》(GB 31/30—2003)的规定。目前，我国与室内装饰环境检测有关的主要法律法规有以下这些。

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》。
- (2) 《中华人民共和国计量法》。
- (3) 《中华人民共和国标准化法》。
- (4) 《检测和校准实验室能力的通用要求》(GB/T 27025—2008)。
- (5) 《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002)。
- (6) 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325—2010)。
- (7) 《室内装饰装修材料 人造板及其制品中甲醛释放限量》(GB 18580—2001)。
- (8) 《室内装饰装修材料 溶剂型木器涂料中有害物质限量》(GB 18581—2009)。
- (9) 《室内装饰装修材料 内墙涂料中有害物质限量》(GB 18582—2008)。
- (10) 《室内装饰装修材料 胶粘剂中有害物质限量》(GB 18583—2008)。
- (11) 《室内装饰装修材料 木家具中有害物质限量》(GB 18584—2001)。
- (12) 《室内装饰装修材料 壁纸中有害物质限量》(GB 18585—2001)。
- (13) 《室内装饰装修材料 聚氯乙烯卷材地板中有害物质限量》(GB 18586—2001)。
- (14) 《室内装饰装修材料 地毯、地毯衬垫及地毯胶粘剂有害物质释放限量》(GB 18587—2001)。
- (15) 《住宅装饰装修验收标准》(DB 31/30—2003)。

第二章 室内污染物检测技术

室内环境检测就是运用现代科学技术方法以间断或连续的形式定量地测定环境因子及其他有害于人体健康的室内环境污染物的浓度变化，观察并分析其环境影响过程与程度的科学活动。

第一节 室内环境检测的目的和质量保证

一、室内环境检测的目的

室内环境检测的目的是为了及时、准确、全面地反映室内环境质量现状及发展趋势，并为室内环境管理、污染源控制、室内环境规划、室内环境评价提供科学依据。具体可概括为以下几个方面。

- (1) 根据室内环境质量标准，评价室内环境质量。
- (2) 根据污染物的浓度分布、发展趋势和速度，追踪污染源，为实施室内环境监测和控制污染提供科学依据。
- (3) 根据检测资料，为研究室内环境容量，实施总量控制、预测预报室内环境质量提供科学依据。
- (4) 为制定、修订室内环境标准、室内环境法律和法规提供科学依据。
- (5) 为室内环境科学研究提供科学依据。

二、室内环境检测的质量保证分类

监测质量控制是监测质量保证的一部分，它包括实验室内部质量控制和外部质量控制两部分。

(1) 内部质量控制。内部质量控制是实验室自我控制质量的常规程序，它能反映分析的质量稳定性如何，以便及时发现分析中的异常情况，随时采用相应的校正措施。其内容包括空白实验、校准曲线检查、仪器设备的定期标定、平行样分析、加标样分析、密码样分析和编制质量控制图等。

(2) 外部质量控制。外部质量控制由常规监测以外的中心检测站或其他有经验的人员来执行，以便对数据质量进行独立评价，各实验室可以从中发现所存在的系统误差等问题，及时校正，提高监测质量。外部质量控制常用的方法有分析标准样品以进行实验室之间的评价、分析测量系统的现场评价等。

三、室内环境监测数据的特性

在实际的监测中为了使监测数据能够准确地反映环境质量的现状，预测污染物发展趋势，要求监测数据具有代表性、准确性、精密性、可比性和完整性。

(一) 代表性

代表性是指在具有代表性的时间、地点，并按规定的采样要求采集有效样品。

所采集的样品必须能反映室内空气总体的真实状况，监测数据能真实代表某种污染物在室内空气的存在状态和空气状况。由于空气的性质和现场条件的限制，任何污染在空气中的分布不可能十分均匀，因此要使监测数据如实反映空气质量的情况，必须充分考虑所测污染物的时空分布。为此，首先要优化布设采样点位（高度、距离、点数等），使所采集的气体具有代表性。

(二) 准确性

准确性是指测定值与真实值的符合程度。监测数据的准确性受采样、运输、保存、分析、计算等环节的影响，一般以监测数据的准确度来表征。

准确度通常以度量一个特定分析程序所获得的分析结果（单次测定值或重复测定值的均值）与假定的或公认的真值之间的符合程度来表示。一个分析方法或分析系统的准确度是反映该方法或该测量系统是否存在系统误差或随机误差的综合指标。它决定着这个分析结果的可靠性。

准确度常用绝对误差与相对误差表示。

1. 准确度的评价方法

(1) 标准样品分析。通过分析标准样品，由所得结果了解分析的准确性。但目前部分标准样品是由纯物质制备而成的，不含任何其他基体，因此只从标准样品结果这一点来判断准确性是不够全面的。

(2) 回收率的测定。在实际样品中加入一定量的标准物质来检测其回收率，这是目前实验室中常用的衡量准确性的方法，从多次检测回收试验的结果中，还可以发现方法的系统误差。按式 (2.1) 计算加标回收率 (p)：

$$\text{加标回收率} = (\text{加标试样测定值} - \text{试样测定值}) \div \text{加标量} \times 100\%$$

2. 不同方法比较

通常认为，不同原理的分析方法具有相同的不准确性的可能性极小，当对同一样品用不同原理的分析方法测定，并获得一致的测定结果时，可将其作为真值的最佳估计。

当用不同分析方法对同一样品进行重复测定时，若所得结果一致，或经统计检验表明其差异不显著时，则可认为这些方法都具有较好的准确性；若所得结果呈现显著性差异，则应以被公认的可靠方法测定的结果为准。

(三) 精密性

精密性反映了测量值的重复性和再现性，以监测数据的精密度表征，是使用特定的分析程序在受控条件下重复分析同一样品所得测定值之间的一致程度。它反映了分析方法或测量系统存在的随机误差的大小，测试成果的随机误差越小，测试的精密度越高。

精密度通常用极差、平均偏差和相对平均偏差、标准偏差和相对标准偏差表示，其中标准偏差用得最多。

精密性可用平行性、重复性和再现性来表示。

(1) 平行性。在同一实验室中，当分析人员、分析设备和分析时间都相同时，用同一

种方法对同一样品进行双份或多份平行样测定，其结果之间的符合程度。

(2) 重复性。在同一实验室中，当分析人员、分析设备和分析时间中的任一项不相同，用同一分析方法对同一样品进行双份或多份平行测定，其结果之间的符合程度。

(3) 再现性。用相同的方法，不同条件下对同一样品进行测定，获得的单个结果之间的一致程度。不同条件是指不同实验室、不同分析人员、不同设备、不同（或相同）时间。

在考察精密度时还应注意以下几个问题：

(1) 分析结果的精密度与样品中待测物质的浓度水平有关。因此，必要时应取两个或两个以上不同浓度水平的样品进行分析方法精密度的检查。

(2) 精密度可因与测定有关的实验条件的改变而变动。通常，由一整批分析结果得到的精密度，往往高于分散在一段较长时间里的分析结果的精密度。如可能，最好将组成固定的样品分为若干批分散在适当长的时期内进行分析。

(3) 标准偏差的可靠性程度受测量次数的影响。因此，对标准偏差做较好估计时（如确定某种方法的精确度）需要足够的测量次数。

(4) 通常以分析标准溶液的办法了解方法的精密度，这与分析实际样品的精密度可能存在一定的差异。

(5) 准确度良好的数据必须具有良好的精密度，精密度差的数据则难以判别其准确度。

（四）可比性

可比性是指用不同测定方法测量同一样品时，所得结果的吻合程度。可比性不仅要求各实验室之间对同一样品的监测结果应相互可比，也要求同一实验室的监测数据（相关项目和历年数据）可比。在此基础上，还应通过标准物质的量值传递与溯源，以实现国际、行业间的数据一致。

（五）完整性

强调工作总体规划的切实完成，即保证按预期计划取得具有系统性和连续性的有效样品，而且无缺漏的获得这些样品的监测结果及有关信息。

四、监测结果数据的处理

得到的监测数据通常不能作为最终的监测结果报出，一般要经过数据的处理。室内空气监测和其他环境监测工作一样，数据处理和结果表述一般要注意以下几个方面的问题：有效数字，可疑值的取舍，测量结果的统计检验和结果表述，空气中污染物浓度的表达方法。

（一）有效数字

所有准确数字和一位可疑数字（实际能测到的数字）有效数字的表达及运算规则。

1. 有效数字的表达

记录一个测定值时，只保留一位可疑数据，整理数据和运算中弃取多余数字时，采用“数字修约规则”：四舍六入五考虑；五后非零则进一；五后皆零视奇偶；五前为奇则进一；五前为偶则舍弃；不许连续修约。

2. 有效数字的运算规则

(1) 加减法。以小数点后位数最少的数据的位数为准，即取决于绝对误差最大的数据

位数。

- (2) 乘除法。由有效数字位数最少者为准，即取决于相对误差最大的数据位数。
- (3) 对数。对数的有效数字只计小数点后的数字，即有效数字位数与真数位数一致。
- (4) 常数。常数的有效数字可取无限多位。第一位有效数字等于或大于 8 时，其有效数字位数可多算一位。在计算过程中，可暂时多保留一位有效数字。误差或偏差取 1~2 位有效数字即可。

(二) 可疑数据的取舍

1. Q 检验法 (3~10 次测定适用，且只有 1 个可疑数据)

- (1) 将各数据从小到大排列为 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 。
- (2) 计算 $(x_{\text{大}} - x_{\text{小}})$ ，即 $(x_n - x_1)$ 。
- (3) 计算 $(x_{\text{可}} - x_{\text{邻}})$ 。

(4) 计算舍弃商 $Q_{\text{计}} = \frac{|x_{\text{可}} - x_{\text{邻}}|}{x_n - x_1}$ 。

(5) 根据 n 和 P 查 Q 值表 (表 2.1) 得 $Q_{\text{表}}$ 。

(6) 比较 $Q_{\text{表}}$ 与 $Q_{\text{计}}$ 。

若： $Q_{\text{计}} \geq Q_{\text{表}}$ ，可疑值应舍去； $Q_{\text{计}} < Q_{\text{表}}$ ，可疑值应保留。

2. G 检验法 (Grubbs 法)

设有 n 各数据，从小到大为 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ；其中 x_1 或 x_n 为可疑数据。

(1) 计算 $\bar{x}$ (包括可疑值 x_1, x_n 在内)、 $|x_{\text{可疑}} - \bar{x}|$ 及 S 。

(2) 计算 G ： $G_{\text{计}} = \frac{|x_j - \bar{x}|}{S}$ 。

(3) 查 G 值表得 $G_{V,P}$ 。

(4) 比较 $G_{\text{计}}$ 与 $G_{V,P}$ 。

若 $G_{\text{计}} \geq G_{V,P}$ 则舍去可疑值；

$G_{\text{计}} < G_{V,P}$ 则保留可疑值。

表 2.1 Q 检验临界值

测量次数	Q (90%)	Q (95%)	Q (99%)
3	0.94	0.98	0.99
4	0.76	0.85	0.93
5	0.64	0.73	0.82
6	0.56	0.64	0.74
7	0.51	0.59	0.68
8	0.47	0.54	0.63
9	0.44	0.51	0.60
10	0.41	0.48	0.57
∞	0.00	0.00	0.00

(三) 分析数据的显著性检验

(1) 平均值 ($\bar{x}$) 与标准值 (μ) 之间的显著性检验——检查方法的准确度。

$$t_{\text{计}} = \frac{|\bar{x} - \mu|}{S} \sqrt{n} \quad (2.1)$$

若: $t_{\text{计}} \geq t_{0.95, V}$, 则 $\bar{x}$ 与 μ 有显著性差异 (方法不可靠);

$t_{\text{计}} < t_{0.95, V}$, 则 $\bar{x}$ 与 μ 无显著性差异 (方法可靠)。

(2) 两组平均值的比较。

1) 先用 F 检验法检验两组数据精密度 $S_{1(\text{小})}$ 、 $S_{2(\text{大})}$ 有无显著性差异 (方法之间):

$$F_{\text{计}} = \frac{S_{2(\text{大})}^2}{S_{1(\text{小})}^2} \quad (2.2)$$

若此 $F_{\text{计}}$ 值小于表 2.2 中的 $F(0.95)$ 值, 说明两组数据精密度 S_1 、 S_2 无显著性差异, 反之则说明两组数据有显著性差异。

2) 再用 t 检验法检验两组平均值之间有无显著性差异:

$$t_{\text{计}} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{S_{(\text{小})}} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} \quad (2.3)$$

查 $t_{0.95}(f=n_1+n_2)$, 若 $t_{\text{计}} \geq t_{0.95, V}$, 则说明两平均值有显著性差异; $t_{\text{计}} < t_{0.95, V}$, 则说明两平均值无显著性差异。

表 2.2 t 检验临界值

测量次数 (n)	自由度 ($n-1$)	置信度 P	
		0.95	0.99
3	2	1.153	1.155
4	3	1.463	1.492
5	4	1.672	1.749
6	5	1.822	1.944
7	6	1.928	2.097
8	7	2.032	2.221
9	8	2.110	2.323
10	9	2.176	2.410

(四) 空气中污染物浓度的表达方法

单位体积空气中污染物质的含量, 称为该物质在空气中的浓度, 通常用两种方式表示。

1. 质量浓度

质量浓度是以单位体积内所含污染物的质量来表示空气中污染物的浓度, 常用的浓度单位有 mg/m^3 和 $\mu\text{g}/\text{L}$ 等。

$$P = \frac{m}{V} \quad (2.4)$$

式中 P ——被测物质的质量浓度, $\mu\text{g}/\text{L}$;

m ——被测物质的质量, μg ;

V ——参比状态下采样体积, L。

2. 体积比浓度

体积比浓度是以前常用的方式, 以 ppm 和 ppb 表示, ppm 表示在 100 万体积空气中含有污染物或蒸气的体积数。目前, 在描述气体浓度的实际工作中, ppm 有时还会遇到, 按规定, ppm 应改为 10^{-6} 的形式。

$$C_v = \frac{22.4}{M} C_m \quad (2.5)$$

式中 C_v ——体积比浓度;

C_m ——质量浓度;

M ——被测物质的相对分子质量。

3. 体积比浓度和质量浓度之间的换算

$$\frac{P}{C} = \frac{M}{22.4} \quad (2.6)$$

式中 M ——被测物质的相对分子质量;

22.4——标准状态下气体的摩尔体积。

第二节 室内环境检测采样规则

1. 民用建筑工程分类

民用建筑工程根据控制室内环境污染的不同要求, 划分为以下两类。

(1) I 类民用建筑工程。I 类民用建筑工程包括住宅、医院、养老院、幼儿园、学校教室等民用建筑工程。

(2) II 类民用建筑工程。II 类民用建筑工程包括办公楼、商店、旅馆、文化娱乐场所、书店、网吧、图书馆、展览馆、体育馆、公共交通等候室、餐厅、理发店等民用建筑工程。

2. 民用建筑工程验收

民用建筑工程验收时, 应抽检有代表性的房间室内环境污染物浓度, 抽检数量不得少于 5%, 并不得少于 3 间, 房间总数少于 3 间时, 应全数检测。

民用建筑工程验收时, 凡进行了样板间室内环境污染物浓度检测且检测结果合格的, 抽检数量减半, 并不得少于 3 间。

民用建筑工程验收时, 室内环境污染物浓度检测点应按房间面积设置。

(1) 房间使用面积小于 50m^2 时, 设 1 个检测点。

(2) 房间使用面积小于 $50\sim 100\text{m}^2$ 时, 设 2 个检测点。

(3) 房间使用面积大于 100m^2 时, 设 3~5 个检测点。

当房间内有 2 个及以上检测点时, 应取各点检测结果的平均值作为该房间的检测值。

民用建筑工程验收时, 环境污染物浓度现场检测点应距内墙面不小于 0.5m, 距楼地面高度 0.8~1.5m。检测点应均匀分布, 避开通风道和通风口。