

室内空气质量健康评价标准

《编制说明》

江苏省疾病预防控制中心

2019年9月

目 录

前 言.....	1
一、标准编制目的和意义.....	1
二、标准编制原则.....	1
三、标准特色和创新性.....	2
四、指标技术内容依据.....	2
1、物理因素.....	2
(1) 室内新风量.....	2
(2) 噪声.....	2
(3) 照度.....	3
2、化学因素.....	3
(1) 一氧化碳.....	3
(2) 二氧化碳.....	6
(3) 可吸入颗粒物.....	6
(4) 细颗粒物.....	7
(5) 甲醛.....	8
(6) 总挥发性有机物.....	12
(7) 苯.....	12
(8) 甲苯.....	13
(9) 二甲苯.....	13
(10) 臭氧.....	14
(11) 二氧化氮.....	14
(12) 苯并[a]芘.....	15
(13) 三氯乙烯.....	15
(14) 四氯乙烯.....	16
3、生物因素.....	16
(1) 细菌总数.....	16
(2) 真菌总数.....	17
(3) β -溶血性链球菌.....	18
参 考 文 献.....	20

前 言

随着社会经济的发展和人们生活水平的提高，公众对环境质量的要求越来越高。党的十九大报告把生态文明建设提升到前所未有的高度，相对于室外空气质量的不断改善，室内空气污染已成为近年来政府媒体关注、社会群众关心的热点。全球疾病负担报告提示(Lim et al, Lancet, 2012)，室内空气污染是排在第四位的致死危险因素，仅次于不良饮食习惯、高血压和吸烟。世界卫生组织（WHO）公布的研究结果显示全世界仍有近三十亿人无法获得清洁的烹饪、取暖和照明燃料及技术。据估计，全世界每年共有大约 430 万人死于简陋的生物质炉灶和煤炉排放的家庭空气污染。其中 34% 的人死于中风，26% 死于缺血性心脏病，22% 死于慢性阻塞性肺病，12% 死于儿童期肺炎，6% 死于肺癌。全球 50% 以上 5 岁以下儿童肺炎死亡与家庭空气污染有关。全球每年共有 700 多万人因暴露于室内或室外空气污染而死亡，这占全球死亡总数的八分之一。

我国的室内空气污染受到室外空气污染、吸烟、装修等多种因素影响，物理、化学、生物性污染物同时存在，每年因室内空气污染引起的死亡人数高达 11.1 万人，室内环境污染已成为危害人类健康的一大杀手。近年来，随着空调广泛使用、建筑物密闭程度增加，城市居民每天约 80-90% 的时间在室内环境中度过，即使在农村，人们在室内的停留时间也不少于 50%。同时各种建筑装饰材料、家具和日用化学品正以前所未有的速度大量进入室内，人们在室内接触的有害物质种类和数量比以往明显增多，对人群尤其是老、弱、病、残、幼等体弱、敏感人群造成的健康危害无法估量。改善家中 and 住家附近空气质量对减轻空气污染造成的疾病负担至关重要，可以减少污染导致的疾病，并拯救众多生命。

一、标准编制目的和意义

不管是原卫生部 1996 年相继提出 7 类 28 种公共场所卫生标准（GB9663-9673，GB16153-1996），国家卫生健康委 2019 年 4 月提出《公共场所卫生指标及限值要求》（2019 年 11 月实施），还是原国家质检总局、原卫生部、原环保总局 2002 年 11 月联合发布《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002），住房和城乡建设部、原国家质检总局 2010 年 8 月联合发布《民用建筑室内环境污染控制规范》（GB50325-2010，2013 年修订）等标准、规范，都对促进我国室内空气质量改善，保护人群健康起到了非常重要的作用。然而这些标准、规范颁布实施大部分年限较久，无论在指标和限值方面都需要依据最新的科学依据进行修订，而且室内环境集中空调使用越来越广泛，室内污染物种类也发生了比较大的变化，现行室内空气质量标准在新形势下的环境空气质量评价与管理中也存在一些不足，不能满足空气质量健康管理工作需求；同时，现行标准制定时所参考的国际上相关空气质量基准已有新的成果，我国室内空气监测分析方法技术也有新的发展，而且近年来很多国家地区也都修订了新的空气质量标准。因此，在国家未出台新的室内空气质量标准，特别是室内空气质量健康评价标准、规范之前，根据我省情况制定《室内空气质量健康评价标准》团体标准非常必要，可以为我省室内空气质量健康评价提供科学依据，对提高室内空气质量，保护人群健康具有重要的意义。

二、标准编制原则

坚持科学性基础上考虑时代性；坚持原则性基础上考虑操作性；坚持合法性基础上考虑协调性；坚持共性指标基础上考虑个性指标。

三、标准特色和创新性

本标准区别于现有大部分标准笼统考虑住宅和绝大多数公共场所的室内空气质量标准限值，重点考虑人群近一半时间所待的住宅场所，以及成人工作日办公场所和室内空气污染易感人群儿童/青少年上学期间的学校场所，提出这三类场所对健康影响比较突出的共性和个性室内污染物指标，并对每类场所区分自然通风和使用集中空调，在此基础上综合考虑不同场所主要污染物指标、指标危害程度、检测技术难易程度等，确定选测和必测指标。再按照指标不同级别和合格数量要求，对室内空气健康影响进行综合评价定级，评价结果分为卓越级健康住宅、优秀级健康住宅、良好级健康住宅和一般级健康住宅，为方便公众了解和辨识，以绿色、蓝色、黄色和红色分别进行标示。

四、指标技术内容依据

1、物理因素

室内空气物理因素包括室内新风量、噪声和照度。

(1) 室内新风量

室内新风量（Indoor Fresh Air Rate）是指从室外引入室内的新鲜空气，区别于室内回风。新风量是衡量室内空气质量的一个重要标准，直接影响到室内空气流通和室内空气污染程度。长期处于新风量不足的室内易患“建筑物综合症”（SBS），出现头痛、胸闷、易疲劳的症状，还容易引发呼吸系统和神经系统等疾病。学校教室人群密集，学生也是空气污染对健康影响的易感人群，本标准在使用集中空调的学校场所引入室内新风量指标限值要求，有利于改善学校室内空气质量。

《室内空气质量标准》GB18883-2002 规定室内新风量应不小于 $30\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$ ；《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 规定对有睡眠、休憩需求的公共场所，室内新风量不应小于 $30\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$ ，其他场所室内新风量应不小于 $20\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$ ；《建筑通风效果测试与评价标准》JGJ/T 309-2013 规定非高密度人群公共建筑主要房间每人所需最小新风量应 $\geq 30\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ （办公室、客房）， $\geq 10\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ （大堂、四季厅）；《健康住宅评价标准》T/CECS462-2017 规定新风量 $\geq 30\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ ；《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012 规定公共建筑主要房间每人所需最小新风量 $\geq 30\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ （办公室、客房）， $\geq 10\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ （大堂、四季厅）；《公共建筑节能设计标准》PGB50189-2015 规定办公建筑、宾馆建筑、商场建筑、医院建筑门诊楼、学校建筑教学楼的房间人均新风量 $\geq 30\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ 。

参照查阅的文献和相关标准、规范，本标准将学校使用集中空调室内新风量确定为选测指标，指标限值设定为 $\geq 30\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ 。

(2) 噪声

噪声（Noise）是指人们主观上不需要的声音。室内噪声主要来源于生产噪声（住宅等场所周围工矿企业和建筑工地）、生活噪声（人类活动产生）和交通噪声（自动车辆、火车等交通工具）。控制不当主要危害为：一是影响休息和睡眠。30-40dB（A）的声音是比较安静的正常环境，超过 50dB（A）会影响睡眠和休息。二是影响生活质量和工作效率。40dB（A）的噪声环境一般对生活和工作影响不大。70dB（A）的噪声干扰谈话、造成精神不集中、心烦意乱、影响学习和工作效率，降低生活质量，易出

差错或发生事故。三是对健康的影响。①特异性危害：听觉系统损伤。②非特异性危害：作用于机体各个方面。

《商场（店）、书店卫生标准》GB9670-1996 中规定噪声标准值 $\leq 60\text{dB (A)}$ ；《旅店业卫生标准》GB9670-1996 中规定 3-5 星级饭店、宾馆客房噪声标准值 $\leq 45\text{dB (A)}$ ；《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 中规定对有睡眠、休憩需求的公共场所环境噪声 $\leq 45\text{dB (A)}$ 。

本标准在学校自然通风教室监测指标引入噪声，主要考虑到目前儿童/青少年普遍存在不同程度注意力问题，易受外界干扰，影响学习和听课效率，而且儿童/青少年听力系统尚处于发育完善阶段，更容易受到噪声影响，甚至造成健康损害。

参照查阅的文献和相关标准、规范，本标准将学校室内噪声确定为必测指标，指标限值设定为上节课期间 $\leq 45\text{dB (A)}$ 。

(3) 照度

照度 (Illumination) 指单位面积上所接受可见光的光通量。2019 年 4 月国家卫健委新闻发布会介绍 2018 年全国儿童青少年总体近视率为 53.6%，其中 6 岁儿童为 14.5%，小学生为 36%，初中生为 71.6%，高中生为 81%。2018 年江苏省 208 所幼儿园和中小学校、6 万多名儿童青少年近视调查结果显示：总体近视率 60.0%，6 岁组近视率 14.5%，小学生近视率 41.0%，初中生近视率 81.8%，高中生近视率 90.2%，高于全国平均水平，近视防控任务非常艰巨。造成学生视力低下的原因很多，例如：先天因素；坐姿不正确；学习负担过重；看电视或操作电脑的时间过长等，但最根本原因可能是学校的视环境不符合要求。当室内光线较暗时，为了辨认黑板上的字和书本上的字，学生就需要睁大眼睛使劲看，需要付出很多眼调节力。如果眼睛调焦肌肉长期处于紧张状态，眼轴就会被拉长，眼睛肌肉就会发生疲劳，长期以往很可能出现近视。如果室内照度长时间处于较低水平，学生视力可能会越来越差。

《建筑照明设计标准》GB 50034-2013 规定了新建、改建和扩建的居住、公共和工业建筑的一般照度标准值，学校教室课桌面照度 $\geq 300\text{Lx}$ ，学校教室黑板面照度 $\geq 500\text{Lx}$ ；《商场（店）、书店卫生标准》GB9670-1996 中规定照度标准值 $\geq 100\text{Lx}$ ；《旅店业卫生标准》GB9670-1996 中规定 3-5 星级饭店、宾馆客房照度标准值 $\geq 100\text{Lx}$ ；《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 中规定对有阅读需求的公共场所照度 $\geq 100\text{Lx}$ 。

参照查阅的文献和相关标准、规范，本标准将学校教室照度确定为必测指标，指标限值设定为教室课桌面 $\geq 300\text{Lx}$ ，黑板面 $\geq 500\text{Lx}$ 。

2、化学因素

室内空气化学因素包括一氧化碳、二氧化碳、可吸入颗粒物、细颗粒物、甲醛、总挥发性有机物、苯、甲苯、二甲苯、臭氧、二氧化氮、苯并[a]芘、三氯乙烯和四氯乙烯。

(1) 一氧化碳

一氧化碳 (Carbon Monoxide, CO) 是含碳物质不完全燃烧的产物，无色、无臭、无刺激性。室内 CO 主要来源于室外渗透、燃料燃烧和吸烟。一氧化碳吸收入血，与血液中的血红蛋白 (Hb) 结合形成

碳氧血红蛋白 (COHb), 阻止氧与血红蛋白的结合, 从而降低了血液输送氧的能力, 引起组织缺氧, 使机体各项代谢发生紊乱。健康危害主要为中枢神经系统、心血管系统以及全身。

《室内空气质量标准》GB18883-2002 和《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 规定 CO $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ (1 小时均值)。《环境空气质量标准》GB3095-2012 规定一级限值 $\leq 4\text{mg}/\text{m}^3$, 二级限值 $\leq 4\text{mg}/\text{m}^3$ (24 小时均值); 一级限值 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$, 二级限值 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ (1 小时均值)。《建筑环境设计-室内空气质量-人居室内空气质量表示法》ISO 16814-2008 规定 CO $\leq 100\text{mg}/\text{m}^3$ (15min), $\leq 60\text{mg}/\text{m}^3$ (30min), $\leq 30\text{mg}/\text{m}^3$ (1h), $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ (8h running)。《台湾室内空气质素管理法》(TIAQMA) 规定 CO ≤ 9 ppm (8h Average), 适用于公共建筑中任何封闭或半封闭的空间, 以及任何载客的公共交通空间。香港《办公室及公众场所室内空气质素检定计划》及《室内空气质素管理指引指标》(2019 年 7 月 1 日实施) 规定 CO $\leq 2\text{mg}/\text{m}^3$ (8h, 卓越级), $\leq 7\text{mg}/\text{m}^3$ (8h, 良好级)。Sohn J 等文献报道可接受的室内新风量各国/组织标准限值 (ASHRAE, 2004. ASHRAE Standard 62.1-2004. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta) 见表 1。

参照查阅的文献和相关标准、规范, 本标准将住宅 CO 确定为选测指标, 指标限值设定为 $\leq 7\text{mg}/\text{m}^3$ (8h)。

表 1 Sohn J 等文献报道可接受的室内空气质量各国/组织标准限值
(ASHRAE, 2004. ASHRAE Standard 62.1-2004. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta)

	强制执行			非强制准则和参考水平			
	美国环署国家环境空气质量标准 (NAAQS/EPA)	职业安全与健康标准 (OSHA)	MAK	加拿大 (Canadian)	世卫组织/欧洲 (WHO/Europe)	美国国家职业安全卫生研究所 (NIOSH)	美国政府工业卫生专家协会 (ACGIH)
CO (PPM)	9	50	30	11 (8h)	90 (15min)	35	25
CO (mg/m ³)	11	59	35	13	106	41	29
CO (PPM)	35 (1h)		60 (30min)	25 (1h)	50 (30min)	200	
CO (mg/m ³)	41 (1h)		71 (30min)	29 (1h)	59 (30min)	236	

表 2 Sohn J 等文献报道可接受的室内空气质量各国/组织标准限值
(ASHRAE, 2004. ASHRAE Standard 62.1-2004. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta)

	强制执行			非强制准则和参考水平			
	美国环署国家环境空气质量标准 (NAAQS/EPA)	职业安全与健康标准 (OSHA)	MAK	加拿大 (Canadian)	世卫组织/欧洲 (WHO/Europe)	美国国家职业安全卫生研究所 (NIOSH)	美国政府工业卫生专家协会 (ACGIH)
CO ₂ (PPM)	5000	5000	3500	5000	5000	5000	5000
CO ₂ (%)	0.5	0.5	0.35	0.5	0.5	0.5	0.5
CO ₂ (PPM)		10000 (1h)		30000 (15min)	30000 (15min)		10000 (1h)
CO ₂ (%)		1 (1h)		3 (15min)	3 (15min)		1 (1h)

(2) 二氧化碳

二氧化碳 (Carbon Dioxide, CO₂) 是空气中常见的化合物, 常温下是一种无色无味气体, CO₂ 本身没有毒性, 但当空气中的 CO₂ 超过正常含量时, 会对人体产生有害的影响。正常情况下, 室内 CO₂ 浓度很低 (<0.07%), 由于人群聚居、燃料燃烧等原因, 可使室内二氧化碳水平升高, 在我国北方, 冬天燃煤烹饪及分散式取暖, 加上通风不良, 室内 CO₂ 浓度可达 2.0% (40000mg/m³) 以上。CO₂ 浓度 < 0.07% 时, 人体感觉良好, CO₂ 浓度达 0.1% 时个别敏感者有不舒适感, 若 CO₂ 浓度达到 0.15% 时不舒适感明显。学校属于人群密集场所, CO₂ 浓度高低对学生健康和学习效率影响尤其突出。

《室内空气质量标准》GB18883-2002 和《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 均规定 CO₂ 限值为 0.1% (日平均值)。《建筑环境设计-室内空气质量-人居室内空气质量表示法》ISO 16814-2008 规定 CO₂ 限值为 100mg/m³(15min), 60mg/m³(30min), 300mg/m³(1h), 100mg/m³(8h running)。《室内空气中二氧化碳卫生标准》GB/T 17094-1997 规定 CO₂ 限值为 0.10% (2000 mg/m³), 适用于室内空气的监测和评价。《民宿业卫生规范》DB32/T 3384-2018 规定 CO₂ 限值 0.10%, 适用于单栋建筑客房数量不超过 14 间(套)的民宿经营活动。《台湾室内空气质素管理法》(TIAQMA) 规定 CO₂ 限值: 1000 ppm (8-h Average), 适用于公共建筑中任何封闭或半封闭的空间, 以及任何载客的公共交通空间。香港《办公室及公众场所室内空气质素检定计划》及《室内空气质素管理指引指标》(2019 年 7 月 1 日实施) 规定 CO₂ 卓越级 1440 mg/m³(8h), 良好级 1800 mg/m³(8h)。《公共建筑集中空调通风系统卫生规范》DB32/T 2720-2014 根据场所性质不同规定 CO₂ 限值在 0.07%-0.15% 之间。适用于包括学校、办公建筑等 7 大类公共建筑集中空调通风系统的卫生管理。Sohn J 等文献报道可接受的室内 CO₂ 各国/组织标准限值 (ASHRAE, 2004. ASHRAE Standard 62.1-2004. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta) 见表 2。

参照查阅的文献和相关标准、规范, 本标准将住宅和办公场所的 CO₂ 确定为选测指标, 学校 CO₂ 确定为必测指标, 指标限值设定为 0.07%。

(3) 可吸入颗粒物

可吸入颗粒物 (Inhalable Particulate Matter, PM₁₀) 指空气动力学当量直径 ≤ 10 微米的颗粒物。室内空气中可吸入颗粒物 (PM₁₀) 主要来源于生活燃料、吸烟、使用驱蚊剂以及由室外进入到室内的颗粒物。PM₁₀ 会增加人群发病率和死亡率, 危害呼吸系统和心血管系统, 影响人体免疫功能等, 但对健康影响相对而言没有粒径更小的颗粒物明显。

《室内空气质量标准》GB18883-2002 和《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 规定 PM₁₀ 不高于 150 μg/m³。《环境空气质量标准》GB3095-2012 规定一级标准日平均浓度 50 μg/m³, 二级标准日平均浓度为 150 μg/m³。香港《办公室及公众场所室内空气质素检定计划》及《室内空气质素管理指引指标》(2019 年 7 月 1 日实施) 规定 PM₁₀ 8 小时平均浓度值不高于 100 μg/m³ 为良好级, 不高于 20 μg/m³ 为卓越级。台湾《室内空气质素管理法》(TIAQMA) 规定日均浓度应不高于 75 μg/m³。美国采暖、制冷及空调工程师协会《可接受的室内空气质量通风标准》规定 PM₁₀ 参考建议值为 50 μg/m³。中国建筑学会《健康建筑评价标准》T/ASC 02-2016 规定年均浓度应不高于 70 μg/m³, 日平均浓度不高

于 $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。《健康住宅评价标准》T/CECS462-2017 规定日平均浓度值应不高于 $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。其他国家室内空气质量 PM_{10} 推荐标准值见表 3。

参照查阅的文献和相关标准、规范，本标准将住宅、学校和办公场所 PM_{10} 确定为选测指标，指标限值设定为 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ (8h)。

表 3 其他国家室内空气质量推荐 PM_{10} 标准 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	美国	芬兰	马来西亚	德国	韩国
标准值	50/1a 150/24h	20/8h	150/8h	400/8h	100/24h (学校) 不同公共场所 100/8h 150/8h 200/8h

(4) 细颗粒物

细颗粒物 (Fine Particulate Matter, $\text{PM}_{2.5}$) 指空气动力学当量直径小于等于 2.5 微米的颗粒物。室内空气中 $\text{PM}_{2.5}$ 主要来源于燃料的燃烧、装饰材料和家具表面的散发、设备的使用、室外空气中 $\text{PM}_{2.5}$ 的渗透、细颗粒物的二次悬浮、小于 $2.5 \mu\text{m}$ 颗粒物的凝结、空调系统及室内人员的活动 (吸烟、呼吸、咳嗽、走动及打扫) 等。 $\text{PM}_{2.5}$ 粒径小，在空气中停留时间长，可以进入呼吸道肺泡甚至血液系统，且富含大量有毒、有害物质，对健康危害更大。不仅具有呼吸、心血管和血液系统毒性，它还具有生殖系统毒性，可使胎儿宫内发育迟缓、增加低出生体重风险等。欧洲研究发现 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度降至 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，可以减少 11375 个过早死亡案例，如果降至 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，可以减少 16926 个过早死亡案例， $\text{PM}_{2.5}$ 浓度下降的越多，平均每年每 10 万死亡案例减少的数量就越多。清华大学研究表明，我国有 55% 的人口生活在室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上的环境，如果室内 $\text{PM}_{2.5}$ 满足年均浓度不高于 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，能减少约 3 万人因 $\text{PM}_{2.5}$ 暴露而过早死亡。我国不同城市室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度调查显示，不同场所室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度范围在 ($1\sim 649$) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间，平均浓度范围在 ($36\sim 224$) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间，详见表 4。

表 4 2013 年以来文献报道的我国建筑室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度情况

建筑类型	城市	测试条件	室内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度均值 (范围) / ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
公共场所	重庆	正常营业	211 (68-468)
办公室	北京	无吸烟，门窗基本关闭	85.3 (5.91-367)
办公室	上海	10 层多个房间，无人办公	51 (24-105)
办公室	上海	10 层多个房间，正常办公	142 (1-649)
办公室	济南	10 层办公室	82 (5-413)
办公室	南昌	正常营业	103.13 (27.25-138.84)
商场	北京	正常营业	47 (9-253)
商场	西安	正常营业	224 (140-252)
餐厅	北京	正常营业	36 (12-349)
餐厅	南昌	正常营业	164 (38.03-492.73)
卫生机构	南昌	正常营业	72.55 (39.45-258.92)
学校	南昌	正常营业	63.46 (27.72-133.83)
学校	北京	无吸烟，门窗基本关闭	85.6 (2.73-383)
教室	武汉		86 (83-99)
电子阅览室	武汉	正常开放	92.2 (84-108)
实验室	武汉		83.6 (68-100)
宿舍	武汉	正常作息	105 (84-152)
宿舍	西安	正常作息	75.86 (68.1-111.5)
宾馆	北京	正常营业	70 (4-292)
住宅	北京	无吸烟，门窗基本关闭	85.5 (3.82-338)
住宅	南京	正常作息	80 (36-292)
住宅	贵州	农村燃煤住宅	201.60

续表 4

住宅	贵州	农村燃柴住宅	104.95
----	----	--------	--------

《环境空气质量标准》GB3095-2012 规定 $PM_{2.5}$ 一级标准日平均浓度为 $35 \mu g/m^3$ ，二级标准的日平均浓度为 $75 \mu g/m^3$ 。中国建筑学会《健康建筑评价标准》T/ASC 02-2016 规定室内 $PM_{2.5}$ 年均浓度应不高于 $35 \mu g/m^3$ ，日平均浓度不高于 $37.5 \mu g/m^3$ 。《健康住宅评价标准》T/CECS462-2017 规定室内 $PM_{2.5}$ 日平均浓度值应不高于 $35 \mu g/m^3$ 。《建筑通风效果测试与评价标准》JGJ/T309-2013 规定室内 $PM_{2.5}$ 日平均浓度应不高于 $75 \mu g/m^3$ 。台湾《室内空气质素管理法》(TIAQMA) 规定室内 $PM_{2.5}$ 日均浓度应不高于 $35 \mu g/m^3$ 。美国采暖、制冷及空调工程师协会《可接受的室内空气质量通风标准》规定室内 $PM_{2.5}$ 浓度的参考建议值为 $15 \mu g/m^3$ 。美国绿色建筑协会和国际 WELL 建筑研究所联合发起《WELL Building Standard v1》标准规定室内 $PM_{2.5}$ 浓度的参考建议值为 $15 \mu g/m^3$ 。国外或国际组织 $PM_{2.5}$ 法规标准值见表 5。

表 5 国外或国际组织相关 $PM_{2.5}$ 法规标准

国家	美国	加拿大	WHO/欧洲
标准	$15 \mu g/m^3$ (1a)	$0.1 mg/m^3$ (1h)	$10 \mu g/m^3$ (1a)
	$65 \mu g/m^3$ (24h)	$0.04 mg/m^3$ (长期)	$25 \mu g/m^3$ (24h)

参照查阅的文献和相关标准、规范，本标准将住宅、学校和办公场所 $PM_{2.5}$ 确定为必测指标，指标限值设定为 $0.035 mg/m^3$ (8h)。

(5) 甲醛

甲醛 (Methanal, HCHO) 是无色有刺激性气体。2017 年 10 月 27 日，世界卫生组织国际癌症研究机构公布的致癌物清单中，将 HCHO 列为 1 类致癌物 (对人为确定致癌物)。2019 年 7 月 23 日，HCHO 被列入有毒有害水污染物名录 (第一批)。室内 HCHO 主要来源于燃料燃烧、吸烟、建筑装饰材料、家用化工产品等。HCHO 对人体健康的影响主要表现在嗅觉异常、刺激、过敏、致突变、肺功能异常、肝功能异常、免疫功能异常等方面。

《室内空气质量标准》GB18883-2002 和《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 规定甲醛限值为 $0.10 mg/m^3$ (1h 均值)。《居室空气中甲醛的卫生标准》GB/T16127-1995 规定甲醛限值为 $0.08 mg/m^3$ 。《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB50325-2010 规定甲醛 I 类民用建筑工程为 $\leq 0.08 mg/m^3$ ，II 类民用建筑工程为 $\leq 0.1 mg/m^3$ 。台湾《室内空气质素管理法》(TIAQMA) 规定甲醛限值 $0.08 ppm$ (1-h Average)。适用于公共建筑中任何封闭或半封闭的空间，以及任何载客的公共交通空间。《建筑环境设计—室内空气质量—人居室内空气质量表示法》ISO16814-2008 规定甲醛限值 $100 \mu g/m^3$ (30min)。香港《办公室及公众场所室内空气质素检定计划》及《室内空气质素管理指引指标》(2019 年 7 月 1 日实施) 规定甲醛卓越级 $0.03 mg/m^3$ (8h)，良好级 $0.1 mg/m^3$ (8h)， $0.07 mg/m^3$ (30min)，良好级 $0.1 mg/m^3$ (30min)。Committee on Sick House Syndrome: Indoor Air Pollution Progress Report No.1 - Summary on the discussions from the 1st to 3rd meetings-26 June 2000 中室内空气污染进展报告指南甲醛限值为 $100 \mu g/m^3$ (0.08ppm)。《美甲场所卫生管理规范》DB32/T3388-2018 规定甲醛限值为 $0.12 mg/m^3$ 。《民宿业卫生规范》DB32/T3384-2018 规定甲醛限值为 $0.12 mg/m^3$ 。《住宅建筑室内装修污染控制技术标准》JGJ/T436-2008 规定：甲醛 I 级为 $\leq 0.03 mg/m^3$ ，II 级为 $0.03 mg/m^3 < C \leq 0.05 mg/m^3$ ，III 级为 $0.05 mg/m^3 < C \leq 0.08 mg/m^3$ 。适用于住宅室内装修材料引起的空气污染。Sohn J 等

文献报道可接受的室内甲醛各国/组织标准限值（ASHRAE, 2004. ASHRAE Standard 62.1-2004. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta）见表6。

参照查阅的文献和相关标准、规范，本标准将住宅、学校和办公场所的HCHO确定为必测指标，指标限值设定为 $0.07\text{mg}/\text{m}^3$ （30min）。

表 6 Sohn J 等文献报道可接受的室内空气质量各国/组织标准限值
(ASHRAE, 2004. ASHRAE Standard 62.1-2004. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta)

	强制执行			非强制准则和参考水平			
	美国环署国家环境空气质量标准 (NAAQS/EPA)	职业安全与健康标准 (OSHA)	MAK	加拿大 (Canadian)	世卫组织/欧洲 (WHO/Europe)	美国国家职业安全卫生研究所 (NIOSH)	美国政府工业卫生专家协会 (ACGIH)
HCHO (PPM)		0.75	0.3	0.1	0.08	0.016	0.3
HCHO (mg/m ³)		0.93	0.37	0.12		0.02	0.37
HCHO (PPM)		2 (15min)	1	0.05		0.1 (15min)	
HCHO (mg/m ³)		2.47 (15min)	1.23	0.06		0.12 (15min)	
HCHO (mg/m ³)	0.015 (3month)	0.05	0.1		0.0005 (1y)	0.1 (10h)	0.05
HCHO (mg/m ³)			1 (30min)				

表 8 Sohn J 等文献报道可接受的室内空气质量各国/组织标准限值
(ASHRAE, 2004. ASHRAE Standard 62.1-2004. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta)

	强制执行		非强制准则和参考水平		
	美国环署国家环境空气质量标准 (NAAQS/EPA)	职业安全与健康标准 (OSHA)	加拿大 (Canadian)	世卫组织/欧洲 (WHO/Europe)	美国国家职业安全卫生研究所 (NIOSH)
O ₃ (PPM)	0.12 (1h)	0.1	0.12 (1h)	0.64 (8h)	0.1
O ₃ (mg/m ³)	0.24	1.97	0.24		0.2
O ₃ (PPM)	0.08	0.1			
O ₃ (mg/m ³)	0.16	1.97			

表 9 Sohn J 等文献报道可接受的室内空气质量各国/组织标准限值
(ASHRAE, 2004. ASHRAE Standard 62.1-2004. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta)

	强制执行		非强制准则和参考水平		
	美国环署国家环境空气质量标准 (NAAQS/EPA)	职业安全与健康标准 (OSHA)	加拿大 (Canadian)	世卫组织/欧洲 (WHO/Europe)	美国国家职业安全卫生研究所 (NIOSH)
NO ₂ (PPM)	0.05 (1y)	5	5	0.05	0.1 (1h)

续表 9

NO ₂ (mg/m ³)	0.09 (1y)	9.4	9.4	0.09	0.19 (1h)
NO ₂ (PPM)			10 (5min)	0.25 (1h)	0.04 (1y)
NO ₂ (mg/m ³)			18.9 (5min)	0.47 (1h)	0.08 (1y)

(6) 总挥发性有机物

总挥发性有机物 (Total Volatile Organic Compounds, TVOC) 指用气相色谱非极性柱分析保留时间在正己烷和正十六烷之间并包括它们在内的已知和未知的挥发性有机化合物总称。室内空气中 TVOC 主要来源于建筑材料、装饰材料、家用有机化工产品、燃料燃烧、油烟、吸烟等。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, 严重时可能损伤肝脏和造血系统, 甚至引起死亡。

《室内空气质量标准》GB18883-2002 规定 TVOC 限值为 $0.60\text{mg}/\text{m}^3$ (8h 均值)。《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 规定 TVOC 限值为 $0.60\text{mg}/\text{m}^3$ 。《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325-2010 规定 TVOC I 类民用建筑工程室内浓度不高于 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$, II 类民用建筑工程室内浓度不高于 $0.6\text{mg}/\text{m}^3$ 。《健康住宅评价标准》T/CECS462-2017 规定室内 TVOC 8 小时平均浓度值应不高于 $0.42\text{mg}/\text{m}^3$ 。台湾《室内空气质素管理法》(TIAQMA) 规定 TVOC 限值 0.56ppm (1h)。香港《办公室及公众场所室内空气质素检定计划》及《室内空气质素管理指引指标》(2019 年 7 月 1 日实施) 规定室内 TVOC 8 小时平均浓度值不高于 $0.6\text{mg}/\text{m}^3$ 为良好级, 不高于 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 为卓越级。其他国家和地区室内空气 TVOC 浓度标准值见表 7。

表 7 其他国家或地区室内空气质量推荐 TVOC 浓度标准

国家	美国	英国	加拿大	澳大利亚	马来西亚	韩国
标准值	$0.5\text{mg}/\text{m}^3$	$0.3\text{mg}/\text{m}^3$ (8h)	$0.2\text{mg}/\text{m}^3$	$0.5\text{mg}/\text{m}^3$ (8h)	3ppm (1h)	$0.4\text{mg}/\text{m}^3$ (学校) $0.5\text{mg}/\text{m}^3$

参照查阅的文献和相关标准、规范, 本标准将住宅、学校和办公场所的 TVOC 确定为必测指标, 指标限值设定为 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ (8h)。

(7) 苯

苯 (Benzene, C_6H_6) 是一种碳氢化合物即最简单的芳烃, 在常温下是甜味、可燃、有致癌毒性的无色透明液体, 并带有强烈的芳香气味。2017 年 10 月 27 日, 世界卫生组织国际癌症研究机构公布的致癌物清单提到苯是 I 类致癌物 (对人为确定致癌物), 苯为美国 EPA 提出的优先控制污染物。室内空气苯主要来源于室内装修用的涂料、木器漆、胶黏剂及各种有机溶剂里。苯能引起麻醉和刺激呼吸道, 并在体内神经组织和骨髓中蓄积, 破坏造血功能, 使血小板减少, 长期接触会引发癌症。

《室内空气质量标准》GB18883-2002 规定苯限值为 $0.11\text{mg}/\text{m}^3$ (1h)。《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 规定苯限值为 $0.11\text{mg}/\text{m}^3$ 。《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB50325-2010 规定苯限值 I 类民用建筑工程为 $\leq 0.09\text{mg}/\text{m}^3$, II 类民用建筑工程为 $\leq 0.09\text{mg}/\text{m}^3$ 。《住宅建筑室内装修污染控制技术标准》JGJ/T436-2008 规定苯 I 级为 $\leq 0.02\text{mg}/\text{m}^3$, II 级为 $0.02\text{mg}/\text{m}^3 < C \leq 0.05\text{mg}/\text{m}^3$, III 级为 $0.05\text{mg}/\text{m}^3 < C \leq 0.09\text{mg}/\text{m}^3$ 。Guo P 等文献报道 $0.0044\text{--}0.0075\text{mg}/\text{m}^3$ (WHO)。欧洲环境局规定空气质量苯限值 $0.005\text{mg}/\text{m}^3$ (1y)。

参照查阅的文献和各国标准, 本标准将住宅、学校和办公场所的苯确定为必测指标, 指标限值设定为 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(8) 甲苯

甲苯 (Methylbenzene, C_7H_8) 是无色澄清液体, 有苯样气味。2017 年 10 月 27 日, 世界卫生组织国际癌症研究机构公布的致癌物清单提到甲苯是 3 类致癌物 (对人类致癌性可疑), 甲苯为美国 EPA 提出的优先控制污染物。室内空气甲苯主要来源于吸烟、一些溶剂、香水、洗涤剂、墙纸、粘合剂、油漆等。甲苯对皮肤、粘膜有刺激性, 对中枢神经系统有麻醉作用。

《室内空气质量标准》GB18883-2002 规定甲苯限值为 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ (1h)。《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 规定甲苯限值为 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 。《住宅建筑室内装修污染控制技术标准》JGJ/T436-2008 规定甲苯 I 级为 $\leq 0.10\text{mg}/\text{m}^3$, II 级为 $0.10\text{mg}/\text{m}^3 < C \leq 0.15\text{mg}/\text{m}^3$, III 级为 $0.15\text{mg}/\text{m}^3 < C \leq 0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 。《建筑设计—室内空气质量—人居室内空气质量表示法》ISO 16814-2008 规定甲苯限值 $0.26\text{mg}/\text{m}^3$ (1 周)。Committee on Sick House Syndrome: Indoor Air Pollution Progress Report No.1 - Summary on the discussions from the 1st to 3rd meetings - 26 June 2000 规定室内空气污染进展报告指南甲苯限值为 $260\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。Guo P 等文献报道甲苯限值分别为 $260\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO) 和 $260\mu\text{g}/\text{m}^3$ (JAPAN)。《长江流域七城市居室内空气中 甲醛和苯系物浓度抽检报告-2011 年》提到甲苯超标仅次于二甲苯, 南京与成都超标率分别高达 52% 和 49% (2011 年 7-9 月)。

参照查阅的文献和相关标准、规范, 本标准将住宅、学校和办公场所的甲苯确定为必测指标, 指标限值设定为 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(9) 二甲苯

二甲苯 (Dimethylbenzene) 为无色透明液体, 有芳香烃的特殊气味。2017 年 10 月 27 日, 世界卫生组织国际癌症研究机构公布的致癌物清单提到二甲苯是 3 类致癌物 (对人类致癌性可疑)。室内空气二甲苯主要来源于溶剂、杀虫剂、聚酯纤维、胶带、粘合剂、墙纸、油漆、湿处理影印机、压板制品和地毯等。二甲苯对人体健康的影响主要表现在对眼及上呼吸道有刺激作用, 对中枢神经系统的损伤及引起粘膜刺激, 也是一种麻醉剂, 长期接触可引起神经系统功能紊乱。

《室内空气质量标准》GB18883-2002 规定二甲苯限值为 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ (1h)。《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 规定二甲苯限值为 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 。《住宅建筑室内装修污染控制技术标准》JGJ/T436-2008 规定二甲苯 I 级为 $\leq 0.10\text{mg}/\text{m}^3$, II 级为 $0.10\text{mg}/\text{m}^3 < C \leq 0.15\text{mg}/\text{m}^3$, III 级为 $0.15\text{mg}/\text{m}^3 < C \leq 0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 。Committee on Sick House Syndrome: Indoor Air Pollution Progress Report No.1 - Summary on the discussions from the 1st to 3rd meetings - 26 June 2000 规定室内空气污染进展报告指南二甲苯限值为 $870\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。Guo P 等文献报道二甲苯限值分别为 $870\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO) 和 $870\mu\text{g}/\text{m}^3$ (JAPAN)。《车间空气中有害物质的最高容许浓度》TJ36-79 规定二甲苯浓度 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 。《长江流域七城市居室内空气中 甲醛和苯系物浓度抽检报告-2011 年》提到二甲苯超标最严重, 杭州与南京超标率均高达 67% (2011 年 7-9 月)。

参照查阅的文献和相关标准、规范, 本标准将住宅、学校和办公场所的二甲苯确定为选测指标, 指标限值设定为 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(10) 臭氧

臭氧 (Ozone, O_3) 是氧元素的一种同素异形体, 有鱼腥气味的淡蓝色气体。臭氧是室内空气中常见的一种氧化型污染物。室内臭氧主要来源于室外光化学污染产物, 以及办公室使用的复印机、激光印刷机以及具有高压发生装置的家用电器, 例如, 电视机、负离子发生器、电子消毒柜等, 使用日久后, 有可能产生超量的臭氧。臭氧的毒性主要表现为对呼吸系统的强烈刺激和损伤。在 $320 \mu g/m^3$ 臭氧环境中活动 1h 就会引起咳嗽、呼吸困难及肺功能下降。臭氧还能参与生物体中的不饱和脂肪酸、氨基及其他蛋白质反应, 使长时间直接接触高浓度臭氧的人出现疲乏、咳嗽、胸闷胸痛、皮肤起皱、恶心头痛、脉搏加速、记忆力衰退、视力下降等症状。

《室内空气质量标准》GB18883-2002 规定 O_3 限值为 $0.16 mg/m^3$ (1h)。《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 规定 O_3 限值为 $0.16 mg/m^3$ 。《室内空气中臭氧卫生标准》GB/T 18202-2000 规定 O_3 限值为 $0.1 mg/m^3$ (1h)。台湾《室内空气质素管理法》(TIAQMA) 规定 O_3 限值为 $0.06 ppm(8h)$ 。香港《办公室及公众场所室内空气质素检定计划》及《室内空气质素管理指引指标》(2019年7月1日实施) 规定室内 O_3 8 小时平均浓度值不高于 $0.12 mg/m^3$ 为良好级, 不高于 $0.05 mg/m^3$ 为卓越级。《建筑环境设计-室内空气质量-人居室内空气质量表示法》ISO 16814-2008 规定 O_3 限值 $0.12 mg/m^3$ (8h)。WHO 臭氧空气质量准则和过度时期目标规定过渡时期目标每日最高 8 小时平均浓度 $0.16 mg/m^3$, 空气质量准则(AQG) 每日最高 8 小时平均浓度 $0.10 mg/m^3$ 。European Environment Agency, De Leeuw, Frank Air quality in larger cities in the European Union : a contribution to the Auto-Oil II programme 中规定 O_3 指标限值为 $120 \mu g/m^3(8h)$ 。Sohn J 等文献报道中可接受的室内空气各国/组织标准指标对比显示 (ASHRAE, 2004. ASHRAE Standard 62.1-2004. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta) 见表 8。

参照查阅的文献和相关标准、规范, 本标准将办公场所的 O_3 确定为必测指标, 指标限值设定为 $0.1 mg/m^3$ 。

(11) 二氧化氮

二氧化氮 (Nitrogen Dioxide, NO_2) 是光化学烟雾形成的重要前体物质。在常温下 ($0\sim 21.5^\circ C$) 与四氧化二氮混合而共存, 高温下为棕红色有毒气体, 有刺激性。室内空气中 NO_2 主要是由于烹饪和取暖过程中燃料的燃烧、吸烟以及室外大气的渗入 (城市机动车保有量的持续增加, 使得室外大气中 NO_2 浓度水平呈明显上升趋势)。WHO 关于颗粒物、臭氧、二氧化氮和二氧化硫的空气质量指南- 2005 年全球风险评估摘要中指出: 动物和人体实验表明短期暴露 NO_2 浓度达到 $200 \mu g/m^3$ 时可引起显著的健康效应; 大量人体毒理学试验研究表明暴露于超过 $500 \mu g/m^3$ 的 NO_2 可产生急性健康效应; 对支气管反应性的研究提示, NO_2 浓度在高于 $200 \mu g/m^3$ 时可使哮喘患者支气管反应性增加; NO_2 室内空气限值为 $200 \mu g/m^3(1h)$, $40 \mu g/m^3(1y)$ 。

《室内空气质量标准》GB18883-2002 规定 NO_2 指标限值为 $0.24 mg/m^3(1h)$ 。《室内空气中氮氧化物卫生标准》GB/T17096-1997 规定 NO_2 指标限值为 $0.10 mg/m^3(24h)$ 。《欧洲空气质量指南》第二版规定 NO_2 室内空气限值为 $200 \mu g/m^3(1h)$, $40 \mu g/m^3(1y)$ 。1997 年环境卫生标准第 188 号 (WHO) 规定 NO_2 室内空气限值为 $40 \mu g/m^3(1y)$ 。Sohn J 等文献报道中可接受的室内空气各国/组织标准指标对比显示 (ASHRAE,

2004. ASHRAE Standard 62.1-2004. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta) 见表 9。

参照查阅的文献和相关标准、规范,本标准将住宅、学校和办公场所的 NO₂ 确定为选测指标,指标限值设定为 0.2mg/m³。

(12) 苯并[a]芘

苯并[a]芘 (Benzo[a]pyrene, BaP) 又称 3,4-苯并芘,是一种日常生活或工业生产过程中产生的副产物,属于多环芳烃中毒性最大的一种强烈致癌物。2017 年 10 月 27 日,世界卫生组织国际癌症研究机构公布的致癌物清单确定苯并[a]芘为 1 类致癌物。室内 BaP 主要来源于家用炉灶燃煤、室外工业垃圾焚烧交通污染的渗入、烹调和香烟烟雾。剂量-反应关系研究表明,室内空气中苯并[a]芘浓度与肺癌死亡率之间呈明显剂量-反应关系。南京、武汉、深圳、哈尔滨、太原大气 BaP 平均浓度分别为 50.0ng/m³、34.5ng/m³、1.2ng/m³、2.5ng/m³、23.9ng/m³。Kamila Widziwicz 等研究结果认为 BaP 日均浓度为 2.77ng/m³ 时,超额终生致癌风险为 (3.05×10⁻⁴-2.41×10⁻⁶);日均浓度为 0.65ng/m³ 时,超额终生致癌风险为 (7.15×10⁻⁷-5.66×10⁻⁵);日均浓度为 0.75ng/m³ 时,超额终生致癌风险为 (8.25×10⁻⁷-6.53×10⁻⁵)。何仁江等研究结果认为 BaP 浓度为 4.24ng/m³ 时,成人和儿童超额终生致癌风险分别为 3.80×10⁻⁵ 和 2.41×10⁻⁵。

《室内空气质量标准》GB18883-2002 规定苯并[a]芘限值为 1.0ng/m³ (24h)。《环境空气质量标准》GB3095-2012 规定 BaP 指标限值为一级限值:0.001ug/m³,二级限值:0.001ug/m³ (1y);一级限值:0.0025 ug/m³,二级限值:0.0025ug/m³ (24h)。WHO 建议 BaP 浓度为 1.2ng/m³、0.12ng/m³、0.012ng/m³ 时,超额终生致癌风险分别为 1×10⁻⁴、1×10⁻⁵、1×10⁻⁶。

参照查阅的文献和相关标准、规范,本标准将 BaP 确定为选测指标,指标限值设定为 1.0ng/m³ (24h)。

(13) 三氯乙烯

三氯乙烯 (Trichloroethylene, TCE) 为可燃液体,遇到明火、高热能够引发爆炸火灾。TCE 曾用作镇痛药和金属脱脂剂,可用作萃取剂、杀菌剂和制冷剂,以及衣服干洗剂。吸入是一般人群接触 TCE 的主要途径,也可以通过使用洗涤剂、淋浴从皮肤吸收以及饮水接触。在一项风险评估研究中, Fan 等指出,三个最重要的暴露途径是饮水、洗澡时皮肤吸收和呼吸室内空气。TCE 作为氯化溶剂,能产生神经毒性、免疫毒性、致癌作用等。TCE 对中枢神经系统(主要影响视神经和三叉神经)的影响,主要存在于高浓度急性 (600-1000mg/m³) 或中度慢性 (38-87mg/m³) 暴露。最近对人类的研究证实,人体暴露于高至中等水平 TCE (18-683mg/m³) 中可能存在免疫功能的紊乱,但没有足够的人群研究可以证实两者之间的因果关系。有足够的动物证据证明 TCE 通过口服和吸入途径具有致癌 (肝和肾) 作用,并且有足够的证据表明 TCE 至少具有弱基因毒性。TCE 作为润滑剂、粘合剂、打字机修正液、油漆去除剂和某些清洁剂的溶剂,使用这些产品可能会导致室内空气中 TCE 浓度增加。室内环境中 TCE 的浓度通常低于 1 μg/m³。美国的几个城市检测结果显示,室内 TCE 浓度范围为 0.1-0.5 μg/m³。

自 1995 年以来, TCE 一直被国际癌症研究机构认为是一种可能的致癌物质 (Group 2A), WHO、欧盟、法国环境和职业健康署提到每 1ug/m³ TCE, 增加 4.3×10⁻⁷ 癌症风险。WHO 报道,造成癌症风险终生

超额万分之一，十万分之一和百万分之一的浓度分别为 230, 23 and $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。德国室内空气卫生委员会 (GIAHC) 提到 TCE 室内空气限值为 $0.02 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

参照查阅的文献和相关标准、规范，本标准将 TCE 确定为住宅选测指标，指标限值设定为 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ (24h)。

(14) 四氯乙烯

四氯乙烯 (Perchloroethylene, PCE) 在室温下是一种非易燃性的无色液体，容易蒸发至空气中，带著刺激的、甜甜的气味。2017 年 10 月 27 日，世界卫生组织国际癌症研究机构公布的致癌物清单将 PCE 列为 2A 类致癌物。2019 年 7 月 23 日，PCE 被列入有毒有害水污染物名录 (第一批)。非常高的四氯乙烯浓度会导致晕眩、头痛、有睡意、意识混乱、恶心、说话及行走困难、失去意识和死亡。环境流行病学研究表明，接触 PCE 与食管癌、宫颈癌和非霍奇金淋巴瘤的风险之间存在正相关。

PCE 主要用于氢氯氟烃的合成原料、干洗剂、制造金属的脱脂剂零件和工业溶剂，以及纺织品、脱漆剂、印刷油墨、粘合剂和专用清洗液的生产。香水、去污剂、织物整理剂、防水剂、木材清洁剂、机动车清洁剂和干洗织物中通常含有 PCE。PCE 在大气中的半衰期为 70-250 天，工业排放和建筑及消费品的排放是造成环境空气中存在 PCE 的主要来源。据美国毒物和疾病登记署 (ATSDR) 估计，美国每年使用的 PCE 有 80-85% 被释放到大气中，主要包括蒸发过程中的干洗，金属脱脂，生产氟碳化合物以及杂项溶剂相关的应用。环境空气的 PCE 浓度一般小于 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，城市地区通常小于 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，农村地区室内浓度一般小于 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。吸入是一般人群接触 PCE 最常见的途径，干洗店和附近的家庭或设施的空气中可能含有高浓度的 PCE，PCE 污染土壤导致住宅室内空气中这些化学物质的浓度升高。这些化学物质会从土壤中蒸发，渗透到地板上，导致室内空气中 PCE 升高。PCE 会渗透到合成水管中，污染饮用水，从而导致在洗澡或淋浴时暴露。在美国的几个城市的住宅中，PCE 的室内浓度范围为 $0.4-3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在对法国住宅的一项全国性调查中，PCE 室内浓度的中位数为 $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在日本一项对 25 个家庭调查中，PCE 平均室内浓度全年为 $0.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，夏季为 $2.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，冬季为 $2.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

根据 $102\text{mg}/\text{m}^3$ PCE 对干洗工人肾脏的长期影响，计算了 $0.25\text{mg}/\text{m}^3$ 的 PCE 指导值。以 $680 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的小鼠 LOAEL 为基础，使用合适的不确定性因子 1000，进行了另一种计算的 PCE 指导值为 $0.68\text{mg}/\text{m}^3$ 。WHO 制定了 $0.25 \text{ mg}/\text{m}^3$ (1y) 的指导值。

参照查阅的文献和相关标准、规范，本标准将 PCE 确定为住宅选测指标，指标限值设定为 $0.25\text{mg}/\text{m}^3$ (24h)。

3、生物因素

集中空调通风系统起着楼宇中空气新陈代谢的重要作用，室内空气，尤其是集中空调系统的微生物污染对室内空气质量的影响很大，已成为室内空气污染的主要来源。室内空气以及集中空调系统的生物因素包括细菌总数、真菌总数和 β -溶血性链球菌。

(1) 细菌总数

细菌总数 (Total Number of Bacteria) 在一定条件下 (如需氧情况、营养条件、pH、培养温度

和时间等) 每克(每毫升) 检样所生长出来的细菌菌落总数。微生物指标是评价室内空气质量的重要参数, 空气中微生物质量的好坏往往以细菌总数多少来衡量。一般情况下空气中的细菌总数越高, 存在致病性微生物(细菌、真菌、病毒) 的可能性越高, 可使人感染而致病。很多因素影响空气中细菌数量, 如房间大小、室内人员多少、通风换气情况、采光、室内温度、湿度、灰尘含量、周围环境等。中国科学院生态中心推荐使用的空气微生物评价标准将空气中细菌的污染状况分为清洁、较清洁、轻微污染、污染、中污染、严重污染、极严重污染七个等级, 详见表 10。

表 10 空气微生物评价标准

级别号	级别	细菌浓度 ($\times 10^3$ CFU/m ³)
I	清洁	<1
II	较清洁	1.0~2.5
III	轻微污染	2.5~5.0
IV	污染	5~10
V	中污染	10~20
VI	严重污染	20~45
VII	极严重污染	>45

《室内空气质量标准》GB/T18883-2002 规定室内空气细菌总数应不高于 2500CFU/m³。《健康住宅评价标准》T/CECS462-2017 规定室内空气细菌总数应不高于 1750CFU/m³。《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 规定对有睡眠、休憩需求的公共场所, 室内空气细菌总数不应大于 1500CFU/m³ 或者 20CFU/皿, 其他场所室内空气细菌总数不应大于 4000CFU/m³ 或者 40CFU/皿。《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 和《公共场所集中空调通风系统卫生规范》WS394-2012 规定集中空调系统风管内表面细菌总数 ≤ 100 CFU/cm², 集中空调系统送风细菌总数 ≤ 500 CFU/cm³, 台湾《室内空气质素管理法》(TIAQMA) 规定室内空气细菌总数应不高于 1500CFU/m³。香港《办公室及公众场所室内空气质素检定计划》及《室内空气质素管理指引指标》(2019 年 7 月 1 日实施) 规定室内空气细菌总数不高于 1000CFU/m³ 为良好级, 不高于 500CFU/m³ 为卓越级。韩国室内空气质量标准规定室内空气细菌总数应不高于 800CFU/m³。

参照查阅的文献和相关标准、规范, 本标准将住宅、学校和办公场所自然通风室内空气细菌总数确定为必测指标, 指标限值设定为 500CFU/m³ 或者 10 CFU/皿。将住宅、学校和办公场所使用集中空调系统风管内表面细菌总数确定为必测指标, 指标限值设定为 100CFU/m²。将住宅和办公场所使用集中空调系统送风细菌总数确定为选测指标, 指标限值设定为 500CFU/m³。将学校场所使用集中空调系统送风细菌总数确定为必测指标, 指标限值设定为 500CFU/m³。

(2) 真菌总数

真菌总数 (Total Number of Fungi) 是一种真核生物, 霉菌属真菌的一种。真菌是影响室内空气污染的主要因素之一。对人类致病的真菌分浅部真菌和深部真菌, 前者侵犯皮肤、毛发、指甲, 为慢性, 对治疗有顽固性, 但影响身体较小, 后者可侵犯全身内脏, 严重的可引起死亡。真菌还可引起动、植物和人类的多种疾病, 对人类健康影响主要有三种类型: ①真菌感染; ②变态反应性疾病; ③中毒性疾病。空气中霉菌对人体的主要危害为致敏源, 有 6%~15% 的人口对霉菌过敏。霉菌导致的室内空气污染与居住者的健康密切相关, 可致上呼吸道症状(包括咳嗽、哮喘、呼吸急促等) 的发生概率增加。

长期可造成鼻息肉、肺气肿、肺心病等，并伴有发烧、脱发及一些不适症。

相比于未暴露于青霉菌的儿童，暴露于青霉菌的儿童患哮喘风险增加 2.12 倍（OR=2.12, 95%CI=1.12-4.04）。空气中青霉菌浓度 $>120\text{CFU}/\text{m}^3$ 时婴儿患哮喘的风险是空气中青霉菌浓度为 0 时的 6.18 倍。北京市东城区疾控中心对北京市 28 个居室及 6 个写字楼监测点的监测结果显示，夏季室内空气中霉菌数在（14~872） CFU/m^3 间，冬季室内空气中霉菌数在（17~1125） CFU/m^3 间，详见表 11。中国科学院生态中心推荐使用的空气微生物评价标准将空气中霉菌的污染状况分为清洁、较清洁、轻微污染、污染、中污染、严重污染、极严重污染七个等级，详见表 12。

表 11 北京市夏季、冬季室内霉菌检出结果（ CFU/m^3 ）

采样地点	样本数	夏季		冬季	
		均值	范围	均值	范围
平房	108	421	189~872	241	33~519
楼房	144	270	14~664	294	55~1125
写字楼	36	155	129~188	50	17~113

表 12 空气微生物评价标准

级别号	级别	霉菌浓度（ $\times 10^3 \text{CFU}/\text{m}^3$ ）
I	清洁	<0.5
II	较清洁	$0.5\sim 0.75$
III	轻微污染	$0.75\sim 1.0$
IV	污染	$1.0\sim 2.5$
V	中污染	$2.5\sim 6.0$
VI	严重污染	$6.0\sim 15$
VII	极严重污染	>15

《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 和《公共场所集中空调通风系统卫生规范》WS394-2012 规定集中空调系统风管内表面真菌总数 $\leq 100\text{CFU}/\text{cm}^2$ ，集中空调系统送风真菌总数 $\leq 500\text{CFU}/\text{cm}^3$ 。

参照查阅的文献和相关标准、规范，本标准将住宅、学校和办公场所使用集中空调系统风管内表面真菌总数确定为必测指标，指标限值设定为 $100\text{CFU}/\text{m}^2$ 。将住宅和办公场所使用集中空调系统送风真菌总数确定为选测指标，指标限值设定为 $500\text{CFU}/\text{m}^3$ 。将学校场所使用集中空调系统送风真菌总数确定为必测指标，指标限值设定为 $500\text{CFU}/\text{m}^3$ 。

（3） β -溶血性链球菌

β -溶血性链球菌（ β -hemolytic Streptococcus）指菌落周围形成一个 $2\sim 4\text{mm}$ 、无色透明的溶血环，又称乙型溶血性链球菌。溶血性链球菌致病力强，常引起人和动物多种疾病。

《公共场所卫生指标及限值要求》GB37488-2019 和《公共场所集中空调通风系统卫生规范》WS394-2012 规定集中空调系统送风 β -溶血性链球菌不得检出。

参照查阅的文献和相关标准、规范，本标准将住宅和办公场所使用集中空调系统送风 β -溶血性链球菌确定为选测指标，指标限值设定为不得检出。将学校场所使用集中空调系统送风 β -溶血性链球菌确定为必测指标，指标限值设定为不得检出。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ/T 309-2013 建筑通风效果测试与评价标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [2] 国家住宅与居住环境工程技术研究中心, 中国建筑设计院有限公司. T/CECS462-2017 健康住宅评价标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2017.
- [3] 中华人民共和国建设部. GB50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012 北京: 中国计划出版社, 2017.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. PGB 50189-2015 公共建筑节能设计标准[S]. 2015.
- [5] Sohn J, Yang W, Kim J, Son B, Park J. Indoor air quality investigation according to age of the school buildings in Korea. J Environ Manage. 2009 Jan;90(1):348-54.
- [6] Abdul-Wahab, S. A., En, S. C. F., Elkamel, A., et al. A review of standards and guidelines set by international bodies for the parameters of indoor air quality[J]. Atmos Pollut. 2015, Res. 6, 751e767.
- [7] Jeong, J. Y. Recently Issues on Indoor Air Quality in Korea, KOSHA, [EB/OL]. [2019-05-20]. <http://www.zyaura.com/quality/Archives/Recently%20issues%20on%20Indoor%20air%20quality%20in%20Korea.pdf>.
- [8] 环境保护部, 国家质量监督检验检疫总局. GB3095-2012 环境空气质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [9] 香港特别行政区政府室内空气质素管理小组. 办公室及公共场所室内空气质量指引[M]. 香港: 政府物流服务署, 2019.
- [10] 国家质量监督检验检疫总局, 国家卫生部, 国家环境保护总局. GB/T 18883-2002 室内空气质量标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [11] Wen-Tien, Tsai. Overview of Green Building Material (GBM) Policies and Guidelines with Relevance to Indoor Air Quality Management in Taiwan[J]. Environments, 2018, 5:1-10.
- [12] 谢慧, 赵申, 曹国庆. 国内外 PM_{2.5} 控制标准及对比[J]. 建筑科学, 2014, 30(6):37-43.
- [13] 中国建筑学会. T/ASC 02-2016 健康建筑评价标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [14] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. GB37488-2019 公共场所卫生指标及限值要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [15] Elena B, Sylvia M, Alain L, et al. Apeis: health impact assessment of long-term exposure to PM_{2.5} in 23 European cities[J]. European Journal of Epidemiology, 2006(21):449-458.
- [16] Xiang J, Weschler CJ, Wang Q, et al. Reducing Indoor Levels of "Outdoor PM_{2.5}" in Urban China: Impact on Mortalities[J]. Environ Sci Technol, 2019, 53(6):3119-3127.
- [17] Wen-Tien, Tsai. Overview of Green Building Material (GBM) Policies and Guidelines with Relevance to Indoor Air Quality Management in Taiwan[J]. Environments, 2018, 5:1-10.
- [18] International WELL Building Institute. The WELL Building Standard V1.0[S]. New York: Delos Living LLC, 2016.
- [19] 王青勤, 李国柱, 赵力, 等. 建筑物室内颗粒物(PM_{2.5})污染现状、控制技术及其标准[J]. 暖通空调, 2016, 46(2):1-7.
- [20] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB50325-2010 民用建筑工程室内环境污染控制规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2013.
- [21] Jeong, J. Y. Recently Issues on Indoor Air Quality in Korea, KOSHA, [EB/OL]. [2019-05-20]. <http://www.zyaura.com/quality/Archives/Recently%20issues%20on%20Indoor%20air%20quality%20in%20Korea.pdf>.
- [22] Guo P, Yokoyama K, Piao F, Sakai K, Khalequzzaman M, Kamijima M, Nakajima Kitamura F. Sick building syndrome by indoor air pollution in Dalian, China. Int J Environ Res Public Health. 2013 Apr 11;10(4):1489-504.
- [23] European Environment Agency, De Leeuw, Frank Air quality in larger cities in the European Union: a contribution to the Auto-Oil II programme.
- [24] Guerreiro CBB, Horálek J, de Leeuw F, et al. Benzo(a)pyrene in Europe: Ambient air concentrations, population exposure and health effects[J]. Environ Pollut, 2016, 214:657-667.
- [25] 金银龙, 李永红, 常君瑞. 我国五城市大气多环芳烃污染水平及健康风险评价[J]. 2011, 28

(9) :758-761.

[26] Kamila Widziewicz, Wioletta Rogula-Kozłowska, Grzegorz Majewski. Lung Cancer Risk Associated with Exposure to Benzo(A)Pyrene in Polish Agglomerations, Cities, and Other Areas[J]. *Int J Environ Res*, 2017, 11:685-693.

[27] 何仁江, 柏珺, 韩知峡, 等. 泸州城区大气苯并(a)芘污染特征及健康风险评价[J]. 2018, 35(6) :512-514.

[28] World Health Organization. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Copenhagen, Denmark:WHO Regional Office for Europe; 2010.

[29] European Union risk assessment report. Trichloroethylene. Brussels, European Commission, 2004.

[30] Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for trichloroethylene. Atlanta, GA, US Department of Health and Human Services, 1997.

[31] Trichloroethylene. Priority substances assessment report for the Canadian Environmental Protection Act. Ottawa, Environment Canada and Health Canada, 1993.

[32] Fan C et al. Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in groundwater in Taiwan. *Science of the Total Environment*, 2009, 407:2165 - 2174.

[33] Sources, emission, and exposure for trichloroethylene (TCE) and related compounds. Washington, DC, US Environmental Protection Agency, 2001.

[34] Geneva: World Health Organization; 2010. WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee. Guidelines for indoor air quality: selected pollutants.

[35] Trichloroethylene. In: Air quality guidelines for Europe, 2nd ed. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2000 (WHO Regional Publications, European Series, No. 91).

[36] Indoor air quality guidelines for trichloroethylene. Maisons-Alfort, French Agency for Environmental and Occupational Health Safety, 2009.

[37] Dry cleaning, some chlorinated solvents and other industrial chemicals. Summary of data reported and evaluation. Lyon, International Agency for Research on Cancer, 1995 (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 63).

[38] Chemicals in the environment. Report on environmental survey and wildlife monitoring of chemicals. Tokyo, Ministry of the Environment, 2001 (<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon/en/http2001e/index.html>, accessed 4 July 2010).

[39] Air quality guidelines for Europe, second edition, WHO regional publications, European series, N° 91.

[40] Geneva: World Health Organization; 2010. WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee. Guidelines for indoor air quality: selected pollutants.

[41] Kirchner S et al. National dwellings survey: report on air quality in French dwellings, Final Report. Paris, Indoor Air Quality Observatory, 2006.

[42] Ohura T et al. Organic air pollutants inside and outside residences in Shimizu, Japan: levels, sources and risks. *Science of the Total Environment*, 2006, 366:485-499.

[43] 张晟, 郑坚, 付永川, 等. 重庆市城区空气微生物污染及评价[J]. *环境与健康杂志*, 2002, 19(3) :231-233.

[44] 徐丙荣, 司冬霞. 聊城市空气微生物污染的检测及评价[J]. *微生物学杂志*, 2008, 28(4) :107-109.

[45] Gent JF, Kezik JM, Hill ME, et al. Household mold and dust allergens: exposure, sensitization and childhood asthma morbidity[J]. *Environ Res*. 2012;118:86-93.

[46] Rosenbaum PF, Crawford JA, Anagnost SE, et al. Indoor airborne fungi and wheeze in the first year of life among a cohort of infants at risk for asthma [J]. *J Expo Sci Environ Epidemiol*, 2010, 20(6) :503-515.

[47] 余晓辉, 张秀红, 王文元, 等. 北京市居室空气中细菌、霉菌、尘螨的检出情况及结果分析[J]. *中国预防医学杂志*, 2005, 6(1) :47-49.