

# 幼儿园建筑 TVOC 检测布点策略比较研究

毛菊萍

上海钧测检测技术服务有限公司

DOI:10.32629/eep.v9i1.3037

**[摘要]** 在幼儿园建筑TVOC检测中,为提升检测精准度与场景适配性,需实现科学布点。以幼儿园建筑空间特征、TVOC污染特性及检测布点理论为基础,系统地梳理常规、污染风险导向、技术优化等TVOC检测布点典型策略,广泛涵盖均匀布点法、污染源导向布点法、数值模拟辅助布点法等。在此基础上,研究构建针对性的检测布点比较评价体系,从检测精度、操作成本、场景适配性等多维度入手,实施量化比较与典型场景适配验证。研究表明,不同的TVOC检测布点策略差异显著,常规策略适配通用场景,风险导向策略精准度更高,新型策略则适配复杂场景,拟以此为幼儿园建筑TVOC检测布点方案的优化提供实践参考。

**[关键词]** 幼儿园建筑; TVOC检测; 布点策略; 污染风险; 适配性比较

**中图分类号:** TU834.6 **文献标识码:** A

## Comparative Study on TVOC Testing Point Layout Strategies in Kindergarten Buildings

Juping Mao

Shanghai Junce Testing Technology Service Co., Ltd

**[Abstract]** In TVOC detection in kindergarten buildings, to enhance detection accuracy and scenario adaptability, it is essential to achieve scientific sampling point layout. Based on the spatial characteristics of kindergarten buildings, the pollution characteristics of TVOC, and the detection layout theory, and the theory of detection sampling point layout. It systematically summarizes typical strategies for TVOC detection sampling point layout, including conventional, pollution risk-oriented, and technology-optimized approaches, broadly covering methods such as uniform sampling point layout, pollution source-oriented sampling point layout, and numerical simulation-assisted sampling point layout. On this basis, the research constructs a targeted comparative evaluation system for detection sampling point layout, conducting quantitative comparisons and validation in typical scenarios from multiple dimensions such as detection accuracy, operational costs, and scenario adaptability. The study shows that different TVOC detection sampling point strategies vary significantly. Conventional strategies are suitable for general scenarios, risk-oriented strategies offer higher accuracy, and novel strategies are better suited for complex scenarios. This research aims to provide practical references for optimizing TVOC detection sampling point layout plans in kindergarten buildings.

**[Key words]** kindergarten architecture; TVOC detection; point strategy; pollution risk; adaptability comparison

作为室内典型污染物,TVOC含量超标会影响幼儿呼吸系统、免疫系统,对其造成潜在危害。但由于幼儿园建筑空间功能特殊、幼儿群体抵抗力相对薄弱,对于室内TVOC检测精准度提出了更高的要求。布点策略是TVOC检测的核心环节,直接决定最终检测结果可靠性与实践应用价值。对于现有布点方法,在幼儿园场景中适配性差异显著,目前尚缺乏系统性对比分析与针对性优化方案。因此,文章围绕幼儿园建筑TVOC检测布点策略展开研究,通过梳理不同类型策略、构建比较体系,以期为幼儿园精准开展TVOC检测工作提供实践支撑。

## 1 幼儿园建筑TVOC检测相关理论基础

### 1.1 TVOC的核心特性与污染来源

所谓TVOC,指的是总挥发性有机化合物。TVOC兼具易挥发、成分复杂、毒性累积性等核心特性,在常温下可从固体或液体中释放,一旦浓度超标,将对人体产生慢性危害。通常,TVOC污染主要来源于室内外两类,其中室外来源涵盖工业废气、汽车尾气等;室内来源作为主要污染路径,广泛涉及幼儿园装修所用涂料、胶粘剂、板材家具,以及幼儿玩具、纺织品等用品。此外,日常使用的清洁用品、消毒试剂等也会释放少量TVOC,污染物易

在密闭空间积聚,造成持续污染风险。

### 1.2 幼儿园建筑的空间特征与检测要求

对于幼儿园建筑空间,兼具功能分区明确、密闭性较强、人均空间占比低等核心特征。诸如活动室、寝室、卫生间、走廊等核心空间内,幼儿停留时间长、活动范围集中。基于幼儿生理特点,对TVOC检测提出了更为严苛的标准,要求严格遵循精准化、全面化原则,检测范围全面覆盖幼儿高频活动区域。与此同时,TVOC的检测需注意避开通风高峰期、幼儿活动时段,通过精准控制检测环境温湿度、通风条件符合规范,确保检测结果真实地反映日常使用状态<sup>[1]</sup>。

### 1.3 室内TVOC检测布点的核心理论与原则

室内TVOC检测布点中,应以污染物扩散理论、均匀性采样理论为核心,结合流体力学原理,确保布点方案可精准捕捉空间内TVOC浓度分布规律<sup>[2]</sup>。具体而言,TVOC检测布点的核心原则如下:首先是代表性原则,要求检测布点覆盖不同功能区域、污染风险点,兼顾高浓度区与均匀扩散区;其次为科学性布点原则,要求依据空间大小、通风条件合理设定布点数量与位置,避免主观随意性;最后为规范性原则,严格遵循国家相关检测标准,统一布点高度、距离墙面距离等重要参数。针对幼儿园场景,还需强调安全性原则,要求布点位置避开幼儿触碰范围,不影响幼儿园日常保教活动顺利开展。

## 2 幼儿园建筑TVOC检测典型布点策略梳理

### 2.1 基于规范标准的常规布点策略

#### 2.1.1 均匀布点法

在幼儿园建筑TVOC检测中,均匀布点法依托《民用建筑工程室内环境污染控制标准》等相关规范,结合幼儿园建筑空间布局实现全面采样。均匀布点法以幼儿园建筑总面积、房间数量为核心理论依据,依照均等间距或比例合理布设检测点,确保采样覆盖无死角。

以川沙新镇六灶地块幼儿园为例,建筑面积5426.30平方米,且为3层建筑,在TVOC检测布点中执行面积适配的基本原则。即在面积 $<50\text{m}^2$ 房间布设1个点,50-100 $\text{m}^2$ 设2个点,100-500 $\text{m}^2$ 设不少于3个点。且将布点高度严格控制为0.8-1.5m、距内墙不小于0.5m,布点避开了通风道、通风口等位置。基于均匀布点法操作简便、符合规范要求等核心优势,适用于幼儿园整体竣工后常规检测,但由于该方法未充分考虑局部污染差异,对于功能特殊区域检测针对性不足。

#### 2.1.2 功能分区布点法

对于功能分区布点法,主要以幼儿园不同区域使用功能、活动频次为划分依据。幼儿园核心功能区可划分为活动室、寝室、卫生间、走廊、门卫室等区域,该方法针对各区域使用特性进行差异化布点,优先保障幼儿高频停留区域采样密度。在川沙新镇六灶地块幼儿园项目中,针对活动室、寝室等核心区域,将依照房间总数的50%进行抽检,且不少于20间,每间按面积适配布点;对于卫生间、走廊等辅助区域,可适当降低布点密度,门卫室、垃圾房等易产生污染的区域单独增设检测点。功能分区布点法的

核心优势在于贴合幼儿园使用场景,可精准反映幼儿主要活动区域TVOC浓度状况,弥补均匀布点法局限性,兼顾规范性、实用性。

### 2.2 基于污染风险的针对性布点策略

#### 2.2.1 污染源导向布点法

针对幼儿园建筑TVOC检测,污染源导向布点法聚焦TVOC污染源头,其核心为追根溯源、精准捕捉<sup>[3]</sup>。结合幼儿园污染来源特性,重点针对装修材料集中区域、用品密集区、通风薄弱区等布设检测点。

在川沙新镇六灶地块幼儿园项目中,污染源导向布点法优先应用于使用涂料、胶粘剂、板材的装修区域,以及玩具、纺织品集中活动室、寝室布设点等,同时在门窗密闭性强、通风条件差的房间内增设采样点。在检测工作开始前,严格控制门窗关闭时间(TVOC检测关闭1h),确保捕捉污染源释放峰值。污染源导向布点法可精准定位高污染区域,为污染治理提供靶向依据,助力解决常规方法对局部污染漏检问题。然而,该方法应用时需预先排查污染源,对于检测人员现场勘察能力提出了较高的要求。

#### 2.2.2 风险等级布点法

对于风险等级布点法的应用,将基于幼儿园各区域污染风险等级评估结果,实行高风险加密、低风险精简的差异化布点策略。通过综合分析区域污染源强度、通风条件、幼儿停留时间等多重因素,可将幼儿园区域初步划分为高、中、低风险等级:高风险区(活动室、寝室、装修施工区)、中风险区(走廊、卫生间)、低风险区(门卫室、空旷场地)。

针对川沙项目,高风险区依照面积布点基础上额外增加20%布点量,检测频次加密;中风险区按常规标准布点;低风险区按需抽样检测。在风险等级布点法应用下,可全面优化检测资源配置,聚焦高风险区域提升检测精准度,同时降低低风险区域检测成本,适配幼儿园不同阶段TVOC检测需求,有针对性地解决TVOC污染风险不均问题。

### 2.3 基于技术优化的新型布点策略

#### 2.3.1 数值模拟辅助布点法

在先进技术持续优化下,针对TVOC检测的布点方法选择愈发增多。对于数值模拟辅助布点法,主要依托流体力学、污染物扩散理论,结合计算机模拟技术优化布点方案。该方法先通过软件构建幼儿园建筑空间模型,输入通风参数、污染源强度、建筑结构等数据,真实地模拟TVOC在不同区域扩散路径、浓度分布规律,并以此为依据预判高浓度区域、扩散盲区,后续再针对性地进行检测布点。针对川沙新镇六灶地块幼儿园3层建筑结构,可模拟不同楼层、不同区域通风效率、污染物积聚情况,优化布点位置与数量,避免传统方法主观随意性。其优势在于布点方案科学性强、规避检测盲区,减少无效采样,主要适用于结构复杂、功能分区多的大型幼儿园项目。但该布点策略对于技术设备、专业人员要求较高,且检测成本居高不下。

#### 2.3.2 动态自适应布点法

动态自适应布点法亦为技术优化下的新型布点策略。该方法以实时调整、动态优化为核心,结合前期采样数据、现场实际情况灵活调整布点方案<sup>[4]</sup>。在幼儿园TVOC检测中,动态自适应布点法分两阶段实施:第一阶段按常规策略初步采样,结合实验室数据分析如扣除空白样后的浓度结果,锁定TVOC浓度异常区域;第二阶段针对异常区域加密布点,同步调整布点位置、检测频次等重要参数,进一步验证污染范围、浓度峰值。例如川沙新镇六灶地块幼儿园样品分析要求,该方法可根据气相色谱仪检测出的峰面积数据,动态调整高浓度区域布点密度,并对吸光度超标的样品对应区域补充采样。基于该方法精准迭代优化布点方案,避免漏检与过度检测,适配幼儿园使用过程中TVOC浓度动态变化的场景。

### 3 幼儿园建筑TVOC检测布点策略比较分析

#### 3.1 比较评价体系构建

基于幼儿园建筑空间特征、TVOC检测核心诉求及不同布点策略实施逻辑,研究构建多维度比较评价体系,确保对各TVOC检测布点策略评价客观性。评价体系将采用二级指标架构,其中一级指标主要涵盖精准性、适配性、实用性、经济性核心维度,全面覆盖幼儿园TVOC检测核心需求;二级指标基于一级指标拆解,进一步细化为可量化、可落地评价要点,从而补充指标定义、评价标准及权重分配。

精准性作为核心指标,权重占比30%,下设浓度捕捉率、盲区规避率两项二级指标,浓度捕捉率评价策略对高污染区域TVOC峰值的捕捉能力,盲区规避率评估对通风死角、隐蔽区域的覆盖效果,均以检测数据与实际污染状况的吻合度为评价依据<sup>[5]</sup>。

适配性权重占比30%,涵盖空间适配度、场景适配度二级指标,空间适配度针对幼儿园功能分区复杂、密闭性强的特点设计,场景适配度覆盖竣工检测、运维监测等不同应用场景。实用性权重占比25%,可划分为操作便捷性、流程规范性,操作便捷性评价策略对人员专业能力、设备的要求,流程规范性考察是否契合室内环境污染检测相关标准。经济性权重占比15%,涵盖检测成本、时间成本,兼顾幼儿园检测项目的预算与效率约束。

为确保权重分配科学合理,采用层次分析法确定各指标权重,全程结合专家打分与幼儿园TVOC检测实际场景需求开展。先是构建层次结构模型,明确目标层为幼儿园TVOC检测布点策略评价、准则层为四大一级指标、方案层为各二级指标;随后邀请10名专家组成评审组,专家涵盖室内环境检测领域学者、幼儿园运维管理人员、环保工程技术人员,确保评审视角全面。专家结合自身专业经验、幼儿园场景特殊性,针对各层级指标相对重要性两两比打对分,形成判断矩阵;再通过一致性检验验证打分结果可靠性,剔除不合格打分并重新邀请专家补充评估,确保判断矩阵符合逻辑要求;最后通过矩阵运算计算各指标权重,为后续量化比较提供支撑。

#### 3.2 不同布点策略的量化比较

基于幼儿园建筑TVOC检测布点策略比较评价体系,对不同类型的检测布点策略进行量化评分,结合权重加权计算综合得

分,各策略优劣特征显著。

常规策略中,均匀布点法依托规范操作,实用性得分82分,但因未考虑局部污染差异,精准性仅65分,综合得分73分;功能分区布点法聚焦幼儿高频活动区优化采样,精准性提升至76分,综合得分79分,弥补均匀布点法局限性。污染风险导向策略表现更优,污染源导向布点法靶向捕捉高污染区域,精准性达88分,却因对勘察能力要求高,实用性仅69分,综合得分81分;风险等级布点法平衡精准与实用,综合得分83分。新型策略中,数值模拟辅助布点法精准性90分,可规避扩散盲区,但设备技术成本高,经济性仅58分,综合得分78分;动态自适应布点法凭借实时优化能力,精准性89分、适配性86分,综合得分84分。

表1 不同布点策略的量化比较

布点策略	精准性(30%)	适配性(30%)	实用性(25%)
均匀布点法	65	70	82
功能分区布点法	76	80	78
污染源导向布点法	88	82	69
风险等级布点法	85	83	77
数值模拟辅助布点法	90	84	65
动态自适应布点法	89	86	75

#### 3.3 典型场景适配性对比验证

对于幼儿园竣工后整体检测场景,需兼顾全面性、规范性,均匀布点法与功能分区布点法适配性均为优秀,前者可快速覆盖全建筑满足验收规范,后者强化核心区域采样,二者组合可兼顾效率与针对性。装修后局部检测场景,污染源导向布点法与风险等级布点法适配性达优秀,精准锁定装修材料集中区域,捕捉TVOC峰值,为污染治理提供靶向依据,适配性远超常规策略。日常运维动态监测场景,动态自适应布点法适配性优秀,可通过实时数据优化布点跟踪浓度波动;数值模拟辅助布点法适配性良好,可预判污染扩散规律但成本较高。

表2 典型场景适配性对比

检测场景	优秀适配策略	良好适配策略	适配短板
竣工后整体检测	均匀布点法、功能分区布点法	风险等级布点法	新型策略成本过高,适配性不足
装修后局部检测	污染源导向布点法、风险等级布点法	动态自适应布点法	常规策略无法精准锁定污染源
日常运维动态监测	动态自适应布点法	数值模拟辅助布点法	常规策略无法适配浓度动态变化

## 4 结论

综上所述,系统地梳理三类TVOC检测布点策略,动态自适应布点法综合表现最优,风险导向策略兼顾精准与实用,常规策略适配通用场景。未来可进一步优化新型策略成本控制,结合幼儿园特色探索组合布点方案,持续提升幼儿园室内环境安全检测精准性。

#### [参考文献]

- [1]叶丹丹,汤胜琦.室内TVOC检测中不同采样时间对结果准确性影响探究[J].实验室检测,2025,3(24):256-258.
- [2]翟志秀.室内空气中甲醛、苯系物、氨及TVOC的检测技术与优化分析[J].中国新技术新产品,2025,(20):113-115.

[3]程燕萍.甲醛与TVOC检测方法、标准及结果分析[J].聚酯工业,2025,38(05):118-120.

[4]周驰源.基于Tenax-Ta和GC-MS法的室内TVOC检测[J].云南化工,2025,52(07):60-63.

[5]李余,肖奇峰,张利伟.较低温环境条件对室内空气TVOC和苯系物同时检测的影响[J].四川建材,2025,51(06):32-33+37.

#### 作者简介:

毛菊萍(1976--),女,汉族,上海嘉定人,本科,上海钧测检测技术服务有限公司,工程师,研究方向:环境检测。