

# 夏热冬暖地区高层住宅集中式新风空调系统选型方案与气流组织优化

赵伟强

广东申菱环境系统股份有限公司，广东省佛山市，528300；

**摘要：**本文基于地区高温高湿、季节分明的典型气候特征，深入剖析集中式新风空调系统选型的关键技术环节，包括新风量的精准计算逻辑、设备类型的适配性选择以及负荷匹配的优化策略；重点围绕气流组织的优化路径展开研究，涵盖送回风口的空间布局形式、风速分布的精细化控制以及建筑自然通风与机械新风的协同效应；通过理论推导与工程经验总结，系统提出符合夏热冬暖地区需求的集中式新风空调系统选型框架与气流组织设计准则，旨在为该地区高层住宅的室内环境品质提升提供理论支撑与实践指导。

**关键词：**夏热冬暖地区；高层住宅；集中式新风空调系统；选型方案；气流组织优化

**DOI：**10.69979/3029-2727.25.12.041

## 引言

在目前的发展阶段中，集中式新风空调系统通过机械强制送风的方式，不仅能够有效补充新鲜空气，还可通过热湿处理功能调节室内温湿度，成为改善高层住宅居住环境的重要技术路径。但当前该类系统在实际应用中仍存在选型参数缺乏地域针对性（如新风量计算未充分考虑高湿度除湿需求）、气流组织设计不合理（如送回风口布局导致局部气流短路）等问题，制约了系统效能的充分发挥。因此，开展针对夏热冬暖地区高层住宅的集中式新风空调系统选型与气流组织优化研究具有重要现实意义。

## 1 夏热冬暖地区气候特征对新风空调系统的需求解析

### 1.1 气候要素对室内环境质量的作用机理

夏热冬暖地区的气候参数具有显著的季节性与昼夜波动性。夏季典型特征为高温与高湿并存：室外计算干球温度普遍达到32–35°C，湿球温度高达27–29°C（对应相对湿度80%–90%），这种高温高湿环境会抑制人体汗液蒸发散热效率，即使空气温度未达到极端高温，仍会产生强烈的闷热感；同时，高温加速了建筑材料（如人造板材、涂料）中挥发性有机物的释放速率，叠加人体代谢产生的异味物质，导致室内空气质量显著下降。冬季虽无严寒（室外月平均温度15–20°C），但相对湿度仍维持在70%–80%，干燥的绝对含湿量（约4–6g/kg）

会使呼吸道黏膜水分流失加快，引发干咳、皮肤破裂等不适症状。此外，该地区的季风特性对自然通风产生重要影响：夏季盛行东南风（风速3–5m/s），冬季以东北风为主（风速2–4m/s），但由于高层住宅的建筑高度差异（20层及以上），不同楼层的风压分布不均（高层区域风速增大但风向不稳定），导致自然通风效果存在显著空间差异。围护结构方面，为满足节能要求，现代高层住宅普遍采用气密性较高的外窗（如断桥铝合金Low-E中空玻璃）与外墙保温系统，虽然降低了冬季热量散失与夏季太阳辐射得热，但也进一步限制了自然渗透风量，加剧了室内新风依赖。

### 1.2 高层住宅环境的特殊性约束

高层住宅的建筑形态与使用特征对通风系统设计提出了独特要求。从垂直维度看，20层以上的建筑高度使得底层与顶层的风压差可达数十帕斯卡（Pa），自然通风的竖向分布极不均匀；从平面维度看，单元式布局的外墙开窗面积受限（为保证安全性与私密性，窗户开启扇占比通常低于30%），进一步减少了自然进风通道。居民行为习惯方面，出于隐私保护与安全考虑，多数住户倾向于减少外窗开启时间（尤其在夜间与恶劣天气条件下），导致自然通风的实际利用率显著低于设计预期。值得注意的是，高层住宅的竖向交通空间（如楼梯间、电梯井）在室内外温差作用下可能形成热压通风效应：夏季室内热空气上升并通过楼梯间顶部排出，冬季冷空气下沉并从底层进入，这种自然流动若与机械新风系统

设计不当产生干扰（如排风路径冲突），可能导致局部区域气流紊乱，反而降低通风效率。因此，集中式新风空调系统需通过精准的机械送风补偿自然通风的不足，并协调与建筑围护结构气密性、竖向通道热压效应的关系，构建稳定可靠的室内空气循环体系。

## 2 集中式新风空调系统的选型方案构建

### 2.1 新风量的科学计算与需求整合

新风量是系统选型的基础参数，其计算需综合考虑人员活动需求、建筑围护结构渗透以及污染物稀释要求三方面因素。从人员需求角度，夏热冬暖地区居民的代谢率普遍较高（受高温环境影响，人体散热需求增加），根据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB50736-2012）并结合地域适应性调整，建议人均新风量取值  $50\text{m}^3/\text{h}$ （高于常规取值  $30\text{--}50\text{m}^3/\text{h}$  的下限），以满足除湿与异味稀释的双重需求。对于多代同堂或人口密集型家庭（如每户居住人数  $\geq 4$  人），需进一步按实际居住人数核算总新风量。建筑围护结构渗透风量是容易被忽视的组成部分。高层住宅虽因外窗气密性提升而降低了自然渗透量，但仍存在门窗缝隙（如推拉窗轨道间隙、入户门密封条老化）导致的微量空气交换。可采用换气次数法进行估算：根据建筑层数与外窗密封等级，建议高层住宅（20-30 层）的渗透换气次数取  $0.3\text{--}0.5$  次/ $\text{h}^{[1]}$ ，即每平方米建筑面积每小时渗透风量为  $0.3\text{--}0.5\text{m}^3$ （按住宅套内面积计算）。污染物稀释需求主要针对高湿度与挥发性有机物（VOCs）。夏热冬暖地区的夏季室外空气含湿量可达  $18\text{--}22\text{g/kg}$ （远高于室内目标值  $5\text{--}7\text{g/kg}$ ），新风系统需额外承担除湿任务，因此建议在基础人员新风量基础上增加  $10\text{--}15\%$  的裕量；同时，针对装修材料释放的甲醛（浓度限值  $\leq 0.08\text{mg/m}^3$ ）、苯系物（浓度限值  $\leq 0.11\text{mg/m}^3$ ）等污染物，需通过增大新风量稀释至安全范围（一般要求新风量与污染物散发量的比值  $\geq 100\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{mg})$ ）。综合上述因素，单户住宅的新风量计算公式可表示为： $Q=n\times q\times(1+\alpha)+Q_p$  式中： $Q$  为单户总新风量（ $\text{m}^3/\text{h}$ ）； $n$  为居住人数； $q$  为人均基础新风量（取  $50\text{m}^3/\text{h}$ ）； $\alpha$  为渗透风量修正系数（取  $0.1\text{--}0.15$ ）； $Q_p$  为污染物稀释附加风量（根据室内 VOCs 浓度监测值动态调整，通常取  $10\text{--}20\text{m}^3/\text{h}$ ）。

### 2.2 设备类型的适配性选择与负荷匹配

集中式新风空调系统的核心设备为新风处理机组，

其类型选择需重点考虑夏热冬暖地区的气候特性——室内外温差较小（夏季约  $5\text{--}8^\circ\text{C}$ ，冬季约  $3\text{--}5^\circ\text{C}$ ），但湿度差显著（夏季室外含湿量  $18\text{--}22\text{g/kg}$ ，室内目标  $5\text{--}7\text{g/kg}$ ；冬季室外含湿量  $4\text{--}6\text{g/kg}$ ，室内目标  $5\text{--}7\text{g/kg}$ ）。基于此，全热回收型新风机组（兼具显热与潜热回收功能）具有显著优势：通过转轮或板翅式换热器，可将排风中的冷量（夏季）或热量（冬季）转移至新风，降低空调系统的制冷/制热负荷。设备性能参数方面，全热回收效率应不低于  $75\%$ （显热效率  $\geq 65\%$ ），以确保新风处理过程中的能量回收效果。机组容量计算需基于总新风量需求（总户数  $\times$  单户新风量），并预留  $10\text{--}20\%$  的冗余量（用于应对极端高温高湿天气或部分设备维护期间的负荷转移）。对于超高层住宅（30 层以上），建议采用分层设置机组的策略（每 10-15 层配置独立新风机组），避免因风管长度过长导致的风压损失过大（主风管风速控制在  $8\text{--}10\text{m/s}$  以保证输送效率，支管风速  $\leq 5\text{m/s}$  以降低噪声）<sup>[2]</sup>。负荷匹配的关键在于新风处理后的温湿度参数与室内设计参数的协调。夏季工况下，新风需被处理至低于室内露点温度（一般目标干球温度  $24\text{--}26^\circ\text{C}$ ，含湿量  $\leq 12\text{g/kg}$ ），以避免送风过程中产生结露；冬季工况下，新风需加热至不低于  $15^\circ\text{C}$ （避免冷风直接刺激人体），并适当加湿（相对湿度  $\geq 35\%$ ）。机组需集成过滤模块（初效 G4 过滤器拦截大颗粒粉尘，中效 F8 过滤器去除 PM2.5 等细颗粒物，综合过滤效率  $\geq 90\%$ ）、除湿模块（夏季采用转轮除湿或冷冻除湿，除湿量  $\geq 10\text{L/h}\cdot\text{台}$ ）以及消声装置（风机进出口设置阻抗复合消声器，确保室内噪声  $\leq 40\text{dB(A)}$ ）。

### 2.3 系统配置的关键技术参数控制

集中式新风系统的管道网络设计直接影响送风效率与能耗水平。管道材质优先选用镀锌钢板（内壁光滑，摩擦阻力小，适用于主干管）或 UPVC 管（耐腐蚀性强，安装便捷，适用于支管），连接处需采用密封胶条与法兰加固（确保系统漏风率  $\leq 3\%$ ）。风管风速需根据管径分级控制：主风管（直径  $\geq 200\text{mm}$ ）风速  $8\text{--}10\text{m/s}$ ，支风管（直径  $100\text{--}200\text{mm}$ ）风速  $5\text{--}8\text{m/s}$ ，末端送风管（直径  $\leq 100\text{mm}$ ）风速  $\leq 3\text{m/s}$ （避免高速气流产生噪声）。此外，系统需配置智能控制模块，包括新风量调节阀（根据室内 CO<sub>2</sub> 浓度传感器反馈自动调整送风量）、过滤器堵塞报警装置（当阻力超过设定值时提示更换）、设备运行状态监控（实时显示机组启停、温度湿度参数），

以提升系统的自动化水平与运维便利性<sup>[3]</sup>。

### 3 气流组织的优化设计策略

#### 3.1 送回风口布局的空间优化原则

气流组织的核心目标是实现新风的均匀扩散与污浊空气的高效排出，其布局形式需结合高层住宅的功能分区特点（如卧室、客厅为主要活动区，厨房、卫生间为污染源集中区）进行针对性设计。推荐采用“侧送下回+局部穿堂风辅助”的复合布局模式：新风从卧室、客厅的侧墙下部送入（送风口距地面0.2~0.3m，避免直吹人体头部），利用热浮力原理使新鲜空气自然下沉至人员活动区域；回风口设置于卫生间、厨房的顶部（利用热浊空气自然上升的特性，形成稳定的上升气流），通过竖向风道集中排出室外。对于南北通透户型（具备自然通风潜力），可进一步利用外窗与阳台门的缝隙形成穿堂风（通过调整外窗开启角度，引导室外新鲜空气从客厅侧窗进入，经餐厅、卧室后从另一侧外窗或阳台门排出），与机械新风形成互补。

#### 3.2 风速分布的精细化控制与舒适性保障

风速是影响人体热舒适性的关键因素之一。根据相关研究，居住建筑送风风速宜控制在0.2~0.5m/s（超过0.5m/s易产生吹风感，低于0.2m/s则新风扩散效率不足），回风风速≤3m/s（防止高速气流通过回风口时产生噪声）。为实现这一目标，需通过风口尺寸与数量的优化设计调节风速：单个侧送风口的面积应根据送风量计算确定（例如，单户送风量50m<sup>3</sup>/h时，若送风口风速取0.3m/s，则风口面积≈0.05m<sup>2</sup>，对应尺寸可为200mm×250mm）；回风口面积需大于送风口总面积的1.2倍（确保回风顺畅，避免局部负压过大）。同时，送风口的扩散角应控制在30°~60°（采用双层百叶或旋流风口），使新风呈扇形均匀扩散，减少直射冲击<sup>[4]</sup>。

#### 3.3 自然通风与机械新风的协同强化机制

高层住宅的竖向交通空间（如楼梯间、电梯井）在

室内外温差作用下形成的热压通风效应，可作为机械新风的天然补充。夏季，室内热空气（温度高于室外）通过楼梯间顶部排出，形成负压区，辅助机械排风系统提升排风效率；冬季，室外冷空气（温度低于室内）从楼梯间底部进入，与机械新风的送风路径分离，避免冷风直接侵入室内。为实现协同优化，可在新风机组风管与竖向交通空间的排风竖井间设置联动风阀（夏季开启，利用楼梯间负压增强排风；冬季关闭，防止冷风倒灌），同时在厨房、卫生间等污染源集中区域设置独立的排风竖井（顶部设无动力风帽，依靠热压自然排风）。

### 4 结束语

夏热冬暖地区高层住宅的集中式新风空调系统选型与气流组织优化，是提升室内环境品质、满足居民健康舒适需求的关键技术路径。本文通过分析该地区高温高湿、季节分明的气候特征及其对室内环境的作用机理，明确了集中式新风系统选型的核心需求；在此基础上，系统提出了新风量的精准计算方法（整合人员需求、渗透风量与污染物稀释要求）、设备类型的适配性选择（优先全热回收机组并优化负荷匹配）以及系统配置的关键参数控制（管道风速分级、智能控制模块集成）；针对气流组织设计，重点优化了送回风口的空间布局（侧送下回与穿堂风协同）、风速分布的精细化控制（避免吹风感与短路现象）以及自然通风与机械新风的协同效应（利用热压通风增强补风）。

### 参考文献

- [1] 刘明明. 高层住宅空调系统设计方案探讨[J]. 建筑与装饰, 2025(1): 120~122.
- [2] 王强. 高层建筑空调系统设计中风机盘管加新风系统应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023(10): 88~90.
- [3] 李华. 新风系统设计规范与技术要点解析[J]. 暖通空调, 2025(3): 45~49.
- [4] 赵勇. 夏热冬暖地区住宅空调系统的节能设计探讨[J]. 制冷与空调, 2022(5): 78~81.