

建筑室内新风量的指标和特性分析

陈海军 王乐

华东建筑设计研究院有限公司西安分公司

[摘要]分析阐述了三个新风量指标,即名义新风量、有效新风量和局部新风量的含义、彼此之间的联系以及在通风方案设计中的作用。对不同通风模式、新风量大小影响下的有效新风量的特征性做出分析。

[关键词]新风量指标; 置换通风; 混合通风; 数值模拟; 特性分析

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2021.09.782

0 前言

新风对于改善室内空气品质具有积极的作用,然而一直以来,建筑节能和室内舒适健康要求对空调系统新风量的大小都具有双重要求,新风量的确定也相应地成为争论的焦点。与此同时,通风空调设计人员在改善系统设计过程中也开始通过增大新风量来改善室内空气品质(IAQ),但效果却并不明显:出现这一结果的根源在于仅单纯注重新风的总量而忽视人员实际获得的有效新风量。另一方面,室内空气污染以多组分低浓度污染为特征,特别是“分子污染”问题突出^[1],以“满足人的健康舒适需求”为中心这一个目的性原则,保证室内人员实际获得新风的量是解决该类污染问题的新思路。

然而,目前如何确定建筑室内人员所获得的有效新风量,特别是在不同因素的影响下有效新风量又具有怎样的特征还亟待解决。针对这些问题给出新风量的三个定义,并对在不同通风模式、新风量大小有效新风量的特征性做出分析,从而为新风改善IAQ提供理论指导。

1 新风量指标

新风量是衡量房间通风效果的关键指标,国内外很多通风标准都对建筑新风量做出了规定,用于指导工程师进行通风系统的设计。但在很多实际通风工程中发现,虽然新风量按照相关通风标准设计,但实际运行时间和通风效果很差,无法满足换气要求。出现以上问题的主要原因在于忽视了通风气流组织的作用。从满足实际需求和营造健康环境的角度考虑,对于一个实际的通风工程,我们不应只关注送入房间新风量,而应关注房间最终有效获得的新风量。进一步还可以考虑,人员占据的局部区域有效获得了多少新风。上述两个层面的问题对应着三个新风相关概念:名义新风量(房间供应端)、局部新风量(局部需求端)、有效新风量(房间需求端)。

1.1 名义新风量

名义新风量是指通过通风系统送入建筑室内的室外风量,它是一个实际物理量,可以通过风速或风量测量仪器直接测得。名义新风量除以房间体积,即可获得房间名义换气次数,其表达式如下: $Q=N \times V=V/\tau_n$

式中:Q为名义新风量;V为房间体积;N为名义换气次数; τ_n 为名义时间常数,也即均匀混合情况下房间各处的空气龄和房间平均空气龄。名义新风量衡量的是均匀混合房间内,通风对房间的换气效果。对于均匀混合的房间,名义新风量越大,房间的通风换气效果越好;反之亦然。

1.2 局部新风量

当房间内气流组织起作用时,内部空气环境一般是不均匀的,此时新风通过气流组织输送到房间各处的量是不同的,导致房间各处的空气新鲜程度不同。这种情况下,各个区域有效获得的新风量,即局部新风量是我们应关注的对象。

由于新风一般认为是室外未经污染的空气,而新风送入室内后,进入各个区域之前已经沿程被一定程度的污染,因此,实际进入任何位置(新风口除外)的空气已经不是纯新风,而是受到不同程度污染的,保持一定新鲜度的混合空气。因此,这里的局部新风量正是衡量进入各个区域的气流中的新鲜部分所等效的纯新风的量。

由于局部新风量是局部区域通风换气能力的一个表征量,定义局部换气次数公式如下: $N_l=1/\bar{\tau}_l$

式中: N_l 为局部换气次数; $\bar{\tau}_l$ 为局部体平均空气龄。空气龄大的地方空气陈旧,通风换气性能差,该区域的局部换气次数就小;反之亦然。根据局部换气次数的公式,进一步可以获得局部新风量定义式: $Q_l=N_l \times V_l=V_l/\bar{\tau}_l$

式中:Q_l为局部新风量;V_l为局部区域体积。局部新风量表征了送入房间的新风量分别有多少送入到房间各个局部区域。通过上述公式还可以从另一个角度阐述局部新风量,即相当于从室外大气中引入一股新风,瞬时直接送至该局部区域并在区域内均匀混合,使得最终区域内的空气龄为 $\bar{\tau}_l$,与实际情况相同,而这股新风的量就是局部新风量。

1.3 有效新风量

如果房间内部基本被完全占据,此时需要评价整个房间的通风性能,此时就需要知道整个房间有效获得了多少新风,即房间的有效新风量。

有效新风量是从需求端出发进行考虑的,综合了新风量和气流组织两个因素,从送风的量和质两方面综合评价了进风对室内的换气效果,与局部新风量的定义方式相似,有效新风量应与房间整体的平均空气龄建立联系。 $Q_e=N_e \times V=V/\bar{\tau}_e$

式中:Q_e为有效新风量;N_e为房间有效换气次数; $\bar{\tau}_e$ 为房间体平均空气龄。

由于房间平均空气龄反映了房间整体空气的新鲜程度。由于房间不同气流组织的通风换气能力不同,因此,对应的房间有效新风量也是不相同的。

名义新风量是从系统供应端出发进行考虑的,仅考虑了送入的量,但未考虑到送入之后的实际通风换气效果如何。对于气流组织起主要作用的室内通风而言,名义新风量不能有效地对室内环境进行评估。而有效新风量是从需求端出发进行考虑的。它综合了新风量和气流组织两个因素,从送风的量和质两方面综合评价了进风对室内的换气效果,对于实际通风工程的保障是有实际意义。

1.4 空气龄

空气龄是指空气进入房间的时间。在房间内污染源分布均匀且送风为全新风时,某点的空气龄越小,说明该店的空气越清新,空气品质就越好。空气龄还反映了房间排除污染物的能力,平均空气龄小的房间,去除污染物的能力就强。

从统计角度看,房间中某一点的空气由不同的空气微团组成,这些微团的年龄各不相同。因此,该点所在微团的空气龄存在一个频率分布函数 $f(\tau)$ 和累计分布函数 $F(\tau)$ 。累计

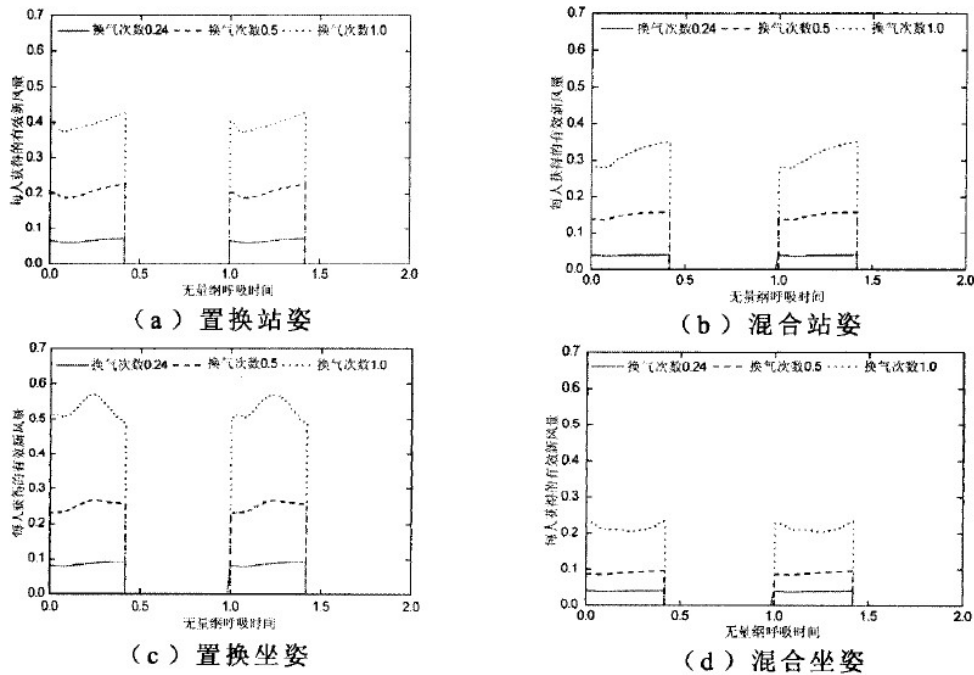


图1 不同新风量大小下的有效新风量

分布函数与频率分布函数之间的关系为：

$$\int_0^{\infty} f(\tau) d\tau = 1; \int_0^{\infty} \tau f(\tau) d\tau = F(\tau)$$

某一点的空气龄 τ_p 是指该点所有微团的空气龄的平均值：

$$\int_0^{\infty} \tau f(\tau) d\tau = \int_0^{\infty} [1 - F(\tau)] d\tau$$

空气龄可以用脉冲法、上升法、下降法计算^[2]。

1.5 三个新风量指标的关系

以上三个新风量指标中，局部新风量最能够客观反映房间的具体通风换气性能，因为它综合了实际的新风量 and 通风流组织的共同作用；当评价的对象由局部区域变为整个房间的大区域时，局部新风量就变为整体新风量，即有效新风量；而当理论上气流组织不起作用（即均匀混合情况下）时，有效新风量就变为名义新风量。在实际工程中，绝对均匀混合是不现实的，此时如果实际房间环境均匀混合程度很高，可以近似认为有效新风量等于名义新风量。图1显示了三者之间的关系。

2 有效新风量的特征性

2.1 不同通风模式下的特征性

混合通风与置换通风作为建筑室内两种主要的通风模式，二者所形成的背景环境与人体微环境的结合模式存在显著差别，这种差别将直接影响室内人员所获得的有效新风量。

在确定通风模式差异对室内人员所获得有效新风量的影响过程中，选取地板材料VOCs浓度为0.75，人员呼出气CO₂浓度为0.67，换气次数为0.24，计算给出了在不同通风模式下室内人员所获得的有效新风量。

对比发现，人员在置换通风条件下所获得的有效新风量要高于混合通风条件下的对应结果；并且在置换通风条件下坐姿所获得的有效新风量要高于站姿的结果，而在混合通风条件下坐姿所获得的有效新风量要略低于站姿的结果。入室新风气流在室内传递过程中，在置换通风条件下首先以置换方式进入人员呼吸区然后再进入顶部空间与污染物发生混合，而在混合通风条件下始终以稀释污染物为主要目的，即

不断与污染物发生混合。因此，对于相同的新风送入量，置换通风可以使人员获得较高的新风有效量，而混合通风却使室内各点的新风有效量趋近。

2.2 不同新风量大小下的特征性

为了确定不同新风量影响下的特征性，选择3种换气次数，分别为0.24、0.5和1.0。图1给出了在不同新风量大小下室内人员所获得的有效新风量。由图1可以看到，向室内送入的新风量大小是决定人员所获得有效新风量高低的最直接因素；因此不难理解在其他条件一定的前提下，无论是置换通风还是混合通风，新风量的增大将促使室内人员所获得有效新风量的提高。但需要指出的是，新风量的增大所引起的人员所获得有效新风量的提高幅度却因通风方式的不同而存在差别。实际上，新风气流的流动路径和空气分布效率是决定这一现象的根本原因。

3 结论

通过分析室内人员所获得的有效新风量及其在两种典型因素影响下的特征性，可得到以下结论：

(1) 基于人体呼吸模型，给出了室内人员所获得有效新风量的计算方法。

(2) 由于新风气流在不同通风模式中置换作用与稀释作用的主导性存在差异，置换通风条件下人员有效新风量要高于混合通风条件下的相应结果。

(3) 入室新风量的增大会直接提高室内人员所获得的有效新风量，但提高的程度会因通风模式的不同而出现显著差异。

参考文献

[1] Yu B.F, Hu Z.B. Review of research on air conditioning systems and indoor air quality control for human health[J]. International Journal of Refrigeration, 2008, 32.

[2] 赵彬, 李冬宁, 李先庭, 等. 室内空气流动数值模拟的误差预处理法[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2001, 41(10): 114-117.