

方面的问题并且规定,“新建建筑在建设时应该保证采暖和健康要求的最低换气次数”(第 6(2)款)。应用和遵守《建筑节能法》并非意味着通过有害地减少通风来实现建筑节能。无论新建建筑还是现代化改造的建筑都必须在采取气密性措施的同时,保证要求的最小通风量,并且基本上不受用户的影响(参见 DIN 1946-6 [1])。如果不这样做,就会不必要地增加潮气损伤的风险(参见图 5.1)。

本文将介绍哪些措施有助于减少风险以及检测气密性的重要性。文章主要针对居住建筑和类似用途的建筑(如各类公寓)。由于这类建筑中不可避免的会有各种污染排放物,住户在居室逗留的时间最长,而且他们的各类活动是不可预见的,所以在居住建筑里人们受到健康危害的风险要高于其他用途的

建筑。

5.2 满足通风或送风要求的新风量

5.2.1 对通风量的要求

为了排出房间湿气、有害物质和异味,需要规定最小新风体积流量。下面分三个部分介绍。

5.2.1.1 保护住户和建筑物免受房间高湿度的损害

住房内的湿气主要来自于烹饪、洗涤和干燥过程(主要是自由排空的干衣机)、盆浴和淋浴过程、暴露的水面(如没有盖的鱼缸)和室内盆栽以及人体本身。在一套有三人居住的公寓内,每天平均向居室空气释放 5.6 — 7.5 升水分 [HARTM01/07 和 DIN 专题报告 4108-8:2010-09]。数值上的差异取决于自由排空干衣机的湿

气排放情况(参见表 5.1)。在 90 年代初,在城市多住户出租公寓里,至少有 70%到 80%的租户有使用干衣机的习惯 [HEINZ94/95]。

蒸发的水分有一部分由通风排出室外(一般不超过 20% — 50%,取决于通风系统),剩余部分主要储存在围护结构和家具内(吸收),并且在以后必须重新释放出来并同样被排出室外(间接)。通过外围护结构(所谓“会呼吸的墙壁”)渗透的居室潮气份额 $\leq 3\%$,可以忽略不计。利用通风直接或间接排出潮气的方式,只有当新风量与产生的湿气相匹配,并且送入的新风根据室内外温差能够充分吸收潮气时,才有明显效果。

如果室内产生的湿气不能充分排出,在采暖季就会在内表面凝结,造成建筑结构损伤,并在肮脏的表面生长霉菌。

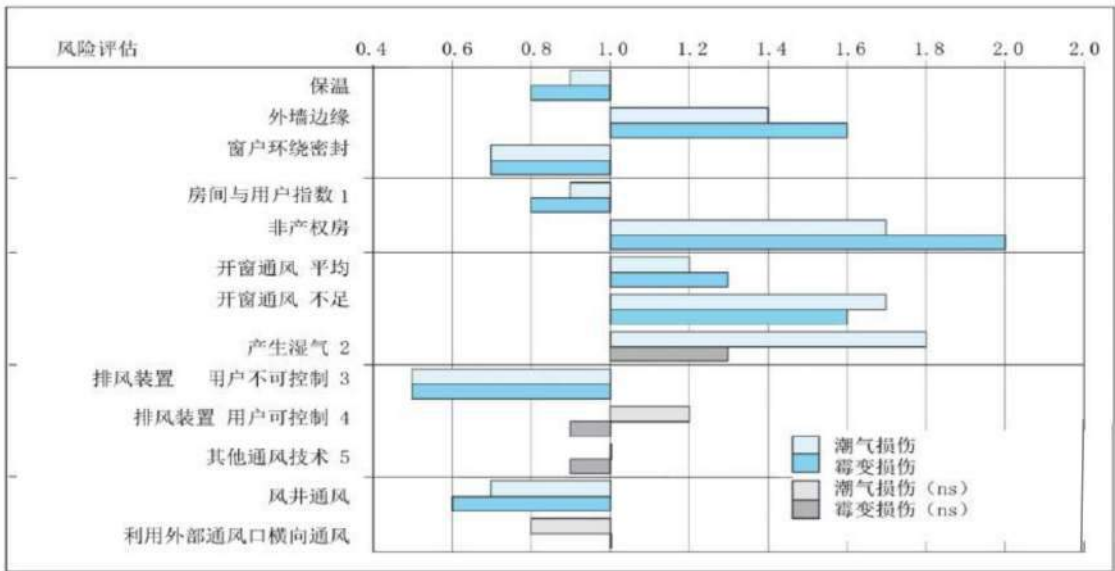


图 5.1: 潮气损伤和结露霉变的风险因素

*) 多元逻辑模型, 并按建筑类型和是否有宠物情况做了调整。参考建筑(风险=1): 产权房, 有良好的窗户通风, 没有辅助机械通风措施。

ns - 不重要(误会的概率 $\geq 5\%$); 1 - 房间数目/用户数目; 2 - 每平米居住面积每天 100g 以上; 3 - 用户不可控制的连续基本通风或最小通风; 4 - 通风设备运行时间主要由用户控制, 例如通过照明开关控制; 5 - 整套公寓或单个房间有送/排风装置

如果连续 5 天每天房间里有 12 小时建筑构件表面相对湿度在 75% — 80%，就会开始发霉 [HARTM02, KRUS06]。由于采暖温度不够或者根本没有暖气或者保温不好（新建建筑热桥效应或保温缺陷）造成表面温度偏低时，再加上通风不足就更会造成结露霉变。与冷区交界的墙角、家具和窗帘背后的墙体以及粘贴质量差的墙纸部位通风循环不畅，是结露霉变的重灾区。

5.2.1.2 保证室内空气清洁

为了保证室内空气清洁卫生，需要利用通风将室内释放的有害物质排出室外，将浓度降低到允许的水平。为了尽量减少通风能耗，首先应该将家具、纺织品、墙纸和墙体涂料以及地板的有害物质排放降到最低。

下面列出德国联邦环保局批准的常见有害物质极限浓度（2008 年 1 月）：

- VOC: 0.2—0.3 mg/m³，挥发性碳氢化合物的连续有效作用总量（TVOC：有机挥发物总量）；
- 一氧化碳（CO）：1.5 mg/m³，最多连续 8 小时；
- 二氧化氮（NO₂）：0.06 mg/m³，连续一周，但必须立即采取降解措施；
- 甲醛（HSHO）：0.1 ppm；
- 氡，按照德国防辐射委员会规定：年平均 200 Bq/m³；

表 5.1: 居室内典型的湿气来源[HARTM01/07 和 DIN 专题报告 4108-8:2008-09]

湿气来源		湿气释放量	
人体	主要在不活动或少量活动时，人均	50 g/h	1200 g/d ^{a)}
植物	室内盆栽有代表性平均值，每棵植物	2 g/h	50 g/d
厨房	烹饪过程	700 – 1000 g/h	
	洗碗（餐具冷却）	100 g/次	
	流水冲洗（50℃）	300 g/h	
	槽内冲洗（50℃）	140 g/h	
洗浴	盆浴	约 700 g/h	约 300g/次 ^{b)}
	淋浴	约 2600 g/h	约 300g/次 ^{c)}
	擦干	约 70 g/次	
干衣 ^{e)}	5 kg，甩干	2500 g/每台洗衣机	
宠物	鱼缸（盖住 90%，水温 26℃）	6 g/ (h.m ²) ^{d)}	150g/(d.m ²) ^{a)d)}
	猫	10 g/h	250 g/d ^{a)}
	狗（中等大小，20 kg）	40 g/h	950 g/d ^{a)}
^{a)} 逗留时间 24h/d			
^{b)} 20 分钟盆浴加干燥			
^{c)} 5 分钟淋浴加干燥			
^{d)} 鱼缸底部单位面积			
^{e)} 甩干后的衣物凉在室内			

- 二氧化碳（CO₂）：0.16 体积 % 或 1600 ppm（DIN EN 13779:2007-09 规定的最大标准值），对居室建议：遵守所谓的 PETTENKOFER 值 0.1 体 积 % 或 1000ppm，因为这样

同时可以防止其他有害物质超标（详细说明见 [HEINZ11]）。

此外，通风还担负以下任务，即减少室内空气菌孢（如细菌、菌子和病毒）以及尘埃中过敏物质（如螨虫、菌孢

和花粉)的含量,并尽快将(来自厨房和厕所的)异味排出室外。

5.2.1.3 保证向室内火炉送风

常见的液体、固体、气体燃料火炉和壁炉在燃烧时都需要氧气供应。在利用火炉采暖和烧热水(如火炉、壁炉、锅炉和直热式热水器)的所有建筑物内,燃烧空气的输送取决于建筑物外围护结构的透气性。所以燃烧空气供应同样是通风系统的一项间接任务。如果燃烧空气供应不充分,就会由于不完全燃烧而造成有害物质浓度超标。其中一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO_x)和(主要在木材燃烧时产生的)多环芳香族碳氢化合物(PAK)将成为危害健康的主要危险因素。

当火炉在运行时产生的输送燃烧空气的压力(差压)不足以克服在建筑物外围护结构内和火炉及其烟道内的流动阻力时,就会出现燃烧不完全,增加污染物的浓度。根据燃烧装置法规,与燃烧装置连接的烟囱尺寸必须在不利气候条件下也能至少产生4 Pa的输送压差。建筑物外围护结构的透气性必须能够在任何时间保证上述压差下需要的补气量。为此需要设置不可关闭的外墙进风口(ALD)[2](参见5.4.1.2)。

当居住区域燃烧装置尺寸设计不合理和运行不当时,会出现诸如有害物质聚集等其他问题:

- 如烟囱升起屋面太少使得烟囱出口处冒正

压,产生冷风渗透干扰;

- 由于存在不密封或者停运燃烧装置炉门未关,通过吸入冷风而在多层烟囱处产生渗风干扰;
- 通风井和排烟道尺寸匹配错误,特别在和总排风井和集合排风井联合使用时;
- 由于中央排风装置或单台风机的运行可能对现有烟囱的拔风作用产生负面影响,使居室产生负压。

5.2.2 居室和其他类似用途单元对室外空气的需求

居室对室外空气的总需求取决于之前提到的各项要求。为此需要给居室房间送入“新鲜”室外空气,排出“用过”的乏气。对此也称为换气或换气次数。

在成功修订 DIN 1946-6 (2009年5月)后,德国的技术规则针对要求的室外空气体积流量或换气次数提出了4种运行方式。在选择运行方式时,应该保证正常使用的居室既防潮又健康。表5.2给出了每套公寓/使用单元(NE)或每个房间,在不同运行档和公寓面积条件下,每小时室外空气总体积流量一览表($q_{v,\text{总}}$ [m³/(h·NE)]或[m³/(h·房间)]。

图5.2给出了相应的换气次数范围。与以前的规定不同,换气次数随使用单元面积的增加而减小。为了减少计算时的麻烦,居住人数没有随居室面积等比例增加。

根据发展趋势,大房子里住的人也不会比小房子里的多。假定在通风产生效果时 $\varepsilon \geq 1$ (排风的污染物浓度等于或大于生活区室内空气的平均污染物浓度),大约每人30m³/h的换气量能够满足健康标准的要求,那么随着使用单元面积的增加,换气次数就应逐步减小。

不管选择何种换气次数应始终按照室外空气体积流量设计通风设施的尺寸(参见公式(2))[3]。室外空气总体积流量 $q_{v,\text{总}}$ 由通风措施(自由通风或机械通风)输送的体积流量 $q_{v,\text{LTM}}$ (设计用体积流量),可以计算的(有效)内外渗风体积流量(以后仅称为渗风) $q_{v,\text{inf,wirk}}$ 和可以计算的部分或临时开窗发生的体积流量 $q_{v,\text{Fe,wirk}}$ 组成(公式(1):

$$q_{v,\text{ges}} = q_{v,\text{LTM}} + q_{v,\text{inf,wirk}} + q_{v,\text{Fe,wirk}} \quad (1)$$

由此得出设计用体积流量 $q_{v,\text{LTM}}$ 为:

$$q_{v,\text{LTM}} = q_{v,\text{ges}} (q_{v,\text{inf,wirk}} + q_{v,\text{Fe,wirk}}) \quad (2)$$

在计算时可以而且应该考虑采暖季渗风体积流量 $q_{v,\text{inf,wirk}}$ 。用户自主开窗产生的体积流量($q_{v,\text{Fe,wirk}}$)无法量化,所以在设计时忽略不计。

按公式(3.1)或(3.2)计算有效渗风体积流量 $q_{v,\text{inf,wirk}}$ (参见5.3.2):

$$q_{v,inf,work} = f_{work,Komp} \cdot V_{NE} \cdot n_{50} \cdot \left(\frac{f_{work,Lage} \cdot \Delta p}{50} \right)^n$$

(3.1)

或

$$n_{inf,work} = f_{work,Komp} \cdot n_{50} \cdot \left(\frac{f_{work,Lage} \cdot \Delta p}{50} \right)^n$$

(3.2)

式中

V_{NE} 使用单元体积, m^3
 n_{50} 规定值 (按 DIN 1946-6)
或 50Pa 差压时的换气次数 h^{-1}
 Δp 设计用差压, Pa (按 DIN 1946-6)

n 压力指数 (规定值 $n = 2/3$ 或测量值)
 $f_{work,Komp}$ 设计通风设备尺寸时假设的系统和设备 (有效) 渗风量修正系数
 $f_{work,Lage}$ 与建筑物位置相关的有效渗风份额修正系数, 按公式 (13) 计算, 标准值为 1。

在要求的室外空气总体积流量方面, 通风系统的运行档分为减量通风 (包括防潮通风)、额定通风和强力通风 (公式 (4) — (8) 和表 5.2)。可按照 DIN 1946-6 做如下描述:

防潮通风:
根据建筑物保温水平, 在正常使用条件下, 为保护

建筑物, 防止发生霉变和通风不良造成的潮气损害而需要的通风 (防潮最低运行模式)。
运行方式: 连续运行, 用户不能控制。

减量通风:
在正常使用条件下和在较低的湿气和有害物质浓度下, 为保障最低健康要求并保护建筑物所需要的通风 (健康最低运行模式)。

额定通风:
有用户在室内时为保障健康和保护建筑物所需要的通风 (正常运行模式)。
运行方式: 用户在室内时, 通风系统基本不受用户控制, 并偶尔开窗辅助通风。

表 5.2 住宅和使用单元 (NE) 的室外空气总体积流量^{a)} $q_{v,e,NE}, m^3/(h \cdot NE)$ (按照 DIN 1946-6)

使用单元面积 A_{NE} ^{b)} m^2		<30	50	70	90	110	130	150	170	190	210
防潮通风	保温标准高	15	25	30	35	40	45	50	55	60	65
	$q_{v,e,NE,FLH}$										
	保温标准低	20	30	40	45	55	60	70	75	80	85
	$q_{v,e,NE,FLG}$										
	小风量 $q_{v,e,NE,RL}$	40	55	65	80	95	105	120	130	140	150
额定风量 $q_{v,e,NE,NL}$		55	75	95	115	135	155	170	185	200	215
大风量 $q_{v,e,NE,IL}$		70	100	125	150	175	200	220	245	265	285

- a) 包括渗风
- b) 在设计通风方案时需要考虑的建筑物外围护结构内的采暖面积 A_{NE} :
- (每套公寓或每个使用单元) 居住面积 $A_{NE} < 30m^2$ 时, $A_{NE} = 30m^2$
- (每套公寓或每个使用单元) 居住面积 $A_{NE} > 210m^2$ 时, 设计的室外空气体积流量应按照设计用途 (居住人口密度) 进行适当调整。
- c) 额定通风时给出的室外空气总体积流量适用于设计时假设的每个使用面积的人口数, 为 $30m^3/(h \cdot 人)$ 。房间净高为 2.5m。
- 当有特殊要求时, 例如有害物质浓度超过常规值时, 可以提高室外空气体积流量。在高于设计的单位使用面积人口数时, 也必须至少提供 $20m^3/(h \cdot 人)$ 的新风量。

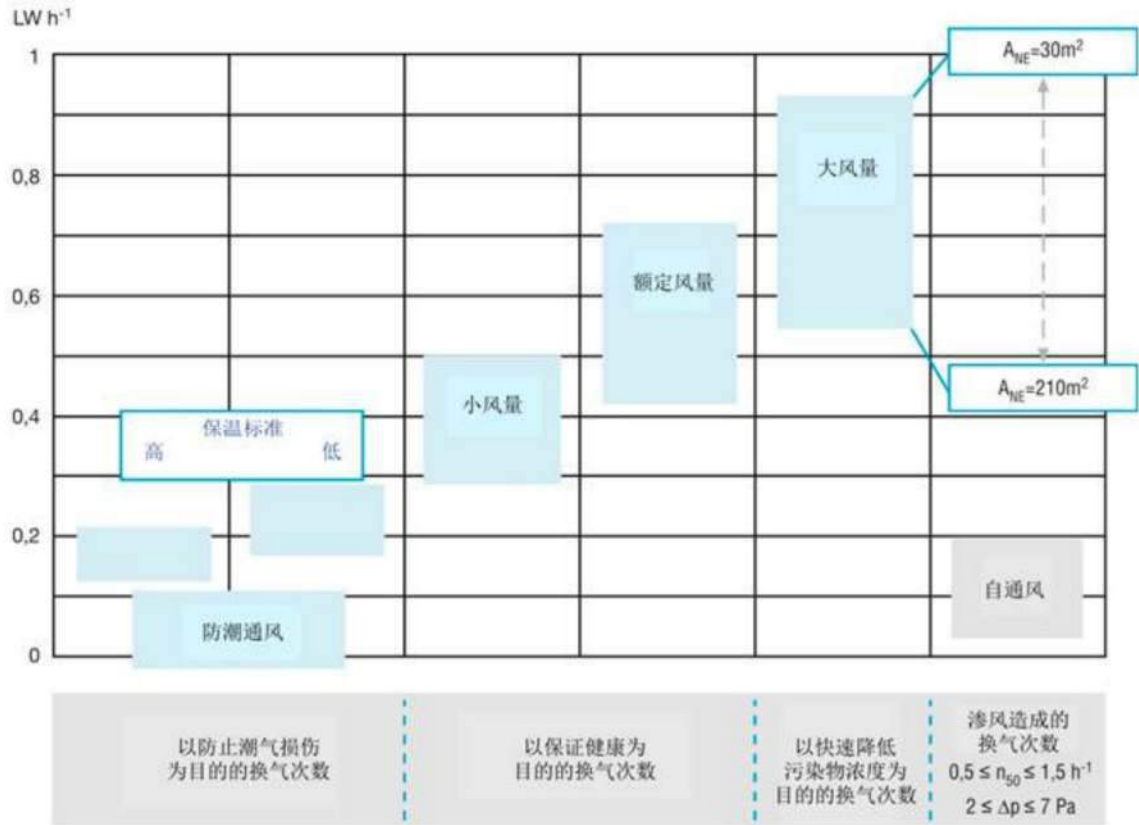


图 5.2: 按 DIN 1946-6 规定的居住建筑室外空气换气次数计算得出的运行小时与气密性建筑物外围护结构处测到的渗风换气次数的比较。

强力通风:

有时需要提高通风量以降低有害物质浓度峰值的通风（高负荷运行模式）。
运行方式：用户在室内时，采用机械通风或开窗通风，为了节能，运行时间一般不超过 1-2 个小时。

按照 DIN 1946-6，额定通风时一个使用单元要求的室外空气总体积流量 $q_{v,\Sigma,NE,NL}$ ，按公式（4）计算（单位为每平方米使用单元面积 A_{NE} 的通风量 m^3/h ）：

$$q_{v,ges,NE,NL} = -10^{-3} \cdot A_{NE}^2 + 1.15 \cdot A_{NE} + 20 \quad (4)$$

其他运行档的室外空气总体积流量以额定室外空气量的百分比形式按公式（5）—（8）计算：

防潮通风:

保温标准高：
1995 年后的新建建筑或全面改造后保温水平至少达到 95 版《建筑保温法》标准的既有建筑：

$$q_{v,ges,NE,NL} = 0.3 \cdot q_{v,\Sigma,NE,NL} \quad (5)$$

保温标准低：
没有或部分改造的建筑（比

如仅全部更换了窗户），1996 年前建成的建筑。

$$q_{v,\Sigma,NE,NL} = 0.4 \cdot q_{v,\Sigma,NE,NL} \quad (6)$$

最小通风:

$$q_{v,\Sigma,NE,RL} = 0.7 \cdot q_{v,\Sigma,NE,NL} \quad (7)$$

强力通风:

$$q_{v,\Sigma,NE,IL} = 1.3 \cdot q_{v,\Sigma,NE,NL} \quad (8)$$

前文有代表性的调查表明 [ZIV03, HEINZ04], 不管选择何种通风系统 (图 5.8), 在不受用户控制的条件下, 保证采暖季“防潮通风”或者“最小通风”是有意义的。与参考状态 (通风良好的产权房, 没有任何通风技术措施) 或有用户可以控制的排风装置 (如仅通过电灯开关或独立开关控制的风机) 的住宅相比, 出现潮气损伤或结露霉变的风险显著降低 (失误概率<5%), 最多达 50%。这一点也适用于满足 2009 年建筑节能法规气密性条件 (第 6 (1) 款) 的住宅。

按照 DIN 1946-6, 自由通风或机械通风系统必须保证**最小运行模式** (防潮通风) 并且应该保证不受用户影响实现连续减量通风 (自由通风时作为整个采暖季的平均值)。除此以外, 它们还应该能够在部分或仅通过用户控制的条件下, 实现**正常运行模式** (额定通风) 和**尖峰运行模式** (强力通风)。

采用自由通风模式时, 只有当建筑物外围护结构上的通风口按照 DIN 1946-6 或 DIN EN 12792 作为外墙进风口 (ALD) 或作为《建筑节能法》意义上的通风装置加以标识、设计和施工时, 才能使通风基本不受用户影响。增加通风井可以显著改善使用单元的通风技术性能。采用**机械通风**时, 通过使用通风装置或通风系统, 或者在送排风装置上辅以外墙进风口, 可以实现不受用户影响的通风。

不管是否为了保证健康标准和排出多余的湿气, 只要居室里装有靠居室空气运行的燃烧装置, 就必须保证

燃烧空气的供应。完全燃烧需要的空气体积流量取决于燃烧装置的类型和燃料种类。图 5.3 [MEYR87] 给出了燃烧空气需求量和燃烧热功率的关系曲线。不同燃烧装置的曲线表明, 4 kW 热功率的燃煤炉大约需要 $2.1 \text{ m}^3/(\text{h.kW})$ 燃烧空气; 燃气炉需要 $1.6 \text{ m}^3/(\text{h.kW})$; 壁炉在 $1.2\text{--}3.2 \text{ m}^3/(\text{h.kW})$ 之间 (烧木材或煤)。

燃气装置技术规程 [TRGI G 600/08] 有以下规定:

“只要燃烧装置所在房间相对于户外的负压不超过 0.04 mbar (4 Pa) [...], 使用室内空气作为燃烧空气的 B 型燃气装置和固体和液体燃料燃烧装置, 每 kW 额定热功率有 $1.6 \text{ m}^3/(\text{h.kW})$ 的补气量时, 可以认为有充足的燃烧空气供应。”

燃烧空气供应的特点是, 有义务证明其供应是得到保证的。根据 [M-FeuV] 第 3 条第一句, “对于 35 kW 以下

额定热功率的燃烧空气供应是充分的, 如果每个燃烧装置所在的房间

- 至少有一扇通向户外的门或一扇可以开启的窗 (房间通过窗户与户外相通), 并且至少有每 kW 额定热功率 4 m^3 的房间空间,
- 与符合第 2 句条件的其他通向户外的房间连接 (联合送风) 或者
- 有一个通向户外的净断面至少 150 cm^2 (不可关闭) 的开口或者两个各 75 cm^2 的开口或者有通向户外的流量同等截面的管道。”

在 [M-FeuV] 第 2 句中对于联合送风又有如下规定:

“设备间和与户外连接的房间之间的联合送风 [...], 必须通过两个房间之间 (不可关闭的) 内径至少 150 cm^2 的开口来实现。属于联合送风房间的总体积必须至少为每 kW 热功率 4 m^3 [4]。不和户外联通的房间不得计入总体积。”

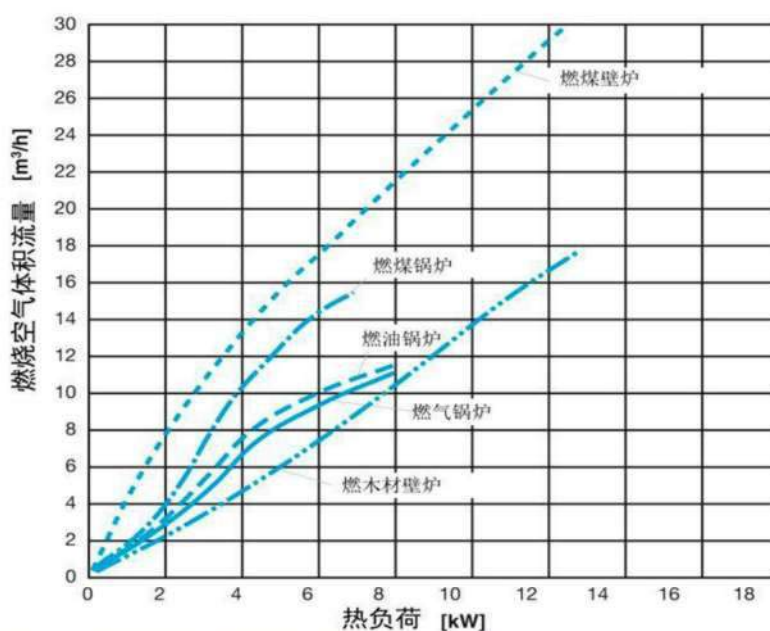


图 5.3: 各种燃烧装置对燃烧空气的需求量 [MEYR87]

5.3 建筑物周边环境和建筑物外围护结构对通风的影响

图 5.4 给出了对建筑物表面和周围压差或差压 (Δp) 和对建筑物自由通风有影响的各种因素。总差压 $\Delta p_{\text{总}}$ 由风压 Δp_{Wi} 和热升力 Δp_{thA} 组成 [HEINZ 11]。

在差压影响下,即使有机械通风的建筑,透过残余不密封部位的渗风或临时开窗造成自由通风是无法完全避免的。所以在选择通风系统或设计自由通风或通风装置时,必须认识主要由建筑物周边环境和建筑物通风技术性能产生的影响因素。

5.3.1 建筑物周边环境

风吹过建筑物时,在建筑物迎风面产生正压,背风面产生负压(见图 5.5)。可以根据风速 $v_{\text{Wi,ist}}$ 和空气密度 ρ_L ,按公式 (9) 计算有效差压 Δp_{Wi} :

$$\Delta p_{\text{Wi}} = (C_{p,\text{Luv}} - C_{p,\text{Lee}}) \cdot \frac{\rho_L}{2} \cdot v_{\text{Wi,ist}}^2$$

$$= \Delta C_p \cdot \frac{\rho_L}{2} \cdot v_{\text{Wi,ist}}^2$$

(9)

C_p 是空气动力学压力系数,与建筑物形状、风的入流方向和建筑物周边环境的形态有关。迎风面和背风面的压力系数计算非常复杂,一般只能取经验系数。参考文献中一般只能找到在简化流体力学模型上获得的数据。DIN EN 15242:2007-05 列出了不同的数值。贴近建筑物位置的风速 $v_{\text{Wi,ist}}$ 和最近一个在空

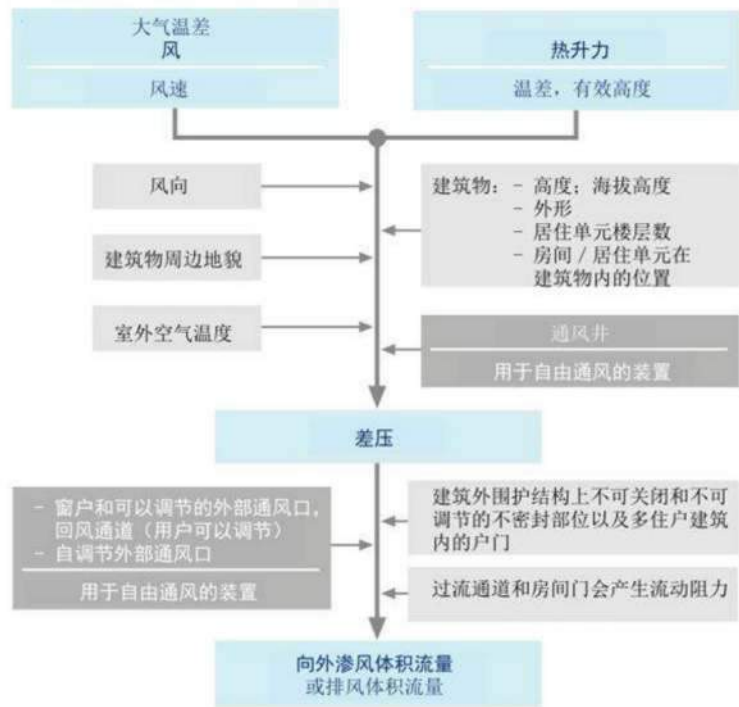


图 5.4: 自由通风（包括渗风）的作用原理示意图

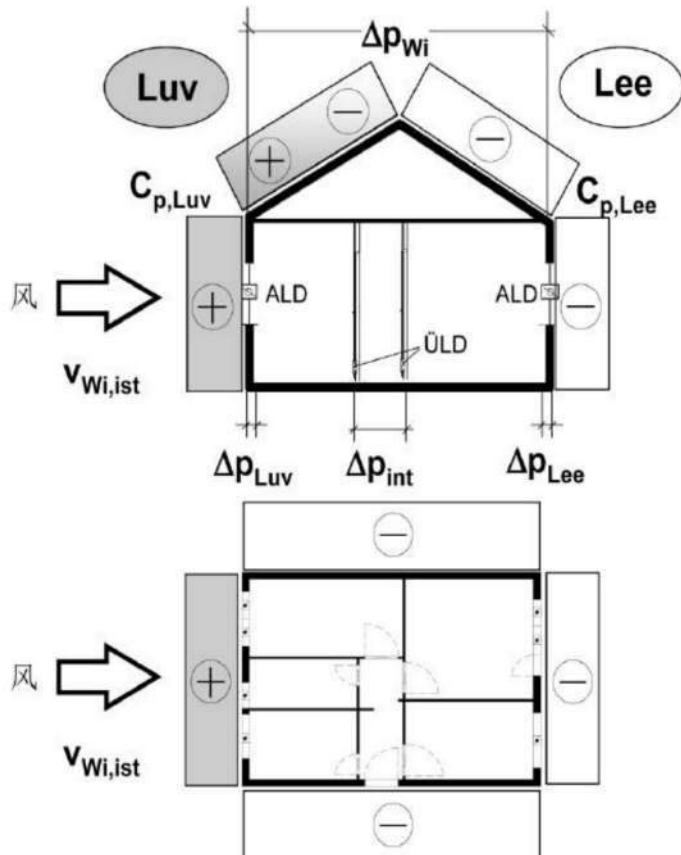


图 5.5: 建筑物表面的压力分布（简化示意图）

旷场地至少 10 m 高度上的气象站测出的数据 $v_{Wi,met}$ 极少相同。其中的差异主要是建筑物高度、建筑物海拔高度以及建筑物周边地貌的影响所致。后者也称为建筑物周边环境的地表粗糙度。风速修正系数也可参阅 DIN EN 15242:2007-05。

5.3.2 建筑物的通风技术特性

建筑物高度或公寓在建筑物内的高度包括建筑物的海拔高度会直接影响作用于建筑物的风速 $v_{Wi,ist}$ 和由此建立的差压 Δp_{Wi} (公式 9)，而建筑物朝向 (通过变换风向) 和外部形状 (通过总风压系数 ΔC_p) 具有间接影响。除了建筑物内部构造 (如通风井结构和标准层布局) 包括现有的通风井和过渡风口 (UEDL) 外，建筑物高度和楼内外空气温差和空气密度差 ($\rho_{au} - \rho_i$) 是热升力压差的主要影响因素 (公式 10):

$$\Delta p_{thA} = g \cdot (\rho_{au} - \rho_i) L \cdot \Delta h_{thA} \quad (10)$$

Δh_{thA} 表示建筑物内的有效热升力高度 m , g 为重力加速度 9.81 m/s^2 。

在风力和热升力联合作用下形成的不断变化的压差，有多少对空气流动和换气次数产生作用，取决于 (设计的) 外墙进风口尺寸，也取决于建筑物外围护结构上 (非设计的) (残余的) 不密封和整栋建筑的施工质量。

5.3.2.1 外围护结构不密封或透气 (外墙和屋面构造)

建筑物外围护结构不密封的缺点和密封的优点在本书其他章节已做了详细介绍 (比如第一章)。所以，此处仅再一次强调与通风技术有关的观点：太不密封不仅浪费采暖热量，而且由于泄漏点在建筑物外围护结构上分布不均匀，会导致每个房间的室外空气供应量失衡。所以，尽可能提高建筑物外围护结构的气密性是保证有组织室外空气供应的基本条件。

也就是说，建筑物或所考察使用单元的 n_{50} 越小，利用通风技术措施 (LtM) 对每个房间按需送风的精度越高。不仅在有机械辅助送风的建筑上是这样，自由通风的建筑也一样 (参见 5.4.1.2 节)。只有尽可能高气密性的建筑物外围护结构才能保证在整个采暖季消耗尽可能少的通风热量，而同时又不必减少为降低有害物质浓度而需要的室外空气体积流量。此外，高的气密性对于有效利用新风热回收效果也是必不可少的。高的气密性也对减少气象条件对通风系统的干扰以及减少冷风渗透和异味干扰有好处 (后者主要是通过居室或不同使用单元之间的渗透发生的，见 5.3.2.2)。

在设计通风技术措施时，应按照公式 (2) 考虑残余不密封引起的渗风体积流量。参照 DIN 1946-6 按公式 (3.1) 计算渗风体积流量。公式 (3.1) 和 (3.2) 中的项

$$f_{wirk,Komp} \cdot \left(\frac{f_{wirk,Lage} \cdot \Delta p}{50} \right)^n$$

(公式 (11)) 相当于防风系数或屏蔽系数 e_{wind} 。根据 DIN EN 13790 和 DIN V 4108-6 的关系式 (3.0) 计算渗风体积流量 $q_{v,x}$:

$$q_{v,x} = \frac{V_{NE} \cdot n_{50} \cdot e_{wind}}{1 + \frac{f_{wind}}{e_{wind}} \left(\frac{q_{v,zu} - q_{v,ab}}{V_{NE} \cdot n_{50}} \right)^2}$$

(3.0)

在自由通风或送排风平衡运行时，可以利用公式 (11) 的 e_{wind}

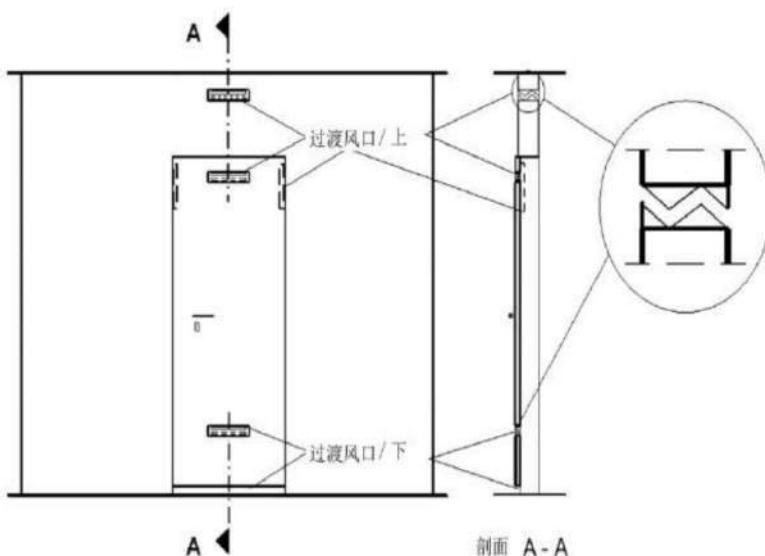


图 5.6: 公寓内或独栋别墅内过渡风口的布置和施工图举例

$$e_{Wind} = \left(\frac{f_{wirk,Lage} \cdot \Delta p}{50} \right)^n \cdot f_{wirk} \quad (11)$$

将公式 (3.1) 和 (3.2) 简化为

$$q_{v,Inf,wirk} = V_{NE} \cdot n_{50} \cdot e_{Wind} \quad (3.1a)$$

或

$$n_{Inf,wirk} = n_{50} \cdot e_{Wind} \quad (3.2a)$$

在利用公式 (3.0) 计算时, 需要采用不可验证的经验值 $0.04 \leq e_{wind} \leq 0.1$ (或 E DIN EN 12831 第一篇给出的 $0.02 \leq e_{wind} \leq 0.05$) [5]。而利用公式 (3.1) 或 (3.2) 可以根据实测风速计算实际压力工况, 并能够在设计时更准确的考虑当地条件。

此外, 公式 (3.1) 和 (3.2) 利用系数 $f_{wirk,komp}$ (公式 12) 和 $f_{wirk,lage}$ (公式 13)

$$f_{wirk,Komp} = f_{Sys} \cdot f_{Inf} \quad (12)$$

$$f_{wirk,Lage} = \epsilon_H \cdot \epsilon_A \quad (13)$$

式中

ϵ_H 按照 DIN EN 12831 设计外墙进风口尺寸时考虑的高度修正系数

ϵ_A 按照 DIN EN 15242 的屏蔽等级, 设计外墙进风口时采用的屏蔽修正系数

不仅可以估算在使用单元中实际有效的渗风份额 (系数 f_{inf}), 也可以考虑建筑物高度 ϵ_H 和屏蔽 ϵ_A 产生的影响 (参见 DIN 1946-6 表 1.3 和 1.4)。

在根据气密性检测结果 n_{50} 计算渗风时, 通风系统类型也起重要作用。在单层使用单元中, 在风的作用下 (主要是在多层建筑上主要是) 产生横向通风。在窗户关闭情况下室外空气通过一部分表面积流入室内 (负压), 并以同样数量通过剩余表面积流出室外 (正压) (图 5.5)。所以人们把这种自由通风称为横向通风。在有送 / 排风装置平衡运行的住房里也是

这种流动工况。所以, 这类住房未加评估的换气次数 n_{50} 反映出与实际压力条件不同的通风状况。而装有排风装置或通风井的住房则不同, 这里主要为负压。在这类住房上, 负压下实测换气次数 n_{50} 至少在性质上接近于一个使用单元的实际运行工况 (3.1a)

在计算渗风时, 必须考虑在实际压力工况下, 不同通风系统也有不同的流动场, 并利用 (通风系统) 修正系

表 5.3: 修正系数 f_{sys}

通风系统	自由通风		机力辅助通风			
	横向通风 (无通风井)	通风井加 横向通风	送/排风系统 (平衡通风)	排风或送风系统		
使用单元类型	所有使用单元, 包括多层和单朝向房间			多户建筑	独栋	
				有设备井	无设备井	别墅
f_{sys}	0.5	0.7	0.5	0.8	0.9	1

表 5.4: 修正系数 f_{inf} (只适用于外墙进风口 (ALD) 和过渡风口 (UELA))

通风系统	自由通风		机力辅助通风	
	横向通风 (无通风井)	通风井加 横向通风	送/排风系 统 (平衡通 风)	排风或送风系统
f_{sys}	设备	ALD	1	0.9
	UELD	0.3	0.2	0.9
			-	0.8
				0.15

表 5.5: 修正系数 $f_{wirk,komp}$ (仅适用于 ALD 和 UELD)

通风系统			自由通风		机力辅助通风			
			横向通风 (无通风井)	通风井加 横向通风	送/排风 系统(平衡 通风)	排风或送风系统		
使用单元类型			所有使用单元, 有一个以上朝向(见 5.3.2.1 节)			多户建筑	独栋 别墅	
						有 无 设备井		
F _{wirk,komp}	成分	ALD	0.5	0.6	—	0.65	0.7	0.8
		UELD	0.15	0.15	0.45	0.15		

数 f_{sys} 修正计算结果。在选择修正系数时（表 5.3）需要考虑，在至少有两个朝向因而有横向通风的使用单元中，只有一侧是迎风的。所以应该假定，每一侧只有总漏风量的一半（ $f_{sys} = 0.5$ ）。

在只有一个朝向的使用单元上（“一个迎风面”），在风的作用下室外空气就好像从使用单元的一侧进入，从另一侧排出。由于此时建立的差压很小，所以通过使用单元的风量也很小。在按公式（3.0）计算时，需要减少到 25—30%（ $0.01 \leq e_{wind} \leq 0.03$ ）。按照 DIN 1946-6，“在只有一个迎风外立面的使用单元上”， f_{sys} 应减半计算。也就是说，外墙进风口的尺寸要比有一个以上迎风面的使用单元大一倍，才能获得相似的通风效果。

5.3.2.2 内部不密封或透气（隔墙和楼板）

不仅建筑物外围护结构，而且建筑物内围护结构都存在不密封问题。在多住户建筑中，这种不密封会造成户间和其他使用单元间不希望发生的空气流通。在使用单元之间的楼板和隔墙上的线缆穿墙口 / 设备井以及建筑构件和材料接缝处，容易出现渗风或空气短路。其结果是造成异味扩散，并在一定情况下增加通风散热损失。后者的出现主要是因为乏气不再能够或者只能部分通过居住区域被抽走，从而迫使用户开窗通风，增加换气次数。如果用户不是以这种方式作出反应，那么住房内不是进入“室外的干空气”，而是从其他住房或楼梯间进来饱含湿气的空气。

在检测建筑物气密性时，

在多住户建筑上测量每个使用单元时，不仅应该检查外围护结构气密性，也应该尽可能检查内部不密封，并对测量结果进行相应分析评价。这就意味着在选择 f_{sys} 时，在多住户建筑内对装有排风装置的使用单元上，应至少打 10% 的折扣。这样，就可以在只检测一个使用单元的气密性，而不顾及使用单元之间的压力平衡时，将从（即使采取了封堵措施的）相邻使用单元或区域吸入的空气，因而不是纯室外空气的情况考虑进去。如果使用单元通过管道井互相联系，那么根据经验 [REICHEL 98]，内部渗漏会更大（应打 20% 折扣： $f_{sys} = 0.8$ ）。有排风井的使用单元的内部渗风介于有横向通风和有排风装置的使用单元之间（折扣 30%： $f_{sys} = 0.7$ ）（表 5.3）。

自由通风和排风装置的正常功能主要取决于，在多住户建筑上每户吸入的空气体积流量是否确实是室外空气，还是室外空气和其他使用单元渗风的混合物。内部渗漏越大，进入的室外空气越少。建筑物外围护结构越密封，这种配比错误就越严重。工业预制多住户建筑气密性调查报告表明从这方面改善建筑质量是何等重要 [REICHEL98]：在初始状态（ $n_{50,vor} = 2.5 \text{ h}^{-1}$ ）流入居室的室外空气平均只有 44%。在进行部分现代化改造后（主要是更换了窗户，结果是 $n_{50,nach} = 1.56 \text{ h}^{-1}$ ），室外空气进入份额只有 33%。于是，通过内墙和管道井从其他使用单元吸入的空气份额占到 56% 或 61%（图 5.7）。这就是说，建筑物外围护结构气密性改善后，一半以上，甚

至接近 2/3 的空气不是室外空气，而是经过污染的邻居家的乏气！

公寓或独栋别墅相当于一个使用单元（NE），应该把它们作为一个通风技术单元考虑。采用通风井或排风装置（图 5.11-5.14）时，流入居住区（新风进入区域）的室外空气或者通过送风装置进入居住区域（图 5.15-5.18）的室外空气，必须从厨房和卫浴室（排风区）排出。只有当气流不受阻碍，在自由通风且压力损失很小时，空气才能最后到达排气口。为此，套内的门下面可以留一条缝。由于通流面积一般不够或者用户会无意间（门槛或地毯）或故意堵塞

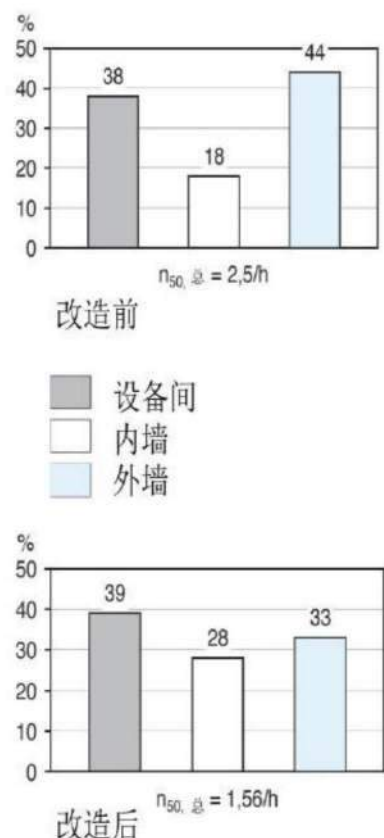


图 5.7 改造前后，即更换窗户前后，工业预制多住户建筑通过外墙和内墙以及管道井的实测漏风 n_{50} 份额 [REICHEL 98]。

门缝（密封装置）从而减少或者完全堵塞气流通路，所以最好设计所谓的过渡风口（UELD）。图 5.6 给出了过渡风口的设计和安装方式。过渡风口净通流面积按 DIN1946-6 计算。

如果一定要在公寓或独栋别墅里安装利用室内空气运行的燃烧装置，就应该满足补充燃烧空气的条件，其中包括在设备间和与联通的房间之间形成联合送风（5.2.2.节 和 [TPGI G 600/08]）。

5.4 通风技术方案

说明

建筑物通风从工作原理分为自由通风和机械辅助通风两种（图 5.8）。到 2000 年末，德国大约 3800 万套居住单元中，只有大约 21% 全部或者部分配备机械辅助通风装置 [HEINZ04]。在 79% 采用自由通风的居住单元中，

大约 15% 采用外墙进风口（ALD）或通风井等通风技术措施。剩下的 85% 除了开窗通风外没有其他通风手段。从这个统计来看，为所有家庭改造或安装良好的通风设施，从而让用户将开窗只是作为一项辅助性手段还需要很长时间。迄今为止，在编制通风技术方案时，不仅调查了有机械辅助通风的家庭，也询问了自由通风的家庭。没有通风方案或通风技术措施的住房，都需要住户自己动手获得充分的通风。由于涉及近 2/3 的德国住房，在编制通风技术方案时也应该把“无组织通风”这个领域加以研究。

5.4.1 自由通风

5.4.1.1 无组织通风（取决于用户行为）

在按照《建筑节能法》建设的气密性良好的建筑内，如果没有或者没有充分的通风技术措施来保证足够的

（“自行”）通风，那么经常只有通过开窗来保证要求的换气次数。这就要求用户的主动行为，也就是说通风的责任更多的转嫁给了用户。为了能够有效，即既充分（毫无问题）又节能的通风，就必须对下列问题提供可实施的答案：

- 根据不断变化的边界条件，每天必须什么时候、多少次、每次多长时间通风？
- 采用何种方式方法（平开还是内倒）通风？
- 如何在夜间进行卧室充分通风？
- 当卧室受到外部噪音严重干扰时怎么办？
- 白天长时间没人或外出度假时怎么办？
- 家里没人而窗户开着时，保险公司会怎么说？
- 城市出租房在冬季半年时间里在哪里和如何晾晒衣服？

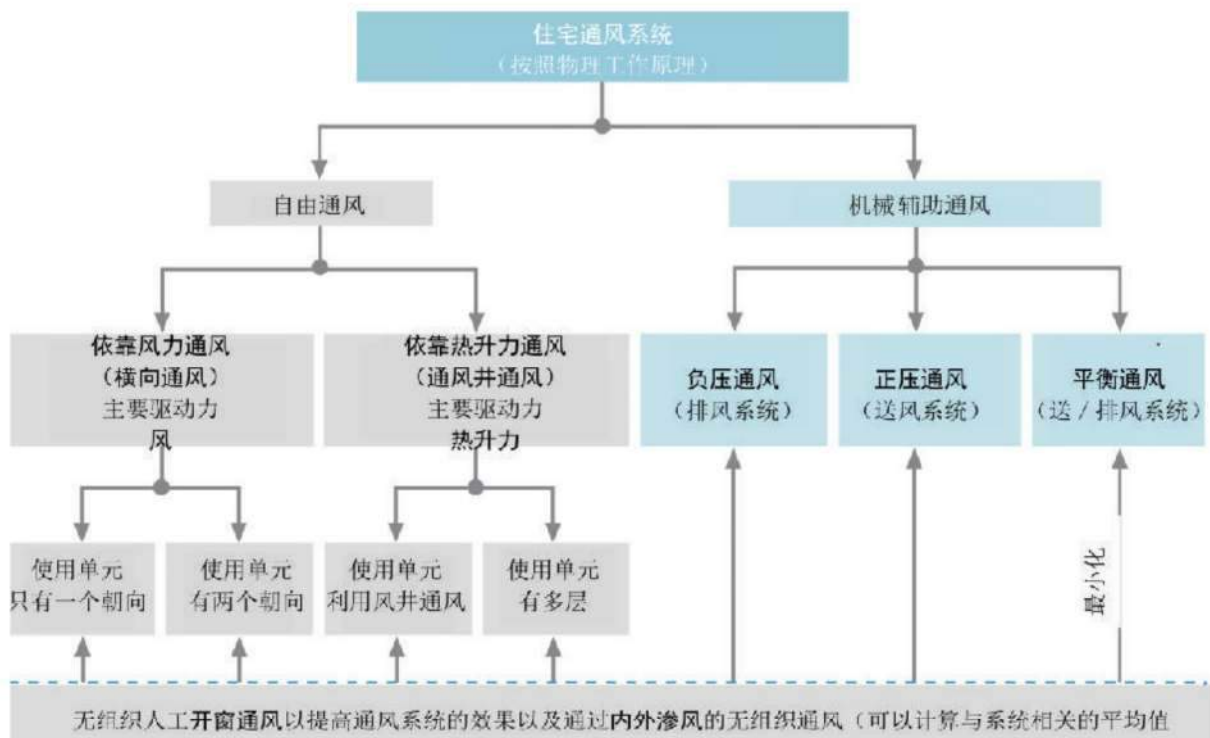


图 5.8 住宅通风系统

当前频繁出现的建筑物损伤表明，不仅（太多）许多用户没有能力完成通风任务，而且就是通风专家也无法对前面的大部分问题给予满意的答复 [HEINZ02]。为了消除潮气损伤，经常把临时开窗通风作为“包治百病的良药”。可是这种开窗方式主要取决于用户习惯（表 5.6），所以很少能够证明它的效果。即使经常给出的定量建议，比如“每天开两到四次窗，每次 5-10 分钟，最好把所有窗户打开（所谓的“横向通风”），也不可能照顾到如此众多的边界条件（表 5.6 和图 5.4）[6]。为了找到“临时开窗通风”的合理尺度（例如按照图 5.9），不仅作为通风技术外行的用户，而且通风专家也只能凭“感觉”行事：当外面天气很冷、下雨或者刮风时，或者建筑物 / 房间受到噪音干扰时，不管是否有必要都会减少通风。为了节省采暖费用，也会减少通风。为了通风每天挪开窗台上的摆设，（即使从法律意义上）也是无法接受的。此时，如果确实要开窗的话，也只有放到

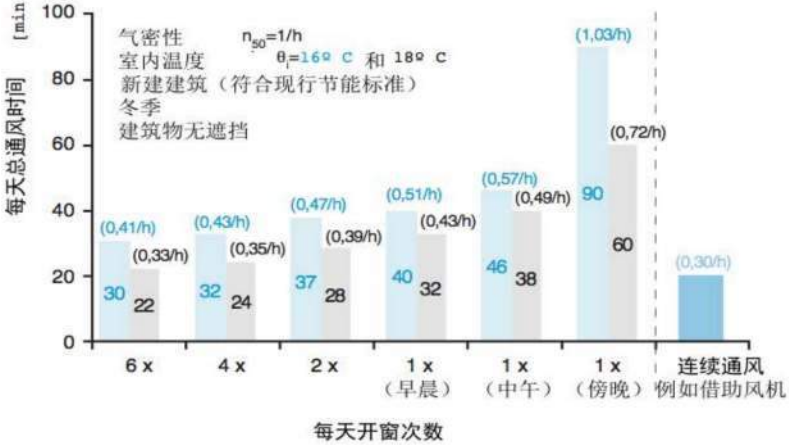


图 5.9：以气密性良好的新建建筑卧室为例，在不同室内温度条件下，通风行为和总通风时间长度对于防止结露霉变需要的换气次数的影响 [HARTM02, HARTM99]。

内倾位置来通风。卧室在夜间本来也就没有其他更好的办法。但是这样做至少是不节能的。

总之，由于不断变化的边界条件，“精确命中”既有效又节能的通风行动范围几乎是不可能的。为了可靠保证住房内没有潮气和结露霉变，就必须为主要靠开窗通风时增加通风量而增加的能耗买单。为此应该考虑，是不是通过机械辅助通风让开窗通风仅作为一项辅助手段，来保证有计划的基本通风。图 5.9 [HARTM02/99] 给出了一个例子。与涉及各种麻烦的临时开窗通风过程（换气次数在 0.33-1.03 h⁻¹ 之间）不

机械辅助通风能够可靠保证（不受用户控制的）连续通风，达到相同的保护效果（没有结露霉变），而能耗又保持在一个较低的水平。如果略打点折扣，那么利用有组织的自由通风措施也可以达到这种基本通风的效果。

5.4.1.2 有组织通风

如 5.3 节所述，自由通风的驱动力是仅由风和热升力引起的差压。如果再结合有明确尺寸设计的透气性外围护结构（外墙进风口）（也可以作为不受用户控制的临时开窗措施），并且在不同房间（如独栋别墅或二层小公寓式居住单元）的外墙进风口

天气／气候	生活习惯	现场条件
<ul style="list-style-type: none">● 瞬时气候条件（晴天，阴天，雨天）● 室外温度● 风向和风速	<ul style="list-style-type: none">● 是否有人在家● 对新鲜空气的需求（吸烟）● 起居活动（蒸煮，煎炸等）● 湿气释放（盆浴，淋浴，植物，晾晒衣物等）● 对节能的态度（室内空气温度，衣着）● 窗台利用情况和窗帘形式	<ul style="list-style-type: none">● 挡风情况● 房间功能● 窗户类型和安装位置● 采暖系统● 通风系统● 室内环境污染（噪音，粉尘，异味）● 异味干扰（家具，纺织品）● 建筑施工质量（气密性）

表 5.6：对住户通风行为的影响 [ENDER02]

以通过内外渗风实现建筑物内部通风。图 5.4 在给出了本身的驱动力以外，还列出了可能对自由通风起帮助或阻碍作用的更多影响因素 [HEINZ11]。

由于除了驱动力，还有上述许多影响因素都从属于或然率范畴，自由通风不仅不可控，而且在一年中受季节变化和气候的影响，通风量有很大的波动。所以自由通风系统对于节能型按需送风是不适用的。所以只能想办法，在关键的采暖季节，在不受用户影响下（见 5.2 节和表 5.2），向使用单元和其中的每个房间送入适量室外空气并让其重新排出，来保证防潮和满足健康的最低要求。此时，需要在新建建筑或在既有建筑现代化改造时，合理布置适当尺寸的外墙进风口（ALD 和 UELD），有可能的情况下增加通风井（DIN 1946-6）。这种有组织的透气性应该替代在不太密封建筑上存在的不可控制的“渗风”，如果需要的话也可以是一种补充。此时，剩余不密封漏入的空气体积流量也是可以接受的，但要尽量控制得小一些。在这个意义上，也可以称为以通风技术措施为主的通风方式。也就是外墙进风口的尺寸能够保证通过它们进入和流出的空气量远远大于通过建筑物不密封处进出的空气量 [HEINZ06]。

表 5.7 给出了在不同体量的独栋或多户建筑上，在不同气密性 n_{50} 条件下和在平均风力下（建筑物受到弱风

表 5.7: 外墙进风口通风主导性：利用通风技术措施（外墙进风口）进行横向通风或横向加热升力通风时，进入室内的空气体积流量占最小或基本通风总体积流量的比例，以及与建筑物气密性、风力、户型和体量的关系：按照 DIN 1946-6 计算

居住单元面积 A_{WE} [m ²]				30		80		200	
居住单元	n_{50}	Δp	f_{sys}	外墙进风口通风量占总风量的比例					
	[1/h]	[Pa]	[-]	(>75%: 有足够的通风主导性) [%]					
	相对于			小风量	额定风量	小风量	额定风量	小风量	额定风量
多户建筑	0.5	2(弱风)	0.5	94	96	92	94	90	93
	1.5			82	88	76	83	70	79
	3			65	75	53	67	40	58
	0.5	4(弱风)		91	94	87	91	84	89
	1.5			72	81	62	74	53	67
	3			44	61	25	47	5	34
独栋别墅 (或二层小公寓)	0.5	4(弱风)		-	-	87	91	84	89
	1.5			-	-	62	74	53	67
	3			-	-	25	47	5	34
	0.5	6(强风)		-	-	84	88	79	86
	1.5			-	-	51	65	38	57
	3			-	-	1	31	-24	13

和强风影响），通过外墙进风口（ALD）的风量占室外空气总体积流量的比例（也就是外墙进风口的通风主导性）。以多户普通住房的横向通风或独栋别墅或多住户二层小公寓的横向通风和热升力通风组合为例，按照 DIN 1946-6 进行了计算。结果表明，如预期的那样，随着建筑物不密封程度的增加，外墙进风口通风的份额下降。与住房体量存在着相同的关系。如外墙进风口仅按最小通风设计，在气密性 $n_{50} \geq 3 \text{ h}^{-1}$ 的大户使用单元上，强风天气仅通过渗风便足以满足减少潮气和健康风险所需要的新风量。但此时不应忽视，由于泄漏的不均匀分布，极少可能使所有房间都得到很好的通风。所以，建设比常

规要求更密封的建筑（气密性尽量小于 $n_{50} < 1 \text{ h}^{-1}$ ）会更加有保障。也只有这样，即使在自由通风时也可以尽量减少潮气损伤的风险，而不依赖于偶然分布的不密封或不可预知的用户行为。

自由通风系统可以分为通过外墙进风口的横向通风（风作用下的通风）或无组织渗风（图 5.10 和 5.11），以及通风井通风或热升力通风。后者也是通过外墙进风口或无组织渗漏进入的（图 5.11）。需要注意的是，通过外墙进风口集中进入室外空气时，在舒适性方面可能会有问题。所以，在选择、设计和布置外墙进风口时要注意，在房间人员逗留区域不要出现冷风渗透效应（也可参见 5.5.1.1 节）。

通风井必须采用单管形式，以防使用单元之间窜风。每根排风管只允许一户或一个使用单元的排风室（如厨房、卫浴）接入。除了排风管的驱动力，多层住房（二层小公寓）或多层独栋别墅上还有热升力作用。前提是不仅所有房间而且所有楼层都是通过空气管道联通的。在房门关闭时，只有当房间之间有过渡通道联通时（UELD）才有效果（见 5.5.1.1 节和图 5.6）。在单层使用单元上，也只有通过过渡通道，才能让迎风面的气流不受阻碍地流向背风面。

在设计外墙进风口的尺寸时，必须保证采暖季的最小通风量，并不受用户的影响。在额定通风和强力通风时，则需要用户开窗辅助通风。如果外墙进风口按照额定通风设计，则可以更好的满足通风要求，并且不受用户的影响。通过采用外墙进风口限流装置，可以在大风时有效减少常见的灌风现象 [HEINZ11]。

如果为了保证最小通风或额定通风而需要外墙进风口，在尺寸设计时必须了解（采暖季）预期出现的平均差压 Δp_{ALD} (公式(15)和图 5.5)。

它作为在建筑物表面建立的差压的一部分（ $\Delta p_{Wi, \pm}$ ，公式（14）），又与实际有效风速 $v_{Wi, ist}$ 有关：

$$\Delta p_{Wi, ges} = \Delta p_{Luv} + \Delta p_{int} + \Delta p_{Lee} \quad (14)$$

$$\Delta p_{ALD} = \Delta p_{Luv} \approx 0,5 \cdot (\Delta p_{Wi, ges} - \Delta p_{int}) \quad (15)$$

式中

$$\Delta p_{Wi, ges} = \Delta C_p \cdot \frac{\rho_L}{2} \cdot v_{Wi, ist}^2 \quad (9.1)$$

和

$$\Delta p_{int} = \Delta p_{ULD} \text{ 依据 DIN1946-6}$$

5.4.2 机械辅助通风

在德国，机械辅助通风主要采用排风和送 / 排风系统，很少采用送风系统。

5.4.2.1 排风系统

排风系统又分为中央风机系统（图 5.12 和 5.13）和分散风机系统（图 5.14）。平面图反映了多住户建筑上的情况。独栋别墅的排风系统很相似，在 DIN 1946-6 中有具体介绍。

目前，在独栋别墅和多住户建筑上大多采用无热回收的中央风机系统。中央风机装在屋顶区域或屋面上（即流动方向始终在系统末端），通过一根共用排风管（主管道）或通过一个集合排风井和专门的排风出口从住房的排风室将乏气吸出。如果配以热回收，则可以由热泵将乏气热量回收用于加入生活热水（图 5.13）或用于辅助采暖。此时，热交换装置最好安排在风机附近

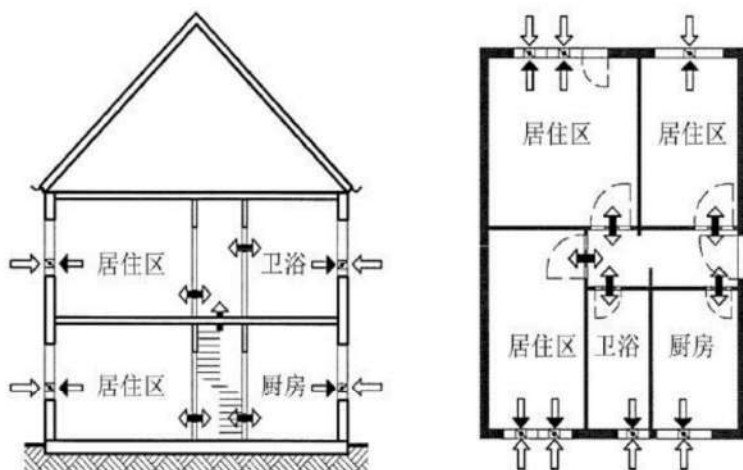


图 5.10: 在独栋别墅上利用外墙进风口横向通风（平面图）或横向加热升力通风（剖面图）时的气流组织示意图 [BPh-05]。图上符号说明见下文。

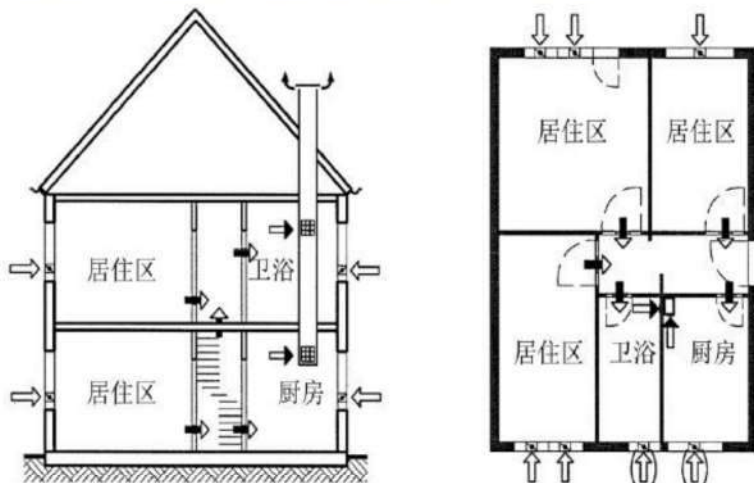


图 5.11: 在独栋别墅上利用通风井和外墙进风口实现联合通风时的气流组织示意图 [BPh-05]。

(屋面区域), 而热泵可以安排在楼宇换热站内(地下室)。乏气余热通过中间媒介水被输送到热泵, 热泵利用余热将生活热水系统或采暖回路里的水提升到一个较高的温度水平。为了减少输送散热损失, 送回水管道应尽可能布置在热区, 并根据周边温度水平做好保温。

所有排风系统和布置在系统末端的中央风机一起不仅在整个通风系统内相对于居室建立负压, 而且在使用单元内相对于室外建立负压。从而使室外空气通过设计的外墙进风口进入送风房间, 并且通过外围护结构上的剩余不密封进入所有其他房间。此处需要注意, 室内负压不得大于 $\Delta p \leq 8 \text{ Pa}$ (最大 10 Pa)。否则在不可避免的渗漏处会出现扰人的风噪, 而且在某种情况下在房门处也会感觉到很大的差压。

综合通风系统

综合通风系统是机械辅助通风的一种特殊形式(排风装置)。这种系统以中央风

机为基础, 当通过主管道或通风井的热升力达到能够保证最小通风时, 风机自动停运。风机的控制取决于制造厂或设计师规定的室外温度或最小驱动差压。

分散式风机系统(EVA)

分散式风机系统的风机分别装在住房的排风室(即气流方向始终在系统起始端), 通过不同的排风管道将乏气直接从住房的排风室抽出(图 5.14)。

房间里的气流组织(平面图)与中央通风系统相同(图 5.12)。两者差别仅在于风机台数和安装位置(分散系统: 每个排风室一台风机, 中央系统在排风室只有排风口; 中央系统: 所有住房或排气室共用一台风机), 以及管网内的压力工况(相对于周边环境: 分散系统: 正压; 中央系统: 负压)。

5.4.2.2 送/排风系统

送/排风系统可以分为中央风机系统(图 5.15), 半

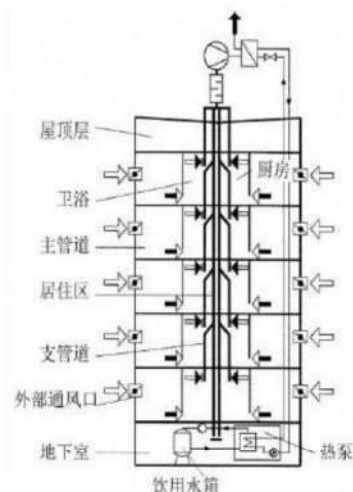


图 5.13: 在多住户建筑上采用中央排风装置并利用热泵回收排风热量的系统。在一根中央风管上接入厨房和卫浴, 利用外墙进风口补风 [BPh-05]。

中央系统(图 5.16)和多住户建筑(图 5.17)每户一套风机或独栋别墅自用一套风机(图 5.18)。

中央新风机组(ZVA)

中央新风机组的全套新风输送和处理设备一般位于使用单元的外部(图 5.15)。在使用单元内只有进出风口和过渡风口。室外空气通过地热换热器在冬季将新风预热或者在夏季用于新风冷却, 或者在外立面区域被吸入室内: 夏季运行时从北侧吸入, 采暖季运行时从南侧吸入。在选择室外新风口位置时, 应注意尽量减少污染物被吸入室内的可能(参见 DIN EN 13779 的提示)。无论如何不推荐从地平面处或者从坑里吸气, 那里存在生成真菌和细菌病灶的危险。

半中央新风机组

半中央新风机组主要以中央新风机组方式运行, 即进出口风机均布置在使用单元外面, 一般装在屋面。所有其他设备部件, 除新风过

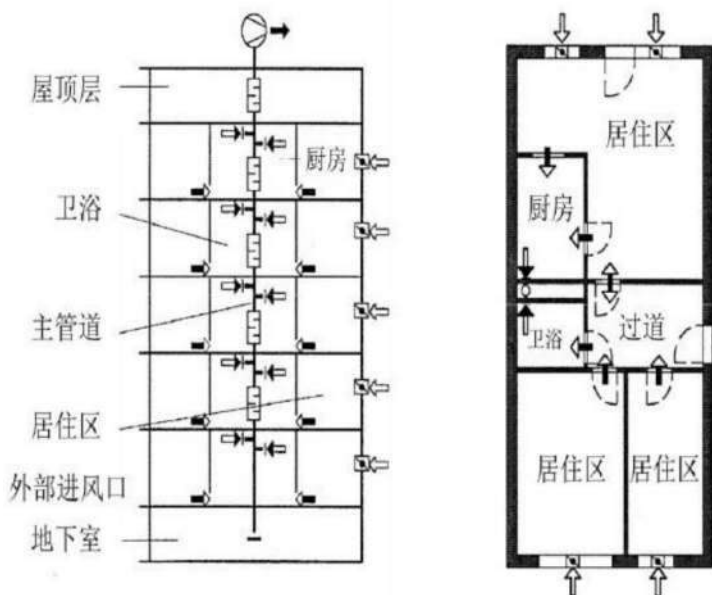


图 5.12: 在多住户建筑上采用中央风机的居室剖面图和平面图(气流组织) [BPh-K05]。

过滤器外，均位于居住区内。

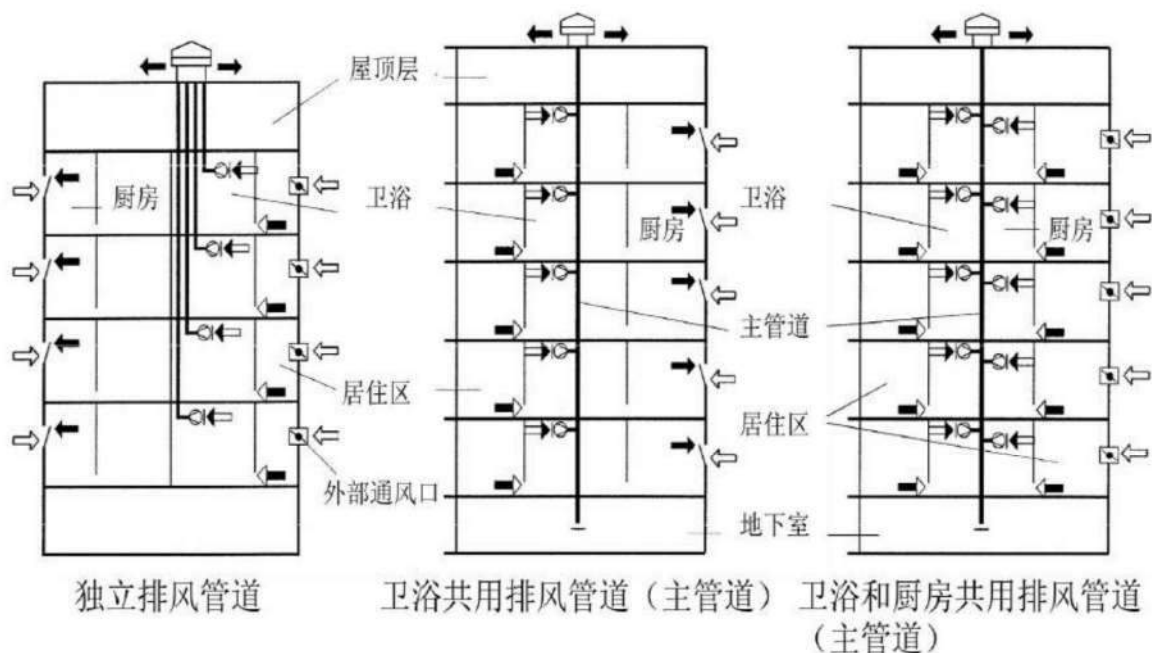


图 5.14：在 multi-unit 建筑上每个使用单元安装一台风机，有不同形式的排风管和住户接入形式 [BPh-05]。

和中央新风机组一样，可以通过独立的新风管道（图 5.16）或“同心管”主管道系统将室外空气吸入使用单元，并将乏气排出体外。

后一种方案是将缠绕式镀锌管同心包裹在用防火材料制作的保温管道内。这样室外空气在进入布置在每个房间的热回收装置前，根据楼层高度，已经通过乏气余热得到了不同程度的预热。

采用分散式风机（在系统连接的每个使用单元有一套风机）和集中余热回收的半中央系统，和被动房上已经应用的情况一样，此处不做赘述。这种系统的问题是，许多小风机的使用带来的缺点（效率低，维护工作量大，居室消音器费用高）是否会盖过调节和操作简便的优点。

分散式新风系统或机组

分散式新风系统的全部新风输送和处理设备都在多住户建筑（图 5.17）或独栋

别墅（图 5.18）的使用单元内。在多住户建筑上，室外空气通过风机和外立面之间的水平分支管进入室内。乏气可以通过相同的分支管从外立面排空，或者通过主管道从屋面排空（图 5.17）。与分支管相比，通过主管道排气的优点是乏气不会被重新吸入或者通过开着的窗户进入邻居家。两种系统都要做好保温，以便有效防止热量回收后的乏气结露。

使用单元内的新风机组可以装在厨房或卫浴室。选择安装位置时要注意噪声干扰（两台风机的电动机都在使用单元内）和造价。管道越短、需要的保温越少，系统造价就越低（能耗也越低）。与每个房间一台风机相比（图 5.19），独栋别墅采用中央新风系统更好（图 5.18）。

新风采暖系统

新风采暖系统是一种送排风系统的特殊形式。在这

种系统上，经过地热换热器和热回收装置预热的新风需要进行补热，以平衡建筑物的所有散热损失。此时，最好将新风加热装置布置在每个房间，以便能够根据采暖负荷控制进风温度，来最佳调节室内温度。利用新风体积流量调节温度的办法不太合适。因为，此时当住户需要在夜间调低卧室温度时（希望感觉上有“更新鲜”的空气），就必须减少新风体积流量。这恰恰与夜间卧室需要增加新风量的需求相违背。

近年来为了降低造价而采用的中央（分户）新风温度调节方式，无法从设备技术上有效地适配每个房间的温度。为了至少减少一些这方面的缺点，下列建议希望得到设备制造厂和设计人员的重视：设计新风系统或机组时，应该配置用户可以控制的旁路，使新风要么走分户中央加热系统，要么旁通

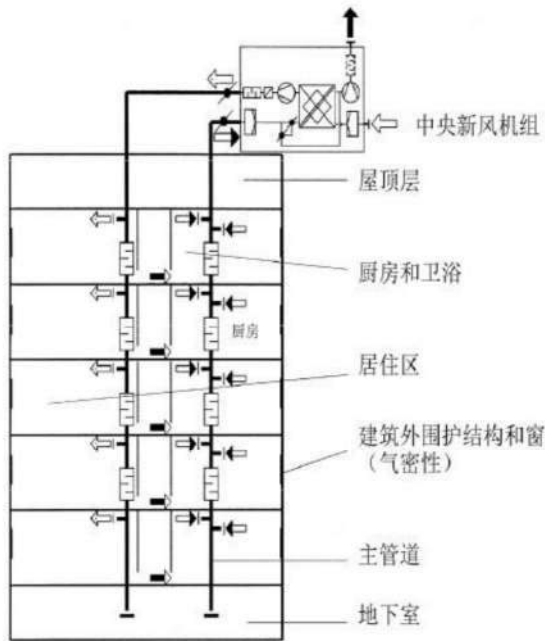


图 5.15: 中央送排风系统, 主机布置在屋面, 有送风和排风主管道 [BPh-K05]。

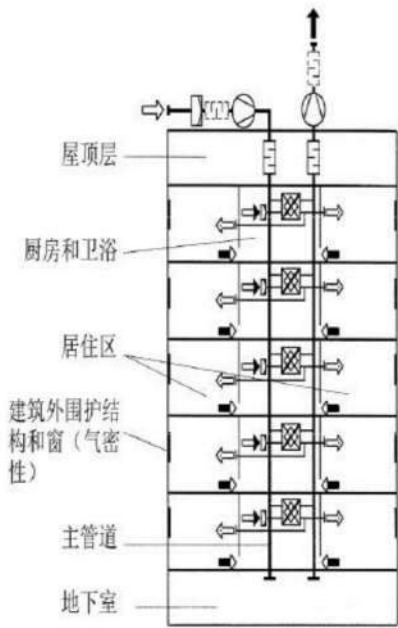


图 5.16: 半中央送排风系统, 主机布置在屋面上, 有新风和乏气主管道, 采用分散式热回收装置 [BPh-K05]。

经过该加热装置, 让新风进入温度需要低一些的房间如卧室。采用这种方式, 在极少增加设备的条件下, 可以降低卧室温度, 而不会像连续开窗通风那样增加采暖热需求。相反, 在建筑物学允许

的范围内降低卧室温度可以减少采暖热需求。

新风采暖系统主要推荐用于保温非常好而散热损失非常小的建筑。新风温度应该降低到在人员逗留区域尽可能不出现垂直温度梯度的

水平。需要的新风温度越低, 室内新风的舒适性就越好 (人员逗留区没有垂直温度梯度), 出风口的气流干扰声就越小 (通过减小送风脉冲量)。

与普通的热水采暖系统

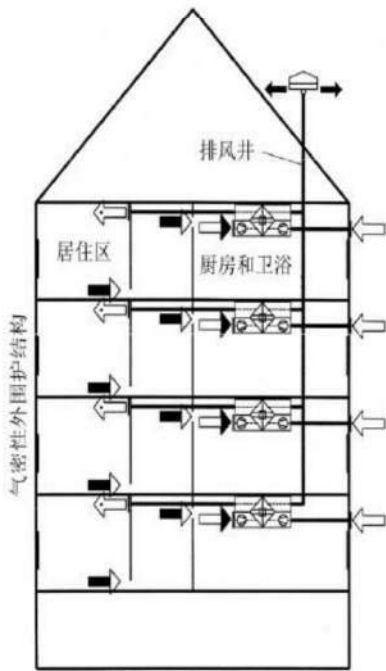


图 5.17: 分散式送排风系统, 风机布置在厨房/卫浴区域, 新风从外立面上的进风口进入, 乏气从屋面排出 [BPh-K05]。

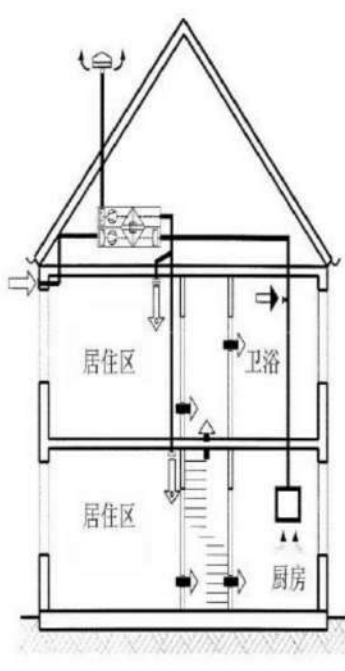


图 5.18: 独栋别墅中央新风系统的风机。

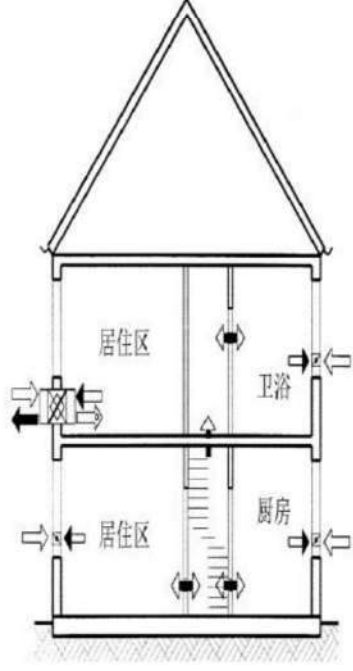


图 5.19: 一个使用单元内每个房间的单台新风机组。

相比，新风采暖系统在室内温度调节方面更胜一筹。在温度很低的时段，新风采暖通过快速变化的进风温度对室内和室外负荷变化作出快速反应。这不仅有利于改善热舒适性，同样有助于减少采暖热需求。

如平面图所示，新风采暖的气流组织与送排风系统的完全相同（只对使用单元的一个房间送风时除外）（图 5.20）。

5.4.2.3 送风系统

与横向通风和送排风系统在建筑物外围护结构处交换建立正压和负压不同，纯送风系统在运行期间，建筑物内始终处于正压状态。由于在北侧建筑结构内存在结露危险，这种系统用得不多。

为了尽量避免这方面的损伤，通过外墙进风口或通风井送入房间或使用单元的新风应尽可能无阻力的重新排出室外。此外，出于卫生和防火原因，在多住户建筑上使用时，必须采用特别密封的户门和管道井，以尽可能防止空气扩散到其他使用单元或通过户门进入楼梯间。

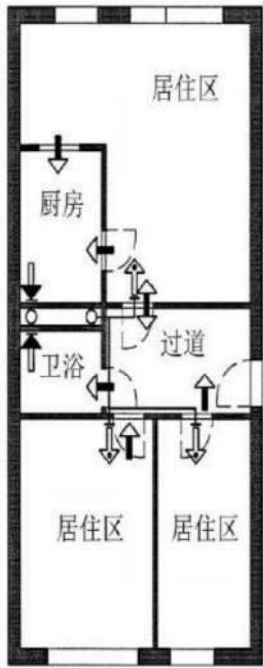


图 5.20: 采用送排风系统或新风采暖系统时的气流组织 [BPh-K05]。



图 5.10—5.20 的符号说明

5.5 通风系统设计、施工、验收和维修说明

说明

按照 DIN 1946-6，当使用单元或多住户建筑的整栋建筑上可以计算的渗风量 $q_{V,Inf,wirk}$ 小于在相应保温标准下的防潮通风量 $q_{V,FI}$ 时，就必须设计和安装通风技术措施： $q_{V,Inf,wirk} < q_{V,FI}$ （图 5.21）。对于所有其他情况也推荐采用通风系统，以尽量减少潮气和结露霉变危害，并以尽可能低的能耗为住户提供健康空气。在决策过程中始终应该注意，人工开窗方式基本上不可能实现良好又节能的所有通风要求。

5.5.1 自由通风

5.5.1.1 设计和施工

自由通风的设计和施工仅限于实现不受用户影响的最小或基本通风所需要的建筑物外围护结构透气性。此时需要考虑现有的（既有建筑）或需要实现的气密性（DIN 1946-6 或 DIN 4108-7 规定的气密性 n_{50} ）。为此所需要的外墙进风口、过渡风口和必要时需要增设的通风井（表 5.8）可以按 DIN 1946-6 设计。

外墙进风口（ALD）

采用外墙进风口时应注意（5.4.1.2 节），只有在设计方案和安装位置上满足下列要求时，才能为用户所接受：

- a) 能够根据适当的控制值（差压，室内空气湿度或室外温度）自行限制流入的空气量；

- b) 室外空气进入起居室和卧室人员逗留区域时没有灌风现象 [MARKF03];
- c) 迎风面和背风面相互协调的运行方式 (例如相同的差压相关性);
- d) 增加配置可调节或关闭气流通道的装置, 最好配备遥控器, 以便根据需要调节起居室和卧室白天和夜间的新风量;
- e) 不得低于外墙通风口或窗户和外墙通风口的隔音标准;
- f) 做好保温, 防止进风口结露或结冰, 保证凝结水的排出;
- g) 可以在既有建筑上以简单价廉的方式补装进风口, 比如可以组合在窗户断面上或者直接组合在窗的构造中;
- h) 防暴雨, 不漏水;
- i) 防虫;
- j) 在排风装置上, 在特殊情况下也可以在进风口安装空气过滤器 (减少花粉问题)。

目前, 市场上还没有一种产品能够满足上述全部要求。主要在 a) 到 g) 项有欠缺。所以, 在该领域还需要进一步开展研发工作。

过渡风口 (UELD)

只要仅由可计算的内外渗风不能满足最小通风或额定通风需要的风量, 就始终需要外墙进风口。而过渡风口是始终必须设计和施工的 (5.4.1.2节)。这里需要注意, 排风侧过渡风口始终应该和进风侧过渡风口一样对待 (5.5.2.1节)。当温度较低的空气从 (例如) 过道流向浴室时, 过渡口应该布置在上

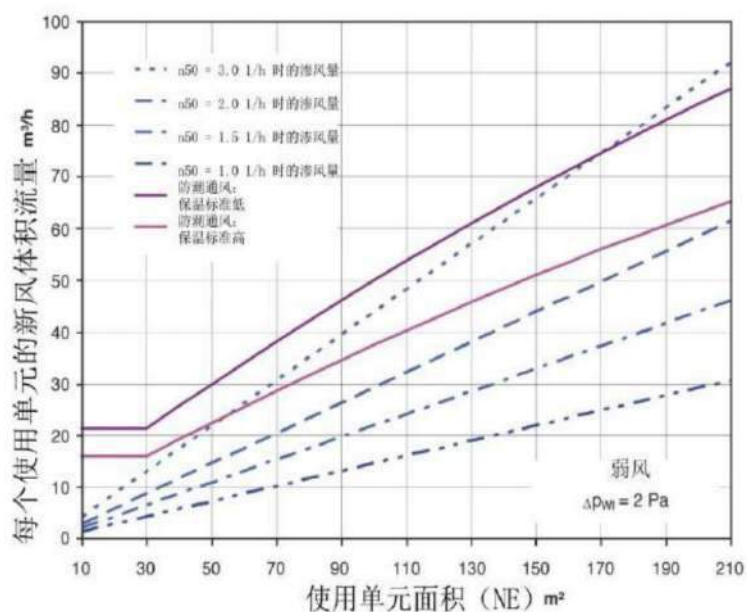
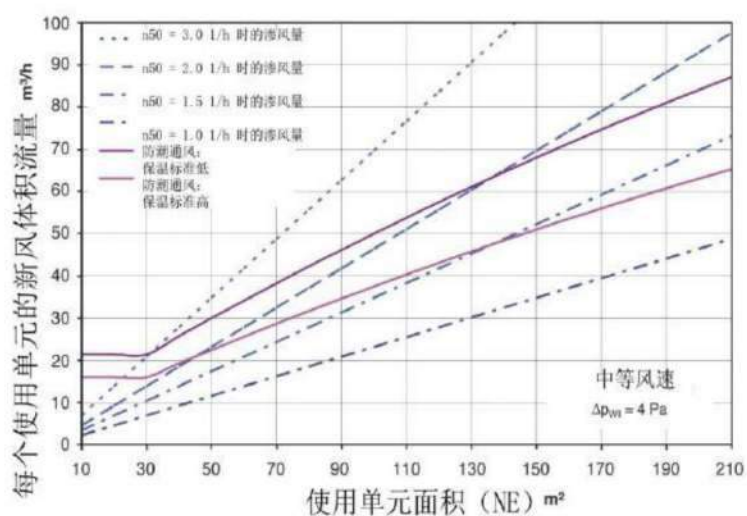
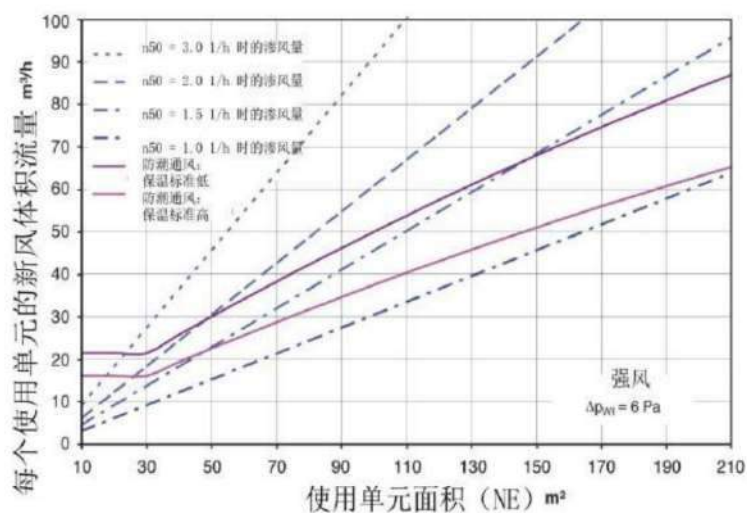


图 5.21: 渗风体积流量与防潮空气体积流量的比较, 以及它们与建筑物位置 (风压 Δp_{Wi})、气密性 (n_{50})、保温水平和使用单元面积的关系。

面的 1/3 高度区 (图 5.6)。由于空气分层, 从上部进入的空气温度较高, 就不会在敏感的关键部位出现冷风渗透现象。在降噪方面应该注意, 安装过渡风口以后的隔音效果不可以比没装时差太多。

通风井

通风井布置在厨房或卫浴区 (排风室), 并采用单井方式。应该垂直布置。除了不可避免的情况, 朝水平方向的倾角不得小于 60°。施工时应注意尽可能的密封。只有这样才能防止异味进入使用单元的其他房间或邻居家里。燃烧装置的烟囱可以用作排风井。这里应注意防火技术规程 [TRGI G600/08]。

回风口 (AbLD)

由于驱动力相对较小,

接入排风井的回风口应该采用风阻尽量小的不可关闭的隔栅。

5.5.1.2 验收和维修

在自由通风措施验收前 (表 5.8), 应该检查所有通风口和通风井是否清洁, 必要时进行清理。验收时应该证明是否完成了所有计划的措施。

同时, 应该向业主或用户提交以下材料 (DIN EN 14134):

- 介绍交接设备构造和功能的说明书
- 设计资料
- 操作和维护手册
- 设计的和实际的透气性检测结果文件 (在运行调试或检查时进行的测量)。

现场测试受到经常变化

的气候条件的影响 (风和热升力), 无法获得可复制的测试结果, 所以对自由通风不要求进行功能检测和测量。只检查用于评价建筑物或使用单元通风性能的气密性。通过这项检查, 可以了解到现有的不密封是否足够大或者外墙进风口 (ALD) 加剩余不密封是否可以达到不受用户影响的最小通风效果。测量过程中, 建筑物外围护结构上的新风口和燃烧空气进风口保持开启状态。只有通风井上的回风口需要封堵, 否则在实际压力条件下计算的新风体积流量或按公式 (3.1) 和 (3.2) 计算的新风换气次数会虚高。

检查、维护 (包括清洁) 和修理 (DIN 31051, DIN EN 13306, 5.5.2.2 节) 是一个整体, 它们对通风技术措施的功能和效果有重大影响。疏于维护必然会产生卫生和建筑保护方面的问题, 而且也会影响用户的接受程度, 同时还会增加能耗。为了正常维修, 需要向用户转交相关资料, 需要维护的设备部件必须处于可达范围内、易于拆装, 并且应在系统上预留检查和清洁口。以口头或书面方式向用户说明维修的必要性和目的也是非常重要的。在自由通风系统上, 检修工作仅限于外墙进风口、过渡风口和回风口 (格栅) (表 5.8), 主要是根据情况及时清扫风口和通风井。外墙进风口必须能够从房间里进行清理。回风口应该容易拆卸, 以便清洗格栅、风口或连接管道。

每两到三年检查一次建筑物透气性, 必要时加以纠正 (维修)。检查结果也能反

表 5.8: 不同新风系统采用的通风设备和部件 (按 DIN 194606)

通风系统	自由通风		机械辅助通风		
	横向通风	通风井通风	负压通风	正压通风	平衡通风
外墙通风口 (ALD)	■	■	■	■	■ ^{**) **}
过渡风口 (VELD)	■	■	■	■	■
回风口 (AbLD)	■ ^{*)}	■	■	■	■
排风口 (FLD)	■ ^{*)}	■	■	■	■
送风口 (ZuLD)	-	-	-	■	■
通风管道 (LL)	-	-	■	■	■
通风井 (LSch)	-	■	■	■	■
风机 (V)	-	-	■	■	■
热回收 (WRG)	-	-	■ ^{*)}	-	■

^{*)} 在使用单元的排风侧, 外墙进风口作为回风和排风口使用。
^{**) **} 排风和水的热回收系统: 作为联合循环系统或热泵
^{***} 在采暖季外可选择作为纯排风运行