

山东省工程建设标准

建筑气密性能检测标准（风机气压法）

Standard for airtightness test of buildings—
Fan pressurization method

DB37/T 5196—2021

住房和城乡建设部备案号：J 15958—2021

主编单位：山东省建筑科学研究院有限公司
青岛被动屋工程技术有限公司

批准部门：山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

施行日期：2021 年 11 月 01 日

中国建材工业出版社

2021 北 京

山东省工程建设标准
建筑气密性能检测标准 (风机气压法)

Standard for airtightness test of buildings—Fan pressurization method

DB37/T 5196—2021

J 15958—2021

*

出版: **中国建材工业出版社**

地址: 北京市海淀区三里河路1号

各地新华书店、建筑、建材书店经销

印刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 字数: 千字

2021年 月第一版 2021年 月第一次印刷

*

统一书号: 155160·2742

定价: 28.00元

版权所有 翻印必究

(邮政编码 100044)

本社网址: www.jcbs.com

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局
关于发布山东省工程建设标准
《建筑气密性能检测标准（风机气压法）》的通知

鲁建标字〔2021〕33号

各市住房城乡建设局、市场监管局，各有关单位：

由山东省建筑科学研究院有限公司和青岛被动屋工程技术有限公司主编的《建筑气密性能检测标准（风机气压法）》，业经审定通过，批准为山东省工程建设标准，编号为 DB37/T 5196—2021，现予以发布，自 2021 年 11 月 1 日起施行。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东省建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局
2021 年 8 月 10 日

前 言

根据《山东省住房和城乡建设厅山东省质量技术监督局关于申报 2016 年山东省工程建设标准制订、修订项目计划的通知》（鲁建标字〔2015〕40 号）要求，编制组在广泛调研基础上，依据国家和山东省现行相关技术标准，认真总结国内外建筑物围护结构整体气密性检测现状和实践经验，参考国内外标准和研究成果，制定本标准。

本标准的主要技术内容是：总则、术语、测试装置、测试程序、结果表达、检测报告、不确定度。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东省建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。

本标准在实施过程中，各单位如有意见和建议，请及时寄送山东省建筑科学研究院有限公司（地址：济南市天桥区无影山路 29 号，邮政编码：250031，电话：0531-85595490，E-mail：sdar-bgb@qq.com）以便今后修订。

本标准主编单位：山东省建筑科学研究院有限公司
青岛被动屋工程技术有限公司

本标准参编单位：青岛理工大学
山东省建筑工程质量检验检测中心有限公司
青岛德普建设发展有限公司
济南沈博工程技术有限公司

青岛国信建设投资有限公司
柯颐仪器（上海）有限公司
菏泽市建设工程综合服务中心
临沂市城乡建设服务中心

本标准主要起草人员：李 迪 李 震 魏林滨 曹文慧
李向前 季永明 韩 飞 洒 立
李晓蓉 王甲坤 牟 裕 李 增
时敬磊 梅国永 王衍争 黄庆华
刘 凯 马鹏真 杨朝文 郭廷尚
李军伟 孟广辉 修志刚 翟午琛
本标准主要审查人员：端木琳 王德林 范 涛 张 钊
牛庆照 张建立 于正杰 臧春光
胡良雷

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	测试装置	4
4	测试程序	5
4.1	测试条件	5
4.2	测试准备	5
4.3	测试过程与方法	8
5	结果表达	10
5.1	建筑参数	10
5.2	空气泄漏量	10
5.3	测试结果	12
5.4	分级	13
6	检测报告	14
7	不确定度	16
附录 A	空气密度和热压计算公式	17
附录 B	近零能耗建筑气密性能测试技术要求	19
附录 C	建筑参数的计算示例	23
附录 D	空气泄漏位置检查方法	26
附录 E	不确定度的推荐计算方法	27
本标准用词说明		30
引用标准名录		31
附：条文说明		33

1 总 则

1.0.1 为了贯彻落实国家和山东省节约能源、保护环境，进一步提升建筑能效的法律法规和政策，规范民用建筑围护结构整体气密性的检测技术，从而提高民用建筑围护结构整体气密性能，结合山东省检测技术应用现状，制定本标准。

1.0.2 本标准规定了采用机械加压或者减压的方式测量一系列室内外稳态差下建筑物或者其中部分空间空气渗透量的方法，以及确定建筑物或者其中部分空间气密性效果的方法。

1.0.3 本标准适用于新建、改建和扩建的民用建筑围护结构气密性能的测试。其他类型建筑可参照执行。测试结果可用于判定建筑物或者其中部分空间气密性能是否满足设计的规定，比较类似建筑物或者其中部分空间之间的气密性能，以及确定建筑物或者其中部分空间改造后的气密性能效果。

1.0.4 本标准不适用于建筑物单一构件的气密性能测试。

1.0.5 民用建筑围护结构整体气密性的检测除应符合本标准的规定外，尚应符合国家及山东省现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 建筑物围护结构 building envelope

建筑物及房间各面的围挡物的总称。

2.0.2 内部体积 internal volume

被测建筑物或者其中部分空间所包裹的空气体积。

2.0.3 围护结构面积 envelope area

被测建筑物或者其中部分空间地面/地板、外墙（含外窗）/分户墙和屋面/顶板围合的内表面积。

2.0.4 空气渗透量 air leakage rate

某一室内外标准压差下，通过建筑物围护结构的空气体积流量，单位为立方米每小时（ m^3/h ）。

2.0.5 换气次数 air change rate

某一室内外标准压差下，单位时间内由通过建筑物围护结构的空气渗透产生的室内空气更换次数，即空气渗透量与内部体积的比值，单位为次每小时（ h^{-1} ）。

2.0.6 空气渗透率 <envelope> air leakage ratio

某一室内外标准压差下，通过单位建筑物围护结构面积的空气渗透量，即空气渗透量与围护结构面积的比值，单位为次每小时（ $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ）。

2.0.7 等效渗透面积 effective leakage area

某一室内外标准压差下，通过建筑物围护结构的当量渗透面积，单位为平方米（ m^2 ）。

2.0.8 等效渗透面积比 <envelope> effective leakage area ratio

某一室内外标准压差下，通过建筑物围护结构的当量渗漏面积与围护结构面积的比值，单位为平方米每平方米（ m^2/m^2 ）。

2.0.9 近零能耗建筑 nearly zero energy building

适应气候特征和场地条件，通过被动式建筑设计最大幅度降低建筑供暖、空调、照明需求，通过主动技术措施最大幅度提高能源设备与系统效率，充分利用可再生能源，以最少的能源消耗提供舒适室内环境，且其室内环境参数和能效指标符合现行国家标准《近零能耗建筑技术标准》GB/T 51350 规定的建筑。

2.0.10 自然压力空气渗透换气次数 infiltration air change rate under natural conditions

自然压力下，单位时间内由通过建筑物围护结构的空气渗透产生的室内空气更换次数，单位为次每小时（ h^{-1} ）。

2.0.11 气密层 air tightness layers

由气密性材料和部件、抹灰层等形成的防止空气渗透的连续构造层。

3 测试装置

3.0.1 本标准对设备的要求是一般性通用原则。任何满足通用原则，并能保证测量准确度的测试设备均允许使用。测试仪器设备应按照规定进行周期性检定或者校准。

3.0.2 空气输送设备应能够通过围护结构的空气输送使建筑物或者其中部分空间内部产生一系列测试正压差和测试负压差。同时，应能在每个测试压差值下维持稳定的空气流量以便于读取该压差下一定时间内的空气流量。

3.0.3 压差测量仪器量程应满足 $0 \sim 100\text{Pa}$ ，误差不应大于 $\pm 1\text{Pa}$ 。

3.0.4 空气流量测量仪器的误差不应大于 $\pm 7\%$ 。如果采用节流原理测量空气体积流量，其空气流量读取值应根据测量时的空气密度修正，空气密度的计算见附录 A。

3.0.5 空气温度测量仪器误差不应大于 $\pm 0.5\text{K}$ ，空气相对湿度测量仪器误差不应大于 $\pm 5\% \text{RH}$ 。

3.0.6 风速测量仪器误差不应大于 $\pm 5\%$ 。

3.0.7 大气压力测量仪器准误差不应大于 $\pm 1\text{hPa}$ 。

4 测试程序

4.1 测试条件

4.1.1 测试程序有负压模式和正压模式。测试时，2 个模式宜全部进行。近零能耗建筑气密性测试时，2 个模式应全部进行，具体测试技术要求见附录 B。

4.1.2 测试环境条件应符合下列规定：

1 测试建筑物或者其中部分空间的室内外温差，与其高度的乘积不应大于 $250\text{m} \cdot \text{K}$ ；

2 测试建筑物或者其中部分空间近地面风速不应大于 3m/s ，或气象风速不大于 6m/s （3 级风速）。

4.1.3 测试建筑物或者其中部分空间的测试范围应符合测试目的和下列规定：

1 一般情况下，测试范围包括所有供暖空调通风的空间，测试范围应有完整的气密层；

2 如果该建筑已定义或设计测试范围，则根据该建筑的定义或设计确定测试范围。如果该建筑未定义和设计测试范围，则根据本条第 1 款确定测试范围；

3 特殊情况下，测试范围可以与客户协商。

4.1.4 测试建筑物或者其中部分空间的围护结构气密层完成后可以进行测试。

4.2 测试准备

4.2.1 本标准根据测试目的定义了 3 个建筑准备方法，每个准

备方法的建筑准备内容不同。第 4.2.2 条 ~ 第 4.2.6 条中无明确规定外，均适用于方法 1、方法 2 和方法 3。

1 方法 1：无特别处理的方式，应用于正常使用中的建筑物等；

2 方法 2：全密封处理的方式，应用于建筑围护结构不同施工工艺的比较等；

3 方法 3：其他协商约定的方式，应用于客户特殊需求等。

4.2.2 供暖、通风和空调系统和其他建筑设备的准备应符合下列规定：

1 所有与室外连通的送风、排风设备均应停止使用。包括带室内新风系统，机械通风、空气调节系统，厨房补风排油烟系统等；

2 管道系统中的存水弯均应水封或者密封。

4.2.3 围护结构的准备应符合下列规定：

1 方法 1 准备方式：

1) 关闭所有外窗、外门等可开启的外围护结构；

2) 关闭自然通风系统进风口、排风口；

3) 密封连续性使用的机械通风、空气调节系统的进风口、排风口；

4) 关闭其他间歇性使用的机械通风、空气调节系统的风口；

5) 保持防排烟系统的送风阀、排烟阀、排烟防火阀的工作启闭状态；

6) 关闭燃烧装置、垃圾道等其他具有物资传递功能的建筑物围护结构开口。

2 方法 2 准备方式：

1) 关闭所有外窗、外门等可开启的外围护结构；

2) 密封建筑物围护结构上的所有开口。

3 方法3准备方式为建筑物围护结构上的所有开口的开启、或关闭、或密封应按照协商约定的测试目的处理。

4.2.4 测试范围内部空间的准备应符合下列规定：

1 被测建筑物或者其中部分空间的内部空间应形成一个整体的压力响应区域；

2 测试建筑物或者其中部分空间的内部空间所有的门均应打开；

3 电梯门、配电室门等需要安全隔离的门可以关闭。

4.2.5 空气输送设备准备时，应选取建筑物围护结构上的一个外门或者外窗或者风口作为空气输送设备的安装位置，并密封空气输送设备与建筑物围护结构周边连接处，以避免任何空气渗漏。

4.2.6 压差测量仪器的准备应符合下列规定：

1 内部体积不大于 4000m^3 且热压较小的建筑物，应在被测建筑物的底层测量室内外压差，热压的计算见附录 A；

2 内部体积不大于 4000m^3 且热压较大的建筑物，宜在建筑物顶层测量室内外压差；

3 内部体积大于 4000m^3 的建筑物，应在建筑物几何中心或距离空气输送设备最远点测量室内压力；

4 测量室内压力和室外压力的测压软管不应受到空气输送设备的影响。测量室外压力的测压软管不应受到室外风压的影响，可以在测压软管端口加装 T 型三通或者放入静压箱中，且应远离建筑物和其他障碍物至少 10m；

5 所有测压软管不应暴露在较大温差环境下，避免太阳暴晒。

4.3 测试过程与方法

4.3.1 测试开始前和测试过程中，特别是在最高室内外压差下测试具有较大空气渗透量或者临时密封措施不完善的建筑物时，均应经常检查建筑物围护结构的潜在空气渗透位置，并标记及详细记录。空气渗透位置检查方法参考附录 D。

4.3.2 温度、相对湿度、大气压力、风速和建筑高度的测量应符合下列规定：

1 在测试过程中，应测量室内温度、室外温度、室内相对湿度、室外相对湿度、大气压力和风速，测量数据记录间隔不应大于 10min，并计算其平均值。

2 室内温度、室外温度、室内相对湿度和室外相对湿度的测点应设于距地面或楼面 0.7m ~ 1.8m、距墙面宜大于 0.2m 的范围内有代表性的位置。温度和相对湿度传感器不应受到空气输送设备气流、太阳辐射和冷热源的直接影响。

3 室外大气压力和风速测点应布置在建筑周围空旷处，宜距离建筑物 5m ~ 10m、距地面 1.5m ~ 2.0m 的范围内。

4 建筑高度为室外地坪到屋面的高度。建筑物部分空间作为测试范围时，建筑高度为室外地坪到建筑物部分空间顶板面的高度。

4.3.3 零流量压差的测量应符合下列规定：

1 在测试开始前应短接压差测量仪器，检查并调零。

2 覆盖安装好的空气输送装置的风口，并连接好压差测量仪器测量初始时室内外零流量压差，记录间隔至少 3s 且记录数至少 10 个（或者持续记录至少 30s），并分别计算下列参数：

1) 测量零流量压差中所有正值的平均值, $\Delta p_{0,1+}$;

2) 测量零流量压差中所有负值的平均值, $\Delta p_{0,1-}$;

3) 零流量压差所有测量值的平均值, $\Delta p_{0,1\circ}$ 。

3 采用同样的测试方法测量结束时室内外零流量压差, 并计算出 $\Delta p_{0,2+}$ 、 $\Delta p_{0,2-}$ 和 $\Delta p_{0,2\circ}$ 。

4 测量计算的 $\Delta p_{0,1+}$ 、 $\Delta p_{0,1-}$ 、 $\Delta p_{0,2+}$ 和 $\Delta p_{0,2-}$ 的绝对值不应大于 5Pa, 否则测试无效。

4.3.4 压差测量序列应符合下列规定:

1 打开并开启空气输送设备;

2 测量一系列室内外压差间隔约为 10Pa 的室内外压差下流量空气输送设备的空气流量, 在最低压差和最高压差之间至少有 5 个近似等间隔的测试压差值, 每个测试压差值下记录间隔至少 3s 且记录数据至少 10 个 (或者持续记录至少 30s);

3 最低测试压差值应大于 $10\text{Pa} \pm 3\text{Pa}$ 和 5 倍 $\Delta p_{0,1}$ 的较大值, 最高测试压差值应至少为 50Pa, 但为了得到最佳准确度的测试结果, 最高测试压差值宜为 80Pa;

4 被测建筑物的内部体积较大, 空气输送设备 (如鼓风机门设备) 无法提供满足 50Pa 最高测试压差值的空气流量时, 应采取增加空气输送设备数量和容量等措施测试到尽可能达到的最高测试压差值。如果达到的最高测试压差值小于 25Pa, 则测试无效。如果达到的最高测试压差值在 25Pa ~ 50Pa 之间, 应在测试报告中注明, 并描述原因。

5 结果表达

5.1 建筑参数

5.1.1 建筑参数宜采用计算机辅助技术建立模型计算得出。内部体积小于 4000m^3 且建筑形体规则的建筑宜现场测量实际尺寸并计算得出建筑参数。

5.1.2 采用被测建筑物或者其中部分空间的整体内部尺寸计算内部体积，不扣除内部隔墙和楼板的体积，内部建筑设备管道的体积，室内家具的体积等，具体计算方法见附录 C。

5.1.3 采用被测建筑物或者其中部分空间的整体内部尺寸计算围护结构面积，包括内部隔墙、楼板等分隔构件与外部墙体、地面、屋面的连接面积，具体计算方法见附录 C。

5.2 空气渗透量

5.2.1 室内外实际测试压差按公式 5.2.1 计算。

$$\Delta p = \Delta p_m - \frac{\Delta p_{0,1} + \Delta p_{0,2}}{2} \quad (5.2.1)$$

式中： Δp_m ——测试压差测量值，Pa。

5.2.2 流经空气输送设备的实际空气流量按公式 5.2.2 计算。

$$Q_m = f(Q_r) \quad (5.2.2)$$

式中： Q_r ——空气流量测量值， m^3/h 。

5.2.3 负压差测试空气渗透量按公式 5.2.3 计算。

$$Q_{\text{env}} = Q_m \left(\frac{\rho_{\text{int}}}{\rho_e} \right) \approx Q_m \left(\frac{T_e}{T_{\text{int}}} \right) \quad (5.2.3)$$

式中: ρ_{int} ——室内空气密度, kg/m^3 ;

ρ_e ——室外空气密度, kg/m^3 ;

T_{int} ——室内空气绝对温度, K;

T_e ——室外空气绝对温度, K。

5.2.4 正压差测试空气渗透量按公式 5.2.4 计算。

$$Q_{\text{env}} = Q_{\text{m}} \left(\frac{\rho_e}{\rho_{\text{int}}} \right) \approx Q_{\text{m}} \left(\frac{T_{\text{int}}}{T_e} \right) \quad (5.2.4)$$

5.2.5 分别使用负压差测试和正压差测试的 $\lg(Q_{\text{env}})$ 和 $\lg(\Delta p)$ 制作测试压差值-空气渗透量线性曲线图, 采用最小二乘法计算出空气流量系数 C_{env} 和空气流量指数 n , 并导出公式 5.2.5 及其相关系数 r^2 。

负压差测试和正压差测试计算出的空气流量指数 n 应在 0.5~1 之间, 且相关系数 r^2 不宜低于 0.98, 不应低于 0.96, 否则测试无效。

$$Q_{\text{env}} = C_{\text{env}} (\Delta p)^n \quad (5.2.5)$$

5.2.6 负压差测试标准状态 (20°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) 下空气渗透系数按公式 5.2.6 计算。

$$C_{\text{L}} = C_{\text{env}} \left(\frac{\rho_e}{\rho_0} \right)^{1-n} \approx C_{\text{env}} \left(\frac{T_0}{T_e} \right)^{1-n} \quad (5.2.6)$$

式中: ρ_0 ——标准状态空气密度, kg/m^3 ;

T_0 ——标准状态空气绝对温度, K;

5.2.7 正压差测试标准状态 (20°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) 下空气渗透系数按公式 5.2.7 计算。

$$C_{\text{L}} = C_{\text{env}} \left(\frac{\rho_{\text{int}}}{\rho_0} \right)^{1-n} \approx C_{\text{env}} \left(\frac{T_0}{T_{\text{int}}} \right)^{1-n} \quad (5.2.7)$$

5.2.8 某一室内外标准压差下的标准空气渗透量按公式 5.2.8

计算。

$$Q_{pr} = C_L (\Delta p_r)^n \quad (5.2.8)$$

式中: Q_{pr} ——某一室内外标准压差下的标准空气渗透量, m^3/h ;

Δp_r ——某一室内外标准压差, Pa ;

5.3 测试结果

5.3.1 测试结果表达值宜采用负压差测试和正压差测试的标准空气渗透量的平均值计算。如果只采用 1 个方式测试, 则采用单方式测试的标准空气渗透量计算。

5.3.2 某一室内外标准压差下的换气次数按公式 5.3.2 计算。

$$n_{pr} = \frac{Q_{pr}}{V} \quad (5.3.2)$$

式中: Q_{pr} ——某一室内外标准压差下的标准空气渗透量, m^3/h ;

V ——内部体积, m^3 。

5.3.3 某一室内外标准压差下的空气渗透率按公式 5.3.3 计算。

$$q_{pr} = \frac{Q_{pr}}{A_E} \quad (5.3.3)$$

式中: Q_{pr} ——某一室内外标准压差下的标准空气渗透量, m^3/h ;

A_E ——围护结构面积, m^2 。

5.3.4 某一室内外标准压差下的当量渗漏面积按公式 5.3.4 计算。

$$A_{pr} = \frac{1}{3600} C_L \left(\frac{\rho_0}{2} \right)^{0.5} (\Delta p_r)^{n-0.5} \quad (5.3.4)$$

5.3.5 某一室内外标准压差下的当量渗漏面积比按公式 5.3.5 计算。

$$a_{\text{pr}} = \frac{A_{\text{pr}}}{A_{\text{E}}} \quad (5.3.5)$$

5.3.6 当测试期间室内外温差小于 3K、室外风速小于 3m/s 时, 建筑自然压力空气渗透换气次数可按公式 5.3.6 计算。

$$I = \frac{1}{21} \frac{Q_{50}}{V} \quad (5.3.6)$$

式中: Q_{50} ——采用 50Pa 作为标准压差下的标准空气渗透量, m^3/h 。

5.4 分 级

5.4.1 建筑气密性能等级按照自然压力空气渗透换气次数 I 分为 8 级, 见表 5.4.1。

表 5.4.1 建筑气密性能分级表 (0.1h^{-1})

分级	1	2	3	4
指标	$I > 3.0$	$3.0 \geq I > 2.0$	$2.0 \geq I > 1.3$	$1.3 \geq I > 0.80$
分级	5	6	7	8
指标	$0.80 \geq I > 0.50$	$0.50 \geq I > 0.30$	$0.30 \geq I > 0.15$	$I \leq 0.15$

6 检测报告

6.0.1 测试报告应包括下列内容：

- 1 说明依据本标准进行测试；
- 2 测试单位名称和测试日期；
- 3 委托单位和个人名称和地址；
- 4 工程名称和工程概况；
- 5 建筑准备方法（1、2 或者 3）和测试方式（正压模式、负压模式或者全部）；
- 6 测试范围：
 - 1) 测试范围包括的建筑空间；
 - 2) 建筑参数（内部体积、围护结构面积）；
 - 3) 临时密封位置和措施；
 - 4) 供暖、通风和空气调节系统的类型。
- 7 测试仪器和设备，以及布设位置；
- 8 测试数据：
 - 1) 根据测试目的给出测试结果表达值（换气次数、空气渗透率、等效渗漏面积、等效渗漏面积比），并与相关标准判定；
 - 2) 室内温度、室外温度、室内相对湿度、室外相对湿度、大气压力、风速和建筑高度；
 - 3) 空气渗漏曲线图（测试压差值-空气渗漏量线性曲线图）；
 - 4) 空气流量指数，空气渗漏系数，相关系数。
- 9 其他测试记录说明。

6.0.2 原始记录还应包括下列内容：

1 零流量压差 $\Delta p_{0,1+}$ 、 $\Delta p_{0,1-}$ 、 $\Delta p_{0,2+}$ 、 $\Delta p_{0,2-}$ 、 $\Delta p_{0,1}$ 和 $\Delta p_{0,2}$;

2 室内温度、室外温度、室内相对湿度、室外相对湿度、大气压力和风速逐时值;

3 测试压差值与相应的空气流量列表;

4 相关空气密度计算和热压计算;

5 建筑检查记录;

6 建筑参数计算记录。

7 不确定度

7.0.1 测试结果的准确性受到测试方法、测试设备、测试条件和建筑参数等诸多因素的影响，在数据分析时应估算测试结果的置信区间。

7.0.2 采用误差扩展算法可估算参考值的精度。通常该不确定度为 3% 和 10%。

7.0.3 第 5 章所涉及本标准的测试结果的总不确定度可采用误差扩展算法进行估算。该不确定度的计算宜包括所有与最后结果相关的所有量的不确定度。计算方法见附录 E。

附录 A 空气密度和热压计算公式

A. 0. 1 用于修正流经空气输送设备空气流量的空气密度可按公式 A. 0. 1-1 计算:

$$\rho = \frac{p_{\text{bar}} - 0.37802p_v}{287.055(\theta + 273.15)} \quad (\text{A. 0. 1-1})$$

式中: p_{bar} ——大气压力, Pa;

θ ——空气温度, °C;

p_v ——水蒸气分压力, Pa。可按公式 A. 0. 1-2 计算:

$$p_v = \varphi p_{vs} \quad (\text{A. 0. 1-2})$$

式中: φ ——空气相对湿度, % RH。室外相对湿度用于正压差测试, 室内相对湿度用于负压差测试。

p_{vs} ——饱和水蒸气压力, Pa。可按公式 A. 0. 1-3 计算:

$$p_{vs} = \exp\left[59.484085 - \frac{6790.4985}{\theta + 273.15} - 5.02802\ln(\theta + 273.15)\right] \quad (\text{A. 0. 1-3})$$

A. 0. 2 室内外空气密度差引起的热压可按公式 A. 0. 2 计算:

$$p_h = g(h_2 - h_1)\rho_e - g \int_1^2 \rho_{\text{inth}} dh \quad (\text{A. 0. 2})$$

式中: g ——重力加速度, m/s^2 ;

h_1 ——最底层窗口中心线标高, m;

h_2 ——最高层窗口中心线标高, m;

ρ_e ——室外空气密度, kg/m^3 ;

ρ_{inth} ——随高度变化的室内空气密度, kg/m^3 ;

A. 0. 3 室内设置供暖空调设备的民用建筑, 短时间停用供暖空

调设备的气密性测试不会使室内产生较大的温度梯度。在热压计算时，可将公式 A.0.2 简化为公式 A.0.3 计算：

$$p_h = g(h_2 - h_1)(\rho_e - \rho_{\text{in}}) \quad (\text{A.0.3})$$

附录 B 近零能耗建筑气密性能测试技术要求

B.0.1 近零能耗建筑的建筑物气密性能测试在测试程序和结果表达中部分内容有特殊技术要求，应使用本附录规定。

B.0.2 应按照本标准对负压模式和正压模式 2 个模式全部测试。

B.0.3 应在本标准方法 1 的基础上，按照表 B.0.3 进行测试准备。

表 B.0.3 测试准备工作表

类别	项目	保留 开口	密封	关闭	备注
门	地下室、地下室走廊或楼梯的门	√		√	如果地下室空间是供暖空调房间，应打开。其他类型地下室应关闭
门	外门			√	锁定以防止在测试期间不必要的出入。确保紧急出口的外门可用
门	非供暖空调区域的门（如车库、储藏室等）			√	锁定以防止在测试期间不必要的出入
门	阁楼的门			√	如果阁楼空间是供暖空调房间，应打开。其他类型阁楼应关闭
门	室内门	√			打开并固定，以防止砰击
门	钥匙孔	√			可以留下钥匙在锁孔内
门	衣柜和橱柜门			√	

续表

类别	项目	保留 开口	密封	关闭	备注
机械系统	厨房机械排油烟机			√	停止使用
机械系统	供暖区域内机械式烘干机			√	停止使用。如无关闭装置则保持原样
机械系统	供暖、通风、空气调节系统的风机			√	停止使用
机械系统	供暖区域内的灶台等燃烧装置			√	停止使用
内部空间	供暖空调区域内管道及水泵等设备的盖板			√	如无关闭装置则保持原样
内部空间	通到非供暖空调区域的空管道（如用于后续组装的太阳能系统）			√	如无关闭装置则保持原样
内部空间	吊顶				保持原样
通风	供暖空调区域内的室内风口		√		通常在机械通风、空气调节系统在建筑物外部的进出口处进行密封。然而，如果外部的进出口不便密封，有时室内风口的密封是更可行的选择
通风	空气地热热交换器风口（机械通风、空气调节系统）		√		

续表

类别	项目	保留 开口	密封	关闭	备注
通风	室外空气进风口（间歇性使用机械排风系统、机械防排烟系统）			√	停止使用。如无关闭装置则保持原样
通风	室外空气进风口（连续使用机械通风、空气调节系统）		√		
通风	室外空气进风口（自然补风、机械补风系统）			√	停止使用。如无关闭装置则保持原样
通风	室外空气进风口（自然通风等）			√	停止使用。如无关闭装置则保持原样
窗户	窗式换气扇风口			√	停止使用。如无关闭装置则保持原样
窗户	缺少窗户手柄等		√		测试报告中注明
窗户	窗式外遮阳滚轮等传动部件				保持原样

注：空气地热泵换热器风口，间歇性使用机械排风系统、机械防排烟系统的室外空气进风口的风阀没有气密性，需要对其进行密封处理时，应在测试报告中注明。

B.0.4 压差-流量测量序列应测量一系列间隔约为 5Pa 的室内外压差下空气输送设备的体积流量，在最低压差和最高压差之间至少有 10 个近似等间隔的测试压差值。最高测试压差值应至少为 50Pa，否则测试无效。

B.0.5 结果表达应符合下列规定：

1 建筑参数的计算应符合下列规定：

1) 内部体积应采用计算范围内每一个房间的开间、进深和

层高的内部尺寸，计算出每一个房间的内部体积，并将所有房间的内部体积累加得到被测建筑物或者其中部分空间的内部体积。如果房间设计或者施工有架空地板、吊顶、壁橱等隐蔽空间，其尺寸均应扣除；房间内突出的梁、柱等构件空间，其尺寸不用扣除；

2) 围护结构面积可采用内部尺寸计算，也可采用整体内部尺寸计算。

2 测试结果表达值的选择应符合下列规定：

1) 对于内部体积不大于 4000m^3 的近零能耗建筑的气密性能，应采用 n_{50} 判定，且不应大于 0.6h^{-1} ；

2) 对于内部体积大于 4000m^3 的近零能耗建筑的气密性能，可采用 n_{50} 判定，不宜大于 0.4h^{-1} ，不应大于 0.6h^{-1} 。也可采用 q_{50} 判定，不宜大于 $0.6\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ；

3) 测试结果应采用负压差测试和正压差测试的标准空气渗漏量的算数平均值计算。

附录 C 建筑参数的计算示例

C.0.1 内部体积和围护结构面积的计算范围应根据建筑物围护结构气密层确定，气密层围合的建筑物内部范围即是建筑参数的计算范围（见图 C.0.1）。

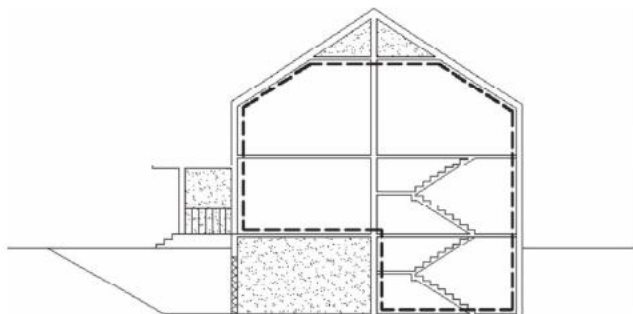


图 C.0.1 计算范围示意图

（虚线标识为气密层，填充房间为非计算范围）

C.0.2 被测建筑物或者其中部分空间没有明确的气密层，计算范围宜符合下列规定：

- 1 有供暖、空气调节的主要、辅助和交通使用空间全部计入；
- 2 无供暖、空气调节的交通使用空间不计入，如门廊等；
- 3 无供暖、空气调节的辅助使用空间不计入，如阁楼、地下室等；
- 4 楼梯下部空间通常是按没有楼梯简化处理，然而如果楼梯下部空间是实体就不计入；

5 突出外窗等所形成空间的体积通常不计入。

C.0.3 建筑参数的计算应采用被测建筑物或者其中部分空间的整体内部尺寸，不应采用外部尺寸和内部尺寸，见图 C.0.3。

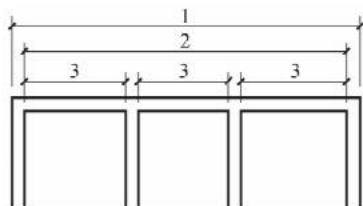


图 C.0.3 计算基本尺寸示意图

(1—外部尺寸，2—整体内部尺寸，3—内部尺寸)

C.0.4 按照计算示例图 C.0.4，该建筑物的建筑参数计算如下：

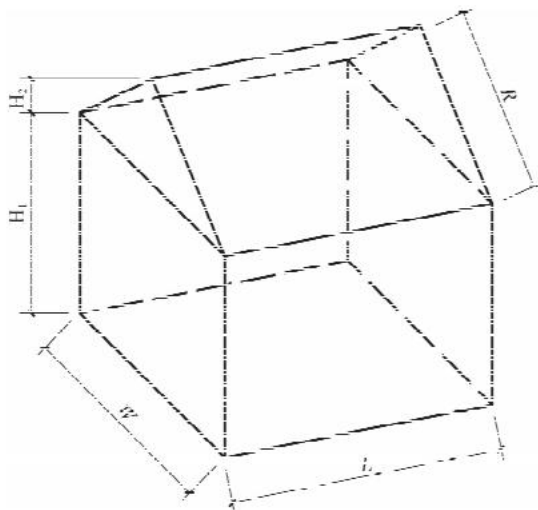


图 C.0.4 计算示例图

1 内部体积的计算；

- 1) 不包含坡屋顶的体积: $V_1 = W \times L \times H_1$;
- 2) 坡屋顶的体积: $V_2 = (1/2) \times W \times L \times H_2$;
- 3) 总内部体积: $V = V_1 + V_2$ 。

2 围护结构面积计算：

- 1) 地面的面积: $A_{E1} = W \times L$;
- 2) 外墙的面积: $A_{E2} = 2 \times (W + L) \times H_1 + W \times H_2$;
- 3) 屋顶的面积: $A_{E3} = 2 \times L \times R$;
- 4) 总围护结构面积: $A_E = A_{E1} + A_{E2} + A_{E3}$ 。

附录 D 空气渗漏位置检查方法

D.0.1 空气渗漏位置的查找有利于评估建筑物围护结构气密性能设计和施工的薄弱环节，有利于采取修补措施以减少围护结构的空气渗漏量。宜采用下列检查方法进行围护结构空气渗漏位置的查找：

1 红外热成像法；在测试过程中（最好是负压差测试），只要室内外温度存在一定温差，使用红外热成像仪就可以定位空气渗漏位置。使用红外热成像法时，应注意区分冷热桥与渗透部位，宜采用其他方法进一步确认。

2 发烟法：在测试过程中使用发烟装置，通过烟气的流动方向和流动速率可以定位空气渗漏位置。使用发烟装置时，应根据空气渗漏情况调节发烟速率，以便发现明显的烟气流动方向和流动速率。

3 风速仪法：在测试过程中，使用热力风速仪放置在潜在的空气渗漏区域，通过热力风速仪显示的风速判断空气渗漏位置。

附录 E 不确定度的推荐计算方法

E.0.1 本标准在估算所测建筑空间或建筑部分空间的空气渗透性时,涉及多个导出量。

E.0.2 所有导出量都取决于公式 5.2.5 ~ 公式 5.2.7 有关空气渗透系数 C 和渗透指数 n 的估算,宜采用下列方法:

1 将变量 Q 和 Δp_i 做对数变换得到 C 和 n , N 为测试读数总量:

$$x_i = \ln(\Delta p_i) \quad (\text{E.0.2-1})$$

$$y_i = \ln(V_i) \quad i = 1 \cdots N \quad (\text{E.0.2-2})$$

2 将公式 5.2.5 变化为公式 E.0.2-3,并按照公式 E.0.2-4 ~ 公式 E.0.2-8 计算量值:

$$y_i = \ln(C) + nx \quad (\text{E.0.2-3})$$

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x \quad (\text{E.0.2-4})$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_j \quad (\text{E.0.2-5})$$

$$s_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x})^2 \quad (\text{E.0.2-6})$$

$$s_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (y_j - \bar{y})^2 \quad (\text{E.0.2-7})$$

$$s_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x})(y_j - \bar{y}) \quad (\text{E.0.2-8})$$

3 以公式 E.0.2-9 ~ 公式 E.0.2-11 得出的 $\ln(C)$ 和 C , 给出 n 的最佳估算值:

$$n = \frac{s_{xy}}{s_x^2} \quad (\text{E. 0. 2-9})$$

$$\ln(C) = \bar{y} - n\bar{x} \quad (\text{E. 0. 2-10})$$

$$C = \exp(\bar{y} - n\bar{x}) \quad (\text{E. 0. 2-11})$$

4 C 与 n 的置信区间估算可按下列过程确定:

1) n 的标准偏差可由公式 E. 0. 2-12 计算:

$$s_n = \frac{1}{s_x} \left(\frac{s_y^2 - ns_{xy}}{N-2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{E. 0. 2-12})$$

2) $\ln(C)$ 的标准偏差可由公式 E. 0. 2-13 计算:

$$s_{\ln(C)} = s_n \left(\sum_{i=1}^N x_i^2 / N \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{E. 0. 2-13})$$

3) 如 $T(P, N)$ 作为 N 事件的 P 概率时的双边司徒顿 t 分布置信限值时, 对于 $\ln(C)$ 和 n 可能性的置信区间半值可由公式 E. 0. 2-14 与公式 E. 0. 2-15 对应计算。司徒顿分布的双边置信限值 $T(P, N)$ 数值如表 E. 0. 2 中所列。

$$I_{\ln(C)} = s_{\ln(C)} T(P, N-2) \quad (\text{E. 0. 2-14})$$

$$I_n = s_n T(P, N-2) \quad (\text{E. 0. 2-15})$$

这意味着在概率为 P 是空气流量指数 n 落于置信区间 $(n - I_n, n + I_n)$ 中, 空气渗透系数 C 落于公式 E. 0. 2-16 确定的置信区间中。

$$\{C \exp[-I_{\ln(C)}], C \exp[I_{\ln(C)}]\} \quad (\text{E. 0. 2-16})$$

4) 回归线 (公式 E. 0. 2-3) 在 x 值时标准偏差的计算方法可由公式 E. 0. 2-17 计算:

$$s_y(x) = s_n \left\{ \frac{N-1}{N} s_x^2 + (x - \bar{x})^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (\text{E. 0. 2-17})$$

5) 公式 E. 0. 2-3 中对应 x 的 y 值的半置信区间通过公式

F. 0. 2-18 计算:

$$I_y(x) = s_y(x)T(p, N - 2) = I_y(\ln \Delta p) \quad (\text{E. 0. 2-18})$$

因此, 在概率 P 时, 对应任何压差 Δp 通过公式 5. 2. 5 计算的空气流量 q 落于公式 E. 0. 2-19 给出的置信区间中。

$$\{q\exp[-I_y\ln(\Delta p)], q\exp[I_y\ln(\Delta p)]\} \quad (\text{E. 0. 2-19})$$

表 E. 0. 2 司徒顿 t 分布对应的双边置信限值 $T(P, N)$

N	P					
	0. 8	0. 9	0. 95	0. 99	0. 995	0. 999
1	3. 0780	6. 3138	12. 7060	63. 6570	127. 3200	636. 6190
2	1. 8860	2. 9200	4. 3027	9. 9248	14. 0890	31. 5980
3	1. 6380	2. 3534	3. 1825	5. 8409	7. 4533	12. 9240
4	1. 5330	2. 1318	2. 7764	4. 6041	5. 5976	8. 6100
5	1. 4760	2. 0150	2. 5706	4. 0321	4. 7733	6. 8690
6	1. 4400	1. 9430	2. 4469	3. 7074	4. 3170	5. 9590
7	1. 4150	1. 8946	2. 3646	3. 4995	4. 0293	5. 4080
8	1. 3970	1. 8595	2. 3060	3. 3554	3. 8325	5. 0410
9	1. 3830	1. 8331	2. 2622	3. 2498	3. 6897	4. 7810
10	1. 3720	1. 8125	2. 2281	3. 1693	3. 5814	4. 5787
∞	—	1. 6450	1. 9600	2. 5760	2. 8070	3. 2910

注: 实践中, 以上不确定度分析可由计算机程序完成。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑物气密性测定方法 风扇压力法》GB/T 34010
- 2 《建筑节能基本术语标准》GB/T 51140
- 3 《近零能耗建筑技术标准》GB/T 51350
- 4 ISO 7345（绝热-物理量和定义）
- 5 ISO 9972（建筑物热性能-建筑物空气渗透性的测定-风扇加压法）

山东省工程建设标准

建筑气密性能检测标准（风机气压法）

Standard for airtightness test of buildings—
Fan pressurization method

DB37/T 5196—2021

住房和城乡建设部备案号：J 15958—2021

条文说明

编制说明

山东省工程建设标准《建筑气密性能检测标准（风机气压法）》DB37/T 5196—2021，经山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局 2021 年 8 月 10 日以第 33 号公告批准、发布。

为便于有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《建筑气密性能检测标准（风机气压法）》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	37
2	术语	39
3	测试装置	40
4	测试程序	41
4.1	测试条件	41
4.2	测试准备	42
4.3	测试过程与方法	44
5	结果表达	45
5.2	空气渗漏量	45
5.3	测试结果	45
5.4	分级	46
7	不确定度	47

1 总 则

1.0.1 建筑气密性是建筑外围护结构的一个重要性能指标，是影响建筑供暖空调能耗的主要因素之一。尤其在严寒地区和寒冷地区，通过建筑外围护结构的冷风渗透造成的热量损失十分明显。相关国外研究表明，空气渗透引起的热量损失占到建筑供暖能耗的 25% ~ 50%。

另外，国外研究还提出由于建筑气密性差造成的不可控制的自然空气渗透，一是在影响建筑物能耗的同时，进而加大暖通空调设备的选择，造成初投资的增加和资源的浪费；二是会在空气渗透部位附近产生严重的冷风或者热风吹风感，影响使用人员的舒适度；三是有可能使受污染的空气渗透到建筑内部，影响室内空气质量。国内研究得出不同类型建筑室内 30% ~ 75% 的 $PM_{2.5}$ 来自室外， $PM_{2.5}$ 进入室内的主要途径包括围护结构缝隙穿透、自然通风等，建议建筑物采取较高气密性外窗、加强墙体预留孔口的密封等被动式控制措施。

因此，目前许多欧洲国家对建筑外围护结构整体气密性能提出了技术要求，特别是英国、法国、葡萄牙、丹麦等国家都将建筑外围护结构整体气密性能测试作为了强制性要求。在美国，2012 版本《国际节能规范》（International Energy Conservation Code, IECC）也提出了建筑外围护结构整体气密性能技术指标，并要求强制性检测。

1.0.2 目前，国内外采用的建筑外围护结构整体气密性能的检测方法主要有两种：风机气压法和示踪气体法。风机气压法可以

测试不同建筑压差下的空气渗漏量和气密性能，示踪气体法只能测试自然状态下的气密性能。通过实验对比得出，风机气压法测试转换计算出的常压下数据与示踪气体法的测试数据结果存在差异。

风机气压法虽然在低建筑压差区域（小于 5Pa）测试结果存在较大不确定度，但是可以测试特定压差下的建筑外围护结构整体气密性能，测试结果能够按照国际上提出的技术要求表达，即 50Pa 下换气率 n_{50} 和 50Pa 下围护结构面积空气渗漏率 q_{E50} 。因此，本标准采用与国内外建筑外围护结构整体气密性能检测标准中一致的方法，即风机气压法。

1.0.3 虽然本标准的检测方法可以测试民用建筑中部分空间的围护结构气密性能，但是根据建筑围护结构整体气密性测试目的和意义，其中被测部分空间的围护结构应有独立完整的气密层设计。

1.0.4 本标准的检测方法是建筑围护结构整体气密性现场测试方法，建筑物单一构件的测试应在实验室进行。

2 术 语

2.0.1 本条术语引用《建筑节能基本术语标准》GB/T 51140 第 3.1.12 条。

2.0.4 空气渗透量包括流经建筑物围护结构拼接、裂缝和气孔部位，由本标准采用的空气输送设备驱动产生的空气流量。例如，50Pa 标准压差下，通过建筑物围护结构的空气体积流量，即表示为 Q_{50} 。

2.0.5 例如，50Pa 标准压差下，单位时间内由通过建筑物围护结构的空气渗透产生的室内空气更换次数，即表示为 n_{50} 。

2.0.6 例如，50Pa 标准压差下，通过单位建筑物围护结构面积的空气渗透量，即表示为 q_{50} 。

2.0.7 例如，10Pa 标准压差下，通过建筑物围护结构的当量渗漏面积，即表示为 A_{10} 。

2.0.8 例如，10Pa 标准压差下，通过建筑物围护结构的当量渗漏面积与围护结构面积的比值，即表示为 a_{10} 。

3 测试装置

3.0.1 建筑物围护结构整体气密性能测试中使用的装置和设备仪器大同小异，其测量原理是一致的，只是在空气输送设备上有差异。

3.0.2 空气输送设备是通过围护结构的空气输送使建筑物或者其中部分空间内部产生一系列测试正压差和测试负压差的装置。空气输送设备应能在每个测试压差值下维持稳定的空气流量以便于读取该压差下一定时间内的空气流量。但是，在国内工程测试过程中应用 HVAC 系统或防排烟系统中的风机作为空气输送设备有一定难度，一是多为定速风机，不具有连续调节风量的功能；二是风机风量稳定性较差，对风量测量造成较大误差；三是多为离心式风机，风机风压对室内压力测量产生影响；四是多为分散的多系统，达到较高测试压差时需要多风机并联运行，不利于空气流量的测量；五是根据 HVAC 系统或防排烟系统不同，可能只能使用正压测试或负压测试其中的 1 种测试模式。

因此，建议国内首先使用鼓风门设备进行测试。对于特大型建筑物，受鼓风门数量限制时，可采用 HVAC 或防排烟风机来作为建筑物围护结构整体气密性能测试的空气输送设备。

4 测试程序

4.1 测试条件

4.1.1 正压模式是指建筑物内部压力大于外部压力，负压模式是指建筑物内部压力小于外部压力。一般情况下，无论采用哪种测试模式，其测量结果和准确度基本一致。虽然在 *Thermal performance of buildings—Determination of air permeability of buildings—Fan pressurization method* ISO 9972（2006 版本）和现行国家标准《建筑物气密性测定方法 风扇压力表》GB/T 34010 中均提到负压模式的测量结果会大于正压模式的测量结果，这可能与外窗的内开开启方式、风阀顺气流关闭等有一定关系。但是目前通过测试经验来看，良好的外窗和风阀等气密层施工已经基本杜绝了这种影响。如果在具体的测试过程中发现两种测试模式的测量结果不一致，反而说明上述部位的气密性有一定的问题。

4.1.2 环境条件的测量是测试条件的重要内容，建筑物围护结构外表面具有较大风压，或者建筑内部具有较大热压时，将会造成建筑零流量压差大于测试标准及文件的规定值，严重影响建筑外围护结构空气渗漏量的稳定性，测量数据的准确度很差。如果不能满足上述测试环境条件，则间接造成测试程序不可能满足本标准第 4.3.3 条零流量压差的要求。

如果测试环境条件不满足天气环境条件和建筑零流量压差时，可以进行测试，但是应在测试报告注明。

4.1.3 具有独立气密层的建筑物部分空间可以作为测试范围分

别测试，如住宅、公寓建筑，每户（房间）可单独测试，但在测试结果的表达中应包括渗漏到建筑物相邻部分的空气渗透量。

建筑物气密性测试抽样原则如下：

（1）如果建筑物只有其中部分空间（例如每户）具有独立气密层，应按照总户数的20%抽测，且不少于3户，抽取的被测空间的外围护结构应包括部分地面、屋顶和4个外墙。在对建筑物部分空间测试时，宜在相邻的阁楼或者地下室或者其他与外界环境具有良好空气流通的区域设置测试装置，同时与被测部分空间相邻的空间应与外界环境具有良好的空气流通。

（2）如果建筑物既有整体气密层（例如单元或整栋），其中部分空间（例如每户）又具有独立气密层，每栋应抽取不少于1个单元或整栋，且不少于3户，抽取的被测空间的外围护结构应包括部分地面、屋顶和4个外墙。

（3）如果建筑物只有整体气密层（例如单元或整栋），每栋应抽取不少于1个单元或整栋。

在测试建筑物气密性能时，不应因测试设备额定流量的限制在测试范围内人为分割测试区域进行测试，人为分隔测试区域的测试数据原则上没有评判整个建筑气密性优劣的作用。

4.1.4 一般情况下，应在建筑物或者其中部分空间围护结构气密层毛坯施工完成后进行建筑物气密性初期测试，以便于围护结构气密层渗漏缺陷的及时修补；应在建筑物或者其中部分空间装修等施工全部完成后进行建筑物气密性二次测试，以便于检验装修等后期施工是否破坏围护结构气密层。

4.2 测试准备

4.2.1 建筑围护结构整体气密性能测试的准备工作包括建筑物

的准备工作和测试装置的准备工作。准备工作选择的方法和实施的合理性将直接影响空气渗漏量的测量数据，如果在准备工作不清和实施不合理的情况下，测量得到的空气渗漏量数据是没有意义的，既不能真实反映建筑物围护结构整体气密性能，又不能与相关标准和其他建筑的气密性指标进行判定和对比。

4.2.3 采用围护结构的方法 1 进行准备时，除本标准中规定的工作，不应采取进一步的临时措施来提高建筑物围护结构的气密性。如，关闭外围护结构可开启部分后再对缝隙密封处理，关闭自然通风系统风阀后再对风口密封处理，密封机械通风、空气调节系统风口后再对室外管道缝隙密封处理等，如有其他临时封堵部位应在报告中注明。比如目前国内工程测试过程中发现通风空调中使用的风阀气密性很差，比如防烟楼梯间采用直灌式机械防烟系统，在加压送风机或加压送风口处没有安装风阀或防火阀，如确需密封处理，报告中应注明。

密封机械通风、空气调节系统的进风口、排风口，密封位置可选择下列之一：1) 建筑物内部主管道的风机与进风口、排风口之间。2) 所有末端设备风口处。3) 建筑物外部主管道进风口、排风口处。

4.2.4 当被测区域为建筑其中部分空间时，为保证测试空间围护结构外四周压力一致，应打开测试空间的相邻空间与外界（大气环境）连通的外门、外窗等。

4.2.5 应谨慎选择空气输送设备的安装位置，一是避免选择建筑物潜在的主要空气渗漏位置；二是对于内部体积大于 4000m^3 的建筑物，避免选择走廊和房间的外门或外窗或风口，以免造成建筑内部各区域压力响应不均衡，出现内部各区域压力差超

过 $\pm 10\%$ 。

4.2.6 对于内部空间较大的建筑，应校核内部空间压力均匀性。在空气输送设备近端与远端分别设置室内压力测量装置，并计算二者相对误差，误差宜在 10% 之内，否则应重新选择空气输送设备的安装位置，使室内空气流动通畅。

4.3 测试过程与方法

4.3.2 本条测量数据一是用于计算测试环境参数是否满足 4.1.2 条的规定，不满足则测试无效。二是用于计算修正流经空气输送设备空气流量的空气密度（见第 3.0.4 条和附录 A）。

4.3.2 风速测点应布置在建筑周围空旷处有困难时，可布置在建筑顶部无遮挡处。

4.3.3 零流量压差测量过程中，基准压力是室外大气压力。

4.3.4 在较高测试压差值下的测量数据的准确度要高于较低测试压差值下的测量数据。因此，应特别注意低测试压差值下的测量数据的合理性和准确性。测试过程中应及时检查每个测试过程中建筑物围护结构的情况，确保密封位置的密封性，以及关闭的外门和外窗等可开启位置没有因较高的测试压差而打开。

5 结果表达

5.2 空气泄漏量

5.2.2 具体计算公式应由空气流量测量仪器制造商或校准机构提供。

5.2.5 在空气泄漏量的计算过程中，采用最小二乘法计算出空气流量指数 n 和相关系数 r^2 ，可以反映出测量数据是否有效和误差程度。当 n 不在 $0.5 \sim 1$ 之间或 $r^2 < 0.96$ 时测量结果是无效的，说明测试装置准确度有问题、测试条件不符合或者建筑围护结构渗透部位发生较大改变。因此应检查校准仪器设备、复核天气环境条件、检查空气输送设备与围护结构周边和建筑物围护结构的准备工作等，进行重新测试。

同时 n 还可以反映空气通过围护结构渗透路径时的流态，当空气通过较大的开口时，其流态为湍流， n 的取值为 0.5 ；当空气通过狭小的孔隙时，其流态为层流， n 的取值为 1.0 。在实际情况中，空气通过建筑围护结构中孔隙时流态介于湍流与层流之间，因此， n 的取值介于 0.5 与 1.0 之间

5.3 测试结果

5.3.6 建筑围护结构在风压与热压叠加作用下的压力在 5Pa 以下时，不能直接使用公式 $5.2.8$ 计算，因为该公式在低压下的计算数值准确度低。如果某一地区某一工程的风压或热压计算值较大，超过 5Pa 以上时，可以采用公式 $5.2.8$ 直接计算空气渗透

量，进而计算得出自然压力下的空气渗透换气次数。

通过对不同类型渗漏点在不同室内外工况下的模拟计算表明： n_{50}/I 的比值随着室内外自然压差的增大而减小。在 7200 个工况的计算结果中，95% 的计算结果 n_{50}/I 的平均值为 20。按照计算结果回归得到的公式计算，当室内外温差小于 3K、室外风速小于 3m/s 时， n_{50}/I 的最小值 18、最大值 24、平均值为 21。因此，本标准中近似取 n_{50}/I 间的换算系数为 21，但须满足压差法测试时室内外温差小于 3K 的条件。

5.4 分 级

5.4.1 本标准按照目前国内相关机构已经完成的建筑气密性测试结果数据，并参考德国建筑法规中对建筑整体气密性的要求，将建筑整体气密性等级按照自然压差下的换气次数划分为 8 级。

分级时主要考虑到国内建筑能够达到的换气次数。同时，兼顾国外设计标准对室内换气次数的要求。例如：德国现行标准中用到的 50Pa 下的 3.0 h^{-1} 、 1.5 h^{-1} 、 0.6 h^{-1} 等，以及未来需要达到的 2.0 h^{-1} 、 1.0 h^{-1} 、 0.3 h^{-1} 等。其中：50Pa 下 0.3 h^{-1} 的气密性水平对应 8 级， 3.0 h^{-1} 对应 3 级。

采用自然压差下的换气次数进行分级，一方面可以将建筑整体气密性与建筑能耗、室内空气品质控制联系起来。另一方面也是考虑到示踪气体法测试得到的直接是自然压差下的结果，无需进行复杂的换算。而压差法测试在室内外大压差的作用下测试精度易于控制，且积累的实测数据较多，研究较为充分。

7 不确定度

7.0.1 附录 E 是通过 C 与 n 估算不确定度的简化方法，该不确定度不是测量不确定度。

7.0.3 在无风条件下，总不确定度不应大于 $\pm 10\%$ 。在有风条件下，总不确定度不应大于 $\pm 20\%$ 。