

真空玻璃应用指南（试行）

文件编号：Q/XLJ·制度（G）技字 001—2022

受控状态：非受控

修订状态：（第0次）

2022年 7月 发布

新立基节能玻璃（天津）有限公司

前 言

本指南主要目的在于帮助设计师、施工方以及最终用户更深入的了解真空玻璃技术，更合理的应用真空玻璃产品。我们相信，合理的设计和应用能够让真空玻璃发挥最大的保温和节能优势，让真空玻璃走进千家万户！
本指南由新立基节能玻璃（天津）有限公司起草。

新立基节能玻璃（天津）有限公司

目 录

1. 真空玻璃介绍.....	1
1.1 隔热保温，低碳节能.....	2
1.2 隔声降噪，远离噪音.....	2
1.3 结构轻薄，节约框材.....	2
1.4 超长寿命，保持品质.....	2
1.5 远离结露，保持通透.....	3
1.6 地域性广，应用性强.....	3
2. 真空玻璃设计指南.....	4
2.1 真空玻璃传热系数计算方法.....	4
2.2 真空玻璃整窗传热系数计算方法.....	4
2.3 真空玻璃的节能设计.....	4
2.4 真空玻璃强度设计.....	6
3. 真空玻璃门窗、幕墙设计.....	9
3.1 窗.....	9
3.2 幕墙.....	9
4. 设计注意事项.....	9
5. 运输，储存，安装注意事项.....	10
6. 疑难解析.....	11
附表 2 真空玻璃外表面支撑物处永久拉应力 σ_v 取值.....	13

1. 真空玻璃介绍

真空玻璃是最新型的节能玻璃，国家标准为：GB/T 38586《真空玻璃》，国际标准为ISO19916《Glass in building — Vacuum insulating glass》。

真空玻璃由两片玻璃组成，其中一片或 2 片为 Low-E 玻璃，四周通过无机钎焊料密封，中间通过支撑物间隔出 0.1-0.2mm 厚的空间，此空间通过抽真空，达到小于 10^{-2} Pa 的真空度，形成真空层。真空层两侧的玻璃宜相等厚度，通常为 4-6mm，组成真空玻璃的原片可以为普通玻璃，半钢化玻璃或者钢化玻璃。新立基公司连续生产线可生产的真空玻璃最大尺寸为 2800*1800mm，最小尺寸为 400*400mm。

真空玻璃为一次成型产品，成型后不能进行切割、钢化等二次加工，但可以采用夹层、合中空等工艺加工成复合真空玻璃。复合加工可由新立基节能玻璃（天津）有限公司完成，也可以由其他玻璃深加工企业自行完成，若需自行完成复合加工，请事先与新立基节能玻璃（天津）有限公司做工艺技术咨询。

真空玻璃结构图如图 1 所示，复合真空玻璃结构图 2 和图 3 所示。

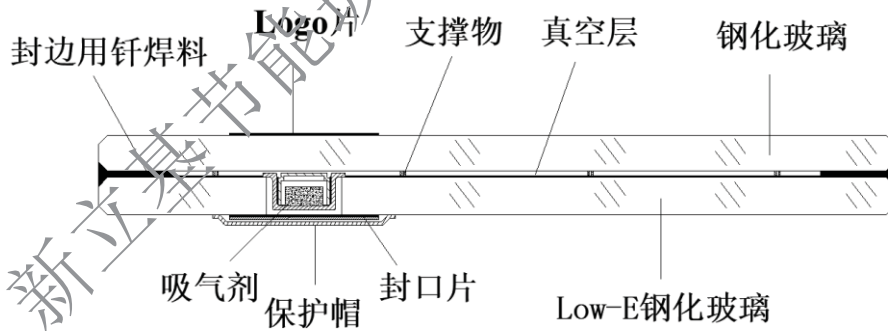


图 1 真空玻璃结构示意图

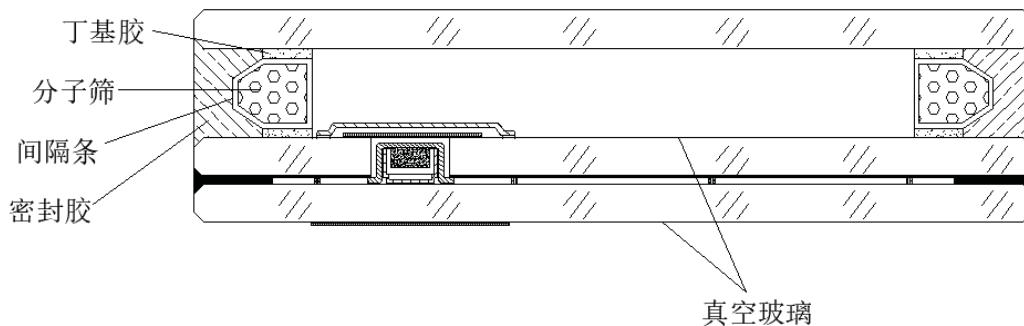


图 2 复合真空玻璃结构示意图（真空+中空）

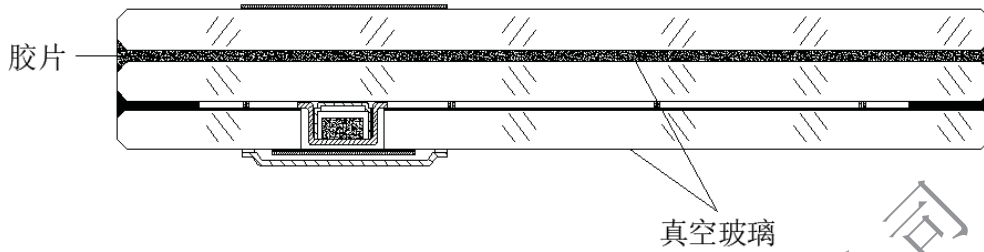


图3 复合真空玻璃结构示意图（真空+夹胶）

真空玻璃特点介绍如下：

1.1 隔热保温，低碳节能

真空玻璃依靠真空层特殊结构，有效阻隔室内外热量传导，传热系数远远低于传统中空玻璃，远超过国标 GB/T8484《建筑外窗保温性能分级及检测方法》最高 10 级标准。根据传热系数 K 值的不同，新立基节能玻璃（天津）有限公司公司产品可分为两个等级： $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ， $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，可见光透射比，太阳得热系数，光热比主要取决于 Low-E 玻璃的类型。

在阳光充足的夏季，采用太阳得热系数低的真空玻璃，能够使进入室内的热量显著减少，保持室内凉爽宜人；在寒气袭人的冬季，当室外温度为 -20°C 时，真空玻璃的内表温度仅比室内空气温度低 $3-5^{\circ}\text{C}$ ，即使您站在窗前，也不会有凉气袭人的感觉，保持室内温暖舒适。

1.2 隔声降噪，远离噪音

随着都市人口的密集和交通运输工具的增多，噪声污染日益严重，直接对人产生危害。真空玻璃由于真空层的存在，有效地阻隔了声音的传递，特别是对于穿透性较强的中低频率，效果十分显著。单真空玻璃计权隔声量为 39dB，对于居住在交通主干道，高速公路、机场附近的人们可提供复合真空玻璃，计权隔声量最高可达 42dB，与其他玻璃相比具有明显的优势，让您远离噪声，置身于宁静安详境界。

1.3 结构轻薄，节约框材

由于真空玻璃真空层很薄，在厚度上几乎可以忽略，相当于两片玻璃厚度的累加，可以节约框材，降低综合成本。

1.4 超长寿命，保持品质

由于真空玻璃内部所有材料均为无机材料，且加工过程中经过严格的高温真空排气，每片成品出厂前必须经过专有仪器检验，在高温、低温、高湿、紫外线照射等恶劣环境

下，不会产生性能衰减、老化失效等问题，且真空层内部放置有吸气材料，经过严格的理论计算，设计寿命在 50 年以上，实际预期寿命可达 30 年。由于真空层的作用，Low-E 玻璃的膜层不易被空气氧化，能得到更好的保护。

1.5 远离结露，保持通透

当室外温度降低到一定程度时，窗玻璃内表面就会结露，甚至会结霜。霜露不仅遮挡视线，直接影响对窗外世界的真实感受，而且有露水顺窗而流，损坏窗饰、墙面、地板的现象，让人烦恼不堪。真空玻璃内部为真空层，机理上没有结露的可能。在严寒和寒冷地区的冬季，室内侧玻璃表面一般不会产生结露或结霜现象，可以在温暖的室内真实感受自然的景象。

1.6 地域性广，应用性强

由于具有阻隔热量传递的能力，真空玻璃可以应用于各个行业，如建筑行业和冷链行业等；由于内部为真空状态，所以真空玻璃可以应用于平原以及高海拔地区，不存在中空玻璃运到高原低气压地区的胀裂问题；同时，可以应用于建筑物的立面，斜面以及平面采光顶等部位，不存在中空玻璃平放时气体对流传导大大增加的问题。

不同应用领域，请按表 1 选用钢化真空玻璃系列产品：

表 1 不同应用领域钢化真空玻璃结构及原片厚度

领域	结构	原片厚度
建筑外窗	真空 中空+真空	4mm 或 5mm
幕墙	中空+真空 夹胶+真空	5mm 或 6mm
超高层幕墙	中空+夹胶+真空	6mm 或 8mm
采光顶	中空+夹胶+真空 真空+夹胶	5mm 或 6mm
冰箱、冷柜	真空 中空+真空 夹胶+真空	4mm

2. 真空玻璃设计指南

2.1 真空玻璃传热系数计算方法

本产品的传热系数计算方法可参照中国国家行业标准 JGJ 113 《建筑玻璃应用技术规范》附录 A，同样可以采用 MQMC 或 WINDOW7 软件计算。使用 MQMC 软件或者 WINDOW7 软件计算新立基节能玻璃（天津）有限公司真空玻璃传热系数时，应注意如下事项：支撑物半径选项输入 0.26mm，支撑物间距以新立基节能玻璃（天津）有限公司实际产品为准，真空玻璃内部气压选项输入 0.01Pa。在不具备上述计算条件的情况下，传热系数取值可参考附表 1 《典型真空玻璃系统的传热系数》。

2.2 真空玻璃整窗传热系数计算方法

真空玻璃具有优异的保温隔热性能，可以与不同的型材组合满足不同节能要求。新立基节能玻璃（天津）有限公司可以为客户提供整窗 K 值计算服务，计算方法参照 JGJ151-2008 《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》。

对于不同型材，真空玻璃整窗 K 值举例计算如表 2 所示。

表 2 不同型材真空玻璃窗 K 值

序号	玻璃		型材		整窗 K 值 W/(m ² ·K)
	结构	K 值 W/(m ² ·K)	材料	K 值 W/(m ² ·K)	
1	5T+12A+5TL+ V+5T	0.6	断桥铝合金	1.5	1.1
3			铝包木	1.3	1.1
4			玻纤聚氨酯	1.0	1.0
5			塑钢	0.8	1.0
6	5T+12A+5TL+ V+5T	0.4	断桥铝合金	1.3	1.0
8			铝包木	1.3	1.0
9			玻纤聚氨酯	1.0	0.9
10			塑钢	0.8	0.8

注：1.上述计算选取窗户大小为 1.5×1.5m，按照框窗比 0.25 计算。

窗框型材种类繁多，需精确计算时，可根据具体的型材采用 MQMC 软件或者 window7、therm7 软件进行详细的计算。

2.3 真空玻璃的节能设计

建筑的节能效果评价是建筑行业 and 建材行业的一大难题，不论从实际测试还是模拟计算来说，都具有不确定性，所以我们只能在假定一定条件的基础上，用理论分析的方法来估测真空玻璃的节能效果。

新立基节能玻璃（天津）有限公司可以为客户提供节能计算服务，采用的方法为“冬夏季累积评价法”。该方法为新立基节能玻璃（天津）有限公司与建筑材料工业技术情报研究所合作研究的成果。该研究根据门窗热工环境特点和规律，在分析国外评价方法原理的基础上，采用把冬季或夏季门窗的逐时得热进行累积，因此称为“冬夏季累积评价法”。现阶段各种节能计算软件专业性很强，主要针对人群为专业建筑师和暖通设备工程师，而该方法只需提供一些简单信息，如建筑所在城市、房屋各朝向门窗面积和整窗参数，就可计算出全年节约的能耗总量，全年节省的能源成本，以及减排的污染物和温室气体。

可按照该评价方法，对国内不同气候区的 37 个城市的公共建筑和住宅建筑进行模拟计算，如严寒地区的哈尔滨、沈阳、长春、漠河，寒冷地区的北京、天津、大连、青岛，夏热冬冷地区的上海、南京、长沙、重庆，夏热冬暖地区的广州、深圳、海口、南宁等。可用真空玻璃替代单片玻璃、普通中空玻璃和 Low-E 中空玻璃，计算各地东、西、南、北四个朝向窗户的冬季和夏季累积得热值，采暖季、空调季的节能率，全年节约的能耗总量，全年节省的能源成本，以及减排的污染物和温室气体。

进行节能计算需要用户提供如下信息：

- a) 建筑所在城市；
- b) 建筑使用类型（住宅还是公建）；
- c) 建筑窗/幕墙面积及热工参数，如表 3。
 - i. 建筑各朝向（东、西、南、北）窗户/幕墙的面积
 - ii. 两种窗户类型下，建筑各朝向（东、南、西、北）窗户/幕墙传热系数、遮阳系数/太阳得热因子

表 3 不同朝向建筑窗/幕墙面积及热工参数

	东	南	西	北
建筑窗/幕墙面积 (m ²)				
A 产品建筑窗/幕墙 K 值 (W/(m ² K))				
A 产品建筑窗/幕墙 Sc/SHGC 值				
B 产品建筑窗/幕墙 K 值 (W/(m ² K))				
B 产品建筑窗/幕墙 Sc/SHGC 值				

注：A 产品为需对比的产品，B 产品为真空玻璃产品。

举例计算如下：

以北京某办公楼为例，按照表 4 所列数据取值，使用冬夏季累计评价法进行节能计算。计算结果表明，夏季节约空调能耗 33072kWh，冬季节约采暖能耗 492644kWh，即全年节约能耗 525716kWh。与此相对应的污染物减排量如表 5 所示。

表 4 计算参数选取

	东	南	西	北
建筑窗/幕墙面积 (m ²)	2017	1499	1995	1307
中空玻璃建筑窗/幕墙 K 值 (W/(m ² ·K))	2.3	2.3	2.3	2.3
中空玻璃建筑窗/幕墙 Sc 值	0.5	0.5	0.5	0.5
真空玻璃塑钢窗/幕墙 K 值 (W/(m ² ·K))	0.9	0.9	0.9	0.9
真空玻璃塑钢窗/幕墙 Sc 值	0.5	0.5	0.5	0.5

表 5 真空玻璃窗相对于中空玻璃窗的污染物减排量(t)

节能量, t 标煤	NOx	SO2	CO	粉尘	CO2	备注
71.29	0.44	1.27	1.93	0.68	175.15	冬季用燃气取暖
170.86	2.17	0.77	0.06	1.64	419.74	冬季用电力取暖

注：该计算方法计算能耗的预设条件为冬季设置室内温度为 18℃，夏季设置室内温度为 26℃。

2.4 真空玻璃强度设计

(1) 最大应力设计值计算时应考虑到真空玻璃外表面支撑物处永久拉应力 σ_v ， σ_v 应根据支撑物形状、尺寸、分布间距等进行计算，在没有精确计算的条件下，参照附表 2。

(2) 真空玻璃的等效厚度 t_{ev} 可按下式计算：

$$t_{ev} = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3}$$

t_1 和 t_2 ——组成真空玻璃的各单片玻璃的厚度 (mm)

(3) 真空玻璃抗风压设计示例如下：

① 前提条件：

北京地区某建筑，高度 100m，地面粗糙度类别 C，不考虑地震作用；玻璃结构：中空+真空 (6T+12A+6TL+V+6T)，即 $t_1=t_2=t_3=6\text{mm}$ ，中空朝向室外，中空外片和真空玻璃均为钢化玻璃。玻璃尺寸：宽度 $a=1000\text{mm}$ ，长度 $b=2000\text{mm}$ 。

② 风载荷标准值计算：

参照标准 JGJ 102-2003 中第 5.3.2 条，采用公式 $w_k = \beta_{gz} \mu_s \mu_z w_0$ ，其中 w_k - 风载荷标准值 (kN/m²)； β_{gz} 阵风系数，取值 1.69； μ_s 为风载荷体型系数，取值 1.2； μ_z 为风压高度

变化系数，取值 1.5； w_0 为 50 年一遇基本风压，取值 0.45 kN/m^2 。计算所得 w_k 为 1.3689 kN/m^2 。

③ 载荷分配：

参照标准 JGJ 102-2003 中第 6.1.4 条和 6.1.5 条，把真空玻璃看作一片玻璃，其等效厚

$$\text{度 } t_{ev} = \sqrt[3]{t_2^3 + t_3^3} = \sqrt[3]{6^3 + 6^3} = 7.56 \text{ mm}。$$

作用在第一片玻璃即中空外片上的载荷为 w_{k1} ，计算如下：

$$w_{k1} = 1.1 \times w_k \times \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_{ev}^3} = 1.1 \times 1.3689 \times \frac{6^3}{6^3 + 6^3 + 6^3} = 0.5019 \text{ kN/m}^2$$

作用在真空玻璃上的载荷为 w_{kv} ，计算如下：

$$w_{kv} = w_k \times \frac{t_{ev}^3}{t_1^3 + t_{ev}^3} = 1.3689 \times \frac{6^3 + 6^3}{6^3 + 6^3 + 6^3} = 0.9126 \text{ kN/m}^2$$

真空玻璃载荷分配参照夹胶玻璃计算方法，作用在真空玻璃上下片上的载荷分别为

w_{k2} 和 w_{k3} ，计算如下：

$$w_{k2} = w_{k3} = w_{kv} \times \frac{t_2^3}{t_2^3 + t_3^3} = 0.9126 \times \frac{6^3}{6^3 + 6^3} = 0.4563 \text{ kN/m}^2$$

④ 单片玻璃截面最大应力标准值计算：

本指南重点介绍真空玻璃力学设计，所以重点计算真空玻璃上下片最大应力设计值 σ_2

和 σ_3 ，中空外片最大应力设计值 σ_1 不再赘述。

参考标准 JGJ 102-2003 中第 6.1.2 条，计算如下：

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \frac{6mw_{k2}a^2}{t_2^2} \eta = \frac{6 \times 0.1 \times 456.3 \times 10^{-6} \times 1000^2}{6^2} \times 0.9416 = 7.16 \text{ N/mm}^2$$

其中 σ_2 、 σ_3 为真空玻璃上下片最大应力标准值 (N/mm^2)； m 为弯矩系数，取值 0.1； a 为短边边长，取值 1000mm； t 为单片玻璃厚度，取值 6mm； η 为折减系数，取值为 0.9416。

⑤ 最大应力设计值

最大应力设计值应为风载荷最大应力设计值和真空玻璃外表面支撑物处永久拉应力 σ_v 之和。其中风载荷最大应力设计值取风载荷作用下最大应力标准值的1.4倍（参照标准JGJ 102-2003中第5.4.2），其中 σ_v 参照附表2，原片厚度为6mm的钢化真空玻璃， σ_v 取值为10.9 N/mm²。因此真空玻璃上下片最大应力设计值计算如下：

$$\sigma_{2\max} = \sigma_{3\max} = 1.4\sigma_2 + \sigma_v = 10.02 + 10.9 = 20.92 \text{ N/mm}^2$$

⑥ 应力校核

根据行业标准JGJ 113-2009表4.1.8，6mm钢化玻璃短期载荷下中部强度设计值为84N/mm²，6mm钢化玻璃长期载荷下中部强度设计值为42N/mm²，也就是说真空玻璃最大应力设计值 $\sigma_{2\max}$ 和 $\sigma_{3\max}$ 小于短期载荷强度设计值，永久应力 σ_v 小于长期载荷强度设计值，即真空玻璃强度满足设计要求。

⑦ 挠度计算

把真空玻璃看作一片玻璃，其等效厚度 $t_{ev} = \sqrt[3]{t_2^3 + t_3^3} = \sqrt[3]{6^3 + 6^3} = 7.56 \text{ mm}$ ，复合真空玻璃（真空+中空）等效厚度为 $t_e = 0.95\sqrt[3]{t_1^3 + t_{ev}^3} = 0.95 \times \sqrt[3]{6^3 + 7.56^3} = 8.22 \text{ mm}$ 。

参考标准JGJ 102-2003中第6.1.3条，计算玻璃的刚度及跨中挠度。

复合真空玻璃（真空+中空）的刚度为 D ，计算如下：

$$D = \frac{Et_e^3}{12(1-\nu^2)} = \frac{0.72 \times 10^5 \times 8.22^3}{12 \times (1-0.20^2)} = 3.47 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

其中 E 为玻璃的弹性模量，取值为72000N/mm²， ν 为泊松比，取值0.20。

复合真空玻璃（真空+中空）跨中挠度为 d_f ，计算如下：

$$d_f = \frac{\mu w_k a^4}{D} \eta = \frac{0.01013 \times 1.3689 \times 10^3 \times 10^{-6} \times 1000^4}{3.47 \times 10^6} \times 1.00 = 3.996 \text{ mm}$$
，其中 μ

为挠度系数，取值为0.01013； η 为折减系数，取值为1.00。

⑧ 挠度校核

挠度限制 $d_{f,\text{lim}}$ 参考标准JGJ 102-2003中第6.1.3条， $d_{f,\text{lim}} = a/60 = 16.7 \text{ mm}$ ，由于 $d_f < d_{f,\text{lim}}$ ，挠度满足要求。

3. 真空玻璃门窗、幕墙设计

3.1 窗

- 1、真空玻璃嵌入深度尺寸宜加大，且不小于 18mm；玻璃周边与框之间的缝隙宜采用保温材料进行有效填充，这样能有效降低玻璃边部线传热损失，提高整窗高温性能。
- 2、门窗宜采用复合真空玻璃，比如：（室外侧）6T+16A+5TL+V+5T（室内侧）。安装时真空玻璃严禁放室外侧。
- 3、落地窗室内侧宜设置防护栏杆，栏杆高度不低于 1.1 米。
- 4、天窗推荐真空玻璃结构为 6T+12A+5TL+V+5T+0.76P+6T。
- 5、调光真空玻璃宜采用配置：（室外侧）5T+PA+调光膜+PA+5TL+V+5T（室内侧）
- 6、光伏调光真空玻璃三合一宜采用配置：（室外侧）3.2T+0.76P+3.2T（光伏组件）+9A+5TL+V+5T+PA+调光膜+PA+5T，9A 可以根据压线尺寸进行调整。
- 7、真空玻璃安装宜采用胶条固定，避免玻璃安装过程中有磕碰或者翘曲，避免集中应力带来玻璃破损。

3.2 幕墙

- 1、幕墙节点：宜采用明框幕墙系统，不建议采用隐框幕墙。同时，宜增加玻璃嵌入深度，玻璃采用胶条固定，玻璃与幕墙框架之间填充柔性保温材料。
- 2、幕墙真空玻璃幕墙推荐配置：6T+12A+6TL+V+6T，可以根据玻璃尺寸、楼层高度、风压要求调整玻璃原片厚度。高层楼房应用幕墙宜采用夹层复合真空玻璃，如：
6T+1.52PVB+6T+12A+6TL+V+6T。
- 3、幕墙落地玻璃室内侧宜设置防护栏杆，栏杆高度不低于 1.1 米。
- 4、玻璃周边与框架缝隙之间宜设置柔性保温材料填充，即提高整窗保温性能和隔声性能，又能吸收玻璃因温差带来的膨胀，避免玻璃破损。
- 5、幕墙玻璃板块大小宜设计在 1750mm*2750mm 范围之内。
- 6、幕墙室外侧宜采用框架结构固定玻璃，不宜采用隐框结构。避免结构胶粘接对真空玻璃周边焊接应力产生不利影响。

4. 设计注意事项

- (1) 设计时，要考虑抗风压因素，应根据实际承受风压来确定真空玻璃标称厚度和面积。
- (2) 真空玻璃禁止安装在单侧全部或局部接触密闭空气的部位。
- (3) 如长期在极端环境（高温或极冷）下使用真空玻璃，应提前咨询真空玻璃制造商。
- (4) 真空玻璃加工后不能进行切割，因此，请合理设计尺寸。
- (5) 对于尺寸超大，异形的真空玻璃，应提前咨询真空玻璃制造商。

- (6) 为保证整窗的优异保温性能，请合理选用配套型材和附件。
- (7) 隔音性能 取决于要结合的窗扇，为了达到最佳的隔声效果，需要配置高隔声性能的窗框。

5. 运输，储存，安装注意事项

运输：

- (1) 搬运时应采取立式搬运的方法，两片真空玻璃之间应夹衬弹性间隔材料。如因特殊原因确需平放的，应保证真空玻璃无曲面变形，在各个边部增设着力点，减少因形变带来的破损。
- (2) 运输时应采用木箱包装或者 A 型架固定，运输过程中要求立式运输，并且两片真空玻璃之间要夹衬弹性间隔材料，防止运输对产品的外观质量造成破坏，如划伤、爆边等。
- (3) 运输过程中，应小心保护真空玻璃抽气口部位的保护帽，避免磕碰和刮蹭。

储存：

- (1) 应立式摆放在干燥通风、地面平整的场所，两片玻璃之间应夹衬弹性间隔材料。
- (2) 应按照不同的尺寸、规格分别立式摆放，摆放层数不宜大于 10 层。
- (3) 储存时应避免与碱性物品一同放置，避免破坏玻璃表面质量。

安装：

1. 安装真空玻璃应参照“标签应朝向室内”的原则，并且真空玻璃应朝向室内侧，避免玻璃方向装反，影响玻璃节能效果，安装验收合格后请及时撕下玻璃标签。

2. 现场安装真空玻璃：

- 1) 玻璃干法安装（内外安装胶条固定玻璃）：在玻外胶条安装好以后，先将玻璃支撑块安放在框底部，宜在两端分别布置一个，距离端部 15cm，再将真空玻璃放置在支撑块上面，避免玻璃直接接触型材底部，同时避免用其他物件撬玻璃底部或侧面，在真空玻璃嵌入后应及时安装室内压线和胶条，使玻璃稳定牢固；如不能及时安装胶条，应用玻璃垫块等物品将玻璃与压线之间的缝隙填实挤紧，并多点固定，避免在风压作用下或开关窗过程中因玻璃产生震动或偏移而导致玻璃破损，并在规定的时间内安装玻内胶条。

- 2) 玻璃湿法安装（内外用密封胶固定玻璃）：先在外框胶条部位粘贴适当厚度的幕墙双面贴，再将玻璃支撑块安放在框底部，宜在两端分别布置一个，距离端部 15cm，再将真空玻璃放置在支撑块上面，避免玻璃直接接触型材底部，同时避免用其他物件撬玻璃底部或侧面，在真空玻璃嵌入后应及时安装室内压线，并及时用玻璃垫块等物品将玻璃与压线之间的缝隙填实挤紧，并多点固定，避免玻璃直接接触室内外型材，及时打内外密封胶，待密封胶固化后去掉填实物再补打缺失部位密封胶。

3. 安装过程中，严禁撞击玻璃表面及边部，尤其避免点接触式撞击。
4. 采光顶安装过程中，应保证真空玻璃四边受力均匀，避免因安装不当造成翘曲破损。

5. 单真空玻璃安装时保护帽（圆形凸起标识）应朝向室内，严禁拆除真空玻璃保护帽。在后期的使用或清洁过程中，严禁用力磕碰和刷蹭保护帽。
6. 安装完成后，真空玻璃应平整，牢固，不得松动。
7. 安装人员应具备专业资格，严格遵守相关玻璃应用技术规程，详情见《建筑玻璃应用技术规程》JGJ113、《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ102 等。

6. 疑难解析

(1) 真空玻璃边部封接是否可靠？

关于真空玻璃边部封接强度，新立基节能玻璃（天津）有限公司与国家建筑材料检验认证中心力学专家开展了一系列的技术合作。通过理论计算和实际测试，证明真空玻璃边部封接可靠，在风压、自重、温差等作用下，不会产生开裂等现象，能够满足实际用的需求。具体分析可参照 2012 年《材料科学与工程学报》第 30 卷第 1 期文章“真空玻璃边缘封接强度及可靠性分析”。

(2) 真空玻璃最大可承受多大温差？

通过与建筑材料检验认证中心知名力学专家合作，开展了大量的理论和试验研究，得出如下结论：4mm+4mm 半钢化真空玻璃，环境温差不宜超过 60℃；5mm+5mm 半钢化和 6mm+6mm 半钢化真空玻璃，环境温差不宜超过 70℃，5mm+5mm 钢化真空玻璃，环境温差不宜超过 100℃。

(3) 真空玻璃的边缘传热是否很大？

根据模拟计算的结果，在型材相同的情况下，真空玻璃窗边缘传热略高于中空玻璃窗。

(4) 真空玻璃的寿命多长时间？

新立基节能玻璃（天津）有限公司真空玻璃产品的设计寿命是 50 年，实际预期寿命可达 30 年。产品通过了国家标准 GB/T38586 《真空玻璃》中规定的耐辐照，高温高湿耐久性以及气候循环耐久试验。

(5) 怎样判断真空玻璃是否漏气？

新立基真空玻璃支撑物是单摆浮搁在玻璃上，如果出现漏气，内部支撑物出现大面积掉落，失去保温性能。

附表 1 典型真空玻璃系统的传热系数

类型	玻璃结构	辐射率	传热系数 K W/ (m ² ·K)	隔声量 dB
门窗用	5TL+V+5T	0.11	0.67	39
		0.07	0.53	
		0.04	0.41	
		0.02	0.34	
	5T+12A+5TL+V+5T	0.11	0.59	40
		0.07	0.48	
		0.04	0.38	
		0.02	0.31	
幕墙	6T+12A+6TL+V+6T	0.11	0.59	41
		0.07	0.48	
		0.04	0.38	
		0.02	0.31	
	6T+1.52PVB+6T+12A+6TL+V+6T	0.11	0.58	42
		0.07	0.47	
		0.04	0.37	
		0.02	0.30	
采光顶	6T+12A+5TL+V+5T+0.76P+6	0.11	0.59	42
		0.07	0.48	
		0.04	0.38	
		0.02	0.31	

注：字母代表的意义如下：

T-钢化玻璃，TL：钢化 Low-E 玻璃，V-真空，A-中空，P-夹胶。

附表 2 真空玻璃外表面支撑物处永久拉应力 σ_v 取值

类型	单片玻璃厚度 (mm)	σ_v (N/mm ²)
普通真空玻璃 (30mm 间距)	4	10.9
	5	6.5
	6	4.3
半钢化真空玻璃 (40mm 间距)	4	21.0
	5	12.6
	6	8.3
钢化真空玻璃 (45mm 间距)	4	27.5
	5	16.6
	6	10.9