

编者按

建筑用U型玻璃（亦称槽型玻璃）是用先压延、后成型的方法连续生产出来的，因其横截面呈“U”型，故而得名。U型玻璃可用于建筑内墙、外墙、隔断等部位，是一种新型环保节能的墙体材料。本栏目简介U型玻璃的技术要点，并给出应用实例，以使建筑师对U型玻璃有更多的了解并加以使用。



U型玻璃20问

20 Questions about U-shape Glass

撰文 崔厚寅 云南家华新型墙体玻璃有限公司

图文提供 李春林

1 为什么说U型玻璃是新型环保节能的墙体材料？

答：U型玻璃由碎玻璃和石英砂等原料制成，生产成本较低，能耗较低，并具有许多优点。

（1）外型“轻巧”，可增加建筑物使用面积，减轻建筑结构的自重。

单层U型玻璃重量仅为 $19\text{kg}/\text{m}^2$ ，双层U型玻璃墙体（厚度约 $5\sim 8\text{cm}$ ）重量约 $40\sim 50\text{kg}/\text{m}^2$ ，而粘土墙（墙厚 24cm ）砖重约 $319.2\text{kg}/\text{m}^2$ （不含砂浆）；而且省去了内外墙的粉刷，大幅度降低了工程造价。若较多使用U型玻璃，可减轻墙体重量90%，节约大量的建筑基材。在相同建筑面积下，可增加使用面积3%~4%。

（2）隔音、隔热，改善环境，节约能源。

实心粘土砖（24墙）热阻 $R_0 = \delta / \lambda = 0.24 / 0.81 = 0.296\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ ，传热系数 k 值约为 $3.378\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ，而单层 6mm 玻璃的 k 值为 $4.9\sim 5.5\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 。U玻墙贴膜以后可以达到 $1.5\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ，双层安装的U型玻璃墙体由于两层间有空气层 k 值为 $1.74\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 。如果在U玻空腔内填充隔热材料， k 值可以达到 $0.8\sim 0.5\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ，大大降低建筑能耗。

（3）安全，耐腐蚀，透光性强。

U型玻璃具有较高的机械强度，使用夹钢丝的U型玻璃对于中高层建筑的墙体可以起到良好的安全保护作用；U型玻璃抗酸、碱和高湿度作用的性能相当稳定，因此可用于有抗腐蚀要求的建筑上。

（4）便于施工，经济实用。

U型玻璃便于装配，作为墙体或屋面材料，可以垂直、斜坡、单排或双排安装，可在大型建筑中做大面积的玻璃幕墙，大量增加采光面积，具有装饰性和结构性等多种功能。作为一种中高档墙

体材料，可代替一般不需要完全透明的采光窗、天窗，节约大量木材、钢材和铝材，且不占农田耕土资源，又是固体废弃物的再生利用，所以说其是绿色环保的新型墙材。

2 U型玻璃的历史发展、用途、推广情况。

答：U型玻璃是20世纪50年代出现在欧洲的产品，国外有两条生产线，一家是德国本土的兰伯茨工厂，另一条也在德国，属英国皮尔金顿的鲍格拉斯工厂（BGI工业公司）。目前国内只有云南昆明一条生产线，是1996年从德国引进的。

U玻表面只产生光的漫反射（不会产生“光污染”），同时不影响光的透射，具有透光不透视的朦胧感觉（保护私密性）；呈条幅状造型，挺拔清秀，具有时代气息和独特的装饰效果，可用于商场、餐厅、展览馆、体操房等外部竖向非承重结构与营业大厅、办公大楼、建筑物的内外墙，暖房、月台、游泳池、外廊等的透光屋顶，以及大面积采光窗口、天窗、厅门、阳台围护栏板等。在欧洲、北美、日本等许多国家，U型玻璃已被广泛应用于工业与民用等各类建筑不承重的外墙围护或内墙隔断上。

3 U型玻璃有哪些分类和安装组合方式？

答：U型玻璃根据颜色、外观和强度大致可分为三种：1）从颜色上区分有无色的和着色的；2）从表面状态区分有平面的和压花的；3）从强度上区分有夹丝夹网的和无夹丝夹网的。

目前国外生产的U型玻璃大部分是无色的，如果想生产彩色的U型玻璃，只需按规定的剂量将着色剂随原料送入琉璃炉加以搅拌，使玻璃着色均匀即可。

U型玻璃的生产普遍采用压延法，所以可在玻璃表面压出花纹图案（该花纹可由用户选定）。



E13th街

Allguth自动Waschstrasse（洗车）

Faller医药服务中心

此外玻璃的断面呈“U”形，这两条翼边大大提高了玻璃的承载力；又由于玻璃在安装时是双层多形式组合（表1），就具有了保温节能的功能，受到普遍欢迎。

表1

单排	翼朝外（内）	
	榫形结构，相互咬合	
	榫形结构，相互贴合	
双排	翼在接缝处成对排列	
	翼错开排列	
	锯齿状排列	
	墙面略带弯曲	
	翼对翼	

4 U型玻璃有哪几种规格？

答：见表2。

表2 U型玻璃规格

底宽×翼高×厚度 /mm	单位长度重量 /kg/m	单位面积 重量 g/m ²	备注	最大出厂 长度（±5）/m
230×41×6	4.5	19.56	只计算投影面积	6
230×60×7	5.88	25.56		7
260×41×6	4.95	19		6
260×60×7	6.4	24.63		7
330×41×6	6.0	18.18		6
330×60×7	7.63	23.1		7
500×41×6	7.3	17.1		4
500×60×7	10.6	21.21		

注：最大出厂长度不等于使用长度。

5 U型玻璃的隔声性能。

答：见表3。

表3 U型玻璃的隔声性能

翼高×厚度 /mm	隔音能力/dB	
	单排安装	双排安装
41×6	25	38
60×7	27	41

6 U型玻璃的隔热保温性能。

答：对玻璃来讲，隔热用玻璃的遮阳系数表述，缩写为SC或SE，是在给定条件下，玻璃、门窗或幕墙的太阳光总透射比与相同条件下相同面积的标准玻璃（3mm厚透明玻璃）的太阳光总透射比的比值。遮阳系数越小（严寒地区除外），阻挡阳光热量向室内辐射的性能越好。本色的U型玻璃的遮阳系数较高，但可以通过加贴各种低遮阳系数的PE膜（聚酯膜）来解决，一般要求的遮阳

系数在0.4或0.5左右。

对玻璃来讲，保温是以玻璃的传热系数来表述的，就是k值或U值，数值越低表示保温效果越好。U型玻璃的传热系数是可以采取措施降低的，见表4。

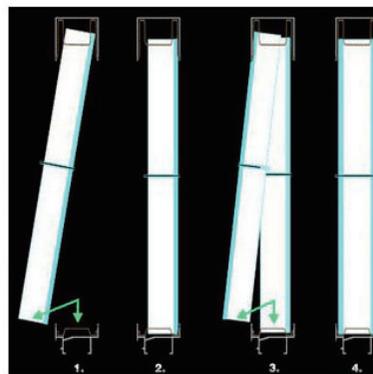
表4 U型玻璃是采取措施后的传热系数

措施方式	传热系数 W/m ² ·K	备注
单排安装	4.9~5.5	未采取隔热措施
双排安装	2.35~2.7	未采取隔热措施
双排安装有一层镀层或贴膜	2.0~2.1	普通遮阳
双排安装有二层镀层或贴膜	1.8~1.9	Low-E 镀层或膜
双排翼对翼安装有一层镀层	1.84	
双排安装一面有 pc 中空板	1.70	
双排安装二面百 pc 中空板	1.3~1.45	蜂窝内填有气凝胶
双排翼对翼安装内隔 Low-E 中空	0.9~1.0	
三排安装,c 面贴 Low-E 膜, d,e 面 间填气凝胶	0.5	单向空处填有气凝胶

7 U型玻璃如何安装？

答：U型玻璃的安装通常用专用的铝型材边框材料，亦可根据用户的要求用不锈钢边框或黑色金属材料，当采用金属型钢材时要有良好的防腐防锈处理。边框材料及墙面或建筑洞口应有可靠的固定，每延长米应不少于2个固定点。

U型玻璃是安装在方框洞中的透光墙体，玻璃长度为框洞高度减25~30mm，宽度可不考虑建筑模数。



安装方式

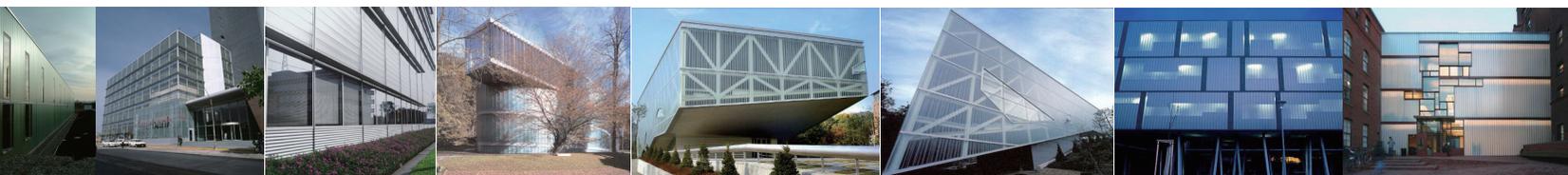
- 1) 将第一片U型玻璃翼边朝向室内，垂直向上，使顶部进入上框；
- 2) 玻璃进入上框后，再垂直放落入下框；
- 3) 第二片U型玻璃反向沿着第一片玻璃垂直向上，同样进入上框；
- 4) 第二片玻璃进入上框后，垂直落下，与第一片玻璃组合搭扣，并留一个翼边厚度的空隙；
- 5) 将起稳定作用的缓冲塑料件截成相应长度，放入固定的框架内；
- 6) 当U型玻璃安装至最后一块时，如果洞口的宽度余量不能装入整块玻璃时，可将U型玻璃沿长度方向裁切以满足剩余宽度。但安装时应将裁切过的U型玻璃先装入边框，再按第5)条要求安装；
- 7) 安装最后三块U型玻璃时，应先让两块玻璃进入边框，再装第三块来封和；
- 8) 调整U型玻璃之间的温度伸缩间隙，尤其在年温差较大的地域；
- 9) U型玻璃边框的单直度、高度不大于5000mm时，允许偏差为5mm。横向构件的水平度大于2000mm时允许偏差为3mm，构件的跨向挠度在6000mm之内允许偏差为8mm；
- 10) 在边框与玻璃间的缝隙中塞入弹性垫条，垫条与玻璃和边框接触面不得少于12mm；
- 11) 在边框与玻璃、玻璃与玻璃、边框与建筑结构的接缝中，填入玻璃胶类弹性密封胶或硅酮密封胶密封。

8 U型玻璃的抗风荷载能力如何？

答：在不同的风荷载下有不同的U型玻璃使用长度，可以通过简支梁公式计算：

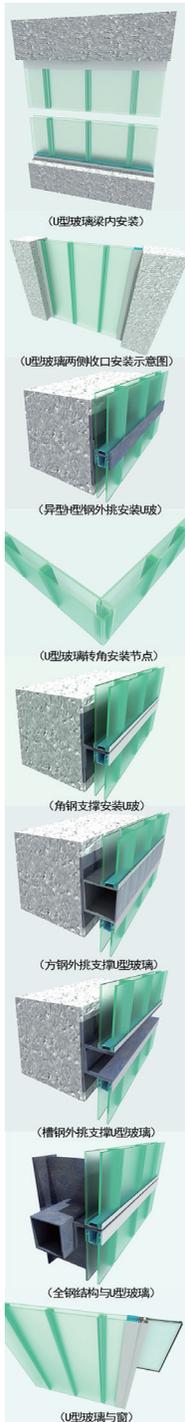
$$L = \sqrt{\frac{\delta \cdot 8 \cdot W_{FI}}{P \cdot A \cdot 10^3}}$$

式中：L为长度； δ 为U型玻璃的弯曲应力，取30~50MPa（玻璃短取较大值，玻璃长取较小值）； W_{FI} 为U型玻璃的抗弯容量/cm³；P为风荷载标准值/kPa；A为U型玻璃的底宽/m。



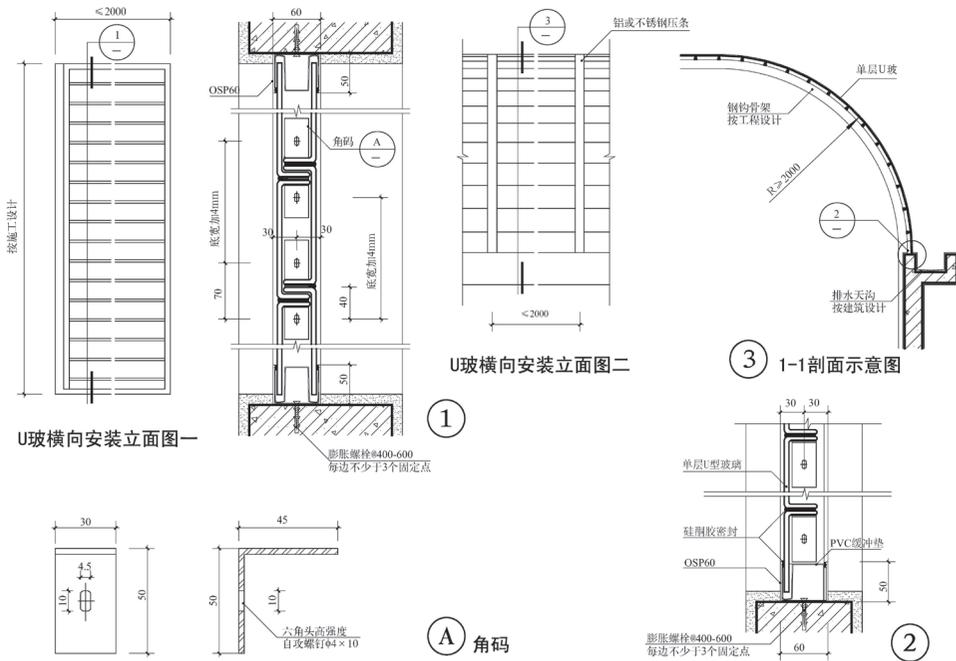
Lima银行

Neanderthal 博物馆

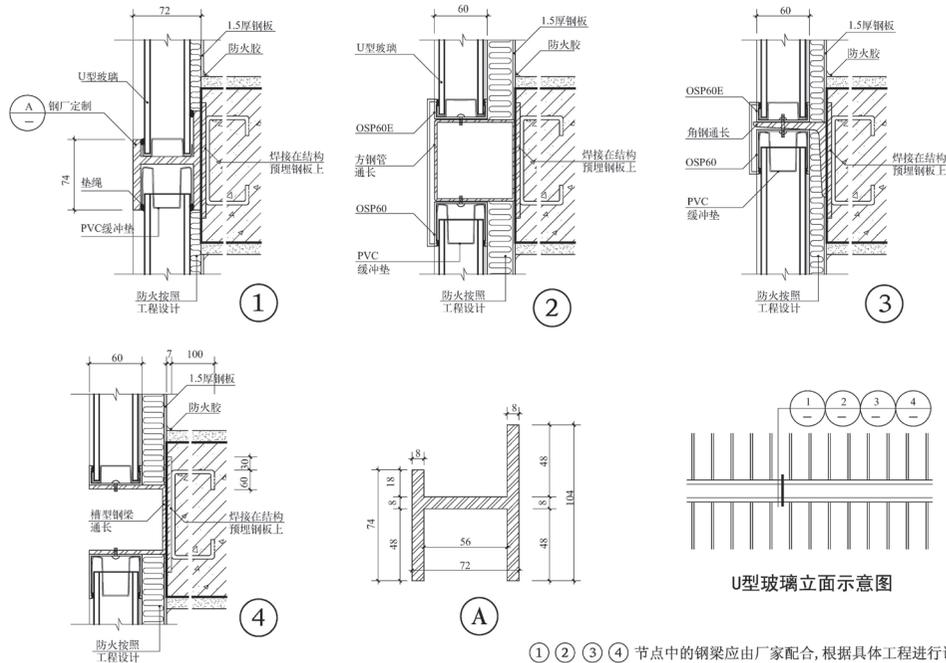


U玻3D节点图副本

U型玻璃横向安装外墙



U型玻璃竖向安装外墙



①②③④ 节点中的钢梁应由厂家配合, 根据具体工程进行设计。

9 U型玻璃有多少种安装形式?

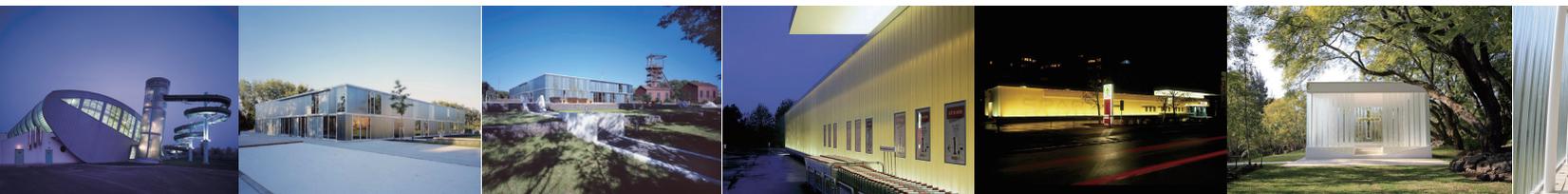
答: 常用的是垂直安装, 也可斜坡式安装, 还有立式横向安装及立式弧面安装。当U型玻璃用于圆弧形墙或屋面安装时其半径有以下关系: 260规格玻璃曲率半径不应小于2 000mm, 330规格玻璃曲率半径不应小于3 200mm, 500规格玻璃曲率半径不

应小于7 500mm。

10 U型玻璃安装的玻璃间隙是如何考虑的?

答: 根据材料温度变形公式:

$$\Delta L = L \times \alpha (t_G - t_D + \beta l / \mu)$$

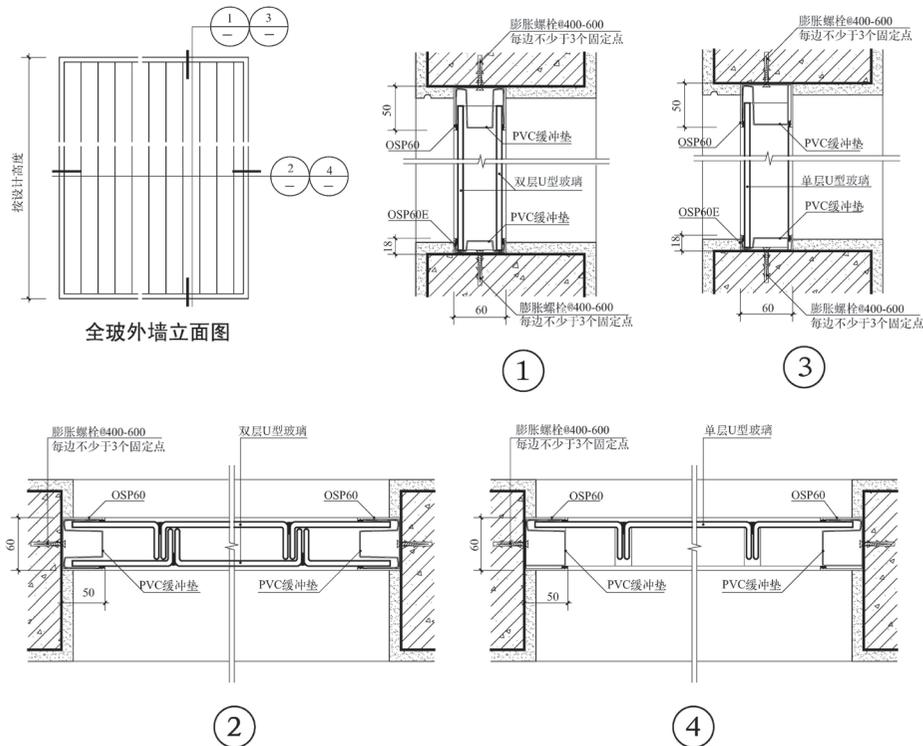


slide

SPAR公司(超市)

U玻教堂

U型玻璃竖向安装外墙



式中： ΔL 为变形量/mm； L 为玻璃的长度/mm； α 为玻璃的线膨胀系数，这里取 80×10^{-7} ； t_G 为当地最高温度/ $^{\circ}\text{C}$ ， t_D 为当地最低温度/ $^{\circ}\text{C}$ ； β 为玻璃吸收系数，白色取0.16，吸热玻璃取0.64，热反射玻璃取0.36； I 为当地太阳辐射强度； μ 为热转换系数，取19。

11 U型玻璃装在框内的尺寸是如何把握的？

答：玻璃进入上框的间隙不小于20mm，下框插入深度不小于12mm，玻璃与边框进入深度不小于15mm，玻璃与玻璃之间的间隙在3~4mm（或胶缝），以适应建筑或框架的变形。

12 U型玻璃安装用什么样的密封胶？

答：常用硅酮胶，但选择中性的耐候胶即可，特别需要粘结强度的地方可用硅酮结构胶。

13 U型玻璃安装的框架材料有哪些？

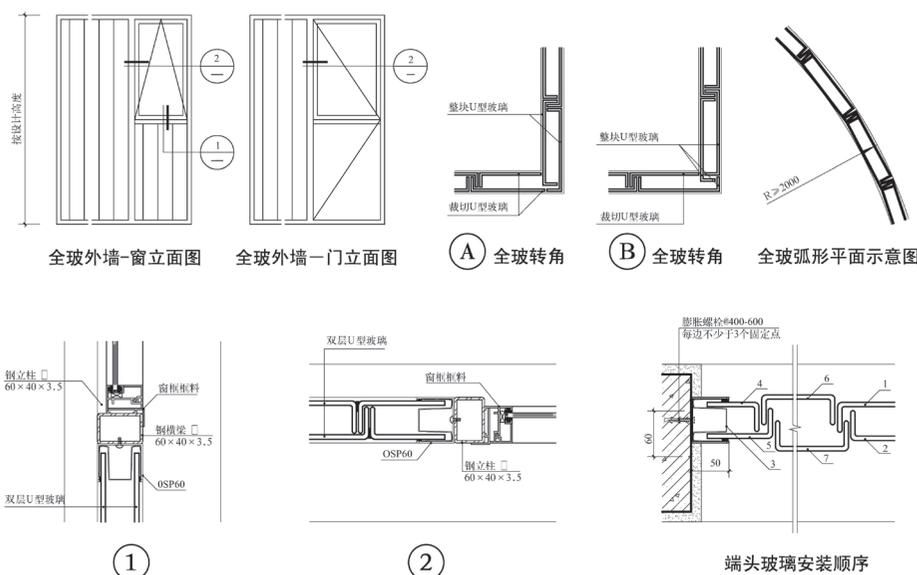
答：有专用铝型材，常用41系列和60系列；上口料的尺寸41系列是 $50 \times 60 \times 2$ （边高 \times 宽 \times 壁厚），60系列是 $55 \times 83 \times 2$ ；下口料的尺寸41系列是 $20 \times 60 \times 2$ ，60系列是 $20 \times 83 \times 2$ 。满足这个尺寸的其他钢材也可以。此外辅材还有PVC的上下口缓冲垫及翼边保护硅胶条等。

14 U型玻璃能与Low-E玻璃相媲美吗？

答：Low-E玻璃又称低辐射玻璃，是在玻璃表面镀上多层金属或其他化合物组成的膜产品。其镀膜层具有对可见光高透过及对中远红外线高反射的特性，使其与普通玻璃及传统的建筑用镀膜玻璃相比，普通浮法玻璃的辐射率高达0.84，当镀上一层以银为基础的低辐射薄膜后，其辐射率可降至0.1以下，因此用Low-E玻璃制造建筑物门窗，可大大降低因辐射造成的室内热能向室外的传递，达到理想的节能效果。

对U型玻璃可以镀Low-E膜，也可贴Low-E薄膜。

U型玻璃竖向安装外墙



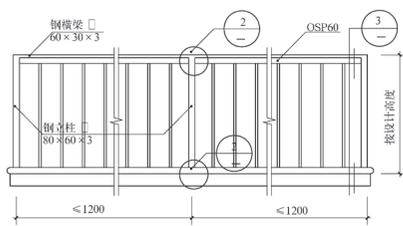
当和门、窗组合时，U型玻璃的框料安装应由独立的受力框口支撑



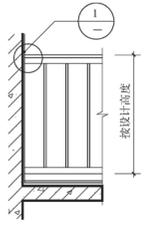
杭州万象城

圣莫尼卡文娛中心停车场结构

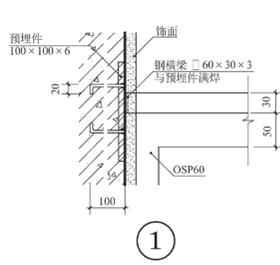
U型玻璃栏板



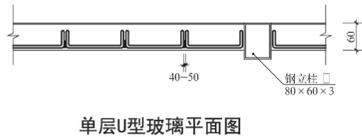
阳台围栏立面图一



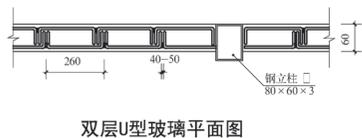
阳台围栏立面图二



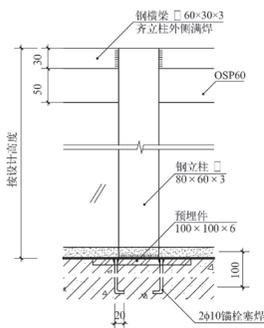
①



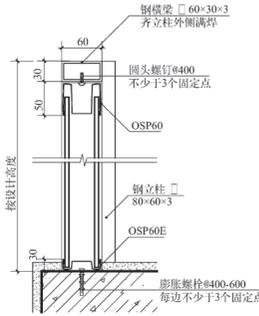
单层U型玻璃平面图



双层U型玻璃平面图



②



③

15 玻璃与U型玻璃光学性能的比较。

答：详见表6。

表6 U型玻璃的光学性能

玻璃厚度/mm	可见光/%		太阳能/%			遮阳系数 S _c	传热系数k /W/m ² ·K
	透过率	反射率	透过率	反射率	吸收率		
3	90.3	7.9	85.1	7.6	7.3	1.0	6.45
6	88.8	7.8	79.0	7.3	13.7	0.96	6.28
8	87.8	7.7	75.3	7.1	17.6	0.93	6.16
10	86.9	7.7	71.9	6.9	21.2	0.91	6.07
U玻-7	89	7.4	77.4	6.9	15.3	0.86	2.75 (双层)

注：太阳辐射的波长范围在0.2~3μm之间，涵盖紫外线、可见光、近红外线（国际照明委员会规定波长在2.5μm以下称近红外线，2.5μm以上称远红外线，但建工领域常以4μm为界限）三个区域。

16 U型玻璃的安全性如何？

答：普通的U型玻璃虽然还不能称为“安全玻璃”，但其在使用上的安全性较高。国家安全玻璃及石英玻璃质量监督检验中心做了一个U型玻璃安全性试验，结论如下：U型玻璃通过弯折的两翼达到了普通平板玻璃所没有的优异的承载能力和较高的等效弯曲强度。U型玻璃采用搭扣方式组合使用及贴膜时，提高了构件抗穿透性能，内片玻璃破坏载荷高度远高于同厚度钢化玻璃；贴膜玻璃构

件内片玻璃破坏载荷高度相当于同厚度浮法玻璃。U型玻璃作为独立单元组成构件用于建筑，在受到冲击破坏时，呈现单元破坏的特征，即仅冲击点所在的U型玻璃破坏，周边玻璃单元保持完好，这样就降低了玻璃破碎时对人的伤害。钢化的U型玻璃及夹层的U型玻璃现已开发，钢化U玻抗弯强度取84MPa。

17 U型玻璃的强度与温度的关系如何？

答：低温与高温对玻璃强度的影响是不同的，一般认为随着温度的升高会使缺陷处积聚更多的应变能，增加破裂的概率。当温度高于200℃时，由于玻璃黏滞性流动增加，使微裂纹的裂口钝化，缓和了应力作用，从而使玻璃强度增大。玻璃的使用温度范围较广，温度对玻璃强度影响的机理目前尚未探明，根据在绝对零度（-273℃）至500℃范围内的测试，强度最低点位于200℃左右。

这里还要讲玻璃的热稳定性，即玻璃保持不破坏能经受的最大温度差，也就是玻璃耐受冷急热的温度差。显著膨胀系数越小，其热稳定性就越好，U型玻璃的Δt约110℃左右，换句话说玻璃加热到350℃时，如果瞬时降至240℃时就会破裂。微晶玻璃因为膨胀系数较高，所以其热稳定性也高。通常急热时，玻璃表面产生压应力不易坏，而急冷时，玻璃表面产生张应力就易坏。玻璃的热稳定性还与玻璃成分、制品厚度、是否淬过火等有关。

18 U型玻璃的耐火性能如何？

答：玻璃本身是不燃材料，但当它作为围护材料时由于火灾



阿祖萨太平洋大学塞斯特罗姆科学中心

城市升降梯

杭州音乐博物馆

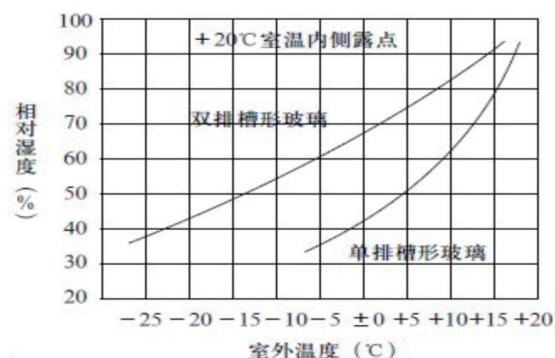
昆山市少年宫

发生时的环境温度高于玻璃的软化点，玻璃围护坍塌，已不能阻挡火势，准确地说防火性能是取决于耐火极限。防火玻璃国家新标准《建筑用安全玻璃》(GB15763.1-2008)将防火玻璃的性能分为A类和C类。其中A类为隔热型防火玻璃，其耐火极限分0.5h, 1.0h, 1.5h, 2.0h, 2.5h, 3.0h六个等级。C类为非隔热型防火玻璃，其防火时间设置了4个等级：0.5h, 1.0h, 2.0h, 3.0h。所谓隔热型防火玻璃是指其耐火性能同时满足耐火完整性和耐火隔热性的玻璃。如果只能满足耐火隔热性的就称非隔热型玻璃。

U型玻璃的耐火极限为0.75h，当不能满足设计时可加贴防火膜或与平板铯钾防火玻璃配合使用。

19 U型玻璃的结露情况如何？

答：在冬季，由于室内外温差较大，玻璃朝向室内的一侧易结冷凝水，用单排和双排U型玻璃做建筑的外围护结构时，U型玻璃结构体冷凝水的形成关系见下图。设计中应提高玻璃的内表面温度，也就是力求增加玻璃的保温性能，才能减少冷凝水的产生或从玻璃下框中引流。



20 使用U型玻璃后窗墙比应如何计算？

答：窗墙比关系到建筑节能，在夏季空调建筑中，空调运行负荷是随着窗墙面积比的增大而增加的。窗墙面积比为50%的房间与窗墙面积比为30%的房间相比，空调运行负荷要增加17%~35%。大面积窗户特别是东西向大面积窗户对空调节能极为不利。如果采取有效的遮阳措施，则情况有所改善。在寒冷地区，窗户的热损失在传统的砖混结构居住建筑中占总耗热量的20%左右，在节能建筑中约占30%~40%。一般而言，窗户的传热系数远大于墙体的传热系数，所以尽管窗户在外围护结构表面中占的比例不如墙面大，但通过窗户的传热损失却有可能接近甚至超过墙体。

建筑设计对窗墙比的要求是根据《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26-95)中的规定：对于窗墙面积比：南向不大于0.35，北向不大于0.25，东、西向不大于0.30。

目前，随着人们对住宅舒适性要求的不断提高，住户越来越偏爱大面积的窗户。开发商考虑住宅市场的需求，住宅窗墙面积比也有加大的趋势，我们注意到某些地方要求南向窗墙比不应大于0.5，东西向为0.33，北向0.3。幕墙、U玻璃的确给窗墙比带来新的课题，对此我们认为：

(1) 应该重新定义窗墙比。从节能角度来看，现有的窗墙面积比概念是不完善的，从窗户的热工性能角度进行重新定义非常有必要，对它们进行有依据的换算有利于建筑设计人员采取恰当的节能措施。

窗墙比的根源在于玻璃。而普通玻璃的传热系数较高，单层6mm玻璃的k值约为 $5.5\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ，因此对窗户的节能必须给予足够的重视。其实提高窗户的热工性能不是无路可寻，近年来双层窗、中空玻璃、真空玻璃、Low-E玻璃等的出现，已经能使玻璃的k值做到 $2\sim 1\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 。那么在这种情况下我们是否可以把窗墙比提高呢？结论应该是肯定的。

(2) 应该进一步认识建筑外墙。墙是建筑的主要围护，传统意义上的墙似乎是能遮风避雨、不透光和具有一定保温性的实材。随着新材料、新技术的出现，这个概念也正逐渐被突破。

表 7

项目	项目	20世纪80年代	现行国家标准
传热系数 k $/\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	外墙	2.00	≤ 1.00
	外窗	6.00	≤ 2.50
	屋顶	1.50	≤ 0.70
遮阳系数 sc		0.8	≤ 0.4

表 8

透明玻璃墙所占面积比	传热系数 $k/\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	遮阳系数 S_{sc} 东、南、西/北
≤ 0.2	≤ 4.7	—
0.2~0.3	≤ 3.5	$\leq 0.55/0.65$
0.3~0.4	≤ 3.0	$\leq 0.50/0.60$
0.4~0.5	≤ 2.8	$\leq 0.45/0.55$
0.6~0.7	≤ 2.5	$\leq 0.40/0.50$

结语

U型玻璃由于具有优异的性能，目前在世界各地得到广泛应用。虽然在国内只有16年的历史，但也已经成功应用在1.4万多个建筑上。相信随着技术的提高，U型玻璃也将会有更广阔的应用前景。AT

更多内容可登陆<http://weibo.com/uglasschina>。



宁波博物馆

深圳欢乐海岸