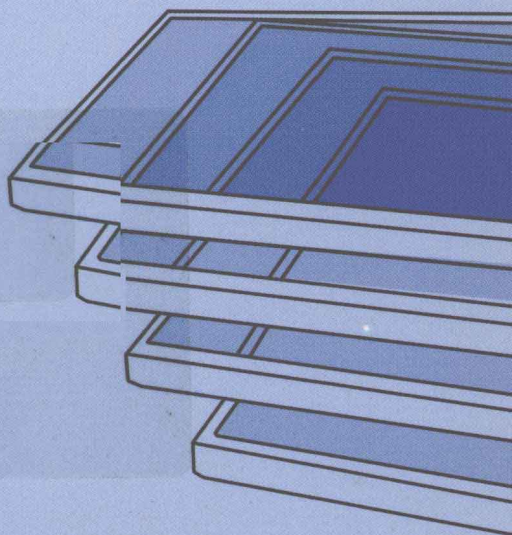


罗忆 马眷荣 刘忠伟
编著

《建筑玻璃应用技术规程》

实施指南

JIANZHUBOLI
YINGYONGJISHUGUICHENG
SHISHIZHINAN



中国建筑工业出版社

《建筑玻璃应用技术规程》实施指南

罗 忆 马眷荣 刘忠伟 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

《建筑玻璃应用技术规程》实施指南/罗忆, 马眷荣, 刘忠伟编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010. 10

ISBN 978-7-112-12485-5

I. ①建… II. ①罗…②马…③刘… III. ①建筑玻璃-技术操作规程-指南 IV. ①TQ172.72-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 187161 号

《建筑玻璃应用技术规程》实施指南

罗 忆 马眷荣 刘忠伟 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 11 $\frac{1}{2}$ 字数: 328 千字

2010 年 11 月第一版 2010 年 11 月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-12485-5
(19774)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书是按照《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113—2009 的章节顺序编写的实施指南，对规程中的各项规定和计算方法逐条进行了解释，并且提供了相关的背景资料，是对《建筑玻璃应用技术规程》的补充和丰富。

本书可以帮助从事幕墙、装饰装修、建筑材料工作的设计、施工和研究人员更加深入地理解及把握《建筑玻璃应用技术规程》，同时也有助于其更加迅速地将规程应用到实际工程中去。

* * *

责任编辑：郭 栋 万 李

责任设计：张 虹

责任校对：王 颖 陈晶晶

目 录

第一章 常用建筑玻璃性能	1
第一节 建筑玻璃的装饰特性	1
第二节 平板玻璃	10
第三节 钢化玻璃	15
第四节 半钢化玻璃	24
第五节 均质钢化玻璃	28
第六节 压花玻璃	29
第七节 磨砂玻璃	32
第八节 贴膜玻璃	33
第九节 釉面玻璃	35
第十节 热弯玻璃	37
第十一节 阳光控制镀膜玻璃	39
第十二节 低辐射玻璃	43
第十三节 着色玻璃	51
第十四节 夹层玻璃	53
第十五节 中空玻璃	59
第十六节 真空玻璃	66
第二章 重要术语	71
第一节 玻璃的力学特性	71
第二节 玻璃中部强度	72
第三节 玻璃边缘强度	73
第四节 玻璃端面强度	73
第五节 建筑玻璃	74
第六节 单片玻璃	74

第七节 有框玻璃	74
第八节 屋面玻璃	75
第九节 地板玻璃	76
第十节 前部余隙	76
第十一节 后部余隙	77
第十二节 边缘间隙	77
第十三节 嵌入深度	77
第十四节 安全玻璃	78
第三章 基本规定	79
第一节 荷载及其效应	79
第二节 设计准则	83
第四章 材料	88
第一节 玻璃强度特征	88
第二节 玻璃强度计算方法	89
第三节 玻璃安装材料	95
第五章 建筑玻璃抗风压设计	121
第一节 风荷载计算	121
第二节 抗风压设计	123
第三节 单片玻璃抗风压设计	129
第四节 夹层玻璃	142
第五节 中空玻璃	145
第六节 真空玻璃	152
第六章 建筑玻璃防热炸裂设计与措施	158
第一节 建筑玻璃热炸裂机理	158
第二节 防热炸裂设计	169
第三节 防热炸裂措施	173
第四节 温差计算	173
第七章 建筑玻璃防人体冲击规定	178
第一节 一般规定	178
第二节 玻璃的选择	181

第三节 保护措施	186
第八章 百叶窗玻璃和屋面玻璃设计	188
第一节 百叶窗玻璃	188
第二节 屋面玻璃	190
第三节 屋面玻璃设计方法与步骤	194
第四节 斜屋顶窗	206
第九章 地板玻璃设计	209
第一节 一般规定	210
第二节 框支承地板玻璃设计计算	216
第三节 四点支承地板玻璃设计计算	224
第十章 水下用玻璃设计	236
第一节 水下用玻璃的性能要求	236
第二节 水下用玻璃的设计计算	238
第十一章 安装	246
第一节 装配尺寸要求	249
第二节 玻璃安装材料的使用	251
第三节 玻璃抗侧移的安装要求	255
第十二章 玻璃门窗和建筑幕墙节能设计	258
第一节 建筑幕墙热工性能的表征	258
第二节 玻璃门窗热工性能计算方法	267
第三节 非透明幕墙热工性能计算方法	294
第四节 双层通道幕墙	300
第五节 公共建筑节能设计标准对幕墙热工 性能的要求	318
第六节 建筑幕墙节能设计	323
第十三章 玻璃结露理论及其计算方法	334
第一节 水蒸气结露基础	334
第二节 建筑玻璃结露点计算方法	336
第十四章 建筑玻璃隔声、防噪设计	339
第一节 隔声、防噪声学基础	339

第二节	单片玻璃的隔声量	341
第三节	中空玻璃的计算方法	347
第四节	夹层玻璃的隔声量	349
第五节	门窗的隔声量	351
第六节	组合墙的实际有效隔声量	353
第七节	建筑玻璃隔声、防噪选择	354

第一章 常用建筑玻璃性能

第一节 建筑玻璃的装饰特性

应用于建筑物上的玻璃统称为建筑玻璃。传统建筑玻璃的主要功能是遮风、避雨、采光，在现代化建筑物上应用的玻璃不仅具有这些功能，同时还具有许多装饰特性，而这些特性则是人们热衷追求的。人们最早制造玻璃是作为装饰品、艺术品，如饰物、摆设，在当时是极为珍贵的。玻璃用于建筑上除了满足建筑物的功能要求外，一直与艺术连在一起。每个建筑物都是一件艺术品，都凝聚着建筑师的创意，再现了建筑师的设计理念，体现了建筑设计师对艺术的崇尚、对美的追求。而建筑玻璃正是实现建筑设计师构想的最好材料，因为没有哪种材料具有像玻璃那样多的性能，如玻璃的透光性、玻璃的透明性、玻璃的半透明性、玻璃的折射性、玻璃的反射性、玻璃的多色性、玻璃的光亮性、玻璃表面图案的多样性、玻璃形状多样性、玻璃安装结构的多样性。不仅如此，玻璃的装饰性能是活性的、是动态的、是充满着生命活力的。它与日光辉映，可使建筑物色彩斑斓、耀眼夺目。它与月光辉映，可使建筑物幽光淡淡、充满神秘色彩。它与灯光辉映，可使建筑物如天上的宫殿，也可使其变得光怪陆离；可使居室祥和、温馨，也可使其冷光悠悠。没有哪种材料具有如此大的魔力，没有哪种材料使建筑设计师如此得心应手。它集色、型、光于一体，可以说，没有建筑玻璃，就没有现代化建筑，它是当代建筑材料的“天之骄子”。

1. 玻璃的透光性

一般说来玻璃是透明的，因此提及玻璃的透光性往往被人们误认为是透明性。其实玻璃的透光性和透明性是不同的两个概

念，透光不一定透明。最早制造的玻璃就仅仅透光而不透明，这是由当时的生产技术和工艺决定的。由于当时熔化玻璃液的温度低，因此在玻璃中存在大量未熔化的颗粒杂质，玻璃中的颗粒杂质造成光线的散射而使玻璃只透光而不透明。同时，当时生产玻璃的工艺是将玻璃液浇铸挤压成玻璃板，因此玻璃板的表面凹凸不平，造成光线的散射，也是造成玻璃板透光不透明的原因之一。今天，现代化技术和工艺生产的玻璃都是纯净透明的，要想生产只透光而不透明的玻璃必须采取特殊的生产工艺，如压延法、磨砂法等。

玻璃的透光性具有极好的装饰效果，应用玻璃的透光性，可使室内的光线柔和、恬静、温暖。室内光线过强会刺激人眼，使人躁动不安。应用玻璃的透光性可消除这些不利因素，同时增加建筑的隐蔽性。例如用压花玻璃装饰卫生间的门和窗，不但阻隔了外界的视线，同时也美化了卫生间的环境。用磨砂玻璃作室内隔断，既节省室内空间，又显得富丽堂皇。用透光玻璃装饰的室内过道窗，透出淡淡的纤细柔光，朦胧中充满神秘感。可以说，现代化建筑正在越来越多地运用玻璃的透光性。

2. 玻璃的透明性

提到玻璃，人们马上联想到透明，正是玻璃将大自然的光芒引进建筑。放眼我们周围的现代化建筑，窗洞越开越大，玻璃门、落地窗，甚至整个墙面都是玻璃的，即玻璃幕墙。建筑装饰玻璃在建筑上的应用量越来越多，正是因为玻璃的透明性，人们得到了光明。正如现代化建筑的开拓者之一——卢·柯尔彼斯所说：“建筑的历史就是为追求光明而艰苦奋斗的历史，是改造窗子的历史。”说的就是玻璃的透明性在现代化建筑中的作用。

另外一个方面，从玻璃的发展史也可看出人们对玻璃透明性的不倦追求。如上所述，人们最早制造的玻璃是只透光而不透明的，原因之一是玻璃的表面非常粗糙，凹凸不平。后来为增加玻

璃的透明性，人们花大力气将玻璃的两表面研磨、抛光，但也只能得到半透光半透明的玻璃，那也曾使人们欣喜若狂，因为它使人们的建筑透明了，它不仅将大自然的光芒引进我们的建筑，也将人们的视线从室内引到室外，展现在人们面前的窗子恢复了真正窗子的含义。随着工业技术的进步，人们又发明了生产玻璃的平拉法、引上法，玻璃已变得越来越纯净、越来越透明，现代化的玻璃浮法生产工艺已将玻璃的透明性达到了极点。在某种意义上可以说，玻璃的发展历史就是追求玻璃纯净、透明的历史。

玻璃的透明性不仅给人们创造出明亮的光环境，还给人们带来了视觉的通透、空间的延伸、建筑内外的融合，使人们有一种身在居室却沐浴在大自然的感觉。这是任何其他建筑材料都无法替代的。

3. 玻璃的半透明性

玻璃的半透明性是指玻璃的单向透明性，即玻璃从一个方向看是透明的，从另外一个方向看是不透明的。无法想象人们曾有意去发明半透明玻璃，应当说它是人们发明热反射镀膜玻璃所产生的自然结果。人们为建筑节能发明了热反射镀膜玻璃，因其镀膜面的反射率较高，一般可达 20%~40%，因此从镀膜面向玻璃观看，仅能看到玻璃面的反射影像，而看不到玻璃后面的透射影像，因为透射影像的光线强度比反射影像的光线强度低很多，即透射影像已隐没在反射影像中。即从镀膜面向玻璃观看，玻璃是不透明的。热反射镀膜玻璃一般是单面镀膜，未镀膜面的反射率与普通玻璃的反射率是相同的，仅为 4% 左右，其未镀膜面反射影像的光线强度比玻璃后面的透射影像的光线强度低，人们看到的主要是玻璃后面的透射影像，即从未镀膜面向玻璃观看玻璃是透明的。

建筑玻璃的半透明性是与热反射镀膜玻璃紧密联系在一起的，而热反射镀膜玻璃应用最广泛的是玻璃幕墙。玻璃的半透明性遮蔽了建筑物外界人们的视线，使外界的人看不见建筑物内部

但建筑物内部的人可以清晰看到外界。这样不仅增加了建筑物的隐蔽性，避免建筑物里的人、物暴露在众目之中，也遮掩了建筑物的结构，如楼梯、楼板、管道、线路等，使得建筑物美丽无暇。

当室外的光线强度低于室内的光线强度时，例如夜晚室内开灯时，室内的景物可清晰透出室外。

4. 玻璃的折射性

在建筑上应用玻璃的折射性是很少见的，但对其应有所认识、有所了解。如果应用玻璃不当，则很容易对建筑物产生负面影响。如今在建筑上应用曲面玻璃已很平常，但如出现下列情况之一将造成玻璃折射光而发生光畸变，从室内向室外看景物失真，造成建筑美的丧失和视觉的不舒适。情况之一：曲面玻璃制作时质量有问题，玻璃没有处于同一曲面上，有凹凸区域，尽管不影响安装和使用，甚至不影响玻璃的强度，但会造成玻璃折射光产生光畸变。情况之二：曲面玻璃是多曲率曲面，也会造成玻璃折射光产生光畸变。因此，在应用曲面玻璃作为窗或幕墙时，应注意玻璃的折射性可能会带来不利的影响。

5. 玻璃的反射性

最初在建筑上应用玻璃反射性是镜面玻璃。人们发现镜面玻璃除了满足人们在生活中照镜子的需求之外，用它装饰室内可产生意想不到的效果，如它给人的视觉带来空间扩展的感觉，可使空间更明亮开阔；与灯光配合，可使室内光线变化多端，形成各种视觉效果。由于镜面玻璃的反射率太高，所以在建筑的外部装饰一直无法使用，而仅能应用于建筑的内装饰，并且其应用场合与应用量受到了极大的限制。

在建筑上大量应用玻璃的反射性始于热反射镀膜玻璃的产生。人们发明热反射镀膜玻璃的目的之一是为了建筑的节能，因其可以降低玻璃的遮阳系数。发明热反射镀膜玻璃的目的之二是为了美观，因为热反射玻璃有各种颜色，如茶色、银白色、银灰色、绿色、蓝色、金色、黄色等。热反射玻璃不仅有

颜色,其反射率也比普通玻璃高,通常为 $10\%\sim 50\%$,因此,热反射玻璃可谓是半透明玻璃。如今热发射玻璃大量地应用于建筑,如建筑门、窗,特别是幕墙,可以说,热反射玻璃在幕墙上的应用是玻璃反射性应用的最高境界。它使得一幢幢大厦色彩斑斓,较高的反射率将建筑物对面的街景反射在建筑物上,可谓景中有景。

在应用玻璃的反射性时应限制在合理的范围,不可盲目地追求高反射率。有些玻璃幕墙的反射率非常高,与其周围的建筑和街景极不协调,使得该建筑物除了本身的光亮耀眼,其他方面的美感已荡然无存。反射率过高,不仅破坏建筑的美与和谐,而且会造成“光污染”。近年来,国内学者在这方面进行了大量研究与讨论,提出了许多批评和建议,有些“光污染”严重的建筑还引起诉讼。解决“光污染”的办法是按照相应的技术法规设计玻璃幕墙,限制“光污染”的泛滥,科学和理智地应用玻璃的反射性。

玻璃的反光性能采用可见反射率表征,它与玻璃的折射率密切相关。建筑玻璃的折射率为1.52,对于普通非镀膜玻璃,它的可见光反射率仅为 8% 左右,是比较低的,因此在日常生活中,人们看到的大多数普通玻璃并没感觉反射光刺眼。也就是说,普通建筑玻璃并没有“光污染”的问题。

“光污染”是一个俗语,并不是技术术语,表征这一特性的技术术语为有害光反射。在阳光控制镀膜玻璃应用的早期,人们对有害光反射认识不够,为增加玻璃幕墙的光亮性,曾经有一段时间将阳光控制镀膜玻璃反射率选择得比较高,造成有些玻璃幕墙建筑有害光反射现象严重,引起建筑物周围人们对建筑物反射光的不舒适,有人据此称之为玻璃幕墙的“光污染”。

就像人们对热反射镀膜玻璃本身的认识需要一个过程一样,对热反射镀膜玻璃的应用也有一个过程。热反射镀膜玻璃发明的早期,人们认为它将室外的热量反射回去,因此称其为热反射镀膜玻璃。但是随着认识的加深,人们认识到,热反射镀膜玻璃仅

能增加太阳光的反射率,不能增加热反射率,它主要是对光的作用而不是对热的作用,如今热反射镀膜玻璃已更名为阳光控制镀膜玻璃。同样,人们在认识到过高的可见光反射率会增加有害光的反射,发生所谓的“光污染”以后,便对玻璃幕墙可见光反射率加以限制。2000 年国家质量监督检验检疫总局发布了国家标准《玻璃幕墙光学性能》GB/T 18091—2000,在这个标准中规定:

(1) 为限制玻璃幕墙的有害光反射,玻璃幕墙应采用反射比不大于 0.30 的幕墙玻璃。

(2) 为减少玻璃幕墙的影像畸变,玻璃幕墙的组装与安装应符合《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102—2003 规定的平直度要求,所选用的玻璃应符合相应的现行国家、行业标准的要求。

(3) 对有采光功能要求的玻璃幕墙,其透光折减系数一般不应低于 0.20。

(4) 在城市主干道、立交桥、高架路两侧的建筑物 20m 以下,其余路段 10m 以下不宜设置玻璃幕墙的部位如使用玻璃幕墙,应采用反射比不大于 0.16 的低反射玻璃;若反射比高于此值,应控制玻璃幕墙的面积或采用其他材料对建筑立面加以分隔。

(5) 居住区内应限制设置玻璃幕墙。

(6) 历史文化名城中划定的历史街区、风景名胜区应慎用玻璃幕墙。

(7) 在 T 形路口正对直线路段处不应设置玻璃幕墙,在十字路口或多路交叉路口不宜设置玻璃幕墙。

(8) 道路两侧玻璃幕墙设计成凹形弧面时应避免反射光进入行人与驾驶员的视场内。凹形弧面玻璃幕墙的设计与设置应控制反射光聚焦点的位置,其幕墙弧面的曲率半径 R_p 一般应大于幕墙至对面建筑物立面的最大距离 R_s ,即 R_p 大于 R_s 。

(9) 南北向玻璃幕墙做成向后倾斜某一角度时,应避免太阳反射光进入行人与驾驶员的视场内,其向后与垂直面的倾角 θ 应

大于 $h/2$ 。当幕墙离地高度大于 36m 时,可不受此限制。 h 为当地夏至正午时的太阳高度角。

在该标准发布后,玻璃幕墙的反光性能进入了规范、量化的阶段,高反射率的玻璃幕墙已很罕见,特别是近几年国家强调建筑节能,阳光控制镀膜玻璃已不能满足建筑节能的需要,目前大型公共建筑主要使用中空 Low-E 玻璃(大型公共建筑是玻璃幕墙应用的主体)。玻璃幕墙的热工性能采用传热系数和遮阳系数两个参数表征,阳光控制镀膜玻璃仅能降低玻璃的遮阳系数,其传热系数与普通非镀膜玻璃基本相同,而采用中空 Low-E 玻璃能极大地降低玻璃的传热系数,同时也能降低遮阳系数,达到满足节能标准的要求。Low-E 玻璃与阳光控制镀膜玻璃的区别之一就是在降低遮阳系数的同时,可见光透射率较高,利于天然采光,可见光反射率一般为 10%~30%,形成非常柔和的反射光效果,已为广大的建筑师所采用。

由此可见,玻璃幕墙的“光污染”问题是曾经在一段时间出现过的个别现象,如今已成为历史。在 Low-E 玻璃大量应用的今天,有国家标准的规范,所谓玻璃幕墙“光污染”已不复存在。

6. 玻璃的多色性

最早制造的玻璃都是带颜色的,因为那时在玻璃中含有大量的有色杂质。如何将玻璃脱色,将其制成纯净透明贯穿整个玻璃制造的历史。就是在今天,这一问题也没有完全解决,如普通浮法玻璃仍然带有淡淡的绿色,原因是玻璃中含有过量的铁元素,继续去除玻璃中的铁元素成本很高,技术很难,目前法国、美国和中国已能生产完全无色的超白玻璃。

尽管普通浮法玻璃带有淡淡的绿色,但作为有色玻璃使用色度不够,只能作为无色玻璃使用。要想应用有色玻璃必须采用特殊的技术和工艺,如本体着色玻璃、镀膜玻璃、彩釉玻璃、彩绘玻璃、贴膜玻璃等。颜色可谓赤、橙、黄、绿、青、蓝、紫,无一不有。如今的建筑多姿多彩、风格各异,玻璃多色性的应用可

谓独占其功。颜色玻璃就好像是画家手中的颜料，任由建筑设计师创造性地应用。现代化的建筑无不充分地发挥玻璃的多色性，如各种颜色的玻璃门、窗、幕墙等，特别是玻璃的多色性在室内装饰上得到了淋漓尽致的发挥，如彩色玻璃隔断、彩色玻璃屏风、彩色玻璃画、彩色玻璃顶棚、彩色玻璃栏杆等。可以说，正是玻璃的多色性将建筑的内外装饰得五彩缤纷、绚丽多彩，正是玻璃的多色性给建筑设计师留下无尽的创造空间。

7. 玻璃的光亮性

浮法玻璃及以浮法玻璃为原片的玻璃深加工产品，如钢化玻璃、夹层玻璃、中空玻璃、镀膜玻璃等，由于浮法玻璃在生产的过程中经历过火抛，因此这些玻璃的表面非常光滑、明亮，甚至接近于光学平面。这里所说的玻璃光亮性不是指玻璃与光线作用时所表现的性质，如玻璃的反射与透射等，而是指玻璃的表面外观给人的视觉效果。玻璃光亮性的装饰特性是光滑、平整、清洁，特别是对于大面积玻璃幕墙，这一点表现得尤为突出。即便是抛光大理石、铝塑板、张拉膜等也无法与玻璃的光亮性相媲美，更不要说普通的石材或混凝土了。整面玻璃幕墙建筑就好像是用水晶加工出来的艺术作品，伫立在街头、湖畔，这些都是玻璃光亮性的表现。如今一幢幢现代化玻璃幕墙如雨后春笋般出现在城市中，玻璃幕墙如此受建筑设计师青睐，玻璃的光亮性起到了重要作用，而这一点在过去评价玻璃的装饰性能时往往是被忽略的，被掩盖在玻璃的反射性或透射性之中了。

8. 玻璃表面图案的多样性

磨砂玻璃、喷砂玻璃，特别是彩绘玻璃，表面图案极为丰富，从简单的几何图形、花草、山水、飞禽走兽，到人物、仕女，可谓应有尽有。玻璃好像是设计师的画板，任其挥洒、任其创作。玻璃表面图案的多样性主要应用于建筑的室内装饰，如隔断、屏风、室内门、室内窗、顶棚、装饰画等。玻璃表面图案的多样性有许多优点，第一，它集玻璃板的应用功能与装

饰效果于一身，已越来越多地被室内装饰所采用。如果说玻璃的其他装饰性能表现了玻璃的光、型、色等特性，玻璃的图案多样性则表现了玻璃的“花”性，它对建筑的装饰效果有画龙点睛的作用。第二，用玻璃进行室内装饰具有环保功能，这是由于玻璃是无机材料，无任何有害气体释放。第三，玻璃表面的图案永远不变，且永远新鲜如初，将其用于室外门、窗，不怕风吹、雨淋、日晒。因为玻璃表面的图案或是刻、磨在玻璃上，或是将彩釉经高温二次烧结在玻璃上，其图案与玻璃具有同样的化学耐久性。

9. 玻璃的形状多样性

玻璃是板材，其平面形状可以是正方形、长方形、三角形、圆形、椭圆形、任意多边形等；其空间形状可以是单曲面、双曲面、球面等；平面形状和空间形状相结合可以产生各种形状。建筑本身是实物艺术，是空间结构艺术，因此玻璃形状的多样性为建筑形状和结构的表现形式提供了灵活多变的手段。

10. 玻璃安装结构的多样性

玻璃的安装结构有许多种，可分为两大类，即有框安装和无框安装。有框安装比较传统，最早是木框，后来发展为钢框、铝合金框、塑钢框等。木框应用历史悠久，其优点是古朴典雅、与人友好，用木框安装可给人以亲切感、温暖感。其缺点之一是木框与玻璃的连接方式比较古老，一般是用油灰，外观不好，强度也较低；其缺点之二是木材强度低，木框一般不能安装大板面、厚玻璃；其缺点之三是木材的耐候性不好，木框寿命较短；其缺点之四是木材是天然材料，资源有限。因此木框大多限于室内的装饰，很少用于室外。继木框之后发明了钢框，钢框的缺点是外观粗糙、气密性差，目前已被铝合金框和塑钢框所代替。铝合金框和塑钢框各有优缺点，铝合金框外观亮丽，耐候性好，无老化现象，但气密性差，导热系数高。塑钢框外观没有铝合金框亮丽，耐候性不好，有老化现象，但气密性好，导热系数低。两者