

建筑幕墙中窗槛墙及影箱的设计运用

The Design of Spandrel and Shadow Box of Curtain Wall

撰文 陆斌 美国佩里·克拉克·佩里建筑事务所

图片版权所有 美国佩里·克拉克·佩里建筑事务所

窗槛墙在英语里称Spandrel，其位置处于上下楼层可视玻璃之间，在建筑外立面上作为连接上下楼层可视玻璃的外墙部分，面积占到15%~30%。随着建筑幕墙的普及和各种新材料的出现，其美学的表现性非常丰富灵活。窗槛墙因其位于分隔上下两层楼板的尽端，覆盖背后的结构构件和吊顶中的管线设备，并需要防止火灾向上蔓延，因此窗槛墙又有一系列的功能和规范要求。本文根据大量欧美经典建筑作品的经验，概述窗槛墙设计中的考虑要素和日益流行的幕墙Shadow Box（影箱）的应用，使建筑师在实践时既满足技术要求，又可以为建筑表现创造出更大的想象空间。

本文中的实例来自于佩里·克拉克·佩里建筑事务所（原西萨佩里建筑事务所）的高层建筑作品，希望通过这些建成的实例介绍如何通过窗槛墙和Shadow Box的设计表达建筑师的设计理念。

面对一个高层建筑项目，当早期设计研究进行到一定阶段，功能关系、建筑形体等主要设计问题得到基本解决后，建筑师往往已经得到了一个或若干个设计概念作为继续发展的基础。此时，根据初期确定的建筑形态，设计师可以借助立面图、三维效果图和模型对表皮进行一系列的扩大研究和判断。对于窗槛墙部分而言，可以

从技术和美学两方面来考虑。

在技术方面，建筑师需要考虑以下因素：

（1）初步确定层高及室内净高、可视玻璃的高度和窗槛墙的高度。由于亚洲通行的幕墙模块宽度往往是1200~1500mm，根据此模数可以初步感受幕墙面的外观效果来考虑幕墙分割比例关系。当建筑师希望设计超尺寸的幕墙模块时，需要谨慎考虑其可行性，大尺度玻璃更厚更重，风荷载更大，需要更大尺寸的檩条；当需要布置可开启窗时，需要插入较小的幕墙模数，但同时也增加了成本。在平面布置上，幕墙的模数需要和其他建筑模数相协调，特别是结构柱网的模数。

（2）确定结构、空调系统、照明、喷淋等机电系统需要的吊顶高度。地面架空层高度的国际标准为150mm，很多设计采用了地面送风方式使一部分吊顶的厚度移到了地面。

（3）根据项目位置和朝向，当遮阳成为一个重要因素时，建筑既可以采用幕墙外悬挑的遮阳构建，也可以采用外墙玻璃上的彩釉图案来控制阳光直射，更有采用双层对流中空幕墙夹控制百页的做法使建筑物更加节能（如后文中介绍的水晶塔）。

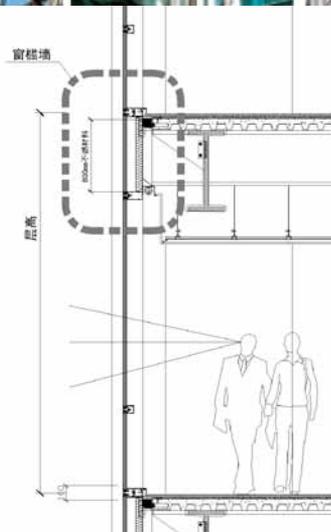
（4）是否能满足800mm的窗槛墙防火宽度要求。



各种幕墙效果



幕墙示意图



一个典型的玻璃幕墙剖面
(此处窗槛墙为影箱式)



彭博大厦的幕墙以横线条图案构成



纽约现代艺术博物馆大厦立面借鉴了现代绘画的灵感



长江中心的幕墙窗槛墙上下各有一条不锈钢装饰构件，且每个幕墙单元由四个不同单元组成



马来西亚双子塔的幕墙采用不锈钢和遮阳构件作为窗槛墙

在建筑美学层面上，建筑师需要考虑以下因素：

(1) 材料：同玻璃幕墙一样，窗槛墙的材料可分为玻璃、金属、石材或复合材料几种。石材的选择往往只限于花岗岩和石灰石，但由于石灰石强度较低，厚度较花岗岩会更大。石材用于超高层建筑时，其锚固措施的要求更高。大理石等石材因强度和非均匀的特性一般不作为幕墙板材使用。材料选择不当所带来的后果非常严重，曾以世界上最高的大理石外墙建筑为荣的芝加哥 Standard Oil Tower（标准石油大厦），高346m，在1990年花费8千万美元才将容易开裂坠落的大理石换成花岗岩。因石材自重太大，增加了主体结构尺寸，更增加了幕墙锚件以及楼板边缘的荷载要求。与此相反的是，金属因自重轻、造价低，带给建筑师更广泛的选择，也常常可以代替石材给建筑带来的厚重感，如马来西亚双子塔和伦敦金丝雀码头商务区的加拿大广场采用的都是不锈钢幕窗槛墙和遮阳构件。

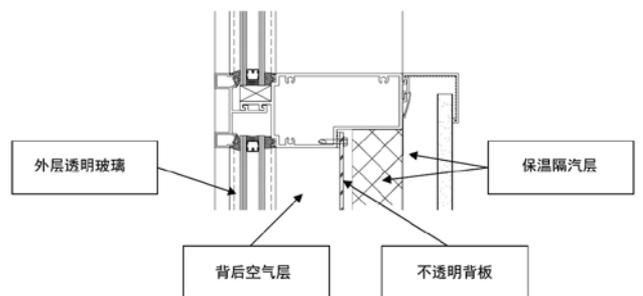
(2) 图案：建筑师根据不同的设计概念，立面的图案可以强调横线条，如位于纽约的彭博大厦。窗槛墙如果采用金属铝板加装饰条和可视玻璃形成对比，此时就要考虑室内的柱子是否会显现出竖线条，而影响甚至削弱原本的设计意图。当幕墙强调竖线条时，需考虑如何处理窗槛墙的幕墙使其不和竖线条冲突。纽约现代艺术博物馆大厦幕墙设计中，将窗槛墙和一般窗作为一个整体考虑，窗槛墙幕墙模块的设计变化使整个立面仿佛一幅现代绘画。

(3) 功能装饰构件：建筑师往往在幕墙表面增加装饰性杆件，以增强高耸挺拔的形象。金属构件多采用弧面使其在阳光下能形成反光而使这些线条更加醒目，这些构件在充当装饰的同时，有时也起遮阳作用。香港长江中心幕墙上精致的不锈钢构件将建筑美学和张力表达得淋漓尽致。为了保证可视玻璃不受影响，这些构件往往布置在窗槛墙位置。

在建筑风格日益简洁纯净的今天，建筑师也在探索建筑表皮的各种可能性，这使得Shadow Box在幕墙设计中的运用日益广泛。Shadow Box在英语中原指由玻璃覆盖的有底板和一定厚度的展示框，在建筑幕墙设计中早已成为一个固定的称谓，是指需要表现通过面层玻璃的视觉深度，又不希望透过玻璃直接看到室内的构造方法。面层玻璃可以采用各种单层玻璃或保温玻璃，也可进行图案处

理，背板可以是铝板、钢板、烧瓷玻璃、镜面玻璃、金属板，甚至是木材，面层和背板间还可以布置灯光。因此Shadow Box的表现力非常丰富。技术上从外到内分别由幕墙玻璃面层、背板层、保温隔热层（同时充当隔火层）、隔汽层、承重构件组成。幕墙的每一个细节元素的设计都是材料构造和美学表达贯穿发展的过程，需要通过很多的技术性研究来保证Shadow Box的安全性、耐候性、耐久性、易维护性和经济性。比如，相比可视玻璃，窗槛墙玻璃的厚度由于其单元面积较小，可以采用厚度较小的玻璃，从而达到相同的平度。但是在寒冷的天气下，内表面容易有凝结水，所以采用保温玻璃并加强室内隔汽层的密封就能减轻这种现象。Shadow Box的内腔可以和室外大气密封或连通，密封型更容易维护，连通型容易引入灰尘且材料表面有可能钙化，但密闭型在温度变化下空腔压力非常大，制作时需要有非常好的质量控制。Shadow Box的面板和背板在阳光直射下产生温度应力，其与幕墙檩条的连接需要考虑这种形变，防止玻璃碎裂和背板产生“枕头形变”。背板表面的喷涂也需要抵抗紫外线的照射、温湿度变化，并具有足够的热稳定性。因此，Shadow Box因其复杂性需要咨询专业幕墙顾问帮助设计合适的构造和选择适宜的材料。

Shadow Box 面层玻璃和背板的距离常决定其最终表现效果，但也受到其后保温隔热层的厚度、幕墙单元的厚度等因素的制约。建筑师为了更好的视觉效果往往倾向于更大的深度，但最终尺寸取决于各专业顾问协调后的结果。一般来说，深度在70~80mm之间。



影箱的基本构成

实例1：水晶塔

这座西班牙的最高建筑，设计通过棱角分明的水晶体般的雕塑感传达现代金融区的精神，其玻璃幕墙融入了最先进的节能设计，建筑能耗达到欧洲最高的A级节能认证。

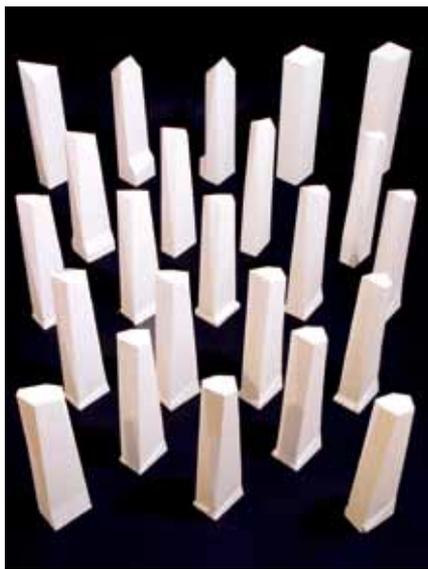
在方案设计阶段，建筑师利用建筑模型和三维效果图进行了大量的形体研究。在这个阶段，主要需要解决的问题是建筑形式以及表皮初步方案。针对该项目的水晶体概念，幕墙线条外尺寸需要尽量小，幕墙玻璃需要有足够的反射，并且可视部分和Shadow Box的视觉感受要尽可能一致。项目的概念不适合采用任何室外遮阳板，因而使得幕墙的节能设计集中在幕墙本身。幕墙系统采用了保温玻璃、Low-e镀膜、中空夹遮阳百叶，以及幕墙中空对流和空调系统相结合的节能设计方法。

在设计发展阶段，建筑师可以借助于更小比例的模型，如1:20的模型来更加深入地研究幕墙的各个设计细节。模型的各个构件可方便更换，试验各种材料和构件尺寸。在这个阶段，往往各构件的外观尺寸能初步确定，为下一步结构性能计算提出建筑上的要求。在施工阶段，幕墙工程招标结束后，幕墙顾问会选择建筑的一

个部分，要求幕墙承包商按投标文件制作一个实体样本进行风雨测试，建筑师也会要求一个实体样本帮助其判断所选择的各个幕墙部分的材料是否达到设计预期。

在实施阶段，设计团队往往投入大量的时间反复比较研究各种不同的镀膜玻璃和窗槛墙背板，以期达到预期效果。此时，建筑师面临着重要的选择，从几十种幕墙玻璃和背板组合中选择用于耗资巨大的实体模型，因此来自于以往成功作品的经验此时就起了至关重要的作用。建筑师同时需要考虑项目的地理位置和场地环境，充分研究场地的光环境和不同视点的效果。实体模型建成后，建筑师抓住最后的机会去调整更换材料的细节，比如玻璃的镀层颜色、反射率等参数、微调Shadow Box背板的颜色等。

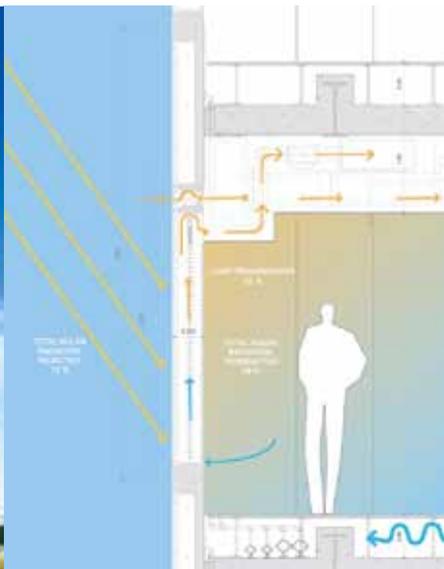
以下几张照片讲述了建筑师如何通过实体模型推敲幕墙材料的选择过程。在这里，幕墙表现的是水晶体般的整体效果，幕墙玻璃由较低反射率调整到高反射率，Shadow Box的背板颜色由浅灰调整到更深的灰色。最后建成后的效果充分表现了设计师将建筑塑造成一块巨大水晶体的设计概念。



水晶塔设计初期的研究模型



电脑效果图表现设计概念



幕墙剖面示意图



幕墙研究模型



实体模型（调整前）



实体模型（调整后）



建成照片



海洋金融中心幕墙实体模型的灯光效果



玻璃幕墙实体模型（白天）



玻璃幕墙实体模型（夜景）

实例2：新加坡海洋金融中心

建筑帆形的概念表现新加坡航海的传统，幕墙设计强调横线条，意图强化建筑弧线的外形特点。该项目幕墙设计除了采用高性能的节能玻璃外，融合灯光设计的Shadow Box也是一大特点。

Shadow Box 由于没有开窗要求，方便与背面电器设备连接就成为建筑灯光设计的理想位置。将灯光融入到Shadow Box中早已是商业建筑普遍的做法，也就是我们俗称的灯箱。在Shadow Box幕墙设计中，LED灯具可以安装在幕墙檩条上、窗槛墙外墙或Shadow Box内，发光方式也有直接发光、反射发光和多种混合方式，如新加坡海洋金融中心所采用的就是直接和间接并存的混合方式。LED灯具作为直接发光光源，Shadow Box空腔内布置有向上发射的灯具，作为间接发光源。当面层玻璃和背板都具有图案并结

合一定的灯光设计后，从近距离观看Shadow Box极具表现力，可以参看Louis Vuitton的店面灯箱设计。

Shadow Box设计和前例不同，海洋中心的幕墙玻璃强调对比的关系，从而强调横线条的突出。与采用金属的窗槛墙相比，海洋中心采用了更加柔和的Shadow Box，又为灯光设计提供了更多的表现方式。Shadow Box的面层玻璃有白色烧釉图案，在控制视觉深度的同时在近距离也能表现出充分的细节设计。

幕墙代表了建筑业科技含量最高的一个部分，而窗槛墙的设计作为幕墙设计的一部分越来越成为建筑师创作的重要组成部分。一个成功的作品，往往通过无数的比较研究以及团队的努力才得以实现。只有充分掌握其原理，建筑师才能轻松步入更大的创作空间。



作者简介

陆斌，美国佩里·克拉克·佩里建筑事务所（原西萨佩里建筑事务所）建筑师。美国注册建筑师，美国建筑协会会员，英国皇家建筑协会会员，LEED BD+C。