

玻璃幕墙设计与施工

王铁夫 编译

中国建筑科学研究院科技干部培训中心

一九九四年十月

玻璃幕墙设计与施工

王铁夫 编 译

中国建筑科学研究院科技干部培训中心

一九九四年十月

前 言

北京市建筑设计院王铁夫高级工程师,是玻璃幕建筑的设计专家,对幕墙设计有较丰富经验,并且善于收集与总结玻璃幕墙设计与构造方面的国内外资料与经验。该同志为支持我国正在编制的《玻璃幕墙工程技术规范》工作,曾毫无保留的将这份玻璃幕墙工程设计与施工总结性资料稿件先交给我们参考。我们读后感到这是一本比较全面的玻璃幕墙工程设计与施工总结性材料,涉及到幕墙特点、幕墙分类、幕墙的设计关系、幕墙的安装与构造、幕墙的露水凝结、幕墙的隔声及声防止、幕墙的热线吸收及热断裂、设计实例、幕墙的更新改造设计等,可以说内容十分丰富,是当前幕墙设计、施工上急需,而又难得的一件宝贵材料。我在这里向王铁夫同志给予玻璃幕墙工程技术规范编制工作的帮助深表谢意,对出版这册有价值的幕墙设计与施工总结性资料表示祝贺与敬意,并且必将对提高我国幕墙设计与施工水平做出积极贡献。

中国建筑科学研究院常务付总工程师

李明顺

1994. 10. 6

前 言

玻璃幕墙(以下简称幕墙)有其它建筑材料不可比拟的特点。因而在世界各国发展得很快,在我国近年来发展得也很快,以后将会得到更快,更好的发展。它不仅用于新建,而可以进行旧建筑的改建,不仅广泛用在民用、商业的建筑物上;而可以用在大型公共建筑与工业建筑上。目前我国各地陆续建成如北京的长城饭店、京广大厦、国贸中心、天平大厦。西安的金花饭店、上海的联谊大厦、华亭饭店,广州的出口商品交易会大楼,上海淮海大厦,上海国贸购物中心、内贸商场,上海外贸谈判大楼,上海广播电视国际新闻中心,天津河川大厦,厦门国贸大厦,深圳金田大厦,北京港澳中心,北京发展大厦,广州电讯局,中山县的富豪大酒店,正在改建的深圳火车站,……。这些建筑一致受到各界的好评。但国内设计和构造资料很少,国外资料也很零乱,但有关这些资料又多散落在各种书籍、期刊和样本之中,缺乏系统的专著及整理,为便于设计人员的查阅,特编译成此资料。幕墙内容较多,又发展很快,远非这本资料所能包括,这里仅就目前设计中最常遇到的问题,加以叙述。

目前我国正在这方面制定国家的标准、规范及规程,估计很快会形成我国的幕墙建筑系列标准。由于我国幅员广大,有东、西北的高寒风沙区,又有西南湿热区,又有香港→温州上海一带的台风区,国家系列标准是要经过多方考虑实践方可调整制定,本资料可供在国家规范规程、标准拟定前的参考资料,可配合规程供设计人员初设,设计计算的参考资料。

最后给出“凯莱大酒店”工程设计实例,供设计人参考:(选型、谈判、考察、设计计算、产品试验……等方面)。

最后附录给出日本幕墙的建筑实录(建筑幕墙的立面及其节点大样)供研究设计、施工参考。

目 录

前言

(一)幕墙的特点

(二)幕墙的分类

①外幕墙

A 外框外露系列

B 隐型系列

C 全玻系列

②内幕墙

A 科技尖端功能用房幕墙

B 其它功能用房幕墙

C 特殊功能用房幕墙

(三)幕墙的设计计算

①铝型材特性及其性能指标

②铝型材孔型设计

铝型材标准孔型图

③铝型材材料强度的计算

④幕墙荷重的决定

A 外幕墙

B 内幕墙

⑤铝型材强度的计算

A 竖框(企柱)

B 上下档

⑥玻璃的性能

⑦玻璃的种类及其应用

A B C D E F...种等

⑧玻璃的计算

A 经验统计公式

B 快速面积法

C 快速厚度法

D 玻璃其它用途计算

E 玻璃的碰击和撞击强度评价

F 加肋玻璃计算

G 隐性玻璃计算

⑨密封胶的作用及种类

- A 密封胶材料所须具备的性能
- B 密封材料的种类
- C 密封胶接缝变形的特征
- D 密封材料的设计伸缝及剪切滑移率

⑩密封胶的设计、计算

- A 隐性系列结构密封胶设计计算
- B 加肋系列结构密封胶设计计算

(四)幕墙的安装与构造

①幕墙构造标准图

②幕墙安装标准图

- A 框体的安装
- B 玻璃的安装

③隐性玻璃的安装

④肋玻璃的安装

⑤幕墙的防水装置

(五)幕墙的露水凝结

(六)幕墙的隔声及声防止

(七)幕墙的热线吸收热断裂

①玻璃的热线吸收

②玻璃的热断裂

(八)设计实例

●凯莱大酒店幕墙设计

各处幕墙大样

①幕墙结构设计

②幕墙结构试验

③幕墙的技术条件

●上海新锦江大酒楼肋玻璃墙设计

(九)幕墙的更新改造设计

(十)参考资料

附录

附录(1) 幕墙的维修基本须知

附录(2) 弧形玻璃幕墙设计施工方法

附录(3) 大堂及大堂外雨罩做法

附录(4) 日本标准孔型幕墙固定窗,中旋窗,上转窗,各种构造大样

附录(5) 日本幕墙建筑实录

(一) 幕墙的特点

· 幕墙早在 100 年前已在建筑工程上使用,当时由于材质(型材只限于普通钢材组焊而成,一般玻璃、密封用油灰及一般橡胶制品)及加工工艺(型钢种类少,一般组焊、材料加工孔型不合理……)的原因,解决不了做为幕墙要求的水密性,气密性及外界各种物理因素(风力、台风、撞击、温度收缩、膨胀应力……)热物理因素(热幅射,吸收,结露……)以及防声性,隔音地震,防火等性能,而且寿命很短又不美观,因而一直得不到很好地发展和推广。近 30 年来,由于先进材料及加工工艺的迅速地发展(铝型材,挤出机……),各种类型的玻璃研制成功(浮法平板玻璃,磨光,加丝玻璃,钢化玻璃,夹层玻璃,双层玻璃,金属镀膜玻璃……)以及各种密封胶的发明(如硅酮密封胶 Silicone,延伸率 50%,寿命 30 年……)其它隔音防火填充料的出现等……一并解决了以上所列幕墙要求的各项指标(强度,水密,气密,热物理,防火,防声,……)从而使它飞快的发展,成为全球性的建筑新潮流。不但广泛用于各种建筑物的外幕墙,而且逐渐地推广应用到各种功能房间、大型电子机房、通讯机房、电视演播室、航空港、体育馆、博物馆、大饭店、大型商店……等的内幕墙内。

幕墙所以能在很快的时间内在建筑的各个领域内得到应用和推广,因为它有任何其它材料无法比拟的独特作用和特点:

①产生的建筑艺术效果其它建筑材料比不了:它打破了传统的墙与窗户的界限,巧妙地把它们混为一体,它活像一个立体镜子,能将周围的景物随四季变化,早晚的变化、天空的阴晴,光线的明暗,街上活动的景物不断变化而复新,美丽壮观,人称它是时间→空间无动力变化的世界。这种独特的艺术效果与周围环境的有机融合,避免了高大建筑那种深沉压抑感,给人们心理上压抑之感。特别是街道窄,两旁建筑物高而更甚。它还使建筑物雄伟豪华典雅大方。而人们在建筑物里面工作、生活更有视野宽广,内外景色融为一体之感。

幕墙还可以与大理石墙面,各种面砖墙面,铝合金挂板墙面,GRC 水泥浆玻璃纤维挂板墙面……等组合设计,使得建筑物立面更加丰富多彩,建筑师大都喜欢采用,如北京的王朝天伦饭店,艺苑皇冠假日酒店,王府饭店……等。

②体轻($35\sim 50\text{kg}/\text{m}^2$),它是砖墙粉刷的 $1/10\sim 1/12$ (24 墙 52436 墙为 760),是大理石墙面($600\sim 800$)的 $1/15$,是混凝土挂板的 $1/5\sim 1/7$ 。一般建筑物外墙及内墙重量约为建筑物总重的 $1/5$,而高层及超高层约为 $1/4\sim 1/5$,由于幕墙大大减轻建筑物重量,对地震力大量减少,有很多好处,(尤其层数越多越经济)。

③选材简单、施工简单:由于它是铝型材及玻璃制成,所以用材单一,规格标准可工业化,材料均匀度好,施工简单无湿作业,操作工序少,因而施工快。

④更换性强,施工维护简单:建筑物外墙常年使用损坏更换性快,材料均匀,维修简单。

⑤可改造性强,由于它材料单一,质轻,因而旧建筑物改换新立面非常方便又快,特别是地震加固后的建筑立面改幕墙更有它的特点(后面专门论述),内幕墙与玻璃幕墙代替其它材料隔墙及隔断更有实际实用意义。

⑥价格便宜:价格是从各方面权衡:由于质轻,减少地震力使结构梁、板、柱,基础费用大大减少,由于材料单一,而可标准工业化,所以加工快,无湿作业,工序单一,质轻省劳动力。常年维护费用少。所以比较其它材料运输费用少等……权衡起来还是较便宜的。

⑦运输、仓库保管简单,费用少,尤其大型建筑物,铝型材及玻璃制品,可按施工程序及需要,按

专用集装箱由工厂按类型编号按需要时间拉到工地,集箱既做临时仓库用转,这样避免多次搬运,增加费用,增多质量等外品的缺点,而可使工地施工科学化。损耗小。

⑧使建筑结构本身由于温度变化而产生的附加应力减少,由于建筑物的垂直与水平方向,幕墙采用了伸缩性很大的硅酮胶(silicone)柔性连接,再则幕墙比其它材料本身柔性大,而大大地减小了由于温度变化对结构产生的温度应力。

⑨由于幕墙轻而地震力大大减少,由于它之间的联结,它与主体结构的联结均为柔性连接,它使主结构有阻尼作用而减少地震力的作用,反过来地震力在主结构上作用,由于柔性联结关系减少了幕墙本身的变形,因此它不像其它刚性联结的外墙,砼等刚度大的墙体与挂板,地震反损坏严重,不好修复,有的全换工程量大,造价高、工期长。一般玻璃幕墙震害后,少加修复即可应用。

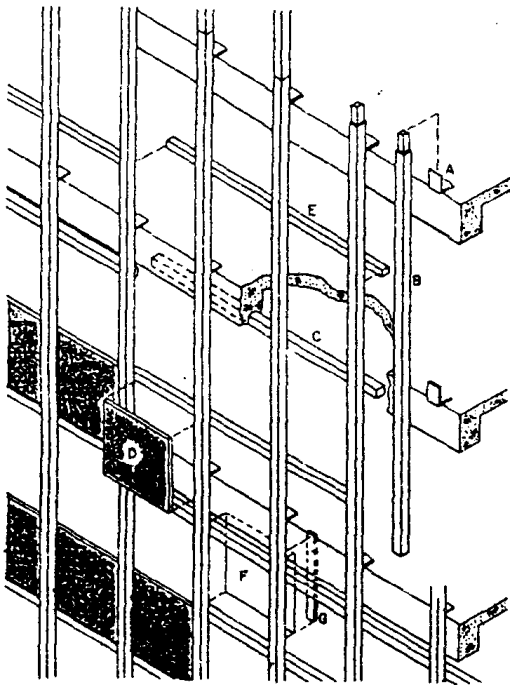
(二) 幕墙的分类

《幕墙》从字面上解释：“幕”即为有盖在上面挂着的意思，“墙”即为屏障，可阻挡外界风、雨、雹、温度变化，声音的作用，总的说来它是挂着的屏障的意思，其作用与位置而可分为：

①外幕墙：

A 外框外露系列：

●粘贴型：其竖框(称企柱 Mullion)垂直地单独安装在建筑的上、下层楼板上，然后再组装上下楼档，再安装玻璃，层间窗间填充防火，隔音材料。此种幕墙的竖框及横档可根据建筑物的性质设计很长很大，它是幕墙中主要类型，用途广泛，制造简单，单体运输方便，安装现场进行，尺寸可现场调整。



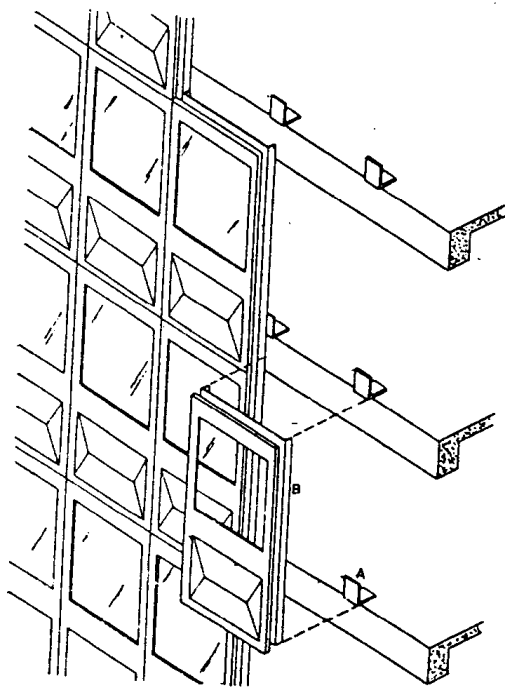
图中：

- A 为配件(p)，它是联结幕墙立柱与主体结构(楼板)并调整尺寸的部件
- B 为幕墙的立柱
- C 为上档
- E 为下档
- D 为不见光部分(可用与见光部的玻璃加保温防火材料，也可用其它建筑材料做成的复合板)
- F 为见光部分玻璃，一般用中空玻璃，其组成种类很多，此部分可详第三章“幕墙的设计与计示”有关各种中空玻璃的介绍

(图 2—1) 粘贴型幕墙

粘贴型幕墙一般竖框间距在 $0.9\text{m} \sim 1.6\text{m}$ 为最经济，最美观，若在 0.9 以下显得建筑立面大碎而不大方，若大于 1.6m 以上，玻璃尺寸大，厚度厚，安装不方便。(以下图表均控制在 $0.9\text{m} \sim 1.6\text{m}$ 以内即是此道理)。

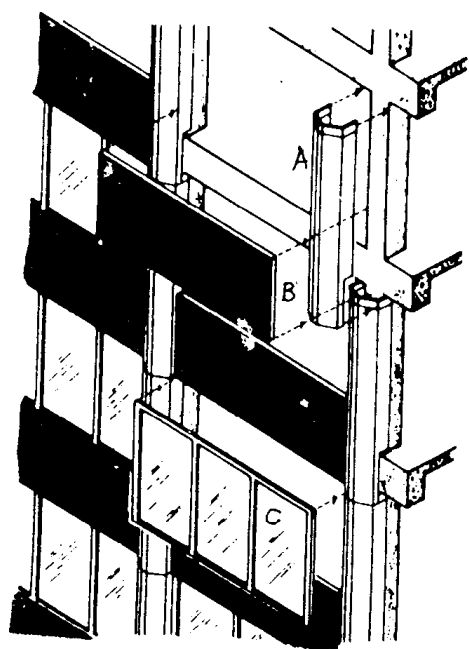
●单体组合型：由工厂预先装好一些大框架单体组合而成。有时框架上还可预装好混凝土层的覆盖板或玻璃。每个单体的竖框垂直边对扣连接，下一个的顶与上一个的底横框也水平对齐连接，下一个的顶与上一个的底横框也水平对齐连接。每个单体可能是一层，二层，甚至是三层楼那样高。此类型安装周期较短，建筑物很快封闭，只需要很少的安装工人及设备。但它要求有很大的车间制造与装配，且体积大运费高，工地也要求很大的仓库及场地，制造配装质量要求高，对建筑结构本身，要求尺寸、埋件精度均高，对安装工艺、工厂及工地管理水平要求也高。



- A 为配件(调整安装用)
- B 为预先装配好的框体单元

(图 2-2)单体组合型幕墙

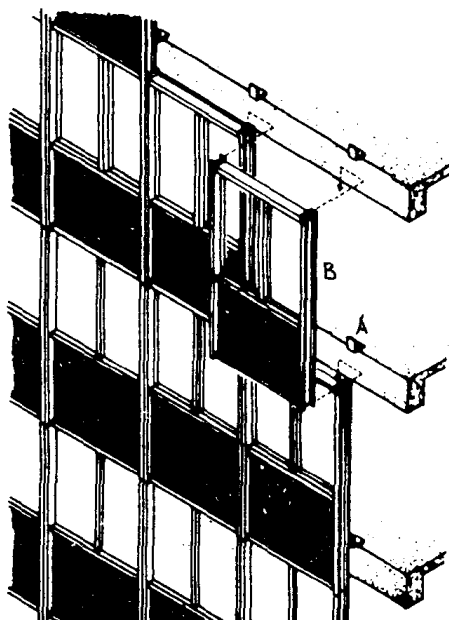
●单体和竖框组合型：这种型式是综合了上述两种型式的特点设计的，首先是安装独立的竖框，然后把工厂予制好的框架单位装在每二个竖框之间，这些单体可以比较高，可以是不透明的隔板单体，也可以是透明的玻璃单位。此种型式的竖框的断面往往比较粗大而深，以便把予制好的单体拼装上去。此种型式要求竖框安装精度高，以免单位安装时出现麻烦，再则此种型式用料较大，实不经济，它只有在大型体育场、馆、层高特别大时采用，因主竖框安完后，单体完装是相当快的(也用在大型工厂的墙面上)。



- A 为配件(调整安装用)
- B 为竖柱(可为单层或两层长)
- C 为预先装好的框体单元装在两竖柱之间
- D 为安装固定扣件

(图 2-3)单体和竖框组合型幕墙

- 覆盖板型：是一种模仿单体组合型的设计，它的不同点是覆盖板不用预先装好单体的框架，但也要预制好同予制框架同类型的覆盖板或冲压成型的板材，在日本建材玻璃部门现研制的 GRC(Glass Fiber Reinforced Cement)是水泥浆与玻璃纤维复合体的总称(即耐碱性玻璃纤维钢化水泥)，它强度高，质轻，又薄，表面可呈各种型，完全不燃烧，其外观效果，犹如大理石，犹如面砖。做这种板型，尤为大方实用。覆盖板直接装在上下层楼板上，玻璃再装到板材上，或全用板材不用玻璃。此类型多用于大型建筑或标准设计的建筑物上，因覆盖板往往需辊压轧制或冲压成型，开模费用较大。(多用于标准建筑上)

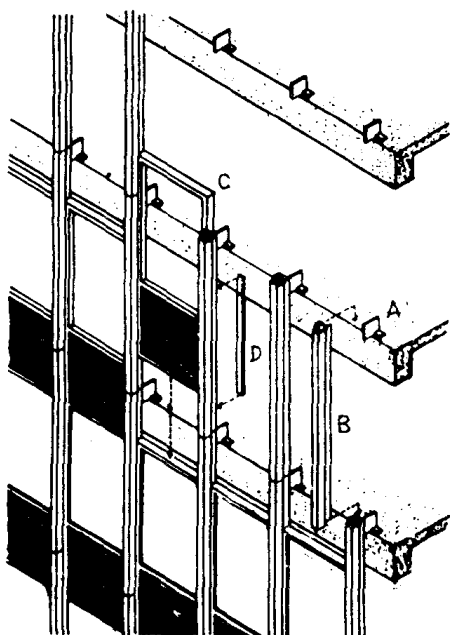


A 为安装配件

B 为覆盖板

(图 2—4)覆盖板型幕墙

- 纵行覆盖与带横向覆盖板型：这是近代由以上四种型式发展的较新颖的设计。目前逐渐开始推广。普及，但要保证有足够的系列设计才便于推广。这种型式是由纵行覆盖的预制好的型板和两纵行型板之间有一系列较长的横向覆盖板或预制有玻璃的框架单体，这种型式同上述四种的区别是突出了建筑物的外观设计，很清楚地显示了建筑物的框架结构，由于每座建筑物的纵行距离和每层的距离变化较大，所以这种类型型式的幕墙必然限制了建筑外型。



A 为柱扣件

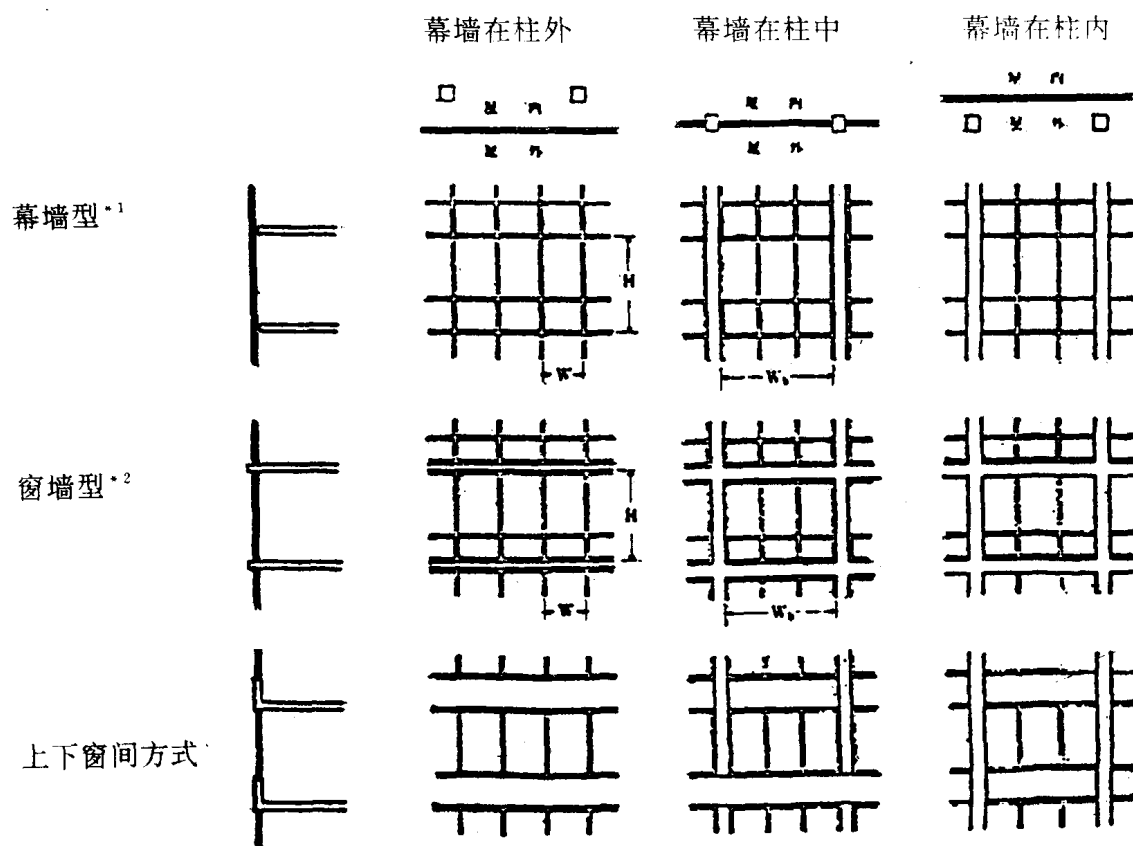
B 窗上下裙板(可用玻璃,也可用其它材料)

C 玻璃框组装单体

(图 2—5)纵行覆盖与带横向覆盖板型幕墙

●外幕墙由于它所处于建筑结构的位置不同又可分为：

(图 2—6)



- ※₁ 幕墙型(幕墙方式):是一种安装在楼板或梁外侧的一种方式
- ※₂ 窗墙型(窗墙方式):是种镶在楼板或梁与楼板或梁与梁之间的一种方式
- ※₃ 上下窗间方式(覆盖方式):是将结构或墙体表面分别盖在上下层窗空间、柱、窗框的一种方式。

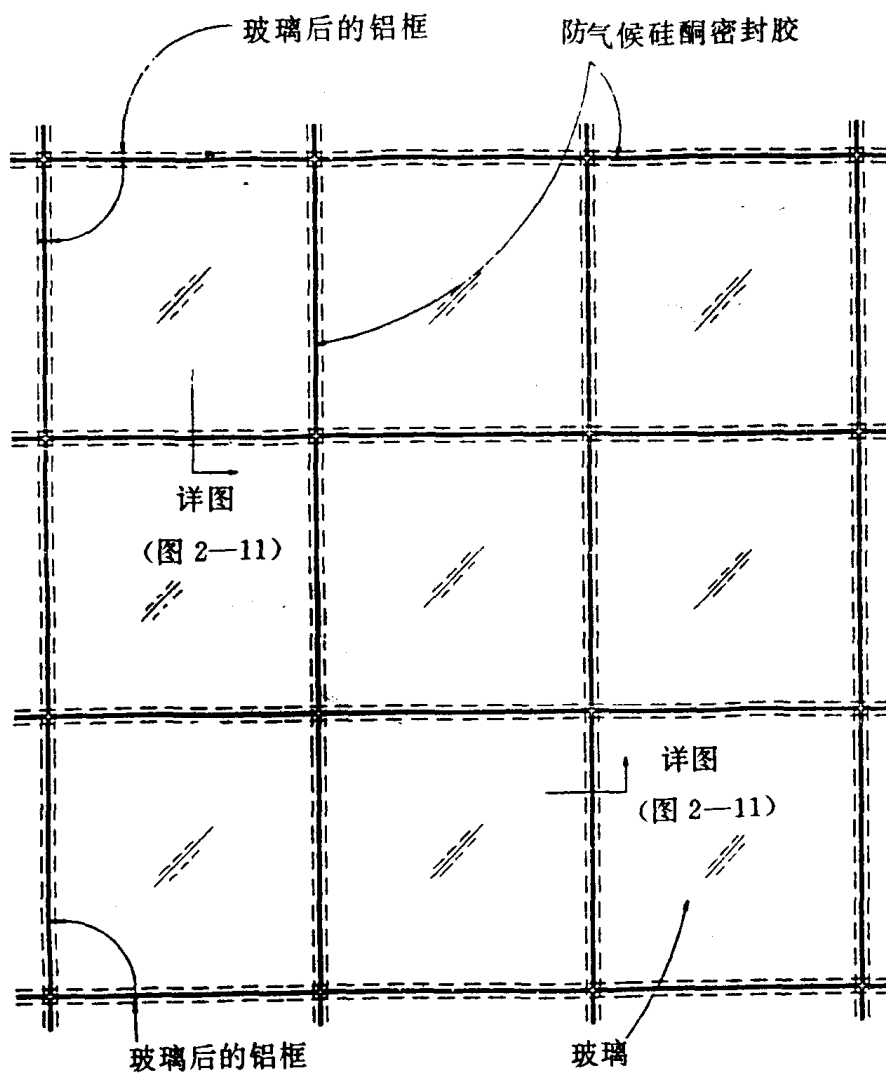
B 隐形系列:

▲全隐型(四边体系、全玻形幕墙体系)

该系统的四边均使用结构密封胶来提供结构的护持力不使用机械扣件(或嵌板)来固定玻璃(图 2—7),有时为了预防万一粘结了出现下降的情况发生,可设计一些小的金属护持装置来提供一定程度的机械支持力(图 2—8),这样的系统可在标准设计中应用,也可在个体设计中应用,且可发展进一步在有特殊要求的工程设计用。

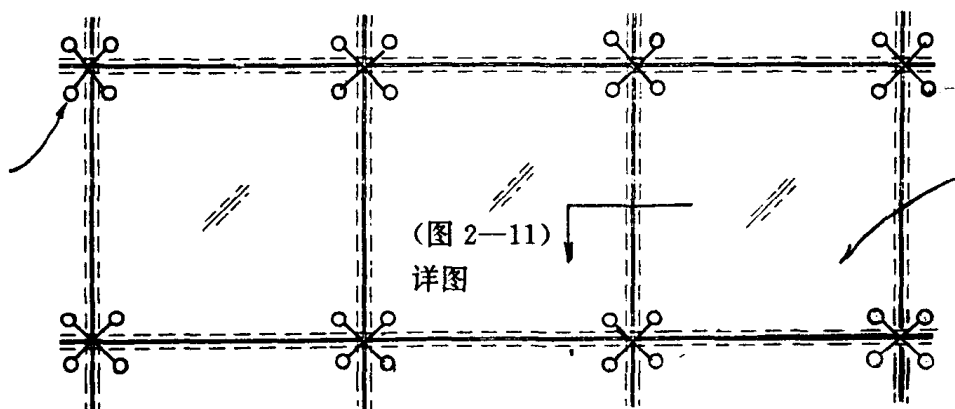
全隐性幕墙立面

(图 2-7)



全隐性带金属小扣件幕墙

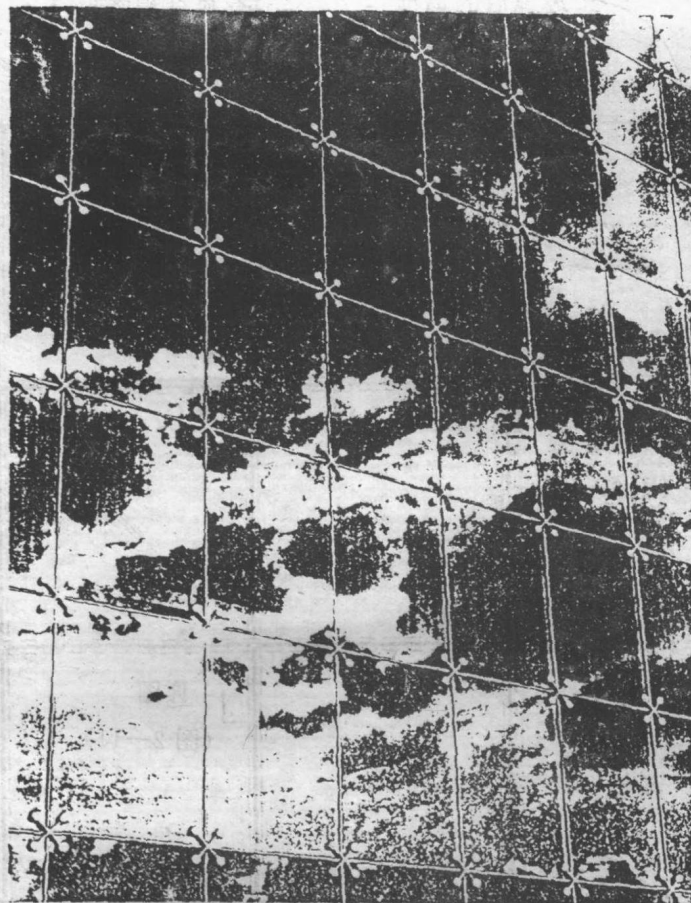
(图 2-8)



四角用小扣件安全加强的做法一般是在建筑上对玻璃分块要求较大的情况、(如下图)、建筑

四角加小扣件图

(图 2—9)



艺术上要求、结构上要求安全、但隐性幕墙上最好少用或不用,因为幕墙玻璃四角加工园孔对玻璃内在来说将有损伤,再则根据玻璃的特点玻璃经过切割,应力要大大减低(一般降底 25%~30%),而玻璃角上是两个边缘的交会处,更是低应力区,若再开园孔就更减弱了角点的强度。当交叉小扣件安装完后,遇有大风或地震时,根据硬软分配的原则,软硬结合的结点(扣件与硅胶结合),开始先受力是硬者(即小扣件),过后扣件与胶再共同受力。这样玻璃四角首先开裂的可能性很大。再者加了扣件后,幕墙受地震力或热运动后它的随动性将减小,抗偏转将受到扣件的限制,也将首先四角断裂,故应尽量避免使用扣件。

该系统在建筑物表面没有明显的金属部分(即内竖柱和上下横档均不外露),而且玻璃上下左右结合部位尺寸也相当窄小,因而产生全玻的艺术效果。因没有暴露金属部分且各部分全密封,所以它是各种玻璃幕墙中最无能量效果的一种,当然由于玻璃的附着力全部来自结构密封胶的粘结度,其危险性比双边幕墙(两边体系,半玻形幕墙体系)系统相对的高。因为没有外露的金属框架的限制、更没有金属框体的限制、玻璃内没有蓄积的热膨张力,不像有边框的玻璃在中央部产生高温在边框部产生低温而形拉成应力(以后玻璃在热吸收,热断裂章节内详叙)、且玻璃所受的水平压力和自重力也更均匀地传给所有支持的框架、因而被该系统分散了,这样:玻璃局部受压破损的可能

性也大大的降低了。

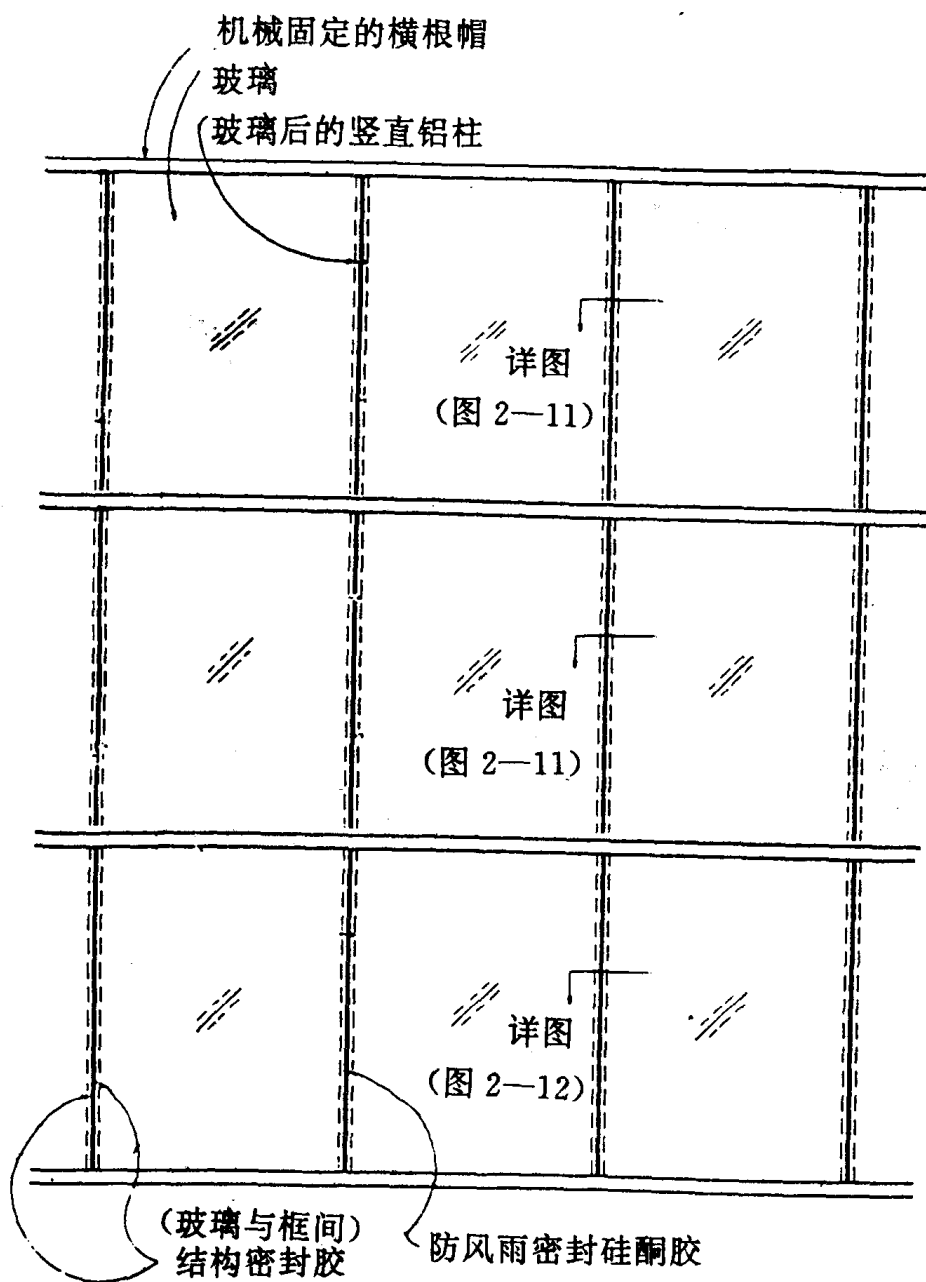
隐性幕墙(全隐性,半隐型)一般用在低层建筑或大型公共建筑的商业性立面上,它豪华与灯光和霓虹灯配合,更加壮观、所以一般用在商业性交易会上,大型展览会上,若在一般建筑上选用,建筑师应慎重考虑,因为此类型幕墙设计,材料、安装均要求高,而且危险性也大,这方法墙幕墙安装章节。

●半隐型(双边体系,半玻形幕墙体系):

该系统利用结构硅酮胶为玻璃相对的两边提供结构的支持力,另外两边(或垂直边,或水平边)则用常规的机械性扣件的幕墙扣件(不锈钢的,合金铝的,特种硬质塑料等)进行固定(图 2—10)无

半隐性幕墙立面

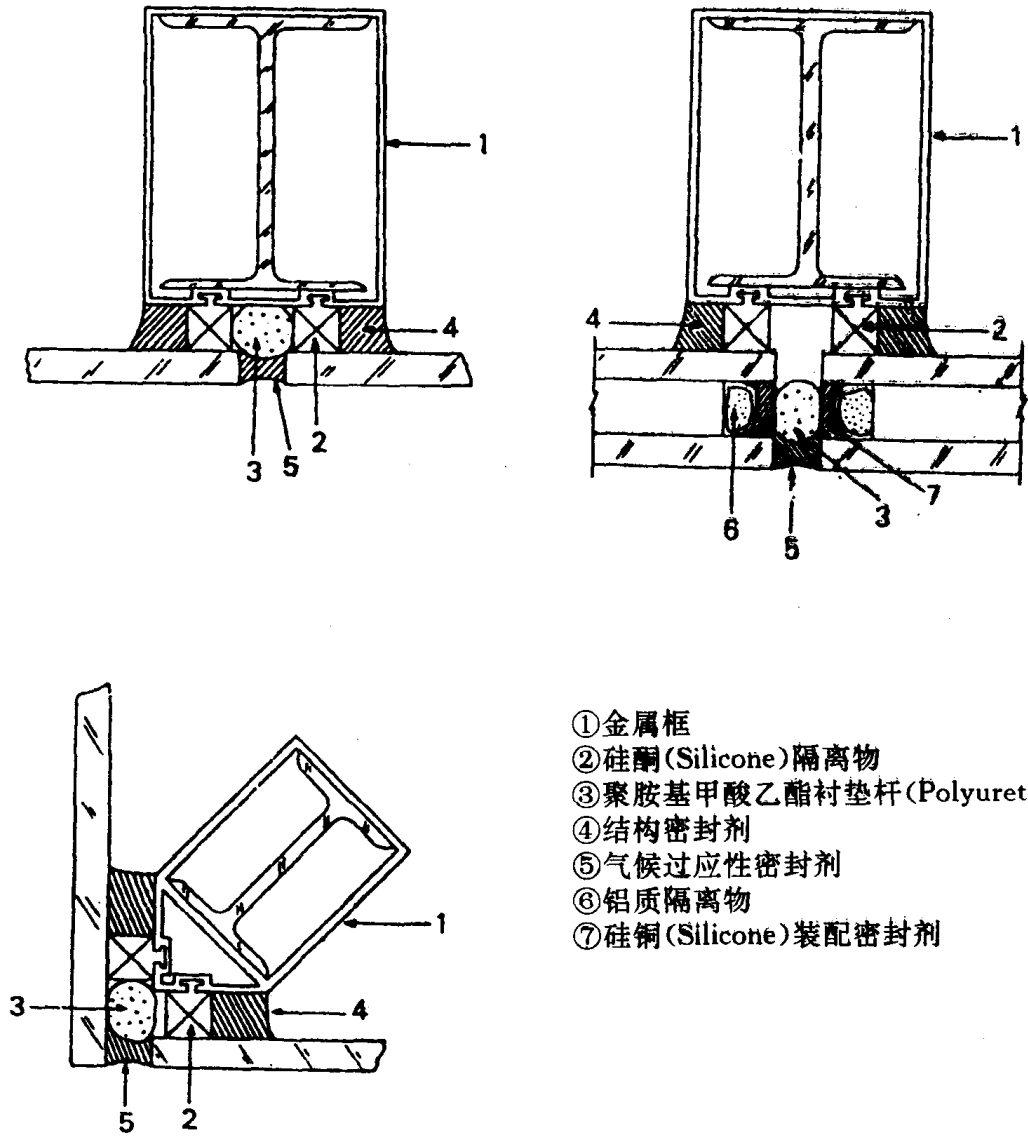
(图 2—10)



论从内部或外部安装玻璃,施工者必须遵守设计标准及规程,如果外露金属档条做为玻璃界限而提供有力的水平支持,那么其垂直边常常用结构密封胶支护在玻璃的垂直边,这样效果也可用在垂直向设计方面,即水平位置用结构密封胶,垂直位置用外露扣件(不锈钢、铝合金硬质塑料等)扣合。这种体系都有两边各有一个机械扣件的幕墙,相对于不用扣件的全隐性幕墙,它的危险性要少的多。

隐性(半隐性)幕墙布点

(图 2—11)



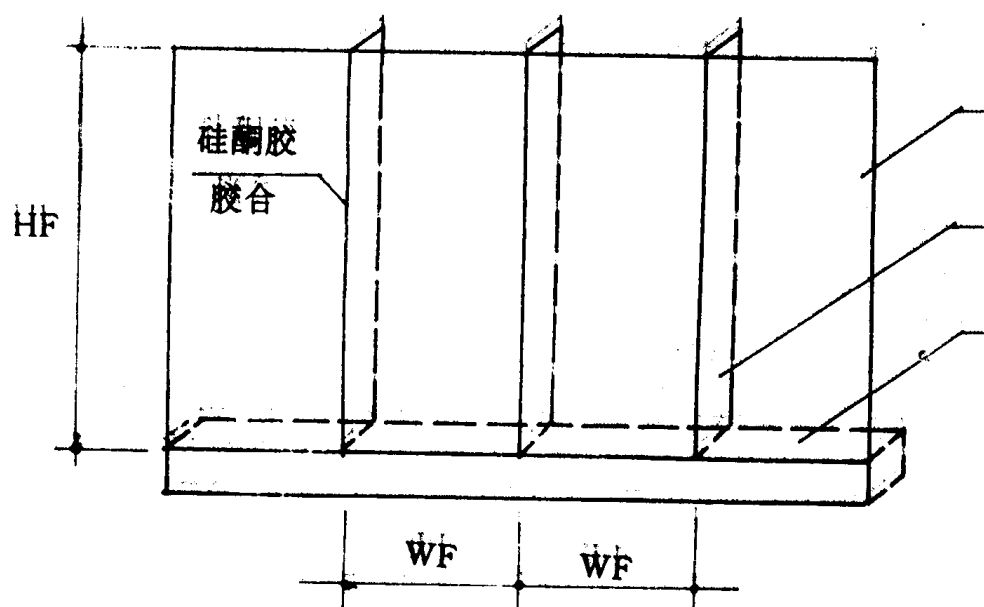
- ①金属框
- ②硅酮(Silicone)隔离物
- ③聚胺基甲酸乙酯衬垫杆(Polyurethane)
- ④结构密封剂
- ⑤气候过应性密封剂
- ⑥铝质隔离物
- ⑦硅酮(Silicone)装配密封剂

C 全玻系列:

●带玻璃肋的全玻璃幕墙:

玻璃肋板墙面立面

(图 2—12)



此种全玻系列幕墙是最常用的一种,因它施工简单,简捷豪华,但它高度高时($H_F > 4.5\text{m}$ 以上时)。安装时必须在吊顶内设有悬挂吊架比较麻烦,它还须要一定的吊设空间和玻璃边上加安装维修马道。因此层高将加大,设备多而建筑造价相应提高。再则玻璃面及加肋玻璃要求整块的,所以玻璃检尺尺寸很大,运输保管、安装均应格外小心。

此种全玻系列幕墙一般用在不太高处,而幅面宽度较大的地方,这样立面豪华、安装快、大商场的外立面及大型体育场馆的首层厅……等。

肋玻璃墙面,就肋的方向有以下三种:双肋布置,单肋布置及通肋布置,具体用法是根据建筑物处的位置,与建筑功能及艺术上的要求而定: