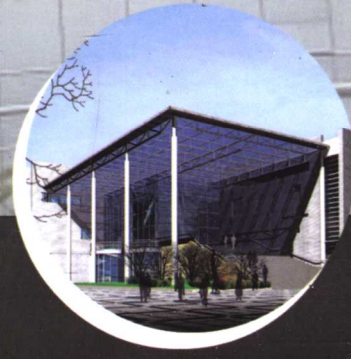
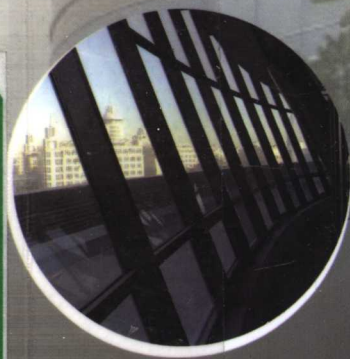


BOLI MUQIANG JIEGOU SHEJI 玻璃幕墙结构设计

主编 张其林



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

TU227/22

2007

玻璃幕墙结构设计

主编 张其林



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书详细介绍了玻璃材料的物理性能、类型及制作要求;列举了玻璃幕墙的结构体系,比较全面地介绍了玻璃幕墙的单元计算模型、分析理论和设计方法,完整地提供了框支玻璃幕墙和点支玻璃幕墙结构体系的设计全过程及计算实例,重点介绍了最新研究的新型玻璃结构体系分析方法和CAD应用。本书可作为高等院校研究生或本科生教材,也可供玻璃幕墙工程的相关科研人员与施工技术人员参考,尤其对玻璃幕墙工程设计者,是一本很好的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

玻璃幕墙结构设计/张其林主编. —上海:同济大学出版社,2007.9

ISBN 978-7-5608-3235-7

I. 玻… II. 张… III. 玻璃—幕墙—结构设计—高等学校—教材 IV. TU227

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第122756号

玻璃幕墙结构设计

张其林 主编

责任编辑 马继兰 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路1239号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 8.75

印 数 1—3100

字 数 218000

版 次 2007年9月第1版 2007年9月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-3235-7/TU·744

定 价 19.00元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前 言

自 20 世纪 80 年代以来,伴随着公共建筑和办公楼建筑的兴建,玻璃幕墙在我国得到了十分广泛的应用。玻璃幕墙是建筑物的外围护体系,兼具建筑和结构功能。其建筑功能是抵抗气候、雨、光、声等环境力量对建筑物的影响,其结构功能是承受风、地震、自重等荷载作用并将这些荷载传递至建筑物的主体结构。对玻璃幕墙建筑功能的设计和我国早已得到较广泛和全面的重视,相比较而言,对玻璃幕墙结构功能的计算和研究尚未得到应有的重视。国内高等学校的教学情况充分反映了这一点——迄今只有极少数高校为本科生和研究生开设了《玻璃幕墙结构》课程。

正是提高了玻璃幕墙结构功能对其应用方面安全性和经济性的认识,同济大学在前几年开始对本科生和研究生开设了“玻璃幕墙结构”课程,本教材就是应这门课程的教学要求而编写的。本教材从结构角度较全面地介绍了玻璃幕墙的类型和构成,阐述了现行规范、规程的计算设计方法、公式和构造要求,较完整地提供了各类玻璃幕墙结构的设计实例。本教材的第 1 章至第 8 章可作为本科生的教学内容,第 1 章至第 9 章可作为研究生的教学内容。

本教材由张其林主编,罗晓群、赵佳南、吴杰、王洪军等参加了部分章节的编写和算例计算。教材编写过程中得到了汕头金刚玻璃幕墙公司的黄庆文先生、谢子孟先生等的大力支持,在此深表感谢。

玻璃幕墙的发展日新月异,本教材仅能为本科生和研究生提供进入这一领域的入门结构知识,但有了这些知识,我们可以深入和广泛地跟踪研究玻璃幕墙发展过程中的结构问题。

本教材如有差错和不足,欢迎批评指正。

张其林

2007 年 4 月 6 日

目 录

前言

1 玻璃结构的类型和构成	(1)
1.1 玻璃幕墙的类型	(1)
1.2 全玻幕墙	(1)
1.3 框式玻璃幕墙	(3)
1.4 点支式玻璃幕墙	(9)
2 玻璃面板	(13)
2.1 玻璃的制作工艺	(13)
2.2 玻璃的耐腐蚀性	(14)
2.3 玻璃的表面结构和断裂特性	(14)
2.4 玻璃的强度和应力-应变曲线	(16)
2.5 玻璃类型	(18)
3 支承体系中的金属材料	(25)
3.1 建筑钢材	(25)
3.2 不锈钢	(27)
3.3 铝合金材料	(31)
4 结构胶和密封胶	(38)
4.1 工作原理	(38)
4.2 物理力学性能	(39)
4.3 主要型号及强度设计值	(40)
4.4 硅酮结构密封胶的设计计算	(41)
4.5 构造要求	(42)
5 荷载及效应组合	(43)
5.1 荷载和作用取值	(43)
5.2 荷载效应组合	(48)
6 玻璃面板的计算和设计	(51)
6.1 计算理论	(51)
6.2 单片玻璃	(52)
6.3 中空玻璃	(56)
6.4 夹层玻璃	(57)
6.5 设计计算例题	(59)

7 全玻璃幕墙的计算和设计	(66)
7.1 计算模型	(66)
7.2 玻璃面板的设计计算	(66)
7.3 玻璃肋的设计计算	(67)
7.4 胶缝的设计计算	(68)
7.5 设计计算例题	(68)
8 框式幕墙支承体系的计算和设计	(70)
8.1 构件设计	(70)
8.2 连接设计	(80)
8.3 设计计算实例	(95)
9 点支式幕墙支承体系的计算和设计	(110)
9.1 基本原理.....	(110)
9.2 刚性支承体系.....	(110)
9.3 柔性支承体系.....	(113)
9.4 半刚性支承体系.....	(116)
9.5 设计计算实例.....	(119)
参考文献	(130)

1 玻璃幕墙的类型和构成

1.1 玻璃幕墙的类型

玻璃幕墙由玻璃面板、连接件和支承结构组成,它连接于建筑物,是建筑物的外围护体系。玻璃幕墙的建筑功能是抵抗气候、雨、光、声等环境力量对建筑物的影响,结构功能是承受风、地震、自重等荷载作用并将这些荷载传递至建筑物的主体结构。

玻璃幕墙一般可划分为以下几种类型^[1-17]:

- (1) 全玻璃幕墙
- (2) 框式玻璃幕墙
- (3) 点支式玻璃幕墙

在全玻璃幕墙中,支承体系为玻璃肋;在框式玻璃幕墙中,支承体系为铝合金框架;在点支式玻璃幕墙中,支承体系为钢管桁架、拉杆或拉索桁架以及索网。玻璃面板与支承体系可采用化学方式和机械方式连接。化学方式是指通过结构胶将玻璃面板直接胶结或通过连接件胶结于支承体系;机械方式是指将玻璃面板嵌固或钻孔后通过爪件连接于支承体系。

近几年来,随着对建筑物节能要求的提高,推出了光电幕墙、呼吸幕墙等多种新型幕墙^[18]。其中,光电幕墙采用具有吸收能量功能的新型玻璃面板,而呼吸幕墙则采用双层幕墙体系,形成具有“呼吸”功能的风幕,以达到节能要求。

作为建筑物外围护体系的玻璃幕墙一般是竖置的,可以根据围护结构的特点,按照相关玻璃幕墙技术规程进行结构计算和构造设计,其作用荷载主要为风和地震等水平荷载及自重等竖向荷载^[19,20]。当玻璃幕墙与竖直面夹角超过 15° 时,必须视其为屋盖主结构,根据建筑设计规范进行计算和设计,作用荷载按一般建筑结构考虑^[21,22]。

1.2 全玻璃幕墙

玻璃面板通过胶结材料、金属连接件或紧固件与玻璃肋相连构成全玻璃幕墙,玻璃肋是玻璃面板的支承梁。全玻璃幕墙的主要特点是通透性好、构造简单、结构无锈蚀问题,适用于大堂、大厅及共享空间等部位,如图 1-1 所示。

1.2.1 截面构成

全玻璃幕墙的连接方法有两类:胶结和爪件连接。胶结时,玻璃肋与玻璃面板可平齐(突出),也可后置(骑缝)于玻璃面板。玻璃肋可采用单肋,也可采用双肋布置,如图 1-2 所示。

单片玻璃面板的厚度在 $10\sim 19\text{mm}$ 之间,夹层玻璃单片厚度不应小于 8mm 。玻璃肋的截面厚度不应小于 12mm ,高度不应小于 10mm 。

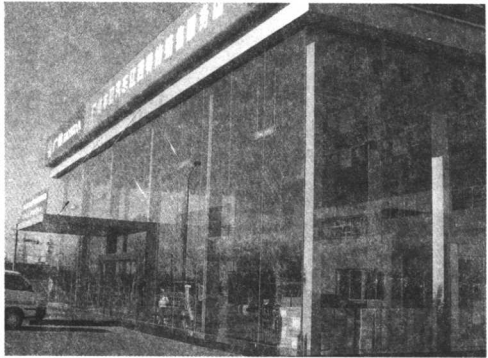


图 1-1 全玻璃幕墙

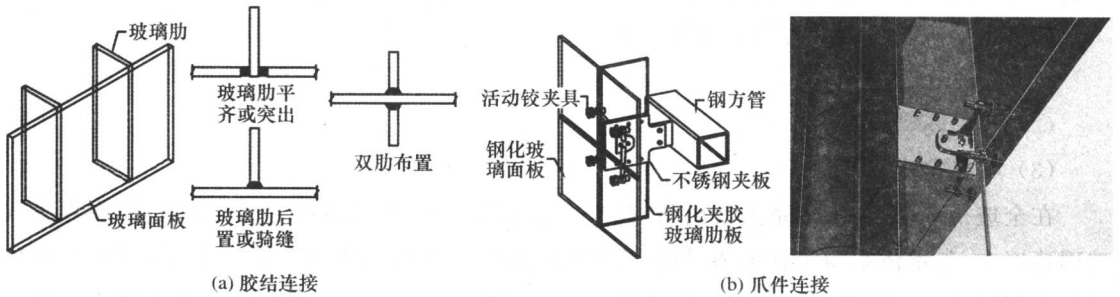


图 1-2 全玻璃幕墙构造

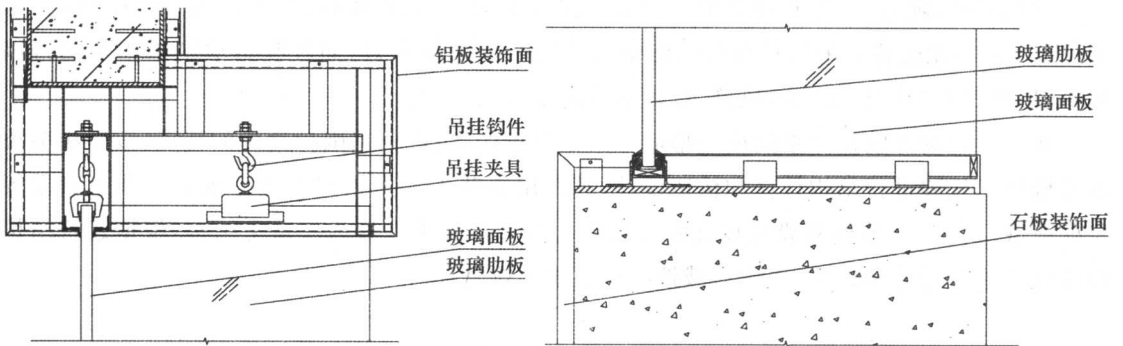


图 1-3 全玻璃幕墙与主体结构的连接示意

1.2.2 与主体结构的连接构造

全玻璃幕墙可以悬挂于主体结构上,也可以下端支承于主体结构上,如图 1-3 所示。当悬挂时,全玻璃幕墙中的面板和肋承受拉力;当下端支承时,在自重作用下面板和肋都处于偏心受压状态。所以,规范规定:当玻璃高度大于表 1-1 中所列数值时,应采用悬挂方式。

表 1-1 下端支承全玻璃幕墙的最大高度

玻璃厚度/mm	10,12	15	19
最大高度/m	4	5	6

全玻幕墙的玻璃表面与周边结构面和装饰面均应留有不小于 8mm 的空隙,以适应玻璃的温度变形和其他受力变形,防止因变形受限而使玻璃开裂。采用密封胶密封空隙时,玻璃与下槽底应采用硬橡胶等弹性垫块支承或填塞,垫块长度不宜小于 100mm,厚度不宜小于 10mm。

吊挂全玻幕墙的主体结构或构件应有足够的刚度,采用钢结构构件时,其相对挠度应小于 1/250。吊挂式全玻幕墙的吊夹与主体结构间应设置刚性水平传力构件。吊夹应能传递玻璃自重,不宜考虑竖向胶缝单独承受面板自重。

1.3 框式玻璃幕墙

玻璃面板直接嵌固在框架内或通过胶结材料粘接在框架上构成了框式玻璃幕墙。框架由铝型材横梁和立柱组成,是玻璃面板的支承结构。

框式幕墙有明框幕墙、暗框幕墙和单元式幕墙三类。

1.3.1 明框玻璃幕墙

明框幕墙中框架的构件显露于玻璃面板外,玻璃面板采用镶嵌或压扣等机械方式固定在框架内。明框幕墙如图 1-4 所示。

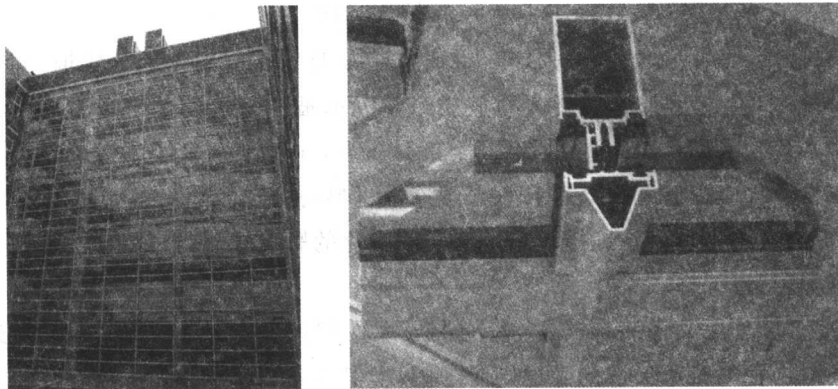


图 1-4 明框玻璃幕墙

明框玻璃幕墙的应用最为广泛。由于玻璃面板镶嵌在铝框中,由铝框承受作用在面板上的风荷载、地震作用和自重,并将这些荷载通过横梁和立柱传递到主体结构上,所以工作性能与隐框以及点支式幕墙相比,较为可靠,使用寿命较长,且较易施工。在施工中值得注意的是,玻璃和铝框之间必须留有空隙,以满足温度变化和主体结构位移所需要的变形空间。空隙用弹性材料填充,必要时用硅酮结构密封胶予以密封。为防止渗水,明框玻璃幕墙应在横梁上设置等压腔,使腔内压力与腔外风压相等,以阻止雨水沿密封胶缝隙渗入。

明框玻璃幕墙是最传统的玻璃幕墙形式,在玻璃幕墙发展的早期使用最多。在明框玻璃幕墙中可用不同形状及颜色的外装饰条组成各种彩色图案,使建筑物变得活泼、明快、光彩照人,更显新颖、美观,别具风采。

1.3.2 隐框幕墙

隐框幕墙是采用结构胶将玻璃面板装配安装在框架外侧的幕墙。玻璃用硅酮结构密封胶固定在框架上,所以玻璃外表面没有框料显露。同时,隐框幕墙一般采用镀膜玻璃,由于镀膜玻璃的单向透像特性,所以从外侧看不到框料,达到隐框的效果,形成大面积的全玻璃镜面,如图 1-5 所示。

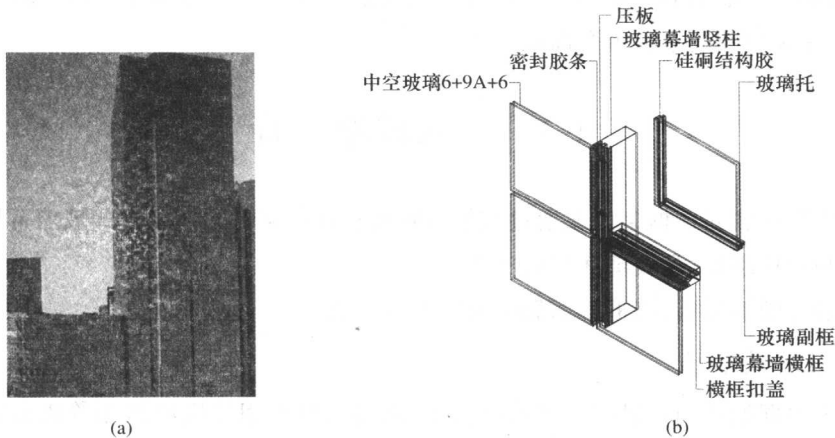


图 1-5 隐框玻璃幕墙

在隐框幕墙中,结构密封胶将玻璃重力、风荷载以及地震作用传递给铝框,同时还要承受温度变化的影响。因此,结构胶性能及打胶质量是隐框玻璃幕墙的关键环节之一。为满足要求,胶的性能必须具备两个重要条件:相容性和安全性。相容性是指能有效粘结与之接触的所有材料(玻璃、铝材、耐候胶和垫条等),它必须通过材料的相容性试验来保证;安全性是指能够承受玻璃面板的自重、风荷载、地震作用以及温度变化的影响,必须根据规范,通过计算结构胶的宽度及厚度来予以保证。

隐框玻璃幕墙外无其他装饰构件,并能形成大面积镜面,比明框玻璃幕墙有更好的通透性,而由硅酮结构密封胶所形成的隐框则隐隐闪现,其简约的装饰风格、梦幻般的视觉效果及超然意境,使建筑物更具有现代气派和物超所值。

1.3.3 单元式玻璃幕墙

明框幕墙和隐框幕墙又称构件式幕墙,施工时需在现场依次安装立柱、横梁和玻璃面板。以竖向受力为主的框架,首先将立柱固定在建筑物每层楼板(梁)上,再将横梁固定在立柱上;对以横向受力为主的框架,则先安装横梁,立柱固定在横梁上,以形成幕墙框架体系。它的优点是运输方便、运输费用低,缺点是要在现场逐渐安装,安装周期相对较长,安装精度难以确保。

单元式幕墙是在工厂将各构件预拼装成一定大小的安装单元,然后运到现场进行安装的一种施工方法,是在工厂加工程度最高的一种幕墙。在工厂不仅要加工竖框、横框等元件,还要用这些元件拼装成单元组件框,并将幕墙面板安装在单元组件框的相应位置上,形成单元组件。单元组件已具备了单元的全部幕墙功能和构造要求。其高度等于或大于一个楼层,

运往工地后可直接固定在主体结构上。每个单元组件上、下(左、右)框对插形成组合杆,完成单元组件间接缝,最终形成整幅幕墙。图 1-6 为某工地正在安装已经在工厂加工好的单元组件的施工过程。

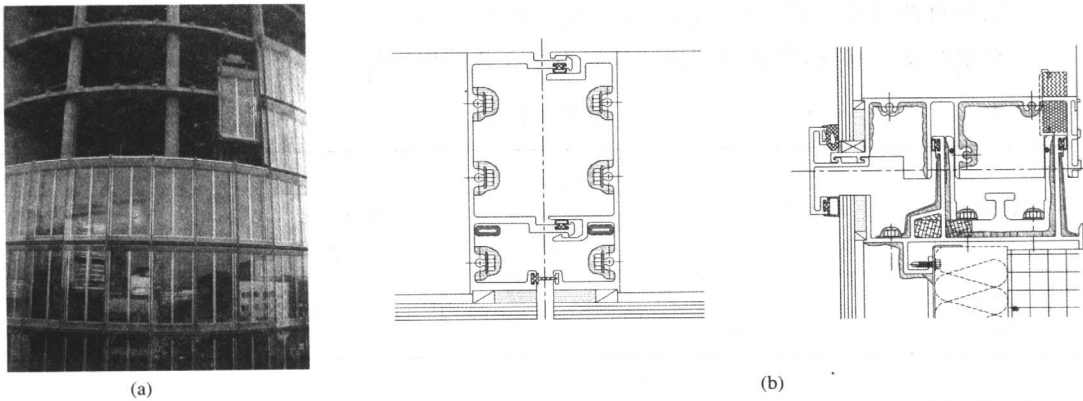


图 1-6 单元式幕墙

由于单元式幕墙大部分安装过程是在工厂完成的,因此,它具有制作安装精度较高,工期短,可以避免不良天气对施工的影响,建筑形式灵活多样的特点,从而提高了整幅幕墙的水密性和气密性,也使元件本身的质量更容易控制。但是由于单元式幕墙横梁和立柱都采用双型材拼合而成,而且又要考虑运输和吊装过程中的受力和安全,增大了铝材的耗用,因此,其费用要高于构件式幕墙。除此之外,由于单元组件之间采用对插接缝,使幕墙对外界因素的变形适应能力更好,但是也正因为采用了对接接缝,在上、下、左、右四个单元间的连接点上必然出现一个孔洞的问题,这要在设计中合理解决。

1.3.4 材料和型材

1. 玻璃

框式玻璃幕墙单片玻璃的厚度不应小于 6mm,夹层玻璃的单片厚度不宜小于 5mm。夹层玻璃和中空玻璃的单片玻璃厚度相差不宜大于 3mm。

2. 立柱

(1) 厚度要求

立柱截面受力板件有自由挑出和双侧加肋两种,如图 1-7 所示。

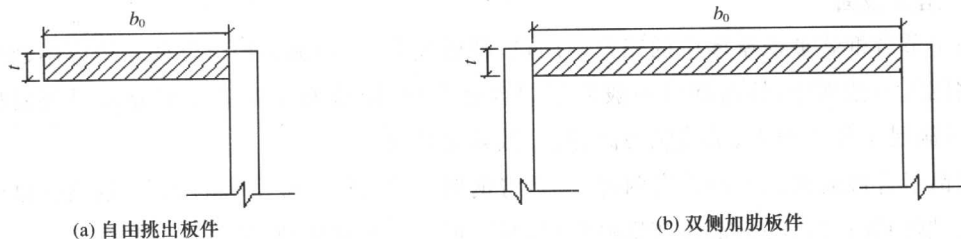


图 1-7 立柱截面受力板件

截面板件应满足以下要求：

- ① 铝型材截面开口部位的厚度不应小于 3.0mm，闭口部位的厚度不应小于 2.5mm；型材孔壁和螺钉之间直接采用螺纹受力连接时，其局部厚度尚不应小于螺钉的公称直径。
- ② 钢型材截面主要受力部位的厚度不应小于 3.0mm。
- ③ 对偏心受压立柱，其截面宽厚比应符合表 1-2 的相应规定。

表 1-2 宽厚比限值

截面部位	铝 型 材				钢 型 材	
	6063-T5 6061-T4	6063A-T5	6063-T6 6063A-T6	6061-T6	Q235	Q345
自由挑出	17	15	13	12	15	12
双侧加肋	50	45	40	35	40	33

(2) 材料要求

立柱可采用铝合金型材或钢型材。铝合金型材的表面处理应符合国家有关规范(GB 8013—1987)规定的要求；钢型材宜采用高耐候钢，碳素钢型材应采用热浸锌或采取其他有效防腐措施。处于腐蚀严重环境下的钢型材，应预留腐蚀厚度。

3. 横梁

(1) 厚度要求

横梁截面主要受力部位的厚度，应符合下列要求：

- ① 符合表 1-2 中的宽厚比要求；
- ② 当横梁跨度不大于 1.2m 时，铝合金型材截面主要受力部位的厚度不应小于 2.0mm；当横梁跨度大于 1.2m 时，其截面主要受力部位的厚度不应小于 2.5mm；型材孔壁与螺钉之间直接采用螺纹受力连接时，其局部截面厚度不应小于螺钉的公称直径；
- ③ 钢型材截面主要受力部位的厚度不应小于 2.5mm。

(2) 材料要求

横梁可采用铝合金型材或钢型材，铝合金型材的表面处理应符合国家有关规范(GB 8013—1987)的要求。钢型材宜采用高耐候钢，碳素钢型材应热浸锌或采取其他有效防腐措施，焊缝应涂防锈涂料；处于严重腐蚀条件下的钢型材，应预留腐蚀厚度。

4. 组合截面

为了节省框式玻璃幕墙中的铝合金用量、降低成本，采用钢和铝组合截面的应用越来越广泛。钢铝组合截面中，外露部分一般采用铝合金型材，隐蔽的主要受力部分采用钢型材。这样，同时满足了外表美观、承载能力高、造价低廉的目的。

钢铝组合截面的常见形式有两种，一是将钢型材放入铝合金型材的腔内，钢型材也可以是工字钢、槽钢等；二是将钢铝合金型材并列，有一根相同的对称轴，见图 1-8 所示。

1.3.5 连接构造

在隐框或横向半隐框玻璃幕墙，每块玻璃的下端宜设置两个铝合金或不锈钢托条，托条应

能承受该分格玻璃的重力荷载作用,且其长度不应小于 100mm、厚度不应小于 2mm、高度不应超出玻璃外表面。托条上应设置衬垫。

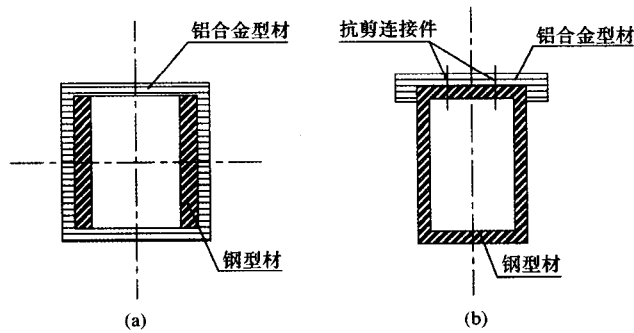


图 1-8 钢铝组合截面

构件式框式幕墙中,横梁一般通过角码、螺钉或螺栓与立柱连接,立柱连接于主体结构中。

1. 横梁与立柱的连接构造

框式玻璃幕墙中横梁角码承受横梁的剪力,其厚度不应小于 3mm。角码与立柱之间的连接螺钉或螺栓应满足抗剪和抗扭承载力的要求。当角码与立柱采用不同金属材料时,应采用绝缘垫片分隔或采取其他有效措施防止双金属腐蚀。横梁与立柱之间应留 1.5~2mm 的伸缩缝,用双面带泡沫体充填,并用密封胶密封以利横梁因热胀冷缩形成伸缩。角码和立柱采用不同金属材料时,应采用绝缘垫片分隔或采取其他有效措施防止双金属腐蚀。

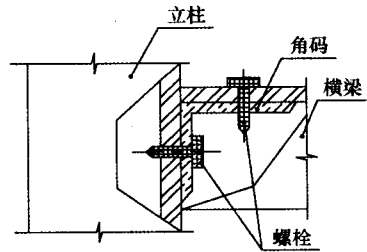


图 1-9 立柱和横梁连接节点

图 1-9 为横梁立柱典型的连接节点构造。

2. 立柱与主体结构的构造连接

通常,幕墙的立柱应直接与主体结构连接,以保持幕墙的承载力和侧向稳定性。有时由于主体结构平面的复杂性,使有些立柱与主体结构有较大的距离,难以直接在其上连接,这时,要在幕墙立柱和主体结构之间设置连接桁架或连接型钢。

当幕墙的立柱是铝合金时,铝合金与钢材的热膨胀系数不同,温度变形有差异,致使铝合金立柱与钢桁架连接后会产生温度应力。设计中应考虑温度应力的影响,或者使连接有相对位移能力,减小温度应力。

立柱的施工安装方式有从上至下和从下至上两种。当采用从上至下方式时,立柱悬挂而受拉,设计较为经济;反之,在重力荷载作用下立柱受压,这时,由于稳定的要求必定截面尺寸过大,材料消耗过多。所以,宜采用从上至下方式安装立柱。当立柱跨层通长布置于主体结构时,每层应至少设置一个立柱与主体结构之间的连接支承点。当每层设置两个支承点时,上支承点宜采用圆孔,下支承点宜采用长圆孔。立柱与立柱之间应留有不小于 15mm 的缝隙。闭口型材应采用长度不小于 250mm 的芯柱连接,芯柱与立柱应紧密配合,与上下立柱之间应采用机械连接方式加以固定;开口型材上柱与下柱之间可采用等强型材机械连接。

玻璃面板直接承受风和地震等水平荷载以及自重的竖向荷载,并将这些荷载通过其支承体系传递到主体结构。玻璃幕墙的支承体系可直接固定于主体结构上,当主体结构构件间隔过大时,可设置中间支承钢桁架。因为主体结构刚度一般远大于围护结构,玻璃幕墙与主体结构楼层之间的连接设计应考虑既能够有效传递荷载,又要避免主体结构本身变形导致幕墙破坏。所以,一般采用图 1-10 所示的连接节点。

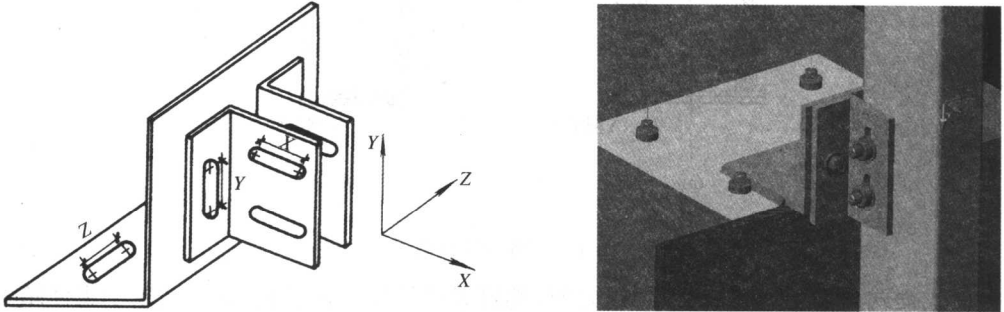


图 1-10 框式幕墙上埋式楼层连接三维示意图

幕墙与主体结构连接的固定支座应有足够的强度,材质宜采用铝合金、不锈钢或表面热镀锌处理的碳钢。固定支座采用椭圆孔等措施使得支座有适当的调节范围,其调节范围均不小于 40mm。

幕墙与主体结构连接设计应考虑以下的基本要求:

- (1) 对重力荷载、风荷载、地震作用和温度作用有足够的抵抗力。
- (2) 在上述荷载和作用下,不应使幕墙构件产生有害的变形。
- (3) 当主体结构与幕墙产生相对位移时,不应影响幕墙的性能。

连接件应通过计算或实物试验,确认连接件在各受力方向有足够的承载力和变形能力。受力的铆钉和螺栓,每处不得少于 2 个。以增强连接处对突发情况的安全度。

连接件与主体结构的锚固力应大于连接件本身的承载力。同样,与连接件直接连接的主体结构的承载力也应大于连接件的承载力。

幕墙不应全部采用膨胀螺栓与主体结构连接。膨胀螺栓一般只能部分用于旧建筑物加装幕墙,此时也应每隔 3~4 层加一层锚固件连接。新建建筑中,幕墙应通过预埋件与主体结构连接,预埋件应在混凝土施工时预先埋入。膨胀螺栓只能作为局部附加连接措施。膨胀螺栓宜设计为受剪,不宜设计为受拉。

预埋件设计应满足以下要求:

(1) 受力预埋件的锚板宜采用 Q235 号钢。锚筋应采用 I 级或 II 级钢筋,并不得采用冷加工钢筋。

(2) 预埋件受力直锚筋不宜少于 4 根,直径不宜小于 8mm。受剪预埋件的直锚筋可用 2 根。预埋件的锚筋应放在外排主筋的内侧。

(3) 直锚筋与锚板应采用 T 形焊,锚筋直径不大于 20mm 时宜采用压力埋弧焊。手工焊缝高度不宜小于 6mm 及 $0.5d$ (I 级钢筋) 或 $0.6d$ (II 级钢筋), d 为钢筋直径。

(4) 充分利用锚筋的受拉强度时,锚固长度应符合表 1-3 的要求;锚筋最小锚固长度在任何情况下不应小于 250mm。锚筋按构造配置、未充分利用其受拉强度时,锚固长度可适当减少,但不应小于 180mm。光圆钢筋端部应作弯钩。

(5) 锚板的厚度应大于钢筋直径的 60%。受拉和受弯预埋件的锚板的厚度尚应大于 $b/8$ 。锚筋中心至锚板边缘的距离 c 不应小于 $2d$ 及 20mm。对于受拉和受弯预埋件,其钢筋间距 b , b_1 和锚筋至构件边缘的距离 c, c_1 均不应小于 $3d$ 及 45mm。

表 1-3

锚固钢筋的锚固长度 l_a

mm

钢筋类型	混凝土强度等级	
	C25	$\geq C30$
I 级钢	$30d$	$25d$
II 级钢	$40d$	$35d$

注:1. 当螺纹钢 $d \leq 25\text{mm}$ 时, l_a 可以减少 $5d$;

2. 锚固长度不应小于 250mm。

对于受剪预埋件,其锚筋的间距 b 及 b_1 不应大于 300mm,其中, b_1 不应小于 $6d$ 及 70mm,锚筋至构件边缘的距离 c_1 均不应小于 $6d$ 及 70mm, b, c 不应小于 $3d$ 及 45mm。

1.4 点支式玻璃幕墙

玻璃面板通过金属连接件和紧固件在其角部以点连接的形式连接于支承结构构成了点支式玻璃幕墙。点支承处玻璃可以钻孔连接或不钻孔夹板连接。图 1-11 中给出了点支式玻璃幕墙结构示意图。

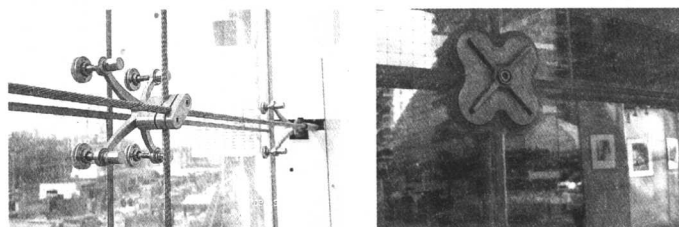


图 1-11 点支式玻璃幕墙结构示意图

1.4.1 玻璃及其连接件

连接件的支承头可采用爪件或夹板形式。支承头应能适应玻璃面板在支承点处的转动变形。支承头的钢材与玻璃之间宜设置厚度大于 1mm 的弹性材料的衬垫或衬套。

当玻璃钻孔采用爪件连接时,可采用浮头式或沉头式连接(图 1-12)。采用浮头式连接件的玻璃厚度不应小于 6mm,采用沉头式连接件的玻璃厚度不应小于 8mm,夹层或中空玻璃中的单片玻璃也应符合这一要求。

玻璃面板支承孔边与板边的距离不宜小于 70mm。玻璃之间的空隙宽度不应小于 10mm,且应采用硅酮建筑密封胶嵌缝。玻璃支承孔周边应进行可靠的密封,当为中空玻璃时

应采取多道密封措施。

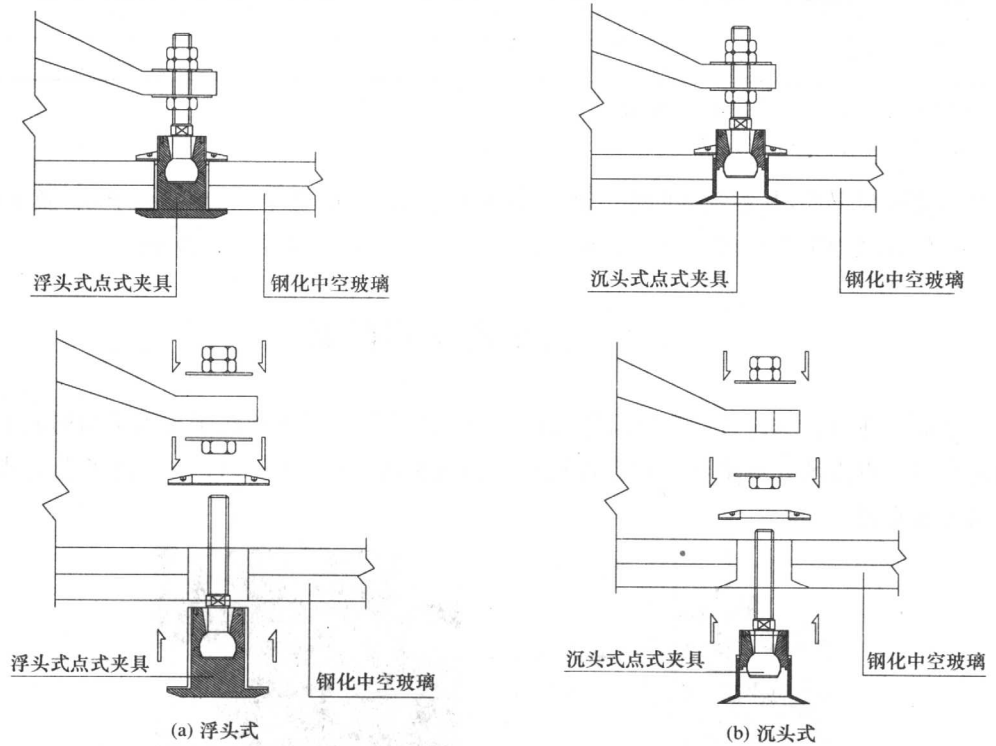
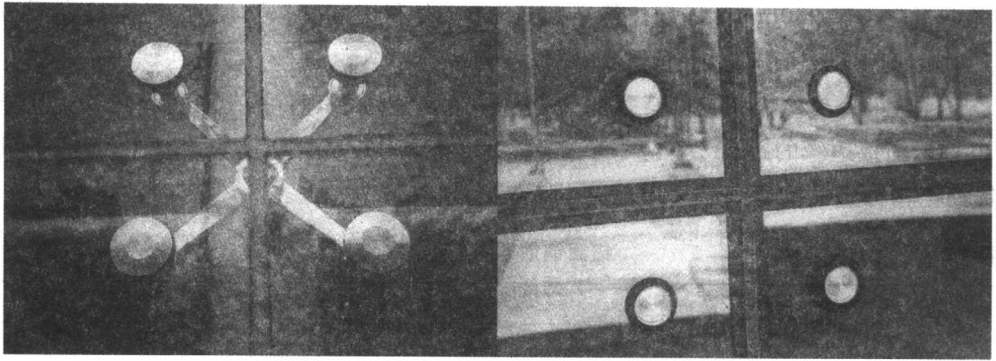


图 1-12 玻璃钻孔的浮头式和沉头式连接

由于点支式玻璃幕墙是用金属连接件与玻璃通过机械方式进行连接,故和隐框玻璃幕墙靠结构胶粘接玻璃相比,安全性要高的多。在外力撞击作用下,如单片钢化玻璃发生损坏,只能下玻璃雨,不可能发生整块玻璃坠落伤人事故。此外,在点支式玻璃幕墙中由于大面积的玻璃仅通过点与支撑与结构相连,因而视线被遮挡面积最小,使人的视野更为广阔。因为点支式玻璃幕墙的面玻璃相互独立且用金属连接件连接,所以更换、维修方便。这也是点支式玻璃幕墙在工程中应用逐渐增多的重要原因。

1.4.2 支承结构形式

按照支承结构形式,点支式玻璃幕墙主要可以分为以下几种:

(1) 玻璃肋支承点支式玻璃幕墙

这种玻璃幕墙中玻璃面板将外部风压力和吸力传递给起梁作用的玻璃肋。其主要特点是通透性强,构造简洁,如图 1-13(a)所示。

(2) 单柱式支承点支式玻璃幕墙

这种玻璃幕墙是用单根钢管、工字梁或方柱作为受力支承结构。其主要特点为构造简洁,占地面积小,有建筑韵律感,如图 1-13(b)所示。

(3) 桁架式支承点支式玻璃幕墙

这种玻璃幕墙使用各种桁架结构,如平行弦桁架、三角形桁架等作为受力支承结构。其特点是将钢结构的雄浑构造美和玻璃的“透”完美地结合起来,使该类幕墙充满现代艺术感如图 1-13(c)所示。

钢桁架宜采用直接汇交焊接形式,不宜采用偏心连接。钢管径厚比不宜大于 50,支管外直径不宜小于主管外直径的 30%。钢管壁厚不宜小于 4mm,主管壁厚不应小于支管壁厚。弦腹杆及腹杆之间的夹角不宜小于 30°。

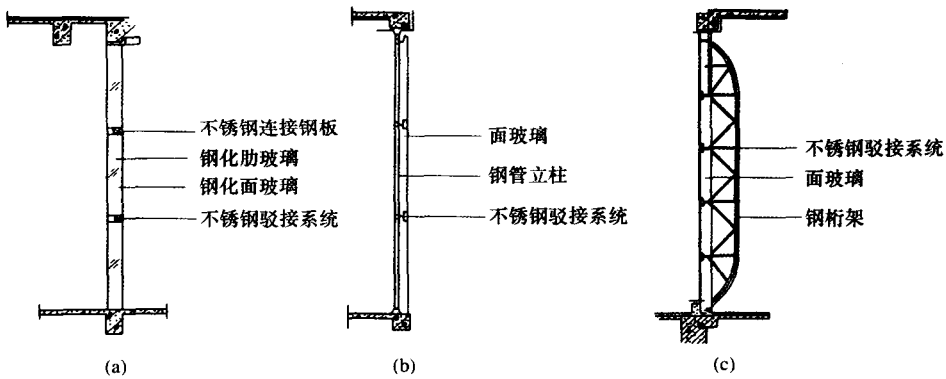


图 1-13 采用刚性支承结构的点支式玻璃幕墙

(4) 拉杆式支承点支式玻璃幕墙

该类幕墙是用圆钢拉杆及悬空连接杆组成空间受力拉杆体系作为受力支承结构,其特点是拉杆受拉、连接杆受压(图 1-14)。因拉杆直径较细,整个受力结构体系轻盈、飘逸,通透性较好,但安装调试难度较大,且造价较高。

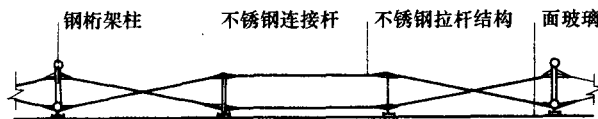


图 1-14 拉杆式支承点支式玻璃幕墙

连接件和拉杆宜采用不锈钢材料,拉杆直径不宜小于 10mm。

(5) 拉索式支承点支式玻璃幕墙

拉索桁架是点支式玻璃幕墙中应用最广的支承结构形式,由钢绞线和悬空连接杆张拉成空间索桁架,如图 1-15 所示。其特点是承载能力强、轻盈美观、通透性好、技术难度大,是高科