

建筑幕墙检测

JIANZHU MUQIANG JIANCE

中国建筑材料检验认证中心 ©组编
刘正权 ©主编



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

建筑幕墙检测 / 中国建筑材料检验认证中心组编. — 北京: 中国计量出版社, 2007.2

ISBN 958-5-5028-2281-8

2007.2

建筑幕墙检测

中国建筑材料检验认证中心 组编

刘正权 主编

编委 (按姓氏笔画排序)

邢 锦 刘元新 张玉成

郭 虎 莫同球



中国计量出版社

北京和平里西街甲2号

邮政编码 100013

电话 (010) 64883300

http://www.nijl.com.cn

北京市昌平区回龙观镇中门大街

行发源行发源北京北平路

印刷厂 北京印刷厂

787 mm×1092 mm 1/16开本 印张 13 字 281千字

中国计量出版社

定价: 30.00元

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑幕墙检测/中国建筑材料检验认证中心组编, 刘正权主编. —北京: 中国计量出版社, 2007. 2

ISBN 978-7-5026-2581-8

I. 建… II. 中… III. 幕墙—检测 IV. TU227

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 003747 号

内 容 提 要

本书在我国现行建筑幕墙相关标准及技术规范、规程的基础上, 系统地介绍了建筑幕墙的实验室性能检测、幕墙工程质量检验和既有幕墙故障检测的方法和手段, 并初步探讨了建筑幕墙热工性能试验方法, 简要介绍了建筑幕墙的施工监理要点和建筑幕墙的维护管理办法。

本书可作为建筑幕墙检测人员职业技能培训教材, 也可供幕墙设计人员和幕墙工程施工与监理人员参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市媛明印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm×1092 mm 16 开本 印张 12 字数 281 千字

2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

*

印数 1—4 000 定价: 30.00 元

编委会

主 编 刘正权

副主编 刘海波

编 委 (按姓氏笔画排序)

邢 锦 刘元新 张玉成

郭 鹿 奚同球

建筑幕墙的质量和安全性是影响建筑使用功能的重要因素,也是影响建筑幕墙推广和应用的重要因素。为加强对建筑幕墙的质量管理,保证其安全性、耐久性和适用性,建设部和国家质量监督检验检疫总局等政府部门先后颁布了多项标准和规范,为建筑幕墙行业的质量发展起到了重要的指导作用。

本书在我国建筑行业幕墙相关检测与检验标准及技术规范、规程的基础上,系统介绍了建筑幕墙的实验室性能检测、幕墙工程现场检测和既有幕墙检测检测的方法和手段,并初步探讨了建筑幕墙的现场检测方法。本书可供幕墙设计人员、检测人员和幕墙工程技术人员参考。

本书由中国建筑材料检验认证中心组织,国家建筑材料测试中心门窗幕墙检测部负责主要章节的编写工作,北京正邦幕墙维护有限公司、上海华源复合新材料有限公司、东莞华尔泰装饰材料有限公司和东莞市七色建材有限公司相关人员参与了部分章节的编写工作。在本书的编写过程中,中国建筑材料检验认证中心的相关领导与专家给予了很大的帮助和指导;国家建筑材料

前 言

建筑幕墙的发展与建筑幕墙工程技术人员素质密切相关。随着我国建筑幕墙工程的发展，对建筑幕墙工程技术人员的要求也越来越高。本书在编写过程中，参考了国内外有关建筑幕墙工程的标准、规范和文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为建筑幕墙工程技术人员培训教材，也可供从事建筑幕墙工程的技术人员参考。

FOREWORD

建筑幕墙将建筑外围护结构的防风、遮雨、采光、保温、隔热、御寒、防噪声、防空气渗透等使用功能与装饰功能有机地融合，是建筑技术、建筑功能和建筑艺术的综合体，在世界范围内得到了广泛的应用。我国建筑幕墙工业从 20 世纪 80 年代初开始起步，90 年代中后期进入应用高潮，到 20 世纪末，我国已经成为世界最大的建筑幕墙生产和使用大国。经过 20 年的消化和吸收，从最初的引进模仿到目前的技术开发和自主创新，我国幕墙行业已经跨入一个新的发展阶段。

建筑幕墙的质量和安全性能是影响建筑使用功能的最主要的因素，也是影响建筑幕墙推广和应用的重要因素。为加强对建筑幕墙的质量管理，保证其安全性、耐久性和适用性，建设部和国家质量监督检验检疫总局等政府部门先后颁布了多项标准和规范，为促进幕墙行业的健康发展起到了重要的指导作用。

本书在我国现行建筑幕墙相关检测与检验标准及技术规范、规程的基础上，系统地介绍了建筑幕墙的实验室性能检测、幕墙工程质量检验和既有幕墙故障检测的方法和手段，并初步探讨了建筑幕墙热工性能试验方法。本书可供幕墙设计人员、检测人员和幕墙工程施工与监理人员参考。

本书由中国建筑材料检验认证中心组编，国家建筑材料测试中心门窗幕墙检测部负责主要章节的编写工作，北京正邦源幕墙维护有限公司、上海华源复合新材料有限公司、东莞华尔泰装饰材料有限公司和东阿蓝天七色建材有限公司相关人员参与了部分章节的编写工作。在本书的编写过程中，中国建筑材料检验认证中心的相关领导与专家给予了极大的帮助和指导；国家建筑材料

测试中心门窗幕墙检测部董人文工程师提供了大量的检测资料；国家建筑材料测试中心徐秀兰女士承担了书稿的文字核对工作，在此表示衷心的感谢！

本书在编写过程中参考了大量的国内外同行发表的研究成果和论著，在此对被引用研究成果的同行表示诚挚的谢意！

由于时间仓促，加之编者水平所限，本书不妥及疏漏之处在所难免，恳请同行专家和广大读者提出宝贵意见，作者将不胜感激！

编者

2007年2月

目 录

CONTENTS

第一章 概 述

- 第一节 建筑幕墙的概念 / 1
- 第二节 建筑幕墙的发展 / 2
- 第三节 建筑幕墙的分类 / 9
- 第四节 建筑幕墙在我国的发展与应用 / 12
- 第五节 我国有关幕墙工程质量管理规定 / 15

第二章 建筑幕墙物理性能试验

- 第一节 建筑幕墙物理性能试验现状 / 19
- 第二节 建筑幕墙性能要求 / 23
- 第三节 建筑幕墙物理性能试验设备 / 31
- 第四节 建筑幕墙性能试验方法 / 35
- 第五节 建筑幕墙性能试验程序 / 62
- 第六节 建筑幕墙性能试验常见问题分析 / 70

第三章 幕墙工程检测

- 第一节 幕墙工程材料检验 / 75
- 第二节 节点与连接检验 / 85
- 第三节 安装质量检验 / 87
- 第四节 防火检验 / 103
- 第五节 防雷检验 / 106
- 附表 A 铝合金型材性能指标要求及检测记录表 / 108
- 附表 B 玻璃性能指标要求及检测记录表 / 112
- 附表 C 天然花岗石建筑板材和天然饰面石材性能指标要求及检测记录表 / 119
- 附表 D 铝单板性能指标要求及检测记录表 / 121
- 附表 E 铝塑复合板性能指标要求及检测记录表 / 121
- 附表 F 建筑幕墙用结构胶、密封胶性能指标要求及检测记录表 / 123

第四章 既有建筑幕墙检测

- 第一节 既有建筑幕墙质量管理规定 / 127
- 第二节 我国既有建筑幕墙存在的问题 / 130
- 第三节 既有建筑幕墙检测与评估 / 137
- 第四节 既有建筑幕墙安全维护管理办法 / 141

第五章 建筑幕墙热工性能检测

- 第一节 《公共建筑节能设计标准》对建筑幕墙的要求 / 144
- 第二节 建筑幕墙热工性能检测 / 147

第六章 建筑幕墙工程施工监理

- 第一节 事前监理控制要点与方法 / 151
- 第二节 事中监理控制要点与方法 / 154
- 第三节 事后监理控制要点及方法 / 157
- 第四节 监理工作的方法及措施 / 158

第七章 建筑幕墙的保养和维修

附 录

- 附录 A 建筑幕墙有关标准中的强制性条文 / 166
- 附录 B 建筑幕墙工程设计与施工资质标准 / 172
- 附录 C 本书涉及的建筑幕墙有关标准、规范 / 175
- 附录 D 编写单位介绍 / 178

参考文献 / 182

第一章

概述

第一节 建筑幕墙的概念

建筑幕墙是一种将面板材料通过金属构件与建筑主体结构相连而形成的建筑外围护结构,是近代科学技术发展的产物,同时也是现代主义高层建筑时代的显著特征。在国外一般称之为“building curtain wall”,“building curtain walling”,“building facade”,“building envelope”,“building cladding”等等。在国内外的标准、规范和著作中对建筑幕墙的定义有着很多不同的表述。

欧洲幕墙产品标准的定义是“通常来说,幕墙包含被连接在一起并被锚固到建筑物支承结构上的垂直构件和水平构件,由其和建筑结构一起形成一种轻质、具有连续跨度的建筑围护表皮,具有建筑外墙所有功能,但不承担任何作用在建筑主体结构上的荷载”。

加拿大国家研究委员会建筑研究分会 R. L. Quirouette 在其讲义“Building Envelope Design Using Metal and Glass Curtain Wall System”(1982年)中提到“建筑幕墙系统是一种悬挂在建筑主体结构上的轻质外墙形式,具有多种外部面板形式,特点在于是由玻璃或金属嵌板镶嵌在垂直和水平分格内。这些幕墙系统提供一个完整的建筑外表面或半完整的内表面。幕墙被设计为可容许结构偏差、控制风雨作用和空气泄漏、减小太阳辐射的影响并提供长期的可维护性”。

《Principles of Curtain Walling》(Kawneer White, 1999)中给出的幕墙的定义为“幕墙是一种垂直的建筑围护结构,该类结构除了承担自身重量和周围直接作用其上的荷载外不承受其他外荷载”。

《幕墙工程手册》(赵西安, 2000)中定义“幕墙是悬挂或支承在主体结构上的外墙,幕墙构件主要起围护作用,不作为主要抵抗外荷载作用的受力构件”。

在标准《建筑幕墙》中,建筑幕墙的定义是“由面板与支承体系(支承装置与支承结构)组成的、不承受主体结构荷载的建筑外围护结构”。

“由支承结构体系与面板组成的、可相对主体结构有一定位移能力、不分担主体结构所受作用的建筑外围护结构或装饰性结构”——《玻璃幕墙工程技术规范》(JGJ 102—2003)。

“由金属框架与板材组成的、不承担主体结构荷载与作用的建筑外围护结构”——《金属与石材幕墙工程技术规范》(JGJ 133—2001)。

从上述建筑幕墙的定义中可以看出,建筑幕墙具有以下三个主要的特征,也可称之为建筑幕墙的三要素:

- (1) 由支承体系和面板材料组成;
- (2) 建筑幕墙通常与建筑主体结构采用可动连接,可相对于建筑主体结构有一定的位移能力;
- (3) 建筑幕墙是一种建筑外围护结构或装饰性结构,是一种完整的结构体系,只承受直接施加于其上的作用和荷载,并传递到建筑主体结构上,但不分担主体结构所受作用和荷载。

与传统的外墙形式相比,建筑幕墙具有以下特点:

(1) 能产生较好的艺术效果。由于建筑幕墙用材料大多是现代工业化的产物,各种玻璃及玻璃深加工产品的涌现,具有良好的光反射能力,铝板和金属板绚丽多变,极富现代感,而石材幕墙庄重、大方,上述面板材料与不同造型的支承结构相结合,可以产生强烈的艺术效果和视觉冲击;

(2) 墙体自重小,建筑总体重量轻。相对于传统的砖墙和钢筋混凝土结构相比,由于玻璃和金属板幕墙的密度通常为 $0.3 \sim 0.4 \text{ kN/m}^2$ 、石材幕墙约为 1 kN/m^2 。相同面积的玻璃和金属板幕墙的重量只相当于砖墙的 $1/10 \sim 1/12$ 、混凝土预制板墙面的 $1/7 \sim 1/8$,从而可以在很大程度上降低主体结构和基础的造价;

(3) 材料种类较少,多为工业产品,性能和质量较稳定。而且工厂化加工,加工精度和质量较高,现场安装工作量少,无湿作业,安装精度较高,工期较短;

(4) 增加了建筑物内部的通透性,提高了建筑物的舒适度;

(5) 建筑主体结构在建筑幕墙的包封之内,减少了主体结构由于直接暴露于外界环境中所受温度变化和气候变化的影响,有效地解决了大面积建筑和高层建筑的温度应力问题;

(6) 维护方便,可以较为方便地更换幕墙构件;

(7) 幕墙结构形式可以根据建筑物的造型和立面的需要进行设计和选择,能较好地适应旧建筑立面更新的需要,所以目前旧建筑的改造通常采用建筑幕墙这一外围护结构形式。

建筑幕墙将建筑外围护结构的采光、防风、遮雨、保温、隔热、御寒、防噪声、防空气渗透等使用功能与装饰功能有机地融合,是建筑技术、建筑功能和建筑艺术的综合体。

第二节 建筑幕墙的发展

人类开始建筑的历史迄今至少上万年,远在 6 000 年前的古埃及文明时代,就有神庙、金字塔等建筑,只是当时的建筑素材多以石材为主,懂得精雕技艺的埃及人却能把石

材雕成华丽细腻的外表。但结构与精致外表一体的建筑概念,却经历了数千年的演化才演变成结构与外表分开处理,这种结构归结构,外表归外表,各自使用不同的材料构成以达到建筑美学与经济耐用的实用目的,这种观念主导了近百年来建筑发展,而建筑幕墙正是这个观念下的产物。

建筑幕墙的发展大致经历了以下几个过程:

一、第一代建筑幕墙 (1750 年—1850 年)

“建筑幕墙 (curtain wall)”这个概念起源于 16 世纪,当时是用来描述一种厚重的要塞建筑,这些建筑连在一起形成一个防御线用来保护被其包围的中世纪村庄。最终,这条词汇从起到战场防御功能的建筑要塞逐渐转变为一个建筑物的外立面或建筑对于外界环境的“防御线”,这才是它目前所包含的意义。

随着由工业革命带来的全世界工业经济的迅速发展,现代建筑外墙和预制墙体被看作是当时发展最快并包含大量新技术的建筑工业之一。构成现代幕墙最初的构件都来自于当时出现的金属铝、玻璃、花岗岩、涂料、填充密封材料和连接件等材料,这些材料的生产采用了最新的生产工艺和标准,而且建筑外墙工业不断朝着工厂化装配而努力。这些技术和材料的出现使得当时的建筑商们可以迅速地对建筑物进行外围护施工,以满足建筑的防水要求。

在 19 世纪初期,新一轮的建筑革新运动逐渐开始。在此之前,所有的建筑物几乎都是在现场进行建造、安装的。19 世纪也见证了各种新型的建筑材料在建筑外墙上的应用,铸铁、铁、钢和玻璃等材料在桥梁、温室和铁路车站上的逐渐应用开辟了一个新的空间概念,拱廊变得更宽、外墙变得透明。1830 年,在美国宾夕法尼亚州 Pottsville 城有一个叫 John Haviland 的木匠,首次将铸铁板镶嵌在一栋两层高的建筑物上,他将铸铁镶嵌板漆染成石头的颜色,从外观上看,几乎可以以假乱真。

John Haviland 可视为金属幕墙发展的鼻祖。而大

约在同一时期,以铸铁作为建筑物的外表装饰物,也陆续在美国圣路易斯及新奥尔良等地出现,这些建筑象征着开始使用铸铁作为建筑物外墙装饰的新纪元,并影响了美国建筑界长达 50 年之久。建筑师德斯繆斯·伯顿 (Decimus Burton) 于 1844—1848 年在英国皇家植物园内建造的名为棕榈屋 (Palm House) 的温室 (图 1—1),为玻璃在早期建筑物围护结构上大面积应用的重要开端之一。在这个温室建筑中,玻璃被划分成小块镶嵌于铸铁制成的穹顶支承框架之间,形成一个通体透明的玻璃宫殿,至今仍为英国皇家植物园内最著名的景点之一。

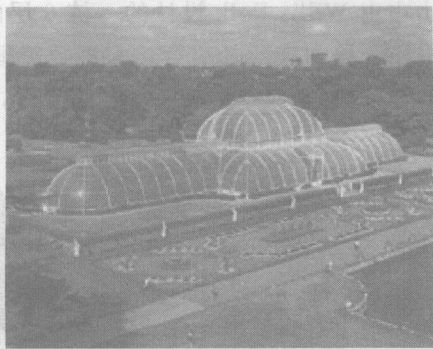


图 1—1 英国皇家植物园棕榈屋

二、第二代建筑幕墙（1850 年—1940 年）

1851 年 5 月 1 日，第一届世界博览会在英国伦敦的海德公园顺利开幕，其主展馆为英国园艺设计师约瑟夫·帕克斯顿（Joseph Paxton）模仿植物王莲叶脉的结构，创意设计的一座以钢铁和玻璃为主要元素的“水晶宫”（Crystal Palace，图 1—2）。整个建筑物由钢架支撑，屋顶、墙面等部分采用大块玻璃组装而成。“水晶宫”的成功不仅成就了世博会也奠定了近现代功能主义建筑的雏形。1854 年，“水晶宫”迁至英国锡德汉姆，用于举办美术展览、音乐会等，并于 1936 年毁于大火之中。

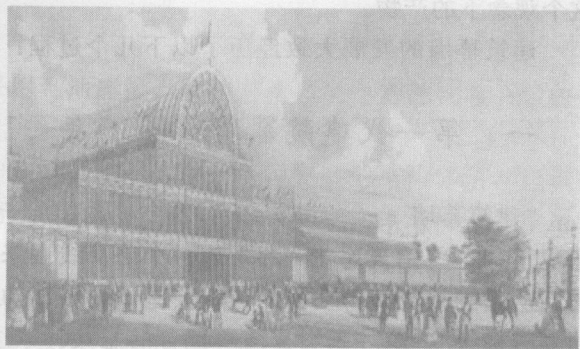


图 1—2 1851 年伦敦世博会水晶宫

1890 年，Daniel Burnham 和 John Wellborn Root 设计的 Reliance 大楼（图 1—3）采用了大面积玻璃面板和陶土色的瓷砖作为其外立面装饰材料，大楼高 15 层，于 1894 年竣工，该大楼预示了 20 世纪将是高层建筑采用玻璃幕墙的一个重要时代。1917 年，在美国旧金山市由 Willis Polk 设计的一栋 6 层的建筑物哈里德大厦（Hallidie，图 1—4），其外立面采用金属与玻璃的组合，大多数美国建筑史学者认为其为美国近代建筑幕墙史上第一栋玻璃幕墙建筑。该建筑迄今仍在使用，并成为旧金山市具有重要历史价值的建筑物地标之一。



图 1—3 美国芝加哥 Reliance 大楼

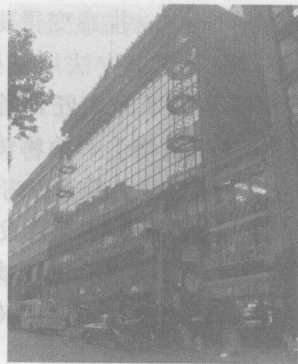


图 1—4 美国旧金山 Hallidie 大厦

20 世纪 20—30 年代，随着建筑材料和建筑科学技术的不断发展，特别是 19 世纪末叶以来出现的新材料、新技术得到完善充实并逐步推广应用，形成了 20 世纪一种最重要的建筑思潮和流派，即后来所谓的“现代主义建筑”。现代建筑强调建筑随时代发展而变化，要求建筑体现时代精神，同工业时代的条件和特点相适应，强调建筑师要研究和解决

建筑的实用功能需求和经济问题,主张采用新材料、新结构,促进建筑革新,在建筑设计中运用和发挥新材料、新结构的特性。

这时期出现了三位现代主义大师——沃尔特·格罗皮乌斯(Walter Gropius, 1883—1969年),勒·柯布西耶(Le Corbusier, 1887—1965年)和密斯·凡·德·罗(Mies van der Rohe, 1886—1969年)。其中沃尔特·格罗皮乌斯著名的代表作品包豪斯校舍实验工厂(Bauhaus, 1926年,图1—5),这座四层厂房的二、三、四层有三面是全玻璃幕墙,玻璃墙面与实墙面形成虚与实,透明与不透明,轻薄与厚重等不同的视觉效果和建筑形象,成为后来多层和高层建筑采用全玻璃幕墙的先声;萨伏伊别墅(Villa Savoye, 1928—1930年)体现了现代建筑大师勒·柯布西耶所提出的“新建筑”的特点,横向长窗与自由立面使建筑空间表现出更多的自由、变化和丰富;巴塞罗那博览会德国馆(1928—1929年)则是密斯·凡·德·罗早期现代主义建筑的一个代表作。

自从1886年铝金属精炼法发明后,铝的大量生产及价格下跌,从开始只是用于建筑物饰品的铝金属到逐渐成为建筑幕墙的主要建筑材料。1929年纽约知名建筑师Shreve、Lamb和Harmon率先使用6000片铝板用于帝国大厦(图1—6),1931年落成的纽约帝国大厦仅用四方的金属框架结构便支撑起一座102层的摩天大楼,它的出现既得益于建筑设计观念挣脱了古典装饰的羁绊,又得益于新的建筑材料被科学地运用。从此,用铝材料做建筑幕墙的结构设计逐渐风行,经过几十年的发展并混合各种不同建筑材料形成了目前现代建筑幕墙的规模。



图 1—5 包豪斯校舍实验工厂

图 1—6 美国纽约帝国大厦

目前,最为流行的一种幕墙形式——双层幕墙也在这一时期开始出现并得到发展。第一栋采用双层幕墙的建筑是位于德国 Giengen 的 Steiff 工厂(图1—7),该建筑是由该工厂所有者的儿子 Richard Steiff 设计,并于1903年建造完成的。考虑到阳光的需求和寒冷天气以及强风的影响, Richard Steiff 设计的这座三层建筑采用 T 型截面的焊接钢结构作为支承框架,在框架上每一支柱固定两层夹板,玻璃安装在夹板之间,中间留有 25 cm 的空间宽度,而形成一种双层玻璃幕墙。1904年和1908年又有两栋相似的双层幕墙系统也相继建成,但是在其结构中由木材取代了钢材,这三栋建筑目前还都在使用。1903年, Otto Wagner 赢得了奥地利维也纳的邮政储蓄银行大厦的设计权,该建筑从1904年到1912年分两个阶段建设,在大厅的主要银行部分采用了双层天窗,由钢结构、玻璃和铝

材组合的双层天窗占了该建筑的五分之三。在 20 世纪 20 年代, 双层幕墙得到了较程度的发展。在这期间, 莫斯科建造了两栋具有代表性的双层幕墙建筑, Moisei Ginzburg 设计的 Narkomfin 大楼 (1928 年) 和 Le Corbusier 设计的 Centrosoyus。一年后, Le Corbusier 于法国巴黎设计了两栋采用双层幕墙的建筑物 Cite de Retuge (1929 年) 和 Immeuble Clarte (1930 年), 但最终在实际建造中均没有采用。

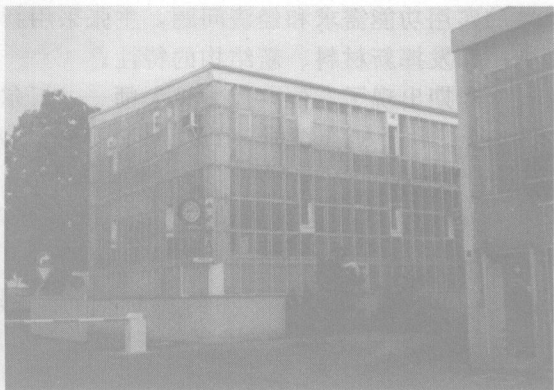


图 1—7 德国 Giengen 的 Steiff 工厂

在第二次世界大战之后, 世界各国逐渐把应用在军事上的技术和材料转移到建筑业上来, 许多有利于建筑幕墙发展的新理论、新材料、新工艺的开发和利用, 使建筑幕墙要求的各项性能指标, 如承载力、空气渗透、雨水渗透、保温防潮、隔声防火等都有了可靠的材料基础的技术保证, 从而使建筑幕墙获得了飞速的发展。

三、第三代建筑幕墙 (1950 年—1970 年)

自 20 世纪 50 年代之后, 现代主义建筑的玻璃幕墙蓬勃发展, 使得玻璃幕墙建筑在 20 世纪中后期一度成为现代主义建筑的代名词。这一时期, 建筑幕墙在高层建筑上的应用是该时期的主题。

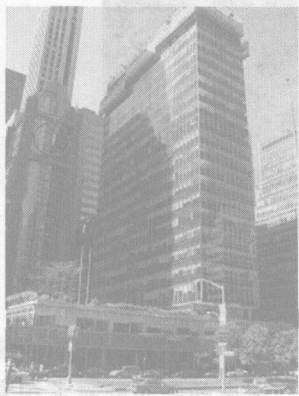


图 1—8 美国纽约利华大厦

其实早在 1921 年, 密斯·凡·德·罗在一个高层建筑设计竞标方案中就向人们首次展示了全新的高层建筑构想: 将高层建筑的一切装裱全部剥去, 只留下最基本的框架结构, 外面覆盖纯净透明的玻璃幕墙。第一个真正采用全玻璃幕墙的高层建筑是 1952 年 Skidmore, Owings & Merrill 事务所 (SOM) 设计的纽约利华大厦 (Lever Building, 图 1—8), 其外形酷似一个“玻璃盒子”, 开创全玻璃幕墙的高层建筑先例, 首次实现了密斯 20 年代提出的玻璃摩天楼梦想。

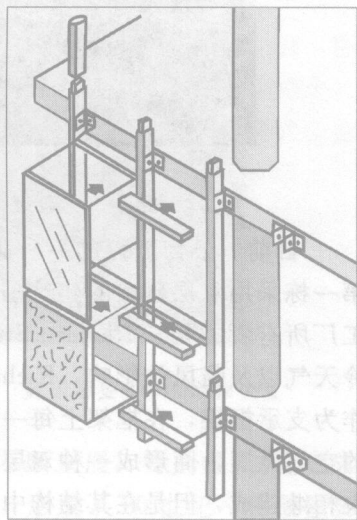


图 1—9 构件式幕墙系统

“构件式幕墙” (Stick Curtain Wall, 图 1—9) 系统是这一时期的早期阶段较为广泛采用的幕墙体系, 它是把建

筑幕墙构件在工地现场进行组合,首先安装上锚固系统,其次是立柱、横梁,加上窗间板后再安装横梁,最后安装玻璃面板及进行密封和内部装饰。采用此种施工法的好处是材料节省、搬运费用低廉、材料构件尺寸较具弹性,缺点是工地的施工时间长、费用高且质量也不容易控制,但在总成本上算起来比较便宜,因此该幕墙系统还是被广泛采用,这种幕墙系统在设计上要严格计算和考虑伸缩缝的位置和楼层间的侧向位移。目前我国常用的明框幕墙、隐框幕墙和半隐框幕墙以及全玻璃幕墙都属于构件式幕墙系统。

“嵌板式幕墙”(panelized curtain wall, 图 1—10)系统也是这一时期出现的新型幕墙系统。它是将幕墙板块整体固定在建筑物的主体结构上,这种幕墙具有轻薄的、连续的外层结构,但是承受水平荷载的能力较差,往往采用凹槽或波浪轧制的板面,板面也可冲压成具有三维刚度的凹凸形状,增加其承受水平荷载的能力。如果板面跨度较大也可在板内侧增设附框,将其固定在建筑物主体结构上,在特殊情况下,混凝土嵌板也可配置钢筋,以提高其抗弯能力。整层高度的嵌板幕墙多采用垂直跨接,精度计算困难,一般采用带有附框的金属板、混凝土预制板、石材等嵌板构造体系。嵌板式幕墙系统是后来单元式幕墙系统的早期雏形,不同之处在于单元式幕墙系统是由许多幕墙构件组合而成,而嵌板式幕墙系统则是指预制混凝土或金属冲压而成的单元系统。该系统使用于外型简单并可大量复制的外墙造型,大部分用于工业厂房或办公室。

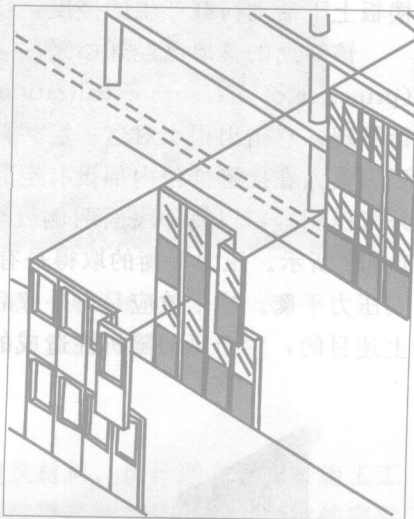


图 1—10 嵌板式幕墙系统

这一时期,国外高层建筑采用幕墙结构迅速增多,世界范围内建造了许多经典的采用构件式幕墙系统的高层建筑,如:1952年美国宾夕法尼亚州匹兹堡市建成的阿尔考大厦(Alcoa Building),它是早期单元式幕墙的代表作;1953年落成的纽约联合国秘书处大厦(U. N. Secretariat Building)、1974年芝加哥建成的西尔斯大厦(Sears Tower, 443米)、1972年建成的纽约市世界贸易中心大厦(World Trade Center, 412米)和约翰·汉考克大厦(John Hancock Center, 344米)都采用了明框铝合金玻璃幕墙等幕墙系统。

四、第四代建筑幕墙(1970年—1990年)

在20世纪70年代以后,为解决工地建筑工人短缺、施工质量不易控制等因素,“单元式幕墙”(unitized curtain wall, 图 1—11)系统于70年代中期在美国开始出现,并逐渐得到流行,成为该时代超高层建筑幕墙的主流。其特点是把建筑幕墙组合规格化,做成适合安装的幕墙单元,然后直接把单元固定于建筑主体结构系统上,构成整个幕墙系统。其中直料和横料各以公母两支铝型材相互连锁扣住,既能挡风又能防水,每一单元都预先在厂房里组合,并加上玻璃,花岗石、铝板或不锈钢以及橡胶垫或填缝剂,铝型材及铝板表面也经过喷漆以及阳极处理过,加工精度和安装质量比较容易控制,完成的幕墙单元在

安装后只要清洁工人清洗后即告完成,如果有因安装而致使幕墙单元表面破损或擦创,也可利用工人清洗时进行微小的修补。单元式幕墙最大的优点是安装迅速,安装精度较高,在超高建筑中采用该幕墙系统可以大大的缩短工期,因此这种施工方法在现代也是倍受欢迎,并有日渐增长的趋势。单元式幕墙系统除了在施工上的便利外,一般来说对于建筑的层间位移的承受能力较好,尤其现代施工讲究钢结构材料的节省,这样就大大地增加了层间的位移。单元式系统在每一单元间都有保留间隔空隙,足以伸缩吸收楼层间的位移以及楼板上下活动荷载产生的挠度,使得每一单元不会受到挤压、变形甚至破坏的情形。

该时期的幕墙已经开始采用“雨幕原理”(rainscreen principle)或“压力平衡原理”(principle of pressure equalization)来解决各种幕墙系统的渗水问题。雨幕原理是一个设计原理,它指出雨水对这一层“幕”的渗透将如何被阻止的原理,在这一原理应用中其主要因素为在接缝部位内部设有空腔,其外表面的内侧的压力在所有部位上一直接要保持和室外气压相等,以使外表面两侧处于等压状态,其中提到的外表面即“雨幕”,原理如图1—12所示。压力平衡的取得是有意使开口处于敞开状态,使空腔与室外空气流通,以达到压力平衡。这个效应是由外壁后面留存的空腔所形成,此空腔必须和室外联通才能达到上述目的,由于风的随机性造成的阵风波动亦需在外壁两侧加以平衡。

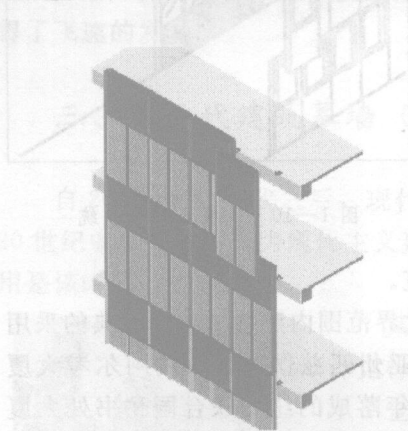


图 1—11 单元式幕墙系统

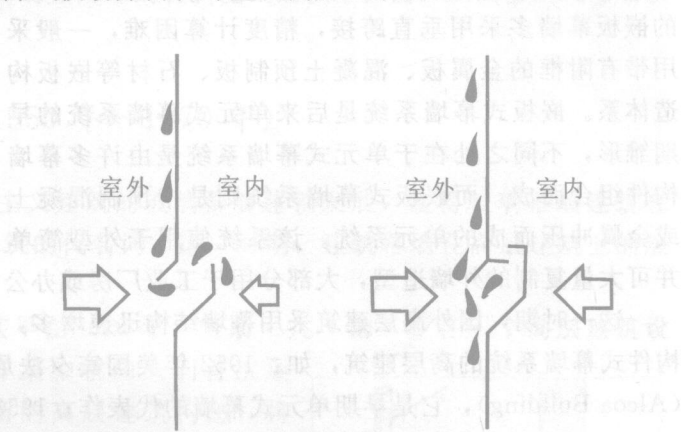


图 1—12 雨幕原理示意图

“点支式玻璃幕墙”(point supported glass curtain wall)也在该时期出现并很快得到了迅速的发展。点支式玻璃幕墙最早可以追溯到德国 20 世纪 50 年代所建的两个采用高抗拉强度的玻璃和经过特别设计的爪件连接而成的幕墙建筑;到 20 世纪 60—70 年代,英国的玻璃厂家皮尔金顿(Pilkington)首先开发了两种建筑玻璃点式连接法——补丁式装配体系(patch fitting system)和平式装配体系(plain fitting system),1986 年又发展了球铰连接装配体系,这些体系就是普遍使用的固定式(活动式)浮头(沉头)连接件。期间,由诺曼·福斯特(Norman Foster)设计的 Willis Faber and Dumas Headquarters(建于 1971—1975 年,图 1—13)就采用了补丁版式连接的玻璃幕墙;1986 年,法国建筑师安德里·范西贝(Adrien Fainsilber)在纪念法国大革命 200 周年的十大建筑物之一——拉·维莱特科学与工业城(Cite des Sciences et de L'industrie, la Villette)(图 1—14)的立面设计中,大胆应用了点支式玻璃幕墙技术,每两行玻璃交接处有一水平索桁架作为玻

玻璃面板的水平支承,两端固定于主体框架上。

点支式玻璃幕墙建筑结构形式随着现代建筑师追求“高通透、大视野”的建筑艺术表现形式在我国也得到了迅猛的发展,也是目前应用最为广泛的幕墙系统之一。

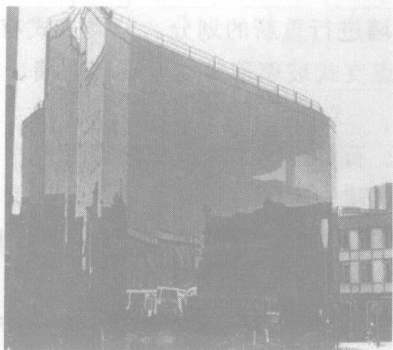


图 1—13 Willis Faber & Dumas 总部

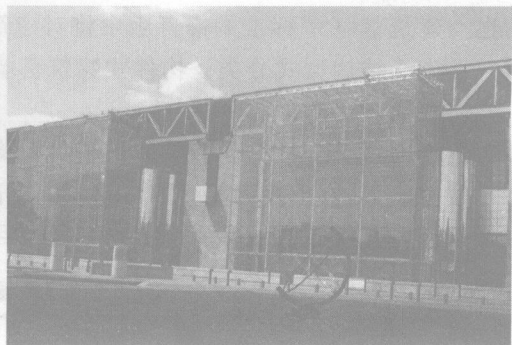


图 1—14 法国拉·维莱特科学与工业城

五、第五代建筑幕墙 (1990 年—至今)

随着人们对居住环境需求的不断提高,各种新型的建筑材料、设计理念和生产施工工艺在建筑幕墙的生产加工过程中得到了广泛的应用,从而使得幕墙系统得到了持续的完善和发展,并不断创新。这一时期出现的许多新型的幕墙系统更强调人与自然的交互作用,能源的利用更加趋于合理化。

各种“通风式幕墙”(ventilated curtain wall)系统、“主动式幕墙”(active curtain wall)系统、光电幕墙(photoelectric curtain wall)系统及“生态幕墙”(zoology curtain wall)系统得到了发展和应用。“通风式双层玻璃幕墙”(ventilated double-skin facades)结合先进的机械式遮阳系统在很大程度上提高了建筑的节能、保温效果,大大提高了室内环境的舒适度;各种主动式交互幕墙系统逐渐被开发并得到试验性的应用,这些幕墙系统最大限度地利用太阳能,把建筑幕墙吸收的太阳能有效地储存、转化为热能,降低了建筑的能耗;光电幕墙可以把太阳能转化为电能,从而可以进行转化利用;生态幕墙是生态建筑的外围护结构,它以“可持续发展”为战略,以使用高新技术为先导,以生物气候缓冲层为重点,节约资源,减少污染,是健康舒适的生态建筑外围护结构。

随着科技的不断发展,特别是新技术、新工艺、新材料的创新和开发利用,未来的建筑幕墙将具有节能环保、可靠耐用、健康舒适及智能化等特点。

第三节 建筑幕墙的分类

《建筑幕墙》(JG 3035—1996)中规定的建筑幕墙分类标准为: