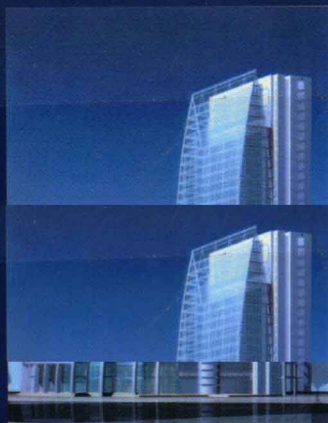


建筑装饰装修技术系列手册

建筑幕墙与采光顶 设计施工手册

(第三版)

张芹 主编



中国建筑工业出版社

建筑装饰装修技术系列手册

建筑幕墙与采光顶设计施工手册

(第三版)

张 芹 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑幕墙与采光顶设计施工手册/张芹主编. —3 版. —北京:
中国建筑工业出版社, 2011. 7
建筑装饰装修技术系列手册
ISBN 978 - 7 - 112 - 13435 - 9

I. ①建… II. ①张… III. ①幕墙 - 结构设计 - 技术 - 手册
②玻璃 - 屋顶 - 结构设计 - 技术手册 IV. ①TU227 - 62②TU231 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 151538 号

建筑装饰装修技术系列手册
建筑幕墙与采光顶设计施工手册
(第三版)

张 芹 主 编

*

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
北京嘉泰利德公司制版
环球印刷 (北京) 有限公司印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 87½ 插页: 4 字数: 2195 千字
2012 年 1 月第三版 2012 年 1 月第五次印刷

定价: 198.00 元

ISBN 978 - 7 - 112 - 13435 - 9
(21187)

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)

本书为介绍建筑幕墙与采光顶成套技术的工具书。全书共计 18 章内容，主要包括：概述；幕墙材料；荷载与间接作用；结构设计原理和方法；幕墙的种类和构造特点；幕墙的物理性能；明框幕墙；隐框幕墙；单元式幕墙；金属和石材幕墙；全玻璃及点式玻璃幕墙；双层通风玻璃幕墙和平层索网玻璃幕墙；幕墙的制作、安装、检验与质量控制；玻璃采光顶设计原理与性能；玻璃采光顶构造设计；现代全玻璃建筑、采光顶及雨篷；玻璃采光顶结构设计；玻璃采光顶的制作、安装与质量控制。书中对幕墙与采光顶的选型、材料的选用、设计计算、构造节点、制作、安装、施工工艺、验收和质量控制进行了全面介绍，并附有丰富的实例。

本书修订按照最新的国家标准、规范及材料标准进行，具有先进、新颖、系统、可操作性强、简明、实用的特点。反映了现代新型建筑幕墙与采光顶的新成果、新技术、新工艺及丰富的实践经验。

本书可供建筑装饰行业的设计、施工、管理工程技术人员和材料生产厂家使用，也可供广大用户参考。

* * *

责任编辑：余永祯

责任设计：李志立

责任校对：赵颖 王雪竹

第三版前言

我国建筑幕墙与采光顶迅猛发展,技术日新月异,新建筑、新技术、新材料、新工艺不断涌现,建筑(结构)设计规范已部分更新,与建筑幕墙有关材料标准也有修改,且制定了一系列新规范、新标准。我国建筑幕墙与采光顶已进入从中国制造向中国创造发展的新阶段,为早日实现从中国制造向中国创造发展的目标提供支持和服 务,对《建筑幕墙与采光顶设计施工手册》进行修订,给建筑界、幕墙界提供一本反映建筑幕墙与采光顶最新信息、介绍最新技术的工具书。

“与时俱进,开拓创新”是本手册修订的指导原则,修订的主要依据是《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ102—2003,《建筑幕墙》GB/T21086—2007、《建筑玻璃采光顶》JG/T231—2008、《铝合金结构设计规范》GB50429—2007、《建筑抗震设计规范》GB50011—2010等。同时对已修订和新制定的标准(规范)也列入手册。对近年来的新建筑(国家大剧院、广州新白云国际机场)在第16章增加了16.1和16.2节并作了重点介绍,新增第12章详细介绍了双层通风玻璃幕墙和单层索网玻璃幕墙。

手册的修订力争达到下面几个方面的要求:

1. 先进性

用先进的理论作指导,以先进技术为基础介绍、分析21世纪新型建筑幕墙与采光顶,对传统的幕墙技术从历史发展过程,用新观点来评述。现代建筑幕墙与采光顶技术在其50多年发展中积累了丰富的实践经验,同时现代科学技术的发展为建筑幕墙与采光顶提供了新方向、新思维、新技术。我们必须以现代科学技术发展为基础和方向,用经实践检验证明正确的技术理论来武装自己,使建筑幕墙技术与现代科学技术发展与时俱进。

2. 新颖性

手册重点介绍现代新型建筑幕墙与采光顶及其新技术、新工艺、新材料。采用的设计规范(规程)、材料标准(产品标准)全部为2010年10月底前颁发的新规范、新标准或有效规范、标准(如GB50011—2010、GB50223—2008、GB/T17742—2008、GB50429—2007、GB/T21086—2007、JG/T231—2008、GB5237.1~5—2008、GB11614—2009、GB15763.1~4—2009、GB17841—2008、GB3880.1~3—2006、GB/T17670—2008、GB/T4240—2009、JG/T138—2010、JGJ134—2010、GB23261—2009、GB/T1220—2007、JG/T217—2007、JG/T200—2007、JG/T201—2007、JG/T178—2007、GB/T17748—2008、JC/T1079—2008、GB/T2040—2008、GB/T2059—2008、GB/T16745—2008、GB/T13890—2008、GB/T17670—2008、GB/T16938—2008、GB/T15764—2008、GB/T1591—2008、GB/T18601—2009、GB/T23452—2009、GB/T23453—2009、GB/23261—2009、GB/T23864—2009、GB24266—2009、GB24267—2009、JG/T2001—2009、JGJ/T134—2010、GB6566—2010、GB50018—2010等)。对近几年国内建筑幕墙与采光顶基础理论研究的新成果、抗震试验和三性试验的新进展作系统的介绍。

3. 系统性

手册编写时,对幕墙(采光顶)从原料的选择、幕墙的性能、设计计算和生产工艺及验收的全过程作系统阐述,即将幕墙(采光顶)选型、设计计算、材料的选用、制作、安装所依据的规范标准及相关知识组成一个系统的知识链,而不是将手册作为一种标准、规范堆积的资料库。同时对设计计算、工艺上所需全部标准和设计计算参数收集、整理成一个完整的系统,做到不缺、不漏,即这些参数都能在手册中选取到。

4. 可操作性

使手册成为一般工程技术人员容易掌握的技术手册,具有可操作性。在编写时对设计、施工规划了最优化流程,指出了每一项设计、计算、工艺的最佳切入点及工作先后顺序,并通过例题,对各种类型幕墙与采光顶的设计计算作系统演示,只要掌握了手册介绍的内容即可完整的设计出幕墙、采光顶。

5. 严肃性

在编写手册时,对有关标准均进行了严格筛选与查核,保证是到2010年10月底的有效标准,对标准内容也仔细核对,必须符合最近版本(含标准局部修改),对重要的内容都逐一请有关单位、各专家审阅校核,保证手册中介绍的有关新技术、新工艺、新材料准确无误,尽量减少广告式虚假不实之词。

手册编写得到北京江河幕墙股份有限公司、广州白云化工实业有限公司、广东坚朗建筑五金集团、珠海晶艺玻璃工程集团,深圳三鑫特种玻璃工程公司、汕头金刚玻璃幕墙公司、上海高新铝质工程公司、沈阳远大铝业工程公司、武汉凌云集团、西飞集团、深圳金粤铝制品公司、嘉特纳幕墙(上海)公司、中山市盛兴幕墙公司、浙江宝业幕墙装饰公司、沈阳黎明门窗幕墙工程公司、郑州中原应用技术开发有限公司、格兰特工程玻璃(中山)有限公司、上海耀华皮尔金顿玻璃有限公司、伟光镀膜玻璃有限公司、亚洲铝厂有限公司、广亚铝业有限公司、佛山市季华铝业有限公司、广东大明铝型材有限公司等单位提供的有关技术资料,在此深表谢意。

中国建筑金属结构协会铝幕墙专家组黄圻主任、郑金峰教授、赵西安教授、李之毅教授、龙文志教授、杨仕超教授、石民祥教授、崔永峰高级工程师,姜仁高级工程师、黄小坤研究员、上海现代建筑设计集团孙宝莲高级工程师,全国硅酮密封胶专家组王跃林博士对本手册的编写进行了指导或提出了修改意见,成都市金属结构协会姚永琅工程师为本手册提供(校核)部分数据表,厦门市金属结构协会甘南山高级工程师提供了厦门市9914号台风对建筑幕墙影响的资料,在此一并致谢。

参加本手册编写(资料收集、翻译、文字整理、校阅、绘图)的有周华、王洪敏、厉敏、丁鸥、刘长龙、白启安、黄凯、刘斌、杜万明、杨颖、申永红、阮世显、靳坤峰、位硕、马月智、罗社花、任雨亮、张倩、谭世友、张鑫、陆蓉、陶伟、宿景、高艳春、周婕、张峰、姜伟荣、瞿哲、金鹏等。

由于编者水平及收集资料范围的局限,难免有遗漏和错误之处,请广大读者和专家指正。

作者

2011年1月

目 录

1 概 述

1.1 我国建筑幕墙与采光顶发展简况	1	1.2 自主创新, 发展我国幕墙技术	4
--------------------------	---	--------------------------	---

2 幕墙材料

2.1 钢材	7	2.3.6 奥氏体、马氏体和铁素体耐腐蚀 不锈钢制造的螺母机械性能	222
2.1.1 幕墙钢结构用钢材必须具有的性能	7	2.3.7 不锈钢自攻螺钉机械性能与工作 性能	223
2.1.2 钢材主要性能	8	2.3.8 有色金属紧固件的机械性能	228
2.1.3 影响钢材性能的因素	11	2.3.9 抽芯铆钉机械性能	231
2.1.4 碳素结构钢	14	2.3.10 混凝土用膨胀型、扩孔型建筑 锚栓	235
2.1.5 耐候结构钢	17	2.3.11 螺纹紧固件应力截面积值	237
2.1.6 低合金高强度结构钢	21	2.3.12 螺栓、螺钉、螺柱和螺母公差	238
2.1.7 不锈钢棒	29	2.4 密封胶	239
2.1.8 不锈钢丝	44	2.4.1 建筑密封材料分级和要求	241
2.1.9 建筑用不锈钢绞线	50	2.4.2 幕墙玻璃接缝用密封胶	248
2.1.10 建筑幕墙用钢索压管接头	53	2.4.3 建筑用阻燃密封胶	260
2.1.11 建筑结构用冷弯矩形钢管	56	2.4.4 彩色涂层钢板用建筑密封胶	263
2.2 铝合金材料	71	2.4.5 石材用建筑密封胶	265
2.2.1 牌号与状态	71	2.4.6 建筑用硅酮结构密封胶	271
2.2.2 化学成分	80	2.4.7 中空玻璃用弹性密封胶	292
2.2.3 铝合金建筑型材	97	2.4.8 中空玻璃用硅酮结构密封胶	294
2.2.4 铝合金板材	132	2.4.9 太阳光伏建筑用密封胶	299
2.2.5 钛及钛合金板	193	2.4.10 建筑窗用弹性密封胶	305
2.2.6 铜及铜合金板(带)材	200	2.4.11 聚氨酯建筑密封胶	312
2.3 紧固件	212	2.4.12 聚硫建筑密封胶	313
2.3.1 紧固件 螺栓、螺钉、螺柱和螺母 通用技术条件	213	2.4.13 丙烯酸酯建筑密封胶	314
2.3.2 碳钢或合金钢制造的螺栓、螺钉 和螺柱的机械性能	214	2.4.14 干挂石材幕墙用环氧胶粘剂	315
2.3.3 粗牙螺纹螺母的材料和机械性能	216	2.4.15 非结构承载用石材胶粘剂	317
2.3.4 细牙螺纹 螺母的机械性能	218	2.5 玻璃	318
2.3.5 奥氏体、马氏体和铁素体耐腐蚀 不锈钢制造的螺栓、螺钉和螺柱 的机械性能	219	2.5.1 平板玻璃	318
		2.5.2 压花玻璃	323

2.5.3 防火玻璃	324	2.6.5 天然大理石	433
2.5.4 钢化玻璃	329	2.6.6 建筑幕墙用瓷板	439
2.5.5 夹层玻璃	350	2.6.7 超薄天然石材复合板	443
2.5.6 中空玻璃	358	2.6.8 建筑幕墙用高压热固化木纤维板	447
2.5.7 真空玻璃	364	2.7 防火（保温）材料	451
2.5.8 镀膜玻璃	369	2.7.1 建筑材料及其制品燃烧性能分级	451
2.5.9 热弯玻璃	380	2.7.2 防火封堵材料	457
2.5.10 太阳能电池用玻璃	383	2.7.3 绝热用岩棉、矿渣棉及其制品	461
2.6 石材	386	2.7.4 绝热用硬质酚醛泡沫制品	465
2.6.1 基础标准	386	2.7.5 建筑绝热用硬质聚氨酯泡沫塑料	467
2.6.2 天然砂岩建筑板材	416	2.7.6 建筑用岩棉、矿渣棉制品	469
2.6.3 凝灰石	420	2.7.7 建筑绝热用玻璃棉制品	471
2.6.4 天然花岗石	426		

3 荷载与间接作用

3.1 概述	475	3.4.1 震级和烈度	505
3.2 风荷载	478	3.4.2 设防烈度与地震动峰值加速度	510
3.2.1 基本风压	478	3.4.3 建筑工程抗震设防分类标准	514
3.2.2 风压高度变化系数	481	3.4.4 三水准设防和二阶段设计	520
3.2.3 风荷载体型系数	483	3.4.5 竖向地震作用	522
3.2.4 阵风系数	495	3.4.6 地震作用标准值	523
3.3 雪荷载	500	3.4.7 建筑幕墙平面内变形性能检测 方法	523
3.3.1 基本雪压	501	3.5 自重和活荷载	525
3.3.2 屋面积雪分布系数	503	3.6 温度变化	525
3.4 地震作用	505		

4 结构设计原理和方法

4.1 结构设计方法的变迁	529	4.5.1 热轧钢型材	552
4.2 结构设计原理	531	4.5.2 冷成型钢型材	557
4.3 概率极限状态设计法	534	4.5.3 不锈钢材料	558
4.4 幕墙镶板设计原理	536	4.5.4 耐候钢	558
4.4.1 单跨板	537	4.5.5 不锈钢绞线	559
4.4.2 符号说明	537	4.5.6 铝合金材料	560
4.4.3 计算用表	538	4.5.7 玻璃（聚碳酸酯板）	563
4.4.4 加肋板	541	4.5.8 石材	564
4.4.5 目前采用的薄板计算公式	549	4.5.9 硅酮结构密封胶	564
4.5 设计计算方法	551		

5 幕墙的种类和构造特点

5.1 概述	565	5.2.7 点式幕墙竖向桁架与钢屋面梁 连接	577
5.2 幕墙与建筑物配合的构造 设计	568	5.2.8 点式幕墙与单元式幕墙接缝部位 构造设计	577
5.2.1 一个立面设幕墙	569	5.3 幕墙的细部构造设计	578
5.2.2 多个立面设幕墙	570	5.4 幕墙的防火构造设计	584
5.2.3 折线形幕墙	571	5.5 幕墙的防雷设计	585
5.2.4 圆弧形幕墙	572	5.5.1 高层建筑金属幕墙防雷设计原理	586
5.2.5 幕墙杆件与建筑物框架立面配合 构造设计	574	5.5.2 防雷类别和不设防判定	587
5.2.6 单元式幕墙与主体结构的构造配合 设计	575	5.5.3 防侧击和等电位连接	587
		5.5.4 屋顶防雷击措施	588

6 幕墙的物理性能

6.1 抗风压性能	593	6.6 平面内变形性能和抗震要求	618
6.2 水密性能	599	6.7 耐撞击性能	623
6.3 气密性能	605	6.8 光学性能	626
6.4 热工性能	609	6.9 承重力性能	631
6.5 空气隔声性能	614		

7 构件式幕墙——明框幕墙

7.1 概述	632	7.2.10 玻璃幕墙立柱（横梁）的壁厚是 重要的安全技术指标	647
7.1.1 整体镶嵌槽式	632	7.3 玻璃幕墙杆件设计计算	649
7.1.2 组合镶嵌槽式	633	7.3.1 立梃计算简图及立柱验算	649
7.1.3 混合镶嵌槽式	634	7.3.2 横梁计算简图及横梁验算	666
7.1.4 隐窗型	635	7.4 玻璃幕墙连接设计计算	671
7.1.5 隔热型	635	7.4.1 幕墙连接节点	671
7.2 铝合金型材截面设计	637	7.4.2 建筑幕墙与主体结构连接方式	672
7.2.1 型材断面力学性能	637	7.4.3 幕墙的连接设计	678
7.2.2 组装方便与连接可靠	638	7.4.4 连接设计计算	678
7.2.3 接缝的活动性	639	7.4.5 预埋件计算	681
7.2.4 雨幕原理和压力平衡墙体设计	640	7.4.6 双金属腐蚀（接触腐蚀）	682
7.2.5 镶嵌玻璃或装配结构玻璃装配 组件	644	7.4.7 后锚固连接	683
7.2.6 型材上安装五金配件的可能性	645	7.5 幕墙玻璃设计计算	716
7.2.7 对各种开启方式的适用性	645	7.5.1 计算公式	716
7.2.8 型材装饰面的考虑	645	7.5.2 三角形玻璃板的计算用表	717
7.2.9 加工工艺的可能性	645	7.5.3 夹层玻璃计算	721

7.5.4 中空玻璃计算	727	7.5.6 玻璃热应力破裂	739
7.5.5 夹层中空玻璃	735		

8 构件式幕墙——隐框幕墙

8.1 概述	755	8.3.4 硅酮结构密封胶胶缝的特点	768
8.2 构造设计	758	8.3.5 胶缝的耐久性和寿命	771
8.3 用硅酮结构密封胶胶缝固定玻璃是 可靠度最高的玻璃安装方法	766	8.3.6 胶接工艺是胶接技术成败的关键	771
8.3.1 硅酮结构胶性能	767	8.4 胶缝标准设计	772
8.3.2 硅酮结构密封胶胶缝胶接原理	767	8.5 胶缝设计计算	778
8.3.3 硅酮结构密封胶胶缝的可靠度	767	8.6 半隐框幕墙	793

9 单元式幕墙

9.1 概述	798	9.2.12 FJ 式单元幕墙	843
9.1.1 单元式幕墙接缝的特点	800	9.2.13 TW 式单元幕墙	843
9.1.2 单元式幕墙技术特点	801	9.2.14 PT 式单元幕墙	853
9.1.3 按照雨幕原理 (The Rain Screen Principle) 进行对插接缝部位的 防水构造设计	805	9.2.15 HU 式单元幕墙	853
9.2 构造设计	807	9.2.16 SH 式单元幕墙	853
9.2.1 AU 式单元幕墙	808	9.2.17 HP 式单元幕墙	868
9.2.2 GM 式单元幕墙	812	9.2.18 LN 式单元幕墙	868
9.2.3 AM (I) 式单元幕墙	818	9.2.19 PH 式断热型材单元幕墙	868
9.2.4 AM (II) 式单元幕墙	823	9.2.20 SG 式断热型材单元幕墙	868
9.2.5 JP (I) 式单元幕墙	825	9.3 多跨铰接连续梁	879
9.2.6 JP (II) 式单元幕墙	828	9.3.1 多跨铰接连续静定梁	879
9.2.7 KO 式单元幕墙	834	9.3.2 多跨铰接连续一次超静定梁计算	895
9.2.8 SI 式单元幕墙	834	9.3.3 多跨铰接连续二次超静定梁计算	895
9.2.9 LY 式单元幕墙	843	9.4 组装与吊装	903
9.2.10 DJ 式单元幕墙	843	9.4.1 单元组件组装	903
9.2.11 BE 式单元幕墙	843	9.4.2 单元组件吊装固定	904
		9.4.3 单元组件元件、配件配送管理	905

10 金属与石材幕墙

10.1 构造设计	906	10.1.4 搪瓷板幕墙	936
10.1.1 单层铝板幕墙	906	10.1.5 石材板幕墙	936
10.1.2 复合铝板幕墙	908	10.2 设计计算	964
10.1.3 蜂窝铝板幕墙	921		

11 全玻璃及点式玻璃幕墙

11.1 玻璃肋胶接全玻璃幕墙	990	11.3.4 索桁架的稳定与预应力控制	1094
11.2 点式连接全玻璃幕墙	996	11.3.5 施工与质量控制	1095
11.2.1 概述	996	11.3.6 索桁架点连接全玻璃幕墙施工 质量允许偏差	1097
11.2.2 玻璃肋点连接全玻璃幕墙	997	11.3.7 验收	1098
11.2.3 全玻璃幕墙的制作及安装技术 要求	1059	11.4 索-梁体系	1098
11.3 拉索式点连接全玻璃幕墙	1060	11.5 背栓式点连接全玻璃幕墙	1099
11.3.1 概述	1060	11.6 点式幕墙用于观光电梯井 幕墙	1100
11.3.2 预应力	1066		
11.3.3 设计计算	1068		

12 双层通风玻璃幕墙和单层索网玻璃幕墙

12.1 双层通风玻璃幕墙	1104	12.1.7 之江有机硅科技楼幕墙实例	1154
12.1.1 北京国家会计学院幕墙实例	1116	12.1.8 经济型双层幕墙	1158
12.1.2 南京中国人寿广场幕墙实例	1119	12.2 单层索网玻璃幕墙	1162
12.1.3 深圳广电中心幕墙实例	1122	12.2.1 哈尔滨国际体育会展中心预应力 单层索网幕墙	1163
12.1.4 张江高科技园区管理中心大楼 幕墙实例	1131	12.2.2 北京土城电话局信息港四季中庭点 支式玻璃幕墙	1172
12.1.5 沈阳 SUNRISE 国际酒店热 通道幕墙实例	1140	12.2.3 新保利大厦柔索玻璃幕墙	1177
12.1.6 浙江电力大厦幕墙实例	1146		

13 幕墙的制作、安装、检验与质量控制

13.1 生产准备工作	1183	13.9 人造板材幕墙制作、组装 要求	1210
13.1.1 设计图纸	1183	13.10 点支式玻璃幕墙制作、组装 要求	1213
13.1.2 施工组织设计	1187	13.11 单元式幕墙组装与吊装	1215
13.1.3 选料	1191	13.11.1 单元组件框及单元内部装配 组件框制作	1215
13.2 杆件加工	1193	13.11.2 单元组件组装	1216
13.3 杆件安装	1194	13.11.3 连接件安装	1217
13.4 明框幕墙安装玻璃	1196	13.11.4 单元组件安装	1217
13.4.1 玻璃裁划及磨边	1196	13.12 检验规则	1218
13.4.2 玻璃安装	1199	13.13 质量控制检查	1224
13.5 结构玻璃装配组件制作	1201	13.14 保养与维修	1225
13.6 隐框玻璃幕墙组装	1204		
13.7 石材幕墙制作、组装要求	1206		
13.8 金属板幕墙制作、组装要求	1209		

14 玻璃采光顶设计原理与性能

14.1 玻璃采光顶设计原理	1234	14.2.2 气密性能	1249
14.1.1 玻璃采光顶建筑的发展	1234	14.2.3 水密性能	1249
14.1.2 玻璃采光顶的造型	1236	14.2.4 热工性能	1250
14.1.3 玻璃采光顶的种类	1247	14.2.5 隔声性能	1250
14.2 玻璃采光顶物理性能及其 分级	1248	14.2.6 采光性能	1250
14.2.1 结构性能	1249	14.2.7 防火设计	1251
		14.2.8 防雷设计	1251

15 玻璃采光顶构造设计

15.1 概述	1252	15.2.3 玻璃框架玻璃采光顶	1263
15.2 构造设计	1253	15.3 连体玻璃采光顶构造	1265
15.2.1 铝合金明框玻璃采光顶	1255	15.4 聚碳酸酯透明采光顶	1265
15.2.2 铝合金隐框玻璃采光顶	1259		

16 现代全玻璃建筑、采光顶及雨篷

16.1 国家大剧院	1269	16.9 南京新街口地道入口玻璃房	1320
16.2 广州新白云国际机场	1282	16.10 厦门会展中心圆弧形玻璃 连廊	1321
16.3 北京植物园温室	1291	16.11 三角形桁架玻璃采光顶	1321
16.4 大连森林动物园热带雨林馆	1297	16.12 翼架(桁架)玻璃采光顶	1321
16.5 上海科技馆卵形中央大厅	1301	16.13 拉索式玻璃采光顶	1328
16.6 深圳市市民中心博物馆预应力 拉索平行弦网玻璃采光顶	1307	16.14 拉索(玻璃)一张拉膜组合 采光顶	1330
16.7 深圳市少年宫水晶石大厅	1312	16.15 雨篷	1334
16.8 南京新街口地下商场入口锥形 采光顶与张拉膜雨篷组合	1315		

17 玻璃采光顶结构设计

17.1 玻璃采光顶典型结构形式	1338	17.3.2 双坡采光顶	1348
17.1.1 斜梁	1338	17.3.3 四角锥(偶角锥)采光顶	1349
17.1.2 曲线三铰拱	1340	17.3.4 五角锥(奇角锥)采光顶	1351
17.1.3 直线三铰拱	1342	17.3.5 半圆形采光顶	1352
17.1.4 双铰圆拱	1344	17.3.6 1/4圆采光顶	1353
17.2 玻璃采光顶杆系设计	1346	17.3.7 抛物线形采光顶	1353
17.3 铝合金玻璃采光顶杆件设计 计算	1347	17.4 隐框玻璃采光顶胶缝设计 计算	1354
17.3.1 单坡采光顶	1347		

17.5 玻璃采光顶主支承结构体系简介	1355	17.6 玻璃采光顶与主支承结构的连接	1357
18 玻璃采光顶的制作、安装与质量控制			
18.1 概述	1361	18.3 玻璃采光顶质量控制	1373
18.2 玻璃采光顶的制作与安装	1370	18.3.1 玻璃采光顶制作及组装要求	1373
18.2.1 铝合金明框玻璃采光顶	1370	18.3.2 全面质量管理	1380
18.2.2 铝合金隐框玻璃采光顶	1371	18.3.3 工程验收	1381
18.2.3 全玻璃采光顶	1372		
参考书目			1383

1 概 述

玻璃从传统定位于建筑构件到现在的结构构件，揭开了建筑发展史的新篇章，诞生了现代建筑幕墙与采光顶，它是融建筑技术、建筑艺术、建筑功能为一体的新型建筑外围护构件。从某种意义上讲，建筑幕墙与采光顶已成为现代建筑的标志。

1.1 我国建筑幕墙与采光顶发展简况

我国建筑幕墙与采光顶从 1978 年开始起步，经过二十多年发展，特别是 20 世纪 90 年代的高速发展，到 21 世纪初，我国已发展成为世界第一幕墙与采光顶生产大国和使用大国。2008 年我国生产（使用）了 7583 万 m^2 建筑幕墙和采光顶，到 2008 年年底止我国共安装了约 44600 万 m^2 建筑幕墙和采光顶。我国大型幕墙企业的装备水平大大超过国外知名幕墙企业，国内幕墙生产企业已能为各种不同建筑提供所需的各种类型幕墙与采光顶，并在国外承包工程。国内企业在国内市场中占有 80% ~ 85% 左右份额，境外公司（含中国港、澳、台公司）占有不到 20% 市场份额，近年国内兴建的各种新型、异型幕墙（采光顶）和技术难度高的工程，绝大部分是由国内幕墙生产企业完成的。世界上著名幕墙企业都在我国承包了工程，建成了若干有影响的工程，我国成了世界幕墙博览会。国外公司在我国承包的工程中，部分是以中外合作方式进行的，这样就为我们了解世界幕墙技术新发展，不出国门就能学习国外幕墙技术创造了条件。在建筑幕墙与采光顶大发展的同时，相关产业如玻璃、硅酮密封胶、铝合金建筑型材等也同步发展，不仅在数量上满足了建筑幕墙和采光顶的需要（即建筑幕墙和采光顶的大部分材料由国内生产、提供，仅小部分进口），而且这些行业的产品质量与世界先进水平相近，有些甚至超过了世界先进水平，这就为建筑幕墙与采光顶的发展提供了坚实基础。建筑幕墙和采光顶虽然是由国外开发传到我国的，由于我国生产和使用了如此大数量的建筑幕墙和采光顶，在生产、使用中积累了丰富的经验，在建造这些建筑幕墙和采光顶时进行了几千次物理性能试验和抗震试验，揭示了建筑幕墙与采光顶的内在规律。在生产经验和科学实验的基础上，发扬我国已形成的产、学、研协同配合作战的传统，除了幕墙生产企业、专业试验机构（检测中心）对生产经验、试验成果进行总结外，全国很多科研院所、高校（含所属研究所）对建筑幕墙和采光顶进行了多学科的研究，将上述生产经验、试验成果上升为科学理论，提出一大批研究报告，开发出一大批新技术、新检测方法、新工艺以及新理论（设计原理）。同济大学原结构学院副院长颜德姮教授根据上海气象台的风速仪记录资料分析结果，提出了阵风系数随不同地面粗糙度类别地区、不同高度变化的原理，并应用到上海市标准，现在《建筑结构荷载规范》GB50009 也按这一原理规定了阵风系数。颜教授还和她的研究生马锦明、马彩霞在世界上率先进行隐框玻璃幕墙抗震性能振动台试验，华南建设学院西院抗震研究中心徐忠根博士、中国建筑科学院王明贵博士先后进行了石材幕墙抗震性能振动台试验，

这些试验揭示了模拟地震试验中建筑幕墙反应机理,证明了只要构造设计合理,脆性材料面板幕墙也可具有良好的抗震性能,为大规模建造隐框玻璃幕墙和石材幕墙奠定了理论基础,并据此编出了世界上第一个《建筑幕墙抗震性能振动台试验方法》(GB18575)国家标准。中国建筑科学研究院赵西安教授提出的板材“沿四周边缘为简支边,中肋支承线为固定边”的原则,为正确划分板区格支承条件奠定了基础。郑金峰教授和中国建筑科学研究院林若慈高工根据光学原理研究成果编制的《玻璃幕墙光学性能》(GB/T18091),深入剖析了玻璃幕墙的光影响及相关光学性能指标和技术要求,澄清了关于光污染的种种非议,使玻璃幕墙健康发展。李之毅教授和厦门市建委甘南山高级工程师对玻璃幕墙在厦门市9914号台风中受损情况的全面调查、分析,使人们对玻璃幕墙安全、可靠性有了更全面、明确的认识。上海金茂大厦建设过程中碰到风荷载的强度与其沿高度分布要比我国当时规范规定的小、型材壁厚小于当时规范要求的问题,这两个问题都由我国专家论证、试验顺利解决,这对于我国工程设计走出国门非常重要。清华大学李少甫教授领导的“建筑玻璃与金属结构研究所”在点支式幕墙的理论研究和计算机软件开发上作出了重大贡献(例如提出“对一个确定的结构,其预应力施加有一个可行的范围,即保证结构受力索的拉力小于其容许的最大拉力,平衡索的拉力仍大于零而不松弛”的原理,对拉索幕墙设计有重大指导作用)。我国已开发出多种建筑幕墙设计、计算软件,并在大部分幕墙企业推广使用,初步实现了建筑幕墙与采光顶设计、计算电脑化。

我国在建筑幕墙与采光顶技术开发上有了新进展,在进一步阐明“雨幕原理”(在外壁消除渗漏三要素中的作用要素,达到水淋不到内壁,而使内壁消除渗漏三要素中水的要素,达到不渗漏或少渗漏)的基础上,开发出超高性能单元式幕墙(水密性 $\geq 2500\text{Pa}$),新开发的具有三向转角微调功能、幕墙连接构件一侧固定定位、一侧活动并复位的单元幕墙连接装置,使单位幕墙在吊装、固定过程中能顺畅就位,避免了单元式幕墙在吊装过程中受损。深圳市民中心博物馆(54m $\times$ 30m)预应力平行弦索网玻璃采光顶是我国自行研制、开发的世界上第一个没有下凹曲线的预应力拉索屋面结构。国家大剧院双曲面金属和玻璃屋面、北京植物园温室大型全玻璃屋面、白云机场8.2万 m^2 点支式玻璃幕墙、新保利大厦90m $\times$ 60m单层索网玻璃幕墙均创世界之最,它标志着我国建筑幕墙与采光顶已开始步入中国创造的新阶段。

在二十多年建筑幕墙与采光顶技术发展过程中,我国培养了一大批幕墙技术人才,这支人才队伍以博士、硕士为骨干,他们不仅成功地设计了很多大型工程幕墙和采光顶,同时在幕墙试验和理论研究领域有许多重大成果,这支数千人的队伍分布在幕墙生产企业、专业试验机构(检测中心)、高等院校、科研院所,他们是我国幕墙技术的骨干力量。我国已建成了幕墙技术人才培养机制,自行编写了各种类型幕墙和采光顶(隐框玻璃幕墙、金属与石材幕墙、单元式幕墙、点式幕墙、铝合金玻璃采光顶等)系统教材,随着幕墙技术的发展,不断对幕墙技术人员进行培训和再教育,提高他们的技术素质,正因为有了这样的人才培训机制,极大地促进了幕墙行业的健康发展。

我国幕墙标准化工作紧随幕墙大发展而展开,建设部先后颁发了《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ102—(96)2003、《玻璃幕墙工程质量检验标准》JGJ/T139、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ133—2001、《铝合金结构设计规范》GB50429、《建筑玻璃采光顶》JG/T231。同时还制定了《建筑幕墙平面内变形检测方法》GB/T18250、《建筑幕墙抗震性

能振动台试验方法》GB/T18575、《玻璃幕墙光学性能》GB/T18091、《建筑用铝型材、铝板氟碳涂层》JG133、《点支式玻璃幕墙支承装置》JG138、《吊挂式玻璃幕墙支承装置》JG139、《建筑幕墙》GB/T21086、《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T15227、《混凝土用膨胀型、扩孔型建筑锚栓》JG160—2004、《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145—2004 等标准。中国工程建设标准化协会也制定了推荐性标准《点支式玻璃幕墙工程技术规程》CECS127:2001、《建筑瓷板装饰工程技术规程》CECS101.98、CECS154:2003、《建筑防火封堵应用技术规程》CECS154:2003 等。形成了一个比较完整的标准化体系。

在幕墙与采光顶大发展过程中也出现过一些干扰,《建筑知识》2000 第四期发表的中南大学资源环境与建筑工程学院叶柏龙、丁鸥的文章“玻璃幕墙三顶‘黑帽’该摘了”是对某些干扰最生动的描述和最精彩分析。

同时我们也注意到我国幕墙大发展中存在的问题,这些问题如不能正确对待,在我国加入 WTO 后的 21 世纪,势必影响我国幕墙行业在参与全球竞争中的成败与生死存亡。

1. 我国幕墙技术尚处于“雁行式”发展阶段,缺少原始创新,即我国采用的幕墙和技术大部分引用国外的,国外出现的某种幕墙和技术,我们引进或采用,缺少自己自主开发的幕墙和技术。如果只靠引进,会走入引进→落后,再引进→再落后的怪圈。如果只注重引进技术,加工链条短,往往只是承担了产品增值链条中附加值较低的加工组装环节,在国际分工中处于较低层次,而最能创造价值的那一部分不在我们手中,设计、研发、品牌都由国外掌握。国内少数企业已建立了专门研究、开发部门,但大部分工作是对国外技术改进和完善,绝大多数企业还处于按型材厂产品样本上的节点图拼组幕墙的阶段,处于低水平重复的局面,更谈不上拥有世界知名品牌。

2. 我国幕墙企业有上千家,其中一级施工企业有 200 多家,但企业规模较小,技术水平低,国内最大的幕墙企业幕墙年销售额也只有十多亿人民币(2 亿美元)左右。一级施工企业中大部分企业年销售额在千万元(100 多万美元)上下,和世界上大企业根本无法相比,只相当于国外小型企业规模,我国幕墙企业的管理水平与国外企业相比还有较大差距,对参加全球经济竞争非常不利。企业规模较小,在全球经济竞争中,跨国集团很容易用经济手段将小企业挤垮而实施兼并。

3. 随着科学技术不断提高,幕墙技术发展要有高新技术支持,我国幕墙企业科技人员大部分是幕墙构造设计人员,缺乏顶尖的掌握高新技术的领军人物,无力用新技术来改造传统技术。随着幕墙技术向多学科发展,要有各种高新技术领域的技术人员协同研究开发,一个企业必须配备所需各种专业人才,现在有若干企业开始和高等院校、科研院所联姻,但仅限于个别项目,部分内容,还未形成产、学、研一体的技术研究开发体系。

4. 对幕墙技术发展没有前瞻性发展规划,很多幕墙企业今天不知明天需要什么幕墙,等业主订货(招标)某种幕墙时才仓促应付,这样就做不出好的幕墙,更谈不上引导消费。

5. 对幕墙技术发展的约束太多,习惯势力对幕墙企业的束缚仍不能随形势发展而松绑。建设部 2000 年 8 月 15 日发布的《实施工程建设强制性标准监督规定》明确规定:建设项目规划审查机关、施工图设计审查单位、建筑安全管理机构、工程质量监督机构分别对工程建设规划阶段,工程勘察、设计阶段,工程建设施工阶段的施工安全和工程建设的

工、监理、验收等阶段执行强制性标准的情况实施监督。建设部颁发了《工程建设标准强制性条文》，建设部原部长俞正声指出：除强制条文属技术法规要严格执行外，“对技术标准除了被技术法规引用部分以外都是自愿采用的，可由双方在合同中约定采用”，俞部长还指出“由于标准的技术内容往往落后于最新的科学技术的发展，必然会导致新的科学技术成果和生产建设经验不能及时地在工程建设中推广应用”。但这些规定在实际工作中未能很好贯彻，有些建设管理部门、监理单位对所有技术标准全部要强制执行，无规范不验收（如拉索幕墙），这样就限制了幕墙技术的发展，挫伤了工程技术人员创新的积极性，使很多新技术、新材料、新工艺不能及时应用到工程建设中去。

1.2 自主创新，发展我国幕墙技术

现在已进入 21 世纪，我国也加入了 WTO，在经济全球化竞争中时不我待，我们必须按与时俱进、开拓创新的指导方针，自主创新，发展我国幕墙技术。世界建筑幕墙发展的历史告诉我们，新式幕墙大都是由建筑师创意、幕墙工程师最终实现的，建筑师要站在建筑幕墙发展潮流的前列，领导这个潮流健康发展。

1. 要有一个规划，这个规划要按照生产一代，开发一代，研制一代，构思一代的要求，近期规划（1~3 年）主要内容为开发规划，中长期规划（4~10 年）主要为研制、构思规划，这样就为幕墙技术、生产持续发展奠定了基础。

2. 要做好人力资源开发，对现有人才（特别是青年队伍）要帮助他们继续提高技术素质，系统地掌握新技术；精通一门或多门外语，能熟练用外语阅读、编写商务、设计等文件，用外语进行交流和洽谈。还要从国内外吸收大批高级人才参加幕墙研制、开发，形成一支与现代科学技术发展水平相适应的多学科人才队伍。

3. 建立自主创新的新体制。自主创新要做到全过程自主，即自主创意、自主控制研发全过程、自主掌握创新成果（拥有完全自主知识产权）。创新要避免两种倾向，一种是自我创新，它是一种封闭式创新，自主创新与自我创新之间的区别在于自主创新是自主控制研发全过程，而在自主创新过程中并不排斥其他国家参加创意，参加研发，对研发课题可向全球招标，凡是有实力并愿按规定条件参加研发的单位（个人）均予以接纳，但他们的创意、研发全过程由我控制，且最终审查、决定权在我，而自我创新是封闭式的创新，不与其他国家合作。另一种倾向是在与其他国家合作时放弃研发全过程控制，创新成果旁落他人，成果出来了，既未达到锻炼、培养自己的人才队伍的目的，创新成果也不具有完全自主知识产权。建立自主创新、开发机制，要有计划地发展产、学、研一体的技术开发机制，企业要建立研发机构和研发基金（一般占年销售额的 2%~4%），同时企业和国内、外高等院校、科研机构的联合研究、开发要从现在的个别企业、个别项目零星分散的状况变为政府支持，企业主导的有计划、有长远规划的统一、有组织的机制，发挥全民办幕墙的优势。玻璃幕墙（采光顶）安装光伏发电系统就可以将玻璃幕墙（采光顶）建成为“产”能建筑围护结构，使玻璃幕墙（采光顶）“电”起来，这要由国家有关部门（协会）组织科研院所、高等院校、幕墙企业协同攻关，将玻璃幕墙（采光顶）开发成最大的能源宝库。用信息技术改造幕墙产业（包括开发更先进的计算机软件，建立 CAD→CAM 系统即无纸化生产体系、物流配送体系、报价及模拟投标体系等计算机管理系统），