

CURTAIN WALL DESIGN

幕墙设计

双月刊

2017年 第四期

总第55期

www.cncw.net

主办中国建筑装饰协会幕墙工程委员会幕墙工程网



中国幕墙工程网
CNCW.NET

封面项目

中国最高最长的双曲异形空中连廊
重庆来福士观景天桥
WT01/02 系统设计难点解析

- 三亚丝路之塔餐餐纹镂空铝铸件幕墙应用
- BIM在湖州文体中心异形曲面幕墙中的设计应用
- 幕墙工程中埋件的设计及计算总结
- 双曲面建筑幕墙的构造设计与施工管理
- 非线性曲面铝板幕墙安装系统创新

封面项目：重庆来福士观景天桥
幕墙施工单位：中建深圳装饰有限公司

设计
幕墙

2017年8月号

中国建筑幕墙行业三十年突出贡献企业；
 中国建筑装饰三十年行业开创型企业；
 密封胶门窗幕墙领域二十年“可持续发展优秀企业”；
 连续六年获“全国密封胶行业质量领先品牌”；
 连续五年获门窗幕墙行业“用户首选品牌奖”企业；
 连续四年获“科技创新优秀企业”；

连续三年获“全国质量检验工作先进企业”；
 连续两年获“中国房地产开发企业500强首选供应商”；
 2013—2017年“中国建筑门窗配件科技产业化基地”；
 “中国房地产供应链品牌五强”；
 “全国建筑工程材料类”获其工程选材品牌第一名；

郑州绿地广场



北京人民日报社



邯郸文化艺术中心



苏州东方之门



京东商城总部



温州世贸中心



ZHIJIANG 杭州之江



杭州之江公众号

南京德基广场

柳州地王国际财富中心

为您提供更完善的
密封粘接解决方案!

品质构建品牌，责任铸就辉煌

二十年的历练，是于无声处听惊雷的沉着，是在波澜间唱百年的誓言。

之江公司以贴近客户需求的创新为立足点，依托国家级实验室（CNAS认证）、国家博士后科研工作站，以有机硅密封粘接及功能性涂料技术为核心，丰富了建筑有机硅、工业有机硅、聚硫、丁基、聚氨酯、环氧、NVH（隔音降噪）以及功能性涂料等八大技术平台的内涵，实现了从门窗幕墙领域到装配式建筑、工业、汽车、高铁、电力交通、电子电器、新能源胶粘剂等细分行业的跨越。

坚守可持续发展的理念，追逐着自己的“之江梦”——以全球化的视野，通过持续的专注和永不止步的创新，为客户提供系统的服务，回馈社会，实现员工价值，践行百年企业的梦想！

地址：中国·杭州大江东产业集聚区临江国家高新区新世纪大道1717号 邮编：311200
电话：0571-82368182 82367982 82392036 传真：0571-82391801 82363371
网址：www.chinazhijiang.com E-mail: office@chinazhijiang.com

antas 安泰结构胶

实实在在的好胶 安心心的选择

中国结构胶领导品牌

一站式服务
25年质保



国家高新技术企业



结构胶认定企业



国家认证机构认可



中国建科院产品认证



中国环境认证



采用国际标准产品

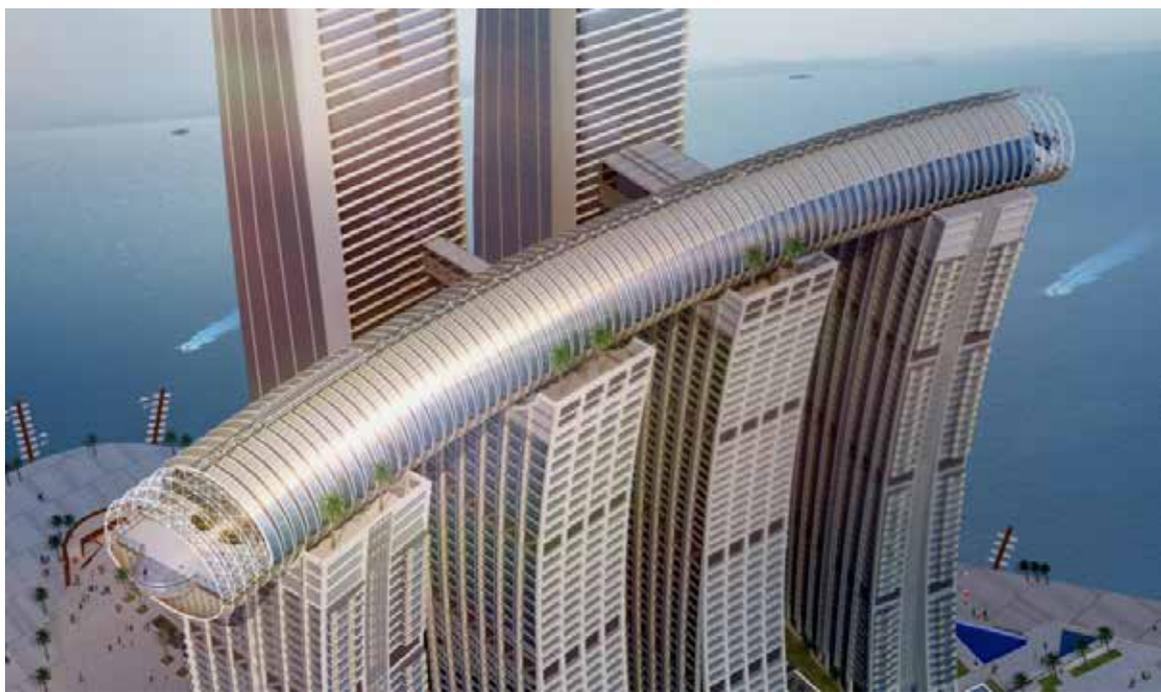


No. EC 1282 1Q131104 GJC2810



www.antas.com.cn

封面项目 12



中国最高最长的双曲异形空中连廊

重庆来福士观景天桥

WT01/02 系统设计难点解析

本文主要对重庆来福士广场观景天桥幕墙工程中圆弧形穹顶幕墙系统（WT01/02系统）的设计难点进行了解析和说明。阐明了兼具幕墙立面、雨棚与屋顶功能的幕墙系统的设计要点，包括防火、防水、防雷、保温、隔音、擦窗机轨道、室内电线穿线空间预留等多项综合考虑因素。

幕墙案例

20 四牌楼联合大厦幕墙工程实例分析

当单元式幕墙已经越来越多的被运用到建筑外幕墙中，而建筑设计造型也越来越复杂，当这两者碰撞的时候便出现了龙鳞型单元玻璃幕墙。本文通过对龙鳞型单元玻璃幕墙的剖析，以及对设计中要注意的问题进行归纳和总结，同时我们应该不断加强对单元式幕墙的设计研究，从设计方面确保单元式幕墙的功能和质量。



技术园地

26 三亚丝路之塔饕餮纹镂空铝铸件幕墙应用

本文就此部分如何由设计理念转变为装饰幕墙，如何采用绿色、高效的装配施工技术来安装施工，做详细的介绍。



32 BIM 在湖州文体中心 异形曲面幕墙中的设计应用

本文通过对 BIM 在异形曲面幕墙中设计应用实际工程分析，阐述 BIM 在异形曲面幕墙应用的新思路，对异形曲面幕墙的参数化做了一些探讨，为在新的形式下异形建筑幕墙设计提供借鉴。。



38 背栓在石材幕墙干挂体系的应用

年来，天然砂岩建筑板材和天然石灰石建筑板材由于市场应用越来越多，也有发展成为独立大类的趋势。目前世界石材产业中，大理石材约有 800 个品种，花岗石材有 1,000 多个品种，板石材、砂岩石材、石灰石材各约有 100 个品种，随着人类建筑文化的发展与石材开采加工科技能力的提高，新的石材品种还在不断涌现。



46 幕墙工程中埋件的设计及计算总结

本文首先介绍了幕墙工程中常用的埋件及其分类，然后详细介绍了幕墙工程中常见的三种埋件的材料特性，构造要求，受力计算。最后给出了实际工程中常见几种埋件受力不足的加固方案。为埋件的设计和计算提供一些参考依据。



技术园地

58 犀牛 +Grasshopper 参数化 在青岛东方影都万达城项目中的应用

Grasshopper (简称 GH) 是一款在 Rhino 环境下运行的采用程序算法生成模型的插件, 是目前设计类专业参数化设计方向的入门软件。与传统建模工具相比, GH 的最大的特点是可以向计算机下达更加高级复杂的逻辑建模指令, 使计算机根据拟定的算法自动生成模型结果。

66 公共建筑用建筑幕墙的保温节能构造 聚氨酯拉挤型材在建筑幕墙体系中的应用探析

新修订《公共建筑节能设计标准 (GB 50189-2015)》已于 2015 年 10 月 1 日开始实施, 修订后的标准对建筑幕墙的节能指标要求有大幅度提高, 要求的内容更全, 为建筑幕墙的节能提出了更高的要求。

76 双曲面建筑幕墙的构造设计与施工管理

在建筑规划设计阶段建筑师为了更好的显示自己的艺术追求, 建筑师在遵守相关规范的同时大量查阅相关书籍、参考相关文献、相关建筑文化等设计出满足功能要求的各种异形建筑。

82 硅酮结构密封胶自然老化性能研究

通过对国内外多个品牌硅酮结构密封胶进行自然老化性能研究, 定期跟踪检测实际应用环境老化后的力学性能, 结果表明: 不同品牌产品质量水平及自然老化性能差异较大。

88 覆水采光顶的工艺探讨

本文通过一个具体案例分析覆水采光顶的工艺, 如何在保证外观效果的前提下满足覆水的要求, 同时确保室内不存在渗漏水隐患。

96 非线性曲面铝板幕墙安装系统创新

非线性曲面铝板幕墙作为本工程特色幕墙系统之一, 对于整个工程的造型走势、外观效果起着至关重要的作用。面对铝板三维造型复杂、形状多种多样, 尺寸规格繁多等难题下, 如何保证铝板在安装过程中不会产生变形, 同时消除龙骨、结构等各种误差成为本工程的重难点。

104 浅谈 BIM 信息化技术 在幕墙工程中的应用

本文将标准框架玻璃幕墙工程为载体, 通过 Revit 及 Navisworks 等常用 BIM 平台软件来阐述 BIM 信息化技术在建筑幕墙设计和施工管理中的应用。

110 玻璃栏板设计的常见问题及解决方案

近五年来, 在深圳地区幕墙及外装饰工程的施工图强制性审查过程中, 发现有较多的玻璃栏板设计不符合规范要求, 出现安全隐患。现针对玻璃栏板施工图设计与规范要求不相符等常见问题, 进行分析, 并提出相应的解决方案。

本期企业(产品)展示推介索引(排名不分先后)

- | | | |
|--------------------|---------------------|-----------------------|
| P09 珠海兴业绿色建筑科技有限公司 | P31 美华建设有限公司 | P65 美国 STI 特种技术有限公司 |
| P19 中建深圳装饰有限公司 | P81 北京中铁装饰工程有限公司 | 封二 杭州之江有机硅化工有限公司 |
| P11 上海美特幕墙有限公司 | 封三 福建凤凰山装饰工程有限公司 | 封底 广州市白云化工实业有限公司 |
| P55 浙江圣大建设集团有限公司 | P45 浙江建工幕墙装饰有限公司 | P56 泰诺风(保泰)苏州隔热材料有限公司 |
| P95 深圳市方大建科集团有限公司 | P118 山东雄狮建筑装饰工程有限公司 | P117 上海苏尔寿工程机械制造有限公司 |
| P05 广州集泰化工有限公司 | P61 深圳市华辉装饰工程有限公司 | |
| P103 浙江亚厦幕墙有限公司 | P120 中星联丰幕墙装饰工程有限公司 | |

兴业太阳能, 引领低碳经济

中国兴业太阳能技术控股有限公司(简称“兴业太阳能”,港股代码:00750)是专业从事太阳能技术、建筑节能技术及相关功能性新材料研发制造的高新技术企业集团,集团下属的子公司,办事处遍布海内外。

本着“以人为本,科技兴业”的发展理念,兴业太阳能建立了研究院,成立国家高新技术产业开发区博士后科研工作站,已参与包括“863计划”在内的多项国家、省、市级科研项目,参与多项国家和地方标准的编写,并与国内外多所著名高校和科研机构进行产学研合作,以创新谋发展。

主营业务

- **建筑幕墙**
幕墙工程设计、安装、维护,高档幕墙材料生产、加工
- **太阳能应用**
光伏建筑一体化,光热建筑一体化,可再生能源产品及新材料



中国兴业太阳能技术控股有限公司
China Singyes Solar Technologies Holdings Limited
珠海兴业绿色建筑科技有限公司
Zhuhai Singyes Green Building Technology Co., Ltd.

总部地址: 广东省珠海市金鼎镇高新区科技创新海岸金珠路9号
广东省珠海市南屏科技工业园虹达路8号
电话: +86-756-6916666 传真: +86-756-6916316

排名不分先后 Contributors

特别感谢

					
马南飞 中建深装设计研究院(幕墙)武汉分院幕墙设计师 撰文请见:封面项目	张栋梁 苏州柯利达装饰股份有限公司外围事业部外装设计总监 撰文请见:幕墙案例	杨友富 中建深圳装饰有限公司设计研究院(幕墙)广东分院副院长 撰文请见:技术园地	张昌奇 中建八局第二建设有限公司幕墙设计经理 撰文请见:技术园地	侯钦超 中国建筑装饰协会幕墙专家 撰文请见:技术园地	胡世高 中建深圳装饰有限公司(幕墙)结构室设计师 撰文请见:技术园地
					
周佩杰 幕墙行业资深设计师 撰文请见:技术园地	邢凤群 郑州中原思蓝德高科股份有限公司总经理助理 撰文请见:技术园地	章一峰 浙江中辽建设有限公司设计总监 撰文请见:技术园地	曹广胜 山东天元装饰工程有限公司设计二院幕墙工程师 撰文请见:技术园地	苏礼泽 深圳市三鑫科技发展有限公司北京分公司技术骨干 撰文请见:技术园地	谢得亮 中国建筑装饰协会幕墙专家 撰文请见:技术园地

一并致谢

- ◆ 中建深圳装饰有限公司 罗正林、夏兵、刘梅、刘小聪、李家勇, 撰文请见: 封面项目。
- ◆ 苏州柯利达装饰股份有限公司 周兰兰、苏伟, 撰文请见: 幕墙案例。
- ◆ 中建深圳装饰有限公司 杜庆林、柯建华, 撰文请见: 技术园地。
- ◆ 中建八局第二建设有限公司 李翠艳, 撰文请见: 技术园地。
- ◆ 中建二局第三建筑工程有限公司 崔宇, 撰文请见: 技术园地。
- ◆ 中建深圳装饰有限公司(幕墙) 姚琼、田刚, 撰文请见: 技术园地。
- ◆ 苏州柯利达装饰股份有限公司 张强、仲晓辉, 撰文请见: 技术园地。
- ◆ 郑州中原思蓝德高科股份有限公司 程鹏, 撰文请见: 技术园地。
- ◆ 浙江共济幕墙有限公司 程智鑫、张光智、连成晓、王健娇、欧阳本文, 撰文请见: 技术园地。
- ◆ 山东天元装饰工程有限公司 徐永法、刘建林, 撰文请见: 技术园地。



上海美特幕墙有限公司

Shanghai Meite Curtain Wall System Co.,Ltd



上海美特幕墙有限公司是国内生产规模及应用技术均处于领先地位的大型建筑幕墙专业系统工程公司。公司拥有建筑幕墙工程专业承包一级资质、金属门窗工程专业承包一级资质、建筑幕墙工程专项设计甲级资质，通过了ISO9001:2000质量管理体系认证、ISO14001:2004环境管理体系认证、GB/T28001-2001职业健康安全管理体系认证，国家技监局批准生产许可证、上海市高新技术企业、中国建设科技自主创新优势企业、全国建筑幕墙行业50强企业。美特成为一个技术含量高、设备齐全并不断进步、突出个性、极具特色的新型企业。一流的技术、执着的追求、完善的服务、卓越的品质，使公司赢得了良好的社会信誉。



厦门世茂海峡大厦

300m 双曲超高层建筑，建筑立面效果成几何对称的两座塔楼就像两艘优雅的船帆构成，整个建筑物以行似动态的建筑玻璃幕墙，充分展示了其时代特征及企业形象，突出了地标性建筑的特点。



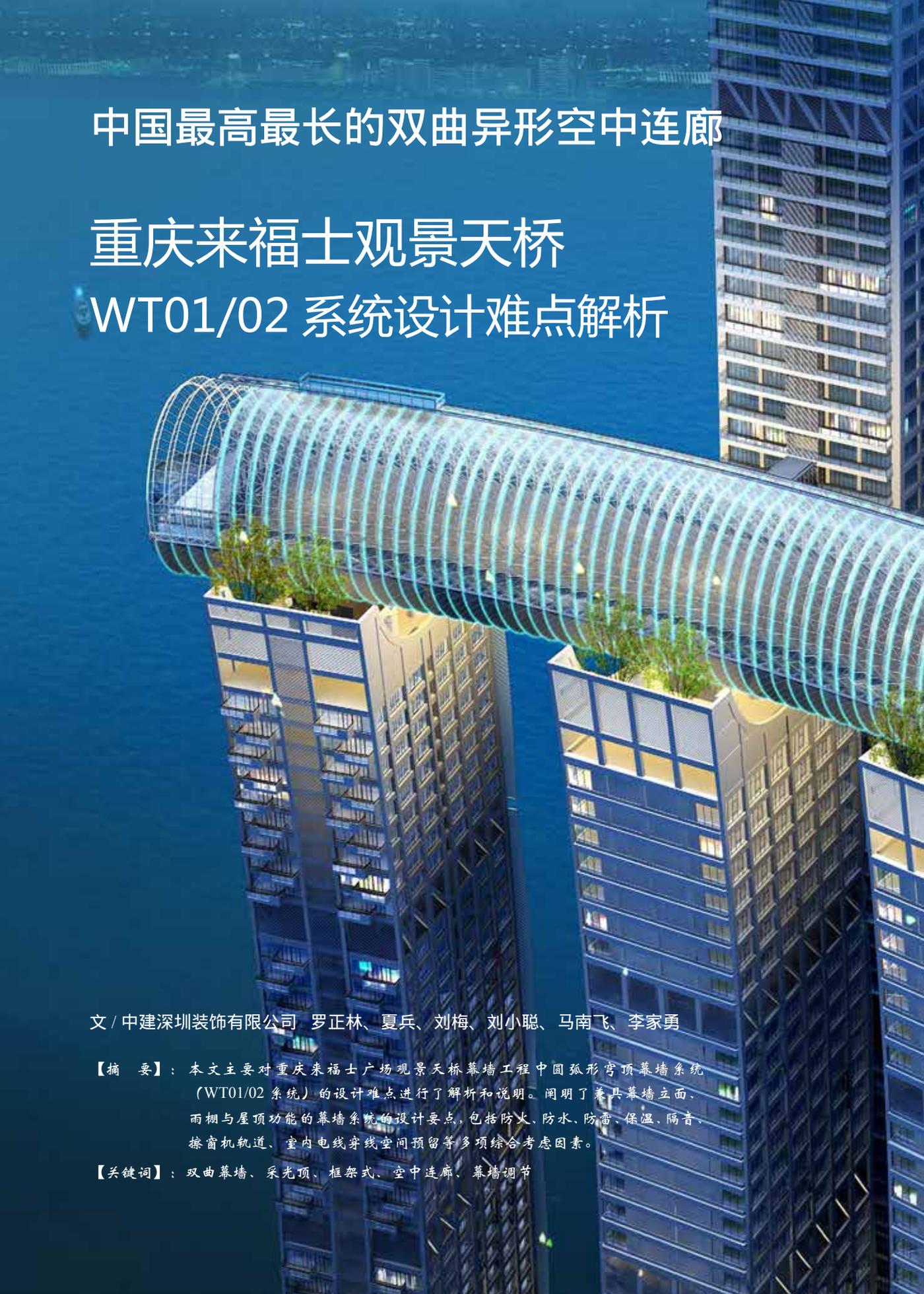
上海环贸广场

上海环贸iapm商场出自英国贝诺（Benoy Architects）设计，荣获国际权威组织（美国绿色建筑委员会）颁发的节能与环保设计（LEED）“金级”证书。巧妙运用现代建筑设计风格和技术，幕墙系统几乎包括了所有不同类型的体系、结构和面材。本项目在设计多元化、动态化、细致化，材料多样化、特殊化，施工交叉化、复杂化、高难化下，实现了现代建筑幕墙工程高品质、高标准、高技术时代性要求。



塘东总部基地

位于陆家嘴金融贸易区核心地域，是国际金融机构总部和跨国公司总部使用的高标准甲级写字楼。在简洁精炼的形态上采用玻璃与金属材料的交错，结合古典的稳重典雅与现代的简洁精炼进行融合，不但确保了各项目建筑之间造型的协调性，同时结合塔楼相互之间的交错排列，自然而然诞生出一组颇具韵律的建筑群体造型。



中国最高最长的双曲异形空中连廊

重庆来福士观景天桥

WT01/02 系统设计难点解析

文 / 中建深圳装饰有限公司 罗正林、夏兵、刘梅、刘小聪、马南飞、李家勇

【摘要】：本文主要对重庆来福士广场观景天桥幕墙工程中圆弧形穹顶幕墙系统（WT01/02系统）的设计难点进行了解析和说明。阐明了兼具幕墙立面、雨棚与屋顶功能的幕墙系统的设计要点，包括防火、防水、防雷、保温、隔音、擦窗机轨道、室内电线穿线空间预留等多项综合考虑因素。

【关键词】：双曲幕墙、采光顶、框架式、空中连廊、幕墙调节



一、引言

“重庆来福士广场”位于长江和嘉陵江两江交汇的朝天门，又被誉为重庆的“朝天扬帆”。由世界知名建筑大师萨夫迪设计，由新加坡凯德集团投资，是新加坡目前在华最大的投资项目。据悉，该项目由 8 座超高层塔楼和一个 6 层商业裙楼组成，是一个集住宅、办公楼、商场、服务公寓、酒店、餐饮会所为一体的大型城市综合体。



图 1 重庆来福士广场整体效果图

它整合了陆地和水运的各种公共交通设施，设置了地下高架桥、轻轨站、公交中转站、港务码头和游客中心。项目设计源于重庆积淀千年的航运文化，分别以 350 米及 250 米的高度化形为江面上强劲的风帆。象征重庆“梯坎”面貌的水晶廊桥长达 300 米，将 4 栋塔楼彼此连接，在 60 层楼、250 米的高空中集合了酒店、购物、休闲中心等舒适宽敞的公共空间，在夜晚犹如一条璀璨的琉璃锦带立于朝天水域。

作为凯德集团在全球的第八座来福士，也是体量最大、建筑难度最高的一座。我司所承建的空中连廊外幕墙项目，底部有相互独立的四栋塔楼支撑，同时是弯弧波纹形状，整道连廊就是一座在半空中“躺倒”的超高层项目。但不同于普通的超高层建筑，底部连接的四栋塔楼可能产生的不均匀沉降，以及水平方向的不均匀摆幅造成的拉伸变形，对幕墙的气密性能和水密性能是一项极大的考验。幕墙系统在此商业体中承担了采光、遮阳、防水、防火、防雷、保温、隔音、擦窗机轨道、室内电线穿线空间预留等多项综合责任，设计和施工的整体难度前所未有的。



图 2 空中连廊全景效果图

空中连廊的上半圆弧 WT01/02 系统为铝板与玻璃交叉间隔形成一道连续的瓦楞状的采光顶系统（WT01 为玻璃系统，WT02 为铝板系统）；下半圆弧 WT03 系统为由内部 V 字形钢桁架，和外部“外装内换”铝面板组成的半开放铝板幕墙系统。

二、WT01/02（玻璃系统、铝板系统）的设计

2.1 设计难点解析

本项工程的屋面造型复杂，为不规则的双曲造型，并且整个屋面由铝板和玻璃两套幕墙系统交错拼接而成，两套系统既相互独立，又完整统一，这一特点给屋面幕墙系统的设计带来了极大的难度。

同时，由于该项目幕墙板块无法像普通幕墙系统一样在层间进行收口，而是转接系统直接外露，即此幕墙系统不仅要负责外饰面的整体效果，还要承担内饰面的精装效果，“一心二用”，这又给整套系统的设计增加了一道难度。

为解决上述难点，我们先将幕墙系统的功能设计概念逐一完善，让立柱系统包容所有的转接、防水、防雷及内装饰等功能，而转接系统以精加工铝型材来代替外饰面较为粗糙的钢转接件。

2.2 WT01/02 幕墙自上而下的系统构造（如表 1、图 3 所示）：

表 1. WT01/02 系统构造

	铝板系统	玻璃系统
立柱部分		擦窗机轨道、灯槽型材 第一道防水胶皮 精确定位螺栓 屋脊立柱 24mm T 型铝转接件 精确向心定位钢埋板

面板部分	3mm 铝单板	
	70% 覆盖率吸音贴	
	容重 80Kg/m ³ 保温棉	
	1.5mm 镀锌钢板	双夹胶中空玻璃
	容重 100Kg/m ³ 防火棉	
	PE 隔汽膜	
	20% 穿孔率铝板	



图3 WT01/02 屋面系统构造示意图

为保证幕墙系统的密封性和构件连接的安全性，本工程中所采用的所有结构胶、密封胶、双面贴均为进口材料，螺栓均采用316L不锈钢螺栓。另外玻璃系统采用双夹胶中空的配置，铝板系统采用容重100Kg/m³的防火棉，80Kg/m³的保温棉，以及吸音贴、隔气膜的取用，这是本项目精品与高端的最直接体现。

2.2 WT01/02 屋面系统的性能

2.2.1 严密的防水构造

防水是屋面系统最基本同时也是最重要的功能，防水功能的好坏是工程质量的主要评价指标。

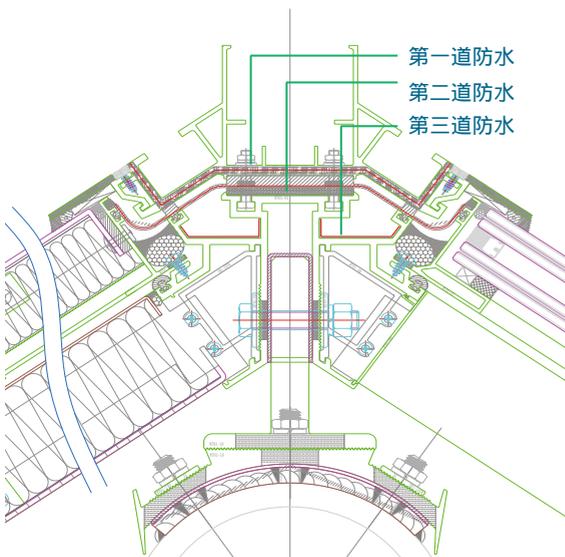


图4 WT01/02 系统防水功能示意图

第一道防水层（如图4、图5所示），是在两个立柱中间设置一道止水海绵，虽然不能严密防水，但是能阻挡大部分的雨水进入到下一道防水层。



图5 第一道防水示意图

第二道防水层（如图4、图6所示）是主要防水层，主要是在整段圆弧的通畅方向满铺一道通长的胶皮，以螺栓连接的方式与下方主龙骨连接起来，螺栓头全部打胶封闭。这一层防水层基本已能完全保证整个系统的水密性。

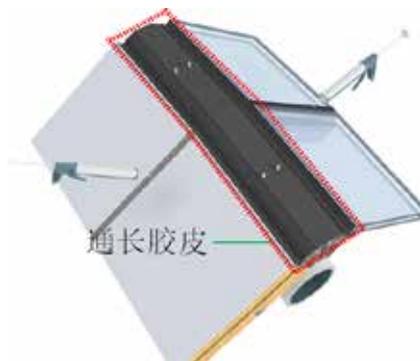


图6 第二道防水示意图

第三道防水层（如图4、图7所示）是最后一道补充防水层，是在两根立柱的开放腔体处以胶皮搭接，并用密封胶完全封闭。若第二道防水层出现少量漏水，也不会穿透这最后一道防线。

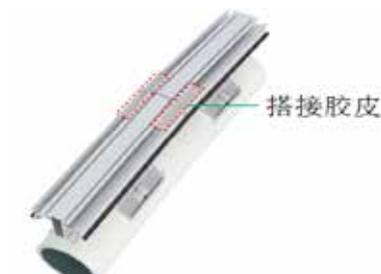


图7 第三道防水示意图

长期以来，玻璃采光顶的防水一直是幕墙设计中的重点，是幕墙施工环节的难点，本工程中采用的三层防水方案，在幕墙系统中鲜为人见，这也是本项目精品与高端的体现。

2.2.2 充足的偏差调节范围

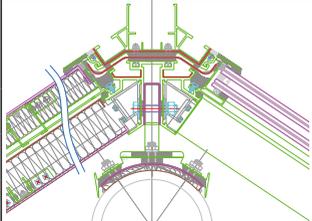
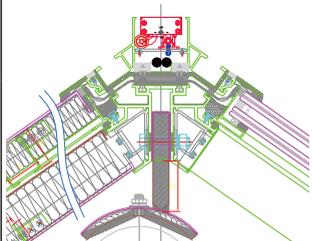
本项目由于工期紧张，且部分施工内容需要配合钢结构在地面进行施工后再整体吊装，即幕墙设计及下料工作将大大超前于主体结构的完成时间。而主体结构在现场实际完成安装后将产生多大的变形量，在前期很难得出定论，幕墙施工又无法根据现场返尺来进行准确下料，所以幕墙系统的调节只能依赖于前

期设计给予足够的调节空间。

目前我们设计的这套方案，其偏差调节范围如下表 2 所示。其中，X 方向为图中水平方向，Y 方向为图中竖直方向，Z 方向为垂直纸面方向。

如表 2 所示，当 X 方向发生偏差为 [-24mm, 24mm]，采用铝型材转接件，则 Y 方向的调节范围在 [-40mm, 23mm]；当 X 方向发生偏差为 [-40mm, -24mm] 或 [24mm, 40mm]，采用钢转接件，则 Y 方向的调节范围在 [-40mm, 40mm]。调节空间在 X 方向的容差达到 60mm，Y 方向的调节空间达到 80mm，充分满足了现场所需。

表 2 WT01/02 系统偏差调节范围

节点形式	X 方向调节范围 (mm)	Y 方向调节范围 (mm)	Z 方向调节范围 (mm)	X 轴与 Y 轴方向调节关系	
				X 方向偏差	Y 方向调范围
	± 24	+23, -40	± 15 现场定位后配钻	0mm	-40mm,+23mm
				6mm	-40mm,+18.5mm
				12mm	-40mm,+14.5mm
				18mm	-40mm,+10.5mm
				24mm	-40mm,+8.5mm
	-40 ≤ X ≤ -24 或 24 ≤ X ≤ 40	± 40	± 15 现场定位后焊接	30mm	-40mm,+36.5mm
				36mm	-40mm,+32.5mm
				40mm	-40mm,+29.5mm

2.2.3 良好的防火性能

作为公共建筑，良好的屋面防火性能是消费者人身安全的重要保证。本工程中的屋面铝板幕墙系统（WT02 系统）中的所有构件均为 A 级防火材料。在出现火灾行意外情况时，屋面系统在耐火时限内（3 小时）不会发生燃烧，不会产生有毒气体。

2.2.4 良好的变形适应性能

在重庆这一座火炉城市，冬夏的空气温度差达 40℃ 以上，那么金属面板上的温差则可能达到 60-80℃，又由于铝合金材质的幕墙龙骨与主体钢结构通过转接件直连，铝合金与钢结构的热膨胀率又有所不同，必然会导致屋面面板会发生较大的温度变形或相对位移。

本系统方案中，在立柱方向，以打胶的方式来实现

立柱间的柔性连接；在横梁方向，以铝板及玻璃副框开长圆孔的方式，来消除横梁变形对面板造成的影响。

2.2.5 全面的综合性能

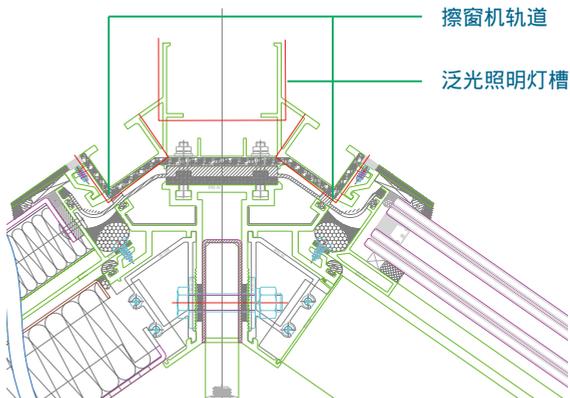


图 8

本项工程中，幕墙体系除了要实现普通幕墙需要实现的基本功能外，还担负了其他的使命。

如图 8、图 9 所示，屋脊部分，幕墙立柱同时也是擦窗机轨道、泛光照明灯槽；屋谷部分，幕墙立柱同时也是室内扬声器穿线管。

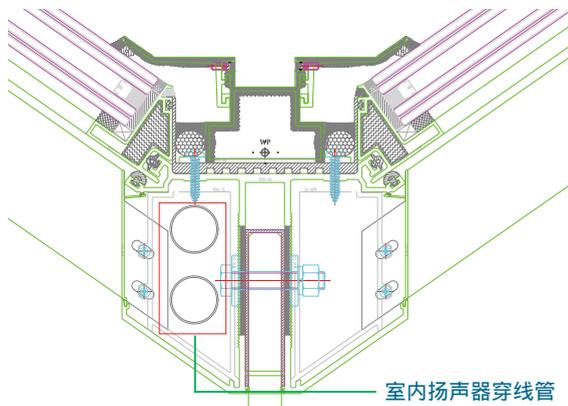


图 9

三、BIM 模型的应用

BIM 对于现代建筑设计、施工、后期物业管理的各个流程的三维可视化辅助应用，以及参数化设计对于工程预算、造价、工期的全面优化与缩减，其显著的作用已被越来越多的业内人士所认可和接受。

本项目的建筑外表皮是不规则的双曲造型，而建筑师对幕墙外饰面和内饰面的完整性都有极高的要求。把整体的设计效果用犀牛模型表达出来，在 Rhino 模型中可提取任意型材的长度、拼接角度、打孔位置，也可提取任意面板的边长、夹角、面积等加工信息。以 Rhino 提取的数据为基础，还可以简化板块规格种类，尽量统一面板形式，降低运输及安装过程中的成本与难度，提高施工进度。

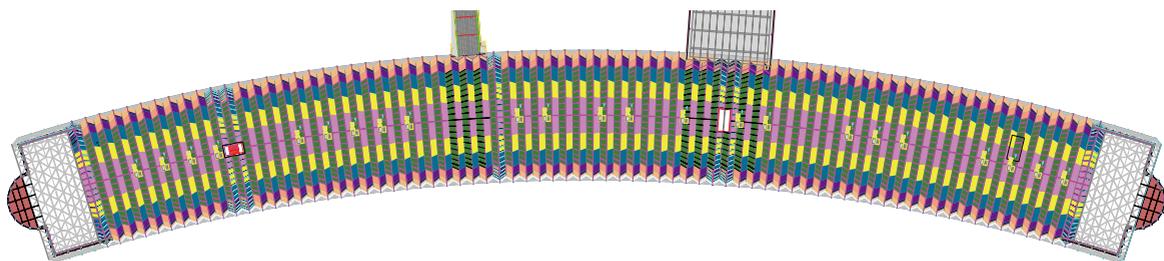


图 10 空中连廊俯视平面图

由于本项目中的幕墙系统与多家分包单位存在交接关系，比如钢结构、机电安装、擦窗机、泛光照明、室内扬声器等，运用此 BIM 模型可与各家单位的模型进行干涉检查，从而对图纸方案进行讨论和修改。没有发生碰撞的位置，也能够检测出幕墙与结构间的

空间是否满足安装需求。

跟踪整个设计施工过程的 BIM 模型，可作为最终的三维竣工模型数据库，对后期的幕墙系统的维护保养提供直观的可视化信息。对幕墙构件的维修和更换，提供最原始的数据信息。

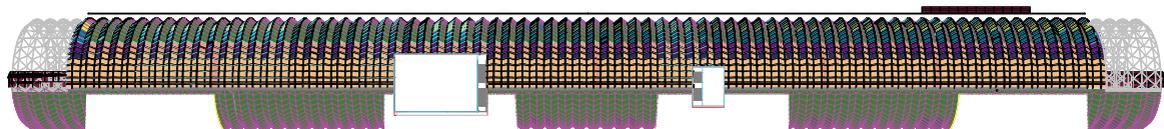


图 11 空中连廊北立面图

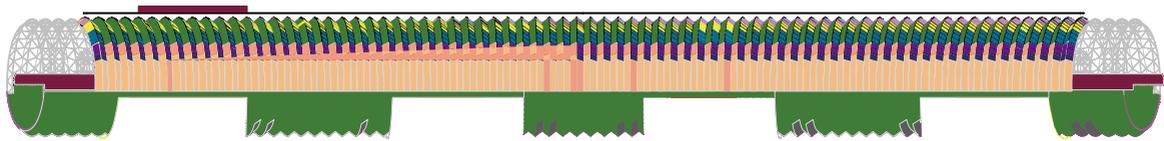


图 12 空中连廊南立面图

四、结语

本幕墙系统的设计难点在于采光顶幕墙系统的多层防水、多项综合功能与幕墙系统的融合，以及内饰面及外饰面的协调统一。我们选用了兼顾外观效果和调节灵活度的型材转接系统，以适应钢结构施工过程中可能产生的偏差。对于少量可能产生较大结构偏差

的部分，我们以钢转接的方案用于备选。

系统方案我们经过多次修改和调整，并持续与各家顾问和分包单位保持充分沟通，最终把建筑师要求的各项功能全部揉合到了幕墙系统中。

重庆来福士空中连廊幕墙工程的难点远不止这一个系统，后续我们将逐一给各位设计师同行呈现出其他系统的完整解决方案。 

作者简介：



罗正林

高级工程师，中建深圳装饰有限公司（幕墙）副总工，主导多项大型幕墙工程的设计工作。



夏兵

中建深圳装饰有限公司主任设计师。已从事幕墙设计工作 12 年，承担过多种大型复杂幕墙项目的设计负责人工作。如越秀硚口金三角城市综合体、新疆绿城城市广场综合体、欧盟中国总部 ---- 成都云端城市综合体、天河机场塔台等项目。并有多项工程获得“全国建筑装饰奖”等国家知名奖项。



刘梅

中建深圳装饰有限公司设计研究院（幕墙）武汉分院。从事幕墙设计工作 11 年。主要设计的项目包括：天津滨海华贸中心、天津大剧院、武汉东湖国家自主创新示范区公共服务中心、武汉硚口金三角、新疆绿城广场 1/2 期、成都云端 ICON 等项目。



刘小聪

中建深圳装饰有限公司设计研究院（幕墙）武汉分院。从事幕墙设计工作 8 年。主要设计的项目包括：汉口火车站、新加坡凤凰酒店、新加坡中山公园、科威特大学城、贵阳北一北二塔、武汉菱角湖、成都云端 ICON 等项目。



马南飞

重庆大学机械学院研究生毕业，现中建深圳装饰有限公司设计研究院（幕墙）武汉分院幕墙设计师。从事幕墙设计工作 3 年，主要参与的项目包括：武汉硚口金三角越秀星汇云锦 6# 楼、成都 ICON 云端、新疆绿城广场二期 1# 楼 A\B 座等幕墙工程。



李家勇

中建深圳装饰有限公司项目经理。从事幕墙施工工作 7 年，参与过多项异形及商业综合体幕墙工程的施工管理工作。如贵阳会展、风情街、迈德国际、沈阳华润，现任重庆来福士空中连廊幕墙工程的项目经理。



变的是名字 不变的是追求

热烈庆祝“中建三局装饰有限公司”正式更名
“中建深圳装饰有限公司”！

深圳平安金融中心
600M

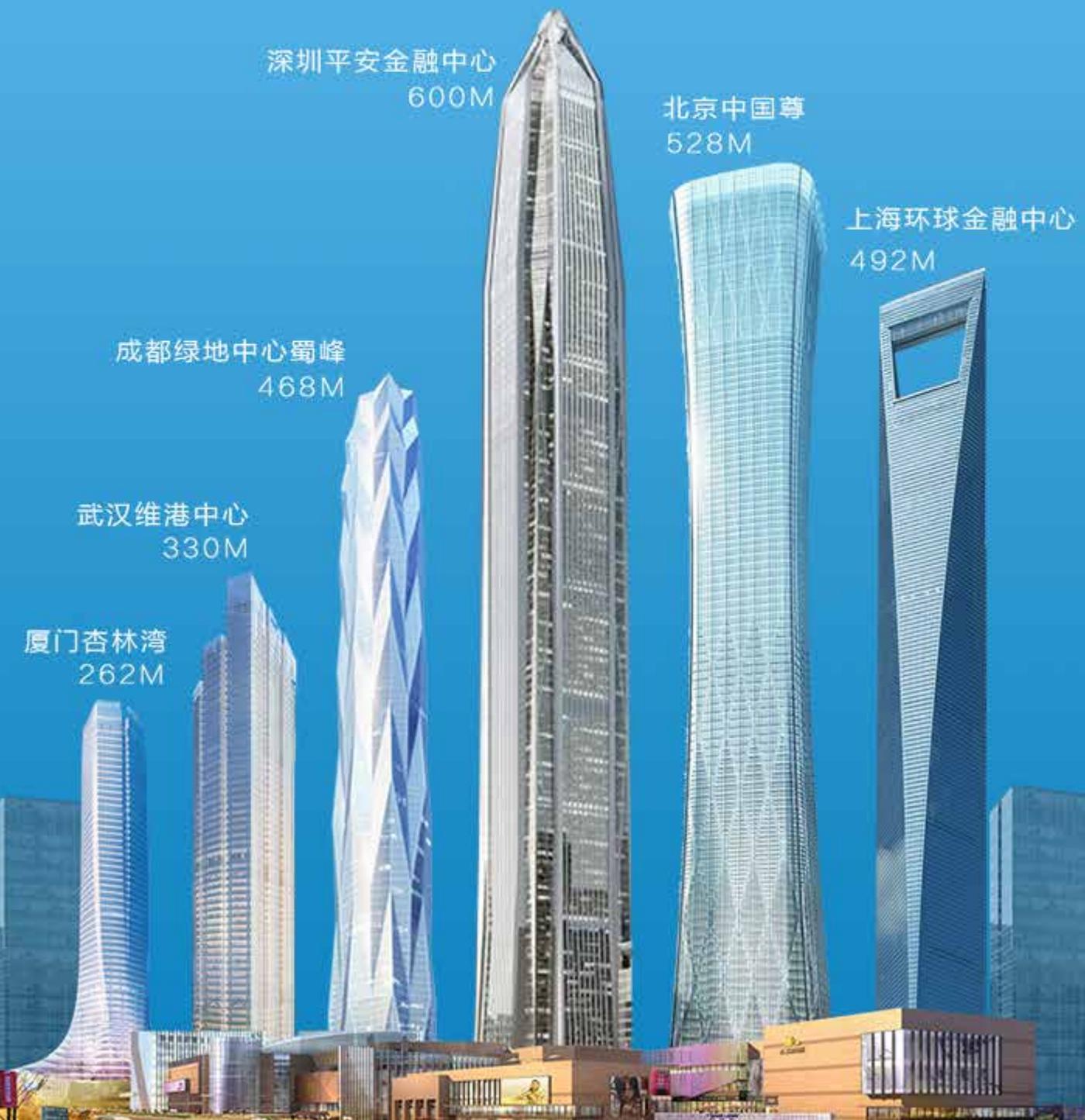
北京中国尊
528M

上海环球金融中心
492M

成都绿地中心蜀峰
468M

武汉维港中心
330M

厦门杏林湾
262M



四牌楼联合大厦幕墙工程实例分析

■ 文 / 苏州柯利达装饰股份有限公司 张栋梁、周兰兰、苏伟



【摘要】：当单元式幕墙已经越来越多的被运用到建筑外幕墙中，而建筑设计造型也越来越复杂，当这两者碰撞的时候便出现了龙鳞型单元玻璃幕墙。本文通过对龙鳞型单元玻璃幕墙的剖析，以及对设计中要注意的问题进行归纳和总结，同时我们应该不断加强对单元式幕墙的设计研究，从设计方面确保单元式幕墙的功能和质量。

【关键词】：单元幕墙、龙鳞型单元玻璃幕墙、板块加工、CAD 三维模拟等

前言

就像曼哈顿之于纽约，中环之于香港，陆家嘴之于上海，一座座摩天大楼标志着每一个城市的“高度”。合肥四牌楼项目位于合肥市长江中路和徽州大道交叉口西北角，地处合肥城区的核心地带，建成后将成为全省图书经营和金融服务的旗舰店，给合肥市民提供全新的文化、金融服务，树立起一座代表着我们这个时代的城市“地标”，它将以国际化的开放姿态，拥抱这个全球化的时代。

一. 工程概况

“钻石”是世界公认的珍贵的宝石，是“宝石之王”，给人以光彩夺目，灿烂辉煌的感觉，是兴旺发达的标志，它标志着顶级事业、顶级成就。主楼平面采用了正菱形演变而来的建筑形态，形似钻石，既蕴含着“钻石”所象征的美好寓意，同时多面体的建筑形体也使得建筑在各个角度形成变化有致，挺拔向上的形体。在节能上既能对北面现状住宅的日照影响最小，又能最大化南向的办公面积；“龙”是中国传统文化中高贵、尊荣的象征，以龙的美好寓意，代指企业的事业如巨龙腾飞，蒸蒸日上。主楼立面通过幕墙的层层折叠形成富有韵味的肌理，形似龙鳞般翻起的金属三角面，在阳光下泛起白光，勾勒出建筑的形体。建筑总高度 157.7 米。主要幕墙系统有塔楼龙鳞型单元玻璃幕墙系统、塔楼带竖向玻璃肋单元玻璃幕墙系统、塔楼屋顶框架玻璃幕墙系统、裙楼石材幕墙系统、裙楼条形窗系统、裙楼全玻璃幕墙系统。局部铝板幕墙系统等。（图 1、图 2、图 3）

图 1 四牌楼联合大厦整体效果图



图 2 四牌楼联合大厦整体效果图



图 3 工程施工现场图

二. 本工程的重点难点（龙鳞型单元玻璃幕墙系统）

1、龙鳞型单元玻璃幕墙系统总体介绍：

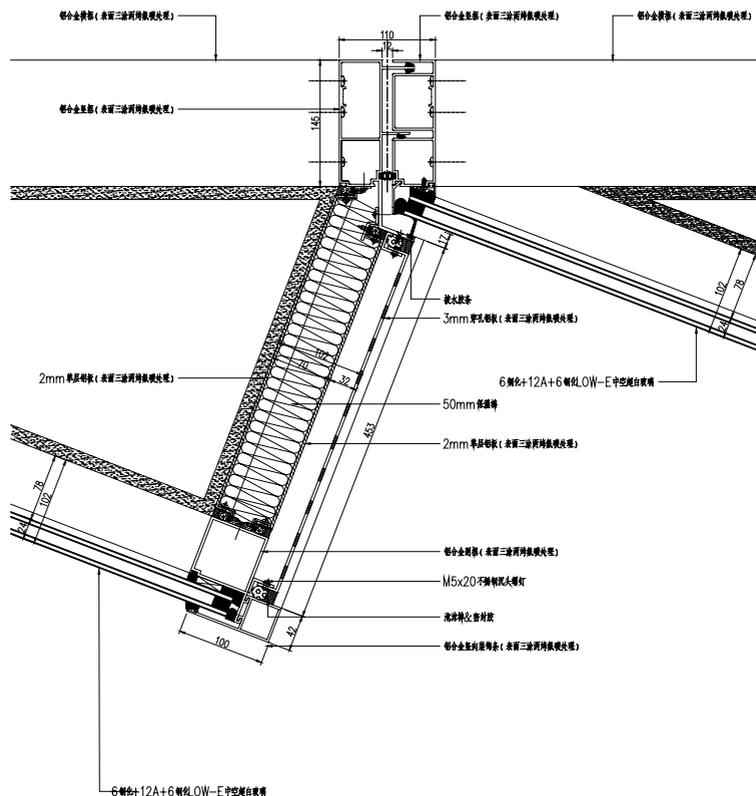


图 8 三角板块横剖节点

3、板块龙骨的加工连接

标准板块为 1400×4100 ，加上外挑比较多，板块内外采用钢件连接，由于带角度就对钢件加工精度要求比较高，制作板块时先把后部的平板做好，再通过钢件把前部的三角造型连接起来。连接完所有的三角区域上下全部用铝单板封闭，由于空间比较小，铝单板折边需要开口以避免开钢件部位，同时中间要加保温棉，安装时由于刚连接件都是螺栓连接，需扳手伸进工艺孔内操作，安装时较费时，也对工人的施工要求较高，但是看到一个个板块的成型，所有人都会感到喜悦。（图 9、图 10）

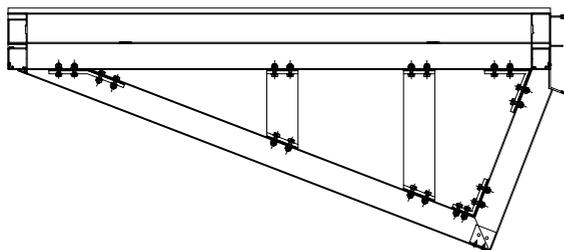


图 9 三角板块连接横剖节点



图 10 三角板块连接现场图

4、三角板块的结构计算

由于三角板块外悬挑比较大，所以对结构计算也

是非常慎重，此板块采用 ansys 有限元分析计算，外侧悬挑较大，三角造型遇风会有摆动，如果只在三角两端与立柱连接，连接的螺钉由于剪力较大将会破坏，在板块中间使用钢件连接大大增加了结构的稳定性。（图 11、图 12）

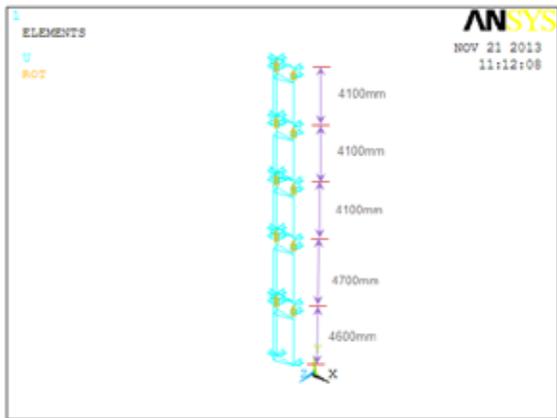


图 11 计算模型

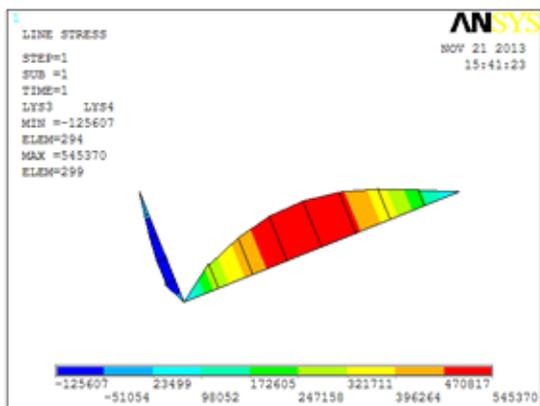


图 12 垂直面板荷载作用下计算弯矩图 (unit : N.mm)

5、内开启设计

本工程采用穿孔铝板后安装内开窗式开启设置，内开窗位于三角短边一侧，外侧为穿孔铝板，外侧看面看不到内侧开启，得以让立面效果完整体现，同时内开窗也保证了安全，避免了外开窗意外掉落的隐患。内开窗为内外铝单板饰面，铝单板内侧放置保温岩棉，由于此开启窗较高，生产板块前在加工厂做了淋水实验，确保无漏水后才批量生产。（图 13）

6、单元百叶窗设计

本工程中由于通风考虑有玻璃百叶和铝合金百叶两种，玻璃百叶采用夹胶玻璃通过螺钉与型材连接，铝合金百叶采用百页框连接好再与单元板块连接。三角长边使用玻璃百叶，短边使用铝合金百叶，确保大

面效果协调。（图 14）



图 13 内开窗现场图

7、龙鳞型单元玻璃幕墙系统设计注意事项

本工程生产前采用三维模拟分析，确保型材连接无问题，然后开模生产型材，在加工厂加工、组装或安装时可能会有其他无法预料的问题发生，所以可以从管理程序上进行管控，以减少单元板块的设计失误，规避损失。推荐先做样件，然后实验、试装、改进系统，确保无问题后再批量生产组装。由于空间三角形单元板块不在同一平面内，对安装及运输是不利的，安装时需要货架隔开，上下板块不能接触，由于是三角一旦接触就将损坏板块，另外在连接上要注意预留吊装孔。对于此类三角折线型单元，因分格大小，角度的不同，不同的工程要独立结构计算，生产放样后才能最终确认，但做法原理是相同的。

三 . 结束语

本文主要通过四牌楼联合大厦项目来剖析此类异形单元体做法。随着建筑的造型要求越来越多，此类单元幕墙也会越来越多的呈现出来，此种单元幕墙的设计经验也会越来越成熟，希望幕墙行业的技术越来越发达，呈现给社会更多精品的工程。只有掌握整个设计、施工过程中的要点，精心策划，科学管理，

严抓质量安全管，有效采用计算机模拟，专业的测量和检测，才能完成用户满意的精品工程。

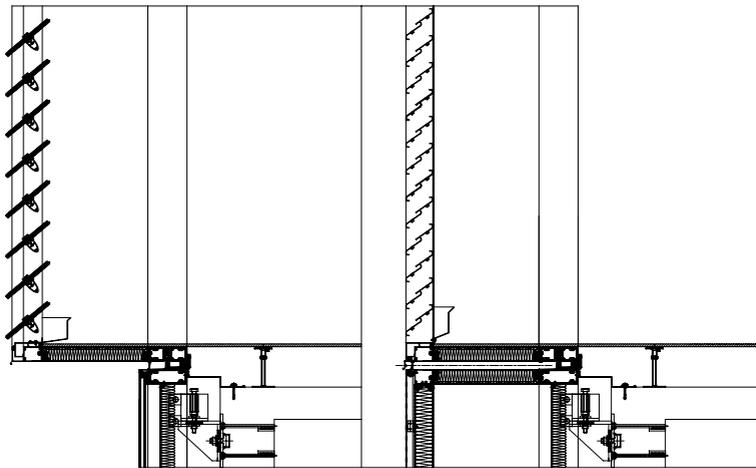


图 14 玻璃百叶和铝合金百叶竖剖节点



作者简介：



张栋梁

苏州柯利达装饰股份有限公司外围事业部外装设计总监，壹级注册建造师、高级工程师、中国建筑装饰协会幕墙设计师。主持的设计有：新疆文体中心、青岛东方影都万达城幕墙工程、如皋新城吾悦广场、天津吾悦广场等。并发表实用新型专利：幕墙龙骨结构、一种开缝式铝板幕墙、支撑架、室内隐式开缝铝板幕墙系统、一种单元式幕墙的防水结构等十余项。



周兰兰

苏州柯利达装饰股份有限公司外围事业部外装设计部经理，壹级注册建造师、高级工程师、中国建筑装饰协会幕墙设计师。主持的设计有：徐州软件园、创新国际幕墙工程、宿州三角洲国际酒店幕墙工程、中韩盐城产业园东方之舟幕墙等。并发表实用新型专利：一种隐框幕墙窗系统、树网型钢结构连接节点系统、开放式插接铝板幕墙系统、一种偏心地弹簧门、一种中空隐框平开门系统、一种工字缝石材幕墙等十余项。



苏伟

苏州柯利达装饰股份有限公司外围事业部外装主任设计师、工程师、中国建筑装饰协会幕墙设计师。主持的设计有：合肥信地城市广场、盐城金大洋城市广场、天津吾悦广场、合肥四牌楼联合大厦、河南大学创业园、苏州前途汽车城等。并发表数篇专业技术性论文，参与了多项大型装饰工程项目。





三亚丝路之塔饕餮纹镂空铝铸件幕墙应用

文 / 中建深圳装饰有限公司 杜庆林、柯建华、杨友富

一、工程概况

三亚丝路之塔项目位于三亚市崖州湾新区中心渔港宁远河出海口处。整个项目的建筑设计由中国工程院孟建民院士亲自把关，整个建筑造型引入“鼎、樽、八角塔、天圆地方、五龙传说”的中国元素，主塔高度为95m，寓意九五之尊，塔身的表面肌理采用中国传统的饕餮纹镂空以及表面云纹元素，来体现一种治身治国、威严有序的传统文脉（详见图1）。本文就此部分如何由设计理念转变为装饰幕墙，如何采用绿色、高效的装配施工技术来安装施工，做详细的介绍。



图1 三亚丝路之塔项目效果图

二、饕餮纹幕墙系统的演化过程

每个建筑师脑海中都有一个色彩斑斓的梦，实现这个梦需要我们集合各行各业的智慧，集大成者方能圆梦成真。对于本工程塔楼-4.5m至78m塔身的纹理，建筑师想要一种镂空、有厚度、远看是饕餮纹，近看是云纹的外观效果，而且每个单元图案中间无明显拼缝，同时需要考虑后期整个塔身的灯光效果，留有足够的位置安装灯珠。如果仅仅制作这样的一块材料，那可以有很多的选择，但是就整个工程而言就比较困难了，作为一种近百米高度的幕墙装饰材料其本身必须有足够的强度，能够可靠的连接，以满足像三亚海边这种恶劣天气的受力要求，而且还要综合考虑施工

成本和生产周期，就是一件比较棘手的事情。

凭借EPC项目的便利性，我们施工设计单位能够及时参与到前期的方案设计中，配合深圳市建筑设计总院尝试着各种不同的方案，材料从铁板、铝单板到铝铸件以及新型材料，加工技术从线切割、焊接、压铸、铸造到3D打印，整个饕餮纹的花纹方案也随着材料的不同，一直在调整优化（详见图2、图3、图4、图5）。为了达到视觉效果质感要求，面板的厚度要到达30-40mm，而且整个项目5000平方米的生产加工周期不能超过两个月，这就否定了其中几个方案，铁板线切割的重量太重，而且造价太高，铝板与穿孔板焊接的质量和外观都存在隐患，而且加工周期也不满足要求，3D打印技术市面上暂时还没有这么大尺寸的机器，而且成本和材料的材质都会受到影响，铸铝之后再钻孔的效果已很接近，但还是有缺陷。我们在此基础上进一步调整了加工工艺，并联合精确开模技术，将泛光需要的钥匙孔型灯孔一起开模，最终通过压铸技术，制成了整体厚度30mm，局部厚度5mm，全镂空饕餮纹，表面布置云纹的铝铸件（详见图6）。



图2 铁板线切割类似效果

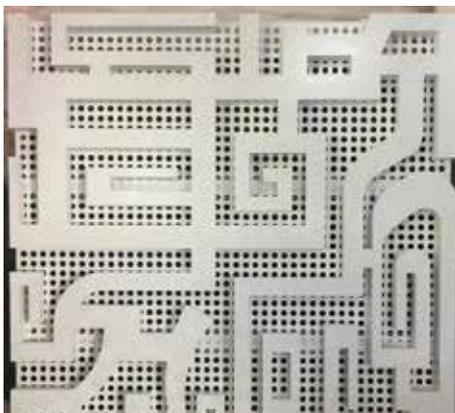


图3 铝板焊接实体效果



图 4 3D 打印类似效果



图 5 铸铝后钻孔实体效果



图 6 饕餮纹镂空铝铸件实物照片

三、饕餮纹铝铸件幕墙系统设计以及安装过程

1. 幕墙系统的设计思路

三亚丝路之塔的主体结构为纯钢结构，只有-4.5m至16.8m和67.2m至95m的空间为使用空间，中间大片的空间只是电梯井道，所以饕餮纹铝铸件幕墙可以实现大面积的镂空形式，而不用考虑幕墙的防水。但是考虑到现场施工条件的限制，室外只能使用吊篮安装，而室内空间狭小，只能临时操作，不能作为材料运输通道，而且工期紧张，交叉作业频繁。为

此打算将幕墙系统设计为装配式小单元幕墙系统，将绝大多数的工作留在加工厂，现场只进行挂码挂接和少量的螺栓调节。

通过图纸分析得出，塔楼的标准层高为2.8m高，每层都有工字钢梁作为幕墙生根点，而饕餮纹板的竖向分格是1.4m，横向分格为1.5m，正好是每层两块板的关系，同时为了保持饕餮纹镂空效果，尽可能的减少龙骨的数量，所以最终选择每两块饕餮板作为一个安装单元，龙骨选用10#槽钢做一个日字型的简单骨架，背面用螺栓将铝铸件与钢框架连接起来（详见图7、图8）。

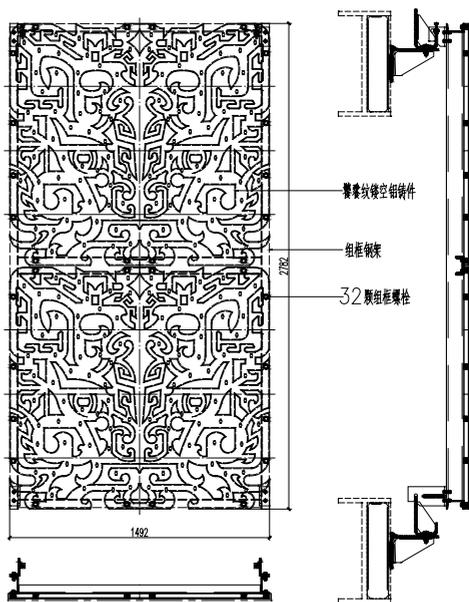


图 7 饕餮板与钢架组装图



图 8 饕餮板与钢架组装实物照片

其实对于连接点的强度我们并不担心，我们担心的是在30%的不规则穿孔率下，是不是存在薄弱的局部位置，局部的连接强度够不够，所以对此专门进行了整个板面的强度和变形计算，计算结果满足受力要求（详见图9）。

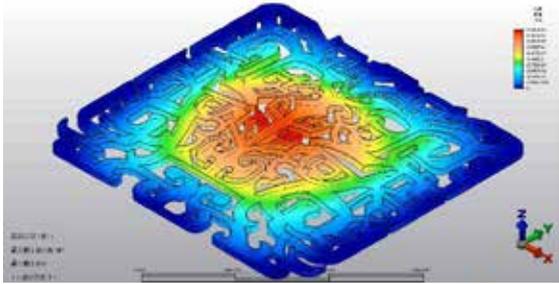


图9 饕餮板变形计算模型以及结果

2. 铝铸件的装配式组装与安装

A. 整个饕餮纹板的尺寸为 1500*1400mm，在现有的加工工艺下，很难实现整体一块的开模和铸造，所以根据实际图案和加工周期，将整个图案分成 8 块开模，在连接点处预制连接耳板（详见图 10）。在经过专业的压铸、成型、组装、喷涂等工艺后，使 8 块铸件形成一个有机的整体（详见图 11、12、13、14）。而在工厂组装的过程中，使用了 45 颗 M10 的沉头螺钉进行机械连接，这样既保证了整体的强度，又保证了密拼的视觉美观效果。



图 10 整板分块示意图



图 11 压铸



图 12 成型



图 13 组装



图 14 喷涂

B. 饕餮纹板与单元钢架的连接也是通过螺栓连接的，钢架在工厂加工、焊接、喷涂完成后，与饕餮纹铸件通过 32 颗 M10 的不锈钢螺栓可靠连接，然后再将每块板上的 108 颗灯珠卡扣在饕餮板预留的钥匙孔型槽口中（详见图 15），最后整体吊装挂接（详见图 16）。



图 15 饕餮板与灯珠的配合安装

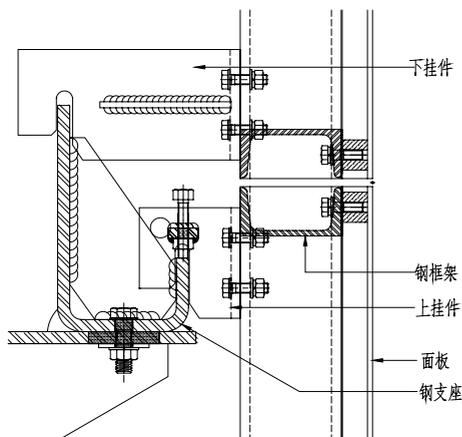


图 16 单元挂接图纸

四、装配式幕墙施工的优点和实施条件

装配式的工艺贯穿了整个幕墙系统的各个阶段，从生产、加工、安装到与其他专业的配合，当然万物都有其双面性。

优点：1. 可以大大提高加工、安装的效率，降低安装成本，并且便于质量控制，提高了整个幕墙工程的使用寿命；2. 减少现场的切割、焊接作业，特别是高空作业，降低幕墙施工的危险性；3. 减少幕墙工程施工现场的环境污染，提高对噪音、废气、废液的控制和回收，以及边角料的回收再利用；4. 幕墙结构受力分界明显，便于分析受力情况，幕墙的结构安全更容易控制；

实施条件：1. 政府和行业协会应加大对装配式幕墙施工的支持和引导；2. 项目管理核心应从现场管理向施工深化设计和材料精加工转变；3. 需要设计工作提前，设计大量的预留孔洞、安装丝孔；4. 需要提高加工、测量设备的精度，特别是现场三维测量放线的

应用；5. 加大对 BIM 等计算机技术的推广和应用，包括设计、加工、施工等各个阶段，促进信息共享；6. 对现场的原始结构的精度要求提高；

五、结束语

经过 4 个月的紧张施工，整个项目已经基本完工，饕餮板幕墙作为整个项目外立面效果的一个亮点，充分实现了远看磅礴大气、近看精致内涵的设计要求。建成后的丝路之塔将作为三亚市“一带一路”战略的标志性建设工程项目，集成船只航行指引、旅游观光、应急和商业发射塔等功能于一体，是三亚市参与打造 21 世纪海上丝绸之路，加快推进南海资源开发服务保障基地建设，为海上丝绸之路创造优质服务平台的重点工程，能够有效提升“海上丝绸之路”前沿基地的城市综合服务水平。

作者简介：



杜庆林

高级工程师，中国建筑装饰协会幕墙工程委员会专家组成员。主持项目：中国移动深圳信息大厦、杏林湾营运中心、东南国际航运中心总部大厦、永新时代广场等。所主持设计的工程项目多次被评选为“全国建筑工程装饰奖”。



柯建华

从事幕墙设计工作 20 多年，中建深圳装饰有限公司广东分公司幕墙设计总监。



杨友富

中建深圳装饰有限公司设计研究院（幕墙）广东分院副院长、幕墙主任设计师，曾担任贵阳腾祥 - 迈德国际一期、贵阳新世界 - 贝尔特酒店、成都银泰中心、深圳凯德 - 公园一号、三亚丝路之塔等幕墙工程的设计负责人，对装配式幕墙设计有独特见解。





美华建设(集团)有限公司, 1993年成立, 注册资金一亿零五十万元, 年产值逾40亿元。是以建筑装饰装修、幕墙施工为主, 集建筑装饰及幕墙设计、钢结构、建筑智能化、机电设备安装、园林绿化、消防设施工程设计与施工、安防工程设计与施工等专业承包以及建筑劳务分包、建筑工程施工总承包和金融投资为一体的大型集团公司。

2005年开始, 美华先后在北京、上海、重庆、天津、广州等地设立分公司三十家, 覆盖全国。代表作品有: 南昌师范高等专科学校(鲁班奖)、南昌西客站、云南博物馆、福建省科技馆、海沧体育馆、赣州市人民医院等等。

美华集团连续9年被评为中国建筑装饰百强、建筑幕墙百强企业; 是中国建筑装饰协会副会长单位、幕墙委副主任委员、江西省民营企业百强企业; 多项工程获国家及省市优秀工程奖, 多名技术工人荣获全国技能大赛一等奖、“江西省技术能手”、“南昌市五一劳动奖章”等。董事长汤瑞兴当选为中国建筑装饰协会副会长、江西省工商联常委, 并获“江西省优秀中国特色社会主义事业建设者”荣誉称号。

立足中部, 崛起全国”的战略蓝图一步步成为现实。美华正从一家区域企业, 成长为中国著名装饰品牌。美华, 这颗中国装饰星空中冉冉升起的巨星, 将紧扣装饰发展脉搏, 用浓墨重彩的时代手笔, 为构建和谐的城市空间再立新功!



福建省科技馆



海沧体育馆



江铜南昌总部



浙江嘉兴(国际)毛衫城



江西移动红角洲生产基地



美华公司微信公众号





BIM 在湖州文体中心 异形曲面幕墙中的设计应用

■ 文 / 中建八局第二建设有限公司 张昌奇、李翠艳

【摘要】：本文通过对BIM在异形曲面幕墙中设计应用实际工程分析，阐述BIM在异形曲面幕墙应用的新思路，对异形曲面幕墙的参数化做了一些探讨，为在新的形式下异形建筑幕墙设计提供借鉴。

【关键词】：BIM、异形曲面幕墙、参数化、碰撞检测、可视化模拟



1 前言

近年来住建部及各建筑单位均在大力推进 BIM 在建筑领域的应用，但在幕墙领域 BIM 应用还存在应用方法不清晰、配套软件不成熟、应用价值不明显等不少困境。尤其是在一些场馆类异形曲面幕墙项目中，此类项目造型复杂、幕墙面板及龙骨异形无规律、定位点多等，传统的二维设计理念已无法满足此类幕墙的设计需求。本文拟以 BIM 技术以结合异形曲面幕墙工程的实际需求，探索一条 BIM 在异形曲面幕墙中的应用之路。

2 项目概况

湖州文体中心位于浙江省湖州市，是一座拥有 2300 年历史的江南古城。湖州文体中心依水而建，建筑造型新颖灵动，建筑灵感发源于湖州历史的丝绸文化和湖笔文化，寓意为一组流动的江南丝带。场馆包括体育馆、文化馆、图书馆、酒店及配套商业等，将

打造成当地环太湖标志性建筑。外装饰幕墙形式包括蜂窝铝板幕墙、玻璃幕墙、仿木纹格栅、铝合金遮阳百叶、玻璃雨棚、直立锁边金属屋面等形式，外装饰幕墙总面积达 13 万余平方米。湖州文体中心外装饰幕墙特点有造型复杂无规律、双曲面较多、体量大、转折交接部位多、空间定位点多等。建筑整体造型由八十多个折面组成，形成大量转折交接部位，为设计的重点难点。南北面均为双曲面造型，分格尺寸渐变无规律，东西面由多个小面组成，转角部位较多。



图 1 湖州文体中心整体造型

3 幕墙 BIM 实施策划

湖州文体中心造型复杂，常规的二维幕墙深化设计模式难以实现，更不用谈后期更为繁琐难度更大的材料加工和施工定位了。为解决上述问题，本工程针对幕墙方案设计、幕墙深化设计、幕墙施工等阶段采用 BIM 技术。并进行了幕墙 BIM 实施策划，制定了相关 BIM 工作标准，编制了 BIM 工作流程及组织架构，组建了 BIM 专业团队。

本项目 BIM 应用软件有 Rhino、Grasshopper、Revit、Naviswork、AutoCAD、Takla、Fuzor、CATIA 等。并配套使用了移动 BIM 工作站、塔式 BIM 基站、3D 打印机、全站仪等硬件设施。

4 BIM 应用

BIM 技术涉及到幕墙的方案设计到幕墙深化设计，幕墙施工一直到竣工交付整个装饰工程的全生命周期。主要从以下方面分项具体应用：

a) 幕墙系统的三维建模 三维模型是一切 BIM 应用的基础，本工程幕墙整体造型复杂且无规律可循，本项目运用 Rhino 和 Grasshopper 等软件进行幕墙面板和龙骨等主材料系统的三维参数化建模。并根据 BIM 应用的不同进展阶段分为幕墙方案设计 BIM 模型、幕墙深化设计 BIM 模型、幕墙施工 BIM 模型、幕墙竣工交付 BIM 模型。

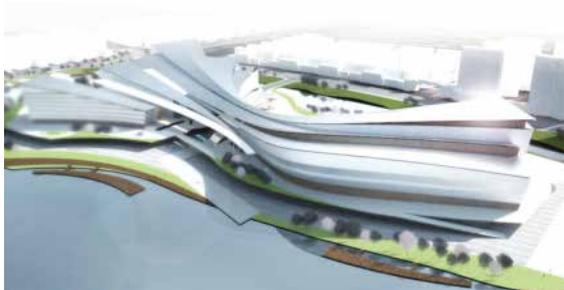


图2 方案设计 BIM 模型

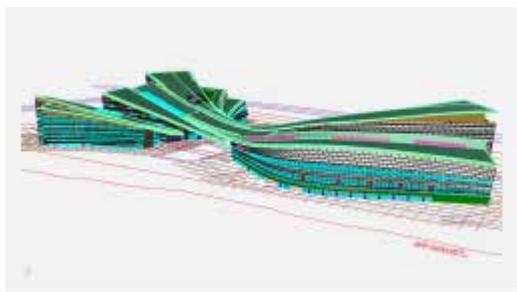


图3 深化设计 BIM 模型

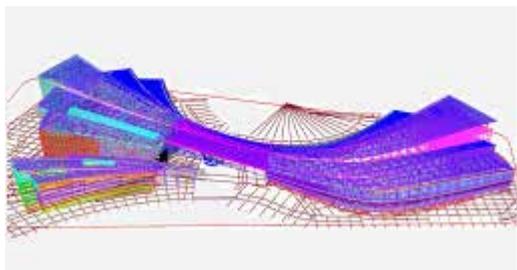


图4 施工 BIM 模型

b) 幕墙分格确定 通过 BIM 软件对建筑外立面进行模数化分格划分,在满足建筑设计理念要求的同时,要保证材料板块满足规范要求、受力计算,考虑工厂加工尺寸要求,同时尽量控制减少板块的模数,减少幕墙板块的种类,降低加工难度缩短加工周期。

c) 幕墙工程量提取 利用 BIM 软件的信息统计功能,将玻璃幕墙、铝板幕墙、铝合金格栅、铝合金百叶、金属屋面等分项工程量信息进行直接准确提取。彻底解决了传统二维设计图纸中无法计量曲面部分面积的难题。

d) 幕墙施工图纸输出 本工程运用 BIM 技术,颠覆了传统由二维幕墙施工图纸到三维模型的设计流程,直接由幕墙 BIM 模型进行方案设计和深化设计。通过对幕墙 BIM 模型的切割、提取、拍平、重新生成,直接输出建筑幕墙的二维平立面施工图纸。通过对 BIM 模型双曲异形渐变部位的切割,生成不同区域的二维剖面图纸,从而对不同区域的幕墙系统进行分析以及指导后期施工。

e) 幕墙系统节点的可视化模拟 可视化是 BIM 应用的一种有效方式,不仅能够进行幕墙系统的三维模拟,实现转折交接部位的可视化,直接展示节点效果,还可以模拟各材料的安装进程和逻辑顺序,检测材料之间的配合情况及幕墙系统中的漏缺点,从而对幕墙系统设计进行反馈优化。

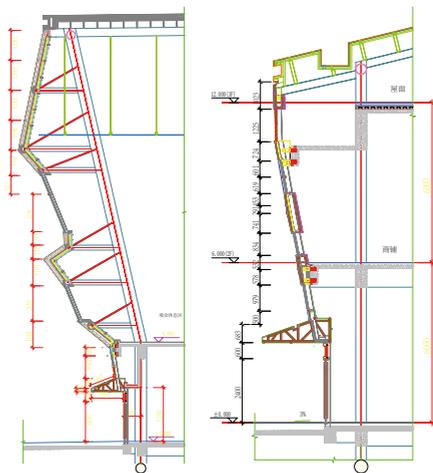
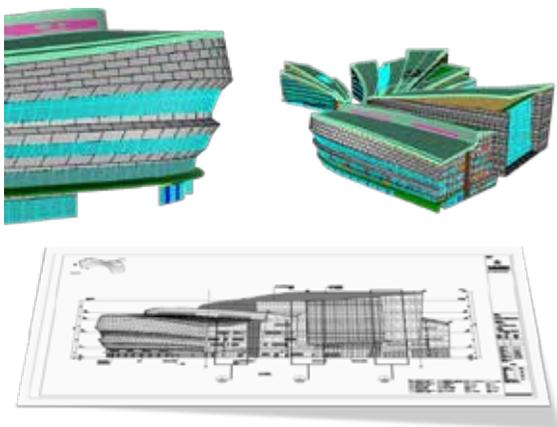


图5 由 BIM 模型生成幕墙二维施工图纸

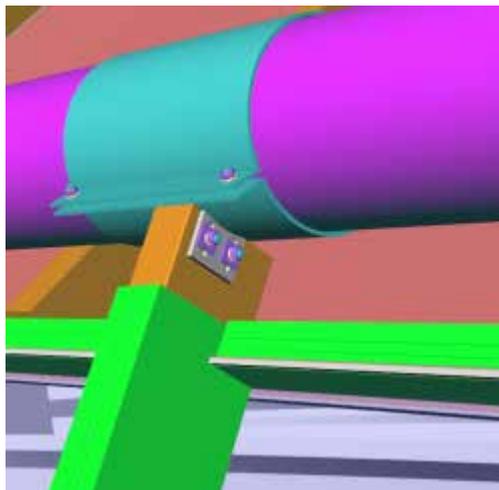
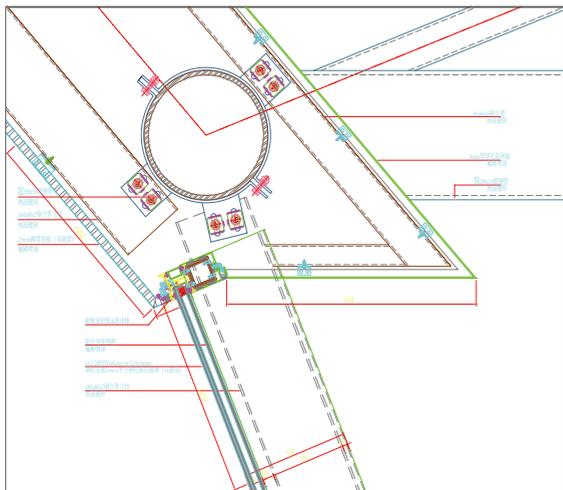


图6 幕墙系统节点的可视化模拟

f) 幕墙设计方案优化 利用 BIM 模型对幕墙自由曲面部分各个立面进行曲率分析, 根据分析结果对曲率不均匀的区域进行曲面的重新拟合生成, 从而保证建筑造型顺滑自由过渡的最佳外立面效果。通过幕墙 BIM 模型利用 GH 参数化, 分析玻璃和铝板板块的曲率和翘曲尺寸, 并进行优化整合归类, 减少材料种类,

形成幕墙材料的标准化, 通用化。幕墙主龙骨 - 钢圆管为沿幕墙外立面造型编号的自由扭曲曲线, 通过 BIM 模型分析出曲线的曲率及弦高, 在不影响视觉效果的前提下, 根据不同曲率进行整理归类, 并将曲率较小的弧形优化成直线。通过幕墙 BIM 设计优化, 可有效降低幕墙材料的加工难度和成本, 缩短工程周期。

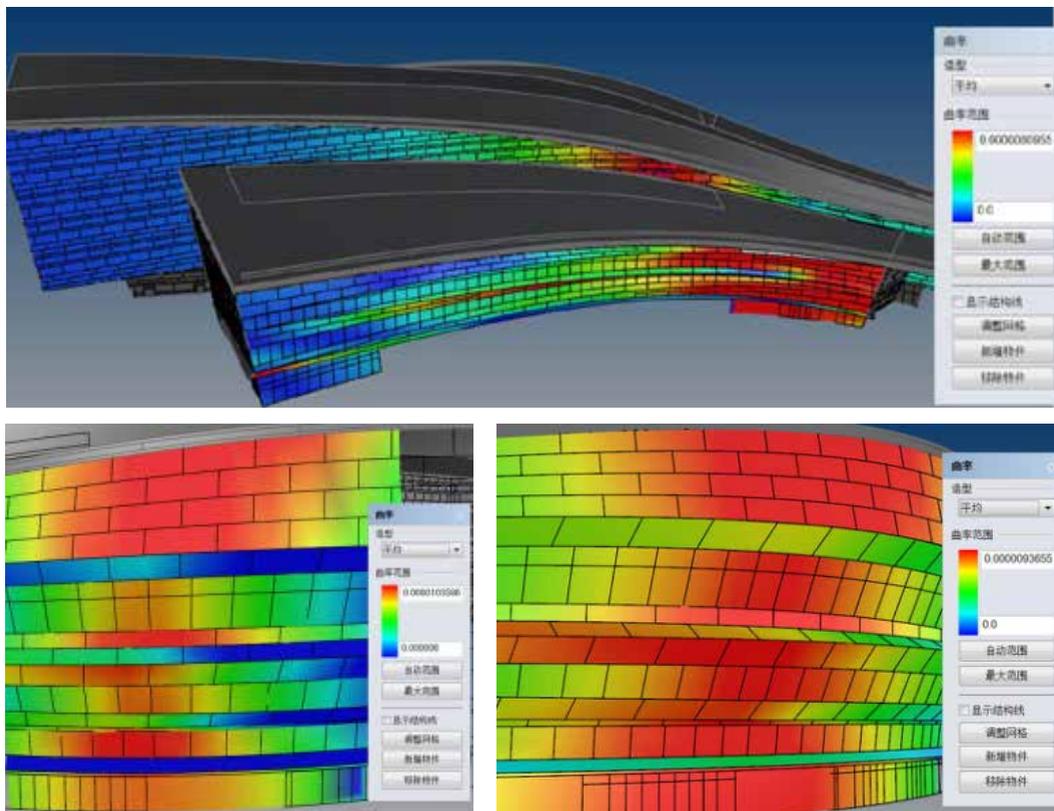


图7 通过 BIM 对双曲面幕墙部分进行优化

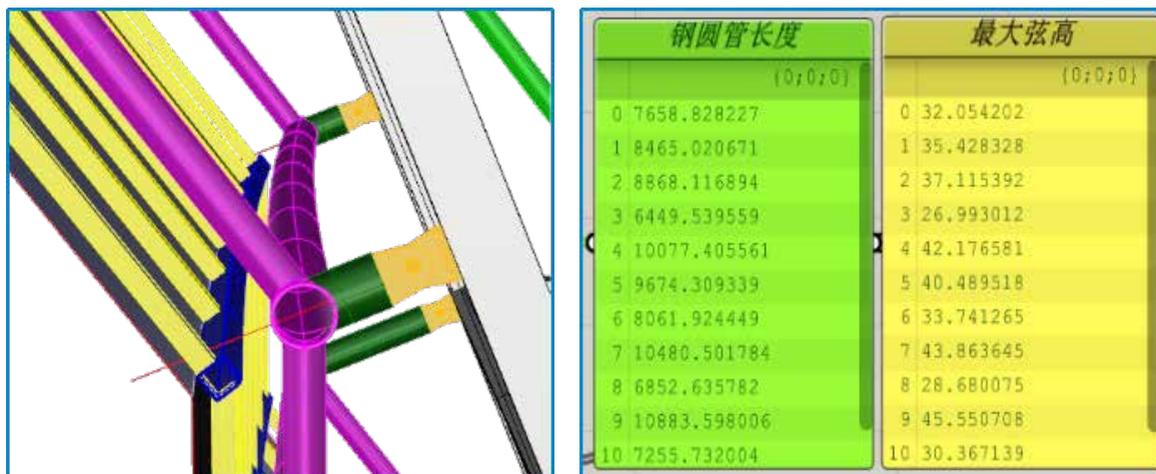


图 8 弧线钢管的分析优化

g) 碰撞检测 将幕墙模型和主体结构模型以及钢结构模型共同导入到 BIM 软件中, 利用 BIM 的碰撞自动检测功能检测幕墙龙骨与主体混凝土结构及钢结构之间的干涉碰撞情况, 力求在前期设计阶段对干涉部位提前进行调整, 减少后期的返工和结构性调整。

h) 构件的精细化加工 本工程幕墙曲面折线部分

横向大跨度主龙骨及转接件均采用钢管管, 钢管管之间交接位置均为相贯线, 钢管加工过程中采用传统切割工艺施工速度慢、精度低, 本工程采用 BIM 模型直接导出数控相贯线切割机可用文件模型, 利用数控相贯线切割机进行精细化高效加工。

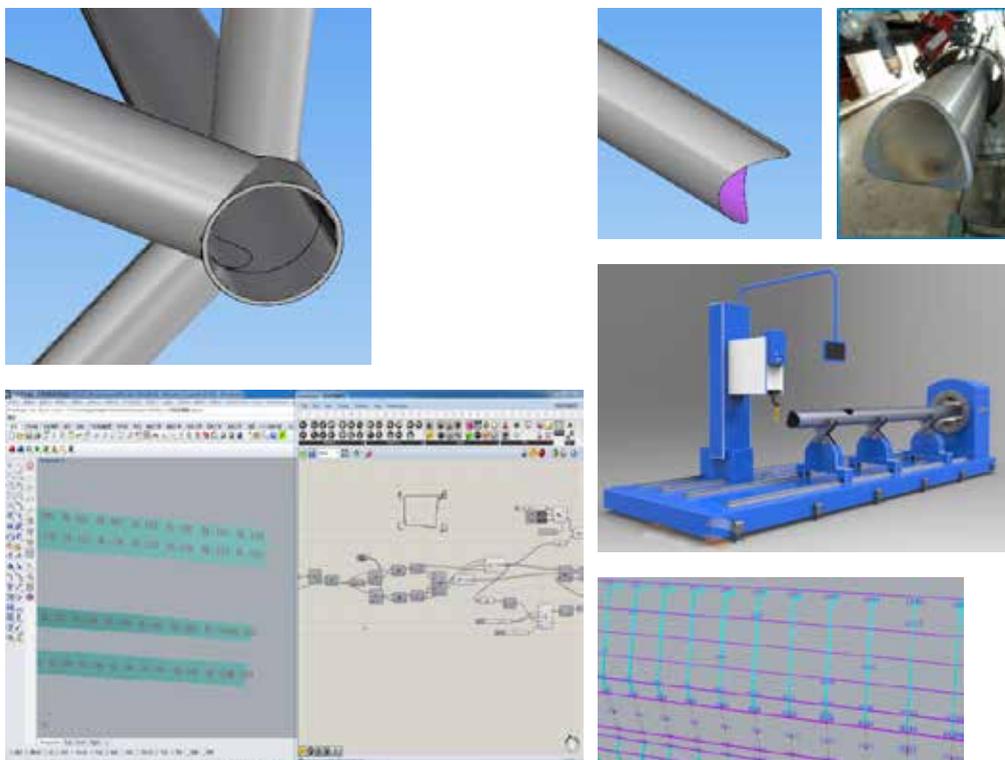
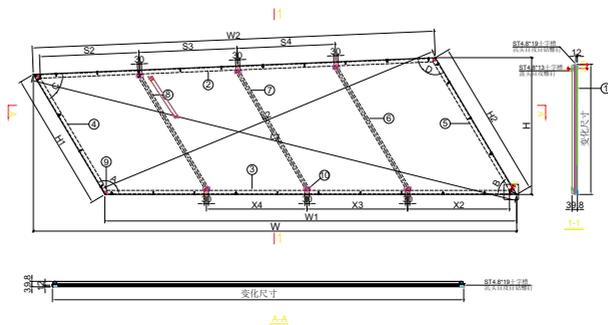


图 9 利用 BIM 技术的构件精细化加工

i) 材料加工信息参数化提取 Grasshopper 为基于 BIM 模型基础的二次编程软件, 利用程序算法和数理逻辑, 将 BIM 模型中幕墙分格、材料及定位点信息等进行参数化提取和二次处理, 从而导出可直接应用的工程信息数据。是目前从类似本项目这种非线性几何体提取数据的最有效手段。利用 Grasshopper 对幕

墙铝板进行数据提取, 同时进行分析、整理, 最终导出可直接用于加工的参数信息。将 GH 参数化提取的幕墙面板、龙骨等信息二次处理, 生成加工单加工图等材料加工信息, 提高了材料加工准确性并缩短了加工周期。



名称	加工件编号	图元编号	A(°)	B(°)	C(°)	D(°)	L1(mm)	L2(mm)	L3(mm)	L4(mm)	D1(mm)	D2(mm)	W(mm)	L(mm)
3mm铝板	LB-001		89.285381	90.531161	91.171315	89.012143	743.182243	735.821645	2322.977671	2328.762128	2451.028614	2430.11964	1548.669056	1104.362986
3mm铝板	LB-002		89.274064	90.542615	91.19008	88.993241	742.973726	735.640941	2316.892559	2322.770006	2445.395106	2424.125063	1546.080092	1108.988794
3mm铝板	LB-003		89.262817	90.554011	91.208737	88.974436	742.722034	735.417879	2310.711969	2316.681543	2439.656508	2418.029028	1543.376296	1113.476117
3mm铝板	LB-004		89.251879	90.565552	91.227032	88.955536	740.569896	733.312681	2304.452111	2310.49761	2433.23278	2411.302048	1540.021799	1116.050664
3mm铝板	LB-005		89.240709	90.576753	91.245485	88.937054	740.837487	733.604704	2298.094445	2304.234457	2427.489119	2405.193482	1537.265557	1120.827106
3mm铝板	LB-006		89.229574	90.58793	91.263841	88.918655	741.052317	733.854771	2291.640047	2297.973522	2421.640515	2398.98269	1534.400141	1125.464322
3mm铝板	LB-007		89.218442	90.599117	91.282138	88.900302	741.244279	734.062811	2285.039937	2291.415879	2415.68833	2392.67023	1531.425824	1129.961067
3mm铝板	LB-008		89.207304	90.610324	91.300378	88.881995	741.383317	734.228758	2278.445279	2284.862552	2409.6326	2386.25708	1528.343075	1134.316291
3mm铝板	LB-009		89.196163	90.621526	91.318533	88.863758	741.479379	734.352549	2271.70727	2278.214706	2403.47708	2379.74467	1525.152502	1138.528161
3mm铝板	LB-010		89.1851	90.632703	91.336594	88.845603	741.532429	734.434142	2264.876979	2271.473537	2397.219699	2373.134271	1521.85463	1142.596126
3mm铝板	LB-011		89.174063	90.643848	91.354549	88.82754	741.542446	734.473904	2257.955558	2264.640112	2390.862043	2366.427059	1518.449908	1146.518956
3mm铝板	LB-012		89.163098	90.654933	91.372375	88.809593	741.509422	734.470617	2250.944111	2257.715983	2384.405134	2359.624419	1514.939019	1150.295684
3mm铝板	LB-013		89.152217	90.665948	91.390073	88.791762	741.433365	734.425482	2243.843612	2250.701052	2377.84974	2352.727423	1511.322769	1153.924918

图 10 材料加工信息的参数化高效精确提取

5 BIM 应用总结及未来展望

本项目从设计开始, 本着从先三维后二维先 BIM 后 CAD 的设计理念, 用参数化设计的方法设计构建的模型, 有效利用模型数据指导施工, 解决了以往异形幕墙中尺寸无法标注、空间定位无法具体表现等问题, 提高后期施工的质量及效率, 实现项目全生命周期的 BIM 应用。

通过幕墙 BIM 技术应用, 实现了幕墙设计阶段的参数化、加工阶段数字化、施工阶段信息化。节省了工期、物料及人工, 带来了显著的经济和社会效益。促进了企业通过 BIM 技术向智慧建造方向的迈进, 未来将持续在幕墙 BIM 应用的道路上积极探索、勇于创新, 为类似复杂大型公建提供借鉴。

作者简介:

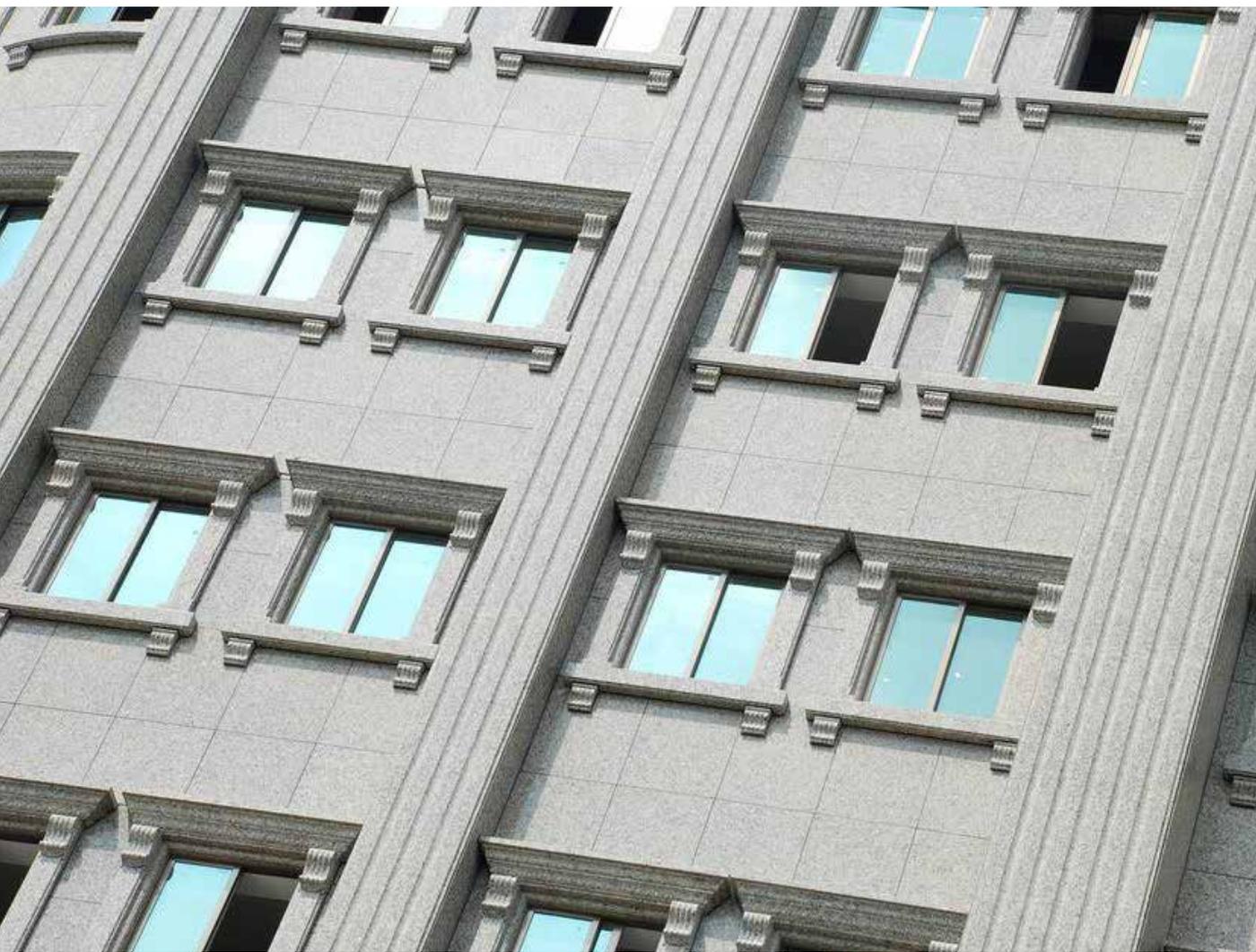


张昌奇

中建八局第二建设有限公司幕墙设计经理, 高级幕墙设计师。从业多年来一直从事一线幕墙设计工作, 并致力于研究异形曲面幕墙设计技术, 先后主持设计南通百汇 武汉光谷 青岛创新园二期, 湖州文体中心等多个异形曲面幕墙工程, 发表过多篇论文获得过多项专利技术。同时积极探索 BIM 技术在异形曲面幕墙中的设计应用, 并在湖州文体项目设计和施工中切实应用。



背栓在石材幕墙干挂体系的应用



■ 文 / 中建二局第三建筑工程有限公司 崔宇
资深幕墙专家 侯钦超



石材，记载着人类社会的早期文明，传承着人类祖先最早的智慧。在远古时期人类先祖已经把石材制作成生活中的工具使用，而今石材广泛运用在建筑装饰领域；从这个意义上讲，是石材缔造了人类社会，是石材创造、记录了人类文化，是石材美化了人类生活的空间环境。今天，人类用聪明的智慧丰富和发展了石材的应用及其内涵，使石材在建筑、装饰领域呈现出丰富多彩的发展局面。

现代建筑中，天然石材是建筑师喜欢的建材之一，著名的北京人民英雄纪念碑、人民大会堂、北京火车站、毛主席纪念馆及世界级建筑设计大师贝聿铭的收笔力作北京西单的中国银行大厦等，成为大量使用天然石材的建筑典范。天然石材在建筑项目中的应用成为高档建筑的象征，其天然的色泽、天成的纹理，不可再生的特性是人造材料无法比拟的。

对中国的建筑装饰市场而言，可供使用石材的资源丰富，花色品种齐全，质地优良。主要为大理石材和花岗石材、板石材三类，近年来，天然砂岩建筑板材和天然石灰石建筑板材由于市场应用越来越多，也有发展成为独立大类的趋势。目前世界石材产业中，大理石材约有 800 个品种，花岗石材有 1,000 多个品种，板石材、砂岩石材、石灰石材各约有 100 个品种，随着人类建筑文化的发展与石材开采加工

科技能力的提高，新的石材品种还在不断涌现。

1、背栓干挂体系的产生及应用

随着我国经济腾飞，科技的不断创新发展，根据这一需要新的建筑越来越往高处发展。石材由于具有天然质感、稳重、长远、耐久等特点，越来越受到建筑师的喜爱，成为高层建筑、甚至超高层建筑的首选材料。尤其是中国的广东、上海、北京、江苏、浙江、福建等金融发达地区高层建筑应用石材幕墙更是突出。



上海浦东中国银行建成于 2004 年，石材幕墙的设计及安装高度达 165 米



广东发展银行建成于 2007 年，石材幕墙的设计及安装高度达 150 米，采用的绿色砂岩石材

随着石材幕墙在建筑领域的设计及安装高度不断增加，石材幕墙的安装体系构造也在不断出现新的结构，过去的钢销式、不锈钢或其它材料的短槽式已经远远不能满足使用高度的需要，就不断在我国出现了背栓体系构造应用于石材幕墙。

背栓体系构造在石材幕墙的发展应用领域的确起着较大的促进作用，但是在实际工程应用上也出现了或多或少的构造隐患。



北京银泰中心建成于 2008 年，石材幕墙的设计及安装高度最高达 249 米，石材厚度达 38mm

2、认识背栓构造

如右图 1 所示是一组旋进式背栓，就是说它是通过一支机械螺杆拧紧旋入背栓套筒的根部，背栓套筒的根部自身设计成飞边构造，在金属套筒的外侧附加设计出尼龙类的外套管。

如右图 2 所示是一组旋进式背栓，就是说它也是通过一支机械螺杆拧紧旋入背栓套筒的根部，背栓套筒的根部自身设计成飞边构造，在金属套筒的外侧附加设计出局部尼龙类的外套管。

如右图 3 所示是一组旋进式背栓，就是说它也是通过一支机械螺杆拧紧旋入背栓套筒的根部，背栓套筒的根部自身设计成飞边构造，在金属套筒的外侧没有设计出局部尼龙类的外套管。

如以上右图 3 种背栓照片，是我们经常见到的背栓构造样式之一，它们具有一个共同的构造特点“旋进式”结构体系，也就是提醒我们设计者、施工安装者，在实际使用时只有将旋进机械螺杆完全旋进到背栓套筒的底部，背栓套筒才会自然完全扩充满石材背栓孔，而且所扩充的直径大小在安装完毕以后将会不再因其它可能出现的外在因素而变化。



旋进式背栓 1



旋进式背栓 2



旋进式背栓 3

如右图 4 所示是一组膨胀式背栓，就是说它是通过一支机械螺杆从背栓套筒的一端穿入，在机械螺杆的其中一端设计出扩充构造，螺杆顶部采用配套机械螺母与之拧紧固定，同时在机械螺杆与金属套筒根部之间还设有金属弹性填充构造。



膨胀式背栓 4

如右图 5 所示是一组膨胀式背栓，就是说它也是通过一支机械螺杆从背栓套筒的一端穿入，在机械螺杆的其中一端设计出扩充构造，螺杆顶部采用配套机械螺母与之拧紧固定，同时在机械螺杆与金属套筒根部之间还设有金属弹性填充构造，但是在背栓套筒的一端增加了尼龙垫构造设计。



膨胀式背栓 5

如右图 6 所示是一组特殊膨胀式背栓，虽然它也是通过一支机械螺杆从背栓套筒的一端穿入，在机械螺杆的其中一端设计出扩充构造，但这个背栓套筒确是一种尼龙材料通过机械加工成的与构造垫一体结构设计，而且为了让背栓拧紧后更安全增加了内螺母固定。



膨胀式背栓 6

如以上右图的另外 3 种背栓，也是是我们经常见到的背栓构造样式之一，它们也具有一个共同的构造特点“膨胀式”结构体系，都在不同的套筒根部设计出金属弹性扩充构造弹簧垫圈，但是照片 5 的弹簧垫圈与其它 2 个不同，它采用的是部分金属套管制作，完全扩充能力及变化能力具有一定局限性，照片 4 套筒与固定螺母之间是金属垫片，相比而言可能会弹性变化方面具有一定的局限性，照片 6 的构造体系考虑比较全面，将套筒与垫片都采用一种具有一定弹性的材料设计为一体，安装背栓时采用内螺母固定拧紧，在挂石材体系时再使用一件外螺母固定拧紧。

3、背栓石材幕墙的打孔

背栓式石材幕墙通常都是采用如右图所示的照片，这是一组采用合金钢通过机械加工制作而成的合金钢打孔钻头，是专门用来给石材打孔用的专业钻头。

a、旋进式背栓的打孔安装顺序：

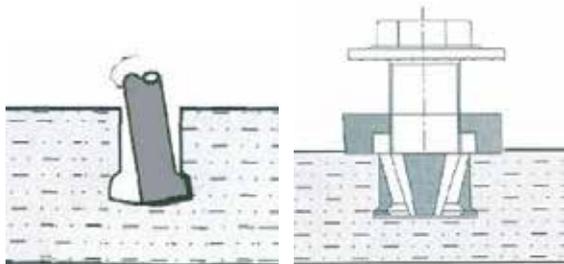


图 3 钻头扩孔

图 4 置入背栓

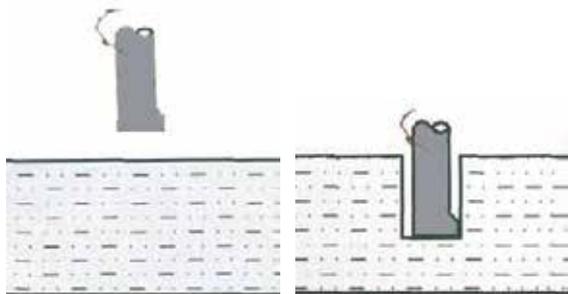


图 1 钻头与石材位置定位

图 2 垂直钻孔

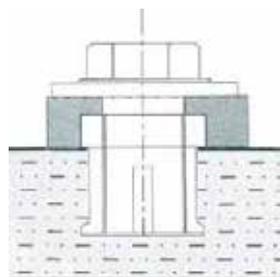


图 5 完全旋进并拧紧螺栓

b、膨胀式背栓的打孔安装顺序:

由于开始的步骤是一致的, 这里第一步(图1)就不重复再画。

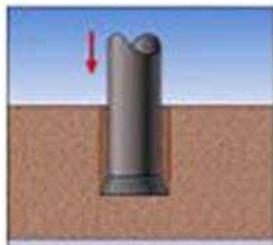


图2 垂直钻孔

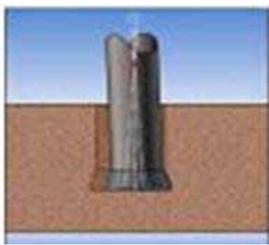


图3 钻头扩孔

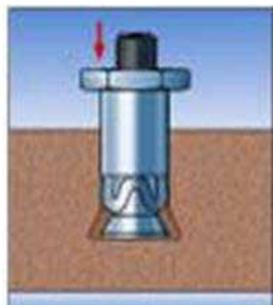


图4 置入背栓

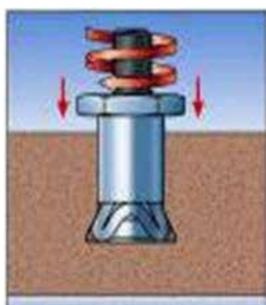


图5 按压拧紧螺母

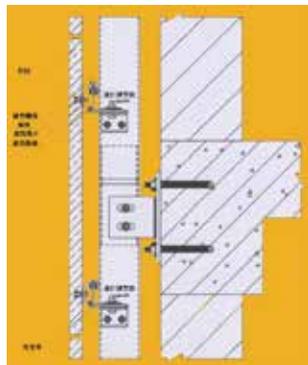
通过以上两组打孔安装背栓的剖面图我们不难看出, 定位、打孔几乎都是一样的步骤顺序, 只是背栓的安装有区别, 旋进式背栓式将螺杆完全旋进才能达到背栓充分扩张而充满所打的孔内部间隙, 膨胀式背栓是通过拧紧螺杆外侧的内螺母, 利用螺杆根部的膨胀构造将背栓完全扩充与石材孔内部间隙完全接触, 它的优点就是当有外在因素影响时会直接影响到螺杆, 有利于背栓无论任何状态都始终充满石材孔。

4、背栓石材幕墙的安装

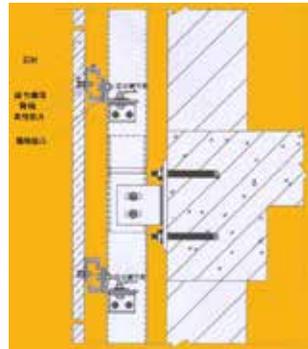


T型挂件体系石材幕墙安装

通过实际照片让我们再回头看看 T 型挂件安装石材幕墙, 首先石材幕墙的水平横向龙骨只是在石材的板块分格缝隙部位设计一道, 由于 T 型挂件类似于短槽安装构造, 因此对于石材的短槽基本上都是在施工现场采用电动机具切割而成。



通过上图的一组背栓石材的剖面图纸及一种金属转接件我们可以认识到, 背栓是通过与金属转接件连接并牢固固定形成的一个挂件体系, 金属转接件在现场安装时是直接悬挂在水平横向龙骨上的, 在石材板块的分格缝隙处是没有横向水平龙骨的, 每一个石材板块都是各自独立的两件水平横向龙骨, 在金属转接件的上部还设置安装一个螺栓杆件, 通过这个螺栓杆件可以微调石材板块的水平高低偏差。



上面图的另外一组背栓石材的剖面图纸及一种系统金属转接件构造图, 通过上图我们可以认识到, 背栓是通过与其中的一个金属转接件连接并牢固固定形成的一个挂件体系, 金属转接件在现场安装时是直接悬挂在与之相配套的另外一件金属转接件构造内, 另外一件金属转接件通过机械螺栓组与水平横向龙骨连接固定, 同样在石材板块的分格缝隙处是没有横向水平龙骨的, 每一个石材板块都是各自独立的两件水平横向龙骨, 通过另外一件转接构造件在水平横向龙骨上的安装高度来微调石材板块的水平高低偏差。

5、背栓石材幕墙应注意的事项

a. 石材打孔时一定要注意打孔的准确位置，如果一个石材板块各孔所打的位置偏差较大，就会给石材安装的缝隙带来大小不一，严重者将会使石材安装后受力不均衡；



如上图，由于背栓孔所打的位置偏差较大，在石材安装完毕调整好缝隙后，还是出现个别的背栓转接金属挂件不能够充分接触挂接。

b. 背栓在石材板块上所打孔的规格一定要注意与其所使用的背栓配套；



如上图，由于背栓孔所打的深度偏差较大，造成背栓不能够完全置入孔内，在背栓与金属转接件连接固定后就会出现如图的缝隙存在，从而使石材不能够与金属转接件充分面接触，使背栓不但承受剪力同时还承受弯矩力。

c. 背栓石材幕墙通常是每块石材板块需要独立设置两道水平横向龙骨（下图），造成龙骨材料用量增加同时也给建筑自身重量带来增加，否则如果在每块石材板块的后部设置一道水平龙骨来安装背栓石材，那样将会带来板块安装后不稳定的隐患存在；



d. 在建筑产品中往往我们会遇到将石材板块加工成弧形板（下图），用来安装成直径较大的石材圆柱，但是由于圆柱板块在加工后内外侧都是弧形就会造成背栓之金属转接件不容易与石材板块背面充分接触、而且一般自重都比较大，因此对于石材板块包圆柱不宜于使用背栓体系；



e. 在建筑产品中往往我们会遇到将石材板块加工成各种造型的线条板(上图)为了凸出采光窗而出现的窗侧板,线条板一般都是在加工厂加工成形,板块规格一般比较大带来自重都比较大,而且水平龙骨安装交叉严重等因此不宜于使用背栓体系,窗侧板特别是窗上下部位收口板,在实际施工中由于板块规格一般较小用背栓体系比较不利于操作;

f. 对于背栓的选择也同样需要注意,不同的背栓构造在实际施工后所带来的结果不同。如旋进式背栓由于构造原理的问题在使用过程中可能会出现由于外在因素的影响造成背栓从石材空中拔出;完全金属材质的膨胀式背栓构造基本上没问题,但是在外在因素影响下可能会由于金属的应力产生集中过大造成石材孔边崩裂;建议在选择背栓材料时首先注意是膨胀式的,同时选择金属与弹性材料相结合使用的背栓,这样即使在外在因素影响下也不会给石材孔边带来过大的集中应力造成崩裂。

作者简介:



侯钦超

高级工程师,专注于建筑门窗、幕墙的设计施工及新材料、新工法的研发。

中国建筑装饰协会专家;铁道第三勘察设计集团幕墙总工;中国门窗、幕墙专家学者设计师协会副会长、专家;中国门窗、幕墙设计专家组专家;中华石材业商会专家组专家、中华石材业专业教材编写委员会主编。所主导编写和参与的图书与规范有《石材幕墙设计与施工技术手册》、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ133—2001。





精心施工
质量第一
信守合同
用户至上



浙江建工幕墙装饰有限公司

Zhejiang Jiangong Curtain Wall Decoration Co.,Ltd.

多项参建工程被评为国家建筑工程最高奖——“鲁班奖”

十余项工程获得“全国建筑工程装饰奖”

四十余项工程获得“浙江省优秀建筑装饰工程”

地址：中国·浙江·杭州·拱墅区半山毛竹山路100号

电话：0086-571-88029919 85021003

传真：0086-571-85022593 85021003

<http://www.zjsjg.com>



幕墙工程中埋件的设计及计算总结



■ 文 / 中建深圳装饰有限公司 胡世高、姚 琼、田 刚

【摘要】：幕墙除了承受自重荷载外，还要承受风荷载、地震及其他偶然荷载作用。这些荷载最终都是通过预埋件或后置埋件传递到主体结构。因此埋件与主体结构的连接是否可靠耐久，直接关系到幕墙的结构安全与使用寿命。本文首先介绍了幕墙工程中常用的埋件及其分类，然后详细介绍了幕墙工程中常见的三种埋件的材料特性，构造要求，受力计算。最后给出了实际工程中常见几种埋件受力不足的加固方案。为埋件的设计和计算提供一些参考依据。

【关键词】：平板埋件、槽式埋件、后置埋件、埋件加固

一、埋件的分类及构成

埋件按其形式分为预埋件和后置埋件，预埋件是预先安置（预埋）在结构内的构件，即在结构浇注时

埋设在结构中的由钢板和锚固筋组成的构件，分为平板预埋件和槽式预埋件。后补埋件通过现场打孔将锚栓和埋板固定在主体结构上，分为机械固定式和化学药剂固定式。



图 1 各种埋件示意图

二、平板预埋件设计及计算

1、平板预埋件介绍

平板预埋件：锚筋和锚板通过焊接而成，锚筋可制成直形、弯形、弯钩型。

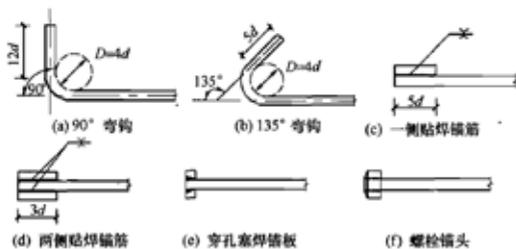


图 2 机械锚固的形式和技术要求

2、平板预埋件埋件设计及安装尺寸

预埋件技术要求是建设方必须重视的幕墙专项设计内容，根据其受力情况（拉、剪、弯）计算确定锚板规格、锚筋直径、长度以及焊缝高度等，其中锚板厚度、锚筋间距、锚筋到锚板边缘距离、预埋件承载力必须通过计算或实物试验予以确认，确认符合规范要求。

1)、锚筋截面积：规范对锚筋最小截面积进行了规定，提供了锚筋最小截面积计算公式。

2)、埋件的材质：规范规定“预埋件的锚板宜采用 Q235B 级钢。锚筋应采用 HPB235, HRB335 或 HRB400 级热轧钢筋，严禁采用冷加工钢筋。”但目前部分地区已逐步淘汰使用 HRB335 级钢筋。

3)、锚筋的锚固长度：规范所说当锚筋的拉应力设计值小于钢筋抗拉强度设计值 f_y 时，其锚固长度可以适当减小，但不应小于 15 倍锚固钢筋直径。

4)、锚板厚度：锚板厚度应根据其受力情况通过计算确定。《混凝土结构设计规范》规定锚板厚度与锚筋中心距之比 $\geq 1/8$ 。根据幕墙特点，新规范没有采用这款规定，对锚板厚度限制较宽。当前设计锚板厚度较随意，有的锚板面积较大厚度较小，有的锚板面积较小厚度却较大。查阅相关资料，一般情况下幕墙 4 根锚筋，锚板长边 $< 250\text{mm}$ 时，板厚 8mm； $250\text{mm} \leq \text{长边} < 350\text{mm}$ 时，板厚 10mm；长边 $\geq 350\text{mm}$ 时，板厚 12mm 为宜。

5)、锚筋和锚板连接形式：直锚筋与锚板宜采用 T 焊。当锚筋直径不大于 20mm 时，宜采用压力埋弧焊；当锚筋直径大于 20mm 时，宜采用穿孔塞焊，焊缝尺寸如下。

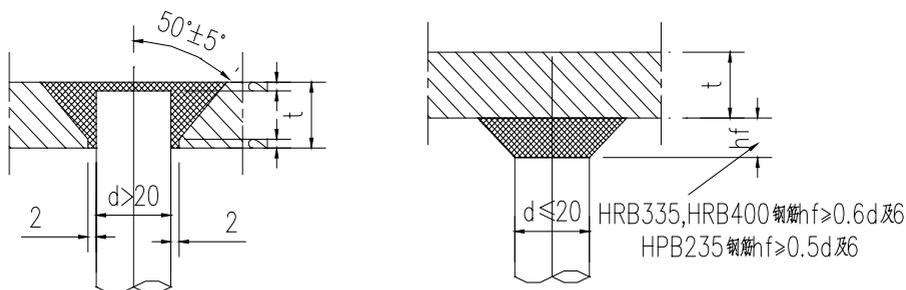


图 3 锚板和锚筋连接焊缝示意图

6)、预埋件构造要求:

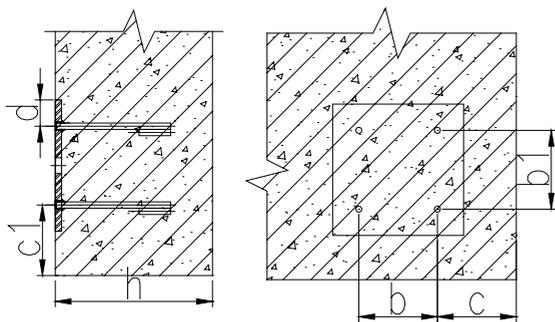


图4 锚板安装尺寸示意图

各部分构造尺寸要求如下:

混凝土厚度 $h \geq l_a + t$ 。

l_a 为锚固长度, t 为混凝土保护层厚度。

锚筋中心至锚板边缘距离 $d \geq \max(2d, 20\text{mm})$

锚筋间距

$300\text{mm} \geq b1 \geq \max(6d, 70\text{mm}), 300\text{mm} \geq b \geq \max(3d, 45\text{mm})$

锚筋至构件边缘距离 $C1 \geq \max(6d, 70\text{mm}), C \geq \max(3d, 45\text{mm})$

$b1$ 、 $c1$ 为沿着受力方向, b 、 c 为垂直受力方向。

对承受弯矩、剪力和拉力的幕墙埋件, 其主要锚筋尺寸对应的最小构造尺寸如下:

表1 不同直径锚筋埋板构造尺寸如下

锚筋直径	基材厚度 h	最小间距		最小边距		最小边距 d
		b	b1	c	c1	
Φ12 锚筋	180+tmm	45mm	72mm	45mm	72mm	24mm
Φ16 锚筋	240+tmm	48mm	96mm	48mm	96mm	32mm
Φ20 锚筋	300+tmm	60mm	120mm	60mm	120mm	40mm

3、平板预埋件的计算

当有剪力、法向拉力、弯矩共同作用时, 锚筋面积按下式计算并应大于其最大值:

$$A_s = \frac{V}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{N}{0.8 \alpha_b f_y} + \frac{M}{1.3 \alpha_r \alpha_b f_y Z}$$

$$A_s = \frac{N}{0.8 \alpha_b f_y} + \frac{M}{0.4 \alpha_r \alpha_b f_y Z}$$

当有剪力、法向压力、弯矩共同作用时, 锚筋面积按下式计算并应大于其最大值:

$$A_s = \frac{V - 0.3N}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{M - 0.4NZ}{1.3 \alpha_r \alpha_b f_y Z}$$

$$A_s = \frac{M - 0.4NZ}{0.4 \alpha_r \alpha_b f_y Z}$$

式中: V : 剪力设计值; N : 法向拉力; M : 弯矩设计值; α_r : 钢筋层数影响系数;

α_v : 锚筋受剪承载力系数; d : 锚筋直径; t : 锚板厚度; α_b : 锚板弯曲变形折减系数; Z : 外层锚筋中心线之间的距离。

三、槽型预埋件设计及计算

1、槽式埋件介绍

槽式埋件: 槽式预埋件分为热轧槽式预埋件、冷弯槽式预埋件、铸造槽式预埋件三种。锚筋与金属槽可制成一体或焊接而成。这种形式的预埋件具有体积小施工方便的优点, 目前已经国产化, 且已形成系列。



哈芬热轧槽式埋件 喜利得冷弯槽式埋件 坚朗铸造式槽式埋件
图5 各种槽式埋件示意图

热轧槽式预埋件以德国 Jordahl (乔达)、哈芬为代表, 经历了将近 100 年的发展历史, 槽型成熟稳定, 在国内外广泛采用这种槽型, 以至于后来发展的几家做槽埋的德国企业均采用这种槽型。

冷弯槽式埋件以 HLITI (喜得利) 为代表, 槽型标新立异, 采用了 V 型截面的方式, 但由于冷弯本身的

加工特点，以至于槽壁很薄，同等型号受力数值比以德国 Jordahl 为代表的热轧槽型小一个数量级，V 型槽背部不平，在预埋的时候容易晃动导致偏位率很高。甚至还有槽式埋件由于槽壁太薄导致运输过程中受压以至大量变形损坏的情况。

铸造式槽式预埋件以 KING LON(坚朗) 为代表，采用铸造方式加工预埋件也是一种吸引眼球的方式，主打特点是一体化槽型，看起来浑然一体，没有任何连接的痕迹，卖相佳。然而铸造铁件具有天生的缺陷，例如常见的缺陷有：气孔、砂眼、胀砂、冷隔及浇不足、缩松、缩孔等。

2、槽式埋件选用及安装尺寸

下面主要介绍三种不同类型的槽式埋件在幕墙施

工中所需要的安装和构造尺寸。

1)、哈芬热轧槽式预埋件

规格形式：HZA64/44、HZA53/34、HZA41/27、HZA38/23、HZA39/20

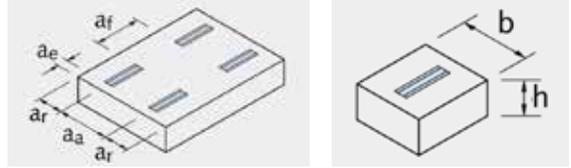


图 6 哈芬热轧槽式预埋件示意图

表 2 哈芬槽埋最小安装尺寸

槽埋型号	a_r	a_a	a_e	a_f	b	h
HZA64/44 DYNAGRIP	250	500	225	450	500	187+c
HZA63/34 DYNAGRIP	200	400	175	350	400	177+c
HZA41/27 DYNAGRIP	200	400	175	350	400	156+c
HZA38/23 DYNAGRIP	150	300	130	250	300	99+c
HZA29/20 DYNAGRIP	100	200	80	200	200	83+c

2)、喜利得冷弯槽式预埋件

规格形式：HAC-10、HAC-20、HAC-30、HAC-40、HAC-50、HAC-60、HAC-70

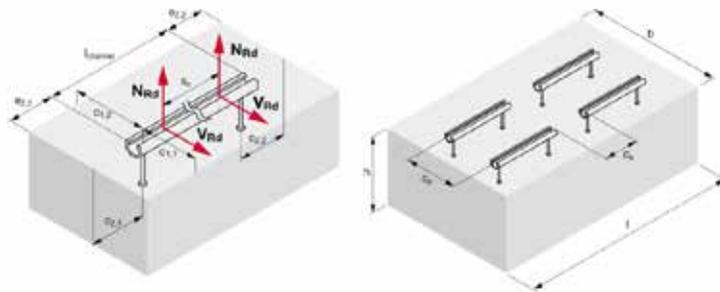


图 7 喜利得冷弯槽式预埋件示意图

表 3 喜利得槽埋最小安装尺寸

产品型号	槽体间边距					混凝土楼板厚度		
	min c_{1i}	min c_{2i}	min e_{2i}	min c_p	min c_s	min h	min b	min l
HAC-10	40	40	15	80	30	50+c	80	30+ lchannel
HAC-20	50	50	25	100	50	83+c	100	50+ lchannel
HAC-30	50	50	25	100	50	70+c	100	50+ lchannel
HAC-40	50	50	25	100	50	94+c	100	50+ lchannel
HAC-50	75	75	50	150	100	110+c	150	100+ lchannel
HAC-60	100	100	75	200	150	153+c	200	150+ lchannel
HAC-70	100	100	75	200	150	180+c	200	150+ lchannel

3)、坚朗铸造式槽式预埋件

规格形式：ZX50-26、ZXY45-32、ZXY50-35、ZX54-35、ZXY52-38

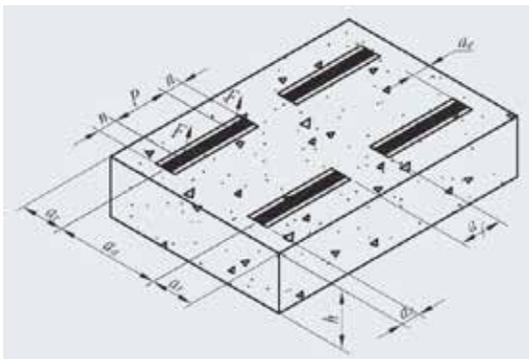


图8 坚朗铸造式槽式预埋件示意图

表4 坚朗槽埋最小安装尺寸

产品型号	边距条件	a _u	a _r	a _c	a _t	P	n	h
		mm						
ZXY45-32	1	150	75	50	150	125	25	120
	2	200	100	100	200	125	25	120
ZXY50-26	3	200	100	100	200	125	25	150
ZXY50-35	4	300	150	200	300	125	25	140
ZXY54-34	5	300	150	200	300	150	25	180
ZXY52-38	6	400	200	300	400	150	25	180

3、槽式埋件的计算 .

槽式预埋件的受力状态，由于槽式预埋件的埋设方式通常为以下两种形式，那么它的受力状态也通常分为两种形式，下面就这两种形式分别给予介绍。

1)、主体立面放置槽式预埋件的受力状态：主体立面放置的槽式预埋件其承载力应满足下式要求：

抗拉承载力应满足下式的要求：

$$F=T+G \times B/A \leq [f]$$

式中：F—槽式预埋件实际所承受的拉力设计值，KN；

T—幕墙传递给槽式预埋件的拉力设计值，KN；

G—幕墙的重力荷载设计值，KN；

A—槽式预埋件中心到幕墙转接件边缘的距离，mm；

B—幕墙重力作用点到结构面的距离，mm；

[f]—槽式预埋件的抗拉强度许用值，KN。

抗剪承载力应满的要求：

$$V=G \leq [V]$$

式中：V—槽式预埋件实际所承受的剪力设计值，KN；

G—幕墙的重力荷载设计值，KN；

[V]—槽式预埋件的抗剪强度许用值，KN。

槽式预埋件的受力状态图，如图9、10所示。

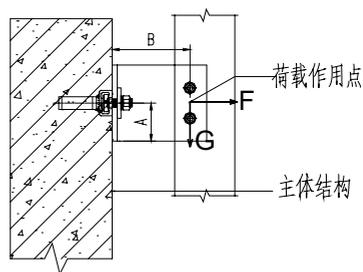


图9 主体立面放置受力状态图

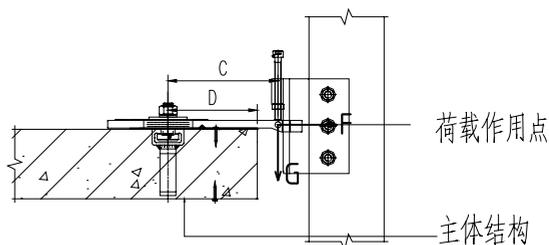


图10 主体楼面放置受力状态图

2)、主体楼面放置槽式预埋件的受力状态: 主体楼面放置的槽式预埋件其承载力应满足下式要求:

抗拉承载力应满足下式的要求:

$$F=G \times (C-D)/D \leq [f]$$

式中: F—槽式预埋件实际所承受的拉力设计值, KN;

G—幕墙的重力荷载设计值, KN;

C—幕墙重力作用点到槽式预埋件中心的距离, mm;

D—槽式预埋件中心到楼板边缘的距离, mm;

[f]—槽式预埋件的抗拉强度许用值, KN。

抗剪承载力应满足下的要求:

$$V=T \leq [V]$$

式中: V—槽式预埋件实际所承受的剪力设计值, KN;

T—幕墙传递给槽式预埋件的剪力设计值, KN;

[V]—槽式预埋件的抗剪强度许用值, KN。

四、后补埋件设计及计算

1、后补埋件介绍

后补埋件即平板埋件, 通过普通膨胀螺栓、化学锚栓或穿透螺栓(双头螺柱)以及焊接封闭钢板等方式实现埋件的固定。埋件按其在主体结构上的位置划分, 可分为上埋式、侧埋式和下埋式, 其中下埋式受力较为不利, 应谨慎使用。由于后补式埋件的安装质量受现场施工的条件和人员的影响非常大, 不容易控制, 经常达不到设计指标, 所以尽量不采用后补式埋件。

2、后补埋件种类

普通膨胀螺栓、后扩底锚栓、化学锚栓、以上几种形式的复合形式。

3、各种后置埋件的使用范围

随着幕墙行业的不断发展, 幕墙的安全性已经被提上日程, 开发商越来越关注幕墙的安全性, 特别是幕墙主受力龙骨与主体结构之间的连接。从国家到地方, 近几年新发布的规范对幕墙后锚固用锚栓的选择使用都进行了规定, 比如《混凝土结构后锚固技术规程》、《混凝土结构加固设计规范》、《上海市建筑幕墙工程技术规范》、《浙建[2013]2号》等。现针对各规范条文的规定来解读幕墙后锚固用锚栓的选用。

表 5 锚栓用于结构构件连接时的使用范围

锚栓类型	锚栓受力状态和设防烈度		受拉、边缘受剪和拉剪复合受力				受压、边缘受剪和压剪复合受力	
			非抗震	6、7度	8度		≤8度	
					0.2g	0.3g		
机械锚栓	膨胀型锚栓	扭矩控制式	适用	不适用	适用			
		位移控制式	不适用					
	扩底型锚栓		适用	不适用	适用			
化学锚栓	特殊倒锥形化学锚栓		适用	不适用	适用			
	普通化学锚栓		不适用			适用		

表 6 锚栓用于非结构构件连接时的使用范围

锚栓类型		锚栓受力状态和设防烈度		受拉、边缘受剪和拉剪复合受力(抗震设防烈度≤8度)		受压、边缘受剪和压剪复合受力(抗震设防烈度≤8度)	
				生命线工程	非生命线工程	生命线工程	非生命线工程
				机械锚栓	膨胀型锚栓	扭矩控制式	开裂混凝土
非开裂	不适用	适用					
位移控制式		不适用			适用		
扩底型锚栓		适用					
化学锚栓	特殊倒锥形化学锚栓		适用				
	普通化学锚栓	开裂混凝土	适用				
		非开裂	不适用	适用			

《混凝土结构后锚固技术规程》中有相关名词解析, 此处不再一一解释。

4、各地区锚栓选用建议

综合考虑服务工程所在地区的分布,将各地区适用锚栓具体列表如下,以供各工程设计,施工人员参考查阅:

表 7 各地区幕墙工程主受力部位适用锚栓选取范围

城市	化学锚栓		机械锚栓锚栓		
	普通化学锚栓	特殊倒锥形化学锚栓	扩底型锚栓	膨胀螺栓	
				扭矩控制式	位移控制式
上海	√(焊接时与扩底型合用)	√(焊接时与扩底型合用)	√	×	×
浙江	×	√	√	×	×
海口	×	×	×	×	×
其他地区	√	√	√	×	×

注: 1)、√表示可以使用, ×表示不可以使用;

5、后置埋件的安装尺寸

后置埋件技术要求除考虑各类螺栓本身性能差异外,还要考虑基材性状、锚固连接的受力性质、被连接构件的类型、有无抗震设防要求等因素,本处依据国标 JGJ 145-2013 混凝土结构后锚固技术规程得到普通后置埋件最小构造尺寸如下。

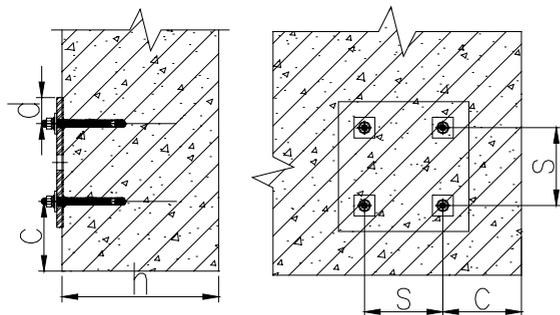


图 11 后置埋件安装示意图

(1) 混凝土基材厚度 h

对于膨胀型锚栓和扩底型锚栓, h 不应小于 $2h_{ef}$, 且 h 应大于 100mm。 h_{ef} 为锚栓的有效埋置深度。对于化学锚栓, h 不应小于 $h_{ef}+2d_0$, 且 h 应大于 100mm。 d_0 为钻孔直径。

(2) 注意钻孔最小边距和锚栓间距

表 8 锚栓最小间距、混凝土边缘最小边距和锚板边缘最小间距

	最小间距 S	混凝土边缘最小边距 C	锚板边缘最小边距 d
位移控制式膨胀型锚栓	$6d_0$	$10d_0$	$2d_0$
位移控制式膨胀型锚栓	$6d_0$	$8d_0$	$2d_0$
扩底型锚栓	$6d_0$	$6d_0$	$2d_0$
化学锚栓	$6d_0$	$6d_0$	$2d_0$

对于慧鱼和喜利得等国外后置锚栓产品,其最小构造尺寸同国标略有差别,下面以慧鱼后置锚栓和普通后置锚栓作比较来看其主要最小构造尺寸的区别。

表 9 两种化学锚栓构造尺寸比较

		基材厚度 h	最小间距 S	最小边距 c	最小边距 d
普通化学锚栓	M12(110)	138mm	84mm	84mm	26mm
	M16(125)	161mm	108mm	108mm	34mm
	M20(170)	220mm	150mm	150mm	42mm
慧鱼化学锚栓	M12(110)	150mm	55mm	55mm	21mm
	M16(125)	160mm	65mm	65mm	27mm
	M20(170)	220mm	85mm	85mm	33mm

表 10 两种后扩底锚栓构造尺寸比较

		基材厚度 h	最小间距 S	最小边距 c	最小边距 d
普通后扩底锚栓	M10(60)	120mm	84mm	84mm	22mm
	M12(80)	160mm	108mm	108mm	26mm
	M16(100)	200mm	150mm	150mm	34mm
慧鱼后扩底锚栓	M10(60)	120m	60mm	55mm	18mm
	M12(80)	160mm	80mm	70mm	21mm
	M16(100)	200mm	100mm	100mm	27mm

6、后置埋件的计算

1)、埋件荷载计算

荷载：水平方向拉力为：N；竖直方向剪力为：V；
 竖直荷载产生弯矩：M。

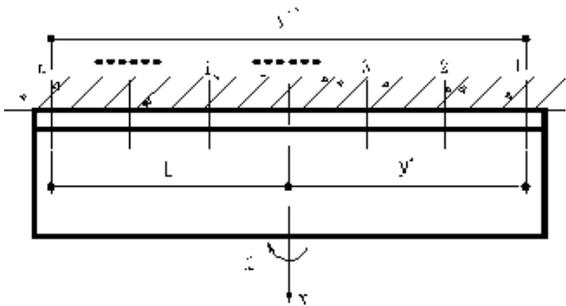
2)、螺栓群抗拉强度计算

按 5.2.2[JGJ145-2013] 规定，在轴心拉力和弯矩共同作用下(下图所示)，进行弹性分析时，受力最大锚栓的拉力设计值应按下列规定计算：

- 1: 当 $N/n - My_1 / \sum y_i^2 \geq 0$ 时: $N_{sd}^h = N/n + My_1 / \sum y_i^2$
- 2: 当 $N/n - My_1 / \sum y_i^2 < 0$ 时: $N_{sd}^h = (NL + M)y_1 / \sum y_i^2$

在上面公式中：

M：弯矩设计值；N：拉力设计值； N_{sd}^h ：群锚中受拉力最大锚栓的拉力设计值； y_1, y_i ：锚栓 1 及 i 至群锚形心轴的垂直距离； y_1', y_i' ：锚栓 1 及 i 至受压一侧最外排锚栓的垂直距离；L：轴力 N 作用点至受压一侧最外排锚栓的垂直距离；



3)、螺栓群抗剪强度计算 $V_{sd}^h = V/n$

在上面公式中：V：剪力设计值； V_{sd}^h ：群锚中受剪力最大锚栓的剪力设计值； n_s 承受剪力锚栓个数；

根据 (JGJ145-2013) 5.3.1 规定及其条文说明 5.3.1 条中说明；同时 (JGJ145-2013) 5.3.2 中规定，当剪力方向有长槽孔时，该处锚栓不承担剪力；也即是指在某些特定情况下，为使靠近混凝土构件边缘锚栓不承担剪力，可采取在锚板相应位置沿剪力方向开椭圆形孔的措施。

五、出现偏离的埋件的处理意见

1. 平板预埋件位置偏离设计位置

出现预埋件偏离时，可以加大（或加长）预埋锚板方法补救。加长锚板后使用化螺栓固定。

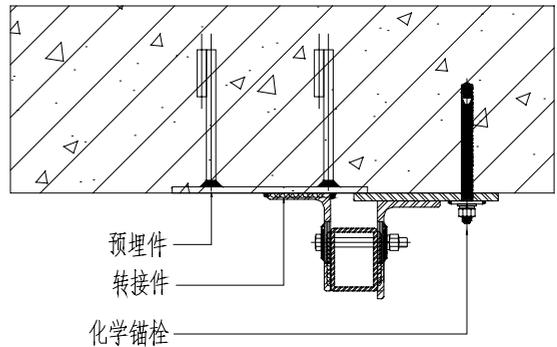


图 12 预埋件偏离加固示意图

2. 预埋件出现偏斜

出现偏斜时，可以变动转接件角度，以适应转接件埋设产生的偏斜，也可根据实际情况用新的锚板代替。

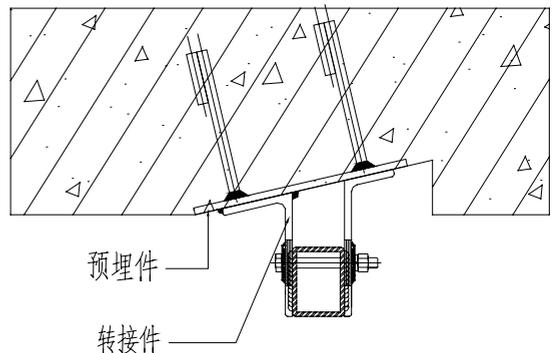


图 13 预埋件偏斜处理示意图

3. 预埋锚板下面出现空洞

预埋件下面出现空洞时应该用水泥沙浆填实。砂浆强度应与混凝土强度相当，或者同等强度的细石混凝土，或填充环氧高强度结构胶。

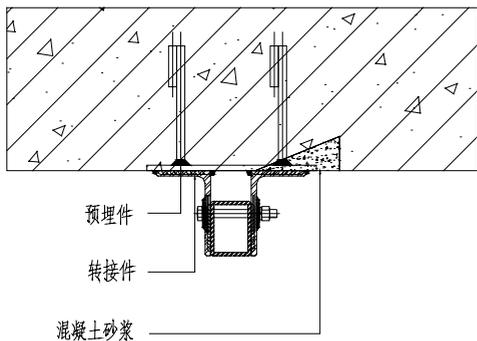


图 14 预埋件底部空洞处理示意图

4、槽钢槽口突出混凝土表面问题

如果槽钢槽口突出混凝土表面，突出高度在 d 在 3mm 及 $2/3$ 槽钢高度（约 20mm）之间，建议使用高强度混凝土砂浆（例 Pagel EH2，Hilti CM 510-1，或其余相近种类），填充在槽钢周围如下图。当现场无法浇筑高强混凝土砂浆，需考虑现场重新做后置埋件。

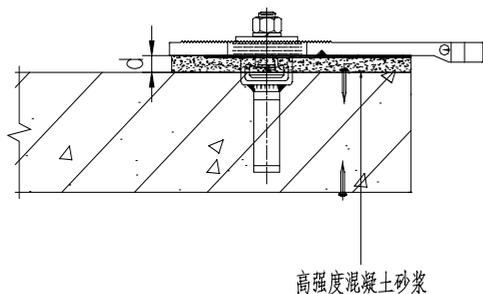


图 15 高强混凝土砂浆填充示意图

5、槽式埋件边距不够问题

如果槽式埋件距混凝土边缘的距离 C 小于槽埋要求的最小尺寸，可以采用增加后置锚栓的方法加固槽式埋件。

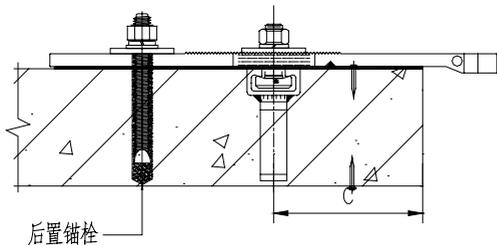


图 16 槽式埋件边距不够解决方案示意图

6、转角部位槽式埋件不满足受力要求加固方案

转角位置槽式埋件由于要承受两个方向的荷载，一般槽式埋件不满足受力要求（图 17 左一所示），此时可将槽式埋件换为平板埋件（图 17 左二）或者槽式埋件在转角位置两侧各布置一个（图 17 右一）。

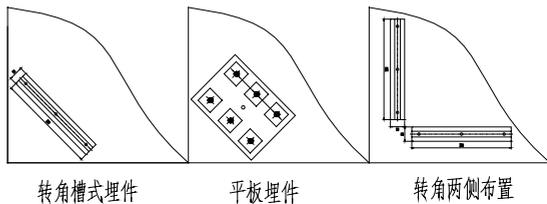


图 17 转角埋件加固示意图

7、平板埋件埋深不够问题解决方案

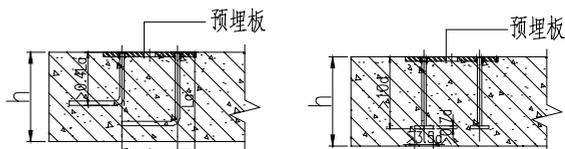


图 18 平板埋件埋深不够处理示意图

此种埋件形式主要用于埋件位于楼板位置，一般楼板厚度很小，无法按照 $15d$ 设置锚筋长度，可以采用图 18 所示的两种情况进行埋设，图中 d 为锚筋直径。

六、小结

本文简要分析了幕墙设计中三种埋件的相关参数、安装尺寸和计算方法，为埋件的设计和计算提供一些理论参考。本文撰写过程中参考了同行业前辈各种经验总结，在此表示感谢。

作者简介：



胡世高

中建深圳装饰有限公司（幕墙）结构室设计师，从事幕墙结构计算 5 年，参与了成都银泰裙楼，武汉菱角湖一号的幕墙，上海天山 SOHO 幕墙，成都新华之星，重庆来福士等幕墙项目的结构计算工作。擅长于幕墙结构计算和有限元分析。



姚琼

中建深圳装饰有限公司（幕墙）结构室主任设计师，从事幕墙结构计算 10 年。参与了天津空港加工区天保国际商务园，天津美术馆，武汉硚口金三角，光谷金融中心等项目结构计算工作。



田刚

中建深圳装饰有限公司（幕墙）结构室设计师，从事幕墙结构计算 6 年。参与了成都银泰，武汉硚口金三角，新疆绿城，成都绿地 468 等项目结构计算工作。





浙江圣大建设集团有限公司

ZHEJIANG SHENGD A CONSTRUCTION GROUP CO., LTD

◆装饰◆幕墙◆甲级设计◆壹级施工

浙江圣大建设集团有限公司创建于1987年，集建筑装饰、建筑幕墙、房产开发、酒店经营、商业市场、矿业投资、国际贸易等经营，连年荣膺“中国建筑装饰百强”、“中国建筑幕墙50强”、“浙商商业地产领军企业”，已打造成总资产近百亿的现代化企业集团。



地址：浙江省杭州市萧山区萧绍东路125号
电话：0571-82789147 0571-82781806
传真：0571-82789311 0571-82789312
网址：www.zjsdzs.com
邮箱：sdjt_zj@126.com

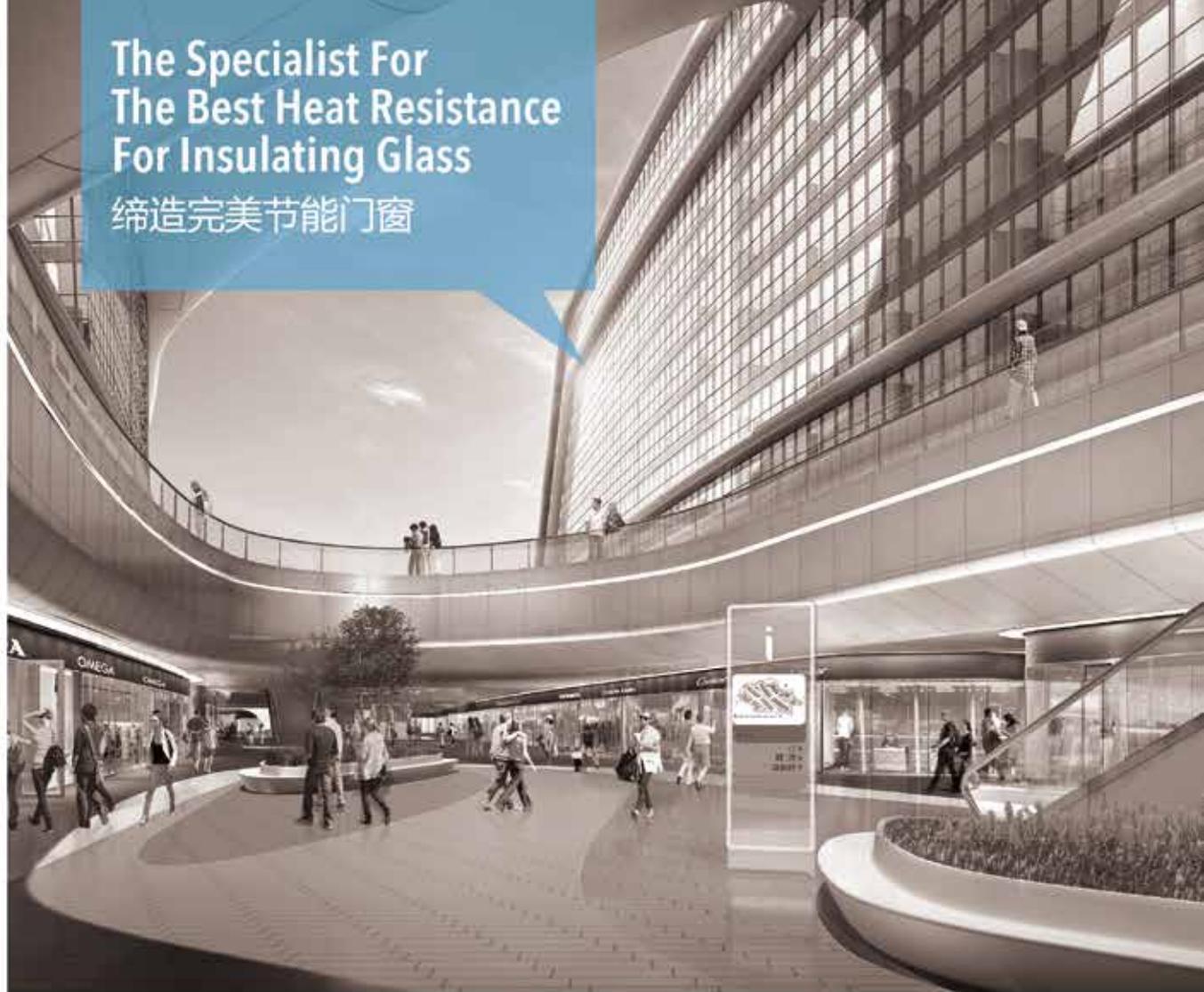


业绩案例

- | | |
|---------------|--------------|
| 1. 安徽省广电新闻中心 | 6. 清溪中心 |
| 2. 圣大幕墙加工基地 | 7. 钱江世纪城联合中心 |
| 3. 合肥城建发展大厦 | 8. 铁矿集团研发中心 |
| 4. 沈塘玉森总部商务广场 | 9. 海宁银泰城 |
| 5. 福建漳州坊厢圆山酒店 | 10. 桐庐富春商务大厦 |

The Specialist For The Best Heat Resistance For Insulating Glass

缔造完美节能门窗



泰诺风—泰居安暖边系统 (TECHNOFORM GLASSINSULATION) 源自德国, 是泰诺风集团旗下的子公司。TGI Warm-edge Spacer是由高强度聚丙烯和不锈钢复合而成的创新型产品, 抗紫外线能力卓越, 抗结露功能显著。可完善中空玻璃的节能性能, 降低整窗传热系数 (U值)。TGI产品所使用的PP化学性能稳定, 有效提高超大中空玻璃的安全性。再加上加工操作的灵活性和多种颜色的选择, 从细节上优化门窗产品。

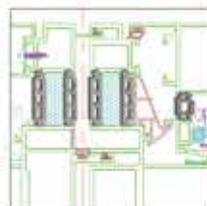


门窗幕墙
节能先锋

泰诺风保泰隔热材料有限公司 Suzhou
苏州市工业园区现代大道东青丘街283号
电话: (86-512) 6283 3188
传真: (86-512) 6283 6388
网站: www.glassinsulation.cn

TECHNOFORM GLASSINSULATION
泰诺风-泰居安暖边系统





泰诺风简介

中国泰诺风是德国泰诺风在华全资子公司，专业生产和销售各种精密挤压 PA66+25% 玻纤制品和中空玻璃暖边间隔系统，产品广泛服务于建筑门窗、幕墙、中空玻璃、汽车、航天工程等领域，为客户的提供了可靠的支持和保证。发展至今，已与国内众多型材企业、门窗幕墙企业建立了良好、稳定、紧密的合作关系并为各地地标性建筑提供了幕墙门窗的系统化解决方案。我们将持续强化系统化服务，竭诚为广大客户提供幕墙门窗节能的系统化建议，协助客户打造高性能的和品质优异的产品。

苏州

苏州市工业园区现代大道东青丘街 283 号
电话：0512-6283 3188
传真：0512-6283 6388

香港

香港九龙将军澳将军澳工业村骏昌街 2 号
电话：+852 2665 6322
传真：+852 2665 1186



Technoform Group

犀牛 + Grasshopper 参数化 在青岛东方影都万达城项目中的应用

文 / 苏州柯利达装饰股份有限公司 陈海松、张 强、仲晓辉





一. 引言

Grasshopper (简称 GH) 是一款在 Rhino 环境下运行的采用程序算法生成模型的插件, 是目前设计类专业参数化设计方向的入门软件。与传统建模工具相比, GH 的最大的特点是可以向计算机下达更加高级复杂的逻辑建模指令, 使计算机根据拟定的算法自动生成模型结果。通过编写建模逻辑算法, 机械性的重复操作可被计算机的循环运算取代; 同时设计师可以向设计模型植入更加丰富的生成逻辑。无论在建模速度还是在水平上较传统的工作模式, 都有较大幅度的提升。本工程全面应用 GH, 充分体现了参数化的高效性、精确性、全面性等优势。

二. 工程概况

青岛东方影都万达城是特大文化旅游商业综合体, 全部为室内项目。室内主题公园引进世界最先进的各种室内游乐设施, 拥有世界唯一定制的飞行过山车极具刺激。室内水公园建设有世界首台室内水上过山车、大水环等最新水上游乐设备, 给游客带来水中乐园。万达城商业面积 10 万平方米, 是万达的主轴线, 集购物、娱乐、美食等近二百家提供一流的消费环境。总建筑面积: 35.05 万平米, 其中地上 27.77 万平米, 地下 7.28 万平米, 幕墙面积约 8 万多平米。幕墙主要形式: 玻璃幕墙、铝板幕墙、铝合金格栅、金属屋面、玻璃天窗、穿孔铝板等。

三. 本工程的难点

1. 设计难点

本工程外立面多数是复杂的三维造型, 且项目体量大, 这对土建、钢结构、幕墙等的施工定位要求特别高, 且不同分项工程之间的交接以及碰撞检测也异常繁琐, 唯独采用二维 CAD 制图很难精确表示到位, 因此本工程全面采用 BIM 技术, 对整个工程进行 1:1 的建模, 这对整个项目外立面造型的把控、碰撞检测等起到关键性的作用, 充分体现了 BIM 技术的优势。前期多次跟设计院进行沟通, 在理解设计意图的基础上, 对设计院提供的原始犀牛表皮模型进一步的剖析, 达到空间 1:1 的程度, 并将最终模型提交设计院进行碰撞检测, 确保幕墙和主体零碰撞, 且与金属屋面能完美衔接, 实现 BIM 技术协同 CAD 二维幕墙图纸的深化。

2. 施工难点

施工的难点主要是造型复杂, 体量大, 空间定位

难, 在合理误差范围内下料难度大, 每根骨架都是空间不一样的尺寸, 每个板块都是不一样的规格, 且量大, 按照常规的下料方式很难保证下料的精度与速度, 就算能保证速度, 也需花费大量的人力, 人工成本太高。针对此类难点, 通过应用犀牛 +Grasshopper 参数化, 从模型优化到龙骨面板的下料, 所有材料批量统计、批量编号、批量生成加工数据, 一切都交由软件运算得出, 大大节省时间, 且精度高, 充分体现 BIM 技术应用的优点, 提升质量的同时大大节约人工成本。另外整个工程都是大体量的钢结构部分, 且都是三维空间定位, 现场安装难度大, 在立面上一根根的拼装, 龙骨整体的精度很难保证, 且不宜操作。为此, 我们根据相关定位数据, 在地面进行龙骨拼装, 组成单元式的钢架, 然后运用 400 吨履带式吊机, 整体吊装至立面, 复核定位准确无误后和预埋件进行焊接固定。

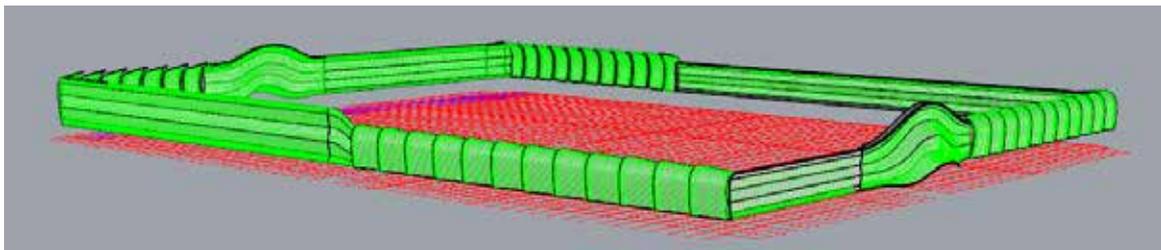


门头单元式钢结构吊装

四. BIM 的实际应用

本工程三维异形部分主要是: 弧形铝板、屋顶穿孔铝板、大门头彩釉玻璃。

这里每个部分都是空间三维定位, 所以前期最关键的工作就是对表皮模型的优化, 确保模型和轴网是空间 1:1 的位置关系且幕墙分格精确无误, 后续的工作都是基于原始表皮来实现。

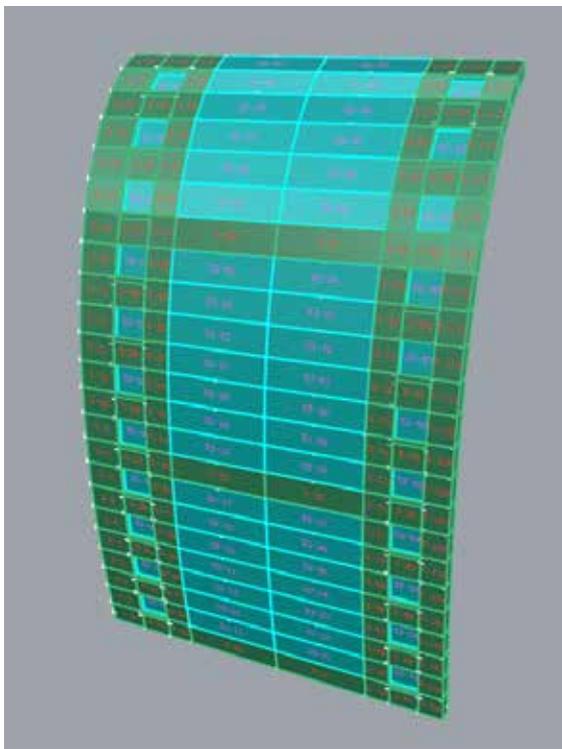


青岛万达茂深化后的 1:1 模型

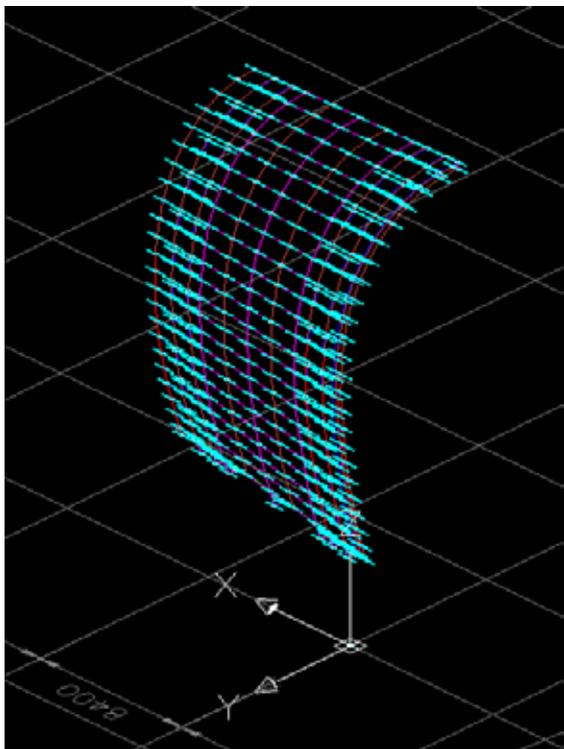
1. 弧形铝板幕墙

弧形铝板幕墙主要是幕墙龙骨的定位和面板下料，铝板整体造型是不规则弧面，必然导致每一块铝板都是不规则弧面，这样铝板成本比较高，此处通过参数化对每一个板块进行模拟分析，得出左右两边的小板块第四点与其余 3 点所在平面的高差都在 10mm 以内（以后统称为翘起值），完全可以用平板代替。而中间长条形的铝板翘起值在 10~30mm，此处虽然翘起值较大，但板块长度都是 4-5 米，运用平面铝板自身的可微扭曲的性能，采用四点不共面的固定方式，也能达到整体弧面的效果，这样大大节省材料成本，

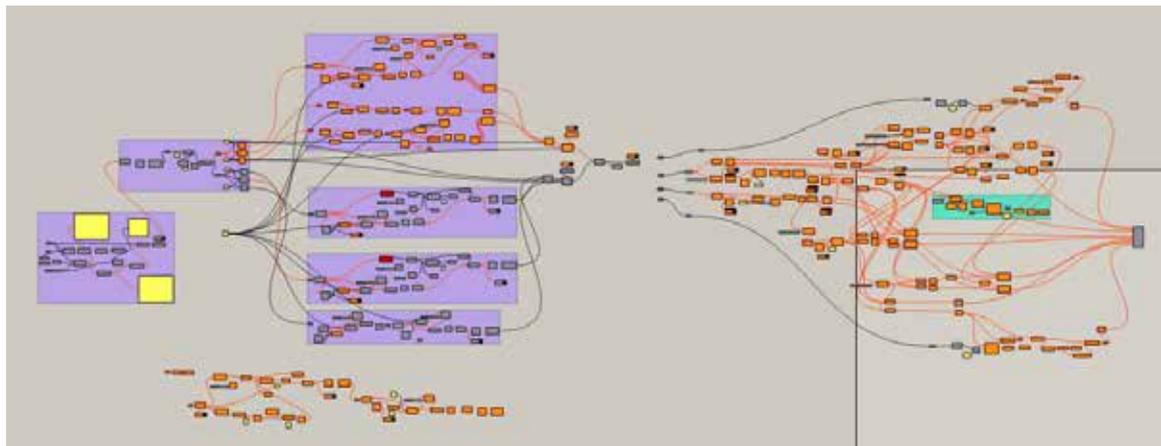
同时缩短铝板的加工周期，保证了施工进度。此处大多数的定位点、线，龙骨的下料规格尺寸数量以及所有铝板 1:1 模型及编号都是通过犀牛和 Grasshopper 参数化生成，且精确无误。后续直接导出定位线、点、坐标指导现场施工定位，铝板 1:1 模型及编号发送铝板厂家进行铝板加工，每块面板都不同，此处参数化技术的应用，无论是龙骨定位还是面板的下料，正确率都达到 100%。施工过程中的龙骨安装、面板安装，现场都根据定位点的坐标数据，对每一个定位点进行实时监控，确保万无一失。



弧形铝板 1:1 模型及编号（部分）



弧形铝板龙骨定位（部分）



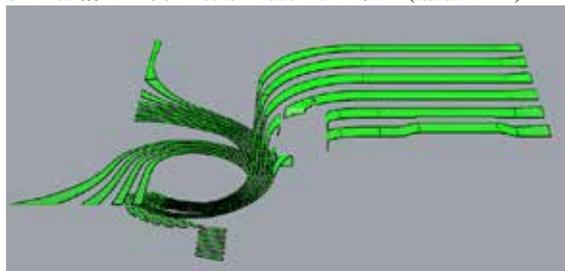
弧形铝板 Grasshopper 程序电池组



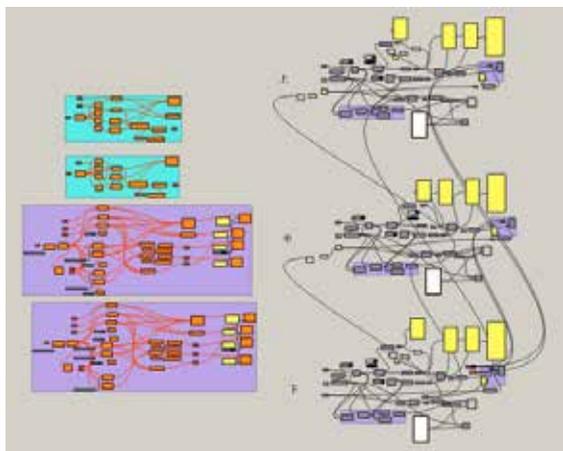
弧形铝板实际完成（部分）

2. 屋顶穿孔铝板

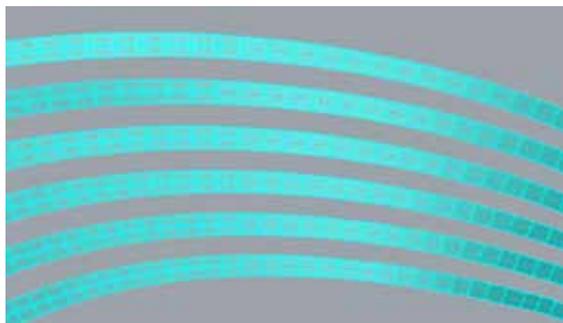
此处最大的难点是异形板块体量大，约2万多平方米，共七千多块铝板，其中一大半都是空间三维定位，且每块铝板都不同，都是不规则四边形。我们应用犀牛+Grasshopper对基础表皮和分格，批量进行板块划分、平板优化、铝板归类排序编号，导出加工数据，配合少量CAD加工图，发送厂家进行铝板的加工。另外批量生成龙骨规格尺寸及数量，龙骨定位线、点、坐标，供龙骨精确下料及指导龙骨安装定位。（插图 7-11）



屋顶穿孔铝板表皮及分格



屋顶穿孔铝板 Grasshopper 程序电池组

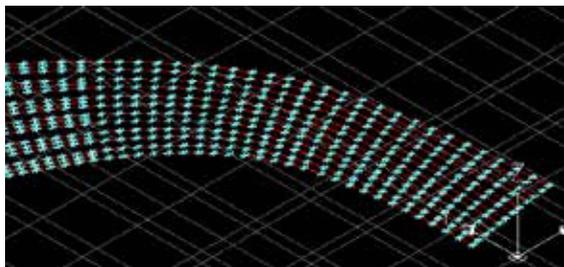


屋顶穿孔铝板 1:1 模型及编号（部分）

青岛东方影都万达城铝板下料单

编号	名称	规格尺寸 (mm)					面积 (M2)	数量 (块)	加工图
		A	B	C	D	E			
T-1	2.5mm厚穿孔铝单板	1749	1503	1781	1510	2323	2.7734	1	JG-LB-01
T-2	2.5mm厚穿孔铝单板	1752	1510	1785	1516	2329	2.7894	1	JG-LB-01
T-3	2.5mm厚穿孔铝单板	1754	1516	1789	1520	2334	2.8028	1	JG-LB-01
T-4	2.5mm厚穿孔铝单板	1756	1520	1792	1524	2339	2.8146	1	JG-LB-01
T-5	2.5mm厚穿孔铝单板	1758	1524	1795	1528	2343	2.8253	1	JG-LB-01
T-6	2.5mm厚穿孔铝单板	1759	1528	1798	1532	2348	2.8356	1	JG-LB-01
T-7	2.5mm厚穿孔铝单板	1760	1532	1800	1538	2352	2.8466	1	JG-LB-01
T-8	2.5mm厚穿孔铝单板	1760	1538	1802	1545	2358	2.859	1	JG-LB-01
T-9	2.5mm厚穿孔铝单板	1759	1545	1803	1554	2364	2.8739	1	JG-LB-01
T-10	2.5mm厚穿孔铝单板	1758	1554	1803	1567	2372	2.8925	1	JG-LB-01
T-11	2.5mm厚穿孔铝单板	1755	1567	1803	1583	2381	2.9155	1	JG-LB-01
T-12	2.5mm厚穿孔铝单板	1989	1583	1993	1604	2561	3.3023	1	JG-LB-01
T-13	2.5mm厚穿孔铝单板	1743	1604	1783	1621	2395	2.9568	1	JG-LB-01
T-14	2.5mm厚穿孔铝单板	1737	1621	1777	1639	2403	2.9769	1	JG-LB-01
T-15	2.5mm厚穿孔铝单板	1734	1639	1775	1657	2413	3.0034	1	JG-LB-01
T-16	2.5mm厚穿孔铝单板	1734	1657	1775	1675	2426	3.0359	1	JG-LB-01
T-17	2.5mm厚穿孔铝单板	1734	1675	1775	1694	2439	3.0685	1	JG-LB-01
T-18	2.5mm厚穿孔铝单板	1734	1694	1775	1713	2452	3.101	1	JG-LB-01
T-19	2.5mm厚穿孔铝单板	1732	1713	1774	1733	2465	3.1334	1	JG-LB-01
T-20	2.5mm厚穿孔铝单板	1730	1733	1773	1753	2478	3.1656	1	JG-LB-01

屋顶穿孔铝板料单数据 (部分)



屋顶穿孔铝板龙骨定位数据 (部分)

3. 大门头彩釉玻璃

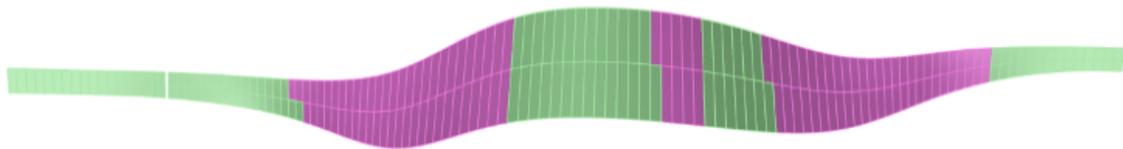
大门头三角玻璃部分也是运用类似的方法，对面板进行分析优化，批量统一生成 1:1 模型，同时编号并导出每块玻璃的加工尺寸，供下料使用，批量生成定位线、点、坐标指导龙骨定位安装，应用参数化不仅速度快且精度高。另外大门头雨篷玻璃整体为扭曲面造型，且局部过度部分扭曲大，这就导致部分四边形也是扭曲面。在满足整体效果的同时尽量经济化，我们要找出部分扭曲较大的板块做曲面玻璃，扭曲较小的做成平板玻璃，我们对这几百个板块统一进行参数化分析，发现板块的翘起值最大的有 80mm，显然

翘起太大的玻璃必须做曲面玻璃，我们定义了一个参数区间，自动筛选出相应板块，哪些做平板玻璃哪些做曲面玻璃，一目了然，且后续根据需要，再次调整参数就自动完成运算得出结果，灵活高效，大大节省时间。



钢龙骨安装实景图

小雨篷玻璃分布图及翘起值分析



颜色	翘起值/毫米	数量	面板总面积/平米	所占板块比例
绿色	小于等于20mm	118	241	50.4%
粉色	大于20mm	116	199	49.6%
总计		234	440	100%

门头雨篷面板分析图

五. 结束语

青岛东方影都万达城幕墙工程是一个相对复杂的异形幕墙工程，设计和施工难度不言而喻，此次设计与施工全面采用 BIM 参数化技术，从最初的犀牛表皮到后续的龙骨定位与安装、材料的下料加工等，无

不体现参数化设计的高效性与精确性。近些年异形幕墙的设计与施工越来越多，伴随着更多的异形建筑的出现，参数化设计优势突显优势。人类历史上，发生过三次浪潮，第一次是度量衡的确定，第二次是用图纸来进行设计，第三次是软件工具的应用，那 BIM 参数化必将是第三次浪潮的升华。

作者简介：



陈海松

苏州柯利达装饰股份有限公司外围事业部外装主任设计师、BIM 工程师，国家注册一级建造师，致力于 BIM 综合技术研究。主持的设计有：满洲里万达广场、青岛东方影都万达城、镇江旭辉、漳州万达广场、沈阳万达等。并发表数篇专业技术性论文，参与了多项大型装饰工程项目。



张强

苏州柯利达装饰股份有限公司外围事业部外装主任设计师、BIM 工程师，致力于 BIM 技术等方面的研发与创新。主持的设计有：郑州经开广场、乌海万达、新疆文体中心、徐州铜山商业银行等。



仲晓辉

苏州柯利达装饰股份有限公司外围事业部外装主任设计师、BIM 工程师，主持的设计有：徐州宏图三胞广场、南充明宇广场、上海虹桥机场扩建工程等。



Specified
Technologies
STI inc.

AS 弹性防火密封胶

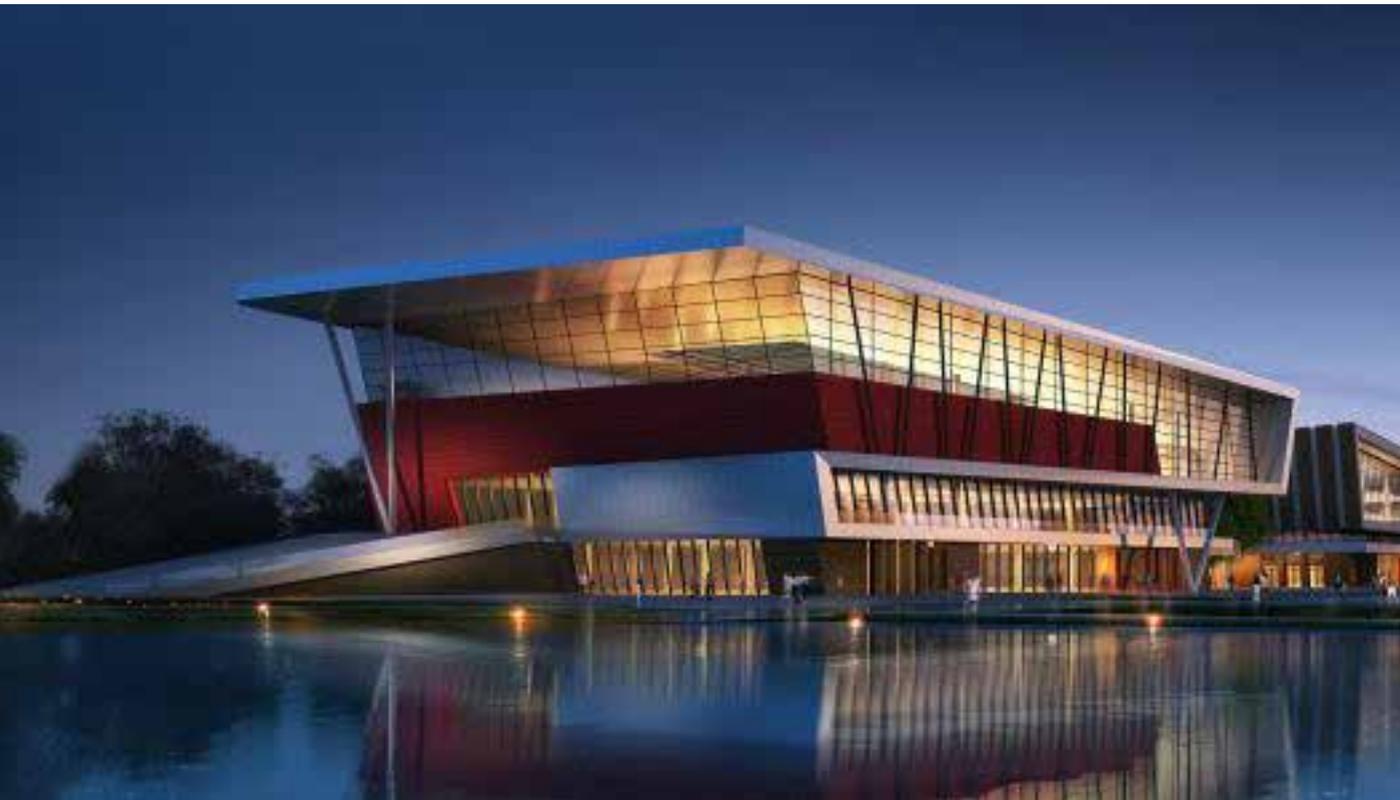


幕墙密封胶

www.stifirestop.com



专业幕墙防火



公共建筑用建筑幕墙的保温节能构造

——聚氨酯拉挤型材在建筑幕墙体系中的应用探析

■ 文 / 周佩杰



建筑幕墙和外窗广泛应用于公共建筑中，可以说公共建筑离不开建筑幕墙，它是建筑节能的重要组成部分，新修订《公共建筑节能设计标准（GB 50189-2015）》已于2015年10月1日开始实施，修订后的标准对建筑幕墙的节能指标要求有大幅度提高，要求的内容更全，为建筑幕墙的节能提出了更高的要求。现在建筑幕墙影响节能的主要问题是热桥、空气渗漏、建筑幕墙所用材料节能性能衰减问题，只要解决好这些问题建筑幕墙的节能才能真正实现。

一、《公共建筑节能设计标准（GB 50189-2015）》关于幕墙和门窗节能的规定

《公共建筑节能设计标准（GB 50189-2015）》，关于建筑幕墙和门窗节能的规定主要内容是（以下黑体字的条文为强制性条文）：

1、当建筑高度超过150m或单栋建筑地上建筑面积大于200000m²时，除应符合本标准各项规定外，还应组织专家对其节能设计进行专项论证。

2、单栋建筑面积大于300m²的建筑，或单栋建筑面积小于或等于300m²但总建筑面积大于1000m²的建筑群，应为甲类建筑；单栋建筑面积小于或等于300m²的建筑，应为乙类建筑。

3、严寒、寒冷地区公共建筑体形系数应符合下表规定：

单栋建筑面积 A (m ²)	建筑体形系数
300 < A ≤ 800	≤ 0.50
A > 800	≤ 0.40

4、严寒地区甲类公共建筑单一立面窗墙面积比（包括透光幕墙）均不宜大于0.60；其他地区甲类公共建筑各单一立面窗墙面积比（包括透光幕墙）均不宜大于0.70。

5、甲类公共建筑单一立面窗墙面积比小于0.40时，透光材料的可见光透射比不应小于0.60；甲类公共建筑单一立面窗墙面积比大于等于0.40时，透光材料的可见光透射比不应小于0.40。

6、夏热冬暖、夏热冬冷、温和地区的建筑各朝向外窗（包括透光幕墙）均应采取遮阳措施；寒冷地区的建筑宜采取遮阳措施。当设置外遮阳时应符合下列规定

东西向宜设置活动外遮阳，南向宜设置水平外遮阳；

建筑外遮阳装置应兼顾通风及冬季日照。

7、甲类公共建筑的屋面透光部分面积不应大于屋顶总面积的20%。

8、单一立面外窗（包括透光幕墙）的有效通风换气面积应符合下列规定：

甲类公共建筑外窗（包括透光幕墙）应设可开启窗扇，其有效通风换气面积不宜小于所在房间外墙面积的10%；当透光幕墙受条件限制无法设置可开启窗扇时，应设置通风换气装置。

乙类公共建筑外窗有效通风换气面积不宜小于窗面积的30%。

9、外窗（包括透光幕墙）的有效通风换气面积应为开启扇面积和窗开启后的空气流通界面面积的较小值。

10、根据建筑热工设计的气候分区，甲类公共建筑的围护结构的热工性能限值见下表：

围护结构传热系数限值 (传热系数 K W/($m^2 \cdot K$))				
气候分区	严寒 A 区、严寒 B 区		严寒 C 区	
代表性城市	博克图、伊春、呼玛、海拉尔、满洲里、阿尔山、玛多、黑河、嫩江、海伦、齐齐哈尔、富锦、哈尔滨、牡丹江、大庆、安达、佳木斯、二连浩特、多伦、大柴旦、阿勒泰、那曲		长春、通化、延吉、通辽、四平、抚顺、阜新、沈阳、本溪、鞍山、呼和浩特、包头、鄂尔多斯、赤峰、额济纳旗、大同、乌鲁木齐、克拉玛依、酒泉、西宁、日喀则、甘孜、康定	
围护结构部位	体形系数 ≤ 0.3	$0.3 <$ 体形系数 ≤ 0.5	体形系数 ≤ 0.3	$0.3 <$ 体形系数 ≤ 0.5
外墙 (包括非透光幕墙)	≤ 0.38	≤ 0.35	≤ 0.43	≤ 0.38
单一立面外窗 (包括透光幕墙)	窗墙面积比 ≤ 0.2	≤ 2.7	≤ 2.5	≤ 2.9
	$0.2 <$ 窗墙面积比 ≤ 0.3	≤ 2.5	≤ 2.3	≤ 2.6
	$0.3 <$ 窗墙面积比 ≤ 0.4	≤ 2.2	≤ 2.0	≤ 2.3
	$0.4 <$ 窗墙面积比 ≤ 0.5	≤ 1.9	≤ 1.7	≤ 2.0
	$0.5 <$ 窗墙面积比 ≤ 0.6	≤ 1.6	≤ 1.4	≤ 1.7
	$0.6 <$ 窗墙面积比 ≤ 0.7	≤ 1.5	≤ 1.4	≤ 1.7
	$0.7 <$ 窗墙面积比 ≤ 0.8	≤ 1.4	≤ 1.3	≤ 1.5
	窗墙面积比 > 0.8	≤ 1.3	≤ 1.2	≤ 1.4
屋顶透光部分 (屋顶透光部分面积 $\leq 20\%$)	≤ 2.2		≤ 2.3	

气候分区	寒冷 A 区、寒冷 B 区			
代表性城市	丹东、大连、张家口、承德、唐山、青岛、洛阳、太原、阳泉、晋城、天水、榆林、延安、宝鸡、银川、平凉、兰州、喀什、伊宁、阿坝、拉萨、林芝、北京、天津、石家庄、保定、邢台、济南、德州、兖州、郑州、安阳、徐州、运城、西安、咸阳、吐鲁番、库尔勒、哈密			
围护结构部位	体形系数 ≤ 0.3		$0.3 <$ 体形系数 ≤ 0.5	
	传热系数	SHGC	传热系数	SHGC
外墙 (包括非透光幕墙)	≤ 0.50		≤ 0.45	
单一立面外窗 (包括透光幕墙)	窗墙面积比 ≤ 0.2	≤ 3.0	—	≤ 2.8
	$0.2 <$ 窗墙面积比 ≤ 0.3	≤ 2.7	$\leq 0.52/—$	≤ 2.5
	$0.3 <$ 窗墙面积比 ≤ 0.4	≤ 2.4	$\leq 0.48/—$	≤ 2.2
	$0.4 <$ 窗墙面积比 ≤ 0.5	≤ 2.2	$\leq 0.43/—$	≤ 1.9
	$0.5 <$ 窗墙面积比 ≤ 0.6	≤ 2.0	$\leq 0.40/—$	≤ 1.7
	$0.6 <$ 窗墙面积比 ≤ 0.7	≤ 1.9	$\leq 0.35/0.60$	≤ 1.7
	$0.7 <$ 窗墙面积比 ≤ 0.8	≤ 1.6	$\leq 0.35/0.52$	≤ 1.5
	窗墙面积比 > 0.8	≤ 1.5	$\leq 0.30/0.52$	≤ 1.4
屋顶透光部分 (屋顶透光部分面积 $\leq 20\%$)	≤ 2.4	≤ 0.44	≤ 2.4	≤ 0.35

围护结构传热系数限值 (传热系数 K $W/(m^2 \cdot K)$) 和太阳得热系数 SHGC (东、南、西向/北向)							
气候分区		夏热冬冷 A、B 区		夏热冬暖 A、B 区		温和地区	
代表性城市		南京、蚌埠、盐城、南通、合肥、安庆、九江、武汉、黄石、岳阳、汉中、安康、上海、杭州、宁波、温州、宜昌、长沙、南昌、株洲、永州、赣州、韶关、桂林、重庆、达州、万州、涪陵、南充、宜宾、成都、遵义、凯里、绵阳、南平		福州、莆田、龙岩、梅州、兴宁、英德、河池、柳州、贺州、泉州、厦门、广州、深圳、湛江、汕头、南宁、北海、梧州、海口		温和 A 区：昆明、贵阳、丽江、会泽、腾冲、保山、大理、楚雄、曲靖、泸西、屏边、广南、兴义、独山 温和 B 区：瑞丽、耿马、临沧、澜沧、思茅、江城、蒙自 注：传热系数 K 只适应温和 A 区，温和 B 区传热系数 K 不作考虑	
围护结构部位		传热系数	SHGC	传热系数	SHGC	传热系数	SHGC
外墙 (包括非透光幕墙)	围护结构热惰性指标 $D \leq 2.5$	≤ 0.60		≤ 0.80		≤ 0.80	
	围护结构热惰性指标 $D > 2.5$	≤ 0.80		≤ 1.5		≤ 1.5	
单一立面外窗 (包括透光幕墙)	窗墙面积比						
	窗墙面积比 ≤ 0.2	≤ 3.5	—	≤ 5.2	$\leq 0.52/—$	≤ 5.2	—
	$0.2 < \text{窗墙面积比} \leq 0.3$	≤ 3.0	$\leq 0.44/0.48$	≤ 4.0	$\leq 0.44/0.52$	≤ 4.0	$\leq 0.44/0.48$
	$0.3 < \text{窗墙面积比} \leq 0.4$	≤ 2.6	$\leq 0.40/0.44$	≤ 3.0	$\leq 0.35/0.44$	≤ 3.0	$\leq 0.40/0.44$
	$0.4 < \text{窗墙面积比} \leq 0.5$	≤ 2.4	$\leq 0.35/0.40$	≤ 2.7	$\leq 0.35/0.40$	≤ 2.7	$\leq 0.35/0.40$
	$0.5 < \text{窗墙面积比} \leq 0.6$	≤ 2.2	$\leq 0.35/0.40$	≤ 2.5	$\leq 0.26/0.35$	≤ 2.5	$\leq 0.35/0.40$
	$0.6 < \text{窗墙面积比} \leq 0.7$	≤ 2.2	$\leq 0.30/0.35$	≤ 2.5	$\leq 0.24/0.30$	≤ 2.5	$\leq 0.30/0.35$
	$0.7 < \text{窗墙面积比} \leq 0.8$	≤ 2.0	$\leq 0.26/0.35$	≤ 2.5	$\leq 0.22/0.26$	≤ 2.5	$\leq 0.26/0.35$
窗墙面积比 > 0.8	≤ 1.8	$\leq 0.24/0.30$	≤ 2.0	$\leq 0.18/0.26$	≤ 2.0	$\leq 0.24/0.30$	
屋顶透光部分 (屋顶透光部分面积 $\leq 20\%$)		≤ 2.6	≤ 3.0	≤ 3.0	≤ 0.30	≤ 3.0	≤ 3.0

11、乙类公共建筑的围护结构的热工性能限值见下表：

围护结构部位	传热系数 K [$W/(m^2 \cdot K)$]					SHGC		
	严寒 A、B 区	严寒 C 区	寒冷地区	夏热冬冷地区	夏热冬暖地区	寒冷地区	夏热冬冷地区	夏热冬暖地区
外墙 (包括非透光幕墙)	≤ 0.45	≤ 0.50	≤ 0.60	≤ 1.0	≤ 1.5	-	-	-
单一立面外窗 (包括透光幕墙)	≤ 2.0	≤ 2.2	≤ 2.5	≤ 0.30	≤ 4.0	-	≤ 0.52	≤ 0.48
屋顶透光部分 (屋顶透光部分面积 $\leq 20\%$)	≤ 2.0	≤ 2.2	≤ 2.5	≤ 0.30	≤ 4.0	≤ 0.44	≤ 0.35	≤ 0.30

12、建筑外门、外窗的气密性分级应符合国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106-2008 中第 4.1.2 条的规定，并应满足下列要求：

十层及以上建筑外窗的气密性不应低于 7 级 (单位缝长： $1.0 \geq q_1 [m^3 / (m \cdot h)] > 0.5$ ，单位面积： $3.0 \geq q_2 [m^3 / (m^2 \cdot h)] > 1.5$)。

十层以下建筑外窗的气密性不应低于 6 级 (单

位缝长: $1.5 \geq q_1 [m^3 / (m \cdot h)] > 1.0$, 单位面积:
 $4.5 \geq q_2 [m^3 / (m^2 \cdot h)] > 3.0$ 。

严寒和寒冷地区外门的气密性不应低于4级(单位缝长: $2.5 \geq q_1 [m^3 / (m \cdot h)] > 2.0$, 单位面积:
 $7.5 \geq q_2 [m^3 / (m^2 \cdot h)] > 6.0$ 。

13、建筑幕墙的气密性应符合国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086-2007 中第 5.1.3 条的规定且不应低于3级[整体分级指标值 $1.2 \geq q_A (m^3 / m^2 \cdot h) > 0.5$; 开启部分分级指标值 $1.5 \geq q_L (m^3 / m \cdot h) > 0.5$ 。

14、当公共建筑入口大堂采用全玻璃幕墙时,全玻璃幕墙中非中空玻璃的面积不应超过同一立面透光面积(门窗和玻璃幕墙)的15%,且应按同一立面透光面积(门窗和玻璃幕墙)加权计算平均传热系数。

二、影响建筑幕墙节能保温的薄弱环节

JGJ T 151-2008《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》规定,幕墙传热系数 UCW 应采用下式计算:

$$U_{CW} = \frac{\sum U_g A_g + \sum U_f A_f + \sum U_p A_p + \sum \psi_{lg} l_g + \sum \psi_{lp} l_p}{\sum A_g + \sum A_f + \sum A_p}$$

式中: A_g ——玻璃或透明面板面积 (m^2);
 l_g ——玻璃或透明面板边缘长度 (m);
 U_g ——玻璃或透明面板传热系数 [$W/(m^2 \cdot K)$];
 ψ_{lg} ——玻璃或透明面板边缘的线传热系数 [$W/(m \cdot K)$];
 A_p ——非透明面板面积 (m^2);
 l_p ——非透明面板边缘长度 (m);
 U_p ——非透明面板传热系数 [$W/(m^2 \cdot K)$];
 ψ_{lp} ——非透明面板边缘的线传热系数 [$W/(m \cdot K)$];
 A_f ——框面积 (m^2);
 U_f ——框的传热系数 [$W/(m^2 \cdot K)$]。

从上式中可以看出,幕墙的节能保温主要有玻璃或透明面板、非透明面板、框体、玻璃或透明面板和非透明面板边缘长度四部分构成,而在实际幕墙工程中影响建筑幕墙节能保温的薄弱环节主要是:

1、建筑幕墙所用材料的节能性能衰减

建筑幕墙使用寿命25年,在其寿命周期内其保温性能也要达到25年的要求。由于建筑幕墙在长期风压的作用下,受到不同天气气候的影响,而使建筑幕墙结构发生变化,这样导致建筑幕墙的保温性能随着时间的不断增长而不断衰减,主要反映在:

首先是透明面板或玻璃,明框玻璃幕墙的玻璃一般占90%以上、隐框玻璃幕墙玻璃一般占98%以上、

所以玻璃幕墙的玻璃保温性能在整个幕墙中起到决定作用,当玻璃选用镀膜玻璃,中空结构、充惰性气体、真空等玻璃结构时,都会产生保温性能的衰减;

其次是非透明面板,由于其材料性能在外界条件的作用下也在不断的衰减。

再次是建筑幕墙的结构体系因热胀冷缩而产生了位移,密封材料性能发生了衰减而导致建筑幕墙出现渗露,使其保温性能不断的衰减。

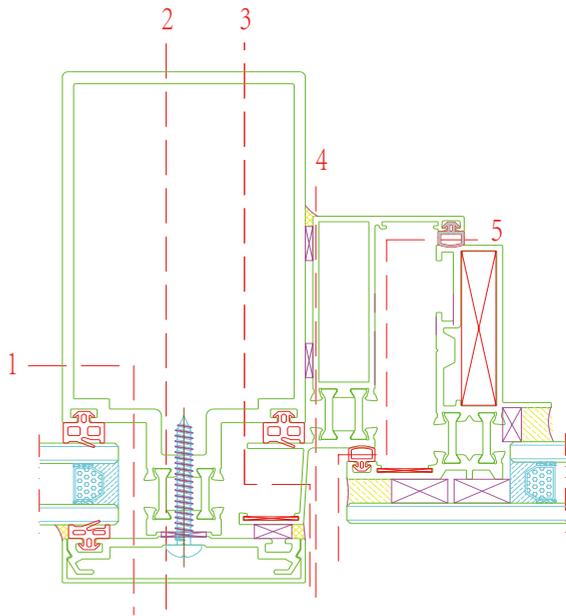
最后是要保证建筑幕墙的长效的节能,必须正确对节能性能衰减的认识,不要自欺欺人。

2、明框玻璃幕墙及建筑幕墙开启扇

明框玻璃幕墙由于框架占10%左右,其K值都低于玻璃的K值,玻璃都会为框架而承担一定的K值,此处又是气密性能最薄弱处,而建筑幕墙开启扇需要开启,空气渗漏和热传导会直接影响建筑幕墙的保温性能,图一中直接反映了影响节能的主要位置。

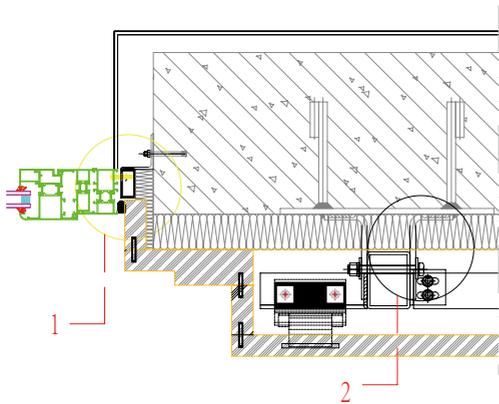
- 1、通过四道金属壁厚和三个空气腔体形成的热传导;
- 2、通过四道金属壁厚和二个空气腔体和一个隔热条形成的热传导;
- 3、通过三道金属壁厚和二个空气腔体形成的热传导;
- 4、通过三道金属壁厚和二个空气腔体和一个隔热条形成的热传导;
- 5、空气渗漏曲线;
- 6、玻璃周边线传热系数。

3、建筑幕墙热桥

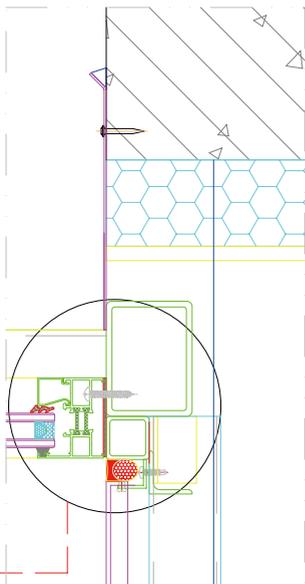


图一、明框幕墙典型节点图

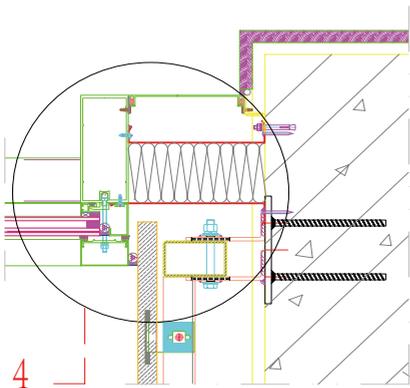
图二、图三、图四是几种建筑幕墙的热桥现象的典型例子，在工程实际中存在此现象太多，为此必须消除。



图二、非透明幕墙与窗节点



图三、非透明幕墙与外悬挂窗节点



图四、非透明幕墙与玻璃幕墙节点

- 1——钢附框各窗框形成了热桥；
- 2——建筑幕墙支撑件穿透了保温层形成了热桥；
- 3——金属板、钢立柱、金属窗框与钢立柱连接形成了热桥；
- 4——金属幕墙立柱与石材间形成了热桥，保温与玻璃没有形成等温线。

三、建筑幕墙的节能结构与聚氨酯拉挤型材的应用

依前面所述在建筑幕墙的结构体系中所存在的问题，根据不同的保温性能要求，采用下述建筑幕墙结构保温体系；

1、透明面板或玻璃的结构体系

玻璃的选用，根据强度要求选择玻璃的厚度；玻璃原片可选用透明、单色、镀膜等；其结构体系可为单玻璃、双玻中空、三玻双空、真空、真空及中空组合等；中空玻璃隔热条可选用铝合金或暖边隔热条、中空层可为空气或充惰性气体、中空层厚度应为12mm或16mm、内侧为丁基热熔密封胶和外侧聚硫密封胶的双道密封；通过上述不同结构体系的选择组合达到保温K值的要求。

控制玻璃保温性能的衰减措施，首先在选择玻璃结构体系时要把衰减而影响的保温性能增加至保温性能指标中去；也就是要考虑玻璃的衰减K值系数，提高玻璃的K值；其次采用真空玻璃或双层通风幕墙，会使建筑幕墙的造价提高；再次选用Low-E中空玻璃时，注意6+12A+6单银Low-E中空玻璃K值约为1.9，6+12A+6双银Low-E中空玻璃K值约为1.7，而三银Low-E中空玻璃只是可见光透射率高，遮阳系数低，对提高K值没有什么影响；其四当三玻二中空透明玻璃和Low-E中空玻璃的保温性能指标相等时，宜选用三玻二中空透明玻璃，这样可以不用考虑Low-E膜的保温性能衰减，对严寒和寒冷地区最为有利；最后当采用三玻二中空则要提高建筑幕墙结构的承载力，主要是对玻璃的承载力，对隐框玻璃幕墙必须在玻璃四周边外进行包边，将重力传到横梁上，结构胶只承受室内负压，而明框幕墙玻璃承重托板也要加长，为此玻璃四周边外包边和玻璃承重托板如采用金属材料则会形成新的热桥，所以必须采用非金属的低导热系数的材料。

2、明框幕墙框体、透明面板或玻璃和非透明面板边缘保温结构体系

真对前面所述明框幕墙框体影响保温性能主要是

热传导,为解决金属导热系数高的弱点,在图五、图六、图七的三个结构体系中选用了聚氨酯挤型材做为隔热材料,有效的解决了明框幕墙框体、玻璃或透明面板和非透明面板边缘的保温性能,具体的措施是:

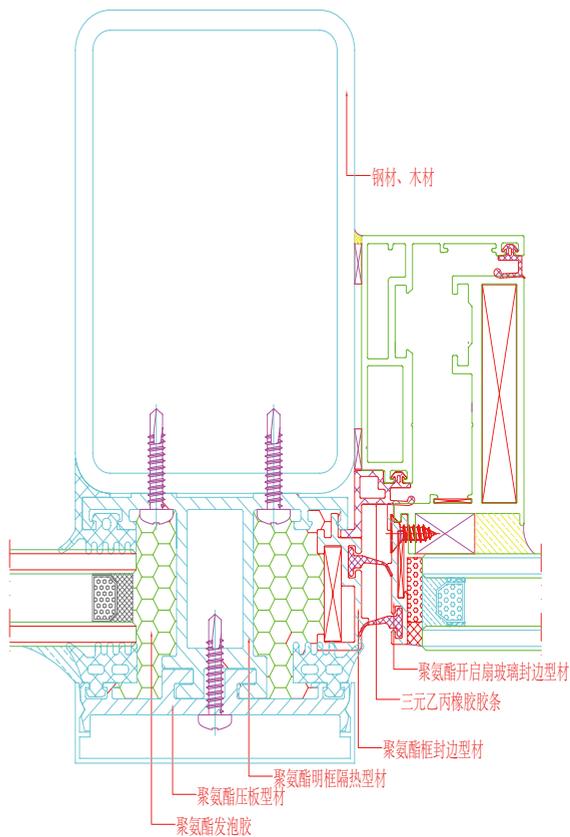
a、在玻璃与型材形成的空腔内灌注聚氨酯发泡胶,增加热阻,降低导热系数,提高抗渗露能力,降低透明面板或玻璃和非透明面板边缘的线传热系数;

b、采用聚氨酯明框隔热型材和聚氨酯压板型材,来阻断金属型材的热传导,并通过双腔体来提高其保温隔热性能;

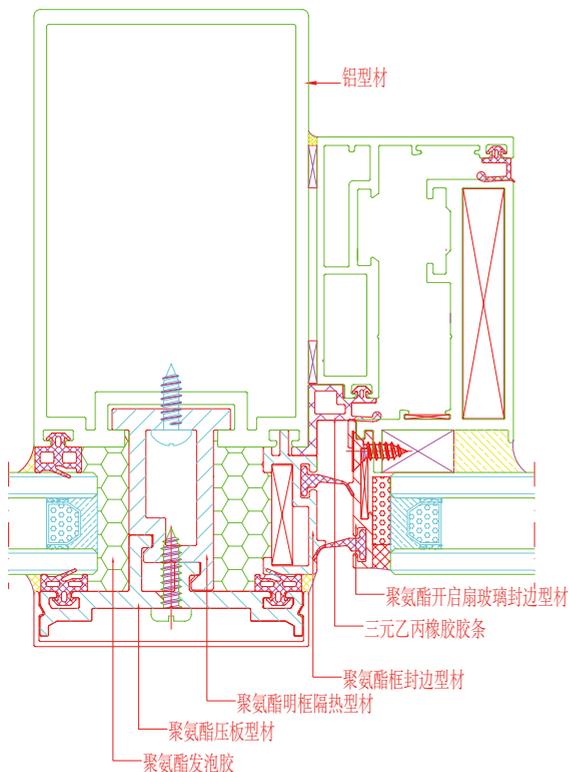
c、采用聚氨酯框封边型材将开启扇框体进行封边处理,并在空腔内灌注聚氨酯发泡胶,来阻断金属型材的热传导,降低非透明面板边缘的线传热系数,来提高其保温隔热性能;

d、在开启框位置通过三道三元乙丙胶条密封,形成三个非金属的空腔体,来阻断金属框体的导热,有效的提高了保温性能和空气渗露性能;

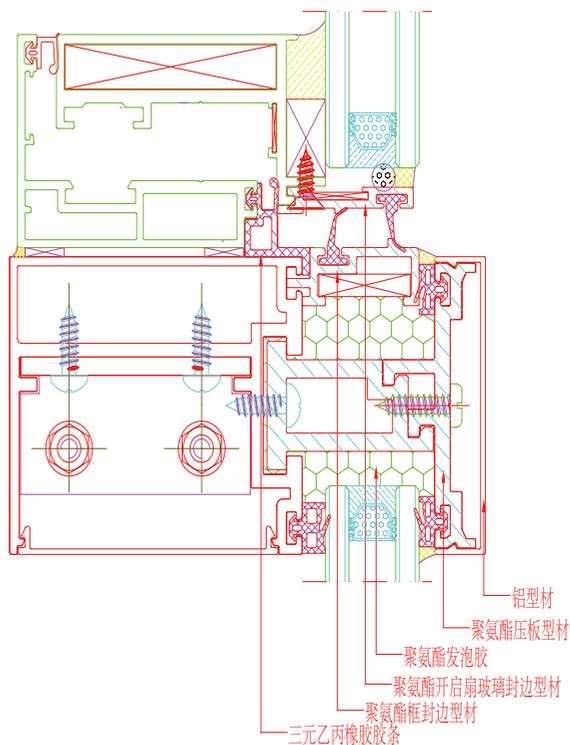
e、对开启扇的玻璃采用了用聚氨酯封边型材,将玻璃包裹,玻璃与聚氨酯封边型材之间空腔内灌注聚氨酯发泡胶,外用密封胶密封,通过三道三元乙丙胶条密封,形成三个非金属的空腔体,来阻断金属框体的导热,有效的提高了保温性能和空气渗露性能。



图六、钢结构明框幕墙竖挺结构体系



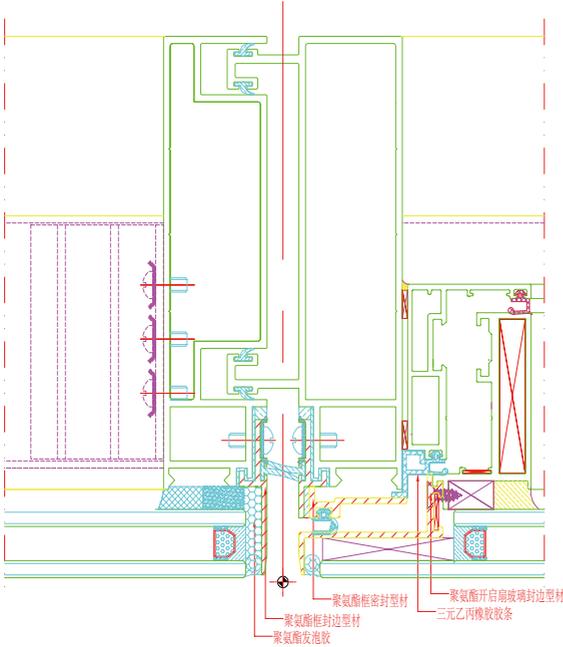
图五、铝合金明框幕墙竖挺结构体系



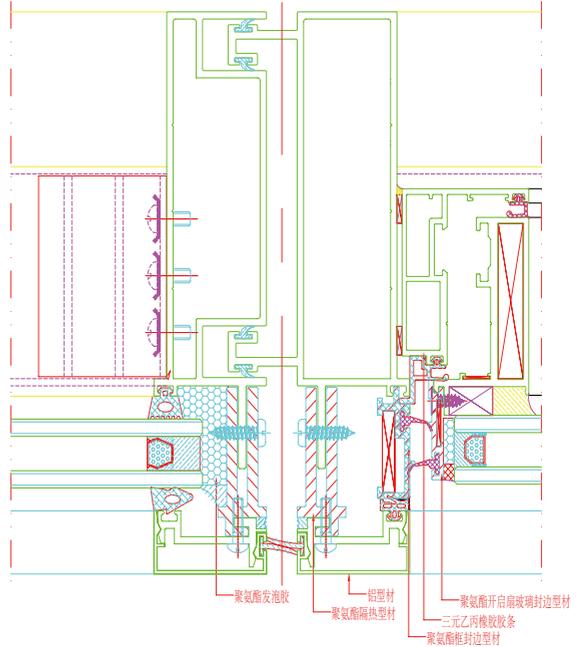
图七、铝合金明框幕墙横挺结构体系

在图八、铝合金隐框单元幕墙竖挺结构体系,图九、铝合金明框单元幕墙竖挺结构体系中选用了聚氨酯挤型材做为隔热材料,对玻璃进行包裹处理,玻璃与聚氨酯封边型材之间空腔内灌注聚氨酯发泡胶,外用

密封胶密封,对开启扇通过三道三元乙丙胶条密封,形成三个非金属的空腔体,对明框幕墙采用了聚氨酯隔热材料来分隔金属,来实现提高保温性能之目的。



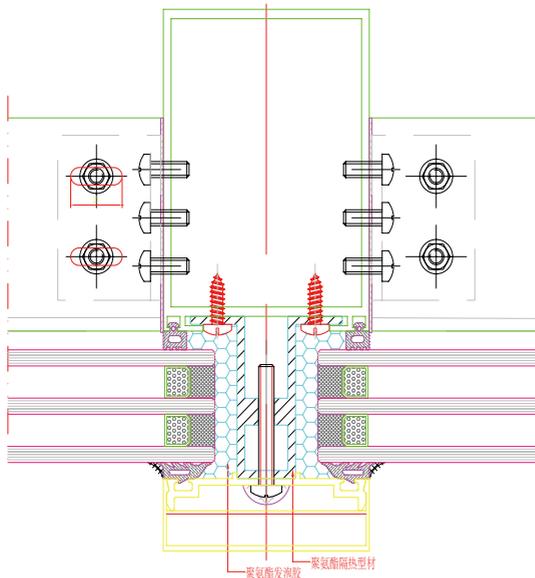
图八、铝合金隐框单元幕墙竖挺结构体系



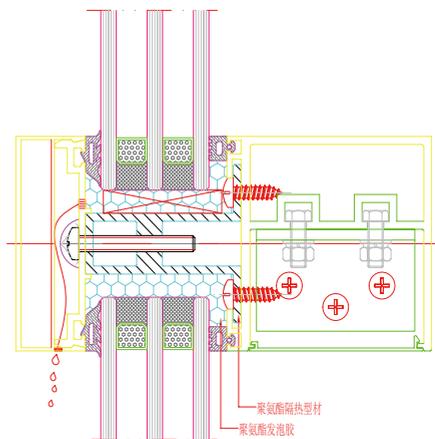
图九、铝合金明框单元幕墙竖挺结构体系

在图十、铝合金明框三玻幕墙竖挺、横挺结构体系中选用了聚氨酯挤型材做为隔热材料来分隔明框幕墙金属结构,玻璃与聚氨酯隔热型材之间空腔内灌注聚氨酯发泡胶,来实现提高保温性能之目的。聚氨

酯挤型材比铝型材抗拉强度高可以承受三玻重力而带来拉弯应力,与铝型材受力杆件采用卡槽和机械螺钉连接,与铝型材玻璃压板通过螺钉固定,其有效固定厚度大于12mm,有效的保证了连接强度。



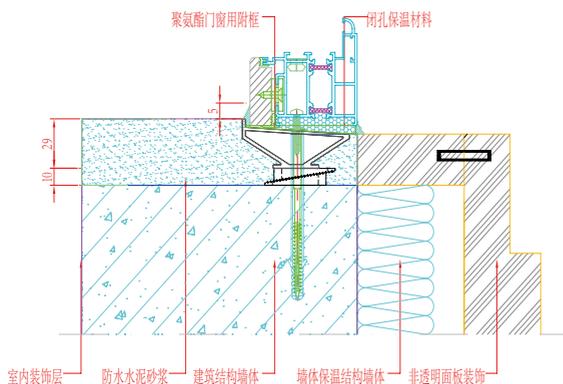
图十、铝合金明框三玻幕墙竖挺、横挺结构体系



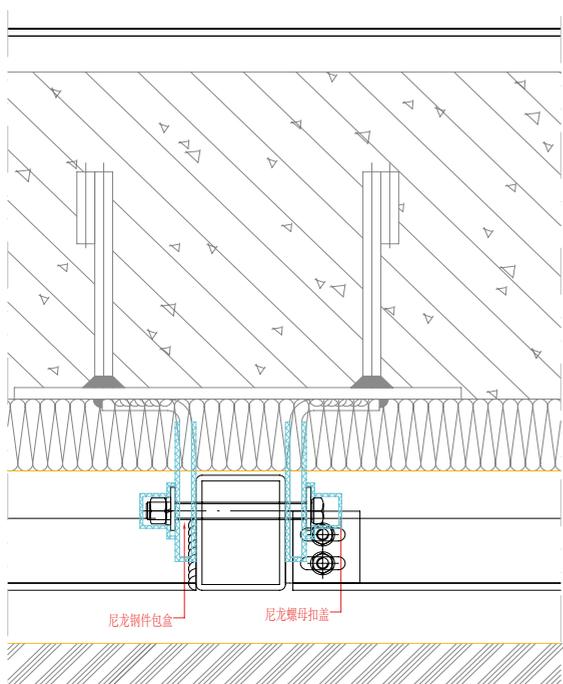
3、建筑幕墙热桥的解决示例

在图十一、聚氨酯附框与窗安装节点中、采用了聚氨酯附框解决了钢附框形成的热桥，窗框与附框间加填闭孔保温材料，特殊的附框结构体系有效的提高了窗框与附框间的保温性能。

在图十二、阻断钢件热桥节点中，为消除建筑幕墙支撑件穿透了保温层形成的热桥，采取了将钢支撑件用尼龙方盒将其包裹，并在金属螺栓头部用尼龙扣盖盖牢，将钢件与其它金属件进行阻断，使保温层与尼龙包裹体系形成一体，来消除热桥。



图十一、聚氨酯附框与窗安装节点

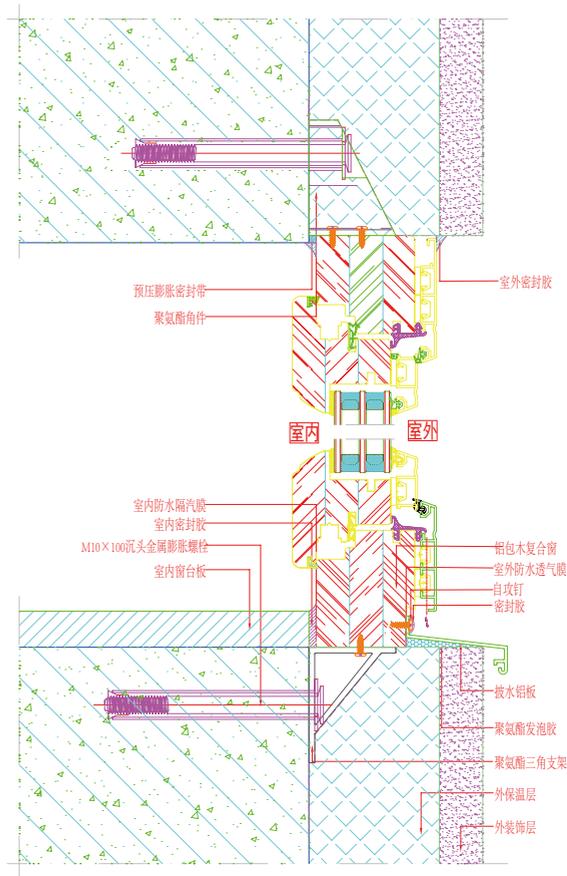


图十二、阻断钢件热桥节点

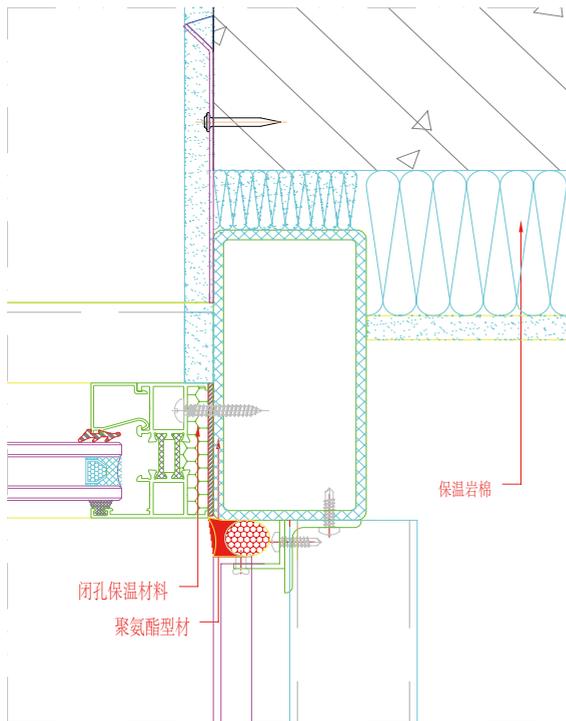
在图十三、非透明幕墙与背动式外悬挂窗节点中，下部采用了三角形聚氨酯拉挤型材支架，承担门窗的重力荷载，其它三边采用聚氨酯拉挤型材制作固定角件，承担门窗承受的风荷载，采用沉头金属膨胀螺栓或尼龙胀锚螺栓将聚氨酯拉挤型材支架或固定角件固定在建筑墙体上，外露的螺栓头采用塑料盖帽盖住，不使金属热桥外露。

在图十四、非透明幕墙与外悬挂窗用聚氨酯型材节点中，采用了聚氨酯型材用于安装门窗和金属板幕墙，消除了金属板、钢立柱、金属窗框与钢立柱连接形成的热桥。

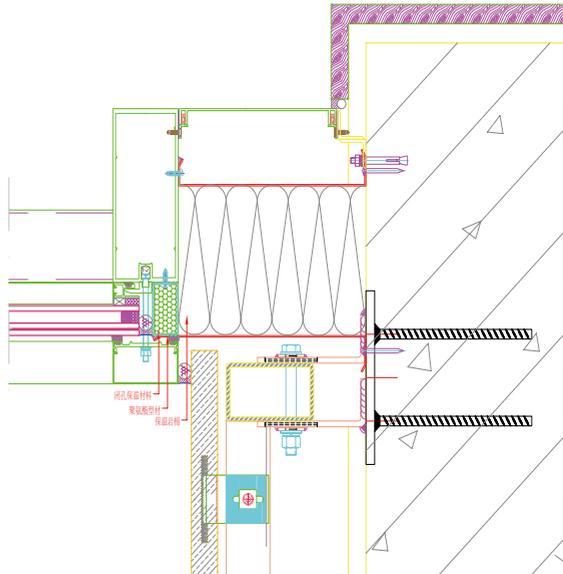
在图十五、非透明幕墙与玻璃幕墙用聚氨酯型材节点中，在明框幕墙未安装玻璃的槽口处采用了聚氨酯型材，墙体与幕墙间的保温与玻璃保温线在一条线上，解决了金属幕墙立柱与石材间形成了热桥，保温与玻璃没有形成等温线的问题，提高其保温性能。



图十三、非透明幕墙与背动式外悬挂窗节点



图十四、非透明幕墙与外悬挂窗用聚氨酯型材节点图



十五、非透明幕墙与玻璃幕墙用聚氨酯型材节点

四、结论

严格按照标准和法规进行公共建筑的幕墙设计、施工与监理，不能搞招投标图、施工图、竣工图不相符，要将材料节能性能的衰减性纳入到设计中去进行充分的考虑，对各节点的热桥、防渗漏等影响保温性能进行重点设计，使其保温性能与使用年限同寿命，强化监管，才能最终实现其目的。

建筑节能

作者简介：



周佩杰

从事门窗幕墙设计三十多来，发表论文三十余篇，获得技术专利十四项（其中二项发明专利），主持过上亿工程的幕墙设计并参与项目管理、并主持起草修订了JC/T941《门窗用玻璃纤维增强塑料拉挤型材》标准。



双曲面建筑幕墙的构造设计与施工管理



■ 文 / 中国建筑装饰协会幕墙专家 侯钦超

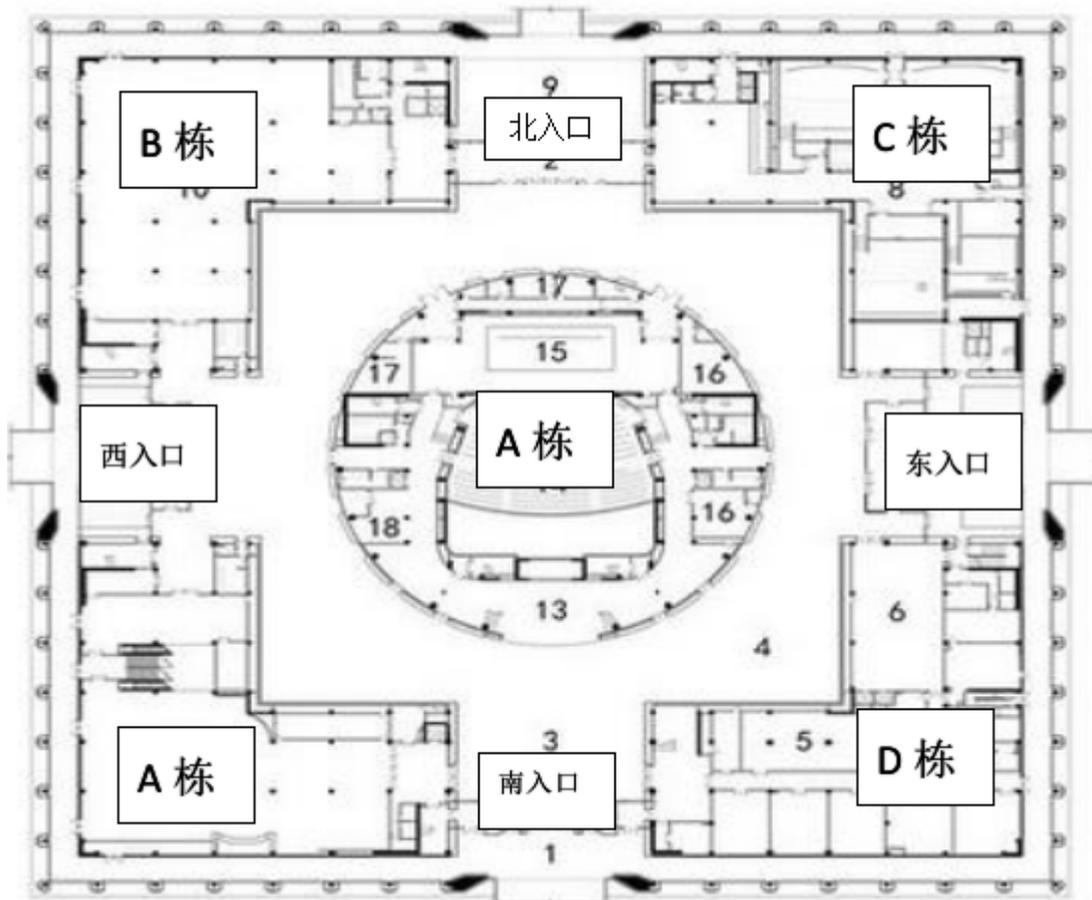
异形建筑多年以来一直备受建筑师的青睐，也是建筑师追求建筑艺术的显示。

在建筑规划设计阶段建筑师为了更好的显示自己的艺术追求，建筑师在遵守相关规范的同时大量查阅相关书籍、参考相关文献、相关建筑文化等设计出满足功能要求的各种异形建筑。

比如：“大厂民族宫”位于河北省廊坊的大厂族自治县内，既是城市文娱中心，更是讲述当地宗教、历史的重要文化场所，是集多功能剧场、多功能会议、会议服务、星级影城、科普体验、百姓活动、少儿艺术培训、展览展示、餐饮配套等于一体的多功能、多业态、综合性文化艺术中心。

本项目建筑师是何镜堂院士，在项目的设计中贯彻着他“两观三性”设计原则，以整体观、可持续发展观为出发点，在项目设计中充分考虑了建筑的地域性、文化性、时代性。

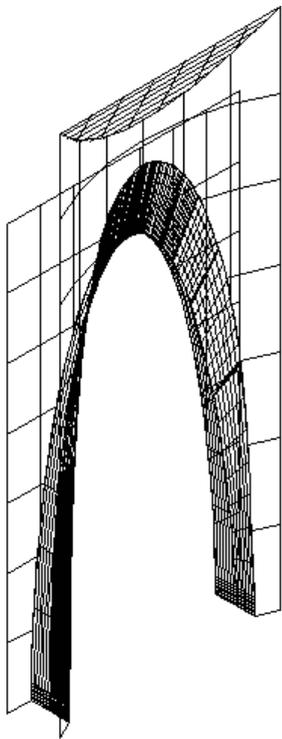
本项目建筑规划用地面积 428949m²，建筑面积 35000m²，整体建筑是有 A、B、C、D 四栋单体建筑组成的群体与中间 E 栋报告厅综合组成，A、B、C、D 四栋单体建筑组成类似四合院的大型庭院以 E 栋为中心，建筑总高度 17m，建筑四周共有 56 个规格一致的异形洞口组成，四个方向分别设有四个出入口将 A、B、C、D 四栋单体建筑联系起来，A、B、C、D、E 五栋单体建筑之间设有异形大跨度玻璃采光顶联系起来，E 栋顶部设计异形而且不规则的金属屋顶。



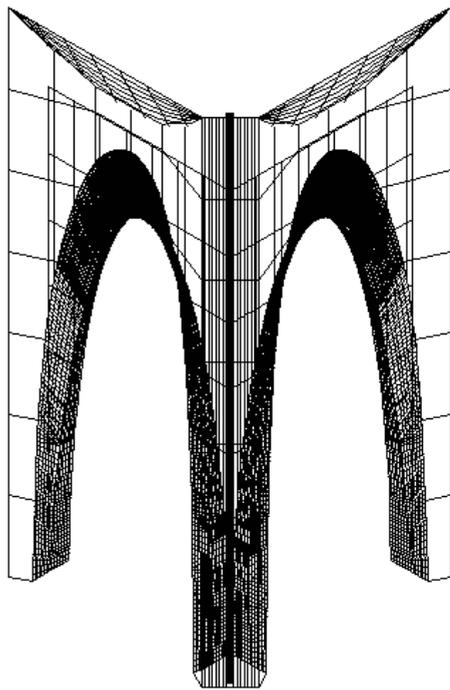


大厂民族宫代表着回族文化，整个建筑外视效果均是采用白色主色调，根据建筑师的效果整个外视墙体构造均是双曲面异形结构，外立面可视效果为双曲面石材，屋面大跨度玻璃采光顶为透明双曲面、不同高度起伏效果，中间顶部球形为双曲面金属铝板屋顶。

在建筑外饰面墙体设计过程中，作为建筑幕墙独立的一个专业，首先要根据效果选择合适的石材，根据石材的材质及材料性能采取合适的水平和垂直划分板块，根据建筑图纸设计石材分格尺寸，深化材料生产加工用三维图。



标准柱三维图



转角柱三维图

由于每一块石材的扭转角度不同、倾斜方向不同，首先根据生产加工的曲面石材总厚度切割出可以加工出应用板的大块荒料，然后因此每一块单独的石材均需要人工完成，需要操作人员根据三维图纸用单轮手拿切割机一点一点修理加工，当根据三维图纸加工出一个独立洞口以后在工厂里进行试装排布，发现不合适的及时修整。

每一个独立洞口的石材试装合适后，以洞口为单位单独发货到工地现场，避免了石材由于板块较多造成安装位置错误及混乱，为了确保一个独立洞口三维图与实际加工的误差，第一个加工洞口的石材作为样板应用，直到现场安装修整达到建筑效果要求。



工厂加工



工厂试装

建筑效果要求。



现场展示样板

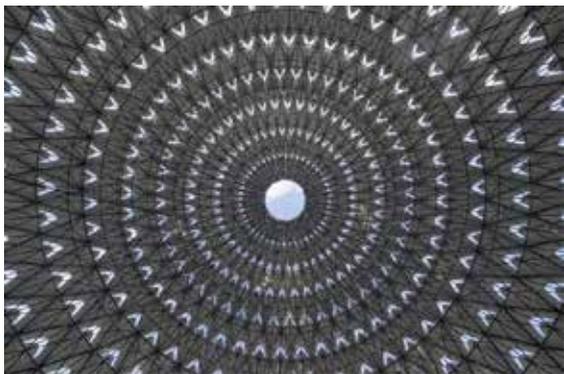


现场样板安装

E座屋面顶部是一个半圆的球形外壳金属铝板幕墙，每一块铝板均是双曲面造型，在每一块双曲面板的内部又设计有一个不规则的凹进口，从底部到顶部一共划分16个分格，每一块板均又是一个大的不规则平行四边形，板块最大的对角线长度达到4500mm，最小的对角线长度达到2700mm，为了满足建筑民族效果要求，同样每一块铝板均采用三维图去加工完成，现场做样板安装调整加工尺寸直到符合



屋顶实际样板



安装以后内视效果



透过内灯光的外视效果

A、B、C、D、E 五栋单体建筑之间设有的双曲面大跨度玻璃采光顶，采用夹胶钢化中空 Low-E 玻璃构造，主体采用滑移支座支撑的钢结构来承受玻璃荷载，为了满足建筑设计效果要求，同时考虑玻璃属

于易碎材料又是用在双曲面构造上，普通四边形玻璃构造难以满足钢结构支撑体系的变形要求，因此整个双曲面玻璃采光顶全部采用三角形双曲面玻璃设计，这种构造尽可能的解决了玻璃的三个边能有效的处于同一个平面内，处于同方向变形平面内。



采光顶顶部照片



采光顶与球形金属屋顶实际照片



作者简介：



侯钦超

高级工程师，专注于建筑门窗、幕墙的设计施工及新材料、新工艺的研发。

中国建筑装饰协会专家；铁道第三勘察设计院集团幕墙总工；中国门窗、幕墙专家学者设计师协会副会长、专家；中国门窗、幕墙设计专家组专家；中华石材业商会专家组专家、中华石材业专业教材编写委员会主编。所主导编写和参与的图书与规范有《石材幕墙设计与施工技术手册》、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ133—2001。



诚信 创新 永恒
精品 人品 同在

- ❶ 多项参建工程被评为国家建筑工程最高奖——“鲁班奖”
- ❷ 十余项工程获得“全国建筑工程装饰奖”
- ❸ 连续三年获得“幕墙精品工程奖”

电话：010 51812975
传真：010 51885423
<http://www.ztjs.cn>
地址：中国 北京 石景山区石景山路 20 号中铁建设大厦



硅酮结构密封胶自然老化性能研究

文 / 郑州中原思蓝德高科股份有限公司 程鹏、邢凤群

【摘要】：通过对国内外多个品牌硅酮结构密封胶进行自然老化性能研究，定期跟踪检测实际应用环境老化后的力学性能，结果表明：不同品牌产品质量水平及自然老化性能差异较大，经过3年左右的自然老化，国内外不同品牌质保10年的硅酮结构密封胶力学性能均有明显衰减；质保25年硅酮结构密封胶力学性能稳定不变，具有优异的耐久稳定性。

【关键词】：硅酮结构密封胶、自然老化、耐久性能

1. 研究背景

硅酮结构密封胶对建筑幕墙的安全和使用寿命起着关键作用，国内因结构密封胶质量问题而导致玻璃幕墙透气漏水、玻璃板块坠落伤人毁物等事故屡有发生，对人民生命和财产安全造成恶劣影响。为控制结构密封胶产品质量，国家陆续出台科学严格的产品标准。目前国内市场所售硅酮结构密封胶产品均按照国家标准 GB 16776-2005《建筑用硅酮结构密封胶》的要求进行检测及控制质量，生产厂家依据该标准只能提供 10 年的质量保证，不能满足国家规定“玻璃幕墙设计使用年限不低于 25 年”的要求 [1~2]。为高要求，2016 年 4 月 1 日国家正式实施建工行业标准 JG/T 475-2015《建筑幕墙用硅酮结构密封胶》，该标准借鉴国际先进标准 ETAG 002《结构密封胶装配系统技术认证指南》编制，明确指出建筑幕墙用硅酮结构密封胶产品不低于 25 年设计使用年限的要求 [3~4]。满足标准 JG/T 475 或 ETAG002 要求的硅酮结构密封胶产品具有 25 年的质量保证期。目前国内已有满足标准要求质保 25 年的结构密封胶产品品牌，

如“思蓝德”牌等，且已在多个新建、改建玻璃幕墙工程成熟应用。为了更好地考察质保 25 年密封胶的实际应用情况，对比质保 10 年密封胶的性能优势，在我国不同地区对硅酮结构密封胶进行了自然老化试验的研究。

自然老化试验就是将硅酮结构密封胶试样放置于自然气候环境下暴露，使其经受紫外光、水、温度等气候因素的综合作用，通过定期跟踪实际工况下硅酮结构胶产品的老化情况，测定其性能的变化来评价硅酮结构密封胶的耐久性。本文参考深圳某工程用质保 25 年硅酮结构密封胶自然老化研究实例，详细介绍该项研究工作的方法及结果，期望能够为我国建筑工程质量跟踪检测工作提供技术依据及参考。

2. 自然老化试验研究

2.1 试样选择

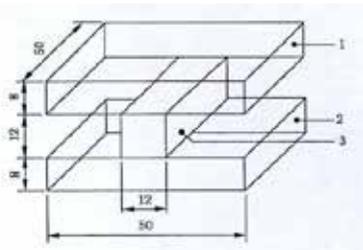
在国内市场选取国内外四个知名品牌硅酮结构密封胶产品，具体信息见表 1。

表 1. 国内外不同品牌试样信息

序号	品牌或代号	质保年限	满足标准
1	“思蓝德”	25 年	ETAG002、JG/T475、GB16776
2	国内 1#	10 年	GB16776
3	国内 2#	10 年	GB16776
4	国外 1#	10 年	GB16776

2.2 试样制作

对选取的各品牌密封胶，按规定数量（满足跟踪年限需要）制作符合标准 ETAG002 或 JG/T 475-2015 要求的“工”型试样（见图 1）。试样制作完毕后，放置在标准条件（温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $50\% \pm 5\%$ ）下养护 28d。



注：图中标注尺寸单位为 mm；1-玻璃基材；2-铝基材；3-硅酮结构密封胶
图 1. 试样示意图

所用基材：玻璃为浮法玻璃，铝基材为阳极氧化铝型材。

2.3 试样放置场地

由于此方法涉及的环境因素较为复杂，不同地区环境差异较大，为了更好地反映硅酮结构密封胶实际应用所受到的影响，试样放置地点应在实际应用的工程现场，或者选择气候环境条件与工程用胶的环境条件相近的地方。如深圳某工程项目自然老化地点设置在该工程楼顶平台（见图 2）。试样放置应离地面有一定距离，防止雨水积存，能够暴露于太阳光下不受遮挡。

为更全面地考察硅酮结构密封胶在不同气候条件的自然老化性能，除在深圳该工程现场外，还在深圳（亚热带季风气候）、郑州（温带季风气候）等不同地区分别设置自然老化场地进行该项试验，见图 3、图 4。同时，选取的多个品牌硅酮结构密封胶产品，

按照相同条件进行制样，并放置于郑州地区自然老化场地进行对比试验，以此对比分析不同品牌产品自然老化性能的差异。



图 2. 深圳某工程自然老化试样放置现场



图 3. 深圳地区自然老化现场



图 4. 郑州地区自然老化现场

2.4 自然老化周期及取样

计划开展 50 年自然老化跟踪检测工作，现已进展 3 年。从试样开始放置日期（2013 年 2 月 1 日）开始，每年取样 2 次，直至 50 年。每次取回试样在标准条件下静置 $24h \pm 4h$ ，进行力学性能等检测。

2.5 检测方法

根据 ETAG002 或 JG/T 475 标准规定进行拉伸粘结性测试。试验温度： $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，拉伸速度为 $5\text{mm}/\text{min}$ 。

结果显示：（1）粘结拉伸强度、断裂伸长率；（2）内聚破坏面积。

2.6 评价指标

在硅酮结构密封胶试样自然老化过程中，周期性取样进行测试，通过力学性能的变化评价自然老化的影响。主要指标包括粘结拉伸强度、断裂伸长率等。

3. 结果分析

3.1 郑州地区自然老化试验结果

“思蓝德”质保 25 年硅酮结构密封胶在郑州地区进行了持续 42 个月的自然老化跟踪试验，测试结果见表 2。根据历年的测试数据，绘制自然老化后力学性能的变化趋势图，见图 5。

表 2 郑州地区自然老化性能测试结果

序号	老化时间(月)	拉伸粘结强度, MPa	断裂伸长率, %
1	0	1.10	265
2	3.5	1.13	351
3	9	1.13	380
4	12	1.00	370

5	18	1.08	403
6	24	1.13	384
7	30	1.02	407
8	36	1.02	415
9	42	1.00	351
均值		1.07	383
标准偏差		0.057	24.57
相对标准偏差, %		5.3	6.4

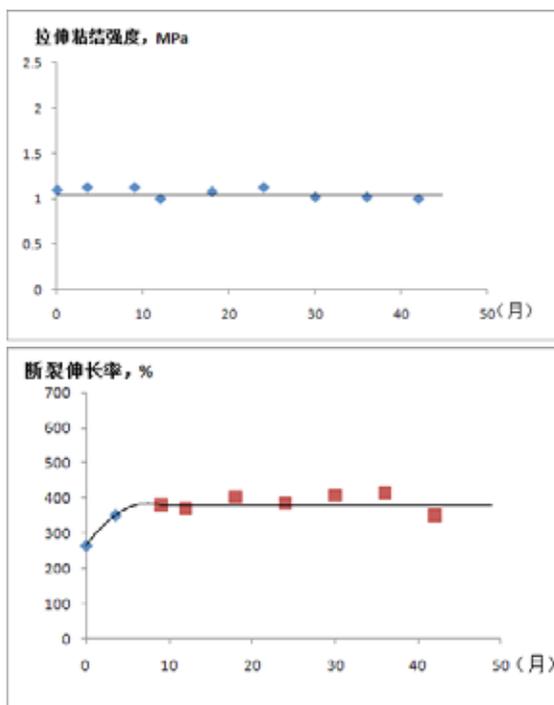


图 5. 郑州地区自然老化性能变化趋势图

由以上图表可以看出,“思藍德”质保 25 年硅酮结构密封胶初始拉伸粘结强度为 1.10MPa,通过 42 个月的持续大气自然老化,一直保持在 1.00MPa~1.13MPa 之间上下浮动,相对标准偏差仅 5.3%,拉伸粘结强度历年来结果无明显差异,基本保持不变;初始断裂伸长率为 265%,在初期因深层后固化而略有增加,3.5 个月后增加到 350% 以上(351%),之后一直保持在 351%~415% 之间上下浮动,相对标准偏差仅 6.4%,断裂伸长率历年来结果无明显差异,趋于稳定。可见,经过 42 个月郑州地区(温带季风气候)的自然老化,“思藍德”质保 25 年硅酮结构密封胶力学性能保持稳定不变,具有优异的耐久稳定性。

3.2 深圳地区自然老化试验结果

“思藍德”质保 25 年硅酮结构密封胶在深圳地区进行了持续 40 个月的自然老化跟踪试验,历次测试结果见表 3,自然老化后力学性能的变化趋势见图 6。

表 3. 深圳地区大气暴晒老化性能测试结果

序号	老化时间(月)	拉伸粘结强度, MPa	断裂伸长率, %
1	0	1.10	265
2	3.5	1.08	380
3	7	1.14	426
4	10	0.99	324
5	15	1.00	399
6	24	1.05	418
7	30	1.11	428
8	35	1.14	404
9	40	1.03	436
均值		1.07	402
标准偏差		0.057	36.34
相对标准偏差, %		5.3	9.0

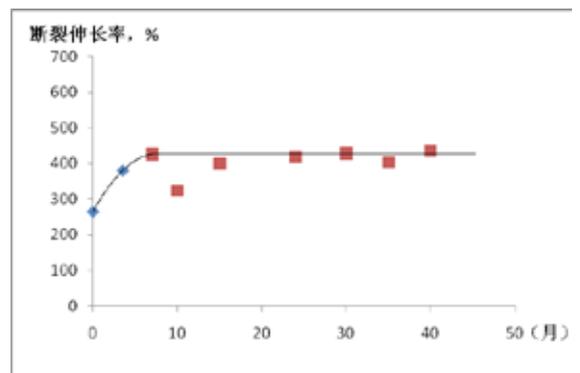
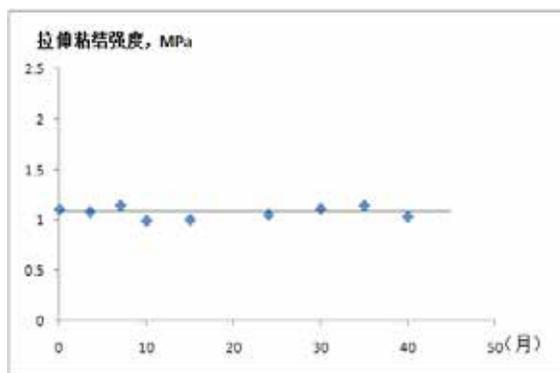


图 6. 深圳地区自然老化性能变化趋势图

硅酮结构密封胶初始拉伸粘结强度为 1.10MPa,通过 40 个月的持续大气自然老化,一直保持在 0.99MPa~1.14MPa 之间上下浮动,相对标准偏差仅 5.3%,拉伸粘结强度历年来结果无明显差异,基本保持不变;初始断裂伸长率为 265%,在初期因深层后固化而略有增加,3.5 个月后增加到 380% 以上,基本上一直保持在 380%~436% 之间上下浮动,相对标准偏差 9.0%,断裂伸长率历年来结果无明显差异,趋于稳定。可见,经过 40 个月深圳地区(亚热带季风气候)

的自然老化,“思藍德”质保 25 年硅酮结构密封胶力学性能保持稳定不变,具有优异的耐久稳定性。

3.3 深圳某工程老化平台自然老化试验结果

自 2013 年 2 月起,持续 3 年对深圳某工程用“思藍德”质保 25 年硅酮结构密封胶老化情况进行跟踪,每年取样 2 次,并对所取试样进行了性能测试,历次的测试结果见表 4,性能测试结果趋势见图 7。

表 4. 深圳某工程用硅酮结构密封胶试样自然老化性能测试结果

序号	老化时间(月)	拉伸粘结强度(MPa)	断裂伸长率(%)	备注
1	0	1.10	265	2013 年 2 月放置试样
2	5	1.08	450	
3	11	1.14	408	

4	18	0.97	409	
5	24	1.03	413	
6	30	0.96	386	
7	36	0.99	378	2016年2月取样测试
均值		1.04	387	
标准偏差		0.0696	25.18	
相对标准偏差, %		6.7	6.5	

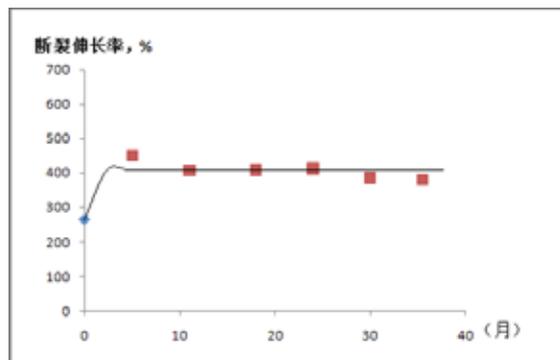
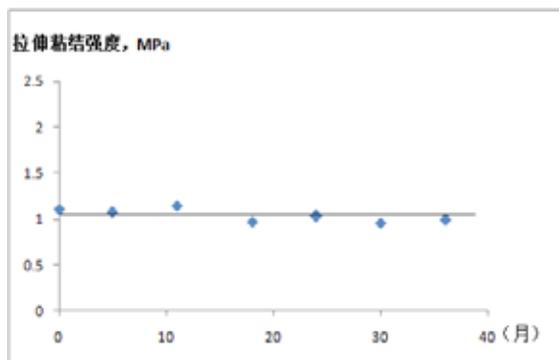


图 7. 深圳某工程老化平台自然老化性能变化趋势图

由以上图表可以看出，“思蓝德”质保 25 年硅酮结构密封胶初始拉伸粘结强度为 1.10MPa，通过 36 个月的持续大气曝晒自然老化，一直保持在 0.96~1.14MPa 之间上下浮动，相对标准偏差仅 6.7%，产品拉伸粘结强度基本保持不变；初始断裂伸长率为 265%，在初期因深层后固化而略有增加，5 个月后增加到 400% 以上（450%），之后一直保持在 378%~413% 之间上下浮动，相对标准偏差仅 6.5%，断裂伸长率历次测试结果无明显差异，趋于稳定。可

见，经过 3 年的自然老化，该项工程用“思蓝德”质保 25 年硅酮结构密封胶力学性能保持稳定不变，具有优异的耐久稳定性。

3.4 不同品牌硅酮结构胶自然老化试验结果对比

不同品牌硅酮结构密封胶在郑州地区同样自然条件下同期进行了持续 30 个月的自然老化跟踪试验，历次测试结果见表 5，自然老化后力学性能的变化趋势见图 8。

表 5. 不同品牌硅酮结构胶大气曝晒老化性能对比（郑州地区）

序号	老化时间 (月)	国内 1#		国内 2#		国外 1#		“思蓝德”质保 25 年硅酮结构密封胶	
		拉伸粘结强度, MPa	断裂伸长率, %	拉伸粘结强度, MPa	断裂伸长率, %	拉伸粘结强度, MPa	断裂伸长率, %	拉伸粘结强度, MPa	断裂伸长率, %
1	0	1.34	154	0.96	229	1.05	282	1.10	265
2	3	1.63	143	0.89	74	1.37	160	1.13 (3.5 个月)	351 (3.5 个月)
3	6	1.42	115	0.89	54	0.97	155	1.13 (9 个月)	380 (9 个月)
4	12	1.29	91	0.86	51	0.90	158	1.00	370
5	18	1.40	97	0.69	34	0.86	130	1.08	403
6	24	1.48	106	0.67	33	0.98	156	1.13	384
7	30	1.34	99	0.62	32	0.86	136	1.02	407

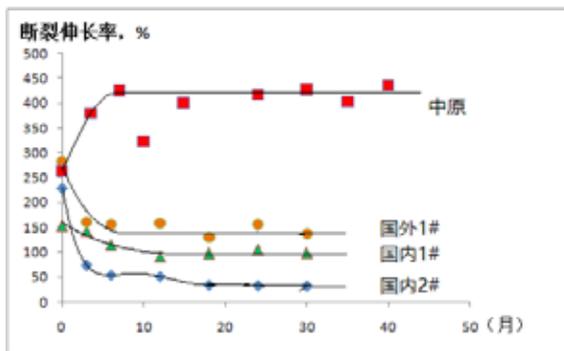
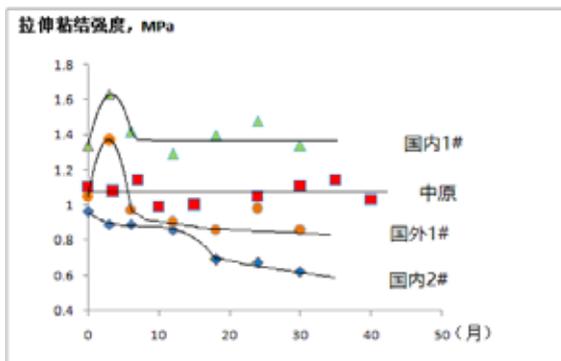


图 8. 不同品牌硅酮结构胶自然老化性能变化趋势图

由以上图表可以看出，国内 1# 试样，拉伸粘结强度在初始的 3 个月有明显增大（从初始 1.34 MPa 增至 1.63 MPa），之后到 6 个月时恢复到初始值左右（1.29~1.42 MPa），但断裂伸长率明显降低，初始时 154%，到 12 个月以后急剧降低至 91%~106%，降低了近 50%。

国内 2# 试样，拉伸粘结强度和断裂伸长率均有明显降低，拉伸粘结强度从初始的 0.96 MPa 降低到 30 个月时的 0.62MPa；断裂伸长率初始时 229%，3 个月时急剧降低至 74%，之后缓慢降低，30 个月时仅只有 32%，已变硬变脆。

国外 1# 试样，拉伸粘结强度在初始的 3 个月有明显增大（从初始 1.05MPa 增至 1.37MPa），之后到 6 个月时恢复到初始值左右（0.97MPa），之后缓慢降低，30 个月时降低至 0.86MPa；但断裂伸长率明显降低，初始时 282%，3 个月时急剧降低至 160%，之后缓慢降低，30 个月时降低至 136%，相比初始时降低了近 150%。

“思蓝德”质保 25 年硅酮结构密封胶试样，拉伸粘结强度历次结果无明显差异，基本保持不变；断裂伸长率，在初期因深层后固化，在 3.5 个月时略有增加，之后多次结果无明显差异，趋于稳定。可见，其力学性能保持稳定不变，具有优异的耐久稳定性。

综合以上分析，可以看出，随着时间的增长，中国市场国内外不同品牌的硅酮结构胶的拉伸粘结强度和伸长率均有明显衰减；郑州中原公司“思蓝德”质保 25 年硅酮结构胶拉伸粘结强度基本保持不变；伸长率在老化初期略有增加，3 个月后基本趋于稳定。

值得关注的是，表 4 中，序号 7（老化时间 36 个月）的数据为一次多方专家代表（工程业主代表、施工方代表、行业专家代表、郑州中原公司代表）现场共同监督验证的检测数据，此次检测（老化时间 36 个月）拉伸粘结强度（0.99MPa）和断裂伸长率（378%）

与以往跟踪检测数据相比较，无明显差异，可见此次检测及以往多次检测结果数据均真实可信。通过多方专家的见证，验证了该项自然老化研究工作的真实性和可靠性。

4. 结论

通过国内外不同品牌硅酮结构密封胶自然老化进行跟踪检测的研究，结果表明：

（1）国内市场所售硅酮结构密封胶，不同品牌产品质量水平及自然老化性能差异较大，随着自然老化时间的增长，国内外不同品牌满足 GB16776 质保 10 年硅酮结构胶的拉伸粘结强度和伸长率均有明显衰减；质保 25 年硅酮结构密封胶力学性能稳定不变，具有良好的力学和弹性保持能力，具有优异的耐自然环境老化性能及耐久稳定性，能够保证幕墙的安全和使用寿命，应当在我国密封胶行业、中空玻璃行业和建筑行业进行广泛推广及应用。

（2）硅酮结构密封胶自然老化研究工作为一项有效反映幕墙使用安全性的方法；该方法的应用能够为我国建筑工程质量安全跟踪检测工作提供依据和参考。

作者简介：



程 鹏

工程师，主要从事密封胶质控工作

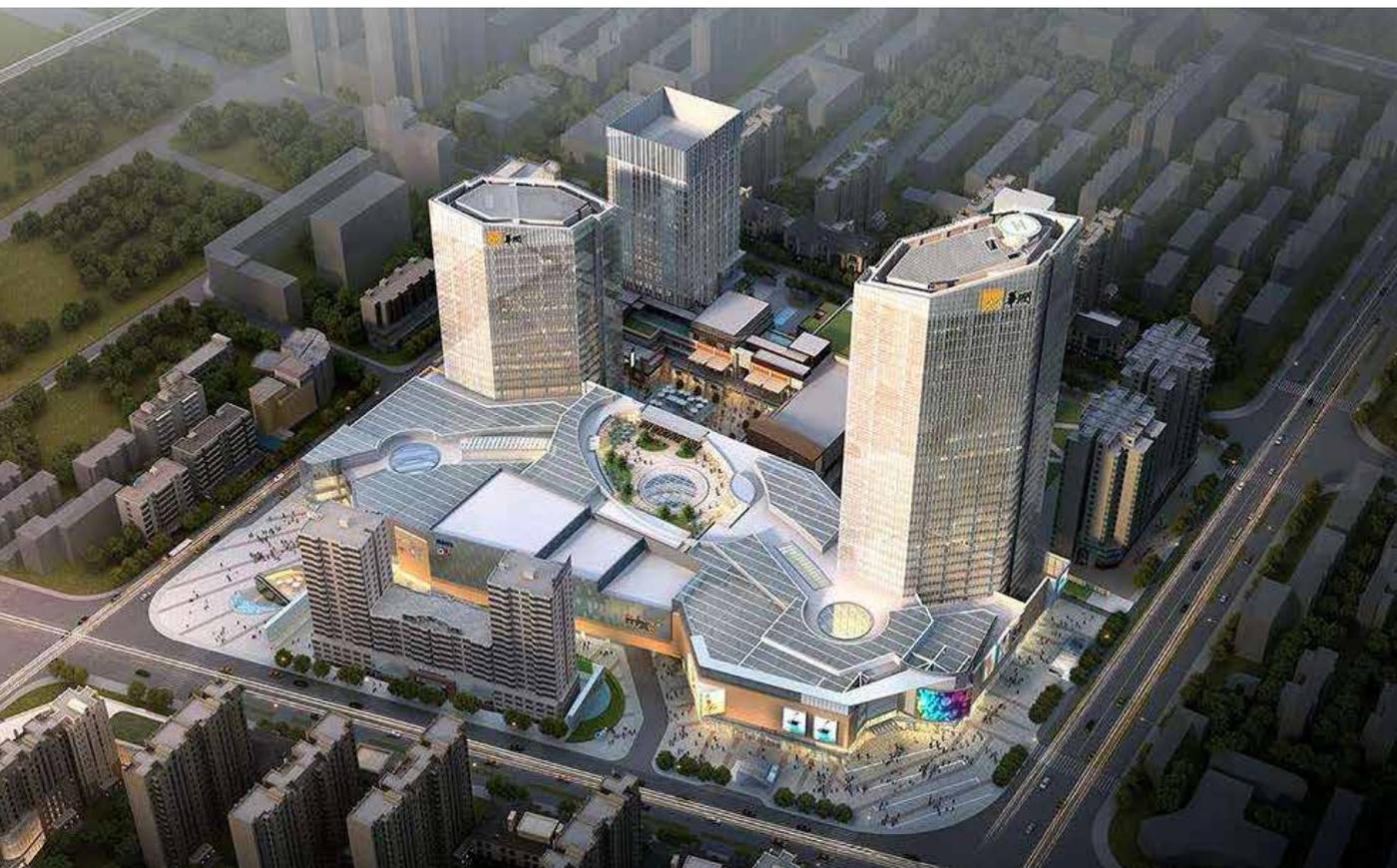


邢凤群

郑州中原思蓝德高科股份有限公司总经理助理、副总工程师，从事高分子密封材料的研发、质量控制及技术服务工作



覆水采光顶的工艺探讨



■ 文 / 章一峰、程智鑫、张光智、王建娇、连成晓、欧阳本文

【摘要】：本文通过一个具体案例分析覆水采光顶的工艺，如何有效在保证外观效果的前提下满足覆水的要求，同时确保室内不存在渗漏水隐患。

【关键词】：采光顶、覆水、防水处理、建筑幕墙

1、导语

如何让原本平淡无奇的采光顶增加更多细节和看点，建筑师们做过很多尝试，通过覆水的方式让采光顶不仅仅具备了采光的功能，同时降低能耗、让室内的投影效果更有动感，但这也给幕墙工程师出了不少难题，本文通过一个实际案例分析覆水采光顶的技术处理。

2、项目概况

厦门万象城项目位于厦门市思明区，幕墙面积约55460m²，覆水采光顶位于商业裙房中庭位置，玻璃完成面标高为24.55m，覆水深度10cm，面积约390m²，设计基本风压为0.8kn/m²，抗震设防烈度为7.5度，以下为总承包单位移交的工作面。（图一）

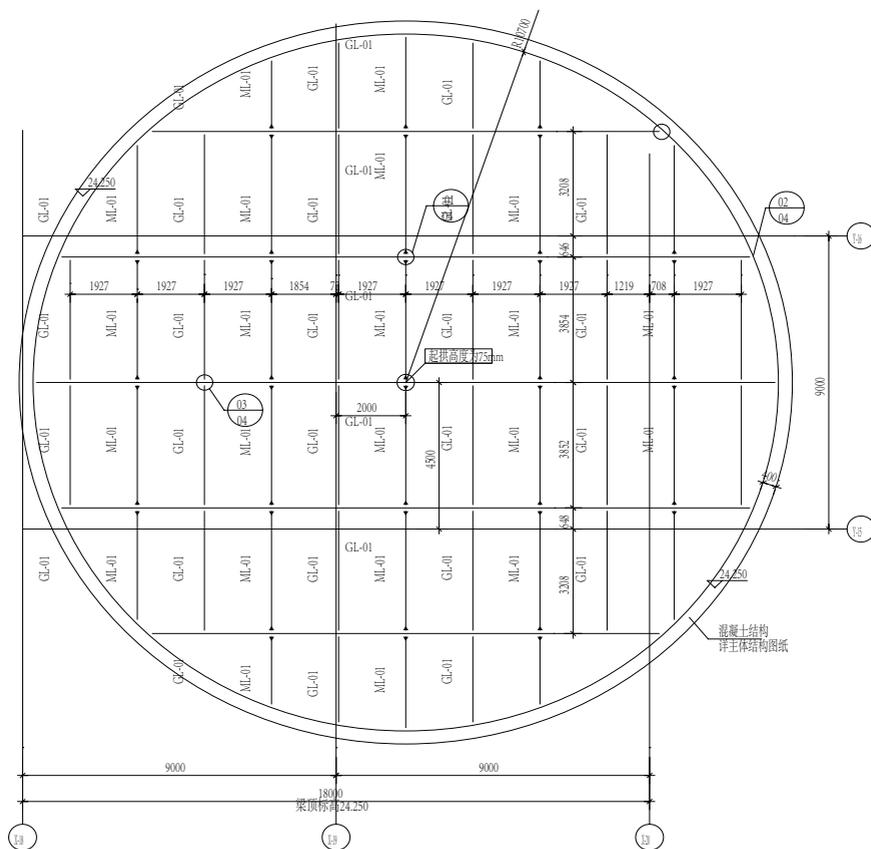
3、钢结构设计

作为整个覆水采光顶的支撑系统最基础的部分，钢结构的安全性显得尤为重要，由于覆水采光顶的自

重因素，在钢结构设计时恒载取值值为1.5kn/m²，活载取值2.0kn/m²，经软件模拟计算，钢构主梁采用650×200×10×24的Q235B焊接H型钢，次梁为200×100b的Q235B热轧H型钢，由于其外部在幕墙施工阶段会包铝板装饰，故而表面处理采用热浸镀锌，镀锌层厚度不小于85微米。（图二）

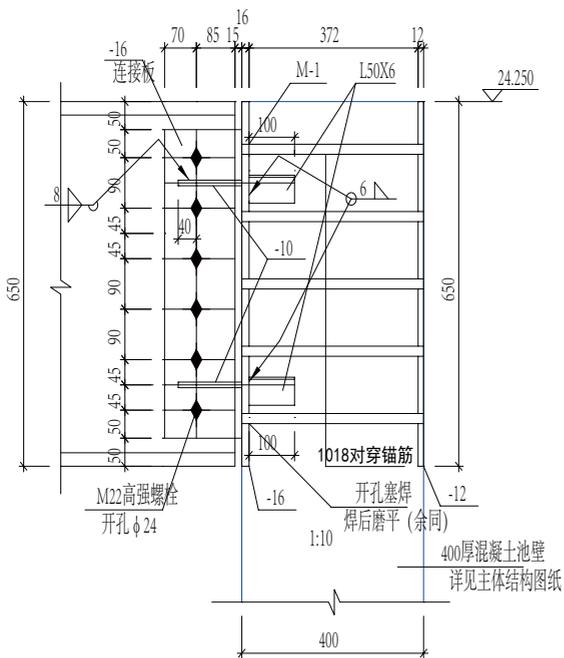


（图一，红圈内为覆水采光顶的范围）



（图二，钢结构平面布置图）

主梁通过高强螺栓与埋件连接，本工程跨度较大，埋件采用对穿锚筋与主体结构相连。（图三）



(图三)

4、采光顶设计

在解决了采光顶生根问题后，在采光顶设计时需要克服以下问题：

- 1、避免玻璃在水压下的自爆；
- 2、采光顶系统的安全性；
- 3、采光顶的防渗漏

4.1、玻璃的自爆问题

钢化玻璃自爆已是玻璃幕墙中饱受诟病的话题，所谓自爆，是玻璃在无外力作用下发生的自动性炸裂，由于玻璃中存在少量的硫化镍、硅结石等颗粒，在热

处理后一部分结石随着时间会发生晶相变化，从而可能导致自爆。玻璃分割越大，自爆率则越高，此外玻璃的自爆还与安装间隙有着密切关系，如果间隙过小，在外力作用下，极易产生自爆，而覆水采光顶玻璃由于水压的持续作用，实际玻璃与结构面的间隙几乎可忽略不计，因此普通玻璃无法承担在覆水采光顶位置的面板功能。本工程的优势在于水下玻璃的表面温度不会在夏季日照过程中与室内形成太大的温差。

在经过多方论证和计算之后，采纳 10+1.52SGP+8(Low-E)+12A+10+1.52SGP+8 双夹胶超白中空玻璃，需要注意的是这里的超白是包含了四片玻璃，而非常见的仅外片玻璃采用超白工艺，超白玻璃良好的透光率能使覆水层的景观透射到室内时没有过多衰减，其优于钢化玻璃的自爆率也能最大程度降低风险，同时采用 SGP 胶片能更有效得结合两片玻璃的整体刚度共同发挥作用，保证面板的平整性。

4.2、采光顶的安全性措施

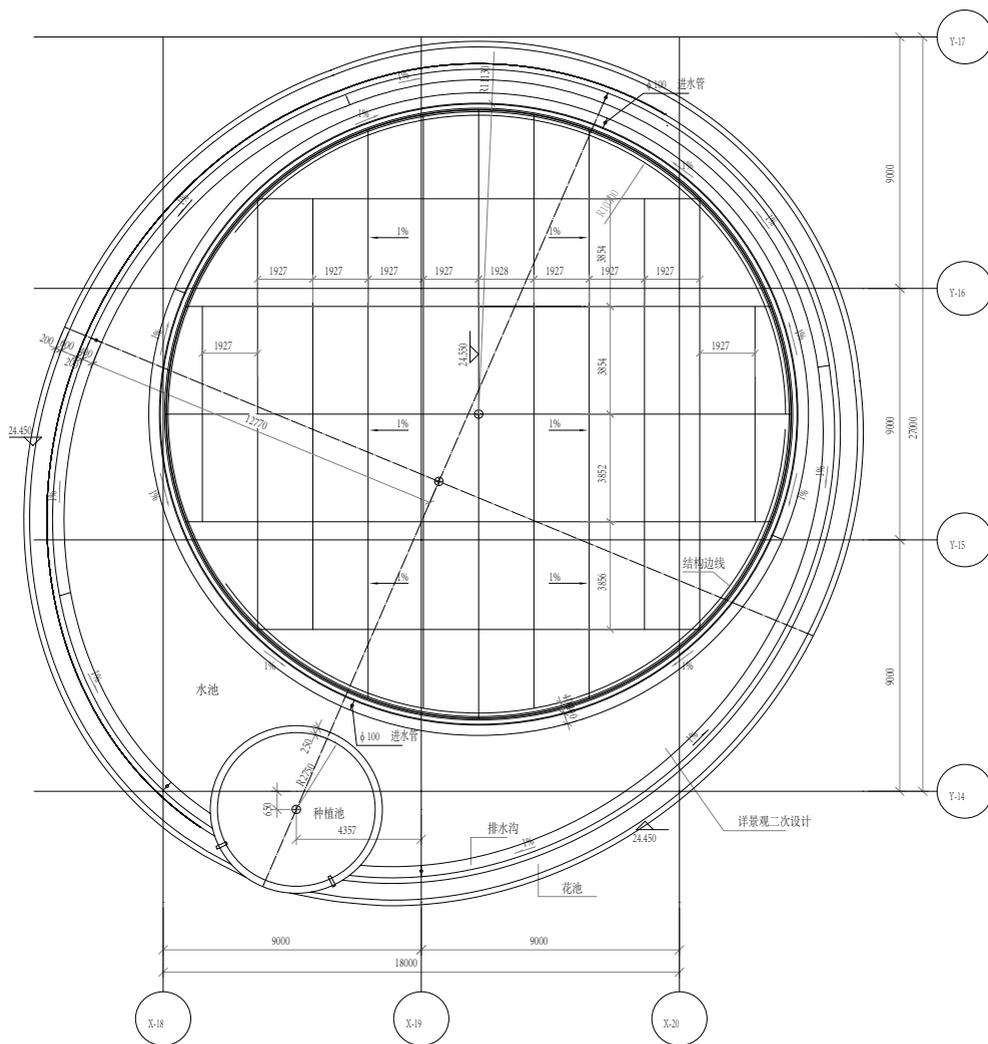
采光顶的安全性由钢结构、幕墙龙骨、幕墙面板等整体系统共同发挥作用以实现的。任何一个环节出现问题都将导致不可估量的后果，幕墙龙骨生根于钢结构上，采光顶圆心区域挠度最大，为防止其变形，中心部分做预起拱处理，以正圆中轴一分为二向两侧圆弧边形成 1% 的高差。

前文中提到玻璃分割的大小会对自爆率产生影响，这与采光顶的美观性是相矛盾的，建筑师往往追求更通透的效果，因此在模拟玻璃面板的受力环境时，得同时结合两者的需求，经计算，最终确认本工程最大玻璃分割达 3854mm × 1928。（图四）

同时与玻璃面板相匹配的龙骨也需要结合各项工况，以计算其是否满足受力要求，个别数据无法直接获取，例如覆水层，我们通过分析 120mm 深水的密度与自重，提取数据，表一为采光顶位置各项荷载组合。

	恒载	活载	正风	负风
荷载标准值	1.00KN/m ²	2.00KN/m ²	0.69KN/m ²	-1.66KN/m ²
荷载设计值	1.20KN/m ²	2.80KN/m ²	0.97KN/m ²	-2.32KN/m ²
恒 + 活	3.00KN/m ²		4.00KN/m ²	
恒 + 正风	1.69KN/m ²		2.17KN/m ²	
恒 + 负风	-0.66KN/m ²		-1.32KN/m ²	
恒 + 活 + 0.6 正风	3.42KN/m ²		4.58KN/m ²	
恒 + 活 + 0.6 负风	2.00KN/m ²		2.41KN/m ²	
恒 + 0.7 活 + 正风	3.09KN/m ²		4.13KN/m ²	
恒 + 0.7 活 + 负风	0.74KN/m ²		0.64KN/m ²	
荷载组合极值	3.42KN/m ²		4.58KN/m ²	

(表一)



(图四)

由左页表可知，荷载组合作用标准值为： $W_{KW}=3.415 \cdot Kpa$ ；组合作用设计值为： $W_{KW}=4.581 \cdot Kpa$ 。

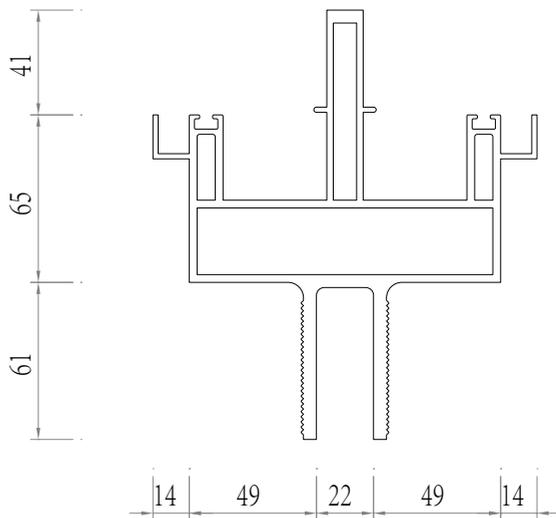
由于钢梁同时需兼顾排水设计，因此其造型设置成枝桠状（图五），经验算，该钢梁水平荷载作用下的弯矩为 $1.11KN \cdot m$ ，横梁抗弯强度达 $150MPa$ 。

幕墙龙骨在计算时同时考虑了采光顶部清洗维护等上人集中活荷载的情况。

除了计算面板与龙骨等主要材料的结构安全性之外，还应对压块集中力作用下的应力计算；单个螺钉的抗拉、抗剪以及机构胶的宽度厚度进行仔细验算，为以上辅材的选择提供依据。

4.3、采光顶的防渗漏措施

普通的采光顶，对于雨水的侵袭并不持续，且在

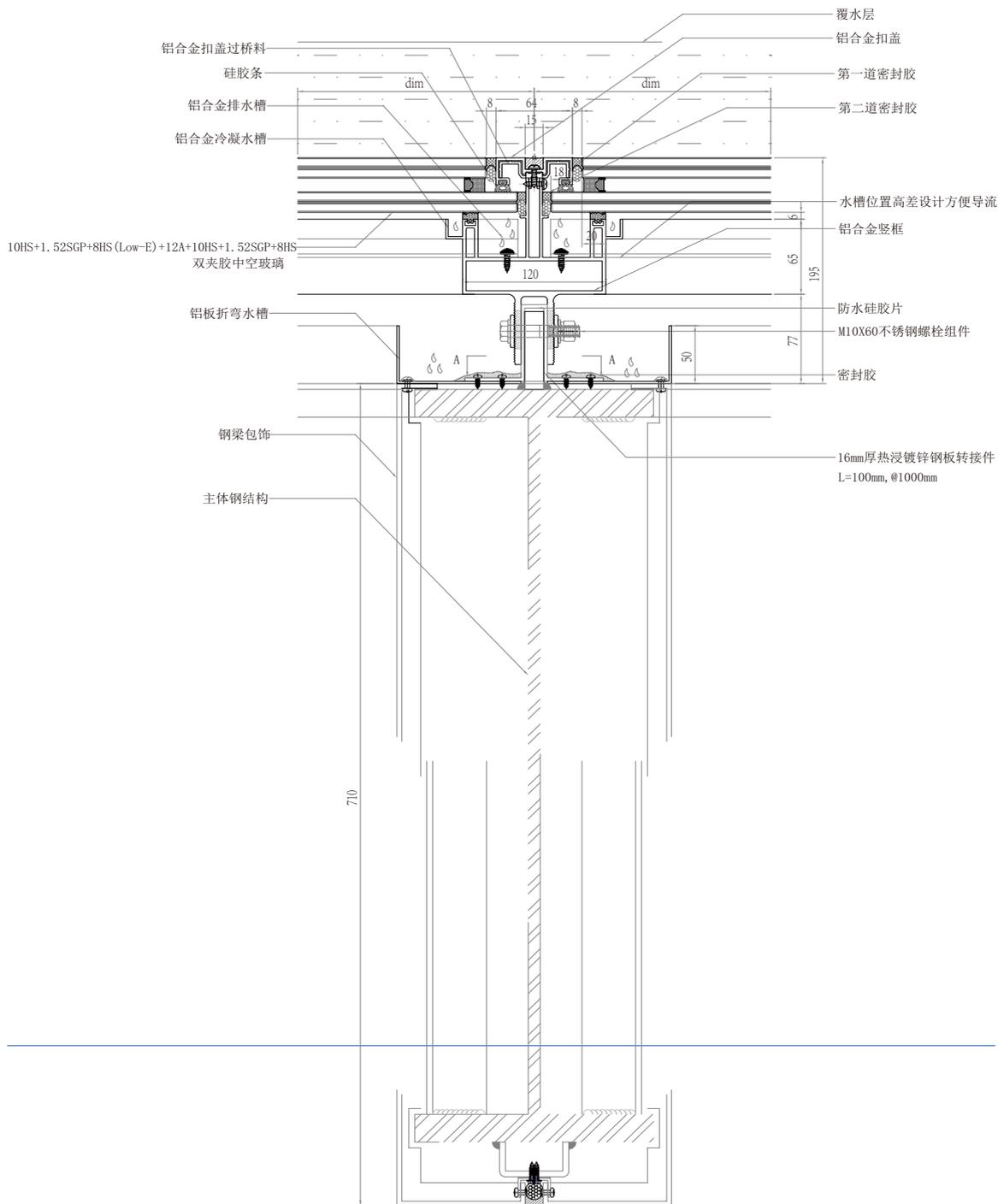


(图五)

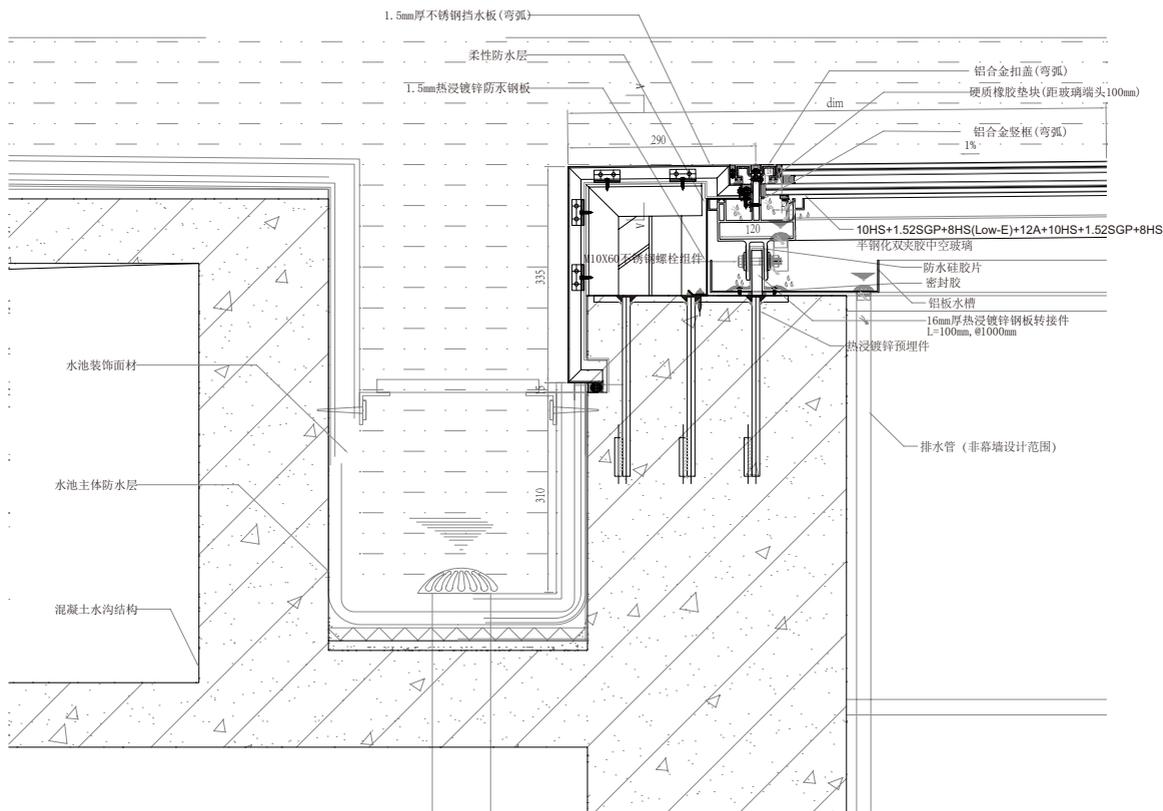
自身排水坡的作用下水势呈动态流动，不易长时间在某个点积压，即使有漏水点也不至于存在太大的压力差导致大量渗漏，也不易由于水压将小型漏水点扩大，覆水采光顶的积水是长期而持续施压的，所以它最大的隐患为渗漏问题，一旦出现渗漏，即使是非常微小

的点，也会在持续不断的水压作用下进一步扩大，在节点设计时应充分考虑各个漏水点的处理以及在后续施工过程中可能产生的疏忽。

本工程的防水采用“疏堵结合、多道密封、有序引导”的原则。（图六）



(图六)



(图八) 祝斌 制图

作者简介:



章一峰

9年幕墙行业工作经验,精通各类建筑业态幕墙方案设计,具有专业幕墙咨询设计背景。代表项目:绍兴金帝银泰城、鄂尔多斯华研CBD、上虞永铭大厦、德清金银岛酒店、海南博鳌金湾酒店、驻马店艾克建国酒店、慈溪公牛大厦、岱山海中洲酒店、滨江城市之星等三十余项大型项目,拥有授权专利三项。



张光智

从事门窗幕墙行业11年,精通各类建筑业态幕墙设计。代表项目:长春国际会展中心幕墙工程、新世界财富中心、中骏·财富广场、上海张江中区B-1-12地块研发楼幕墙工程。



王健娇

从事幕墙设计7年,对不同类型、不同体型的幕墙设计有较充分的了解。代表项目:杭州国大城市广场、宁波鄞奉片区东部启动区2-12、2-13、2-14、2-15#地块、宁波廉政教育基本、宁波检察院物业技术用房。



程智鑫

浙江共济幕墙有限公司设计部经理,从事幕墙设计工作八年,擅长单元式幕墙设计,多项工程荣获鲁班奖及国优奖。曾主持完成项目:中铁二十局咸阳医院,上海长风二期,北京雁栖湖会都(核心岛),郑州金水万达文华酒店,北京奥体5#地,天津万达索菲特酒店,内蒙古广播影视中心等幕墙工程。



连成晓

从事幕墙、轻钢结构设计5年,对钢结构体系、幕墙结构体系设计较有心得。代表项目:杭州电力调度中心轻钢结构设计、嘉善平湖市民中心轻钢结构设计、杭州音乐学院轻钢结构设计、上海长风地块二期幕墙设计。



欧阳本文

11年幕墙行业工作经验,精通各类建筑业态幕墙设计,具有专业幕墙咨询设计背景。代表项目:浙商财富中心、浙商银行、杭州印、烟台财富中心、上海农工商大酒店、成都环达通购物中心、天狮生命医学研究中心、杭州师范大学仓前新校区等大型项目,拥有发明专利三项。





热烈庆祝 方大集团股份有限公司 成立25周年

☆ 1991.12.28 — 2016.12.28 ☆



方大建科
高端幕墙的精品供应商

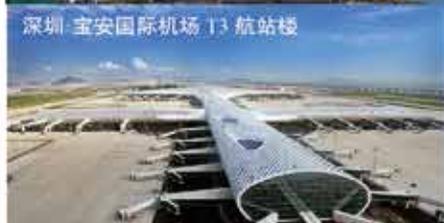
深圳·方大城



南昌·万达茂



深圳·深圳湾体育中心



深圳·宝安国际机场 T3 航站楼



深圳·当代艺术馆与城市规划展览馆

方大集团研发生产基地 (部分)



成都基地



东莞松山湖基地



北京基地



南昌基地



官方微信



官方微博

深圳市南山区科技园南十二路方达大厦 19 楼

电话: 0755-26788572 转 8017 (前台) · 0755-23187575

网址: <http://mq.fangda.com>

传真: 0755-26782893/0755-26993124

非线性曲面铝板幕墙安装系统创新

文 / 山东天元装饰工程有限公司 徐永法、刘建林



1、工程概况

临沂高新区软件园一期外幕墙装饰工程，位于临沂市高新区双月园路与兴隆路交汇处，紧邻龙湖公园。工程建筑面积 71500 m²，建筑占地面积 22000 m²。工程依托南涑河的自然景观，以水景为特色，结合周边较完善的配套服务设施，打造具有超现代感，与周围环境融为一体且功能完善的高科技产业园区。工程呈扇形展开，上部整体为异形曲面结构、结构造型独特、新颖；设地下一层，上部共有 1# 楼、2# 楼、3# 楼 3 栋单体组成，3 栋单体在 2 层通过连廊进行连接，形



成一个整体。

本工程非线性曲面铝板幕墙主要分布于建筑物层间檐口位置，非线性曲面铝板样式包含了扇形平台板、扇形吊顶板以及由锥台面、切线面等多种曲面构成的侧面板。非线性曲面铝板幕墙作为本工程特色幕墙系统之一，对于整个工程的造型走势、外观效果起着至关重要的作用。面对铝板三维造型复杂、形状多种多样，尺寸规格繁多等难题下，如何保证铝板在安装过程中不会产生变形，同时消除龙骨、结构等各种误差成为本工程的重难点。



图 1.1 临沂高新区软件园外效果图

2、提出方案

2.1. 方案提出依据

传统铝板固定做法相对简单，铝板在厂家加工完成后，铝板四周加上加强肋，在加强肋边缘打上角码，现场龙骨事先加工并安装好，面板到现场，直接把面板对应相应龙骨用自攻钉固定，然后再塞上泡沫棒，

打硅酮耐候密封胶，最后塞上扣条。本做法施工工艺简单，对工人技能要求较低，但对龙骨加工、安装精度要求极高，要求龙骨与面板缝隙一一对应，一旦龙骨加工、安装过程出现误差，将对后续面板安装造成很大影响。因此，如何避免面板直接与龙骨接触，增加可调节性来消除龙骨误差成为问题的关键所在。

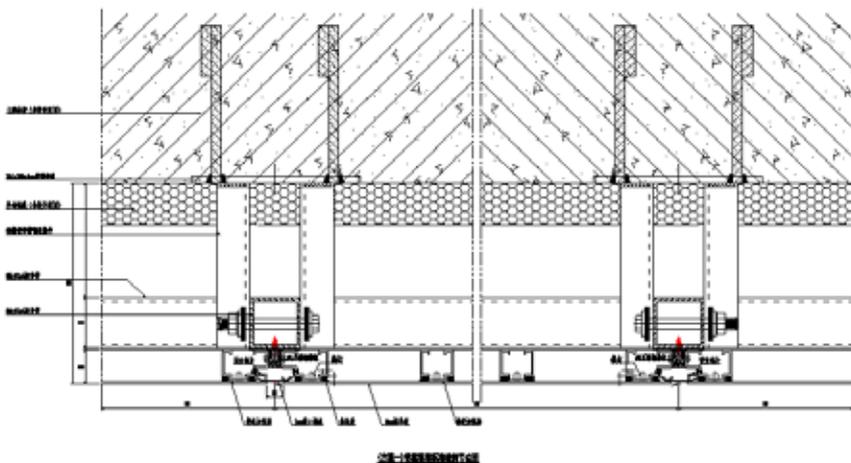


图 2.1 铝板固定做法节点

2.2. 提出方案

针对该难点，我团队经过几番深入探讨对比、利弊分析，归纳出三种可供选择的方案。

方案一：T型转换件+螺钉固定系统

本方案的T型转换件一端与幕墙龙骨采用抱箍栓接固定，通过松紧抱箍两边螺栓可以实现顺龙骨方向调节，T型转换件与抱箍固定位置通过开长圆孔来实现进出位调节，T型转换件前端可以实现左右方向调

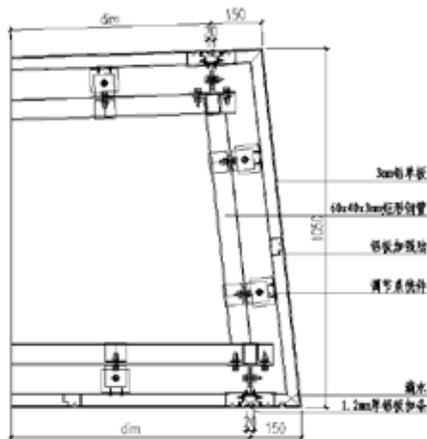
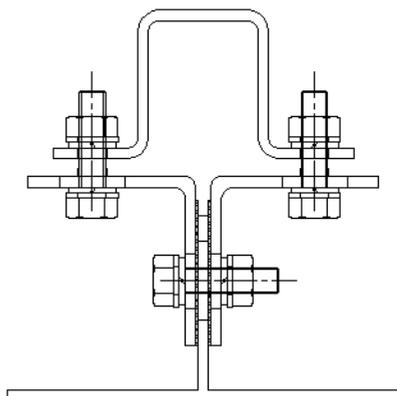


图 2.2 (方案一) 铝板幕墙节点图与调节件示意图

节，从而保证面板胶缝位置，铝板面板采用螺钉固定，再依次通过打硅酮耐候密封胶、压扣条等程序完成非线性曲面铝板幕墙安装工作。

特点：本方案施工工艺简便，但是胶缝大小不易控制，容易产生密封胶浪费，可调节范围较小。安装操作可实现三维调节，但调节程序稍显复杂，无形中降低了安装效率，较难保证施工工期。



方案二：铝板转换件+压块固定系统

本方案的铝板转换件一端与幕墙龙骨采用抱箍固定，通过松紧抱箍两边的螺栓可以实现顺龙骨方向调节以及龙骨进出位调节，前端的铝合金型材与调节螺栓通过栓接固定，可以对龙骨的左右偏差进行调节，保证面板胶缝位置，铝板面板采用压块固定，再通过

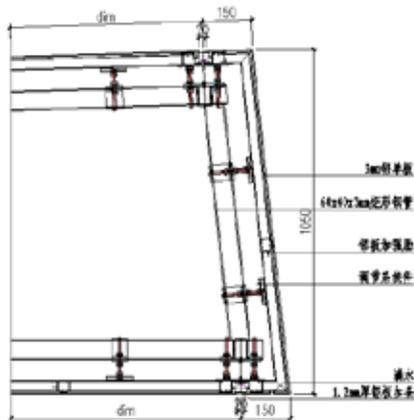
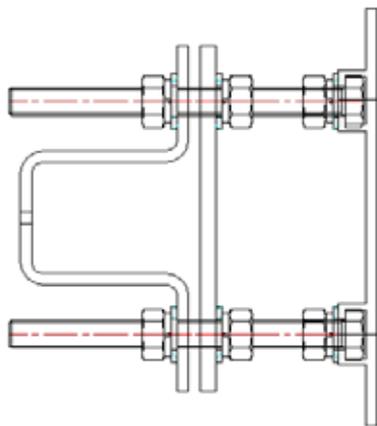


图 2.3 (方案二) 铝板幕墙节点图与调节件示意图

压扣条等程序完成非线性曲面铝板幕墙安装工作。

特点：本方案通过压块固定铝板，施工工艺合理，但施工要求严格，否则可能会引起漏水现象。安装操作灵活可实现三维调节，提升了安装效率，可以保证施工工期要求，但铝板转换件用量大且需定制，费用相对较高。



方案三：钢板转换件 + 螺钉固定系统

本方案的钢板转换件一端与幕墙龙骨采用抱箍固定，通过松紧抱箍两边的螺栓可以实现顺龙骨方向调节以及龙骨进出位调节，前端的固定钢板与调节螺栓通过焊接固定，固定钢板可以对龙骨的左右偏差进行调节，保证面板胶缝位置，铝板面板采用螺钉固定，再通过塞泡沫棒、打硅酮耐候密封胶、塞扣条压扣条

等程序完成非线性曲面铝板幕墙安装工作。

特点：本方案通过钢板转换件与调节螺栓直接焊接，将部分工作提前缩短实际安装用工，有利于保证按时完成，不使用定制铝板转换件，降低了工程造价。同时也具备三维灵活调节特性，最大限度的保证了安装完成效果。

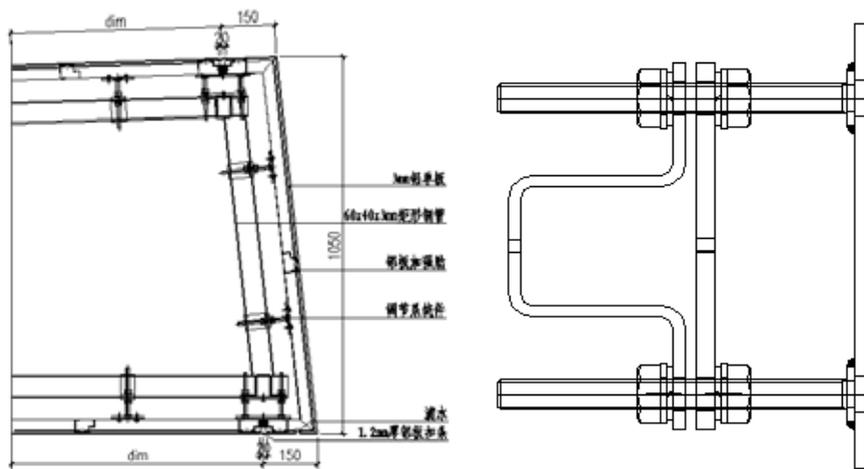


图 2.4 (方案三) 铝板幕墙节点图与调节件示意图

3、方案评估及选定

针对最终形成的三种优选方案进行了逐个深入分析评估，为了便于对比，绘制方案因素分析对比评价表。

表 3.1 方案因素分析对比评价表

项目	方案一：T 型转换件 + 螺钉固定	方案二：铝板转换件 + 压块固定	方案三：钢板转换件 + 螺钉固定
技术特点	施工工艺简便，但是拼缝大小不易控制，容易产生密封胶浪费，可调节范围较小。可实现面板调节，但调节程序稍显复杂，无形中降低了安装效率，较难保证施工工期要求。	通过压块固定铝板，施工工艺合理，但施工要求严格，否则可能会引起漏水现象。安装操作灵活，可实现面板调节，提升了安装效率，基本可以保证施工工期要求，但铝板转换件用量大且需定制，费用相对较高。	钢板转换件与调节螺栓直接焊接，将部分工作提前，减少实际安装用工，有利于保证按时完成，通过焊接，降低了工程造价。同时也具备三维的灵活调节特性，最大限度的保证了安装完成效果。
外观效果	满足	满足	满足
经济合理	每 10 m ² 铝板所需费用 1. 人工费用约： $12 \times 200 \text{ 元} / \text{日} = 2400 \text{ 元}$ 2. 面板成本约： 2850 元 3. 龙骨成本约： 750 元 4. 调节件成本约： 220 元 4. 其余成本约： 1250 元 总成本约： $2400+2850+750+220+1250$ $=7470 \text{ 元}$	每 10 m ² 铝板所需费用 1. 人工费用约： $10 \times 200 \text{ 元} / \text{日} = 2000 \text{ 元}$ 2. 面板成本约： 2850 元 3. 龙骨成本约： 750 元 4. 调节件成本约： 200 元 5. 其余成本约： 1550 元 总成本约： $2000+2850+750+200+1550$ $=7350 \text{ 元}$	每 10 m ² 铝板所需费用 1. 人工费用约： $9 \times 200 \text{ 元} / \text{日} = 1800 \text{ 元}$ 2. 面板成本约： 2850 元 3. 龙骨成本约： 750 元 4. 调节件成本约： 150 元 5. 其余成本约： 1650 元 总成本约： $1800+2850+750+150+1650$ $=7200 \text{ 元}$

安全实用	一般	较好	好
安装效率	每组 3 人，每组每天安装 30 m ² ； 若每天 10 个小组安装，25000 m ² ， 铝板安装需要工期 84 天	每组 3 人，每组每天安装 37 m ² ； 若每天 10 个小组安装，25000 m ² ， 铝板安装需要工期 68 天	每组 3 人，每组每天安装 42 m ² ； 若每天 10 个小组安装，25000 m ² ， 铝板安装需要工期 60 天
结论	不采用	不采用	采用

通过从技术特点、外观效果、经济合理、技能要求、安全适用等方面综合分析比较，并结合现场结构特征、资源配备等因素，最终选定第三种方案为最佳实施方案。

5、控制要点

针对选定的方案及制定的工艺流程情况多次深入分析，最终确定方案实施过程中以下五项为主要施工控制要点，并确定了与其相适应的解决方案、控制目标和具体措施。



图 4.1 施工工艺流程

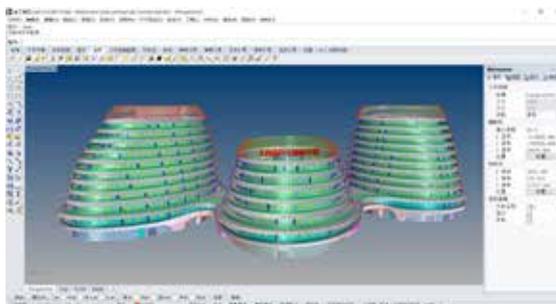


图 5.1 BIM 施工深化模型

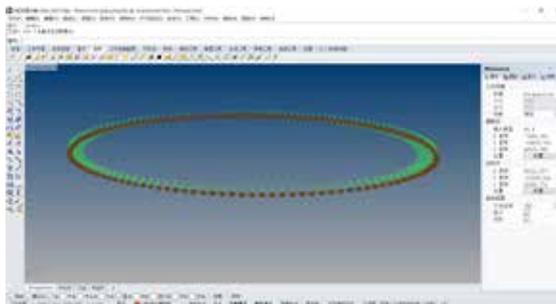


图 5.2 龙骨加工尺寸下料模型

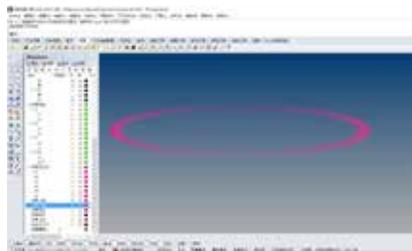


图 5.3 龙骨定位尺寸模型

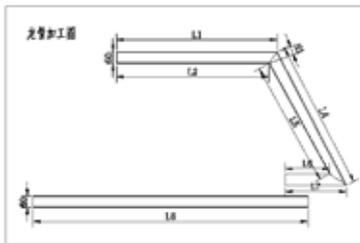


图 5.4 龙骨加工图

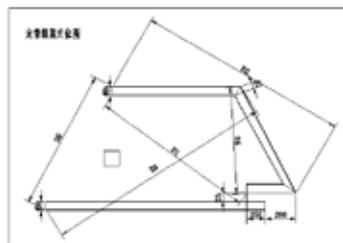


图 5.5 龙骨组装定位图

表 5.1 控制要点一览表

序号	控制要点	对 策	具体措施	控制目标
1	理论计算选择龙骨型号	采用有限元软件进行理论计算	1、龙骨荷载计算 2、龙骨三维建模力学计算	保证结构安全 避免采用统一龙骨型号 合理控制成本
2	全站仪测量放线	利用全站仪全程跟踪取点放线	1、制定测量方案，并通过公司及监理单位审批。 2、采用全站仪测量放线，转换坐标系与所创建模型一致 3、现场所有点位标记清晰，作为后续控制基准点	1. 确保施工模型与结构模型不会碰撞冲突 2. 精准定位，控制误差在 $\pm 1\text{mm}$ ，一次合格率 $\geq 97\%$
3	龙骨下料加工安装、调节件安装	1. 利用三维软件精确提取每一根龙骨的加工尺寸 2. 技术人员、下料人员、加工人员、安装人员全程沟通，做好技术交底工作	1、提取龙骨加工尺寸，定期进行抽样校核 2、严格把控加工质量，定期检查 3、严格依照现场基准控制点进行龙骨安装 4、随机对安装龙骨进行抽样检查、及时发现问题纠正 5. 安装调节件，安装数量依据实际情况而定	1. 确保每根龙骨与三维模型 98% 吻合 2. 实现龙骨批量下料、批量加工 3. 调节件按设计要求安装在龙骨上，龙骨误差控制在 5mm 以内
4	面板提料与加工	1. 利用 BIM 对模型进行优化 2、利用三维模型进行面板下料，提取所有加工尺寸 3、跟踪铝板加工，随机抽样检查，严格进场验收	1、三维提料后，现场多次校核，再通过样板安装，验算提料精确度。 2、材料下单、面板生产、板材进场严格按区域划分 3、注意成品保护，尽量避免面板变形，保证其顺滑度与平整度	1. 利用 BIM 对模型进行优化 2. 利用三维模型进行面板下料，提取所有加工尺寸 3. 跟踪铝板加工，随机抽样检查，严把进场验收
5	面板安装	1、测量人员事先找出面板安装控制点，做好标记 2、安装面板严格依据控制点安装	1、龙骨安装完成后，技术人员提取面板安装控制点，由测量人员现场放点标记 2、依据面板编号与控制点进行面板安装	1. 保证面板安装位置与三维模型 98% 吻合 2. 保证面板安装精度，控制误差在 3mm 以内

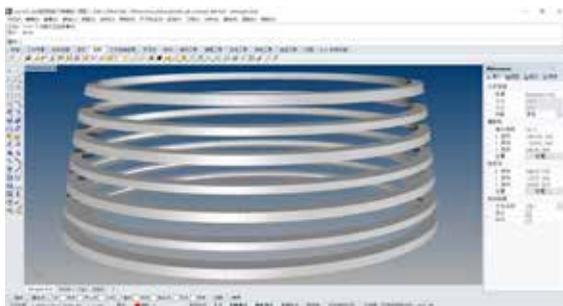


图 5.6 铝板下单三维模型

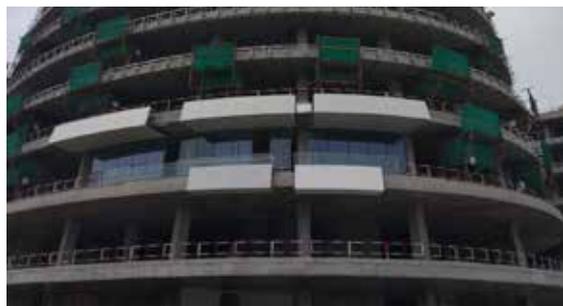


图 5.9 现场样板安装照片

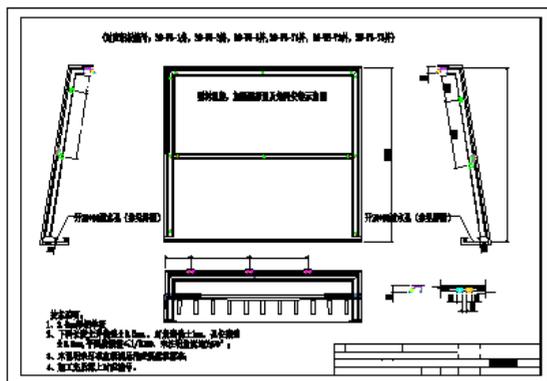


图 5.7 铝板加工图 01

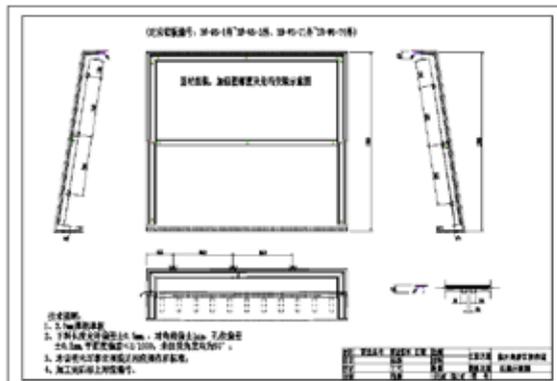


图 5.8 铝板加工图 02

6、工程总结

经过设计团队及项目部全体员工的共同努力，临沂高新区软件园一期工程铝板幕墙得以顺利实施，在创新性地解决了设计、施工难题的同时提升了设计水平和施工效率，保证了建筑立意效果和工程工期，提高了企业信誉，为企业树立了良好的社会形象。



图 6.1 临沂高新区软件园工程实景照片

作者简介：



徐永法

现于山东天元装饰工程有限公司装饰设计二院，幕墙设计师、BIM工程师，主要从事幕墙工艺设计与BIM提料，对各种幕墙新材料、新工艺和节点构造都有独特见解，先后参与过多项著名幕墙工程的设计。



刘建林

现任山东天元装饰工程有限公司设计二院院长，一级注册建造师、高级幕墙设计师、BIM工程师，致力于建筑幕墙设计施工、新工艺、新材料的应用及BIM综合技术研究，已拥有多项国家专利，所主持设计的项目多次被评选为“全国建筑装饰奖”、“鲁班奖”等国家知名奖项。



YASHA亚厦幕墙

亚厦·选择完美

YASHA ALL FOR PERFECTION

加冕建筑魅力 引领品质生活

ENHANCING ARCHITECTURE CHARM LEADING QUALITY LIFE

浙江亚厦幕墙有限公司是一家专业从事建筑幕墙、铝合金门窗、钢结构施工及设计的企业，
注册资金 15800 万元，于 2010 年与浙江亚厦装饰股份有限公司整体上市（亚厦股份，股票代码：002375）。

公司经过多年发展，现具有建筑幕墙工程专业承包壹级、建筑幕墙工程设计专项甲级、
金属门窗工程专业承包壹级、钢结构工程专业承包贰级、钢结构工程专业设计乙级资质，
并已通过质量、环境、职业健康三合一体系认证。

公司已连续多年获得全国建筑幕墙百强企业第三，
并先后获得鲁班奖、詹天佑奖、金石奖、浙江省优秀建筑装饰工程奖、
全国优秀建筑幕墙工程奖、中国建筑装饰优秀设计奖等百余奖项及荣誉称号。



地址：杭州市望江东路 299 号冠盛大厦

电话：0571-89880888

传真：0571-89880899



◎ 富丽国际金融中心



◎ SK 上海区总部大厦



◎ 山东青岛国际航运中心大厦



◎ 浙江温州置信广场

WWW.CHINAYASHA.COM

浅谈 BIM 信息化技术在幕墙工程中的应用

文 / 深圳市三鑫科技发展有限公司 苏礼泽

【摘要】：随着建筑设计理念与方法的不断创新，在机械设计领域应用已久的 BIM 思想也逐渐的引入到建筑设计领域，在这样的背景下，为了设计需要，作为建筑外衣设计的建筑幕墙设计当然也不能缺席。本文将标准框架玻璃幕墙工程为载体，通过 Revit 及 Navisworks 等常用 BIM 平台软件来阐述 BIM 信息化技术在建筑幕墙设计和施工管理中的应用。

【关键词】：BIM 模型、信息化技术、Revit、Navisworks、Inventor

1、引言

其实在很久以前，BIM 思想就已经在机械设计领域被广泛应用，只不过机械设计领域的这种设计思想不是以 BIM 来命名，通俗的说，在机械设计领域称之为参数化设计方法。在飞机、船舶、汽车等设计制造过程中使用的都是参数化设计方法，这里的参数，大体来说可以分为两个方面，一方面是机械构件的自身参数，包括长短，薄厚等，另一方面是构件的附加属性，包括材质，生产批号等。在机械设计过程中以这些参数为基础，构建机械模型。而当这种设计思想被引入到建筑设计领域后，被称之为建筑信息模型，英文全称为 Building Information Modeling，简称 BIM。与机械设计不同，BIM 是以建筑工程项目的各项相关信息数据作为模型的基础，进行建筑模型的建立，通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息。对于幕墙工程来说，这里的建筑信息就是各构件的尺寸，材质，生产厂家等。以这些建筑信息为基础数据，用 BIM 软件来建立附带幕墙所有信息的 BIM 仿真模型，然后以仿真模型为载体，进行建筑幕墙的设计与施工管理，真正实现幕墙工程的信息化，从而充分体现 BIM 信息化技术在幕墙工程中的应用。

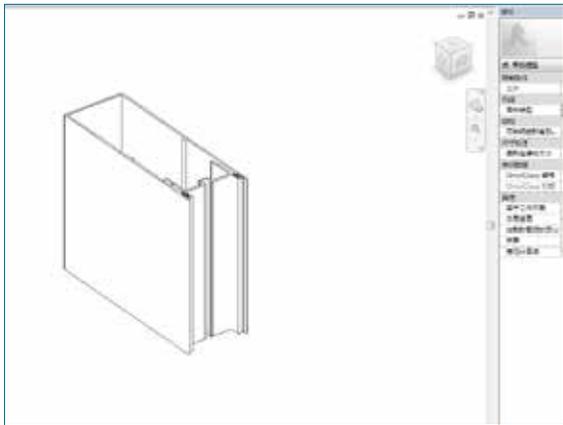
2、BIM 信息化技术在建筑幕墙设计中的运用

使用 BIM 思想来进行幕墙设计，就是用三维的方式来处理设计问题。BIM 在幕墙设计中的应用主要体现在两方面，一方面是通过 REVIT 等 BIM 软件平台建立附带幕墙构件参数及属性的 BIM 仿真模型，一方面是以完成的 BIM 模型为基础创建幕墙二维施工图。

2.1 幕墙 BIM 模型的建立。在 BIM 模型建立初期，首先要做的就是准备整理建立 BIM 模型所需的基础数据和参数，以优化后的幕墙系统图为依据，整理型材及胶条等的开模图，将这些截面图中的线条及倒角在不影响外观的情况下进行一定的优化，以方便 REVIT 软件的后期使用。除了这些基础工作，还要整理收集与建筑幕墙相关的各种参数和数据，包括型材名称、线密度、表面处理方式、长度、生产厂家、成本等，玻璃的颜色，长宽，成本等及其它各材料的相关参数与属性，以便在建立幕墙 BIM 模型的时候输入建筑幕墙信息，从而建立真正意义上的建筑信息模型，而不是单纯的像 CAD 中建立的不附带任何信息的三维模型。当这些准备工作做好以后，就可以使用 REVIT 软件平台开始 BIM 模型的建立工作了。



我们每天都在使用手机，并且也很关心手机的硬件组成和各硬件的品牌，比如说某个手机使用的是高通的处理器，三千毫安的电池。一个完整的手机是由一个个小硬件组装而成的，所以要组装一个手机，首先要做的是制造出每一个小硬件。用 BIM 软件建立幕墙 BIM 模型的原理和组装一个手机的原理一样的，我们首先要做的就是用 REVIT 软件建立出每一个单独的幕墙构件，比如单独的立柱、玻璃面板、石材面板、埋件、插芯、螺栓等，这里的每一个单独构件在 BIM 软件中称之为族，族是一个附带了幕墙构件各种参数和属性的单个三维模型。在使用 REVIT 软件建立 BIM 族文件的时候，输入之前准备好的幕墙构件规格、颜色、成本等模型信息，将所有的幕墙构件制作成幕墙 BIM 构件族以后，把这些族文件收集在一起形成一个幕墙构件族文件库。



幕墙构件族

幕墙是建筑的外围护结构，是悬挂在主体结构上的，所以，要建立幕墙 BIM 模型，先要有一个主体结构的 BIM 模型做为依据，主体结构的 BIM 模型一般由建筑设计院 BIM 团队设计，提供给幕墙设计单位，有了这个主体结构 BIM 模型以后，我们就可以像施工队在现场安装建筑幕墙一样，通过 BIM 软件平台在电脑里模拟安装建筑幕墙了。如果是框架式幕墙我们可以直接使用已经建立好的幕墙构件族开始模拟拼装幕墙，如果是单元式幕墙，我们还可以先将各个构件族组装成一个单元板块族，这种族叫做嵌套族，就像手机里的处理器又是好多个小器件组成的一样。在确保每一个单元板块嵌套族都组装正确无误后，再将一个单元板块模拟悬挂在 BIM 主体结构上，建立整体的建筑幕墙 BIM 模型。简而言之，就是使用个体，组装整体，是一个由局部到整体的建立过程。



幕墙嵌套族

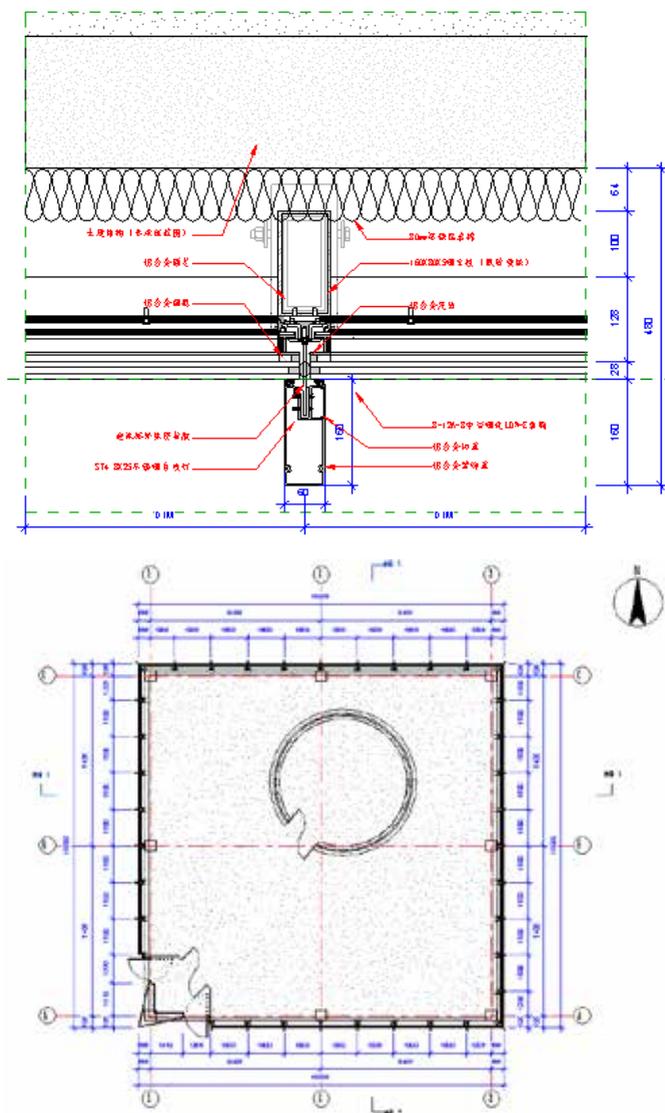
任何设计都是一个在交互中不断修改完善的过程，在幕墙 BIM 模型的创建过程中，建筑，结构，机电等其它专业的 BIM 模型可能会发生一些修改，包括我们幕墙专业也可能要做某一方面修改，在传统的二维幕墙设计方法中，我们设计的时候可能不会及时知悉其它专业的变更修改，一般都是图纸设计完成后，提交给设计院后才能知悉上述变更和要求，从而造成图纸后续修改量较大，而在通过 BIM 软件平台建立幕墙模型的时候，我们可以时刻通过 BIM 交互平台获取最新的建筑、结构、机电等其他专业的 BIM 模型，将幕墙 BIM 模型与建筑、结构、机电等其他专业的 BIM 模型通过 Revit 或 Navisworks 等 BIM 软件进行多专业综合碰撞检查，发现问题后，统计出冲突点与碰撞量，制作出碰撞统计表，提交到 BIM 交互平台，通过 BIM 交互平台与建筑、结构等其他专业协调修改其他专业的 BIM 模型。协调结束后，获取最新的建筑、结构等其他专业的 BIM 模型，再次将幕墙专业 BIM 模型与结构等其他专业的 BIM 模型进行综合碰撞检查，不断交互检查，不断修改完善，直到所有碰撞和冲突都解决后，最终完成 BIM 幕墙模型的建立。然后将完成后的最终 BIM 模型提交给 BIM 顾问，经业主、管理公司和 BIM 顾问确认后便可依此 BIM 模型指导后续现场幕墙施工。



建立好的 BIM 幕墙模型

2.2 以幕墙 BIM 模型为基础创建幕墙二维施工图。传统的幕墙施工图设计，主要是绘制用于指导幕墙施工的二维工程图，包括但不限于立面图、平面图、剖面图、大样图、节点图、埋件图，三维装配图等现场施工用图，立面图就是建筑物的某一个方向的正视图，比如我们拿照相机，正对着某一个幕墙外立面拍一张照片，就得到一张立面视图一样。当我们已经有了建筑幕墙的 BIM 模型以后，REVIT 软件可以通过关联的方式生成幕墙工程的各个方向的立面图，并且由于立面图与 BIM 模型是关联在一起的，当 BIM 模型有修改以后，相应方向的立面图也会随着模型一起修改。平面图、剖面图和埋件图都是截面类型的视图，就好比 we 拿刀切西瓜后会出现一个圆形图形一样，在已

经有 BIM 幕墙模型的前提下，BIM 平台软件会自动沿着我们指定的位置生成 BIM 模型的横剖面 and 竖剖面，从而生成幕墙工程的平面图、剖面图和埋件图，和生成的立面图一样，平面图和剖面图也是和 BIM 模型关联在一起的，可以实现模型与二维图之间的联动。实现改一处而动全身的关联效果。有了立面和平面等图后，REVIT 提供了局部取图的方式创建大样图和节点图。在某些情况下，为了便于施工，我们可能还需要一些三维装配图协助现场施工，BIM 模型的自身特点决定了创建这类三维图纸也会变的简单快捷。二维图纸生成以后，再使用 REVIT 自身提供的文字和尺寸标注功能完成图纸标注，加入图框，就完成了用于指导施工的二维图纸。

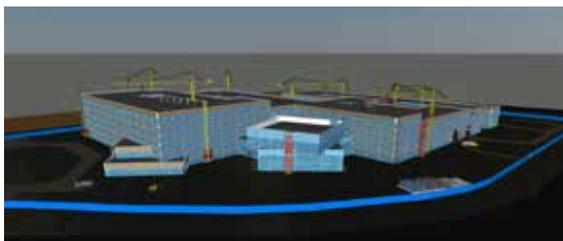


与 BIM 模型相关联的二维深化节点图

3、BIM 信息化技术在建筑幕墙施工管理中的运用

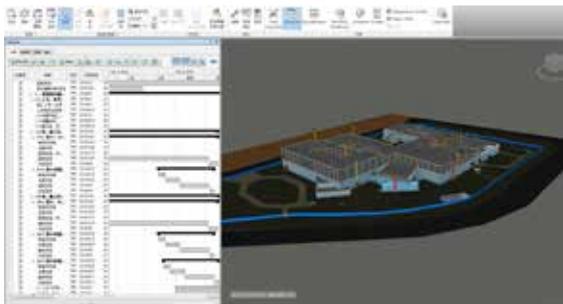
BIM 模型附带了丰富而全面的建筑幕墙信息，从而为建筑幕墙施工管理提供了很多便利。BIM 在幕墙施工管理中的应用主要体现在以下几个方面，包括但不限于模拟施工方案、施工过程的管理与实时漫游、BIM 模型直接指导现场施工、统计幕墙工程量、制作材料采购单、绘制幕墙构件加工图、碰撞与冲突的检查等。

3.1 施工方案及过程的模拟。BIM 模型包含了与幕墙相关的所有建筑模型信息，使用 BIM 信息化管理软件 Nevisworks 可以将整个幕墙施工过程在电脑上进行全面的模拟，可以模拟幕墙的施工时间、施工位置、施工顺序、材料的运输和堆放方式等，在模拟的过程中可以发现很多真正施工的时候才能发现的问题，提前解决这些问题，做到防患于未然。



幕墙工程施工现场模拟

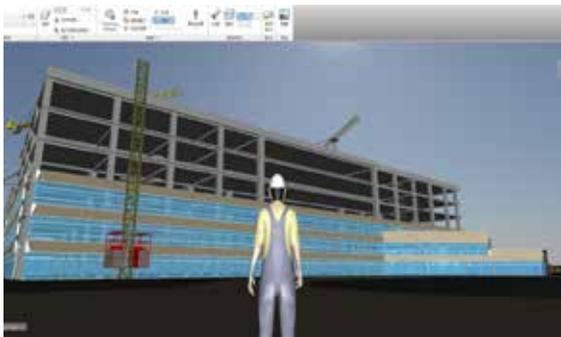
可以使用 BIM 软件进行一系列施工进度模拟，比如在 Nevisworks 软件中直接创建与 BIM 模型关联的施工进度横道表，从而将幕墙的施工顺序和施工日期与虚拟模型相匹配，形成可视化的施工进度模拟，以达到优化施工进度，缩短施工工期的效果。在使用 BIM 软件进行施工进度模拟的同时，将模拟进度与现场进度进行对比以直观地反映进度偏差，依据进度偏差制定相应的进度调整措施，为提高幕墙工程整体进度管控能力提供了有力保障。



幕墙工程施工进度模拟

3.2 幕墙加工及安装流程的模拟。借助于 BIM 信息模型，通过 Nevisworks 的动画制作功能，可以制作一些用于指导现场施工的幕墙拼装方案和幕墙加工组装流程，将这些动画以技术交底的方式发给加工厂和工地，不仅使工人易于学习和接受，也在很大程度上提高了幕墙的加工和安装质量。比如单元板块的组装流程可以在已经有 BIM 模型的情况下，用动画的方式直接的体现出来，相较于传统的技术交底，理解难度大大降低。

3.3 可视化表现与实时漫游。可以借助 BIM 模型和 Navisworks 软件，对整个建筑幕墙进行全方位的身临其境的 3D 漫游，随时感受建筑幕墙整体效果及内外细部效果。BIM 模型还可以借助 3d Max 进行建筑效果的表现，通过适当的角度渲染建筑幕墙效果，可以让业主和设计院在幕墙还没有施工完成的时候就对建筑幕墙的最终造型和外观有更加感性和直观的认识。



3D 室外漫游图



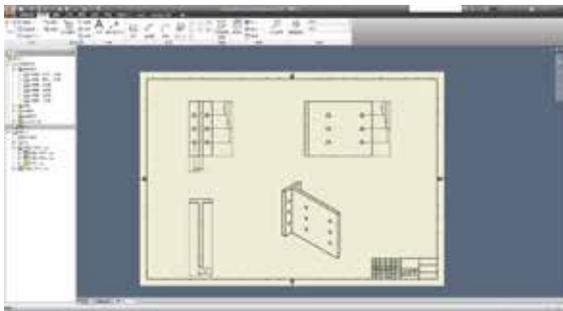
3D 室内漫游图

3.4 将 BIM 模型带到施工现场，指导现场幕墙的施工。可以将 BIM 模型导入到 IPAD 等手持设备中，施工现场的技术人员可随时随地查看 BIM 模型，并对模型信息进行读取。以模型信息为指导依据，指导现场施工。并且将模型和现场进行对比，实现控制施工工艺和施工进度的要求。

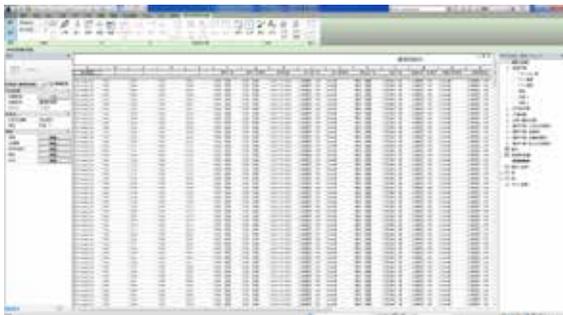


BIM 模型指导现场施工

3.5 以 BIM 模型为依据, 通过 BIM 软件统计工程量, 制作原材料及器械采购单, 构件加工单等。可以将已经建立好的 BIM 幕墙构件族导入到 BIM 软件 Inventor 中创建详细的构建加工图, 用于幕墙构件的加工, 还可以用它制作动画, 直观详细的表现构件加工和组装的过程。还可以在 REVIT 中直接通过 BIM 模型生成幕墙各种材料的明细表, 然后对所有的材料明细表进行汇总, 从而计算出幕墙工程项目的准确工程量, 比如玻璃面板的数量及面积、不锈钢构件的数量及规格、铝合金龙骨的种类及数量以及螺钉的种类和用量等, 最后分种类分批次的输出工程量清单, 以备采购和加工使用。



Inventor 绘制加工图



BIM 材料统计表

3.6 通过 BIM 软件, 进行各种碰撞与冲突的检查。可以使用 BIM 软件 Revit 或 Navisworks 的三维碰撞检

查功能, 依据事先规定的 Navisworks 碰撞规则, 得到幕墙工程中所有的碰撞对象之间的检测结果, 比如幕墙构件自身之间的碰撞、幕墙构件与主体结构之间的碰撞、幕墙构件与机电设备之间的碰撞等。碰撞检查完成后, 通过 REVIT 生成碰撞表, 将这些碰撞表及时反馈给建筑、结构等其它专业的设计师。各个专业之间相互协调, 通过修改图纸和设计方案, 逐个排除碰撞点, 从而为幕墙工程的后续施工扫清潜在障碍, 从而大大缩短工程工期。

碰撞对象	碰撞类型	碰撞位置	碰撞数量	碰撞状态
幕墙玻璃面板	碰撞	幕墙玻璃面板与主体结构	1	碰撞
幕墙玻璃面板	碰撞	幕墙玻璃面板与机电设备	1	碰撞
幕墙玻璃面板	碰撞	幕墙玻璃面板与幕墙构件	1	碰撞
幕墙玻璃面板	碰撞	幕墙玻璃面板与幕墙构件	1	碰撞
幕墙玻璃面板	碰撞	幕墙玻璃面板与幕墙构件	1	碰撞
幕墙玻璃面板	碰撞	幕墙玻璃面板与幕墙构件	1	碰撞
幕墙玻璃面板	碰撞	幕墙玻璃面板与幕墙构件	1	碰撞
幕墙玻璃面板	碰撞	幕墙玻璃面板与幕墙构件	1	碰撞
幕墙玻璃面板	碰撞	幕墙玻璃面板与幕墙构件	1	碰撞
幕墙玻璃面板	碰撞	幕墙玻璃面板与幕墙构件	1	碰撞

碰撞检查报告

4、结语

BIM 信息化技术在建筑幕墙设计领域的应用越来越广泛, 国家和地区各方面的标准和规范也在不断制定和出台中。建筑幕墙设计将借助 BIM 手段, 实现幕墙设计从二维到三维的逐步转换, 这不仅提高了设计质量, 也大大提高了设计效率。使用 BIM 信息化技术, 可以大大提高幕墙公司的管理水平和管理效率, 降低工程成本, 节约工程的施工工期, 实现幕墙工程的信息化管理。随着我国幕墙行业对信息化管理的要求不断提高, 业主对建筑外观质量的要求越来越高, BIM 信息化技术将在幕墙行业中不断发展, 成为幕墙设计思想的主流。

作者简介:



苏礼泽

毕业于西南大学, 深圳市三鑫科技发展有限公司北京分公司技术骨干, 主要研究方向为 BIM 在建筑幕墙设计与施工中的应用。

玻璃栏板设计的常见问题及解决方案



文 / 谢得亮

【摘要】：近五年来，在深圳地区幕墙及外装饰工程的施工图强制性审查过程中，发现较多的玻璃栏板设计不符合规范要求，出现安全隐患。现针对玻璃栏板施工图设计与规范要求不相符等常见问题，进行分析，并提出相应的解决方案。

【关键词】：临空、可踏部位、玻璃栏板高度、人体荷载、夹胶钢化玻璃

一、概述

玻璃栏板是护栏的一种形式，其外型美观、新颖，属于建筑的外围护结构，经常被用于民用建筑和工业建筑中，尤其广泛应用于民用建筑的公共建筑和居住建筑。

与玻璃栏板有关的规范主要有：《民用建筑设计通则》GB50352-2005、《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012、《建筑玻璃应用技术规程》JGJ113-2015、《建筑用玻璃与金属护栏》JG/T342-2012、《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145-2013、《住宅设计规范》GB50096-2011，等。

二、玻璃栏板设计常见的问题

(一)、计算书常见问题

1、玻璃栏板风荷载局部体型系数取 1.3 或 1.2，不符合《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012 的要求。

《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012 的第 8.3.3 条抄摘如下：“计算围护构件及其连接的风荷载时，可按下列规定采用局部体型系数 μ_{sl} ：

1)、封闭式矩形平面房屋的墙面及屋面可按表 8.3.3 的规定采用；

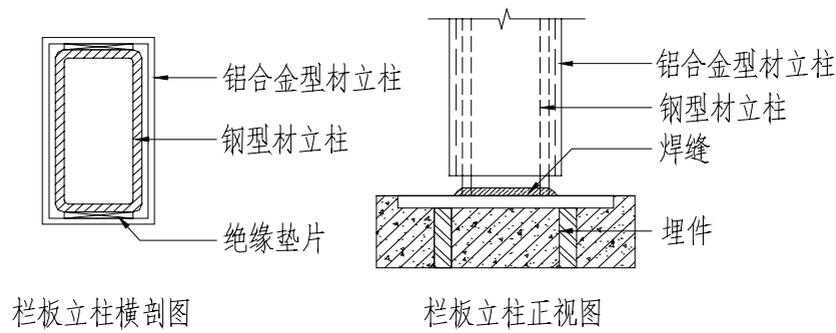
2)、檐口、雨篷、遮阳板、边棱处的装饰条等突出构件，取 -2.0；

3)、其他房屋和构筑物可按本规范第 8.3.1 条规定体型系数的 1.25 取值。”

以上第 1 项、第 2 项并没有对栏板进行明确的规定，但在该规范的主要受力构件的表 8.3.1 的第 34 项（独立墙壁及围墙）的风荷载体型系数为 1.3，该参数可以参照使用。玻璃栏板作为建筑外围护构件，其风荷载局部体型系数 μ_{sl} 可取 $1.3 \times 1.25 = 1.625$ 。

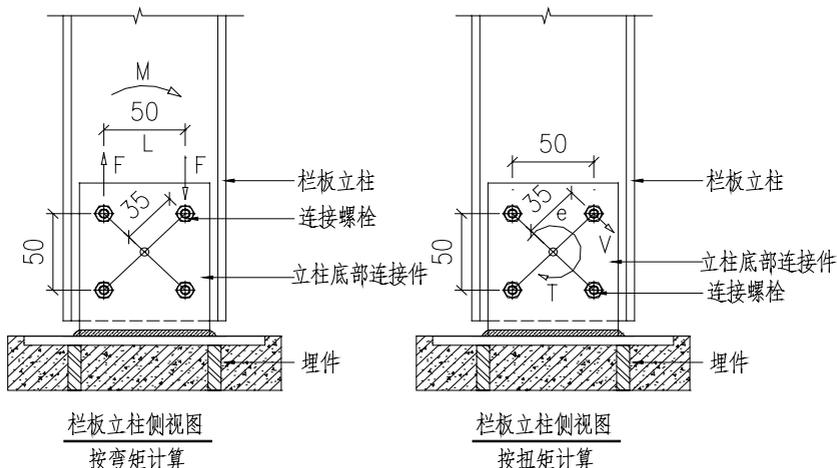
2、铝合金型材立柱的内腔加衬钢型材，在栏板立柱根部校核时，把铝合金型和钢型材一起计算的做法是错误的。

外露的钢材因为锈蚀，造成不安全和不好看，从而，铝合金型材成为玻璃栏板立柱的较好的选择之一。栏板立柱根部必须生根于预埋钢件或后埋钢件上，焊接是主要的连接形式，但铝合金型材并不适合于这类焊接。通常的做法是在铝合金型材立柱的内腔加衬钢型材，钢型材与埋件焊接。如下图所示：



因而，栏板立柱根部的受力计算，只能取加衬的钢型材进行校核。

3、栏板立柱根部校核时，把弯矩当成扭矩计算的做法是错误的。连接如下图所示：



假设栏板根部弯矩 $M=3.5\text{kN}\cdot\text{m}$ ，分别按照弯矩和扭矩进行计算，结果是不同的。

1)、按照弯矩计算，则可以求出一个螺栓在弯矩作用下的剪切力

$$F = M/L/2=3.5 \times 1000000/50/2=35000(\text{N})=35(\text{kN})$$

2)、按照扭矩计算，则可以求出一个螺栓在扭矩作用下的剪切力

$$V = T/e/4=3.5 \times 1000000/35/4=25000(\text{N})=25(\text{kN})$$

栏板立柱为悬臂构件，由水平荷载作用，对立柱根部产生的是弯矩，不是扭矩。校核螺栓群时，按照扭矩计算是错误的，不安全的。

4、栏板顶部活荷载取值错误或计算漏项。

《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012 的第 5.5.2 强制性条文抄摘如下：“楼梯、看台、阳台和上人屋面等的栏杆活荷载标准值，不应小于下列规定：

1)、住宅、宿舍、办公楼、旅馆、医院、托儿所、幼儿园，栏杆顶部的水平荷载应取 1.0kN/m ；

2)、学校、食堂、剧场、电影院、车站、礼堂、展览馆或体育场，栏杆顶部的水平荷载应取 1.0kN/m 。竖向荷载应取 1.2kN/m ，水平荷载与竖向荷载应分别考虑。”

在计算栏板扶手应力的时候，经常有直接用水平荷载标准值 1.0kN/m 进行校核的，这是错误的，应考虑活荷载的分项系数 1.4。

在学校、食堂、剧场、电影院、车站、礼堂、展览馆或体育场的栏杆校核中，经常有漏掉竖向荷载作用的校核。此处的竖向荷载标准值必须考虑活荷载的分项系数 1.4。栏板扶手的水平荷载和竖向荷载应分别考虑。

玻璃栏板的玻璃有风荷载作用，扶手有活荷载

作用，深圳地区的风荷载较大，可以将扶手的活荷载作为第 2 个可变荷载考虑，按照《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012 的 3.2.3 条的 (3.2.3-1) 公式

$$S_d = \sum_{j=1}^n \gamma_{Gj} S_{Gjk} + \gamma_{Q1} \gamma_{L1} S_{Q1k} + \sum_{j=2}^n \gamma_{Qj} \gamma_{Lj} \psi_{cj} S_{Qjk} \text{ ”进行校核。}$$

应注意，《中小学建筑设计规范》GB50099-2011 的 8.1.6 强制性条文“上人屋面、外廊、楼梯、平台、阳台等临空部位必须设防护栏杆，防护栏杆必须牢固，安全，高度不应低于 1.10m 。防护栏杆最薄弱处承受的最小水平推力应不小于 1.5kN/m 。”其规定比《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012 的第 5.5.2 强制性条文有更严格之处，应按严格条款执行。

(二)、可踏部位的相关问题

1、《民用建筑设计通则》GB50352-2005 的第 6.6.3 强制性条文“阳台、外廊、室内回廊、内天井、上人屋面及室外楼梯等临空处应设置防护栏杆。应符合下列规定：

1)、栏杆应以坚固、耐久的材料制作，共能承受荷载规范规定的水平荷载；

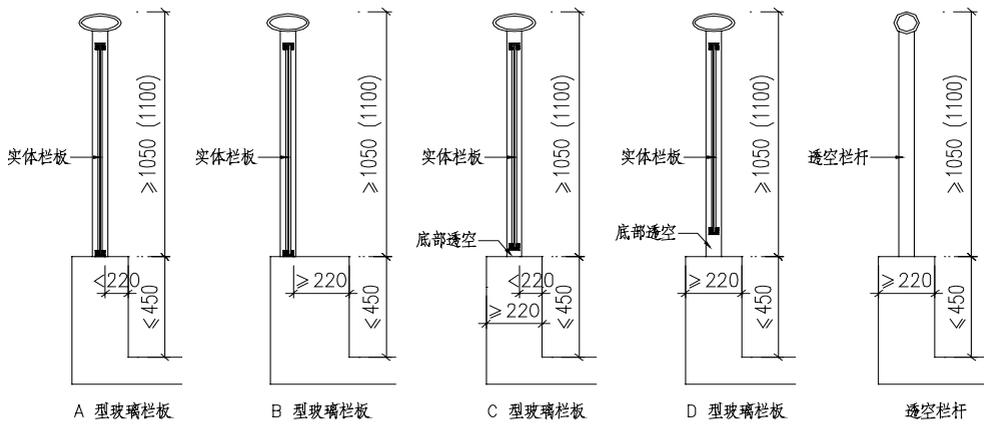
2)、临空高度在 24m 以下时，栏杆高度不应低于 1.05m ；临空高度在 24m 以下时，栏杆高度不应低于 1.05m ；临空高度在 24m 及 24m 以上（包括中空层住宅）时，栏杆高度不应低于 1.10m 。

注：栏杆高度应从楼地面或屋面至栏杆扶手顶部垂直高度计算，如底部有宽度大于或等于 0.22m ，且高度低于或等于 0.45m 的可踏部位，应从可踏部位顶部起计算。”

在栏杆（包括栏板）的设计中，存在不同的情况：

①、对于反坎或女儿墙高度大于 0.45m 的，毫无疑问，反坎顶面或女儿墙顶面都不属于可踏部位。

②、对于反坎或女儿墙高度低于或等于 0.45m 的，反坎顶面或女儿墙顶面栏杆（包括栏板）有如下类型：



以上各类型的栏板、栏杆中，A型、B型、C型、D型均为实体型玻璃栏板，从该规范的第6.6.3强制性条文及其条文解释可知，其中：

①、A型玻璃栏板的玻璃直接落地，反坎或女儿墙顶面玻璃内侧的进出位宽度小于0.22m，不属于可踏部位；

②、B型玻璃栏板的玻璃直接落地，反坎或女儿墙顶面玻璃内侧的进出位宽度大于或等于0.22m，属于可踏部位；

③、C型玻璃栏板的玻璃底部镂空，但镂空较小，脚难以插进，玻璃栏板反坎或女儿墙顶面玻璃内侧的进出位宽度小于0.22m，不属于可踏部位；

④、D型玻璃栏板的玻璃底部镂空，镂空高度较大，脚可以较容易插入，玻璃栏板反坎或女儿墙顶面玻璃内侧的进出位宽度大于或等于0.22m，属于可踏部位；

⑤、镂空栏杆底部的反坎顶面或女儿墙顶面宽度大于或等于0.22m，属于可踏部位。

从规范条文可知，栏板（栏杆）底部或内侧属于可踏部位的，其高度从可踏部位起算；栏板（栏杆）底部或内侧属于不可踏部位的，其高度从楼地面起算。

2、《建筑用玻璃与金属护栏》JG/T342-2012的A.1.1条的可踏面定义为，可踏面应符合《民用建筑设计通则》GB50352的规定，对于反坎或女儿墙高度低于或等于0.45m的，扶手内侧平台宽度大于65mm时（即扶手内侧边缘的向下垂直投影线至平台内侧的

距离），其平台应视为可踏面。此条比《民用建筑设计通则》GB50352的规定增加了必要的内容。

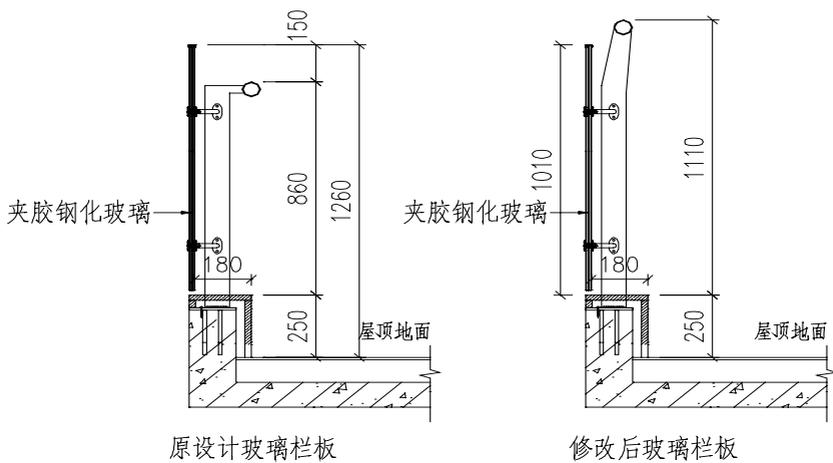
3、《住宅设计规范》GB50096-2011的5.6.3条：阳台栏板或栏杆净高，六层及六层以下的不应低于1.05m，七层及七层以上的不应低于1.10m。该条文采用了“净高”的表达，可以理解为：不管是垂直于栏板踩踏还是平行于栏板踩踏，阳台反坎只要人的脚能踩踏上去，就按可踏部位考虑。

在深圳地区的玻璃栏板，不管是居住建筑，还是公共建筑，建筑工程质量监督检查站一般都是按照住宅栏板的“净高”概念进行验收的。

应注意，《中小学建筑设计规范》GB50099-2011的8.1.6强制性条文摘抄“上人屋面、外廊、楼梯、平台、阳台等临空部位必须设防护栏杆，高度不应低于1.10m。另外，《托儿所、幼儿园建筑设计规范》JGJ39-87的第8.7.4条规定：阳台屋顶平台的护栏高度不应小于1.20m。因中小学、托儿所、幼儿园的人体高度相对低小，会直接撞击到玻璃，因而玻璃栏板不应用于中小学、托儿所、幼儿园等场所。

（三）、栏板顶部的高度怎么算

在玻璃栏板施工图设计中，玻璃栏板的高度如何确定，成了建筑师、幕墙设计师及审图人员不容易搞清楚的问题。如何判定玻璃栏板的高度是否符合规范要求？下面举一个例子：某商业中心离地约30m高的可上人屋面临空位置的玻璃栏板，原设计玻璃栏板图如下：



该处栏板位于现分析如下：

1)、可踏部位的判断：该栏板底部玻璃内侧的进出位宽度小于0.22m，不属于可踏部位；

2)、《建筑用金属与玻璃护栏》JG/T342-2012的第3.4条的玻璃栏板高度的定义为：扶手上表面至立柱底部或底座中心位置的垂直距离。

则该玻璃栏板的扶手顶面至屋顶地面的垂直距离为 $250+860=1110\text{mm}$ ，该栏板高度符合《民用建筑设计通则》GB50352-2005的规定。

但在深圳地区的玻璃栏板，不管是居住建筑，还是公共建筑，建筑工程质量监督检查站一般都是参照住宅栏板的“净高”的概念进行验收的，不管是垂直于栏板踩踏还是平行于栏板踩踏，阳台反坎只要人的脚能踩上去，就按可踏部位考虑。对原设计的玻璃栏板进行修改，把扶手的顶面高度调整，如修改后的玻璃栏板图。

（四）、《建筑玻璃应用技术规程》的执行

《建筑玻璃应用技术规程》JGJ113-2015的条文部分抄摘内容：第7.2.6条，室外栏板玻璃应符合第7.2.5条的规定。

第7.2.5之1条内容抄摘如下：栏板设有立柱和扶手，栏板玻璃作为镶嵌面板安装在护栏系统中，栏板玻璃应使用符合本规程表7.1.1-1规定的夹胶玻璃。

第7.2.5之2条内容抄摘如下：玻璃栏板固定在结构上且直接承受人体荷载的护栏系统，其栏板玻璃应符合如下规定：

1)、当栏板玻璃最低点离一侧楼地面高度不大于5m时，应使用公称厚度不小于16.76mm钢化夹胶玻璃。

2)、当栏板玻璃最低点离一侧楼地面高度大于5m时，不得使用此类护栏系统。

从第7.2.5条及其条文解释可知，上述的人体荷载是指直接作用在栏板玻璃上的人体背靠、俯靠和手的推、拉等荷载。直接承受人体荷载的护栏系统，一般应理解为没有设置立柱和扶手，只有玻璃的栏板系统。

在广东省个别沿海城市，施工图第三方强制性审查单位把住宅阳台的带立柱、扶手的玻璃栏板也作了严格的限制，其认为住宅属于少年儿童的活动场所，少年儿童个子不高，可以直接冲击玻璃，在栏板玻璃最低点离一侧楼地面高度大于5m时，不得使用直接承受人体荷载的护栏系统，即不得使用没有设置立柱、扶手的玻璃栏板，也不能使用有设置立柱、扶手的玻璃栏板，除非设置竖向杆件，且间距不大于0.11m。

有少年儿童活动的住宅，文化娱乐建筑、商业服务建筑、体育建筑、园林景观等允许少年儿童进入活动的场所，也有少年儿童活动，过度严格的审查会严重制约建筑的发展，在深圳地区，并没有像上述的个别城市那么严格限制玻璃栏板的使用，深圳地区的建

筑师非常喜欢采用玻璃栏板作为外围护结构。在施工图强制性审查中，在有少年儿童活动的场所（托儿所、幼儿园、中小学及少年儿童专用场所除外），一侧楼地面高度大于5m时的玻璃栏板，应按规范规定设置立柱及扶手，一般要求按照可以承受人体荷载的玻璃配置执行，即要求使用公称厚度不小于16.76mm钢化夹胶玻璃。当玻璃厚度小于以上要求时，则宜增加防人体撞击的验算，撞击荷载可参照《上海市建筑幕墙工程技术规范》DGJ08-56-2012的4.3.5条规定执行，冲击力标准取1.2kN，冲击系数取1.5，荷载分项系数取1.4，冲击荷载垂直作用在玻璃板块的正中间。参照《建筑用玻璃与金属护栏》JG/T342-2012的6.3.3条软重物0.45kN和硬重物1.04kN撞击要求，考虑少年儿童的冲击力较成年人小，且人体介于软物和硬物之间，其冲击力标准值可适当折减，建议取0.60kN。

（五）、后埋件问题

栏板立柱一般为悬臂构件，即悬挑于根部预埋件或后埋件上，一般情况下，预埋件的设计不会有较大的问题。由于临空反坎的高度和厚度一般尺寸较小，混凝土浇注质量也难有保障，后埋件的设计较容易出现问題。现罗列如下：

1、混凝土强度未能达到规范的要求。《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145-2013的3.1.3条：后锚固的基材混凝土强度不应低于C20。

2、后埋件采用位移控制式膨胀锚栓，该类膨胀螺栓利用扳手旋拧，膨胀锚螺的芯杆向外拔，芯杆四周的铁皮胀开与混凝土孔摩擦从而达到受力的要求。《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145-2013的表4.1.1-2中：位移控制式锚栓不适用于承受拉力的状况。玻璃栏板立柱根部承受弯矩，弯矩对锚栓产生拉力，因而玻璃栏板立柱后埋件不适用位移控制式膨胀锚栓。

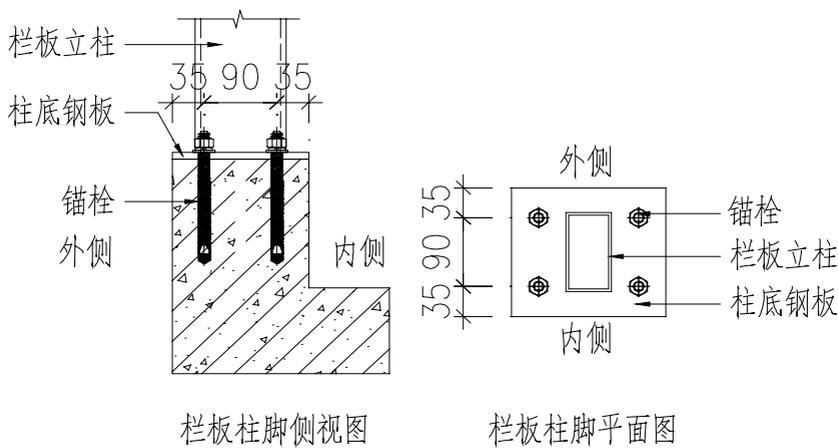
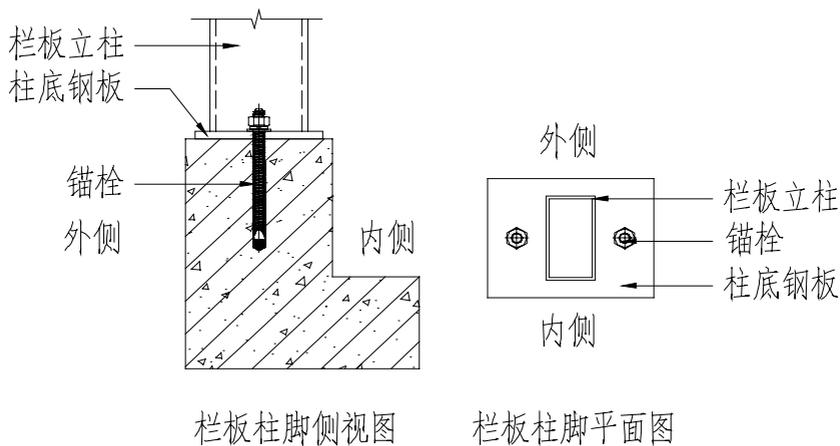
3、后埋件受力模型不成立。栏板立柱一般为悬臂构件，即立柱的根部应为固接，对立柱根部的锚固要求较高。举如下例子（见右图）：

上述例子中，栏板外侧和内侧的位于进出位的同一直线上，是典型的铰接支座，而栏板立柱为悬臂构件，要求支座为固接支座，力学计算模型不成立。

4、反坎厚度过小，后埋件设计不合理，也难以满足受力要求。举如下例子（见右图）：

上述例子中，假设锚栓直径为10mm，锚固深度为80mm，存在问题有：

1)、锚栓过于靠外侧和内侧，此类锚栓一般使用冲击钻钻孔，冲击力较大，容易使混凝土崩掉。

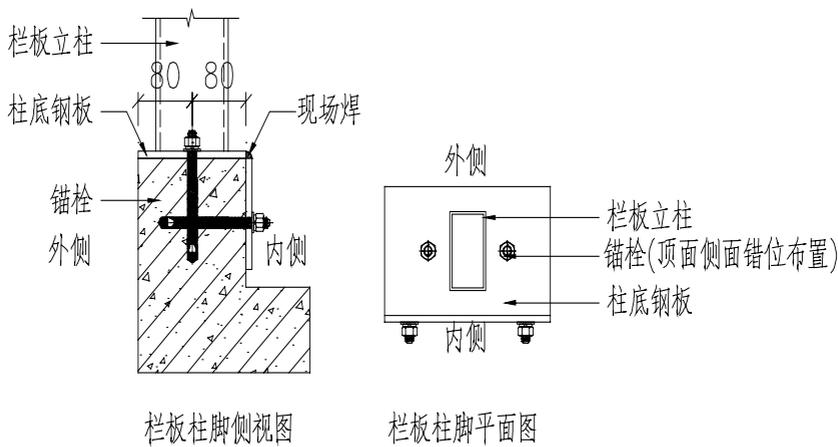


2)、锚栓过于靠外侧和内侧, 钻孔的位置一般有钢筋, 不能钻孔, 锚栓无法锚固。

3)、锚栓过于靠外侧和内侧, 锚栓承受拉力和剪力, 不符合《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145-

2013 的 4.3.6 之 1 条、之 2 条的锚栓至结构边距的规定: 小于 $10h_e$ 或 $60d$, 其中 h_e 为锚栓有效锚固深度, d 为锚杆的公称直径。

现对以上锚固做法进行修改, 修改后做法如下:



(六)、其他细部连接问题

玻璃栏板的一些细部，如处理不好，容易成为破坏的诱导因素。举如下例子：

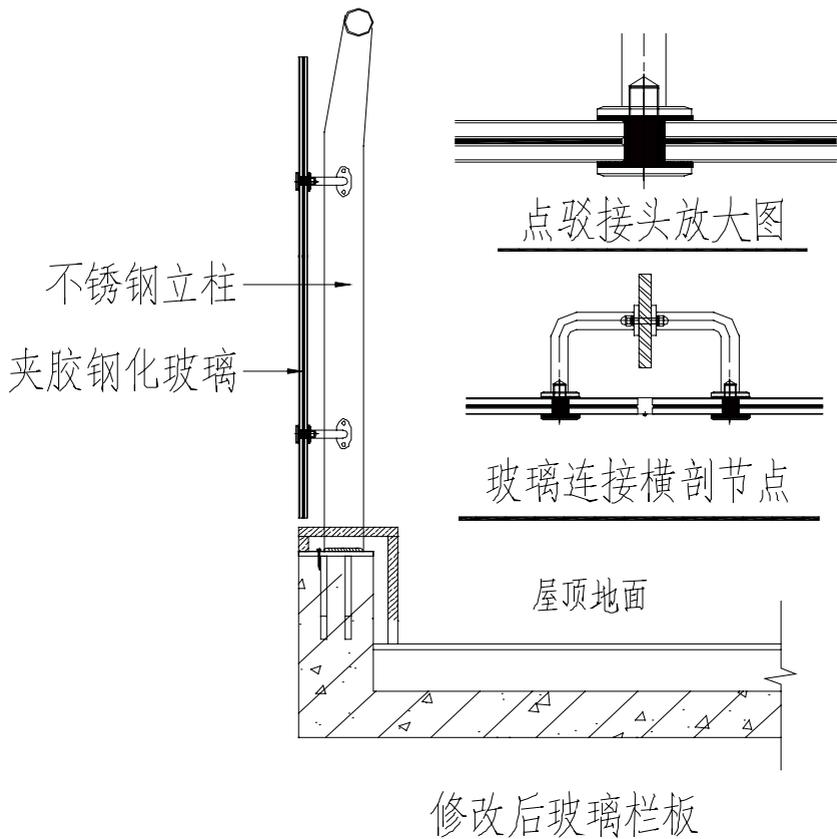
以上例子中，其细节存在问题如下：

- 1)、玻璃为夹胶钢化玻璃，基顶边没有保护，在室外环境，时间长了，玻璃夹胶层容易开胶开裂。
- 2)、此类点驳接头不能转动，对安装精度要求较高，在加工或安装中如有误差，强行安装，容易产

生初始缺陷，进而容易导致破坏。且驳接头与玻璃前后面间的间隙较小，难以满足玻璃平面外变形的要求。

建议改进：

- 1)、在玻璃顶边采用铝合金或不锈钢 U 槽护边；
- 2)、采用可转动的点式驳接头连接玻璃；
- 3)、取消点驳接连接方式，采用对边入槽或四边入槽的方式固定玻璃。



三、小结

玻璃栏板的设计，牵涉到较多的规范，要考虑建筑、机械、结构、力学计算等诸多方面的因素，其根本的出发点就是安全。本文从玻璃栏板施工图强制性审查及咨询的角度，提出相关问题，指出适用规范的相关条文，应考虑的相关因素及构造措施，确保玻璃栏板的安全。 

作者简介：



谢得亮

中国建筑装饰协会幕墙专家，深圳市土木建筑学会幕墙专家，深圳幕墙施工图审查专家，被深圳多家施工图强审机构聘请为幕墙顾问。审查了深圳平安金融中心、华润总部大厦等 500 多个幕墙项目，主持了广州花都万达、安信金融大厦等 80 多个幕墙项目的技术咨询工作。



苏尔寿 MIXPAC™ 胶枪

轻便、稳定、耐用！

Innovation in Application



苏尔寿Mixpac是瑞士苏尔寿集团旗下的一家分公司，总部位于瑞士哈格。苏尔寿Mixpac是混合、施胶及单组份、双组份材料配比领域的技术领导者。为了保证我们客户能得到快捷的产品供应和支持，苏尔寿Mixpac在美国，英国，丹麦及中国设立了子公司。

苏尔寿Mixpac丹麦，自1922年，专注于设计和生产单组份、双组份，手动、气动、电动胶枪。超过200款产品，可提供定制化服务。其轻便、稳定、耐用等优势，已成为众多胶粘剂行业领导者的合作伙伴！

SULZER

苏尔寿混合系统Mixpac · 中国
上海市闵行区北斗路68号 邮编: 200245
电话: +86 21 6430 68 68
传真: +86 21 6430 66 88
mixpac@sulzer.com
www.sulzer.com

山东雄狮建筑装饰工程有限公司

山东雄狮建筑装饰工程有限公司创建于上个世纪八十年代，是集建筑幕墙、建筑装饰工程设计、加工制造、施工安装于一体的大型专业公司。拥有建筑幕墙、建筑装饰、金属门窗施工一级资质和建筑幕墙、建筑装饰甲级设计资质证书，拥有境外工程承包经营资格证书。是全国“守合同、重信用”企业、银行AAA级信用企业和全国优秀施工企业，是中国建筑幕墙“五十强”企业，是目前成长最快、实力最强和最具有国际竞争优势的专业公司之一。

伴随着中国建筑装饰业同时起步，雄狮公司在建筑幕墙、建筑装饰亲历发展与创新等各个阶段，一直以高标准规范自己，先后参与了首部玻璃幕墙行业标准的编写工作，并荣获建设部科技进步三等奖。雄狮先后同世界著名幕墙公司美国英科劳斯公司和世界五百强埃及奥拉斯科姆电信集团及埃比幕墙公司开展技术合作和交流，联合设计和公关，消化吸收国际领先水平的设计理念，成功开发节能环保幕墙和节能高效铝合金门窗等系列产品，并打入欧美等高端市场，先后承接了朝鲜柳京大厦、刚果（布）玛雅机场、刚果（布）石油公司办公楼、多哥洛美机场、哥伦比亚大学等海外项目。

中国建筑幕墙 **50** 强企业



地址：山东省滕州市经济开发区腾飞西路699号
电话：0632-5886000 传真：0632-5683066

网址：www.sdxszs.net
邮箱：sdxszs@vip.163.com



BEST CASE STUDY

欢迎订阅 《幕墙设计》

全年订阅价：240 元 每期定价：40 元（含顺丰快递费）

您有两种途径可以订阅

- 1、填写订阅单（复印放大均有效）并发送至邮箱：muqiangsheji@yeah.net
- 2、扫描二维码或关注微信订阅号“幕墙世界 Weekly”（muqiangzhoukan）在线提交订阅信息

请于订阅单提交后三日内付款

- 1、银行转账（汇款）账号信息：

开户银行：招商银行北京甘家口支行
 账户名：北京星传信科技发展有限公司
 账号：86 0983 4403 10001

- 2、微信支付账号：mqsjzz（如银行汇款不方便，可添加此微信账号进行付款）

注：杂志每双月月底寄出，如当期杂志未收到，请于次月月底前联系我们，过期则无法查询，感谢您的配合！

订阅热线：010-83531521 网 址：www.cncwe.net

亲爱的读者！

白云之巅——“寻找中国幕墙之最”活动，经过数月的努力，共收集到182个有效作品，经过数轮专家评审，我们已对首批90个项目进行了公示（详情可登陆幕墙工程网 www.cncwe.net 或杂志官方微信公众号查阅）。

为了纪念“寻找中国幕墙之最”活动的首次成功开展，主办方特别精心设计了一枚徽章，徽章主材质为双色合金，正背双刻，并用水晶玻璃封装。徽章成品尺寸大致为：10×10×2cm（含水晶玻璃），徽章设计效果图如下：

本次纪念徽章限量发行，有兴趣收藏的读者，请与编辑部电话（010-83531521）或微信联系。我们仅收取徽章的制作和快递成本。

《幕墙设计》读者服务部



订阅单 请填写订阅单发送邮件至杂志编辑部：muqiangsheji@yeah.net（复印放大有效）

订阅类别	<input type="checkbox"/> 单位订阅 <input type="checkbox"/> 个人订阅		订阅时间	_____年第_____期至第_____年_____期（全年共六期） 每期订阅_____份，共_____元（每期40元，全年共240元）			
姓名	性别	<input type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女	职务/岗位	电话	手机		
单位名称				地址 (邮编)			
是否需要发票	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		发票单位全称	<input type="checkbox"/> 同单位名称			
备注							
【账户信息】 开户银行：招商银行北京甘家口支行； 账户名：北京星传信科技发展有限公司； 账号：86 0983 4403 10001							



联建万千广厦 丰筑经典品质
引领建筑艺术 打造精品工程

公司简介

Company Introduction



中星联丰幕墙装饰工程有限公司（原福州联丰建筑装饰工程有限公司）是专业从事建筑幕墙工程、建筑装饰工程设计与施工的中外合资企业，成立于1995年3月，注册资本人民币10018万元，经国家住建部批准的幕墙工程专业承包壹级、建筑装饰工程专业承包壹级，包含钢结构工程及机电安装工程等资质的施工企业，并被评定为AAA级信用单位企业、全国AAA级信用施工示范单位、福建省建筑业先进企业、福建省装饰行业协会副会长单位、中国幕墙百强企业。

中星联丰心系社会责任，积极支援灾区、捐赠学校等多项义举，并将遵纪守法、依法纳税作为企业的基本责任，守信用、合法经营是中星联丰的守则，中星联丰并将继续以“联建万千广厦、丰筑经典品质”与“引领建筑艺术、打造精品工程”作为企业发展的推动力和企业文化，为广大用户提供更优质的服务，力求建设更多精品工程，为建设“美丽中国”和实现“中国梦”再作出贡献。

地址：福州市鼓楼区东大路88号建闽大厦四层

电话：0591-87898205

传真：0591-88502507

邮箱：fjianfeng@163.com

网址：www.lfjs.cc



微信扫一扫



福建凤凰山装饰工程有限公司是一家集幕墙设计与施工、装饰设计与施工、材料生产、加工、安装、售后服务为一体的中国建筑幕墙50强企业。

凤凰山装饰具有建筑幕墙工程设计与施工壹级资质，深耕国内市场十几年，已在全国各地设立分公司，形成了以福建为基地，北京、上海为技术中心，多家生产基地，业务辐射全国。凤凰山装饰完成了大批标志性精品工程，多次获得中国建筑业诸多荣誉，得到客户和行业的一致认可，公司始终坚持与时俱进、争创一流的精神理念，衷心期望与新老客户合作共赢！



代表工程：图1：北京桥苑艺舍；图2：东莞华为松山湖；图3：广东湛江君豪酒店；
图4：中共中央组织部陶然亭办公楼；图5：西安曲江影视大厦；图6：北京丽都皇冠假日大酒店



全国电话：400-699-2888

网址：<http://www.fhszs.com/>

地址：北京市丰台区总部基地16区20号楼9层



致力
打造
全球
密封胶
领袖
品牌



作为白云化工的核心驱动力，自强、自信、阳光、激情的白云人坚持创新，坚守责任，致力打造“全球密封胶领袖品牌”企业愿景，以成为您最坚实的品牌后盾、责任联盟。



廣州市白云化工实业有限公司
GUANGZHOU BAIYUN CHEMICAL INDUSTRY CO.,LTD.