

建筑幕墙工程中的深化设计及施工技术研究

杨云

上海科胜幕墙有限公司

摘要: 为了顺应时代发展、满足现代化的审美要求,建筑幕墙工程逐渐增多,俨然成为建筑工程发展的趋势。建筑幕墙作为整体工程的外围护结构,其设计效果不仅决定了建筑工程的美观性,还关乎着建筑工程的安全性,与其施工质量有着密切关联。对此,以某商业办公楼的外幕墙施工案例为出发点,就该商业办公楼幕墙工程的深化设计进行了分析,并对施工技术展开探讨,可为类似工程提供参考。

关键词: 建筑幕墙; 深化设计; 施工技术; 质量控制

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.07.095

前言

幕墙结构是当前建筑工程外围护结构的主要形式,其造型优美、立体感强,能有效提高建筑物的美观性和设计感,是现阶段建筑工程设计、施工中的重要环节。

然而,在使用过程中存在许多不稳定因素极易影响幕墙结构的稳定性,为了减少后期质量问题、保证幕墙结构的施工质量,还需重视建筑幕墙工程的深化设计工作,通过深度优化提高幕墙结构和主体建筑的协调性。在此基础上应加强建筑幕墙工程的质量管控措施,严格把控建筑幕墙工程各环节的设计、施工质量,为建筑幕墙工程的稳定运营提供可靠保障。

本文通过某商业办公楼外立面幕墙工程的实际案例,在不改变建筑师要求的外观效果情况下,从幕墙施工图深化设计、施工构造工艺可操作性方面综合考虑,对发现的问题提出有效的改进措施,使建筑效果完美呈现,幕墙工程的品质得到提升。

一、工程概况

本项目商办总建筑面积 45636m^2 ,地上11层,地下1层,局部2层,分为A/B栋,其中地上3层及以下为商业,以上为办公用房。该建筑南面沿街面及东、西侧面大面均采用玻璃幕墙、铝板幕墙装饰、石材幕墙等组合装饰(如图1),北立面大面也采用组合幕墙装饰,局部采用涂料装饰。

本工程外幕墙立面采用花岗岩石材、铝单板及中空安全节能玻璃三种面板按不同模数尺寸并依据一定规则组合的风格设计。其中花岗岩石材幕墙总面积 582m^2 (办公楼横向层间装饰),铝板幕墙总面积 16539m^2 (商业吊顶、办公造型柱),玻璃幕墙总面积 8946m^2 (裙房商业、高层办公楼)。



图1 幕墙工程效果图

石材幕墙采用 30mm 厚花岗岩干挂,宽 900mm 高 600mm ,最外边挑出主体结构墙面 200mm ;裙楼商业横向层间造型及办公楼竖向造型铝板柱采用 2.5mm 厚铝单板,柱板高 3350mm ,横向层间造型铝板外凸邻近饰面,绕建筑物周圈闭合。三层以上玻璃幕墙办公楼部位大面采用6超白(L0W-E)+12Ar+6mm超白钢化中空玻璃,玻璃空气层采用氩气;层间结构梁处玻璃背衬 2mm 厚铝单板,一至三层沿街商业裙楼采用8超白(L0W-E)+12Ar+8mm超白钢化中空玻璃,玻璃空气层采用氩气;吊顶采用 3mm 厚仿木纹铝板,阳台栏杆采用 $6+1.14\text{PVB}+6\text{mm}$ 超白钢化夹胶玻璃,原设计所有主体结构面距幕墙玻璃外表面尺寸为 240mm ,A/B栋地上11层,办公楼幕墙最高处标高为 45.35m ;商业裙楼部分最高处幕墙标高为 13.9m 。本项目案例从材料组合及成本方面考虑采用构件式幕墙做法,B栋因各种原因埋件为后置,通过在层间框架梁上布置 $200\text{mm}\times 300\text{mm}\times 10\text{mm}$ 的后置镀锌钢板向主体结构传递荷载,A栋埋件设置在主体结构框架上布置 $200\text{mm}\times 300\text{mm}\times 10\text{mm}$ 的预埋镀锌钢板向主体结构传递荷载。玻璃幕墙主龙骨采用 $70\text{mm}\times 150\text{mm}$ 的铝型材,横龙骨采用 $70\text{mm}\times 70\text{mm}$ 的铝型材;铝板幕墙主龙骨采用 $80\text{mm}\times 60\text{mm}$ 的镀锌方钢管,横龙骨采用 $50\text{mm}\times 50\text{mm}$ 的镀锌方钢管。

该项目B栋商业办公楼在幕墙单位进场前主体结构已经完工,故未在主体结构上布置预埋件,原幕墙专业设计与建筑主体设计单位非同一家,现场由于各种原因,在施工过程中发现一些图纸构造做法与现场结构有所冲突,一些工艺安装还有待改进,事后通过对本案例工程的发生问题分析和总结,重点在以下几个方面重点进行关注与把控。

二、幕墙工程设计优化的要点分析

(一) 钢角码焊接对后置埋板产生不利因素的优化

由于幕墙专业设计与主体结构设计不同步，或者是滞后于主体结构设计，且主体结构设计对于幕墙的连接方式不了解，从而造成后续幕墙设计时采用后置埋板配化学螺栓固定，通用钢角码与后置埋板焊接与竖向主龙骨固定，将幕墙荷载通过钢角码与后置埋件传递至主体结构。工艺的设计不当及在后置埋件上的电焊施工会影响化学螺栓的受力情况，从而进一步影响后置埋板的承载力，因此为了改善这一问题，可从以下几个方面进行优化：

(1) 在设计时将钢角码与后置埋件采用组合式构造，将钢角码与后置埋件设计成一体，减少在现场安装时的焊接施工。

(2) 设计自重轻且高强度的转接件与后置埋板焊接，优先考虑在加工车间完成焊接工作，成品送至现场，然后再安装化学螺栓，这样就可以避免焊接产生高温对螺栓的影响，从而保证其承载力。

(3) 将钢角码与后置埋件设计成免焊接构造或者螺栓连接的构造方式，同样也可以避免焊接产生高温对螺栓的影响，从而保证后置埋板的质量和强度。

(4) 后置埋板与主体结构连接采用机械螺栓锚固的方式，也可以避免现场焊接时产生高温从而影响螺栓的承载力。

(二) 吊顶铝板的结构优化

本例中1~3层商业走廊公共区域吊顶原设计为3mm厚铝单板，铝板折边采用刨槽处理，加强筋为特殊加厚间距400mm布置，且板块尺寸较大(图2)，平整度难保证，材料成本高；现场主体结构梁施工时，局部纵向梁底标高与悬挑楼板端口横向宽200mm×800mm高梁底标高齐平，而幕墙专业设计时并未发现这一情况，从而导致此范围内结构距面层安装间距只有100mm的空间，另外由于受主体吊顶结构的平整度影响，局部实际空间更小，无法按原设计安装该区域的后置埋板、钢角码等。



图2 吊顶铝板效果图

为此，经过二次深化研究，设计出一种定制传力构件，直接与主龙骨定位连接，从而保证结构安全；面板优化为蜂窝复合铝板，与龙骨连接设计为铝型材插接密

拼，从而减少铝板拼缝间的胶缝，并弱化原铝板折边处R角，既保证了吊顶板大板块的平整度，同时也节约了材料和用工成本。

(三) 不同建筑物变形缝处的优化

变形缝的做法处理不好也会影响立面效果，但幕墙工程在深化中往往忽略了针对变形缝处的构造做法，因为变形缝处两侧的幕墙做法相同，整体隐蔽于大面幕墙背面，刚好幕墙满足建筑变形的要求。但出现特殊情况时，就要针对性对变形缝处的构造进行优化，如变形缝两侧建筑高度不一致时，或者只有一侧有幕墙做法。对部分案例进行分析后发现，部分后置埋件位置与主龙骨分布尺寸不符；与竖龙骨连接的同一根横向龙骨跨越伸缩缝，与结构传力体系互为冲突。



图3 变形缝位置示意图

通过案例分析，将后置埋板跨过变形缝，在变形缝的另一侧进行固定安装，并用钢角码与横向龙骨连接。为调节主体结构变形的需要，可以将端部与后置埋板连接的钢角码设置为能够水平位移的构造。除保证使用功能外，对不同装修材料之间的交接处还要处理好，既要保证美观也要保证幕墙的密封性能。

(四) 消防排烟窗系统的优化

消防排烟窗的设置与数量要与建筑图一致并满足相关消防排烟的要求，其中平面位置、离地高度、开启方式、开启角度等参数均要满足相关规范要求。这些数据都与幕墙立面效果息息相关，与幕墙立柱、横梁分格尺寸都有直接关联，因此，在幕墙二次深化设计时要与主体建筑设计专业密切配合，在保证立面效果的前提下同时也要满足消防排烟的要求，消防排烟窗的开启方式无论是上悬还是下悬，开启角度一般都不小于70度，根据排烟窗型材选择合适的隐藏式五金，避免采用合页外露这类方式影响立面效果，并根据建筑专业要求确定是配备手动开启装置还是电动开启装置，避免返工以及造成不必要的经济损失。

(五) 幕墙广告位的优化

目前商业建筑幕墙上在显眼位置展示广告已经很普遍，广告的类型也各式各样，有钢结构支撑的广告牌，也有LED显示电子屏，发光字店招和广告幕布发光灯箱

等。对于商业建筑的沿街店面，广告展示和LOGO店招也比比皆是。

有些幕墙外立面初期因其他原因暂时不方便做广告，但在商家后期入驻后运营过程中可能要做；也有幕墙立面前期做好了广告位，但在运营程中途也有可能要调整，比如更换广告内容、改变广告位的形式及大小尺寸。针对这些因素，在幕墙设计时都要综合考虑，提前做好计划和准备，对这些位置的龙骨强度、支撑连接点都要有一定的预留量。对此，深化设计可能以下几个方面进行考虑：

(1) 广告位的风格及包边材料颜色要与周边幕墙协调一致，并提前预留好广告位的安装尺寸、支撑基座或连接点。

(2) 对预计要挂广告的范围内幕墙上要预留连接点或钢牛腿，周边构造不要做成固定形式，并尽可能做成可拆卸便于更换的活动结构，电源接入点要提前预留并用套管保护。

(3) 预留广告支撑体系构造与幕墙龙骨构造应各自独立考虑，相互之间互不干涉，减少更换时的不利影响。

(4) 预埋件或支撑构件的固定点在幕墙上应尽量隐藏一些，尽可能不要影响原幕墙立面的设计风格（图4）。



图4 幕墙中广告位示意图

三、组合式构件幕墙的施工工艺流程

本项目幕墙面板由双层中空钢化玻璃幕墙、花岗岩石材幕墙和铝单板金属幕墙按一定的模数组组合而成。前期幕墙施工利用主体结构施工时总包现有的钢管脚手架进行，但有时现有脚手架不满足施工条件时，可根据幕墙实际需要尺寸进行重新搭设或局部的调整，局部调整时采取增加连接点等措施保证脚手架安全性和稳定性，并满足相关规范要求，同时也兼具施工安装操作平台和安全防护的作用。

结合本例工程现场实际情况及工期考虑，对测量放线工作、后置埋件、角码转接件、竖向与横向龙骨、层间防火隔离等工作在现有脚手架上施工；商业裙房一至

三层有外挑露台隔开，因此裙房可以一层为一个施工段，从下自上依次展开流水施工；三层以上办公楼幕墙龙骨也按照从下往上原则进行施工；裙楼铝板位于露台吊顶位置，因此不受竖向施工顺序的影响；待基层龙骨安装完成验收合格后，再安装面板工作，外墙脚手架可随着面板安装的顺序依次从上往下拆除，拆除时注意幕墙成品保护，防止损坏面板。

本项目同一楼层内组合式幕墙的面板施工顺序为：玻璃幕墙安装→吊顶铝板安装→层间铝板幕墙造型安装→接缝处打胶→卫生清理→外立面脚手架拆除。

四、组合式构件幕墙的施工质量控制要点

(一) 测量放线

1. 施工测量放线是整个幕墙施工的基础工作，对后续幕墙立面分格及安装质量密切相关，对此项工序要高度重视，放线前要进行技术交底保证测量放线工作的准确性，依照先整体、后局部、先控制、后细部的原则进行。

2. 由于土建主体结构施工时受施工误差、模板偏位、沉降等因素，造成现场混凝土梁、柱的实际尺寸与图纸尺寸会有偏差，因此在施工前要对幕墙安装部位的主体结构尺寸进行全面测量，通过测量后的数据进行汇总，并分析建筑物的平面、立面偏差值。

3. 按照土建总包提供的标高、轴线控制点进行复核，在发现与图纸不一致时可采取微调分格或进出尺寸消除误差，不得累计偏差，确保幕墙施工质量。

(二) 后置埋件施工

1. 固定埋件的锚栓抗拉承载能力须经现场拉拔试验满足设计要求。

2. 安装打孔时要位置精确，孔径和孔深要严格按照设计要求进行控制，以保证锚栓正常性能的发挥；为确保打孔深度，可以在冲击钻上设置标尺，对打孔深度进行控制；在混凝土上打孔后，应吹去孔内的灰尘，保持孔内清洁。须注意的是，打孔时要避开主体结构中的钢筋，以免对其造成破坏消减主体结构的强度。

(三) 支座（转接件）的安装

1. 幕墙立柱上端是通过转接件固定在埋件上的，转接件一般为L型或槽钢转接件，每一连接处的螺栓不应少于2个，螺栓直径不小于10mm；螺栓螺母拧紧应搭配一平垫片一弹垫片；平垫片为3mm厚以上的镀锌钢垫片且垫片不歪斜，根据图纸要求与转接件点焊或满焊并有防锈处理；

2. 铝合金立柱与钢转接件之间须加上绝缘柔性垫片，防止双金属腐蚀及幕墙因结构变化产生的噪音；转接件的两边都必须满焊，但由于焊接对防腐层的破坏故仍需进行防腐处理。

(四) 立柱的安装

1. 立柱由下至上逐层安装，上下层立柱连接时设置插芯连接。插芯一端与上层立柱为自由端应紧密滑动配

合，另一端与下层立柱采用机械连接方式固定；

2. 上下立柱间设置不小于15mm的伸缩缝，伸缩缝应统一尺寸不宜过大或过小，伸缩缝应用密封胶封闭防水；

3. 幕墙立柱与地面结构顶面结构保留有15~20mm自由伸缩空间，以避免立柱结构在温差比较大的情况下自身结构有伸长与收缩现象。

（五）横梁的安装

1. 横梁上下表面与立柱正面成直角，严禁向上/下倾斜；

2. 横梁与立柱间应有1.0mm~1.5mm间隙，应采用柔性橡胶垫片并用硅酮密封胶封闭，满足变形伸缩和方便安装；

3. 横梁与立柱连接设置防止横梁倾覆或受玻璃自重引起反转的构造。

（六）避雷及层间防火的安装

1. 幕墙防雷体系的设置应符合图纸要求，需设置幕墙防雷均压环，严禁无图施工；幕墙防雷构件如铜编织带、连接片、圆钢等的材质和规格应符合图纸要求，连接可靠；龙骨上的避雷连接点必须将涂层打磨后再安装避雷铜导线；通过避雷圆钢进行接地，双面焊接长度要求应 $>100\text{mm}$ ，单面焊接长度要求应 $>200\text{mm}$ ，焊接后需要进行防腐处理。

2. 层间缝隙采用防火岩棉填充密实，上下采用厚度不小于1.5mm的镀锌钢板承托，缝隙填充防火专用密封胶。

（七）幕墙面板的安装

1. 安装前对玻璃及安装部位的框架进行清洁，玻璃有LOW-E面时要注意玻璃的方向；玻璃下口要设置柔性橡胶垫块，避免玻璃硬性接触。

2. 幕墙面板按照编号图分配至各楼层进行安装，施工时不得任意调换，板块间缝隙按图纸要求。

3. 安装时面板之间的缝隙大小可采用拉钢丝绳方法进行调整，如有误差时，应将其消化在每一条板缝中，防止将误差累积到某一处影响外立面效果。

4. 铝型材胶条需连续、完整、拼接紧密；明框玻璃幕墙，玻璃与明框型材之间需填塞泡沫条并施打密封胶；明框压板需连续通长布置，明框幕墙装饰扣板与幕墙分格对缝。

5. 幕墙面板安装完成后脚手架进行拆除作业时，要有成品保护措施，并对拆除作业人员进行技术交底，以免对幕墙面板造成损坏。

（八）密封胶塞缝

1. 打胶前先将玻璃、铝材及耐候胶进行相容性实验；

2. 对板块之间的缝隙在打胶时要进行处理，表面要保持干净、干燥，不应有水渍、灰尘或者其他杂物。

3. 打胶的厚度要控制好，不宜小于4mm。打胶时缝

两侧要贴美纹纸，防止对面板污染，并用专用工具刮平，胶体要光滑、美观。

4. 打胶作业时要结合天气情况，要避开风雨天气、高温暴晒以及低温 5°C 以下施工作业，保证打胶的质量。

五、结束语

1. 幕墙工程深化设计前应与设计师充分沟通，了解其设计理念，并熟悉建筑图与结构图，不改变外立面效果的情况下将建筑理念完美呈现。

2. 保证幕墙工程施工图的设计深化，除大面标准节点标示清楚外，还有一些特殊部位、转角处、与其他专业交接处等位置也应明确具体做法。

3. 对幕墙工程的设计要全盘整体统筹考虑，如机电专业管线、排水专业雨水管、泛光照明安装等不同专业间的配合与幕墙专业是否存在干涉，这些问题在设计初期发现要及时沟通配合，事前进行控制并消除问题。

4. 幕墙设计要有一定的超前意识，在项目启动时充分了解项目的特征及后续运营时的实际需求，在设计前期就要充分考虑并有预防控制措施，避免对后续工作造成不必要的影响。

5. 幕墙设计与施工工艺应密切关联配合紧密，图纸要求的详图做法要与目前现有的施工技术相吻合，一切从实际生产出发，避免事后产生设计变更。

参考文献

[1] 解晋华. 背挂式石材幕墙二次深化设计及施工质量控制要点[J]. 四川水泥, 2018(2): 73.

[2] 吴国来. 背挂式石材幕墙二次深化设计及施工质量控制要点[J]. 科技资讯, 2010(22): 78, 80.

[3] 张现伟, 李鹏飞. 建筑幕墙工程管理中BIM技术的应用[J]. 住宅与房地产, 2017(26): 127.

[4] 蒋泽南. 简介BIM技术在幕墙工程深化设计阶段的应用[C]//中国图学学会建筑信息模型(BIM)专业委员会. 北京: 中国图学学会建筑信息模型(BIM)专业委员会: 中国建筑工业出版社数字出版中心, 2017.

[5] 王成才. 基于BIM技术的幕墙工程施工技术研究[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2015.

[6] 潘东旭, 马廷昌, 施劲松. 幕墙深化设计常见问题分析[J]. 建筑安全, 2015, 30(4): 53-55.

[7] 祁占华. 浅谈幕墙深化设计管控[J]. 中国建筑装饰装修, 2016(5): 126-127.

[8] 白彦林, 牛亚良, 卢伟军, 等. 浅谈幕墙施工要点[J]. 居业, 2017(8): 130-131.

[9] 廖拓. 建筑幕墙工程施工要点与检验方法的实证研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.

[10] 余明忠. 建筑幕墙工程的设计及施工质量控制[J]. 企业科技与发展, 2011(15): 26-28.

[11] 吕可. 浅谈建筑幕墙工程施工的质量控制[J]. 门窗, 2015(11): 9-10.