

双层玻璃幕墙施工工法

(编号: SZJXGF20-2008)

完成单位: 中铁建工集团有限公司深圳分公司

主要完成人: 李佳、黄京新

1. 前言

皇岗地铁口岸联检楼工程施工中采用了隐框式双层玻璃幕墙技术, 该技术先进, 目前国内应用比较少, 立面效果丰富, 简约而典雅, 体现了现代科技的美感和玻璃建筑的纤细、轻盈通透和精美, 材料自重得到有效控制, 结构轻便、牢固。本工程采用该技术, 为其推广应用开创了良好的先例。

2. 工法特点

- 2.0.1 安全可靠。结构施工中充分考虑到自重、风荷载等对幕墙的影响。
- 2.0.2 造型美观。立面效果丰富, 线条感强, 优雅、和谐、流畅, 可观赏性高。
- 2.0.3 结构轻巧而稳定。立柱采用 H 型钢、横梁采用 T 型梁, 体现了结构稳定与轻巧明快的完美结合。
- 2.0.4 有利于环保, 节约能源。
- 2.0.5 安装方便、可拆卸更换、维修方便。

3. 适用范围

双层玻璃幕墙技术适用于各种建筑外墙装饰工程, 特别是大型公共建筑的外墙装饰工程。

4. 工艺原理

按钢桁架定位线, 在主体结构上安装钢桁架支座, 直接于地面吊装竖向桁架, 依主体结构水准点, 于竖向钢桁架上测设横向钢桁架标高位置线。吊装横向钢桁架就位, 横向桁架设竖向的圆钢拉杆支撑, 内层幕墙利用钢结构的横向桁架作为玻璃的受力龙骨。铝板装饰条直接固定于竖向拉杆上。按钢拉杆上的水准点, 安装外层幕墙。这样就将承重构件、连接件、和玻璃组合称为有机的整体, 形成简约典雅的双层玻璃幕墙。

5. 施工工艺流程及操作要点

5.1 施工工艺流程

测量放线 → 支座安装 → 竖向钢桁架吊装 → 横向钢桁架吊装 → 竖向钢拉杆安装 → 格栅安装 → 内幕墙安装 → 外幕墙安装 → 清理验收

5.2 施工准备工作

- 5.2.1 深化设计。
- 5.2.2 图纸会审。
- 5.2.3 幕墙四性试验。
- 5.2.4 四性试验方案报批。
- 5.2.5 材料采购。
- 5.2.6 现场预埋件处理。
- 5.2.7 结构复测。
- 5.2.8 幕墙测量控制网的布设。

5.3 钢结构制作

5.3.1 相贯线切割工艺

1. 放样

- 1) 放样切割制作, 验收所用的钢卷尺, 经纬仪等测量工具必须经市、省级计量单位验收合格。

此外，桁架重要尺寸的测量应以一把经检验合格的钢卷尺（50m）为基准，并附有勘误尺寸，以便有监理及安装单位核对。

2) 所有构件均应按照设计图及制造工艺的要求进行手工或计算机放样，核定几何尺寸，如发现差错需要更改，必须取得原设计单位签具的设计更改通知单，不得擅自修改。放样检验合格后，按工艺要求制作必要的角度，槽口，制作样板和胎架样板。

2. 切割

1) 钢管、型钢及矩形管，切割前应事先排料，钢管桁架分段弦杆应以钢管最大利用长度对接，但应使接头至腹杆与弦杆节点的距离 $\geq 500\text{mm}$ ，腹杆对接时，接头位置原则上不大于杆件长度的 $1/3$ ，但不小于 500mm 。

2) 相贯线接头的钢管切割，采用先进的五维数字控制相贯线自动切割机进行相贯线接头加工，可以切割出完全满足设计要求的相贯线接头（包括相贯线割口及多杆重叠相贯线接头）既能保证焊接质量，又能加快工程进度。

3) 型钢的切割在锯切机上进行。

4) 钢板的切割，应根据放样套料图及数控切割下料图，分别进行数控自动切割，门式自动切割，光电跟踪切割及部分手工切割下料。

5) 所有钢材切割的公差均应满足《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 规范要求。

3. 加工

1) 支座的膛孔，将在支座焊接成型后，送机加工车间进行。

2) 轴销的加工，在机加工车间按常规进行。

5.3.2 钢梁制作

1. 焊接

1) 根据所用钢材、焊接材料、接头形式、坡口形式及工艺方法进行焊接工艺评定，其评定结果应符合设计要求。

2) 根据工艺评定结果和数据，编制焊接工艺文件。

3) 复查组装质量、定位焊质量和焊接部位的清理情况，全部合格后方准施焊。

4) 依据焊接工艺文件，对组装件进行焊接。

2. 工序验收

构件制作完毕，质检部门应按施工图的要求和《建筑钢结构焊接规定规程》（JGJ81）的规定，对成品进行检查验收，包括焊接质量的外观检查和焊缝的超声波探伤检查。

5.4 测量放线

5.4.1 以土建工程一层楼面提供两条相互垂直的轴线为基准，测设控制网，作为幕墙施工平面控制的 I 级方格网。对于土建工程提供的控点应采严密的平差方进行平差调整，经甲方监理确认后使用。依据调整后的 I 级方格网，测设幕墙施工主控制线 I—I、II—II、III—III、IV—IV。依据主控制线测设幕墙分格竖梁中心线。如此即完成幕墙基准层测设工作。主控制线应用平行推移的方法测设到结构柱上，以方便垂直测量精度的直接校核。

5.4.2 幕墙基准层测设完毕后，为保证精度，选择晴朗无风（或微风）的时间进行幕墙基准的垂直传递测设工作。I 级方格网点的测设宜采用内控法。通过土建预留 200×200 的洞口，采用精度为 $1/20$ 万的精密 WILDZH 天顶垂准仪向上投测 I 级方格网点。用 J2 级经纬仪测设幕墙施工主控制线及幕墙分格中心线。

5.4.3 整个工程测设完成后应采用经纬仪直接观察垂直测量精度，做好记录。并定时观测，以了解主体结构沉降影响。以备验收之用。

5.4.4 幕墙施工高程传递。利用土建工程提供的水准点，用水准仪投测到结构四周角柱上。利用钢卷尺严格按精密测量规范要求分测到各楼层。各楼层高程控制点精度按 III 等水准测量精度调整高差闭合差。调整后高程控制点作为幕墙施工的依据。幕墙高程控制点应和土建主体结构高程控制

的点比较，作出相应的调整，调整须经甲方、监理同意执行。

5.4.5 注意事项：

1. 幕墙主控制线测设完后应精确测设幕墙分格控制线。
2. 测量工作，特别是幕墙施工标高的控制，要紧随幕墙施工全过程。
3. 风力达四级及以上时不得进行垂直测量工作。

5.5 支座安装

按钢桁架定位线，于主体结构上安装钢桁架支座。

5.6 竖向钢桁架吊装

竖向钢桁架跨度最大 13.75 米，单榀最大重量 2.1t，采用 20t 汽车吊直接于地面吊装。

5.7 横向钢桁架吊装

5.7.1 依主体结构水准点，于竖向钢桁架上测设横向钢桁架标高位置线。

5.7.2 采用电动葫芦两端起吊，吊装横向钢桁架就位。

5.8 竖向钢拉杆安装

5.8.1 依竖向钢桁架定位线，测设竖向钢拉杆的位置。

5.8.2 用水准仪测定横向钢桁架水平，将横向钢桁架与竖向钢拉杆连接。

5.8.3 于竖向钢拉杆上测设外幕墙安装水准点。

5.9 格栅安装

于横向钢桁架上安装格栅，格栅安装应平整、牢固。

5.10 内幕墙安装

5.10.1 钢结构上安装铝合金底座，铝合金底座安装应采用水准仪找平。

5.10.2 铝合金底座安装平整后，拧紧底座固定螺栓。

5.10.3 于铝合金底座上垫置硬质橡胶垫片，用电动吸盘吊装玻璃就位，调整玻璃竖缝宽度及垂直度，收紧压板固定螺栓固定玻璃面板。

5.10.4 扣上装饰扣条，注密封胶。

5.11 外幕墙安装

按钢拉杆上的水准点，安装外层铝板。铝板安装应牢固，外表面平整，板缝横平竖直，缝宽均匀。

5.12 双层幕墙的节能

幕墙在夏季利用遮阳板吸热产生空气自然对流，通过通风换气将太阳辐射能带到室外，从而降低室内温度；在冬季形成多重隔热，提高保温效果，降低取暖能耗。双层幕墙在夏季的阳光照射下，遮阳板因吸热温度升高，幕墙通道中的空气被加热，使空气自下而上地流动，从而带走通道中的热空气，达到降低房间温度的作用。在冬季，幕墙内部的空气在阳光照射下温度升高，减少室内和室外的温度差，同时起到房间保温功效。

6. 材料与设备

6.1 玻璃

6.1.1 材料：玻璃分别采用符合国家标准和 GB11614 中一等品的浮法玻璃。

6.1.2 玻璃在钢化前应完成切裁、磨边、钻孔等加工工序。

6.1.3 外观质量、平面钢化玻璃的弯曲度、玻璃的周边经过精磨边机加工、钢化玻璃的自爆率、夹层玻璃最大迭差、尺寸允许偏差、隔音降噪性能、LOW-E 钢化中空玻璃颜色、传热系数、可见光透过率、可见光射率、太阳得热因子等性能指标都要符合要求。

6.2 铝合金材料

幕墙的主材铝合金型材，材料要选用国产优质产品。选用高温挤压成形、快速冷却并人工时效状态的型材，非可视型材表面阳极氧化，可视型材表面氟碳喷涂。

6.2.1 铝合金型材及其化学成分应符合相关规定。

6.2.2 铝合金型材壁厚度、尺寸允许偏差、角度允许偏差、平面间隙、弯曲度、扭拧度等必须

符合《铝合金建筑型材》GB/T5237.1-2000 国家标准第三部分基材中高精级型材的质量规定。

6.2.3 表面性能

1. 型材表面平滑，色泽均匀，不得有明显的流痕、皱纹、气泡、裂纹、划痕和夹杂物。由模具造成的纵向挤压痕不得超过 0.05mm。

2. 颜色按设计要求。

3. 氟碳涂层处理的漆膜平均厚度、涂层表面光亮度、涂层耐磨系数、耐湿性等性能指标要符合要求。

6.3 建筑密封胶、密封垫和密封胶条

结构胶及耐候胶拟选用进口产品，所有产品必须符合规范中的有关要求。

6.3.1 密封胶必须经过国家权威机构的检验，证实符合设计要求后才能使用。

1. 结构胶、耐候胶采用同一厂家的产品；

2. 胶的颜色报请经业主和建筑师同意后方可采用；

3. 密封胶的使用一定要严格遵守材料制造商关于产品使用及接缝尺寸限制的书面规定；

4. 结构胶必须有生产厂家出具的粘结性、相容性的试验报告和质量保险年限保证书，并提供中文的报告、保证书及进口相关证明书，并应符合国家相关标准。

6.3.2 密封垫挤压成块，密封胶条挤压成条，邵氏硬度为 70 ± 5 ，并具有 20%至 35%的压缩度；用防潮材料密封窗户及幕墙构件时，遵守国标的规定。在粘结防潮材料时，所有粘贴面必须无尘，无异物，所有密封材料均为优质产品，并且有防紫外线及臭氧袭击的功能。

6.4 普通钢材

6.4.1 玻璃幕墙构件的钢材应符合中国国家现行标准《碳素结构钢》GB700 和《低合金高强度结构钢》GB1597 中的有关规定。

6.4.2 幕墙钢结构的防腐要求所有型钢龙骨、钢梁、预埋件的外露表面均需按设计要求做防腐处理：

1. 所有预埋件表面皆热浸镀锌处理；

2. 应满足工厂涂装和现场涂装的要求；

3. 防腐底漆、面漆应兼容、漆间附着力好，采用同一系列产品进行配套。

4. 涂装要求：表面净化处理、喷砂除锈、表面粗糙度、环氧富锌底漆、氟碳面漆两道等符合设计值的要求。

5. 型钢龙骨表面皆热浸镀锌处理，镀锌层厚度不得小于 $75 \mu\text{m}$ 。

6.5 不锈钢材

6.5.1 所有锚件和构件除有特别要求外，均为不锈钢材料，每一螺帽和螺栓均配备不锈钢弹簧垫圈。

6.5.2 玻璃幕墙采用的不锈钢材符合有关的国家规定。

6.6 五金件

6.6.1 五金件根据国家标准规定进行选择，按高档门窗考虑配置。

6.6.2 所有五金件、连接螺钉，螺栓，自攻钉等均为不锈钢产品。

6.7 主要施工机具

AME 单头锯、电锤、运输车、汽车起重机、交流焊机、冲击钻、光谱仪、手提式韦氏硬度计、直流氩弧焊机、铝材切割机、双头锯、斜切割机、铝材切割机、八吸盘玻璃吊盘等。

7. 质量控制

7.1 质量控制措施

7.1.1 要做好技术准备、物资准备和组织准备。

7.1.2 施工过程中严格管理：要做好工序交接的检查、技术交底、隐蔽工程验收、质量预控等工作。

7.2 相关质量标准

7.2.1 玻璃边长的允许偏差（单位：mm）

边长(L) 玻璃厚度	L≤1000	1000<L≤2000	1000<L≤2000
4	+1, -2	±3	±4
5			
6			
8	+2, -3		
10			
12			
15	±4	±4	
19	±5	±5	±6

7.2.2 玻璃厚度的允许偏差（单位：mm）

厚度	允许偏差
3, 4	± 0.20
5, 6	+0.20, -0.30
8, 10	± 0.35
12	± 0.40

7.2.3 骨架安装偏差控制标准

项目	工程允许偏差（mm）	项目内控目标（mm）
支座左右偏差	$e \leq 10$	$e \leq 5$
支座标高偏差	$-2 \leq e \leq 2$	$-1.5 \leq e \leq 1.5$
垂直度	$e \leq L/1000$, 且 ≤ 5	$-3 \leq e \leq 3$
跨中垂直度	$e \leq H/250$, 且 ≤ 10.0	$e \leq 8.0$
间距	$-10 \leq e \leq 10.0$	$-8 \leq e \leq 8$
侧向弯曲	$H/1000$ $e \leq 10$	$e \leq 8$

7.2.4 玻璃幕墙安装偏差控制

项目		允许偏差（mm）	检查方法
幕墙垂直度	幕墙高度 $H \leq 30m$	10	经纬仪或激光仪
	H 每增大 10m	增大 1.5, 且 $\leq 25mm$	
幕墙平面度		3.0	3m 靠尺、钢板尺
竖缝直线度		3.0	3m 靠尺、钢板尺
胶缝宽度		± 2.0	卡尺
横缝水平度		3.0	卡尺

相邻玻璃高低差	1.0	深度尺
---------	-----	-----

8. 安全措施

8.1 施工现场安全生产交底

8.1.1 贯彻执行劳动保护、安全生产、消防工作的各类法规、条例、规定，遵守工地的安全生产制度和规定。

8.1.2 施工负责人必须对职工进行安全生产教育，增强法制观念和提高职工和安全生产思想意识及自我保护能力，自学遵守安全纪律、安全生产制度，服从安全生产管理。

8.1.3 所有的施工及管理人员必须严格遵守安全生产纪律，正确穿、戴和使用好劳动防护用品。

8.1.4 认真贯彻执行工地分部分项、工种及施工技术交底要求。施工负责人必须检查具体施工人员的落实情况，并经常性督促、指导，确保施工安全。

8.1.5 施工负责人应对所属施工及生活区域的施工安全质量、防火、治安、生活卫生各方面全面负责。

8.1.6 按规定做好“三上岗”、“一讲评”活动，即做好上岗交底、上岗检查、上岗记录及周安全评比活动，定期检查工地安全活动、安全防火、生活卫生，做好检查活动的有关记录。

8.1.7 对施工区域、作业环境、操作设施设备、工具用具等必须认真检查。发现问题和隐患，立即停止施工并落实整改，确认安全后方准施工。

8.1.8 机械设备、脚手架等设施，使用前需经有关单位按规定验收，并做好验收及交付使用的局面手续。租赁的大型机械设备现场组装后，经验收、负荷试验及有关单位颁发准用证方可使用，严禁在未经验收或验收不合格的情况下投入使用。

8.1.9 对于施工现场的脚手架、设施、设备的各种安全设施、安全标志和警告牌等不得擅自拆除、变动，必须经指定负责人及安全管理员的同意，并采取必要可靠的安全措施后方可拆除。

8.1.10 特殊工种的操作人员必须按规定经有关部门培训，考核合格后持有效证件上岗作业。起重吊装人员遵守十不吊规定，严禁不懂电气、机械的人员擅自操作使用电器、机械设备。

8.1.11 必须严格执行各类防火防爆制度，易燃易爆场所严禁吸烟及动用明火，消防器材不准挪作它用。电焊、气割作业应按规定办理动火审批手续，严格遵守十不烧规定，严禁使用电炉。冬季作业如必须动用明火加热的防冻措施时，应取得工地防火主管人员同意。施工现场配备有一定数量干粉灭火器，落实防火、防中毒措施，并指派专人值班。

8.2 现场安全生产技术措施

8.2.1 要在职工中牢牢树立起安全第一的思想，认识到安全生产，文明施工的重要性，做到每天班前教育，班前检查，班后总结，严格执行安全生产三级教育。

进入施工现场必须戴安全帽，2米以上高空作业必须佩带安全带。

8.2.3 吊装前起重指挥要仔细检查吊具是否符合规格要求，是否有违规操作，所有起重指挥及操作人员必须持证上岗。

8.2.4 高空操作人员应符合超高层施工体质要求，开工前检查身体。

8.2.5 高空作业人员应佩带工具袋，工具应放在工具袋中不得放在钢梁或易失落的地方，所有手工工具（如手锤、扳手、撬棍），应穿上绳子套在安全带或手腕上，防止失落伤及他人。

8.2.6 钢结构是良好导体，四周接地良好，施工用的电源线必须是胶皮电缆线，所有电动设备应安装漏电保护开关，严格遵守安全用电操作规程。

8.2.7 高空作业人员严禁带病作业，施工现场禁止酒后作业，高温天气做好防暑降温工作。

8.2.8 吊装时应架设风速仪，风力超过6级或雷雨时应禁止吊装，夜间吊装必须保证足够的照明，构件不得悬空过夜。

8.2.9 氧气、乙炔、油漆等易爆、易燃物品，应妥善保管，严禁在明火附近作业，严禁吸烟。

8.2.10 焊接平台上应作好防火措施，防止火花飞溅。

8.3 安全保障设施

幕墙安装高空作业量大，需用安全设施多，为确保施工安全，现场将组建专业安全班组，负责工程安装中所需的一切安全设施的搭设。工程中所搭设安全设施主要为以下内容：

8.3.1 配备龙骨吊装、焊接安全设施。

竖向桁架与横向桁架拼装接点处安装焊接平台，采用竖向桁架搭设内外脚手架。脚手架操作平台的下部用兜底阻燃性安全网封闭。

8.3.2 配备“四口五临边”防护设施。

8.4 现场安全用电管理

8.4.1 现场施工用电执行一机、一闸、一漏电保护的“三级”保护措施。其配电箱设门、设锁、编号、注明责任人。

8.4.2 机械设备必须执行工作接地和重复接地的保护措施。

8.4.3 配电箱内所配置的电闸、漏电、熔丝荷载必须与设备额定电流相等。不使用偏大或偏小额定电流的电熔丝，严禁使用金属丝代替电熔丝。

8.4.4 工地电气设备，在使用前应先进行检查，如不符合安全使用规定时应及时整改，整改合格后方准使用，严禁擅自乱拖乱拉接电气线路。

9. 环保措施

9.0.1 Low-E 玻璃、中空玻璃等玻璃处理技术。

9.0.2 减少开启窗扇面积、提高密封胶性能、改进节点密封性能等降低空气渗透热损失技术。

9.0.3 采用格栅等遮阳设施，以减少太阳辐射得热等。

10. 效益分析

10.1 经济效益

采用隐框式双层玻璃幕墙施工，避雷措施费用可节省 65%。采用加工与组装一条龙的方式同传统的加工与安装相对独立的方法相比，可节约用工 15%，缩短工期 15%。使工程施工的成本在客观上得到很好的控制。

10.2 技术效益

隐框式双层玻璃幕墙施工技术先进，通过该技术的施工，使公司现场管理、技术人员得到很好的锻炼，提高了管理、技术人员解决问题的能力。这位以后类似工程的施工积累了丰富的经验。

10.3 社会效益

隐框式双层玻璃幕墙施工效果好：立面效果丰富，简约而优雅、庄重，体现了现代科技的美感和玻璃建筑的纤细、轻盈通透和精美，材料自重得到有效控制，结构轻便、牢固。鉴于此施工技术众多优点，吸引了各方专家前来考察，同时也得到了同行和业主的一致好评，展示了公司良好的社会形象。

11. 应用实例

实例一：

皇岗地铁口岸联检楼工程南、北立面均大面积采用隐框式双层玻璃幕墙技术，该技术在國內应用比较少，安全可靠，造型美观，环保节能。幕墙高度 24.65 米，质量要求高，幕墙立面横缝水平度，竖缝垂直度，幕墙平面度控制严。在设计中没有采用常规的方钢或圆钢作为受力骨架，而是采用 H 型钢，竖向桁架间距 12 米，横向桁架设竖向的拉杆支撑，内层幕墙利用钢结构的横向桁架作为玻璃的受力龙骨，铝板装饰条直接固定于竖向拉杆上。采用该技术施工，取得了良好的经济效益、技术效益和社会效益。