



註冊專門行業承造商制度
Registered Specialist
Trade Contractors Scheme

玻璃幕牆專門行業 優質作業手冊



項目策劃



CONSTRUCTION
INDUSTRY COUNCIL
建造業議會



註冊專門行業承造商聯會
Registered Specialist Trade Contractors Federation

免責聲明

本出版物僅供一般參考。本出版物可能包括(但不限於)：(a) 使用第三方從不同來源提供的信息所準備的內容，(b) 第三方提供的訊息，以及 (c) 互聯網網站上指向第三方訊息的連結。建造業議會已盡合理努力確保本出版物的準確性。但讀者在使用本出版物訊息前應直接參考訊息原文和本出版物提及的法律要求，或向專業顧問尋求適當獨立建議。

讀者不應將本出版物視為或依賴本出版物來代替專業建議。本出版物如有更改，恕不另行通知。本出版物沒有就任何特定目的的可靠性、完整性、準確性或適用性作任何聲明、陳述或保證(明示或暗示)。

建造業議會根據合同法、侵權法或其他法律，對於任何一方可能因與本出版物提供訊息或因與本出版物的任何遺漏而引起或招致或遭受的任何損失、費用、損害或傷害，不會承擔任何責任。

查詢

如對本指引有任何查詢，可與議會秘書處聯絡：

地址：建造業議會總辦事處 九龍觀塘駿業街56號中海日升中心38樓

電話：(852) 2100 9000

傳真：(852) 2100 9090

電郵：enquiry@cic.hk

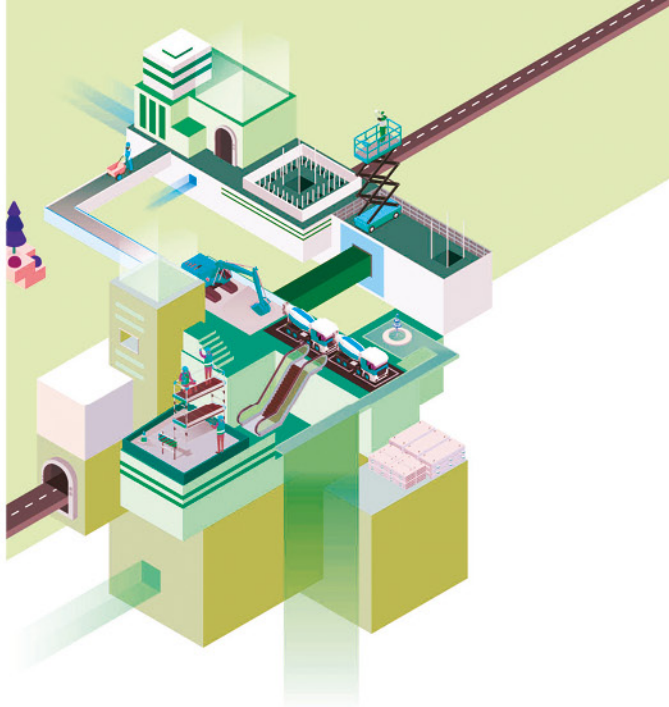
網址：www.cic.hk

© 2026 建造業議會

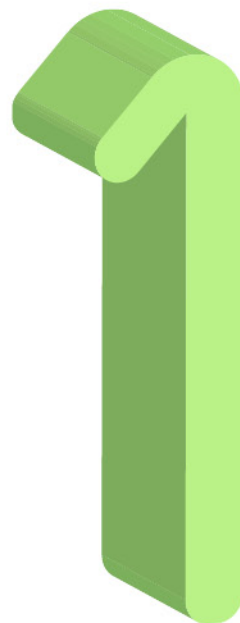
目錄

1	序言	05
2	概述	07
2.1	涵蓋範圍	08
2.2	定義	08
2.3	參考資料	09
3	玻璃幕牆基本結構與玻璃類型	10
3.1	玻璃幕牆常用的玻璃類型	11
3.2	玻璃幕牆基本結構	14
4	施工安全措施	15
4.1	一般安全措施	16
4.2	高處作業安全	16
4.3	吊運安全	17
4.4	物料下墜安全	17
4.5	交通運輸安全	18
4.6	緊急事件應對計劃	18
5	玻璃幕牆性能要求	19
5.1	性能測試要求(PMU: Performance Mock-Up)	20
5.2	玻璃幕牆環保要求	21
6	玻璃幕牆系統常見分類	22
6.1	按安裝方式分類的玻璃幕牆	23

7	一般單元式玻璃幕牆設計與安裝工序	25
7.1	一般設計原則	26
7.2	玻璃幕牆設計指引	27
7.3	安裝的準備工作	29
7.4	落石矢前安裝工作	30
7.5	落石矢後安裝工作	32
7.6	常用工具	40
8	跨行業協作	42
8.1	工地各工種協作	43
9	交通運輸	45
10	機械與科技的應用	48
10.1	試水機器人	49
10.2	全站儀 (Total Station)	50



序言



序言

建造業議會（議會）成立「註冊專門行業承建商制度」（註冊制度），透過引入安全、管理、工作經驗、施工、財務及誠信管理全方位的註冊要求，提升和彰顯專門行業承建商的經驗和成就。註冊制度獲政府、公營機構、發展商、專業機構及業界組織廣泛認可，透過凝聚可靠、盡責的專門行業承建商，致力為建造業持續發展作出貢獻。

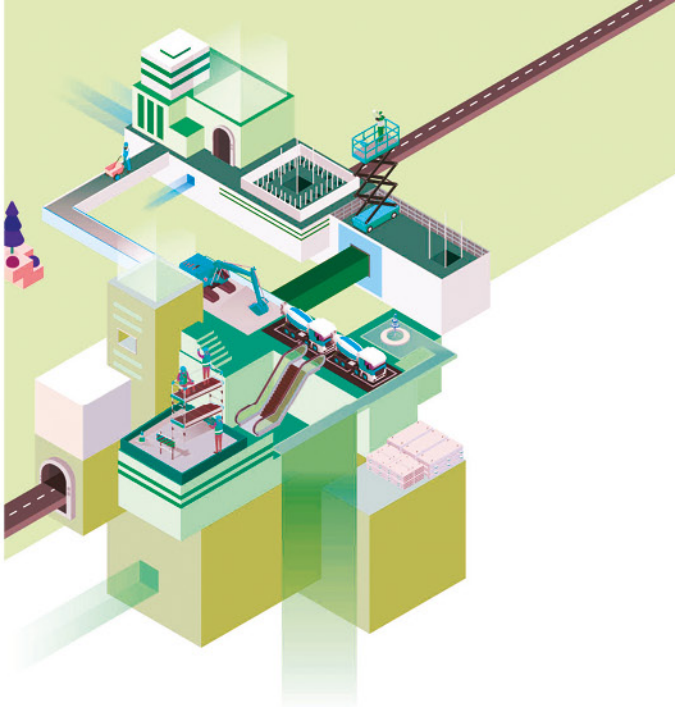
專門行業承建商在工程質量、施工安全、跨行業協作、科技應用等擔當重要角色。註冊制度的「優質作業手冊」系列是為讓建造業持份者，包括專門行業承建商、工友、承建商、專業人士、顧問、業主等施工團隊瞭解專門行業作業的建議標準，藉著推動專門行業的優質工序和科技應用，持續提升施工效率及質量，塑造專業的行業形像，同時推動建造業轉型。

「優質作業手冊」並非發布就不同合約要求及建造項目的核准施工方案而提出的施工作業程序，而是提倡專門行業的良好作業方式。「優質作業手冊」旨在提供參考資料，而非替代合約的原則、規則及程序。

技術顧問：



註冊專門行業承造商聯會
Registered Specialist Trade Contractors Federation



概述

- 2.1 涵蓋範圍
- 2.2 定義
- 2.3 參考資料



2 概述

2.1

涵蓋範圍

本作業手冊為工地安裝玻璃幕牆提供優質工作指引。本守則涵蓋與玻璃幕牆安裝相關的設計要求、分類、常見工具及設備、安裝工序、安全措施、機械與科技的應用、跨行業協作、培訓等。

2.2

定義

- **不可燃物料** — 指通過認可的不可燃性測試的物料
- **幕牆** — 就某建築物而言，指該建築物的非承載圍封牆(non load-bearing enclosure)，而該圍封牆是固定於該建築物的承載構築物上的
- **專門行業承建商** — 在本文件的專門行業承建商特指玻璃幕牆分包商
- **註冊結構工程師** — 註冊結構工程師(Registered Structural Engineer / RSE)指當其時名列根據建築物條例第 3(3)條備存的結構工程師名冊的人士
- **恆載** — 恆載是屬永久性質的荷載。建築物、街道、建築工程或街道工程的恆載，在每個情況下，均為該建築物、街道或工程的牆壁、樓面、屋頂、飾面(finishes)、永久間隔及任何其他永久結構的總重量。
- **風荷載** — 風荷載是因風壓或吸力的效應而產生的任何荷載。建築物、街道、建築工程或街道工程的風荷載，在每個情況下，均須以該建築物、街道或工程對來自任何方向的風效應的反應，作為根據。
- **外加荷載** — 外加荷載(Imposed loads)是恆載及風荷載以外的荷載。建築物、街道、建築工程或街道工程的外加荷載，在每個情況下，均為該建築物、街道或工程因其預定用途或目的而相當可能產生的最大外施荷載(包括相鄰土地施加的力)。
- **熱浸處理 (Heat Soak Test (HST))** — 這是一種通過加速強化玻璃內的硫化改變形態，檢測玻璃潛在風險的方法。在熱浸爐中，強化玻璃被加熱至約300攝氏度，並保持在290攝氏度正負十度的範圍內，持續至少兩小時。這有助於提前檢測潛在風險的玻璃，以降低其自爆機率。

2.3

參考資料

- 香港建造業工藝測試中心：《中級工藝測試（中工）——技術知識測試（筆試）內容參考資料》
- 香港建造業工藝測試中心：《中級工藝測試（大工）——技術知識測試（筆試）內容參考資料》
- 建造業議會：玻璃幕牆及拆卸專門行業技術網上研討會(玻璃幕牆部分)(2022年7月20日)
- 建造業議會：《註冊專門行業承建商制度——註冊專門行業承建商名冊規則及程序》(2023年10月)
- 屋宇署：《窗及玻璃外牆或幕牆》(2022年)
- 屋宇署：《2018年玻璃結構作業守則》(2018年)
- 屋宇署：Code of Practice for the Structural Use of Steel 2011 (2023 Edition)
- 屋宇署：認可人士、註冊結構工程師及註冊岩土工程師作業備考APP-37(2022年4月)
- 香港法例：《建築物（建造）規例》（第123Q章）(2021年6月24日)



玻璃幕牆 基本結構 與玻璃類型

3

- 3.1 玻璃幕牆常用的玻璃類型
- 3.2 玻璃幕牆基本結構



玻璃幕牆基本結構與玻璃類型

3.1

玻璃幕牆常用的玻璃類型

玻璃幕牆常用的玻璃類型可以分為以下三類：a) 熱處理類型 (Heat Treatment); b) 複合結構 (Combination: Insulated Glass Unit, IGU) ; c) 功能類型玻璃

a.) 熱處理類型

i. 強化玻璃 (Tempered Glass)

通過將浮法玻璃加熱至約700度，再快速冷卻（風淬），使表面形成高壓應力。

強化玻璃的優點	強化玻璃的缺點
- 強化玻璃經過熱處理而製成，一般比普通玻璃的強度高3至5倍。 - 強化玻璃除了強度較高較不易被打破以外，玻璃破裂後安全性亦較高。強化玻璃破裂時其內部應力的平衡亦被打破，整片玻璃表面會變成小顆粒和非常微小的銳利碎片，接觸後會造成皮膚表層割傷。相較普通玻璃破裂後大塊片狀碎片飛濺造成大範圍割傷或刺傷的情況，強化玻璃安全性較高。 - 強化玻璃具有較好的熱穩定性，能承受的溫差是普通玻璃的3倍，可承受300℃的溫差變化。	- 強化玻璃的缺點是硬度較低，容易被刮花。由於玻璃內的應力需要平衡，如果強化玻璃上出現任何損壞或裂痕，整塊玻璃就會碎成指甲大小的碎片。因此， - 根據屋宇署頒布的《2018年玻璃結構作業守則》，若建築物外牆採用強化玻璃 (Tempered Glass)，且同時滿足以下兩項條件，必須採用夾層玻璃 (Laminated Glass) 形式： - 玻璃面板面積超過 2.5 平方米； - 玻璃面板安裝位置的任何一點，距離玻璃兩側可到達區域的地面高度達 5 米或以上。 此規定旨在確保強化玻璃萬一發生破裂時，碎片仍能受夾層物料牽引，避免整塊玻璃碎落。 - 根據《2018年玻璃結構作業守則》(Code of Practice for Structural Use of Glass 2018) 第 4.2.4 條： - 強化玻璃 (Tempered Glass) 確實有這項關於面積 (>2.5m²) 及高度 (>5m) 的限制。 - 守則要求在這些情況下須進行熱浸處理 (Heat Soak Test)，或使用夾層玻璃 (Laminated Glass) 等加強安全。 - 強化玻璃有自爆的可能性，破裂源頭通常會出現一對類似「蝴蝶翅膀」或「8 字型」的碎片，且中心點可能隱約可見一個微小的硫化鎳黑點。

ii. 半強化玻璃 (Heat—Strengthened Glass)

加熱溫度與強化玻璃相同，但冷卻速度較慢，表面壓應力較低 (Please use table to express)

- 半強化玻璃的優點
 - 抗彎強度約為普通玻璃的2倍，比全強化玻璃更不易自爆
 - 破裂時裂紋呈放射狀，碎片較大但仍黏附於框架，邊緣較鈍化，降低飛濺風險
 - 熱處理後仍可進行切割、鑽孔、磨邊等二次加工
 - 表面平整度優於全強化玻璃，無明顯應力斑問題，適合高透光要求場景
- 半強化玻璃的缺點
 - 抗衝擊性僅為全強化玻璃的1/21，不適合用於高風險區域
 - 若用於高層玻璃幕牆，需搭配夾層膠片 (PVB) 以防墜落

b.) 複合結構

i. 中空玻璃組件 (Insulated Glass Unit, IGU)

中空玻璃(IGU)，通常稱為雙層玻璃窗(或雙層玻璃，以及越來越多的三層玻璃窗/窗格)，由兩個或三個玻璃窗玻璃組成。由真空或氣體填充空間隔開，使玻璃層間形成有乾燥氣體空間。其主要材料是玻璃，暖邊間隔條(warm-edge spacers)，彎角栓(corner keys)，丁基橡膠(butyl rubber)，聚硫膠(polysulfide sealant)，乾燥劑(desiccant)以減少跨建築物圍護結構一部分的熱傳遞。

- 中空玻璃重量的計算
 - 需要考慮玻璃的密度。中空玻璃的核心承重部分是玻璃面板，其重量由以下因素決定：玻璃材質的密度；玻璃的厚度；面積。如果使用夾層玻璃(Laminated)作為面板，需加上中間膠片的重量，若使用特殊玻璃，則需要調整密度值。中空玻璃的重量 = 玻璃總厚度 × 面積 × 2.5（密度，一般為固定值）。實際工程中，精確計算重量對結構安全和施工規劃至關重要。
- 中空玻璃的優點
 - 玻璃中間的乾燥空氣或惰性氣體可以降低熱傳導係數，減少室內外熱交換，若搭配 Low-E 鍍膜可進一步提升節能效果，降低能耗
 - 對中低頻噪音有顯著的阻隔作用
 - 降低室內外溫差，避免玻璃表面結露，維持清晰視野
 - 可搭配不同的鍍膜滿足不同需求

- 中空玻璃的缺點

- 若密封膠老化或施工不良，可能導致氣體洩漏或水氣滲入，降低隔熱隔音效果
- 一旦密封失效或內部進水，通常需整片更換，無法局部修復
- 需專業施工確保密封性，不良安裝易導致邊緣應力集中

c.) 功能型分類

i. 低輻射玻璃 (Low-Emissivity Glass, Low-E)

低輻射玻璃通過表面鍍膜調節光熱性能

- 低輻射玻璃的優點

- 反射紅外線，降低熱傳導率，冬季保溫、夏季隔熱
- 可見光透射率(VLT)可達70%以上，不影響採光

- 低輻射玻璃的缺點

- 成本比普通玻璃貴20%-40%
- 硬鍍膜可暴露使用，但反射率較低；軟鍍膜需要夾層保護，否則容易氧化

ii. 隔音玻璃 (Acoustic / Sound-Insulating Glass)

隔音玻璃是通過特殊結構設計，能有效降低外界噪音傳入的功能型玻璃。主要通過以下兩種方法實現：增加玻璃厚度或密度；利用夾層材料吸收聲波能量。主要的類型有夾層隔音玻璃、中空隔音玻璃、中空玻璃。

- 隔音玻璃的優點

- 能有效降低噪音
- 可見光透射率高

- 隔音玻璃的缺點

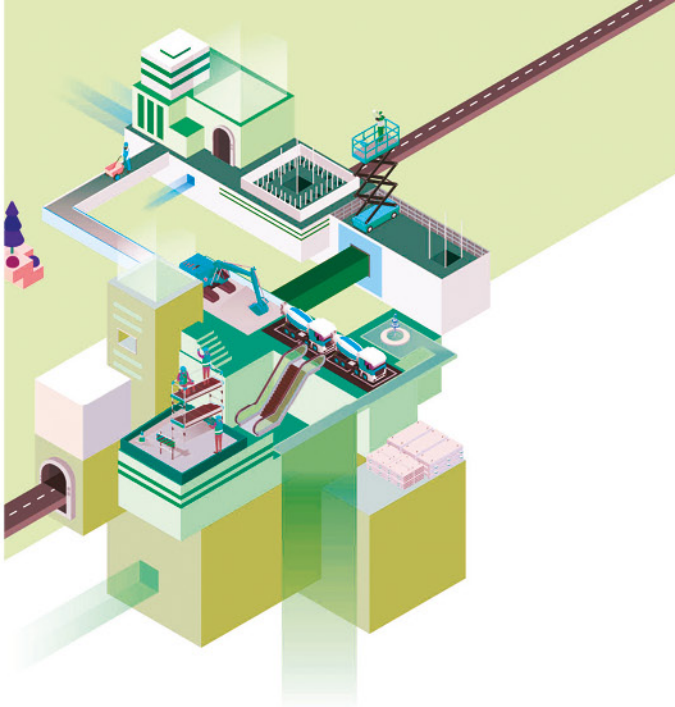
- 玻璃厚度較厚、面密度高，對建築結構承重要求高
- 低頻隔音效果提升有限，需配合其他隔音措施
- 造價及安裝成本高，維護要求高（定期更換邊緣密封系統，有專業的情節要求）

3.2

玻璃幕牆基本結構

玻璃幕牆是一種建築外牆系統，它通常由以下幾個主要組件組成：

- a.) 預埋件 (Cast-in Components)：預埋件是安裝在建築主結構上，按照幕牆的分隔安裝，需要配合在建築主結構施工時安裝。
- b) 風力碼 (Wind Load Bracket)（適用於單元式幕牆）：風力碼是將幕牆所受的風荷載傳送到建築主結構的主要部分，安裝在牆身預埋件上。
- c) 玻璃單元 (Unitized Unit)（適用於單元式幕牆）：幕牆系統的主要元素，是指飾面(cladding)（玻璃，石材或鋁板）與支承框架在加工廠內組裝完成後，直接安裝在風力碼上的建築幕牆系統。
- d) 框架系統（適用於構件式幕牆系統）：包括金屬（通常是鋁合金）或其他材料製成的框架，用於固定和支撐玻璃及其他飾面（如鋁板和石材）。
- e) 支撐結構：預留碼用於將金屬骨架、橫梁、立柱及幕牆固定到建築的主結構上。
- f) 密封材料：用於確保玻璃單元之間以及玻璃與框架之間的氣密和水密，通常使用硅膠或其他密封劑。
- g) 開啟元件：如窗戶或門，允許空氣流通和人員進出。
- h) 附件和飾面：如遮陽板、裝飾板或其他設計元素，可以使幕牆更美觀及增強幕牆的功能性。



施工安全 措施



- 4.1 一般安全措施
- 4.2 高處作業安全
- 4.3 吊運安全
- 4.4 物料下墜安全
- 4.5 交通運輸安全
- 4.6 緊急事件應對計劃



施工安全措施

4.1

一般安全措施

- a.) 所有工人必須穿著適當的個人防護裝備，例如安全帽、安全鞋、反光背心、護目鏡、耳塞或耳罩、手套等。
- b.) 所有工地工作人員都必須接受相關的安全培訓，了解工地的潛在風險以及如何預防事故。
- c.) 工地上應有明確的安全規則，包括機械操作、高處作業、電氣安全、防火和緊急撤離程序等。
- d.) 工地設備和機械應定期進行安全檢查和維護，以確保它們運作正常且安全。
- e.) 工地上應有清晰的安全標誌和警告標誌，指示潛在的危險區域和安全操作規程。
- f.) 工地應有一個健康和安全管理系統，以識別風險、進行風險評估並實施適當的安全措施。
- g.) 所有事故和近乎事故都應該被記錄和報告，並從中學習，以改進未來的安全措施。
- h.) 在幕牆安裝前，應該根據獲批准的施工方案當中的風險評估部份，制定安全施工管理，如果現場情況和批准的風險評估有差異，必須提交更新版本及補充文件給顧問及安全主任審批，獲批後才能開始安裝工作。
- i.) 工地工作人員必須事先接受工具使用的培訓，以確保操作安全。在每項個工序施工前，若環境因素有所變更，安全部同事都必須為工匠們進行安全分析及需注意事項(Tools Box Talk)，讓工匠在施工前能了解危險所在，提高警覺。

4.2

高處作業安全

- a.) 在樓邊工作，必須配戴安全帶並扣在獨立救生繩或繫穩點上。
- b.) 每日開工前要檢查所有吊船的懸吊纜索、安全纜索及獨立救生繩，並配戴合適安全帶，及把安全帶連接到扣在獨立救生繩上的防墮裝置上。
- c.) 進出吊船需留意以下：
 - 地面或指定位置上落：工人上落吊船時，必須確保吊船已停放在地面或指定的平穩位置上。
 - 禁止凌空進出：當吊船處於懸空狀態時，嚴禁任何人員隨意進出，以免發生墮樓意外。
 - 使用保養進出窗：在建築物高層，工人通常經由專門設計的「保養進出窗」(Maintenance Access Window) 進入吊船。這些窗戶必須具備特定尺寸（如不少於 460mm 闊 x 1100mm 高），且窗台高度需符合安全規定。

- d) 工作前，必須確認已圍封工作範圍 (包括工作層及幕牆下的位置，並豎立警告牌)及嚴禁任何人士進入圍封範圍內。
- e) 手提工具須加上手繩，以防物件下墜危險。
- f) 不可於樓邊位置，擺放物料雜物等，以防物件下墜危險。

4.3

吊運安全

- a.) 所有吊運，吊機及相關吊運工具必須由合資格的人士檢查及簽署後，才可使用。
- b) 必須在A12，A12S及LSS(Lifting Site Supervisor)的監管下才可吊運。
- c) 吊運區須妥善圍封 (例如:設置圍欄或路障)，並展示適當的警告告示。
- d) 嚴禁使用單吊索進行埋碼上料。
- e) 起吊大件玻璃/鋁質幕板，必須以導繩 (尾繩) 作穩定。
- f) 當颱風接近，烈風級別信號生效時或風速 超過起重機製造商所設的上限，不應該進行吊運操作
- g) 使用泊洛 (鏈條滑輪) 前，須先檢查泊洛安全狀況，例如 :是否有有效的證書及檢查， 剎動鎖，吊勾安全扣 (鴨舌)，及錨固點是否穩固。
- h) 起吊玻璃/鋁質幕板時必須使用平衡吊桿，待幕板降落至距離安裝位置約1米範圍內方可靠近，並需在支撐安裝穩妥後，才可解鉤。
- i) 鈎環 (塞古) 的螺絲杆，完全將螺絲杆擰實將其定位，以防意外擰出。
- j) 使用真空吸盤式起重裝置前，應參考製造商指引，並檢查吸盤是否操作正常及確認試吊安全後方可正式吊運。

4.4

物料下墜安全

為防止工人被高處墮下的物件擊中，導致致命或嚴重受傷，即使是較輕和小型的物件，如建築材料或手工具，從高處墮下時亦可能造成嚴重頭部受傷甚至死亡。因此，總承包商及幕牆分判商應根據屋宇署的《地盤監督作業守則》，確實執行以下安全措施：

- a.) 物件正確放置與堆疊：所有物件應正確地放置及堆疊，並遠離樓邊或孔洞。
- b) 設置防護設施：在樓邊及孔洞位置應設置有防護網或保護幕的合適護欄，底護板及圍欄，以防物件墜落。
- c) 棚架設置：棚架應按照建造業議會的《棚架安全標準及守則》要求，在建築物周圍設置斜柵 (Catch Fan)，以防物料從高處墜下。
- d) 颱風或惡劣天氣的準備措施：在颱風或惡劣天氣來臨前，應盡早收拾施工材料、建築廢料、機械及安裝工具，以防強風吹散及物件下墜。
- e) 惡劣天氣過後的安全檢查：颱風或惡劣天氣過後，應先評估其帶來的影響，並重新檢驗臨時吊運設備及工作平台，獲發證明後才恢復工作。

4.5

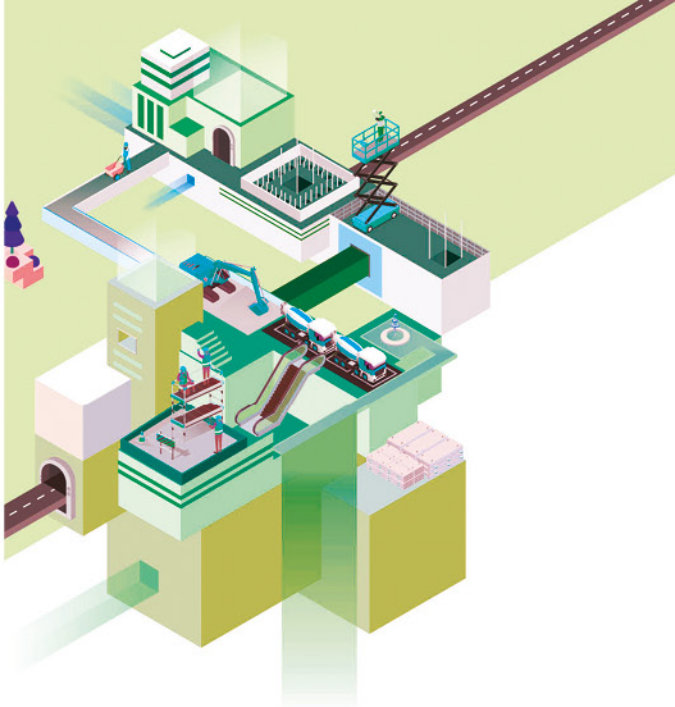
交通運輸安全

- a) 在施工現場設置明確的交通指示標誌。
- b) 規劃特定的車輛進出路徑，減少與行人區域的交叉。
- c) 施工區域內設定合理的車輛速度限制。
- d) 玻璃單元 (Unitized Unit) 運輸物流需要精準安排, 工人及運輸通道，上落卸貨區，短暫儲貨區, 吊運危險區及安排各層伸縮式物料台等，必須要預先協調天秤使用時間, 配合各行工序，確保吊運安全，方可同步進行各類工程。

4.6

緊急事件應對計劃

- a) 明確標示所有疏散路線和出口，確保它們保持暢通無阻。
- b) 制定緊急聯絡人名單，包括管理人員和當地緊急服務部門。
- c) 配備適當的應急設備，如消防滅火器、急救箱等。



施工作業

5

- 5.1 性能測試要求(PMU: Performance Mock-Up)
- 5.2 玻璃幕牆環保要求



玻璃幕牆性能要求

5.1

性能測試要求(PMU: Performance Mock-Up)

在幕牆工程的圖則獲得批准後，根據建築物條例(屋宇署的 PNAP APP-37)，設計者或承建方需遵從以下的條件：

- a.) 根據玻璃結構作業守則，所計劃建造的幕牆系統的具代表性部分必須進行安全性能測試。這些測試應由獲得香港實驗所認可計劃認可的獨立實驗所進行，或由與香港實驗所認可計劃達成相互承認協議/ 安排的其他實驗所認可機構認可的實驗所進行。 b) 測試結果應附有由註冊結構工程師簽署的聲明，確認已遵從適用於該測試的接受準則。在完工前提交。
- b.) 測試結果應附有由註冊結構工程師簽署的聲明，確認已遵從適用於該測試的接受準則。在完工前提交。

關於認可的實驗所，其詳細名單可向創新科技署的香港認可處索取。同時，香港認可處可能會不定時地發出、修訂或撤銷實驗所對於某些特定測試或校正的認可。最新的認可實驗所名單和其認可範疇均可在香港認可處的官方網站 (<http://www.itc.gov.hk/hkas>) 上查詢。

c) 測試要求

- 1) 幕牆的安全測試通常選擇最具代表性的玻璃組件做測試。
- 2) 實驗所會按照已獲得批准的圖紙，提供一個密封的鐵風箱，包括用鐵料模擬原有的主結構，在鐵架上安裝玻璃幕牆，四周以防水片密封。
- 3) 在風箱完全密封後，實驗所將會按照已獲得批准的圖紙，在幕牆面上安裝動態探測儀，當測試進行時收集每一個測試點的移動數據。
- 4) 幕牆的性能測試模型須滿足以下要求：最少兩層樓高或幕牆的全高，並配備可操作的窗扇；最少三個模組寬度，包括轉角(如有)，如有特殊的建築設計特色亦須包括在測試模型中，最終的測試模型的範圍以屋宇署批准的範圍為準。
- 5) 進行測試的玻璃幕牆樣本依照圖則實際尺寸，使用與建築師批准的相同材料去組裝，施工方法與固定方法也與設計幕牆實際安裝方法一致。
- 6) 除了需按照屋宇署要求的規範進行測試外，顧問公司一般都會額外要求更高標準的測試，如增壓測試，動態試水測試，幕牆移動測試等

5.2

玻璃幕牆環保要求

- a) 提高能源利用效率：在建築設計中，應採用全面的設計策略以提高能源效率。在幕牆層面，這些要求會根據氣候區域的不同而有所變化，在香港地區，可以參考以下做法：
- 使用高性能的隔熱材料和低輻射性（Low-E）玻璃可以減少紅外線透過幕牆進入建築內部，從而降低空調系統的負擔。
 - 太陽控制和遮陽：合適的遮陽系統或使用具有太陽控制功能的玻璃可以有效減少太陽輻射熱量的進入，同時允許足夠的自然光照進建築內部。
 - 通風：設計中應考慮通風的可能性，以提高室內空氣質素並減少對空調系統的依賴。
- b) 減少光污染：玻璃幕牆的外部反射率應控制在較低水平，以減少對周圍環境的光污染和熱影響。玻璃幕牆的外部反射率不得超過20%。對玻璃幕牆反射率作出限制能夠減少建築物對周圍環境的影響，特別是避免由於高反射率造成的強光照射問題，這可能對周圍的居民和環境產生不利影響。



玻璃幕牆 系統常見 分類

6

6.1 按安裝方式分類的玻璃幕牆



玻璃幕牆系統常見分類

6.1

按安裝方式分類的玻璃幕牆

- a) 單元式玻璃幕牆（Unitized Curtain Wall）：單元式幕牆（圖1）是一種預製的幕牆系統，其特點是在加工廠裡將玻璃、面板和框架預裝成單獨的單元或模塊。這些單元在加工廠內完成裝配和封閉，然後運送到施工現場，直接安裝到建築物的外部。採用單元式幕牆系統能夠節約人力，提高安裝效率和質量，同時減少工人在外棚工作的時間。除此之外，安裝預製模塊還能減少施工現場建築廢料的產生，滿足環保及可持續發展的要求。
- b) 構件式玻璃幕牆（Stick Curtain Wall）：構件式幕牆的結構框架先安裝在建築主體結構上，再安裝立柱和橫樑外框飾面，立柱和橫樑組成框格（圖2）。在加工廠內將玻璃鋁底框通過玻璃膠安裝在玻璃上，最後以鋁碼件固定在立柱和橫樑組成的框格上。
- 本作業手冊將會重點介紹單元式玻璃幕牆。



圖1 單元式玻璃幕牆安裝



圖2 構件式玻璃幕牆安裝

MiC結合單元式幕牆（圖3、4）是建築工業化、數字化、標準化發展的趨勢，能提升香港建築的品質、安全與效率，減少現場危險、加速推動可持續發展。



圖3 MiC結合單元式幕牆

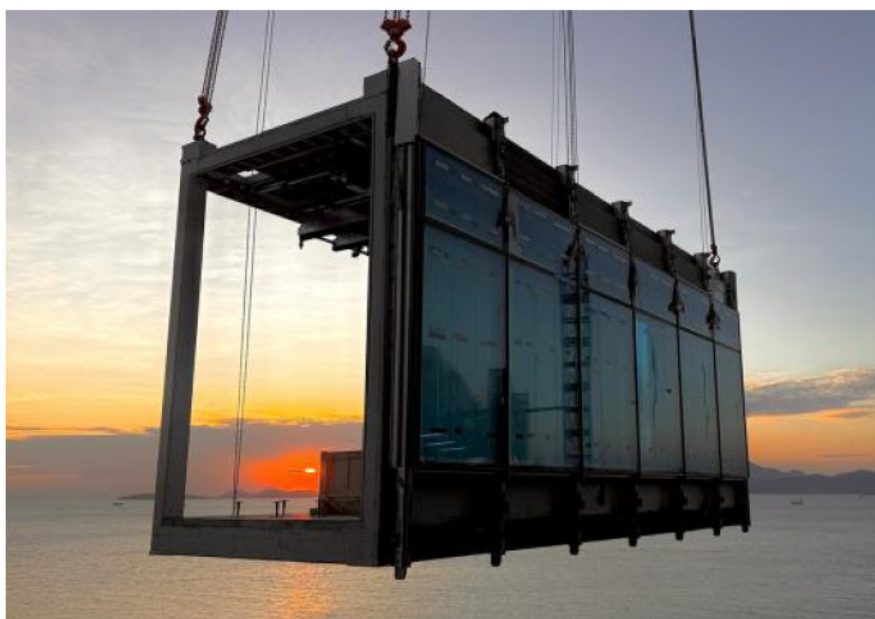
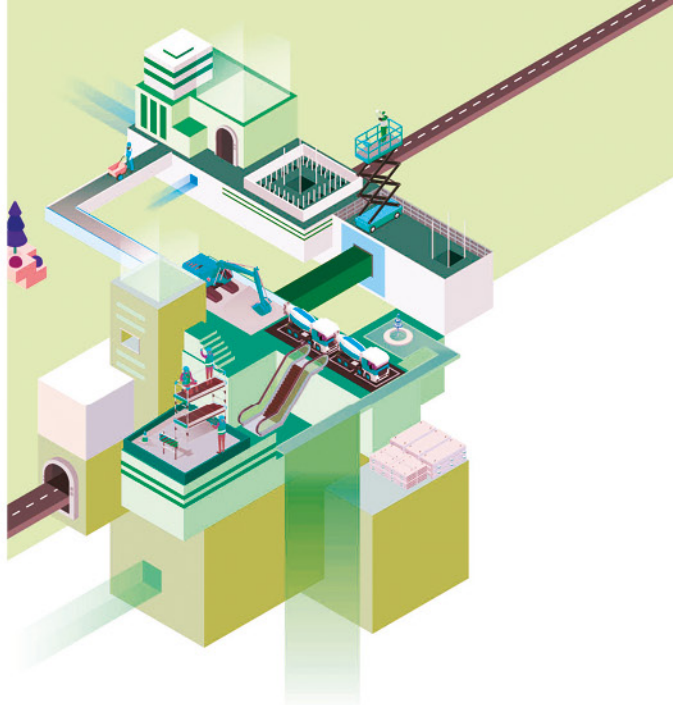


圖4 MiC結合單元式幕牆



一般單元式玻璃幕牆設計與安裝工序



- 7.1 一般設計原則
- 7.2 玻璃幕牆設計指引
- 7.3 安裝的準備工作
- 7.4 落石矢前安裝工作
- 7.5 落石矢後安裝工作
- 7.6 常用工具



一般單元式玻璃幕牆設計與安裝工序

7.1

一般設計原則

幕牆的設計必須嚴格遵循第123Q章《建築物（建造）規例》的明確規定，該條款涵蓋了幕牆的結構設計要求。該條款具體內容如下：

1) 建築物的幕牆，須能：

- (a) 安全地承受恆載、外加荷載及風荷載的組合
- (b) 將(a)段提述的荷載，安全地傳遞至該建築物的承載構築物，而不會導致任何可能損壞該牆或損害其穩定性的變位或變形。

2) 幕牆的物料

- 建築物的幕牆，只可由不可燃物料建造。
- 電解或化學作用影響如加裝橡膠墊片防腐蝕保護，則該物料的表面須作令人滿意的處理或分隔，以防止腐蝕。
- 幕牆系統中的錨及嵌固件所用的物料，須屬適當並具有足夠的防腐蝕保護。

3) 幕牆——固定承托物和保養

- 建築物的幕牆承托物，須藉以下方式，固定於該建築物的承載構築物上：
 - (a) 主要材料，需具備極高的耐火性能 岩棉 (Rock Wool / Mineral Wool), 並以「壓縮安裝」的方式填滿縫隙。其厚度通常不小於 100mm，能有效阻隔火焰和熱氣。
 - (b) 須設有橫樑排水槽 (Transom Gutter / Condensation Tray) 在每層的鋁橫樑內部設有凹槽。當冷凝水或微量滲水順著玻璃內側流下時，會被此槽收集，防止其流向樓板邊緣。
- 凡將幕牆承托物固定於建築物的承載構築物上，則固定工程不得：
 - (a) 損害該構築物的構件 (該承托物固定於其上者) 的結構完整性；或
 - (b) 對該構件的功能造成不利影響。
- 幕牆的承托物需要通過屋宇署要求的所有測試(請參考APP-37)。
- 防火及防煙層安裝在每個樓層的玻璃幕牆及樓板外立面之間，完全密封。防火及防煙層的用意是在火警時阻隔煙及火在樓層之間蔓延。
- 項目完成後，承建商需要提供玻璃幕牆的操作與保養手冊(Operation and Maintenance Manual)，提供幕牆系統的使用方法，包括鋁窗、門、百葉窗，LED燈帶等系統。還需提供每種物料的清潔及保養方法，包括玻璃、鋁料和石材配件等。

- 須設有足夠的進出途徑通往建築物幕牆的外層表面或該牆的伸出物，以供保養或修葺該牆或伸出物。
- 為防止建築物的幕牆受滲水或凝水損壞，須設有從該牆收集和排去任何滲漏或凝水的設施。

4) 安裝許可之公差

- 一般而言允許誤差範圍為25mm, 通常是指結構主體（樓板邊緣）與幕牆掛件（Bracket）安裝位置之間的设计允許誤差。
- 幕牆掛件的三向調節, 幕牆掛件（Brackets）通常設計有長圓孔（Slotted holes），允許在安裝時進行前後、左右或上下各約 25mm 的調整，以確保最終安裝的幕牆表面是絕對平直。

7.2

玻璃幕牆設計指引

a) 一般設計負荷

- 1) 設計應考慮到潛在的移動, 必須預留適當的伸縮縫，並組合成最可能對主結構產生嚴重影響的形式。例子如下：
 - 恆定荷載：玻璃面板本身的重量以及支撐結構的重量。
 - 風荷載：強風對玻璃造成的壓力。
 - 外加荷載：臨時負荷，如清潔設備的重量，維護工人的重量等在玻璃表面上的重量。
- 2) 由於施工或支撐的移動所引致在玻璃結構上的負荷也應被考慮。例子如下：
 - 在安裝玻璃天篷時，如果支撐樑在安裝過程中有輕微移動或沉降，這可能會對玻璃面板產生額外的壓力。設計應考慮到潛在的移動，以防止在結構完全組裝並投入使用後，玻璃出現裂縫或破裂。

b) 設計考量

- 1) 玻璃幕牆系統必須被設計為能夠安全地承受組合的恆載、外加荷載及風荷載的組合，並將這些荷載傳送到主要的承載結構，而不會引起過多的偏移或變形。主結構移動的容許範圍一般為樓層高度 / 100mm，或結構工程師按每個項目的特色，獨立計算。

- 2) 由於幕牆系統中各種組件之間的交互作用和負荷轉移的複雜性，應進行全尺寸模擬測試，以驗證系統的性能是否符合限制狀態。
 - 3) 設計中應重視水平外加荷、開口的保護、材料的質量控制以及防止火焰和煙霧在樓層之間的傳播。
 - 4) 合理選擇所使用的玻璃幕牆類型，亦可考慮在幕牆外採取高效安全的遮陽措施，改善室內熱舒適環境，降低通風、空調的負荷，提高建築節能的效果。
 - 5) 在玻璃幕牆系統設計過程中，為了方便將來安全地更換玻璃幕牆，應考慮以下幾個重要措施：
 - 模塊化設計：設計時應優先考慮採用模塊化的玻璃幕牆系統，以便日後單獨更換而不影響整體結構。註：模塊化設計的玻璃幕牆系統通常包括預製的玻璃單元、支撐框架和密封部件，這些組件可以在工廠中預先組裝好，再運送到施工現場進行快速安裝。
 - 考慮到日後維護的可行性：在設計時，需要考慮1) 未來維修的可行性2) 與外部維修設備的兼容性，確保這些設備能夠穩定、安全地操作；3) 如何讓維修人員能夠安全且方便地接觸到所有需要維護的部分。如：注意框料與結構膠的切割位置，方便工匠在吊船外及室內都可以利用工具將結構膠和密封膠割開；如玻璃幕牆上有特色裝飾條，設計需要考慮裝飾條的安裝方法及長度，確保工匠能在吊船上安全拆除及重裝；應儘量按照電梯及室內空間可運送的尺寸來製定幕牆玻璃片的最大尺寸，如項目設計上有玻璃片尺寸大於電梯及室內可運送空間，幕牆分判商必須提交特殊的更換玻璃施工方案給顧問和業主代表審批。
 - 6) BIM技術應用：在設計階段應整合BIM技術，以提升設計精度和協同作業的效率，使用BIM技術還並有利於後續的維護和更新
- c) 玻璃生產的品質控制
- 1) 註冊結構工程師 (RSE) 和註冊承包商 (RC) 應確保玻璃製造商採用的是可接受的品質保證方案 (QAS)，按照屋宇署的規範安排T1 (100%) 及T3 (30%) 監察強化玻璃熱浸測試(Heat Soak Test)的工序，以最小化強化玻璃自發性破裂的風險。
 - 2) 在強化玻璃生產過程中需要進行適當的監督以保證強化玻璃的品質。圖則在進行審批時，須滿足以下要求：
 - 強化玻璃應由擁有ISO 9001品質保證認證的工廠製造；

- 製造商的QAS文件應在工廠開始生產前至少14天提交。此提交應附有RSE簽署的聲明，確保該QAS能確保所生產的玻璃的品質是符合法例要求的。
- 玻璃製造商發出並經過註冊結構工程師 (RSE) 認可的熱浸處理合規報告，應在申請入伙紙 (OP) 或提交表格BA14前提交。

3) 品質監督報告(QSP)

- 註冊結構工程師 (RSE) 和註冊承包商 (RC) 負責提交強化玻璃熱浸處理品質監督計劃，該計劃需至少於工廠開始生產前14天提交。

7.3

安裝的準備工作

在玻璃幕牆安裝工程施工過程中，必須預先識別及有效管理各項潛在風險。施工前，應安排工人進行早操及安全簡報，並要求工人互相檢查個人防護裝備(PPE)是否佩戴妥當，以及進行雙尾扣安全帶掛鉤的使用練習。施工團隊亦須制定及落實動態風險評估(Dynamic Risk Assessment, DRA)、風險評估(Risk Assessment, RA)及施工方案(Method Statement, MS)，以確保施工程序安全有序。

a) 圖則要求：工地安裝工程應依照顧問核准的施工圖去進行施工安裝。這些圖則包括各種大樣圖：例如剖面圖、收口圖、防水圖、內看圖等。

b) 施工方案

- 施工方案 (Method Statement): 包含項目資訊、詳細施工流程圖、香港註冊人員架構、分階段工期計劃
- 風險評估 (Risk Assessment): 針對高空作業、吊運、玻璃破裂等重點風險評估，列明應對措施、個人防護措施、安全監督機制。同時還應包含防火管理、應急程序等風險控制文件。
- 運輸路線及物流計劃(Logistic Plan): 詳細列出物料進出場路線、卸貨區安排、臨時儲存空間、交通協調方法等，特別需考慮繁忙市區、狹窄地段等現實因素。

7.4

落石矢前安裝工作

a) 總承建商搭建棚架及放大線

- 總承建商協助搭設棚架，為後續安裝提供安全穩固的作業平台
- 於主結構施工完成後，由總承建商在現場放出主結構基準大線。基準線包括十字線(Gridline), 平水線(Level. mPD), 必須由總承建商(Registered General Building Contractor)的工地測量/平水及註冊專門承建商名冊(Registered Specialist Contractor)簽認確實控制基線, 提交各分判商協調工作之用

b) 預留碼件安裝

- 在主結構施工階段需要安裝預留碼件或鍍鋅鋼槽(圖5、6)，用於安裝幕牆組件，單元式幕牆一般會配置結構風力碼件，而構件式幕牆會根據設計配置配件，以便後續幕牆框料安裝時收螺絲及燒焊。
- 安裝時需要注意是否會發生衝突，如發現現場情況與圖不符而導致無法安裝，應通過工地備忘錄(Site Memo)的形式記錄並通知總承包商及顧問，並提交有效的修補方案(Remedial Proposal)給顧問審批，獲批後再按圖施工。



圖5預留碼件安裝

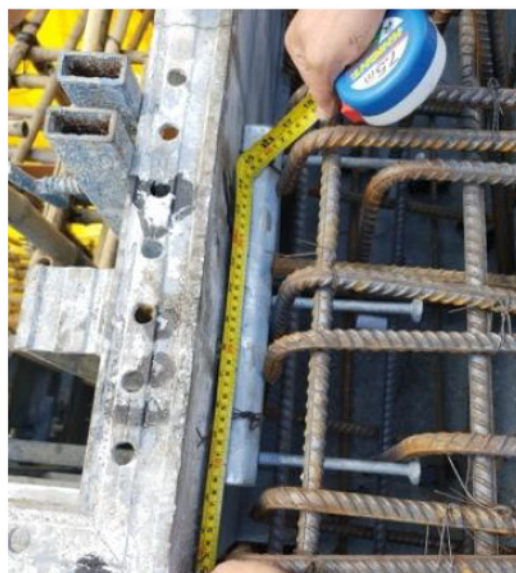


圖6預留碼件安裝

- 1) 安裝底掌前需要紮鐵與釘板工匠協調，確定沒有安裝工序上的衝突，然後再由座頭管工確定前後開工次序。

c) 放墨線

- 1) 在札鐵工作開始前，幕牆工匠應該根據大線及設計圖則，在現場側企板上放出平水同墨線，用於將來精準安裝底掌。墨線完成後，幕牆分判商需與總承建商安排聯合驗收(Joint Inspection)，由雙方確認墨線正確無誤並記錄。

d) 預留碼安裝及檢查

- 預留碼的安裝通常是釘完板，把預留碼安裝在木板後的正確位置，隨後開始紮鐵工序。對於樓面的預留碼，則在釘板及紮鐵工序完成後再安裝預留碼（圖7、8、9）。要注意樓邊應有安全圍欄避免意外跌落。



圖7完成釘板及紮鐵工序

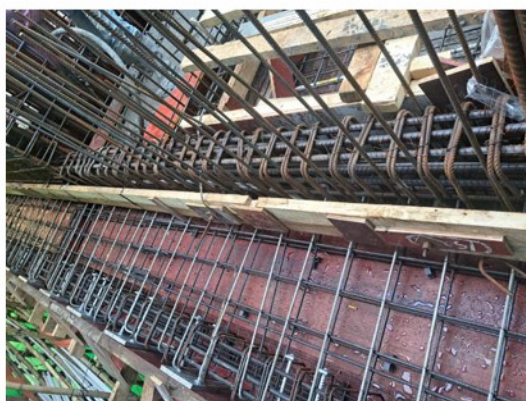


圖8完成釘板及紮鐵工序



圖9將預留碼固定在木板

- 每層樓面落石矢前，需要提供該樓層的測量報告，給地盤工程師作現場檢查，確保位置正確。而該份測量報告必須能對應最新的經過批准的施工圖紙。如有任何臨時改動，必須先得到顧問的書面確認。

7.5

落石後安裝工作

a) 檢查預留碼件 (Embedded Parts)

- 1) 每層樓面落完石後需要提供該樓層的石後測量報告，檢查預留碼在落完石後有沒有移位(圖10、11)。如發現預留碼移動的位置超出設計可接受範圍，幕牆分包商需要提供修補方案給顧問審批。此外，還需根據實際情況更新As-built紀錄，確保竣工圖準確反映最終的施工結果。



圖10



圖11

b) 開幕牆安裝控制線

- 1) 幕牆分判商依據總承建商的大線基準，用墨斗/紅外線等儀器，標出單元件的精準安裝位置線（橫向/縱向控制線）。

c) 安裝掛碼 (圖12、13)



圖12 安裝掛碼



圖13 安裝掛碼

- 1) 安裝掛碼前要先檢查石矢廊和墨線是否正確，如有問題應該提早修正缺失事項，例如：
- 若發現石矢廊有高低以及出入偏差的情況（指偏差超過涉及許可之公差，一般而言允許誤差範圍為25mm），可以通過拆除預留碼重新安裝或增加鉛水鐵墊底片然後燒焊或用螺絲加固的方法來處理。若用開口槽鐵加固需安排合資格的焊接員到地盤做<螺絲桿拉力測試>(圖14)，一般檢查方法是1%或不少於5粒。



圖14螺絲桿拉力測試

- 工匠燒焊工序必須依照地盤安全規定，且電焊工具需通過安全檢查。
 - (a) 為工匠提供個人防護
 - (b) 電焊工應確保工地沒有水氹；
 - (c) 需準備防漏電滅火筒；
 - (d) 若在外牆邊燒焊則需要加裝接焊矢兜；
 - (e) 焊口尺寸闊度要依照核批圖紙施工；
 - (f) 完工後需安排符合資格驗焊員實地測驗檢查，檢查方法有：1.目視檢查法（目視檢查法標準嚴格）2.磁粉檢查法；
 - (g) 檢查後須報告工程師做相關記錄；
 - (h) 檢查完畢後工匠需要做好防銹工作（要用<直橫式分段法>塗上足夠的防銹油在燒焊位置，至少刷上兩層）；
 - (i) 建議在焊接空隙向上及兩側企位填充少量玻璃膠或 Masterseal 540 以防止雨水滲入焊背，導致生鏽水流出，日後影響外觀。

d) 來料吊運

- 來料幕牆元件應事先向工地申請存放位置，並說明存料的空間大小及暫存時間；
- 物料在工地擺放的位置不可以阻擋行人出入口；
- 物料應分批存放在每層樓的施工位置；
- 吊運前需取得安全部核准的物料吊運施工方案；
- 在吊運前注意事項
 - (a) 要做足行人道路安全措施；
 - (b) 要圍封現場避免高空墜物；
 - (c) 貨運車送達時要檢查貨物擺放是否有適當的支架及保護；
 - (d) 必須先檢驗施工方案中的指定吊運工具是否安全；
- (e) 需要有地下的合格訊號員負責指揮整個吊運過程；
- (f) 樓面工匠要確保個人安全設備穿戴安全。

e) 安裝方法

1) 路軌式安裝（圖15-19）

- 以單元存放架(Pallet)及由排卡卡車，由加工廠運送單元件到地盤及預設的存放位置，如果樓層有足夠的空間存放幕牆單元，存放單元的樓層會安裝臨時工作平台。吊運師傅會用天秤或吊機把單元存放架由排卡車吊上臨時工作平台，再吊到樓層中存放；
- 使用吊軌(Monorail)安裝,是安裝單元式幕牆最普遍的方式。將兩行並列的吊軌和結構鐵架安裝在石矢樓板邊或天面的女兒牆上。一條吊軌的軌道是供臨時吊船使用，另一條軌道配備電動吊機吊運單元；
- 吊軌的設計需要考慮同時使用吊運單元及吊船時最大荷載及風荷，安裝時需要以爆炸螺絲安裝在石矢上；
- 在安裝前，所有的荷重結構均需要通過認可的機構測試，包括爆炸螺絲的拉力測試，吊船的荷重測試等；
- 在進行幕牆單元安裝前，需要根據法例及安全指引做出圍封及告示；
- 幕牆單元一般依規劃逐件安裝，不可跳格，由底部至頂部，由左至右的安裝；

- 通常單元件的最底下一行會安裝起底水槽，在安裝完成後需要進行浸水測試。測試的方法是將所有去水口暫時密封，再放水到水槽內，測試整條水槽有沒有漏水的情況。浸水測試時間是按照每個項目的技術標準而定，一般不會少於30分鐘。而每件幕牆單元的頂部有水槽設計。當每層單元件安裝完成後，會進行浸水測試；
- 從單元存放架取出需要安裝的單元件，在單元件頂部的水槽位置，扣上一對用於吊運的鐵碼，再通過安裝在吊軌上的電動吊機，把單元件吊至指定的位置。工匠會調較好位置及水平，然後把單元件背後的鉛扣件，扣到已安裝在樓板邊的預留碼上，而單元件的底部會插入到下層單元件的水槽位置。需要確認每個單元件間搭接長度充足，確保穩定連接，並由QA/QC人員現場檢查紀錄。

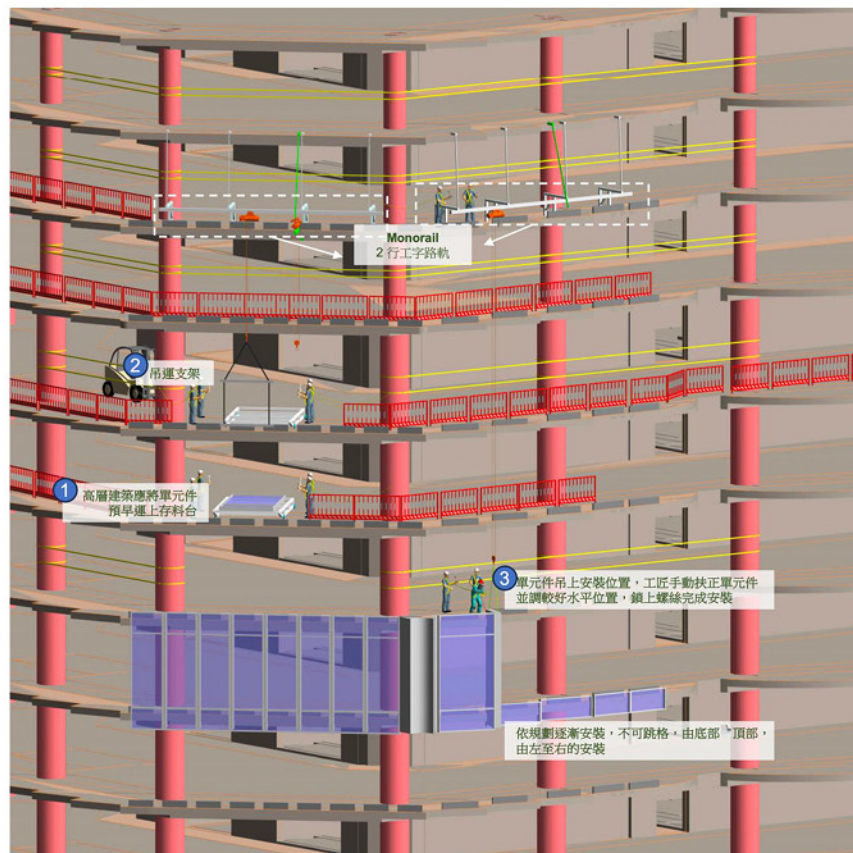
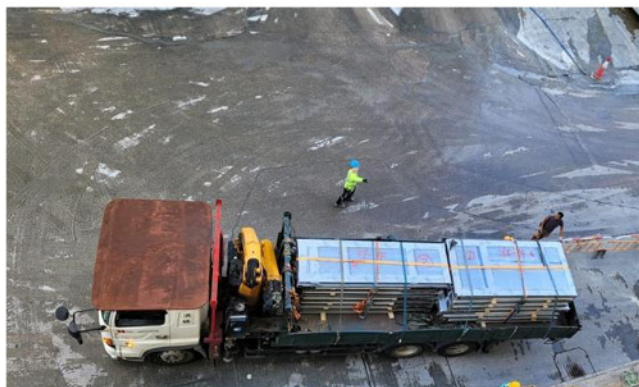
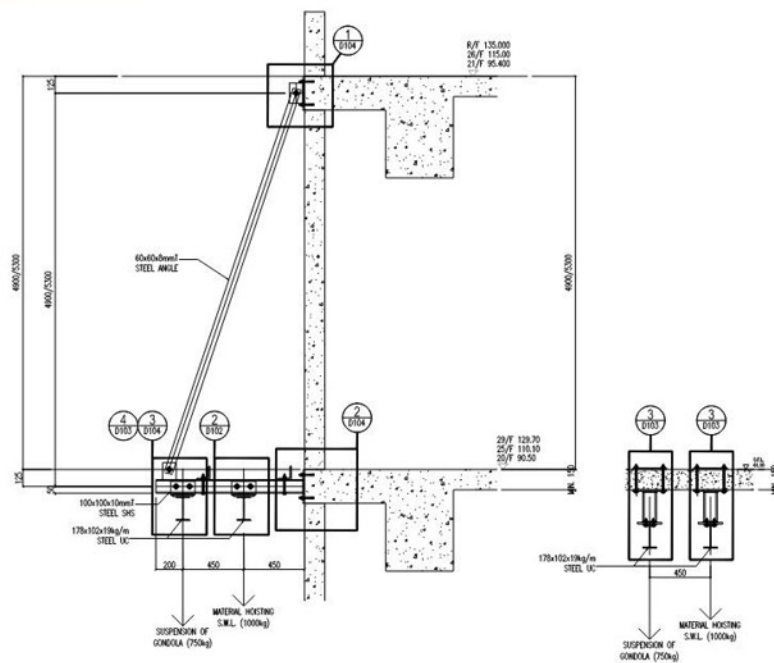


圖15 路軌式安裝示意圖



- 2) 除了前述的路軌式安裝方法和及平衡吊動裝置(Counter-weight)安裝方法外，玻璃幕牆的安裝還有其他方式，例如使用蜘蛛式起重機協助安裝，但使用蜘蛛式起重機安裝時間會比路軌式安裝時間長以及工期有可能會受制於蜘蛛式吊機的數量。
- 3) 吊裝安全
- 工人在高處作業安裝幕牆單元時，幕牆單元需要用兩組吊點懸掛（圖20、21）。
 - 幕牆單元邊框設置額外掛點用於連接吊帶的方法（圖22）。



圖20主吊點與次吊點

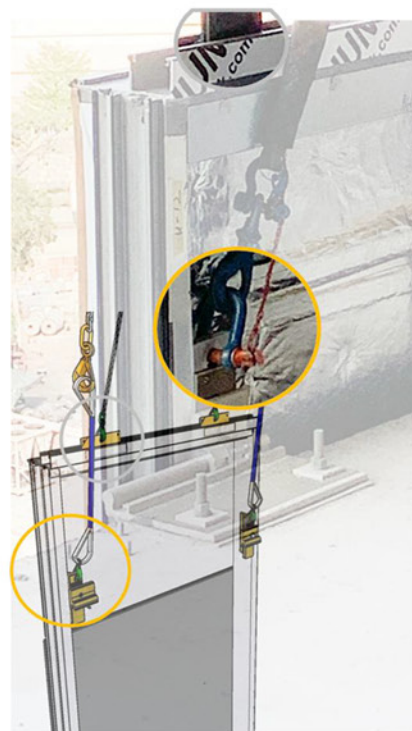


圖21 主吊點與次吊點

- 主吊點：主要承重吊點，負責將玻璃或板件吊離地面，進行定位。
- 次吊點/副吊點：作為安全冗餘（第二重保護），若主吊點失效，副吊點可防止構件掉落，保障現場人員及財產安全。

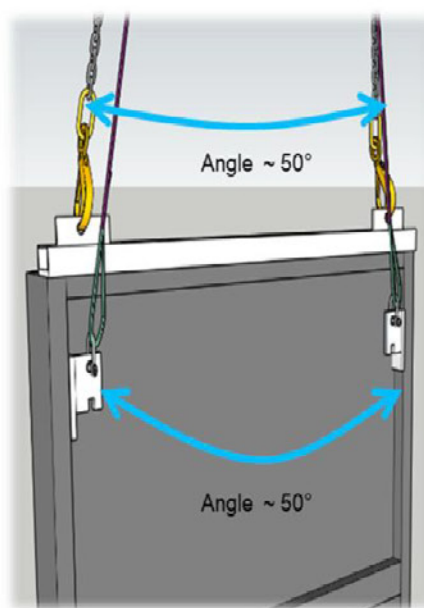


圖22 吊帶夾角

- 吊帶間建議夾角約為 50° ，這樣受力均勻、安全系數高，避免側向力導致構件晃動或斷裂。

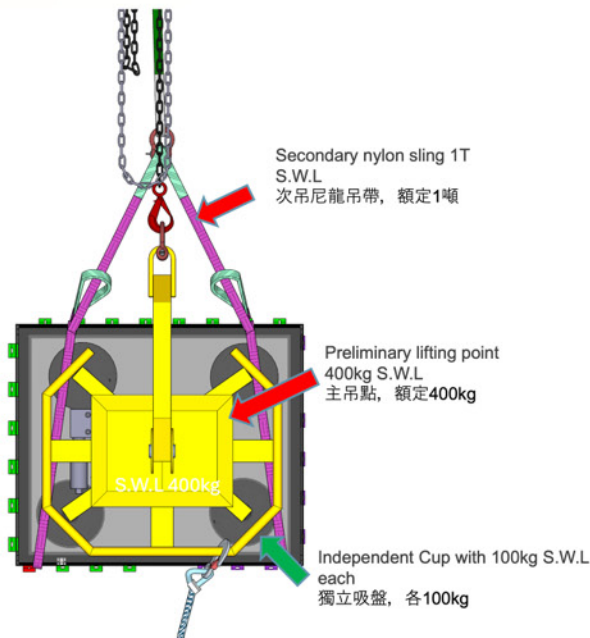


圖23

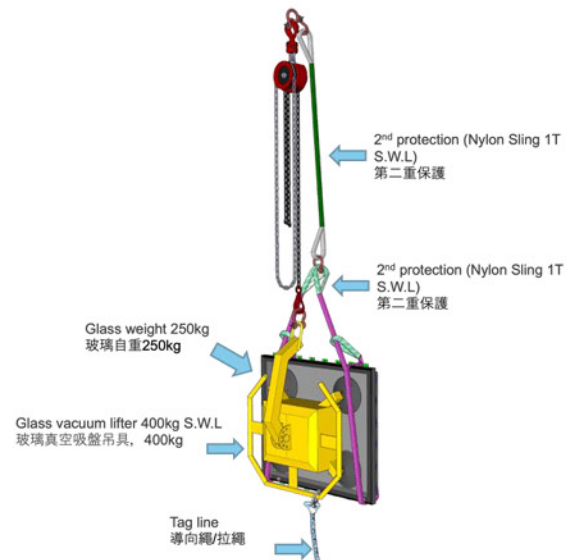


圖24

上述圖片（圖23，24）展示吊裝每個部件的安全額定負重（S.W.L）與多重保護設計：

- Preliminary lifting point 400kg S.W.L（主吊點，額定400kg）：玻璃單元的主吊點，承擔大部分重量。
- Secondary nylon sling 1T S.W.L（次吊尼龍吊帶，額定1噸）：副吊點設計，為第二重保護。
- Independent Cup with 100kg S.W.L each（獨立吸盤，各100kg）：吸盤裝置用於穩定構件，萬一主要吊點意外脫落，吸盤可短暫承重，減少損壞與危險。
- Glass vacuum lifter 400kg S.W.L（玻璃真空吸盤吊具，400kg）：主要用於吸住大型玻璃，使吊裝穩定。
- 2nd protection (Nylon Sling 1T S.W.L)（第二重保護）：強調每個吊裝步驟必須設第二重吊帶，以防設備或人為失誤導致墜落。
- Tag line（導向繩/拉繩）：讓現場人員可以控制構件晃動或旋轉方向，避免因吊裝過程搖擺造成二次風險。
- Glass weight 250kg：玻璃自重僅250kg，但所有主/副吊帶與設備設計皆留足安全裕度（通常>1.5倍），符合國際最佳實踐。

f) 防水片安裝

- 1) 通常依照安裝進度，先安裝垂直方向的檔水片，由下往上進行安裝。
- 2) 上方檔水片的底部應覆蓋在下方檔水片的頂部，重疊部分至少要有50mm，並且需與玻璃密封膠圍邊密合。
- 3) 位於幕牆頂部的檔水片需完全覆蓋幕牆最頂部，一側安裝在幕牆頂部的外側，另一側安裝在結構牆的側邊或頂部，並配合玻璃密封膠及垂直檔水片，確保幕牆四邊完全密封。
- 4) 檔水片應向室外方向傾斜，以確保萬一有進水情況時，水能沿檔水片流向裝飾鋁板，並通過預設的排水孔排出。
- 5) 底部的檔水片主要作用是防止外部積水倒灌進入室內，確保內部空間不受水浸影響。



幕牆上層防水處理示意圖

- 6) 幕牆工匠一般會在幕牆邊開一條收口墨線，為幕牆裝飾板面的最終完成面，這樣泥水工匠能安裝泥水收口鋁角，識別幕牆與外牆瓦的位置，便可獨立完成批盪及砌瓦工序。

g) 安裝防火棉

- 1) 防火棉（厚度：135mm，具有兩小時的防火等級，密度: 60 kg/m³）安裝在每層分隔樓面和分伙牆中間，目的是防止火災蔓延，避免火警時火勢由下邊起火單位穿過幕牆和樓板空隙蔓延至樓上的單位。
- 2) 防火棉要有測試報告證明並且要嚴格按照防火棉供應商的安裝方法進行安裝。

h) 水滲透測試

- 1) 玻璃幕牆的試水測試是一個重要的過程，用來確保幕牆系統對水密性的性能。這個測試通常在安裝完成後進行，目的是檢查幕牆是否有任何滲漏，確保其能有效阻擋雨水侵入。一般會按照美國標準AAMA501.2作為試水測試的準則，而試水的位置及如發現滲水後，重新再試水的百份比，則按份個項目的技術要求(Technical Spec.)為準。以下是試水測試的基本步驟：
- 2) 在開始試水測試前，需要確保幕牆安裝完全完成，並關閉所有開啟部件，如窗戶和門。
- 3) 選擇幕牆上具代表性的區域進行測試。這個區域應包括接縫、角落和其他潛在滲漏點。
- 4) 使用水管或專門的測試設備向測試區域噴水，通常包括在一定時間內以特定壓力和流量對幕牆進行噴水。
- 5) 在試水過程中和後，內部負責觀察的工人會檢查幕牆內側是否有水滲透或滴水的跡象。重點觀察接縫、固定點和窗戶周圍區域。須記錄測試結果，包括滲漏位置和程度。對於檢測到的滲漏點，應進行適當的修復。修復後，可能需要重新進行試水測試，以確保所有問題都已解決。
- 6) 試水測試是評估幕牆水密性能的關鍵步驟，對於保障建築物的整體性能和耐久性至關重要。

7.6

常用工具

- 1) 吊船：在高層建築的玻璃幕牆安裝中，吊船提供了安全、可靠的高空作業平台，工人能夠在建築物外部進行安裝、維修或更換幕牆玻璃。吊船相比棚架更具靈活性，能夠輕鬆調整至建築物的不同高度和位置，從而提高工作效率。
- 2) 平衡桿（圖27）：平衡桿是一種用於提升重物時保持負載平衡的工具。它通常用於吊起和運送大型玻璃板或幕牆單元，確保這些重物在搬運過程中保持穩定。使用平衡桿能減少物料在吊裝過程中損壞的風險，提高作業效率和安全性。

- 3) 塞古(Shackles)(圖28)：塞古是一種用於固定和提升重物的U形金屬環，通常配有螺栓或銷釘來鎖緊。在單元式幕牆安裝中，塞古用於安全地吊掛和搬運重型玻璃板或幕牆組件。
- 4) 電動吊機 (Chain Block)(圖29)：電動吊機是一種手動起重裝置，用於精確地提升或降低重物，如玻璃板或金屬框架。操作人員可以通過拉動鏈條來控制負載的移動，提供精準的控制。
- 5) 吊軌及吊船(Monorail)(圖30)：臨時吊軌用於吊運單元，一般會安裝在需要安裝幕牆的樓層以上的一至兩層，配合電動吊機使用。電動吊機與吊軌配合使用可以實現單元件的橫向移動。除了電動吊機，雙軌式的臨時吊軌還可以配置臨時吊船同時使用。
- 6) 蜘蛛式起重機 (Spider Crane)(圖31)：蜘蛛式起重機在玻璃幕牆安裝中起到精確定位和安全吊裝玻璃面板的作用，適合狹小或高空作業環境。
- 7) 平衡吊動裝置(Counterweight)(圖32)：平衡吊動裝置一般是安裝在天面或露台，適用於垂直式安裝排列的玻璃幕牆，優點是當幕牆安裝完畢後，可以將裝置拆開，方便運輸。

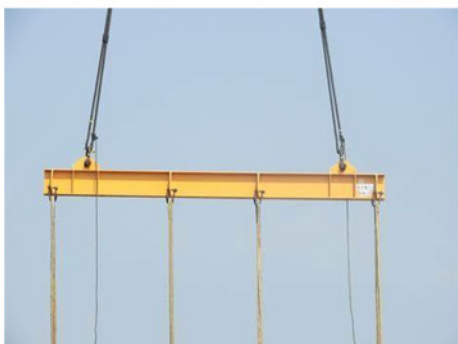


圖27



圖28



圖29

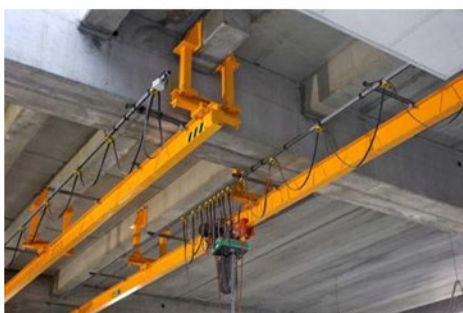


圖30



圖31



跨行業協作

8

8.1 工地各工種協作



8.1

工地各工種協作

當涉及到建築項目中玻璃幕牆的安裝，與其他專業工種的協調和配合是至關重要的。以下是在安裝過程中優質作業順序：

- a) 前期階段：幕牆工匠及管理人員，應要求總承包商提供墨線的平水與軸線，以備忘錄的形式與總承包商確認提供墨線的時間及墨線的位置，為未來工作做好準備。
- b) 協調與安裝底掌：在進行底掌安裝之前，需要與鋼筋綁扎（紮鐵）和木工（釘板）管工進行協調，並商討物料到貨的時間，確保沒有安裝工序上的衝突。
- c) 預留碼安裝及調整：扎鐵的同時安裝預留碼。若有移位的預留碼需要調整，座頭管工需與設計人員溝通，以制定相應的修改方案，應立刻改正。修改方案須提交給結構工程師審批，審批通過後方可安裝。
- d) 幕牆安裝需與外部照明、標示、MVAC 及背板等系統在設計階段協調接口與預留位置，避免施工衝突及返工。建議透過BIM整合設計、預先驗證關鍵安裝細節。
- e) 外牆和幕牆的接合處理：
 - 1) 幕牆工匠需要在幕牆的單元件旁邊按照施工圖紙的位置，配合泥水工匠安裝泥水角，以便後續泥水收口，防水片的安裝以及收口鋁板的安裝。幕牆工匠應為項目進行測量(主結構及預埋件)，安裝風力碼及路軌安裝等工序，為安裝單元板做好準備。
 - 2) 外牆棚架：在安裝工序開始前，幕牆管理人員應按照已批准的施工方案，提供幕牆安裝所需要的棚架尺寸及位置給總承包商，以便總承包搭建棚架。在幕牆安裝過程中，如果需要修改棚架或拆除支撐接駁，應書面通知總承包商處理，切勿自行修改或破壞棚架，影響棚架的結構安全。在外牆飾面工序搭建完成並清潔完畢後，總承包商需要拆除幕牆安裝位置的棚架，以便幕牆單元件的安裝。
- f) 水線安裝：幕牆安裝完成後，幕牆管理人員需要通知機電分判商，為過氣電線進行接駁工序。

- g) 室外保護：幕牆管理人員需要與內裝公司進行溝通，按照施工圖紙安裝幕牆與室內牆身批盪間的鋁收口件。安裝完成後，需要對室內的幕牆玻璃以及框料進行保護(圖33、34)，再移交給內裝單位進行施工。



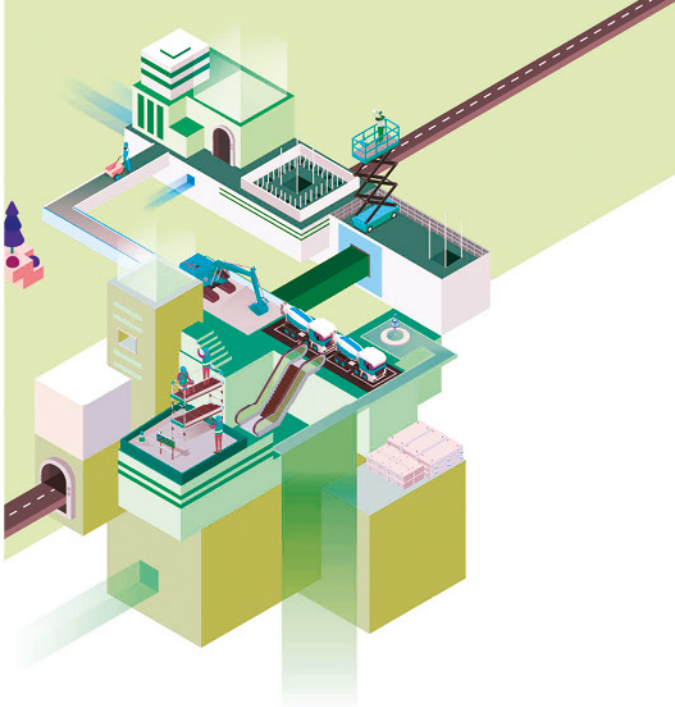
圖33 對室內的幕牆玻璃及框料進行保護



圖34 對室內的幕牆玻璃及框料進行保護

- h) 內裝完成交接：在工程完成室內裝修後，裝修單位應按層移交給幕牆公司，玻璃工需拆除室內玻璃幕牆上的保護並進行清潔。如發現幕牆損壞，應立即通知總承包商，同時發出工地備忘錄作記錄，並提交修補方案以便後續審批。之後玻璃工匠需按照批准的修補施工方案，進行修復。
- i) 幕牆清潔：幕牆管理人員需要通知總承包商，按照已批准的計劃，在幕牆下方的位置搭建臨時帳篷及圍封，使用吊船拆除幕牆的保護層，並清潔幕牆。如有需要，可以在清潔幕牆後進行燈具的安裝和接駁。
- j) 項目驗收：當室內修復及外牆玻璃清潔工序完成後，幕牆管理人員應向總承包商匯報，並向顧問申請項目驗收。

這些步驟的順序和執行確保了玻璃幕牆安裝工作的順利進行，同時與其他專業工種有效協調，保障建築品質和工期。工序應一行交一行，分清責任，避免衝突及避免損壞玻璃幕牆。



交通運輸

9



a) 運輸前

在玻璃幕牆的交通運輸過程中，從生產廠家運送至工地時，需採取嚴格的安全措施。這包括以下措施：

- 1) 包裝：確保幕牆元件都有穩固且適當的包裝，可以使用泡棉、紙板或其他防震材料來包裹，以減少運送中的磨擦和撞擊。
- 2) 堆放：幕牆材料應平放，避免疊放過高，防止因不穩而造成的損毀。應盡量避免長時間放在戶外。
- 3) 針對材料特性的特殊防護措施：
 - 玻璃：使用專用的玻璃保護夾，確保它不會在運送過程中移動。同時，可以在玻璃上加多層的保護膜，防止刮傷。如果幕牆擺放的位置屬於高風險位置，應增加額外的保護，如防撞氣泡或防火花保護膠紙等。此外，須定時檢查室內及室外玻璃的保護層，以免保護層脫落或損壞，保護性能減弱。若幕牆的室外保護層脫落，雨水儲存在玻璃和保護層之間，有可能會導致玻璃產生彩虹斑痕。
 - 金屬：金屬框架應使用防鏽膜或其他保護性塗層來保護其表面。使用緩衝材料隔開金屬部分，防止互相磨擦。鋁料及鋁板的保護膠紙，需要遵照膠紙供應商的建議定期清除，以免膠紙硬化難以清除，及避免膠紙長期受陽光中的紫外線的影響，導致鋁板顏色變異。
- 4) 標記：確保所有的包裝上都有明顯的“此面向上”、“易碎”等標記，方便搬運的工人進行作業。包裝上還需有清晰的單元件或物料的編號及批次，方便到現場後的識別及檢查。
- 5) 固定：在車輛上使用綁帶或其他方法固定幕牆材料，確保在運送過程中不會移動。
- 6) 在運輸前，應與工地聯絡，根據工地進度，安排材料按需運送，減少現場存儲需求。通知工人本次運輸出發及到達時間，確認本批次運輸的規格及數量，以便工地制定Storage Plan，規劃存儲的位置。
- 7) 制定Logistic Plan
 - 事先規劃路線、時間表，避開高風險區域和繁忙時段，確保運輸過程順暢。在運送過程中定期檢查，確保所有的幕牆材料都處於良好狀態，沒有受到損傷。
 - 如運送的玻璃超過12m長，在正式運送前，運輸公司必須用空車作一次模擬運輸，確保卡車能夠順利抵達工地

b) 抵達後

- 1) 抵達工地後，需使用專業起重設備和技術人員來卸載玻璃幕牆，以確保工地安全及防止幕牆的損壞，卸載過程中，除必要的操作人員外，其他人員均應離開操作範圍。



機械與 科技的 應用

10

10.1 試水機器人

10.2 全站儀 (Total Station)



跨行業協作

10.1

試水機器人

a) 使用場景

在如辦公大樓、住宅大樓等超高層建築幕牆外立面進行防水測試（圖35、36），減少施工人員吊索外掛的高風險。由機器人自動吸附於幕牆指定區域，依設計要求精確噴灑水流並自動巡檢記錄。機器人還可以針對窗戶、石材或鋁板與玻璃之間的接縫處進行集中試水，協助發現細微漏水點並記錄視頻，便於質量追蹤與證據保存。

b) 功能與應用

- 1) 這類機器人配有專用的試水噴頭、推桿吸盤和攝像頭，能夠準確地移動到幕牆外牆指定區域進行定位及試水工作
- 2) 可以根據程式編程自動化完成多點或縫隙位置的防水性能測試，並即時拍攝和記錄現場數據，減少高空人工操作的安全風險



圖35



圖36

10.2

全站儀 (Total Station)

a) 使用場景

建築工地上，工程師運用全站儀（圖37）進行幕牆龍骨鋼結構與支架的精密放樣與標記，確保後續玻璃或板材安裝位置符合BIM數據要求。在超高層或複雜曲面建築進行定期監測與變形觀測，包括結構沉降、幕牆板塊移位等精細數據對比，保障建築安全。

b) 功能與應用

- 1) 全站儀是建築幕牆安裝時測量定位的高精度儀器，具備自動角度/距離測定功能，常用於幕牆龍骨基座、玻璃定位、立面測量與校正等工程
- 2) 現代全站儀搭配自動追蹤與3D掃描等先進技術，能構建數位模型，與BIM（建築信息模型）或加工資訊模型（FIM）數據對接，保證現場安裝與設計圖精確一致



圖37全站儀