

工程品質保證計劃及程序

建築玻璃幕牆工程

一、通則及適用範圍

凡將玻璃用作外牆材料通過金屬構件或直接與建築物主體結構相連而形成的建築外圍護結構，除提高結構體外型的美觀外，並提供防風、遮雨、採光、保溫、隔熱等功能，則定義為建築玻璃幕牆工程。玻璃幕牆主要承受自重、直接作用於其上的風荷載和地震作用，以及溫度作用。對於豎直的建築玻璃幕牆，風荷載是重要的作用。在訂定建築玻璃幕牆所使用的玻璃、金屬框架和連接材料等的材質和類型時，應考慮以下特性：

- ✓ 建築物所在地區的地理位置、氣候條件、建築物高度、體型及周圍環境；
- ✓ 風壓變形性能；
- ✓ 雨水滲漏性能；
- ✓ 空氣滲透性能；
- ✓ 平面內變形性能；
- ✓ 保溫隔熱性能。
- ✓ 隔聲性能；
- ✓ 耐撞擊性能。

本節所述適用於一般的建築玻璃幕牆工程，整個玻璃幕牆系統所使用的材料基本上有五大類型材料，即骨架材料、玻璃、連接材料、密封填縫材料、結構黏結材料等，由於上述材料乃保證玻璃幕牆質量和安全的物質基礎，因此建築玻璃幕牆工程需通過施工現場之監督及材料測試以確保滿足設計及有關規格之要求。

二、幕牆材料的基本要求

玻璃

一般常用的幕牆玻璃材料主要可分為鏡面玻璃、鋼化玻璃、夾層玻璃、中空玻璃、浮法玻璃、建築用安全玻璃及着色玻璃等。根據 JGJ102 [10] 的要求，各種用於建築幕牆的玻璃，除必須滿足其本身相關的標準要求外，更應符合以下規定：

- 常用的鏡面玻璃標準為 GB/T 18915 [1]，又稱熱反射鍍膜玻璃，乃採用特殊工藝使在玻璃表面形成金屬氧化膜，此氧化膜具有反射光線，同時又具有保持良好的透光性能和較高的熱反射能力，其生產的方法有多種，但用作幕牆材料時，應使用以真空磁控濺射法或熱噴塗法工藝生產的產品；

- 常用的鋼化玻璃標準為 GB/T 9963 [2]，鋼化玻璃的特點為強度高，熱沖擊性能高，結構安全性高，但鋼化玻璃潛在發生自爆破碎的風險，因此用作幕牆玻璃材料時，應使用經二次熱處理的鋼化玻璃；另外於玻璃鋼化前必須完成點支承孔邊及板邊的細磨及倒棱工作，而倒棱寬度不宜小於 1mm，以防止邊緣出現應力集中而導致玻璃破碎；
- 常用的夾層玻璃標準為 GB/T 9962 [3]，用作幕牆玻璃材料的夾層玻璃，應使用以乾法加工在玻璃片間夾有一層聚乙烯醇縮丁醛 (PVB) 膠片生產的夾層玻璃；
- 常用的中空玻璃標準為 GB/T 11944 [4]，用作幕牆玻璃材料的中空玻璃，氣體層厚度不應小於 9mm，並應採用雙道密封；但如採用一道密封，則應使用丁基熱熔密封膠；隱框、半隱框及點支承玻璃幕牆用的二道密封應使用硅酮結構密封膠；明框玻璃幕牆用的二道密封應使用聚硫類中空玻璃密封膠，也可使用硅酮密封膠；如使用鏡面玻璃加工成中空玻璃使用，鍍膜面應朝向中空氣體層。

金屬材料及配件

用於幕牆結構的金屬材料及配件應為耐候性材料，鋼材除不銹鋼或耐候鋼外，鋼材應進行表面熱浸鍍鋅處理、無機富鋅塗料處理或其他有效的防腐措施；鋁合金材料應進行表面陽極氧化、電泳塗漆、粉末噴塗或氟碳漆噴塗等處理。相關金屬材料及配件的要求，可參閱「金屬建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」及「鋁質建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」。

三、工程品質保證文件之要求

建築玻璃幕牆工程於各施工階段，需按承攬規則的要求，提交下列文件作審閱或記錄存檔：

工程施工前

玻璃

須符合承攬規則上的要求，證書上須提供下列資料：

- 材料出廠證明及產地來源
- 材料基本資料 (外觀、材質種類、顏色)
- 材料物理性能 (幾何尺寸、力學強度、透光度)
- 材料耐久性能 (抗沖擊性、熱穩定性/均質處理、阻隔紫外光性能、降噪性)
- 適用環境、耐用年限
- 運輸、貯存及操作說明

幕牆系統說明及相關資料

須符合承攬規則要求，並提供下列技術資料：

- ✓ 幕牆系統的種類及功能、幕牆與主體結構連接承載力計算書；
- ✓ 使用材料的產品合格證明書、性能檢測報告等，包括：
 - 連接件材料，包括玻璃幕牆的金屬框架材料、點支撐裝置、支撐結構等；
 - 幕牆中黏結玻璃與金屬框架、玻璃與玻璃的受力用黏結材料(結構膠)；
 - 幕牆嵌縫用的密封材料；
- ✓ 基質表面的預處理；
- ✓ 製作、安裝施工方法及技術說明；
- ✓ 幕牆系統之測試/檢測計劃。

材料進場、工地現場安裝及竣工驗收時

- ✓ 幕牆材料的試驗記錄和報告、預製構件出廠質量合格證書；
- ✓ 幕牆的抗風壓性能、空氣滲透性能、雨水滲漏性能及平面變形性能檢測報告(如有需要)；
- ✓ 隱蔽工程安裝記錄(包括主體結構與幕牆連接的各種預埋件或後置埋件、幕牆金屬框架與主體結構預埋件或後置埋件的連接、立柱與橫梁的連接)；
- ✓ 玻璃安裝施工記錄；
- ✓ 幕牆系統現場安裝/驗收測試報告(包括焊縫外觀質量、焊縫探傷檢測報告、螺栓緊固檢測報告、預埋件或後置埋件的現場拉拔強度檢測報告及防鏽保護層檢測報告等)。

四、檢查、測試及驗收工作

建築玻璃幕牆工程的檢查工作，可歸納於下表：

建築玻璃幕牆工程檢查項目						
檢查項目		材料控制	施工控制	檢測頻率	標準要求	備註
幕牆材料	各種材料、構件、組件 ¹	✓		全數檢查	a, b	
	玻璃外觀、規格尺寸	✓				與樣板相同
	預埋件和後置件數量、位置	✓				
	框架與連接件防腐及防電化處理 ⁶	✓				
	運送 / 貯存 / 保護	✓				
	到場數量/使用數量記錄	✓	✓			
幕牆系統	施工計劃		✓	施工前		
	施工底材之預處理		✓	按工程需求及承攬規則決定		
	固定材料安裝之檢查 ²		✓			
	連接節點檢查 ³		✓			
	結構膠、密封膠打注 ⁴		✓			
	玻璃安裝工藝 ⁵		✓			
	玻璃幕牆安裝工藝 ⁷		✓	全數檢查	AAMA 501.2 [7]	

註： 檢查項目

- 1 - 各種材料、構件、組件

檢查材料、構件、組件的產品合格證書、進場記錄、性能檢測報告等。

- 2 - 固定材料安裝之檢查

常見的玻璃幕牆固定材料主要為鋁合金型材、碳素鋼、不鏽鋼材等，需要檢查的項目包括：

玻璃幕牆與主體結構連接的各種預埋件、連接件、緊固件必須安裝牢固，其數量、規格、位置、連接方法應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位/成品供應商/生產商技術指引要求，各種連接件、緊固件的螺栓應有防鬆動措施；焊接連接應符合設計要求和相關焊接規範的規定。

有關鋁合金、碳素鋼型材、焊接工藝和螺栓連接工藝的檢查工作要求，可參閱「鋁質建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」、「金屬建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」。

- 3 - 連接節點檢查

檢查項目包括幕牆內表面與主體結構間的連接節點、各種結構變形縫、牆角的連接節點等應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求。

- 4 - 結構膠、密封膠打注

結構膠、密封膠或填縫注膠應飽滿、密實、連續、均勻、無氣泡，寬度和厚度應符合專案工程技術規格/承攬

規則/設計單位要求，不宜在夜晚、雨天打膠，打膠溫度應符合設計要求和產品要求，打膠前應確保打膠面清潔、乾燥[10]。

5 - 玻璃安裝工藝

由於玻璃被切割後，被切割部位會產生大量大小不一的鋸齒邊緣，從而引起邊緣應力分布不均而容易導致玻璃安裝完成後出完破碎，因此玻璃於安裝前必須完成點支承孔邊及板邊的細磨及倒棱，磨輪的目數應大於 180 目，而倒棱寬度不宜小於 1mm；玻璃安裝工藝的檢查項目應包括幕牆垂直度、幕牆水平度、幕牆表面平整度、接縫直線度、接縫高低差、接縫寬度等應符合專案工程技術規格/承攬規則/設計單位要求，如無相關指標依據時，相關項目之安裝允許偏差可按如下的要求進行評定。

單元式玻璃幕牆、全玻璃幕牆、隱框玻璃幕牆、點支承玻璃幕牆安裝質量 (摘錄自 JGJ 102 [10])

項目		允許偏差(mm)	檢查方法
豎縫及牆面垂直度	幕牆高度 H (m)	≤ 10	激光經緯儀或經緯儀
	$H \leq 30$		
	$30 < H \leq 60$	≤ 15	
	$60 < H \leq 90$	≤ 20	
	$90 < H \leq 150$	≤ 25	
	$H > 150$	≤ 30	
幕牆平面度		≤ 2.5	2m 靠尺、鋼板尺
豎縫直線度		≤ 2.5	2m 靠尺、鋼板尺
橫縫直線度		≤ 2.5	2m 靠尺、鋼板尺
縫寬度 (與設計比值)		± 2	卡尺
兩相鄰面板之間接縫高低差		≤ 1.0	深度尺

6 - 防腐及防電化處理

幕牆應選用耐氣候性的材料，若專案工程技術規格/承攬規則/設計單位無相關要求依據時，金屬材料和金屬零配件除不鏽鋼及耐候鋼外，鋼材應進行表面熱浸鍍鋅處理或採用其他更有效、更優越的防腐措施；此外幕牆中不同的金屬材料接觸處，除不鏽鋼外均應設置耐熱絕緣墊片或採用其他措施(如環氧樹脂玻璃纖維布、尼龍墊片等)，有效地防止電化學腐蝕[10]。

7 - 玻璃幕牆安裝工藝

當玻璃幕牆安裝工作完成後，為了確保安裝位置的施工工藝，承建單位應以符合 AAMA 501.2 [7] 要求的方法進行噴淋試驗工作檢查已施工位置是否存在滲水的情況，並須提交相關的檢查記錄作為自檢的程序文件。

標準要求

- a - 專案工程技術規格/承攬規則
- b - 成品供應商/生產商技術指引

檢查、測試及驗收工作 (續)

建築玻璃幕牆工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

建築玻璃幕牆工程測試及驗收項目								
檢測項目		材料工作性能	系統耐久性能	測試標準	建議檢測頻率	標準要求	合格準則	備註
玻璃	表面應力量度	✓		ASTM C1279 [34] GB/T 18144 [35]	每批檢測⑤	a, b	-	
	碎片狀態試驗	✓		GB 15763.2 [36]		a, b	-	
	耐撞擊性能測試 ¹	✓	✓	ANSI Z97.1 [5] GB 9962 [3] DIN 52-337 [37]	如有需要②	a, b	-	
	抗衝擊性	✓		GB 9962 [3]		a, b	-	
	彎曲強度	✓	✓	ASTM C158 [6]		a, b	-	
	透光度	✓	✓	GB/T 11976 [9]		a, b	-	
	熱穩定性/均質處理	✓	✓	-	每批檢測/見證	a, b	-	
	隔音性	✓		-	如有需要②	a, b	-	
幕牆系統	五金件及其他配件材料和保護塗層測試 ²	✓	✓	EN 10002 [11] ISO 898 [12] BS729 [13] ISO 2808 [14] ISO 3506 [32] GB/T 5237 [33]	每批檢測⑤	a, b, c	i, v	
	硅酮結構膠及密封材料性能測試	✓	✓	GB/T 16776 [15] ASTM C719 [38] ASTM D412 [39]	如有需要②	a, b	-	
	點支式玻璃幕牆支承裝置力學性能試驗 ³	✓		-	如有需要②	a, b	i	
	幕牆物理性能檢驗 ⁵	✓	✓	GB/T 15227 [16] GB/T 18250 [40] ASTM E283 [41] ASTM E330 [42] ASTM E331 [43]	按承攬規則要求⑦	a, b	-	
	幕牆支承結構焊縫無損探傷試驗 ⁴	✓	✓	-	每批檢測④	a, b	ii	
	幕牆現場滲漏測試 ⁶	✓	✓	AAMA 501.2 [7] ASTM E783 [44] ASTM E1105 [45]	20%	a, b	iii	
	錨固螺栓現場抗拔測試 ⁷	✓	✓	BS 5080-1[8]	每批檢測⑥	a, b	iv	

註： 檢測項目

- 1- 玻璃耐撞擊性能測試
對建築幕牆用鋼化玻璃、夾層玻璃等可通過重物撞擊試件表面來測試玻璃經受撞擊後的破壞情況，此測試主要用於模擬人體撞擊幕牆時幕牆所表現的抗衝擊性能，試件基本尺寸為 865 x 1930mm。
- 2- 五金件及其他配件材料和保護塗層測試
包括幕牆系統的轉接件、支承結構和緊固件等金屬材料，其材質和防腐塗層測試方法可參閱相關的「金屬建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」和「鋁質建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」
- 3- 點支式玻璃幕牆支承裝置力學性能試驗
點支式玻璃幕牆支承裝置是指玻璃面與支承結構間的連接裝置，常用之節點連接方式主要有鋼爪連接、拉索或拉杆連接、支座(柱頭、柱腳)節點等，其力學性能試驗方法和要求可按照 JG138[17]、JG139[18]、GB/T 4232[19]、GB/T 4240[20]、GB/T 9944[21]、GB/T 14370[22]、JGJ85[23]或同等之測試標準規定進行。
- 4- 焊縫無損探傷試驗
無損檢測應根據下列標準進行：
對接焊縫
- 超聲波探傷檢測 BS3923[24]
- 射線探傷檢測 BS2600[25]
角焊縫
- 著色滲透探傷檢測 BS6443[26]
- 磁粉探傷檢測 BS6072[27]
焊縫之檢定試驗亦可根據 AWS D1.1 [28] 進行，可參閱相關的「鋼結構工程品質保證計劃及程序」。
- 5- 幕牆物理性能試驗
幕牆性能試驗是驗證幕牆系統安全性能的一種有效手段，主要通過檢測設備模擬自然界的風、雨作用等自然現象，提供不同的效應組合用來檢測建築幕牆試件本身的水密性能(Watertightness Performance)、氣密性能(Air Permeability Performance)、抗風壓性能(Wind Load Resistance Performance)和變形性能(movement performance)等，其試驗方法和要求可按照 GB、ASTM 或同等之測試標準規定進行。
- 6- 幕牆現場滲漏測試
主要採用符合 AAMA 501.2 [7] 要求之特製銅質噴嘴，且配有一控制閥和壓力計進行噴淋試驗工作，噴嘴處的水壓須達到 30~35psi (約 200~235kPa)，在幕牆的室外側，將水垂直地噴向幕牆表面，依次對選定長為 1.5m 的接縫連續噴水 5 分鐘，與此同時，在室內側檢查任何可能出現滲水的情況，如果在 5 分鐘內未有任何發現，則轉至下一個待檢測的部位。
倘若承攬規則要求時，也須進行現場漏氣測量[44]及靜態氣壓差下水滲透測試[45]。
- 7- 錨固螺栓現場拉拔試驗 (Anchor Bolt Pull-out Test)
對現場錨固於混凝土內的螺栓應於不同位置進行螺栓拉拔試驗，以確定其錨碇力及錨碇之可靠性。試驗過程須於驗收區域內隨機選取於不同的基材上每種已錨固的螺栓不小於 5 根進行測試，測試方法主要利用加荷設備，按照設計單位或材料生產商所建議的荷載施加於錨固螺栓，並進行持荷的工作，以確保螺栓不可出現損壞、脫出或變形的現象。

建議檢測頻率

- ① - 建議每一階段幕牆安裝前予以測試或按工程承攬規則的要求進行，驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之幕牆安裝工作。
- ② - 當工程的設計或施工要求須特定考慮該項測試結果作為工程的指標；或該項測試結果/參數對該工程的施工或質量有著重要的影響時，須加以考慮進行。
- ③ - 關於鋼材制品、螺栓、螺帽及墊圈和防腐塗層之檢測頻率可參閱「鋁質建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」、「金屬建材及施工/安裝工藝品質保證計劃及程序」、「鋼結構工程品質保證計劃及程序」和「塗裝油漆工程品質保證計劃及程序」的規定和要求進行。
- ④ - 關於焊縫之檢測頻率可參閱建築鋼結構規章第八十八條和承攬規則之要求。
- ⑤ - 於每次工地驗收中，同一期間內相同品牌、類型及厚度的玻璃可訂為一批量，每一批量中，應取 3 件試件作表面應力量度。如進行碎片狀態測試，則取 2 件試件。
- ⑥ - 建議每個驗收批中應進行一個錨固螺栓現場拉拔試驗以作驗收。驗收批可定義為在同一施工區相同時間內所進行之錨固工作。

- ⑦ – 應按照工程承攬規則的要求，如設計中未有指定的要求，建議對工程中最具代表性之幕牆單元，製作模型樣本進行有關測試，樣本數量為 3 件。如承建單位能提供近兩年內之第三方之模型測試報告，而報告內之幕牆單元與項目之幕牆單元為同一生產商，同一型號或其型號可足夠代表項目之幕牆單元時，可免除模型測試。

標準要求

- a – 成品供應商/生產商技術指引
- b – 承攬規則
- c – 建築鋼結構規章，REAE [29]

合格準則

- i – 當測試結果不符合要求，應於相同驗收批中抽取額外兩個樣本進行試驗。若任一試驗結果仍不符合要求，則整個驗收批應視為不符合標準之要求。
- ii – 焊縫檢測之合格標準可採用 BS5135[30]之表 18 及 19，BS EN 25817[31]之表 1 或 AWS D1.1 [28]。若檢測結果低於合格標準，則焊縫經適當之處理後，應再進行驗收測試（詳見建築鋼結構規章第八十八條之規定），並應於相同驗收批中額外選取兩處同類型焊縫進行測試，直至所有測試範圍的結果均符合合格標準。
- iii – 當測試期間發現滲漏，應進行修補和重新測試。並應於相同驗收批中額外選取兩處等同之範圍進行測試直至所有測試範圍均沒有發現任何滲漏。
- iv – 當測試結果不能滿足相關技術規格的要求時，建議於相同的驗收區域內額外選取不小於 5 根錨固螺栓進行覆試，對於不能滿足要求之錨固螺栓，需提交補救措施/方案，並進行適當的補強工作。
- v – 詳見各相關品質保證計劃及程序中對合格準則的規定和要求。

五、引用法規/參考技術文件

- [1] GB/T 18915, 鍍膜玻璃
第一部份 陽光控制鍍膜玻璃
第二部份 低輻射鍍膜玻璃
- [2] GB/T 9963, 鋼化玻璃
- [3] GB/T 9962, 夾層玻璃
- [4] GB/T 11944, 中空玻璃
- [5] ANSI Z97.1, American national standard for safety glazing materials used in buildings-safety performance specifications and methods of test
- [6] ASTM C158, Standard test methods for strength of glass by flexure
- [7] AAMA 501.2, Quality assurance and diagnostic water leakage field check of installed storefronts, curtain walls and sloped glazing systems
- [8] BS 5080-1, Structural fixings in concrete and masonry. Part 1. Method of test for tensile loading
- [9] GB/T 11976, 建築外窗采光性能分級及其檢測方法
- [10] JGJ 102, 玻璃幕牆工程技術規範
- [11] EN10002, Tensile testing of metallic materials
- [12] ISO898, Mechanical properties of fasteners
Part 1 – Bolts, screws and studs
Part 2 – Nuts with specified proof load values – coarse thread.

- [13] BS729, Specification for hot dip galvanized coatings on iron and steel articles
- [14] ISO 2808, Paints and varnishes. Determination of film thickness
- [15] GB/T 16776, 建築用矽酮結構密封膠
- [16] GB/T 15227, 建築幕牆水密性、氣密性、抗風壓性能檢測方法
- [17] JG 138, 點支式玻璃幕牆支承裝置
- [18] JG 139, 吊掛式玻璃幕牆支承裝置
- [19] GB/T 4232, 冷頂鍛用不銹鋼絲
- [20] GB/T 4240, 不銹鋼絲
- [21] GB/T 9944, 不銹鋼絲繩
- [22] GB/T 14370, 預應力筋用錨具、夾具和連接器
- [23] JGJ 85, 預應力筋用錨具、夾具和連接器應用技術規程
- [24] BS3923, Methods of ultrasonic examination of welds
- [25] BS2600, Radiographic examination of fusion welded butt joints in steel
- [26] BS6443, Penetrant flaw detection
- [27] BS6072, Magnetic particle flaw detection
- [28] AWS D1.1, Structural Welding Code - Steel
- [29] 建築鋼結構規章, Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios, 第 29/2001 號行政法規
- [30] BS5135, Specification for arc welding of carbon and carbon manganese steels
- [31] BS EN25817, Arc-welded joints in steel – Guidance on quality levels for imperfections
- [32] ISO3506, Mechanical properties of corrosion resistance stainless-steel fasteners.
Part 1 – Bolts, screws and studs.
Part 2 – Nuts.
- [33] GB/T 5237, 鋁合金建築型材
- [34] ASTM C1279, Standard Test Method for Non-Destructive Photoelastic Measurement of Edge and Surface Stresses in Annealed, Heat-Strengthened, and Fully Tempered Flat Glass
- [35] GB/T 18144, 玻璃應力測試方法
- [36] GB 15763.2, 建築用安全玻璃第 2 部分：鋼化玻璃
- [37] DIN 52-337, Pendulum impact test
- [38] ASTM C719, Standard Test Method for Adhesion and Cohesion of Elastomeric Joint Sealants Under Cyclic Movement (Hockman Cycle)
- [39] ASTM D412, Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers—Tension
- [40] GB/T 18250, 建築幕牆層間變形性能分級及檢測方法
- [41] ASTM E283, Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Skylights, Curtain Walls, and Doors Under Specified Pressure Differences Across the Specimen
- [42] ASTM E330, Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Doors, Skylights and Curtain

Walls by Uniform Static Air Pressure Difference

- [43] ASTM E331, Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference
- [44] ASTM E783, Standard Test Method for Field Measurement of Air Leakage Through Installed Exterior Windows and Doors
- [45] ASTM E1105, Standard Test Method for Field Determination of Water Penetration of Installed Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls, by Uniform or Cyclic Static Air Pressure Difference