

工程品質保證計劃及程序

金屬板、石材與人造板材幕牆工程

一、通則及適用範圍

凡將金屬面板、天然石材、人工石材或人造板材等材料通過金屬構件與建築主體結構相連(乾掛)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、保溫、隔熱等功能，定義為金屬幕牆工程或石幕牆工程。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。對於豎直的建築幕牆，風荷載是重要的作用。在訂定建築幕牆的面板和金屬框架的材質和類型時，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幕牆工程之面板材料，包括天然石材、人工石材、金屬面板及人造板材材料。整個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、面板材料、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幕牆質量和安全的物質基礎，因此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、工程品質保證文件之要求

金屬板、石材與人造板材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

石材

一般常用的石幕牆石材飾面材料可分為天然石材及人造石材兩大類。天然石材按材料成份分為：大理石、花崗石及青石等，而人造石材則主要以不飽和聚脂樹脂為黏結劑，配以天然大理石或方解石、

白雲石、矽砂、玻璃粉等無機物粉料，以及適量的阻燃劑、顏色等，經成型固化製成，上述天然石材或人造石材須符合承攬規則上的要求，花崗石板材應符合 JC205[1] 之要求，證明文件上須提供下列資料：

- 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、表觀密度、力學強度、吸水率)
- 材料耐久性能 (耐酸性、耐鹼性、耐腐蝕性、抗磨耗性、抗凍融性)
- 材料的放射性[31]
- 適用環境、耐用年限
- 運輸、貯存及操作說明

金屬板

一般常用的金屬飾面材料主要可分為不銹鋼、鋁合金兩大類。不銹鋼具有良好的抵抗大氣腐蝕的特性，表面平滑便於保潔，而鋁合金質輕，可因應環境需要加工成方板、弧形板等不同形狀，金屬板幕牆可按設計要求，選用單層鋁板[32]、鋁塑複合板[5]、蜂窩鋁板[34]、彩色鋼板[35]、搪瓷塗層鋼板[36]、不銹鋼板、鋅合金板、鈦合金板[37]、銅合金板[38]作為面板材料，上述金屬板材料須符合承攬規則上的要求，常用的不銹鋼面材應符合 GB/T3280[2] 或 GB/T4237[3]；而常用的單層鋁合金面材應符合 GB/T3880[4] 及鋁塑複合面材應符合 GB/T17748[5]，證明文件上須提供下列資料：

- 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)
- 材料表面保護塗層系統資料 (塗層種類、塗層厚度)
- 材料物理性能 (幾何尺寸、表觀密度、表面硬度、力學強度、導熱系數)
- 材料耐久性能 (耐腐蝕性、耐熱性、抗沖擊性、抗磨耗性、抗凍融性)
- 適用環境、耐用年限
- 運輸、貯存及操作說明

人造板材

面板材料為人造外牆板，如瓷板[33]、陶板[39]和微晶玻璃[40]等，上述人造外牆板材料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 (吸水率、彎曲強度、斷裂模數、濕脹系數、抗凍性等)
- 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，包括石板幕牆(連接板、鋼銷、金屬掛件、預埋件或金屬框架的主柱和橫梁等)、金屬板幕牆(連接板、金屬掛件、預埋件或金屬框架的主柱和橫梁等)；
 - 幕牆中黏結各種板材與金屬框架、板材與板材的受力用的黏結材料(結構膠)；
 - 幕牆嵌縫用的密封材料；
 - 隔熱保溫材料。
- ✓ 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)；
- ✓ 幕牆面板安裝施工記錄；
- ✓ 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)。

三、檢查、測試及驗收工作

金屬板、石材與人造板材幕牆工程的檢查工作，可歸納於下表：

建築幕牆工程檢查項目						
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, c	
	幕牆面板外觀、規格尺寸	✓				與樣板相同
	預埋件和後置件數量、位置	✓				
	石材表面防護處理 ⁷	✓				
	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		✓			
	組件製作工藝質量要求 ⁸		✓			
	幕牆面板安裝工藝 ⁵		✓			

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
常見乾掛法施工的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：

金屬幕牆：

框架系統中立柱與預埋件、立柱與橫梁、金屬面板與橫梁或立柱的連接必須安裝牢固，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。

石材幕牆：

金屬框架與主體結構預埋件的連接、立柱與橫梁連接、連接件與金屬框架連接、連接件與石材面板的連接必須安裝牢固，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、密封膠或板縫注膠應飽滿、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，打膠前應使打膠面清潔、乾燥，如無相關指標依據時，相關的執行標準可參見 JC/T887[42]和 JC/T883[43]的規定。

5 - 幕牆面板安裝工藝

面板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。

金屬、石材幕牆安裝質量 (摘錄自 JGJ 133 [15])

項目		允許偏差(mm)	檢查方法
幕牆垂直度	幕牆高度不大於 30m	≤10	激光經緯儀或經緯儀
	幕牆高度大於 30m，不大於 60m	≤15	
	幕牆高度大於 60m，不大於 90m	≤20	
	幕牆高度大於 90m	≤25	
豎向板材直線度		≤3	2m 靠尺、塞尺
橫向板材水平度不大於 2000mm		≤2	水平儀
同高度相鄰兩根橫向構件高度差		≤1	鋼板尺、塞尺
幕牆橫向水平度	不大於 3m 的層高	≤3	水平儀
	大於 3m 的層高	≤5	
分格框對角綫差	對角綫長不大於 2000mm	≤3	3m 的鋼卷尺
	對角綫長大於 2000mm	≤3.5	

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[15]。

7 - 石材表面防護處理

對於處在大氣污染較嚴重或處在酸雨環境下的石材面板，應根據污染物的種類和污染程度及石材的礦物化學性質、物理性質選用適當的防護產品對石材進行保護[31]。

8 - 組件製作工藝質量

組件製作工藝，包括石材幕牆中石材面板外形尺寸允許誤差、板材正面外觀缺陷要求、石材面板孔加工尺寸及允許誤差、石材面板通槽、短槽和碟形背卡槽允許偏差等；金屬板幕牆中金屬板幕牆組件裝配尺寸允許偏差、金屬板幕牆組件平面度允許偏差等；人造板幕牆中人造板材尺寸要求、人造板材尺寸偏差、人造板材正面外觀缺陷允許值、瓷板槽加工尺寸及允許偏差、微晶玻璃、瓷板孔加工允許偏差、人造板材幕牆豎向構件和橫向構件尺寸允許偏差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，相關項目之製作工藝允許偏差可按 GB/T 21086[31]的要求進行評定。

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
- c - GB/T 21086[31]

檢查、測試及驗收工作 (續)

金屬板、石材與人造板材幕牆工程的測試及驗收工作可歸納於下表：

建築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
石材	比重 ¹	✓		ASTM C97 [6]	每批檢測①	a, b, c	i	
	吸水率 ¹	✓	✓	ASTM C97 [6]		a, b, c	i	
	彎曲強度 ²	✓	✓	ASTM C880 [8]		a, b, c	i	
	抗壓強度	✓	✓	ASTM C170 [7]	如有需要②	a, b, c	-	
	耐磨性	✓	✓	ASTM C241 [9]		a, b, c	-	
	耐化學性能	✓	✓	ASTM C581 [10]		a, b	-	
金屬板、人造板材	面板材料抗拉強度 ³	✓	✓	-	每批檢測③	a, b	i, v	
	面板材料表面處理層厚度 ⁴	✓	✓	-		a, b	i, v	
	面板材料物理性能	✓	✓	-	如有需要②	a, b	i, v	
	面板材料化學性能	✓	✓	-		a, b	i, v	
幕牆系統	五金件及其他配件材料和保護塗層測試 ⁵	✓	✓	EN 10002 [16] ISO 898 [17] BS729 [18] ISO 2808 [19] ISO 3506 [30]	每批檢測③	a, b, d	i, v	
	硅酮結構膠及密封材料性能測試	✓	✓	GB/T 16776 [20]	如有需要②	a, b	-	
	飾面石材掛件組合單元掛裝強度試驗 ⁶	✓		ASTM C1354 [11]	每批檢測①	a, b, c	i	
	幕牆物理性能檢驗 ⁸	✓	✓	GB/T 15227 [21]	如有需要②	a, b	-	
	幕牆支承結構焊縫無損探傷試驗 ⁷	✓	✓	-	每批檢測④	a, b	ii	
	幕牆現場滲漏測試 ⁹	✓	✓	AAMA 501.2 [12]	10%	a, b	iii	
	錨固螺栓現場抗拔測試 ¹⁰	✓	✓	BS 5080-1[13]	每批檢測⑤	a, b	iv	

註： 檢測項目

1 - 石材之比重和吸水率測試

進行幕牆石材比重和吸水率測試的每一組樣本 (Sample)，應按照 ASTM C97[6]之要求，以五個或以上試件 (Specimen)進行測試，作為該組樣本之試驗結果。

2 - 石材之彎曲強度測試

進行幕牆石材彎曲強度測試的每一組樣本 (Sample)，應按照 ASTM C880[8]之要求，以五個或以上試件 (Specimen)進行測試，作為該組樣本之試驗結果。

3 – 面板材料抗拉強度

應按照各面板材料執行標準的要求，進行樣本的收集和測試的工作，如鋁合金板材料抗拉測試的每一組樣本 (Sample)，可按照 EN10002[16]之測試方法，以三個或以上試件 (Specimen)進行測試，作為該組樣本之試驗結果。

4 – 面板材料表面處理層厚度

應按照各面板材料執行標準的要求，對表面處理層厚度進行測試工作，如鋁板材料可按照 GB5237[41]之測試方法，利用乾膜厚度計測量鋁材覆蓋層的乾膜厚度，作為覆蓋層品質驗收的重要項目，每一個驗收試驗需分別在該批量的型材上選取 20 點，在每點約 1cm² 範圍內進行 3 次膜厚量測，即共 60 個量測值，並計算出該批量型材的局部膜厚及平均膜厚為該項驗收試驗的結果。

5 – 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、連接件、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」。

6 – 飾面石材掛件組合單元掛裝強度試驗

主要針對飾面石材與單個掛件的組合單元進行掛裝強度試驗，掛件乃插入板材上槽或孔內的金屬構件，由此可直接或通過中間結構將荷載從石材傳遞到建築主結構上，因此掛件和石材上的槽或孔須按工程實際使用要求加工，並根據工程要求的加載方向對試件平穩地施加荷載直至試件破壞，按照 ASTM C1354[11]之要求，以五個或以上試件 (Specimen)進行測試，作為該組樣本之試驗結果。

7 – 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[22]

- 射線探傷檢測 BS2600[23]

角焊縫

- 著色滲透探傷檢測 BS6443[24]

- 磁粉探傷檢測 BS6072[25]

焊縫之檢定試驗亦可根據 AWS D1.1-96[26] 進行，可參閱相關的「鋼結構工程品質保證計劃及程序」。

8 – 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)和抗風壓性能(Wind Load Resistance Performance)等，其試驗方法和要求可按照 GB/T 15227-2007[21] 或國外同等之測試標準規定進行。

9 – 幕牆現場滲漏測試

主要針對有水密性要求的建築幕牆，測試方法主要採用符合 AAMA 501.2 [12]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。

10 – 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[27]第八十八條和承攬規則之要求。
- ⑤ – 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。

標準要求

- a – 成品供應商/生產商技術指引
- b – 承攬規則
- c – ASTM C503 [14]
- d – 建築鋼結構規章, REAE [27]

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[28]之表 18 及 19, BS EN 25817[29]之表 1 或 AWS D1.1-96[26]。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[27]第八十八條之規定)。
- 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 – 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, 可根據各面板材料執行標準、各相關品質保證計劃及程序中的規定和要求。

四、引用法規/參考技術文件

- [1] JC205, 天然花崗石建築板材
- [2] GB/T3280, 不銹鋼冷軋鋼板和鋼帶
- [3] GB/T4237, 不銹鋼熱軋鋼板和鋼帶
- [4] GB/T3880, 鋁及鋁合金軋制鋼板
- [5] GB/T17748, 建築幕牆用鋁塑複合板
- [6] ASTM C97, Standard test methods for absorption and bulk specific gravity of dimension stone
- [7] ASTM C170, Standard test method for compressive strength of dimension stone
- [8] ASTM C880, Standard test method for flexural strength of dimension stone
- [9] ASTM C241, Standard test method for abrasion resistance of stone subjected to foot traffic
- [10] ASTM C581, Standard practice for determining chemical resistance of thermosetting resins used in glass-fiber-reinforced structures Intended for liquid service

- [11] ASTM C1354, Standard test method for strength of individual stone anchorages in dimension stone
- [12] AAMA 501.2, Quality assurance and diagnostic water leakage field check of installed storefronts, curtain walls and sloped glazing systems
- [13] BS 5080-1, Structural fixings in concrete and masonry. Part 1. Method of test for tensile loading
- [14] ASTM C503, Standard specification for marble dimension stone (Exterior)
- [15] JGJ 133, 金屬與石材幕牆工程技術規範
- [16] EN10002, Tensile testing of metallic materials
- [17] ISO898, Mechanical properties of fasteners
 - Part 1 – Bolts, screws and studs
 - Part 2 – Nuts with specified proof load values – coarse thread.
- [18] BS729, Specification for hot dip galvanized coatings on iron and steel articles
- [19] ISO 2808, Paints and varnishes. Determination of film thickness
- [20] GB/T 16776, 建築用矽酮結構密封膠
- [21] GB/T 15227, 建築幕牆水密性、氣密性、抗風壓性能檢測方法
- [22] BS3923, Methods of ultrasonic examination of welds
- [23] BS2600, Radiographic examination of fusion welded butt joints in steel
- [24] BS6443, Penetrant flaw detection
- [25] BS6072, Magnetic particle flaw detection
- [26] AWS D1.1, Structural Welding Code - Steel
- [27] 建築鋼結構規章, Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios, 第 29/2001 號行政法規
- [28] BS5135, Specification for arc welding of carbon and carbon manganese steels
- [29] BS EN25817, Arc-welded joints in steel – Guidance on quality levels for imperfections
- [30] ISO3506, Mechanical properties of corrosion resistance stainless-steel fasteners.
 - Part 1 – Bolts, screws and studs.
 - Part 2 – Nuts.
- [31] GB/T 21086, 建築幕牆
- [32] YS/T 429, 鋁幕牆板

- [33] JG/T 217, 建築幕牆用瓷板
- [34] GJB/T 1719, 鋁蜂窩夾層結構通用規範
- [35] GB/T 12754, 彩色塗層鋼板及鋼帶
- [36] QB/T 1855, 非接觸食物搪瓷制品
- [37] GB/T 3621, 鈦及鈦合金板
- [38] GB/T 2040, 銅及銅合金板
- [39] GB/T 4100, 陶瓷磚
- [40] JC/T 872, 建築裝飾用微晶玻璃
- [41] GB/T 5237, 鋁合金建築型材
- [42] JC/T 887, 乾掛石材幕牆用環氧膠黏劑
- [43] JC/T 883, 石材用建築密封膠