

財團法人金屬工業研究發展中心
盤點國內外鋁門窗檢驗標準計畫

計畫主持人：林清和教授

共同主持人：陳明仁教授、鄭立新教授

黃麗珍助理教授

研究助理：曾姿萍

執行單位：輔英科技大學 環境與生命學院

協辦單位：社團法人高雄市鋁門窗經營協會

執行期間：112年6月9日至112年11月30日

目錄

第一章 計畫目標.....	1
1.1 計畫緣起.....	1
1.2 計畫內容.....	2
第二章 國內外門窗試驗方法與標準之比較分析.....	3
2.1 門窗氣密性能.....	3
2.2 門窗水密性能.....	15
2.3 門窗隔熱性能.....	27
2.4 門窗輓輪性能.....	35
第三章 我國未來門窗試驗方法與標準之修訂建議.....	43
參考文獻.....	44

第一章 計畫目標

1.1 計畫緣起

近年來居民對於居住環境安全與舒適性的期望增高，現代門窗技術的發展也與時俱進，同時先進國家已經將節能與淨零碳排的觀念，納入門窗性能標準規範中，然而國內目前的門窗性能試驗與判定標準(CNS)卻仍停留於過去，明顯無法符合居民對於現代門窗性能的期盼與國際發展趨勢，實有必要進行回顧修訂。以下是國內目前門窗性能試驗與判定標準存在的幾個重要問題：

- 一、門窗性能試驗標準老舊：目前 CNS 門窗風雨試驗方法主要包括氣密試驗(CNS 11527 A3236)、水密試驗 (CNS 11528 A3237) 等基本項目，然而這些標準多建立於 70 年代，在 93 年雖有小幅度修正，距今也接近 20 年。目前這些標準已經難以應對現代門窗技術的高度進步，例如 CNS 氣密性試驗中並無負壓之測試，無法反映真實氣候條件對於門窗之影響；CNS 水密試驗最大壓差僅為 500 Pa，遠低於歐盟 >700 Pa。
- 二、門窗性能判定標準老舊：例如鋁合金製窗之氣密與水密分級標準(CNS 3092) 發布於 94 年，至今已近 20 年。這些分級標準，遠落後於新進國家，例如 CNS 氣密最高級為 $2 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{-hr})@10 \text{ Pa}$ ，遠低於歐美 $<1 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{-hr})@10 \text{ Pa}$ ；我國 CNS 水密最高等級(W-5)為通過 500 Pa 之壓差測試，遠低於歐美的高級防水窗(通過 700 Pa 以上之壓差測試)。
- 三、新標準必須結合節能與淨零碳排：門窗的氣密與隔熱等性能直接關係到建築物的節能效果。新的門窗標準必須更強調氣密性和隔熱性能，以確保建築物在不同氣候條件下能夠有效節能。歐美國家已經針對門窗進行能源效率評估與分級，並納入建築規範，這些做法均是值得國內未來門窗性能標準修訂之參考。

1.2 計畫內容

一、收集以下四項門窗性能之各國檢驗方法與標準，對象須涵蓋：中華民國、美國、日本、中國大陸、歐盟國家(至少一國)等，並須翻譯成中文。

(一) 門窗氣密性能試驗方法與標準。

(二) 門窗水密性能試驗方法與標準。

(三) 門窗隔熱性能試驗方法與標準。

(四) 門窗輓輪性能試驗方法與標準。

二、針對上述門窗氣密性能、水密性能、門窗隔熱性能與門窗輓輪性能之試驗方法與標準，提出我國未來修訂之建議報告一份，並須製作一份簡報電子檔。

三、針對第一項與第二項收集之資料與建議，召開一次諮詢會議與一次共識會議，諮詢與共識對象須為專業門窗協會。

第二章 國內外門窗試驗方法與標準之比較分析

2.1 門窗氣密性能

2.1.1 氣密性能試驗方法

壓力艙為門窗氣密性能試驗使用的標準設備(圖 1),藉由送風機與壓力調節機,操控門窗試體兩側壓力差 (ΔP),進行氣密性能空氣正壓滲入 (infiltration) 或負壓滲出 (exfiltration) 的空氣穿透量測試。

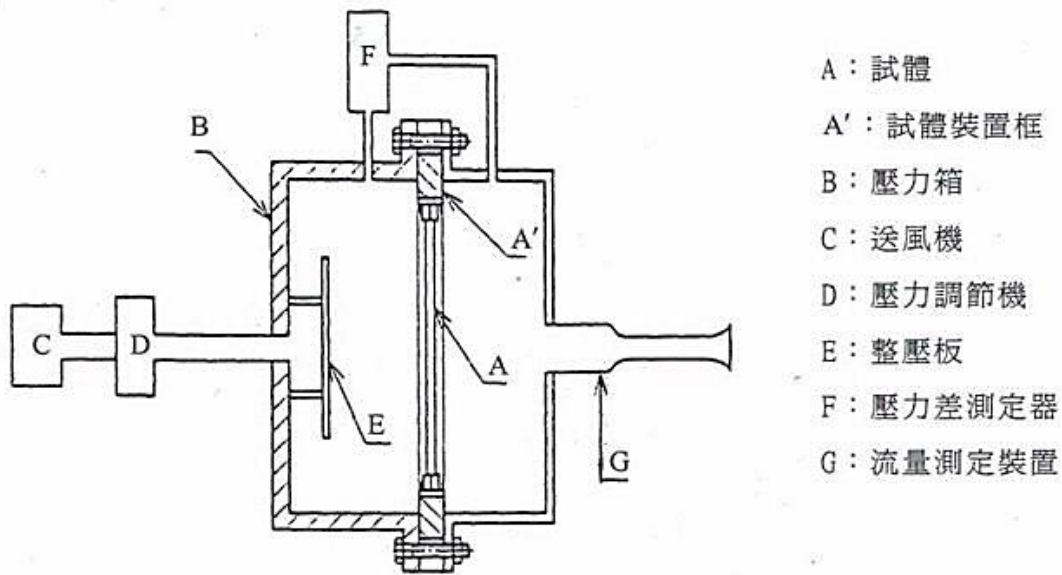


圖 1. 氣密性能試驗設備[1]

國內門窗氣密性能試驗程序依 CNS 11527 A3236 標準執行,此方法相同於日本 JIS A 1516:1988 標準[2],當施測 $\Delta P \leq 600$ Pa,測試加壓過程中, ΔP 之階躍變化 (step change) 提升與階段壓差維持時間依圖 2A 執行;反之 $\Delta P > 600$ Pa 則依圖 2B 程序測試。中國試驗標準依 GB/T 7106-2019 區分定級檢測與工程檢測,當工程檢測 $\Delta P < 50$ Pa 或無特定 ΔP 要求,一律以定級檢測方式進行,加壓程序中 ΔP 之階躍變化提升與階段壓差維持時間如圖 3A。如果工程檢測 $\Delta P \geq 50$ Pa,則直接加壓至工程設計值,依圖 3B 工程檢測加壓線圖進行。歐盟 (EU) 門窗氣密性能試驗標準 DIN EN 1026:2016-09 原則上依循國際標準組織 ISO 6613:2023 規範[4],氣密性能試驗加壓序列如圖 4, ΔP 之階躍變化開始以 50 Pa 提升,當 ΔP 達 300 Pa 後以 150 Pa 階躍變化。不同於 CNS 11527 A3236、JIS A 1516:1988 與 GB/T 7106-2019 標準

規定階段壓差維持時間 (Δt) 10 sec，歐盟標準基於穩定狀態下測試空氣穿透量原則，未限定 Δt ，測試前採予以充分時間待階段壓差達到穩定。歸納台灣、日本、中國與歐盟氣密性能試驗，加壓程序依序為：預壓、確認門窗開閉、加壓與測定（參照圖 2 至圖 4）。圖 5 展示 CNS、JIS、GB/T 與 EU-DIN 門窗氣密性試驗預壓程序差異，試驗前的預壓施加 ΔP 值，取試體最大測試 ΔP 值的 1.1 倍，若此 ΔP 值小於 500 Pa，則以 500 Pa 進行預壓。預壓施加 3 次，升壓速率除 GB/T 7106-2019 特別規定 100 Pa/s，其它 CNS、JIS 與 EU-DIN 僅要求達指定預壓 ΔP 的時間必須 ≥ 1 sec。至於預壓 ΔP 維持時間 ≥ 3 sec 與釋壓時間 ≥ 1 sec，以上標準完全一致。

有別於上述 CNS、JIS、GB/T 與 EU-DIN 標準之詳細門窗氣密試驗程序，美國門窗氣密性能試驗方法，採用美國材料和試驗協會國際組織 ASTM E283/E283M-19 標準[5]試驗條件兩項重點指引：(1)如果未指定試驗壓力差值，則 ΔP 以 75 Pa 施加；(2)若未指定氣流負壓滲出 (exfiltration) 或正壓滲入 (infiltration) 的方向，則以正壓滲入進行。試驗程序概念近似 EU-DIN 標準，經由調節通過試驗室的氣流，當穿過試驗樣本的指定測試 ΔP 條件穩定後，記錄通過流量計的空氣流量和測試 ΔP ，測得的空氣流量被指定為總空氣流量。

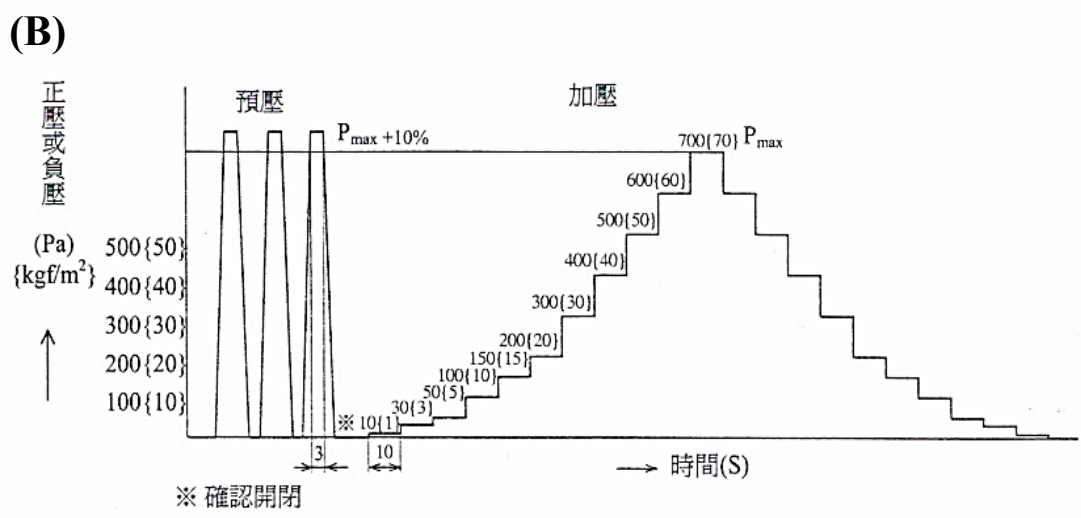
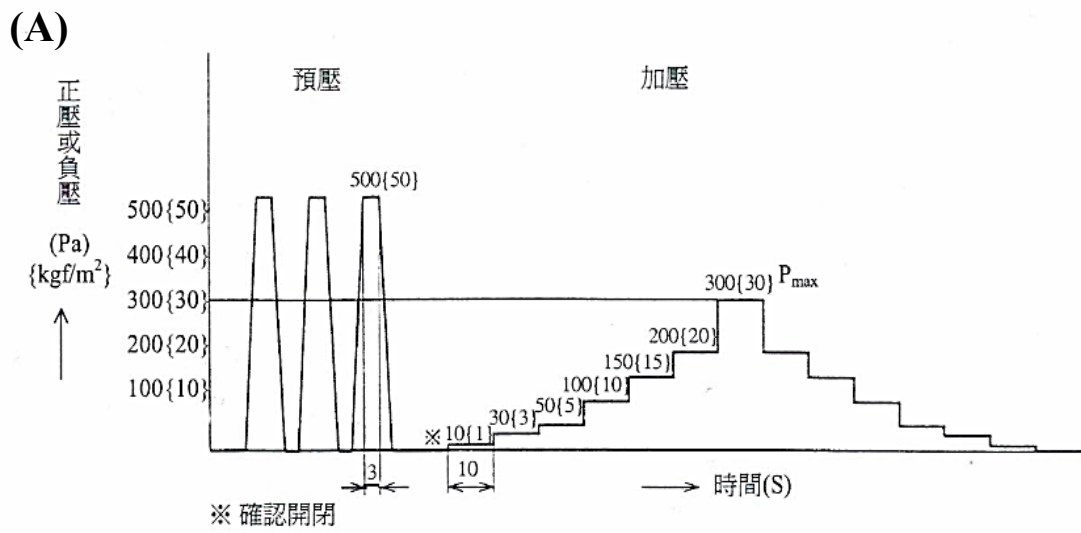


圖 2. 台灣與日本氣密性能試驗加壓線圖(A) $\Delta P \leq 600$ Pa ; (B) $\Delta P > 600$ Pa [1, 2]

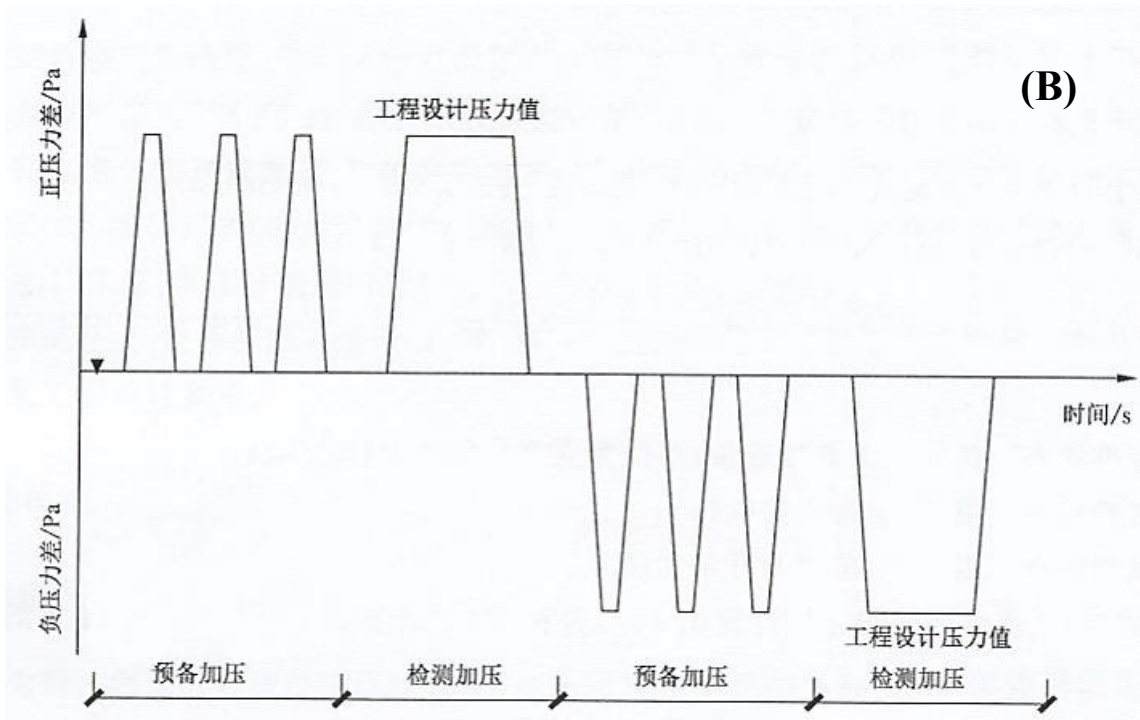
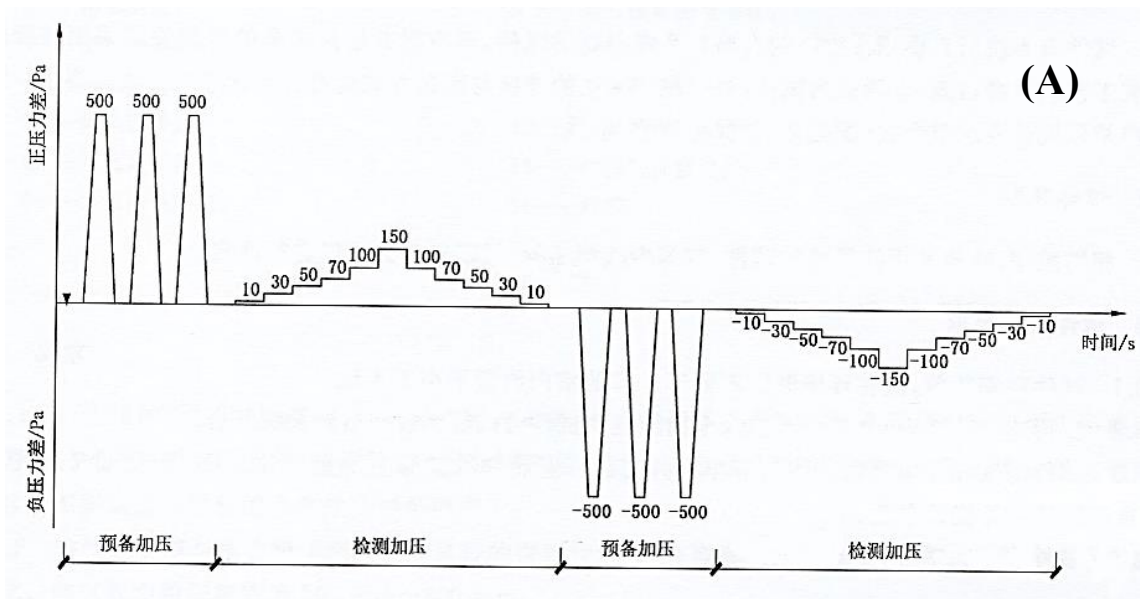


圖 3. 中國標準氣密性能試驗定級檢測或工程檢測 $\Delta P < 50 \text{ Pa}$ 加壓線圖(A)；
工程檢測 $\Delta P \geq 50 \text{ Pa}$ 加壓線圖(B)[3]

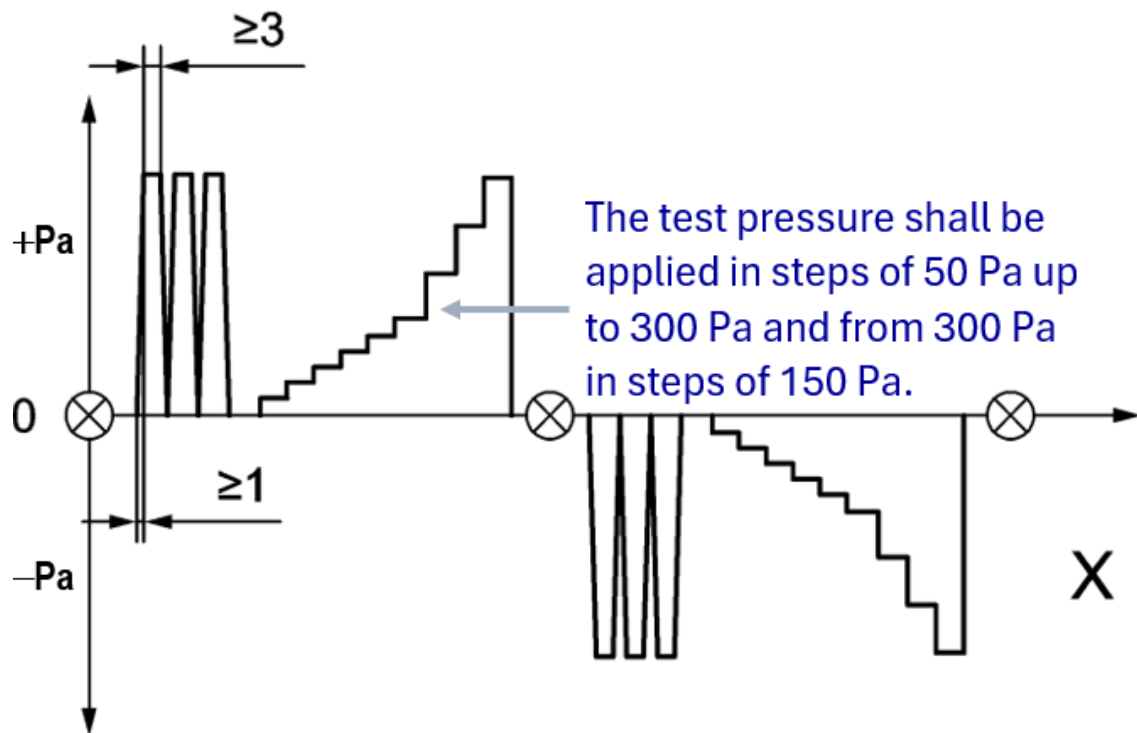


圖 4. 歐盟氣密性能試驗加壓序列[4]

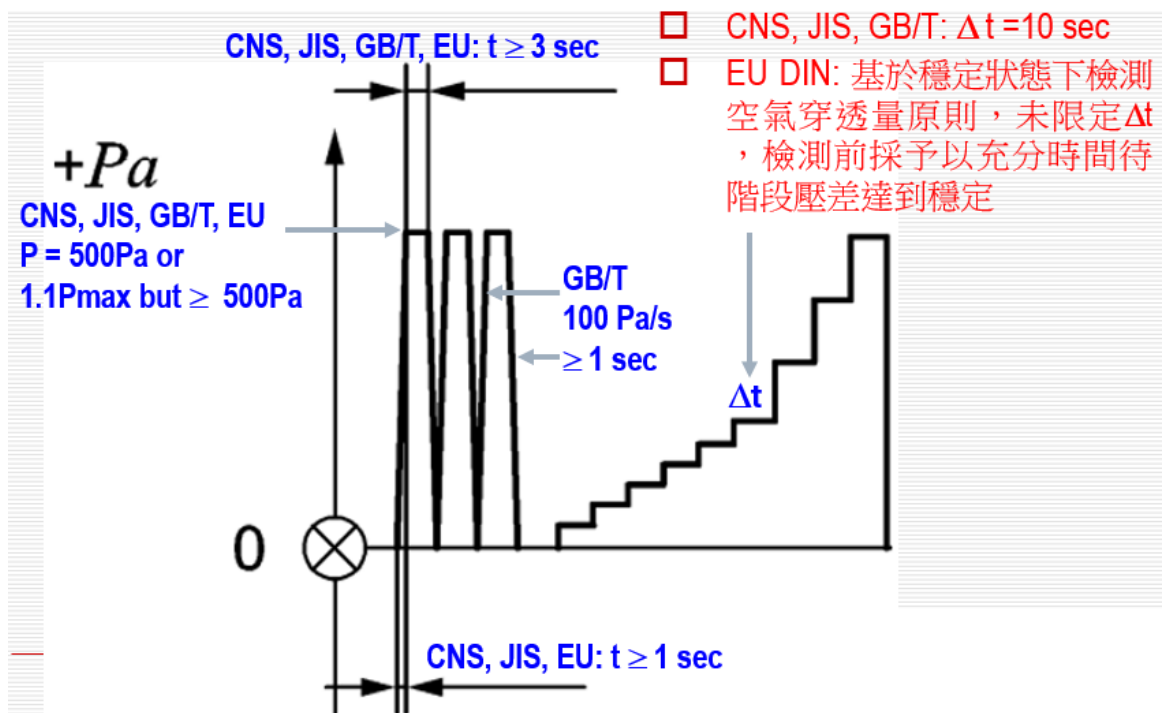


圖 5. 比較台灣 CNS、日本 JIS、中國 GB/T 與歐盟 DIN 門窗氣密試驗預壓程序差異。Δt：階段壓差維持時間。

2.1.2 氣密性能等級分類

台灣和日本氣密性等級分類基準點建立在 $\Delta P = 1 \text{ kgf/m}^2 (10 \text{ Pa})$ 參考狀態下，訂定四等級分類通氣量 $\alpha (\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ，亦即 $\alpha = 2, 8, 30$ 和 120 。分類線通氣量 $Q (\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 與測試 $\Delta P (\text{kgf/m}^2)$ 的關係為 $Q = \alpha(\Delta P)$ ，據此建構氣密性等級線圖（示於圖 6）[1,6]。對應日本 JIS 之 A-4/-3/-2/-1 等級線，相當於台灣 CNS 的 2/8/30/120 等級線。中國標準氣密性能，應用定級檢測程序檢測，在 $\Delta P = 10 \text{ Pa}$ 基準試驗條件下，將計算洩漏空氣率區分為 8 分級(參照表 1)，其中單位面積洩漏空氣率 $(\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 為 3 倍裂紋週長洩漏空氣率 $(\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m})$ [7]。歐盟氣密性等級分類依 DIN EN 12207:2017-03 標準，其分級基準點建立在 $\Delta P = 100 \text{ Pa}$ 參考狀態下，訂定四級數 (Class) 參考通氣量 $Q_{100} (\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 及其對應的級數最大測試壓力(參照表 2)。分類線通氣量 $Q (\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 與測試 $\Delta P (\text{Pa})$ 的關係為 $Q = Q_{100}(\Delta P/100)^{2/3}$ ，據此建構氣密性等級分類圖（示於圖 7），其中單位面積洩漏空氣率 $(\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 為 4 倍裂紋週長洩漏空氣率 $(\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m})$ [8]。

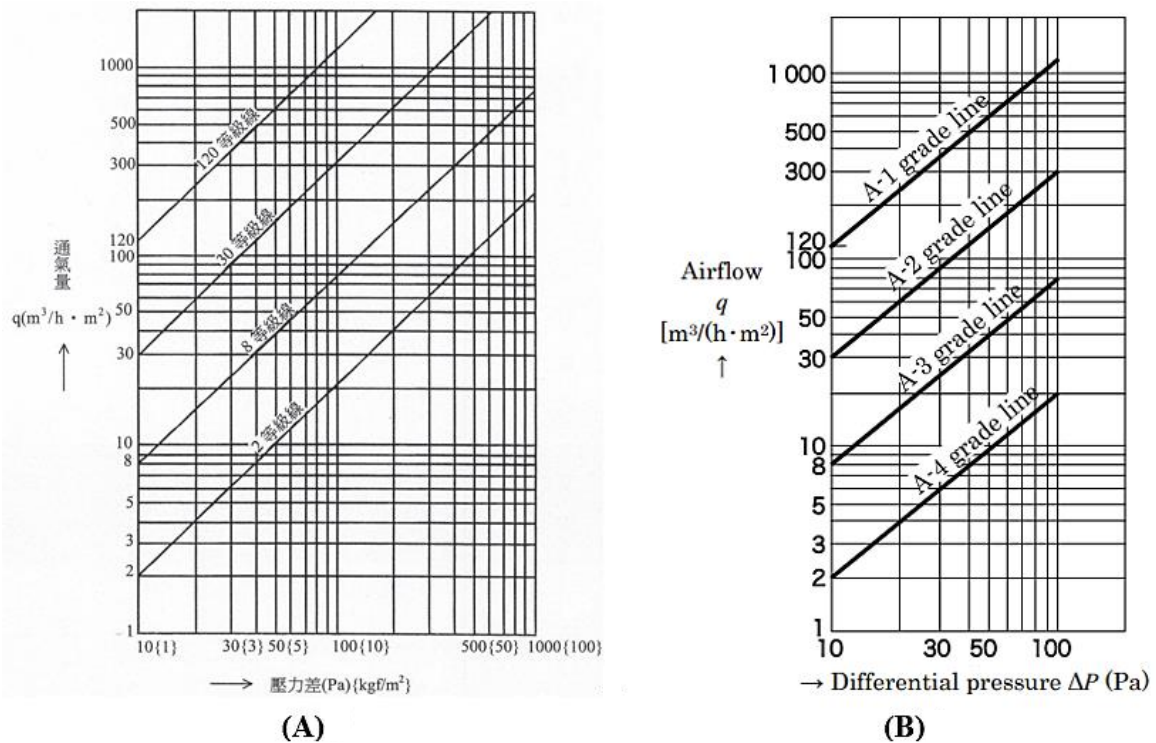


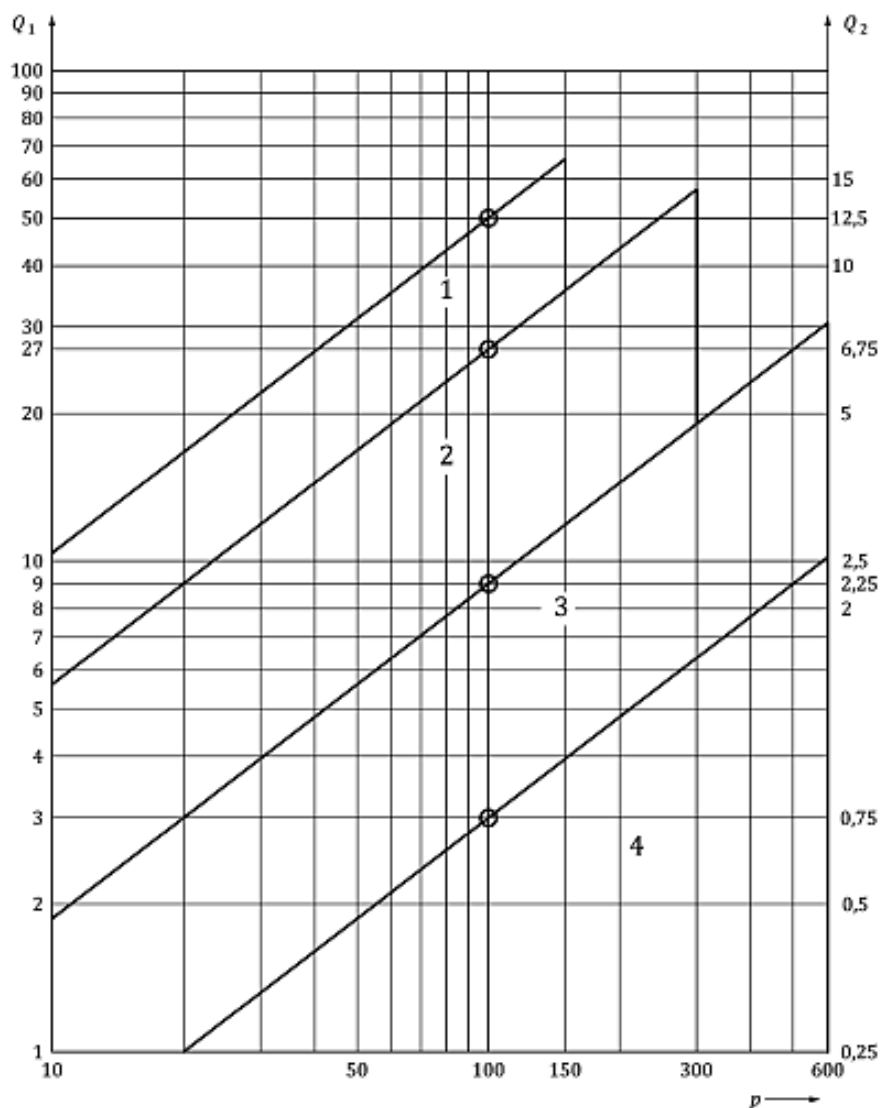
圖 6. (A) CNS 11527 A3236 (2021)與(B) JIS A 4706:2021 氣密性等級線圖

表 1. GB/T 31433-2015 門窗氣密性能分級[7]

分級	1	2	3	4	5	6	7	8
分級指標值 q_1 / [$\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$]	$4.0 \geq q_1 > 3.5$	$3.5 \geq q_1 > 3.0$	$3.0 \geq q_1 > 2.5$	$2.5 \geq q_1 > 2.0$	$2.0 \geq q_1 > 1.5$	$1.5 \geq q_1 > 1.0$	$1.0 \geq q_1 > 0.5$	$q_1 \leq 0.5$
分級指標值 q_2 / [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]	$12 \geq q_2 > 10.5$	$10.5 \geq q_2 > 9.0$	$9.0 \geq q_2 > 7.5$	$7.5 \geq q_2 > 6.0$	$6.0 \geq q_2 > 4.5$	$4.5 \geq q_2 > 3.0$	$3.0 \geq q_2 > 1.5$	$q_2 \leq 1.5$
注：第 8 級應在分級後同時註明具體分級指標值。								

表 2. 參考通氣量 Q_{100} 及其對應的級數最大測試壓力[8]

Class	Reference air permeability at 100 Pa $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$	Maximum test pressure Pa
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600



Key

- Q1 total air permeability (m³/(h · m²)) (cubic metre per hour and per square metre) of overall area;
- Q2 total air permeability (m³/(h · m)) (cubic metre per hour and per metre) of opening joint(s);
- p pressure, in Pascal (Pa)
- 1 class 1
- 2 class 2
- 3 class 3
- 4 class 4

圖 7. 歐盟 DIN EN 12207:2017-03 標準門窗氣密性能級數分類

美國門窗玻璃產業聯盟 (Fenestration and Glazing Industry Alliance, FGIA) 統合美國建築製造商協會 (American Architectural Manufacturers Association, AAMA)、門窗製造商協會 (Window & Door Manufacturers Association, WDMA) 與加拿大標準協會 (Canadian Standards Association, CSA), 依據門窗性能 (performance) 設定

門窗試驗 (testing)、評級 (rating) 與認證標籤 (labelling)，建構出北美門窗標準/規格 (North American Fenestration Standard/Specification, NAFS) 的規範標準：AAMA/WDMA/CSA 101/I.S.2/A440:22 [9]。NAFS 以綜合全方位的檢測特色，分類門窗型態 (type)、等級數 (class) 與功能性 (performance)。NAFS 評級系統與應用指引關鍵概念包含：功能分類 (Performance class, PC)、功能級數 (Performance grade, PG)、允許應力設計 (Allowable stress design, ASD)、設計壓力 (Design pressure, DP)、最大測試尺寸 (Max. test size) 及特定產品 (Specialty products, SP) 等。

功能分類 (PC) 依建築物型態 (building type)、住戶及樓層負荷需求 (load requirements) 和適用性 (serviceability) 三項指標，將建物區分為四種類型：

- (一) R (Residential 住宅)：1~2 戶家庭住宅。
- (二) LC (Light Commercial 輕商業)：低中樓層輕商業與多戶家庭住宅。
- (三) CW (Commercial Window 商業門窗)：低中樓層重商業用建築，需考慮撓度極限(deflection limit)。
- (四) AW (Architectural Window 高建物門窗)：中高樓層重商業用建築，需考慮撓度極限與使用極端條件門窗規格需求。

功能級數 (PG) 係經由綜合考量建物所在地理位置 (site's geographical location)、建築高度、環境暴露條件 (exposure conditions)、開闊或崎嶇地形 (open / rough terrain) 狀況等因素，計算建築物應具備的最低設計條件需求，例如：最小容許應力設計 (minimum allowable stress design, ASD)、ASD 條件下之容許撓度 (allowable deflection)、結構強度 (structural strength)、水密阻抗 (water penetration resistance)、氣密阻抗 (air leakage resistance)、操作力 (operating force) 與強制闖入力阻抗 (forced-entry resistance) 等，操作力與強制闖入力阻抗屬非強制性特定要求 (when specified) 項目。表 3 是 NAFS 門窗氣密性能試驗條件及標準，依據建築物功能分類，制定氣密試驗壓力及最大允許空氣洩漏率。美國環保署能源之星 (EPA's Energy Star) 與國家門窗評級委員會 (National Fenestration Rating Council, NFRC) 從能源效率要求，

定義門窗空氣洩漏率 $\leq 0.3 \text{ cfm/ft}^2$ 為可接受氣密性能， 0.1 cfm/ft^2 以下代表最高氣密性與能源效率。反之，空氣洩漏率 $> 0.3 \text{ cfm/ft}^2$ 則一律被歸類為最差氣密性與能源效率。

圖 8A/B 展示台灣 CNS 11527 A3236 標準之氣密性能等級分類與中國 GB/T 31433-2015、歐盟 DIN EN 12207:2017-03 和美國 AAMA/WDMA/CSA 101/I.S.2/A440:22 的歸納比較：

- (1) 台灣 CNS 11527 A3236 之氣密性能等級分類與 JIS A 4706:2021 氣密性等級線相同。
- (2) 台灣 CNS 最高等級 Class2 涵蓋中國 GB/T 最高第 8 與部分第 7 分級指標值，Class8 涵蓋 GB/T 第 4 ~ 第 6 分級與部分第 3 和第 7 分級指標值，Class30 涵蓋 GB/T 第 1 和第 2 分級與部分第 3 分級指標值（參照圖 8A）。
- (3) 台灣 CNS 最高等級 Class2 涵蓋歐盟 Class3/4 與部分 Class2 等級範圍。雖然美國 AAMA/WDMA/CSA 101/I.S.2/A440:22 功能分類下，PC 四類建築 R、LC、CW 與 AW 的最大允許空氣洩漏率皆坐落於台灣 CNS 最高等級 Class2 涵蓋範圍，但是在同樣測試 ΔP 條件下，AAMA 最大允許空氣洩漏率卻低於台灣 CNS 最高等級 Class2 的臨界值（參照圖 8B）。
- (4) 總結，台灣 CNS 門窗氣密性能標準規範，氣密性要求遠較中國、歐盟與美國寬鬆。

表 3. NAFS 門窗氣密性能試驗條件及標準[9]

功能分類 (PC)	氣密測試壓力 ΔP (Pa)* +=氣流滲透(infiltration) -=氣流滲漏(exfiltration)	最大允許空氣洩漏率		
		L/s-m ²	cfm/ft ²	m ³ /h-m ²
R	+/- 75	1.5	0.3	5.5
LC	+/- 75	1.5	0.3	5.5
CW	+/- 75	1.0	0.2	3.7
AW	+ 300	1.5	0.3	5.5
	- 75	1.0	0.2	3.7

*滲透-氣流自窗外進入室內；滲漏-氣流自室內流出窗外

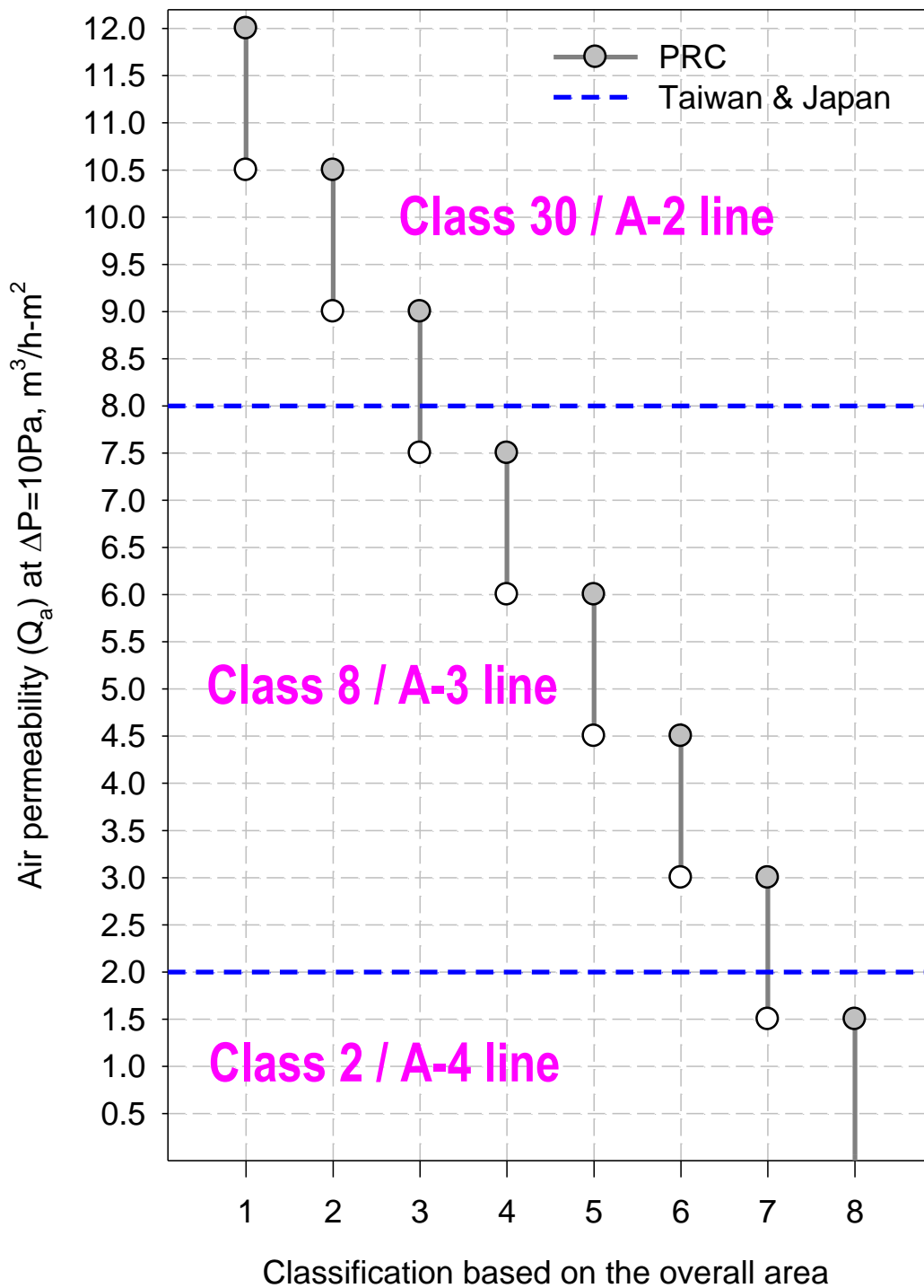


圖 8A. 台灣 vs. 中國氣密性能等級分類比較

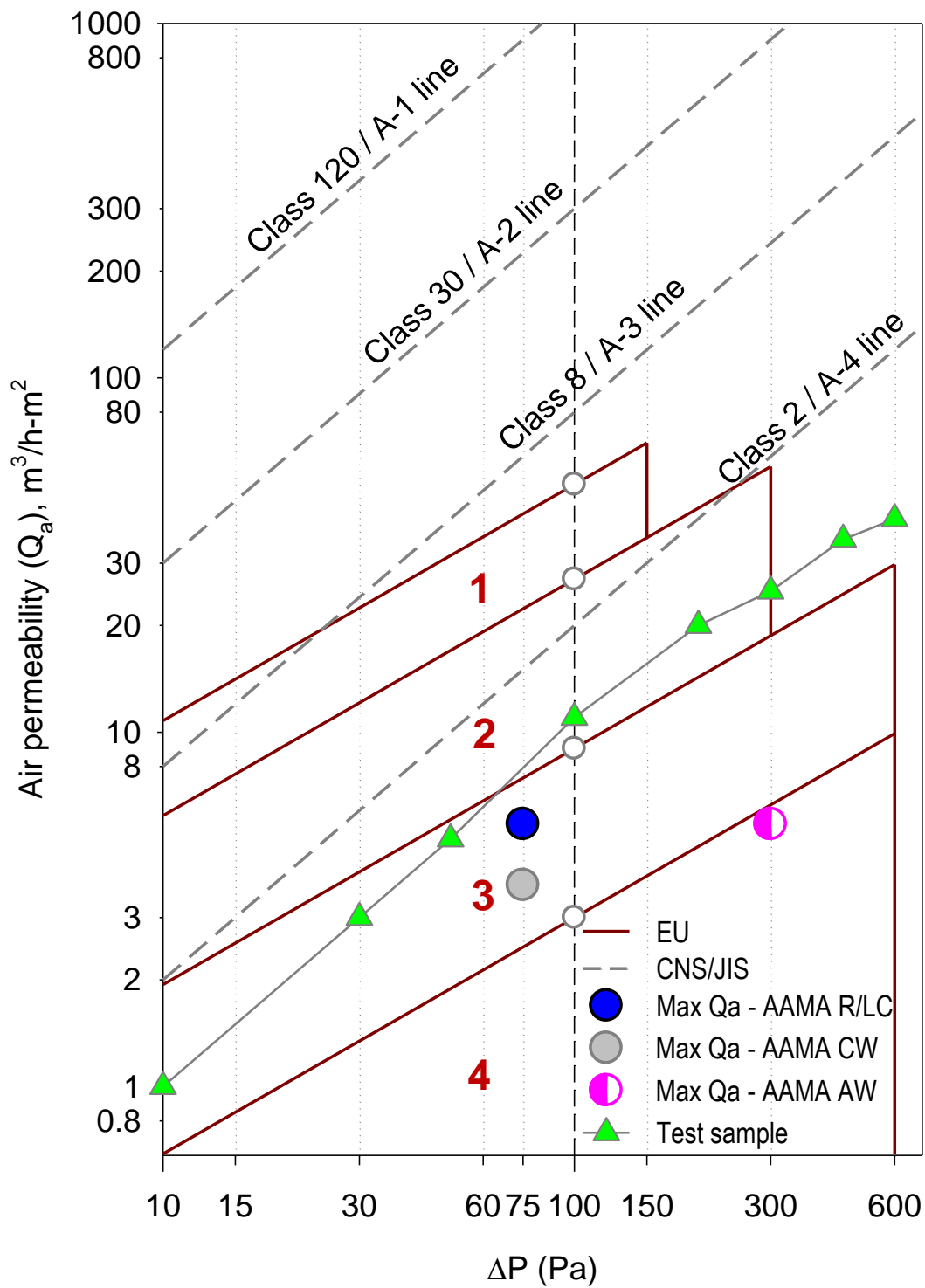


圖 8B. 台灣 vs. 歐盟/美國氣密性能等級分類比較

2.2 門窗水密性能

2.2.1 水密性能試驗方法

如同門窗氣密性能試驗，具有噴水裝置壓力艙為門窗水密性能試驗使用的標準設備(圖9)，控制穩定噴水霧量對試體全面均勻噴灑，藉由送風機與壓力調節閥，操控門窗試體兩側達到指定施加壓力差(ΔP)，進行目視觀察門窗試體水密性能的漏水測試。

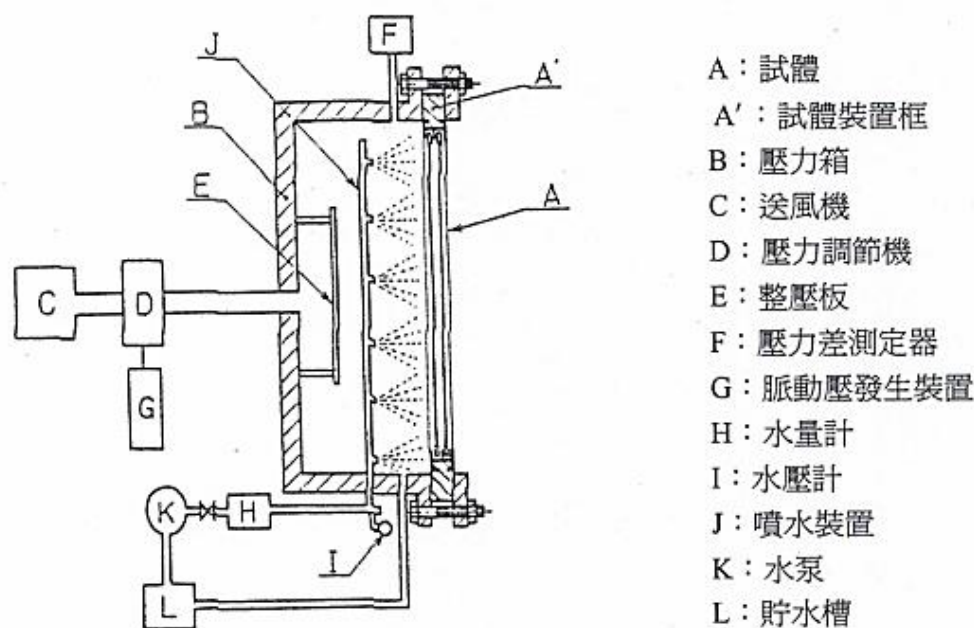


圖 9. 水密性能試驗設備[10]

國內門窗水密性能試驗程序依據 CNS 11528 A3237 標準執行[10]，此方法相同於日本 JIS A 1517:2020 標準[11]，試驗順序依次如下：(1)確認門窗開閉 5 次後關閉鎖緊；(2)施以 1 min 與測試 ΔP 上限等值壓力進行預壓，升壓速率 100 Pa/sec；(3)以 4 L/m²-min 噴水霧量，對試體全面均勻噴灑；(4)持續噴水霧下，調控脈動壓裝置使產生近似正弦波之動態脈動壓，至脈動壓中央值的升壓速率控制在 20 Pa/sec，動態脈動壓達穩定開始進行動態脈動壓測試 10 min；(5)結束脈動壓測試，觀察試體漏水狀態，參照漏水現象程度表，紀錄試驗結果；(6)觀察結束，關閉噴水霧。水密性能試驗程序參照圖 10，表 4 為試驗用脈動壓 ΔP 的上下限值與中央值關係。

中國 GB/T 7106-2019 標準水密性能試驗區分穩定加壓與波動加壓[3]，穩定加壓法應用於非熱帶風暴與颱風地區門窗水密性能定級分類與工程檢測。前者定級

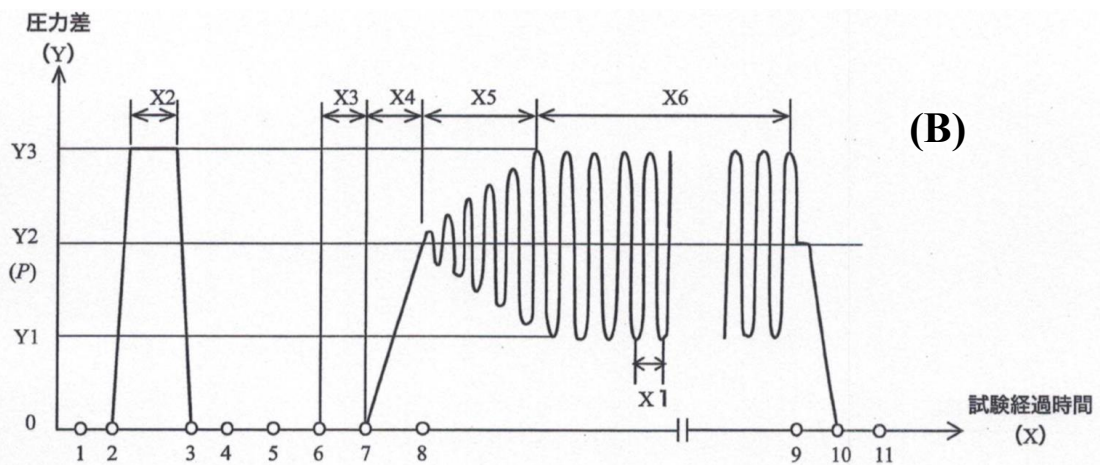
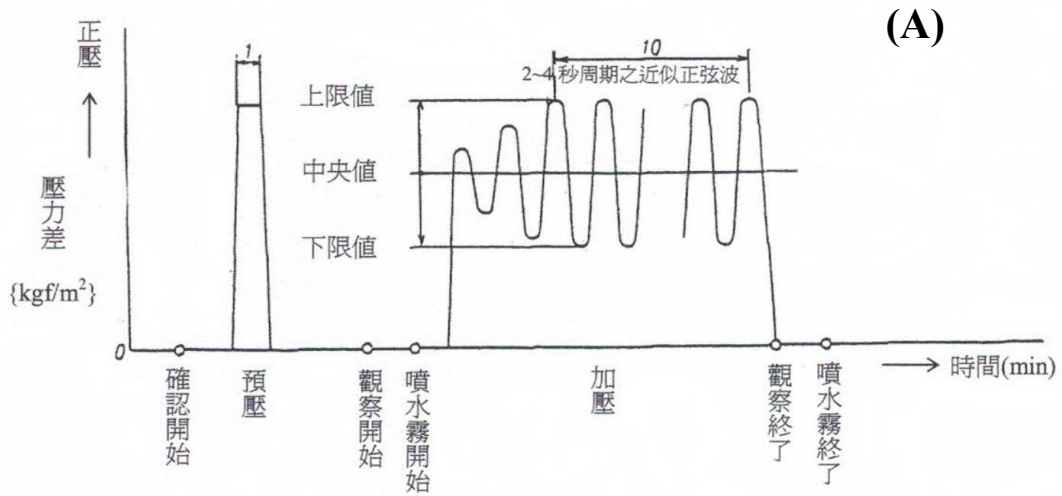
分類檢測淋水量(亦即 CNS 噴水霧量)為 $2 \text{ L/m}^2\text{-min}$ ，加壓以逐級提升，至出現滲漏為止，圖 11(A)為定級分類穩定加壓順序及階段壓差維持時間。後者工程檢測，則採直接加壓至工程設計值並持續 15 min，測試淋水量分別有 1、2 和 $3 \text{ L/m}^2\text{-min}$ ，使用依地區年降水量選取。波動加壓使用在熱帶風暴與颱風地區門窗水密性能定級檢測與工程檢測，測試淋水量 $3 \text{ L/m}^2\text{-min}$ ，定級波動加壓檢測以 100 Pa/s 速率加壓逐級提升，至出現滲漏為止，圖 11(B)為定級檢測逐級加壓順序及階段波動壓差維持時間；工程檢測採直接加壓至工程設計值，並持續波動壓力作用 15 min，波動加壓週期介於 3~5 sec。

歐盟 DIN EN 1027:2016-09 標準門窗水密性能試驗[12]，相仿於中國穩定加壓方法，從零壓開始測試，經 15 min 後，進入八階梯逐級加壓至 600 Pa，或依特定需求指定增壓測試。噴水霧自零壓試驗階段開始，噴水霧量根據噴嘴系統設計(spray nozzle system)決定，選取 $1 \text{ L/m}^2\text{-min}$ 或 $2 \text{ L/m}^2\text{-min}$ ，詳細門窗水密性能試驗逐級加壓順序及階段壓差維持時間參照圖 12。

美國 NAFS 門窗水密性能試驗程序，依據 ASTM E331 (2023)和 E547 (2000)標準實施[13,14]，試驗程序概略如下：

1. 測試前，對每個可操作單元進行五次開啟(opening)、關閉(closing)和鎖定(locking)循環作動。
2. 在 15 秒內施加指定氣壓差，並於測試期間(test duration)保持該壓差及規定的噴水速率($3.4 \text{ L/m}^2\text{-min}$)。
3. 對於 R、LC 與 CW 類門窗，每回(cycle)測試期間 5 min，完成後釋壓時間 1 min，每回總時間為 6 min，至少需進行 4 回。
4. 對於 AW 類門窗，除前述 R、LC 與 CW 類門窗 4 回測試外，需再進行 1 回持續 15 min 之測試。

NAFS 水密性能試驗 ΔP 條件最低規範[9]，依功能分類(PC)為：R 類門窗 $\Delta P = 140 \text{ Pa}$ ；LC 類門窗 $\Delta P = 180 \text{ Pa}$ ；CW 類門窗 $\Delta P = 220 \text{ Pa}$ ；AW 類門窗 $\Delta P = 390 \text{ Pa}$ ，其對應功能級數(PG)參照表 5。



記号

- | | | | |
|----|-------------------------------|----|------------|
| X | 試驗經過時間 | 1 | 開閉確認 |
| X1 | 脈動壓 (近似正弦波) 周期: 2 ± 0.2 秒 | 2 | 予備加壓開始 |
| X2 | 予備加壓保持時間: 1 分 | 3 | 予備加壓終了 |
| X3 | 加壓準備時間: 30 秒以內 | 4 | 觀察開始 |
| X4 | 昇壓時間 | 5 | 水噴霧開始 |
| X5 | 脈動壓設定時間 | 6 | 設定水量安定到達時 |
| X6 | 脈動壓繼續時間: 10 分 | 7 | 加壓開始 |
| Y | 壓力差 | 8 | 脈動壓制御開始 |
| Y1 | 下限值 | 9 | 脈動壓制御終了 |
| Y2 | 中央值 P | 10 | 加壓終了, 觀察終了 |
| Y3 | 上限值 | 11 | 水噴霧終了 |

圖 10. 水密性能試驗程序：(A) CNS 11528 A3237；(B) JIS A 1517:2020

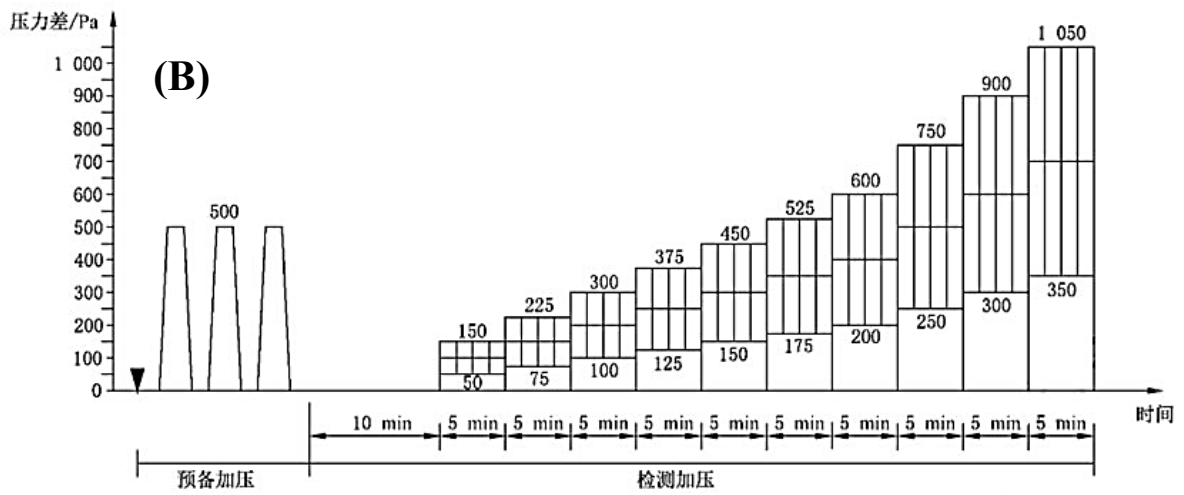
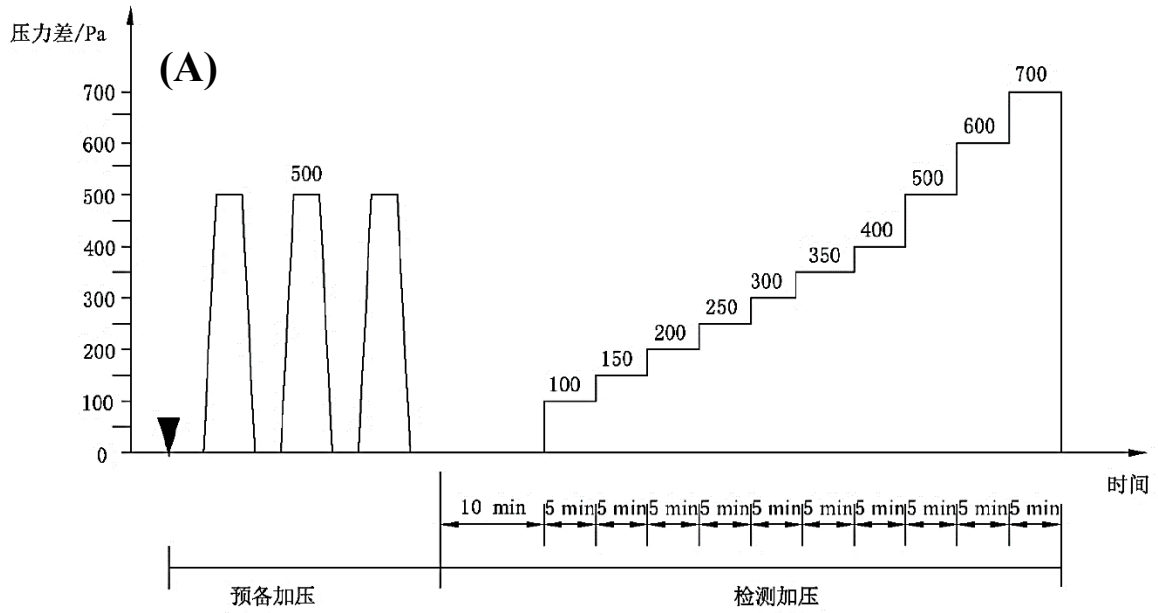


圖 11. GB/T 7106-2019 水密性能試驗順序：(A)穩定加壓；(B)波動加壓

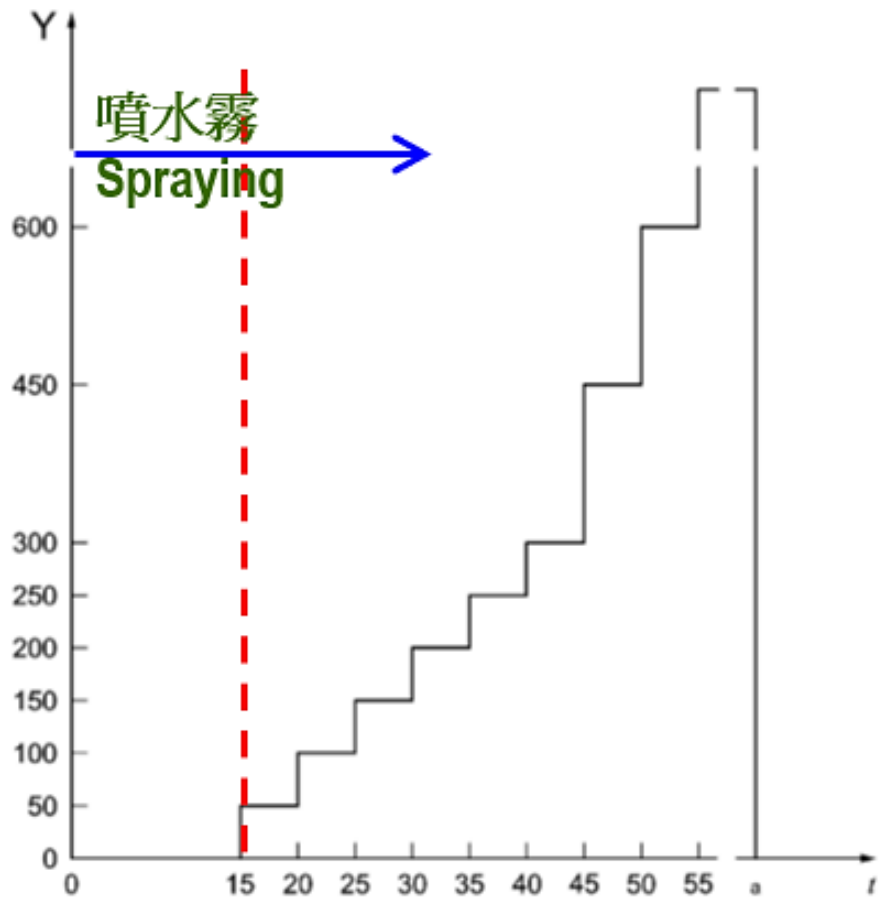


圖 12. 歐盟 DIN EN 1027:2016-09 水密性能試驗順序，測試時間 t(min)[12]

表 4. 脈動壓 ΔP 的上下限值與中央值關係

脈動壓	中央值 $\Delta P_C \leq 1500 \text{ Pa}$	中央值 $\Delta P_C > 1500 \text{ Pa}$
上限值壓力 (Pa)	$\Delta P_C \times 1.5$	$\Delta P_C + 750$
下限值壓力 (Pa)	$\Delta P_C \times 0.5$	$\Delta P_C - 750$
測試期間脈動壓週期 (sec)	CNS – 2 ~ 4 sec ; JIS – $2 \pm 0.2 \text{ sec}$	

表 5. NAFS 水密性試驗條件最低規範[9]

Performance Class	Minimum Performance Grade (PG)	Minimum design pressure (DP)		Minimum structural test pressure (STP)		Minimum water penetration resistance test pressure	
		Pa	(~psf)	Pa	(~psf)	Pa	(~psf)
R	15	720	(15.04)	1080	(22.56)	140	(2.92)
LC	25	1200	(25.06)	1800	(37.59)	180	(3.76)
CW	30	1440	(30.08)	2160	(45.11)	220	(4.59)
AW	40	1920	(40.10)	2880	(60.15)	390	(8.15)

Note: The IP equivalents identified are for approximate reference only and do not in any way imply accuracy of the measurement or the equipment. See Clause 1.3. Precision and bias statements are provided in the applicable test methods referenced in this Standard/Specification.

2.2.2 水密性能等級分類

所有門窗水密性能等級判定準則，完全藉由檢視結束後目測觀察，是否有滲水(漏)現象。台灣 CNS 3092 A2044 與日本 JIS A 4706:2021 標準對於門窗水密性能等級判定準則[6,15]，定義為加壓中不得發生下列四類型滲水(water penetration)現象之一：水自檯外流出(Outflowing)、水自檯外吹出(Gushing)、水自檯外濺出(Splashing)和水自檯外溢出(Overflowing)，水密性能依測試 ΔP 區分五等級(參照表 6)。中國 GB/T 31433-2015 判定準則採用「嚴重滲漏」壓力差值的前一級壓力值作為分級指標，其「嚴重滲漏」定義：雨水從試件室外側持續或反復滲入外門窗試件室內側，發生噴濺或流出試件界面的現象，表 7 展示中國門窗水密性能等級分類標準，區分六分級[7]。歐盟水密性能，依照性能試驗順序賦予 9 等級分類(對照圖 12 與表 8)。表 8 中試驗方法 A(test method A)指的是門窗含玻璃框架整體測試，等同於台灣、日本、中國與美國方式，本文將針對試驗方法 A 的九等級(1A~9A)分類討論比較。值得注意，歐盟水密性能 Class1A 是指門窗在零壓力狀態，承受 15 分鐘水霧噴灑下，無可觀察水滲透(no observable water penetration)情形。當因應特定需求測試 ΔP 大於標準 9A 最高等級 600 Pa，若測試通過即賦予特定壓力(例如 xxx Pa)報告認證，表示為 Exxx。一般認定，Class1A~3A 屬於零或低水密窗，Class4A~9A 為防水窗，Exxx 視為高等級防水窗。

美國 NAFS 門窗水密性能試驗水滲透(water penetration)失敗準則(failure criteria)定義：在規定的樣本氣壓差條件下，水滲透到與試驗樣本最內投影相交的玻璃窗(垂直面)平行的平面(垂直面)之外，不包括內部裝飾和硬體。據此，美國 NAFS 門窗水密性能等級(參照表 9)，即根據功能分類(PC：R, LC, CW 及 AW)與功能級數(PG：以等差 5 的級數從 15 至 100)予以組合定義歸類，例如 LC55 代表功能級數 55 的低中樓層輕商業與多戶家庭住宅門窗，其水密性能通過 $\Delta P=400$ Pa 水密標準/規格測試。

表 10 為台灣 CNS3092 A2044 水密性能等級分類對照日本 JIS A 4706:2021、中國 GB/T 31433-2015 和歐盟 DIN EN 12208:2000-06 標準等級分類的比較，表 11 則

是和美國北美門窗水密標準/規格 AAMA/WDMA/CSA 101/I.S.2/A440:22 的對照比較，總結歸納如下：

- (1) 台灣和日本等級分類相同，區分 5 等級: W1~W5。台灣的 5 等級 W1~W5 亦等同於中國 GB/T 的分級 1~5。CNS 11527 A3236 之氣密性能等級分類與 JIS A 4706:2021 氣密性等級線相同。
- (2) 台灣等級 W1、W2 和 W3 等同於歐盟等級 Class3A、4A 和 6A，等級 W4 和 W5 分別涵蓋但高於歐盟等級 Class7A 與 Class8A。
- (3) 台灣等級分類相較於 NAFS 為：W2=R20、W3 涵蓋但高於 R/LC25-30、W4 涵蓋但高於 R/LC/CW35-45、W5 涵蓋但高於 R/LC/CW50-65 與 AW40-50。
- (4) 相較於水密性能最大等級試驗，台灣 W5 測試 $\Delta P = 500 \text{ Pa}$ 低於中國 6 分級 $\Delta P \geq 500 \text{ Pa}$ 、歐盟 Class9A 施測 $\Delta P = 600 \text{ Pa}$ 與美國 NAFS 的最大等級分類 R/LC/CW/AW100 施測 $\Delta P = 700 \text{ Pa}$ 。

表 6. 台灣與日本 JIS 門窗水密性能等級判定準則

等級	壓力差 ΔP (Pa)	判定準則	
W-1	100	在加壓中不得發生下列滲水(water penetration)狀況:	
W-2	150	a) 水自檯外流出(Outflowing)	
W-3	250	b)水自檯外吹出(Gushing)	
W-4	350	c)水自檯外濺出(Splashing)	
W-5	500	d) 水自檯外溢出(Overflowing)	

表 7. 中國 GB/T 31433-2015 門窗水密性能等級[7]

分級	分級指標值 ΔP (Pa)
1	$100 \leq \Delta P < 150$
2	$150 \leq \Delta P < 250$
3	$250 \leq \Delta P < 350$
4	$350 \leq \Delta P < 500$
5	$500 \leq \Delta P < 700$
6	$\Delta P \geq 700$

表 8. 歐盟 DIN EN 12208:2000-06 門窗水密性能等級[16]

Test pressure P_{\max} in Pa ^{a)}	Classification		Specifications
	Test method A	Test method B	
-	0	0	No requirement
0	1A	1B	Water spray for 15 min
50	2A	2B	As class 1 + 5 min
100	3A	3B	As class 2 + 5 min
150	4A	4B	As class 3 + 5 min
200	5A	5B	As class 4 + 5 min
250	6A	6B	As class 5 + 5 min
300	7A	7B	As class 6 + 5 min
450	8A	-	As class 7 + 5 min
600	9A	-	As class 8 + 5 min
> 600	Exxx	-	Above 600 Pa in steps of 150 Pa, the duration at each step shall be 5 min
NOTE : Method A is appropriate for product which are fully exposed Method B is appropriate for product which are partially shielded			
^{a)} After 15 min at zero pressure and 5 min at subsequent steps.			

表 9. 北美門窗水密標準/規格

Performance classes (PC) and available performance grades (PG)				ASD design pressure, Pa	Water penetration resistance test pressure, Pa			
R	LC	CW	AW		R	LC	CW	AW
15	—	—	—	720	140	—	—	—
20	—	—	—	960	150	—	—	—
25	25	—	—	1200	180	180	—	—
30	30	30	—	1440	220	220	220	—
35	35	35	—	1680	260	260	260	—
40	40	40	40	1920	290	290	290	390
45	45	45	45	2160	330	330	330	440
50	50	50	50	2400	360	360	360	480
55	55	55	55	2640	400	400	400	530
60	60	60	60	2880	440	440	440	580
65	65	65	65	3120	470	470	470	620
70	70	70	70	3360	510	510	510	670
75	75	75	75	3600	540	540	540	720
80	80	80	80	3840	580	580	580	720
85	85	85	85	4080	610	610	610	720
90	90	90	90	4320	650	650	650	720
95	95	95	95	4560	680	680	680	720
100	100	100	100	4800	720	720	720	720

表 10. 水密性能等級分類比較(台灣 CNS、日本 JIS、中國 GB/T、歐盟 EU)

ΔP (Pa)	CNS		JIS		GB/T		EU	
	ΔP (Pa)	Class	ΔP (Pa)	Class	ΔP (Pa)	Class	ΔP (Pa)	Class
0							0	1A
50							50	2A
100	100	W-1	100	W-1	$100 \leq \Delta P < 150$	1	100	3A
150	150	W-2	150	W-2	$150 \leq \Delta P < 250$	2	150	4A
200							200	5A
250	250	W-3	250	W-3	$250 \leq \Delta P < 350$	3	250	6A
300							300	7A
350	350	W-4	350	W-4	$350 \leq \Delta P < 500$	4		
450							450	8A
500	500	W-5	500	W-5	$500 \leq \Delta P < 700$	5		
600							600	9A
>600							>600	Exxx
700					$\Delta P \geq 700$	6	700	E700

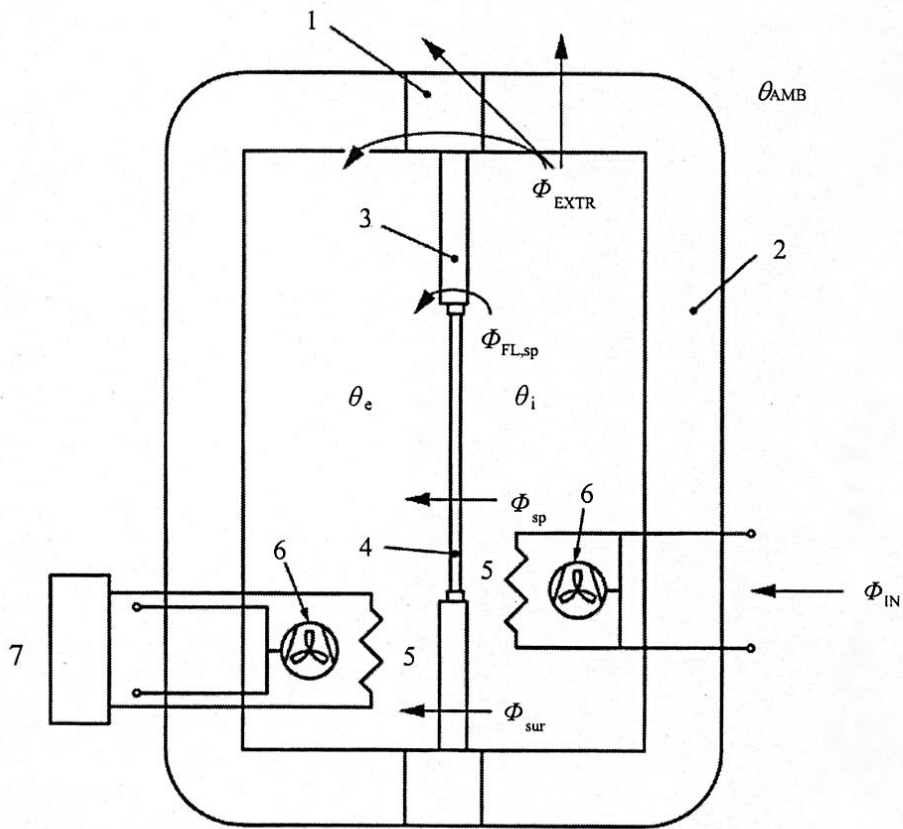
表 11. 水密性能等級分類比較(台灣 CNS 對照美國 NAFS)

Test ΔP (Pa)					水密級數				
Taiwan CNS	USA AAMA				Taiwan CNS	USA AAMA (PG)			
	R	LC	CW	AW		R	LC	CW	AW
100					W-1				
	140	–	–	–		15	–	–	–
150	150	–	–	–	W-2	20	–	–	–
	180	180	–	–		25	25	–	–
	220	220	220	–		30	30	30	–
250					W-3				
	260	260	260	–		35	35	35	–
	290	290	290			40	40	40	
	330	330	330			45	45	45	
350					W-4				
	360	360	360	390		50	50	50	40
	400	400	400	440		55	55	55	45
	440	440	440	480		60	60	60	50
	470	470	470			65	65	65	
500					W-5				
				530					55
				580					60
				620					65
	510	510	510	670		70	70	70	70
	:	:	:	:		:	:	:	:
	720	720	720	720		100	100	100	100

2.3 門窗隔熱性能

2.3.1 熱效性能試驗方法

熱效性能區分為隔熱與保溫，一般門窗熱性能熱傳透性(thermal transmittance)係數(簡稱 U_w 或 U 值)，大抵是用以評估保溫效率，隔熱則針對外界太陽能的阻絕效應，中國 GB/T 標準即採此分別[17,18]。本計畫僅就 U_w 標準分類探討， U_w 之標準測定方法，皆依據 ISO 12567-1 規範針對完整門窗(亦即含玻璃及框架)使用熱箱測定法(hot-box method)[19]。基本測定與計算原理如圖 13，藉由環繞熱箱系統熱量守恆關係，依此公式 $U_w = \frac{\phi_{in} - \phi_{sp} - \phi_{FL,sp} - \phi_{sur} - \phi_{EXTR}}{A(\theta_i - \theta_e)}$ 推算 U_w ，式中 A 代表試體面積， U_w 單位表示為 W/m^2K 。



說明

- | | |
|-----------|---------------------------|
| 1 圍繞嵌板框 | Φ_{EXTR} 量測室額外之熱傳導 |
| 2 量測室牆壁 | $\Phi_{FL,sp}$ 試片側面熱傳導 |
| 3 圍繞嵌板 | Φ_{IN} 能量輸入 |
| 4 試片或校正嵌板 | Φ_{sp} 通過試片之熱傳導 |
| 5 加熱線圈 | Φ_{sur} 通過圍繞嵌板之熱傳導 |
| 6 風扇 | θ_e 冷側(氣候室)之外部空氣溫度 |
| 7 冷凍系統 | θ_i 暖側(量測室)之內部空氣溫度 |
| | θ_{AMB} 外部周遭溫度 |

圖 13. 熱箱測定裝置及能量平衡關係[20]

2.3.2 熱效性能等級分類

台灣 CNS 7477 A2105 熱性能等級針對隔熱性區分四類，使用熱組係數(相當 U_w 的倒數)表示(參照表 12)。日本 JIS A 4702:2021 熱性能標準將 U_w 依熱保溫(heat insulation)性能區分 8 級數，從大至小賦予分級指標 H-1 至 H-8(參照表 12)。台灣標準雖未像日本將 U_w 予以特定分級指標，實際上等同於日本的 H-1 到 H-4 熱性能等級， U_w 值越高代表熱損失越大。中國 GB/T 31433-2015 將保溫性能區分 10 分級(參照表 13，表中 K 即是 U_w 值)，中國針對保溫型門窗，特別要求 U_w (或 K)必須小於 $2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ 。另外，GB/T 8478-2020 制定隔熱性能等級為 6 分級(參照表 13)，使用太陽能得熱係數(SHGC)為衡量指標，同樣亦有規範強調，隔熱型門窗 $\text{SHGC} \leq 0.4$ 。

從相關門窗熱效能標準文獻，發現美國與歐盟並未如同台灣、日本與中國予以 U_w 值分級指標規範，美國與歐盟著重在以整體能源效率基礎上(圖 14)，在門窗綜合性能評估參數中，針對 U_w 值應用僅以如下指引：「 U_w 值越低，門窗保溫效能越佳(The lower the value, the better the window insulates heat)[23]。簡言之， U_w 值隨各別國家能源政策、甚或同一國度內因地理位置、氣候環境等差異，而有不同的要求制定，決策可能來自政府法令或非/半官方產業聯盟共識。以美國為例，一般依循美國環保署能源之星(EPA's Energy Star)，根據地理位置劃分全國為四大區域：北方、中北方、中南方及南方，提出門窗熱效性能建議，同時考慮 U_w 與 SHGC(圖 15)。再以英國為例，建築物 U_w 值法規依據 2021 年針對新建與既存住宅建物能源效率政策法案：批准文件第 L 部-燃料能源節約，第一冊:住宅篇(Approved Document Part L, Conservation of Fuel and Power, Volume 1: Dwellings, 2021 Edition – England)，明文訂定 U_w 值新住宅建物 $1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ，既存住宅建物 $1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ [24]。

表 14 為台灣與日本、中國、英國與美國門窗保溫性能 U_w 值等級分類比較，綠色區塊(日本 H1~H4，中國分級 1~4) 標準指標，顯然是為適應亞熱帶氣候型態國家設定。但應注意，不同於歐美國家從結合太陽能、氣密性能(即空氣通風量)等因素，評估整體門窗綜合能源效率後設定的 U_w 值，台灣或許可參考英國門窗評

級理事會(British Fenestration Rating Council, BFRC)的門窗節能評級(window energy ratings, WER)方法，從熱傳透性效能(thermal efficiency, U_w)、太陽能獲取(solar gain, SHGC)與氣密性能(air leakage)的能量守恆評估，設計製作高效能門窗，因應無論是保溫(暖氣)或空調(冷氣)所需的能源，朝向最小化能源需求的功能，同時借鏡現今歐盟門窗更新替代計畫，促進鋁門窗工業提升轉型邁向國際化，扮演參與氣候變遷下發展國家韌性與復原能力的核心角色，以高效能門窗造就長遠持續能源節約，邁向 2050 淨零排放(碳中和)目標。

表 12. 台灣 CNS 與日本 JIS 熱效性能等級分類 [21, 22]

台灣 CNS 7477 A2105 (隔熱性能)		日本 JIS A 4702:2021 (保溫性能)	
熱阻係數 (m^2K/W)	U_w (W/m^2K)	級數 (Grade)	U_w (W/m^2K)
0.215 以上	4.65 以上	H-1	4.7
0.2494 以上	4.01 以上	H-2	4.1
0.2838 以上	3.52 以上	H-3	3.5
0.3340 以上	2.99 以上	H-4	2.9
		H-5	2.3
		H-6	1.9
		H-7	1.5
		H-8	1.1

表 13. 中國保溫與隔熱性能分級[7, 18]

中國 GB/T 31433-2015 (保溫性能)		中國 GB/T 8478-2020 (隔熱性能)	
分級	指標值 K (W/m ² K)	分級	指標值 SHGC
1	$K \geq 5.0$	1	$0.7 \geq \text{SHGC} > 0.6$
2	$5.0 > K \geq 4.0$	2	$0.6 \geq \text{SHGC} > 0.5$
3	$4.0 > K \geq 3.5$	3	$0.5 \geq \text{SHGC} > 0.4$
4	$3.5 > K \geq 3.0$	4	$0.4 \geq \text{SHGC} > 0.3$
5	$3.0 > K \geq 2.5$	5	$0.3 \geq \text{SHGC} > 0.2$
6	$2.5 > K \geq 2.0$	6	$\text{SHGC} \leq 0.2$
7	$2.0 > K \geq 1.6$		
8	$1.6 > K \geq 1.3$		
9	$1.3 > K \geq 1.1$		
10	$K < 1.1$		
註：第 10 級應在分級後同時 註明具體分級指標			

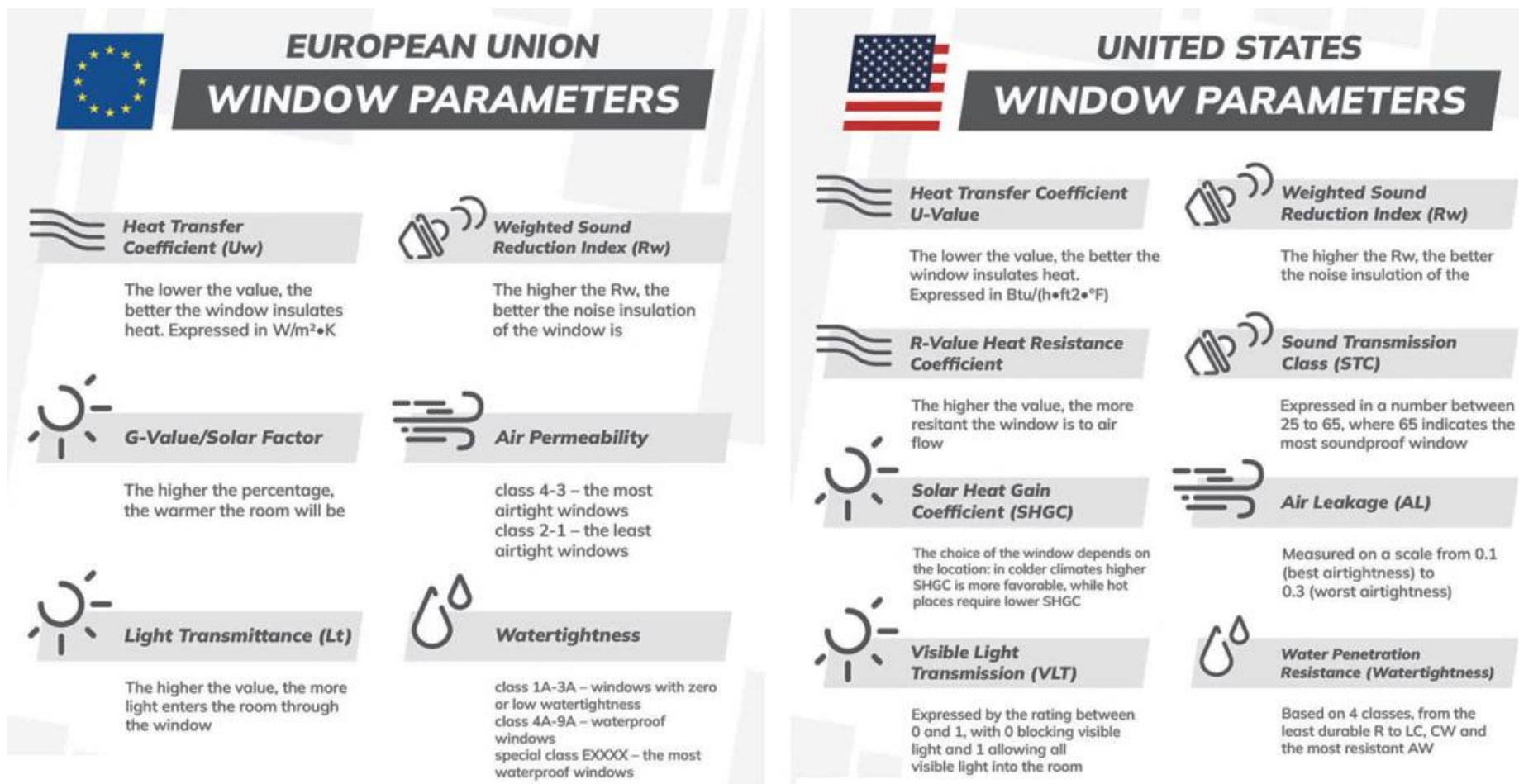
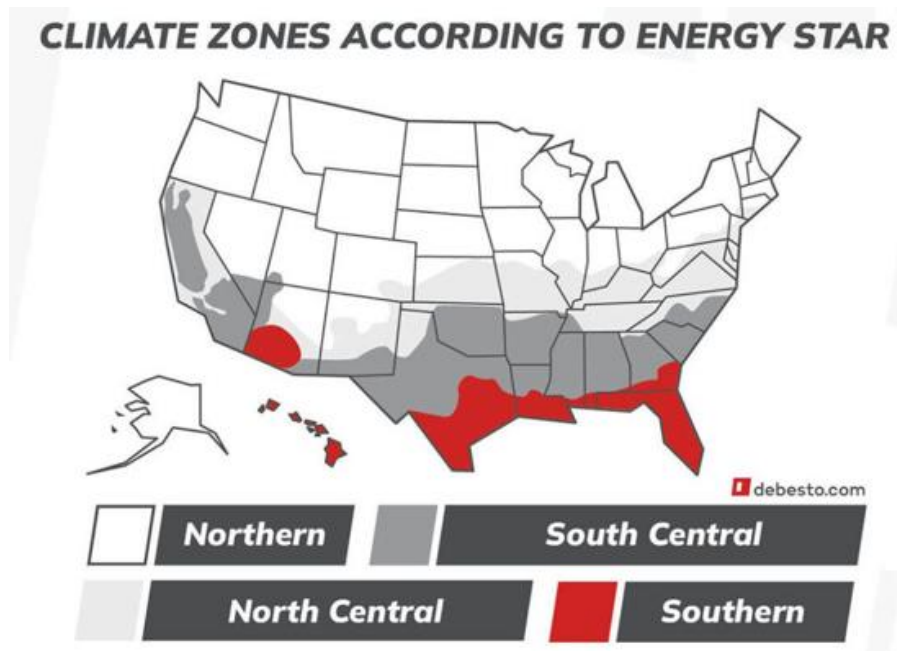


圖 14. 美國與歐盟門窗綜合性能評估參數[23]



U-FACTOR AND SHGC RECOMMENDED BY ENERGY STAR

Windows			
Climate Zones	Uw	U-Factor	SHGC
Northern	≤ 1.53	≤ 0.27	any
North Central	≤ 1.70	≤ 0.30	≤ 0.40
South Central	≤ 1.70	≤ 0.30	≤ 0.25
Southern	≤ 2.27	≤ 0.40	≤ 0.25

圖 15. 美國 EPA 能源之星門窗熱效性能建議[23]

表 14. 台灣與日本、中國、英國與美國門窗保溫性能 U 值等級分類比較

台灣	分級	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	U (W/m ² K)	U≥4.7	4.7>U≥4.0	4.0>U≥3.5	3.5>U≥3.0						
日本	分級	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	---	---
	U (W/m ² K)	U≥4.7	4.7>U≥4.1	4.1>U≥3.5	3.5>U≥2.9	2.9>U≥2.3	2.3>U≥1.9	1.9>U≥1.5	1.5>U≥1.1		
中國	分級	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	U (W/m ² K)	U≥5.0	5.0>U≥4.0	4.0>U≥3.5	3.5>U≥3.0	3.0>U≥2.5	2.5>U≥2.0	2.0>U≥1.6	1.6>U≥1.3	1.3>U≥1.1	U<1.1
英國	U (W/m ² K)								U ≤ 1.0 ~ 1.4		
美國	U _w (北部)								U ≤ 1.53		
	U _w (中北)							U ≤ 1.7			
	U _w (中南)							U ≤ 1.7			
	U _w (南部)					U ≤ 2.27					

2.4 門窗輓輪性能

門窗輓輪兩項基本品質要求為輓輪滑動順暢性與材質結構耐用性，構成門窗輓輪性能的關鍵指標。如同前述氣密與水密性能標準，台灣門窗輓輪性能試驗(sash roller test)標準 CNS 12431 A2231 與日本 JIS A5545:2021 相同[25, 26]。試驗方法分為：反覆行走性能與靜態強度試驗。反覆行走性能試驗裝置可參照圖 16，將裝有輓輪門窗安裝於往返行走裝置，施予一特定荷重，以 5~10 次/min 之單程 850 mm 行走距離，往返計為一次，依表 15 試驗條件進行測試，試驗期間觀察輓輪滾動情況是否順暢，完成後以目視確認輓輪使用上無橫向及縱向搖擺阻礙。靜態荷重強度試驗裝置及試驗條件照圖 17 與表 16，測試完成後測量計算圖 17 標示之變位測定點、輪框與輪軸的殘留變形(residual deformation)是否 ≤ 1.5 mm，以及荷重部位產生之壓深(impress depth)是否 ≤ 0.15 mm。

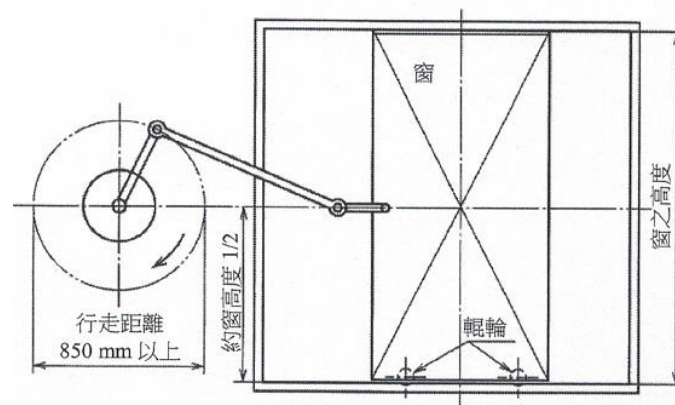


圖 16. 往返行走試驗裝置

表 15. 試驗荷重與往返行走次數條件[25]

2 個輓輪承受之 試驗載重 N	試驗載重之許可差 %	往返次數 萬次	外徑尺度 ^(a) mm
150	+ 5 0	1	未滿 20
200		5	20 以上，未滿 30
400		10	30 以上，80 以下
590			
1,100			

單位：mm

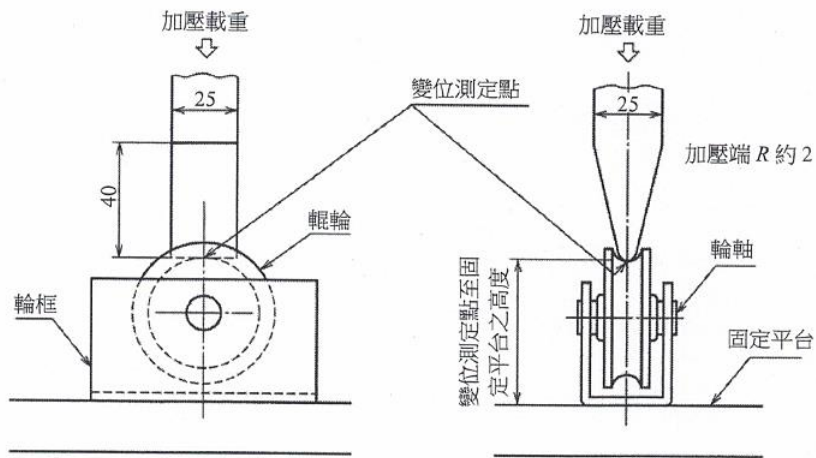


圖 17. 靜態荷重強度試驗裝置

表 16. 靜態荷重強度試驗條件[25]

加壓載重 N	加壓載重之許可差 %	施加於 2 個輓輪之試驗載重 ^(a) N
375	+ 5 0	150
500		200
1,000		400
1,475		590
2,750		1,100

備考：加壓載重為試驗載重之一半載重，換言之，相對於施加在 1 個輓輪之試驗載重，其承受之衝擊係數相當於 5 倍。

註^(a) 試驗載重依表 4 之規定。

中國 JG/T 129-2017 標準規範的門窗輓輪要求項目包含四項[27]：(1)力學性能-運轉平穩性，測試輪體徑向跳動量，度量轉動一周最大與最小長度差值與測試輪體軸向竄動量，度量輪體沿軸向可移動範圍(參照圖 18)。(2)力學性能-操作力(F)，操作力定義為在特定承載質量(mass load, ML)下，推拉門窗所需的力量。圖 19 是門窗輓輪操作力試驗裝置，測試時紀錄全過程的最大作用力(F_{max})，合格準則如

下： $ML < 100 \text{ kg} \Rightarrow F \leq 40 \text{ N}$ ； $100 \text{ kg} \leq ML \leq 200 \text{ kg} \Rightarrow F \leq 60 \text{ N}$ ； $ML > 200 \text{ kg} \Rightarrow F \leq 80 \text{ N}$ 。(3)力學性能-反復啟閉，試驗裝置同門窗輓輪操作力試驗裝置。單向行程(行走距離)區分門-850 mm，窗-700 mm；試驗頻率/次數:門-6 次/min 計 10 萬次，窗-6 次/min 計 25 萬次。依前述操作力荷重 1.5ML 進行，測量反復啟閉操作力(F)，需滿足： $ML < 150 \text{ kg} \Rightarrow F \leq 60 \text{ N}$ ； $150 \text{ kg} \leq ML \leq 200 \text{ kg} \Rightarrow F \leq 90 \text{ N}$ ； $ML > 300 \text{ kg} \Rightarrow F \leq 120 \text{ N}$ 。另外荷重承載下，垂直方向位移必需 $\leq 2 \text{ mm}$ 。(4)非金屬滑輪耐溫性：高溫 50°C 經 1 小時，取出於常溫 2 min 內，觀察輪體，依前述反復啟閉荷重條件，進行操作力(F)測試。低溫負 20°C 經 1 小時，取出於常溫 2 min 內，以 1.5 m/s 運轉 10sec，觀察輪體與進行操作力(F)測試(條件如高溫測試)。判定準則為操作力(F)滿足如反復啟閉要求。

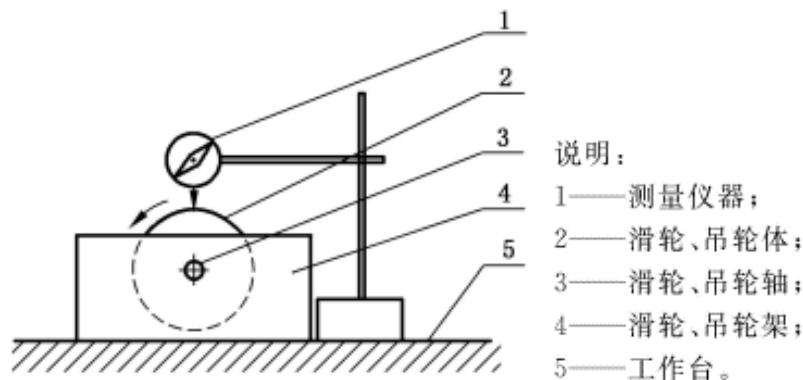


圖 18. 中國 JG/T 129-2017 標準門窗輓輪運轉平穩性試驗裝置[27]

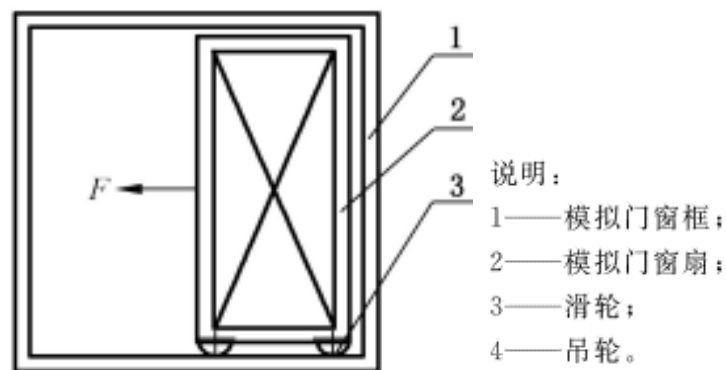


圖 19. 中國 JG/T 129-2017 標準門窗輓輪操作力試驗裝置[27]

美國門窗玻璃產業聯盟(Fenestration and Glazing Industry Alliance, FGIA)有關門窗輓輪規格，依據美國建築製造商協會 AAMA 906-21, 2021 標準，主要評估其性能與耐用性(Evaluate performance & durability)[28]。檢測項目：(1)循環試驗(Cycling test)，其實就是上述 CNS、JIS 與 GB/T 的往返行走或反復啟閉試驗。試驗條件為往返次數 10,000 循環、試驗速度 150-915 mm/sec 與單向行程：915 mm，試驗期間紀錄操作力(Operating force)。判定準則為門窗輓輪在特定負荷下的操作力，每個單一輪子的操作力不得大於(亦即 \leq)最大規範值(limits specified)，操作力測試的負荷必需 ≥ 34 kg (參見表 17)。(2)荷重自由落體試驗(Shock load test)，試驗方法為輓輪組合在最小 34kg 的指定負重下，將其舉起 6.4 mm 高度後自由落體，測試輓輪承受瞬間脈衝力量撞擊的影響，其強度必需符合 $|d-d'| \leq 0.79$ mm，其中 d 與 d'分別代表測試前與測試後的門窗軌道與輓輪組合裝置於門窗安裝面的間隙距離(clearance)(參照圖 20)。

表 17. 操作力試驗條件與準則[28]

Roller Assembly Weight Rating		Operating Force per Roller Assembly	
kg	lbs	N	lbf
34-44	75-99	22.2	5
45-90	100-199	26.7	6
91-181	200-399	35.6	8
182-272	400-599	44.5	10
≥ 273	≥ 600	57.8	13

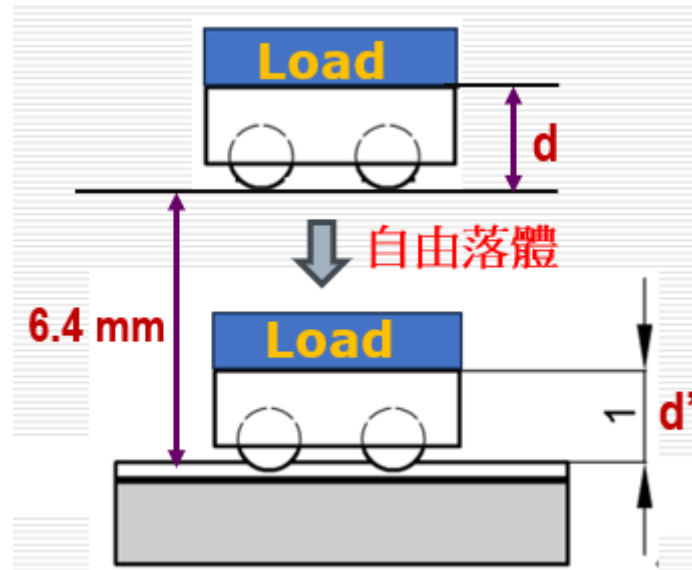


圖 20. 荷重自由落體試驗(Shock load test)示意圖

歐盟 DIN EN 13126-15:2019-07 門窗輓輪性能標準分類，依據一組門窗五金零件的五匣子編碼系統(Five box coding system)(表 18)，以耐用性(Durability)、負荷(Mass)、抗鏽蝕(Corrosion resistance)，試體尺寸(Test sizes)與應用(Application)等 5 項評估指標，定義門窗輓輪的規格及適用門窗型態[29]。圖 21 門窗輓輪性能試驗流程，包含：試體 A1 負荷循環耐用性、試體 A2 靜態負荷持久耐受力與試體 B 抗鏽蝕三種測試，因此需提供至少 3 件試體接受上述試驗，另加一件試體 C 作為對照組。其中，試驗流程 7.4.1 與 7.4.2 是針對折疊門窗(folding sashes)輓輪的額外測試需求，本計畫只探討歐盟標準定義的 N 型態水平推拉式門窗(Type N horizontal sliding sashes)輓輪(圖 22)。

表 18. 門窗五金零件分類系統[29]

box	1	2	3	4	5
	Durability	Mass	Corrosion resistance	Test sizes	Application

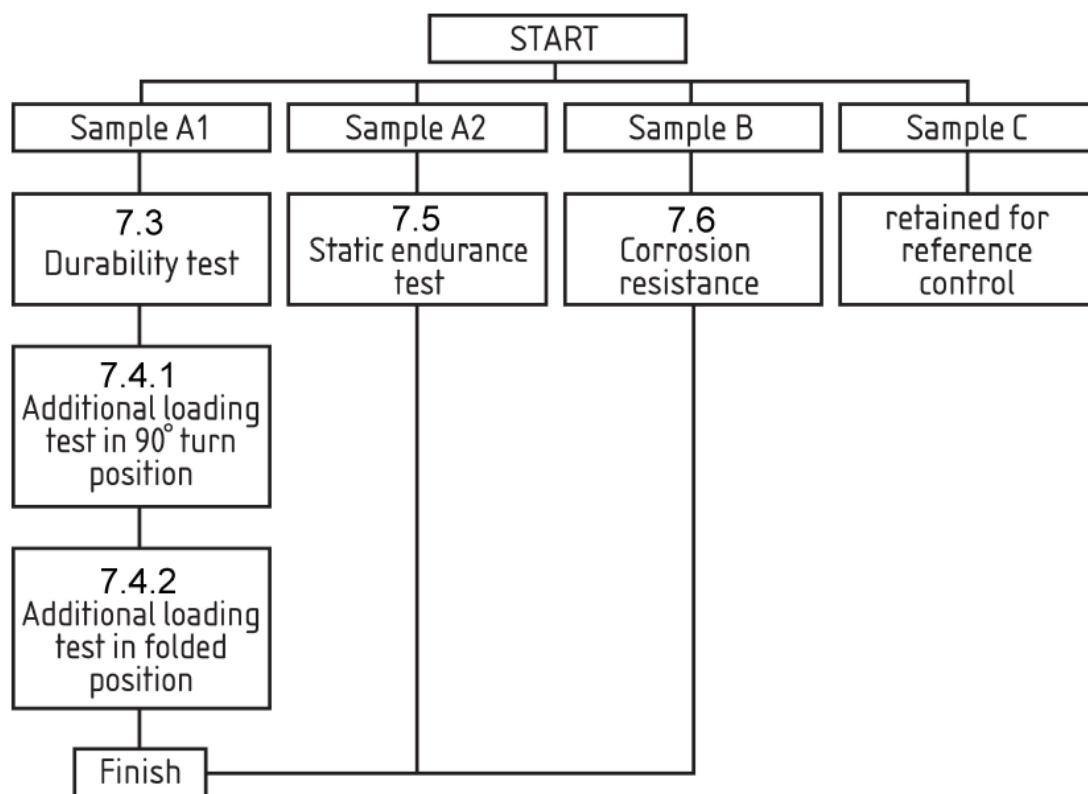


圖 21. 門窗滾輪性能試驗流程[29]

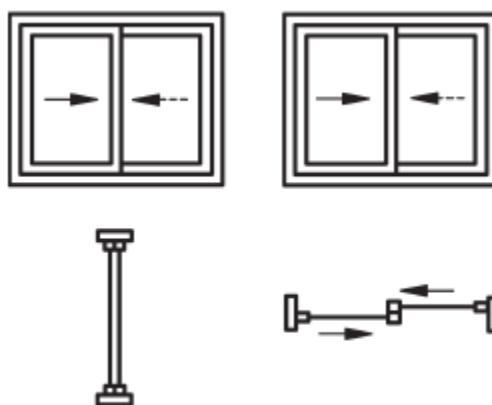


圖 22. N 型態水平推拉式門窗示意圖 [29]

門窗滾輪性能負荷循環(Test cycles with mass)基本試驗條件：最小負荷 30 kg，以每 10 kg 逐段增加，無規範最大負荷(參照表 19 負荷等級)，單程行走距離(travel length)1000 mm(圖 23)，速率 250 cycles/hr，。依測試循環次數區分三級數：H1 級-循環次數 5000；H2 級-循環次數 10000；H3 級-循環次數 20000。負荷循環耐用性測試完成後，測試結果的接受準則(Acceptance criteria)必須合乎下列三條件：

1. 滾輪下垂移位 $\leq 2\text{ mm}$ (意指圖 24 中，原始間隙距離”1”的壓縮)。
2. 滾輪未有任何扭曲變形，且維持其原有測試前的正常性能。
3. 滾輪原始直徑與測試後直徑之偏差 $\leq 5\%$ 。

表 19. 循環耐用性試驗負荷等級[29]

Grade	030	040	050	060	070	080	090	100	110	120	...
Mass (kg)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	...

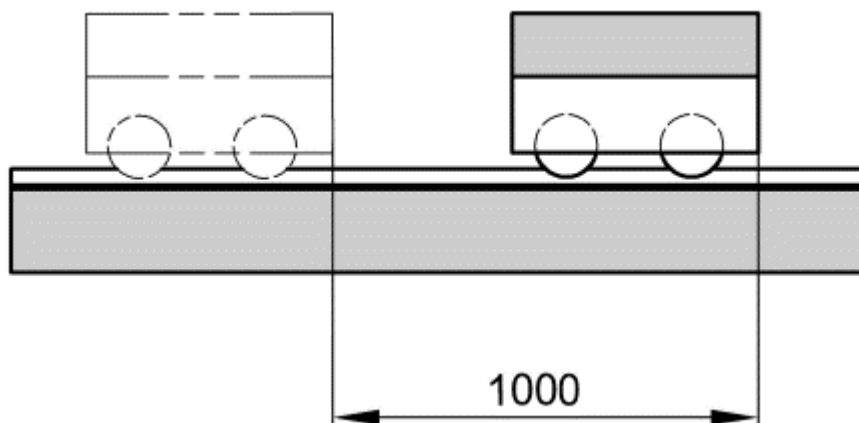


圖 23. 門窗滾輪性能負荷循環測試單程行走距離[29]

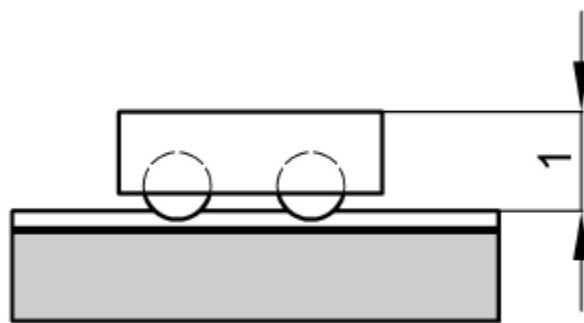


圖 24. ”1”代表門窗軌道與輓輪組合裝置於門窗安裝面的間隙距離[29]

門窗滾輪性能靜態負荷持久耐受力試驗，在室溫條件 $15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下進行測試，測試前檢查滾輪表面是否有缺陷，量測記錄每一個輓輪直徑，並標記個別輓輪和軌道的接觸點。之後安置輓輪於測試台，施以指定負重進行 240 hr 靜態持久

耐受力試驗。靜態負荷持久耐受力測試完成後的接受準則(Acceptance criteria)，必須合乎前述負荷循環測試接受準則的第2與第3二項條件。關於金屬門窗滾輪鏽蝕性問題，若製造業者已備有符合歐盟標準 EN 1670 所列品質規格級數，就無需檢測鏽蝕阻抗，否則必須依循歐盟標準 EN 1670:2007 建築五金零件抗鏽蝕之要求與試驗方法，進行該項測試[30]。

表 20 為台灣 CNS，日本 JIS、中國 JG/T、美國 AAMA 與歐盟 DIN 門窗輓輪性能要求項目比較。相較歐盟 DIN 強度測試加壓時間 240 hr，台灣 CNS 與日本 JIS 的強度測試加壓時間並未明確規範。

表 20. 門窗輓輪性能要求項目比較 [25 - 29]

檢測項目	台灣 CNS	日本 JIS	中國 JG/T	美國 AAMA	歐盟 DIN
產品危險 物質釋放*	X	X	X	X	O
行走性能	O	O	O	O	O
強度測試	O (靜態荷重)	O (靜態荷重)	O (荷重+操 作力)	O (荷重脈衝 力)	O (靜態荷重)
運轉平穩 性	X	X	O	X	X
操作力	X	X	O	O	X
耐溫性(非 金屬滑輪)	X	X	O	X	X
抗腐蝕性	X	X	X	O	O
註：					
1. 表中符號「O與X」代表「有與無」檢測項目。					
2. *產品危險物質釋放量 ≤ 歐盟規範最大允許排放值。					

第三章 我國未來門窗試驗方法與標準之修訂建議

國家產品標準是一種工業能力以及使用者消費水平的一把量尺，鋁門窗相關的鋁製品就完全符合這個經典實際案例，尤其是在高雄更具有足夠的代表性，為了解決產業的問題、提高消費者水平以及國家標準的能力，社團法人高雄市鋁門窗經營協會感謝高雄市經發局及財團法人金屬工業發展中心的協助，讓本計劃先從國內標準和國際重要國家標準比對開始，後續再推動台灣鋁門窗產業標準的創新，並且協助產業的發展。

台灣從農業經濟轉入工業經濟的發展，也讓木製品門窗進入鋁製品門窗，在過去 30 多年來，產業發展的腳步持續向前，但是國內標準的更新並沒有跟產業和世界接軌，這樣的狀況不僅影響我們產品的檢測，也讓產業的發展失去創新的能力以及國際競爭力，因此，透過標準來提升產業，並且銜接國際市場是刻不容緩的工作。

本計畫首先以台灣及國際重要市場的國家標準為基準進行分析，比較我國與其他國家標準之差異，並從產業技術及產品品質的觀點提出具體見解。在標準的檢討過程中，將涉及條文的刪除、修改以及新增，藉以建立能夠應對產品技術創新與性能保證的標準條文。建議未來產官學界透過對標準的全面檢討，提出相應的標準更新建議，以確保標準體系能夠與時俱進，有效應對產業發展的變革。

本計畫以改善國內鋁門窗氣密、水密、隔熱與輻射之性能試驗標準及技術為主要目標，藉由本研究收集國內及國際重要市場的相關標準與文獻進行分析比較，並經社團法人高雄市鋁門窗經營協會理監事會議及會員大會討論同意獲致初步共識，擬定建議如下：

一、氣密性能試驗建議事項：

1. 新增一個等級線，和歐盟一樣從 0 開始。
2. 等級的排列從現在數字越小等級越高，改成和其他國家一樣，數字越大等級越高。
3. 和美國一樣，增加氣密性和能源效率的關聯。

二、水密性能試驗建議事項：

1. 動態加壓循環時間是否考慮調整？目前動態水密試驗國家 CNS 2~4 sec、JIS 2±0.2 sec、GB 15 min 達工程設計值。
2. CNS 3092 鋁合金製窗標準 5 項分級依目前氣候狀況建議重新檢討分級。

三、隔熱性能試驗建議事項：

台灣目前與日本 JIS 規範相近，可參考日本標準修訂。

1. 增加明確標明分級，如日本分級 H1~H8、中國分級 1~10。
2. 因應極端氣候增加隔熱性能等級至 6 級，可參照日本 JIS 規範 H5、H6。

四、門窗輓輪性能試驗建議事項：

1. CNS 增加運轉平穩性/操作力/耐溫性標準，參考中國標準。

致謝

本計畫執行期間承蒙社團法人高雄市鋁門窗經營協會周國忠理事長、簡天保創會理事長、林國禎副理事長、簡芳雲常務理事、李美慧理事、郭良宇理事、侯鴻蘭理事、蔡智文理事、李明佳理事、黃晉華理事、洪啟盛常務監事、張政助監事、謝佳儒總幹事與丁俞婷秘書之協助與提供寶貴建議，在此一併致謝。

參考文獻

1. CNS 11527 A3236 (2021) 門窗氣密性試驗法
2. JIS A 1516:1998 Windows and doorsets - Air permeability test
3. GB/T 7106-2019 建築外門窗氣密、水密、抗風壓性能檢測方法
4. DIN EN 1026:2016-09 Windows and doors - Air permeability – Test method
5. ASTM E283/E283M-19 (2019) Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Skylights, Curtain Walls, and Doors Under

Specified Pressure Differences Across the Specimen

6. JIS A 4706:2021 Windows
7. GB/T 31433-2015 建築幕牆、門窗通用技術條件
8. DIN EN 12207:2017-03 Windows and doors - Air permeability - Classification
9. AAMA/WDMA/CSA 101/I.S.2/A440:22 (2022) North American Fenestration Standard/Specification for windows, doors, and skylights
10. CNS 11528 A3237 (2021) 門窗水密性試驗法
11. JIS A 1517:2020 Windows and doorsets - Watertightness test under dynamic pressure
12. DIN EN 1027:2016-09 Windows and doors - Watertightness - Test method
13. ASTM E331 (2023) Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference
14. ASTM E547 (2000) Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls by Cyclic Static Air Pressure Difference
15. CNS 3092 A2044 (2017) 鋁合金製窗
16. DIN EN 12208:2000-06 Windows and doors - Watertightness - Classification
17. GBT 31433-2015 建筑幕墙、门窗通用技术条件
18. GB/T 8478-2020 鋁合金門窗
19. ISO 12567-1 (2010) Thermal performance of windows, doors and shutters - Determination of thermal transmittance by hot box method Part 1: Complete windows and doors
20. CNS 15813-1 A3443-1: 門窗熱性能-熱傳透性熱箱測定法-第 1 部：完整門窗
21. CNS 7477 A2105 (2021) 鋁合金製門
22. JIS A 4702:2021 Doorsets

23. Bartek Michalak, How to evaluate the quality of European windows? Differences between US and EU specifications 13 January 2023
<https://debesto.com/en/blog/window-specification-europe-and-usa/>
24. Shubham Chinchalkar, 2023. Building Regs U Values. January 4, 2023
<https://insulation4less.co.uk/blogs/guides-and-news/building-regs-u-values>
25. CNS 12431 A2231 (2018); 橫拉窗用五金
26. JIS A5545:2021 Fitting for sliding windows
27. JG/T 129-2017 建築門窗五金件-滑輪
28. AAMA 906-21 (2021) An FGIA Specification - Specification for Sliding Door and Lift and Slide Roller Assemblies
29. DIN EN 13126-15:2008-04 Building hardware - Hardware for windows and door height windows - Requirements and test methods - Part 15: Rollers for horizontal sliding and hardware for sliding folding windows
30. EN 1670:2007 - Building hardware - Corrosion resistance