Cybenetics SAFE 標準

面向經濟型 AC-DC 電源的安全與功能認證協議

修訂版 1.8

作者：Aristeidis Bitziopoulos

塞浦路斯，尼科西亞

2026 年 8 月

修訂歷史

版本	發佈日期	說明
1.0	2026 年 7 月	首個草案。作為 Cybenetics 測試協議 Rev. 3.8（ETA / LAMBDA / 綜合性能評級）的配套文件，範圍專門限定於經濟型 AC-DC 電源的安全與正確運行認證。
1.1	2026 年 7 月	移除了最小保持時間要求（保留為報告值，不作通過/不通過判定），並取消了動態階躍負載瞬態響應測試，以反映經濟型電源區段的成本現實。將 PWR_OK 與保持時間的裕量（≥ 1 ms）確立為唯一強制性的、與保持時間相關的通過/不通過檢查，無論電源實際保持時間為何。重新界定了電氣安全臺架測試：耐壓、絕緣電阻和接地連續性現改為由製造商提供的 ISO/IEC 17025 實驗室結果，而非 Cybenetics 內部測量；Cybenetics 僅獨立測量泄漏（接觸）電流作為驗證。新增了交流輸入保護與容差的分步測試方法。對同一線纜上雙 EPS 的限制新增了基於容量的例外（≤ 550 W）。澄清了線纜熱態檢查的環境條件。重命名第 10 節和認證類別 E，以體現對 PWR_OK 信號的側重。修復了導致章節之間產生空白頁的分頁缺陷。
1.2	2026 年 7 月	標準環境溫度全文提高至 25–30 °C。空載運行保持時間由 10 分鐘縮短至 30 秒。啓動測試由滿載改為最低額定電壓下的 50% 負載。欠壓/低壓耐受改為空載條件，其通過判據經重新措辭，以消除必須乾淨關斷的含義（僅要求產品未受損壞且不以不安全方式運行）。交流輸入方法的措辭已更正為與實際實驗室做法一致：刪除了對正式“浸溫”以及測量浪湧電流衰減時間的引用，並刪除了啓動步驟中的“bank”/“realistically”表述。負載調整率的參考點由 20 W 提高至 40 W，其 ATX 設計指南引用更正為 v3.1 指南 [11]。紋波與噪聲的通過判據經重新措辭，說明 Cybenetics SAFE 始終適用最新發布的 ATX 版本限值。範圍與適用性重構為明確的“範圍之內”和“範圍之外”兩個小節。導體材質的確認澄清為目視方式。新增說明：線纜要求對全模組、半模組和非模組設計同等適用。更正了 UL 62368-1 和 GB 4943.1（現為 GB 4943.1-2022）的參考條目，並完善了 JCGM 100:2008 的引用。新增輸入欠壓（ATX v3.1 第 4.1.3 節，必需）作為欠壓/低壓耐受的依據條款，並在過壓保護通過判據中加入 ATX v3.1 表 4-13 的明確 OVP 電壓限值。移除了作為強制性電源保護功能的欠壓保護（UVP）及其在所有類別列表中的條目，因為 ATX v3.1 並未定義直流輸出側的 UVP 要求（僅有交流側的輸入欠壓，已由欠壓/低

版本	發佈日期	說明
		壓耐受涵蓋）。將風扇失效/無風扇保護在本版本中重新歸類為可選的、不計入通過/不通過的檢查：仍予測試並報告，但不再影響總體不通過的判定。將欠壓方法步驟由“記錄”更正為“檢查”供電軌電壓和 PWR_OK。
1.3	2026 年 7 月	在標題頁添加了 Cybenetics 徽標。從強制性過壓保護通過限值中移除了 +5VSB：ATX v3.1 將 +5VSB 上的 OVP 定義為推薦而非必需，因此其不再屬於 OVP 通過判據的組成部分（強制性限值仍為 +12VDC – 15.6 V、+5VDC – 7.0 V、+3.3VDC – 4.3 V）。線纜熱態檢查時長由滿載連續運行 30 分鐘縮短至 15 分鐘。新增按額定功率檔位（≤550 W、551–650 W、651–1000 W 和 >1000 W）規定所需並受測的最小連接器配置的標準線纜配置表（第 11 節），並將線纜熱態檢查的範圍限定為該配置中每一類型的一個連接器加上任何共用的大功率線纜。
1.4	2026 年 8 月	將上層 Cybenetics 測試協議的引用版本更新為 Rev. 3.9。
1.5	2026 年 8 月	標題頁整理：第 1 頁不再顯示頁眉與頁尾，僅保留標題區塊與 Cybenetics 標誌。
1.6	2026 年 8 月	電氣安全測試：第 6.1 至 6.3 節現接受分層之證明文件層級，而非僅限 ISO/IEC 17025 認可報告，並明定未取得證明之類別絕不視為通過。空載運行改列為可選且不計入通過/不通過：先前判據會因產品在空載下關斷而判定失敗，然而刻意配備之空載保護正是如此運作。標誌查核：因無公開資料庫或無法連線而未能查證之標誌，記錄為無法查證而非判定失敗；自動 FAIL 現僅適用於經發現係偽造、逾期或就其他型號核發之標誌。上層協定引用更新為 Rev. 4.1。
1.7	2026 年 8 月	文件管制：標題頁與頁首現與其所載修訂版一致。原標題頁載為 2026 年 7 月，即修訂版 1.3 之日期，而修訂版 1.4、1.5 與 1.6 之修訂歷史列均載為 2026 年 8 月，標題頁日期早於本文件自身修訂歷史中的項目。另外，第一頁之後每一頁的頁首均載為「Rev. 1.5, 2026 年 7 月」：該頁首係為修訂版 1.5 所製，於發佈修訂版 1.6 時未予更新。準則、限值、證明文件層級與通過／不通過規則均未變更。
1.8	2026 年 8 月	交互參照改為不註明版次。原先十處對母文件 Cybenetics 測試協議的參照均載為 Rev. 4.1，而該母文件於同日修訂為 Rev 4.2，致使此等參照於發佈當日即已過時。由於母文件亦回頭

版本	發佈日期	說明
		參照本文件，雙方採用註明版次之參照無法收斂——後發佈者必使先發佈者再度失準。現各處參照均改為「Cybenetics 測試協議」，恆指其現行修訂版。準則、限值、證明文件層級與通過／不通過規則均未變更。

目錄

術語定義 5
前言 8
範圍與適用性 9
測試裝置與測量條件 11
測試設備要求 *11*
一般測試條件 *11*
電氣安全臺架測試 13
交流輸入保護與容差測試 15
*分**步**測試方法* *16*
電源保護功能（輸出側） 18
PWR_OK 信號與時序驗證 20
基本調整率、紋波、開機過沖及 Power OK 信號準確性 21
線纜與連接器安全要求 23
機構認證標識覈查 25
認證準則 — Cybenetics SAFE 通過/不通過模型 26
與 CybenPass 的關係 *26*
認證有效期、費用與元件分析 *27*
測試報告模板 28
測量不確定度、溯源性與保護帶 29
結語 30
參考文獻 *31*

術語定義

交流信號

極性以週期 T 變化且平均值為零的時變信號。[1]

環境溫度

緊鄰被測單元（UUT）周圍的環境空氣溫度。除非特定測試另有規定，Cybenetics SAFE 採用 25–30 °C（見第 5 節）。

AWG

AWG（美國線規）是用於表示導電線材直徑的標準化體系。AWG 數值越大，導線越細。

DUT / UUT

被測器件/被測單元 — 提交進行 Cybenetics SAFE 評估的電源樣品。

介電強度（Hipot）測試

在相互隔離的電路之間（例如市電側對次級側，或市電側對機殼/接地）施加高交流或直流電壓並持續規定時間的測試，用以確認絕緣能夠承受瞬態過電壓而不發生擊穿或飛弧。在 Cybenetics SAFE 下，該結果由製造商提供，來自經 ISO/IEC 17025 認可的實驗室（第 6.1 節），並非由本機構自行測量。

保護接地連續性

用以確認電源上所有應接地的可觸及導電部件均以足夠低的電阻與交流輸入插口的保護接地引腳連接，從而能夠安全承載故障電流並使上游分支電路保護裝置動作的測試。在 Cybenetics SAFE 下，該結果由製造商提供，來自經 ISO/IEC 17025 認可的實驗室（第 6.3 節），並非由本機構自行測量。

保持時間（Hold-Up Time）

在滿額定負載下，交流輸入切除後電源能夠維持穩壓輸出的持續時間。Cybenetics SAFE 測量並報告該數值，但不規定最小值；僅 PWR_OK 與保持時間之間的裕量為通過/不通過判據（第 9 節和第 10.4 節）。

泄漏（接觸）電流

在正常條件或單一故障條件下，接觸設備可觸及部件的人員或物體所流過的電流，按 IEC 60990 測量。這是 Cybenetics 唯一對收到的樣品自行獨立測量的電氣安全臺架測試項目（第 6.4 節）。

MOV（金屬氧化物壓敏電阻）

跨接於交流輸入端的電壓相關元件，用於鉗制瞬態過電壓（浪湧），以保護下游電路。

NTC 熱敏電阻

串聯於交流輸入端的負溫度係數熱敏電阻，用於限制開機時的浪湧電流；通常在設備達到穩態後由繼電器旁路，以避免持續的功率損耗。

OCP / OPP / OVP / OTP / SCP

分別為過流保護、過功率保護、過壓保護、過溫保護和短路保護 — 現代開關電源應具備的一整套保護電路，用於在故障或濫用條件下防止對設備本身、主機系統或使用者造成損害。

電源（PSU）

將交流輸入電壓轉換為一路或多路穩壓直流輸出電壓（供電軌）的電源單元。

供電軌或直流母線

電源向所連接系統供電的任一直流輸出。多路供電軌電源的標準供電軌為 +12V、+5V、+3.3V 和 +5VSB。

額定交流輸入電壓範圍

製造商在電源銘牌上標示的輸入電壓範圍（最小值/最大值）。

額定直流輸出功率與電流

在規定環境溫度下，電源在其每一路供電軌上能夠提供的最大連續負載，以銘牌標示為準。若銘牌與製造商其他文件不一致，以銘牌為準。

穩態

系統中所觀察的變量對輸入或其他激勵作出響應後達到平衡狀態時的運行狀況。[1]

PWR_OK

ATX 規範定義的“電源良好”信號，僅當所有受監控的輸出供電軌均處於調整範圍內且已儲存足夠保持能量時纔可置為高電平，並且必須在任一受監控供電軌脫離調整範圍之前撤銷。

ATX 規範

ATX（Advanced Technology eXtended）是最初由 Intel 制定的主板與電源配置規範。本文件通篇引用電源製造商所聲明的特定 ATX 版本（例如 ATX v2.x、ATX v3.0、ATX v3.1）。[6][7]

前言

Cybenetics 測試協議（ETA / LAMBDA / 綜合性能評級）[12] 的設計目標是全面表徵電源的性能範圍 — 涵蓋 1,450 餘種負載組合下的效率、噪聲輸出、功率因數、紋波、瞬態響應以及加權綜合性能評級。該測試深度適用於效率與噪聲屬於購買決定性因素的發燒級和企業級產品，但若應用於電源市場的經濟型區段，則在時間和設備兩方面都過於昂貴。

全球銷售的電源中有很大一部分僅憑價格購買：隨機附送的機型、經濟型辦公主機、低成本遊戲主機以及 OEM 替換件。這些機型很少在效率或噪聲方面競爭，但它們同樣直接連接市電，同樣具有與任何其他開關電源相同的火災、電擊和元件損壞風險，並且在實踐中正是保護電路、導線線徑和真實安全認證最常被削減的市場區段。

Cybenetics SAFE 只回答一個問題：這臺電源在運行中是否安全，並且在正常條件和合理可預見的故障條件下是否表現正常？它不測量效率、待機功耗、功率因數或噪聲輸出，也不給出數值化性能評分。產品要麼滿足本協議的每一項強制性要求，要麼不滿足。既無部分得分，也無獎勵加分。

希望在效率、噪聲或綜合性能方面獲得認可的製造商，應另行按照 Cybenetics 測試協議 提交產品以取得 ETA、LAMBDA 和綜合性能評級認證。Cybenetics SAFE 與 Cybenetics 測試協議相互獨立，可一併申請，也可分別申請。

另有若干簡化專門反映了經濟型區段的經濟現實。Cybenetics SAFE 不設最小保持時間：保持時間主要取決於初級側大容量電容，而該電容正是製造商為達成激進價位時最先削減的部位之一。這是一種正當的成本取捨，而非安全缺陷 — 但 PWR_OK 信號相對於產品實際保持時間的正確性仍屬完全強制（第 9 節），因為無論底層保持時間多短，錯誤或遲滯的 PWR_OK 信號都是真實的安全與數據完整性問題。Cybenetics SAFE 同樣不要求動態階躍負載瞬態響應測試，該測試需要可編程脈衝電子負載，對於低成本認證層級而言強制要求並不經濟；負載調整率與紋波仍在整個額定負載範圍內予以驗證（第 10 節）。

最後，電氣安全臺架測試（第 6 節）的處理方式與從零開始的安全實驗室不同：耐壓、絕緣電阻和接地連續性在產品為合法銷售所必須持有的法規安全認證下本已是強制項目（第 12 節），在本機構內部重複配置該等設備與人力將顯著抬高 Cybenetics SAFE 的成本，卻不產生新的信息。因此，Cybenetics 就該三項測試採信製造商自身經 ISO/IEC 17025 認可的實驗室結果，僅對實際收到的實物樣品自行獨立測量泄漏（接觸）電流，作為提交產品與受認證產品是否一致的輕量化驗證。

範圍與適用性

Cybenetics SAFE 適用於提交進行安全與正確運行認證的任何功率或外形規格（ATX、SFX、TFX、ATX12VO、Flex、冗餘式等）的 AC-DC 電源。其主要面向但不限於市場的經濟型/入門級區段。

範圍之內

Cybenetics SAFE 涵蓋以下內容並對其給出通過/不通過結論：

- 電氣安全臺架測試：由製造商提供的、經 ISO/IEC 17025 認可的耐壓、絕緣電阻和接地連續性實驗室結果，以及由 Cybenetics 獨立測量的泄漏（接觸）電流（第 6 節）。
- 交流輸入保護與容差：保險絲、浪湧、浪湧電流、啓動以及欠壓耐受（第 7 節）。
- 電源保護功能：OCP、OPP、OVP、SCP、OTP 以及空載運行（第 8 節）。
- PWR_OK 信號的正確性與時序，包括強制性的 PWR_OK 與保持時間裕量（第 9 節）。
- 基本調整率、紋波與噪聲、開機過沖，以及 Power OK 信號準確性檢查（第 10 節）。
- 線纜與連接器安全，包括最小導線線規和線纜熱態檢查（第 11 節）。
- 覈查所需的機構/法規安全標識是否齊備且內部一致（第 12 節）。

範圍之外

以下事項仍由 Cybenetics 測試協議 負責（或完全不屬於 Cybenetics 的職責範圍），在 Cybenetics SAFE 下不作通過/不通過判定：

- 能效測量與 ETA 認證。
- 聲學（噪聲）輸出測量與 LAMBDA 認證。
- 綜合性能評級以及任何加權或獎勵加分式評分。
- 最小保持時間要求。保持時間予以測量並報告，但不作通過/不通過判定（第 9 節和第 10.4 節）。
- 風扇失效/無風扇保護的強制性通過/不通過要求。在 Cybenetics SAFE 下，該項目目前為可選的、不計入通過/不通過的檢查：風扇失效行為仍會被測試並記錄（第 8 節），但僅該單項不通過並不影響產品的 Cybenetics SAFE 認證總體結論。
- 動態階躍負載瞬態響應測試。
- 本機構內部的耐壓、絕緣電阻和接地連續性測試。該等項目採信製造商經 ISO/IEC 17025 認可的實驗室報告（第 6 節）。
- 獨立的 EMI/EMC 騷擾發射測量（傳導或輻射）。符合 CISPR 32 / EN 55032、FCC Part 15 或等效區域 EMC 法規仍屬製造商的法規責任；本文件第 12 節覈查所需的法規標識與聲明是否齊備且內部一致，但不重新測量騷擾發射。

測試裝置與測量條件

測試設備要求

所有測量均使用經校準、可溯源至 SI 單位且至少滿足以下要求的儀器進行：

1. 交流電源（可編程）：90–264 Vac（或更寬），45–65 Hz，正弦輸出，低失真；功率能力應滿足被測件額定功率並留有裕量；具備可控電壓斜坡能力以進行欠壓測試。
2. 直流電子負載（多通道）：必須具備恆流模式；具備用於故障模擬測試（OCP、OPP、SCP）的快速階躍能力；電流準確度 ≤ ±0.5% 讀數。
3. 示波器：模擬帶寬 ≥ 100 MHz，採樣率 ≥ 1 GS/s，具備適用於毫伏級紋波、浪湧電流以及保持時間/PWR_OK 時序捕獲的差分/低噪聲探測。冷啓動浪湧電流需要單次/預觸發捕獲能力。
4. 交流火線導體上的電流探頭或經校準分流器，適用於捕獲冷啓動浪湧電流峯值。
5. 符合 IEC 60990 的泄漏（接觸）電流測量儀或測量網絡 — 由 Cybenetics 用於第 6.4 節的獨立驗證測量。
6. 數字萬用表（臺式級）：直流電壓準確度 ≤ ±0.05% 讀數等級，用於抽查與交叉驗證。
7. 溫度測量：熱電偶/紅外，準確度 ≤ ±0.5 °C，用於線纜護套與散熱器熱點檢查。
8. 轉速錶：0–10,000+ rpm，≤ ±1% 讀數，用於風扇失效模擬。
9. 交流電源饋線上的隔離變壓器與在線式 UPS，用於在有意進行的故障測試（SCP、欠壓、浪湧）期間保護實驗室設備。

關於電氣安全臺架設備的說明：耐壓測試儀、絕緣電阻（兆歐表）測試儀和接地導通測試儀不屬於 Cybenetics SAFE 的常規設備清單，因為第 6.1–6.3 節採信製造商經 ISO/IEC 17025 認可的實驗室報告，而非在本機構內部重新測量。Cybenetics 仍可自行酌情保有該等設備以供偶爾的獨立審覈複測使用，但常規認證並不要求配備。

一般測試條件

除非特定測試另有說明，測量均在 25–30 °C 的標準環境溫度下進行 — 本協議中凡未規定自身溫度條件的測試均採用該環境溫度，包括線纜熱態檢查（第 11 節）和交流輸入保護與容差測試（第 7 節），除非該節要求提高環境溫度。故障條件與應力測試（OCP、OPP、OTP、SCP）另在 40–45 °C 的較高環境溫度下重複進行，以體現符合實際的加載機箱環境，與 Cybenetics 測試協議 所採用的方法保持一致。

在記錄任何通過/不通過讀數之前，應讓電源達到熱穩態（內部溫度在 5 分鐘窗口內無顯著漂移），但專門針對冷啓動行為的測試除外。

電氣安全臺架測試

這四項測試獨立於電源控制電路確認其基本電氣安全性。耐壓、絕緣電阻和接地連續性在產品為合法銷售所必須滿足的法規安全標準下本已是強制項目（IEC/EN/UL 62368-1，或對按舊標準認證的設計為 IEC/EN/UL 60950-1）；Cybenetics SAFE 不在內部重複該等設備與人力投入。因此第 6.1 至 6.3 節由隨樣品提交的證明文件滿足，Cybenetics 僅就第 6.4 節「洩漏（接觸）電流」自行量測，作為所收到實體樣品與受認證產品是否一致的輕量驗證。

第 6.1 至 6.3 節之可接受證明文件，依證明力由強至弱排列。符合其中任一層級即滿足要求，並由測試報告載明所採用之層級：（1）由 ISO/IEC 17025 認可實驗室就確切型號出具之測試報告；（2）依 IECEE CB 制度核發之 CB 測試報告，或 UL、cUL 或 TÜV 認證所據之測試報告，且針對確切型號；（3）安全憑證連同符合性聲明，其須載明確切型號、額定值與所適用之標準，且製造商未釋出所據之報告；（4）製造商就耐壓與保護接地連續性之例行出廠檢驗紀錄，該紀錄本即為所宣告安全標準之生產要求；（5）於上述皆無法提供且具備必要設備時，由 Cybenetics 自行量測。

若上述各層級均無法滿足，該產品即不予 Cybenetics SAFE 認證，並於報告中載明 A 類未取得證明。未取得證明之類別，絕不記錄為通過。在任何情況下，證明文件均須與受測樣品屬於同一生產或料表版本區間。

介電強度（Hipot）測試 — 由製造商提供

在以下部位之間施加高交流或直流試驗電壓並持續規定駐留時間：(a) 初級（市電）電路與次級（直流輸出）電路，(b) 初級電路與機殼/保護接地，以及 (c) 次級電路與機殼/保護接地（當次級未有意接地時）。試驗電壓與駐留時間依據 IEC 62368-1（或 IEC 60950-1）相應條款下為該產品聲明的工作電壓與絕緣等級確定。

通過判據：符合第 6 節所列之可接受證明文件，就所提交之確切型號、額定值與絕緣等級顯示通過結果，並涵蓋上述全部三處絕緣界面。Cybenetics 於例行認證中不再自行重複此項測試。

絕緣電阻測試 — 由製造商提供

使用兆歐表在與耐壓測試相同的隔離界面之間測量絕緣電阻，直流試驗電壓應與絕緣等級相適應（通常為 500 V DC）。

通過判據：符合第 6 節所列之可接受證明文件，就所提交之確切型號與額定值顯示絕緣電阻達到或超過所宣告安全標準對該設備等級所要求之最小值（基本絕緣通常為 ≥ 2 MΩ，加強或雙重絕緣則更高）。

保護接地（接地）連續性 — 由製造商提供

一項低阻抗、大電流測試，用以驗證交流輸入插口接地引腳與電源上所有應接地的可觸及導電部件（機殼、安裝支架、屏蔽連接器外殼等）之間的連接。

通過判據：符合第 6 節所列之可接受證明文件，就所提交之確切型號與額定值顯示在每一受檢接合點之電阻不超過所宣告安全標準規定之限值（通常為 ≤ 0.1 Ω，不含電源線）。

泄漏（接觸）電流 — 由 Cybenetics 驗證

與第 6.1–6.3 節不同，接觸電流由 Cybenetics 依據 IEC 60990 對實際收到的實物樣品直接測量，在正常條件下以及（適用時）單一故障條件下（例如保護接地開路），在額定電壓和兩種火線極性下進行。

通過判據：Cybenetics 自行測得的接觸電流不超過適用於該設備等級及目標市場所採用安全標準的限值，該限值以製造商為該產品出具的符合性文件所聲明者為準。若 Cybenetics 的測量結果與製造商自行聲明的數值存在實質性差異，該產品將轉入工程審查，Cybenetics 並可自行酌情升級為對第 6.1–6.3 節亦進行獨立複測。

交流輸入保護與容差測試

保險絲的配備與額定值

交流輸入線路必須配備額定值與電源最大輸入電流相匹配的保險絲（或等效過流分斷裝置），且僅在打開外殼後方可觸及。

通過判據：保險絲已配備、額定值正確，並位於火線導體上、處於其他初級側電路之前。

浪湧保護（MOV / TVS）

交流輸入必須在火線-零線之間（以及適用時火線/零線對地之間）配備金屬氧化物壓敏電阻（MOV）、瞬態電壓抑制（TVS）二極管或有文件記載的等效元件，以鉗制瞬態浪湧。

通過判據：MOV/TVS（或等效元件）已配備且連接正確；在 Cybenetics SAFE 下這是一項強制性要求，而非可選的加分項。

浪湧電流保護

交流輸入必須配備 NTC 熱敏電阻（或等效的主動浪湧限制），並通常在達到穩態後由繼電器旁路。浪湧電流在冷啓動時、於最低和最高額定線電壓下分別測量。

通過判據：NTC 熱敏電阻（或等效元件）已配備；實測冷啓動浪湧電流在正常實驗室條件下既不超過製造商聲明的額定值，也不使上游分支電路保護裝置動作。

最低額定電壓下的帶載啓動

依據 ATX 規範第 4.1 節 [7]，電源必須能夠在其所聲明輸入範圍的下限、以其額定負載的 50% 啓動（例如寬範圍機型為 90 VAC，分段範圍機型則為相應最低值，例如 180 VAC）。產品在 50% 負載和最低額定電壓下保持 5 分鐘。

通過判據：電源啓動並在整個 5 分鐘期間維持 50% 額定負載，無關斷、保護動作或異常輸出行為。

欠壓/低壓耐受

本測試涵蓋輸入欠壓（Input Under Voltage），這是 ATX 規範第 4.1.3 節 [7] 規定的必需保護：在空載條件下將輸入電壓降至所聲明最低額定電壓以下（寬範圍機型通常降至 80 VAC，僅 200–240 VAC 機型降至 170 VAC）。

通過判據：當輸入電壓降至其所聲明的最低值以下時，電源未受損壞，且不以任何不安全方式運行（持續振盪、輸出紊亂，或伴隨可見或可測元件損壞的保護閉鎖），並在恢復標稱交流輸入後恢復正常運行。電源無須在任何特定電壓下關斷，也無須在其所聲明輸入範圍以下維持穩壓輸出 — 只需安然度過該狀況而不對其自身、所連接系統或使用者造成危害，並能正常恢復。

分步測試方法

本小節確切規定上述五項檢查在實驗室中如何依次對同一樣品實施。除另有說明外，所有步驟均在 25–30 °C 的標準環境溫度下進行（第 5 節）。

1. 外觀與拆解檢查：在產品完全斷電並安全放電後，打開外殼並目視確認交流輸入保險絲、MOV/TVS 以及 NTC 熱敏電阻（如配備旁路繼電器則含繼電器）的配備情況、安裝位置與額定值。對每個元件拍照存入報告記錄。僅此一步即決定“保險絲配備”和“浪湧保護”的通過/不通過結果。
2. 保險絲額定值交叉覈對：將保險絲上標印的額定值與電源在最低額定電壓下所聲明的最大輸入電流進行比較。相對於所聲明輸入電流偏小的保險絲判為不通過；偏大的保險絲（無法保護所聲明額定值）同樣判為不通過。
3. 冷啓動浪湧電流測量：使用近期未通電的產品，使其內部溫度處於環境溫度（避免在上一次運行後立即測試）。將交流饋線經火線導體上的經校準電流探頭或分流器接入，並將示波器配置為單次、預觸發捕獲。在電源自身電源開關已處於開啓位置的情況下，以電源的最低額定線電壓給交流電源上電，並在首次施加交流電的瞬間捕獲浪湧電流波形。記錄峯值電流。兩次運行之間讓產品恢復至環境溫度，隨後重複，在最低額定電壓下共計進行 3 次。
4. 在電源的最高額定線電壓下重複步驟 3（3 次），因為冷啓動浪湧電流通常在輸入範圍上限時最高。記錄兩個電壓極值下每次運行的峯值電流；該數據用於上述浪湧電流保護的通過/不通過判據。
5. 最低額定電壓下 50% 負載啓動：在產品再次處於環境溫度時，將電子負載預設為電源額定容量的 50%，並按製造商所聲明的配置分配至各供電軌。將交流電源設定為電源所聲明的最低輸入電壓。在負載已連接的情況下開啓電源（或在開機後 1 秒內加載），保持 5 分鐘，期間持續記錄所有供電軌電壓、PWR_OK 狀態以及外殼/散熱器溫度。本次運行產生“帶載啓動”的通過/不通過結果。
6. 欠壓/低壓耐受：在電源於最低額定電壓下空載運行時，以受控速率（標稱 1 V/s）將交流電源電壓向適用的耐受閾值下調（寬範圍機型為 80 VAC，僅 200–240 VAC 機型為 170 VAC），期間持續檢查各供電軌電壓和 PWR_OK。當輸入電壓降至其所聲明的最低值以下時，產品不得受損，也不得出現不安全行為（輸出紊亂、持續振盪，或伴隨可見或可測元件損壞的保護閉鎖）。
7. 恢復檢查：在步驟 6 之後立即恢復標稱交流輸入，並確認電源回到正常穩壓運行 — 無論是全程持續運行，還是在斜坡過程中曾關斷後乾淨地重新啓動 — 且除常規斷電重啓外無需任何人工干預。以此確認上述欠壓/低壓耐受的通過/不通過判據。
8. 浪湧保護通過步驟 1 的元件級檢查予以驗證（配備正確的 MOV/TVS 元件並在 L-N 之間、以及在配備時 L/N 對地之間正確接線），而非通過注入實際的高能浪湧脈衝，因為按 IEC 61000-4-5 進行的組合波浪湧測試在第 12 節所述的法規安全/EMC 認證下本已是要求項目。Cybenetics 可自行酌情使用經校準的組合波發生器施加獨立浪湧脈衝以作抽查審覈之用，但這不屬於 Cybenetics SAFE 的常規程序。

至少應記錄的數據：保險絲額定值及照片；MOV/TVS 元件型號及照片；NTC 熱敏電阻（及繼電器，如配備）元件型號及照片；6 次冷啓動運行（最低額定電壓 3 次、最高額定電壓 3 次）各自的浪湧電流峯值；最低額定電壓下（50% 負載）完整的 5 分鐘啓動記錄；發生任何與欠壓相關的關斷或不安全行為時的交流電壓（如有）；以及欠壓斜坡後正常恢復的確認。

電源保護功能（輸出側）

在 Cybenetics SAFE 下提交的**每**一臺電源都必須展示完整且正確觸發的保護方案。與 Cybenetics 測試協議 中對這些相同功能採用獎勵加分的處理方式不同，以下**每**一項均為強制性通過/不通過要求，但有一個例外：風扇失效/無風扇保護目前為可選的、不計入通過/不通過的檢查（見下文）。對於其餘**每**一項，任一單項不通過即導致該產品總體不通過。

過流保護（OCP）

OCP 在**每**一條主要供電軌上單獨測試（+12V、+5V、+3.3V；多路供電軌設計中**每**條 +12V 供電軌單獨測試）。

通過判據：對於單路 +12V 供電軌設計，OCP 在不高於該供電軌額定最大電流 130% 時觸發（多路 +12V 設計為 135%），且在正常條件下不得低於額定電流的 100% 觸發。電源必須安全關斷（無冒煙、明火或元件破裂），並在移除過載並斷電重啓後正常恢復。

過功率保護（OPP）

提高直流輸出總功率直至 OPP 動作。

通過判據：OPP 在不高於電源額定輸出總功率 130% 時觸發，並在移除過載後安全關斷且正常恢復。

過壓保護（OVP）

通過外部偏置電源或等效方法將**每**條受監控供電軌抬升至其調整窗口之上，以確認 OVP 動作。

通過判據：OVP 在任一供電軌超過 ATX v3.1 表 4-13 [11] 規定的最大限值之前動作：+12VDC – 15.6 V；+5VDC – 7.0 V；+3.3VDC – 4.3 V。所測試的**每**條供電軌均須安全關斷。在 ATX v3.1 下，+5VSB 的 OVP 屬推薦而非必需，因此不納入本強制性通過/不通過判據。

短路保護（SCP）

依據 ATX 規範，輸出阻抗低於 0.1 Ω 即定義為短路。**每**條供電軌單獨短路。

通過判據：電源在所測試的**每**條供電軌上立即安全關斷，唯一例外為 +5VSB（本已處於待機運行），其只需在解除短路後恢復正常運行即可。電源必須能夠承受反覆/長時間的 SCP 循環而不發生性能劣化。

過溫保護（OTP）

通過提高環境**溫**度、限制氣流或用熱風槍對相關散熱器加熱等方式提升內部**溫**度，直至 OTP 動作。

通過判據：OTP 在次級側散熱器（或等效的受監控熱點）超過 190 °C 之前動作，並安全關斷，待產品冷卻後正常恢復。

風扇失效/無風扇保護（可選）

在帶載條件下堵轉或斷開電源的風扇（依風扇控制拓撲而定）。

結果判據（可選，不計入通過/不通過）：理想情況下，電源應檢測到風扇失效，並在內部元件達到不安全溫度之前安全關斷或啓動保護性降額/OTP 響應。在 Cybenetics SAFE 下，風扇失效/無風扇保護目前為可選檢查：其結果會被測量並出於透明性記入測試報告，但本身不會導致該產品總體不通過。

空載運行（可選）

電源在其主供電軌上以零負載（或 ATX 規定的最小負載）啓動並保持至少 30 秒。

結果判據（可選，不計入通過/不通過）：記錄所觀察到的行為——電源是否啟動、是否維持穩定，或是否關斷。對於刻意配備空載保護的機種，在此條件下關斷屬預期行為，並不構成缺失。本項檢查本身不會導致整體 FAIL。若在空載下觀察到不安全的輸出偏移，則依過電壓保護與開機突波兩項判定，該兩項仍為強制項目。

PWR_OK 信號與時序驗證

依據 ATX 規範，在 20% 和 100% 兩個負載點驗證 PWR_OK（Power-Good）信號的置位、撤銷與時序是否正確。本節是 Cybenetics SAFE 中最重要的章節之一：由於第 10.4 節不設最小保持時間，PWR_OK 相對於產品實際保持時間的準確性，是保護主機系統免遭穩壓供電無預警中斷的首要安全屏障。

- 僅當 +12V、+5V 和 +3.3V 全部處於各自調整窗口之內且已儲存足夠保持能量時，PWR_OK 纔可置為高電平（標稱 5V）。
- PWR_OK 自身的保持時間（自交流失電至 PWR_OK 撤銷）必須比電源實測的實際保持時間短至少 1 ms — 即 PWR_OK 必須在 +12V、+5V 或 +3.3V 中任一實際脫離其調整窗口之前至少 1 ms 撤銷。無論實測保持時間最終是長是短，該裕量均屬強制 — Cybenetics SAFE 不設最小保持時間（第 10.4 節），但 PWR_OK 相對於產品實際保持時間的裕量絕非可選。
- 上電時間（T1）必須小於 150 ms。
- PWR_OK 延遲（T3）必須落在 100–150 ms 的窗口內。

通過判據：在所測試的兩個負載點上均滿足以上四項條件。若 PWR_OK 信號在任一受監控供電軌已脫離調整範圍後仍保持置位，或其自身保持時間未比電源實測的實際保持時間至少短 1 ms，則自動判為不通過 — 無論電源的絕對保持時間如何，這都構成向主機系統發出的虛假安全信號。

基本調整率、紋波、開機過沖及 Power OK 信號準確性

這些檢查確認電源在其整個額定負載範圍內均在適用 ATX 規範的電氣限值之內運行。與經濟型電源區段的成本現實相一致（見前言），Cybenetics SAFE 不要求動態階躍負載瞬態響應測試，也不規定最小保持時間 — 本領域的通過/不通過權重轉而落在 PWR_OK 信號自身的準確性上（第 9 節）。本節的任何結果均不施加加權或評分 — 每項檢查嚴格分為符合規範或不符合規範。

負載（電壓）調整率

每條供電軌自輕載參考點（通常為施加 40 W 負載，以避免無空載保護的產品在空載時不穩定）測量至滿額定負載。

通過判據：在整個受測負載範圍內，每條供電軌均保持在適用 ATX 規範所規定的調整容差之內（+5V、+3.3V 和 +5VSB 通常為 ±5%；對於 ATX v3.x 設計，12V-2x6/12VHPWR 連接器上的 +12V 為 +5%/–8%，其他連接器上的 +12V 為 +5%/–7%，依據 ATX v3.1 設計指南 [11] 表 3-5 和 4.2）。

輸出電壓紋波與噪聲

依據適用 ATX 規範所規定的帶寬限制方法，在滿額定負載下測量每條主要供電軌的峯峯值紋波與噪聲。

通過判據：每條供電軌的紋波與噪聲均不超過最新發布的 ATX 規範版本對該供電軌規定的限值（常被引用的基準值為 +12V 120 mV 峯峯值，+5V、+3.3V 和 +5VSB 為 50 mV 峯峯值）。無論製造商最初依據哪一 ATX 版本進行設計，Cybenetics SAFE 始終適用測試時最新 ATX 版本的限值。

開機過沖

在具代表性的負載下開啓電源，並記錄開機瞬態期間 +12V 和 +5VSB 上的電壓過沖峯值。

通過判據：開機過沖不超過適用 ATX 規範對該供電軌允許的最大瞬時偏移。

Power OK 信號準確性（保持時間交叉覈對）

直接測量保持時間（在滿額定負載下，交流輸入切除後電源維持穩壓輸出的持續時間）並記入每份測試報告。Cybenetics SAFE 不為該數值設定最小值 — 針對經濟型電源區段的成本理由參見前言。

報告要求：無論其數值如何，實測保持時間始終予以記錄（第 14 節）。

與實測數值無關的強制性安全要求：無論電源的實際保持時間為何，PWR_OK 信號自身的保持時間都必須比其短至少 1 ms — 即 PWR_OK 必須在該時間耗盡之前至少 1 ms 撤銷（第 9 節）。此處作通過/不通過判定的是該裕量檢查，而非保持時間本身。

線纜與連接器安全要求

線徑不足或質量低劣的線纜是一種火災與可靠性風險，在經濟型電源區段中出現的比例格外之高。因此，無論導體材質如何，Cybenetics SAFE 均適用硬性的最小線規要求以及一項熱態檢查。

連接器	最小 AWG（供電導體）
主電源連接器（24 針）	18 AWG（感測線為 22 AWG）
EPS（4+4 針）	18 AWG
PCIe 6+2 針	18 AWG（感測線為 20 AWG）
PCIe 12+4 針（12VHPWR / 12V-2x6）	16 AWG（感測線為 28 AWG）
SATA	18 AWG
Molex 4 針	18 AWG

通過判據（線規）：每一條受測供電導體均達到或超過上表中的最小線規，無論導體材質為何（純銅、CCA 或 CCS）。

導體材質（純銅、覆銅**鋁**或覆銅鋼）以目視方式確認並出於透明性予以記**錄**，因為即使線規相同，材質仍會影響電阻、**溫**升和長期抗疲勞性能。推薦使用純銅；CCA 和 CCS 導體僅在通過下述熱態檢查時方可在本協議下使用。

無論電源為全模組、半模組還是非模組，這些要求均同等適用 — 線纜與連接器的設計形式對最小線規、熱態檢查或下述雙 EPS 要求均無影響。

按額定功率劃分的標準線纜配置

線纜與連接器的確切配置隨電源的額定輸出功率而異。Cybenetics SAFE 規定了在給定功率**檔**位下必須配備、並因而須接受線規檢查（上文）和線纜熱態檢查（下文）的最小連接器組合。僅對所提交產品上實際配備的連接器進行測試；產品無須配備超出其自身所聲明額定功率在本表下所要求的連接器。

額定功率	標準連接器配置
≤ 550 W	24 針主接口；單個 EPS（4+4 或 8 針）；0–1× PCIe 6+2；SATA；Molex
551–650 W	24 針主接口；EPS 8 針；1–2× PCIe 6+2；SATA；Molex
651–1000 W	24 針主接口；EPS 8 針（如配備則含雙 EPS）；2–4× PCIe 6+2 和/或 PCIe 12+4/12VHPWR；SATA；Molex
> 1000 W	24 針主接口；雙 EPS 8 針；必須配備 PCIe 12+4/12VHPWR（原生或轉接）；其餘 PCIe 6+2 依實際配備；SATA；Molex

若某產品的額定功率因雙市場（115V/230V）標示而落入不止一個可能的檔位，則以兩個適用額定值中較高者決定所要求的連接器組合。

線纜熱態檢查

在通過該連接器以滿額定負載連續運行 15 分鐘後，於連接器本體處測量線纜護套溫度，產品應在第 5 節（一般測試條件）所規定的 25–30 °C 標準環境溫度下運行 — 即常溫室溫，而非提高或降低的環境溫度。該檢查針對產品標準線纜配置（上文）中所含每一類型的一個連接器進行，並另加任何承載多於一個大功率連接器的線纜，測試時該線纜上的所有連接器須同時加載。

通過判據：實測線纜護套溫度不超過所用絕緣材料的耐溫等級，並留有至少 15 °C 的實用裕量。

連接器共用 — 雙 EPS 限制

將兩個大功率連接器置於同一條線纜上，會使熱量與電流集中於共用導體。Cybenetics SAFE 特別限制兩個 EPS（4+4 針）連接器共用一條線纜，因為 EPS 為 CPU 供電，在實際系統中通常接近其額定電流運行。

通過判據：除非電源的額定總容量為 550 W 或更低，否則單條線纜不得承載兩個 EPS 連接器。在 550 W 以上，雙 EPS 線纜無論熱態檢查結果如何均自動判為不通過。在 550 W 及以下，雙 EPS 線纜僅在兩個連接器同時滿載運行下亦通過上述線纜熱態檢查時方可採用。

對於共用同一條線纜的兩個 PCIe 6+2 連接器，建議（但不強制）採用同樣的考量；此類設計將在報告中予以標註，並仍須在同時滿載運行下通過線纜熱態檢查。

機構認證標識覈查

僞造或誤用的安全認證標識在入門級電源區段中是反覆出現的問題。本節確認產品及其文件上所載的標識真實、現行，並適用於所測試的確切型號與額定值。

測試人員至少覈查以下與產品所聲明市場相關的標識/體系，並在存在公開數據庫時逐一對照簽發機構的數據庫進行驗證：

- UL / cUL（美國/加拿大）— 對照 UL Product iQ 驗證。
- CB 體系（IECEE）— 驗證 CB 證書/測試報告編號。
- CE 標識（歐洲經濟區）— 驗證符合性聲明所引用的型號、標準以及（適用時）公告機構是否正確。
- TÜV 或其他歐盟認可標識（如有）。
- CCC（中國強制性產品認證），當產品在中國銷售時。
- PSE（日本）、KC（韓國）、BSMI（臺灣）、RCM（澳大利亞/新西蘭）、EAC（歐亞經濟聯盟），或與產品所聲明市場相關的其他區域標識。

通過判據：機體上所呈現之任何標誌，均未被發現係僞造、逾期，或係就其他型號或版本所核發。凡該標誌設有公開查詢資料庫者，即予查核；若無資料庫或無法連線查詢，則將該標誌記錄為無法查證，此本身並不構成缺失。若產品銷往之市場要求某項標誌而該產品實際上並未取得，則不論第 6 至 11 節之表現如何，一律判定為 FAIL。此處亦一併查核依第 6 節提交之證明文件的真實性——即核發之實驗室或機構確係其所聲稱者，且該報告確實涵蓋受測型號。

認證準則 — Cybenetics SAFE 通過/不通過模型

Cybenetics SAFE 僅採用單一的二元結論：Cybenetics SAFE 認證通過，或不通過。不設層級、分數或獎勵加分。產品唯有完整通過以下**每**一項強制性類別，方可獲得 Cybenetics SAFE 認證。

序號	類別	章節
A	電氣安全臺架測試（製造商提供的 ISO 17025 耐壓/絕緣/接地報告；Cybenetics 驗證的泄漏電流）	6
B	交流輸入保護與容差（保險絲、浪湧、浪湧電流、啓動、欠壓耐受）	7
C	電源保護功能（OCP、OPP、OVP、SCP、OTP；空載與風扇失效為可選，不計入通過/不通過）	8
D	PWR_OK 信號正確性與時序（含 PWR_OK 與保持時間裕量）	9
E	調整率、紋波、開機過沖及 Power OK 信號準確性	9–10
F	線纜與連接器安全（含雙 EPS 限制）	11
G	機構認證標識覈查	12

任一類別、任一子項中出現任何單項不通過，即導致該產品總體不通過。 部分結果不作為認證結論予以公**佈**；製造商可重新提交經改正的產品進行復測。

獲得 Cybenetics SAFE 認證的產品可在任何必需的法規安全認證（UL、CE、CB 等）之外並列展示 Cybenetics SAFE 標識，但絕不可取而代之 — Cybenetics SAFE 是一項補充性驗證，在任何市場均不替代強制性法規認證。

與 CybenPass 的關係

與 Cybenetics 測試協議 一樣，鼓勵製造商將獲得 Cybenetics SAFE 認證的型號納入 CybenPass 多樣品計劃。由於經濟型電源區段為削減成本而未經通告更換元件的風險較高，定期對市售樣品進行復測，對於在型號的整個生產週期內維持 Cybenetics SAFE 認證的有效性尤為重要。

認證有效期、費用與元件分析

Cybenetics SAFE 認證結果自產品通過以上**每**一類別之日起在特定期限內有效。認證費用涵蓋第 6–12 節的全套測試，**幷**包含隨通過/不通過報告一併交付的詳細元件分析 — 涵蓋 PCB 版本、初級/次級電容品牌及**溫**度/壽命等級、PWM/PFC 控制器與保護 IC、變壓器結構、橋式整流器，以及所用的具體 MOV/TVS 和 NTC/繼電器元件 — 與 Cybenetics 測試協議 已提供的元件分析透明度保持一致。

為保留 Cybenetics SAFE 標識，製造商必須在 12 個月有效期屆滿前重新提交現行市售樣品進行復測。鑑於上文所述經濟型區段更易發生未經通告的元件更換，Cybenetics 建議將續證抽樣的時間安排與任何已聲明的物料清單變更相配合。

測試報告模板

每次 Cybenetics SAFE 評估至少記錄以下字段。

被測件識別信息

- 製造商、型號以及版本/PCB 代碼。
- 額定功率、額定輸入電壓範圍、供電軌配置。
- 所聲明的 ATX 規範版本（如有）以及所聲明的安全標準（IEC 62368-1 / IEC 60950-1）。
- 樣品來源（市售購買、製造商提交樣品、CybenPass 抽取）。
- 製造商提供的、涵蓋耐壓、絕緣電阻和接地連續性的 ISO/IEC 17025 實驗室報告編號（第 6.1–6.3 節），含簽發實驗室、認可編號與報告日期。

結果彙總

類別	結果（通過/不通過）	說明
A — 電氣安全臺架測試		
B — 交流輸入保護與容差		
C — 電源保護功能		
D — PWR_OK 信號與時序		
E — 調整率/紋波/開機過沖/Power OK 信號準確性		
F — 線纜與連接器安全		
G — 機構認證標識		
總體結果		

隨上述內容一併提供作參考（不作通過/不通過評分）：實測保持時間。

各項測試的詳細數據（數值讀數、示波器捕獲、熱成像圖以及證書驗證記錄）保存於完整的內部測試記錄中，可應要求提供，用於 ISO/IEC 17025 [8] 驗證目的。

測量不確定度、溯源性與保護帶

本協議下使用的所有儀器均經校準並可溯源至國家/SI 標準。由於 Cybenetics SAFE 的結果是二元的（針對固定限值的通過/不通過）而非評分制，測量不確定度通過保護帶判定規則處理，而非通過連續評分上的不確定度預算，這與 ILAC-G8 [10] 保持一致。

若某一測量值落在適用通過/不通過限值的儀器擴展不確定度（k=2，約 95% 置信度）範圍之內，則該結果視為不確定而非通過，並在記錄最終通過或不通過之前以更嚴格的條件重新測試或轉入工程審查。這可確保通過結論絕不會建立在其自身不確定度範圍內實際可能為勉強不通過的測量之上。此點尤其適用於 PWR_OK 與保持時間的裕量（第 9 節），其中 1 ms 裕量是對照計時儀器自身的不確定度進行評估，而非視為精確邊界。

對於第 6.1–6.3 節由製造商提供的結果，採信的不確定度預算為簽發的、經 ISO/IEC 17025 認可實驗室在其自身報告中所載者；Cybenetics 不重述亦不質疑該預算，但會確認簽發實驗室的認可範圍涵蓋所實施的具體測試（第 12 節）。

效率、聲學和 EMI 測量的不確定度不在本文件範圍之內；相關不確定度預算請參見 Cybenetics 測試協議 [12]。

結語

本文件的目的，是讓經濟型電源的購買者獲得與發燒級、完整認證產品已經提供的相同基本保證：產品不會起火，不會損壞其所供電的系統，並在出現問題時表現可預期 — 而無需承擔完整效率與聲學評估所需的成本和時間。

Cybenetics SAFE 在範圍上刻意收窄，在結論上刻意二元。我們認為，這使製造商能夠切實地為那些原本除最低法規標識之外永遠不會依任何獨立標準接受測試的大批量、低毛利產品取得認證，併為評測者和消費者提供一個快速而明確的信號：是否獲得 Cybenetics SAFE 認證。

參考文獻

1. IEEE Std 1515-2000, IEEE Recommended Practice for Electronic Power Subsystems: Parameter Definitions, Test Conditions, and Test Methods.
2. IEC 62368-1，音視頻、信息和通信技術設備 — 第 1 部分：安全要求。
3. IEC 60950-1，信息技術設備 — 安全 — 第 1 部分：通用要求（舊標準，適用於按已被取代標準認證的產品）。
4. IEC 60990，接觸電流和保護導體電流的測量方法。
5. UL 62368-1, Standard for Safety of Audio/Video, Information and Communication Technology Equipment — Part 1: Safety Requirements（IEC 62368-1 的美國國家採標）。
6. GB 4943.1-2022，音視頻、信息技術和通信技術設備 — 第 1 部分：安全要求 — 中國強制性安全標準（CCC），自 2023 年 8 月起實施，取代 GB 4943.1-2011 和 GB 8898-2011，並與 IEC 62368-1:2018 保持一致。
7. ATX Version 3.0 Multi-Rail Desktop Platform Power Supply Design Guide, Intel Corporation.
8. ISO/IEC 17025:2017，檢測和校準實驗室能力的通用要求。
9. JCGM 100:2008，測量數據處理 — 測量不確定度表示指南（GUM 1995，含小幅更正）。
10. ILAC-G8:09/2019, Guidelines on Decision Rules and Statements of Conformity.
11. ATX Version 3.1 Multi-Rail Desktop Platform Power Supply Design Guide, Intel Corporation.
12. Cybenetics 測試協議，“The Complete Cybenetics Test Protocol, Including Energy Efficiency, Output Noise, And Overall Performance Calculation of AC-DC Power Supplies”，Aristeidis Bitziopoulos，2026 年 6 月。