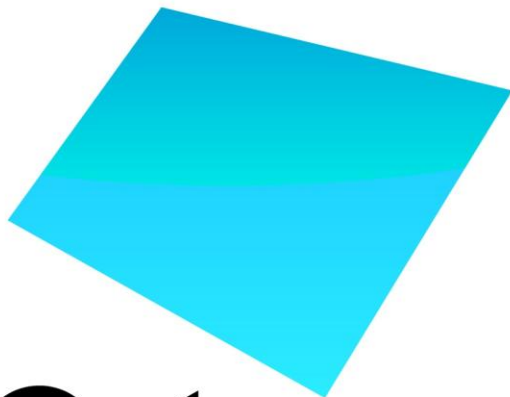


Power Adapter 的完整 Cybenetics 測試協議 能源效率、多輸出操作與整體效能計算

Revision 1.6

作者：Aristeidis Bitziopoulos



Cybenetics

賽普勒斯，尼古西亞

2026 年 7 月

修訂歷史

版本	發布日期	備註
1.0	2026 年 6 月	初始PA ETA提案涵蓋功率等級、115 V/230 V 電壓等級、空載及功率因數標準、PD/PPS 設定檔、參考線材及熱評估。
1.1	2026 年 6 月	重新格式化為 Cybenetics 主協議範本並存檔於電源適配器協議共享。
1.2	2026 年 7 月	擴展至物理多輸出及共享容量轉換器；引入階層式效率聚合、強制性傳導EMI、條件性風扇噪音測試、法規規則版本控制、標準化多埠場景及完整報告/資料品質門檻。
1.3	2026 年 7 月	內部工作版本 — 未發布；在修訂版 1.4 之前被取代。
1.4	2026 年 7 月	定義委託實驗室能力：一台 Chroma 63600 主機架搭配五個獨立 400 W 負載通道及兩台 PicoScope 4444 差分示波器。最多可同時加載及測量五個 PA 輸出；報告記錄每輸出路徑及跨示波器時間限制。
1.5	2026 年 7 月	新增完整的從工作台到報告的操作流程，並整合 On-Bright OBPD011 手動快速充電夾具。定義斷電布線、輪廓委託、真實無載與協商零載狀態、五輸出路由、安全/中止門檻、證據捕獲、外部EMI交接及受控關機。
1.6	2026 年 7 月	編輯一致性檢查，經審查 Rev. 1.5 後：記錄跳過的 Revision 1.3，釐清規則集版本與文件修訂版獨立，明確區分多輸出排名值與授予獎章的差異，並修正作者行。ETA 效率、無載及功率因數限制不變。

目錄

定義	5
電源適配器／外部電源供應器 (PA/EPS)	5
Physical Output / Port	5
Output Profile	5
Multiple-Output PA	5
Multiple-Voltage PA.....	5
Shared-Capacity Ports.....	5
Dynamic PA and Guaranteed Power	5
Nameplate Output Power (Pout).....	5
No-Load Power	5
Connected-Idle Power	5
ETA.....	5
EMI.....	5
Scope and Governing Principles	6
電力等級	6
工作單與產品能力清單	6
Test Equipment and Calibration	7
Reference Cabling and Measurement Plane	7
Environmental and Input Test Conditions	7
端到端實驗室走查	9
階段 1 - 開啟工作單並識別樣品	9
階段 2 - 建立能力與同時輸出地圖	9
階段 3 - 驗證工作台就緒狀態	9
階段 4 - 進行斷電連接	10
階段 5 - 電源化DUT並捕獲基準狀態	10
階段 6 - 委託每個輸出設定檔	11
階段 7 - 執行正常的電氣運行	11
階段 8 - 執行同時輸出情境	11
階段 9 - 捕捉紋波、暫態及重新分配的證據.....	12
Stage 10 - Protection, hot and optional tests.....	12
階段 11 - 驗證、封裝及釋出執行	12
階段 12 - 控制關機與測試台重置	13

手動快速充電夾具 - 亮光 OBPD011	14
Connection and preflight	14
Mode and button map	14
Fixed USB PD PDO - F1	15
PPS / APDO - F2	15
QC, FCP, SCP_B and UFCS	15
AVS and EPR	16
Mode change, multi-port use and recovery	16
作業員檢查清單 - 在啟用任何負載前	16
空載與連接空閒測量	17
單埠與每組型態效率程序	17
多輸出與共享容量程序	18
階層式效率聚合	18
ETA 效率等級與授予邏輯	20
空載限制	20
Power-Factor Limits	21
Final ETA Award	21
Regulatory Compliance Layer	21
Mandatory Conducted EMI	22
規格、紋波和暫態性能	22
負載和線路規格	22
紋波和雜訊	22
暫態和重新分配測試	22
Protection Tests	23
Thermal and Hot Performance	23
Conditional Fan and Acoustic Testing	23
Additional Cybenetics Performance Tests	24
取樣、重複性與邊界結果	24
資料品質、可追溯性與自動化驗證	24
強制認證門檻	25
認證與報告	25
規則集版本化和 Beta 校準	25
參考文獻	26

定義

電源適配器／外部電源供應器 (PA/EPS)

一種自包含的外部交流-直流轉換器，可為一個或多個受電產品提供一個或多個穩壓直流輸出。

Physical Output / Port

一個獨立的連接器或硬接線輸出，能夠獨立供電或作為共享容量群組的一部分。

Output Profile

固定電壓、USB Power Delivery (PD)、可程式化電源供應器 (PPS)，或由電壓、電流及最大連續功率定義的專有操作點。

Multiple-Output PA

具有多個物理電源輸出的轉接器，無論是獨立的或共享總功率限制。

Multiple-Voltage PA

一個具備同時通過多個電源輸出供應多於一個輸出電壓的PA。

Shared-Capacity Ports

輸出功率總和超過同時運作時最大可提供總功率的各個輸出。

Dynamic PA and Guaranteed Power

一種可於短時間內提供較高峰值功率，且可無限期提供較低連續功率的PA。分類與連續負載測試使用保證功率。

Nameplate Output Power (Pout)

最大連續組合輸出功率。對於多個輸出，是指在聲明的同時負載條件下所輸出的總和，且不得超過保證的組合限制。

No-Load Power

輸入功率，當PA激磁且無輸出連接至主負載。

Connected-Idle Power

輸入功率，當一個或多個協商輸出連接但未輸出有用負載時。此值需單獨報告，與法規無負載功率區分。

ETA

Cybernetics效率等級計畫。獨立ETA等級針對115 V及230 V輸入電壓計算。

EMI

電磁干擾。此協議要求進行傳導式輻射測試作為認證門檻；輻射式EMI可能依工作單包含在內。

Scope and Governing Principles

本協議適用於具有一個或多個物理輸出的外部交流/直流電源適配器，包括固定輸出適配器、圓柱插孔適配器及專有適配器、USB-C/USB-PD/PPS充電器、多埠充電器、高功率EPR/筆記型電腦適配器，以及適用時具備整合無線充電功能的適配器。

該協議明確地將三個結果層次分離：

1. 法規合規性：使用適用於所選工作單區域的規則集進行市場特定的通過/失敗計算。
2. Cybenetics ETA 評級：使用版本化的 Cybenetics 標準，在 115 V 和 230 V 下的比較效率等級。
3. 工程性能：調節、紋波、暫態、熱、保護、PD/PPS、多埠及可選聲學特徵。

範圍邊界：本協議不需收集安全文件或進行文件安全審查。此排除不影響測量的熱、保護、突波或 EMI 測試，且不改變製造商的法律產品合規義務。

- 所有適用的測量值均以原始操作點層級儲存；頭部值是計算得出，而非手動重新輸入。
- 不適用的測試會明確儲存為 N/A 並附上原因；絕不會以空白欄位表示。
- 閾值、公式和區域規則會進行版本控制，以確保歷史報告始終保留發佈時所使用的規則集。

電力等級

電力等級基於最大連續組合輸出功率。對於動態 PA，使用保證功率。暫時增強或峰值功率會單獨記錄，且不會提高等級。

類別	連續組合輸出功率	典型產品
A – 超低	$P_{out} \leq 6\text{ W}$	小型牆壁轉換器及配件充電器
B – 低	$6\text{ W} < P_{out} \leq 49\text{ W}$	手機/平板充電器及輕型筆記型電腦轉換器
C – Medium	$49\text{ W} < P_{out} \leq 150\text{ W}$	主流筆記型電腦與多埠 GaN 電源適配器
D – High	$P_{out} > 150\text{ W}$	USB-PD EPR，遊戲筆記型電腦與工作站轉換器

表 1 — 電力等級定義。

工作單與產品能力清單

測試前，操作員會記錄完整的電氣能力地圖。由此產生的清單驅動編輯器、自動匯入器、必要測試矩陣及出版完整性規則。安裝的自動化測試台支援最多五個同時活躍的物理輸出；需要超過五個同時輸出的 DUT 將暫停，等待計劃中的第二個主機架及相關範圍路由，然後才開始完整的多輸出認證運行。

- 製造商、型號、樣本編號、序列號、實驗室 ID、報告 ID 和認證 ID。
- 輸入電壓/頻率範圍、額定輸入電流、電力等級和目標區域。
- 每個物理埠、連接器類型以及是否獨立或屬於共享容量群組。
- 每個固定輸出輪廓、PD PDO、PPS 範圍、最大電流和最大連續功率。
- 最大組合輸出功率、保證功率、峰值功率持續時間及所有宣稱的同時功率分配。
- Cooling type and fan presence (Yes/No).

- 無線充電功能及任何影響適用測試的其他整合功能。

Test Equipment and Calibration

Equipment	Minimum purpose
Programmable AC source	100–240 V, 50/60 Hz ; 電壓調節及低源THD
Precision power analyzer	同時輸入電壓/電流/真實功率/功率因數/諧波 ; 毫瓦無負載解析度
Programmable electronic loads	每個獨立通道可同時測試一個輸出 ; 在低電流下穩定運作。安裝的測試台為 Chroma 63600主機，配備五個獨立400 W通道，可同時測試最多五個PA輸出。
USB-C PD/PPS analyzer	手動 PD/PPS 夾具選擇所需的設定檔並記錄所選的 PDO/PPS 狀態。自動協商不是安裝測試台的一部分 ; 動態協商轉換僅在夾具/工作單提供可稽核程序時才會記錄。
示波器和探頭	紋波、過衝、負載暫態、PPS轉換及電源重新分配。安裝的測試台使用兩台 PicoScope 4444差分示波器 : 輸出1-4使用Scope 1的A-D輸入，輸出5使用Scope 2的A輸入。
EMI 接收器和 LISN	傳導式 EMI 掃描，含線/中性線結果和可匯出的波形
熱室 / 熱箱	受控 40 °C 類別測試條件和可重複的氣流
溫度儀器	熱電偶和/或校準熱像儀
毫歐姆表和 DMM	參考電纜特性化和電壓降測量
聲學設施	僅在 PA 包含一個或多個風扇時需要

表2 — 完整PA協議的核心設備。

所有儀器應記錄測試執行時的校正狀態。測量不確定度、範圍及解析度應足以涵蓋最小預期值，特別是空載功率及低電流效率。

Reference Cabling and Measurement Plane

- USB-C/USB-PD埠使用經特徵化之EPR能力參考夾具及適合測試電流的電纜。
- 接頭器家族依配對特徵化線路使用桶型及專有輸出。
- Cybenetics比較結果是在參考電纜的夾具/裝置端測量，因此結果反映傳遞功率。
- 法規計算使用適用法規集所要求的電纜修正或測量平面。原始值與修正後的值均予以保留。

Environmental and Input Test Conditions

正常效率、調節及電氣性能測量於輸出穩定後，在25 °C ±2 °C下進行。獨立熱評估在40 °C ±2 °C下進行，除非工作單或適用標準另有規定。除非為產品的組成部分，否則不施加強制冷卻。

輸入條件	目的	範圍
115 V / 60 Hz	ETA 115 V and USA	Full Cybenetics run
230 V / 50 Hz	ETA-230V and EU	Full Cybenetics run
220 V / 50 Hz	中國	Regional compliance run when selected
100 V / 50 and 60 Hz	日本	Regional compliance run when selected

輸入條件	目的	範圍
220 V / 60 Hz	南韓	Regional compliance run when selected
230 V / 60 Hz	中東	Regional compliance run when selected

表3 — 輸入條件矩陣。工作單選擇任何超出兩次ETA運行的區域附加項目。

- 記錄交流電源電壓波形及總諧波失真（THD）；對於歐盟 2025/2052 測量，供電電壓 THD 在 13 次諧波範圍內不得超過 2%。
- 測量僅在電壓、電流、功率和溫度在工作點穩定後進行。
- 常溫和高溫測試運行使用獨立的條件識別碼；其數據永遠不會混合在一個效率平均值中。

端到端實驗室走查

本節是完整 Faganas Power Adapters 運行的控制操作序列。它將本協議其餘部分的要求轉換為可從樣品接收至報告發布全程遵循的實驗台程序。詳細測試部分仍控制計算、工作點和合格/不合格規則。

停止規則 當被測單元 (DUT) 能力、電纜等級、夾具限制、儀器路徑、極性、校準狀態或預期電壓未知時，不得繼續。保持所有 Chroma 輸入關閉並編程為 0 A，直到特定輸出/配置通過無負載電壓門檻。

階段 1 - 開啟工作單並識別樣品

- 確認工作單、目標市場、所需輸入條件、高溫測試條件、可選測試和報告語言。
- 記錄製造商、型號、樣品和序列號、實驗室 ID、報告 ID、認證 ID、標籤等級和散熱聲明。
- 測試前拍攝 DUT、等級標籤、供應電纜和每個輸出連接器。
- 若存在可見損壞、污染、鬆動硬體、損壞電纜或無法辨識的等級標籤，則將樣品隔離。

釋放門檻：樣品身份和請求範圍與物理 DUT 和工作單一致。

階段 2 - 建立能力與同時輸出地圖

- 列出每個物理輸出 O1-O5、連接器類型、固定電壓、宣稱電流和連續功率。
- 對於 USB-C 或專有快速充電埠，從可審計能力證據中記錄每個固定 PDO/設定檔、PPS/AVS 範圍、電流能力及電纜要求。
- 記錄最大組合功率、保證功率、暫時峰值功率和每個宣稱的同時功率分配。
- 標記共享容量的埠。不要規劃適配器未宣稱或無法維持的組合。
- 若同時激活超過五個輸出，必須停止完整運行，直至第二台 Chroma 主機架和驗證過的示波器路由安裝完成。

釋放門檻：Faganas 輸出/配置清單已完成且無不可能的分配。

階段 3 - 驗證工作台就緒狀態

System	Required preflight	Record
AC source - ASR2100	修正 USB/LAN 資源；輸出關閉；提供 115/60 和 230/50 程式；電壓/電流限制合適。	Asset/serial, route, programmed condition
Input analyzer - HMC8015	正確範圍、接線及整合模式；低功率範圍適用於無負載作業。	Asset/serial, range, calibration ID
Load bank - Chroma 63600	通道1-5已識別；所有輸入關閉；設定 0 A；限制不超過 DUT/電纜/夾具的額定值。	Mainframe/module IDs and channel map
Scopes - two PicoScope 4444	差分輸入與核准配件；正確範圍/耦合/頻寬；無過載警告。	Serial, input, range, coupling, bandwidth
Temperature - TC-08	所需熱電偶已識別、安裝且在環境溫度下合理。	Asset/serial and probe map

System	Required preflight	Record
OBPD011 fixture	已驗證 5 V 電源/極性；板子修訂/資產 ID；標籤化測試接受限值； 負載極性已知。	夾具ID/修訂版, 供應與接受限度

- 確認每台測量儀器的校準狀態及測試日期有效性。
- 記錄環境溫度，並驗證測試區域、熱箱和氣流符合所選條件。

釋放門檻：Faganas通訊已開啟，所有必要裝置狀態正常，且無通訊通道包含過期資料。

階段 4 - 進行斷電連接

- 將ASR2100輸出關閉。確認所有Chroma輸入關閉且電流為0 A。在更改夾具或負載線路前，先斷開DUT輸出電纜。
- 依核准順序連接AC電源 -> HMC8015 -> DUT輸入。僅在DUT設計要求時應用保護接地；切勿建立未預期的輸出回流連接。
- 將O1-O5分配至下方固定路徑。在定義的輸出測量平面上使用短負載線和核准的差分測量配件。

DUT output	Chroma load	Ripple/transient input	Negotiation interface
O1	Channel 1	PicoScope #1 A	OBPD011/direct breakout as applicable
O2	Channel 2	PicoScope #1 B	獨立夾具，若需協商
O3	Channel 3	PicoScope #1 C	獨立夾具，若需協商
O4	Channel 4	PicoScope #1 D	獨立夾具，若需協商
O5	Channel 5	PicoScope #2 A	獨立夾具，若需協商

跨範圍限制 O1-O4 同時在 PicoScope #1 上。O5 在 PicoScope #2 上捕獲。兩個範圍未相位同步；請依輸出回應報告共同事件，並不得主張兩台儀器之間的精確時序。

釋放門檻：極性、電纜等級、負載路徑、示波器路徑和測量平面已獨立檢查並記錄。

階段 5 - 電源化DUT並捕獲基準狀態

- 在所有輸出路徑物理斷開的情況下，設定所選輸入條件並開啟ASR2100輸出。
- 允許輸入電力和DUT溫度穩定。確認輸入電壓/頻率及無異常聲音、氣味、電弧或加熱現象。
- 在無主輸出負載、夾具或通電產品連接的情況下，測量真正的空載輸入功率。Chroma通道電流為0 A，本身並非真正的空載證明。
- true no-load 通過後，逐一連接所需的交涉夾具或分接點，且其 Chroma 輸入仍處於 OFF 且電流為 0 A。這些是連接閒置/交涉狀態，而非真正的無載狀態。

釋放門檻： true no-load 和每個所需的連接閒置狀態均有獨立的記錄和識別碼。

階段 6 - 委託每個輸出設定檔

- 對於非交涉的固定輸出，在啟用負載前，驗證指定路徑上的預期開路電壓。
- 對於交涉埠，使用下一節中的 OBPD011 程序。在選擇或更改模式、電壓或電流請求時，保持指定負載 OFF/0 A。
- 以 Name=Voltage,Current 建立 Faganas 佇列項目。對於固定 PDO，使用該 PDO 廣告的電流；對於 PPS/AVS，使用夾具上選擇的操作合約電流請求。
- 設定檔電流是用於規劃和安全的合約/額定限制。它不是立即汲取該電流的命令；Chroma 通道控制實際負載電流。
- 當 Faganas 要求時，確認物理 F/V 選擇，然後允許應用程式驗證無載輸出電壓。如果不符合，保持負載 OFF 並修正設定。

釋放門檻： 每個設定檔均有驗證過的電壓、合約/額定電流、電纜、夾具狀態和不可變的 O1-O5 路徑。

階段 7 - 執行正常的電氣運行

- 分別執行完整的 115 V/60 Hz 和 230 V/50 Hz ETA 序列。僅在工作單選中時添加區域性輸入條件。
- 在每個操作點等待穩定，然後保留輸入電壓/電流/功率/PF；輸出電壓/電流/功率；效率；紋波；溫度；設定檔；路徑和捕獲 ID。
- 對於每個固定設定檔，執行定義的 10-100% 掃描，並明確保留 10%、25%、50%、75% 和 100%。對於 PPS，在所需負載下測試最小、中點和最大電壓。
- 透過應用程式計劃增加負載；在首次委託期間，不要直接跳至滿合約電流。監控所有活動輸出以避免崩潰、重新交涉或電流限制。
- 在不混合輸入或熱條件的情況下完成線路/負載調節、輕載點、滿載 PF 和適用的保證/峰值功率記錄。

釋放門檻： 每個必要的單埠/設定檔/輸入點均已完成、穩定且連結至原始證據。

階段 8 - 執行同時輸出情境

- 每個輸出使用一個 Chroma 通道，並為每個獨立協商的 USB-C 埠使用一個合適的觸發/介面。一個 OBPD011 只能協商一個埠。
- 逐一連接並與所有負載關閉/0 A 時進行交涉。最終端口連接後，重新檢查每個輸出，因為多端口電源共享可能會改變可用的配置。
- 確認 Faganas 中最終的 O1-O5 設定組合，然後執行平衡、優先埠、廣告分割、所有埠低負載、完整組合負載、最差熱力及重新分配情境。
- 使用同步 Chroma 讀取結果來計算總輸出功率。切勿以單埠順序測量取代必需的同步結果。

釋放門檻：每個活躍輸出維持在其支援的分配範圍內，且每個輸出的測量值均保留在總和之下。

階段 9 - 捕捉紋波、暫態及重新分配的證據

- 於10%、25%、50%、75%及100%的設定下，依文件所載的耦合方式、範圍及頻寬，捕捉紋波，並於最差同時條件下進行測試。
- 執行適用的負載步驟、協商電壓轉換、埠連接/斷開事件及電源重新分配事件。記錄每個輸出的過衝、下衝、中斷及恢復。
- 以機器可讀格式儲存測量值及對應的螢幕截圖/擷取檔案，包含DUT、執行、輸入、輸出/設定檔、場景及擷取識別碼。
- 對於五輸出事件，標籤 O5 為跨範圍不同步的證據，並避免任何相位精確的跨範圍結論。

釋放閘：用於重現每個波形所需的設定與捕獲身分，均與結果一同儲存。

Stage 10 - Protection, hot and optional tests

- 僅透過已實施、驗證的Chroma程序執行OCP/OPP，並記錄觸發、關機/電流限制行為、損壞結果及恢復方法。
- 受控OVP在安裝的測試台中不支援。自動OTP不支援。SCP僅在特定夾具/路徑已驗證後執行；否則記錄N/A並註明原因。
- 維持滿載及最差多輸出熱條件，直至協議穩定/平衡規則符合。記錄儀器化之周圍、外殼、連接器/電纜及內部溫度。
- 僅當實際安裝風扇時，才運行風扇/RPM/聲學測試。未安裝風扇的設備應明確標示為N/A - 無風扇。
- EMI 依執行並保留在獨立的 EMI 應用程式/工作流程中。Faganas 不控制或取得該測試；當認證需要時，將外部結果連結至相同的樣本/報告識別碼。

釋放門檻：所有適用測試已完成；所有省略測試均明確標示為N/A，並附有技術上有效的理由。

階段 11 - 驗證、封裝及釋出執行

- 執行應用程式完整性與一致性檢查。解決遺失的設定檔、不可能的配置、過期的數值、路徑不匹配、標題/表格差異及遺失的媒體。
- 檢視異常事件與警告。功能、熱、保護或外部電磁干擾（EMI）故障不會被平均消除。
- 驗證樣品、作業員、日期/時間、環境、規則集版本、校準ID、儀器序號/路徑、夾具ID/修訂、電纜ID及原始檔案雜湊值。
- 產生交易執行套件並在接受或發布結果前確認其清單/雜湊值。
- 僅適用於已接受來源資料的等級/計算規則。任何修正都會產生稽核後的修訂版本，而非覆蓋原始證據。

釋放門檻：由第二人或授權審查確認技術完整性，且最終報告與已接受的套件相符。

階段 12 - 控制關機與測試台重置

- 將每個活動的Chroma通道漸增至0 A，將每個輸入關閉，並在接觸燈具鍵、連接器或負載線前確認電流已下降。
- 回歸協商設定至 5 V 或斷開 Type-C。僅在負載關閉時使用文件記載的重置路徑。
- 將 ASR2100 輸出關閉以斷電 DUT。在斷開電纜前確認輸出和輸入狀態安全。
- 移除熱電偶及電纜，避免損壞樣品。記錄最終樣品狀態及任何異常。
- 依需求重設儀器限制/範圍，僅在包裝驗證後清除暫存測試台資料，並保持所有負載輸入關閉。

立即中止並確保安全 立即關閉受影響的負載通道，以防止意外電壓、電壓崩潰/振盪、電纜或連接器過熱、冒煙、異味、電弧、儀器過載、通訊中斷、極性反接、不支援的設定檔或路徑不匹配。當僅移除負載無法使系統安全時，請關閉交流電源輸出。在重試前記錄狀態；不得繞過失敗的釋放閘。

手動快速充電夾具 - 亮光 OBPD011

OBPD011 為手動水槽/觸發介面，非電子負載、電力計或 USB-IF 合規分析儀。它會要求 DUT 支援的快速充電設定檔，並在 LOAD+ 和 LOAD- 上顯示協商後的輸出。指定的 Chroma 通道提供實際負載。

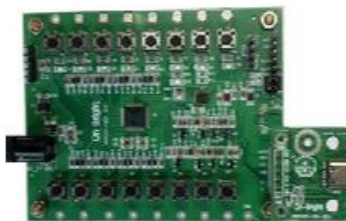


圖1 - On-Bright OBPD011 手動快充夾具。製造商產品圖像。

夾具驗收限值 製造商頁面未發布負載路徑電壓、電流、功率、連接器、走線或端子額定值，也未發布DC-005極性。使用前，驗證專用5 V供電及極性，記錄實際板卡修訂版本，並建立標籤化的保守實驗室驗收限值。EPR/AVS按鈕可用性並非證明完整夾具路徑在每個來源額定值下均安全。

Connection and preflight

Connection/control	目的	Operator requirement
DC-005	5 V fixture supply	僅使用已驗證、標示的供應源及極性；確認LED9。
Type-C	DUT來源連接	僅在選定模式程序指示時且負載關閉/0 A時連接。
LOAD+ / LOAD-	協商輸出至Chroma	確認極性及導線等級；切勿在負載下連接/移除。
F1-F8	協議/模式	確認對應的LED1-LED8；切勿從LED推斷電壓。
V1-V8	模式特定設定/動作	使用下方的活動模式地圖；獨立驗證輸出電壓。

- 將指定的 Chroma 輸入關閉，並設定為 0 A。在更改共用轉接器狀態前，先關閉其他受影響的輸出。
- 透過核准的配件，設定範圍、耦合及頻寬，將PicoScope 4444差分輸入連接至相同輸出對。
- 從驗證過的 5 V 供電源為測試夾具供電，確認 LED9，然後遵循完全相同的模式序列。當 Type-C 連接時，將 LOAD 端子視為帶電。
- 協商達成後，量測 LOAD+ 至 LOAD-。待電壓符合預定的 Faganas 設定後，方可啟動負載。

Mode and button map

關鍵	模式	固定選項	調整 / 特殊動作
F1	PD PDO	V1-V5: PDO1-PDO5; V7: PDO8/EPR entry	V8: Hard Reset; V6 undocumented
F2	PPS APDO	V1: PPS1; V2: PPS2	V3/V4: +/-20 mV; V5/V6: +/-500 mV; V7/V8: lcc +/-50 mA
F3	QC 2.0/3.0	V1/V2/V3: 5/9/12 V; V4: enter QC 3.0	V5/V6: +/-200 mV; V7/V8 unused
F4	FCP	V1-V5: 5/9/12/15/20 V	V6-V8 undocumented
F5	SCP_B	V1-V5: 5.5/9/12/15/20 V	V1 also enters; V6/V7: +/-100 mV; V8 unused
F6	UFCS	V2-V6: 5/9/12/15/20 V	V1: enter/exit; V7/V8: +/-100 mV
F7	AVS	V1: AVS1; V2: AVS2	V3/V4: +/-100 mV; V5/V6: +/-1000 mV; V7/V8: lcc +/- (step unpublished)
F8	EPR PDO	V1/V2/V3/V4: PDO1/PDO8/PDO9/PDO10	V5-V8 undocumented in this mode

文件衝突 一製造商概述稱F8為保留，而後續完整表格及專用章節定義F8為EPR PDO。在依賴F8前，請於5 V、負載關閉狀態下驗證實際板子版本。PDO8被識別為28 V；請根據DUT功能集及量測輸出，而非按鈕編號，確定PDO9/PDO10。

Fixed USB PD PDO - F1

- 按 F1 並確認 LED1，然後連接 DUT Type-C 電纜。
- 按壓 V1-V5 以要求 PDO1-PDO5。僅使用 DUT 廣告的 PDO。V7 是文件記載的 EPR/PDO8 28 V 進入點，需具備 EPR 能力的 DUT 和電纜。
- 等待協商，驗證未加載電壓，並使用該PDO所宣稱的電流記錄名稱=電壓、電流。
- V8 為硬重置。保持負載關閉/0 A，按下以返回至 SPR，若未觀察到預期重置，請斷開 Type-C。重連負載前確認電壓。

PPS / APDO - F2

- 按 F1 和 V1 以建立 5 V PD 狀態，連接 DUT Type-C 線纜，然後按 F2 並確認 LED2。
- 按 V1 選擇 PPS1 或按 V2 選擇 PPS2。使用 V3/V4 (+/-20 mV) 或 V5/V6 (+/-500 mV) 調整電壓。使用 V7/V8 (+/-50 mA) 調整 requested contract current。
- 驗證未加載電壓並輸入驗證後的電壓及所選合約電流請求至Faganas。透過預定操作點逐步增加實際Chroma負載。

QC, FCP, SCP_B and UFCS

模式	Safe operating sequence
QC - F3	Type-C斷開時按F3；重新連接；V1/V2/V3選擇5/9/12 V，或V4進入QC 3.0，V5/V6調整±200 mV；負載前驗證。
FCP - F4	Type-C斷開時按F4；重新連接；V1-V5選擇5/9/12/15/20 V；負載前驗證。
SCP_B - F5	Type-C斷開時按F5；重新連接；V1-V5選擇5.5/9/12/15/20 V，V6/V7調整±100 mV；負載前驗證。
UFCS - F6	Type-C未連接時按F6；重新連接；V1 進入/退出，V2-V6 選擇 5/9/12/15/20 V 和 V7/V8 調整 +/-100 mV；負載前驗證。

AVS and EPR

- AVS - F7：僅限搭配合適的DUT及線纜使用。V1/V2 選擇 AVS1/AVS2；V3/V4 調整 +/-100 mV；V5/V6 調整 +/-1000 mV。V7/V8 變更 Icc，但製造商未公佈步驟。切勿假設 PPS 步驟；請在載入前驗證實際板子/請求。
- EPR - F8：保持負載關閉，連接具備EPR功能的DUT/線纜，於5 V下驗證F8行為，然後使用V1/V2/V3/V4對應PDO1/PDO8/PDO9/PDO10。在施加負載前，請驗證所有未加載電壓是否符合DUT能力證明。
- 要退出 EPR，請斷開 Type-C。F1/V8 硬體重置路徑也已記錄，可用於返回 SPR；請在啟用任何負載前驗證所得電壓。

Mode change, multi-port use and recovery

- 任何模式變更均視為回歸至5 V電壓。保持負載關閉/0 A，按下目標F鍵，斷開/重連Type-C，確認5 V，然後選擇較高設定檔並驗證。
- 一個OBPD011具有一個Type-C輸入和一個LOAD組合。對於每一個需在同步測試中保持活躍的協商USB-C輸出，請使用一個獨立合適的觸發/介面。
- 最終端口連接後，需重新驗證所有輸出，因為轉接器可能會重新分配電力或重新協商。若持續組合與原始廣告不同，則需更新計畫。
- 若電壓錯誤/不穩定，立即關閉受影響的Chroma通道，斷開Type-C，回歸至5 V或重啟裝置，並在需要時關閉交流電源。在重試前記錄所需設定檔、測量電壓、電纜、路徑及行為。

NOT USB-IF COMPLIANCE OBPD011 程序支援受控工程和生產式負載。它不解碼或認證協議合規性，且其 LED 燈不是協商電壓或電流的證明。為每個委託配置保留外部能力證據和測量電壓。

作業員檢查清單 - 在啟用任何負載前

- 已驗證5 V裝置供電及極性；LED9 亮起；裝置ID/版本已記錄。
- 正確的DUT端口、電纜/EPR等級、Chroma通道及PicoScope輸入已對應。
- LOAD+ / LOAD- 極性正確；負載輸入關閉；已編程0 A。
- 正確的F模式LED及預期V動作已選擇。
- 測量的空載電壓與Fagana設定檔相符。
- 合約/額定電流正確記錄，且不會與即時負載電流混淆。
- 所有輸出在最終多埠連接後重新檢查。
- 裝置路徑接受限度及每條電纜/儀器限度均被遵守。

空載與連接空閒測量

空載功率在PA通電且無主負載連接的每個必要輸入條件下分別測量。連接空閒狀態是額外的Cybenetics測量，且不取代法規空載功率。

- 1. 真正空載：無任何通電產品或電子負載連接至任何輸出。
- 2. 單埠連接空閒：每個可交涉輸出個別連接且無有用負載。
- 3. 所有埠連接空閒：所有埠在技術上可行時均以零有用負載進行交涉/連接。

資料庫儲存每個狀態的輸入功率、功率因數、協商狀態、活動端口及輸入條件。ETA 無載限制僅適用於定義的無載測量。

單埠與每組型態效率程序

每個實體端口獨立進行特性測試。每個宣稱的固定型態均需測試，因為端口與型態可能具有不同的轉換階段與損耗。

配置類型	所需作業點
固定電壓 / 專有	配置電流的 10% 至 100%，以 5% 步長；明確包含 10%、25%、50%、75% 和 100%
USB-PD 固定 PDO	每個埠上每個宣稱的固定 PDO 的完整 10–100% 掃描
PPS	PPS 電壓的最小值、中點和最大值；適用電流的 10%、25%、50%、75% 和 100% 加上動態轉換測試
動態/增強配置	連續測試使用保證功率；峰值能力與持續時間分別記錄

表 4 — 每組型態效率測試點。

在每個測試點，記錄輸入電壓/電流/功率/功率因數、輸出電壓/電流/功率、效率、紋波、溫度及協商型態。無載測量需單獨進行。

$$\eta_i = (P_{out,i} / P_{in,i}) \times 100\%$$

$$E_{profile} = (1 / N) \times \sum \eta_i \text{ 對於定義的輪廓負載掃描}$$

多輸出與共享容量程序

多輸出電源適配器（PA）既作為單獨端口集合測試，也作為整合系統測試。總輸出功率為所有活動輸出端口同時測量功率的總和。

$$\eta_{scenario,i} = (\sum_j P_{out,i,j} / P_{in,i}) \times 100\%$$

場景家族	所需方法
平衡式	所有活躍埠接收等比例負載。
Priority-port	最高功率埠首先被加載；剩餘保證功率分配給其他活躍埠。
廣告分佈	製造商明確宣稱的每種同時功率分佈均需測試。
所有埠低負載	所有埠在低總負載下運作以暴露不良輕載行為。
全總負載	所有適用埠以最大連續總輸出功率運作。
最差熱分佈	產生最高內部或連接器溫度的分配被保留為標準化結果。
重新分配	埠被連接/斷開，負載轉移時電壓、中斷、過衝和重新協商被捕捉。

表 5 — 標準化多輸出場景家族。

對於共享容量端口，比例分配降額係數為最大整合輸出功率與各端口額定功率總和的比率。每個端口參考電流會根據適用的同時負載條件乘以此係數。對於具備最多五個活動輸出的 DUT，每個標準化同時場景均以每個輸出端口專用 Chroma 通道執行；總輸出功率由同時的各通道讀取值計算得出。需要超過五個同時輸出的 DUT 不以替代或順序結果表示：需在所有端口場景完成前，規劃第二主機架並完成驗證路由。

- 場景家族以加權計算，而非原始場景數量，因此產品宣稱更多型態並不會單純因型態數量而獲得或失去評級權重。
- 針對歐盟合規性，自適應供電裝置需在最低及最高適用輸出電壓下進行測試，且多輸出/額定功率計算遵循所選法規規則集。
- 每個端口測量與分配均儲存並公開；總和從不取代基礎證據。

階層式效率聚合

平面平均化所有原始配置檔和場景是被禁止的，因為它會給具有許多埠或配置檔的產品分配不成比例的權重。Rev. 1.2 使用階層式聚合。

$$E_{port} = \text{該物理埠所有必要 } E_{profile} \text{ 值的算術平均值}$$

$$E_{single} = \text{各物理埠 } E_{port} \text{ 的算術平均值}$$

$$E_{multi} = \text{標準化多輸出場景家族結果的算術平均值}$$

$$E_{comparative} = E_{single} \text{ (單輸出 PA)}$$

$$E_{comparative} = 0.5 \times E_{single} + 0.5 \times E_{multi} \text{ (多輸出 PA)}$$

Ecomparative 是已發佈的排名值。為防止弱運作模式被隱藏，多輸出 PA 的效率合格等級是 Esingle 和 Emulti 獨立達成的較低等級。對於單輸出 PA，則是 Esingle 達成的等級。

注意：對於多輸出 PA，已發佈的排名值 (Ecomparative) 和授予的 ETA 等級是設計上從不同數量推導而來 — 排名值是 $0.5 \times \text{Esingle} + 0.5 \times \text{Emulti}$ 的混合值，而授予的獎章使用 Esingle 和 Emulti 合格等級中的較低者。因此，單元的排名數字和其獎章可能反映不同的運作模式。

ETA 效率等級與授予邏輯

PA 對 115 V 和 230 V 接收獨立的 ETA 認證。功率等級基於連續組合輸出功率。以下表格是初始 Rev. 1.2 規則集，並在代表性 **beta** 人數可用後進行後續校準。規則集版本與本文檔的修訂號碼無關：「Rev. 1.2 規則集」是首次在文件修訂 1.2 中定義的效率規則集，並在本文檔中保持當前狀態。

ETA等級	Class A ≤6 W	Class B 6–49 W	Class C 49–150 W	Class D >150 W
DIAMOND	≥87	≥92	≥94	≥95
TITANIUM	≥85	≥90	≥92	≥93
PLATINUM	≥83	≥88	≥90	≥91
GOLD	≥81	≥86	≥88	≥89
SILVER	≥78	≥84	≥86	≥87
BRONZE	≥75	≥81	≥83	≥84

表 6 — 最小整體效率 (%), 230 V 輸入。

ETA等級	Class A ≤6 W	Class B 6–49 W	Class C 49–150 W	Class D >150 W
DIAMOND	≥85	≥90	≥92	≥93
TITANIUM	≥83	≥88	≥90	≥91
PLATINUM	≥81	≥86	≥88	≥89
GOLD	≥79	≥84	≥86	≥87
SILVER	≥76	≥82	≥84	≥85
BRONZE	≥73	≥79	≥81	≥82

表 7 — 最小整體效率 (%), 115 V 輸入。

空載限制

ETA等級	Class A ≤6 W	Class B 6–49 W	Class C 49–150 W	Class D >150 W
DIAMOND	0.020	0.030	0.050	0.075
TITANIUM	0.030	0.040	0.070	0.100
PLATINUM	0.040	0.055	0.090	0.130
GOLD	0.050	0.070	0.110	0.150
SILVER	0.060	0.085	0.130	0.180
BRONZE	0.075	0.100	0.150	0.210

表 8 — 最大空載功率 (W), 在每個 ETA 輸入電壓下分別應用。

Power-Factor Limits

功率因數於每個負載點進行測量並報告。當額定連續輸出超過70 W時，才會影響ETA等級。

ETA等級	PF — 230 V	PF — 115 V
DIAMOND	≥0.950	≥0.985
TITANIUM	≥0.940	≥0.980
PLATINUM	≥0.935	≥0.975
GOLD	≥0.930	≥0.970
SILVER	≥0.920	≥0.960
BRONZE	≥0.900	≥0.950

表9 — 70 W以上功率放大器的最小滿載功率因數。

Final ETA Award

- 1. 計算效率合資格等級。對於多輸出電源供應器，使用 Esingle 和 Emulti 所達到的較低等級。
- 2. 計算滿足空載限制的最高等級。
- 3. 對於功率大於70 W的PAs，計算其滿載功率因數限制滿足的最高等級。
- 4. 暫定 ETA 等級為適用之效率、空載及 PF 等級中的最低者。
- 5. 應用所有強制性認證門檻。失敗的門檻將阻止認證；不會轉換為較低的獎章。

$ETA_{final} = \min(\text{效率等級}, \text{無載等級}, \text{PF等級})$ 且需符合所有強制門檻

Regulatory Compliance Layer

法規合規性是獨立於 Cybenetics ETA 等級計算的。每個市場使用其自有版本化的規則集，包含各自的範圍、公式、測量平面、輸入條件及生效日期。

Region	Rule family	Core calculation
United States	DoE Level VI / 10 CFR 430	空載加上25%、50%、75%及100%負載下的平均效率，使用適用的DOE公式
European Union – current	Regulation (EU) 2019/1782	空載及指定固定負載點的平均有效效率
European Union – from 14 Dec 2028	Regulation (EU) 2025/2052	空載、適用時10%低負載、25/50/75/100%平均效率、多輸出/自適應規則及互操作性
Other selected regions	GB, Top Runner, MEPS, BEE, SASO/ESMA	使用工作單中所選版本計算

表10 — 法規規則家族。精確公式維持為版本化規則記錄。

符合性分離：產品可能獲得強大的 Cybenetics 效率結果，但仍可能因未能符合目標市場的強制性法規而未獲認證。兩種結果均明確顯示。

Mandatory Conducted EMI

導入式EMI是此協議下所有PA認證的必要項目。最低方法需遵循EN 55032/CISPR 32 Class B，使用校準過的EMI接收器及LISN。輻射式EMI不在必要基準範圍內，除非工作單中明確包含。

操作範圍：EMI 採集在獨立的 Cybenetics EMI 應用程式和實驗室工作流程中執行，而非在 Faganas Power Adapters 中。resulting trace package 連結至相同的 DUT、樣本和報告識別碼。

- 以 115 V / 60 Hz 和 230 V / 50 Hz 運行。
- 捕獲並保留線路和中性線痕跡、限制、檢測器設定、頻率範圍、設備和校準參考。
- 測試最高功率單埠設定。
- 對於多輸出 PA，也測試預掃描期間識別出的最差傳導發射同時情境。
- 記錄通過/失敗及適用限制的最小邊距。
- 傳導 EMI 失敗會阻擋兩種 ETA 等級的認證，直到修正並重新測試。

規格、紋波和暫態性能

負載和線路規格

輸出電壓在每個效率點上記錄。規格根據每個輸出/設定在負載掃描和適用的輸入電壓範圍內計算。對於同時情境，每個活躍輸出獨立評估。

紋波和雜訊

紋波在輸出測量平面使用文件化帶寬、探針連接和測試夾具測量。結果在每個埠/設定的 10%、25%、50%、75% 和 100% 負載以及最差同時情境下記錄。在安裝的五輸出工作台，輸出 1-4 同時在 PicoScope 4444 #1 輸入 A-D 上捕獲，輸出 5 在 PicoScope 4444 #2 輸入 A 上捕獲；報告保留每個輸出的示波器序列號、輸入、耦合、範圍、帶寬和捕獲 ID。中間負載紋波明顯高於滿載紋波時將標記以供審查。

暫態和重新分配測試

- 代表低至中等和中等至滿載運作的設定負載步驟。
- 共享容量運作期間的埠連接和斷開。
- USB-PD/PPS 電壓轉換、重新協商、過衝、欠衝及中斷時間。
- 當優先埠啟動或停用時的電力重新分配。
- 通過/失敗結果以及範圍截圖和機器可讀測量值。相同 PicoScope 上的通道會同時捕獲。五輸出事件跨越兩台儀器，標記為跨範圍、不同步：它支援每輸出的暫態/重分配證據，但不被用於主張兩台 PicoScope 之間的相位精確計時。

Protection Tests

保護行為在常溫下測量，並在技術上適用的高溫條件下重複測量。每個結果儲存觸發值、關機結果、損壞結果、恢復方法及作業員註記。

Protection	Required coverage
OVP	依輸出軌道/配置，若設計允許進行受控測試
OCP	Per physical output and shared-capacity group
OPP	正常及高溫條件下組合轉接器輸出
SCP	每個物理輸出；確認關機/電流限制及安全恢復
OTP	Thermal shutdown behavior where implemented
Fan failure	資訊性是/否/不適用欄位；僅在安裝風扇時需測試

Table 11 — Protection-test coverage.

Thermal and Hot Performance

熱行為是通過測量獲得，而非從安全文件中推斷。在指定環境下，全負載及最差多輸出條件會維持至熱平衡。

- 記錄機殼熱點、可接觸表面溫度、連接器與電纜溫度、儀器化內部溫度及周圍環境溫度。
- 測量正常與高溫條件下的效率退化。
- 保留熱影像及溫度/時間曲線。
- 依適用協定限制測量之可接觸表面故障會阻礙認證。

Conditional Fan and Acoustic Testing

雜訊測試為條件性測試，不會影響 Rev. 1.2 中的 ETA 效率等級。

Cooling declaration	Editor behavior	Completion rule
Fan = No	音頻區段隱藏並儲存為 N/A — 無風扇	No acoustic blocker
Fan = Yes	音頻區段、RPM欄位及上傳槽位已顯示	Noise data are required before completion

Table 12 — Conditional acoustic workflow.

- 對於配備風扇的PAs，請在熱穩定後，於全組合負載的代表性負載點測量穩態音壓與風扇轉速。
- 發布負載/雜訊曲線、最大雜訊、相關音調觀察及風扇轉速行為。
- PA音頻等級僅可在足夠數量的配備風扇的樣本存在，以建立可辯護的閾值後引入。

Additional Cybenetics Performance Tests

以下測試項目將與ETA獎章分開報告，除非未來規則集修訂明確納入它們：

- Hot-box efficiency degradation curve.
- Multi-port derating and redistribution map.
- 真實世界智慧型手機充電曲線，包含漸減與涓流行為。
- USB-PD/PPS 動態行為與電壓追蹤。
- Reference-cable resistance and voltage drop.
- 無線充電整合時的無線效率、對齊敏感度及線圈溫度。
- 動態轉接器的峰值功率持續時間與恢復時間。

取樣、重複性與邊界結果

1. 若評分結果與等級邊界相差小於0.1個百分點，請要求提供第二個樣本。
2. 若第二個樣本與第一個樣本的差異超過0.5個百分點，請要求第三個樣本。
3. 每個樣本保留其自身的測量值、識別碼和計算結果；結果永遠不會被另一個樣本覆寫。
4. 認證記錄識別樣本組和用於確定發布結果的規則。
5. 異常保護、EMI、熱或功能故障永遠不會被平均掉。

資料品質、可追溯性與自動化驗證

- 原始匯入測量值和媒體雜湊值在接受後不可更改；修正會產生審計過的修訂版本。對於每個多輸出點，執行會儲存邏輯輸出ID、Chroma主機架/通道、PicoScope序號/輸入、命令負載、負載回讀和捕獲ID；這些路由記錄與原始測量值不可更改。
- 標題值、分數和ETA等級是從來源測量值和規則集版本計算得出的。
- 編輯器檢查缺失的埠/設定檔、不可能的電力分配、標題/表格不匹配和不完整的必要媒體。
- 跨電壓檢查會標記效率、調節、紋波和其他類似指標中115 V與230 V之間異常大的差異。
- 中間負載紋波明顯超過附近滿載結果時會被標記。
- 校準ID、儀器範圍、不確定性、操作員、日期和環境條件會與每次執行一起保留。
- 手動覆寫需要原因、使用者身分和時間戳記，且永遠不會更改基礎原始資料。

強制認證門檻

Gate	必要狀態	影響
適用區域效率規則	通過	失敗將阻止該市場的認證
傳導式EMI	通過	每個PA認證均需強制執行
熱/觸摸溫度評估	通過	測量評估；無需上傳安全文件
必要保護測試	完整且一致	缺失觸發/結果或損壞將阻止認證
必要電氣數據（安裝測試台最多五個同時輸出）	完整	所有選定的埠、設定檔、輸入和場景均已計入
Required media/raw evidence	完整	EMI traces, scope captures, tables and thermal evidence present
Unresolved functional failure	None	A failed or broken sample remains a blocker

表13 — 在初步ETA計算後應用的強制門檻。

認證與報告

每個認證的PA接收與產品、樣本組、方法論修訂和規則集版本相關聯的獨立ETA-230V和ETA 115 V結果。公眾報告和資料庫必須提供足夠的細節以理解結果，而不洩露私人工作單資訊。

- 產品識別、輸入規格、功率等級、連續/保證/峰值功率和冷卻類型。
- 完整物理埠、固定設定、PD/PPS 和共享容量地圖。
- ETA 等級和 115 V 與 230 V 下的效率結果。
- 單埠區塊、多埠區塊和整體比較效率。
- 每埠/每設定效率曲線和標準化多輸出情境。
- 空載、連接待機和滿載 PF 結果。
- 區域合規結果，含規則集版本和生效日期。
- 強制性 EMI 軌跡、通過/失敗結果和裕度。
- 調節、紋波、暫態、PD/PPS 和保護結果。
- 正常/熱力學結果、溫度上升和熱成像。
- 條件性風扇/噪音結果或明確 N/A — 無風扇狀態。
- 設備、校準、不確定性、測試日期、分析師和授權記錄。
- 針對協商輸出，夾具資產/修訂、協定模式、F/V 行動、請求設定/電流、電纜 ID、驗證空載電壓和夾具接受限度。

規則集版本化和 Beta 校準

表格 6–9 中的 ETA 門檻值仍為初步提案。它們必須以版本化資料而非硬編碼應用常數的方式實施。每個規則集記錄修訂、生效日期、輸入電壓、功率等級、效率門檻、空載限制、PF 限制和適用的閘門。

在測試階段，Cybenetics 應審查按功率等級、埠數及拓撲結構分佈的人口數據。任何重新校準都會產生新的規則集；先前發出的報告將保留其原始計算結果，除非明確以更新版本重新發佈。

參考文獻

- [1] 美國能源部，外部電源設備能源效率標準，DoE Level VI，10 CFR Part 430 及附錄 Z。
- [2] Commission Regulation (EU) 2019/1782，外部電源供應器的生態設計要求。
- [3] 《歐盟委員會法規》(EU) 2025/2052，關於外部電源供應器、無線充電器、無線充電墊、電池充電器及USB Type-C線纜的生態設計要求。
- [4] EN 50564:2011 / IEC 62301，待機與無載功率測量。
- [5] EN 55032 / CISPR 32，電磁相容性多媒體設備—發射要求。
- [6] EN/IEC 61000-3-2，諧波電流發射的限值。
- [7] IEC 62368-1，音頻/視頻、資訊及通訊技術設備—安全要求及可接觸表面溫度限制。
- [8] USB Type-C Cable and Connector Specification, Release 2.4.
- [9] USB Power Delivery Specification, Revision 3.2, Version 1.1.
- [10] Cybenetics ETA and LAMBDA Certification Methodology, www.cybenetics.com.
- [11] On-Bright OBPD011 產品頁面及製造商操作圖像，<https://www.on-bright-gz.com/goods-377.html>（2026年7月18日存取）。
- [12] Cybenetics, On-Bright OBPD011 USB-C Fast-Charge Test Fixture - English Operator Guide and Faganas Power Adapters Bench Methodology, Revision 1.0, July 2026.