Cybenetics SAFE 标准

面向经济型 AC-DC 电源的安全与功能认证协议

修订版 1.8

作者：Aristeidis Bitziopoulos

塞浦路斯，尼科西亚

2026 年 8 月

修订历史

版本	发布日期	说明
1.0	2026 年 7 月	首个草案。作为 Cybenetics 测试协议 Rev. 3.8（ETA / LAMBDA / 综合性能评级）的配套文件，范围专门限定于经济型 AC-DC 电源的安全与正确运行认证。
1.1	2026 年 7 月	移除了最小保持时间要求（保留为报告值，不作通过/不通过判定），并取消了动态阶跃负载瞬态响应测试，以反映经济型电源区段的成本现实。将 PWR_OK 与保持时间的裕量（≥ 1 ms）确立为唯一强制性的、与保持时间相关的通过/不通过检查，无论电源实际保持时间为何。重新界定了电气安全台架测试：耐压、绝缘电阻和接地连续性现改为由制造商提供的 ISO/IEC 17025 实验室结果，而非 Cybenetics 内部测量；Cybenetics 仅独立测量泄漏（接触）电流作为验证。新增了交流输入保护与容差的分步测试方法。对同一线缆上双 EPS 的限制新增了基于容量的例外（≤ 550 W）。澄清了线缆热态检查的环境条件。重命名第 10 节和认证类别 E，以体现对 PWR_OK 信号的侧重。修复了导致章节之间产生空白页的分页缺陷。
1.2	2026 年 7 月	标准环境温度全文提高至 25–30 °C。空载运行保持时间由 10 分钟缩短至 30 秒。启动测试由满载改为最低额定电压下的 50% 负载。欠压/低压耐受改为空载条件，其通过判据经重新措辞，以消除必须干净关断的含义（仅要求产品未受损坏且不以不安全方式运行）。交流输入方法的措辞已更正为与实际实验室做法一致：删除了对正式“浸温”以及测量浪涌电流衰减时间的引用，并删除了启动步骤中的“bank”/“realistically”表述。负载调整率的参考点由 20 W 提高至 40 W，其 ATX 设计指南引用更正为 v3.1 指南 [11]。纹波与噪声的通过判据经重新措辞，说明 Cybenetics SAFE 始终适用最新发布的 ATX 版本限值。范围与适用性重构为明确的“范围之内”和“范围之外”两个小节。导体材质的确认澄清为目视方式。新增说明：线缆要求对全模组、半模组和非模组设计同等适用。更正了 UL

版本	发布日期	说明
		62368-1 和 GB 4943.1（现为 GB 4943.1-2022）的参考条目，并完善了 JCGM 100:2008 的引用。新增输入欠压（ATX v3.1 第 4.1.3 节，必需）作为欠压/低压耐受的依据条款，并在过压保护通过判据中加入 ATX v3.1 表 4-13 的明确 OVP 电压限值。移除了作为强制性电源保护功能的欠压保护（UVP）及其在所有类别列表中的条目，因为 ATX v3.1 并未定义直流输出侧的 UVP 要求（仅有交流侧的输入欠压，已由欠压/低压耐受涵盖）。将风扇失效/无风扇保护在本版本中重新归类为可选的、不计入通过/不通过的检查：仍予测试并报告，但不再影响总体不通过的判定。将欠压方法步骤由“记录”更正为“检查”供电轨电压和 PWR_OK。
1.3	2026 年 7 月	在标题页添加了 Cybenetics 徽标。从强制性过压保护通过限值中移除了 +5VSB：ATX v3.1 将 +5VSB 上的 OVP 定义为推荐而非必需，因此其不再属于 OVP 通过判据的组成部分（强制性限值仍为 +12VDC – 15.6 V、+5VDC – 7.0 V、+3.3VDC – 4.3 V）。线缆热态检查时长由满载连续运行 30 分钟缩短至 15 分钟。新增按额定功率档位（≤550 W、551–650 W、651–1000 W 和 >1000 W）规定所需并受测的最小连接器配置的标准线缆配置表（第 11 节），并将线缆热态检查的范围限定为该配置中每一类型的一个连接器加上任何共用的大功率线缆。
1.4	2026 年 8 月	将上层 Cybenetics 测试协议的引用版本更新为 Rev. 3.9。
1.5	2026 年 8 月	标题页整理：第 1 页不再显示页眉与页脚，仅保留标题区块与 Cybenetics 标志。
1.6	2026 年 8 月	电气安全测试：第 6.1 至 6.3 节现接受分层之证明文件层级，而非仅限 ISO/IEC 17025 认可报告，并明定未取得证明之类别绝不视为通过。空载运行改列为可选且不计入通过/不通过：先前判据会因产品在空载下关断而判定失败，然而刻意配备之空载保护正是如此运作。标志核查：因无公开数据库或无法连线而未能查证之标志，记录为无法查证而非判定失败

版本	发布日期	说明
		；自动 FAIL 现仅适用于经发现系伪造、逾期或就其他型号核发之标志。上层协议引用更新为 Rev. 4.1。
1.7	2026 年 8 月	文件管控：标题页与页眉现与其所载修订版一致。原标题页载为 2026 年 7 月，即修订版 1.3 之日期，而修订版 1.4、1.5 与 1.6 之修订历史行均载为 2026 年 8 月，标题页日期早于本文件自身修订历史中的条目。另外，第一页之后每一页的页眉均载为“Rev. 1.5, 2026 年 7 月”：该页眉系为修订版 1.5 所制，于发布修订版 1.6 时未予更新。准则、限值、证明文件层级与通过／不通过规则均未变更。
1.8	2026 年 8 月	交叉引用改为不注明版次。原先十处对母文件 Cybenetics 测试协议的引用均载为 Rev. 4.1，而该母文件于同日修订为 Rev 4.2，致使此等引用于发布当日即已过时。由于母文件亦回头引用本文件，双方采用注明版次之引用无法收敛——后发布者必使先发布者再度失准。现各处引用均改为“Cybenetics 测试协议”，恒指其现行修订版。准则、限值、证明文件层级与通过／不通过规则均未变更。

目录

术语定义 5
前言 8
范围与适用性 9
测试装置与测量条件 11
测试设备要求 *11*
一般测试条件 *11*
电气安全台架测试 13
交流输入保护与容差测试 15
分步测试方法 *16*
电源保护功能（输出侧） 18
PWR_OK 信号与时序验证 20
基本调整率、纹波、开机过冲及 Power OK 信号准确性 21
线缆与连接器安全要求 23
机构认证标识核查 25
认证准则 — Cybenetics SAFE 通过/不通过模型 26
与 CybenPass 的关系 *26*
认证有效期、费用与元件分析 *27*
测试报告模板 28
测量不确定度、溯源性与保护带 29
结语 30
参考文献 *31*

术语定义

交流信号

极性以周期 T 变化且平均值为零的时变信号。[1]

环境温度

紧邻被测单元（UUT）周围的环境空气温度。除非特定测试另有规定，Cybenetics SAFE 采用 25–30 °C（见第 5 节）。

AWG

AWG（美国线规）是用于表示导电线材直径的标准化体系。AWG 数值越大，导线越细。

DUT / UUT

被测器件/被测单元 — 提交进行 Cybenetics SAFE 评估的电源样品。

介电强度（Hipot）测试

在相互隔**离**的电路之间（例如市电侧对次级侧，或市电侧对机**壳**/接地）施加高交流或直流电压并持续规定时间的测试，用以**确**认绝缘能够承受瞬态过电压而不发生击穿或飞弧。在 Cybenetics SAFE 下，该结果由制造商提供，来自经 ISO/IEC 17025 认可的实验室（第 6.1 节），并非由本机**构**自行测量。

保护接地连续性

用以**确**认电源上所有应接地的可触及导电部件均以足够低的电阻与交流输入插口的保护接地引脚连接，从而能够安全承载故障电流并使上游分支电路保护装置动作的测试。在 Cybenetics SAFE 下，该结果由制造商提供，来自经 ISO/IEC 17025 认可的实验室（第 6.3 节），并非由本机**构**自行测量。

保持时间（Hold-Up Time）

在满额定负载下，交流输入切除后电源能够维持稳压输出的持续时间。Cybenetics SAFE 测量并报告该数值，但不规定最小值；仅 PWR_OK 与保持时间之间的裕量为通过/不通过判据（第 9 节和第 10.4 节）。

泄漏（接触）电流

在正常条件或单一故障条件下，接触设备可触及部件的人员或物体所流过的电流，按 IEC 60990 测量。这是 Cybenetics 唯一对收到的样品自行独立测量的电气安全台架测试项目（第 6.4 节）。

MOV（金属氧化物压敏电阻）

跨接于交流输入端的电压相关元件，用于钳制瞬态过电压（浪涌），以保护下游电路。

NTC 热敏电阻

串联于交流输入端的负温度系数热敏电阻，用于限制开机时的浪涌电流；通常在设备达到稳态后由继电器旁路，以避免持续的功率损耗。

OCP / OPP / OVP / OTP / SCP

分别为过流保护、过功率保护、过压保护、过温保护和短路保护 — 现代开关电源应具备的一整套保护电路，用于在故障或滥用条件下防止对设备本身、主机系统或使用者造成损害。

电源（PSU）

将交流输入电压转换为一路或多路稳压直流输出电压（供电轨）的电源单元。

供电轨或直流母线

电源向所连接系统供电的任一直流输出。多路供电轨电源的标准供电轨为 +12V、+5V、+3.3V 和 +5VSB。

额定交流输入电压范围

制造商在电源铭牌上标示的输入电压范围（最小值/最大值）。

额定直流输出功率与电流

在规定环境温度下，电源在其每一路供电轨上能够提供的最大连续负载，以铭牌标示为准。若铭牌与制造商其他文件不一致，以铭牌为准。

稳态

系统中所观察的变量对输入或其他激励作出响应后达到平衡状态时的运行状况。[1]

PWR_OK

ATX 规范定义的“电源良好”信号，仅当所有受监控的输出供电轨均处于调整范围内且已储存足够保持能量时才可置为高电平，并且必须在任一受监控供电轨脱离调整范围之前撤销。

ATX 规范

ATX（Advanced Technology eXtended）是最初由 Intel 制定的主板与电源配置规范。本文件通篇引用电源制造商所声明的特定 ATX 版本（例如 ATX v2.x、ATX v3.0、ATX v3.1）。[6][7]

前言

Cybenetics 测试协议（ETA / LAMBDA / 综合性能评级）[12] 的设计目标是全面表征电源的性能范围 — 涵盖 1,450 余种负载组合下的效率、噪声输出、功率因数、纹波、瞬态响应以及加权综合性能评级。该测试深度适用于效率与噪声属于购买决定性因素的发烧级和企业级产品，但若应用于电源市场的经济型区段，则在时间和设备两方面都过于昂贵。

全球销售的电源中有很大一部分仅凭价格购买：随机附送的机型、经济型办公主机、低成本游戏主机以及 OEM 替换件。这些机型很少在效率或噪声方面竞争，但它们同样直接连接市电，同样具有与任何其他开关电源相同的火灾、电击和元件损坏风险，并且在实践中正是保护电路、导线线径和真实安全认证最常被削减的市场区段。

Cybenetics SAFE 只回答一个问题：这台电源在运行中是否安全，并且在正常条件和合理可预见的故障条件下是否表现正常？它不测量效率、待机功耗、功率因数或噪声输出，也不给出数值化性能评分。产品要么满足本协议的每一项强制性要求，要么不满足。既无部分得分，也无奖励加分。

希望在效率、噪声或综合性能方面获得认可的制造商，应另行按照 Cybenetics 测试协议 提交产品以取得 ETA、LAMBDA 和综合性能评级认证。Cybenetics SAFE 与 Cybenetics 测试协议相互独立，可一并申请，也可分别申请。

另有若干简化专门反映了经济型区段的经济现实。Cybenetics SAFE 不设最小保持时间：保持时间主要取决于初级侧大容量电容，而该电容正是制造商为达成激进价位时最先削减的部位之一。这是一种正当的成本取舍，而非安全缺陷 — 但 PWR_OK 信号相对于产品实际保持时间的正确性仍属完全强制（第 9 节），因为无论底层保持时间多短，错误或迟滞的 PWR_OK 信号都是真实的安全与数据完整性问题。Cybenetics SAFE 同样不要求动态阶跃负载瞬态响应测试，该测试需要可编程脉冲电子负载，对于低成本认证层级而言强制要求并不经济；负载调整率与纹波仍在整个额定负载范围内予以验证（第 10 节）。

最后，电气安全台架测试（第 6 节）的处理方式与从零开始的安全实验室不同：耐压、绝缘电阻和接地连续性在产品为合法销售所必须持有的法规安全认证下本已是强制项目（第 12 节），在本机构内部重复配置该等设备与人力将显著抬高 Cybenetics SAFE 的成本，却不产生新的信息。因此，Cybenetics 就该三项测试采信制造商自身经 ISO/IEC 17025 认可的实验室结果，仅对实际收到的实物样品自行独立测量泄漏（接触）电流，作为提交产品与受认证产品是否一致的轻量化验证。

范围与适用性

Cybenetics SAFE 适用于提交进行安全与正确运行认证的任何功率或外形规格（ATX、SFX、TFX、ATX12VO、Flex、冗余式等）的 AC-DC 电源。其主要面向但不限于市场的经济型/入门级区段。

范围之内

Cybenetics SAFE 涵盖以下内容并对其给出通过/不通过结论：

- 电气安全台架测试：由制造商提供的、经 ISO/IEC 17025 认可的耐压、绝缘电阻和接地连续性实验室结果，以及由 Cybenetics 独立测量的泄漏（接触）电流（第 6 节）。
- 交流输入保护与容差：保险丝、浪涌、浪涌电流、启动以及欠压耐受（第 7 节）。
- 电源保护功能：OCP、OPP、OVP、SCP、OTP 以及空载运行（第 8 节）。
- PWR_OK 信号的正确性与时序，包括强制性的 PWR_OK 与保持时间裕量（第 9 节）。
- 基本调整率、纹波与噪声、开机过冲，以及 Power OK 信号准确性检查（第 10 节）。
- 线缆与连接器安全，包括最小导线线规和线缆热态检查（第 11 节）。
- 核查所需的机构/法规安全标识是否齐备且内部一致（第 12 节）。

范围之外

以下事项仍由 Cybenetics 测试协议 负责（或完全不属于 Cybenetics 的职责范围），在 Cybenetics SAFE 下不作通过/不通过判定：

- 能效测量与 ETA 认证。
- 声学（噪声）输出测量与 LAMBDA 认证。
- 综合性能评级以及任何加权或奖励加分式评分。
- 最小保持时间要求。保持时间予以测量并报告，但不作通过/不通过判定（第 9 节和第 10.4 节）。
- 风扇失效/无风扇保护的强制性通过/不通过要求。在 Cybenetics SAFE 下，该项目目前为可选的、不计入通过/不通过的检查：风扇失效行为仍会被测试并记录（第 8 节），但仅该单项不通过并不影响产品的 Cybenetics SAFE 认证总体结论。
- 动态阶跃负载瞬态响应测试。

- 本机**构**内部的耐压、绝缘电阻和接地连续性测试。该等项目采信制造商经 ISO/IEC 17025 认可的实验室报告（第 6 节）。
- 独立的 EMI/EMC 骚扰发射测量（传导或辐射）。符合 CISPR 32 / EN 55032、FCC Part 15 或等效区域 EMC 法规仍属制造商的法规责任；本文件第 12 节核查所需的法规标识与声明是否齐备且内部一致，但不重新测量骚扰发射。

测试装置与测量条件

测试设备要求

所有测量均使用经校准、可溯源至 SI 单位且至少满足以下要求的仪器进行：

1. 交流电源（可编程）：90–264 Vac（或更宽），45–65 Hz，正弦输出，低失真；功率能力应满足被测件额定功率并留有裕量；具备可控电压斜坡能力以进行欠压测试。
2. 直流电子负载（多通道）：必须具备恒流模式；具备用于故障模拟测试（OCP、OPP、SCP）的快速阶跃能力；电流准确度 ≤ ±0.5% 读数。
3. 示波器：模拟带宽 ≥ 100 MHz，采样率 ≥ 1 GS/s，具备适用于毫伏级纹波、浪涌电流以及保持时间/PWR_OK 时序捕获的差分/低噪声探测。冷启动浪涌电流需要单次/预触发捕获能力。
4. 交流火线导体上的电流探头或经校准分流器，适用于捕获冷启动浪涌电流峰值。
5. 符合 IEC 60990 的泄漏（接触）电流测量仪或测量网络 — 由 Cybenetics 用于第 6.4 节的独立验证测量。
6. 数字万用表（台式级）：直流电压准确度 ≤ ±0.05% 读数等级，用于抽查与交叉验证。
7. 温度测量：热电偶/红外，准确度 ≤ ±0.5 °C，用于线缆护套与散热器热点检查。
8. 转速表：0–10,000+ rpm，≤ ±1% 读数，用于风扇失效模拟。
9. 交流电源馈线上的隔离变压器与在线式 UPS，用于在有意进行的故障测试（SCP、欠压、浪涌）期间保护实验室设备。

关于电气安全台架设备的说明：耐压测试仪、绝缘电阻（兆欧表）测试仪和接地导通测试仪不属于 Cybenetics SAFE 的常规设备清单，因为第 6.1–6.3 节采信制造商经 ISO/IEC 17025 认可的实验室报告，而非在本机构内部重新测量。Cybenetics 仍可自行酌情保有该等设备以供偶尔的独立审核复测使用，但常规认证并不要求配备。

一般测试条件

除非特定测试另有说明，测量均在 25–30 °C 的标准环境温度下进行 — 本协议中凡未规定自身温度条件的测试均采用该环境温度，包括线缆热态检查（第 11 节）和交流输入保护与容差测试（第 7 节），除非该节要求提高环境温度。故障条件与应力测试（OCP、OPP、OTP、SCP）另在 40–45 °C 的较高环境温度下重复进行，以体现符合实际的加载机箱环境，与 Cybenetics 测试协议 所采用的方法保持一致。

在记录任何通过/不通过读数之前，应让电源达到热稳态（内部温度在 5 分钟窗口内无显著漂移），但专门针对冷启动行为的测试除外。

电气安全台架测试

这四项测试独立于电源控制电路确认其基本电气安全性。耐压、绝缘电阻和接地连续性在产品为合法销售所必须满足的法规安全标准下本已是强制项目（IEC/EN/UL 62368-1，或对按旧标准认证的设计为 IEC/EN/UL 60950-1）；Cybenetics SAFE 不在内部重复该等设备与人力投入。因此第 6.1 至 6.3 节由随样品提交的证明文件满足，Cybenetics 仅就第 6.4 节“泄漏（接触）电流”自行测量，作为所收到实体样品与受认证产品是否一致的轻量验证。

第 6.1 至 6.3 节之可接受证明文件，依证明力由强至弱排列。符合其中任一层级即满足要求，并由测试报告载明所采用之层级：（1）由 ISO/IEC 17025 认可实验室就确切型号出具之测试报告；（2）依 IECEE CB 制度核发之 CB 测试报告，或 UL、cUL 或 TÜV 认证所据之测试报告，且针对确切型号；（3）安全凭证连同符合性声明，其须载明确切型号、额定值与所适用之标准，且制造商未释出所据之报告；（4）制造商就耐压与保护接地连续性之例行出厂检验记录，该记录本即为所声明安全标准之生产要求；（5）于上述皆无法提供且具备必要设备时，由 Cybenetics 自行测量。

若上述各层级均无法满足，该产品即不予 Cybenetics SAFE 认证，并于报告中载明 A 类未取得证明。未取得证明之类别，绝不记录为通过。在任何情况下，证明文件均须与受测样品属于同一生产或料表版本区间。

介电强度（Hipot）测试 — 由制造商提供

在以下部位之间施加高交流或直流试验电压并持续规定驻留时间：(a) 初级（市电）电路与次级（直流输出）电路，(b) 初级电路与机壳/保护接地，以及 (c) 次级电路与机壳/保护接地（当次级未有意接地时）。试验电压与驻留时间依据 IEC 62368-1（或 IEC 60950-1）相应条款下为该产品声明的工作电压与绝缘等级确定。

通过判据：符合第 6 节所列之可接受证明文件，就所提交之确切型号、额定值与绝缘等级显示通过结果，并涵盖上述全部三处绝缘界面。Cybenetics 在例行认证中不再自行重复此项测试。

绝缘电阻测试 — 由制造商提供

使用兆欧表在与耐压测试相同的隔离界面之间测量绝缘电阻，直流试验电压应与绝缘等级相适应（通常为 500 V DC）。

通过判据：符合第 6 节所列之可接受证明文件，就所提交之确切型号与额定值显示绝缘电阻达到或超过所声明安全标准对该设备等级所要求之最小值（基本绝缘通常为 ≥ 2 MΩ，加强或双重绝缘则更高）。

保护接地（接地）连续性 — 由制造商提供

一项低阻抗、大电流测试，用以验证交流输入插口接地引脚与电源上所有应接地的可触及导电部件（机壳、安装支架、屏蔽连接器外壳等）之间的连接。

通过判据：符合第 6 节所列之可接受证明文件，就所提交之确切型号与额定值显示在每一受检接合点之电阻不超过所声明安全标准规定之限值（通常为 ≤ 0.1 Ω，不含电源线）。

泄漏（接触）电流 — 由 Cybenetics 验证

与第 6.1–6.3 节不同，接触电流由 Cybenetics 依据 IEC 60990 对实际收到的实物样品直接测量，在正常条件下以及（适用时）单一故障条件下（例如保护接地开路），在额定电压和两种火线极性下进行。

通过判据：Cybenetics 自行测得的接触电流不超过适用于该设备等级及目标市场所采用安全标准的限值，该限值以制造商为该产品出具的符合性文件所声明者为准。若 Cybenetics 的测量结果与制造商自行声明的数值存在实质性差异，该产品将转入工程审查，Cybenetics 并可自行酌情升级为对第 6.1–6.3 节亦进行独立复测。

交流输入保护与容差测试

保险丝的配备与额定值

交流输入线路必须配备额定值与电源最大输入电流相匹配的保险丝（或等效过流分断装置），且仅在打开外壳后方可触及。

通过判据：保险丝已配备、额定值正确，并位于火线导体上、处于其他初级侧电路之前。

浪涌保护（MOV / TVS）

交流输入必须在火线-零线之间（以及适用时火线/零线对地之间）配备金属氧化物压敏电阻（MOV）、瞬态电压抑制（TVS）二极管或有文件记载的等效元件，以钳制瞬态浪涌。

通过判据：MOV/TVS（或等效元件）已配备且连接正确；在 Cybenetics SAFE 下这是一项强制性要求，而非可选的加分项。

浪涌电流保护

交流输入必须配备 NTC 热敏电阻（或等效的主动浪涌限制），并通常在达到稳态后由继电器旁路。浪涌电流在冷启动时、于最低和最高额定线电压下分别测量。

通过判据：NTC 热敏电阻（或等效元件）已配备；实测冷启动浪涌电流在正常实验室条件下既不超过制造商声明的额定值，也不使上游分支电路保护装置动作。

最低额定电压下的带载启动

依据 ATX 规范第 4.1 节 [7]，电源必须能够在其所声明输入范围的下限、以其额定负载的 50% 启动（例如宽范围机型为 90 VAC，分段范围机型则为相应最低值，例如 180 VAC）。产品在 50% 负载和最低额定电压下保持 5 分钟。

通过判据：电源启动并在整个 5 分钟期间维持 50% 额定负载，无关断、保护动作或异常输出行为。

欠压/低压耐受

本测试涵盖输入欠压（Input Under Voltage），这是 ATX 规范第 4.1.3 节 [7] 规定的必需保护：在空载条件下将输入电压降至所声明最低额定电压以下（宽范围机型通常降至 80 VAC，仅 200–240 VAC 机型降至 170 VAC）。

通过判据：当输入电压降至其所声明的最低值以下时，电源未受损坏，且不以任何不安全方式**运**行（持续振荡、输出紊乱，或伴随可见或可测元件损坏的保护闭锁），并在恢**复**标称交流输入后恢**复**正常**运**行。电源无须在任何特定电压下**关**断，也无须在其所声明输入范围以下维持稳压输出 — 只需安然度过该状况而不对其自身、所连接系统或使用者造成危害，并能正常恢**复**。

分步测试方法

本小节确切规定上述五项检查在实验室中如何依次对同一样品实施。除**另**有说明外，所有**步**骤均在 25–30 °C 的标准环境温度下进行（第 5 节）。

1. 外观与拆解检查：在产品完全断电并安全放电后，打**开**外**壳**并目视确认交流输入保险丝、MOV/TVS 以及 NTC 热敏电阻（如配备旁路继电器则含继电器）的配备情况、安装位置与额定值。对每个元件拍照存入报告记录。仅此一**步**即决定“保险丝配备”和“浪涌保护”的通过/不通过结果。
2. 保险丝额定值交叉核对：将保险丝上标印的额定值与电源在最低额定电压下所声明的最大输入电流进行比较。相对于所声明输入电流偏小的保险丝判为不通过；偏大的保险丝（无法保护所声明额定值）同样判为不通过。
3. 冷**启**动浪涌电流测量：使用近期未通电的产品，使其内部温度处于环境温度（避免在上一次**运**行后立即测试）。将交流馈线经火线导体上的经校准电流探头或分流器接入，并将示波器配置为单次、预触发捕获。在电源自身电源**开关**已处于**开启**位置的情况下，以电源的最低额定线电压给交流电源上电，并在首次施加交流电的瞬间捕获浪涌电流波形。记录峰值电流。**两**次**运**行之间让产品恢**复**至环境温度，随后重**复**，在最低额定电压下共计进行 3 次。
4. 在电源的最高额定线电压下重**复步**骤 3（3 次），因为冷**启**动浪涌电流通常在输入范围上限时最高。记录两个电压极值下**每**次**运**行的峰值电流；该数据用于上述浪涌电流保护的通过/不通过判据。
5. 最低额定电压下 50% 负载启动：在产品再次处于环境温度时，将电子负载预设为电源额定容量的 50%，并按制造商所声明的配置分配至各供电轨。将交流电源设定为电源所声明的最低输入电压。在负载已连接的情况下**开启**电源（或在**开**机后 1 秒内加载），保持 5 分钟，期间持续记录所有供电轨电压、PWR_OK 状态以及外**壳**/散热器温度。本次**运**行产生“带载启动”的通过/不通过结果。
6. 欠压/低压耐受：在电源于最低额定电压下空载运行时，以受控速率（标称 1 V/s）将交流电源电压向**适**用的耐受阈值下调（宽范围机型为 80 VAC，仅 200–240 VAC 机型为 170 VAC），期间持续检查各供电轨电压和 PWR_OK。当输入电压降至其所声明的最低值以

下时，产品不得受损，也不得出现不安全行为（输出紊乱、持续振荡，或伴随可见或可测元件损坏的保护闭锁）。

7. 恢复检查：在步骤 6 之后立即恢复标称交流输入，并确认电源回到正常稳压运行 — 无论是全程持续运行，还是在斜坡过程中曾关断后干净地重新启动 — 且除常规断电重启外无需任何人工干预。以此确认上述欠压/低压耐受的通过/不通过判据。
8. 浪涌保护通过步骤 1 的元件级检查予以验证（配备正确的 MOV/TVS 元件并在 L-N 之间、以及在配备时 L/N 对地之间正确接线），而非通过注入实际的高能浪涌脉冲，因为按 IEC 61000-4-5 进行的组合波浪涌测试在第 12 节所述的法规安全/EMC 认证下本已是要求项目。Cybenetics 可自行酌情使用经校准的组合波发生器施加独立浪涌脉冲以作抽查审核之用，但这不属于 Cybenetics SAFE 的常规程序。

至少应记录的数据：保险丝额定值及照片；MOV/TVS 元件型号及照片；NTC 热敏电阻（及继电器，如配备）元件型号及照片；6 次冷启动运行（最低额定电压 3 次、最高额定电压 3 次）各自的浪涌电流峰值；最低额定电压下（50% 负载）完整的 5 分钟启动记录；发生任何与欠压相关的关断或不安全行为时的交流电压（如有）；以及欠压斜坡后正常恢复的确认。

电源保护功能（输出侧）

在 Cybenetics SAFE 下提交的每一台电源都必须展示完整且正确触发的保护方案。与 Cybenetics 测试协议 中对这些相同功能采用奖励加分的处理方式不同，以下每一项均为强制性通过/不通过要求，但有一个例外：风扇失效/无风扇保护目前为可选的、不计入通过/不通过的检查（见下文）。对于其余每一项，任一单项不通过即导致该产品总体不通过。

过流保护（OCP）

OCP 在每一条主要供电轨上单独测试（+12V、+5V、+3.3V；多路供电轨设计中每条 +12V 供电轨单独测试）。

通过判据：对于单路 +12V 供电轨设计，OCP 在不高于该供电轨额定最大电流 130% 时触发（多路 +12V 设计为 135%），且在正常条件下不得低于额定电流的 100% 触发。电源必须安全关断（无冒烟、明火或元件破裂），并在移除过载并断电重启后正常恢复。

过功率保护（OPP）

提高直流输出总功率直至 OPP 动作。

通过判据：OPP 在不高于电源额定输出总功率 130% 时触发，并在移除过载后安全关断且正常恢复。

过压保护（OVP）

通过外部偏置电源或等效方法将每条受监控供电轨抬升至其调整窗口之上，以确认 OVP 动作。

通过判据：OVP 在任一供电轨超过 ATX v3.1 表 4-13 [11] 规定的最大限值之前动作：+12VDC – 15.6 V；+5VDC – 7.0 V；+3.3VDC – 4.3 V。所测试的每条供电轨均须安全关断。在 ATX v3.1 下，+5VSB 的 OVP 属推荐而非必需，因此不纳入本强制性通过/不通过判据。

短路保护（SCP）

依据 ATX 规范，输出阻抗低于 0.1 Ω 即定义为短路。每条供电轨单独短路。

通过判据：电源在所测试的每条供电轨上立即安全关断，唯一例外为 +5VSB（本已处于待机运行），其只需在解除短路后恢复正常运行即可。电源必须能够承受反复/长时间的 SCP 循环而不发生性能劣化。

过温保护（OTP）

通过提高环境温度、限制气流或用热风枪对相关散热器加热等方式提升内部温度，直至 OTP 动作。

通过判据：OTP 在次级侧散热器（或等效的受监控热点）超过 190 °C 之前动作，并安全关断，待产品冷却后正常恢复。

风扇失效/无风扇保护（可选）

在带载条件下堵转或断开电源的风扇（依风扇控制拓扑而定）。

结果判据（可选，不计入通过/不通过）：理想情况下，电源应检测到风扇失效，并在内部元件达到不安全温度之前安全关断或启动保护性降额/OTP 响应。在 Cybenetics SAFE 下，风扇失效/无风扇保护目前为可选检查：其结果会被测量并出于透明性记入测试报告，但本身不会导致该产品总体不通过。

空载运行（可选）

电源在其主供电轨上以零负载（或 ATX 规定的最小负载）启动并保持至少 30 秒。

结果判据（可选，不计入通过/不通过）：记录所观察到的行为——电源是否启动、是否保持稳定，或是否关断。对于刻意配备空载保护的机型，在此条件下关断属预期行为，并不构成缺陷。本项检查本身不会导致整体 FAIL。若在空载下观察到不安全的输出偏移，则依过电压保护与开机浪涌两项判定，该两项仍为强制项目。

PWR_OK 信号与时序验证

依据 ATX 规范，在 20% 和 100% 两个负载点验证 PWR_OK（Power-Good）信号的置位、撤销与时序是否正确。本节是 Cybenetics SAFE 中最重要的章节之一：由于第 10.4 节不设最小保持时间，PWR_OK 相对于产品实际保持时间的准确性，是保护主机系统免遭稳压供电无预警中断的首要安全屏障。

- 仅当 +12V、+5V 和 +3.3V 全部处于各自调整窗口之内且已储存足够保持能量时，PWR_OK 才可置为高电平（标称 5V）。
- PWR_OK 自身的保持时间（自交流失电至 PWR_OK 撤销）必须比电源实测的实际保持时间短至少 1 ms — 即 PWR_OK 必须在 +12V、+5V 或 +3.3V 中任一实际脱离其调整窗口之前至少 1 ms 撤销。无论实测保持时间最终是长是短，该裕量均属强制 — Cybenetics SAFE 不设最小保持时间（第 10.4 节），但 PWR_OK 相对于产品实际保持时间的裕量绝非可选。
- 上电时间（T1）必须小于 150 ms。
- PWR_OK 延迟（T3）必须落在 100–150 ms 的窗口内。

通过判据：在所测试的两个负载点上均满足以上四项条件。若 PWR_OK 信号在任一受监控供电轨已脱离调整范围后仍保持置位，或其自身保持时间未比电源实测的实际保持时间至少短 1 ms，则自动判为不通过 — 无论电源的绝对保持时间如何，这都构成向主机系统发出的虚假安全信号。

基本调整率、纹波、开机过冲及 Power OK 信号准确性

这些检查确认电源在其整个额定负载范围内均在适用 ATX 规范的电气限值之内运行。与经济型电源区段的成本现实相一致（见前言），Cybenetics SAFE 不要求动态阶跃负载瞬态响应测试，也不规定最小保持时间 — 本领域的通过/不通过权重转而落在 PWR_OK 信号自身的准确性上（第 9 节）。本节的任何结果均不施加加权或评分 — 每项检查严格分为符合规范或不符合规范。

负载（电压）调整率

每条供电轨自轻载参考点（通常为施加 40 W 负载，以避免无空载保护的产品在空载时不稳定）测量至满额定负载。

通过判据：在整个受测负载范围内，每条供电轨均保持在适用 ATX 规范所规定的调整容差之内（+5V、+3.3V 和 +5VSB 通常为 ±5%；对于 ATX v3.x 设计，12V-2x6/12VHPWR 连接器上的 +12V 为 +5%/–8%，其他连接器上的 +12V 为 +5%/–7%，依据 ATX v3.1 设计指南 [11] 表 3-5 和 4.2）。

输出电压纹波与噪声

依据适用 ATX 规范所规定的带宽限制方法，在满额定负载下测量每条主要供电轨的峰峰值纹波与噪声。

通过判据：每条供电轨的纹波与噪声均不超过最新发布的 ATX 规范版本对该供电轨规定的限值（常被引用的基准值为 +12V 120 mV 峰峰值，+5V、+3.3V 和 +5VSB 为 50 mV 峰峰值）。无论制造商最初依据哪一 ATX 版本进行设计，Cybenetics SAFE 始终适用测试时最新 ATX 版本的限值。

开机过冲

在具代表性的负载下开启电源，并记录开机瞬态期间 +12V 和 +5VSB 上的电压过冲峰值。

通过判据：开机过冲不超过适用 ATX 规范对该供电轨允许的最大瞬时偏移。

Power OK 信号准确性（保持时间交叉核对）

直接测量保持时间（在满额定负载下，交流输入切除后电源维持稳压输出的持续时间）并记入每份测试报告。Cybenetics SAFE 不为该数值设定最小值 — 针对经济型电源区段的成本理由参见前言。

报告要求：无论其数值如何，实测保持时间始终予以记录（第 14 节）。

与实测数值无关的强制性安全要求：无论电源的实际保持时间为何，PWR_OK 信号自身的保持时间都必须比其短至少 1 ms — 即 PWR_OK 必须在该时间耗尽之前至少 1 ms 撤销（第 9 节）。此处作通过/不通过判定的是该裕量检查，而非保持时间本身。

线缆与连接器安全要求

线径不足或质量低劣的线缆是一种火灾与可靠性风险，在经济型电源区段中出现的比例格外之高。因此，无论导体材质如何，Cybenetics SAFE 均适用硬性的最小线规要求以及一项热态检查。

连接器	最小 AWG（供电导体）
主电源连接器（24 针）	18 AWG（感测线为 22 AWG）
EPS（4+4 针）	18 AWG
PCIe 6+2 针	18 AWG（感测线为 20 AWG）
PCIe 12+4 针（12VHPWR / 12V-2x6）	16 AWG（感测线为 28 AWG）
SATA	18 AWG
Molex 4 针	18 AWG

通过判据（线规）：每一条受测供电导体均达到或超过上表中的最小线规，无论导体材质为何（纯铜、CCA 或 CCS）。

导体材质（纯铜、覆铜铝或覆铜钢）以目视方式确认并出于透明性予以记录，因为即使线规相同，材质仍会影响电阻、温升和长期抗疲劳性能。推荐使用纯铜；CCA 和 CCS 导体仅在通过下述热态检查时方可在本协议下使用。

无论电源为全模组、半模组还是非模组，这些要求均同等适用 — 线缆与连接器的设计形式对最小线规、热态检查或下述双 EPS 要求均无影响。

按额定功率划分的标准线缆配置

线缆与连接器的确切配置随电源的额定输出功率而异。Cybenetics SAFE 规定了在给定功率档位下必须配备、并因而须接受线规检查（上文）和线缆热态检查（下文）的最小连接器组合。仅对所提交产品上实际配备的连接器进行测试；产品无须配备超出其自身所声明额定功率在本表下所要求的连接器。

额定功率	标准连接器配置
≤ 550 W	24 针主接口；单个 EPS（4+4 或 8 针）；0–1× PCIe 6+2；SATA；Molex
551–650 W	24 针主接口；EPS 8 针；1–2× PCIe 6+2；SATA；Molex

651–1000 W	24 针主接口；EPS 8 针（如配备则含双 EPS）；2–4× PCIe 6+2 和/或 PCIe 12+4/12VHPWR；SATA；Molex
> 1000 W	24 针主接口；双 EPS 8 针；必须配备 PCIe 12+4/12VHPWR（原生或转接）；其余 PCIe 6+2 依实际配备；SATA；Molex

若某产品的额定功率因双市场（115V/230V）标示而落入不止一个可能的档位，则以**两**个**适**用额定值中较高者决定所要求的连接器组合。

线缆热态检查

在通过该连接器以满额定负载连续运行 15 分钟后，于连接器本体处测量线缆护套温度，产品应在第 5 节（一般测试条件）所规定的 25–30 °C 标准环境温度下**运**行 — 即常温室温，而非提高或降低的环境温度。该检查针对产品标准线缆配置（上文）中所含**每**一类型的一个连接器进行，并**另**加任何承载多于一个大功率连接器的线缆，测试时该线缆上的所有连接器须同时加载。

通过判据：实测线缆护套温度不超过所用绝缘材料的耐温等级，并留有至少 15 °C 的实用裕量。

连接器共用 — 双 EPS 限制

将**两**个大功率连接器置于同一条线缆上，会使热量与电流集中于共用导体。Cybenetics SAFE 特别限制**两**个 EPS（4+4 针）连接器共用一条线缆，因为 EPS 为 CPU 供电，在实际系统中通常接近其额定电流**运**行。

通过判据：除非电源的额定总容量为 550 W 或更低，否则单条线缆不得承载两个 EPS 连接器。在 550 W 以上，双 EPS 线缆无论热态检查结果如何均自动判为不通过。在 550 W 及以下，双 EPS 线缆仅在**两**个连接器同时满载运行下亦通过上述线缆热态检查时方可采用。

对于共用同一条线缆的**两**个 PCIe 6+2 连接器，建议（但不**强**制）采用同样的考量；此类设计将在报告中予以标注，并仍须在同时满载运行下通过线缆热态检查。

机构认证标识核查

伪造或误用的安全认证标识在入门级电源区段中是反复出现的问题。本节确认产品及其文件上所载的标识真实、现行，并适用于所测试的确切型号与额定值。

测试人员至少核查以下与产品所声明市场相关的标识/体系，并在存在公开数据库时逐一对照签发机构的数据库进行验证：

- UL / cUL（美国/加拿大）— 对照 UL Product iQ 验证。
- CB 体系（IECEE）— 验证 CB 证书/测试报告编号。
- CE 标识（欧洲经济区）— 验证符合性声明所引用的型号、标准以及（适用时）公告机构是否正确。
- TÜV 或其他欧盟认可标识（如有）。
- CCC（中国强制性产品认证），当产品在中国销售时。
- PSE（日本）、KC（韩国）、BSMI（台湾）、RCM（澳大利亚/新西兰）、EAC（欧亚经济联盟），或与产品所声明市场相关的其他区域标识。

通过判据：机体上所呈现之任何标志，均未被发现系伪造、逾期，或系就其他型号或版本所核发。凡该标志设有公开查询数据库者，即予核查；若无数据库或无法连线查询，则将该标志记录为无法查证，此本身并不构成缺陷。若产品销往之市场要求某项标志而该产品实际上并未取得，则不论第 6 至 11 节之表现如何，一律判定为 FAIL。此处亦一并核查依第 6 节提交之证明文件的真实性——即核发之实验室或机构确系其所声称者，且该报告确实涵盖受测型号。

认证准则 — Cybenetics SAFE 通过/不通过模型

Cybenetics SAFE 仅采用单一的二元结论：Cybenetics SAFE 认证通过，或不通过。不设层级、分数或奖励加分。产品唯有完整通过以下**每**一项强制性类别，方可获得 Cybenetics SAFE 认证。

序号	类别	章节
A	电气安全台架测试（制造商提供的 ISO 17025 耐压/绝缘/接地报告；Cybenetics 验证的泄漏电流）	6
B	交流输入保护与容差（保险丝、浪涌、浪涌电流、**启**动、欠压耐受）	7
C	电源保护功能（OCP、OPP、OVP、SCP、OTP；空载与风扇失效为可选，不计入通过/不通过）	8
D	PWR_OK 信号正**确**性与时序（含 PWR_OK 与保持时间裕量）	9
E	调整率、纹波、**开**机过冲及 Power OK 信号准**确**性	9–10
F	线缆与连接器安全（含双 EPS 限制）	11
G	机**构**认证标识核查	12

任一类别、任一子项中出现任何单项不通过，即导致该产品总体不通过。 部分结果不作为认证结论予以公布；制造商可重新提交经改正的产品进行**复**测。

获得 Cybenetics SAFE 认证的产品可在任何必需的法规安全认证（UL、CE、CB 等）之外并列展示 Cybenetics SAFE 标识，但绝不可取而代之 — Cybenetics SAFE 是一项补充性验证，在任何市场均不替代**强**制性法规认证。

与 CybenPass 的关系

与 Cybenetics 测试协议 一样，鼓励制造商将获得 Cybenetics SAFE 认证的型号纳入 CybenPass 多样品计划。由于经济型电源区段为削**减**成本而未经通告更换元件的风险较高，定期对市售样品进行**复**测，对于在型号的整个生产周期内维持 Cybenetics SAFE 认证的有效性尤为重要。

认证有效期、费用与元件分析

Cybenetics SAFE 认证结果自产品通过以上**每**一类别之日起在特定期限内有效。认证费用涵盖第 6–12 节的全套测试，并包含随通过/不通过报告一并交付的详细元件分析 — 涵盖 PCB 版本、初级/次级电容品牌及温度/寿命等级、PWM/PFC 控制器与保护 IC、变压器结构、桥式整流器，以及所用的具体 MOV/TVS 和 NTC/继电器元件 — 与 Cybenetics 测试协议 已提供的元件分析透明度保持一致。

为保留 Cybenetics SAFE 标识，制造商必须在 12 个月有效期届满前重新提交现行市售样品进行**复**测。鉴于上文所述经济型区段更易发生未经通告的元件更换，Cybenetics 建议将续证抽样的时间安排与任何已声明的物料清单变更相配合。

测试报告模板

每次 Cybenetics SAFE 评估至少记录以下字段。

被测件识别信息

- 制造商、型号以及版本/PCB 代码。
- 额定功率、额定输入电压范围、供电轨配置。
- 所声明的 ATX 规范版本（如有）以及所声明的安全标准（IEC 62368-1 / IEC 60950-1）。
- 样品来源（市售购买、制造商提交样品、CybenPass 抽取）。
- 制造商提供的、涵盖耐压、绝缘电阻和接地连续性的 ISO/IEC 17025 实验室报告编号（第 6.1–6.3 节），含签发实验室、认可编号与报告日期。

结果汇总

类别	结果（通过/不通过）	说明
A — 电气安全台架测试		
B — 交流输入保护与容差		
C — 电源保护功能		
D — PWR_OK 信号与时序		
E — 调整率/纹波/开机过冲/Power OK 信号准确性		
F — 线缆与连接器安全		
G — 机构认证标识		
总体结果		

随上述内容一并提供作参考（不作通过/不通过评分）：实测保持时间。

各项测试的详细数据（数值读数、示波器捕获、热成像图以及证书验证记录）保存于完整的内部测试记录中，可应要求提供，用于 ISO/IEC 17025 [8] 验证目的。

测量不确定度、溯源性与保护带

本协议下使用的所有仪器均经校准并可溯源至国家/SI 标准。由于 Cybenetics SAFE 的结果是二元的（针对固定限值的通过/不通过）而非评分制，测量不确定度通过保护带判定规则处理，而非通过连续评分上的不确定度预算，这与 ILAC-G8 [10] 保持一致。

若某一测量值落在适用通过/不通过限值的仪器扩展不确定度（k=2，约 95% 置信度）范围之内，则该结果视为不确定而非通过，并在记录最终通过或不通过之前以更严格的条件重新测试或转入工程审查。这可确保通过结论绝不会建立在其自身不确定度范围内实际可能为勉强不通过的测量之上。此点尤其适用于 PWR_OK 与保持时间的裕量（第 9 节），其中 1 ms 裕量是对照计时仪器自身的不确定度进行评估，而非视为精确边界。

对于第 6.1–6.3 节由制造商提供的结果，采信的不确定度预算为签发的、经 ISO/IEC 17025 认可实验室在其自身报告中所载者；Cybenetics 不重述亦不质疑该预算，但会确认签发实验室的认可范围涵盖所实施的具体测试（第 12 节）。

效率、声学和 EMI 测量的不确定度不在本文件范围之内；相关不确定度预算请参见 Cybenetics 测试协议 [12]。

结语

本文件的目的，是让经济型电源的购买者获得与发烧级、完整认证产品已经提供的相同基本保证：产品不会起火，不会损坏其所供电的系统，并在出现问题时表现可预期 — 而无需承担完整效率与声学评估所需的成本和时间。

Cybenetics SAFE 在范围上刻意收窄，在结论上刻意二元。我们认为，这使制造商能够切实地为那些原本除最低法规标识之外永远不会依任何独立标准接受测试的大批量、低毛利产品取得认证，并为评测者和消费者提供一个快速而明确的信号：是否获得 Cybenetics SAFE 认证。

参考文献

1. IEEE Std 1515-2000, IEEE Recommended Practice for Electronic Power Subsystems: Parameter Definitions, Test Conditions, and Test Methods.
2. IEC 62368-1，音视频、信息和通信技术设备 — 第 1 部分：安全要求。
3. IEC 60950-1，信息技术设备 — 安全 — 第 1 部分：通用要求（旧标准，适用于按已被取代标准认证的产品）。
4. IEC 60990，接触电流和保护导体电流的测量方法。
5. UL 62368-1, Standard for Safety of Audio/Video, Information and Communication Technology Equipment — Part 1: Safety Requirements（IEC 62368-1 的美国国家采标）。
6. GB 4943.1-2022，音视频、信息技术和通信技术设备 — 第 1 部分：安全要求 — 中国强制性安全标准（CCC），自 2023 年 8 月起实施，取代 GB 4943.1-2011 和 GB 8898-2011，并与 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，检测和校准实验室能力的通用要求。
9. JCGM 100:2008，测量数据处理 — 测量不确定度表示指南（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 测试协议，“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。