



# 中华人民共和国国家标准

GB 20943—2025

代替 GB 20943—2013

## 交流-直流和交流-交流 电源能效限定值及能效等级

Minimum allowable values of energy efficiency and energy efficiency grades for  
AC-DC and AC-AC power supplies

2025-01-24 发布

2027-02-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 技术要求 .....	2
5 试验方法 .....	6
附录 A (规范性) 外部电源平均效率、空载有功功率和功率因数测试方法 .....	7
附录 B (规范性) 多路输出式外部电源负载组合方法 .....	10
附录 C (资料性) 多路输出式外部电源负载组合示例说明 .....	11
附录 D (规范性) 嵌入式电源工作效率和功率因数值测试方法 .....	14

## 前　　言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB 20943—2013《单路输出式交流-直流和交流-交流外部电源能效限定值及节能评价值》，与 GB 20943—2013 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了适用范围（见第 1 章，2013 年版的第 1 章）；
- b) 更改了“单路输出式外部电源”术语和定义，增加了“外部电源”“可调电压单路输出式外部电源”“多路输出式外部电源”“嵌入式电源”“嵌入式电源能效限定值”定义，删除了“外部电源节能评价值”定义（见第 3 章，2013 年版的第 3 章）；
- c) 增加了单路输出式外部电源、可调电压单路输出式外部电源、多路输出式外部电源和嵌入式电源能效等级（见第 4 章）；
- d) 更改了单路输出式外部电源能效限定值；增加了可调电压单路输出式外部电源、多路输出式外部电源和嵌入式电源能效限定值（见第 4 章，2013 年版的第 4 章）；
- e) 删除了“节能评价值”（见 2013 年版的 4.2）；
- f) 删除了“检验规则”（见 2013 年版的第 6 章）；
- g) 更改了附录 A“外部电源平均效率、空载有功功率和功率因数测试方法”（见附录 A，2013 年版的附录 A）；
- h) 增加了附录 B“多路输出式外部电源负载组合方法”（见附录 B）；
- i) 增加了附录 D“嵌入式电源工作效率和功率因数值测试方法”（见附录 D）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家标准化管理委员会提出并归口。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2007 年首次发布为 GB 20943—2007，2013 年第一次修订；

——本次为第二次修订。

# 交流-直流和交流-交流 电源能效限定值及能效等级

## 1 范围

本文件规定了在 220 V、50 Hz 供电条件下将交流电压转换为低压直流(不大于 60 V)或低压交流(不大于 42.4 V)输出电压的电源(以下简称产品)的能效等级和能效限定值,描述了相应试验方法。

本文件适用于:

- a) 额定输出功率不大于 500 W 的外部电源和额定输出功率不大于 27.5 kW 的微型计算机和服务器用嵌入式电源;
- b) 带通用串行总线(USB)端口电源适配器的延长线插座、墙壁式插座和转换器的电源部分。

本文件不适用于除 b)之外的以外部电源为辅助功能的组合式产品、带电池的组合式产品(含给独立电池充电的产品)、带无线充电功能的外部电源、以太网供电(POE)外部电源,也不适用于给工业用设备、交通工具、医疗器械供电的产品。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**外部电源 external power supply**

**电源适配器 adapter**

将交流电网电压转换为直流或者交流电压,通过电线、电缆或其他接口与用电产品相连接,使用时提供一个或多个直流或者交流输出电压的产品。

注: 电源可独立使用,不固定安装于用电产品上,与用电产品完全分离。

### 3.2

**单路输出式外部电源 single voltage output external power supply**

每次使用时只提供一个直流或者交流输出电压的外部电源。

注: 标称输出电压小于 6 V 且标称输出电流大于或者等于 550 mA 的为低电压单路输出式外部电源,除低电压以外的为基本电压单路输出式外部电源。

### 3.3

**可调电压单路输出式外部电源 adjustable voltage single voltage output external power supply**

通过单口协议等方式实现输出电压可调,且每次使用时只提供一个直流或者交流输出电压的外部电源。

3.4

**多路输出式外部电源 multiple voltage output external power supply**

通过多路电线、电缆或多个输出端口与用电产品相连接,使用时,能同时提供多个直流或者交流输出电压的外部电源。

3.5

**嵌入式电源 internal power supply**

通过输出连接器与使用其供电的设备或组件等进行连接,并共同安装于同一设备外壳内,具备相对独立电源形态的交流-直流电源。

3.6

**工作状态 active mode**

产品输入端连接到电网电源上,输出端连接到负载上,输出电流在零(不含)至额定电流之间的状态。

3.7

**空载状态 no load mode**

产品输入端连接到电网电源上,输出端不连接负载或负载不消耗电能的状态。

3.8

**工作效率 active mode efficiency**

产品达到稳定工作状态时,实际输出功率与实际输入有功功率之比。

3.9

**平均效率 average efficiency**

产品在满足额定输出电流的 100%、75%、50% 和 25% 四种电流强度的工作状态下的工作效率的平均值。

3.10

**外部电源能效限定值 minimum allowable values of energy efficiency for external power supply**

在本文件规定测试条件下,所允许的产品最小的平均效率、空载状态下最大的有功功率和额定状态下的最小功率因数。

3.11

**嵌入式电源能效限定值 minimum allowable values of energy efficiency for internal power supply**

在本文件规定测试条件下,所允许的产品最小的工作效率和最小功率因数值。

## 4 技术要求

### 4.1 能效等级

#### 4.1.1 外部电源能效等级

外部电源能效等级分为 3 级,其中 1 级能效最高。外部电源各等级工作状态下的最小平均效率、空载状态下的最大有功功率和额定状态下的最小功率因数应符合表 1~表 4 的规定。其中,可调电压单路输出式产品,则应测试最小输出电压与最大输出电压两种状态,依据输出功率标称值符合表 3 的规定,取两者对应等级的较低者判定产品能效等级。

外部电源工作状态下的最小平均效率、空载状态下的最大有功功率和额定状态下的最小功率因数值应按照 GB/T 8170 的规定进行修约,均修约到 3 位小数。

表 1 低电压单路输出式外部电源能效等级

能效等级	输出功率标称值 ( $P_o$ ) W	工作状态下的最小平均效率 (用小数表示)	空载状态下的最大有功功率 W	额定状态下的最小功率因数 (PF)
1 级	$0 < P_o \leq 1$	$0.52 \times P_o + 0.097$	0.050	—
	$1 < P_o \leq 49$	$0.076 \times \ln P_o - 0.00104 \times P_o + 0.660$	0.050	—
	$49 < P_o \leq 250$	0.905	0.075	0.930
	$250 < P_o \leq 500$	0.910	0.075	0.950
2 级	$0 < P_o \leq 1$	$0.52 \times P_o + 0.097$	0.075	—
	$1 < P_o \leq 49$	$0.078 \times \ln P_o - 0.0011 \times P_o + 0.640$	0.075	—
	$49 < P_o \leq 250$	0.890	0.150	—
	$250 < P_o \leq 500$	0.895	0.150	—
3 级	$0 < P_o \leq 1$	$0.517 \times P_o + 0.087$	0.100	—
	$1 < P_o \leq 49$	$0.0834 \times \ln P_o - 0.0014 \times P_o + 0.609$	0.100	—
	$49 < P_o \leq 250$	0.870	0.210	—
	$250 < P_o \leq 500$	0.875	0.500	—

注：1 级能效等级额定状态下的最小功率因数要求仅适用于输出功率标称值不低于 75 W 的电源。

表 2 基本电压单路输出式外部电源能效等级

能效等级	输出功率标称值 ( $P_o$ ) W	工作状态下的 最小平均效率 (用小数表示)	空载状态下的 最大有功功率 W	额定状态下的 最小功率因数 (PF)
1 级	$0 < P_o \leq 1$	$0.51 \times P_o + 0.170$	0.050	—
	$1 < P_o \leq 49$	$0.065 \times \ln P_o - 0.0009 \times P_o + 0.704$	0.050	—
	$49 < P_o \leq 250$	0.915	0.075	0.930
	$250 < P_o \leq 500$	0.920	0.075	0.950
2 级	$0 < P_o \leq 1$	$0.51 \times P_o + 0.170$	0.075	—
	$1 < P_o \leq 49$	$0.066 \times \ln P_o - 0.001 \times P_o + 0.690$	0.075	—
	$49 < P_o \leq 250$	0.900	0.100	—
	$250 < P_o \leq 500$	0.905	0.150	—
3 级	$0 < P_o \leq 1$	$0.5 \times P_o + 0.160$	0.100	—
	$1 < P_o \leq 49$	$0.071 \times \ln P_o - 0.0014 \times P_o + 0.670$	0.100	—
	$49 < P_o \leq 250$	0.880	0.210	—
	$250 < P_o \leq 500$	0.880	0.500	—

注：1 级能效等级额定状态下的最小功率因数要求仅适用于输出功率标称值不低于 75 W 的电源。

表 3 可调电压单路输出式外部电源能效等级

能效等级	输出功率标称值 ( $P_o$ ) W	工作状态最小电压下的 最小平均效率 (用小数表示)	工作状态最大电压下的 最小平均效率 (用小数表示)	空载状态下的最大 有功功率 W	额定状态下的最小 功率因数 (PF)
1 级	$0 < P_o \leq 1$	$0.52 \times P_o + 0.097$	$0.51 \times P_o + 0.170$	0.050	—
	$1 < P_o \leq 49$	$0.076 \times \ln P_o - 0.001\ 04 \times P_o + 0.660$	$0.074 \times \ln P_o - 0.001\ 06 \times P_o + 0.673$	0.050	—
	$49 < P_o \leq 250$	0.905	0.910	0.075	0.930
	$250 < P_o \leq 500$	0.910	0.915	0.075	0.950
2 级	$0 < P_o \leq 1$	$0.52 \times P_o + 0.097$	$0.51 \times P_o + 0.170$	0.075	—
	$1 < P_o \leq 49$	$0.078 \times \ln P_o - 0.001\ 1 \times P_o + 0.640$	$0.076 \times \ln P_o - 0.001\ 1 \times P_o + 0.653$	0.075	—
	$49 < P_o \leq 250$	0.890	0.895	0.150	—
	$250 < P_o \leq 500$	0.895	0.900	0.150	—
3 级	$0 < P_o \leq 1$	$0.517 \times P_o + 0.087$	$0.5 \times P_o + 0.160$	0.100	—
	$1 < P_o \leq 49$	$0.083\ 4 \times \ln P_o - 0.001\ 4 \times P_o + 0.609$	$0.074 \times \ln P_o - 0.001\ 2 \times P_o + 0.640$	0.100	—
	$49 < P_o \leq 250$	0.870	0.875	0.210	—
	$250 < P_o \leq 500$	0.875	0.880	0.500	—
注：1 级能效等级额定状态下的最小功率因数要求仅适用输出功率标称值不低于 75 W 的电源。					

表 4 多路输出式外部电源能效等级

能效等级	输出功率标称值 ( $P_o$ ) W	工作状态下的 最小平均效率 (用小数表示)	空载状态下的 最大有功功率 W	额定状态下的 最小功率因数 (PF)
1 级	$0 < P_o \leq 1$	$0.497 \times P_o + 0.067$	0.050	—
	$1 < P_o \leq 49$	$0.0792 \times \ln P_o - 0.000\ 8 \times P_o + 0.635$	0.050	—
	$49 < P_o \leq 500$	0.905	0.075	0.930
2 级	$0 < P_o \leq 1$	$0.497 \times P_o + 0.067$	0.075	—
	$1 < P_o \leq 49$	$0.0802 \times \ln P_o - 0.000\ 7 \times P_o + 0.605$	0.075	—
	$49 < P_o \leq 500$	0.885	0.125	—
3 级	$0 < P_o \leq 1$	$0.497 \times P_o + 0.067$	0.300	—
	$1 < P_o \leq 49$	$0.075 \times \ln P_o + 0.561$	0.300	—
	$49 < P_o \leq 500$	0.860	0.300	—
注：1 级能效等级额定状态下的最小功率因数要求仅适用于输出功率标称值不低于 75 W 的电源。				

#### 4.1.2 嵌入式电源能效等级

嵌入式电源能效等级分为3级,其中1级能效最高。非冗余应用和冗余应用各等级嵌入式电源最小工作效率和最小功率因数应符合表5~表7的规定。针对同时具有低压输出和高压输出的多路输出电源,按照表6的要求进行判定。

嵌入式电源最小工作效率和最小功率因数值应按照GB/T 8170的规定进行修约,均修约到3位小数。

注:冗余作为重复配置的电源,共同承担系统负荷,当其中部分电源发生故障时,用于补充故障电源所承担的负荷。

表5 非冗余应用嵌入式电源能效等级

能效等级	技术指标	负载			
		10%	20%	50%	100%
1 级	工作效率	0.870	0.920	0.940	0.910
	功率因数	0.800	0.850	0.950	0.950
2 级	工作效率	—	0.900	0.920	0.890
	功率因数	—	0.800	0.900	0.950
3 级	工作效率	—	0.820	0.850	0.820
	功率因数	—	0.750	0.900	0.900

注1:主要应用于台式机、非冗余配置的服务器等。  
注2:功率因数要求不适用于100%、50%、20%、10%负载低于75 W的条件。

表6 冗余应用低压输出嵌入式电源能效等级

能效等级	技术指标	负载			
		10%	20%	50%	100%
1 级	工作效率	0.920	0.960	0.970	0.930
	功率因数	0.900	0.960	0.980	0.990
2 级	工作效率	0.910	0.950	0.960	0.920
	功率因数	0.900	0.960	0.980	0.990
3 级	工作效率	—	0.880	0.920	0.880
	功率因数	—	0.800	0.920	0.980

注:输出电压范围为小于40 V。

表7 冗余应用高压输出嵌入式电源能效等级

能效等级	技术指标	负载			
		10%	20%	50%	100%
1 级	工作效率	0.920	0.960	0.980	0.960
	功率因数	0.900	0.960	0.980	0.990

表 7 冗余应用高压输出嵌入式电源能效等级(续)

能效等级	技术指标	负载			
		10%	20%	50%	100%
2 级	工作效率	0.910	0.950	0.960	0.930
	功率因数	0.900	0.960	0.980	0.990
3 级	工作效率	—	0.900	0.940	0.910
	功率因数	—	0.880	0.950	0.980

注：输出电压范围为 40 V 至 60 V。

## 4.2 能效限定值

### 4.2.1 外部电源能效限定值

外部电源能效限定值应符合表 1～表 4 中能效等级的 3 级。

### 4.2.2 嵌入式电源能效限定值

嵌入式电源能效限定值应符合表 5～表 7 中能效等级的 3 级。

## 5 试验方法

5.1 外部电源按附录 A 的试验方法进行测试，其中，输出电压可调节的多路输出式外部电源按附录 B 的方法进行负载分配组合，示例说明见附录 C。针对带通用串行总线(USB)端口电源适配器的延长线插座、墙壁式插座和转换器，只测试电源模块部分，空载状态下的最大有功功率应不包含产品其他电路功耗，产品效率不包含电子控制开关等电路部分。

5.2 嵌入式电源按附录 D 的试验方法对工作效率和功率因数值进行测试。

## 附录 A

(规范性)

### 外部电源平均效率、空载有功功率和功率因数测试方法

#### A.1 测试基本要求

##### A.1.1 测试环境

测试环境温度应保持在  $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  范围内, 测试中靠近产品处的空气流动速度不应大于  $0.5\text{ m/s}$ , 不应采用外部的风扇、空调或散热器来降低待测产品的温度。测试中, 产品应置于非导热材料上。

##### A.1.2 测试电压和频率

测试电压和频率应在交流电压  $220\text{ V}$ , 频率为  $50\text{ Hz}$  模式下进行测量。对于可调节输出电压的单路输出产品, 选择其最大输出电压和最小输出电压分别进行测试。

测试采用交流稳压电源供电, 其电压和频率波动均不大于  $\pm 1\%$ 。稳压电源的总电压谐波畸变不应大于  $2\%$ (包括 13 次谐波之内)。测试电压的峰值应在其方均根值的  $1.34$  倍~ $1.49$  倍范围之间。

##### A.1.3 测试设备与测量要求

测量应使用经校准的电压表、电流表和功率表(或功率分析仪)。

功率计在不大于  $10\text{ W}$  的有功功率测量时, 分辨力为  $0.001\text{ W}$ ; 在大于  $10\text{ W}$  小于  $250\text{ W}$  的有功功率测量时, 分辨力为  $0.01\text{ W}$ ; 在大于或等于  $250\text{ W}$  的有功功率测量时, 分辨力为  $0.1\text{ W}$ 。功率因数 PF 值量测时, 分辨力至少为  $0.001$ 。

测试中测试回路尽可能短, 以避免由于测试线路引起的测量误差。

##### A.1.4 测试负载

应配备电子负载或可变电阻器以保证在每个产品的输出功率范围内进行测试。

#### A.2 测试方法

##### A.2.1 测试前的准备

**A.2.1.1** 测试前, 待测产品应按照下面场景进行预热。每个待测产品只应进行一次时间为  $30\text{ min}$  的预热过程:

- a) 长时间恒定功率的产品按照其标称输出持续工作  $30\text{ min}$  进行预热;
- b) 有峰值输出功率降额的产品, 最大额定输出电流如无法长期工作预热时, 输出电流可按最大额定输出电流的  $25\%$  递减, 满足持续工作  $30\text{ min}$  进行预热。

**A.2.1.2** 针对适配器和线缆一体的产品, 可剪掉插头, 按照输出线的末端测试电压。针对适配器和线缆分离产品, 如制造商有配套的线缆, 则输出电压采样点在输出线材末端, 并备注相应线缆的规格参数; 如制造商无配套线缆, 则输出电压采样点在输出端口的  $5\text{ cm}$  距离之内, 且电压表在前, 电流表在后(即电流表内接法), 以保证采样准确。

**A.2.1.3** 当负载不高于  $25\%$  时, 输入功率存在跳变现象时, 交流输入有功功率和输出直流有功功率采用连续积分大于或等于  $5\text{ min}$ , 分别计算得到各自平均有功功率, 再核算平均工作效率。

**A.2.1.4** 针对干涉型设计, 仅支持单线缆插拔输出的融合端口, 如制造商有配套的线缆, 则选择配套线缆对应的端口进行测试; 如制造商无配套线缆, 则应测试所有的端口。

A.2.1.5 所有待测产品中控制交流输入电流流向的内置开关，在测量时均应处于开启状态。这些内置开关均应在最终的测试报告中标明。

### A.2.2 工作效率

A.2.2.1 调节测试负载,使待测产品的输出电流达到额定电流的  $X\%$ ,并监测交流输入功率大于或等于 5 min,确保产品持续稳定工作。在此状态下,分别获取待测产品交流输入端的输入有功功率 [ $P_{IX}$ ,单位为瓦特(W)]和交流或直流输出端的输出有功功率 [ $P_{ox}$ ,单位为瓦特(W)],按公式(A.1)计算此种工作状态下的工作效率  $\eta_x$ 。

式中：

$\eta_x$  ——输出电流为额定输出电流的 100%、75%、50%、25% 其中一种时的工作状态下的工作效率；

$P_{\text{ox}}$ ——输出端的输出有功功率,单位为瓦特(W);

$P_{IX}$ ——交流输入端的输入有功功率,单位为瓦特(W)。

测试时,分别测试输出电流为额定输出电流的 100%、75%、50%、25%(误差为±1%)时,待测产品交流输入端的输入有功功率( $P_{IX}$ )和输出端的输出有功功率( $P_{ox}$ ),并计算算术平均效率。

注 1：测试中，令 X% 的额定输出等于 X% 的额定输出电流，而不考虑交流稳压电源可能出现的电压波动所导致 X% 的额定电流输出与 X% 的额定输出功率不同。

**注 2:** 不需要对测试负载的阻值进行精确计算和测量。可变电阻只是用于调整电流表指示符合额定输出电流的百分比,不考虑被测产品的输出电压的变化。对于电子负载,选用恒定电流模式。

注3：对于输出电压固定的多路输出式外部电源，依据附录D.2.4中相关公式计算各路输出负载电流(X数值替换为100、75、50、25、0)。

注 4：对于输出电压可手动或者自动调节的外部电源，测试按额定最大输出电压和最小输出电压的顺序分别进行。  
注 5：对于输出电压可调节的多路输出式外部电源，各端口输出负载按附录 B 选择相应负载组合情况。

注 6：对于有峰值输出功率的产品，如无法满足 30 min 热机，则不测试该负载条件的工作效率，平均效率只计算电源可长期稳定工作负载条件的算术平均值，并以 100% 输出电流条件相应的功率值作为能效等级要求判定。

A.2.2.2 如外部电源通过端口输出，实际使用中需配备相关线材，若制造商无配备输出线材时，输出功率需考虑输出线材的功率损耗，按公式(A.2)计算其输出功率。

式中：

$V_{ox}$  —— 输出端口处电压, 单位为伏特(V);

$I_{\text{ox}}$  —— 输出电流, 单位为安培(A);

$R_{\text{cable}}$  —— 输出标准线材回路阻抗, 单位为欧姆( $\Omega$ ), 按照表 A.1 选取。

表 A.1 标准线材阻抗值

额定输出电流 $I_o$ A	标准线材回路阻抗值 $R_{cable}$ $\Omega$
$I_o \leqslant 3$	0.170
$3 < I_o \leqslant 6$	0.110
$I_o > 6$	$0.750 / I_o$

### A.2.3 测试负载变化

测试中,调节测试负载使产品输出电流按照额定值的 100%、75%、50%、25%、0 的顺序变化。对于有峰值输出功率的产品,只测试电源可长期稳定工作的输出电流条件。

### A.2.4 空载状态下的有功功率

将待测产品置于空载状态,输入的电流表和电压表(或功率分析仪)应按图 A.1 的方式进行连接,测试并记录此状态下的交流输入有功功率。如产品在空载状态下处于间断工作状态,交流输入有功功率应采用连续积分大于或等于 5 min,计算得到平均有功功率。

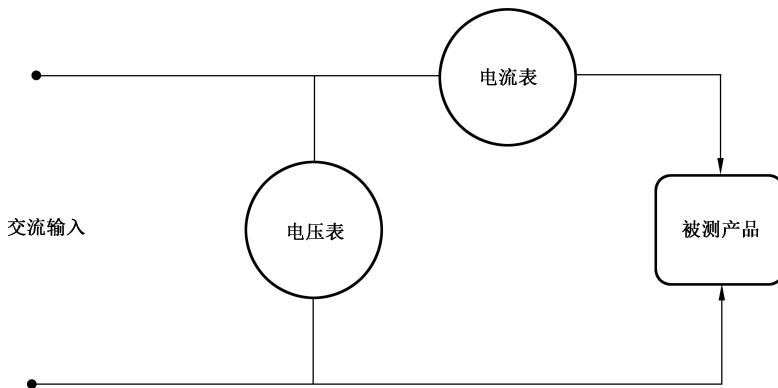


图 A.1 空载状态下有功功率的测试示意图

### A.2.5 额定状态下的功率因数

测试时,应用功率计测试输出额定状态下的实际输入功率因数。

## A.3 测试结果判定

被测产品按上述测试方法所测得的技术指标均达到本文件能效等级要求的规定,即判定为符合本文件相对应的能效等级要求。

## 附录 B (规范性)

### B.1 最小输出电压负载组合

### B.1.1 功率计算

端口同时输出时,额定输出功率的各端口最小输出电压,依据各端口输出的功率限制情况,按照公式(B.1)计算各端口输出功率的降级因数  $D_{Si}$ ,再按照公式(B.2)计算电源测试时各端口的输出功率  $P_{Li}$ 。

式中：

$D_{Si}$ ——第  $i$  个端口降级因数, %;

$P_{Si}$ ——第  $i$  个端口额定输出功率, 单位为瓦特(W);

$P_{Li}$ ——测试时第  $i$  个端口的输出功率,单位为瓦特(W);

$P$  ——电源标称额定输出功率,单位为瓦特(W)。

### B.1.2 最小电压选择

依据 B.1.1 计算各端口输出的功率,最小电压  $V_{min\_i}$  的确定原则为:用上述公式(B.2)计算得到的功率  $P_{Li}$  与各端口电压对应的额定输出功率(输出额定电压与额定电流乘积)进行对比,从最小输出电压开始,当其额定输出功率大于或等于  $P_{Li}$  时,则选择该电压进行测试。

测试时,按照公式(B.3)计算测试时某一端口输出的电流  $I_{bus}$ 。其中,当  $D_{Si} \geq 1$  时,则令  $D_{Si} = 1$ 。

式中：

$I_{bus}$  ——测试时某一端口输出的电流,单位为安培(A);

$P_{Li}$  —— 测试时第  $i$  个端口的输出功率, 单位为瓦特(W);

$V_{\min\_i}$  —— 测试时第  $i$  个端口满足所需测试功率  $P_{Li}$  的最小输出电压, 单位为伏特(V);

$X$  ——为负载百分比,对应 100、75、50、25 和 0,无量纲。

## B.2 单口最大额定功率输出负载

### B.2.1 端口选择

选择产品某一输出端口最大额定功率输出负载条件。

### B.2.2 电压选择

如单口中多种电压满足最大额定功率输出时，则选择最小电压进行测试。

注 1：分别计算其额定输出功率最大输出电流的 100%、75%、50%、25%。

注 2：如单口输出最大输出功率小于各端口同时输出的额定功率，则该负载条件不适用。

附录 C  
(资料性)  
多路输出式外部电源负载组合示例说明

### C.1 典型示例

以电源有 4 个端口输出及每端口输出分别包含 3 组输出电压为典型示例(如图 C.1),各端口同时输出时,对应额定输出电压与电流规格及功率限制情况如表 C.1 所示。

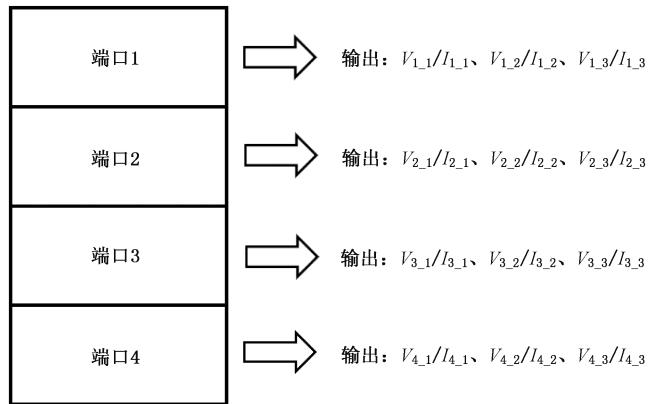


图 C.1 典型多路输出式电源示意图

表 C.1 各端口同时输出规格及功率限制

输出端口	额定输出电压与电流	输出功率限制	总额定输出功率	
端口 1	$V_{1\_1}/I_{1\_1}, V_{1\_2}/I_{1\_2}, V_{1\_3}/I_{1\_3}$	$P_{S1}$	$P$	
端口 2	$V_{2\_1}/I_{2\_1}, V_{2\_2}/I_{2\_2}, V_{2\_3}/I_{2\_3}$	$P_{S2}$		
端口 3	$V_{3\_1}/I_{3\_1}, V_{3\_2}/I_{3\_2}, V_{3\_3}/I_{3\_3}$	$P_{S3-4}$		
端口 4	$V_{4\_1}/I_{4\_1}, V_{4\_2}/I_{4\_2}, V_{4\_3}/I_{4\_3}$			

注 1:  $V_{1\_1}/I_{1\_1}$  为第 1 个端口的第 1 组额定输出电压与额定输出电流;  $V_{1\_2}/I_{1\_2}$  为第 1 个端口的第 2 组额定输出电压与额定输出电流;  $V_{1\_3}/I_{1\_3}$  为第 1 个端口的第 3 组额定输出电压与额定输出电流。其他输出端口同理。  
 注 2: 假设端口输出电压由小到大为  $V_{1\_1} < V_{1\_2} < V_{1\_3}$ , 并相应输出功率为  $V_{1\_1} \times I_{1\_1} \leq V_{1\_2} \times I_{1\_2} \leq V_{1\_3} \times I_{1\_3}$ 。其他输出端口同理。

### C.2 计算各端口功率限制比例

按照公式(B.1)计算各端口输出功率的降级因数  $D_{Si}$ , 针对两个端口及以上一起限制功率情况(端口 3 与端口 4), 先计算两个端口及以上的降级因数  $D_{S3-4}$ , 再分别选择同时输出时单口输出中相应的额定输出功率(输出额定电压与额定电流乘积)进行计算  $D_{S3}$  及  $D_{S4}$ , 参见图 C.2, 计算公式见表 C.2。

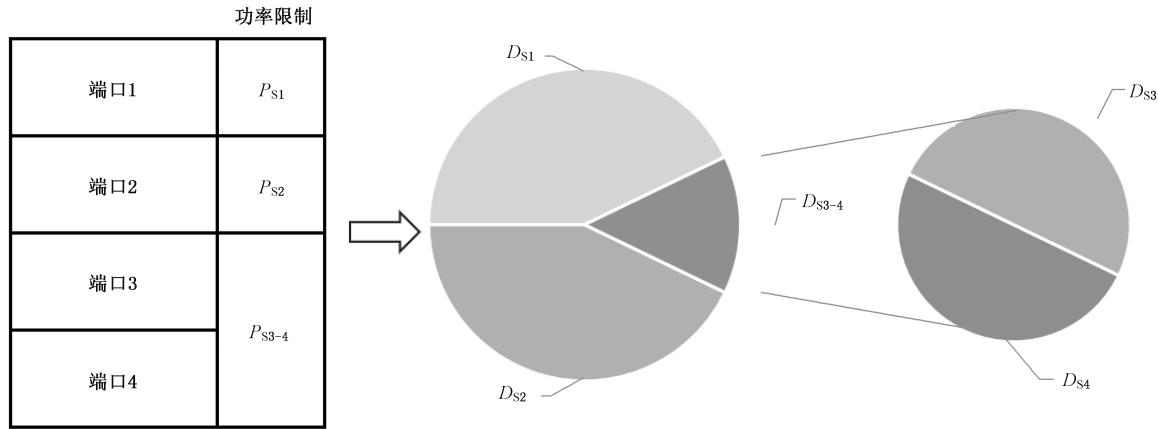


图 C.2 各端口功率限制比例示意图

表 C.2 各端口输出功率降级因数计算

输出端口	功率降级因数计算	
端口 1		$D_{S1} = \frac{P_{S1}}{P_{S1} + P_{S2} + P_{S3-4}}$
端口 2		$D_{S2} = \frac{P_{S2}}{P_{S1} + P_{S2} + P_{S3-4}}$
端口 3		$D_{S3} = \frac{V_{3-3} \times I_{3-3}}{V_{3-3} \times I_{3-3} + V_{4-3} \times I_{4-3}}$
端口 4	$D_{S3-4} = \frac{P_{S3-4}}{P_{S1} + P_{S2} + P_{S3-4}}$	$D_{S4} = \frac{V_{4-3} \times I_{4-3}}{V_{3-3} \times I_{3-3} + V_{4-3} \times I_{4-3}}$

### C.3 计算各端口测试所需的输出功率

按照公式(B.2)计算各端口输出测试所需的输出功率  $P_{Li}$ , 见表 C.3 公式计算。

表 C.3 各端口输出功率计算

输出端口	各端口输出功率计算
端口 1	$P_{L1} = P \times D_{S1}$
端口 2	$P_{L2} = P \times D_{S2}$
端口 3	$P_{L3} = P \times D_{S3-4} \times D_{S3}$
端口 4	$P_{L4} = P \times D_{S3-4} \times D_{S4}$

### C.4 各端口选择测试电压及计算测试所需的电流

计算得到各端口输出测试所需的输出功率  $P_{Li}$  后, 用计算得到的功率  $P_{Li}$  与各端口电压对应的额定输出功率(输出额定电压与额定电流乘积)进行对比, 从最小输出电压开始, 当其额定输出功率大于或等于  $P_{Li}$  时, 则选择该电压进行测试。再按照公式(B.3)分别计算测试时各端口输出的电流  $I_{bus}$ , 见表 C.4

公式计算。

表 C.4 各端口输出电流计算

输出端口	功率比较	测试电压选择	输出电流计算(100%负载)	输出电流计算(50%负载)
端口 1	$V_{1\_1} \times I_{1\_1} < P_{L1}$ $V_{1\_2} \times I_{1\_2} < P_{L1}$ $V_{1\_3} \times I_{1\_3} \geq P_{L1}$	$V_{1\_3}$	$I_{bus1} = \frac{P_{L1}}{V_{1\_3}} \times \frac{100}{100}$	$I_{bus1} = \frac{P_{L1}}{V_{1\_3}} \times \frac{50}{100}$
端口 2	$V_{2\_1} \times I_{2\_1} < P_{L2}$ $V_{2\_2} \times I_{2\_2} \geq P_{L2}$	$V_{2\_2}$	$I_{bus2} = \frac{P_{L2}}{V_{2\_2}} \times \frac{100}{100}$	$I_{bus2} = \frac{P_{L2}}{V_{2\_2}} \times \frac{50}{100}$
端口 3	$V_{3\_1} \times I_{3\_1} \geq P_{L3}$	$V_{3\_1}$	$I_{bus3} = \frac{P_{L3}}{V_{3\_1}} \times \frac{100}{100}$	$I_{bus3} = \frac{P_{L3}}{V_{3\_1}} \times \frac{50}{100}$
端口 4	$V_{4\_1} \times I_{4\_1} \geq P_{L4}$	$V_{4\_1}$	$I_{bus4} = \frac{P_{L4}}{V_{4\_1}} \times \frac{100}{100}$	$I_{bus4} = \frac{P_{L4}}{V_{4\_1}} \times \frac{50}{100}$

附录 D  
(规范性)  
嵌入式电源工作效率和功率因数测试方法

#### D.1 测试基本要求

##### D.1.1 测试环境

测试环境温度应保持在  $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  范围内, 测试中靠近产品处的空气流动速度不应大于  $0.5\text{ m/s}$ , 除非产品特别说明, 不应采用外部的风扇、空调或散热器来降低待测产品的温度。测试中, 产品宜按实际应用场景安装或放置。

##### D.1.2 测试电压和频率

测试电压和频率应在交流电压  $220\text{ V}$ , 频率为  $50\text{ Hz}$  模式下进行测量。

测试采用交流稳压电源供电, 其电压和频率波动均不大于  $\pm 1\%$ 。稳压电源的总电压谐波畸变不应大于  $2\%$ (包括 13 次谐波之内)。测试电压的峰值应在其方均根值的  $1.34$  倍~ $1.49$  倍范围之间。

##### D.1.3 测试设备与测量要求

测量应使用经校准的电压表、电流表和功率计(或功率分析仪)。

功率计在不大于  $10\text{ W}$  的有功功率测量时, 分辨力为  $0.001\text{ W}$ ; 在大于  $10\text{ W}$  小于  $250\text{ W}$  的有功功率测量时, 分辨力为  $0.01\text{ W}$ ; 在大于或等于  $250\text{ W}$  的有功功率测量时, 分辨力为  $0.1\text{ W}$ 。功率因数 PF 值量测时, 分辨力至少为  $0.001$ 。

应配备电子负载以保证在每个产品的输出功率范围内进行测试。

测试中测试回路尽可能短, 以避免由于测试线路引起的测量误差。

#### D.2 测试方法

##### D.2.1 测试前的准备

测试前, 待测产品应按照其标称输出持续工作  $30\text{ min}$  进行预热, 达到两个连续  $5\text{ min}$  周期内的输入功率变化不超过  $\pm 1\%$ 。

##### D.2.2 电源风扇的控制

电源风扇应按下列要求控制。

- 嵌入式电源内部无风扇的场景, 应提供满足产品应用要求的散热条件, 避免被测设备过热保护。
- 嵌入式电源内部有风扇的场景:
  - 针对非冗余应用类, 风扇的功率纳入工作效率的计算中;
  - 针对冗余应用类, 应单独给风扇进行供电, 风扇的功率不纳入工作效率的计算中。

注 1: 有风扇的场景, 将风扇连接电线的正极从被测电源断开供电, 并外接到外部直流电源给风扇独立供电, 风扇其他连接电线, 如转速控制连接电线等保持不变, 由被测电源控制。

注 2: 无风扇的场景, 测试过程中记录满足产品应用要求的散热条件, 如液冷式产品冷却液的温度、流量、压力等。

##### D.2.3 测试配置图

嵌入式电源工作效率和功率因数的测试按图 D.1、图 D.2 和图 D.3 进行连接。图 D.2 与 D.3 中

$P_{1IX}$ 、 $P_{2IX}$ 、 $P_{nIX}$ 分别为第1路的输入功率、第2路的输入功率与第n路的输入功率， $P_{1OX}$ 、 $P_{2OX}$ 、 $P_{nOX}$ 分别为第1路的输出功率、第2路的输出功率与第n路的输出功率。



图 D.1 嵌入式电源工作效率和功率因数测试示意图(单输入单输出场景)

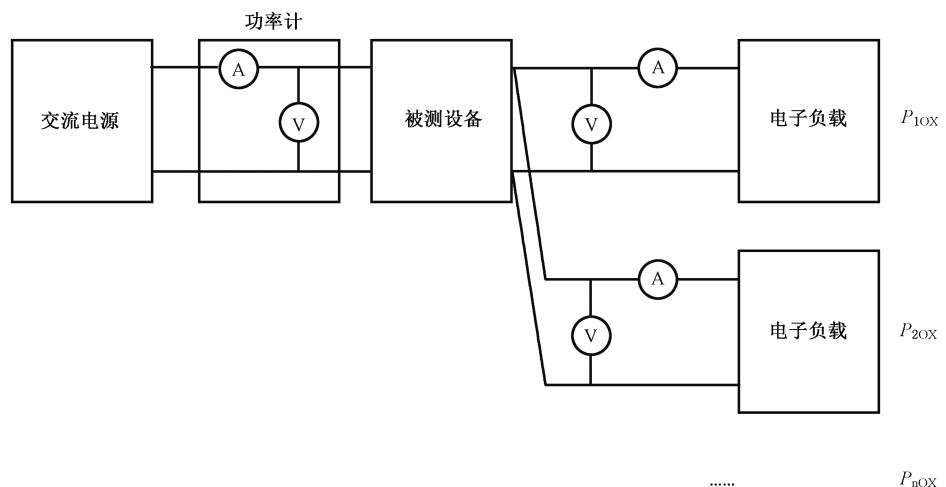


图 D.2 嵌入式电源工作效率和功率因数测试示意图(单输入多输出场景)

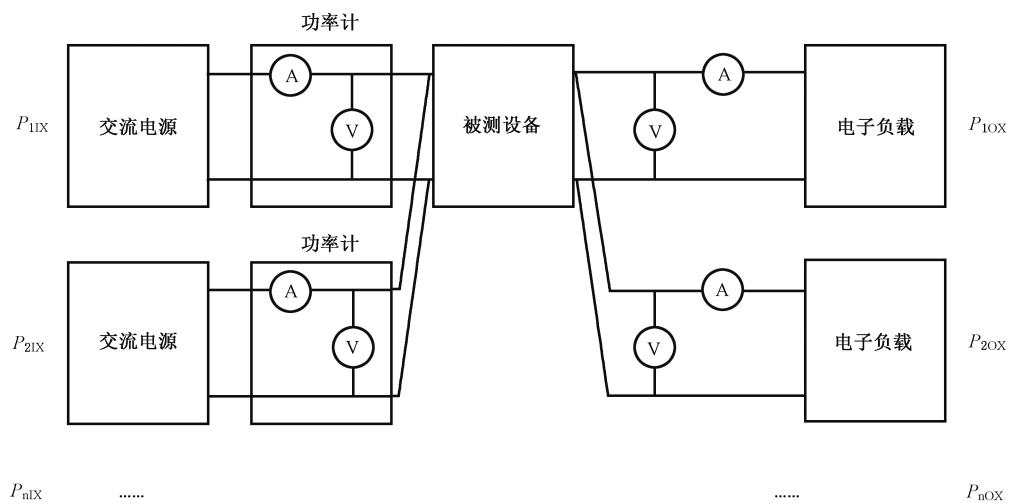


图 D.3 嵌入式电源工作效率和功率因数测试示意图(多输入多输出场景)

#### D.2.4 嵌入式电源在各种负载状态下的各路输出测试电流的确定

##### D.2.4.1 各路输出没有功率限制的情况

对于各路输出没有功率限制的情况,按照公式(D.1)计算降级因数  $D$ 。具有辅路电压(standby voltage)输出的嵌入式电源,将辅路电压输出视为一路。

$$D = \frac{P}{\sum_{i=1}^n (V_i \times I_i)} \quad \text{.....( D.1 )}$$

式中:

$D$  ——降级因数,%;

$P$  ——额定输出功率,单位为瓦特(W);

$V_i$  ——各路额定输出电压,单位为伏特(V);

$I_i$  ——各路额定输出电流,单位为安培(A)。

采用降级因数  $D$ ,按照公式(D.2)计算测试时某一路输出的电流  $I_{bus}$ 。

$$I_{bus} = I_n \times D \times \frac{X}{100} \quad \text{.....( D.2 )}$$

式中:

$I_{bus}$  ——测试时某一路输出的电流,单位为安培(A);

$I_n$  ——某一路输出的额定输出电流,单位为安培(A);

$D$  ——降级因数,当  $D \geq 1$  时,则  $D$  取值为 1;

$X$  ——负载百分比,对应 10、20、50 和 100,无量纲。

##### D.2.4.2 各路输出有功率限制的情况

对于各路输出有功率限制的情况,按照公式(D.3)计算各路额定输出功率的降级因数  $D_{Si}$ ,再按照公式(D.4)计算嵌入式电源总额定输出功率的降级因数  $D_T$ 。最终按照公式(D.5)计算测试时某一路输出的电流。

$$D_{Si} = \frac{P_{Si}}{\sum_{i=1}^n (V_i \times I_i)} \quad \text{.....( D.3 )}$$

式中:

$D_{Si}$  ——第  $i$  路降级因数,%;

$P_{Si}$  ——第  $i$  路额定输出功率,单位为瓦特(W);

$V_i$  ——第  $i$  路内各分路额定输出电压,单位为伏特(V);

$I_i$  ——第  $i$  路内各分路额定输出电流,单位为安培(A)。

按照公式(D.4)计算各组最大输出功率时嵌入式电源总的降级因数  $D_T$ 。

$$D_T = \frac{P}{\sum_{i=1}^n P_{Si}} \quad \text{.....( D.4 )}$$

式中:

$D_T$  ——总额定输出功率的降级因数,%;

$P$  ——额定输出功率,单位为瓦特(W);

$P_{Si}$  ——第  $i$  路额定输出功率,单位为瓦特(W)。

测试时,按照公式(D.5)计算测试时某一路输出的电流  $I_{bus}$ 。其中,当  $D_{Si} \geq 1$  时,则令  $D_{Si} = 1$ ;当  $D_T \geq 1$  时,则令  $D_T = 1$ 。

$$I_{bus} = I_n \times D_T \times D_{Si} \times \frac{X}{100} \quad \text{.....( D.5 )}$$

式中：

$I_{bus}$  ——测试时某一路输出的电流,单位为安培(A);  
 $I_n$  ——某一路输出的额定输出电流,单位为安培(A);  
 $D_T$  ——总额定输出功率的降级因数,%;  
 $D_{Si}$  ——各路额定输出功率的降级因数,%;  
 $X$  ——负载百分比,对应 10、20、50 和 100,无量纲。

#### D.2.5 工作效率

按照公式(D.2)或者公式(D.5)计算的结果,调节负载电流使输出功率到额定输出功率的 X % 并达到稳定状态,分别获取在此稳定状态下 15 min 内的各路交流输入端的输入平均有功功率( $P_{nIX}$ )和各路直流输出端的输出平均有功功率( $P_{nOX}$ ),按照公式(D.6)计算各种工作状态下的工作效率。

$$\eta_X = \frac{\sum_{i=1}^n P_{nOX}}{\sum_{i=1}^n P_{nIX}} \quad \dots \dots \dots \quad (D.6)$$

测试时,分别测试输出功率为额定输出功率的 100%、50%、20%、10% 时的实际输出平均有功功率和交流输入平均有功功率,并计算上述负载下的工作效率。

- 注 1: 测试中,按照公式(D.2)或者公式(D.5)计算的结果调节负载,而不考虑测试供电电源上可能的电压波动将会导致 X % 的实际功率输出与 X % 的额定输出功率不同。
- 注 2: 对于电子负载,选用恒定电流模式,而不是恒定功率模式。
- 注 3: 测试中,调节测试负载使产品各路的输出功率按照额定值的 100%、50%、20% 和 10% 的顺序变化。
- 注 4: 输出平均有功功率( $P_{nOX}$ )包含辅路电压的输出。
- 注 5: 针对可同时输入的多输入的嵌入式电源,将多个输入同时接入测试。
- 注 6: 针对不可同时输入的多输入的嵌入式电源(含通过双输入继电器切换的电源),分别测试并记录不同输入接口接入时的工作效率。
- 注 7: 测试中,输入与输出电压测量电源输入端口和输出端口的位置。

#### D.2.6 功率因数

测试时,应用功率计测试输出功率在不同负载状态下的实际输入功率因数。

- 注 1: 针对可同时输入的多输入的嵌入式电源,将多个输入同时接入测试,记录每一路的输出功率在不同负载状态下的实际输入功率因数。
- 注 2: 针对不可同时输入的多输入的嵌入式电源(含通过双输入继电器切换的电源),分别测试并记录不同输入接口接入时在不同负载状态下的实际输入功率因数。

#### D.3 测试结果判定

被测产品按上述测试方法所测得的技术指标均达到本文件能效等级要求的规定,即判定为符合本文件相对应的能效等级要求。