

空调产品PUE能效因子测试规范

Partial PUE for Air Conditioning Systems Test Standard

(TGGCTS002-2018)

2018-11-1 发布

2018-11-1 实施

The Green Grid 绿色网格（中国）发布

目录

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语定义.....	2
4 空调产品 PUE 能效因子测试环境要求.....	3
4.1 实验环境一般性要求.....	3
4.2 空调机组一般性技术要求.....	3
4.3 测试人员要求.....	4
5 空调产品 PUE 能效因子测试关键点测试要求与方法.....	5
5.1 送/回风温度、相对湿度、进风区域露点温度要求.....	5
5.2 标准测试方案测试要求.....	5
5.3 测试机组热负荷百分比测点.....	5
5.4 测试结果要求.....	5
5.5 测试样机要求.....	5
5.6 空调产品 PUE 能效因子 (AC pPUE) 计算要求.....	5
5.7 全年能效比 (AEER) 的测试方法.....	6
5.8 测试证书说明.....	6
6 空调产品 PUE 能效因子计算方法.....	7
6.1 能效比 EER 的修正.....	7
6.2 全年显热能效比 SAEER 的计算方法.....	7
6.3 空调产品 PUE 能效因子的计算.....	8
7 空调产品 PUE 能效因子证书颁发.....	8

前 言

绿色网格组织（The Green Grid，以下简称 TGG）发布了 PUE (Power Usage Effectiveness) 这一重要数据中心电能利用效率指标，并拥有该指标的知识产权。

多年以来，PUE 指标已经被广泛接受和使用，但是，也存在大量的滥用现象，为此 TGG（中国）将对数据中心各个子系统的 PUE 因子认证方法进行定义，并以此对数据中心的 PUE 指标认证进行规范化和标准化，使得 PUE 指标得以更好的在市场上被正确使用。

本文定义了 TGG（中国）对空调产品 PUE 能效因子测试规范。定义细节参照第二页 3.0.10.

本规范由 TGG（中国）负责日常管理，由技术工作组负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和建议邮件至 info@tggchina.cn，以供今后修订时参考。

本规范的起草单位、主要起草人：

起草单位：中国信息通信研究院

维谛技术有限公司

华为技术有限公司

施耐德电气（中国）有限公司

阿里巴巴（中国）有限公司

英特尔中国有限公司

北京德拓天全信息系统服务有限公司

国网思极紫光（青岛）云数科技有限公司

杭州网银互联科技股份有限公司

北京海悟技术有限公司

曙光节能技术（北京）股份有限公司

联想（北京）信息技术有限公司

世图兹空调技术服务（上海）有限公司

中国建筑科学研究院有限公司

中国电信集团公司

中国移动通信集团公司

中国联合网络通信集团公司

深圳市腾讯计算机系统有限公司

北京百度网讯科技有限公司

中国人民银行清算总中心

中国邮政储蓄银行股份有限公司

中国工商银行股份有限公司

中信银行股份有限公司

西安交通大学

上海交通大学

上海理工大学

天津臻云科技发展有限公司

主要起草人：汪刚 陶文铨 何宝宏 方良周 李洁 田军 吴健 曹播

严瀚 林华和 王腾江 雷爱民 罗志刚 吕艺行 张晓飞

李国强 张广河 李石头 卢进红 李马林 王平 林密

汤熠 王月 张松 连雄伟 钟少梅 陶昱 李典林 陈容昌

邱永辉 徐忠宇 刘郑海 杜明 尼米智 马萧萧 蔡伟宁

李宏琛 李崇辉 靳建强 厉群 郑然 李腾 李代程 赵耀

彭广香 李楠 徐洪涛 何继盛 范娟 周敏 赵黎明 娄小军

1 范围

1.0.1 本系列规范涵盖的范围包括：风冷 DX 直接膨胀式空调、水冷 DX 直接膨胀式空调、CW 冷冻水型空调、间接蒸发冷却式空调。首次公布的空调产品 PUE 能效因子测试方法仅包括风冷 DX 直接膨胀式空调，其他的空调将在以后陆续进行发布。

1.0.2 本规范适用于中国境内，因此需满足中国标准，并满足国际标准。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 2887-2011 计算机场地通用规范

GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 4706.1 家用和类似用途电器的安全 第 1 部分：通用要求

GB/T 4706.32 家用和类似用途电器的安全 热泵、空调器和除湿机的特殊要求

GB/T 5226.1 机械电气安全机械电气设备 第 1 部分：通用技术条件

GB/T 7778 制冷剂编号方法和安全性分类

GB/T 9237 制冷系统及热泵安全与环境要求

GB/T 17625.1 电磁兼容限值 谐波电流发射限值（设备每相输入电流 $\leq 16A$ ）

GB/T 17758-2010 单元式空气调节机

GB/T 19413-2010 计算机和数据处理机房用单元式空气调节机

GB 25130-2010 单元式空气调节机 安全要求

GB/T 25858-2010 精密空调机组性能测试方法

GB 50019-2015 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范

GB/T 50155-2015 供暖通风与空气调节术语标准

GB 50174-2017 数据中心设计规范

GB 50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范

YD/T 3320.1-2018 通信高热密度机房温控设备

ASHRAE TC9.9 美国采暖制冷与空调工程师学会 TC9.9 标准

3 术语定义

3.0.1 制冷量 cooling capacity

在规定的制冷量试验条件下，机房空调从机房除去的显热和潜热之和，单位为瓦（W）。制冷量等于显热制冷量和潜热制冷量之和。

3.0.2 制冷消耗功率 refrigerating consumed power

在规定的制冷量试验条件下，机房空调所消耗的总功率，单位为瓦（W）。

3.0.3 能效比（EER） energy efficiency ratio

机房空调在一定标准条件下进行制冷时从室内除去的热量总和与消耗的电量总和之比，单位为瓦/瓦（W/W）。

3.0.4 显热制冷量 sensible cooling capacity

在规定的制冷量试验条件下，机房空调从机房除去的显热部分的热量，单位为瓦（W），以下简称显冷量。

3.0.5 显热比（SHR） sensible heat ratio

显热制冷量与制冷量之比，用等于 1 或小于 1 的数值表示，在实际测试中，由于不可能达到完全理想状态，因此实验环境测试显热比不可能达到 1，而只能接近于 1。

3.0.6 显热能效比（SEER） sensible energy efficiency ratio

在规定的制冷量试验条件下，机房空调从室内除去的显热量与消耗的电量之比。单位为瓦/瓦（W/W）。

3.0.7 全年能效比（AEER） annual energy efficiency ratio

机房空调进行全年制冷时从室内除去的热量总和与消耗的电量总和之比。单位为瓦/瓦（W/W）。

3.0.8 全年显热能效比（SAEER） sensible annual energy efficiency ratio

机房空调进行全年制冷时从室内除去的显热量总和与消耗的电量总和之比。单位为瓦/瓦（W/W）。

3.0.9 数据中心能源使用效率（PUE） power usage effectiveness

数据中心总设备能耗除以 IT 设备总能耗，应包含制冷能效因子（空调产品能效因子、空调气流组织因子、空调加热加湿因子）、供配电能效因子、新风照明等其他因子。单位为千瓦时/千瓦时（kWh/kWh）。

3.0.10 空调产品 PUE 能效因子（AC pPUE） partial PUE for air conditioning systems

空调产品 PUE 能效因子定义为空调全年显热制冷能耗与 IT 全年能耗之比。考虑到显热比的影响，及较低显热比带来的额外加热、加湿能耗影响，在计算空调产品 PUE 能效因子时需要予以修正。空调产品能效因子即为空调产品本身在 PUE 中的影响因子。单位为千瓦时/千瓦时（kWh/kWh）。

4 空调产品 PUE 能效因子测试环境要求

4.1 实验环境一般性要求

4.1.1 测试认证必须在 TGG（中国）认证的实验环境中进行，且测试之前相关仪器已按照相关国家标准校准（计量证书在有效期内）。机房空调制冷、加热的试验装置具体要求见 GB/T 17758-2010 单元式空气调节机的要求。

4.1.2 实验环境测试能力必须大于等于被测试机组的名义制冷量，不得出现负偏差，以保证测试的准确性。

4.1.3 实验环境应有充足的空间，以保证设备有较充足的操作、安装和布置送、回风温湿度探头的空间。被测机组的任何一面离开实验环境的墙必须大于 1m 以上。

4.1.4 实验环境应具有远程检测系统，在开始测试后，不允许人员进出实验环境，直至测试结束。

4.1.5 所有测试从静止状态开始测试，待工况稳定 30min 之后开始记录数据，记录 30min 数据。

4.2 空调机组一般性技术要求

4.2.1 机房空调在正常工作时，制冷系统各部分不应有制冷剂泄漏或漏水发生，实验环境应配置漏水检测器以防止漏水。

4.2.2 机房空调在正常运转时，所测电流、电压、输入功率等参数应符合设计要求。

4.2.3 机房空调在名义工况下实测制冷量不应小于明示值的 95%。

4.2.4 机房空调在名义工况下实测的制冷消耗功率不应大于名义制冷消耗功率的 110%。

4.2.5 在最大负荷制冷工况运行时：

- a) 机房空调各部分不应出现故障或损坏，并能持续正常工作；
- b) 机房空调过载保护器不应跳开；
- c) 机房空调能够连续稳定工作 1h 之后停机，稳定后连续运行 1h，然后停机 3min（此间电压上升不超过 3%），再启动运行 1h。

4.2.6 机房空调若为可变冷量空调，需在提供的可工作点范围内任意热负荷百分比抽测五个工况点以检验其变冷量特性是否可保证机组连续稳定运行，且不得进入实验环境或远程调节机组设置，只能通过调节试验台工况进行检测，本检测是功能性检测，无需记录数据。

4.2.7 在凝露工况测试时，机房空调不应有露水从排水口以外部位排出或溢出，空调下方不得有水渗出。

4.2.8 机房空调的噪声不得超过国标 GB/T 19413-2010 或 YD/T 3320.1-2018 等的相关规定。

4.2.9 机房空调电源特性应满足：电压波动范围在 220V、380V 和 50Hz 下为额定电压的 90%~110%；室外环境温度 -35℃~50℃ 之间可正常工作；电器设备在海拔 1000m 以下时应能正常工作，超过 1000m

时通过特殊处理可正常工作。

4.2.10 安全要求

机房空调的安全要求除应符合 GB/T 25130 中有关规定外，还应符合以下要求：

a) 制冷系统

——设计应符合 GB/T 9237 的有关规定。

——应用高压、低压及其他保护器件，压缩机电机应有过热或过载保护器。

——应采用 GB/T 7778 中安全分类为 A1 或 A1/A1 类的制冷剂。

b) 电气控制及安全保护

——设计和检验应符合 GB/T 4706.1、GB/T 4706.32（公众不易触及的器具）及 GB/T5226.1 规定，室外机电器控制设备防水等级应符合 GB/T 4208 规定的 IPX4 器具要求。

——应设有自动和手动控制功能，并配备显示屏和完善的安全报警功能。

——电气控制设备采用微处理器时，其电磁兼容性应符合以下规定：

1) 电气控制应具有抑制电磁干扰和谐波电流的性能。其连续干扰电压、连续干扰功率、断续干扰电压等值应不超过 GB/T 4343.1 规定的干扰特性允许值；谐波电流值应不超过 GB/T17625.1 规定的 A 类设备的谐波电流限值；

2) 电气控制应具有抗电磁干扰的性能，并不应超过 GB/T 4343.2 规定的 II 类器具抗扰度要求。

——在故障停电恢复供电后应能自动启动或按要求延缓和顺序启动。

4.2.11 总体要求测试中不能改变机组初始设计状态以获得更好的测试结果。所有送检设备产品正面、侧面及背面均需拍照留档。

4.2.12 送测空调室外机按照满足 45℃ 正常工作配置，记录型号、尺寸，拍照留档，并在测试报告中体现。

4.3 测试人员要求

4.3.1 测试认证需在具有 TGG（中国）认定委派检测专员全程跟进测试之后才可进行认证，无 TGG（中国）认定委派检测专员在场的测试结果一概不予承认。

4.3.2 测试认证的数据均需现场记录，通过照片、手动填写表格等方式同步记录留档，以确保数据的公正性和可追溯性。

4.3.3 测试开始后，在测试完成前，全程中所有人员不得出入实验环境，否则必须中断试验，重新开始记录数据。

4.3.4 测试人员进入实验环境均需按照国家相关安全规范穿戴防护设备。

5 空调产品 PUE 能效因子测试关键点测试要求与方法

TGG（中国）对数据中心空调产品 PUE 能效因子测试的测定方法部分遵循 GB/T 19413-2010 的相关计算方法，但也有所不同，具体测试过程按 TGG（中国）空调产品 PUE 能效因子测试程序进行。标准测试程序中的一些重要参数和规范说明如下。

5.1 送/回风温度、相对湿度、进风区域露点温度要求

GB/T 19413-2010 规定的试验温度为回风 24℃，相对湿度 50%RH。考虑到目前数据中心基于节能考虑，回风温度早已达到较高的温度范围，本测试标准遵循 GB 50174-2017，测试温度采用固定送风温度，送风温度范围为 18℃~27℃，露点温度范围为 5.5℃~15℃，同时相对湿度不大于 60%RH，不得结露。

5.2 标准测试方案测试要求

5.2.1 基于数据中心目前的广泛使用情况，避免重复测试浪费，考虑测试空调至冷通道或机柜进风区域有 1℃温升的影响，标准测试方案选取送风温度 17℃±1℃/送风相对湿度 60%±5%RH、20℃±1℃/送风相对湿度 50%±5%RH 和 26℃±1℃/送风相对湿度 34.4%±5%RH 共计三个点。20℃±1℃送风温度可满足目前绝大部分数据中心正常使用温度，17℃±1℃、26℃±1℃的送风温度可以满足国标 GB 50174-2017 对数据中心冷通道的温度要求。为推动数据中心空调向节能的方向发展，要求高温工况点（送风温度 26℃±1℃/送风相对湿度 34.4%±5%RH）为标准测试点。

5.2.2 送回风温差最高不超过 15℃，且不得结露。送检厂家可以选择送回风温差 12℃ 或者 10℃等其他温度进行检测。送风回温度等数据将在报告中明确注明。

5.3 测试机组热负荷百分比测点

基于数据中心负荷的实际情况，本次测试认证首次引入不同负荷下机组性能测试。考虑测试工作量巨大，在标准测试中，测试机组分别在 100%、50%两个热负荷百分比状态下的冷量、能效比等性能。其中，负荷百分比是指的热负荷与机组铭牌标识的名义值冷量之比。送检厂家可以选择增加 75%，25%热负荷百分比测点进行检测，热负荷百分比将在报告中明确注明。

5.4 测试结果要求

每次测试的结果均需明确标注送风温度、回风温度、室外环境温度，以便在同一标准下进行比对。

5.5 测试样机要求

每次测试需保证为同一台机房空调，不得在测试过程中更换设备，包括室内机和室外机。

5.6 空调产品 PUE 能效因子（AC pPUE）计算要求

计算空调产品 PUE 能效因子必须计算全年的全年能效比（AEER）。计算 AEER 的方法及室外温度按照 GB 19413-2010 的规范执行，选取 A、B、C、D、E 共计五个点 35℃、25℃、15℃、5℃、-5℃

进行测试，室内送回风温度按照本规范执行。室外机测试环境条件见表 1：

表 1 室外机测试环境条件

单位为℃

项 目			全年制冷工况（用于计算 AEER）				
			A	B	C	D	E
室外机 环境条件	风冷式	入口干球温度	35	25	15	5	-5
	水冷式	冷却水进口温度	30	25	18	10	10
		冷却水出口温度	35	出口温度由机组内置阀门控制			
	乙二醇经济冷却式	溶液进口温度	40	30	20	10	5
		溶液出口温度	46	溶液出口温度由机组内置阀门控制			

5.7 全年能效比(AEER) 的测试方法

5.7.1 机房空调在测试工况下，测试 A、B、C、D、E 五个工况点的制冷性能，包括制冷量、制冷消耗功率和能效比。

5.7.2 确定每个工况点所代表的温度区间在全年温度分布比例，即温度分布系数 T_a 、 T_b 、 T_c 、 T_d 、 T_e 。请参考 GB/T19413 附录 B 部分城市温度分布系数。

5.8 测试证书说明

5.8.1 证书按照不同送风温度点进行测试和发证。测试厂家可根据需要挑选不同的送风温度点进行测试认证，推荐测试方案选取送风温度 $17^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ /送风相对湿度 $60\% \pm 5\%RH$ 、送风温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ /送风相对湿度 $50\% \pm 5\%RH$ 和送风温度 $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ /送风相对湿度 $34.4\% \pm 5\%RH$ 共计三个测试点（按照测试要求至少完成送风温度 $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ /送风相对湿度 $34.4\% \pm 5\%RH$ 该标准测试点的测试），每个测试点将颁发一份证书；同时要求送回风温差最高不超过 15°C ，且不得结露，推荐送检厂家选择送回风温差 12°C 或者 10°C 进行检测。送风回温度等数据将在报告中明确注明。

5.8.2 TGG（中国）空调产品 PUE 能效因子测试，按照每个送风温度点工况颁发一份测试报告和一份证书，每个送风温度点工况下测试 100%、50%两个 IT 热负荷点（每个 IT 负荷下测试室外环境温度 -5°C 、 5°C 、 15°C 、 25°C 、 35°C 共计 5 个工况点的数据），共计 10 个测试工况点。可附加选取 75%、25%两个 IT 热负荷点进行测试，并另行颁发证书。

6 空调产品 PUE 能效因子计算方法

6.1 能效比 EER 的修正

由于实际运行过程中空调显热比低会造成冷量浪费，会产生额外的加热加湿能量浪费，因此在计算 EER 时应考虑显热比影响，EER 修订值 SEER 按式 (1) 计算：

$$SEER = EER \times SHR \dots\dots\dots (1)$$

式中：

EER ——空调能效比；

SHR ——显热比；

SEER ——显热能效比。

SHR 为测试中的每个工况点的实际显热比，如每个工况的 SHR 不同，应根据每个不同的工况修订 EER 之后再按照 SEER 值计算全年显热能效比 SAEER。

6.2 全年显热能效比 SAEER 的计算方法

参考 GB/T 19413-2010 中 AEER 的计算方法来计算 SAEER，其中 EER 采用修正后的 SEER 值。

6.2.1 机房空调的全年能效比 AEER 按式 (2) 计算：

$$AEER = T_A \times EER_A + T_B \times EER_B + T_C \times EER_C + T_D \times EER_D + T_E \times EER_E \dots\dots\dots (2)$$

式中：

AEER ——机房空调的全年能效比；

$EER_A \sim EER_E$ ——在 5.6 表 1 中 A~E 工况条件下的能效比；

$T_A \sim T_E$ ——A~E 工况温度分布系数，数值按照 GB/T19413 附录 B 部分城市温度分布系数示例 1：

一台机房空调测试的各工况点 EER 值如下：

工况点	A	B	C	D	E
EER	2.51	3.12	3.71	3.76	3.78

则本机房空调的全年能效比为：

$$AEER = 2.51 \times 7.2\% + 3.12 \times 28.1\% + 3.71 \times 23.1\% + 3.76 \times 21.0\% + 3.95 \times 20.6\% \\ = 3.48$$

6.2.2 机房空调的全年显热能效比 (SAEER) 按式 (3) 计算：

$$SAEER = T_A \times SEER_A + T_B \times SEER_B + T_C \times SEER_C + T_D \times SEER_D + T_E \times SEER_E \dots\dots\dots (3)$$

6.3 空调产品 PUE 能效因子的计算

空调产品 PUE 能效因子 (AC pPUE) 按公式(4)计算:

$$AC\ pPUE = \frac{\text{空调显热制冷全年能耗}}{\text{IT 负荷全年能耗}} = \frac{Q_c / SAEER \times H_{AC}}{Q_{IT} \times H_{IT}} \quad (\text{数据保留三位小数}) \dots\dots\dots(4)$$

式中:

AC pPUE ——空调产品 PUE 能效因子, 单位为千瓦时/千瓦时 (kWh/kWh);

Q_c ——空调总制冷量, 单位为千瓦 (kW);

Q_{IT} ——IT 发热量, 单位为千瓦 (kW), 通常空调总制冷量等于 IT 发热量;

H_{AC} ——空调全年运行时间, 单位为小时 (h)。

H_{IT} ——IT 全年运行时间, 单位为小时 (h)。

7 空调产品 PUE 能效因子证书颁发

7.0.1 TGG (中国) 的制冷因子节能认证基于鼓励、推动数据中心绿色节能的考虑, AC pPUE 值高于 0.3 (按照北京地区) 的将不能通过认证, 不予颁发证书, 仅出具测试检测报告。

7.0.2 测试合格的产品将颁发测试检测报告和测试证书。通过 TGG (中国) 空调产品 PUE 能效因子的测试标准的空调产品, 其被测产品型号及厂家信息, 都将在 TGG (中国) 网站上公布, 以便厂商, 终端用户和公众查询。

7.0.3 被测试产品的测试结果和产品型号匹配, 终身有效。如果产品有变更, 或型号有变更, 必须重新测试检测, 或通过 TGG (中国) 审查认同, 在不影响和改变制冷性能的前提下, 变更后的产品或型号不需要重新测试。