

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2543-2013

电信互联网数据中心（IDC）的 能耗测评方法

Energy Efficiency's Evaluation Methods of IDC

（报批稿）

—
2013-04-25 发布

2013-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 缩略语	1
3 数据中心的能耗结构	1
3.1 概述	1
3.2 IT 设备	1
3.3 制冷设备	1
3.4 供配电系统	2
3.5 其它设施	2
4 数据中心能效指标	2
4.1 电能利用效率 (PUE)	2
4.1.1 数据中心总耗电	2
4.1.2 IT 设备耗电	2
4.2 局部 PUE	2
4.3 制冷/供电负载系数	3
4.4 可再生能源使用率	4
5 数据中心能耗测量方法	4
5.1 概述	4
5.2 能耗测量点	4
5.2.1 PUE 指标测量点	4
5.2.2 pPUE 指标测量点	5
5.2.3 CLF/PLF 指标测量点	5
5.2.4 RER 指标测量点	6
5.2.5 能耗的间接测量和估算	6
5.3 测量周期和频率	6
5.4 测量设备和系统	7
6 能效数据发布要求	7

前 言

本标准是数据中心的系列标准文件之一，该系列标准文件的预计结构及名称如下：

- 1) YD/T 2542-2013 电信互联网数据中心（IDC）总体技术要求
- 2) YD/T 2441-2013 互联网数据中心技术及分级分类标准
- 3) YD/T 2442-2013 互联网数据中心资源占用、能效及排放技术要求和评测方法
- 4) YD/T 2543-2013 电信互联网数据中心（IDC）的能耗测评方法
- 5) 电信互联网数据中心（IDC）的运维管理技术要求
- 6) 电信互联网数据中心（IDC）网络设备测试方法
- 7) 电信互联网数据中心（IDC）网络设备技术要求
- 8) 集装箱式电信互联网数据中心（IDC）总体技术要求
- 9) 基于云计算的互联网数据中心网络互联技术要求
- 10) 基于云计算的互联网数据中心安全指南
- 11) 电信互联网数据中心（IDC）虚拟资源管理技术架构

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这些专利的责任。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：中国移动通信集团公司、工业和信息化部电信研究院、中国联合网络通信集团有限公司、中国电信集团公司、中兴通讯股份有限公司、华为技术有限公司、百度在线网络技术（北京）有限公司、深圳市腾讯计算机系统有限公司、中金数据系统有限公司、阿里巴巴（中国）有限公司、上海宽带技术及应用工程研究中心。

本标准主要起草人：唐华斌、李洁、房秉毅、蔡永顺、李明栋、高新菊、陈尚义、谭杰夫、连雄伟、刘水旺、张敬、方行、李典林、高巍、郭亮、于涛。

电信互联网数据中心（IDC）的能耗测评方法

1 范围

本标准分析了互联网数据中心（以下简称数据中心）的能耗结构，定义数据中心的能效指标，提出数据中心能耗测量方法和能效数据发布要求。本标准主要规定了数据中心的直接消耗的电能，不包括油、水等其它能源或资源的消耗。

本标准适用于数据中心能耗的测量及能效的计算，用于了解数据中心能源效率状况，比较不同数据中心之间的能源效率及作为数据中心节能水平评级的依据。

2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CLF	制冷负载系数	Cooling Load Factor
HVDC	高压直流	High Voltage Direct Current
IDC	因特网数据中心	Internet Data Center
IT	信息技术	Information Technology
PLF	供电负载系数	Power Load Factor
pPUE	局部PUE	Partial PUE
PUE	电能利用效率	Power Usage Effectiveness
RER	可再生能源利用率	Renewable Energy Ratio
SAN	存储区域网络	Storage Area Network
UPS	不间断电源	Uninterrupted Power Supply
VPN	虚拟专用网络	Virtual Private Network

3 数据中心的能耗结构

3.1 概述

数据中心一般由所在地电网或专用的发电设施提供电力供应，经过变、配电等环节处理后，为数据中心的用电设备提供电源。

数据中心的能耗由以下部分组成：

- IT设备；
- 制冷设备；
- 供配电系统自身的消耗；
- 其它消耗电能的数据中心设施。

3.2 IT设备

IT设备包括数据中心中的计算、存储、网络等不同类型的设备，用于承载在数据中心中运行的应用系统，并为用户提供信息处理和存储、通讯等服务，同时支撑数据中心的监控管理和运行维护。

IT设备的具体类型包括：

- 服务器类：例如机架式、刀片式（含机框）或塔式等不同形式服务器；
- 存储类：包括磁盘阵列、SAN交换机等存储设备，以及磁带库、虚拟带库等备份设备；
- 网络类：包括交换机、路由器，以及防火墙、VPN、负载均衡等各类专用网络设备；
- IT支撑类：主要包括用于运行维护的KVM、监控管理等附属设备。

3.3 制冷设备

数据中心制冷设备是为保证IT设备运行所需温、湿度环境而建立的配套设施，主要包括以下类型设备组成：

- 机房内所使用的空调设备，包括机房专用空调、行间制冷空调、湿度调节设备等；
- 提供冷源的设备，包括风冷室外机、冷水机组、冷却塔、水泵、水处理等等；
- 如果使用新风系统，还包括送风、回风风扇、风阀等。

3.4 供配电系统

数据中心供配电系统用于提供满足设备使用的电压和电流，并保证供电的安全性和可靠性。供配电系统通常由变压器、配电柜、发电机、UPS、HVDC、电池、机柜配电单元等设备组成。

3.5 其它设施

数据中心中其它消耗电能的基础设施，包括照明设备、安防设备、灭火、防水、传感器以及相关数据中心建筑的管理系统等。

4 数据中心能效指标

数据中心能效指标是衡量数据中心能效的量化标准，其主要作用包括：

- 通过确定一种量化标准，帮助衡量数据中心运行过程中的电能利用情况；
- 提供对不同数据中心之间能效进行比较的依据；
- 作为数据中心设计、流程和管理改进的重要依据，以及为节能减排改进效果的评估提供对比数据。

综合考虑数据中心能效指标的可测量性、可比较性和可优化性，本标准选择PUE、局部PUE、制冷/供电负载系数和可再生能源利用率等四类能效指标，作为数据中心能效测评的基本指标。

4.1 电能利用效率（PUE）

PUE（Power Usage Effectiveness，电能利用效率）是国内外数据中心普遍接受和采用的一种衡量数据中心基础设施能效的综合指标，其计算公式为：

$$PUE = P_{Total} / P_{IT}$$

其中 P_{Total} 为数据中心总耗电， P_{IT} 为数据中心中IT设备耗电。

在数据中心中，只有IT设备的耗电被认为是产生有效输出的“有意义”的电能。PUE的实际含义，是计算在提供给数据中心的总电能中，有多少电能是真正应用到IT设备上。

根据定义，PUE值的取值范围为1.0到无穷大，数据中心机房的PUE值越大，则表示制冷和供电等数据中心配套基础设施所消耗的电能越大。

PUE定义简单、易于操作，只需分别测量出数据中心总耗电和IT设备耗电，就能立即计算出整个数据中心的PUE值。

4.1.1 数据中心总耗电

数据中心的总耗电是维持数据中心正常运行的所有耗电，包括前述IT设备、制冷设备、供配电系统和其它设施的耗电的总和。

如果数据中心所在建筑同时用于办公等其它用途，则办公等所消耗的电能不包括在数据中心总耗电中。

4.1.2 IT设备耗电

IT设备耗电是如3.2所描述的各类IT设备的耗电的总和。

4.2 局部PUE

局部PUE (Partial PUE, 缩写为pPUE) 是数据中心PUE概念的延伸, 用于对数据中心的局部区域或设备的能效进行评估和分析。

在采用pPUE指标进行数据中心能效评测时, 首先根据需要从数据中心中划分出不同的分区 (也称为Zone)。一个多层数据中心建筑中的一个机房, 或者一个集装箱数据中心的集装箱模块, 都可以作为一个Zone。

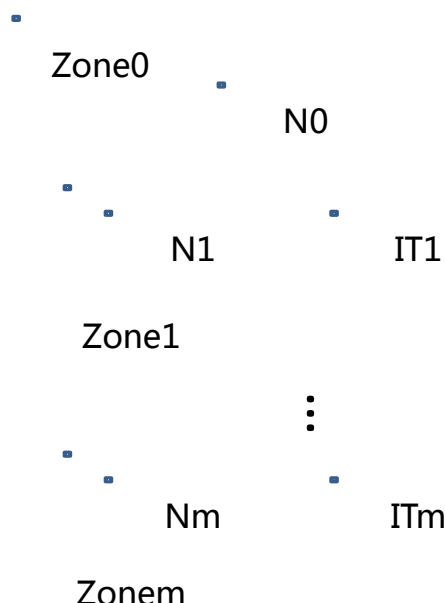


图 1 局部 PUE 计算示意图

如图1所示, 将数据中心划分为Zone0、Zone1、……、Zonem等m+1个分区, 则分区Zonei的局部PUE为:

$$pPUE_i = (P_{Ni} + P_{ITi}) / P_{ITi}$$

其中i=1、2、……、m, P_{ITi} 为第i个分区的IT设备耗电, P_{Ni} 为第i个分区的非IT设备耗电。

局部PUE用于反映数据中心的部分设备或区域的能效情况, 其数值可能大于或小于整体PUE。要提高整个数据中心的能源效率, 一般要首先提升pPUE值较大的部分设备或区域的能效。

局部PUE适合用于基于集装箱或其它模块化单元构建的模块化数据中心, 或者由多个建筑和机房构成的较大型数据中心的局部能效评估。

4.3 制冷/供电负载系数

CLF (Cooling Load Factor, 制冷负载系数) 定义为数据中心中制冷设备耗电与IT设备耗电的比值, 即

$$CLF = P_{Cooling} / P_{IT}$$

其中 $P_{Cooling}$ 为制冷设备耗电。

PLF (Power Load Factor, 供电负载系数) 定义为数据中心中供配电系统耗电与IT设备耗电的比值, 即

$$PLF = P_{Power} / P_{IT}$$

其中 P_{Power} 为供配电系统耗电。

CLF和PLF可以看作是PUE的补充和深化, 通过分别计算这两个指标, 可以进一步深入分析制冷系统和供配电系统的能源效率。如果忽略照明、安防等其它少量耗电, 则有以下的近似公式:

$$P_{Total} \approx P_{Cooling} + P_{Power} + P_{IT}$$

以上各项除以IT设备耗电, 可以变换得到

$$PUE \approx CLF + PLF + 1$$

4.4 可再生能源使用率

可再生能源 (Renewable Energy) 是指在自然界中可以循环再生的能源, 主要包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能 and 海洋能等。可再生能源对环境无害或危害极小, 而且资源分布广泛, 适宜就地开发利用。与可再生能源相对的是煤、石油、天然气等化石燃料及核能。

可再生能源利用率 (Renewable Energy Ratio, 缩写为 RER) 用于衡量数据中心利用可再生能源的情况, 以促进太阳能、风能、水能等可再生、无碳排放或极少碳排放的能源利用。

RER 的定义为:

$$RER = P_R / P_{Total}$$

其中 P_R 为可再生能源供电。

对于采用了可再生能源的数据中心, 可采用此指标进行评估。

5 数据中心能耗测量方法

5.1 概述

能耗测量方法是为计算数据中心能效, 对数据中心及其子系统耗电进行测量的方法, 包括测量点的选择、测量参数和测试设备要求等。

5.2 能耗测量点

5.2.1 PUE 指标测量点

为计算 PUE, 需要在如图 2 所示的数据中心的供配电系统示意图中, 测量数据中心总耗电及 IT 设备耗电, 具体测量点如下:

1) 数据中心总耗电

在正常情况下, 数据中心的电能由市电提供, 测量点应取市电输入变压器之前, 即图 2 中的 M1 点。当市电故障情况下, 柴油发电机产生的电力 (图 2 中的 M2 点) 作为数据中心总耗电的测量点。

如果是多用途机房楼, 数据中心总耗电计算中, 需减去在 M4 点测量的办公等其它耗电。

2) IT 设备耗电

严格来说, IT 设备耗电应该在各 IT 设备输入电源处测量耗电量并进行加总, 但由于 IT 设备数量较多, 这一方法将大大增加测量工作量和成本。因此, 在实际操作中, 可在各路 UPS 输出或者列头柜配电输入处进行测量后, 将测量值加总作为 IT 设备耗电。每一路供电的 IT 设备测量点即图 2 中的 M3 点。

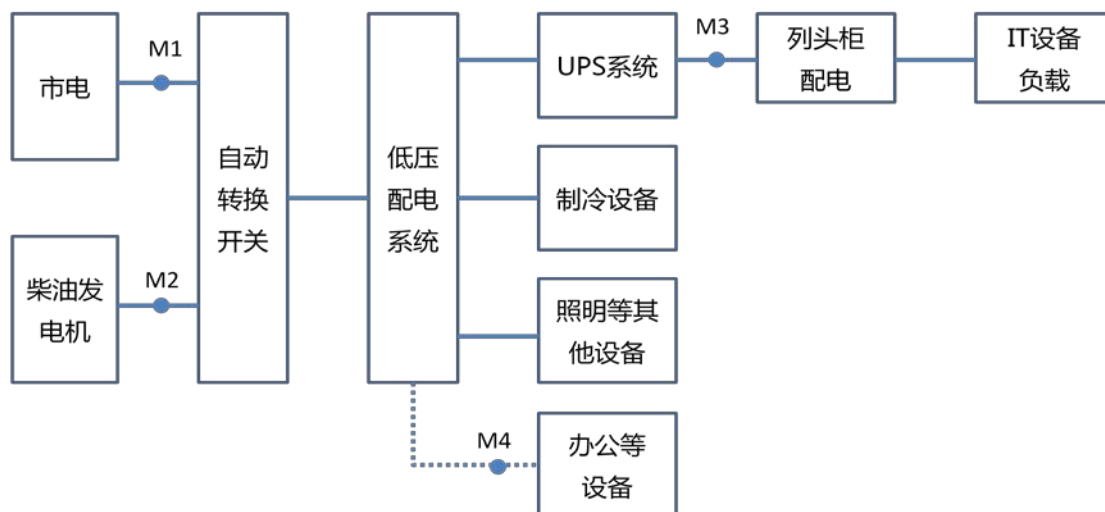


图2 PUE指标的测量点

确定测量点之后, 根据定义, PUE 的计算方法为:

$$PUE = (P1 + P2 - P4) / P3$$

其中P1为在M1点测得的用电量，依此类推。

5.2.2 pPUE指标测量点

局部PUE的具体测量与Zone的定义有关，在如图3所示的区域Zone1的供配电系统示意图中，可在M1点测量此区域总耗电，在M2点测量每一路供电的IT设备耗电并进行加总。

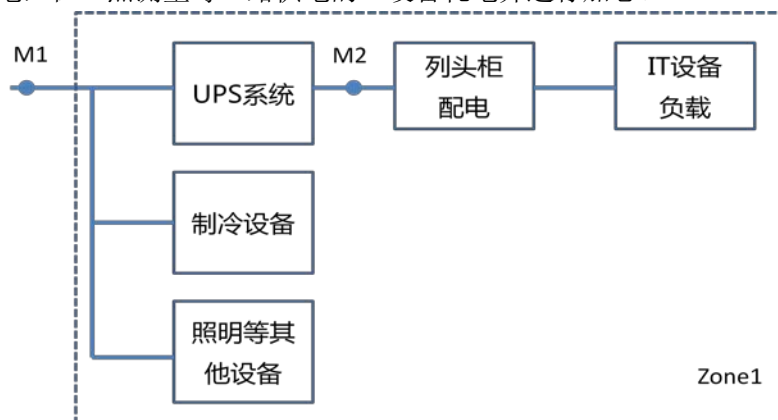


图3 局部PUE指标的测量点

根据定义，Zone1区域的局部PUE为：

$$pPUE = P1 / P2$$

其中P1为在M1点测得的用电量，依此类推。

5.2.3 CLF/PLF指标测量点

为计算CLF和PLF指标，需要在PUE测量点的基础上，增加制冷设备耗电、照明等其他设备耗电的测量点，即图4中的M5、M6点。

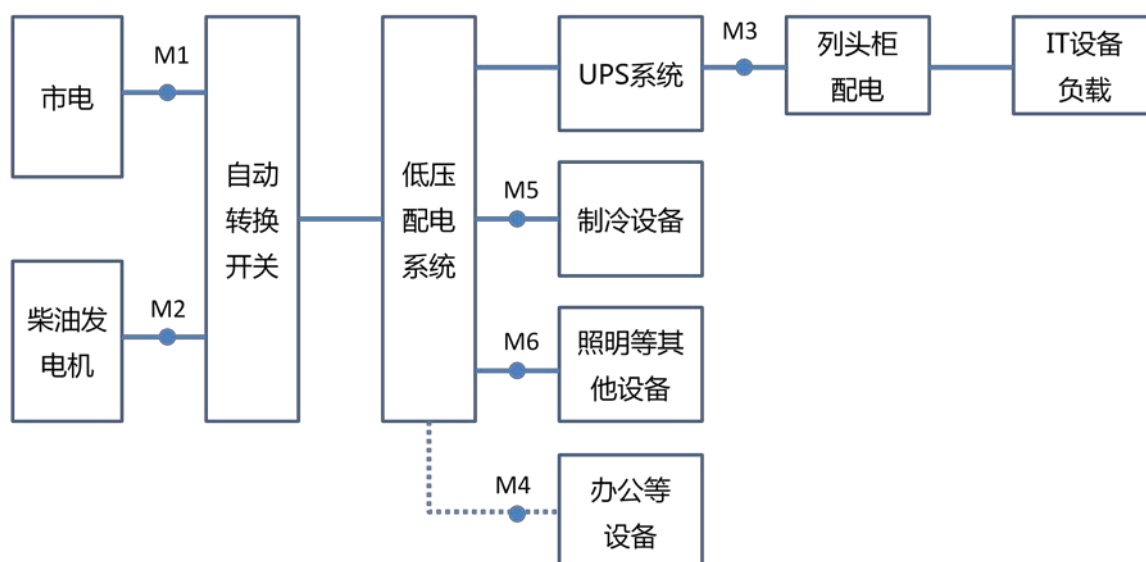


图4 CLF/PLF指标的测量点

根据定义，CLF和PLF的计算公式分别为：

$$CLF = P5 / P3$$

$$PLF = (P1 + P2 - P3 - P4 - P5 - P6) / P3$$

其中P1为在M1点测得的用电量，依此类推。

其中PUE的测量和计算方法见5.2.1。

5.2.4 RER指标测量点

如图5所示，为计算RER指标，需要分别测量不同供电方式供给数据中心的用电量，从而计算出可再生能源供电占数据中心总耗电的比例。

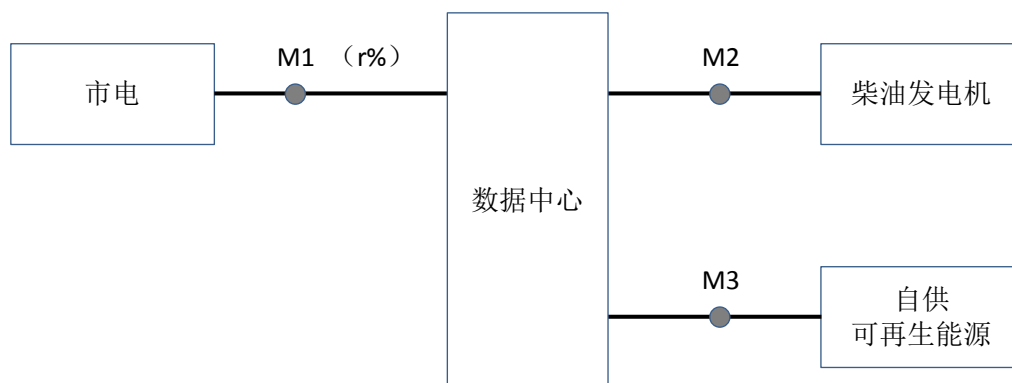


图5 RER指标的测量点

可再生能源供电可能来自市电（例如水电），也可能来自于自供（例如数据中心装配太阳能或风能发电机）。假定市电中可再生能源占比为 $r\%$ ，则根据定义，RER的计算公式为：

$$RER = (P1 \cdot r\% + P3) / (P1 + P2 + P3)$$

其中P1为在M1点测得的用电量，依此类推。

5.2.5 能耗的间接测量和估算

在实际测量中，部分需要的耗电量可能无法直接测量得到，而应通过一定的方法进行间接测量和估算。制冷设备和供配电系统能耗的间接测量和估算可采取如下方法：

1) 制冷设备能耗的间接测量和估算

采用水冷空调的数据中心通常与所在建筑的办公场所等共用冷水机组，为测量数据中心制冷所消耗的电能，可测量或估计数据中心和其它负载之间的热负荷比例（根据水流量、水温的设置等），然后根据比例将冷水机组消耗电能的一部分分配给数据中心。

计算局部PUE的区域与其它区域有共享制冷系统时，也应采用这种方法进行间接测量和估算。

2) 供配电系统能耗的间接测量和估算

在测量供配电系统能耗的过程中，如果指定的测量点难以安装测试设备，根据相关设备的能效因子进行间接推算。例如，在PUE测量中，如果无法在数据中心变压器之前直接测量数据中心的总能耗，可根据变压器之后的实测值进行推算。

此外，当需要从数据中心总耗电中扣除办公等耗电时，也应采取按比例分摊的方式，将对应的供配电系统的损耗进行扣除。

5.3 测量周期和频率

能耗指标的数值受各种因素的影响，会随季节、节假日和每天忙闲时段的变化发生变化，因此为全面、准确了解数据中心的能效，应采用固定测量仪表，对数据中心能耗进行持续、长期的测量和记录。

若数据中心未安装固定测量设备，可采用钳形功率计等设备测量数据中心及IT设备等的短时用电量。测量的周期和频率如下：(a) 每次测量不小于一小时；(b) 每天测量不少于2次，在业务忙时和闲时进行测量；(c) 每月不少于3天，可在5日、15日、25日进行测量。

数据中心应根据连续或多次短时累计的数据中心总耗电、IT设备耗电等测量值（单位为KWh）来计算PUE等能效指标。

如无特殊说明，数据中心的PUE、pPUE、CLF、PLF和RER等能效指标，是指采用固定测量仪表，在指定测量点测量并记录至少一年的数据。数据中心如果选择公布季度、月份、周、天或小时发布能效数据，应对其能效周期加以说明。其中季度可按照春季（3月～5月）、夏季（6月～8月）、秋季（9月～11月）、冬季（12月～2月）划分。

5.4 测量设备和系统

测量设备和系统应满足以下要求：

- 应在规定的对应测量点进行测量。可安装固定测量设备，也可以利用供电、空调或IT设备内置的测量功能；
- 测量设备的精度要求误差不超过 $\pm 3\%$ ，解析度不低于0.1Kwh；
- 采用支持通过网络自动上报或者自动获取能耗数据的智能测量仪表，实现能耗远程、自动化采集；
- 建设能效管理系统，实现对能耗数据的统计、分析和能效指标的自动计算。

6 能效数据发布要求

即使采用了相同的指标定义、测量点、测量周期和测量工具，数据中心的能效仍然可能会因为其所在地理位置、功率密度、主要业务类型、IT设备上架率等不同而产生明显差异。为更加全面、准确的反映数据中心能效，在公布能效指标数值时，应包括以下相关信息：

- 数据中心所在的地理位置，至少精确到具体的城市；
 - 数据中心时测试的具体时间段、室内外温湿度等；
 - 数据中心的设计功率密度，单位为KW/机架；
 - 数据中心规模，以总电容量计算（KW）；
 - 数据中心实际使用率、上架IT设备功率占总设计IT功率的比例；
 - 数据中心建筑形式，单体机房、与办公等混用或者模块化等；
 - 数据中心用途，企业应用、互联网应用、客户设备托管等；
 - 数据中心供电和制冷方式，例如高压直流，风冷/水冷式空调、自然冷源（说明年使用时长）；
 - 是否采用了间接测量和估算方法，估算时的测量点、热负荷比例和估算方法等。
-