

白皮书

基础设施使用率 (IUE™)

主编:

David Wang	阿里巴巴（中国）有限公司
Yigit Bulut	EYP Mission Critical Facilities, Inc.（美国）
Mark Seymour	Future Facilities（英国）

参与者:

李国强	华为技术有限公司
Nobuo Sashida	施耐德电气有限公司（日本）
郭亮	中国信息通信研究院
李洁	中国信息通信研究院
Lex Coors	Interxion（荷兰）
吴健	维谛技术有限公司

概要

中国通信标准化协会绿色网格标准推进委员会，简称绿色网格（TGGC）致力于促进绿色数据核心理念、标准和最佳实践，以实现可持续发展并履行社会责任。它提出了一项新指标 - 基础设施使用率，简称为 IUE™。该指标旨在解决数据中心业主面临的最重要的挑战：如何有效使用基础设施资源以最大限度地降低运营风险，最大限度地使用现有资源，避免在未充分使用昂贵的资源的同时又修建或租赁新设施。IUE™ 为数据中心业主和管理者提供了一种有效方法，可评估基础设施资源的使用率，识别设计或运营缺陷，指导改进基础设施资源的使用，降低总拥有成本 (TCO) 以及提高可靠性和可用性。

本白皮书发表的 IUE™ 包含五个基础设施资源要素。一方面，作者认识到这五个要素不代表全部资源，对于有些数据中心业主，可能还有这五个要素以外的其他要素也非常重要。我们将与行业专家一起确定这些要素，然后将其纳入 IUE™。另一方面，作者发现这些元素使用起来相对复杂。相比之下，PUE™ 指标非常简单易懂，只需两个元素即可使用 - 数据中心的总能耗和 IT 设备的能耗。作者鼓励行业专家和早期采用者自己或者与作者共同建立 IUE™ 使用的指导原则或构建在线工具，帮助降低 IUE™ 的使用障碍和复杂性，推动指标的广泛采用，从而使整个数据中心行业受益。

目录

I. 介绍.....	4
II. 基础设施使用率 (IUE™).....	5
术语.....	5
定义.....	6
基础设施资源要素.....	6
III. 基础设施资源要素 - 设计容量.....	8
IV. 基础设施资源要素 - 消耗量.....	8
V. 计算 IUE™.....	8
VI. 用图形表达 IUE™.....	8
VII. 以数字形式表达的 IUE™.....	10
VIII. 结论.....	10
IX. 鸣谢.....	11
X. 关于 绿色网格 (TGGC)	11

I. 介绍

无法测量就无法改进。使用关键指标有助于数据中心业主提高资源使用率、降低总拥有成本(TCO)，加强环保责任。正确使用关键指标，不仅可以实现所有这些目标，同时还能维护或改进数据中心的可用性。

2007年以来，美国第三方非盈利组织绿色网格协会制定了若干 xUE 指标来解决数据中心的资源使用率问题。多年的实践证明，能源使用率 (PUE™) 指标是一个衡量数据中心能源使用率的宝贵行业工具。现在，世界各地的数据中心都在使用 PUE™ 来讨论和提升能源使用率。碳使用率 (CUE™)、水使用率 (WUE™) 和空间使用率 (SpUE™) 指标也受到了数据中心业主的重用。如今，xUE 系列指标正在帮助数据中心行业更有效地成长和发展。

但是，除了能源、水和空间，数据中心还需要其他资源。电力基础设施和冷却基础设施等基础设施资源都非常重要，是成功运营的关键，而且会造成大量的资本支出 (CapEx)。因此，基础设施资源的性能和可用性会显著影响企业的生存和发展。

全球信息量呈爆炸性增长，随之需要建立更多的数据中心。构建新数据中心，特别是超大规模的数据中心，要花费数亿甚至数十亿美元的资本支出 (CapEx)，而外包也要花费大量的月运营支出 (OpEx)。在决定建造新数据中心或租赁之前，决策者应该首先问一个关键问题：现有设施的使用效率如何，所得结论是否是现有设施已无法满足业务需求，或者该结论是否属实？非常常见的情况是，数据中心基础设施看似不足以应对数字化增长，实则是对基础设施资源的使用管理不当。为了让决策者能够做出关系到业务增长的明智决策，合理和有效的指标是必不可少的。毕竟，无法测量就无法改进。

TGGC 认为，IUE™ 和其他 xUE 都能帮助数据的业主和运营者更有效地管理资源，提高竞争力，同时满足他们的社会责任要求。

II. 基础设施使用率 (IUE™)

为维持 IT 运作，基础设施资源容量必须可用且充足。例如，要支持 100kW 的 IT 负载，必须有足够的功率 ($\geq 100k$) 容量、足够的冷却 ($\geq 100kW$) 容量以及足够数量的机架和 U 位来安装服务器。功率、冷却、机架空间等，都被视为支持 IT 负载所需的基础设施资源。

理想情况下，所有基础设施资源容量的消耗速率与 IT 负载率相同。部署 60% 的 IT 负载后，所有基础设施资源要素中的 60% 被消耗。随着 IT 负载的增加，基础设施资源要素的使用也会以相同速率增加。当 IT 负载的使用率达到 100% 时，资源要素对使用率亦如此。这种情况表现的是，充分使用重要的基础设施资源要素，实现了最高效的使用率。

现实中，由于设计和运营限制和/或缺陷，基础设施资源使用率低不可避免。使用率低表现为 IT 负载使用率和基础设施资源使用率之间的差异，尤其是以相比 IT 负载更快的速度消耗一个或多个资源要素。例如，部署 60% 的 IT 负载时，一个特定的基础设施资源要素的使用率可能会达到 80% 或更高。使用率的这种差异会使数据中心不如设计目标那么有用，即，IT 负载将无法扩展到设计能力的 100%，因为至少会有一个资源要素的能力不足以支持可能超过 70% 或 80% 的 IT 负载。

基础设施使用率 (IUE™) 旨在根据 IT 负载评估和确定资源使用率是否低下。

术语

1. 冷却是指排除和带走 IT 组件和设备产生的热量，并最终将热量释放到外部环境（大气）中的过程。
2. 机械冷却是指使用压缩机通过机电方式（包括但不限于冷水机组和直接膨胀系统）产生散热所需冷却容量的过程。
3. 自然冷却是指利用自然环境（大气）中的可用冷却容量完成散热和排热的过程。
 - a. 直接式空气节能器 – 指一种将外界空气直接引入机房，或和机房回风混合，或机柜蒸发降温装置的散热的自然冷却过程。
 - b. 除直接式空气节能器以外的所有自然冷却 – 指包含散热器装置的自然冷却过程，包括间接式空气节能器及水侧节能器。
 - c. 100%自然冷却指数据中心内 IT 设备的排热完全依赖某种形式的自然冷却
 - d. 部分自然冷却指数据中心内 IT 设备的排热依赖自然冷却和机械冷组合实现散热的过程。

4. 空气冷却是指将空气作为冷却介质，排除 IT 设备所产生热量的冷却过程。在空气冷却情况下，使用风扇、鼓风机等气动装置，强制冷却空气流过产生热量的 IT 器件和设备，在此过程中吸收热量，最终将收集的热量散发到大气中。
5. 冷却空气输送是指向 IT 机柜（即热源）输送冷却空气的机制，其中包括将冷却系统置于机房周边、在 IT 机架中成排放置、置于顶部或机架内。
6. 液体冷却是指将液体作为冷却介质，排除 IT 设备所产生热量的冷却过程。它有一个过程，其中：
 - a. 将冷却液体直接引到热源，例如 CPU。包括液体和热源直接接触，如浸没式液体冷却方式；还包括液体和热源间接接触，如冷板等方式。
 - b. 将冷却液体直接引到单个安装了服务器和网络设备等 IT 设备的机柜，但冷却液体远离 IT 部件和设备，如液冷机柜背门。
7. 空气冷却和液体冷却都可能涉及机械冷却、自然冷却、或机械冷却与自然冷却的组合。
8. CRAC（Computer Room Air Conditioning）指传统计算机机房空调，或 DX 型精密空调。
9. CRAH（Computer Room Air Handler）指计算机机房空气处理器，或冷冻水型精密空调末端。
10. UPS 指不间断电源系统。
11. 市电指连接公用电网的电源。
12. RPP 指壁式或地装式远程配电柜。
13. PDU 指壁式或地装式配电柜。在北美，有的 PDU 含有变压器。

定义

基础设施使用率 (IUE™) 中的任何资源要素指 (1) 消耗量与 (2) 设计容量之比。

$$\text{使用率} = \frac{\text{消耗量}}{\text{设计容量}}$$

基础设施资源要素

本白皮书的目的是，按照指标需简单易懂易用的原则，介绍一些有选择的重要基础设施资源要素。当前版本的 IUE™ 中所涵盖的基础设施资源要素不是包容万象的，对于有些行业或区域的数据中心业主，也许还有其他重要要素。这些要素可以添加到 IUE™ 中以覆盖更广泛的数据中心基础设施资源库。作者也欢迎在未来的 IUE™ 讨论和实践，有同行专家提出其他重要的基础设施资源要素，一起扩展和完善 IUE™，努力提高数据中心资源效率。

当前白皮书中介绍的数据中心基础设施将涵盖以下五个资源要素：

1. 电量供应 / Power Delivery
2. 电量分配 / Power Distribution
3. 制冷量 / Cooling Generation
4. 冷却流量 / Cooling Flow
5. 机架 U 位数量 / Rack U Count

下表简要说明了这五个资源要素与 IT 负载之间的关联方式以及 IUE™ 讨论中每个资源的适用的场景。以下各节将对这些关系进行详细介绍。

资源	与 IT 负载的关系	适用性
电量供应	UPS 或其他（包括燃料电池或市电直供等）供电系统的电流相位平衡。	适用于所有场景 – 机械制冷，自然冷却，空气冷却，液体冷却，机械-自然混合冷却，空气-液体混合冷却
电量分配	RPP 或 PDU 通过不同的连接方式（例如相-相或三相）向 IT 负载分配电量。	适用于所有场景
制冷量	机械制冷设备和除了自然冷却/直接空气节能器外的其他自然冷却设备的运行工况	适用于除了自然冷却/直接空气节能器外的场景。
冷却流量	对于空气冷却，是指 IT 设备的冷却空气要求和通道封闭单元的泄漏情况。 对于液体冷却，是指 IT 设备冷却液要求。	适用于以下情形： <ul style="list-style-type: none"> • 空气冷却。其中，用于提供冷却空气的风扇/鼓风机设备是属于数据中心基础设施资源（例如壁式风扇或 CRAH/CRAC 装置） • 机械冷却，自然冷却，液体冷却，机械-自然混合冷却，空气-液体混合冷却 不适用于以下空气冷却情形： <ul style="list-style-type: none"> • 冷却系统在任何负载情况下一直使用固定转速风扇驱动。
机架 U 位数量	IT 设备电源密度	适用于所有情形

III. 基础设施资源要素 - 设计容量

本节介绍的是使用率定义 (=消耗量/设计容量) 中的设计容量。

IV. 基础设施资源要素 - 消耗量

本节介绍的是使用率定义 (=消耗量/设计容量) 中的消耗量。

为维持 IT 运行，IT 设备需要功率、冷却和空间等资源。例如，一台安装在 IT 机架中的服务器需要 500 W 的功率和冷却以及 2U 的机架空间。要维持 IT 运营，必须有可用于消耗的基础设施资源。根据资源类型、设计和/或运营效率的不同，需求量和消耗量有可能不同。

V. 计算 IUE™

VI. 用图形表达 IUE™

为帮助明确和更好地理解 IUE™ 讨论中所包含的每个基础设施资源要素的表现方式和相互关联，我们将使用条形图和蜘蛛网图进行说明。图表还有助于揭示和说明所有要素的使用率，从而指出可进行改进的区域。

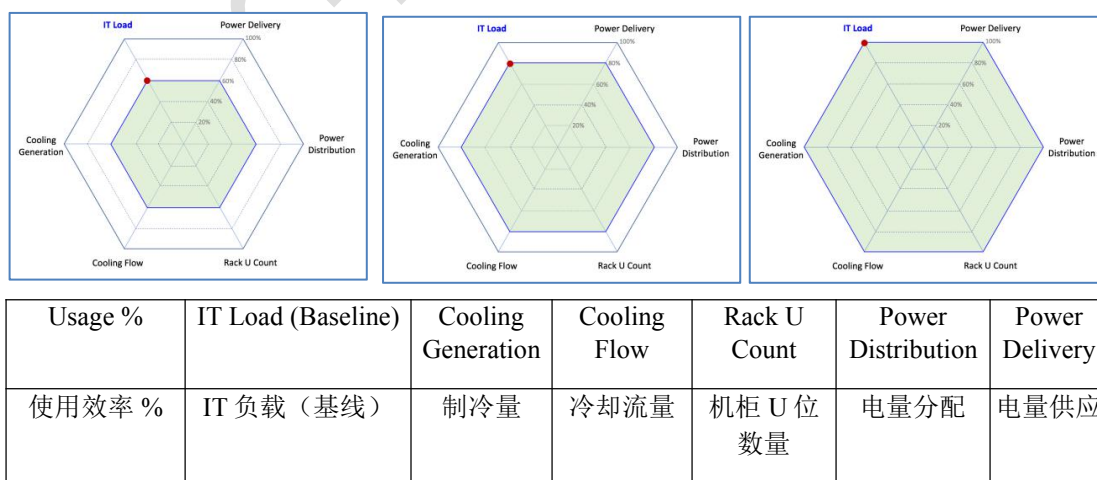


图 1：完美的使用模式 - 资源使用率与 IT 负载率匹配

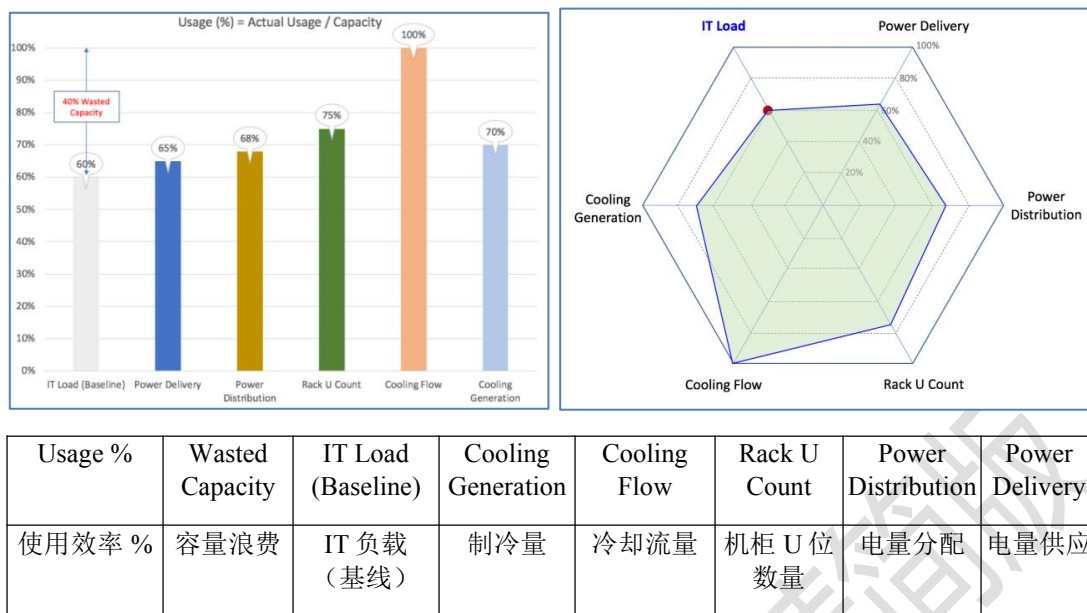


图 2：现实 – 资源要素使用率超过 IT 负载使用率，其中一个要素达到 100%

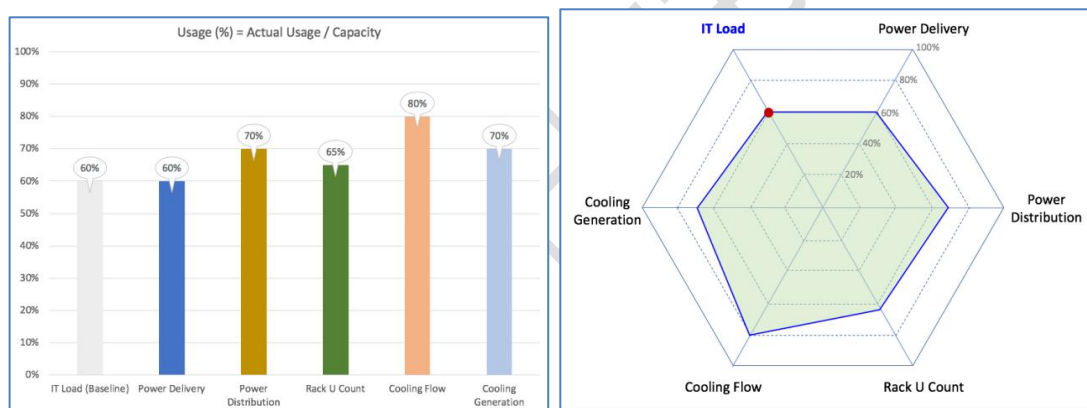


图 3：现实 – 资源要素使用率超过 IT 负载使用率

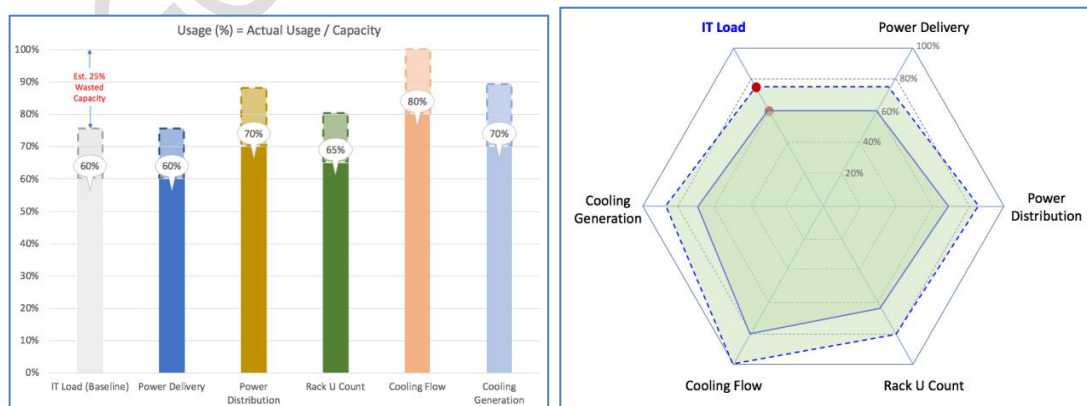


图 4：线性外推以显示闲置资源

VII. 以数字形式表达的 IUE™

图 1-4 所示的 IUE™ 图表显示了大量有关资源使用率的详细信息，通过定量分析和定性分析清楚表明了资源使用率低下的原因。因此，用图表表达的 IUE™ 有助于数据中心业主评估资源使用效率，并发现提高资源使用率的机会，从而降低总数据中心基础设施的成本并/或提高可用性。

IUE™ 也可以用类似于 PUE™ 的简单数字来表示。当用数字表示时，IUE™ 会变得易读、易懂，而且由于数字表达的 IUE™ 不揭示敏感数据和信息，数据中心业主就可能把基础设施资源使用率公开或和同行进行对比。出于不同的关注点，企业管理层可能会对数字表示的 IUE™ 更有兴趣，而工程师可能会对图表表示的 IUE™ 更有兴趣。

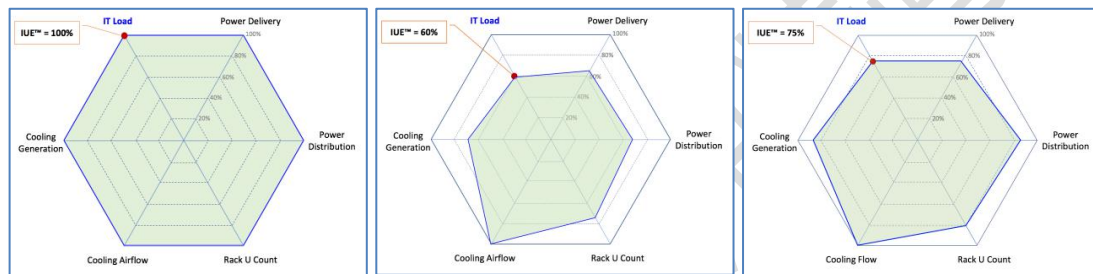


图 5：以数字与蜘蛛网图表示的 IUE™

VIII. 结论

数据中心基础设施资源是数据中心业主最重要的考虑之一。它不仅会影响 IT 基础设施的可扩展性，还会对资本支出和运营支出产生重大影响，因为数据中心的构建成本极为昂贵。TGGC 认为 IUE™ 指标在提高数据中心资源效率和 IT 服务可用性方面会对行业产生积极影响。TGGC 希望行业利益相关者积极参与和推广 IUE™ 的采用，以及共同开发和制定其他资源效率相关指标。

随着数据量和信息量的不断增长，数据中心资源效率将变得愈加重要。资源效率会影响是否需要、何时需要构建大量新设施。随着云供应商之间的竞争日益激烈，能充分利用自己最昂贵资产之一，即数据中心基础设施的那些企业将会比同行更具竞争优势。TGGC 将继续倾听数据中心业主和运营者、IT 设备供应商、基础设施设备供应商、政策制定者等行业利益相关者的反馈，确定可以提高数据中心资源效率的领域；并将制定新的指标、白皮书、技术指南等，满足行业可持续发展的需求，提高宝贵资源的使用效率，获得竞争优势，履行社会责任。

IX. 鸣谢

本白皮书最初由绿色网格协会（The Green Grid Association）主持、许多 TGG 成员参与了本白皮书初期的编写。受机构重组和其他变化的影响，本白皮书的完成被耽搁良久，但最终由绿色网格标准推进委员会（TGGC）制定完成并发布。一位对本白皮书做出很大贡献的绿色网格协会（The Green Grid Association）成员选择不出现在作者栏，而若干其他成员的名称在转型过程中很遗憾被丢失，对于本白皮书的贡献者无法得到合理的认可，作者感到非常遗憾和抱歉。作者在此向所有在本白皮书初期编写作出有意义和重要贡献的绿色网格协会（The Green Grid Association）成员表示诚挚的感谢。可以不夸张的说，本白皮书是绿色网格协会（The Green Grid Association）和绿色网格标准推进委员会（TGGC）的深度协作的成果。

X. 关于 绿色网格（TGGC）

绿色网格（TGGC）是绿色网格标准推进委员会的缩写，沿用简称绿色网格标准推进委员会、绿色网格标准委员会、绿色网格，隶属于中国通信标准化协会（CCSA），是第三方非营利性组织。绿色网格（TGGC）成员由最终用户、决策者和设备供应商组成，致力于促进绿色数据核心理念、标准和最佳实践，实现可持续发展并履行社会责任。绿色网格（TGGC）与国际同行及相关组织紧密合作，吸引业内最优秀人才，为中国数据中心行业和全球数据中心行业架起沟通桥梁，支持和促进有利于推动数据中心行业可持续发展的理念，标准和实践不分国界和边界的流通，惠及全球和全人类。有关更多信息，请访问 www.tggchina.cn。