

数据中心低碳策略

文/联通数字科技有限公司 车 凯

在国家“双碳”目标大背景下，数据中心行业采取开源减排措施，推动产业朝着绿色、安全、可持续方向发展，加速向100%可再生能源转型，成为能源转型的推动者和实现碳中和的贡献者。

数据中心作为新基建的重要领域，已经从最初的可用、好用阶段发展到绿色低碳和可持续发展阶段。最新数据表明，全国数据中心用接近全社会1%的用电量，支撑了约占全国GDP 36.2%的数字经济规模。虽然数据中心高能耗带来了更高的数字经济产值，但在国家“双碳”目标下，高能耗产业必将成为国家重点监管和考核的对象，数据中心如何降低碳排放、降低电能使用效率（PUE）成为后期运营的关键。

数据中心碳排放现状

在我国提出2030年“碳达峰”和2060年“碳中和”的目标下，数据中心行业能耗问题再次受到社会各界广泛关注。2021年以来国家相关部门相继出台了《国家发展改革委等部门关于严格能效约束推动重点领域节能降碳的若干意见》《2030年前碳达峰行动方案》《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》等多项政策，首次把数据中心列为与传统八大双高行业并列的第九类行业，并要求新建大型、超大型数据中心电能利用效率不超过1.3。

数据中心低碳可持续化发展如此迫切，一方面，随着云计算、移动互联网等技术高速发展，数据中心已和水、电等基础设施一样成为必需品。另一方面，物联网、大数据的万物互联时代导致数据流量急速增长，数据中心必将进一步向大型化和高密化发展，能耗和碳排放的增加不可避免。

1. 数据中心PUE现状

PUE一直作为衡量数据中心能耗利用率的重要指标。现阶段，大型、超大型数据中心的PUE一般为1.25~1.5。不同PUE下的数据中心电能模型如图1所示。

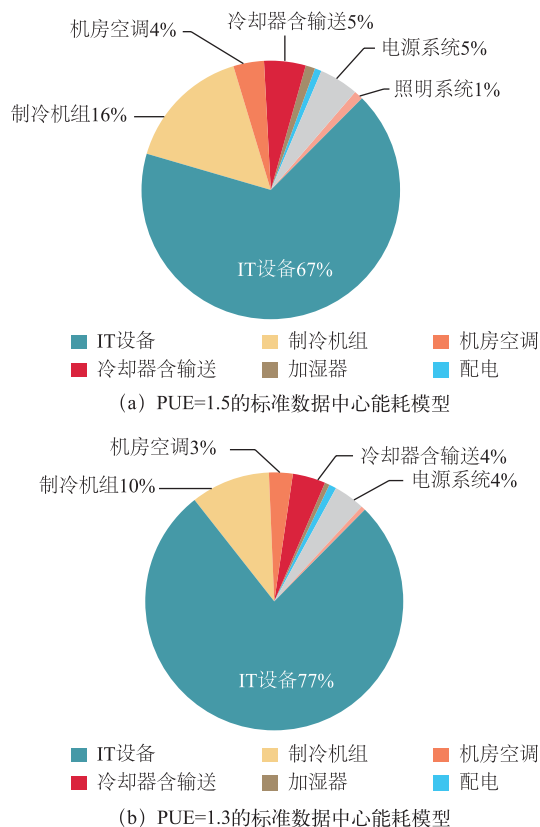


图1 数据中心标准电能模型

数据中心架构和制冷模式的不同决定了PUE能达到的最低值，部分前期投产的数据中心由于只采用传统的冷水机组制冷模式，因此PUE下降空间十分有限。

从模型中可以看到，随着PUE的不断降低，基础设施能耗占比越来越低，现阶段各数据中心的常

规运维节能主要是围绕如何优化温场分布，如何优化气流组织，以及提高各单体设备运行效率和联动系统效率开展。这些方式将PUE从1.7降到1.6相对容易，但从1.30降到1.29就变得很难，即使能够实现，PUE每降低0.01需付出的成本也会变得越来越高。数据中心常见节能方式如图2所示。

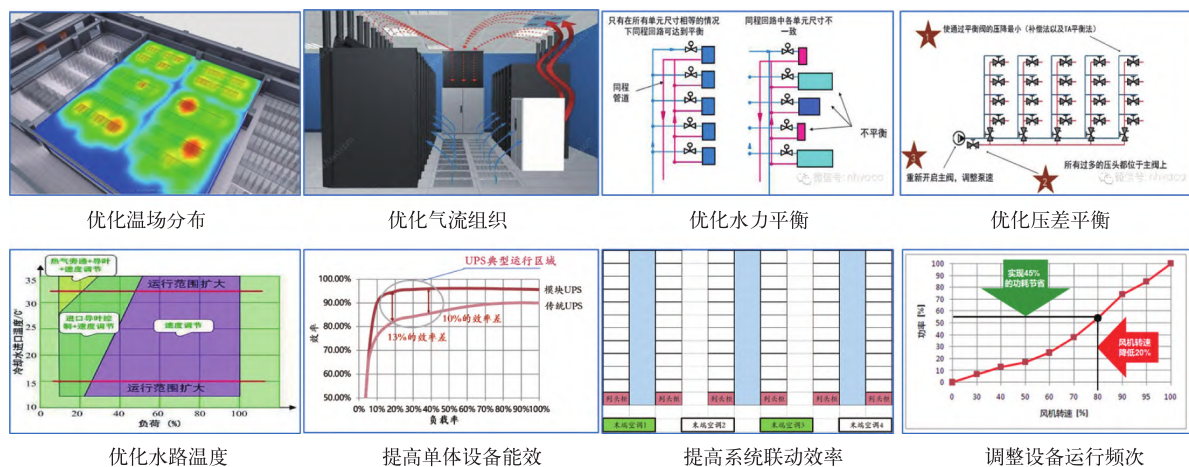


图2 数据中心常见节能方式

2. 数据中心CUE现状

数据中心是将电力转换为算力的枢纽，CUE体现的是数据中心碳利用效率，与碳排放因子（CEF）和电能使用效率（PUE）直接相关，可以通过提升绿电的比例和降低PUE两种方式来降低CUE。公式为

$$CUE = \frac{\text{数据中心的CO}_2\text{排放量}}{\text{数据中心IT设备能耗}} = CEF \times PUE$$

“双碳”背景下，CUE是现阶段数据中心运营可量化的重要碳排放指标，国家有关数据中心的各项政策已从如何降低PUE逐步转向如何降低CUE，陆续出台了《关于印发进一步加强数据中心项目节能审查若干规定的通知》等文件，鼓励在数据中心中布局和使用新能源，鼓励水资源的循环利用。但由于处在转型初期，现阶段大部分数据中心CUE还处于相对高值，降低空间比较大。

3. 数据中心碳中和现状

1) 将CUE变为零有多种路径，包括直接的绿电交易（DPP）、可再生能源投资、绿证（RECs）交易及碳减排认证。

2) 数据中心碳中和落地要早，但不要用力过猛，要考虑经济效益和性价比。已建成的数据中心重点在节能，规划中的数据中心可以考虑采取全低

碳模式。

3) 不要过早追求所谓的数据中心零碳，它会像零糖零卡饮料一样，未必是最适合的。

4) 数据中心碳中和的最终目标是实现数据中心和环境的一体化。

5) 数据中心作为用能侧，自身耗能较少，因此更应该关注IT设备侧的节能，提升从能源到算力的转换效率才是数据中心碳中和的核心。

数据中心低碳节能方向

数据中心一方面要加大绿色清洁能源的采购和使用，降低碳排放；另一方面更要精细控制自身能源的使用情况，提高单位算力所消耗的功率。数据中心整体架构如图3所示。

1. 引入高效率数据中心产品

新建或改造数据中心，可采用比较多的节能效果好的新技术产品，比如，制冷系统可以采用液冷技术提高整个系统的换热效率，电源系统可以采用巴拿马电源，利用中压AC 10 kV直转DC 240 V，提升电源效率3%左右，同时可以采用天蝎机柜和充分利用自然冷源降低制冷系统和机房系统的能耗。数据中心高效率节能产品如图4所示。

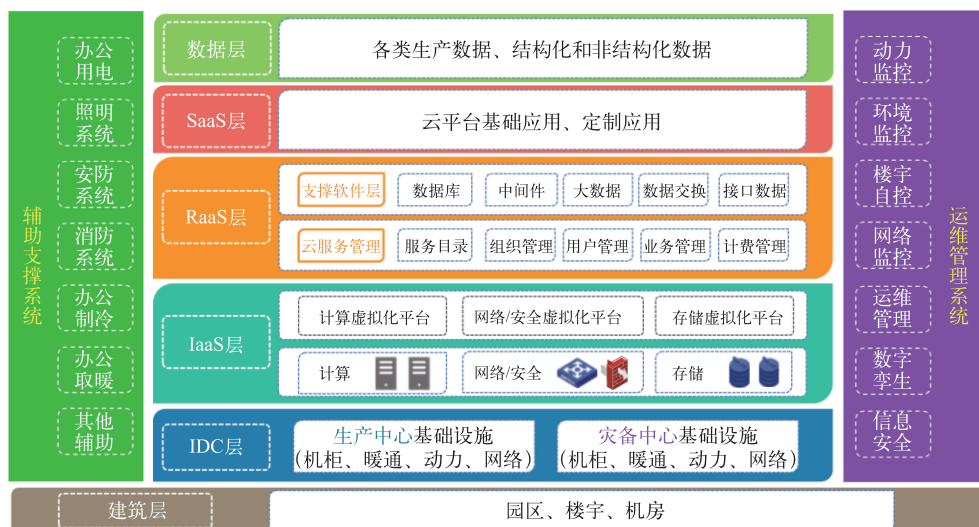


图3 数据中心整体架构



图4 数据中心高效率节能产品

2. 多元化的能源供给方式

无论数据中心是否参与电力交易，获得的绿电比例都相对固定，一般只能通过额外的购买绿电来提高绿电比例。除此之外，还要降低数据中心的碳排放，除降低数据中心总能耗外，也可以在数据中心现场自建光伏、风能和氢燃料等发电系统为数据中心辅助供电，还可以利用锂电池等储能系统在辅助供电有剩余以及削峰填谷时进行储能，减少油机的部署和使用，形成园区内部综合的分布式能源管理系统。但光伏、风能等绿电由于受天气等因素影响较大，电力输出不稳定，无法实现连续不间断的供电，因此，在实际使用中它们只能作为辅助供电系统。

3. 优化数据中心冷源结构

数据中心常用的制冷方式主要包括直接蒸发自然冷却、间接蒸发自然冷却、全新风自然冷却、冷水机组冷冻水制冷、直接膨胀式制冷和新风回风混合冷却等多种方式。早期的数据中心一般采用单一的冷机+冷塔的冷水机组冷冻水制冷模式，通过压缩机和蒸发冷却水带走热量，相对比较稳定但节能

效果一般。

由于北方具有夏季湿热、冬季寒冷干燥的特点，位于北方的数据中心宜采用两种以上的制冷模式，比如夏季用冷水机组冷冻水制冷模式，冬季用干冷器+板换冷冻水制冷模式，或者采用间接蒸发冷却模式，最大化地利用室内外温差达到散热的效果。

同时，位于北方的数据中心可发挥地理优势，充分利用地下水源和地下自来水管道的水温常年为10℃左右的特点，利用板换等方式直接与数据中心换热，提供辅助供冷，在减少冷却系统电资源消耗的同时，也可有效减少水资源消耗。

4. 建立数据中心绿色生态圈

从数据中心系统架构上不难看出，数据中心前期的节能和减碳更多的是围绕基础设施建设和运维开展的，而对占比达到80%的基础设施之外的能耗关注过少，IaaS层、PaaS层、SaaS层和数据层的大量能耗没有被监控和管理，这需要政府部门、IT硬件商、软件商和客户共同解决。

(下转第59页)

关工作人员在安装继电保护装置的过程中能够充分考量多方面的因素，结合发电厂实际的工作管理需求，科学合理地设置相应的电力运行负荷，确保在设备发生故障隐患问题时继电保护装置能够发挥出应有的功效。

结束语

发电厂在对当前继电保护装置干扰因素进行防范管控的过程中，应制定科学合理的管理方案、管控措施，从多个维度、多个方向提高相关设备运行的安全性和稳定性。此外，还需加大对人才的教育培养力度，革新现有的工作管理策略、管理方式，提高现场管理工作的质量和效率。EA

(收稿日期：2022-04-29)

参考文献

- [1] 卢毓鹏. 发电厂继电保护干扰因素及防范对策探讨[J]. 电力系统装备, 2021(2): 3.
- [2] 杜伟. 发电厂继电保护干扰因素及防范对策[J]. 河南科技, 2020(20): 104-106.
- [3] 邓坤. 电厂继电保护的故障诊断与对策[J]. 水电水利, 2021, 5(1): 146-147.
- [4] 冯晓伟, 王本涛, 董金星, 等. 继电保护测试功率源实用化热设计与实践[J]. 电气应用, 2020, 39(8): 53-59.

(上接第48页)

在数据中心绿色节能评价上，需制定和完善行业标准。协同IT硬件、软件、设计和集成等行业，在IT能效、业务架构和代码效率上，针对数据中心做绿色等级划分。在数据存储方面，针对占比75%左右的冷数据采用光存储等方式替代电存储或者磁存储。数据中心运营者要积极推动落实这些政策和标准，对符合的客户给予优惠的销售策略，使数据中心上下游相关行业形成共赢，共同构建数据中心绿色节能生态圈，降低数据中心整体能耗，提升数据中心的效率和降低碳排放。

5. 智能化运营，降低整体碳排放

数据中心的碳排放管理需要在数据中心的规划阶段开始，将可持续发展理念纳入选址过程，优化供配电和制冷架构，通过数字化工具规划设计流程，选择绿色低碳的智能化产品，设计高效的运行系统，将碳排放规划贯穿数据中心的设计、建设、运营和回收全过程，每个阶段都要确保实现碳中和

目标，并进行全生命周期碳足迹的评估。

同时，利用数字化能源管理系统检测数据中心的功耗、PUE、碳排放和CUE等数据。并结合AI、智能控制模块，实现自学习、自由化、自调节，可通过历史数据建立系统模型，计算最优运行策略和设备参数，以达到降低系统能耗的目的，使数据中心项目通过精细化运营和应用节能技术把能耗和碳排放降到最低。

结束语

现阶段，数据中心处于“碳中和”起步阶段，还有相当长的路要走。随着国家“双碳”目标的进一步推进，数据中心行业需要继续开源减排，朝着绿色、安全、可持续的方向发展，加速向100%可再生能源转型，提升从能源到算力的转换效率，为数字经济做出更大贡献。EA