



华为数字能源



数据中心能源十大趋势 白皮书

版权所有 © 华为数字能源技术有限公司 2023。保留一切权利。

非经华为数字能源技术有限公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

免责声明

本文档可能含有预测信息，包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素，可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此，本文档信息仅供参考，不构成任何要约或承诺。华为可能不经通知修改上述信息，恕不另行通知。

华为数字能源技术有限公司
深圳市福田区香蜜湖街道华为数字能源安托山基地
邮编: 518043
digitalpower.huawei.com

2023年03月



前言

数字化和低碳化，是世界发展的大趋势和大潮流。数字化技术正在重塑社会，AR/VR超级体验、汽车无人驾驶、智能制造、智慧医疗等新兴生活和生产方式让世界越来越便捷的同时，也推动着数字经济成为社会发展的主引擎。全球主要的47个国家数字经济统计数据显示，2021年数字经济占GDP总量的比值高达45%^①。未来5年的算力需求复合增长率达到50%^②，数据中心作为数字经济和智能世界的底座，也将迎来黄金发展期。

同时，“碳中和”成为全人类共识，已有130多个国家宣示了碳中和承诺。近年来，随着数据中心规模快速增长，其耗电量约占全球总用电量的2%，且还在急剧增加。《Uptime全球数据中心报告2022》指出，2014年以来，全球大型数据中心PUE连续8年维持在1.6左右，数据中心能效水平仍存在较大优化空间。为推动数据中心绿色发展，多个国家、国际组织发布相关政策，如中国要求到2025年新建大型、超大型数据中心PUE降到1.3以下^③，而“东数西算”工程对八大节点数据中心PUE的要求则更为严格：西部小于1.2，东部小于1.25；欧洲数据中心运营商和行业协会宣布在2030年实现数据中心碳中和^④；美国加大了老旧低效数据中心的腾退力度，并要求新建数据中心PUE低于1.4，老旧改造数据中心PUE低于1.5^⑤。

数据中心可用性和可靠性一直是行业的关键指标，能源利用效率（PUE）近年来也逐渐得到重视。随着数据中心的爆发式增长，以及碳中和目标的全面要求，数据中心产业正迎来前所未有的变化，在高可靠性和高效能源利用基础上，未来数据中心还需要高可再生能源使用率、高水平智能化管理，具备快速部署、弹性扩容，以及全面可持续发展能力。

华为数字能源与产业领袖、技术专家和行业客户基于深入研讨，并结合自身的深刻洞察和长期实践，发布《数据中心能源十大趋势白皮书》，希望为促进数据中心行业健康发展提供参考，贡献智慧。

注释：

- ①《全球数字经济白皮书》，中国信通院
- ②《中国算力发展指数白皮书》，中国信通院
- ③《信息通信行业绿色低碳发展行动计划（2022-2025年）》，由工业和信息化部等七部门于2022年8月联合印发
- ④《欧洲的气候中和数据中心公约》，Europe's Climate Neutral Data Centre Pact
- ⑤《数据中心优化计划（DCOI）更新》，Update to Data Center Optimization Initiative (DCOI)



目录

01

前言

05

趋势一：低碳化

源头绿色化，绿色清洁能源、园区/屋顶叠光将得到更普遍应用
用能高效化，PUE进入1.0x时代
能源回收比例逐步提升，余热再利用等新型节能技术加速应用
技术与应用

07

趋势二：可持续发展

高能源利用效率是可持续发展的必要条件
水资源利用效率正变得越来越重要
降低数据中心对周边环境的影响
技术与应用

09

趋势三：快速部署

技术与应用

11

趋势四：高密化

数据中心供电系统向融合高密发展
高密化驱动液冷技术发展
技术与应用

13

趋势五：弹性扩容

一代数据中心基础设施需匹配2~3代IT设备
匹配不同密度灵活部署
技术与应用

15

趋势六：预制化

部件模块化，极简扩容和维护
产品预制化，设备快速安装交付
数据中心预制化，业务快速上线
技术与应用

17

趋势七：储备一体

技术与应用

19

趋势八：分布式制冷

技术与应用

21

趋势九：智能营维

数据中心基础设施进一步数字化，实现全链路可视可管可控
人工智能（AI）正在迅速成为数据中心运营和管理的关键工具
技术与应用

23

趋势十：安全可信

技术与应用

25

结语

26

缩略语

趋势一：低碳化

“碳中和”成当今世界最为紧迫的使命，世界主要经济体陆续做出承诺并付诸行动。其中，欧盟、日本、韩国等提出在2050年实现碳中和；中国提出2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和；印度提出在2070年实现碳中和。在“碳中和”目标的驱动下，数据中心行业将产生深刻变革，数据中心低碳化成为必然趋势，源头侧清洁能源的大规模应用，使用中高效节能技术的推广，以及回收阶段余热再利用等节碳技术在数据中心应用将普遍化。

CO₂

趋势一：低碳化

◎ 源头绿色化，绿色清洁能源将得到更普遍应用

数据中心作为“高载能”产业，为实现“碳中和”，未来太阳能、风能等清洁能源将取代化石能源更普遍地应用于数据中心。中国发布了相关政策鼓励使用太阳能、风能等可再生能源，通过自建电站拉电力专线或双边交易，提升数据中心绿色电力使用水平，促进可再生能源就近消纳^⑥。对于“东数西算”工程，要求聚焦创新节能，在集约化、规模化、绿色化方面着重发力，鼓励自发自用、微电网直供、本地储能等手段提高可再生能源使用率，引导其向清洁低碳、循环利用方向发展。国外如Google、微软等科技巨头探索光伏+储能及燃料电池的方案替代油机，减少直接碳排放。在政策推动和“碳中和”大势下，未来绿色清洁能源的应用将愈加普遍。

◎ 用能高效化，PUE进入1.0x时代

PUE作为衡量用能效率的关键指标，根据Uptime Institute 2022年调查数据显示，当前全球存量大型数据中心的平均PUE高达1.55，而大部分新建数据中心PUE可以达到1.3-1.25左右，未来，伴随着政策的进一步收紧和技术的进一步发展，越来越多的先进节能技术将更广泛地应用到数据中心，推动PUE的进一步下降，预计到2027年，PUE将进入1.0x时代。

◎ 能源回收比例逐步提升，余热再利用等新型节能技术加速应用

在大型数据中心园区，热回收作为一种新型节能方案，已经逐步落地并得到成功实践。随着政策关注度的加强，越来越多的数据中心关注并重视回收废热价值，通过热通道将数据中心设备多余的热量定向用于其他设施，提高余热利用率，节省能源成本。

北京市发改委出台规定：数据中心应当充分利用自然冷源，通过自用、对外供热等方式加强余热资源利用。同时，规定的解读中更是明确指出了“鼓励数据中心充分利用机柜余热等技术。”^⑦

在余热回收应用相对成熟的欧洲，行业组织CNDCEP列出欧盟绿色新政关键落地步骤，明确热回收是关键路径。北欧四国政府推荐新建数据中心接入热力管网，最高补贴75%热回收系统及其安装费用。

在政策加持下，随着技术方案成熟度提升和成本下降，作为数据中心节能降碳的重要手段，未来余热回收将加速应用。

◎ 技术与应用

阿联酋某大型数据中心，采用100%太阳能发电给数据中心供能以及华为FusionDC预制模块化解决方案进行建设，绿色能源&绿色建筑，将打造中东和非洲最大的绿色低碳数据中心。



注释：

^⑥《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求 推动数据中心和5G等新型基础设施绿色高质量发展 实施方案》，中国国家发展改革委等四部门联合发文，2021年11月30日

^⑦《关于进一步加强数据中心项目节能审查的若干规定》，中国，北京市发改委，2021年

趋势二：可持续发展

可持续发展并不等于低碳或者零碳，广义的可持续发展还需从环境、社会和公司治理（ESG）三个方面综合考量。对数据中心而言，主要体现在对能源、资源的利用效率及对环境的影响等方面。在具体的衡量指标上，数据中心将从以往的唯PUE论，向PUE、可再生能源利用率、水资源利用效率（WUE）、碳利用效率（CUE）、空间利用效率（SUE）、市电利用效率（GUE）、材料回收率及全生命周期污染物排放等多维度综合指标评价转变。



高能源利用效率是可持续发展的必要条件

数据中心耗电量超全球社会总用电2%，备受社会关注。自2007年，绿色网格（The Green Grid）提出“PUE”作为衡量数据中心能源效率标准的行业指标以来，它已逐渐被业界接受和认可。当前PUE仍长期高位运行，降低PUE能够在不影响数据中心算力的情况下，降低运营成本，在化石能源发电占主导地位的时代，还可显著降低碳排放，助力“碳中和”。值得一提的是，随着PUE越来越趋近于1，IT设备本身的能效水平也逐渐被重视，一些更精细的指标被相继提出，如单位算力的能耗水平。随着清洁能源使用比例的提高，CUE指标，即PUE叠加可再生能源系数，也越来越重要。

水资源利用效率正变得越来越重要

在数据中心可持续发展的趋势下，要建设运营一座数据中心，并实现价值利用最大化，供水、土地及市电容量等资源的高效利用也不可或缺，WUE、GUE和SUE等表征资源利用率的指标，也逐步得到重视。水作为生命之源，同时也是工业、农业所必需的资源，水资源利用效率（WUE）也被认为是当前最重要的指标之一。

传统数据中心耗水严重，在中国北方地区，如内蒙古乌兰察布等区域，禁止使用地下水冷却降温，禁止为新建的大数据企业提供自来水作为冷却水。在具体WUE指标上，要求丰水区小于1.4L/kWh，缺水区小于0.8L/kWh。因数据中心的耗水，主要是在制冷环节，所以未来无水或者少水的制冷技术，将备受青睐。

降低数据中心对周边环境影响

评估数据中心对环境的影响，不能局限于运营中电能和水资源消耗，还要考虑数据中心从初期建设到最终回收整个过程的污染物排放及噪音污染等。

数据中心作为特殊建筑，其组成包括建筑主体材料和内部各种设备。针对建筑主体，当前，中国正在推广新型装配式绿色建筑，其中一个重要原因是，装配式建筑采用绿色建筑材料，标准化设计，材料回收率超过80%，同时建设过程少噪音和粉尘污染。另一方面对于内部设备，应采用对环境污染小的材料，比如锂电代替铅酸，不仅具备更好的性能，而且锂电池材料对环境更友好。

技术与应用

作为全国首个100%利用清洁能源运营的大数据产业示范基地，青海海南州大数据产业园区采用华为智能微模块解决方案FusionModule2000，该方案通过密闭冷通道+AI技术+高效模块化UPS等节能技术，较传统数据中心提升能效30%以上。



青海海南州大数据产业园

趋势三：快速部署

随着AI、HPC的发展，全球算力需求快速增长，未来5年复合增速超过50%。这部分的算力需求特征与传统完全不同，它会在短时间爆发式增长，要求数据中心更快部署，TTM从当前的12个月缩短到6个月，甚至更短。

趋势三：快速部署

数据中心是重资产投资，对于Colo行业，大型IDC先有租户，再建设数据中心成为主流。而互联网业务呈现短时间内快速爆发的特征，如ChatGPT推出仅两个月后，即2023年1月底时其月活用户已经突破了1亿，成为史上最快突破“1亿月活”的应用，相比之下，TikTok达到1亿用户用了9个月，Instagram则花了2年半的时间。为了应对这种业务突然爆发式增长的情况，很多租户要求千柜级的数据中心交付周期缩短到1年甚至更短。

因此我们认为，未来5年，在全球算力高速增长驱动下，数据中心的建设速度将从当前平均9~12个月@1000柜，缩短到6个月，甚至更短。



技术与应用

武汉人工智能计算中心采用华为预制模块化数据中心解决方案FusionDC，将传统数据中心的串行建设模型转变为并行模型——结构箱体同供电、制冷等子系统同时部署，120天主体竣工，5个月实现从地建设到业务投运，上线时间缩短50%以上。



武汉人工智能计算中心

趋势四：高密化

随着芯片、服务器的算力和功耗持续提升，芯片2~3年迭代，未来五年单IT机柜功率密度将从当前的6~8kW向12~15kW演进。

“芯片”以每2~3年换一代的节奏持续演进，每一代芯片都向更高性能演进，功耗也随之升高。为高效满足超大型数据中心，IT技术也逐步升级换代，在后摩尔定律时代，各种创新技术相继推出，比如多核堆叠、多（主）板堆叠等，部分CPU的核数达到48核，甚至64核，其对应的功耗也迅猛增长（年均增长率30%）。而且不同类型算力功耗差异拉大，GPU/NPU功耗快速上升。当前通用的X86芯片TDP（热设计功耗）350W（Eagle Stream平台），而英伟达最新一代H100的TDP（热设计功耗）700W。

同时，未来云数据中心将成为主要场景，预计到2027年占比将超过70%。面对云计算业务带来的数据量和计算量的爆发式增长，在数据中心资源尤其是一线城市资源日趋紧张的情况下，只有通过提高机房单位面积内的算力、存储以及传输能力，才能最大程度发挥数据中心的价值，因此，预计未来5年，单IT机柜功率密度将从当前的6~8kW向12~15kW演进。

为了应对IT设备的高密化，数据中心基础设施也将迎来新的变化。

◎ 数据中心供电系统向融合高密发展

随着IT机柜功率密度的提升，数据中心配电间面积将大幅增加，根据相关数据显示，当机柜功率密度达到16kW/R时，配电间与白空间的比例将达到1:1。为避免空间利用效率下降，数据中心供电系统要提升自身功率密度或缩小尺寸。未来供电系统将走向高密化、融合化，通过提升功率模块密度或缩小设备尺寸、减少设备数量，缩短整个供电链路的长度，从而减少供电系统占地面积，匹配IT机柜功率提升的发展，使数据中心的空间等资源得到高效利用。

◎ 高密化驱动液冷技术发展

IT高密化的另一个挑战便是散热，相比风冷，液冷单位体积散热能力强，在AI/超算等超高功率密度场景的应用会越来越多。目前液冷主要有冷板式和浸没式两种技术路线。从指标上看，相比风冷，液冷除了能够满足高功率密度机柜的散热要求，还能实现较低的PUE和较高的出电率(GUE)，相比于传统风冷，冷板式液冷PUE普遍在1.1x，GUE可达75%以上，而浸没式液冷PUE可低至1.0x，GUE可达80%以上。然而液冷技术也有较大的局限性，相对于传统风冷架构，液冷服务器需深入定制，初始投资较高，且后期维护较复杂，从实际应用来看，大部分业务场景不需要液冷，即使是高密场景也不一定非得采用液冷方案，例如多年以前就已经有30kW/柜场景采用风冷方案制冷的真实应用案例。因此我们认为未来5年，IT高密化将继续推动液冷技术的发展，但液冷方案的大批量应用仍不会到来，风冷依然是主流制冷方案。

◎ 技术与应用

成都智算中心一期项目，最高规划AI算力支持1000P，人工智能机柜（Atlas）单柜功率密度达46kW，采用液冷技术高效制冷，机柜数量占比约5%；普通算力机柜功率密度8kW，末端采用风冷架构。整体供电采用一体化融合电力模块FusionPower6000和智能锂电SmartLi的超高密供电方案，整个数据中心供配电面积节省40%。



成都智算中心

趋势五：弹性扩容

云业务快速发展，现代数据中心具有规模大、IT上线快、业务需求难预测等特点。而传统的数据中心的建设模式是土建和机电一次性规划、一次性建设、一次性投资，致使初期投资大、负载率低、能耗高、投资回报周期过长，数据中心在业务上线后，机柜功率密度在线升级难度大。

◎ 一代数据中心基础设施需匹配2~3代IT设备

IT设备的生命周期一般为4~5年，而数据中心基础设施（如供电、制冷等设施）的生命周期为10~15年，因此，数据中心基础设施需要满足2~3代IT设备的功率演进。另外大体上IT设备功率密度每5年翻番，对数据中心的供电和制冷能力要求也会相应提升，而传统的数据中心难以实现在线升级，所以数据中心基础设施建设需实现平滑扩展，柔性扩容。

◎ 匹配不同密度灵活部署

未来数据中心走向融合化，比如在同一个数据中心内部同时存在异构计算、通用计算、存储等不同类型需求，数据中心需匹配不同功率密度的IT设备混合部署。未来的数据中心将采用更加弹性架构，支撑灵活的分期部署，按需扩容，能够根据业务情况灵活配置，精准匹配不同阶段、不同业务的功率密度要求，实现灵活部署、弹性升级，避免初期投入大量的资金，从而实现TCO/IRR最优。

◎ 技术与应用

芬兰地处北欧，气候凉爽，是数据中心产业高地，当地某Colo客户，2019年采购华为SmartLi UPS解决方案，包含2.4MW UPS机架，400 kW UPS模块，4套智能锂电；2020年，因业务扩容，购买2MW UPS模块，8套智能锂电，实现在线弹性扩容。保障了初期投资，同时并不影响实际业务发展。



芬兰-数据中心

趋势六：预制化

为应对传统数据中心建设缓慢、初期投资大和运维难的问题，系统级和数据中心级预制化极简架构将成为主流。供配电模块预制化、温控模块预制化，实现数据中心供配电、温控系统向一体化，链路级预制化融合架构演进。数据中心将具备快速交付，维护简单，分期部署，低TCO等特点。

趋势六：预制化

◎ 部件模块化，极简扩容和维护

数据中心是复杂而精密的体系，内部设备种类繁多，为确保业务稳定运行，必须保证供配电及温控等关键子系统的高可靠性、快速维护及在线扩容能力。部件的模块化设计，有助于将复杂的系统简单化，任何系统的故障，都能够定位到某一个具体的模块，由于模块采用了冗余化设计，单一模块故障，并不影响系统的运行，同时在对模块进行维护时，系统功能不受影响。当前，模块化设计的供配电系统，如UPS功率、管理、集中旁路、馈电、锂电模块等，和模块化设计的温控系统，如支持热插拔更换的风机、控制单元和供电模块，正在成为行业主流设计。

◎ 产品预制化，设备快速安装交付

随着用户对于数据中心弹性建设、快速交付的要求愈发提高，以及数据中心的快速增加，基于部件模块化的成熟技术，产品预制化逐步成为趋势，主要体现在供配电、温控乃至整体架构上。

以供配电系统为例，传统的中小型数据中心采用现场拼凑式供电系统，存在效率低、管理难等问题。通过一体化预集成功率模块、锂电模块、配电模块等部件，一列一路电，实现供配电系统架构极简，具有效率高、易运维等特点，越来越受到业界的关注。

而一箱一系统的温控系统，在工厂完成预集成、预安装、预调测，可以满足快速灵活扩容，维护更简单。在数据中心快速增长的势头下，免设计、易交付、好复制的，一体化预集成供配电、制冷、IT机架等产品系统也已成为数据中心建设首选。

◎ 数据中心预制化，业务快速上线

互联网和政企全面上云，云计算成为主流IT架构，未来的云数据中心走向集约化、大型化，从千柜建筑到万柜园区，云基础设施要求按需部署、安全可靠、TCO最优，方案预制化和持续创新成为必然选择。数据中心级全模块化预制，将大型数据中心分解成多个POD，进行分期按需部署，降低初期投资，缩短上线时间。同时，采用L0~L4的联合设计，可以针对IT演进，逐步升级数据中心基础设施需求，边建设边升级。

◎ 技术与应用

中交通大数据（上海）数据中心（交通云）采用华为FusionPower6000电力模块解决方案，实现供电系统模块化极简架构，相比传统方案，节省供配电系统空间40%以上，助力客户多部署350个IT机柜，节省电力电缆超16,000米；产品提前在工厂预制，现场2周快速交付；通过AI技术实现预测性维护，提升供电系统的安全性和可靠性。



趋势七：储备一体

随着新能源供电比例的增加，峰谷电价差的进一步扩大，以及 VPP（虚拟发电厂）技术的逐步成熟并走向商用等，储能系统在数据中心的应用将越来越普遍，同时与数据中心短时备电系统走向融合，实现储备一体。



随着新能源接入比例的增多，其本身的随机性、波动性等特点对于电网侧和用电侧的稳定性都带来不小挑战，目前主要通过叠加储能系统的方式来应对这一挑战。与此同时，各国政府从政策层面积极鼓励在用户侧进行叠储，以中国为例，政府发布的文件《关于进一步完善分时电价机制的通知》中就规定最大峰谷差率超过40%的地方，峰谷电价价差原则上不低于4:1。通过行政手段提升峰谷电价差，使得峰谷套利商业模式逐渐闭环，推动储能产业走向良性发展之路。

数据中心部署储能系统的驱动力主要有以下几方面。

第一，储能系统能够解决绿色能源“不稳定”的问题，从而增加数据中心绿色能源的接入比例。

第二，数据中心叠储可以平抑峰谷电价或利用峰谷电价进行套利从而降低运营成本。

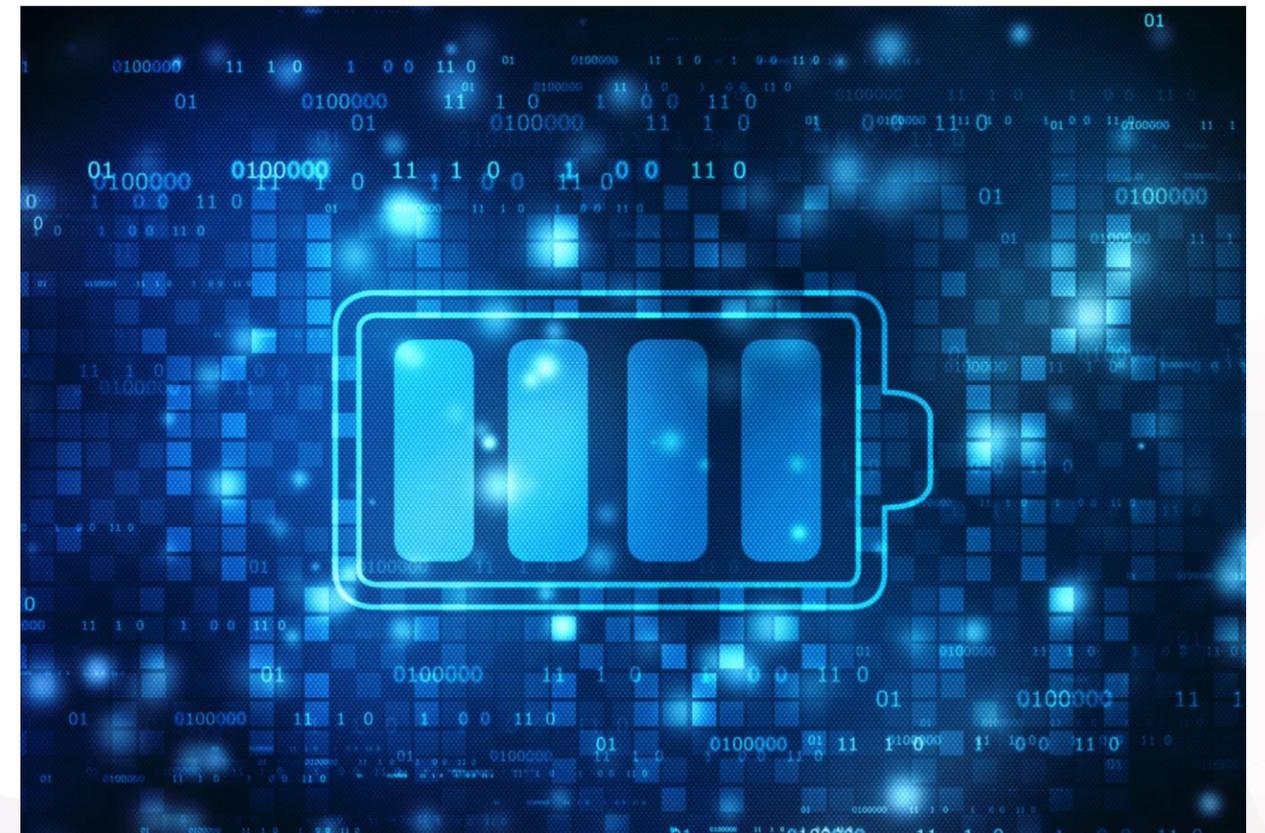
第三，数据中心叠储能减少柴油的使用，在一定程度上减少数据中心对柴油发电机的依赖。

第四，借助储能系统可以对数据中心负载进行“削峰”，降低数据中心的峰值PUE，提升数据中心的出电率，这意味着可以部署更多IT机柜，增加出租收益。

在部署储能系统以后，数据中心原来的短时备电系统讲逐渐被取代，与储能系统从各自独立逐步走向一体。

技术与应用

通过中压UPS+储能技术，使“数据中心+清洁电力+储能”协同调度，从而使数据中心形成一个负荷可变、可调的复合体，并能根据电网需求、新能源发电需求，调整充放电策略，实现智能削峰提升出电率、平抑峰谷电价进行套利降低运营成本的有效价值。



趋势八：分布式制冷

和供配电系统相比，数据中心制冷系统的可靠性往往容易被忽视，根据Uptime Institute 2022年调查数据显示，造成数据中心事故或中断的原因构成中制冷系统占比达13%，是仅次于供配电和网络故障的第三大故障来源。

当前多数大型数据中心采用集中式冷冻站供冷，整个系统包含冷水机组、冷却塔、蓄冷罐、温控末端、冷却水泵、板式换热器、管理系统等7大子系统，几十种设备，这些设备依靠数百到数千米的水管连接，转接头、阀门等数不胜数，因此故障点多。同时，其采用集中式架构，任一单点系统故障都可能导致数据中心多个机房、甚至多栋楼大规模宕机的情况发生，故障域大，给数据中心业务稳定性带来极大挑战。例如2022年12月，香港某大型机房冷却管路漏水进气导致冷机全停，末端机房高温又引发次生消防事故，导致服务器停机15小时以上，此次故障导致多家网站及APP无法使用，多个知名品牌业务受到影戏，造成巨大的经济损失。又比如位于中国华南地区的某数据中心，其冷却水系统因母管缺水进气形成气阻，导致整个冷却系统失效，引发全楼制冷系统中断。2020年，美国某头部云服务商的一个数据中心，由于高温天气引发温控系统故障，导致数据中心停机。因此如何提升数据中心制冷系统的可靠性会成为一个重要的课题。

基于此，我们认为未来数据中心分布式制冷系统会成为安全可靠数据中心的主流选择。

分布式制冷系统针对单个Datahall配置冷源，并按需设置冗余，单台设备故障不影响机房正常运行，更不会对其它机房造成任何影响，从架构设计上大幅提升了数据中心的可靠性。同时，分布式制冷系统更容易实现工厂预制，可减少现场工程量，减小施工质量问题带来的隐患，此外，分布式制冷系统线路清晰、运维简单，应急处理时出错的概率低。随着数据中心规模越来越大，集中式制冷的弊端也越来越大，分布式制冷系统凭借架构灵活，可靠性高的优势将越来越广泛地应用到新建数据中心，逐渐取代集中式制冷方案成为主流。

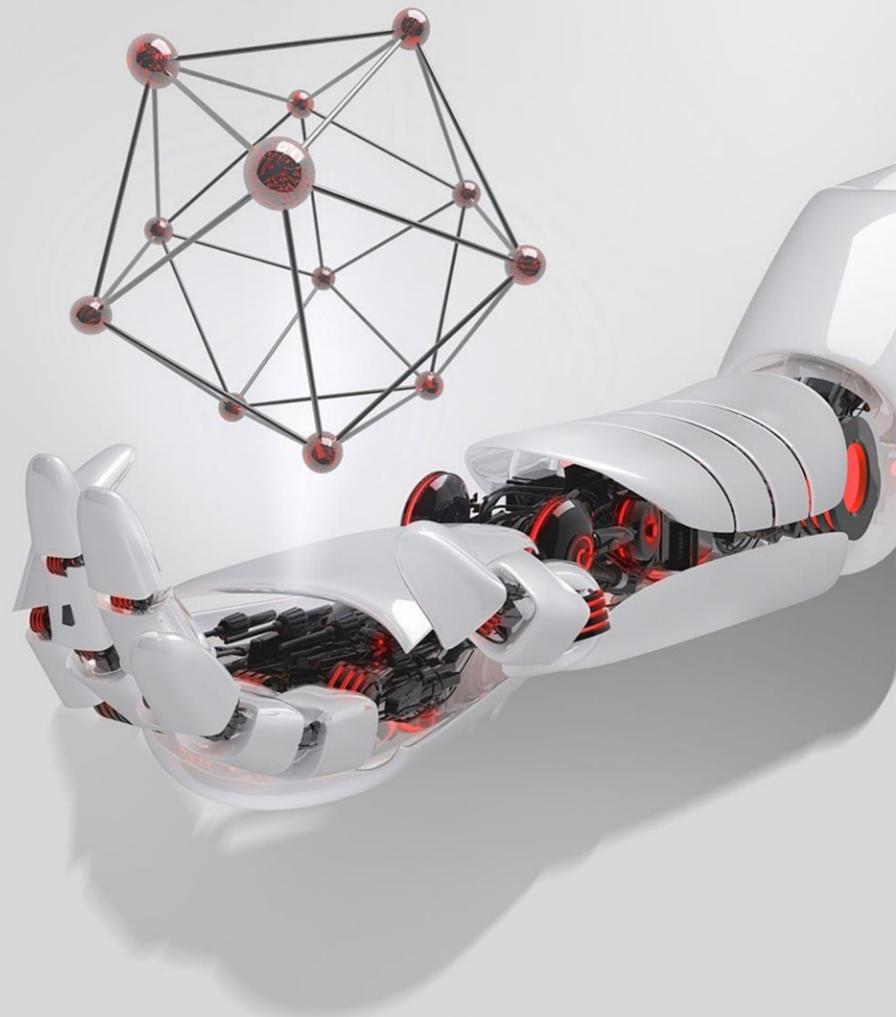
技术与应用

欧洲爱尔兰某4000柜大型数据中心，采用华为FusionCol间接蒸发冷却方案，实现全年自然冷却，达到1.15极致PUE，年省电超1400万度，节省交付周期50%以上。



趋势九：智能营维

数据中心规模越来越大，数量越来越多，导致管理复杂度大幅提升，另一方面专业运维人才获取越来越难，因此提升数据中心基础设施的数字化水平成为刚需；在技术侧，随着算力的提升、高清视频以及图片识别技术的发展，使得AI在数据中心的运用越来越广泛；在碳中和的背景下，数字化和AI技术助力数据中心营维管理从聚焦能耗演进到关注碳排，驱动实现全生命周期碳管理，助力碳中和目标的实现。



◎ 数据中心基础设施进一步数字化，实现全链路可视可控

数据中心基础设施作为人工智能、大数据、通信技术（5G、PLC、IoT）的承载主体，是这些技术发展的坚实底座。同时这些技术的发展也推动数据中心基础设施进一步数字化。数字化设备、传感和智能终端的使用，促进数据中心实现供电、温控等系统的自我检测、自我诊断，保障数据中心基础设施安全、大幅度缩短故障修复时间、提升运维效率。数字孪生技术将得到更普遍的应用，融入数据中心的规划、建设、运维、调优等全过程，实现数据中心可视可控，带来极佳的数据中心全生命周期使用体验。

◎ 人工智能（AI）正在迅速成为数据中心运营和管理的关键工具

随着数据中心基础设施对业务重要性的日益增加，技术变得更加复杂，网络化进一步加强，其越来越依赖经验和数据驱动而非基于“直觉”的决策，管理的复杂性进一步增加。使用传统方法以及单纯的人工分析和决策，限制了提高能源效率和运维效率的能力。制冷系统、配电系统和管理系统相关数据收集、分析和决策的复杂性意味着系统需要进行大数据分析、独立学习、快速决策，如此高的难度使其成为AI创新的主要目标。借助AI技术，数据中心将逐步实现运维、运营、节能等领域的智能化，数据中心逐步向自动驾驶演进。

- 1) **AI运维**：在数据中心运行过程中，会持续产生海量的配置、状态、告警、日志等运维数据，这些数据呈指数型增长，数以万计甚至千万计的运维指标远远超出了运维人员可监控管理的范围，当前，基于人工智能技术对数据中心运维数据的分析，能够了解运维环境的复杂性，在故障发现、根因定位、资源预测等领域已经有了规模应用，显著提升了运维的效率。
- 2) **AI运营**：AI将逐渐替代重复劳动、专家经验和商业决策。通过AI仿真设备状态和AI业务预测，自动盘点数据中心资产状态，设计数据中心业务，因时制宜，选择最佳配置方案，提升资源使用率和运营收益。
- 3) **AI能效优化**：AI技术加持下，利用AI动态建模技术，建立能耗与IT负载、气候条件、设备运行等可调节参数间的机器学习模型，可在保障设备、系统可靠的基础上，实时诊断各个子系统的能耗，并自动准确地推理和配置出数据中心最优控制逻辑，实时调节参数，降低数据中心PUE。

◎ 技术与应用

在中国联通河南中原数据基地，采用华为iCooling能效优化解决方案，实现从制冷到“智冷”的革新性转变，一期项目每年节省电力达385万度，相当于减少碳排放1829吨，等同于种植7.95万棵树。



趋势十：安全可靠

趋势十：安全可靠

数据中心基础设施作为数字底座，是海量数据承载的物理基础，是信息集中处理、计算、存储、传输、交换、管理的核心资源基地，也是当今社会经济正常运转的关键保障，因此安全性是数据中心的生命。而数据中心中基础设施的可靠性、安全性一直是较薄弱的环节，从数据中心解决方案角度来看，需实现系统级、器件级、设备级三层预测性维护，不断提升硬件可靠性和系统韧性。

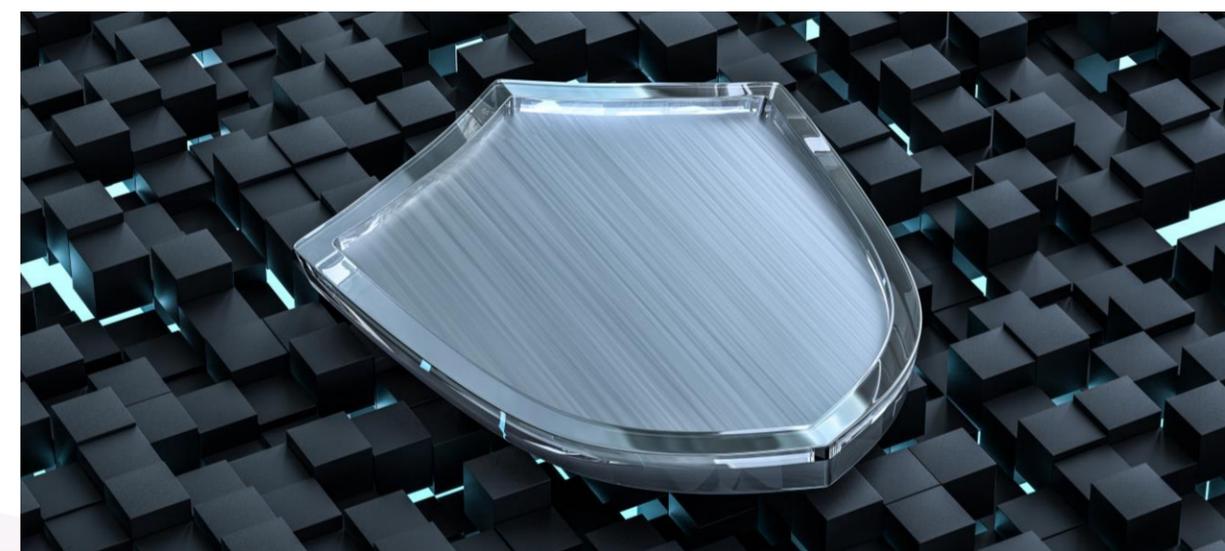
同时，为了实现对设备的精细化管理和控制，数字技术和工业互联网技术在数据中心关键系统中应用越来越深入，如数据中心管理系统，电池管理系统BMS，设备健康监测系统等，将人、数据和机器实现了连接，将工业、技术和互联网深度融合，网络的安全可信延伸到工业互联网领域和底层设备。随着数据中心基础设施智能化程度不断提升，随之面临的网络安全威胁成倍增加。根据数据显示，数据中心每次受到攻击平均损失近3000万元。因此数据中心基础设施会更加重视软件安全性、隐私性、可用性等，实施分层级防御，巩固数据中心安全可靠。硬件可靠性、软件安全性、系统韧性、安全性、隐私性、可用性六个特征，分层级防御，巩固数据中心安全可靠。

硬件可靠性、软件安全性、系统韧性、安全性、隐私性、可用性六个特征，分层级防御，巩固数据中心安全可靠。

1. **硬件可靠性**：给定条件、给定时间区间内确保无失效运行的能力；
2. **软件安全性**：系统对恶意网络威胁的防护能力；
3. **系统韧性**：系统受攻击时，能够保持最小核心系统运行的能力；
4. **安全性**：系统失效的情况下不损坏环境或造成人员、财产的损失；
5. **隐私性**：系统保障客户的数据和信息的能力；
6. **可用性**：系统处于可服务的状态。

技术与应用

在iPower技术加持下，华为DCIM为数据中心供配电系统提供部件寿命预测、温度预测等功能，从被动式维护到主动预警，保障系统安全可靠。同时，华为DCIM通过传输加密、存储加固等多重手段，以电信级安全设计为标准，构造全方位安全“长城”，全方位保障数据安全。



结语

洞悉趋势，希望在未来抵达之前，让数据中心能源演进的脉络清晰可见。以行践言，华为数据中心能源在产品和技术方面不断实现创新突破，同时携手行业客户、合作伙伴、第三方组织等，构建开放合作共赢的产业生态，践行绿色可持续发展理念，助力“碳中和”目标早日达成。

缩略语

序号	缩略语	中文名称	英文名称
1	PUE	能源利用效率	Power Usage Effectiveness
2	WUE	水资源使用效率	Water Usage Effectiveness
3	CUE	碳使用效率	Carbon Usage Effectiveness
4	SUE	出柜率/空间使用效率	Space Usage Effectiveness
5	GUE	出电率/市电使用效率	Grid Usage Effectiveness
6	ESG	环境、社会和企业治理	Environmental, Social, and Corporate Governance
7	IDC	互联网数据中心	Internet Data Center
8	UPS	不间断电源	Uninterruptible Power Supply
9	CAPEX	资本性支出	Capital Expenditure
10	TTM	上市时间	Time to Market
11	DOD	放电深度	Depth of Discharge
12	TCO	总体拥有成本	Total Cost of Ownership
13	VPP	虚拟发电厂	Virtual Power Plant