

# 可持续计算蓝皮报告

## (2022 年)

中国信息通信研究院泰尔系统实验室

IBM (中国) 有限公司

2022年12月

---

## 版权声明

---

本报告版权属于中国信息通信研究院、**IBM**（中国）有限公司，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院、**IBM**（中国）有限公司”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。

## 前 言

2015年联合国发展峰会上通过的《2030年可持续发展议程》提出了17项可持续发展目标，旨在解决社会、环境和经济问题，让全球走向可持续发展道路。党中央、国务院高度重视经济社会绿色低碳发展，习总书记多次作出重要指示，强调要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，这是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策，事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体。同时，党的二十大报告提出：“我们要加快发展方式绿色转型，实施全面节约战略，发展绿色低碳产业”、“推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式”、“积极参与应对气候变化全球治理”、“促进数字经济和实体经济深度融合”。

信息技术已经成为推动高质量发展、经济社会全面绿色转型的重要创新力量。而其中的计算技术已经融入到国计民生的方方面面，小到视频浏览，大到探索太空。海量、精密的计算技术不仅为通信和互联网行业所专属，而越来越多地为生产、生活、生态数字化转型注入新动能。

基于此，中国信息通信研究院泰尔系统实验室联合IBM（中国）有限公司，结合双方对可持续计算的深刻洞察、技术研究和业务实践，共同发布此报告，致力于推动行业可持续发展。

本蓝皮报告首先阐述了可持续计算的概念演进和定义以及国内外标准和政策现状；其次，对可持续计算的总体架构进行了介绍，进而给出了可持续计算的技术内涵、评价体系、战略选择及实践；最后

对可持续计算的未来发展进行了展望。



# 目 录

一、 可持续计算概念.....	1
(一) 可持续计算的概念演进 .....	1
(二) 可持续计算定义及架构 .....	3
二、 可持续计算内涵.....	5
(一) 可持续计算基础设施 .....	5
(二) 可持续云计算技术与平台 .....	14
(三) 可持续业务应用 .....	19
三、 可持续计算评价.....	23
(一) 安全合规 .....	23
(二) 稳定可靠 .....	27
(三) 便捷高效 .....	29
(四) 绿色低碳 .....	31
四、 可持续计算实施.....	34
(一) 可持续计算的实施阶段 .....	35
(二) 可持续计算的实施路径 .....	37
(三) 可持续计算的实施方案 .....	38
五、 可持续计算展望.....	42
参考文献.....	42
附录一 可持续计算的全球及中国标准.....	45
(一) ISO 中可持续计算相关标准.....	45
(二) ITU 中可持续计算相关标准.....	45
(三) 我国可持续计算相关标准 .....	46
附录二 可持续计算评价指标及相关标准.....	47

## 图目录

图 1 可持续计算概念演变进程 .....	3
图 2 可持续计算架构 .....	4
图 3 可持续计算技术架构 .....	5
图 4 可持续环境基础设施能耗占比 .....	10
图 5 1 路市电 1 路保障电源供电方案 .....	11
图 6 可持续计算评价体系 .....	23
图 8 可持续计算实施四阶段解析 .....	35
图 9 可持续计算实施方案总体架构 .....	39

## 表目录

表 1 不同存储介质各指标排名 .....	8
表 2 安全合规评价体系 .....	24
表 3 稳定可靠评价体系 .....	27
表 4 便捷高效评价体系 .....	29
表 5 绿色低碳评价体系 .....	31

## 一、可持续计算概念

全球气候变化的影响正对全人类生存与发展带来重大挑战，全球主要国家和地区纷纷加速向碳中和迈进。自 2020 年我国提出 2030 年碳达峰、2060 年碳中和的发展目标至今，我国已基本建立了以《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》及《2030 年前碳达峰行动方案》为顶层统领的“1+N”政策体系，可持续发展已成为各大企业良性发展的紧迫要求。同时，数字经济作为一种全新的经济形态，以数据资源为关键要素，以现代信息网络为主要载体，以信息通信技术融合应用、全要素数字化转型为重要推动力，已成为我国继工业经济之后的主要经济形态，数字中国建设更是我国统筹推进“五位一体”总体布局、协调推进“四个全面”战略布局的重要实践。

本蓝皮报告结合我国碳达峰碳中和发展目标与数字中国发展战略，创新性融合可持续性与数字化两部分社会发展诉求，首次提出可持续计算概念，并深入阐释了可持续计算的内涵、评价体系与实施路线，旨在推动并引领全社会数字化绿色化协同发展，助力我国双碳目标实现，推进“双碳”战略与数字中国建设。

### （一）可持续计算的概念演进

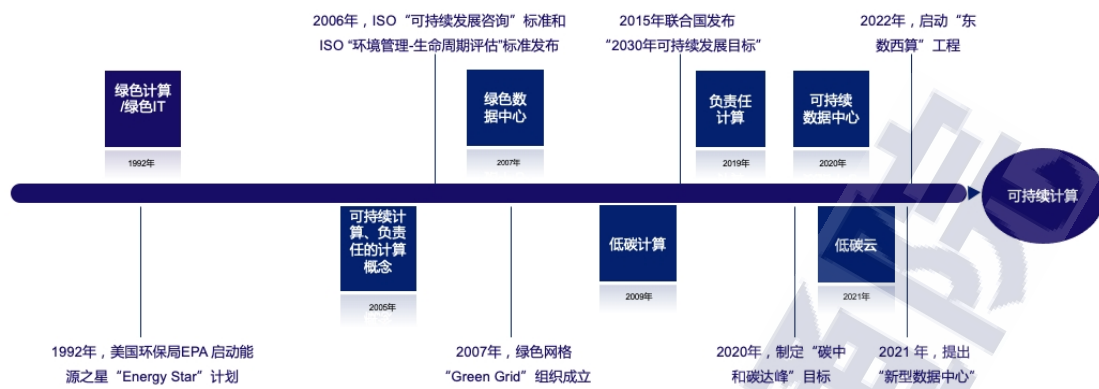
全球计算技术主要经历了大型机、小型机及 PC 机、云计算三个时代，即将迎来以量子计算等新兴计算技术为代表的新时代。大型机时代以 IBM System/360 大规模商用电子计算机系列为代表，采用“服务端集中”的计算模式。小型机及 PC 机时代以美国数字设备公司

（DEC）推出的 PDP 系列小型机及 IBM 的商用 PC 机系列为代表，采用“服务端和终端并重”的计算模式。云计算时代<sup>[3]</sup>以 AWS 公有云和 IBM 混合云为代表，采用“服务端为主，终端为辅”的计算模式。量子计算以量子比特为基本单元，利用量子叠加和干涉原理实现并行计算，与传统计算模式相比，运算速度更快，将给现有计算能力带来质的飞跃。中国计算机产业历经 70 年发展至今，我国超算数量及规模均已跻身世界前列<sup>[2]</sup>。

可持续发展的概念最早于 1987 年由世界环境与发展委员会（WCED）在报告《我们共同的未来》中提出，定义为“能满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”。<sup>[3]</sup>从内涵来看，可持续发展包括社会、环境、经济三个方面。我国早在 1995 年 9 月中共十四届五中全会便将可持续发展战略写入《关于制定国民经济和社会发展“九五”计划和 2010 年远景目标的建议》，把可持续发展作为基本战略之一。

可持续计算概念伴随可持续发展以及计算技术迭代而诞生并演进。图 1 展示了可持续计算的演变进程，1992 年美国环境保护局（Environmental Protection Agency, EPA）启动能源之星“Energy Star”计划<sup>[4]</sup>，由此衍生出“绿色计算”或者“绿色 IT”。随着 IT 能耗问题逐渐突出，业界提出了负责任的计算、可持续计算等相关概念。2007 年，绿色网格（The Green Grid）<sup>[5]</sup>成立并提出了数据中心电能使用效率（PUE）概念。





来源：IBM、中国信息通信研究院

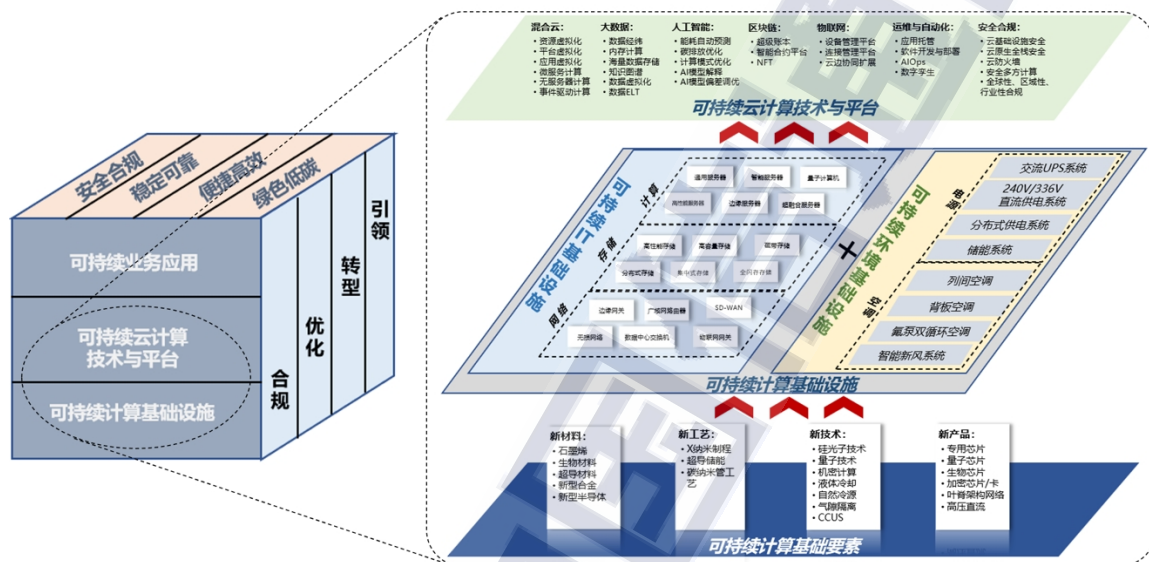
图 1 可持续计算概念演变进程

我国政府和各机构也相继颁发了相关政策，2021 年 11 月由国家发改委等机构制定的《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》中提出加快建设绿色数据中心<sup>[6]</sup>；2021 年 11 月工信部制定了《“十四五”信息通信行业发展规划》，提出深化基础设施共建共享，促进形成绿色生产生活方式，形成数网协同、数云协同、云边协同、绿色智能的多层次算力设施体系，推动计算资源集约部署和异构云能力协同共享，提高计算资源利用率<sup>[7]</sup>；2022 年 1 月国务院发布了《“十四五”数字经济发展规划》，提出加快实施“东数西算”工程，推进云网协同发展，提升数据中心跨网络、跨地域数据交互能力，加强面向特定场景的边缘计算能力，强化算力统筹和智能调度<sup>[8]</sup>。

## （二）可持续计算定义及架构

广义的可持续计算，是以环境友好为目标，以 IT 软硬件、配套设施及业务应用为要素，实现全局绿色、高效、可靠、安全的计算模

式。而狭义的可持续计算，以新材料、新技术等科技创新为驱动力，以技术与平台、基础设施在规划、设计、开发、运行、维护、升级、废弃回收等全生命周期的所有活动为重点环节，以优化清洁用能、提升计算水平，保障不间断服务、快速响应安全事件为目标的计算模式。



来源：IBM、中国信息通信研究院

图 2 可持续计算架构

可持续计算基础设施、云计算技术与平台、可持续业务应用成为可持续计算三个要素。其中，“可持续计算基础设施”涵盖面向新材料、新工艺、新技术、新产品的可持续计算基础要素、以计算、存储及网络先进设备为代表的可持续 IT 基础设施，以及可持续环境基础设施等。“可持续云计算技术与平台”致力于实现应用开发、部署、运维、管理、自动化、安全保障等功能，以满足业务敏捷创新与核心业务可靠运行的双重需求。“可持续业务应用”基于可持续计算基础设施及可持续云计算技术与平台，结合实际应用，推动各行业绿色发展。

**安全合规、稳定可靠、便捷高效、绿色低碳成为可持续计算四大特征。**这四个特性为可持续计算设置了标准基线，并为可持续计算技术的发展提供规范参考。其中，“安全合规”给出了企业实施可持续计算不可逾越的红线，帮助企业规避风险。“稳定可靠”对于企业的可持续计算提供保障，确保计算过程不间断。“便捷高效”是在整个可持续计算的生命周期中，实现最优运行及维护。“绿色低碳”是可持续计算的最重要特征，碳达峰、碳中和目标是可持续计算的内在要求。

**合规、优化、转型、引领四个层次将成为评估企业及机构可持续计算成熟度的重要阶段，**帮助其明晰实现可持续计算的挑战及差距，确定战略选择，并规划实施路径。合规，是指符合国家和地方政府相关的政策和法规；优化，是指进一步提升企业及机构运营效率；转型，是指重塑企业及机构业务模式；引领，是指带动行业发展，共创可持续生态。

## 二、可持续计算内涵



来源：IBM、中国信息通信研究院

图 3 可持续计算技术架构

### （一）可持续计算基础设施

可持续计算基础设施，由基础要素、IT 基础设施、数据中心基础设施三部分构建而成，由下至上支撑承托，相互作用。

#### 1. 可持续基础要素

可持续计算基础要素指为可持续计算基础设施提供底层支撑的“新材料”、“新工艺”、“新技术”、“新产品”四个方面。

新材料泛指新近研发中具有优异性能的结构材料和有特殊性质的

功能材料，包括石墨烯、超导材料、新型合金、新型半导体等。新材料的应用能有效提高对清洁能源的高效利用，促进关键技术突破并推动产业化，提升产品安全、稳定、高效、绿色性能。例如，石墨烯材料因其优异的光学、电学、力学特性，在高敏传感器、新能源电池、微纳等的研发制作中发挥独特作用。

新工艺泛指创新研究出的产品制造加工方法，包括超导储能、碳纳米管工艺、X 纳米制程等，能够帮助节约能源、减少废物污染、提升制作精度和应用性能等。例如，超导储能运用了超导磁体环流，具有功率大、质量轻、体积小、损耗小、反应快的特点，应用于电网存储传送可以避免用电高峰和低谷时的供求矛盾。

新技术指随着近年来节能减排要求日益提高而不断涌现的相比于传统方案更具环境友好性的新一代技术，例如硅光子技术、量子技术，机密计算、液体冷却、自然冷却、气隙隔离等，各类新技术的应用可有效提升计算能力与节能绿色水平。

新产品泛指基于新材料、新工艺、新技术而逐渐兴起的具有巨大可持续潜力的新兴技术成果，包括专用芯片、量子芯片、加密芯片、叶脊架构网络，高压直流等。这类新产品不仅保证数据中心在多云与混合云场景下计算、存储、通信的高性能、高扩展性、高可靠性及高安全性，也为可持续云计算技术与平台带来可演进及前瞻性。例如，叶脊架构的扁平化设计帮助提高东西向通信转发率，且支持灵活灵活扩展水平带宽，以动态调整数据中心规模，对优化新型数据中心布局起到推动作用。

## 2. 可持续 IT 基础设施

基于可持续基础要素，可持续 IT 基础设施聚焦于计算、存储和网络三个方面，推动计算资源间的合理平衡，对于企业和组织实现可持续计算的目标非常关键。

### （1） 计算基础设施

计算方面的可持续性体现在通用服务器、人工智能服务器等的高性能、高扩展性、高资源利用率、和高 RAS（Reliability 可靠性，Availability 可用性，Serviceability 服务性）和易运维的特点上。高性能的服务器在处理计算密集型工作负载时，提升服务器资源利用率。高扩展性要求服务器应能同时支持纵向扩展和横向扩展，满足企业在发展过程中对 IT 系统建设需求的多样性和复杂性。高资源利用率要求服务器应具备较强的硬件资源管理能力，不同业务间灵活智能调度，以资源共享、错峰使用等方式实现能源资源应用最大化。高 RAS 的服务器将进一步降低机房能耗。易运维指服务器应满足可持续计算高效运维的特性。

### （2） 存储基础设施

存储方面的可持续性一是体现在存储技术上，二是体现在存储介质的选择上，三是体现在存储的应用上。

对于存储技术，数据分层存储技术提出了将在线数据信息与存储介质进行最佳匹配的概念，防止访问频率低的信息占用过多昂贵的存储资源。数据压缩技术按照一定的算法对数据进行重新组织，减少数

据的冗余和存储的空间，有效降低磁盘读写资源占用。采用重复删除技术可以将存储数据的空间缩减为原来的 1/20，延长磁盘备份数据的保存时间，节约离线存储所需带宽。

**对于存储介质**，当前数据中心常用的存储介质，可按照延迟的快慢分为闪存，高性能磁盘，大容量磁盘，以及磁带，但是他们之间的能耗和占地却差别巨大，如表 1 所示。闪存相较于其它同等容量的存储介质，体现出高性能、低功耗和低占地的特点，且内部不存在任何机械活动部件，不会发生机械故障，也不怕碰撞、冲击、振动，采用闪存的存储系统更加符合可持续计算稳定可靠的理念。磁带存储虽然是最古老的存储技术，但其所具有的容量大、占地少、耗能低的特点，使之成为现代化可持续存储不可或缺的一部分，特别是在新兴的互联网企业等非结构化数据密集型企业得到了广泛的应用。

表 1 不同存储介质各指标排名

存储介质	延迟（同等性能下）	功耗（相同容量下）	占地（相同容量下）
闪存	1	2	2
高性能磁盘	2	4	4
大容量磁盘	3	3	3
磁带	4	1	1

\*本表格为存储介质四个大类的比较，不考虑每种介质下的具体分类。

\*同等性能：对于磁盘、闪存来说，性能指的是每秒读写次数（IOPS）；对于磁带来说，性能指的是带宽（固定时间可传输的数据量）。

**对于存储应用**，可通过软件应用实现分级存储管理模式，其功能与数据分层存储技术类似，使之既可以实现准实时数据访问，同时又将整个数据中心的存储成本及功耗降到最低。

### （3）网络基础设施

网络基础设施的可持续性着力于网络硬件设施和网络技术两个

方面。

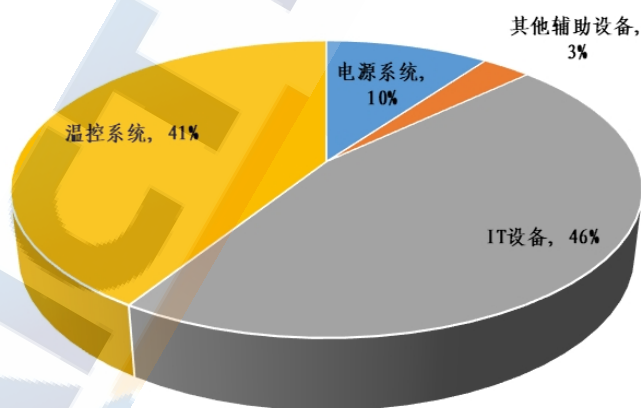
**在硬件层面**，目前热度较高的设施及设计架构包括硅光技术、叶脊架构和大容量交换机等。硅光技术采用基于硅材料的 CMOS（互补式金氧半导体）微电子工艺实现光子器件的集成制备，将原来众多光、电元件分离的器件缩小并集成到一个独立的微芯片中，帮助缩小组件体积，减少空间占用，降低芯片成本。网络的叶脊架构克服了传统三层网络构架的局限，符合未来网络高密度布线的趋势，为数据中心提供了一种可扩展、高效、高安全性的数据传输方式，为企业可持续发展提供更大的潜能。分布式缓存架构下交换机比普通交换机缓存能力更大，大幅度避免网络拥堵造成的服务质量下降，实现对业务的精确识别与控制，符合可持续计算稳定高效目标。

**技术层面**主要关注可持续的微单元网格技术、网络设备虚拟化、能源感知技术和可编程网络。可持续的微单元网络技术通过计算不同时间段需要保持活动单元的最佳数量，动态调整最佳的接入和回程策略，以减少流量功耗、降低资源成本 **Error! Reference source not found.**。网络设备的虚拟化通过模拟现实世界包括路由器、交换机、防火墙在内的物理硬件功能，打破物理结构之间的壁垒，减少对特定硬件和操作系统的依赖，提高网络灵活性，降低制冷、空间等方面的资源消耗。具有能源意识的可编程网络通过将携带能源意识的流量工程加入到 SDN（软件定义网络）中，帮助企业灵活管理能源的同时减少能源消耗，符合绿色低碳、高效运维的可持续计算特性。 **Error! Reference source not found.****Error! Reference source not found.**



### 3. 可持续计算环境基础设施

面向数据中心的环境基础设施是为 IT 基础设施提供运行所需环境的设备、系统以及场所，包括供电系统、温控系统、机柜系统、综合布线系统、监控与管理系统、消防系统等。IT 信息化和移动互联网的飞速发展，带来信息行业数据中心的设备数量大幅增加，由此导致数据中心机房能耗、制冷、空间成本的大幅增长。其中，能耗占比较高的是供电系统和温控系统，超过整体能耗的 50%，如图 4 所示。可持续环境基础设施涉及电气、传感、制冷等多个技术领域，复杂度高，在提质增效、绿色低碳发展方面具有较大的优化空间。但值得注意的是，当 IT 基础设施环境适应性更高、对其供能的电网可靠性进一步提升时，会逐步简化环境基础设施的配置，从而大幅减少所对应的能耗与碳排放。因此，随着 IT 基础设施绿色低碳发展，其能耗与碳排放在整个可持续计算即将起到决定性作用。



来源：中国信息通信研究院

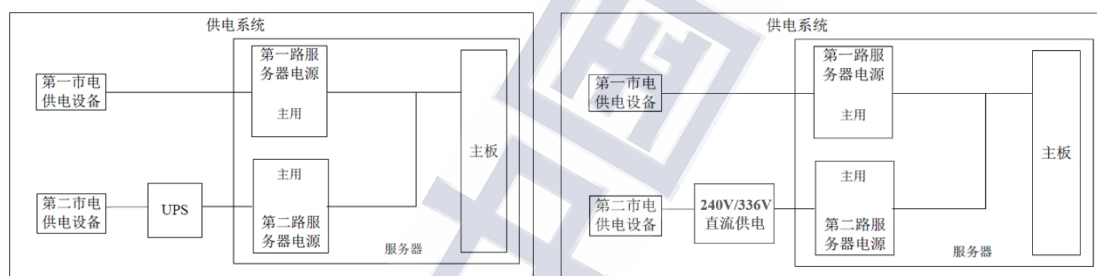
图 4 可持续环境基础设施能耗占比

#### (1) 供电基础设施

供配电系统是从市电到用户，经过高/低压供配电设备实现能源

供给的系统，是支撑可持续计算载体——数据中心运行的核心基础设施，为数据中心的主设备和辅助设备提供电力运行保障。随着数据中心节能减排工作的不断深入，供配电领域涌现出了各种先进技术，分别围绕着减少转换环节、智能化管理等方式演进，主要有 1 路市电加 1 路保障电源、巴拿马电源以及末端母线配电系统等代表性技术。

为兼顾建设成本和系统效率，业内已逐步采用 1 路市电+1 路不间断电源（UPS）作为可持续计算供电方案。同时，随着 240V/336V 直流供电技术的逐步成熟，1 路市电+1 路 240V/336V 直流供电的方案也受到越来越高的关注及应用。



来源：中国信息通信研究院

图 5 1 路市电 1 路保障电源供电方案

10kV 交流输入的直流不间断电源技术（巴拿马电源技术）在数据中心内替代了原有的 10kV 交流配电、变压器、低压配电、传统 240V/336V 直流供电系统和输出配电单元等设备及相关配套设施，具有高效率、节省空间、低成本、易安装和易维护等显著优势，主要适用于大型、超大型数据中心。

末端母线配电系统是即插即用式的智能化末端配电系统，具有体积小、容量大、施工周期短、拆装方便、便于扩容、使用寿命长等优

点。相比于传统配电系统，末端母线配电系统取消了配电列头柜，在同等的数据中心面积下可放置更多服务器。此外，智能母线系统具有集成化电路监控，能够实时监控、传输和控制末端配电，通过人机界面将母线分布图、关键点温升参数、预告警信息、历史参数等通过图形、表单、曲线等多种形式直观显示，为决策层提供最直接可靠的数据依据，达到能效管理与节能降耗等目的。

## （2） 温控基础设施

温控系统是将数据中心内 IT 设备工作时所产生的热量通过热交换带出数据中心外，保持数据中心运行在规定环境温度范围内的基础设施系统。数据中心空调系统主要由控制系统、通风系统、制冷循环及除湿系统、加湿系统和加热补偿系统组成，水冷机组一般还包括冷却水循环系统。

蒸发冷却技术是指利用干空气在干热地区实现能（冷）量利用的一项制冷新技术。利用蒸发冷却技术的空调设备和传统机械空调相比，不使用压缩机，耗电设备仅为风机和水泵，充分利用自然冷源，运行功耗低。按照水和空气是否直接接触，可将蒸发冷却技术分为直接蒸发冷却和间接蒸发冷却。蒸发冷却空调采用间接蒸发+直接蒸发复合技术，先利用间接蒸发冷却换热器降低空气的湿球温度，再利用直接蒸发冷却技术等焓降温，最终达到高效制冷目的。

背板空调的工作原理是冷空气在机柜内部设备风扇的作用下，被吸入机柜并对设备进行降温，吸热后的空气流向安装在机柜背部的冷却盘管，将热量传递给换热器内的制冷剂，温度降低后的冷空气从背

板吹出，完成空气循环。背板空调的优势主要体现在以下几方面：一是采用无风机设计，减少能耗和噪音；二是由于靠近机柜并安装在背面，可直接对局部热点进行降温；三是占用空间小，不需要架空地板，提升数据中心利用率。

全年能效比的广泛应用，推动了在室外环境温度较低情况下采用“自然冷却技术”的发展。其中，“氟泵自然冷却”技术及产品已经得到大规模应用，PUE 优化效果明显。氟泵双循环空调系统，是采用智能双循环设计，在冬季或过渡季室外温度较低时，利用制冷剂泵（氟泵）对制冷剂进行室外循环换热，充分利用室外自然冷源；在夏季或过渡季室外温度较高时，采用压缩机对制冷剂进行压缩循环换热；此种智能双循环设计能够在全年一定时间内不必开启压缩机制冷，大大降低空调能耗。

### （3） 监控与管理系统

数据中心监控系统一般包括供配电监控、空调监控、消防监控、安保监控（包括门禁、闭路监视、通道报警）、漏水检测监控等，更为重要的是融合了数据中心的各项管理措施，对发生的各种事件都结合具体情况给出处理信息，提示运维人员进行操作，实现科学化管理。

设备资产管理是实现可持续计算的重要组成部分，不仅管理资产本身，还管理与资产有关的能耗、环境、人员、安全等要素。资产管理能够管理设备设施及全部的运维过程，借助平台对关键设备的运行状态进行实时监控，同时 AI 模块能够对大量设备数据进行综合分析，对设备的运行及能耗异常情况通过自动化模型分析提供预警、问题诊断及

解决方案，保障设备设施稳定可靠运行。

能耗监测及运维管理系统进一步实现数据中心用能的智能化监测、管理和节能控制，进而提升能效。例如，通过设备物联网技术，采集环境基础设施和设备能耗及碳排放信息，实现对环境设施设备能耗、排放、性能、成本等综合管理。此外，可利用人工智能等手段提高参数监控精度和智能管理，协同优化不同基础设施，提升动环监控系统的整体智慧化水平，并利用大数据手段，实现设备对负荷率、室外环境温度等影响因素的感知和预判，自动调整最优化的制冷方式，达到节能目的。

## （二）可持续云计算技术与平台

依托于底层基础要素、IT 和数据中心的可持续计算基础设施，云计算技术通过混合云、人工智能、区块链的可持续化进一步推动能耗、成本、算力的优化，同时提出符合高效运维、安全合规特性的相关技术与平台，助力可持续计算的发展。

### 1. 混合云技术与平台

在 GB/T 32399:2015（等采 ISO/IEC 17788:2014）中，混合云被定义为至少包含两种不同的云计算部署模型。**Error! Reference source not found.****Error! Reference source not found.**混合云可由组织自身或第三方拥有、管理和运营，部署地点不仅包括数据中心，还包括边缘和设备端。

混合云技术与平台赋能行业可持续化主要体现在：**对资源的动态分配**。其主要采用容器化和虚拟化技术隔离计算任务的资源。同时，

根据实时监控数据调整能耗，以达到满意的性能和功率要求。此外，通过简化空闲的计算任务、冗余的数据存储资源及数据副本，节约 IT 资源；**对大数据平台的支撑构建**。结合机器学习工具以及基于场景的预测分析，大数据平台能够满足复杂数据获取、处理、分析和质量管理的要求，提供高透明度的数据解决方案，提高数据可靠性，帮助数据消费者进一步提升对数据产品的信心，同时符合数据访问和监管披露要求。

## 2. 大数据技术与平台

基于大数据的储存设备与技术广泛应用于可持续计算中，硬件上涉及专业存储服务器，磁盘阵列，磁带等，软件上涉及分布式文件系统来保证大数据读写的高并发度。汇集海量数据后，使用基于 Hadoop, Spark 等的大数据平台，可利用不同的算法对数据进行各种预处理及挖掘。例如使用 OpenCV 对计算机视觉相关的数据进行处理及分析；使用基于统计的机器学习算法对各类数据进行主成分分析、分类、特征抽取、错误数据校正和清洗等等。被预处理后的数据，即可送入人工智能平台，进行进一步的分析。分析完成后，还可以使用大数据平台做出数据后处理，实现可视化等方面的展示。

## 3. 人工智能技术与平台

当大量的数据被数据系统或专家进行清洗和预处理后，人工智能平台就能基于它们进行建模分析。人工智能平台硬件上包含通用服务器、人工智能服务器；软件上包含数据标注、基于机器学习或深度学

习的模型训练、模型推理三个部分；从框架的角度来分，会有机器学习和深度学习之分，但由于使用的具体算法或框架不同，可能会增、删平台组建，硬件上也会有不同的取舍。人工智能平台还需要提供基于特定标准的模型转换功能，从而让这些模型能在任意选定的框架下进行推理，尽可能的兼容不同的平台。人工智能平台需要依托容器化的底座，以实现应用的快速配置和资源的灵活伸缩，合理高效使用各种硬件资源。先进的人工智能平台还应具备可信 AI 的分析、模型的自动修正等功能，从而让人工智能真正可靠的应用于各行各业。

针对可持续计算本身，人工智能技术可以持续分析来自各层级的各种类型的实时数据，识别异常服务与设备、预测服务与设备失效风险、优化作业调度与资源分配、建议改进方法等。从赋能的角度而言，人工智能技术可以广泛使用在各行业的生产运营、供应链管理、风险分析与预警、ESG 预警与报告等业务环节，帮助企业实现降本增效、安全合规、绿色低碳等目标。

#### 4. 物联网技术与平台

物联网技术深刻改变着传统产业形态和人们的生活方式，在面向供给侧的生产性物联网应用领域，物联网与工业、能源、农业等传统行业深度融合形成行业物联网，成为行业转型升级所需的基础设施和关键要素。伴随着物联网设备的使用规模不断增加，导致能耗与碳排放不断上升，推动可持续物联网技术规模化应用是物联网发展的重点所在。

可持续物联网采用绿色节能技术，以减少能源消耗和碳排放。绿

色传感器网络、绿色云计算网络等已成为可持续物联网的重要组成部分。业界正在开发基于人工智能的能源和设施管理软件，并采用纳米技术设计更小的纳米级设备，以提高功能、能源效率和准确性，同时减小尺寸。

物联网平台是一个集成了设备管理、数据安全通信和消息订阅等能力的一体化平台。向下支持连接海量设备，采集设备数据上云；向上提供云端 API，服务端可通过调用云端 API 将指令下发至设备端，实现远程控制。

## 5. 区块链技术与平台

区块链可以与人工智能、物联网、大数据、5G 等其他技术相结合，形成综合性一体化的可持续计算解决方案，**共同推进和助力行业的可持续发展和绿色数字化转型**。此外，区块链能够支撑产业级别合作伙伴生态系统的打造，实现安全、透明的合作模式。主要包含四个技术特征：

- 1) **分布式存储技术**，可以实现数据灵活高效的冗余配置，改变了灾备管理模式，提升了运维的便捷程度，降低了服务中断时间。
- 2) **共识技术**，实现生态系统内的数据的分发。
- 3) **密码学技术**，为区块链上数据安全合规提供保障。
- 4) **智能合约技术**，作为业务逻辑程序化的载体，区块链实现资产数字化。 **Error! Reference source not found.**

**可溯源存证**是基于区块链具有能够记录交易的全部历史且不可覆盖的特性。对数字资产状态的全生命周期进行跟踪，实现追踪和溯



源，使信息交换更加透明高效，降低假冒产品对市场的干扰，提高消费者信心。 **Error! Reference source not found.**

## 6. 运维和自动化技术与平台

为保证全层级<sup>1</sup>方案业务连续性，可持续计算需提升运维和管理的智能化与自动化水平。该平台打通各层级以及各领域的壁垒，实现实时监控数据的关联；通过人工智能与大数据技术，对运维数据进行分析，加速异常检测、问题诊断与定位、识别与预警潜在失效风险；通过自动化与智能作业调度技术，实现各层级的自动巡检、自动修复、自动校验，提升可靠性、可用性以及运维效率，并根据业务目标(最小能耗、最低碳排、最优成本等)完成作业的编排与调度。

此外，人工智能、增强现实、数字孪生等新技术与运维能力的结合，提升混合云 IT 计算环境中各个层面资源的标准化运维水平和运维效率，减少人工参与，降低故障发生率，缩短故障排查与解决时间，完善故障自愈体系，最终实现可持续运维。

## 7. 安全合规技术与平台

可持续计算除了提高能源使用效率外，还需要考虑可持续计算平台和服務的安全性及合规性。随着企业的数字化转型，共享数据、上云、远程办公等成为常态化，网络安全逐渐成为企业面临的一大挑战。

该平台从识别、保护、检测、响应、恢复五个环节形成一种处理动态网络安全风险的操作流程。在识别环节，对环境设备资产和数字

<sup>1</sup> 全层级：包含业务应用、混合云技术与平台、IT 基础设施及环境基础设施

资产基于风险进行评估和治理。身份和访问管理是关键保护措施之一，遵循零信任原则，在各个层级进行细粒度的身份验证和授权访问。随着数据资产价值提升和合规要求趋严，通过加密、脱敏、访问控制等技术手段，在数据的采集、传输、存储、使用和销毁等环节进行安全保护。在检测环节，作为安全防护的最后一道防线，监控全层级中的各个部分，进行综合关联分析，借助人工智能及时识别威胁，分析攻击路径和根本原因。最终通过编排和自动化流程进行全面且快速的响应和恢复，将影响降到最低，保持业务弹性。

### （三）可持续业务应用

基于可持续计算基础设施及可持续云计算技术与平台，结合企业实际情况，引导推行可持续业务数据与应用，提升企业清洁用能水平，优化生产运营智能绿色升级，打造行业绿色供应链，完善企业碳足迹与碳排放管理，扩宽 ESG 战略业务，最终全盘推动各行业绿色可持续发展。

#### 1. 用能结构绿色转型

**能源供给侧，提升可再生能源消纳。**通过大数据挖掘分析、图像处理技术以及人工智能技术，实现能源信息的快速收集、筛选、分析、归纳、决策，解决大规模可再生能源的发电间断性、波动性、随机性难题。此外，基于数字技术的新能源电站智能巡检、异常排查等智能化运维手段，能够实现风、光等新能源电站的精细化系统化管理。通过收集分析风、光等新能源实时及历史数据，动态调节发电时间及时

长，提升新能源电站运行安全水平及发电效率，满足清洁能源大规模接入的需求。

**能源消费端，助力企业高效绿色用能。**“互联网+智慧能源”体系能够助力企业精细化管理自身能源消耗；精准快速定位高能耗、高碳排放环节；全面分析用能行为，优化电力调度方案，达到提效降碳目的。通过物联网管理平台，企业可实时查看用能统计和数据分析报表。平台将采集的数据统计、处理、分析，直观显示用电异常时间段、同比变化、区域对比规律等信息，分析节能潜力，匹配优化方案，预估未来能耗需求，为企业开展节能减排工作提供决策支撑。

**能源交易端，提供安全便捷市场服务。**通过区块链技术助力企业获得更便捷、更安全的能源交易，有效获取绿色清洁电力渠道。一方面，区块链技术的去中心化可实现用能企业、能源装备企业、设备间的对等、广泛互联；另一方面，区块链技术的信息共享、智能合约可实现用能企业与可再生能源运营企业间的信息交互和共享，提升可再生能源服务水平，加速新能源交易的供需匹配效率。此外，区块链技术能够优化能源交易市场的资源配置，通过链上代码和智能合约，统筹各类供电主体，实现整体的协调优化运行，提高清洁能源在市场交易中的消费占比。 **Error! Reference source not found.**

## 2.生产运营绿色升级

**优化改善生产工艺过程。**利用智能制造、数字孪生工厂等数字化融合手段，实现企业设备接入管理、应用开发、数据分析、可视化呈现等功能，将工厂的物理数据的全面打通和联动。一、构建全流程自

动化生产线、综合集成信息管控平台、实时协同优化的智能生产体系，实现生产、设备、能源、物流等资源要素的数字化汇聚、网络化共享、平台化协同和优化配置。二、依托工业互联网技术进行生产综合控制，在生产计划、设备监控、流程梳理、优化调度、安全生产等多领域实现智能化，优化燃料供应，大幅度减少能源和原材料的使用。三、通过数字孪生模型反映整个生产过程，并使用人工智能和机器学习进行模拟并优化生产过程和流程。通过数字技术串联企业各个环节、场所，根据业务领域进行网格化管理，最大程度地调配资源以充分发挥生产潜力。

**全面提升综合管理能力。**以制造业为例，可持续计算可支撑实现以下功能：一是通过物联网收集生产数据，建立物料平衡模型、电力模型和热力模型，对高能耗生产装备、工艺过程和生产设备进行在线监测、自动控制、故障诊断及用能优化，降低生产过程的能源和资源消耗。二是通过监控传感设备，采集生产现场相关工艺参数、视频信息、检验相关数据，进行智能质量管理，提高产品合格率。三是通过建立能源综合管控平台，合理制定用能计划，实现能源使用效率提升。四是在生产环境恶劣、劳动强度大、安全风险高的岗位进行机器对人工的替换，提升生产稳定性及精准度。

### 3. 供应链绿色协同管理

**推动企业供应链绿色协同发展。**产品供应链涉及设计、研发、采购、生产、包装、运输、利用及回收等环节，系统庞大且复杂。通过可持续计算技术，连接供应链上下游，提升产品质量、优化企业协作，

打造绿色、透明供应链。通过数字技术，整合上下游信息，提高供应链效率，提升企业对供应链各个环节的管控能力，减少或避免因为信息不对称、不及时造成的业务损失。

#### 4.碳排放规划与管理

**提升企业和机构碳管理能力与水平。**企业碳排放数据是碳达峰碳中和目标实现的重要数据底座，数字技术在碳排放监测、碳核算、碳交易方面都能够发挥重要的作用，物联网、云计算、大数据等技术能提升碳核算的准确性、碳排放监测的实时性、碳数据的可追溯性、便捷性、安全性和可信性。另一方面还可以通过数据分析模型，得出企业和机构碳排放结构，提供企业和机构碳排对标手段，支撑节能管理，帮助企业和机构更好的规划和分配碳排放量。

#### 5.ESG 与可持续发展战略

**夯实企业 ESG 战略业务数据底座。**环境、社会和公司治理 (ESG) 是一种关注企业环境、社会、治理绩效而非财务绩效的企业评价标准。在碳达峰碳中和目标带动下，企业对 ESG 关注热度提升，致力于通过其促进自身可持续转型。ESG 报告披露的信息包括企业碳排放情况，员工的健康、安全信息，生产环境合规情况，企业应对气候变化的行动，公司治理的规章制度等。获取相关数据会增加运营成本，通过可持续计算技术，基于原数据，智能优化数据结构，保证数据的准确性、信息的真实性、报告的全面性，有效降低数据获取、分析及评估成本。除满足合规披露要求，面对环境、社会、治理相关数据变化，可利用

人工智能等技术实现风险预警及决策优化，协助企业落实可持续发展战略。





表 2 安全合规评价体系

安全合规	评估方法	可持续维度			参考标准 见附录二
		基础设施	云计算平台	业务应用	
数据完整性和保密性	数据存储应遵循当地法律法规； 数据管理权限应得到客户的授权； 数据在传输过程中应使用校验码或者密码技术来保证完整性； 应支持客户部署密钥管理解决方案，实现自主加解密过程。	√	√	√	[1]
物理安全	应该选择具有防震、防风和防雨能力的建筑内；机房物理位置承重能力满足机房要求；避免建筑物顶层或地下室。 机房出入口应该具备访问控制能力，包括专人值守、门禁卡、生物识别等访问控制方式；机房不同区域之间，设置物理隔离装置。 应将主要设备放置在机房内，并对其进行固定和标记设置；应利用光、电等技术设置机房监控和防盗报警系统。	√			[1] [2] [3] [4]
消防安全	应具备固定式或便携式灭火装置。 应具备火灾自动报警系统，系统应具备声光方式发出报警信号。 机房应设置交流电源地线和避雷装置；还应设置防雷保安器，防止感应雷。 应采取措施防止雨水渗透，防止水蒸气结露；安装对水敏感的检测仪表或元件，进行防水检测和警报。	√			[1] [2] [3] [4]
系统安全	摄像覆盖机房面积率越高越好。 警报系统应覆盖机房重点区域，系统应具备声光方式发出报警。	√			[5]
通信传输	应基于密码技术的数据通信； 应确保数据的完整性和机密性。	√			[1][2] [3]
可信验证	应具备检测访问可信性能力，并在可信性被破坏后，及时报警。	√			[1][2] [3]
边界防护	外部网络与内部网络之间应具备安全隔离设备。	√			[1][2] [3]



身份鉴别	应具备口令、密码技术、生物技术等两种或两种以上组合的鉴定技术对用户身份进行鉴别。	√			[1] [2] [3]
网络架构	应保障网络并发高峰期访问的连通性；不同网络之间应具备隔离设备；应保障关键网络线路、设备的硬件冗余。	√	√		[1] [6]
网络访问控制	外部网络与内部网络之间应具备互访策略和规则；外部网络与内部网络之间应具备数据交换策略和规则。	√	√		[1] [6]
入侵防范	应具备检测、防止和限制内外部网络攻击的能力；应具备记录网络攻击信息的能力。	√	√		[1] [6] [7]
用户访问控制	应对访问用户的权限进行精准控制，权限颗粒度越小越好。	√	√		[1] [6]
数据备份与恢复	应具备本地数据备份与恢复能力；应具备提供查询数据及其备份存储位置的能力；应具备保持数据副本一致性的能力。	√	√		[1] [6]
基础设施选址	应根据所在地的法律法规要求选择合规的地理位置。		√		[6]
安全审计	应对远程管理时执行的特权命令进行审计；应保证针对客户系统和数据的操作可被客户审计。		√		[6] [7] [8]
镜像和快照保护	应提供加固的操作系统镜像或提供操作系统安全加固服务；应提供虚拟机镜像、快照完整性校验功能，防止镜像被恶意篡改；应提供对虚拟机镜像、快照的加密技术，防止资源被非法访问。		√		[6]
应用开发安全	1. 应采用安全通信协议和加密机制对重要数据进行安全传输；应采用抗抵赖攻击技术对重要交互信息进行保护； 2. 应使用固定的通信端口； 3. 应明确数据库各种用户的资源权限，建立规范的权限文档；应对数据库的账号依据业务和维护需求进行合理分配，避免账号共用；应对数据库进行及时的更新，并在更新前进行测试和数据备份； 4. 应包含各模块的出错处理设计； 5. 应能对异常情况和网络攻击进行安全处理。			√	[9]

应用迁移部署安全	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 应制定完整的迁移部署计划、应急预案和回退机制，并进行人员安全培训；</li> <li>2. 应在迁移前明确迁移所需的各类资源需求，提供资源配置，并对应用进行安全检查。</li> </ol>			√	[9]
应用试运行安全	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 应对应用进行全面的安全测试；</li> <li>2. 应在试运行期间加强安全检测；</li> <li>3. 应提高试运行期间的数据备份频率，保护数据安全。</li> </ol>			√	[9]
应用交付安全	<p>应制定详细的应用交付清单，并对应用运行维护人员进行相关培训。</p>			√	[9]
应用下线安全	<p>应制定详细的移交清单，返还应用数据信息，彻底删除数据和备份。</p>			√	[9]
数据采集安全	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 应明确数据采集目的和用途，明确数据采集源和范围；</li> <li>2. 应遵循合规原则，确保数据采集的合法性、正当性和必要性；</li> <li>3. 应遵循质量保障原则，制定数据质量保障策略；</li> <li>4. 应遵循安全原则，对采集的数据进行分类分级标识，和相应的安全管理策略和保障措施。</li> </ol>			√	[10]
数据存储安全	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 应将不同类别和级别的数据分开存储并采取隔离机制；</li> <li>2. 应遵守数据在存储架构、逻辑存储、访问控制、副本和归档等方面的安全原则；</li> <li>3. 应建立数据存储冗余策略和管理制度，及数据备份和操作的规范流程。</li> </ol>			√	[10]
数据处理安全	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 应依据法律法规要求，明确数据处理的范围和目的，并建立对应的内部责任制度；</li> <li>2. 应遵循最小授权原则，提供数据细粒度访问控制机制；</li> <li>3. 应遵循数据在分布式处理、分析、加密、脱敏和溯源等方面的安全原则；</li> <li>4. 应遵循数据审计原则，记录和管理数据处理活动中的各项操作。</li> </ol>			√	[10]
数据分发安全	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 应遵循责任不随数据转移原则；</li> <li>2. 应依据相关法律法规，在数据分发前进行安全和风险评估；</li> <li>3. 应确保数据分发中的传输安全，提供有效的数据安全共享机制。</li> </ol>			√	[10]

<b>数据删除安全</b>	应建立相关的数据删除机制，规范数据销毁流程，并对数据删除操作进行记录和管理。			√	[10]
---------------	--	--	--	---	------

来源：中国信息通信研究院、IBM

## （二）稳定可靠

可持续计算的稳定可靠下的评价指标及评估方法详见表 3。

表 3 稳定可靠评价体系

稳定可靠	评估方法	可持续维度			参考标准 见附录二
		基础设施	云计算平台	业务应用	
冗余性	对可持续计算需要的重要部件或模块，按照 N+X 进行冗余配置，X= 1~N，以避免由于单个部件或模块的故障、维护等活动导致全系统运行中断。	√	√	√	[11]
容错性	衡量容错系统基础设施，在经受严重的突发设备故障或人为操作失误后，是否仍能满足设备正常运行。	√	√	√	[11]
可用性	可用性可从以下两个方面评估： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 有效性：用户通过系统完成特定任务的完整程度，可通过百分比来衡量。</li> <li>• 满意度：用户在使用产品过程中所感受到的主观满意度和接受程度，可通过收集用户满意度的方式进行调研。</li> </ul>	√	√	√	[11]
RTO	故障发生后，系统和数据的恢复时间。	√	√	√	[12]
RPO	故障发生后，系统和数据恢复后丢失的数据量。	√	√	√	[12]
分级	指代数据中心由于电子信息系统中断导致经济、社会损失或影响程度所属级别，主要可分为三级： <p>A 级：造成重大的经济损失和公共场所秩序严重混乱。</p> <p>B 级：造成较大的经济损失和公共场所秩序混乱。</p> <p>C 级：不属于 A 级或 B 级的数据中心。</p>	√			[13]
选址	环境基础设施选址应考虑电力供给、冷却水源、环境温度、远离危险场所和水灾和地震区域等因素综合评判。	√			[13]

UPS	使用 UPS 设备给单台计算机、计算机网络系统或其它电力电子设备如电磁阀、压力变送器等提供稳定、不间断的电力供应。	√			[13]
故障判断和处理	识别关联故障和非关联故障并进行处理。	√			[14]
CPU 核数	CPU 核数需求与虚拟机实例运行任务的复杂程度应成正比，最优配置为按照实际情况进行处理器核数分配或多多益善。		√		[15]
镜像大小	单个镜像存储空间的大小，理论上在满足用户部署需求的同时，占用空间越小越好。		√		[15]
存储容量	存储容量大小决定用户可存储数据总量的大小，理论上存储空间越大越好。		√		[15]
私网/公网 IP 个数	私网和公网的 IP 地址个数。		√		[15]
虚拟防火墙吞吐率	虚拟防火墙吞吐率决定了用户可用带宽的大小，单位时间内，虚拟防火墙处理的数据量越大越好。		√		[15]
应用/服务实例数	用户可部署的应用/服务数量由虚拟机 CPU 核数与存储空间共同决定，理论上租户可部署的应用/服务数量越多越好。		√		[15]
应用健康度	评估并展示应用性能问题。 应用健康度包括四个等级：正常、较慢、很慢、停滞。			√	-
响应时间	通过每分钟的最大用户数和请求数计算响应时间。 $T_{response} = n/r - T_{think}$ 式中： • n 是并发用户数 • r 是服务器每秒收到的请求数 • $T_{think}$ 是平均延迟时间（以秒为单位）			√	-
错误率	错误率=100%×业务过程错误数量之和 / 总请求数			√	-
吞吐率	调用过程中所传输的数据量。所有调用方式产生的数据传输总量应包含自身调用、数据库调用、NoSQL 调用、第三方服务调用。			√	-
Apdex	由 Apdex 联盟开发的用于评估应用性能的工业标准。Apdex 标准对应用响应时间的表现，转为用户对于应用性能的可量化评价。			√	-

数据库健康度	监控数据库监控各项指标进行加权统计，通过专家模型进行健康度评估。			√	-
QPS	QPS 是对一个特定的查询服务器在规定时间内所处理流量多少的衡量标准。 QPS = req/sec 式中：rep= 请求数			√	-
查询错误率	指代查询出错概率 查询错误率=100%×查询错误数量 / 总查询数			√	-
连接数	数据库当前连接数，可以显示包括 IP 的连接方、连接个数、连接状态及接时长等信息。数据库当前连接数要尽可能少，数据库才能够更好的发挥性能。			√	-

来源：中国信息通信研究院、IBM

### （三）便捷高效

可持续计算的便捷高效下的评价指标及评估方法详见表 4。

表 4 便捷高效评价体系

高效运维	评估方法	可持续维度			参考标准 见附录二
		基础设施	云计算平台	业务应用	
MTBF	故障之间的时间间隔。	√	√	√	[16]
MTTR	MTTR 指故障之间平均修复时间。	√	√	√	[16]
服务水平协议	明确服务目标、功能、方式和级别； 明确安全便捷高效级别指标； 建立服务合约评估机制，包括合约履行情况、合约指标达成情况等。	√	√	√	-
电气系统运维	具备电气、通风、消防、智能化系统的运维能力，制定系统运维制度并参照执行，定期进行审计	√			[17]
通风系统运维	该指标应具备以下能力： 1. 实时掌握冷热空气的使用和循环情况。 2. 入水温度和出水温度应刚好足够低以提供足够的冷却能力。 3. 提供如何设置湿度上限和下限的说明文档，以避免不必要的加湿和除湿。	√			[17]
消防系统运维	应提供设备/系统/设施状态自动监控和报警系统。对于火灾，必要的信息是防	√			[17]

	火屏障的位置和状态，以及由各种探测系统生成的警告信息、检查记录。				
智能化系统运维	该指标应具备以下能力： 1. 摄像覆盖机房面积率越高越好。 2. 每次违反保护措施和每次违反安全政策均应登记为安全事件。安全事件数量应越少越好。	√			[17]
事故数量	发生事故的数量	√			[16]
容量使用率	容量管理旨在通过为意外负载保持可接受的容量储备来最大化实际使用量。 容量使用率=使用容量/储备容量	√			[16]
配置管理要求	1. 建立配置管理制度 2. 制定配置管理计划 3. 基线配置 4. 变更控制	√			[16] [17]
策略与规程	1. 制定符合云服务战略和目标的安全运维策略； 2. 建立并完善安全组织和管理制度； 3. 建立并执行安全检查机制； 4. 完善人员培训、考核和管理。		√		[18]
资源管控与隔离	云资源运维管理对象包括物理资源、虚拟资源、云平台系统，应对各种资源进行包括但不限于以下管理： • 资源信息管理 • 资源关系管理 • 拓扑管理 • 资源分配策略管理		√		[18] [19]
应急响应与风险评估	1. 制定应急预案，并进行演练、培训和预案更新； 2. 建立信息安全事件报告和通报机制； 3. 定期进行安全风险评估，并根据结果制定相应的风险处理计划。		√		[18]
问题跟踪与证据收集	1. 建立问题证据收集和保存机制； 2. 建立问题分析机制； 3. 建立持续监控系统。		√		[18]
业务连续性保障	1. 识别业务连续性风险，制定业务持续性计划； 2. 明确保障方式，包括数据备份、同城容灾、异地容灾等； 3. 对服务性连续性和可用性进行检测和风险分析。		√		[18]
应用系统维护	1. 应用系统软环境维护； 2. 应用迁移和终止维护			√	[20]
数据维护	该指标应具备以下能力：			√	[20]

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 制定数据监控策略，依据业务规则设置告警；对数据建立授权及一致性的标准和规则；定期抽查数据，防止数据错误。</li> <li>2. 提供即时的响应支持，确保数据的可用性、准确性和完整性，包括：数据问题处理、服务请求处理和应急响应。</li> <li>3. 围绕出现频率多、影响范围大的重要数据进行诊断和分析，并制定解决和改进方案。</li> <li>4. 评估数据质量，给出业务数据质量报告或数据运行维护改进建议。</li> </ol>	[21]
---	------

来源：中国信息通信研究院、IBM

### （四）绿色低碳

可持续计算的绿色低碳下的评价指标及评估方法详见表 5。

表 5 绿色低碳评价体系

绿色低碳	评估方法	可持续维度			参 考 标 准 见 附 录 二
		基础设施	云计算平台	业务应用	
PUE	$PUE = E_{DC}/E_{IT}$ 式中： $E_{IT}$ 是指 IT 设备的能源消耗； $E_{DC}$ 是指总的数据中心能源消耗。	√			[22] [23]
CUE	$CUE = \text{二氧化碳放射当量 (CO}_2\text{eq)}/\text{总耗能}$	√			[24]
REF	$REF = \text{可再生能源供电}/\text{数据中心总耗电}$	√			[25]
CER	$CER = Q(\text{removed})/E(\text{cooling})$ 式中： $Q(\text{removed})$ =从数据中心（每年）移除的热量总量，以 kWh 为单位； $E(\text{cooling})$ =冷却系统的能耗（每年），以 kWh 为单位。	√			[26]
ERE	$ERE = (E_c + E_p + E_l + E_{IT} - E_{re})/E_{IT}$ 式中： $E_c$ 为数据中心制冷消耗的能源； $E_p$ 为数据中心配电消耗的能源； $E_l$ 为数据中心照明消耗的能源； $E_{IT}$ 为数据中心 IT 设备消耗的能源。	√			[27]
ERF	$ERF = E_{re}/EDC$ 式中： $E_{re}$ 为回收重复使用的能源； $EDC$ 为数据中心消耗的所有能源，不仅包括 IT	√			[22] [27]

	设备消耗的能源，也包括数据中心辅助设施如冷却散热、照明及配电等系统的所有耗能。				
IUE	IUE=资源消耗量/设计容量	√			[26]
CLF	CLF = 制冷设备耗电/IT 设备耗电	√			[22]
DCiE	DCiE = EIT/EDC 式中： EIT 是指 IT 设备的能源消耗 EDC 是指总的数据中心能源消耗	√			[22]
EEUE	EEUE=数据中心整体耗能/IT 设备耗能	√			[22]
GUE	$GUE = \frac{\left(\frac{1}{OEM} \cdot OEF\right) * Total\ Power}{IT\ Equipment\ Power}$ GUE ≥ 0, lower is better 式中： OEM 是现场能源匹配；OEF 是现场能量分数。OEF 和 OEM 可用于评估现场可再生能源发电的数量和效率。	√			-
ITEEsv	$ITEEsv = \frac{\sum_{i=1}^n SMPE_i}{\sum_{i=1}^n SMPO_i}$ 式中： SMPEi 值是服务器 i 的最大或峰值性能； SMPOi 值是服务器的最大功耗。	√			[22] [28]
ITEUsv	$ITEUsv(t) = \frac{\sum_{i=1}^N CUS_i(t)}{N}$ 式中： CUSi(t) 为 t 时刻服务器 i 的 CPU 利用率 (%)； ITEUsv(t) 是时间 t 时数据中心内所有服务器或一组服务器的平均 CPU 利用率； N 是在时间 t 运行的数据中心或组中的服务器数量。	√			[22] [29]
PLF	PLF=供配电系统耗电/IT 设备耗电	√			[22]
pPUE	在采用 pPUE 指标进行数据中心能效评测时，首先要根据需要从数据中心的分区。N 表示分区内非 IT 设备耗电，I 表示 IT 设备耗电。	√			[22] [23]
WUE	WUE=数据中心水资源的消耗量/数据中心 IT 设备全年耗电量	√			[30]
ITEE	ITEE=IT 设备总额定容量（额定）/IT 设备总额定功率（额定）		√		[22] [28]



ITEU	ITEU=IT 设备总能耗（实际）/IT 设备总 额定能耗（额定）	√	[22] [29]
APEE	$c = a/b$ 式中： a 是 APEE 测量期间应用结果的数量 (NoAO)； b 是测量期间（EAP）应用平台的能耗 (kWh)； c 是 APEE。	√	[31]
EC	EC=完成一个应用程序的执行所消耗的能量	√	-
EE	EE=执行工作负载的数量/执行工作负载 所消耗的总能量	√	-

来源：中国信息通信研究院、IBM

为客观评价可持续计算状况，结合可持续发展的特点和重点影响因素，上文分别从安全合规、稳定可靠、便捷高效与绿色低碳四方面对可持续计算的重要评价指标进行了梳理总结。目前，算力、算效、数据存放硬件容量能效和数据存放系统容量能效作为衡量绿色低碳、便捷高效的重要特点正逐步纳入评价指标的研究范畴，部分相关标准正在研制发布进程中，例如《数据中心算力技术要求和测评方法》、《SNIA 存储能效测评标准》等，提出了以下评价指标：

- CP 算力：

$$\begin{aligned}
 CP &= CP_{\text{通用}} + CP_{\text{智算}} \\
 &= \sum (a_i \times CPU_i) + \sum (b_i \times GPU_i + c_i \times FPGA_i + d_i \times ASIC_i)
 \end{aligned}$$

式中：CP<sub>通用</sub>表示数据中心的通用计算能力；CP<sub>智算</sub>则表示各种智能计算能力，比如 GPU, FPGA 和 ASIC 等服务器的算力。

- CE 算效：

$$CE = CP/PC_{IT}$$

式中：PC<sub>IT</sub>指数据中心 IT 设备的整体功耗，即数据中心各 IT 设备机械瞬时功率的总和。

- 数据存放硬件容量能效：

$EP_{RI}$ =某存储系统标配硬件容量/某存储系统特定条件下耗电

- 数据存放系统容量能效：

$EP'_{RI}$ =某存储系统标配可得容量/某存储系统特定条件下耗电

- 数据存取能效：

$EP_i$ =按照标准脚本吞吐量/某存储系统能耗

上文可见，已有大量的标准与指标可供可持续计算进行评价评估工作，其中大量标准并非针对可持续计算单独提出，而是从环境设施、计算设备、信息技术及计算业务等方面分别对可持续计算基础设施、云计算技术与平台以及业务应用做出要求。伴随可持续计算的不断发展，现有标准及指标将无法对其进行科学准确的评价评估，亟需进一步建立健全可持续计算标准体系，促进可持续计算绿色、高效、可靠、安全发展。一方面，需跨要素综合考量可持续性与计算，建立基础设施以及云计算技术与平台的融合性评价指标与评价方法；另一方面，应深度考量可持续计算发展目标与发展路径，以可持续业务为牵引，构建多元化的全流程全环节可持续计算评价标准与方法，以推动可持续计算健康良性发展。

#### 四、可持续计算实施

可持续计算的概念、技术内涵和评价体系，将深入贯彻到企业整体业务转型发展。对于 ICT 行业，可持续计算的应用能够帮助企业进一步实现绿色发展。对于高耗能、高碳排放行业，可持续计算的应

用也将带来显著的竞争优势。因此，在绿色低碳发展的战略中融入可持续计算的应用和实施对企业发展尤为重要。

### （一）可持续计算的实施阶段

企业和机构可持续计算的实施可分为“合规、优化、转型、引领”四个阶段，详见图 8。各阶段从规章制度、组织架构、流程管理、人才培养、风险管理及信息披露六个维度提出要求，助力企业和机构定位可持续计算发展所处阶段，并结合战略规划及业务布局，持续提升可持续计算应用水平。



来源：中国信息通信研究院、IBM

图 7 可持续计算实施四阶段解析

#### 阶段一：合规

合规阶段，企业和机构应满足国内外、行业及地方可持续发展相关的政策和标准要求，并妥善管理风险要素，以满足监管要求，维护运营许可，降低品牌风险。例如，我国企业和机构应遵循生态环境部发布的《碳排放权交易管理办法（试行）》进行碳排放交易及相关活

动 **Error! Reference source not found.**; ICT 行业应符合相关标准，包括但不限于第三章“可持续计算特性及评价体系”所涉及内容。

此阶段具体行动包括：针对性制定可持续发展合规风控规章制度，建立能耗及碳排放管理机制，阶段性开展第三方碳排放核算核查，合理披露 ESG 报告结果，必要时调整合规风控部门组织架构等。

### 阶段二：优化

优化阶段，企业和机构不满足于可持续合规，而是创造更大的业务价值。应制定可持续计算实施计划，于重点环节率先开展实践并持续优化，增强可持续计算实施计划的价值及可行性。

此阶段具体行动包括：在明确企业和机构具体可持续计算实施方案后，打造低碳、透明、可追溯且上下游协调的可持续供应链。发挥可持续计算技术及平台优势，提升现有生产运营质量。结合市场需求，不断优化现有的产品和消费者体验，积极提供动态适配的绿色服务。

### 阶段三：转型

转型阶段，企业和机构以可持续发展为核心驱动力，制定创新战略、培育绿色文化、调整商业模式、重塑业务流程、构建新的平台及服务，使可持续计算和企业战略有机结合，孵化新的绿色增长点。

此阶段具体行动包括：全面推动装备电气化升级，实现高比例绿色能源利用，加速用能结构转型。全面实现生产运营智能化，在全流程各环节嵌入混合云、数字孪生等前沿数字化技术。协同上下游打造供应链的碳管理平台，对企业碳足迹、碳资产、碳交易等进行综合管理。

## 阶段四：引领

引领阶段，企业和机构在利用可持续计算实现全面绿色转型后，聚集供应链上下游合作伙伴，推动可持续计算在行业内的规模化应用，共创可持续产业生态，树立极具社会影响力的绿色公信品牌，构建全新的市场绿色发展格局。

此阶段具体行动包括：持续创新可持续发展技术，强化可持续数据治理能力。推动行业可持续标准体系建立，搭建人才培养及成果共享平台。深化互利共赢的国际合作模式，激发行业可持续变革能力。

### （二）可持续计算的实施路径

企业在评估可持续计算现状和问题后，需制定可持续计算实施路径，具体方法如下。

**一是结合企业数字化战略制定适合自身的可持续计算实施路径。**在正确定位企业所处的可持续阶段后，制定下一步发展目标。另外，需将可持续计算战略作为企业数字化转型战略的核心，并以数字化驱动低碳化发展。

**二是采用创新方法论，在企业内加速将可持续计算落地实施。**将各领域的技术专家及客户聚集，通过共同规划、共同建设、共同运营三个阶段完成。在共同规划阶段，通过设计、研讨等方式发现企业的可持续计算实施机遇，确立在合规、优化、转型、引领的方面的行动方案。在共同建设阶段，基于前期规划设计的各类可持续计算方案，并对其投入产出收益比等测算，以确定方案的可行性和有效性，并试运行。在共同运营阶段，通过以点带面，将验证可行的可持续计

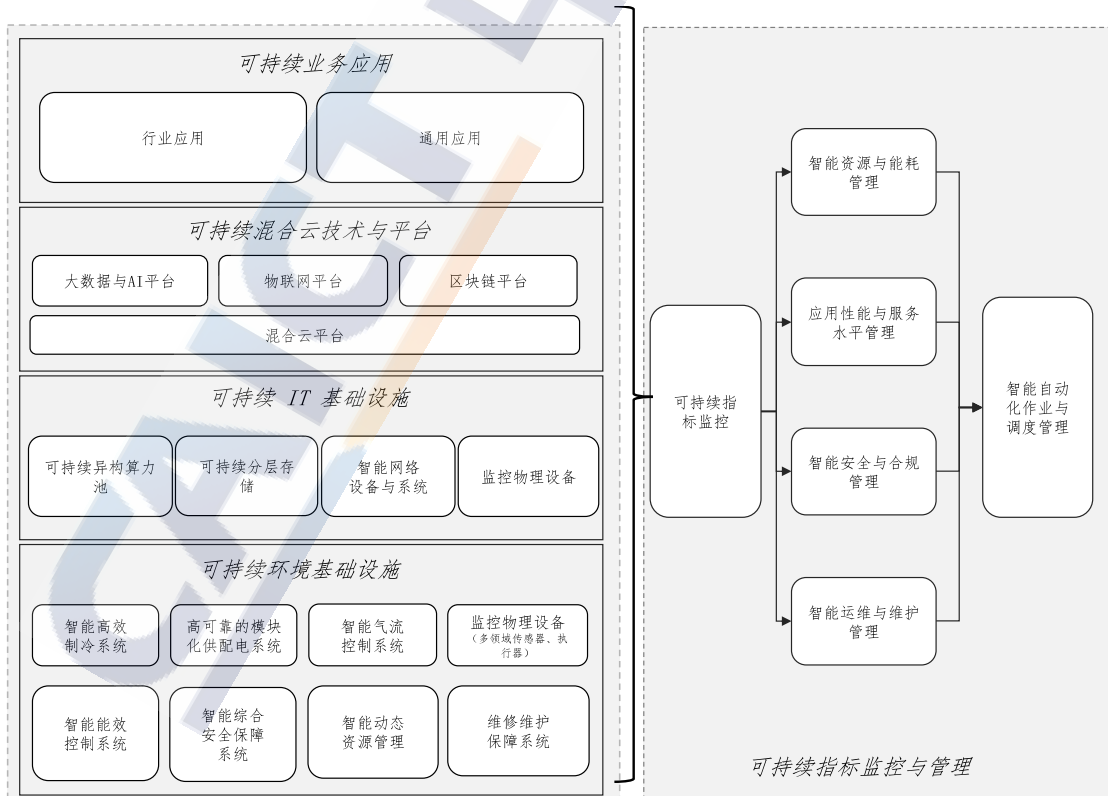
算方案大规模推广到更多领域。

三是建立以绩效为抓手的可持续计算落实机制。企业持续对标行业标杆，识别其共性、规律，并总结自身改进方向。其次，企业应开展可持续计算绩效评估，涵盖绿色低碳、便捷高效、稳定可靠、安全合规四大特征中的关键指标。

### （三）可持续计算的实施方案

#### 1. 总体架构

为验证可持续计算的可行性与价值，我们落地实施了全层级可持续计算方案，总体架构详见图 9。该方案不仅包含了实现可持续计算功能的环境基础设施、IT 基础设施、混合云技术与平台及业务应用，也包含实现可持续计算绿色低碳、便捷高效、稳定可靠、安全合规等特性的全层级可持续指标监控与智能管理系统。



来源：IBM、中国信息通信研究院

图 8 可持续计算实施方案总体架构

我们支持的**可持续业务应用**包括行业应用（核心银行系统、电商平台、门店管理系统等）及通用应用（供应链管理、企业资产管理、客户关系管理、ESG 管理系统等）；**可持续混合云平台**支持企业级自动化的多层虚拟化技术如容器、虚拟机、逻辑分区等技术。同时集成了多个云服务商的公有云、私有云、边缘云、分布式云及数据中心的传统应用等，以便应用和数据能够在不同的云间自由迁移从而达到绿色低碳、便捷高效、稳定可靠、安全合规的可持续目标。可持续混合云上面还部署了支持业务的大数据与人工智能平台、安全平台、应用集成平台和业务自动化平台等；**可持续 IT 基础设施**上，异构算力资源池部署了各种业界主流的服务器以支持可持续混合云上业务的需求。通过实践发现，**企业级高性能服务器**的使用可以大幅有效减少传统服务器在数据中心应用数量，降低总体拥有成本(TCO)，并减少企业能耗及碳排放。通过机密计算及量子安全密码技术，企业级高性能服务器可将安全风险降至最低。**可持续分层存储系统**包含闪存，高性能磁盘，大容量磁盘，磁带等存储介质，并支持热数据，冷数据，温数据等不同数据类型在不同的存储设备之间动态移动，从而提高设备使用率降低能耗。**可持续网络系统**能够自动部署、编排和优化不同运营商的网络功能及服务。我们的**可持续环境基础设施**采用自然冷却、近端制冷、冷热通道隔离、气流组织优化等先进温控技术，并结合热能分析等智能化手段，有效提高制冷效率，消除了高密度设备的热点

问题。

**可持续监控与智能管理系统**由全层级可持续指标监控、智能资源与能耗管理、应用性能与服务水平管理、智能安全与合规管理、智能运维与维护管理和智能自动化作业与调度管理子系统组成。**全层级可持续指标监控子系统**通过内嵌的物联网及大数据平台，收集全层级实时能耗、碳排放、可靠性、可用性、服务水平、安全风险、资源使用率等可持续评价指标，实现了对整个计算系统的全方位可观测性。**智能资源与能耗管理子系统**通过资源评估、能流追踪、热点识别、影响分析等手段，发现系统中闲置或超配资源、潜在失效风险、性能瓶颈等问题，并给出可执行的资源管理与优化建议。**应用性能与服务水平管理子系统**以业务应用为入口，自上而下跟踪交易全链条，定位影响业务服务水平的关键环节如数据库连接、服务调用、资源访问等，确保业务应用高质量运行。**智能安全与合规管理子系统**从监控数据中识别出安全与合规风险、评估影响范围、启动安全处理预案、隔离与修复问题等，有效管理安全与合规风险。**智能运维与维护管理子系统**采用 AI 模型、机理模型及知识图谱、数字孪生等技术，分析全层级健康状态、识别系统异常、预警失效风险、定位故障原因等，保证业务连续性的同时提升运维智能化水平。**智能自动化作业与调度管理子系统**通过决策分析，灵活调整作业调度策略，并自动执行推荐动作；采用增强现实技术，辅助现场工程师或机器人完成复杂问题诊断与修复，提升维修与维护水平。

## 2. 实施价值



该方案已在某数据中心初步实践并取得初步成效，PUE 降低 0.13、能耗与碳排放减少 12.5%、运营成本降低 15%。具体来说，应用性能管理实现了问题自诊断、自修复，快速定位业务响应速度异常的根本原因，帮助开发人员优化应用代码，提高整体效率。资源管理工具实现了针对不同类型资源（服务器、存储、虚拟机、应用程序组件、数据库等）持续输出能效及可靠性提升建议，包括删除、调整大小、移动、暂停及重新配置等。在不影响业务正常运行前提下，该工具提高了磁盘空间效率，平衡工作负载，对于资源紧张的数据中心，其效果尤为明显。智能作业调度器提供了多种智能调度策略，自动匹配阶梯电价，实现削峰填谷，降低同样集群吞吐量下用能成本。

## 五、可持续计算展望

可持续发展在全球具有重要意义，将是深化全球合作、构建人类命运共同体的重要方针。在数字化转型浪潮下，信息技术成为带动经济社会高质量发展的重要力量。我们应清晰地认识到，平衡计算技术高速发展与环境影响已成为可持续发展关键要素。

今后，革命性计算技术的突破与应用将加速可持续计算及可持续发展目标的达成。生物芯片、面向低功耗的人工智能专用芯片及神经形态处理器已实现应用且初见成效；量子计算、量子通信等技术也从研发逐步过渡到实践，科技先导及头部企业正利用该技术解决现实难题；生物计算、碳基晶体管等新兴技术尚在探索，应用前景广阔。

未来，需持续进行技术攻坚，推动建立健全可持续计算标准体系，引导各领域快速实现落地应用。同时，通过对可持续计算先进应用的绿色低碳、便捷高效、稳定可靠、安全合规相关指标参数进行测试验证，为大规模高比例行业及企业投入提供研究基础。

面向赋能主体，可持续计算将从业务应用为企业可持续发展提供创新方案，同样，随着国际环境的日趋复杂及市场需求的逐步提升，将倒逼可持续计算实现自我迭代。从可持续计算应用效果来看，虽有初步实践和相关案例，但对应的评价指标还处于基础探索阶段，较多依赖于相关先行指标的组合，后续将通过大量实际应用，推动相关标准化工作，为评价指标充实全新内容，为可持续计算赋予更多意义。

可持续计算将助力机构及企业，将环境保护行动从社会责任延伸至数字化绿色化协同发展抓手。可持续计算规模化应用也将成为助力

传统及战略新兴产业提质增效、绿色低碳转型关键要素之一，从而推动我国数字中国战略实施，保障我国碳达峰碳中和目标如期实现。



## 参考文献

- [1] Antonio Regalado, “Who Coined 'Cloud Computing'?”, 2011-10-30, <https://www.technologyreview.com/2011/10/31/257406/who-coined-cloud-computing/>
- [2] “大国重器！全球顶级超算算力排行榜，top500 中国占 174 台”，2022-02-24, <https://cloud.tencent.com/developer/article/1946692>
- [3] “人类命运共同体 可持续发展观”，2020-12-01, [https://www.sohu.com/a/435530923\\_120956243](https://www.sohu.com/a/435530923_120956243)
- [4] “能源之星”，<https://www.energystar.gov/>
- [5] “绿色网格”，<https://www.thegreengrid.org/>
- [6] “关于印发〈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〉的通知”，2021-12-08, [https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202112/t20211208\\_1307105.html?code=&state=123](https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202112/t20211208_1307105.html?code=&state=123)
- [7] “工业和信息化部关于印发”十四五“信息通信行业发展规划的通知”，2021-11-01, [http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-11/16/content\\_5651262.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-11/16/content_5651262.htm)
- [8] “国务院关于印发”十四五“数字经济发展规划的通知”，2021-12-12, [http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-01/12/content\\_5667817.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-01/12/content_5667817.htm)
- [9] M. M. Mowla, I. Ahmad, D. Habibi and Q. V. Phung, “Energy Efficient Backhauling for 5G Small Cell Networks,” in *IEEE Transactions on Sustainable Computing*, vol. 4, no. 3, pp. 279-292, 1 July-Sept. 2019, doi: 10.1109/TSUSC.2018.2838116.
- [10] Zhu, Hao & Liao, Xiang-Ke & Laat, Cees & Grosso, Paola. (2016). Joint flow routing-scheduling for energy efficient software defined data center networks. *Journal of Network and Computer Applications*. 63. 10.1016/j.jnca.2015.10.017.
- [11] Sharma, P. K. , Rathore, S. , Jeong, Y. S. , & Park, J. H. . (2018). Softedgenet: sdn based energy-efficient distributed network architecture for edge computing. *Communications Magazine, IEEE*, 56(12), 104-111.
- [12] IBM, “区块链技术基础：分布式账本简介”，Accessed: Nov. 16, 2022. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/downloads/cas/1ELZNLWE>
- [13] IBM, 7 Benefits of IBM Food Trust. Accessed: Nov. 16, 2022. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/blockchain/resources/7-benefits-ibm-food-trust/>
- [14] 陈晓红, 胡东滨, 曹文治, 等. 数字技术助推我国能源行业碳中和目标实现的路径探析[J]. *中国科学院院刊*, 2021, 36(9):11.
- [15] 碳排放权交易管理办法（试行）部令 第 19 号, 生态环境部, 中华人民共和国中央人民政府. [Online]. Available: [http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-01/06/content\\_5577360.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-01/06/content_5577360.htm)

## 附录一 可持续计算的全球及中国标准

### （一）ISO 中可持续计算相关标准

在 25 个已经发布的全球 ISO 标准中，与可持续计算相关的重点标准有：

ISO/IEC 19395: 2015 智能数据中心资源监控

ISO/IEC TR 20913: 2016 数据中心关键绩效指标(KPI)整体调查方法指南

ISO/IEC 21836: 2020 数据中心——服务器能源效率指标

ISO/IEC 23544: 2021 应用平台能效（APEE）

ISO/IEC TR 30132-1: 2016 信息技术——信息技术持续性——高效计算模型——第 1 部分：能效评估导则

ISO/IEC 30134-2: 2016 信息技术——数据中心——关键性能指标——第 2 部分：电能利用效率（PUE）

ISO/IEC 30134-4: 2017 信息技术——数据中心——关键性能指标——第 4 部分：服务器 IT 设备能效（ITEEsv）

ISO/IEC 30134-6: 2021 信息技术——数据中心——关键性能指标——第 6 部分：能源再利用因子（ERF）

### （二）ITU 中可持续计算相关标准

在全球 ITU 标准中，与可持续计算相关的重点标准有：

ITU-T L.1060 ICT 制造业绿色供应链管理通则

ITU-T L.1300 绿色数据中心最佳实践

ITU-T L.1302 数据中心及通信机房基础设施能效评估

ITU-T L.1303 绿色数据中心节能管理系统功能需求及架构

ITU-T L.1304 可持续数据中心采购准则

ITU-T L.1305 基于大数据及人工智能技术的数据中心基础设施  
管理系统

ITU-T L.1317 高效区块链系统导则

ITU-T L.1321 提升 ICT 网络主机能效的参考性运行模型及交互  
平台

ITU-T L.1325 电信网络设施绿色 ICT 解决方案

ITU-T L.1360 软件定义网络能源管理架构

ITU-T L.1381 数据中心智慧能源解决方案

### （三）我国可持续计算相关标准

在我国国家及行业标准中，与可持续计算相关的重点标准有：

GB/T 32910.3-2016 数据中心 资源利用 第 3 部分：电能能效要  
求和测量方法

GB/T 37779-2019 数据中心能源管理体系实施指南

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

YD/T 2543-2013 电信互联网数据中心（IDC）的能耗测评方法

YD/T 3767-2020 数据中心用市电加保障电源的两路供电系统技  
术要求

YD/T 3983-2021 数据中心液冷服务器系统能源使用效率技术要

求和测试方法

YD/T 4023-2022 微模块数据中心能效比（PUE）测试规范

## 附录二 可持续计算评价指标及相关标准

参考标准	类型	Ref.
GB/T 32910.2-2017 数据中心资源利用第 2 部分：关键性能指标设置要求	推荐性国家标准	[1]
ISO/IEC 30134-2:2016 Information technology — Data centres — Key performance indicators — Part 2: Power usage effectiveness (PUE)	国际标准	[2]
ISO/IEC 30134-8:2022 Information technology — Data centres key performance indicators — Part 8: Carbon usage effectiveness (CUE)	国际标准	[3]
ISO/IEC 30134-3:2016 Information technology — Data centres — Key performance indicators — Part 3: Renewable energy factor (REF)	国际标准	[4]
ISO/IEC 30134-3:2016 Information technology — Data centres key performance indicators — Part 7: Cooling Efficiency Ratio (CER)	国际标准	[5]
ISO/IEC 30134-6:2021 Information technology — Data centres key performance indicators — Part 6: Energy Reuse Factor (ERF)	国际标准	[6]
ISO/IEC 30134-4:2017 Information technology — Data centres — Key performance indicators — Part 4: IT Equipment Energy Efficiency for servers (ITEEsv)	国际标准	[7]
ISO/IEC 30134-5:2017 Information technology — Data centres — Key performance indicators — Part 5: IT Equipment Utilization for servers (ITEUsv)	国际标准	[8]
ISO/IEC 30134-9:2022	国际标准	[9]

Information technology — Data centres key performance indicators — Part 9: Water usage effectiveness (WUE)		
ISO/IEC 23544:2021 Information Technology-Data centres-Application Platform Energy Effectiveness (APEE)	国际标准	[10]
ISO/IEC TS 22237-7:2018 Information technology — Data centre facilities and infrastructures — Part 7: Management and operational information	国际标准	[11]
GB/T 51314-2018 数据中心基础设施运行维护标准	推荐性国家标准	[12]
YDT 3671-2020 公有云服务平台安全运维管理要求	通信行业推荐性标准	[13]
YDT 3054-2016 云资源运维管理功能技术要求	通信行业推荐性标准	[14]
GB/T 28827.6-2019 信息技术服务 运行维护 第 6 部分：应用系统服务要求	推荐性国家标准	[15]
GB/T 28827.4-2019 信息技术服务 运行维护 第 4 部分：数据中心服务要求	推荐性国家标准	[16]
ISO/IEC 2382-14:1997 Information technology — Vocabulary — Part 14: Reliability, maintainability and availability	国际标准	[17]
GB 50174-2017 数据中心设计规范	强制性国家标准	[18]
GB/T 9813.3-2017 计算机通用规范 第 3 部分：服务器	推荐性国家标准	[19]
GB/T 20988—2007 信息安全技术 信息系统灾难恢复规范	推荐性国家标准	[20]
GB/T 37735-2019 信息技术 云计算 云服务计量指标	推荐性国家标准	[21]
GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求	推荐性国家标准	[22]
GB/T 25070-2019 信息安全技术 网络安全等级保护安全设计技术要求	推荐性国家标准	[23]
GB/T 28448-2019 信息安全技术 网络安全等级保护测评要求	推荐性国家标准	[24]
YD/T 1754-2008 《电信网和互联网物理环境安全等级保护要求》	通信行业推荐性标准	[25]
ISO/IEC TS 22237-6:2018 Information technology — Data centre facilities and infrastructures — Part 6: Security systems	国际标准	[26]



ISO/IEC 20000-1 Information Technology - Service Management - Part 1 : Service Management System Requirements	国际标准	[27]
GB/T 34080.1-2017 基于云计算的电子政务公共平台安全规范 第 1 部分：总体要求	推荐性国家标准	[28]
ISO/IEC 27001:2013 Information technology — Security techniques — Information security management systems — Requirements	国际标准	[29]
GB/T 34080.4-2021 基于云计算的电子政务公共平台安全规范 第 4 部分：应用安全	推荐性国家标准	[30]
GB/T 37973-2019 信息安全技术 大数据安全管理指南	推荐性国家标准	[31]





**中国信息通信研究院 泰尔系统实验室**

**地址：北京市海淀区花园北路 52 号**

**邮编：100191**

**电话：010-58846069**

**传真：010-58846080**

**网址：[www.caict.ac.cn](http://www.caict.ac.cn)**