

ICS XX. XXX

CCS X XX

团体标准

T/DZJN xx—XXXX

既有数据中心基础设施节能改造技术标准

Technical standards for energy-saving renovation of
old data centers infrastructure

（征求意见稿）

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中国电子节能技术协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 基本规定 3

5 节能诊断及节能改造评判依据 4

 5.1 一般规定 4

 5.2 建筑与围护结构 4

 5.3 电气系统节能诊断 5

 5.4 电气系判定 6

 5.5 空调通风系统 6

 5.6 综合诊断及评判 8

6 技术改造路线 9

 6.1 建筑与围护结构 9

 6.2 结构 10

 6.3 电气系统 11

 6.4 空调通风系统 12

 6.5 空调系统智能控制 13

 6.6 可再生能源利用及余热利用 14

7 施工验收及改造后评估 15

 7.1 施工及竣工验收 15

 7.2 后评估策划 15

 7.3 节能改造效果检测 16

 7.4 节能改造效果评估 17

附 录 A （资料性）不同地区既有机房 PUE 限值 19

前 言

为实施国家节约能源和保护环境的战略，推进既有数据中心节能改造工作的深入开展，降低既有数据中心的能耗，编制组经广泛调查研究，认真总结数据中心实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本文件。

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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。

本文件由中国电子节能技术协会数据中心节能技术分会提出。

本文件由中国电子节能技术协会归口。

本文件起草单位：XX。

本文件主要起草人：XX。

既有数据中心基础设施节能改造技术标准

1 范围

本文件规定了既有数据中心基础设施节能改造的相关技术要求。

本文件适用于各类既有数据中心基础设施的节能改造，其内容包含建筑与围护结构、电气系统、空调通风系统的节能改造。目标是降低空调、配电方面的能耗，优化能源使用结构，提升能源利用率，因地制宜的选用合适的技术手段，实现可持续发展。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 3096 声环境质量标准
- GB/T 7106 建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法
- GB/T 7190.2 机械通风冷却塔
- GB/T 8175 设备及管道绝热设计导则
- GB/T 14549-1993 电能质量公用电网谐波
- GB/T 15543-2008 电能质量三相电压允许不平衡度
- GB 17625.1 电磁兼容限值谐波电流发射限值(设备每相输入电流≤16A)
- GB 17743 电气照明和类似设备的无线电骚扰特性的限值和测量方法
- GB 18613 电动机能效限定值及能效等级
- GB 19577 冷水机组能效限定值及能效等级
- GB 19761 通风机能效限定值及能效等级
- GB 19762 清水离心泵能效限定值及节能评价
- GB 20052-2024 电力变压器能效限定值及能效等级
- GB 21455 房间空气调节器能效限定值及能效等级
- GB/T 31342 公共机构能源审计技术导则
- GB/T 32910 数据中心资源利用（所有部分）
- GB 40879 数据中心能效限定值及能效等级
- GB/T 44989 绿色数据中心评价
- GB/T 50034-2024 建筑照明设计标准
- GB 50174 数据中心设计规范
- GB 50189 公共建筑节能设计标准
- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- GB 50411 建筑节能工程施工质量验收标准
- GB 50462 数据中心基础设施施工及验收标准
- GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范

GB/T 51366 建筑碳排放计算标准
GB 55015-2021 建筑节能与可再生能源利用通用规范
GB 55030 建筑与市政工程防水通用规范
GB 55036-2022 消防设施通用规范
GB 55037-2022 建筑防火通用规范
JGJ 176 公共建筑节能改造技术规范
JGJ/T 177 公共建筑节能检测标准
T/CECS 549 空调冷源系统能效检测标准
既有建筑改造防火技术标准（征求意见稿）
（建办科[2016]65号）公共建筑能源审计导则
北京市既有建筑改造工程消防设计指南（2023年版）
上海市既有建筑改造工程消防技术指南（2024年版）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 数据中心 data center

为集中放置的电子信息技术设备提供运行环境的建筑场所，可以是一栋或几栋建筑物，也可以是一栋建筑物的一部分，包括主机房、辅助区、支持区和行政管理区等。

3.2 数据中心基础设施 data center infrastructure

本文件中专指在数据中心内，为电子信息技术设备提供运行保障的设施。

3.3 可再生能源 renewable energy

一次能源的一类，在一定程度上，地球上此类能源可在自然过程中再生。

注：此类能源包括太阳能、水能、风能、生物质能、海洋能和地热能等。

3.4 主机房 computer room

主要用于数据处理设备安装和运行的建筑空间，包括服务器机房、网络机房、存储机房等功能区域。

3.5 辅助区 auxiliary area

用于电子信息技术设备和软件的安装、调试、维护、运行监控和管理的场所，包括进线间、测试机房、总控中心、消防和安防控制室、拆包区、备件库、打印室、维修室等区域。

3.6 支持区 support area

为主机房、辅助区提供动力支持和安全保障的区域，包括变配电室、柴油发电机房、电池室、空调机房、动力站房、不间断电源系统用房、消防设施用房等。

3.7 电能利用效率 power usage effectiveness (PUE)

表征数据中心电能利用效率的参数，其数值为数据中心内所有用电设备消耗的总电能与所有电子信息技术设备消耗的总电能之比。

3.8 水利用效率 water usage effectiveness (WUE)

表征数据中心水利用效率的参数,其数值为数据中心内所有用水设备消耗的总水量与所有电子信息设备消耗的总电能之比。

3.9 制冷负载系数 Cooling Load Factor (CLF)

数据中心中制冷设备耗电与IT设备耗电的比值。

3.10 供电负载系数 Power Load Factor (PLF)

数据中心中供配电系统耗电与IT设备耗电的比值。

3.11 其他负载系数 Other Load Factor (OLF)

供电的其他设备(如照明、安防、办公设备等)能耗占IT设备能耗的比例。

3.12 名义工况制冷性能系数 refrigerating coefficient of performance (COP)

在名义工况下,制冷机的制冷量与其净输入能量之比。

3.13 综合部分负荷性能系数 integrated part load value (IPLV)

IPLV基于机组部分负荷时的性能系数值,按机组在各种负荷条件下的累计负荷百分比进行加权计算获得的表示空气调节用冷水机组部分负荷效率的单一数值。

3.14 全年综合制冷性能系数 Annual Comprehensive Cooling Performance Coefficient (AACOP)

衡量制冷设备在全年运行过程中综合制冷能效的指标。

3.15 节能诊断 energy diagnosis

通过待改建数据中心现场调查、检测以及对能源消费账单和设备历史运行记录的统计分析,并结合数据中心节能设计、运维经验等数据,找到其能源浪费的环节,为节能改造提供依据的过程。

3.16 计算流体动力学 computational fluid dynamics (CFD)

通过计算机模拟求解流体力学方程,对流体流动与传热等物理现象进行分析,得到温度场、压力场、速度场等的计算方法。

3.17 数据中心基础设施管理系统 data center infrastructure management (DCIM)

数据中心基础设施管理系统通过持续收集数据中心的资产、资源信息,以及各种设备的运行状态,分析、整合和提炼有用数据,和帮助数据中心运行维护人员管理数据中心,并优化数据中心的性能。

4 基本规定

4.1 节能改造不应影响在网设备的安全运行。

4.2 应根据综合节能诊断的结果,从技术可靠性、可操作性和经济性等方面进行综合分析评估,选取合理可行的节能改造方案和技术措施。

4.3 改造方案的制定应关注建筑、设备、业务能力的差异性,有针对性的编制具体方案。

4.4 挖掘节能

设备更新时，应优先挖掘现有设备潜力，对于能效较低的设备，应选用绿色数据中心先进适用技术产品。

4.5 应充分考虑改造施工对未改造区域使用功能的影响。

4.6 改造期间应有保障用电、保障用水的技术措施。

5 节能诊断及节能改造评判依据

5.1 一般规定

5.1.1 既有数据中心节能改造前，应对建筑与围护结构、电气系统、空调通风系统进行节能诊断。

5.1.2 既有数据中心节能诊断应查阅下列资料：

- a) 工程竣工图和技术文件；
- b) 既有数据中心历次改造记录；
- c) 相关设备技术参数和投入运行以来的 PUE、WUE 与设备运行记录；
- d) 室内温、湿度设计、运行状况；
- e) 投入运行以来的 IT 电量、总电量、水、油、市政热水等能源消耗记录。

5.1.3 应通过对既有数据中心现有资料的查阅、现场节能问题查勘，分析既有数据中心节能存在的问题和关键因素，编制既有数据中心节能诊断报告。

5.1.4 既有数据中心进行节能改造前，应根据节能诊断结果及改造判定的规定，确定是否需要进行节能改造。

5.1.5 既有数据中心进行节能改造，应通过合理的设计与调整、系统的评估与分析，以提升系统的能效，降低无效损耗，实现机房节能低碳运行的目标。

5.1.6 应对既有数据中心中不同专业、类别或类型的检查，应选取相适应的方法，明确内容，制定合理改造的方案。

5.1.7 应对既有数据中心节能改造后的系统进行实际运行能耗监测，对比改造前的基准能耗数据，验证是否达到改造预期的节能目标。

5.1.8 既有数据中心节能改造设计、施工和验收必须严格遵守项目所在地现行有效的国家、行业和地方规范、标准及规程。

5.2 建筑与围护结构

5.2.1 查阅竣工图，了解建筑外围护结构的构造做法和材料，建筑遮阳设施的种类和规格，建筑室内通风状况以及设计变更等信息。

5.2.2 对外围护结构状况进行现场检查，调查了解外围护结构隔热保温系统的完好程度，实际施工做法与竣工图纸或修缮记录的一致性，遮阳设施的实际使用情况和完好程度。

5.2.3 对于建筑外围护结构热工性能，应根据外围护结构的类型对建筑进行节能诊断：

- a) 建筑外墙热工性能的诊断内容为传热系数；
- b) 建筑屋面热工性能的诊断内容为传热系数，透明屋面尚应包括透明部分的太阳得热系数；
- c) 建筑外窗热工性能的诊断内容包括：太阳得热系数、传热系数、可见光透射比、气密性和有效通风换气面积。

5.2.4 数据中心围护结构不满足 GB 50189、GB 55015 及当地标准的相关规定时，应进行围护结构方面的节能改造。

5.2.5 当机房区域设有外窗，外窗的气密性低于 GB/T 7106 规定的 8 级要求或采用双层固定式玻璃窗时，宜进行外窗的节能改造，如设置外部遮阳等措施。

5.2.6 不间断电源系统的电池室设有外窗时，应进行围护结构改造。

5.2.7 当机房外墙上存在各类孔洞时，应进行合理封堵，防止冷量的散失。

5.3 电气系统节能诊断

5.3.1 电气系统节能诊断应包括下列内容：

- a) 查阅项目竣工材料和机房历史运行数据，分析电能利用效率（PUE）中供电负载系数（PLF）构成情况；
- b) 电力系统容量及系统接线形式；
- c) 电力系统中变压器、柴油发电机、低压配电柜、电力仪表、母线及电缆、电动机等设备状况；
- d) 不间断电源系统中主机、蓄电池组的状况；
- e) 无功补偿、滤波装置的状况；
- f) 供配电电能质量；
- g) 照明系统功率密度、照度及控制方式。

5.3.2 对电力系统容量及系统接线形式进行节能诊断时，应核查现有的用电设备功率及配电电缆、断路器等参数。

5.3.3 对电力系统中变压器、柴油发电机、低压配电柜、电力仪表、母线及电缆、电动机等设备进行节能诊断时，应检查设备的运行能效、效率、噪音、振动、老化等情况；同时核查设备的能效等级及使用年限。

5.3.4 对不间断电源系统中主机、电池进行节能诊断时，应核查设备的运行效率、噪音、老化情况、能效等级及使用年限，其中电池组需进行充放电试验，核查电池内阻、容量、电压均衡性、端子及外观等衰减或老化情况。

5.3.5 对无功补偿、滤波装置进行节能诊断时，应核查设备的响应时间、功率因数调节能力、电压稳定能力、调节方式等情况，同时核查设备的衰减情况及使用年限。

5.3.6 供用电电能质量应采用电能质量检测仪在配电系统可能出现电能质量问题的部位进行测试。电能质量节能诊断宜包括下列内容：

- a) 三相电压不平衡度；
- b) 各次谐波电压和电流及谐波电压和电流总畸变率；
- c) 线路压降指标。

5.3.7 照明系统节能诊断宜包括下列内容：

- a) 应按 GB/T 50034 和 GB 55015 的规定对原回路容量、照明功率密度、照度、光源选型进行校核；
- b) 照明的控制方式及自然光的利用情况。

5.4 电气系统判定

5.4.1 电能利用效率（PUE）中供电负载系数（PLF）大于附录 A 限制，应对配电系统进行改造。

5.4.2 当供配电系统不能满足更换的用电设备功率、配电需求时，或主要电器设备、电缆、母线超过使用年限或运行异常、改造后不能满足需求时，应对供配电系统进行改造。

5.4.3 当变压器平均负载率长期低于 30%、不间断电源平均负载率长期低于 20%且今后不再增加用电负荷时，宜进行改造。

5.4.4 当无功补偿、谐波电流、电能质量不能满足要求时，宜进行改造。

- a) 10kV 侧功率因数低于 0.95；
- b) 总谐波电压畸变率大于 4%或总谐波电流畸变率大于 5%。

5.4.5 当照明功率密度值（LPD）、照度不满足 GB 50034 规定的限值及未合理设置分区、分组、自动控制、未合理利用自然光时，宜进行相应的改造。

5.4.6 当供配电系统未根据配电回路合理设置用电分项计量或分项计量电能回路用电量校核不合格时，应进行改造。

5.5 空调通风系统

5.5.1 查阅竣工图及其他基本信息，了解机柜规模，上架情况，空调系统形式、全年能耗情况等。

5.5.2 对数据中心空调系统进行全面现场勘察，记录系统设备状态、运行参数等现场信息。

- a) 用电量统计，包括机柜用电、空调用电、建筑用电；
- b) 用水量统计，包括加湿用水、冷却系统用水、冷冻系统用水、生活用水；
- c) 电表、水表安装计量位置；
- d) 空调系统制冷方式；
- e) 设备实际运行水温、压力、功率；
- f) 空调系统在不同负载率下的运行工况参数；
- g) 空调系统管道布局情况；
- h) 分类统计现场空调系统各设备的出厂时间和启用时间；
- i) 末端空调气流组织形式及送回风温度；
- j) 现场机柜盲板封堵情况；
- k) 温湿度监测点位数量；
- l) 管道保温性能；
- m) 设备变频情况；
- n) 设备运行风量。

5.5.3 根据系统设置情况，结合查勘结果，对下列内容进行节能诊断：

- a) 主冷源设备的实际性能系数；
- b) 气流组织优化潜力；
- c) 水系统水力失调度；

- d) 水泵效率;
 - e) 设备换热温差;
 - f) 冷却塔冷却能力、逼近度;
 - g) 设备漏风率;
 - h) 空调群控系统精度。
- 5.5.4 新风系统对空调系统的负荷影响单独进行诊断，并评估其节能潜力:
- a) 新风引入量与外部气候条件的匹配程度;
 - b) 新风处理系统的能效水平，包括新风机组的运行状态;
 - c) 新风系统在不同季节下的负荷调节效果及优化空间。
- 5.5.5 为降低实际运行 PUE，应重点查勘空调系统不同模式的运行时长占比。
- 5.5.6 根据节能诊断内容，与设计、选型进行对比，编制节能偏离表。
- 5.5.7 空调系统节能判定方法参照以下步骤进行:
- a) 判定依据:按照设备运行数据与设计规范的差异，依据 GB/T 31342、JGJ/T177、JGJ 176、T/CECS 549 等相关规定要求对系统能效进行评估;
 - b) 判定内容:根据运行效率、气流组织、送回风系统、硬件情况、水系统、配电系统、监测与控制系统等关键因素，判断系统是否存在节能潜力。
- 5.5.8 根据现场检查与设备数据采集，结合判定依据，分析能效偏差，制定优化方案。当既有数据中心空调系统运行效率满足以下判定原则时，宜进行节能改造或优化:
- a) 运行 10 年以上的房间空气调节器、多联式空调（热泵）机组的能效比（EER）低于现行标准规定的 2 级（3.20~3.40）能效限制；运行 10 年以上的单元式空气调节机、风管送风式和屋顶式空气调节机组 EER 低于表 1 的限值；
 - b) 采用电机驱动的蒸气压缩循环冷水（热泵）机组（2006 年之后投入运行）实际性能系数（COP）低于表 2 的限值；
 - c) 现有空调系统由于设计不合理、使用功能变化等原因，造成单台制冷机组长时间在低于 50%的负荷下运行；
 - d) 单台冷却塔的实际冷却能力低于 80%。

表 1 单元式空气调节机、风管送风式和屋顶式空气调节机组能效比 EER

| 类型 | | EER (W/W) |
|-----|------|-----------|
| 风冷式 | 不接风管 | 2.60 |
| | 接风管 | 2.30 |
| 水冷式 | 不接风管 | 3.00 |
| | 接风管 | 2.70 |

表 2 冷水（热泵）机组制冷的实际性能系数 COP

| 类型 | | 额定制冷量 (kW) | COP (W/W) |
|---------|---------|------------|-----------|
| 风冷或蒸发冷却 | 活塞式/涡旋式 | ≤50 | 2.4 |
| | | >50 | 2.6 |
| | 螺杆式 | ≤50 | 2.6 |
| | | >50 | 2.8 |

| | | | |
|----|---------|----------|-----|
| 水冷 | 活塞式/涡旋式 | <528 | 3.8 |
| | | 528~1163 | 4.0 |
| | | >1163 | 4.2 |
| | 螺杆式 | <528 | 4.1 |
| | | 528~1163 | 4.3 |
| | | >1163 | 4.6 |
| | 离心式 | <528 | 4.4 |
| | | 528~1163 | 4.7 |
| | | >1163 | 5.1 |

5.5.9 当既有数据中心空调系统气流组织满足以下判定原则时，宜进行节能改造或优化：

- a) 现有机架未按照冷热通道分离方式布置或冷热通道未采用封闭措施，存在冷热空气混合现象；
- b) 机架空 U 位未采用封闭措施，造成冷量外泄；
- c) 随着数据中心规模的扩大和设备的更新，原有的气流组织布局出现不适用情况。

5.5.10 当既有数据中心空调系统送回风系统满足以下判定原则时，宜进行节能改造或优化：

- a) 机房送回风温度差不在 8℃～15℃ 范围内；
- b) 机房回风温度低于 32℃。

5.5.11 当既有数据中心空调系统水系统满足以下判定原则时，宜进行节能改造或优化：

- a) 空调系统循环水泵的实际水量超过原设计值的 20%，或循环水泵的实际运行效率低于铭牌值的 80%；
- b) 空调系统冷冻水、冷却水系统的不平衡率 $\geq 15\%$ ；
- c) 空调冷水系统各主支管路回水温度最大差值大于 2℃；
- d) 空调水系统实际供回水温差小于设计值 40%的时间，超过总运行时间的 15%。

5.5.12 当既有数据中心空调配电系统满足以下判定原则时，宜进行节能改造或优化：

- a) 配电系统开关元器件、电缆不能保证系统运行安全；
- b) 空调用电计量装置未能按现行国家标准或地方标准设置。

5.5.13 当既有数据中心空调监测与控制系统满足以下判定原则时，宜进行节能改造或优化：

- a) 温湿度设定未在合理范围内，或不符合系统设计标准；
- b) 不具备智能监测功能，如环境温湿度、负荷变化等实时检测功能；
- c) 不具备实时故障报警功能，如在温湿度、压力或风量异常时，无法及时发出报警；
- d) 系统界面复杂，不便于操作人员查看和调整各项参数，且不支持远程监控和控制；
- e) 频繁出现重启或相应延迟现象；
- f) 未采用冗余机制，无法保证在故障情况下仍能正常控制系统；
- g) 监测数据不完整，标准不统一，或没有安全存储、传输和备份机制。

5.6 综合诊断及评判

5.6.1 既有数据中心应在建筑与围护结构节能诊断、电气系统节能诊断、空调通风系统节能诊断的分项诊断基础上进行综合诊断。

5.6.2 综合诊断后应编制诊断报告，该报告应包括既有数据中心基础设施存在的问题、节能潜力点以及能源利用等情况。

5.6.3 根据综合诊断报告判定既有数据中心基础设施是否需要节能改造。

- a) 通过改善建筑外围护结构的热工性能、提升空调系统效率、减少电气损耗，在保证满足室内环境的前提下，与未采取节能改造措施前相比，全年整楼电能利用效率降低 30%以上，且静态投资回收期小于等于 5 年时，应进行节能改造；
- b) 根据数据中心基础设施健康程度评价规范，基础设施健康度小于 65%为低等级，应及时更换部件或更新设施；
- c) 全年电能利用效率大于 1.5 的数据中心，应进行节能改造。

5.6.4 对于诊断过程中发现的超出国家标准或设计限制的设备或系统，明确标明超标值，并提出相应的改进措施，包括但不限于：

- a) 优化设备运行参数；
- b) 更新高效设备或替换过时部件。

6 技术改造路线

6.1 建筑与围护结构

6.1.1 既有数据中心节能改造建筑防火要求：应按改造后的火灾危险性、耐火等级、防火间距、防火分区、人员疏散、防火构造进行改造。

- a) 改造后建筑性质为厂房时，其火灾危险性应为丙类，耐火等级不应低于二级；
- b) 当建筑性质为民用建筑时，宜按照公共建筑消防要求改造；
- c) 建筑的孔洞应采用防火封堵密闭改造措施。

6.1.2 既有数据中心节能改造建筑平面和空间布局要求：应具有灵活性，并应满足数据中心的工艺要求。

- a) 符合数据主机房区、配电及电池区、制冷设备区及辅助功能区的节能要求；
- b) 数据主机房区应集中布局，机房管道路由方向宜一致；
- c) 主机房净高应考虑楼层加固、机柜高度、管线安装及通风要求等因素，且不宜小于 3m；
- d) 主机房和辅助区不应布置在用水区域的直接下方，不应紧邻振动和电磁干扰源；
- e) 建筑改造净尺寸应综合计算保温材料厚度、保护层及面层厚度尺寸要求。

6.1.3 既有数据中心节能改造外墙要求：改造前应根据所在建筑气候分区进行围护结构节能计算，应符合外墙热工设计要求。

- a) 数据主机房及配电区域外墙不宜开窗，既有窗户改造应采取防水材料进行封窗；
- b) 外墙应选择保温、隔热材料改造，防火性能应不低于 B1 级；
- c) 外墙节能改造应满足 GB 55030 相关要求；
- d) 应针对墙体热桥部位（如窗过梁、圈梁等）进行保温处理，降低围护结构的传热损失；
- e) 太阳能充沛地区外墙宜综合考虑太阳能与建筑一体化改造，综合采用太阳能幕墙、百叶节能技术。

6.1.4 既有数据中心节能改造室内装修要求：室内改造设计应考虑防火、防尘、防潮、环保。

- a) 地面材料应平整、防尘、防潮涂料以及防静电；活动地板高度应满足设备管线高度要求。地面材料应按照主机房区、配电房区、制冷设备区、设备搬运区、人员活动区针对性选择地面材料；
- b) 有水房间应至少设置一道防水材料；
- c) 墙面和顶棚材料应选择不易积尘、不易吸附灰尘的材料；
- d) 门应符合防火、气密性要求，且尺寸满足设备搬运要求。

6.1.5 既有数据中心节能改造屋面层要求：

- a) 屋顶防水应 I 级，防水材料不应少于 3 道；
- b) 屋面改造设备基础、通风管井应符合荷载要求、防水构造要求；
- c) 屋面保温材料应具有良好的保温性能，柔软、耐弯曲、耐寒性、耐高温、阻燃、防水、低导热性等性能；
- d) 屋面改造应充分利用太阳能，宜进行机电与建筑绿色能源一体化利用改造。

6.1.6 既有数据中心节能改造新增设备、构筑物要求：

- a) 新增蓄冷罐、冷源设备应设置稳固基础；
- b) 新增埋地油罐与建筑、道路的距离应符合防火要求，并应具有独立的维护区域。

6.2 结构

6.2.1 既有数据中心节能改造，应按改造后的使用功能、安全等级和后续使用年限进行改造设计，改造设计需确保结构安全。

6.2.2 既有数据中心在下列情况下应进行鉴定：

- a) 改建、扩建以及建筑用途或使用环境改变前；
- b) 原设计未考虑抗震设防或抗震设防要求提高；
- c) 有要求需进行质量评价时。

6.2.3 既有数据中心应以满足建筑物节能改造的安全使用功能、延长其工作年限为目标，在下列情况下应进行加固：

- a) 经安全性鉴定确认需要提高结构构件的安全性；
- b) 经抗震鉴定确认需要加强整体性、改善构件的受力状况、提高综合抗震能力。
- c) 平面荷载经评估不满足改造后工艺要求。

6.2.4 既有数据中心的抗震鉴定，根据后续工作年限应分为三类：

- a) 后续工作年限为 30 年以内(含 30 年)的建筑，简称 A 类建筑；
- b) 后续工作年限为 30 年以上 40 年以内(含 40 年)的建筑，简称 B 类建筑；
- c) 后续工作年限为 40 年以上 50 年以内(含 50 年)的建筑，简称 C 类建筑。

6.2.5 采用现行规范规定的方法进行抗震承载力验算时：

- a) A 类建筑(后续工作年限为 30 年以内)的水平地震影响系数最大值应不低于现行标准相应值的 0.80 倍，或承载力抗震调整系数不低于现行标准相应值的 0.85 倍；
- b) B 类建筑(后续工作年限为 30 年以上 40 年以内)的水平地震影响系数最大值应不低于现行标

准相应值的 0.90 倍。同时，上述参数不应低于原建造时抗震设计要求的相应值；

c) C 类建筑（后续工作年限为 40 年以上 50 年以内），应按现行标准的要求进行抗震承载力验算。

6.2.6 加固设计应匹配将来规划用途，明确结构加固后的用途、使用环境和加固设计工作年限。在加固设计工作年限内，未经技术鉴定或设计许可，不得改变加固后结构的用途和使用环境。

6.2.7 加固设计时，应考虑机房在线运营的影响、实际条件和使用要求，选择适宜的加固方法。

- a) 在楼面板下新加梁，新加梁可采用混凝土梁或钢梁，应具有足够的承载力和刚度、能够与既有梁板结构协同工作；
- b) 当楼下不具备施工作业面时，可在楼面上新增钢梁作为转换梁，以下层的梁墙柱为支座，将荷载传递至下层的梁墙柱；
- c) 在既有结构屋面新增设备平台时可采用钢结构加层或混凝土结构加层，钢柱底端宜支承于既有墙柱上端；新加混凝土墙柱的纵筋应通过植筋、焊接等方式可靠地与既有墙柱连接锚固；
- d) 当屋面新增设备平台的支座与下层竖向承重构件难以对齐时，可采用转换梁将设备平台的荷载传递至下层既有墙柱；
- e) 当楼层荷载大幅增加或刚度变化很大、严重影响既有结构在地震作用下的安全性时宜采用增设抗震支撑、增设抗震墙、安装隔震减震装置等方法提高结构的整体抗震性能。

6.2.8 加固前应按设计的规定卸除或部分卸除作用在结构上的荷载。

6.2.9 园区新增设备如蓄冷罐、埋地油罐时，应先进行岩土工程勘察；埋地油罐应进行抗浮验算和基坑支护设计。

6.3 电气系统

6.3.1 应通过优化供配电系统布局，降低供电系统线路损耗。

6.3.2 应选用高效节能设备，并结合新技术、智能控制系统等，降低电气设备中的损耗。

- a) 宜采用模块化 UPS 或高压直流（HVDC）；不间断电源可采用节能运行模式和智能管理模式。
- b) 变压器选型与应用应遵循 GB 20052-2024 的表 1 中定义的 2 级或更高等级要求，宜选用高能效等级变压器，如非晶合金铁芯变压器及高效变频器等。宜采用一体化供电的技术（巴拿马电源等）。
- c) 宜采用智能母线替代传统的精密列头柜。

6.3.3 当电气系统改造需要增减用电负荷时，应重新对配电容量、敷设电缆、配电线路保护和保护电器的选择性配合等参数进行核算，当不满足要求时，应进行改造。

6.3.4 电气系统改造的线路宜利用原有路由进行敷设。当现场条件不允许或原有路由不合理时，应按照系统合理、方便施工的原则重新敷设。

6.3.5 对变压器、不间断电源、柴油发电机组等的改造应根据用电设备实际运行工况，动力设备反向校核系数等重新计算容量，使供配电系统容量配置既避免过度冗余造成资源浪费，又不会因容量不足影响数据中心正常运行与业务拓展。

6.3.6 未设置用电分项计量的系统应根据变压器、配电回路原设置情况，合理设置分项计量监测系统。宜在高压柜、低压柜、列头柜等处均设置计量，分项计量电度表宜具有远传功能。

6.3.7 宜利用现有无功补偿设备，并采用自动补偿的方式运行，补偿后仍无法满足要求时，宜更换补偿设备。

6.3.8 供用电电能质量改造应根据测试结果确定需进行改造的位置和方法。电能质量的节能绿色化改造宜采用下列技术措施：

- a) 改造前宜分析谐波源，根据谐波源合理制定方案。供配电系统中的谐波电压和在公共连接点注入的谐波电流允许限值，宜符合 GB/T 14549-1993 中第 4 章、第 5 章的规定；
- b) 三相负载不平衡的回路宜采用重新分配回路上用电设备的方法。供配电系统中在公共连接点的三相电压不平衡度允许限值，宜符合 GB/T 15543-2008 中第 4 章的规定；
- c) 电压偏差高于标准值时宜采用合理方法降低电压。电压偏差允许值应根据用电设备的要求确定。

6.3.9 照明配电系统改造设计时各回路容量应按 GB/T 50034-2024 第 7 章中的有关规定对原回路容量进行校核，结合 GB 55015-2021 的有关规定，选择节能型高效光源，回路设计应充分考虑利用自然光，减少照明负荷。

6.3.10 当公共区域照明采用就地控制方式时，应设置声控、延时、红外等之一或其组合功能的控制方式；当公共区照明采用集中监控系统时宜根据照度自动控制照明。

6.3.11 涉及到业务切割时，基于业务分析，应编制合理业务切割方案。制定业务切割方案时，应遵循以下原则：

- a) 安全性原则；
- b) 稳定性原则；
- c) 资源优化原则。

6.4 空调通风系统

6.4.1 空调系统节能改造时，改造方案应按下列原则制定：

- a) 应优先发掘设备的节能潜力，当现有设备不能满足需求时，方可更换；
- b) 应根据现有冷源设备运行数据，进行全年 PUE、WUE 分析；
- c) 若在原有空调系统的基础上进行改造无法满足节能要求，应采用新技术、新方法，根据现场条件、气候特征、改造难度、经济性、可实施性综合确定空调方案，并应优先考虑利用自然冷源；
- d) 根据工艺规划，重新核算建筑冷负荷，并根据供回水温度、流量核算系统末端设备的供冷量。

6.4.2 对数据中心的冷源系统、输配系统、空调末端系统进行改造时，各系统的配置应相互匹配。

6.4.3 冷通道或机柜进风区域的温度以及送回风温差应满足 GB 50174 的相关规定，并宜取上限。

6.4.4 空调冷水供水温度应根据系统负荷特性及电子信息设备进风温度确定，且不宜小于 12℃，当满足设备散热要求时，应提高数据中心供水温度，供回水温差不应小于 6℃，当技术经济合理时，宜加大供回水温差。

6.4.5 在确定空调改造方案时，应充分考虑改造施工过程中对未改造区域使用功能的影响；改造期间必须配备临时制冷系统（如移动式空调、集装箱式冷源），确保机房温度不超过 GB 50174 规定的上限，且临时系统的能效不宜低于二级。针对一些高要求场所，要求制定温湿度波动应急预案。

- 6.4.6 公共建筑的冷热源、输配系统、末端系统节能改造后的性能不应低于 GB 55015-2021 的相关规定。
- 6.4.7 空调管道保温结构出现明显破损，防潮层、保护层破损，保温效果明显下降，或出现滴水现象时，应对保温结构或管道进行更换，室外管道应设置保护层。
- 6.4.8 改造后的空调系统，应采用变频、磁悬浮等技术，以匹配不同负载率下，系统均能保持高效运行，其中变频器控制方式包括速度控制、转距控制、PID 控制等，应根据具体的控制精度要求选择合适的控制方式。
- 6.4.9 当对空调系统的风机或水泵进行更新时，更换后的风机不应低于 GB 19761 中的一级能效。更换后的水泵不应低于 GB 19762 中的一级能效。更换后的冷却塔不应低于 GB/T 7190.2 的一级能效（冷却能力： $\geq 98.0\%$ ；风机耗电比： $\leq 0.032\text{kW}/(\text{m}^3/\text{h})$ ；飘水率： $\leq 0.0040\%$ ）。改造后其内电机的效率不应低于 GB 18613 中的一级能效。
- 6.4.10 主机房宜采用湿膜加湿。
- 6.4.11 超过使用年限且制冷量显著衰减的空调末端机组应及时进行更新。
- 6.4.12 对主机房气流组织进行改造时，应以满足设备散热、提高冷量利用率为目的。
- 6.4.13 主机房内线缆的布放等不应影响送、回风通道的通畅，当不满足时，应对其进行改造。
- 6.4.14 主机房机柜的布置均应采用封闭冷/热通道的形式，杜绝冷热气流混合的情况，
- 6.4.15 当机柜内未装满设备时，未安装设备的位置应安装挡风盲板，需要前后穿线的空位应安装毛刷挡风盲板。
- 6.4.16 在冷热通道内应设置温度和湿度监控系统，实时监测通道内的环境状况，以便及时调整制冷量和通风量。
- 6.4.17 传统的数据中心可通过将机房专用空调替换为行间空调，提高机房的制冷效率，降低能耗。
- 6.4.18 行间空调应采用具有高效压缩机、电子膨胀阀等，能效比（EER）不应低于 3.0；压缩机的出风温度的控制精度应在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 范围内，湿度在 $\pm 3\%\text{RH}$ 范围内。
- 6.4.19 宜采用计算流体动力学(CFD)对主机房改造前、后的气流组织进行模拟和验证。
- 6.4.20 单相冷板液冷系统的供液温度宜为 $30^\circ\text{C}\sim 50^\circ\text{C}$ ，回液温度宜为 $40^\circ\text{C}\sim 65^\circ\text{C}$ ，供回液温差不宜超过 $10^\circ\text{C}\sim 15^\circ\text{C}$ 。
- 6.4.21 液冷系统用 CDU 内换热器的对数换热温差宜根据技术经济分析选定在 $2\sim 8^\circ\text{C}$ 范围内，设计冷量应考虑生命周期换热衰减配置为计算值的 1.05~1.1 倍。

6.5 空调系统智能控制

数据中心应对通风空调系统采用智能控制技术，实时监测设备运行状态。数据中心可采用智能寻优控制策略，通过 AI 算法和大数据分析技术，预测能耗趋势，寻找整个空调系统的最佳效率点，并自动调整制冷系统参数，实现最优节能运行。

6.5.1 冷冻水冷源系统智能寻优控制宜包含以下内容：

- a) 系统应全面采集、分析系统运行数据,包括不限于制冷主机、冷却水泵及冷冻水泵的运行参数,空调系统冷/热量的产出(或消耗),各设备耗电量等参数。建立冷机模型、冷冻泵模型、冷却泵模型、冷却塔模型、流量分配模型。通过搭建模型,在满足约束的情况下,去寻找空调系统的最佳能效平衡点,降低系统损耗。
- b) 系统应根据测得的实时数据对模型进行持续优化,对多种运行策略进行仿真、对比,并择优推荐,与BA互动,利用寻优结果指导运行决策实现最优策略推荐及实时AI调优最优控制。
- c) 系统应计算得到关键参数的最佳控制策略,主要包括:
 - 1) 控制冷水机组的开机组合,使每台机组运行在高效点;
 - 2) 调节水泵运行频率,以降低管路压损,降低水泵能耗;
 - 3) 调节冷冻水供水温度,寻找冷机、水泵能耗、末端冷量需求的最佳平衡;
 - 4) 制冷模式,混合制冷模式和自然冷却模式切换最佳时间点;
 - 5) 冷却塔和冷却泵的最佳匹配控制参数等;
 - 6) 末端精密空调的开机组合;
 - 7) 末端精密空调的出风温度设定值,回风温度设定值。
- d) 运行过程中系统应允许用户可根据情况设定每个参数的优化范围,保证系统运行的稳定性。
- e) 系统应能预测出优化后的COP, CLF, PUE指标,总功率。
- f) 系统应具备人工和智能控制两种方式:
 - 1) 人工控制:可以以弹窗形式实时推荐并提示最优参数,人工判断点击执行后有一键下发的功能;
 - 2) 智能自控:优化参数生成后可以直接下发给控制系统形成AI的智能优化控制。

6.5.2 末端精密空调智能寻优控制宜包含以下内容:

- a) 系统应能按照冷通道设定值SLA(服务等级协议)功能,允许用户根据实际需求灵活设置多项关键参数;
- b) 系统应能设置紧急温度告警值、高温告警温度值、低温告警温度值、期望温度值,最高湿度值和最低湿度值;
- c) 系统应能按照回风控制和送风控制调整空调的运行状态;
- d) 系统应具有“AI自动控制”和“传统控制”两种控制模式,且具备人工一键切换功能。;
- e) 当系统故障时,系统应自动将空调调控策略切换回默认策略,以此确保运维安全;
- f) AI算法应寻找空调最佳能效的运行工况。根据机房温湿度反馈,AI模块实时控制精密空调冷量输出;控制模型自动学习负载等关键参数变化,动态寻找效率最优区间。并且AI模块实时感知热负荷变化,合理控制冷量供给。冷量需求/供给的动态平衡控制,避免过量冷量冗余供应;
- g) 智能控制系统部署应不需要对原有动环进行任何改动,且不会影响原动环已有的监控内容;
- h) 智能控制系统不应対原有空调、控制器、气流组织、建筑结构等做任何破坏性改造,实施改造过程中不应対原机房设备、系统做任何断电、重启操作。

6.6 可再生能源利用及余热利用

6.6.1 在保证既有数据中心安全、可靠的前提下,可通过部署可再生能源、储能,利用机房余热回收等实现既有数据中心能效升级。

6.6.2 采用太阳能光伏发电系统应根据当地的太阳辐照参数和既有数据中心物理条件,确定太阳能光伏系统的总功率,依据所设计系统的电压电流要求,确定太阳能光伏发电系统形式和光伏板的数量。

6.6.3 既有数据中心节能改造可通过设置蓄冷系统、储能系统等方式提高机房（数据中心）运行能效或降低运行费用。

7 施工验收及改造后评估

7.1 施工及竣工验收

7.1.1 既有数据中心基础设施改造施工验收应符合 GB 50462 的要求。

7.1.2 既有建筑的水、电、暖等建筑管线和设备改造或更新等专项改造，不应影响建筑灭火系统、防烟与排烟系统和火灾自动报警系统、应急照明和灯光疏散指示系统等消防设施，以及消防供配电系统的正常使用，其他防火技术要求应符合国家现行有关标准及当地既有建筑改造规范要求。

7.1.3 既有数据中心改造中新增的消防系统应符合国家现行有关标准及当地既有建筑改造规范要求，（规范不限于 GB 55037-2022），（GB 55036-2022），住建部《既有建筑改造防火技术标准（征求意见稿）》、《北京市既有建筑改造工程消防设计指南（2023 年版）》，《上海市既有建筑改造工程消防技术指南（2024 年版）》等），并应具有与建筑内保留使用的消防系统协同工作的功能和性能；保留使用的原有消防系统，其功能和性能宜满足现行标准，不应低于原建造时的标准。

7.1.4 数据中心基础设施工程完工后，建设单位应及时组织办理工程项目的竣工验收。

7.1.5 数据中心基础设施工程的竣工验收，应符合 GB 50300 的有关规定，其中各分项工程的质量验收均应合格，质量控制资料、有关安全和功能的检测资料应完整。

7.2 后评估策划

7.2.1 节能改造检测应以设备和系统的能效指标为重点，节能改造评估应以节能成效为中心，确定评估目标、评估方法、评价指标、检测指标、检测方法、技术方案、数据采集期和实施计划。

7.2.2 评估目标应基于能耗基线、目标基线改造前的能效水平和或针对项目任务目标进行，评估改造后的节能效果和投资回报情况。

7.2.3 节能改造效果检测和后评估应在节能改造工程验收合格，系统稳定运行一个基本运行周期（建议制冷空调相关系统应连续运行 12 个月）后进行。

7.2.4 对于延续时间长，内容复杂的节能改造项目，可对各子项目分别开展后评估后，再整体后评估。

7.2.5 后评估策划宜早期介入，与项目的策划和实施同步开展。

7.2.6 改造方案必须包含全生命周期成本分析，而非仅考虑初期投资，涵盖设备购置、安装、运行能耗、维护、更换等费用，参考设备平均寿命，计算周期不少于 15 年。

7.2.7 改造后需长效管理，避免“改造完成即结束”的情况出现：

- a) 改造后宜在 3 个月内建立系统能耗基准（如单位冷量能耗、PUE 基准值），通过智能控制系统实时对比实际能耗与基准，偏差超过 5% 时自动预警并分析原因；
- b) 每年至少进行 1 次空调系统节能审计，重点检查设备能效衰减（如主机 COP 下降幅度）、管道漏风/漏水率、控制策略适配性等，形成优化报告；
- c) 对运维人员进行专项培训（如变频系统调试、AI 控制逻辑操作），确保改造后的技术手段能有效落地。

7.2.8 结合“双碳”目标，可增加碳减排相关条款：

- a) 改造方案中可计算预期碳减排量（单位：tCO₂/年），并明确计算方法（如基于 GB/T 51366）；
- b) 对于大型公共建筑或数据中心，鼓励采用“碳足迹标签”管理，公开改造前后的碳排放数据，推动低碳转型。

7.3 节能改造效果检测

7.3.1 节能检测指标

按照是否达到节能改造目标的评估要求，对单项技改项目、多项技改项目、整体改造项目可分别选取不同类型的检测指标，但都需检测综合检测指标。

根据节能改造项目的性质和范围，可合理选取设备级节能指标或系统级指标（1-2 个）、综合节能指标（1-2 个）进行检测、计算、分析和评估，节能检测指标应符合表 3 的规定：

- a) 设备级节能指标：用于较单一的专项设备改造项目，必选指标。
- b) 系统级节能指标：用于技术较复杂、涉及多个设备的设备系统改造项目，必选指标。
- c) 综合节能指标：用于各类项目，必选指标。
- d) 辅助性能指标：可选性指标。检测系统关键状态和运转性能，用于判断设备和系统是否工作在正常状态，便于深入分析节能。较为复杂的设备系统节能改造项目宜先检测辅助性能指标。

上述节能指标的测量，需依据相关标准规定的检测方法，采用安装位置符合技术规范要求的测量仪表，且测量仪器须经有效校准，基于实际检验、测量的原始数据测量或计算获得。

表 3 节能检测指标

| 技术改造内容 | 辅助性能指标 | 设备级节能指标 | 系统级节能指标 | 综合节能指标 |
|-------------------------------------|---|---|---|---|
| 建筑与装修 | 机房正压 | | 1. 外维护结构传热系数 2. 外窗密闭性 | 全年节电量 /全年节电率 |
| 电气系统 | 1. 三项不平衡检测 2. 谐波电压及谐波电流检测 3. 功率因数检测 4. 电压偏差检测 5. 分项计量用电回路用电量校核检测 | 1. 专项检测： 变压器：空载损耗、负载损耗、供电损耗 | 1. 综合： （1）电能使用效率 PUE （2）局部电能使用效率 （3）供电负载因子 | 全年节电量 |
| 照明系统 | 照度 | | 照明功率密度 | 全年节电量 /全年节电率 |
| 空调系统 （多方案比选，节能率，室外机设备安装空间，管井空间，） | 1. 水系统性能检测 （1）回水温度一致性检测 （2）供回水温差检测 （3）水泵效率检测 2. 风系统性能检测 （1）风机单位风量耗功率检测 | 1. 单个设备的能效值 2. 面向机组系统的检测 3. 电驱动蒸汽压缩循环冷水机组：名义工况制冷性能系数 COP、制冷综合部分 | 1. 水资源使用效率 2. 制冷负载因子 CLF 3. 年冷源系统综合能效系数 | 1. 全年节电量 /全年节电率 2. 电能使用效率 PUE 3. 水资源利用效率 WUE |

| | | | | |
|-------------------|----------------------------|---|--|---------------------------------------|
| | (2) 新风量检测 (3) 风量系统平衡度检测 | 负荷性能系数 IPLV。 4. 电机驱动压缩机空气调节机(单元式、风管送风式\屋顶式)：名义工况制冷性能系数 COP 5. 分散制冷或多联空调： 6. 制冷季节能源消耗率 SEER，热泵型空调的全年能源消耗率 APF 7. 水冷式制冷系统：冷源系统综合性能系数 SCOP 8. 风系统：单位风量耗功率 | | |
| 节能监控与计量系统 | | | 峰值负荷调节范围 | 全年节电量 / 全年节电率 |
| 可再生能源利用及余热利用（热回收） | 余热回收制热性能系数 COP | 1. 太阳能保证率 2. 太阳能制冷性能系数 3. 光伏系统光电转换效率 | 1. 常规能源替代量 2. 二氧化碳减排量 3. 年发电量 4. 系统费效比 5. 静态投资回收期 6. 可再生能源利用率 7. 能源再利用效率 | 1. 全年节电量 2. 常规能源替代量 3. 可再生能源利用率 |

7.3.2 能效基线

- 为准确反映改造项目的节能成果，需对照节能检测要求，建立能效基线；
- 能效基线数据应充分反应节能改造系统改造前的能效和能耗情况，具有合理时间区间（制冷空调类设备应满足连续 12 个月）；
- 基线数据涉及检测点仪表应按照相关技术规范要求合理设置和校验；
- 基线数据应针对改造项目特点指标选取，保证真实可靠。

7.3.3 能效目标基线

- 为准确反映节能改造目标的实际完成程度，应设立能效目标基线；
- 系统能效目标基线应根据项目建设目标确定；
- 能效目标指标应采用系统节能指标或综合节能指标。

7.4 节能改造效果评估

7.4.1 可以根据需要从被改造设备/系统或者数据中心整体两个层次进行评估。

7.4.2 节能效果评估

- a) 评估应基于实际检测结果、实际运行结果数据，对比基线数据分析后给出结论；
- b) 应根据改造后关键能效指标/能效目标达成程度给出改造成果合格/不合格的结论，达到目标基线 80%以上为合格，达到目标基线 70%以上为基本合格，达到目标基线 70%以上为基本合格。

7.4.3 投资成本分析评估

- a) 应评估项目投资情况，根据项目投资和改造后关键设备/系统使用寿命，计算项目静态投资回收期；
- b) 应比较项目静态投资回收期和改造后关键设备/系统使用寿命，并分别给出投资“能正常收回/不能正常收回”意见。

7.4.4 评估报告

- a) 对设备类改造，评估报告宜明确说明改造后设备的能效测量指标，能效系数及提升、能效级别及提升、预期目标达到情况；
- b) 对系统性、整体性改造明确说明改造后数据中心级关键能效系数、能效等级、年能源节约量/替代量、静态投资回收期、预期目标达到情况。

附 录 A

(资料性)

不同地区既有机房PUE限值

表 A.1 不同地区既有机房 PUE 限值

| 气候分区 | PUE 限值 | CLF 限值 | PLF 限值 | OLF 限值 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 严寒地区 | 1.4 | 0.225 | 0.15 | 0.025 |
| 寒冷地区 | 1.4 | 0.225 | 0.15 | 0.025 |
| 夏热冬冷地区 | 1.45 | 0.275 | 0.15 | 0.025 |
| 温和地区 | 1.45 | 0.275 | 0.15 | 0.025 |
| 夏热冬暖地区 | 1.5 | 0.325 | 0.15 | 0.025 |