

数据中心节能设计规范

Technical specification of energy saving design for data centers

2020 - 09 - 01 发布

2020 - 11 - 01 实施

上海市市场监督管理局 发 布

前 言

本标准按照GB/T1.1-2009给出的规则起草。

本标准由上海市经济和信息化委员会、上海市发展和改革委员会共同提出，由上海市经济和信息化委员会组织实施。

本标准由上海市能源标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：上海市能效中心、上海邮电设计咨询研究院有限公司、同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司、上海建筑设计研究院有限公司、上海建科建筑节能技术股份有限公司、中国信息通信研究院、上海市节能中心、上海市信息投资股份有限公司、上海节能技术服务有限公司、上海电信工程有限公司、上海市建筑科学研究院有限公司。

本标准主要起草人：石磊、秦宏波、邵华夏、朱文、李宏妹、郑竺凌、李艳凯、谢静、汤思恩、薛恒荣、陈水顺、姚志强、王悦、李峰、叶海东、陈众励、刘毅、王文明、汤可悦、张蕾、侯震寰、冯立京、程应冠、郭亮、何晓燕、任庚坡、应浩、陈恒。

数据中心节能设计规范

1 范围

本标准规定了数据中心节能设计相关的基本规定、选址与总平面布局、建筑与建筑热工、信息系统节能、通风与空气调节、电气系统、给水与排水以及自动控制系统与能耗监测系统等内容。

本标准适用于主机房面积大于200m²新建、扩建和改建的数据中心的节能设计,也适用于数据中心的节能改造设计。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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、抗风压性能分级及检测方法
 GB/T 8175 设备及管道绝热设计导则
 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 19762 清水离心泵能效限定值及节能评价
 GB 20052 三相配电变压器能效限定值及能效等级
 GB 50034 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 50336 建筑中水设计标准
 GB 50400 建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范
 DGJ08-107 公共建筑节能设计标准
 DB31/414 冷却塔能效限定值、能源效率等级及节能评价
 DB31/652 数据中心能源消耗限额

3 术语和定义

GB50174-2017界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电能利用效率 PUE_{EE} power usage effectiveness

统计期内数据中心全年能源消耗量(按等效电计算)与实测 IT 设备全年耗电量的比值。

3.2

综合电能利用效率 CPUE comprehensive power usage effectiveness

统计期内在 PUE_{EE}基础上,综合考虑数据中心重要性、技术创新与应用、对外供能、利用工业废弃能源因素,对数据中心电能利用效率进行调整后的值。

3.3

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

在名义工况下, 制冷机的制冷量与其净输入能量之比。

3.4

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

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。

3.5

能耗监测系统 monitoring systems for energy consumption

通过安装分类和分项能耗计量装置, 采用远程传输等手段实时采集能耗数据, 具有能耗在线监测与动态分析功能的软件和硬件系统的统称。

4 基本规定

4.1 数据中心 CPUE 应满足 DB 31/652 准入值的规定。

4.2 大型数据中心基地建设, 可一次规划, 分期建设。应对数据中心近、中、远期的 PUE_{EE} 值进行测算, CPUE 均应符合 DB31/652 准入值的规定。

4.3 应选用绿色数据中心先进适用技术产品。

5 选址与总平面布局

5.1 选址

5.1.1 选址应符合 GB50174 的相关规定, 并优先结合产业升级、工业转型规划, 宜充分利用电厂余热资源和工业废弃能源, 合理选址建设。

5.1.2 备份数据中心在满足安全、使用的前提下, 宜优先选择异省市备份。

5.1.3 环境噪声应符合现行国家标准 GB3096 的规定。

5.2 总平面布局

5.2.1 应结合上海地区的气候条件, 综合考虑数据中心建筑的规划、单体设计中各专业的功能需求及节能措施, 合理确定建筑布局, 建筑形状宜方整。

5.2.2 建筑布局应形成场地内良好的风环境, 宜合理运用常年主导风向, 降低室外散热设备的局部热岛强度, 其下风口位置不应影响场地外相邻民用建筑及人行区的风环境、且不宜影响场地内相邻民用建筑及人行区的风环境。

5.2.3 能源设备用房宜靠近用能负荷中心, 缩短能源供应输送距离。

6 建筑与建筑热工

6.1 建筑

6.1.1 当数据中心仅为一栋建筑物的一部分时, 此数据中心应达到节能设计的合理规模。

6.1.2 主机房、辅助区、支持区中, 无人值守区域且常年制冷的房间, 与外围护结构相邻时, 宜不设外窗; 辅助区、支持区中少人值守区域, 与外围护结构相邻时, 宜设通风窗。

6.1.3 当数据中心主机房相邻房间的使用功能或使用时间与主机房不同时，应按防结露要求采取必要的保温措施。

6.1.4 当层高过高时，在满足消防要求的条件下，宜增设满足运行维护空间需求的吊顶，以减少空调空间。

6.1.5 电梯应具备节能运行功能。两台及以上电梯集中排列时，应设置群控措施。电梯应具备无外部召唤且轿厢内一段时间无预置指令时，自动转为节能运行模式的功能。

6.2 建筑热工

6.2.1 辅助区、支持区和行政管理区中，10人以上人员长期工作的区域，宜邻外墙布局，其外窗和对应部分围护结构的热工性能指标按上海市 DGJ08-107 要求执行。

6.2.2 数据中心围护结构的材料选型应满足保温、隔热、防火、防潮、少产生等要求。

6.2.3 当主机房与外围护结构相邻时，外围护结构（密度 $\geq 500 \text{ kg/m}^3$ ）传热系数宜为 $0.70\text{--}1.79[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ 。

6.2.4 当数据中心内部布局为邻外墙布置走道时，其对应部分外围护结构的传热系数宜为 $0.70\text{--}1.1\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

6.2.5 当机房设有外窗时，外窗的气密性不应低于 GB/T 7106 规定的 8 级要求或采用双层固定式玻璃窗，外窗应设置外部遮阳，遮阳系数按 GB 50189 确定。不间断电源系统的电池室设有外窗时，应避免阳光直射。

6.2.6 数据中心屋面传热系数按 DGJ08-107 执行。

6.2.7 建筑物屋面、外墙的外表面宜采用对太阳辐射热吸收率较低的浅色材料。

7 信息系统节能

7.1 数据中心信息系统应基于服务器、存储、网络等虚拟化技术构建，提升系统整体资源利用率。

7.2 数据中心宜为软件定义数据中心，实现数据中心的动态自动化和集成，具备更高的管理灵活性。

7.3 信息系统的建设，应根据系统性能、系统安全等业务需求选择冗余方式。

7.4 宜选用节能软件等手段对业务负载进行优化调度，提高在线设备利用率。

7.5 宜采用高密度、高能效比、耐高温、耐腐蚀、空气洁净度要求低的电子信息设备。

8 通风与空气调节

8.1 一般规定

8.1.1 数据中心需要排热的房间，宜采用通风系统消除室内余热。当采用通风达不到室内设备温度、湿度、洁净度要求或条件不允许、不经济时，应设置空调系统。

8.1.2 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°C ，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°C ，当技术、经济合理时，宜加大供、回水温差。

8.1.3 冷通道或机柜进风区域的温度应满足 GB 50174 的相关规定，并宜取上限；当采用耐高温型电子信息设备时，冷通道或机柜进风区域的温度可高于 27°C 。

8.1.4 数据中心布置在室外的风冷冷水机组、冷凝器、冷却塔、干冷器、风侧自然冷却设备等，应布置在通风条件良好的场所，且应有措施避免进、排风气流短路和热岛效应。

8.1.5 在满足功能布局的前提下，空调房间宜集中布置，功能、温湿度参数、使用要求相近的空调房间，宜相邻布置。

8.1.6 应对数据中心内设置空调系统的辅助区进行夏季逐时冷负荷计算。

8.1.7 下列情况，宜对空调系统进行全年能耗模拟计算：

- a) 对空调系统设计方案进行对比和优化时；
- b) 对空调系统节能措施进行评估时。

8.2 空调冷热源

8.2.1 空调系统宜优先考虑周边可利用的工业废弃能源。

8.2.2 数据中心应充分利用自然冷源。利用自然冷源的数据中心全年自然冷源的使用时间不宜低于3000小时。

8.2.3 空调系统宜考虑数据中心余热回收。

8.2.4 当建筑的电力负荷和冷、热负荷能较好匹配，并能充分发挥冷热电联产系统的能源综合利用效率且技术经济比较合理，同时具有充足的天然气供应条件时，宜采用分布式燃气冷热电联供系统。

8.2.5 空调设备的总装机容量，应按计算的空调冷负荷值确定，在设计条件下，当机组的规格不符合计算冷负荷的要求时，所选择机组的总装机容量与计算冷负荷的比值不应大于1.1。空调设备的冗余设计应与数据中心等级相匹配。

8.2.6 宜充分利用数据中心的冗余机组及应急冷源，设置错峰蓄冷系统对数据中心进行供冷。冗余机组蓄冷开启时间不宜低于电价低谷时段时长。

8.2.7 数据中心电机驱动的蒸汽压缩循环冷水机组应采用名义工况制冷性能系数（COP）及综合部分负荷性能系数（IPLV）较高的产品，且名义工况制冷性能系数（COP）及综合部分负荷性能系数（IPLV）不应低于GB50189的相关规定。

8.2.8 采用开式冷却塔加板式换热器的方式实现水侧自然冷却时，板式换热器应选择节能型产品，阻力不宜超过50kPa，换热温差不宜超过1.5℃。

8.3 空调输配系统

8.3.1 根据数据中心负荷变化情况，空调系统应采用变频、自动控制等技术进行负荷调节。

8.3.2 在选配空调冷水系统的循环水泵时，应计算空调冷水系统耗电输冷比。空调冷水系统耗电输冷比应满足GB50189的相关规定。

8.3.3 水泵的额定工况效率应符合GB 19762节能评价值的要求；水泵宜采用变频控制。

8.3.4 空调风系统和通风系统的单位风量耗功率 W_s 值应满足GB 50189的相关规定。

8.3.5 风机设计工作点应位于风机经济工作区内。风机的能效等级不宜低于2级，当通风系统使用时间较长且运行工况有较大变化时，风机宜变频调速。

8.3.6 空调水系统布置和管径的选择，应减少设计工况下并联环路之间压力损失的相对差额。当设计工况下并联环路之间压力损失的相对差额超过15%时，应采取水力平衡措施。

8.3.7 当满足信息设备运行环境要求时，空调系统宜加大送回风温差，且送回风温差不宜小于12℃。

8.3.8 空调冷水系统应采用闭式循环，并应合理布置管路走向，缩短总输送长度。

8.3.9 空调冷水系统的定压和膨胀，优先采用高位膨胀水箱方式。

8.3.10 空调系统的风管道、水管道及板换等设备应保温，且应符合 GB/T 8175 的有关规定，保温厚度应符合 GB 50189 的相关规定。

8.4 空调末端

8.4.1 机房专用空调、行间空调宜采用出风温度控制。

8.4.2 主机房的温度、湿度宜独立控制。不应采用电直接加热设备作为空气加湿热源。

8.4.3 空调末端宜采用靠近电子信息设备的制冷方式，提高制冷效率。

8.5 气流组织

8.5.1 机房气流组织形式，应以满足设备散热、提高冷量利用率为目的。

8.5.2 机房内线缆的布放等不应影响送、回风通道的通畅。

8.5.3 当机房空调采用架空地板下送风时，地板下截面风速应经计算确定，应能保证地板送风口出风均匀。

8.5.4 当采用新型、非常规的气流组织方式时，应采用计算流体动力学对主机房气流组织进行模拟和验证。

9 电气系统

9.1 一般规定

9.1.1 电气系统应在安全可靠的前提下，符合相关标准的节能规定及设计指标，且应满足能效管理要求。

9.1.2 应选用技术先进、成熟、可靠、损耗低、谐波发射量少、能效高、经济合理的产品。

9.2 供配电系统节能设计

9.2.1 应针对电气系统构成做全方位的节能分析，在安全、可靠的前提下，变配电系统设计应将节能作为主要技术经济指标进行多方案比较，优化设计方案，改进机电设备经济运行方式，提高变配电系统节能运行的实效性。

9.2.2 供配电设备应深入负荷中心安装，电源设备宜靠近用电设备布置，减少配电回路损耗。

9.2.3 电气系统架构应遵循减少层级、减少变换的原则。变压器二次侧至用电设备之间的配电级数不宜超过三级。

9.2.4 后备发电机组的容量应根据数据中心的重要负荷需求合理选择，当容量较大时，宜选择高额定电压的发电机组。

9.2.5 应选用节能型干式变压器，能效等级应不低于国家标准 GB 20052 中的能效二级标准，宜选择一级能效产品。

9.2.6 变压器的容量和数量应根据负荷情况，综合考虑投资和年运行费用，合理选择和配置，使其经常性负载工作在高效低耗区间内。变压器应具备短时间维持所有重要负荷正常运行的能力。

9.2.7 数据中心专用变压器的负载率应符合下列规定：

- a) 当变压器为单N配置时，其长期工作负载率宜为60%~80%；
- b) 当变压器为2N配置时，其长期工作负载率宜为35%~45%；

c) 当变压器为2+1配置时,其长期工作负载率宜为45%~60%。

9.2.8 配电系统三相负荷的不平衡度宜小于 15%。

9.2.9 应根据其负荷的无功需求,设计和安装无功补偿装置,并应具备防止向电网反送无功电力的措施:

9.2.10 无功补偿宜在配电变压器低压侧集中补偿,且高压侧功率因数不宜低于 0.95。

9.2.11 用于电流较大且长期稳定的供电回路的电缆,宜按经济电流密度选择导体截面。

9.2.12 电力干线的最大工作压降不应大于 2%;分支线路的最大工作压降不应大于 3%。

9.2.13 宜采用低谐波含量的设备,当设备的谐波电流畸变率大于 15%时,应进行谐波治理,治理设备宜靠近谐波设备端。

9.2.14 电子信息设备允许时,宜采用直流电源系统供电。

9.2.15 为减小工作电流,降低供电线路损耗,电子信息设备宜采用较高的供电电压。

9.2.16 条件许可时,可采用市电对电子信息设备供电回路的部分或全部直接供电。

9.2.17 UPS 电源应选用节能型、高效率的设备。当电源质量允许时,应采用具有节能运行模式和智能管理模式的产品。

9.2.18 满足安全性的前提下,宜按电子信息设备的实际用电量及重要性合理确定电源系统的配置容量及冗余度,使电源设备处于转换效率较高的负载率区间。

9.2.19 当安全可靠条件允许时,经过技术经济比较,数据中心可利用太阳能等可再生能源供能。可结合总平面规划,充分利用向阳且无遮挡物的屋面或车棚等构筑物顶面设置太阳能板。

9.2.20 在保证数据中心安全的前提下,可充分挖潜数据中心蓄电能力,利用错峰蓄电对数据中心的一般照明、普通风机、舒适性空调等次要负荷供电。

9.3 照明设计

9.3.1 室内照明功率密度值(LPD)应满足现行国家标准 GB50034 的有关规定中的目标值。

9.3.2 光源的选择应符合下列规定:

- a) 主机房与辅助区内的主要照明光源选用高光效发光二极管或荧光灯,光效不应小于90lm/W;
- b) 当选用发光二极管作为光源时,其色温、特殊显色指数R9、色品坐标等参数应满足国家标准GB 50034中的要求;
- c) 选用荧光灯具均应配用有功率因数、低谐波含量的电子镇流器,功率因数不小于0.9;选用发光二极管光源均应配用通过CCC和EMC认证的驱动电源,功率因数不小于0.9。谐波、电磁兼容应符合现行国家标准GB17625.1和GB17743的有关规定。

9.3.3 照明的控制应符合下列规定:

- a) 照明采取分区、分组的控制措施,在有可能分隔的场所,宜按有可能分隔的场所分组控制;
- b) 走廊灯公共区域的照明应根据使用要求,选择时间控制、照度控制、动静探测控制等控制手段;
- c) 机房内宜采用感应式自动控制方式,当机房规模较小时,宜选用配感应式自动控制开关的灯具;当机房规模较大时,宜采用智能照明控制系统,对机房内的灯具进行分场景、分区域控制;
- d) 机房无人时,仅满足监控所需的最低照度要求,不低于50lx;
- e) 可利用天然光的场所,宜利用导光管、光导纤维等导光和反光装置将天然光引入室内照明。

10 给水与排水

10.1 供水系统

10.1.1 给水系统应充分利用市政供水压力供水。用水点的供水压力不宜超过 0.20MPa，且不小于用水器具要求的最低工作压力。

10.1.2 给水系统的管材、设备应采用低阻力、低水耗的产品。

10.1.3 与数据中心水资源使用效率相关的用水设备，如加湿设备、冷却塔等应单独设置计量装置，当有环境集中监控系统时，还应将数据传送至监控系统加以统计，并应在设计文件中按公式（1），以一年为周期计算数据中心水源利用效率。

$$WUE = L_T / P_{IT} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_{IT} ——统计期内数据中心 IT 设备电能消耗，单位为千瓦时。

L_T ——统计期内数据中心机电设备总用水量，包括空调设备补水、空调设备加湿水、空调冷冻水等全部设施全年耗水量，单位为L；按公式（2）计算：

$$L_T = \sum L_1 + \sum L_2 + \sum L_3 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\sum L_1$ ——统计期内数据中心的空调设备补水量；

$\sum L_2$ ——统计期内数据中心的空调设备加湿水量；

$\sum L_3$ ——统计期内数据中心的空调系统水量。

10.1.4 贮水池和高位水箱应设置水位监视和溢流报警装置，信息应传至监控中心并及时采取措施。

10.1.5 水泵选型应保证设计工况下水泵效率处在高效区，给水泵的工况效率应满足现行国家标准 GB 19762 节能评价值的要求。

10.2 循环水系统与非传统水源利用

10.2.1 冷却塔的选用和设置应符合下列规定：

- a) 冷却塔的能源效率等级应满足DB31/414节能评价值的要求。
- b) 冷却塔补水池及补水泵房宜靠近冷却塔，以减少输送能耗；
- c) 冷却塔应选用冷效高、飘水少、噪声低的产品；
- d) 冷却塔应按生产厂家提供的热力特性曲线选定，冷却塔的设计循环水量不宜超过其额定水量；
- e) 当循环水量达不到额定水量的80%时，应对冷却塔的配水系统进行校核；
- f) 冷却塔数量宜与冷却水用水设备的数量、控制运行相匹配；
- g) 冷却塔宜设置在气流通畅、湿热空气回流影响小的场所，且宜布置在建筑物的最小频率风向的上风侧。

10.2.2 循环冷却水系统应设置水处理措施，并应采取加大集水盘、设置平衡管或平衡水箱等方式，避免冷却水泵停泵时冷却水的溢出。

10.2.3 宜考虑对非传统水源的回收和利用，水质处理工艺应根据原水特征、污染物和出水水质要求确定，并应满足 GB50400 及 GB50336 的要求。

11 自动控制系统与能耗监测系统

11.1 空调自动控制系统

11.1.1 空调自控系统应融合自然冷源利用等节能系统的要求,达到节能设施全年安全、稳定运行的目的。

11.1.2 空调自控系统应具有检测系统运行参数、反馈系统运行状态、分析优化计算并控制系统最佳节能运行工况的功能。

11.1.3 通风与空调系统应设置检测与监控设备或系统。系统功能及监测的内容应根据数据中心功能要求、相关标准及系统类型通过技术经济比较确定。

11.1.4 采用区域冷源时,在每栋数据中心建筑冷源入口处,应设置冷量计量装置。

11.1.5 冷源机房的控制功能应符合下列规定:

- a) 应能进行冷水机组、水泵、阀门、冷却塔等设备的顺序启停和连锁控制;
- b) 应能进行冷水机组的台数控制,宜采用冷量优化控制方式;
- c) 应能进行水泵的台数控制,宜采用流量优化控制方式;
- d) 二级泵应能进行自动变速控制,宜根据管道压差控制转速,且压差可根据实际需求优化调节;
- e) 应能进行冷却塔风机的台数控制,宜根据室外气象参数进行变速控制;
- f) 应能进行冷却塔的自动排污控制;
- g) 宜能根据室外气象参数和末端需求进行供水温度的优化调节;
- h) 宜能按累计运行时间进行设备的轮换使用;
- i) 冷热源主机设备 3 台以上的,宜采用机组群控方式;当采用群控方式时,控制系统应与冷水机组自带控制单元建立通信连接。

11.2 能耗监测系统

11.2.1 应设置能耗监测系统对数据中心进行持续、长期的测量和记录,为优化设备运行、加强能耗管理、进行能效分析、便于 PUE_{EE} 计算等提供真实、可靠的数据支撑。

11.2.2 能耗监测系统应实现分级、分项计量,测量点安装位置应满足 DB 31/652 的规定。

11.2.3 能耗监测系统应采用智能化和信息化技术,满足政府相关部门的数据上传和监管需求。