

数据中心供能设计标准分析

Analysis on standards for data center energy supply design

彭刚平, 康慧

PENG Gangping, KANG Hui

(中国华电科工集团有限公司, 北京 100070)

(China Huadian Engineering Company Limited, Beijing 100070, China)

摘要: 设计标准是工程建设标准化的一个重要保障, 是组织现代化工程建设的重要工具。总结国内有关数据中心供能的各现行设计标准后, 重点介绍了《天然气分布式能源项目工程设计导则》和 GB 50174—2017《数据中心设计规范》, 并对后者进行了详细解读, 阐述了设计标准中与供能、供冷有关的内容; 对比了 GB 50052—2009《供配电系统设计规范》和 GB 50174—2017《数据中心设计规范》这 2 个标准中有关供电内容的异同。分析结果表明, GB 50174—2017《数据中心设计规范》肯定了分布式能源为数据中心供能这一概念并且允许采用燃气分布式能源作为数据中心的主要电源。

关键词: 数据中心; 燃气分布式能源; 设计标准; 供能; 供冷; 供电

中图分类号: T 012; TK 01+8

文献标志码: A

文章编号: 1674-1951(2020)12-0088-06

Abstract: Design standard is an important safeguard for engineering construction standardization and an important means of modern engineering construction. Having summarized current design standards of data center energy supply in China, highlights are drawn on two design standards, *Engineering Design Guidelines for Natural Gas Distributed Energy Projects* and GB 50174—2017 *Data Center Design Specifications*. In the explanation on the latter one, the contents related to energy supply and cooling are analyzed. The similarities and differences of power-supply related contents in GB 50052—2009 *Code for Design of Power Supply and Distribution System* and GB 50174—2017 *Code for Design of Data Center* are compared. The results show that the new standard affirms the idea of powering data centers by distributed energy and taking gas-fired distributed energy as the main power source for data centers.

Keywords: data center; gas-fired distributed energy; design standard; energy supply; cooling; power supply

0 引言

数据中心这个概念在 20 世纪 50 年代末被提出时, 仅用来存放计算机系统、存储系统以及电力设备等组件^[1], 既不能做分布式运算, 也无法向外提供服务。近年来, 随着互联网的爆发式增长和百度、腾讯、阿里巴巴等互联网公司的兴起, 个人电脑(PC)端对网络的要求不断提高, 有效促进了数据中心的发展。

现代数据中心是信息系统的中心, 通过网络向公众以及企业提供信息服务^[2], 成为了企业管理信息技术(IT)的基础设施, 是提供应用服务的重要平台。随着云计算、大数据等更先进技术的发展, 建设新一代数据中心成为企业的热点话题。

从工程角度来说, 数据中心的建设要经过设

计、施工、测试、验收以及后期维护 5 个阶段^[3], 涉及建筑、环境、结构、消防、供配电、空调、计算机应用等多个专业, 工作内容繁重。因此, 一个好的设计方案是建设数据中心的首要步骤。

设计标准涉及工程项目的建设标准、技术要求、投资等内容, 是工程项目建设的基础性文件, 需进行调研、分析、梳理、理解。在准备数据中心设计的初期, 既要把握好业主的需求, 更要深刻理解、分析标准的各项指标, 才能做好数据中心的规划设计。

1 现行设计标准概述

我国与数据中心供能有关的现行设计标准有 4 个, 中国华电集团有限公司(以下简称华电集团)《天然气分布式能源项目工程设计导则》(2017 年版)、GB 50174—2017《数据中心设计规范》、GB 51131—2016《燃气冷热电联供工程技术规范》和

DL/T 5508—2015《分布式供能站设计规范》,具体性质与内容见表 1。

表 1 与数据中心供能有关的我国现行设计标准

Tab. 1 Current design standards related to data center energy supply in China

标准名称(编号)	性质	主编单位	适用范围	实施日期	备注
《天然气分布式能源项目工程设计导则》(2017 年版)	华电集团企业标准	华电分布式能源技术有限公司、华电福新能源股份有限公司	适用于新建或扩建天然气分布式能源项目的设计,改建工程的设计可参照执行,所适用的原动机容量范围:(1)燃气轮机发电机组单机容量原则上不大于 50 MW 级;(2)燃气内燃发电机组单机容量原则上不大于 4 MW 级	2018 年 1 月 1 日	用于楼宇式和区域式分布式供能系统的设计
GB 50174—2017《数据中心设计规范》	国家标准	中国电子工程设计院	适用于新建、改建和扩建的数据中心的设计	2018 年 1 月 1 日	原《电子信息系统机房设计规范》(GB 50174—2008)同时废止。
GB 51131—2016《燃气冷热电联供工程技术规范》	国家标准	中国城市建设研究院有限公司	适用于以燃气为一次能源,发电机单机容量≤25 MW 的简单循环,直接向用户供应冷、热、电能的分布式能源系统的设计、施工、调试、验收和运行管理	2017 年 4 月 1 日	用于楼宇式分布式能源系统
DL/T 5508—2015《分布式供能站设计规范》	电力行业标准	上海电力设计院有限公司和中国华电工程(集团)有限公司	适用于以天然气、沼气为燃料,同时输出冷、热、电的新建、扩建、改建的分布式供能站工程设计;楼宇式供能站原动机单机发电容量不应大于 10 MW;区域式供能站原动机单机发电容量不应大于 50 MW	2015 年 12 月 1 日	用于楼宇式和区域式分布式供能站的设计

1.1 《天然气分布式能源项目工程设计导则》

《天然气分布式能源项目工程设计导则》介绍了天然气分布式能源工程的负荷估算、冷热用户选择、机组选型、运行策略、外部接口关系等;用于楼宇式和区域式分布式供能系统的设计。

为了更详细地说明天然气分布式能源工程的设计方法,华电集团还配套编制了《燃气分布式供能系统设计手册》,由中国电力出版社于 2019 年 7 月公开出版发行。

1.2 《数据中心设计规范》

(1)GB 50174—2017《数据中心设计规范》以下简称 50174 规范,是根据住建部《关于发印 2011 年工程建设标准规范制订、修订计划的通知》(建标[2011]17 号)的要求,由中国电子工程设计院会同有关单位在原国家标准 GB 50174—2008《电子信息系统机房设计规范》的基础上修订、编制完成的^[2,4-5]。

(2)50174 规范于 2018 年 1 月 1 日实施,完全取代了 GB 50174—2008《电子信息系统机房设计规范》。

(3)50174 规范包括技术内容和附录 2 个部分。主要技术内容包括总则、术语、分级与性能要求、选址及设备布置、环境要求、建筑与结构、空气调节、电气、电磁屏蔽、网络与布线系统、智能化系统、给水排水、消防与安全共 13 章,涉及范围由 2008 版的

主机房扩大至整个数据中心。

(4)50174 规范修订的主要内容有:根据目前各行业对数据中心的要求和规模差别较大的情况,增加了 A 级数据中心的定义范围,增加了对网络系统和灾备数据中心的设计要求,将第 11 章“监控与安全防范”更名为“智能化系统”,以适应我国电子信息发展需要。

(5)50174 规范的第 8.4.4, 13.2.1, 13.2.4, 13.3.1, 13.4.1 条为强制性条文,必须严格执行。

50174 规范是我国数据中心的现行设计标准,供电子行业的设计单位使用,相比电力行业标准 DL/T 5508—2015《分布式供能站设计规范》更通用。

2 与供能有关的通用内容

2.1 数据中心的构成

数据中心是集中放置电子信息设备、提供运行环境的建筑场所,可以是 1 栋或几栋建筑物,也可以是 1 栋建筑物的一部分,数据中心由以下 4 部分区域构成^[6]。

(1)主机房区(computer room),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。

(2)辅助区(auxiliary area),用于电子信息设备和软件的安装、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)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。

(4)行政管理区(administrative area),用于日常行政管理及客户管理托管设备的场所,包括办公室、门厅、值班室、盥洗室、更衣间和用户工作室等。

辅助区、支持区的面积之和可为主机房面积的1.5~2.5倍。用户工作室使用面积可按4~5 m²/人计算,其中,软/硬件管理人员办公室等长期有工作人员值班的区域,使用面积可按5~7 m²/人计算。

2.2 数据中心的分级

2.2.1 按影响程度分级

根据数据中心的使用性质、数据丢失或网络中断在经济或社会上造成的损失或影响程度确定所属级别,可划分为A、B、C 3级^[7-8]。

(1)A级。符合下列情况之一的数据中心应为A级:电子信息系统运行中断将造成重大的经济损失;电子信息系统运行中断将造成公共场所秩序严重混乱。

(2)B级。符合下列情况之一的数据中心应为B级:电子信息系统运行中断将造成较大的经济损失;电子信息系统运行中断将造成公共场所秩序混乱。

(3)C级。不属于A级或B级的数据中心应为C级。

2.2.2 按机架的数量分类

按照机架的数量可以将数据中心分为3类。

(1)超大型是指标准机架规模>10 000个的。

(2)大型是指标准机架规模为3 000~10 000个的。

(3)中小型是指标准机架规模<3 000个的。

2.3 数据中心的耗能特点

(1)数据中心是典型的高能耗行业^[9]。通常一个标准机架平均耗电为2.5~4.0 kW,较大机架平均耗电约5 kW,大机架平均耗电约11 kW。那么一个有10 000个标准机架的超大型数据中心年耗电量为2.2亿~3.5亿kW·h。

(2)能源成本占比高。数据中心的用电成本占运营总成本的70%左右(其中,IT设备用电和制冷设备用电各占一半),运行维护费用和人工成本分别占20%和10%左右。数据中心4年的用电成本可以建设一个同等规模的数据中心。

(3)供能可靠性要求高。一般情况至少需要2路电源,一用一备,另外还要有1路紧急备用电源。

2.4 灾备数据中心

灾备数据中心是在灾难发生时,接替生产系统运行、进行数据处理和支持关键业务功能继续运作的场所。在同城或异地建立的灾备数据中心,设计宜与主用数据中心等级相同^[10]。

2.5 总控中心(ECC)

ECC为数据中心各系统提供集中监控、指挥调度、技术支持和应急演练的平台,也可称为监控中心。

3 与供冷有关的内容分析

3.1 对空调冷冻水供回水管路布置的要求

数据中心空调的冷冻水供回水管路宜采用环形管网或双供双回方式^[11]。为保证供水连续性,避免单点故障,冷冻水供回水管路宜采用环形管网(如图1所示);当冷冻水系统采用双冷源时,冷冻水供回水管路可采用双供双回方式(如图2所示)。

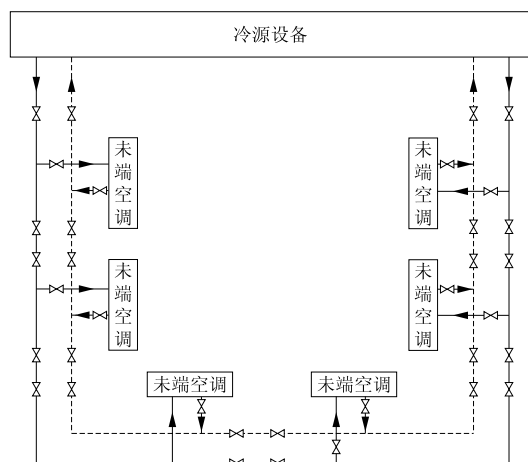


图1 采用环形管网方式的冷冻水供回水管路
Fig. 1 Chilled water supply and return pipeline taking circular network

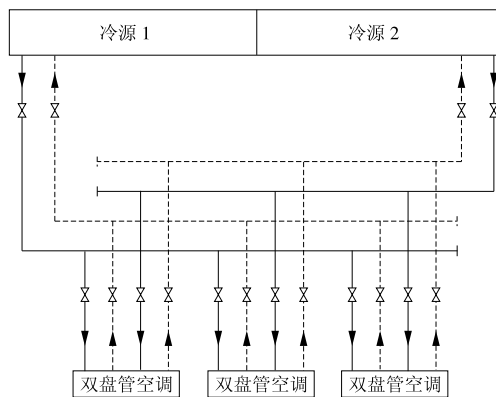


图2 采用双供双回方式的双冷源冷冻水供回水管路
Fig. 2 Chilled water supply and return pipeline with double cooling sources taking dual supply and dual return mode

3.2 对空调制冷系统的要求

不同级别数据中心空调制冷系统要求见表2。

3.3 空调系统设计节能措施

- (1)空调系统应根据当地气候条件,充分利用自然冷源。
- (2)大型数据中心宜采用水冷式或风冷式冷水机组空调系统:水冷式冷水机组的空调系统在冬季可利用室外冷却塔作为冷源;风冷式冷水机组的空调系统设计时应采用自然冷却技术^[12]。
- (3)空调系统可采用电制冷与自然冷却相结合的方式^[13]。
- (4)数据中心空调系统设计时,应分别计算自然冷却和余热回收的经济效益,应采用经济效益最好的节能设计方案。

表2 数据中心空调制冷系统要求
Tab. 2 Requirements on data center air conditioning and refrigeration system

项目	技术要求		
	A 级	B 级	C 级
主机房和辅助区设置空气调节系统	应	应	宜
不间断电源系统电池室设置空调降温系统	宜	宜	可
主机房保持正压	应	应	可
冷冻机组、冷冻水泵、冷却水泵套数	$n+x$ 冗余($x=1\sim n$)	$n+1$ 冗余	n
冷冻水供水温度/°C	7~21		
冷冻水回水温度/°C	12~27		
机房专用空调台数	$n+x$ 冗余,主机房中每个区域冗余 $x(x=1\sim n)$	$n+1$ 冗余,主机房中每个区域冗余 1	n
采用不间断电源系统供电的设备	空调末端风机、控制系统、末端冷冻水泵	控制系统	—
蓄冷装置供应冷冻水的时间	不应小于不间断电源设备的供电时间	—	—
双冷源	可	—	—
冷冻水供回水管网	双供双回、环形布置	单一路径	—
冷却水补水储存装置	需要	—	—
冷热通道隔离	需要	需要	—

4 与供电有关的内容

4.1 《供配电系统设计规范》

4.1.1 相关条文

2.0.2 双重电源(duplicate supply):一个负荷的电源是由2个电路提供的,这2个电路就安全供电而言被认为是互相独立的。

2.0.5 备用电源(stand-by electric source):当正常电源断电时,由于非安全原因用来维持电气装置或其某些部分所需的电源。

3.0.2 一级负荷:中断供电将造成安全事故、重大经济损失、重大政治影响的电力用户负荷;应由双重电源供电,当某一电源发生故障时,另一电源应运行供电。

4.1.2 条文解释

3.0.2 采用的“双重电源”一词引用了 IEC 60050—1985《国际电工词汇》第 601 章中术语第 601-02-19 条“duplicate supply”。因地区大电力网在主网电压上部是并网的,用电单位无论从电网取几回路电源进线,也无法得到严格意义上的 2 个独立电源。所以这里指的双重电源可以是分别来自不同电网的电源,或来自同一电网但在运行时电路

互相之间的联系很弱,或者来自同一个电网但其间的电气距离较远,一个电源系统任意一处出现异常运行或发生短路故障时另一个电源仍能不中断供电,这样的电源都可视为双重电源^[14]。

一级负荷的供电应由双重电源供电,而且不能同时损坏,只有满足这 2 个基本条件,才可能维持其中一个电源继续供电。双重电源可一用一备,亦可同时工作,各供一部分负荷。

尽管从电网无法得到严格意义上的 2 个独立电源,但是燃气分布式电源是严格意义上的“独立于市电网”的独立电源。

4.2 《数据中心设计规范》

4.2.1 相关条文

8.1.12 A 级数据中心应由双重电源供电,并应设置备用电源。备用电源宜采用独立于正常电源的柴油发电机组,也可采用供电网络中独立于正常电源的专用馈电线路。当正常电源发生故障时,备用电源应能承担数据中心正常运行所需要的用电负荷。

8.1.13 B 级数据中心宜由双重电源供电,当只有一路电源时,柴油发电机组作为备用电源。

8.1.18 同城灾备数据中心与主用数据中心的

供电电源不应来自同一个城市变电站。采用分布式能源供电的数据中心,备用电源可采用市电或柴油发电机。

独立于正常电源的专用馈电线路可以作为数据中心的备用电源。

4.2.2 条文解释

8.1.12 备用电源是保障 A 级数据中心正常运行的必要条件,独立于正常电源的发电机组和供电网络中独立于正常电源的专用馈电线路都可以作为备用电源。由于柴油发电机组在可操作性上优于其他备用电源,故大部分数据中心将其作为备用电源^[15]。

8.1.13 B 级数据中心比 A 级数据中心在电源可靠性方面降低了要求,当 B 级数据中心由双重电源供电时,不需要再设置备用电源。

8.1.18 从电源可靠性和安全性角度考虑,同城灾备数据中心与主用数据中心的电源应来自不同的变电站。

分布式能源包括燃气三联供系统、太阳能、风能等,数据中心应鼓励采用分布式能源^[16-17]。A 级数据中心采用分布式能源供电时,可采用市电或柴油发电机作为备用电源。

鼓励采用分布式能源作为数据中心的主用电源,这里的分布式能源是指燃气分布式。

5 结论

(1)我国于 2018 年 1 月 1 日实施 GB50174—2017《数据中心设计规范》,肯定了分布式供能。

(2)燃气分布式电源是严格意义上的“独立于市电网”的独立电源。新 GB 50174 规范允许采用燃气分布式电源可以作为数据中心的主要电源。

(3)主机房的环境温度要求有所降低,对空调供回水温度放宽(7~21℃)。按此新标准,空调冷负荷将有所下降(约 10%)。

参考文献:

- [1]罗海超.数据中心建设如何在施工阶段打好节能工作的基础[J].建材与装饰,2019(24):327-328.
LUO Haichao. How to lay a good foundation for energy saving in the construction stage of data center construction [J]. Building Materials and Decoration, 2019 (24) : 327-328.
- [2]安真.《数据中心制冷与空调设计标准》T/CECS 487—2017 解读[J].工程建设标准化,2017(12):26-28.
AN Zhen. Interpretation of "data center refrigeration and air conditioning design standard" T/CECS 487—2017 [J]. Engineering Construction Standardization, 2017 (12) : 26-28.
- [3]张礼平.天然气分布式能源建设投资运营模式及成本浅析[J].建设监理,2018(8):29-31.
ZHANG Liping. Natural gas distributed energy construction investment operation mode and cost [J]. Project Management, 2018(8):29-31.
- [4]钟景华.《数据中心工程设计与安装》要点解读[J].建筑电气,2019,38(1):3-8.
ZHONG Jinghua. Analysis on gist of the engineering design and installation of data centers [J]. Building Electrical, 2019, 38(1):3-8.
- [5]吴晓晖,赵春晓,张丽娟,等.高可靠性绿色数据中心设计研究[J].建筑技艺,2019(10):43-47.
WU Xiaohui, ZHAO Chunxiao, ZHANG Lijuan, et al. Research on high reliability green data center design [J]. Architecture Technology, 2019(10):43-47.
- [6]赵树林,许桂明,王志刚.数据中心工程化设计方法[C]//中国计算机用户协会网络应用分会 2019 年第二十三届网络新技术与应用年会论文集.合肥,2019.
- [7]徐珣,印骏.数据中心设计标准 TIA-942 解读[J].建筑电气,2009,28(11):17-19.
XU Xun, YIN Jun. Interpretation for TIA-942 design standard of data centers [J]. Building Electrical, 2009, 28 (11): 17-19.
- [8]包顺强,陈水顺,谢文黎.有关大型数据中心设计的一些思考[J].机电一体化,2010,16(9):88-92.
BAO Shunqiang, CHEN Shuishun, XIE Wenli. Some thoughts on the design of large data centers [J]. Mechatronics, 2010, 16(9):88-92.
- [9]宋媛,李永祥,张凌薇.关于 IDC 机房建设技术的研究[J].中国新通信,2019,21(20):70.
SONG Yuan, LI Yongxiang, ZHANG Lingwei. Research on IDC computer room construction technology [J]. China New Telecommunications, 2019, 21(20):70.
- [10]诸立安.银行数据中心灾备体系建设与管理的思考[J].时代金融,2018(5):103-110.
ZHU Li'an. Thoughts on the construction and management of disaster recovery system of bank data center [J]. Times Finance, 2018(5):103-110.
- [11]闫涛,郑匡庆,方旭寅.绿色数据中心机房空调系统节能与露点温度的关系分析[J].节能,2019,38(11):28-30.
YAN Tao, ZHENG Kuangqing, FANG Xuyin. Analysis of the relationship between energy-saving and dew point temperature of air conditioning system in green data center [J]. Energy Conservation, 2019, 38(11):28-30.
- [12]戴新强,丁卫科,黄建如,等.数据中心空调系统能耗与节能应用研究[J].中国设备工程,2020(4):12-14.
DAI Xinqiang, DING Weike, HUANG Jianru, et al.

- Research on energy consumption and energy conservation of data center air conditioning system [J]. China Equipment Engineering, 2020(4): 12-14.
- [13] CHINNASAMY V, APPUKUTTAN S. A real - time experimental investigation of building integrated thermal energy storage with air - conditioning system for indoor temperature regulation[J]. Energy Storage, 2019, 1(3): DOI: 10.1002/est2.43.
- [14] 宁永生. A 级数据机房供配电系统设计[J]. 现代建筑电气, 2019, 10(1): 31-33.
- NING Yongsheng. Design of power supply and distribution system for class A data room [J]. Modern Building Electrical, 2019, 10(1): 31-33.
- [15] 薛成林. 大型数据中心柴发作备用电源系统型式探讨 [J]. 建筑电气, 2019, 38(4): 14-22.
- XUE Chenglin. Discussion on the type of the backup power supply system for the large-scale data center[J]. Building Electrical, 2019, 38(4): 14-22.
- [16] 刁培滨, 徐静静, 余莉, 等. 燃气分布式能源站余热深度利用技术方案研究[J]. 华电技术, 2019, 41(12): 37-40.
- DIAO Peibin, XU Jingjing, YU Li, et al. Technical schemes for waste heat deep utilization in gas distributed energy stations[J]. Huadian Technology, 2019, 41(12): 37-40.
- [17] 顾志祥, 孙思宇, 孔飞, 等. 燃气冷热电分布式能源系统设计优化综述[J]. 华电技术, 2019, 41(3): 8-13.
- GU Zhixiang, SUN Siyu, KONG Fei, et al. Design optimization summary of CCHP distributed energy system driven by gas [J]. Huadian Technology, 2019, 41(3): 8-13.
- (本文责编:陆华)
-
- 作者简介:**
- 彭刚平(1966—),男,江西莲花人,高级工程师,从事电力工程项目管理工作(E-mail:penggp@chec.com.cn)。
- 康慧(1953—),男,北京人,正高级工程师,从事集中供热、分布式能源设计工作(E-mail:13718869532@163.com)。