

“双碳”目标下数据中心水资源综合利用策略浅析

Discuss on Comprehensive Utilization Strategy of Water Resource in Data Center Under "Dual-carbon" Target

石俊晓, 贺 晓, 魏文豪, 王 凯, 仝双明, 张令泽(中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司, 河南 郑州 450007)

Shi Junxiao, He Xiao, Wei Wenhao, Wang Kai, Tong Shuangming, Zhang Lingze (China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China)

摘 要:

近年来,随着数据中心行业的蓬勃发展,对水资源的需求也不断增加,加强数据中心水资源的综合利用是保障行业健康发展的基础。在国家的“双碳”战略目标下,水资源综合利用技术研究更是对建设绿色、低碳的数据中心有十分重要的意义。通过对数据中心水系统的研究分析,提出数据中心在规划、设计、运营不同阶段中的水资源利用方案,为建设绿色低碳数据中心提供技术支持。

关键词:

双碳;水资源综合利用;数据中心

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.12.016

文章编号:1007-3043(2022)12-0075-05

中图分类号:TP308

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

With the vigorous development of the data center industry in recent years, the demand for water resources has also increased, and strengthening the comprehensive utilization of data center water resources is the basis for ensuring the healthy development of the industry. Under the national "carbon neutralization and carbon peak" strategic goal, the research on comprehensive utilization technology of water resources is of great significance to the construction of green and low-carbon data centers. Through the research and analysis of the data center water system, it proposes the water resource utilization scheme of the data center in different stages of planning, design and operation, so as to provide technical support for the construction of green and low-carbon data center.

Keywords:

Dual-carbon; Comprehensive utilization of water resource; Data center

引用格式:石俊晓,贺晓,魏文豪,等.“双碳”目标下数据中心水资源综合利用策略浅析[J]. 邮电设计技术,2022(12):75-79.

0 引言

随着数字化的快速推进,越来越多的数据中心正在全球各地建立。据统计,全球有5 000多个数据中心正在全天候的收集、存储、处理、传输数据,并提供数据备份和恢复。毫无疑问,数据中心对于云计算和网络至关重要,但同时也给环境带来了巨大的挑战——水资源的消耗。

据统计,全球数据中心每天消耗几十亿升的水,如果缺水,会导致数据中心基础设施过热、数据丢失、业务中断等问题;同时过度用水会加剧水资源紧张状况和对地球环境的危害。本文将围绕数据中心产业的发展与改革,探讨其作为新型基础设施建设的一环将如何助力中国实现“双碳”目标。

1 数据中心水系统分析

目前经常用到的数据中心水系统主要包括冷冻水型集中式空调系统、蒸发冷却空调系统,循环冷却

收稿日期:2022-11-04

水系统、空调加湿系统、生活给水及生产给水系统等。循环冷却水系统主要是冷却塔耗水,因此,数据中心的用水主要包括冷却塔用水、蒸发冷却用水、空调加湿用水及数据中心的日常用水等。

1.1 循环冷却水系统

循环冷却水系统通常分为密闭式(干式)循环冷却水系统和敞开式(湿式)循环冷却水系统。密闭式循环冷却水系统中,水是密闭循环的,水的冷却不与空气接触(闭式冷却塔),其冷却极限为空气的干球温度。敞开式循环冷却水系统,水的冷却需要与空气直接接触,其冷却极限为空气的湿球温度。

循环冷却水系统一般由制冷机、冷却塔、集水设施(冷却塔集水盘或集水池)、循环水泵、循环水处理装置(加药装置、旁滤等)、循环管道、放空装置、补水装置、控制阀门和温度计等组成。

冷却塔的用水主要消耗在以下途径:蒸发、飘逸和排污,冷却塔的水量损失应根据蒸发、风吹和排水各项损失水量确定。

a)《民用建筑节能设计标准》(GB50555-2010)第3.1.4条规定:空调循环冷却水系统的补充水量,应根据气象条件、冷却塔形式、供水水质、水质处理及空调设计运行负荷、运行天数等确定,可按平均日循环水量的1.0%~2.0%计算。

b)《建筑循环冷却水系统水处理工程技术规程》(T/CECS872-2021)第5.1.4条规定:开式系统的补充水量可按式(1)~式(3)来计算:

$$Q_m = Q_e + Q_b + Q_w \quad (1)$$

$$Q_m = \frac{Q_e \times N}{N - 1} \quad (2)$$

$$Q_e = k \times \Delta t \times Q_T \quad (3)$$

式中:

Q_m ——补充水量(m^3/h)

Q_e ——蒸发损失水量(m^3/h)

Q_b ——排污水量(m^3/h)

Q_w ——风吹损失水量(m^3/h),与风速、冷却塔类型、淋水填料、冷却水量有关,机械通风冷却塔风吹损失水量占循环水量的0.1%,开放式冷却塔取1%~1.5%

N ——浓缩倍数

k ——气温系数($1/^\circ\text{C}$),具体取值参考表1

Δt ——冷却塔进出水温差($^\circ\text{C}$)

Q_T ——循环水量(m^3/h)

表1 k 取值表

进塔大气温度/ $^\circ\text{C}$	-10	0	10	20	30	40
$k(1/^\circ\text{C})$	0.000 8	0.001 0	0.001 2	0.001 4	0.001 5	0.001 6

开式冷却水损失量占系统循环水量的比例计算或估算如下:蒸发损失为每 1°C 水温降0.185%;飘逸损失可按生产厂提供的数据确定,无资料时可取0.3%~0.35%;排污损失(包括泄漏损失)与补水水质、冷却水浓缩倍数的要求、飘逸损失量等因素相关,应经计算确定,一般可按0.3%估算。计算冷却水补水量的目的是为了确定补水管管径、补水泵、补水箱等设施,可以采用以上估算数值。《建筑循环冷却水系统水处理工程技术规程》(T/CECS872-2021)第5.1.5条规定:闭式循环水系统平均小时补充水量宜按系统水容量的0.5%计算;补水泵流量宜取系统小时补水量的2.5~5.0倍。

c)《工业循环水冷却设计规范》(GB/T 50102-2014)第3.1.21条规定:冷却塔的风吹损失水率(%),应按冷却塔的通风方式和收水器的逸出水率以及横向穿越风从塔的进风口吹出的水损失率确定。当缺乏收水器的逸出水率等数据时,按表2所示取值。

表2 冷却塔的风吹损失水率

通风方式	机械通风塔冷却塔	自然通风塔冷却塔
有收水器	0.1	0.05
无收水器	1.2	0.80

d)《工业循环水冷却设计规范》(GB/T 50102-2014)第3.1.22条规定:循环冷却水系统排水损失水量应根据对循环水水质的要求计算确定,可按式(4)进行计算:

$$Q_b = \frac{Q_e - (n - 1)Q_w}{n - 1} \quad (4)$$

式中:

Q_b ——循环冷却水系统排水损失水量(m^3/h)

Q_e ——冷却塔蒸发损失水量(m^3/h)

Q_w ——冷却塔风吹损失水量(m^3/h)

n ——循环水设计浓缩倍率

1.2 蒸发冷却用水

蒸发冷却技术是以水为制冷剂,利用空气干球温度和湿球温度的差值为驱动力来制取空调所需制冷量的技术。与传统空调相比,这种类型的空调设备不使用压缩机,耗电设备仅包括风机和水泵。蒸发冷却

高温冷水空调系统是由水处理设备、蒸发冷却冷水机组、冷冻水循环泵、板式换热器、乙二醇循环泵、定压补水泵、多级蒸发冷却新风空调机组、膨胀水箱、管路、空调末端、集控系统、集水器、分水器、潜水泵和蓄水池组成。蒸发冷却水系统运行过程中仍需要一定量的补充水。蒸发冷却高温冷水空调系统如图1所示。

1.3 空调加湿系统

根据《数据中心设计规范》(GB50174-2017)的要求,室内温度为 $18\sim 27\text{ }^{\circ}\text{C}$,露点温度为 $5.5\sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度不大于60%;允许值为:室内温度为 $15\sim 32\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为20%~80%,同时露点温度不高于 $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。为保证数据中心机房内的相对湿度(露点温度)在推荐或允许的范围内,《数据中心设计规范》(GB50174-2017)规定,主机房内的湿度可由机房专用空调、行间制冷空调进行控制,也可由其他加湿器进行调节。目前数据中心采用的加湿器种类主要有:电极式加湿器、远红外线式加湿器、湿膜加湿器等。

数据中心空调加湿系统总体上用水量较小,要求

用水水质较高。

1.4 数据中心日常用水

数据中心生产、生活给水系统的设计应符合《建筑给水排水设计标准》(GB50015-2019)、《建筑节水产品分级及技术要求》(T/CECS 10168-2021)、《建筑给水排水与节水通用规范》(GB 55020-2021)等相关规范的要求。

2 数据中心水系统节水措施分析

2.1 数据中心节水技术应用

针对以上数据中心水系统的分析,提出以下水资源利用技术。

a) 设计合理的循环冷却水系统。对于正常运行的循环冷却水系统,其蒸发损失在一定的条件下为定值,其值大小主要由环境湿度、环境温度、冷却水设计循环量、冷却水设计温差和工厂生产负荷决定。而风吹损失一般小于冷却水设计循环量的0.2%,也可认为是定值。排污损失主要由需要控制的循环冷却水水质决定,减少排污损失是循环冷却水系统节水的主要

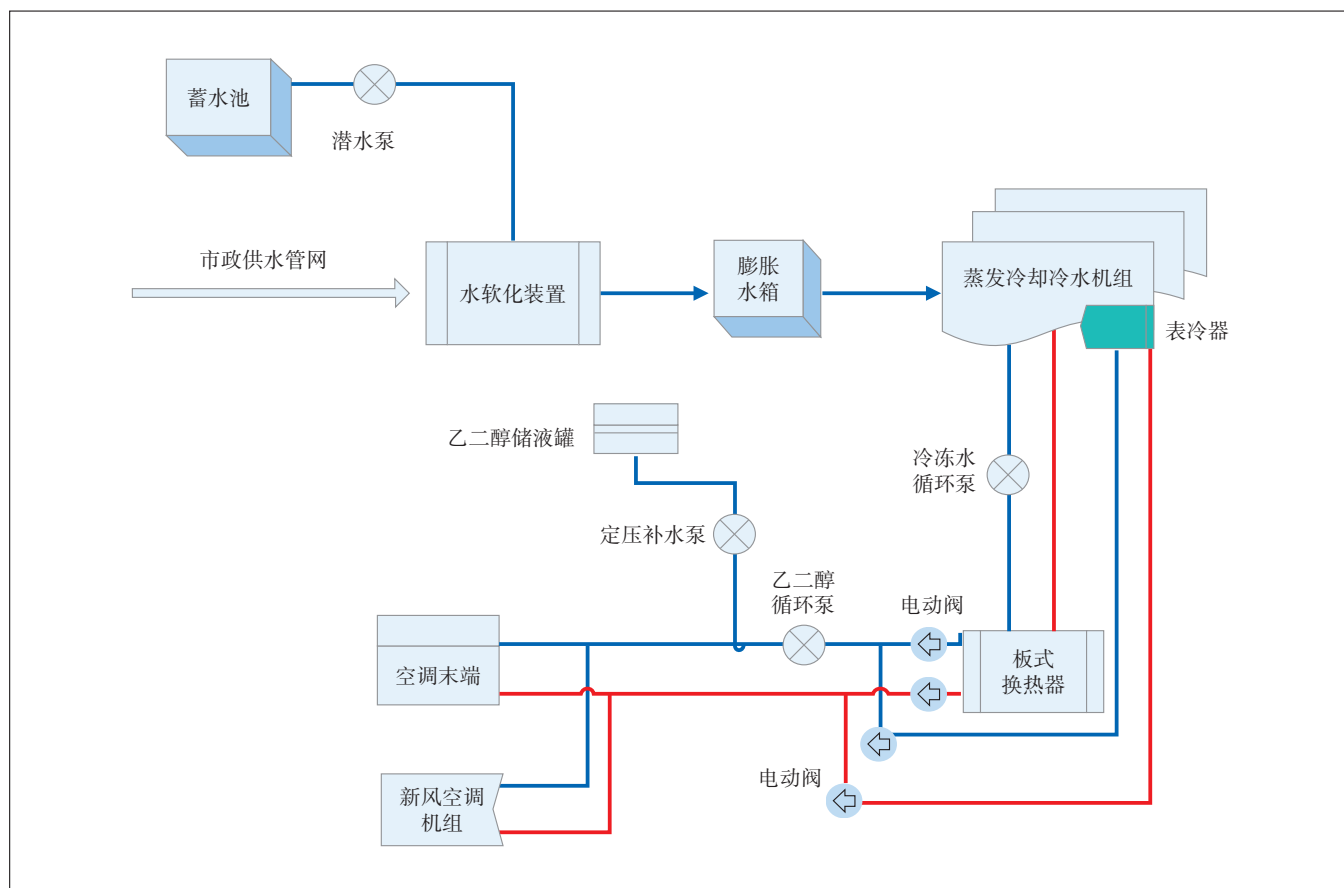


图1 蒸发冷却高温冷水空调系统

方向。在补水中盐分浓度不变的情况下,适当提高循环冷却水中盐分浓度,即根据实际情况适当提高循环冷却水的浓缩倍数,减少排污水量和补水量,通过循环冷却水加药的方式控制工艺换热器结垢和腐蚀的风险。除此之外,循环冷却水系统设置水质稳定措施;冷却塔多塔并联运行时,冷却塔集水盘连通等,这些措施均有助于起到节水效果。

b) 循环冷却水的回用处理。工业循环冷却水系统的结垢、微生物以及腐蚀是业界的研究热点,对循环冷却水进行水处理并回用也非常必要。最常采用的水处理技术是膜生物反应器工艺,这对污水的处理有着重要的作用,进行处理后的水质可满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准,而且也满足工业循环冷却水的用水标准,可以进行循环水回用,达到节能环保的要求。

c) 提高非传统水源利用率。统筹考虑非传统水源的再利用,特别是通过再生水和雨水的循环再利用,提升非传统水源的利用率,实现节约水资源的目的。

d) 冷凝水回用措施。冷凝水的水质好、水温低,有条件时可采取必要的措施再利用,将冷凝水回用于循环冷却水系统,不仅节约了水资源,而且有利于提高制冷装置的制冷效率。此外,凝结水还可用于消防给水灭火系统、被处理空气的预冷,从而降低处理空气的能耗。

e) 供水设施的节水措施。数据中心设计中供水设备应采用相应节水措施,例如加压机组采用梯级泵组配置,根据用水量、水压要求,自动控制启动的水泵台数,并变频调速运行。

2.2 数据中心节水设备应用

数据中心用水器具和设备应采用节水节能型产品;例如采用节水型冷却塔、感应型水嘴等。

3 数据中心水资源综合利用

3.1 水资源使用效率(WUE)

水资源使用效率(WUE)用来表征数据中心单位IT设备用电量下数据中心的耗水量。

$WUE = (\text{连续一年内}) \text{数据中心总用水量} / \text{数据中心IT设备全年耗电量}$,单位为 $L/kW \cdot h$ 。其中数据中心总用水量为维持数据中心正常运行所消耗所有水资源总和。

数据中心冷源用水量 W 主要包括冷却水蒸发、冷

却水排水、IT 房间加湿用水、软化水设备用水、设备维护用水和柴发系统运行及维护用水。

经查阅,国外某数据中心应用雨水收集装置,雨水经收集处理后用于空调加湿,进一步降低数据中心 WUE;另外,有些数据中心采用耗水量较低的空调系统,如直接蒸发制冷系统,该系统没有耗电量大的机械制冷设备,并且用水量也比传统制冷设备少很多,在降低数据中心 PUE 的同时,也大幅降低了数据中心 WUE。诸如此类,在结合实际情况的前提下,优先采用节能、节水的空调系统也是进一步节水的主要举措。

3.2 数据中心园区水资源综合利用

在绿色环保方面,数据中心通过“海绵城市”建设,以 LID 技术改造为切入点,结合屋顶绿化、雨水回用设施、透水铺装等,从源头、铺装和末端全面控制雨水,实现年径流总量控制率可控,从而达到数据中心园区水资源综合利用的效果,主要通过以下节水技术来实现。

a) 雨水收集回用系统。在园区内设置雨水收集池,流经建筑屋面的雨水经过管道收集后,进入到初期的雨水弃流渗流井,初期雨水经弃流后,优质雨水进入雨水储水池,经池中的提升泵提升后进入集水井进行后续的处理,处理后即可用于绿化、浇洒、循环冷却水补水、空调加湿等。

b) 中水处理回用系统。建筑内非传统水源主要分为生活污水和收集的雨水。生活污水经过化粪池进入处理系统的集水池,流离生化池出水经过收集池收集,经次氯酸钠消毒达标后进入中水池,中水池中一部分水经过回用泵的提升作用,可用于冲厕、洗车、绿化、循环水冷却水补水等,另一部分经回灌泵处理后可补入园区景观水池,实现了中水的梯级使用的效果。

c) 景观池、潜流湿地与生态塘。有条件的情况下,园区内可设置湿地与生态塘。湿地为无动力重力流系统,以中水处理站出水及循环湖水为水源,回灌于潜流湿地和生态塘进行二级处理,达到景观用水标准后补入景观池面。同时,景观池内设置循环泵提升湖水至人工湿地,实现湖水的循环,使湖水的水质保持良好。

d) 绿化自动微喷灌系统。绿化采用自动微喷灌系统,其用水可来自中水或者市政自来水,实现了浇灌系统的无人值守,节约用水。

4 数据中心全生命建设周期内节水措施分析

综上所述,在整个数据中心项目的建设周期中,要想做到较好水资源综合利用,需从规划、设计、运维等每个阶段来统筹考虑,主要包括以下几方面。

4.1 项目规划阶段

科学制定水资源规划方案,统筹、综合利用各种水资源。根据当地自然地理条件、水文地质特点、水资源状况、降雨规律、水环境保护与内涝防治要求等,科学布局和选用透水铺装、雨水花园等海绵设施及其组合系统。优先利用自然排水系统与海绵设施,实现雨水的自然保存、自然渗透、自然净化和可持续水循环。

4.2 项目设计阶段

在项目设计阶段,需根据项目的具体情况考虑不同的节水创新技术。

a) 条件允许时,优先选用耗水量少的空调系统。结合工程实际情况,优先利用自然冷源,采用间接蒸发冷却等技术,在降低数据中心 PUE 的同时,降低 WUE。

b) 采用循环冷却水处理回用技术。实施循环冷却水处理回用技术,实现水资源的循环利用。经处理后的水用于浇洒、绿化、循环冷却水系统补水等。

c) 设置中水处理系统。建立和完善雨水回用系统及中水处理系统,将雨水收集回用、生活生产污水经中水处理系统处理后回用,实现水资源综合利用。

d) 节水措施、节水设备的应用。数据中心建设中采用节水设备,例如全自动变频加压给水设备采用梯级泵组配置;选用节水型卫生洁具及配件;各单体入户管按不同用途分别设置水表计量;水池、水箱溢流水位设置报警装置,防止进水管阀门故障时,水池、水箱长时间溢流排水等节水设施。

4.3 项目后期运维阶段

数据中心管理应加强用水设备的日常维护管理,加强用水设施检修。重点检查数据机房精密空调系统水路管网,坚决杜绝漏水现象;加强节水宣传,开展节约用水宣传教育,提高节约水资源的重要性的认识等。

5 结束语

对于数据中心行业来说,其用水量之大是不能不关注的问题,随着国家相应政策的推出以及技术的普

及,数据中心节水技术的成本及落地难度也将逐步降低,未来会有更多的焦点话题、技术研发围绕如何降低数据中心 WUE 展开,如何降低数据中心 WUE 与降低 PUE 将一样重要,对于数据中心而言,节能减排起始于碳中和,但绝不限于碳中和。

参考文献:

- [1] 张健. 建筑给水排水工程[M]. 第4版. 北京:中国建筑工业出版社,2018:198-204.
- [2] 戴友芝,肖利平,唐受印. 废水处理工程[M]. 第3版. 北京:化学工业出版社,2017:199-210.
- [3] 毛志兵. “双碳”目标下的中国建造[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2022:17-21.
- [4] 赵晓娟. 工业循环冷却水系统节水方法研究及应用[J]. 化工管理,2022(22):80-82.
- [5] 刘小斌. 工业循环冷却水回用的研究[J]. 四川水泥,2018(10):324.
- [6] 杨永,薄国柱,孙志魁. 工业循环冷却水回用的研究[J]. 水利科技与经济,2007,13(8):576-577.
- [7] 邱明坤,王健琪,杨焱,等. 绿色建筑理念下水资源综合利用设计实践——以某学院绿色建筑示范楼为例[J]. 建筑与装饰,2022(13):162-165.
- [8] 常圆. 水资源综合利用管理及水污染防治问题分析[J]. 新型工业化,2021,11(8):207-208.
- [9] 魏玉涛. 城市水资源综合利用新模式探究[J]. 中国资源综合利用,2021,39(4):93-95.
- [10] 陈思. 基于海绵城市背景的雨洪资源综合利用研究[D]. 郑州:华北水利水电大学,2020:76.
- [11] 闫绍华. 基于城市雨洪资源综合利用的“海绵城市”建设[J]. 智能城市,2019,5(24):28-29.
- [12] 尹周,张文英,李杰文,等. 施工现场水资源综合利用技术[J]. 城市建设理论研究(电子版),2017(13):211-212.
- [13] 梁彬. 区域性开发水资源综合利用体系构建——天津临港经济区[D]. 天津:天津大学,2014:66.
- [14] 王显蕾,肖璇,李雄. 水资源综合利用问题探讨[J]. 资源节约与环保,2015(12):16.
- [15] 刘文彬. 水资源综合利用的问题与对策[J]. 企业导报,2014(18):84-85.

作者简介:

石俊晓,高级工程师,学士,主要从事数据中心给排水专业研究、咨询设计工作;贺晓,教授级高级工程师,硕士,主要从事数据中心研究、咨询设计工作;魏文豪,高级工程师,硕士,主要从事数据中心结构专业研究、咨询设计工作;王凯,助理工程师,硕士,主要从事数据中心暖通空调专业研究、咨询设计工作;全双明,助理工程师,硕士,主要从事数据中心给排水专业研究、咨询设计工作;张令泽,工程师,学士,主要从事数据中心建筑专业研究、咨询设计工作。