

数据中心余热回收系统应用研究


Research on Application of Heat Recovery System in Data Center

张 飞,贺 晓,程 序,魏文豪,张 琪,王 蕾(中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南 郑州 450007)
Zhang Fei, He Xiao, Cheng Xu, Wei Wenhao, Zhang Qi, Wang Lei (China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China)

摘 要:

以数据中心余热回收为研究对象,对数据中心余热回收的现状、余热回收系统原理、节能性和经济性等进行对比分析。分析结果表明,数据中心的余热可以作为区域能源的热源,而不影响数据中心的安全性。数据中心余热回收的形式较多,可根据热回收负荷大小及稳定性进行选择。数据中心余热回收对节能减排具有重要意义。

关键词:

数据中心;余热回收;节能效益;经济效益
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.12.017
文章编号:1007-3043(2022)12-0080-04
中图分类号:TK11+5
文献标识码:A
开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Abstract:

Taking the data center waste heat recovery as the research object, it compares and analyzes the status quo of data center waste heat recovery, the principle of waste heat recovery system, energy saving and economy. The analysis results show that the waste heat of the data center can be used as the heat source of regional energy, without affecting the security of the data center. There are various forms of data center waste heat recovery, and the system form can be selected according to the heat recovery load and stability. Data center waste heat recovery is of great significance for energy conservation and emission reduction.

Keywords:

Data center; Waste heat recovery; Energy saving benefits; Economic performance

引用格式:张飞,贺晓,程序,等. 数据中心余热回收系统应用研究[J]. 邮电设计技术,2022(12):80-83.

0 前言

近年来,随着信息化的高度发展,数据中心建设步伐加快,数据中心所使用的服务器和网络传输设备将高品位电能转化为低品位热能,最终通过空调系统散到室外环境中,没有被充分利用,造成极大的损失。我国数据中心整体用电量以每年超过10%的速度递增,2018年全年共消耗电量1 608.89亿kW·h,超过整个上海市用电量^[1]。预计到2030年我国数据中心整体用电量预计将突破4 000亿kW·h,占全社会用电量的比重将升至3.7%^[2]。

数据中心的余热可以作为区域能源的廉价热源,这样可以降低区域能源供热运行成本。部分地区鼓励数据中心采用余热回收利用措施,为周边建筑提供热源^[3]。

1 数据中心余热回收应用现状分析

1 m³水1℃的温差蕴含的能量约为4 200 kJ,1 m³空气1℃的温差蕴含的能量约为1.3 kJ。显然单位体积空气蕴含的能量远不及水蕴含的能量,因此,目前数据中心的余热回收主要是回收水系统中的热量。

目前,国外对数据中心余热进行回收利用的案例较多,尤其在北欧的国家。例如早在2011年,芬兰赫尔辛基公共能源公司就开始研究通过不同的方式对

收稿日期:2022-10-22

云计算数据中心产生的大量废热进行收集,向企业建筑或居民家中供暖^[4];俄罗斯 Yandex 公司利用其位于芬兰南部城市曼采莱的数据中心产生的余热为该城市供暖,帮助曼采莱减少了约 40% 碳排放量;数据中心供应商 DigiPlex 和挪威最大的区域供热供应商 Fortum Oslo Varme AS 合作为 5 000 户奥斯陆公寓供热。在芬兰和挪威等国家,部分地方政府与当地数据中心签署热量回收意向书,向数据中心购买热量提供给周边社区居民。

随着数据中心建设的加速,国内数据中心采用余热回收项目也在逐渐增加,如天津滨海新区腾讯数据中心采用余热回收方式给约 9 200 m²办公区域供暖^[5];武汉建设银行数据中心采用余热回收方式给约 10 万 m²办公楼供暖^[6];北京某数据中心采用余热回收方式提供居民生活热水^[7];南京江北新区数据中心采用余热回收方式给园区供热^[8];河北廊坊某数据中心采用余热回收方式给约 2 000 m²办公楼供暖^[9];国网清数科技园数据中心余热回收项目^[10]等。

2 不同余热回收方式对比分析

2.1 数据中心冷冻水空调系统图

根据《数据中心设计规范》(GB50174-2017),将数据中心运行中断所导致的危害进行分级,划分为 A、B、C 三级。A 级安全等级最高,近似要求能够实现在线运行和无单点故障。

数据中心冷冻水空调系统增加热回收模块,一般通过板式换热器将数据中心和热回收部分进行隔离,设置合理的水泵、阀门、仪表等部件,能够实现数据中心的安全可靠运行,不降低系统的安全等级,不产生单点故障。运行过程中,可通过热回水系统的变频水泵保证热水回水温度稳定,当回收能量增大时,可增加变频水泵的频率提高水泵转速,反之亦然,进而减少对数据中心冷冻水供回水温度的影响。增加热回收模块对原数据中心系统几乎没有影响。数据中心常见热回收系统如图 1 所示。

2.2 冷冻水和冷却水热回收系统对比

热回收系统可以从数据中心冷冻水也可以从冷却水回收余热。当余热回收接至冷冻水管路时,一般接至冷冻水的回水管(高温侧),经过板式换热器(或者热泵机组后)冷冻水回水温度降低或者接近冷冻水的供水温度,具体原理图如图 2 所示。当余热回收接至冷却水管路时,一般接至冷却水的回水管(高温

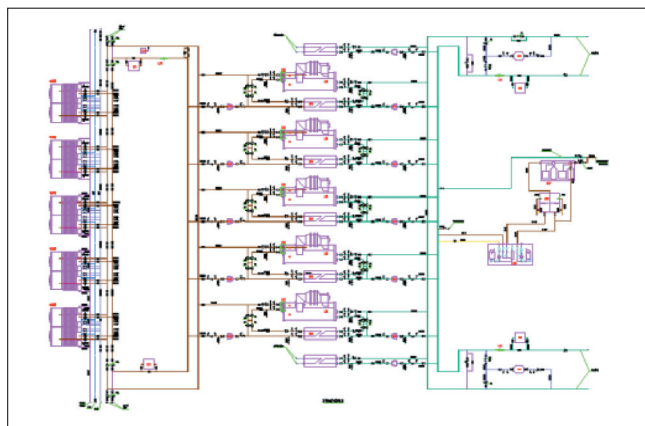


图 1 数据中心常见热回收系统图

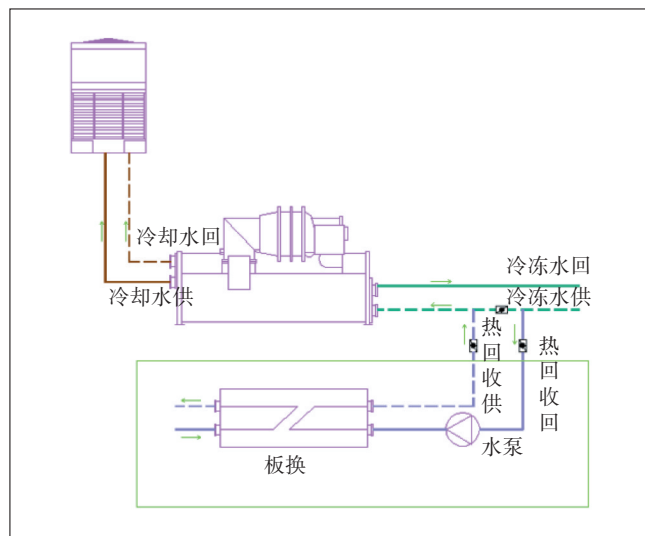


图 2 热回收取自冷冻水示意图

侧),经过板式换热器(或者热泵机组后)冷冻水回水温度降低或者接近冷却水的供水温度,具体原理如图 3 所示。

冷冻水热回收和冷却水热回收对比如表 1 所示。从表 1 可以看出,冷冻水热回收系统更加成熟一些,建议一般采用冷冻水热回收系统。

2.3 热回收与冷源串联与并联对比

热回收系统与数据中心冷源的连接方式有并联和串联 2 种。以常见的热回收接至冷冻水系统为例,当热回收系统与数据中心冷源并联时,一般接至自冷冻水的回水管(高温侧),经过板换(或者热泵机组后)冷冻水回水温度降低或者接近冷冻水的供水温度,然后接至冷冻水的供水管(低温侧)。当与数据中心冷源串联时,一般取自冷冻水的回水管(高温侧),经过板换(或者热泵机组后)冷冻水回水温度降低或者接近冷冻水的供水温度,然后接至冷冻水的回水管(高

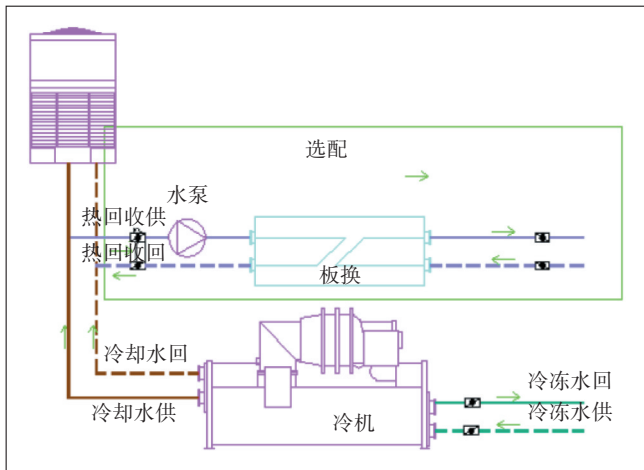


图3 热回收取自冷却水示意图

表1 冷冻水热回收和冷却水热回收比较

名称	冷冻水热回收	冷却水热回收
优势	①冷冻水水质较好,系统维护成本较低 ②冷冻水系统多为闭式系统,对冷却系统的压力控制要求较低	相对于冷冻水,冷却水温度较高,热泵制热 COP 高,能源站制热费用低
劣势	相对于冷却水,冷冻水温度较低,热泵制热 COP 略有下降,能源站制热费用相对冷却水取热方案略有上升	①冷却水水质较差,系统维护成本较高 ②冷却水系统多为开式系统,对于取热系统的压力控制要求较高
应用	比较多	比较少

温侧),具体原理如图4所示。相对并联连接方式,串联时变频水泵的扬程除了需要克服管路损失外,还要承担板换(或者热泵机组)的阻力,因此扬程相对较大。

热回收系统与数据中心冷源并联、串联比较如表

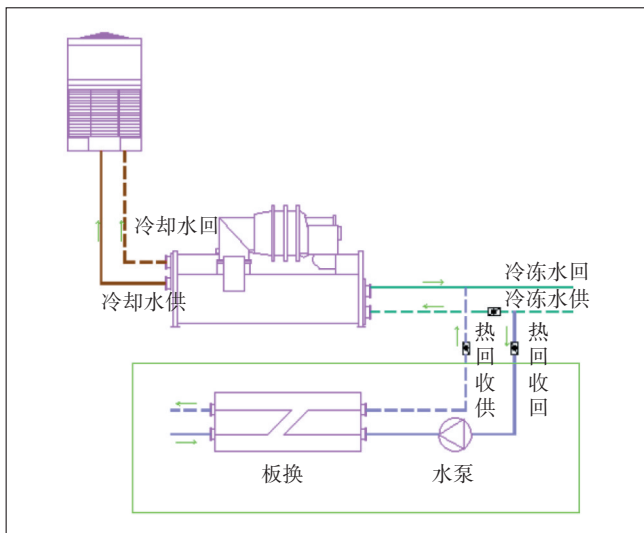


图4 热回收系统与数据中心冷源串联示意图

2所示。

表2 热回收系统与数据中心冷源并联、串联比较

名称	热回收系统与数据中心冷源并联	热回收系统与数据中心冷源串联
优势	冬季采用热回水系统时不需要再次经过冷水主机,系统阻力较小	热回水系统波动后,可以通到数据中心冷源进行调整,数据中心供回水温度比较稳定
劣势	热回水系统波动时容易引起数据中心冷冻水供水温度波动	冬季采用热回水系统时需要再次经过冷水主机,系统阻力较大(可以通过管路和阀门切换,将串联转换为并联的形式)
选配	热回收变频泵(可通过热回水系统增设变频水泵保证热回水温度稳定,进而减少对数据中心冷冻水供水温度的影响)、板换(水系统分开,分工界面清晰)	
应用场景	热回收负荷比较大且温度稳定时采用较多	热回收负荷比较小时采用较多

当热回收负荷比较大时,建议采用热回收系统与数据中心冷源并联,并设置热回收变频水泵以及板换的方式,保证热回收回水温度稳定运行。当热回收负荷比较小时,建议采用热回收系统与数据中心冷源串联的方式。

3 经济性和节能性分析

3.1 项目介绍

以某典型数据中心为例,整个园区约6.3万m²,数据中心机房本期约2万m²,终期约6万m²,办公区域约1万m²,数据中心冷源为4+1台1200RT冷水主机,冷冻水供回水温度为12/18℃。办公区域采用常规的燃气锅炉房,供暖时间约为90天。

3.2 节能、环保性分析

计算不同余热回收率下节约天然气使用量和减少二氧化碳排放量,结果如表3所示。其中,天然气热值取35588kJ/m³。

由表3可以看出,数据中心采用余热回收系统节能效益非常可观,能源节约量大,环保效益显著。

3.3 经济性分析

3.3.1 初投资

表3 不同余热回收率下,数据中心冷源节能、环保分析

余热回收率/%	余热回收量/万kWh	节约天然气/万m ³	减少CO ₂ 排放量/t
100	3646	410	7213
80	2917	328	5771
60	2188	246	4328
40	1459	164	2885
20	729	82	1443
5	182	20	361

将燃气锅炉房供暖和余热回收系统初投资进行比较,如表4所示。从表4可以看出,与燃气锅炉房供暖系统相比,余热回收系统初投资增加约600万元。

表4 燃气锅炉房供暖和余热回收系统初投资进行比较

系统类型	名称	数量	单价/万元	总价/万元	合计/万元
燃气锅炉房供暖	4.5 MW 锅炉	4套	80	320	420
	燃气接入费	1项	100	100	
	其他(包括水泵、末端等)	同余热回收系统			
余热回收系统	1 400 RT热回收离心机	4套	180	720	1 020
	9 000 kW板换	2套	100	200	
	变频水泵及管理附件	1项	100	100	
	其他(包括水泵、末端等)	同燃气锅炉房			

3.3.2 运行电费及投资回收期

冬季冷冻水温度为12/18℃,经过板换换热后水温为11/17℃,通过离心式热泵机组提升为40/45℃,经过多个厂家选型后,热回收系统热泵机组能效约为5.3,考虑变频水泵等其他损失,整个热源能效取5,不同余热回收率下运行费用及回收期如表5所示。

表5 不同余热回收率下运行费用及回收期

余热回收率/%	余热回收量/万kWh	节约天然气/万m ³	运行电费/万元	运行燃气费/万元	节省运行费用/万元	回收期/年
100	3 646	410	583	1 230	646	0.9
80	2 917	328	373	984	610	1.0
60	2 188	246	210	738	528	1.1
40	1 459	164	93	492	398	1.5
20	729	82	23	246	223	2.7
5	182	20	1	61	60	10.0

由计算结果可知,数据中心余热回收系统的经济性与余热回收率密切相关,当余热回收率比较低时经济性比较差。本项目办公区域年耗热量约90万kWh,余热回收率约2.5%,经济性较差。因此,可考虑将余热销售给供热公司或者周边热用户等方式,通过增加余热回收率的方式提高热回收系统的经济性。

4 结束语

通过对数据中心余热回收系统的应用研究,得到的主要结论如下。

- a) 数据中心的余热可以作为区域能源的热源,而不影响数据中心的安全性。
- b) 数据中心余热回收的形式比较多样。冷冻水

热回收系统更加成熟,建议一般采用冷冻水热回收系统;当热回收负荷比较大时,建议采用热回收系统与数据中心冷源并联,并设置热回收变频水泵以及板换的方式,保证热回水回水温度稳定运行,当热回收负荷比较小时,建议采用热回收系统与数据中心冷源串联的形式。

c) 数据中心的余热回收对节能减排具有重要意义。

d) 数据中心余热回收系统的经济性与余热回收率密切相关,当余热回收率比较低时经济性比较差,可考虑将余热销售给供热公司或者周边热用户等方式,通过增加余热回收率的方式提高热回收系统的经济性。

参考文献:

- [1] 贾晨昱,黄翔,田振武,等.间接蒸发冷却技术在国内外数据中心的应用研究[J].制冷与空调,2020,20(1):61-67.
- [2] SUN T Z, HUANG X, CHEN Y, et al. Experimental investigation of water spraying in an indirect evaporative cooler from nozzle type and spray strategy perspectives[J]. Energy and Buildings, 2020, (214): 109871.
- [3] 郑见.北京市经信局发布《北京市数据中心统筹发展实施方案(2021-2023年)》(征求意见稿)[J].计算机与网络,2021,47(3):12-14.
- [4] 红高.最高级的供热方式:利用电脑余热[J].环境,2011(4):50-52.
- [5] 王玉莲,张茂荣.已建成数据机房余热利用初探[J].节能,2019,38(6):67-68.
- [6] 罗玉庆.大型数据中心余热回收利用节能研究[J].节能,2019,38(8):46-48.
- [7] 崔科,赵进良,付晓飞.数据中心空调冷却及余热回收系统技术分析[J].节能技术,2020,38(4):379-384.
- [8] 李朋安.河北廊坊某数据中心制冷机组冷凝热回收供暖[J].智慧城市,2016,2(12):109-110.
- [9] 吕萌萌,陈静,王芳.数据中心余热利用系统方案设计与应用[J].建设科技,2019(12):55-57.
- [10] 国网天津电力.天津高村清数科技园数据中心余热利用供能项目实施[EB/OL]. [2022-05-20]. <http://news.idcquan.com/news/186426.shtml>.

作者简介:

张飞,注册公用设备师(暖通),硕士,主要从事数据中心暖通、节能等方向的研究工作;贺晓,教授级高级工程师,学士,主要从事数据中心建筑业务相关咨询设计工作;程序,高级工程师,学士,主要从事数据中心空调方案研发及咨询设计工作;魏文豪,高级工程师,硕士,主要从事数据中心结构业务及相关咨询工作;张琪,高级工程师,学士,主要从事数据中心建筑业务及相关咨询设计工作;王蕾,高级工程师,硕士,主要从事中国联通数据中心建设及双碳管理相关工作。