

氟泵多联空调技术在北方 某数据中心的应用研究

Research on Application of Fluorine Pump Multi-Connected Air Conditioning Technology in A Data Center in Northern China

吴祥辉¹,王凯²,安冬²,许俊²(1. 中国联通辽宁分公司,辽宁沈阳 110000;2. 中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048)

Wu Xianghui¹,Wang Kai²,An Dong²,Xu Jun²(1. China Unicom Liaoning Branch,Shenyang 110000,China;2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.,Ltd.,Beijing 100048,China)

摘要:

随着数据中心的发展、IT单机柜功耗的不断提高,国家对其能效等指标的管控越来越严。作为提高空调系统能效、降低PUE、WUE指标的有效方案,氟泵多联空调技术和蒸发冷却技术在工程中使用较多,也是行业重点关注的空调冷却方案。通过分析该项目的应用,总结经验,为此类方案在东北地区大型数据中心的使用提供参考借鉴。

关键词:

氟泵多联空调技术;余热回收;气流组织

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2024.10.007

文章编号:1007-3043(2024)10-0031-05

中图分类号:TU831

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

With the development of data centers and the continuous increase of the power consumption of IT single cabinets, the state becomes more and more strict in its control over energy efficiency and other indicators. As the effective solutions for improving the energy efficiency of air conditioning systems and reducing PUE and WUE indicators, fluorine pump multi-unit air conditioning technology and evaporative cooling technology are widely used in engineering and are also key cooling solutions in the industry. By analyzing the application of the project, it summarizes the experience to provide a reference for the use of such systems in large-scale data centers in Northeast China.

Keywords:

Fluorine pump multi-unit air conditioning technology;Waste heat recovery;Airflow organization

引用格式:吴祥辉,王凯,安冬,等.氟泵多联空调技术在北方某数据中心的应用研究[J].邮电设计技术,2024(10):31-35.

1 概述

云计算、人工智能等数字经济技术应用的快速迭代与繁荣发展,对数据中心(或边缘数据中心)等新型基础设施的需求愈发旺盛,推动数据中心的绿色可持续发展,加快节能低碳技术的研发应用,提升能源利用效率,降低数据中心能耗。《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》提出要加大对基础设施资源的整合调度,推动老旧基础设施转型升级^[1]。

如何实现数据中心高效能水平的设计、运营,达到减排、减碳的目标,是行业面临的难题。

针对数据中心机房区域和电力用房区域发热量不同的特点,采用自然冷却技术是降低数据中心能耗的一种有效手段^[2]。氟泵多联空调技术和间接蒸发冷却技术可根据各自的优势应用于机房的区域。氟泵多联空调系统高效节能、安全可靠、安装便捷、环境适应性强、占地面积小、末端多样化,适用于电力用房区域;间接蒸发冷却技术作为一种迭代更新的高新技术,在机房区域应用时具有高效、低耗水、低成本等诸多优势。2项技术在应用时,在制冷方面,兼顾了机

收稿日期:2024-08-22

房发热量大、发热不均衡、电力用房发热量小等不同制冷要求,从而节约了能耗、降低了PUE;在空间利用方面,结合设备制冷方式和层高要求,灵活布置室内外空间,提高了机柜产出;在气流组织方面,根据空调的制冷模式不同,合理组织气流方案。本文以北方某数据中心空调方案为例,总结经验,为同类项目提供参考。

2 氟泵多联空调技术原理及工作模式

2.1 空调技术原理

氟泵多联空调采用压缩机、氟泵双环路设计,通过2个独立且协调运作的环路实现超高能效及灵活温控,其原理如图1所示。双环路系统智能切换,能够根据室外温度自动选择机械制冷、“真”混合制冷、自然冷却3种运行模式,减少压缩机的频繁启停,实现自然冷源利用最大化的节能运行^[3]。该空调系统相比传统机房空调整节能50%以上,实现了能效与环保的双重提升。

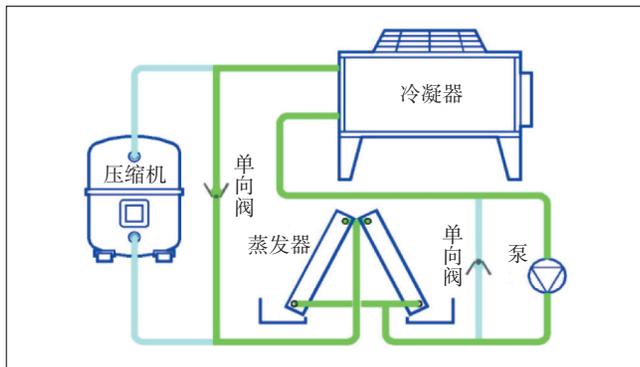


图1 多联氟泵空调系统原理

2.2 氟泵多联空调系统组成及工作模式

氟泵多联模块化空调具有机械制冷、混合制冷、自然冷却3种运行模式,系统可根据室内制冷负荷和室外环境温度变化自动选择运行模式,实现自然冷源利用最大化的节能运行^[4]。

a) 自然冷却模式。当室外温度很低(低于12℃)时,汽态冷媒在自然冷却盘管中可完全冷凝成液体,压缩机制冷系统不启用。

b) 混合制冷模式。当室外温度较低(12~20℃)时,自然冷却盘管和压缩机制冷系统同时运行。汽态冷媒在自然冷却盘管中被预冷、部分冷凝成液体,其余冷媒继续通过压缩机制冷系统进行冷凝。

c) 机械制冷模式。当室外温度较高(高于20℃)

时,采用机械制冷模式,仅开启压缩机制冷系统,自然冷却盘管不启用。

以上为在室内回风温度37℃、负载率70%条件下测试得出的数据,若实际运行时的室内机回风温度不同、负载率不同,各工况切换温度会随之变化。另外,为实现更大限度的能效提升,室外机可配置水雾喷淋装置,通过蒸发冷却降低冷凝器进风温度,进而提高夏季或过渡季节的机械制冷效率^[5]。

3 氟泵多联空调技术应用案例及设计要点

3.1 案例概述

该案例的数据中心楼位于东北地区,总建筑面积为17900m²,地上3层,建筑主体高度为21.3m。建筑性质为多层丙类厂房,耐火等级为二级,PUE要求低于1.3。

本次暖通设计范围为数据机房内工艺性空调系统,数据机房采用间接蒸发制冷空调系统,电力机房采用智能双循环(氟泵)多联模块化机房空调系统。

a) 数据机房的空调设计温湿度。冷通道设计温度为25±1℃,相对湿度为40%~60%;热通道设计温度为38±1℃^[6]。

b) 电力机房的空调设计温度为18~26℃。

c) 电池室的空调设计温度为20~30℃

本项目机房地上3层,每层分为4个机房模块和对应的4个间接蒸发空调区域,每个模块设置250架机柜,6台230kW的空调(6用1备),每层中间区域为电力用房,配置4台氟泵多联空调(见图2)。



图2 项目鸟瞰和平面布局

3.2 空调室内外气流组织分析

3.2.1 室外气流组织

为了确保空调系统的有效运行并避免进排风短路的问题,本项目选择了有组织的排风方式。机房区域每层的间接蒸发冷却空调机组安装在机房外侧的空调设备区,紧邻外墙区域。排风通过两侧设置的竖井进行汇聚,并最终排放至屋顶。这种方式可以有效

地避免空气的短路循环,确保系统的制冷效果。

1、2层的空调室外侧排风通过风井从屋面排出,3层空调室外侧排风直接排至室外。3层需设置室外防雨排风罩,减少气流短路的影响,具体如图3所示。

3.2.2 室内气流组织

a) 机房采用弥漫式送风+封闭热通道的气流组织

形式。通过机柜后的热气流通过封闭热通道汇集至回风夹层内,并通过回风夹层^[7]。

b) 封闭热通道可以将冷、热气流完全隔离(另外要求机柜配盲板,减少冷热气流混合),提高冷量的利用效率;设置回风夹层可以提高数据机房的回风温度,提高间接蒸发冷却机组的效率。

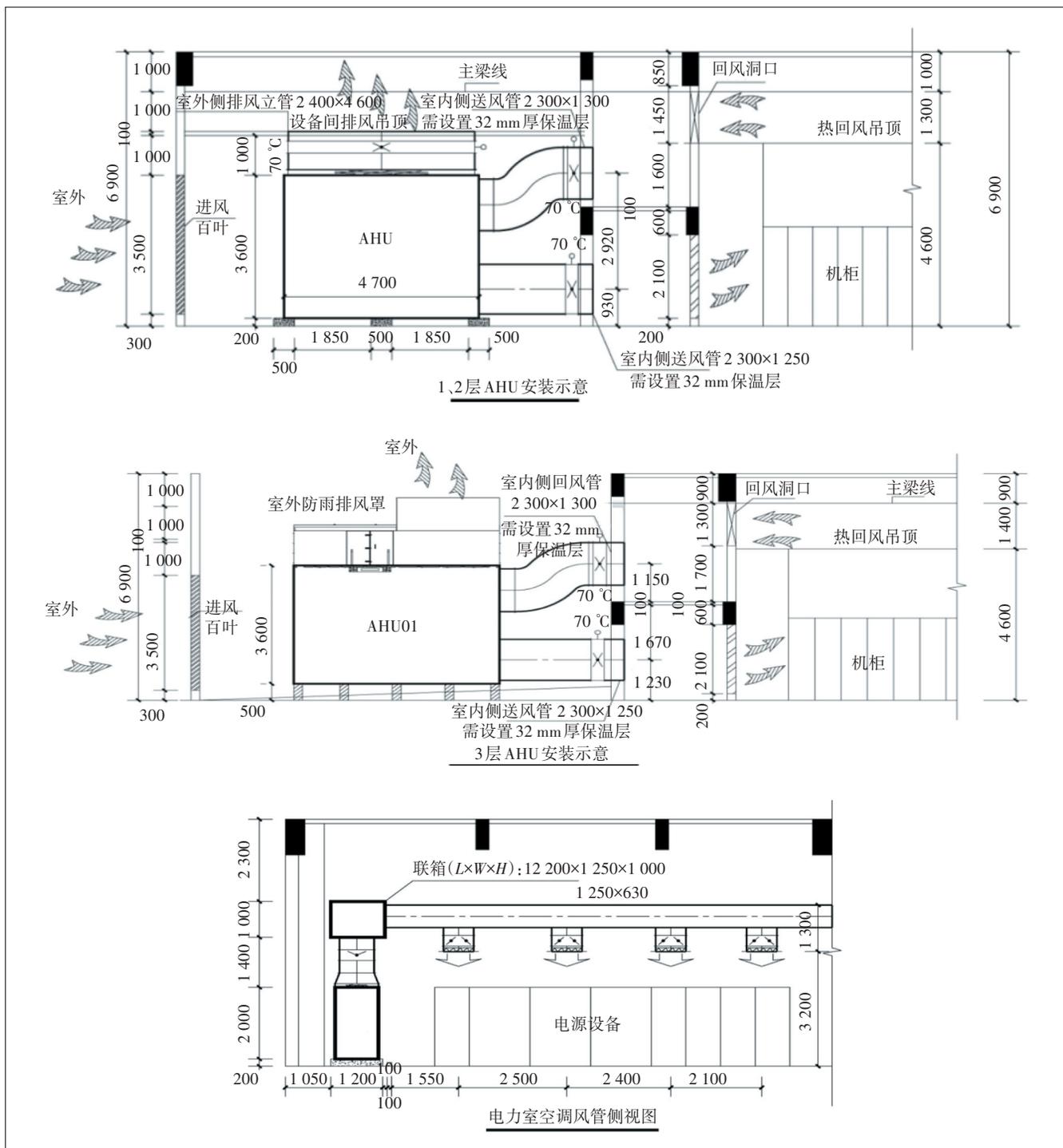


图3 各层空调气流组织形式

电力用房区域气流组织:电力室室内机末端采用风管上送风,机组正面回风的气流组织形式。

3.3 空调补水系统

目前空调系统的WUE峰值约为1.7 L/kWh,是传统水冷集中空调的0.8~0.9倍。这主要是因为间接蒸发冷却空调室外侧的风系统先经过喷淋后经过冷凝器,也就是散热量既可以通过潜热又可以通过显热散发到环境中,而传统水冷集中空调主要通过冷却塔的潜热将能量散发到环境中^[8]。

空调系统全年平均WUE约为0.71 L/kWh,是传统的水冷集中空调的0.3倍。这主要是因为间接蒸发冷却空调冬季为干模式运行,几乎不耗水,其他季节耗水量也较少(见图4)。

3.4 不间断制冷

机房设置不间断制冷系统,保证最不利工况即混

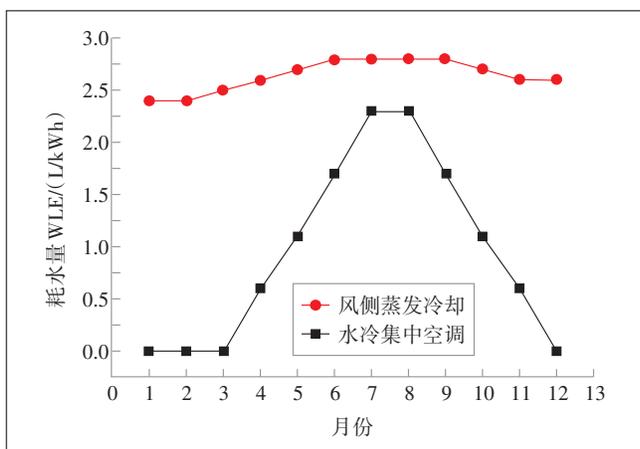


图4 间接蒸发冷却空调和水冷集中空调冷却塔耗水量对比

合模式的不间断制冷,对空调的室内外风机、喷淋模块、压缩机模块进行UPS保证,保障在市电中断后到油机启动前这段时间中空调系统不间断供冷,保障时间按满足数据机房正常运行15 min考虑。

3.5 余热回收及冬季防冻

余热回收的主要原理为利用空气源热泵将空气中的热能通过压缩转换为室内的热能,所以空气中的热能越高,转换效率越高^[9]。空调制冷方式通过空气中的冷换热降低机房温度,排出热量到室外,收集排出的热量循环进入空气源热泵,通过气流组织模拟,空调出风口区域温度比正常室外温度高12℃左右。当地区采暖室外计算温度为-16.9℃时,按照设计出水温度为45℃,在此工况下空气热泵的COP约为2.4,且机组的制热能力与额定工况(室外为7℃)相比,总量衰减约45%。而利用空调室外侧的高温排风,可将空气源热泵进口温度提升约10℃(室外空空换热器设计换热温差为13℃,已考虑3℃的损耗),即冬季空气源热泵实际工作环境的平均温度在-6.9℃左右,按照设计出水温度为45℃,在此工况下空气热泵的COP约为2.82,能效提升约17.5%,且制热能力与额定工况相比,总量衰减约26%,机组最大制热能力提升。故本次空气源热泵的余热回收利用,不仅可提高机组能效,而且还可减少空气源热泵设备投资。余热回收气流组织模拟如图5所示。

根据室外温度判断进入采暖季节后,自动排空供水管路、喷淋管路及水盘中的水,防止结冰^[10]。机组预设相关报警,通过检测室外进风及室内回风温度

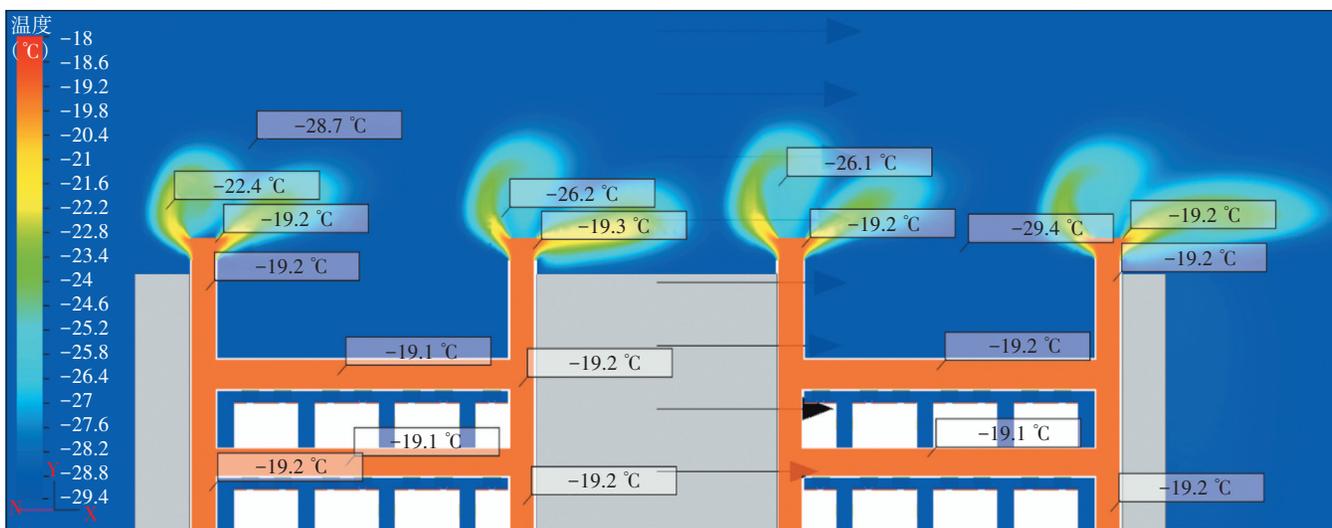


图5 余热回收气流组织模拟

值,结合现场环境条件以及负载情况,判断机组是否要进行防止结露以及结冰的相关动作。如判断有发生结露或者结冰的风险,机组将自动进行相关动作(降低室外风机转速,甚至关闭室外风机;增大室内风机转速,提高送风温度)来防止风险的发生。对于机组出现了少量冷凝水的情况,冷凝水不直接排放至室外,而是走室内循环通道,防止结冰,以顺利排至机房室内。

3.6 氟泵空调灵活部署和节约空间

室内机可采用房间级、列间、背板、顶置式等任意形式多容量、多类型灵活多联(见图6),不同形式和制冷量规格的室内机均可任意组合^[11]。可根据业务需求,灵活增减室内机,实现室内机的快速扩展和维护,充分适应机房算力负载高功耗且多变的特征。

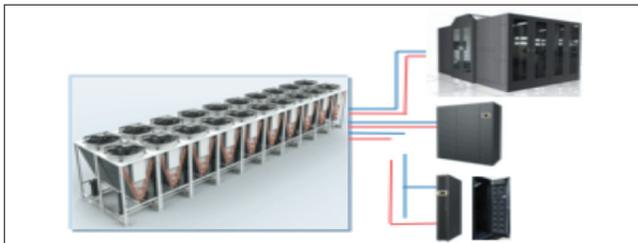


图6 末端灵活部署示意

氟泵多联空调室外机采用压缩机、氟泵集成技术,将压缩机系统和氟泵组件集成在单个室外机模块中,大大节省占地面积。根据室外气温变化,自动选择运行模式实现数据机房全年24h恒温恒湿不间断运行,在实现安全运行的同时将节能降耗、空间利用最大化,年平均能效比可达到5.0左右,可节约占地面积 $\geq 28\%$ 、节约占用空间 $\geq 36\%$ 。图7给出了节约安装空间示意。

4 结论及建议

a) 机房空调一年四季都需要制冷,过渡季节室外

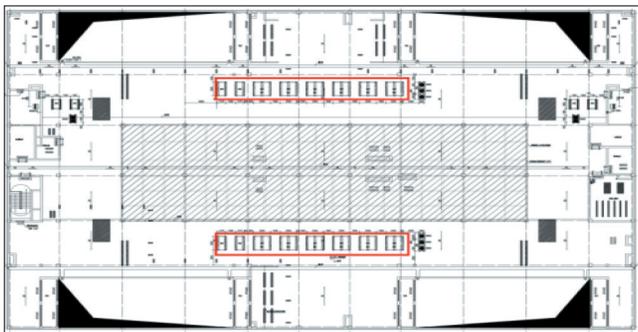


图7 节约安装空间示意

温度低于室内温度时,自然界存在着丰富的冷源。自然冷却是节能效果比较好的节能技术,不仅给用户节约了大量的电费,也符合全球低碳节能的战略。在我国北方地区,室外气温低于 0°C 的天数占全年的百分比相当可观,氟泵多联空调在以上地区的节能效果明显。室外温度越低,氟泵多联空调机组能效比越高,节能效果越明显。

b) 数据中心可持续稳定产生大量热量,采用余热回收技术将回收的热量用于供暖,可有效提高整个数据中心的综合能源利用效率。根据理论计算,相较于传统供暖方案,数据中心余热回收与空气源热泵相结合的供暖方案的节能性和经济性效果显著。

参考文献:

- [1] 温涛. 四部门发布《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》大数据中心助力数字经济蓬勃发展[J]. 中国经济周刊,2021(10):90-91.
- [2] 陈广闯,张军. 数据中心自然冷却技术研究综述[J]. 建筑热能通风空调,2020,39(7):46-51.
- [3] ASHRAE T C 9.9. 数据处理环境热指南[M]. 沈添鸿,杨国荣,陈巍,译. 2版. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [4] 黄翔. 蒸发冷却空调原理与设备[M]. 北京:机械工业出版社,2019.
- [5] 陆耀庆. 使用供热空调设计手册[M]. 2版. 北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [6] 熊慧亮,涂祥宇. 数据中心工程中暖通系统节能措施的分析[J]. 现代信息科技,2019,3(14):89-90.
- [7] 住房和城乡建设部. 《全国民用建筑工程设计技术措施—暖通空调·动力》(2009)[EB/OL]. [2024-01-16]. <https://www.soujianzhu.cn/NormAndRules/gfnr.aspx?id=282&conid=6412>.
- [8] 黄翔,李婷婷,刘凯磊,等. 乌鲁木齐某数据中心热环境分析及气流组织优化研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版),2019,51(1):104-108.
- [9] 张海南,邵双全,田长青. 数据中心自然冷却技术研究进展[J]. 制冷学报,2016,37(4):46-57.
- [10] 张华. 数据中心空调节能技术探讨及新型机械冷却+自然冷却空调技术研究[J]. 上海节能,2016(7):376-379.
- [11] 吴一凡. 数据中心自然冷却技术的现状探讨[J]. 节能,2018,37(7):103-105.

作者简介:

吴祥辉,工程师,硕士,主要从事数据中心基础设施建设;王凯,工程师,硕士,主要从事空调研发;安冬,工程师,学士,主要从事数据中心基础设施相关咨询设计;许俊,高级工程师,一级注册建筑师,学士,主要从事数据中心基础设施相关咨询设计工作。