

国家绿色数据中心先进适用技术产品（第二批） 原理及应用案例（精选）

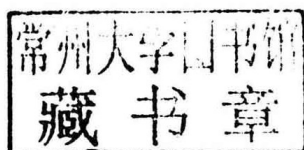
中国电子学会 © 编著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

国家绿色数据中心先进适用技术产品（第二批） 原理及应用案例（精选）

中国电子学会 编著



 科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北京 ·

图书在版编目（CIP）数据

国家绿色数据中心先进适用技术产品（第二批）原理及应用案例：精选 / 中国电子学会编著. —北京：科学技术文献出版社，2018. 5
ISBN 978-7-5189-4207-7

I. ①国… II. ①中… III. ①计算机中心—高技术产品—介绍—中国
IV. ①TP308

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 079529 号

国家绿色数据中心先进适用技术产品（第二批）
原理及应用案例（精选）

策划编辑：孙江莉 责任编辑：杨瑞萍 李 晴 责任校对：文 浩 责任出版：张志平

出 版 者 科学技术文献出版社
地 址 北京市复兴路15号 邮编 100038
编 务 部 (010) 58882938, 58882087 (传真)
发 行 部 (010) 58882868, 58882874 (传真)
邮 购 部 (010) 58882873
官 方 网 址 www.stdp.com.cn
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 北京地大彩印有限公司
版 次 2018 年 5 月第 1 版 2018 年 5 月第 1 次印刷
开 本 710×1000 1/16
字 数 126 千
印 张 8
书 号 ISBN 978-7-5189-4207-7
定 价 98.00 元



版权所有 违法必究

购买本社图书，凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责调换

《国家绿色数据中心先进适用技术产品（第二批） 原理及应用案例（精选）》指导委员会

林润华 刘明亮 王 娟 阳紫薇 胡汪洋
辛小光 康 楠 刘健民 王 景

《国家绿色数据中心先进适用技术产品（第二批） 原理及应用案例（精选）》编著人员名单

主 编：郭 丰 中国电子学会

参与编写人员：（以本书呈现的技术顺序排列）

顾剑彬 广东申菱环境系统股份有限公司

庞晓风 北京纳源丰科技发展有限公司

郭小飞 深圳英维克科技股份有限公司

李 棒 深圳绿色云图科技有限公司

王 莉 联想（北京）信息技术有限公司

曹 强 武汉光忆科技有限公司

孙治刚 北京思博康科技有限公司

陈文胜 深圳市共济科技股份有限公司

林 立 中科赛能（北京）科技有限公司

陈伦维 深圳市佰特瑞储能系统有限公司

张 玲 中国电子学会



前言

为引导数据中心积极采用先进节能环保技术，推动绿色数据中心建设，中国电子学会配合工业和信息化部组织开展了第二批绿色数据中心先进适用技术产品筛选工作。经企业申报、各地工业和信息化主管部门及行业协会推荐、专家评审、网上公示，遴选产生了《绿色数据中心先进适用技术产品目录（第二批）》，并由工业和信息化部正式公告发布（2018年第5号）。为了方便数据中心用户单位综合掌握绿色数据中心建设所涉及的各方面技术的最新发展趋势，我们精选了部分入选该目录的技术产品，在相关主管部门和专家的指导下，组织相关企业共同编著了本书。

我们将各项技术按照《绿色数据中心先进适用技术产品目录（第二批）》内的顺序进行排列，并精心构架了每项技术资料的组织脉络，由介绍技术产品本身所属的类别和适用领域开始，从所面临的技术问题入手，比较详细地讲述了技术原理、技术特点及技术应用的效果，并进一步给出了包括经济、环境效益分析的具体技术指标，以及具体应用场景和实际应用实例的情况，同时简要介绍了技术提供企业的情况。希望由此可以帮助用户更深入地理解相应技术。

需要说明的是，本书所介绍的技术产品的功能和特征仅代表本书出版时的技术发展水平，随着技术的不断进步，以及系统设定和应用环境等因素的调整，各技术产品的技术指标也可能会有所调整，在实际应用时需要用户与技术提供企业进行进一步的沟通。

衷心希望本书的出版发行能够为中国数据中心行业的绿色发展和国家绿色数据中心的建设工作尽绵薄之力。

中国电子学会
2018年4月

图书购买或征订方式

关注官方微信和微博可有机会获得免费赠书



淘宝店购买方式:

直接搜索淘宝店名: 科学技术文献出版社



微信购买方式:

直接搜索微信公众号: 科学技术文献出版社



重点书书讯可关注官方微博:

微博名称: 科学技术文献出版社



电话邮购方式:

联系人: 王 静

电话: 010-58882873, 13811210803

邮箱: 3081881659@qq.com

QQ: 3081881659

汇款方式:

户 名: 科学技术文献出版社

开户行: 工行公主坟支行

帐 号: 0200004609014463033



目录

蒸发冷却式冷水机组	1
高效热管列间空调	6
IF 多联式泵循环自然冷却机组	18
XFlex 模块化间接蒸发冷却机组	25
直接蒸发式高效风墙冷却系统	32
数据中心液/气双通道精准高效致冷系统关键技术	38
数据中心用 DLC 浸没式液冷技术	44
温水水冷服务器	54
磁光电融合大容量光盘库	62
机柜/热通道气流自适应优化技术	69
精密空调调速节能控制柜	77
移动式能效环境集成测量系统	86
ECO Plus 电池智能管理系统	94
《绿色数据中心先进适用技术产品目录（第二批）》	103

蒸发冷却式冷水机组

一、领域/类别

能源效率提升领域/制冷冷却类别。

二、适用范围

适用于新建数据中心、老旧数据中心改造。

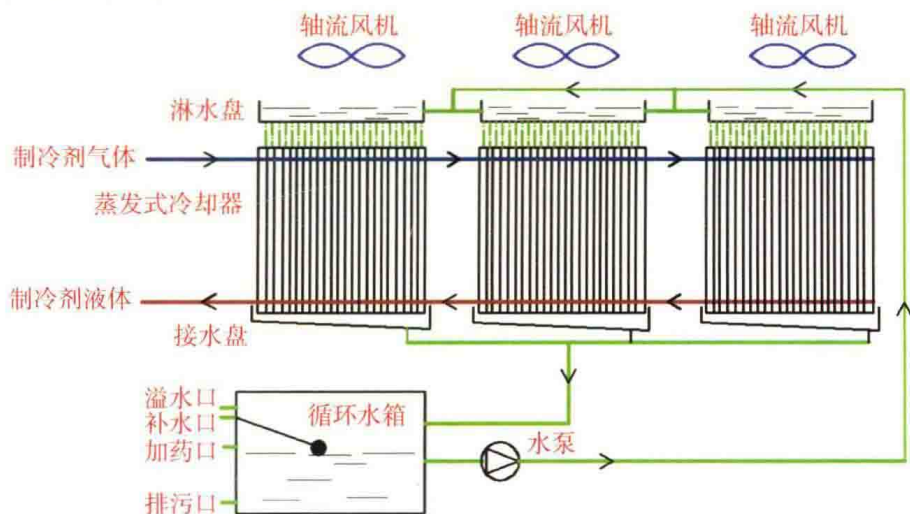
三、技术原理

（一）要解决的技术问题

数据中心能耗大，冷源侧能耗占比 70% 以上，水冷冷源侧水耗占比 85% 以上，成为制冷系统关注的焦点。申菱通过减少换热环节，结构优化，降低无效水耗，简化运维动作，实现了数据中心绿色节能效果。

（二）原理描述

蒸发冷却式冷水机组以水和空气作为冷却介质，利用空气的流动及水分的蒸发带走制冷剂的冷凝热。工作时冷却水通过水泵被送到淋水盘，并均匀淋到蒸发式冷凝器表面后形成连续、均匀的水膜。同时风机强迫空气掠过蒸发式冷凝器表面促使水膜强化蒸发吸热，使得蒸发式冷凝器内部的制冷剂由高温气态冷凝成中温液态；蒸发的水蒸气随空气排走带走热量提高换热效率，而未蒸发的水分会滴落到水箱，并通过水泵形成冷却水循环，降低水耗。技术原理图如下。





（三）创新之处

1. 集成度高：取消冷水机房、取消冷却塔。
2. 模块化设计：模块化结构，组合灵活，自由组合最多可达 16 个模块。且互为备用，根据客户需要自动开启对应机组台数，当某一台运行机组发生故障，其他备用机组仍可正常运行。
3. 独创专利技术蛇形管蒸发式冷凝器，换热管连续弯曲成型，中间无任何焊点，无腐蚀泄漏风险；换热管表面水膜均匀，无干点、不结垢；每排换热管中间留有间隙，简易的硬质毛刷可方便清洗换热管表面，维护保养便捷。

（四）技术应用效果

蒸发冷却式冷水机组是蒸发冷凝技术的开发应用，能够为各行各业提供能效更高、无须冷却塔、系统更为紧凑、控制更方便的新型节能空调产品，节省安装占地面积，与传统的水冷式冷水机组相比，可以节电 16% 以上，节水 50% 以上，具有显著的节能效果。

四、主要性能指标

1. 节能：机组性能系数大于 4.0。
2. 节水：相比传统水冷主机系统节水 50% 以上。
3. 节地：相比传统水冷主机系统节地 30% 以上。

一体化蒸发冷却冷水机组较传统水冷冷水机组，节水 54%，节能 16%，机组寿命 20 年运行总费用节省 18%，具体如下表所示。

蒸发冷却式冷水机组与传统水冷冷水机组经济效益对比表

项目	传统水冷冷水机组	一体化蒸发冷却冷水机组
制冷量/kW	518.40	517.10
压缩机功率/kW	92.10	92.70
压缩机 COP	5.63	5.58
冷却风机功率/kW	—	8.80
冷却塔功率/kW	4.00	—
冷却水泵功率/kW	30.00	4.00
系统总功率/kW	126.10	105.50
系统能效比	4.11	4.90

续表

项目	传统水冷冷水机组	一体化蒸发冷却冷水机组
耗水量/(m ³ /h)	1. 58	0. 73
每年制冷运行电费/元	773 245. 20	646 926. 00
每年制冷运行水费/元	29 065. 68	13 429. 08
每年制冷运行总费用/元	802 310. 88	660 355. 08
机组寿命 20 年运行总费用/元	16 046 217. 60	13 207 101. 60

注：1. 机组每天制冷运行 8 h，每年制冷运行 180 天，满负荷系数 0. 7。
2. 电费 1 元/(kW · h)，水费 3 元/m³。
3. 土建投资 5000 元/m²。

五、应用实例

(一) 应用场景

模块化设计，可根据不同项目冷量的需求自由组合不同型号的基本模块以形成不同规格的机组，组合方式灵活方便，冷量覆盖范围相当大，多个模块（2~8 个模块）并联运行，方便快捷地实现机组系统容量的扩充，极具产品技术优越性，安装方式灵活，有风道嵌装、风井嵌装、机房安装、露天安装。

蒸发冷却式冷水机组（带自然冷却）如下图。



(二) 具体应用实例

北京某项目，使用带自然冷却功能的一体化蒸发冷却冷水机组。该机组采用露天安装，以空气和水为冷源，以冷媒水作为供冷介质，并在过渡



季节和冬季利用室外低温空气实现自然冷却运行。工程现场图如下。



六、技术应用现状和推广前景

蒸发冷却式冷水机组适用于缺水、相对湿度不高的地区。相对于其他传统的水冷冷水机组、风冷冷水机组，蒸发冷却式冷水机组集成度高，取消冷水机房、冷却塔，从根本上解决了传统水冷冷水机组冷却塔安置问题，从而也避免了冷却塔的噪声。目前蒸发冷却式冷水机组市场容量3亿元，其能效比达4.0以上，节能效果明显，风冷冷水机组能效比为2.4~3.4，传统水冷冷水机组能效比（包含冷却塔、冷却水泵）约为3.8。且集成冷却塔、冷却水泵及冷却水管路，节省机房建设，节省初投资。蒸发冷却式冷水机将会进一步抢占风冷冷水机和水冷冷水机的市场份额。

七、技术提供方

1. 企业名称：广东申菱环境系统股份有限公司。
2. 企业 logo



3. 企业简介

广东申菱环境系统股份有限公司（以下简称“申菱”）创建于2000年，是集研发、制造、销售、工程安装和服务于一体的国家火炬计划重点高新技术企业；是国家制冷设备产品生产许可证首批获证企业、专业特种空调国家标准制定单位、国家“十二五”科技支撑计划项目承担单位，具备机电设备安装工程专业承包一级资质。

申菱拥有国家级企业技术中心、国家级博士后科研工作站、2个省级



技术中心、8 个研究所、10 个产品开发室、13 个国家级实验室及 20 多个合作科研院所。申菱主导起草制定了 3 项特种空调国家标准，参与起草 19 项国家标准和行业标准，获得“国家认定企业技术中心”“国家技术发明奖”等殊荣。

4. 联系方式

联系人：海燕

手机号码：15112298656

地址：广东省佛山市顺德区陈村镇机械装备园兴隆十路 8 号

邮编：528313

电话：0757—23832888

传真：0757—23353300

Email: ict@shenling.com

网址：www.shenling.com

微信公众号：申菱环境



八、相关证书



高效热管列间空调

一、领域/类别

能源效率提升领域/制冷冷却类别。

二、适用范围

广泛适用于大、中、小型的数据中心，单机柜设计功率 1 ~ 20 kW 均可适用，设备安装不需要架空地板，具有水不进机房、灵活快速部署的特点。

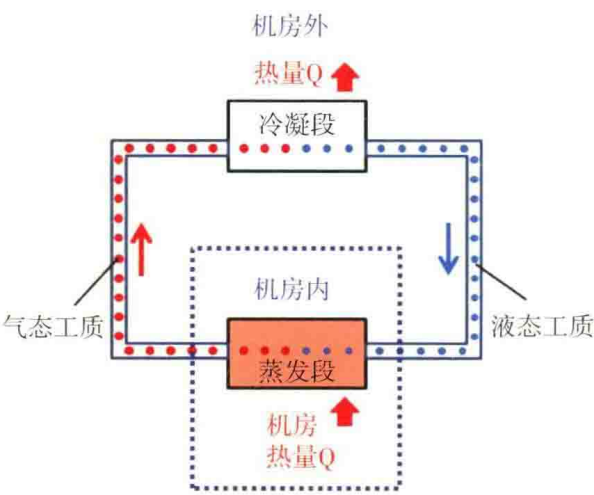
三、技术原理

（一）要解决的技术问题

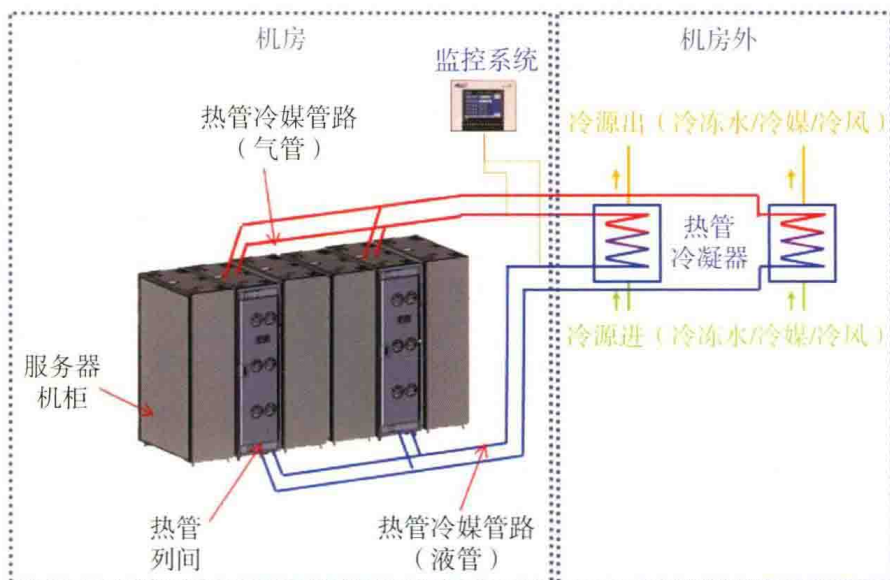
数据中心能耗与日俱增，空调系统能耗约占数据中心能耗的 40%，能耗巨大。而传统空调系统存在气流组织紊乱，局部过热；机房空调运行紊乱，加湿/除湿同时进行；对自然冷源节能措施应用少，系统能耗大等问题。

（二）原理描述

高效热管列间空调冷却技术是在重力作用下，通过小温差驱动热管系统内部循环工质的气液相变循环，把数据中心的热量带到室外，其内部的运行不依靠外力（泵）。热管运行原理图如下。



高效热管列间空调末端的液态制冷剂在末端内吸热蒸发变成气态，通过制冷剂管路流向机房外的热管冷凝器，并在热管冷凝器中冷凝成液态；液态制冷剂在重力的作用下，沿制冷剂管路（液管）回流至空调末端。高效热管列间空调系统原理图如下。



（三）创新之处

1. 高效热管列间空调冷却技术是热管冷却技术在 IDC 数据中心的创新应用。将大空间集中制冷转变为局部区域按需制冷，减少冷量损失、冷源输送；结合热管依靠内部温差自动运行，不需要外部动力，系统节能效果显著。
2. 采用与设备解耦的封闭冷/热通道技术，空调、封闭通道先行实施，灵活封闭，兼容各种标准、异形机柜的业务设备后装。

（四）先进性

与传统机房空调制冷设备相比，热管设备的额定功率只有精密空调的 1/5（通常风冷精密空调系统的制冷 COP 为 3.0，制冷整体 EER 约为 2.5，而热管系统的制冷效率 EER 可达到 10 以上），相对于传统空调，通常可节约空调全年用电量的 30% ~ 40%。

（五）技术应用效果

1. 气流组织形式：从热通道吸入热风，向冷通道吹入冷风，机柜从冷通道吸入相应的冷风，进入设备就近冷却，避免产生局部热点。
2. 高效热管列间空调的设备安装、布管灵活便捷，机房不需要设置



架空地板，机房结构稳固，且有效降低了机房对层高的要求。

3. 采用高效热管列间空调，数据中心机房空调系统末端 PUE 因子可小于 0.02，且无水进入机房，末端冷媒流量完全自励式控制，不需要冷媒调节阀，可靠性高，并实现模块化、标准化建设。

标准机柜区域冷通道如下。



异形机柜区域冷通道如下。



四、主要性能指标

（一）指标描述

1. 末端 COP：高效热管列间空调末端的能效比（COP） ≥ 40 。

2. 末端 PUE 值：IDC 机房采用高效热管空调系统的末端 PUE 值 ≤ 0.02 。

3. 温控指标：满足 GB 50174—2017 对机房环境的控制要求（18 ~ 27℃，露点温度宜为 5.5 ~ 45℃，同时相对湿度不宜大于 60%）。

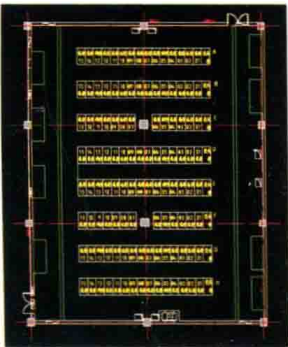
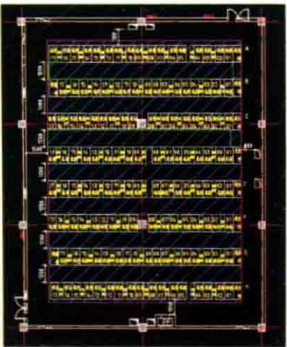
（二）经济效益分析

以典型 IDC 机房为例分析：单机柜功率为 5 kW，机房尺寸为 21.6 m × 16.8 m，面积约为 360 m²。

1. 方案比较

采用高效热管列间空调冷却方案的数据中心，相同面积下，与冷冻水精密空调方案相比，可增加机柜安装数约 17%，具体如下表所示。

冷冻水精密空调与高效热管列间空调方案对比表

空调方案	冷冻水精密空调	高效热管列间空调
单机柜功率	5 kW	5 kW
IT 机柜可装机数量	116 台 	136 台 
	双侧送风，设置 2 个空调设备间，布置 100 kW 空调 × 8 台（6 用 2 备）。 考虑冷量冗余 20%，机房可布置机架功率为：5 kW × 116 台 = 580 kW	单侧布置分配冷凝模块。 根据机房空间可布置机架 136 台。 机架数量增加 17%， （IT 设备装机功率：5 kW × 136 台 = 680 kW）。 高效热管列间空调单位体积制冷量大，可大幅提高机房的 空间利用率
空调末端数量	8 台（6 用 2 备）	60 台
单台空调末端制冷量	100 kW	15 kW
输入功率	8.3 kW	0.35 kW



2. 空调系统配电需求

在本次案例分析中，空调系统配电需求均按照 IT 设备负载 680 kW 计算，即机房布置机架 136 架。

采用高效热管列间空调冷却方案的数据中心，单机柜空调系统的配电量需求比冷冻水精密空调方案少 1.11 kW/机柜，配电投资降低 0.67 万元/机柜，具体如下表所示。

冷冻水精密空调与高效热管列间空调配电需求对比表

项目	冷冻水精密空调	高效热管列间空调
空调末端风机配电	100 kW 冷冻水精密空调末端×8 台（6 用 2 备）。 冷冻水精密空调风机配电为 $8.3 \text{ kW} \times 6 \text{ 台} = 49.8 \text{ kW}$	高效热管列间空调×60 台的配电为 $0.35 \text{ kW} \times 60 \text{ 台} = 21 \text{ kW}$
加湿配电	冷冻水精密空调采用电极加湿，每台加湿功率为 9 kW（加湿量 13 kg/h），加湿配电为 $9 \text{ kW} \times 6 \text{ 台} = 54 \text{ kW}$	加湿除湿一体机每台功率为 1.3 kW（加湿量 8 kg/h），加湿除湿一体机配置 2 台，加湿除湿配电 = $1.3 \text{ kW} \times 2 \text{ 台} = 2.6 \text{ kW}$
冷机配电	采用常规冷水机组，冷机能效比（COP）为 4.5，选用 680 kW 冷量的冷机，则冷机配电为 $680 \text{ kW} \div 4.5 \approx 151 \text{ kW}$	采用高温冷水机组，冷机能效比（COP）为 5.5，选用 680 kW 冷量的冷机，则冷机配电为 $680 \text{ kW} \div 5.5 \approx 124 \text{ kW}$
合计	254.8 kW	147.6 kW
折合单机柜空调配电	2.20 kW/机柜	1.09 kW/机柜
折合单机柜空调配电投资 (配电基础设施按 0.6 万元/kW 计算，含变压器、电缆、高低压配电、UPS、柴油发电机等)	1.32 万元/机柜	0.65 万元/机柜