

过冷水

动态冰浆蓄冷机组

DYNAMIC ICE-SLURRY UNIT

中科广能能源研究院(重庆)有限公司

中科广能低碳能源技术研究院

中科院广州能源研究所燃气热泵研究中心

重庆市引进类高端新型研发机构

过冷水
动态冰浆蓄冷

——划时代的冰蓄冷技术

冰源热泵

——近冰点气候地区的
最佳热泵供热解决方案

超层流水蓄冷

——理念先进的水蓄冷技术

中科广能能源研究院（重庆）有限公司

ZKG Energy (Chongqing) Research Institute Co.,Ltd.

地址:重庆市沙坪坝区振华路51号万普隆能源科技产业园1期

邮箱:zkg@zkgenergy.com

网址:www.zkgenergy.com

技术咨询:胡博士 13113331827

业务合作:程总 13808328981



中科广能微信公众号

创新创造价值 专业树立口碑

目录

DYNAMIC ICE-SLURRY UNIT

公司介绍	01
过冷水动态冰浆技术	03
冰蓄冷空调应用	09
冰源热泵应用	10
超层流水蓄冷技术	12

研发团队

研究院现有专职和兼职科研人员70余人，其中硕士和博士占比超过50%涉及制冷系统、振动与噪音、控制系统、发动机、结构设计等专业技术领域，组建了一支拥有强大创新实力的技术团队。同时研究院创立了由中国科学院院士、国家杰出青年基金获得者、国家万人计划等专家人才组成的学术委员会，为研究院的创新发展提供了强劲支撑。

研究院由中科院广州能源研究所冯自平教授担任法人和院长。冯自平教授是中科院广州能源研究所储能技术研究室主任、博士、二级研究员、博导，中科院“百人计划”引进国外杰出人才、中科院知识创新工程学术带头人、中国科学院大学教授、中国科学技术大学教授。

2020年，中科广能的过冷水冰浆技术入选中国制冷学会“新中国成立70周年暖通空调与制冷行业创新成果”。过冷水冰浆是新一代的天然载冷介质和蓄冷介质，凭借储冷密度大、制冰能效高、可通过泵和管道输送等技术优势，在众多领域有巨大的应用潜力。冯自平教授自2004年起带领团队先后攻克了过冷水稳定换热、高效促晶、集成控制等关键核心技术，成功获得了具有完全知识产权的过冷水冰浆制取技术及装备，打破了日本在该领域的技术垄断。截止目前已建成工程案例五十余项，成功实现了产业化应用，整体技术达到国际先进水平。



公司简介

中科广能能源研究院(重庆)有限公司是中科院广州能源研究所在重庆设立的具有新型高端研发机构资质的低碳技术产业化公司。受沙坪坝政府邀请，中科院广州能源研究所委托首席科学家冯自平教授（二级研究员、博士生导师）到重庆创立中科广能能源研究院（重庆）有限公司。公司以新能源、可再生能源、工业和建筑节能领域的技术研发及产业化为核心，前期主要以燃气热泵（GHP高温热泵、动态冰蓄冷等技术进行成果转化，在重庆打造一流的低碳产业集群。

中科广能能源研究院（重庆）有限公司公司集研发、生产及销售于一体。2020年9月获批重庆市新型高端研发机构，2021年6月获批重庆市博士后科研工作站。现有5000平的厂房（位于重庆市高新区科学城科技产业园）作为研发和生产的基地，已建成年产3000台设备的生产线。工厂现已通过ISO9001、ISO14001、ISO45001等认证。公司现有GHP冷热水机组、GHP多联机、高温热泵、流态化冰蓄冷机组、水源热泵热水机等多款产品，对各种工商业建筑冷暖及生活热水提供全套服务，可为用户提供全方位的低碳节能技术方案设计规划。

Dynamic Ice - Slurry Unit

过冷水式 动态冰浆 蓄冷

——划时代的冰蓄冷技术

DISU
Dynamic Ice - Slurry Unit

关于过冷水动态冰浆

过冷水动态冰浆是利用普通清水具有的过冷特性，采用高效板换换热技术制取的一种流态化冰水混和物（冰浆）。水在一定条件下具有低于0℃而仍然保持不结冰的液体状态的天然特性，这种低于冰点温度仍然保持液态的水就叫作过冷水，一般自来水可以在低至-6℃以下仍能保持液态。DISU采用专用板式换热器，通过制冷剂或乙二醇载冷剂把0℃水冷却成-2℃过冷水，在过冷水离开换热器后再通过超声波对其进行辐射促晶，解除过冷状态，瞬时生成含有一定冰晶含量的0℃冰水混和物（冰浆），并通过管道送入蓄冰槽储存。冰浆在蓄冰槽中因为密度差最终形成冰浆在上，0℃水在下的自然分层状态。下部0℃水被循环送入DISU，周而复始地制取冰浆，最终可使水槽内全部充满冰层，IPF可达50%。

DISU技术是目前效率最高、能耗最低的一种制冰方式，也是唯一可以稳定得到0℃清水冷源的技术。采用DISU技术制取的冰浆为清水冰浆，无须添加任何化学药剂，是真正安全、卫生、环保的冰浆。通过DISU制取并储存满冰浆的蓄冰槽，既可以从其上部取出含水量较低的冰浆直接消耗使用，又可以从其底部抽取0~4℃的高品位低温冰水用于空调供冷或工艺冷却，从而可以满足各种应用场景的需求，比如空调蓄冷、冰源热泵、乳品冷却、人工造雪、冰块制造等。

在中央空调领域，采用DISU的冰蓄冷应用可以利用峰谷电价政策大大降低空调运行费用，同时缓解电网峰谷矛盾。冰浆还具备实现大温差送水、大温差送风、温/湿度独立控制等节能技术应用的优良条件。在近冰点气候地区，DISU还可以作为热泵机组的热源提取端（即冰源热泵），解决常规水源热泵在近冰点气候条件下无法适用的问题。

本技术入选：

国家发改委《国家重点节能技术推广目录（第四批）》（2011年）

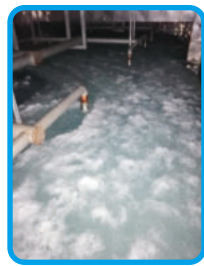
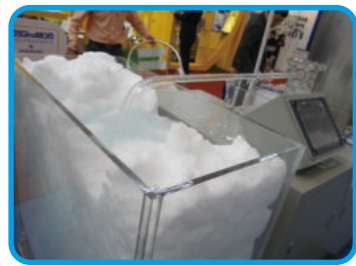
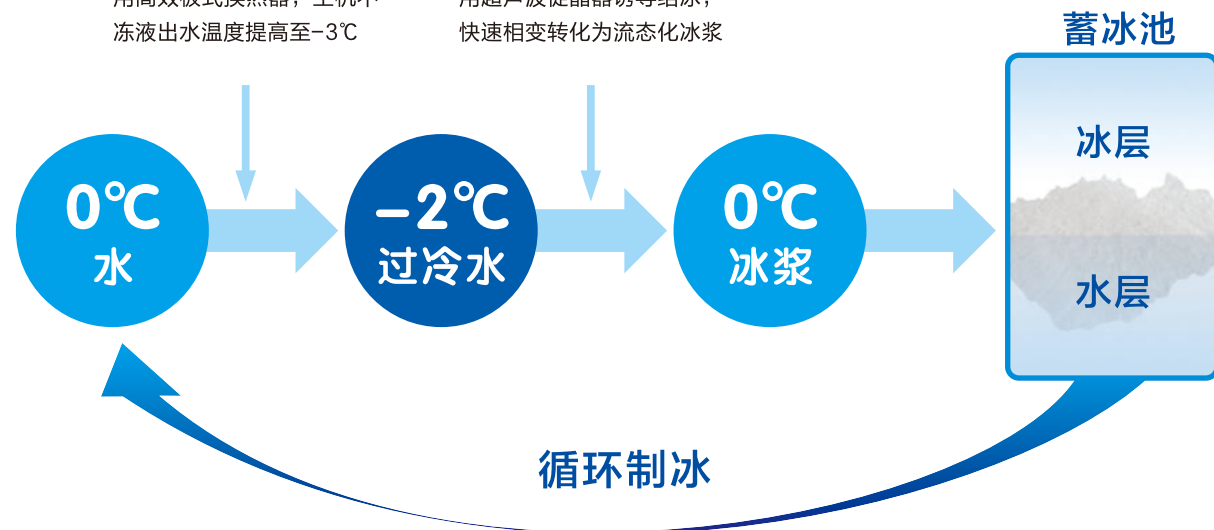
国家发改委《国家重点节能低碳技术推广目录》（2015年）

本技术由中国制冷学会组织技术鉴定，鉴定结论为“整体达到国际先进水平”（STE201809J02CAA，2018年）

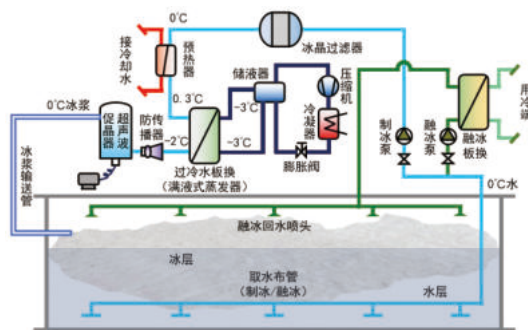
DISU原理

本过程**只换热不结冰**，采用高效板式换热器，主机不冻液出水温度提高至-3℃

本过程**只结冰不换热**，采用超声波促晶器诱导结冰，快速相变转化为流态化冰浆

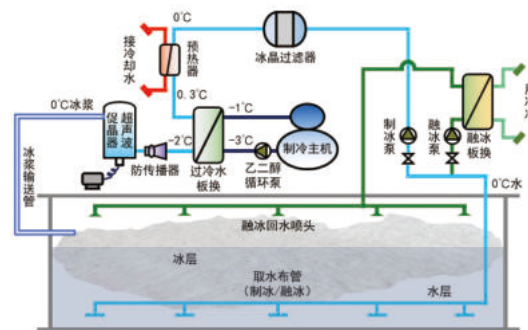


直接式过冷水动态冰浆系统



- 过冷水冰浆系统包含制冷主机，二者集成为同一个撬块，采用满液式蒸发，过冷水板换即制冷系统蒸发器
- 冰水同制冷剂直接换热，中间无乙二醇载冷循环
- 制冷剂蒸发温度恒定-3℃，制冰工况下系统综合COP高于4.0
- 制冷剂可选择氨[R717]或氟利昂[R22、R507A]

间接式过冷水动态冰浆系统

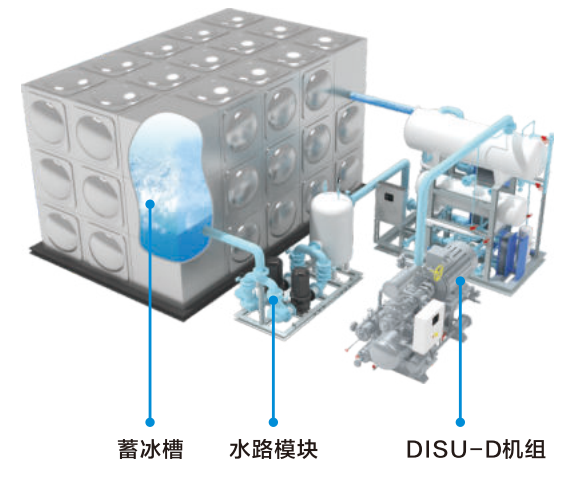
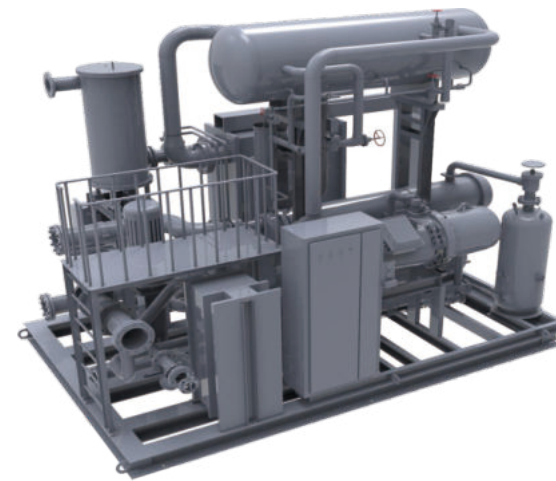


- 过冷水冰浆系统不包含制冷主机，可与任意第三方品牌制冷主机匹配使用
- 冰水同第三方制冷主机之间通过乙二醇载冷剂循环传递冷量（有乙二醇循环泵）
- 乙二醇循环供液温度恒定-3℃，制冷主机冷媒蒸发温度 $\geq -5^\circ\text{C}$ ，制冰工况下系统综合COP高于3.0

DISU 冰浆机组产品

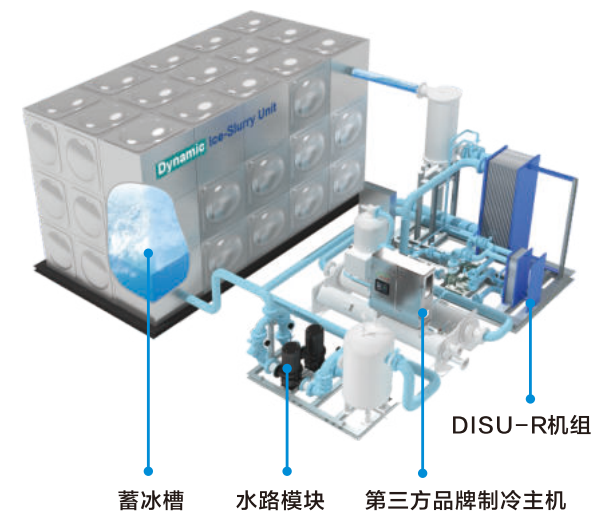
直接式冰浆机组 — DISU-D系列

— 包含制冷主机系统，无乙二醇中间载冷循环，制冷剂与冰水直接换热



间接式冰浆机组 — DISU-R系列

— 不含制冷主机，制冷剂与冰水之间通过乙二醇中间载冷循环传递冷量，可与任意第三方品牌制冷主机匹配使用



产品型号命名规则

DISU - D - 017

制冰工况下额定制冷能力，单位RT

D 直接式

R 间接式

直接蒸发式动态冰浆机组（ DISU-D 系列）

项目		型号	DISU-D-017	DISU-D-085	DISU-D-150	DISU-D-200	DISU-D-250
制冰量 [t/h]			0.5	2.5	4.5	6	7.5
制冷量 [kW/RT]	空调工况	77/22	351/100	610/173	913/260	1264/360	
	制冰工况	60/17	299/85	528/150	703/200	879/250	
制冷系统	压缩机类型	半封闭变频螺杆压缩机					
	制冷剂	R507/R22					R717
	制冷剂充注量 [kg]	120	425	550	800	1000	
	设计压力 [MPa]	高压： 2.3 / 低压： 1.7					
	蒸发温度 [°C]	-3.0					
	冷凝温度 [°C]	45	35				
	冷却方式	风冷	水冷				蒸发冷
	冷却介质温度 [°C]	-15~+35	13.5~33				-15~+33
	冷却水进 / 出口温度 [°C]	--/--	28/33				* 排热量： 1470kW/418RT
冷却水流量 [m³/h]	--/--	75	125	190			
冰水循环	循环介质	自来水（ GB5749-2006 或更高标准 ）					
	设计压力 [MPa]	1.0					
	进 / 出口温度 [°C]	+0.3（入口水） / -2.0（中间过冷水） / 0（出口冰浆）					
匹配水路模块			已集成			WU-200	WU-250
电源			3N/380V/50Hz				
额定功率 [kW]	制冰工况	24.8	89.7	159	226	216	
	空调工况	27	91.8	161.3	228.5	270	
外形尺寸（ L × W × H ） [mm]			3150 × 2485 × 2735	3540 × 2680 × 3080	4100 × 3200 × 3590	4990 × 3430 × 3905	4505 × 2275 × 4185
重量 [kg]	空载	3950	6500	7000	9660	9500	
	运行	4250	7100	7900	11260	11500	

直接式冰浆机组配套水路模块（ WU-D 系列）

项目 \ 型号		WU-200	WU-250
电源		3N/380V/50Hz	
额定功率 [kW]		根据系统应用条件定制匹配	
循环介质		自来水（ GB5749-2006 或更高标准）	
额定流量 [m³/h]		240	310
外形尺寸 (L × W × H) [mm]		3415 × 2253 × 2690	3250 × 2100 × 2550
重量 [kg]	空载	2700	2850
	运行	3200	3350

间接式动态冰浆机组（ DISU-R 系列）

项目 \ 型号		DISU-R-075	DISU-R-150	DISU-R-225	DISU-R-335	DISU-R-375	DISU-R-450
制冰量 [t/h]		2.5	5	7.5	11.5	12.5	15
匹配双工况主机能力 [RT]	空调工况	100	200	300	450	500	600
	蓄冰工况	75	150	225	335	375	450
电源		3N/380V/50Hz					
最大输入功率 [kW]		1.5	3	3.7	5.5	5.5	5.5
循环介质	冷侧	20%(W/W) 乙二醇水溶液					
	热侧	自来水（ GB5749-2006 或更高标准）					
额定流量 [m³/h]	冷侧	120	240	360	540	600	720
	热侧	100	200	300	450	500	600
进 / 出口温度 [°C]	冷侧	-3.0/-1.0					
	热侧	+0.3（入口水） / -2.0（中间过冷水） / 0（出口冰浆）					
额定阻力 [kPa]	冷侧	96					
	热侧	76					
设计承压能力 [MPa]	冷侧	1.0					
	热侧	1.0					
管道接口	冷侧入	DN 150	DN 200	DN 250	DN 350	DN 350	DN 350
	冷侧出	DN 150	DN 200	DN 250	DN 350	DN 350	DN 350
	热侧入	DN 150	DN 200	DN 250	DN 350	DN 350	DN 350
	热侧出	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250	DN 250	DN 300
外形尺寸 L × W × H [mm]		2450 × 1455 × 2460	3100 × 1700 × 2340	3880 × 1965 × 2840	4100 × 2200 × 3330	4100 × 2200 × 3330	4100 × 2200 × 3330
重量 [kg]	空载	2650	3390	6600	8020	8285	8900
	运行	3450	4700	8500	10490	10880	11600

间接式冰浆机组配套水路模块（ WU-R 系列）

项目 \ 型号		WU-R-075	WU-R-150	WU-R-225	WU-R-335	WU-R-375	WU-R-450
电源		3N/380V/50Hz					
额定功率 [kW]		根据系统应用条件定制匹配					
循环介质	冷侧	20%(W/W) 乙二醇水溶液					
	热侧	自来水（ GB5749-2006 或更高标准）					
额定流量 [m³/h]	冷侧	120	240	360	540	600	720
	热侧	100	200	300	450	500	600
外形尺寸 L × W × H [mm]		2600 × 1600 × 2400	3500 × 1750 × 2500	4050 × 1900 × 2570	4627 × 2204 × 2785	4627 × 2204 × 2785	4750 × 2204 × 2785
重量 [kg]	空载	1500	2000	2950	3600	3650	3800
	运行	3000	3700	4500	5100	5200	5300

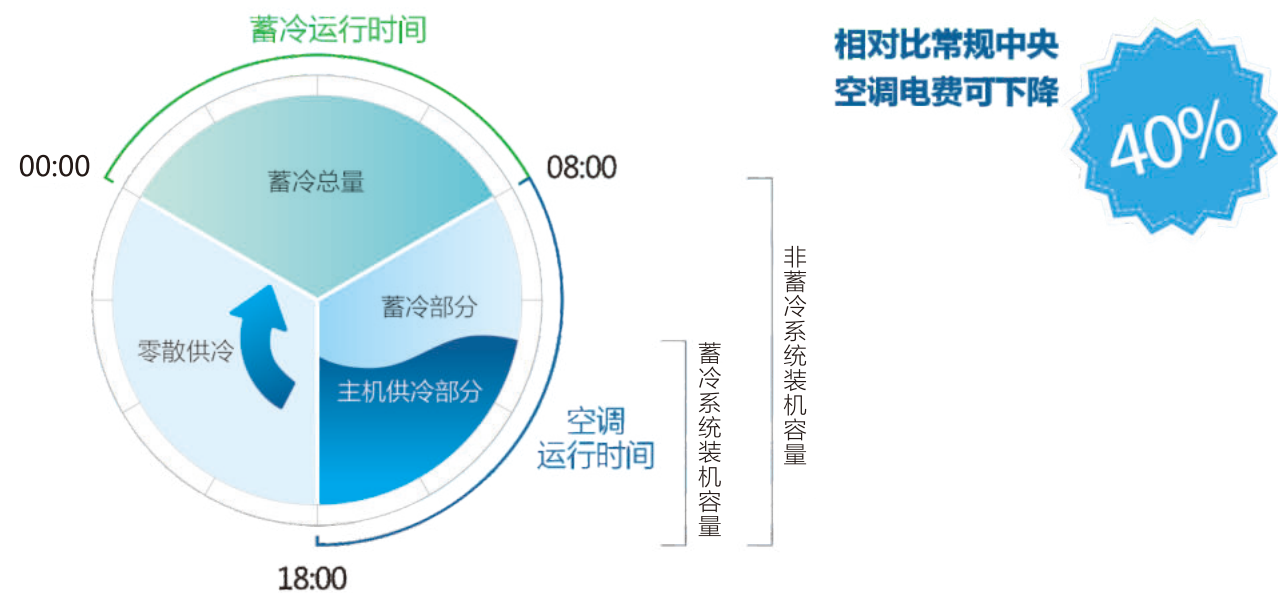
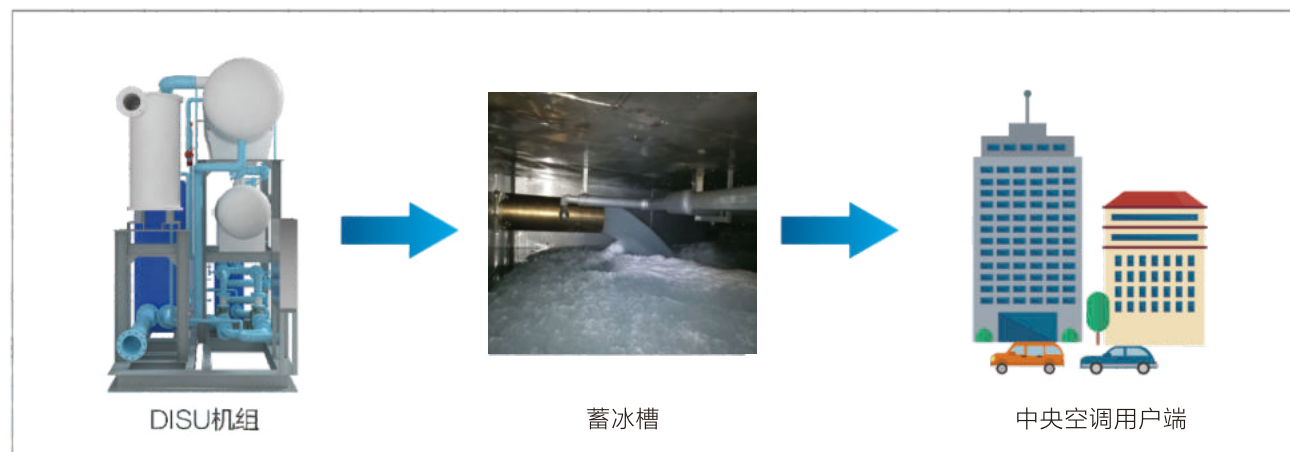
中央空调蓄冷应用

DISU可应用于各种规模的中央空调系统，是最新一代高效节能冰蓄冷技术，对于用户侧运行费用的削减和电网需求侧管理（移峰填谷）具有重大意义。

1: DISU技术采用把传热和相变从空间上分离的方法制冰，使得传热效率大幅提升，制冷蒸发温度显著提高，并且全程处于恒定的满负荷率运行状态，是目前系统COP最高的蓄冰技术（相比传统静态制冰技术提高15~25%）。

2: DISU制取的冰浆为多孔介质，冰晶与水的单位接触面积远远大于其他蓄冰技术，使得其放冷速度得到数十倍的提高，在任何情况下都能轻松实现电力负荷和冷负荷双高峰时段的全移峰独立融冰供冷模式，经济效益实现最大化。

3: DISU技术对蓄冰槽的形状、结构、材料等几乎没有特殊要求，大幅提高现场空间利用率。同一个水槽，冬季还可以直接用于蓄热，一槽双用，节省造价。此外，制冰设备独立于水槽外，保养、维修方便，成本低廉。



采用DISU的动态冰浆蓄冷空调系统可节省电费达40%以上，较常规静态冰蓄冷系统运行效率提高15~25%以上，而投资成本基本相当。

冰源热泵（ISHP）应用

热泵是通过消耗电力实现把热量从低温环境中提取到高温环境中的一种供热装置。由于使用电力作为驱动能源，因此在用户端不存在环境污染问题，属于清洁供暖技术。另一方面，与直接燃烧化石能源或电加热的供热方式相比，热泵消耗1份电力可以获得3~4份热量，能源利用效率远远高于前者，因此热泵是未来清洁供暖的重要技术发展方向。

在众多热泵技术中，水、地源热泵是应用极为广泛的一类热泵，但是水、地源热泵存在明显的局限性：

- 利用地表水和海水，受水温限制，一般低于4℃就不能使用。
- 利用地下水或土壤岩石层，存在冬夏冷热不平衡导致的“冷堆积”问题，也涉及环保问题。
- 利用再生水，受再生水管网限制。

我国长江以北以及世界其他许多国家和地区，都属于近冰点气候（即冬季气温经常在0℃附近），这使得水、地源热泵的应用受到很大的局限。

世界首创的热泵新技术——冰源热泵（ISHP）

ISHP就是在低温水源（近冰点淡水或海水）与热泵蒸发器之间加装一套间接式DISU，使淡水或海水在制冰装置DISU中连续稳定地转变成冰浆（可控结冰），而不是在蒸发器中破坏性地意外结冰。传统水源热泵从水中提取显热热量，而ISHP则从水中提取相变潜热热量（即通过DISU制冰的方式把热泵的排冷固化到冰中，冰可储存也可抛弃），水的相变潜热为80kCal/kg,是5℃温差下显热量的16倍，不但取之不尽用之不竭，还不受气候条件的影响。**ISHP是近冰点气候地区的最佳热泵供热解决方案。**



◀ 1

冰源热泵应用案例



2 ▶



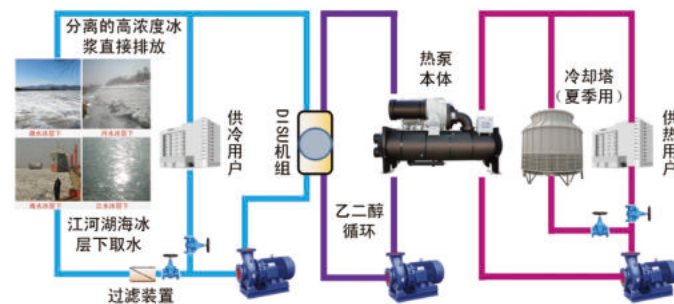
3 ▶



◀ 4

1: 弃冰型ISHP

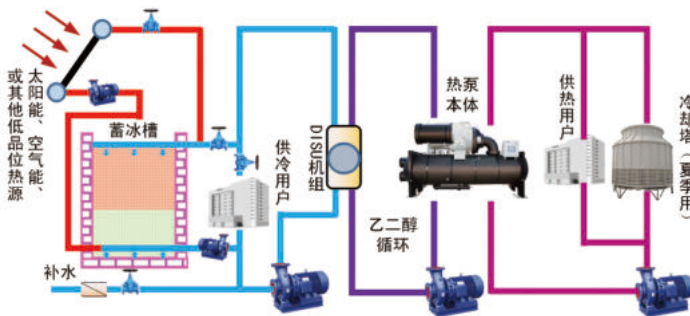
直接从江、河、湖、海、甚至包括污水源中抽取液态原水（即使气温低于0℃，也能保证从下层取到液态水），通过DISU制取冰浆的方式为热泵机组高效供给相变潜热。制取的冰浆经过自然固液分离后，其中的固态冰直接抛弃，液态水则与实时补充的原水继续循环提取热量，保证ISHP连续、稳定、高效地供热，不受环境气候条件的影响，弃冰也没有环境污染问题。



适用于水源充足且用水成本低廉的场合！

2: 循环融冰型ISHP

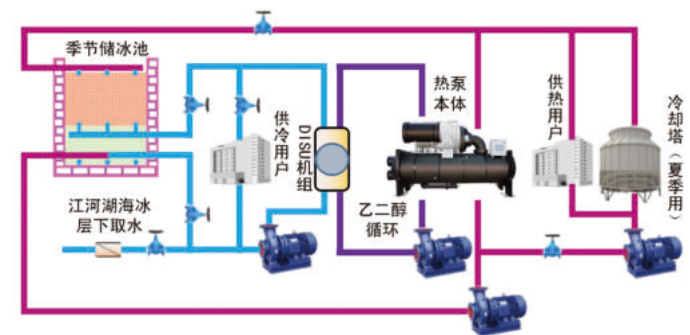
循环融冰型ISHP在冬季供热时产生的固态冰会被收集并短时间暂存在蓄冰槽内。同时依靠太阳能、空气能、或其他高于0℃的低品位热源进行融冰，非常便利地充分利用周边环境中的各种垃圾热源提取热量，可以解决传统水、地源热泵、空气源热泵等在近冰点气候条件下能效急剧衰减甚至根本无法运行的问题。



适用于存在充足的低品位环境热源的场合！

3: 跨季节蓄能型ISHP

跨季节蓄能型ISHP在冬季供热时产生的固态冰会被收集并长期（跨季节）储藏起来，到了夏季供冷季节，这些冰则成为空调冷凝器的优质冷源，使得热泵机组在供冷模式下达到极高的能效比（COP），相当于把冬季无用的冷量转移至夏季免费使用，大大提高ISHP的全年综合COP。用于储藏冰的储冰池可以是人造保温空间，也可以是由土壤、岩石等形成的天然储藏空间。



适用于具备大规模储藏固态冰条件的场合！

以上三种冰源热泵系统在夏季均可以通过简单的控制切换为冰蓄冷中央空调系统，冷、热两用，大幅缩减项目初投资。

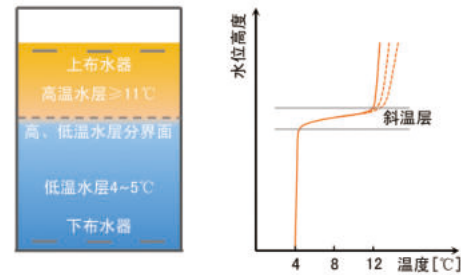
超层流 水蓄冷

——理念先进的水蓄冷技术

超层流水蓄冷

水蓄冷的基本运行原理

自然温差分层式水蓄冷是利用4℃以上水的密度随温度升高而减小的特性，在同一个蓄冷水槽内同时储存蓄满冷量的低温水和释放完冷量的高温水，高低温水层之间互不混和（仅存在温度过度层——斜温层），通过水温变化储存或释放冷量的蓄冷技术。

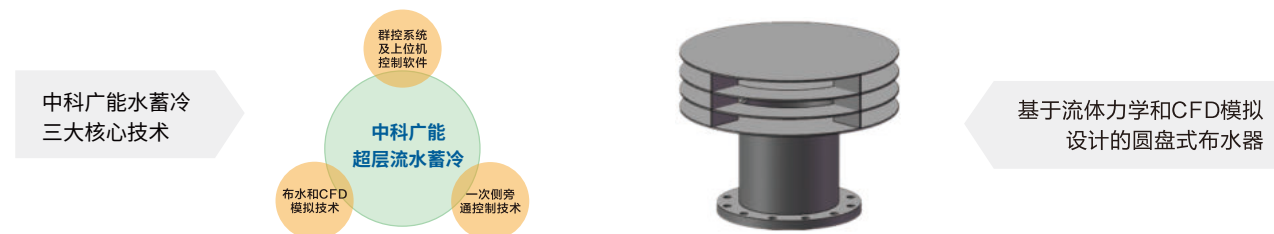


大型钢制保温蓄冷水槽

水蓄冷的一般技术特点

- 最低蓄冷界限温度为4℃，制冷主机蓄冷运行能效比高，接近甚至超过常规空调工况平均运行效率
- 采用显热方式蓄冷，单位体积蓄冷密度为2~6 RTh/m³，蓄冷水槽空间占用大
- 控制技术的先进与否对系统实际使用效果（能效和经济性）影响大
- 蓄冷设备初投资较低，系统运行效率高，项目投资回收期短

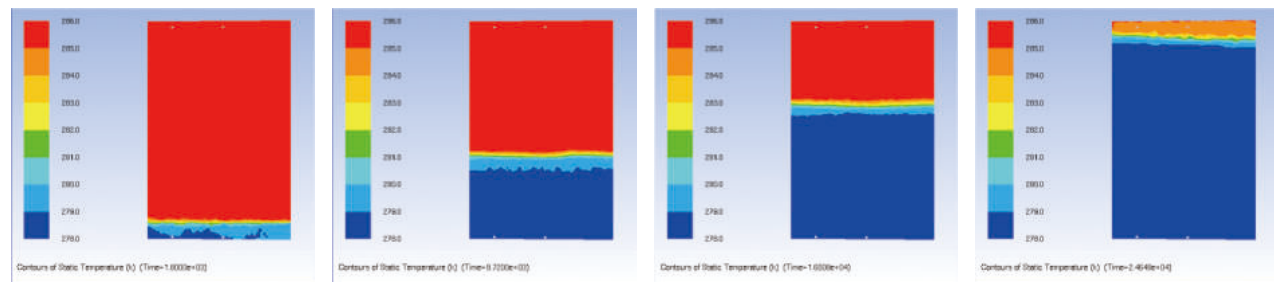
中科广能超层流水蓄冷技术



中科广能超层流水蓄冷技术特色

1、高效的布水器和系统CFD模拟设计

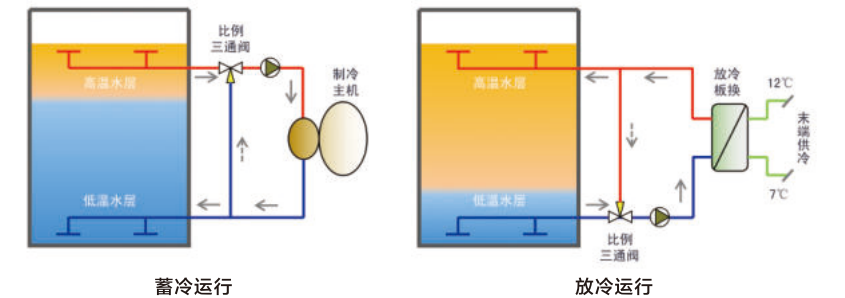
- 选用结构简单、成本低廉的圆盘式布水器结构方案，根据每个特定的蓄冷槽形状、蓄水深度、以及循环流量等其他蓄冷设计条件，严格依据阿基米德数（浮力与惯性力之比）等流体力学无量纲准则数进行计算和设计，从而确保每一个布水器的结构和尺寸都具有高效率的性能表现
- 采用功能强大的Fluent软件对水蓄冷系统的蓄冷和放冷进行全过程的CFD模拟计算，并据此进行系统设计，确保系统综合性能高效化



2、领先的一次侧旁通控制技术

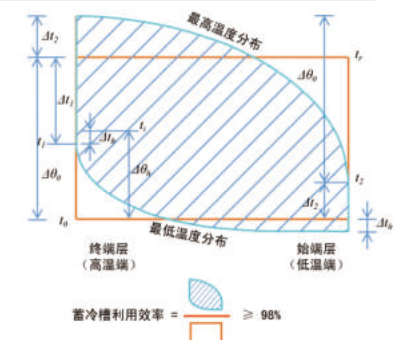
- 一次侧旁通控制技术，实现蓄、放冷过程中回槽水温的精准化恒定控制，水温分层效果极佳，斜温层厚度控制极为理想
- 一次侧旁通控制技术使得蓄冷工况下制冷主机完全实现全过程满载运行（100%负荷率），制冷系统综合能效比（COP）实现最大化，甚至超越常规直供主机的实际平均运行效率
- 一次侧旁通控制技术使得放冷工况下，每一滴水所蓄存的冷量都能确保充分释放完全后才回到蓄冷水槽，彻底杜绝冷源浪费，经济效益进一步提升

蓄冷水槽一次侧旁通控制技术——在蓄冷水槽的进出水管间设置一条旁通管，根据水温的波动通过比例三通阀精确控制旁通流量（或关闭），从而调节蓄冷时主机的入水温度或放冷时板换的入水温度，以达到维持回槽水温恒定化以及蓄冷时主机满负荷率运行的目的。



3、先进的可变蓄、放冷界限温度控制技术

- 精准的蓄、放冷界限温度控制，使得水槽利用率高达98%以上
- 在较低热、湿负荷的季节，系统自动提高放冷界限温度，从而提高蓄放冷温差，在蓄冷主机能力有富余的条件下可增加蓄冷水槽的蓄冷总量，提高经济效益
- 在进入全蓄冷运行的季节后（即全天总冷负荷小于蓄冷总量后），系统根据实际负荷需求按需蓄冷，逐步提高蓄冷界限温度，从而提高蓄冷主机的能效比
- 可变界限温度控制技术根据历史运行数据在全年范围内动态调整蓄冷和放冷的界限温度，在不增加和改造任何硬件设备的前提下进一步提高了低负荷需求季节下的蓄冷能力和系统运行效率



4、先进的高效机房群控技术和功能强大的上位机管理软件

- 自主开发的高效机房群控系统，既适合冰蓄冷、水蓄冷系统，也通用于常规中央空调系统，功能完备，无人值守，是保障中央空调系统高效、节能、省钱的最佳配置
- 本群控系统具备末端负荷动态追踪、智能化设备群控、冷冻水和冷却水变流量控制、冷却塔风扇启停控制等功能模块，实现对空调系统机房和末端之间的集中协调管控，确保设备始终工作在最高能效点附近，系统综合效率实现最优化
- 根据峰谷电价分布情况和空调负荷需求情况，自动在“主机优先、放冷追加”和“放冷优先、主机追加”两种基本的运行模式下自动平滑切换，既实现系统运行电费最小化的经济效益，又保障供冷的品质和安全
- 配套开发的功能强大的上位机控制软件，可通过局域网或互联网实现远程监控或权限接管，数据可上传云端，系统预留与第三方管理系统通讯的接口

