



工业碳中和

远大空调行动方案

低碳技术

低温废热回收——热泵回收低温废热降低供热能耗

中温废热制冷——中温废热驱动非电空调零碳制冷

冷热电联产——发电后的余压蒸汽、高温烟气、缸套水零碳制冷

超高效能源站——节能技术和控制系统实现能源站高效、经济运行



《2030年前碳达峰行动方案》节选

1. **实施节能降碳重点工程。**实施重点行业节能降碳工程，推动电力、钢铁、有色金属、建材、石化化工等行业开展节能降碳改造，提升能源资源利用效率
2. **加强新型基础设施节能降碳。**推动既有设施绿色升级改造，积极推广使用高效制冷、先进通风、余热利用、智能化用能控制等技术，提高设施能效水平
3. **推动钢铁行业碳达峰。**探索开展氢冶金、二氧化碳捕集利用一体化等试点示范，推动低品位余热供暖发展
4. **推动有色金属行业碳达峰。**加快推广应用先进适用绿色低碳技术，提升有色金属生产过程余热回收水平，推动单位产品能耗持续下降
5. **推动石化化工行业碳达峰。**鼓励企业节能升级改造，推动能量梯级利用、物料循环利用
6. **加快优化建筑用能结构。**加快工业余热供暖规模化应用，积极稳妥开展核能供热示范，因地制宜推行热泵、生物质能、地热能、太阳能等清洁低碳供暖
7. **推进产业园区循环化发展。**促进废物综合利用、能量梯级利用、水资源循环利用，推进工业余压余热、废气废液废渣资源化利用，积极推广集中供气供热



目录

低碳解决方案	3
低温废热回收	11
中温废热制冷	23
冷热电联产	35
超高效能源站	45
远大低碳实践	55
远大简介	57

远大低碳解决方案

从工业革命开始，人类活动便前所未有地撼动了地球的自然平衡。碳循环体系首当其冲，碳源和碳汇的平衡不再，引发了世界对全球变暖、海平面上升等后果的思考。根据IPCC《温升1.5°C报告》，人类活动已造成全球温升相对于工业革命前提升1°C，如果要控制1.5°C温升就要求全球2030年相对于2010年减排约45%、2050年左右实现净零排放。这对于能源、工业、建筑、交通、农业等系统而言将面对“快速而深远的”转型，这种转型将是史无前例的

中国2030年前碳达峰、2060年前碳中和已经势在必行，大家乐于把这个伟大事业看成机会，而我们则认为是一项光荣使命。很多人都渴望通过新技术、新方法去实现碳中和，着力研究新能源技术、碳汇技术、碳捕捉和封存技术，却从根本上忽略了减碳最简单方法——节能提效

工业废热是一个巨大的能源库，而这些废热的利用率仅仅只有40%。如果能将排放掉的废热加以回收利用，不但企业自身从节能中获得经济效益，更重要的是工业降碳往前迈了一大步

远大自创立之初坚定走绿色低碳发展之路，先后研发了低温废热回收技术、中温废热制冷技术、冷热电联产技术、超高效能源站技术等，并提出“新能源与废热优先、宜气则气、宜电则电”的用能原则。我们希望将这些低碳技术和理念应用于工业之中，助力国家早日实现碳中和

北极在眼前，地球未来在何处？

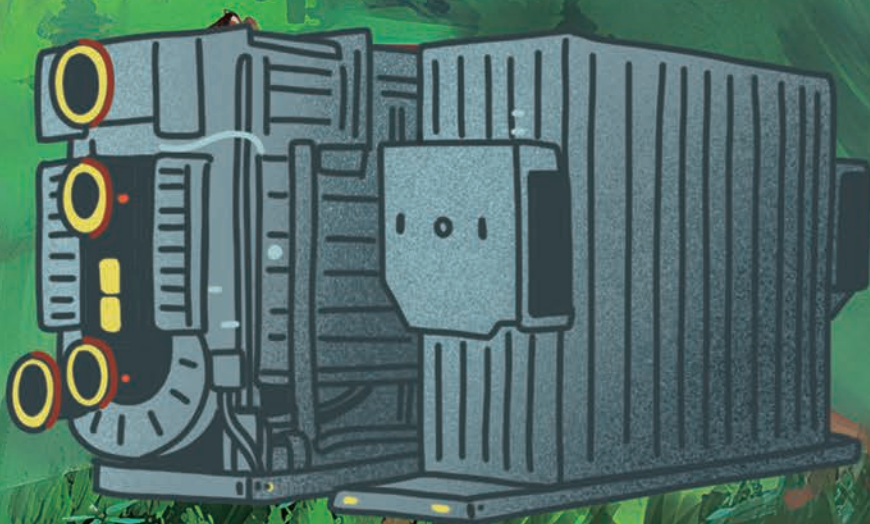
远大·节能提效

每一台远大非电空调
(1163kW)

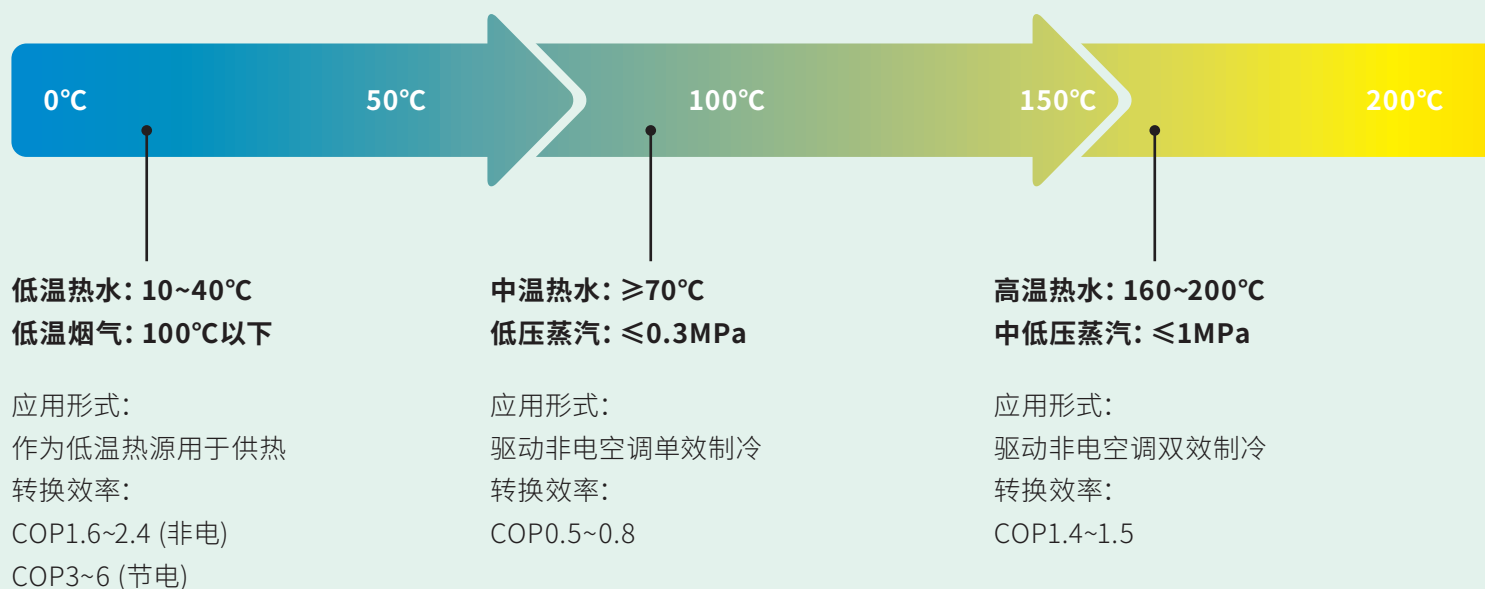
节省标煤：
652t/年

减排二氧化碳：
1695t/年

相当于一年种了：
92600棵树



废热利用形式



注: COP是指输出的冷量或热量与输入的驱动热源的比值, 是衡量机组性能最重要的指标

低温废热回收技术

——热泵

非电热泵:

采用高温热源 (如蒸汽、高温热水、天然气等) 驱动非电热泵回收低品位废热, 制取热水用于集中采暖、工艺用热等

节电热泵:

采用电能驱动节电热泵回收低品位废热, 制取热水用于建筑采暖、工艺用热等



中温废热回收技术

——非电空调

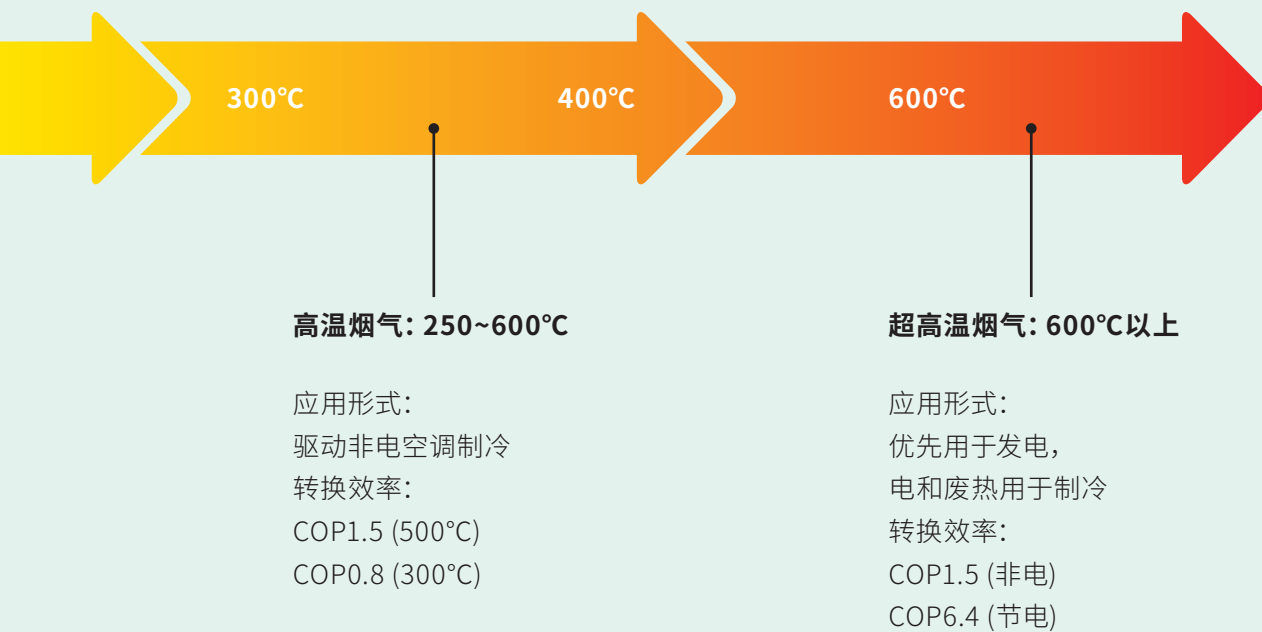
单效制冷机:

采用中温废热 (如中温热水 $\geq 70^\circ\text{C}$ 、中温烟气 $\geq 250^\circ\text{C}$ 、低压蒸汽 $> 0\text{MPa}$ 等) 驱动单效非电空调, 制取冷水用于建筑用冷、工艺用冷等

双效制冷机:

采用高温废热 (如蒸汽 $\geq 0.3\text{MPa}$ 、高温热水 $\geq 160^\circ\text{C}$ 、天然气等) 驱动双效非电空调, 制取冷水用于建筑用冷、工艺用冷等

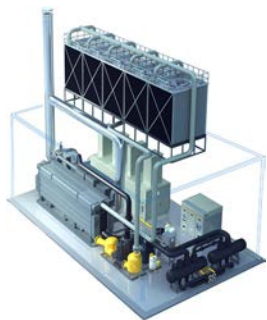




发电废热回收技术

——冷热电联产

发电后的废热驱动非电空调制冷、制热，实现能源的“温度对口，梯级利用”，一次能源利用效率最高可超过90%



超高效装配式能源站

——多能互补系统

采用工厂制造、现场装配的模式，其核心包括节能产品的选择、节能技术的运用、系统优化设计以及节能运维四个关键部分，在一个完整的周期内系统运行最经济且各设备优于国家最高能效





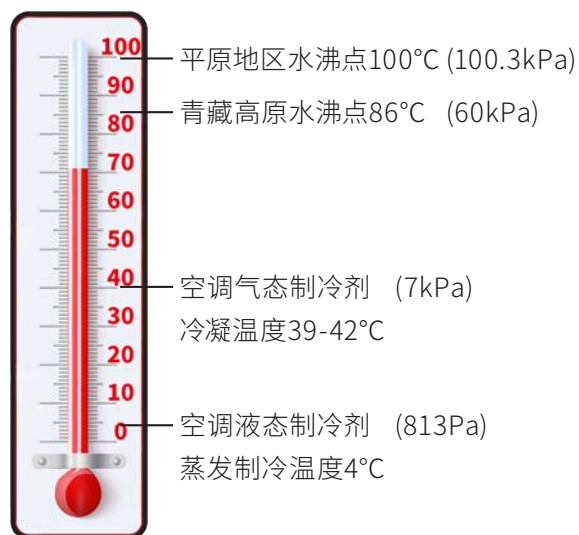
用热制冷，神奇的制冷技术 —— 从生活常识中认识非电空调制冷原理

液体在蒸发过程中会吸收周围的热量。比如把酒精洒在手上会感到凉爽；秋季刚从水中出来会特别冷，这是因为液体蒸发过程中吸收了皮肤表面的热量

热与冷，看似相互矛盾的对立在非电空调中实现了统一

非电空调正是利用水蒸发吸热原理制冷。水作为制冷剂面临最大的问题在于：水的沸腾（即剧烈蒸发）温度为 100°C ，不可能制取 7°C 冷水。但水的沸点会随着大气压的下降而降低，比如在青藏高原上，大气压只有 60kPa ，水的沸点下降至 86°C ，因此在高原煮饭必须采用压力锅才能煮熟

如果创造一个极度真空的条件，水的沸点就会下降至 5°C 以下，从而制取 7°C 冷水



不同压力下水的沸腾和冷凝温度

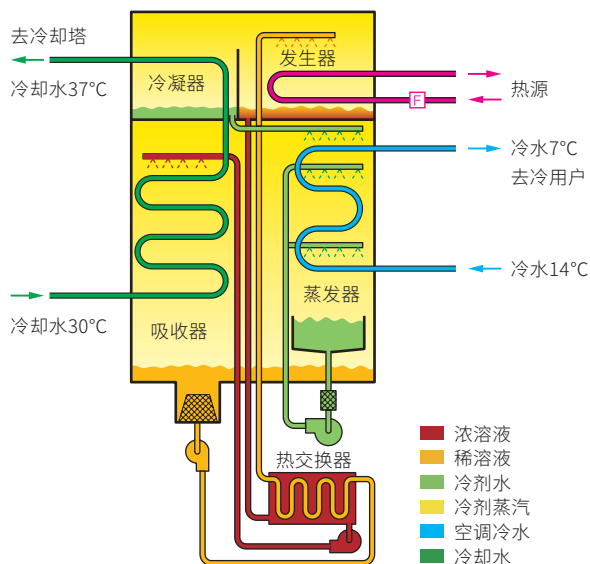
非电空调制冷原理

蒸发制冷：在一个抽真空的密闭容器（蒸发器）内，当气压降低至 813Pa 时，水的沸点下降至 4°C 。制冷剂喷淋在蒸发器管束上沸腾蒸发，吸收管束内冷水热量并将冷水降温至 7°C ，输送给用户

吸收水汽：沸腾蒸发产生的水蒸气造成蒸发器内压力上升。在吸收器（与蒸发器在同一个密闭容器）内，喷洒一种吸水性极强的物质——浓溴化锂溶液，连续不断地吸收水蒸气，维持容器内的真空度一直在 813Pa 以下。吸收水汽过程放出的热量被冷却水带走

溶液再生：变稀后的溴化锂溶液经屏蔽泵送入发生器（与冷凝器在同一个抽真空的密闭容器，压力约 7kPa ）被热源（废蒸汽、废热水、废烟气或天然气等）加热沸腾，产生浓溴化锂溶液和制冷蒸气。浓溴化锂溶液进入吸收器内再次吸收水蒸气完成溶液循环

水汽冷凝：发生器内产生的制冷蒸气进入冷凝器被冷却水冷凝成水，最终进入蒸发器制冷完成制冷剂循环。冷却水进入冷却塔降温后回到吸收器



非电空调制冷流程

热泵，低温废热回收核心设备

——从制冷机认识热泵

水往低处流，热往低温传，这是众人皆知的自然现象。人们发明了水泵，通过输入电能将水从低处输送到高处。热泵的作用与水泵类似，通过输入能量（热能或电能），将热量从低温传递至高温

制冷机用于制冷、热泵用于制热，看似两种功能相反的设备，实际上是同一套设备的两种不同应用

无论是制冷机还是热泵都需要热源（Q1）驱动，都有一个放热降温过程（Q2，制冷机冷水、热泵低温水），都有一个吸热升温过程（Q3，制冷机冷却水、热泵中温水）。两者都存在相同的热平衡：升温热量（Q3）= 驱动热源（Q1）+ 降温热量（Q2）

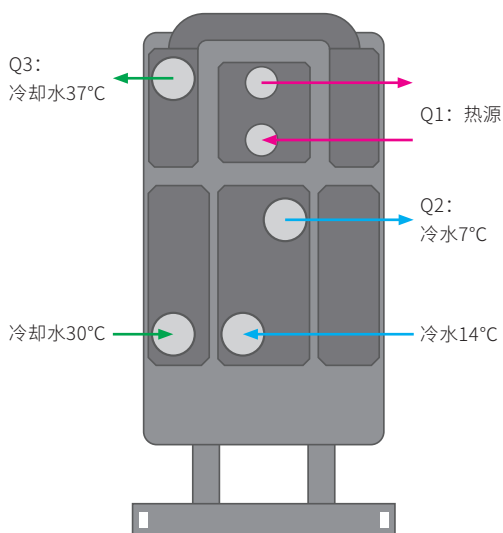
在机组结构上，热泵和制冷机就像双胞胎一样非常类似，可以说它们就是一台设备，只是它们的使用目的和工况不同。当一个机组将降温的冷水送给用户使用时，它就是制冷机；如将升温的中温水给用户使用时，它就是热泵。热泵可以简单理解为采用冷却水供热的制冷机，两者在一定条件下可以转换

另外，制冷机有固定的工况，但热泵运行工况往往需要根据用户低温废热温度、供热温度以及驱动热源条件共同确定

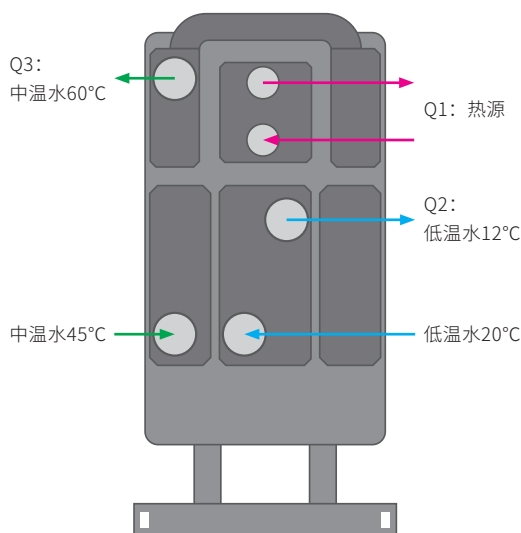
热泵前景无限

热泵的供热热量来自于驱动热源热量和低温废热热量，是锅炉供热效率的数倍，并且低温废热广泛存在于工业生产（如工艺冷却水、锅炉排烟等）和自然界（如空气、土壤、地表水、地下水等）中，获取容易。由于热泵在供热上的节能性和低碳性，将是未来实现碳中和最重要的供热技术之一

空调与热泵对比



非电空调 热平衡：Q3=Q1+Q2



非电热泵 热平衡：Q3=Q1+Q2



是制冷机也是热泵 ——从案例中深入了解两者关系

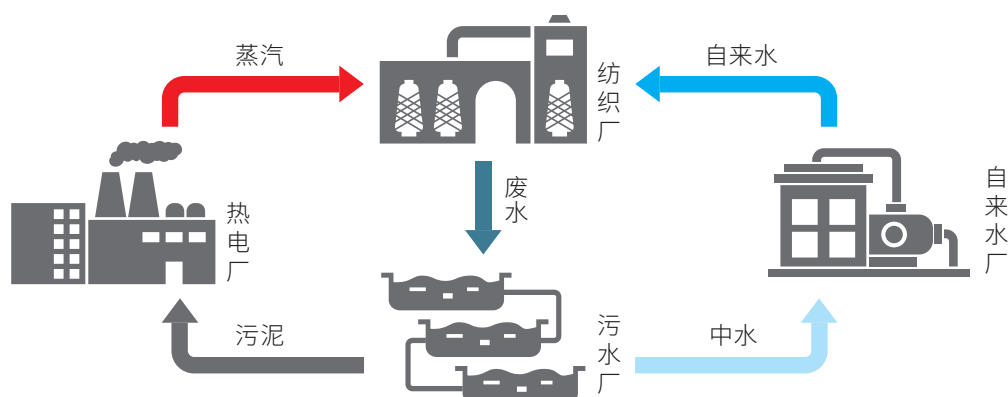
佳利达环保科技股份有限公司位于佛山市大塘工业园，地处广州、佛山、清远三市交界处，下辖热电分厂、自来水厂、污水污泥处理厂。厂区配有锅炉（总装机容量950t）、抽凝式汽轮发电机组1台（6MW）以及背压式汽轮发电机组4台（33MW），负责向工业园提供中高压蒸汽（800t/h）用于生产。工业园区产生的印染废水（4375t/h）集中汇入污水处理厂，经过滤、净化后的中水送入自来水厂用于园区生产生活。污水沉淀下来的污泥（40t/h）中含有大量有机质和染料等可燃物，经干化后再送入热电厂作为补充燃料。整个厂区初步形成蒸汽供应+污水处理+污泥再利用生态化发展闭环

冷热需求

在污泥活化过程中，废水温度是最需要控制的工艺指标之一，也是影响废水处理效果的最直接因素之一。无论污水温度过高还是过低，都会对活性污泥废水的处理过程产生较大的影响，主要表现在影响活性污泥的絮凝效果、原生菌种种群、污泥沉降等

由于污水处理厂的废水都是印染厂排放的工艺热排水，温度达到48℃。污水温度越高，污水中的溶解氧含量越低，这将导致活性污泥供氧不足和缺氧，尤其是在好氧反应过程中，活性污泥易于分解和漂浮。因此需要将48℃的污水降温至38℃以下

另一方面，在蒸汽锅炉运行过程中，需要将常温除盐水（20~35℃）经预热后送入除氧器加热至103℃进行除氧。加热的热量大部分来自于锅炉自产蒸汽，蒸汽消耗量大约占到自产蒸汽的11%。厂区内总的锅炉补水量为830t，相当于100t左右的蒸汽用于预热，按蒸汽185元/t计算，每小时损失达1.85万元





污水处理厂



现场机房图

将“冷”转化为“热”

污泥活化过程中，需要将48℃污水进行降温，传统方式一般采用冷却塔，不但增加设备投资和运行费用，同时排放大量低温废热。而电厂锅炉补水需要预热至100℃以上。一边需要降温，一边需要升温，热泵的应用同时满足了两种不同需求，并大幅降低了锅炉的运行费用

本项目采用少量电厂蒸汽(0.6MPa, 36t)作为一套供热量为53.1MW(BDS2600-R1)组合式非电热泵的驱动热源，回收29.5MW中水的热量(1460t、48/30.6℃)。最终驱动热泵的蒸汽热量和中水的热量经热泵机组将35℃的锅炉除盐水(830t)加热至90℃，然后再在除氧器内用蒸汽(19t)加热至103℃送入锅炉。采用蒸汽型热泵后，锅炉补水预热所耗蒸汽每小时降低45t

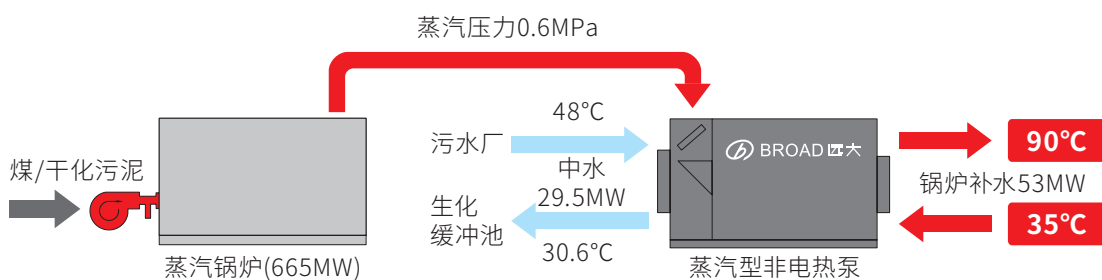
应用价值

本项目很好的诠释了热泵与制冷机的关系：中水由48℃降温至30.6℃，相当于制冷机的冷水；锅炉补水由35℃升温至90℃，相当于制冷机的冷却水。在本项目中冷水和冷却水的热量都得以利用，实现同时制热制冷，系统的能源得到最大化利用

根据现场条件采用非电热泵技术回收原本排至大气的污水热量，用来预热锅炉补水，全年节省蒸汽25.58万t，年经济效益4733万元，本项目投资回收期不到半年

采用组合式非电热泵技术，综合制热COP高达2.24，对比传统增热型热泵效率提升了31.7%，年节省标准煤2.2万t，减排二氧化碳6.41万t，相当于种了351万棵树

■ 系统流程简图



低温废热回收—热泵

低温水废热回收

低温水来源：低温水广泛存在于自然界和生产工艺过程中，比如自然界中的江、河、湖水、地下水等；生产工艺过程中产生的大量冷却水等。这些低温水共同的特征：温度比较低(40℃以下)、量比较大

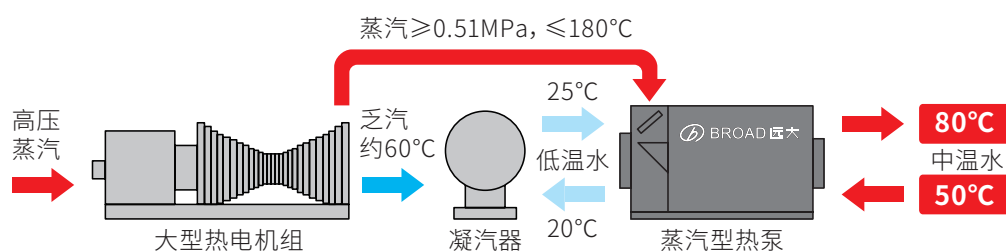
低温水实际上也含有大量热量，只是因为温度低而无利用价值

低温水废热利用形式：采用少量高品位热源驱动热泵将低温水的热量提取出来，并提升到可利用的温度用于供热。非电热泵可制取比低温水出口温度高30~60℃的中温水；节电热泵(磁悬浮)可制取不高于55℃的中温水

节能效果：每输入1份高温热驱动非电热泵可以回收0.7~1.4份低温废热，最终获得1.7~2.4份中温热用于供热，非电热泵供热量中约有40~60%来自于低温废热。每输入1kWh电驱动节电热泵(磁悬浮)可以回收2~5kW低温废热，最终获得3~6kW中温热用于供热

低温水废热典型利用形式

■ 电厂冷却水废热回收

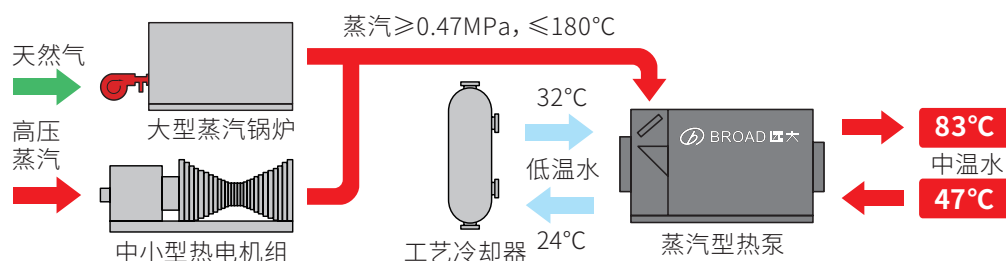


低温废热：热电机组冷却水(15~30℃)

驱动热源：大型热电机组蒸汽或热网高温热水

应用效果：提升热电厂15~20%效率，减少冷却水消耗

■ 工艺冷却水废热回收



低温废热：印染厂热排水 (约30℃)、空调冷却水 (约37℃)、钢铁厂冷却水 (约40℃)、油田热排水 (约50℃)、焦化厂冷却水 (约40℃、23℃)

驱动热源：大型蒸汽锅炉或中小型热电机组蒸汽、天然气、高温热水等

应用效果：降低40~60%供热能耗



远大非电热泵
选型设计手册

低温烟气废热回收

低温烟气来源：低温烟气一般是指100℃以下的烟气，主要来源于热能或动力设备燃烧含氢的燃料（如天然气、沼气等）或煤、生物质燃烧并经湿法脱硫后的湿烟气。此部分烟气因温度低、热量少，一般直接排放

低温烟气利用形式：采用少量高品位热源驱动热泵将烟气中的潜热提取出来，并提升到可利用的温度用于供热

节能效果：采用热泵将烟气降温至30℃以下，供热系统的能源效率提高8~15%，并脱除80%水汽实现消白烟

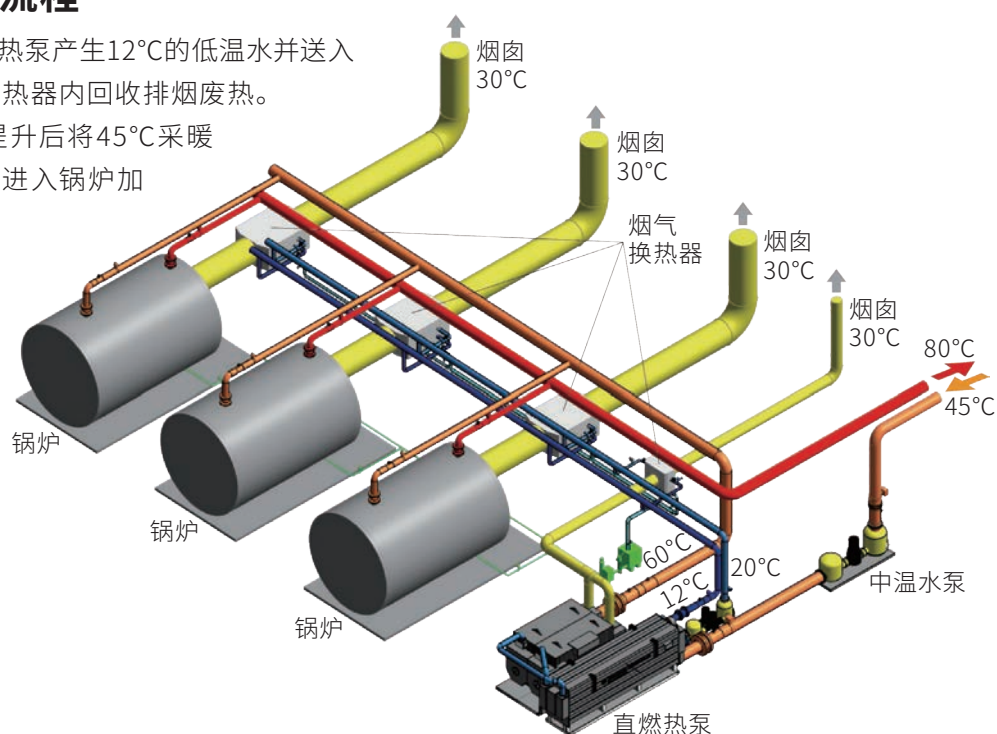
烟气废热回收流程

采用天然气驱动直燃热泵产生12℃的低温水并送入锅炉烟道上的烟气换热器内回收排烟废热。

回收的热量经热泵提升后将45℃采暖

回水预热至60℃，再进入锅炉加

热至供热温度。

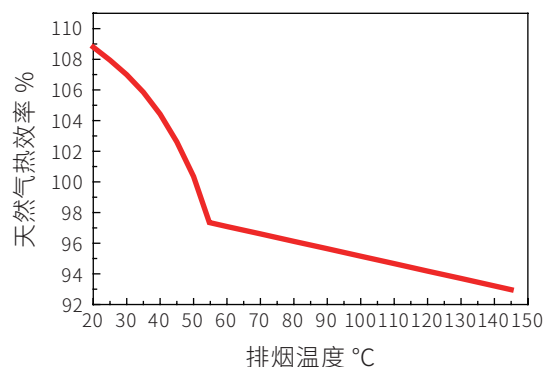


为什么要采用热泵回收排烟废热？

天然气热效率主要是由排烟温度决定

烟气中的热量由显热和潜热(天然气燃烧产生的水汽)两部分组成。如右图所示。显热段(>55℃)，烟气每下降20℃，天然气热效率提高约1%；在潜热段(≤55℃)，烟气下降20℃，天然气热效率可提高8.5%。可见烟气中的热量主要集中在潜热段

传统换热器只能回收烟气显热热量，而热泵的作用在于回收烟气中的潜热热量，大幅提高天然气热效率



焦化循环冷却水废热回收 ——山西光大焦化气源有限公司

焦化行业废热应用分析

- 回收干熄焦工艺废热通过余热锅炉产生高压蒸汽驱动汽轮机发电，发电后的低压蒸汽再驱动蒸汽型非电空调制取16℃的冷水用于荒煤气冷却净化
- 荒煤气初冷段热水约70℃、循环氨水约80℃可用于驱动热水型非电空调制取16℃的冷水用于荒煤气冷却净化
- 荒煤气净化及蒸氨工艺段产生大量循环冷却水(23~40℃)可作为热泵的低温热源，制取热水用于工艺生产或集中供热等

项目概况

山西光大焦化气源有限公司位于山西省襄汾县，是集洗煤、炼焦、化产、发电、煤气供应、城市供热、水处理及铁路发运为一体的民营股份制企业。光大焦化一直致力于资源综合利用和清洁生产，近几年来投入大量资金进行节能改造，是当地第一家采用干熄焦发电的企业、也是一家完全采用工艺废热用于集中供热的企业，极大的提高了能源利用效率

系统简介

光大焦化负责襄汾市河西区集中供热，前期采用炼焦过程中干熄焦工艺回收的高压废蒸汽驱动背压机组发电，发电后的低压蒸汽用于周边130万平米住宅的集中供热。随着城镇化发展，未来供热面积将进一步增加到200万平方米以上，发电余压蒸汽已不能满足供热需求，急需寻找新的热源

在炼焦的焦炉煤气净化及蒸氨工艺段需要大量循环水（流量约4360t/h，温度为28/38℃）冷却。这部分低温废热因温度太低无法利用，经冷却塔白白散掉。本项目中采用背压机组的低压蒸汽(0.27~0.6MPa)作为4台BDS2000-R1型（单机最大供热量31MW）非电热泵的驱动热源，回收工艺循环冷却水热量，送入热网中用于周边城镇的集中供热

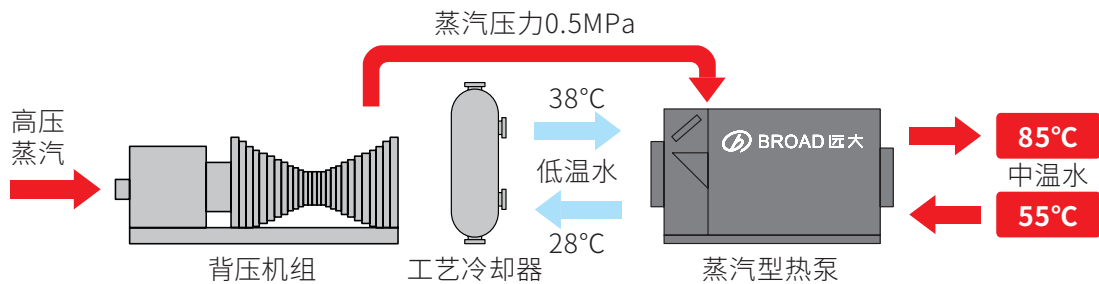


应用价值

- 采用非电热泵回收焦化工艺50.7MW循环冷却水热量，新增94万平米供热面积，完全满足了热源厂的供热缺口，每年新增供热收益约1445万元，投资回收期约2年
- 采用非电热泵实现了清洁供热，年节省标准煤1.82万t，减少循环冷却水消耗11.7万t，减排二氧化碳4.8万t，相当于种了264万棵树

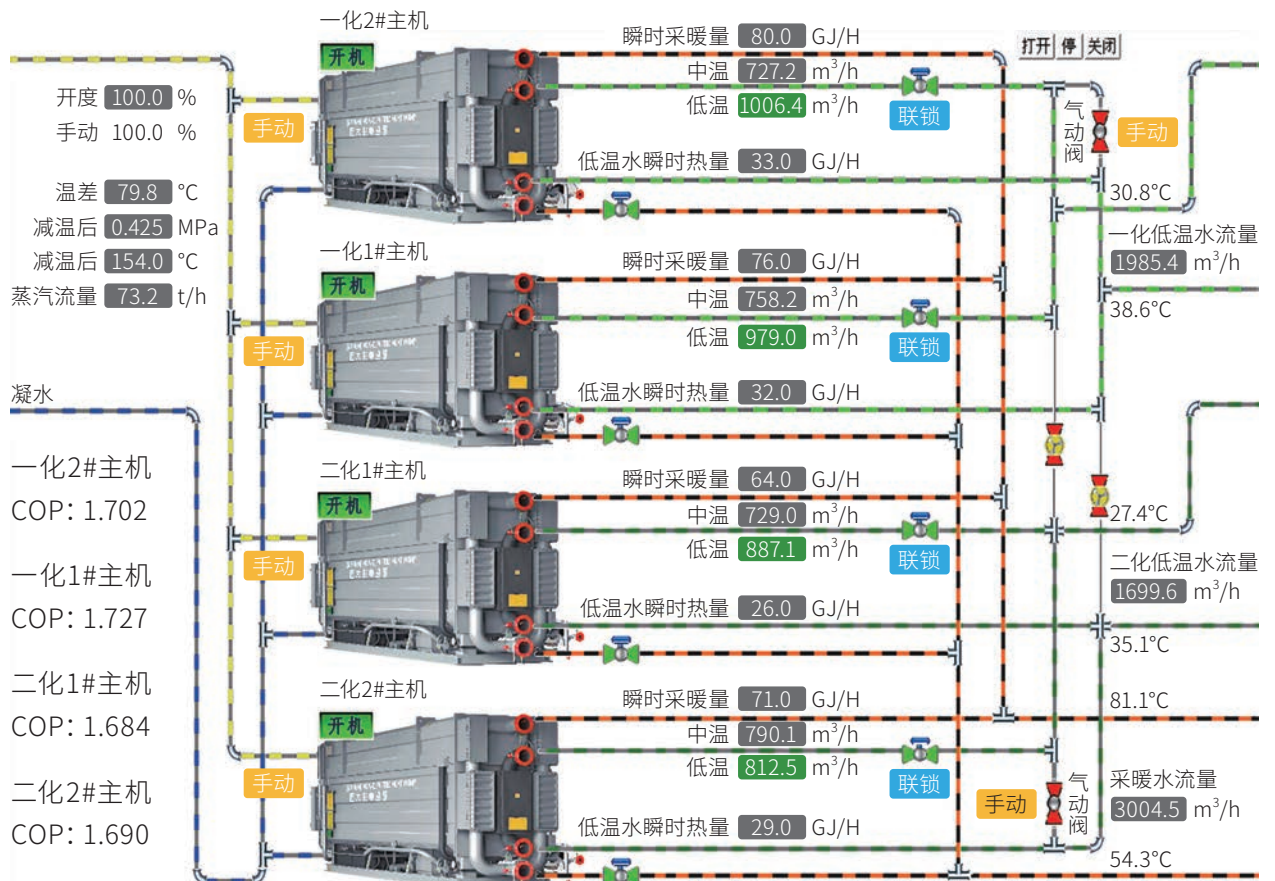


■ 系统流程简图



■ 系统运行界面图

对于很多实际运行COP只有1.5左右的热泵而言，本项目四台热泵基本在1.7，充分体现了远大的技术实力和产品质量。COP的高低体现了热泵机组的废热回收能力，COP越高越节能



注: COP计算方法为瞬时采暖量/(瞬时采暖量 - 低温水瞬时热量)

二化1#主机、一化2#主机因低温水流量和温度低于设计值, COP相对偏低

燃气锅炉低温烟气废热回收——北京丰台嘉园供热中心

为什么要回收燃气锅炉烟气热量？

- **节约能源**: 非电热泵从低温烟气中回收热量可降低8~15%供热能源。每t(0.7MW)锅炉单采暖季(2900小时)节省约2.1万m³天然气
- **消除白烟**: 非电热泵将烟气降温至30℃, 烟气中水汽脱除率达80%。每t锅炉单采暖季(2900小时)减少约25.2t水汽排放
- **净化烟气**: SO₂、NO_x被凝水吸收, SO₂下降30%, NO_x下降15%。每t锅炉单采暖季(2900小时)减少945gSO₂、1985gNO_x排放

项目概况

北京丰台嘉园供热中心为“煤改气”项目, 其热源厂为改建热源厂, 主要负责156万平米建筑采暖供热。供热中心安装有4台以天然气为燃料、供热能力为29MW的燃气热水锅炉, 总供热能力116MW

根据以往供暖中心统计, 初末寒期热负荷为25MW, 严寒期热负荷45MW。热网回水温度为45~50℃, 供水温度为75~100℃。燃气锅炉已安装有省煤器, 锅炉最终排烟温度与锅炉负荷和采暖水回水温度有关, 变化范围为50~60℃。直燃热泵选型时以供暖所往年采暖基础负荷30MW为依据, 采用一台废热回收量为3489kW的直燃热泵回收烟气的废热

■ 直燃热泵设计参数

项目	数值	单位
额定废热回收量	3489	kW
额定供热量	8478	kW
低温水进 / 出口温度	20/12	℃
低温水流量	375	m ³ /h
采暖水进 / 出口温度	45/60	℃
采暖水流量	486	m ³ /h



合同能源管理实现双赢

本项目另一大特点在于采用合同能源管理(EMC)的方式由远大空调与丰台供暖所共同投资进行节能改造, 所获得的节能收益由投资方共同分享

合作方式: 远大提供一台BDZ600-R1型热泵机组并负责机组的运行和维修保养; 丰台供暖所负责工程建设及运行必要的能源条件等

节能效益分享方式: 通过在低温水上安装热量表计量热泵从低温烟气中回收的热量, 再将回收的热量按天然气热值折算成天然气量, 并按天然气单价计算出节能效益。各方通过所得收益按合同约定比例共同分享节能收益, 合同结束后设备移交给丰台供暖所



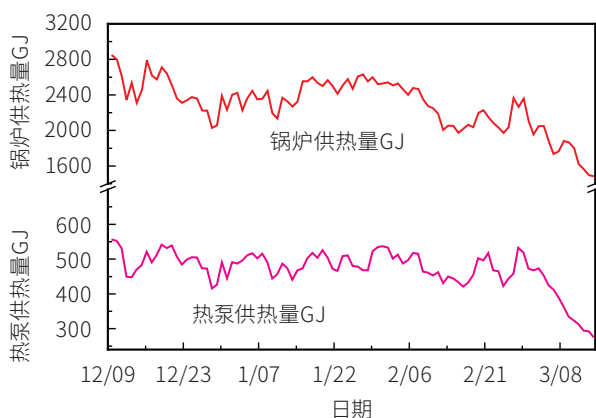
《远大吸收式热泵》
案例视频

为什么锅炉热效率能超过100%?

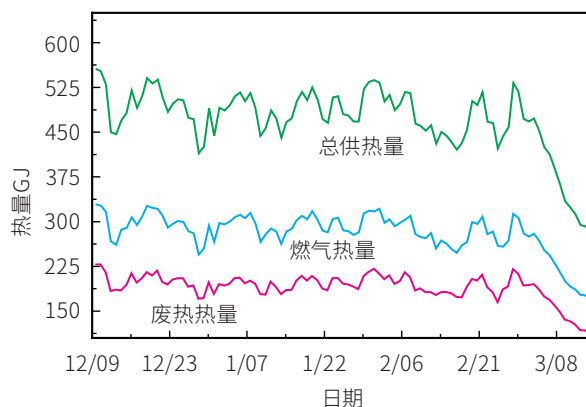
- 锅炉供热效率超过100%是由于天然气低位发热量和高位发热量的区别造成
- 高位发热量是指1m³天然气完全燃烧时放出的全部热量，包括烟气中水蒸气凝结成水所放出的汽化潜热。从燃料的高位发热量中减去烟气中水蒸气的汽化潜热时，称为低位发热量。天然气高位热值一般比低位热值多11%左右。
- 锅炉的热效率计算公式为：锅炉供热量/(天然气量×低位发热量)×100%
- 如果天然气的所有热量(包括水蒸气冷凝热)都转化为锅炉供热量，这时锅炉热效率就等于：高位热值/低位热值=111%
- 实际运行中，当水汽冷凝热量大于锅炉排烟损失加散热损失之和时，必然会出现锅炉热效率超过100%的情况。对于天然气锅炉，当排烟温度降低至50℃时可以实现热效率100%

项目效益分析

从统计分析的各项数据来看，在第一个采暖季运行的97天内，直燃热泵总供热量为4.57万GJ，占系统总供热量的17.1%。直燃热泵平均每天从烟气中回收190GJ热量，总节能率为8.3%。如果按运行一个完整采暖季计算，回收热量将达到2.28万GJ，折合成天然气相当于65.6万m³，当地天然气价格为2.67元/m³，年节省175万元运行费用



锅炉供热量和热泵供热量



热泵运行数据

通过改造前后排烟对比可以看出，使用热泵后消“白烟”的效果非常明显。烟气中的水蒸气被低温水冷凝后，大部分从烟气中脱除。根据实际测试的数据，烟气降温至30℃，每1m³天然气可以冷凝出1.24kg水，水蒸气脱除率为80%，达到消除“白烟”的目的。整个采暖季可消除813t水蒸气排放



改造前



改造后

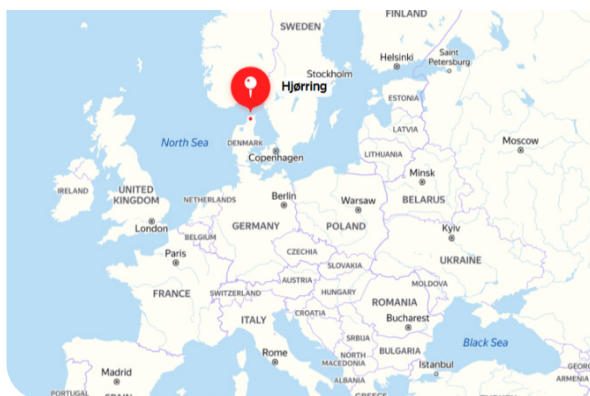
生物质锅炉低温烟气废热回收——丹麦约灵区域供暖



项目简介

丹麦位于欧洲北部，冬季温度低、时间长，供暖所用能源占全国总能源比例大。作为全球能效最高的国家之一，丹麦拥有世界领先的区域供暖技术。丹麦能源署认为区域供热和热电联产的广泛使用，是该国在过去几十年里提高能源效率并减少碳排放的主要原因，是丹麦绿色高效能源体系的基石

由于人口分散，丹麦各种规模的区域供暖中心极为普遍。约灵，就是一个典型的剪影。约灵区域供暖公司采用木屑生物质锅炉供暖，为了提高整个供暖系统的能源效率，要求将40°C左右的锅炉尾气废热充分回收用于供暖。远大开创性地开发出两级提升式热泵，在提供10°C冷水回收40°C锅炉尾气废热的同时提供85°C的高温热水用于区域供暖，为客户真正做到废热的充分回收和供暖系统能效最大化



约灵区域供暖中心为约灵镇周边的商业、工业及住宅提供冷热电服务。2014年4月，远大非电热泵机组成功调试运行，实现了高可靠、低成本的区域供暖服务，是丹麦运行成本最低的供暖中心之一

远大非电热泵回收生物质锅炉尾气的废热作为热泵的低位热源(10/20°C)，并将此低位废热经热泵提升至85°C供给区域管网，总供热量13MW。此项目的特点是用非电热泵制取的10°C以下冷水直接去回收锅炉尾气废热，将尾气降温至9~12°C，回收尾气中的潜热，同时清洗了尾气，确保排放在最低水平。此项目克服了低温冷水与高温供暖水的大温差(75°C)，同时满足了客户低温热源水侧和中温水侧的高要求

这是利用非电热泵回收锅炉尾气冷凝废热并提高整个供暖中心能源效率的典型案列



什么是两级提升?

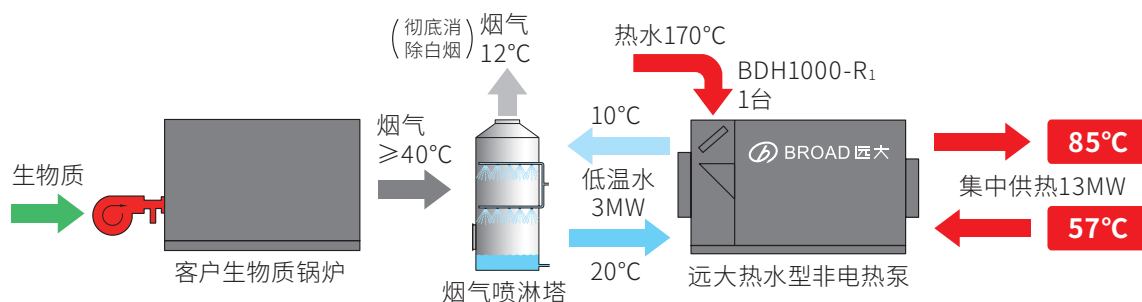
- 当低位热源出口温度和中温水出口温度温差要求非常大时(如70℃), 普通热泵无法满足。远大开发了一种新型热泵来满足这种需求: 通过特殊设计蒸发器和吸收器结构以及创新设计的流程, 低位热源水侧的热量通过了两次能量传递和提升至中温水侧, 我们将这种技术称为两级提升
- 通过此项创新, 低位热源水出口温度和中温水出口温度温差可以超过70℃, 在约灵项目上更是达到客户要求的75℃。本项目已稳定运行至今, 接待了众多欧洲客户的考察和交流

应用价值

热泵将40℃的锅炉尾气降低至9~12℃, 可以从中回收3,000kW废热。同时将整个供暖中心的能源效率提升至120%, 这是世界级的能源利用效率。此套设备每年可以减少碳排放1800t, 同时每年减少运行费用约45万美元, 投资回收期3年

锅炉尾气的排放水平极低。气体和颗粒物排放已经处于目前所容许范围的最低水平, 同时部分参数已经达到了2022年丹麦地区容许的排放水平

■ 系统流程简图



直接接触式还是间接接触式——烟气换热器如何选择?

间接接触式(即烟气与低温水不直接接触)

- 串联安装在烟道上, 烟气阻力小($\leq 250\text{Pa}$)、体积小、安装维护容易、不需要增加排烟风机
- 低温水与烟气不接触, 水质不受影响, 热泵使用寿命长(30年以上)
- 烟气与低温水换热温差大, 热泵供热温度相对低, 对热泵技术要求更高



间接接触式
(适配100t燃气锅炉)
(2.8m*3.6m*3.45m)

直接接触式(即烟气与低温水直接接触)

- 并联安装在烟道上, 烟气阻力大(450~500Pa)、体积大、安装维护困难、需要增加排烟风机
- 低温水与烟气直接接触, 对换热器、热泵防腐要求非常高, 热泵使用寿命短(5~8年)
- 烟气与低温水换热温差小, 热泵供热温度相对较高, 对热泵技术要求低



直接接触式
(适配70t燃气锅炉)
(Φ4m*14m)

数据中心废热回收供暖——腾讯天津滨海数据中心

- 在“东数西算”国家战略下，数据中心将迎来快速发展，但其用电量大、全年制冷的用能特征无疑将成为中国实现碳达峰以及进一步碳中和的重要挑战
- 天津腾讯数据中心获得北亚及中国区首个LEED V4 O+M数据中心体系铂金级认证，也是目前全球LEED铂金级认证中规模最大的数据中心。在众多节能技术中，采用热泵回收数据中心废热用于采暖，无疑为北方低能耗采暖提供了非常好的思路和工程实践。另外，在冷热电联产章节中将会介绍数据中心采用发电废热制冷降低PUE的方法和案例

项目概况

腾讯天津数据中心位于天津市滨海新区，2010年11月投产，是腾讯第一个全自建超大规模数据中心，总建筑面积92777m²，设计机架4800个，总耗电量25MW。数据中心包含三栋机房楼和一栋办公楼，机房楼主要负责腾讯的微信、即时通讯等多个业务，为全国互联网用户以及第三方企业提供云平台综合服务

系统简介

数据中心IT设备全年24小时运行，进入服务器的电能大多以热量的形式散发出去，而冷却这些热量又要消耗更多的能源。过渡季以及冬季腾讯天津数据中心采用冷却塔提供15℃的冷水用于机房散热，机房散热量高达20MW，数据中心配套的办公楼则采用市政热网进行采暖

一边排放大量低温废热，另一边需要供热，如何将两者结合起来实现低成本供冷、采暖？节电热泵成为破解之道。腾讯天津数据中心采用一台型号为C35(制热量600kW)的远大节电(磁悬浮)热泵将数据中心机房20℃的冷水降温至15℃回收低温废热，经节电热泵升温至55℃用于满足近万平米办公楼采暖

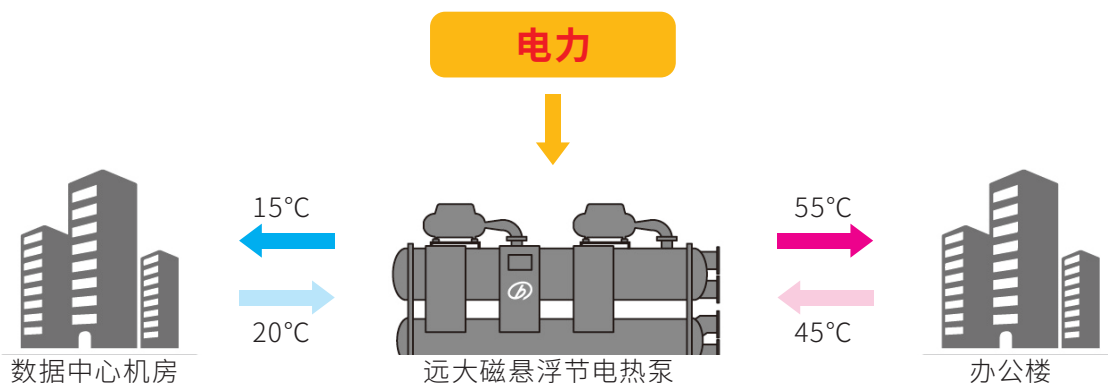
应用价值

- 热泵的应用既满足了数据中心冷却要求，又满足了办公楼的采暖需求，变废为宝，实现了能源综合利用。系统采用远大磁悬浮节电热泵技术，运行无油无摩擦，运行省电、噪音低，节省维护费用90%，体积减小30~50%，重量减轻30%，使用寿命30年
- 本项目由于供热需求小，仅回收机房热量的1/40，采暖季节省标煤3249t，相当于减排二氧化碳8447t。如果回收数据中心全部废热，可实现200万m²住宅绿色低碳采暖，节能环保收益更为可观





■ 腾讯天津数据中心废热回收简图



用电还是用热?热泵的驱动热源如何选择?

以下情形优先采用非电热泵(工业项目为主)

- 回收主热源产生的废热或主热源可作为驱动热源时。比如：回收燃气锅炉烟气废热应优先采用直燃热泵(天然气驱动)
- 供热温度 $\geq 55^{\circ}\text{C}$ 或供热温差 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 或单机供热量2.5MW以上时，优先采用非电热泵



非电热泵

以下情形优先采用节电热泵(民用项目为主)

- 以热泵作为主热源时，比如以水源热泵、地源热泵为主要采暖形式的建筑
- 低温热源 $\leq 12^{\circ}\text{C}$ 或供热温度低于 55°C 的小型供热项目



节电热泵

低温水废热典型案例



热电厂：韩国日山/盆塘电厂

采用热电机组发电后的废蒸汽驱动远大2台单机供热量11MW和2台单机供热量14MW非电热泵回收热电机组低温冷却水热量，40万m²建筑实现零能耗供热

回收废热水热量：20MW	年减排CO ₂ ：2.9万t
供热温度：55/89℃	年节省标煤：1万t
废热水温度：46/40℃	相当于年种树：160万棵



热电厂：陕西澄城电厂

采用煤矸石热电机组发电后的废蒸汽驱动远大2台单机供热量分别为16.8MW和22.4MW非电热泵回收热电机组低温冷却水热量，32.4万m²建筑实现零能耗供热

回收废热水热量：16.2MW	年减排CO ₂ ：1.7万t
供热温度：60/90℃	年节省标煤：6522t
废热水温度：40/30℃	相当于年种树：92万棵



印染厂：韩国安山新都市

采用热电厂废蒸汽驱动远大4台单机供热量为14MW非电热泵回收印染厂低温废热水热量用于集中供热，48万m²供热面积实现零能耗供热

回收废热水热量：24MW	年减排CO ₂ ：3.5万t
供热温度：47/83℃	年节省标煤：1.2万t
废热水温度：35/27℃	相当于年种树：193万棵



地热水：天津工业大学

采用天然气驱动一台单机供热量为4.2MW非电热泵回收地热尾水热量，将地热尾水降温至14℃再回灌，地热水利用率提高1倍以上，3.4万m²建筑实现零碳供热

回收废热水热量：1.7MW	年减排CO ₂ ：1800t
供热温度：45/55℃	年节省标煤：620t
地热水温度：30/14℃	相当于年种树：10万棵

低温烟气废热典型案例



燃气锅炉：北京大兴康庄供热中心

采用天然气驱动两台单机供热量为14.6MW非电热泵，回收4台100t燃气热水锅炉低温烟气废热，24万m²建筑实现零能耗供热

烟气废热回收量：12MW	年减排CO ₂ ：7535t
供热温度：50/65℃	年节省燃气：377万m ³
烟气温度：66/30℃	相当于年种树：41万棵



燃气锅炉：天津芳馨园供热中心

采用天然气驱动1台单机供热量为11.3MW非电热泵，回收4台40t燃气热水锅炉低温烟气废热，9.4万m²建筑实现零能耗供热

烟气废热回收量：4.7MW	年减排CO ₂ ：2921t
供热温度：45/60℃	年节省燃气：146万m ³
烟气温度：70/30℃	相当于年种树：16万棵



燃气轮机：韩国仁川综合能源

采用余热锅炉产生的高温热水(108℃)驱动4台单机供热量为14MW非电热泵，回收燃气-蒸汽联合循环低温烟气废热，46万m²建筑实现零能耗供热

烟气余热回收量：23MW	年减排CO ₂ ：2.5万t
供热温度：48/61℃	年节省燃气：1270万m ³
烟气温度：90/53℃	相当于年种树：140万棵



生物质锅炉：丹麦格雷诺区域供热

采用生物质锅炉产生的高温热水(140℃)驱动2台单机供热量为4.9MW非电热泵，回收生物质锅炉产生的低温烟气废热，8万m²建筑实现零能耗供热

烟气废热回收量：4MW	年减排CO ₂ ：3456t
供热温度：57/85℃	年节省燃气：173万m ³
烟气温度：120/30℃	相当于年种树：19万棵

中温废热回收技术

中温水废热回收利用

中温水来源：中温水广泛存在于自然界和生产工艺过程中，比如生产热排水(如蒸汽凝水、化学反应热排水等)、动力装置(如发电机缸套水)、中深层的地热水等。中温水已具备一定的温度，可以直接用于制冷、制热或制取蒸汽

中温水废热利用形式

■ 制冷

高于70℃的热水已能用于驱动热水型非电空调制冷，并且热水温度越高，机组的制冷效率越高，投资越低。中温水制冷可以根据下表中热水进出口温度初步确定热水型非电空调的型式和制冷量

热水机型式	进出口温度要求	单位热水制冷量	COP
普通热水机	进口≥90℃，出口≥80℃	0.9kW/(t*℃)	0.7-0.82
两级式热水机	进口≥90℃，出口≥70℃	0.8kW/(t*℃)	0.7-0.75
三段式热水机	进口≥90℃，出口≥55℃	0.7kW/(t*℃)	0.5-0.6
两段式热水机	进口≥70℃，出口≥55℃	0.6kW/(t*℃)	0.4-0.5

注：额定工况是指冷水7/14℃，冷却水30/37℃。冷却水温度越高，机组制冷效率越低

单位热水制冷量是指每t中温水下降1℃时，所能制取的制冷量。例如100t温度为100℃中温水降温到55℃，可选择三段式热水机，制冷量=100*(100-55)*0.7=3150kW；也可通过COP估算，如100*(100-55)*1.163*0.6=3140kW(1t水下降1℃放出的热量为1.163kW)

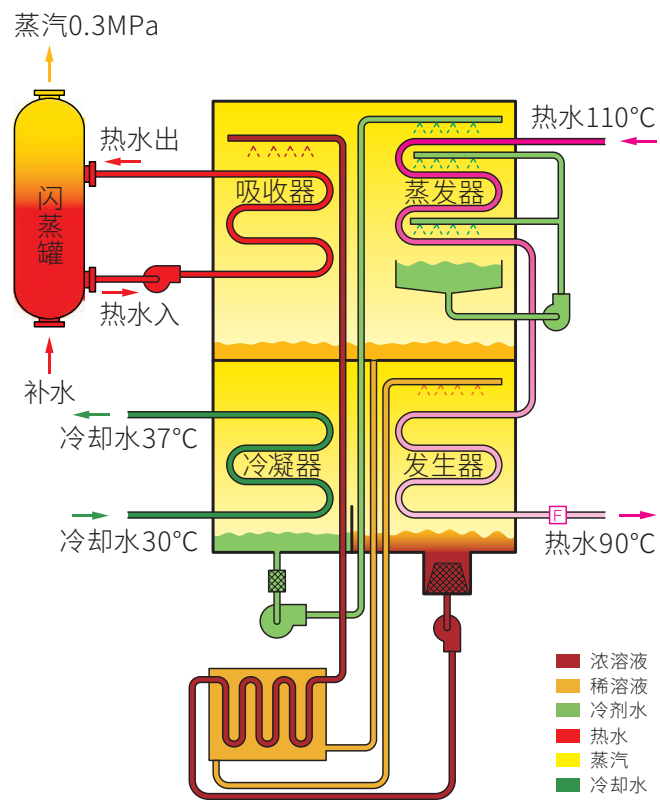
■ 制蒸汽

二类非电热泵也称为升温型热泵，通过输入大量的中温热水驱动机组运行，并在冷却水的条件下制取比中温热温度更高的热水或通过降压闪蒸出蒸汽，实现中温热传递给高温热

节能性：每输入1份中温热可以获得0.4~0.5份的高温热，转换效率只有40~50%，因此只有当中温热完全是废热的情况下才具备节能性

可利用废热：80℃以上的废热水、乏汽、蒸汽或其它气体或液体

可制取热量：比中温热高30~40℃左右的高温热水或蒸汽





四种热水机参数表



二类非电热泵参数表



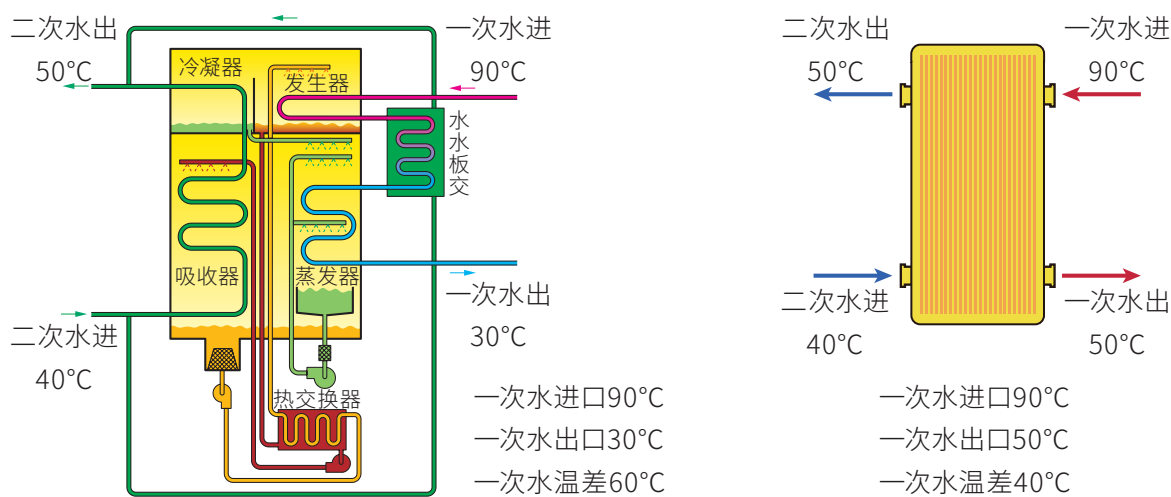
大温差换热机组参数表

■ 换热

传统水水换热都是采用换热器的形式，受热力学第一定律限制，一次水的出口温度(50℃)只能无限接近二次水的入口温度(40℃)，且两个温度越接近，换热面积越大、投资越大

原理：吸收式换热技术是由热水型非电空调和水水换热器相结合的新型换热技术。高温一次水先进入热水型非电空调的发生器驱动机组制冷，然后进入水水换热器与二次水换热，再进入热水型非电空调蒸发器第三次降温。最终一次水降温的热量全部经过热水型非电空调和换热器传递给二次水，并且一次水的出口温度远低于二次水的入口温度，实现大温差换热

节能性：吸收式换热机组仅相当于换热器的作用，不具备对外供冷和废热回收的功能。吸收式换热技术主要用于北方集中供热改造、地热水大温差供热以及酿酒蒸馏自冷却工艺中



中温烟气废热回收

中温烟气来源：中温烟气主要指300℃以下的气体(主要是烟气或空气)，来源于工业窑炉、微燃机、空压机等热能或动力设备燃烧(压缩)后产生，或高温段已经利用过后排出的中温烟气。此部分烟气(空气)如果温度适用且体量大就具备一定的利用价值

中温烟气利用形式

- 烟气排烟压力比较小或分散，建议采用烟气/水换热器换出中温热水，再驱动热水型非电空调制冷
- 如排烟压力 $\geq 2500\text{Pa}$ 能够克服机组的阻力，可以直接采用烟气型非电空调制冷，比如微燃机排烟

节能效果：烟气体积流量1万 Nm^3/h (约12853 kg/h)降温10℃热量约42kW，再根据所选制冷机效率计算出制冷量。制冷驱动完全来自于废热，实现零碳制冷

例如：10万 Nm^3/h 的烟气由180℃降温至90℃热量约为 $10 \times (180 - 90) / 10 \times 42 = 3780\text{kW}$ ，采用烟气/水换热器换出90/70℃中温水，机组制冷COP取0.7，可制取 $3780 \times 0.7 = 2646\text{kW}$ 制冷量



最高标准造最好产品——扬子-巴斯夫石化

扬子石化-巴斯夫有限责任公司是中德企业合资合作的成功典范，由两个世界五百强企业中国石化和巴斯夫以50:50的股比强强合作。公司位于南京市六合区长江边，毗邻南京化学工业园区，主要生产环氧乙烷和乙二醇(易燃、易爆)。现场设备的安全防爆要求极为苛刻，进入该区域的人员均须经过防化安全培训并着安全防护服才可进入

扬子巴斯夫公司在项目前期对全球制冷设备进行严格的筛选。经过六轮技术交流以及现场考察后，严谨的德国巴斯夫总部技术专家通过综合比较，远大的研发制造能力和卓越的产品性能让业主深刻的感受到：只有远大可以完成这份特殊的订单。最终扬子-巴斯夫决定采用一台远大单效热水机组为EOEG装置提供工艺制冷

项目特点

本项目采用生产工艺过程中产生的98℃蒸汽凝水驱动热水型非电空调制取7MW16℃的冷水用于EOEG装置工艺制冷。机组安装在防爆区，防爆等级Exdeib IIBT4，电气防护等级IP55。由于本项目的特殊性，对机组各方面都有很高的要求，具体体现在以下几点：

高可靠性

制冷机用于生产工艺用冷，而生产工艺全年365天24小时连续运行，只有在全厂大修时才能停机。生产现场各设备布置非常紧凑，无专用机房用于放置机组，只能就近将机组安装在厂区生产设备旁边。由于场地面积受限，只能摆放一台制冷机组，这就意味着不可能有备用机，唯一的这台机组必须要保证全年不停机运行。如果制冷机出现故障导致生产工艺停车，其直接损失将超过100万美金/天

高稳定性

机组直接露天摆放，没有专用机房，仅在机组上加装一个防雨棚，机组必须要经受严寒酷暑，工作环境温度-14~43℃下能稳定运行

热水机驱动热源温度和冷却水温度受工艺生产和天气变化而变化：驱动热源温度从98℃到105℃，冷却水温度从26℃到35℃。温度变化对制冷机的性能影响非常大，但机组运行时制冷量偏差要求不大于4%

机组使用的冷却水来自于工厂的集中式循环冷却水系统，冷却水水质比较差，污垢系数0.35m²K/kW，超过国家标准的4倍且带有腐蚀性，机组要求采用防腐材料并且设计使用寿命达到30年以上



严苛的制造标准

“德国制造”品质源头在于对细节的把握和精益求精，代表了世界制造业的最高水平。为确保机组能符合“德国制造”要求，制冷机必须按照巴斯夫提供的标准和规范制造，光巴斯夫提供的相关标准都达到近千页，技术标准都远高于国标，可以说对远大的制造和工艺提出了更严苛的要求

机组所有的工艺文件都必须经过扬子-巴斯夫聘请的全球最大的建筑工程公司——福陆(中国)对机组相关资料进行审核，参与文件审批的都是国际上知名的设计师和工程师

在制造过程中，扬子-巴斯夫聘请世界著名咨询机构——摩迪(上海)咨询公司进行第三方驻厂监检。机组生产过程中的质量控制点：焊接、材料成分(PMI)、无损检测、胀管、检漏、氨检、水压测试、抛丸以及性能测试都是在第三方监检人员在场的情况下完成。另外，对于其中最关键的机组电气测试和性能测试，扬子巴斯夫组织十几位专家进行现场见证测试

完善的售后服务体系

扬子-巴斯夫之所以选择远大另一个重要原因在于远大卓越的售后服务。特别是远大全球联网监控系统在项目稳定运行中起决定性作用。全球联网监控系统全年365天24小时对机组进行监控和分析，当机组出现故障症候或发生故障时，系统会自动连接终端，及时通知服务工程师到现场解决问题

项目运行情况

机组于2011年投入使用运行至今，十几年来没有一次因故障造成停机。机组抽真空的周期在1年半至两年(如真空不好的机组，基本上3~4天就需要抽一次真空)，这在非电空调行业里是难以想象的

本项目的意义不仅在于为客户每年节省能源费用1000余万元，同时也是对远大制造、工艺水平以及售后服务水平的一次大的检阅。面对扬子-巴斯夫如此高的标准，也只有远大具备这样的实力能满足客户需求。正是因为机组的可靠性和稳定性超出了客户的期待，在第二期项目招标时，扬子-巴斯夫将远大作为唯一选择

白酒蒸馏冷却工艺节能节水改造

白酒蒸馏冷却工艺分析

白酒酿造过程伴随着高能耗和高水耗，一般1t白酒的生产需要消耗30~40t水，如果是酱香型白酒甚至1t酒耗水量可达100t。而在所有水耗中，蒸馏工艺冷却用水耗量占比最大，达到50%，若能回收利用或降低消耗，节水效益将非常可观

对国内几家大型白酒生产商进行了现场调研，发现冷却工艺用水浪费已是普遍现象，且容易受当地气候影响造成冷却水温度过高，酒产量下降、热污染等问题。比如北京牛栏山酒厂采用自来水冷却，排水温度高达60~70℃，因温度太高不能满足当地环保要求，酒厂不得不采用常温水掺凉降温至30℃再排放，用水量成倍上升。安徽古井贡酒蒸馏冷却工艺的排水温度为80℃，采用冷却塔降温的方式再循环利用，在夏秋季节天气炎热时，冷却水温度无法达到30℃以下，且由于冷却水为开式系统，酒厂内菌种繁多，水温适宜繁殖，造成冷却塔和冷凝器结软垢，严重影响冷却效果。还有一些酒厂采用风冷的方式进行冷却，在炎热的天气由于空气温度比较高，造成冷却效果变差，出酒量下降，影响工艺生产。白酒蒸馏冷却工艺的高耗水以及热污染问题已经成为制约白酒行业发展的重要原因，因环保问题甚至关系到某些酒厂生死存亡

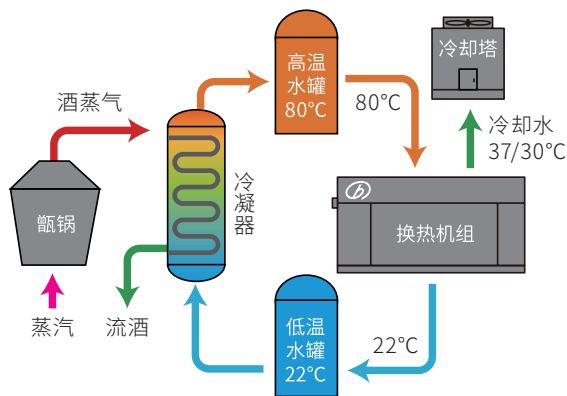
中温蒸馏冷却水自冷却——牛栏山酒厂、古井贡酒

对于酿造车间无制冷需求或者用冷点比较远无法长距离送冷情况下，采用溴化锂吸收式换热机组可实现中温冷却水自冷却循环

系统流程如下图所示。各冷凝器产生的80℃中温冷却水集中汇入缓冲罐中。中温冷却水经水泵输送至换热机组内并降温至22℃汇集于低温水缓冲罐。最终22℃低温水再经泵输送回原蒸馏冷却工艺形成循环。在本系统中，依靠80℃中温水来驱动机组而不需要另外提供动力，中温水降温(80/22℃)的热量最终以37℃冷却水经冷却塔散热排放到环境中

本系统最先应用于北京牛栏山二锅头酒厂。该酒厂原冷却系统每小时产生70℃的中温冷却水63t，因环保要求不能直接排放，不得不采用凉水掺凉方式降温至30℃以下，车间每天耗水量达1500t，造成水资源浪费同时也加重了污水处理厂负荷。改造成无动力自冷却系统后，实现了70/22℃的自循环冷却，并且采用蒸发冷却替代掺凉冷却每天节省用水量1350t，节水率超过90%

古井贡酒也采用本系统用于节省蒸馏冷却工艺过程中的冷却水消耗。该酒厂每小时可产生65℃冷却水，原系统采用冷却塔降温，但实际运行过程中，当气温较高时无法降温至23℃以下，尤其是5~10月份严重影响生产工艺，不得不使用电制冷机辅助降温。经改造成无动力自冷却系统后，实现了65℃直接降温至23℃，工艺不再受气温影响，另外系统采用65℃的蒸馏冷却水废热驱动，节省辅助降温消耗的电能

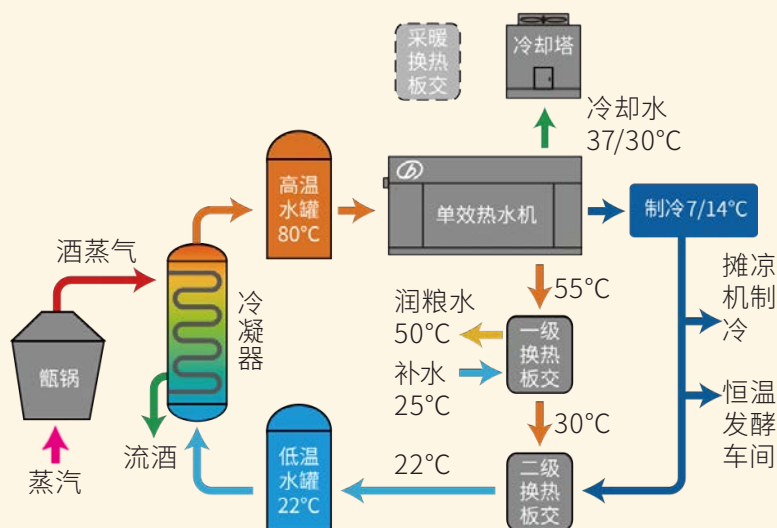


中温蒸馏冷却水自冷却流程



中温蒸馏冷却水制冷 ——六尺巷酒厂、石湾酒厂

采用高温冷凝器产生的中温冷却水($\geq 70^{\circ}\text{C}$)可以驱动热水型非电空调直接制冷,中温冷却水的温度越高,机组的制冷效率越高,制取的冷量越多。产生的冷量除用于中温冷却水降温外,多余冷量还可以用于其它制冷需求,比如摊凉机摊凉冷却、恒温发酵车间($18\sim 22^{\circ}\text{C}$)、办公楼及其它建筑用冷等



中温蒸馏冷却水制冷流程

蒸馏冷却循环流程如上图所示。22°C的低温水送入每一个蒸酒装置的冷凝器内,将酒蒸气冷凝成原酒后,低温水上升至80°C。由于每个冷凝器运行时间和冷却水流量都不致,因此将每个冷凝器的中温冷却水汇集至大的缓冲罐中。80°C的中温冷却水经水泵输送至热水制冷机后降温至55°C,制取的7°C的冷水送入二级冷却器将中温冷却水最终降温至22°C,多余的冷量用于摊凉机制冷。制冷过程产生的37°C冷却水经冷却塔循环降温。55°C中温冷却水经一级冷却器和二级冷却器最终降温至22°C送入低温水缓冲罐循环使用。一级冷却器的热量可用于润粮水补水预热或采用风冷的形式降温

四川宜宾六尺巷酒厂白酒酿造基地年产2.5万t/年原酒。酿造一车间共有18套冷却器,进出口温度为20/85°C,每小时流量为20t/h。产生的中温冷却水采用直接排放的形式,浪费能源的同时形成热污染。另外摊凉冷却工艺采用电制冷机制冷冷却需要消耗大量电能。冷却工艺改造后,采用一台热水型制冷机(制冷量400kW),实现85/20°C的冷却循环还替代了摊凉工艺60%的电制冷。每年实现节水13万t、节电73.26万kWh

广东佛山石湾酒厂原采用冷却塔降温的形式,冷凝器进出口温度为32/52°C,在夏季高温高湿天气下,冷却水温度偏高,造成出酒量降低和出酒时间延长。冷却工艺改造成高温冷凝器后,中温冷却水的温度高达90°C,流量为126t/h,并采用一台热水型制冷机制取2733kW冷量实现近3万m²建筑免费制冷,年节省电费123万kWh



钢铁厂废热制冷制热

钢铁行业能耗约占全国工业总能耗的15%，其中余热资源约占37%，国内大型钢铁废热利用率为30~50%，远低于国外先进企业90%利用率，节能空间巨大。钢铁厂废热主要以废烟气显热、产品显热、冷却水显热、炉渣显热为主

- 焦化、烧结、炼铁、炼钢、轧钢等工艺产生高温烟气废热，一般用余热锅炉转化为蒸汽
- 冲渣工艺段产生70~90℃的热水
- 钢铁生产过程中产生大量30~40℃的冷却水

钢铁厂主要冷热需求：

- 厂区办公楼、电控室、车间等制冷需求，尤其是电控室仪器仪表间冷需求大、稳定；冬季办公楼、车间以及外围住宅等采暖需求
- 与钢铁厂关联的焦化水煤气冷却净化工艺段需要16/23℃冷水
- 高炉燃烧空气采用制冷机降温脱湿，降低焦比以提高高炉产量

高炉鼓风脱湿——江苏永钢



高炉脱湿是指通过制冷的方式将进入高炉鼓风中的水分脱除，使空气的湿度降低至最佳操作要求，适用于南方高温高湿的钢铁厂。主要作用包括：

- 降低焦比。空气湿度降低1g/Nm³，焦比降低0.8~1.0kg/t；焦比降低1%，高炉产量增加1%
- 空气湿度降低1g/Nm³，可提高理论燃烧温度6℃，多喷1.5~2kg/t煤粉，减少焦炭消耗量
- 节约鼓风机电耗。空气经脱湿后，空气密度增大，减少鼓风机轴功率，节省电耗

项目概况

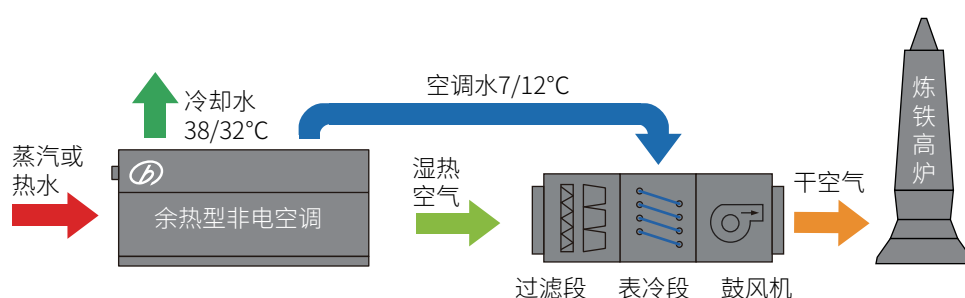
江苏永钢集团有限公司，始创于1984年，经过30多年的发展，现已成为一家在全国钢铁行业中具有特强竞争力的民营钢铁企业。永钢年产钢能力900万t，主要产品有能源领域用钢、交通领域用钢、生活领域用钢等

应用形式

江苏永钢位于张家港市，离海较近，该地区夏季平均相对湿度在75~90%，20℃时空气中的含水量约18~25g/kg干空气。永钢建有3座1080m³高炉，这3座高炉采用相同的炉型。项目中采用钢铁厂0.6MPa的余压蒸汽驱动远大三台BS600(单机5.2MW)的蒸汽型非电空调制冷，冷水用于降低鼓风中的水汽

应用价值

从脱湿前后实际运行数据分析，鼓风脱湿量为7.4g/kg干空气，高炉的焦比降低8.2%，喷煤量上升1.3%，鼓风机能耗下降7.4%，达到使用目的





钢铁厂冲渣水废热制冷制热——临沂钢投特钢

冲渣流程：高炉熔渣与铁水分离后,经渣沟进入熔渣粒化区,水渣冲制箱喷出的高速水流使熔渣水淬粒化冷却。炉渣在水渣沟内进一步粒化缓冲后,流入装有水渣分离器的搅笼池中,由带有螺旋叶片的搅笼机(也称螺旋机)将水渣混合物中的炉渣分离出来,经脱水后成为干渣。剩余的冲渣水温度高达90℃左右,原工艺基本上通过自然冷却或冷却塔散热

项目概况

临沂钢投特钢项目位于临港区先进特钢园区,总占地面积3223亩,以优特钢冶炼、新材料、新装备生产为主,主要产品为高端石油专用管坯、轴承钢、齿轮钢、弹簧钢等。为打造“生态安全、智慧低碳”的循环经济示范基地,临沂钢投特钢按照“钢铁A级企业标准”,高标规划、高质建设、高效运营,以环境高水平保护,促企业高质量发展

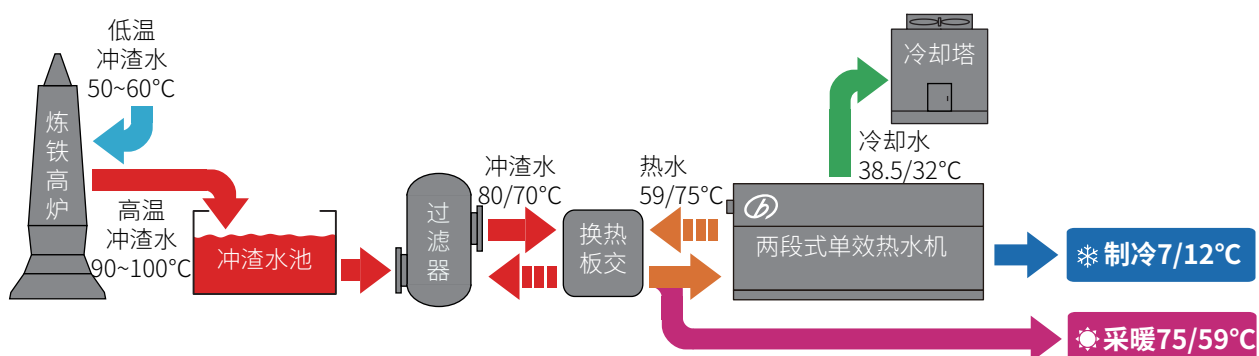
应用形式

本项目中新建1座2770m³高炉,与高炉配套新建2座冲渣水换热站。经过滤的冲渣水通过水水板换换出75℃的热水,热水再经水泵送入两台型号为BDH400(单机制冷量2605kW)的两段式热水机制冷,制取的冷水用于办公区域、宿舍以及电气控制室降温。冬季通过板换为厂区供暖

应用价值

冲渣水温度高达80~90℃,且冲渣水水量大,蕴含的热量大,但废热利用率极低,大多直接冷却排放。临沂钢投特钢项目中除将废热用于冬季采暖外还创造性的采用冲渣水驱动热水机制冷。

冲渣水废热用于冬季采暖、夏季制冷,废热得以充分利用。冬季每小时废热回收量为11MW,折合标煤1.35t;夏季每小时制冷量5210kW,按电空调COP5计算,相当于每小时节省1042度电,折合标煤0.4t。本项目预计全年可节省标煤5000t,减排二氧化碳1.28万t,相当于种了70万棵树



地热水大温差制冷制热——新奥开新养老示范园

地热水应用分析

地热能属于可再生的清洁能源，是未来碳中和下最主要的零碳能源之一。目前地热能仅只是简单的采用换热形式用于采暖，热能利用率低且单一。非电空调/热泵技术可以采用中深层地热水驱动机组实现大温差制冷或大温差供热，提高地热能的利用率

- 夏季70℃以上的地热水驱动热水型非电空调制取7℃的冷水，提高地热井利用率，实现零碳制冷
- 冬季80℃以上的地热水驱动吸收式换热机组制取40~50℃热水，地热尾水也可进一步采用热泵回收热量，提高地热水利用率

项目概况

新奥开新养老示范园是新奥健康养老项目之一，位于北京以南50公里的首都经济圈，总占地面积3000多亩，主营养生养老、体检体测、医疗服务、温泉理疗等生活、服务配套。本项目利用地热水作为热水型非电空调和换热机组的驱动热源为建筑提供制冷、采暖，地热水不稳定或不足时采用直燃型非电空调补充

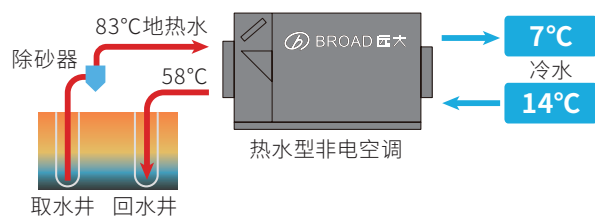


地热利用形式

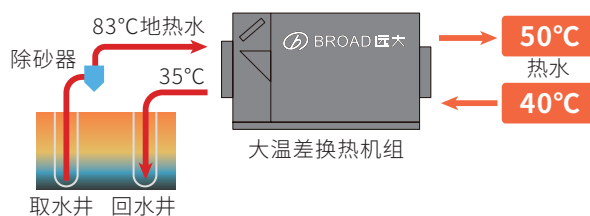
夏季：83℃地热水降温至58℃驱动三段式热水型非电空调制取7℃冷水用于建筑制冷。地热水有效制冷温差达到25℃，比常规热水型非电空调(83/68℃)增加了10℃温差，提高了地热水67%利用率，新增880kW制冷量，相当于增加1万多平米供冷面积

冬季：83℃地热水降温至35℃驱动大温差换热机组直接制取50℃热水用于建筑采暖及温室恒温。大温差换热机组最大的特点在于地热水有效换热温差达到48℃，比常规换热器(83/50℃)增加了15℃温差，提高了地热水45%利用率，新增2617kW供热量，相当于增加4万多平米采暖面积

■ 夏季运行工况



■ 冬季运行工况



应用价值

新奥开新养老示范园采用地热能为整个园区提供制冷和采暖，几乎实现了空调零能耗。项目中采用的新技术最大限度利用了地热能，每年可为客户节省空调运行能耗2000t油当量，年节省空调运行费用620万元，减排CO₂约6295t，相当于种了34.4万棵树

空压机废热制冷制热——山西凯赛生物

空压机废热应用分析

空气压缩过程中输入的电约75%转化成热能存在于热油之中，通过冷却器冷却带走；约10%电能转化成热能后辐射损失；约5%电能转化成电机热量散失；最后约10%的电能转化为热能存在于压缩空气中，也就是电量的85%(热油75%及压缩空气10%)会转化成废热排放。而这些废热中约有80%热量，也就是电能的 $0.8 \times 0.86 = 68\%$ 最终以冷却水的形式排放

如果空压机的冷却水温度高于70℃，可直接用于制取卫生热水或采暖，如有制冷需要可采用热水型非电空调制冷。电/冷转化率(压缩机功率转化为冷量的比例)约为15~32%，产生的热水温度越高转化率越高

项目概况

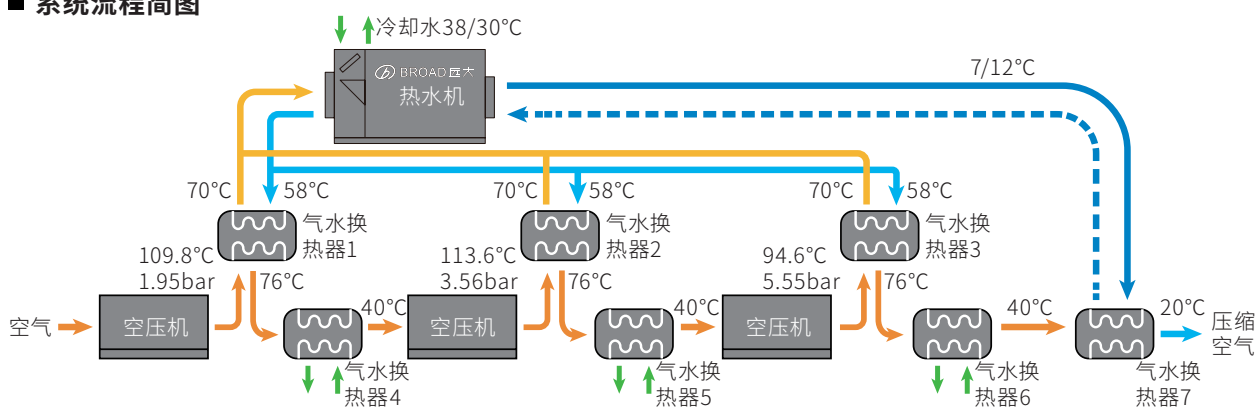
山西凯赛生物科技有限公司是由上海凯赛生物技术股份有限公司和山西省政府共同出资建设的合成生物产业高新技术企业，被誉为“合成生物学史上最大的项目”，建成后将形成240万t/年玉米深加工能力、50万t/年生物基戊二胺、90万t/年生物基聚酰胺项目和8万t/年生物法长链二元酸能力



系统简介

本项目中采用了6台大型空气压缩机为玉米发酵工艺提供洁净、无油的压缩空气。空压机为三级压缩，单台功率16000kW，空气处理量3500Nm³/min，最终排气压力0.55MPa(G)。每台空压机产生的70℃热水用于驱动一台BDH600(制冷量3500kW)的两段式热水机，制取的冷水用于压缩空气降温至20℃。冬季无制冷需求时直接采用换热器为厂区内供暖

■ 系统流程简图



应用价值

采用6台BDH600热水机回收空压机废热用于工艺制冷和采暖。夏季制冷时电/冷转化率为22%，与电制冷(COP5)相比年节省2469万度电。冬季采暖电/热转化率为44%，与蒸汽换热采暖相比年节省17.28万t蒸汽。本系统全年预计节省3.91万t标煤，减少碳排放10.17万t，相当于种树555万棵

中温热水制冷典型案例



石化: 中石化枝江化肥(工艺热排水)

采用生产环节产生的工艺热排水驱动远大4台单机制冷量为6.4MW的热水型非电空调制取冷水用于乙二醇工艺冷却

机组型号: BDH800*4	年减排CO ₂ : 4.08万t
热水温度: 75/98℃	年节省标煤: 1.57万t
冷水温度: 7/12.3℃	相当于年种树: 223万棵



化工: 福建正太新材料(蒸汽凝水)

采用蒸汽凝水驱动远大3台单机制冷量为4MW的热水型非电空调制取冷水用于氯化亚铁结晶工艺冷却

机组型号: BDH600*3	年减排CO ₂ : 1.91万t
热水温度: 75/110℃	年节省标煤: 7358t
冷水温度: 5/12℃	相当于年种树: 105万棵



住宅: 河南御景湾(地热水)

采用地热水驱动远大1台单机制冷量为2.67MW的三段式热水型非电空调制取冷水用于舒适性空调

机组型号: BDH400	年减排CO ₂ : 1050t
热水温度: 55/90℃	年节省标煤: 404t
冷水温度: 7/14℃	相当于年种树: 5.74万棵



产业园: 中汽产业园(太阳能热水)

采用太阳能聚热器产生的热水驱动远大1台单机制冷量为349kW的直燃热水型非电空调制取冷水用于建筑制冷、冬季切换为热泵供热

机组型号: BZDH30	年减排CO ₂ : 103t
热水温度: 88/98℃	年节省标煤: 40t
冷水温度: 7/12℃	相当于年种树: 5600棵

中温烟气制冷典型案例



热电厂：北京京能上庄热电(燃气轮机)

回收燃气-蒸汽联合循环发电后的低温烟气热量换成热水后驱动远大2台单机制冷量为5885kW的热水型非电空调制取冷水用于区域空调

机组型号: BDH800*2	年减排CO ₂ : 4627t
热水温度: 74/120℃	年节省标煤: 1780t
冷水温度: 5.5/12℃	相当于年种树: 25万棵



玻璃厂：凤阳南玻(窑炉)

回收玻璃窑炉的低温烟气(160℃)热量换成热水后驱动远大2台单机制冷量为2600kW的热水型非电空调制取冷水用于工艺冷却和舒适性空调

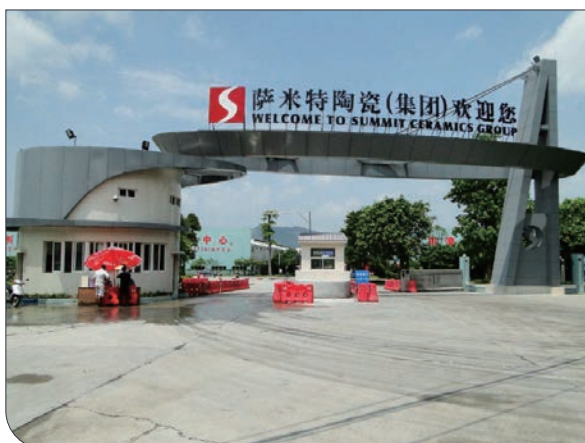
机组型号: BDH300*2	年减排CO ₂ : 7137t
热水温度: 80/90℃	年节省标煤: 2745t
冷水温度: 7/14℃	相当于年种树: 39万棵



电路板制造：金安国纪有限公司(锅炉)

回收蒸汽锅炉和导热油锅炉的中温烟气(250℃)热量换成热水后驱动远大2台总制冷量为5129kW的热水型非电空调制取冷水用于工艺冷却和车间降温

机组型号: BDH300*1	
BDH200*1	年减排CO ₂ : 2688t
热水温度: 88/98℃	年节省标煤: 1034t
冷水温度: 7/14℃	相当于年种树: 14.7万棵



陶瓷厂：萨米特陶瓷集团(窑炉)

回收陶瓷窑炉的低温烟气热量换成热水后驱动远大1台单机制冷量为582kW的热水型非电空调制取冷水用于建筑用冷

机组型号: BDH50	年减排CO ₂ : 305t
热水温度: 88/98℃	年节省标煤: 117t
冷水温度: 7/14℃	相当于年种树: 1.67万棵

冷热电联产

冷热电联产是指遵循能源梯级利用的原则，将能源按其品位逐级利用：

高品位的热能优先用于生产高品质的电能，再将发电后的低品位的热量用于制冷/热，实现能源的“温度对口，梯级利用”，一次能源的利用效率可达60~90%

以热电厂为基础的冷热电联产

模式一：蒸汽制冷型

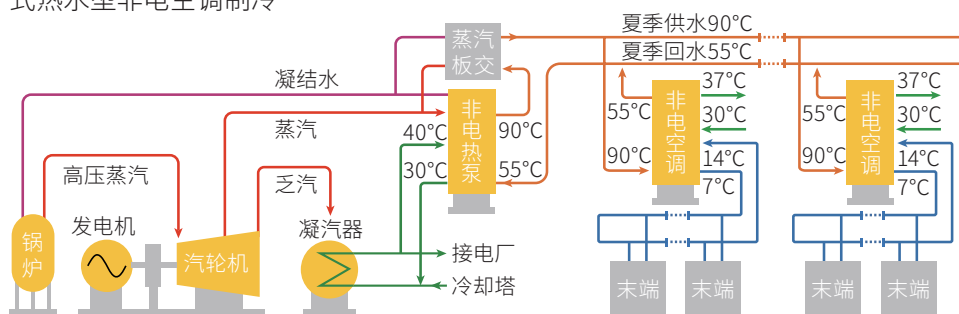
电厂内汽轮机发电，发电后的中低压蒸汽输送至用户端驱动蒸汽型非电空调制冷。

约 $1.1\text{kg} \geq 0.4\text{MPa}$ 蒸汽可制取 1kW 冷量；约 $2\text{kg} < 0.3\text{MPa}$ 蒸汽可制取 1kW 冷量



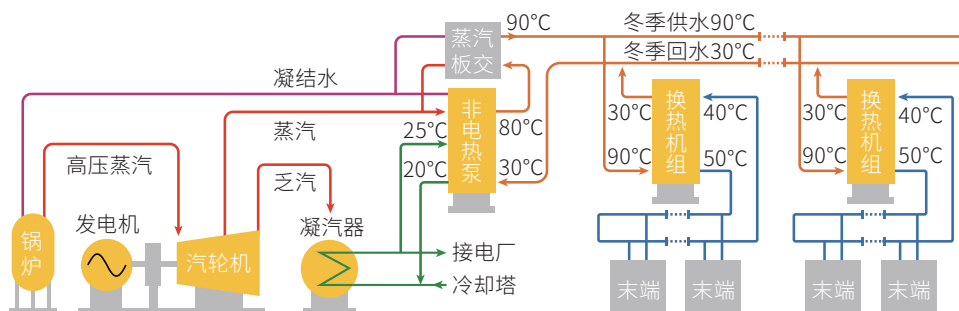
模式二：废热回收与大温差制冷型

电厂内采用非电热泵回收冷却水热量供热，不足部分采用蒸汽补充，用冷侧采用三段式热水型非电空调制冷



模式三：废热回收与大温差换热型

电厂内采用非电热泵回收冷却水热量供热，不足部分采用蒸汽补充。二级换热站采用换热机组增加一次网供回水温差，提升热网供热能力



以燃气发电机为基础的冷热电联产

天然气燃烧推动燃气内燃机或燃气轮机发电，发电后产生的高温烟气和缸套水（燃气轮机只有烟气）再驱动非电空调制冷制热，实现冷热电联产

燃气冷热电联产适合于以下类型项目：

- 有一定体量、业态分布较好：比如商业综合体
- 用冷、用热、用电稳定，比如数据中心、医院等
- 用能时间长，年运行2500小时以上
- 燃气价格低、电价较高或存在电网供电不足及限电的场所



传统能源

发电效率：35%
线损：4%
无法利用废热：65%
能源综合利用率：31%

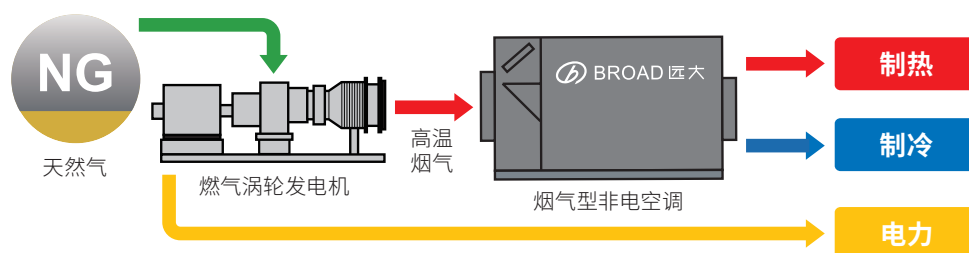


分布式能源

发电效率：35-45%
废热制冷制热：35-45%
无法利用废热：10-30%
能源综合利用率：70-90%

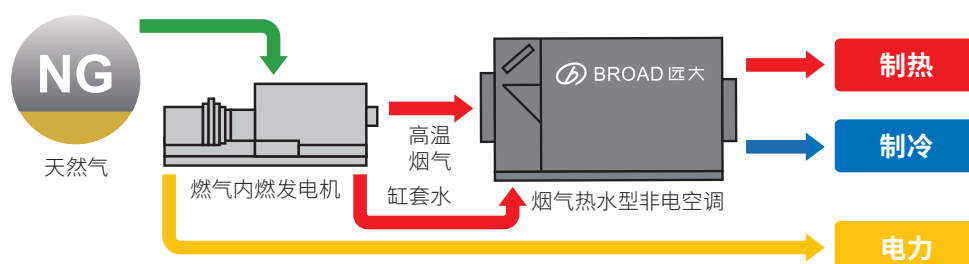
模式一：烟气型

涡轮发电机向建筑送电，非电空调用烟气制冷制热，空调完全不用燃料



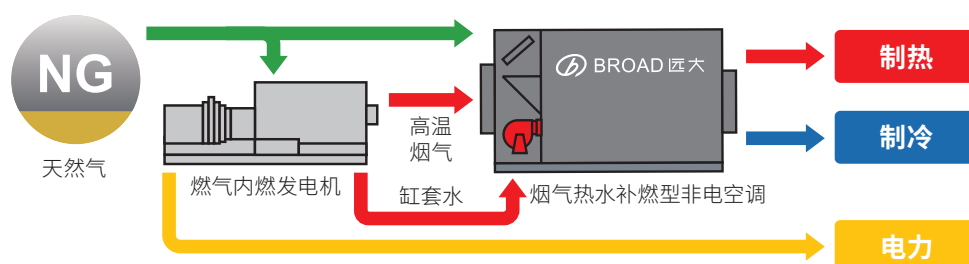
模式二：烟气热水型

内燃发电机向建筑送电，非电空调用烟气、缸套水制冷制热，空调完全不用燃料



模式三：补燃型

发电机向建筑送电，非电空调用烟气（缸套水）制冷制热，不发电或少发电时用天然气补充



数据中心节能与降低PUE方法——冷电联产

PUE(Power Usage Effectiveness, 电源使用效率)是指数据中心消耗的所有能源与IT负载消耗能源的比值,是国际上比较通用的数据中心电力使用效率衡量指标。PUE值越接近1,表示数据中心的绿色化程度越高

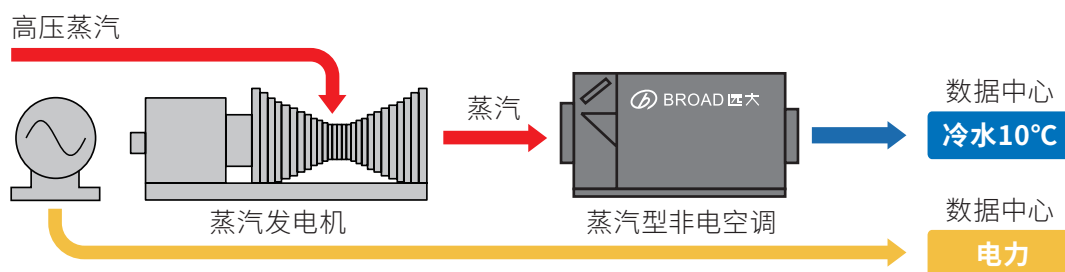
在《绿色数据中心评价指标体系》中将PUE作为绿色数据中心评价中最重要的一项指标,所占权重达60%。到2025年底,我国新建大型和超大型数据中心PUE值要求下降到1.3以下

数据中心能耗主要包括IT设备能耗、配电系统能耗以及制冷空调能耗,其中IT设备、配电系统用电相对稳定,下降幅度有限,而制冷空调能耗占数据中心总能耗的40%左右,如采用传统电空调冷却方式,其PUE也会达到1.5。因此采用少耗电或不耗电的空调模式成为降低PUE最有效的手段

冷电联供——采用发电机发电后的废热驱动非电空调制冷,非电空调耗电量只占制冷量的2‰,将PUE降低至1.3以下。冷电联供既保证了电力的就近高效利用和数据中心的用电安全,同时采用废热制冷降低数据中心空调能耗,是绿色数据中心建设的重要节能手段之一

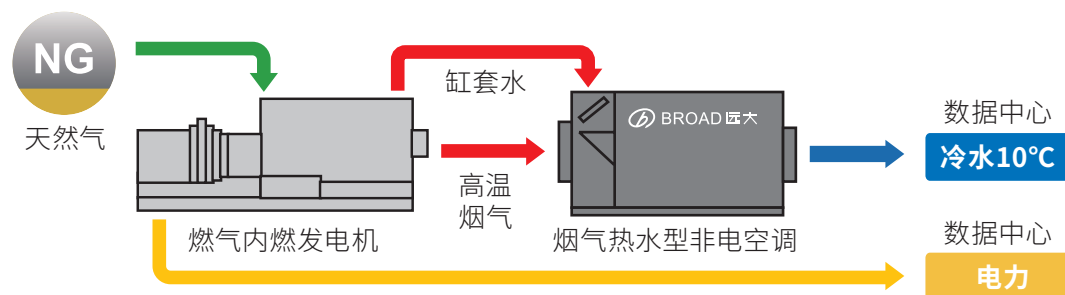
模式1: 蒸汽型冷电联产

数据中心就近建设在热电厂旁或建设在蒸汽管道附近。热电厂发出的电为数据中心供电、汽轮机余压蒸汽用于驱动蒸汽型非电空调为数据中心供冷。对于热电厂而言,发出的电和废热蒸汽都得以利用,提高了热电厂能源利用率和经济性



模式2: 燃气型冷电联产

数据中心内直接建设燃气分布式能源站。燃气发电机发出的电为数据中心供电;发电后的废热(高温烟气、缸套水)用于驱动非电空调制冷。发电机就近供电,无线损,并为数据中心提供了一路自发电保障,运行更安全稳定;采用废热制冷,一次能源利用效率达90%,在气电比小于5:1时,可以节省运行费用



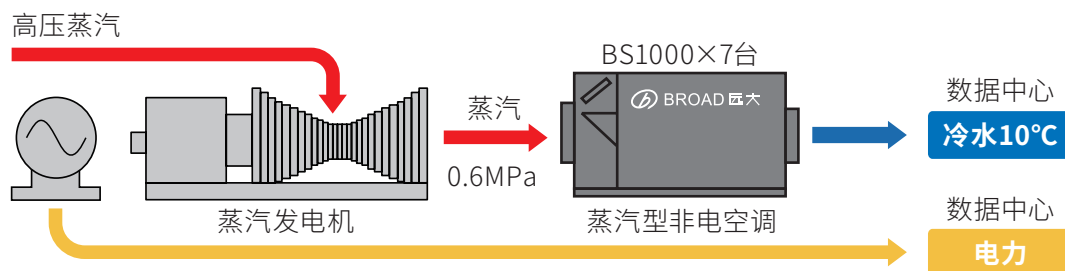


蒸汽型冷电联产 ——五沙(宽原)大数据中心

五沙(宽原)大数据中心位于佛山市顺德区五沙工业园内北部，为超A级数据中心。本项目总投资约16亿元，占地56.9亩，规划1万个机柜能弹性满足客户需求，总规划制冷量19800URT，被列为广东省年度重点项目。项目选址于粤港澳大湾区核心区域，临近香港、澳门、深圳、广州4个核心城市引擎中心，衔接“智造+离岸业务”。建成后将是华南区最大的电厂废热能源站，也是华南区最大的冷电联供数据中心

系统简介

数据中心建设在顺德五沙热电厂内，为降低整个系统的PUE(能源利用效率，衡量数据中心基础设施能效的综合指标)，建设绿色数据中心，直接采用电厂内热电机组产生的余压蒸汽作为非电空调的驱动热源。能源站分3期建设，共7台蒸汽型非电空调(6用1备)，与另外一套应急备用离心制冷系统构成2(N+1)的容错配置。一期系统采用热电厂0.6MPa饱和蒸汽驱动3台远大BS1000蒸汽型非电空调，制取10/20℃的冷水送至数据中心换热板交，为数据中心内机柜供冷。冷却水采用电厂32/39℃冷却循环水



应用价值

本项目积极响应国家“十三五”规划节能减排要求，致力打造华南地区绿色数据中心。在电厂区域内建设数据中心，不仅实现了能源的梯级利用，电厂能源利用率提高20~30%，而且用电用冷就近消纳，降低了线路输送损失，在给客户带来经济效益的同时，也减少了对环境的污染，为建设国家的互联网智慧能源提供很好的示范作用。采用电厂废热制冷，一期工程预计每年节省电力6112.7万kWh，减排CO₂约5.28万t，相当于种树288.5万棵

烟气热水补燃型冷热电联产——湖南广播电视台总部数据中心

湖南广播电视台节目生产基地建设地点位于世界之窗和海底世界中间，占地约110亩。总部基地包含办公楼、演播厅、美术馆及数据中心等建筑业态约15万平米，其中数据中心总设计1000个机柜，一期约投入281个机柜，二期约投入719个机柜。基于总部基地建筑业态的多样性，不同功能用房空调负荷的不同特点以及数据中心空调和电力保障的高度重要性，能源站选用燃气冷热电联产为核心的多能互补技术，为总部基地数据中心提供空调及部分电力



系统简介

本项目采用三台燃气内燃发电机(单机发电量2MW，发电效率44.8%)和三台烟气热水直燃机(单机制冷量1900kW、制热量1300kW)，为建筑提供制冷、供热

夏季：燃气内燃发电机发电后产生的高温烟气(376/110℃)与缸套水(95/80℃)进入烟气热水直燃机制冷，提供18℃的冷水为数据中心供冷，当冷量不足时采用天然气补燃，稳定提供5700kW冷量

冬季：燃气内燃发电机发电后产生的高温烟气与缸套水进入烟气热水直燃机制取55℃采暖水为部分配套演播厅供热，总制热量3900kW，供热不足时再采用天然气补燃。当湿球温度低于10℃时采用冷却塔与自然冷却板换制取18℃冷水为数据中心提供冷量

应用价值

稳定高效：

采用冷电热联产系统，充分利用发电机废热免费制冷、制热，能源综合利用效率从44.8%提升到88%。冬季利用现有设备通过自然冷却板换免费制取冷量，减少能源消耗。高效的能源系统满足项目的基础电负荷和部分冷热的需求，实现节能型、环保型、高效型的项目建设目标，PUE降至1.2左右，达到国家先进绿色数据中心标准，节能效果十分显著

节能减排：

年减排二氧化碳约5100t，相当于种树28万棵。该项目不仅能为用户带来一定的经济利益，同时减少用能对环境造成的污染，是实现碳达峰有效途径

烟气型冷热电联产——杭州萧山国际机场

杭州萧山机场国际机场三期工程是浙江省大通道建设十大标志性项目之一，也是2022年亚运会保障交通基础建设项目。其中，T4航站楼建筑面积69万 m^2 ，位于T3航站楼西侧。T4航站楼建成后，整个萧山机场航站楼形如“杭”字首字母“H”，到2030年，机场将能满足旅客吞吐量9000万人次的要求

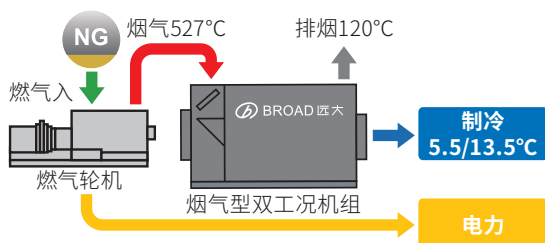
系统简介

本项目采用一台燃气轮机(发电量7.83MW，发电效率32.9%)分别驱动一台烟气热水机和一台烟气型双工况机组，夏季制冷、冬季供热

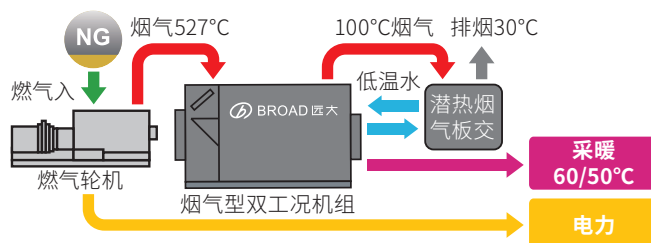
夏季制冷流程——燃气轮机燃烧天然气发电后产生527℃高温烟气(96120kg/h)分别驱动烟气热水型非电空调(BHE1000，制冷量10.1MW)和烟气型双工况机组(BE1000-R1，制冷量9.1MW)制冷，产生5.5℃的冷水用于机场候机厅、办公室等区域供冷，最终将排烟温度降至120℃排放

冬季制热工况——燃气轮机燃烧天然气发电后产生527℃高温烟气分别进入两台机组制热。其中烟气热水机采用分隔式供热将烟气降温至100℃以下并产生60℃的热水(制热量8.56MW)用于采暖。另一台烟气型双工况机组切换成热泵工况，采用527℃烟气驱动热泵(制热量10.68MW)产生14.8℃的低温水分别送入两台机组的潜热型烟气板交内回收低温烟气(100/30℃，废热量3.88MW)的热量，最终所有烟气的热量以60℃的热水形式用于机场采暖

■ 夏季运行工况



■ 冬季运行工况



应用价值

本项目充分利用燃气轮机发电后的高温废热尾气免费制冷(19.2MW)制热(19.24MW)，夏季能源综合利用效率(输出电和冷与输入天然气热量的比值)可达100%，冬季能源综合效率(输出电和热与输入天然气热量的比值)可达101%，预计年节省电力消耗921.6万kWh，节省天然气416万 m^3 ，减排二氧化碳1.75万t，相当于种树96.4万棵



燃料电池型冷热电联产——加州圣地亚哥分校

燃料电池不同于传统的发电形式，它能将存在于燃料（如氢气、沼气、天然气等）中的化学能直接转化为电能。由于转化不经过燃烧过程，能量转化率高，电能转换效率在45~60%。燃料电池发完电后，剩余热量以高温烟气形式排放，采用烟气型非电空调回收高温烟气热量用于制冷、制热，一次能源利用效率可以达到70~90%



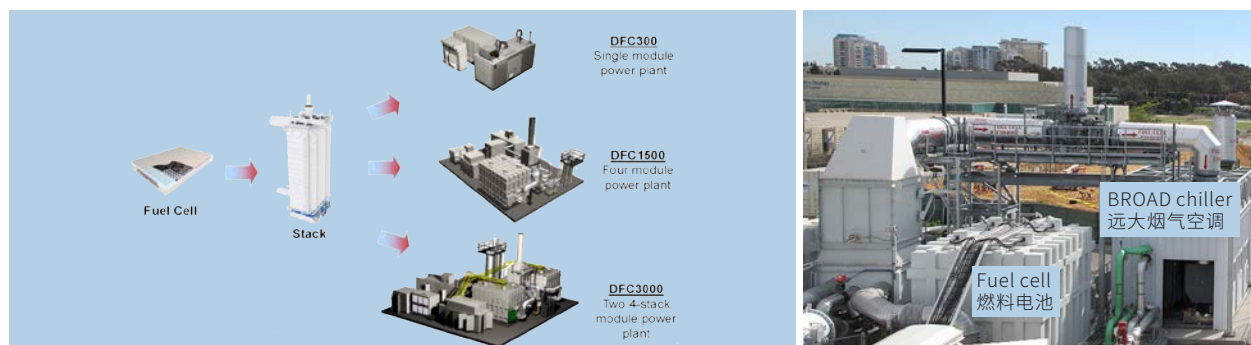
项目简介

加州大学圣地亚哥分校是一所位于美国加利福尼亚州圣地亚哥拉荷亚的研究型公立大学。加州大学圣地亚哥分校是美国的“公立常青藤”，也是美国顶尖公立研究型大学之一。加州大学圣地亚哥校区 (UCSD) 并未采用传统的燃气内燃发电机或涡轮发电机，而是选择燃料电池这种新技术

应用形式

燃料电池发电站直接利用可再生能源——沼气发电 2.8MW，是加州大学 (UCSD) 微电网可持续发展的基石，每年提供所需电力的 92% 负荷

远大烟气型非电空调回收燃料电池 371℃的废烟气热量来给校园建筑供冷，制冷量为 1315kW，加上现有的冷水机组系统，能满足未来建设规划需求。其废热作为二次能源，将系统整体的能源效率提高至 78%，而传统发电厂仅仅只有 30% 左右



应用价值

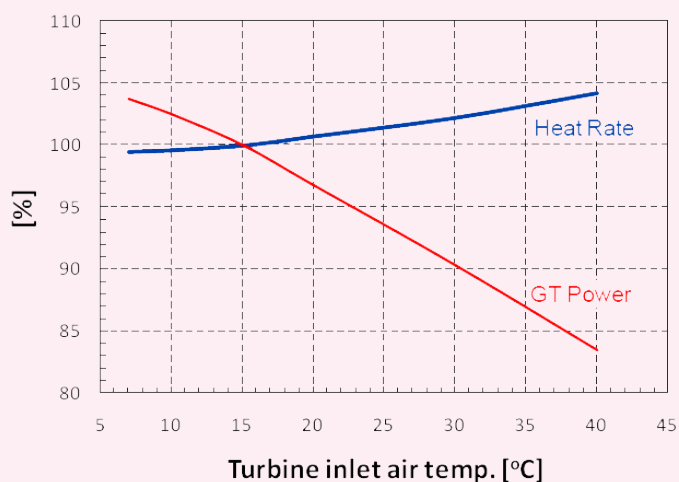
与传统采用电网电力的空调系统相反，通过燃料电池CCHP系统，每年可减少碳排放约 1331 t、节省大约 1800 万美元固定资产购置费。加州大学圣地亚哥分校再也不用在大电网上购电，每月自己微电网发的电就能节省 80 万美元，与此同时冷热电联产还减少：

- 大电网传输和分配电力而造成的能源损失
- 对州外燃煤发电的依赖
- 圣地亚哥燃气电力公司电网系统的区域拥塞
- 降低需求费用成本约 33万美元/年，该项目于 3.5 年内收回制冷机投资

燃气发电机进气冷却——涟源钢铁有限公司

燃气发电机的额定工况是按ISO标准工况即环境温度为15℃时额定发电量。但在实际运行中，发电机并不在标准温度下运行，尤其是在夏季时，气温高、空气密度小，造成进入压气机和燃气透平的质量减少，直接导致燃气发电机发电量下降和热耗上升。如右图所示，当温度达到40℃时，发电机发电量下降13%；热耗上升4%

采用发电废热或工业副产燃料驱动非电空调制冷，既充分利用废热，又提高了发电量和发电效率



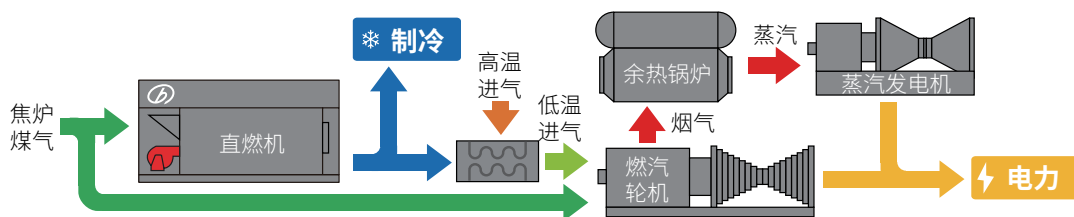
项目概况

涟源钢铁有限公司是我国中南地区重要的板材生产基地，位于湖南省娄底市。涟钢于1958年建成投产，现已具有年产钢800万t综合规模。涟钢采用了日本三菱提供的带煤气压缩机的M251S型燃气轮机，以焦炉煤气为原料驱动燃气-蒸汽联合循环，系统总发电量为28.5MW

应用形式

娄底市位于湖南中部，炎热季节持续4个月（6月~9月）之久，日均高温超过28℃，极端气温高达40℃。过高的气温造成燃气轮机发电量和热耗上升，发电效益下降

本项目中采用工厂副产焦炉煤气作为热源驱动三台BZ250（单机制冷量2.9MW）的直燃型非电空调制取7℃冷水用于将35℃的空气降温至17℃



应用价值

本系统从2018年5月投运，稳定运行至今。采用进气冷却，燃气轮机发电量提高了10%，年新增发电820万度电。而发电系统和冷却系统都是采用的炼焦过程中副产的焦炉煤气，实现了能源的高效利用

蒸汽型冷电联产典型案例



轮胎制造：倍耐力轮胎

采用热电厂余压蒸汽驱动远大10台总制冷量为48MW蒸汽型非电空调制取冷水用于工艺冷却和舒适性空调

机组型号: BS500*3/

BS400*6/BS250*1

年减排CO₂: 7.1万t

蒸汽压力: 0.8MPa

年节省标煤: 2.73万t

冷水温度: 7/12°C 18/22°C 相当于年种树: 380万棵



化工厂：河南晋开化工

采用热电厂和工艺副产蒸汽驱动远大10台总制冷量为48.5MW的蒸汽型非电空调制取冷水用于工艺冷却和舒适性空调

机组型号: BDS500*8

/BS125*2

年减排CO₂: 7.6万t

蒸汽压力: 0.25MPa/0.4MPa 年节省标煤: 2.93万t

冷水温度: 10/20°C 7/12°C 相当于年种树: 415万棵



钢铁厂：涟源钢铁厂

采用热电厂和炼焦副产蒸汽驱动远大6台总制冷量为21MW的蒸汽型非电空调制取冷水用于工艺冷却和电气室降温

机组型号: BS400*3/

BS300*1/BS200*2

年减排CO₂: 2.19万t

蒸汽压力: 0.4MPa/0.6MPa 年节省标煤: 8441t

冷水温度: 7/12°C 16/23°C 相当于年种树: 120万棵



数据中心：重庆华清能源

采用热电厂余压蒸汽驱动远大3台总制冷量为25.6MW的蒸汽型非电空调制取冷水用于数据中心制冷

机组型号: BS800*2

/BS600*1

年减排CO₂: 4.08万t

蒸汽压力: 0.6MPa

年节省标煤: 1.57万t

冷水温度: 6/12°C 相当于年种树: 223万棵

烟气(热水)型冷热电联产典型案例



数据中心：美国高通总部

采用3台燃气涡轮发电机的排烟废热驱动远大3台烟气型非电空调制取冷水用于数据中心和办公楼制冷

项目模式：烟气型	年减排CO ₂ ：2.1万t
发电量：13500kW	年节省标煤：8015t
制冷量：17000kW	相当于年种树：114万棵



数据中心：广州超级计算中心

采用4台燃气内燃机的烟气和缸套水废热驱动远大4台烟气热水型非电空调制取冷水用于天河数据中心制冷

项目模式：烟气热水型	年减排CO ₂ ：1.6万t
发电量：17600kW	年节省标煤：6107t
制冷量：15536kW	相当于年种树：86.4万棵



城市CBD：上海虹桥商务核心区

采用8台燃气内燃机的烟气和缸套水废热驱动远大8台烟气热水型非电空调制取冷/热水用于区域制冷、制热

项目模式：烟气热水型	
发电量：12000kW	年减排CO ₂ ：2.7万t
制冷量：12000kW	年节省标煤：1.03万t
制热量：9978kW	相当于年种树：146万棵



影视城：北京环球影城

采用3台燃气内燃机的烟气和缸套水废热驱动远大3台烟气热水型非电空调制取冷/热水用于区域制冷、制热

项目模式：烟气热水型	
发电量：6000kW	年减排CO ₂ ：1.35万t
制冷量：5700kW	年节省标煤：5153t
制热量：5688kW	相当于年种树：72.9万棵

超高效装配式能源站

在满足建筑或生产用能(冷、热、电同时或单独)需求前提下,采用工厂化生产、现场安装的方式,在一个完整的运行周期内各耗能设备达到或超过较高能效标准的能源站

超高效装配式能源站是精细化设计和智能化运维的系统工程,其核心包括节能产品的选择、节能技术的运用、系统优化设计以及节能运维四个关键部分

超高效装配式能源站优势



节能

- 选用高效用能设备,如高效进口燃气发电机($\geq 40\%$)、磁悬浮节电空调(IPLV10)、高效单热型直燃机($\geq 96\%$)等,能效达到或远超国家一级能效
- 一体化输配系统比其它输配系统节电70%
- 各用能设备通过集控系统和能控系统协同运行在高效点,系统节能15~25%



省钱

- 集成化成套设计制造、节省用户能源站设计安装投资
- 所有设备采用工厂化制造、现场装配,工期不足常规能源站三分之一,节省管理和时间成本
- 强大的运营团队为能源站的运行提供丰富运维经验,降低能源站运行费用



省地

- 能源站高度集成化,相较于传统能源站机房面积减少50%
- 能源站可根据需要安装在室外或屋顶,省去室内机房占地



省心

- 从设计、采购、施工、运维等各环节提供精细化执行方案,以目标能效为导向,提供全过程服务
- 智能化控制系统实现能源站无人化管理
- 全球联网监控,365天24小时故障预警、故障诊断、节能管理

超高效制冷系统

采用高效磁悬浮节电空调与一体化输配系统为核心，各设备通过集控系统和能控系统实现高效运行

运行目标:

制冷系统能效比超过一级并追求引领级

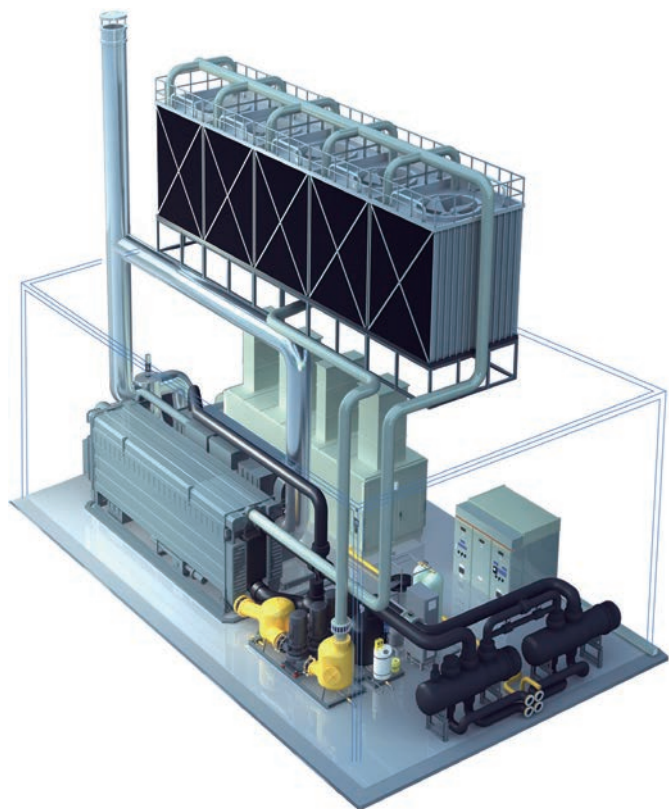
注：系统能效比指制冷系统全年累计总制冷量与全年累计总用电量(包括制冷主机、冷水泵、冷却水泵及冷却塔的用电量之和)的比值

团体标准《高效空调制冷机房系统能效监测与评价标准》中对于一级和引领级能效等级见下表

气候分区	子区	代表城市	系统<1750KW		引领级≥1750KW	
			一级	引领级	一级	引领级
夏热冬暖	I	海口、琼海、东方、阳江、南宁	4.7	5.0	4.9	5.5
	II	广州、深圳、福州、厦门、河池	4.9	5.3	5.2	5.8
夏热冬冷	I	上海、重庆、南京、杭州、武汉、长沙、南昌	4.9	5.3	5.3	5.8
	II	成都、绵阳、遵义、陕西、淮阴	5.1	5.7	5.7	6.3
温和地区	I	贵阳、思茅、澜沧、临沧	5.2	5.8	5.9	6.1
	II	昆明、腾冲、蒙自、兴义、西昌	5.4	6.2	6.4	6.7
寒冷地区	I	北京、天津、济南、石家庄、西安、郑州	5.1	5.8	5.8	6.3
	II	太原、喀什、延安、拉萨、兰州、银川	6.5	7.4	6.5	7.4
严寒地区	I	哈尔滨、长春、沈阳、呼和浩特、大同	5.5	6.2	6.5	7.0
	II	乌鲁木齐、克拉玛依、酒泉、鄂尔多斯、西宁	5.5	6.3	6.7	7.6



冷热电联产成套装置



集成燃气发电机、烟气(热水)型非电空调、输配系统,按标准化、集成化、模块化方式设计的成套装置。各组成部分通过能控系统实现高效运行

运行目标:

燃气冷热电联产系统的年平均能源综合利用率80~90%

注:

- 年平均能源综合利用率是指系统在以年为运行周期内,对外输出电量、热(冷)量之和与消耗燃气输入热量的百分比
- 国家标准《燃气冷热电联供工程技术规范》中平均能源综合利用率应大于70%

超高效制热系统



高效燃气真空锅炉和烟气板交/热泵为核心,各设备通过集控系统和能控系统实现高效运行

运行目标:

- 高效燃气真空锅炉+烟气板交制热效率超过96%
- 高效燃气真空锅炉+热泵制热效率达到106%,排烟40℃以下

注:

- 锅炉热效率是指锅炉对外供热的热量与所消耗天然气低位热量的百分比
- 国家标准《工业锅炉能效限定值及能效等级》中一级能效锅炉热效率为96%;冷凝锅炉热效率103%

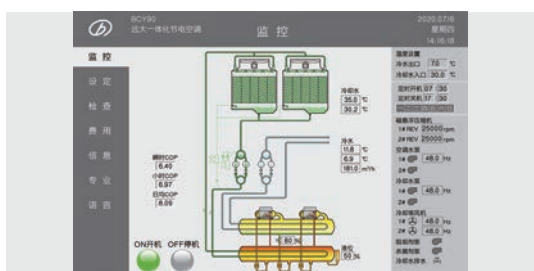


远大成套冷热电联产系统概要——内燃型CHP

智能控制系统

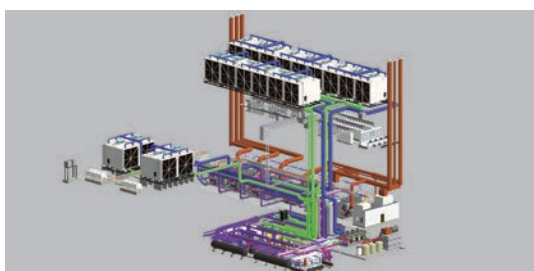


智能控制系统是系统运行的大脑，好的控制系统可以实现系统节能15~25%。远大智能控制系统主要由以下五部分组成：



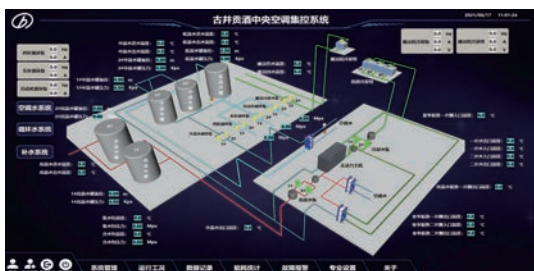
01

ICS控制系统(主机级):
实现主机“全年无人化操作”
及“不间断运行”



02

BIM机房设计(设计级):
实现可视化、系统优化、
减少安装周期



03

机房集控系统(机房级):
实现多机组多设备的自动
协同高效运行



04

全球联网监控系统(服务级):
实现服务前移、主动式服务



05

能控系统(运营级):
实现能源计量，能源站在
最经济的前提下高效运行

高效能源技术的综合运用——湖南妇女儿童医院超高效能源站

超高效能源站的建设是以节能设备为基础、精细化设计和系统节能为依托，并依靠智能控制实现节能运维的系统工程。超高效能源站的建设涉及到从设备选择、系统设计与优化、施工建设以及运营等诸多环节，无论由哪一方来实施都无法承诺实际运行能效。而远大在本项目中既是设备生产商又是系统设计方还是投资运营方，对系统的每个过程进行精细化把控和全过程服务，这是无可比拟的优势

项目特色

湖南妇女儿童医院能源站是远大按照超高效能源站标准投资、设计、施工、运营的多能互补系统，为医院一期提供冷、热(含卫生热水)、电及蒸汽等能源服务。能源站综合运用了燃气冷热电成套装置、磁悬浮节电空调、冷凝热回收型直燃机以及冷凝单热机(真空锅炉)等节能技术，其中前三项入选《国家重点节能低碳技术推广目录》。能源站根据各设备的运行特性以及能源价格制订详细运行策略，确保医院能源的安全、稳定和高效运行

项目概况

湖南妇女儿童医院位于湖南长沙湘江新区洋湖湿地公园旁，是一家依照三甲医疗机构规模、国际JCI标准“高起点建设、高质量运营、高水平服务”的三级妇儿专科医院，提供互联网+智慧医疗就诊体验及全生命周期管家式服务

医院占地面积129.9亩，规划总建筑面积40万 m^2 ，规划床位1500张。一期建筑面积15万 m^2 ，包含医疗综合楼以及后勤综合楼，其中地上总建筑面积:105100 m^2 ，地下总建筑面积:48693 m^2 。地下2层，裙楼4~5层，塔楼19层

负荷需求

医院主要建筑功能分为门诊、医技区、病房、新生儿室、检验室以及其它附属的办公室和会议室等，夏季室内设计温度为23~25 $^{\circ}\text{C}$ 、冬季设计温度为22~24 $^{\circ}\text{C}$ ，设计湿度40~60%。经空调负荷分析计算，确定医院总的冷负荷为17807kW、热负荷为13476kW

卫生热水用水量：一期最高日热水量161.6 m^3/d ，最大时热水量为23.95 m^3/h 。一期日耗热量为12378kW，小时耗热量为1852kW，设计热水负荷为2000kW

医院设计用电负荷容量：10800kV·A





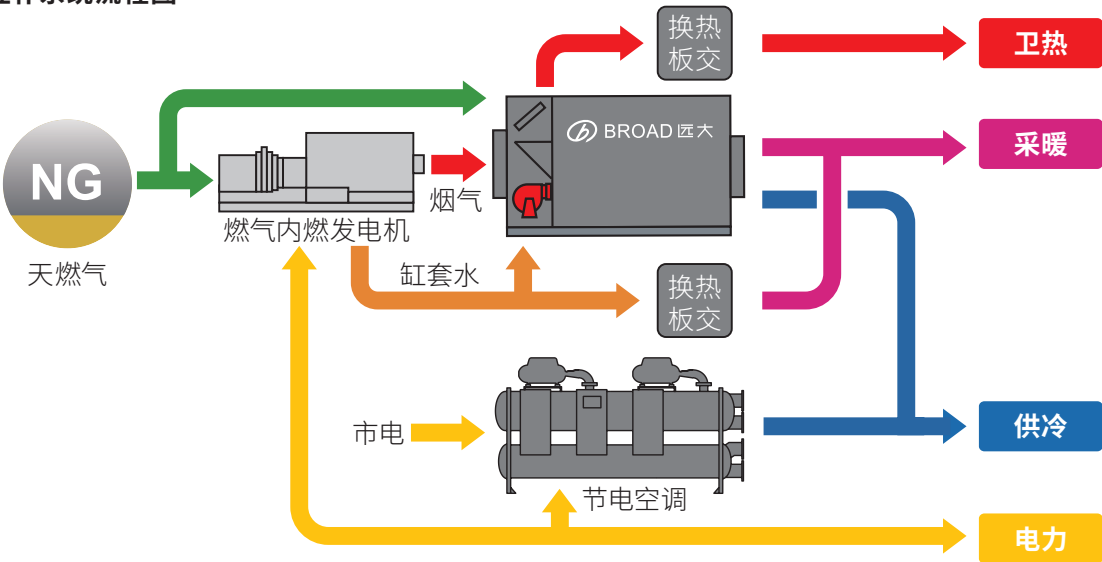
能源站系统配置

能源站系统配置主要由燃气冷热电成套装置、磁悬浮节电空调、冷凝热回收直燃机、冷凝式单热机为核心的多能互补系统。系统配置如下：

设备	电kWh	制冷量kW	制热量kW	卫生热水量kW	蒸汽t
燃气冷热电成套装置	1000	1450	1147	/	/
磁悬浮节电空调1	/	4200	/	/	/
磁悬浮节电空调2	/	4885	/	/	/
冷凝热回收直燃机	/	4652	5739	1600	/
冷凝式单热机	/	/	3722	1600	/
冷凝式蒸汽锅炉	/	/	/	/	2
合计	1000	15187	12476	3200	2

能源站外另有门诊楼部分区域、医技楼的洁净区分别采用风冷热泵作为手术室的备用冷热源；一些检测科如B超、心电图室等有过渡季节空调需求的区域，单独设置热泵型VRV系统

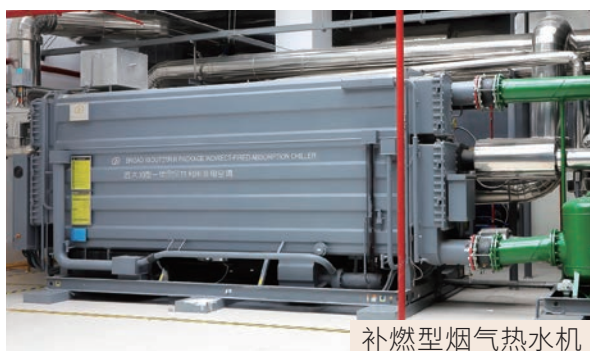
多能互补系统流程图



湖南妇女儿童医院超高效能源站



发电机



补燃型烟气热水机



节电空调



冷凝型单热机



冷凝热回收型直燃机

■ 燃气冷热电成套装置

- 发电机：发电功率1000kW，发电效率41%，排烟温度465℃，质量流量5656kg/h；缸套水温度80/91℃，体积流量45m³/h。发电机发出的电优先满足能源站的基础电负荷，不足部分市电补充
- 补燃型烟气热水机：回收发电机高温烟气和缸套水热量用于免费制冷、制热和卫生热水。烟气提供853kW冷量、514kW热量；缸套水提供403kW制冷量、576kW热量；120℃排烟再采用烟气板交提供180kW卫生热水。补燃工况下，最大可提供1450kW冷量、1147kW热量

燃气冷热电成套装置夏季制冷能源利用效率99%、冬季93%

■ 磁悬浮节电空调

- 能源站配置两台制冷量分别为4200kW和4885kW磁悬浮节电空调。磁悬浮节电空调IPLV可达到10以上，比常规冷水机组节能40%
- 磁悬浮离心机另一大特点在于无油运行，减少故障、节省维修费用、压缩机使用寿命可达30年

■ 烟气换热器

单热机和蒸汽锅炉配有烟气换热器分别用于预热卫生热水补水和锅炉补水将排烟温度降至40~50℃，天然气的利用率提高至103%，节省运行费用的同时还可以脱除烟气中的部分水汽达到消除白烟的目的

■ 冷凝热回收直燃机

冷凝热回收技术是在制冷过程中通过提取冷凝器的冷凝热用于供卫生热水的节能技术。与常规直燃机或锅炉相比，冷凝热回收型直燃机可以降低50%以上卫生热水能耗，甚至实现免费提供卫生热水

系统优化设计及节能设计



■ 一体化输配系统

一体化输配系统是指安装在一个公共底座上用于输送空调冷水、冷却水或卫生热水的设备，主要包括泵组、过滤器、阀组、水处理装置、计量装置及其控制系统等。远大一体化输配系统具备以下特点：

- 省电** 采用零阻力过滤器和零阻力止回阀，且水泵进出口没有多余阀门。零阻力过滤器滤网截面积比传统的Y型过滤器大20倍，实测阻力几乎为零，降低系统阻力
- 省地** 安装在同一个底座上，结构紧凑、维护方便，节省一半以上的占地面积
- 省心** 功能齐全，省去设计、采购、安装、服务等麻烦，产品质量责任归一
- 彻底灭菌** 配备有水处理装置、加药装置等，自动去除补水中的钙镁离子并消灭军团菌
- 快装快用** 采用模块化、集成化方式，整套系统全部工厂制造及调试，现场只需对接外部管道，安装工期不足常规十分之一

■ 水系统节能

- 冷水系统采用大温差小流量，冷水进出口温度为7/13℃，降低水泵耗电
- 冷水系统采用一次泵台数调节和二次泵变频调节相结合的形式。一次泵根据制冷机台数调节、六个分区的二次泵采用变频调节，降低水泵运行电耗
- 冷却水系统的水泵和冷却塔都为三用一备配置，采用台数与变频相结合的调节方式

系统节能运维

超高效能源站是精细化设计和智能化运维的系统工程，而节能运维将系统各组成部分实现高效协同运行，发挥每个设备的潜能最终达到系统的能效最高。另外，系统运维还应根据设备运行特性和能源价格，在运行最经济的前提下实现最大限度节能

节能运维主要包括三个方面：

系统运行策略

医院对外采购能源主要包括电和天然气，输出能源主要包括电、冷、热、卫生热水以及蒸汽，整个能源站是一个多能互补多输出型系统

能源站存在天然气发电和市电两种电力供应；制冷存在磁悬浮节电空调和冷凝热回收直燃机，电价与天然气价格决定了系统的经济性。更重要的是本项目中还存在峰谷电价差，运行很可能出现系统节能但运行费用高的现象。根据各设备运行特性及能源价格制订“运行费用最省、系统能效最高、系统运行最安全”策略

智能控制系统

智能控制系统是系统运行的大脑，好的控制系统可以实现系统节能15~25%。远大智能控制系统主要由：远大ICS控制系统(主机级)、BIM机房设计(设计级)、机房集控系统(机房级)、全球联网监控系统(服务级)、能控系统(运营级)五部分组成

运营管理

在硬件和软件都达到最优条件下，运营人员的能力和和经验决定了能源站运行上限。

远大是国内中央空调合同能源管理和区域能源的开拓者和领军者，已建成并运营上百套燃气分布式能源和多能互补型区域能源项目，总运行面积7000万m²。远大运营优势在于：

- 拥有一支经验丰富、高素质、高责任心的运营管理团队
- 拥有海量多气候条件、多业态建筑空调系统
- 建立了核心设备多工况运行数据库
- 建立了先进信息技术支撑的建筑用能运营管理制度

典型案例



上海世博会

客户信息

商务模式: 投资EMC

供能面积: 220万m²

能源设备: 22个能源中心

服务内容: 供冷、供热、

卫生热水

服务价值

年减排CO₂: 7.3万t

年节省标煤: 2.49万t

相当于年种树: 400万棵



中新苏州工业园月亮湾

客户信息

商务模式: PPP

供能面积: 35万m²

能源设备: 1个能源中心

服务内容: 供冷、供热

服务价值

年减排CO₂: 5400t

年节省标煤: 1800t

相当于年种树: 30万棵



南京河西新城

客户信息

商务模式: PPP

供能面积: 1500万m²

能源设备: 13个能源中心

服务内容: 供冷、供热、

卫生热水

服务价值

年减排CO₂: 12万t

年节省标煤: 4万t

相当于年种树: 660万棵



延安新区

客户信息

商务模式: PPP

供能面积: 700万m²

能源设备: 3个能源中心

服务内容: 供冷、供热、

卫生热水

服务价值

年减排CO₂: 8.04万t

年节省标煤: 2.74万t

相当于年种树: 440万棵

废热咨询表

咨询人：		联系方式：		
项目名称：		所在省市：		
需求	冷需求(制冷机) _____ × 10 ⁴ kcal/h (_____ kW) 制冷温度 ☐ _____ / _____ °C 用途 ☐ 工艺用冷 ☐ 建筑用冷 ☐ 其它 _____ 用冷时间 ☐ 全年 ☐ 制冷季		热需求(热泵) _____ × 10 ⁴ kcal/h (_____ kW) 制热温度 ☐ _____ / _____ °C 用途 ☐ 集中采暖 ☐ 工艺用热 ☐ 其它 _____ 用热时间 ☐ 全年 ☐ 采暖季	
外部条件	冷却水 冷却水温度 _____ / _____ °C 冷却水流量 _____ T 水质报告 (确定换热管材质) ☐ 有 ☐ 无		低温水 低温水温度 _____ / _____ °C 低温水流量 _____ T 水质报告 (确定换热管材质) ☐ 有 ☐ 无 低温烟气 排烟温度 _____ °C 烟气流量 _____ □ Nm ³ /h □ kg/h 烟气来源 ☐ 天然气锅炉 _____ T ☐ 燃煤锅炉 _____ T ☐ 其它 _____	
废热条件	废热水 进出口温度 _____ / _____ °C 流量 _____ T 来源 _____ 是否有腐蚀 ☐ 无 ☐ 有	蒸汽 压力 _____ MPa 流量 _____ T 来源 _____ 是否有腐蚀 ☐ 无 ☐ 有	废烟气 温度 _____ °C 流量 _____ □ Nm ³ /h □ kg/h 来源 _____ 排烟压力 _____ kPa	燃气或其它可燃气体 热值 _____ kWh/ Nm ³ 压力 _____ kPa 来源(其它可燃气体填) _____ 烟气是否有腐蚀 ☐ 无 ☐ 有
能源条件	电价 _____ 元/kWh 蒸汽价格 _____ 元/T 燃煤价格 _____ 元/T 燃气价格 _____ 元/ Nm ³ 水价 _____ 元/T 热价(热泵填) 按面积 _____ 元/平米 按热量 _____ 元/GJ			用于计算运行费用和投资回收期 采用蒸汽驱动或原供热方式为蒸汽填写 驱动热源采用燃煤制取时填写, 如热电厂蒸汽、燃煤锅炉蒸汽等 驱动热源采用燃气或燃气制取时填写 用于计算运行费用和投资回收期 用于计算运行费用和投资回收期
注：本表用于工业废热项目的前期咨询以便远大客户经理和技术人员了解项目整体情况。如您无法确定表中的数据，也可以电话联系远大客户经理或技术人员，有必要远大将派人员进行现场调研。数据收集完整后，我们将对整个项目进行整体评估，如项目具备可行性，远大将提供技术方案，共同推动工业节能降碳				

如手册有错误或对工业废热应用有疑惑之处，可联系本手册主编 远大空调有限公司 节能研究院 匡胜严。
 邮箱: jny@broad.net, 或通过远大总机0731-84086688转接

远大 低碳实践

1988

为解决锅炉爆炸隐患问题，我们创办了远大。第2年，我们发明无压供热锅炉，将技术转让给十多家锅炉厂，实现了资本的原始积累

1996

为解决空调远程即时服务问题，远大发明了全球联网监控系统，启发了后来的“互联网+”及物联网

1992

为解决氟利昂破坏臭氧层问题，远大发明了非电空调，将产品销往全球80多个国家



远大发明简史

2004

为解决中央空调高能耗问题，远大发明了一体化零阻力中央空调输配系统，节省了70%能源

2009

为解决建筑抗震、节能问题，远大发明了工厂化钢结构建筑，实现9度抗震、5倍节能

2021

活楼正式面世，首栋11层住宅“家园1号”在长沙29小时建成，比不隔热节能80%~90%，每户减碳相当于种600棵树

1999

为尝试解决气候变化问题，远大发明了利用发电尾气制冷制热的空调，实现了零排放

2008

- 为解决室内空气污染问题，远大发明了洁净新风机，使室内空气比室外洁净100倍
- 以独创技术将废矿物、废乳化油等废弃资源提炼成润滑油基础油，用清洁能源保护并优化环境
- 远大发现建筑隔热更节能，便立即动手改造了远大城15幢居住办公建筑，增加15公分厚保温、三层玻璃窗、窗外遮阳以及新风热回收，比以往节省3~5倍能源

2019

发明一种夹芯结构材料——芯板，一种看似极为简单的结构材料，由于极高力学性能，以及巨大尺寸和极低成本，将从根部改变世界建筑、交通及能源工业



公司简介

远大科技集团有限公司是1988年以3万元起家的中国民营企业，创业以来开发了上百种高科技产品，从未模仿过同行业技术。远大使命是“为了人类未来：用原始创新的节能、耐久科技，保护地球家园。用原始创新的洁净、安全科技，保护人类生命”

远大空调有限公司，创于1988年，生产以工业废热、发电尾气及天然气为能源的“非电空调”、区域冷热源系统，以及高效“节电空调”。使命是“持续深化研发、服务，引领全球能源效率方向”

远大空调所有产品及技术均为自主独创，所有服务均以节能降耗为核心。公司永远追求世界第一，是全球同行业中唯一所有产品均取得CE、UL、ETL、ASME等世界高水平认证的企业，是全球最小非电空调、最大中央空调、第一台发电尾气非电空调、独家一机三用(制冷、制热和卫生热水)非电空调的设计制造者，是全球最早实现全部产品联网监控的生产厂家，并作为中国第一个环保案例在联合国“全球契约组织”年会上宣读

远大空调以超级节能的非电空调产品享誉全球，产品覆盖80多国，在南美第一高楼、北京第一高楼、欧洲最大机场和亚洲最大机场等具有世界影响力的建筑上都得到应用，每年为全球减少碳排放量逾7000万t，相当于为地球种树38亿棵







远大非电空调、节电空调主机及输配系统均通过了ISO、CE、ETL、ASME、AHRI等国际认证



BROAD AIR-CON
远大空调有限公司

中国长沙远大城 410138
www.broad.com
电话 0731-84086688
传真 84610087



100g

为了保护森林及水源，
请效仿我们采用紧凑
排版及薄纸印刷

2022.07.28 第一版
印数: 5,000
BY327-22 © 2022