



燃气复合样式供暖 与烟气源系统应用

演讲人：卢洁

方快锅炉有限公司

www.fangkuai.com

能源发展趋势

FANGKUI



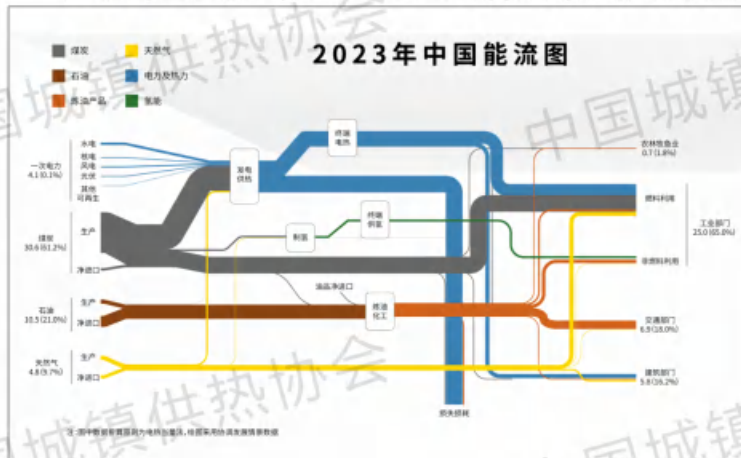
2060能源结构会怎样？

能源发展趋势

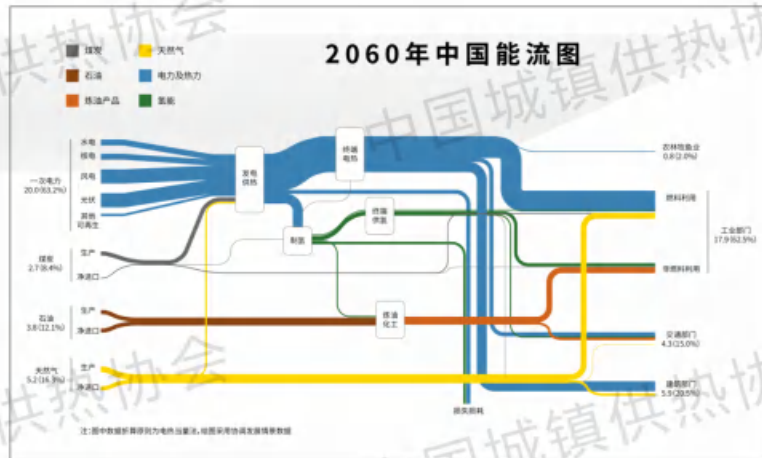


- 煤炭占比从61.2%下降至8.4%，绿电占比显著提升，从0.1%飙升至63.2%，损耗占比明显下降。
- 从末端的用能情况分析，依次为绿电，天然气，石油，氢气，用能大户依然为工业部门，反观供热，其主要热源将向绿电，天然气，工业余热转变。
- 建筑部门用能会处于电与气两种能源并存的状态。

2023年中国能流图



2060年中国能流图



能源发展趋势与当前供热情况



2020-2022年的热源结构与2013年对比

热源类型	单位	2013年	2020年	2021年	2022年
燃煤热电联产占比	(%)	42	55.6	58.3	55.4
燃气热电联产占比			5.9	4.5	6.6
燃气锅炉占比	(%)	8	18.4	19.3	21.1
燃煤锅炉占比	(%)	48	17.9	15.5	14.6
工业余热占比			1	1	1.1
热泵及生物质占比	(%)	2	1.1	0.9	1.1
其他占比 (电锅炉、燃油锅炉等)			0.1	0.5	0.1



3 电能与多种能源综合利用



2 燃气锅炉



1 燃煤锅炉

未来能源主体



电能 - 太阳能光伏发电等
Electricity - Solar etc,



废热回收 - 废气&废水
Waste Heat -
Fual Gas & Waste Water



清洁能源-天然气
Natural Gas

不同热源特点对比

	燃气锅炉	深冷器---烟气源热泵	空气源热泵	电极锅炉	储热
优点	● 占地面积小； ● 供热稳定，出力不受环节因素影响； ● 安装位置不受限制，可安装在任何位置：地下一层、独立锅炉房室内空间、地面、楼顶等室外空间； ● 出水温度最高达110℃，适用各种末端。	● 占地面积小； ● COP可以达到5以上，运行过程无衰减； ● 具有消白效果，消除烟气排放后的白烟。	● 冬冷夏热地区运行经济性相对理想。 ● 在火电占比较小的地区，二氧化碳排放有优势。	● 电消纳，不受气候影响； ● 热功率密度大，占地面积小； ● 系统电力投资小。	● 运行成本几乎为零
缺点	● 天然气属碳排放最小的化石能源； ● 需要有燃气管线。	● 安装位置受到燃气锅炉限制；	● 占地面积大，以万平供暖计算，安装空间为燃气锅炉的15-20倍； ● 位置受限，只能安装于地面、楼顶等室外空间； ● 对电量要求较高，需考虑电量扩容 ● 仅适用中低温末端； ● 制热能力受环境因素影响，冬季需除霜，增加无用能耗。 ● 在严寒地区设备成本经济性差。	● 需高压配电； ● 对系统水电导率有精度控制要求；	● 产热节拍与用热节拍不同，无直接关系
					

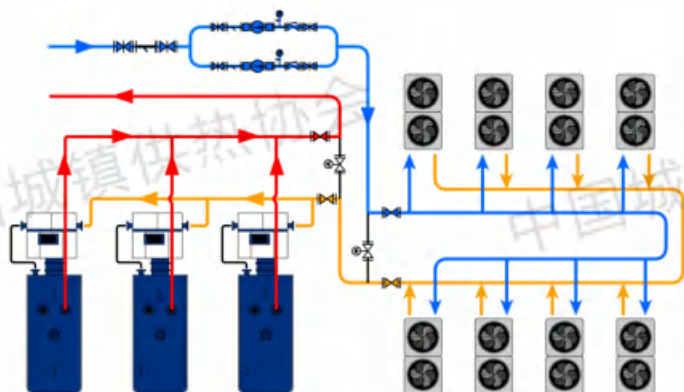
01

多能源耦合 供暖方案



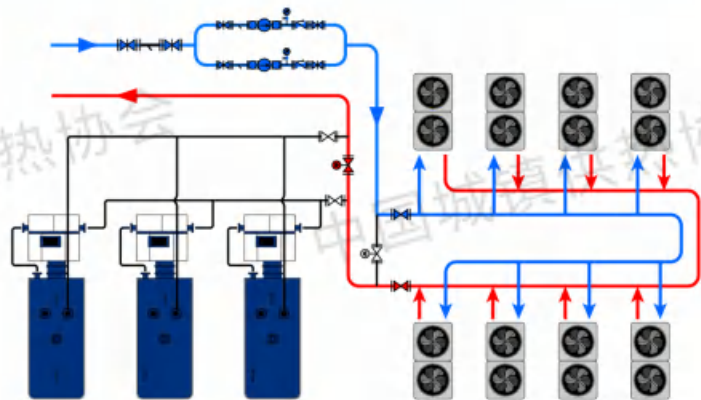
多能耦合系统

双能耦合供暖 - 串联系统



当系统运行流量可同时满足空气源热泵、燃气锅炉运行要求，且系统流量变化值在热源允许范围内。

双能耦合供暖 - 并联系统



当系统运行流量仅可满足空气源热泵运行要求，且系统流量变化值在热源允许范围内。

CS-TECH多能耦合系统降耗降费运行策略



按“降耗降费策略”运行的控制逻辑

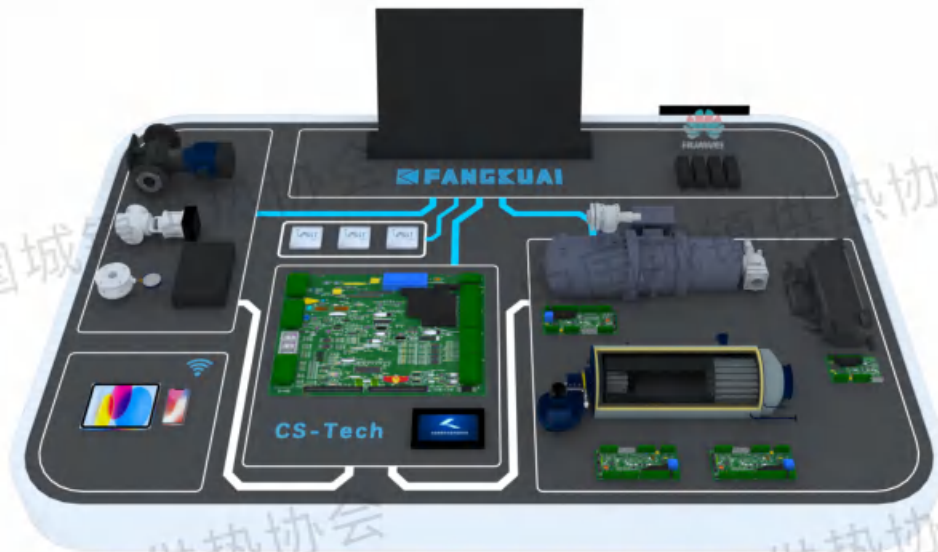
1. 根据气电比, 热泵供回水温度, 环境温度等影响因素, 以运行费用最低为切换逻辑。
2. 当COP值大于2, 热泵优先开启, 若此时系统水温没有达到目标值, 则开启燃气锅炉会同时开启。
3. 环境温度降低, COP值低于2, 热泵运行费用较高时, 判断燃气锅炉运行更经济, 则优先启燃气锅炉。
4. 当单独一种能源不能满足总用热需求时, 则两种能源同时启动, 系统串联运行。



CS-TECH多能耦合控制系统



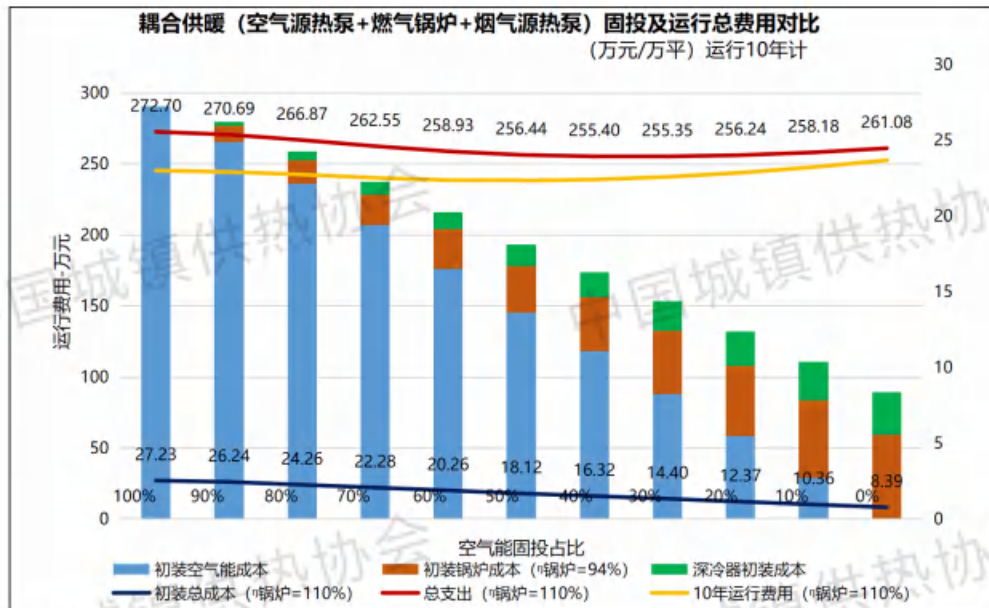
- 不只是节能产品的应用，也不只是系统控制，而是一个基于数字决策、产品集成和综合控制的系统化工程，是一个持续改进的过程。
- 基于数字决策的、对系统进行持续改进的系统，使用户方便地参与到数字决策之中并随时看到持续改进的节能效果和管理效率的提升。
- 通过能源预测与计划，进行能源监控，能源统计，能耗分析，设备管理，能源计量等多种手段，使能源成本变化趋势有准确的掌握。



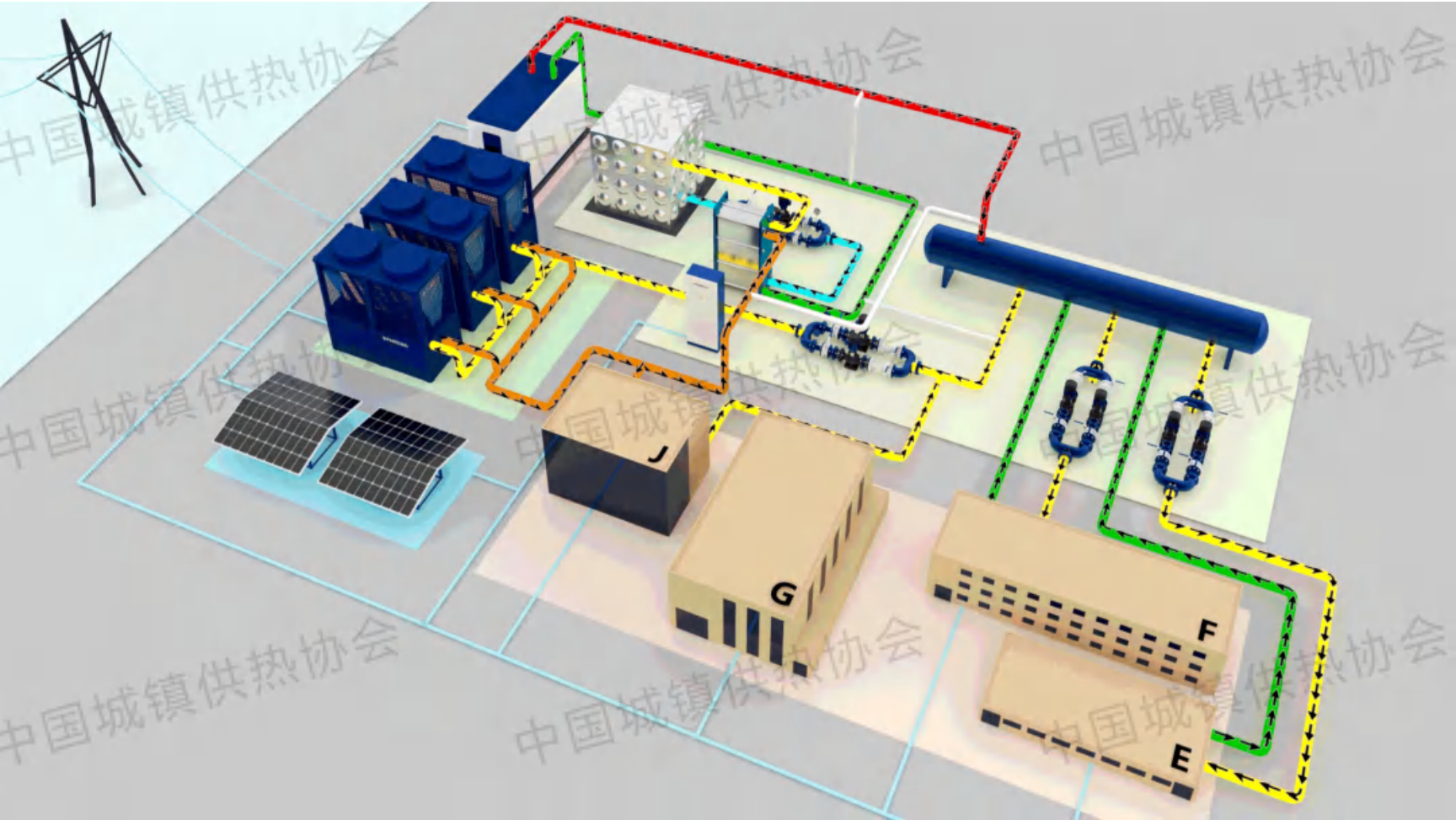
能效提升方案



- 不论最低环境温度下热泵机组的能力有多少衰减，只要配置的机组数量足够多，就完全可以利用热泵提供全季节供暖。但这样无疑会大幅度增加设备的初投资。
- 这时，热泵机组数量较多、系统初投资较高，且系统长期在部分负荷下运行，机组利用率低。
- 合理确定平衡点对于系统初投资及其运行的经济性和节能效果都有很大的影响。



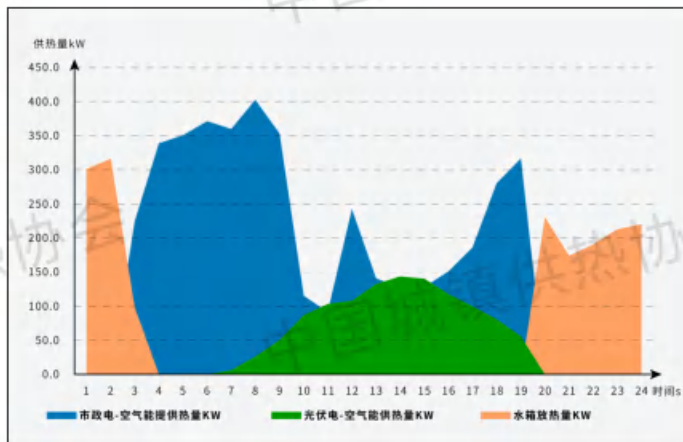
天然气价格为 3.2元./立方米，电费价格为0.8元kW/h。



应用案例



多能源方案：废热+太阳能光伏+空气能+度奥通过储热的方式将测试后的热水与蒸汽热储存在水箱，通过循环对办公、宿舍区，餐厅区供暖。



运行逻辑：

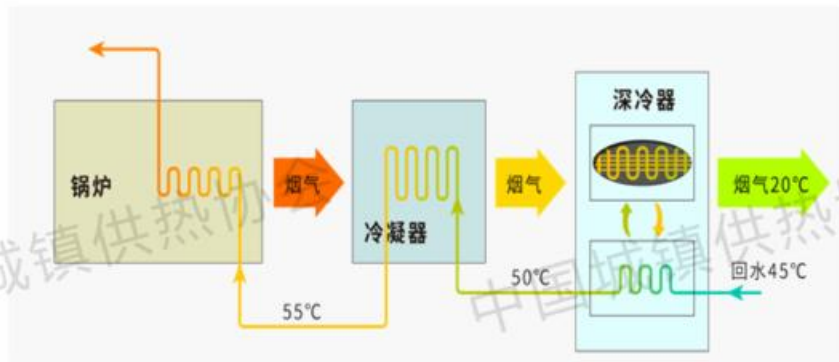
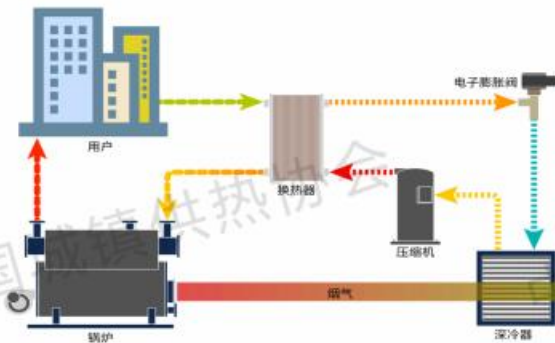
- 白天首选太阳能。
- 废热作为无太阳能后的首选热。
- 两种能源均不具备供暖条件后启动市政供电供热。
- 当极寒天气时启用度奥产品。

02

烟气源热泵+ 耦合供暖方案

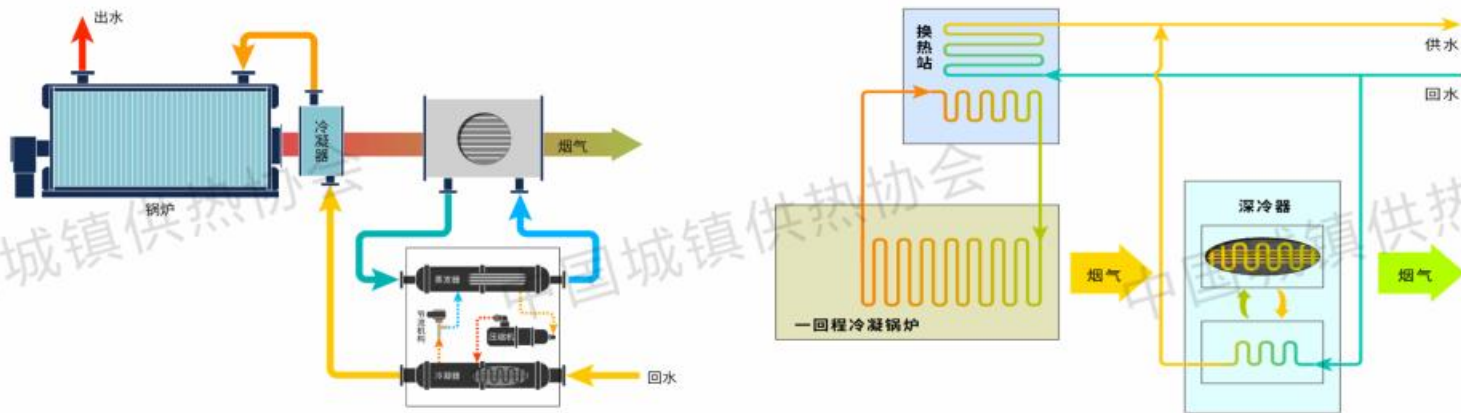


直接回收式



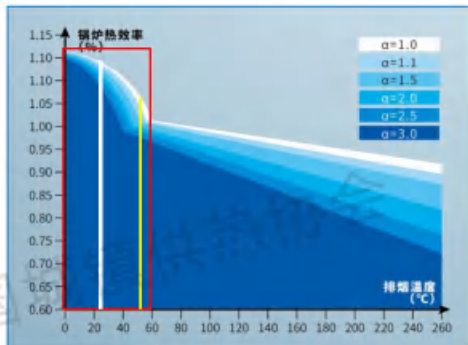
- ◆ 创造温差，激发烟气释放汽化潜热。
- ◆ 通过深冷器进行一次升温，冷凝器二次升温，回水温度提升两次温度后由锅炉本体最终加热到目标温度后供给用户测试用。

间接回收式

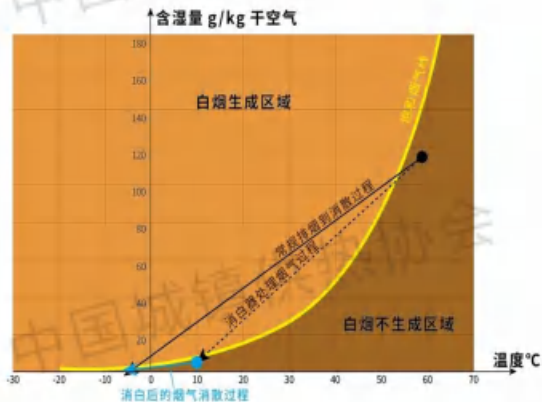


- ❖ 适配于较大热功率的锅炉烟气尾部余热回收；通过两套闭式循环组成的间接回收系统。
- ❖ 通过深冷器进行一次升温，冷凝器二次升温，回水温度提升两次温度后由锅炉本体最终加热到目标温度后供给用户测试用。
- ❖ 将烟气中回收的余热直接置换到二次官网，提升出水温度。

节能消白优势



天然气利用的特点决定了烟气温度越低，利用率越高。烟气从55度降至20度的常温，冷凝率提升可达55%，冷凝率的提升非常可观（效率贡献相当于显热区排烟温度降低10倍）；



烟气在55°C左右到达露点、开始冷凝释放潜热、此时大量潜热被系数、烟气含水量骤减、最终排烟温度低且干燥、特定工况排入大气基本无白烟产生。

烟气深度冷凝，提高烟气冷凝率

1. 燃气锅炉+烟气源热泵，排烟温度20°C、提升55%的冷凝率、烟气大量潜热最终回收收到系统中；
2. 每立方天然气燃烧后产生1.83kg的CO₂和1.5kg的冷凝水热水锅炉效率提升1%，每吨每小时可减少1.28kg的CO₂。

度奥-排烟温度20°C的锅炉

FANGKuai



无烟



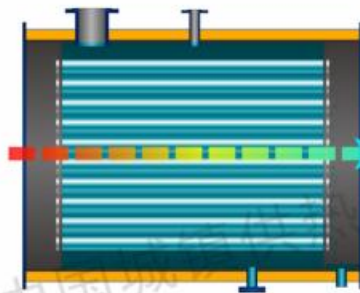
无污染



节能超低碳



可回收匹配锅炉功率
0.35MW - 70MW



01

可放置到室外

02

有效减少碳排

应用案例

FANGKuai



烟气源热泵内部循环水



供回水系统



应用案例

 FANGKUI

大连裕隆物业

配备1台5.6mW燃气热水锅炉、一台7mW燃气热水锅炉，共计18吨。

现场深冷器装机制热量980kW。

- 锅炉型号：D6_5600、D6_7000
- 热泵型号：WHP_420SS

用户供暖面积12万平米，系统平均供回水温度55.3/63.2℃，深冷器进出口排烟温度64.4/29.8度，COP5.8。当地燃气费用为5.5元/m³，电价0.8元/度条件下，一个采暖季总体**节约34万元**；固投费用增加额按50万元计，碳排放减少236吨/季，**1.5个采暖季可收回投资**。



两台分体深冷器采用“大流量小温差”的形式、烟气释放热量与机组输入功率之和作为额外的热源加热锅炉的回水，烟气逐级降温、回水温度经过深冷器、冷凝器逐级升温。



应用案例

FANGKUI

北京纵横热力公司某项目

现场2台燃气热水锅炉（1400kW和2330kW）均配备分体深冷器。

- 锅炉型号：D6_1400、D6_2330
- 热泵型号：EHP_80FP、EHP_150FP

用户系统平均供回水温度41.5/46.5℃，排烟温度59.3度，效率98.4%。如按当地燃气费用为2.62元/m³计，燃气理论需求总计159.1万元/季。

实际加装深冷器，出口排烟温度24.7度，COP5.69。

当地燃气费用为2.62元/m³，电价0.72元/度条件下，一个采暖季总体节约8.98万元，碳排放减少119.02吨/季；固投费用增加额按20.4万元计，**2.27个采暖季可收回投资。**



集中供暖案例



雄安新区某现代农业产业园

项目配备了4台14mw和1台11.2mw共计67.2mw的热水锅炉，每台锅炉都适配了对应烟气回收量的烟气源热泵进行深度回收。

- 锅炉型号：H7_11200，1台、H7_14000，4台
- 热泵型号：WHP_900SS，4台、WHP_600SS，1台

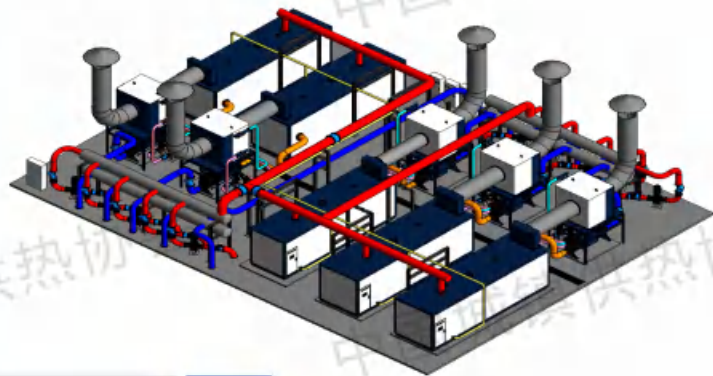
热源	物质状态	温度	热源持续性
锅炉末端烟气余热	气	$\leq 55^{\circ}\text{C}$	平均负荷~80%

燃气锅炉 $14000 \times 4 + 11200 + 1 = 67.2\text{MW}$ ，70%负荷率，10%效率增时，可省 $67.2 \times 70\% \times 10\% = 4.7\text{MW}$ 。

相当于燃气省 $4.7 \times 120 \times 24 \times 3600 = 48729.6\text{GJ}$ ，燃料34MJ/立方， $55.54\text{KgCO}_2/\text{GJ}$

全年燃气省143.3万立方，二氧化碳减排2706.4吨。

燃气节省458.6万元，减去电费用支出163.3万元后，一个采暖季总体**节约295.25万元；投资回报周期约2年。**



03

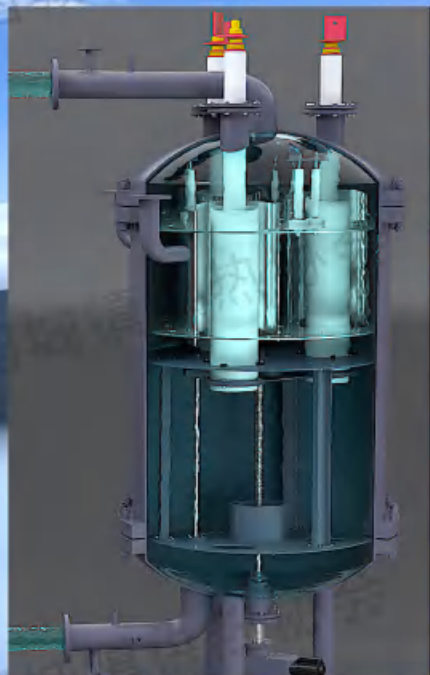
大管网-绿电 电极供暖方案



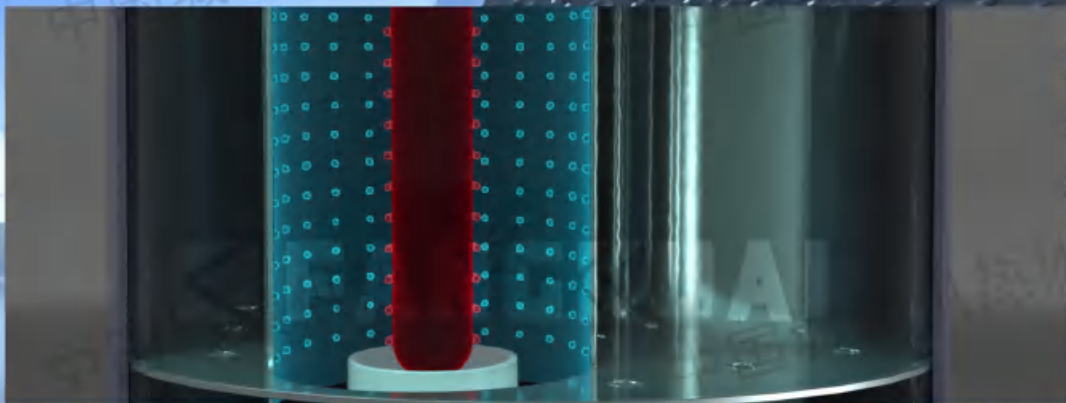
电极热水锅炉

电极锅炉为大容量制热设备，主要适用于大面积供暖、可充分利用现有的大管网能力。

FANGKuai



4MW - 70MW



电极锅炉运行原理过程是利用水的导电性，通过电流使得水中正负离子游离，形成闭合回路，产生热量，水作为电阻被加热，从而提升水温度到目标温度过程。

电极热水锅炉结构中包含隔离电阻绝缘压力容器和三相电极。加热原理基于三相电流通过设定电导率的炉水释放热能从而产生可加以控制和利用的热水。其中隔离阀的运动，可以改变电流流道，并影响热量的产生，从而控制输出负荷。

电极热水锅炉

电极锅炉为大容量制热设备，主要适用于大面积供暖、可充分利用现有的大管网能力。

FANGKUAI



高寿命

设备的设计寿命为30年，维修工作量少，维护费用低。

高电压

可配接使用6、10KV、15KV、20KV中压电源，降低配电投资。

高安全

高压电隔离，自控系统多重保护报警。

电极热水锅炉

电极锅炉为大容量制热设备，主要适用于大面积供暖、可充分利用现有的大管网能力。

 FANGKUAI



高效能

基于电流通过设定电导率的炉水释放大热量，直接把水加热，除散热外，没有其他损耗，热效率几乎99.5%

快启动

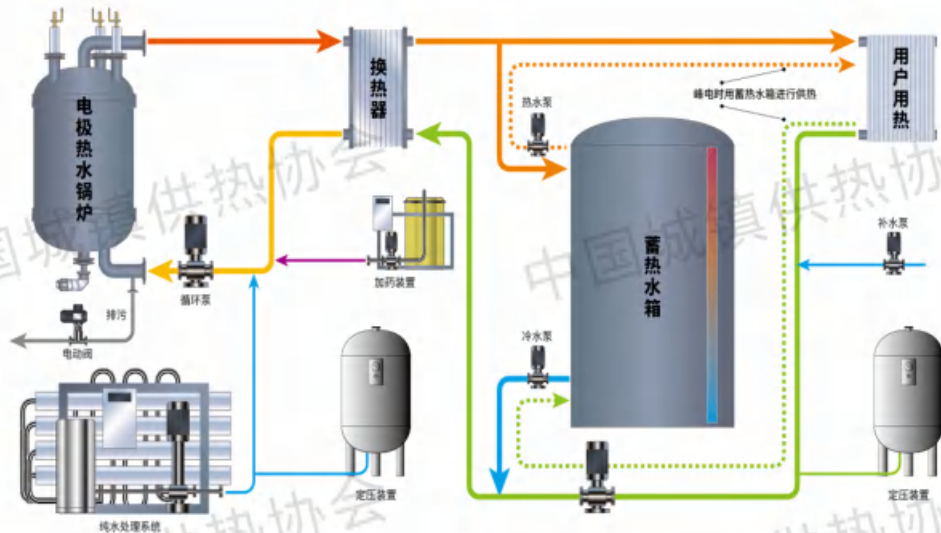
直接电-热转换，启动快；热态启动时，从零负荷到满负荷只需2分钟左右的时间。

无级调节

不会对电网造成冲击，可精确控制设备的输出温度、压力等参数。

运行系统

FANGKUAI



- 系统设计非常简单方便，没有复杂的受热面和烟风道设计与施工。需要增加水质控制，来确保锅内导电导率。
- 电极锅炉属于“源随荷动”，可以更快的将末端负荷需求变化在源头供热设备上反映。正常运行允许负荷范围在10~100%，都可满足。
- 电极锅炉通常与水蓄热进行统筹节能设计。通过适当放大电极锅炉的功率，将谷电或风光电转化为热能，储存起来，跨时间使用。减少尖峰用电，以及确保风电与光电不足时使用。

应用案例

FANGKUI

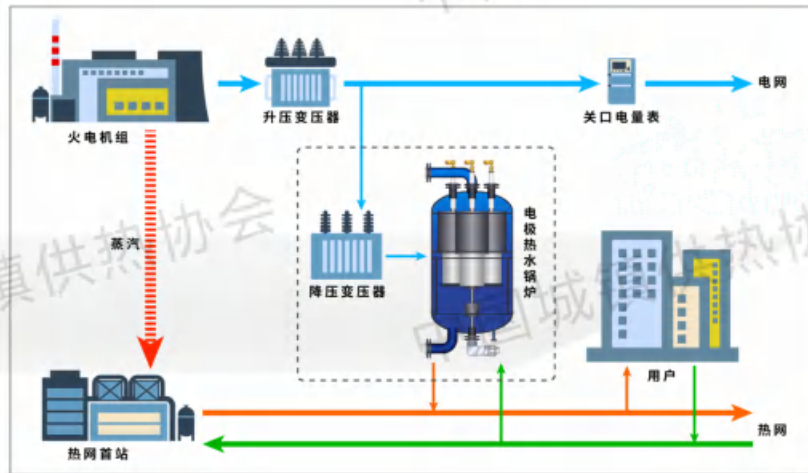
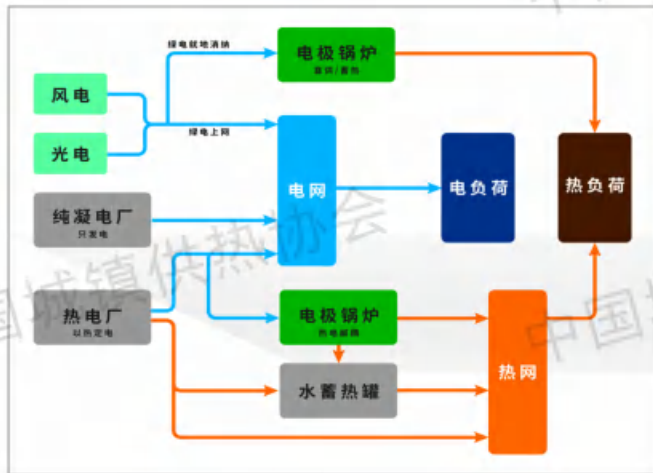


- 项目情况：供暖总面积99043平米
总用热负荷约6.2MW
- 系统设计：采暖用热水温是75/50℃
蓄热温度为85/60℃
- 系统总蓄热量按6小时供暖所需供热量选型。
- 选型2台4.2MW，出回水温度95/70℃的
承压电极热水锅炉+水蓄热及配套辅助设备。



热电解耦

FANGKUI



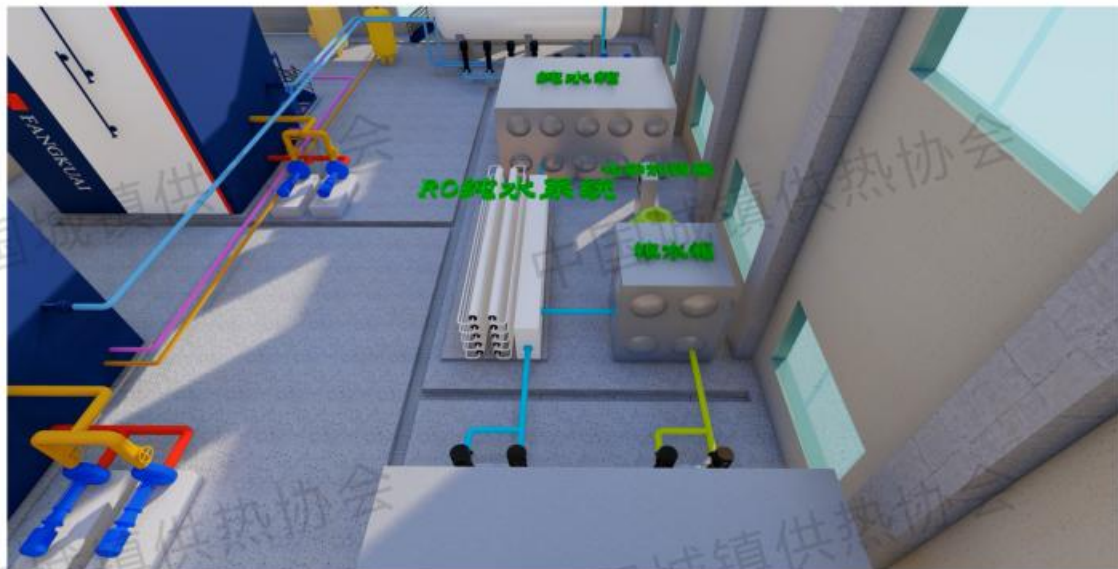
- 热电机组的发电量与供热量存在线性相关的耦合关系，部分地区采暖由于热电耦合关系，调峰能力下降，导致大量风电弃用。

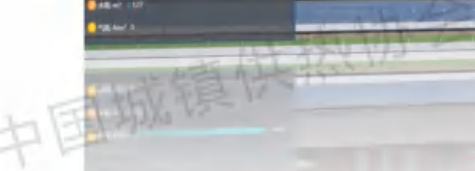
- 在清洁能源发电高峰时段，出现剩余电量不能上网时，启动电极热水锅炉，将火电电能转变为热水的热能送；
- 入热力管网。这种热电解耦的方法，可实现最大深度的热电解耦调峰，实施过程中无需对发电设备进行任何改造。

热电解耦

2台LDJ20-1.0电极蒸汽锅炉

 **FANGKuai**







● 主要考虑新技术与
新产品对现有系统的
适用性