太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会

华　靖

清华大学建筑节能研究中心博士。从事城市集中供热规划、大温差余热回收设计、长输管道设计与动态安全性分析、多热源热网水力分析以及问题诊断与优化、电厂内和城市热网热电协同等工作。参与多项集中供热规划的编制，对古交长输管道、太原南部长输管道、石家庄西柏坡长输管道、济南茌平长输管道（设计中）进行动态水力计算和安全性分析。参与主持多个城市多热源热网水力分析及优化。

大温差供热技术促进低品位能源的应用

主办单位：中国电力科技网　协办单位：山西兴能发电有限责任公司　中能建山西省电力勘测设计院有限公司
2017年3月30-31日 中国·太原　　太原市热力公司　山西工业设备安装集团公司　国电科学技术研究院

大温差供热技术促进低品位能源的应用

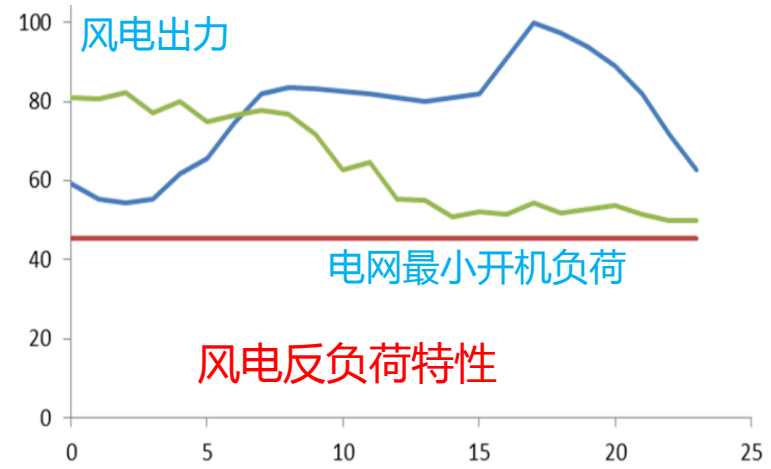
-水源热泵在供热中的应用

华靖

清华大学 建筑节能研究中心

风电迅速发展及“弃风”问题

序号	省（市、自治区）	累计并网容量/MW
1	内蒙古	1 4384.4
2	甘肃	5 551.6
3	河北	4 991.3
4	辽宁	4 039.5
5	吉林	2 936.3
6	山东	2 718.6
7	黑龙江	2 625.5
8	江苏	1 704.3
9	新疆	1 659.8
10	宁夏	1 361.5



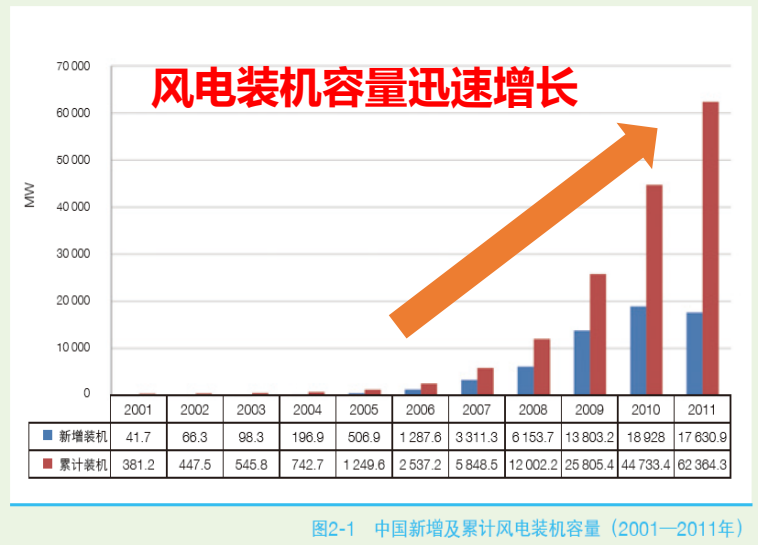
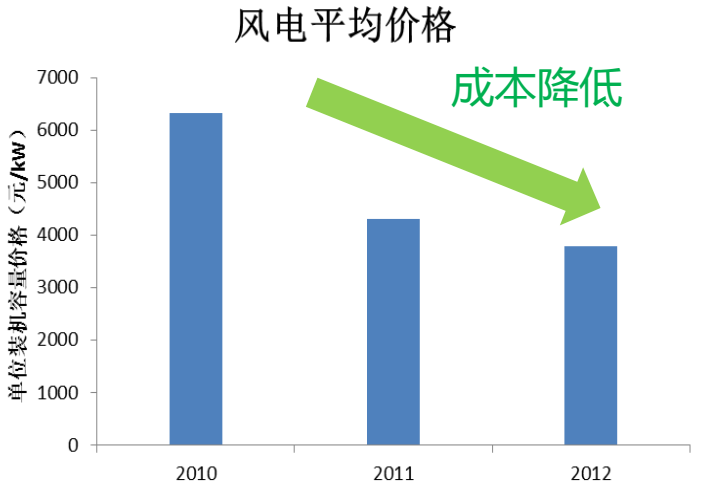


图2-1 中国新增及累计风电装机容量（2001—2011年）

- 风电出力具有随机性和反负荷性，给电网调峰带来极大难度
- 风电开发集中在“三北”地区，当地用电负荷小，消纳能力不足
- 电网建设落后，风电外送难

蓄 能

增加用户负荷



地区	弃风率/%
蒙东	22.99
吉林	20.49
蒙西	17.51
甘肃	16.99
黑龙江	14.49
辽宁	10.34
新疆	3.21
河北	3.09
山东	1.46
宁夏	0.64
合计	11.12

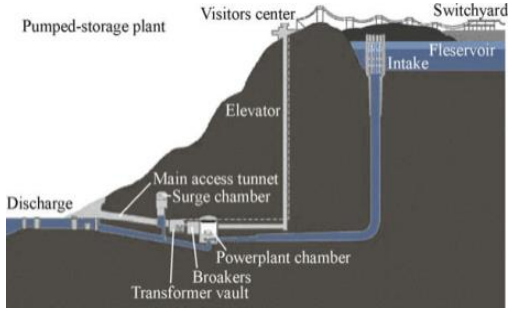
弃风！

电力的蓄能调峰方式

能量转换

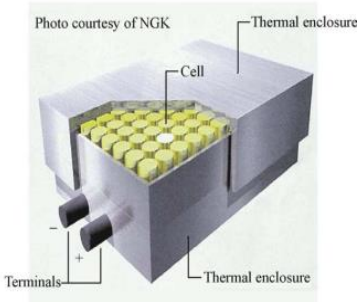
重力势能

抽水蓄能

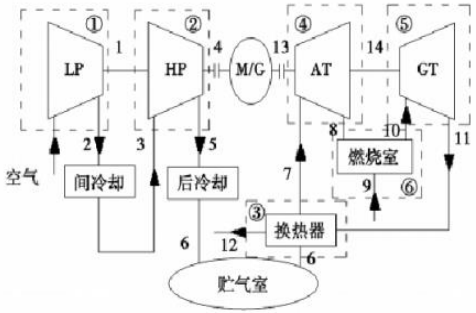


化学能

蓄电池

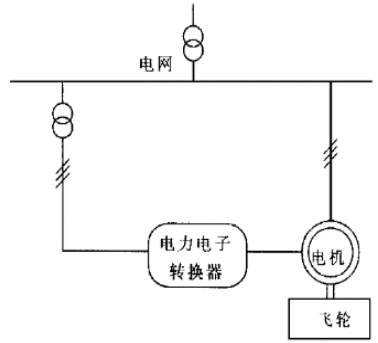


压缩空气蓄能



空气内能

飞轮蓄能



动能

电力蓄能调峰方式对比

清華大學 Tsinghua University

蓄能方式	蓄能容量	连续放能时长	储能效率	初投资	其它要求
抽水蓄能	100~5000MW 30000MWh	1~24小时	71~85%	4000~6000 元/kW	要求天然落差的地理条件，以建设水库，建设初投资大、周期长
压缩空气蓄能（大型）	5~2700MW 80000MWh	1~24小时	70~89%	3000~6000 元/kW	要求天然地下储气空间，建设初投资大、周期长，需燃气辅助
压缩空气蓄能（中小型）	1kW~1MW 1MWh	1~8小时	70~85%	7000 元/kW	需储存高压液态空气
飞轮蓄能	1kW~30MW 10kWh~10MWh	小于2小时	60~98%	5000 元/kW	高效飞轮蓄能系统采用超导磁悬浮轴承
电池蓄能	1kW~40MW	1~8小时	70~90%	2000~10000 元/kW	多种不同电池，均需要经过直流交流转换

集中供热中“电采暖”方式分析

- **电锅炉：**采用电能直接转化成热的方式，存在能源品位浪费，一次能源效率约为40%；
- **电热泵：**可以回收空气、地下水、污水等低位热源，一次能源效率约120%，
- **电热泵与集中热网结合：**回收工业余（废）热，一次能源效率约200%。

COP≈1

COP=2-4

COP=5-6

直接转化

蓄热电锅炉

- 能耗高，不符合国家节能政策

电热泵

空气源/水源/地源热泵

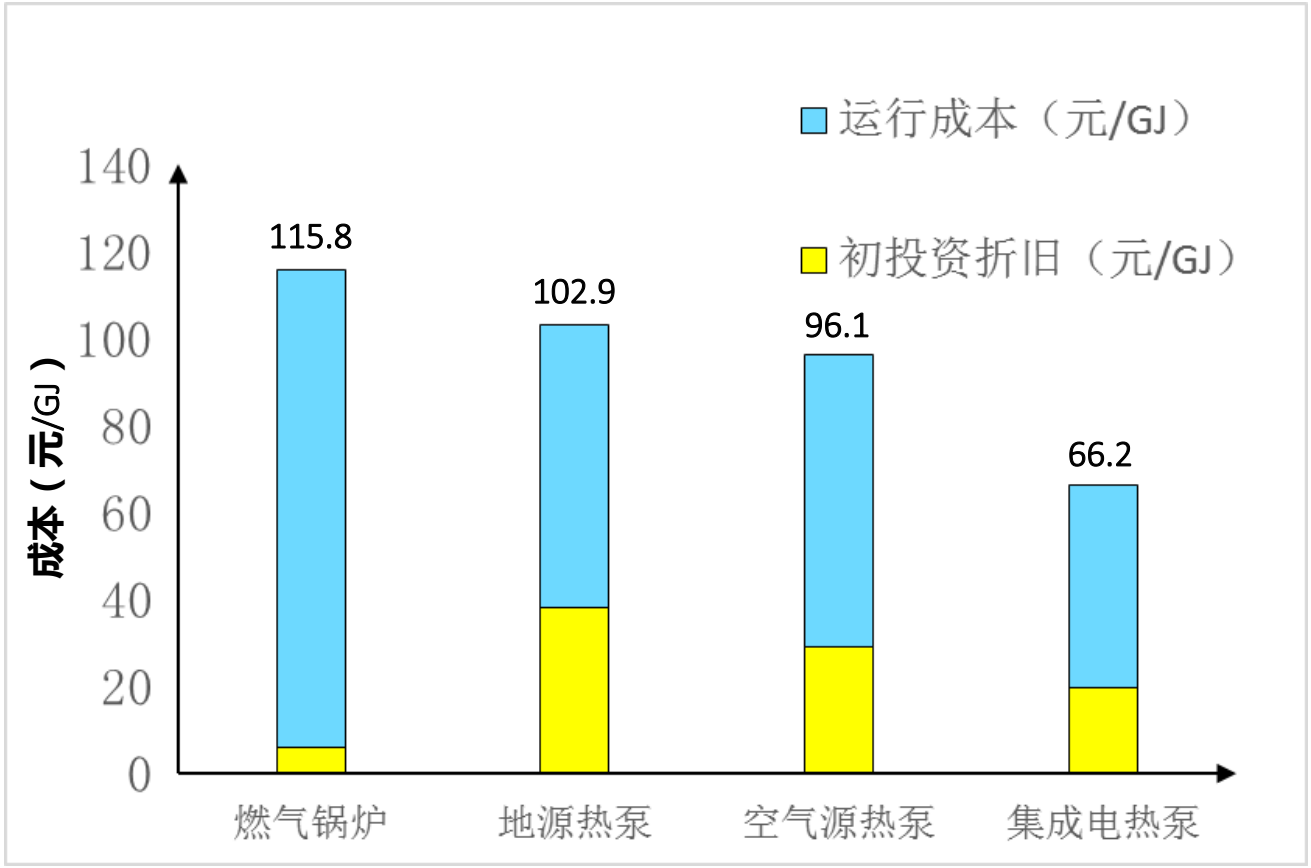
- **水源：**地下水资源保护，不允许
- **污水源、地源：**受到资源量、地理条件和输送距离限制
- **空气源：**严寒期空气温度低，能效低
- **适用用户：**乡村或城镇，宜为地板采暖等低温供热用户；与燃气调峰结合

集中供热集成水源热泵

- 能效COP高，电耗降低
- 与集中热网连接，推广范围更大
- 供热成本与传统“煤改电”相比降低1/3

集中供热中“电采暖”方式分析

- **电直热：**能源效率低下，能耗是燃煤锅炉的2-3倍；
- **电热泵回收水源、地热、空气源：**能效较高，但是资源量有限，可作为有效补充；
- **电热泵与热网结合：**通过降低热网回水温度回收工业余（废）热，能效更高。



电热泵与集中供热的结合模式

热源

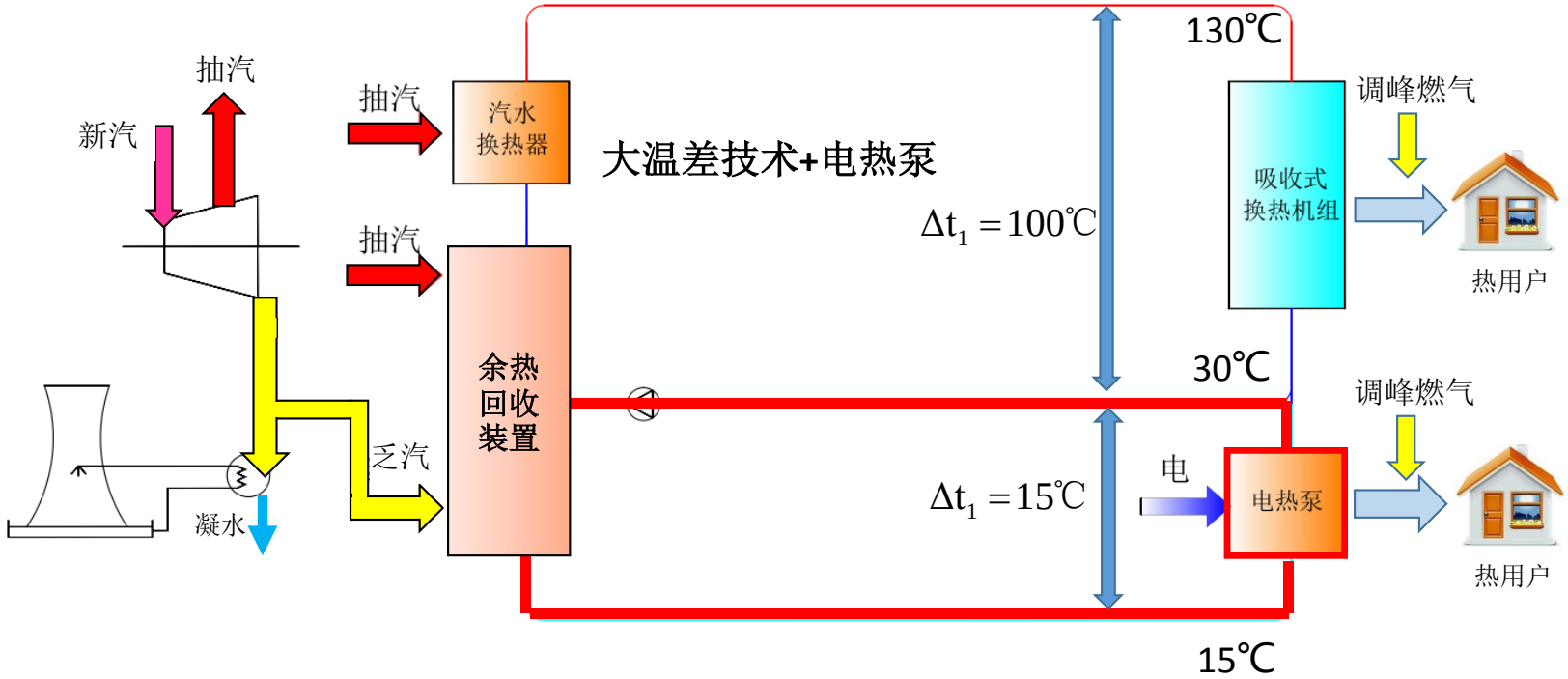
传统电热泵：收益为空气、水、土地等热源中的热，品位较低，能效较低。

电热泵与集中供热结合：收益为电厂内排入大气的废热，品位较高，能效较高。

输送

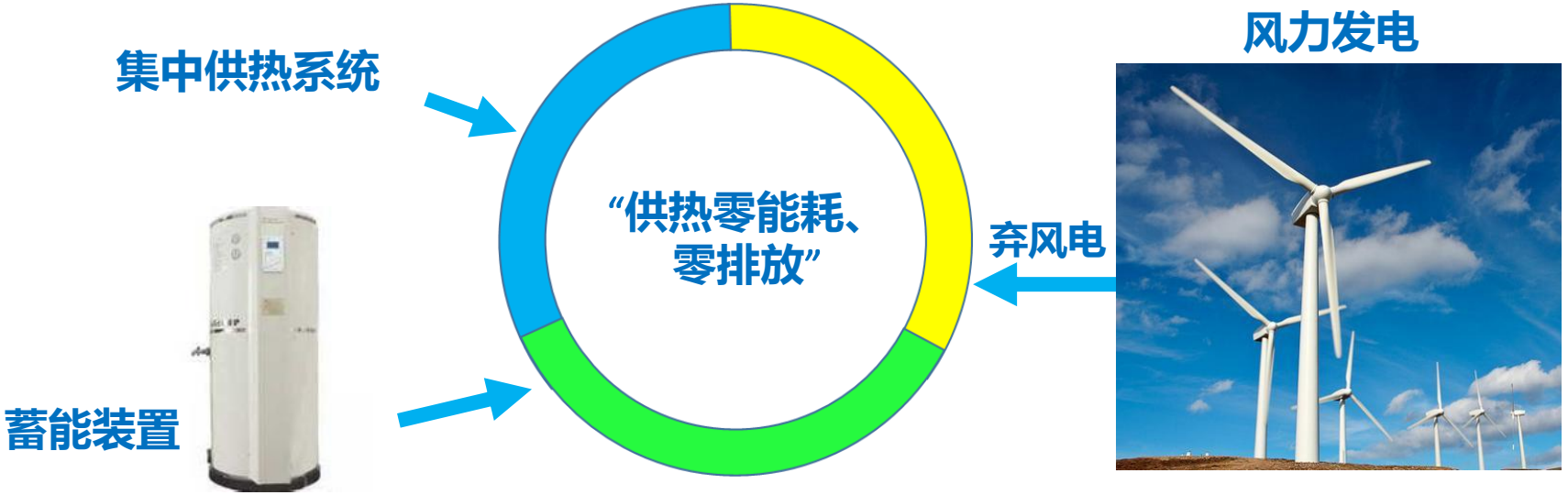
传统电热泵：需要建设地埋管、需要建设污水输送管，需要额外投资（空气源不用）。

电热泵与集中供热结合：搭集中热网的“顺风车”，不需要额外输送投资。



集中供热与可再生能源相结合

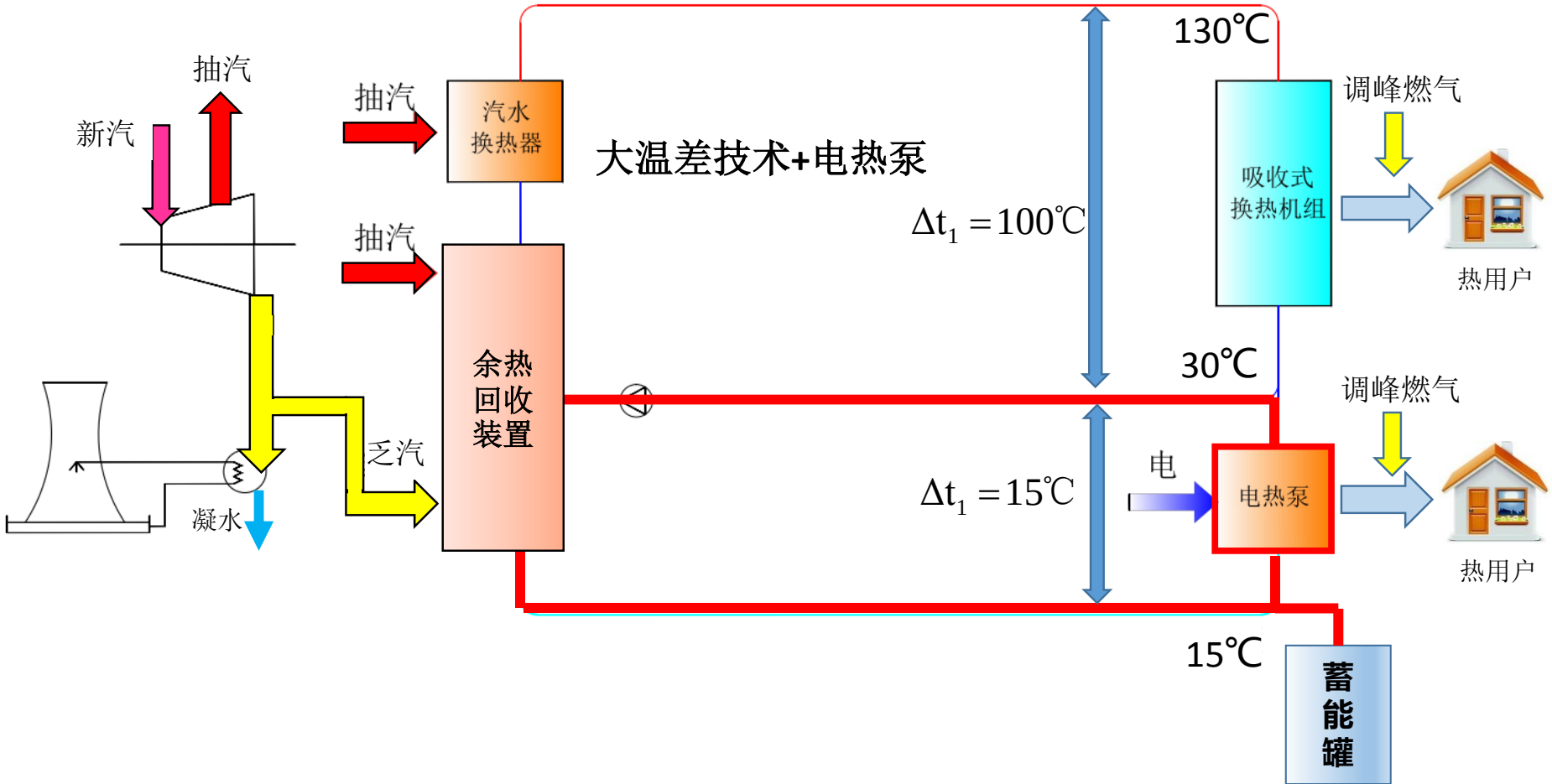
- 我国每年风力发电每年弃风率在10%以上，总量在50亿kWh左右，这些电由于和常规电网用户负荷不匹配被**白白浪费掉**。
- 如果与集中供热中电热泵结合，再加上**蓄能**，能够近似实现**“零能耗、零排放”**。



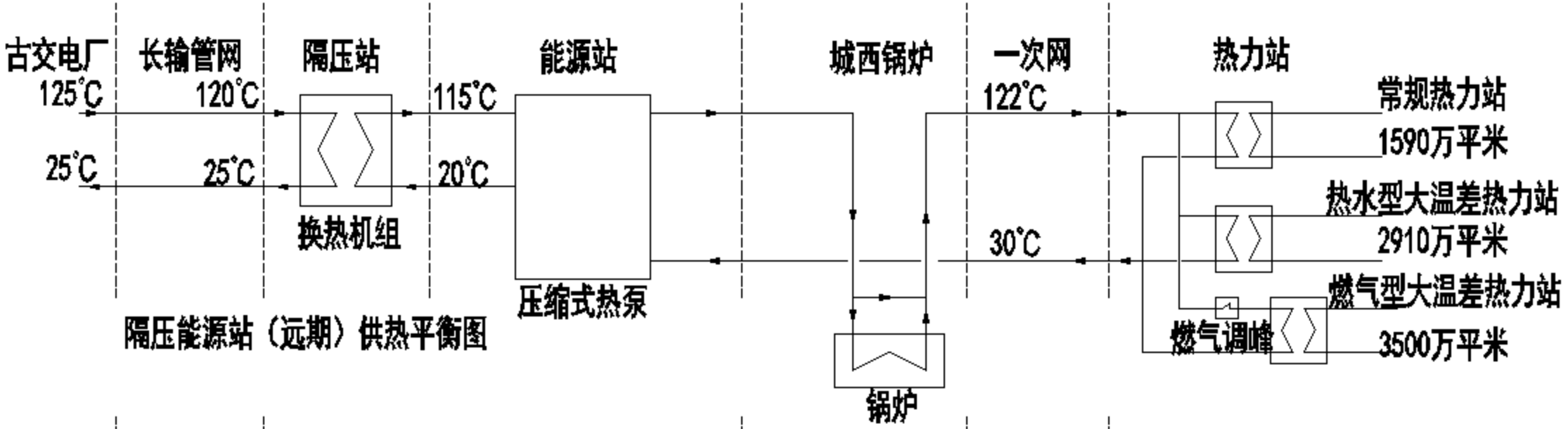
调节集中供热系统运行模式，在弃风电时段运行，实现**系统协同**

水源热泵与蓄能相结合

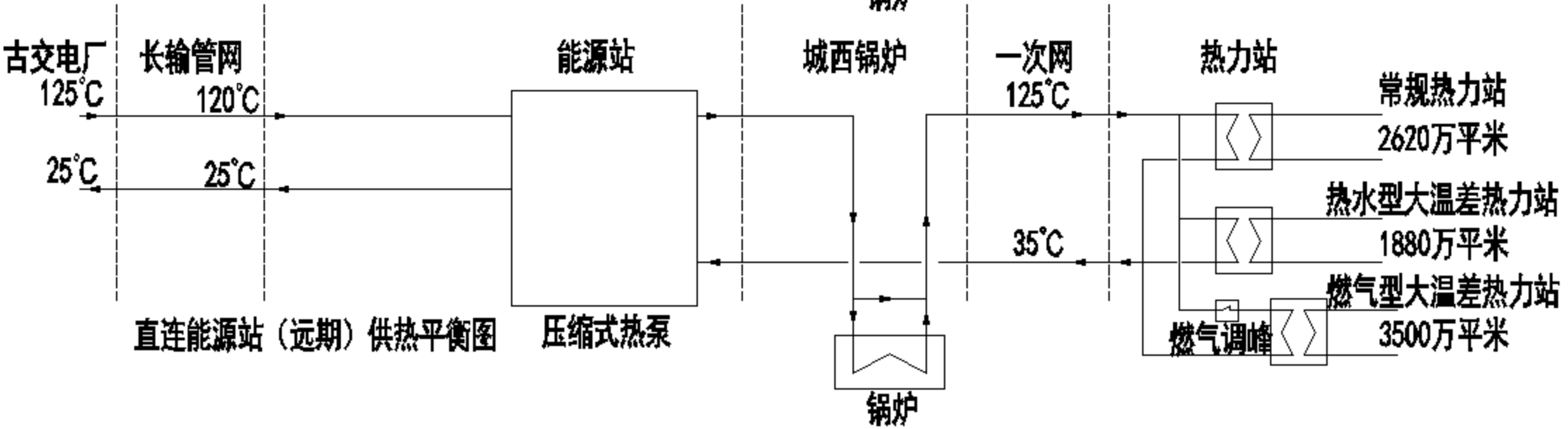
- **低谷期：电热泵多耗电，将低温水存入蓄能罐；**
- **高峰期：电热泵停运，将蓄能罐内存储的低温水置换出来给一次网。**



古交能源站流程简介

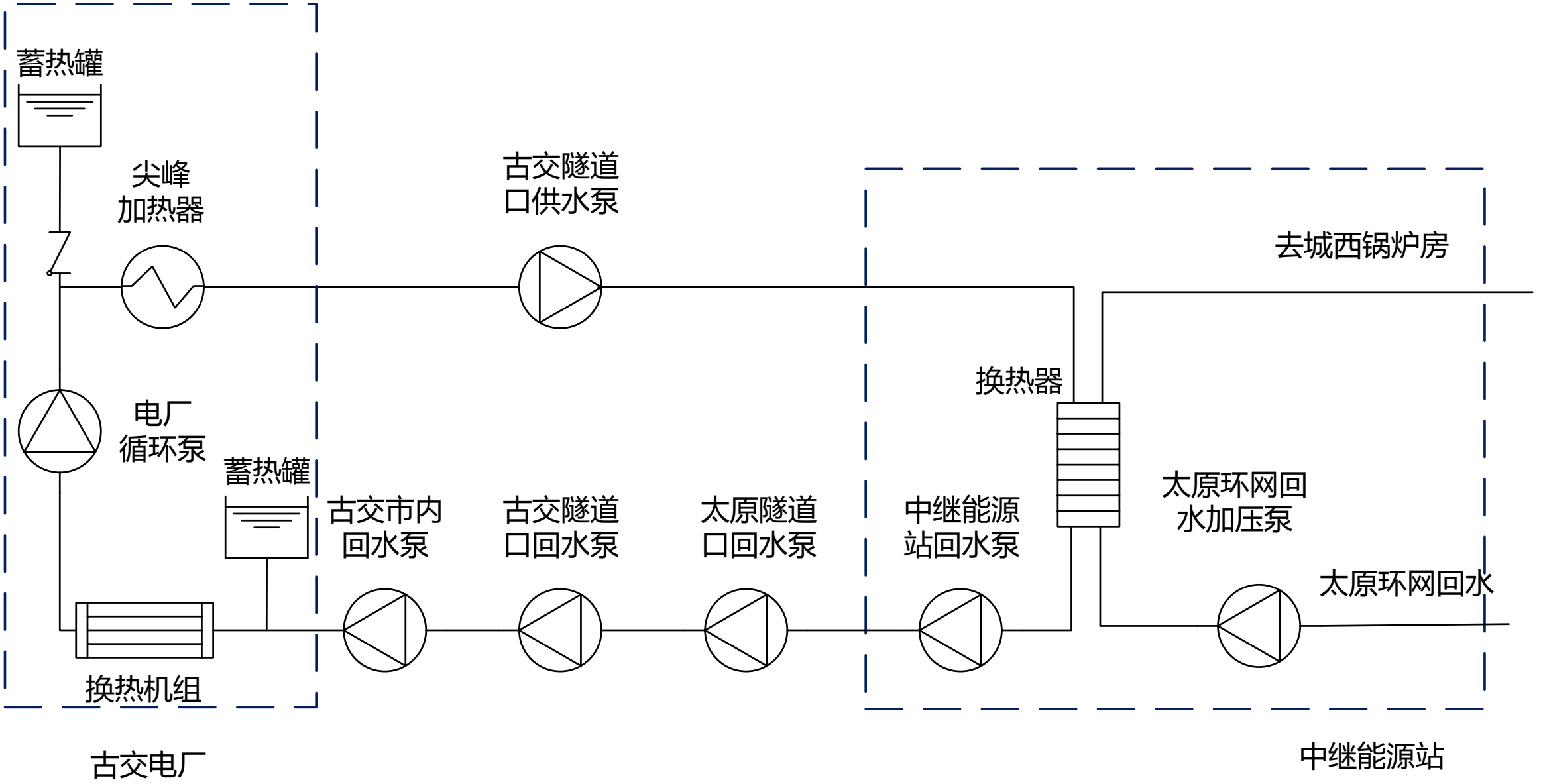


隔压能源站（远期）供热平衡图

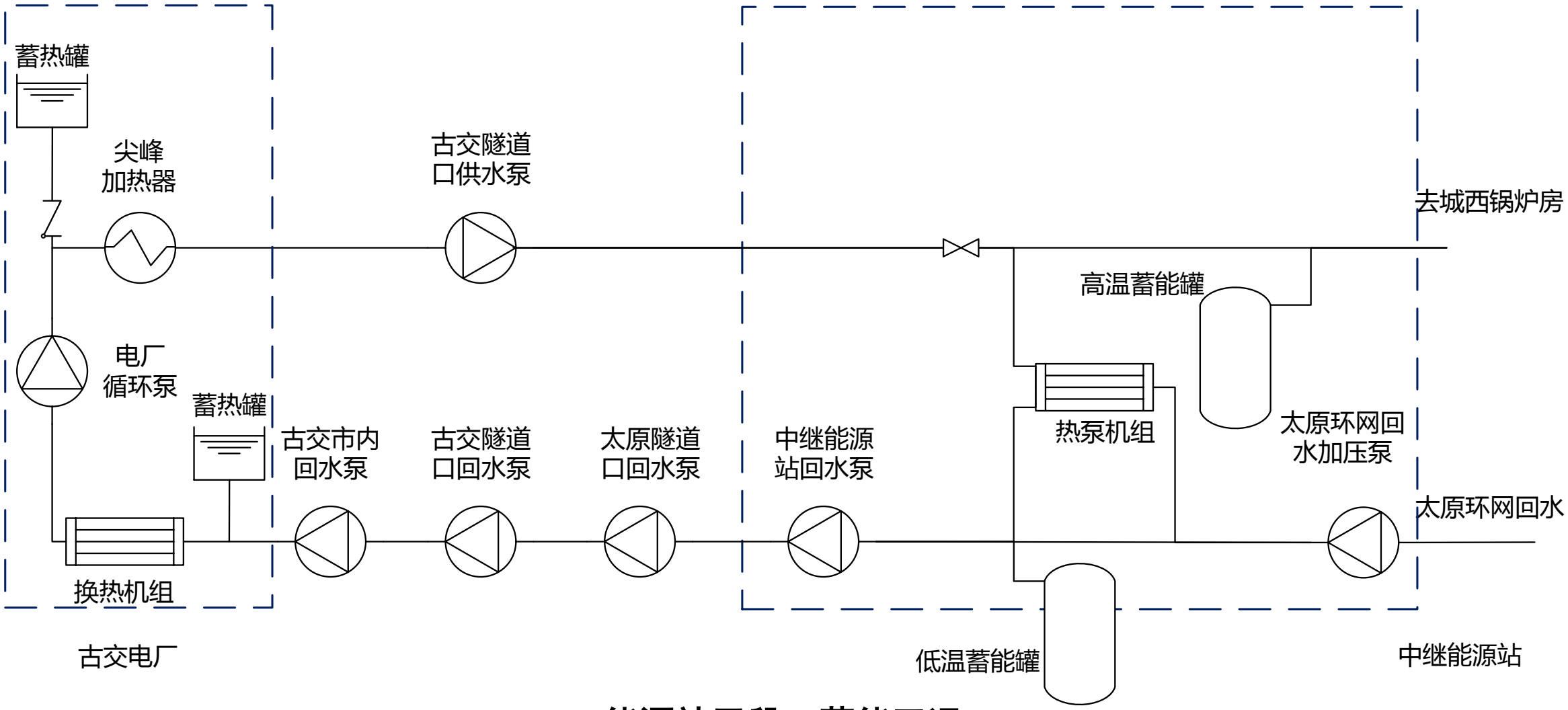


直连能源站（远期）供热平衡图

古交能源站隔压系统的水力工况

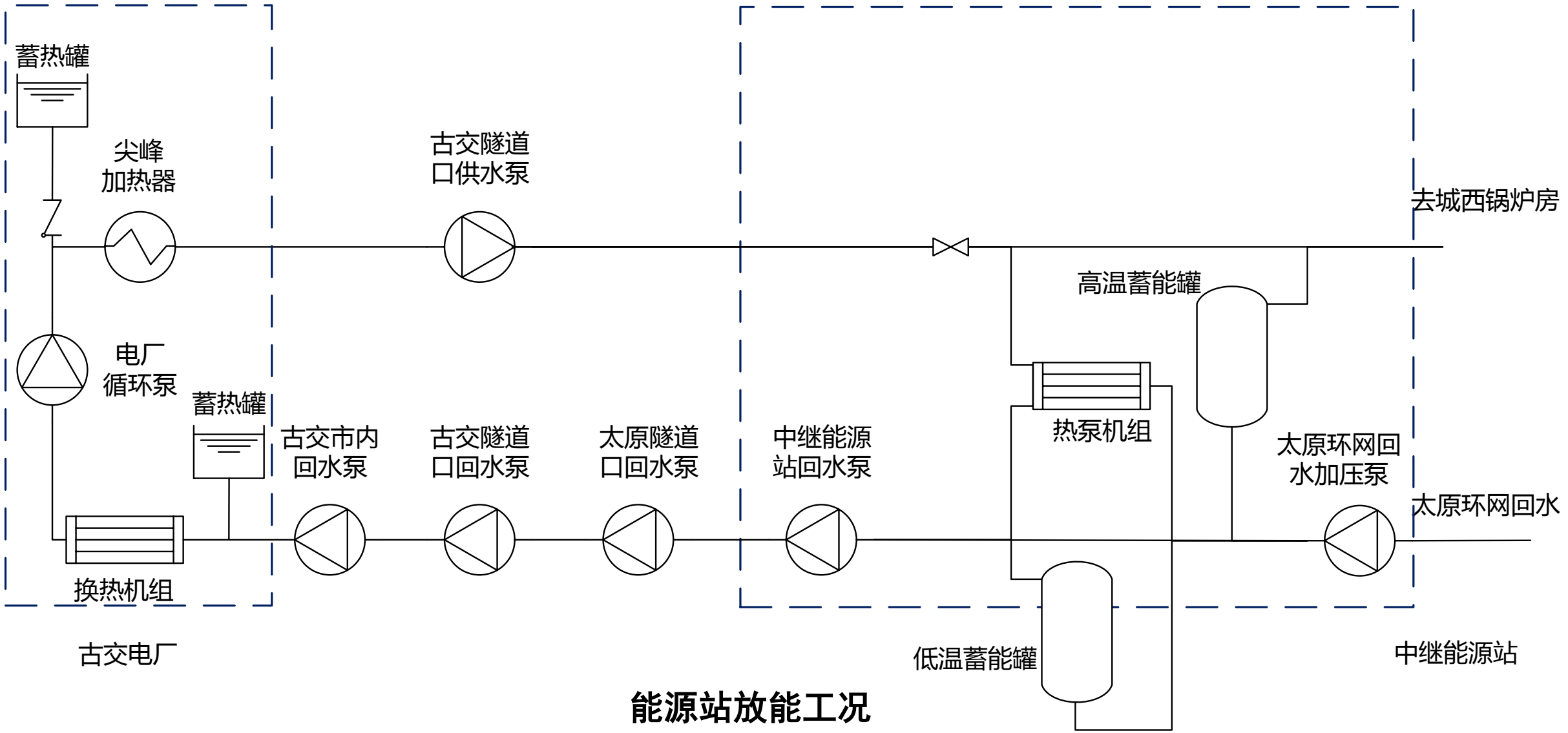


古交能源站直连系统的水力工况



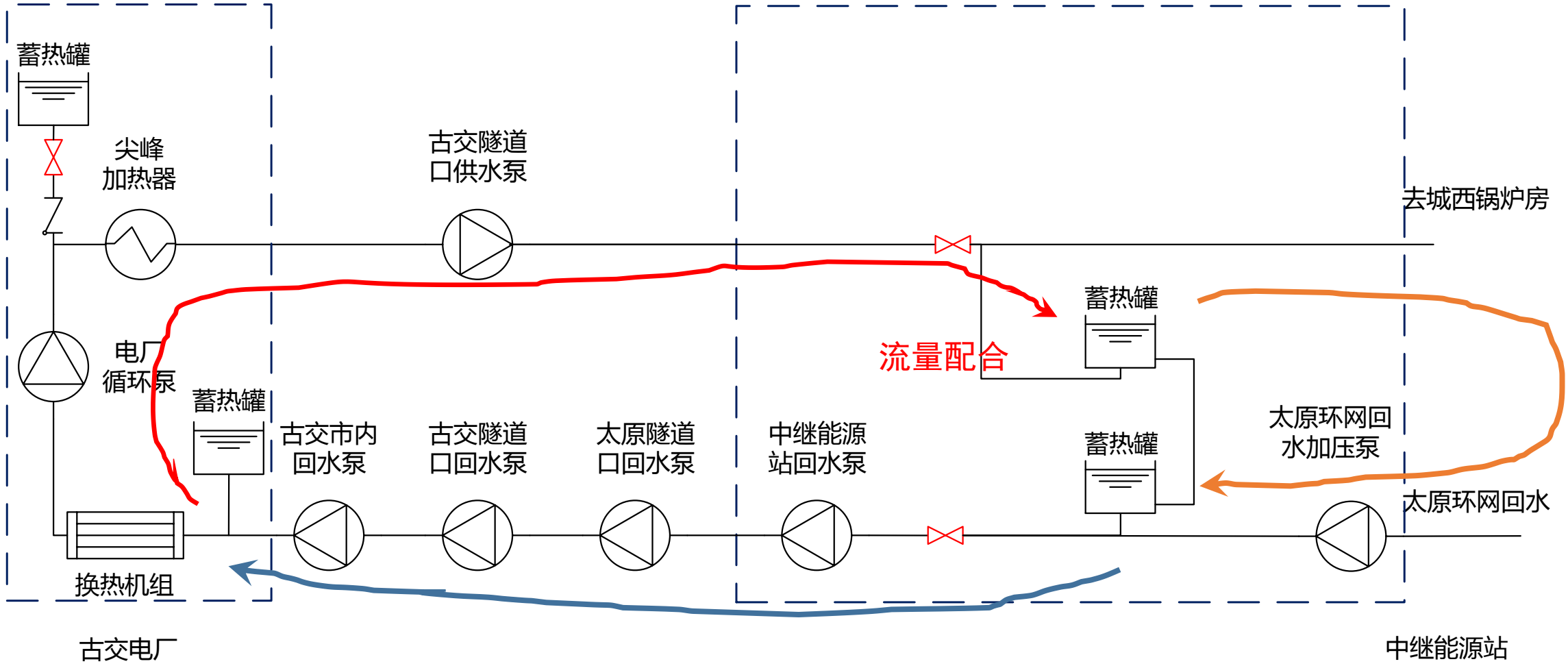
能源站平段、蓄能工况

古交能源站直连系统的水力工况



能源站放能工况

古交能源站直连系统的水力工况



水路简化（分为三个水路）

谢　谢！

欢迎批评指正

华靖
清华大学 建筑节能研究中心