绿色供暖技术及其应用案例

刁乃仁
山东建筑大学
diaonr@163.com

主要内容

一 供暖工程中的问题

二 供暖方案分析

三 北方建筑供暖节能案例

四 结　论

一、供暖工程中的问题

- 供热系统的设计、建设和运行管理水平有待提高。
- 简单推广热电联产供热，不注意调峰设施的配套。
- 供暖系统负荷扩容不断，管网水力失调愈来愈严重。
- 节能建筑、既有建筑以及不同年代建筑并存，完全按照用热多少收费 ，难度大。

一、供暖工程中的问题

- 出现了电锅炉（部分为电锅炉蓄能）集中供暖的方式，使一次能源利用率低，供暖成本高。
- 部分新建的节能建筑在供暖系统的设计、建设和运行的过程中仍按普通建筑的模式处理，使节能建筑的节能优势不能发挥。
- 热源平均热效率低：供热外网保温质量差，水力和热力失调严重。

一、供暖工程中的问题

- 采用间歇调节的运行机制，造成“大马拉小车”低负荷运行，热源效率需要提高。
- 锅炉房间接式供热系统一次网热媒参数低，换热器处于低负荷不合理运行状况
- 外网初调节水平不高，水平失调严重，采用“大流量、小温差”不经济运行状态。
- 水泵选择不合理，安装不合理，能耗高

一、供暖工程中的问题

- 源与网不能根据室外温度的变化，合理调节运行参数。
- 对不同使用性质的建筑物，未采用分时供暖自控装置，全空间、全过程供暖较为普遍，浪费能源。（公建按面积收费）
- 二次网保温效果差，热损失严重
- 管理手段落后，很多系统缺少必要的自动检测手段和对系统的评估
- ……

主要内容

一 供暖工程中的问题

二 供暖方案分析

三 北方建筑供暖节能案例

四 结　论

1.建筑围护结构

■ 节能建筑

山东省不同围护结构的供暖能耗

维护结构	双层中空铝合金玻璃窗，基墙为200mm 钢筋混凝土+保温 mm				普通单玻窗 240 砖墙	双层中空塑钢玻璃窗 240 砌块墙
保温层厚度 mm	20	40	60	80		
年采暖能耗量 GJ/m^2	0.23	0.185	0.17	0.16	0.30	0.25

二、供暖方案分析

1.建筑围护结构

□ 北方地区供暖

- **北方地区建筑能耗的主要部分**
  - 折合标煤超2亿吨以上
  - 占北方地区建筑能耗40%以上
- **改善建筑保温是基础**
  - 不同年代建筑供暖能耗相差3倍
  - 可以降低到15w/m^2，即0.162GJ/m^{2}以下
  - 被动式超低能耗建筑15kWh/m^2,即0.054GJ/m^{2}以下
- 集中供热导致的不均匀损失占20%~30%
  - 供热收费体制改革，按照热量收费，末端可调
  - 在保证舒适度前提下，实现**部分时间、部分空间供暖**。

2．集中供热还是分散供热

- 燃煤热电联产方式

大规模热电厂——

- 才能采用高效热电联产机组和有效的清洁煤燃烧技术。
- 能够提高机组的有效运行小时数，有条件设置有足够比例的调峰锅炉与之配合。
- 采用抽凝机组，充分利用乏气冷凝废热。

二、供暖方案分析

以燃气为燃料的供暖方式

- 推广分散供暖，限制大规模的集中供暖，在新建低层建筑进行推广单户供暖，公共建筑、商业建筑和高层住宅，应采用模块化燃气供暖，宜在公共建筑、商业建筑应用；
- 慎重发展天然气热电冷联产和天然气驱动的热泵供暖方式。

二、供暖方案分析

建筑绿色供热热源

- 燃煤 —— 提倡热电联产集中供热
- 燃气 —— 提倡热电冷联供，燃气进入小区直接供暖
- 电 —— 提倡热泵
- 可再生能源利用—— 提高输送和转换设备的效率

二、供暖方案分析

使用电作动力的空气源热泵

- 空气热源， COP=3时，一次能源效率高于燃煤
- 当空调在住宅普及时，

  空气热泵初投资低于空调 + 供暖
- 问题: 严寒期产热量不足

  可使用辅助电加热器，仍比全电热省50%
- 用户独立可调, 无输配系统损失。

二、供暖方案分析

- 供热热源向多样化发展
  - 以煤为主要能源方式，包括
    - 燃煤热电联产集中供热
    - 各种直接烧煤的集中和区域锅炉房
    - 家庭燃煤供暖炉（利用低谷电）
  - 以燃气为主要能源的方式，包括
    - 大型燃气锅炉集中供热
    - 小型模块化燃气锅炉的单座建筑的供热
    - 单户燃气炉供热

二、供暖方案分析

- 以电为主要能源方式，包括
  - 各种直接电热方式，电暖气、电热膜、电暖风机、蓄热电供暖器……
  - 热泵：空气源热泵，水源热泵，地下土壤源热泵方式、废热源热泵
- 以企业废热为热源的供暖，例如济钢采用炼焦冷却水供热
- 秸秆、太阳能、地热……

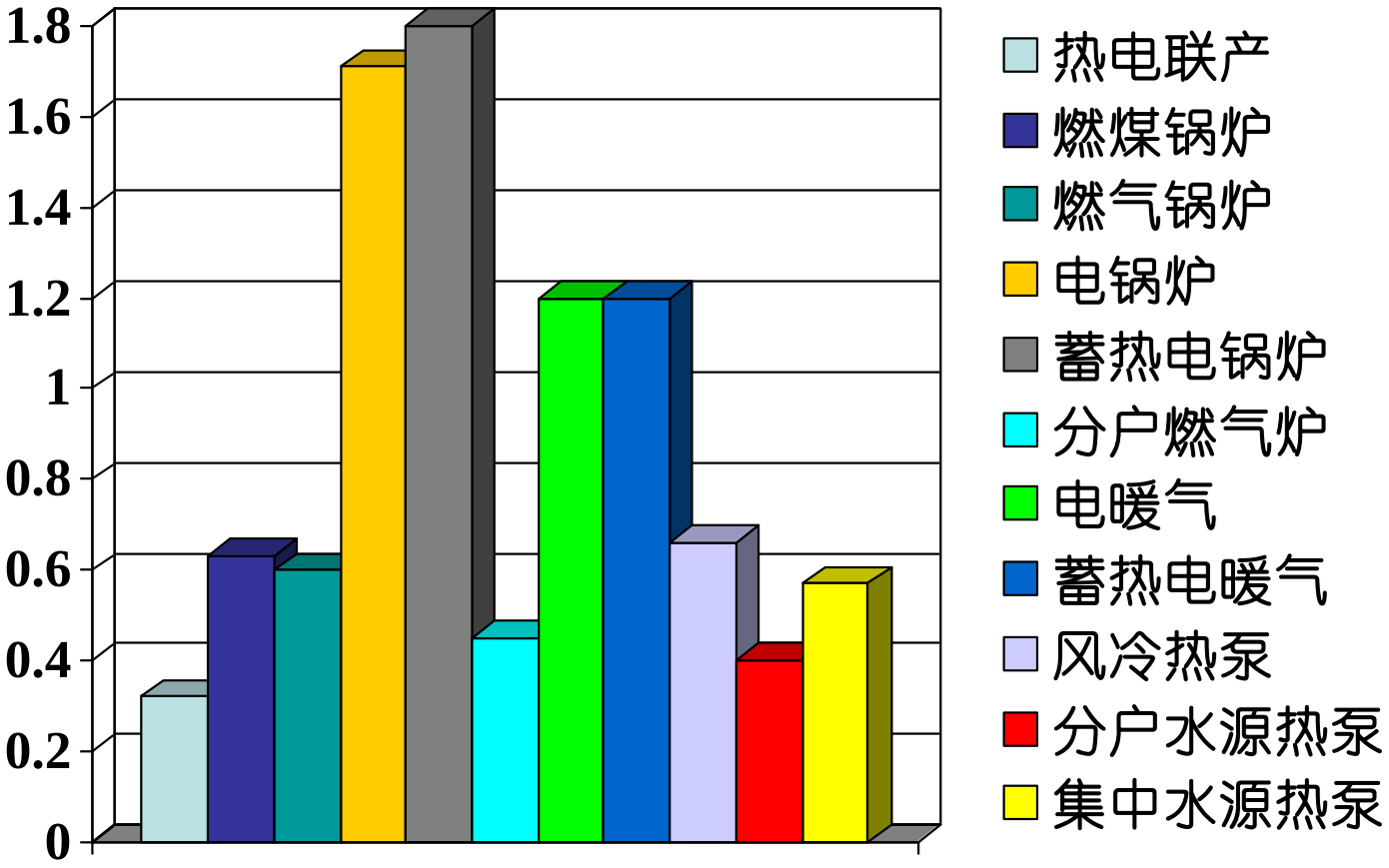
二、供暖方案分析

- 怎样对待以电为动力的供暖方式
  - 近年来随着城市环境改善的要求和临时出现的电力过剩现象，在许多地区推广起以电为动力的各种供暖方式，引起了不少问题需要高度重视。
- 发展与空调末端结合的供暖方式
  - 随着经济发展和人民生活水平提高，越来越多的建筑物同时要求供暖和空调。北方地区城镇需要供暖的建筑平均一半以上有夏季空调的要求。这一现实必须面对。它将影响对供暖方式的选择。

二、供暖方案分析

不同供暖方式一次能源消耗量比较

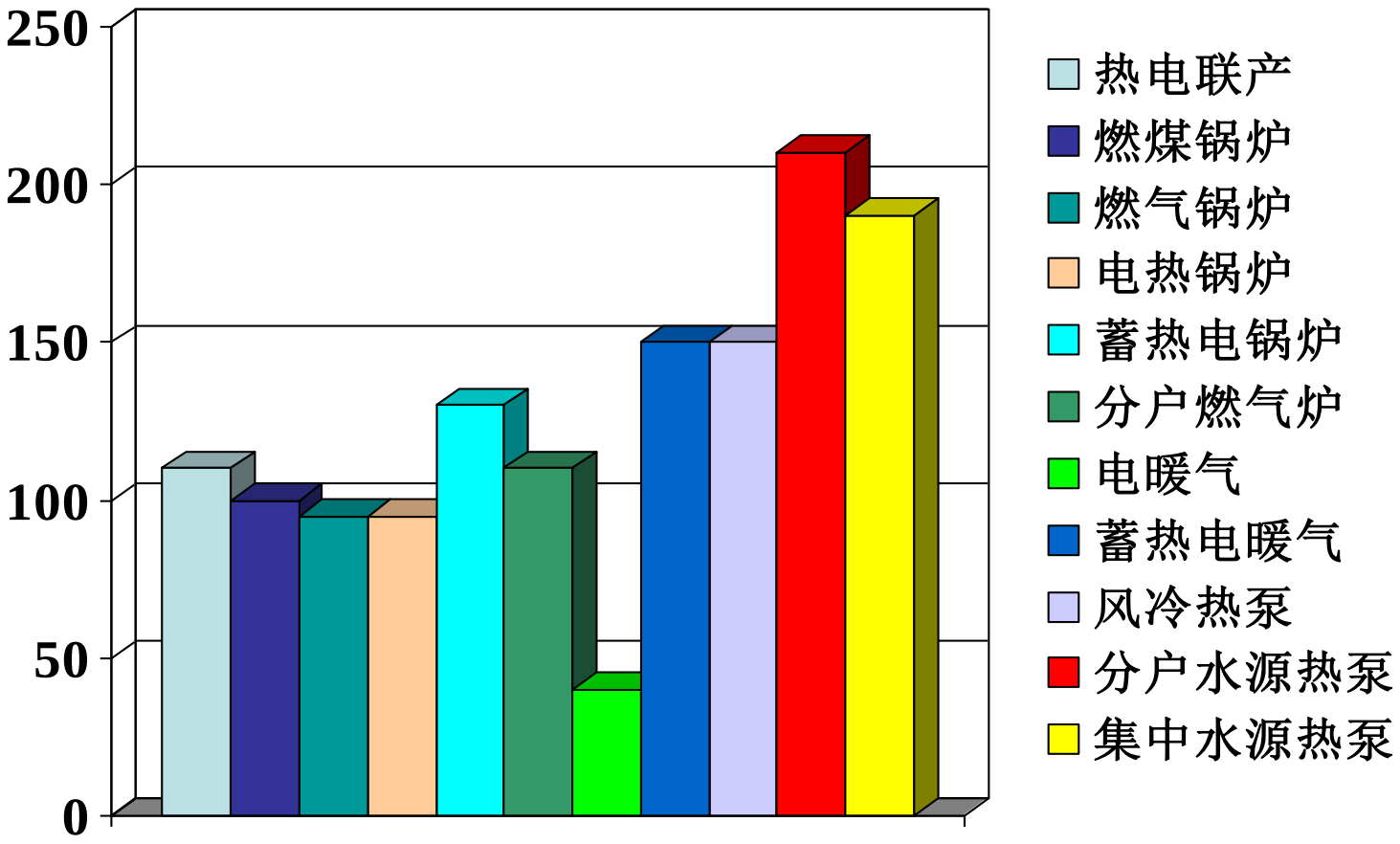
GJ/m²年



二、供暖方案分析

不同供暖方式的初投资: 元/m^2

（所有热泵初投资已经含夏季空调）



二、供暖方案分析

主要供暖方式

- 城市集中供暖：以集中热源作为主要热源
- 区域供暖：以区域热源为主要热源
- 楼宇式供暖：热源放置在建筑物内
- 分户供暖：热源放置在住户家中
- 末端供暖：热源在室内，热源就是末端散热设备

主要内容

一 供暖工程中的问题

二 供暖方案分析

三 北方建筑供暖节能案例

四 结　论

三、北方建筑供暖节能案例

- 节能不是不用能，而是提高能源利用效率

  - 应用节能技术与产品
  - 提高能源利用效率——物尽其用

    所费多于所当费，

    或所得少于所可得，

    ——都是浪费

三、北方建筑供暖节能案例

北方建筑供暖节能的途径

- 节流：继续加强围护结构保温和气密，降低热耗
- 避免过热：热改工作室温调控是关键
- 开源：提高热源效率的潜力还很大
  - 燃气锅炉排烟的余热回收
  - 科学的发展热泵供暖
  - 深入开掘热电联产潜力
  - 可再生能源与常规能源复合供热
  - 工业余热：尚待开采的巨大宝藏

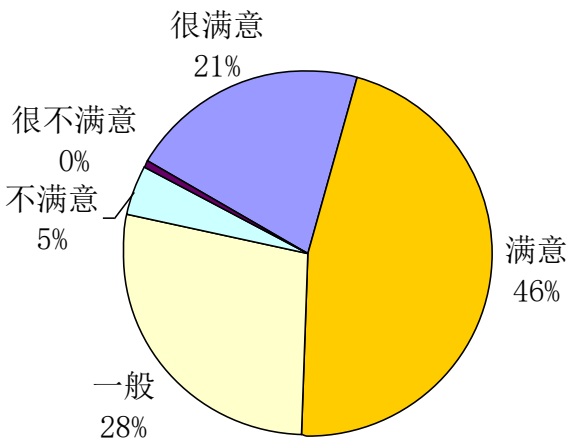
三、北方建筑供暖节能案例

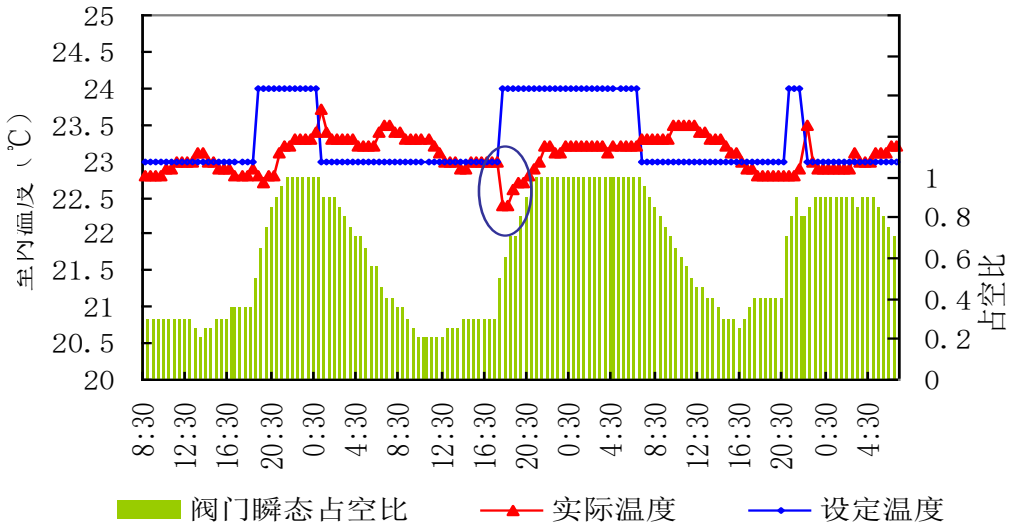
1.围护结构改造案例

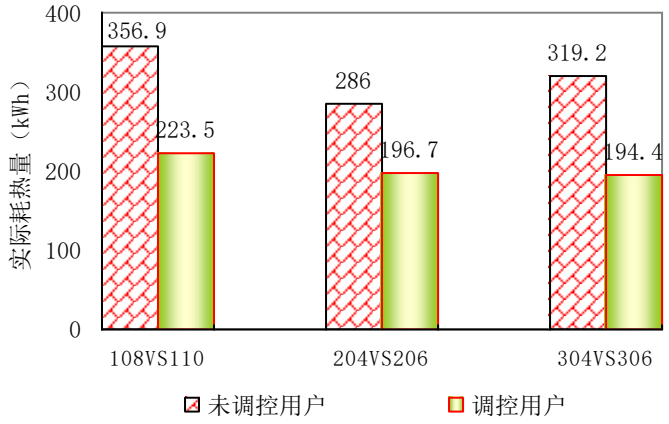
- 措施：外保温，换门窗，屋顶保温，新风
- 效果
  - 改造前：78kWh/m^2
  - 改造后：53.7kWh/m^2
- 室内舒适度：
  - 改造前：～20℃
  - 改造后：～22℃

三、北方建筑供暖节能案例

2.末端室温调控案例







3.壁挂燃气炉：天然气锅炉供暖优选方式

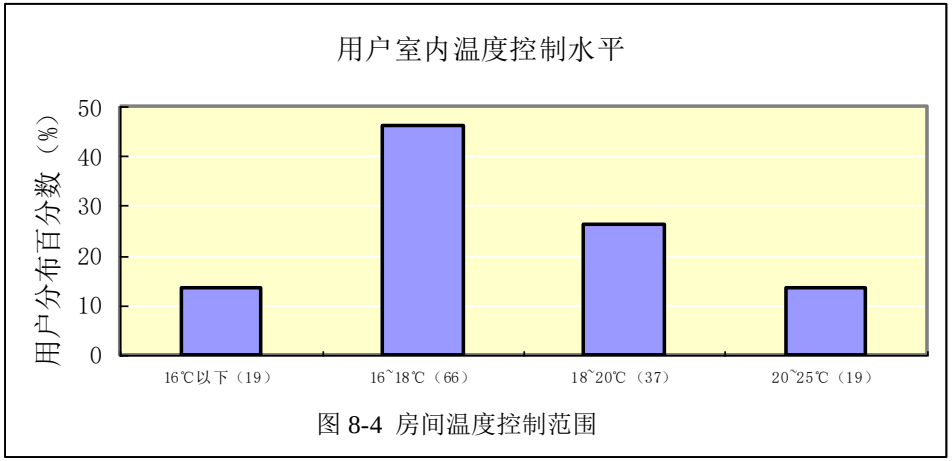


图 8-4 房间温度控制范围

月份	平均耗气量（m^3/月m^2)	耗气量（m^3/月m^2)
11月份	0.69	0.56-0.82（15天）
12月份	1.82	1.65-2.00
1月份	2.44	2.29-2.60
2月份	1.59	1.50-1.68
3月份	0.80	0.73-0.88（ 20天）
全年	7.57	7.06-8.07（ 125天）

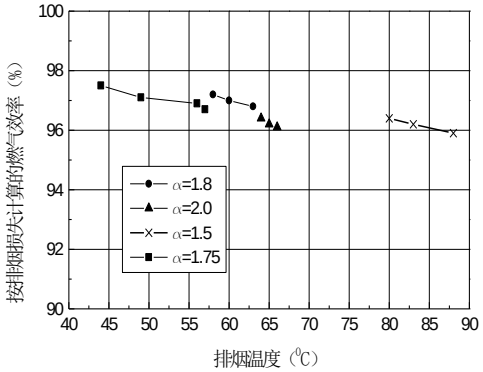
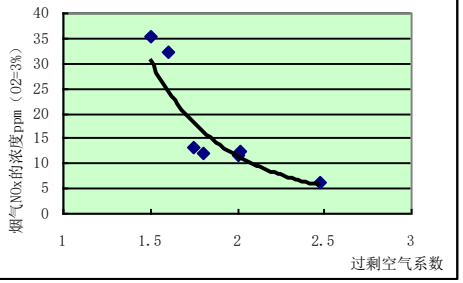


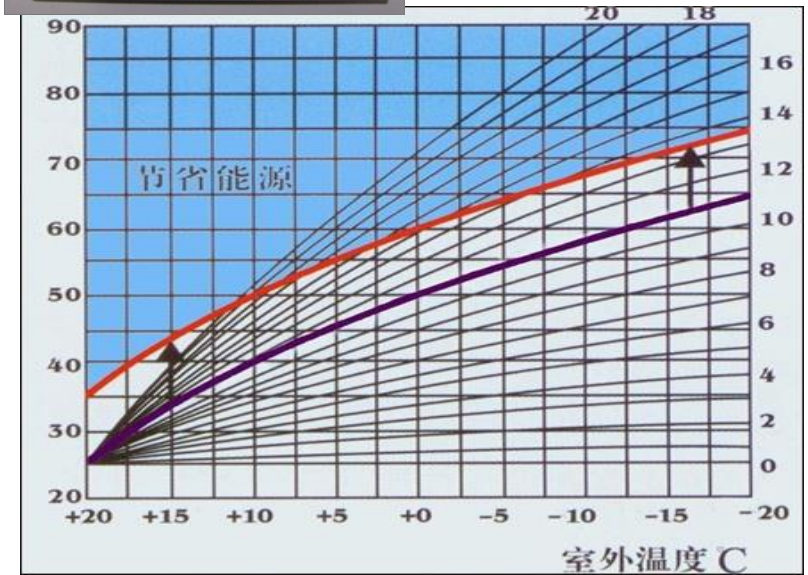
图8-5 壁挂式锅炉的NOx排放量



三、北方建筑供暖节能案例

4.依靠节能服务方式实现小区节能

- 采用合同能源管理模式
- 提供全部供暖服务
  - 技术服务
  - 节能改造
  - 运行管理
- 效果
  - 改造前436万m^3燃气
  - 改造后353万m^3燃气



5.热泵供暖实践案例

济南市西区工程建设指挥部
地源热泵空调工程

年份 工况	2006	2007	2008	2009	2010
夏季（地温℃）	**28.5**	**32**	**33.5**	**34.5**	**35**
冬季（地温℃）	**6.5**	**7.2**	**7.6**	**7.8**	**8**

图1 济南市西区工程建设指挥部外观

项目 工况	压缩机能耗 (kWh)	循环水泵能耗 (kWh)	热泵主机 COP	机房综合 COP	用电量 (kWh/ m²季)
夏季	**72900**	**49500**	**4.94**	**2.94**	**15.5**
冬季	**126400**	**66000**	**3.42**	**2.25**	**24.4**
平均与合计	**199300**	**115500**	**4.07**	**2.56**	**39.9**

图2 安装的热泵机组系统

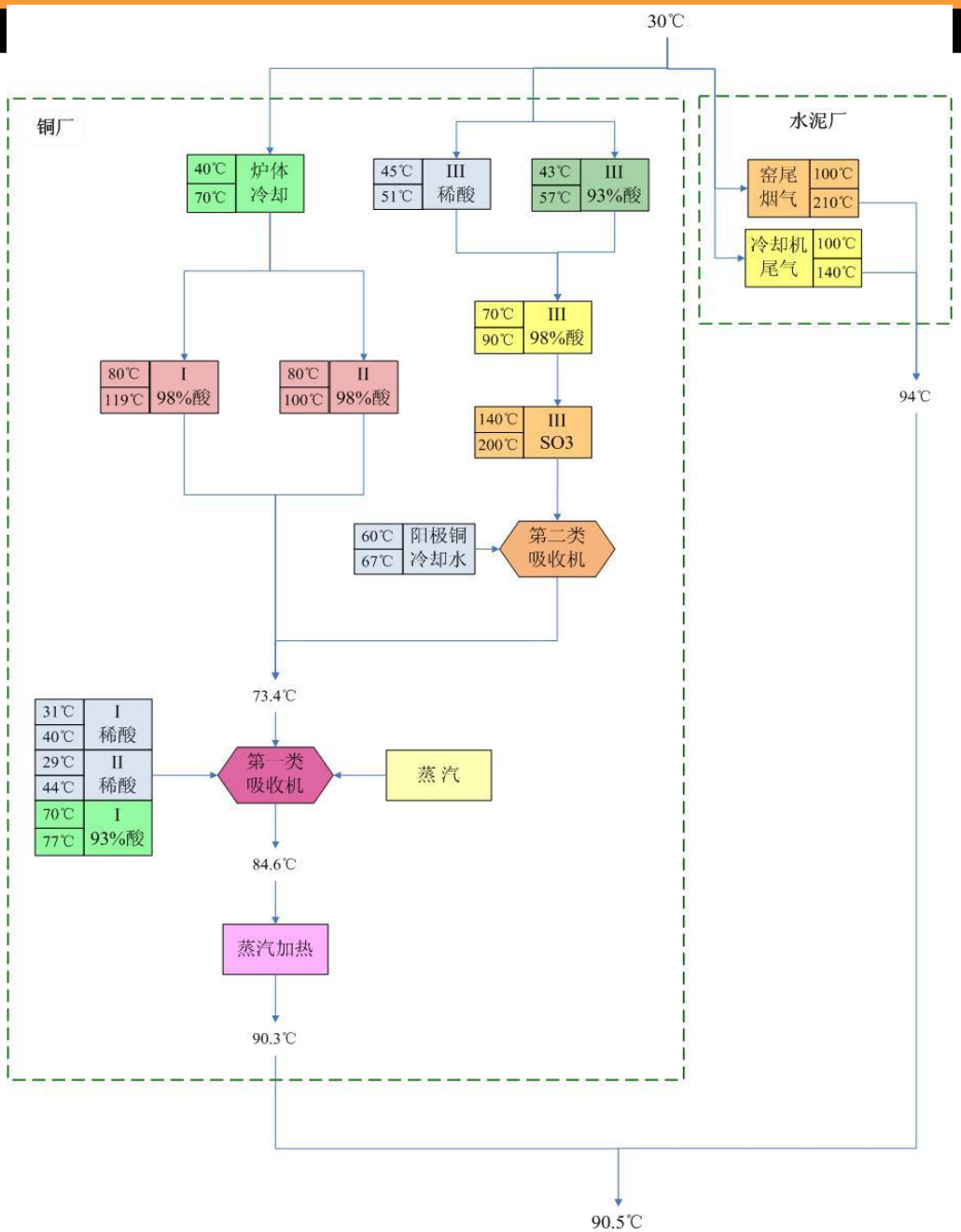
6.余热供暖—燃气锅炉余热回收案例

安装热回收装置情况	燃气耗量	供暖天数	供暖面积	供暖季室外平均温度	室内外平均温差	供暖负荷增加率	考虑气候变化用气量	供暖季按126天计每平米用气量	每平米节气量	节气率	以改造前供暖负荷为基准的节气量
	m^3/季	天	m2	℃	℃	%	m^3/天.m^2	m^3/季.m^2	m^3/季.m^2	%	m^3/季
1台运行60天	307890	126	34500	2.07	15.93	0	0.071	8.924	0		0
2台	282462	128	34500	1.84	16.16	1.4	0.063	7.945	0.979	11.0	33788
3台第二代	275284	130	34500	1.29	16.71	4.9	0.058	7.353	1.571	17.6	54216
3台第三代	323509	141	36000	-0.68	18.68	17.2	0.053	6.643	2.281	25.6	78697

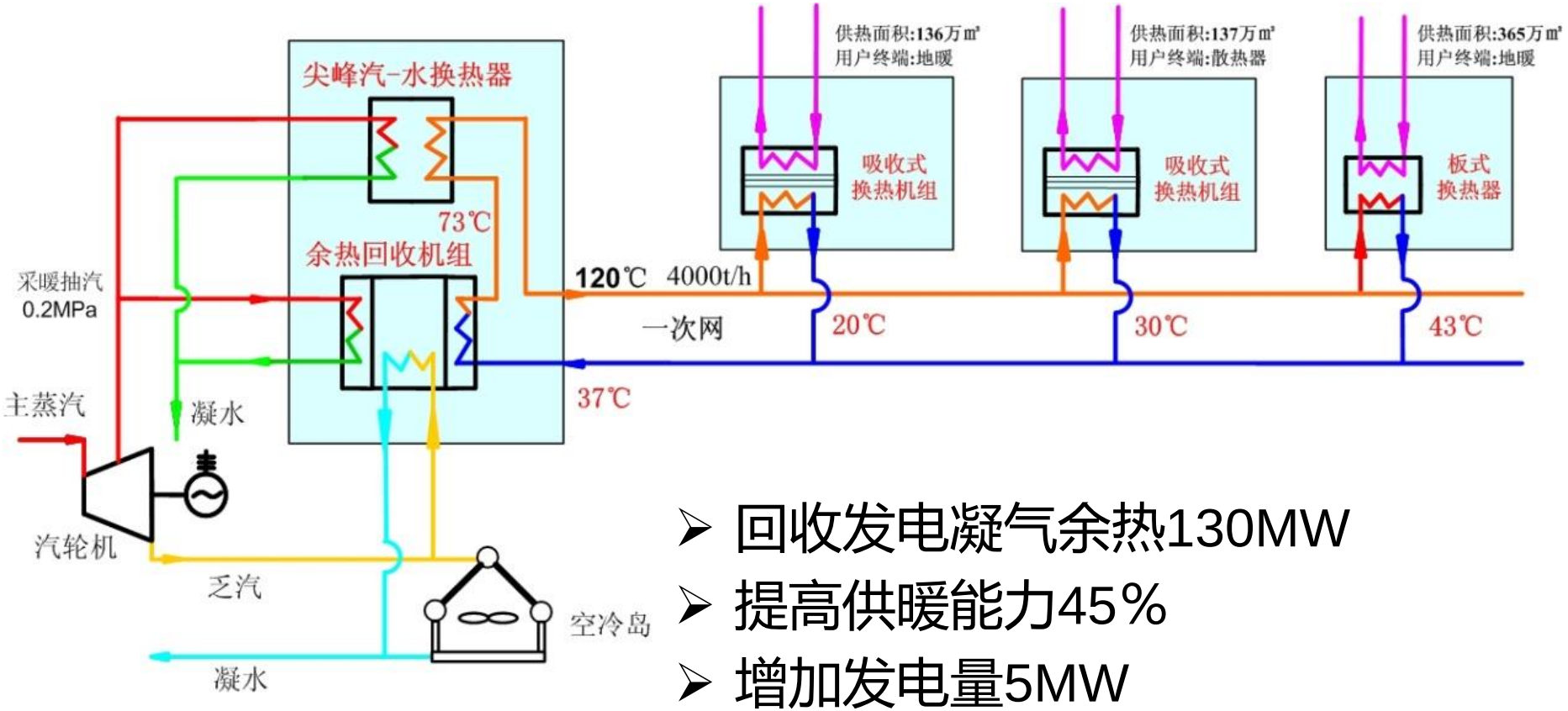
三、北方建筑供暖节能案例

6.余热供暖—工业余热

- 回收铜冶炼厂，水泥厂余热
- 实现250万平米建筑供暖
- 年节能7万吨标煤，节水27万吨
- 依靠节能两年内回收全部资金



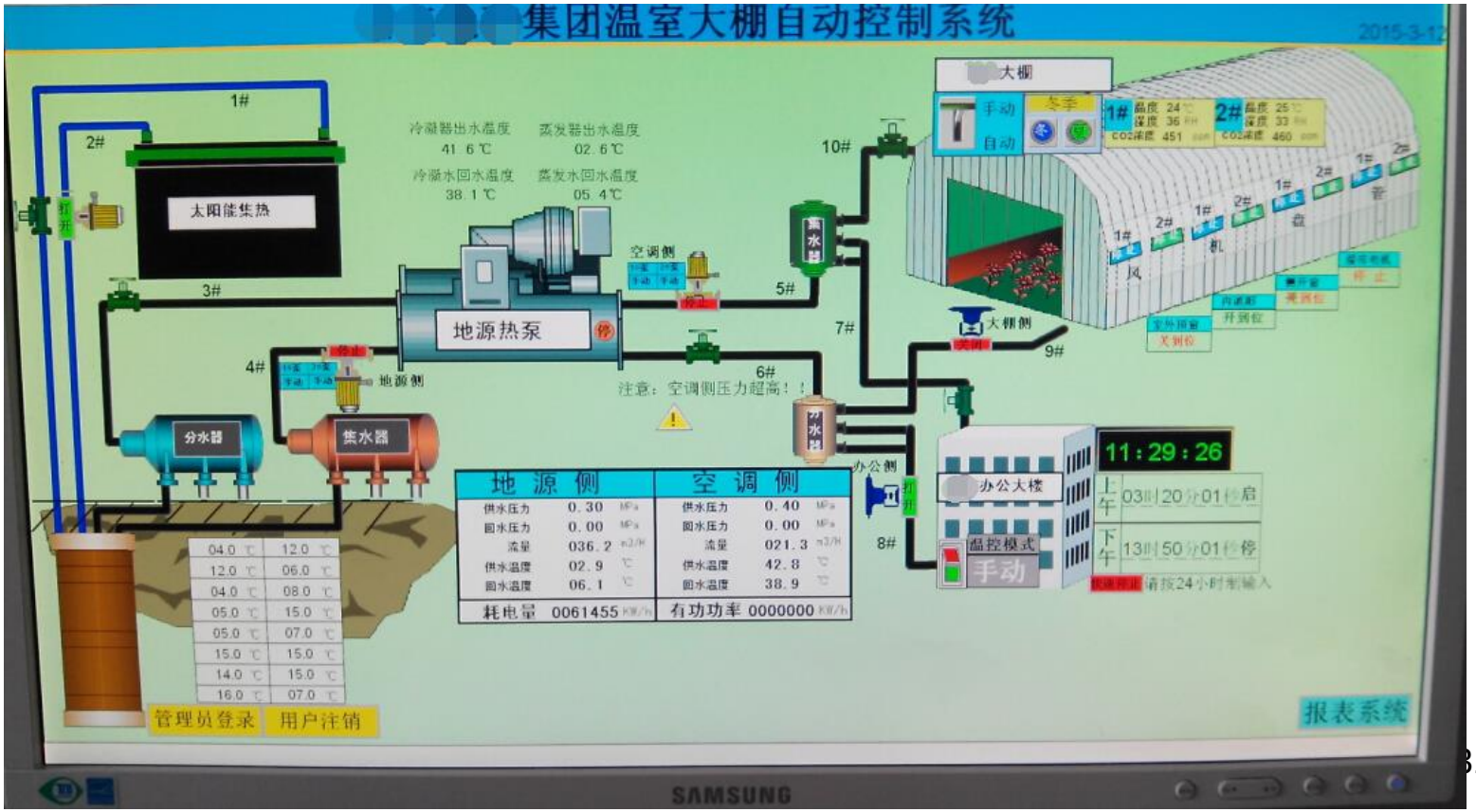
7.提高热电联产效率案例



- 回收发电凝气余热130MW
- 提高供暖能力45%
- 增加发电量5MW
- 每个供暖季节能7.5万吨标煤

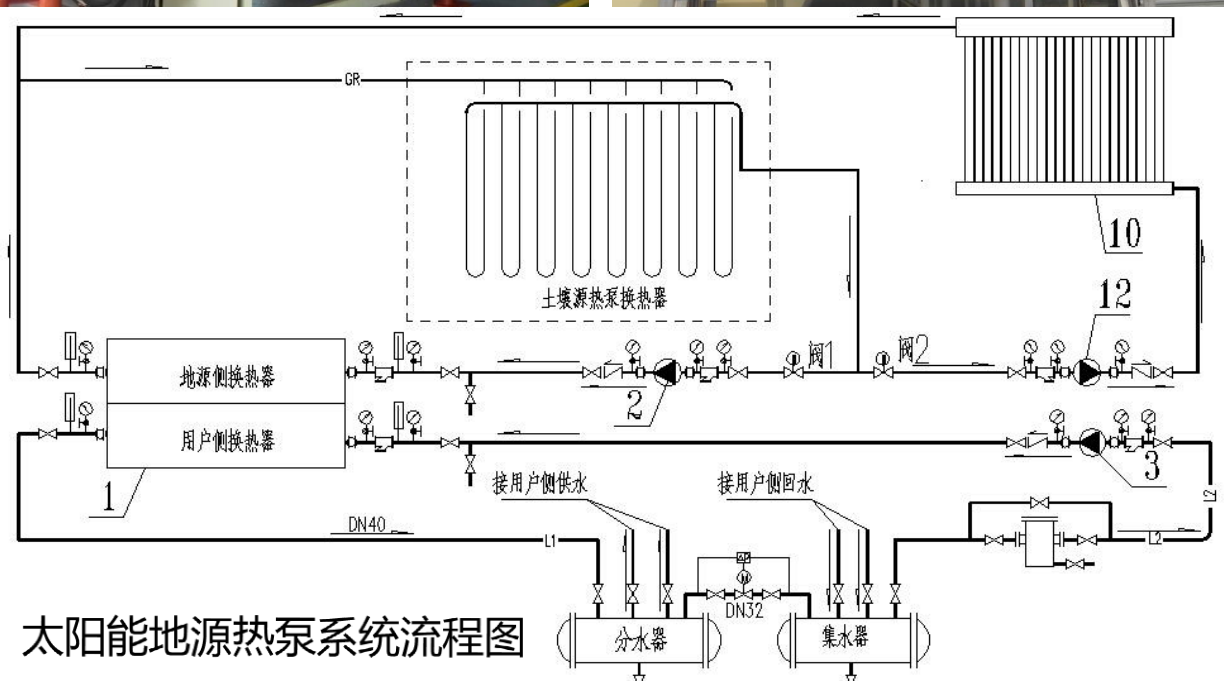
8.太阳能与地源热泵复合供热系统

- **搭建动态仿真模拟与多功能实验研究平台**
- **建立优化集成系统与运行模式**



三、北方建筑供暖节能案例

章丘某温室大棚太阳能与浅层地热能供暖



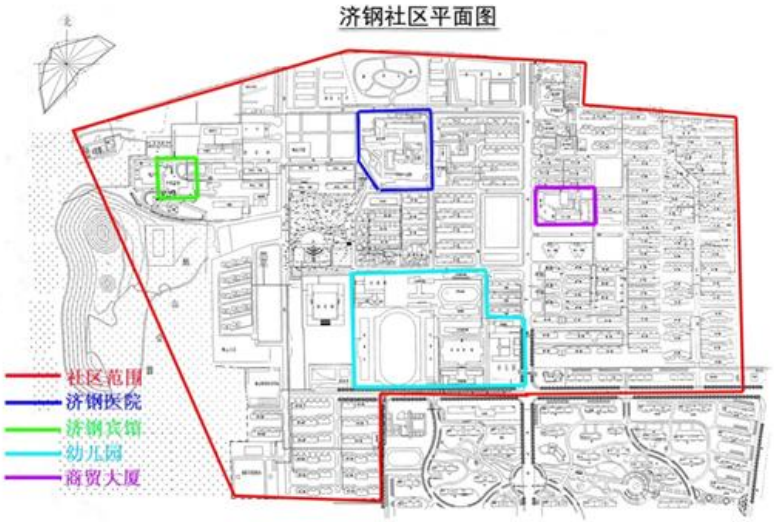
太阳能地源热泵系统流程图

9. 济南某新村供热改造案例

■ 概况

始建于1958年，以住宅建筑为主，共有8300多户居民约31000人，总建筑面积约68.8万平方米，其中住宅建筑面积约57.6万平方米，公共设施建筑面积约11.24万平方米。

新村区位图



新村平面示意图

9.济南某新村供热改造案例

■ 改造前现状

- **管网老旧**：部分供热设施为上世纪50~70年代建成，管道老化，跑、冒、滴、漏现象严重；
- **自动化程度低**：设备的老化使得设备运行时效率降低，整个供热系统自动化控制程度较低；
- **热源不足**：末端负荷较大，部分用户仍使用蒸汽供暖，厂区高温高压蒸汽减温减压补充管网，能耗损失较大；
- **能耗高**：原有供热系统均采用直供式，换热温差小，管网流量大，水泵能耗高。

□ 改造方案（四部分：热源、换热站、热网、监控系统）

■ 热源改造

- 改造循环水管道、增加补水定压变频泵2台，并对部分管网进行重新调整布置；
- 改造循环水管道，将供水泵站改造为该系统动力中心和调峰站，在一炼钢泵站中新设蒸汽换热站，就近引入蒸汽用以调峰使用。

■ 换热站改造

增设板式换热器、混水泵组、水泵变频等措施

图 1#换热站内新加水泵和换热器

图 3#站内混水泵组

■ 热源网管改造

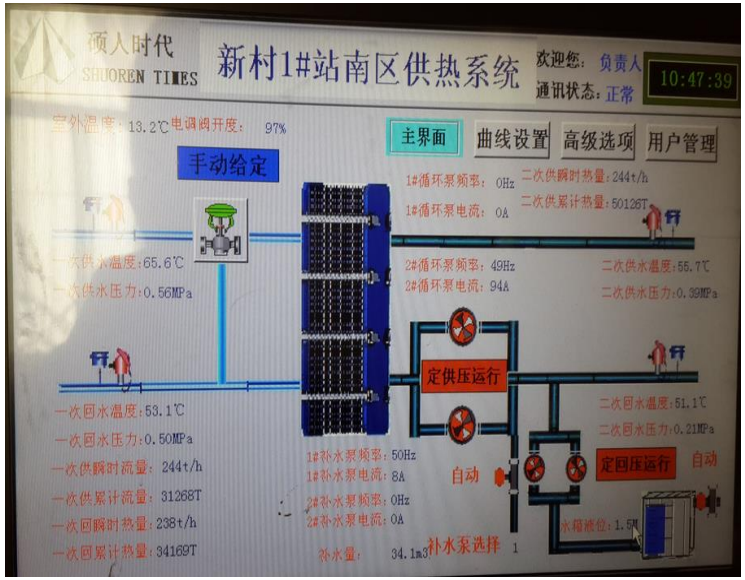
室外管网原有蒸汽管道全部拆除， 各换热站敷设新管道。

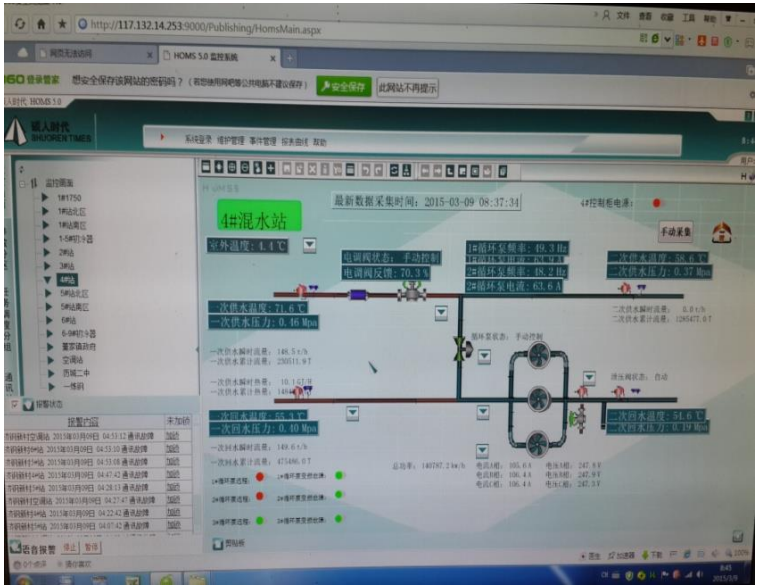
拆除后的原有蒸汽管道

站外部新敷设管道

■ 监控系统改造

供暖站办公区域设供暖管控中心，采用无人值守设计，系统自动控制，参数无线采集并远传至控制中心，不再设运行值班人员。





换热站与远程操控中心界面

三、北方建筑供暖节能案例

■ 经济效益

项目改造共投资996万元，其中热源：230万元，换热站：431万元，管网：285万元，监控系统：50万元；改造后一个供暖季收入902万元，**回收期为1.1年。**

■ 节能效益

时间	水（汽改水）		电		汽	合计
	费用（万元）	用水量（吨）	费用（万元）	用电量（吨）	费用（万元）	费用（万元）
2013.11-2014.3	85.71		473.43		803.85	1362.99
2014.11-2015.03	126.96		286.2		207.6	620.76
同年降低	**-41.52**		**187.23**		**596.25**	**742.23**

10.长岛县南城小区供暖空调方案

现状与要求——

1. 两台燃煤锅炉（40+20T/h），供暖38万m^2
2. 解决新增面积17万m^2冷热源
3. 海岛发展环境友好、生态友好、可持续型能源

比选方案——

1. 海水源热泵
2. 土壤源热泵
3. 电地热膜供暖
4. 空气源热泵+集中供暖（电辅加热）辅助

10.长岛县南城小区供暖空调方案

- 尽快制定供暖（能源）规划，协调发展
- 诊断现有供暖系统，发挥现有热源点潜能
- 加快天然气等绿色能源取代燃煤
- 可再生能源利用与常规能源结合：
  - 突出海岛特色，选择适宜建筑采用海水源热泵
  - 公共建筑和别墅，适当采用地埋管地源热泵
  - 海岛均为多层建筑，采用太阳能热利用与风电复合系统
  - 海岛地势复杂，采用分布式能源系统：
    - ✓空气源热泵+风电辅助
    - ✓空气源热泵+集中供暖辅助
    - ✓户式燃气热水锅炉

主要内容

一 供暖工程中的问题

二 供暖方案分析

三 北方建筑供暖节能案例

四 结　论

结 论

供暖方案确定

基本原则——

- 恰当的技术，恰当的综合，用到恰当的部位
- 多方案比较，只有更好，没有最好
- 适宜、适合、适用—因地制宜，因工程制宜

——建筑艺术与建筑技术协同

技术普适性与地域性统一

技术传承与技术创新结合

结 论

清洁能源供热方案

- 清洁能源供热

  体现在产能、输能、用能全过程和全寿命期中，

  不能仅考虑某一个环节

- 建筑降煤减排原则与途径

  原则：系统工程—开源、节流、增效、降耗

  途径：集中、分布、分散式复合能源系统

- 天然气利用

  优质贵用，精粮细用

结 论

清洁能源供热方案

- 建筑热泵供热技术

热泵供热是清洁能源利用方式？

空气源热泵供热利用的是可再生能源？

热泵供热技术比燃煤锅炉供热更节能环保？

- 供热方式与要求
  - 应根据能源结构、供热用户热负荷于使用情况等，选用适宜的供热方式：集中、局部、分布或是分散式供热。
  - 部分时间、部分空间供暖，充分调动行为节能积极性。
  - 室温在一定范围内波动或调整。确保健康，适度舒适。

结 论

住居建筑绿色供暖方案

- 集中供暖

  燃煤清洁利用，大中城市供暖主要方式

- 空气源热泵+调峰

  中小城镇、新农村建筑优选方案之一

- 地源热泵+太阳能跨季蓄热+调峰

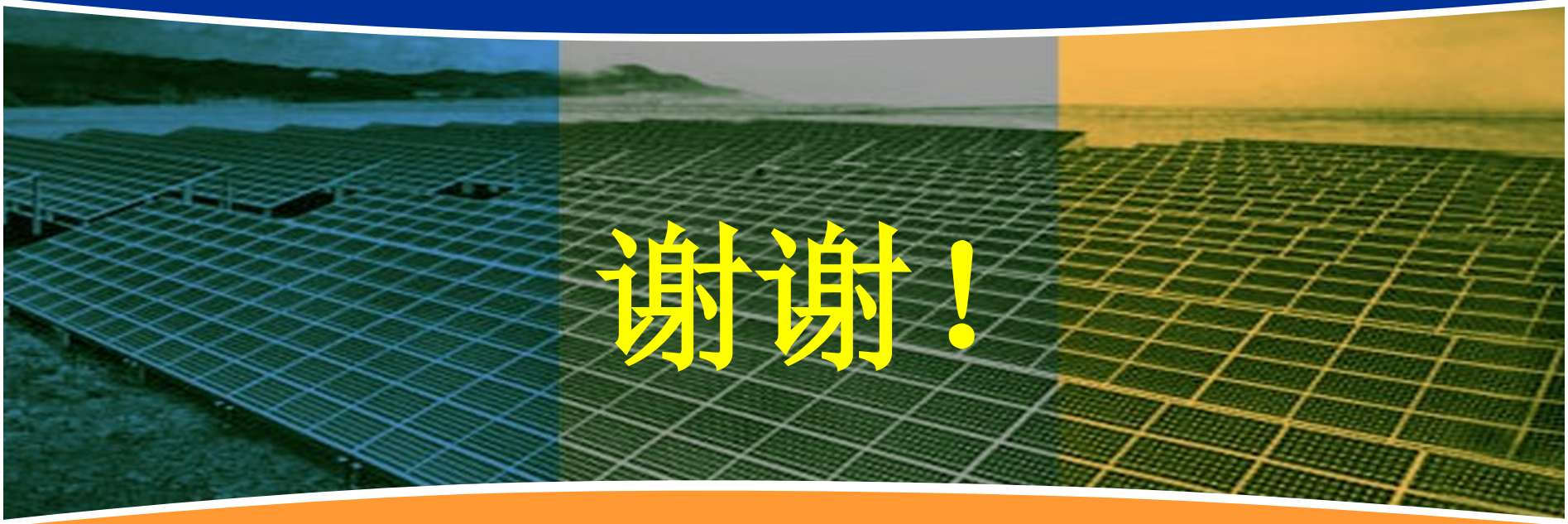
  地埋管冬季蓄冷夏季用，利用地埋管太阳能蓄热

- 水源热泵热水供暖+调峰

  单季运行，水源只供暖，水冷冷却制冷

- 空气源热泵+地源（水源）热泵复合

  调峰源：燃气炉，蓄热（电）锅炉（谷底电），城市热网



谢谢！