



EPTCHINA.CN
中国电力科技网

SXEC 苏夏

大机组供热改造与优化运行技术2019年会



郑立军

华电电科院供热技术部主任，硕士研究生，高级工程师，主要从事火电厂、热网的供热节能技术的研究和应用工作，重点研究循环水余热利用、智能热网、热电解耦、工业供热节能等方面内容，参编华电集团供热相关标准6项，获得省部级以上科技进步奖项10多项，申请各类专利授权20余项，发表科技论文10余篇。

热电联产“源—储—网”一体化协同智能供热关键技术开发与应用

主办单位：中国电力科技网 协办单位：江苏苏夏能源集团 2019年9月25-27日 中国·石家庄

2009 Qingdao / 2010 Nanjing / 2011 Yangzhou / 2012 Wuxi / 2013 Suzhou / 2014 Xian / 2015 Guangzhou / 2016 Shenyang / 2017 Xuzhou / 2018 Changshu / 2019 Shijiazhuang

热电联产“源-储-网”一体化协同智能供热关键技术开发与应用

汇报单位：华电电力科学研究院有限公司

汇报人：郑立军

2019.09 中国·石家庄

求真 务实 专业 纯粹

目 录

- 01 项目开展的背景及意义
- 02 项目技术研究及示范建设
- 03 主要技术创新
- 04 取得的科技成果及评价
- 05 推广应用与经济效益

01

项目开展的背景及意义

01 项目开展的背景及意义

- 面对新时代，习总书记在十九大报告中强调能源转型目标：建设“清洁低碳、安全高效”的现代能源体系。

能源技术革命创新行动计划
(2016 - 2030 年)

国家发展改革委
国家能源局

2016 年 3 月

利用先进的信息通信技术和互联网平台的优势，实现与传统供热行业的融合，提升供热的现代化水平。

推进能源技术与信息技术的深度融合，构建一体化、智能化的能源技术体系。

国家发展和改革委员会
国家能源局
财政部
环境保护部
住房和城乡建设部
国务院国有资产监督管理委员会
国家质量监督检验检疫总局
中国银行业监督管理委员会
中国证券监督管理委员会
中央军委后勤保障部

文件

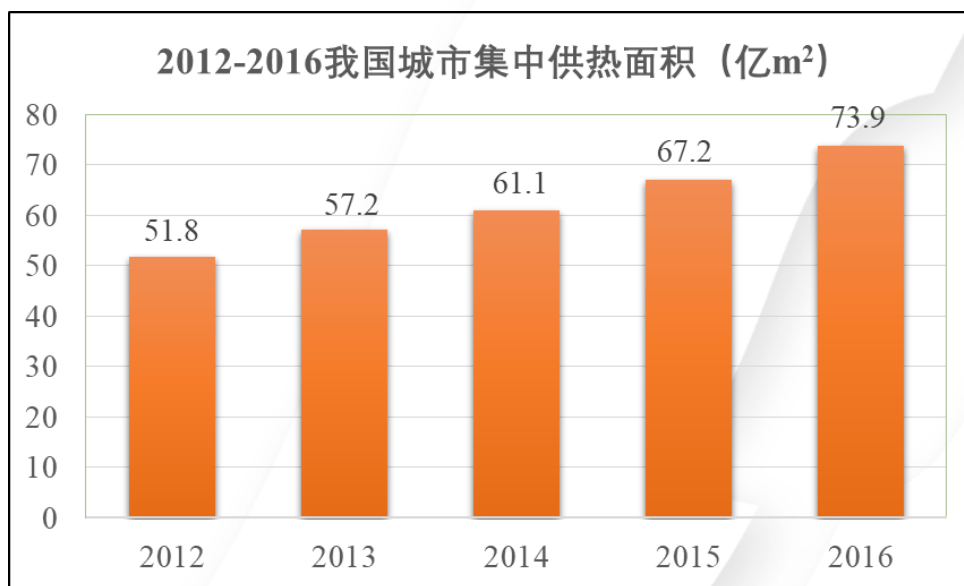
发改能源〔2017〕2100 号

关于印发北方地区冬季清洁取暖规划
(2017-2021 年)的通知

- 热电联产作为综合能源系统的一种类型，是能源互联网建设中最重要板块之一。大力推进热电联产集中供热的技术创新、商业模式创新，对引领能源转型和构建现代能源体系（智慧综合能源系统），至关重要。

01 项目开展的背景及意义

- 我国城镇供热需求增加迅速，据能源局等十部委印发《北方地区冬季清洁取暖规划（2017-2020）》，截至2016年底，我国北方城乡建筑取暖总面积约206亿平方米，其中城镇建筑取暖面积141亿平方米。



国家发展和改革委员会
国家能源局
国家财政部
环境保护部
住房和城乡建设部
国务院国有资产监督管理委员会
国家质量监督检验检疫总局
中国银行业监督管理委员会
中国证券监督管理委员会
中央军委后勤保障部

文件

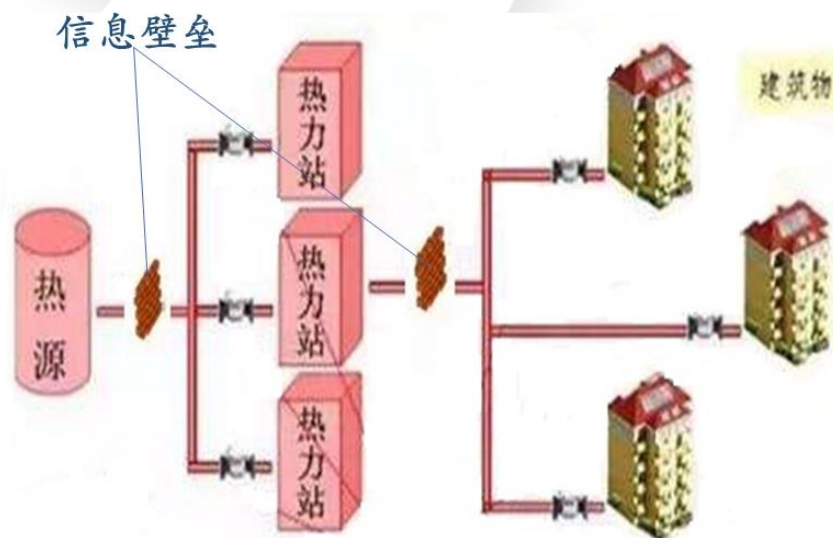
发改能源〔2017〕2100号

关于印发北方地区冬季清洁取暖规划
（2017-2021年）的通知

- 国家十部委印发文件还提出：大力发展清洁燃煤集中供热、天然气供热等清洁供暖方式；到2021年，北方清洁取暖率达到70%，替代散烧煤1.5亿吨，供热系统平均综合能耗降低至15kg标煤/平方米以下。

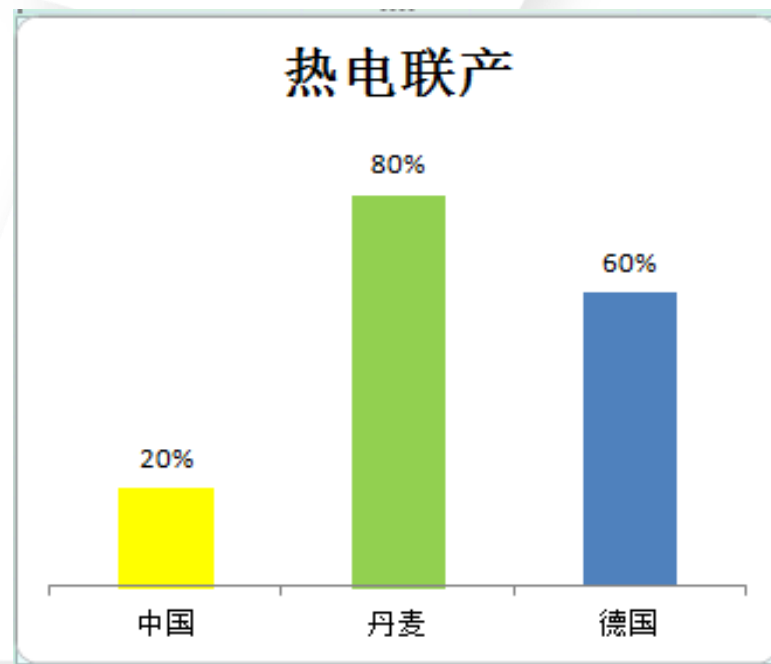
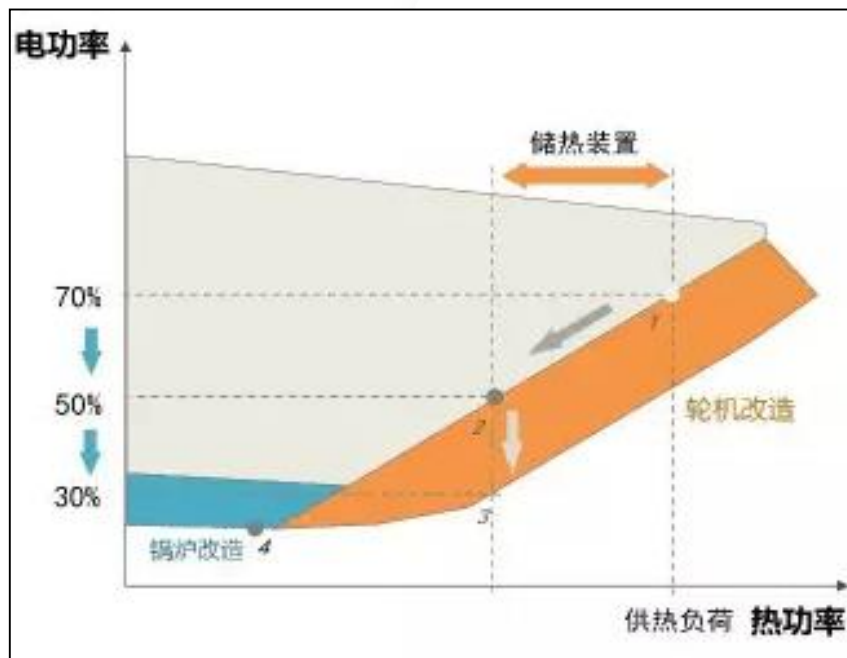
01 项目开展的背景及意义

- 当前我国集中供热系统的一次能源消耗水平，比欧洲同纬度甚至更高纬度国家的能耗高出一倍以上，关键技术难题是：传统单向信息流的粗放调节、厂网间供热信息孤立、热源侧电热矛盾严重。



01 项目开展的背景及意义

- 火电机组调峰能力受限的主要原因是：1) 纯凝机组受锅炉最低稳燃负荷的限制；2) 热电机组还会受“以热定电”的限制。解决弃风问题（采暖季更严重），特别是需要提升热电机组的电力调峰能力。



01 项目开展的背景及意义

由此提出本项目的课题研究工作，并依托以下不同级别的重大项目：

第一批国家能源局火电灵活性试点项目

国家能源局综合司文件

国能综电力[2016]397号

国家能源局综合司关于下达

火电灵活性改造试点项目的通知

国家“互联网+”智慧能源（能源互联网）示范项目

国家能源局关于公布首批“互联网+”智慧能源

（能源互联网）示范项目的通知

国能发科技[2017]20号

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团发展改革委（能源局）、各有关能源企业：

为落实《关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见》（发改能源〔2016〕392号）、《国家能源局关于组织实施“互联网+”智慧能源（能源互联网）示范项目的通知》（国能科技〔2016〕200号）等有关要求，我局组织开展了“互联网+”智慧能源（能源互联网）示范项目的申报和评选工作。经过专家评审、公示等工作程序，确定了首批示范项目。现将有关事项通知如下：

中国科学技术协会托举工程项目

合同编号：



中国电机工程学会青年人才托举工程

合 同

项目名称： 供热系统综合节能技术研究及应用示范

起止时间： 2016 年 01 月 至 2018 年 12 月

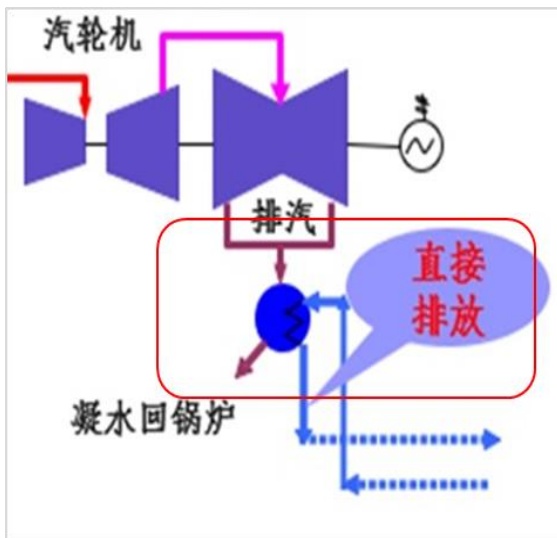
委托单位（甲方）： 中国电机工程学会

华电集团十大重点科技项目

集团公司 2018 年十大重点科技项目名单

序号	项目名称	项目牵头部门	总部项目经理	项目单位	项目示范工程
1	数字电厂建设关键技术研究及应用	生产技术部	谢云	华电科院、国电南自、华电科工	杭州华电半山发电有限公司、华电莱州发电有限公司、东风发电厂、贵州黔源北盘江光照发电厂、福建省古田溪水力发电厂、内蒙古华电蒙东能源有限公司、华电广州增城燃气冷热电三联供工程
2	燃煤电厂新型高效除尘技术及工程示范	基建工程部	段喜民	华电科工、浙江大学、浙江菲达、福建龙净、华中科技大学	湖南华电平江发电有限公司一期2×1000MW新建机组环保岛项目
3	“互联网+”在智能供热系统中的应用研究及工程示范	创新发展部	黄源红	市场营销部、华电电力科学研究院、丹东金山热电有限公司、华电邹城热力有限公司	丹东金山热电有限公司厂网一体化项目

01 项目开展的背景及意义



关键技术难题

项目从实现热电联产系统中热源、热网与储能等单元一体化协同的角度，以解决当前关键技术难题为目标，开展智能供热关键技术研发及应用。

01

汽轮机冷端余热损失严重，能效提升受限

02

外界热负荷急剧增加，热电机组供热能力不足

03

热电机组调峰能力低下，热电联产发展受限

04

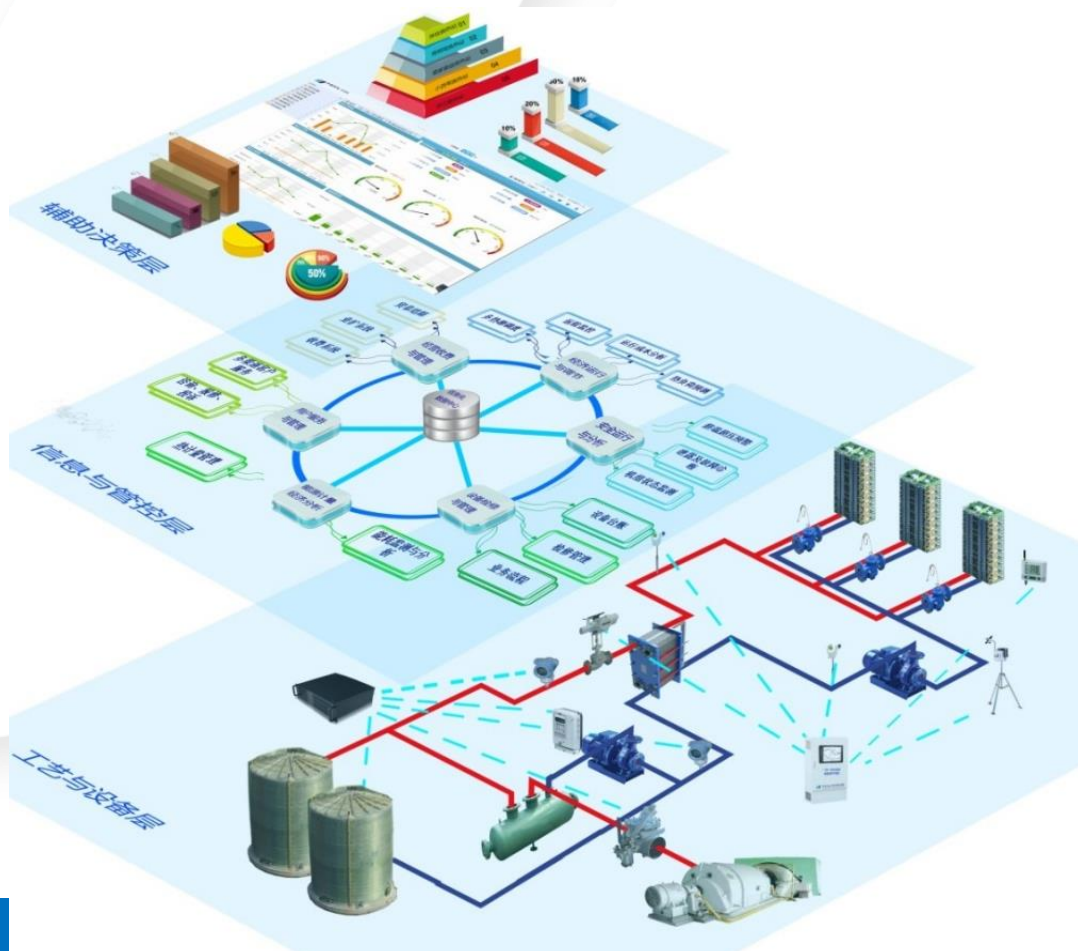
热源与热网孤立存在，无法按需供热

02

项目技术研究及示范建设

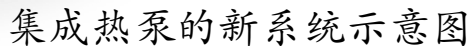
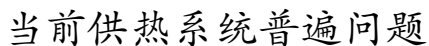
02 项目技术研究及示范建设

- 基于热力企业生产、运营及管理需求，开展厂侧节能增效技术研发，并将先进节能技术与互联网技术结合，进行供热系统的信息物理耦合，创新生产技术和运营管理模式，实现生产、管理效率的最大化。



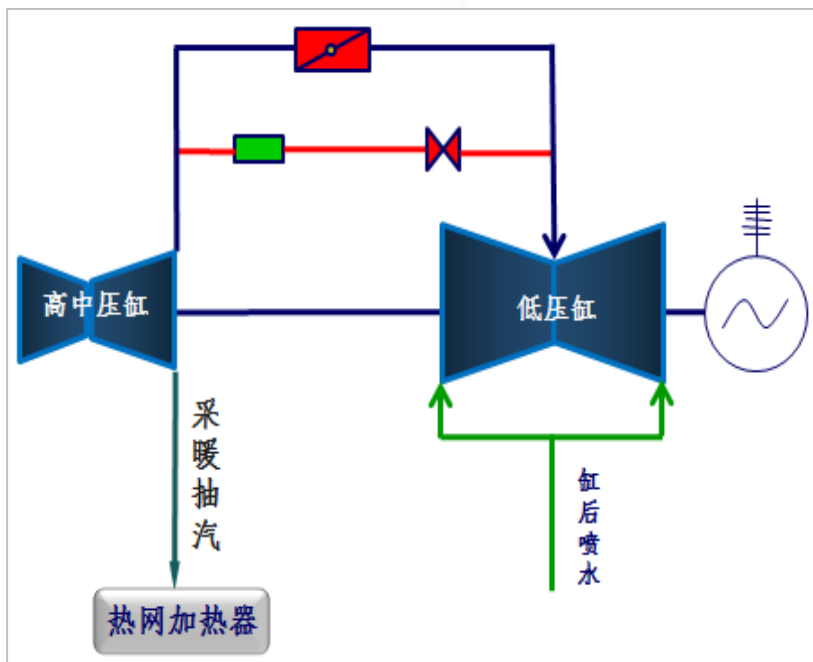
■ 厂侧技术研究为开展**热电机组节能增效、火电灵活性提升关键技术开发**，具体如下：

(1) **热电机组冷端近零损失技术1**: 基于“温度对口, 梯级利用”的用能原则, 进行发电与热泵耦合的梯级供热技术研发, 减少高温差换热造成的做功能力损失, 实现冷端循环水废热回收利用, 提升1#机组的热电比, 增加机组的供热能力。

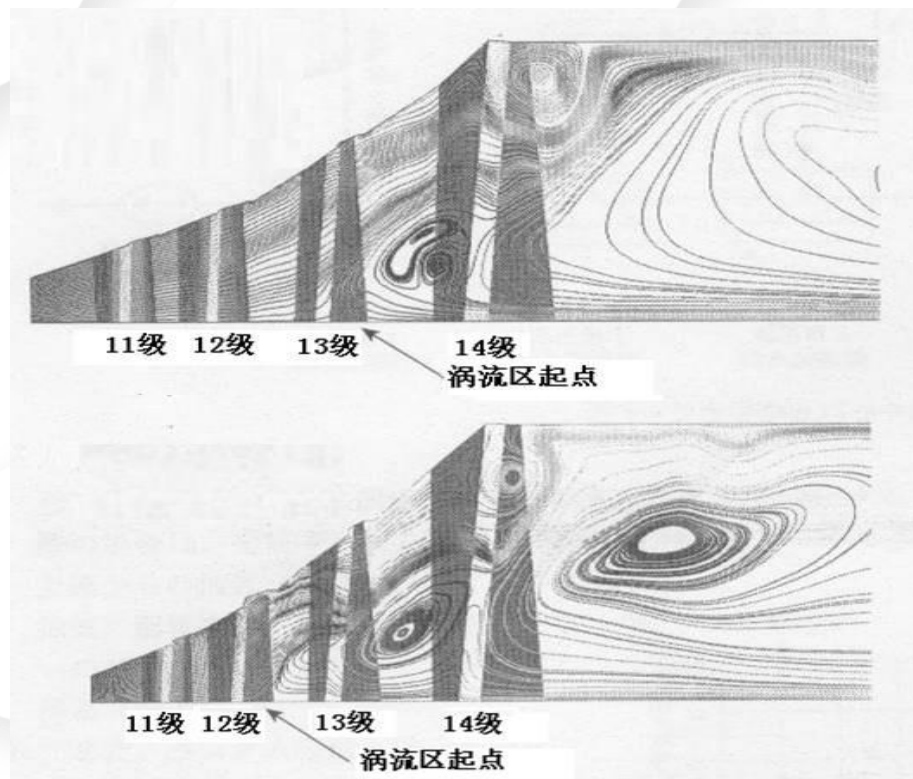


02 项目技术研究及示范建设

(2) 热电机组冷端近零损失技术2: 结合辅助电力调峰需求, 开发**新型凝抽背供热技术**, 实现机组在凝抽背工况间的在线切换和采暖季稳定运行, 在回收机组冷端循环水废热、提升#2机组热电比的同时, 使得机组电负荷率降至30%以下, 达到机组的热电解耦运行。



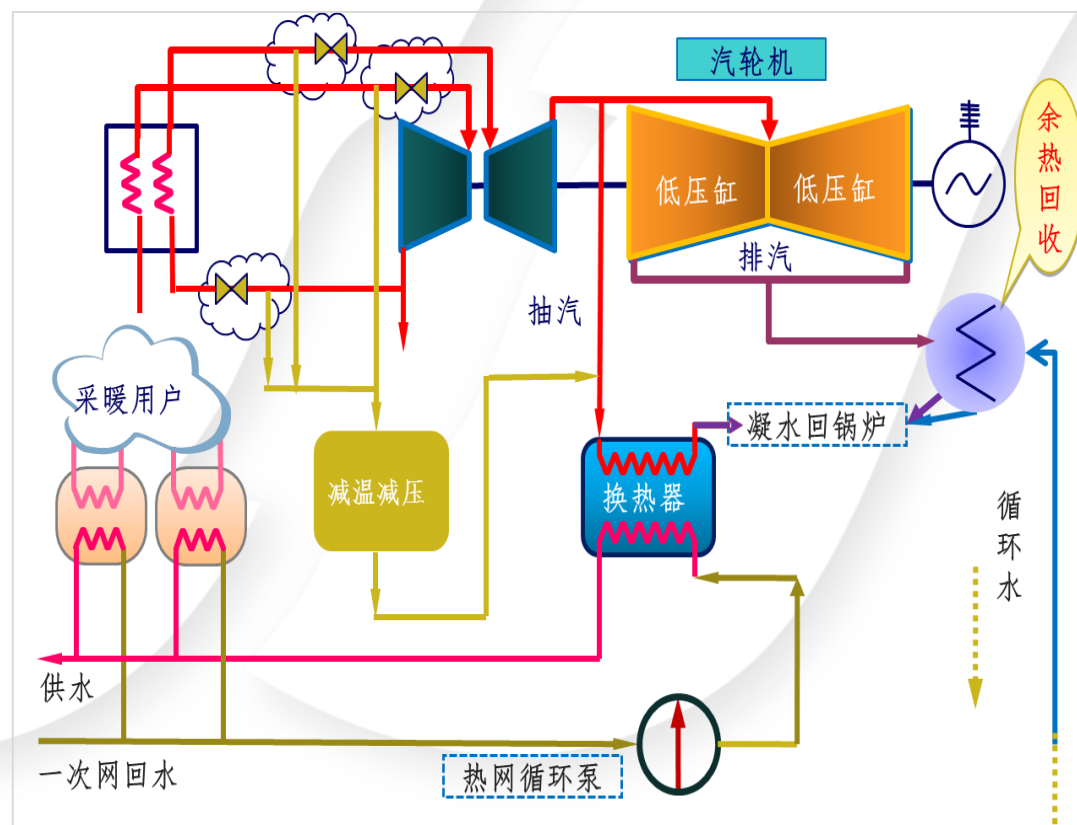
新型凝抽背供热系统示意图



小流量下低压缸流场特性模拟

02 项目技术研究及示范建设

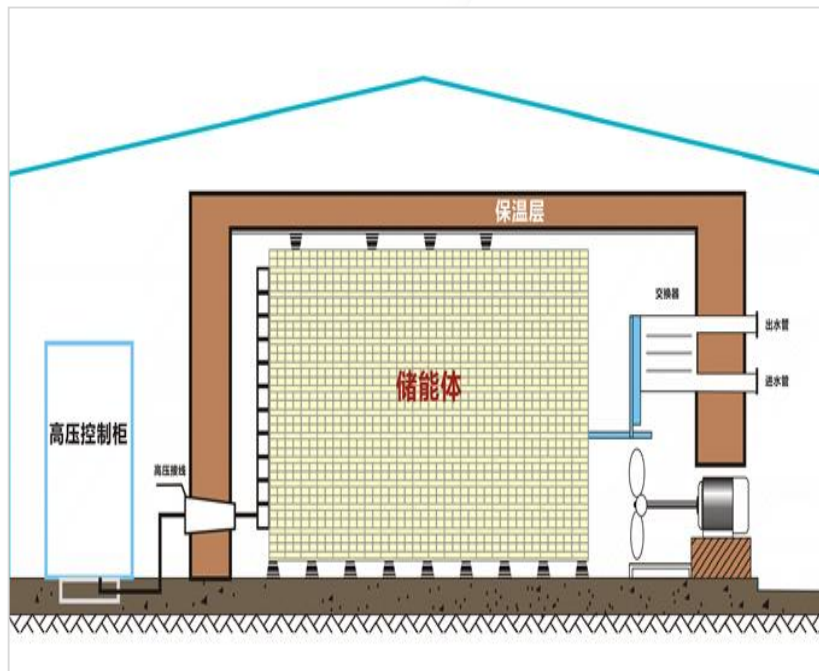
(3) **机组全工况抽汽集成技术**：基于外界热负荷需求及电力调峰要求，开发一种耦合采暖抽汽、工业抽汽、再热蒸汽抽汽等多抽汽方式的全工况抽汽高效集成系统，并结合辅助电力调峰政策，制定供热机组经济性的全工况运行策略，实现梯级高效供热的同时，达到机组经济性运行。



抽汽全工况集成新系统流程图

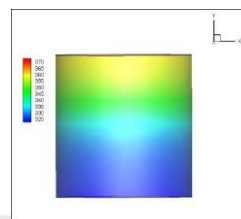
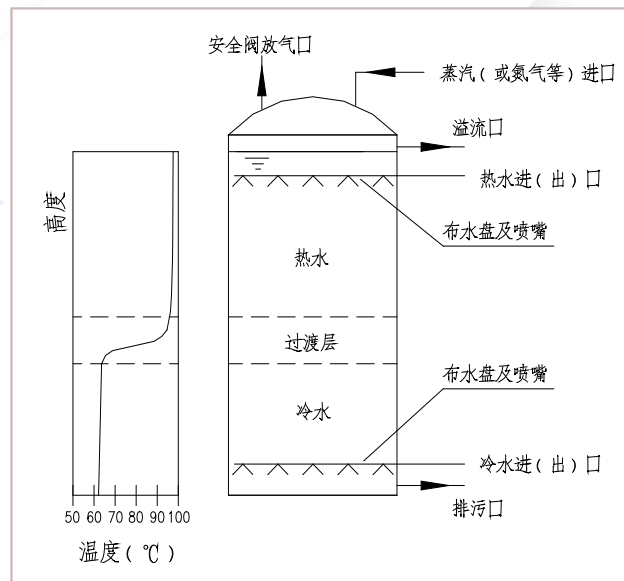
02 项目技术研究及示范建设

(4) **蓄热调峰技术**：开发热水蓄热调峰技术，进行蓄热系统与热电机组、热网系统的集成研究，同时实现热网的削峰填谷和机组的热电解耦运行；电蓄热调峰技术，进行电蓄热耦合原有系统研究，实现机组电量的零上网。

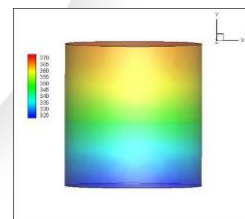


固体蓄热式电锅炉示意图

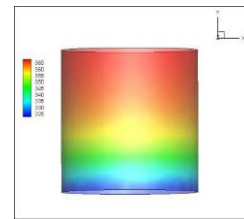
热水蓄热系统图



t=3h



t=5h

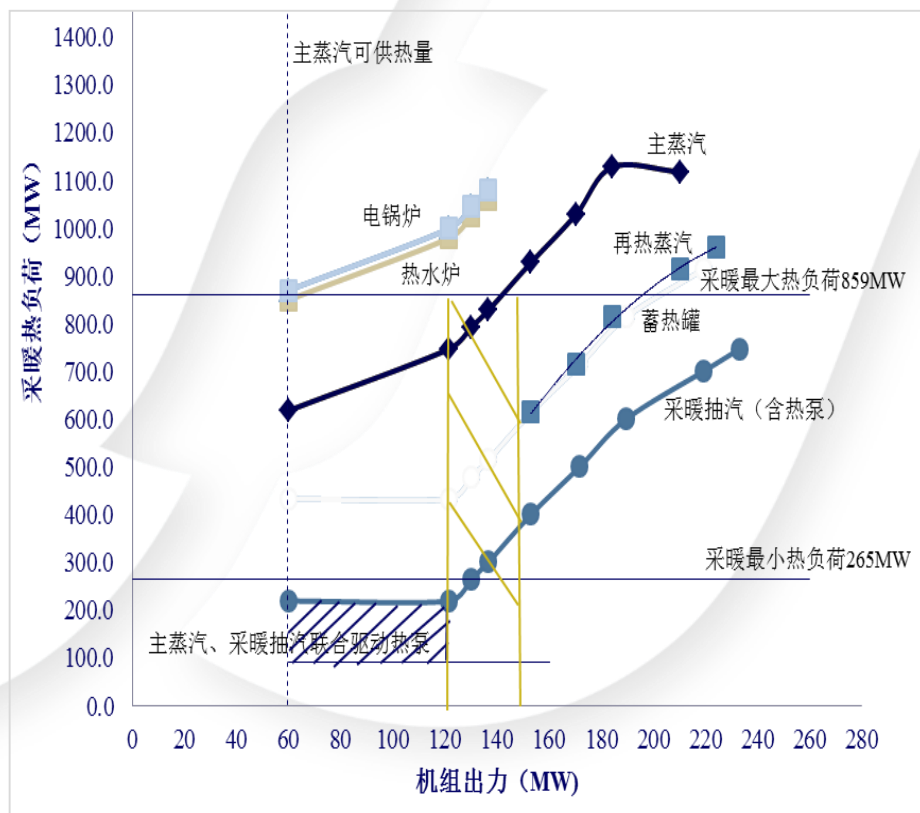


t=8h

不同时刻蓄热罐内的温度分布

02 项目技术研究及示范建设

(5) 耦合系统经济性运行策略研究：建立热电机组耦合全工况抽汽集成、吸收式热泵、蓄热系统等技术的新系统，根据电、热负荷匹配进行不同供热方式的组合，并制定耦合系统的经济性运行策略，实现全厂冷端余热的近零损失和零上网的极深度电力调峰，**达到热电机组的电热协同调度**，促进电网对新能源电力的消纳。



热电机组耦合系统经济性运行策略

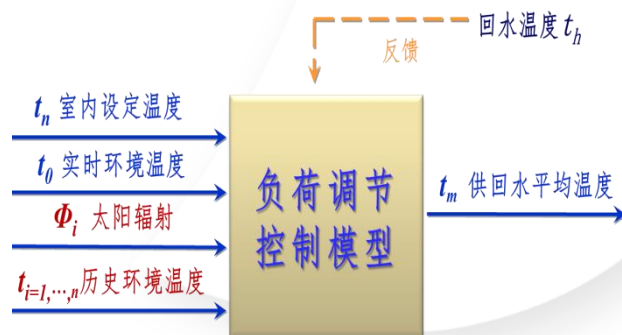
02 项目技术研究及示范建设

■ 厂网一体供热技术研究为网源一体化智能调控技术，具体如下：

(1) “一站一优化”智能调节技术：结合室外温度、室外风速、太阳辐射、建筑物热惰性等多因素的影响，开发一种“一站一优化曲线”的智能调节新技术，针对每一换热站，通过制定结合多因素的特定调节曲线，实现精准高效供热。

建立建筑物负荷模型：

$$t_m = f(t_n, t_0, \Phi_0, \dots) + f(t_n, t_i, \Phi_i, \dots)$$



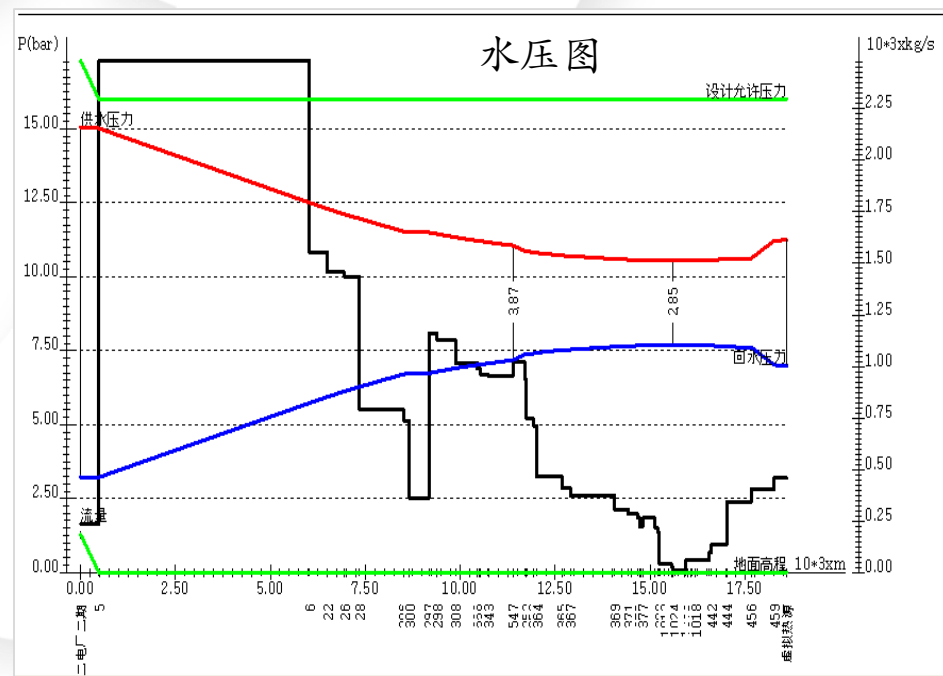
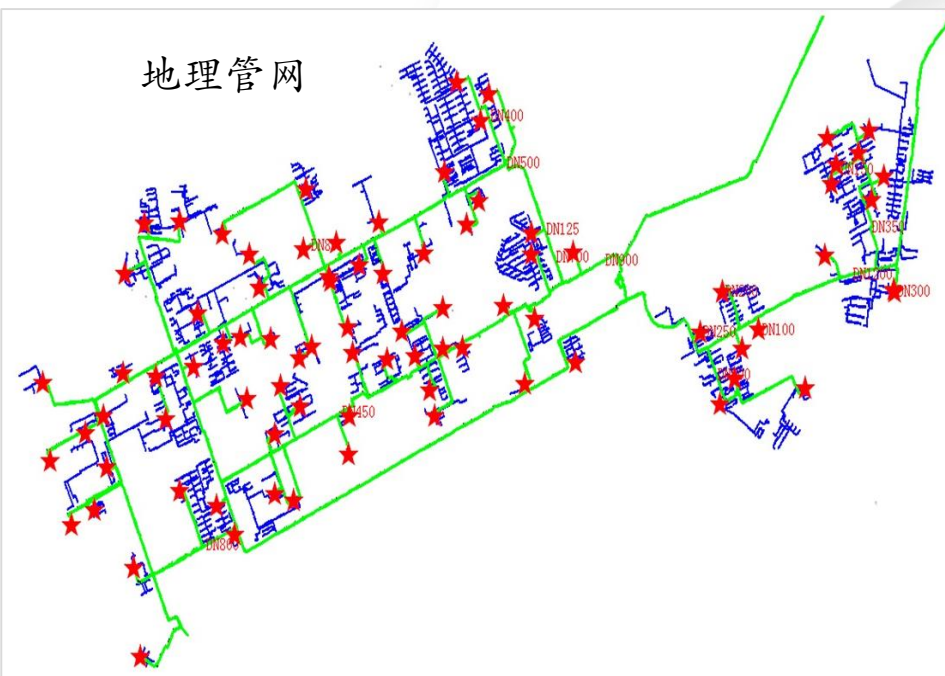
建筑物热惰性影响分析

时刻	01:00	13:00
环境温度(℃)	-7.6	4.4
传统方法计算的热负荷(w/m²)		
考虑热惰性后热负荷(w/m²)		
偏差	13%	18%

时刻	01:00	13:00
环境温度 (℃)	-7.6	4.4
传统方法计算供水温度 (℃)	46.7	33.3
考虑热惰性后供水温度 (℃)	43.4	36.6
偏差 (℃)	3.37	-3.37

02 项目技术研究及示范建设

(2) 管网水力平衡技术：针对变流量时引起管网水力工况差、冷热不均现象严重等问题，研究建立基于网源一体的水力计算数学模型，针对不同工况，对水压图、流量等参数分布进行分析，通过研究管网最不利环路，利用水力平衡技术，解决管网水力失调和管网震荡现象。



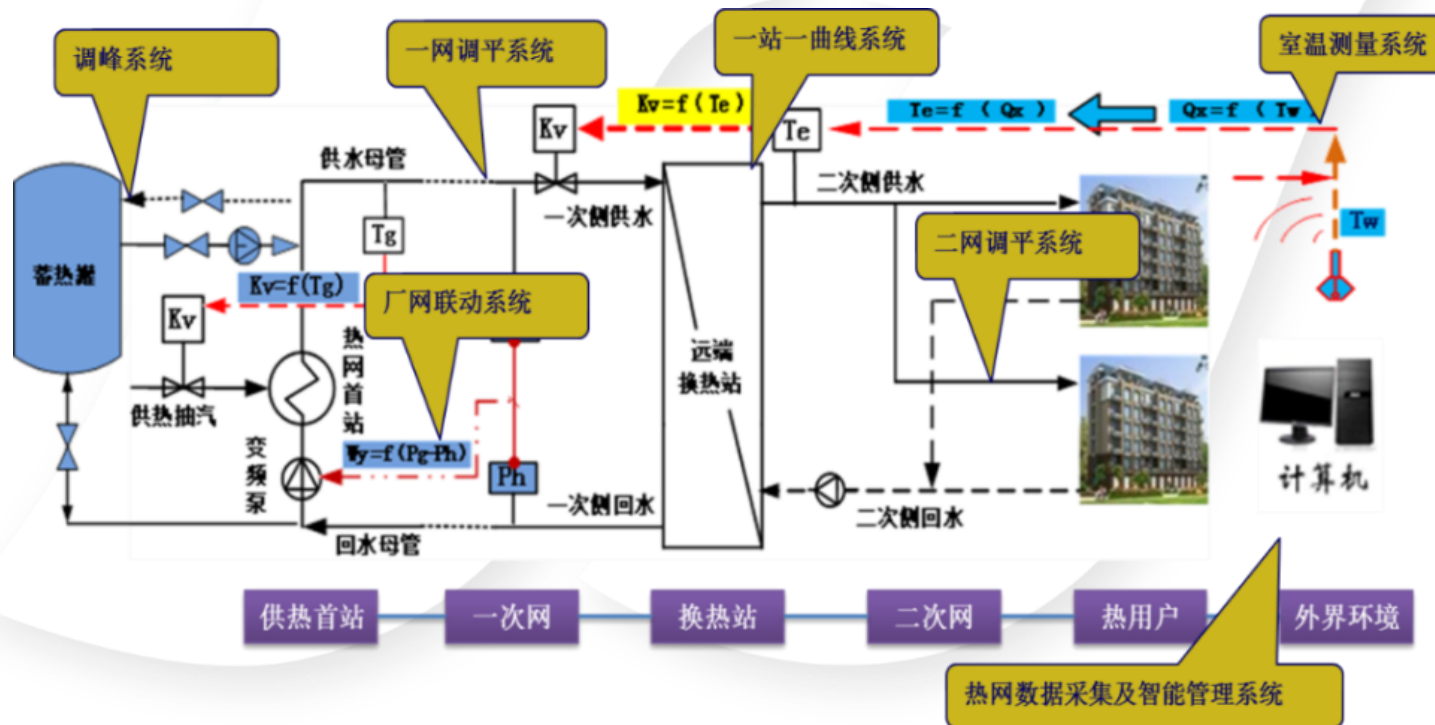
02 项目技术研究及示范建设

(3) 基于数据挖掘的热网运行决策研究：研究建立大型热网的全过程数据智能监控系统，及数据挖掘与处理方法，利用互联网技术，实时采集一次网、二次网与热用户的运行数据，对标能耗优秀指标值，进行数据统计分析，为供热调节提供决策。



02 项目技术研究及示范建设

(4) **厂网一体化预测调节**：根据外界气象参数，拟合综合环境温度，分时段保持一网供水压力固定不变，首站根据预测综合环境温度进行分时调节，二网换热站根据“一站一优化曲线”实时调节，做到按需供热，同时结合分时段温控调节阀进行自动控制，进一步提高调节效率。



网源一体化集中供热模型

02 项目技术研究及示范建设

(5) **监控中心智能化升级：**通过建设统一的数据监控平台进行供热系统的数据资源整合，并基于大数据处理，实现集中调度与监控，充分发挥数据价值。

(1) 生产管理信息系统

(2) 设备管理信息系统

(3) 客户服务子系统

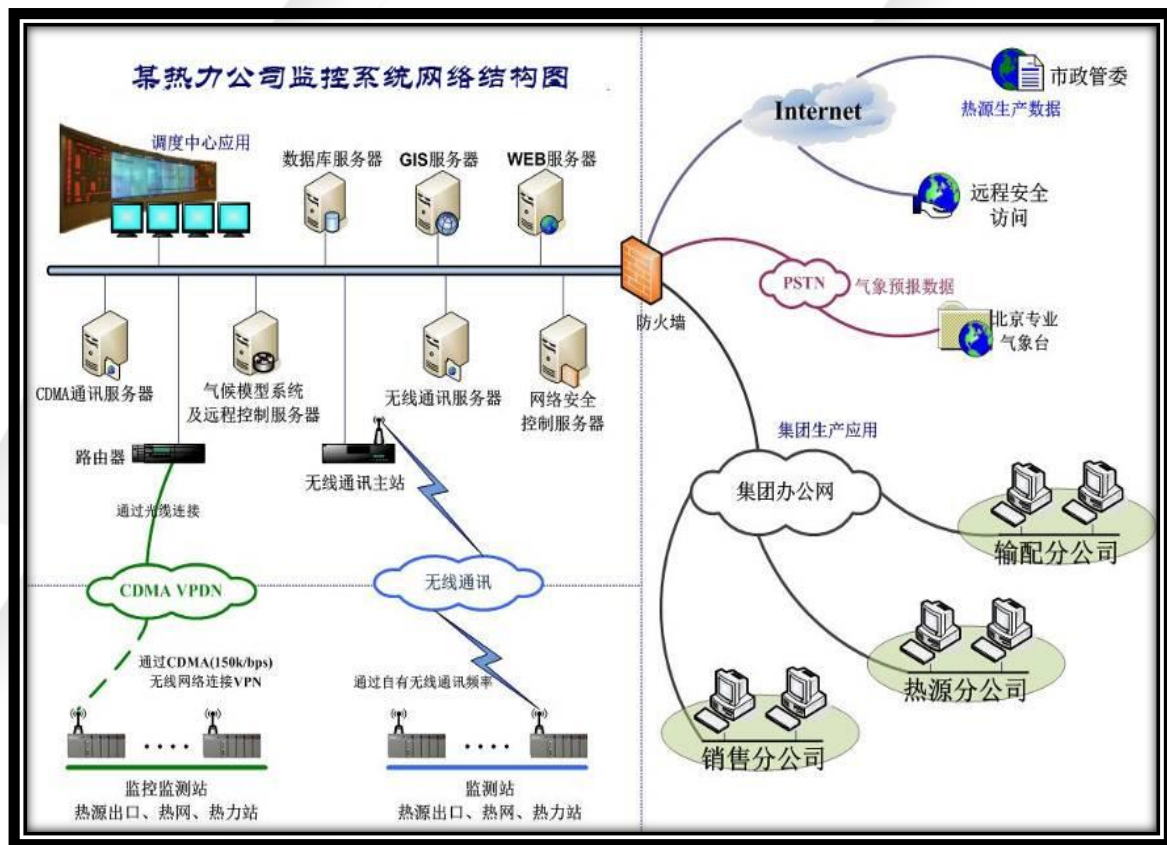
(4) 经营收费管理系统

(5) 能耗分析子系统

(6) 地理信息系统

(7) 电子设备终端监视系统

(·)



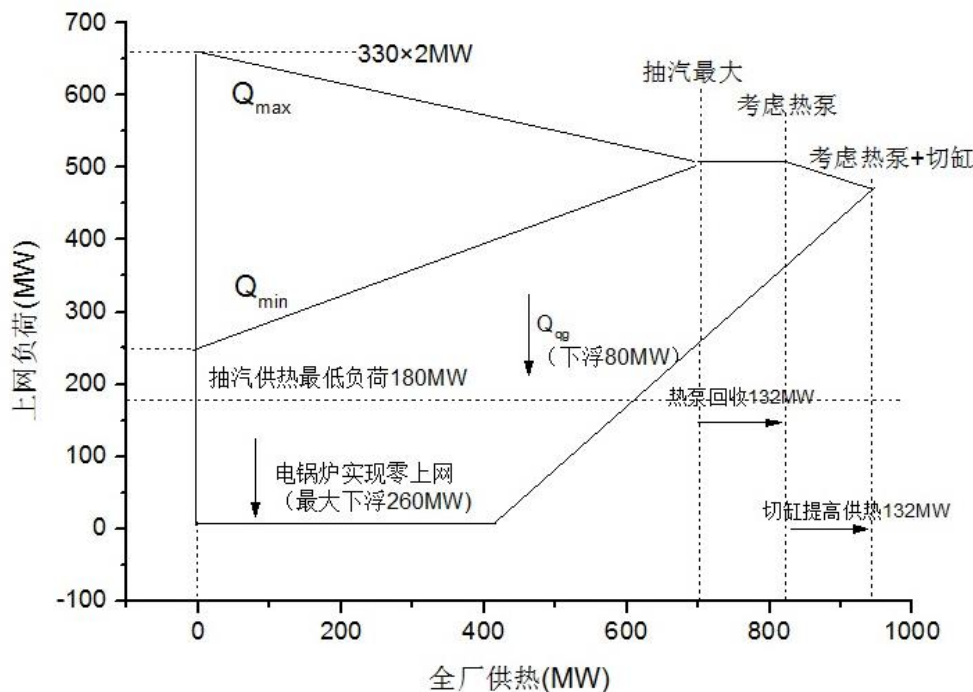
02 项目技术研究及示范建设

本示范项目开展建设内容

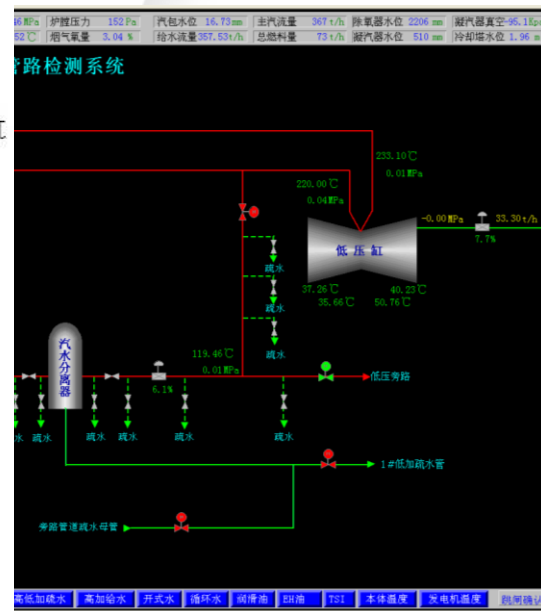
- **热电机组节能增效、火电灵活性提升改造：**完成吸收式热泵、新型凝抽背供热和电蓄热系统改造，结合物联网，根据电、热负荷匹配进行不同供热方式的组合，并提出镶嵌于智慧供热控制系统中的热源侧供热参数优化运行策略，实现全厂冷端余热的近零损失和零上网的极深度电力调峰。



厂内吸收式热泵



供热耦合系统运行策略



热检测系统图

02 项目技术研究及示范建设

■ 网源一体化智能调控改造:

(1) 热用户侧室温远程监测和气象参数监测的数据采集系统建设; (2) 楼宇级智能调节系统建设; (3) 基于二次网动态平衡, 在各换热站建设“一站一优化”智能调节曲线; (4) 结合能耗分析的智能调控系统建设; (5) 厂网一体化预测调节策略制定; (6) 远程监控系统建设; (7) 生产管理及地理信息系统建设; (8) 经营收费管理系统和客户服务管理系统建设。



02 项目技术研究及示范建设

本示范项目开展建设的热电企业

- **丹东金山热电有限公司**：完成了热电机组节能增效、火电灵活性提升改造和网源一体化智能调控改造。
- **华电邹城热力有限公司**：完成了智能供热信息化平台建设。

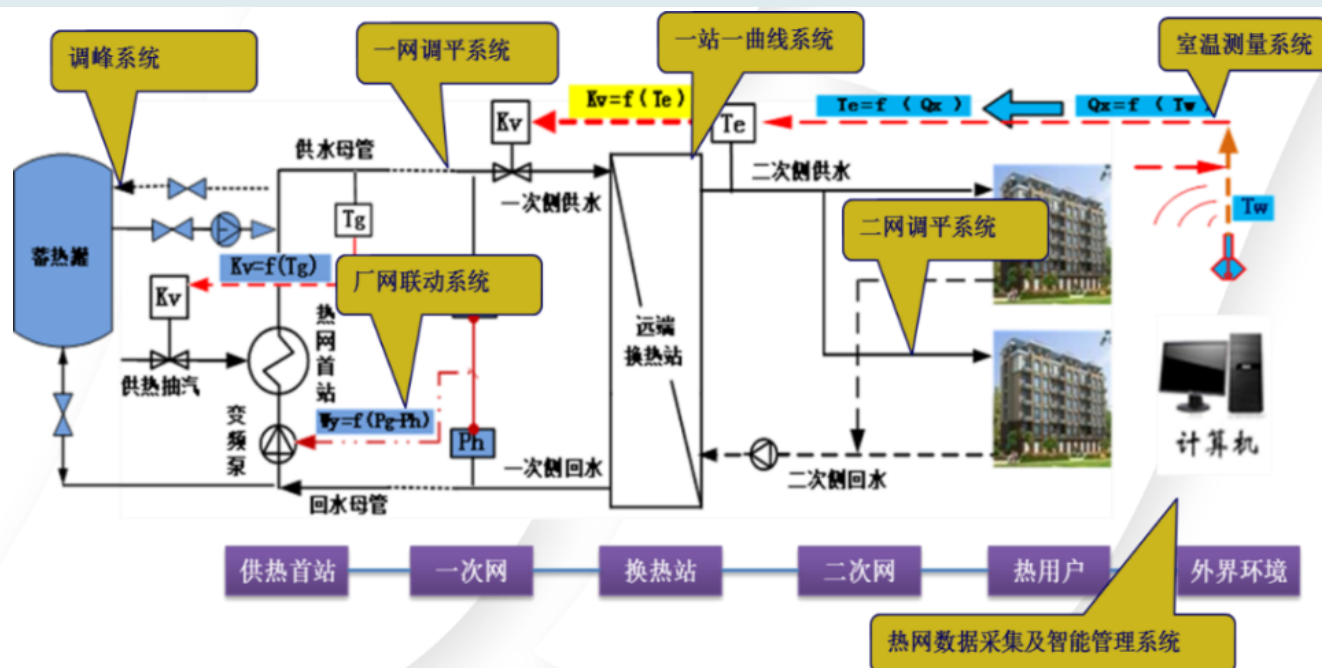


03

主要技术创新

创新点1：热电联产“热源-储热-热网”协同调节技术

提出了热电联产“热源-储热-热网”协同调节技术，建立了一种耦合热电机组、余热回收系统、电蓄热系统和热网系统等一体化智能供热模型，实现了热源侧和用户侧负荷智能匹配的协同调节和高效节能供热。



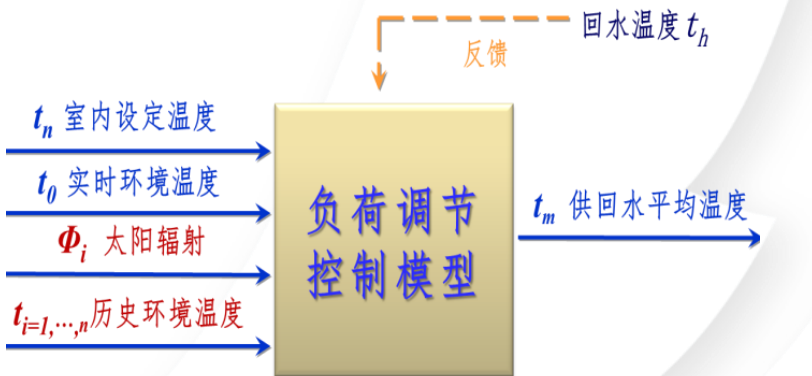
旁证：网源一体协调供热系统及控制方法、用于热电联产机组双负荷调峰的供热系统及智能控制方法、智能供热系统、供热能源管理分析系统、GIS及水力计算信息系统、热网全网动态平衡分析与控制系统等21件专利、软著和论文。

创新点2：“一站一优化曲线”的智能调节方法

提出了一种“一站一优化曲线”的智能调节方法，建立了智能热网信息化平台，有效集成能耗分析系统、运行管理系统等模块，实现热负荷的实时智能调节，达到远程智能调控和节能诊断。

建立建筑物实时负荷模型：

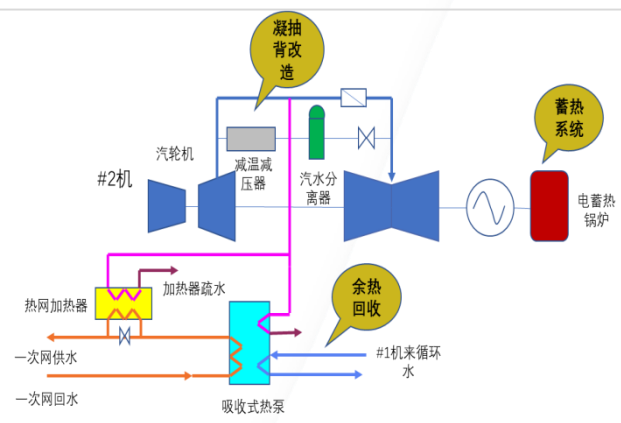
$$t_m = f(t_n, t_0, \Phi_0, \dots) + f(t_n, t_i, \Phi_i, \dots)$$



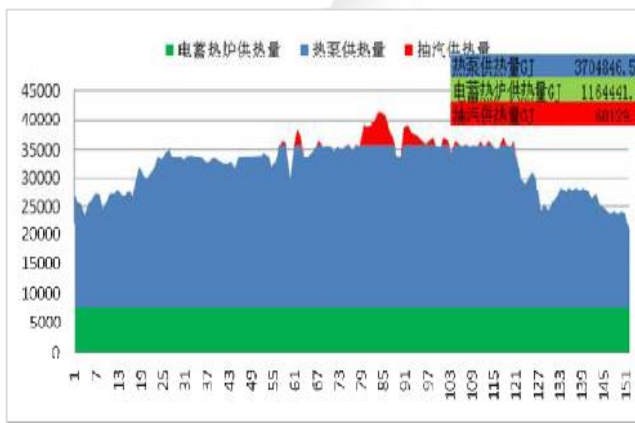
旁证：建筑供暖中确定二网供回水温度的方法、一站一优化曲线智能调节软件、供热管网智能监控系统、集中供热监测管理信息系统、供热企业生产经营与技术监督信息平台、集中供热换热站实时热负荷智能调节研究与应用等14件专利、软著和论文。

创新点3：热电机组耦合吸收式热泵、新型凝抽背供热和电蓄热等技术的智能供热系统

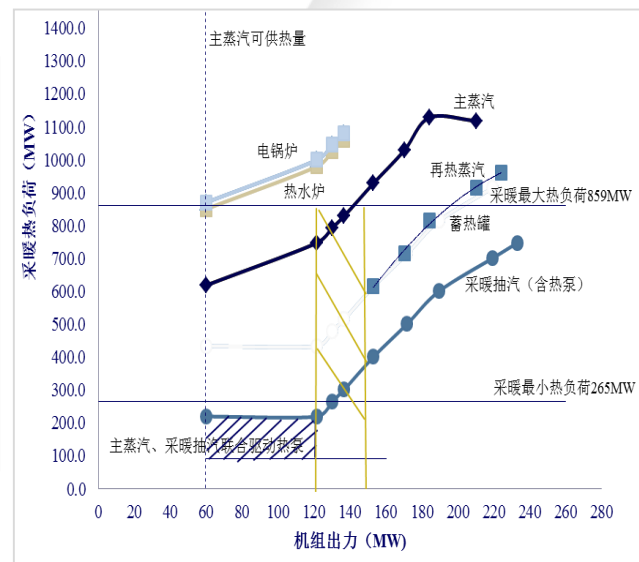
自主研发了热电联产机组凝、抽、背工况间在线切换的新型凝抽背供热技术和首站疏水换热与吸收式热泵集成的余热回收梯级供热技术，**形成了热电机组耦合吸收式热泵、新型凝抽背供热和电蓄热等技术的智能供热系统**，实现机组余热高效利用，和全厂冷端近零损失。



耦合系统示意图



供热量蓄热分配



热电机组耦合系统经济性运行策略

旁证：低温余热利用系统及余热利用方法、汽轮机抽凝背系统及其调节方法、用于抽汽供热系统的能量梯级利用装置和方法、热电机组切除低压缸进汽耦合热泵梯级供热系统及调节方法、热电联产机组深度调峰系统及其运行方法、低压缸冷却进汽系统智能控制软件等22件专利、软著、论文和标准。

技术先进性比较:

序号	关键技术	国外基本情况	国内基本情况	本项目技术水平
1	厂内节能增效、灵活性	如欧洲热电机组常是背压式机组运行，并配备热水蓄热罐。	目前应用的技术包括：吸收式热泵、高背压、光轴转子等技术，部分建设电蓄热装置。	自主开发并实现了热电机组与吸收式热泵、新型凝抽背供热和电蓄热等技术的高效集成，达到热电机组的余热深度利用和热电解耦运行。
2	网侧智能供热	如欧洲都是楼宇式换热站的形式，已实现了分户计量，但系统不同于国内。	供热管网庞大，水力失衡严重，二次换热站调节还是传统式调节（单一变量的调节曲线）。	利用基于“一站一优化曲线”的智能调节方法，有效调节各换热站供热量，实现热网和用户负荷的智能调控。
3	网源一体化	自动化程度非常高，以负荷需求为导向，实现了无人值守、远程控制的目标。	热源与热网孤立存在，以能量生产为导向，即热源保证供热总量，各换热站分摊，由此供热不足及过量供热现象十分普遍。	从热电联产“热源-储热-热网”一体化的角度，建立智能供热模型，并制定了网源一体化经济调控策略。

项目取得的创新性

创新性类型	主要创新点
运行机制创新性	利用信息通信技术，开发热网设施管理系统、生产管理系统、地理信息系统、在线监控系统等，实现热力企业从静态热网基础设施到动态热力生产整个过程运营管理的智能化，提高了企业的热力生产效率。
	对热力企业现有供热台账、经营收费、客服管理等业务流程进行梳理和优化，利用信息通信技术，进行各项信息资源的线上整合，克服信息孤岛，实现营销与服务的在线协同管理，实现企业精益化管理。
盈利模式创新性	改变了人工操作与线下管理的传统模式，利用云平台，实现智能管理，减少人力资源、运营管理等成本投入，降低企业整体的经营成本，从而间接提升了企业的利润。
	基于信息化中心，通过对供热系统的集中监控与智能调度，提高供热系统的运行效率，促进单位面积热耗、电耗和水耗的进一步降低，有效提高了供热系统的能源利用效率，实现能量价值的提升。
	通过不同电力调峰方式的有效耦合，并结合热电厂的热价、电价、辅助电力调峰补偿措施等因素，制定热电机组的电力调峰经济性运行策略，在保证居民采暖的同时，实现电力调峰辅助补偿收益的最大化，为企业创造更大的经济收益。

04

取得的科技成果及评价

04 取得的科技成果及评价

项目知识产权情况:

目前, 已**授权发明专利12件**, **授权实用新型专利21件**; 获得**软件著作权12件**; 发表**核心及以上论文10篇**; 完成**华电集团标准2项**, 出版**书籍著作1项**。



第三方评价意见:

国家“互联网+”示范项目验收证书

项目开发了涵盖“源-网-用户”的一体化“互联网+”智能供热系统，项目完成了建设任务，达到预期目标。

国内外科技查新结果

1) 将吸收式热泵、新型凝抽背供热和电蓄热等耦合于热电机组系统，制定一站一优化智能调节曲线，从热电联产“源-储-网”协同调节角度，建立热电联产集中供热模型。属于国内外首创。

中电联科技成果鉴定意见

鉴定委员会认为，该项目研究成果整体达到国际先进水平，其中热电联产“热源-储热-热网”协同调节技术达到国际领先水平。同意通过科技成果鉴定。

附件 2

“互联网+”智慧能源（能源互联网）示范项目验收意见

项目名称	“互联网+”在智能供热系统中的应用研究及工程示范项目	项目承担单位	中国华电集团有限公司
项目起止时间	2017年6月至2018年12月	验收日期	2019年3月21日

验收专家组意见

2019年3月21日，受国家能源局委托，清华大学能源互联网创新研究院在辽宁省丹东市组织召开了由中国华电集团有限公司承担的“‘互联网+’在智能供热系统中的应用研究及工程示范项目”验收会，验收专家组现场考察了丹东金山智能供热信息化平台、知春园“一站一优化曲线”换热站、丹东金山新型凝抽背、吸收式热泵以及电蓄热梯级耦合示范工程，听取了项目汇报，审阅了相关文档资料，经讨论质询，形成验收意见如下：

一、项目资料基本符合项目验收要求；

二、项目开发了涵盖“源-网-用户”的一体化“互联网+”智能供热系统，主要创新有：

1) 集成了新型凝抽背供热技术、热电联产耦合吸收式热泵梯级供热技术、电蓄热技术，实现了智能供热系统的灵活性改造和深度调峰，以及电厂余热的回收；

2) 开发了换热站“一站一优化曲线”的智能调节新技术，建立了智能供热信息化平台，集成收费系统、营销系统、能耗分析系统、运行管理系统、客服系统等模块；

3) 建立了基于“源-网-用户”的智能供热系统一体化集中供热模型，提出了“互联网+”智能供热系统一体化经济调控策略。

验收专家组一致认为：项目完成了建设任务，达到了预期目标，同意通过验收。

项目验收意见：☒ 通过验收 ☐ 不通过验收

验收专家组组长签名：刘建河 孙明

2019年3月21日

第三方机构（签章）
能源互联网创新研究院

鉴定证书

1号

智能供热关键技术

新报告

一体化协同智能供热关键技术开发及应用

有限公司

中国科学技术部

2020年制

04 取得的科技成果及评价

第三方性能测试意见:

项目工程经上海发电设备成套设计研究院、辽宁东科电力有限公司、西安热工研究院、吉林省电力科学研究院等机构进行性能试验检测，各项指标均满足相关标准要求。



文件编号: JS/SPER/DT65-201708557H-002-2017

华电邹城热力有限公司
智能热网改造性能评估试验

上海发电设备成套设计研究院有限公司
2017 年 12 月 29 日

编号:
密级:

丹东金山热电有限公
电储热锅炉投切特性仿真实

辽宁东科电力有限公司
2018 年 3 月 12 日

TPRI

合同编号: TPR/IZC-CA-197-2016A
报告编号: TPR/IZC-RB-028-2017

华电内蒙古能源有限公司包
循环水余热回收工程性能

西安热工研究院有
2017 年 8 月

科学技术报告

新疆华电哈密热电有限责任公司
#5 和#6 机组新型凝抽背供热改造
汽轮机热耗率试验报告

吉林省电力科学研究院有限公司
二〇一九年五月十八日

04 取得的科技成果及评价

- **获得的科技奖项：**示范项目的技术成果相继获得了**中国电力创新奖大奖、中国电力创新奖一等奖、浙江省科技进步三等奖、全国电力职工技术成果奖二等奖、中国华电集团科技进步一等奖**等10余项各级别奖项，得到了社会各界的一致认可。

2018年度电力创新奖 证书

项目名称：热电联产网源一体化智慧供热技术研究与应用
项目类别：技术类
奖励等级：一等奖
获奖者：华电电力科学研究院有限公司

2018年度电力创新奖 证书

项目名称：实现热电解耦的汽轮机冷端近零损失供热关键技术研究及应用
项目类别：技术类
奖励等级：创新大奖
获奖者：华电电力科学研究院有限公司

证书号：PIA-2018-J-D02-D01



证书 全国电力职工技术成果奖 二等奖

获奖人：孙士恩 赵春风 俞聪 刘帅 王伟 洪纯
获奖项目：大型热机组切除低压缸进汽及凝抽背工况在
技术研究与应用

证书 全国电力职工技术成果奖 二等奖

获奖人：郑立军 韩彦国 高新勇 何晓红 王宏石 杨志群
获奖项目：电热协同的网源一体化智慧高效城市供热技术研究与应用
申报单位：华电电力科学研究院有限公司
山东金山热电有限公司



中国华电集团有限公司科学技术进步奖 获奖证书

获奖项目：城市集中供热系统网源一体化
获奖等级：三
获奖者：华
奖励年度：20

获奖证书

获奖项目：热电机组切除低压缸进汽及凝抽背工况在线实时切换技术研究与应用
获奖等级：一等
获奖者：华电电力科学研究院
奖励年度：2018年

证书号：2018-1-01-D01



05

推广应用和经济效益

典型工程示范应用情况：

- **丹东金山热电有限公司：**在源侧完成了吸收式热泵、新型凝抽背供热和电蓄热系统改造，网侧完成了大型热网智能供热改造，同时进行了网源一体化智能调控改造。具体效益如下：

煤耗指标	节煤（热）效益	调峰效益	其他效益	直接经济效益总和
2017-2018年采暖季平均供电煤耗率228.25g/kWh，比2018年纯凝期下降107.4g/kWh。	一个采暖季通过热泵节煤5.15万吨，通过网侧智能改造节煤2.34万吨，节煤收益6315万元。	2017-2018年采暖期通过电蓄热实现电力调峰收益达9076万元。	一个采暖季通过节水、节电可获得效益为444万元。	一个采暖季经济收益共计为15835万元。
节煤减排效益： 将节电折算成节煤得，一个采暖季节煤 7.53万吨 ，相当于减排CO ₂ 为19.75万吨，SO ₂ 为1807.2吨，NO _x 为527.1吨，粉尘5.4万吨。		间接减排效益： 不利用电蓄热时，机组出力可降至30%以下；耦合电蓄热调峰时，实现了机组电力零上网，达到极深度调峰。2017-2018年采暖期完成调峰电量 1.87亿kWh ，促进了电网对新能源电力的消纳，间接产生良好的减排效益。		

项目技术成果总体应用情况:

- 本项目成果共在华电包头发电分公司、华电苏家屯、金山铁岭、华电福源热电等20余家热电企业，实现了工程应用，总体效益如下：

直接经济效益总和	间接经济效益		社会效益		
1. 共实现年节煤总量达62.2万吨，按煤价780元/吨，节能收益达4.85亿元。 2. 完成了5家热电厂的极深度改造，可获得显著的调峰收益，仅丹东电厂一个采暖季的调峰收益近1亿元。	通过减少污染物排放，间接减少排污成本达 7682万元 。	不仅极大减少了环保设施的成本投入，还节省设备运营成本达 8234万元 。	每年 减少排放 ： 155万吨CO₂ 、 9974吨NO_x 、 9433吨SO₂ 、 12091吨粉尘 ，减排效益十分显著。	有力提升了机组供热能力，共新增供热面积达 4600万m² ，极大保障了民生采暖需求	通过调峰有力提升了 电网中新能源电力的消纳比例 ，间接产生了良好的减排效益。

全国产业化推广的明显优势：





谢谢！

求真 务实 专业 纯粹

汇报人: 郑立军

二〇一九年九月