



山东核电“暖核一号” 核能供热工程

山东核电有限公司

2022年7月

知识产权声明

本文件的知识产权属国家电力投资集团公司及其相关产权人所有，并含有其保密信息。对本文件的使用及处置应严格遵循获取本文件的合同及约定的条件和要求。未经国家电力投资集团公司事先书面同意，不得对外披露、复制。

Intellectual Property Rights Statement

This document is the property of and contains proprietary information owned by SPIC and/or its related proprietor. You agree to treat this document in strict accordance with the terms and conditions of the agreement under which it was provided to you. No disclosure or copy of this document is permitted without the prior written permission of SPIC.

CONTENTS

目录

- 01 | 暖核一号介绍
- 02 | 示范项目简介
- 03 | 成果及行业推动

暖核一号介绍

PART 01

一、暖核一号介绍

“暖核一号”是由国家电投自主开发的具有完全自主知识产权的核能零碳供热技术，是**我国首个核能综合利用技术品牌**。该技术依托海阳核电三代非能动百万千瓦级核电机组，由国家电投山东核电牵头，联合国内多家设计研究院所、设备制造单位自主研发形成，**实现了大型核电机组的热电联供**，具有**安全、经济、清洁、高效**的特点，能够适应多种应用场景。

具有四大特点

经济

安全

02

01

04

清洁

高效

03

实现四大突破

01

填补了百万千瓦级中压饱和汽轮机组抽汽技术的**国内空白**

在核电热电联产关键设备上实现了**国内首创**

02

03

在核电热电联产的运行控制技术上实现了**新的跨越**

在国内大型核电机组热电联产安全评估技术上实现了**零的突破**

04

固化一系列完整技术

- ✓ 大型核电机组抽汽供热安全评估技术
- ✓ 常规岛重要系统和设备瞬态分析技术
- ✓ 汽轮机抽汽供热改造技术
- ✓ 核能供热厂区供热换热技术
- ✓ 热电联产机组控制技术
- ✓ 核能供热联合调试技术
- ✓ 核能供热厂内外联合运营技术等

一、暖核一号介绍

“暖核一号”项目按照“一次规划，分布实施”的原则确立了三个开发阶段。

第一阶段

“园区级” 30MW
实现国内核能商用
供热零的突破

第二阶段

“县域级” 200MW
打造全国首个零碳
供暖示范城市

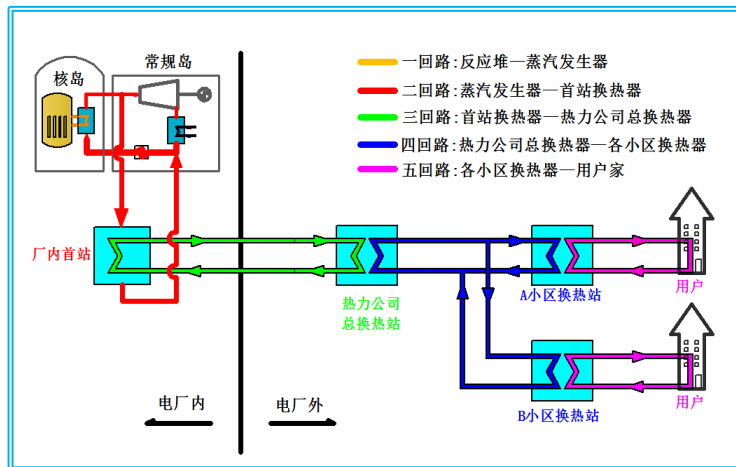
第三阶段

“区域级” 900MW
探索大规模核能供
热样板工程

一、暖核一号介绍

暖核一号“园区级”工程实践

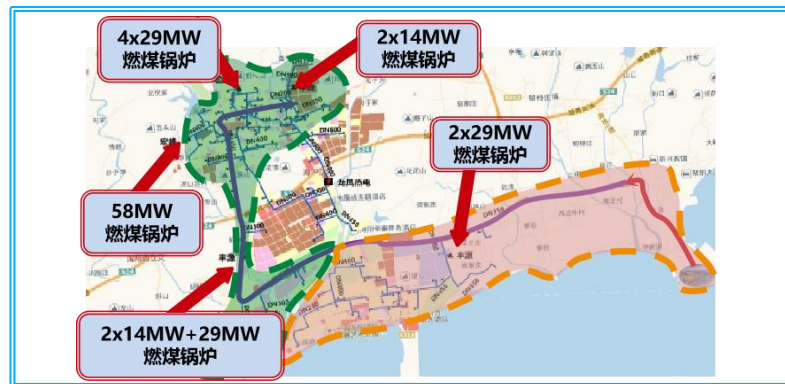
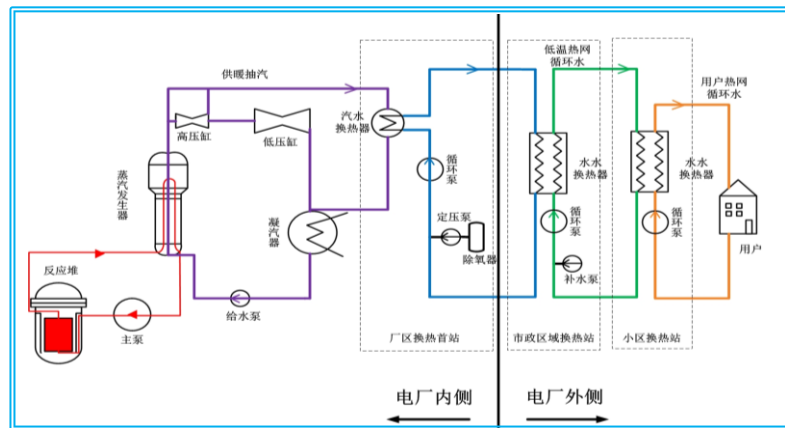
- 全国首个核能对外供热项目，国家能源局列为“**国家能源核能供热商用示范工程**”。
- **项目概况**：2019年11月15日正式投运，实现向海阳市周边7000居民清洁供暖。
- **综合效益**：设计热负荷31.5MW，替代29MW燃煤供热锅炉，截至目前，两个供暖季节省原煤3.2万吨，减排二氧化碳5.5万吨，供暖季机组热效率由36.69%提升至37.17%。



一、暖核一号介绍

暖核一号“县域级”工程实践

- 海阳市主城区清洁供暖全覆盖，打造**国内首个“零碳”供暖城市**。
- **项目概况**：2021年11月9日正式投运，实现向海阳市主城区20万居民清洁供暖。
- **综合效益**：设计热负荷202.5MW，替代海阳市现有的12台燃煤锅炉，首个供暖季供热200万GJ，节约原煤18万吨，减排二氧化碳33万吨，供暖季机组热效率由36.69%提升至39.94%。



一、暖核一号介绍

暖核一号“区域级”工程实践

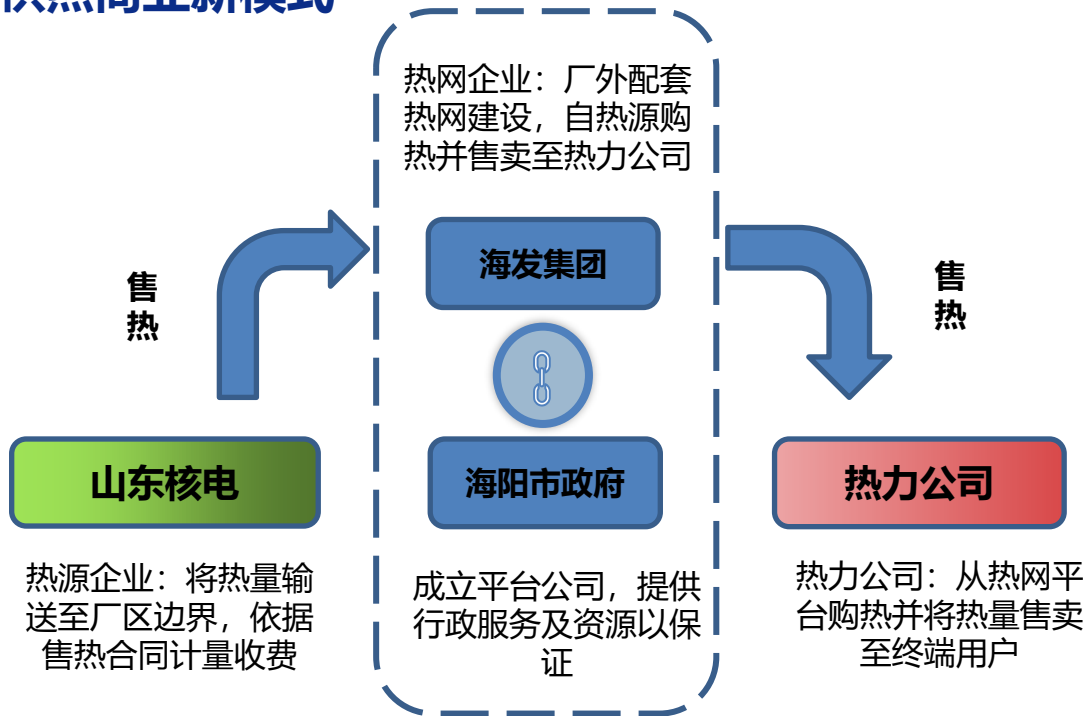
- 核电基地百公里级别跨区域大温差供暖。
- **项目概况**：计划2023年11月15日正式投运，实现向周边乳山、莱阳方向供暖。
- **综合效益**：设计热负荷900MW，实现区域清洁供暖，供暖季机组热效率由36.69%提升至55.9%。



一、暖核一号介绍

“暖核一号”合作共赢的核能供热商业模式

- 居民用暖价格不增加
- 政府财政负担不增长
- 热力公司利益不受损
- 核电企业经营做贡献
- 生态环保效益大提升

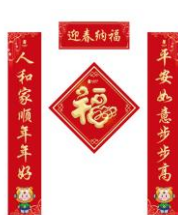


一、暖核一号介绍

“暖核一号”让核以“暖”的方式走入寻常百姓家

多年来，山东核电坚持公开透明的态度，全方位、多渠道开展公众沟通和科普宣传工作，在海阳市拥有良好的群众基础。核能供热开展以来，山东核电从“打造概念-深度科普-塑造品牌”设置沟通传播议题，持续深化公众沟通效果。

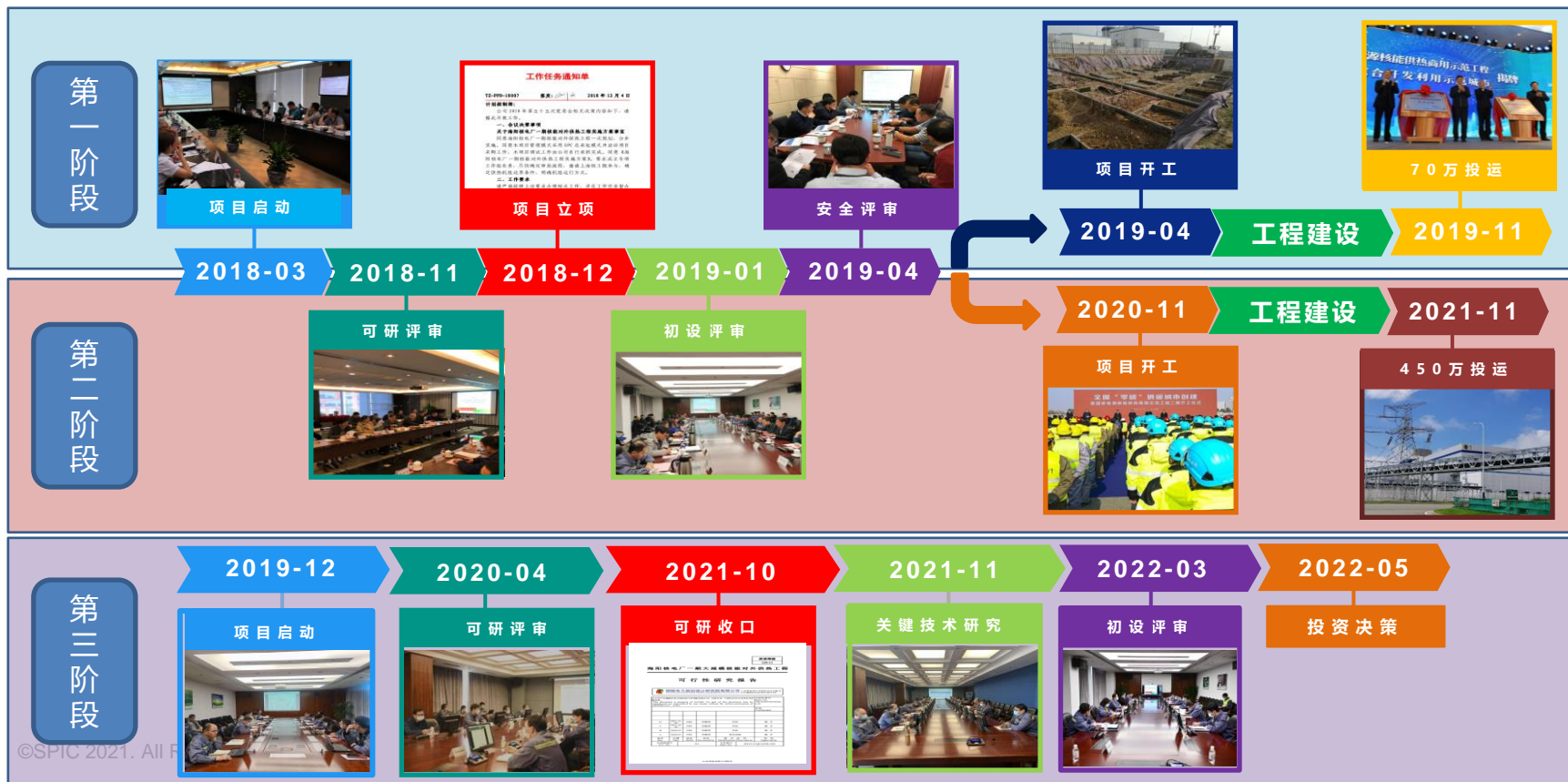
- 针对项目不同阶段，定制宣传沟通攻略，抓住关键群体的关键人物，力促产生裂变式传播效果；
- 发挥主流媒体优势，推动核能供热科普走向深入，扩大科普受众的覆盖面，增强公众的接受度；
- 进一步强化科普的形象化、立体化表达，发布IP形象及系列科普文创品，推出直播科普栏目，更加直观形象地讲述公众关心关注的科普知识，真正让公众“暖”的明明白白；
- 打响全国首个核能综合利用品牌——“暖核一号”，形成品牌效应。



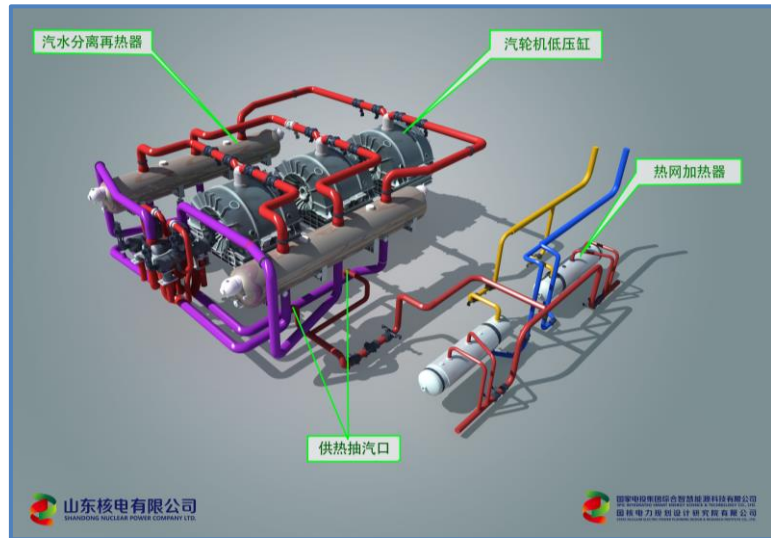
示范项目简介

PART 02

二、示范项目简介

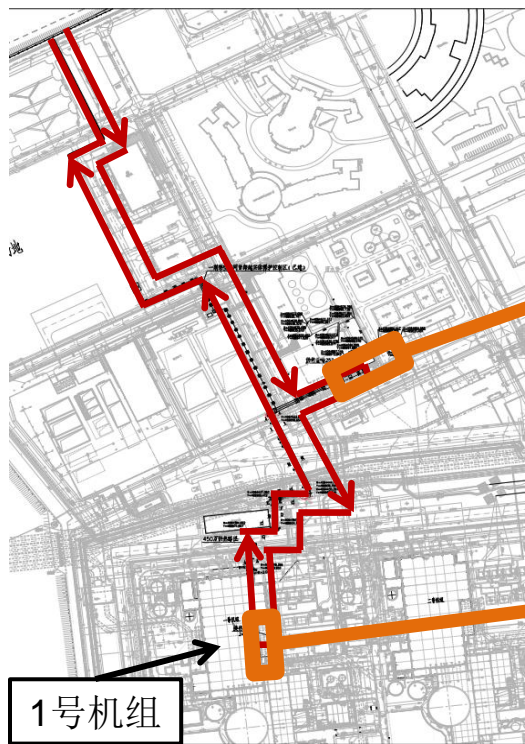


“县域级”示范-海阳市202.5MWt供热项目



二、示范项目简介

“县域级”示范-海阳市202.5MWt供热项目



供热首站



首站内部



换热器间



厂区管网



1号机组

二、示范项目简介

◆ 温暖一座城，湛蓝一片天

- “暖核一号”一期项目于2019年11月正式投运、二期项目于2021年11月正式投运，项目已完成三个供暖季安全稳定运行，累计外供热258.2万吉焦，节省原煤消耗21.2万吨，减排二氧化碳38.5万吨。
- 与核能供暖之前相比，供暖季空气中的PM2.5下降了16%，天气优良率上升了17%；减少向海洋排放热量150万吉焦，供暖季2℃温排水温升面积缩减了25公顷，区域海洋生态环境提升明显。
- 在全国供暖煤价持续高涨的背景下，海阳核能供暖老百姓取暖费用每平方米下降1元钱，按照燃煤综合价格1000元/吨测算，单个供暖季海阳市仅供暖煤炭采购成本将达到1.8亿元。

参数	二氧化硫 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	二氧化氮 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	优良率 (%)
2018年9月	6	16	40	17	90
2021年9月	6	10	21	14	96.7
2018年10月	6	20	44	20	100
2021年10月	7	16	45	24	100

非供暖季期间，二氧化硫等参数变化并不明显

参数	二氧化硫 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	二氧化氮 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	优良率 (%)
2018年11月15日至2019年3月15日 (核能供热前)	12	29	101	50	73
2021年11月15日至2022年3月15日 (核能供热后)	9	23	74	42	85.1

开展核能供热后，供暖季期间，空气质量显著提升

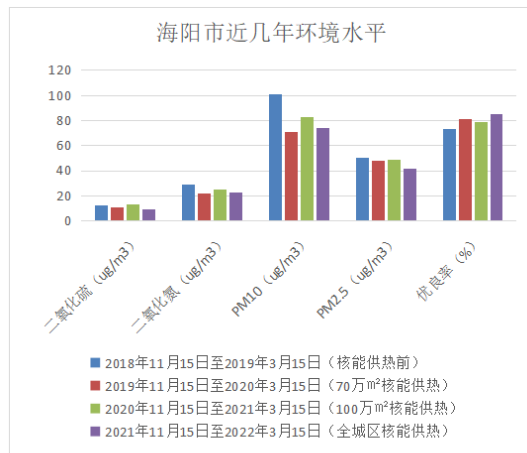


图 5.1 海阳市 18-21 年供暖季区域环境水平统计

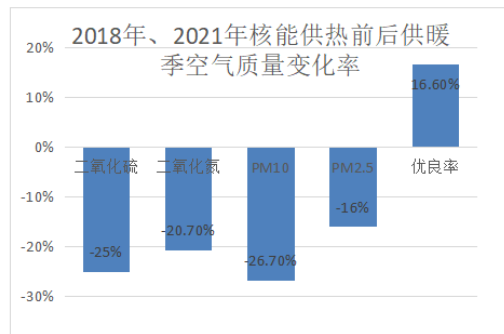


图 5.2 核能供暖前后空气质量对比

成果及行业推动

PART 03

三、成果及行业推动

授权（申请）项目名称	知识产权类别	国（区）别	申请号	授权号
核电厂供热装置控制系统及方法	发明专利	中国	CN202210169686.1	CN114233423B
压水堆核电机组供热系统	实用新型专利	中国	CN202020528551.6	CN212511339U
补水除氧装置和压水堆核电机组供热系统	实用新型专利	中国	CN202020528552.0	CN212511340U
一种核电厂抽汽供热在线监测系统的信息采集系统	实用新型专利	中国	CN202020611735.9	CN212082447U
汽侧单元制、水侧联合制的核电厂多机组供热系统	实用新型专利	中国	CN202020611776.8	CN212583766U
核电机组的信息监控装置	实用新型专利	中国	CN202021185780.9	CN213092832U
一种用于水热同传系统的水质控制系统	实用新型专利	中国	CN202022941570.4	CN215327492U
一种用于水热同传系统的热量利用及消纳系统	实用新型专利	中国	CN202022942670.9	CN215327335U
一种混凝土多层复合管道	实用新型专利	中国	CN202121258940.2	CN214889441U



三、成果及行业推动



开展核能供热标准编制，助力行业发展

2021年能源领域行业标准制定计划项目汇总表

序号	标准名称	标准类型	制定日期	归口单位	起草单位	适用范围
391	《火电厂烟气二氧化硫吸收剂利用率测试技术规范》	方法	2022	中国电力企业联合会	浙江电力科学研究所有限公司, 中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司, 国家能源集团新能源技术研究院有限公司, 浙江浙能技术研究院有限公司, 广东能源集团科学技术研究院有限公司	适用范围: 本标准规定了火电厂烟气二氧化硫化学吸收液的性能测量管理、仪器与设备、试验步骤、计算技术规范与精度要求。 本标准适用于火电厂二氧化硫化学吸收液的性能测量、吸收速率、气流平衡特性、降速速率和性能测试。 主要技术内容: 1范围; 2规范性引用文件; 3术语和定义; 4吸收剂(CO ₂)负荷测试; 5吸收剂气流平衡测试; 7吸收剂性能测试; 吸收剂稳定性测试; 8附录A; 9附录B
392	《电网企业温室气体排放核算指南》	方法	2023	中国电力企业联合会	国网湖北省电力有限公司电力科学研究院	适用范围: 本指南规定了电网企业的温室气体排放核算的工作流程、核算边界与排放来源确定、核算步骤与方法、质量保证等内容。 主要技术内容: 本标准规定了电网企业温室气体排放核算流程, 指导电网企业根据核算目的划定核算范围, 提供核算步骤与方法。
393	《核电厂蒸汽发生器二次侧侧产物质量平衡计算方法》	方法	2022	中国电力企业联合会	三门核电有限公司	适用范围: 该标准适用于核电厂蒸汽发生器二次侧侧产物质量平衡计算。主要技术内容: 蒸汽发生器二次侧侧产物输入质量计算, 蒸汽发生器二次侧侧产物输出质量计算, 蒸汽发生器二次侧侧产物质量平衡计算。 主要技术内容: 该标准适用于电厂高压蒸汽系统调试。主要技术内容: 本标准规定了电厂高压蒸汽系统调试的试验目的, 试验条件, 试验内容; 本标准规定了电厂高压蒸汽系统调试的验收标准。
394	《核电厂高压蒸汽系统调试导则》	方法	2022	中国电力企业联合会	三门核电有限公司	适用范围: 该标准适用于核电厂蒸汽发生器二次侧侧产物质量平衡计算。主要技术内容: 蒸汽发生器二次侧侧产物输入质量计算, 蒸汽发生器二次侧侧产物输出质量计算, 蒸汽发生器二次侧侧产物质量平衡计算。 主要技术内容: 该标准适用于核电厂蒸汽发生器二次侧侧产物质量平衡计算。主要技术内容: 蒸汽发生器二次侧侧产物输入质量计算, 蒸汽发生器二次侧侧产物输出质量计算, 蒸汽发生器二次侧侧产物质量平衡计算。
395	《直流蒸汽发生器核电厂水汽回路清洗技术规范》	方法	2022	中国电力企业联合会	西安热工研究院有限公司	适用范围: 本标准适用于核电厂蒸汽发生器二次侧侧产物质量平衡计算。主要技术内容: 蒸汽发生器二次侧侧产物输入质量计算, 蒸汽发生器二次侧侧产物输出质量计算, 蒸汽发生器二次侧侧产物质量平衡计算。 主要技术内容: 该标准适用于核电厂蒸汽发生器二次侧侧产物质量平衡计算。主要技术内容: 蒸汽发生器二次侧侧产物输入质量计算, 蒸汽发生器二次侧侧产物输出质量计算, 蒸汽发生器二次侧侧产物质量平衡计算。
396	《压水堆核电机组供热技术规范》	标准编制	2022	中国电力企业联合会	中国核能行业协会 核电厂规划设计研究院有限公司, 山东核电有限公司	适用范围: 适用于压水堆核电机组的供热系统。 主要技术内容: 包括核电厂厂内新建、扩建及改建的供热系统的规划设计、设备选型、布置规定、化学监督、性能测定和控制系统规范。 适用范围: 适用于压水堆核电机组的供热系统。 主要技术内容: 包括核电厂厂内新建、扩建及改建的供热系统的规划设计、设备选型、布置规定、化学监督、性能测定和控制系统规范。

中国核能行业协会团体标准立项评审会议纪要

CNEA-HYJY-立项-2022-7	
会议名称:	中国核能行业协会 2022 年团体标准立项评审会
会议时间:	2022 年 4 月 22 日
会议地点:	腾讯网络视频会议
参会人员名单:	见附件 1 和附表 2
会议主要内容:	《核电厂项目用申请工作指南》、《核电厂可行性研究阶段专题研究工作指南》、《核电厂对外供热项目实施导则》、《核电厂 BOP 水工管道工程技术规范》4 项标准立项审查。
标准立项评审会议结论:	《核电厂项目用申请工作指南》、《核电厂可行性研究阶段专题研究工作指南》、《核电厂对外供热项目实施导则》3 项标准立项审查通过; 《核电厂 BOP 水工管道工程技术规范》标准立项审查不通过。
会议议决的其他事项:	请主编单位根据评审会现场专家意见和形式审查与现状意见进一步修改完善标准题目和草案格式内容。 具体专家意见详见附件 3。

组长签字:

序号

标准名称

管理机构

标准状态

1

《压水堆核电机组供热技术规范》

中国电力企业联合会

已立项

2

《核电厂对外供热项目实施导则》

中国核能行业协会

已立项

3

《压水堆核电机组供热可行性研究技术规定》

国家电投集团

已立项

三、成果及行业推动

考虑到当前国家政策、外部需求及核电企业自身面临的境遇，核能综合利用将成为核电企业的重要的发展趋势。“暖核一号”开发了“核能+水热同产同传”的应用场景，一体化解决区域用热、用水需求，实现核能综合利用与民生需求的紧密结合。相信**将会有更多的核电企业开展核能综合利用业务，行业内核电向核能、单一核能向多能综合利用转变的趋势将会加速。**

右图是我们规划的“胶东半岛核能综合利用蓝图”，涵盖了包括海阳核电、石岛湾核电、招远核电等多个基地，将多个核电基地建成以核能热电水联供基地为区域核心，搭配风光+储热储水一体化，采用长距离大温差输热技术的半岛清洁供能主干管网，实现烟青威地区用暖、用水的互通互补。



◆ 对于核电行业发展的推动作用

核能具有“清洁、低碳、稳定、可靠”的固有优点，是减排减碳背景下极其稀缺的“大体量、可负担、可获得”宝贵热源，本项目探索的大型核电厂实现核能供热、水热同产同传的路径必将成为引领行业发展、率先实现**“碳达峰、碳中和”**目标的重要手段，具有广阔的市场前景，可大规模复制推广。

山东核电在核能供热项目取得突破的同时，立足核能行业，紧扣能源转型需求，开展多项核能综合利用开发工作。正在打造以**“清洁的电、零碳的暖、纯净的水、绿色的氢”**为依托的核能综合利用产业基地，为共建绿水青山出谋划策。

国家“十四五”规划中明确提出**“开展山东海阳等核能综合利用示范”**。核能供热、供水等模式可在胶东半岛、辽东半岛全面推广，并可在南方地区局部推广。国家能源局发文要求“十四五”期间北方核电厂原则上都要实现商业供暖、供汽。秦山核电核能供暖项目也于2021年正式投运，红沿河核电、田湾核电等同行企业已启动核能对外供热项目，多次到访山东核电参观交流，后续必将有更多的核能综合利用项目在能源转型的背景下落地、推广。

◆ 对于核能综合利用相关产业发展的推动作用

- 适合于核电热电联产的汽轮机主机及其配套的研发制造；
- 核能供热相关特有设备（例如，阀门、换热器、除氧器等）的研发制造；
- 水热同传管材及部件的研发制造；
- 大型热泵技术及装备制造；
- 地方供热基础设施的换代升级。

谢 谢
Thank you