



山东海阳核电站“暖核一号”项目输水管道



山东海阳核电站外景

从大型核电机组抽汽供热 蹚出核能综合利用新路

屋外寒风瑟瑟，气温降至冰点以下。而在海阳市亚沙村小区居民侯女士家中，却温暖如春。

“我家隔壁和楼上楼下都没有人住，屋里还是非常暖和，温度计显示室内温度已达到26摄氏度，和以前烧煤供暖相比，现在温度更稳定。”侯女士拿着温度计说。

在海阳，与侯女士有着相同感受的，还有不少人。而这也正是“暖核一号”项目投产给海阳市域居民带来的切身变化。

记者了解到，“暖核一号”是由国家电投开发的具有完全自主知识产权的核能零碳供热技术，也是我国首个核能综合利用技术品牌。而今年是海阳市区全域利用这一技术实现核能供暖的第二个年头。

张真，山东核电设计管理工程师。虽然年轻，却见证了核能综合利用创新实践的全过程。

“核能不止于电。”张真告诉记者，在多数人的概念之中，提到核能，最先想到的就是发电，但实际上“核能有更多的可能性”，热电联产就是其中之一，“也就是既发电又供热。”

据他介绍，作为山东省首座开工建设并投产发电的核电站，海阳核电规划建设6台百万千瓦级核电机组，预留两台扩建余地，总装机将超过1000万千瓦。一期工程两台机组为国家三代核电自主化依托项目，分别于2018年10月、2019年1月开始并网发电。

2019年冬，“暖核一号”一期31.5兆瓦工程投运，实现向周边70万平方米范围内供热，是国内首个核能供热商用工程。当时，核电厂的员工宿舍区及施工生活区率先用上了核能供暖，该工程被国家能源局命名为“国家能源核能供热商用示范工程”。

但张真和同事们并不能“喘口气”，紧接着，他们就要攻关“暖核一号”二期202.5兆瓦工程，涉及近500万平方米。

“和一期工程不同，二期工程要实现更大范围的供暖，需要对高压缸排汽管道、阀门、换热器等一系列实体设备进行改造，同时还涉及控制方案的改变。”张真进一步解释说，比如，我们一次性要从高压缸抽汽300多

吨，气压的骤变势必会影响汽轮机等一系列设备的运行状态。

因此，到底抽多少、怎么抽，每一个环节都马虎不得。最终，经多方合作，项目团队攻克了“暖核一号”一系列关键技术：填补了百万千瓦级中压饱和汽轮机抽汽技术的国内空白；研发了适用于饱和蒸汽的大口径抽汽止回阀、快关调节阀等新型阀门，在核热电联产关键设备上实现了国内首创；开发了反应堆热功率与汽轮发电机功率+对外供热功率匹配的运行控制策略，在核热电联产的运行控制技术上实现了新的跨越；形成了一套完整的基于核热电联产的安全和瞬态评估体系，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……

2021年11月，“暖核一号”二期工程投运，让海阳市区实现了从传统的燃煤取暖向核能清洁供暖的“无缝切换”，成为国内首个实现“零碳”供暖的城市。海阳核电1号机组成为世界最大热电联产机组，“暖核一号”成为较早实现国家“十四五”规划关于“开展山东海阳等核能综合利用示范”要求的项目之一。

据介绍，今年7月，“暖核一号”900兆瓦远距离跨区域核能供热工程正式开工，预计于2023年投运。届时，供热面积可达烟台、威海地区，可满足100万人口的取暖需求。

多重回路隔离设计 让核能供暖更安全

事实上，在一开始听说小区采暖热源要从烧煤变成核电站的核能时，当地不少居民也曾有顾虑。然而，深入了解之后，他们打消了顾虑。

“核能供暖不是核供暖。”张真告诉记者，从核电机组抽汽提取出来的热量只是一个热源，要通过多个“烧开水”的环节，才能将热量通过市政供热管网传递到用户端。

他与同事们经常用“自热小火锅”来解释核能供暖的这一工作原理。“自热小火锅”下面是加热层，上面是食物层，经过物理隔绝，下面作为发热材料的不可食用部分，仅仅发挥加热作用，而不会与上面的食材接触。

“这里面最关键的就是，只有热量的传递，没有介质的交

零碳供暖背后的硬“核”力量

走近全国最大核能供热项目“暖核一号”

胶东半岛南部，山东海阳，一座不算大的海滨小城，因“核”站在了聚光灯下。

依托我国最大核能供热项目——“暖核一号”，海阳告别了燃煤供暖时代，成为国内首个实现“零碳”供暖的城市，当地20万居民也因此与核能有“近距离”接触。

那么，什么是“暖核一号”？核能如何实现安全高效清洁供暖？与传统供暖模式相比，核能供暖的优势何在？近日，记者采访了国家电力投资集团有限公司山东核电有限公司有关负责同志。

换，核能供暖也是如此。”张真介绍，海阳核能供暖的整个过程其实是通过5个物理隔离的回路来实现的。

“简单来说，核能供暖就是通过水来传递热量。只有用蒸汽加热水，或者用热水加热冷水两种模式。”张真说，核电站与用户之间设置了多道回路进行物理隔离，每个回路只有热量的传递，没有水的交换，而在用户端，热水只在小区内封闭循环，“十分安全”。

数据最具说服力。山东核电给记者提供了核辐射防护工程师此前对各回路辐射水平的检测数据：位于核电厂内的换电站，是蒸汽进行第一次换热的地方，测量仪器显示辐射剂量约为0.23微希沃特每小时；在使用核能供热的核电厂内办公楼，测量仪器显示为0.18微希沃特每小时；热力公司的核能供热首站，测量仪器显示为0.18微希沃特每小时；在一户核电供暖的居民家中，测量仪器显示为0.20微希沃特每小时……

“自然界中，辐射无处不在。宇宙射线、土壤、岩石等等，都具有一定的放射性，室内的瓷砖、大理石等也会产生辐射，通过数据检测，我们能看出核能供热不会引入额外的辐射。据统计，全球人均每年接受来自自然的辐射剂量是2400微希沃特，这个就叫天然本底水平。”据环境监测领域专业人士介绍，不管是天然本底辐射，还是我们日常生活中接触到的辐射，只要控制在一定量之内，都不会对我们的健康产生影响。

温暖一座城，湛蓝一片天 实现民生环保经济等多领域共赢

在采访时，海阳市民贾女士告诉记者，山东核电在宣传普及核能供暖时的一句话让她包括她在内的不少居民都很感动：温暖一座城，湛蓝一片天。“第一次感觉，核能真正和我们老百姓柴米油盐的生活联系在了一起。”贾女士说。

据介绍，“暖核一号”二期投运后，海阳市民的供暖费由每平方米22元降至21元，感受到了实实在在的实惠。

实实在在获得了经济上实惠的，不止是市民。



山东海阳核电站“暖核一号”项目运行工程师正在对设备进行巡检。

“暖核一号”三期项目900兆瓦远距离跨区域核能供热工程施工现场。

对于当地热力公司而言，在实行核能供暖前，他们每年要从河北等地购买18万吨原煤，除去买煤的投入，还有运输、脱硫环保设备以及大量的电能消耗等。“以前，烧锅炉配备脱硫设备，每天电能消耗就要五六千度，而现在每天用电量仅为600度左右，加上节省的设备、人工、运维等费用，可以节省一大笔开销。”丰源热力有限公司有关负责同志介绍，曾经的锅炉工人告别了脏乱的工作环境，锈迹斑斑的工作服已被束之高阁。“工作人员的工作强度小了、工作环境好了，收入却一点没受影响。”

对于海阳核电站而言，能源效率及资源利用率也得到极大提升。据介绍，“暖核一号”一期项目投运后，全厂热效率由36.69%提升至37.17%；二期项目投运后，热效率提高至39.94%；三期工程投运后机组热效率将提升到55.9%，是原来的1.5倍。若海阳核电两台机组同时开展900兆瓦核能供热，相当于用不到5%的投资，增加了一台百万千瓦级核电机组。

谈到核能供暖的经济账，吴放认为，“长期来看，核能供暖会比燃烧化石燃料更实惠。”

在他看来，基于最近两年的煤炭价格加上一定距离的传输成本，使用核能供暖的价格略低于燃煤供暖。但未来化石能源的价格可能会因为产量、储量、碳排放市场化等原因不断上涨，而使用核能近似于一次性投资，费用主要花在建设时期。投产后，核燃料的价格占成本的比重较小。因此，核能发电、供热的成本比较稳定。

不过，比经济账更为亮眼的，则是环保账。

山东核电数据显示，截至目前，“暖核一号”项目已经完成的三个供暖季，累计对外提供清洁热量258.2万吉焦，减少原煤消耗23万吨，减排二氧化碳42万吨。其中，去年11月至今年4月，“暖核一号”二期工程投运后的首个供暖季持续稳定供热143天，减少原煤消耗约18万吨，减排二氧化碳33万吨、氮氧化物2021吨、二氧化硫2138吨、烟尘1243吨。与核能供热之前相比，供暖季空气中的PM2.5下降了16%，天气优良率上升了17%；减少向环境排放热量150万吉焦，区域海洋生态环境提升明显。

安全、经济、清洁、高效……海阳核能供热迈出了我国核能综合利用的第一步。据了解，作为我国最大的核能供热项目，“暖核一号”的供热能力占目前全国核能供热总能力的九成以上。

除山东海阳外，我国东北地区首个核能供暖项目——红沿河核电站核能供暖示范项目今年11月也正式投运供热，可覆盖辽宁省大连市瓦房店市红沿河镇，惠及当地近两万居民。去年，秦山核电与浙江海盐共同建设核能供热示范工程，开创我国南方核能供热先河，当地我国首个核能工业供热项目也于最近投运。

“用零碳的暖，温暖了千家万户，守护了碧海蓝天，让群众生活更加幸福，让环境更加舒适美好，也为核能发展打开了一扇创新之门。”吴放说。

创新发展永无止境。据介绍，除正在建设中的“暖核一号”三期900兆瓦核能供热项目外，山东核电还建成了世界首个“水热同产同传”科技示范工程，在世界范围内首次实现了“零碳”供热的同时“零能耗”淡化海水，成为我国在核能综合利用领域科研攻关的创新成果。

据《中国纪检监察报》、新华社客户端