

# 电力企业综合能源转型路径研究

张帆, 米剑锋

国家能源集团技术经济研究院, 北京

收稿日期: 2022年10月27日; 录用日期: 2022年12月24日; 发布日期: 2022年12月30日

## 摘要

“双碳”目标下, 我国能源结构转型持续提速, 煤电作为电源供应和电网安全的压舱石, 需不断提高灵活性和可靠性, 进行节能降碳改造, 护航风光新能源的发展。本文通过对冷链产业现状进行分析, 对发电企业与冷链产业结合的必要性、技术可行性、可应用场景及经济性进行分析, 提出我国电力企业综合能源转型的新路径, 合理发展煤电机组供冷改造进行集中供冷的建议。

## 关键词

能源转型, 供冷改造, 冷链

# Research on the Comprehensive Energy Transformation Path of Electric Power Enterprises

Fan Zhang, Jianfeng Mi

National Energy Group Institute of Technology and Economics, Beijing

Received: Oct. 27<sup>th</sup>, 2022; accepted: Dec. 24<sup>th</sup>, 2022; published: Dec. 30<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Under the goal of “double carbon”, the transformation of China’s energy structure continues to speed up. As the ballast of power supply and grid security, coal power needs to continuously improve its flexibility and reliability, carry out energy conservation and carbon reduction transformation, and escort the development of new solar energy. Through the analysis of the current situation of the cold chain industry, this paper analyzes the necessity, technical feasibility, applicable scenarios and economy of the combination of power generation enterprises and the cold chain industry, puts forward a new path for the comprehensive energy transformation of China’s power

enterprises, and proposes a reasonable development of coal power unit cooling transformation for centralized cooling.

## Keywords

Energy Transformation, Cooling Transformation, Cold Chain

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

“双碳”目标下,我国能源结构转型持续提速,煤电作为电源供应和电网安全的压舱石,需不断提高灵活性和可靠性,进行节能降碳改造,护航风光新能源的发展[1]。对煤电机组进行供冷改造,长期以来受供应端的高成本和需求端冷负荷不足的原因而不具备经济性。但近年来的一系列政策,为供冷改造提供了机遇。2021年11月,国务院办公厅印发《“十四五”冷链物流发展规划》,创新性地提出产销冷链集配中心建设[2];2022年1月,国家发改委发布《国家骨干冷链物流基地建设实施方案》,提出建立“四横四纵”国家冷链物流骨干通道网络,到2025年,将布局建设100个左右国家骨干冷链物流基地、建设一批产销冷链集配中心,这将形成一批新的数量级供冷需求[3]。另一方面,国家能源局印发《2022年能源工作指导意见》,要求传统发电企业向“发电+”综合能源服务型企业 and 多能互补企业转型[4]。

对煤电机组进行供冷改造,利用机组中排抽汽驱动小汽机带动压缩机做功制冷后供给冷链集配中心冷库,一方面可以提高煤电机组多能联供能力、辅助服务能力、电力市场竞争能力,进一步向综合能源服务转型。另一方面可以解决冷链行业将面临的规模扩张和碳排放控制要求的矛盾,为冷链物流行业节省能源消耗,为煤电企业降低煤耗,打造城市绿色电厂,为煤电企业赢得合理的生存时间与发展空间。

## 2. 冷链产业发展现状

### 2.1. 冷链产业市场规模: 2021年市场规模4586亿元

我国冷链物流市场规模快速增长,国家骨干冷链物流基地、产地销地冷链设施建设稳步推进,冷链装备水平显著提升。根据中国物流与采购联合会发布的《中国冷链物流发展报告(2022)》显示,2021年中国冷链物流市场规模突破4586亿元,需求总量3.02亿吨,冷库库容突破1.96亿立方米,冷藏车保有量超过34万辆,初步形成产地与销地衔接、运输与仓配一体、物流与产业融合的冷链物流服务体系[5]。

### 2.2. 冷链产业发展潜力: 到2022年将突破5100亿元

近5年,我国冷链物流需求总量复合增长率达到16.3%,市场规模、冷库库容量、冷藏车保有量提高两倍以上,根据冷链委的预测,到2022年,国内冷链物流行业市场规模预计将超越5100亿元[6]。其发展动力一方面来自国家政策大力支持,另一方面和城市物流、港运物流等外部环境支撑,仓管系统技术、电商平台等技术环境支撑密切相关。随着《“十四五”冷链物流发展规划》《国家骨干冷链物流基地建设实施方案》的相继发布[2][3],作为消费升级背景下的重要细分市场,冷链物流已经上升到国家战略的高度,再迎战略发展机遇期,可以基本判定冷链将是我国未来五年内继续高速发展的重要产业之一。

### 2.3. 发展重点区域：华东地区是发展重点、西北地区具有发展潜力

从我国冷链物流产业发展规划可以看到, 未来 5 年主要资金将投入到建设大型国家骨干冷链物流基地、冷链集配中心和海港冷链物流中心上, 冷链集配中心的基础设施大型冷库将成为冷链产业的发展重点。

从国内冷链物流企业的区域分布来看, 冷链仓储资源集中在东中部地区, 西南和东北地区仓储企业加速发展, 区域不平衡局面正在改善。华东地区的冷库市场围绕生鲜电商平台的冷库建设规模持续增长, 是未来冷库市场的重要焦点。西北、西南等地区冷库市场缺口较大, 具有发展潜力[7]。2020 年, 新疆维吾尔自治区改革方案出台, 发布《新疆冷链物流标准化发展规划(2020~2025 年)》[8], 计划全疆建立 32 座冷链运输中心, 未来 3~5 年, 西北地区冷库设施及智慧物流不断发展、冷库基础设施将日趋完善。

## 3. 发电企业与“冷链产业”结合的可行性研究

### 3.1. 必要性分析

从发电企业层面, 需要响应国家号召, 尽早实现企业多元化转型。国家能源局发布的《2022 年能源工作指导意见》中, 明确提出鼓励煤电企业向“发电+”综合能源服务型企业和多能互补企业转型; 大力发展综合能源服务, 推动节能提效、降本降碳[4]。

从冷链行业层面, 冷库处理作为高耗能冷链产业, 大部分冷库年耗电量高达上千万度。尤其是冷链物流仓库普遍采用分散式供冷, 导致能耗水平较高。通常冷库的用电量要视当地用电容量而定, 大量用电需求需要特别报批。未来将面临规模扩张和碳排放控制要求的矛盾, 对发电企业提供的服务有现实需求。

**结论：从两方需求角度判断, 均有实施必要性。**

### 3.2. 技术可行性分析

#### 3.2.1. 通过回收蒸汽机高温余热, 应用在供冷系统

利用高温余热回收机组回收工业机械循环冷却水热量, 应用在供冷系统中, 实现对余热的高效利用。主要技术方法通过采用热泵技术吸收换流阀余热, 提升热源的品位, 并通过驱动吸收式热泵系统进行制冷、制热, 实现了换流阀冷却以及余热回收利用[9], 该新型换流阀余热综合利用系统工作原理如图 1 所示。

这种系统通过增加换热器来回收冷凝器余热, 或利用蓄冷技术与空气压缩机等余热回收技术联合等措施, 充分利用供冷系统中的余热。在同时需要产热及制冷的场所中, 将低温余热用于吸收式制冷或者热泵制热, 改变余热能量的等级, 提高经济效益, 将成为供冷系统余热回收的新思路。此外, 可发展冷热电三联供系统, 在缓解供能压力、提高能源利用效率、减少 CO<sub>2</sub> 排放等方面具有显著的优势[10]。

#### 3.2.2. 通过多能枢纽站供冷供热

常规煤电厂在发电过程中, 蒸汽在循环利用时产生大量能源损耗。以国能龙源蓝天节能技术有限公司的技术为例: 利用机组抽汽驱动小汽机带动压缩机做功, 采用制冷剂一次冷站和载冷剂(冷媒)二次冷站的间接冷却系统, 余汽进行循环发电或供热, 进一步提高机组效率和热能循环应用, 多能枢纽站供冷供热流程图见图 2。

系统流程是冷媒先在蒸发器与制冷剂发生热交换获得冷量, 然后用泵将被冷却了的冷媒送到各个用冷场所。在用冷场所的冷却设备内, 冷媒吸收被冷却对象的热量使其降温, 冷媒自身温度升高后再返回蒸发器将热量传送给制冷剂。周而复始, 冷媒将制冷循环中供冷的蒸发器与用冷的用户连接起来, 起到

在用冷者和产冷者之间传递冷量的作用。

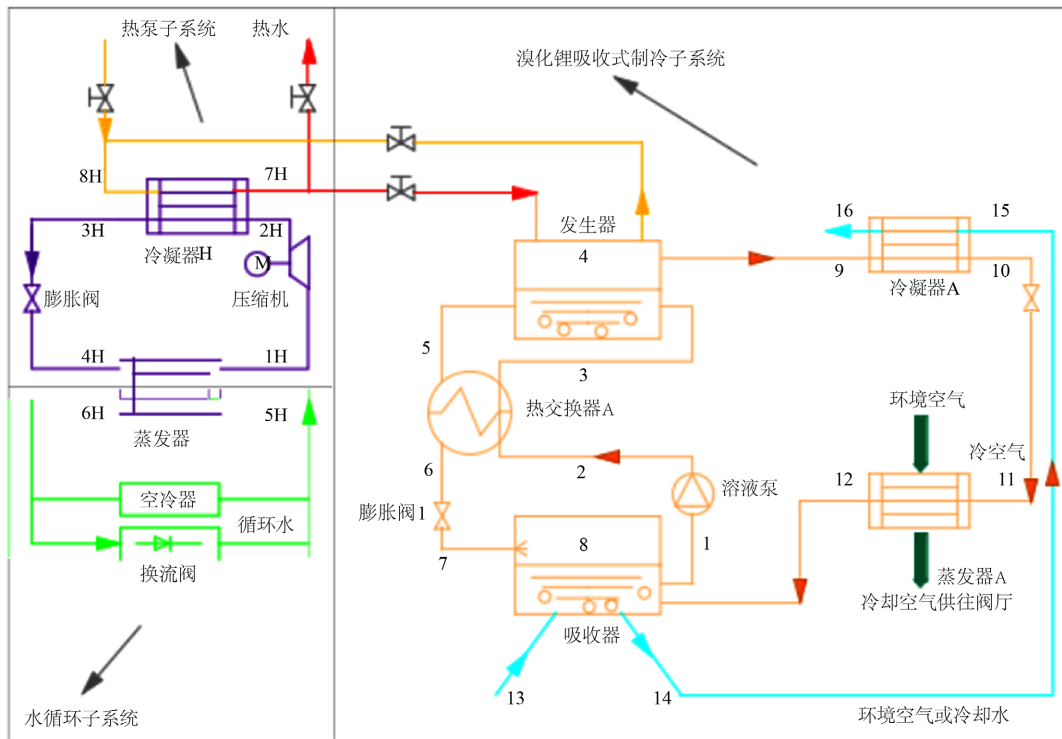


Figure 1. Schematic diagram of new converter valve waste heat comprehensive utilization system  
图 1. 新型换流阀余热综合利用系统原理图

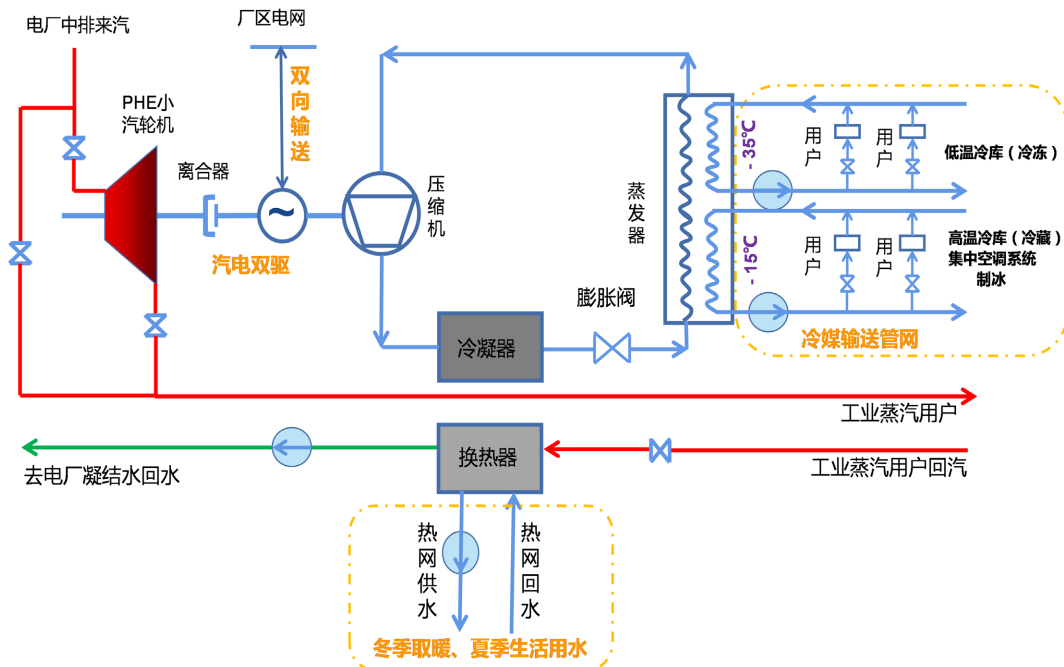


Figure 2. Flow chart of cooling and heating in multi energy Hub  
图 2. 多能枢纽站供冷供热流程图

这种制冷系统主要优点一是系统动力来自机组抽汽, 经能量梯级利用后拖动制冷系统, 可大幅提升系统效率; 二是制冷剂流经的设备集中在枢纽站内, 制冷系统的管道和接头大大减少, 便于系统检漏; 三是制冷剂的充注量大大减少, 成本降低; 四是冷媒循环的二次冷网通过枢纽站的终极泵站和各子站的泵将冷媒直接输送至各区域用户, 由集中式供冷取代现有的分散式供冷, 节省大量能源损耗, 并为煤电企业发展获得更多空间。

**结论: 从技术角度而言, 具有可行性。**

### 3.3. 可应用场景分析

#### 3.3.1. 向国家骨干冷链物流基地进行集中式供冷

根据《国家骨干冷链物流基地建设实施方案》中提出的建立“四横四纵”国家冷链物流骨干通道网络, 到 2025 年, 布局建设 100 个左右国家骨干冷链物流基地[3]; 可对规划中的冷链物流基地附近的电厂进行供冷改造, 对冷库进行集中式供冷。

#### 3.3.2. 向我国主要港口的海港冷链物流中心进行集中式供冷

目前我国主要港口(上海港、天津港、大连港、青岛港、深圳港、舟山港)都在建设在海港冷链物流中心[6], 可在上述港口附近的电厂进行供冷改造, 对海港冷链物流中心进行集中式供冷。

#### 3.3.3. 向冷链物流生产基地冷库提供多种能源、建设配套冷网

根据冷链物流集配中心分布情况, 可考虑建设能源枢纽站, 向周边冷库/配送中心提供低能耗冷源、蒸汽、热水、冰等多种能源; 并以对应的电厂为能源中心, 向冷链物流集配中心建设配套冷网。

### 3.4. 经济性分析

以 30,000 平米的冷库能源建设为例, 对常规工业用电方案、厂用电方案、混动式汽轮机能量梯级利用方案进行经济性分析如下:

能量梯级利用方案		厂用电供能		工业用电供能	
用汽成本(元/t)	9.98	电费单价(元/kWh)	0.34	电费单价(元/kWh)	0.7
年进汽量(t)	500000	年用电量(kWh)	32025000	年用电量(kWh)	32025000
每年用汽总费用 (万元/年)	499	每年用电总费用 (万元/年)	1088.9	每年用电总费用 (万元/年)	2241.8
主设备固定资产投资 (万元)	750	主设备固定资产投资 (万元)	300	主设备固定资产投资 (万元)	300

资料来源: 国能龙源蓝天节能技术有限公司。

2020 年, 我国第一批在建的 17 个国家冷链物流基地, 单体规模均在 30 万平方米以上[11]。煤电机组进行供冷改造后, 对附近国家冷链物流基地进行集中式供冷, 单个国家冷链物流基地, 有效使用系数按照 0.5 考虑, 比厂用电供能方案节约标煤 1.05 万吨/年, 降低二氧化碳排放 2.8 万吨; 比工业用电供能方案节约标煤 3.35 万吨/年, 降低二氧化碳排放 8.7 万吨。为供冷电厂创收 5230 万元左右。

**结论: 适宜项目前提下, 为冷链“供冷”具有较高的经济性。**

## 4. 意见与建议

我国电力企业余热资源丰富, 合理利用电力企业发电余热, 是提高区域供热、供冷系统能源利用率



的重要举措,也将是煤电企业向“发电+”综合能源服务型企业和多能互补企业转型的重点。建议从以下几个方面开展工作:

#### 4.1. 发挥电力企业优势,推广“供冷”示范项目

目前,电力企业在技术、人才、资金和产业化转化方面具有较大优势,部分电力企业已开展“供冷”综合能源改造示范项目。建议乘《“十四五”冷链物流发展规划》出台东风,深入研究国家城市规划项目,抓住产业机遇期、窗口期,结合电力企业现有状况,主动推广“供冷”示范工程项目,向“发电+”综合能源服务型企业和多能互补企业转型;大力发展综合能源服务,推动节能提效、降本降碳。

#### 4.2. 鼓励煤电厂主动融入周边园区能源供给

鼓励具有条件的煤电厂开展调研,准确掌握经济半径、技术半径范围内城市、园区、冷链重点客户的当前、中期、远期各种类型能源需求和废弃物处理需求,结合国家发改委最新发布的24个国家骨干冷链物流基地[12],以“一站式能源服务”的设计理念和能源梯级利用技术优势深入挖掘潜在能源需求。主动融入所在城市或园区冷链、物流或相关专项发展规划,将煤电厂打造成为所在城市和园区重要的基础设施配套商(能源供应、废弃物处置),将电厂与城市、园区的发展深度绑定。

#### 4.3. 创新商业合作模式,主动寻求多方合作

以客户需求为导向,因企制宜用好项目独资、控股、合作、特许经营、合同能源管理、EPC、运维服务等各种商业模式。项目开发过程中挖掘和利用各种资源,开展股权合作、资源保障、技术互助、风险分担、利益共享的多方合作。及时跟进国家骨干冷链物流基地动态,在其规划阶段主动谋划,争取与当地政府机关、大型物流企业签订能源供应框架协议,形成特定产业园区联合开发、建设、运营服务的共同体,增加供能区域的附加价值。

#### 4.4. 加大科研力度解决供冷系统的综合性问题

目前,我国中高温余热利用技术普及率不高,低温余热未得到充分利用,如何合理进行热量、冷量的余热回收,以及如何合理规划不同区域供热、供冷项目的系统设计和运行策划,是需要进一步研究的问题,也是在发电企业中推广“集中供冷”项目的关键性问题。需要以现有技术为基础,针对电力企业发电余热的间歇性、不稳定性、能量密度低等特点,对余热回收技术进行升级创新,以提升能源利用效率。

### 参考文献

- [1] 王凡. 双碳目标下的煤电使命[J]. 中国电力企业管理, 2022(16): 28-30.
- [2] 中华人民共和国中央人民政府网. “十四五”冷链物流发展规划[EB/OL]. [http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/12/content\\_5660244.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/12/content_5660244.htm), 2021-12-12.
- [3] 国家发展改革委. 国家发展改革委印发《国家骨干冷链物流基地建设实施方案》[EB/OL]. <https://mp.weixin.qq.com/s/Kjs-43g5rXpCLzM8ssvwxA>, 2021-12-31.
- [4] 国家能源局. 国家能源局关于印发《2022年能源工作指导意见》的通知[EB/OL]. [http://zfxgk.nea.gov.cn/2022-03/17/c\\_1310534134.htm](http://zfxgk.nea.gov.cn/2022-03/17/c_1310534134.htm), 2022-03-17.
- [5] 中国物流与采购联合会冷链物流专业委员会等, 编. 中国冷链物流发展报告[R]. 北京: 中国财富出版社有限公司, 2022.
- [6] 中研普华研究院. 2022-2026年中国冷链物流行业全景调研与发展战略研究咨询报告[R]. 北京: 中研普华研究院, 2022.
- [7] 欧阳玉子, 孙鹏. 国家骨干冷链物流基地建设和发展——以规模经济视角分析[J]. 供应链管理, 2022, 3(10):

---

74-80.

- [8] 新疆维吾尔自治区商务厅. 商务厅政策——新疆冷链物流标准化发展规划(2020-2025年) [EB/OL]. <http://swt.xinjiang.gov.cn/swt/ghjtj/202011/26a05349caae4525bc6b65a188784451.shtml>, 2020-11-16.
- [9] 周建辉, 张兴娟, 侯俊义, 等. 基于余热回收利用的新型换流阀冷却系统[J]. 南方电网技术, 2019, 13(6): 16-23.
- [10] 吴爽, 金旭, 刘忠彦, 等. 区域供热/供冷系统中余热回收应用[J]. 发电技术, 2020, 41(6): 578-589.
- [11] 国家发展改革委. 国家发展改革委发布 2020 年国家骨干冷链物流基地建设名单[EB/OL]. [https://www.ndrc.gov.cn/fzggw/jgsj/jms/sjdt/202007/t20200707\\_1233266.html?code=&state=123](https://www.ndrc.gov.cn/fzggw/jgsj/jms/sjdt/202007/t20200707_1233266.html?code=&state=123), 2020-07-07.
- [12] 国家发展改革委. 国家发展改革委发布 2022 年国家骨干冷链物流基地建设名单[EB/OL]. [https://mp.weixin.qq.com/s/\\_hKiH9hKLy5ORpAL9wp-CA](https://mp.weixin.qq.com/s/_hKiH9hKLy5ORpAL9wp-CA), 2022-10-11.