

Discussion on the Development of Combined Cooling, Heating and Power

Xiang Li

Suqian PetroChina Kunlun Gas Co., Ltd., Suqian, Jiangsu, 223800, China

Abstract

The combined cooling, heating, and power (CHP) technology represents a cutting-edge development direction for efficient energy utilization. This technology demonstrates the potential for application in multiple fields in the pursuit of synergistic efficiency goals of economy, environment, and energy efficiency. The paper elucidates the basic concept, system composition, and operating mechanism of cogeneration, analyzes the current technological development achievements and limitations, as well as the latest research trends and technological breakthroughs, and evaluates the practical application of innovative materials and advanced equipment in this field. Finally, the policy environment adjustments corresponding to market demand, the implementation of economic and efficiency optimization strategies, and the response paths to sustainable development and environmental challenges were discussed. The future development outline of combined cooling, heating, and power supply was comprehensively introduced.

Keywords

cooling, heating and electricity; trigeneration; development

冷热电三联供的发展探讨

李想

宿迁中石油昆仑燃气有限公司, 中国·江苏 宿迁 223800

摘要

冷热电三联供技术(CHP)代表了一种能源高效利用的前沿发展方向。该技术在追求经济、环境和能效目标的协同增效中,展现出多个领域的应用潜力。论文阐明了冷热电三联供的基本概念、系统构成及其运作机制,分析了当前技术的发展成就与存在的局限性,以及最新的研究动态和技术突破,并评估了创新材料与先进设备在这一领域的实际应用。最后探讨了面临的 市场需求对应的政策环境调整,经济性与效率优化策略的实施,以及可持续发展与环保挑战下的应对路径,全面介绍了冷热电三联供的未来发展轮廓。

关键词

冷热电; 三联供; 发展

1 引言

能源是现代发展的基础,而在对环境与资源可持续性的需求日益增强的背景下,冷热电三联供技术凸显出其重要的战略价值和潜在优势。该技术通过高效地同时产生电力、热能和制冷能量,承诺转变能源供应模式,优化能源消费结构,并有助于全球应对气候变化带来的挑战。随着技术不断创新与突破,CHP系统正处于快速发展阶段,呈现出深刻的产业影响力。

2 冷热电三联供概念与系统构成

2.1 定义及原理

在能源领域,冷热电三联供(CCHP)是指一种集成的

能源系统,该系统能够同步高效产出冷能、热能与电能。此模式源于对现有能源利用率缺陷的深刻反思,旨在通过协调产出的多种能量形态来提升能源使用效率,实现能源可持续性目标。原理上,冷热电三联供系统以热力学第一定律和第二定律为基础,运用余热回收技术和能量转换设备精炼并重新分配能量。核心设施通常包括热电联产单元和吸收式制冷机等,其中热电联产单元通过发电过程中的余热提供所需的热能,而吸收式制冷机则利用这些热能输出冷能。

通过联合这些过程,不仅显著提升了初级能源到最终能源的转换效率,同时实现了对能源多层次、全方位的利用。理想的冷热电三联供系统应遵循能量多级利用的原则,实践中,通过精细调控各个子系统,强化它们之间的协同作用,以适应不同季节、天气及用户动态变化的能源需求。这意味着,系统设计必须兼顾灵活性与稳定性,保证在各种工况下的高效运行。

【作者简介】李想(1984-),男,中国江苏沛县人,本科,工程师,从事天然气发电、热电冷三联供研究。

2.2 关键组成部分

冷热电三联供系统之所以被誉为能源转换与利用效率的典范，其关键在于它的核心组成部分。这些组成部分相互依存，协同工作以实现能量的优化配置。首要的是热电联产单元，该单元往往包括发电机和燃气轮机、蒸汽轮机或内燃机等。这些设备在产生电力的同时，能够将发电过程中产生的高温废气或蒸汽转化为使用热能，丰富了能源的应用方式，并大幅度提升了原始能源至有效能转换的效率。紧随其后的吸收式制冷机则利用上述获得的热能进行驱动，依靠特定的工质—溶剂配对（如水—锂溴）的热力学循环过程，制备低温冷冻水或其他冷却介质。这种设计有效地扩展了热能的使用范围，特别适合于夏季或需求冷源的场所。

热泵单元也不可或缺，它依靠外界低品位热源加热或制冷，进而强化系统的整体能效。此处，热泵通常工作在比传统制热或制冷设备更低的能耗水平，尤其当环境温度适中时，效率尤为显著^[1]。另外，辅助的热储罐和冷储罐保证系统具备一定的调峰能力，可以在能源需求低峰期存储能源，待需求高峰到来时迅速响应，平衡供需关系，从而实现能量的节约和峰谷差价利用。此外，智慧型控制系统则是整个CCHP系统的大脑，它通过实时数据采集、处理后精确调控各个子系统的工作状态，确保在不同条件下均可高效可靠运行。控制系统还负责监测系统性能，预警故障以减少意外停机。

2.3 运行机制与流程

冷热电三联供之运行机制与流程，揭示了一种综合能量系统的数理逻辑与实践路径。其内涵蕴含着，不仅静态结构的精巧布局，亦动态过程的连贯性与灵活性。以原始能源的注入起始，常见的如天然气、生物质，甚至太阳能与地热等，均可归入系统补给线。这些能源，在能量转换中心被发掘潜力，通过热电联产单元，电能携着温暖奔赴用户端。贯穿此节，非但转换效率得以显著提升，而且响应了环境友好型社会的需求。

电能供应完成后，不得忽视热能的利用路线。热能传输至相联的生产或居住区域，满足加热水或采暖需求，以抵御寒冷的侵袭。紧接着，吸收式制冷机将剩余热能转换为冷能，用以降温或空调，尤其在骄阳炎炎之季节，显示其价值非凡。另外，系统中的热泵、储能装置皆不可缺少。它们不仅平衡能量在时间维度上的流动，同时也作为节能减排的有效措施发挥作用。尤其是储能装置，其在低谷时段贮存能量，在高峰期释放，优化了系统整体能耗模式。

此外，智慧控制系统通过持续监控，算法优化，以数据支撑，从而串联各功能部件。保障CCHP系统适应多变的能源需求、气候条件及用户行为，展现出顺畅稳固、反应敏捷的特质。

3 冷热电三联供技术现状与创新

3.1 现有技术成就与局限

冷热电三联供技术作为一种现代能源转换与管理手段，

其成就和局限反映了当前能源领域的进步及挑战。谈及该技术的成就，不得不提它在能效提升方面的显著贡献。现有技术实现了初级能源向终端能源的高效率转化，减少了过程中的能量损耗，促进了能源的充分利用。例如，通过热电联产单元的引入，系统能够将70%以上的燃料能量转换为可用能量，远超传统独立供能方式。

同时，冷热电三联供系统能适应变化多端的能源需求，灵活调整产出比例，满足用户冷、热、电不同时间段的需求。然而，技术局限同样不容忽视。设计上的复杂性导致了系统建设和维护成本较高，这对于技术推广来说是一大难点。同时，存在的另一考验便是系统的运行依赖于严格的条件控制，诸如热负荷与电负荷的匹配度、环境温度等因素都会影响系统的综合性能。从微观角度来看，个体设备的技术不断更新换代，如发电机组、吸收式制冷机的能效比持续提升，但这些进步并未完全解决整体系统中关键的热能质量问题。

就宏观层面而言，冷热电三联供技术在不同地理和社会经济情境中表现出差异，导致其普及和应用效果产生波动。进一步论述创新潜能，未来的技术将更注重系统的模块化和弹性设计。增强系统对外部变化的适应能力，以及内部组件间协同工作的智能化程度，将有望突破现有局限。

3.2 研究动态与技术突破

在冷热电三联供领域，目前研究的焦点之一聚集在高效能量转换器件的开发上，其中就包括对燃料电池和微型燃气轮机的性能提升所做的努力。这些设备能够在更低的温度下转换更多的能量，从而优化系统的整体热效率。进展中的另一重要方向是热泵技术，其通过吸收低品位热源释放出高品位热能，贡献于系统的综合性能强化。另外，物联网和人工智能技术的结合，则引领了预测性维护和实时能量优化这两大技术革命，实现了系统经济运行模式与宏观能源网的无缝对接。在此基础上，定制化解决方案的探索为特定应用场景提供了量身打造的系统配置。例如，远程监控与诊断服务为分散的系统节点带来高效的集中管理^[2]。

此外，针对冷热电三联供集成设计思维的研究也在不断加深，不仅仅关注于单个组成部分的优化，而更重视系统作为一个整体的协同和效率提升。这些研究动态与技术创新均展现了对可持续发展的深刻理解，体现了对未来城市能源网络智能、高效和环保目标的追求。

3.3 创新材料与先进设备应用

在冷热电三联供技术的发展历程中，创新材料与先进设备的应用是其能效提升和系统优化的关键因素。涉及创新材料，其实质突破体现于热传导率的提升和能量转换效率的优化。纳米技术在传热材料领域的运用，不仅强化了换热器件的性能，亦使热管等组件的尺寸更加精准、响应更为迅速。相变材料（PCM）则通过储能机制，在日夜温差较大或间歇性能源供应场景中，显示出其调节内部温度、平抑能源需求波动的独特魅力。继而触及先进设备，其着重于智能化与

自适应性的演进。支撑这一切的莫过于物联网技术，使系统各组成部分能够互联互通，实时监测与调整运行状态，确保了系统在最佳工况下运行，同时降低了操作复杂性。更甚者，通过集成 AI 优化算法的控制单元，实现了能量流的最佳分配，这既强化了系统对外部环境变化的适应能力，又提高了用户需求满足度。

此外，这些材料与设备在推广应用时，还须面对兼容性与成本效益的挑战。进展中，研究团队需与产业界携手，针对上述问题持续进行结构设计优化、生产工艺改进以及规模化经营的深入探索。

4 冷热电三联供的发展趋势与挑战

4.1 市场需求与政策环境

在经济高速发展、城镇化进程不断加速的今天，能源消耗持续增加，从而促使市场对冷热电三联供系统的需求日益旺盛。工业园区、商业综合体乃至居住区，皆开始寻求集成能源解决方案，以满足其多样化和节能减排的需求。反观政策环境，无疑是引导这一技术走向成熟的舵手。伴随着气候变化协议的签署和国内外对可持续发展的共识加深，政府对于能源效率高、排放低的冷热电三联供技术给予了明显的扶持。诸如税收减免、财政补贴以及优先采购等政策，鼓励了企业投身于新型能源技术的开发与应用。

然而，面临的挑战亦不容小觑。成本始终是阻碍大规模应用的重要因素。虽然长期运营能体现出经济效益，但前期投资仍旧较高，且投资回收周期较长^[1]。同时，市场对冷热电三联供技术认知的不足，也可能抑制了潜在用户的采纳意愿。此外，现行政策在执行层面可能存在差异，地方政府对该技术的支持力度和具体措施均有所不同。因此，为了更好地促进冷热电三联供技术的发展，政策法规体系的完善与市场教育的持续推进，显得尤为关键。

4.2 经济性与效率优化策略

冷热电三联供系统的实用性固然依赖其综合能效，然而，经济性的问题成为该技术面世以来广受关注的核心。关于经济性，多元化的融资模式逐渐显现。除了政府的财政支持外，私人投资及公私合营（PPP）项目亦在此领域趋于常态。这样的资金注入不仅降低了前期投资门槛，亦助力了冷热电三联供技术的可行性与扩散速度。此外，成本的透明化，特别是系统的全生命周期成本对比分析，为潜在用户提供了更为直观的投资回报展望。

一方面，谈及效率优化，系统的模块设计正在成为主

流，它让系统运行更加灵活，更容易针对特定需求进行调整，从而使得能源利用达到最大化。全面引入智慧化控制管理系统，依托大数据分析机器学习算法，预测和响应负荷变化，提高反应速度，压缩能源浪费至最小范围。另一方面，研究者千方百计提高换热器效率，不懈追求发电装置的每一点热电转化效率提高，甚至考虑如何将系统余热回收再利用，实施级联利用原则，确保能源每一环节的有效利用。

4.3 可持续发展与环保挑战

可持续发展的诉求与环保挑战携手构成了冷热电三联供技术的发展基石与前行障碍。这项集成能源系统，以其节能减排的特性，被赋予了支持城市可持续生长的重任；而在这一过程中，必须直面环境保护的诸多考验。在稳步推进可持续发展路径上，冷热电三联供技术正徐徐展开清洁能源利用的新篇章。降低化石能源依赖，增加太阳能、风能等可再生能源在供能结构中的比例，不仅有助于减缓资源枯竭的步伐，还能有效减少温室气体排放。

然而，环境保护的挑战并未因此而减弱。即便冷热电三联供系统在运行中优于传统的分散供能方式，其建设和施工阶段仍可能对生态造成干扰。事实上，对自然环境的最小化影响要求着产品设计要更加注重生态兼容性，工程规划要全面考虑对当地生物多样性的保护。满足经济增长与环境保护双重目标的核心，在于均衡三联供技术的推广与环保法规的严格执行。鼓励采用低碳材料，提倡绿色建筑标准，并监控污染物排放，将是实现这一平衡的必由之路。此外，公众环保意识的提升和更广泛的社会参与也是触及核心目标的关键力量。

5 结语

综上所述，冷热电三联供技术的发展之路履历了层层挑战。虽然当前冷热电三联供存在若干技术和市场壁垒，但在全球范围内加强和优化这一系统的趋势是毋庸置疑的。未来，冷热电三联供技术必将随着材料科学的进步、智能化管理的提升以及政策导向的支持而不断进化，为实现全球能源结构转型和生态文明建设贡献价值。

参考文献

- [1] 周守军,马聪聪.冷热电三联供系统蓄能装置优化运行策略分析[J].建筑热能通风空调,2022,41(2):13-17.
- [2] 王霄楠,付玲.冷热电三联供系统中燃机冷却方案设计分析[J].工程建设与设计,2021(S1):199-202.
- [3] 王逸飞.浅析冷热电三联供系统中的余热回收应用研究[J].应用能源技术,2020(11):43-46.