

## 液氯气化余冷利用场景下冷水机组替代的经济性与风险评估

黄小刚

江西塑星材料有限公司 江西九江

**【摘要】**在能源紧张与“双碳”目标驱动下，液氯气化余冷高效利用成为工业节能关键。传统冷水机组难以满足余冷回收需求，新型冷水机组替代的经济性与风险评估至关重要。通过构建成本收益模型与风险评估体系，分析替代方案的投资成本、运行收益、风险因素及应对策略。结果表明，虽然新型冷水机组初始投资较高，但长期运行可显著降低能耗与维护成本，具备经济可行性；同时需关注设备适配、技术风险等潜在问题，通过合理管控确保替代方案顺利实施。

**【关键词】**液氯气化；余冷利用；冷水机组替代；经济性评估；风险管控

**【收稿日期】**2025 年 5 月 16 日

**【出刊日期】**2025 年 6 月 21 日

**【DOI】**10.12208/j.jccr.20250030

### Economic and risk assessment of replacing water chiller units with liquid chlorine gasification waste heat utilization

Xiaogang Huang

Jiangxi Plastic Star Materials Co., Ltd, Jiujiang, Jiangxi

**【Abstract】** Driven by energy shortages and the 'dual carbon' goals, the efficient utilization of liquid chlorine gasification waste heat has become a key to industrial energy conservation. Traditional water chiller units struggle to meet the demands for waste heat recovery, making it crucial to assess the economic benefits and risks of replacing them with new models. By constructing a cost-benefit model and risk assessment system, this study analyzes the investment costs, operational benefits, risk factors, and response strategies of the replacement options. The results indicate that while the initial investment in new water chiller units is higher, they can significantly reduce energy consumption and maintenance costs over the long term, making them economically viable. Additionally, it is important to address potential issues such as equipment compatibility and technical risks, ensuring the smooth implementation of the replacement plan through effective management.

**【Keywords】** Liquid chlorine gasification; Waste heat utilization; Water chiller unit replacement; Economic assessment; Risk control

#### 引言

在全球工业加速向绿色低碳转型的时代浪潮下，“双碳”目标已成为企业可持续发展的刚性约束。在化工行业中，液氯气化过程产生的大量低温余热蕴含着巨大节能潜力，对其进行高效回收利用，是实现工业节能降耗的重要突破口。然而，传统冷水机组受限于设备老化、技术落后等问题，存在余冷回收效率低、能耗高的弊端，难以满足企业日益迫切的降本减碳需求。通过科学评估并合理选用新型冷水机组，实现液氯气化余冷的高效利用，已成为破解工业节能与可持续发展矛盾的核心课题。

#### 1 替代需求迫切

在现代工业生产体系中，液氯气化环节作为诸多化工流程的关键节点，其运行过程中释放的低温余热资源如同被掩埋的宝藏，蕴含着巨大的节能潜力。传统冷水机组受制于技术架构的固有局限，难以精准匹配液氯气化余冷的特性。这类设备往往采用粗放式的换热设计，在面对温度梯度复杂、流量波动频繁的余冷工况时，无法实现热量的高效捕捉与转化，导致大量低温热能在管道与设备间隙中悄然散失，如同指间流逝的细沙，造成能源利用效率的严重损耗。

随着全球能源市场的剧烈震荡，煤炭、天然气等传

统能源价格持续走高，企业的能源采购成本呈现指数级增长态势。与此“双碳”目标的提出为工业生产划定了严苛的环保红线，碳排放指标的管控力度不断加码，迫使企业必须在经济效益与环境责任之间寻求平衡<sup>[1]</sup>。传统冷水机组不仅在能耗上居高不下，其运行过程中产生的温室气体排放也与日俱增，形成了高悬于企业头顶的“达摩克利斯之剑”。这种双重压力下，企业既要维持生产规模的稳定扩张，又要应对日益严苛的环保督查，传统设备的低效运行模式已然成为制约企业可持续发展的瓶颈。

从工业绿色发展的长远视角来看，现有冷水机组的局限性愈发凸显。它们无法适应能源结构转型的时代需求，难以将余冷资源转化为可循环利用的清洁能源。在倡导循环经济的当下，工业余热余冷的深度回收利用已成为衡量企业核心竞争力的重要指标<sup>[2]</sup>。传统冷水机组不仅无法实现余冷的资源化利用，还加剧了企业对外部能源的依赖，形成恶性循环。突破技术桎梏，寻找更高效的冷水机组替代方案，已不再是企业发展的可选项，而是关乎生存与发展的必答题，亟待通过技术革新与设备升级实现工业生产的绿色转型。

## 2 经济收益分析

冷水机组的更新换代蕴含着复杂的经济逻辑，其经济性的核心在于投资与收益的动态平衡。新型冷水机组在研发设计阶段就融入了前沿科技，采用的高效换热技术突破了传统设备的热传递瓶颈。通过优化换热管的几何结构与表面涂层，新型机组能够在单位时间内实现更大面积的热量交换，如同为余冷资源搭建了一条畅通无阻的“高速公路”。而智能控制系统的引入，则赋予设备“智慧大脑”，它可以根据余冷温度、流量的实时变化，自动调节制冷系统的运行参数，避免因过度制冷或制冷不足造成的能源浪费，实现能量利用效率的最大化。尽管这些先进技术的应用导致设备采购成本大幅增加，安装调试过程也更为复杂，但它们为后续的节能增效奠定了坚实基础。

从长期运营的角度来看，新型冷水机组的节能优势逐渐显现，成为企业降本增效的核心驱动力。由于余冷回收效率的显著提升，制冷系统的电力消耗呈现断崖式下降。在传统设备中，因热量回收不充分而被迫启动的辅助制冷设备，在新型机组的高效运作下，启动频率与运行时长大幅缩短，如同为企业关闭了多个“耗电闸门”。新型设备在材质选择与制造工艺上的升级，显著提升了设备的耐用性。采用耐腐蚀合金材料与精密加工技术，有效抵御了液氯气化环境中腐蚀性介质

的侵蚀，减少了设备故障的发生频率<sup>[3]</sup>。这不仅降低了维护保养所需的人力、物力投入，还避免了因设备故障导致的生产中断，减少了潜在的经济损失，为企业生产的连续性与稳定性提供了有力保障。

成本收益模型的测算过程，犹如一场严谨的经济推演，为冷水机组替代方案的可行性提供了量化依据。在合理设定的运行周期内，新型冷水机组通过降低能耗、减少维护成本所带来的累计收益，如同涓涓细流汇聚成海，最终能够完全覆盖初始投资的增量。随着运行时间的延长，这种经济效益的优势愈发明显，形成正向循环。企业不仅能够收回前期投入，还能实现利润的持续增长，将余冷资源转化为实实在在的经济收益<sup>[4]</sup>。这种经济账的背后，是技术创新对工业生产价值链条的重塑，证明了设备升级改造不仅是应对外部压力的被动选择，更是实现企业高质量发展的主动战略。

## 3 风险因素识别

冷水机组的替代过程犹如在暗礁密布的海域航行，潜藏着诸多未知风险。在技术层面，新型机组与原有液氯气化系统的整合堪称一场复杂的“技术联姻”。两套系统在设计理念、运行参数与控制逻辑上往往存在巨大差异，如同不同频率的琴弦难以和谐共鸣。新机组的温度控制范围、压力调节机制与原有系统的匹配度若出现偏差，可能导致整个工艺流程的紊乱，引发液氯气化效率下降、产品质量波动等连锁反应。即使在理论层面完成参数适配，实际运行中因环境因素、设备老化等不确定性，仍可能出现技术兼容性问题，成为威胁系统稳定运行的“定时炸弹”。

设备层面的风险同样不容忽视，新机组的材质与性能直接决定了其在液氯气化环境中的生存能力。液氯气化过程中，低温、高腐蚀性的工况对设备材质提出了近乎苛刻的要求。若新机组采用的金属材料耐腐蚀性不足，长期处于这种环境中，金属表面将如同被蚁群啃噬的堤坝，逐渐出现腐蚀孔洞，引发介质泄漏，不仅造成设备损坏，更可能酿成严重的安全事故<sup>[5]</sup>。而在低温适应性方面，若材料的韧性与强度无法满足低温环境需求，设备部件可能出现冷脆现象，在正常压力波动下发生断裂，导致整个制冷系统瘫痪。这些设备隐患如同隐藏在系统中的“暗雷”，一旦触发，将对企业生产造成难以估量的损失。

管理层面的风险则更多源于“人”的因素。新设备的引入不仅是硬件的升级，更是对企业管理体系与人员技能的全面挑战。操作人员对新设备的操作规范、维护流程往往缺乏直观认知，如同初次驾驶新型车辆

的司机,面对复杂的仪表盘与操控系统容易手足无措。错误的操作可能导致设备运行参数偏离正常范围,引发故障甚至安全事故<sup>[6]</sup>。企业内部原有的管理制度与新设备的运行需求可能存在脱节,缺乏针对性的应急预案与风险防控机制,使得管理团队在面对突发状况时难以迅速做出有效反应。这些管理层面的漏洞如同松散的链条,随时可能在设备运行的重压下断裂,危及整个替代方案的实施效果与企业生产效益。

#### 4 应对策略构建

为确保冷水机组替代项目平稳推进,需要构建一套系统化、全周期的应对策略。在前期选型阶段,应建立严谨的技术评估体系,如同为新设备设置层层“筛选关卡”。通过计算机模拟仿真技术,将新机组的参数模型与原有液氯气化系统进行虚拟对接,在不同工况条件下测试两者的兼容性,提前发现潜在的技术冲突。同时引入第三方专业机构,凭借其独立、客观的视角,对新设备的性能指标进行全面验证,从技术原理、材料性能到制造工艺,进行细致入微的审查,确保新机组在理论与实践层面均能与原有系统无缝衔接,为后续安装调试奠定坚实基础。

安装调试过程是将蓝图转化为现实的关键环节,必须建立标准化、规范化的操作流程。如同精密仪器的组装,每一个步骤都需严格遵循操作手册,确保设备安装的准确性与可靠性<sup>[7]</sup>。加强对操作人员的技术培训,不仅要传授设备的操作方法,更要深入讲解设备的工作原理、性能特点与潜在风险,使其知其然更知其所以然。通过理论授课、模拟操作与现场演练相结合的方式,让操作人员在实践中积累经验,提升应对复杂工况的能力。建立调试过程中的问题反馈机制,鼓励现场人员及时上报异常情况,以便技术团队迅速响应,及时解决问题,保障安装调试工作高效推进。

在设备运行阶段,搭建实时监测系统犹如为企业生产装上“智慧天眼”。通过在关键部位部署传感器,实时采集温度、压力、流量等核心参数,并将数据传输至中央控制系统。利用大数据分析 with 人工智能算法,对运行数据进行深度挖掘,建立设备健康状态评估模型。一旦发现参数异常,系统将立即触发预警机制,以声光报警、短信推送等方式通知相关人员<sup>[8]</sup>。根据预设的应急处理流程,自动调整设备运行参数或启动备用系统,

将风险控制在萌芽状态。定期对监测数据进行复盘分析,总结设备运行规律,为设备的优化升级与维护保养提供数据支撑,确保替代后的系统长期保持安全、稳定、高效的运行状态。

#### 5 结语

液氯气化余冷利用场景下冷水机组替代是实现工业节能降耗的重要途径。合理评估替代方案的经济性与风险,采取有效管控措施,能够实现经济效益与环境效益双赢。未来,随着制冷技术不断革新与智能化管理水平提升,冷水机组替代方案将更加完善。持续优化设备性能、改进风险评估方法,有助于推动液氯气化余冷利用向更高效率、更低风险方向发展。

#### 参考文献

- [1] 朱毅,平丽芬.“双碳”背景下药品生产厂房冷水机组节能技术研究[J].流程工业,2025,(06):60-63.
- [2] 董安乐,唐亮亮,夏林锋,等.低环境温度空气源热泵(冷水)机组除霜方法综述[J].暖通空调,2025,55(S1):452-454.
- [3] 强制性国家标准《化工企业氯气安全技术规范》发布[J].化工管理,2025,(03):38.
- [4] 《化工企业氯气安全技术规范》发布[J].中国氯碱,2025,(01):64.
- [5] 赵红艳,仲长江,丁海秋,等.液氯气化器技术改造总结[J].中国氯碱,2024,(11):24-28.
- [6] 李昂.液氯气化工艺参数、设备优化及安全论证[J].当代化工研究,2024,(14):136-138.
- [7] 胡永强,张鑫,范红波.《氯碱生产氯气安全设施通用技术要求》(团体标准)解读[J].中国氯碱,2022,(02):33-36.
- [8] 陈秀原.液氯气化节能技术改造[J].中国氯碱,2021,(12):35-38.

**版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS