

# 电石生产尾气中 CO 深度净化与资源化利用技术研究

吾斯曼·依不拉依木

新疆中泰化学托克逊能化有限公司 新疆吐鲁番

**【摘要】**电石生产过程中产生的尾气含有大量一氧化碳（CO），若未经处理直接排放，不仅会造成能源浪费，还可能对环境造成不利影响。针对这一问题，开展了 CO 深度净化与资源化利用技术研究，重点探讨了尾气成分特性、净化原理及工艺优化路径。通过高效吸收、选择性催化转化和膜分离等多种技术的组合应用，可显著降低尾气中杂质含量，实现 CO 的高纯度回收。该研究不仅提升了 CO 资源的利用率，同时为清洁能源转化和绿色化工生产提供了技术支撑。研究结果表明，合理配置工艺单元并结合能源回收利用措施，可实现尾气处理的经济性与环保性双重目标。

**【关键词】**电石尾气；一氧化碳；深度净化；资源化利用；工艺优化

**【收稿日期】**2025 年 10 月 15 日   **【出刊日期】**2025 年 11 月 15 日   **【DOI】**10.12208/j.sdr.20250268

## Study on deep purification and resource utilization of CO in tail gas of calcium carbide production

*Wusman Ibrahim*

*Xinjiang Zhongtai Chemical Tuokesun Energy and Chemical Co., Ltd., Turpan, Xinjiang*

**【Abstract】** The tail gas generated during calcium carbide production contains substantial amounts of carbon monoxide (CO). Direct discharge without treatment not only wastes energy but also poses environmental risks. To address this issue, this study investigates advanced purification and resource recovery technologies for CO, focusing on analyzing its composition characteristics, purification mechanisms, and process optimization pathways. Through integrated applications of high-efficiency absorption, selective catalytic conversion, and membrane separation techniques, the impurity content in tail gas can be significantly reduced, enabling high-purity CO recovery. This research enhances CO utilization efficiency while providing technical support for clean energy conversion and green chemical production. Results demonstrate that strategic configuration of process units combined with energy recovery measures achieves dual objectives of cost-effectiveness and environmental sustainability in tail gas treatment.

**【Keywords】** Calcium carbide tail gas; Carbon Monoxide; Advanced purification; Resource recovery; Process optimization

### 引言

电石工业作为基础化工的重要环节，在能源消耗与副产气排放方面具有典型特征。尾气中高浓度的一氧化碳既是潜在的污染源，也是极具价值的化工原料。若能对其进行高效净化与转化，不仅能够缓解环境压力，还能拓展清洁能源与精细化学产品的生产途径。近年来，随着节能减排与循环经济理念的深入发展，如何实现电石尾气的资源化已成为学术与产业关注的重点。对 CO 进行深度净化与利用的研究，正在为化工生产提供新的突破口。

### 1 电石生产尾气中一氧化碳排放现状与问题分析

电石生产过程中，电石炉在高温下以焦炭、石灰石为主要原料反应生成乙炔，同时伴随产生大量尾气，其中一氧化碳占据极高比例。由于生产工艺条件复杂，尾气中还夹杂着二氧化碳、氮气以及少量烃类等杂质，使得气体组分不稳定，难以直接利用<sup>[1]</sup>。部分企业未能对尾气进行有效处理，直接排放进入大气，这不仅造成能源的巨大浪费，还会导致一氧化碳浓度过高，形成环境污染和安全隐患。若排放不达标，极易引发空气质量下降、温室效应加剧等问题，从而制约了电石行业的绿色可持续发展。

随着能源紧缺和减排压力不断加大，电石尾气

中一氧化碳的处理问题愈发突出。该气体具有可燃性和还原性，若处理不当，不仅会影响生产区空气环境，还可能引起爆炸事故，对人员安全构成威胁。另一方面，尾气成分中高浓度一氧化碳是一种重要的化工原料，可通过合成气转化、甲醇合成或费托合成等路径进行资源化利用，但受限于尾气中杂质含量高、净化工艺不完善，许多企业未能有效发挥其价值。尾气排放问题不仅是环境治理难点，同时也是资源利用效率低下的集中体现。

在行业发展的现实背景下，对电石尾气中一氧化碳排放现状进行深入分析，能够揭示其高排放强度与低利用率之间的矛盾。这一问题的核心在于缺乏稳定高效的净化工艺与资源化利用模式，导致大量高热值气体被白白浪费<sup>[2]</sup>。通过数据对比可以发现，若能将尾气中一氧化碳高效分离并回收，转化为甲醇、合成氨或下游精细化学品，不仅可以降低电石生产的碳排放总量，还能创造显著经济效益。因此，深入研究尾气排放的成因、危害与潜在价值，是推动电石工业绿色升级与能源循环利用的前提。

## 2 电石尾气中一氧化碳深度净化关键技术研究

电石生产尾气中一氧化碳的浓度较高，但伴随存在二氧化碳、硫化物、氮氧化物和粉尘颗粒等杂质，使其在后续利用中面临技术瓶颈。针对这一问题，深度净化技术成为研究的重点方向。常用的物理吸收与化学吸收方法能够在一定程度上降低杂质浓度，尤其是胺法吸收和碱液吸收，对二氧化碳等酸性气体去除效果显著<sup>[3]</sup>。单一吸收工艺常存在能耗大、设备腐蚀及再生效率不足等缺陷，无法完全满足尾气深度净化的要求。在工业实践中，结合吸收、吸附和膜分离的多级净化工艺逐渐受到重视，通过多工艺的协同作用，可以有效提升一氧化碳的分离纯度。

吸附技术在尾气净化中具有重要地位，分子筛和活性炭等多孔材料在特定压力与温度条件下对一氧化碳具有选择性吸附特性。压力变换吸附和变温吸附工艺能够高效去除氮气和甲烷等伴生气体，为高纯度一氧化碳的回收提供了可靠路径。同时，膜分离技术也逐渐应用于电石尾气处理，其优势在于选择性透过能力强、工艺流程紧凑且无需化学试剂，特别是聚合物膜和复合膜在去除二氧化碳、氮气时表现出较高效率。近年来，金属有机骨架材料作为新型吸附分离介质的应用研究不断推进，凭借可调控的孔径结构和表面官能化特性，为尾气中一氧化

碳的高效分离提供了新的可能。

在实际应用层面，深度净化的核心不仅在于提升一氧化碳纯度，还要兼顾经济性与工艺稳定性。通过工艺模拟和实验验证发现，将吸收、吸附与膜分离技术进行合理耦合，可显著降低能耗并延长运行周期。例如，先利用膜分离去除大部分二氧化碳与氮气，再通过变压吸附提高一氧化碳浓度，最后辅以化学吸收实现杂质深度脱除，可实现超过 99% 的纯度水平<sup>[4]</sup>。这样的集成工艺在提升资源利用率的同时，也能够减少环境排放压力。电石尾气中一氧化碳深度净化的关键在于多技术的有机结合与工艺的优化配置，为后续资源化利用奠定了坚实基础。

## 3 电石尾气中一氧化碳资源化利用途径与工艺探索

电石生产过程中产生的大量一氧化碳若能实现高效利用，将显著提升能源循环效率并拓展化工原料来源。一氧化碳作为典型的合成气组分，具备广泛的转化价值，可作为甲醇、醋酸、二甲醚及烃类化合物的合成原料<sup>[5]</sup>。通过与氢气配比调控，可以形成合成气进入甲醇合成反应，实现高附加值产品转化；在适宜的温度与催化剂条件下，一氧化碳还能够进行费托合成反应，生成长链烃类，拓展清洁燃料供应途径。此外，一氧化碳与氨反应生成氨基甲酸酯类化合物，在精细化工中也有应用潜力。基于尾气中一氧化碳浓度高的特性，将其转化为下游化工原料不仅能够减少直接排放压力，还能形成经济驱动力。

在具体工艺探索方面，一氧化碳的资源化利用需要依赖先进催化剂与反应工程技术。甲醇合成催化剂多采用铜基体系，通过优化助剂和反应条件，可提升反应速率与选择性；费托合成则依赖铁基或钴基催化剂，其反应链增长机制可通过催化剂孔径结构与反应温度调节实现定向调控，生产汽油馏分或柴油馏分。近年来，电石尾气中一氧化碳资源化研究还聚焦于二氧化碳共转化路径，将一氧化碳与二氧化碳协同转化为合成气或其他高附加值产物，实现尾气的综合利用。膜反应器与微通道反应器的开发进一步改善了传质与热量分布，使得反应过程更高效、更稳定。这些工艺探索不仅推动了一氧化碳利用技术的进步，也使电石行业在绿色化转型中具备更强的技术支撑。

在工业应用与效益层面，一氧化碳的资源化利用对能源结构优化和环境治理具有重要意义。将尾

气转化为甲醇等液体燃料，不仅能够降低对石油资源的依赖，还能推动多元能源体系建设。通过工艺优化与副产物综合回收，可实现能量闭路循环，减少二氧化碳排放，提升整体碳利用率。同时，资源化利用能够增强企业的经济效益，减少尾气排放带来的环保处罚成本<sup>[6]</sup>。部分企业在实践中已开展电石尾气制甲醇、制合成氨等示范装置，验证了工艺的可行性和经济性。可以看出，电石尾气中一氧化碳资源化利用途径的探索正在逐步形成多元化格局，为传统电石工业突破能源浪费与环境压力困境提供了新的解决思路。

#### 4 电石尾气中一氧化碳净化与利用的综合效益评价

电石尾气中一氧化碳的净化与利用不仅在环境治理方面具有显著意义，也在能源转化和产业升级中体现出多层次效益。从环境角度来看，通过深度净化工艺降低尾气中颗粒物、硫化物和氮氧化物含量，可有效减少大气污染物排放，改善周边空气质量。同时，高浓度一氧化碳的分离与回收避免了对环境的直接释放，缓解了温室气体和有毒气体叠加造成生态风险<sup>[7]</sup>。通过净化与资源化结合的方式，尾气由原本的环境负担转变为可利用的清洁原料，实现污染减排与环境修复的双重目标，为电石行业符合国家节能减排标准提供了技术保障。

在经济效益方面，尾气中一氧化碳作为高热值气体，通过资源化转化可制得甲醇、合成氨或烃类燃料，具备可观的附加值。与直接排放相比，利用高纯度一氧化碳开展下游产品生产能够显著提高资源利用率，并减少企业原料采购成本。通过工艺集成与能源回收，电石尾气处理系统可降低整体能耗，延长设备运行寿命，减少维护费用。部分示范项目的运行结果表明，净化后的一氧化碳用于合成甲醇不仅能够获得稳定经济回报，还能形成规模化推广价值。经济效益的显现使尾气处理不再是单纯的环保负担，而是成为推动企业降本增效的重要环节，为行业带来新的利润增长点。

从社会效益与战略层面分析，电石尾气的净化与利用能够推动化工产业链延伸，促进区域能源结构优化，符合循环经济与绿色发展的总体方向。通过高效利用尾气中一氧化碳，可减少对石油和天然气等化石资源的依赖，增强能源供应多元化和安全性。该过程所带来的减排成果能够为企业在碳交易和绿色认证

中赢得竞争优势，提升社会形象与可持续发展能力<sup>[8]</sup>。尾气资源化利用的推广还有助于带动相关催化剂、分离膜及设备制造等产业的发展，形成上下游协同效应。电石尾气中一氧化碳净化与利用不仅是单一企业的经济行为，更是推动产业升级、环境改善与能源安全的重要举措，体现出多维度的综合价值。

#### 5 结语

电石尾气中一氧化碳的净化与资源化利用不仅回应了节能减排与环境治理的双重需求，也展现了化工产业转型升级的现实路径。深度净化技术的应用解决了尾气中杂质复杂、利用受限的难题，资源化工艺的探索则拓宽了高附加值产品的合成途径。环境效益、经济效益与社会效益的综合体现，使尾气不再是负担，而是成为推动清洁生产与循环经济的重要资源。该研究为电石行业绿色发展奠定了坚实基础。

#### 参考文献

- [1] 陈胜利,金岩,王庆天,等. 镍电解液中杂质铅锌的存在状态与深度净化研究[J].有色金属(冶炼部分),2025,(09):50-57.
- [2] 刘敏. 多层次护理模式对急性一氧化碳中毒后迟发性脑病的预防效果及对认知功能的影响[J].现代养生,2025,25(16):1232-1235.
- [3] 徐丽雅. 工业废气深度净化及其资源化利用的环保技术分析[J].中国轮胎资源综合利用,2025,(08):154-156.
- [4] 刘静,雷莉,杨恬,等. 基于网络毒理学探讨一氧化碳神经毒性的作用机制[J].中国急救医学,2025,45(08):663-667.
- [5] 胡天宝,孙新营,原晓丽,等. 电石炉尾气净化过程中用剩余碘量法测定硫化氢浓度的误差的探讨[J].氯碱工业,2025,61(01):36-39.
- [6] 张俊. 电石生产中直燃活性回转窑炉尾气利用优化技术[J].山西冶金,2024,47(07):206-207+211.
- [7] 魏建东,邓建民. 电石生产过程中石灰窑尾气余热利用工艺[J].中国氯碱,2023,(11):50-53.
- [8] 彭军. 密闭电石炉尾气净化中 CO 隐患分析及对策[J].化工安全与环境,2023,36(03):45-47.

**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