

RTO 在沥青类防水卷材生产中的应用 及技术优化经济性分析

许 磊（宁夏西泰煤化工有限公司，宁夏 石嘴山市 750100）

摘要：沥青类防水卷材在生产过程中极为容易产生高浓度、高温沥青烟和 VOCs 废气，这会对周围的大气环境造成极大的威胁，也将对生产工作人员的身体健康带来负面影响，生产出的废气也成为制约行业绿色发展的重点难题。RTO 技术作为该领域的重要生产技术，有着极好的应用效能。本文重点围绕 RTO 技术在沥青类防水卷材生产中的应用做分析，探讨该技术的全流程应用方案，核心部分则重点放在了提升热效率、降低能耗、增强可靠性等方面，最后对 RTO 技术应用的经济效益进行探讨，希望能为相关学者的研究提供参考。

关键词：RTO 技术；沥青类防水卷材；技术优化；经济性效益

中图分类号：X773 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)031-0072-03

Application and Technical Optimization Economic Analysis of RTO in the Production of Asphalt-based Waterproofing Membranes

Xu Lei (Ningxia Xitai Coal Chemical Co., LTD, Shizuishan Ningxia 750100, China)

Abstract: During the production process of asphalt-based waterproofing membranes, high-concentration and high-temperature asphalt fumes and VOCs waste gas are extremely likely to be generated, which poses a significant threat to the surrounding atmospheric environment and also has a negative impact on the health of production workers. The waste gas produced has also become a key problem restricting the green development of the industry. RTO technology, as an important production technology in this field, has excellent application efficiency. This article mainly analyzes the application of RTO technology in the production of asphalt-based waterproofing membranes, explores the full-process application plan of this technology, and focuses on improving thermal efficiency, reducing energy consumption, and enhancing reliability. Finally, it discusses the economic benefits of RTO technology application, hoping to provide reference for the research of relevant scholars.

Key words: RTO technology; Asphalt-based waterproofing membranes; Technical optimization; Economic benefits

蓄热式氧化器 (Regenerative Thermal Oxidizer, RTO) 是一种高效有机废气治理设备，其核心点在于通过陶瓷蓄热体吸收高温烟气中的热量，吸收的热量可以用于加温低温废气，这在一定程度上能降低对生产燃料的消耗，促使有机废气在高温下彻底氧化分解，进而降低对周围环境带来的危害，也为技术人员的身体健康提供了必要的保障，在 $\geq 800^{\circ}\text{C}$ 的高温状态下，能将生产过程中产生的这些废气氧化分解成为 CO_2 以及 H_2O ，调查整体的净化效率可高达 95%。沥青类防水卷材生产过程中因各道工序的影响，会生产出大量高温、高浓度、含焦油颗粒物的沥青烟和挥发性有机物 (VOCs)，为降低对大气环境带来的负面影响，则需要采取科学有效的方式处理这些有害气体，并保障生产效率、经济效益等，RTO 技术的应用则为沥青类防水卷材生产提供了有效的技术支持。以下则展开此方面的研究工作。

1 RTO 技术在沥青类防水卷材生产中的应用

RTO 技术在沥青类防水卷材生产中的应用主要体现在对生产中产生的有机废气的收集、处理，提升废

气处理效率和质量。

1.1 废气来源于收集

在 RTO 技术的应用中，必须重点做好对废气的收集工作，该技术的有序运行必须建立在全面、精准的废气收集基础上，确保废气的收集程序完善，避免废气泄露等问题。从沥青类防水卷材的生产工序来看，废气的排放主要是通过沥青储存罐的呼吸口排放，呼吸口排放出来的废气占比最大，也是 RTO 技术应用中必须重点收集的废气来源。

除此之外，还需要收集改性搅拌釜的在投料和搅拌过程中产生的废气，收集相关处理工序中卷材发挥的油气等，这些有机废气必须要经过同意的收集来实施处理，净化废气后在进行排放，若不经过处理直接排放会对区域内的大气带来严重的污染，也将影响到人体健康^[1]。在收集过程中，需要对重要的点位实施密闭化改造，确保气体收集与传输过程中不会出现气体泄漏的情况。

1.2 工艺流程设计

在有机废气收集工序完成后，则需要优化废气的

处理流程，将收集来的有机废气实施必要的预处理工作，该工序的作用在于为有机废气的氧化分解提供必要条件，同时也是保障有机废气实现完全的氧化分解的关键点。

如在沥青烟中就富含大量的可冷凝的焦油雾滴，同时也有着细小颗粒物，若不实施对这些杂质的预处理工作，将这些杂质直接输入到 RTO 系统中，会影响到 RTO 技术系统的运行，也将会降低工艺水平。从实践调查来看，通常会导致 RTO 系统出现蓄热体堵塞以及切换阀卡滞的问题，对后续处理工作的实施也会带来负面影响。

为确保工艺水平，提升处理效率和质量，通常需要采取“喷淋塔 + 静电捕焦油器”的组合工艺实施处理工作，具体而言则是通过喷淋塔来实现对高温有机废气的降温处理工作，这样能有效避免油气在管道中发生凝结现象，为后续处理工作的推进奠定了坚实的基础条件。之后，可采取静电捕焦油器来实现去除绝大部分的焦油颗粒以及液滴，这样能有效减轻 RTO 系统的运行荷载，确保该系统的稳定运行^[2]。

1.3 关键应用要点分析

在借助 RTO 技术进行处理时，技术人员要明确相关的技术要点，确保将经过预处理的废气经风机送入到 RTO 设备中，然后在高温的作用下确保有机废气实现完全的氧化分解反应，确保最终能得到无害化的气体并有序排放。例如以典型的三室 RTO 设备为例，技术人员要确保设备有序运行，重点将有机废气引入到第一蓄热室内，此时有机废气经由蓄热室会被蓄热室的高温影响，有机废气也会被持续加热接近氧化温度，在满足了这一条件后，技术人员需将加热后的有机废气输送到燃烧室，燃烧室内需要做进一步的加热与助燃工作，工作人员可通过增添天然气的方式实施助燃处理，此时，温度将达到 820℃ – 850℃，在燃烧室内的有机废气也将实现彻底的氧化分解^[3]。不过，在此期间，技术人员需要做好防范工作，确保整个工序的有序进行，在正常生产过程中，有机废气会充分燃烧释放热量并维持氧化温度，不需要添加过多的燃料，技术人员更需要防范 RTO 设备是否处在正常运行状态。在完成了全流程的处理工作后，最终得到的净化后的气体需要经由烟囱排放。

2 RTO 系统的技术优化路径分析

2.1 能耗优化

能耗优化是降低 RTO 设备运行成本的核心所在，同时也有助于降低企业的生产成本，提升经济效益。在实际应用中，技术人员需明确初始的 RTO 系统可能并非处在最佳的运行状态，为降低能耗，就需要通过

技术优化的方式做进一步的调节工作。重点可放在提升热回收效率方面，可通过采取面积更大的规整蜂窝型陶瓷蓄热体，这样能提升换热效率，通过数据调研发现，通常可将换热效率从 95% 提升到 97%，而在技术人员对填料加以科学管控，对蓄热体工艺技术做进一步优化后，还能进一步提升换热效率。之后，从实施智能燃烧控制技术的层面做分析，结合能耗优化这一目的优化设计工作。

比如通过在线浓度监测仪（FID）技术对 RTO 设备入口处的有机废气浓度、热量做好实时的监测工作，在实时化的监测工作基础上，还需配合控制辅助燃烧器的启动和功率条件来降低能耗，在确保功能正常运行的基础上进一步降低能耗。

在智能化燃烧控制技术的应用下，有机废气浓度较高时，该系统会自动减少燃气供应，借助有机废气自身的热量以及燃烧室内残留的气体燃烧，甚至在浓度非常充足时还会直接关闭燃气供应。而在浓度降低时，则会根据燃烧的条件供给燃气，整体来看，能降低能耗。除此之外，技术人员还能通过余热深度利用的方式将 RTO 排出的净化气体温度加以回收利用，通常情况下，排出的其他温度高达 150℃ – 300℃，其中有很多能得到二次利用的热量，将这些热量收集起来进行转化，可在一定程度上替换燃料，这又减低了能耗^[4]。

2.2 材料与工艺优化

材料和工艺优化本质上是应对沥青类防水卷材生产中出现的有机废气对设备耐久性带来负面影响的挑战，有机废气不仅会污染大气环境，损害人体健康，也会对生产设备的耐久性产生影响，在 RTO 技术的应用中，也需要考虑材料和工艺优化，提升设备的可靠性以及延长使用寿命。

技术人员可围绕 RTO 燃烧室的控制程序设置定期高温保持程序，限定每周一次，或者设置每日、半月一次等程序，将室内温度升高至 900℃，这能促使残留的微量焦油成分有效得到氧化分解，这样也有助于做好燃烧室清洁工作，在这些有机废气残留物得到了充分的氧化分解后，也在一定程度上起到了设备保护作用，能延长设备的使用寿命^[5]。

而在材料方面，技术人员需要明确沥青类防水建材生产出的有机废气中可能含有硫、氯等腐蚀性成分，这些气体在燃烧室内得到充分氧化分解的同时也会对设备产生腐蚀性作用，可能对设备中的一些关键零部件产生负面影响，甚至是损坏这些零部件。为避免这一问题，就需对关键零部件加以改造升级，选择抗腐蚀性的材料作为零部件的原材料，优化工艺设计，以

应对腐蚀性问题。在燃烧室内壁还需要涂覆耐高温、防腐涂料，这样也能延长设备的使用寿命。

2.3 自动化与智能化运维优化设计

技术人员需借助互联网信息技术、数字化、大数据等技术思考对 RTO 系统进行优化、升级，确保 RTO 设备的自动化、智能化运行，这样也能降低人力成本。需要明确在现代化社会背景下 RTO 设备必须得到进一步的升级与改造，其并非是简单的用于处理有机废气的设备，而是一种高度集成的自动化单元，其需要具备自动化的运行能力。

为此，技术人员需要舱室通过采取高性能的 PLC、人机交互触摸屏（HMI）以及物联网网关等技术构建智能化的控制系统，实现自动化、智能化的运维，从整体上提升自动化处理水平。技术人员还可通过电脑或者手机 APP 等方式建立与 RTO 设备的联系，通过电脑或者手机查询设备的运行状态，并根据了解到的运行参数做出相应的调整。

针对设备的检修工作，同样可通过查询设备运行状态了解设备是否存在安全隐患，若存在安全隐患问题，通过智能化运维设计的程序也能实现自动化预警处置，在发现了安全隐患问题后，系统自动提示报警，此时检修人员则需要立即实施检修工作，且通过查询与访问历史数据报表，也能一目了然的了解故障信息，节约了故障排查的时间。除此之外，还可在此基础上安排计划性检修、非计划性的停休工作，以提前发现可能存在的隐患问题，确保 RTO 设备的正常运行^[6]。

3 RTO 设备应用取得的经济效益

RTO 设备应用在沥青类防水卷材生产中可取得显著的经济效益，且相较于传统的有机废气处理工作而言，所产生的经济效益也是从“降低成本”朝向“提升效益”转变，这也为企业的长远健康发展奠定了坚实的基础条件。

从直接经济效益来看，能有效规避非计划停产问题，确保了企业的连续生产，从整体上提升了企业的经济利益。如通过以华北某大型防水材料企业作为案例，在该企业中为有效处理因沥青类防水卷材生产而导致出现的有机废气，就是用了 RTO 设备，为进一步提升处理效率和处理质量，技术人员围绕 RTO 系统运行情况以及企业生产规模和有机废气的处理总量进行了分析，对 RTO 系统中实施了蓄热体升级、智能燃烧控制改造等工艺技术，在改造后，辅助燃料消耗量明显降低，且智能化的控制系统能精准确保燃气的添加情况，确保了废气自身热值能够维持燃烧状态。

结合该企业的有机废气处理量进行计算，发现，在工艺升级后，因处理有机废气而消耗的年天然气总

消耗量从 60 万 m³，降低了 25 万 m³，为公司节约了 100 万元的天然气费用。之后企业加装了尾气余热换热装置，将部分高温净化后得到的具备高热量的气体用于生产线导热油系统中，可进一步节省天然气消耗成本，几乎能为企业节约 40 万。除此之外，得益于工艺优化与技术改造，提升了 RTO 设备运行稳定性，且也延长了设备的使用年限。

从间接经济效益来看，RTO 设备的应用与升级改造，提升了企业有机废气的处理工艺水平，降低了企业生产工作对周围环境带来的负面影响。当前，国家对环境保护的要求持续提升，执法力度持续加大，一旦排放超标，企业将会面临高额的罚款，甚至会造成企业停业整顿，对企业日常工作的开展带来了负面影响，甚至于导致企业发展受限。而在 RTO 设备的应用背景下则能提升企业的环保效益，为企业避免了因为环保要求不达标而造成的罚款和停业整顿问题，这能为企业获取更多的潜在客户、优质客户与订单。

4 结语

总而言之，RTO 技术在沥青类防水卷材生产中的应用，有助于解决沥青类防水卷材生产中出现的高浓度、高污染废气问题，该技术的高效应用能为企业的长远发展提供技术支持。通过对 RTO 技术应用的要点以及工艺升级改造等内容进行了分析，也了解到该技术的应用还能为企业带来一定的经济效益，通过优化工艺设计，确保工艺流程的顺利推进，每一环节的优化均能为企业带来可观的经济效益，这也将有机废气处理从一个昂贵的环保合规成本逐步朝向能取得显著经济效益的投资项目转变，有助于企业实现环境效益和经济效益的双向提升，这需要相关企业引起重视。

参考文献：

- [1] 钱佩刚 .RTO 在沥青类防水卷材生产中的应用及技术优化 [J]. 中国建筑防水 ,2025(03):45-52.
- [2] 马永祥 , 尹意 . 无胎自粘改性沥青防水卷材的辊涂成型工艺 [J]. 中国建筑防水 ,2025(03):53-56.
- [3] 欧安琪 , 易依林 , 胡熙 , 等 . 种植屋面用耐根穿刺防水卷材和防水涂料性能研究 [J]. 建筑科技 ,2024,8(12):54-57.
- [4] 唐开远 , 牛艺凯 . 旋转阀式 RTO 在沥青类防水卷材生产中的应用 [J]. 中国建筑防水 ,2023(08):42-46.
- [5] 肖建庄 , 俞才华 , 肖绪文 , 等 . 废弃防水卷材资源化基本问题与发展路径研究 [J]. 中国工程科学 ,2023,25 (05):210-221.
- [6] 陈春荣 , 杨悦 . 防水卷材绿色低碳的技术要求与实现途径 [J]. 中国建筑防水 ,2023(02):57-60.