

论焦炉煤气净化工艺的研究进展

王宗涛

浙江巴陵恒逸己内酰胺有限责任公司

摘要: 煤炭行业对环境造成的污染影响巨大,因此在行业的发展中,低碳环保生产工艺逐渐成为主流趋势。对于焦炉煤的处理,除了关注整体环保工艺外,更需要深入分析焦炉煤中的氯化氢、硫化氢等有害物质的燃烧固体残渣,确保这些残渣得到完全清除,以避免给生态环境带来巨大的压力,进而阻碍焦化工业的顺利发展。从技术角度来看,将焦炉煤气进行环保转化为工业原料,是实现资源的有效保护的关键。这一做法与我国建设节约型社会的基本发展理念高度契合。通过技术手段的改造,不仅可以减少煤炭行业对环境的不良影响,还可以将废弃物转化为有用的原料,实现资源的再生利用,达到可持续发展的目标。

关键词: 焦炉煤气;净化工艺;发展趋势

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.12.205

引言

我国是全球最大的焦炭生产国,随着社会和经济的迅猛发展,焦化产业的焦炭产量持续增加,已经达到数亿吨,占据了全球焦炭总产量的50%。尽管焦化行业在经济效益方面取得了显著进展,但同时也给环境带来了巨大的污染问题,还导致了大量资源的浪费。焦炉煤气是焦化行业的次产品,每吨干煤平均可以产生约300立方米。然而,焦炉气中的一些成分对环境造成污染,可能对设备传输线路和工人健康产生危害。

鉴于这一现状,对炼焦炉煤气的净化工作势在必行。目标是提高焦炉煤气的可燃成分含量,降低杂质对反应的影响,实现清洁使用焦炉煤气的目标。这不仅是对环境负责,也是对资源的有效利用。通过实际行动,我们能够积极响应我国低碳经济的呼声,推动炼焦行业朝着更为可持续和环保的方向发展。在追求经济效益的同时,我们有责任保护生态环境,倡导可持续的工业发展。

一、焦炉煤气

通过脱氰、脱硫净化处理后,焦炉煤气的提升可燃性和减少有害气体含量,使其在氢气、合成气、甲醇和化肥制造等方面具备更高的利用价值。然而,由于焦炉煤气中可能含有一氧化碳和少量的二氧化硫等有毒气体,当这些杂质超过安全标准时,可能引发输送管道堵塞、运输受阻,甚至可能发生火灾或爆炸等安全事故。如果焦炉煤气直接排放到大气中,可能对环境造成严重的污染。这一过程的关键在于经过脱氰、脱硫净化后的焦炉煤气,成为更清洁和高效的能源资源。其中的高燃烧焓使其在产生高温时表现出色。然而,由于有害气体的存在,必须采取有效的处理手段,确保其符合安全标准,以充分发挥其在工业生产中的优势。

二、焦炉煤气净化工艺节能技术的应用

1. 净化脱硫工序的节能技术措施

我国的一些企业已经引入了一种新颖的湿法脱硫技术,通过对循环冷却水进行低温改造并搭配专用的脱硫装置,成功研发了一项创新的湿法脱硫技术。实践验证了这一新技术的有效性,能够将焦炉气中的苯含量降至 $0.25\text{g}/\text{m}^3$,硫化氢浓度控制在 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。通过从源头入手,这一技术有效地管理了焦炉气的净化质量,对于减轻后期的环境污染问题具有显著的意义。这一新工艺的原理在于通过降低煤气温度、优化工艺参数,从而降低硫化氢的含量,进一步提高脱硫效果。这不仅为焦炉煤气的洁净利用提供了切实可行的解决方案,也为整个行业的可持续发展打开了新的可能性。通过不断创新和引入先进技术,我们有望在焦炉煤气利用中实现更高效、更环保的生产方式。

2. 更换高效换热设备措施

为提升焦炉煤气净化工艺的节能水平,运用高效换热设备是一种行之有效的方法。目前,一些具备卓越性能的设备包括横管冷却器和螺旋板换热器。

在运行时,横管冷却器表现出较大的流速和高达 $840\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$ 的传热效率。采用氨水喷洒方式清除管段上的萘和焦油,成功吸收萘。冷却器具备卓越的传热效果,使焦炉煤气温度在经过冷却后能够下降到 $20\sim 22^\circ\text{C}$ 。含有萘的煤气相较于原煤气温度降低约 3°C ,成功将煤气中的萘减少至 $0.5\text{g}/\text{m}^3$ 以下,有效防止了萘的积聚。螺旋板换热器在实际应用中展现出卓越的传热能力,逆流型转换器通常具有高达 $5000\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$ 的传热率。通过调整换热面积和增加热量的回收量,这种换热器能够更有效地进行能量转换。

3. 脱酸蒸氨工序的节能技术措施

在焦炉气净化中，脱酸蒸氨是一个关键步骤，通常采用蒸氨塔设备进行蒸汽纯化以实现节能目的。当前大多数企业通过将水蒸气直接送至蒸氨塔，然后进行生化处理，以减少能耗。在焦炉气净化中，需要特别关注蒸氨工艺的优化，例如逐步降低苯酚用量和降低污水中的氨气浓度，以减少蒸氨运行对装置的不良影响，从而提高净化的经济效益。此外，为了进一步提高节能水平，可以提高侧线 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的利用率。在脱氨塔装置内，通过吸解过程中侧线 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 提供的热能，可以最大限度地减少蒸汽消耗，从而优化净化工艺。

4. 粗苯蒸馏工序的节能技术措施

焦炉煤气净化工艺中，粗苯蒸馏是关键步骤之一，为了提高能源利用效率，通常采用管式炉进行加热富油脱苯，以实现工序的节能目标。当前主流的富油脱苯方法包括以下几个步骤。利用水蒸气协助蒸馏脱苯，通过加热将富油的温度提升至约 150°C 。采用管式炉进行富油脱苯的加热，广泛应用于实际操作。此方法通过升高富油温度至 190°C ，实现了对煤气净化过程的节能优化，降低了工艺运行的能源消耗，进而提升生产效益。这种富油脱苯的技术手段不仅在提高工艺效能方面有显著作用，同时也对节能减排、提高生产效益等方面产生了积极的影响。

5. 热泵技术

在焦炉煤气净化工艺中，精馏技术是常用的技术之一，但实际操作中存在着塔顶能量利用不充分的问题。为解决这一问题，人们采取了一系列的节能措施，确保热泵蒸馏系统能够正常运行。目前，工程实践中广泛采用热泵技术，即通过将热量从塔顶（较低温度）传输到底部（较高温度），实现对低温热源的高效利用。实例分析表明，采用热泵技术对焦炉气进行净化具有显著的节能效果。在具体操作中，利用热交换器对废水中的氨氮进行换热，将其送到蒸氨塔，通过水蒸气的加热提高塔底温度。同时，将热泵系统设置在蒸氨废水池上方，对蒸氨塔所需的水蒸气进行处理，并确保经热泵处理后送回塔顶。

三、我国焦炉煤气净化工艺的缺陷问题

国内目前已经在焦炉气治理方面取得了一些研究和应用成果，尤其是对于 SO_2 的处理有了明显的进展。然而，对于更为复杂的有机硫化物，治理仍然存在及时性和彻底性不足的问题。目前采用的焦炉煤气干法净化方法首先对具有复杂形貌的有机硫化物进行预处理，随后使用相关技术将其转化为硫化氢，最终与吸收剂结合，

实现全面脱除。这一过程的核心是利用催化剂的加氢效应，在高温条件下将焦炉气高效转化为硫化氢。在这种工艺中，固态吸收剂主要采用锰矿作为原料，因其经济性能较高而被广泛使用。然而，从纯化的角度看，该方法仍存在一些不足之处。

首先，国内现有的干法精制工艺并不完善，存在一些方面的不足，难以实现对焦炉气中各种杂质的高效脱除。其次，干法工艺在净化效果方面并不能得到充分的保证，特别是对于有机硫浓度在 $700\text{mg}/\text{m}^3$ 以上的情况，其转化率无法满足甲醇合成的需求。而对某些形貌比较复杂的含硫组分，处理效果也不理想。第三，催化剂在温度低于 -30°C 时活性较差，容易积碳。第四，催化剂的耐压碎性能差，同时存在着堆料密度过大等物理工艺难题。目前，国内外对焦炉煤气中 CO 和 CO_2 含量超标的研究主要侧重于干法脱硫和净化方面。如何降低干法脱硫过程中甲烷生成量，高效提升有机硫转化效率，以及避免温度过低引起的积碳等问题，是亟待解决的科学问题。

四、我国焦炉煤气净化工艺的未来发展趋势

在全球最大的煤炭生产国，中国，焦炉煤气净化领域展现出良好的发展前景。目前，我国正在积极研发和应用新的干式净化技术和变温吸附技术，这两种技术均表现出色。以下将重点探讨将这两种方法结合应用的可能性，以及对我国焦炉煤气净化过程未来发展的影响。

（一）变温吸附净化工艺

1. 工艺概述

采用变温吸附法是一项先进的焦炉气净化和脱硫技术，其核心理念在于充分利用焦炉气中硫化物的吸附特性，该吸附容量随着温度的升高而急剧减小。这一技术利用吸附剂对焦炉煤气中的杂质进行高效吸附，实验证明，吸附剂在高温条件下对硫化物的吸附能力降低，从而促进硫化物的释放。

通常情况下，气体中的硫化氢与空气中的氧气发生放热反应，添加活性碳等催化剂可以加速这一过程。各种脱硫过程都在活性炭表面进行，充分发挥了其卓越的吸附性能，实现了高效脱硫的目标。基于这一基础，提出了一种创新的催化方法，即通过催化气体中的硫化氢与氧气发生反应，形成水雾，并将其溶解，从而强化脱硫效果在去除氨成分的过程中，考虑到氨不具备弱碱性性质，必须与硫化氢（酸性物质）结合，以实现酸碱中和的效果。这一策略有助于硫化氢分子的有效吸附，从而进一步提高脱硫速率。变温吸附工艺通过精妙地利用

温度变化和吸附剂特性，为焦炉煤气净化提供了一种高效、灵活的解决方案。

2. 工艺流程

在进行变温吸附过程时，确保操作环境良好且具有足够的空间至关重要。初始阶段通过高温热处理工艺，在粗脱硫塔中对焦炉气中的焦油、硫等杂质进行了初步脱除，利用水蒸汽与含硫物种反应，快速去除含硫物种，为后续变温吸附创造洁净的运行环境。随后，采用高容量的活性炭吸附剂和再生过程，着重在精脱硫塔中设置变温吸收设备，以实现烟气的脱硫。计划采用双塔工艺，通过双塔之间的交替操作，实现变温吸附，以提升吸附效果。

然而，在焦炉气提纯过程中，面临双塔内存在硫浆堵塞等杂质阻塞的问题。为解决这一难题，需要对再生工艺进行优化，确保硫化物得到精确分离。对于盐塞问题，应采取“控盐”措施，最大限度地抑制副盐物的形成，并强化入口气源隔离作用。主要操作包括对塔内调整器进行维修或替换，确保塔内水位调整控制平稳，以实现最佳脱硫效果。总体而言，需要根据具体情况采取差异化的措施，以保障变温吸附工艺的有效运行。这涉及对各种堵塞情况的及时响应和维护，确保系统稳定运行，获得可靠的净化效果。

(二) 新型干法净化工艺

1. 工艺概述

新型焦炉煤气净化工艺相对于传统的干法脱硫净化方法的创新。新工艺的关键特点在于其高效处理有机硫化物、低温活性催化剂的采用以及对于复杂形态硫物质的专注处理。在传统方法中，使用铁钼催化剂，需要高温条件下（高达500℃）将有机硫转化为硫化氢，接着使用低成本吸附剂去除硫化氢等物质。然而，这种方式的局限性在于只能满足一般系统的净化需求，难以适应高级工业项目，如甲醇生产等。因此，新型焦炉煤气净化工艺强调对有机硫含量的精细分析，尤其是当含量较高时（通常达到650mg/m³或以上），需要采用专注于硫的基本复杂形态的干法净化方法。这一创新工艺采用低温活性催化剂，具备化学性质稳定的特点，能够快速有效地处理焦炉煤气中各种复杂形态的硫物质。与此同时，新型催化剂还能进行转化加氢，整体上，其脱硫净化水平相对较高。这种创新工艺展示了在高硫含量情况下更为灵活、高效的应对方式。

2. 工艺流程

在焦炉煤气脱硫实验中，我们引入了JT-1加氢催化

剂，操作温度约为400℃。首先，通过模拟焦炉煤气，详细分析其中的有机硫成分，全程确认是否含有乙烯、丙烯等杂质。催化剂表现出了处理多种复杂形态的有机硫化物的能力，尽管对于某些噻吩类有机硫化物可能受到脱硫平衡限制的制约，但也需要考虑其他处理方法。煤炭企业通常采用JT-1加氢催化剂进行的生产试验之一是串联进行的粗脱硫试验。该试验在400℃的温度条件下进行，首先检测焦炉煤气中是否含有乙烯、丙烯等有机物杂质，然后通过加氢转化提高有机硫物质的转化率，最高可达97%以上。从这个角度来看，对焦炉煤气进行深度净化是可行的。

此外，丙级加氢催化剂串联试验也是常见的实践，同样在400℃的温度环境中进行催化剂工艺试验，快速检测焦炉煤气中的有机杂质成分。丙级加氢催化剂在有机硫净化处理效率方面可达更高的99%，突显了该试验对焦炉煤气更为显著的转化效果。这凸显了串联试验的优越性，更为有效地处理焦炉煤气中的有机硫成分，提高净化效果。

结束语

传统的焦炉煤气生产过程采用水蒸气转换技术，然而这一过程不可避免地引发大量杂质产生，导致环境严重污染。为解决这一问题，必须从源头入手，对焦炉煤气中的焦油、有机硫和氰化物等杂质进行有效净化。因此，本文提出了一种新型的干式脱硫净化技术和一种变温吸附式脱硫净化技术，旨在借鉴并实际应用这两种方法，以提高企业产品品质和生产经济效益。

参考文献

- [1] 许贤德, 周长亮, 王大利等. 焦炉煤气脱硫脱氰工艺进展及展望[J]. 当代化工研究, 2021, (16): 139-141.
- [2] 刘丽丽. 焦炉煤气净化工艺研究现状及发展趋势[J]. 山东化工, 2021, 50(08): 63-64.
- [3] 袁晓东. 焦炉煤气磷酸洗氨稳定运行的技术研究[J]. 燃料与化工, 2020, 51(05): 26-29+32.
- [4] 张玉亭, 张家玮. 清洁能源——焦炉煤气净化脱硫主流工艺比较[C]//中国环境科学学会. 2020中国环境科学学会科学技术年会论文集(第一卷). 河北绿业环保科技有限公司; 河北科技大学, 2020: 4.
- [5] 田向农. 新型焦炉煤气净化工艺的开发及进展[J]. 山西化工, 2020, 40(03): 42-43+49.
- [6] 杨立美. 焦炉煤气净化中的变温吸附脱硫工艺设计[J]. 化学工程与装备, 2020, (06): 195-196.