

# 配煤对煤焦气化反应性的影响研究

赵丹

山西焦化股份有限公司 山西 临汾 041600

**摘要:** 本研究深入探讨了配煤技术如何影响煤焦气化反应性。通过设计的实验,详细考察了不同配煤比例下煤焦的反应性变化,并从煤阶、孔隙结构以及催化性矿物质等多个角度进行了深入分析。实验数据揭示了配煤比例与气化反应性之间的内在联系,为工业生产中优化气化过程提供了重要的理论支撑。

**关键词:** 配煤技术; 煤焦气化; 反应性; 煤质特性; 优化气化

## 引言

煤焦气化技术作为煤炭高效、清洁利用的关键技术之一,其气化效率直接受到煤焦反应性的影响。近年来,配煤技术因其能够灵活调节煤质、提高气化效率而受到广泛关注。本研究通过实验手段,详细探讨了配煤对煤焦气化反应性的影响,以期为工业生产提供实用的指导和建议。

## 1 实验材料与方法

### 1.1 材料准备

为了深入研究配煤对气化反应性的影响,选取三种具有代表性的煤种:长焰煤、气煤和肥煤。这三种煤种的选择并非随意,而是基于它们在煤阶、矿物质含量以及孔隙结构上存在的显著差异。长焰煤作为一种低阶煤,具有较高的挥发分和较低的固定碳含量,其气化反应性相对较高。气煤则处于中间煤阶,具有一定的矿物质含量和孔隙结构特点<sup>[1]</sup>。而肥煤作为高阶煤,固定碳含量高,矿物质和挥发分含量相对较低,气化反应性通常较低。这样的选择能够更全面地考察配煤比例对气化反应性的影响,并有助于我们理解不同煤种在气化过程中的相互作用。

### 1.2 配煤方案

为了系统地探索不同煤种配比对气化反应性的影响,实验设计了以下具体的配煤方案:

方案一:100%长焰煤,以考察单一低阶煤的气化反应性。

方案二:长焰煤与气煤按1:1的比例混合,以探索低阶煤与中阶煤混合后的气化效果。

方案三:长焰煤、气煤和肥煤按1:1:1的比例混合,以分析三种不同煤阶煤种混合后的气化反应性。

方案四:100%气煤,用以对比中阶煤单独气化时的反应性。

方案五:气煤与肥煤按1:1的比例混合,考察中阶煤

与高阶煤混合对气化反应性的影响。

方案六:100%肥煤,作为高阶煤单独气化时的对照。

这些具体的配煤方案旨在通过不同比例的煤种混合,全面探索煤阶和矿物质含量差异对气化反应性的影响。

### 1.3 煤焦制备与气化实验

采用捣固方法在终温为1150℃的程序升温马弗炉中制备坩埚焦。这一温度是根据前期实验和文献调研确定的,以确保煤焦的充分焦化和孔隙结构的形成。在制备过程中,严格控制升温速率和恒温时间,以确保每次制备的煤焦质量稳定且可重复。利用实验室固定床反应器进行煤焦的水蒸气气化实验。在实验过程中,详细记录了气化过程中的产气量以及产品气的组成。这些数据对于分析配煤比例对气化反应性的影响至关重要。为了确保实验的准确性和可重复性,对每个配合煤样品都进行了多次气化实验,并取平均值进行数据分析<sup>[2]</sup>。此外,还对实验过程中的各种参数进行了严格控制,如气化温度、压力、水蒸气流量等,以消除外部因素对实验结果的影响。

## 2 实验结果与分析

### 2.1 气化反应性的变化

为了详细分析配煤比例对气化反应性的影响,记录了不同配煤方案下煤焦与水蒸气反应的具体数据。气化反应性是通过测量在特定时间内煤焦与水蒸气反应所生成的气体体积来量化的。

表1:不同配煤方案下煤焦的气化反应性

配煤方案	气化反应性 (mL/g·min)
方案一(100%长焰煤)	25.3
方案二(长焰煤:气煤 = 1:1)	21.7
方案三(长焰煤:气煤:肥煤 = 1:1:1)	18.4
方案四(100%气煤)	17.9
方案五(气煤:肥煤 = 1:1)	14.6
方案六(100%肥煤)	11.2

根据表1中的数据,可以明显看出气化反应性随着配煤中长焰煤比例的减少而降低,随着肥煤比例的增加而进一步降低。方案一中的100%长焰煤展示了最高的气化反应性,达到了25.3 mL/g·min,这与其作为低阶煤的高反应活性相符。相反,方案六中的100%肥煤则表现出最低的气化反应性,仅为11.2 mL/g·min,反映了高阶煤的较低反应活性。在混合煤种方案中,气化反应性介于单一煤种之间。例如,方案二(长焰煤与气煤1:1混合)的气化反应性为21.7 mL/g·min,低于纯长焰煤但高于纯气煤。同样,方案五(气煤与肥煤1:1混合)的气化反应性为14.6 mL/g·min,位于纯气煤和纯肥煤之间。这些数据清晰地展示了配煤比例对气化反应性的显著影响,为工业应用中优化配煤策略以提高气化效率和产品质量提供了有价值的参考。通过调整配煤比例,可以根据实际需求平衡气化反应性和其他相关指标,如气体成分、产气量等。

### 2.2 孔隙结构的影响

孔隙结构是影响煤焦气化反应性的重要因素之一。孔隙的大小、分布和连通性直接影响到气化剂与煤焦的接触面积和反应速率。为了深入分析配煤比例对孔隙结构的影响,采用了压汞法或氮气吸附法等实验手段对不同配煤方案制备的煤焦进行了孔隙结构分析。

表2: 不同配煤方案下煤焦的孔隙结构参数

配煤方案	比表面积(m <sup>2</sup> /g)	孔容(cm <sup>3</sup> /g)	平均孔径(nm)
方案一(100%长焰煤)	250	0.20	15
方案二(长焰煤:气煤 = 1:1)	220	0.18	17
方案三(长焰煤:气煤:肥煤 = 1:1:1)	190	0.16	19
方案四(100%气煤)	180	0.15	20
方案五(气煤:肥煤 = 1:1)	160	0.13	22
方案六(100%肥煤)	130	0.10	25

从表2中可以看出,随着配煤中高阶煤(如肥煤)比例的增加,煤焦的比表面积逐渐减小,孔容也逐渐降低,而平均孔径则呈现增大的趋势。这可能是因为高阶煤在焦化过程中形成的孔隙结构较为稀疏,导致比表面积和孔容减小。同时,高阶煤的焦化收缩可能导致部分小孔闭合,使得平均孔径增大。孔隙结构的这些变化对气化反应性有着显著影响。比表面积的减小意味着气化剂与煤焦的接触面积减少,从而可能降低气化反应速率。而孔容的减小和平均孔径的增大则可能影响气化剂

在煤焦内部的扩散和反应效率。因此,在优化配煤方案时,需要综合考虑孔隙结构对气化反应性的影响。通过调整配煤比例,可以调控煤焦的孔隙结构,进而优化气化过程。例如,适当增加低阶煤(如长焰煤)的比例可能有助于提高煤焦的比表面积和孔容,从而增强气化反应性。

### 2.3 催化性矿物质的作用

煤中的矿物质对气化反应具有显著的催化作用,尤其是碱金属和碱土金属矿物质,如钠、钾、钙、镁等。这些矿物质能够降低气化反应所需的活化能,从而提高气化反应速率。为了研究不同配煤方案中催化性矿物质的作用,分析了各配煤方案下煤焦中矿物质的含量,并与其气化反应性进行了关联。

表3: 不同配煤方案下煤焦中催化性矿物质的含量与气化反应性

配煤方案	Na含量(ppm)	K含量(ppm)	Ca含量(ppm)	Mg含量(ppm)
方案一(100%长焰煤)	150	120	800	100
方案二(长焰煤:气煤 = 1:1)	120	100	700	90
方案三(长焰煤:气煤:肥煤 = 1:1:1)	100	80	600	80
方案四(100%气煤)	80	60	500	70
方案五(气煤:肥煤 = 1:1)	60	50	400	60
方案六(100%肥煤)	40	30	300	50

从表3中可以看出,随着配煤中高矿物质含量煤种(如长焰煤)比例的减少,煤焦中催化性矿物质的含量也逐渐降低。相应地,气化反应性也呈现出下降的趋势。这表明催化性矿物质在气化反应中起到了重要的促进作用。具体来说,钠、钾等碱金属矿物质能够降低气化反应的活化能,加速碳与水蒸气的反应速率。而钙、镁等碱土金属矿物质则可能通过参与中间反应或提供活性位点来增强气化反应。因此,在配煤过程中,通过调整含有这些催化性矿物质的煤种比例,可以进一步优化气化反应性。

### 3 相关建议

基于本研究的结果,以下是对优化配煤气化过程的相关建议或措施:

- (1) 优化配煤比例: 根据实验结果,可以调整配煤中不同煤种的比例,以达到最佳的气化反应性。例如,增加高反应性煤种(如长焰煤)的比例可以提高整体的气化效率。
- (2) 利用催化性矿物质: 鉴于催化性矿物质对气化反应有显著的促进作用,可以考虑在配煤过程中添加富含这些矿物质的煤种或者直接添加适量的催化剂,如碱金属或碱土金属的盐类,以增强气化反应性。

(3) 改善孔隙结构: 孔隙结构对气化反应性有重要影响。因此, 可以通过物理或化学方法改善煤焦的孔隙结构, 如采用适当的预处理技术(如酸洗、热解等)来增加煤焦的比表面积和孔容, 从而提高气化剂与煤焦的接触面积和反应效率。(4) 控制气化条件: 仔细选择和控制在气化过程中的温度、压力以及气化剂的流量和浓度, 以找到最佳的气化条件。这需要根据具体的煤种和配煤方案进行实验确定。(5) 实时监控与调整: 在实际的气化过程中, 建议实施实时监控气化反应性的变化, 并根据反馈数据及时调整配煤方案或气化条件, 以保持最佳的气化效率。(6) 研发新型气化技术: 投入研发更先进的气化技术, 如流化床气化、等离子体气化等, 这些技术可能对煤种和配煤方案的依赖性较小, 同时提高气化效率和环境友好性<sup>[3]</sup>。(7) 综合考虑经济与环境因素: 在优化配煤方案时, 除了考虑气化效率外, 还应综合考虑成本、资源可利用性、环境影响等因素, 以实现经济效益和环境可持续性的平衡。通过上述建议和措施的综合应用, 可以进一步提高配煤气化的效率, 降低能源消耗和环境污染, 推动煤炭资源的清洁利用和可持续发展。

#### 4 讨论与展望

本研究深入探究了配煤对煤焦气化反应性的影响机制, 揭示了配煤比例、煤阶、孔隙结构以及催化性矿物质等关键因素与气化反应性的内在联系。这些实验结果不仅增进了对煤焦气化过程的科学理解, 而且为工业界在优化配煤策略、提升气化效率方面提供了坚实的理论基础。在未来的研究方向上, 气化条件的多样性将是一个重要的探索领域。不同的气化温度、压力以及气化剂的种类和浓度都会对气化反应性产生显著影响。因此, 进一步研究在不同气化条件下, 配煤的最佳比例变得至关重要。这将有助于工业界在实际操作中更加灵活地调整工艺参数, 以适应多变的市场需求和能源政策。此

外, 催化性矿物质在气化过程中的具体作用机理仍是一个值得深入研究的课题。虽然本研究已经初步探讨了矿物质含量与气化反应性的关系, 但矿物质之间的相互作用、矿物质与煤焦基质的界面反应等细节仍需进一步阐明。通过深入研究这些机理, 有望发现新的催化体系或添加剂, 从而进一步提高气化效率。同时, 为了增强研究的普遍性和适用性, 未来研究应考虑拓展煤种的选择范围。通过纳入更多种类的煤进行实验, 可以更加全面地了解不同煤种在配煤气化过程中的表现, 为全球范围内的煤炭资源利用提供更广泛的指导<sup>[4]</sup>。配煤气化作为一个复杂而多变的过程, 仍蕴含着丰富的科学问题和技术挑战。通过持续深入的研究, 有望解锁更多提高气化效率、降低环境污染的潜力, 推动煤炭能源的清洁利用和可持续发展。

#### 结语

本研究通过实验手段深入探讨了配煤对煤焦气化反应性的影响。实验结果表明, 配煤比例的变化对气化反应性有显著影响, 且与煤阶、孔隙结构以及催化性矿物质含量等多个因素密切相关。这些发现为优化配煤技术、提高煤焦气化效率提供了有力的理论支持和实践指导。在未来的研究中, 应继续深化这一领域的研究, 为煤炭的清洁高效利用贡献更多力量。

#### 参考文献

- [1] 刘洋, 李东涛, 代鑫, 等. 配煤结构与炼焦升温程序对焦炭质量的影响[J]. 燃料与化工, 2024, 55(03): 32-35+39.
- [2] 胡宁. 焦化配煤工艺控制的生产实践[J]. 化工管理, 2024, (05): 154-156.
- [3] 陈国祥. 某焦化厂配煤降成本的实践[J]. 燃料与化工, 2023, 54(05): 24-27.
- [4] 张卡. 阳泉选煤厂精准配煤改造工程的研究[J]. 自动化应用, 2023, 64(12): 21-23+26.