

# 煤化工气化工艺技术的选择

姜 凯

浙江石油化工有限公司 浙江 舟山 316000

**摘 要：**化学工业的发展离不开气化过程。气化过程在煤化工生产中起着关键作用。我国煤制气化工有着漫长的发展历程，并取得了一定的成效。该文综述了煤化工气化工艺技术的主要基本原理、特征以及分类，并详细分析了GE水煤浆加压气化工艺、GSP干粉灭火剂加压气化工艺、壳式干粉灭火剂加压气化工艺、鲁奇下吸式固定床煤炭的加压气化工艺，以及大气下吸式固定床无烟煤（或焦炭）的富氧化工艺等主要气化工艺技术。探讨了气化工艺技术选择的原则，包括根据煤质、煤气加工产品及用途以及装置规模进行科学合理的选择，展望了煤化工的发展趋势。以期为相关工作起到参考作用。

**关键词：**煤化工；气化工艺；技术选择

引言：煤化工气化工艺技术是煤化工领域的重要组成部分，其发展水平直接关系到煤化工产业的竞争力和可持续发展能力。随着全球能源结构的调整 and 环境保护意识的增强，煤化工气化工艺技术面临着新的挑战 and 机遇。本文旨在通过对煤化工气化工艺技术的全面梳理 and 分析，为煤化工产业的发展提供有益的参考 and 借鉴。

## 1 煤化工气化工艺技术的特点及原理

浙江石油化工有限公司气化装置采用多喷嘴对置式水煤浆气化技术，多喷嘴对置式气化装置的碳利用率高，甲烷含量低，不产生固定床气化工艺中产生的焦油、酚及高级烃等有机副产物，环境污染及污水排放较少，且处理相当简单。从生产线上看，本装置前后流程长、生产线相互循环交叉，因此具有工作面宽、操作难度高、操作关联性大、日常维护点多、检维修工作量较大的特点。多喷嘴对置式水煤浆气化技术，采用高纯空气和水煤/焦浆为主要原料，并通过气流床反应器，在加压或非催化的情况下完成了部分氧化过程，最后得到以CO、H<sub>2</sub>型气体为主要有效成分的粗合成气。多喷嘴对置式气化炉一般采用撞击流动设计原理，按气化炉的喷嘴流场构造又可分成六大区：射流区、冲击区、撞击流股、回流区、折返流区和管流区。合理的流场设计使颗粒材料在气化炉内的温度分布更利于气化过程的进行，也减少了短路过电流材料的数量，从而提高了碳有效利用率；平推流长的生产线相互循环交叉，本工艺气化压力为~6.5MPa，温度为~一千三百度，在此高温下化学反应速率相对较快，而气化过程速率为传递过程控制。因此采用喷嘴对置、调整炉型设计和尺寸，可使炉内产生大量撞击热流，以提高气体混合和热质的处理过程，并建立炉内适宜的喷嘴流场系统，以便获得更佳的技术和

工程价值。洗涤及冷却机组主要是由喷淋试验床和鼓泡床构成的复合床，获得了良好的抑制合成气和水、带灰性。而合成气的最终处理设备，则是由混合器、旋风分离器、太阳能热冲洗塔等装置所构成，具有效率较高、节能的特性。渣的热处理工艺装置和除灰单元中的核心元件都使用了蒸发热水塔，并采用蒸汽与循环除灰水进行的换热方法，所以具有除灰水温度较高、蒸汽利用完全、耐堵渣、节能、生产周期长等特性。

## 2 煤化工气化工艺技术分类

### 2.1 GE水煤浆加压气化工艺

GE水煤浆加压气化工艺，以其独特的流体参数床加压气化工艺，既可以用于生产烯烃、大气甲烷、氨等重要化工原料，同时也能够实现有效的联合循环发电，发电效益明显，真正实现了对煤炭资源的环保、清洁化利用。浙江石油化工有限公司气化装置采用的多喷嘴对置式气化装置，针对其装置特性，多采用以下技术：（1）先进的带压连投技术。由于多喷嘴对置式气化炉的两对喷嘴有各自独立的控制系统，在气化炉运行过程中一对喷嘴因非喷嘴故障停止运行后，另外一对喷嘴可以正常工作维持后系统的生产，消除故障后，停车工艺烧嘴可在另一对烧嘴正常工作情况下进行带压连投以恢复正常生产。带压连投技术减少了气化炉开、停车次数，在给用户带来经济效益的同时，还大大减轻了操作、维修人员的劳动强度，在一定程度上提高了全装置的安全性。（2）无波动倒炉技术。根据多喷嘴对置式气化装置的特点，在需要进行气化炉倒炉时，可进行在线无波动倒炉。倒炉过程按先开后停的方式进行，即先将需投入运行的气化炉一对喷嘴投料、升压，并入系统运行，然后再将正在运行的气化炉从另一个喷嘴中带压连投并开始运行，

最后从将要退出的气化炉的另一个喷嘴退出。该流程通常在2~3个小时内完成。其间,前后系统压力基本没有波动,系统负荷波动也较小,实现了系统的平稳运行。

## 2.2 GSP干粉加压气化技术

GSP干粉加压气化技术与GE水煤浆加压气化技术相辅相成,同样在煤化工领域占据一席之地。该技术主要通过气流床加压的方式,驱动气化过程的高效运行。在原料处理上,GSP技术采用了精细化的加工流程。干粉原料需先经过严格的干燥和精磨处理,以确保其达到气化所需的粒度与湿度要求<sup>[1]</sup>。这些经过精心准备的原料被送入气化炉内,开始气化过程。气化炉的设计同样别具一格。炉顶作为气化反应的入口,而水冷壁则巧妙地构成了气化炉的内部结构,有效提升了炉体的耐高温性能和使用寿命。更为先进的是,GSP技术通过单一燃烧器的设计,实现了气体在炉内的均匀、高效燃烧,进一步提升了气化效率。GSP干粉加压气化机组在规模上同样令人瞩目。规模最大的机组一次可投入高达720吨的褐煤进行气化,这一数据在行业内堪称领先。该机组还采用了成本较低的冷水流程,有效地降低了化工生产成本。

## 2.3 壳式干粉加压气化技术

壳式生石灰加压气化技术和GSP干粉气化技术虽然同是生石灰自然气化方法的一部分,但二者在气化煤炭的品种和气化方法上却各有千秋。由于壳式生石灰自然气化方法的气化煤炭品种广阔,包括了无烟煤、高灰熔点煤炭、低烟煤等各类煤炭类型,给煤化工领域带来了更加多样的资源选择。与GSP技术类似,壳式干粉气化技术也要求对生石灰原料进行加热预处理,并保证其达到理想气化条件。在具体气化方法上,壳式干粉加压气化技术也展现出了其特殊之处。该技术采用从炉底进料的方式,与GSP技术从炉顶进料的设计形成鲜明对比。这一设计不仅优化了气化过程中的物料流动,还提升了气化效率。在产能方面,壳式干粉加压气化技术同样表现出色。世界上最大的壳式干粉气化炉已具备2000吨/天的煤炭产能,这一数据在行业内遥遥领先。炉内气化压力高达3.0MPa,为高效、稳定的气化过程提供了有力保障。

## 2.4 鲁奇固定床煤加压气化技术

鲁奇下吸式固定床煤加压气化工艺,不但需要原料具有优异的热稳定性和物理化学活性,而且还要特别强调其机械稳定性,从而保证了气化流程的顺利完成。在原材料使用方面,鲁奇技术是采用了不粘煤的方法弱粘结的原煤和自然气化褐炭为气化原料<sup>[2]</sup>。这些煤种在我国肥料产业的城市制造中有着广阔的应用,由于它们相对稳定的特性和适宜的热气化特性,促使鲁奇工艺成为

中国肥料制造应用的首选方法。固定床空气和蒸汽间歇气化,是鲁奇固定床煤加压气化技术的另一大特点。这一气化方式不仅优化了气化过程中的物料流动与热量传递,还通过间歇操作的方式,实现了气化效率与产品质量的双重提升。

## 2.5 大气固定床无烟煤(或焦炭)连续富氧气化技术

大气固定床无烟煤(或焦炭)连续富氧气化技术,通常选用粒径精确控制在8mm至10mm之间的无烟煤或焦炭,这些原料具有高热值、低灰分、低硫分等优良特性,为高效气化提供了坚实基础。在气化方式上,该技术采用富氧气化方法,通过连续供氧,使原料在固定床内充分燃烧,实现了气化过程的连续性和稳定性。这一气化方式不仅显著提高了原料的利用率,还使得气化效率大幅提升,有效降低了生产成本。大气固定床无烟煤(或焦炭)连续富氧气化技术还具有气化设备维护少的优点。由于气化过程稳定,设备磨损程度大大降低,从而减少了设备的维护频次和维修成本。该技术对自然环境的负面影响极小,真正实现了绿色、环保的气化生产,特别适合于无烟煤资源丰富的地区推广和应用。

## 3 气化工艺技术选择的原则

煤化工气化工艺技术的选择是一个复杂而关键的过程,它直接关系到气化效率、生产成本、产品质量以及环境友好性等多个方面。为了确保气化工艺技术的选择科学合理,我们需要遵循一系列明确的原则,以下是对这些原则的详细阐述。

### 3.1 根据煤质选择相应的气化工艺

煤质是气化工艺技术选择的首要考虑因素。不同种类的煤具有不同的化学组成、物理性质和反应活性,这些特性直接决定了气化过程中的反应速率、产物分布和能耗水平。在选择气化工艺时,必须充分考虑煤的灰分、硫分、挥发分、固定碳含量以及热值等关键指标。对于高灰分、高硫分的煤种,需要选择能够有效脱除灰分和硫分的气化工艺,以减少环境污染和后续处理的成本<sup>[3]</sup>。而对于挥发分高、反应活性好的煤种,则可以选择气化效率高、操作简便的气化工艺,以充分发挥煤的潜在价值。而对于那些挥发分含量高、反应活性出色的煤种,选择气化效率高且操作流程简洁的工艺则显得尤为重要。这样的工艺不仅能够最大化地挖掘煤的潜在利用价值,还能有效提升整体生产效率,降低能耗。考虑到煤的热值,对于高热值煤种,应选择能够充分利用其高热值特性的气化工艺,以实现能源的最大化转换和利用。

### 3.2 根据煤气加工的产品及用途选择气化工技术

煤气加工的产品及用途也是气化工艺技术选择的重

要依据。不同的气化工艺可以生产出不同种类和品质的煤气，这些煤气在后续的化工合成、发电、燃料等领域有着广泛的应用。在选择气化工艺时，必须明确煤气加工的产品及用途，以确保气化工艺能够满足后续加工的需求。如果煤气主要用于合成氨或甲醇等化学品，那么需要选择能够生产出高纯度、高活性煤气的气化工艺；如果煤气用于发电，则需要选择气化效率高、运行稳定的气化工艺，以提高发电效率和经济效益。若煤气计划用于城市燃气供应或作为工业燃料，则需考虑气化工艺生产出的煤气是否具备适宜的热值和燃烧稳定性，以保障供气的连续性和安全性。对于追求多元化产品产出的煤气加工项目，还应选择具备灵活调整煤气组分能力的气化工艺，以适应不同产品对煤气成分的具体要求。

### 3.3 强调装置规模的大型化对气化工艺选择的影响

装置规模的大型化是煤化工气化工艺发展的必然趋势。大型化不仅可以提高生产效率、降低生产成本，还可以减少占地面积、降低能耗和排放。在选择气化工艺时，必须充分考虑装置规模的大型化对气化工艺的影响。一方面，大型化要求气化工艺具有更高的稳定性和可靠性，以确保生产过程的连续性和安全性；另一方面，大型化也要求气化工艺具有更高的自动化和智能化水平，以提高生产效率和产品质量。在选择气化工艺时，需要优先选择那些已经在大规模生产中得到验证、具有成熟技术和稳定性能的气化工艺。煤化工气化工艺技术的选择是一个综合考虑多个因素的过程。

## 4 煤化工的发展趋势

煤化工技术已经有了接近百年的发展历史了，从上世纪的炼焦技术到本世纪的完全液化工艺和再气化发电技术，煤化工的发展过程从单纯到复杂。煤化工科技始终紧跟全球经济的发展与成熟，从而促进了全球经济的发展。在未来一段时间里，对煤化工科技的探讨将重点

关注于下面的这些目标中：（1）积极研究煤清洁气化关键技术，为煤炭化工发展提供基础原料，煤化工技术在现代煤化工技术中占有重要地位，全球各国也将主要研究煤气化技术；（2）能源安全和环境问题仍是影响我国煤化工技术产业发展的关键。由于我国各地环境污染问题的增加，人民群众对生产经营活动中有关环保的各种因素都会特别重视，而煤化工产业对环境的损害也特别大，因此公众将着重关注煤化工行业在环境中的危害问题。（3）煤化工产业将更加注重资源的综合利用与循环经济<sup>[4]</sup>。煤化工企业将更加重视煤炭资源的深度加工和高效利用，通过构建循环经济产业链，实现资源的最大化利用和废弃物的最小化排放。（4）智能化与自动化技术的应用将推动煤化工产业的转型升级。随着信息技术的快速发展，智能化、自动化技术将广泛应用于煤化工生产流程中，提高生产效率，降低运营成本，同时增强生产过程的安全性和稳定性。

结束语：煤化工气化工艺技术的选择和发展是一个复杂而关键的过程。在未来，随着煤炭资源的日益紧张和环境保护要求的不断提高，煤化工气化工艺技术将更加注重洁净、高效和环保。通过不断的研发和创新，煤化工气化工艺技术将为煤化工产业的可持续发展注入新的活力和动力。

### 参考文献

- [1]杨广海.分析煤化工工艺与设备的关键技术[J].化工管理,2020,No.548(05):122-123.
- [2]吴同舫.E-Gas气化工艺高效节能技术浅析[J].中氮肥,2020,No.215(05):22-24+46.
- [3]杜若宇.我国煤化工气化工艺与设备的关键技术分析[J].化工设计通讯,2020,46(07):4+7.
- [4]肖超.分析煤化工工艺与设备的关键技术[J].石化技术,2019,26(08):232+236.