

经济效益背景下优化甲醇生产工艺的研究

薛 钢（河北峰煤焦化有限公司，河北 邯郸 056202）

摘要：甲醇属于一种重要的化工原料及清洁能源，近年来，各领域与其需求量日益增长。面对日益严峻的环境污染及能源紧缺问题，加强对甲醇生产工艺的优化和改进势在必行。鉴于此，依托于经济效益背景，对甲醇生产工艺展开重点研究，明确甲醇生产工艺优化的必要性，并在掌握传统甲醇生产工艺流程以及原理的基础上，制定科学可行的甲醇生产工艺方案。

关键词：经济效益背景；甲醇生产工艺；优化

0 引言

基于经济效益背景下，对甲醇生产工艺加强优化与完善，合理应用技术手段，除了能让甲醇制取机期间氢气量大、甲醇浓度不足的问题得到合理解决外，还可以减少能源的损耗，比如天然气等，促进企业经济效益的提升。同时优化甲醇生产工艺，温室气体的排放也能减少，真正达到社会生态环境改善的目的，有利于人与自然的和谐发展。

1 经济效益背景下优化甲醇生产工艺的必要性

1.1 有助于甲醇生产效率和产量的提高

依托于经济效益背景，利用合理的方式优化甲醇生产工艺，改进反应条件，合理选择催化剂，能够让甲醇生产的效率和产量提升。高效率的生产工艺对原材料以及能源的消耗降低有促进作用，达到对生产成本有效减小的目的，这对企业经济效益的提高积极影响^[1]。

1.2 有助于产品质量的提高

不断优化甲醇生产工艺，对产品质量以及纯度的提高有促进作用。通过对反应条件及工艺流程的不断改进和创新，能降低杂质及副产物的生成，对甲醇的纯度、稳定性增强有积极效果。并且优化甲醇生产工艺，甲醇市场竞争力也会随之提高，有助于企业盈利能力的增强^[2]。

1.3 有助于环境污染的减少

在传统甲醇生产工艺中，通常会产生大量的废水以及废气，对环境造成严重污染。通过引进新的催化剂，并加强对工艺流程的改进与优化，能够让废物的产生量下降，避免有害物质大量排放，真正达到甲醇清洁生产的目标。同时通过对新技术以及装置的引进，甲醇生产自动化水平会整体提高，有助于能源的充分利用。

2 甲醇生产工艺的流程

甲醇属于一种重要的有机化学产品，在化工、医药等行业应用广泛。在甲醇生产过程中，涉及一系列的化学反应和催化剂，所以为保证安全、快速，应该严格按照流程操作。传统地甲醇生产工艺流程如下：

①煤气化。将天然气、煤气作为主要原材料，通过高温、压力完成气化反应，将固体燃料转化成合成气。对于合成气而言，组成内容为氢气和一氧化碳；

②清洗。去除合成气中的各个杂质，包括硫化物、二氧化碳等，确保后续催化反应能顺利进行；

③变换反应。对于清洗之后的合成气，可以在催化剂床层的支持下，进行一系列发完应，主要有水气变换反应和甲醇合成反应。其中，水气变换反应为： $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ，甲醇合成反应： $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ ，结合反应公式来看，水气变换反应的目的是让一氧化碳和氢气的比例得到合理调整，保证提供的原料比例合适，可以为甲醇合成反应提供支持；

④分离纯化。将反应产物中甲醇与副产物，包括二氧化碳、水等进行分离，最终获取高纯度的甲醇产品。在具体分离期间，比较常见的技术有蒸馏、吸附等。

需要注意的是，甲醇的生产涉及化学反应和催化剂，因此在操作时需严格遵循相关的安全规范，以确保生产过程的安全与稳定。

3 经济效益背景下优化甲醇生产工艺的对策

将某甲醇厂作为研究对象，其应用的是30万t/a甲醇装置，因为装置的投产时间较长，使得生产过程需要消耗大量能源。为将生产成本降低，依托于经济效益背景，提出优化甲醇生产工艺的设想。在对工艺优化过程中，重点应用补碳技术，将化工厂30万t/a煤制甲醇和6万t/a联醇生产阶段的脱碳尾气回收，

并以最快的速度输送给甲醇厂^[3]。

3.1 补碳装置设计

在对甲醇生产工艺期间,为满足经济效益整体提升的要求,采用补碳技术,并根据甲醇厂的实际运行情况,合理设计补碳装置。在设计补碳装置时,需要综合考虑经济性、技术可行性和环境友好性。通过合理地工艺设计和装置选择,可以有效地减少甲醇生产过程中的碳排放,实现可持续发展。首先利用蒸汽转化炉加热管网的天然气,之后完成氢脱碳,和化工厂送来的净化之后的二氧化碳混合,将混合之后的气体送入饱和塔,进入一段蒸汽转化炉,经历换热过程,最终进入甲醇合成塔。针对甲醇合成的粗甲醇,最后会进入甲醇蒸馏装置,获得品质达到要求的精甲醇产品,在储罐中存储。此外,补碳装置在设计时,需要配备监测与控制系统,以确保捕获、储存和运输过程的稳定性和安全性。通过监测二氧化碳的浓度、压力和流量,及时采取措施保证装置的正常运行,为甲醇生产工艺的优化提供技术支持^[4]。

3.2 脱碳尾气的运用

甲醇生产过程中产生的尾气含有一定量的有机物和气体污染物,运用尾气处理技术,如催化转化、吸附和洗涤等方法,可以有效地去除有害物质和污染物,使尾气排放符合环保标准。并且甲醇生产过程中产生的脱碳尾气中含有能量,可以通过热能回收和利用技术将其转化为热能或电能,用于供应生产过程中的能源需求,从而提高能源利用效率。传统的天然气加压蒸汽转化工艺主要使用低碳烃组分的天然气,如CH₄,导致生成的转化气存在一些问题,其中最明显的是碳含量不足而氢含量过多。如果氢含量过多,就无法合理使用。通过采用MEA等先进技术手段回收烟道气中的二氧化碳,并将其补充到工艺天然气中,同时使CH₄等组分参与蒸汽转化反应,可以对生成的转化气进行整体优化,提高装置的产能,从而获得更好的经济效益。通过脱碳工艺处理烟道气,原装置排放的二氧化碳量会减少,这有助于减少厂区内的“热岛”效应,对提高环境质量起到积极作用。

3.3 调整合成气的氢碳比

适当调整合成气的氢碳比可以影响催化剂的选择和反应效果。较高的氢碳比有助于提高甲醇的选择性和产率,但也会增加副产物的生成。较低的氢碳比则有利于减少副产物的生成,但可能会降低甲醇的选择性和产率^[5]。二氧化碳补碳法的有效利用,可以与天

然气制甲醇工艺整合,通过PSA装置从烟道气中对二氧化碳进行回收,最终补充给合成气。结合最终的效果分析,氢气在66.0%~72.0%之间,一氧化碳在25.25%~28.5%之间,二氧化碳在2.5%~4.5%之间,氢碳比在2.05~2.27之间,能让合成气的氢碳比要求得到满足,具体如表1所示为某甲醇厂各气体组成。

表1 某甲醇厂各气体组成

组成	新鲜气	循环气	入塔气	出塔气	驰放气
CO ₂ /%	10.4	9.0	9.36	8.8	9.0
CO/%	17.5	5.0	7.59	5.0	5.0
CH ₄ /%	2.7	17.4	14.54	17.1	17.4
H ₂ /%	68.6	64.8	65.5	65.4	64.8
N ₂ /%	0.8	3.8	3.1	3.7	3.8
流量 /Nm ³ /h	87357	438603	525960	—	8000
压力 /MPa	1.79	7.00	7.31	7.15	4.50
温度 /℃	27.9	35.2	227.8	263.0	35.2

注:粗甲醇产品中ω(甲醇)=82.8%

3.4 转化气组成对甲醇合成的影响

通过对二氧化碳的补加,让转化气的氢碳比在合适范围内,但单纯考虑氢碳比远远不够,还应该对转化器的组成重点考虑,即应该对二氧化碳含量的影响给予高度重视。从理论层面分析转化炉后补加二氧化碳与转化之前补加二氧化碳,所获得的氢碳比没有任何差异。但在转化炉之间氢碳比50%左右的二氧化碳,让其转化为一氧化碳,在转化气中,一氧化碳的量会有上升的趋势。二氧化碳合成甲醇有利有弊。如果二氧化碳补加少,其对铜催化剂能起到保护效果,也能让反应放热量得到合理调节,但如果增加的二氧化碳量过多,合成系统的氢消耗便会上升,致使粗甲醇中的含水量提高,让设备生产能力下降。

在甲醇合成过程中,一氧化碳、二氧化碳的实际转化率有明显差异,一氧化氮的转化率要超过二氧化碳。所以在碳氢比值一定的情况下,让一氧化碳的浓度提高,二氧化碳的浓度会下降,达到对装置生产能力提升的目的,保证粗甲醇中的含水量能整体降低。

3.5 合成气体中二氧化碳含量对催化剂的影响

在甲醇成合期间,一氧化碳、二氧化碳都会与氢发生反应,最终合成甲醇。所以二氧化碳属于有效原

料气。合成气体主要由一氧化碳和氢气组成，而二氧化碳是其中的一个主要杂质。二氧化碳的含量对甲醇合成催化剂的活性、选择性和寿命都有影响。二氧化碳的存在会增加甲醇合成反应中副反应的发生，如甲烷的生成，使得甲醇的选择性下降，降低了甲醇的产率。在合成甲醇期间，合成气体中二氧化碳能让反应热下降，对铜系催化剂高活性的保持有促进作用，同时也能让催化剂的应用寿命延长，让粗甲醇脱水生成二甲醚的副反应出现概率降低，保证一氧化碳氧化成为二氧化碳过程得到有效抑制，催化剂不会出现结碳的问题。但是如果二氧化碳的体积分数量超过既定标准，与催化剂表面的活性位点发生反应，形成碳酸盐，会导致催化剂失活，降低其使用寿命，甲醇生产率也会出现下降情况。通过结合相关理论及具体实践可知，合成气中的二氧化碳体积分数如果在3%~6%之间，甲醇的效率会明显提高。

二氧化碳合成甲醇过程中，1分子二氧化碳与3分子的氢气发生反应，生成的甲醇为1分子，副产1分子的水，此时二氧化碳合成甲醇期间，消耗的氢气含量要比应用一氧化碳期间高，具体在50%左右。同时也会让生成物粗甲醇的浓度达到最低，精馏过程的难度增大，需要消耗大量能源资源。为有效规避这一问题，在具体合成过程中，应该将合成气中的二氧化碳体积分数控制在3%~6%之间。

原料天然气中添加干燥的二氧化碳，一般来自脱碳气，回收的二氧化碳的质量不会对转化催化剂产生明显的干扰。目前市面上的催化剂可以满足这一要求。即使合成气中的二氧化碳含量较高，也不会对催化剂的合成造成负面影响。在本次研究中，甲醇装置经过补充二氧化碳获得能量，借助催化剂提升装置的运转稳定性。

3.6 补碳前后能耗等比较

通过对表2的分析可知，借助补碳技术，对甲醇生产工艺科学优化，改造之后的各单耗均发生不同程度的变化，有明显下降的趋势。并且能满足最初的设计标准，可以满足经济效益背景下的醇生产工艺优化要求，有效对现有资源进行使用。

表2 某甲醇厂补碳前后比较表

	原设计		补CO ₂ 改造后	
	保证值	期待值	实际值	实际值
产量/t/d	1000	1000	950	1000

天然气/Nm ³ /t	1090	970	1060	950
电/kWh/t	145	140	142	135.8
循环水/m ³ /t	210	205	210	202.2
脱盐水/t/t	0.80	0.80	0.80	0.68
总能耗/GJ/t	32.50	32.00	32.30	31.52

3.7 社会经济效益分析

经过改造之后，原材料成本、能源成本、劳动力成本和废物处理成本等均得到节约。甲醇生产的天然气消耗与没有补碳前的情况相比，整体减少100Nm³/t~110Nm³/t左右。结合天然气的价格以及二氧化碳回收价格计算，单纯在原料消耗成本方面，便可达到有效降低的目的。优化后的生产工艺能够提高甲醇产量和产能利用率。甲醇装置在运行过程中，可以让原本的经济效益提高，除了能达到增产增效的效果外，温室气体二氧化碳的排放有整体下降趋势。并且，优化后的甲醇生产工艺在废水、废气和固体废弃物的产生上，可以节约环境治理成本，减少环境风险，对企业声誉和可持续发展的积极影响。可以说，甲醇生产工艺优化，真正实现了经济与环保双重效益提高的目标。

4 结束语

综合而言，在经济效益背景下优化甲醇生产工艺，除了能让生产效率提高外，也能保证产品的质量，达到环境友好的目的，让企业可持续发展目标顺利达成，实现经济效益最大化。可以说，对甲醇生产工艺不断优化和改进，对我国化工行业的稳定发展有积极影响，让生态环境得到良好保护。因此在今后发展中，还需要结合行业发展趋势与要求，深入研究甲醇生产工艺。

参考文献：

- [1] 汤吉.煤制甲醇生产工艺优化与节能减排[J].化学工程与装备,2021(08):29-30+28.
- [2] 邢珊珊.煤制甲醇生产工艺优化与节能减排方法的探讨[J].科学技术创新,2021(14):169-170.
- [3] 曹有章.甲醇低压羰基合成法制醋酸合成工序生产工艺分析及改造优化[J].化工管理,2020(17):210-211.
- [4] 杜战胜.基于低碳经济的甲醇厂生产工艺优化方案分析[J].中国石油和化工标准与质量,2020,33(08):20.
- [5] 冯建立,王会升,刘国君等.基于低碳经济的甲醇厂生产工艺优化[J].天然气化工(C1化学与化工),2020,35(04):66-69.