

无烟煤制合成氨工艺技术研究及经济效益分析

王 铎 (潞安化工事业部, 山西 太原 030000)

摘 要: 在化工企业不断发展的背景下, 合成氨生产工艺成熟。我国在无烟煤、褐煤合成氨制造方面, 工艺水准较高, 现已形成不同规模并存的新型产业格局。鉴于此, 本文将重点围绕无烟煤制合成氨工艺技术研究, 先对我国化工企业发展状况予以分析, 之后针对性研究合成氨生产工艺形式, 例如脱硫、压缩、变换等环节, 并对其经济效益进行分析, 希望为关注这一话题的人士提供借鉴, 保障相关行业高质量经济发展。

关键词: 无烟煤; 化工企业; 合成氨; 技术分析; 经济效益

在经济发展背景下, 化工企业生产体系日益健全, 其中, 合成氨作为化工生产中非常关键的内容, 对工艺技术要求较高。通常情况下, 企业会使用无烟煤等材料完成生产, 此类材料固定碳含量较高, 且在生产燃烧的过程中, 不会出现冒烟现象, 被广泛应用于一线合成氨生产中。由于部分技术人员对工艺技术了解不全面, 致使技术运用无法达到高标准要求, 阻碍了合成氨生产工艺发展。由此可见, 围绕无烟煤制合成氨工艺技术研究分析, 具有重要意义。

1 煤化工产业发展研究

1.1 无烟煤煤化工生产分析

在社会不断进步的背景下, 化工生产企业对技艺的应用要求不断提升, 不仅要做好生产管控, 而且还要做好污染物处理以及材料排放等内容, 这样才能够满足化工生产发展需求。合成氨作为化工生产非常关键的内容, 现阶段主要是以无烟煤为主要原材料。无烟煤是一种使用较为普遍的煤炭形式, 由于其密度较大, 且燃烧过程中不容易冒黑烟, 整体污染性较弱, 因此被广泛使用在一线生产中。结合当前来看, 在无烟煤燃烧的过程中, 火焰较短且不会出现结焦情况, 这对于化工生产而言十分关键。与其他的煤炭形式相比, 无烟煤的含碳量可以达到九成以上, 且挥发极低, 仅能够达到 8% 左右, 热值值约为 26MJ。煤化工生产是指以煤材料为基础, 借助化工技术将其转化为固、液、气三种形态, 并在后续进行继续加工, 生成新的能源产品。目前煤化工产业的工艺流程主要为液化、干馏、加工等形式, 由于全世界范围内的石油资源在不断减少, 所以当前煤化工企业的发展条件较好。

1.2 当前我国煤化工企业发展现状

在多年发展背景下, 我国煤化工产业已经逐渐成熟, 从原有的传统技术工艺转化为现代化煤化工模式。与此同时, 随着技术的不断深入发展, 无烟煤等新型

产品也在不断推广, 有效满足了我国能源安全等发展目标, 其中陕西、新疆、内蒙古等城市更是制定了产业扶持政策, 为当地经济发展提供了有力保障^[1]。

2 无烟煤制合成氨生产技术研究

2.1 造气

无烟煤制合成氨是指以无烟煤为主要材料进行化工产品生产。在具体工作中, 会运用气化等多种形式先得到半水煤气, 之后借助催化等手段完成脱硫、加压、洗涤、精炼等操作, 最终生成满足标准化要求的合成液态氨。其中, 造气环节是指运用水蒸气等作为气化材料, 将其注入气炉内部, 完成气化反应, 收集半水煤气。结合当前来看, 此过程主要分为以下几个部分, 包括正常注入以及上、下吹两种形式。在气炉内部会各种形式交替进行, 其中吹风注入的过程中, 在完成热量回收之后, 所有的灰尘会由烟囱排出, 而其他阶段在回收热量之后则会伴半水煤气进入到下一阶段。

2.2 脱硫

在半水煤气收集完成之后, 内部会含有大量的硫化物, 其中 H_2S 会占 85% 以上, 其他物质则是多种有机硫的混合物。结合当前来看, 硫化物的产生会增加整个缓解中毒的可能性, 而且会逐渐削弱触媒的活性, 甚至可能会破坏铜液材料的性能, 影响后续精炼等环节的质量。与此同时, 在硫化物的影响下, 设备管道极易受到材料腐蚀, 这对于工艺生产而言十分不利。因此在此过程中, 必须完成脱硫操作, 这样才能够满足合成氨技术要求。现阶段脱硫工作主要是以栲胶法完成, 即将半水煤气引入到脱硫装置内进行反应, 并在催化剂的运用下, 将硫化物去除。此过程中氨水材料可以重复运用, 不仅可以满足脱硫需求, 而且还可以减少资源浪费。结合当前来看, 脱硫环节之后半水煤气内的硫化物含量会降低到 $60mg/m^3$, 在后续经过

洗涤、去除等环节会直接送往压缩阶段完成后续处理。

2.3 压缩

压缩是指运用压缩机将半水煤气从入口处引入,并完成一段压缩、冷却等处理操作。在完成前期全部处理之后,会自动进入到压缩三段,并在水冷、油封等环节完成之后进入到总管,借助脱碳处理工艺去除半水煤气中多余的二氧化碳,之后再将其引入到四段压缩,再次经过以上程序处理去除内部的一氧化碳和微弱剩余的二氧化碳。从技术应用角度来看,压缩的核心是为了去除一氧化碳和二氧化碳等物质,必须通过压缩处理之后,材料才能够进入到后续的合成车间。

2.4 变换

结合当前来看,在脱硫和压缩等环节处理之后,半水煤气会呈现 0.8MPa 的状态,之后通过换热等处理后进入到变化炉。此时在触媒的影响下,半水煤气中 30% 含量的一氧化碳会与水蒸气再次进行反应,将一氧化碳转化为氢气和二氧化碳。此时经过处理之后的半水煤气便属于变换气^[2]。

在技术应用过程中,压缩机处理后的半水煤气会通过除焦处理进入到热水塔,并与加热器中的热水融合最终排出,然后再与 1.1MPa 的水蒸气融合,在设备使用下完成换热处理。此时设备会逐渐升温到 320℃ 左右,并触媒的影响下开展上述一氧化碳变换反应,反应后气体会经过设备逐渐降温,并在中段继续反应。在降温的过程中,逐渐进入到变炉出口,经过热交换器等多种设备进入到第一变炉完成一氧化碳转化。结合当前来看,此环节的总转化效率可以达到 90% 以上,而设备则可以通过热量的余热加热软水,为后续工艺流程推进奠定基础。

2.5 碳化

在前期处理之后,半水煤气内部会剩余 30% 左右的二氧化碳,此时换气会逐渐进入到设备的底部,与碳化物相融合,生成固态的结晶体。而出口处的气体会通过多环节,例如固定段、清洗段等与软水直接接触,大大降低二氧化碳浓度,与此同时氨的浓度也会逐渐降低,此时技术人员会在碳化塔顶端增加浓氨水,并从底部排出含有结晶的母液,之后通过设备,例如离心机处理等,得到最终的碳酸氢铵,这便是碳化处理操作。

2.6 精炼

在经过压缩机五段处理之后,气体会经过油分离器去油,并进入到铜洗塔的内部与铜液相融合,吸收

多余的硫化物和碳化物。此环节主要是为了让多种物质的含量能够满足工艺标准,此时材料会从塔顶排出,并去除其中的液体,继续完成压缩操作。其中铜液在吸收完一氧化碳以及硫化物等材料之后,会再次进入到回流塔,并在上端与再生气相融合,吸收多余的热量和氨气,然后进入到下端与其接触,并随着温度不断上升的环境下解析一氧化碳。与此同时,铜液还会进入到还原器完成换热操作,并在 78℃ 的环境下停留一段时间,解析碳化物,进一步恢复吸收效果,此时的铜液会在处理之后进入到高压铜泵循环运用,进而完成精炼。

2.7 合成

精炼过程中的主要原材料为氮气和氢气两种气体,其中还会还有部分氢氧化碳。在压缩机处理之后,气体会进入到冷交换器完成分离,并形成循环气吸收回收热量,然后在 30℃ 的环境下补充压差,并在去油处理之后,借助放热升温的方式流入合成塔完成合成反应。为了能够进一步回收多余热量,气体在经过反应设备之后会进行预热,并通过水热气回收热量,然后降低温度,分离出液氨。而分离器排出的气体则会经过多种冷交换设备分离液氨,然后与压缩工段的原料进行融合,完成工艺循环,继续进行合成操作,制成合成氨。

3 未来合成氨制造工艺发展方向

现阶段,在化工企业不能发展的背景下,合成氨生产也在不断进行改革与创新,从原有的基础制造,向精细化管控以及节约环保方向发展。在后续工作中,化工产业会继续围绕降本增效等目标进行发展,从高成本、高污染、低成效的传统体系进一步优化,形成集约化环保效应。与此同时,要求技术人员还要不断深化合成氨制造工艺,并在此基础上对三聚氰胺生产进行深入研究,以此为后续化工生产提供保障。总而言之,在后续工作中,化工企业应强化对合成氨生产工艺的关注,并在无烟煤材料运用方面做好各环节质量管理,确保工艺运用能够达到预期标准,减少污染物,有效达到环保目标,在制成合成氨的基础上,为企业后续建设营造良好环境,提供技术保障。

4 无烟煤制合成氨工艺经济效益分析

4.1 工艺分析

合成氨工艺流程如下:①对无烟煤进行处理。在本道工序,由筛分装置对煤炭作筛分处理,其中,粒度为 5-50mm 的煤炭,会在运输装置的作用下被放置

到气化炉。而低于该粒度标准的煤炭,则作为燃料使用;②对符合标准的煤炭进行气化,使之转变为粗煤气,为合成氨创造有利的条件。本道工序在加压气化炉内实施,在气化完成后,灰渣会被排出,而气化剂会经过转动炉篦,直接进入气化炉,并与煤逆流相互影响。在压力的作用下,气化会不间断开展;③变换工序。通过对钴钼触媒的运用,为煤气反应创造有利的条件。究其原因,主要是该流程所使用的钴钼触媒具有非常强的耐硫性,支持含硫量较高的煤气通过,因此,可以在最大限度上,提高能量的利用率,且无需将蒸汽加入炉内,使操作更加简单;④煤气冷却。在脱离变换装置后,变换气的温度较高,而在冷却器的作用下,其温度会逐渐下降,最终实现回收热量的目标。在经过冷却后,气体内不再含有氨、尘、酚类等杂质;⑤甲醇清洗。本工序通过对甲醇的运用,使气体中的硫化氢、二氧化碳被去除;⑥液氮清洗工艺。本工序采取深度冷冻的方式,对煤气作进一步净化处理,使其中的甲烷和一氧化碳被去除。

4.2 碎煤加压气化技术的适用性

某地区无烟煤属于劣质煤,具有高硫、高热和灰熔点特征,此类煤的竞争优势远低于普通煤炭,将其作为合成氨的原料,则有助于解决问题。在研究后发现,利用碎煤加压技术处理无烟煤效果显著。具体表现为利用该工艺处理煤炭,挥发分低,故副产品焦油和酚产率会下降,仅需简单的回收装置即可。此外,煤炭灰熔点高,表明熔渣气化成本增加,而采取固态排渣的措施,则有助于使反应温度进一步提高,气化温度也会随之上升。再加之无烟煤具有良好的热稳定性,故在处理过程中,无需对粉煤过量问题予以考虑,故煤块利用率会明显提升。此外,利用碎煤加压气化法处理无烟煤,能够在最大限度上,规避常规煤炭处理过程中存在的弊端,比如:生成大量废水、成分复杂等。实践结果表明,利用该工艺处理无烟煤,所生成的废水极少,经过气提后,水中的污染物质便会大量减少,低于长焰煤,有利于控制处理成本,并保障经济效益。

4.3 经济效益对比

计算指标:在计算过程中,粗煤气中的甲烷,计算标准为7%,贴现率为8%,项目建设时间均设为2年。方案原材料消耗和价格如下:方案1:耗电量24000万kWh/a,单价为0.72元/kWh;用水量720万t/a,单价为1元/a;气化用煤59万t/a,单价为500t;蒸

汽用量195万t/a,单价为120元/t。方案2:耗电量25750万kWh/a,单价为0.72元/kWh;用水量528万t/a,单价为1元/a;气化用煤59万t/a,单价为500t;蒸汽用量215万t/a,单价为120元/t。上述方案所生产的产品价格如下:液氨为2300元/t;甲醇2000元/t;LNG 3400元/t;硫磺1200元/t。

第一种方案:对煤制合成氨工艺加以运用,该装置基于低温甲醇洗工艺。在处理过程中,由PSA完成提氢处理,在尾气转化完成后,成为原料气,用于合成甲醇。此类方案在合成氨的同时,会生产副产品甲醇。目前,在化工领域,甲醇的应用愈发普遍,故此项工艺流程已经被众多项目所使用。在查阅评估报告后得知,该项目的总投资约为20.6亿元,销售额为每年11亿元,年利润为2亿元,内部收益率为11.1%。

第二种方案:本方案与上述方案相比,仅在副产品方面存在差异,该方案所生产的副产品为LNG。评估报告表明该项目的总投资约为21.6亿元,销售额为12亿元,年利润2.1亿元,内部收益率11.2%。

上述两种方案如果不考虑副产品,其内部收益率大致相当,均为11%左右,但在生产过程中,会耗费大量的电能和蒸汽,若企业内部安装了发电装置,可以使成本被进一步压缩。

5 结论

在工业化时代下合成氨产业应该从生产为基点不断实现节能环保创新。因此在后续工作中,要求化工企业应该在合成氨生产过程中围绕降本增效这一基础目标制定全新发展策略,尽量降低生产技术污染状况,实现集约化管控,打造新型工业生产模式,为行业可持续发展提供新的研究方向。

参考文献:

- [1] 刘强,田小慧,包建学.400kt/a合成氨装置氨合成系统升级改造小结[J].四川化工,2023,26(05):31-34+60.
- [2] 朱伟娜,赵霄鹏,楚可嘉,等.高硫无烟煤在常压固定床合成氨装置中的应用试验[J].煤化工,2015,43(04):22-24.

作者简介:

王铎(1986-),男,山西阳泉人,2010年7月毕业于太原理工大学,化学工程与工艺专业,本科,化工助理工程师。