

关于浆态床渣油加氢技术的应用现状与市场前景展望

吴海波（中海油惠州石化有限公司，广东 惠州 516086）

摘要：原油作为我国经济建设的重要资源，现阶段，我国本土原油的储存量不能够满足我国国家建设的需要，因此我国长期处于原油进口依存度高位，我国本土原油的利用率相对较差，因此，我国原油产业应该大力发展浆态床渣油加氢技术。本文基于浆态床渣油加氢技术中的五大技术类型进行浆态床渣油加氢技术的流程探讨，分析现阶段浆态床渣油加氢技术存在的问题，并对于浆态床渣油加氢技术的工艺流程领域、工程开发领域、催化剂研发领域的市场发展前景进行了探讨。

关键词：浆态床渣油；加氢技术；应用现状；市场前景

目前，我国对于进口原油依存度在 72% 以上，这对于我国能源安全产生了一定的威胁。所以，如何提高我国原油的利用率，减少我国对于进口原油的依赖，将成为我国原油产业的核心研究方向。现阶段，渣油加氢技术的种类有很多，其中效果最好的是浆态床渣油加氢技术，其渣油转化率高达 95%，但是，相较于固定床渣油加氢技术，浆态床渣油加氢技术的技术难度相对较高。国内外已经开始将浆态床渣油加氢技术作为研究重点，力图将其的使用难度降低，本文则以国内外研发的五种主要的浆态床渣油加氢技术类型进行探讨。

1 浆态床渣油加氢技术的主要类型

1.1 浆态床渣油加氢技术中的 RMAC 技术

浆态床渣油加氢技术中的 RMAC 技术的研发单位是我国中石化石油化工科学研究院，其从 2009 年就开始致力于浆态床渣油加氢技术研究，耗时七年，完成了浆态床渣油加氢技术的中型试验，又耗时三年对于浆态床渣油加氢技术进行优化，从而完成了 RMAC 技术的 2.20 Mt/a 的工艺包设计^[1]。

RMAC 技术中主要是将减压后的渣油同催化剂、循环尾油、氢气等通过加热处理后，送入到相应的反应器中，在反应器中的产物在一定时间的反应后将会自动进入分离器，通过热高压分离器，进行第一次分离，将顶部分离出的气体，送入冷分离器中，进行气体处理，将氢气进行回收并循环。而对于热高压分离器底部渣油混合物，则需要将其送入热低压分离器中，进行萃取，在热低压分离器中，底部渣油混合物中含有的微量氢气也将被部分回收，则将渣油混合物送入萃取器中，通过分馏处理进行气体、石脑油、轻改质油和重改质油四类物质的回收，而未转化的循环尾油则会返回到循环之中，对于残留尾油则是采用

外甩模式，将其排出。这种浆态床渣油加氢技术的优势在于其灵活性较好，且渣油裂化率较高，且原油中脱金属率也较高。

1.2 浆态床渣油加氢技术中的 EST 技术

浆态床渣油加氢技术中的 EST 技术的研发单位是意大利的埃尼集团。其从 20 世纪开始，就已经开始浆态床渣油加氢技术的研发，并在上世纪末已经完成了中型试验装置研发，且在 2005 年就已经在该集团的炼油厂中投产，因此，EST 技术起步较早，技术也相对较为成熟。2021 年中国石化茂名分公司就采用该技术，完成了 2.60Mt/a 浆态床渣油工业处理装置的投产。

EST 技术主要是将减压后的渣油、循环尾油以及催化物的前身物同氢气进行混合，通过加热进入反应器中，在反应器内部通过冷却和分离进行氢气回收，对于回收后的氢气进行轻质馏出物的提取，反应器内置分馏器，再通过反应器中的分馏器进行渣油浆液分馏，得到相应的 VGO 和轻减压瓦斯油，并且，与 RMAC 技术相同的是未转化的循环尾油则会返回到循环之中，对于残留尾油则是采用外甩模式，将其排出。

浆态床渣油加氢技术中的 EST 技术中的反应器是其核心环节，该反应器为浆相鼓泡塔式，通过在渣油中加入含 Mo 有机化合物，在该反应器中进行原位转化，生成 MoS_2 ，且 MoS_2 将会以单片层的形式存在，从而保证尾油的循环利用率大大提高，从而提高渣油裂化率。该技术的优势是其稳定性及灵活性相对较高，且催化剂不会出现扩散传质的现象。

1.3 浆态床渣油加氢技术中的 HDH-Plus 技术

浆态床渣油加氢技术中的 HDH-Plus 技术的前身是 HDH 技术，该技术的研究单位是委内瑞拉的 PDVSA 以及德国的 Veba 公司。这两大公司在 20 世纪中后期

就已经开始浆态床渣油加氢技术研发了,并在二者合作结束后,委内瑞拉的PDVSA又同IFP/Axens公司,从而出现了现在的HDH-Plus技术。该技术主要是通过两个反应装置,进行超重质原油的处理^[1]。

该技术的催化剂是天然矿石,且该天然矿石的价格比较低廉,直接将其进行粉碎即可进行催化。在该技术进行过程中,先将氢气、减压后的渣油、催化剂以及添加剂等进行加热,随后依次进入两台反应器中,充分反应后,将渣油混合物质送入分离器中,分离后会产生两组物质,即分离器轻组和分离器重组,轻组将进行气体处理,进行加氢,随后进入加氢裂化反应器中,通过常压蒸馏塔,提取出相应的气体及油体。而重组则需要进入到减压蒸馏处理器中,对于其内的残渣以及压片进行处理,并提取出重组内的VGO。

1.4 浆态床渣油加氢技术中的Uniflex技术

浆态床渣油加氢技术中的Uniflex技术的研究单位是加拿大矿产能源技术中心。其自本世纪初就开始进行重油类浆态床渣油加氢技术研究,后与其国内的自然资源部进行合作,完成Uniflex技术工艺包。同时,与阿尔伯塔能源研究所进行合作,优化了催化剂的性能。该技术是将催化剂、减压后的油渣、氢气等进行加热处理,随后送入反应器,充分反应后,依次经过热、冷分离器,进行相应的气体处理及分馏处理,得到相应的气体及油体,其中提取出的氢气将进行回收循环,并将剩余物质送入减压塔,得到其中VGO物质以及沥青。但是,需要注意的是,当进行热分离反应时,其底部物质要依次经过热、冷闪蒸罐的处理,才能送至分馏塔和减压塔中。该技术能够抑制生焦量,提高原油利用率,并且其的催化剂价格低廉,易于获得。

1.5 浆态床渣油加氢技术中的LC-Slurry技术和VRSH技术

浆态床渣油加氢技术中的LC-Slurry技术和VRSH技术的研究单位是美国的CLG公司,基于沸腾床技术进行研发的,该技术应用过程中的温度及压力均与沸腾床的温度压力一致。

LC-Slurry技术需要将多台反应器进行串联处理,将相应的油渣、氢气、催化剂进行加热处理,进入反应器中,充分反应后,送入热分离器中进行处理,将处理后的物质,再次送入下一台反应器中进行反应,随后再次送入热分离器,将分离器中的上层物质送入固定床反应器中进行分离及分馏处理进行,提取相

应的气体和油体,并进行净化,净化的氢气再循环,而分离器中的下层物质则送入汽提塔中进行催化剂回收。

VRSH技术则是将三台反应器进行串联,并在每台反应器中放置一个分离器,将相应的物质进行加热处理后,连续经过三台反应器处理及分离器处理,最后进行常压分馏得到相应的油体及气体。该技术能够提高油渣中胶体的稳定性,避免出现结焦的情况。

2 浆态床渣油加氢技术的应用现状

在上述五类浆态床渣油加氢技术中,HDH-Plus技术的反应压力是最高的,Uniflex、EST技术则是最低的,其余两种反应压力处于中等水平,并且在进行着五类浆态床渣油加氢技术试验过程中,对于浆态床反应器的温度要进行控制,保证其温度在410℃以上,485℃以下,在浆态床反应器的温度要求上,EST技术对于反应器温度要求最低,410℃即可。这五种浆态床渣油加氢技术也是现阶段应用最为广泛的,但是,不可否认的是其都存在技术性问题。

第一,现阶段,这五种浆态床渣油加氢技术中的催化剂选择上都存在着一定的弊端。EST和RMAC技术中的催化剂是金属催化剂,且其具有油溶性,但是在进行浆态床渣油加氢技术时,会存在部分金属催化剂的浪费,且金属催化剂的成本相对较高。LC-Slurry和VRSH技术的催化剂也是金属催化剂,但是其却是水溶性催化剂,这种催化剂的油渣裂化效果其回收率较好,但是,同样其费用相对较高。Uniflex技术的催化剂虽然价格低廉,但是其却不能循环利用。而HDH-Plus技术的催化剂虽然是廉价的天然矿物,但是其消耗量非常大,对于矿产资源产生威胁。

第二,目前在浆态床渣油加氢技术应用过程中,减压渣油需要通过加热处理,从而产生烃自由基。催化剂中的电子会和氢气产生反应,生成自由基,二者通过相应的催化剂的孔道进行扩散,实现有机结合,生成小分子烃。在此过程中对于反应器内部的温度有严格要求,其内部温度如果超过催化剂的温度承受范围,将会使得催化剂的分散不均,由于催化剂的不均匀将会导致部分烃自由基上无催化剂附着,无催化剂附着的烃自由基与自由基在高温情况下会迅速结成焦炭。

第三,对于浆态床渣油加氢技术中的催化剂的开发难度大。应用于浆态床渣油加氢技术的催化剂,需要具有两大功能,即抑制生焦和大分子裂解。催化剂

作为渣油混合物的金属沉积物和焦炭的承载媒介,要考虑当催化剂大量投入工业生产中的成本,在保证成本的同时,还要提高催化剂的效能,依据现阶段的技术水平而言,难度较高。

第四,浆态床渣油加氢技术的工艺流程及工程开发存在问题。一方面,在浆态床渣油加氢技术的工艺流程中,对于沥青质转化的工艺流程缺失。渣油加氢过程中,会使得沥青质转化速率降低,并且,当渣油中的胶质不断减少,渣油中的胶体平衡将会被破坏,从而出现沥青质沉渣。另一方面,在浆态床渣油加氢技术中的工程开发领域中,由于渣油中含有固体颗粒,因此在反应过程中,对于反应器的压力及温度要求更为严苛。

3 浆态床渣油加氢技术的市场前景展望

3.1 工艺流程领域市场前景展望

在浆态床渣油加氢技术工艺流程未来的发展过程中,应该充分考虑加工原料的品质,依据渣油加工原料的优劣,对于反应器中的沥青质转化进行控制,保证浆态床渣油加氢技术工艺流程的稳定。劣质的浆态床渣油加工原料,其金属含量及沥青质的含量比优质浆态床渣油加工原料要高出很多,因此,在该技术工艺流程中要对于沥青质转化进行强化反应,从而保证反应物质及生成物质的稳定性,将炭化物的数量降至最低状态,提高浆态床渣油加氢技术的油化物提取率,保证设备的平稳运行。

针对浆态床渣油加氢技术中的加氢反应,需要对于该反应环节中的工艺条件进行优化,并根据工艺条件调整催化剂的浓度,降低副反应的影响,使得临氢热裂化反应效果达到最优状态。

同时,为了充分迎合我国绿色可持续发展理念,在进行浆态床渣油加氢技术工艺流程及技术研究过程中,应该大力选用环保技术,重视尾渣处理环节,提高催化剂的利用率,以及金属的回收率,减少资源损耗,促进经济效益与生态效益的共同发展。

3.2 工程开发领域市场前景展望

在浆态床渣油加氢技术工程开发领域的市场前景展望过程中,应该重视对于反应器结构的优化升级。现阶段,浆态床反应器是浆态床渣油加氢技术的核心载体,但是,该反应器目前的传质及传热能力存在问题,极易造成沥青质沉淀或是渣油结炭。因此,在未来发展过程中,应该将反应器工程进行反应处理,保证其传质及传热能力的高效性,从而使得加氢过程中

临氢热裂化反应稳定。

在反应器工程放大的同时,要将浆态床渣油加氢技术工程中的装置设备进行大型化处理。毕竟浆态床渣油加氢技术工程是要投入到大型工业生产之中,因此对于固体物料输送、管道等都需要进行大型化处理,从而保证该技术同大型工业生产间的适配度,保证我国原油利用率,帮助工业企业减少对于进口原油的依赖,提高我国工业企业的经济效益。

3.3 催化剂性能研发领域市场前景展望

催化剂是浆态床渣油加氢技术的关键,因此,在未来浆态床渣油加氢技术催化剂研发过程中,需重视催化剂性能研发。

根据不同转化深度的技术工艺,选择加氢活性强弱不同的金属,并将其作为催化剂。同时,还要考虑浆态床渣油加氢技术的使用产品需求,以及产业目标。催化剂作为浆态床渣油加氢技术应用过程中的金属物与炭化物的沉淀载体,因此,催化剂表面积同其的承载力成正比,在进行催化剂的选择过程中,应该选择表面积大的物质所谓催化剂。

并且,催化剂还要考虑对于芳烃饱和及开环能力的增强效果,在浆态床渣油加氢技术应用过程中,会存在大量的多环芳烃。多环芳烃在进行环加氢饱和时,只有第一个转化过程简单,其余转化过程极为困难。因此,在催化剂选择的过程中,要选用裂化性能好的催化剂,且要具有酸性性质。在催化剂性能研发过程中,要保证催化功能的同时,考虑到经济影响因素,提高催化剂的性价比,在保证催化剂质量的同时,要充分考虑催化剂的经济成本。

4 结论

浆态床渣油加氢技术能够将工业生产中的原油进行转化,从渣油中提取油化物,减少工业原油使用资金的投入,并且,其还能够实现劣质渣油的转化,大大提高了原油资源的质量。但是,现阶段我国浆态床渣油加氢技术还存在一定的技术难点。因此,相关企业及部门应该充分了解国内外浆态床渣油加氢技术的工艺流程及应用优势,根据相应的技术难点,作为未来技术研究的出发点和落脚点,从工艺流程、工程开发、催化剂的选择等入手,提高该技术应用水平。

参考文献:

- [1] 关立涛,陈博.浆态床渣油加氢机理与全局资源优化耦合模型研究与应用[J].炼油技术与工程,2023,53(01):22-25+35.