

燃料油调和技术研究

孙 栋 浙江浙能石油新能源有限公司

【摘要】本文主要从生产技术方面分析了船用燃油发展的现状。同时,结合目前船舶燃油的使用情况,提出了连续调和技术方案,希望利用该技术方案进一步提高船舶燃油的质量水平,降低船舶燃油市场需求的不确定性。然而,燃油连续调和技术方案仍存在一些问题,希望通过对这些不足的深入分析,进一步提高燃油连续调和技术水平。

【关键词】燃料油;调和;技术;展望

【DOI】10.12316/j.issn.1674-0831.2022.11.033

引言

燃料油(Fuel Oil)是成品油的一个品类,指原油工业生产程序中,在汽油、煤油、柴油加工后从原油中提炼出的更重的产物,所以也被称为重油、渣油。调和技术,是将油田产出的轻烃(凝析油)及其他油品通过炼厂加工后,再辅以某些化学添加物质,调制成为满足客户需要的成品油,以实现较大程度降低生产成本,节省石油资源的一种应用技术。但是目前我国在燃料油的调和技术上仍有很多不足,本文将系统展开分析。

一、燃料油品需求分析

当前,全球经济正处在新旧动能转变和结构升级的阶段,能源化学工业正面临碳达峰、碳中和带来的数字革命、绿色革命、新电力变革和市场变革。国内成品油供过于求的情况将促使国内的成品油市场步入全面竞争时期。炼油公司也正酝酿着向炼油-化工型企业转变,以进行炼化生产一体化发展,消化成品油产能过剩问题。

中国成品油需求量经历改革开放四十多年以来的增长,柴油需求量于2015年到达最高峰170Mt/a,此后维持震荡趋势。国内汽油需求量将在2025年前后到达历史峰值170Mt/a。国内表观消费柴汽比也从2010-2017年由2.0以上减少到1.36以下。而航空煤油需求量则保持了较快速度增加,从2010年底的17.5Mt/a上升到了2017年的34Mt/a。

未来,由于电动汽车、燃气轿车、甲醇汽车和氢能汽车等新能源车辆的快速发展,加上新型汽车燃料能效以及电气化轨道运输的占比持续增加,都将降低汽车领域对油品的需求量。据预测,国内柴油需求量2025年将基本维持在170Mt/a以下。汽油需求量将维持在低增长水平,到2025年前后将到达历史峰值的170Mt/a左右,考虑到乙醇汽油的推广,需要有10Mt/a生物燃料乙醇取代烃

族汽油组分,化石燃料需求量增长将逐步下滑。而航空煤油则会保持在高速上升中,到2025年超过50Mt/a。整体而言,未来中国的成品油消费将维持较低增长,消费柴汽比将逐步降低。

二、船用燃料油生产技术现状

船用燃料油,通常由重油与轻量化馏分油调配而成,是大马力、中低速级船舶最经济的能源,常见型号有120#船用燃料油、180#船用燃料油、380#船用燃料油等。另外,目前国内外普遍采用的DMC、4#燃料油等船舶燃料,其质量处于普通柴油和180#船用燃料油中间,是中等马力船舶的优良燃料,也可作为大马力、中低速的船用燃料。常见的重质船用燃料油是作为大功率中低速级船舶的燃料,又叫作残渣型燃料油,一般是由直馏渣料、减压渣料,或与比重较轻的油品搅拌而成。据统计资料表明,2020年世界船用燃料油需求量已超2亿吨,国内船用燃料油需求超过1700万吨,且处于上升态势。长期以来,国内外炼油厂的船用燃料油生产效率较低,与国际市场的需求差距很大。运用燃料油调和把部分炼厂渣油调和成为船用燃料油,炼化企业将得到一定的效益,也是提高石化燃料利用效率方式。

常规的油品调配工艺主要包括两种方法:油罐批量调和和管道连续调和。目前,国内外的残渣船用油产品以间歇式罐型批量调配方式,一次性定量生产,将待调配的组分油品按照所规定的调配比例,依次输送到调配罐内,然后用泵循环、电动搅拌机等方式搅拌调和为成品。优点是操作简便、不受组成油品质量波动的影响,弊端是组分罐数量多、调配周期长、容易氧化、配比不准确,油品稳定性亟待改善。

另外,国内重质船用燃料油的间歇式生产,难以及时应对国内外重组分油品和调和油品市场价格的波动。因此怎样运用已有资源形成快速发展的产业链,以保证

低硫船用燃料油产品供应是一项亟待解决的问题。

三、技术原理和组成

石油产品调配工艺技术主要是指分子扩散效应、湍流扩散效应和主体对流扩散效应三个扩散效应的综合运用。但轻质油品、重质油品相互之间的粘性差异较大，在调配时会产生各种问题。例如对高黏性的重质渣油和重质油浆的调和，当用泵输送时，可能不会产生涡流扩散，而是在剪切效应下将被调和的物质撕扯成很薄的层，然后再经过分子扩散实现完全均匀混合。对低黏性的轻质油调和，虽然蜗旋扩散也起很大效果，但最后仍然要由分子扩散实现完全均匀的混合。整个管道连续调和系统包括油品调和模型构建、油品优化调和技术和在线分析系统三部分。

1. 油品调和模型

调和模型在油品调和过程中起着很关键的作用，必须对各种技术指标进行计算，才能制定调配方案，而调和生产流程优化、质量实时控制等先进工艺技术的实现，更须以此为基础。但船用燃料油由于组分的油质量参差不齐，且粘度差异较大，所以在性质指标及预测模式的选择和计算上与传统石油混合模型不同。

2. 油品优化调和技术

(1) 调和方案优化。生产单位应针对组分油品库存量、市场状况、储运规模、油品特性、产品限制和生产指标等多种因素制定调和方案，并运用产品调和模型计算最优技术方案，通过设置油品调和计划、产品调和周期等，在油品性质达标前提下合理利用组分油品资源，使企业整体经营效益最大化。

(2) 调和流程优化管理。有效调节搅拌效率，不仅可以提高产品的生产率，还可以提高油品的质量，从而增加产品企业的经济效益。通过调和方法的进一步优化，得到产品方案后，利用优化后的调和搅拌生产工艺进行调和生产。

3. 在线分析系统

在线实时质量分析系统是调和工艺的核心技术之一，即时检测各调和组分以及调和油品的特性，是确定质量稳定的重要环节。在调配工艺中，普遍使用在线近红外质量分析系统，但因重质残渣型燃料中使用的部分组分油品粘度大、残渣较多，所以这些在线监测方法通常都无法使用。目前在船用燃料油连续调和工艺中所使用的在线监测方法有流速、水温、气压、密度检测等。

四. 船用燃料油连续调和和技术发展趋势

全球原油价格波动越来越剧烈，导致炼油企业生产

的残渣型重组分油价格波动也较为剧烈。与此同时，国内的强制性限硫政策措施的推行，也导致了石油工业生产技术必须做出改变。能否尽快进行生产方案调整和生产工艺技术的更新以适应市场形势，是石化企业科研的重要方向。

1. 组分油

船用燃料油交易市场大多以石油加工过程中的常压渣料、减压渣料、裂化渣料、裂化柴油和催化汽油等为基本原材料调配而成，但由于目前国内外市场大都是以石油浆、页岩油等为基本原材料，在船用燃料油中添加了大量的溶剂油、煤焦油、轮毂用油、丙烯焦油等组分，造成船用燃料油交易市场“合标不合规”。此前，中国的远洋运输船几乎全部采用了进口燃油，但其硫含量较高，基本在2.5%~3.5%。内贸交易市场上的120cst、180cst、380cst等船用燃料油商品，均为混兑生产。随着世界范围内对环境保护问题的不断重视，对船用燃料油的质量要求也越来越严格。国产掺混船用燃油硫含量一般为0.5%~2.0%，部分产品硫含量甚至可达3.0%。2018年，国际海事组织发布了更严格的船用燃料油含硫量规范，规定2020年1月1日以后，船舶在海上一般航程航行时，船用燃料油含硫量不得高于0.5%，而在污染控制范围内航行时，船用燃料油的硫含量不应高于0.1%。这一规范的出台，促进了中国船用燃料油调和组分的转变，低硫组分的需求量增加。目前可以利用加氢催化剂脱硫、氧化脱硫、生物脱硫和吸收脱硫等工艺，进行低硫组分的工业生产。

2. 混合方式

目前，国内外主要船用燃料油生产企业普遍使用的混合方法都是罐内混匀调和。将几种组分油通过管道直接运送至船用燃料油罐，在储罐内侧壁的下方设置2~3个螺旋桨，使螺杆桨相向转动以便进行拌和混匀，通常的拌和持续时间约为45~60min为宜。该种混匀方法的好处是装置简便，成本低，但缺点是拌和持续时间过长，而且对混匀程度难以把握。但由于市场对性质稳定的船用燃料油的需求日益增多，因此使用强化混匀方法已成为一个趋势。第一种方式是在原来的混匀罐外添加一个回流装置，以提高拌和持续时间，该方式投资较小，且对厂区环境的影响也不大。另一个途径则是改变混匀方法，先通过管道混合机进行预混，再通过高速的剪切式搅动设备进行强制搅动。后者也可以视为完成连续化生产技术的一种方法，是未来发展自动连续生产船用燃料油工艺技术的重要基础。

3. 生产工艺

船舶燃料调和的方法直接影响调和质量。目前所采用的生产工艺主要是通过购买合适的组分油，并根据人工计算的调和方案，通过调整组分油泵的输出功率，实现船用燃油的调和生产。而自动化的连续调配工艺可以提高船用燃料油的产量，可以适应组分油、价格和市场需求的不断变化，所以船用燃料油连续调配工艺技术十分关键，除能增加船用燃料油产品生产的连续性以外，还能够增加油品的混合稳定性。

4. 产品检测

船用燃油调和组分的性质差异很大，这就要求试验装置提高数据的可靠性，这对试验装置的性能提出了很大的挑战。因此，开发一种适用于船舶燃油性能在线监测的试验装置将是一个重要的方向。

专业化生产可以提高船用燃油产品质量，利用油品调和模型可以快速建立调和方案。而船用燃料油生产在未来将向更加低硫化发展，而组分油品的特性、品种、地域性等要求也将对生产方法产生较大的改变，而船用燃料油连续调配技术可以通过利用数据库进行调和的方法，节约了调试时间，增强了生产能力。而互联化就是在企业管理层工作方面，借助公司数据库、网络实现全域的综合优化管理，将公司的资源相互共享，构成了高效的资源分配体系，将公司内的油品储量、市场、产品生产等相关方面实现全域的综合优化管理工作，从而提升了公司的经营管理工作、生产效率、市场分析能力。

船用燃料油持续调节技术，突破了现行罐型间歇调节技术的单一性，全面提高了企业的产品效益和技术水平，是一项比较先进的技术。

五、存在的问题与展望

1. 存在的问题

船用燃料油相比于汽、柴油等传统燃料来说，其组成差异大、调整的油品粘度较大，因此对连续调配工序有着更为严格的规定。所以，在实现船用燃料油连续调和和技术产业化的方面，仍面临着如下问题：

(1) 方法估计和指数预测的可靠性。船用燃料油的组分与油特性差异较大，在粘度等非线性技术指标的预期准确度上仍具有较大优化空间，如能合理改善产品方案的计算质量和产品指标的预期可靠性，将对船用燃料油连续调和和技术产生确定性的作用。

(2) 重质油的测定准确性。在连续生产过程中，如何保证生产性质指标合格，一方面依靠调和方法的可行性，另一方面由泵、流量计的计量精度来判断。由于重

质组分油的粘性很大，其流量的调节对机械设备需求也很大，泵、流量计等调节装置就可以适应生产需要，是连续性生产技术的重要环节。

(3) 组分油混合利用率和效果。高效混合不仅可以使油的质量更加优异、稳定，而且可以延长储存期，因此如何使粘度差别较大的重组分油料充分混匀，是船用燃料油在连续调和工艺技术中的创新点。

(4) 对油品质量的持续监控。目前间歇罐式调和生产，通过采样后再送到实验室分析的方法，费时过长且检验人员数量较多，延误了市场时机。但如果采取连续调和的方法开展生产，从方案计算到操作均把产品质量管理置于第一位，在产品产出前就完成了黏度、密度等关键技术指标的持续检测，大幅提高了产品利用率，从而提升企业的经营效益。

2. 展望

伴随全球航运市场的进一步发展，船用燃料油的需求也将扩大。就目前间歇性调配的方式而言，由于人工方法操作误差大、生产周期较长、质量检测试验费时费力，如果能够在方案计算、指标预测、产量管理、有效调和控制等技术方面进行船用燃料油的连续性调配生产，将降低成本、提升生产效能、改善油料质量，是市场导向下的先进生产方式，也是制造业转型升级的新趋势。

六、结语

国际海运行业加强了各个国家的经济联系，随着航运行业的兴起，船用燃料油的供需关系逐渐变得不平衡，在日渐加大的需求之下，传统的船用燃料油生产技术费时又费力，无法适应行业发展，使得供需矛盾不断扩大，为了能够初步探讨解决这个问题，本文提出了船用燃料油连续调和和技术方案。通过船用燃料油连续调和和技术方案，能够在调和方案、指标监测以及生产控制等方面提高船用燃料油的产量。但是船用燃料油连续调和和技术在应用的过程中仍存在不足，需要对这些不足进行研究，进一步达到高效智能化的船用燃料油生产目的。

参考文献：

- [1] 谢宏超, 吴相雷. 低硫重质船用燃料油调和和中渣油加氢装置优化措施[J]. 齐鲁石油化工, 2021, 49(03):200-203.
- [2] 肖文涛, 李雪. 重质燃料油在线优化调和系统建设所面临的挑战[J]. 当代化工, 2020, 49(12):2832-2839.
- [3] 郭洪涛. 关于船用燃料油调和方案的分析与讨论[J]. 当代化工研究, 2020, (23):71-72.
- [4] 王琪, 陈春, 张霖, 施岩, 刘铭锦, 苏飞铭, 王一鸣. 新标准低硫船用燃料油的调和研究[J]. 当代化工, 2020, 49(11):2371-2374.