

常减压装置减压深拔技术研究进展

陈建民¹, 杨娜², 罗铭芳², 张敬², 李文镇², 姜斌²

(1. 中国石化洛阳石化工程公司, 河南 洛阳 471003;

2. 天津大学精馏技术国家工程研究中心, 天津 300072)

摘要:结合国内外炼油厂减压深拔装置的现状及研究动态,介绍了国内炼油企业减压深拔装置普遍存在的问题,对影响减压深拔的各种因素进行了讨论,详细阐述了各种提高拔出率的途径,为优化减压深拔工艺提供指导意见。

关键词:常减压;减压深拔;拔出率;减压塔

中图分类号:TQ053.5;TE624

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2010)06-0020-05

Research progress in deep-cut technology in crude oil distillation unit

CHEN Jian-min¹, YANG Na², LUO Ming-fang², ZHANG Jing², LI Wen-zhen², JIANG Bin²

(1. Luoyang Petrochemical Engineering Corporation, SINOPEC, Luoyang 471003, China;

2. National Engineering Research Center for Distillation Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: In consideration of the current status and the research trend of vacuum equipments in domestic and foreign refineries, the common problems existing in domestic refineries are introduced. After expounding the correlation factors in deep-cut, the approaches to increase the pull-out rate are systematically expatiated, providing guidance to optimize the deep-cut process.

Key words: atmospheric vacuum distillation unit; deep-cut; pull-out rate; vacuum tower

原油是我国重要的战略能源,目前原油资源日益紧缺,国内炼油企业处理的重质原油比例明显增加。油品需求结构也在发生变化,重质燃料油销量逐年减少,化工轻油和用于运输的轻质燃料油需求逐年增加。如何采用新技术来提高拔出率,取得较多的直馏馏分油和较好的经济效益,成为国内外炼油工作者关注的热点。

国外学者对减压深拔技术已经有了较为系统的研究,国外常减压装置减压渣油的实沸点切割温度(TBP)设计标准为565.6℃,最高已达到600℃^[1]。美国KBC公司的原油深度切割技术使减压蒸馏切割点达到607~621℃^[2]。荷兰Shell公司的HVU减压蒸馏技术,是采用高真空、高减压炉出口温度的空塔喷淋减压深拔工艺,减压塔在传热段采用空塔喷淋传热技术将全塔压降降低,达到更高的拔出率,蜡油终馏点595℃。德国MIRO减压装置的减压蜡油在切割点温度达到605℃时,残炭率仍保持1.7%的水平。而国内传统炼油厂减压塔的最高拔出温度普遍低于530℃,一般为510℃左右。

实验室使用高真空短程蒸馏仪,通过降低真空

度和缩短蒸发距离,对大庆、辽河及鲁宁管输常压渣油进行深拔研究的结果表明,最高拔出温度可提高到625℃^[3]。国外资料也表明,对常压渣油进行高真空的短程蒸馏,切割点最高可达629.4℃^[4]。另据统计,国内许多减压渣油中低于500℃馏分含量大于8%,低于538℃馏分含量大于10%。我国大庆渣油中1/4~1/3的馏分是良好的裂化原料。目前国内的生产技术水平和原油性质,通常认为切割点大于540℃才称得上深拔。由此可见,减压瓦斯油收率提高尚有潜力可挖。

1 国内减压深拔装置存在的问题

1.1 减压深拔工艺选择适应性问题

减压深拔技术有它的适应性,要根据炼油厂所加工原油的性质、全厂总流程、特别是减压馏分油和减压渣油的加工方案来决定是否采用深拔技术并确定减压深拔的切割点。

减压渣油若已满足催化裂化原料的质量要求,则不必进行减压深拔;减压渣油若需适合于用作生产道路沥青的原料,则应按生产沥青的要求来确定

收稿日期:2010-04-13

基金项目:国家“973”计划项目资助(2009CB219905)

作者简介:陈建民(1965-),男,高级工程师;姜斌(1966-),男,博士,研究员,主要从事传质与分离工程研究,通讯联系人,binjiang@tju.edu.cn。

减压深拔的程度;减压渣油若是用作焦化、减黏裂化的原料,则按这些二次加工装置对原料性质的要求进行减压深拔。对于进口的含硫或高硫原油(如伊朗原油、沙中原油、沙重原油、俄罗斯原油等),其减压渣油密度大、残炭值高、重金属含量高、硫含量高,作为焦化的原料时,切割点一般可在565℃以上。当然,是否采用减压深拔技术及减压深拔切割点的确定,还要综合考虑建设投资、操作周期、产品需求等因素,以期达到最好的经济效益。

1.2 减压深拔工艺流程问题

国内传统的减压蒸馏装置设计拔出温度按照530℃以下考虑,设计时减压塔没有减底急冷油循环流程,减底温度没有很好的控制手段,塔底温度上升后,有时会导致减压塔底结焦的事故。有的装置没有在辐射段入口设计注汽点,减压炉管的油膜温度不好控制。炉管的吊挂材质等级设计低于炉管材质,限制了炉膛温度不能高于800℃。

1.3 装置操作负荷匹配问题

国内常减压装置普遍存在操作负荷匹配不合理。常压炉出口温度低,常压拔出率低,柴油和蜡油组分重叠。柴油组分进入减压系统后,减压炉及减压塔内负荷相对增大,减二线组分柴油含量高,由此带来减压炉负荷吃紧、减压拔出率不足、蜡油和渣油组分重叠等问题。

1.4 缺乏减压深拔技术支持

减压深拔核心技术包括减压炉管防结焦技术、低压降转油线、减压塔技术和抽真空系统技术等。由于没有针对具体的原油品种和加热炉结构进行严格的计算,没有原油结焦曲线,如果只是依靠经验进一步提高加热炉出口温度,势必担心减压加热炉及转油线结焦,减压炉管的合理设计也是防止油品裂化必须解决的问题。实际操作中,减压炉出口温度需低于设计值10℃以上。减压深拔工艺必然使减压塔操作温度升高,从而造成的减压塔内结焦、塔内构件堵塞及由于操作温度提高造成集油箱等的热变形使焊缝开裂等问题都需要研究解决。

1.5 原油特性数据缺乏

原油减压深拔首先需要建立所加工原油的特性数据库,尤其高温馏分段原油性质,包括对应温度段的金属镍含量、钒含量、铁离子含量及残炭值等,减压侧线产品指标要求与加工原油的性质决定了减压深拔的切割点,国内在各种原油特性数据库建立方面还有大量基础研究工作需要完成。

2 影响减压拔出率的因素

影响减压装置拔出率的主要因素是减压塔进料段的油气分压和温度。进料温度越高或烃分压越低,则进料段的气化率越大,总拔出率越高。温度和压力对减压装置拔出率的影响见图1(1 mmHg = 101.3 Pa, 1 F = 5/9℃)。从图1可以看出,随着压力的降低和温度的提高,油渣产率降低^[5]。

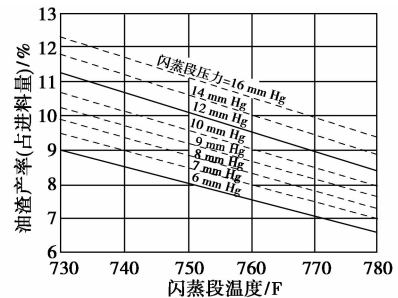


图1 温度和压力对减压装置拔出率的影响

减压炉出口温度不能太高,否则会产生结焦。减压塔内的生焦是由烃的热裂解产生的,热裂解的程度受烃在加热炉、塔底、塔闪蒸区和回流区的温度及停留时间的影响。因而,深拔主要通过降低进料段的油气分压来实现。

雾沫夹带对减压深拔也有重要影响,其主要影响减压塔最底侧线产品的质量。另外,被夹带上去的油滴还会使闪蒸段以上部分的塔内件严重结焦。减少进料段雾沫夹带量的途径主要通过降低气相动能因子、提高分离空间高度^[6]和合理设计进料分布器来实现。

具体来说,减压系统工艺操作条件如真空度、减压炉出口温度等及减压系统主要设备结构设置如减压炉、转油线、减压塔及其进料分布器和填料内构件、抽空器等均直接影响减压拔出率。

3 提高减压拔出率的途径

3.1 设计低压降及低温降的转油线

转油线是连接减压炉与减压塔之间的工艺管线,它对提高拔出率、降低炉出口温度和改善油品质量起着很大作用。在一定的炉出口温度下,如果减小转油线的压降,就会使温降减小,从而提高减压塔进料段温度,有利于提高气化率,进而提高总拔出率。另一方面,如果保持转油线出口压力、温度不变,通过优化减压转油线结构减小转油线的压降后,温降会随之减小,能够在保证减压塔进料段气化率的条件下,尽可能降低减压炉出口温度,从而防止

炉管结焦。同时,油品温度降低,不易产生高温裂解,有利于改善侧线产品质量。

新型转油线的过渡段一般采用逐级扩径布置技术,以降低流速、防止震动,并吸收部分转油线热胀量。这样既可以防止因炉温提高而造成的炉管和转油线热胀变形,又可以减少转油线的压降和温降,维持减压塔进料较高的压力和温度,进而提高总拔出率^[6-7]。

3.2 提高减压塔顶真空度,降低全塔压降

减压深拔的前提是保持塔顶高真空度。在闪蒸段温度一定的情况下,提高塔顶真空度,即提高了气化率。影响塔顶真空度的因素很多,如常压拔出率、不凝气及空气量、塔顶温度、如冷却水温度、蒸汽压力和抽空器本身构造等。干式减压塔抽真空一般用三段抽空,塔顶残压小于2 kPa,效果较好。湿式减压用两级抽空,塔顶残压由一级冷凝冷却介质温度决定。

在真空度很高的减压塔内,进料段到塔顶的压降对拔出率和进料温度的影响很大。相同进料温度下,进料段到塔顶压降越低,进料段的气化率就越高,从而拔出率越高。同样的气化率,进料到塔顶压降越低,进料温度越低,从而减压炉的耗能越低,因此降低全塔压降尤为重要。减压塔内的填料和内件的压降直接影响到塔内压降,开发高通量、高效率的填料对降低减压塔内的压降和填料高度至关重要。

近几年国内规整填料技术取得了很大的发展。中国石化广州分公司新建的800万t/a、中国石化九江分公司500万t/a、中国石化武汉分公司500万t/a原油减压蒸馏装置减压塔内均采用了天津大学精馏技术国家工程研究中心(NERCDT)专利产品双向金属折峰式系列规整填料(该填料独特的结构及开孔形式使气流趋于最佳流动状态),其具有分离效率高、通过能力大、压降低、操作弹性大等优良的综合性能,特别适用于以压力降为控制因素的大型减压塔^[8]。

3.3 尽量提高常压塔拔出率

原油中350℃(TBP)以前的馏分在常压塔拔出,但实际上常压塔的收入达不到实沸点评价数据中显示的产品收率。在减一线馏分油中,350℃以前的馏分有时高达60%^[9]。因此部分应该在常压塔拔出的轻组分转移到减压塔,这样不仅增加了减压炉的热负荷,而且大量轻组分进入减压塔,使减压塔空塔气速显著升高,增加了压力降,降低了减压塔闪蒸段的真空度,影响拔出率。

中国石化股份有限公司九江分公司采用先进控

制软件,实现常三线质量的卡边操作,减少因柴油组分进入减压塔而造成的减顶抽真空负荷的增加。常压气化油(常四线)抽出槽采用低液位控制,常四线油直接进减三线中回流,这样既可回收其中的柴油,又能降低减压炉的负荷^[10]。

3.4 设计合理的进料分布器

不良的气体分布会造成减压塔填料层内气液相分流,使塔的分离效率严重下降。设计合理的进料分布器,可保证气体分布均匀、降低全塔压降、减小雾沫夹带,同时可有效地分离气相中夹带的液滴和固体颗粒。不仅保证高效填料性能的充分发挥,还可防止填料结焦,减少侧线中重金属及残炭的夹带。研究进料气体分布器的性能,了解其中气液运动规律,探索其合理结构并在此基础上开发性能优良的气体分布器,对大型减压塔的合理设计和优质高产具有重要意义。

国内开发的新型双切向环流进料分布器由于其具有气体分布均匀、低压力降及雾沫夹带量小等优良的综合性能,已被大多数炼油工作者所接受^[11]。

3.5 采用新型液体分布器

填料塔对液体的不均匀分布极为敏感。液体在填料塔内的分布性能及最终的填料性能在很大程度上依赖于液体的初始分布,特别是对于大直径、多侧线、浅床层的减压塔,液体分布往往是成败的关键。新型重力式的槽式液体分布器和新型抗堵塞的压力式喷淋管式液体分布器等在减压塔中得到了良好的应用。

NERCDT开发的新型全连通抗堵塞液体分布器具有安装方便、抗脏堵、弹性大、压降低、布液均等优点,用于大直径浅床层的大型减压塔内具有良好的使用效果。

3.6 合理控制洗涤段洗涤油流量和塔底吹汽量

减压塔设置洗涤段的目的是从闪蒸段上升的蒸汽中脱除所携带的焦油残液,这些蒸汽中含有的焦油会使洗涤段上方的侧线产品中带有金属镍、钒和残炭。为保证清洗段填料能够被充分润湿,不使冲洗段结焦,尽可能减少清洗油量,达到最小的压力降,应参照设计要求对清洗油量进行反复调试,最终确定最适宜的清洗油量。

减压塔塔底吹汽的主要目的在于降低闪蒸段的油气分压,以提高进料的气化率,提高拔出率。但吹汽量过大会降低真空度,因此操作中要反复调试。

3.7 采用直接接触式传热,减少减压塔填料床层高度

直接接触传热技术在国外已成功地应用于燃料

型减压塔。这种结构仅在分离要求的柴油和轻蜡油分离段以及洗涤段设填料,其他无分离要求的塔顶冷凝段、轻蜡油冷凝段和重蜡油冷凝段均不设填料,回流油喷淋与上升气体直接接触冷凝,大大减少了全塔总压力降,真正地实现了高真空减压蒸馏^[12]。采用这种技术有2个关键:一是要预防雾沫夹带和洗涤段结焦;二是要合理地设计塔高和循环量以满足空塔喷淋取热的需求,这一方面的研究工作还需要深入进行。

NERCDT与SEI合作进行了各种新开发高效换热填料的性能研究,应用于减压换热可以在正常循环量的基础上最大限度减小换热填料层的高度,此技术可有效减小直接接触传热法由于加大换热循环量而造成的塔径扩大。

3.8 急冷油循环及塔底阻焦技术

由于减压深拔的进料温度很高,塔内操作温度也常常超过400℃,因此塔内进料段及进料段以下操作温度也很高,高温区物料很容易发生热裂解、聚合反应,同时可能发生结焦,堵塞塔内件及塔底抽出口,使减压塔压降急剧升高,严重影响产品质量,甚至无法正常操作。

目前国内减压深拔设计采用急冷油循环技术能够把渣油温度降低到370℃以下,可以在一定程度上缓和结焦问题。同时,采用塔底阻焦装置,起到避免物料由于温度过高而结焦的作用,同时当少量结焦发生时,可以起到过滤焦块的作用,阻止其进入塔釜,从而避免由于结焦造成的塔底物料抽油泵及冷换设备的堵塞造成的停工。

3.9 强化蒸馏技术

由于分子间存在范德华力,石油中的一部分高分子化合物会互相缔合,形成一些分子基团。由于这些超分子结构外表面存在过剩的能量,会形成附加的引力场,能吸引一部分烃类,形成了以超分子结构为核、以吸附层或溶剂化层为壳的“复杂结构单元”。在蒸馏时,一部分存在于溶剂化外壳中的低分子烃类(如蜡油),由于受到核的附加引力的作用,在其达到沸点时,难以转入气相,使蒸馏不完全,致使一些轻组分(如蜡油)残存于重组分(如渣油)内。将富含芳烃浓缩物作为活化剂加入,会使分散介质的溶解能量变化,在蒸馏时,可使溶剂化外壳中的低分子烃类(如蜡油)释放出来,从而使蒸馏完全,增加拔出率。催化裂化油浆富含芳烃浓缩物,因此采用它作活化剂是可行的。工业试验表明,在常压渣油中掺入2%左右的油浆,蜡油收率可以提高

1.5个百分点^[13]。

4 国内新建常减压深拔装置情况

近几年,引进国外减压深拔技术国内新建成4套减压深拔蒸馏装置。中国石油大连分公司和独山子分公司新建1000万t/a常减压装置全套引进壳牌公司的HVU减压蒸馏技术及硬件,其设计的高真空和空塔喷淋减压深拔工艺可以将全塔压降大大降低,以期达到更高的拔出率。中国石化青岛炼化公司、天津分公司新建1000万t/a常减压装置引进KBC公司的减压深拔技术,采用软硬件结合达到减压深拔技术要求。已开车近1年的中国石化青岛炼化公司是中国石化第1套全新的千万吨级常减压蒸馏装置,设计采用了许多新工艺、新技术和新设备来实现装置大型化和减压深拔。装置投产以来操作一直平稳,产品质量合格,减压深拔实现了切割点不小于原油实沸点565℃的目标^[14]。

在国内,中国石化工程建设公司(SEI)、中国石化洛阳工程公司(LPEC)与天津大学精馏技术国家工程研究中心合作,对减压深拔技术做了一系列积极有益的探索,开发出具有自主知识产权的减压深拔技术,包括减压加热炉技术、减压抽真空系统、低压降的新型填料和高效、抗堵塞、耐高温的气体分布器和液体分布器、抗热变形集油箱、渣油急冷循环降低塔釜温度技术和塔底阻焦装置等及用于减压塔的过程模拟等技术,这些技术和设备的开发成功为打破减压深拔技术的国外垄断状况、实现减压深拔技术国产化应用奠定了基础。

LPEC与NERCDT合作在大连西太平洋石油化工有限公司、中国石化广州分公司800万t/a和九江分公司500万t/a的常减压装置中采用了减压深拔设计,其中大连西太平洋石油化工有限公司实现了切割点不小于原油实沸点550℃的深拔操作;中国石化广州分公司实现了减压炉出口分支温度395℃时,减压渣油小于500℃馏分平均为2.67%,渣油收率相对前期下降了2.95%。中国石化九江分公司减压炉出口分支温度398℃时,500℃馏出量为2.0%,经济效益显著^[10,15]。

SEI与NERCDT合作对中国石化武汉分公司炼油500万t/a减压蒸馏装置进行减压深拔技术改造,实现减压渣油组分500℃含量为3mL,蜡油收率增加2.38%,总拔提高了2.44个百分点,减压深拔效果较好。

国内自主研究的减压深拔技术的成功应用不但

取得了良好的社会效益和经济效益,其设计、生产经验和操作数据可以填补国内空白,摆脱严重依赖国外技术的不利局面,同时也为今后减压深拔技术的设计、加工、制造和生产操作都提供了很好的借鉴和有益的经验。

对于国内新建装置,炉出口温度设计值远低于国外,因而减压炉防结焦技术应需要重点研究。

5 结语

减压深拔操作可以有效降低渣油收率,提高减压渣油的残炭和密度,提高轻油收率,充分发挥焦化等装置的运营能力,提高了高附加值产品收率。在原油价格持续高价位的形势下,通过减压深拔操作,优化重油系统的加工模式不仅可以达到节能减排的目的,还能够把采购的较低价格的高硫重质原油的经济效益最大限度地显现出来。

国内自主研发的减压深拔技术的应用填补了国内空白,打破了国外技术的堡垒,同时也为今后减压深拔技术的设计和生产操作都提供了重要参考价值。

参考文献

- [1] 张立新. 常减压蒸馏技术的现状和发展[C]//常减压蒸馏第五届年会特刊. 青岛:常减压蒸馏科技情报站,2002:31.
- [2] Tony B. Deep-cut vacuum unit design[J]. Petroleum Technology Quarterly,2005,10(5):95-97.
- [3] 张韬. 渣油的深拔研究[J]. 石油学报:石油加工,2002,18(4):53-58.
- [4] Habibullah A, Cumare F E, Sakata M, et al. Crude vacuum distillation: Wet, dry or damp. Institution of Chemical Engineers Symposium Series[J]. Pasadensa, 1997, 9:587-599.
- [5] Martin G R, Understand vacuum system fundamentals[J]. Hydrocarbon Processing, 1994, 73(10):91-98.
- [6] 凌逸群. 常减压蒸馏装置生产运行的主要问题及对策[J]. 石油炼制与化工, 2002, 33(12):7-11.
- [7] 秦娅. 减压转油线气液两相流动特性模拟及结构优化研究[D]. 天津:天津大学,2007.
- [8] 雷钧, 高光伟, 曹慧. 优化工艺参数实现减压深拔[J]. 炼油与化工, 2006, 17(2):25-28.
- [9] 杨伯极. 常减压蒸馏装置减压深拔技术[J]. 炼油设计, 1996(2):10-24.
- [10] 王绣程. 减压深拔技术在常减压装置中的应用[J]. 中外能源, 2009, 14(8):75-79.
- [11] 蒋荣兴, 李志强. 开展减压深拔优化重油装置运行实现炼油节能减排[J]. 第五届常减压蒸馏科技情报站年会论文选编, 2002(8):36-41.
- [12] 李红云. 常减压装置减压深拔技术[J]. 石油化工设备技术, 2001(6):9-14.
- [13] 王云强, 陈宝兰, 徐振铭. 减压蒸馏深拔措施及效果[J]. 齐鲁石油化工, 2004, 32(3):183-184.
- [14] 姜斌, 林志伟, 毛福忠, 等. 特大型减压深拔的减压塔[J]. 石油化工设备技术, 2009, 30(3):28-31.
- [15] 陈燕萍. 常减压蒸馏装置减压深拔技术改造及工艺优化[J]. 炼油技术与工程, 2009, 39(10):25-28. ■

霍尼韦尔同意收购 MATRIKON 公司

霍尼韦尔公司日前宣布签署价值为 1.42 亿美元(约合 1.45 亿加元)合同收购 Matrikon 公司(TSX:MTK)。Matrikon 公司专注于软件研发,用以帮助工业制造商安全、可靠并高效地进行生产运营。此次收购将加强霍尼韦尔在高速增长的石油、天然气以及电力行业价值链中的地位,并扩展其在全球核心区域的应用。该笔交易还需得到 Matrikon 的股东批准。

Matrikon 将被归入霍尼韦尔自动化与控制解决方案集团旗下的霍尼韦尔过程控制部。

霍尼韦尔过程控制部总裁诺曼·吉尔斯多夫(Norm Gilsdorf)表示:“我们的行业客户希望其工厂能够在各种经济环境下均运转良好, Matrikon 的产品对我们有所帮助。将 Matrikon 的技术和专业知识与霍尼韦尔工业及解决方案平台结合,将扩展我们服务范畴,帮助用户提升工厂绩效,这对于我们的业务是一个极佳的增补”。

Matrikon 将为霍尼韦尔带来互补的应用,包括针对油气井状况和采掘设备监测应用,以及采矿业供应链解

决方案。Matrikon 网络安全以及报警管理解决方案同时会与霍尼韦尔过程安全和安防解决方案相结合。

Matrikon 成立于 1988 年,专注于管理生产、优化运营以及资产监控等技术,其涉足行业包括石油天然气、精炼、能源、电力以及采矿行业。其提供产品以及解决方案为工厂人员提供可操作的运行数据来预测并纠正错误,鉴别改进机会,分享最佳实践并采取必要行动以实现并保持运营目标。在 2010 年 2 月前的 12 个月里, Matrikon 销售额大约为 8 000 万美元。

Matrikon 总裁兼首席执行官尼扎尔·J·苏姆基(Nizar J. Somji)表示:“这一联合将为所有的 Matrikon 利益相关者、我们的股东、客户以及员工提供极大的机遇。我们相信我们所从事的下一代技术以及我们的产品和解决方案战略与霍尼韦尔的技术远景相得益彰。这将帮助我们的员工继续在全球大型工程解决方案实施中不断发现机遇,同时为实现我们与客户长期技术合作伙伴关系的远景提供了基础。(王法)