

亚露点硫磺回收及尾气处理新进展

蒲远洋¹, 诸林¹, 杜通林²

(1. 西南石油学院, 四川 成都 610500;

2. 中国石油工程设计有限公司西南分公司, 四川 成都 610017)

摘要: 亚露点技术在天然气硫磺回收及尾气处理技术中占有重要地位。综述了亚露点硫磺回收及尾气处理技术的进展情况, 着重介绍了 Clauspol 系列, Clinsulf-SDP 和 MCRC 工艺的技术特点、应用及发展, 探讨了亚露点技术的发展趋势。

关键词: 亚露点技术; 低温克劳斯; 硫磺回收; 尾气处理; 工艺; 发展趋势

文章编号: 1006-5539(2006)01-0042-05 **文献标识码:** A

0 概述

亚露点硫磺回收工艺即低温克劳斯工艺指在低于硫露点温度下进行克劳斯反应的一类酸气处理的工艺方法, 按所使用的催化剂相态分成两类: 在液相中或在固体催化剂上进行。前者在加有特殊催化剂的有机溶剂中, 在略高于硫熔点的温度下, 使尾气中的 H_2S 和 SO_2 继续进行克劳斯反应, 从而提高硫的转化率; 后者在低于硫露点的温度下, 在固体催化剂上发生克劳斯反应, 其温度条件有利于提高热力学平衡常数, 反应生成的硫被吸附在催化剂上, 可降低硫的蒸气压, 有利于 H_2S 和 SO_2 的进一步反应, 同时达到提高硫收率的目的。

就其与克劳斯装置的关系而言, 亚露点硫磺回

收工艺可分为“独立”的和“组合”的两类。

1 “独立”的亚露点硫磺回收工艺

1.1 Sulfreen 法的发展^[1-3]

Sulfreen 法是由德国 Lurgi 和法国 Elf Aquitaine 公司联合开发的, 系固相催化低温克劳斯工艺。Sulfreen 工艺是在低于硫露点温度下将尾气中的 H_2S 和 SO_2 转化为元素硫, 使用的催化剂是与常规克劳斯相似的活性氧化铝催化剂。传统的 Sulfreen 工艺+两级克劳斯硫回收的总硫收率可达 99.10%~99.16%。为了提高总硫收率以适应更严格的 SO_2 排放标准, 现已开发成功了几种 Sulfreen 变体工艺。

下, 设计单位进行了优化设计, 施工单位进行了质量整改。

综上所述, 小型工程投资小, 工期短, 在项目管理和质量控制上有一定难度, 专业的监理单位更应该发挥技术优势, 履行法规和合同赋予监理的“三控两管一协调”^[1-4] 的使命。我方期望通过各方不断的努力和监理人员的辛勤劳动, 在引入监理机制的项目中, 在监理过程中, 按规定程序对每一个环节和每一道工序进行把关, 随时监控并消除现场的质量问

题和隐患, 向业主提出设计、施工当中的质量问题和合理化建议, 使小型工程的投资、进度、质量得到有效的控制, 最终为业主交出合格满意的工程, 使工程建设达到预期目标。

参考文献:

- [1] SY/T 0414-98 钢制管道聚乙烯胶粘带防腐层技术标准 S.
- [2] 中国建设监理协会. 建设工程质量控制 [Z]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.

收稿日期: 2005-08-03

作者简介: 蒲远洋(1978-), 男, 四川省南部人, 在读硕士研究生, 主要从事天然气加工技术的研究工作。电话: (028) 66699368。

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

1.1.1 Hydrosulfreen 工艺

Hydrosulfreen 工艺是在传统 Sulfreen 工艺的基础上增设了加氢段,在一个尾气水解/氧化反应器内先进行加氢水解(即将尾气中的硫加氢为 H_2S ,然后以 TiO_2 催化剂直接氧化 H_2S 为元素硫,剩余的未反应的 H_2S 和 SO_2 在 Sulfreen 装置内继续进行 Claus 反应)。该工艺总硫收率达 99.5%。

1.1.2 Carbosulfreen 工艺

Carbosulfreen 工艺是在传统 Sulfreen 装置后面增设了两个 CarboSulfreen 反应器:第一段在富 H_2S 条件下进行低温克劳斯反应;第二段以活性炭催化剂氧化 H_2S 。在类似于 Sulfreen 反应器温度条件下将 H_2S 直接氧化为元素硫,并同时 Claus 反应。

1.1.3 OxySulfreen 工艺

OxySulfreen 工艺克服了传统 Sulfreen 工艺的局限,总硫收率可达 99.5%。其工序与 HydroSulfreen 工艺基本相同,但尾气加氢与直接氧化分别在两个反应器完成。

此外,DoXoSulfreen 工艺是在 Sulfreen 反应器之后安排有直接氧化反应器,使克劳斯段 H_2S 反应稍过量运行;二段 Sulfreen 工艺是在两反应器间有一中间冷却器以降低反应温度。

1.2 Clauspol 工艺的发展^[4]

Clauspol 工艺是由法国石油研究院开发的,初期称为 IFP 法,系液相催化低温克劳斯工艺。由于工艺简单,操作容易,生产费用低,已被广泛使用,目前大约有 40 套工业装置在运行。这种工艺经过不断改进,硫的总收率可达到 99.9% 以上。

1.2.1 工艺原理^[3]

Clauspol 工艺是使克劳斯尾气在一种不挥发的有机溶剂中进行克劳斯反应。克劳斯尾气从装有填料反应塔底部进入,逆流与溶剂接触。 H_2S 和 SO_2 被溶剂吸收后进行催化反应,反应温度略高于硫磺的熔点。生成的硫磺从反应器底部排出,而经过净化的气体则从反应塔顶排出,经焚烧后排放。由于溶剂和催化剂在液体硫磺中的溶解度都很低,所以产品硫磺的纯度很高。

1.2.2 工艺发展

a. 最初 Clauspol 工艺为 Clauspol-1500(液相低温克劳斯法),它采用喷水直冷,其转化率大于 98.5%。

b. Clauspol-300 工艺是在 Clauspol-1500 的基础

上改进而形成的第二代技术。主要改进两个方面:变直接注水冷却为间接冷却,不但使溶剂更容易控制,而且有助于提高平衡转化率;采用了更可靠、更精确的 H_2S/SO_2 比例在线分析仪,使尾气中实际的 H_2S/SO_2 分子比尽可能接近理想值。通过改进,可使总硫收率提高到 99.7%~99.8%。

c. Clauspol 99.9⁺ 工艺^[6] 是在 Clauspol-300 工艺基础上的进一步完善。它一方面要求在硫回收装置中使用的催化剂能强化 COS 和 CS_2 的水解,充分发挥上游硫回收装置的优势;另一方面在 Clauspol-300 尾气处理装置上增设了溶剂的“脱饱和回路”。Clauspol 99.9⁺ 工艺如图 1 所示。

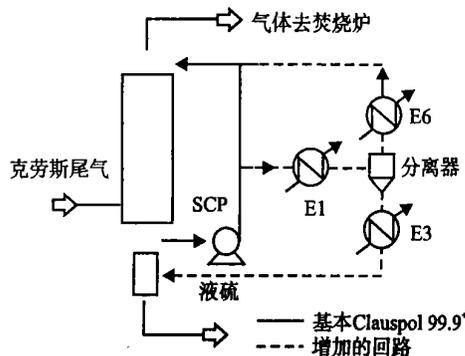


图 1 Clauspol 99.9⁺ 工艺

由溶剂循环回路抽出部分溶剂经换热器冷却到 50~70℃ 后送入分离器,此时会有固态硫析出,经实验验证硫不易在换热器堵塞(如有必要可定期用蒸气加热溶解)。在分离器中固体硫从冷溶剂中分离,澄清溶剂由上部出来经换热器加热后送回原溶剂循环回路。分离器底部的固体硫及少量残存溶剂经换热器加热到硫熔点以上送回吸收反应塔底,进行硫和溶剂分离。这样,尽管从吸收反应塔底抽出循环的是饱和溶剂,但送入塔顶的却是不饱和溶剂。

这种“脱饱和回路”只包含一些小型设备,对 Clauspol-300 的经济性影响不大,但却最大限度地减少了排放气中元素硫的含量,最终使总硫收率提高到 99.9% 以上。

1.2.3 工艺特点

a. 操作条件缓和,压力、温度不高,设备简单,不需特殊材料,其投资不高。

b. 过程连续,操作简单,流程压降小,可利用硫回收尾气余压,不需另增加鼓风机等设施。

c. 溶剂和催化剂来源容易,价格不贵,消耗不

大,装置操作费用低。

d. 硫磺产品质量高,纯度可达 99.9%。

e. 适应范围广,操作弹性大,在硫回收尾气中无论 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S}$ 浓度大还是小,只要使摩尔比能大致保持 1:2 的关系即可达到理想的转化率。

2 “组合”的亚露点硫磺回收工艺

2.1 Clinsulf-SDP 工艺^[3,7,8]

Clinsulf-SDP 工艺系德国 Linde 公司于 20 世纪 90 年代开发的亚露点(Sub-Dew-Point,简称 SDP)工艺。目前世界上第二套、中国第一套采用 Clinsulf-SDP 工艺的硫磺回收装置在重庆天然气净化总厂垫江分厂投产运行,它采用管壳式的等温反应器打破了绝热反应器的垄断地位,Clinsulf-SDP 工艺装置主要由一个 Claus 热反应段及两个等温反应器组成,其流程如图 2 所示。

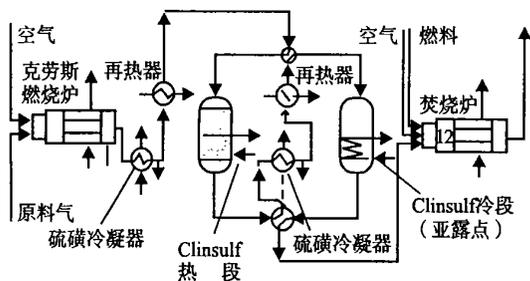


图 2 Clinsulf-SDP 工艺流程图

2.1.1 工艺原理

Clinsulf-SDP 是对常规 Claus 进行改进的一种亚露点工艺。Clinsulf-SDP 是直接从反应器的催化剂床层而不是在下游的硫冷凝器中取走 Claus 反应的反应热,从而使整个床层保持反应温度不变,有利于 Claus 反应始终在最佳温度下进行。这是通过使用 Linde 等温反应器来实现的。这种反应器是一个盘管间有较大间隙的盘管式换热器,在盘管的间隙中装填有催化剂。

常规克劳斯装置的第一催化转化器总是在两个目标中进行权衡,为了使 COS 和 CS_2 最大限度地水解,反应器温度必须足够高,为了达到最大的克劳斯转化平衡,反应器温度应尽可能低,使用上述等温反应器即解决了这一矛盾。在等温反应器上段床层不装冷却盘管仍为一绝热段,绝热段的进料温度选定

为能完全达到 COS 和 CS_2 水解所需要的温度,同一反应器的下段为等温段,可以通过外部冷源取走反应热,使反应器出口温度恒定为高于硫的露点或凝固点。

与其它亚露点工艺相比,等温反应器的优点在于它可通过外部冷源使反应器床层温度可调并保持恒定。这就显著地简化了预冷却—吸附—再生的程序。另外,由于可用外部冷源调整并恒定反应床层温度,从而使选择最低的亚露点温度成为可能。

2.1.2 Clinsulf-SDP 工艺特点

a. 整个装置仅使用两个反应器,一个处于“热”态,进行常规克劳斯反应;另一个处于“冷”态,进行低温克劳斯反应,二者定期切换。

b. 反应器内催化剂床层有“绝热”及“等温”两段,绝热段温度较高,有助于加速转化及有机硫水解,等温段温度较低,对平衡有利。

c. 在催化段仅使用两台再热器及一台硫冷凝器,与 CBA 及 MCRC 工艺相比,设备减少了很多。

d. 虽等温反应器的价格远高于绝热反应器,因设备少了,其总投资与常规三段克劳斯装置相当。

其总硫收率超过 99.1%,平均为 99.5%,除 SDP 外,Linde 公司还在实验室进行了亚固点(Sub-Solid-Point,简称 SSP)的研究,在低于硫凝固点 20°C 下运行,硫收率可达 99.8%。

2.2 CBA 工艺^[2,9]

CBA (Cold Bed Adsorption,简称 CBA)又称为冷床吸附法,是 Amoco 公司于 20 世纪 70 年代开发的亚露点类硫磺回收技术。传统的 CBA 工艺多采用四个反应器,第一个反应器以 Claus 反应器方式运作,并同时再生,剩余的三个反应器以 CBA 反应器方式运作。除四反应器的 CBA 工艺外,还曾采用过三反应器 CBA 工艺,仅有一个 CBA 反应器,即第一和第二反应器在常规 Claus 反应器方式下操作仅第三个反应器以 CBA 方式运作,因而切换也仅由一个反应器进行。该工艺的硫回收率较低,但投资仅类似于改良三级 Claus 工艺。

CBA 工艺的最新进展是开发出一种新型的、双 CBA 段的改良三反应器 CBA 工艺。改良工艺由一个 Claus 反应器和两个亚露点 CBA 反应器构成,总硫收率可达 98.5%~99.2%。

2.3 MCRC 工艺¹⁰⁾

MCRC 工艺系加拿大 Mineral 和 Chemical Resource Co. 开发的一种组合工艺。关于 MCRC 的命名,另有一说系来自“最大克劳斯硫收率概念”(Maximum Claus Recovery Concept)。我国已消化和吸收从工艺和设备上引进的 MCRC 技术。MCRC 装置的工艺流程如图 3 所示。

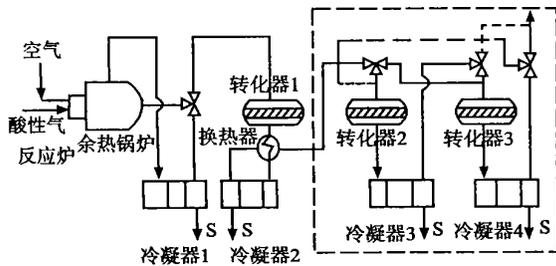


图 3 MCRC 工艺流程图

2.3.1 MCRC 工艺原理

MCRC 工艺应用的是低温吸附技术,过程气在硫蒸气露点下进行反应,反应生成的硫蒸气由催化剂吸附,及时从过程气中除去,则有利于 H_2S 和 SO_2 反应的化学平衡,使实际转化率能接近理论计算值。由于催化反应段 H_2S 和 SO_2 反应的平衡转化率随温度的降低而升高,故较低的反应温度有利于达到较高的转化率。MCRC 工艺与 Sulfreen 法和 CBA 法尾气处理方法一样,三者都应用了低温克劳斯催化反应的原理,具有 98.5% 以上的硫收率。

MCRC 工艺有三级反应器和四级反应器两种流程,由常规克劳斯段和 MCRC 催化反应段两部分组成。三级转化的 MCRC 装置,由一级常规克劳斯转化段和两级 MCRC 催化反应段组成,其中一级 MCRC 催化反应段处于高温再生,并同时进行常规克劳斯反应;另一级 MCRC 催化反应段则处于低温转化和吸附,三级反应器流程的硫收率可达 98.2% ~ 99.1%。四级转化的 MCRC 装置,由一级常规克劳斯转化段和三级 MCRC 催化反应段组成,四级反应器则可达 99.3% ~ 99.5%。与常规克劳斯硫磺回收装置不同,出 MCRC 催化反应器的过程气经冷却分硫后,无需再加热升温,直接进入下一级 MCRC 催化反应器。

2.3.2 MCRC 工艺特点

a. 前半段与常规克劳斯回收工艺流程相同,后半段为两级交替处于吸附状态的 MCRC 催化反应

段。过程气切换阀自动程序控制,切换灵敏,操作过程平稳可靠。

b. 再生热源为上游克劳斯反应段经分硫和再热后的过程气本身,无需单独的再生系统和补充再生能量。

c. 过程气的再热方式为高温掺合和通过气/气换热器再热,流程简单,占地面积小,操作和维修简便。

d. 由于应用了低温克劳斯技术,最后一级转化器中过程气是在硫蒸气露点温度下反应,使实际转化率能够接近理论值。

MCRC 过程最大特点之一是采取在线再生方法。故具有占地少、能耗低、投资省、收率高、操作方便等优点,将常规克劳斯装置与尾气处理装置结合为一体,得到广泛的应用。

3 亚露点工艺技术的发展趋势

在当今的高技术水平下,可以使硫收率达到任何要求的高度。但是,简化工艺、简化操作,降低投入、提高效率、扩展应用范围,是硫回收工业发展的趋势。

3.1 多样化、组合型发展

克劳斯与尾气处理出现了多样化的交叉组合工艺,早期仅有 CBA 法,后有 MCRC 法,最近又出现了 ClinSulf-SDP,它们各有鲜明特色。交叉组合不但简化了流程、降低了投资及操作费用,而且可得到较高的硫回收率。而如果采用独立的低温克劳斯类尾气处理技术,如 Sulfreen 系列和 Clauspol 系列工艺,可获得很高的总硫收率,但相应的投资及操作费用却很高,尤其是酸气处理总量不大的情形下是很不经济的。

3.2 向获得更高的总硫收率方向发展

随着各国 SO_2 排放量及浓度实施愈来愈严格的限制,不仅克劳斯装置本身无法达标,即使加上总硫收率不高的尾气处理工艺也难以满足要求。法国石油研究院在 Clauspol-300 工艺基础上不断改进而得 Clauspol 99.9⁺ 工艺,使硫的总收率可达 99.9%。其最重要的提高硫收率的措施除了选用高活性催化剂外,还应该严格控制风气比,对克劳斯装置后接有低温克劳斯尾气处理装置尤为重要。

3.3 等温反应器已经打破在克劳斯工艺中由绝热反应器垄断的局面

从克劳斯工艺问世以来,其催化转化器一直是绝热反应器一统天下,其优点是反应器便宜。20世纪90年代,Linde公司开发的使用等温反应器的Clinsulf系列工艺打破了绝热反应器的垄断地位。就反应器本身而言,等温反应器价格当然远高于构造简单的绝热反应器,但正如Clinsulf-SDP工艺所显示的,它可从简化流程、减少设备中获得补偿,总投资并不高。此外,还应看到采用等温反应器使工艺及装置的适应性大大改善。因此,对等温反应器在克劳斯等工艺的应用应给予足够重视。

3.4 降低有机硫浓度问题在未安排尾气加氢的工艺组合中尤需重视

在未安排尾气加氢的工艺组合中,如Sulfreen, Carbosulfreen, Clauspol, MCRC, CBA及Clinsulf-SDP等,为获得99.2%以上的总硫收率,必须加倍注意有机硫问题。既要设法抑制其在燃烧炉内的生成,又要在一段催化转化中得到高的水解效率。

3.5 亚露点技术的应用前景

亚露点技术在天然气加工中具有广泛的应用前景,尤其是Clauspol 99.9⁺工艺和Clinsulf-SDP工艺

应该得到足够的重视,利用其自身的优点广泛地应用到硫回收及尾气处理中。但是,亚露点工艺的处理量不大,我们应该在引进、消化国外先进技术的同时,更应该自主开发适应我国硫回收及尾气处理的新工艺。

参考文献:

- [1] 徐文渊,蒋长安.天然气利用手册[M].北京:中国石化出版社,2002,171-193.
- [2] 颜廷昭,徐荣.低温克劳斯硫回收及尾气处理技术发展[J].天然气与石油,2002,20(2):40-43.
- [3] 王开岳.交叉组合的硫回收及尾气处理新工艺[J].石油与天然气化工,1998,27(10):170-175.
- [4] 李隆基.Clauspol 硫磺回收尾气处理工艺及在我国的应用[J].石油炼制与化工,1998,29(7):15-19.
- [5] 赵增泰.国外酸性气体脱硫情况介绍——2000年国际硫磺和硫酸会议侧记(II)[J].硫酸工业,2001,(6):11-15.
- [6] 张义玲,李文波,唐昭峥.硫回收技术进展评述[J].炼油与化工,2003,(1):9-12.
- [7] 杜通林,彭磊,周平.Clinsulf-SDP 硫回收工艺在垫江分厂的应用[J].天然气与石油,2004,22(2):34-36.
- [8] 刘剑平.中美意德硫磺回收技术交流[J].石油化工动态,1997,5(2):53-56.
- [9] 李菁菁.硫回收及尾气处理[J].炼油设计,1999,29(8):36-42.
- [10] 李正西.加拿大MCRC 硫磺回收及尾气处理工艺技术[J].氮肥设计,1995,33(2):58-64.

我国最大规模炼化项目启动

中哈原油管道建成投产,与这条我国第一条跨国原油管道相配套的炼油厂以及西部石油管道也将陆续开工。中哈原油管道2004年9月开工,西起哈萨克斯坦的阿塔苏,东到我国新疆的独山子,全长1240km,其中哈境内988km,我国境内252km。中哈原油管道2005年底建成投产,输送能力一期是 $1\,000 \times 10^4/a$,二期是 $2\,000 \times 10^4/a$ 。这条管道完全投产后,年进口原油将占目前我国年进口量的六分之一。和中哈原油管道相配套的工程也将陆续开工,一是在独山子建设一座年加工原油能力超过千万吨的特大型炼油厂;二是建设我国目前最长的西部石油管道。其中一条是鄯善到兰州的1550km原油管道,年输油量 $2\,000 \times 10^4 t$;一条是乌鲁木齐到兰州的1840km成品油管道,年输油量 $1\,000 \times 10^4 t$ 。这两条管道建成后,将有效缓解我国石油供应紧张的局面,同时为西部开发带来巨大的效益。

中国石油独山子石化公司 $1\,000 \times 10^4 t$ 炼油项目和 $120 \times 10^4 t$ 乙烯项目已经国家批准,于2005年宣布正式启动。该工程总投资272亿元,包括20套炼油装置和12套化工装置,计划2008年建成,是中国石油化工历史上迄今为止最大的石油化工工程,也是中哈能源合作战略的重要组成部分。这一项目的建设,不仅是中国石油集团公司实施炼化一体化、提高国际竞争力的重要举措,也对发展地方经济和保障边疆地区社会稳定具有非常重要的战略意义。该项工程建成后,独山子石化公司总资产将达到340亿元,年销售收入262亿元,年利税100亿元。

上海擎督贸易金秋石化科技传播工作室 钱伯章

SELECTED ABSTRACTS

NATURAL GAS AND OIL

(BIMONTHLY)

Vol. 24 No. 1 Feb. 2006

ABSTRACT: In view of the problem of the min. mixed oil volume, analyzed is the technology of liquid partition on the batch transportation and influence of different length liquid partition mixed oil volume. Calculated is the optimum length of the liquid partition using numerical value method and prepared is a program for calculating the optimum length of the liquid partition. The result of example shows that the mixed oil volume is less when using the liquid partition and the mixed oil volume is least under the optimum length of the liquid partition. A credible method is available to seek the optimum length of the liquid partition.

KEY WORDS: Pipeline; Batch transportation; Liquid partition; Optimum length; Numerical value calculation

Economic Evaluation Analysis on Failure of Pipeline

Li Shuang, Chen Liqiong, Zhang Peng(Southwest Oil College, Chengdu, 610500, Sichuan, China)

Li Miao(Kehong Gas Transportation Branch Co., Chengdu, 610215, Sichuan, China)

Zeng Yongjie(Sichuan Petroleum Administration Gas Transportation Branch Co., Chengdu, 610213, Sichuan, China) **NGO**, 2006, 24 (1): 36-39

ABSTRACT: Failures of oil and gas pipeline will result in serious personnel death and injury, property loses and damage to environment. Aiming at pipeline failure sequent, correspondent effective maintenance measures may be adopted to reduce loss. However, a conclusion is not easy to be made due to non-consistency of measurement methods of direct economic loss, life loss and environment damage. A currency quantization method is put forward for dealing with non-consistency of measurement methods. This method is beneficial to pipeline operators for accident management.

KEY WORDS: Oil and gas pipeline; Failure sequent; Personnel injury and death; Economical loss; Currency quantization method

OIL & GAS TREATING AND PROCESSING

New Development of SDP Sulfur Recovery and Tail Gas Treatment

Pu Yuanyang, Zhu Lin et al. (Southwest Oil College, Chengdu, 610500, Sichuan, China) **NGO**, 2006, 24 (1): 42-46

ABSTRACT: The SDP technology plays an important role in sulfur recovery and tail gas treatment. Summarized is recent development of sulfur recovery and tail gas treatment techniquess, especially described are technical characteristics, application and development of Clauspo, Clinsulf-SDP and MCRC techniques and discussed is the development trend of the SDP technology.

KEY WORDS: SDP technology; LT Claus; Sulfur recovery; Tail gas treatment; Process; Development trend

Development Trend of Domestic Gasoline and Engine Oil for Motorcycle

Wang Enyang, Sun Zongli, Zhang Ning et al. (Nanyang Paraffin Refining Plant, Nanyang, 473132, Henan, China) **NGO**, 2006, 24 (1): 47-49

ABSTRACT: Along with improvement of people's living conditions continuously, China has the largest motorcycle productivity and consumption in the world, which has resulted in serious environment pollution due to tail gas. For purpose of protecting environment, motorcycles in China are gradually turned to 4-stroke from 2-stroke. High quality engine oil is required for special work environment of motorcycle engine.

KEY WORDS: Motorcycle; Gasoline and engine oil; Environmental protection; 2-stroke; 4-stroke

Technical Innovation on Delayed Coking Unit

Yuan Cunyu(General Petrochemical Plant of Shengli Oil field Co., Ltd. Dongying, 257000, Shandong, China)

Guo Aijun(College of Chemistry and Chemical Engineering, Petroleum University, Dongying, 257061, Shangdong, China) **NGO**, 2006, 24 (1): 50-52

ABSTRACT: Described are the technical characteristics of tunable recycle ratio adopted in the industrial delayed coking unit and technical innovation on process flow of furnace pipe. The practical application in the process is then further analyzed. The technique innovation has resulted in recycle ratio reduction of 0.12, enlargement of the coking unit capacity, improvement of product distribution, liquid product increment of 2.10%, furnace pipe coking period prolongation of 1 multiple and large reduction of synthetic energy consumption. Some suggestions are put forward on future technical innovation of the unit. The experience in the technical innovation is beneficial to similar unit reformation.

KEY WORDS: Delayed coking; Technical innovation; Recycle ratio; Furnace; Industrial unit

INSTRUMENTATION AND AUTOMATATION

Application of Matrix Algorithm to Analysis on Failure of Instrumentation at Combined station

Zhang Lin, Li Changjun(Southwest Oil College, Chengdu, 610500, Sichuan, China)

Tang Weili(Sichuan University, Chengdu, 610065, Sichuan, China) **NGO**, 2006, 24 (1): 56-59

ABSTRACT: Major factors affecting reliability of instrumentation in the combined station are analyzed synthetically. The fault tree is put forward. The min. cut sets and main failure types are obtained. Presented are some measures of improving reliability of the instrumentation.

KEY WORDS: Combined station; Failure; Reliability; Matrix algorithm; Fault tree analysis

MACHINERY AND EQUIPMENT

Selection of Calculation Method for Wall Thickness of Cylinder Body in Pressure Equipment

Zhang Chunyan(China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, 610017, Sichuan, China) **NGO**, 2006, 24 (1): 60-62

ABSTRACT: Calculate methods for wall thickness of the pressed cylinder in different operating conditions are different. Based on basic theory of strength design, common methods are analyzed and compared, formulas are selected to calculate the cylinder wall thickness to ensure that the pressed cylinder operate safely and reliably.

KEY WORDS: Cylinder; Thickness; Strength; Calculation method