

# DCC 装置中使用小型加料仪的实用性与经济性

张 军 (中海石油宁波大榭石化有限公司, 浙江 宁波 315800)

**摘 要:** 在 DCC 装置中, 催化剂的活性控制尤其重要, 这代表着我们是否能达到目标产物的目标收率, 这就要求工艺工程师严格控制好平衡剂与新鲜催化剂的比例以及新鲜催化剂的加注频次与次加注量, 由于新鲜催化剂加注过于频繁, 小型加料仪应运而生, 该设备投资少、性能可靠、能耗低、节约物料, 替代了老催化中人工加剂的模式。

**关键词:** 催化裂化; DCC; PLC; 催化剂加料仪; 经济性; 实用性

**Abstract:** In the DCC device, the activity control of catalyst is particularly important, which represents whether we can achieve the target yield of the target product, which requires the process engineer to strictly control the ratio of balancing agent and fresh catalyst as well as the frequency and amount of fresh catalyst filling. As fresh catalyst filling is too frequent, small charging instrument emerges. The equipment has the advantages of low investment, reliable performance, low energy consumption and material saving. It replaces the manual adding mode in the old catalysis.

**Key words:** catalytic cracking; DCC; PLC; catalyst charging instrument; economic; practicability

## 1 催化裂化 (DCC) 小型加料仪工作原理

### 1.1 工作原理

小型加料仪有三枚称重传感器, 安装于流化罐体, 流化罐体有四个法兰接口, 分别为催化剂入流化罐、催化剂出流化罐、压力放空、非净化风入流化罐阀门接口。催化剂依靠自身重力进入流化罐体, 通过称重传感器称重, 重量达到设定值时自动停止进料。此时送入非净化风使催化剂在流化床上流化, 达到设定流化压力后, 自动打开出料阀门, 压力降至设定压力时停止出料并放空泄压至常压, 由此完成一个加料循环周期。

### 1.2 工厂应用实例

如图 1 所示, 催化剂储罐为常压罐, 其内部为需添加进再生器中的新鲜催化剂, 某公司 DCC 目前工况为每 30min 向系统内加注 50kg 催化剂, 设置动作周期为 30min, 设置三枚称重传感器其中两枚称重达到 50kg 即关闭自新鲜剂罐来的 DN100 气动进料耐磨阀, 关闭 DN50 至催化剂储罐顶部气动耐磨放空阀, 关闭 DN50 至再生器气动出料耐磨阀, 由于再生器压力在 0.2MPa 左右, 如想顺利将 50kg 催化剂加进再生器中, 需将小型加料仪流化罐压力升至 0.7MPa 左右, 此时 PLC 控制 DN25 气源阀开, 向小型加料仪催化剂储罐中冲压, 使催化剂流化。气源为工业非净化风, 目前某公司工业非净化风系统管网压力在 0.75MPa 左右, 当小型加料仪催化剂储罐中压力传感器识别罐内压力达到 0.7MPa 后, PLC 控制 DN25 气源阀关闭, 打开

DN50 至再生器出料耐磨阀, 此时经过加压流化的催化剂在 0.7MPa 储罐与 0.2MPa 再生器相连通时, 储罐中压力势能转化为催化剂动能, 便可实现向再生器加注新鲜催化剂。当储罐内压力传感器识别罐内压力为 0.3MPa 时, 便会关闭 DN50 至再生器出料耐磨阀, 这么做的原因是防止再生器内物料倒回小型加料仪流化罐, 此时 PLC 控制打开接入催化剂储罐顶部的 DN25 放空耐磨阀, 向常压催化剂储罐泄压, 泄至常压后, PLC 便会控制关闭 DN25 放空耐磨阀, 实现自动控制加料。

## 2 工业化实用性

### 2.1 工业化应用背景

小型加料仪在催化装置中非常实用, 因其具备手动加料以及自动加料功能, 在工况发生变化时, 可以及时进行人为干预。某公司 220 万 t/a DCC (Deep Catalytic Cracking) 装置相比于常规催化来说, 具有裂解更深, 目标产物更轻的特点, 且其最主要目标产物为高纯度丙烯。这就对催化剂的加注有了更高的要求。某公司 DCC 还有大量附加产物, 附加产物为富乙烯干气, 高纯度丙烷, 混合 C<sub>4</sub>, MTBE, 1 号工业燃料油 B, 裂解石脑油, 油浆。

DCC 素有“工业奶牛”之称, 吃进去的是“草”, 挤出来的是“奶”。原料基本组成为自常减压装置来的常压渣油以及加氢装置来的加氢尾油, 少部分的轻脱油。相比于原料, 目标产物经济价值非常高, 丙烯可作为后续“聚丙烯”装置的原料, 丙烷可作为民用

液化气或“丙烷脱氢制丙烯”装置原料,干气中的乙烯可作为后续装置“乙苯”“苯乙烯”装置的原料,混合C<sub>4</sub>可作为“MTBE”装置原料,也可作为制高纯度“1-丁烯”装置原料。其中1-丁烯、苯乙烯、乙苯、聚丙烯均为高经济价值产品。

DCC虽不是原油加工的初始步骤,但是却至关重要,起到承上启下的作用,在某公司中,后续高经济价值化工产品原料大部分来自于DCC,由于其所处关键位置,便导致其工艺要求相当严格,催化剂的加注相当讲究。催化剂的加注采用“少吃多餐”的方式,具有加注频繁,次加注量少的特点。平均加注周期为30min/次,加注周期可自行调整,调整范围为5min/次至600min/次,目前工况次加注量为50kg/次,次加注量也可自行改写,调整范围为10~150kg/次,因此,小型加料仪也有着操作弹性大的特点。

如果按过去老催化人工加注催化剂的特点,加注周期为6~8h,次加注量0.5t,则会对DCC产品造成相当大的影响。催化剂加注量少,会导致目标产物丙烯收率低,经济性差,催化剂加注过多,则会导致目标产物过多,对后续的“气体分馏”装置造成相当大的压力。当目标产物过多时,会加大丙烯塔的负荷,塔顶塔底产物分馏不充分,塔顶冷回流负荷大,造成循环水、蒸汽浪费的情况,更严重者,会造成丙烯纯度不达标(目前高纯度丙烯纯度为99.97%),对产品的经济性造成极大的影响。所以,小型加料仪的应用,完美契合了DCC加注催化剂的方式,对产品质量控制发挥了相当大的作用,并且一定程度上起到了节能降耗的作用。

## 2.2 工业化应用可靠性分析

小型加料仪的可靠性相当高,故障率低,故障频次为每年1~2次。且小型加料仪的故障排查相对于其他仪表更加容易,反映问题更加直观。如图2所示:当小型加料仪产生故障报警时,会直观的反应在显示面板上。现场故障基本为硬件故障,某公司DCC已经运行8年,目前尚未出现过软件系统程序故障。当显示面板故障报警时,只需排查相应控制气动阀便可解决大部分问题,现场故障基本为罐内催化剂堵塞气源管以及气动阀气路所引起,导致各个阀门动作不畅,只需现场巡检时多多关注气路上过滤器中催化剂含量并及时清理即可避免故障发生。现场运行时也有罕见的耐磨阀磨穿的情况,运行时间长导致耐磨层脱落,催化剂细粉从阀体漏出,该种情况只需将阀体作为备

件更换即可。

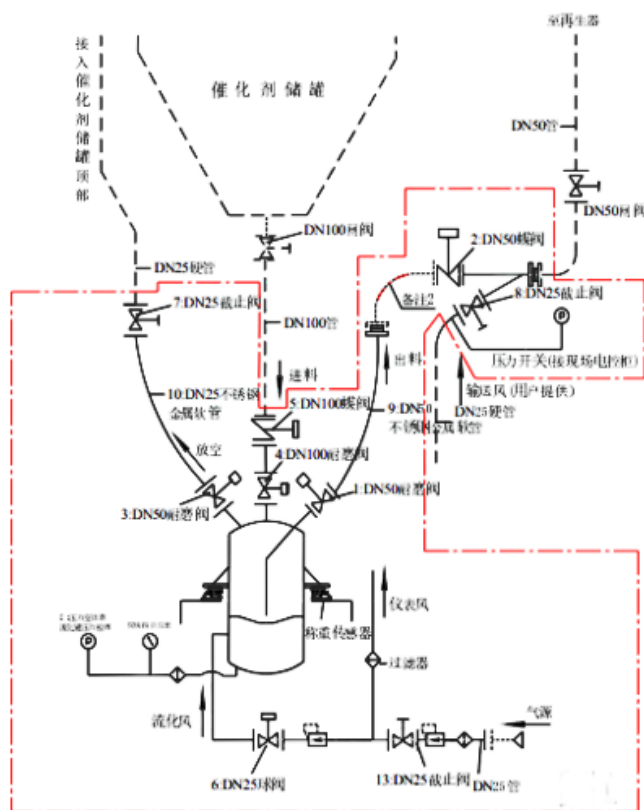


图1

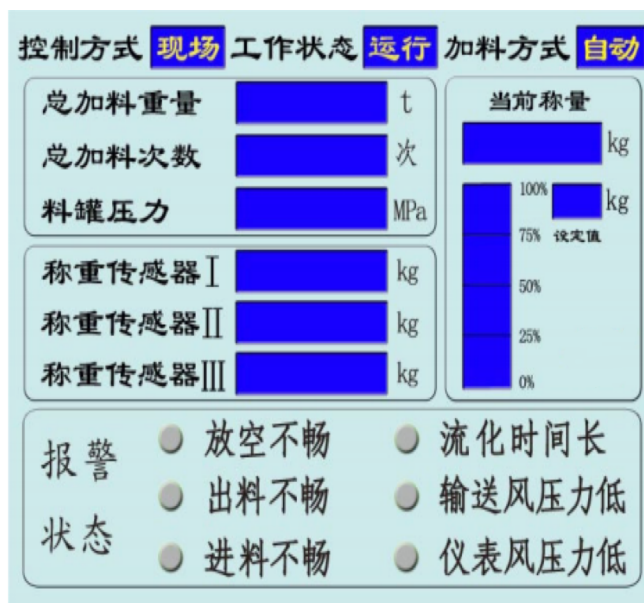


图2

## 2.3 工业化应用安全性分析

从使用以及维护的安全性来考虑,小型加料仪也

是非常优秀的设备。由于其必须安装在二级防爆区内,仪表控制箱采用隔爆箱体,防爆等级为 D II BT 4,防护等级为 IP68。使用电压必须为安全电压,PLC 控制得电失电的电磁阀为 24V,在人工进行更换电磁阀时,不涉及高风险作业,不需要电气专业配合停电送电,一方面维护方便,另一方面维护安全。其外配的传感器也均为防爆传感器,即使所处环境中可燃气体已达爆炸极限,也不会发生产生静电闪爆现象。

### 3 工业应用经济性分析

#### 3.1 工业化应用人工成本节约分析

小型加料仪其经济性也非常优秀。在 20 世纪 80 年代,传统炼油厂有着工人多,人均产值低的特点。往往一套催化装置,设置 6-7 个工段,每个工段工人数量约 4-5 人,且炼油厂均为 24h 不间断生产模式,需要生产工人两班倒或者三班倒。往往加注催化剂由再生器工段外操工人专门负责,在人工加注催化剂时,一个班 8h 内基本加注次数为 1-2 次,由于工人加注手法各不相同,导致加注的量也不相同,且加注时间不似小型加料仪般精确,就需要反应再生系统内主操频繁调整操作,当反应再生系统不平稳时,对于后路气体分馏工段的精馏操作压力更大,产品合格率便会降低。这对企业来说,会严重影响企业的经济效益。随着小型加料仪问世,加注催化剂便可更加平稳,定时定量加注,次数也可以更加频繁,不需要考虑工人工作强度大的问题,也不需要考虑由于加注催化剂导致的生产工况变化的问题。

现代炼油厂有着人均产值极高的特点,随着控制系统的发展,岗位的设置越来越精良。根据国内现存并正在投产的催化裂化装置处理量情况及相应的人员配置情况来看,假设一套 200 万 t 左右年处理量的 DCC 装置,DCS 系统操作人员需要 3 人左右,装置现场操作人员需要 9 人左右,依照行业内一套 200 万 t 左右年处理量的 DCC 装置的 24h 新鲜催化剂需求量来看,假设每班为 8h 制,每班加剂量要求达到 0.8-1.2t,以此计算每班加剂次数约达到 16 次-20 次。如果想实现人工手动加剂,以目前人员配置来看无法完成。依据行业内普遍的四班三倒模式来看的话,每班至少增加两名现场操作人员,四班共计八人。依据行业内同岗位人均税前收入为 18 万来计算,至少要增加人力成本 144 万。而一台小型加料仪的设备投入成本,也仅仅只有 50-60 万,算上运行期间维护以及更换配件成本,一年最多不超过 3-5 万。在节约人工成本方

面来看,小型加料仪发挥了巨大的作用。

#### 3.2 工业化应用能耗成本分析

从使用能耗成本来分析,小型加料仪的能耗成本也是极低的,小型加料仪的能耗基本可以忽略不计。小型加料仪的耗电量基本来自于其自带的 LED 屏幕以及其内部自带的 PLC,其仪表电源为 AC220V,功率为 0.2kW,对于耗电量来说也是极低的。而且其控制风开关的电磁阀只有 24V 工作电压,功率极小可忽略不计,其开阀关阀的动力能源为 0.7MPa 非净化风(俗称空气),且其耗风量极小,日耗风量约为 30 标立左右。

#### 3.3 工业化应用节约物料分析

在节约催化剂方面,小型加料仪也非常优秀,目前某公司 DCC 装置使用的催化剂为催化裂化专用催化剂,其型号为 DMMC-3,该催化剂为分子筛类专利专用催化剂,其价格也相当昂贵,高达 2.3 万元/t。如果不使用密闭式加剂可能会造成催化剂的浪费并且对员工造成职业病伤害。小型加料仪全程使用了密闭加料的方式,避免了催化剂跑剂现象造成的无经济效益损耗。

且小型加料仪的放空管设计与新鲜催化剂罐体连接,将流化罐内残存的催化剂在泄压时返回新鲜剂罐中回收利用,如向其他系统泄压,会造成催化剂的无经济效益损耗,以目前行业内普遍 200 万 t/a 处理量的 DCC 装置催化剂年耗量来估算,催化剂平均年耗量在 1200-1500t 左右。根据小型加料仪每次泄压前罐外数枚称重传感器平均读数估算,残存催化剂大概在 1kg 左右,以此计算,小型加料仪每年至少节约催化剂 1-2t 左右。

以此来看,小型加料仪具备了能耗极低、节约物料、维护简单、操作方便、可靠性高的特点,可以成为大型催化裂化装置的节能降耗的高效途径。

### 4 结束语

通过理论与实际应用情况的分析,小型加料仪在 DCC 装置中的应用有着极高的实用性和经济性,助力了安全平稳生产,降低了催化剂的无效损耗,同时也节约了人工成本,提高了工人的工作效率。为现代化工业的智能性、经济性做出了表率作用。

#### 参考文献:

- [1] 陶志成,向刚伟.催化裂化小型自动加料器的改进[J]. 化工自动化及仪表,2020,47(01):88-90.
- [2] 李改云.催化裂化小型自动加料仪[J]. 工业催化,1993,1(01):32-36.