

先进控制技术 及其在大型甲醇装置中的应用

Advanced Process Control and its Application to Methanol Unit

(浙江中控软件技术有限公司) 章 鹏 张艳辉 金晓明

章 鹏

男, 浙江中控软件技术有限公司先进控制运营部高级项目经理, 工业自动化专业博士, 专长于炼油、石化和化工行业典型装置的先进控制 (APC) 系统开发和应用, 曾经负责过多个APC项目。

摘要: 甲醇装置包含着复杂的化学反应和物理分离过程, 并且装置的能耗较高; 提升装置自动化水平、实现节能降耗减排是装置运行中的重点工作, 也是装置提高经济效益和社会效益的重要途径。本文针对甲醇装置精馏单元的工艺特点, 采用高级多变量鲁棒预测控制软件APC—Adcon设计了集预测控制思想和现场操作经验为一体的先进控制器, 工业应用结果表明: 先进控制可明显提高过程的平稳性, 可带来显著的经济效益。

关键词: 先进控制; 预测控制; 甲醇装置; 精馏过程

Abstract: A methanol unit usually consists of four major systems: feed gas preparation, reforming, synthesis, and distillation. The objective for advanced process control and optimization system of the methanol unit is to achieve energy savings and productivity improvements in the processes. APC—Suite, an Advanced Process Control software series and its application to methanol unit is presented. After introducing process sheet of the methanol unit, the process control problems in the unit is briefly analyzed, then the advanced process control solution of the methanol unit is given. Industrial application results of the distillation system in the methanol unit show that advanced process control technologies are indispensable tools of solving complex process control problems.

Key Words: Advanced Process Control; Predictive Control; Methanol Unit; Distillation System

1 引言

甲醇不仅是重要的有机化工原料, 还是性能优良的能源和车用燃料。生产甲醇的原料有煤、天然气、焦炭、石油液态烃 (石脑油、减压渣油) 等。近年来, 随着国际原油价格的不断上扬, 结合国内资源特点, 以煤、天然气为原料合成甲醇的工艺路线显得越来越重要。近年来, 甲醇生产装置正朝着大型化、单系列、低压法方向发展。面对日益严峻的节能、降耗、增效和减排形势的挑战, 如何保证整个甲醇装置在更高的水平上实现“安稳长满优”运行, 直接关系到大型甲醇生产企业的生产效率、经济效益和社会效益。

先进控制技术是流程工业企业综合自动化系统的核心技术之一, 通常在DCS、FCS等系统已有常规控制的基础上, 采用多变量预测控制、智能软测量等策略实现以下目标: 提高复杂工业过程的控制品质, 增强系统的抗干扰能力和鲁棒性, 进而提高企业的综合效益和竞争力。目前, 全球流程工业应用的先进控制系统已超过8000套, 通过提高装置操作稳定性, 优化工艺参数, 实现“卡边”操作, 可平均降低能耗和物耗2%以上, 平均降低生产成本5%以上, 项目投资回收期通常在6~10个月。因此, 先进控制已被视为一种投资少效益高的高新技术, 是流程工业企业提升综合自动化水平, 节能、降耗和减排, 持续改善经济与社会效益的重要手段。

本文以某大型甲醇装置精馏单元为重点, 介绍了甲醇装置先进控制整体解决方案及其工业应用。工业应用效果表明: 实施先进控制和优化操作是保证甲醇装置平稳运行和节能降耗、增加经济效益的有效手段。

2 工艺流程描述

合成甲醇通常包括4个步骤: (1) 煤、焦炭或天然气等含碳原料造合成气; (2) 合成气净化; (3) 甲醇合成;

(4) 甲醇精馏。具体工艺流程因原料不同虽有差异，但是造气、合成和精馏是其中重要的生产过程。

某厂以天然气为原料的10万吨/年甲醇装置，采用蒸汽转化、低压合成、三塔精馏生产工艺流程。原料天然气经过脱硫、蒸汽转化和甲醇低压合成等工艺单元制备成粗甲醇后进入甲醇精馏工艺单元。因合成得到的粗甲醇除含水外，还含有不同数量的多种杂质，必须将这些杂质除去，才能获得符合产品标准要求的甲醇产品。

甲醇精馏单元就是同时并且多次的运用汽化和部分冷凝的方法，以达到完全分离混和液中各组分的连续操作过程。本装置采用三塔精馏流程，在脱醚塔中除去粗甲醇中的溶解性气体和低沸点杂质，在加压塔和常压塔中除去水及重组分，从而得到精甲醇产品。图1给出了甲醇精馏单元流程示意图。

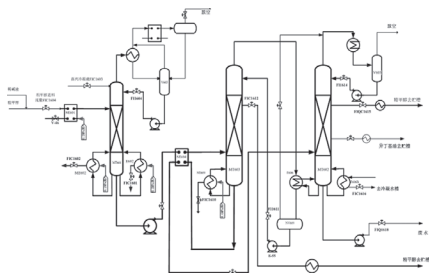


图1 甲醇精馏单元流程示意图

本装置已采用集散控制系统，并对多数控制回路采用PID控制，对工艺设备和生产过程的各种参数（如：温度、压力、流量、液位等）分别加以控制，构成一个个相互独立的控制回路。在实际运行中，这些控制系统主要实现了基础层监控作用，为生产装置平稳操作起到必要的支撑作用。另一方面，这些基础回路正常工作也为实施整个装置的先进控制奠定了基础。

本装置精馏单元是一个由3座塔组成的精馏塔系，不仅包含相对复杂的进出料关系，而且各塔之间存在热量集成的情况，因此，该精馏单元是典型的多变量、有约束和强耦合的复杂工业过程。此外，装置还受到生产负荷、进料条件和塔釜重沸器加热蒸汽量和温度变化等扰动的影响。这样，常规单输入单输出控制系统的单变量反馈的控制思想已难以解决这种过程的整体控制和优化的问题。

为此，有必要采用以多变量预测控制技术为核心的先进控制策略，统筹考虑该装置精馏单元的控制需求，重点抑制装置能量流和物料流的波动，消除控制器之间的相互耦合，以降低主要工艺参数的波动，进而实现提高收率和节能降耗等目标。

3 先进控制方案

针对上述这些问题，甲醇装置先进控制系统的主要需求是：通过采用先进控制系统，根据甲醇产品的质量要求和过程变量的各项约束，充分考虑变量之间的耦合特性，采用鲁棒多变量预测控制技术、智能控制技术和工艺计算与软测量技术等优化计算出控制值，减小装置主要工艺参数平均稳态偏差，提

高装置生产平稳度，改善甲醇产品质量。在保证产品质量合格的前提下，通过提高装置处理量和关键工艺指标的卡边操作，优化生产负荷，提高装置产能，降低装置能耗。从而增强企业的产品竞争力。先进控制系统整体架构如图2所示。

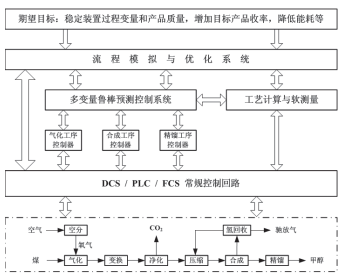


图2 先进控制系统整体架构图

甲醇装置精馏单元先进控制器采用一个大APC-Adcon控制器，其中包括脱醚塔子控制器、加压塔子控制器、常压塔子控制器，子控制器的内部模型由各精馏塔实验测试、数据采集、模型辨识和验证等环节获得，控制器设计则根据各精馏塔的特点及工艺要求，考虑各种约束条件来选择被控变量、操纵变量和扰动变量的相关控制结构与参数，并通过大量闭环仿真的检验。各子控制器之间的联系由物料、能量的关系来体现，而关键被控变量目标值是建立在操作经验和流程模拟优化相结合的基础之上的。表1给出了甲醇精馏单元先进控制系统主要变量列表。

表1 甲醇精馏单元先进控制系统主要变量列表

脱醚塔子控制器		
操纵变量MVs	被控变量CVs	扰动变量DVs
脱醚塔回流量	脱醚塔塔顶温度	入脱醚塔粗醇量
脱醚塔再沸器蒸汽流量1	脱醚塔塔底温度	入脱醚塔萃取水量
脱醚塔再沸器蒸汽流量2	脱醚塔塔底液位	入脱醚塔碱液量
脱醚塔塔底采出	脱醚塔回流槽液位	脱醚塔入料温度
	脱醚塔塔顶压力	脱醚塔回流温度
	加压塔塔顶压力	
加压塔子控制器		
加压塔回流量	加压塔塔顶温度	加压塔入料温度
加压塔精醇采出量	加压塔塔底温度	蒸汽压力
加压塔再沸器蒸汽量	加压塔精醇采出温度	蒸汽温度
	加压塔塔底压力	加压塔回流温度
	加压塔塔顶压力	
常压塔子控制器		
常压塔回流量	常压塔塔顶温度	常压塔入料温度
常压塔精醇采出量	常压塔塔底温度	常压塔回流温度
乙醇、杂醇采出量	常压塔精醇采出温度	—
—	常压塔塔顶压力	—

4 工业应用效果

甲醇精馏单元先进控制系统投运后效果显著，主要表现在如下几个方面：

- 先进控制系统大大提高了生产过程主要工艺参数的平稳性，标准差平均降低50%以上，统一了操作方法，降低了操作人员的劳动强度，大大减少了人工调节时的不及时和不一致；

(下接第198页)