

13 万 t/a 尿素装置的动态模拟与仿真

高存刚 陈晓春

(北京化工大学化学工程学院, 北京 100029)

摘要:在对尿素生产过程深入了解的基础上,开发了描述尿素生产过程行为特征的动态流程模拟软件,软件能够准确描述装置的冷态开工过程、热态开工过程、正常工况、随机扰动工况、事故工况、正常与紧急停车工况,并具有多起点运行功能、状态存储/恢复功能、时标设定功能、智能评分功能。

关键词:尿素装置;动态模拟;软件

中图分类号:TQ113.25

文献标识码:A

Dynamic simulation of 130 kt/a urea unit

GAO Cun-gang, CHUN Xiao-chun

(Institute of Chemical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: A set of dynamic simulation software which can describe the dynamic performance of urea production process was developed on the basis of deep understanding of the urea production technology. This software can simulate cool start-up, warm start-up, normal operation, random disturbance, accident, normal stop and urgent stop, etc, and has functions of multi-stage running, state-store/recovery, time mark setting, intellectual score, etc.

Key words: urea unit; dynamic simulation; software

近年来,在过程系统的动态模拟与仿真领域,前人针对不同的生产过程、建模方法、数学求解思路等进行了一系列研究,并取得了不少建设性成果^[1~5],化工过程建模的思路有了很大发展,目前普遍采用的是面向对象技术^[6]。化工过程的动态模拟系统的开发过程含有几个基本步骤,即定义系统、对象分析、构造工艺过程的数学模型与控制系统模型、数据转换、模型参数校正等,运行最终得到的数学模型,即可获得过程系统行为的数据。

尿素生产过程是氮肥行业最重要的生产过程之一,其生产过程包括如下几个重要工段:原料的输送与合成、分解循环与回收、蒸发与造粒、解吸与回收、公用工程。由于工艺过程复杂,工艺参数较多且互相关联、互相制约、互相影响,操作复杂,尤其是 DCS 改造完成后,为满足工艺过程最优操作与控制的需要,最大限度减少事故发生率,开发这一过程的动态模拟系统,并据此研究生产过程的动态行为,对于提高工人的操作素质,优化工艺操作,提高生产过程的效率具有重要意义。笔者仅就尿素生产过程动态模

拟系统的开发及其工业应用进行介绍。

1 动态模拟系统的设计

1.1 13 万 t/a 尿素装置流程

其流程简图如图 1 所示。

1.2 系统开发与运行环境

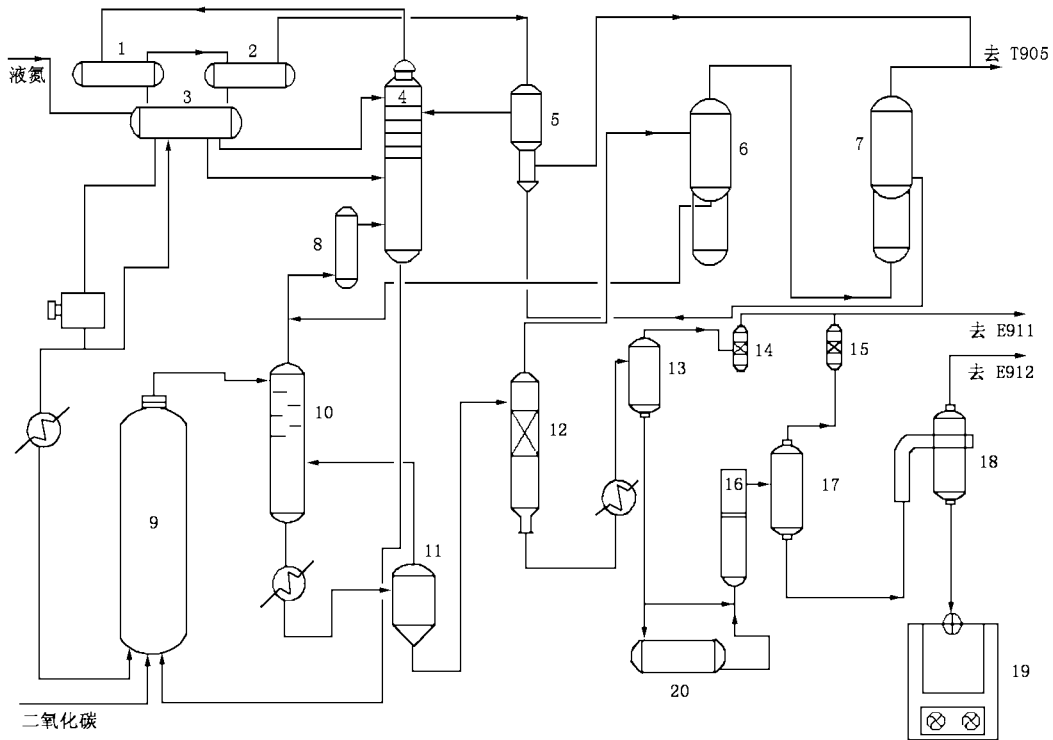
本软件系统的开发采用面向对象的技术,以 WIN98 为系统运行环境,以 WATCOM C++ 为工艺模型的开发环境,控制平台采用 TDC3000 模式。最终在系统工程、过程控制、应用数学、面向对象的计算机编程技术支持下,基于“三传一反”规律开发了 2 套平台,即工艺系统平台和控制系统平台。两大平台互相配合构成了本动态模拟系统的开发环境。

1.3 工艺系统平台

整个工艺过程动态模拟软件平台主要由下列部分构成:大型化工基础物性数据库;基础物性预测和估算系统;化工热力学基本计算系统;通用稳态化工流程模拟系统;流程拓扑结构自动识别系统;单元过程动态模拟系统;基本单元动态模拟程序块,包括气

收稿日期:2002-06-19

作者简介:高存刚,男,1966 年生,硕士生,工程师;陈晓春,男,1963 年生,博士,副教授,硕士生导师,从事化工过程系统工程、化学反应工程、绿色化工工艺等方面的研究与开发。



1—氨冷却器(E903A);2—氨冷却器(E903B);3—液氨缓冲槽(V901);4—一段吸收塔(T903);5—压缩机(K903);6—二段循环第一冷却器(E905);7—二段循环第二冷却器(E906);8—一段吸收冷却器(E915);9—尿素合成塔(T901);10—精馏塔(T902);11—一段分解分离器(X902);12—二段分解塔(T904);13—闪蒸罐(V904);14—闪蒸洗涤器(X904);15—一段蒸发洗涤器(X906);16—一段蒸发加热器(E909);17—一段蒸发分离器(X905);18—二段蒸发分离器(X907);19—尿素造粒塔(T907);20—尿素溶液罐(V905)

图 1 尿素生产流程

液平衡模块、换热器模块、管式反应器模块、管式加热炉模块等 7 种基本模块;管网流量分配、压力分布计算子系统;常微分方程组数值求解系统;智能评分系统;内存管理与通讯系统。

1.4 控制系统平台

配套开发的软件控制平台主要由下列部分构成:系统组态系统;控制系统;接口识别系统;内存分配与管理系统等。

1.5 动态模拟系统的结构

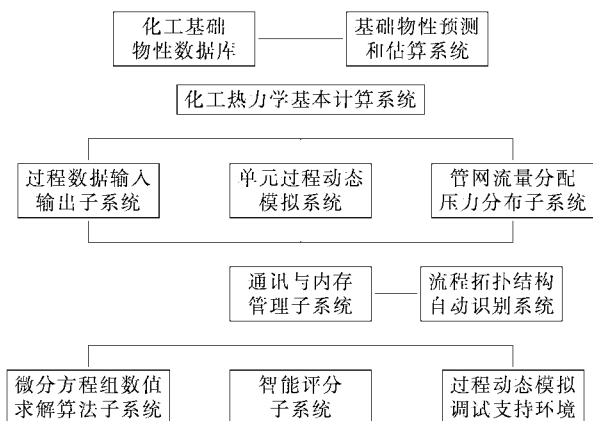


图 2 动态流程模拟与仿真系统结构

所开发的动态模拟仿真系统由物性计算系统、动态流程模拟系统、模拟控制系统、管网流量分配系统、智能评分系统等不同的系统构成,其程序结构如图 2 所示。

1.6 模型的求解方法

根据上述分析,按照“三传一反”、化学平衡、相平衡规律进行单元过程的物料、能量、动量衡算,最终得到的模型方程组为含有常微分方程、非线性方程、超越方程构成的大型联立方程组,采用空间-时间分布离散化的求解方法得到数值解,最终满足动态模拟实时性要求。

2 动态模拟系统的功能

针对山东滕州 13 万 t/a 尿素装置开发的动态模拟仿真系统,采用 WATCOM C++ 编程语言,采用面向对象技术编程,由于建模过程采用了机理模型,因此它不仅能够准确描述正常生产过程的参数变化规律,而且也能够准确描述冷态开工过程、热态开工过程、正常工况、随机扰动工况、事故工况、正常与紧急停车工况,为生产过程控制方案研究、提高操作工

的操作素质与应变能力提供了良好的训练工具。其功能如下:

(1)灵活的开工培训功能。无论进行全流程开工过程还是单工段培训,本动态模拟系统均能满足要求。操作者可以按照自己的意愿从任何起点开始操作,如训练冷态开车、热态开车、合成系统开停车、分解回收系统的开停车、尿素造粒系统的开停车过程,也可以定向考察某些参数扰动对生产系统操作行为的影响,强化各生产过程的操作训练。

(2)状态记忆功能。无论动态模拟软件开车到什么程度,可以随时按照操作者的要求将系统运行的状态存储下来,以备随时从存储状态开车;系统共设定了7种固定的存储状态,另外设定有自动存储功能,可以根据需要设定自动存储时间间隔,系统运行时可以按照设定的时间间隔存储状态、不断更新,以备系统掉电。

(3)状态恢复功能。与状态记忆功能配套使用,作用相反。

(4)时标设定功能。动态模拟系统设计了不同的时标,操作者可以根据自己对生产过程的熟练程度,操作质量的不同而人为控制软件运行速度,而不影响模型收敛性和收敛效果。如可以设定达到0.5倍实时、2倍实时、4倍实时、8倍实时、……最快速度。软件设定了检测计算机运算速度的特定程序,因此,软件运行能够达到的最快速度取决于运行软件的计算机的运行速度。

(5)事故处理功能。可以根据用户的需要,设定实现不同的异常工况操作,以培养操作者处理异常工况的能力。尿素生产过程动态模拟仿真系统设定了27种异常工况,基本覆盖了生产过程中可能遇到的所有状况,如停电、停蒸汽、停仪表风、停冷却水、控制仪表失灵或执行机构故障、关键管线堵塞等。操作者可以根据需要定向研究每种异常工况的特征、造成的危害、故障排除方案等,做到未雨绸缪。

(6)智能评分功能。软件设计了智能评分系统,本系统与工艺软件同时启动,但分别独立运行。根据用户的需要,按照操作规程的要求,对操作过程和操作的质量进行客观评价,帮助用户掌握操作规程,熟练操作,提高操作素质,达到提高操作质量与应变

能力的目的。

(7)在线帮助功能。可以根据操作过程的需要,随时通过热键得到在线帮助,以便于用户及时掌握操作信息,操作进度,注意事项等。

3 工业应用

尿素生产过程动态模拟与仿真软件开发完成后,在鲁南化肥厂投入运行,经过操作工人的长期考查,在车间技术人员的配合下经过多次补充修正,完善功能,软件功能已臻完善。软件投入运行1年来,已经为车间培训操作工人,在提高操作人员的操作素质与应变能力方面发挥了巨大作用,为生产部门安全生产、避免事故、提高经济效益提供了强有力的技术支持。

4 结论

在对年产13万t尿素生产工艺及相关原理准确掌握的基础上,依据“三传一反”规律对生产过程涉及到的设备、单元、工段进行了详尽的物料衡算、能量衡算、动量衡算,管网流量分布计算,开发了用以描述尿素生产流程特征的机理模型和用以描述控制过程的控制系统模型,根据生产过程的需要,开发了配套的智能评分系统和事故工况模拟软件。工厂的长期运行证明,所开发的动态模拟与仿真系统性能可靠,功能强大,为鲁南化肥厂提高操作工的操作素质,增强应变能力方面发挥了不可替代的作用。

参考文献

- [1] 许正宇.我国仿真培训器的发展历史和展望[J].化工进展,2001(10):9
- [2] 李政,张巍,等.循环流化床锅炉的动态仿真平台研制[J].清华大学学报(自然科学版),1999,39(3):27
- [3] 罗雄麟,左信,等.催化裂化装置动态机理模型的应用[J].石油学报,1999,15(6):75
- [4] 姚致远,黄荣荣.催化重整装置重整反应器动态模型的建立与仿真[J].江苏石油化学学院学报,1999,12(4):23
- [5] 罗雄麟,左信,等.化工过程动态分布参数模型的空间-时间分布离散化实时仿真[J].石油大学学报(自然科学版),1999,23(3):70
- [6] 高腾,吴重光.面向对象的化工过程动态仿真建模[J].石油化工动态,1999,7(4):45

(上接第40页)

(3)1-丁烯装置能耗标定每吨精丁烯总能耗为552.71 kg油,比设计总能耗(578.31 kg油)低,达到了设计要求。

(4)1-丁烯装置每吨精丁烯单耗为1.926 t粗丁

烯,设计单耗为2.031 t粗丁烯,达到了设计要求。

(5)1-丁烯收率达到94.57%,达到设计收率94%的要求。

(6)异丁烷系统没有稳定运行,待问题处理完成后组织标定。■