

PLC 控制系统在天然气脱水系统中的应用

Application of PLC Control System in Natural Gas Dehydration System

胡佳琦¹ 骆相丹²

(中海油上海分公司西湖作业公司¹,上海 200030;中海油上海分公司平湖项目组²,上海 200030)

摘要:通过对天然气脱水工艺进行研究,采用分子筛脱水工艺,设计开发了 PLC 控制系统。该控制系统分别采用 PLC 和 PID 实现顺序控制和连锁保护,并辅以组态软件实现系统的上位监控。经投运证明,该控制系统操作简便、顺控执行流畅、连锁保护可靠。系统脱水效果显著,达到了对天然气露点控制预期的要求。

关键词: 可编程控制器 顺序控制 PID 调节 连锁保护 在线监控

中图分类号: TP273+.1 **文献标志码:** A

Abstract: Through researching the technological process of the dehydration of natural gas, the molecular sieve dehydration process has been selected and the PLC control system for it is designed. In this control system, PLC is adopted for implementing sequential control, PID regulation and interlock protection, with supplemented configuration software, the host computer monitoring of the system is also realized. The operation verifies that the control system features ease operation, smooth sequential execution, reliable interlock protection and outstanding dehydration effect, thus the expected requirement for dew point control of natural gas is achieved.

Keywords: Programmable logic controller Sequential control PID regulation Interlock protection On-line monitoring

0 引言

从油田开采得到的天然气一般都含有饱和量的水蒸气(简称水气)。水气是天然气中有害无益的成分。天然气中存在水气,减少了输气管线对其他有效成分的输送能力,降低了天然气的热值。当输气管道压力和环境温度变化时,可能引起水气从天然气气流中析出,形成液态水、冰或天然气的固体水化物,这会降低输气压力,严重时还会堵塞阀门和管道及换热器等设备。在输送含有酸性组分的天然气时,液态水的存在还会加速酸性组分对管壁的腐蚀、缩短管道的使用寿命^[1]。因此,天然气必须进行脱水。

目前,天然气脱水常用的工艺有吸附干燥法、溶剂吸收法和冷冻分离法三种。分子筛脱水工艺具有更高的脱水深度和较强的可再生性,因此采用分子筛作为吸附剂的吸附干燥法得到了广泛的应用^[2]。

1 分子筛脱水工艺

分子筛是一种具有立方晶格的硅铝酸盐化合物。分子筛具有均匀的微孔结构,它的孔穴直径大小均匀。这些孔穴能把比它直径小的分子吸附到孔腔的内部,

对极性分子和不饱和分子具有优先吸附能力,因此,这些孔穴能把极性程度不同、饱和程度不同、分子大小不同和沸点不同的分子分离开,即具有“筛分”分子的作用,故称分子筛^[2]。选用分子筛作为干燥剂的脱水工艺称为分子筛脱水工艺。

分子筛脱水工艺流程如图 1 所示。

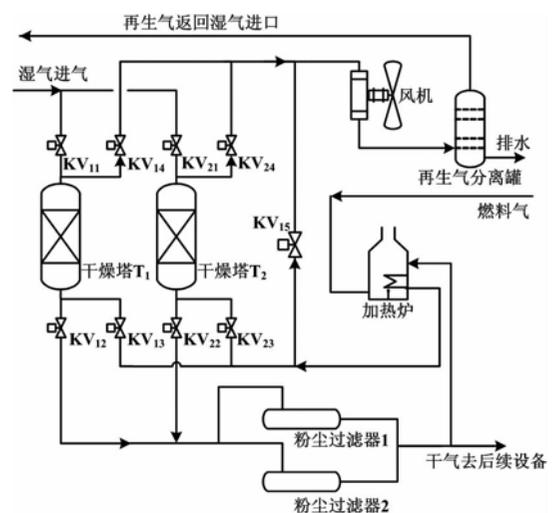


图 1 分子筛脱水工艺流程图

Fig. 1 Technological process of the molecular sieve dehydration

整个流程分为分子筛吸附脱水、分子筛加热再生、分子筛床层冷却和等待再次吸附四个阶段^[3]。一般采用两塔或三塔,按一定的时序在四个阶段间自动切换。

修改稿收到日期:2012-02-13。

第一作者胡佳琦(1980-),男,2003年毕业于西南石油大学自动化专业,获学士学位,工程师;主要从事现场仪表与自动控制系统方面的研究。

系统采用 PLC 实现时序控制、温度 PID 调节, 操作方便、运行可靠。

分子筛脱水工艺流程的四个阶段具体介绍如下。

① 吸附阶段: 含水天然气(即湿气)从干燥塔顶进入, 与塔内分子筛充分接触, 脱除水气, 从塔底流出, 进入粉尘过滤器。滤除粉尘及液滴后, 成为合格的干气。其中一部分干气作为再生气进入分子筛再生系统, 其余干气进入后续处理设备。

② 再生阶段: 当分子筛干燥塔吸附湿气达到 24 h 时, 干燥塔 T_2 进入吸附阶段, T_1 停止吸附, 进入再生阶段。合格干气进入再生气加热炉, 加热成为 300 °C 的再生气, 然后从分子筛干燥塔下部进入塔内, 为分子筛床层加热, 脱除已吸附的水分, 并夹带脱除的水分经塔顶时间控制阀离开分子筛干燥塔; 经再生气冷却器冷却至 25 °C 后, 进入再生气分离罐, 分离掉游离水后回到分子筛入口。

③ 冷却阶段: 当分子筛床层被再生气加热的时间达到 6 h 时, 床层的脱水工序完成, 转入冷却阶段。此时再生气加热炉切换至小火, 再生气温度降为 50 °C, 对分子筛床层进行冷却。

④ 等待阶段: 当冷却时间达到 4 h 时, 干燥塔底部的再生气进气阀和顶部, 再生气排气阀关闭, 分子筛干燥塔的旁通阀打开, 无气体经过分子筛干燥塔。该塔进入等待阶段。等待 2 h 后, 干燥塔 T_1 接替干燥塔 T_2 开始吸附脱水, 干燥塔 T_2 开始再生。整个过程不断循环。

2 PLC 控制系统结构

2.1 硬件构成

控制系统分为下位控制层和上位监控层。控制系统结构如图 2 所示。



图 2 控制系统结构图

Fig. 2 Structure of the control system

控制层采用 AB SLC5/04 PLC 作为控制核心^[4], 控制分子筛干燥塔各程控阀的开关, 实现吸附、再生、冷却、等待四个阶段的切换。控制层通过 DH485 调制解调器与监控层进行数据传输^[5]。监控层由多台工控

计算机和打印机组成, 用于实现对现场工作状态的实时监控, 并打印相关报表。其中一台为工程师站, 可以使用组态软件对上位监控画面、系统控制参数等进行修改; 其余为操作站, 负责监控和报表打印。

2.2 软件构成

下位控制层采用 RSLogix 500 编程软件^[6], 可对 PLC 进行硬件配置、程序编辑、模拟运行、在线调试和强制输出等操作, 实现对现场仪表、阀门的自动控制和保护。

上位监控层采用美国 EMERSON 公司的 DeltaV DCS 系统^[7]。其通过通信组态、控制组态、画面组态和数据连接, 实现与 PLC 的通信, 并下发控制指令, 实现远程控制。

3 PLC 控制系统功能

根据工艺流程要求, PLC 控制系统需实现的功能包括流程顺序控制、加热温度自动调节、在线监控、故障报警和联锁保护。

3.1 分子筛脱水流程顺序控制

脱水工艺流程需要在吸附、再生、冷却、等待四个阶段循环切换。为保证各个切换阀门动作的准确性, 本控制程序采用 STEP 作为切换标志, 每个 STEP 对应相应的阀门动作, 保证切换准确可靠。

系统顺序控制如下。

- ① 打开 T_1 吸收阀 KV_{11} 、 KV_{12} , 关闭再生阀 KV_{13} 、 KV_{14} , T_1 进入吸附阶段;
- ② 关闭 T_2 吸收阀 KV_{21} 、 KV_{22} , 打开再生阀 KV_{23} 、 KV_{24} , T_2 进入再生阶段;
- ③ 将再生气温度设为 300 °C, 关闭旁通阀 KV_{15} , T_2 加热再生 6 h;
- ④ 将再生气温度设为 50 °C, T_2 冷却 4 h;
- ⑤ 打开旁通阀 KV_{15} , T_2 等待 2 h;
- ⑥ 打开 T_2 吸收阀 KV_{21} 、 KV_{22} , 关闭再生阀 KV_{23} 、 KV_{24} , T_2 进入吸附阶段;
- ⑦ 关闭 T_1 吸收阀 KV_{11} 、 KV_{12} , 打开再生阀 KV_{13} 、 KV_{14} , T_1 进入再生阶段;
- ⑧ 将再生气温度设为 300 °C, 关闭旁通阀 KV_{15} , T_1 加热再生 6 h;
- ⑨ 将再生气温度设为 50 °C, T_1 冷却 4 h;
- ⑩ 打开旁通阀 KV_{15} , T_1 等待 2 h;
- ⑪ 重复步骤①~②。

以上顺序控制在上位机上进行操作, 实现一键启动、一键停止, 并实时监控过程数据的变化以及目前正在进行的步骤, 随时掌握流程进程。上位机还组态了

上部复位和下部复位两个复位按钮。通过点击这两个按钮,可以使流程直接跳转到步骤①或步骤⑥开始执行,确保在需要的情况下可以对流程进行调整。

3.2 再生气加热温度 PID 调节

再生气温度是整个流程中控制的重点。温度过低,分子筛床层再生无法达到预期目标,从而影响脱水效果;温度过高,不仅浪费燃料,而且还可能造成分子筛床层结焦^[8]。为达到工艺要求,PLC 控制系统设计了温度自动调节程序。

将再生气加热炉出口温度与设定值进行比较,输出的偏差用于控制加热炉燃料气调节阀开度^[9]。当温度偏低时,调节阀开度增大,使再生气温度升高;反之,当温度偏高时,调节阀开度减小。

3.3 在线监控

上位机用来显示整个分子筛脱水系统的工艺流程、设备运行状况、过程变量值和历史趋势图。操作人员可以通过显示器监控流程运行情况,并能通过鼠标、键盘改变流程顺序、调整工艺参数,实现对自控系统的干预。

3.4 故障报警及联锁保护

当生产过程中出现故障或工艺参数超限时,控制系统会出现声光报警,提醒操作人员及时采取措施排除故障,保证系统的正常运行^[10]。当工艺参数超过关断设定值时,整个分子筛脱水系统自动关停,保证人员、设备的安全。同时,现场控制盘和上位机均有紧急关停按钮,在出现紧急情况时,可人为关停整个系统。

(上接第 39 页)

有保证。其实不然,影响质量的因素并非全部来自于设备,随着设备状态的不断稳定,其他因素(比如操作、工艺条件等)造成的质量异议比例可能比设备的影响度更大。

本文建立的全流程状态监控系统可有效把握本流程内的所有状态^[8-11],最大限度地减少企业生产所占用的资源,降低企业管理和运营成本。TQC-DS 系统是企业发展到一定程度时的必然产物。研究全流程质量控制的工艺、设备综合诊断系统,对企业可持续发展有重要意义。

参考文献

- [1] Larman C. Applying UML and patterns T[M]. Third Edition. Pearson Education Inc., 2005:218-227.
- [2] Awais M. Application of internal model control methods to industrial combustion[C]//Applied Soft Computing, 2005:223-233.

4 结束语

试运行表明,本文设计的 PLC 控制系统能够准确控制分子筛脱水设备在吸附、再生、冷却、等待四个阶段之间的自动切换,脱水效果达到工艺要求。目前,该系统已投入正常运行。本系统充分发挥 PLC 在顺序控制方面的优势,采用“STEP”作为顺序控制的标志,控制精准程序可读性好,对于其他天然气脱水项目控制程序的编写具有借鉴作用。

参考文献

- [1] 李仕伦. 天然气工程[M]. 北京:石油工业出版社,2008:356-365.
- [2] 徐如人,庞文琴. 分子筛与多孔材料化学[M]. 北京:科学出版社,2004:5-7.
- [3] 王开岳. 天然气净化工艺[M]. 北京:石油工业出版社,2005:269-276.
- [4] 薛迎成. 罗克韦尔 PLC 技术基础及应用[M]. 北京:中国电力出版社,2009.
- [5] 钱晓龙,李鸿儒. 智能电器与 Micrologix 控制器[M]. 北京:机械工业出版社,2003:302-307.
- [6] 浙江大学罗克韦尔自动化技术中心. 可编程控制系统[M]. 杭州:浙江大学出版社,1999.
- [7] 石油化工仪表自动化培训教材编写组. 集散控制系统及现场总线[M]. 北京:中国石化出版社,2010:250-322.
- [8] 中华人民共和国工业和信息化部. HG/T2524-2010 4A 分子筛[S]. 北京:化学工业出版社,2011:1-8.
- [9] 邵裕森,戴先中. 过程控制工程[M]. 2 版. 北京:机械工业出版社,2011:98-112.
- [10] 阳宪惠,郭海涛. 安全仪表系统的功能安全[M]. 北京:清华大学出版社,2007:3-4.

- [3] Shin Y, Lee Y P. Design of a boil-off natural gas reliquefaction control system for LNG carriers[J]. Applied Energy, 2009, 86(1):37-44.
- [4] 王文瑞. 宝钢三期二炼钢二连铸三电系统概述(下)[J]. 冶金自动化, 2000, 24(3):1-5.
- [5] 阎建兵,王文瑞. 宝钢分公司连铸过程控制系统[J]. 冶金自动化, 2008, 32(1):7-11.
- [6] 唐瑛. 现代工业过程控制系统的技术分析[J]. 机械与电子, 2007(17):84.
- [7] 余晨阳. 新型自动控制软件集成系统—FactoryLink[J]. 基础自动化, 1997(1):18-20.
- [8] 林康红. 基于 LabVIEW 的远程虚拟仪器多线程技术[J]. 自动化仪表, 2003, 24(8):25-27.
- [9] 宋永献,陈娇. 基于 TMS320LF2407 的数据采集与处理系统的设计[J]. 计算机应用, 2009(6):75-78.
- [10] 孙优贤,邵惠鹤. 工业过程控制技术(应用篇)[M]. 北京:化学工业出版社,2005:211-216.
- [11] 杜坤梅,李铁才. 电机控制技术[M]. 2 版. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2002:33-36.