[控制系统]

超临界CO_2萃取设备的控制系统应用设计

文/湖南潇湘技师学院　王　洪

超临界CO_2萃取技术被广泛应用于医药、食品和化工等领域，根据大型超临界CO_2萃取设备在萃取过程中的压力、温度等工艺控制要求，对控制系统进行分析，把各独立设备系统的监视、控制有机结合起来，提高设备系统的安全可靠性和先进性，并降低运行成本。

超临界CO_2萃取分离过程是利用压力和温度对超临界CO_2溶解能力的影响而进行的。在超临界状态下，将超临界CO_2与待分离的物质接触，使其有选择性地把极性大小、沸点高低和分子量大小不同的成分依次萃取出来，萃取工艺流程如图1所示。

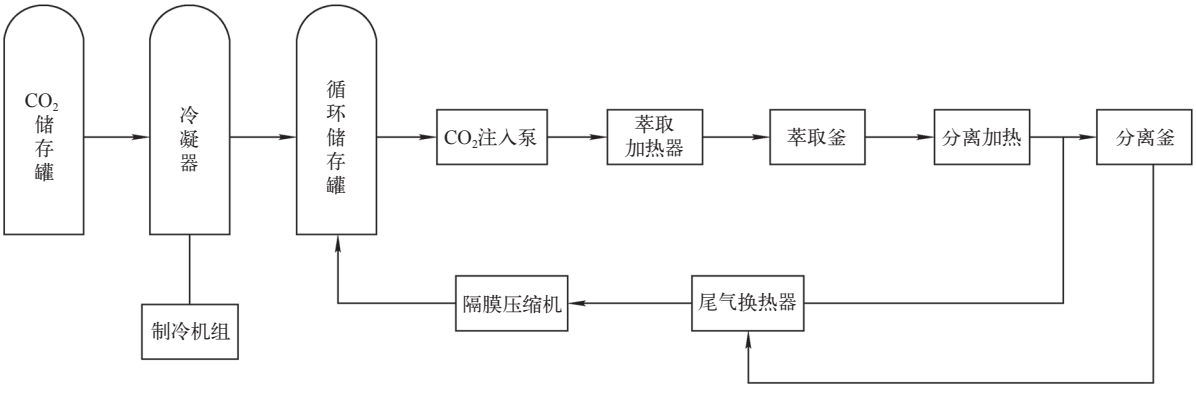

图1　工艺流程示意图

储存罐中的CO_2经输送泵送入冷凝器，使气态的CO_2变为液态进入循环储存罐。液态的CO_2经过CO_2注入泵加压到生产工艺要求的压力，进入萃取加热器将液态的CO_2加热至生产工艺要求的温度，处于超临界状态的CO_2进入已装好物料的萃取釜中，当超临界状态的CO_2在萃取釜内对物料进行萃取，达到设定的工艺参数后携带萃取物的CO_2由调节阀控制流量进入分离釜分离。在分离釜内达到设定的工艺参数后，气体CO_2进入循环管路，进行循环萃取。

CO_2超临界萃取设备系统主要包括CO_2注入泵、萃取釜、分离釜、隔膜压缩机、夹带剂泵、制冷机组、CO_2储存罐和加热系统等设备。这些设备基本上是相对独立的，操作烦琐，没有监控，对系统的运行和安全存在较大的问题。本文根据大型超临界CO_2萃取设备在萃取过程中的压力、温度等工艺控制要求，采用了基于PLC为基本构架的DCS控制系统，该控制系统把PLC系统和DCS系

统各自的优势有机结合起来，提高了系统的先进性，使系统更易拓展。对生产过程实现微机自动监控，可以大大提高系统的安全可靠性，并降低运行成本。控制系统框架示意图如图2所示。

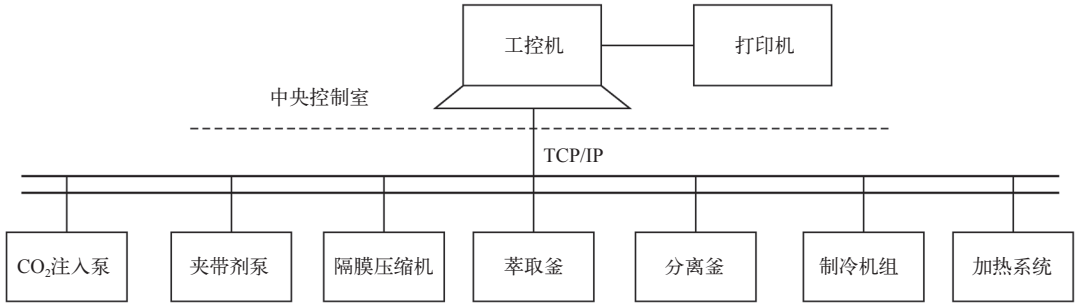

图2　控制系统框架示意图

工控机人机界面的设计

工控机采用MCGS 6.2通用版组态软件，可实时监控系统中各参数变化，并能动态反映现场各组件及执行元件的状况。根据系统所要实现的监控和管理功能，主要界面有：萃取流程监控界面、制冷系统监控界面、加热系统监控界面、CO_2回收监控界面、萃取釜开闭监控界面、参数设定显示界面、实时数据报表界面和故障报警界面等。图3为萃取流程监控界面。

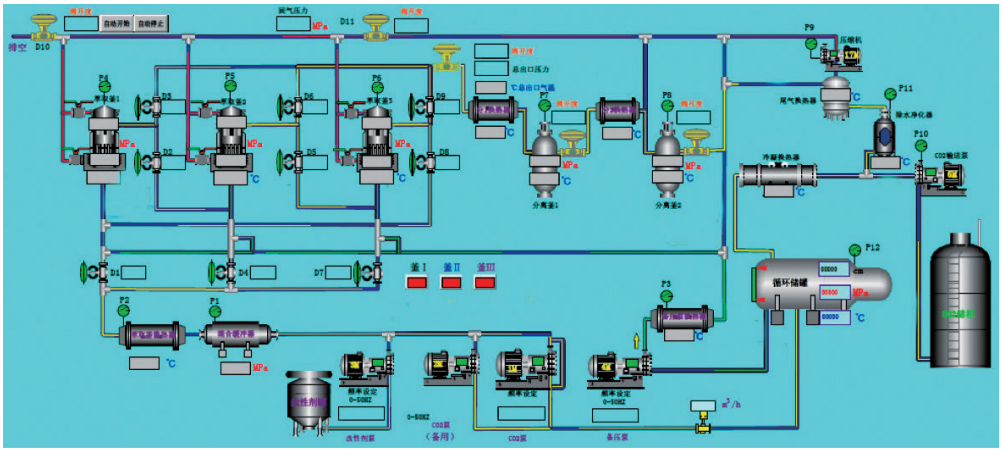

图3　萃取流程监控界面

建议界面设计时，最好做一个目录界面，每个监视或控制界面下面设置导航条，便于操作时切换界面。每个界面应以功能分块，界面不要拥挤，也不要疏散，尽量美观大方、操作方便。在做数据链接时，一定要仔细对应PLC地址，否则调试时会造成困难。

CO_2注入泵控制

CO_2注入泵是装置中的CO_2升压的动力源。它将液体CO_2按照萃取工艺要求压力送到混合缓冲器中与夹带剂混合后，进入预热器加热，当CO_2和夹带剂混合流体加热到萃取工艺要求温度后进入萃取釜完成萃取。CO_2注入泵是整个设备系统控制的关键，也是核心。因而把CO_2注入泵控制站作为主站，主要控制元件采用Siemens S7－300系列PLC和Siemens 440系列变频器。系统的调节阀、压力变送器、温度变送器和流量变送器等安装在相应的容器或管道出入口，以检测压力、温度和流量的参数，将其信号反馈到PLC，结合设定值通过PID的运算，给出控制信号，控制相应的调节阀，得到满意的萃取压力；控制变频器的输出频率，使CO_2注入泵的转速得到控制，保证萃取所需的CO_2流量；控制加热系统的温度装置和调节阀，达到萃取所需的温度。

在程序设计调试时要注意的是：

1）温度检测元件如果采用的是PT100，要考虑PT100不耐高压，加装了不锈钢外套保护，得到检测的温度数据有误差的情况，所以在程序设计

和调试中要反复校正，消除误差。

2）CO_2注入泵的调节阀打开不可太快，要微调缓慢打开，否则会造成CO_2泵空运转，容易损坏。在程序设计和调试时，要注意开阀的速率。

3）要保证循环储存罐内的CO_2液体达到罐容的2/3，否则不能启动CO_2注入泵，要利用室外补液泵及时补充。

夹带剂泵控制

在萃取过程中，加入适量的夹带剂（又称改性剂）之后可以提高被萃取物质的萃取率，超临界CO2和夹带剂可以同时进入萃取釜。夹带剂由夹带剂泵注入混合器中和CO_2混合后，进入预热器加热，再进入萃取釜。夹带剂泵的控制采用Siemens S7－200系列PLC和Siemens 440系列变频器来实现对夹带剂的用量、压力等控制。夹带剂流量变送器等安装在夹带剂泵输出口，用来检测夹带剂用量，将其信号反馈到PLC，结合设定值通过PID的运算，给出控制信号，控制相应的调节阀，控制变频器的输出频率，使夹带剂泵的转速得到控制，保证萃取所需的夹带剂用量；夹带剂的用量事关萃取率，因而在程序设计和调试时，一定要注意流量参数的准确性，要反复校正，消除误差。

隔膜压缩机控制

隔膜压缩机是在超临界CO_2萃取中必不可少的设备，主要是用来回收CO_2以便循环使用，降低运行成本。隔膜压缩机在自带的电气系统中，就有膜片破裂报警、吸气压力低、排气压力高、冷却水压力低等保护和起动控制。但是，这些操作和监视都只能在现场监控，需要人在现场值机，且操作上也比较麻烦。为解决这个问题，可以在隔膜压缩机管路安装时，进行相应的改进。比如，外部管路增加调压阀、泄压阀、电磁阀和压力变送器；机体本身的压力表改造成具有数据显示的压力变送器等。并把这些参数、保护和控制引入到中控，确保隔膜式压缩机的轻载起停、实现实时监控、保护和自动控制。需要注意的是在初次使用和调试时，要反复校正参数的准确性，反复试验保护功能，确保设备的正常运转。隔膜压缩机的控制采用Siemens S7－200系列PLC，如果设备自带有，在设备订货时，一定要对制造商做技术要求，留好相应的端口，以便整个系统联机监控。

萃取釜的控制

萃取釜是萃取设备中的主要设备，主要由焊接罐体、物料桶、快开装置、支撑支架、保温夹套、进出气管等组成。萃取釜的控制主要是控制快开装置，快开装置主要由保险销机构，开盖/关盖机构、提升/下降机构、旋转机构、限位器等组成。控制采用Siemens S7－200系列PLC。萃取釜是在高温、高压的状态工作的，所以对相应的元器件要求比较高，尤其是限位装置，考虑经济性可采用耐高温NHY1型行程开关。本系统采用的是电动机带旋转编码器的定位和行程开关限位双重控制方式，行程开关主要用来控制超程和保险销机构安全联锁的。旋转编码器选用的是无锡鑫亚电子有限公司A38S6－100－2－N－24光电编码器。

程序设计时要注意的是：

1）要考虑釜内压力全部卸掉后，才能开启卡箍、釜盖，确保安全。

2）程序设计两段程序：一段是主程序，是用来实际运行；一段是子程序，用来调试。

3）要考虑卡箍、釜盖的行程实际所需脉冲数与理论计算脉冲数有一定误差，为了消除这个误差，便于调试，建议在程序设计时，分别采用两个高速计数器：一个用来调试；一个用来实际运行。

4）在调试中用一个计数器，通过增、减计数方式记录卡箍进退、釜盖升降所需实际脉冲数，再把实际脉冲数分别储存到PLC的数据寄存器中。在实际运行时，用数据寄存器中实际脉冲数进行比较控制卡箍进退、釜盖的升降位置。

5）调试时，要往复多次运行，模拟好压力状态，仔细观察位置，确认一切无误正常后，方可进入生产运行。

分离釜的控制

分离釜是分离产品的主设备，超临界CO_2萃取出产品后在分离釜中，通过减压、降温将产品分离出，同时将CO_2循环利用，产品从分离釜直接排放。分离釜的主要控制参数是温度、压力，控制对象是调节阀、进出口阀。其控制与萃取釜共有控制系统。

制冷机组的控制

制冷机组主要用来将气体状态的CO_2变为液态

的设备系统，主要由制冷机组、冷却水循环系统两大部分等组成。其控制系统、检测元件也是自带，主要控制温度、液位和压力等参数。在设备订货时，一定要对制造商做技术要求，留好相应的端口，以便整个系统联机监控。控制要求按照制冷机组使用手册设计。

加热系统的控制

加热系统主要用来对萃取过程中的热水系统加热。热水系统由两个部分组成，一部分是萃取热水系统，水温为50 ℃左右（具体参数根据萃取工艺要求设置）；另一部分是分离热水系统，水温为30 ℃左右（具体参数根据萃取工艺要求设置）。主要控制热水储水罐的水位（水位一般为水罐容量的2/3）、水温、热水循环泵、调节阀和电磁阀等，加热系统控制采用Siemens S7－200系列PLC。注意的是温度检测元件如果采用的是PT100，要考虑PT100不耐高压，加装了不锈钢外套保护，得到检测的温度数据有误差的情况，所以在程序设计和调试中要反复校正，消除误差。

结束语

上述超临界CO_2萃取设备的控制应用设计技术，通过多年的实践检验，性能稳定、运行可靠，得到了良好的效果。超临界CO_2萃取技术因萃取速度快，无毒、不易燃，使用安全，无污染环境的特点，因而应用前景广阔。其设备控制应用朝着智能化、数字化方向发展，以实现生产过程自动化控制、保证产品质量，降低生产成本，改善工作环境。其控制技术还有待研发人员在实际应用中不断完善改进。**EA**

（收稿日期：2019.02.14）
（编辑：朱金凤）

（上接第50页）

IOT、宽带载波组网建设，为配电物联网内数据实时传输、高效分析建立管道基础。

3）边缘计算应用。按照建设方案中“边”层建设要求，改造TTU、DTU和FTU等配电变压器终端硬件平台，引入边缘计算技术，将各类业务独立成不同APP部署，不同APP对接“端”侧数据进行实时分析实时处理，为配电物联网智能化建立技术基础。

（2）主站物联网化建设

按照建设方案中“云”层建设要求，首先将主站业务拆分成物联网平台和微服务两部分。在物联网平台开发设备连接、数据管理等基础服务，同时建立数据共享模块；在微服务中开发与“边”侧对应的业务APP，从物联网平台获取数据处理结果信息进行可视化展示。完成物联网平台和微服务改造后，将主站业务统一迁移至云计算平台中。

（3）数字化运营

在边缘智能化和主站物联网化建设完成后，配电物联网基本框架已经建立，数据已然成为配电网运营的基础，运维检修、业务创新和精益化管理都将依赖于对数据的智能分析，在此阶段，应当充分利用大数据分析、AI等技术提高数据分析的精准性、预见性，实现数字化运营。

结束语

通过传感技术、云计算、大数据、边缘计算和密码算法等技术与配电网结合，解决传统配电网存在的问题，推进配电物联网的建设，满足泛在电力物联网提出的全息感知、泛在连接、开发共享和融合创新的需求，为建设运行更安全、管理更精益、投资更精准和服务更优质的电网夯实基础，为实现“三型两网、全球一流”能源互联网企业的战略目标提供有力支撑。**EA**

（收稿日期：2019.07.29）
（编辑：朱金凤）