

轴流式压缩机自动控制及联锁保护系统的设计

王冰晓 (哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

〔摘要〕 结合为某厂设计的催化裂化装置改造工程的烟气能量回收自动控制系统, 简述了该系统中轴流式压缩机控制保护系统的原理和特点, 及该系统设计工作的体会。

关键词 能量回收 催化裂化 轴流式压缩机

1 引言

在炼油厂, 烟气能量回收系统是催化裂化装置的一个很重要的节能部分, 其作用是将催化裂化装置再生器产生出的烟气能(热能和压力能)经烟气轮机转换成机械能和电

能。产生的机械能驱动压缩机做功, 如果烟气轮机回收的功率小于压缩机所消耗的功率时, 不足能量由电动机补充。当烟气轮机产生的能量大于压缩机做功所吸收的能量时, 电机呈发电状态, 并向电网输送电能。本系统的原则流程图如图1所示。

作为系统“心脏”的压缩机担负着向再

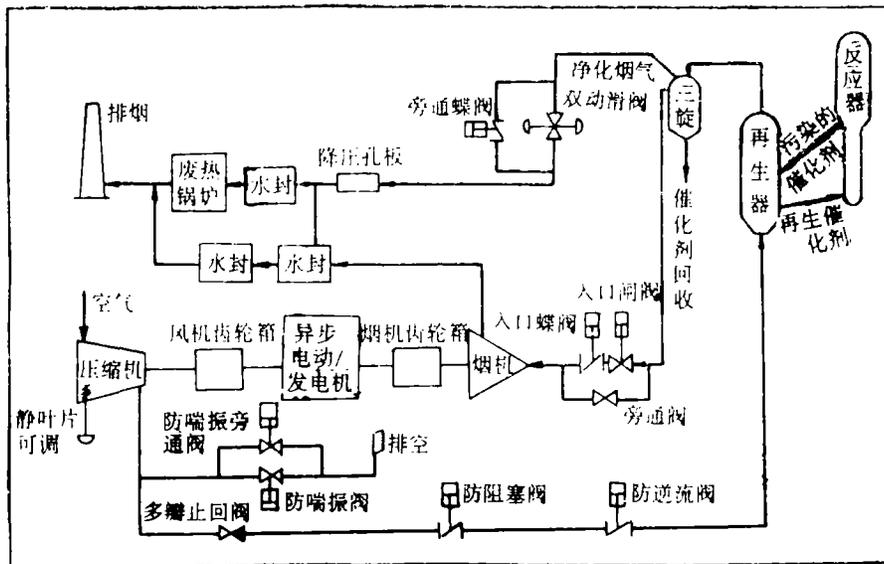


图1 系统原则流程图

收稿日期 1991-06-03

修改定稿 1991-08-08

本文联系人 王冰晓 男 31 150036 哈尔滨77号信箱

生器提供主风的任务。它是能量回收系统中的重要的设备之一。一旦压缩机出现故障,轻者会影响催化裂化装置的平稳操作及正常工作,重则会损坏设备,造成整个装置的停工停产。因此,控制及保护系统的设计除了保证轴系上各机协调工作、安全运行外,还必须满足催化裂化装置的工艺要求。即该系统的设计需与装置控制和操作条件通盘考虑,相互适应,才能使压缩机控制系统合理

表 1

完备,保护系统准确可靠。

压缩机包括满足生产过程要求的工艺参数控制系统,已及确保其安全操作的参数监测和联锁保护系统。本文针对为某炼油厂设计的该系统的组成和原理,自动化仪表的选用和设计体会,介绍如下。

2 控制系统的组成

压缩机的主要技术参数见表1。

型 式		轴 流 式 压 缩 机						
入口压力 KPa	入口温度 °C	出口压力 MPa	出口温度 °C	转 速 r/min	效 率	功 率 kW	流 量 Nm ³ /min	
							设 计	量 大
96.1	16.5	0.33	159	8 050~8 200	0.87	5 100	1 650	1 870

压缩机控制系统由两部分组成,一是满足生产过程要求的工艺参数控制系统,如主风流量控制系统;二是确保压缩机安全操作的保护系统,如防喘振控制系统,防阻塞控制系统,防逆流控制系统和有关参数的联锁保护系统。

对压缩机实行三级控制管理方式。其中烟气能量回收系统中与催化裂化装置有关的

仪表安装在装置控制室仪表盘上,如主风流量控制仪表。压缩机本身的监视、控制和自保仪表安装在机组控制室仪表盘上,如防喘振控制、防阻塞控制、防逆流保护及信号报警联锁系统等。需就地操作的仪表安装在就地仪表盘上,如可转导叶手动控制单元等。压缩机的控制系统流程图见图2。

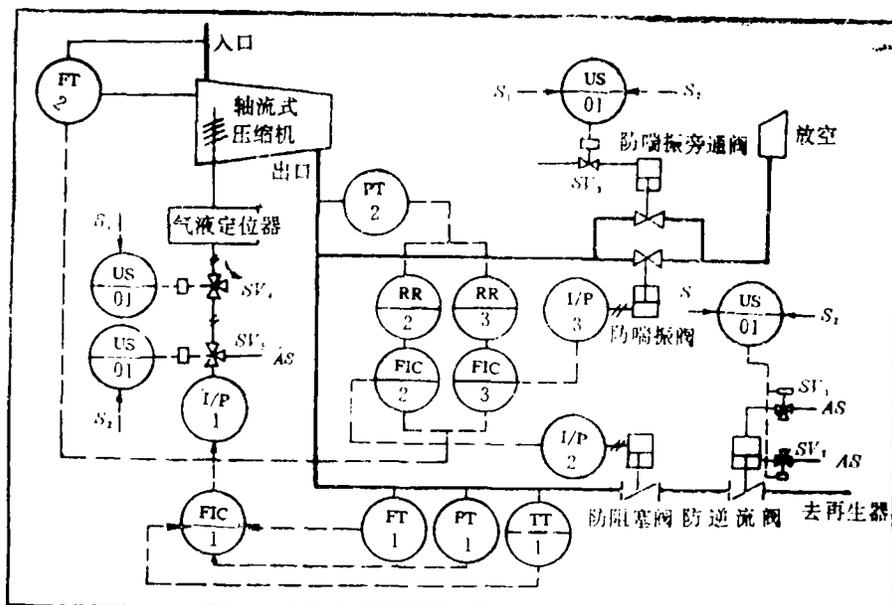


图 2 压缩机控制系统流程图

S₁为机组紧急停机自保;

S₂为压缩机低流量自保;

US 01为可编程控制器

现就有关系统介绍如下。

2.1 主风流量控制系统

为了完成催化剂再生的目的，再生器要求实施控制的重要参数之一就是压缩机的主风流量。主风流量改变的外界干扰主要来自再生器操作压力和大气条件的改变。在操作工况，主风需求量改变时，压缩机的负荷应随之变动。根据操作人员确定的给定值，主风流量控制系统可自动适应上述条件的变化，而保证压缩机供风流量给定值一致。本系统流量调节的手段是改变压缩机可调静叶的转角开度，以满足负荷变化的要求。

为了提高流量控制的准确度，还对操作状态下的流量进行了温压补偿。

将压缩机出口处流量变送器 FT-1 测得的流量信号，压力变送器 PT-1 和温度变送器 TT-1 测得的风压和风湿信号送到控制器 FIC-1 中，在控制器中进行温压补偿运算，将被温压补偿的流量信号与流量给定信号（由操作人员确定）进行比较，正负偏差值经调节器运算后，使调节器输出的电流信号增加或减少，经电/气转换器 I/P-1 转换成气压信号，再/经气液定位器控制压缩机的可调静叶开大或关小，使压缩机的出口流量等于给定流量。

在本流量控制系统中，被控变量和操作变量均为流量，所以对象的静态放大系数为 1。流量对象的时间常数不大，对象的纯滞后时间也很小，调节过程中被控变量的振荡周期也很短，由于流量的控制与再生器的物料平衡有关，故不允许有余差存在。鉴于上述原因，FIC 采用比例积分调节器。

因为流量控制系统在整个装置中是一个非常重要的回路，控制器选用了 YS-80 的 SLPC 可编程调节器。它具有以下特点：

- * 操作监视功能良好，且盘面安装；
- * 内藏微处理器，运算功能很强；
- * 变更控制算式只需换一个 ROM 芯片，备品备件大幅度减少；

* 备有自诊断功能，检查确认从现场来的信号异常及调节器本身的故障，在 CPU 异常时，用内藏后备回路进行手动操作和输入指示；

* 程序是通过专用程序器从 SLPC 侧面输入 ROM 的，程序器具有程序输入，常数显示和设定，试验过程输入输出显示，表格打印等功能；

* 具有通讯功能。

2.2 防喘振控制系统

轴流式压缩机在低流量条件下，叶栅通道中出现正攻角，产生气流脱离，进而发生喘振。喘振不及时消除，将会损坏压缩机。

尽管压缩机设计在远离喘振状态，由于操作中的意外变化亦会使操作点接近喘振线。因此为了保证压缩机的正常运行，发挥其最大效率，必须设置防喘振控制系统。

压缩机的性能曲线如图 3 所示。

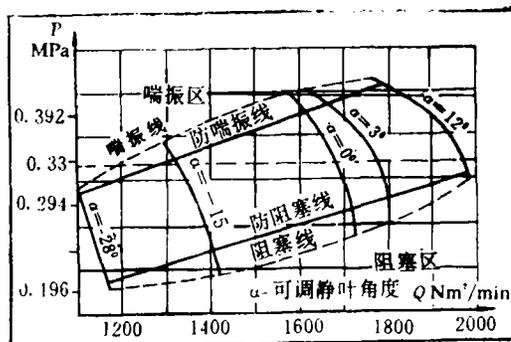


图 3 压缩机性能曲线

为了避免喘振，经常采用以下三种方法：

- * 改变操作；
- * 降低出口管网的阻力；
- * 增大压缩机的流量。

本系统是利用出口放空的方法增大压缩机的流量，以实现压缩机的防喘振控制。

如图 2 所示，具体的方案是依据出口压力作为给定值的随动流量控制，因为压缩机的入口流量和出口压力有相应的函数关系。

压力变送器PT-2测出压缩机出口压力,经比值给定器RR-3变换,作为调节器FIC-3的信号基准(该基准值与压缩机出口压力成正比)。同时FIC-3又接受流量变送器FT-2的压缩机流量信号,将两个信号进行比较。正常操作时流量大,调节器的测量值大于出口压力的给定值(调节器为正作用),调节器输出20 mA DC电流,通过I/P-3转换为气压信号,使反喘振阀处于关闭状态;反之,当流量小于给定值时,或者出口压力上升即给定值增大,调节器FIC-3便反向积分,减小输出电流防喘振阀开启,增大压缩机流量并降低压缩机出口风压,使压缩机控制在防喘振线以下运行。

流量给定值的计算经比值给定器,由防喘振控制线确定的压力流量函数关系转换成压缩机入口流量的计算给定值而进行的,然后与实测的入口流量进行比较而实施控制。比值给定器具体的运算公式为:

$$I_0 = n \cdot I_1 - \beta$$

其中: I_0 输出信号(%)

I_1 输入信号(%)

n 比值刻度指示值

β 内部偏压(%)

此式即模拟放风线或防喘振控制运行线。防喘振裕度一般为(5~10)%。

2.3 防阻塞控制系统

轴流式压缩机在出口压力低,大流量工作时,压缩机中气流与工作叶栅间出现负攻角,叶片内弧附面层加厚或堆积,使流道的有效通流能力降低,若出口压力继续降低,流量不再增加,末级叶栅处气流达到音速时,发生阻塞,持续时间过长,将导致叶片疲劳损坏。

为了防止阻塞产生,防阻塞控制系统采用以出口压力作为调节器给定值的随动流量控制系统。

如图2所示,变送器PT-2和FT-2与防喘振系统通用,调节器(正作用)接受压缩机

流量和出口压力信号。正常操作时,调节器输出最小,防阻塞阀处于全开位置,当流量大于调节器给定值时,调节器正向积分,输出增大,使防阻塞阀关小一些,从而入口流量降低或出口压力增大,直至平衡,积分停止。

2.4 防逆流保护系统

压缩机喘振时,被压缩的气体会连续回流,即产生逆流。此时压缩机转动能量送不出去,而在叶片上迅速转为热能,温度迅速上升,很快会使叶片熔化。因此逆流是轴流压缩机最危险的工况。故设置一套独立的防逆流保护装置。

在压缩机出口安装快速可靠的防逆流阀。此阀系电磁阀控制带助推气缸的双偏心蝶型止回阀。正常操作时,此阀处于全开位置,当主风流量低于规定值时,或紧急停机时,即进入压缩机自保状态,此信号自动启动防逆流保护系统,防逆流阀迅速关闭,防止逆流产生。如图2所示。

2.5 信号报警联锁系统

压缩机组的信号报警联锁系统是确保压缩机安全操作的重要环节。本系统压缩机只有主风低流量自保,为全自动保护方式。

在运行中,由于某种原因主风流量降低至报警点,进行声光报警,操作人员可根据装置情况,调整操作,排除故障,使之恢复正常。若排除无效,主风流量继续降低,降至自保设定值时,自保系统自动投入,使压缩机迅速转入安全工况,但自保投入时,整个机组不停机,这有利于装置生产迅速恢复正常,这时的压缩机可调导叶关至最小,以避免电机过载。

紧急停机自保时,压缩机可调导叶开至最大,加大机组的轴负荷,以缩短机组的惰转时间,保护机组轴承。

自保联锁系统的主要控制设备为西门子公司生产的可编序控制器,它接受监测系统各控制盘的信号,按照相应的逻辑关系控制

相应的执行机构。压缩机保护时有关阀门的动作关系见表2。

表 2 压缩机保护阀门动作表

阀门名称	阀门型式	操作状态			编 号	电 磁 阀			备 注
		正常运行	压缩机保护	紧急停机		操作状态			
						正常运行	压缩机保护	紧急停机	
防逆流阀	气开	开	关	关	SV ₁	通电	断电	断电	
防阻塞阀	气关	调节	调节	调节	SV ₂	断电	通电	通电	受防阻塞控制器控制
防喘振阀	气关	调节	调节	调节					受防喘振控制器控制
防喘振旁通阀	气关	关	开	开	SV ₃	关	开	开	关脉冲 开脉冲 开脉冲
可调静叶	气关	调节	关至最小	开至最大	SV ₄	关	开	开	关脉冲 开脉冲 开脉冲
					SV ₅	断电	通电	通电	

测、控制仪表及自保元件应选择电动的或电子的。同时系统中的主要阀门和导叶操作机构亦应有快速动作的能力。如防逆流阀、防喘振旁通阀和导叶机构均由电磁阀控制以加快动作速度。在设计中，还应考虑各执行机构和阀门的动作时间应有适当配合。除此以外，设计时应配备不间断电源供电系统，避免装置停电，这样可保证系统工作迅速和可靠。

3. 轴流式压缩机控制系统的设计应与能量回收机组其它设备的控制（如机组紧急停机、烟机控制和催化裂化装置控制）一并考虑，不可孤立对待，这样才能使整个系统的工作协调准确，保证工艺要求。比如：机组发生故障出现停机信号时，不但压缩机实现主风低流量自保，还应使两器（再生器和反应器）处于自保状态。

3 讨 论

1. 在炼油厂，压缩机是工艺流程中的关键设备，为了确保安全操作，除了设置必要的控制系统外，还应配备较完整的信号报警和联锁系统。

2. 为了保证系统动作迅速，系统中检

参 考 文 献

1. 徐景炎, 催化裂化装置烟气能量回收机组的控制, 炼油设计, 1984(2):37~46
2. 化工过程检测、控制系统设计符号统一规定, 化工部设计标准, 北京, 1987

Design of an Automatic Control and Interlocking Protection System for an Axial-Flow Compressor

Wang Bingxiao

(Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute

Abstract

In connection with the flue gas energy recovery automatic control system a for catalytic cracking unit modernization and reconstruction project, the author gives a brief description of the principles and features of a axial-flow compressor control and protection system employed in the above-cited system. In addition some personal observations have been presented concerning the design work of the said system.

Key words: energy recovery, catalytic cracking unit, axial-flow compressor