

新氢压缩机增上无级气量调节系统

程 续

中海石油宁波大榭石化有限公司 浙江 宁波 315812

摘 要：中海石油宁波大榭石化有限公司生产运行七部原料加氢装置新氢压缩机0203-C-102A机型为4M80-35.9/24-185-BX，将氢气从2.4MPa升压至18.5MPa。该机组为三级压缩，在正常生产工况下存在压缩机各级气缸排气量不匹配的情况

关键词：新氢压缩；无极气量调节系统；节能

1 二级气量大于三级气缸气量

对压缩机在各流量下的数据采集分析后得出，一级气缸能输出57611Nm³/h的气量，二级能输出52125Nm³/h的气量，而三级最多只能输出45938Nm³/h的气量（以上气量数据均根据理论分析得出）。即一级气缸排气量富余 $(57611 - 45938) / 57611 = 20\%$ 以上，二级气缸排气量富余 $(52125 - 45938) / 52125 = 12\%$ 左右。按照一级压缩功率1206KW，二级压缩功率1123KW计算，理论上在压缩机满负荷时，有 $1206 \times 20\% + 1123 \times 12\% = 376\text{KW}$ 的功耗被浪费。

2 项目方案

在加氢裂化装置中，往复式压缩机原有的控制系统采用风动卸荷器，只能实现0%，25%，50%，75%，100%五个档位的负荷调节^[1]。与传统往复压缩机负荷调节方式比较，无级气量调节系统具有气量调节稳定，操作简单和节能效果明显等特点^[2]。吸气开始阶段，当活塞运动接近

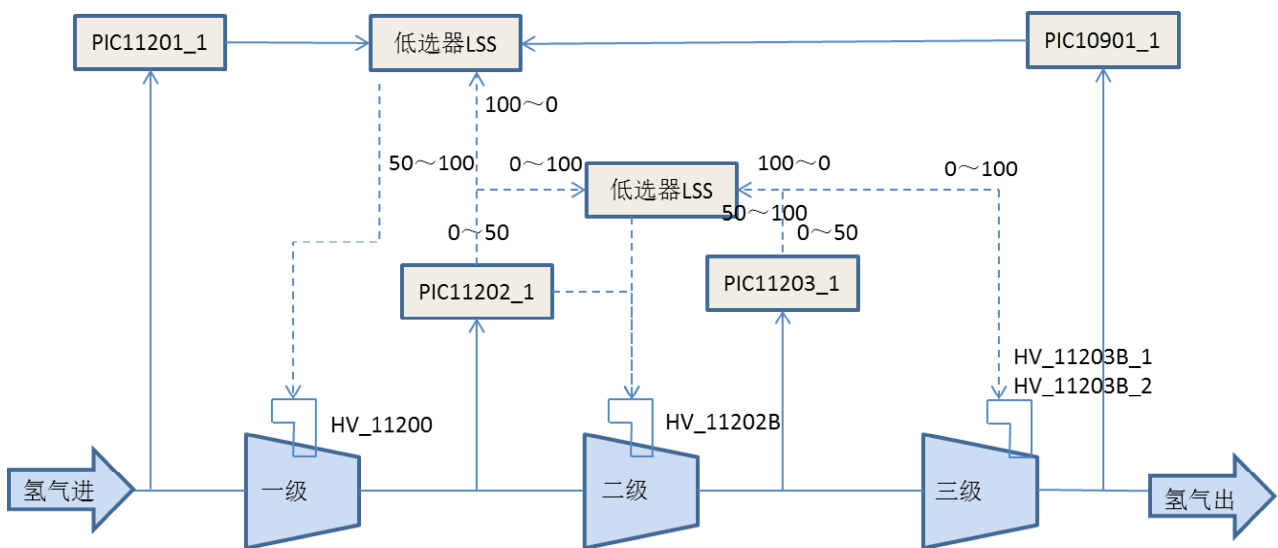
膨胀角，高速电磁阀控制口打开，液压电站HPU提供的高压油进入小活塞，推动卸荷杆顶开吸气阀，压缩机开始进气。当压缩机完成进气行程后，活塞开始压缩，高速电磁阀根据负荷调节信号，继续强制顶开吸气阀，气缸内的部分气体由进气阀返回到进气管道。当气缸内剩余的气体正好是下游工艺所需要的气量时，高速电磁阀回油口打开，进气阀关闭，压缩机开始压缩剩余的气体，达到只压缩该压缩的气体的目的，实现节能目标。

3 项目亮点

3.1 级间压比控制方案，全自动启机。经过C-102B的使用经验，压比控制系统优于高、低选逐级递推方案。

3.1.1 原设计高选逐级递推控制方案：

需要后台引一级、二级、三级及系统压力四个数据点、各级高选比较模块三个。各级实际压力值与设定值进行比较输出对应阀位信号，相邻阀位信号进入比较进行低选，而后将高选信号作用在各级ECU进行调节。

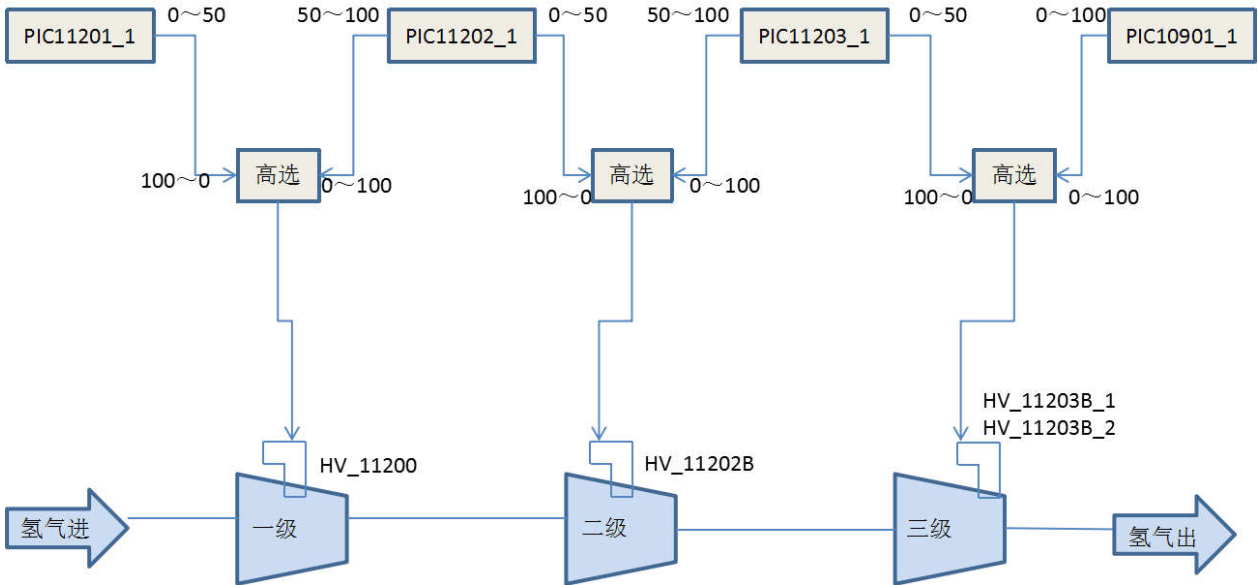


3.1.2 原设计低选逐级递推控制方案：

需要后台引一级、二级、三级及系统压力四个数据

点、各级低选比较模块二个。各级实际压力值与设定值进行比较输出对应阀位信号，相邻阀位信号进入比较进

行低选，而后将低选信号作用在各级ECU进行调节。

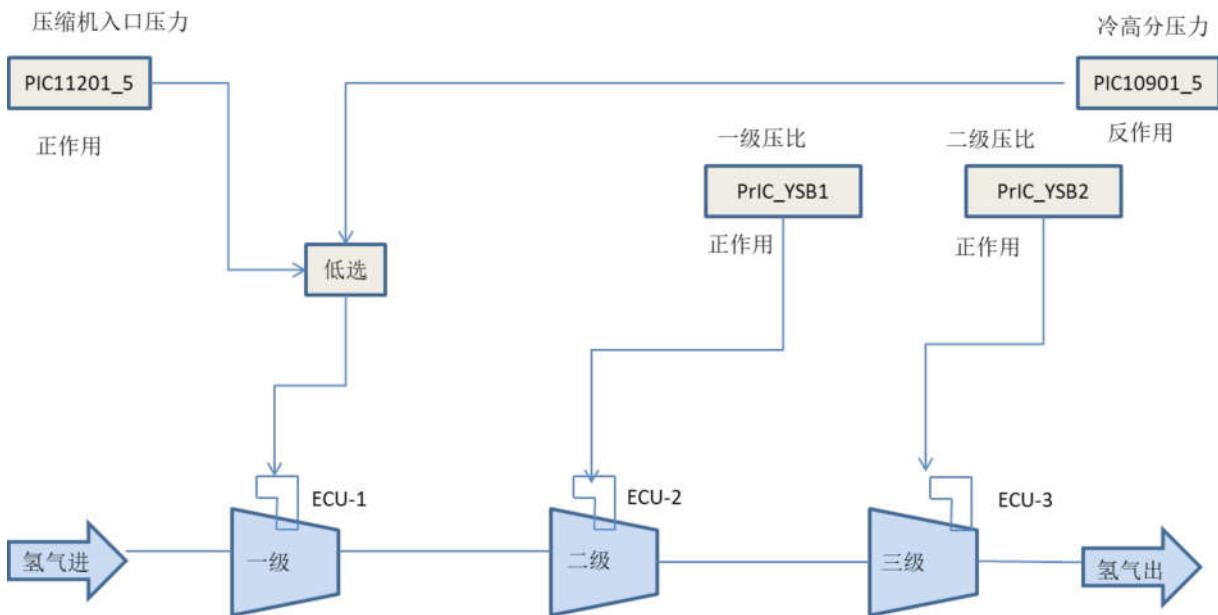


3.1.3 新改造级间压比控制方案:

第一、二方案机组运行效果不佳，尤其是在入口管网压力出现波动，高、低选择模块输出变化的情况下，级间压力控制混乱，导致各级缓冲罐压力超高，安全阀起跳。生产运行七部经过仔细研究，提出级间压比控制方案。

需要后台引一级、二级、三级及系统压力四个数据点、一级和系统低选比较模块一个。ECU1由一级和系

统实际压力值与设定值进行比较输出后低选确定，其确定整台压缩机的负荷大小；ECU2、3由一、二级压比进行调整，在入口压力和系统压力正常情况下，只需保证一、二级压比在正常范围内，三级压比可不进行控制，确保其在正常值。此方案，取消了级间阀位输出比较程序，由压比单回路控制对应ECU输出，输出更直接，抗干扰性更强。



经过C-102B机的长周期运行和C-102A机全自动启机的使用效果，此压比控制方案完全符合高压加氢装置新

氢压缩机的使用要求，此方案在无级气量调节系统为首创使用，有非常大的推广使用价值。

3.2 液压油站升级

C-102B采用高压油站为油泵和风冷双电路控制，由两台电机驱动运行。此次C-102A机改进了冷却风扇，A机的冷却风扇放置在油泵电机下方，由电机直接带动；与B机相比，减少了专门的冷却风扇电机，减少了供电回路和消耗。

3.2.1 入口气阀全部更换为环状阀片气阀

大型往复式压缩机是流程工艺领域用来压缩气体提高气体压力或输送气体的通用机械，也是量大面广的高耗能设备。部分行程顶开进气阀无级气量调节方式具有节能降耗的优点^[3]。根据C-102B机的对比使用经验，2018年5月无级气量调节系统投用后，压缩机负荷长期低于80%负荷运行，该压缩机网状阀片进气阀多次发生损坏，共计7次，



气阀的长周期使用，降低了压缩机检修频率。压缩机检修需切机、置换和配件更换，大大增加了装置的检维修费用。更换为环状非金属阀片气阀，延长了气阀的使用寿命，取得了明显的使用效果，可以提高往复压缩机的运行可靠性，减少停机损失，带来了可观的经济效益。

3.2.2 电控液压执行器连接方式改进

C-102A机采用全部采用硬管配合卡套连接方式，由



主要是阀片外缘断裂，其次为气阀弹簧断裂、缺失或节距改变，通过比对网状阀、环状阀各自特点，网状阀阀片运动时通常不会平行的冲撞阀座，而是其一端第一次撞击阀座后，阀片要旋转某个角度由另一端第二次撞击阀座见图4，阀片的倾侧运动是由往复压缩机的脉动气流导致的，因此一般情况下阀片最外圈的撞击速度总是最大、撞击次数总是最多的，也是最容易提前损坏的。

2019年2月检修时前三级进气阀更换为同厂家同材质的环状阀，后三级进气阀更换为新的网状气阀。运行工况并无太大变化的情况下采用网状阀片的后三级轴侧气阀已更换两次，进气阀平均使用寿命4900h，前三级环状阀运行9800h无异常。并且环状气阀的温度平均低于网状气阀温度3-5℃，使用效果良好。

于往复式压缩机及格栅板之间存在振动，长期运行存在卡套脱落情况，并且基础存在沉降情况，长周期运行后容易产生管线应力。

此次C-102A电控液压执行器的进回油管路，采用了硬管、软管结合的方式，用软管可以有效隔开不同振动体之间的不同步振动，并有效抵消基础沉降造成的应力。



3.2.3 转速探头安装位置改进

C-102B机TDC转速探头安装位置为压缩机飞轮侧面，用于采集转速信号和各缸止点位置，此信号一旦出问题，将会造成执行器控制混乱，无级气量调节系统无法使用。由于探头距离端面距离为2-3mm，在压缩机检修盘车过程中，容易造成探头损坏。



为避免出现此问题，C-102A机的TDC转速探头更换安装位置，选点为电机轴径，此点的线速度远低于飞轮，感知器不易出现脱落，机组检修过程中不易碰触，并且在探头损坏情况下，方便现场更换。

4 项目投用效果

此系统安装前期施工准备充分，安装过程中高效配合，保证压缩机仅24小时不备用情况下完成所有施工工作，并在全自动情况于3月26日一次开车成功，并入管网

使用。

生产运行七部对节能效果进行了标定工作：

C-102A机在2月1日在级间返回控制系统投用时的电流为246.633A，流量为43000m³/h；

C-102A机在4月1日在无级气量调节系统投用时的电流为228.111A，

流量为43000 m³/h。

在此机组满负荷情况下（43000 m³/h），对比电流下降18.522A

单位小时节约电能 $P = 1.732 * 10Kv * 18.522A = 320.8KW$

全年节约电量 $W = 320.8KW * 8400h = 2694728.7KW$

1度电按0.56元计算，年节约电费： $2694728.7KW * 0.56 = 150.9$ 万元。

在机组低负荷运行工况下，节能效果尤其突出。

此项目设备投资78万元，6.2个月即可回收设备成本，高于预期回收成本时间，达到了明显的节能效果。

参考文献：

[1] 张晓东. 往复式压缩机无级气量调节系统的应用[J]. 石油化工设备技术, 2007, 028(005):37-40.

[2] 张登耀, 王英勇. 无级气量调节系统在往复压缩机的应用[J]. 甘肃科技, 2013(5):3.

[3] 李木林. 大型往复式压缩机无级气量调节系统优化分析[D]. 浙江大学, 2013.