

Hydro COM 气量调节系统 在加氢裂化装置新氢压缩机上的应用情况

宋兴武
天津分公司

1 概述

天津分公司炼油厂加氢裂化装置设计加工能力 $80 \times 10^4 \text{ t/a}$ ，采用 $\geq 360^\circ\text{C}$ 全循环工艺，主要生产石脑油、航煤、柴油及液化气。其新氢压缩机是沈阳气体压缩机厂 1997 年制造的 4M50-26/20-195-BX 型往复式压缩机，轴功率 2900kW，匹配电机为西门子同步电机，功率 3200kW，转速为 300r/min，三级压缩，进气压力 2.0MPa，排气压力 19.3MPa，新氢机机械简图见图 1。

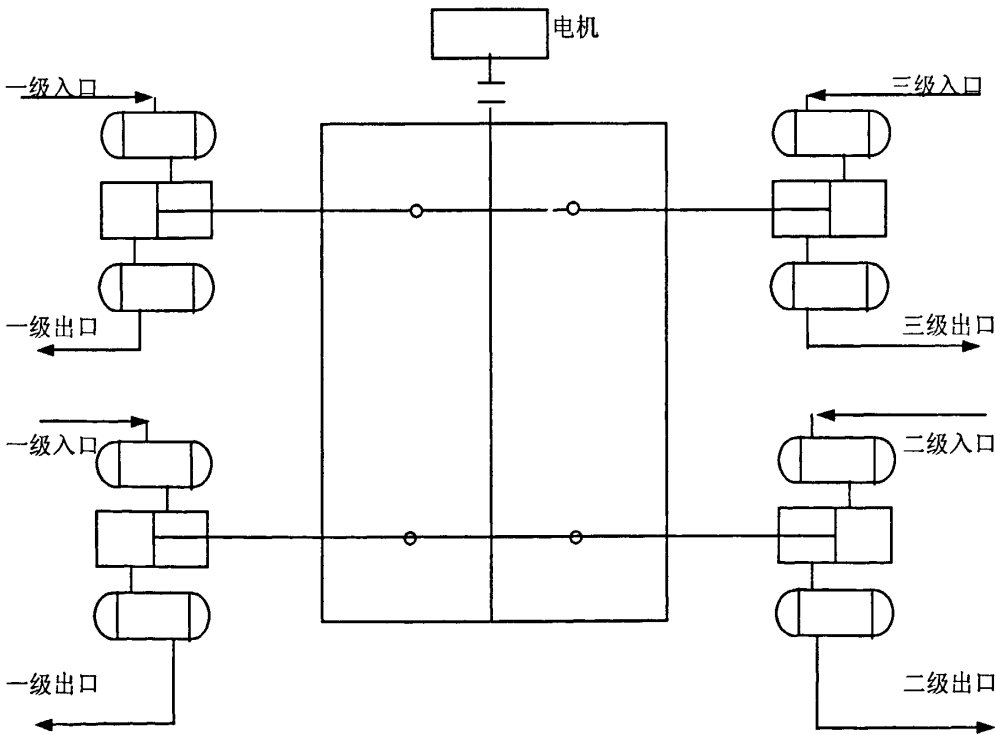


图 1 新氢机机械简图

该装置共有同一规格的新氢机三台，单台满足 70% 的生产需要，高于这个负荷时，需“开二备一”运行。开两台压缩机时，经压缩进反应系统的气量，必然超过反应所需要的气量。这部分气量通过“三返一”返回，即三级出口返回到一级入口。从而造成电能浪费。对该装置而言，即使在生产满负荷时，仍有相当于一台压缩机气量的 50% 需返回。对于这样的大型机组而言，电能的浪费是相当高的。

2 Hydro COM 气量调节系统

2.1 基本原理

压缩机能耗主要与每次循环过程中实际压缩气量成比例。目前国内对往复式压缩机流量调节一般采用逐级返回或“三返一”的方式，气体经压缩后再返回，必然无法节能。针对这一缺点，奥地利贺尔碧格公司开发了Hydro COM 气量调节技术。

该技术参考了大型柴油发动机中喷射部件的技术，并结合了数字计算机技术和控制技术。通过液压传动装置使压缩机在压缩过程中，进气阀保持有可控的一定时间开启，即延迟关闭进气阀的方式，使气缸中的部分气体返回进气腔，从而实现在全程范围内排气量调节。这种调节与传统方式不一样。Hydro COM 气量控制实质就是回流调节，即部分在吸气阶段被吸入气缸的气体，在压缩阶段被重新推回吸气腔，减少压缩机每次循环过程中实际压缩气量，实现节能。

往复式压缩机工作区域由气缸和活塞组成一个封闭空间，在活塞作用下，通过吸、排气阀启闭来吸入和压出气体。气阀有单向功能，吸气阀只允许气体从外部进入气缸，排气阀只允许气体从气缸内排到外部。示意图 2。

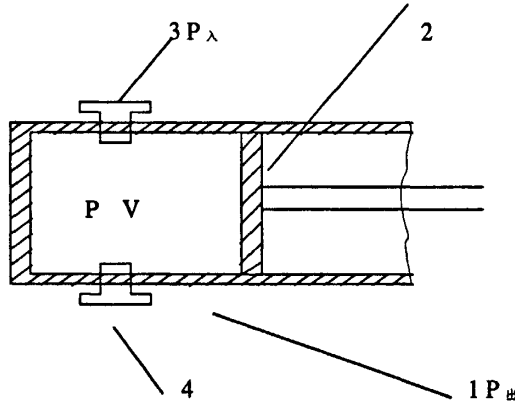


图 2 压缩机气缸示意图

1—气缸 2—活塞 3—吸气阀 4—排气阀

压缩机吸气、压缩、排气、扩容过程如图 3 所示。

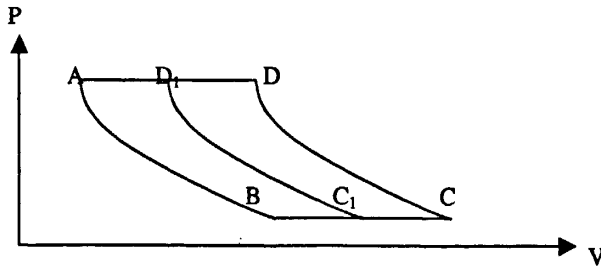


图 3 压缩机 P—V 曲线

C 点为压缩体积 V 最大，压力 P 为入口压力，随活塞 2 向左运动，体积 V 逐渐变小， P 逐渐增大， $P > P_{入}$ 将吸气阀关闭，保证气缸内气体不从吸气阀返回入口，到达 D 点时， P 大于 $P_{出}$ ，排气阀

开启，气体排出。从 D 点到 A 点，V 逐渐变小，P 不变， $P=P_{\text{出}}$ ，到达 A 点后，V 最小（活塞运动到最左侧，即上止点）。压缩排气过程结束，活塞反向运动，V 变大，P 变小， $P<P_{\text{出}}$ ，将排气阀关闭，保证出口气体不从排气阀返回至气缸内。从 A 到 B 点过程中，V 逐渐变大，P 逐渐变小，到达 A 点时， $P=P_{\text{入}}$ ，吸气阀打开，入口气体进入气缸内，从 B 到 C，V 逐渐变大，P 不变， $P=P_{\text{入}}$ ，到 C 点，一个循环结束。所需功为 ABCD 围成的区域，不论负荷为多少，只能 100% 作功，多余气体从压缩机总出口返回。

Hydro COM 系统通过液压传动负荷装置延迟关闭进气阀，使气缸中的部分气体返回进气腔来实现全程范围内排气量调节。具体的讲，在压缩过程中根据给定负荷数（例如 50%）经过计算确定延迟关闭入口阀的时间（C 点到 D 点整个时间的一半），通过作用在入口阀上的高压液压油，使压缩过程中前一半时间入口阀开启（液压油压住入口阀片），后一半时间入口阀关闭（液压油撤掉，入口阀片呈自由状态），从 P-V 图上既为从 C 到 C_1 再到 D_1 ，所需功为 ABC_1D_1 。从图形上看，当负荷为 50% 时，多余气体返回入口不压缩，避免能量浪费。

1.2 Hydro COM 功能描述

Hydro COM 系统典型配置如下：

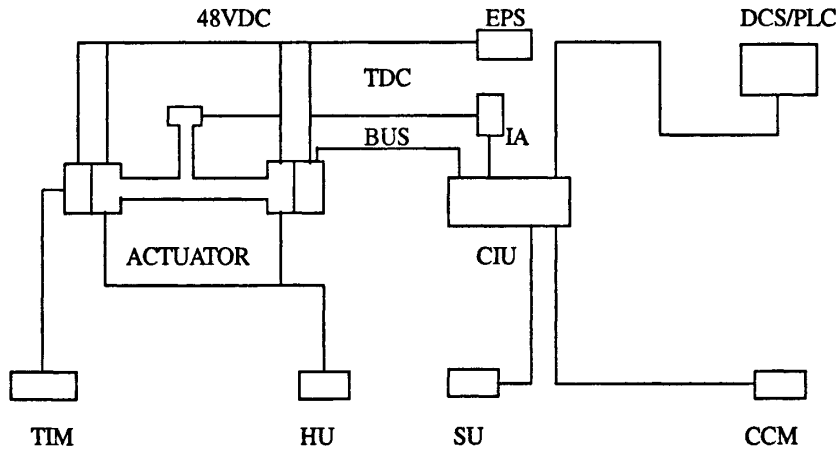


图 4 Hydro COM 配置

ACTUATOR	控制进气阀启闭的执行机构	EPS	外部电源器
TIM	信号传递块	CIU	压缩机接口单元
HU	液压动力装置	SU	服务单元
BUS	信号线	CCM	压缩机运行状态监测
TDC	上止点传感器	DCS	集散控制系统
VDC	直流电源	PLC	可编程控制器

压缩机排气压力、进气压力、流量等都可作为控制变量。压缩机的每一级都配置一个比例积分（PI）控制器。第一级根据工艺变量进行控制，各级级间压力可被选择成后面各级的控制变量，这个变量传递到 CIU 装置中，转变成相当于 0~100% 排气量的 4~20mA 的电 流控制信号。

控制逻辑流程图如图 4~6。

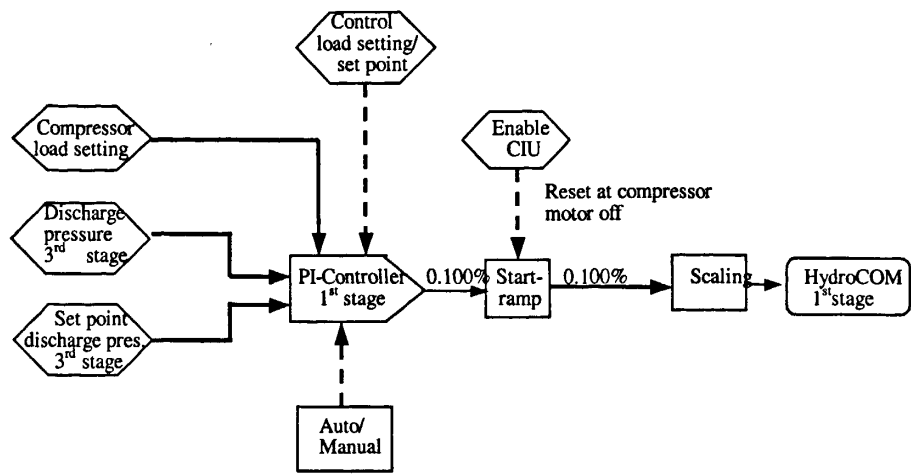


图 4 第一级的控制回路的流程图，控制第三级排气压力

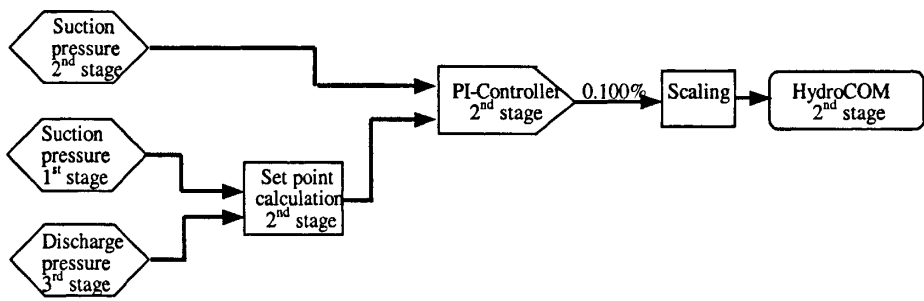


图 5 第二级控制回路逻辑图(控制 2 级进气压力)

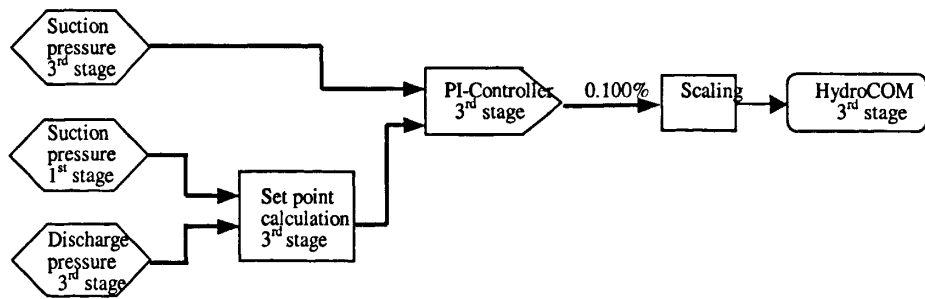


图 6 第三级控制回路逻辑图(控制 3 级进气压力)

从图可以看出，分为两种逻辑：

1) 手动模式

给定的压缩机负荷直接来控制一级的负荷；二级负荷根据二级入口压力给定值（通过公式 1 计算）和实际值的偏差由二级 PI 控制器给出；三级负荷根据三级入口压力给定值（通过公式 2 计算）和实际值的偏差由三级 PI 控制器给出。

2) 自动模式

一级负荷根据三级出口压力给定值和实际值的偏差由一级 PI 控制器给出；二、三级负荷给定与手动模式相同

$$p_{s2} = k_{s2} \cdot p_{s1} \cdot \left(\frac{p_{D3}}{p_{D3s}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$$p_{s3} = k_{s3} \cdot p_{s1} \cdot \left(\frac{p_{D3}}{p_{D3s}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2)$$

p_{s2}, p_{s3} 2, 3 级进气压力

p_{s1} 1 级进气压力

p_{D3} 3 级排气压力

k_{s2}, k_{s3} 修正系数

上述压力均为绝对压力。

修正因素允许在优化设定值的过程中补偿由于级间冷却等而带来的压力降。

Hydro COM 系统的执行器安装在进气阀上方，由液压装置 HU 提供必要的液压压力。执行器由 CIU 上的数据信号电源驱动，CIU 是 Hydro COM 和 DCS 之间的连接枢纽，对压缩机的控制仍由 DCS 完成。DCS 和 Hydro COM 之间通讯分为 4~20mA 模拟信号及二进制数字信号。

TDC 传感器把气缸中活塞的实际位置信息传递给 CIU，CIU 控制信号转换成精确的进气阀开启关闭实际时间。这样，对于装置操作人员而言，压缩机的排气量只是一个简单的模拟控制信号。通过使用数字控制技术，只需在曲轴的 2 至 3 个回转中，Hydro COM 系统就能完成对进气阀启闭规律的重新设置，从而满足不同排气量的要求。

3 实际应用情况

Hydro COM 系统在国外已经有应用，节能效果显著。贺尔碧格公司前两年也曾在国内推介，但没能取得实际应用。2001 年 7 月以后，天津分公司与贺尔碧格公司就新氢压缩机采用 Hydro COM 系统进行了详细谈判，并达成技术协议。2002 年 7 月，利用大修时机，投资 375 万元，在三台新氢压缩机中的其中一台采用了该技术，从实际应用情况看，每小时可节电 40% 达 1200~1500kWh，（电机额定功率 3200 千瓦）节能效果明显。

针对国产压缩机实际情况，为保证机组安全运行，做了四点修改：

(1) 增加了级间压力高保护联锁。一旦一、二级出口压力超过设定值，Hydro COM 系统将自动卸载，将负荷变为 0；

(2) 增加了 Hydro COM 系统自身故障联锁。一旦 Hydro COM 系统硬件出现故障报警信号，Hydro COM 将自动切除，机组 100% 负荷运行；

(3) 延长了机组启动后空负荷运转时间，原设计主电机运转后 Hydro COM 系统如果正常，则马上自动将负荷从 0 升至 30%。现改为 300 秒后再自动加负荷，有足够时间对机组进行检查；

(4) 0 到 30% 自动加负荷时间由 5 秒延长到 30 秒，保证机组平稳加负荷，避免了对机组造成过大冲击。

天津分公司加氢裂化车间新氢压缩机采用 Hydro COM 系统，实现了压缩机压缩气量的回流调节，有十分明显的节能效果。

情况

作者: [宋兴武](#)
作者单位: [天津分公司](#)

引用本文格式: [宋兴武](#) [Hydro COM气量调节系统在加氢裂化装置新氢压缩机上的应用情况](#) [会议论文] 2004