

氢气压缩机（10kV） 变频改造的实践应用

氢气压缩机变频改造方案及意义——本文介绍了联泓（山东）化学有限公司氢压机变频改造的原因、技术方案以及实施后的效果。氢气压缩机通过实践改造后，创造了较大效益，对企业降本降耗具有重大意义。

文 / 于伟然 王明兰 满昌龙

联泓（山东）化学有限公司（以下简称“联泓化学”）以煤为原料，经气化装置生产水煤气，通过变换，低温甲醇洗工序制得合格的净化气，送入甲醇合成系统生产甲醇。生产装置多年来运行平稳，达到设计 720 kt/a 甲醇的生产能力。近年来随着政策的变化和市场的改变，联泓化学对生产工艺进行了优化改造，使装置具有 1 000 kt/a 甲醇的生产能力。

在甲醇合成反应的工艺气中含有惰性气体（ CH_4 、 N_2 、Ar 等），随着甲醇合成反应的进行，惰性气体不参与反应，在系统中逐渐积累，影响了反应速率。为了防止合成系统中惰性气体的积累，要连续从系统中排放少量的气体。这部分富含大量有效气（ $\geq 70\%$ ）的弛放气经水洗塔洗涤甲醇后送氢回收系统回收氢气，氢回收系统采用膜分离原理将富氢气进行

回收，因分离后的富氢气压力低，采用氢压机加压后送入甲醇合成系统继续参与甲醇合成反应。

氢气压缩机选用的是往复式压缩机，型号为 DW-15/1.8-5.4，共 1 台，单台排气量 14 883 Nm^3/h 。该压缩机为对称平衡型，两列两级往复活塞式压缩机，气缸水冷，压力循环强制润滑，电动机拖动，具有对动性能好和检修方便等优点。联泓化学氢压机为一台，采用单层布置，压缩机气缸中心标高 2 m。从压缩机的非驱动端（压缩机端）看，左侧一列为二级气缸，右侧一列为一级气缸，所有气缸均为上进下出的双作用结构。

工作原理及流程

甲醇合成系统引出的弛放气进入氢回收气液分离器 V5115 进行气液分离，然后经过氢回收套管式换热器 E5105 加热至约 50℃ 后，送入氢回收膜组 M5102。通过膜管的富氢气经氢气压缩机 C5105 压缩。压力为（1.73 ~ 2.1 MPa）、温度为 45℃ 的富氢气进入压缩机

入口，压缩机采用两段压缩，压缩后的富氢气经氢压机出口并入新鲜气管道，进入合成回路继续参与反应。

氢气压缩机的工作原理：氢气压缩机由电动机通过刚性联轴器驱动，电动机转子直接带动压缩机的曲轴旋转，然后由连杆和十字头将曲轴的旋转运动变成活塞的往复直线运动。

本机两个气缸均为双作用，即盖侧和轴侧都有相应的工作腔。以盖侧为例，当活塞由盖侧始点位置向轴侧开始运动时，盖侧容积变大，腔内残留气体膨胀，压力下降，与进气腔内压力产生压力差，当压力差大于吸气阀弹簧力时，吸气阀打开。随着活塞继续向轴侧运动，将气体吸入缸内，活塞到达内止点时吸气完毕。随后活塞又从轴侧位置向盖侧方向返回移动，此时吸气阀关闭，随着活塞的继续移动，缸内容积不断变小，已吸入的气体受到压缩，压力逐步升高。当缸内压力高于排气腔内压力且压力差大于排气

本文作者供职于联泓（山东）化学有限公司。

阀弹簧力时, 排气阀打开, 缸内已被压缩的气体开始排出。当活塞返回到外止点 (盖侧始点位置) 时, 排气完毕。至此完成了一个工作循环。

轴侧工作腔的工作原理与此相同, 但有 180° 的相位差 (即当气缸轴侧吸气时盖侧排气; 轴侧排气时盖侧吸气)。由于活塞不断地作往复运动, 使气缸内交替发生气体的膨胀吸入和压缩排出过程, 从而获得连续脉动的压缩气源。压缩机布置简图, 如图 1 所示。

变频改造背景

联泓化学氢气压缩机设计中有 50%、100% 负荷运行两种工况, 在催化剂使用初期, 反应效果好, 驰放气量小, 氢压机采用半负荷运行。待催化剂使用后期, 驰放气量大时采用满负荷运行。这种方式使较大一部分电能浪费在调节上, 回流气量大, 而且操作方式复杂, 响应时间较长, 需人工调节或主控台值班人员监测调节阀门, 增加了工人劳动量。同时设备长时间高速运转, 电动机高负荷运行浪费很大, 电气和管道系统机械磨损严重, 增加维修频次和费用, 影响使用寿命。过大的起动电流会使电动机迅速发热, 加速其绝缘老化, 影响电动机使用寿命。半负荷运行时电动机功率因数 0.5 ~ 0.6, 造成大量电能损耗。

变频改造方案

采用高压变频器调速控制装置。变频器能实现对交流异步电机的软起动、变频调速、提高运转精度、改变功率因素以及过流 / 过压 / 过载保护等功能。变频器采用一拖一的运行方式, 每台变频

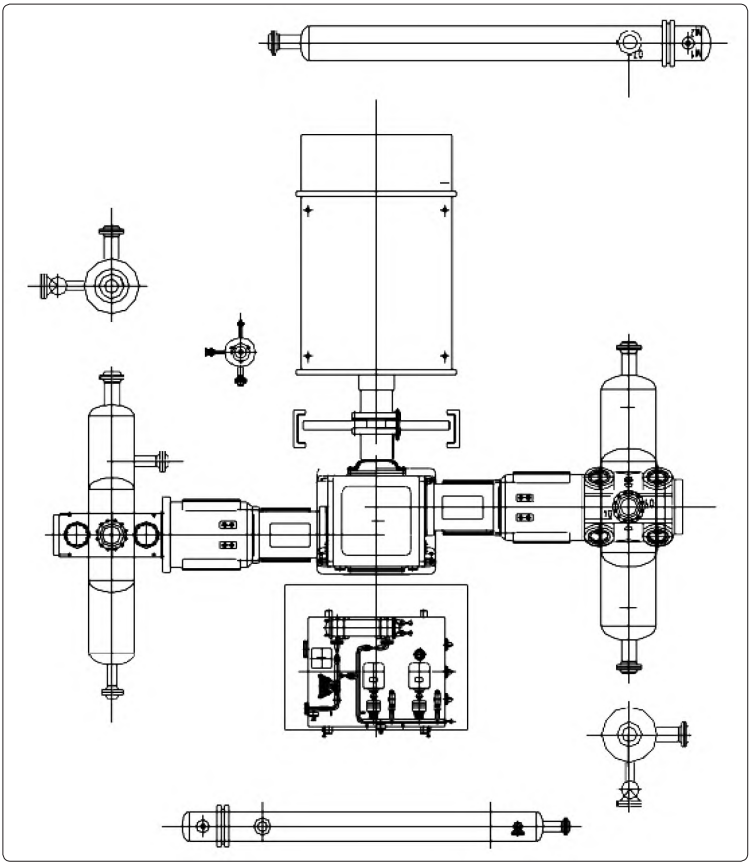


图 1 压缩机布置简图

器配置一台旁路柜, 旁路柜采用手动切换方式。

变频器的控制方式采用自动控制方式和手动控制方式。手动、自动控制由设置在 DCS 显示器画面上切换按钮来实现, 由设置在电动机旁的切换开关实现就地、远程切换。自动控制方式依据现有的 DCS 系统采集现场的压力、阀门开度或者压力等信息。手动控制一是由设置在现场的操作箱手动控制, 二是利用已有的 DCS 系统, 在 DCS 画面上手动操作调节。一拖一带手动旁路接线如图 2 所示。

断路器为甲方原有高压开关,

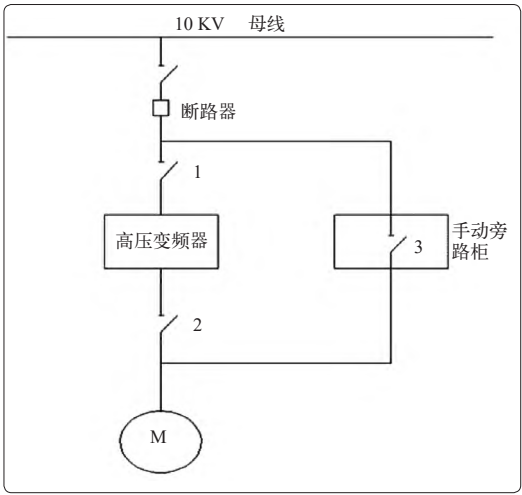


图 2 一拖一带手动旁路接线图

高压变频器设工频旁路功能, 手动旁路柜与断路器有必要的联锁, 变频器允许合闸及重故障保护信号串入原综保系统。系统的运行参数和“本地”操作方式等可在触摸屏上实现, 高压变频柜体上有选择 (远程 / 就地) 开关等选择功能, 就地

(下转第 50 页)

化效果明显，明显降低了操作人员的劳动强度，提升了装置运行平稳性及控制水平，实现了装置的精细化和智能化操作。

从 2021 年 5 月至今，在线实时优化技术在天津石化连续重整装置上运行效果良好。在系统投运率、装置总芳烃收率及氢气产量等方面都有明显改善。

项目成功集合了重整工艺机理模型的重整工艺计算包，实时更新先进控制模型和优化模型，并利用非线性机理模型对生产的线性动态模型，及时进行更新使其及时加以适应，提高了装置的自动化程度，

做到了“动”与“静”的结合。构建闭环动态优化平台，在国内重整装置上应用属首创技术。

借鉴价值

该项目在重整装置上构建闭环动态优化平台，在国内是一项首创技术，它成功开创了国内同类装置在线实时优化的先河，并为未来炼厂的优化提供了许多珍贵的经验参考。

• 在连续重整装置中应用 RTO 技术，可以帮助炼化企业提高重整装置的生产能力，提高其芳烃收率或液收，且应用效果显著。

• 基于动态实时优化技术，结合动态实时区域优化模型和先进的在线模型增益更新技术，在国内连续重整类装置上实施是可行的，对于装置进一步挖潜增效提供了切实可行的优化思路。

• 该项目为国内同类装置 RTO 技术的落地提供广泛的应用场景。

• 该技术可以有效降低操作人员劳动强度，并对装置进行 7×24 h 的在线闭环优化，帮助装置实现精细化的操作和控制，为企业高效生产和效益提供有力抓手，同时为未来生产企业数字化转型提供了保障。

(上接第 47 页)

指在变频器本体上操作，远程指在变频器本体之外操作。

高压电动机旁操作箱通过硬线连接到变频器，控制电动机起停，面板设置启动、停止、就地 / 远程 DCS、变频故障及以变频运行停止信号，并有运行转速、转速调节、运行电流指示。实现利用机旁操作箱对电动机进行现场操作，并有电气连锁防止出现误操作，主要设备清单见表 1。

变频改造意义

经测算：氢压机改造前工频运行每小时耗电 577.78 kW·h，氢压机改造后变频运行每小时耗电 341.67 kW·h，电价按 0.49 元 / kW·h、年运行时间按 8 000 h。

年节电费用计算为：(577.78-341.67)×8 000×0.49=92.56 万元。

年折旧费：55.9 万元 /10 年=5.59 万元。

变频器维修费：2 万元 / 年。

项目年效益为：92.56-5.59-2=84.97 万元。

表 1 主要设备清单

序	设备名称		规格型号	数量	单位	备注
	氢气压缩机		10kV/ 800 kW			一拖一手动旁路
1	高压变频器	高压变频器		1	套	不含旁路柜
	手动旁路柜			1	套	利旧
2	配套设备	机旁控制箱		1	台	
3	空冷系统	散热风机	变频器配套	1	套	
4	空冷系统	散热风道	变频器配套	1	套	
5	仪表检测点	现场仪表			台	
6	低压电力电缆				m	
7	电气控制电缆		电压≥ 1.5 mm ² ，电流≥ 2.5 mm ²		m	
8	仪表控制电缆				m	
9	信号电缆					
10	变频器安装底座					
11	安装附件					

回收期：55.9/86.97=0.64 年。

结语

在“双碳”的大背景下，企业通过技术改造，降低运行成本，实现节能降耗，将有利于提高自身竞争力。氢气压缩机变频改造实施后运行稳定，节约了大量电能，提高了电动机的功率因数，

消除了谐波对电网的污染；降低了设备的噪声，有效延长了设备的使用寿命。电气、风机设备和管道系统机械磨损大幅减小，大大降低了维护、维修费用，节省大量人力成本。近几年联泓化学先后实施了数项变频改造，效果较好，值得推广。