

# 变频技术应用于空压机节能改造的 控制策略分析

Control Strategy Analysis on Frequency Conversion  
Renovation of Air Compressor

鲁欣南

(长兴发电有限责任公司, 浙江 长兴 313100)

**摘要:** 高压变频在风机水泵中的应用已日益普遍, 由于空压机结构原理以及多机并联运行的特殊性与风机水泵有着很大的区别, 因此在空压机上实施变频改造的技术难度也较风机水泵大得多。结合输灰空压机高压变频改造的实践, 提出了一个由压力变送器、变频器等元器件组成的恒压供气控制系统的方案, 并对该方案的控制策略和节能潜力进行了定性分析。

**关键词:** 空压机; 变频; 节能; 控制; 策略

中图分类号: TM621.7

文献标识码: B

文章编号: 1007-1881(2008)05-0036-03

目前火电企业基本选用螺杆式空压机, 其供气控制方式都是采用加、卸载控制方式。根据多年的运行经验, 这种供气控制方式虽然原理简单、操作简便, 但存在能耗高、进气阀易损坏、供气压力不稳定等诸多问题。

随着煤炭资源的日益紧张, 节能技术应用已愈来愈受到人们的关注。空压机供气领域能否应用变频调速技术, 在节能降耗的同时改善空压机性能、提高供气品质成为研究的方向。

长兴发电有限责任公司一期共有4台输灰空压机, 共用1台储气罐, 采用两用一备一检修的运行方式。结合生产实际, 选择了1台康普艾200 kW /6 kV 的固定式螺杆空压机进行节能研究和实践。

## 1 变频节能原理及效益分析

螺杆空压机的主要工作方式启动、停止、加载、卸载。螺杆空压机的进气口都设置加载阀, 通过加载电磁阀来控制入口阀门的开关。在空压机运行时, 若排气压力低于设定目标压力的下限, 则空压机控制器使加载电磁阀

得电, 将入口阀门打开, 空压机处于满负荷加载状态; 若排气压力高于设定目标压力的上限, 则空压机控制器会命令加载电磁阀失电, 从而将入口阀门关闭, 空压机处于无负荷卸载状态, 此时空压机实际为空转运行。

空压机加、卸载控制方式使得压缩气体的压力在  $P_{\min}$  与  $P_{\max}$  之间来回变化。 $P_{\min}$  是最低压力值, 即能够保证压缩空气用户正常工作的最低压力。一般情况下,  $P_{\max}$ 、 $P_{\min}$  之间关系可以用下式来表示:  $P_{\max} = (1 + \alpha)P_{\min}$ ,  $\alpha$  是一个百分数, 其数值大致在10%~25%之间。若采用变频调速技术连续调节供气量的话, 则可将管网压力始终维持在能满足供气的工作压力上, 即  $P_{\min}$  附近。

变频控制的空压机节能机会主要体现在以下几个方面:

(1) 压缩空气压力超过  $P_{\min}$  所消耗的能量。超过  $P_{\min}$  的压力一方面使空压机克服大于  $P_{\min}$  的压力做功, 导致无谓的额外功率损耗, 另一方面导致系统泄漏增加。

(2) 减少加卸载频次, 根据实际需求供应

压缩空气。通常情况下，当压力达到  $P_{max}$  时，空压机通过如下方法来降压卸载：关闭进气阀使电机处于空转状态，同时将空压机分离筒中多余的压缩空气通过放空阀（放气阀）放空。这种调节方法将造成很大的能量浪费，因为关闭进气阀使电机空转虽然可以使空压机不需要再压缩气体做功，但空压机空转仍产生能耗，根据输灰空压机加、卸载电流测算，空压机卸载时的能耗约占空压机满载运行时的30%。

(3) 25 Hz 空载运行。空压机即使需要空载，经变频改造后频率从原来的50 Hz 降到25 Hz，也显著降低了空载功率消耗。

经过测算，经过节能改造后理论上可以节电53.7 万kWh，若按照0.4 元/kWh 计算，则每年可节省21 万元电费。

## 2 变频改造控制策略分析

采用集中控制系统管理多台空压机，就是根据管网压力集中管理每一台空压机的加载和卸载，不需要压力层叠系统，只要有足够的储气罐缓冲，就可以实现一个稳定的非常小的系统压力带，因此这种控制方式比较节能。

变频调节也是基于系统压力带的降低来获取节能效果。采用变频调节的空压机一般作为主要的备用空压机，与主运行的空压机一同担负调节系统压力波动的任务。结合本技改项目，经过变频节能改造后，输灰空压机参数的设置和运行逻辑如下：

(1) 3 台工频空压机通过本机压力设置，任何一台都可以设为主运行空压机，主运行的空压机下限压力和上限压力相应比其他的空压机高，约为650 ~770 kPa。

(2) 变频的空压机作为主备用空压机，变频运行的空压机下限压力和上限压力比主运行的空压机向下平移，约为630 ~700 kPa。

(3) 变频器上的目标压力设在该台变频空压机上下限压力的中间偏下值，通过调试确定最佳参数约为640 kPa。

(4) 备二空压机下限压力和上限压力比变频空压机（备一）向下平移，约为620 ~690 kPa。

(5) 备三空压机下限压力和上限压力比备二空压机向下平移，约为610 ~680 kPa。

当系统压力大于770 kPa 时，所有空压机都是空载或停止的；当系统压力为730 kPa 时，则主运行空压机加载运行，备一（变频）空载运行；当系统压力为650 kPa 时，则主运行空压机加载运行，备一（变频）加载变频调节运行；当系统压力为620 kPa 时，则主运行空压机加载运行，备一（变频）加载变频全负荷运行；当系统压力小于630 kPa 时，主运行空压机加载运行，备一（变频）加载变频调节运行，备二甚至备三也要运行投入。

这样的设置可以保证备一空压机始终作为运行空压机担负系统压力调节，不仅消除空压机自身压力带的影响，同时也能消除系统压力带的影响。

## 3 节能改造及变频运行方式

改造后的4 号输灰空压机主回路示意图及接线框图见图1、图2 所示。

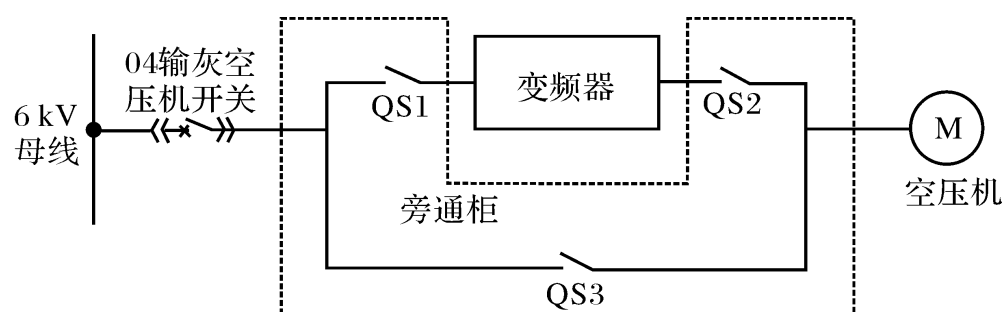


图1 主回路示意图

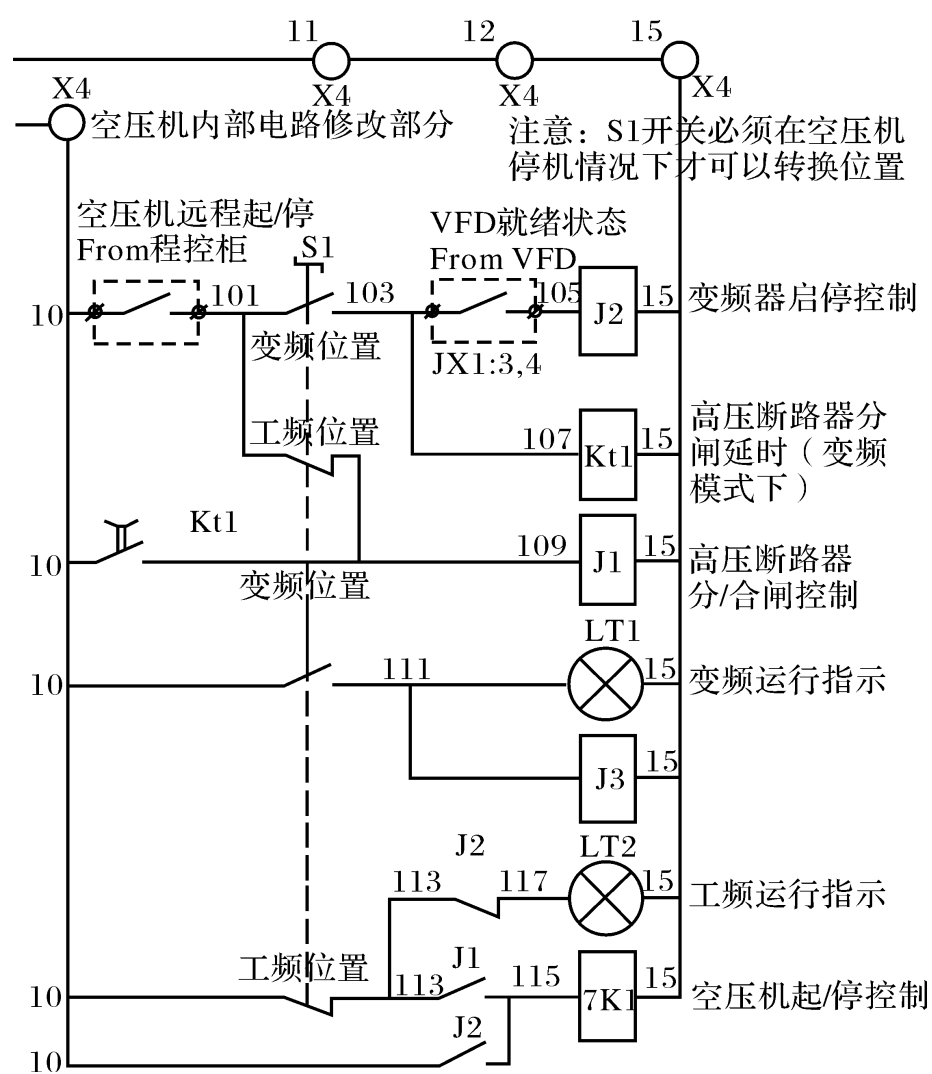


图2 二次接线图

(1) 4 号输灰空压机配置变频调速系统，取样压力来自储气罐，稳定的压力反馈有利于变频器的精密PID 调节。

(2) 变频器设置旁路系统，确保变频器故障时空压机仍然可以安全启动。

(3) 在空压机操作面板设置变频运行模式和工频运行模式选择开关，使得空压机既可以选择变频运行也可以选择工频运行。

当选择工频运行时，启动指令发出后立即通过J1 闭合高压断路器；停机时空压机停止后立刻分断高压断路器。

当选择变频节能运行时，启动指令发出后将优先闭合高压断路器，对变频器进行供电，待变频器完全就绪状态发出后命令空压机完全启动，同时也命令变频器启动；停止指令发出后首先是空压机和变频器进行停止流程，待空压机与变频器完全停止后，主回路断路器才延时分断。这样的逻辑既保证了启动时变频器安全充电准备的需要，又保证了停机时变频器不会带电分闸，同时最终主回路断开确保运行规程与改造前运行规程完全一致。

(4) 最小化改造原有的主回路系统和远程控制信号。采用原断路器优先闭合、延时断开的方式，不需要再增加其他断路器即可实现可靠的主回路与变频系统的匹配控制，大大减少了工程量，也使系统改造涉及的其他部门的工作最少。

原DCS 远程控制未做改动，DCS 操作方式与以前一样，使操作员很快就能掌握新系统的操作。

(5) 建立变频系统与空压机自身控制电路的安全联锁与保护。变频器的就绪信号和故障信号均集成到空压机的安全保护电路中。变频器的任何故障都能使空压机紧急停机，空压机、高压柜的任何故障也能使变频系统自动停机，安全性极高。

(6) 变频系统的频率、电流、报警等信号上传DCS 系统，便于远程监控与数据记录。

## 4 结语

经过调整测试以及变频控制策略的优化设置，4 号空压机的变频控制系统完全实现了25 ~50 Hz 的频率范围调整，系统管线压力波动基本保持在0.05 MPa 以内，卸载工况的运行时间大大减少，且卸载时也是以原来一半的转速运行；供气品质得到极大提高。改造后空压机的运行安全、可靠，完全达到了系统评估的节能目标。同时该方案也被证明完全可以应用于其他有节能潜力的压缩空气系统。

## 参考文献：

- [1] 张燕宾. 变频调速应用实践[M]. 北京:机械工业出版社, 2000.

收稿日期:2008 -08 -18

作者简介:鲁欣南(1970 -), 男, 浙江安吉人, 从事电力生产管理工作。

(本文编辑:龚 皓)

· 电力科技信息 ·

## 世界首台特高压 HGIS 通过现场耐压试验

9 月6 日, 1 000 kV 特高压示范工程南阳开关站C 相HGIS(气体绝缘全封闭组合电器)顺利通过现场交流耐压试验, 成为世界首台通过现场耐压试验的1 000 kV HGIS。

本次试验由设备主绝缘交流耐压试验、隔离开关断口耐压试验、局部放电试验三部分组成, 由河南电力试验研究院负责。电抗器和HGIS 是特高压工程两种最重要的设备。8 月8 日, 由河南电力试验研究院负责的我国首台特高压电抗器耐压试验已圆满完成, 因此, HGIS 耐压试验成功标志着特高压示范工程主设备所有技术难题得以破解。