

螺杆式空压机变频节能改造方案设计

吕新磊^{1,2}, 王永华¹, 高永田²

(1. 郑州轻工业学院 电气信息工程学院, 河南 郑州 450002;

2. 河南省海田自动化系统有限公司, 河南 郑州 450000)

摘要:针对螺杆式空压机能耗大、噪音大、自动化程度低等问题,在螺杆式空压机节能原理的基础上,提出了利用变频器对螺杆式空压机进行节能改造的方案.该方案采用安全连锁、PID调节和电机升温控制等技术手段来实现.节能效果分析表明,该方案节电率达到28.3%,具有推广价值.

关键词:螺杆式空压机;变频器;节能;恒压控制;PID调节

中图分类号:TP29

文献标志码:A

Frequency inverter energy saving reconstruction of screw air compressor

LV Xin-lei^{1,2}, WANG Yong-hua¹, GAO Yong-tian²

(1. College of Electr. and Infor. Eng., Zhengzhou Univ. of Light Ind., Zhengzhou 450002, China;

2. He'nan Haitian Automation System Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China)

Abstract: Aiming at the shortcomings of screw air compressor such as high energy consumption, big noise and low automation level etc, on the basis of the principle of screw air compressor energy-saving, a reforming scheme to save energy of screw air compressor by using frequency inverter was provided. The techniques such as safety chain PID adjustment and motor temperature rising control werer applied in the reforming scheme. Energy saving effect results showed that the energy saving rate reached up to 28.3%. Reforming scheme has large value to be popularized.

Key words: screw air compressor; frequency inverter; energy saving; constant pressure control; PID control

0 引言

螺杆式空压机的工作过程是:一对相互平行啮合的阴阳转子(或称螺杆)在气缸内转动,使转子齿槽之间的空气不断产生周期性的容积变化,空气则沿着转子轴线由吸入侧输送至输出侧,实现螺杆式空压机的吸气、压缩和排气.空压机的进气口和出气口分别位于壳体的两端,阴转子和阳转子由主电机驱动.当储气罐内空气压力超过设定值时,压缩机进气管的进气阀自动关闭,压缩机进入卸载状

态;当储气罐内空气压力低于设定值时,压缩机进气管的进气阀自动开启,压缩机又进入满载状态^[1-2].空气压缩机在运转中的排气量和压力经常因为所使用的气量变化而变化,所以空气压缩机工作时一直在重复满载—卸载的工作过程.满载时的工作电流接近电动机的额定电流,卸载时的空转电流约为其30%~50%,这部分电流不做有用功,而是机械在额定转速下的空转损耗.由此可以看出,这种机械式调节装置虽然也能起到压力调节作用,但是调节精度低,压力波动大,且压缩机总是在额

收稿日期:2011-04-14

作者简介:吕新磊(1980—),男,河南省漯河市人,郑州轻工业学院硕士研究生,主要研究方向为电气控制.

定转速下工作,机械磨损大,电耗高.针对上述问题,本文拟利用变频器对螺杆式空压机进行节能改造.

1 节能原理分析

根据空气压缩理论,压缩机的轴功率、排气量和轴转速之间的关系应符合下列公式:

$$N_2 = \frac{M_r \times n}{955 \times 3} \quad V_d = K \times V_h \times n_2$$

式中, N_2 为压缩机轴功率/kW, M_r 为压缩机输入的平均轴扭矩/(N·m), n 为压缩机转速/(r·min⁻¹), K 为与气缸容积、压力、温度和泄漏有关的系数, n_2 为调节后的压缩机转速/(r·min⁻¹), V_d 为在 n_2 转速下的排气量/(m³·min⁻¹), V_h 为一级缸容积/m³. 根据上述分析,在空压机的汽缸容积不能改变的条件下,要想改变排气量只有调节压缩机转速;在空压机排气量大于用气量时,通过降低压缩机转速调节供气压力,是压缩机经济运行的有效方法^[3-4].

2 方案设计

现场有 2 台 132 kW 螺杆式空压机,均为 Y-Δ 启动、工频运行方式. 正常用气时,开启 1 台空压机即可满足生产需求,在炉膛吹扫时需 2 台空压机同时开启. 设计方案必须满足实际使用的需求.

2.1 改造方案设计要求

总体要求:1 台变频器分时拖动 2 台空压机,但 2#空压机保留 Y-Δ 启动回路,如果变频器发生故障,2#空压机还可以启动运行.

运行方式(3 种)及要求:2#空压机变频运行、2#空压机工频运行、1#空压机变频和 2#空压机工频同时运行;各运行方式间应具备安全连锁.

输气管道加装 6 m³ 储气罐,以缓冲管道压力,保持储气罐出口压力稳定. 罐后加装压力变送器,压力实际值通过压力变送器反馈到变频控制系统,形成闭环 PID 压力控制. 变频控制系统还具有开环控制功能,在压力变送器出现故障时保证系统稳定运行.

2.2 改造方案设计

主回路系统如图 1 所示.

变频系统和 2#空压机工频回路的总电源进线

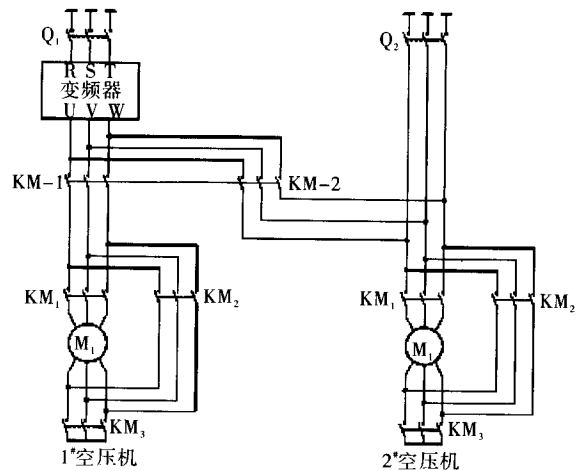


图 1 主回路系统原理图

相互独立,系统中加装 1 个接触器来保证 2#空压机的工频回路控制电源与变频回路控制电源分开;变频器主回路输出端带机械连锁装置的接触器用来切换 1#和 2#空压机组. 2#空压机组的 Y-Δ 启动回路在切换到变频时需保证 KM₁ 和 KM₂ 接通,使电机为 Δ 接法;同理,虽然 1#空压机组可以不再保留工频控制回路,但为了减少线路的改动,并没有去除原有的 KM₁ 和 KM₂,而是在变频器控制 1#机组时,通过控制 KM₁ 和 KM₂ 同时接通,使 1#空压机电机保持 Δ 接法,从而大大减少现场施工的工作量.

控制回路设计了开环/闭环旋钮,用于选择变频器的开环或闭环运行. 系统正常工作时选择闭环控制, PID 控制器根据压力设定值和反馈值自动调节变频器的运行速度;当 PID 调节系统或压力反馈系统出现故障时,选择开环控制,变频器根据预置的转速拖动电机,仍可保证正常供气,不会影响生产. 1#变频/2#变频旋钮用于选择变频器拖动哪台空压机,同时将变频运行的空压机电机绕组强制成 Δ 接法,而且从电气上起到互锁的功能,增加系统的安全性. 另外,在控制柜上安装声光报警器,将空压机本身的故障报警信号引入变频器控制系统,当变频器或者空压机出现故障时,不但能够控制变频器停止运行,而且可以提示操作人员及时处理.

3 改造方案的关键点

3.1 安全连锁

由于螺杆空压机严禁反转,所以要特别注意电机主回路的电源相序. 系统可以加装相序保护器以

保证电机的旋转方向正确。在调试时,则必须断开主电机和空压机的连接,单独测试主电机的旋转方向和散热风机的旋转方向,以保证设备的安全。

此外,空压机原有的保护功能要保留,并引入到变频控制系统,使设备发生故障时变频器能及时停机。2台空压机的控制回路电源要分开,保证在检修任意一台空压机时控制回路不带电,保障检修人员的安全。

3.2 PID 调节

为了稳定空压机的供气压力,变频改造时要对空压机的供气压力进行 PID 闭环控制,其控制原理图如图 2 所示。

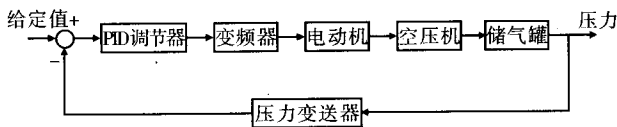


图2 压力闭环控制原理图

在调试 PID 参数时,可以使用变频器的 PID 参数自整定功能,但自整定时间比较长,效果不一定理想,还需人工干预。另外一种整定方法就是手动整定,本项目采用了依据经验的手动整定方法,取得了很好的效果。本系统未使用微分功能。

1) 整定比例增益 P 。令 $T_i = 0, T_d = 0$, 去掉 PID 的积分项和微分项,使 PID 单纯为比例调节。输入设定为系统允许最大值的 60% ~ 70%, 逐渐加大比例增益 P , 直至系统出现振荡; 然后逐渐减小比例增益 P , 直至系统振荡消失。记录此时 P 的值, 设定 PID 的比例增益 P 为当前值的 60% ~ 70%。

2) 整定积分时间常数 T_i 。比例增益 P 确定后, 将积分时间常数 T_i 设定为一个较大的值, 然后逐渐减小, 直至系统出现振荡; 然后逐渐加大 T_i , 直至系统振荡消失。记录此时 T_i 的值, 设定 PID 的积分时间常数 T_i 为当前值的 150% ~ 180%。

3) 分别在系统空载和带载状态下运行, 对参数 P, I 进行微调, 直至满足要求。

采用上述方法调节后, 最终供气压力稳定在 ± 0.02 MPa 范围内, 达到了预先的要求。

3.3 电机温升控制

经变频改造后, 电机原有的温升曲线被改变。由于变频器谐波和电机转速降低的影响, 电机温度从 60℃ 左右上升到了 80℃ 左右。为了保证电机的温

升在允许范围内, 需要对电机的散热问题进行处理。

变频电机本身带有散热风机, 但变频改造后风机的转速会降低, 起不到充分的散热效果, 需要加装另外的散热风机对电机进行散热。另外, 控制变频器的最低输出频率也是一种散热的方法, 采用这种方法时, 一般要把变频器的最低输出频率控制在 20 Hz 以上。

4 改造节能效果分析

为了精确计算节能效果, 改造前在空压机的总进线上安装了 1 台变比为 500/5 的三相电表。

改造前的用电量统计数据为: 2008 年 8 月 27 日电度表读数为 80 411, 2008 年 11 月 13 日电度表读数为 82 577; 空压机为 24 h 连续运行。则运行时间为 78 d, 总用电量为 216 600 kWh, 日平均用电量为 2 777 kWh。改造后, 系统正常运行一段时间后再次进行用电量统计。2008 年 12 月 31 日电度表读数为 83 722, 2009 年 3 月 11 日电度表读数为 85 116, 空压机为 24 h 连续运行。则运行时间为 70 d; 总用电量为 139 400 kWh, 日平均用电量为 1 991 kWh。由此可知, 节电率为 28.3%。

5 结语

本文采用变频器对螺杆式空压机进行了节能改造, 采用安全连锁、PID 调节、电机温升控制等技术手段来实现。变频改造后不但节电效果明显, 而且使空压机供气压力稳定在 ± 0.02 MPa 范围内, 控制效果良好。此外, 变频器的软起动和软停止功能减少了启动过程中对电网的冲击和设备损耗, 延长了空压机的使用寿命, 降低了空压机的噪声, 改善了工作环境。本改造方案具有较大的推广价值。

参考文献:

- [1] 肖付钊. 变频闭环调节控制系统在空压机中的应用[J]. 煤矿机械, 2005(4): 118.
- [2] 厉国华. 基于变频技术的螺杆空气压缩机控制系统的研究[J]. 压缩机技术, 2007(5): 17.
- [3] 鲁欣南. 变频技术应用于空压机节能改造的控制策略分析[J]. 浙江电力, 2008(5): 36.
- [4] 张皓, 续明近, 杨梅. 高压大功率交流变频调速技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.