

节能控制系统在火电空压机的成功应用

冯 冰 孔 亮 （河南华润电力首阳山有限公司）

摘 要：压缩空气作为火力发电厂重要的能源产品之一，由于用气量巨大，空压机人为控制的不合理，导致空压机频繁加卸载，造成大量能源的浪费和零部件寿命的缩短。通过大量的调研与分析，通过引入空压机节能优化系统，采用集中控制的手段，对各台空压机的实时监控，进而进行合理有效的控制，最终不仅实现空压机高效节能，还进一步提高了设备的安全可靠性。

关键词：节能 优化 自动控制 加卸载

一、引言

在诸多被经使用的能源中，每一种能源都有其特定范围，压缩空气可说是仅次于电力的普及能源之一，在电力、矿业、工程业、医疗业甚至农业都有日趋广泛的用途，尤其在工业界的使用量极其可观，主要是着眼于它具有以下几种其它能源无法取代的特性：

1. 无污染或低污染性，在环保意识高涨的时代，压缩空气取之于大气而回归于大气，不需要回收处理而完全不会制造污染（经过分离、过滤的含油压缩空气会有微量的油气，即使有泄漏的情形发生也没有污染环境的顾虑。
2. 在生产过程中，压缩空气可以和绝大部份的产品直接接触来传送动力而不会伤害产品。
3. 无自燃性，不容易造成公共意外，除了压力容器需要按照规定设置及定期检查之外，完全没有引起公害、电殛的顾虑。
4. 温度不高，不容易引起灼伤、烫伤等重大伤害。

鉴于压缩空气已被各行各业所广泛的采用，在工厂大型化及自动化的前题下，压缩空气的使用与日剧增，而空压机在生产能源 / 压缩空气的同时，本身也在大量的消耗能源，以最普遍的100PSIG (7kg/cm²G) 压缩空气系统为例，每生产100ICFM的压缩空气大约需要消耗20HP的能源，在目前的工业界动辄使用数千马力甚至数万马力空压机的工厂已为数众多，如何节省如此庞大的能源消耗，确实是业者值得深思的课题。

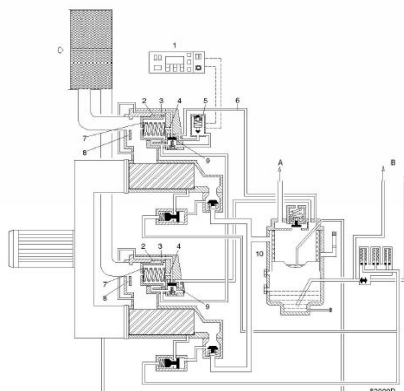
二、项目背景

我公司装机容量 2X630MW 火力发电机组，配备有 10 台空压机，型号为 GA250。

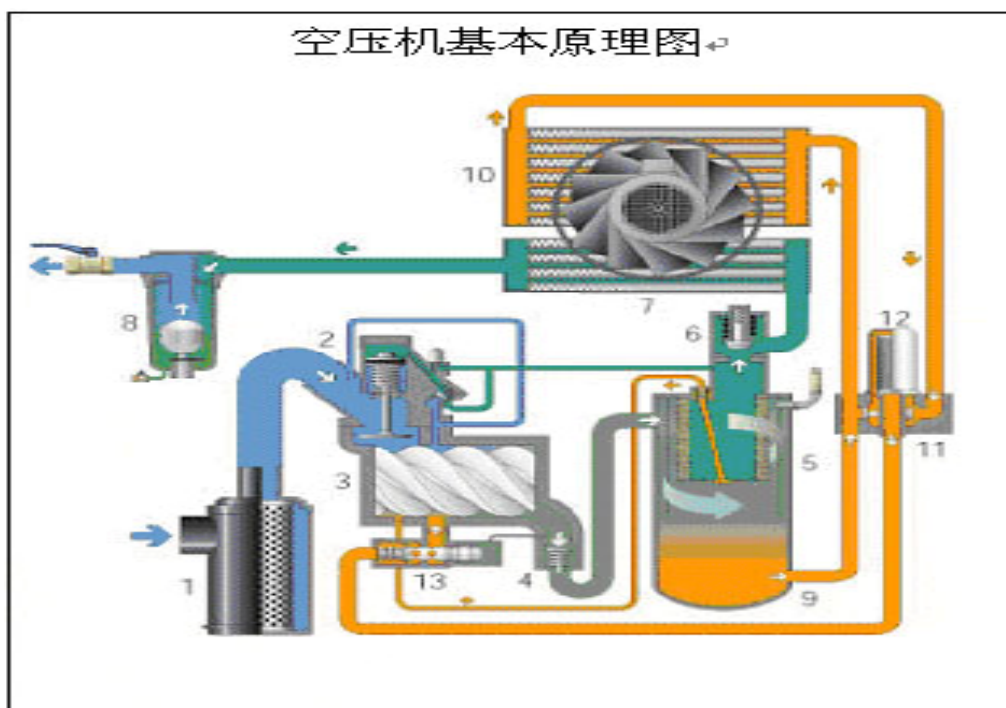
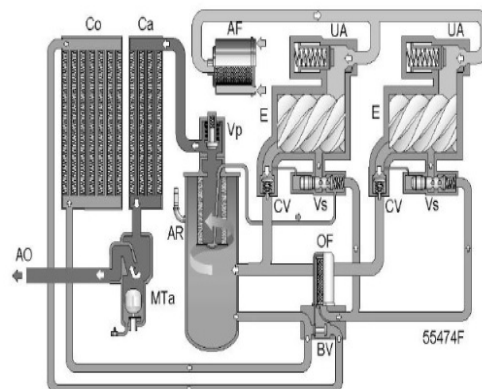
其基本原理为：一对相互平行齿合的阴阳转子(或称螺杆)在气缸内转动，使转子齿槽之间的空气不断地产生周期性的容积变化，空气则沿着转子轴线由吸入侧输送至输出侧，实现螺杆式空压机的吸气、压缩和排气的全过程。空压机的进气口和出气口分别位于壳体的两端，阴转子的槽和阳转子齿被主电机驱动而旋转。当按下启动按钮，控制系统接通启动器线圈，并打开断油阀，空压机在卸载模式下启动，这时进气阀处于关闭位置，而放气阀打开以排放油气分离器内的压力。等降压 2 秒后空压机开始加载运行，系统压力开始上升。如果系统压力上升到压力开关上限值，控制器使进气阀关闭，油气分离器放气，压缩机空载运行，直到系统压力跌到压力开关下限值后，控制器使进气阀打开，油气分离器放气阀关闭，

压缩机打开，油气分离器放气阀关闭，压缩机满载运行。

GA250 气路图



GA250 油路图



气路流程：1 进气口过滤器、2 进气口阀门、3 压缩转子、4 单向阀、5 油气分离器芯、6 最小压力阀、7 后冷却器、8 水分离器。油路流程：9 油箱、10 油冷却器、11 温度调节旁通阀、12 油过滤器、13 油停止阀。

其中 5 台仪用空压机（为仪表、启动执行机构之用），5 台除灰空压机（为厂区除灰系统之用），其运行状况如下：

除灰空压机:

空压机	#1 除灰	#2 除灰	#3 除灰	#4 除灰	#5 除灰
生产厂商	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco
型号	GA250	GA250	GA250	GA250	GA250
运行时间	20697	36446	48379	48552	43398
加载时间	19719	27100	43298	42219	34181

仪用空压机:

空压机	#1 仪用	#2 仪用	#3 仪用	#4 仪用	#5 仪用
生产厂商	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco	Atlas Copco
型号	GA250	GA250	GA250	GA250	GA250
运行时间	38965	44750	43926	33487	17781
加载时间	34928	25803	37572	28648	14070

从以上数据能看出存在的情况主要有以下几个方面:

(一) 能源浪费

用气量变化过程中,集控运行人员凭借经验确定启停空压机的台数,并没有实时根据实际需求来对空压机进行科学管理,空压机存在长期空载运行的可能,或频繁加载运行,这样造成大量能源的浪费和机械寿命的缩短。

1、所需工作压力为 5.8~8.2bar,每增加 0.13bar 的工作压力=增加 1 个百分点的运行成本。

2、由于气源供给区域较广,存在有泄漏情况发生,初略估计,在生产过程中平均 25%的压缩空气因泄漏而浪费。

3、机组调整不当导致用电量增加(工作压力设定偏高、卸载比率偏高)。

4、保养不当导致用电量增加(DD、PD、MD 等 1.5bar 压差,造成 10%的电量增加)。

(二) 压力不稳定

由于空压机电厂使用压缩空气的地方较多,鉴于不同工况,使用的气量变化较大,由于此型号空压机不具备有变频功能,使得系统压力忽高忽低,影响用气效率,同时也影响产气效率。

(三) 安全可靠较差

空压机运行情况和故障信息需靠操作人员检查,或者经验判断。这种原始的操作方法非常的不可靠,特别是空压机内部工况无法科学判断和管理,在系统出现问题后,无法保证快速查找机器故障,不能及时地反映机器的运行状况。

(四) 空压机控制指令的影响

空压机配电柜中远方控制回路采用长指令,当远传指令消失的瞬间会造成空压机跳闸,进而影响机组的安全,曾在 2014 年厂区就因此原因发生过空压机跳闸事件,后为保证机组安全性,将部分空压机设备切至就地运行,这样以来出现了运行人员不能够实时对空压机进行控制的缺憾。

三、节能方案选择

结合公司实际情况,我们对周边使用空压机的工厂进行了大量调研、取证,并于 Atlas 厂家进行探

讨，得出空压机节能优化较为有效的两项措施：



（一）空压机变频改造

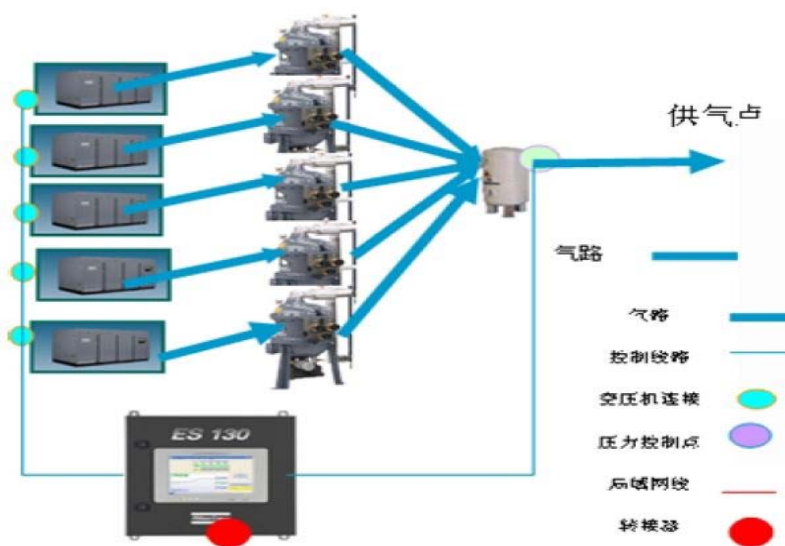
通过为空压机增加变频器，来实现空压机的连续控制，可有效改善压力的不稳定、降低能源浪费。但由于空压机厂房空间有限，且变频器价格高昂，改造费用巨大，不具备增加变频器的条件，因此变频改造的方案被否定。

（二）空压机集中控制

将所有的空压机通过通讯方式相连接，通过使用集中控制模块对整个空压机系统进行实时监控，当多台空压机运行时，通过通讯来对各空压机进行调整，来确保每台空压机处于最佳工作状态。由于其改造费用低，控制策略也较为成熟，通过多方面调研，最终确认选用 Atlas ES 型控制器。

四、确定改造方案及改造后实现功能

在改造过程中，我们将控制器置于空压机房，通过通讯方式与各空压机控制面板相连接，其示意图如下：



通过这样相对简单的改造后，空压机设备在原有基础上具备了以下几项功能：

（一）优化空压机系统的运行模式，实现节能；

1. 实现空压机根据系统需求压力进行加卸载控制，并在设定的时间范围内启停空压机，这样优化整个空气系统的运行，使系统在最优化的状态下运行，达到节能效果。

2. 优化压力带设定，降低压力波动范围，提供稳定的压缩空气输出，并可减少系统泄漏。

3. 系统的控制方式可以实现两种控制模式：即本地控制模式，远程自动控制模式。

本地控制模式：

空压机通过空压机控制柜或控制面板的按钮实现对设备的启停等各种操作。

远程自动控制模式：

也称为“全自动控制”，主要是指操作人员通过中央控制器对空压机等设备的关键运行参数进行简单的设定或发出控制指令，中央控制器按照要求进行闭环自动控制，操作人员只需观察空压机控制级别优先级：本地控制方式、远程自动控制方式。

（二）实现空压机的集中控制与监测：

1. 通过控制模块对整个空压站实时监控：自动控制各台空压机的启动、停止、加载、卸载等运行状态；

2. 对空压机的实时运行参数进行监测：由于原有空压机故障输出端口仅有重点综合故障的几个输出口，运行人员无法远方获取空压机实时参数。

通过添加控制器后，可任意获得各项参数，包括有机组排气温度、机组排气压力、喷油温度、油分差压、过滤器差压、脉冲振动值、累计运行时间和机组加载时间等全部空压机可测量的参数。

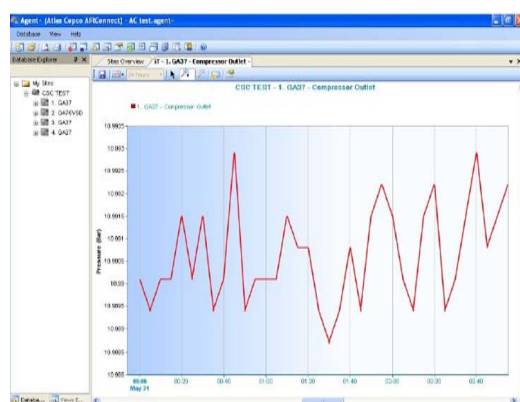
3. 可对空压机进行本地控制和远程集中自动控制。

4. 对于设备易损件，控制器会提示空压机的定期与不定期维护。

（三）实现数据采集与自动记录，提升设备管理水平

1. 具有数据库功能：可以把空压机运行参数、运行状态等进行历史数据存储和统计分析，并且具有报表输出功能。

2. 可以把空压机运行参数以实时趋势图和历史趋势图的形式显示当前数据和历史数据。



4. 可以对空压机运行时间进行累计并生成设备管理报表，使用户能够科学合理的安排生产设备检修

时间。

五、效果确认

通过安装空压机节能优化控制系统后，与往年同期进行对比与评估，得到相应的结果如下：

（一）除灰空压机组

每年除灰 5 台机组总运行时间约为 28700hrs 左右，按照 0.7 元电费计算每个机房的每年的运行成本约为 3768027 元；

通过进行实现集中控制后，压力由平均压力 6.75bar 降到 6.25bar，年节能的费用为 $0.5\% \times 3768027 \text{ 元} = 131880 \text{ 元}$ 。

（二）仪用空压机组

每年仪用 5 台机组总运行时间约为 22000hrs 左右，按照 0.7 元电费计算每个机房的每年的运行成本为 2625743 元；通过进行实现集中控制压力可以由平均压力 7.5bar 降到 7.25bar，则年节能的费用为 $0.25\% \times 262574 \text{ 元} = 45950 \text{ 元}$ 。

六、结论

空压机集中控制、变频改造、厂区气源泄漏排查与治理虽同为节能手段，但基于我厂实际情况，变频改造难度较大，与厂区实际情况不符。而厂区气源泄漏排查则需长期实施有效管理才能够实现，且效果也不够显著。

通过三项节能措施的反复对比，最终通过对原有空压机进行集中控制是我厂实现节能优化最有效的措施与手段，优化后，通过对每台空压机进行合理科学控制后，供气压力更为平稳，空压机节能效果显著，是一项很成功的应用。