

# 火力发电厂空压机变频技术应用探讨

熊建军,付东,吴庄俊

(四川电力设计咨询有限责任公司,四川成都 610016)

**摘要:**空压机作为火力发电厂中的耗电大户,通过使用变频技术来降低其能耗的研究越来越多。针对火力发电厂耗气、变频技术可靠性及投资与运维等特点,讨论变频技术应用。结果表明:综合考虑各种因素后,在火力发电厂中采用“工频空压机加变频空压机”的组合方式可以取得良好节能效果。

**关键词:**空压机;变频;节能

**中图分类号:** TM621

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-582X(2014)S2-119-03

空气压缩机(简称空压机)是工业现代化的基础产品,它是将电动机的机械能转换成气体的压力能的装置,是气动系统的核心设备。空压机的功率从几千瓦到几百千瓦不等,在火力发电厂中,空压机的功率普遍在 100~400 kW 之间,在电厂运行中,工况变化时,耗气量也随之波动,造成工频空压机频繁加卸载,这种情况不光对空压机本体影响大,而且造成空压机做大量无用功,浪费能源。随着变频技术在其他领域的应用以及技术难题的逐渐解决,变频技术是否可以在火力发电厂的大参数空压机中应用也开始得到重视。从发电厂的实际运行情况及耗气特征分析,采用工频空压机和变频空压机的优劣,并为今后工程提供参考。

## 1 空压机基本情况

空压机,全名为空气压缩机,是一种利用电动机将空气在压缩腔内进行压缩并使被压缩空气具有一定压力的设备,它广泛应用于电力、汽车、冶

金、石油化工、矿山、医药、食品、机械制造等各个行业。

变频就是改变供电频率,利用变频器改变 50 Hz 的固定电网频率来实现电动机运转速度的自动调节,同时,还能使电源电压调整到适合范围。这种通过改变交流电频方式以实现交流电控制的技术称为变频技术。变频空压机在一些行业已经得到应用,从统计数据看,空压机采用变频技术后节电率普遍可达 15%~35%,故合理采用空压机变频技术可

节约一定能源。

工频是指工业上用的交流电源频率,单位赫兹(Hz),在中国是 50 Hz,其他国家也有用 60 Hz,这种电机我们称为普通电机。

## 2 空压机变频技术改造特点

空压机变频改造由变频器、压力变送器、电机、螺旋转子等组成压力闭环控制系统自动调节电机转速。储气罐设置压力检测装置,实时将反馈压力与设定压力进行比较运算,即时控制变频器输出,从而调节电机转速,使储气罐内空气压力稳定在设计范围内,从而达到恒压控制效果。变频空压机工作流程见图 1。

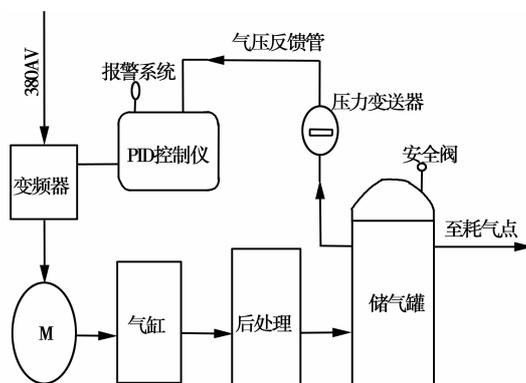


图 1 变频空压机工作流程图

### 2.1 空压机变频改造的优点

1) 气压稳定 由于利用了变频器无级调速特

点,通过控制器或变频器内部 PID 调节器对压力实现快速平滑调节控制,与工频运行的上下限开关控制相比,供气压力稳定性提高。

2)更加节能 由于变频器根据气压反馈信号能实时调整电机转速,耗气量低的时候可以让空压机进入休眠程序,大大降低电能损耗。

3)延长空压机使用寿命 由于变频器是一个软启动装置,启动电流是最大额定电流两倍左右,与工频启动一般在额定电流 6 倍以上相比,启动过程对机械运转部件及供电系统冲击很小,延长压缩机使用寿命。

4)噪音低 由于低速运行时运行频率低于工频,故机械噪音降低,设备磨损减小。

5)节省储气罐等设备采购费用 由于供气平稳,能实时适应耗气量需求,对储气罐容量及气管管径要求降低。

## 2.2 空压机变频改造缺点

1)易烧坏电机。因为普通工频电机使用变频器后,该电机在材料和结构特性方面不能承受变频器输出的高次谐波在电机绕组中产生过大尖峰电流和 高频振荡过电压,加速了电机绝缘老化过程,容易烧坏电机。

2)易对电网造成不利影响。因为普通电机做不到连续调节,会产生谐波提升无功功率,并且降低有功功率,从而降低了整个电网的功率因数,对整个电网不利。

## 2.3 空压机变频技术改造难点

1)电动机损耗产热及散热 变频改造后确定了电机负载状态和运行范围后,需对电机进行强冷通风。

2)电机绝缘 需采用比标准电机高出一个绝缘等级的电机,且需尽量缩短变频器到电机配线距离。

3)谐波电磁噪声与振动 改造调试时需确认机械共振点、临界点,把这些共振点排除在运行范围之外;变频器噪声主要由冷却风扇及电抗器产生,冷却风扇要经常加油,做好维护;电抗器需采用紧密硅钢片,减小高次谐波振动。

4)速度控制区选择 变频器速度下限由电机自身低速时最小冷却能力(考虑环境、季节等因素)及机械系统所允许的下限速度共同决定,低速运转时应考虑轴承润滑,防止轴承过热或烧瓦。

5)电源选择 采用专用变压器对变频器供电,与其他供电系统分离;在变频器输入侧加装滤波电抗器或多种整流桥回路,降低高次谐波分量。

## 3 火力发电厂耗气特点及方案比较

针对目前火力发电厂空压机的应用情况,螺杆式空压机占了绝大部分,故本文仅对螺杆式空压机进行探讨。螺杆式空压机主要采用三相异步电动机(普通电机)Y- $\Delta$ 启动方式,工频恒速运行,压力和流量调节靠阀门和旁通完成。由于在设计时,压缩空气供应系统必须按电厂最大负荷时设计,并且留有 10%~20%设计裕量,因此,实际上很多空压机不会满负载运行。同时,随着电厂实际生产需求的波动,用气量也存在较大浮动,所以空压机用电存在一定的节能空间。

由于电厂运行工况的变化,空压机运行中出现加、卸载过程会浪费大量电能,在怠速运转时,仍会消耗满载功率的 20%~45%。火力发电厂用气具有特殊性,仪表用气是最重要的部分,其次就是耗气大户—除灰系统。仪表用气是指用于气动执行机构(气动阀门的执行器、气缸等)的驱动气源,电厂正常运行时耗气量基本稳定,而且在空压机后设置了较大容量储气罐,能维持 10 min 左右仪表耗气量;除灰耗气是指从除尘器下输送飞灰至飞灰库的耗气量,空压机后的储气罐容量能维持 5~8 min 左右除灰耗气。输灰耗气也是用气波动较大的部分,由于煤质和运行工况变化,输灰用气量波动范围一般 30%~70%左右。

火力发电厂的耗气特点使得用气在理论上存在较大范围的波动,若全部采用变频空压机将降低运行能耗。然而,由于中国高压变频技术在螺杆式空压机上应用很少,且改造成本很高,故针对火力发电厂这样高参数空压机变频改造需谨慎进行。

以某 2×300MW 机组电厂为例,全厂压缩空气空气用户一般有除灰输送用气、热控仪表用气、化水仪用气、机务吹扫气、除灰仪用气、脱硫/脱硝仪用及杂用气等,各用户对气源的要求见表 1。表中空压机选型按连续耗气量加间断用气量 50%比例考虑,再考虑组合式干燥器再生耗气量 5%,全厂总耗气量为 146 Nm<sup>3</sup>/min。

表 1

序号	用户名称	用气类型	用气量/(Nm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )	压力/MPa
1	除灰输送用气	连续	78	0.45
2	热控仪表用气	连续	32	0.8

续表 1

3	化水仪用气	连续/ 间断	6/3	0.6
4	机务吹扫气	间断	8	0.8
5	除灰仪用气	连续	6	0.6
6	脱硫/脱硝仪用 及杂用气	连续/ 间断	7/10	0.8

表 2

序号	名称	方案一	方案二	电费差
1	设备初投资/ (万元)	420	500	
2	年负载运行 小时/h	3 443		
3	年空载运行 小时/h	2 057		
4	负载运行小 时耗能/kW	950	831	
5	空载运行小 时耗能/kW	342	270	
6	系统年耗能/ (万 kW·h <sup>-1</sup> )	397.4	342	
7	系统年电费/ (万元)	158.9	136.8	-22.1
8	投资回收年限(年) 基准	3.62		

注:年总运行 5 500 h,电机效率 0.95,厂用电电费 0.4 元/  
(kW·h<sup>-1</sup>)

### 3.1 方案一

压缩空气系统按 6 台 42 Nm<sup>3</sup>/min 出力的工频空压机设置,正常工况时,四台运行,两台公共备用,空压机后设置组合式干燥器和储气罐,共设置 5 个容积 30 m<sup>3</sup> 储气罐,其中除灰输送系统两个,全厂仪用气 2 个,检修及杂用气 1 个。

### 3.2 方案二

压缩空气系统按 6 台 42 Nm<sup>3</sup>/min 出力空压机设置,正常工况时,3 台工频和一台变频空压机运

行,工频空压机提供约 126 Nm<sup>3</sup>/min 压缩空气,变频空压机提供约 20 Nm<sup>3</sup>/min 压缩空气,1 台工频和 1 台变频空压机公共备用,空压机后设置组合式干燥器和储气罐,共设置 5 个储气罐,其中除灰输送系统两个 20 m<sup>3</sup> 储气罐,全厂仪用气两个 30m<sup>3</sup> 储气罐,检修及杂用气 1 个 20 m<sup>3</sup> 储气罐。

### 3.3 方案比较

见表 2,现在中国内已有火电厂采用类似方案二的空压机系统。因为电厂中主要耗气点的基本耗气量是一定的,只有在煤质或者运行工况变化时耗气量才会出现较大范围的波动,采用工频空压机能满足基本耗气量要求,采用变频空压机能满足耗气量波动时要求。从工程实例来看,采用变频空压机虽然初始投资较高,但此方案不仅节能效果明显,而且提高了各台运行空压机的负载率,不论从运行费用还是长期节能收益方面,效果都是令人满意的。

### 4 结 论

1)空压机进行变频改造后具有较好的工作特性,但同时改造后也存在一定缺点与难点,如果处理不好会大大影响系统的稳定性。

2)针对火力发电厂耗气特点,压缩空气系统可以采用“工频空压机加变频空压机”组合方式,该方案即可满足基本耗气量要求,又能满足耗气量波动时要求,起到了节能降耗的作用。

3)虽然空压机变频改造后节能效果明显,但在空压机变频改造中,仍需要综合考虑系统可靠性、投资与运维等要求,以及解决电机对降温、绝缘、控制、材质等技术要求,才能使变频技术真正发挥出巨大的经济效益和社会效益。

### 参考文献:

[1] 孙立刚,季海龙. 火力发电厂空压机采用变频方式的技术经济分析[J]. 价值工程, (2014)17:61-62。  
 [2] 程亮,王俊. 全厂供气中心设计及其研究[J]. 除灰技术, 2012, (2):33-35,42。  
 [3] 高相家,陈放. 螺杆式空压机变频节能改造的经济分析和技术方案[J]. 压缩机技术, 2009, (3):19-22。  
 [4] 胡振君. 物料输送用空压机节能优化方案探讨[J]. 除灰技术, 2013, (2):20-21。  
 [5] 中华人民共和国电力行业标准. 火力发电厂除灰设计技术规程[S]. DL/T 5142-2012。

(编辑 胡 玲)