

# 空压机系统智能控制与节能策略研究

周建为

(北京冶核技术发展有限责任公司 北京 100088)

**摘要:** 本文针对变频技术的工作原理和应用优势展开分析,讨论了变频技术在空压机供电系统、设备功率控制、设备压力控制、设备温度控制、运行顺序控制、深度指示器保护中的具体应用,通过研究完善闭环控制、设备节能整合、进行远端控制、供气管道改造等节能策略,提高对变频技术应用价值的认知水平,提高空压机系统运行状态的稳定性。

**关键词:** 空压机系统;变频技术;节能策略

## 0 引言

在空压机系统智能控制活动中,变频技术拥有良好的应用价值,其主要作用是对系统交流电压和频率进行动态调整,以此来达到控制空压机系统运行速度的目的。通过整理变频技术在空压机系统智能控制中的应用要点,同时整理相应的节能策略,能够不断优化空压机系统运营环境,维持系统工作状态的稳定性和安全性。

## 1 变频技术的工作原理和应用优势

### 1.1 工作原理

总结以往实践经验可以得知,变频技术的工作原理如下:基于获取到的基础资料,对电动机频率等运行参数进行调整,以此实现电动机转速的动态调整,保证整个生产过程的稳定性。在变频技术的具体应用中,其相关参数的计算公式如下:

$$r=60 \cdot \alpha (1-A) / K$$

式中: $r$ —电动机的转速;

$\alpha$ —电动机运行时的供电频率;

$A$ —电动机运行时的转差率;

$K$ —电动机的极对数。

基于公式中的各项参数可知,在实际应用中需要加强各类变量的科学控制,从而维持系统工作的安全性与节能性。除此之外,在空压机系统智能控制活动中引入变频技术,能够对系统目前的耦合状态进行优化,使系统处于稳定的工作状态,保证系统整体的工作效率。

### 1.2 应用优势

变频技术在空压机系统智能控制中的应用优势

如下:

(1) 能够实现系统软启动,从而让空压机电机有效释放出系统中原来存储的能量,以此降低空压机在启停活动中给系统带来的冲击,从而保证空压机作业过程的持续性。

(2) 软启动的实现,能够基于现场的实际运行需求来灵活调整空压机温度、压力等参数,这样也降低了突然启停对空压机内部的冲击,从而降低了对皮带强度的要求,减少了该环节的经济成本支出。

(3) 变频技术具有自动调速功能,在应用中可以基于系统具体运行情况,灵活调整系统的运行速度。如空压机系统处于空载状态时,会适当调整空压机的运行速度,将其调低,以此来减少空载时的系统损耗,保证空压机系统的工作效率与质量。

(4) 拥有相应的检测功能,可以对空压机系统的工作状态进行自检,针对发现的隐患问题,也会采取相关措施进行处理,从而保证空压机工作状态的稳定性,延长空压机系统的使用寿命。

## 2 常用空压机变频系统

### 2.1 一拖多并联模式

在生产活动中,所使用到的空压机数量相对较多,因此会使用一拖多并联模式来开展相关工作。此类模式的应用原理在于,将变频装置和多台空压机并联在一起,利用变频装置对多台空压机工作状态进行调整,以提高空压机系统运行状态的稳定性。此方案在应用中需注意以下几点:

(1) 变频装置需兼容所有类型的空压机,而空压机型号应尽量保持一致,利于调整活动的进行。

(2) 基于5G通信技术提供的便利条件,完成信

信息的同步传输，以此来提高信息传输过程的时效性，利于系统智能调控活动的进行。

(3) 分布在系统当中的传感器会采集空压机各项运行参数，利用智能程序来完成信息整理，在比对安全阈值数据后，也会根据偏差情况下达调整指令，以维持系统运行状态的安全性。

## 2.2 统一协调控制模式

此类控制模式在应用中，会将整个空压机系统细分为若干子系统，随后利用变频装置来调试系统工作状态，使其维持动态平衡状态，从而提高空压机系统工作状态的稳定性。具体实践中也需注意以下几点：

(1) 梳理空压机系统各设备之间的关系，将整个智能控制系统细分为若干部分，变频装置也需覆盖整个空压机系统，保证系统工作状态的稳定性。

(2) 利用5G通信技术、ZigBee技术、CNN（卷积神经网络）技术来建立通讯网络，确保信息传输过程的通畅性。

(3) 对于所有采集到的数据，利用智能软件进行处理，对比预设数据后，统一协调空压机系统，从而保证整个空压机系统工作状态的稳定性，减少系统运行故障问题。

## 3 变频技术在空压机系统智能控制活动中的应用

### 3.1 供电系统

在空压机系统智能控制活动中，需要维持供电过程的稳定性与安全性。变频技术在供电系统中的应用要点如下：

(1) 利用智能控制系统提供的便利条件，对整个系统运行过程的各项参数进行整理。随后在联动装置的辅助下，对空压机系统的全体线路布局进行优化，使空压机电压数值下调到恰当范围内，从而避免了电动机负载过高的问题，保证系统运行过程的安全性。

(2) 进行空压机电路优化配置时，也需要将变频系统与标准数据相关联，利用智能控制系统对各个管理子模块中的内容进行整理，之后进行汇总整理，从而得到最优的系统处理方案，以此来保证主电路运行状态的稳定性，保证能量传递结果的科学性与可靠性。除此之外，在供电系统完成优化处理后，也会基于现场实际情况灵活调整设备的运行模

式，使其处于稳定的工作状态，满足空压机系统安全运营的要求。

### 3.2 设备功率控制

将变频技术应用到设备功率控制活动中时，也需要注意以下内容：

(1) 进行空压机系统等速区间的超速控制。在驱动设备安全运行的过程中，需要充分发挥智能控制系统优势，完成空压机系统运行工况数据的实时采集，对比标准数据后确定系统是否出现了异常运行问题，并及时对外做出预警。而变频技术则会根据得到的反馈数据来调整系统能量供给，将系统转速调整到安全范围以内，以保证系统工作状态的可靠性。

(2) 进行空压机系统低速区间的低速控制。在驱动设备安全运行阶段，会将变频技术与PLC控制技术关联在一起进行应用，这样可以进一步提高空压机系统运行数据的采集效率，从而及时发现和处理相关问题。另外，在变频技术的辅助下，还可以降低系统低速运行时故障问题的出现概率，使系统长期维持较为稳定的工作状态，延长系统的使用寿命。

### 3.3 设备压力控制

变频技术应用到设备压力控制活动中时，为了增强压力控制效果，主要利用单点压力控制模式进行处理。具体的控制应用方案如下：将智能控制系统中的高精度压力变送器提前安装在空压机排气口位置，压力变送器额定量程为0~1.4MPa。对整个空压机排气口参数进行整理，若压力变送器检测到的压力值小于系统设定压力值，那么变频技术就会基于系统设定值来加载空气压缩机的相关数据，向压风系统中增加适量的压缩空气，使系统恢复正常的工况状态。如果空压机长期处于空载状态，那么此时变频技术也会逐步停止空压机系统运行状态，以此来减少能源损耗，保证系统的运行稳定性。

### 3.4 设备温度控制

变频技术应用到设备温度控制活动中时，为了提高温度控制效果，主要使用单点温度控制模式进行动态控制。具体的控制应用方案如下：将智能控制系统中的高精度温度变送器和传感器提前安装在空压机风包所在位置，温度变送器额定量程为0~80℃。对整个空压机风包温度参数进行整理，若温度变送器检测到的温度值超过系统设定值，那么变频技术也会基于预设工况，使空压机暂停运行，起到保护空压机储气罐的作用。同时在发现系统异常问题后，

也会针对问题原因展开深度分析,拟定应对策略,减少同类型情况的出现<sup>[1]</sup>。

### 3.5 运行顺序控制

变频技术应用到运行顺序控制活动中时,会将温度控制、压力控制和高压变频控制关联在一起,整个系统使用电缆进行连接,以此来保证空压机运行状态的高效性与安全性。例如,某工厂共有3台空压机,通过智能控制系统实现空压机的串联。在变频技术应用背景下,使用了“变频+普通”模式来控制空压机,即空压机①采用变频控制模式进行运行,而空压机②和③则使用传统控制方式进行管控。空压机①属于优先启动的设备,在正常状态下,空压机①会一直处于运行状态,利用变频技术来调整空压机①的工作参数,以保证空压机①供风的充足性,满足工厂正常的生产要求。三台设备在运行期间,均使用集中控制方法进行管控,若空压机①难以满足供气量要求,那么可以启动空压机②或空压机③来保证供气量的充足性,待恢复正常水平后,也会先关停空压机②或空压机③,以此来保证空压机运行的安全性,降低相关人员的工作强度<sup>[2]</sup>。

### 3.6 电动机模型

从目前的应用情况来看,变频技术也可以在电动机模型中取得良好应用。一般情况下,在空压机智能控制系统中,自适应电动机模型单元的主要工作内容,是对系统电动机运行期间的电流和电压值进行实时监测,随后也会对电动机基础参数进行精准识别,从而保证各类工作的顺利进行。从实际作业情况来看,为了保证系统工作状态的稳定性,在应用中需要做好转速的科学控制,并且将电动机运行时的各项精度调控在0.5%以内,并以此来完成各项应用参数的整理工作,不断提高系统运行状态的稳定性。如果在系统运行时发现不恰当的运行参数,系统也会借助闭环转速来控制整个系统的运行过程,并且会对设备运行参数和工作状态进行实时监测,智能分析获取到的反馈数据,并以此来拟定相关指令,对空压机系统转速、供气量等参数进行调整,以此来提高系统运行状态的稳定性,保证电动机模型单元运行状态的稳定性。

### 3.7 深度指示器保护

除上述提到的内容外,变频技术在深度指示器保护活动中也有着良好的应用价值。在具体实践中,智能控制系统运行阶段会对空压机目前的工作数据

进行细致化整理,在系统辅助下可有效提高数据整理结果的准确性,从而利于后续措施的拟定,提高系统运行状态的稳定性。实践中需做好编码信号的采集与整理工作,了解数据出现异常波动情况时,整个系统所处的工作状态<sup>[3]</sup>。如果数据显示异常,但是工作状态未出现明显波动,那么表示深度指示器工作状态存在问题,此时需要对问题产生原因展开深入分析,基于问题出现的本质原因采取措施进行处理,维持深度指示器工作状态的稳定性。除此之外,变频技术也需要和深度指示器建立良好的联动关系,以此来保证空压机系统运行状态的稳定性。

## 4 空压机智能控制系统节能优化策略

### 4.1 完善闭环控制

从节能角度展开分析,在智能控制系统节能优化中需做好闭环控制的完善工作,具体的控制优化过程如下:利用管道上布置好的压力变送器、流量变送器来采集相关数据,将得到的数据和设定值进行对比,根据得到的对比结果来完成PID运算,随后下达相应的控制指令,调整电动机的具体转速,以此来完成供风量的增加或减小。在风量变化的情况下,也会对出风压力带来直接影响,而这些数据也会直接反馈给变频器,此时变频器会借助PID运算完成频率改变,从而完成空压机转速的调整,实现流量调节的目的,以此来提高出风压力控制稳定性,实现空压机系统运行过程的闭环控制<sup>[4]</sup>。需要注意的是,在PID运算过程中,也会使用智能控制系统中的相关软件进行处理,以此来提高闭环控制结果的可靠性,利于后续活动的顺利推进,达到良好的应用控制效果。

### 4.2 设备节能整合

在节能策略的拟定中,需做好设备节能整合设计,这也是相关活动顺利推进的基础条件。在具体的节能整合活动中,也需注意以下内容:

(1) 做好整体系统的节能改造工作。基于目前企业的生产用量和后续增量,对目前空压机设备进行优化,智能控制系统也需做好升级工作,使其可以满足企业长期发展需求。同时大功率设备的进场,也可以减少小功率设备数量,减少供压过程的压力损失,保证供风量的充足性<sup>[5]</sup>。

(2) 对高效设备进行节能改造。可以引入两级压缩永磁变频空压机,利用不同大小的两组螺杆转子,

完成压力的科学分配,以此来降低空气压缩过程的压缩比。而且在改造过程中也需要设置好备用设备,以此来保障系统运行状态的持续性,保证设备能效能够得到最大程度的发挥。

#### 4.3 进行远端控制

在互联网技术、智能技术不断成熟的情况下,也可以通过远端控制的方式达到节能目的。具体实践中的工作要点如下:对以往的工作资料进行整理,基于互联网技术提供的便利条件,建立云端工况远端监测平台,在平台中可以对空压机目前的运行工况进行实时监督,并且在智能控制系统各类传感器的辅助下,可以采集实时工况数据。这些数据都可以通过电脑端、移动端进行查看,在发现预警信息后也可以通过远程控制的方式下达相关指令,以维持现场空压机作业的安全性<sup>[6]</sup>。相较于传统的现场控制方式,远端控制降低了相关人员的工作强度,同时可以更加及时地发现系统运行故障问题,降低了故障发生后带来的直接或间接影响,从而提升系统运行过程的稳定性与节能性,减少各类资源的浪费。

#### 4.4 供气管道改造

除上述提到的节能改造措施外,在实践中也需要做好供气管道的节能改造工作,从源头上减少能源损耗。在具体的改造活动中,需要基于现场实际情况进行系统性规划,在BIM(建筑信息模型)技术的辅助下建立应用模型,利用模型完成管道管路布置、弯头布置、辅助装置布设等内容的优化。同时,也会根据建立的模型来论证设计方案,找到既能保证供气充足,又能降低供气管路压力损耗的方案,从而减少能源损耗。除此之外,在管道材料的选择方面,可使用铝合金代替原无缝钢管。铝合金管道具有良好的防腐性和强度,使用寿命更长,而且铝合金管道的内壁光滑度更高,能够利用更少压降来对外提供更多空气,以此来降低空压机运营成本,为企业创造出更多的经济效益<sup>[7]</sup>。

## 5 结语

综上所述,空压机作为一类特殊设备,广泛应用于矿井生产、工厂生产等领域,其运行安全性也将直接影响到现场作业人员的安全。在节能角度下引入变频技术,可以对空压机智能控制系统的性能进行优化,使系统运行过程的灵活性得以提升,同时可以及时发现和处理设备故障,降低设备故障带来的影响,从而提高设备生产效率、延长设备使用寿命、减少系统运营成本。在下一阶段中,还需要做好软件/硬件更新、人员培养等工作,进一步减少系统能源损耗和运行成本,以创造出更加可观的经济效益。

## 参考文献:

- [1] 王慧杰. 远程智能控制技术在煤矿压风机控制中的应用[J]. 机械管理开发, 2023, 38(07): 279-280+283.
- [2] 孟秋禹, 王建伟. 医用空气压缩机智能控制系统创新与应用[C]// 中国医学装备大会暨2023医学装备展览会会议论文集汇编. 2023: 5.
- [3] 韩中建. 基于嵌入式的船用空压机智能控制系统设计[J]. 今日制造与升级, 2023(01): 76-78.
- [4] 杨晓信, 刘增东. 空压机智能控制系统简述[J]. 能源技术与管理, 2021, 46(05): 188-190.
- [5] 张文顺. 浅谈智能控制在啤酒厂空压系统的节能应用[J]. 中外酒业, 2021(19): 31-34.
- [6] 范高原. 空压机智能控制系统的研究与应用[J]. 化工管理, 2021(25): 139-140.
- [7] 冯美荣, 冯凯翔. 火电厂空压机系统智能控制的升级与应用[J]. 山西电力, 2020(06): 44-46.

作者简介: 周建为(1979.10-), 男, 汉族, 四川泸州人, 本科, 工程师, 研究方向: 空压机系统应用、控制、节能优化研究。