

永磁传动技术在空调系统中的应用研究

马璘 冯明芳

(中核兰州铀浓缩有限公司 甘肃 兰州 730065)

摘要: 皮带是空调送回风机组运行中重要的附属件, 为降低生产中空调系统送回风机组振动大、皮带损耗严重的问题, 在空调机组中引进永磁传动技术, 用永磁耦合器代替空调机组现有的皮带传动。永磁传动为非机械式联接, 没有磨损, 改变了机组的振动范围, 延长了电机和风机寿命, 避免了皮带调整、更换等检修环节, 降低了设备的消耗, 确保了空调机组运行的可靠性, 保障了空调系统的高效运行。

关键词: 永磁传动技术; 空调机组; 皮带损耗

0 引言

近年来, 中国企业发展必须要面对的首要问题就是节能减排、环境保护。为了节能, 生产上需引进一些先进的工艺。现有的机组大部分依靠皮带传动来进行设备的动力传递, 现用的传统方式耗电量大且发生故障的频率较高。永磁传动技术应用永磁材料所产生的磁力作用来实现力或转矩无接触传递的一种新技术。永磁传动的工作原理是以现代磁学的基本理论为基础, 通过实现永磁传动来切实有效地实现设备节能降耗的目标。

空调送回风机组是空调系统的重要组成部分。由于工艺要求, 空调送回风机组长年运行, 且空调送回风机在运行过程中, 普遍出现的问题是轴向窜动、皮带损耗大、振动大、轴承磨损、传动轴磨损、电动机烧毁等问题, 鉴于此, 根据实际情况, 通过改造皮带传动引入永磁传动新技术, 采用永磁传动技术的特点和优点, 实现降低能耗、降低检维修成本、改善系统的稳定性, 从而达到保证空调送回风机组安全平稳运行的目的。

1 永磁传动技术工作原理

1.1 永磁传动技术的发展

永磁传动技术早在 20 世纪 30 年代被提出, 并经过了几十年的发展和演变, 人们对永磁学的理论研究形成了新的认识和理解, 尤其是 NdFeB 稀土这种永磁材料的发现, 科学家们在永磁材料性能应用的研究上取得了突破性的进展, 从而推动永磁理论研究迈上了一个新台阶。永磁磁力传动原理的快速发展, 使得永磁传动技术在全国各行各业有了明显的应用和推广, 并且由于永磁技术衍生的其他先进的磁力学新技术相继产生, 新产品也投用到各领域, 并带来了很好的效益。

1.2 永磁传动技术的分类

永磁传动技术是采用磁力耦合器将磁场能转化为机

械能的过程, 主要是利用磁性材料同性相斥、异性相吸的原理来实现的。当前永磁磁力传动方式主要分为涡流式永磁传动、永磁离合式传动、转子式永磁传动和永磁悬浮式装置等四种常见的传动模式。不同传动模式的特点简介如下。

(1) 离合式: 由主动磁盘、被动磁盘和控制器共同组成, 主动磁盘和被动磁盘主要以圆盘模式出现。

(2) 涡流式: 主要由永磁转子、铜转子和控制器联合组成, 永磁转子和铜转子共同构成圆盘的模式。目前这种特点的传动模式已投入市场应用, 主要开发成功的产品有延时型和调速型的磁力耦合器、有限矩型磁力耦合器。

(3) 转子式: 由主动磁组件、被动磁组件以及隔离套三部分联合组成, 这 3 个组件共同构成同心圆环体模式。目前这类传动模式部分已进入市场应用, 部分仍在研发中, 市场开发成功的产品主要有磁力调速器、磁力传动泵和磁力传动阀门等。永磁传动技术应用前景可观且广大。

1.3 永磁传动技术的特点

(1) 平滑无级调速, 节约电量率范围为 10% ~ 50%, 转速可调节范围为 0 ~ 98% ;

(2) 不用额外接入电源, 机械结构简单、可靠;

(3) 启动模式有效减少对电动机的冲击, 有效增加机组的使用台时;

(4) 不存在机械部分的直接连接, 振动方式为隔离振动;

(5) 安装简便, 永磁间隙的对中误差可调整范围较大;

(6) 延长传动系统各主要部件(轴承、密封装置等)的使用期限, 减少检维修造价。

(7) 机组运行环保清洁, 不产生污染物质, 不产生电磁波干扰的问题。

1.4 永磁传动器的组成结构

永磁耦合器通常由两部分组成：一部分是用来与电机轴相连的一个内表面附着有铜导体（或合金导体）的钢盘；另一部分是一个装在负载轴上的装有高能永磁体的永磁转子部件。永磁体和导体之间存在的一定间隙，称为气隙，安装时，永磁体和导体相对安装并留有一定距离的气隙空间，在运行中永不接触。

1.5 永磁传动技术工作原理

永磁传动是通过磁力与感应磁场耦合技术而来实现电机轴和风机轴之间非机械连接传递转矩的装置。它的任务是通过合理的设计与计算，制造出成本低、性能好的永磁传动机械。永磁耦合器主要应用于风机、泵、输送机、破碎机、抽油机等各种动力传递设备系统。它实现了由电机到负载的转矩无接触传输，能达到水泵、风机等负载的无级调速，达到节能降耗、运转平稳的目的。由于负载和电动机之间没有直接的机械联接，没有磨损，降低了机组的振动范围，延长了电动机和风机的使用期限，特别是很大程度上延长了机组轴承的寿命，同时磁力耦合器的使用寿命可以达到 20 ~ 30 年，在此期间几乎不用维护。

2 永磁传动技术在空调机组中的应用分析

本文以应用永磁传动技术的空调机组为研究对象。空调机组每个区域南北各设一个空调系统，每个空调系统配置 2 台 ZK-30 型组合式空调机组，共 24 台。单台空调机组送风量 25000m³/h，配用电机功率 22kW，风机转速 1650r/min，电机额定转速 2922r/min。

2020 年通过技术改造将 24 台空调风机传动方式由皮带传动改为技术成熟的永磁耦合无接触传动。在之后的运行维护过程中，空调机组的检修频次、节电情况、永磁耦合器的间隙等参数都能反映永磁传动技术的优点。

永磁传动的基本参数如表 1 所示。

2.1 永磁传动技术对检修方面的分析

空调永磁传动技术从应用到现在运行期间，空调机

表 1 永磁传动参数

基本参数	永磁耦合器型号	耦合器气隙误差/mm	外转子工作温度/℃
数值	MAC-C	≤ 0.75	≤ 100

组因永磁传动导致的故障检修频次为 0 次，说明空调机组在使用了永磁传动技术后，彻底解决了风机皮带更换频次高、轴承磨损、电机烧毁、人力投入大等检修成本高的问题，节约了检修费用。

2.2 永磁传动技术的节电分析

空调永磁传动技术应用之后，取缔了空调机组的摩擦传动环节，因此空调机组运行更加安全平稳，通过对照空调机组在应用永磁传动技术前后的运行电流，以及空调安装永磁传动耦合器后续运行过程存在的问题，研究分析永磁传动技术在空调机组节电方面的影响。改造前后电流数据具体记录见表 2。

由表 2 可知，安装永磁耦合器后，试运转阶段空调机组运行电流大幅度降低，可以节约电能 20% ~ 40%。永磁传动技术应用以来，运行平稳，未发生过故障。

永磁传动技术在前期运行中，节电效果相当明显，但是随着设备的不断运行，永磁耦合器气隙变大，它的节能效果有一定的下降，但是整体上依旧比之前的皮带传动节能。以空调机房一台 22kW 的空调机组为例，按平均负载率 70%，年运行 4000h，应用永磁后平均节电按 12% 计算，该台风机一年节电量为：

$$W=22 \times 70\% \times 4000 \times 12\%=7392 \text{ (度/年)}$$

那么 24 台风机一年的节电量为 177408 度/年，长期运行下去，永磁传动技术在空调系统节能降耗方面有很大的优点。

2.3 永磁传动技术的运行分析

永磁传动技术应用之后，调查组合式空调送风机组出口风量与未改造机组数值；记录空气温度、露点温度以及换气次数，与未改造机组送风区域参数进行对比，具体数值见表 3。

由表 3 可知，空气温度、露点温度以及换气次数均满足规程要求，且空调机组改造前后送风量变化不大，

表 2 空调机组的运行电流记录

电流 (A)	机组											
	北跨											
	k11	k12	k21	k22	k31	k32	k41	k42	k51	k52	k61	k62
投入前	43	33	22	24	31	30	26	26	26	26	28	22
投入后	28	20	14	18	15	18	18	14	15	14	18	15
电流 (A)	南跨											
	k11	k12	k21	k22	k31	k32	k41	k42	k51	k52	k61	k62
	k11	k12	k21	k22	k31	k32	k41	k42	k51	k52	k61	k62
投入前	28	28	38	27	36	41	38	30	40	40	40	41
投入后	20	21	27	22	26	25	26	18	28	27	27	30

表 3 空调机组改造后的参数记录

露点温度 /℃	≤ 10			
换气次数 / (次 /h)	0.3			
机组改造前平均风量 / (m³/h)	北跨	11600	南跨	12200
机组改造后平均风量 / (m³/h)	K21	12000	k21	12600
空气平均温度 /℃	上层	18.0	18.2	
	下层	16.3	16.3	

说明永磁传动技术依然能够满足空调系统参数要求，故其在后续的改造应用中确保了空调系统的正常运行。

3 永磁传动技术在送排风系统的应用分析

根据上述对空调机组永磁传动技术的运行分析，由于永磁耦合器属于磁链接方式，为非接触式联接，风机或电机的振动不会互相传递和影响，它彻底解决了风机振动带来的皮带更换频次高、轴承磨损、电机烧毁、人力投入大等检修成本高的问题，保证了空调系统的连续安全稳定运行。其次从节电角度来看，永磁传动在节能降耗方面有非常明显的优势，长期运行下去，带来的效益相当可观。因此，在送排风系统引入永磁传动技术，无论是在生产的安全稳定运行方面，还是产生的经济效益方面，都具有相当大的优势。

3.1 送排风系统改造分析

3.1.1 检修频次调查

空调送风机采用皮带传动，皮带传动可用于两轴中心距离较大的传动，且皮带传动在过载情况下，可防止其他零件的损坏，但是，皮带传动过程中带与带轮接触面之间有弹性和过载打滑现象、传动比不稳定、轴及轴承上受力较大、皮带强度较低、疲劳寿命较短等缺点。

3.1.2 改造效益分析

对每台空调送风机组都进行改造，以前期空调机组运行节能降耗的经验分析可知，以一台 55kW 的送风机组为例，按平均负载率 70%，年运行 2000h，应用永磁后平均节电按 12% 计算，该台风机运行一年节电量为：

$$W=55\times 70\%\times 2000\times 12\%=9240\text{（度/年）}$$

因此，永磁传动技术在节能降耗方面有非常大的贡献。

3.1.3 改造难度分析

永磁传动器体积小，安装方便，在空调机组的改造

中，只需根据风机尺寸参数进行安装框架的设计，没有改动现场设备的基础或使用新建系统，故永磁传动技术对系统的可改造性很高，可方便其对现有二三期空调机组进行改造。

3.2 送排风系统需要改造的内容

根据上述改造分析，对送排风空调系统改造永磁传动技术有很大的经济效益，并且更加有利于安全运行维护，则需要进行如下改造：计核电机重量，制作电机支架，拆除电机轮和风机轮以及皮带，电机 90° 移位后使电机轴与风机轴对中，在电机轴与风机轴之间加装磁力耦合器，实现电机和风机之间无物理联接传递动力。

3.3 永磁传动技术在送排风系统中应用达到的效益

- (1) 每次检修需更换皮带、风机电机轴承、紧定套、锥套等，耗材约 0.5 万元，年检修频次 23 次，年节约材料费 11.5 万元；
- (2) 送排风系统空调机组应用永磁传动技术改造后节能降耗方面有较大的收益；
- (3) 彻底解决风机皮带更换频次高、轴承磨损、电机烧毁、人力投入大等检修成本高的问题，节约检修费用；
- (4) 减少风机振动问题；
- (5) 提高轴承使用寿命，减少检修工作量；
- (6) 减轻处理废旧皮带带来的环保压力。

4 结语

通过永磁传动技术在空调机组的应用，能够看出空调机组运行平稳，未发生机械故障，解决了风机振动大、皮带损耗高的问题，也验证了永磁传动技术在风机传动中可靠性高、易于安装维护、运行费用低、节能环保的特点。因此，通过永磁传动在送排风系统中的改造分析，将永磁传动技术应用到送排风系统机组的动力传递中具有重大意义。

参考文献：

[1] 赵克中. 磁力驱动技术与设备 [M]. 北京：机械工业出版社，2012.
[2] 耿华，许德伟，吴斌，等. 永磁直驱变频风电系统的控制及稳定性分析 [J]. 中国电机工程学报，2009, 29 (33): 68-75.