

[永磁调速]

永磁调速技术在给水系统中的节能分析

文/南通醋酸纤维有限公司 陈光富 周 澄 沈 达

以某醋酸纤维公司给水泵永磁调速改造的实例，介绍了永磁调速技术的工作原理，同时将其与未改装之前进行了对比，分析了给水泵永磁调速改造后的实际节能效果。实践证明，永磁调速技术具有较为可靠的性能，能有效节省给水泵电耗，具有很好的推广应用价值。

永磁调速技术是一项突破性新技术，是专门针对风机、泵类离心式负载调速节能的适用技术。永磁调速器由导体转子、永磁定子和调节器三部分组成，通过永磁体磁场与感应磁场的耦合作用将电动机的转矩传递给负载。调节器调节永磁转子与导体转子之间的相互作用面积，即可实现改变传递转矩的目的。永磁调速器具有高效节能、高可靠性、环境适应能力强、减少系统振动、减少系统维护和延长系统使用寿命等优点，相比于变频器和液力偶合器更具优势，已成为风机、泵类离心式负载节能技术改造的首选，可广泛应用于电力、石化、钢铁、市政、水泥及采矿等行业。

醋酸纤维厂中通常配备有给水泵、汽轮泵、汽轮机、锅炉等设备，这些风机、泵类设备是醋酸纤维厂中的耗电大户，总耗电量占厂用电的60%~70%。其中大多数设备是通过风门挡板或阀门对流量和压力进行调节，以适应工况需求，不仅导致了系统运行效率低，能源浪费严重，还会使系统振动大，磨损严重，使用寿命短。永磁调速器的出现有效地解决了这些问题，许多醋酸纤维厂已相继采用该技术优化离心式负载系统的运行。

系统概述

现场共有9台给水泵，为4投5备。为4台机组供水，母管制。1#、2#、3#为同一型号，我们改造3#泵，型号如表1所示；4#、5#为同一型号，额定压力为5.68 MPa；6#为汽轮泵，汽轮机型号为B0.5-10/1.5，泵型号为DG100-70×8；7#为液偶调节，泵型号为DG150-100×7，流量为150 t/h，扬程为690 m；8#、9#为同一汽轮机水泵，汽轮机型号为B0.5-10/1.5，泵型号为DG150-100×7。给水泵给母管供水，泵出口阀门为开关型阀门。在锅炉入口处阀门为调节阀，控制锅炉入口处阀门调节水流量。同时给4台锅炉供水，其中2台75 t/h，2台130 t/h；这些锅炉均为中压型锅炉。4台锅炉给同一母管供气，经过母管供给4台汽轮机（汽轮发电机）；其中2台6 MW、1台12 MW、1台15 MW。另外还有2台高压炉，高压炉采用独立的系统，但是高压炉有抽气系统给低压母气管路供气。

调速改造节电率的影响因素

采用调速方式对给水系统中的泵进行改造，影响节电率的因素有：系统的选型裕量、系统的运行情况、泵的实际运行工况点（对应的效率、压力等）。

表1 3#给水泵的参数

电机		负载	
铭牌数据		铭牌数据	
型号	Y355-2	型号	DG155-67A×8
额定转速 / (r/min)	2971	额定转速	2950
额定功率/kW	315	轴功率/kW	305.8
额定电压/V	6000	流量/ (m³/h)	107
额定电流/A	34.9	扬程/m	580
功率因数	0.88	效率 (%)	74
生产厂家	湘潭电机厂	生产厂家	长沙水泵厂

永磁调速器的节能原理

风机、泵类负载的流量 Q 、扬程 H 、轴功率 P 有如下关系

$$P \propto HQ \quad (1)$$

而离心式负载同时满足相似定律，即当电动机的转速由 n_1 变化到 n_2 时，流量和扬程与转速的理论关系如下

$$Q_2 = Q_1 \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

$$H_2 = H_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \quad (3)$$

因此，轴功率 P 与转速的关系如下

$$P_2 = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \quad (4)$$

可见离心负载的流量 Q 和转速 n 是成正比关系的，而扬程 H 与转速 n 的二次方成正比，所需的轴功率 P 与转速 n 的立方成正比关系。所以当实际需要流量为额定流量的80%时，可调节负载的转速至额定转速的80%，此时系统的压力仅为原来的64%，而所需功率仅为原来的51.2%。

离心式负载的运行曲线如图1所示，当所需流量从 Q_1 减小到 Q_2 时，如果采用调节阀门的办法，管网阻力将会增加，管网特性曲线上移，系统的运行工况点从A点变到新的运行工况点B运行，所需轴功率 P_2 与面积 H_2Q_2 成正比；如果采用调速控制方式，负载转速由 n_1 下降到 n_2 ，其管网特性并不发生改变，但负载的特性曲线将下移，因此其运行工况点由A点移至C点。此时所需轴功率 P_3 与面积 H_3Q_2 成正比，功率明显小于阀门调节时的轴功率。

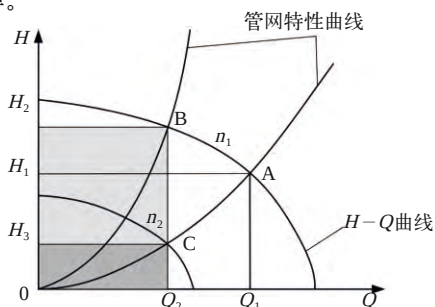


图1 离心式负载的运行曲线

在实际运行中，系统能够调节的空间通常是在考虑流量满足要求的同时还必须考虑系统的压力能否满足要求。通过实践的统计，离心式风机、泵类负载通过调速控制可节能10%~60%。

节能分析

1. 改造方案

对给水泵母管供水系统中的3#泵进行永磁调速改造，水泵和电动机的参数见表1。根据电动机和水泵型号选择永磁调速器对给水泵系统进行节能改造，改造内容包括基础建设、设备对中及安装、电缆铺设以及DCS组态。

经永磁调速器改造后，系统具备以下功能：

(1) 永磁调速器可使电动机空载起动，也可进行过载保护，提高了系统的可靠性和使用寿命。

(2) DCS实时监测系统循环水温度，并将其转换为控制信号驱动电动执行机构调节永磁调速器，从而改变水泵的转速，实现对系统流量的自动控制。系统也可切换为手动控制，方便工作人员操作。

(3) 永磁调速器调速平滑稳定，且控制精度高，能够满足系统的流量控制要求。

(4) 提高系统的运行效率，降低了系统能耗。

2. 3#泵永磁改造后的节能分析

供水系统中，4台给水泵并联运行，共用一个母管阀门。在通过永磁调速器对锅炉的给水量进行调节时，要保证母管压力，以免母管压力不足，无法给锅炉供水，导致锅炉损坏，影响生产。

在保证改造前和改造后在同一工况下，即锅炉的负荷一样、水泵的流量和扬程一样的情况下，测试改造前的各项参数：开1#定速给水泵、3#定速给水泵、4#定速给水泵和1台汽动给水泵，1#定速给水泵、4#定速给水泵和3#定速给水泵全部满载运行，1台汽动给水泵给定转速，用阀门调节入口流量，测试72 h，记录72 h内的各项参数数值。

测试改造后的各项参数：与改造前在同一工况下测试，开1#定速给水泵、3#定速给水泵、4#定速给水泵和1台汽动给水泵，用3#永磁调速器改造的给水泵调节锅炉的给水量，保证母管压力，测试72 h，记录72 h内的各项参数数值。由此得出

(下转第60页)

影响设备的抗震能力有诸多因素，不但跟设备本身有关，还跟设备安装地点的场地条件有关；场地条件不但跟地点有关，还跟建筑物本身的设计有关。现在低压开关柜一般都安装放置在建筑物内，所以地震发生时实际设备所承受到的加速度或频谱已经是被建筑物“过滤”后的波了。有的建筑物会放大地震波，有的会减弱，这都得根据具体情况进行分析和试验，所以对于一些高要求客户会提出所需频谱的范围（Required Response Spectrum），绘制这样的频谱曲线也并非易事，需要了解当地地震的条件和标示在频谱中

的土壤属性等，但是却能很精确地评估地震发生后设备的需要抗震能力。地震试验本身是个很复杂的过程，它需要找到谐振点，在3个方向上以设定的阻尼比率模拟振动过程，根据试验结果绘制时域加速度曲线，再转换为频域（Test Response Spectrum），然后比对需求反应谱（Required Response Spectrum）等等，限于篇幅在这里没有详细介绍地震试验步骤，希望通过此文能对设备抗震能力评估有所了解。EA

（收稿日期：2016.06.18）

（编辑：白文亭）

（上接第51页）

经永磁调速器改造后的实际节电率 μ 。

$$\mu = \frac{(D_1, D_2) Q}{W} \quad (5)$$

式中， D_1 为改造前单耗，即改造前单位给水量需要的耗电量， $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ ； D_2 为改造后单耗，即改

造后单位给水量需要的耗电量， $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ ； Q 为改造后总给水量， m^3 ； W 为3#泵改造前耗电量， $\text{kW}\cdot\text{h}$ ；

在对72 h电动机耗电量的测试下，得出如表2的相关数据。

表2 测试过程记录的参数统计

测试时段	1#定速泵电动机 耗电量	4#定速泵电动机 耗电量	3#定速泵电动机 耗电量	汽动泵耗汽折 算电量	总耗电量	总给水量/ m^3	单耗
改造前	21590	18750	20470	31440.9	92250.9	28871	3.2
改造后	18180	18045	15177	31483.9	82885.87	27556.10	3.01
总节电量				5235.66			
节电率（%）				25.58			

由表2可以直观地看出，在给水泵的有效功率基本不变的情况下，效率的提高也可以有效降低电动机的能耗。由此证明了，永磁调速器可实现系统能源的最优匹配，通过提高系统效率起到节能的效果。

结束语

永磁调速器投资和维护费用低，节电率高，是各类风机，水泵等离心式负载的理想改造方式。醋酸化纤公司供水系统永磁调速改造项目的实施，不仅达到了调速节能的目的，永磁调速器减小系统振动、空载起动和过载保护等优点还延长了设备的寿命，提高了整个系统的安全稳定

性。从长期运行的角度考虑，永磁调速器能为公司带来明显的经济效益，在风机、水泵改造方面将会拥有更广阔的应用前景。EA

（收稿日期：2016.06.18）

（编辑：白文亭）

更正

本刊2016年第09期“产品与技术”栏目刊登的“自动转换开关在变电站站用电系统中的应用”一文作者单位更正为“国网安阳供电公司”，特此更正。

《电气时代》编辑部