

[变频调速]

水泵电动机系统中变频节能技术的研究

文/上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司第一设计研究院 刘广胜

水泵是常见的动力传输装备,在动力传输的过程中会因为内部结构及外界条件的影响产生一定的能耗。介绍了水泵电动机的工作原理,并根据水泵电动机运行的特性和节能原理,针对性的提出了变频调速在水泵电动机系统中的优化方案。

随着社会经济的飞速发展,能源不足问题逐渐显露。为了应对可持续性发展,提高生产力,节能降耗技术已是企业的核心竞争力。现代控制理论以及电子电力技术不断发展,变频器因其良好的控制能力与高效的使用性能被广泛地应用于水泵电动机系统中。水泵系统能耗较高,提高电能的综合利用效率,促进水泵系统节能降耗,已成为当前的主要目标。

一般情况下,在变频调速控制系统中水泵电动机获得频率为50 Hz的交流电源,控制器接通电源后会发出相应的指令,在控制系统内部经过整流、滤波等电路转化成直流电源,再经过直流逆变电路转化成符合电动机需求的频率和电压,为电动机控制系统提供电源。控制系统进而输出相应的转矩,最后实现对水泵电动机系统的动态调控。针对水量的动态变化,水泵控制系统通过控制器和变频器来实现动态调节,对实际情况能够做出及时的响应,实现节能降耗的目标。

给排水水泵电动机系统的节能分析

流量(Q)与扬程(H)之间存在唯一对应的关系。有关部门在对离心泵给水系统进行规划时,往往优先考虑最差情况。但在实际中,大部分时间的用水量与最高时间的用水量相比普遍较

低。在阀门控制水泵系统的过程中,若流量从 Q_7 减小到 Q_1 时,需关小阀门,(如下图所示)。

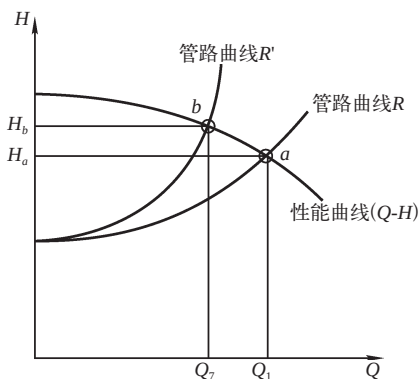


图 流量与扬程关系

当离心泵的流量减小时,对应的扬程会增加,降低水泵系统的效率。其次,蓄水池水位会发生变化,设计人员在设计过程中应将最差情况考虑在内,即考虑水池最低水位的情况,在这一过程中系统的净扬程达到最高点。实际生活中水池多数时间高于最低水位,导致净扬程普遍低于原有的净扬程设计,设计的出水量高于水泵的出水量。基于上述情况,工作人员只能关闭阀门,进而控制出水量,浪费给排水水泵电动机系统能源。

节能方案介绍

根据水泵的工作原理可知,要调节供水量,通常有两种方式:一种方式是改变水流量的体积

而保持转速不变，但这种方式也存在一定的不足，水流量的变化会导致水压产生变化，从而导致水泵的实际功率发生变化，增加整个系统的能耗；第二种常见的方式是保持流量不变改变转速。通过试验对比可以得出如下结论：第二种方式比第一种方式效率更高，而且耗能也有所减少。对于调节转速而言方法有许多种，都有各自的优点和缺点，如变极对数调速控制电路，其优点是技术性较低，相比较而言成本也更低一些，但其局限性在于调速的范围有限。通过

对性能和成本等方面的分析，可以得出改变水泵电动机频率是目前为止相对节能、有效的调整方案。

技术革新要点

随着技术的不断发展，目前在水泵系统控制方式上有了更多的选择。最为常见的方式是通过继电器接触器控制，但这种控制方法对于实际生产要求来说显得比较落后。除此以外，其他控制方式的特点如表1所示。

表1 控制方式对比

控制方式	优点	缺点
逻辑电子电路控制方式	成本相对较低	不能达到较高的控制准确度，抗干扰性能也不理想
单片微机电路控制方式	性能略优于逻辑电子电路控制方式	调试麻烦，遇到问题必须通过修改电路来解决，处理起来相对困难
PID调节器和PLC控制方式	可以利用电动机的无级调速实现水压的连续不断变化；程序接收到压力信号后，PID就可给出计算结果，并且传回变频信号。能够实现恒压供水，不仅操作便捷，还能有效降低设备成本	控制系统相对复杂

本次研究采用PID调节器和PLC控制方式。在试验设计中，选取三台水泵电动机组成一个水泵组。要求每个水泵的出水管装有手动阀门，能够及时有效地调节水流量，也能够保证出现意外时方便处理。水泵组由两台大功率水泵和一台小功率水泵构成，通过三台水泵的组合调配能够满足一般的供水需求。

足最大供水需求。如果三台水泵同时工作仍然不能满足供水需求的话，变频器会根据程序的设定自动退出整个系统，也就保证了三台水泵同时工频运行，以满足最大供水量的需求。此种设计方式系统相比较为简单、程序易操作，具有较高的稳定性。

具体设计连接如下：将PLC与PID调节器连接，再将PID调节器连接到变频器上，通过变频器将获取的信号传送给传感器，传感器再将信号作用于水泵组，进而作用于整个供水管网，在供水管网测得实时压力，再通过压力传感器传送给PID调节器，从而实现一个流程的循环。控制系统由两个变频器和两个压力传感器组成，其中一台变频器可控制两台大功率水泵（1#泵和2#泵）。一般情况下，要求3#小功率水泵一直处于工频模式运行，另外两台大功率水泵则根据实际情况和用水量通过变频器控制来调整。通常日用水需求即使为最小时，只靠3#水泵工频运转也无法直接满足，所以一般情况下，日间供水要求2#水泵和3#水泵同时工作。假如用水量不大，就保持3#水泵工频使用，而2#水泵保持变频状态；否则，2#水泵会根据实际用水量自动转入工频状态，变频器作用于1#水泵，从而实现系统供水量改变、压力不变的目标。

水泵电动机变频调速后效果分析

为了验证采用变频调速技术后，水泵调控系统所取得的节能效益，将两台工作水泵电动机中的一台采用工频调节运行，另外一台采取变频调速运行。将两台参数性能相同的水泵电动机的实际运行数据进行比对，如表2所示。

表2 运行数据

名称	运行电流/A	额定功率/kW	运行功率/kW	功率因数
1#水泵电动机	280	220	150	0.98
2#水泵电动机	410	220	200	0.75

从表2可知，在技术性能和环境相同情况下，1#水泵电动机相比2#水泵电动机运行更加稳定，平均运行电流降低到280 A，比工频运行额定电流的410 A降低130 A，理论节电效率为： $[1 - (280/410)^2] \times 100\% = 53.37\%$ ，实际节电效率为47%，节能降耗的效果十分明显。EA

(收稿日期：2020.02.20)

(编辑：朱金凤)

一般情况下，这三台水泵同时工作就能够满