

变频器在水工业节能降耗中的作用

陈运珍

(北京市市政工程设计研究总院, 北京 100045)

摘要: 介绍了变频器在原水输送、城市给水及排水处理、各工矿企业上下水处理系统、城镇高层楼群的二次供水系统中的应用。强调了必须重点研究各工艺流程的特点和能耗情况, 广泛而又科学地选用合适的变频器, 使传统的耗能大户, 做到有效的节能降耗。

关键词: 水工业系统; 节能; 变频控制

中图分类号: TM921.51; TU991.56; TU992.25 **文献标识码:** B **文章编号:** 1673-6540(2007)05-0039-03

Great Contribution of Frequency Converters for Energy-Conservation in Water Industry

CHEN Yun-zhen

(Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute, Beijing 100045, China)

Abstract: The applications of inverter in water transporting, water supplying and draining system, water treatment of industrial and mining enterprises, as well as city high-floor water supply system were introduced. For the major consumer of electricity and cases of serious depletion of energy, the different technological process and energy depletion status were studied. With emphasis on selecting proper inverters widely, it is helping the major energy consumers to save energy and control depletion.

Key words: water industry system; energy saving; frequency converter control

据 2002 年统计: 中国每千美元 GDP 的能源消耗强度为 1.18 kg 标准煤, 远高于发达国家; 每万元 GDP 的能耗是美国的 3 倍, 德国的 5 倍, 日本的 6 倍。我国水资源年平均总量为 $2.7115 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 人均水资源不到世界人均水资源的 $1/4$, 被联合国列为 13 个贫水国家之一。预计到 21 世纪中叶, 我国人均水资源量将降为 1700 m^3 , 水资源紧缺形势将更加严重。而水资源地区分布又严重不协调, 需要花费巨资搞南水北调等工程。

随着“十一五”规划的实施, 缺水问题更加严重。近年来, 许多城市限水限电, 国家每年出巨资进行大规模的给水、排水建设。综观当前国内水工业市场, 绝大多数设备陈旧, 工艺及供电设备老化, 自动化水平低下, 水耗、药耗、材耗严重。为此, 水工业的降耗节能工作已到了刻不容缓的地步。随着变频技术的发展, 变频器在水工业节能降耗中的应用日益广泛。本文对此予以介绍。

1 变频器在原水取水泵站中的应用

取水泵站选泵设计时, 一般以供水保证率达

到 95%~99% 的最低原水水位时泵站所达到的最大出水量为最低标准。一般在枯水期间, 江河水位最低, 冬季的供水量也少, 水泵所需的扬程最高; 丰水期间, 江河水位上升, 夏季又是高峰供水阶段, 供水量最大, 但水泵的静扬程不需要很高。由于某些原因, 非正常供水也有可能经常出现, 如夏季高峰供水时, 出现特大干旱, 此时江河水位也可能下降到最低点, 而此时供水量又要求最大; 冬季枯水期时, 也可能需要特大的供水量。这样, 投入巨资兴建的取水泵站将不能发挥作用, 按设计规范选定的扬程和流量参数将会变得非常不合理, 运行能耗和基建投资浪费很大。

采用变频调速, 可以解决变流量运行时的水泵的节能要求。因为水泵运行中的轴功率与其转速的 3 次方成正比, 当水泵运转速度降低以后, 其轴功率随转速比率 3 次方下降, 驱动电动机所需要的功率也相应减少, 从而取得明显的节电效果。通过降低机泵的转速, 可以使流量成比例地减少; 压力减少的幅度更大, 按平方关系减少; 轴功率降

低的幅度最大,因而节电效果更显著。所以说,变频调速是水泵机组节能降耗的最佳选择。北京市第八、第九水厂的加压泵站,天津市引滦工程,深圳东湖取水泵站,南水北调所有的输水泵站及全国许多大中小型城市的取水输水泵站,近十几年均采用了变频调速装置。

东北市政设计院设计的“引英入连”供水工程水源泵站 2001 年正式投产,其供水能力为 $6.6 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$,共 5 台 2 800 kW 的卧式离心水泵。其中 4 台水泵机组选用 Simovert MV 电压源型变频器,采用三电平的磁场定向矢量控制技术;逆变侧采用大功率全控器件高压 IGBT 元件。因为 IGBT 元件的开通和关断过程都是连续可控的,无需附加其它电路就能实现 dv/dt 控制,所以可减小电动机和变压器上的 dv/dt 。由于采用了 KTY84 器件,可以在线进行高精度的转矩控制。Simovert MV 是一种可靠性很高的变频器,4 年来一直运转良好,节电效果非常明显:每年节电 452 万 kW·h,以每 kW·h 电 0.6 元计算,则每年能节省电费 536 万元。而取水泵站的全部调速装置投资为 800 万元。可见,不到 2 年就可收回投资。

2 变频器在给水处理厂站中的应用

给水处理工艺流程,一般为进水、进配水、絮凝沉淀、过滤、入清水池、进配水泵房,送入配水管网;还有加药、加氯、加氨等辅助系统,中间还有回流泵房等。每个城市的供水系统及每个水厂的水量变化是相对的,春夏秋冬时的变化系数和日变化系数都很大。其中,净配水厂比取水厂站的流量变化更大。流量的千变万化,关系着整个处理系统的不断变化,如絮凝沉淀、各种过滤的处理程序、加氯、加氨及加药的随机变化,以及回流泵房等,都要采取各种先进监控技术来调节变化。下面重点介绍一下送水泵房大容量水泵机组的调节问题。

以日产百万吨水的北京市第九水厂设计为例,整个工艺流程及变配电设备选型,不是按最高日、最高时的流量和其对应的压力为工作点来选水泵和组合水泵,而是在满足最大设计水量的基础上,尽量使调速高效特性曲线接近系统的特性曲线。调速水泵的台数,应选在全年内运行工况中开泵出现次数最多的台数为需要的台数,而备

选泵用定速泵。

首期 2 台 2 500 kW 水泵机组运转出现机率最大,其次为 3 台同时运转,要考虑的是各种台数组合的系统曲线的高效区均能在高日、高时流量的基础上向右下方移动。

二期后同时运转需要 4 台 2 500 kW 的水泵机组。考虑日变化系数和时变化系数的变化率,设计中,4 台运转泵均采用变频调速装置,这样运转,最为经济合理。当 1 台调速泵有故障时,可以“三调一定”运转,其综合效率虽降低了一点,但工作扬程仍然很高。如果按老思路设计,为了调节水量,就要选各种不同容量、不同型号的水泵机组。这样一来造成水泵机组多、泵房面积大、土建投资更大;同时,使管理维修难度加大,水锤现象无法避免,电耗、水耗更是居高不下。

现在北京水源九厂的送水泵房有了 4 套西门子的变频调速装置,第三期又上了 2 套罗宾康的电压源型宽频带的变频调速装置;6 台 2 500 kW 的调速水泵机组同时运转,供水量为 $1.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$,占了北京总供水量的 $2/3$ 之多,其节能降耗的成果非常显著。

3 变频器在污水处理厂中的应用

(1) 城市生活污水、发电厂污水除硫工程、各系统工矿企业的污水处理的工艺主流程,都是采取提升泵房、曝气池生化处理、污泥消化及污泥脱水、加药处理等程序。为了达到污水排放的标准,必须根据流量和各种水质参数来进行监控。污水生化处理,必须适时提供菌胶团生存和繁殖所需氧气量。氧气量少了,会降低细菌分析的效果,甚至导致生化处理失败;氧气量过多,污水中的细菌会过氧化。在生化处理过程中,氧气量与生物需氧量 BOD、化学需氧量 COD、悬浮物 SS、水量和温度等水质参数有关。曝气所需的风量与污水中的溶解氧的关系最为重要。常规的风量恒定控制和曝气倍率控制都不是好的方法,没有达到节能的效果;同时,曝气所需风量与溶解氧的关系是非线性的,需根据溶解氧的偏差来调整鼓风机的风流量。检测溶解氧含量是非常困难的,过去采用 PD 技术建模预测,效果不好。采用模糊控制等技术,其超调和过渡时间都远远小于常规的 PD 控制,其优点是超调量和振荡小,过渡时间短,稳

定性好,抗干扰能力强,根据溶解氧的参数就可以实现风量的闭环自动控制。如鼓风机在工频下启动,电流冲击很大,容易引起电压波动;而鼓风机风压一定,只能靠调节出气阀门和增减工作台数来改变风量。这种方法既增加管道阻力,能量又浪费在了阀门上。在罗茨风机上应用变频器技术,适当调节电机转速来调节风量,就可调节污水中的氧气含量。如某污水处理厂曝气机容量为 $132\text{ kW} \times 4$,每年可节电 $8\,856 \times 10^5\text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

(2) 污水处理厂提升泵房的潜水泵和脱水离心机,都可根据处理量的多少来采用变频调速装置,使电动机软起或软停,消除水锤的冲击破坏,防止电动机过早老化,并有显著的节电效应。

(3) 污水处理过程中加药量的多少,直接影响污水的排放标准。水质参数和污水量变化是绝对的,药剂剂量加少了,不能保证出水标准;药量加大了,会造成很大的浪费,且无论过多过少都会严重破坏生态环境。新建的绝大多数污水处理厂站,都设计了自动加药装置,既保证了排放标准,又大大减小了浪费。自动投加药系统的核心是安装变频器。通过模糊控制等技术,就可在线实时地改变加药泵转速,从而达到自动加药的目的。新的自动加药系统简化了操作程序,减轻了人力强度,降低了劳动成本,提高了污水处理厂的竞争力。

我国为确保生态环境不继续恶化,每年投资300多亿元;随着“十一五”规划的实施,每年都要追加环保投资到500亿元以上。污水处理的建设力度比给水处理大得多,这就给变频调速和各种先进控制技术的使用提供了更广阔的空间。

4 变频器在污水排放泵站中的应用

沿江河两岸的大中小型城市,如上海、南京、武汉、镇江、天津等,把建设污水排放工程放在非常重要的位置。

例如前几年,上海市政府利用世界银行贷款来建设“上海市污水处理二期工程”这个污水排放泵站,采用了6台 $1\,000 \sim 1\,600\text{ kW}$ 变频器,电压为 6 kV 。由于无法预测污水排量的实际数值,设计专家无法进行精确设计。但采用了变频调速设计方案后,选用统一容量的多台水泵,圆满地解决了上述问题。该工程中选用的美国罗宾康公司

生产的中压电压源型变频器,功率因数在0.95以上,效率高达97%,谐波电流总失真小于2%;采用低压的IGBT器件,可靠性高,技术成熟;模块化设计,维护简单,收到了很好的节电效果。其缺点是IGBT元器件过多,由5个690V的功率单元串联,价格偏高,故障率也会偏多。

5 变频器在高层楼群二次供水中的应用

“十一五”期间,我国的城镇化建设步伐将会更快,城镇高层楼群的二次供水问题将显得更加严重。气压罐、高位水箱、高位水塔、泵组分时供水等传统的做法,已经过时了。它们的共同缺点是:占地面积大、基建投资高、管网系统压力不可调、能源消耗巨大,特别是水锤问题无法解决,高层用户不能保证供水,且水质二次污染严重,维护工作量和维护费用巨大。近年来,采用变频调速技术构建二次恒压供水系统已取得了巨大成果,大大提高了水质服务的质量。随着城市楼群的迅猛发展,采用变频调速技术和各种先进监控技术可组建更节能更科学的二次供水体系。二次供水不仅采用变频器,还要有各种先进的监控技术。据某城市实测,一台 154 kW 的变频调速器用于水泵调速,每小时节电近 $40\text{ kW} \cdot \text{h}$,节电率高达28.5%;在锅炉引风机上安装一台 22 kW 的变频调速器,节电率可达30%,节电效果十分显著。

6 结 语

水工业各系统领域的企业是传统的基础产业,在降耗节能方面有巨大的市场。上面提到的变频器的使用例子,只是一个缩影。变频器将大大提高水工业各领域的经济效益和竞争力,在全球化的市场经济中占领一席之地。

【参 考 文 献】

- [1] 陈伯时. 交流变频传动控制的发展 [G]. 北京:第一届变频器与伺服企业论坛, 2004: 1-3
- [2] 陈运珍. 水工业领域与调速节能技术 [J]. 变频器世界, 2002(1): 4-7.
- [3] 马小亮. 变频器选型中的几个问题 [G]. 深圳:变频器行业企业家论坛, 2002

收稿日期: 2006-10-20