

变频调速恒压供水系统研制

高新陵¹, 宋晓平²

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 江苏省电工技术学会, 江苏 南京 210042)

摘要 采用变频调速技术及微机自动控制技术对企业的供水系统进行技术改造和管理升级. 系统投入运行后, 企业不仅实现了稳定的恒压供水, 明显改善了企业的供水环境, 而且还节约了大量的电能和地下水资源, 有力地保护了供水系统内的设施和设备. 系统投入使用两年来, 该企业无爆管及损泵事故发生, 综合效益十分显著.

关键词 变频调速 恒压供水 节能 设备保护

中图分类号 :TU991.4 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2001)01-0115-04

某大型酒业集团的生产厂区, 使用井式潜水泵供水, 以满足工厂生产和职工生活用水需求. 原厂区内的供水系统较简单, 数台水泵的连续供水或间断供水都是依靠人工控制, 工频恒速运行, 不能随机调节. 实际在全天过程中, 用水量是随着各生产班组生产情况和住户用水情况瞬时变化的. 水泵机组按工频运行, 造成供水系统中压力波动很大. 流量较小时, 水泵坚持供水, 系统中水压骤增. 流量较大时, 系统中水压骤减. 整个供水系统中水压时高时低. 操作者虽然可以用手工关闭或开启不同水泵台数的方式进行控制, 但这种方式因供需之间无瞬态信息反馈, 不可避免地存在着企业电网负荷的波动冲击、供水设备的疲劳损伤. 所以该企业供水系统中的井式潜水泵机组寿命缩短, 半年至一年就要大修或更换, 厂区还常常发生爆管事故, 影响企业正常生产, 同时也大量浪费电能和地下水资源.

因此, 有必要对厂区供水系统实施变频调速恒压供水节能技术改造^[1], 实施该技术的目的是: (a) 保持供水水压恒定, 避免水压骤增骤减, 改变原来水泵阀门易疲劳损坏、厂区易爆管的现象; (b) 实现主水泵电机的软启动, 既提高供水设备的寿命, 同时也减少对企业电网的冲击, 避免了该厂产品因电网波动而引起的质量不一致性; (c) 大幅度地节约能源消耗, 节约大量的地下水资源; (d) 实现自动控制, 改造后的系统无需专人值守, 避免操作者经验不足和工作责任心不强的弊端. 总的来讲, 实施该项技术, 可使企业生产成本较大幅度地降低, 产品质量较大幅度地提高, 促进了企业的技术进步.

1 供水技术方案及功能

厂区有三台深井潜水泵, 两台 34 kW, 一台 17 kW. 一般生产条件下使用两台 34 kW 的水泵. 第一台为变频调速泵, 第二台为恒速工频泵, 两台泵在自动方式下联合控制. 第三台泵备用. 当变频调速泵达到额定输出未满足系统恒压需求时, 控制系统自动启动第二台工频泵. 当两台泵达到额定输出仍未满足系统恒压供水要求时, 系统自动发出报警信号, 手工启动第三台泵. 系统功能设计如下:

a. 每日夜间为企业停水时间段. 方案中采用拨码开关提供多种状态选择的功能:

(a) 不停机状态. 由一台变频调速泵供水, 保证生产和生活整夜有水用;

(b) 停机状态. 在控制面板上, 设计停机时间选择(1~9 h), 人工停机后系统自动计时到达所选定的时间时, 变频调速泵自动开启投入运行.

b. 企业供水时间段. 在自动方式下, 用水量较小时, 由一台变频调速泵供水. 用水量大于一台泵的供水量时, 自动判断另外两台泵是否应该投入运行. 用水量变小时, 自动关闭工频泵. 一般生产季节的供水运行方案如图 1 所示, 生产旺季供水运行方案如图 2 所示. 由变频调速器控制的水泵电机设定为软启动, 工频泵采取降压启动. 在手动方式下, 操作人员按‘启动’或‘停止’按钮启停工频泵, 此方式可保证在自控系统检修时

不影响企业生产.

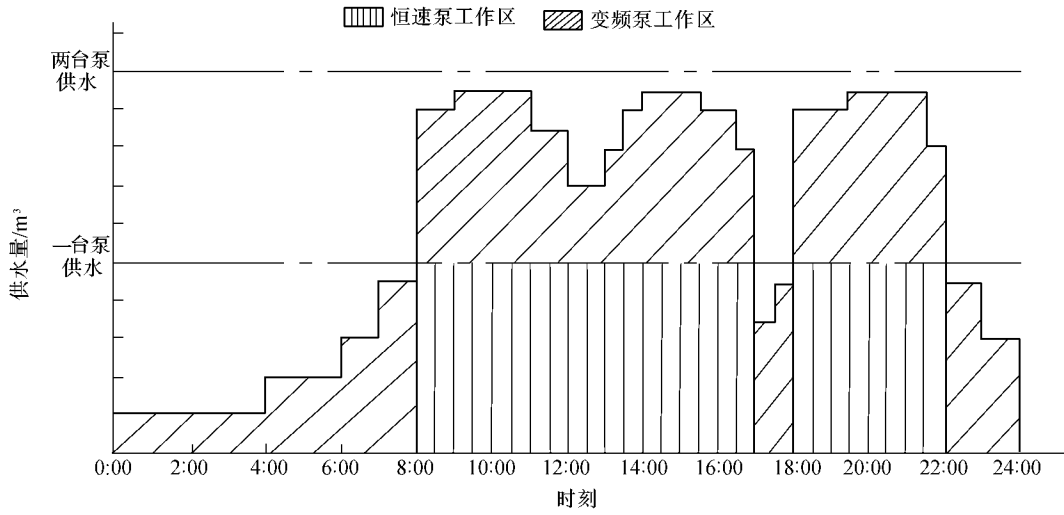


图 1 一般季节两台水泵供水运行方案

Fig.1 Operation design of the two-pump system for a normal

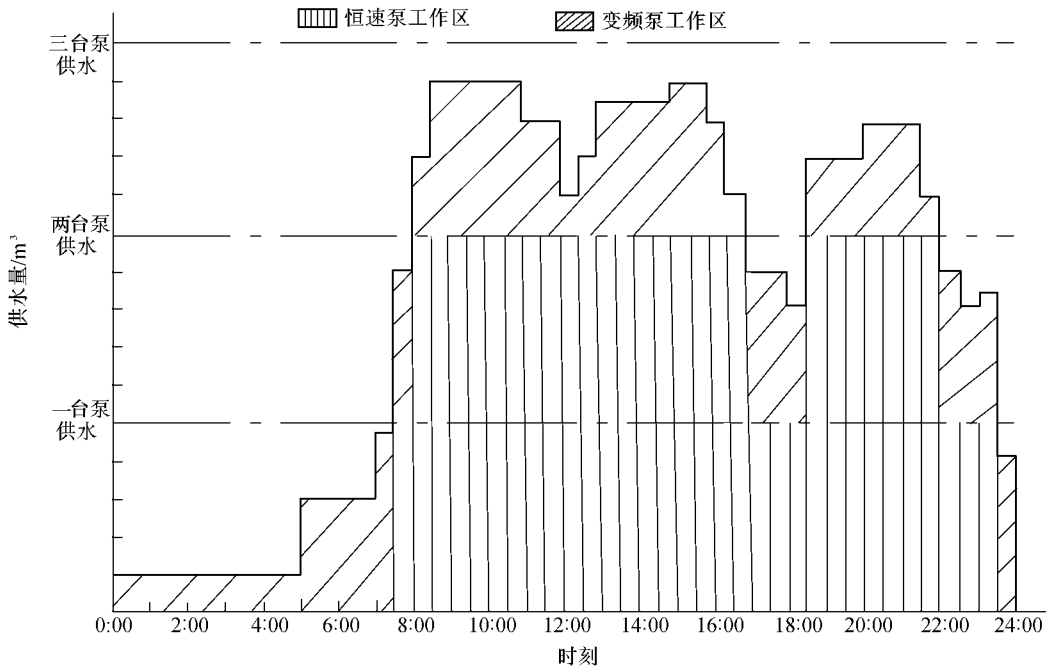


图 2 生产旺季三台水泵供水运行方案

Fig.2 Operation design of the three-pump system for a busy season

c. 控制部分通过声、光报警信号对全系统运行进行监控,保护功能设计可提示报警的状态有 机械系统无水无压力报警,变频器异常报警,供水异常报警,工频泵超载故障报警. 在各种报警状态,设有对应的报警指示信号或报警声音提示,便于操作者判断报警原因并及时处理.

因实施项目的企业供水管网地理位置较复杂,只能在主管道附近确定压力数据采集点,水路压力波动反应比较敏感,变频调速器在运行中会出现不稳定的频率震荡的状态. 因此,在系统设计时采用了 PID 调节控制方式,对 PID 参数进行现场设定,构成供水压力采样、PID 调节、变频调速的闭环控制系统. 经过这样处理,有效地改善了压力波动状况. 整个系统在保证正常水压的同时,变频器始终能在相对平稳的频率状态下运行.

供水系统控制原理框图见图 3.

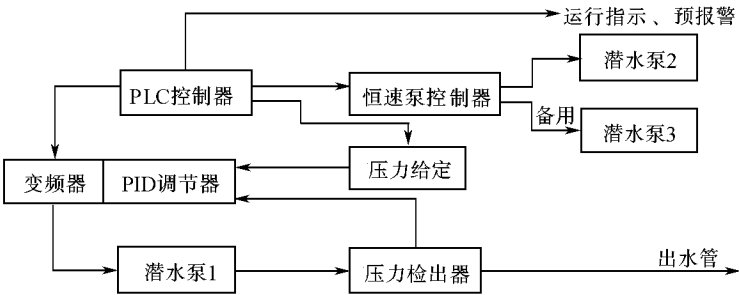


图 3 供水系统控制原理框图

Fig.3 Control structure of water-supply system

2 项目经济效益分析

本系统已正常运行两年时间,以企业近两年来《配电室与深井泵变频调速系统运行记录》的统计数据为基础,对该系统进行相关的经济效益分析如下:

厂区安装有三台深井潜水泵,一台泵变频运行(34 kW),另两台泵在工频下运行(34 kW,17 kW),其负载为生产和生活两个部分组成.一般生产季节通常只有两台 34 kW 泵投入运行.生产旺季,三台泵均投入运行,企业实行轮班生产制.由统计数据,每天较稳定的生产时间为 13 h,变荷工作时间为 11 h,夜里一般不停止供水(厂区内含招待所、食堂和生活区).

在 13 h 的工作时间内,一般季节调速泵供水量是本台泵额定出水量的 90% (开启两台泵供水),生产旺季调速泵供水量是本台泵额定出水量的 80% (因同时开启三台泵供水).

酒业销售的特点是全年中的生产旺季和一般季节约各占 6 个月,所以,在每天 13 h 工作期内,可设调速泵平均供水量是额定流量的 85% 在 11 h 变荷期内,设调速泵供水量为额定流量的 70% (因该阶段为企业上下班时间和部分班组的夜班时间,负荷不稳定,有时负荷较小,常常只开启一台泵).

水泵流量 Q 与转速 n 成正比,水泵轴功率 P 与转速 n 的立方成正比^[2],所以有

$$Q_2/Q_1 = n_2/n_1 \qquad P_2/P_1 = (n_2/n_1)^3$$

式中: Q_1, P_1 ——水泵工作转速为 n_1 时的输出流量及输出的轴功率; Q_2, P_2 ——水泵工作转速为 n_2 时的输出流量及输出的轴功率.

当流量 $Q_2 = (85/100) \times Q_1$ 时,轴功率 $P_2 = (85/100)^3 \times P_1 = 61.4\% P_1$,所以采用变频调速的方法来调节流量时,在 13 h 工作期内,系统能够节能 38.6% P_1 .

当流量 $Q_2 = (70/100) \times Q_1$ 时,轴功率 $P_2 = (70/100)^3 \times P_1 = 34.3\% P_1$,同理可得到在 11 h 变荷期内,系统能够节能 65.7% P_1 .

34 kW 的水泵在工频下其输出的轴功率为 31.8 kW,则每日有

$$31.8 \text{ kW} \times 13 \text{ h} \times 38.6\% = 159.58 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

$$31.8 \text{ kW} \times 11 \text{ h} \times 65.7\% = 229.82 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

与技术改造前相比,调频泵每日的节电量是

$$159.58 \text{ kW} \cdot \text{h} + 229.82 \text{ kW} \cdot \text{h} = 389.40 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

按照农村企业近几年的平均用电价格,每度电的价格为 1.2 元人民币,每日节电款约 467 元,每月按 24 d 工作日计(事实上此类企业一般是轮班休息,部分生产线实行不停机工作制),故平均每月至少可节约能源费用 11 208 元.每年按 11 个月计,则年节约电费约 12.3 万元.其它间接经济效益及社会效益均没有计入.由以上数据还可知其理论节电效果是

$$389.40 / (31.8 \times 24) = 389.40 / 763.20 = 51.02\%$$

该酒业集团的生产厂区使用本系统已两年多,实际运行的电耗统计数据也表明本系统实现了节电 30% 以上的预期目标.

由企业《配电室与深井泵变频调速系统运行记录》的统计数据表明,理论节电效果与实际统计节电效果

有一定的差距.分析系统使用的外部环境因素和本系统本身使用条件因素,产生这种差距的原因在于:系统所设定的节能计算模型是建立在企业以往统计数据基础上的,与现实生产情况会有差异.调频水泵在低速运行时其水泵效率会有所下降(尤其是井式潜水泵).变频器本身的调速特性表明,变频调速器在低频下运行时节电效果不如接近工频时显著^①.另外,企业原有的供水网设施质量和相关电器设备质量及可靠性对节能效果也会有一定的影响.

3 结 语

a. 本系统的设计方案采用变频调速技术和计算机自动控制技术,除满足恒压供水的需求外,还切实地满足了企业实际生产提出的各项管理功能要求,使之便于操作、便于维护、便于管理.由于在方案设计中树立了以人为本的指导思想,使先进的科学技术与实际情况结合较好.该项目投入运行后为一线工人所接受,受到企业的欢迎.

b. 该企业处在经济不发达地区,由于掌握有关技术的人才比较缺乏,设备的可靠性设计十分重要.在本设计过程中除了要求方案本身满足生产需求外,在实施中尤其注意了重大设备的选型及所用电器元件的内在质量,对系统的可靠性设计进行了反复论证,保证了系统的长期稳定运行.

c. 该系统投入运行,不仅实现了恒压供水,改善了企业的供水环境,而且还节约了大量的电能和地下水资源,十分有力地保护了供水系统内的设施和设备.在投入使用后的两年来,该企业无爆管及损泵事故发生,综合效益十分显著.

参考文献:

- [1] 史密斯 C B 著. 节能技术[M]. 殷元章,等译. 北京:机械工业出版社,1987. 236 ~ 240.
- [2] 周漠仁. 流体力学泵与风机[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1994. 310 ~ 324.

Development and Application of Variable-Frequency, Adjustable-Speed Driving System of Water-Supply under Invariable Pressure

GAO Xin-ling¹, SONG Xiao-ping²

- (1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ;
- 2. Jiangsu Electrotechnics Society, Nanjing 210042, China)

Abstract : The variable-frequency adjustable-speed techniques are introduced in to the improvment of a water-supply system. The practical operation indicates that the improved system is efficient. The water-supply system is energy saving and water saving, and has the function of supplying water under invariable pressure, thus, the security of the water-supplying equipment is ensured.

Key words : variable-frequency adjustable-speed ; water-supply under invariable pressure ; energy saving ; equipment protection

① 三菱电机株式会社. 三菱变频调速器使用手册. 1998. 101 ~ 110