

安仁溪水电站机组动能参数在线监测

范华秀¹, 刘金生¹, 徐汉柯¹, 陈晓霞², 游晓舟³

(1. 武汉水利电力大学, 湖北 武汉 430072; 2. 福建省水利水电勘测设计院, 福建 福州 350001; 3. 闽清县水电局, 福建 闽清 350816)

摘要: 论述了水轮机、水泵和大管道流量监测方法, 在此基础上介绍了安仁溪水电站机组动能参数在线监测系统, 对于解决水电站流量效率等动能参数的监测计量问题具有普遍应用意义。

关键词: 水轮机; 流量; 效率; 动能参数; 监测

中图分类号: TV 737

文献标识码:

文章编号: 1001-2184(2000)增-0080-03

1 前言

安仁溪水电站位于福建省闽清县境内, 距离福州市只有 60 多 km。是一座以发电为主的中小型水电站, 装有 2 台混流式机组, 总装机容量为 2×8 MW, 于 1997 年初建成发电。

为了加强电站经济技术指标考核管理, 实现水量平衡计算自动化, 提高发电效益, 在设计中考虑了装设两套机组流量效率等动能参数监测计量装置。工程指挥部经调研和比较论证后, 决定采用武汉水利电力大学研制生产的 YLX-02 型微机流量效率监测计量装置, 输出参数包括: 发电流量、日用水量、累计用水量、开机耗水量、工作水头、发电耗水率、日均耗水率、机组效率……等 12 个动能参数, 已于 1997 年 4 月投运, 经过近 2 年的运行考验表明: 该装置运行稳定可靠, 数据准确, 操作维护简便, 自动化水平高(已与上位计算机联网), 是目前适用于水电机组流量效率等动能参数监测计量的功能齐全、技术先进和性能价格比高的装置, 已取得很好地效果。

2 流量监测方法

流量监测是机组动能参数监测的核心。随着科技的进步, 目前能用于水轮机、水泵和大管道过水流量在线监测的方法有: 电磁法, 超声波法, 差压法。

2.1 电磁法

根据电磁感应原理, 当导电液体沿测量管段与交变磁场的磁力线成垂直方向流过时, 导电液体切割磁力线产生感应电势, 此感应电势的大小与液体流过测量管段的平均流速成正比, 由下式表示为:

$$E = K \cdot B \cdot V \cdot D \quad (1)$$

式中 E —— 感应电势 (V);

D —— 电极间距离 (m);

B —— 磁通密度 ($T = Wb/cm^2$);

V —— 导电液体流速 (m/s);

K —— 与磁场分布及轴向长度有关的系数。

由此原理制成的电磁流量计, 在国内已经系列化, 如开封仪表厂由英国 Contte 公司引进生产的 VWB 型电磁流量计最大直径为 1.6 m, 上海光华仪表厂生产的 LDG-S 型电磁流量计最大直径 1.2 m。

然而, 电磁流量计的价格几乎与管径成正比, 大口径的价格昂贵, 如 $D = 1.6$ m 的电磁流量计约 10 万元一台, 而且目前最大口径也只有 1.6 m, 因此不适用于大中型水电站。即使管径 $D < 1.6$ m 的小水电站和泵站, 采用电磁流量计将增加厂房宽度, 增大工程费用, 也是不可取的。所以电磁流量计多用于供水部门, 用来监测计量输水管道的流量和用水量。

2.2 超声波法

水流对超声波的传播具有携带作用, 称携带效应。当超声波在管道中同一声路顺流传播和逆流传播时, 就会产生传播时间差, 这一时间差值 Δt 与水流在声路上的平均流速 V 成正比, 由下式表示为:

$$V = \frac{C^2}{2L \cdot \cos\theta} \Delta t \quad (m/s) \quad (2)$$

式中 C —— 超声波在静水中传播速度, 约为 1500 m/s;

L —— 声路长度 (m);

θ —— 超声射线与水流方向(管轴线)之间的夹角;

Δt —— 超声波顺、逆流传播时间差 (s)。

由此原理研制成功的超声波流量计已达到实用阶段, 如开封仪表厂由美国 Westing house 公司引进生产的 LEFM-801B 型超声波流量计, 已在许多供水部门和大型水电站使用, 换能器有插入式、夹持式和帽贝式可供选用。此外, 南京电力自动化研究院(原南京自所)也从美国 O·R·E 公司引进并随后开发出 SP-911 型超声波流量计, 也在若干大型水电站

中投入运行。

然而,超声波流量计由于价格昂贵,只适用于大中型水利水电工程。其次,对安装条件也要求较严格,如四声路流量计要求等径直管段长 $L=7D$ (管径);否则要采用交叉四声路,换能器将增加一倍,费用更高。再次,换能器装在压力钢管上,安装工程量,维护也困难。超声波流量计的最大优点是:无需现场率定即可使用。

2.3 差压法

当水流通过截面变化的流道时,其动能和压能会互相转化产生压力差;当水流通过弯道时,动量发生变化也会产生压力差;当水体在流动过程中由于摩擦的作用,在不同断面和部位之间同样会产生压力差。这些压力差与通过截面的流量存在一定的函数关系,只要测出压力差就可以求得流量,这种方法称为差压法。

不论以何种方式产生的压力差,其流量 Q 与压差 ΔH 的关系均由下式表示:

$$Q = K \sqrt{\Delta H} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (3)$$

式中 ΔH —— 由于动能或动量变化产生的压力差
($1\text{mH}_2\text{O} = 9.81\text{ kPa}$);

K —— 与雷诺数有关的流量系数。

压差 ΔH 可采用差压变送器简便而精确地测得,最困难的是流量系数 K 值的现场率定。我们在多年的测流理论研究和现场实践中,总结出了一种相对效率特性法或参数辨识法,在不停机情况下即可确定 K 值,精度满足运行监测要求,解决了差压法测流的这一道难关。

近年来,武汉水利电力大学开发研制的差压式微型流量监测装置已经系列化,其功能也已扩展到整个机组动能参数的监测与计量。装置费用较低,约为超声波流量计的 $1/5$ 。安装调试不影响机组正常运行,操作维护简便,适用于任何型式水电站(泵站)和水轮机(水泵),现已在数十座水电站和水泵站投入运行,包括混流式、轴流式、贯流式、冲击式和可逆式水轮机,混流式、轴流式水泵和压力输水管,都取得了很好效果。鉴定认为:该装置“技术指标达到了国际先进水平,是90年代的换代产品。”

3 机组动能参数在线监测系统

监测系统由如下部分构成:测量断面及引压系

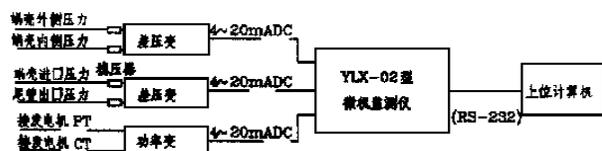


图1 机组动能参数在线监测系统框图

统,采样变送器, YLX-02型微机流量效率监测仪,上位计算机,系统构成框图见图1。

3.1 测量断面及引压系统

对于有蜗壳的混流式、轴流式和斜流式水轮机,流量测量断面都无例外地选在蜗壳上。水流在蜗壳中流动时,因受离心力作用,动量发生变化,因而在不同流线之间产生压力差,外侧压力大,内侧压力小,压力差 ΔH 与通过的流量 Q 之间的关系由式(3)所描述。测量断面通常选在蜗壳进口旋转45°的位置处,该处水流已完成由直线运动到圆周运动的过渡,符合等速矩定律,并且保有较大的流量和断面尺寸。外测压孔(高压测孔)设在蜗壳外壁,内测压孔(低压测孔)设在靠近固定导叶处,见图2(a)。为了在调试时选择适当的压差,内测压孔通常设置2~3个。

蜗壳进口压力、尾水位和工作水头的测量断面,通常布置在蜗壳进口前压力钢管的适当位置和尾水管出口处。测压孔设在侧壁,并用均压环管连接。切忌设在底部,以免泥沙堵塞;也切忌设在顶部,以免漂浮物堵塞和进入空气,见图2(b),(c)。

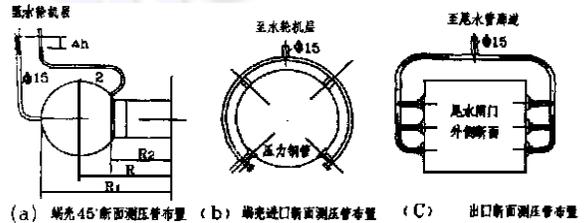


图2 测量断面布置图

引压系统埋设管采用 $\varnothing 25\text{ mm}$ 镀锌管,明管采用 $\varnothing 15\text{ mm}$ 镀锌管。引压管在接至差压变送器之前设置稳压器,以消除或减弱压力波动。稳压器内焊有两块阻尼片,各钻有4个 $\varnothing 3\text{ mm}$ 小孔,水压脉动经稳压器两次扩容和阻尼作用后,出口压力将趋于稳定,见图3。在引压系统顶部设集气管和排气阀,以提高测量精度和稳定性,见图3。

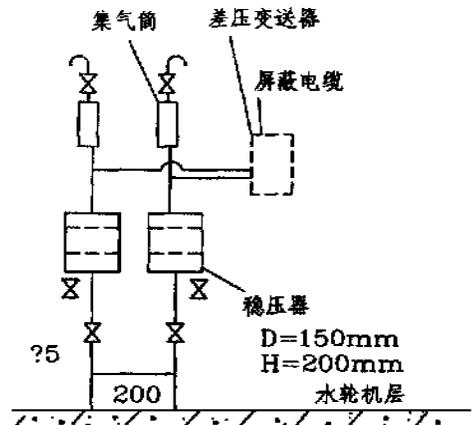


图3 引压管及差压变送器布置图

3.2 采样变送器

采样变送器包括: 差压变送器 2 只, 三相有功功率变送器 1 只。变送器的输入分别为蜗壳 45° 断面内外侧压差、蜗壳进口和尾管出口压差、机组有功功率, 输出均为 4~20 mA ADC 统一信号, 此信号即为流量效率监测仪的采样信号, 见图 1。

差压变送器配用由美国引进生产的系列产品, 功率变送器配用由瑞典引进生产的系列产品, 精度均为 0.25 级或 0.5 级。该变送器性能稳定, 温漂和零漂小, 线性误差小, 使整个监测系统的准确度能得到保证。

3.3 YLX-02 型微机流量效率监测仪

监测仪是监测系统的核心部分, 采用武汉水利电力大学开发研制的 YLX-02 型装置。它包括电源板、主机板(数据处理板)、显示板和通讯接口, 构成一完整系统, 通过软件实现各监测计量功能。

在 YLX-02 型监测仪中, CPU 采用运算控制能力强, 功能价格比高的 96 系列单片微机。在电路中扩展了一片 2764 作为程序存储器, 一片 6264 作为数据存储器, 一片 8255 作为拨码开关输入数据用。为了提高系统的可靠性, 电路中设计了掉电检测和掉电保护电路。为了同上位机通讯, 还设置了 RS-232 串行口电路。其硬件原理框图见图 4。

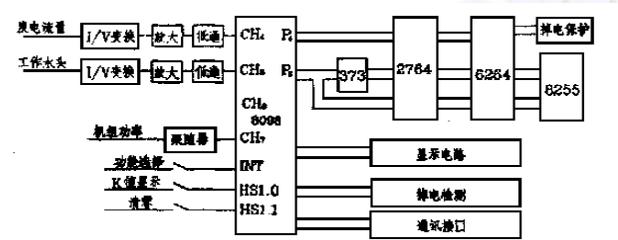


图 4 YLX-02 监测仪硬件原理图

监测仪的软件设计, 采用了模块程序设计技术。根据系统功能, 将整个软件划分成若干个功能相对独立的模块, 为每一个模块设计算法和程序流程, 并按流程编制程序。

监控软件从功能上可划分为以下几个模块: 系统初始化; 信号采集和处理; 显示程序块; 定时器中断服务程序。监测仪的主程序框图见图 5。

3.4 上位计算机

监测仪的数据输出由面板上的 LED 数码管显示。此外, 为了适应计算机监控的需要, 监测仪还设有 RS-232C 通讯接口, 已实现与上位计算机联网。

对于有计算机监控的水电站和水泵站, 监控机即为本系统的上位机, 数据和图形曲线直接在监控机显示和打印报表。至上位机的字符、字节和波特率等通讯规约, 应统一按原电力部“电力系统通信规

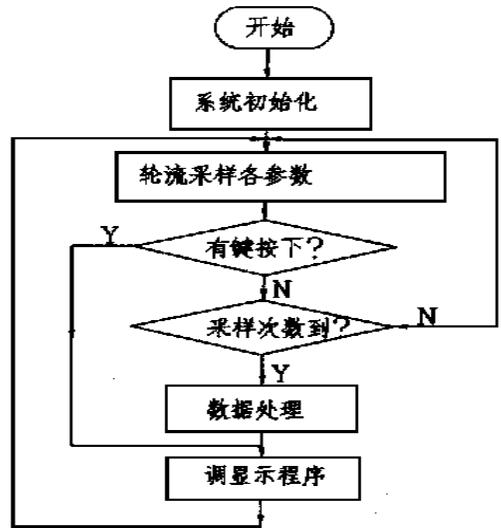


图 5 YLX-02 监测仪软件框图

约’制定。

4 结语

综上所述, 可得出如下结论:

(1) 差压法是水轮机、水泵和大管道流量监测方法中费用最节省, 安装调试和运行维护最简便的方法, 适用于各种机型和条件, 可在水电站和水泵站设计中采用。

(2) 微机型监测装置是现代微机技术在机组功能参数监测领域中的应用中, 具有自动化水平高、功能齐全、技术先进和性能价格比高等优点, 已取得很好效果, 可在水电站、水泵站设计和技术改造中推广应用。

参考文献:

- [1] 范华秀, 等. 水电机组流量效率监测计量装置研制[J]. 武汉水利电力大学学报, 1994(2): 208~215.
- [2] 谢荣松, 戴邦昌. 水电机组流量效率监测计量装置在下马岭电站投入运行[N]. 电信息报, 1993-01-20.
- [3] 范华秀. 水电站测流新技术[M]. 武汉: 武汉水利电力大学出版社, 1987.
- [4] 陈建铎. 8098 单片机原理及应用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 1995.
- [5] 何立民. MCS-51 系列单片机应用系统设计系统配置与接口技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1990.

作者简介:

- 范华秀(1939年-), 男, 广东韶关人, 武汉水利电力大学动力工程系教授, 从事测流理论及检测技术的教学与科研工作;
 刘金生(1945年-), 男, 河北宁津人, 武汉水利电力大学动力工程系教授, 从事水电站水力机械的教学与科研工作;
 徐汉柯(1966年-), 男, 湖北罗田人, 武汉水利电力大学动力工程系副教授, 硕士, 从事水电站监控技术的教学与科研工作;
 陈晓霞(1962年-), 女, 福建长乐人, 福建省水利水运勘测设计研究院高级工程师, 硕士, 从事水电站水机设计工作;
 游晓舟(1960年-), 男, 福建闽清人, 福建省闽清县水电局工程师, 从事水电站机电设计与管理工