

# 某舰主汽轮机正倒车阀位检测装置的研制及应用

孙世峰 李 慧

(哈尔滨七〇三研究所)

[摘要]本文对某导弹驱逐舰主汽轮机正倒车阀位检测装置的构成、检测元件的确定、电路原理及装舰使用等进行了介绍。

关键词 船用汽轮机 阀位 检测设备 研制

分类号 U674.032 U674.923

## 1 前言

某导弹驱逐舰主汽轮机正倒车阀门开度是反映该机运行工况的两个重要参数。正倒车阀门开度用凸轮转角和倒车阀升程体现。在主蒸汽参数一定的情况下,凸轮转角和倒车阀升程的数值就反映了主汽轮的运行工况或转速。因此,监测凸轮转角和倒车阀升程是很有必要的。

某导弹驱逐舰过去一直采用机旁操纵台上的大手轮手动控制主汽轮机运行工况,对凸轮转角和倒车阀升程只装设了就地机械指示。随着舰船自动化水平的提高,提出了对某导弹驱逐舰主动力装置进行微机集控室集中监控的要求,这就迫切要求将正倒车阀门的开度在集控室用仪表直观地反映出来,同时主机控制系统也需要这两个阀位信号作为控制回路的反馈信号,以实现对其自动控制。此信号精度的高低对主机控制系统的品质是至关重要的。接受此任务后,我们先后调研了国内各大仪表厂并与美国的 FOXBORO

公司联系,但因主机控制系统对此信号的精度要求高,加之舰上的环境条件恶劣,无现成产品可供选用,因而自行研制了本装置。凸轮转角和倒车阀升程检测装置的原理相似,下面只对凸轮转角检测装置进行介绍。

## 2 主机控制系统对凸轮转角信号的要求

2.1 对应凸轮转角  $0^{\circ}\sim 276^{\circ}$ 检测装置输出信号为  $0\sim +10\text{ V}$ 。

2.2 装置运行的环境温度  $0^{\circ}\sim +80^{\circ}$ ,相对湿度 100%。

2.3 信号的最大误差:  $\leq 100\text{ mV}$ 。

## 3 检测装置的硬件构成及工作原理

### 3.1 硬件构成

收稿日期 1994-08-04

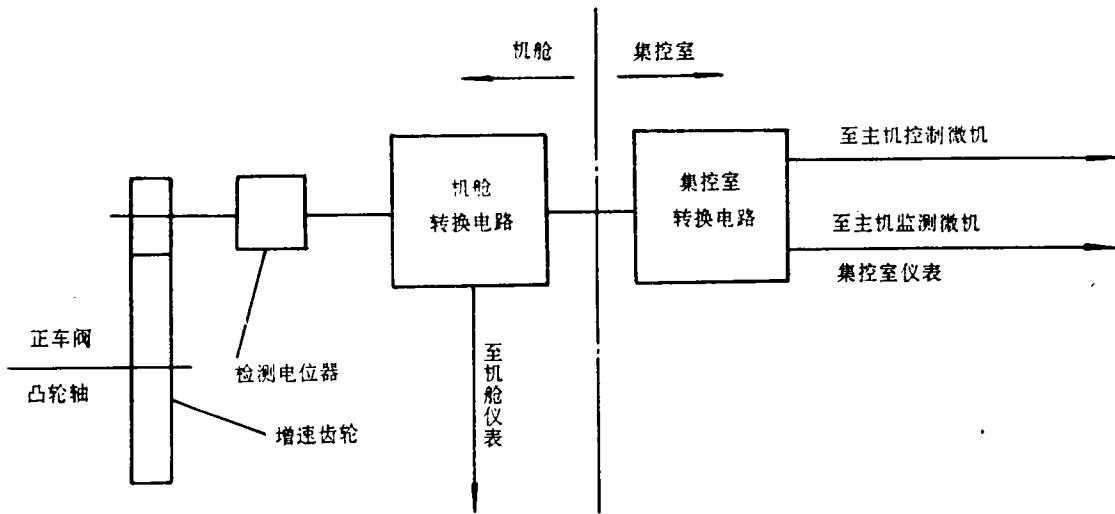


图1 检测装置硬件构成示意图

装置的硬件构成如图1。

整个装置由增速齿轮、检测电位器、机舱转换电路、集控室转换电路组成。该装置可以将凸轮转角的机械信号成比例地转换成电信号，供给主机控制回路及测量表计。增速齿轮的传动比为1:10，大齿轮与正车阀的凸轮轴同轴，小齿轮与检测电位器轴同轴。增速齿轮将凸轮转角放大后带动检测电位器，提高了凸轮转角信号的精度，机舱、集控室转换电路则将检测电位器来的电信号进行转换处理后送给指示表计及控制微机、监测微机。

### 3.2 检测元件的确定

检测电位器自身的性能决定着整个检测装置的测量精度。在装置研制的初期，采用了WDD65B型精密导电塑料电位器。该电位器的有效转动范围是 $0^{\circ}\sim 350^{\circ}$ ，具有精度高、线性度高( $>0.1\%$ )的优点。采用这种电位器无需加装增速齿轮。但在陆上试验中发现，这种电位器的高温性能很差。在冷态试验时，电位器的线性度很好，检测装置的精度亦能满足主机控制系统的要求；但在热态试验时情况就发生了急剧变化。由于检测电位器装

于正车阀的阀座上，此处温度很高，最高可达 $+80^{\circ}\text{C}$ 以上。这样，机组在高工况的情况下，电位器的非线性很大，致使检测装置的最大测量误差超过300 mV，远远满足不了主机控制回路的要求，造成主机控制系统振荡。

陆上试验结束后，又进行了大量的试验和多方案比较，最终确定了WX5-11型多圈线绕电位器配增速齿轮作为检测元件的方案。该电位器的转动范围为 $0\sim 10$ 圈，虽然其线性度( $\pm 0.4$ )不如WDD65B，但其高温性能好。此电位器配以增速齿轮后可将凸轮转角放大10倍，即使检测电位器的信号精度提高10倍，因而整套装置的测量精度亦大大提高。实践证明：这种方法满足了实践使用的需要。

增速齿轮的传动比之所以确定为1:10，有两方面原因：一是因为凸轮转角实际上是存在超程的，如果增速齿轮的传动比设计成对应凸轮转角 $0\sim 276^{\circ}$ 满量程，检测电位器转满10圈，不留余量，虽然检测电位器的有效使用范围增大了，但凸轮转角的超行程必然会造成检测电位器的损坏。二是因为任

何电位器的始端和终端部分都是非线性的,非线性区间的大小因电位器的不同而异,对于 WX5-11 型电位器而言,大约在第一圈的前 230°和最后一圈的后 230°区间是非线性的,其余部分的线性度能满足±0.4%的要求。这样,将增速齿轮的传动比确定为 1:10,对应凸轮转角的 0°~276°,电位器转动了接

近 1~9 圈,留有两圈多余量。因而,既避开了电位器的非线性区,又满足了凸轮转角超行程的需要。

### 3.3 转换电路的工作原理

转换电路的工作原理示意图如图 2 所示。

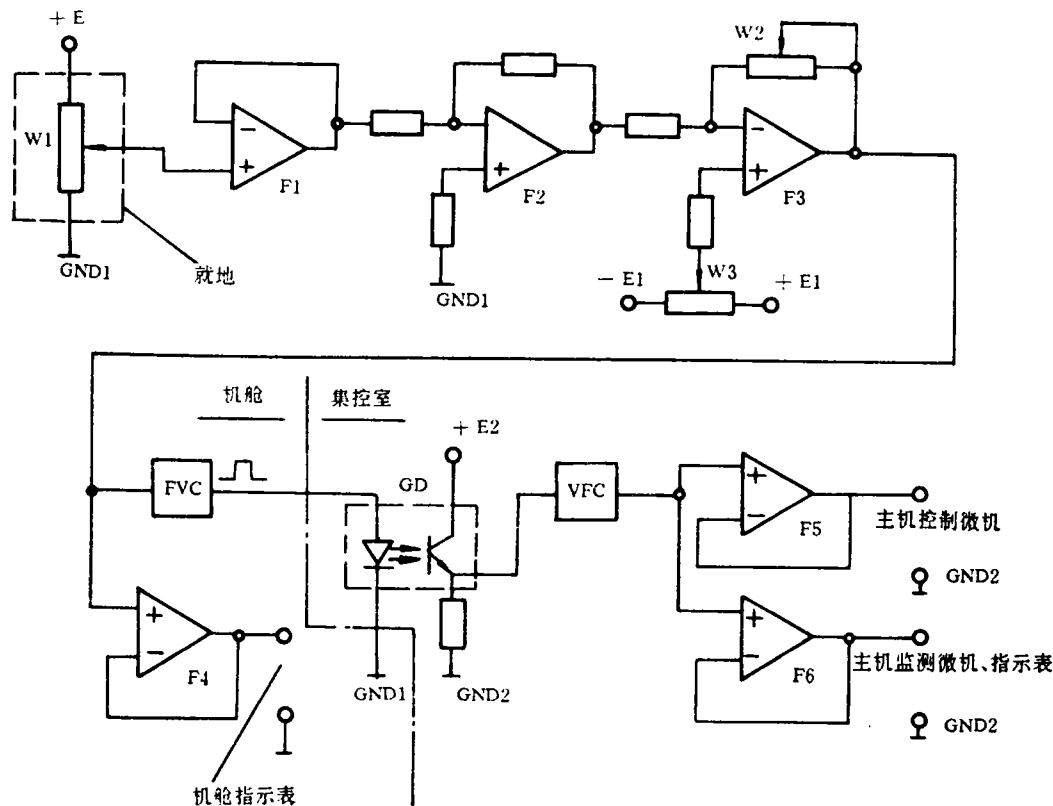


图 2 转换电路工作原理示意图

本电路主要是采用线性器件构成的一个线性转换电路,它接受反映凸轮转角的检测电位器 W<sub>1</sub> 来的电压信号,经处理后成比例地转换成主机控制系统及指示表计要求的电压信号。电路由前置级、反相级、放大调零级、调制、解调及光电隔离级、缓冲驱动级组成,各部分功能如下:

#### 3.3.1 前置级:将运算放大器 F<sub>1</sub> 接成电压

跟随器形式,增加转换电路的输入阻抗,改善转换电路与检测电位器之间的阻抗匹配关系,降低输入信号的损失。

3.3.2 反相级:为了提高电路的稳定性,放大级采用反相放大器。为使放大级输出的电压信号极性与检测电位器测得的凸轮转角信号极性一致,增加了一级反相级,由运算放大器 F<sub>2</sub> 构成反相器,该级输入输出信号大小相

等,极性相反。

3.3.3 放大调零级:主要由运算放大器  $F_3$  和电位器  $W_3$ 、 $W_2$  构成。其中:电位器  $W_2$  用于调整转换电路的放大倍数,即将检测电位器  $W_1$  测得的电压信号放大至主机控制、监测系统所要求电压值;电位器  $W_3$  用于调整转换电路的工作零点。安装调试过程中,对应检测电位器  $W_1$  的初始位置(即凸轮转角的零位),调整  $W_3$  使转换电路的输出为零,对应凸轮转角的  $276^\circ$ ,调整  $W_2$  使转换电路的输出电压为  $+10\text{ V}$ 。本电路在现场安装后,只需调整  $W_2$ 、 $W_3$  即可正常工作。

3.3.4 调制、解调及光电隔离级:由电压频率转换器 VFC、光电耦合器 GD、频率电压转换器 FVC 构成。VFC 将  $F_3$  输出的电压信号成比例地调制成频率信号送给光电耦合器 GD;GD 使机舱和集控室的电路隔离开来,使之只有光的耦合,没有电的联系,避免了异地电路之间的干扰;FVC 再将 GD 输出的频率信号成比例地转换成电压信号。采用这一级的目的就是为了解决信号长距离传输过程中的信号衰减和干扰问题。因为机舱、集控室之间相距较远,信号电缆要穿越几个舱室,而且舰上存在通讯、导航、消磁系统的强磁场,如果直接采用模拟电压信号传输,不仅会使信号衰减,而且很容易遭受强磁场的干扰,造成检测信号的超差,甚至使主机控制回路失控。因而采用调制解调技术。实际电路中,机舱至集控室之间的信号采用电流型脉冲信号传输,这更提高了传输信号的抗干扰能力。光电隔离技术使得机舱、集控室的电路系统相对独立,互不影响。

3.3.5 缓冲驱动级:为提高电路的带负载能力,电路的输出部分采用将运算放大器接成电压跟随器形式。图中  $F_4$ 、 $F_5$ 、 $F_6$  就起这一作用。为提高信号的可靠性,避免主机控制回路和监测回路之间的相互干扰,对控制微机、监测微机的指示表计所需信号分别用  $F_5$ 、 $F_6$  两

个独立的运放单元提供。对机舱操纵台上的指示仪表用  $F_4$  提供。

### 4 关键技术及特点

- 4.1 采用增速齿轮和多圈线绕电位器作测量元件,提高了信号精度,解决了高温状态下电位器非线性引起的信号超差。
- 4.2 采用调制、解调及光电隔离技术解决了机舱至集控室之间的长距离信号传输问题。
- 4.3 不需取消或改动舰上的原设备。
- 4.4 机舱、集控室的转换电路均制成卡件式,安装、调试、检修方便。
- 4.5 主要元器件采用高可靠“七专”产品,装置的可靠性高,寿命长。
- 4.6 此装置稍加改动即可以提供  $1\sim 5\text{ V}$  或  $4\sim 20\text{ mA}$  标准信号。

### 5 装舰使用

该装置自 1989 年在某导弹驱逐舰主动力装置微机调控监测系统中首次实舰安装使

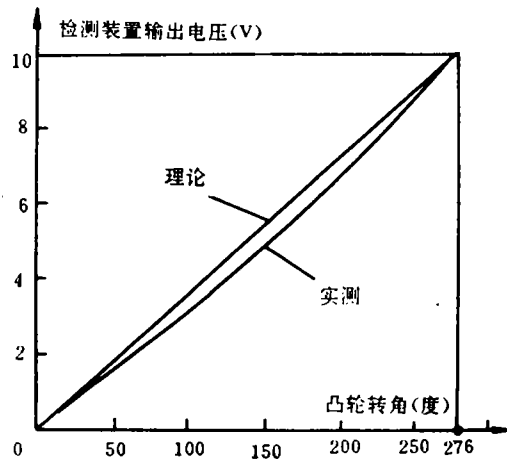


图 3 检测装置装舰实测曲线

用,至今已有六年时间,其间经历了武备、通讯、导航、消磁等系统的试验,承受了冲击、振动、电磁干扰的考验,运行一直稳定良好,未发生任何故障,信号精度满足了主汽轮机调控监测系统的要求。装舰实测曲线如图3所示。根据实测数值,检测装置输出信号的最大误差不大于80 mV。

## 6 结束语

舰用主汽轮机正倒车阀位检测装置对舰用主汽轮机实现微机自动监控系统有重要作

用,不论对老舰还是后续舰的主蒸汽动力装置实现自动化均有推广价值,该装置在国内舰用方面尚属首创,填补了国内空白。

## 参 考 文 献

- 1 常健生编. 检测与转换技术. 机械工业出版社. 1981. 7
- 2 康华光主编. 电子技术基础. 人民教育出版社. 1979. 4
- 3 阎石 主编. 数字电子技术基础. 高等教育出版社. 1981. 3
- 4 卢尔健, 邵丙铨编. 数字集成电路设计原理和运用. 国防工业出版社. 1979. 8
- 5 华南工学院等九院合编. 机械设计. 人民教育出版社. 1980. 4

**作者简介:**孙世峰,男,1962年,工程师。从事汽轮机调节、热能动力工程电气设计调试工作。参加过某导弹驱逐舰主动力调控系统研制及大亚湾核电站调试锅炉工程和多个电站的设计、调试。两次获中船总科技进步二等奖。一篇论文获黑龙江省优秀科技论文二等奖。

**通讯处:**150030 哈尔滨 77—3 信箱

## 美国发电成本最低的烧煤电站

据“Turbomachinery International”1994年11—12月号报道,根据华盛顿DC基公用事业数据资料研究所(UDI)进行的研究,美国怀俄明州惠特兰特市附近的拉勒米河电站生产了美国烧煤汽轮机电站中最低成本的电力。并且最近三年连续保持这一状况。

装机功率为1710 MW的核电站为Basin电力合作社所有,是在1980年投入商业运行的。其电力生产成本1991年为9.79美元/MWh,1992年为9.00美元/MWh,1993年为9.9美元/MWh。

UDI的数字表明,美国烧煤电站平均的电力成本为19美元/MWh,天然气电站的为34.02美元/MWh,燃油电站的电力成本为34.08美元/MWh,核电站的电力成本为21.52美元/MWh。

(学牛 供稿)

TA<sub>5</sub> 钛合金低循环疲劳特性试验研究 = An Experimental Study on the High-strain Low-cycle Fatigue Characteristics of a TA<sub>5</sub> Titanium Alloy [刊, 中] / Qin Guangyi, Wei Wu, Tan Hong (Harbin 703 Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1995, 10(5)-310-316

Samples were taken from a ring-shaped special-type TA<sub>5</sub> titanium alloy to perform an experimental study on its high-strain low-cycle fatigue characteristics, and fatigue life characteristic curves and strain-life relation were obtained. After selecting a proper safety factor the authors provide fatigue design curves for the TA<sub>5</sub> titanium alloy and analyse stress cycle hardening/softening characteristics. Finally, by way of a finite element stress analysis it has been proved that the service life of the deep-diving condenser can be significantly enhanced if the main pressure-carrying components are made of single-metal TA<sub>5</sub> titanium alloy instead of the former bi-metallic construction. Key words: titanium alloy, fatigue characteristic curves, stress analysis, condenser

某舰主汽轮机正倒车阀位检测装置的研制及应用 = The Development and Application of an Ahead and Astern Valve Position Monitoring Device for a Naval Vessel Main Steam Turbine [刊, 中] / Sun Shifeng, Li Hui (Harbin 703 Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. 1995, 10(5). -317-321

The authors describe the composition of an ahead and astern valve position monitoring device for the main steam turbine of a guided missile destroyer, the selection of its monitoring elements, the working principle of electric circuits, the use of the monitoring device after its installation on a naval vessel. Key words: marine steam turbine, actuator, monitoring device, development and manufacture

新型除氧设备——除氧装置、水箱一体化除氧器 = A New Type of Deaeration Equipment Featuring The Integration of Deaerating Unit and Water Tank [刊, 中] / Xiao Futian, Mei Taikang (Harbin 703 Resarch Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power-1995, 10(5). -322-326

Deaerators featuring the integration of deaerating unit and water tank pertain to world-class advanced deaeration equipment. With the elimination of deaerating heads widely employed in conventional deaerators they have the merits of small size, low metal consumption and good deaerating efficiency. Described in this paper are the structural design features and working principles of this type of deaerators as well as their comparison with conventional deaerators. In addition, some key technical issues concerning their design and development are also dealt with. Key words: integrated deaerators, feed-water atomizing device

径向销钉式隔板找中方法 = A Method for the Alignment of Radial Pin Type Turbine Diaphragms [刊, 中] / Guo Qingwen, Li Jianzhao, Dai Zhenyong, Lan Ruji, Song Chunsheng (Harbin 703 Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. 1995, 10(5). -327-329

The proposed method for aligning radial pin type turbine diaphragms has the merit of significantly enhancing alignment efficiency and alleviating labor intensity. Key words: turbine diaphragm, alignment, method

重载齿轮的最佳轮齿修形 = Optimum Tooth Profile Correction of Heavy-Duty Gears [刊, 中] / Chang Shan, Xu Zhenzhong (Harbin 703 Research Institute) Li Wei, Chen Chenwen (Harbin Institute of Thchnology // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1995, 10(5). -330-333

Described in this paper is a method for the accurate calculation of load distribution along the contact line of the simultaneously engaged teeth of heavy-duty gears. On the basis of the gear tooth mesh condition the optimum tooth profile correction parameters can be determined. By use of a computer program developed by the authors a study has been conducted of the influence of the optimum tooth profile correction parameter on the load distribution coefficient Key words: tooth profile