

DOI: 10.3969/j.issn.1001-3881.2014.01.009

电气比例阀在液压夹具中的应用研究

肖秦梁, 李更生, 乔宇, 张永健
(西安电力电子技术研究所, 陕西西安 710061)

摘要: 大功率电力半导体器件是电力电子行业的基础和核心。随着电力半导体器件产量越来越大, 功率和电压等级越来越高, 对其测试效率和测试质量的要求也越来越高。压力夹具是大功率半导体器件测试必不可少的环节, 因此研制高效率、低成本及技术先进的大功率半导体器件测试压力夹具十分必要。采用电气比例阀控制气液增压缸压力技术研制一种新型压力夹具, 实验结果表明: 该夹具在相当大的范围内具有很好的控制精度和线性度。

关键词: 电气比例阀; 液压夹具; 压力控制

中图分类号: TH138.9 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-3881 (2014) 1-031-3

Application of Electrical Proportional Valve in Hydraulic Fixture

XIAO Qinliang, LI Gengsheng, QIAO Yu, ZHANG Yongjian
(Xi'an Power Electronics Research Institute, Xi'an Shaanxi 710061, China)

Abstract: High power electric semiconductor device is the foundation and core of the power electronics industry. As the production volume of power semiconductor devices are more and more big, power and voltage level is more and more high, the requirements to test efficiency and test quality are increasingly high. Pressure fixture is necessary for the test of high power semiconductor device. So, it's necessary to develop high power semiconductor device test pressure fixture which has high efficiency, low cost and advanced technology. The technology that electric proportional valve was used to control the pressure of the gas-liquid pressurized cylinder was adopted to design a novel pressure fixture. Experimental results indicate that the proposed pressure fixture has good accuracy and linearity.

Keywords: Electric proportional valve; Hydraulic fixture; Pressure control

随着电力电子技术的发展, 电力半导体功率器件在各个领域的应用越来越广^[1-6]。特别是特高压直流输电换流阀对器件的参数要求又十分严格, 而且减少停工检修期是提高生产力、使生产能力利用系数最大化的一项重要因素。因而测试技术和设备的开发与研制显得至关重要。器件测试过程中, 为了实现高产高效, 工件的定位、支撑、夹紧和夹具的快速松开夹紧, 以及操作方便、安全都是非常重要的环节, 因而大吨位压力夹具是电力半导体器件测试系统中必不可少的重要支撑环节, 压力夹具性能直接关系到测试的效率和精度。因此电力半导体器件测试过程中的精确

定位和装夹的重复精度也是改进效率和质量的关键。

将电气比例阀应用于液压夹具中, 实现了一种由电气比例阀控制气液增压缸压力的技术并基于此技术研制了一种新型压力夹具。

1 大吨位压力夹具的作用及各种实现方案的对比

在大功率半导体器件测试过程中, 大吨位测试夹具为器件测试提供实际应用的工况, 如一定的压力和温度、保证器件测试中可靠接触和导热。在工程实践中, 国内针对电力半导体器件测试所用到的大吨位压力夹具主要可分为以下 3 种方案, 其特点对比如表 1 所示。

表 1 大吨位压力夹具不同方案比较

	控制方式	保压能力	操作效率	工况环境	成本
电机减速机型	复杂	较好	较高	噪声大	高
电机液压站型	复杂	一般	较高	噪声大	高
手动液压泵型	简单	一般	低	较好	较低

对比以上 3 种方案, 发现前两种操作效率高, 但控制方式复杂且成本高, 第 3 种方案成本低、控制方式简单但操作效率低。在分析以上 3 种方案优缺点的

基础上, 提出了基于电气比例阀控制压力的气液增压缸型大吨位压力夹具, 通过设定电信号来精确控制电气比例阀的输出气压而后推动气液增压缸来达到精确

收稿日期: 2013-01-11

基金项目: 陕西省科学技术研究发展计划项目 (2012GY2-16)

作者简介: 肖秦梁 (1983—), 男, 工程师, 研究方向为电力半导体测试技术。E-mail: xxqql-211@163.com。

控制夹具压力的目的。该方案高效环保,目前国内外自动夹具技术的发展趋向于用这种气液一体化方式产生大压力,因此在工程实践中具有相当好的应用前景。

2 新型基于电气比例阀的气液增压缸夹具原理

2.1 气液增压缸的工作原理

气液增压缸是由增压油缸与增压气缸组装成的一个集合体。使用净化压缩空气作为动力源,根据帕斯卡定律,利用增压器中大小活塞面积之比,将较低的气体压强转换为较高的液体压强,从而使活塞杆输出大吨位的压力。其动作原理如图1所示。

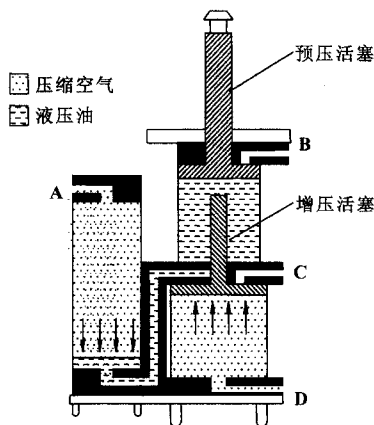


图1 气液增压缸动作原理图

图1中,A、D通气,B、C排气。此时压缩空气作用于增压活塞表面,使增压活塞产生位移以挤压预压腔液压油,使液压油膨胀,从而使预压活塞杆轴端的模具保持高压作用于工件。增压活塞受力分析如下:若D口压缩空气压力为 p_1 ,活塞直径为 D_1 ,活塞杆直径为 d_1 ,预压活塞直径为 D_2 ,输出力为 F 。据力的平衡原理推得^[7]

$$F = \frac{\pi}{4} p_1 \left(\frac{D_1 D_2}{d_1} \right)^2 \quad (1)$$

由以上公式可知,当输入一定压力的压缩空气时,即使压力不够大,但只要增大增压活塞和预压活塞的直径 D_1 和 D_2 ,减小预压活塞杆端的直径 d_1 ,就可使增压缸的输出压力 F 增大数十倍之多。

2.2 电气比例阀的技术原理

电气比例阀是一种气压随输入电压或电流的变化呈线性比例输出的减压阀。它属于线性连续控制,其特点是输出量随输入量的变化而线性变化。比例控制有开环控制和闭环控制之分。当系统输出量的实际值偏离希望值时,系统自动进行纠正,使输出量向着接近希望值的方向变化,从而保持输出量与输入量的一定比例关系。闭环控制的电气比例阀动作原理如图2所示^[8]。

电气比例阀的输出气压 p_1 与输入电流 I 成线性比例关系。其公式为

$$p_1 = K_1 I \quad (2)$$

式中: K_1 为比例因子。

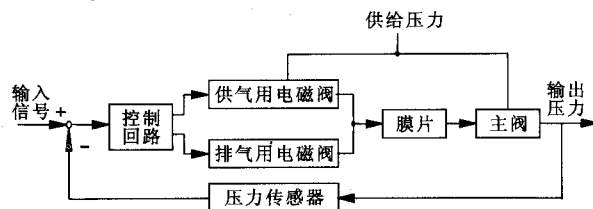


图2 电气比例阀闭环控制框图

2.3 电气比例阀对压力的控制

根据气液增压缸和电气比例阀的特点,提出将气液增压缸作为自动压力夹具的执行机构,用电气比例阀进行气压的精确控制,从而达到对整个夹具工作压力的精确控制。整台机构的压力控制原理框图如图3所示。

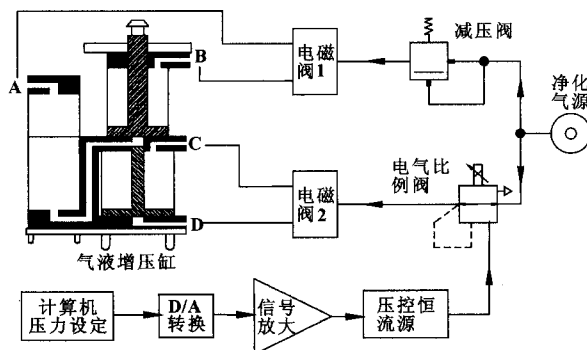


图3 夹具压力控制原理框图

由图3可知,若设定电压信号为 V_i ,信号放大输出为 V_o 。则有如下关系式

$$V_o = K_2 V_i \quad (3)$$

压控恒流源输出电流为 I ,则有如下关系式

$$I = K_3 V_o \quad (4)$$

由式(1) — (4)可得缸体的输出力

$$F = \frac{\pi}{4} K_1 K_2 K_3 V_i \left(\frac{D_1 D_2}{d_1} \right)^2 \quad (5)$$

其中: K_2 、 K_3 为各级比例因子。由式(5)可知,缸体的输出力 F 与压力设定 V_i 成线性比例关系。

由图3可看到,当压力设定后,由精度可达0.1%的电气比例阀线性控制压缩空气的压力,从而为气缸提供高精度的动力源。由电磁阀1控制气液增压缸工作于预压行程,使气缸执行高速上升动作,从而提高夹具工作效率;由电磁阀2控制气液增压缸工作于增压行程,使夹具最终达到工作压力。随着夹头上升,压力不断接近设定压力,管道里的气压逼近于设定气压,直到气压达到平衡状态,此时压力值稳定。由于气动控制是一个柔性系统,夹头上升速度根

据需要可在高速和低速间切换,从而有效避免了对被测器件的过压和冲击。

3 系统测试结果

测试精度是此方案重点考核的一个指标。为此搭建了试验机架、逻辑电路和气路。对系统进行整体调试并运行正常后,经检验得到一组实际压力值和显示压力值数据,如表2所示。将这组实验数据绘制成曲线,如图4所示。

表2 显示压力值和实际压力值及误差表

显示压力/kN	实际压力/kN	误差/%
30.4	30.1	1.0
57.6	58.2	-1.0
89.8	91.6	-2.0
118.2	120.8	-2.2
147.7	150.8	-2.1

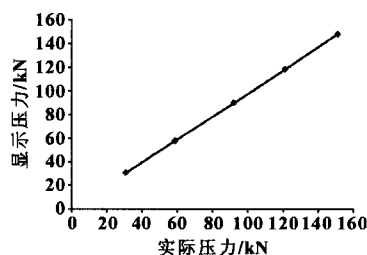


图4 显示压力和实际压力曲线

由表2和图4可以看出:在所测试的30~150 kN压力范围内,该夹具系统测试精确度较高,完全能满足工程需要。目前此技术已应用于特高压器件的测试,使用效果良好。

(上接第3页)

的管道振动作用明显,对远离此端的管道振动影响较小。管道振动的幅值可受控于系统压力。

3 结论

根据液压波动理论,构建了以激波器为波动发生器、以管道为振动输出源的液压波动激振系统,并搭建了振动测试试验平台。通过理论分析与试验测试,证明该激振系统能够产生周期性的压力冲击波动,使管道产生周期性振动。管道中的压力波动是人为可控的,其幅值与频率可由变频器调节控制,管道的振动强度中间弱而两端强,其振动频率由系统频率控制,振动幅值可受控于系统频率和压力。因此,以管道为振动输出对象的激振系统是可以被主动控制的,其振动是有规律的,将来有望应用于脱介、脱水、筛分等场合。

参考文献:

4 结论

作为特高压大功率晶闸管制造的重要支撑条件和基本保证手段,测试系统及大吨位测试夹具对晶闸管性能测试至关重要。设计了一种基于电气比例阀控制压力的气液增压缸型大吨位压力夹具,通过设定电信号来精确控制电气比例阀的输出气压而后推动气液增压缸来达到精确控制夹具压力。通过对压力系统的实际验证,结果表明用文中方法实现压力控制在相当大的范围内具有良好的控制精度和线性度。可以预计未来大吨位自动压力夹具技术的发展倾向于这种电、气、液一体化的方向,该技术具有相当好的应用前景。

参考文献:

- [1] HUANG A, ZHANG B. Future Bipolar Power Transistor [J]. IEEE Transactions on Electron Devices, 2001, 48 (11): 2535-2543.
- [2] 周万幸. 宽禁带半导体功率器件在现代雷达中的应用 [J]. 现代雷达, 2010, 32(12): 1-6.
- [3] 张玉明, 汤晓燕, 张义门. SiC 功率器件的研究和展望 [J]. 电力电子技术, 2008, 42(12): 60-62.
- [4] 张波, 邓小川, 张有润, 等. 宽禁带半导体 SiC 功率器件发展现状及展望 [J]. 中国电子科学研究院学报, 2009, 4 (2): 111-118.
- [5] 刘长英, 崔启明, 高印寒, 等. 高速轨道客车电动自动门控制系统研究 [J]. 机床与液压, 2010, 38(15): 19-23.
- [6] 张文凡, 李学燎, 王建, 等. 基于自适应的液压夹具压力控制的研究 [J]. 机床与液压, 2012, 40(9): 63-65, 76.
- [7] 龚肖新, 李明. 电气液联合控制压合装配机的研制 [J]. 液压与气动, 2009(7): 44-46.
- [8] SMC(中国)有限公司. 现代实用气动技术 [M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2008: 411-414.

- [1] 张琦, 夏林友. 液压激振器的动力学分析与仿真 [J]. 装备制造技术, 2008(4): 35-36.
- [2] 苏明, 仇宏程, 陈伦军. 冲击型液压振动系统的动态模型建立 [J]. 机床与液压, 2009, 37(5): 82-86.
- [3] 程辉, 俞浙清, 阮健, 等. 新型电液激振试验台的高频特性研究 [J]. 液压与气动, 2010(6): 28-30.
- [4] 阮健, 李胜, 裴翔, 等. 2D 阀控电液激振器 [J]. 机械工程学, 2009, 45(11): 125-132.
- [5] 张慧贤, 寇子明, 陆春月, 等. 主动液压激波作用下管道振动控制的运动分析与试验研究 [J]. 机械工程学, 2012, 48(6): 149-156.
- [6] 许步勤. 液压激振器: 中国, 00102009.9 [P]. 2003-08-13.
- [7] 王文. 液压波动激振系统动态特性研究 [D]. 太原: 太原理工大学, 2009.
- [8] 张国忠. 管道瞬变流动分析 [M]. 东营: 石油大学出版社, 1994.