(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107728606 B
(45)授权公告日 2018.09.25

(21)申请号 201711111618.5

(22)申请日 2017.11.13

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107728606 A

(43)申请公布日 2018.02.23

(73)专利权人 吉林大学
地址 130012 吉林省长春市前进大街2699号

(72)发明人 罗巍 陈菲 许彬彬 李恒旭 杨兆军 张新戈 郭亚明 郑宏伟

(74)专利代理机构 长春吉大专利代理有限责任公司 22201
代理人 齐安全 胡景阳

(51)Int.Cl.
G05B 23/02(2006.01)
G05B 19/4062(2006.01)

(56)对比文件
CN 206421218 U,2017.08.18,全文.
CN 106338969 A,2017.01.18,全文.

审查员 宋淑鹏

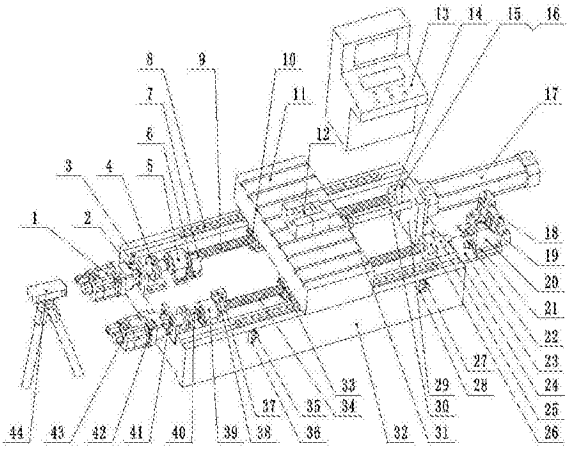
权利要求书4页 说明书13页 附图7页

(54)发明名称

伺服进给系统可靠性试验装置及试验方法

(57)摘要

本发明公开了一种伺服进给系统可靠性试验装置及试验方法，克服了没有模拟数控机床双丝杠同步驱动伺服进给系统加载功能的可靠性试验装置与试验方法的问题，该装置包括双丝杠同步驱动伺服进给系统、加载系统、检测系统与控制系统；双丝杠同步驱动伺服进给系统通过其中的床身平台安装在地基上，加载系统通过伺服油路块支架与伺服油缸支架安装在床身平台上，加载系统通过浮动接头和安装在床身平台上的工作台连接，检测系统中的1号位移传感器、2号位移传感器、两个压力传感器、1号接近传感器、2号接近传感器与激光干涉仪分别安装在床身平台与床身平台左侧地基上；控制系统通过操作台安装在床身平台的右上方的地基上。本发明还提供了一种试验方法。



CN 107728606 B

1.一种伺服进给系统可靠性试验装置,其特征在于,所述的伺服进给系统可靠性试验装置包括双丝杠同步驱动伺服进给系统、加载系统、检测系统与控制系统;

所述的双丝杠同步驱动伺服进给系统包括1号丝杠伺服进给系统、2号丝杠伺服进给系统、2套结构相同的滚动导轨副(8)、工作台(11)、床身平台(32);

所述的滚动导轨副(8)包括导轨与滑块,导轨为等矩形横截面的直杆件,导轨上均匀地设置有安装螺钉的螺钉通孔,螺钉通孔的个数与导轨座上的导轨槽底面上的1号螺纹孔个数相等并相互对正;2个结构相同的导轨通过螺钉安装在床身平台(32)前后侧的导轨座上的导轨槽内;滑块为U字形等横截面的结构件,滑块的凹槽的槽底上设置有螺钉通孔,2个结构相同的滑块通过螺钉安装在工作台(11)底面前后侧设置的螺纹孔处,安装在工作台(11)底面的2个结构相同的滑块扣装在2个结构相同的导轨上,2个结构相同的滑块与2个结构相同的导轨之间为滑动连接;

所述的1号丝杠伺服进给系统与2号丝杠伺服进给系统结构相同;1号丝杠伺服进给系统与2号丝杠伺服进给系统相对于床身平台(32)的纵向对称面平行对称地安装在床身平台(32)中间凹槽的前、后侧的槽底上,1号丝杠伺服进给系统与2号丝杠伺服进给系统通过其中的1号滚珠丝杠(9)与2号滚珠丝杠(34)和安装在工作台(11)上的1号丝杠螺母(10)与2号丝杠螺母(33)相连接;

所述的加载系统包括加载伺服油缸(17)、伺服油路块(20)、伺服油路块支架(23)、伺服油缸支架(29)与浮动接头(31);

所述的检测系统包括1号位移传感器(7)、两个结构相同的压力传感器(21)、1号接近传感器(27)、2号接近传感器(35)、2号位移传感器(38)与激光干涉仪(44);

所述的双丝杠同步驱动伺服进给系统通过其中的床身平台(32)安装在地基上,加载系统通过伺服油路块支架(23)与伺服油缸支架(29)安装在床身平台(32)的右端,加载系统通过加载伺服油缸(17)与浮动接头(31)和工作台(11)右端面连接,1号位移传感器(7)、2号位移传感器(38)、1号接近传感器(27)与2号接近传感器(35)安装在床身平台(32)上,两个结构相同的压力传感器(21)安装在伺服油路块(20)上,激光干涉仪(44)安装在床身平台(32)左侧的地基上;控制系统通过操作台(13)安装在床身平台(32)的右上方的地基上,控制系统和加载系统与检测系统采用电气线连接;

控制系统实现了1号滚珠丝杠(9)和2号滚珠丝杠(34)的位置同步驱动控制,控制系统实现了1号伺服电机(1)和2号伺服电机(43)的力矩同步驱动控制。

2.按照权利要求1所述的伺服进给系统可靠性试验装置,其特征在于,所述的床身平台(32)为采用铸造方式制成的长方体形结构件,床身平台(32)的顶端前后两侧相对于床身平台(32)的纵向对称面平行对称地设置有结构相等的矩形横截面的导轨座,在两导轨座的顶端加工有结构相同的导轨槽,在导轨槽的底面上均匀地设置有安装滚动导轨副(8)中导轨的1号螺纹孔;在两导轨座之间的中间凹槽后侧的左端设置有四个安装1号减速器支架(3)的2号螺纹孔,在2号螺纹孔的右侧设置有四个安装1号轴承座(5)的3号螺纹孔,在3号螺纹孔的右侧设置有两个安装1号位移传感器支架(6)的4号螺纹孔,在中间凹槽后侧的右端设置有四个安装2号轴承座(14)的5号螺纹孔;在中间凹槽前侧的左端设置有四个安装2号减速器支架(41)的6号螺纹孔,在6号螺纹孔的右端设置有四个安装4号轴承座(39)的7号螺纹孔,在7号螺纹孔的右侧设置有两个安装2号位移传感器支架(37)的8号螺纹孔,在中间凹槽

前侧的右端设置有四个安装3号轴承座(26)的9号螺纹孔;在中间凹槽中间处的右端设置有四个安装伺服油缸支架(29)的10号螺纹孔,在床身平台(32)的右端面上设置有四个安装伺服油路块支架(23)的11号螺纹孔;床身平台(32)前端面的左右两端分别设置有两个安装2号接近传感器支撑架(36)与1号接近传感器支撑架(28)的12号螺纹孔和13号螺纹孔。

3.按照权利要求1所述的伺服进给系统可靠性试验装置,其特征在于,所述的加载系统还包括工业砝码(12)、高频响方向阀(18)、插装式电磁换向阀(19)与两个相同的伺服油路管接头(22);

所述的加载伺服油缸(17)包括伺服油缸杆(30),加载伺服油缸(17)安装在伺服油缸支架(29)中竖直板上设置有四个螺栓孔处,加载伺服油缸(17)上的伺服油缸杆(30)装入竖直板上的中心通孔中,伺服油缸杆(30)的伸出端与浮动接头(31)右端螺纹连接;伺服油路块(20)采用螺钉安装在伺服油路块支架(23)中水平板上设置有四个螺栓孔处,高频响方向阀(18)安装在伺服油路块(20)顶端面右侧的5号螺纹孔上,插装式电磁换向阀(19)安装在伺服油路块(20)顶端面左侧的4号螺纹孔上,两个相同的伺服油路管接头(22)安装在伺服油路块(20)左端面下侧的2号螺纹孔上,工业砝码(12)放置在工作台(11)上。

4.按照权利要求1所述的伺服进给系统可靠性试验装置,其特征在于,所述的检测系统还包括1号位移传感器支架(6)、1号接近传感器支架(28)、2号接近传感器支架(36)与2号位移传感器支架(37);

所述的1号位移传感器(7)采用螺钉安装在1号位移传感器支架(6)中竖直板的两个螺钉孔上,1号位移传感器支架(6)采用螺钉安装在床身平台(32)的中间凹槽后侧左端的4号螺纹孔上,2号位移传感器(38)采用螺钉安装在2号位移传感器支架(37)中竖直板的两个螺钉孔上,2号位移传感器支架(37)采用螺钉安装在床身平台(32)的中间凹槽前侧左端的8号螺纹孔上,两个结构相同的压力传感器(21)安装在伺服油路块(20)左端面上侧的两个结构相同的3号螺纹孔上,1号接近传感器(27)安装在1号接近传感器支架(28)上,1号接近传感器支架(28)安装在床身平台(32)前端面右端的13号螺纹孔上,2号接近传感器(35)安装在2号接近传感器支架(36)上,2号接近传感器支架(36)安装在床身平台(32)前端面左端的12号螺纹孔上。

5.按照权利要求1所述的伺服进给系统可靠性试验装置,其特征在于,所述的控制系统包括西门子828D系统(45)、24V电源(46)、鼠标键盘(47)、2号输入输出模块(49)、1号输入输出模块(50)、1号直接测量系统(51)、2号直接测量系统(52)、1号内置编码器(53)、2号内置编码器(54)、调节型电源模块(55)、1号单电机模块(56)、2号单电机模块(57)与操作台(13);

所述的西门子828D系统(45)的USB接口与鼠标键盘(47)采用电气线相连接,西门子828D系统(45)的X1接口与24V电源(46)采用电气线连接,西门子828D系统(45)的PN1接口端与1号输入输出模块(50)的POINT1接口端采用网线连接,1号输入输出模块(50)的POINT2接口端与2号输入输出模块(49)的POINT1接口端相连接,西门子828D系统(45)的X100接口端采用网线与调节型电源模块(55)的X200接口端相连接,1号单电机模块(56)的X203接口与1号直接测量系统(51)的X500接口通过网线相连接,2号单电机模块(57)的X203接口与2号直接测量系统(52)的X500接口采用网线相连接。

6.按照权利要求1所述的伺服进给系统可靠性试验装置,其特征在于,所述的控制系统

和加载系统与检测系统采用电气线连接是指：

所述的控制系统包括西门子828D系统(45)、2号输入输出模块(49)、1号输入输出模块(50)、1号直接测量系统(51)、2号直接测量系统(52)、1号内置编码器(53)、2号内置编码器(54)、调节型电源模块(55)、1号单电机模块(56)与2号单电机模块(57)；

所述的西门子828D系统(45)的PN1接口端与1号输入输出模块(50)的POINT1接口端采用网线连接，1号输入输出模块(50)的POINT2接口端与2号输入输出模块(49)的POINT1接口端相连接，1号输入输出模块(50)的X3接口和1号位移传感器(7)、2号位移传感器(38)与高频响方向阀(18)电气线连接，1号输入输出模块(50)的X111接口和1号接近传感器(27)、2号接近传感器(35)与插装式电磁换向阀(19)电气线连接，2号输入输出模块(49)的X3接口和压力传感器(21)与激光干涉仪(44)电气线连接，西门子828D系统(45)的X100接口端采用网线与调节型电源模块(55)的X200接口端相连接，1号单电机模块(56)的X1接口通过电机电缆与1号伺服电机(1)相连接，1号单电机模块(56)的X202接口通过信号电缆与1号伺服电机(1)内置的1号内置编码器(53)相连接，2号单电机模块(57)的X1接口通过电机电缆与2号伺服电机(43)相连接，2号单电机模块(57)的X202接口通过信号电缆与2号伺服电机(43)内置的2号内置编码器(54)相连接，1号直接测量系统(51)的X520接口通过电气线连接与1号编码器(16)相连接，2号直接测量系统(52)的X520接口通过电气线连接与2号编码器(24)相连接。

7.采用权利要求1所述的伺服进给系统可靠性试验装置的试验方法，其特征在于，所述的伺服进给系统可靠性试验装置的试验方法的步骤如下：

1)可靠性试验准备

(1)在控制系统中选择双丝杠同步驱动控制方法，位置同步驱动控制方法或是力矩同步驱动控制方法；

(2)在工作台(11)上放置试验所需的工业砝码(12)，用来模拟真实的惯性负载；

(3)在控制系统中设定加载伺服油缸(17)的加载力与加载波形，加载波形主要包括直线波、梯形波、正弦波、三角波、方波与随机波；

(4)设定双丝杠同步驱动伺服进给系统精度指标允许公差，精度指标包括定位精度、重复定位精度和1号位移传感器(7)、2号位移传感器(38)的测量差值；

2)进行可靠性试验

(1)启动自动控制程序，可靠性试验开始计时；

(2)双丝杠同步驱动伺服进给系统推动工作台(11)根据设定的试验程序在有效行程之间往复循环，通过激光干涉仪(44)测量工作台(11)的定位精度和重复定位精度并实时传输至西门子828D系统(45)；通过1号位移传感器(7)和2号位移传感器(38)测量1号丝杠螺母(10)和2号丝杠螺母(33)的实际位移并实时传输至西门子828D系统(45)；

(3)西门子828D系统(45)利用激光干涉仪(44)检测到的数据，把工作台(11)的实际定位精度、重复定位精度与控制系统设定的定位精度、重复定位精度允许公差相比较，若实际值大于设定值，则判定该双丝杠同步驱动伺服进给系统精度失效，记为一次精度失效故障；把两个位移传感器实际测量差值与控制系统设定的两个位移传感器允许差值相比较，若实际值大于设定值，则判定该双丝杠同步驱动伺服进给系统精度失效，记为一次精度失效故障；控制系统还记录油压不足、丝杠磨损、液压元件损坏、漏油、控制系统报警故障；若发生

故障后，则停止此次可靠性试验，并记录此次试验连续无故障工作时间；

3)可靠性试验对比分析

(1)在可靠性试验完成后，对试验采集的故障数据进行统计分析处理，利用FMECA分析及FTA分析方法分析被测双丝杠同步驱动伺服进给系统的可靠性水平；

(2)在可靠性试验准备时，除双丝杠同步驱动控制方法不同外，其余选择条件均保持一致的情况下，可以比较两种不同双丝杠同步驱动控制方法下的双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性的高低；

(3)在可靠性试验过程中，如果出现油压不足、丝杠磨损、液压元件损坏，漏油、控制系统报警等故障时，则应立即停止试验，分析故障产生的原因，并对双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性试验装置进行改进。

伺服进给系统可靠性试验装置及试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及精密制造技术和工业自动化控制领域的一种试验装置，更确切地说，本发明涉及一种伺服进给系统可靠性试验装置及试验方法。

背景技术

[0002] 进给系统作为数控机床重要的组成部分，其精度的高低直接影响机床的定位精度、稳定性和加工质量。以伺服电机带动滚珠丝杠为主要传动部件构成的伺服进给系统在高档数控机床上的应用最为广泛。传统的数控机床直线进给系统主要采用单根滚珠丝杠，单丝杠驱动结构不稳定，运行时容易产生较大的平动和扭转，进而影响了进给系统的精度。随着机床向高速、高精和高稳定性的方向发展，对伺服进给系统提出了更高的要求，双滚珠丝杠驱动直线进给系统具有良好的抗振性、高系统刚度以及快速系统响应性等优点，能够有效地抑制数控机床在高速和高加减速情况下产生的振动，因此其在高速和高精类数控机床中的应用日益广泛。

[0003] 然而，国内的数控机床在双丝杠驱动技术的应用上仍处于起步阶段，虽然国内对于单滚珠丝杠副的性能检测和可靠性装置已经很成熟，但是对于双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性装置还很少。对其进行可靠性试验及性能参数的检测、数据分析以及提出改进措施是提高双丝杠驱动伺服进给系统可靠性的一条有效途径，对于数控机床具有重大意义。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是克服了目前国内没有具备模拟数控机床双丝杠同步驱动伺服进给系统加载功能的可靠性试验装置和可靠性试验方法的问题，提供了一种双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置及试验方法。

[0005] 为解决上述技术问题，本发明是采用如下技术方案实现的：所述的伺服进给系统可靠性试验装置包括双丝杠同步驱动伺服进给系统、加载系统、检测系统与控制系统；

[0006] 所述的双丝杠同步驱动伺服进给系统包括1号丝杠伺服进给系统、2号丝杠伺服进给系统、2套结构相同的滚动导轨副、工作台、床身平台；

[0007] 所述的滚动导轨副包括导轨与滑块，导轨为等矩形横截面的直杆件，导轨上均匀地设置有安装螺钉的螺钉通孔，螺钉通孔的个数与导轨座上的导轨槽底面上的1号螺纹孔个数相等并相互对正；2个结构相同的导轨通过螺钉安装在床身平台前后侧的导轨座上的导轨槽内；滑块为U字形等横截面的结构件，滑块的凹槽的槽底上设置有螺钉通孔，2个结构相同的滑块通过螺钉安装在工作台底面前后侧设置的螺纹孔处，安装在工作台底面的2个结构相同的滑块扣装在2个结构相同的导轨上，2个结构相同的滑块与2个结构相同的导轨之间为滑动连接；

[0008] 所述的1号丝杠伺服进给系统与2号丝杠伺服进给系统结构相同；1号丝杠伺服进给系统与2号丝杠伺服进给系统相对于床身平台的纵向对称面平行对称地安装在床身平台

中间凹槽的前、后侧的槽底上，1号丝杠伺服进给系统与2号丝杠伺服进给系统通过其中的1号滚珠丝杠与2号滚珠丝杠和安装在工作台上的1号丝杠螺母与2号丝杠螺母相连接；

[0009] 所述的加载系统包括加载伺服油缸、伺服油路块、伺服油路块支架、伺服油缸支架与浮动接头；

[0010] 所述的检测系统包括1号位移传感器、两个结构相同的压力传感器、1号接近传感器、2号接近传感器、2号位移传感器与激光干涉仪；

[0011] 所述的双丝杠同步驱动伺服进给系统通过其中的床身平台安装在地基上，加载系统通过伺服油路块支架与伺服油缸支架安装在床身平台的右端，加载系统通过加载伺服油缸与浮动接头和工作台右端面连接，1号位移传感器、2号位移传感器、1号接近传感器与2号接近传感器安装在床身平台上，两个结构相同的压力传感器安装在伺服油路块上，激光干涉仪安装在床身平台左侧的地基上；控制系统通过操作台安装在床身平台的右上方的地基上，控制系统和加载系统与检测系统采用电气线连接。

[0012] 控制系统实现了1号滚珠丝杠和2号滚珠丝杠的位置同步驱动控制，控制系统实现了1号伺服电机和2号伺服电机的力矩同步驱动控制。

[0013] 技术方案中所述的床身平台为采用铸造方式制成的长方体形结构件，床身平台的顶端前后两侧相对于床身平台的纵向对称面平行对称地设置有结构相等的矩形横截面的导轨座，在两导轨座的顶端加工有结构相同的导轨槽，在导轨槽的底面上均匀地设置有安装滚动导轨副中导轨的1号螺纹孔；在两导轨座之间的中间凹槽后侧的左端设置有四个安装1号减速器支架的2号螺纹孔，在2号螺纹孔的右侧设置有四个安装1号轴承座的3号螺纹孔，在3号螺纹孔的右侧设置有两个安装1号位移传感器支架的4号螺纹孔，在中间凹槽后侧的右端设置有四个安装2号轴承座的5号螺纹孔；在中间凹槽前侧的左端设置有四个安装2号减速器支架的6号螺纹孔，在6号螺纹孔的右端设置有四个安装4号轴承座的7号螺纹孔，在7号螺纹孔的右侧设置有两个安装2号位移传感器支架的8号螺纹孔，在中间凹槽前侧的右端设置有四个安装3号轴承座的9号螺纹孔；在中间凹槽中间处的右端设置有四个安装伺服油缸支架的10号螺纹孔，在床身平台的右端面上设置有四个安装伺服油路块支架的11号螺纹孔；床身平台前端面的左右两端分别设置有两个安装2号接近传感器支撑架与1号接近传感器支撑架的12号螺纹孔和13号螺纹孔。

[0014] 技术方案中所述的加载系统还包括工业砝码、高频响方向阀、插装式电磁换向阀与两个相同的伺服油路管接头；所述的加载伺服油缸包括伺服油缸杆，加载伺服油缸安装在伺服油缸支架中竖直板上设置有四个螺栓孔处，加载伺服油缸上的伺服油缸杆装入竖直板上的中心通孔中，伺服油缸杆的伸出端与浮动接头右端螺纹连接；伺服油路块采用螺钉安装在伺服油路块支架中水平板上设置有四个螺栓孔处，高频响方向阀安装在伺服油路块顶端面右侧的5号螺纹孔上，插装式电磁换向阀安装在伺服油路块顶端面左侧的4号螺纹孔上，两个相同的伺服油路管接头安装在伺服油路块左端面下侧的2号螺纹孔上，工业砝码放置在工作台上。

[0015] 技术方案中所述的检测系统还包括1号位移传感器支架、1号接近传感器支架、2号接近传感器支架与2号位移传感器支架；所述的1号位移传感器采用螺钉安装在1号位移传感器支架中竖直板的两个螺钉孔上，1号位移传感器支架采用螺钉安装在床身平台的中间凹槽后侧左端的4号螺纹孔上，2号位移传感器采用螺钉安装在2号位移传感器支架中竖直

板的两个螺钉孔上，2号位移传感器支架采用螺钉安装在床身平台的中间凹槽前侧左端的8号螺纹孔上，两个结构相同的压力传感器安装在伺服油路块左端面上侧的两个结构相同的3号螺纹孔上，1号接近传感器安装在1号接近传感器支架上，1号接近传感器支架安装在床身平台前端面右端的13号螺纹孔上，2号接近传感器安装在2号接近传感器支架上，2号接近传感器支架安装在床身平台前端面左端的12号螺纹孔上。

[0016] 技术方案中所述的控制系统包括西门子828D系统、24V电源、鼠标键盘、2号输入输出模块、1号输入输出模块、1号直接测量系统、2号直接测量系统、1号内置编码器、2号内置编码器、调节型电源模块、1号单电机模块、2号单电机模块与操作台；

[0017] 所述的西门子828D系统的USB接口与鼠标键盘采用电气线相连接，西门子828D系统的X1接口与24V电源采用电气线连接，西门子828D系统的PN1接口端与1号输入输出模块的POINT1接口端采用网线连接，1号输入输出模块的POINT2接口端与2号输入输出模块的POINT1接口端相连接，西门子828D系统的X100接口端采用网线与调节型电源模块的X200接口端相连接，1号单电机模块的X203接口与1号直接测量系统的X500接口通过网线相连接，2号单电机模块的X203接口与2号直接测量系统的X500接口采用网线相连接。

[0018] 技术方案中所述的控制系统和加载系统与检测系统采用电气线连接是指：所述的控制系统包括西门子828D系统、2号输入输出模块、1号输入输出模块、1号直接测量系统、2号直接测量系统、1号内置编码器、2号内置编码器、调节型电源模块、1号单电机模块与2号单电机模块；所述的西门子828D系统的PN1接口端与1号输入输出模块的POINT1接口端采用网线连接，1号输入输出模块的POINT2接口端与2号输入输出模块的POINT1接口端相连接，1号输入输出模块的X3接口和1号位移传感器、2号位移传感器与高频响方向阀电气线连接，1号输入输出模块的X111接口和1号接近传感器、2号接近传感器与插装式电磁换向阀电气线连接，2号输入输出模块的X3接口和压力传感器与激光干涉仪电气线连接，西门子828D系统的X100接口端采用网线与调节型电源模块的X200接口端相连接，1号单电机模块的X1接口通过电机电缆与1号伺服电机相连接，1号单电机模块的X202接口通过信号电缆与1号伺服电机内置的1号内置编码器相连接，2号单电机模块的X1接口通过电机电缆与2号伺服电机相连接，2号单电机模块的X202接口通过信号电缆与2号伺服电机内置的2号内置编码器相连接，1号直接测量系统的X520接口通过电气线连接与1号编码器相连接，2号直接测量系统的X520接口通过电气线连接与2号编码器相连接。

[0019] 所述的伺服进给系统可靠性试验装置的试验方法的步骤如下：

[0020] 1)可靠性试验准备

[0021] (1)在控制系统中选择双丝杠同步驱动控制方法，位置同步驱动控制方法或是力矩同步驱动控制方法；

[0022] (2)在工作台上放置试验所需的工业砝码，用来模拟真实的惯性负载；

[0023] (3)在控制系统中设定加载伺服油缸的加载力与加载波形，加载波形主要包括直线波、梯形波、正弦波、三角波、方波与随机波；

[0024] (4)设定双丝杠同步驱动伺服进给系统精度指标允许公差，精度指标包括定位精度、重复定位精度和1号位移传感器、2号位移传感器的测量差值；

[0025] 2)进行可靠性试验

[0026] (1)启动自动控制程序，可靠性试验开始计时；

[0027] (2)双丝杠同步驱动伺服进给系统推动工作台根据设定的试验程序在有效行程之间往复循环,通过激光干涉仪测量工作台的定位精度和重复定位精度并实时传输至西门子828D系统;通过1号位移传感器和2号位移传感器测量1号丝杠螺母和2号丝杠螺母的实际位移并实时传输至西门子828D系统;

[0028] (3)西门子828D系统利用激光干涉仪检测到的数据,把工作台的实际定位精度、重复定位精度与控制系统设定的定位精度、重复定位精度允许公差相比较,若实际值大于设定值,则判定该双丝杠同步驱动伺服进给系统精度失效,记为一次精度失效故障;把两个位移传感器实际测量差值与控制系统设定的两个位移传感器允许差值相比较,若实际值大于设定值,则判定该双丝杠同步驱动伺服进给系统精度失效,记为一次精度失效故障;控制系统还记录油压不足、丝杠磨损、液压元件损坏、漏油、控制系统报警故障;若发生故障后,则停止此次可靠性试验,并记录此次试验连续无故障工作时间;

[0029] 3)可靠性试验对比分析

[0030] (1)在可靠性试验完成后,对试验采集的故障数据进行统计分析处理,利用FMECA分析及FTA分析方法分析被测双丝杠同步驱动伺服进给系统的可靠性水平;

[0031] (2)在可靠性试验准备时,除双丝杠同步驱动控制方法不同外,其余选择条件均保持一致的情况下,可以比较两种不同双丝杠同步驱动控制方法下的双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性的高低;

[0032] (3)在可靠性试验过程中,如果出现油压不足、丝杠磨损、液压元件损坏,漏油、控制系统报警等故障时,则应立即停止试验,分析故障产生的原因,并对双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性试验装置进行改进。

[0033] 与现有技术相比本发明的有益效果是:

[0034] 1.本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置可对双丝杠副的可靠性及精度保持性进行试验与检测,操作与检测方便,检测结果可靠。通过对被测的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统进行模拟真实工况的可靠性试验,暴露和激发产品故障,为产品的可靠性增长和评估提供实用的基础数据。

[0035] 2.本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置采用电液伺服加载系统对采用双丝杠同步驱动的工作台进行动、静态加载,从而模拟双丝杠同步驱动的伺服进给系统在实际加工过程中所承受的载荷。本发明所采用的电液伺服加载系统为闭环控制,可以使加载力具有较高的加载精度。

[0036] 3.本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置通过设置砝码以模拟实际驱动过程当中所应有的重量,模拟双丝杠伺服进给系统所驱动的惯性载荷。

[0037] 4.本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置具有自动控制系统,可以在程序控制下自动记录精度数据,同时在出现精度失效或故障时自动记录失效数据。

[0038] 5.本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置可检测不同型号的滚珠丝杠,只需更换联轴器和轴承座即可,装置结构简单,具有灵活性和通用性。

附图说明

[0039] 下面结合附图对本发明作进一步的说明：

[0040] 图1为本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置结构组成的轴测投影视图；

[0041] 图2为本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置中所采用的1号轴承座结构组成的主视图；

[0042] 图3为本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置中所采用的2号轴承座结构组成的主视图；

[0043] 图4为本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置中的1号编码器结构组成的主视图；

[0044] 图5为本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置中所采用的4号轴承座结构组成的主视图；

[0045] 图6为本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置中所采用的3号轴承座结构组成的主视图；

[0046] 图7为本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置中的2号编码器结构组成的主视图；

[0047] 图8为本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置中所采用的控制系统的结构组成框图；

[0048] 图9为本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验方法的流程框图；

[0049] 图10为本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置中所采用的伺服油路块组件分解式轴测投影视图；

[0050] 图中：1.1号伺服电机，2.1号减速器，3.1号减速器支架，4.1号联轴器，5.1号轴承座，501.1号轴套，502.1号左端盖，503.深沟球轴承，504.2号轴套，505.1号推力调心滚子轴承，506.1号圆锥滚子轴承，507.1号右端盖，508.3号轴套，509.1号毛毡密封圈，510.2号毛毡密封圈，511.1号止动垫圈，512.1号圆螺母，6.1号位移传感器支架，7.1号位移传感器，8.滚动导轨副，9.1号滚珠丝杠，10.1号丝杠螺母，11.工作台，12.工业砝码，13.操作台，14.2号轴承座，1401.2号左端盖，1402.1号圆柱滚子轴承，1403.3号右端盖，1404.2号止动垫圈，1405.2号圆螺母，1406.4号轴套，1407.3号毛毡密封圈，1408.4号毛毡密封圈，1409.5号轴套，15.1号编码器支架，16.1号编码器1601.1号编码器十字连接轴，1602.1号编码器联轴器，17.加载伺服油缸，18.高频响方向阀，19.插装式电磁换向阀，20.伺服油路块，21.压力传感器，22.伺服油路管接头，23.伺服油路块支架，24.2号编码器，2401.2号编码器十字连接轴，2402.2号编码器联轴器，25.2号编码器支架，26.3号轴承座，2601.4号左端盖，2602.2号圆柱滚子轴承，2603.4号右端盖，2604.4号止动垫圈，2605.4号圆螺母，2606.9号轴套，2607.7号毛毡密封圈，2608.8号毛毡密封圈，2609.10号轴套，27.1号接近传感器，28.1号接近传感器支架，29.伺服油缸支架，30.伺服油缸杆，31.浮动接头，32.床身平台，33.2号丝杠螺母，34.2号滚珠丝杠，35.2号接近传感器，36.2号接近传感器支架，37.2号位移传感器支架，38.2号位移传感器，39.4号轴承座，3901.6号轴套，3902.3号左端盖，3903.深沟球轴承，3904.7号轴套，3905.2号推力调心滚子轴承，3906.2号圆锥滚子轴承，3907.3号右端盖，3908.8号轴套，3909.5号毛毡密封圈，3910.6号毛毡密封圈，3911.3号止动垫圈，3912.3号

圆螺母，40.2号联轴器，41.2号减速器支架，42.2号减速器，43.2号伺服电机，44.激光干涉仪，45.西门子828D系统，46.24V电源，47.鼠标键盘，48.数据处理程序，49.2号输入输出模块，50.1号输入输出模块，51.1号直接测量系统，52.2号直接测量系统，53.1号内置编码器，54.2号内置编码器，55.调节型电源模块，56.1号单电机模块，57.2号单电机模块。

具体实施方式

[0051] 下面结合附图对本发明作详细的描述：

[0052] 本发明是模拟双丝杠同步驱动伺服进给系统在实际运行中的不同工况，在受到不同负载的情况下，得到双丝杠同步驱动伺服进给系统的可靠性及精度可靠性数据，同时提出一套完整的双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性试验方法。

[0053] 本发明所述的双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性试验装置及试验方法主要由两大部分组成，即双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置和双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置可靠性试验方法。

[0054] 一、双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性试验装置

[0055] 参阅图1，本发明所述的采用双丝杠同步驱动的伺服进给系统可靠性试验装置包括双丝杠同步驱动伺服进给系统、加载系统、检测系统与控制系统。

[0056] 1.双丝杠同步驱动伺服进给系统

[0057] 参阅图1，所述的双丝杠同步驱动伺服进给系统包括1号丝杠伺服进给系统、2号丝杠伺服进给系统、2套结构相同的滚动导轨副8、工作台11与床身平台32。其中：1号丝杠伺服进给系统与2号丝杠伺服进给系统结构相同，1号丝杠伺服进给系统与2号丝杠伺服进给系统相对于床身平台32纵向对称面平行对称地安装在床身平台(32)中间凹槽的前、后侧的槽底上。

[0058] 所述的1号丝杠伺服进给系统包括1号伺服电机1、1号减速器2、1号减速器支架3、1号联轴器4、1号轴承座5、1号滚珠丝杠9、1号丝杠螺母10、2号轴承座14、1号编码器支架15与1号编码器16。

[0059] 所述的2号丝杠伺服进给系统包括2号伺服电机43、2号减速器42、2号减速器支架41、2号联轴器40、4号轴承座39、2号滚珠丝杠34、2号丝杠螺母33、3号轴承座26、2号编码器支架25与2号编码器24。

[0060] 所述的双丝杠同步驱动伺服进给系统通过其中的床身平台32安装在地基上，床身平台32为采用整体铸造方式制成的长方体形结构件，床身平台32的顶端为U型等横截面的中间凹槽，即床身平台32的顶端前后两侧相对于床身平台32的纵向对称面平行对称地设置有结构相等的矩形横截面的凸起-导轨座，在前后两侧导轨座的顶端加工有结构相同的导轨槽，在导轨槽的底面上均匀地设置有安装滚动导轨副8的1号螺纹孔；在中间凹槽后侧的左端设置有四个安装1号减速器支架3的2号螺纹孔，在2号螺纹孔的右端设置有四个安装1号轴承座5的3号螺纹孔，在3号螺纹孔的右侧设置有两个安装1号位移传感器支架6的4号螺纹孔，在中间凹槽后侧的右端设置有四个安装2号轴承座14的5号螺纹孔。在中间凹槽前侧的左端设置有四个安装2号减速器支架41的6号螺纹孔，在6号螺纹孔的右端设置有四个安装4号轴承座39的7号螺纹孔，在7号螺纹孔的右侧设置有两个安装2号位移传感器支架37的8号螺纹孔，在中间凹槽前侧的右端设置有四个安装3号轴承座26的9号螺纹孔。在中间凹槽

中间处的右端设置有四个安装伺服油缸支架29的10号螺纹孔，在床身平台32的右端面上设置有四个安装伺服油路块支架23的11号螺纹孔。床身平台32前端面的左右两端分别设置有两个安装2号接近传感器支撑架36和1号接近传感器支撑架28的12号螺纹孔和13号螺纹孔。

[0061] 所述的工作台11采用整体铸造方式制成的长方体形结构件，工作台11底端面的前后两端沿横向对称地铸有两个半圆环体形的丝母支撑座。工作台11上表面沿横向设置有相互平行的用来固定工件的T形槽。工作台11底端面的前后两端分别均匀地设置有安装滚动导轨副8中滑块的滑块螺纹孔，前后两端的滑块螺纹孔位于两个半圆环体形的丝母支撑座的外侧。工作台11的左端面前后两侧半圆环体形的丝母支撑座处各设置有八个安装2号丝杠螺母33与1号丝杠螺母10的螺纹孔，工作台11的右端面的中心处设置有四个安装浮动接头31的螺纹孔。

[0062] 所述的滚动导轨副8包括导轨与滑块，导轨为等矩形横截面的直杆件，导轨上均匀地设置有安装螺钉的螺钉通孔，螺钉通孔的个数与导轨座上的导轨槽底面上的1号螺纹孔个数相等并相互对正；导轨通过螺钉安装在床身平台32前后的导轨座上的导轨槽内对应的1号螺纹孔上。滑块为U字形等横截面的结构件，滑块的凹槽的槽底上设置有螺钉通孔，滚动导轨副8中的滑块通过螺钉安装在工作台11底面前后两端对应的螺纹孔上，滑块扣装在导轨上且为滑动连接，这样就实现了工作台11在床身平台32上做直线运动。

[0063] 所述的1号减速器支架3为L形板类焊接支架，由相互垂直的竖直板、底座板和加强筋组成。竖直板上设置一个中心通孔，为1号减速器2的定位止口，中心通孔周围设置四个安装1号减速器2的螺纹孔，底座板上设置有四个圆通孔，通过螺钉将1号减速器支架3安装在床身平台32凹槽后侧左端的四个2号螺纹孔上。

[0064] 所述的1号减速器2左右两侧均设置有正方形安装板，每侧安装板上布有四个圆通孔，将其中带有输出轴的正方形的右侧安装板通过螺钉安装在1号减速器支架3竖直板上的四个螺纹孔上，1号减速器2的输出轴从竖直板的中心通孔中穿出。1号减速器2采用德国斯德博品牌P921系列高精度减速器。

[0065] 所述的1号伺服电机1的输出轴插入1号减速器2内，并通过螺钉安装在1号减速器2正方形的左侧安装板上。1号伺服电机1采用西门子1PFK系列伺服电机，1号伺服电机内置1号内置编码器53，1号伺服电机1的电机电缆连接在1号单电机模块56的X1接口上，1号伺服电机1的信号电缆连接在1号单电机模块56的X202接口上。

[0066] 所述的1号联轴器4采用国家标准JB/T9147-2000的JMI型膜片式弹性联轴器，双侧为内孔键连接形式，1号联轴器4的一侧采用平键连接在1号减速器2输出轴上，另一侧采用平键连接在1号滚珠丝杠9的左端，这样通过1号联轴器4把1号减速器2的扭矩和转速传递给1号滚珠丝杠9。

[0067] 所述的1号轴承座5采用螺钉安装在床身平台32凹槽后侧的左端设置的3号螺纹孔上。

[0068] 参阅图1和图2，所述的1号轴承座5包括1号轴套501、1号左端盖502、深沟球轴承503、2号轴套504、1号推力调心滚子轴承505、1号圆锥滚子轴承506、1号右端盖507、3号轴套508、1号毛毡密封圈509、2号毛毡密封圈510、1号止动垫圈511与两个相同的1号圆螺母512，1号轴承座5为1号滚珠丝杠9的左端支撑轴承座。

[0069] 参阅图1至图4，所述的1号滚珠丝杠9左侧利用1号轴承座5进行支撑，1号滚珠丝杠

9最左端采用平键与1号联轴器4进行连接。1号滚珠丝杠9中间有滚道的部分与1号丝杠螺母10配合做往复进给运动。1号滚珠丝杠9右侧利用2号轴承座14进行支撑，1号滚珠丝杠9最右端中心处沿轴向设置有内螺纹孔，端面上均布有三个螺纹孔。

[0070] 所述的1号丝杠螺母10为阶梯轴套，在左端凸肩上沿轴向均匀地布置有八个定位圆通孔，1号丝杠螺母10的轴向中间通孔用于安装1号滚珠丝杠9，采用螺钉安装在工作台11后侧的半圆环体形的丝母支撑座上的螺纹孔处，1号丝杠螺母10的左端凸肩的右端面与工作台11的左端面接触连接。

[0071] 所述的2号轴承座14采用螺钉安装在床身平台32凹槽后侧右端的5号螺纹孔上。

[0072] 参阅图1与图3，所述的2号轴承座14包括2号左端盖1401、1号圆柱滚子轴承1402、3号右端盖1403、2号止动垫圈1404、两个相同的2号圆螺母1405、4号轴套1406、3号毛毡密封圈1407、4号毛毡密封圈1408与5号轴套1409，2号轴承座14为1号滚珠丝杠9的右端支撑轴承座。

[0073] 所述的1号编码器支架15为中空回转体零件，左侧环形连接盘上均匀地布置有四个左圆通孔，右侧连接盘的内侧壁上同样均匀地布置有四个右圆通孔。1号编码器支架15采用螺钉安装在3号右端盖1403右端面的螺纹孔上。

[0074] 所述的1号编码器16采用螺钉安装在1号编码器支架15右侧连接盘的内侧壁上的圆通孔上，1号编码器16采用德国西门子TTL系列编码器，其电气线连接在1号直接测量系统51的X520接口上。

[0075] 参阅图1和图4，所述的1号编码器组件包括1号编码器16、1号编码器十字连接轴1601与1号编码器联轴器1602。1号编码器十字连接轴1601螺纹轴一侧与1号滚珠丝杠9右端中心处的内螺纹孔连接，中间连接盘采用螺钉安装在1号滚珠丝杠9右端面的三个螺纹孔上，1号编码器十字连接轴1601光轴一侧与1号编码器联轴器1602一端连接，1号编码器16的伸出轴与1号编码器联轴器1602的另一端连接，这样1号编码器16就能实时检测1号滚珠丝杠9的转数。

[0076] 2号丝杠伺服进给系统的结构及其安装形式与1号丝杠伺服进给系统完全相同，下述亦为相同描述：

[0077] 所述的2号减速器支架41为L形板类焊接支架，由相互垂直的2号竖直板、2号底座板和2号加强筋组成。2号竖直板上设置一个2号中心通孔，为2号减速器42的定位止口，2号中心通孔周围设置四个安装2号减速器42的2号螺纹孔，2号底座板上设置有四个2号圆通孔，通过螺钉将2号减速器支架41安装在床身平台32凹槽前侧左端的四个6号螺纹孔上。

[0078] 所述的2号减速器42左右两侧均设置有正方形安装板，每侧安装板上布有四个圆通孔，将其中带有输出轴一侧的正方形右侧安装板通过螺钉安装在2号减速器支架41的2号竖直板上的四个螺纹孔上，2号减速器42的输出轴从2号竖直板的2号中心通孔中穿出。2号减速器42采用德国斯德博品牌P921系列高精度减速器。

[0079] 所述的2号伺服电机43的输出轴插入2号减速器42内，并通过螺钉安装在2号减速器42正方形的左安装板上。2号伺服电机43采用西门子1PFK系列伺服电机，2号伺服电机内置2号内置编码器54，2号伺服电机43的电机电缆连接在2号单电机模块57的X1接口上，2号伺服电机43的信号电缆连接在2号单电机模块57的X202接口上。

[0080] 所述的2号联轴器40采用国家标准JB/T9147-2000的JMI型膜片式弹性联轴器，双

侧为内孔键连接形式，2号联轴器40的一侧采用平键连接在2号减速器42输出轴上，另一侧采用平键连接在2号滚珠丝杠34的左端，这样通过2号联轴器40把2号减速器42的扭矩和转速传递给2号滚珠丝杠34。

[0081] 所述的4号轴承座39采用螺钉安装在床身平台32凹槽前侧的左端设置的7号螺纹孔上。

[0082] 参阅图1与图5，所述的4号轴承座39包括6号轴套3901、3号左端盖3902、深沟球轴承3903、7号轴套3904、2号推力调心滚子轴承3905、2号圆锥滚子轴承3906、3号右端盖3907、8号轴套3908、5号毛毡密封圈3909、6号毛毡密封圈3910、3号止动垫圈3911与两个相同的3号圆螺母3912，4号轴承座39为2号滚珠丝杠34左端的支撑轴承座。

[0083] 参阅图1、图5、图6与图7，所述的2号滚珠丝杠34左侧利用4号轴承座39进行支撑，2号滚珠丝杠34最左端采用平键与2号联轴器40进行连接，2号滚珠丝杠34中间有滚道的部分与2号丝杠螺母33配合做往复进给运动，2号滚珠丝杠34右侧利用3号轴承座26进行支撑，2号滚珠丝杠34最右端中心有内螺纹孔，端面上均布有三个螺纹孔。

[0084] 所述的2号丝杠螺母33为阶梯轴套，在左端凸肩上沿轴向均匀地布置上布有八个定位圆通孔，2号丝杠螺母33的轴向中间通孔用于安装2号滚珠丝杠34，采用螺钉安装在工作台11前侧的半圆环体形的丝母支撑座上的螺纹孔处，2号丝杠螺母33的左端凸肩的右端面与工作台11的左端面接触连接。

[0085] 所述的3号轴承座26采用螺钉安装在床身平台32凹槽前侧右端的9号螺纹孔上。

[0086] 参阅图1和图6，所述的3号轴承座26包括4号左端盖2601、2号圆柱滚子轴承2602、4号右端盖2603、4号止动垫圈2604、两个相同的4号圆螺母2605、9号轴套2606、7号毛毡密封圈2607、8号毛毡密封圈2608与10号轴套2609，3号轴承座26为2号滚珠丝杠34的右端支撑轴承座。

[0087] 参阅图7，所述的2号编码器支架25为中空回转体零件，左侧环形连接盘上均匀地布置有四个左圆通孔，右侧连接盘的内侧壁上同样均匀地布置有四个右圆通孔。2号编码器支架25采用螺钉安装在4号右端盖2603右端面的螺纹孔上。

[0088] 所述的2号编码器24采用螺钉安装在2号编码器支架25的右侧连接盘上的圆通孔上，2号编码器24采用德国西门子TTL系列编码器，其电气线连接在2号直接测量系统52的X520接口上。

[0089] 参阅图1与图7，所述的2号编码器组件包括2号编码器24、2号编码器十字连接轴2401与2号编码器联轴器2402。2号编码器十字连接轴2401螺纹轴一侧与2号滚珠丝杠34右端中心处的内螺纹孔连接，中间连接盘采用螺钉安装在2号滚珠丝杠34右端面的三个螺纹孔上，2号编码器十字连接轴2401光轴一侧与2号编码器联轴器2402一端连接，2号编码器24的伸出轴与2号编码器联轴器2402的另一端连接，这样2号编码器24就能实时检测2号滚珠丝杠34的转数。

[0090] 2.加载系统

[0091] 参阅图1，所述的加载系统包括工业砝码12、加载伺服油缸17(包括伺服油缸杆30)、高频响方向阀18、插装式电磁换向阀19、伺服油路块20、两个相同的伺服油路管接头22、伺服油路块支架23、伺服油缸支架29与浮动接头31。

[0092] 所述的工业砝码12固定在工作台11上的T型槽上，根据可靠性试验的不同要求，加

载不同重量的工业砝码12，用来模拟真实的惯性负载。

[0093] 所述的伺服油缸支架29为L形板类焊接支架，包括相互垂直的竖直板、底座板与加强筋。竖直板上设置一个中心通孔，加载伺服油缸17上的伺服油缸杆30的从中心通孔中伸出，中心通孔周围设置四个安装加载伺服油缸17的螺栓孔，底座板上设置有四个圆通孔，通过螺钉将伺服油缸支架29安装在床身平台32凹槽中间右端的四个10号螺纹孔上。

[0094] 所述的浮动接头31左端为法兰盘结构，其上设置有四个圆通孔，采用螺钉安装在工作台11的右端面的四个螺纹孔上。浮动接头31的右端为内螺纹孔，用来安装伺服油缸杆30。浮动接头31采用日本SMC品牌JAHF系列浮动接头。

[0095] 所述的加载伺服油缸17包括伺服油缸杆30，加载伺服油缸17安装在伺服油缸支架29中竖直板上设置有四个螺栓孔的地方，加载伺服油缸17中间的圆孔与伺服油缸杆30之间为滑动配合连接，加载伺服油缸17中的缸体上设有进油口A和出油口B。伺服油缸杆30的伸出端与浮动接头31右端的内螺纹孔螺纹连接。

[0096] 所述的伺服油路块支架23为L形板类焊接支架，伺服油路块支架23包括相互垂直的竖直板、水平板与加强筋板。竖直板上设置有四个圆通孔，水平板上设置有四个螺纹孔，通过螺钉将伺服油路块支架23安装在床身平台32右端面上的四个11号螺纹孔上。

[0097] 参阅图1与图10，所述的伺服油路块20为长方体形结构件，其底端面上均匀地设置有四个结构相同的圆通孔，采用螺钉将伺服油路块20安装在伺服油路块支架23水平板上设置有四个螺栓孔地方。在伺服油路块20的右端面上设置两个1号螺纹孔，为液压源的主进油口P1和主回油口T1。在伺服油路块20左端面的下侧设置两个2号螺纹孔，为两个相同伺服油路管接头22的出油口P2和回油口T2。在伺服油路块20左端面的上侧设置两个3号螺纹孔，为两个相同压力传感器21的工作进油口A1和工作回油口B1。在伺服油路块20顶端面的左侧设置有两个4号螺纹孔，为插装式电磁换向阀19的工作进油口A2和工作回油口B2。在伺服油路块20顶端面的右侧设置有四个5号螺纹孔，在四个5号螺纹孔中间设置有四个圆通孔，分别为高频响方向阀18的主进油口P3、主回油口T3、工作进油口A3和工作回油口B3。

[0098] 所述的伺服油路块20的主进油口P1和主回油口T1分别与高频响方向阀18的主进油口P3、主回油口T3相连通，高频响方向阀18的工作进油口A3和工作回油口B3分别与插装式电磁换向阀19的工作进油口A2和工作回油口B2相连通，插装式电磁换向阀19的工作进油口A2和工作回油口B2分别与压力传感器21的工作进油口A1和工作回油口B1相连通，压力传感器21的工作进油口A1和工作回油口B1分别与两个结构相同的伺服油路管接头22的出油口P2和回油口T2相连通。

[0099] 所述的高频响方向阀18安装在伺服油路块20顶端面右侧的5号螺纹孔上。高频响方向阀18采用德国Rexroth品牌4WRTE型号的三位四通高频响方向阀，其电气线连接在1号输入输出模块50的X3接口上。

[0100] 所述的插装式电磁换向阀19安装在伺服油路块20顶端面左侧的4号螺纹孔上。插装式电磁换向阀19选用美国Vickers品牌SBV11-12-C型的电磁换向阀，其电气线连接在1号输入输出模块50的X111接口上。

[0101] 所述的伺服油路管接头22一侧安装在伺服油路块20左端面下侧的2号螺纹孔上，另外一侧分别连接在加载伺服油缸17的进油口A和出油口B。伺服油路管接头22采用国家标准JB/T966-2005的焊接式管接头。

[0102] 3.检测系统

[0103] 参阅图1，所述的检测系统包括1号位移传感器支架6、1号位移传感器7、两个相同的压力传感器21、1号接近传感器27、1号接近传感器支架28、2号接近传感器35、2号接近传感器支架36、2号位移传感器支架37、2号位移传感器38与激光干涉仪44。

[0104] 所述的1号位移传感器7采用螺钉安装在1号位移传感器支架6中竖直板的两个螺钉孔上。1号位移传感器支架6采用螺钉安装在床身平台32中的中间凹槽后侧左端的4号螺纹孔上，用来检测1号丝杠螺母10的实际位移。1号位移传感器7采用日本基恩士品牌LK-G3000高速高精度CD激光位移传感器，其电气线连接在1号输入输出模块50的X3接口上。

[0105] 所述的2号位移传感器38采用螺钉安装在2号位移传感器支架37竖直板的两个螺钉孔上。2号位移传感器支架37采用螺钉安装在床身平台32在凹槽前侧左端的8号螺纹孔上，用来检测2号丝杠螺母33的实际位移。2号位移传感器38采用日本基恩士品牌LK-G3000高速高精度CD激光位移传感器，其电气线连接在1号输入输出模块50的X3接口上。

[0106] 所述的两个结构相同的压力传感器21安装在伺服油路块20左端面上侧的两个结构相同的3号螺纹孔上。压力传感器21采用美国百纳P200H系列耐冲击型压力传感器，其电气线连接在2号输入输出模块49的X3接口上。

[0107] 所述的1号接近传感器27安装在1号接近传感器支架28上，1号接近传感器支架28安装在床身平台32前端面右端的13号螺纹孔上。1号接近传感器27采用日本基恩士品牌EV系列独立型接近传感器。1号接近传感器27用来限制工作台11右端的极限位置，其电气线连接在1号输入输出模块50的X111接口上。

[0108] 所述的2号接近传感器35安装在2号接近传感器支架36上，2号接近传感器支架36安装在床身平台32前端面左端的12号螺纹孔上，2号接近传感器35采用日本基恩士品牌EV系列独立型接近传感器。2号接近传感器35用来限制工作台11左端的极限位置，其电气线连接在1号输入输出模块50的X111接口上。

[0109] 所述的激光干涉仪44安装在床身平台32左侧的地基上。激光干涉仪44采用英国雷尼绍XL-80校准激光干涉仪，其电气线连接在2号输入输出模块49的X3接口上。

[0110] 4.控制系统

[0111] 参照图8，本发明所述的双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性试验装置中的控制系统包括安装有数据处理程序48的西门子828D系统45、24V电源46、鼠标键盘47、2号输入输出模块49、1号输入输出模块50、1号直接测量系统51、2号直接测量系统52、1号内置编码器53、2号内置编码器54、调节型电源模块55、1号单电机模块56、2号单电机模块57和操作台13。

[0112] 所述的西门子828D系统45是控制系统的核心，与显示器集成为一体，安装在操作台13上部的前端面上。24V电源46、鼠标键盘47、调节型电源模块55、1号输入输出模块50、2号输入输出模块49分别和安装有数据处理程序48的西门子828D系统45相连接。

[0113] 所述的鼠标键盘47安装在操作台13的前面伸出部分的上端面，其电气线连接在西门子828D系统45的USB接口处。

[0114] 所述的24V电源46主要为西门子828D系统45提供DC24V电源，其电气线连接在西门子828D系统45的X1接口处。

[0115] 所述的1号输入输出模块50采用西门子72/48D 2/2A PN输入输出模块。用网线将

其POINT1接口端和西门子828D系统45的PN1接口端相连接；1号输入输出模块50的X3接口通过电气连接线分别与1号位移传感器7、2号位移传感器38和高频响方向阀18相连接；1号输入输出模块50的X111接口通过电气连接线分别1号接近传感器27、2号接近传感器35和插装式电磁换向阀19相连接。

[0116] 所述的2号输入输出模块49采用西门子72/48D 2/2A PN输入输出模块。用网线将其POINT1接口端和1号输入输出模块50的POINT2接口端相连接；2号输入输出模块49的X3接口通过电气连接线与压力传感器21和激光干涉仪44相连接。

[0117] 所述的调节型电源模块55采用西门子ALM调节型电源模块，主要用于把三相380V交流电转变为直流电，为电机模块提供动力，用网线将调节型电源模块55的X200接口端和西门子828D系统45的X100接口端相连接。

[0118] 所述的1号单电机模块56采用西门子SMM单电机模块，主要用于控制伺服电机的运行和调速。其X1接口通过电机电缆与1号伺服电机1相连接；其X202接口通过信号电缆与1号伺服电机1内置的1号内置编码器53相连接。

[0119] 所述的1号直接测量系统51采用西门子SMC20直接测量系统，主要用于接收、传递和转换信号。其X500接口通过网线与1号单电机模块56的X203接口相连接。

[0120] 所述的2号单电机模块57采用西门子SMM单电机模块，主要用于控制伺服电机的运行和调速。2号单电机模块57的X1接口通过电机电缆与2号伺服电机43相连接；2号单电机模块57的X202接口通过信号电缆与2号伺服电机内置的2号内置编码器54相连接。

[0121] 所述的2号直接测量系统52采用西门子SMC20直接测量系统，主要用于接收、传递和转换信号。其X500接口通过网线2号单电机模块57的X203接口相连接。

[0122] 数据处理程序48是预装到西门子828D系统45中的，数据处理程序48包括三部分，第一部为可靠性试验前的准备，第二部为可靠性试验数据的检测和记录，第三部分为可靠性试验结束后，对试验数据的对比和分析。

[0123] 位置同步驱动控制方法：在西门子828D系统45中，设置1号伺服电机1为主动电机，2号伺服电机43为从动电机，西门子828D系统45同时向主动1号伺服电机1和从动2号伺服电机43发出位移信号，使1号伺服电机1和2号伺服电机43分别带动1号滚珠丝杠9和2号滚珠丝杠34进行旋转运动。1号编码器16和2号编码器24反馈1号滚珠丝杠9和2号滚珠丝杠34的旋转信号，此信号送回各自的伺服驱动器进行比较，同时还送入西门子828D系统45内部的一个处理器进行位移差值补偿，将补偿指令传输给从动2号伺服电机43进行位置同步运动补偿，这样就实现了1号滚珠丝杠9和2号滚珠丝杠34的位置同步驱动控制。

[0124] 力矩同步驱动控制方法：在西门子828D系统45中，设置1号伺服电机1为主动电机，2号伺服电机43为从动电机，西门子828D系统45同时向主动1号伺服电机1和从动2号伺服电机43发出位移信号，使1号伺服电机1和2号伺服电机43分别带动1号滚珠丝杠9和2号滚珠丝杠34进行旋转运动。1号伺服电机1的1号内置编码器53和2号伺服电机43的2号内置编码器54反馈1号伺服电机1和2号伺服电机3的力矩信号，此信号送回各自的伺服驱动器进行比较，同时还送入西门子828D系统45内部的一个处理器进行力矩差值补偿，将补偿指令传输给从动2号伺服电机43进行力矩同步运动补偿，这样就实现了1号伺服电机1和2号伺服电机43的力矩同步驱动控制。

[0125] 二、双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性试验装置的试验方法

[0126] 本发明所述的双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性试验方法是在采用前面所述的双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性试验装置基础上进行的方法，针对被测双丝杠同步驱动伺服进给系统提出了一套可靠性试验方法。

[0127] 参阅图9，双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性试验方法的步骤如下：

[0128] 1.可靠性试验准备

[0129] 1)在控制系统中选择双丝杠同步驱动控制方法，位置同步驱动控制方法或是力矩同步驱动控制方法；

[0130] 2)在工作台11上放置试验所需的工业砝码12，用来模拟真实的惯性负载；

[0131] 3)在控制系统中设定加载伺服油缸17的加载力和加载波形，加载波形主要包括直线波、梯形波、正弦波、三角波、方波与随机波等；

[0132] 4)设定双丝杠同步驱动伺服进给系统精度指标允许公差，精度指标包括定位精度、重复定位精度和1号位移传感器7、2号位移传感器38测量差值。

[0133] 2.进行可靠性试验

[0134] 1)启动自动控制程序，可靠性试验开始计时；

[0135] 2)双丝杠同步驱动伺服进给系统推动工作台11根据设定的试验程序在有效行程之间往复循环，通过激光干涉仪44测量工作台11的定位精度和重复定位精度并实时传输至西门子828D系统45；通过1号位移传感器7和2号位移传感器38测量1号丝杠螺母10和2号丝杠螺母33的实际位移并实时传输至西门子828D系统45；

[0136] 3)西门子828D系统45利用激光干涉仪44检测到的数据，把工作台11的实际定位精度、重复定位精度与控制系统设定的定位精度、重复定位精度允许公差相比较，若实际值大于设定值，则判定该双丝杠同步驱动伺服进给系统精度失效，记为一次精度失效故障；把两个位移传感器实际测量差值与控制系统设定的两个位移传感器允许差值相比较，若实际值大于设定值，则判定该双丝杠同步驱动伺服进给系统精度失效，记为一次精度失效故障；控制系统还记录其他故障，例如：油压不足、丝杠磨损、液压元件损坏，漏油，控制系统报警等故障；若发生故障后，则停止此次可靠性试验，并记录此次试验连续无故障工作时间；

[0137] 3.可靠性试验对比分析

[0138] 1)在可靠性试验完成后，对试验采集的故障数据进行统计分析处理，利用FMECA分析及FTA分析方法分析被测双丝杠同步驱动伺服进给系统的可靠性水平。

[0139] 2)在可靠性试验准备时，除双丝杠同步驱动控制方法不同外，其余选择条件均保持一致的情况下，可以比较两种不同双丝杠同步驱动控制方法下的双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性的高低。

[0140] 3)在可靠性试验过程中，如果出现油压不足、丝杠磨损、液压元件损坏，漏油、控制系统报警等故障时，则应立即停止试验，分析故障产生的原因，并对双丝杠同步驱动伺服进给系统可靠性试验装置进行改进。

[0141] 本发明中所述的实施例是为了便于该领域技术人员能够理解和应用本发明，本发明只是一种优化的实例，或者说是一种较佳的具体技术方案。如果相关的技术人员在坚持本发明基本技术方案的情况下，做出不需要经过创造性劳动的等效结构变化或各种修改都在本发明的保护范围内。

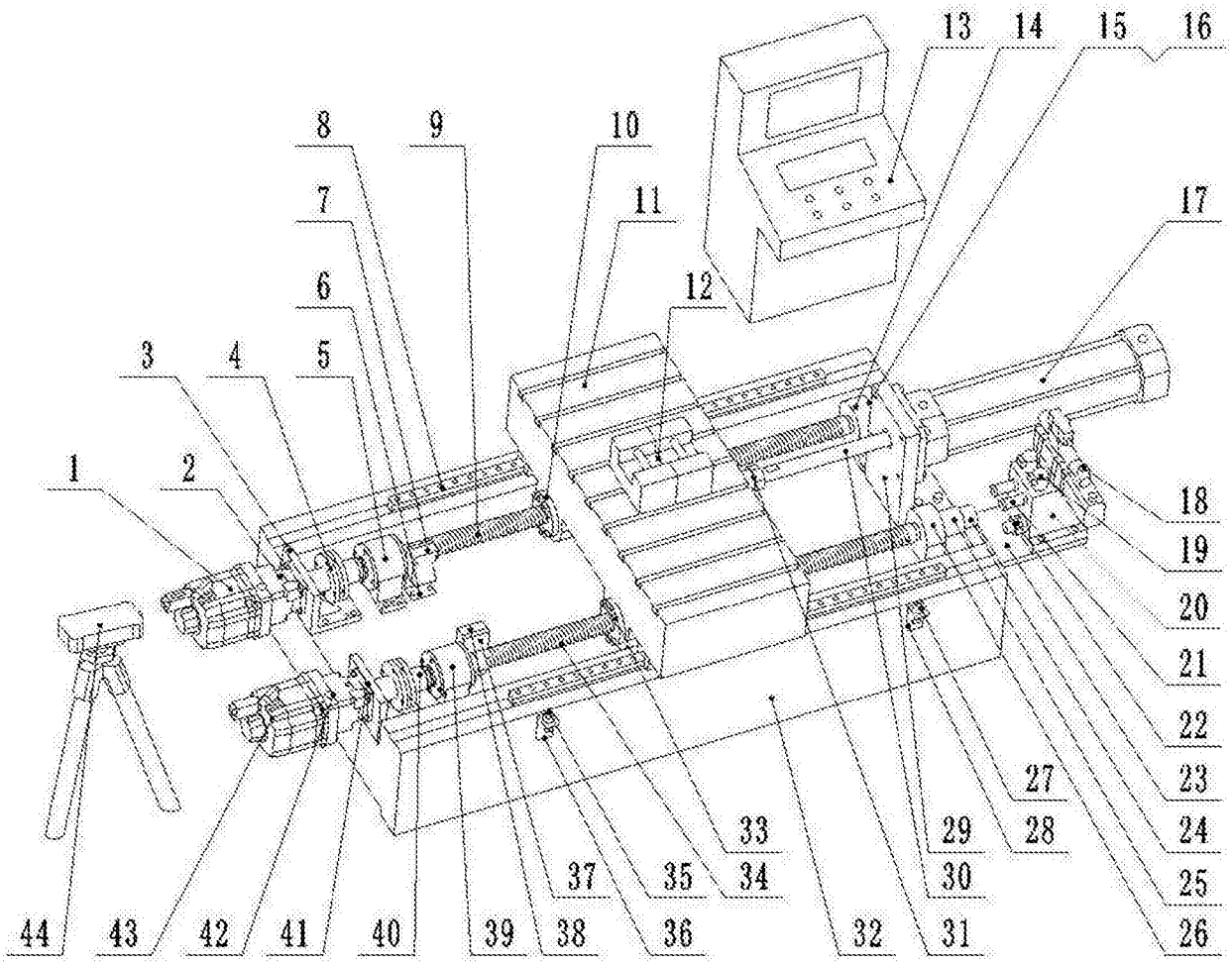

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44

图1

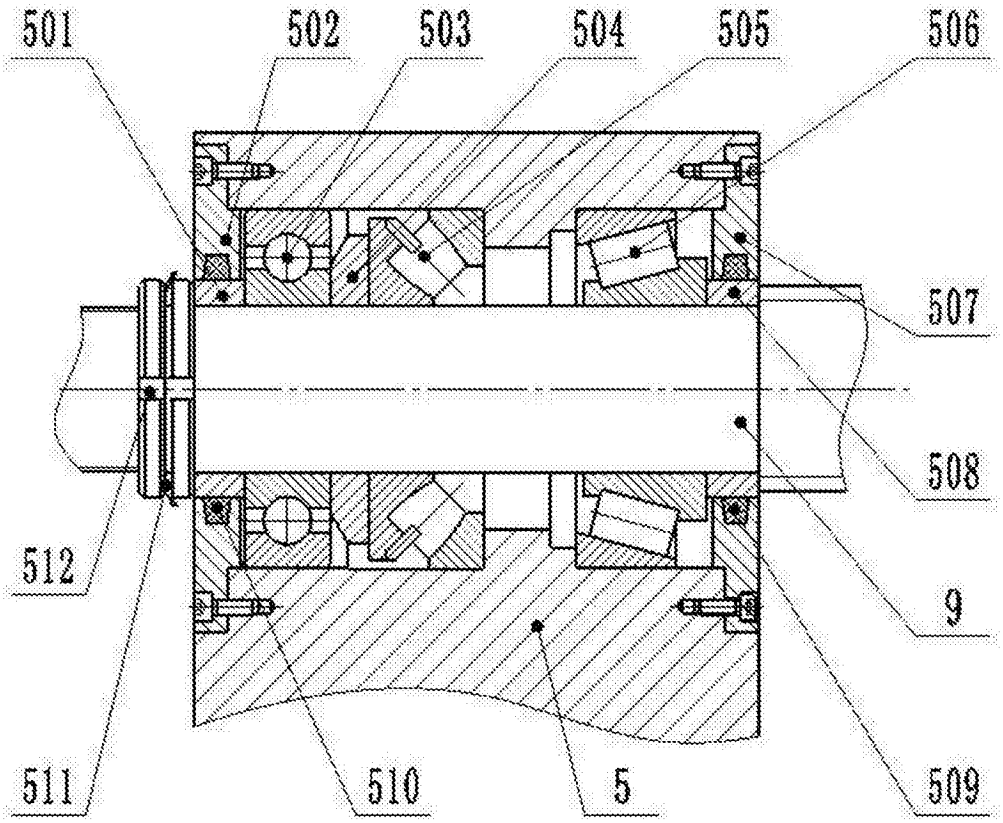


图2

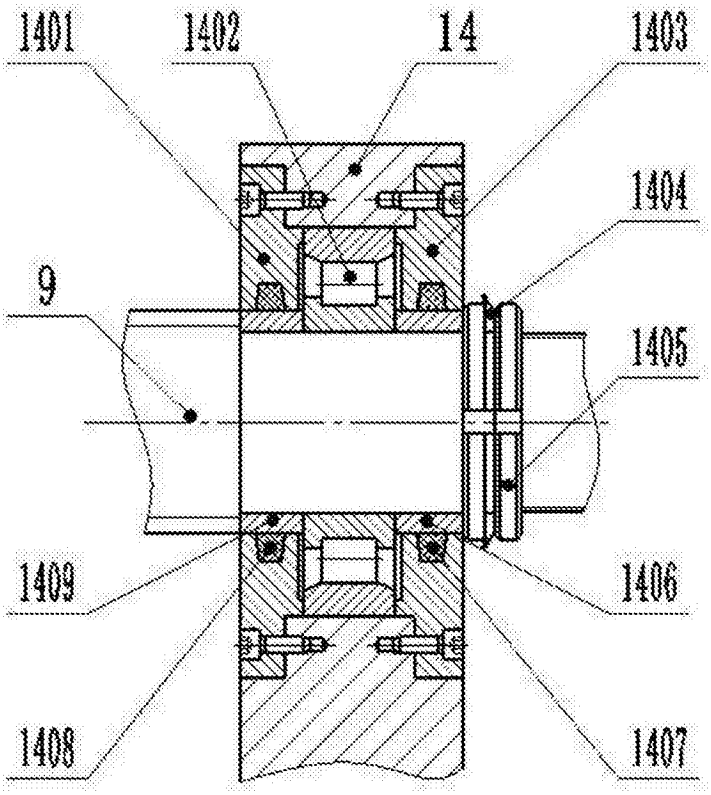

1401
1402
14
1403
1404
9
1405
1409
1406
1408
1407

图3

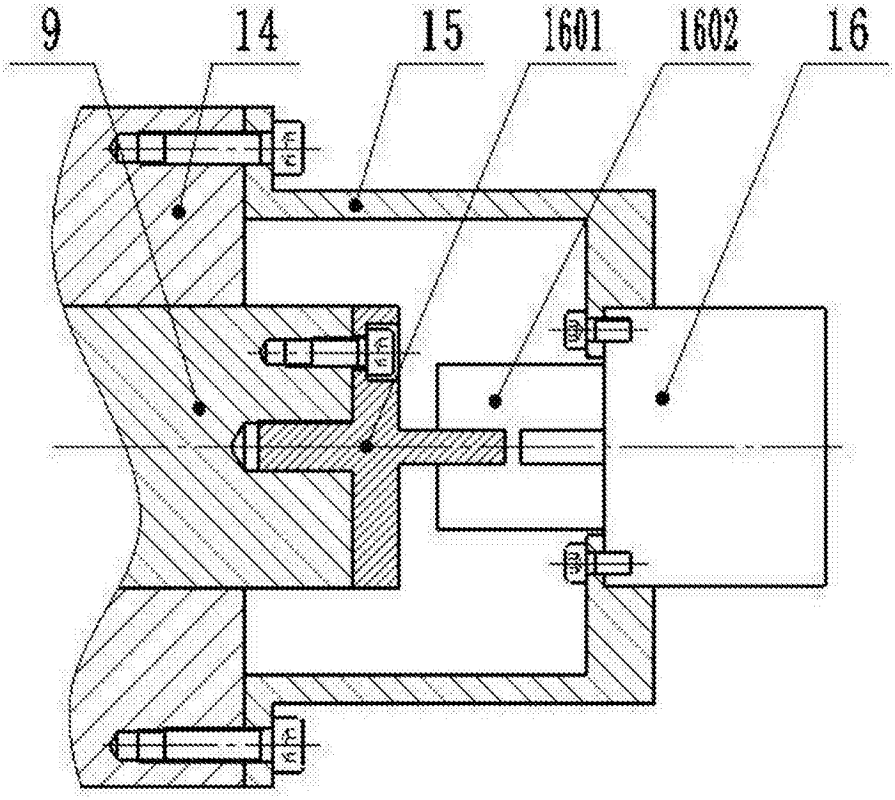

9
14
15
1601
1602
16

图4

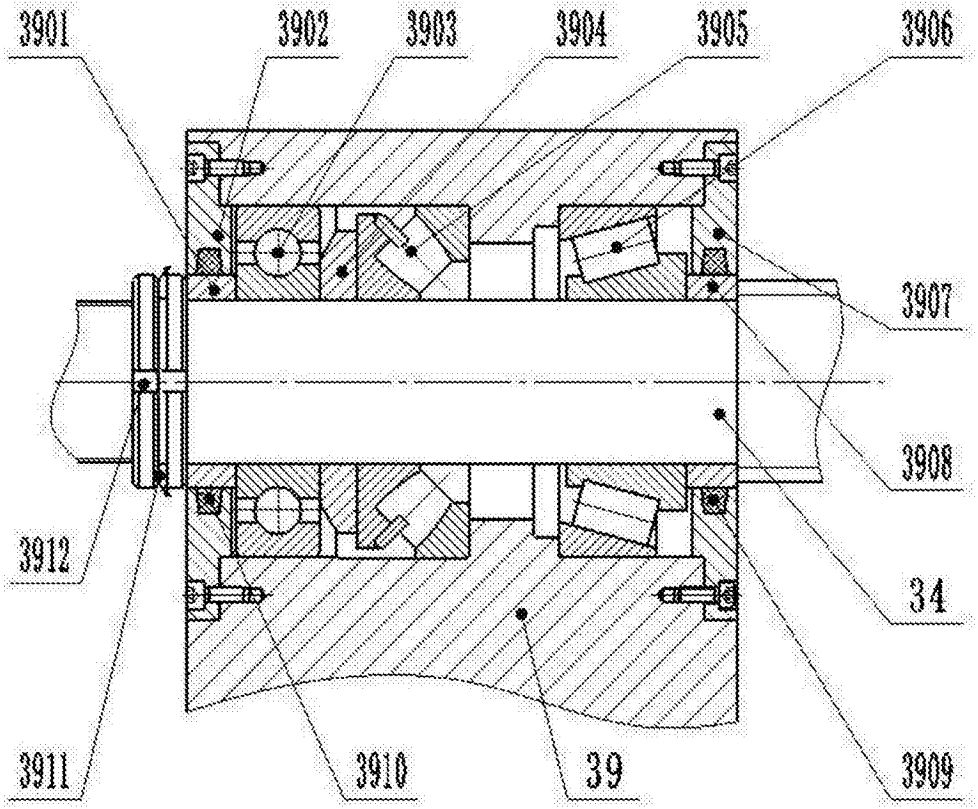

3901
3902
3903
3904
3905
3906
3907
3908
34
3909
39
3910
3911
3912

图5

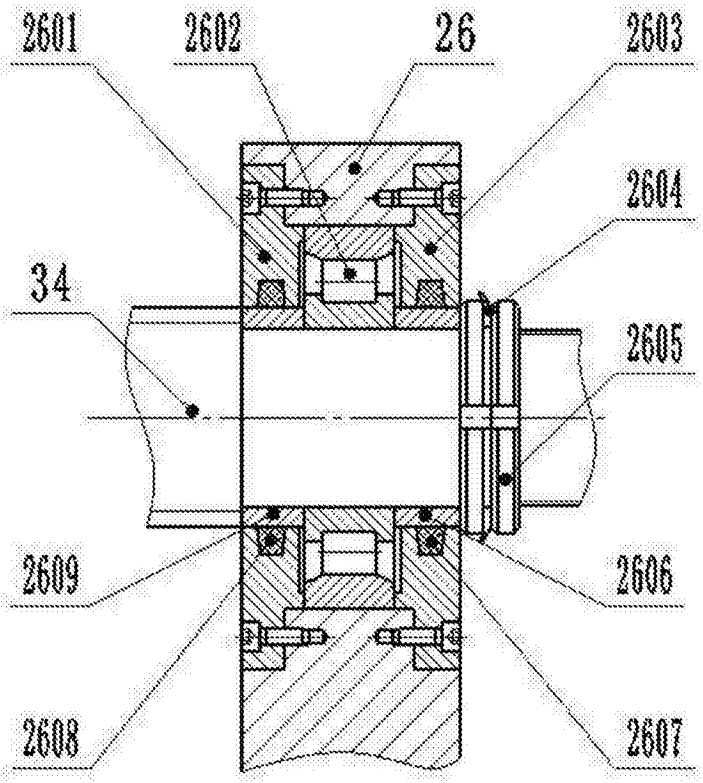

2601
2602
26
2603
2604
34
2605
2609
2606
2608
2607

图6

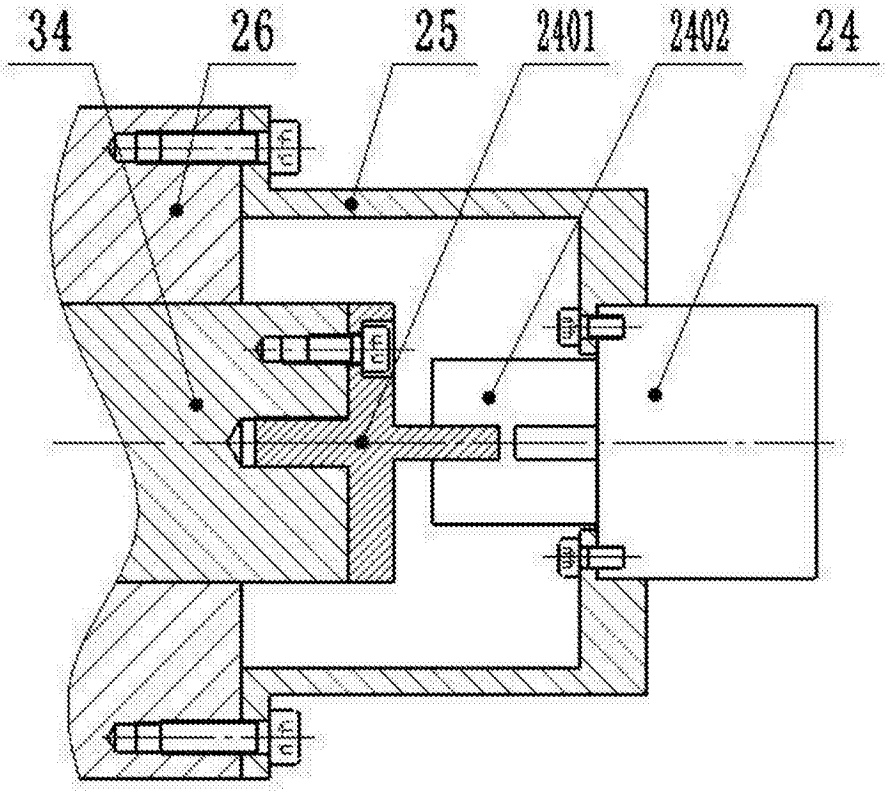

34
26
25
2401
2402
24

图7

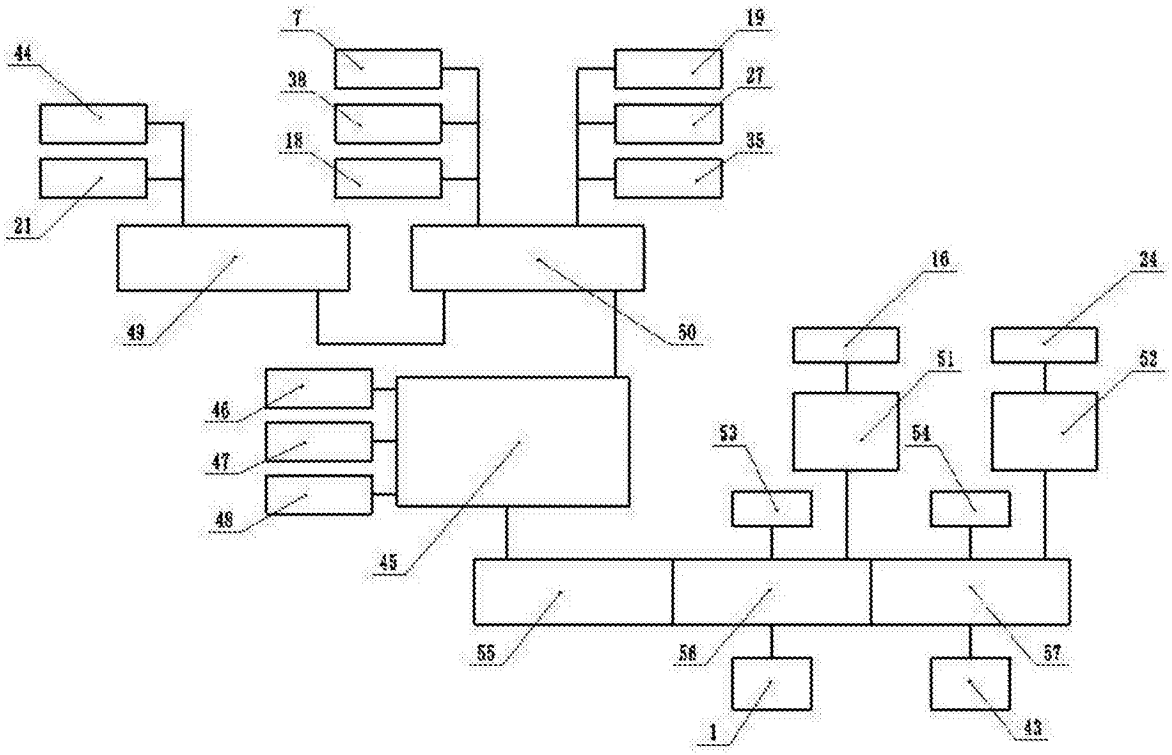

7
19
44
38
27
18
35
21
49
50
16
34
51
52
46
53
54
47
48
45
55
56
57
1
43

图8

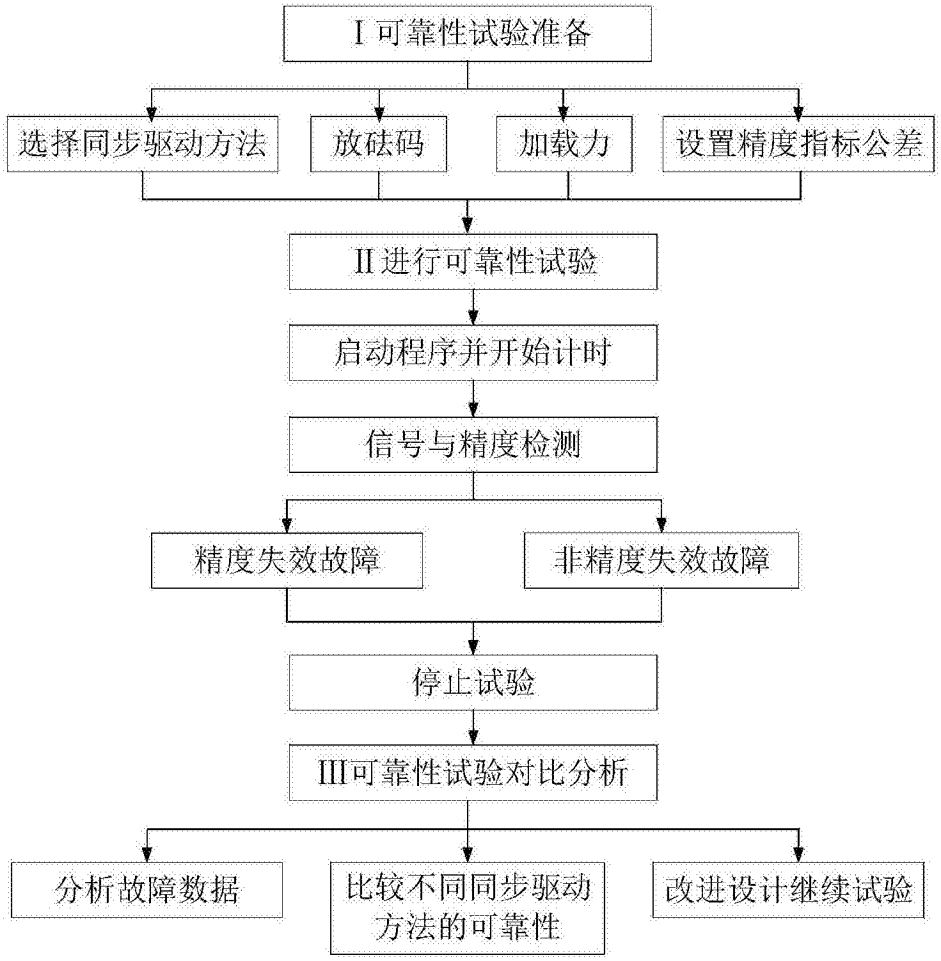

Ⅰ可靠性试验准备
选择同步驱动方法
放砝码
加载力
设置精度指标公差
Ⅱ进行可靠性试验
启动程序并开始计时
信号与精度检测
精度失效故障
非精度失效故障
停止试验
Ⅲ可靠性试验对比分析
分析故障数据
比较不同同步驱动方法的可靠性
改进设计继续试验

图9

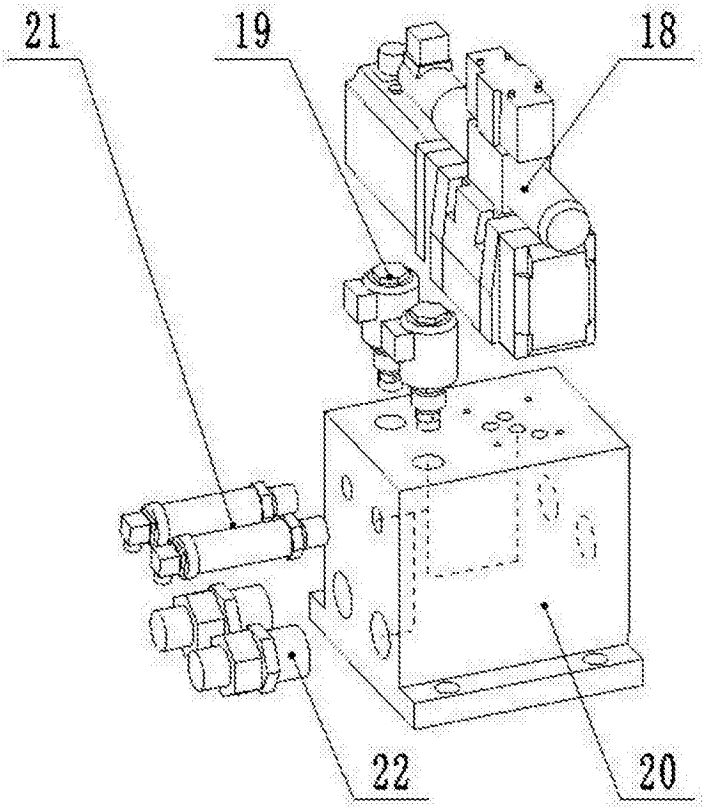


图10