

ZHS20 系列滑动轴承综合实验台

使 用 说 明 书

研制单位：西南交通大学国家工科机械基础课程教学基地

制 造 商：成都通达恒力科技有限公司

目 录

一、 用途.....	2
二、 主要技术指标.....	3
三、 实验台结构及工作原理.....	3
四、 使用及操作.....	10
五、 维护和保养.....	10
六、 试验台的成套性.....	10
七、 其它事项.....	11
八、 附件 1 教学软件说明书.....	12

本说明书所有提及之商标与名称皆属相应公司所有。

本说明书版权归成都通达恒力科技有限公司所有，翻印必究。

本说明书如有变动，恕不另行通知。

一、用途：

1、概述

ZHS20 系列滑动轴承综合实验台是由西南交通大学国家级教学名师吴鹿鸣教授主持设计、西南交通大学国家工科机械基础课程教学基地研制开发、成都通达恒力科技有限公司制造生产的一种设计科学、系统先进、结构合理、测试精度高、可操作性强的具有真实工程背景的教学与科研兼用的新型滑动轴承综合实验装置。

2、实验台功能

ZHS20 系列滑动轴承综合实验台是一种新型滑动轴承综合实验装置，具有真实的工程背景、良好的可操作性和较高的实验测试精度，它既可用于教学实验，也可用于科研实验场合。学生可根据实验大纲的要求进行有关典型的液体动压滑动轴承承载机理、流体动压油膜形成的机理、油膜压力分布测试等基本型实验，也可进行有关滑动轴承在不同参数下润滑状态的转化、润滑性能及摩擦状态研究等综合设计型、研究创新型实验。ZHS20 系列滑动轴承综合实验台为培养学生综合实验素质、开创由验证性实验模式向综合设计型、研究创新型实验模式转化提供了硬件条件，有利于促进实验教学与理论教学的互补及融合、拓展课堂教学的深度与广度，是适于培养学生工程实践能力及创新能力、促进理论教学的理想的新型实验装置。

3、实验台的特点

ZHS20 系列滑动轴承综合实验台突破了传统的以验证性实验模式为主的滑动轴承实验模式，采用经典实验与综合设计型、研究创新型实验相结合的实验模式；实验台集机、电、液、控于一身，机械部分、液压部分、电控部分采用了国内外的新型结构，数据采集、测试及处理系统采用先进的、高精度的既可用于实验教学又可用于科学研究场合的系统，保证了实验台的先进性、实验数据的精确性（无需仿真）及良好的可操作性。本实验台配备了专用的教学实验软件，有利于学生对实验内容及结果进行分析处理，提高实验效率。

4、实验台的结构

ZHS20 系列滑动轴承综合实验台设计科学、性能可靠、结构先进、制作精良、具有良好的可操作性及二次开发性。实验台的外形见附图 1，其主要由静压加载系统、主轴驱动系统、轴承润滑系统、油膜压力测试系统、油温测试系统、摩擦因素测试系统以及数据采集与处理系统等组成。

5、实验台可开设的实验

1. 基本型实验：

(1) 测试轴承中间平面上周向油膜压力分布曲线图和轴向油膜压力分布曲线图，掌握滑动轴承中流体动压油膜形成的机理及滑动轴承承载机理；

(2) 测试周向油膜压力分布曲线图的承载分量的曲线图，求轴承的端泄影响系数 K ，掌握工况参数和轴承参数对滑动轴承润滑性能及承载能力的影响。

2. 综合设计型实验：

了解、掌握滑动轴承摩擦因数的测试方法、滑动轴承润滑状态的转化理论，将影响滑动轴承润滑状态的主要参数引入实验，测定摩擦因数 f 与轴承无量纲特性参数 λ 间的关系曲线图，加深与扩展理论教学内容，对各种摩擦状态的摩擦因数大小范围有定量了解。

3. 研究创新型实验

测定在滑动轴承压强 p 作用下的 p - f - n 性能曲线图，对 p - f - n 曲线与 f - n 曲线进行比较，了解压强 p 的变化对曲线的影响；通过实验加深对最小摩擦因数位置及数值大小的变化的理解，进一步了解滑动轴承设计与研究的相关理论。

6、实验台的适用范围

ZHS20 系列滑动轴承综合实验台在教学实验中，着重对学生综合实验素质的培养，能同时满足不同层次机械设计类课程滑动轴承实验的需要，实现滑动轴承基本型实验、综合设计型实验、研究创新型实验的要求。ZHS20 系列滑动轴承综合实验台既可用于教学实验，也可用于科研实验，实现资源共享，提高设备使用效率。本实验台可供各类高等院校选用，也可供科研及生产部门选用。

二、主要技术指标：

1、主轴驱动系统：

AC SERVO MOTOR 及驱动器：额定功率：750W；转速范围：0~1000 r/min；额定转矩：7.16N·m；输入电压：220VAC；额定电流：3.61A

2、静压加载及轴承润滑系统：

(1) YS8024 电动机：额定功率：750W；同步转速：1400 r/min；输入电压：380/220VAC

(2) 变频器：用于控制三相交流电动机的速度；输入电压 220 V $\pm$ 10%；功率范围 1.5KW；输入频率 47 ~ 63Hz；输出频率 0 ~ 400Hz；功率因数 0.98；控制方法：线性 V/f 控制，带磁通电流控制（FCC）的线性 V/f 控制，平方 V/f 控制，多点 V/f 控制；

3、油膜压力测试系统：

压力传感器及变送器：量程：0~1.2MPa；精度：0.25%FS；供电：24VDC；输出：4~20mA

4、油温测试系统：

温度传感器：量程：-50℃~250℃；精度： $\pm 1^\circ\text{C}$

5、摩擦因素测试系统：

拉压传感器及变送器：量程：5Kg；精度： $\pm 0.5\%$

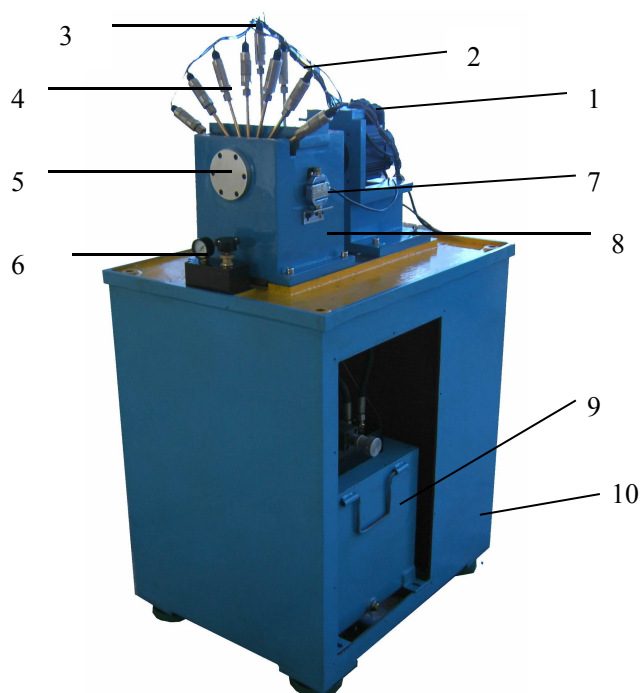
6、数据采集与处理系统：

实验数据采集及处理软件：实验教学用专用软件

三、实验台结构及工作原理：

ZHS20 系列滑动轴承综合实验台（见附图 1）主要由主轴驱动系统、静压加载系统、轴承润滑系统、油膜压力测试系统、油温测试系统、摩擦因素测试系统以及数据采集与处理系

统等组成。



1—交流伺服电动机 2—轴向油压压力变送器 3—静压加载压力变送器
4—周向油压压力变送器（1~7号）5—滚动轴承 6—调压阀
7—摩擦力传感器测力装置 8—实验主轴箱 9—液压油箱 10—机座

附图1 ZHS20系列滑动轴承综合实验台外形图

1. 主轴驱动系统

实验台的滑动轴承和轴支承在安装于实验台箱体上的一对滚动轴承上。滑动轴承实验台驱动电机采用交流伺服电动机，其具有起动快、控制精度高、低频特性好、矩频特性好（见图1）、过载能力强、运行稳定、速度响应快等特点，满足无极调速、运行稳定、低速转矩大及实验过程中能快速起停等实验要求。

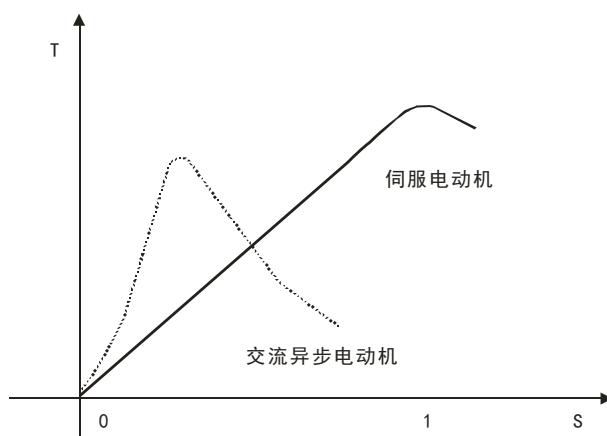


图1 伺服电动机的转矩特性

2. 实验台液压系统

实验台液压系统功能，一是为实验轴承提供循环润滑系统，二是为轴承静压加载系统提供压力供油。液压系统框图见图2：

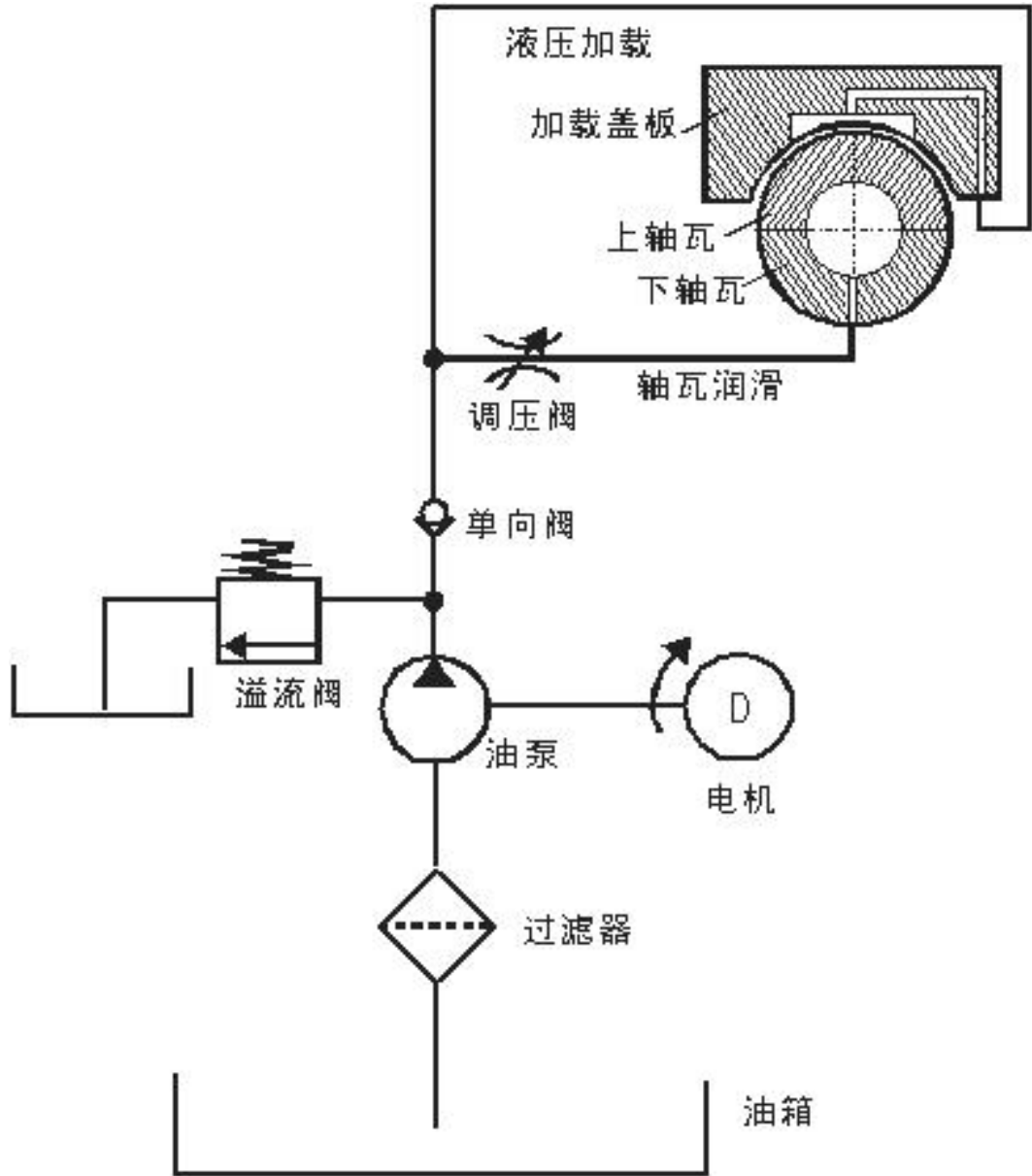


图2 液压系统框图

为了保证液压加载系统的稳定性，该系统采用变频恒压的控制方式。变频恒压供油系统主要由油泵、变频器、压力传感器组成，见图3。通过压力传感器对加载系统的压力的监测，实时调节油泵电机的转速使电机-油泵-液压系统组成一个闭环控制系统。由于在各种转速下形成的油膜压力和端泄情况有一定的差别，通过变频恒压系统能真正地实现在各种转速下加载压力保持不变。

若液压加载系统向固定于箱座上的加载盖板内油腔输送的供油压力为 p_0 ，则轴承的径向外载荷为：

$$F = 9.81 (p_0 + G_0) \quad \text{N} \quad (1)$$

式中， p_0 ——油腔供油压力， kgf/cm^2 ； A ——油腔在水平面上投影面积， $A=60\text{cm}^2$ ； G_0 ——初始载荷（包括轴瓦自重、压力变送器重量等）， $G_0=7.5\text{kgf}$ 。

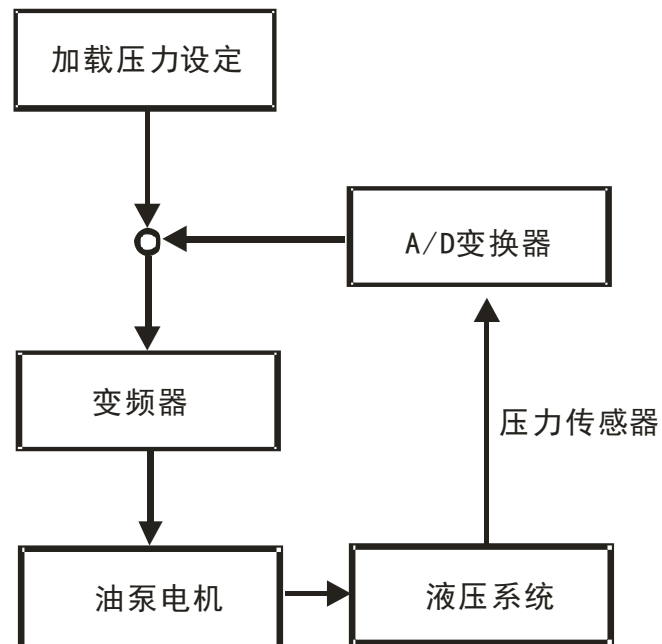


图3 变频恒压控制原理框图

3. 油膜压力变送系统

在轴瓦上半部承载区轴承宽度的中间剖面上，沿周向均布钻有 1~7 共 7 个小孔，分别在小孔处安装压力变送器。当轴旋转一定转速后，在轴承内形成动压油膜，通过压力变送器测出油膜压力值，并在计算机上显示周向油膜压力分布曲线（图 4）。在轴瓦的有效宽度 B 的 $1/4$ 处，装置轴向油膜压力变送器 8，测出位置 8 处的油膜压力，根据轴向油膜压力分布对称原理，可以测得轴向油膜压力分布曲线（图 4c）。

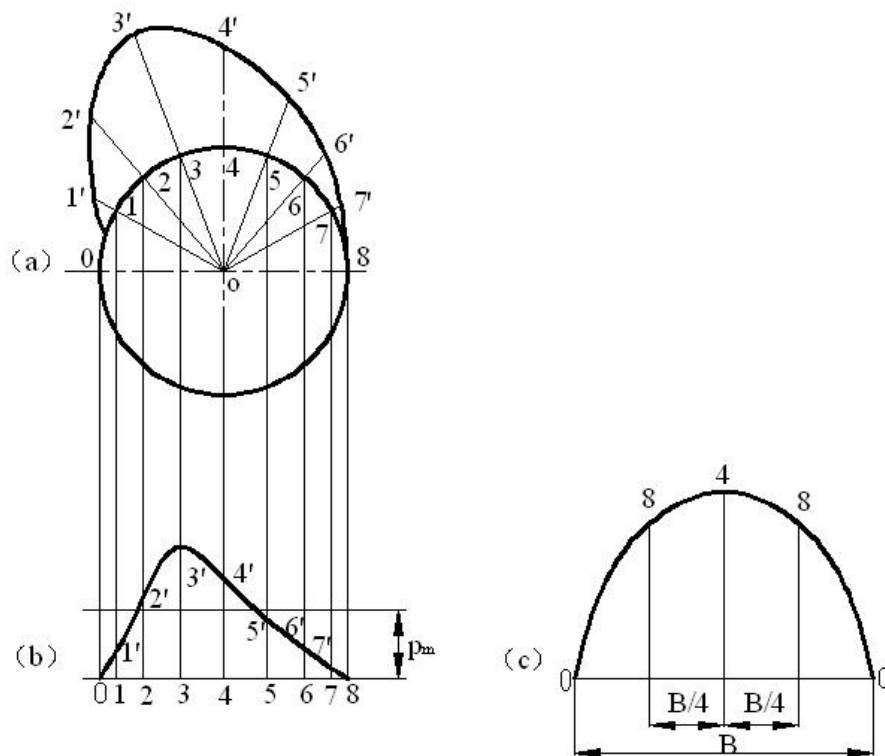


图4 滑动轴承油膜压力分布曲线图

本实验台采用压阻式压力变送器，它由压力敏感部件及压力变送器部件组成。

(1) 压力敏感部件

扩散硅压阻式压力传感器用扩散硅材料制成的膜片作为弹性敏感元件，其硅晶片上通过微机加工工艺构成一个惠斯通电桥，见图 5，图中 I 表示恒流源。当有外部压力作用时，膜片发生弹性变形，膜片的一部分受压缩，另一部分受拉伸。两个电阻位于膜片的压缩区，另两个位于位伸区，并联成惠斯登全桥形式，以使输出讯号最大。

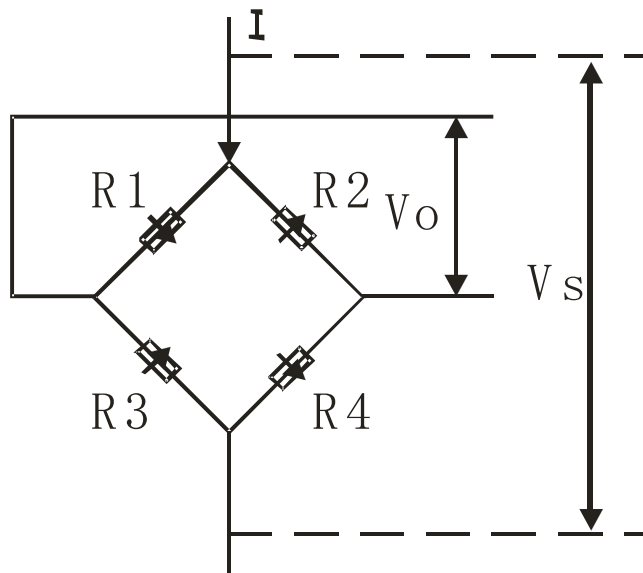


图 5 惠斯登电桥

(2) 压力变送器工作部件

因惠斯通电桥桥阻的变化与作用在其上的外部压力作用成正比例关系，为了将电阻变化量转换为电压信号，给电桥提供最大 2mADC 的恒流源供电，用于激励压力传感器工作。信号放大和转换处理电路用于将惠斯通电桥产生的电压信号线性放大处理后，并将其转换 4-20mADC 工业标准信号变送输出构成压力变送器。主要性能特点如下：

- ① 稳定性高：每年漂移优于 0.2%满量程；
- ② 温度系数小：由于在生产过程中对产品精密的校准及补偿，使其温度误差极小；
- ③ 适应性强：产品量程宽，过程连接形式、制造材料、结构多样化，因而可适应工业测量中的各种场合及不同的介质；
- ④ 安装、维护方便：产品可任意安装在各测量点，而不影响其性能。

量 程	0-1.2MPa
允许过载	300%(7-100 KPa) 200%(0.1-25 MPa) 150%(40 MPa 以上)
供电电压	24 VDC, 范围电源: 12-30 VDC
输出信号	4-20mADC (二线制)
精 度	±0.5%
补偿温度范围	0-+60℃
工作温度范围	-10-+80℃

4. 摩擦因数的测量原理

在实验台滑动轴承的轴瓦外圆处装有一伸出机架的测力杆,该测力杆置于 S 型拉压传感器上。轴承间摩擦因数 f 可由测出的摩擦力矩求出, 即

$$F_f g \frac{d}{2} = F_C g L, \text{ 则 } F_f = \frac{F_C g L}{d/2}, \text{ 由实验测出 } F_C \text{ 后, 可得摩擦因数:}$$
$$f = \frac{F_f}{F} \quad (2)$$

式中: F_f ——轴承的摩擦力, N; F ——轴承外载荷, N; F_C ——拉压传感器测出的力, N;
 L ——测力杆臂长, mm; d ——轴颈直径, mm。

5. 油温测试系统

在轴承的入口处和出口处分别安装温度传感器各一只, 分别采集轴承入口处润滑油油温 t_1 , 轴承出口处润滑油油温 t_2 , 则可得到润滑油的平均温度 t_m :

$$t_m = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad ^\circ\text{C} \quad (3)$$

6. 滑动轴承控制系统

本实验台的八个压力油膜压力传感器、液压加载传感器、测摩擦因素用的拉压负荷传感器、油温传感器采集的测试数据通过 A/D 转换器以通过 RS485 的方式传送到计算机的实验数据采集及处理软件系统, 直接在屏幕上显示, 或由打印机打印输出实验结果。

主轴电机的转速大小是通过计算机进行设置, 设置值通过 RS485 总线送到伺服电机驱动器, 由伺服电机驱动器控制电机的转速。

油压加载系统的电源, 通过变频器及 RS485 通讯接口, 通过实验人员在电脑上设置的加载压力 p_0 的大小与加载压力传感器的反馈值进行比较, 进行 PID 调节运算, 将动态地改变变频器的输出频率, 达到加载压力恒定。

本实验台的控制原理框图见图 6。

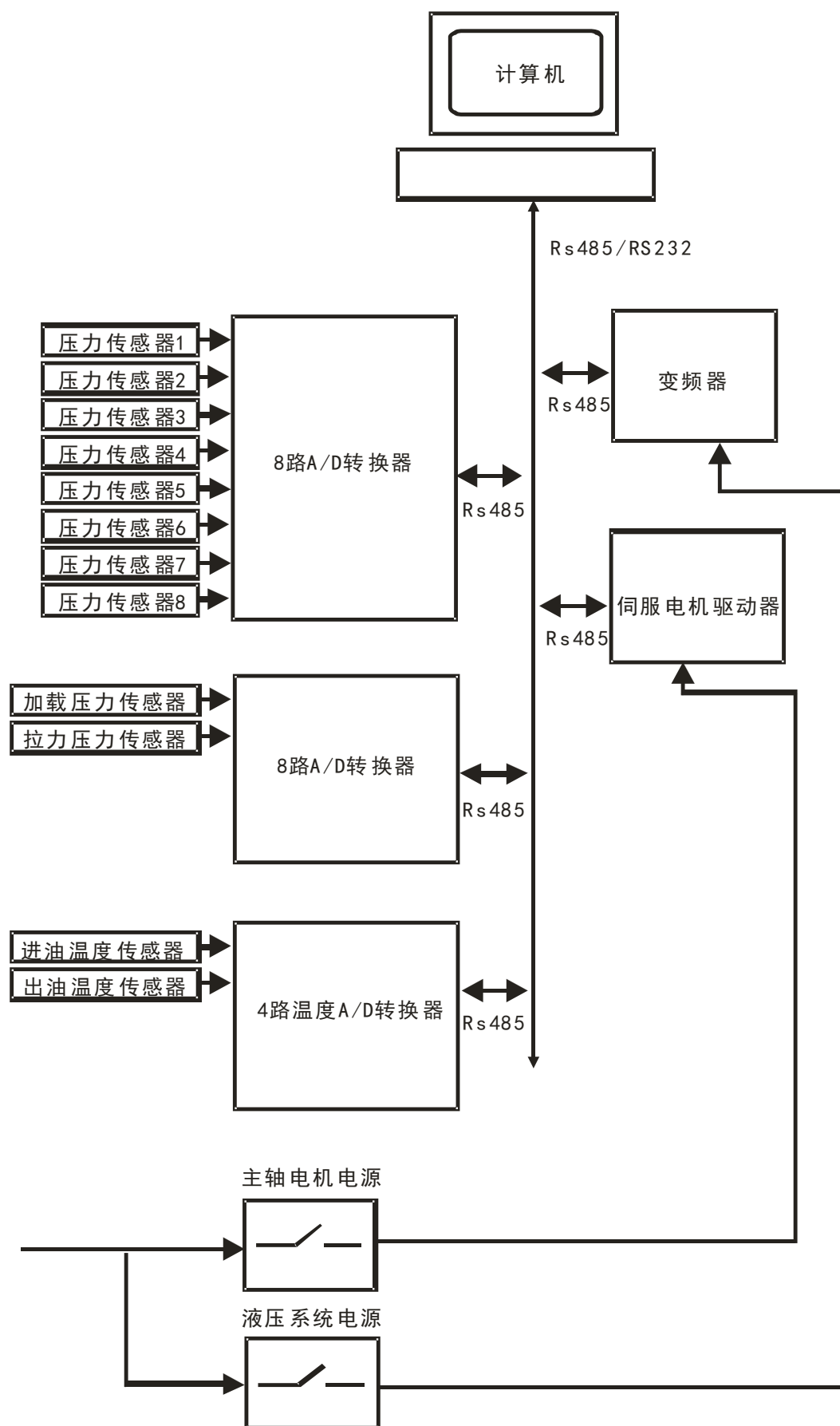


图6 控制原理框图

四、使用及操作：

1、实验台的安装及安装环境

(1) 实验台应安装在环境清洁、干燥、无振动、无磁场干扰、无腐蚀性气体、有动力电源的房间内；

(2) 实验台应放置于坚硬的地面上（不必打地基）通过脚垫调校到水平位置；

(3) 连接好计算机主机、显示器、键盘和鼠标之间的连线；

(4) 将计算机主机、显示器、实验台的电源线插入电源插座。

2、实验前的准备及实验操作

(1) 进行实验前，应仔细阅读本实验台的使用说明书，熟悉各主要设备的性能、参数及使用方法，正确使用仪器、设备及实验测试软件；

(2) 无论做何种实验，均应先启动液压系统电机，后启动主轴驱动电机（伺服电机）；

(3) 在实验过程中，如遇电机转速突然下降或者出现不正常的噪音和振动时，必须卸载或紧急停车，以防电机突然转速过高，烧坏电机、电器及其它意外事故的发生；

(4) 实验测试软件的应用详见附件 1；

(5) 结束实验时，一定要先关闭主轴驱动电机（按“轴停止”键），等主轴驱动电机停止转动后再进行卸载轴承静压载荷（调“静压加载”键），最后关闭液压系统电机，结束实验操作。

五、维护和保养：

本实验台出厂时均经过严格检验，确保实验设备能正常连续使用。为了确保实验台的各项技术指标的稳定性，延长使用寿命，请注意实验台的维护和保养；

1、本实验台是一种精密设备，应安放在阴凉、干燥、防尘、无腐蚀性气体及不易受振动的地方，室内温度不宜过高或过低；

2、应注意经常对实验台进行保养，不用时用防护罩罩起来，以防灰尘等侵入；

3、应定期检查液压系统油箱中润滑油的份量和质量，确保足够的润滑油量，及时更换混入杂质或变质的润滑油；

4、实验台不工作时，应切断电源。

六、实验台的成套性：

ZHS20 系列滑动轴承综合实验台基本配置清单

实验台主要构件：

序 号	名 称	数 量	备 注
1	主体实验装置	1 套	
2	AC SERVO MOTOR 及驱动器	1 套	
3	YS8024 电动机	1 台	
4	变频器	1 台	
5	液压加载系统	1 套	
6	压力传感器及变送器	9 套	
7	温度传感器	2 套	
8	拉压传感器及变送器	1 套	
9	Flexible Jaw Couplings	1 套	
10	垫脚	4 套	
11	实验教学软件	1 套	
12	相关技术文件	1 套	

注：本实验台出厂配套配置以装箱单为准。

七、其它事项：

- 1、开动实验台之前，要先检查实验装置是否安装正确；
- 2、实验前，应用手转动轴瓦，使其摆动灵活、无阻滞现象；
- 3、实验测试时，应先启动轴承润滑系统并注意润滑油压表的压力值是否满足实验要求；
- 4、实验时应观察实验台液压系统的工作情况，确保实验台液压系统运行良好；
- 5、结束实验后，应注意关闭实验台电源。

八 附件 1