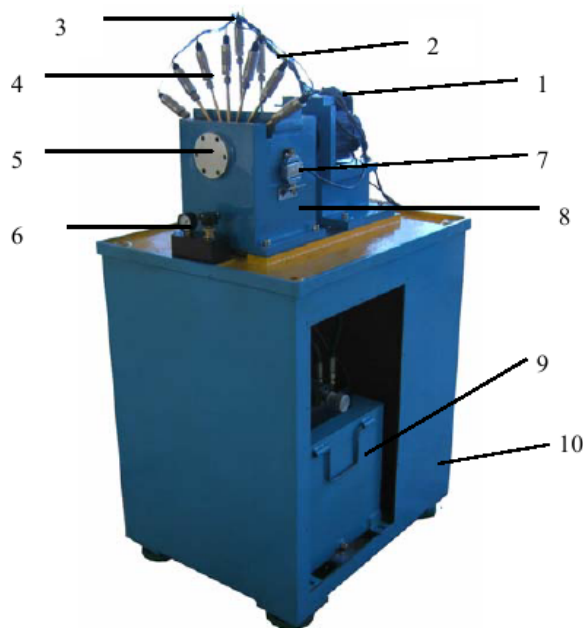


ZHS20 系列滑动轴承综合实验台简介

实验装置采用西南交通大学研制的 ZHS20 系列滑动轴承综合实验台（如图 III-1 所示）。该实验台主要由主轴驱动系统、静压加载系统、轴承润滑系统、油滑压力测试系统、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-轴向油压压力变送器（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

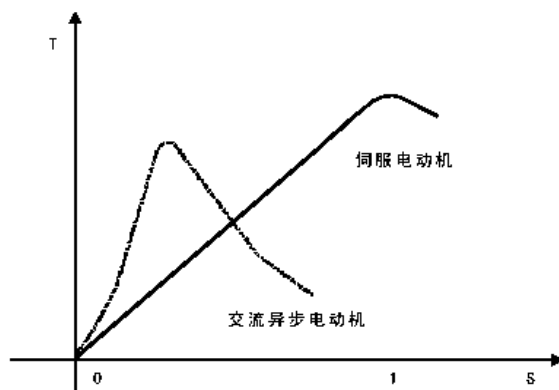
图 III-1 ZHS20 系列滑动轴承综合实验台

1. 主轴驱动系统及电机选择

实验台的主轴支承在实验台箱体上的一对滚动轴承上。该主轴的驱动电机需满足无极调速、低速大转矩及实验过程中能快速启停等要求。

驱动电机主要有交流异步电动机、直流电动机、步进电机、交流（直流）伺服电动机等类型。

交流伺服电动机的工作原理与普通交流异步电机相似，但交流伺服电动机的转子电阻比异步电机的大得多，其转矩特性（转矩 T 与转差率 S 的关系）也因此较普通电机有很大区别（见图 III-2）。它可使临界转差率大于 1，这样不仅使转矩特性更接近于线性，而且具有较大的起动转矩，因此，伺服电机具有起动快、灵敏度高的特点。目前，基本稀土永磁体的交流永磁伺服驱动系统，能提供最高水平的动态响应和扭矩密度。所以用交流伺服驱动取替传统交流调速、直流和步进调速驱动，以便使系统性能达到一个全新的控制水平，从而获得更宽的调速范围和更大的低速扭矩。因此，本实验台选用了交流伺服电动机，其优点归纳如下：



图III-2 伺服电机的转矩特性

目前，基于稀土永磁体的交流永磁伺服驱动系统，能提供最高水平的动态响应和扭矩密度。所以用交流伺服驱动代替传统交流调速、直流和步进调速驱动，以便使系统性能达到一个全新的控制水平，从而获得更宽的调速范围和更大的低速扭矩。因此，本实验台选用了交流伺服电动机，其优点归纳如下：

① 控制精度高：交流伺服电机的控制精度由电机轴后端的旋转编码器保证，因此，交流伺服具有极高的控制精度。

② 低频特性好：步进电机在低速时易出现低频振动现象；普通交流电机由变频器进行调速，在低频时的力矩小；直流电机在低速的控制极不稳定。而交流伺服电机运转非常平稳，即使在低速时也不会出现振动现象。交流伺服系统具有共振抑制功能，可以克服机械的刚性不足缺点，并且系统内部具有频率解析功能（FFT），可检测出机械的共振点，便于调整系统。

③ 矩频特性好：交流伺服电机为恒力矩输出，即在其额定转速（一般为 1000r/min）以内，都能输出额定转矩，在额定转速以上为恒功率输出。

④ 过载能力强：交流伺服电机具有较强的过载能力。它具有速度过载和转矩过载能力。其最大转矩为额定转矩的 3 倍，可用于克服惯性负载在启动瞬间的惯性力矩。

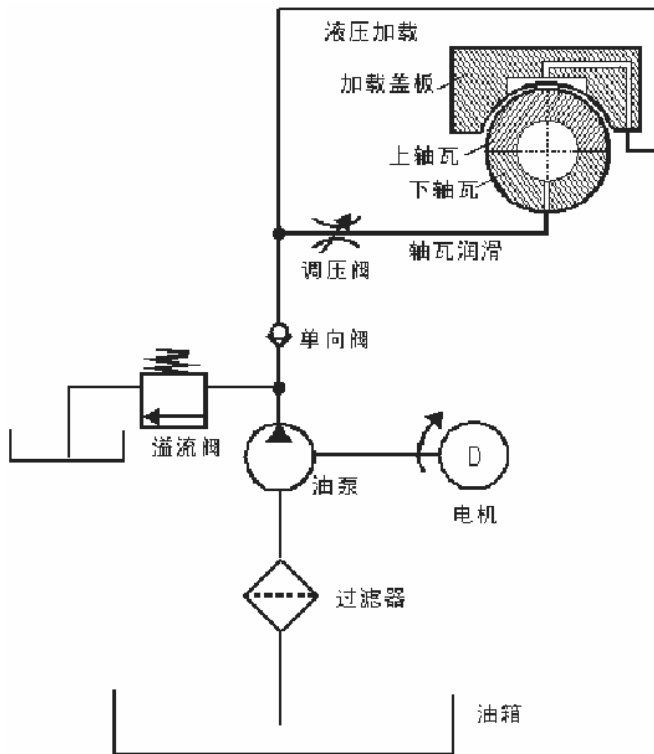
⑤ 运行稳定：交流伺服驱动系统为闭环控制，驱动器可直接对电机编码器反馈信号进行采样，内部构成位置环和速度环，一般不会出现步进电机的丢步或过冲现象，控制性能更为可靠。

⑥ 响应速度快：交流伺服系统的加速性能较好，从静止加速到其额定转速 1000r/min 仅需要几毫秒，可用于要求快速启停的控制场合。

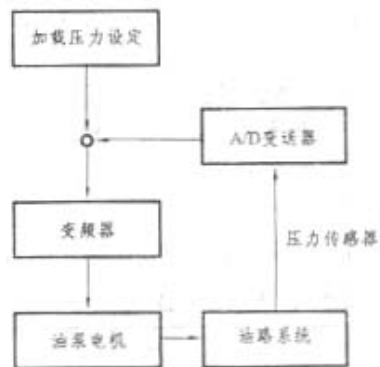
2. 液压系统

实验台的液压系统功能，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。液压系统框如图III-3 所示。

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，如图III-4 所示。通过压力传感器对加载系统的压力监测，实时调节油泵电机的转速使电机-油泵-液压油路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的加载压力保持不变。



图III-3 液压系统框图



图III-4 变频恒压控制原理框图

若液压加载系统向固定于箱座上的加载盖板内的油腔输送的供油压力为 p_0 时，载荷即施加在轴瓦上，则轴承载荷为：

$$F=9.81(p_0A+G_0)N \quad (\text{III-1})$$

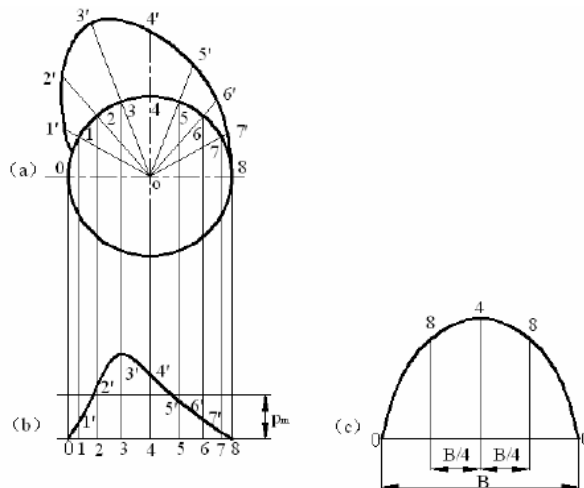
式中， p_0 为油腔供油压力， kgf/cm^2 ； A 为油腔在水平面上投影面积， $A=60\text{cm}^2$ ； G_0 为初始载荷（包括轴瓦自重、压力变送器重量等）， $G_0=7.5\text{kgf}$ 。

注：由于实际需要本书保留了一些非国际标准制单位， $1\text{kgf}=0.980665\text{N}$ 。

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。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（见图III-5）。在轴瓦的有效宽度 B 的 $1/4$ 处，安装轴向油膜压力变送器8，测出位置8处的油膜压力 P_8 ，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[见图III-5 (c)]。

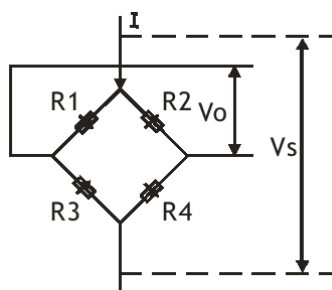


图III-5 滑动轴承油膜压力分布曲线图

本实验台采用压阻式压力变送器，它由压力敏感部件与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的工作原理：以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，如图III-6所示。图 I 表示恒流源， R 表示电桥阻值。 V_s 表示激励电压， V_o 表示电桥输出电压，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，另一部分则受拉伸。两个电阻位于膜片的压缩区，另两个位于拉伸区，并连成惠斯通全桥形式，以使输出信号最大。



图III-6 惠斯通电桥

② 压力变送器部件（性能参数见表III-1）。

因压力传感器是一个在硅晶片上通过加工工艺构成的一个惠斯通电桥，该电桥桥阻的变化与作用在其上的外部作用力大小成正比例关系。为了将电阻变化量转换为电压信号惯例电桥提供最大 2mA DC 的恒流源，用于激励压力传感器工作。信号放大和转换处理电路将惠斯通电桥产生的电压信号线性放大处理后，将其转换为 $4\sim 20\text{mA DC}$ 的工业标准信号变送输出构成压力变送器。其主要性能特点如下：

- ◆ 稳定性高：每年漂移优于 0.2% 满量程。
- ◆ 温度系数小：由于在生产过程中对产品精密地校准及补偿，使其温度误差极小。
- ◆ 适应性强：产品量程宽，过程连接形式、制造材料、结构具有多样化特征，因而可适应工业测量中的各种场合及不同的介质。
- ◆ 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。

表III-1 压力变送器的性能参数表

量 程	0~1.2 MPa
允许过载	200%
供电电压	24 V DC，范围电源：12~30 V DC
输出信号	4~20mA DC（二线制）
精 度	±0.5%
补偿温度范围	0~+60℃
工作温度范围	-10~+80℃

4. 油温测试系统

在轴承的入口处和出口处分别安装传感器一只，分别采集轴承入口处的润滑油油温 t_1 和出口处的油温 t_2 ，则可得到润滑油平均温度 $t_m [t_m = (t_1 + t_2) / 2]$ ，一般情况下 t_m 不大于 75℃。

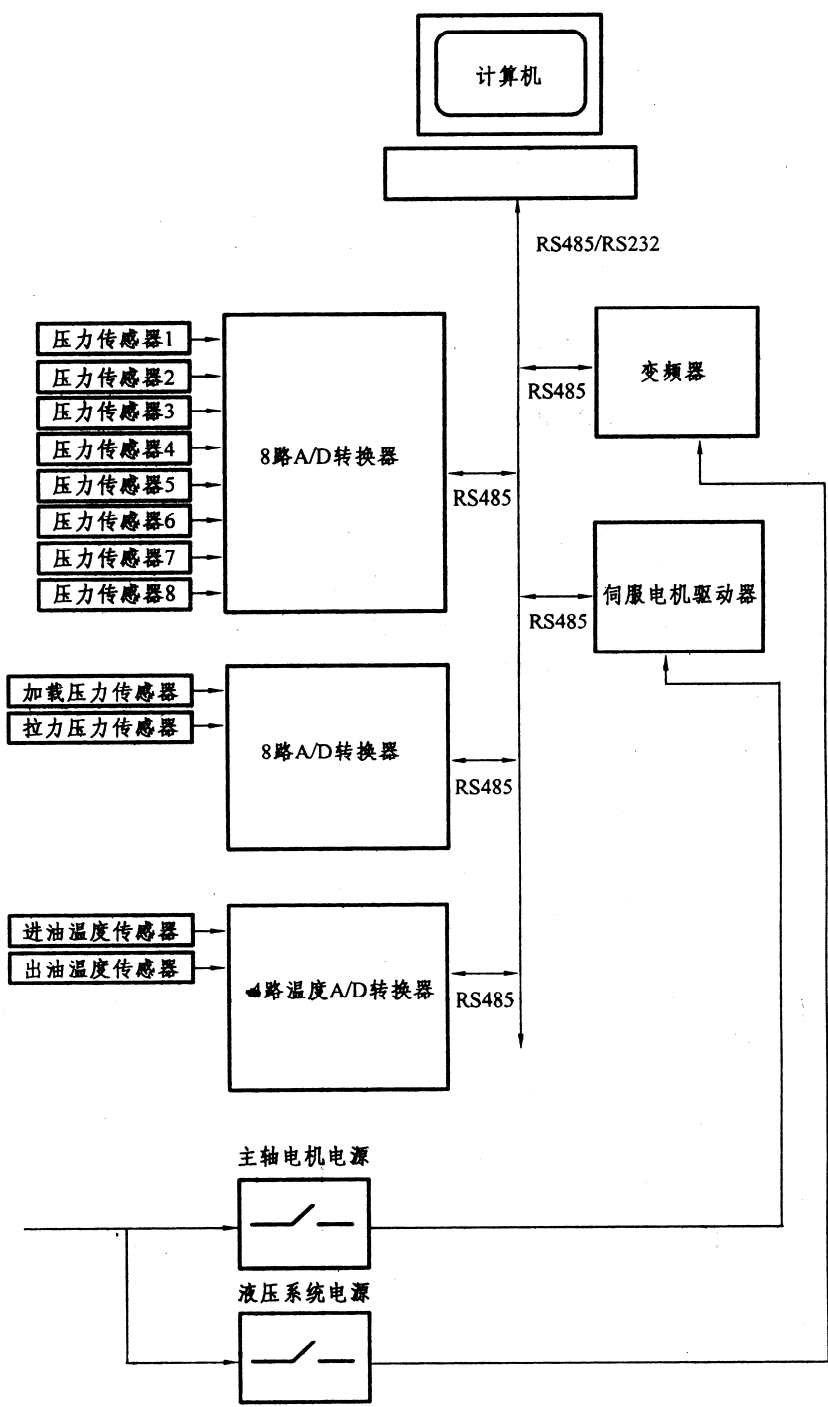
5. 滑动轴承控制系统

实验台的 8 个油腊压力传感器、液压加载传感器、测摩擦因数用的拉压负荷传感器以及油温传感器采集的测试数据通过 A/D 转换器，以 RS485 总线方式传送到计算机的实验数据采集及处理软件系统，直接在屏幕上显示出来，或由打印机打印输出实验结果。

主轴电机的转速大小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。

油压加载系统的压力是由实验人员在电脑上设置加载压力 p_0 与液压加载压力传感器的反馈值进行比较，再通过 PID 调节运算，将动态地改变变频器的输出频率，使其液压加载压力保持恒定。

实验台的控制原理框图如图 III-7 所示。



图III-7 控制原理框图