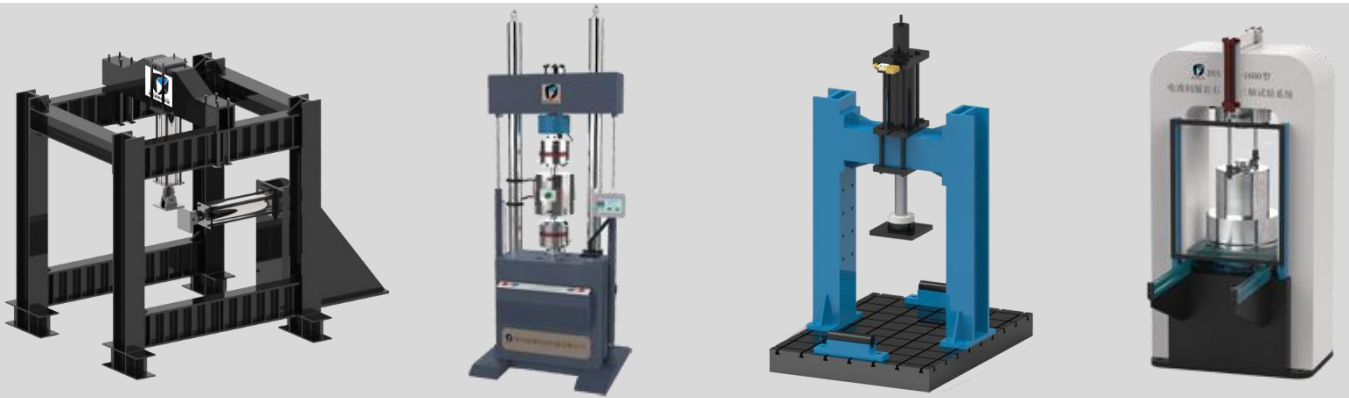




DPL-9005 型高低周疲劳试验系统方案

2021 年 06 月



四川德翔科创仪器有限公司

地址：四川省成都市星光西路 115 号南光工业园

总机：028-89142004

邮箱：dexkc@dextest.com

网址：www.dextest.com

联系人：阙永德

手机：18908065558

目 录

一、背景介绍.....	2
二、设备用途.....	4
三、技术标准.....	6
四、使用环境.....	6
五、技术指标.....	7
六、方案介绍.....	8
七、系统结构介绍.....	13
八、伺服液压动力系统.....	19
九、数据采集及控制软件.....	21
十、特点创新.....	29
十一、设备主要配置.....	31

DPL-9005 型高低周疲劳试验系统

设备名称：高低周疲劳试验系统

设备型号：DPL-9005



一、背景介绍

疲劳试验是利用金属试样和模拟机件在各种环境下，经受交变载荷循环作用而测定其疲劳性能判据，并研究其断裂过程的试验，即为金属疲劳试验。金属疲劳强度是一种对金属外在缺陷、内在缺陷、显微组织和环境条件非常敏感的性能，通过疲劳试验所测定的试验数据一般都很分散，即 S-N 曲线通常都是一个带，由此求出的疲劳极限乃是一组试样的统计平均值。

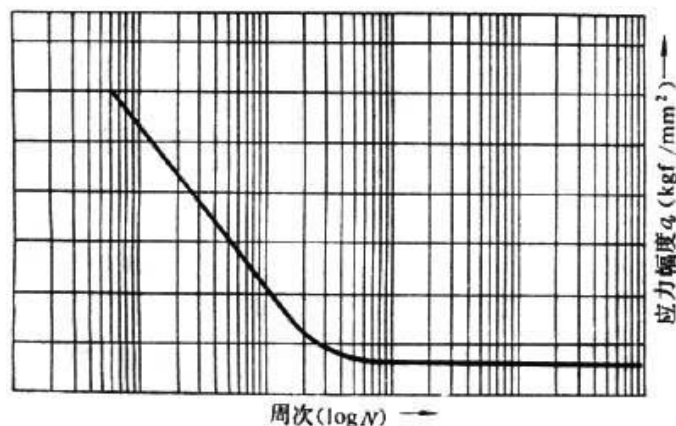


图1 金属的 S-N 曲线

近年来，由于电液伺服闭环控制疲劳试验机的出现以及近代无损检验技术、现代化仪器仪表等新技术的采用，促进了金属疲劳测试技术的发展。

金属疲劳试验种类很多，通常可分为高周疲劳、低周疲劳、热疲劳、冲击疲劳、腐蚀疲劳、接触疲劳、声致疲劳、真空疲劳、高温疲劳、常温疲劳、低温疲劳、旋转弯曲疲劳、平面弯曲疲劳、轴向加载疲劳、扭转疲劳、复合应力疲劳等。

1) 高周疲劳—金属疲劳强度判据是疲劳极限（或条件疲劳极限）即金属经受“无限”多次(或规定周次)应力循环而不断裂的最大应力，以 σ_r 表示，其中 γ 为应力比，即循环中最小与最大应力之比。在对称循环应力下 $\gamma = -1$ ，疲劳极限表示为 σ_{-1} 。工程金属材料的疲劳极限与抗拉强度 σ_b 成正比，比值约为 0.5，对疲劳试验时选取第一个循环应力具有参考价值。金属疲劳试验时，应力随时间一般呈正弦波形变化（图 2），但有时也采用三角形、矩形等应力波形。

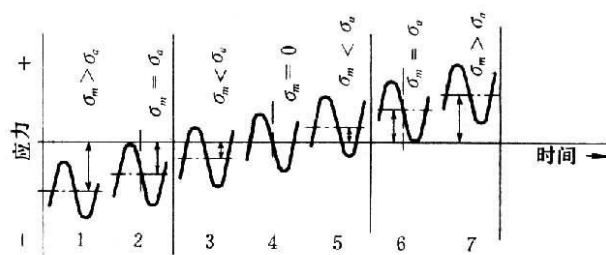


图 2 循环应力类型
 σ_m 平均应力 σ_a 应力幅度

金属在疲劳极限下实际所通过的最大循环次数称为试验基数。钢铁及钛合金等，基数一般为 10^7 ；对于有色金属、特殊钢及在高温、腐蚀等试验条件下，基数一般为 10^8 。一些金属存在疲劳极限，对应地在 S-N 曲线上出现水平部分。

低周疲劳—对于高应力大应变下的低周疲劳（周次一般为 $10^2 \sim 10^5$ ），通常是进行恒应变控制低周疲劳试验。应首先将试验结果绘成低周疲劳寿命曲线（图 3），然后从相关直线的截距和斜率求得下列表征金属低周疲劳性能的判据：疲劳强度系数 σ_{ϵ} 、疲劳塑性系数 ϵ_{σ} 、疲劳强度指数 b 、疲劳塑性指数 c 。循环应变硬化指数 n' 、循环强度系数 k' 等判据可从循环应力-应变曲线求得。

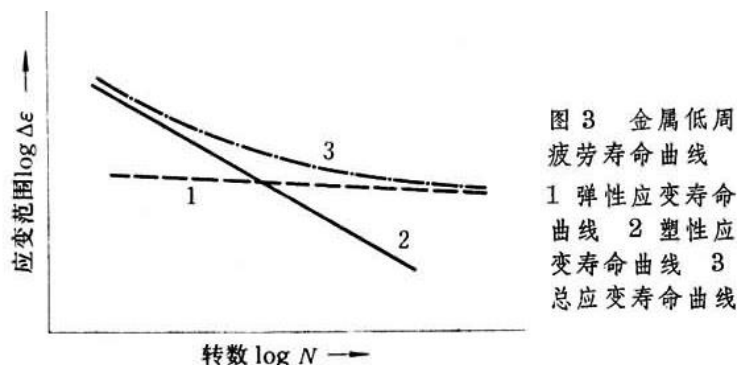
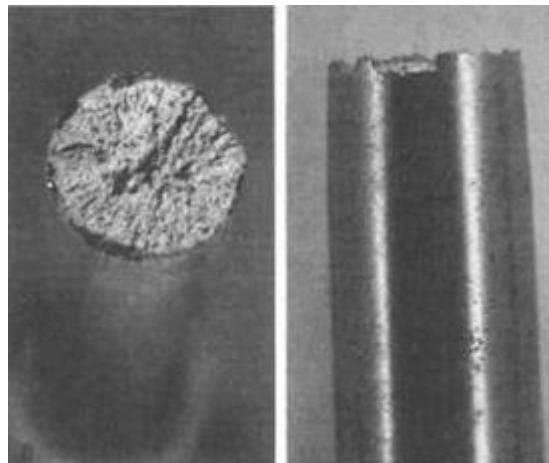


图 3 金属低周疲劳寿命曲线
1 弹性应变寿命曲线 2 塑性应变寿命曲线 3 总应变寿命曲线

金属疲劳试验结果受很多因素影响，如试验条件（试样的尺寸、形状和表面状态，试验机类型，载荷特征，频率、温度及介质等）、冶金因素（晶粒度、显微组织、冶金缺陷等）、操作技术（试样安装情况、加载同心度等）。为了保证金属疲劳试验结果的可靠性和可比性，必须设法避免上述各种因素的影响，严格控制疲劳测试相关条件的一致性。此外，残余应力也是影响疲劳强度的一个重要因素，一般是残余压应力有利，残余拉应力有害。为了减小残余应力对疲劳试验结果的影响，除样坯应经适当热处理外，疲劳试样的机械切削加工应采用多段、分级、逐步减小加工量的方法，精加工时以横磨削、纵抛光为宜。

金属疲劳裂纹通常在表面层应力集中处(滑移带、夹杂、析出微粒、划痕、缺口、冶金缺陷等)萌生、而后扩展至断裂。金属疲劳断裂表面的外观形貌称之为疲劳断口。一般分为三区：即疲劳源（萌生疲劳裂纹的核心策源地）；疲劳裂纹扩展区（扩展过程中留下呈同心弧线的贝壳状形貌，光亮平滑，颗粒细有时呈瓷状）；终断区（剩余截面不足以支承峰值应力因过载荷而静断，呈暗灰色纤维状或晶粒状）。

二、设备用途





电液伺服疲劳试验系统是一种符合现代材料力学研究领域，专门研究材料疲劳力学特性的试验设备。试验机主要用于检测各种尺寸规格的金属和非金属材料拉、压疲劳试件的力学性能特征。

试验机具有如下功能

1. 试验机配置 50KN 轴向作动器, 能完成材料单轴拉伸和压缩及疲劳试验;
2. 试验机配置高温加热箱, 高可完成材料常温~1100℃的疲劳试验试验;
3. 试验机采用进口载荷传感器、位移传感器和变形引伸计, 自动精确地控制及显示试验力、试件变形等数据, 可实现如下控制方式:
 - a) 恒应力、恒位移、恒变形控制;
 - b) 恒应力速率、恒位移速率、恒变形速率控制;
 - c) 应力、位移、变形变速率控制;
 - d) 循环加卸载控制
4. 试验机采用宽调速范围的高性能电液伺服比例阀组及计算机数字控制等先进技术, 全数字式闭环调速控制系统, 力(应力)、位移、变形(应变)三种控制方式之间平滑(无冲击)转换
5. 具有多重完善的安全防护功能

- a) 电气系统：过电压、过流、过热保护；
- b) 测控系统：力、位移、变形超限保护；
- c) 液压系统：压力保护、油温保护、油路堵塞保护；
- d) 高温系统：高温超限保护；
- e) 变形及时间预设置保护、变形极限值保护；
- f) 试样断裂保护；

6. 试验软件在 WINDOWS 中文环境下工作，强大的数据处理功能，试验条件和试验结果自动存盘，显示和打印。试验过程全部纳入计算机控制，试验机是科研院所、冶金建筑、国防军工、大专院校、机械制造、交通运输等行业理想的高性价比的试验系统。

三、技术标准

本试验机遵循以下标准：

- 1、《试验机通用技术要求 GB/T2611-2007》标准；
- 2、《拉力、压力和万能试验机 JJG 139-1999》检定规程；
- 3、《GB/T228—2010 金属拉伸试验法》标准；
- 4、《GB/T3075-82 金属轴向疲劳试验方法》标准
- 5、《GB/T2039-80 金属拉伸蠕变试验方法》标准；
- 6、《GB/T16826-2008 电液伺服万能试验机》标准；
- 7、《JB/T9397-2002 拉压疲劳试验机技术条件》标准；
- 8、《GB/T228.1-2010 金属材料室温拉伸试验方法》标准。
- 9、《GB4338-2006-T 金属材料高温拉伸试验方法》标准

四、使用环境

- 1、室内温度在-10℃~60℃范围内，其温度波动应不大于上下限 2℃/h；
- 2、相对湿度低于 80%；
- 3、电源电压变动幅度应不超过额定电压 380V±10%；
- 4、电源频率 50Hz；
- 5、在试验机周围 2m 范围内无明显电磁场干扰；
- 6、试验机周围无震动源、空间无腐蚀介质，无粉尘；
- 7、试验机周围应留有不小于 0.8m 的空间；
- 8、用户提供试验所需水源。

五、技术指标

1、作动器：动态伺服作动器

- 最大静态加载力：50KN
- 最大动态加载力：40KN
- 作动器加载频率：0.1-30HZ
- 作动器伸缩速度：0~100mm/min 无级可调
- 作动器动态特性：载荷（±50kN）×振幅（±0.1mm）×频率（30Hz）
- 作动器载荷精度：±0.5%FS
- 作动器位移精度：±0.5%FS

2、温加热炉温度：室温~1100℃，控制精度 ±5℃（选配）

3、试验试样：

板式试样：0~10mm

圆棒试样：标准拉伸疲劳试样，直径0~φ10mm

高温试样：连接 M10 标准螺纹的高温试件

4、油源系统：

功率：液压动力站的主功率三相 AC380V 50HZ 约 35KW（实际设计为准）

流量：57L/Min

压力：额定工作压力 25MPa

5、传感器：

载荷传感器：美国 INTERFACE1032 型传感器，量程 50KN，精度±0.04%FS

高温引伸计（选配）：Epsilon3549 型高温型引伸计标距 50mm，精度 0.5%FS，耐温 1100℃

6、控制系统：

波形控制：采用智能液压伺服控制技术，脉冲波形、脉冲次数、载荷可控范围内任意设定，上升平稳。

控制方式：位移控制；载荷控制；变形控制。

试验波形：梯形波、正弦波、三角波、直流等。

波形频率：控制分辨率能达到 0.01HZ；范围 0.01~30Hz 任意可调。

7、控制器：采用进口美国 NI 控制器，50KHZ 采样率，24 位分辨率；最高可达 10KHZ 闭环速率；32 位波形发生器 0.1~500Hz，正弦波、三角波、方波、锯齿波、随机波。

8、设备配置：

主机： 1000mm(L) X1000mm(W) X2800mm(H)，重量： 2.2T

油源动力柜： 1300mm(L) X1000mm(W) X1700mm(H)，重量： 1.2T（含液压油）

一台冷油机： 1330mm(L) X750mm(W) X1330mm(H)，重量： 210Kg

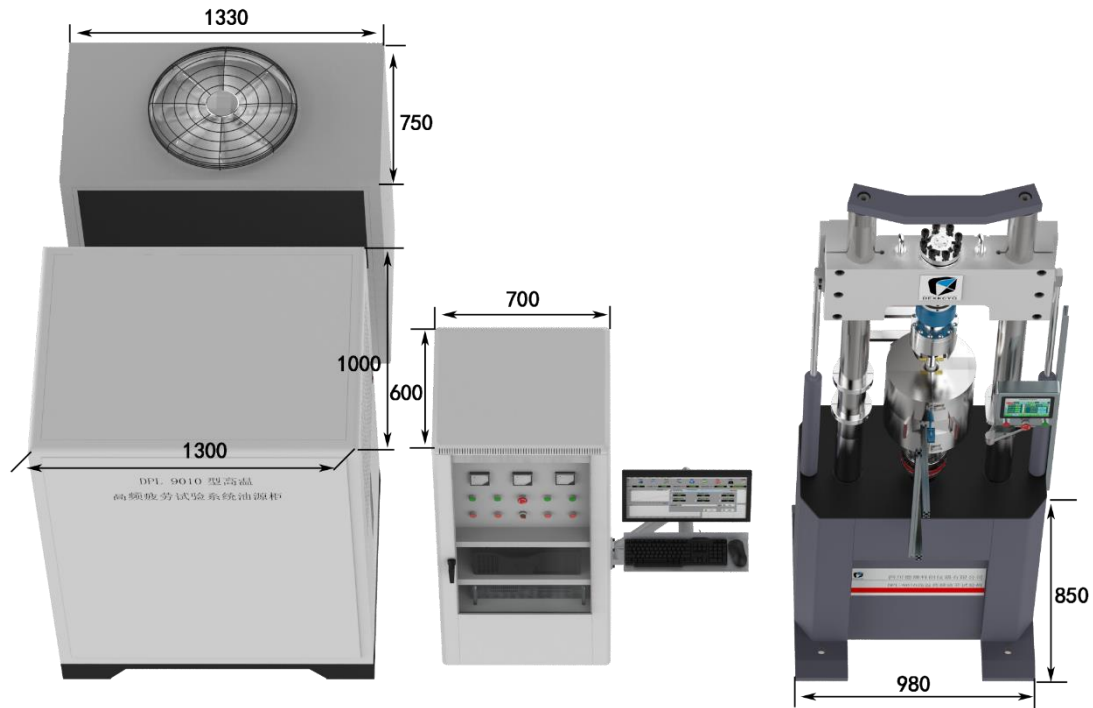
一台加热炉： 型号 GW-1100，外形 $\phi 320 \times 380\text{mm}$ ，内堂 $\phi 90 \times 300\text{mm}$ (选配)

六、方案介绍

1 总体布置



方案总体布置效果（一）



方案总体布置效果（二）

2 方案介绍

为满足试验要求，本系统采用具有刚性较高的双立柱主机作为疲劳试验受力主体，在试件受力方向布置 50KN 动态伺服伺服作动器作为疲劳加载装置，在主机上受力封闭行程自反力架。

系统采用对开式疲劳高温一体炉作为高温加热装置，高温一体炉采用螺旋状铁铬铝电阻丝和三段控温，使加热更准确、方便、速度快，能使炉内温度均匀上升，能够使试样均匀受热，并能精确采集炉内温度，炉丝、炉体一体化大功率模块为加热途径。（选择配置）

采用对开式结构的高温加热炉，外壁为优质不锈钢材料，内部耐高温材料为氧化铝材质炉管，炉管与炉壁间填充保温陶瓷纤维棉，为试件提供室温到 1100℃ 的温度环境。（选择配置）

系统为试样设置液压夹具，并为不同的试样设置不同的连杆，更换试样类型时，只需更换高温连杆而不用更换液压夹具，操作简单便捷。适用于板样拉、压疲劳试验，圆棒拉、压疲劳。

系统具有载荷、位移两种控制方式，在试验时既可只采用其中一种控制方式控制试验，也可试验时能够先预加载一定载荷，然后再以一定振幅作正弦波运动，要求试验系统在试验过程中能对载荷、位移两种控制方式可同时进行控制，并实现正弦波、方波、三角波、梯形波和路谱的自由切换加载。

采用进口 MOOG 伺服阀进行作动器压力控制，采用 INTERFACE 载荷传感器检测试件拉压受力，采用 MTS 磁致位移传感器对作动器动静态响应进行精确实时采集，采用 Epsilon 高温型引伸计适用于在高温炉和感应加热系统产生的高温下测量金属、陶瓷和复合材料的变形。

系统采用伺服液压闭环控制技术：该油源具有液位欠位自动报警、滤油器堵塞报警、油源污报警、油

温自动控制、启动低高压自动转换、过载溢流、过载保护等完善功能，使得试验过程运行安全，控制可靠，并能长时间，低噪音工作。伺服液压动力系统为主机轴向与水平加载提供压力源，油源额定工作压力为 25MPa。

系统对加载点的载荷、位移、变形等实际和目标控制参数具有实时跟踪、监测功能，并将试验数据显示在电脑桌面上；试验机全部操作均可通过计算机键盘与鼠标来完成，在计算机屏幕上可监视试验的全部运行过程。软件可绘制力—位移等多种试验曲线；具有曲线局部放大或缩小、曲线单显或多条曲线叠加对比等功能；实时采集、运算处理并实时显示试验数据，绘制试验全部运行过程中的试验曲线等功能。

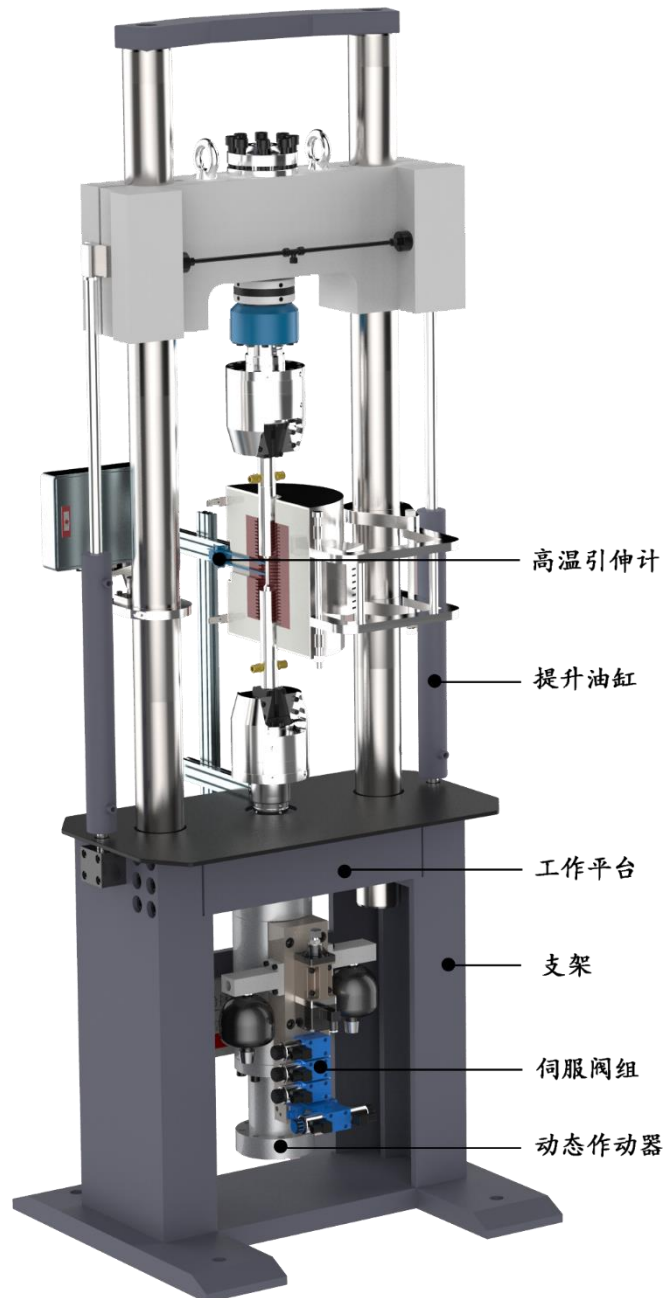
本试验主机系统设计主要包括以下特点：

- 1) 结构试验系统采用双立柱式框架作为主要承力结构，依靠上下横梁与立柱之间的夹紧的摩擦力为机架提供内部反力，安全可靠；
- 2) 设置横梁提升装置，使上横梁设置为上下可调，以补偿被试件的长度规格不一；
- 3) 作动器下置，使主机阀组不外露，整个试验系统外形美观简洁。
- 4) 主机系统整体设计紧凑，外观大方，拆装方便，大大便利了试验人员和检修操作人员工作。

3 结构介绍



试验机主机效果图（一）



试验机主机效果图（二）

本试验系统按照组成分，包括疲劳主机、油源动力系统、冷却系统和计算机控制系统，按照系统功能分，本试验系统分为以下几个部分：

- 1) 疲劳主机：主要承受伺服油缸的轴向作用力，承载试件在夹具下进行的拉压疲劳力学试验。
- 2) 伺服加载系统：采用 50KN 伺服动态作动器为试样提供双轴向拉、压力，并能对试件的载荷和位移进行检测和闭环控制。
- 3) 主机升降和夹紧装置：为适应更多更广泛的试件提升和下降主机横梁，并保持横梁位置固定。
- 4) 液压夹具：为被试件提供夹紧力，防止试件在试验过程中脱落，也能消除拉压交变过程中产生的无效行程。

5) 高温加热炉：模拟试件在使用过程中的检测，主要检测产品进行高温试验的参数及性能。

6) 油源动力柜：伺服液压系统提供动力驱动油缸对试件加载和对试件进行闭环控制下加卸载，并配置工业冷油机和冷水机，使各系统正常工作。

7) 检测、控制和数据处理系统：对测量控制系统发出的控制指令，接受测量控制系统采集的压力、位移、变形数值，依照用户的指令显示或输出各种图表与曲线。

七、系统结构介绍

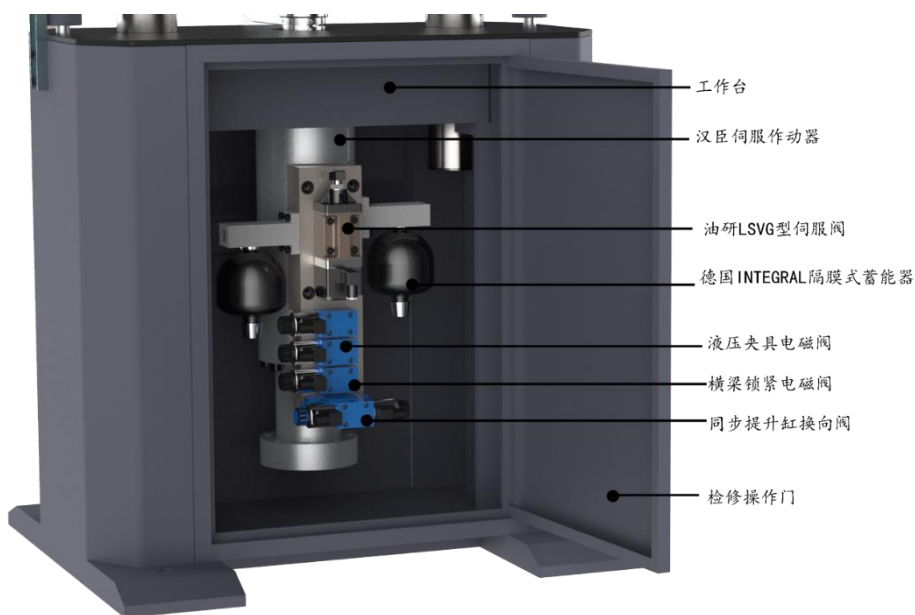
1 主机框架

主机作为试验系统中的受力终端结构，需满足一定的强度和刚度要求，尤其是在在做静态载荷时承受超高载荷过程中，主机不能变形过大甚至损坏，且需满足一定的刚度要求，在动态试验时，刚度是保证试验状态接近模拟实际工矿的前提。当试验机做动态载荷使，主机的自身定位需要较高精度和较高的刚度，否则极容易发送主机强振状态。

本主机采用双立柱框架结构，预留载荷传感器和作动器安装位置，形成一载荷闭环结构，使之自成反力架结构。主机分为上横梁、工作台、立柱以及底座等，上、下横梁采用优质碳素钢锻造配合加工，保证个安装孔和基准面的尺寸和形位公差。立柱采用高强度合金结构钢表面镀铬，外形美观。

2、伺服加载系统

伺服加载系统是液压伺服控制中的重要组成部分，主要由伺服作动器、液压伺服阀、载荷传感器和位移传感器等组成，用于执行控制器的命令，控制负载的力、位移、速度和方向，同时反馈给控制器信号。



1) 伺服作动器

其拥有高速、高频和加速度的技术优势。其额定压力为 32MPa，额定输出载荷为 52KN。

结构紧凑，适应性强，速度快，响应快和推力大的特点适用于各种测试设备，例如用于测试系统、部件或产品的可靠性，用于飞机、制冷压缩机、骑车排气系统以及更多的结构测试，或者模拟负载和运动，例如驾驶状态和飞行过程等。

2) 载荷传感器

本系统采用美国 Interface 载荷传感器，Interface 是目前全世界最大的测试用力及扭矩传感器生产商。

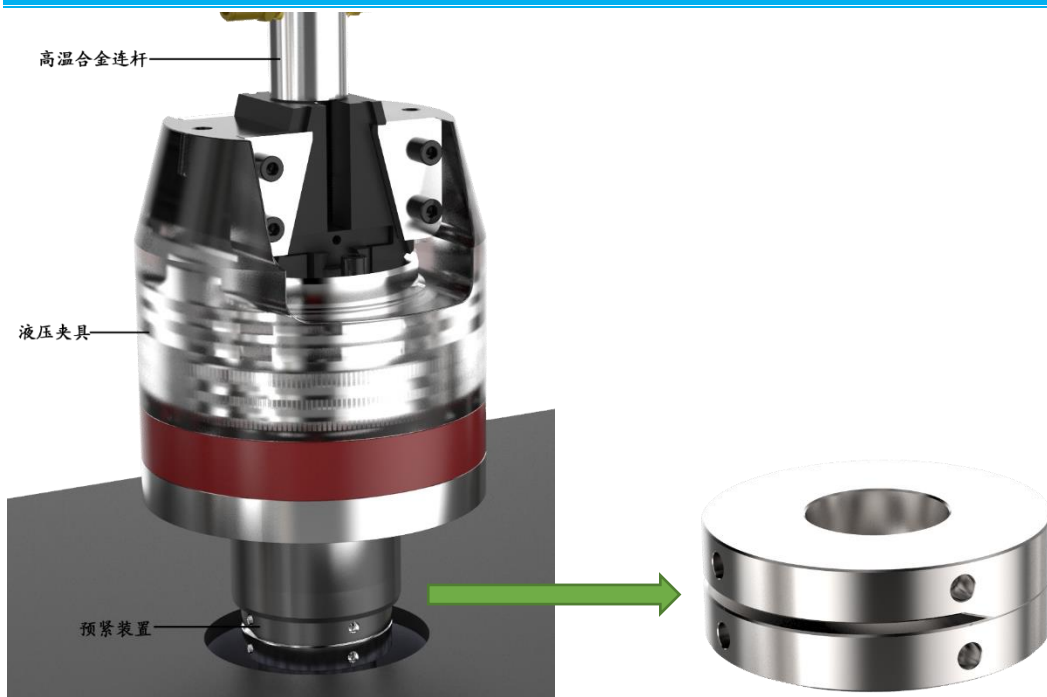


3) 高速伺服阀 美国 MOOG 阀

伺服阀，动态阀，最高操作压力 35MPa；频响：±25%开口幅值时 330HZ (-3dB), 410HZ (-90°)；完全满足本试验 30Hz 的要求

3、液压夹具及高温连杆

夹具是试样的加紧机构，在试样试验时，试样夹具将试件刚性固定在伺服加载系统上，可提供足够的夹紧力，防止试验件在拉压试验时脱落或产生无效位移。

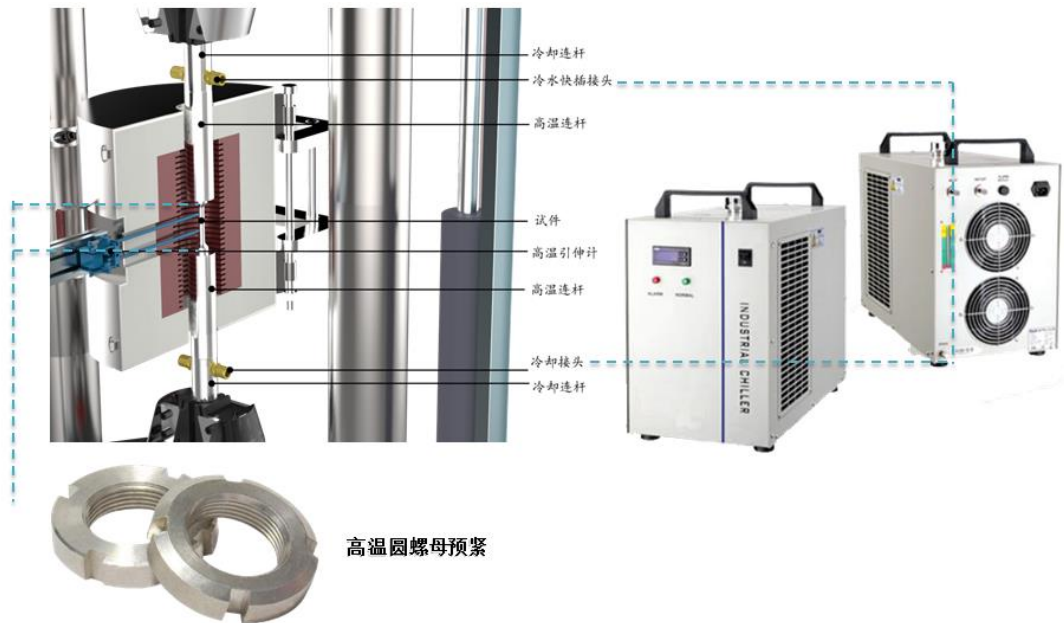


液压夹具采用对称斜块式夹紧方式，包含夹具体、活塞、导向键和加紧块等，其中夹紧块采用高硬度铬式合金，表面硬度能达到 HRC58~HRC62。

其特点为：

- 液压夹具：包含夹具体、端盖、活塞、夹块等（结构与 10 吨疲劳机液压夹具相同）
- 夹持范围：配置 2 种圆棒 V 型夹块，加持直径范围为 16~22mm，配置 1 板材平板夹块，夹持厚度范围 4~13mm
- 重量：约为 30kg（上端液压夹具略轻）
- 锁紧装置：采用相互配合的斜面和螺纹的锁紧形式，质量更轻、尺寸更小、效果更好。

由于试件需在 1100℃ 高温环境下疲劳试验，所以设置高温连杆连接试件和液压夹具，选择 K465 高温合金作为高温连杆的材料，其最高工作温度为 1100℃，在高温下的抗氧化性尤其出色，不管在高温还是低温环境，K465 合金都具有极好的耐应力腐蚀开裂和点蚀的能力。



高温合金连杆冷却原理

4、高温加热炉（选配）

高温加热炉，又称高温马弗炉，高温实验电炉，主要用于各工矿企业、科研单位化验室、实验室加热、热处理，是各类化验室中不可缺少的仪器设备。微波烧结技术的关键是微波加热，其原理是物质在微波作用下发生电子极化、原子极化、界面极化、偶极转向极化等方式，将微波的电磁能转化为热能。仪表输入采用数字校正系统，内置常用热电偶和热电阻非线性校正表格，测量精度高达 0.2 级。输出模块采用单路移相触发输出模块，控制精度高，稳定性好。

1) 主要特点：

- ① 仪表采用先进的 AI 人工智能调节算法，无超调，具备自整定（AT）功能。
- ② 该电炉系统由：高温炉体、温度测控系统、加热元件、测温元件、高温拉伸夹具及连接附件、高温变形测量引出装置、变形传感器等组成。
- ③ 采用对开式结构，外壁为优质不锈钢材料，内部耐高温材料为氧化铝材质炉管，炉管与炉壁间填充保温陶瓷纤维棉，保温效果好，炉体表面温升小。
- ④ 炉管内壁有沟槽，铁铬铝电阻丝根据均热带长度要求镶嵌于炉管内，炉体上下孔为小口结构，可减少热量散失。

2) 规格与技术参数

型号	GW-1100
加热元件材质	FeCrAl 电阻丝
炉丝直径	Φ 1.2mm
测温元件	K 型热电偶
均热区长度	100mm
加热体分段数量	3

测温点数量		3	
测温灵敏度		0.1℃	
测温精度		0.2%	
温度精度	试验温度 (℃)	温度偏差	温度梯度
	200~600	±2	2
	600~800	±3	3
	800~1100	±4	4
炉膛内径		直径×长度: φ 90×300mm (约)	
外形尺寸		直径×长度: φ 320×380mm (约)	
温度测控系统		采用厦门宇电温控表	
工作电压		380V	
电源功率		升温时极限功率 5KW	

3) 主要配置

序号	名称	规格型号	数量	备注
1	高温炉体	三段侧插式 (便于安装进口引伸计)	1 台	外购
2	热电偶	K 型热电偶	3 支	外购
3	温度控制仪	含厦门宇电温控表	1 套	外购
4	高温炉支架		1 套	自制
5	高温引伸计	Epsilon 3549 型高温轴线引伸计	1 套	外购

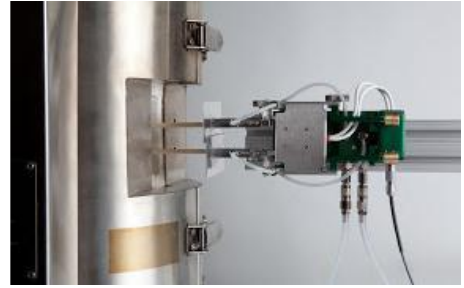
5、高温引伸计 (选配)

美国 Epsilon 高温型引伸计可以在很短的时间内装到试样上。受振动的影响非常小，可以实现应变控制要求以及试样加热达到试验温度后再将引伸计装到试样上。

该新型引伸计的设计满足 ISO6892 中对应变控制的要求，很多创新的设计有助于提高静态应用 (拉伸、压缩) 的性能以及长时间的低周疲劳和蠕变的应用。



优越的设计排除了外部振动的影响，允许用户精确的设定与试样的接触力，并且接触力具有可重复型，避免了由于操作力引起的误差。引伸计安装在滑动支架（随机提供）上，支架安装在高温炉的侧缺口或其他支撑架上。我们也可提供其他负荷安装支架。引伸计安装到试样上之前可以设定标距，允许在试样加热达到试验温度后装配引伸计到试样上。



3549 型引伸计是应变仪型，因此可与任何用于应变仪型传感器的电子元件兼容。它们大多与试验机控制器相连。试验机控制器通常包括引伸计用的信号调节电子元件或可以增设，在这种情况下，引伸计通常配备接头和连线用于插到电子元件上。对于缺少所需电子元件的试验机系统。我们也可提供很多解决方法，允许引伸计输出连接到数据采集板、图表记录仪或其它设备上。详见电子元件部分的信号调节器和应变计。

技术特点：

- 试样断裂时不需取下引伸计；
- 该设计满足 ISO6892 对应变控制的要求以及更多普通的试验。独立的应变传感器设计，避免了外部振动影响。
- 每次试验自动设定标距，可以在几秒内将引伸计装到试样上
- 通过操作力调节附件，可以很容易地控制低操作力
- 达到试验温度后，可以快速的将引伸计滑动到试样上
- 3549 引伸计可以通过更换标距适配器，现实标距更换
- 350 欧姆全桥应变仪设计，可以与几乎所有的试验系统兼容
- 所有型号可用于拉伸和压缩试验，并且可用于循环试验
- 双向机械式超行程停止
- 均满足现有 ASTM 标准 B-1 级和 ISO9513 标准 0.5 级的精度要求
- 所有引伸计均配 2 个高纯度矾土陶瓷棒 (1100℃) 或高级硅碳棒 (1600℃)
- 坚固的双弯曲设计可提高性能
- 随机配备高级泡沫衬垫箱，和一套备用陶瓷棒

技术规范：

激励：建议使用 5—10 伏直流电压，最大为 12 伏直流或交流电压

输出：额定 1.5—2mV/V，具体根据型号而定

线性度：不大于满量程的 0.15%，具体根据型号而定

温度范围：标准型(-ST)是最高温度可达 1100℃，可选高温型，温度可达 1600℃

连线：柔性线，标准长度为 2.5m

接触力：可以调节，最大到 400 克

操作力：一般小于 30 克

八、伺服液压动力系统

1) 系统介绍

油源及冷却柜包括伺服液压动力系统和冷却系统，伺服液压系统为主机轴向与水平加载提供压力源，油源额定工作压力为 25MPa。主要由油箱、静音齿轮泵、电机、吸（回）油滤油器、高压滤油器、单向阀、溢流阀、伺服阀、液位计、空气滤清器、冷油机、分油模块、和水冷系统组成。当做高温疲劳试验时，为了避免液压夹具中的密封圈损坏，同时也防止高温传递到载荷传感器影响其测量精度，冷却系统为液压夹具提供足够的热交换，使之能迅速降温到可控温度之内。

在元件选择和液压技术上我们采用伺服液压闭环控制技术：该油源具有液位欠位自动报警、滤油器堵塞报警、油源污报警、油温自动控制、启动低高压自动转换、过载溢流、过载保护等完善功能，使得试验过程运行安全，控制可靠，并能长时间，低噪音工作。



伺服油源的特点

- ◇ 选用进口低噪音油泵和低噪音电机有效降低了机组的噪音；
- ◇ 各运动部件的连接均采用了弹性连接，有效减低了机组的振动；
- ◇ 采用了静音油源设计，整个机组运行的噪音小于 65db；
- ◇ 伺服调速采用了伺服液压控制技术，油泵采用进口齿轮泵，系统的温升大为降低，液压噪音也大大衰减，且非常节能；

◇系统配备工业冷油机，能自动检测系统油温，在连续工作 5 小时以上（轴向及围压），可将油温控制在 45℃ 以下。



3) 系统配置

产品名称	数量	说明
集成油箱	1 个	德翔
集成水箱	1 个	德翔
泵—电机组	1 组	日本不二越电机
工业冷油机	1 个	海菱克
冷水机	1 个	广州特域
液压阀	1 批	意大利 ATOS
高压过滤器	4 组	黎明
压力表及传感器	1 组	朝辉
蓄能器	1 批	黎明
液位计	1 个	黎明
控制阀块	1 套	德翔
电气元件	1 批	施耐德和正泰

主要技术指标

项目	技术指标
主油路额定工作压力	25MPa
主油路额定流量	57L/min
高压过滤精度	5 μm
电机-油泵组	1 组
电机功率	30KW

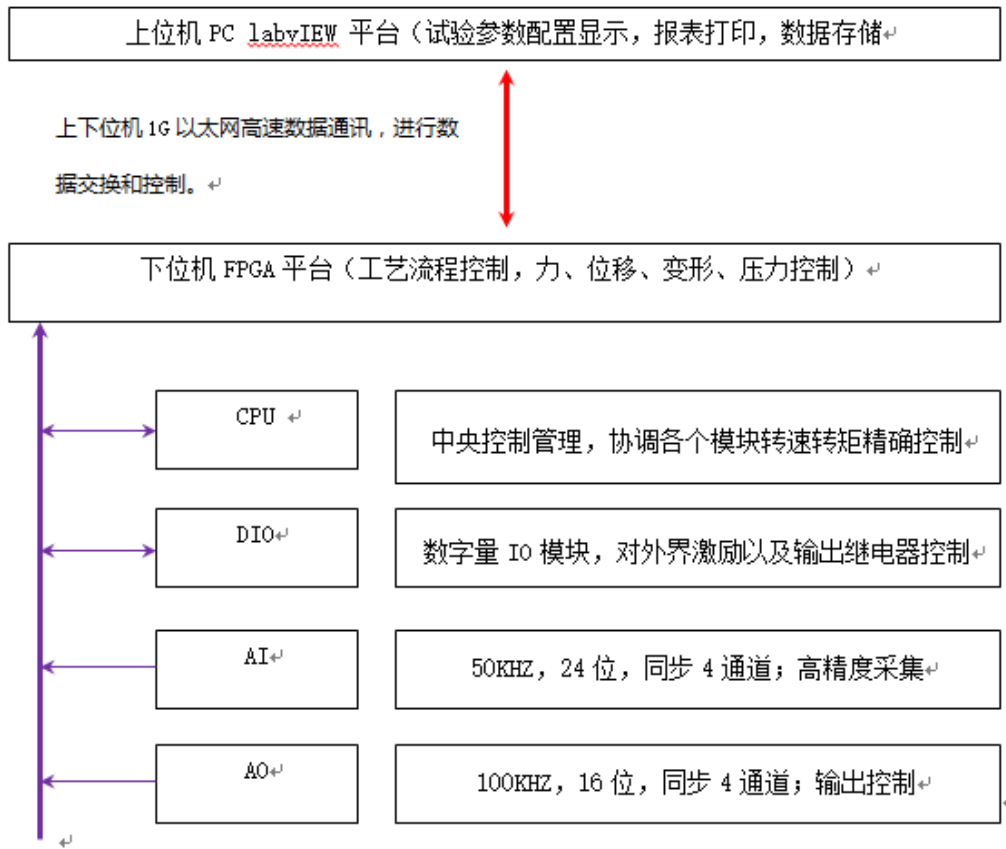
参数显示	压力
报警信息	超压、超温、低液位、油污染超标报警
控制方式	现场
冷却方式	外循环冷油机
噪声（3米）	≤80db
泵站结构	整体封闭式
工作介质	抗磨液压油
工业冷油机制冷量	6000Kcal/h
冷水机制冷量	580Kcal/h

九、数据采集及控制软件

1) 主要性能参数

试验台试验参数				
名称	项目		参数	
控制部分	供电	主要参数	三相五线制；功率约 35KW，以实际设计为准。	
	模拟控制系统	控制量	力、油缸位移	
		控制原理	通过控制伺服阀和放大器来精确控制目标量。	
		控制平台	美国嵌入式控制平台	
		控制方式	逻辑状态图、状态机等控制模式	
	控制范围	整个系统的开关量输入激励（手动按钮输入、报警点输入激励等）、开关量输出控制（电机，继电器，输出指示灯等控制）、模拟量采集（位移、力等传感器参数采集）、模拟量输出控制（伺服阀）。		
		硬件保护	电源相序保护、欠压保护、电机过载保护、载荷过载保护、紧急停止保护，使能保护（软件发出系统正常运行时信号，系统故障时，系统不能启动）	
	通讯	通讯方式	上下位机采用 1Gbps 高速以太网进行数据通讯	
	控制精度：通过智能 PIDF 控制，控制精度可以达到±0.5%FS			
	PC 机	下位机	RIO	
		上位机	研祥特种计算机 PC	
	软件	控制软件	Labview 2017	
		报告格式	Microsoft Office excel, word	
		数据格式	Excel、txt	

2) 电气控制说明



电气控制原理框图

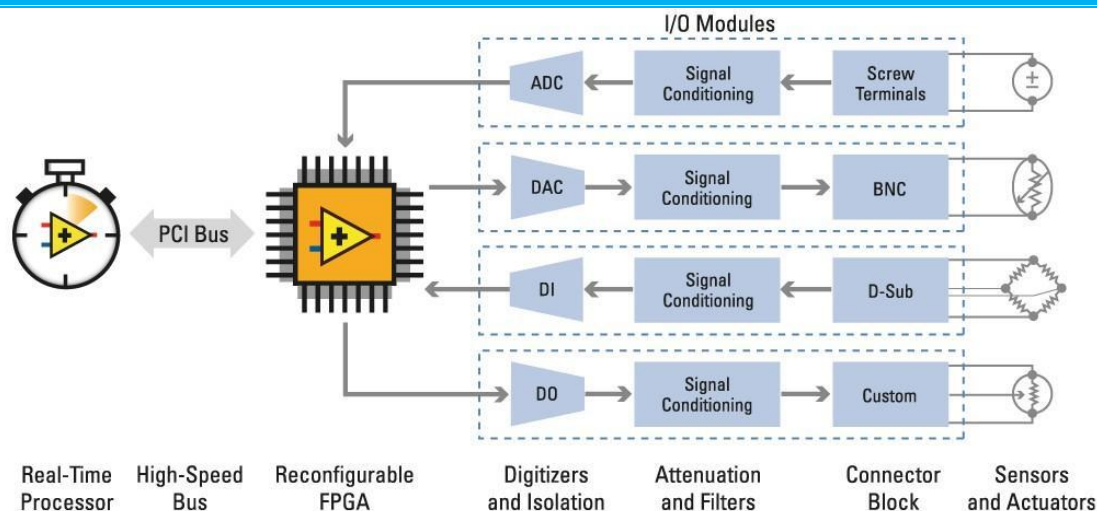
◇控制部分:它以 PC 机和美国嵌入式控制平台为核心, 通过控制软件对现场所测量到的数据和目前子系统的工作状态来控制测控系统的工作流程, 进行任务分配, 发出操作指令, 对出现的故障进行检测等。

◇数据采集部分: 美国高性能平台对数据进行采集, 高速采集位移、载荷、变形以及其它传感器, 最快采样能达到 50K/S, 能实现试验后的数据高速重现。

◇整个系统采用模块化设计, 每个系统都有自己的独立的控制单元, 各个单元可以完全的独立运行各自的试验项目, 而不会影响其它系统的进行, 同时, 通过以太网, 上位机 PC 平台可以管理下位机控制系统中的每一个子平台, 可以对其进行控制和数据的采集等工作。

3) 控制器介绍

控制平台是一款坚固耐用、可重配置的嵌入式系统, 主要由三个部分组成——实时控制器, 可重配置的 FPGA (现场可编程门阵列) 和工业级 I/O 模块。



包括以下部分：

① 实时控制器

实时控制器包含一个工业级处理器，能够可靠而准确地执行实时应用程序，并可提供多速率控制、进程执行跟踪、板载数据存储以及与外部设备通讯等功能。另外，实施控制器还配备 9~30 VDC 的冗余电源输入、一个实时时钟、硬件监视定时器、双以太网端口、高达 1GB 的板载数据存储，以及内置的 USB 和 RS232 接口。



RIO 控制器

② 可重构的 FPGA 机箱

内嵌 FPGA 的可重配置机箱是嵌入式系统体系结构的核心。机箱中的 FPGA 直接和每个 I/O 模块相连，可高速访问 I/O 电路并灵活实现定时、触发和同步等功能。因为每个 IO 模块直连 FPGA，而非通过总线，所以与其他工业控制器相比，几乎没有控制系统的响应延迟。默认情况下，该 FPGA 自动与 I/O 模块通信，并提供确定性 I/O 给实时处理器。您也可以直接对 FPGA 进行编辑来运行自定义的程序代码。由于 FPGA 的运算速度很快，内嵌 FPGA 的机箱经常用于构建具备高速缓冲的 I/O、高速控制循环，或自定义信号滤波的控制器系统。例如，利用 FPGA，单个机箱可以在 100kHz 的速率下同时执行超过 20 个的 PID 控制闭环。此外，因为 FPGA 代码最终映射为硬件逻辑，它的高可靠性和确定性非常适合实现硬件互锁，自定义硬件

定时和触发这些功能，往往可以免去连接专用传感器所需的定制电路板制作。

5) 软件系统

软件开发平台采用美国 NI 公司的 labVIEW 软件作为其开发平台。LabVIEW 是一种程序开发环境，由美国国家仪器（NI）公司研制开发的，类似于 C 和 BASIC 开发环境，但是 LabVIEW 与其他计算机语言的显著区别是：其他计算机语言都是采用基于文本的语言产生代码，而 LabVIEW 使用的是图形化编辑语言 G 编写程序，产生的程序是框图的形式。

软件控制系统设计原则

① 系统设计的稳定性

系统设计时，应考虑整个网络的稳定性，在相当长的一段时间内，不能出现系统不稳定而造成系统瘫痪的情况。

② 扩展性

随着实验室实际应用变化的需要，网络的性能和结构应能够方便灵活的扩展，局域网的内部结构及站点的调整不影响骨干控制系统网络的前提下。初期使用的控制系统的设备支持以后的扩展系统的平滑的扩容，保证在控制网络的成长过程中，骨干网络不受其扩展影响。

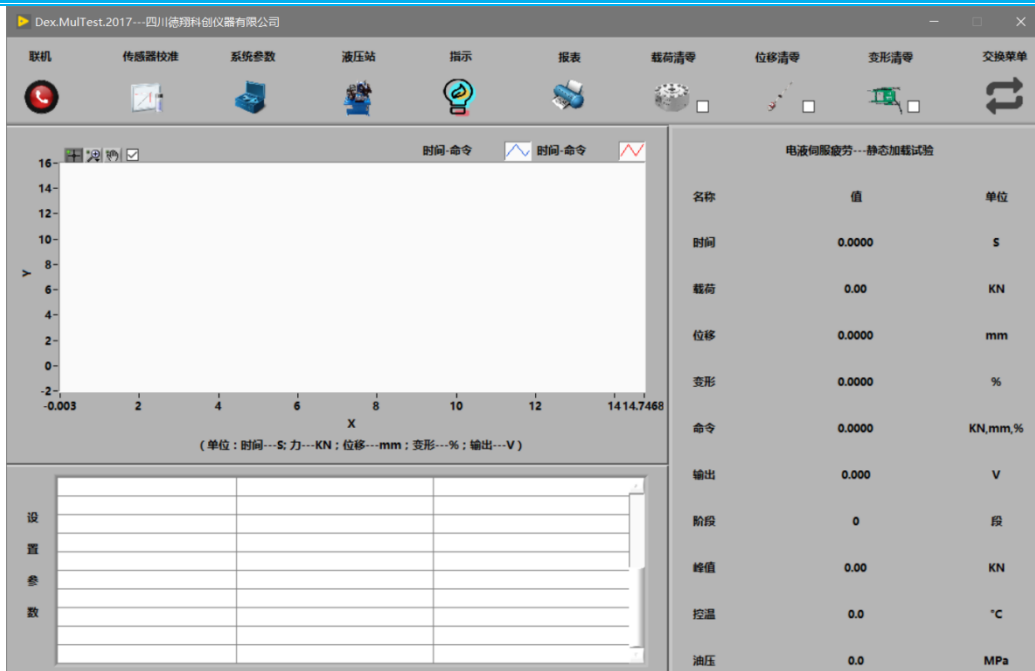
③ 独立性

系统各个子模块间应具有独立工作的能力，不能因某个子模块系统发生故障而造成整个控制系统网络的停滞。

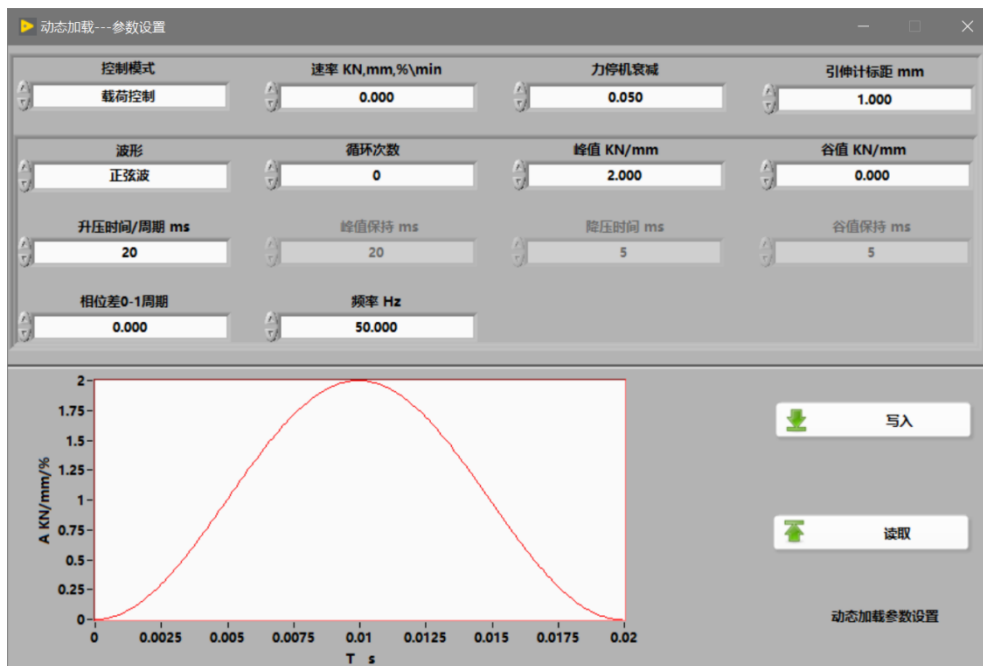
④ 快速实时性

整个系统设计网络传输必须实时传递，不能出现大范围的时间停滞，而造成系统控制的紊乱。

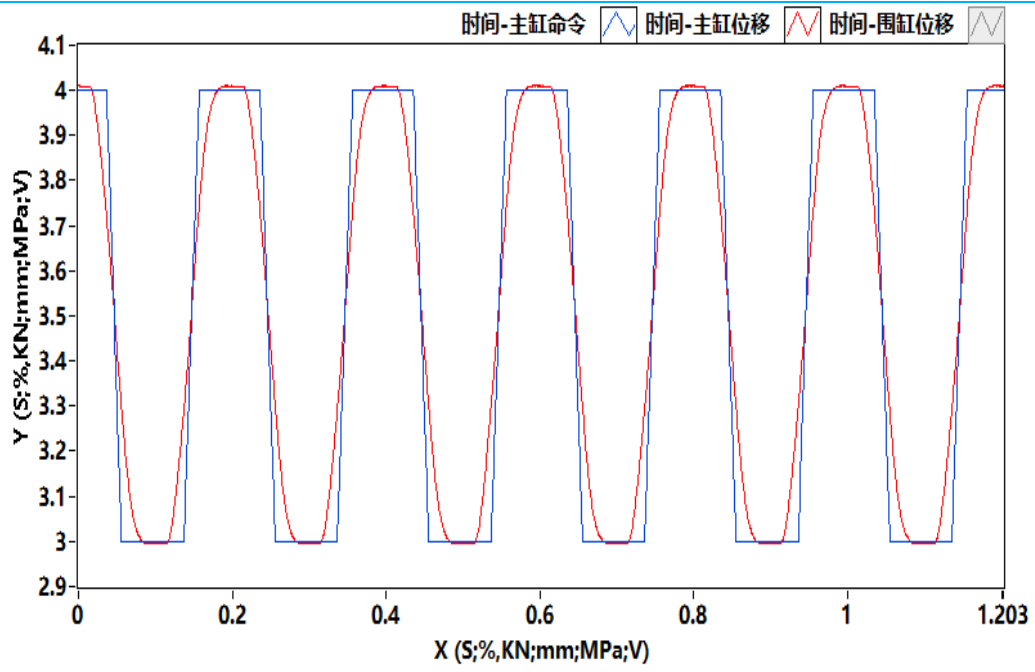
6) 试验案例介绍及软件界面：



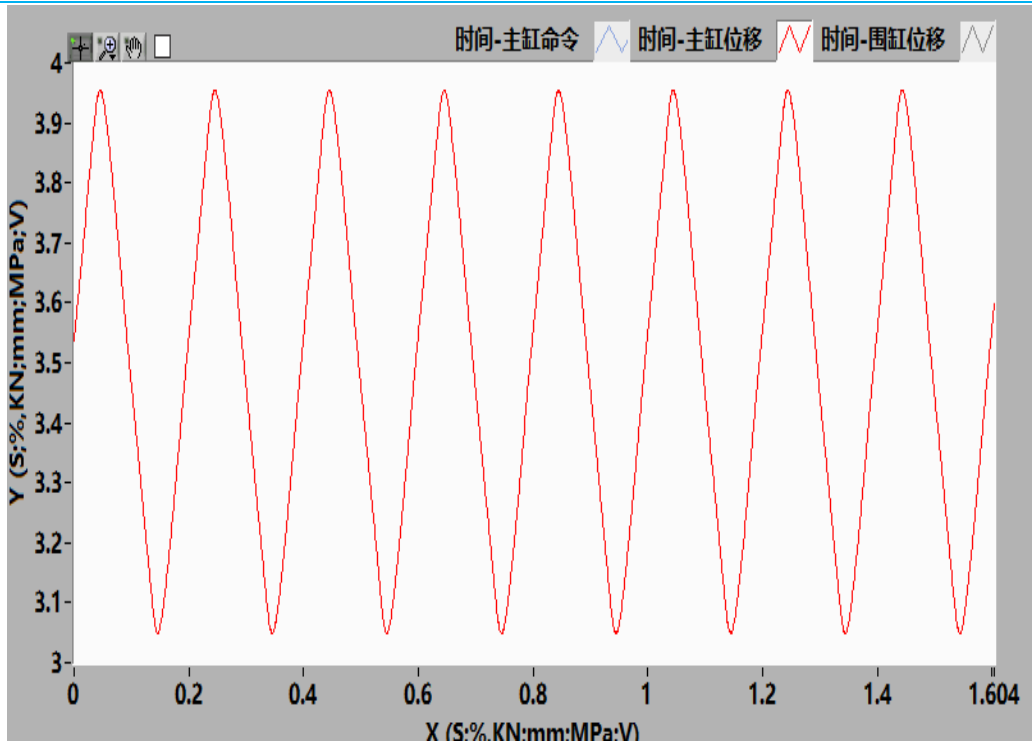
加载主界面



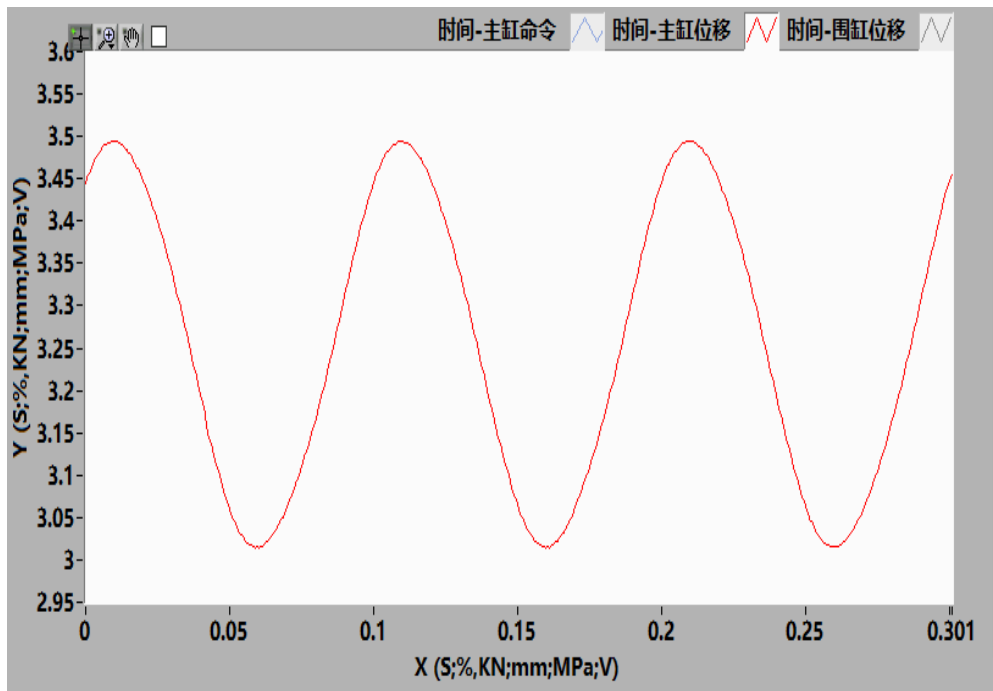
参数设置界面



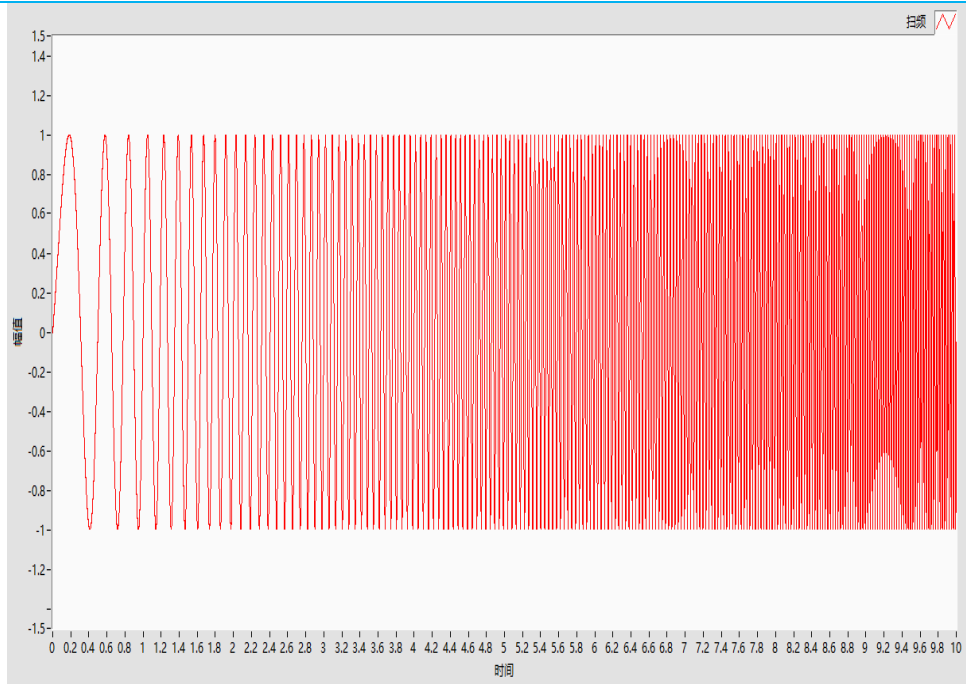
实际方波加载试验（实际提供机型效果为准）



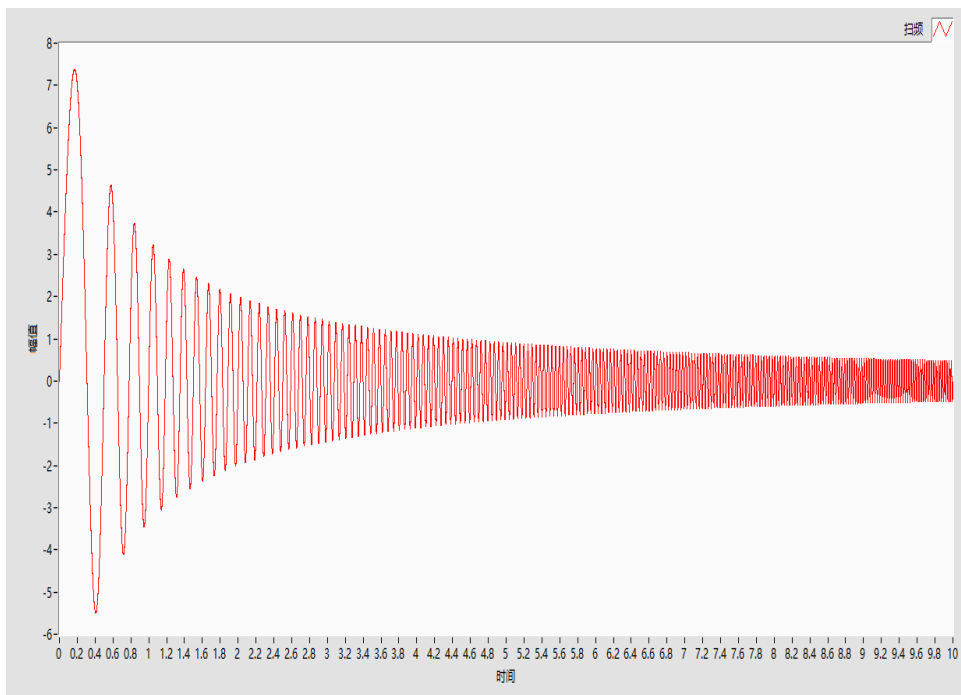
实际三角波加载试验（实际提供机型效果为准）



实际正弦波加载试验（实际提供机型效果为准）



幅值等幅，频率线性扫频（实际提供机型效果为准）



幅值与频率恒功率流扫频（实际提供机型效果为准）



Ipad 平板电脑远程操控界面（需要选配）

十、特点创新

软件编程平台采用美国国家仪器实验室出品的专为测控试验定做的 LabVIEW 平台，目前国内很少有厂家进行采用，而大部分厂家采用的是 VC、VB 进行设计。以下是 labVIEW 测控平台的优势：

（1）由于虚拟仪器关键在于软件，硬件的局限性较小，因此与其他仪器设备连接比较容易实现。而且虚拟仪器可以方便地与网络、外设及其他应用连接，还可利用网络进行多用户数据共享。

（2）虚拟仪器可实时、直接地对数据进行编辑，也可通过计算机总线将数据传输到存储器或打印机。这样做一方面解决了数据的传输问题，一方面充分利用了计算机的存储能力，从而使虚拟仪器具有几乎无限的数据记录容量。

（3）虚拟仪器利用计算机强大的图形控制界面（GUI），用计算机直接读数。根据工程的实际需要，

使用人员可以通过软件编程或采用现有分析软件，实时、直接地对测试数据进行各种分析与处理。

高效快速的 FPGA 嵌入式控制系统，目前国内大部分厂家采用基于 PC 机板载 PCI 通讯的板卡进行控制，这种方式必须依托于电脑进行控制，而当电脑死机或者 PCI 板卡插槽接触不好时，容易造成失控而带来安全隐患，同时每张板卡都只能控制一个通道，控制多个通道时，需要插入多张板卡，由于受电脑主板 PCI 插槽限制，所以最多通道受到限制，一般不会超过 4 个通道；同时基于 PC 控制的闭环速率一般不会超过 1KHZ，当进行高频测试时，控制的精度和实时性将受到影响。而国内另外采用进口控制器的厂家，一般都是单通道控制器，对于多通道谐波控制，需要通过 PC 机进行谐波，从而降低了控制的实时效率，而对于国外多通道谐波加载的控制系统，价格一般非常昂贵，一般客户难以承受。本公司采用的是美国先进的硬件控制平台，结合本公司多年在试验机经验，设计出配套的高效控制算法，每个控制通道闭环速率达到 5KHZ 以上，由于采用 FPGA 并行硬件架构，通道的增加不会降低其它通道控制速率，从而能保证每个通道真正意义上的独立高效运行；同时多通道谐波加载通过在下位机 FPGA 和 RT 系统完成，从而真正意义脱离 PC 机进行高效控制。

高效的扩展性能，国内厂家采用的控制器一般扩展性能不是很好，当客户需要升级系统或者增加试验内容时，需要重新配置控制硬件或者更换控制器，从而造成不便，给客户带来昂贵的升级费用，而本控制器，升级控制非常方便，不需要增加较多的硬件成本，即可对用户新试验内容的增加以及控制方式的改变进行完美的适配。

本系统支持多台 PC 电脑同时监控，根据不同的权限，不同的 PC 可以对系统进行不同的操作，同时通过通信扩展，可以与 IPAD 平板电脑进行数据交互等。

NI 控制与 EDC222 控制对比

比较项	美国 NI	德国 Doli EDC222
处理器	1.33 GHz 双核 Intel Atom 处理器	单核 AMD520, 630MHz
存储	8 GB 非易失性存储、2 GB DDR3 RAM	无
控制模式	DSP+FPGA	DSP
工作温度	-20-55° C	0-45° C
采集速率	50KHZ, 24 位超高精度	10KHZ, 分辨率 19 位
信号类型	所有传感器	仅载荷、应变、位移
模拟输出	±10V, 16 位, 输出速率 100KHZ	±10V, 16 位, 输出速率 1KHZ
控制通道	通道数不限制	单通道
控制速率	不限制, 根据不同的控制要求适应, 最高	固定 1KHZ

	10KHZ	
通讯接口	RS232, RS485, USB, 以太网, WIFI	RS232, USB, 以太网
通讯速率	1Gbps	100Mbps
同步通道	可同步控制主压和围压或剪切力, 实时性高。	不能同步控制, 需要电脑协调, 实时性差。一旦电脑死机, 将会产生安全隐患。
扩展性	可以任意扩展, 扩展后不会影响以前控制速率	单个通道不能扩展
灵活性	不依赖于上位机 PC, 下位机独立运行控制, 控制指令灵活可根据不同的试验要求进行调整以达到最好的控制目的	控制指令固定化, 只能通过上位机 PC 软件进行协助而达到试验控制
安全性	独立 PC, 即使 PC 死机, 试验和试验数据继续进行, 由于下位机拥有存储控制, 所以数据暂时将存储在内存中, 同时所有监控和试验设置参数存储在内存中, 整个测控系统中, PC 只是起到一个显示监控的作用	依赖于上位机 PC, 上位机 PC 突然故障死机后, 数据将丢失, 控制系统将处于危险中。

十一、设备主要配置

名称	主要参数	数量	品牌	产地
主机 (含夹具)	整机美观大方, 高刚度	1 套	德翔科创	成都
油源 (含日本油泵、德国西门子电机)	流量 56L/min; 额定压力 25MPa	1 套	日本不二越油泵, 德国西门子电机	日本 德国
伺服作动器	行程 150mm	1 只	含位移传感器)	成都
伺服阀	最大压力 35MPa; 最大流量 60L/min, 最高响应频率 330HZ;	1 只	MOOG	美国
控制器	控制器领域的全球领导者, 采样 50KHZ, 24 位分辨率, 闭环最高速率 10KHZ, 双核 CPU, 能以 1Gbps 速率与 PC 通讯, 32 位波形发生器频率 0.1-500HZ, 正弦波, 三角波, 直流等	1 套	NI	美国
载荷传感器	量程 0-50KN; 精度 0.1%FS;	1 只	interface	美国

冷油机	提供冷却温度室~45度油温稳定工作	1套	沃尔得	无锡
电脑	I7, 16G内存, 1T硬盘, 23寸显示器;	1套	联想	中国
软件	WIN10下电液伺服疲劳试验系统软件	1套	德翔科创	成都
随机文件及易损备件	说明书、保修卡、合格证、易损件	1套	德翔科创	中国

温馨提示：本方案仅限于技术交流使用，未经本公司许可不得转发或者打印给第三方，否则本公司将

保留追究法律责任！谢谢！ 四川德翔科创仪器有限公司 2020-6-5