

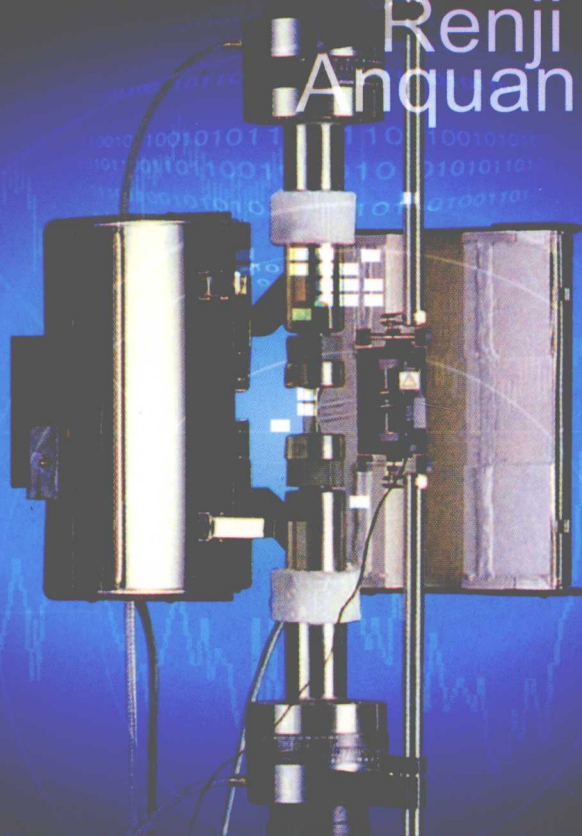
中国地质大学(武汉)学术著作出版基金资助出版

材料试验的 人机界面与安全监控

伍颖 著

Cailiao Shiyan de

Renji Jiemian yu
Anquan Jiankong



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

中国地质大学（武汉）学术著作出版基金资助出版

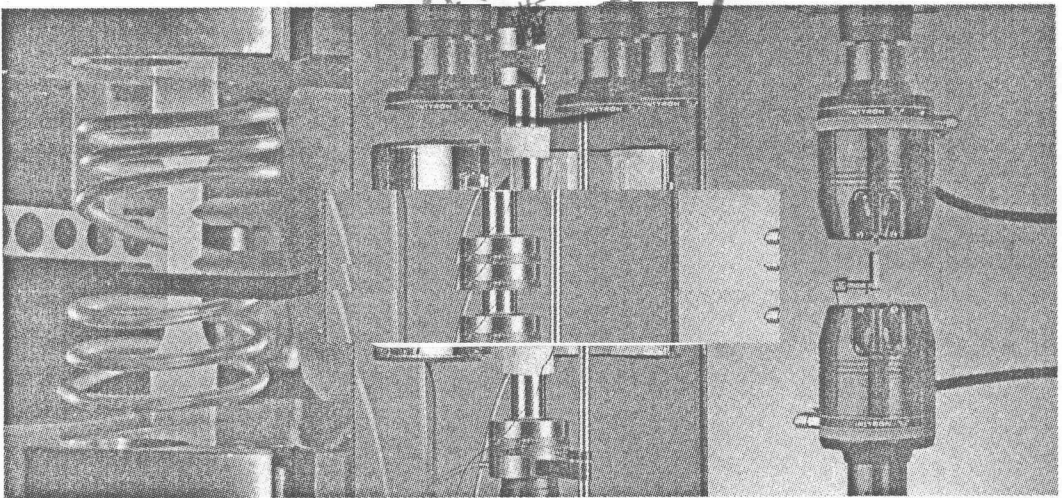
材料试验的

Cailiao Shiyan de

人机界面与安全监控

Renji Jiemian yu Anquan Jiankong

伍 颖 著



中国地质大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

材料试验的人机界面与安全监控/伍颖著. —武汉: 中国地质大学出版社, 2009. 9
ISBN 978-7-5625-2342-0

I. 材…
II. 伍…
III. 材料试验机-研究
IV. TH87

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 164438 号

材料试验的人机界面与安全监控

伍 颖 著

Calliao Shiyao de Renji Jiemian yu Anquan Jiankong

责任编辑: 方 菊 谌福兴 策划组稿 方 菊 张晓红 责任校对: 戴 莹

出版发行: 中国地质大学出版社 (武汉市洪山区鲁磨路 388 号) 邮编: 430074

电 话: (027) 67883511 传真: (027) 67883580 E-mail: cbb@cug.edu.cn

经 销: 全国新华书店 [http: //www. cugp. cn](http://www.cugp.cn)

开本: 787 mm×1092 mm 1/16

字数: 210 千字 印张: 8.125

版次: 2009 年 9 月第 1 版

印次: 2009 年 9 月第 1 次印刷

印刷: 武汉理工大印刷厂

印数: 1—300 册

ISBN 978-7-5625-2342-0

定价: 30.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

本专著是作者在主持湖北省科技厅重点科技研究项目“Instron 1342 试验系统的功能开发与研究”（1999 年 9 月）的基础上，又经过近十年的功能开发与研究，形成了现在比较成熟和完善的电液伺服全数字控制技术与系统，广泛应用于电液伺服材料试验的控制与测试。

材料试验主要指测试材料力学性能的破坏试验，材料试验技术主要包括材料试验系统技术和材料试验过程技术。而材料试验系统技术又涉及机械液压技术（机械-液压源）和电子测控技术（采集-控制器），一般采用有差闭环伺服控制原理；材料试验过程技术涉及到试验标准、方法及操作等技术。以上构成机电液一体化和计算机智能化集成，具有典型的机械化、自动化、专业化、标准化和智能化特征。

本专著系统阐述了拥有自主知识产权的全数字控制系统，尤其是软件系统的组成、功能和界面，主要有系统管理软件界面、静态试验软件界面、动态试验软件界面和多功能试验软件界面等，也就是全面阐明了材料试验技术的隐含内容、方法和程序。可供相关领域的研究人员和高等院校师生参考使用。

本专著是按试验标准和程序所隐含的内容与方法进行编写，层次分明，论述简洁，界面清晰，文字流畅，图表丰富，结构合理。

本专著按照试验项目分章，每章按照软件描述、定义界面、编辑界面、显示界面、运行界面以及安全监控等设节，人机界面与安全监控贯穿全文。

本专著在国内首次公开与出版，限于篇幅和水平，对界面中涉及的专业术语没有展开解释，相关的英文没有进行翻译。

衷心感谢谭卫东、唐俊武、宋显辉、王建国等同志的支持与帮助。

衷心感谢支持与帮助本专著出版的单位和个人。

目 录

第 1 章 材料试验技术综述.....	(1)
1.1 发展历程	(1)
1.2 工作原理	(4)
1.3 组成结构	(8)
1.4 专题描述	(9)
1.5 本质安全.....	(21)
第 2 章 系统管理软件界面	(39)
2.1 软件描述.....	(39)
2.2 编辑界面.....	(41)
2.3 调整界面.....	(47)
2.4 显示界面.....	(53)
2.5 标定界面.....	(56)
2.6 安全监控.....	(59)
第 3 章 静态试验软件界面	(61)
3.1 软件描述.....	(61)
3.2 定义界面.....	(62)
3.3 操作界面.....	(69)
3.4 显示界面.....	(70)
3.5 安全监控.....	(74)
第 4 章 函数发生器软件界面	(75)
4.1 软件描述.....	(75)
4.2 定义界面.....	(76)
4.3 操作界面.....	(80)
4.4 安全监控.....	(84)
第 5 章 断裂韧性试验软件界面	(85)
5.1 软件描述.....	(85)
5.2 定义界面.....	(87)
5.3 试验界面.....	(95)

5.4	操作界面	(97)
5.5	显示界面	(98)
5.6	安全监控	(101)
第 6 章	多功能试验软件界面	(102)
6.1	软件描述	(102)
6.2	程序面板	(103)
6.3	过程参数	(105)
6.4	控制参数	(118)
6.5	安全监控	(121)
参考文献		(123)

第1章 材料试验技术综述

1.1 发展历程

1.1.1 问题的提出

材料的力学行为是材料的重要使用性能,即通过对工程材料在(动静)载荷、(高低)温度和(腐蚀)环境等因素共同作用条件下的变形、损伤、疲劳和断裂的研究,全面深入地理解材料的失效过程和机理,测定材料力学性能的各项指标,提出改善力学性能的途径,指导研制与开发新型材料以满足工业发展的需要。

在欧洲工业革命初期,材料测试技术仅限于利用比较不够灵活的机械来评估材料在拉伸、压缩或者弯曲时的强度。这些试验均为静态试验,测试装置都是由称重机械改装而成的,这些装置不是用来称量质量,而是利用质量作为测试材料强度的手段(图1-1)。这种测试机械的首批厂家出现在19世纪初期的德国,当时的德国也就成为机械工程技术发展的重要中心。

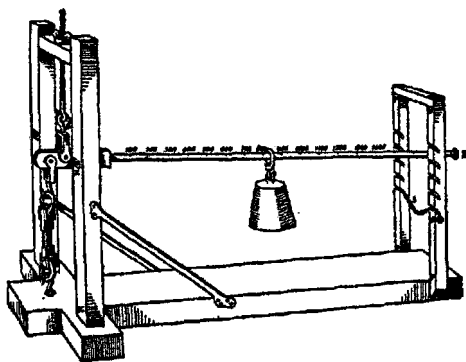


图1-1 19世纪称重式材料测试机械装置

1879年费利德里希·奥勒出版了有关火车轮轴研究的专著,从而开辟了一个测试技术研究的新领域——疲劳强度的纪元。随后,测试机械的学术研究人员和生产厂商为其共同利益而精心合作,研制出一批批的新型测试设备,大大改善了测试条件,同时也改进了试验测试方法。这也是欧洲一些著名试验机公司大展身手的时代,其代表有罗森豪森、阿姆斯特勒、莫尔和费登霍夫。这些生产厂家设计的测试机械行销欧洲,使许多基础研究工作得以顺利进行,因而出现了更好的材料和更好的产品。那时的测试装置主要是机械式的,其固有的设计限制了对材料动态性能的评价。

第一次世界大战促进了多方面技术的发展,也对材料的力学性能提出了更高的要求。需要密度更小、强度更高的材料来制造飞机、新的飞机发动机和火箭,以及其他军用机械设备。战后,这些技术成就开始转为民用,从而拓宽了新的和有用的研究领域,以深入研究各种实用材料的静态、动态特性。例如,在20世纪50年代初期,开始了“低周疲劳”(Low Cycle Fatigue)的研究,1953年引入了断裂力学研究的新概念,随后又引入了随机载荷谱疲劳测试的新思路。

为了解释新材料的特性以及研究材料断裂理论,均要求测试过程更加复杂,测试精度要求更加准确。由于第二次世界大战以后,材料技术研究中心实际是在北美洲,所以,新一代

的材料测试技术和测试设备在北美洲逐渐发展起来。

现代工业及科学技术的迅速发展对新型材料及力学性能均提出了新的要求,如高温下疲劳与蠕变的交互作用、热机械疲劳、结构陶瓷的变形和断裂行为、超高温下复合材料的变形抗力等,而微电子技术的飞速发展也为材料试验技术的发展提供了有利条件。

为了适应上述新型材料力学性能测试的需要,在研制全数字控制材料试验系统的同时,还必须研制各种特殊环境下的试验系统、加热及冷却系统、增压系统及快速试验系统及其专用软件。

1.1.2 系统分类

从材料试验机的发展历史可以清楚的看到,材料测试机的设计与制造总是与材料特性研究紧密相关:一方面是研究材料强度,另一方面是工程技术全面的进步与发展。随着材料试验技术的发展,材料试验机的组成与功能越来越复杂,特别是伴随着系统科学的发展,一般将电液伺服材料试验机上升到材料试验系统的高度来设计和描述。

材料试验机是用来测试工程材料力学性能的专用设备,其功能是给试样施加载荷并显示或记录有关信息。根据施加载荷的性质可分为静载荷试验机和动载荷试验机;按照施加载荷不同的方式可分为拉伸、压缩、扭转、冲击、疲劳等试验机;若在同一台试验机上可以进行拉伸、压缩、弯曲、剪切等多种试验,常称为万能材料试验机,即万能试验机;按照工作环境的不同又可分为常温、高温和低温试验机。

材料试验机是一个广义的名称,大致可分为四种类型:即机械式、液压式、电拉式和电液式(伺服),后两类试验机是在前两类的基础上发展起来的。

a. 机械式。采用机械中的涡轮与涡轮传动,可以较准确地控制加载速度,不会因载荷的增加而改变加载速度。但由于采用机械传动的关系,一般最大载荷只能达到 100kN。

b. 液压式。采用液压加载,加载平缓,无冲击现象。并且只要液压系统可能,试验机的加载能力可制造得相当大。由于加载速度是靠手动控制阀门进油量的大小来实现的,因此,若要精确控制加载速度是较困难的。

c. 电拉式。应用电测、电控技术(控制电机),从载荷控制到数据处理,均可借助于计算机进行自动控制,是一种较为先进的材料试验机。

d. 电液式。是一种新型的材料试验系统,大量采用电控、电测的电子技术,可分别用位移传感器、载荷传感器及应变引伸计等实时监测位移、载荷、应变,测量值直接或运算后作为被控制量接入反馈系统,通过与给定信号比较,控制电液伺服阀,从而控制执行机构(直线作动器或摆动缸),使被控量与给定信号一致,从而实现差动闭环控制。电液伺服材料试验系统是集电子技术、液压技术、自动控制技术和计算机技术在材料试验中应用的总成。

1.1.3 电液伺服材料试验系统

美国的英斯特朗(Instron)公司和美国美特斯(MTS)公司是两大跨国公司,其研制的电液伺服材料试验系统均代表世界上不同时期最先进的材料试验技术。我国科研院所先后大量引进了以上两大公司的各种型号的材料试验系统。前者主要诞生在美国麻省理工大学(控制论的创始人维纳)。我国也一直在研究和制造各种材料试验机,但在电液伺服材料试验系统方面仍然落后,主要体现在伺服阀、传感器、控制器及其软件方面。下面以美特斯公司

产品为例阐述电液伺服材料试验技术的发展情况。

1959年,美国政府急需一种测试方法和技术以真实再现复杂载荷条件和工作环境,并与民用喷气机上所用材料已知的断裂情况联系起来,特指定明尼苏达州明尼阿波利斯的一家公司执行该项目研究任务。这家公司就是“研究有限公司”,也就是今天的美特斯系统有限公司。该项目的策划工程师约翰逊后来成为美特斯公司的第一任总裁。

美特斯公司非常注重与大学之间的业务联系,早期该公司就与美国许多大学建立密切的关系。例如,伊利诺伊斯大学的莫尔教授在他出版的有关循环疲劳特性的专著中指出:材料经过压缩进入塑性区后,就回不到原先的状态,而这一特性是可以累加的。同时指出:现实世界中感受到的应力不能由低频正弦波输入来代表。在当时由于材料测试设备较为简单,难以满足研究工作的需要,莫尔教授便与美特斯公司精心合作致力于研究电液伺服闭环测试技术,为美特斯电液伺服材料试验系统的研究做出了较大的贡献。电液伺服闭环系统应用于断裂力学的测试技术,是美特斯与宾夕法尼亚州利哈伊大学(Lehigh University)合作的结晶。20世纪80年代后期,美特斯又与伊利诺伊斯大学的Soic教授合作,在拉扭多轴测试技术方面做出了新的突破。

正是由于美特斯公司善于与高等院校密切合作,使得美特斯公司不断地研制出满足特殊研究需求、最为先进的测试系统,其实验技术也总是处于材料测试领域的先列。1960年,“研究有限公司”生产出了第一批电动液力测试系统,从而开始了动态测试设备的新纪元。电液伺服闭环测试系统给动态测试技术的研究人员开辟了新天地,也给各种动态测试过程的精确度和维修服务环境的准确复现提供了平台。

与机械式测试设备相比,电液伺服材料测试具有如下特点:

- a. 将电子装置与液压装置相结合,提供了广阔范围的力和速度,可以像电子测量仪表一样精确地加以控制。
- b. 闭环控制系统可以自动校正指令信号与反馈信号之间的误差,以便于在进行测量时如实地重现加载的模式。
- c. 可以通过传感器测量和控制所需的力、位移和应变,传感器可以直接与试样相耦合,而其敏感度及精确度则与传动机构施加应力的作用无关。

电液伺服测试系统如此优越,为研究人员认知和探索材料特性提供了测试工具。美特斯研制电液伺服测试系统的初衷是为科研人员提供强有力的技术手段,但在随后的10年内,也逐步被工业技术界所接受,用以提高产品的耐久性和降低制造成本,并取得了非常好的效果。自20世纪70年代,特别是最近十多年以来,随着产品质量控制和经济全球化的激烈竞争,工业测试的需求迅速增加,动态测试技术为厂矿企业的新产品开发起到了非常大的作用,同时也创造出了可观的经济效益。

美特斯公司20世纪60年代生产的电液伺服测试系统,对机械测试系统来说是一次技术革新,但在10年后,即20世纪70年代,美特斯材料测试设备又进行了一次新的革命,即将电子计算机作为自动控制装置融入到电液伺服材料试验系统中。电子计算机的引入使得动态测试过程得以实施监控,研究人员可以根据要求任意改变控制方式而不需要中断试验,并且可自动进行数据采集和处理,大大简化了收集和分析数据的过程。计算机控制使得测试系统实现了现代化和自动化,一方面为研究人员探索材料特性提供可研究手段和有力工具,同时也为工业的质量控制和生产效率的提高提供了便利的条件。

美特斯公司为了满足科学研究和生产实际的需求,为适应科学技术的发展而不断研发新的测试系统。自 20 世纪 80 年代以来,美特斯公司测试系统的系列产品不断更新。美特斯 810 系列、美特斯 880 系列、美特斯 New810 系列和美特斯 TestStar 系列相继出现。在控制系统方面,从 20 世纪 70 年代的美特斯 442 控制系统到 20 世纪 80 年代末期的美特斯 448、美特斯 458 控制器,再到 20 世纪 90 年代的美特斯 TestStar II 全数字控制装置。计算机自动控制方面,先后由 PDP11/23 小型计算机和 Micro PDP11 小型计算机到运算速度更快、内存更大的先进的 PC 计算机。在辅助设备方面,例如夹头、夹具、引伸仪、高低温环境箱等均不断创新。可以说美特斯测试系统随着时代的发展而日新月异。

对于材料及其零部件实际工况下的性能测试技术一直是美特斯公司所关注的,特别是进入 21 世纪,美特斯公司在材料极端环境、危险环境、多向应力状态等情况下的测试技术领域均有相应的试验系统。这些试验装置是演技核电材料、塑料与纤维合成材料在高温、高压和腐蚀,压力、温度和湿度等复杂环境下的动态特性必不可少的测试手段。尤其是热机械疲劳测试系统是航空发动机设计和寿命估算的有力助手,通过热机械疲劳试验可以获得接近工作状况的设计曲线。美特斯公司的高频电液伺服疲劳试验机其精华在于自行设计的伺服阀,其技术在电液伺服领域是一流的。

美特斯公司目前是世界上电液伺服材料测试设备的最先进、一流的制造厂家,亦是材料测试技术和测试系统的研发中心。

1.2 工作原理

1.2.1 液压系统

一般情况下液压系统包括:动力机构、执行机构、控制机构和辅助装置,各机构的主要作用如下。

动力机构:高压泵,其功能是将机械能转换为液压能;

执行机构:油缸(作动器),其作用是将液压能转换为机械能;

控制机构:电磁阀、伺服阀,其作用是控制与调节液流的压力、流量和方向;

辅助装置:油箱、油管、蓄能器、冷却器等,其作用是储油、输油、蓄压、冷却等。

1.2.2 液压伺服系统(随动)

伺服系统又称随动系统或跟踪系统。在伺服系统中,执行机构以一定的精度自动地按照输入信号的变化规律而做出相应的动作。下面通过两个典型例子来说明液压系统和液压伺服系统的工作特性。

图 1-2 中重物相当于一台重型机床置放于导轨上的工作台,要求它能以任意速度移动,并能在任意直线位置停止。图 1-2(a)表示推动重物移动的液压传动系统,该系统由油泵、方向阀和油缸组成,如图所示。尽管用这个系统可获得移动工作台的推力或拉力,但是很难实现工作台以任意速度移动和在任意位置上停止的目的。这是因为方向阀仅能改变执行机械的运动方向,而不能进行运动速度(流量)的调整。

若将图 1-2 中的系统稍加改进,变成图 1-3 所示的液压伺服系统。在图 1-3 中,方向阀

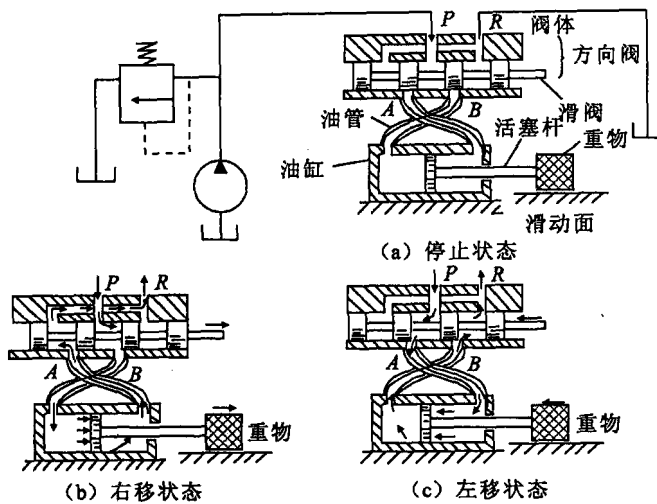


图 1-2 推动重物的液压系统示意图

的阀体与油缸连成一体，油缸移动，而活塞管固定，该装置就能实现工作台以任意速度移动和任意位置停止的要求。其工作原理为：当滑阀处于图 1-3 (a) 的位置时，油缸的两个油腔均被堵住，重物处于停止位置。

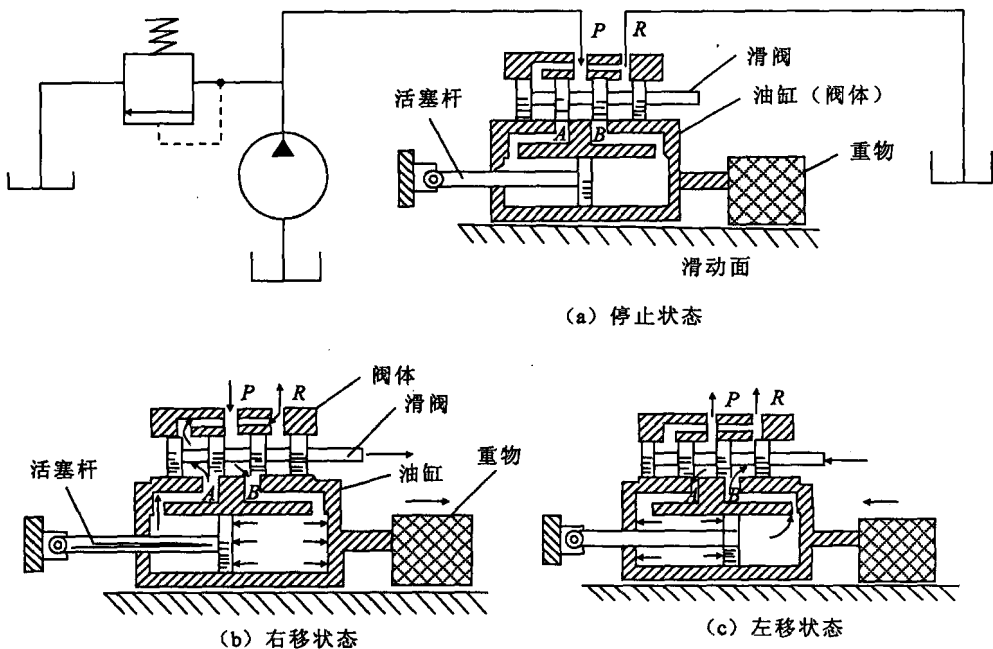


图 1-3 推动重物的液压伺服系统

若将滑阀向右移动微小位移 Δs ，阀中油口 A、B 便有开口量 Δs ，来自油泵的油液就进入油缸右腔，推动缸体带动重物向右移动，如图 1-3 (b) 所示。但当阀体随重物向右移动 Δs 后，油口 A、B 的开口量又变为零，即恢复到 1-3 (a) 所示的位置，重物停止移动。若

将滑阀向左移动微小位移 Δs ，油口 A、B 的开口量 Δs ，油液进入油缸左腔，推动缸体带动重物向左移动，如图 1-3 (c) 所示。但当阀体随移 Δs 后，油口 A、B 的开口量又变为零，重物停止移动。可见，该系统能使重物准确地随滑阀运动。如果操作者用手以任意速度移动滑阀或使它停在任意位置，则重物随之移动或停止，这种系统就称为伺服系统，滑阀就是伺服阀的雏形。

通过上述分析，可归纳出伺服系统有下述特点。

- a. 执行机构可自动跟随输入信号的变化而动作，如油缸的动作再现了滑阀的动作。
- b. 执行机构的输出功率或输出力可远大于系统的输入信号的功率或作用力。因此，伺服系统又是一个放大系统。
- c. 执行机构只有在其输出与系统的输入信号有误差时才发生动作。但执行机构又力图减少输出和输入信号之间的误差。因此，液压伺服系统的动作是由不平衡到平衡、再由平衡到不平衡的周而复始的过程。
- d. 系统中的控制阀随输出与输入信号误差方向（符号）及大小，自动改变油泵输入执行机构的油液的方向及流量，这个阀就是伺服阀。

许多伺服系统中，不仅有伺服阀，还有一个测量元件，它的作用是将系统输出回输到测量元件，将输出与输入信号进行比较，这种作用成为反馈，反馈是伺服系统的基本特征，而这种系统也因有反馈称为闭环（Closed Loop）系统，其基本原理如图 1-4 所示。

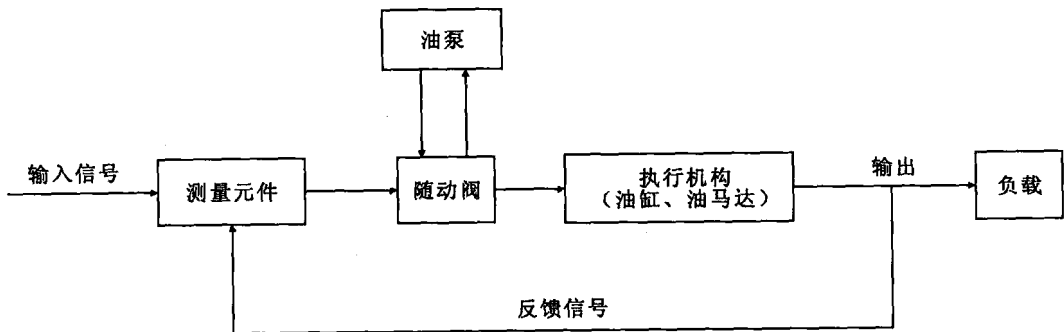


图 1-4 液压伺服系统基本原理

1.2.3 电液伺服系统（闭环）

在伺服系统中，伺服阀是将电信号转变为液压信号的转换装置，是电液伺服系统中的关键部件。美特斯公司的各种材料试验机，都是采用电液伺服闭环系统，其基本原理框图如图 1-5 所示。

图 1-5 仅表示了一个闭环试验回路。闭环指的是一个封闭的回路，任何影响部分的因素都将影响整个回路。整个回路主要包括伺服控制器（Servo Controller）、阀驱动器（Vavle Driver）、伺服阀（Servo Valve，简称 S/V）、液压作动器（Hydraulic Actuator）、传感器（Transducer）、传感器调节器（Transducer Condition）、反馈选择器（Feedback Selector）和试件（Specimen）。

闭环系统中各部分的功能和基本特征如下。

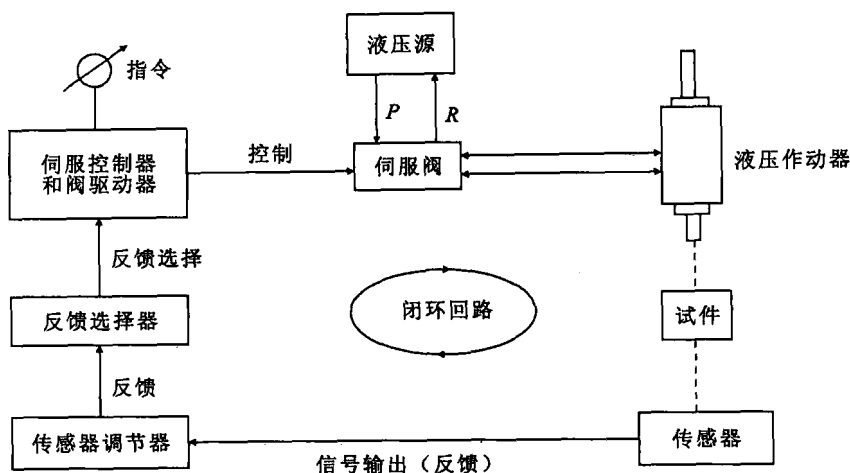


图 1-5 美特斯闭环系统原理框图

输入信号来自函数发生器，通过幅值控制与平均值控制将其衰减到合适的幅值及电平，幅值衰减及平均值电平的和就是合成的指令信号。实际上，幅值代表指令信号的动态极限（或幅值），平均值代表指令信号的平均电平（即静态偏差），如图 1-6 所示。

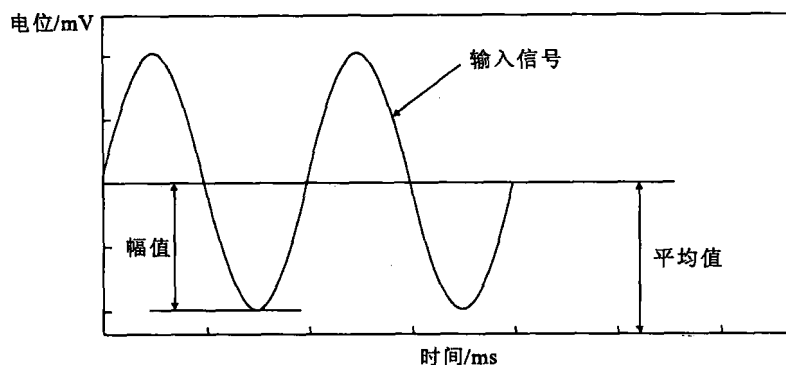


图 1-6 输入信号示意图

伺服控制器的基本功能是将指令信号与反馈信号进行比较，产生一个直流误差信号，用以控制整个系统。

阀驱动器的输入信号是经过增益调整的电压信号，它将这个信号变成 15mA（或 40mA）的电流信号，以驱动伺服阀。阀驱动器输出信号的大小及符号，决定了伺服阀开口的大小及方向，而这又是使作动器在降低 DC 误差（即输入信号与指令信号的误差）的方向运动所需要的。换句话说，伺服阀开口的大小及方向决定了液压的流量及方向，当直流误差降低为零时，阀驱动器的输出也为零，伺服阀关闭。

作动器的机械运动作为输入信号进入传感器，如在载荷通道中，作动器的直线往复运动就是向试件加载。而传感器调节器则起双重作用，一是向传感器提供一个经过调节的 10kHz 的激磁电压，二是放大并调节传感器的输出，从而产生一个反馈信号。

反馈选择器的作用是选择控制变量（载荷 Load、应变 Strin、位移 Displacement 等）。

被选择的反馈信号被送入传感器调节器并和指令信号进行比较。

1.2.4 电液伺服系统（测试）

电液伺服系统（测试）为电液伺服系统（闭环）实时监测相关物理反馈参数，主要有载荷、位移、应变等。图 1-7 所示为美特斯 809 电液伺服测试系统框图。

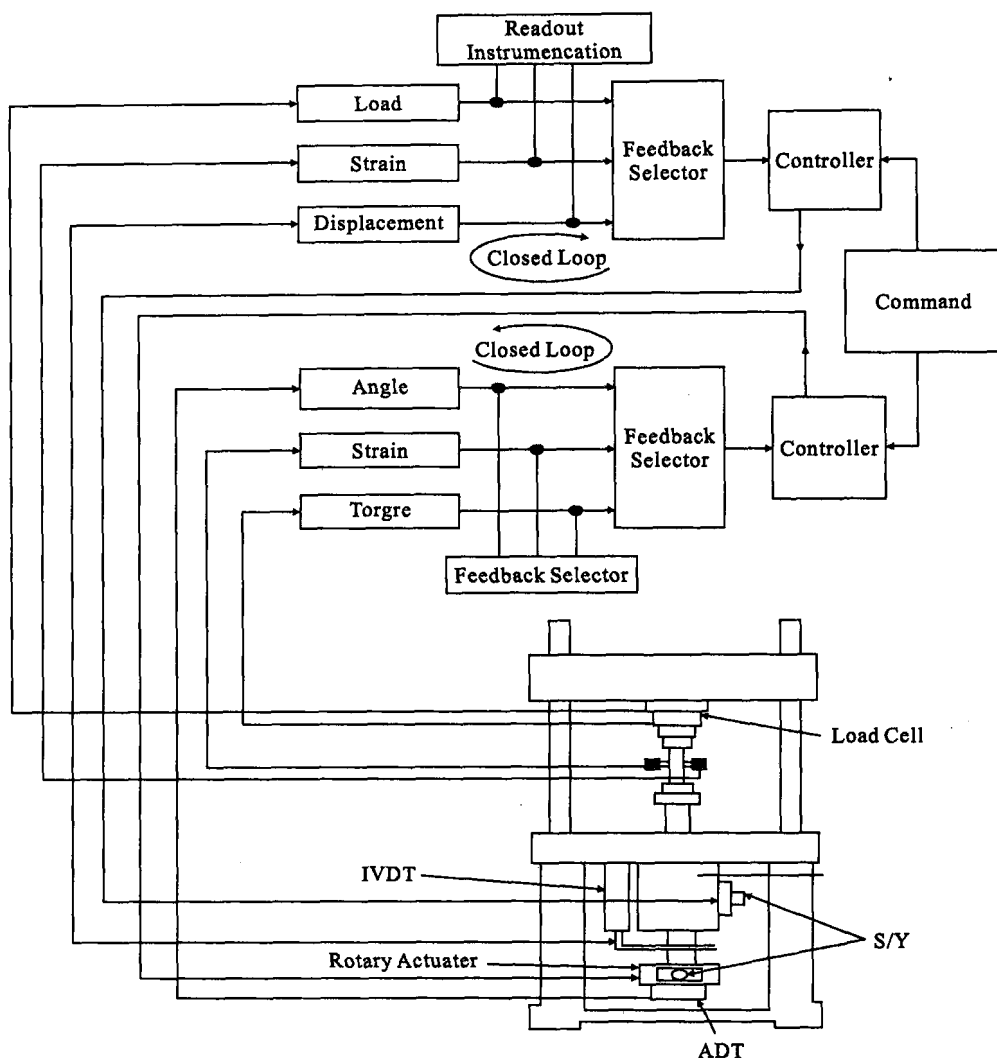


图 1-7 电液伺服系统（测试）框图

1.3 组成结构

美特斯电液伺服材料试验系统集成电子、机械液压于一体，其结构较为复杂。典型美特斯 810TestStar II 电液伺服试验系统的基本组成为如图 1-8 所示。

a. 液压系统（Hydraulic System）：包括液压源（Hydraulic Power Supply-HPS）、伺服阀（Servo Valve）、蓄能器（Manifold）、过滤器（Filter）等。

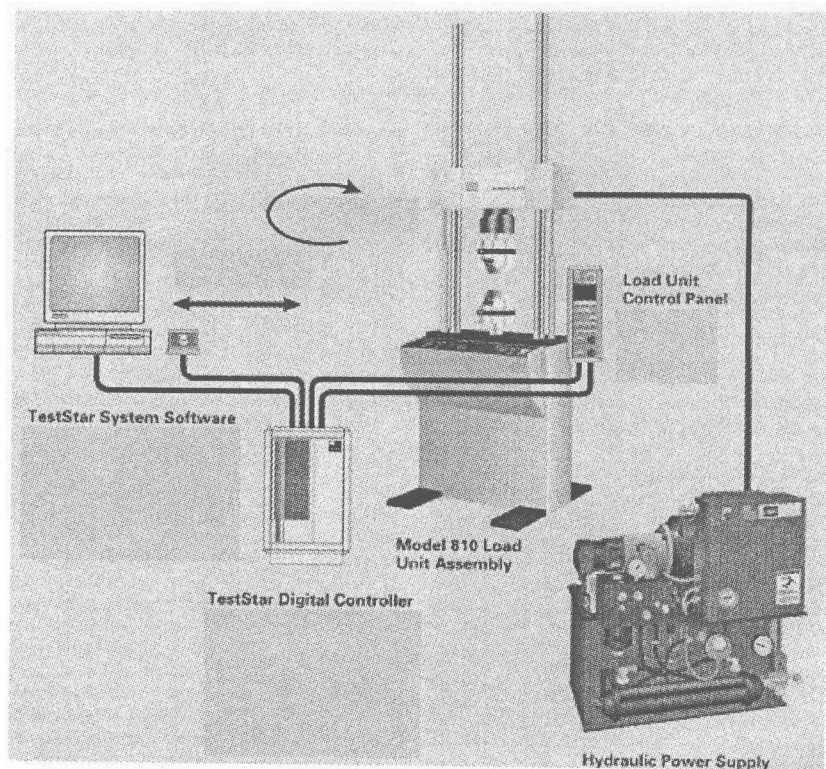


图 1-8 典型美特斯电液伺服材料试验系统组成图

b. 加载系统 (Loading System): 包括机架 (Load Frame)、载荷传感器 (Load Cell)、作动器 (Hydraulic Actuator) 及横梁 (Load Frame)。

c. 电控系统 (Electronic Control System): 包括主控板 (Main Control Board)、控制器 (Controller)、函数发生器 (Function Generation)、显示器 (Data Display)、循环计数器 (Cycle Counter) 等。对于全数字测试系统, 上述装置均通过接口与计算机相连接, 在计算机的屏幕上显示各种输入。而对于老式的电子模拟控制系统, 上述各部件分别安装在控制柜中。

d. 计算机控制系统 (Computer System): 包括计算机 (Computer)、接口 (Interface)、打印机 (Printer) 等。

1.4 专题描述

1.4.1 液压源

1. 液压源的结构组成

液压源好似电液伺服控制系统的动力源, 其工作原理是用一个定量高压油泵给液压系统提供动力, 将机械能转变为油液的压力能。其输出压力为: 低压 150psi (1MPa), 高压 3 000psi (20.7MPa)。图 1-9 (a) 为应用较为广泛的美特斯 510.10B 型液压源, 其流量为

10gpm (31.811pm)。20 世纪 90 年代末, 美特斯公司研制出了图 1-9 (b) 所示的静音型液压源, 该种液压源的特点是可以放置在任何地方, 例如实验室、办公室内, 而不会影响工作周围的环境。

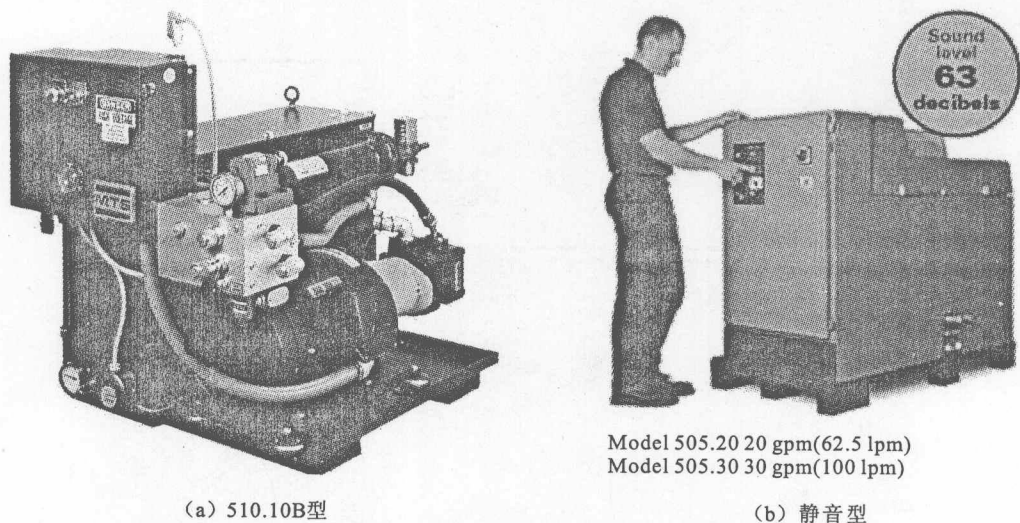


图 1-9 美特斯液压源结构

图 1-10 为典型的美特斯 510.10B 液压源的结构组成图, 其主要部件如下。

液压泵与马达 (Motor and Pressure Compensator) 液压油泵是液压系统的动力机构。马达在 50Hz、三个交流电源下运转, 当马达电流超过额定电流时, 由三个热敏原件组成的过载保护电路将起作用, 断开过载接触器, 关闭液压源。

热交换器 (Heat Exchanger): 测试系统正常工作状态下液压油的温度 42°C 为宜, 为了将油液保持在适当的工作温度, 液压源采用了管式热交换器来冷却液压油。

输出压力表 (Pressure Gage): 显示液压源输出的液压油压力。

低压阀及压力控制阀 (Pressure Control Valve): 其作用是调整液压泵输出的低压及高压。正常情况下输出的高压为 3 000psi (20.7MPa), 当试验时所施加的载荷较小, 或者加载频率较低时, 可以通过该调节阀适当降低液压源的输出压力。

高低压选择器 (High/Low Selector): 液压源控制面板上的高低压选择器是在进行液压源调试时使用的, 通过此开关可以启动液压源的低压和高压; 正常工作时, 液压源的开启是通过主控板上的操作按钮或按键来控制的, 也可以进行远程控制。

温度计 (Temperature Gage): 显示油箱中液压油液的温度。

液位计 (Oil Level Tube): 显示油面的高低。

液位控制器 (Oil Level Controller): 当油箱内液压油的液位低于设定的位置时, 液压源自动停机。其目的是防止高压油泵空载运转而损坏。

计时器 (Hour Meter): 显示液压源的运转时间, 以小时为单位。

过滤器显示器 (Dirty Filter Indicator): 当过滤器需要更换时, 显示器上的小帽凸起, 用力按下, 它仍然弹出, 这说明过滤器已报废。

高压过滤器 (High Pressure Filter): 对高压油泵输出的高压液压油在进入蓄能器和伺

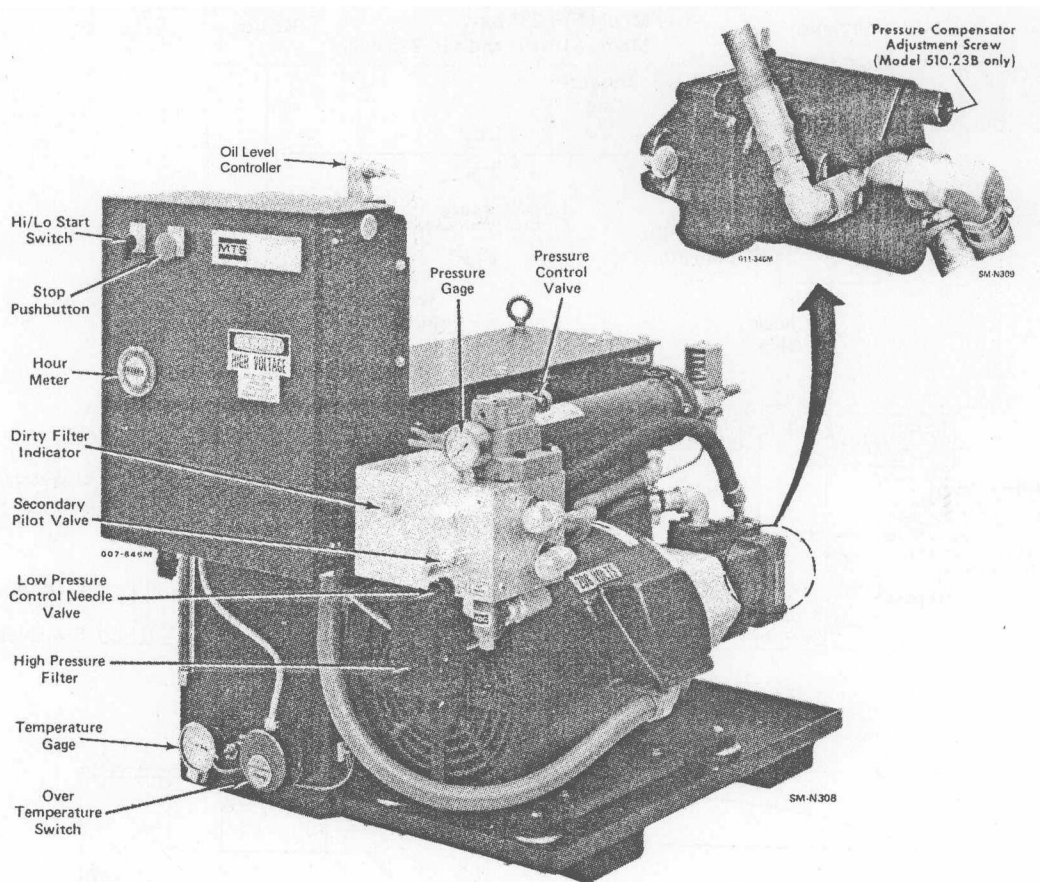


图 1-10 液压源的基本组成

服阀之前进行过滤，以防油箱内的细微颗粒进入液压伺服系统。

水调节阀 (Water Valve): 该阀包含一个敏感元件，是一个气动控制阀，它能自动控制热交换器中水的流量，以保持合适的液压油温。

2. 液压源的工作原理

图 1-11 所示为液压系统的基本回路。高压泵由三相电机 (马达) 驱动为液压系统提供油压，高压泵将液压油从油箱中抽出，强迫其通过检查阀 (或称单向阀) 和 $3\mu\text{m}$ 的高压过滤器，然后将液压油输送到伺服系统。

液压源输出的压力是由电磁阀 (Solenoid Valve) 的状态来控制放入。当选择低压时，电磁阀处于主能状态并打开，油液从主排油口经低压控制针阀送入压力油路。当选择高压时，电磁阀处于辅能状态并关闭。因此，没有油液通过低压回路。液压泵的输出压力是由压力控制阀的设定值来控制的。电磁阀实际上是一个换向阀，也可称开关阀。其结构如图 1-12 所示。

油路上还有一个二级导向管，称为先导式溢流阀，如图 1-13 所示，其作用有四个。

a. 保持系统压力恒定。由于二级导向管是常开的，液压泵输出的压力油只有一部分进入液压缸，多余部分经溢流阀流走，因此，能保持液压油工作压力不变。