



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202548015 U

(45) 授权公告日 2012. 11. 21

(21) 申请号 201220055669. 7

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2012. 02. 21

(73) 专利权人 吉林大学

地址 130025 吉林省长春市人民大街 5988 号

(72) 发明人 赵宏伟 马志超 范尊强 李秦超
王开厅 胡晓利 黄虎 万顺光

(74) 专利代理机构 吉林长春新纪元专利代理有
限责任公司 22100

代理人 王怡敏

(51) Int. Cl.

G01N 3/10(2006. 01)

G01N 3/24(2006. 01)

G01N 3/02(2006. 01)

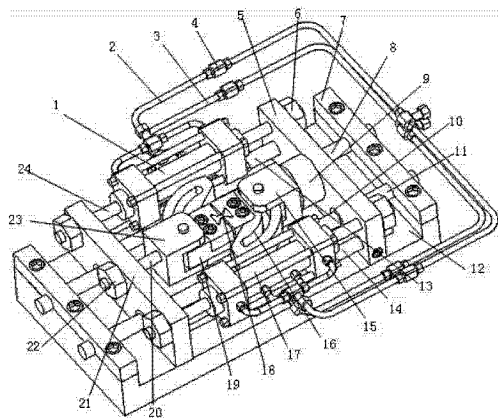
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 实用新型名称

液压式复合载荷加载模式材料力学性能测试装置

(57) 摘要

本实用新型涉及一种液压式复合载荷加载模式材料力学性能测试装置,属于机械领域。由液压驱动及控制单元、试件夹持单元、信号检测单元及支撑单元组成,可实现单轴拉伸测试、纯剪切测试、及任意角度的拉伸/剪切复合载荷测试模式,结合伺服驱动控制单元的精密流量控制,可以实现超低速的转静态加载方式,本实用新型为研究材料在不同角度的拉应力及切应力的组合形式下的力学性能提供了研究手段。同时,测试装置与光学显微成像组件具有良好的结构兼容性,亦可结合成像系统对材料的变形损伤直至失效破坏的过程的在线观测,对材料的微观力学行为进行深入研究。



1. 一种液压式复合载荷加载模式材料力学性能测试装置,其特征在于:包括液压驱动及控制单元、试件夹持单元、信号检测单元及支撑单元;所述液压驱动及控制单元包括两组液压缸 I、II(1、17)、油箱(35)、滤油器(36)、液压泵(37)、溢流阀(38)、节流阀(39)及电液伺服阀(40),其中进油管(2)与出油管(3)分别通过油管接头(4)与液压缸 I、II(1、17)及电液伺服阀(40)的输出端连接,两组液压缸 I、II(1、17)的活塞杆(24)分别通过活塞杆连接螺钉(6)与活动支架 I、II(5、21)刚性连接,储存于油箱(35)中的液压油由液压泵(37)泵出,经滤油器(36)送至电液伺服阀(40)的输入端,溢流阀(38)及节流阀(39)分别置于在此液压回路中,分别起到主回路的定压溢流、安全保护和主回路流量初步控制的作用;同时,通过电液伺服阀(40)的精密流量控制,使液压缸 I、II(1、17)轴端的活塞杆(6)输出不同速率的单轴运动;

所述试件夹持单元包括夹具体连接架 I、II(16、19)、试件(18)、夹具体(25)、夹具体支撑架 I、II(15、23)及支撑架紧固螺母(22),其中具有燕尾形凹槽结构的夹具体(25)夹持试件(18),并通过夹具体连接螺钉(26)分别与夹具体连接架 I、II(16、19)刚性连接,夹具体支撑架 I、II(15、23)分别与力传感器(9)及支撑架连接螺栓(20)通过螺纹方式连接,并通过连接销钉(27)与带有圆弧形沟槽的夹具体连接架 I、II(16、19)连接;

所述信号检测单元包括力传感器(9)及两组位移传感器 I、II(13、14),其中力传感器(9)通过其两端的外螺纹分别与活动支架 I(5)及夹具体支撑架 I(15)紧固连接,其安装位置与试件(18)同轴、共面;所述位移传感器 I、II(13、14)的基体部分套接于活动支架 I(5)的圆孔中,并通过位移传感器紧固螺钉(29)进行固定,位移传感器(3)的前端弹性探头与活动支架 II(21)弹性接触,力传感器(9)的受力方向及位移传感器 I、II(13、14)弹性探头的伸缩方向均与活动支架 I、II(5、21)的运动方向一致,同时,两组位移传感器 I、II(13、14)与拉压力传感器(9)可分别为电液伺服阀(40)的精密流量反馈控制提供模拟量反馈信号;

所述支撑单元包括基座(12)、光杠 I、II(8、11)、直线轴承(10)、光杠压板(7),其中所述光杠 I、II(8、11)分别套接于直线轴承(10)的内圈中,并安装于基座(12)的半圆形凹槽内,通过光杠压板(7)上的光杠紧固螺钉(28)进行压紧;同时,直线轴承(10)的外圈过盈安装于活动支架 I、II(5、21)中。

2. 根据权利要求 1 所述的液压式复合载荷加载模式材料力学性能测试装置,其特征在于:所述的夹具体连接架 I、II(16、19)固定夹具体(25),且具有四分之一圆弧形沟槽结构,通过调整其安装位置,实现试件(18)的几何轴线与拉伸轴线从 0° 到 90° 范围内的任意调整。

3. 根据权利要求 1 所述的液压式复合载荷加载模式材料力学性能测试装置,其特征在于:所述的液压缸 I、II(1、17)分别与同一组进油管(2)及出油管(3)连接,完成同步的单轴运动输出;同时,两组液压缸 I、II(1、17)的活塞杆(24)分别与两组活动支架 I、II(5、21)通过活塞杆连接螺钉(6)刚性连接,从而实现活动支架 I、II(5、21)的双向等速同步运动。

4. 根据权利要求 1 所述的液压式复合载荷加载模式材料力学性能测试装置,其特征在于:所述的测试装置的整体尺寸为 185mm×140mm×48mm,安装在光学显微镜的载物台上。

液压式复合载荷加载模式材料力学性能测试装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及机械领域,特别涉及一种液压式复合载荷加载模式材料力学性能测试装置。其可在单轴拉伸测试、纯剪切测试及任意角度的拉伸/剪切复合载荷模式下对特征尺寸厘米级以上的三维宏观试件的力学性能进行测试,结合精密位移传感器、力传感器的模拟量反馈及液压驱动单元的精密流量控制,可在超低速准静态加载方式下结合光学显微成像系统的在线观测,对材料的变形损伤机制进行深入研究。

背景技术

[0002] 在实际工况下,材料及其构件所受的应力状态往往不是单一载荷作用,而是多种载荷共同作用的复合载荷模式。因此,对材料受复合载荷作用下的力学性能的测试能够更为准确、客观的反应材料及其制品的真实力学行为。

[0003] 在众多的力学测试手段中,拉伸测试,剪切测试、扭转法、弯曲测试、压入测试及疲劳测试是较为重要的测试手段,其中以原位拉伸测试方法能够最直观的测量材料弹性模量、屈服极限和断裂强度等重要力学参数,同时剪切测试亦可获得材料切变模量、剪切强度等相关力学参数。在传统测试方法中,单轴拉伸测试及剪切测试大都采用商业化拉伸试验机和剪切试验机的离位测试,即测试的主要目的通过得到的应力应变曲线得到上述力学参数并通过断口界面分析材料的断裂机制,并未结合显微成像组件的实时观测。

[0004] 原位力学测试是指在微纳米尺度下对试件材料进行力学性能测试过程中,通过显微镜等仪器对载荷作用下材料发生的微观变形损伤进行全程动态监测的一种力学测试技术。通过复合载荷作用下的原位力学测试方法,可深入揭示各类材料及其制品的微观力学行为、损伤机理及其与载荷作用和材料性能间的相关性规律。

[0005] 液压驱动手段作为工程应用中较为常见、有效的驱动方式,相对于气压传动及机械传动方式具有明显的优点,在同等的体积下,液压装置能产生出更大的驱动力;在同等功率下,液压装置体积较小,功率密度大,结构紧凑,传动环节较少;液压装置传动平稳,由于其重量轻、惯性小,因此响应速度较快,易于实现快速启动、制动和频繁换向;液压装置易于实现过载保护,液压缸和液压马达都能长期在堵转状态下工作而不发生过热;液压传动易于实现自动化,对液压油压力、流量或流动方向均易于调控;液压系统设计、制造和使用维护方便,液压元件属于机械工业基础件,已实现了标准化、系列化和通用化;利用液压传动方式实现直线运动远比利用机械传动容易实现;液压装置能在较大范围内实现无级调速,亦可在运动过程中进行调速。

[0006] 在已有研究中,针对材料受复合载荷作用的原位力学测试,均集中于针对纳米管、纳米线等极微小构件,由于尺寸效应的影响,在微观尺度下,材料的力学性能等均已发生显著变化,因为用微小构件的力学性能去表征特征尺寸厘米级的三维宏观试件缺乏可信性。针对三维宏观材料所进行的力学测试更符合实际工况下的应用要求。

[0007] 综上所述,利用液压驱动方式实现的拉伸-剪切复合载荷测试方式能符合材料实际的工作情况要求,在实现获取应力应变曲线及弹性模量、切变模量等重要力学参数的基

基础上,如能实现与显微镜等成像仪器的兼容,就可在微观尺度下研究载荷作用下宏观材料的上述性能。因此,设计一种加载能力大、结构紧凑,测试内容丰富,能够利用显微镜等成像系统在线监测,且针对三维宏观试件进行拉伸-剪切复合载荷模式下的材料力学性能测试装置已十分必要。

发明内容

[0008] 本实用新型的目的在于提供一种液压式复合载荷加载模式材料力学性能测试装置,解决了现有技术存在的上述问题。本实用新型具有超低速准静态的加载能力,且通过夹持单元的角度变换,可提供单轴拉伸、纯剪切及任意锐角的拉伸-剪切复合载荷测试,并获得应力应变曲线及弹性模量、切变模量及屈服极限等重要力学参数,基于其较大加载能力和无级变速等应变速率调节功能,可开展丰富的材料测试内容。同时,亦可集合光学成像系统的在线观测,开展对三维宏观材料的力学行为的研究。本实用新型具有加载能力大,结构紧凑,测试内容丰富、测试精度高等特点,可通过原位复合载荷测试,对材料的微观变形、损伤和断裂过程进行原位监测,揭示材料在微纳米尺度下的微观力学行为。

[0009] 本实用新型的上述目的通过以下技术方案实现:

[0010] 液压式复合载荷加载模式材料力学性能测试装置,包括液压驱动及控制单元、试件夹持单元、信号检测单元及支撑单元;所述液压驱动及控制单元包括两组液压缸 I、II 1、17、油箱 35、滤油器 36、液压泵 37、溢流阀 38、节流阀 39 及电液伺服阀 40,其中进油管 2 与出油管 3 分别通过油管接头 4 与液压缸 I、II 1、17 及电液伺服阀 40 的输出端连接,两组液压缸 I、II 1、17 的活塞杆 24 分别通过活塞杆连接螺钉 6 与活动支架 I、II 5、21 刚性连接,储存于油箱 35 中的液压油由液压泵 37 泵出,经滤油器 36 送至电液伺服阀 40 的输入端,溢流阀 38 及节流阀 39 分别置于在此液压回路中,分别起到主回路的定压溢流、安全保护和主回路流量初步控制的作用;同时,通过电液伺服阀 40 的精密流量控制,使液压缸 I、II 1、17 轴端的活塞杆 6 输出不同速率的单轴运动;

[0011] 所述的试件夹持单元包括夹具体连接架 I、II 16、19、试件 18、夹具体 25、夹具体支撑架 I、II 15、23 及支撑架紧固螺母 22,其中具有燕尾形凹槽结构的夹具体 25 夹持试件 18,并通过夹具体连接螺钉 26 分别与夹具体连接架 I、II 16、19 刚性连接,夹具体支撑架 I、II 15、23 分别与力传感器 9 及支撑架连接螺栓 20 通过螺纹方式连接,并通过连接销钉 27 与带有圆弧形沟槽的夹具体连接架 I、II 16、19 连接;

[0012] 所述的信号检测单元包括力传感器 9 及两组位移传感器 I、II 13、14,其中力传感器 9 通过其两端的外螺纹分别与活动支架 I 5 及夹具体支撑架 I 15 紧固连接,其安装位置与试件 18 同轴、共面;所述位移传感器 I、II 13、14 的基体部分套接于活动支架 I 5 的圆孔中,并通过位移传感器紧固螺钉 29 进行固定,位移传感器 3 的前端弹性探头与活动支架 II 21 弹性接触,力传感器 9 的受力方向及位移传感器 I、II 13、14 弹性探头的伸缩方向均与活动支架 I、II 5、21 的运动方向一致,同时,两组位移传感器 I、II 13、14 与拉压力传感器 9 可分别为电液伺服阀 40 的精密流量反馈控制提供模拟量反馈信号;

[0013] 所述的支撑单元包括基座 12、光杠 I、II 8、11、直线轴承 10、光杠压板 7,其中所述光杠 I、II 8、11 分别套接于直线轴承 10 的内圈中,并安装于基座 12 的半圆形凹槽内,通过光杠压板 7 上的光杠紧固螺钉 28 进行压紧;同时,直线轴承 10 的外圈过盈安装于活动支架

I、II 5、21 中。

[0014] 所述的夹具体连接架 I、II 16、19 固定夹具体 25, 且具有四分之一圆弧形沟槽结构, 通过调整其安装位置, 实现试件 18 的几何轴线与拉伸轴线从 0° 到 90° 范围内的任意调整。展开来说, 当试件 18 的几何轴线与拉伸轴线同轴时, 被测试件 18 受纯拉伸载荷作用; 当试件 18 的几何轴线与拉伸轴线垂直时, 被测试件 18 受纯剪切载荷作用; 当试件 18 的几何轴线与拉伸轴线成任意锐角时, 被测试件 18 受拉伸 - 剪切复合载荷作用, 通过相应的角度, 亦可通过力的合成分解解析出复合载荷模式下纯拉伸及纯剪切载荷作用的分量值。

[0015] 所述的位移传感器 I、II 13、14 与试件 18 同轴等距安装, 利用其采集模拟信号的算术平均值来表征两组活动支架 I、II 5、21 间的位移量。

[0016] 所述的液压缸 I、II 1、17 分别与同一组进油管 2 及出油管 3 连接, 完成同步的单轴运动输出; 同时, 两组液压缸 I、II 1、17 的活塞杆 24 分别与两组活动支架 I、II 5、21 通过活塞杆连接螺钉 6 刚性连接, 从而实现活动支架 I、II 5、21 的双向等速同步运动。

[0017] 所述的测试装置的整体尺寸约为 $185\text{mm} \times 140\text{mm} \times 48\text{mm}$, 可安装在光学显微镜的载物台上, 开展对测试过程中试件裂纹萌生、扩展和变形过程的原位观测。

[0018] 本实用新型的有益效果在于: 相比于现有技术, 本实用新型能够实现多种模式的力学测试内容, 即不改变测试装置的主体结构, 仅通过简易的夹持机构角度变换, 即可实现单轴拉伸测试、纯剪切测试机拉伸 - 剪切复合载荷测试, 且可实现加载力轴线与试件几何轴线成任意锐角的测试模式, 同时, 通过相应的加载力分解方式, 亦可解析出在复合载荷模式作用下, 材料受纯拉伸及纯剪切作用的分量值。本实用新型通过两组带有双活塞杆的液压缸来实现精密驱动, 同时, 通过位移传感器或力传感器的信号输出, 为精密电液伺服阀的精密流量控制提供模拟量反馈, 本实用新型可实现超过 5000N 的加载能力及 20mm 以上的加载行程, 可安装于具有开放式空间结构的显微镜载物平台上, 可以与 X 射线衍射仪、拉曼光谱仪等仪器均具有结构兼容性, 结合这些仪器, 并通过测试得到的应力应变曲线, 可对材料的力学行为和变形机制进行深入研究。本实用新型对丰富原位力学测试内容和促进材料力学性能测试技术及装备具有重要的理论意义和良好的应用开发前途。

附图说明

[0019] 此处所说明的附图用来提供对本实用新型的进一步理解, 构成本申请的一部分, 本实用新型的示意性实施例及其说明用于解释本实用新型, 并不构成对本实用新型的不当限定。

[0020] 图 1 为本实用新型的整体外观结构示意图;

[0021] 图 2 为本实用新型的俯视结构示意图;

[0022] 图 3 为本实用新型的主视结构示意图;

[0023] 图 4 为本实用新型的液压缸的整体外观结构示意图;

[0024] 图 5 为本实用新型的液压缸的剖视结构示意图;

[0025] 图 6 为本实用新型的液压控制系统的回路结构图;

[0026] 图 7 至图 10 为本实用新型复合载荷测试原理示意图; 其中图 8 为纯拉伸测试模式原理示意图; 图 9 为纯剪切测试模式原理示意图; 图 10 为拉伸 - 剪切复合测试模式原理示意图。

[0027] 图中:1. 液压缸 I、2. 进油管、3. 出油管、4. 油管接头、5. 活动支架 I、6. 活塞杆连接螺钉、7. 光杠压板、8. 光杠、9. 力传感器、10. 直线轴承、11. 光杠 II、12. 基座、13. 位移传感器 I、14. 位移传感器 II、15. 夹具体支撑架 I、16. 夹具体连接架 I、17. 液压缸 II、18. 试件、19. 夹具体连接架 II、20. 支撑架连接螺栓、21. 活动支架 II、22. 支撑架紧固螺母、23. 夹具体支撑架 II、24. 活塞杆、25. 夹具体、26. 夹具体连接螺钉、27. 连接架销钉、28. 光杠紧固螺钉、29. 位移传感器紧固螺钉、30. 端盖、31. 端盖密封圈、32. 缸桶、33. 活塞、34. 活塞密封圈、35. 油箱、36. 滤油器、37. 液压泵、38. 溢流阀、39. 节流阀、40. 电液伺服阀。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图进一步说明本实用新型的详细内容及其具体实施方式。

[0029] 参见图 1 至图 10, 本实用新型的液压式复合载荷加载模式材料力学性能测试装置包括液压驱动及控制单元、试件夹持单元、信号检测单元及支撑单元; 所述液压驱动及控制单元包括两组液压缸 I、II 1、17、油箱 35、滤油器 36、液压泵 37、溢流阀 38、节流阀 39 及电液伺服阀 40, 其中进油管 2 与出油管 3 分别通过油管接头 4 与液压缸 I、II 1、17 及电液伺服阀 40 的输出端连接, 两组液压缸 I、II 1、17 的活塞杆 24 分别通过活塞杆连接螺钉 6 与活动支架 I、II 5、21 刚性连接, 储存于油箱 35 中的液压油由液压泵 37 泵出, 经滤油器 36 送至电液伺服阀 40 的输入端, 溢流阀 38 及节流阀 39 分别置于在此液压回路中, 分别起到主回路的定压溢流、安全保护和主回路流量初步控制的作用; 同时, 通过电液伺服阀 40 的精密流量控制, 使液压缸 I、II 1、17 轴端的活塞杆 6 输出不同速率的单轴运动;

[0030] 所述的试件夹持单元包括夹具体连接架 I、II 16、19、试件 18、夹具体 25、夹具体支撑架 I、II 15、23 及支撑架紧固螺母 22, 其中具有燕尾形凹槽结构的夹具体 25 夹持试件 18, 并通过夹具体连接螺钉 26 分别与夹具体连接架 I、II 16、19 刚性连接, 夹具体支撑架 I、II 15、23 分别与力传感器 9 及支撑架连接螺栓 20 通过螺纹方式连接, 并通过连接销钉 27 与带有圆弧形沟槽的夹具体连接架 I、II 16、19 连接;

[0031] 所述的信号检测单元包括力传感器 9 及两组位移传感器 I、II 13、14, 其中力传感器 9 通过其两端的外螺纹分别与活动支架 I 5 及夹具体支撑架 I 15 紧固连接, 其安装位置与试件 18 同轴、共面; 所述位移传感器 I、II 13、14 的基体部分套接于活动支架 I 5 的圆孔中, 并通过位移传感器紧固螺钉 29 进行固定, 位移传感器 3 的前端弹性探头与活动支架 II 21 弹性接触, 力传感器 9 的受力方向及位移传感器 I、II 13、14 弹性探头的伸缩方向均与活动支架 I、II 5、21 的运动方向一致, 同时, 两组位移传感器 I、II 13、14 与拉压力传感器 9 可分别为电液伺服阀 40 的精密流量反馈控制提供模拟量反馈信号;

[0032] 所述的支撑单元包括基座 12、光杠 I、II 8、11、直线轴承 10、光杠压板 7, 其中所述光杠 I、II 8、11 分别套接于直线轴承 10 的内圈中, 并安装于基座 12 的半圆形凹槽内, 通过光杠压板 7 上的光杠紧固螺钉 28 进行压紧; 同时, 直线轴承 10 的外圈过盈安装于活动支架 I、II 5、21 中。

[0033] 所述的夹具体连接架 I、II 16、19 固定夹具体 25, 且具有四分之一圆弧形沟槽结构, 通过调整其安装位置, 实现试件 18 的几何轴线与拉伸轴线从 0° 到 90° 范围内的任意调整。展开来说, 当试件 18 的几何轴线与拉伸轴线同轴时, 被测试件 18 受纯拉伸载荷作用;

当试件 18 的几何轴线与拉伸轴线垂直时,被测试件 18 受纯剪切载荷作用;当试件 18 的几何轴线与拉伸轴线成任意锐角时,被测试件 18 受拉伸-剪切复合载荷作用,通过相应的角度,亦可通过力的合成分解解析出复合载荷模式下纯拉伸及纯剪切载荷作用的分量值。

[0034] 所述的位移传感器 I、II 13、14 与试件 18 同轴等距安装,利用其采集模拟信号的算术平均值来表征两组活动支架 I、II 5、21 间的位移量。

[0035] 所述的液压缸 I、II 1、17 分别与同一组进油管 2 及出油管 3 连接,完成同步的单轴运动输出;同时,两组液压缸 I、II 1、17 的活塞杆 24 分别与两组活动支架 I、II 5、21 通过活塞杆连接螺钉 6 刚性连接,从而实现活动支架 I、II 5、21 的双向等速同步运动。

[0036] 所述的测试装置的整体尺寸约为 185mm×140mm×48mm,可安装在光学显微镜的载物台上,开展对测试过程中试件裂纹萌生、扩展和变形过程的原位观测;可安装在与具有开放式结构的光学显微镜向系统及拉曼光谱仪、X 射线衍射仪等仪器的载物平台上。

[0037] 参见图 5 所示,液压缸内部包括端盖 30、端盖密封圈 31、缸桶 32、活塞 33、活塞密封圈 34、进油口 A 及出油口 B,所述缸桶 32 的两端分别设有端盖 30,且该端盖 30 与活塞杆 24 间设置端盖密封圈 31;所述活塞 33 与活塞杆 24 连接,且活塞 33 与缸桶间设置活塞密封圈 34;所述进油口 A 与进油管 2 连接,出油口 B 与出油管 3 连接。

[0038] 参见图 1 至图 10,本实用新型测试装置中具体的元器件和具体型号为:电液伺服阀 40 型号为 MOG072、力传感器 9 型号为 SM-609-5000N、位移传感器 I、II 13、14 型号为 WYM-1 型。在测试过程中,力传感器 9 用于检测被测试件 18 所受载荷值,位移传感器 I、II 13、14 用于检测与两组液压缸 I、II 1、17 活塞杆 24 刚性连接的活动支架 I、II 5、21 间的位移量。两路传感器分别具有的 5000N 及 20mm 的量程,其输出的模拟信号经过功率放大器及数据采集卡的同步精密采集,并经过细分处理之后,两路信号能够达到的测试分辨率分别为 1N 及 1 μ m,与此同时,载荷/位移模拟信号可为电液伺服阀 40 的精密流量闭环控制提供反馈源,被测试件 18 的长度范围为 8-40mm,最大宽度可达 6mm。

[0039] 为便于显微成像系统在线观测的图像捕捉质量,在测试前,需要采用线切割加工方式对被测试件 18 试制出具有特定标距的几何形状并对材料进行单抛处理,或通过腐蚀等处理方式得到特定的金相组织,必要时可在被测试件 18 的最小截面处预制出 V 型或凹槽形缺口以形成人为应力集中区便于对材料裂纹萌生及扩展的原位观测。之后,将被测试件安装于具有燕尾形凹槽形状的夹具体 25 中并调整夹具体连接架 I、II 16、19 至合适位置,即确定试件 18 的几何轴线与拉伸轴线的角度后,完成试件 18 的夹持。具体测试过程中,液压泵 37 从油箱 35 经过滤油器 36 将液压油吸入主油路,液压油通过节流阀 39 进入电液伺服阀 40 中,并通过精密流量控制经进油管 2 进入两组液压缸 I、II 1、17 的无杆腔内,进而推动活塞杆 24 实现同轴异向的同步运动,同时,活动支架 I、II 5、21 间的位移量由两组位移传感器 I、II 13、14 同步采集,载荷/位移模拟信号通过模数转换并进行必要的信号调理后送入计算机。进一步,将两组模拟量位移信号的算术平均值作为活动支架 I、II 5、21 同轴异向运动的计算位移值,通过对夹具体支撑架 I 15、夹具体 25 及力传感器 9 受载时的变形量标定,计算出试件 18 夹持位置的位移值,之后,根据试件 18 的几何轴线与拉伸轴线所成的特定角度,通过载荷/位移的分解,解析出纯拉伸及纯剪切的分力值和分位移值,以确定拉伸作用及剪切作用对试件变形及应力应变曲线的影响规律。在测试的整个过程中,被测试件 18 在载荷作用下的裂纹萌生、扩展及变形损伤情况由高放大倍率的显微镜成像系

统进行动态监测,并可实时记录图像,结合上位机调试软件亦可实时获取表征材料力学性能的载荷-变形曲线、应力-应变曲线、弹性模量、切变模量、剪切强度、屈服极限及伸长率等重要力学参数。

[0040] 以上所述仅为本实用新型的优选实例而已,并不用于限制本实用新型,对于本领域的技术人员来说,本实用新型可以有各种更改和变化。凡在本实用新型的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。

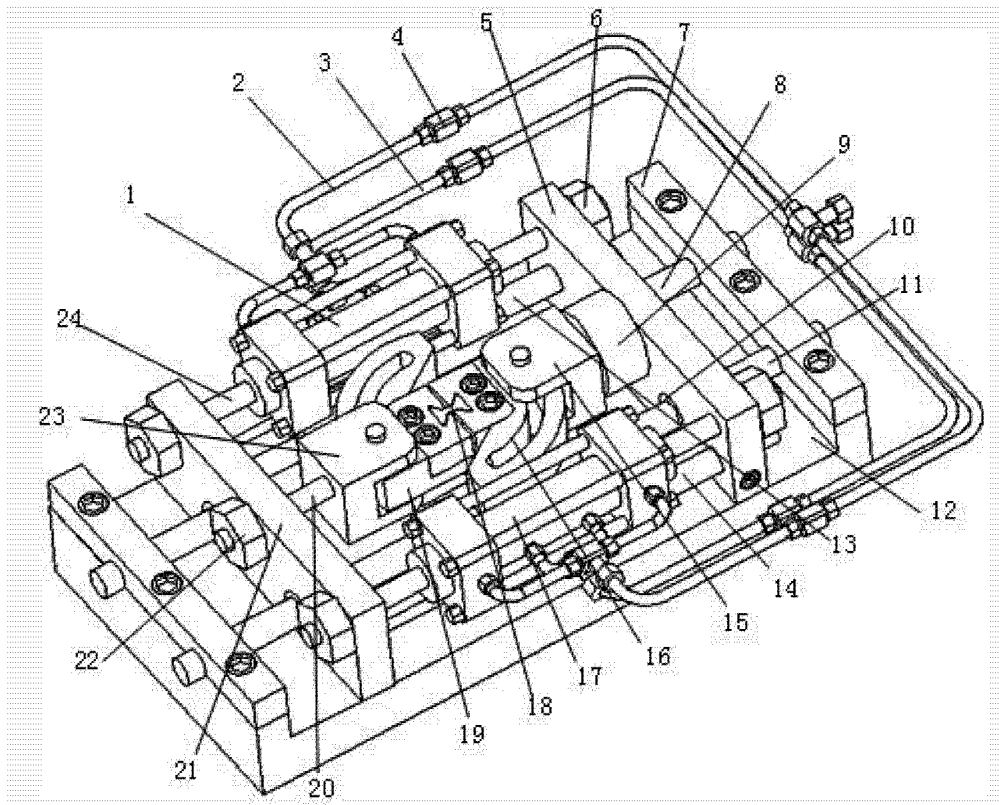


图 1

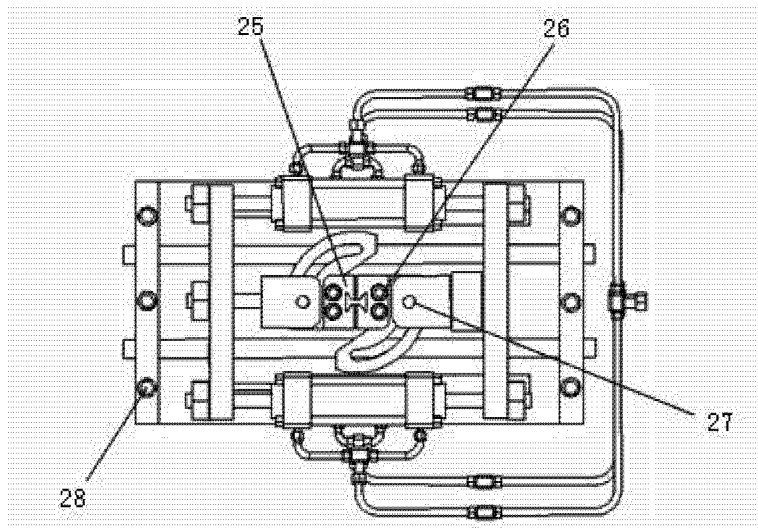


图 2

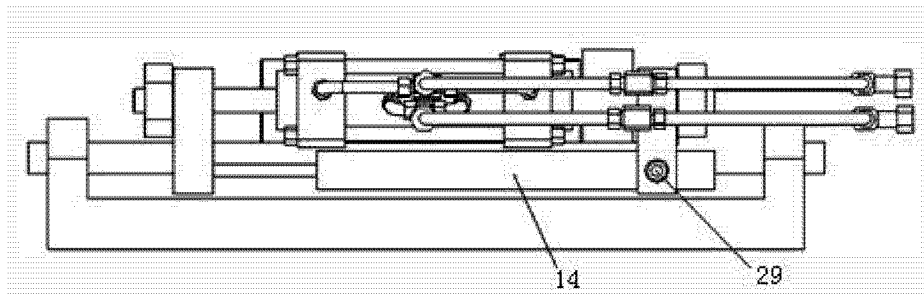


图 3

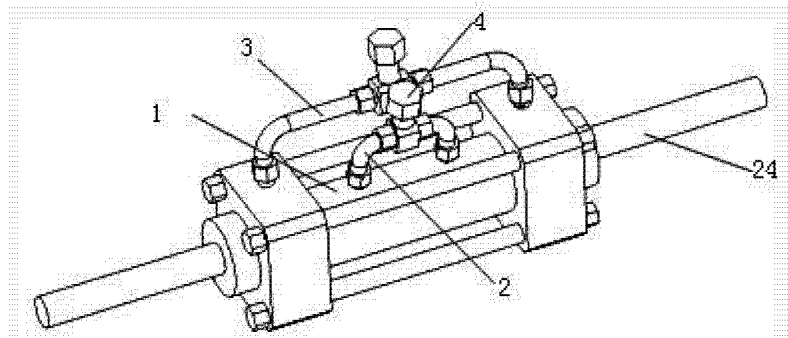


图 4

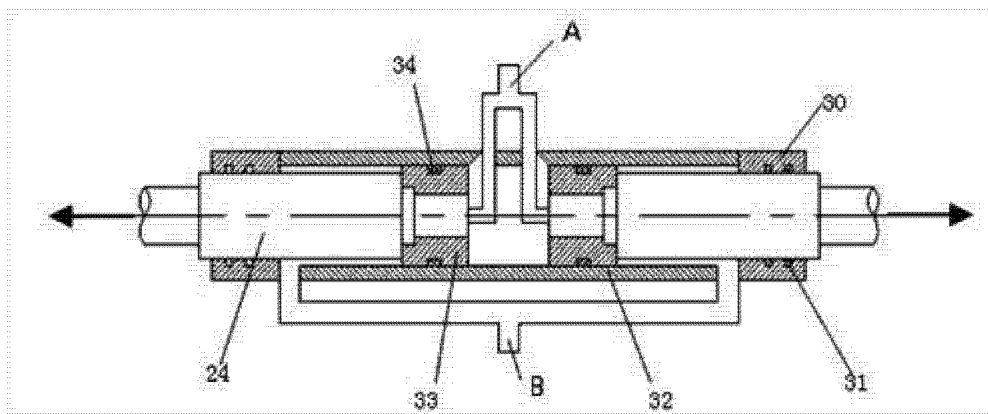


图 5

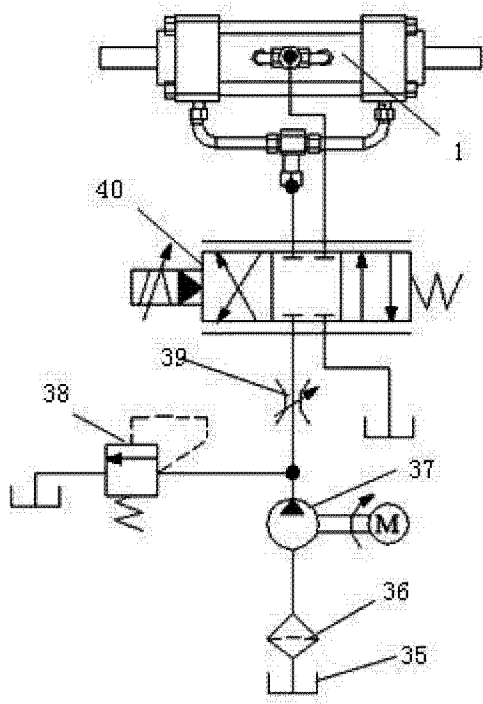


图 6

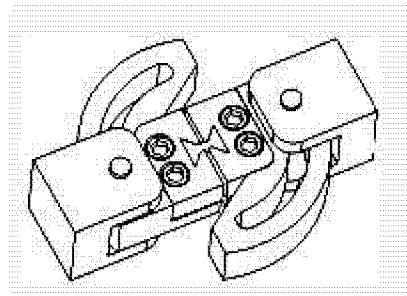


图 7

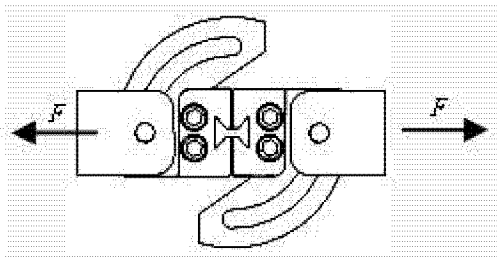


图 8

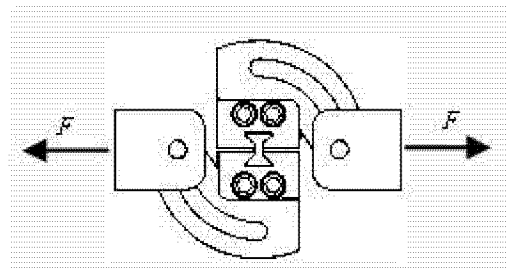


图 9

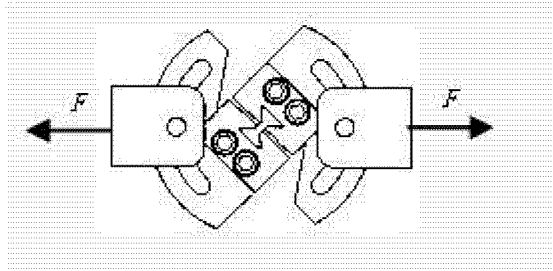


图 10