



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107957376 A

(43)申请公布日 2018.04.24

(21)申请号 201711387916.7

(22)申请日 2017.12.20

(71)申请人 长江水利委员会长江科学院
地址 430010 湖北省武汉市黄浦大街23号

(72)发明人 李维树 宋春恩 周火明 李强
袁亚东 吴相超 刘洋 郑升宝
郭喜峰 乔云强 王中豪 谭新
刘学祥 张宜虎 谢春光

(74)专利代理机构 北京国坤专利代理事务所
(普通合伙) 11491

代理人 赵红霞

(51)Int. Cl.

G01N 3/12(2006.01)

G01B 11/16(2006.01)

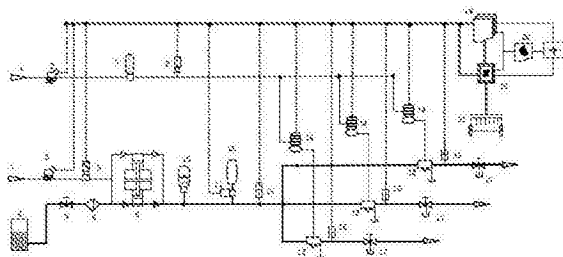
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种微机电液伺服联控野外岩土力学试验装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种微机电液伺服联控野外岩土力学试验装置及方法,包括气控系统、液压系统、电控系统。由小型空压机提供气动力,用1台双向气液增压泵将低气压转换为高液压,通过稳压分别供给3个电气液伺服阀及减压阀,在计算机及软件的控制下同时输出3路不同压力。同时可以对试验对象的位移进行同步采集,实时显示应力应变关系曲线。本发明采用气压及气控元件实现对高液压的伺服联控,输出压力精度高、波动小,最大波动范围小于 $\pm 20\text{kPa}$;同时输出三个不同压力,输出流量大且互不干扰,输出最高压力60MPa,1台设备能满足野外岩土力学试验的所有项目;结构简单,操作方便,能很好地适应野外恶劣环境。



1. 一种微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装置,其特征在于,所述微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装置设置有:

伺服控制仪;

3个电气液伺服阀的一端通过数据线与伺服控制仪连接,另一端与气体传感器及气体稳压罐连接;

伺服控制仪与双向气液增压泵连;

数据采集仪一端与计算机相连,另一端与多个位移传感器相连。

2. 如权利要求1所述的微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装置,其特征在于,所述电气液伺服阀的输出端控制减压阀。

3. 如权利要求1所述的微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装置,其特征在于,双向气液增压泵一端与驱动电磁气压阀和气源过滤与控制阀连接,一端通过过滤器和油阀与油箱连接,另一端通过蓄能器及高压电磁阀和高压稳压器与减压阀相连。

4. 如权利要求1所述的微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装置,其特征在于,计算机一端与伺服控制仪及数据采集仪连接,另一端与UPS电源连接。

5. 一种利用权利要求1~4任意一项所述微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装置的微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装方法,其特征在于,所述微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装方法包括:

检索所有电连接装置的状态是否正常,对控制目标值、加卸压速率、持续时间、采样间隔、显示方式、文件名、试点编号、通道选择、位移传感器编号进行设置;

进入工作状态,同时屏幕动态显示压力与时间关系曲线、位移与时间关系曲线及压力与位移关系曲线;

对某通道的参数进行修改,相应通道的压力保持当前状态,修改完成后点击发送则继续加载或稳载或卸载;

保存至指定的文档位置,通过U盘拷出数据。

6. 如权利要求5所述的微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装方法,其特征在于,所述伺服控制仪不断对所有气压传感器、液压传感器进行循检并与目标值进行比较,发出指令调整系统压力,在任何时候输出的压力接近目标值。

7. 如权利要求5所述的微机电气液伺服联控野外岩土力学试验方法,其特征在于,当气压或液压不能按规定的速率加卸载或长期达不到目标值时,发出报警,提示操作者及时处理。

一种微机电液伺服联控野外岩土力学试验装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于岩土力学试验设备技术领域,尤其涉及一种微机电液伺服联控野外岩土力学试验装置及方法。

背景技术

[0002] 岩土力学野外试验包括压缩变形试验、直剪试验、承载力试验和单轴、双轴及三轴试验,以及对应项目的蠕变试验。通过对岩土试件施加应力使其发生变形或破坏获得岩土的力学参数。目前现场岩土力学试验加载与记录主要采用手工加载和人工记录数据的方式,由于野外环境条件复杂、岩土力学参数差别大而要求所施加的荷载及流量必须在较大范围,因此,现有技术要么难以满足荷载及流量要求,要么难以满足精度要求。国内诸多仪器厂从上世纪80年代开始研发相关设备,有半自动与全自动之分、电液式与气液式之分,但至今没有一套令岩土工程界学者满意的产品(精度、流量及荷载)。本世纪初,先后出现了电液式伺服控制加卸载系统和气液式加卸载系统:(1)电液式伺服控制加卸载系统,有电液活塞式和电液旋转式两种,如长江科学院与长春试验仪器设备有限公司联合研发的室内及野外系列产品,其优点:①精度高(压力波动 $\pm 50\text{kPa}$,位移精度 $\pm 1\% \sim \pm 3\% \text{mm}$),②流量大(约 $10\text{--}30\text{L}/\text{min}$),③可适应不同坚硬程度的岩石及各类土体。其不足:①设备极其笨重,单通道单台加载设备重量约 $300\sim 400\text{kg}$ 、体积约 $1.2\text{m}^2 (1.2\times 1\times 1\text{m})$ 或 $1.5\text{m}^2 (1.4\times 1.1\times 1\text{m})$,控制与采集设备重量约 40kg ,体积约 $1\text{m}^3 (0.8\times 1\times 1.2\text{m})$,在无交通及机械条件下,人工搬运极其困难;②电液活塞式工作油缸内容积太小($\Phi 5\times 20\text{cm}$ 或 $\Phi 10\times 30\text{cm}$),只能通过充溢缩回活塞而耗费时间且使加卸载过程频繁中断,使试验周期延长1倍以上;③电液旋转式的油泵连续工作一段时间后油温升高而出现自动中断的现象,稳定性差;④成本高,单套售价 $25\sim 30$ 万元,3台加载系统综合售价 $75\sim 100$ 万元;⑤由于追求高精度,伺服系统不断循检,使控制系统及软件工作强度大,导致软件经常性中断,严重影响数据采集的连续性且稳定性与可靠性不佳;⑥国内较为成熟的基桩静载仪、承载力试验仪器等多为电液旋转式,其优点是设备轻便简单(手提式),成本低(仪器成本 $5\sim 10$ 万元),可靠性较高;其不足:①压力控制精度低(采用比例阀控制,通过软件控制普通电动油泵启闭,压力波动 $\pm 0.5\sim \pm 3\text{MPa}$),②位移测量精度低(标称 $\pm 1\% \text{mm}$,实际 $\pm 3\% \sim \pm 5\text{mm}$),③只能单通道加载,若要三通道加载则需配置3套设备,且不能很好地同步。(2)气液式手控加卸载系统,如长江科学院与长春试验仪器设备有限公司联合研发的室内及野外系列产品,其优点:①轻便,单台重量约 40kg ,体积约 $0.7\text{m}^3 (0.8\times 0.7\times 1.3\text{m})$,②设备成本低(单台 $8\sim 10$ 万元),③流量大($30\text{--}50\text{L}/\text{min}$),其不足:①未实现伺服控制加卸载与数据自动采集因而压力控制精度低(压力波动范围 $\pm 0.5\sim 3\text{MPa}$),不适合野外岩土力学试验,更不适合野外岩土蠕变试验,②无数据自动采集功能,因此需要3~4人长期作业3~6h,运行成本加大。

[0003] 综上所述,现有技术存在的问题是:①为了满足大流量和高精度要求,电液式伺服控制的工作原理本身决定了装置的尺寸大而笨,成本也自然增大;②现有的气液式加载设备未实现伺服控制,主要原因是国内外气体伺服阀精度低,配套方法尚不完善,因而目前还

没有高精度大流量的野外伺服控制加载设备；③野外环境中，伺服加卸载和数据采集系统及相应的传感器受温湿度影响较大，其稳定性和可靠性难于达到满意效果；④现有技术中的一套装置只能满足单通道的加载和采集，若1个试样需要2个及2个以上的加卸载通道时则需配置两台以上的独立装置，带来的问题是难于同步、流量不足和成本增加等。

发明内容

[0004] 针对现有技术存在的问题，本发明提供了一种微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装置及方法。

[0005] 本发明是这样实现的，一种微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装置，所述微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装置设置有：

[0006] 伺服控制仪；

[0007] 3个电气液伺服阀的一端通过数据线与伺服控制仪连接，另一端与气体传感器及气体稳压罐连接；

[0008] 伺服控制仪与双向气液增压泵连；

[0009] 数据采集仪一端与计算机相连，另一端与多个位移传感器相连。

[0010] 进一步，所述电气液伺服阀的输出端控制减压阀。

[0011] 进一步，双向气液增压泵一端与驱动电磁气压阀和气源过滤与控制阀连接，一端通过过滤器和油阀与油箱连接，另一端通过蓄能器及高压电磁阀和高压稳压器与减压阀相连。

[0012] 进一步，UPS电源一端与计算机、伺服控制仪及数据采集仪连接，另一端与UPS电源连接。

[0013] 本发明的另一目的在于提供一种利用所述微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装置的微机电气液伺服联控野外岩土力学试验方法。试验方法是通过专用软件来实现的。启动系统后，通过软件自动检索所有电连接装置的状态是否正常，正常后退出人机对话菜单，分别对控制目标值(0~60MPa)、加卸压速率(0.01~49.99L/min)、持续时间(0.1~720h)、采样间隔(0.001~20min)、显示方式(全显或单显)、文件名、试点编号、通道(C1、C2、C3)、位移传感器编号等进行设置，完成设置并确认无误后点击“发送”，则系统自动进入工作状态，同时屏幕动态显示压力与时间关系曲线、位移与时间关系曲线及压力与位移关系曲线。在试验过程中，可以从界面上进行操作，如需要对某通道的参数进行修改时，点击“停止”后相应通道的压力保持当前状态，修改完成后点击发送则继续加载或稳载卸载。试验完成后需要卸载，首先点击“停止”，设置卸压目标值及其它参数后点击“卸压”，则相应通道开始卸载。整个试验过程完成后，点击“停止”后程序自动保存至指定的文档位置，然后点击“退出”后程序关闭，通过U盘拷贝出数据。

[0014] 为实现伺服控制与自动采集，开发了相应的专用软件，其指令执行过程如下：

[0015] 液压传感器输出0~5V直流电压(对应液压0~60MPa)，气压传感器输出0~5V直流电压(对应气压0~0.5MPa)。程序内通过标定获得气压、液压与电压的比例关系，计算机根据设置当前系统的液压和加卸载速率，在任意时刻产生一个气压调节电信号(如 $\pm\delta$)和时长信号给伺服控制仪，伺服控制仪向电气液伺服控制器发出调节指令，电气液伺服控制器调节液压后传输给减压阀，减压阀按一定的比例完成输出端液压的精确控制，如此循环往复

实现液压的伺服控制;位移传感器(光栅式)输出方波脉冲信号给数据采集仪,数据采集仪根据脉冲信号的相位识别位移传感器的运动方向,并经AD转换成数字信号。

[0016] 压力电信号及位移电信号由485总线传输至计算机,计算机根据设置的采样间隔自动采集并储存。

[0017] 伺服控制仪不断对系统中的所有气压传感器、液压传感器进行循检并迅速与目标值进行比较,及时发出指令调整系统压力,使其在任何时候输出的压力接近目标值。

[0018] 当气压或液压不能按规定的速率加卸压或长期达不到目标值时,程序以声音的形式发出报警,提示操作者及时处理。

[0019] 本发明的优点及积极效果为:①一台主机同时输出三路独立的不同压力并自动同步,可满足多种野外岩土力学试验的伺服加卸载,能更好的研究岩土变形及强度特性。如三轴试验的 $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3 = 30\text{MPa} \neq 5\text{MPa} \neq 15\text{MPa}$,又如直剪试验正应力 $\sigma = 5\text{MPa}$,剪应力 25MPa ,还如单轴压缩、承载力及变形试验只需要其中任意一个通道,压力范围 $0 \sim 60\text{MPa}$ 等;②本发明与电液式伺服控制加卸载系统相比由于采用低功耗的气压获得高液压,在1个试验周期内节约能源约 $15\% \sim 20\%$;③实现了高精度大流量全过程控制,精度和流量兼顾良好,其液压波动在 $\pm 5 \sim \pm 30\text{kPa}$ 范围,采用双向气液增压泵使单通道流量在 $1 \sim 50\text{L}/\text{min}$ 范围可调;④采用精密的防水光栅位移传感器,可靠性和分辨率显著提高(位移分辨率 $\pm 1 \sim \pm 2\mu\text{m}$);⑤大大提高了野外试验效率,与常规岩土力学试验相比节约人工成本 $3 \sim 5$ 倍;⑥本装置简单轻便,系统总重量约 $100 \sim 200\text{kg}$,总体积约 $0.4 \sim 0.8\text{m}^3$,并能拆卸成4部分便于野外搬运;⑦显著降低了仪器成本,三通道单台成本约 $25 \sim 30$ 万元,仅相当于电液式的 $1/3$;⑧可获得任意通道应力与位移、应力或位移与时间关系全过程曲线,数据和曲线自动生成,成果质量显著提高,而且大大降低了数据处理工作量。

附图说明

[0020] 图1是本发明实施提供的微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装置结构示意图;

[0021] 图中:1、气源输入;2、气源过滤与控制阀;3、驱动电磁气压阀;4、油箱;5、油阀;6、过滤器;7、气体稳压罐;8、气压传感器;9、双向气液增压泵;10、蓄能器;11、高压电磁阀;12、高压稳压器;13、液压控制传感器;14、电气液伺服控制器;15、减压阀;16、压力传感器;17、卸荷阀;18、伺服控制仪;19、数据采集仪;20、计算机;21、位移传感器;22、UPS电源。

具体实施方式

[0022] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0023] 本发明可对所有现场岩土力学试验项目的压力进行高精度伺服控制;解决了现场岩体力学试验智能化老大难问题。

[0024] 下面结合附图对本发明的应用原理作详细的描述。

[0025] 本发明实施例提供的微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装置及方法包括气控系统、液控系统、电控系统。由小型空压机提供气动力,用1台双向气液增压泵将低气压转

换为高液压,通过稳压分别供给3个通道的电气液伺服阀,在计算机及软件的控制下同时输出3路不同压力。同时可以对试验对象的位移进行同步采集,实时显示应力应变关系曲线。

[0026] 如图1所示,本发明实施例提供的微机电气液伺服联控野外岩土力学试验装置的气控系统主要包括气体稳压罐8、电气液伺服控制器14、减压阀15;液控系统主要包括双向气液增压泵9、蓄能器10、高压稳压器12、减压阀15、卸压阀17;它的电控系统主要包括气源过滤与控制阀2、高压电磁气阀11、电气液伺服控制器14、气压传感器8、液压控制传感器13、压力传感器16、伺服控制仪18、计算机20、数据采集仪19、位移传感器21,UPS电源22;

[0027] 由微型空压机提供的气源1分为两路,通过气源过滤与控制阀2后,一路为气控系统提供动力,另一路为液控系统提供动力。

[0028] 气系统的核心部件是电气液伺服控制器14,在计算机20及软件控制下输出精确的气压,控制减压阀15。

[0029] 液系统的核心部件是双向气液增压泵9,它根据蓄能器10和高压稳压器12的额定压力自动启停而工作,通过减压阀15和卸压阀16输出至千斤顶或其它出力设备。

[0030] 电控系统核心是伺服控制仪18及数据采集仪19,在计算机和专用软件控制下发出指令,指挥伺服控制仪18及数据采集仪19按设定程序工作,并将所有信息实时反馈给计算机20,自动保存数据并在屏幕上显示数值及曲线;电控系统中,还设置气压及液压的过压、欠压、温度保护及报警装置;电控系统中还设置UPS电源22及电池组,保障电源的连续性。

[0031] 本发明将各系统连接好后,启动计算机20并打开专用软件,首先软件自动检测系统的当前状态,然后弹出人机对话界面,设置相应控制参数后向伺服控制仪18及数据采集仪19发出指令,气控系统和液压系统进入工作状态,当气体稳压罐7、蓄能器10及高压稳压器12的压力达到额定值后,电气液伺服控制器14和减压阀15按设定的速率向输出端提供各自需要的压力,同时通过传感器反馈液压,实时控制输出压力在规定的误差范围,并实时成图显示,当输出压力达到目标值后自动稳定输出压力;加载及稳压过程完成后,通过软件发出卸载指令,电气液伺服控制器14和减压阀15按设定的速率使输出端液压卸载至零。整个加卸载过程中,数据采集仪19实时采集试验对象上安装的位移传感器21的数据,自动存储并显示数值及曲线。

[0032] 本发明的结构与其它岩土试验仪结构相比具有以下不同:①采用气压及气控元件实现对高液压的伺服控制,输出压力精度高、波动小,最大波动范围小于 $\pm 30\text{kPa}$;②流量大且可调,稳定性好;③同时输出三路不同压力,互不干扰并能同步,输出最高压力 60MPa ,1台设备能满足所有野外岩土力学试验项目中的任意一项[压缩变形试验、承载力试验、直剪试验及真(假)三轴试验];④结构简单、轻便,操作方便,能很好地适应野外恶劣环境。

[0033] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

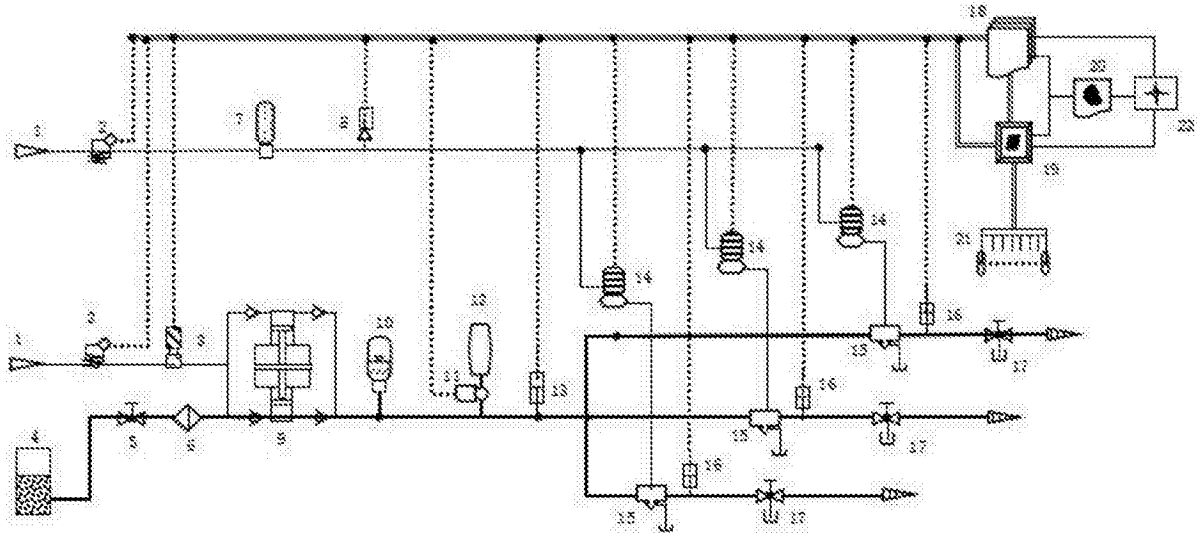


图1