



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108303326 B

(45)授权公告日 2020.02.11

(21)申请号 201810082683.8

(22)申请日 2018.01.26

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108303326 A

(43)申请公布日 2018.07.20

(73)专利权人 西南石油大学
地址 610500 四川省成都市新都区大道8号

(72)发明人 张杰 罗文 万亭宇 李翠楠
杨森

(51)Int.Cl.
G01N 3/12(2006.01)

审查员 周立新

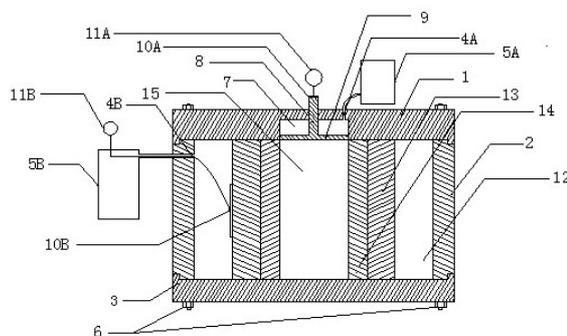
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种岩石真三轴压缩试验装置

(57)摘要

本发明涉及一种岩石真三轴压缩试验装置,其装置包括外壳、垂向主应力 σ_1 加载系统、水平主应力 σ_2 及 σ_3 加载系统;其中,所述水平主 σ_2 及 σ_3 加载系统主要由水平压力室、第一级弹性材料、第二级弹性材料组成;第一级弹性材料由弹性模量为100GPa至200GPa的材料制造,第二级弹性材料由弹性模量为10GPa至50GPa的材料制造,其由四块两种不同弹性模量的材料组成,每块材料对应圆心角为90度,对称的两块材料弹性模量相等,相邻的两块材料弹性模量不等;由于这种特殊结构,该装置可以对圆柱状岩心试样施加不均等的水平主应力,使试验条件更接近与地层真实情况,试验结果更可靠。



1. 一种岩石真三轴压缩试验装置,其特征在于:包括外壳、垂向主应力 σ_1 加载系统、水平主应力 σ_2 及 σ_3 加载系统;

所述外壳包括顶盖板、围板及底座;其中,顶盖板、围板及底座是垂向压力室和水平压力室的边界,两压力室分别用于施加垂向应力和水平应力;顶盖板上垂向进液孔,围板上有水平进液孔,液压油可通过垂向进液孔和水平进液孔分别进入垂向压力室和水平压力室;顶盖板与围板、底座与围板均通过螺栓连接,并且顶盖板与围板、底座与围板之间均有密封垫片,保证垂向压力室和水平压力室不会漏液;

所述垂向主应力 σ_1 加载系统包括垂向压力室、活塞杆、活塞头、垂向位移测量片、垂向位移传感器、垂向液压油输送和回收系统;其中,垂向压力室是由顶盖板、活塞杆和活塞头共同形成的封闭空间;活塞杆与顶盖板之间密封接触,活塞杆在轴向上可以自由移动,活塞头在液压油的作用下对岩石施加垂向应力 σ_1 ;垂向位移测量片和垂向位移传感器安装在活塞杆上部,用以测量轴向位移;垂向液压油输送和回收系统通过垂向进液孔向垂向压力室输送液压油,以提供垂向应力 σ_1 ,以及从垂向压力室回收液压油;

所述水平主 σ_2 及 σ_3 加载系统包括水平压力室、第一级弹性材料、第二级弹性材料、水平位移测量片、水平位移传感器、水平液压油输送和回收系统;其中,水平压力室是由顶盖板、围板、底座和第一级弹性材料形成的封闭空间;第一级弹性材料由弹性模量为100GPa至200GPa的材料制造;第二级弹性材料由弹性模量为10GPa至50GPa的材料制造,与第一级弹性材料不同的是,第二级弹性材料由四块两种不同弹性模量的材料组成,每块材料对应圆心角为90度,对称的两块材料弹性模量相等,相邻的两块材料弹性模量不等;第一级弹性材料的弹性模量为100GPa至200GPa;位移传感器安装在第一级弹性材料侧面中部,且位于水平压力室中,用电缆通过围板上的进液孔和水平液压油输送和回收系统输出。

一种岩石真三轴压缩试验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及岩石力学领域,特别涉及一种岩石真三轴压缩试验装置。

背景技术

[0002] 在天然条件下,岩石在地层条件下受到复杂的三维地应力的作用,对岩石的变形、破坏具有重要影响。在原地应力(垂向主应力 σ_1 、水平主应力 σ_2 和水平主应力 σ_3)的作用下,岩石可能会发生压缩破坏、剪切破坏等,对钻井、压裂等工程问题影响重大。所以,研究岩石在原地应力下的变形情况,确定岩石的抗压强度、抗剪强度等,就具有特别重要的意义。

[0003] 目前,岩石的三轴抗压强度和抗剪强度主要是通过三轴压缩试验来确定的。三轴压缩试验采用三轴压力仪对圆柱形试件进行侧向加压,其方法是:首先在整个圆柱体周围施加侧向压力($\sigma_2=\sigma_3=P$);其次,在侧向压力保持为常数时,施加轴向载荷,直至试件破坏,得到破坏时的最大和最小主应力 σ_1 和 σ_3 ,从而得到岩样破坏时的应力圆;然后采用相同的岩样,改变侧向压力 σ_3 ,施加轴向压力至试件破坏,得到一个不同的应力圆;重复以上步骤,绘出这些应力圆的包络线,即可求得岩石的抗剪强度线。

[0004] 然而,常规的三轴压缩试验有一明显的缺陷,那就是试验过程中,试验仪器所施加的围压(即水平主应力 σ_2 和 σ_3)是均等的,两个方向的水平主应力是一致的,这与实际地层岩石受地应力的情况有较大差异。实际地层岩石受到的水平主应力 σ_2 和水平主应力 σ_3 是不相等的,这就造成了试验的误差,为后续工作如钻井、压裂带来了不确定性因素。

[0005] 申请号为200910061010.5的发明专利公布了一种自平衡岩石全端面真三轴压缩试验装置,其发明可以施加不同的围压 σ_2 和 σ_3 ,但是其岩石试样形状要求是长方体,这必然会导致应力集中等附加影响,导致与地层实际情况差异较大。

[0006] 因此,本发明设计了一种岩石真三轴压缩试验装置,保证了在圆柱形岩石三轴压缩试验过程中,岩石受到的水平主应力 σ_2 和水平主应力 σ_3 不相等,使试验结果更加接近实际情况。

发明内容

[0007] 本发明的目的是针对现有岩石三轴压缩试验装置的不足,提出的一种岩石真三轴压缩试验装置,其特点是利用液压油施加垂向和水平的均布应力,垂向应力通过活塞头传递给岩心试样,而水平均布应力作用在弹性模量为100GPa至200GPa的第一级弹性材料上,使第一级弹性材料发生形变,该形变将液压油的压力不变地、均匀地传递给第二级弹性材料;第二级弹性材料是由四块两种不同弹性模量的材料组成的,它们的弹性模量介于10GPa至50GPa之间,弹性模量相同的材料对称分布,弹性模量不同的材料相邻分布;在第一级弹性材料传递的应力作用下,第二级弹性材料中弹性模量较大的材料将受到液压油提供的全部压力,而第二级弹性材料中弹性模量小的材料不会受到液压油提供的全部压力,但是会发生与弹性模量较大的材料相同的形变。根据公式 $\sigma=E\varepsilon$ 可知,第二级弹性材料中两种弹性模量不同的材料发生形变相同,但是受到的应力不同。这样,由第二级弹性材料传递到圆柱

形岩心试样的应力就不同了,从而实现岩石真三轴压缩试验的目的,使三轴压缩试验更接近与地层实际条件下岩石的受力情况,得到更可靠的应力圆。第一级弹性材料的弹性模量为100GPa至200GPa,第二级弹性材料的弹性模量为10GPa至50GPa,这种差异保证了第一级弹性材料在相等的应力下,发生的形变相对于第二级弹性材料非常小,从而保证了第二级两种弹性模量不同的弹性材料发生形变相同,即第一级弹性材料和第二级弹性材料交界面出,第一级、第二级弹性材料是光滑连续的。

[0008] 本发明的技术方案:

[0009] 一种岩石真三轴压缩试验装置,包括外壳、垂向主应力 σ_1 加载系统、水平主应力 σ_2 及 σ_3 加载系统。

[0010] 所述外壳包括顶盖板、围板及底座;其中,顶盖板、围板及底座是垂向压力室和水平压力室的边界,两压力室分别用于施加垂向应力和水平应力。顶盖板上垂向进液孔,围板上有水平进液孔,液压油可通过垂向进液孔和水平进液孔分布进入垂向压力室和水平压力室;顶盖板与围板、底座与围板均通过螺栓连接,并且顶盖板与围板、底座与围板之间均有密封垫片,保证垂向压力室和水平压力室不会漏液。

[0011] 所述垂向主应力 σ_1 加载系统包括垂向压力室、活塞杆、活塞头、垂向位移测量片、垂向位移传感器、垂向液压油输送(回收)系统;其中,垂向压力室是由顶盖板、活塞杆和活塞头共同形成的封闭空间;活塞杆与顶盖板之间密封接触,活塞杆在轴向上可以自由移动,活塞头在液压油的作用下对岩石施加垂向应力 σ_1 ;垂向位移测量片和垂向位移传感器安装在活塞杆上部,用以测量轴向位移;垂向液压油输送(回收)系统通过垂向进液孔向垂向压力室输送液压油,以提供垂向应力 σ_1 。

[0012] 所述水平主 σ_2 及 σ_3 加载系统包括水平压力室、第一级弹性材料、第二级弹性材料、水平位移测量片、水平位移传感器、水平液压油输送(回收)系统。其中,水平压力室是由顶盖板、围板、底座和第一级弹性材料形成的封闭空间;第一级弹性材料由弹性模量为100GPa至200GPa的材料制造,其作用是将水平压力室中液压油的压力不变地、均匀地传递给第二级弹性材料;第二级弹性材料由弹性模量为10GPa至50GPa的材料制造,与第一级弹性材料不同的是,第二级弹性材料由四块两种不同弹性模量的材料组成,每块材料对应圆心角为90度,对称的两块材料弹性模量相等,相邻的两块材料弹性模量不等;第二级弹性材料的作用是,在第一级弹性材料传递的应力作用下,第二级弹性材料中弹性模量较大的材料受到液压油提供的全部压力,而第二级弹性材料中弹性模量较小的材料不会受到液压油提供的全部压力,但是其形变与第二级弹性材料中弹性模量较大的材料的形变相同。根据公式 $\sigma = E\epsilon$ 可知,第二级弹性材料中两种弹性模量不同的材料发生形变相同,但是受到的应力不同。这样,由第二级弹性材料传递到圆柱形岩心试样的水平应力就不同了,从而实现了岩石真三轴压缩试验目的,使岩心试样受到的主应力更接近与地层实际条件下岩石的受力情况,得到更可靠的应力圆。第一级弹性材料的弹性模量为100GPa至200GPa,第二级弹性材料的弹性模量为10GPa至50GPa,这种差异保证了第一级弹性材料在相等的应力下,发生的形变相对于第二级弹性材料非常小,从而保证了第二级两种弹性模量不同的弹性材料发生形变相同,即第一级弹性材料和第二级弹性材料交界面出,第一级弹性材料、第二级弹性材料是光滑连续的。位移传感器安装在第一级弹性材料侧面中部,且位于水平应力压力室中,用电缆通过围板上的进液孔和液压油输送系统输出。

[0013] 本发明由于采用上述方案,具有以下优点:

[0014] 1、提供了一种岩石真三轴压缩试验装置,可提供不同的水平应力 σ_2 和 σ_3 ,使试验更接近于实际地层受到不同水平地应力的情况,得到更为准确可靠的试验数据。

[0015] 2、本发明装置简单,操作方便,且可以通过更换不同弹性模量的材料作为第二级弹性材料,可方便地实现多种水平主应力 σ_2 和水平主应力 σ_3 的组合,完成多种实际地层情况下的试验。

附图说明

[0016] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0017] 图1是本发明一种岩石真三轴压缩试验装置的结构示意图;

[0018] 图2是本发明一种岩石真三轴压缩试验装置中水平应力加载系统的俯视图;

[0019] 图中,1.顶盖板、2.围板、3.底座、4A.垂向进液孔、4B.水平进液孔、5A.垂向液压油输送(回收)系统、5B.水平液压油输送(回收)系统、6.螺栓、7.垂向压力室、8.活塞杆、9.活塞头、10A.轴向位移测量片、10B.水平位移测量片、11A.轴向位移传感器、11B.水平位移传感器、12.水平压力室、13.第一级弹性材料、14.第二级弹性材料、14A.第二级弹性材料中弹性模量较大的材料、14B.第二级弹性材料中弹性模量较小的材料、15.岩心室。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图和实施例对本发明内容做进一步说明。

[0021] 如图1所示,一种岩石真三轴压缩试验装置,包括外壳、垂向主应力 σ_1 加载系统、水平主应力 σ_2 及 σ_3 加载系统。

[0022] 所述外壳包括顶盖板1、围板2及底座3;其中,顶盖板1、围板2及底座3是垂向压力室7和水平压力室12的边界,垂向压力室7和水平压力室12分别用于施加垂向应力和水平应力。顶盖板1上有垂向进液孔4A,围板2上有水平进液孔4B,液压油可通过垂向进液孔4A和水平进液孔4B分别进入垂向压力室7和水平压力室12;顶盖板1与围板2、底座3与围板2通过螺栓6连接,并且顶盖板1与围板2、底座3与围板2之间均有密封垫片(图中未画出),保证垂向压力室7和水平压力室12不会漏液。

[0023] 所述垂向主应力 σ_1 加载系统包括垂向压力室7、活塞杆8、活塞头9、轴向位移测量片10A、轴向位移传感器11A、垂向液压油输送(回收)系统5A;其中,垂向压力室7是由顶盖板1、活塞杆8和活塞头9共同形成的封闭空间;活塞杆8与顶盖板1之间密封接触,活塞杆8在轴向上可以自由移动,活塞头9在液压油的作用下对岩石施加垂向应力 σ_1 ;轴向位移传感器11A和轴向位移测量片10A安装在活塞杆8上部,用以测量轴向位移;垂向液压油输送(回收)系统5A通过垂向进液孔4A向垂向压力室7输送液压油,以提供垂向应力 σ_1 。

[0024] 所述水平主 σ_2 及 σ_3 加载系统包括水平压力室12、第一级弹性材料13、第二级弹性材料14、水平位移测量片10B、水平位移传感器11B、水平液压油输送(回收)系统5B。其中,水平压力室12是由顶盖板1、围板2、底座3和第一级弹性材料13形成的封闭空间;第一级弹性材料13由弹性模量为100GPa至200GPa的材料制造,其作用是将水平压力室12中液压油的压力不变地传递给第二级弹性材料14;第二级弹性材料14由弹性模量为10GPa至50GPa的材料制造,与第一级弹性材料13不同的是,第二级弹性材料14由四块两种不同弹性模量的材料组

成,记为第二级弹性材料中弹性模量较大的材料14A和第二级弹性材料中弹性模量较小的材料14B;每块材料对应圆心角为90度,对称的两块材料弹性模量相等,相邻的两块材料弹性模量不等;第二级弹性材料14的作用是,在第一级弹性材料13传递的应力作用下,第二级弹性材料14发生形变;在该应力作用下,第二级弹性材料中弹性模量较大的材料14A受到全部液压油提供的压力,而第二级弹性材料中弹性模量较小的材料14B不会受到全部液压油提供的压力,但是会发生与第二级弹性材料中弹性模量较大的材料14A相同的形变。根据公式 $\sigma=E\varepsilon$ 可知,第二级弹性材料14中两种弹性模量不同的材料发生形变相同,但是受到的应力不同。这样,由第二级弹性材料14传递到圆柱形岩心试样的应力就不同了,从而实现了岩石真三轴压缩试验目的,使岩心试样受到的主应力更接近与地层实际条件下岩石的受力情况,得到更可靠的应力圆。第一级弹性材料13的弹性模量为100GPa至200GPa,第二级弹性材料14的弹性模量为10GPa至50GPa,这种差异保证了第一级弹性材料13在相等的应力下,发生的形变相对于第二级弹性材料14非常小,从而保证了第二级弹性材料中弹性模量较大的材料14A和第二级弹性材料中弹性模量较小的材料14B发生形变相同,即第一级弹性材料13和第二级弹性材料14交界面处,第一级弹性材料13、第二级弹性材料14均是光滑连续的。水平位移测量器10B安装在第一级弹性材料13侧面中部,且位于水平应力压力室12中,用电缆通过围板2上的水平进液孔4B和水平液压油输送(回收)系统5B输出。

[0025] 水平应力加载系统俯视图如图2所示,第二级弹性材料中弹性模量较大的材料14A有两块,每块对应圆心角90°且对称分布;第二级弹性材料中弹性模量较小的材料14B有两块,每块对应圆心角90°且对称分布;第二级弹性材料14中弹性模量不同的材料相邻分布。

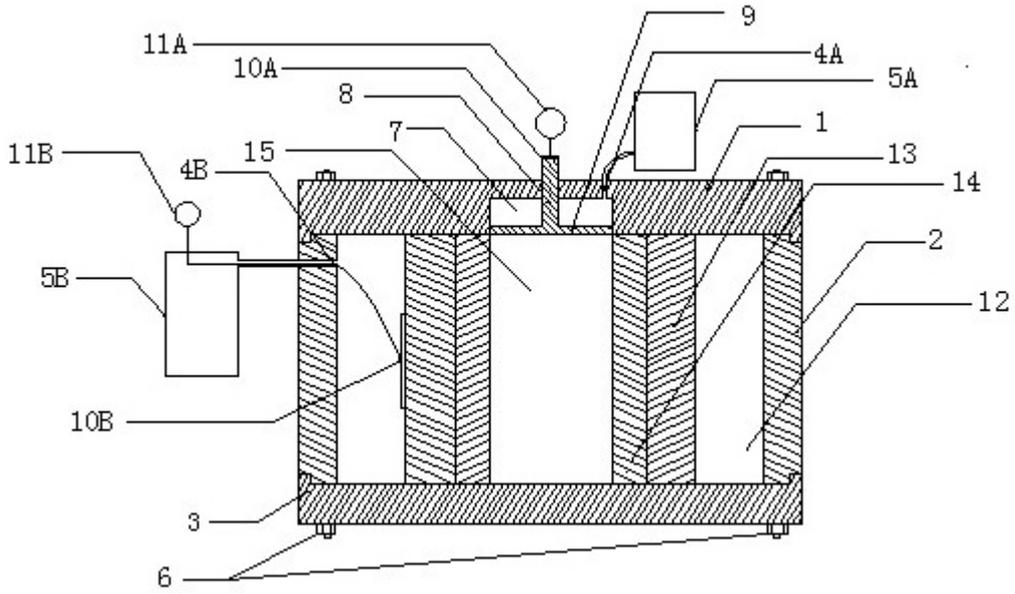


图1

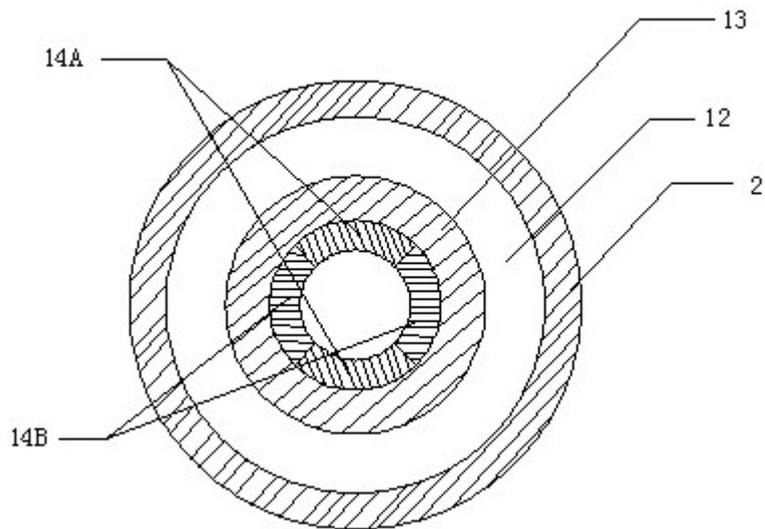


图2