

一种岩样切削破岩实验装置及其实验方法

技术领域

本发明涉及油气钻井技术领域，特别是一种油气井钻头破岩实验设备，具体涉及一种岩样切削破岩实验装置及其实验方法。

背景技术

近年来我国陆上油气勘探不断向深层超深层拓展，进入 21 世纪，深层勘探获得一系列重大突破：在塔里木发现轮南—塔河、塔中等海相碳酸盐岩大油气区及大北、克深等陆相碎屑岩大气田；在四川发现普光、龙岗、高石梯等碳酸盐岩大气田；在鄂尔多斯、渤海湾与松辽盆地的碳酸盐岩、火山岩和碎屑岩领域也获得重大发现。东部地区在 4500m 以深、西部地区在 6000m 以深获得重大勘探突破，油气勘探深度整体下延 1500~2000m，其中，塔里木油田勘探井深已连续 4 年超过 6000m，且突破了 8000m 深度关口（克深 7 井井深 8023m），东部盆地勘探井深突破 6000m（牛东 1 井井深 6027m）。由此可见，深层已成为我国陆上油气勘探重大接替领域，是石油工业未来最重要的发展领域之一，也是我国石油引领未来油气勘探与开发最重要的战略领域。但由于深部岩层井底岩石外部环境十分复杂，在高温高压作用下普遍具有硬度大、塑性强、研磨性强、可钻性差等特点，导致钻进效率低、成本高的问题异常突出。因此，进行高温、高压条件下的破岩方法和机理相关研究极其重要。

对此，业界进行过一些研究并取得部分成果，如申请号为 201811475779.7 的中国发明专利文献《用于高温岩石在不同温度条件下切削的实时测试系统》，是将岩样通过筒体固定，并留出一条缝隙，将切削齿伸入筒体，并通过缝隙切削岩样。但采用这种方法，由于空间的限制，只能对极小部分岩样进行切削，同一份岩样仅能进行一两次实验，难以获取平均数据，不能克服随机误差，且切削齿所在空间局促，难以提供较大切削动力，不能胜任高强度、高研磨性岩石的切削，同时，采用本方案不能模拟井底高围压以及泥浆对于井底岩石的压持效应，和真实井下环境有较大差异。

发明内容

针对上述问题，本发明提供一种岩样切削破岩实验装置及其实验方法，通过对岩石切削实验装置结构的设计，使其能够更好的切削岩石，满足不同切削深度、速度以及切削齿形下的测试，并且为真实模拟井底岩石的破碎过程，增设温度压力等环境模拟模块，使其能模拟高温高压条件下岩石在钻齿切削作用下的破碎过程，本发明对于研究真实井底环境下岩石的破碎机理及对于指导深部高温高压环境下钻头的优化设计及钻井参数优选有重要指导意义。

说明书

本发明的技术方案是：

一种岩样切削破岩实验装置，包括长方形的工作台、以及设置于工作台上的控制箱、固定装置、切削装置、调控装置；

所述控制箱设置于工作台一端；

所述固定装置设置于工作台的另一端，固定装置包括两个对称设置的压板和一个挡板，两个对称设置的压板分别位于工作台两侧，所述压板后方设有压板推送液压缸，压板推送液压缸通过自带的活塞杆连接到压板，所述挡板垂直设置于压板侧面，挡板与压板围成的区域用于放置岩样；

所述切削装置包括切削模块和运动模块，所述运动模块包括支架系统和动力系统，所述支架系统包括四个滑杆支柱，每两个滑杆支柱的顶部之间设置一根滑杆，滑杆靠近工作台两侧，并与工作台上表面和侧面都保持平行；所述动力系统包括切削机构推送液压缸，切削机构推送液压缸通过自带的活塞杆连接到所述切削模块，所述切削模块包括切削机构和切削机构固定器，所述切削机构固定器两端设有套环，并套设在滑杆上，切削机构固定器中部与切削机构连接。

进一步的，所述切削齿宽度为 7~19mm，前倾角分别为 0° ~ 25° 。

进一步的，所述切削齿顶部和背部分别安装有传感器，测试切削齿的切向力和法向力。

进一步的，所述工作台内，在挡板与压板附近区域设有加热装置，具体是在挡板与压板下方设有加热板，所述加热板设有加热线并连接到控制箱。

进一步的，所述工作台上设有环境模拟装置，所述环境模拟装置包括金属框架和玻璃面板，环境模拟装置覆盖挡板与压板的外侧和上方区域；在环境模拟装置上设有多个穿孔，所述压板推送液压缸的液压杆、所述切削机构推送液压缸的液压杆、所述滑杆均通过穿孔穿过环境模拟装置，在穿孔处设有密封装置；

所述环境模拟装置，其顶部的玻璃面板为可拆卸结构，其一侧通过铰链与金属框架连接，另一侧设有卡扣，顶部的玻璃面板四边设有密封胶条，与金属框架压紧后实现密封。

进一步的，所述岩样切削破岩实验装置还设有液相供应装置，液相供应装置包括液罐、液泵、液体入口管线、液体出口管线，所述液体入口管线连接到所述环境模拟装置的侧面并伸入环境模拟装置内部，所述液体出口管线连接到所述环境模拟装置的另一侧面并伸入环境模拟装置内部。

进一步的，所述液体出口管线与环境模拟装置的接触位置在环境模拟装置侧面底部。

进一步的，所述岩样切削破岩实验装置还设有加压装置，所述加压装置带有加压管线，并连接到环境模拟装置，所述环境模拟装置顶部设有泄压管。

说明书

一种岩样切削破岩实验装置的实验方法，包括如下步骤：

S1、制备岩样，将其加工为矩形六面体结构，并将外表面打磨光滑，其表面起伏不超过0.1mm；

S2、将环境模拟装置顶部打开，放入岩样，使岩样背部紧贴挡板，然后推动两侧的压板，夹紧岩样

S3、再次微调两侧的压板，将岩样调整到待实验的水平位置；

S4、调整到所需模拟环境，然后通过调控装置，调整切削深度调节机构，使切削齿移动到合适高度；

S5、设置好切削速度，启动切削机构推送液压缸，完成本次切削后，通过传感器得到切削数据；

S6、如有多次测试需要，则重复步骤 S3-S5，直到得到所需数据组数为止。

进一步的，所述步骤 S4，其高度的调整精度为 0.01mm。

本发明的有益效果是：

1、采用本发明所提供的装置，可以在一次实验中对岩样的同一平面进行多次切削实验，并且可以调整切削齿的切削深度，采集切削数据；

2、采用加热装置，对以岩样为中心的整个环境进行加热，模拟地层温度，可以加热到300℃，使其更符合真实的地层环境，为切削数据的采集提供更好的环境条件；

3、采用环境模拟装置，能够将加热的温度限定在其内部区域，避免热量散失，保持温度恒定，且减少对周边人员的影响；

4、本发明能够模拟地层环境的液相环境，更真实的模拟岩样在液相环境中对切削数据的影响；

5、本发明能够模拟地层环境的压力环境，更真实的模拟岩样在高压环境中对切削数据的影响。

6、本发明能够模拟空气钻井，实现多种钻井模式的模拟。

附图说明

图 1 为本发明的俯视图结构示意图；

图 2 为图 1 中安装岩样后的结构示意图；

图 3 为图 2 的主视图；

图 4 为图 3 的 A 区域内部结构方案一示意图；

图 5 为图 3 的 A 区域内部结构方案二示意图；

图 6 为实施例 2 的主视图；

图 7 为实施例 2 的俯视图；

图 8 为实施例 4 的主视图；

图 9 为实施例 4 的俯视图；

图 10 为切削实验后的岩样；

图 11 为岩样样品加工打磨工序；

图 12 为岩样。

图中所示：

1、工作台，2、控制箱，3、滑杆支柱，4、滑杆，5、压板推送液压缸，6、压板，7、切削机构固定器，8、切削机构，801、切削深度调节机构，802 为齿固定器，803、切削齿，804、轨道块，8041、齿条，805、移动块，806、移动杆，807、丝杆，808、丝杆螺母，809、丝杆步进电机、9、切削机构推送液压缸，10、调控装置，11、挡板，12、底座，13、岩样，14、加压装置、15、加压管线，16、泄压管、17、环境模拟装置、18、加热板，19、加热线，20、液相供应装置，21、液体入口管线，22、液体出口管线。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

实施例 1：

如图 1-3 所示，一种岩样切削破岩实验装置，包括长方形的工作台 1、以及设置于工作台 1 上的控制箱 2、固定装置、切削装置、调控装置 10，工作台 1 下方设有底座 12；

所述控制箱 2 设置于工作台 1 一端，控制箱 2 侧面设有开关门，其内部放置有电控系统所需电机、电线、散热装置（如风扇）、液压油泵组等；

所述调控装置 10 放置于工作台 1 上并固定，调控装置 10 可以是笔记本电脑、平板电脑、工控机等。

所述固定装置设置于工作台 1 的另一端，固定装置包括两个对称设置的压板 6 和一个挡板 11，两个对称设置的压板 6 分别位于工作台 1 两侧，所述压板 6 后方设有压板推送液压缸 5，压板推送液压缸 5 通过自带的活塞杆连接到压板 6，压板推送液压缸 5 通过液压管线连接到控制箱 2 内的液压油泵组，所述挡板 11 垂直设置于压板 6 侧面远离控制箱 2 一侧，挡板 11 与压板 6 围成的区域用于放置岩样 13；

所述切削装置包括切削模块和运动模块，所述运动模块包括支架系统和动力系统，所述支架系统包括四个滑杆支柱 3，每两个沿工作台 1 长度方向设置的滑杆支柱 3 的顶部之间设置一根滑杆 4，滑杆 4 靠近工作台 1 两侧，并与工作台 1 上表面和侧面都保持平行；所述动力系统包括切削机构推送液压缸 9，切削机构推送液压缸 9 通过自带的活塞杆连接到所述切

说明书

削模块，所述切削模块包括切削机构 8 和切削机构固定器 7，所述切削机构固定器 7 两端设有套环，并套设在滑杆 4 上（套环与滑杆 4 之间为滑动摩擦，套环内侧涂有抗高温润滑脂）。

如图 4-5，所述切削机构 8 有两种方案，方案一包括切削深度调节机构 801、齿固定器 802、切削齿 803，所述切削深度调节机构 801 侧面顶部连接到切削机构固定器 7 中部，切削深度调节机构 801 内部为轨道滑块结构，包括设置于切削深度调节机构 801 内侧壁面的轨道块 804，轨道块 804 侧面设有齿条 8041，齿条 8041 外侧连接有移动块 805（移动块 805 通过其内部的齿轮与齿条 8041 连接，移动块 805 的齿轮带又微型正反转电机，微型正反转电机通过电线连接到调控装置 10），移动块 805 外侧连接有移动杆 806，移动杆 806 底部连接有齿固定器 802，方案二包括切削深度调节机构 801、齿固定器 802、切削齿 803，在切削深度调节机构 801 内顶部设有丝杆步进电机 809，丝杆步进电机 809 下方连接有丝杆 807，在丝杆 807 上设有丝杆螺母 808，丝杆螺母底部外侧设有向下连接到齿固定器 802 的连杆，通过丝杆步进电机 809 的旋转，进而带动丝杆 807 旋转，从而带动丝杆螺母 808 及联动的齿固定器 802 上下移动；齿固定器 802 伸出切削深度调节机构 801，齿固定器 802 与切削深度调节机构 801 的交界处设有密封盘根，确保其可实现动密封，在齿固定器 802 底部固定安装切削齿 803，所述切削齿 803 宽度为 7~19mm，前倾角分别为 0° ~ 25° ，切削齿 803 材料为金刚石。

所述切削齿 803 顶部和背部分别安装有传感器，测试切削齿 803 的切向力和法向力。所述传感器型号为 ZNHBM-200KG，精度为 0.1%，其还带有设置于切削深度调节机构 801 内的变送器，型号为 ZNBSQ。

实施例 2:

如图 6-7 所示，在实施例 1 所述岩样切削实验平台的工作台 1 内，在挡板 11 与压板 6 附近区域设有加热装置，具体是在挡板 11 与压板 6 下方设有加热板 18，所述加热板 18 设有加热线 19 并连接到控制箱 2，加热板采用云母加热片，最高可以加热到 300°C 。

为适应模拟地层环境，传感器和切削机构 8 内的电线均采用耐高温线缆，如 ABHBR 耐高温防火软电缆。

所述工作台 1 上设有环境模拟装置 17，所述环境模拟装置 17 包括金属框架和玻璃面板，环境模拟装置 17 覆盖挡板 11 与压板 6 的外侧和上方区域；在环境模拟装置 17 上设有多个穿孔，所述压板推送液压缸 5 的液压杆、所述切削机构推送液压缸 9 的液压杆、所述滑杆 4 均通过穿孔穿过环境模拟装置 17，在穿孔处设有密封装置，如盘根密封件，并在对应的液压杆和滑杆 4 上涂抹密封脂；

所述环境模拟装置 17，其顶部的玻璃面板为可拆卸结构，其一侧通过铰链与金属框架连接，另一侧设有卡扣，顶部的玻璃面板四边设有密封胶条（硅胶耐高温密封胶条），与金属

框架压紧后实现密封。

所述岩样切削实验平台还设有加压装置 14，所述加压装置 14 带有加压管线 15，并连接到环境模拟装置 17，所述环境模拟装置 17 顶部设有泄压管 16。加压装置 14 内为氮气，在实验后通过调控装置 10 打开泄压管 16，释放高压气体。

由于高压气体对于密封性要求较高，金属框架的底部是焊接在工作台 1 上，金属框架与玻璃面板之间也采用密封胶全面密封，玻璃面板为双层加厚面板的钢化玻璃，既增强保温效果，也增强抗压效果。

实施例 3：

针对实施例 2 所提供的装置，主要用于空气钻井实验模拟，其实验方法，包括如下步骤：

S1、制备岩样 13，将其加工为矩形六面体结构（优选立方体结构），并将外表面打磨光滑，其表面起伏不超过 0.1mm；

S2、将环境模拟装置 17 顶部打开，放入岩样 13，使岩样 13 背部紧贴挡板 11，然后推动两侧的压板 6，夹紧岩样 13；

S3、再次微调两侧的压板 6，将岩样 13 调整到待实验的水平位置；具体是，通过两个压板，调节岩石的横向移动，切一次之后，让岩石横向移动（如一侧压板移动后退一定距离，另一侧压板跟上并再次压紧），开始第二次切削。

S4、调整到所需模拟环境，然后通过调控装置 10，调整切削深度调节机构 801，使切削齿 803 移动到合适高度；

S5、设置好切削速度，启动切削机构推送液压缸 9，完成本次切削后，通过传感器得到切削数据；测试后的岩样 13 如图 10 所示，

S6、如有多次测试需要，则重复步骤 S3-S5，直到得到所需数据组数为止。

所述步骤 S1，其制作方法为，将采集的岩样 13 加工成型，所采用的岩样为天然露头岩石，比如砂岩，灰岩，页岩，花岗岩等，如图 11 所示，加工后需测试其垂直度，确保为矩形六面体结构，如图 12 所示。

所述步骤 S4，其高度的调整精度为 0.01mm。

所述步骤 S4，其所需模拟环境，如高压环境，开启加压装置 14，然后打开并调整加压管线 15 上的阀门，使其对环境模拟装置 17 内充压，在环境模拟装置 17 设有压力计（图中未示出），测试压力达到所需值后关闭加压装置 14，然后开始切削实验，实验结束后，通过调控装置 10 打开泄压管 16，释放高压气体，释放过程为缓慢减压；

所述步骤 S4，其所需模拟环境，如高温环境，开启加热板。

实施例 4：

说明书

如图 8-9 所示,在实施例 1 所述岩样切削实验平台的工作台 1 内,在挡板 11 与压板 6 附近区域设有加热装置,具体是在挡板 11 与压板 6 下方设有加热板 18,所述加热板 18 设有加热线 19 并连接到控制箱 2。

所述工作台 1 上设有环境模拟装置 17,所述环境模拟装置 17 包括金属框架和玻璃面板,环境模拟装置 17 覆盖挡板 11 与压板 6 的外侧和上方区域;在环境模拟装置 17 上设有多个穿孔,所述压板推送液压缸 5 的液压杆、所述切削机构推送液压缸 9 的液压杆、所述滑杆 4 均通过穿孔穿过环境模拟装置 17,在穿孔处设有密封装置,如盘根密封件,并在对应的液压杆和滑杆 4 上涂抹密封脂;

所述环境模拟装置 17,其顶部的玻璃面板为可拆卸结构,其一侧通过铰链与金属框架连接,另一侧设有卡扣,顶部的玻璃面板四边设有密封胶条(硅胶耐高温密封胶条),与金属框架压紧后实现密封。

所述岩样切削实验平台还设有液相供应装置 20,液相供应装置 20 包括液罐(用于储存钻井泥浆)、液泵(泥浆泵,图中未示出)、液体入口管线 21、液体出口管线 22,所述液体入口管线 21 连接到所述环境模拟装置 17 的侧面并伸入环境模拟装置 17 内部,所述液体出口管线 22 连接到所述环境模拟装置 17 的另一侧面并伸入环境模拟装置 17 内部。液泵可对系统施加 20MPa 液压(若有更高级别液压要求,需对环境模拟装置 17 进行加固改造,包括将玻璃面板改为实体金属板,加固金属框架等),确保实验环境能模拟液压环境下的地层条件。

所述液体出口管线 22 与环境模拟装置 17 的接触位置在环境模拟装置 17 侧面底部,便于后期液相流出。

由于高压液体对于密封性要求较高,金属框架的底部是焊接在工作台 1 上,金属框架与玻璃面板之间也采用密封胶全面密封,玻璃面板为双层加厚面板的钢化玻璃,既增强保温效果,也增强抗压效果。

实施例 5:

针对实施例 4 所提供的装置,其实验方法,包括如下步骤:

S1、制备岩样 13,将其加工为矩形六面体结构(优选立方体结构),并将外表面打磨光滑,其表面起伏不超过 0.1mm;

S2、将环境模拟装置 17 顶部打开,放入岩样 13,使岩样 13 背部紧贴挡板 11,然后推动两侧的压板 6,夹紧岩样 13;

S3、再次微调两侧的压板 6,将岩样 13 调整到待实验的水平位置;具体是,通过两个压板,调节岩石的横向移动,切一次之后,让岩石横向移动(如一侧压板移动后退一定距离,另一侧压板跟上并再次压紧),开始第二次切削。

说明书

S4、调整到所需模拟环境，然后通过调控装置 10，调整切削深度调节机构 801，使切削齿 803 移动到合适高度；

S5、设置好切削速度，启动切削机构推送液压缸 9，完成本次切削后，通过传感器得到切削数据；测试后的岩样 13 如图 10 所示，

S6、如有多次测试需要，则重复步骤 S3-S5，直到得到所需数据组数为止。

所述步骤 S1，其制作方法为，将采集的岩样 13 加工成型，所采用的岩样为天然露头岩石，比如砂岩、灰岩、页岩、花岗岩等，然后打磨表面，如图 11 所示，加工后需测试其垂直度，确保为矩形六面体结构，如图 12 所示。

所述步骤 S4，其高度的调整精度为 0.01mm。

所述步骤 S4，其所需模拟环境，如液相环境，则打开液相供应装置 20 的液泵，从液体入口管线 21 将液相注入环境模拟装置 17，直到液相充满装置，并调整压力到所需值，浸润不少于 30min，再开始切削实验。

所述岩样切削实验平台还设有液相供应装置 20，液相供应装置 20 包括液罐、液泵（图中未示出）、液体入口管线 21、液体出口管线 22，所述液体入口管线 21 连接到所述环境模拟装置 17 的侧面并伸入环境模拟装置 17 内部，所述液体出口管线 22 连接到所述环境模拟装置 17 的另一侧面并伸入环境模拟装置 17 内部。

所述液体出口管线 22 与环境模拟装置 17 的接触位置在环境模拟装置 17 侧面底部，便于后期液相流出。

以上所述，仅是本发明的较佳实施例而已，并非对本发明作任何形式上的限制，虽然本发明已以较佳实施例揭露如上，然而并非用以限定本发明，任何熟悉本专业的技术人员，在不脱离本发明技术方案范围内，当可利用上述揭示的技术内容作出些许更动或修饰为等同变化的等效实施例，但凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰，均仍属于本发明技术方案的范围。