

# 说明书

## 一种自动岩心孔渗联测装置

### 技术领域

本实用新型涉及岩石实验室分析设备领域，具体涉及一种自动岩心孔渗联测装置。

### 背景技术

在石油与天然气勘探开发工业中，储层岩石的物性参数是油气田开发过程中最重要的基础数据之一，确定储层岩石的物性参数是油气勘探与开发中的基础而又重要的问题，岩心分析实验是获得储层岩石物性参数的一种基本手段，其中孔隙度衡量储集层的储集性能，渗透率衡量储集层中油气的渗流能力，通过室内岩心分析实验得到各种储层岩石孔渗参数，为油气田开发方案提供理论依据。

现有的岩心分析设备普遍存在的问题主要有：功能单一、测试范围窄、测试环境条件变化等。在市场上销售的岩心设备中，大多数为单一功能，只能进行某一种岩心参数的测定，使得实验需要多种设备来完成所有的岩心分析，造成了实验设备的增加和实验成本的上升；且多适用于中高渗岩石，对于致密砂岩、页岩这类超低渗岩心少有专业的岩心分析设备，设备成本昂贵；除此之外多数岩心分析设备为了方便装卸岩心，通常将岩心夹持器安装在设备外部，使得在测试时环境温度的变化造成了岩心分析结果的不准确。

### 实用新型内容

本实用新型目的是：为了解决上述技术问题，提供了一种自动岩心孔渗联测装置，将孔隙度和渗透率两种物性参数测量实验整合到一套设备中，使用计算机系统实现测试过程的自动化，可根据岩心种类来完成中高渗岩心、低渗、超低渗岩心的孔渗测试，为油气田开发提供实验依据。

为达到上述目的，本实用新型采用以下技术方案：一种自动岩心孔渗联测装置，包括流体注入系统、孔隙度与渗透率联测系统；

所述流体注入系统包括高压驱替泵、气体中间容器、加热器、气瓶、三通，高压驱替泵的出口端与气体中间容器的下端连接，并在气体中间容器的外部包裹上加热器，再将气体中间容器的上端与箱体外的三通连接，气瓶与箱体外的三通连接；

所述孔隙度与渗透率联测系统包括 1 号电磁阀、2 号电磁阀、3 号电磁阀、4 号电磁阀、5 号电磁阀、6 号电磁阀、7 号电磁阀、8 号电磁阀、9 号电磁阀、上游缓冲瓶、上游瓶、压力传感器、三轴应力岩心夹持器、电热式恒温箱、下游瓶、回压阀、电磁流量计、围压泵、温控仪和计算机系统，气瓶出口连接三通的出口管上并联连接有 2 号电磁阀和 1 号电磁阀，所述 1 号电磁阀后依次连接上游缓冲瓶、3 号电磁阀、上游瓶、4 号电磁阀、三轴应力岩心夹持器、下游瓶、7 号电磁阀、回压阀、电磁流量计和 2 号尾气处理锥形瓶，所述 3 号电磁阀和上游瓶之间连接 2 号电磁阀的出口，所述上游缓冲瓶和下游瓶之间设有跨接线，跨接线上设有 5 号电磁阀，所述 5 号电磁阀和下游瓶之间设有连通 1 号尾气处理锥形瓶的出口管，所述出口管上还设有 6 号电磁阀；

所述孔隙度与渗透率联测系统包括中高渗岩心测试部分和低渗、特低渗岩心测试部分，

## 说明书

其中中高渗岩心测试部分的结构为：气瓶出口连接的三通连接 2 号电磁阀，后与上游瓶连接，在上游瓶处连接压力传感器，上游瓶右端连接 4 号电磁阀，再与电热式恒温箱中的三轴应力岩心夹持器左端连接，在三轴应力岩心夹持器上连接压差传感器，接着依次连接下游瓶、7 号电磁阀、回压阀、电磁流量计、2 号尾气处理锥形瓶，并在下游瓶处连接压力传感器；低渗、特低渗岩心测试部分结构为：气瓶出口连接的三通连接 1 号电磁阀，再依次连接上游缓冲瓶和 3 号电磁阀，将 3 号电磁阀连接到上游瓶处的三通，从上游缓冲瓶处连接 5 号电磁阀，再接上三通，三通一端连接 6 号电磁阀另一端与下游瓶连接；其余部件包括 8 号电磁阀、9 号电磁阀、围压泵、温控仪、计算机系统，在围压泵出口端接上三通，在三通上分别连接 8 号电磁阀和 9 号电磁阀，再将 8 号电磁阀与回压阀连接，将 9 号电磁阀与三轴应力岩心夹持器连接，加热器与温控仪相连，所有的数据都由计算机系统显示、计算。

本实用新型采用以上的技术方案具有以下有益效果：1、本设备将实验室常进行的孔隙度、渗透率两种物性参数实验整合到一套设备中，并能够通过更换气源和使用加热器来实现进行常温常压和高温高压两种条件的岩心孔渗参数测试；2、本设备通过计算机系统以及电磁阀的控制来实现孔隙度、渗透率两种物性参数的选择性测定，以及选择不同测试方法来实现中高渗岩心和低渗、超低渗岩心的孔渗参数测试；3、本设备通过计算机系统以及电磁阀的控制实现了测试过程的自动化，只需操作者准备好气源，并将测试岩心放入岩心夹持器中，设置测试参数就可以实现测试过程的自动化；4、本设备通过使用电热式恒温器为测试岩心提供了稳定温度，从而避免了测试环境温度变化导致测试温度条件的变化，进而保证了测试结果的正确性。

### 附图说明

图 1 为本实用新型的装置示意图。

### 具体实施方式

下面结合附图进一步详细描述本实用新型的技术方案。

如图 1 所示，一种自动岩心孔渗联测装置，包括流体注入系统和孔隙度与渗透率联测系统，主要包括：高压驱替泵 1、气体中间容器 2、加热器 3、三通 4、1 号电磁阀 5、上游缓冲瓶 6、3 号电磁阀 7、上游瓶 8、4 号电磁阀 9、5 号电磁阀 10、6 号电磁阀 11、1 号尾气处理锥形瓶 12、计算机系统 13、温控仪 14、电磁流量计 15、2 号尾气处理锥形瓶 16、回压阀 17、7 号电磁阀 18、下游瓶 19、围压泵 20、8 号电磁阀 21、三轴应力岩心夹持器 22、电热式恒温箱 23、9 号电磁阀 24、压差传感器 25、2 号电磁阀 26、气瓶 27、压力传感器 28；

所述流体注入系统包括高压驱替泵 1、气体中间容器 2、加热器 3、气瓶 27、三通 4，高压驱替泵 1 的出口端与气体中间容器 2 的下端连接，并在气体中间容器 2 的外部包裹上加热器 3，再将气体中间容器 2 的上端与箱体外的三通 4 连接，气瓶 27 与箱体外的三通 4 连接；

所述孔隙度与渗透率联测系统的具体结构为：气瓶 27 出口连接三通 4 的出口管上并联连接有 2 号电磁阀 26 和 1 号电磁阀 5，所述 1 号电磁阀 5 后依次连接上游缓冲瓶 6、3 号电磁阀 7、上游瓶 8、4 号电磁阀 9、三轴应力岩心夹持器 22、下游瓶 19、7 号电磁阀 18、回压阀

## 说明书

17、电磁流量计 15 和 2 号尾气处理锥形瓶 16，所述 3 号电磁阀 7 和上游瓶 8 之间连接 2 号电磁阀 26 的出口，所述上游缓冲瓶 6 和下游瓶 19 之间设有跨接线，跨接线上设有 5 号电磁阀 10，所述 5 号电磁阀 10 和下游瓶 19 之间设有连通 1 号尾气处理锥形瓶 12 的出口管，所述出口管上还设有 6 号电磁阀 11；

所述孔隙度与渗透率联测系统分为中高渗岩心测试部分和低渗、特低渗岩心测试部分，中高渗岩心测试部分从左端三通 4 开始连接 2 号电磁阀 26，再与上游瓶 8 连接，在上游瓶 8 处连接压力传感器 28，在上游瓶 8 出口端连接 4 号电磁阀 9，再与电热式恒温箱 23 中的三轴应力岩心夹持器 22 进口连接，三轴应力岩心夹持器 22 上连接有压差传感器 25，接着依次连接下游瓶 19、7 号电磁阀 18、回压阀 17、电磁流量计 15、2 号尾气处理锥形瓶 16，并在下游瓶 19 处连接压力传感器 28；低渗、特低渗岩心测试部分从左端三通 4 开始连接 1 号电磁阀 5，再依次连接上游缓冲瓶 6 和 3 号电磁阀 7，将 3 号电磁阀 7 连接到上游瓶 8 处的三通 4，从上游缓冲瓶 6 处连接 5 号电磁阀 10，再接上三通 4，三通 4 一端连接 6 号电磁阀 11 另一端与下游瓶 19 连接；在围压泵 20 出口端接上三通 4，在三通 4 上分别连接 8 号电磁阀 21 和 9 号电磁阀 24；再将 8 号电磁阀 21 与回压阀 17 连接，将 9 号电磁阀 24 与三轴应力岩心夹持器 22 连接；加热器 2 与温控仪 14 相连，所有的数据都由计算机系统 13 显示、计算。

一种自动岩心孔渗联测方法，包括以下步骤：

S1：根据实验要求，实验前将气体中间容器 2 中的气体加压到实验压力并连接在仪器中，高压时使用计算机系统 13 控制高压驱替泵 1，低压时使用气瓶 27，使用计算机系统 13 控制电热式恒温箱 23 的温度与气体中间容器 2 的温度，使其达到实验温度；

S2：根据岩心种类，在大致判断岩心孔渗参数后，接着在计算机系统 13 中选择相应的测试方法，并选择所需测量的参数类型；

S3：当需测量孔隙度且岩心为中高渗岩心时，按以下子步骤进行；

S31：在三轴应力岩心夹持器 22 中装入钢制标准岩心，打开气瓶 27 阀门，打开 2 号电磁阀 26、4 号电磁阀 9，关闭 1 号电磁阀 5、4 号电磁阀 9、3 号电磁阀 7、5 号电磁阀 10、6 号电磁阀 11 和 7 号电磁阀 18，打开气瓶 27 向测试系统中注入高于实验压力的氦气，一段时间后，关闭 2 号电磁阀 26，检测上下游压力，密封性检测时间应大于实验最长时间，当上下游压力稳定后不再变化，打开 5 号电磁阀 10、6 号电磁阀 11 放出气体，取出钢制标准岩心；

S32：将待测岩心装入三轴应力岩心夹持器 22 中，打开气瓶 27 阀门，打开 8 号电磁阀 21 加载一定的围压（推荐为 10MPa）；

S33：打开 2 号电磁阀 26、4 号电磁阀 9，关闭 1 号电磁阀 5、4 号电磁阀 9、3 号电磁阀 7、5 号电磁阀 10、6 号电磁阀 11 和 7 号电磁阀 18，将氦气注入上游瓶 8，待压力平衡 30 秒，然后读出上游瓶压力  $P_1$  并记录，接着气体膨胀进入三轴应力岩心夹持器 22 中，系统达到平衡后测量降低后的压力  $P_2$ ；

S34：打开 6 号电磁阀 11 排除气体，再卸载围压，取出岩心；

## 说明书

S4: 当需测量孔隙度且岩心为低渗或超低渗岩心（如页岩、致密砂岩）时，按以下子步骤进行；

S41: 在三轴应力岩心夹持器 22 中装入钢制标准岩心，打开气瓶 27 阀门，打开 1 号电磁阀 5、3 号电磁阀 7、4 号电磁阀 9、5 号电磁阀 10，关闭 6 号电磁阀 11、7 号电磁阀 18，打开气瓶 27 向测试系统中注入高于实验压力的氦气，一段时间后，关闭 1 号电磁阀 5，检测上下游压力，密封性检测时间应大于实验最长时间，当上下游压力稳定后不再变化，打开 5 号电磁阀 10、6 号电磁阀 11 放出气体，取出钢制标准岩心；

S42: 将待测岩心装入三轴应力岩心夹持器 22 中，打开气瓶 27 阀门，打开 8 号电磁阀 21 加载一定的围压（推荐为 10MPa）；

S43: 打开 1 号电磁阀 5、3 号电磁阀 7、4 号电磁阀 9 和 5 号电磁阀 10，关闭 6 号电磁阀 11 和 7 号电磁阀 18，向测试系统中注入氦气，确保系统中的压力（推荐为 7MPa）小于围压；

S44: 关闭 1 号电磁阀 5，等待岩心饱和氦气（时间不少于 5min），记录系统内压力，该压力为孔隙压力；

S45: 关闭 3 号电磁阀 7 和 5 号电磁阀 10，打开 6 号电磁阀 11，排出下游瓶 19 中一定量的气体，使得上下游的压差  $\Delta p_1$  达到（10psi~30psi），再关闭 6 号电磁阀 11；

S46: 上下游压差每降 1 个 psi，记录上下游压力、上下游压差和时间；

S47: 当上下游压差  $\Delta p_2$  下降到一定数值时（推荐压力小于初始压差  $\Delta p_1$  的 1/3），停止测试；

S48: 打开 5 号电磁阀 10、6 号电磁阀 11 排出气体，再卸载围压，取出岩心；

S5: 当需测量渗透率且岩心为中高渗岩心时，按以下子步骤进行；

S51: 在三轴应力岩心夹持器 22 中装入钢制标准岩心，打开气瓶 27 阀门，打开 2 号电磁阀 26、4 号电磁阀 9，关闭 1 号电磁阀 5、4 号电磁阀 9、5 号电磁阀 10、6 号电磁阀 11 和 7 号电磁阀 18，通过气瓶 27 向测试系统中注入高于实验压力的氦气，关闭 2 号电磁阀 26，检测上下游压力，密封性检测时间应大于实验最长时间，当上下游压力稳定后不再变化，打开 5 号电磁阀 10、6 号电磁阀 11 放出气体，取出钢制标准岩心；

S52: 将待测岩心装入三轴应力岩心夹持器 22 中，打开气瓶 27 阀门，打开 8 号电磁阀 21 加载一定的围压（推荐为 10MPa）；

S53: 打开 2 号电磁阀 26、4 号电磁阀 9 和 7 号电磁阀 18，关闭 5 号电磁阀 10、6 号电磁阀 11，记录压差传感器 25 的数值与电磁流量计 15 的读数；

S54: 打开 6 号电磁阀 11 排除气体，再卸载围压，取出岩心；

S6: 当需测量渗透率且岩心为低渗（如致密砂岩）时，按以下子步骤进行；

S61: 在三轴应力岩心夹持器 22 中装入钢制标准岩心，打开气瓶 27 阀门，打开 2 号电磁

## 说明书

---

阀 26、4 号电磁阀 9，关闭 1 号电磁阀 5、4 号电磁阀 9、5 号电磁阀 10、6 号电磁阀 11 和 7 号电磁阀 18，通过气瓶 27 向测试系统中注入高于实验压力的氦气，关闭 2 号电磁阀 26，检测上下游压力，密封性检测时间应大于实验最长时间，当上下游压力稳定后不再变化，打开 5 号电磁阀 10、6 号电磁阀 11 放出气体，取出钢制标准岩心；

S62：将待测岩心装入三轴应力岩心夹持器 22 中，打开气瓶 27 阀门，打开 8 号电磁阀 21 加载一定的围压（推荐为 10MPa）；

S63：打开 1 号电磁阀 5、3 号电磁阀 7 和 4 号电磁阀 9，关闭 5 号电磁阀 10、6 号电磁阀 11 和 7 号电磁阀 18；

S64：待上游缓冲瓶 6、上游瓶 8、三轴应力岩心夹持器 22、管线到 8 号电磁阀 21 都充满气体，热平衡后，缓慢打开 6 号电磁阀 11，当上游压力衰减到充满压力的 85%时，整个岩心长度上建立了连续平滑的压力变化，开始采集数据，读出并记录选择间隔的压力和对应的时间；

S65：打开 5 号电磁阀 10、6 号电磁阀 11 排出气体，再卸载围压，取出岩心；

S7：当需测量渗透率且岩心为超低渗（如页岩）时，按 S4 步骤进行。