



## [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 03118871.0

[45] 授权公告日 2004 年 11 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1176741C

[22] 申请日 2003.4.1 [21] 申请号 03118871.0

[71] 专利权人 中国地质大学（武汉）

地址 430074 湖北省武汉市洪山区鲁磨路 388  
号中国地质大学（武汉）

[72] 发明人 蒋国盛 吴 翔 窦 斌 汤凤林

宁伏龙 曾继田

审查员 李雪霞

[74] 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司

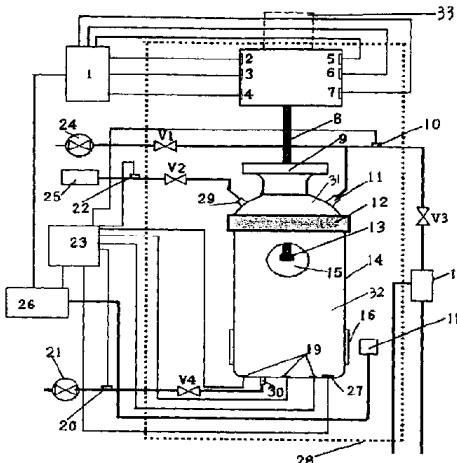
代理人 胡建平

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称 天然气水合物综合试验装置

## [57] 摘要

本发明涉及一种天然气水合物试验装置。天然气水合物综合试验装置，其特征是它主要由供气与增压装置、真空泵和气液分离采集装置、反应釜(14)、高低温试验箱、微钻系统、检测系统、显微摄像系统(18)、数据采集系统、微机数据处理系统(26)组成，供气与真空泵和气液分离采集装置由管道与反应釜(14)的进气口(30)相连接，反应釜(14)由其气体出口(11)与增压装置相连接，微钻系统由管道与反应釜(14)的冲洗液出口(29)相连接及由微型钻机与钻杆柱(8)相连接；检测系统由导线与数据采集系统相连接，数据采集系统、显微摄像系统(18)分别由导线与微机数据处理系统(26)相连接。它在用于模拟合成研究或分解试验研究的同时，还可用于钻探(井)控制和开采方法等研究的试验手段。



1、天然气水合物综合试验装置，其特征是它主要由供气与增压装置、真空泵和气液分离采集装置、反应釜（14）、高低温试验箱、微钻系统、检测系统、显微摄像系统（18）、数据采集系统、微机数据处理系统（26）组成，供气与增压装置由管道与反应釜（14）的进气口（30）相连接，反应釜（14）由其气体出口（11）与真空泵和气液分离采集装置相连接，微钻系统由管道与反应釜（14）的冲洗液出口（29）相连接及由微型钻机与钻杆柱（8）相连接；所述的数据采集系统主要由多功能数据采集卡（1）、多功能数据采集卡（23）组成，所述的检测系统主要由温度与压力检测系统、钻进参数检测系统组成，温度与压力检测系统由导线与多功能数据采集卡（23）相连接，钻进参数检测系统由导线与多功能数据采集卡（1）相连接；多功能数据采集卡（1）、多功能数据采集卡（23）、显微摄像系统（18）分别由导线与微机数据处理系统（26）相连接；

所述的反应釜（14）主要由钻杆柱（8）、动密封装置（9）、箍（12）、钻头（13）、上盖（31）、缸体（32）组成，上盖上设有气体出口（11）、冲洗液出口（29），缸体上设有透明观察窗（15）、透明观察窗（16）、温度传感器（19）、进气口（30），缸体内为反应腔，上盖（31）与缸体（32）由箍（12）密封式固定连接；上盖上开有钻杆孔，钻杆柱（8）穿过钻杆孔，钻杆柱（8）与上盖由动密封装置（9）相连接，钻杆柱（8）的一端与钻头（13）相连接并位于反应腔内，另一端与微型钻机相连接；温度传感器（19）为3个，3个温度传感器（19）、压力传感器（27）位于反应釜（14）底；

所述的微钻系统由微型钻机（33）、阀门（V2）、液体收集容器（25）、高压泥浆泵组成，微型钻机（33）与钻杆柱（8）相连接；阀门（V2）一端由管道与反应釜（14）的冲洗液出口（29）相连接，另一端由管道与液体收集容器（25）相连接，阀门（V2）与液体收集容器（25）之间的管道上设有液体流量传感器（22），液体收集容器（25）由管道与高压泥浆泵相连接；钻压传感器（2）、即时钻速传感器（3）、冲洗液流量传感器（4）、转速传感器（5）、扭矩传感器（6）、进尺传感器（7）位于微型钻机（33）上；

反应釜（14）、检测系统、显微摄像系统（18）位于高低温试验箱（28）中。

2、根据权利要求1所述的天然气水合物综合试验装置，其特征是所述的供气与增压装置主要由增压泵（21）、阀门（V4）组成，增压泵（21）由管道与阀门（V4）相连接，增压泵（21）与阀门（V4）之间的管道上设有气体流量传感器（20），阀门（V4）由管道与反应釜（14）的进气口（30）相连接。

3、根据权利要求1所述的天然气水合物综合试验装置，其特征是所述的真空泵和气液分离采集装置主要由阀门（V1）、真空泵（24）、阀门（V3）、气液分离器（17）组成，真空泵（24）由管道与阀门（V1）相连接，阀门（V1）由管道与反应釜（14）的气体出口（11）相连接；气液分离器（17）由管道与阀门（V3）相连接，阀门（V3）由管道与气体出口（11）和阀门（V1）之间的管道相通，其管道上设有气体流量传感器（10）。

4、根据权利要求1所述的天然气水合物综合试验装置，其特征是所述的检测系统由温度与压力检测系统、钻进参数检测系统组成，温度与压力检测系统由温度传感器（19）、液体流量传感器（22）、气体流量传感器（10）、气体流量传感器（20）、压力传感器（27）组成，3个温度传感器（19）、液体流量传感器（22）、气体流量传感器（10）、气体流量传感器（20）、压力传感器（27）分别由导线与多功能数据采集卡（23）相连接；钻进参数检测系统由钻压传感器（2）、即时钻速传感器（3）、冲洗液流量传感器（4）、转速传感器（5）、扭矩传感器（6）、进尺传感器（7）组成，钻压传感器（2）、即时钻速传感器（3）、冲洗液流量传感器（4）、转速传感器（5）、扭矩传感器（6）、进尺传感器（7）分别由导线与多功能数据采集卡（1）相连接。

5、根据权利要求 1 所述的天然气水合物综合试验装置，其特征是所述的数据采集系统主要由多功能数据采集卡（1）、多功能数据采集卡（23）组成，多功能数据采集卡（1）、多功能数据采集卡（23）分别由导线与微机数据处理系统（26）相连接。

6、根据权利要求 1 所述的天然气水合物综合试验装置，其特征是所述的显微摄像系统（18）的显微摄像头位于透明观察窗（16）外。

## 天然气水合物综合试验装置

### 技术领域

本发明涉及一种天然气水合物试验装置。

### 背景技术

天然气水合物钻探和开发是一个全新的研究领域，它作为新型燃料具有巨大的资源潜力、作为临界状态物质是水下地质灾害的潜在诱因、作为有机碳库对全球气候变化具有重要影响。目前，国内外的实验装置功能都是比较单一的，主要用于模拟合成研究，没有可用于钻探（井）控制和开采方法等研究的试验手段。

通过检索“中文科技期刊数据库”、“CNKI 期刊网”、“yahoo”等系统仅发现具有单一功能的天然气水合物试验装置，主要用于模拟合成研究或分解试验研究，只有俄罗斯和美国有可用于钻探（井）控制和开采方法等研究的试验装置，没有同时能满足上述三方面要求的试验装置。

### 发明内容

针对上述不足，本发明的目的在于提供一种具有多种功能的天然气水合物综合试验装置。它在用于模拟合成研究或分解试验研究的同时，还可用于钻探（井）控制和开采方法等研究的试验手段。

为了实现上述目的，本发明的技术方案是：天然气水合物综合试验装置，它主要由供气与增压装置、真空泵和气液分离采集装置、反应釜14、高低温试验箱、微钻系统、检测系统、显微摄像系统18、数据采集系统、微机数据处理系统26组成，供气与增压装置由管道与反应釜14的进气口30相连接，反应釜14由其气体出口11与真空泵和气液分离采集装置相连接，微钻系统由管道与反应釜14的冲洗液出口29相连接及由微型钻机33与钻杆柱8相连接；所述的数据采集系统主要由多功能数据采集卡1、多功能数据采集卡23组成，所述的检测系统主要由温度与压力检测系统、钻进参数检测系统组成，温度与压力检测系统由导线与多功能数据采集卡23相连接，钻进参数检测系统由导线与多功能数据采集卡1相连接；多功能数据采集卡1、多功能数据采集卡23、显微摄像系统18分别由导线与微机数据处理系统26相连接；

所述的反应釜14主要由钻杆柱8、动密封装置9、箍12、钻头13、上盖31、缸体32组成，上盖上设有气体出口11、冲洗液出口29，缸体上设有透明观察窗15、透明观察窗16、温度传感器19、进气口30，缸体内为反应腔，上盖31与缸体32由箍12密封式固定连接；上盖上开有钻杆孔，钻杆柱8穿过钻杆孔，钻杆柱8与上盖由动密封装置9相连接，钻杆柱8的一端与钻头13相连接并位于反应腔内，另一端与微型钻机相连接；温度传感器19为3个，3个温度传感器19、压力传感器27位于反应釜14底；

所述的微钻系统由微型钻机、阀门V2、液体收集容器25、高压泥浆泵组成，微型钻机与钻杆柱8相连接；阀门V2一端由管道与反应釜14的冲洗液出口29相连接，另一端由管道与液体收集容器25相连接，阀门V2与液体收集容器25之间的管道上设有液体流量传感器22，液体收集容器25由管道与高压泥浆泵相连接；钻压传感器2、即时钻速传感器3、冲洗液流量传感器4、转速传感器5、扭矩传感器6、进尺传感器7位于微型钻机33上；

反应釜14、检测系统、显微摄像系统18位于高低温试验箱28中。

所述的供气与增压装置主要由增压泵21、阀门V4组成，增压泵21由管道与阀门V4

相连接，增压泵 21 与阀门 V4 之间的管道上设有气体流量传感器 20，阀门 V4 由管道与反应釜 14 的进气口 30 相连接。

所述的真空泵和气液分离采集装置主要由阀门 V1、真空泵 24、阀门 V3、气液分离器 17 组成，真空泵 24 由管道与阀门 V1 相连接，阀门 V1 由管道与反应釜 14 的气体出口 11 相连接；气液分离器 17 由管道与阀门 V3 相连接，阀门 V3 由管道与气体出口 11 和阀门 V1 之间的管道相通，其管道上设有气体流量传感器 10。

所述的检测系统由温度与压力检测系统、钻进参数检测系统组成，温度与压力检测系统由温度传感器 19、液体流量传感器 22、气体流量传感器 10、气体流量传感器 20、压力传感器 27 组成，3 个温度传感器 19、液体流量传感器 22、气体流量传感器 10、气体流量传感器 20、压力传感器 27 分别由导线与多功能数据采集卡 23 相连接；钻进参数检测系统由钻压传感器 2、即时钻速传感器 3、冲洗液流量传感器 4、转速传感器 5、扭矩传感器 6、进尺传感器 7 组成，钻压传感器 2、即时钻速传感器 3、冲洗液流量传感器 4、转速传感器 5、扭矩传感器 6、进尺传感器 7 分别由导线与多功能数据采集卡 1 相连接。

所述的数据采集系统主要由多功能数据采集卡 1、多功能数据采集卡 23 组成，多功能数据采集卡 1、多功能数据采集卡 23 分别由导线与微机数据处理系统 26 相连接。

所述的显微摄像系统 18 的显微摄像头位于透明观察窗 16 外。

本发明可满足多种科学试验研究，具有功能齐全、自动化程度高、研究领域广泛、代表性强等优点。该套装置将试验装置与微型钻台有机地结合在一起，对模拟实际钻井条件，进行天然气水合物的勘探和开发研究具有重大的实际意义和科学意义。通过装置可进行纯天然气水合物和模拟实际矿层天然气水合物合成试验；进行纯天然气水合物和模拟实际矿层天然气水合物分解试验；进行天然气水合物钻进过程控制试验；对天然气水合物开采方法进行研究；对钻进管道和输油气管道中形成水合物的防止方法进行研究；研究天然气的新型储运技术；可用于对天然气水合物地层进行可钻性分级和物理力学性质研究；可对多组分天然气水合物进行上述项目研究。

本发明具有如下功能：

- 1、进行纯天然气水合物和模拟实际矿层天然气水合物的合成试验；
- 2、进行纯天然气水合物和模拟实际矿层的天然气水合物的分解试验；
- 3、进行天然气水合物钻进过程控制试验；
- 4、通过试验 1、2、3 可对天然气水合物开采方法进行研究；
- 5、通过试验 1、2、3 可对防止钻井管道和输油气管道中形成水合物的方法进行研究；
- 6、通过 1、2 可研究天然气的储运技术；
- 7、可用于对天然气水合物地层进行可钻性分级和物理力学性质研究；
- 8、可对多组分天然气水合物进行 1、2、3、4、5、6、7 项研究。

#### 附图说明

图 1 是本发明结构示意图

图 2 是本发明工作原理示意图

图 3 是本发明反应釜结构示意图

其中 1-多功能数据采集卡、2-钻压传感器、3-即时钻速传感器、4-冲洗液流量传感器、5-转速传感器、6-扭矩传感器、7-进尺传感器、8-钻杆柱、9-动密封装置、10-气体流量传感器、11-气体出口、12-箍、13-钻头、14-反应釜、15-透明观察窗、16-透明观察窗、17-气液分离器、18-显微摄像系统、19-温度传感器、20-气体流量传感器、21-增压泵、22-液体流量传感器、23-多功能数据采集卡、24-真空泵、25-液体收集容器、26-微机数据处理系统、27-压力传感器、28-高低温试验箱、29-冲洗液出口、30-进气口、31-上盖、32-缸体、33-微型钻机、V1-阀门、V2-阀门、V3-阀门、V4-阀门。

#### 具体实施方式

如图1所示，天然气水合物综合试验装置，它主要由供气与增压装置、真空泵和气液分离采集装置、反应釜14、高低温试验箱、微钻系统、检测系统、显微摄像系统18、数据采集系统、微机数据处理系统26组成，供气与增压装置由管道与反应釜14的进气口30相连接，反应釜14由其气体出口11与真空泵和气液分离采集装置相连接，微钻系统由管道与反应釜14的冲洗液出口29相连接及由微型钻机与钻杆柱8相连接；所述的数据采集系统主要由多功能数据采集卡1、多功能数据采集卡23组成，所述的检测系统主要由温度与压力检测系统、钻进参数检测系统组成，温度与压力检测系统由导线与多功能数据采集卡23相连接，钻进参数检测系统由导线与多功能数据采集卡1相连接；多功能数据采集卡1、多功能数据采集卡23、显微摄像系统18分别由导线与微机数据处理系统26相连接。

所述的供气与增压装置主要由增压泵21、阀门V4组成，增压泵21由管道与阀门V4相连接，增压泵21与阀门V4之间的管道上设有气体流量传感器20，阀门V4由管道与反应釜14的进气口30相连接。

所述的真空泵和气液分离采集装置主要由阀门V1、真空泵24、阀门V3、气液分离器17组成，真空泵24由管道与阀门V1相连接，阀门V1由管道与反应釜14的气体出口11相连接；气液分离器17由管道与阀门V3相连接，阀门V3由管道与气体出口11和阀门V1之间的管道相通，其管道上设有气体流量传感器10。

如图3所示，所述的反应釜14主要由钻杆柱8、动密封装置9、箍12、钻头13、上盖31、缸体32组成，上盖上设有气体出口11、冲洗液出口29，缸体上设有透明观察窗15、透明观察窗16、温度传感器19、进气口30，缸体内为反应腔，上盖31与缸体32由箍12密封式固定连接；上盖上开有钻杆孔，钻杆柱8穿过钻杆孔，钻杆柱8与上盖由动密封装置9相连接，钻杆柱8的一端与钻头13相连接并位于反应腔内，另一端与微型钻机相连接；温度传感器19为3个，3个温度传感器19、压力传感器27位于反应釜14底。

所述的微钻系统由微型钻机、阀门V2、液体收集容器25、高压泥浆泵组成，微型钻机与钻杆柱8相连接；阀门V2一端由管道与反应釜14的冲洗液出口29相连接，另一端由管道与液体收集容器25相连接，阀门V2与液体收集容器25之间的管道上设有液体流量传感器22，液体收集容器25由管道与高压泥浆泵相连接；钻压传感器2、即时钻速传感器3、冲洗液流量传感器4、转速传感器5、扭矩传感器6、进尺传感器7位于微型钻机33上。

所述的检测系统由温度与压力检测系统、钻进参数检测系统组成，温度与压力检测系统由温度传感器19、液体流量传感器22、气体流量传感器10、气体流量传感器20、压力传感器27组成，3个温度传感器19、液体流量传感器22、气体流量传感器10、气体流量传感器20、压力传感器27分别由导线与多功能数据采集卡23相连接；钻进参数检测系统由钻压传感器2、即时钻速传感器3、冲洗液流量传感器4、转速传感器5、扭矩传感器6、进尺传感器7组成，钻压传感器2、即时钻速传感器3、冲洗液流量传感器4、转速传感器5、扭矩传感器6、进尺传感器7分别由导线与多功能数据采集卡1相连接。

所述的数据采集系统主要由多功能数据采集卡1、多功能数据采集卡23组成，多功能数据采集卡1、多功能数据采集卡23分别由导线与微机数据处理系统26相连接。

反应釜14、检测系统、显微摄像系统18位于高低温试验箱28中。

所述的显微摄像系统18的显微摄像头位于透明观察窗16外。

#### 装置组成描述及主要技术参数

图1为天然气水合物综合试验装置示意图。

1、反应釜是从事天然气水合物各种试验研究所必备的核心装置，反应釜中气体的供给采用压力最高可达50Mpa，流量为20L/min的高压气泵。

2、显微摄像系统采用自带光源的 Pixera Professional CCD 光学放大成像系统，其

工作距离为 114mm，视野范围为 15.6X20.8~2.4X3.2mm，放大倍数(17"显示器)为 54~378X。显微摄像系统通过透明观察窗口来观察水合物的合成与分解以及钻探试验过程中出现的细微情况，并将观察到的图像通过显微摄像放大后直接存储在计算机的硬盘。

3、反应釜上盖通过钻杆接微型钻机，微型钻机在合成天然气水合物时用作搅拌釜内物质，钻进实验时可实施回转钻进实验，钻杆给进时最大承压为 35Mpa，钻杆给进最大行程为 100mm，钻杆最大转速为 500rpm，钻杆最大直径为Φ 25mm。冲洗液的供给采用最大压力可达 60Mpa，流量 150L/min 的高压泵。

4、反应釜温度的升降、保持是通过高低温实验箱 HLT705P 来实现的，该系统采用进口控温仪表，进口制冷机，数字显示，具有工作室超温、制冷机超压及过载、压缩机过热、电源缺相、加热器短路等多项保护功能，SUS304\*镜面不锈钢内胆，外壳冷轧钢板静电喷塑，能量调节等新技术。带记录仪、RS232 计算机通讯接口。其工作室容积为 650×800×950 mm，外形尺寸 1350×1280×1850 mm，温度范围-70~100℃，温度误差在±0.5℃以内。

5、检测系统主要有温度传感器、液体流量传感器、气体流量传感器、压力传感器、泵压传感器、气瓶可调试安全压力表、钻压、转速、扭矩、位移传感器和数据采集/控制卡等。

温度传感器：RT-LS Pt100，用于实时检测釜内径向温度；

液体流量传感器：LUGB-B 2201，用于检测钻进泥浆的流量；

气体流量传感器：LUGB-B 2101，用于检测供气、分解气的流量；

压力传感器：DG1205-GE-B-3-60/FE，用于检测反应釜内的压力；

泵压传感器：DG1205-00-A - 60/FE，用于检测钻进泥浆泵出口的泵压；

钻压传感器：BK-3-50，用于检测微型钻机给进的钻压；

转速传感器：KN2000 光电反射式转速测量仪，用于测量钻机的转速；

扭矩传感器：ACK—205 型扭矩传感器，用于测量钻机的旋转扭矩；

位移传感器：HP-LVDT-GA-150 传感器，用于测量钻探的进尺；

数据采集/控制卡：研华 PCI-1713AD 总线隔离的模拟量输入卡：12 位分辨率，100k 的采样频率，32 路单端或 16 路差分模拟量输入，4k 缓存，用于将各路模拟信号量转换为数字量，在微机上进行监测；研华 PCI-1723DA 16 位 8 通道模拟量输出卡，用于将控制信号的数字量转换为模拟量，推动执行元件；研华 PCI-1750 32 通道隔离数字量输入输出卡，用于数字量的输入与输出。整体拟采用分布式数据采集与控制系统，集成数字量输入/输出模块和模拟量输入/输出模块，采用 ADAM-5090 串口通讯模块，统一电源供电。

#### 试验原理和操作使用方法

其工作原理如图 2 所示。

水合物的合成和分解，可以通过调节控制温度、压力、水的化学成分以及在反应釜中模拟海底环境和永冻土层等，使其在特定的条件下形成水合物和分解。整个温度压力控制采用全自动微机控制，自动记录。

通过 RS485 通讯接口实现微机与高低温试验箱 HLT705P 的通讯并能对试验箱进行远程检测与自动控制。

微钻实验台的各个动作，包括动力的启动、停止、钻具的升降、冲洗液压力、流量等全部实现智能程控。

下面以天然气水合物合成与分解试验和天然气水合物钻进过程控制试验为例来说明利用该发明的试验原理和操作使用方法。

#### 1、天然气水合物合成与分解试验

这部分试验的主要目的是掌握天然气水合物物理化学性质、形成条件、成矿及力学特性，为下部分天然气水合物钻进过程控制试验积累资料。在试验时可先维持压力，通过改变温度来控制水合物的生成与分解，也可维持温度不变，通过改变压力来控制水合物的生

成与分解。试验原理和操作使用方法如下：

- ① 首先将反应釜用蒸馏水或自然水清洗干净，然后注入占容器体积一半的蒸馏水或自然水，再对反应釜和整个高压管路系统抽真空，直至水中无气泡为止。然后用高纯度甲烷气体冲洗反应釜和高压管路几次，目的是尽可能地排除其中的空气。
- ② 将反应釜和温度传感器组装好后与显微成像系统一起通过高低温箱的上盖并密封固定好放入高低温箱的正中央，调节显微镜的物镜位置使之贴紧对准反应釜上的一个人工晶体窗口。打开前门安装好进出气管路系统。将一个耐低温摄像头对准另一个人工晶体窗口并固定好位置。关好前门，启动高低温试验箱，建议以零度为界限，先从低温开始，直至容许最低温度再升温。
- ③ 在检查各段管线和接头连接好后开动空压机，打开气源阀门对反应釜加压。同时开动微钻对容器进行搅拌。通过高低温箱的可编程温度控制面板，设定试验温度范围和保温时间
- ④ 通过安装在系统中的各类传感器采集各类数据信息，包括温度、压力、流量、图像和视频等信息，并在电脑上显示出来。根据收集的数据程序能自动绘出相关曲线并做出适当判断，得出水合物的相平衡温度和压力。

## 2、天然气水合物钻进过程控制试验

这部分试验是在前部分试验的基础上，模拟实际海底或高原冻土天然气水合物蕴藏地层并对其进行微型钻进试验，根据前面得出的温度压力相平衡曲线，找到合适的钻进控制方法，特别是找到合适的泥浆循环介质，以此为勘探和开发天然气水合物找到合适工艺方法。试验也分两种情况进行，一是在较纯的水合物中钻进，一种是在夹杂有砂层、粘土层、细小岩屑层的模拟地层中进行。试验原理和操作使用方法如下：

- ⑤ 按第一部分①②③步骤尽可能多的合成天然气水合物，维持温度和压力不变，开动微型钻机钻进，控制钻进速度，直至钻到反应釜的底部。对纯水合物钻探的目的有两个，一是得出纯水合物的可钻级别；二是根据布置在反应釜底部的三个温度传感器测得水合物的导热系数。这种情况下不需要循环泥浆，产生的气体经出气口收集到空钢瓶。
- ⑥ 将沙子、粘土、细小岩屑、蒸馏水放到反应釜中并压实（当然有孔隙）填充到反应釜总高度的 3/4 处或更高一点。按第一部分部分①②③步骤生成天然气水合物，停止通气，维持温度和压力不变，开动微型钻机对其钻进，控制钻进速度，直至钻到反应釜的底部。钻探过程中通过钻杆注入循环介质，对流出反应釜的气液混合流体进行分离，通过测量分离出的气体量可以分析哪种类型的泥浆有利于钻进控制，通过微钻上的钻压、转速传感器以及泥浆泵上的流量传感器可以分析哪种钻进工艺参数是比较合理的。
- ⑦ 根据采集到的温度压力流量数据来建立和验证天然气水合物的热压力模型，找到一个比较通用的模型以此来指导未来的天然气水合物勘探与开采。

本发明它可满足多种科学试验研究，具有功能齐全、自动化程度高、研究领域广泛、代表性强等优点。该套装置将试验装置与微型钻台有机地结合在一起，对模拟实际钻井条件，进行天然气水合物的勘探和开发研究具有重大的实际意义和科学意义。同时，它还能进行天然气水合物的合成、分解试验，可用于天然气水合物成矿特征、条件等地质学研究，并可用于输油气管道水合物堵塞和天然气水合物储运新方法研究。

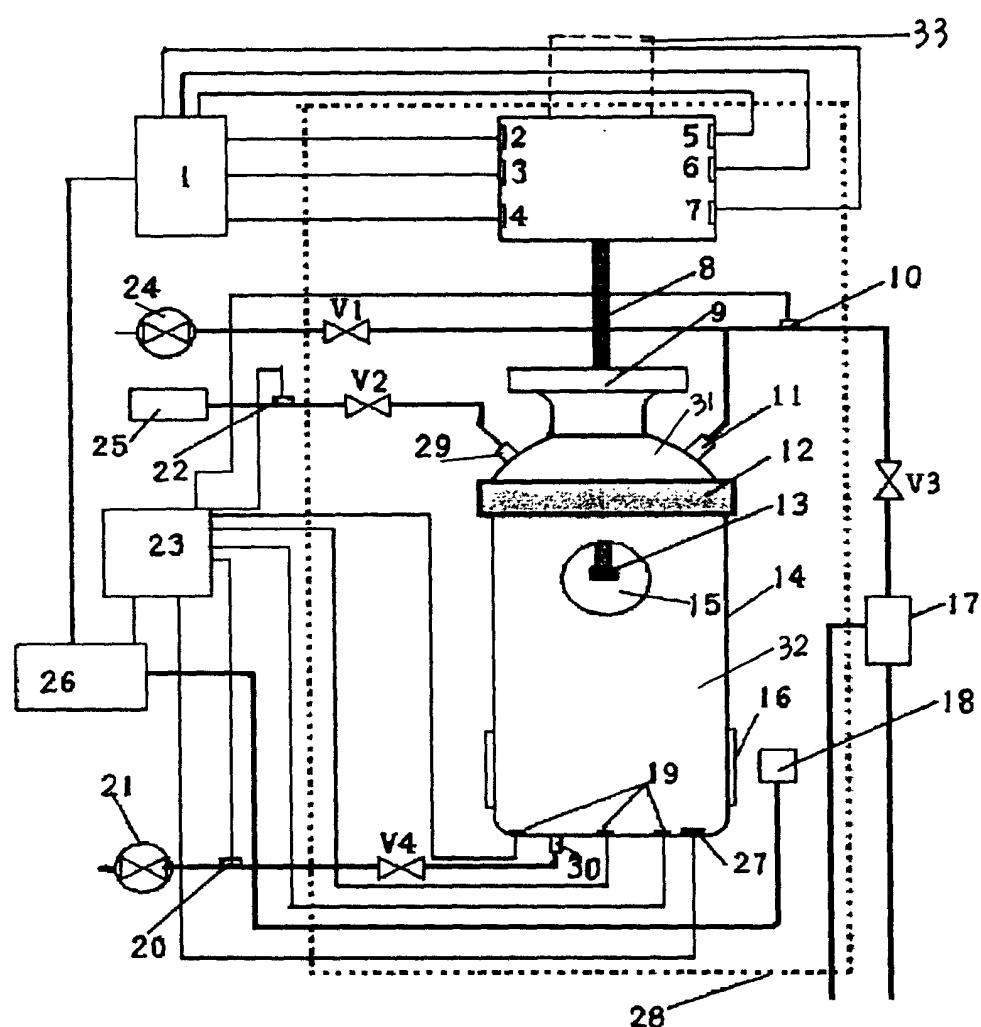


图 1

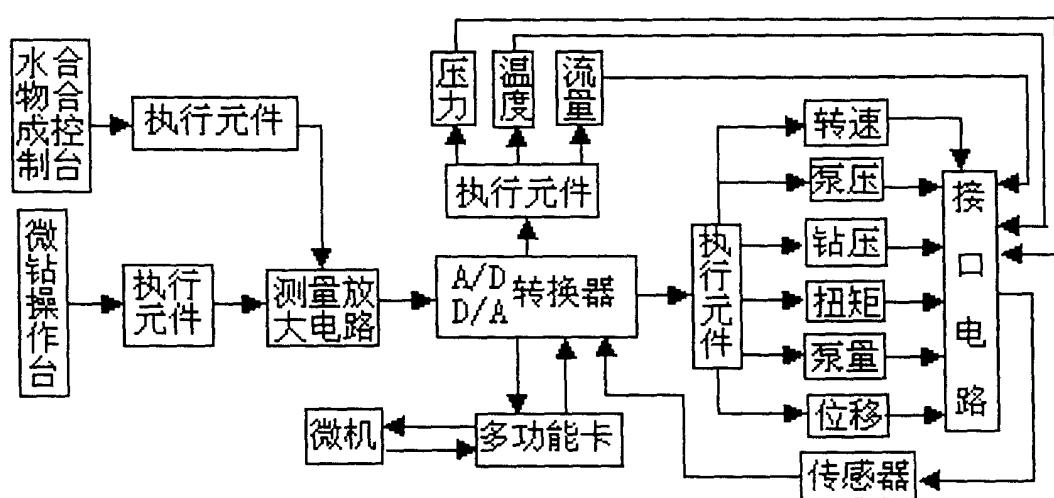


图 2

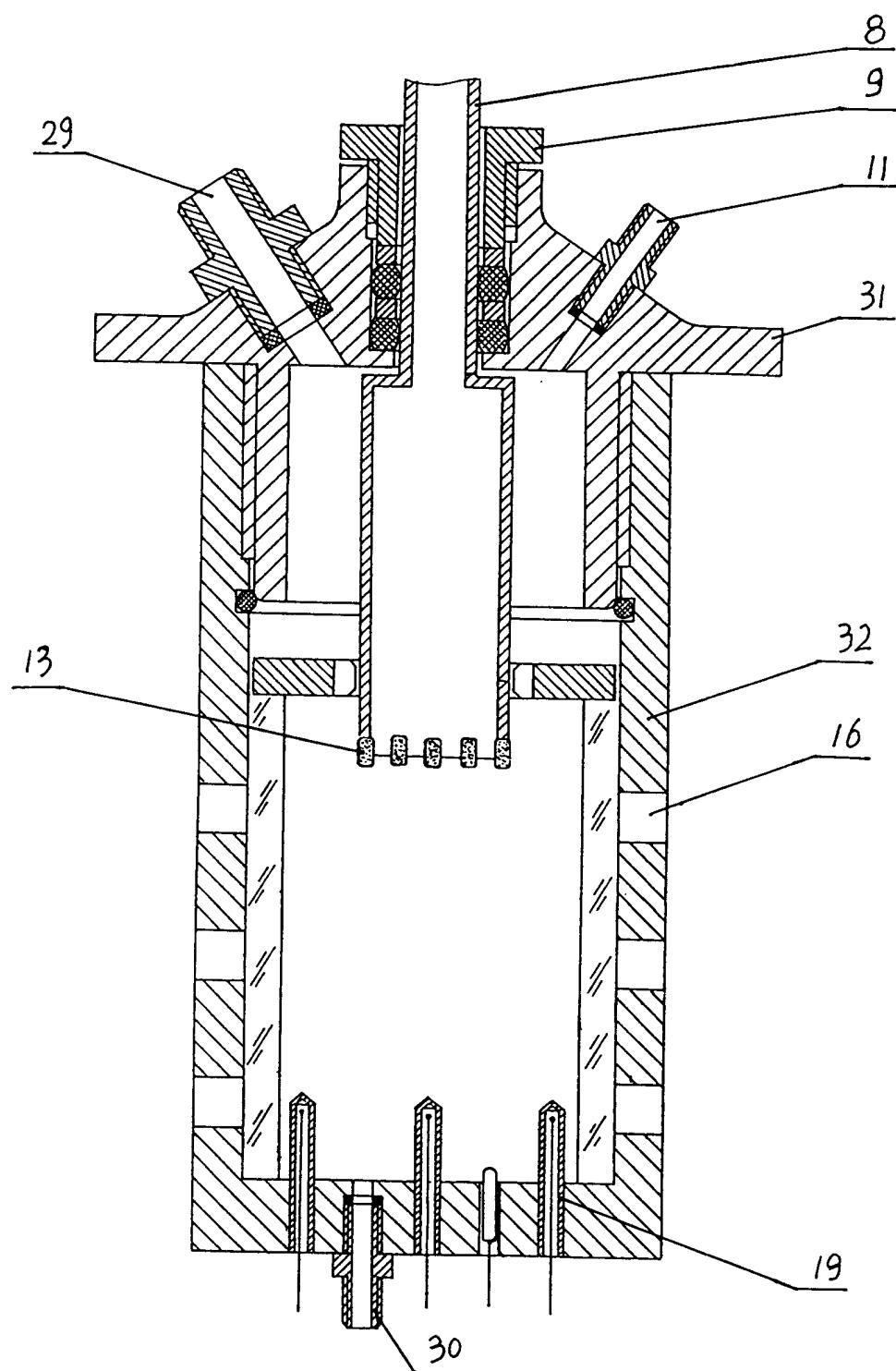


图 3