



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103234894 A

(43) 申请公布日 2013.08.07

(21) 申请号 201310116589.7

(22) 申请日 2013.04.03

(71) 申请人 中国石油大学(华东)

地址 266580 山东省青岛市经济技术开发区
长江西路 66 号

(72) 发明人 唐晓 李强 李焰

(74) 专利代理机构 北京汇泽知识产权代理有限公司 11228

代理人 张瑾

(51) Int. Cl.

G01N 17/02 (2006.01)

G01N 3/56 (2006.01)

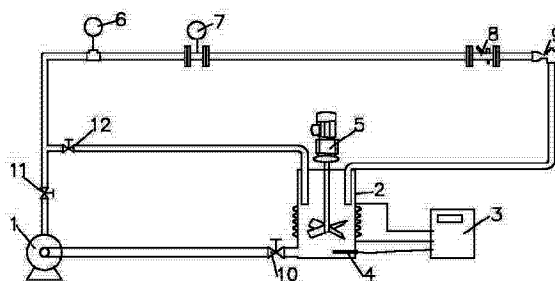
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种多相流冲刷局部腐蚀测试装置

(57) 摘要

本发明涉及一种多相流冲刷局部腐蚀测试装置,该装置包括矿浆泵、料浆罐、搅拌器、压力表、电磁流量计、管流冲刷管段、射流冲刷管段、热电偶、低温恒温循环器;其特征在于:料浆罐上方设搅拌器,料浆罐内设热电偶,热电偶与低温恒温循环器相连,料浆罐底端通过供液管连接至矿浆泵,供液管上设球阀;矿浆泵出口管路设第一截止阀,矿浆泵出口管路通过第一截止阀后分为两路,一路经过第二截止阀后返回料浆罐,另一路经压力表、电磁流量计、管流冲刷管段、射流冲刷管段后返回料浆罐。本发明综合了管流、射流冲刷腐蚀试验机的特点,可同时或单独开展管流冲刷和射流冲刷局部腐蚀试验,具有体积小,结构简单,制作成本低,操作性好的特点。



1. 多相流冲刷局部腐蚀测试装置,包括矿浆泵、料浆罐、搅拌器、压力表、电磁流量计、管流冲刷管段、射流冲刷管段、热电偶、低温恒温循环器;其特征在于:料浆罐上方设搅拌器,料浆罐内设热电偶,热电偶与低温恒温循环器相连,料浆罐底端通过供液管连接至矿浆泵,供液管上设球阀;矿浆泵出口管路设第一截止阀,矿浆泵出口管路通过第一截止阀后分为两路,一路经过第二截止阀后返回料浆罐,另一路经压力表、电磁流量计、管流冲刷管段、射流冲刷管段后返回料浆罐。

2. 根据权利要求1所述的多相流冲刷局部腐蚀测试装置,其特征在于:管流冲刷管段包括有机玻璃管,有机玻璃管的两端带有法兰;有机玻璃管上设有管流工作电极安装管、管流辅助电极安装管及管流参比电极安装管;管流辅助电极安装管与管流工作电极安装管相对设置,两者的轴线相重合;有机玻璃管的轴线、管流参比电极安装管的轴线、管流工作电极安装管的轴线处于同一平面内,管流工作电极安装管的轴线垂直于有机玻璃管的轴线,管流参比电极安装管与管流工作电极安装管在同一侧,管流工作电极由待试验材料加工而成,管流工作电极的下端面为与有机玻璃管内径弧度相同的弧面,管流工作电极通过管流工作电极螺帽压紧;管流参比电极安装在管流参比电极安装管内并通过管流参比电极螺帽压紧;管流参比电极安装管内靠近有机玻璃管的一端装有管流多孔材料,管流参比电极与管流多孔材料之间形成空隙,空隙内加注 KCl 溶液;管流辅助电极选用碳棒,碳棒一端加工成与有机玻璃管内壁弧度相同的弧面,通过硅橡胶固定在管流辅助电极安装管内。

3. 根据权利要求1-2所述的多相流冲刷局部腐蚀测试装置,其特征在于:射流冲刷管段,包括喷头、射流腔室、射流试样架、螺盖、橡胶垫片、紧固螺母;喷头的轴线与射流腔室的轴线正交,喷头的一端设有内螺纹,喷头的另一端设有外螺纹,射流腔室侧壁设有内螺纹,喷头通过内螺纹与装置来流管路连接,喷头与射流腔室侧壁螺纹连接;喷头外螺纹端外径一定,喷头开孔内径大小依据试验需求选取;标距螺母与喷头外螺纹端相配合,喷头外螺纹端端面开有喷头开槽,喷头开槽通过喷头壁内的通道与外部连通,喷头开槽、通道用于安装辅助电极,通道孔隙部分填注硅橡胶;射流腔室上设有射流参比电极安装管安装孔,射流参比电极管包括射流多孔材料、射流参比电极安装管、射流参比电极、射流参比电极螺帽,射流参比电极安装管通过螺纹固定在射流腔室的侧壁上,射流参比电极、射流多孔材料固定于射流电极安装管内,射流参比电极通过射流参比电极螺帽固定,并且射流参比电极、射流多孔材料之间形成空隙,射流多孔材料的端面与射流腔室的内侧面在同一弧面上,射流多孔材料和射流参比电极之间形成的空隙加注 KCl 溶液;射流试样架顶部为细轴、下部为电极固定座,射流试样架的电极固定座与射流试样架后盖通过两个后盖螺钉紧固,射流试样架的电极固定座与射流试样架后盖形成有用于安装射流工作电极的空腔,射流工作电极通过弹簧及试样架下方不锈钢螺钉固定并进行位置调节,射流工作电极可选用由待测试材料加工成的单一整体电极或丝束电极;射流试样架内有开孔与外部相连接,螺盖中部开有开孔、下部设有外螺纹,射流试样架穿过橡胶垫片、螺盖的开孔并通过紧固螺母紧固在螺盖上;射流试样架上部和螺盖开孔之间采用间隙配合,螺盖下部通过外螺纹与射流腔室紧固。

4. 根据权利要求1-3所述的多相流冲刷局部腐蚀测试装置,其特征在于:有机玻璃管的内径与前后连接管路的内径相同。

5. 根据权利要求1-4所述的多相流冲刷局部腐蚀测试装置,其特征在于:法兰沿圆周方向均匀开设12个孔,管流冲刷段通过6个螺栓与前后管路法兰相连接、紧固。

6. 根据权利要求 1-5 所述的多相流冲刷局部腐蚀测试装置,其特征在于:管流工作电极放入电极安装管部分周向缠缚生料带。

7. 根据权利要求 1-6 所述的多相流冲刷局部腐蚀测试装置,其特征在于:辅助电极为铂丝。

8. 根据权利要求 1-7 所述的多相流冲刷局部腐蚀测试装置,其特征在于:管流参比电极安装管的轴线、管流工作电极安装管的轴线两者呈 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 夹角。

9. 根据权利要求 1-8 所述的多相流冲刷局部腐蚀测试装置,其特征在于:管流参比电极选用常用的微型 Ag/AgCl 参比电极。

10. 根据权利要求 1-9 所述的多相流冲刷局部腐蚀测试装置,其特征在于:射流试样架上部细轴外表面轴向均匀分布有四条刻线,其中两条位于安装后的射流工作电极表面所在的平面上,另外两条位于同前述平面垂直的平面上。

一种多相流冲刷局部腐蚀测试装置

技术领域

[0001] 本发明属于冲刷腐蚀研究技术领域,具体地,涉及一种多相流冲刷局部腐蚀测试装置。

背景技术

[0002] 冲刷腐蚀是金属表面与腐蚀流体之间由于高速相对运动而引起的金属损坏现象,是材料受冲刷和腐蚀协同作用的结果,是一种危害性较大的局部腐蚀。冲刷腐蚀广泛存在于各类工业过程中,暴露在运动流体中的设备如管线、管件、泵的过流部件等,都会不同程度遭受到冲刷腐蚀的破坏,尤其是在含固相颗粒的双相流或多相流中,破坏更为严重。多相流冲刷腐蚀是一个非常复杂的过程,受到流体力学因素、材料因素、两相流体中的固相颗粒因素、液相方面因素等多方面因素影响,这些因素交织在一起,影响材料冲刷腐蚀性能。

[0003] 为了研究材料的耐冲刷腐蚀性能,最理想的方式是在现场条件下开展试验研究,然而现场试验经济耗费较大且不利于操作,为此研究人员经常依靠在实验室内试验机上开展的冲刷腐蚀试验获得材料的数据信息。目前常用的冲刷腐蚀试验机包括旋转电极式试验机、射流冲刷试验机、管流循环试验机、科里奥利冲蚀试验机等,各类试验机都有各自的优缺点,适合于特定的工况的研究。当前用于冲刷腐蚀研究的各类试验机及研究方法主要关注于从整体的角度探究流动参数、介质、材料等单因素变量对冲刷腐蚀的影响及冲刷腐蚀的作用机理。而冲刷腐蚀是一种局部腐蚀,金属材料的电化学特征在局部是不均匀分布的,目前的试验机及采用的电化学测试手段如动电位扫描法、线性极化、电化学交流阻抗谱等都只能获取整个样品表面的电化学信息,给出的是统计平均的数据,无法对冲刷腐蚀样品局部区域的电化学信号进行区分,进而在冲刷局部腐蚀的研究中表现出一定的局限性。

发明内容

[0004] 为了解决上述存在的问题,本发明的目的在于提供一种多相流冲刷局部腐蚀测试装置,该装置综合了以往管流、射流冲刷腐蚀试验机的特点,既能开展常规的试验测试探究冲刷腐蚀的作用机制,又能开展冲刷局部腐蚀的测试表征。

[0005] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:

一种多相流冲刷局部腐蚀测试装置,包括矿浆泵、料浆罐、搅拌器、压力表、电磁流量计、管流冲刷管段、射流冲刷管段、热电偶、低温恒温循环器;其特征在于:料浆罐上方设搅拌器,料浆罐内设热电偶,热电偶与低温恒温循环器相连,料浆罐底端通过供液管连接至矿浆泵,供液管上设球阀;矿浆泵出口管路设第一截止阀,矿浆泵出口管路通过第一截止阀后分为两路,一路经过第二截止阀后返回料浆罐,另一路经压力表、电磁流量计、管流冲刷管段、射流冲刷管段后返回料浆罐。

[0006] 优选地,管流冲刷管段包括有机玻璃管,有机玻璃管的两端带有法兰;有机玻璃管上设有管流工作电极安装管、管流辅助电极安装管及管流参比电极安装管;管流辅助电极安装管与管流工作电极安装管相对设置,两者的轴线相重合;有机玻璃管的轴线、管流参比

电极安装管的轴线、管流工作电极安装管的轴线处于同一平面内,管流工作电极安装管的轴线垂直于有机玻璃管的轴线,管流参比电极安装管与管流工作电极安装管在同一侧,管流工作电极由待试验材料加工而成,管流工作电极的下端面为与有机玻璃管内径弧度相同的弧面,管流工作电极通过管流工作电极螺帽压紧;管流参比电极安装在管流参比电极安装管内并通过管流参比电极螺帽压紧;管流参比电极安装管内靠近有机玻璃管的一端装有管流多孔材料,管流参比电极与管流多孔材料之间形成空隙,空隙内加注 KCl 溶液;管流辅助电极选用碳棒,碳棒一端加工成与有机玻璃管内壁弧度相同的弧面,通过硅橡胶固定在管流辅助电极安装管内。

[0007] 优选地,射流冲刷管段,包括喷头、射流腔室、射流试样架、螺盖、橡胶垫片、紧固螺母;喷头的轴线与射流腔室的轴线正交,喷头的一端设有内螺纹,喷头的另一端设有外螺纹,射流腔室侧壁设有内螺纹,喷头通过内螺纹与装置来流管路连接,喷头与射流腔室侧壁螺纹连接;喷头外螺纹端外径一定,喷头开孔内径大小依据试验需求选取;标距螺母与喷头外螺纹端相配合,喷头外螺纹端端面开有喷头开槽,喷头开槽通过喷头壁内的通道与外部连通,喷头开槽、通道用于安装辅助电极,通道孔隙部分填注硅橡胶;射流腔室上设有射流参比电极安装管安装孔,射流参比电极管包括射流多孔材料、射流参比电极安装管、射流参比电极、射流参比电极螺帽,射流参比电极安装管通过螺纹固定在射流腔室的侧壁上,射流参比电极、射流多孔材料固定于射流电极安装管内,射流参比电极通过射流参比电极螺帽固定,并且射流参比电极、射流多孔材料之间形成空隙,射流多孔材料的端面与射流腔室的内侧面在同一弧面上,射流多孔材料和射流参比电极之间形成的空隙加注 KCl 溶液;射流试样架顶部为细轴、下部为电极固定座,射流试样架的电极固定座与射流试样架后盖通过两个后盖螺钉紧固,射流试样架的电极固定座与射流试样架后盖形成有用于安装射流工作电极的空腔,射流工作电极通过弹簧及试样架下方不锈钢螺钉固定并进行位置调节,射流工作电极可选用由待测试材料加工成的单一整体电极或丝束电极;射流试样架内有开孔与外部相连接,螺盖中部开有开孔、下部设有外螺纹,射流试样架穿过橡胶垫片、螺盖的开孔并通过紧固螺母紧固在螺盖上;射流试样架上部和螺盖开孔之间采用间隙配合,螺盖下部通过外螺纹与射流腔室紧固。

[0008] 优选地,有机玻璃管的内径与前后连接管路的内径相同。

[0009] 优选地,法兰沿圆周方向均匀开设 12 个孔,管流冲刷段通过 6 个螺栓与前后管路法兰相连接、紧固

优选地,管流工作电极放入电极安装管部分周向缠缚生料带。

[0010] 优选地,辅助电极为铂丝。

[0011] 优选地,管流参比电极安装管的轴线、管流工作电极安装管的轴线两者呈 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 夹角。

[0012] 优选地,管流参比电极选用常用的微型 Ag/AgCl 参比电极。

[0013] 优选地,射流试样架上部细轴外表面轴向均匀分布有四条刻线,其中两条位于安装后的射流工作电极表面所在的平面上,另外两条位于同前述平面垂直的平面上。

[0014] 本发明的优点与积极效果为:本发明综合了管流、射流冲刷腐蚀试验机的特点,可同时或单独开展管流冲刷和射流冲刷局部腐蚀试验,利用该多相流冲刷局部腐蚀测试装置连接电化学仪器并结合 CFD 数值模拟可以对多相流冲刷局部腐蚀进行深入研究,具有体积

小,结构简单,制作成本低,操作性好的特点。

附图说明

[0015] 图 1 为本发明测试装置的结构示意图;

图 2 为图 1 中的管流冲刷管段示意图;

图 3 为图 2 中的法兰示意图;

图 4 为图 1 中的射流冲刷管段示意图;

图 5 为图 4 中的射流试样架及相关部件的结构示意图;

图 6 为图 4 中射流参比电极管的结构示意图;

其中:1、矿浆泵,2、料浆罐,3、低温恒温循环器,4、热电偶,5、搅拌器,6、压力表,7、电磁流量计,8、管流冲刷管段,801、法兰;802、有机玻璃管,803、管流参比电极安装管,804、管流参比电极,805、管流参比电极螺帽,806、管流多孔材料,807、管流工作电极安装管,808、管流工作电极,809、管流工作电极螺帽,810、管流辅助电极安装管,811、管流辅助电极,9、射流冲刷管段,901、喷头,902、辅助电极,903、喷头开槽,904、射流参比电极管,9041、射流多孔材料,9042、射流参比电极安装管,9043、射流参比电极,9044、射流参比电极螺帽,905、射流参比电极安装管安装孔,906、标距螺母,907、紧固螺母,908、螺盖,909、橡胶垫片,910、射流腔室,911、射流试样架,912、射流试样架后盖,913、弹簧,914、后盖螺钉,915、射流工作电极,916、射流工作电极引线,917、不锈钢螺钉,10、球阀,11、第一截止阀,12、第二截止阀。

具体实施方式

[0016] 下面结合附图对本发明作进一步详述。

[0017] 如图 1 所示,多相流冲刷局部腐蚀测试装置,包括矿浆泵 1、料浆罐 2、搅拌器 5、压力表 6、电磁流量计 7、管流冲刷管段 8、射流冲刷管段 9、热电偶 4、低温恒温循环器 3;料浆罐 2 用于盛装试验用介质,料浆罐 2 上方设搅拌器 5,用于对料浆罐 2 内的介质进行搅拌;料浆罐 2 内设热电偶 4,热电偶 4 与低温恒温循环器 3 相连,热电偶 4 监测料浆罐 2 内介质的温度,低温恒温循环器 3 根据热电偶 4 测得的数值控制自身的工作状态进而调节料浆罐 2 内的介质温度;料浆罐 2 底端通过供液管连接至矿浆泵 1,供液管上设球阀 10;测试开始前球阀 10 处于关闭状态,搅拌器 5 对料浆罐 2 内的介质预搅拌,待试验开始时打开球阀 10;矿浆泵 1 出口管路设第一截止阀 11,用于调节测试管路中介质流量,从而对流速进行调节;矿浆泵 1 出口管路通过第一截止阀 11 后分为两路,一路经过第二截止阀 12 后返回料浆罐 2,另一路经压力表 6、电磁流量计 7、管流冲刷管段 8、射流冲刷管段 9 后返回料浆罐;第二截止阀用于流量的辅助调节;压力表 6 用于检测管路内的压力,电磁流量计 7 则实时显示管路中介质的流量及流速,管流冲刷管段可开展不同介质、不同流速、管路不同角度位置处的管流冲刷腐蚀测试,射流冲刷管段用于开展不同介质、不同流速、不同冲角下的射流冲刷局部腐蚀的表征。

[0018] 如图 2 所示,管流冲刷管段 8 包括有机玻璃管 802,有机玻璃管 802 的内径与前后连接管路的内径相同,有机玻璃管 802 的两端带有法兰 801;有机玻璃管 802 上设有管流工作电极安装管 807、管流辅助电极安装管 810 及管流参比电极安装管 803;管流辅助电极安装管 809 与管流工作电极安装管 807 相对设置,两者的轴线相重合;有机玻璃管 802 的轴

线、管流参比电极安装管 803 的轴线、管流工作电极安装管 807 的轴线处于同一平面内,管流工作电极安装管 807 的轴线垂直于有机玻璃管 802 的轴线,管流参比电极安装管 803 与管流工作电极安装管 807 在同一侧,且管流参比电极安装管 803 的轴线、管流工作电极安装管 807 的轴线两者呈 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 夹角;管流工作电极 808 由待试验材料加工而成,管流工作电极 808 的下端面为与有机玻璃管 802 内径弧度相同的弧面,为确保仅该弧面接触管内流体,管流工作电极 808 放入电极安装管部分周向缠缚生料带,管流工作电极 808 通过管流工作电极螺帽 809 压紧;管流参比电极 804 选用常用的微型 Ag/AgCl 参比电极,管流参比电极 804 安装在管流参比电极安装管 803 内并通过管流参比电极螺帽 805 压紧;管流参比电极安装管 803 内靠近有机玻璃管的一端装有管流多孔材料 806,管流参比电极 804 与管流多孔材料 806 之间形成空隙,空隙内加注一定浓度的 KCl 溶液;管流辅助电极 811 选用碳棒,碳棒一端加工成与有机玻璃管 802 内壁弧度相同的弧面,通过硅橡胶固定在管流辅助电极安装管 810 内。法兰 802 沿圆周方向均匀开设 12 个孔,管流冲刷段通过 6 个螺栓与前后管路法兰相连接、紧固。试验测试时,可以通过使不同的孔相对应,实现工作电极绕有机玻璃管轴线相对于水平面 $\pm 90^{\circ}$ 间的调节,调节间隔是 30° ,如图 3 所示。

[0019] 如图 4 所示,射流冲刷管段 9,包括喷头 901、射流腔室 910、射流试样架 911、螺盖 908、橡胶垫片 909、紧固螺母 907;喷头 901 的轴线与射流腔室 910 的轴线正交,喷头 901 的一端设有内螺纹,喷头 901 的另一端设有外螺纹,射流腔室 909 侧壁设有内螺纹,喷头 901 通过内螺纹与装置来流管路连接,喷头 901 与射流腔室 909 侧壁螺纹连接;喷头 901 外螺纹端外径一定,喷头 901 开孔内径大小依据试验需求选取;标距螺母 906 与喷头 901 外螺纹端相配合,标距螺母 905 可控制喷头 901 的旋入量,可通过调节外螺纹旋入量控制喷头 901 出口与射流工作电极 915 间的位置关系,同时标距螺母 905 起到加固喷头 901 与射流腔室 910 之间的连接的作用;喷头 901 外螺纹端端面开有喷头开槽 903,喷头开槽 903 通过喷头 901 壁内的通道与外部连通,喷头开槽 903、通道用于安装辅助电极 902,辅助电极为铂丝,通道孔隙部分填注硅橡胶。射流腔室 909 上设有射流参比电极安装管安装孔 905,用于安装射流参比电极管 904。如图 6 所示,射流参比电极管 904 包括射流多孔材料 9041、射流参比电极安装管 9042、射流参比电极 9043、射流参比电极螺帽 9044,射流参比电极安装管 9042 通过螺纹固定在射流腔室 910 的侧壁上,射流参比电极 9043、射流多孔材料 9041 固定于射流电极安装管内,射流参比电极 9043 通过射流参比电极螺帽 9044 固定,并且射流参比电极 9043、射流多孔材料 9041 之间形成空隙,射流多孔材料 9041 的端面与射流腔室的内侧面在同一弧面上,射流多孔材料 9041 和射流参比电极 9043 之间形成的空隙加注一定浓度的 KCl 溶液。射流试样架 911 顶部为细轴、下部为电极固定座,射流试样架 911 的电极固定座与射流试样架后盖 912 通过两个后盖螺钉 914 紧固,射流试样架 911 的电极固定座与射流试样架后盖 912 形成有用于安装射流工作电极 915 的空腔,射流工作电极 915 通过弹簧 913 及试样架下方不锈钢螺钉 917 固定并进行位置调节,射流工作电极可选用由待测试材料加工成的单一整体电极或丝束电极。射流试样架 911 内有开孔与外部相连接,便于引出射流工作电极引线 916。螺盖 908 中部开有开孔、下部设有外螺纹,射流试样架 911 穿过橡胶垫片 909、螺盖 908 的开孔并通过紧固螺母 907 紧固在螺盖 908 上。射流试样架 911 上部和螺盖 908 开孔之间采用间隙配合,射流试样架 911 可带动射流工作电极 915 绕螺盖轴线自由旋转,把电极表面与喷头 901 调节到需要的角度后旋紧紧固螺母 907 即可。螺盖 908 下部通过

外螺纹与射流腔室 910 紧固。射流试样架 911 上部细轴外表面轴向均匀分布有四条刻线,其中两条位于安装后的射流工作电极 915 表面所在的平面上,另外两条位于同前述平面垂直的平面上,四条刻线结合螺盖 908 上端的角度标注,可指示电极工作面与喷头之间的角度。

[0020] 根据试验需要,该装置连接电化学测试仪器后,可同时或单独开展管流冲刷及射流冲刷局部腐蚀测试。

[0021] 冲刷局部腐蚀的研究方法为:

主要是基于该多相流冲刷局部腐蚀测试装置结合电化学测试仪器及 CFD 数值模拟进行研究。

[0022] 其中,管流冲刷腐蚀的研究主要依靠装置中管流冲刷管段实现,将管流冲刷管段两端的法兰分别与前后管路的法兰不同的孔对应、连接,可实现工作电极在相对于水平面 $\pm 90^\circ$ 之间每隔 30° 做一步调整,开展每一个角度位置处的测试,利用失重测试、开路电位、电化学阻抗谱、极化曲线等测试方法可以很方便地测得一定介质和流速下工作电极表面在不同角度位置处的冲刷腐蚀失重及电化学信息,进而可以分析相应位置处的冲刷腐蚀机理。同时采用 CFD 数值模拟软件,基于管路形状构建几何模型,根据介质、流速等参数设定边界条件,可以获得管路截面不同位置处的流速、壁面剪切力等信息。将试验结果同数值模拟结果相对照,可以建立多相流冲刷条件下管路局部的冲刷腐蚀特性与流动参数的关系,进而深化多相流冲刷腐蚀的研究。

[0023] 射流冲刷局部腐蚀表征研究是结合射流冲刷管段及丝束电极实现,将丝束电极与微电极阵列测试仪器连接,可以测得在不同介质、不同流速、不同冲角下的腐蚀电位、电流分布,从而确知冲刷局部腐蚀参数在电极表面的分布情况。同时,可以将丝束电极的单个电极丝作为工作电极,连接电化学工作站开展开路电位、电化学阻抗谱测试,有助于分布局部的冲刷腐蚀机理。CFD 数值模拟研究与试验同步开展,参照试验结构及流体参数构建几何模型、设置流体及边界参数进行数值计算,将计算结果同丝束电极测试的电位、电流等信息对应,研究冲刷腐蚀状况与流速、壁面剪切力等流动参数之间的对应关系。

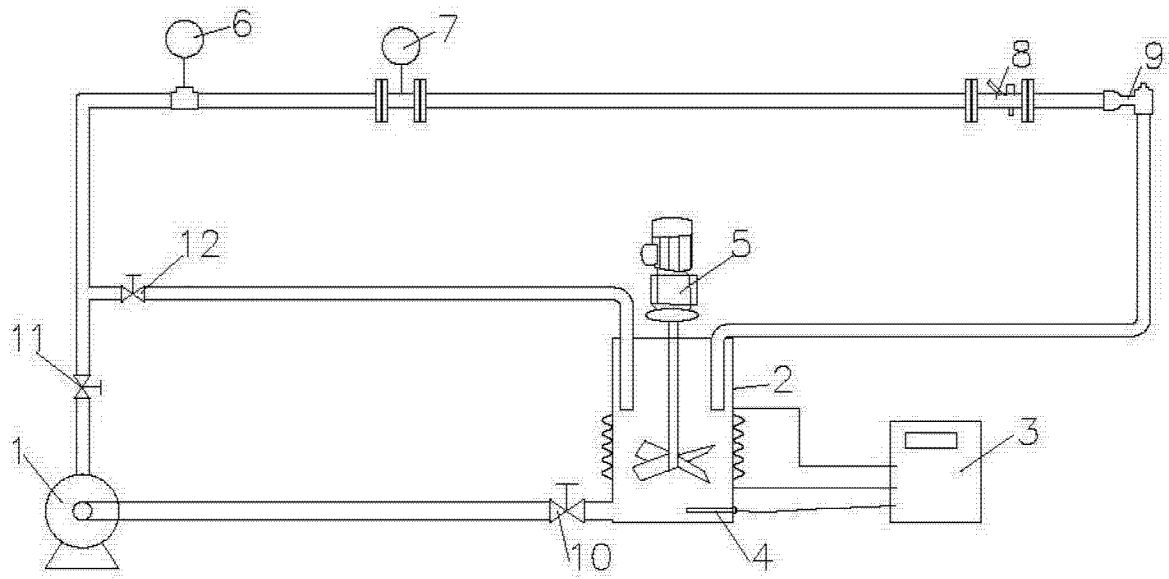


图 1

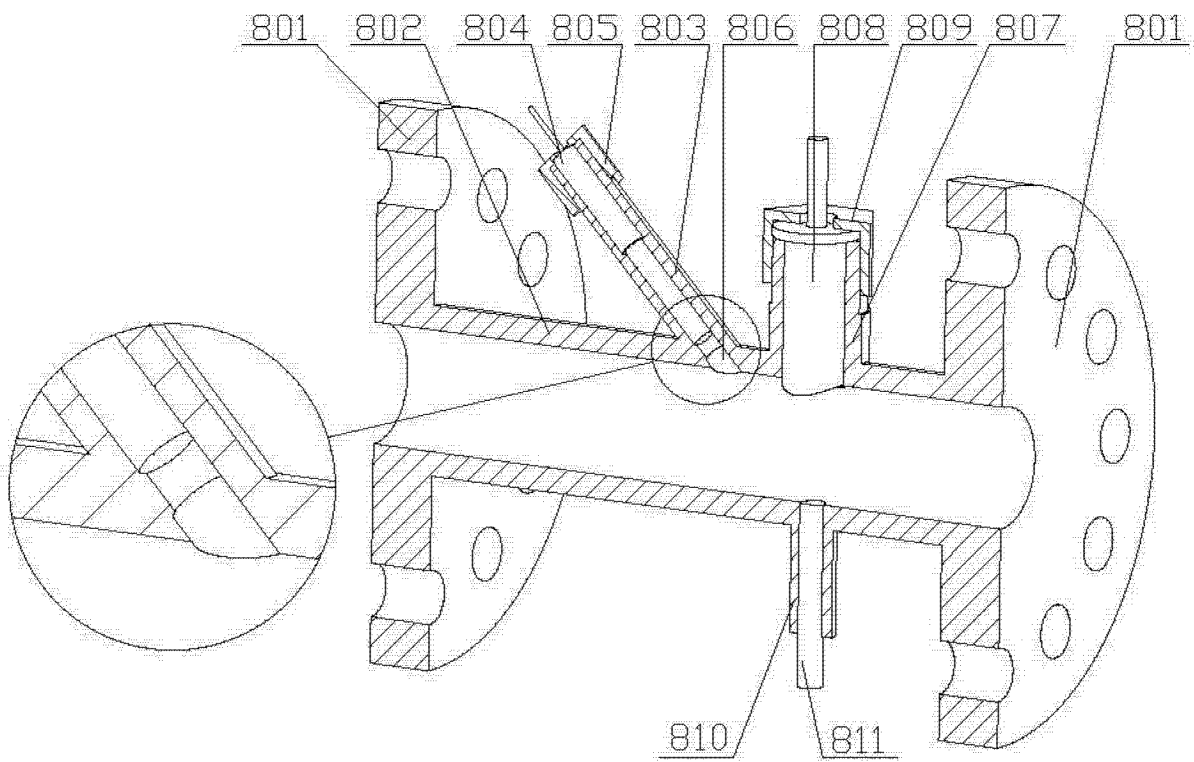


图 2

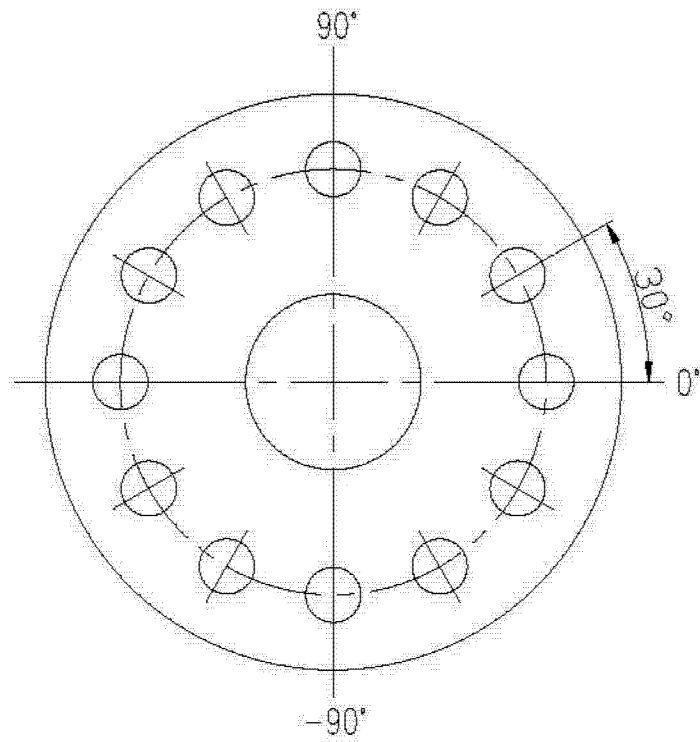


图 3

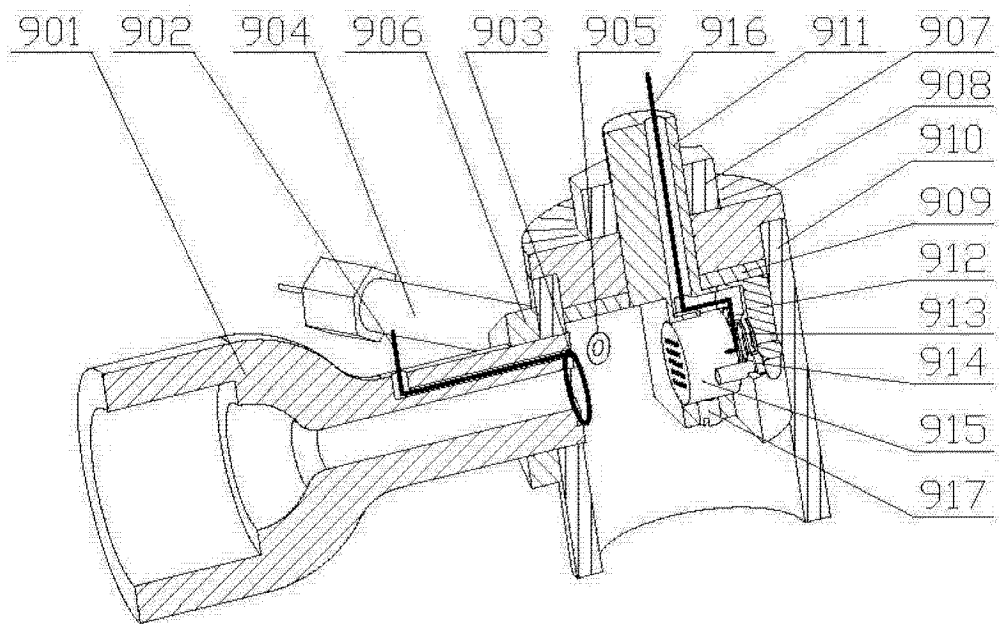


图 4

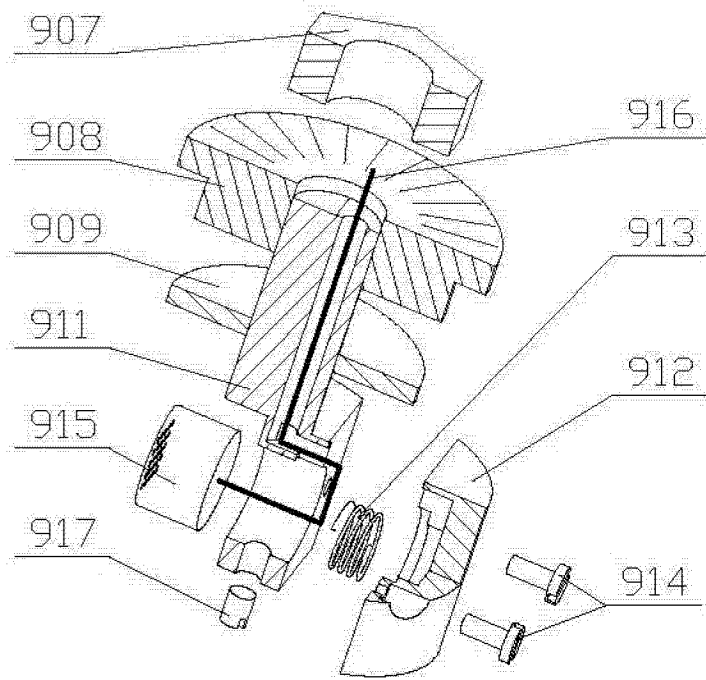


图 5

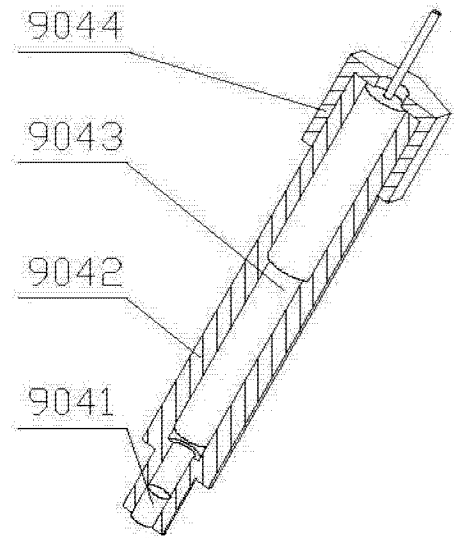


图 6