



青岛恒泰达机电设备有限公司

Qingdao Heng Taida Electromechanical Equipment Co. Ltd.

## 钻井液封堵性能评价仪

型号：HTD-PPA



使用手册

版本 1.0

请你仔细阅读《使用手册》，正确掌握本产品的安装和使用方法。阅读后请将本《使用手册》妥善保管，以备今后进行检修和维护时使用。

# 目录

- 一、仪器作用
- 二、技术参数
- 三、仪器结构
- 四、仪器操作
- 五、概述
- 六、仪器的维护与保养
- 七、故障排除与判定
- 八、电路图

## 一、仪器作用

井塌、井漏、油气层保护是制约钻井工程顺利进行的3大技术难题。对于层理、裂隙发育的地层,为防止地层井塌、漏失,减少对油气层的损害,要求钻井液具有强的封堵性,有效封堵地层层理、裂隙,阻止钻井液及其滤液进入地层,达到提高地层承压能力、稳定井壁、防止井漏、保护油气层的目的。钻井液封堵技术是钻井液性能评价的重要指标,关系到井眼稳定和储层保护,通过对封堵机理的分析和封堵评价方法的对比,认识到PPA 封堵评价方法更加科学合理。

钻井液封堵性能的实质是指:在一定温度和压力条件下,通过钻井液与井壁的动态接触提高近井壁环带的致密程度(降低渗透率),以减少滤液侵入深度和压力传递速度。其作用主要包括稳定井壁和减少储层损害。封堵从机理上分主要包括物理封堵和化学封堵,其中物理封堵是普遍研究的内容,即利用合理的固相颗粒分布附着在井壁形成相对致密内滤饼和外滤饼来实现;化学封堵与“逆渗透”(Reverse osmosis)相关,“逆渗透”即当利用半透膜把两种不同浓度的溶液隔开时,浓度较低的溶液中的溶剂(如水)自动地透过半透膜流向浓度较高的溶液,直到化学位平衡为止的现象,钻井液利用该原理可实现延缓孔隙压力传递速度、延长泥页岩坍塌周期的目的。

钻井液物理封堵作用:在一定压力条件下,钻井液渗透进入井壁的同时,一部分固相物质进入井壁的孔隙或裂缝中沉积并形成内滤饼,降低了近井壁的渗透率;另外一部分固相物质被阻挡在井壁之外形成外滤饼。钻井液物理封堵技术本质就是通过内滤饼和外滤饼的共同作

用来实现降低滤液侵入深度的，与降滤失目的相同。钻井液的组成通常比较复杂，通常包括水、胶体物质（土）、盐类物质、降滤失剂、高分子聚合物、加重材料及其他化学添加剂，他们之间相互作用，其颗粒分布复杂。颗粒达到相当数量、呈现较稳定的颗粒分布且与地层孔隙或缝隙匹配，在一定温度和压力环境下以物理方式作用在井壁内外并压实才能达到理想的封堵效果。钻井液封堵性能测试仪是青岛恒泰达机电设备有限公司生产的一种测试钻井液渗透封堵性能的专用仪器。

渗透封堵仪（PPA）是一种改进的高温高压失水仪，通过使用不同规格孔渗滤芯介质进行封堵评价，所用滤芯通过严格生产工艺控制，性能稳定。同标准的高温高压失水仪一样，是国际钻井液行业通用的封堵评价方法。封堵仪是对500毫升高温高压失水仪标准的改进。它可以用于室外或实验室环境。在加热的过程中，不受过滤介质上沉淀粒子的干扰下，该仪器可以执行过滤测试。封堵仪在压力间隔下能够演示钻井液是怎么形成封锁耗损的低渗滤饼，并能防止产生压差卡钻。通常压差要远高于高温高压测试下的压差。

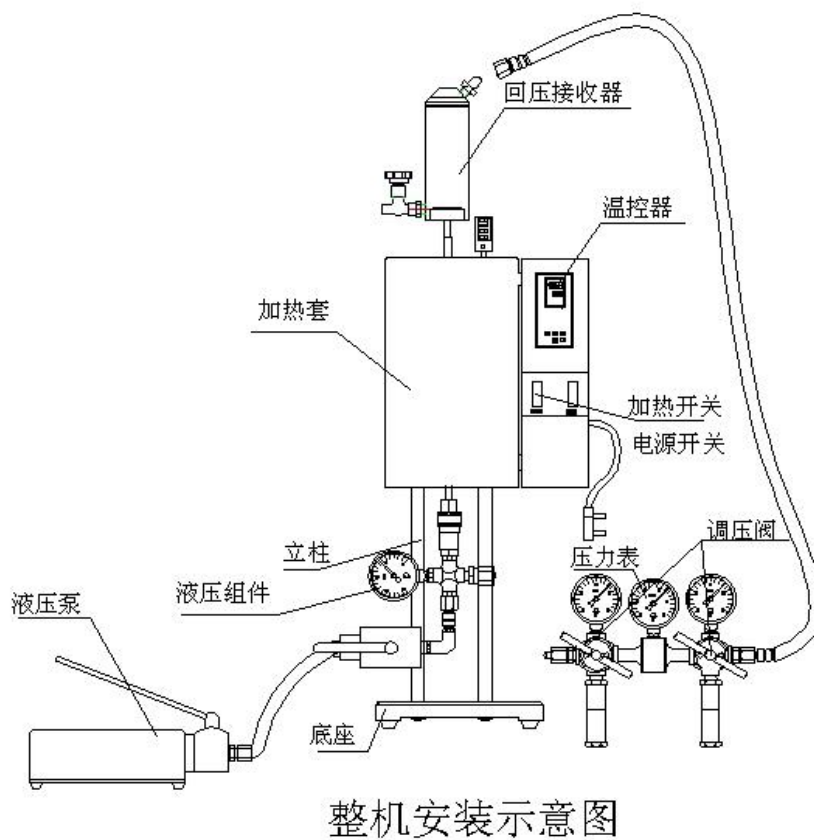
杯体配有一个实验用的杯盖，一个浮动的活塞和一个的刻线底盖。这杯体有一个比标准杯体要深的 1/4" (6.35 mm) 凹槽，用来放置滤芯。

## 二、技术参数

名称	技术参数
电源	220V ± 5% 50/60Hz
功率	1KW
工作温度	常温至 180℃
浆杯工作压力	≤20MPa

容量	500ml
有效失水面积	3.5in <sup>2</sup> (22.6 cm <sup>2</sup> )
气源	氮气、二氧化碳气体
油压	液压油

### 三、仪器结构



仪器主体设计具有以下两个优点：

- ①其滤失介质和滤液收集器位于仪器上端，下端加压，这与常规封堵滤失测定不同，目的是避免了加温过程中加重剂沉降在滤失介质上对滤失量可能产生的影响；
- ②采用液压，保证了高压安全性。

## 四、仪器操作

PPA 实验方法。PPA 实验方法与HTHP 滤失量滤失评价实验操作步骤类似，即在一定压差，温度条件下搜集滤液，由于篇幅所限不详细说明。标准压差7MPa（1000psi），也可以根据实际压力情况调整。

**警告：设置键“<<PF”“⌂”“□”非本厂技术人员严禁触碰。**

1. 将加热套和相应电压电源接通，将温度计插入温度计孔。将加热套加热至比选定的测量温度高10°F（6°C），在整个测试过程中用温控器保持温度恒定。
2. 将样品搅拌 10min。
3. 检查阀杆、浮动活塞、钻井液罐和端盖上的 O 型圈，更换损坏或变脆的 O 型圈。全部 O 型圈涂抹上高温油脂。在 150°C（300°F）以上的温度下实验后，应例行更换全部 O 型圈。
4. 钻井液罐螺纹、端盖螺纹涂抹防磨润滑油。应配戴防护手套。钻井液罐有应力断裂或严重点蚀迹象的钻井液罐体不应使用。
5. 砂盘处理

PPA 封堵实验通常采用圆形陶瓷砂盘作为滤失介质，过滤面积 22.6cm<sup>2</sup>（3.5in<sup>2</sup>），有多种孔渗规格。另外，也可使用金属封板、研磨砂盘作为过滤介质，砂盘不能重复使用。陶瓷砂盘规格见滤芯渗透率规格表1所示。

砂盘编号	平均孔喉 (um)		渗透率 (D)	
	新(压泵)	旧(气)	新(压泵)	旧(气)
12114301d	10	3	775mD	400mD
12114302d	12	5	850mD	750mD
12114303d	20	10	3D	2D
12114304d	40	20	8D	5D
12114305d	50	35	15D	10D
12114306d	55	60	20D	20D
12114307d	120	90	40D	100D
12114308d	---	150	---	180D
12114309d	---	190	---	---

表1

### 砂盘型号及参数

滤芯制作工艺稳定，质量控制严格，具有良好的实验重复性，如表2 实验数据，实验条件：滤芯编号12114301d、7MPa、120°C。

表2 重复性实验

实验次数	1 (min)	2.5 (min)	5 (min)	7.5 (min)	15 (min)	25 (min)	30 (min)	瞬时失水 (mL)	PPT 滤失量 (mL)	静态滤 失速率
1	4.8	5.0	5.0	5.3	5.6	6.4	6.8	7.6	13.6	1.1
2	3	3.2	4	4.6	5.6	6.2	6.6	5.2	13.2	1.5
3	3.2	3.6	4	4.6	5.5	6	6.6	5.2	13.2	1.5
4	3.2	3.4	4.2	4.5	5.4	6	6.8	4.4	13.6	1.7
5	3.0	3.2	4	4.5	5.4	6.2	6.6	4.8	13.2	1.5

实验前要用基液对陶瓷砂盘进行充分饱和，基液会根据所用实验

溶液有所不同（淡水、盐水、基础油等），饱和方法即将陶瓷砂盘浸泡在基液中直至充分饱和，根据实验验证，浸泡10min 可以充分饱和，验证数据如表3 所示。

表3 陶瓷砂盘饱和后质量数据

砂盘型号	干重 (g)	浸泡5min 后重量 (g)	浸泡10min 后重量 (g)	浸泡15min 后重量 (g)	浸泡20min 后重量 (g)
12114301d	41.82	48.35	48.39	48.43	48.44
12114302d	38.49	45.62	45.66	45.65	45.67
12114303d	36.47	44.93	44.97	44.98	44.98
12114305d	42.20	49.88	49.89	49.90	49.88
12114307d	45.46	50.86	51.02	51.01	50.09
12114308d	48.52	51.37	51.39	51.38	51.37
12114309d	19.39	50.87	51.20	51.23	51.20

## 6 . 组装 PPA 钻井液罐

(1) T 型扳手拧入活塞，并安装于钻井液罐中，上下活动活塞确保其移动自如，使 T 型扳手上的刻线与杯体顶部平齐，然后从活塞上拧下 T 型扳手。

(2) 使活塞至钻井液罐端的螺纹处，充满液压油。

(3) 拧入螺纹盖，用二销式螺帽扳手拧紧，不宜过紧。

(4) 液压油从端盖螺纹孔中流出，说明活塞与端盖之间没有气体。

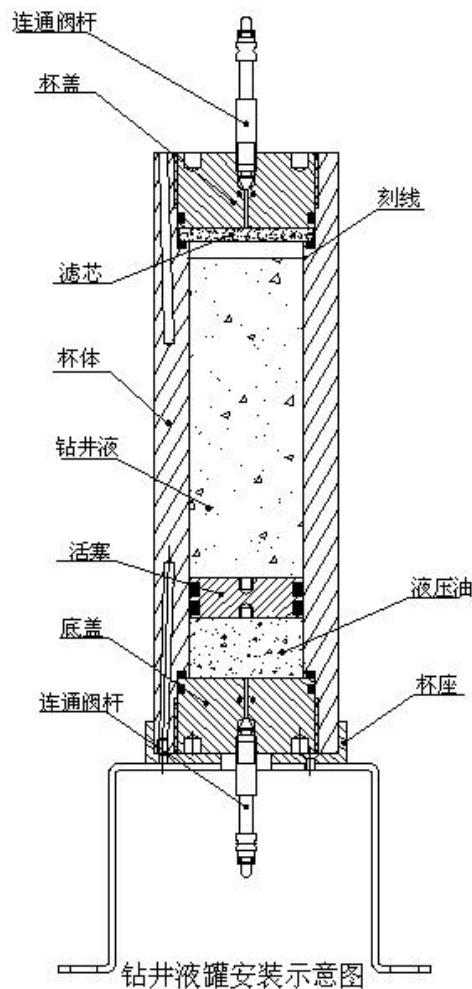
(5) 拧入带有快速接头的连通阀杆并拧紧。

(6) 另一端钻井液罐端朝上放置，加入经搅拌 10min 的钻井液加到罐



体刻线处位置。

- (7) 放入处理好的滤芯。拧入顶盖，用二销式螺帽扳手拧紧。
- (8) 拧入回压接收器阀杆。
- (9) 拉出钻井液罐支架，把标顶盖端的钻井液罐向上移入加热套中，并转动，使加热套底部的定位销座落于钻井液罐底部的孔中。插入温度计。
- (10) 液压组件的软管连接至刻线端盖处阀杆的快接接头处。
- (11) 回压接收器连接到顶盖处的阀杆上，并用锁销锁住。



## 7. 加热

(1) 当实验温度超过 93℃ (225°F) 时, 参见表 2 相应试验温度的回压值, 并利用液压泵向钻井液罐施加该压力。

**注: 要做超 100℃ 实验时, 需带 0.5MPa 压力加温。**

表 2: 各种试验温度的起始及钻井液罐加热压力或回压表

温度范围		加热压力或回压	
°C	°F	kPa	psi
低于 95	200	0	0
95—150	200—300	6900	100
151—175	301—350	10500	150
178—190	351—375	14000	200

(2) 当关闭的钻井液罐置于加热套中时, 罐中物质和液压油的热膨胀将导致钻井液罐内压力过高。室温下的钻井液罐置于热的加热套中时, 必须迅速连接泵, 以便排放液压液体。加热期间, 应定期排放过剩压力, 以控制钻井液罐内的压力。加温时间不宜超过 1h。

## 8. 滤失实验

(1) 钻井液罐内样品的温度达到所需温度时, 给钻井液罐内样品施加工作压力和回压 (参见表 2), 压差 1000PSI。

(2) 打开氮气瓶总阀, 打开连接回压接收器阀杆上的 T 型阀门。

(3) 开始试验前, 滤芯与回压收集器出口之间的空间和接收阀门必须填充基液。

(4) 拧开刻线端盖处阀杆, 开始试验。由泵的压力表读取的钻井液罐内压力。

(5) 实验开始后在1min、2.5min、5min、7.5min、15min、25min 和30min 用量筒收集滤液，并准确记录收集时间和体积，用于绘制滤液总体积与时间平方根的关系图和计算结果。

(5.1) 实验期间，应维持钻井液罐压力和收集器回压稳定。

(5.2) 30 min，关闭过滤阀门，将回压收集器剩余的全部滤液排放至量筒并记录。

## 9 拆卸仪器

(1) 断开加热套电源。

(2) 关闭总气源。关闭上阀杆。释放回压管线内压力。取下回压接收器上的定位销，取下回压接收器。

(3) 给液压泵泄压，直到压力表显示为零。关闭下阀杆。取下液压软管和快速接头。

(4) 取出钻井液罐，冷却到室温。

(5) 打开上阀杆，释放上端压力。确保钻井液罐内压力全部释放完。

(6) 用二销式螺帽扳手拆卸端盖。

(7) 拆卸滤芯。用清水轻轻的冲洗滤饼，然后测量并记录其厚度，并描述其状态。

(8) 倒出钻井液罐内剩余的钻井液。

(9) 用二销式螺帽扳手拆卸刻线端盖。

(10) 钻井液罐内的液压油倒入干净的烧杯中。

(11) T 型手柄拧入活塞，取出浮动活塞。

(12) 清洗并擦干钻井液罐及其零配件。

10、PPA 实验数据计算和处理。完成实验和数据记录后要对数据进行处理分析和计算结果。

①曲线绘制，图3 举例说明：

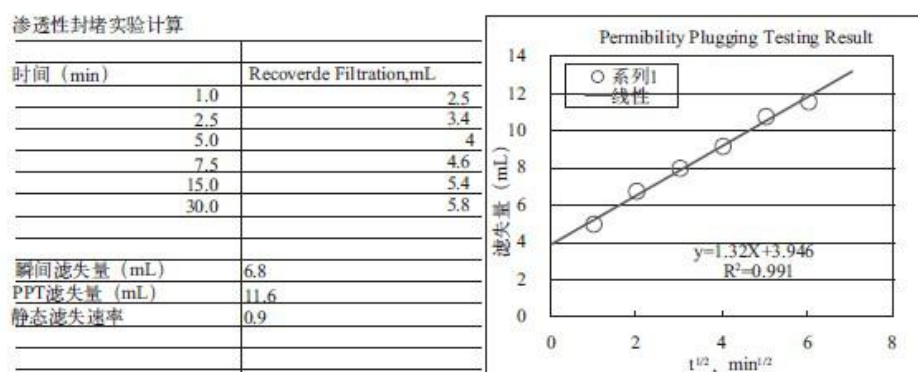


图 3 滤

### 液体积与时间平方根的关系图

该关系曲线可分析记录数据的相关性是否合理，以及滤失过程中封堵效果的变化。

②结果计算。最终需要计算三个结果

a.PPA 滤失量：

一、 PPA 体积按式 (1) 计算。

$$V_{PPA} = 2V_{30} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$V_{PPA}$ ——渗透封堵试验体积，单位为毫升 (mL)；

$V_{30}$ ——30min 滤液的体积，单位为毫升 (mL)。

二、瞬时失水

以过滤时间的平方根为 X 轴，滤液体积为 y 轴绘图，静态滤失率

曲线在 y 轴上的截距为瞬时失水。或用式 (2) 计算其近似值。

$$V_1 = 2 (V_{7.5} - (V_{30} - V_{7.5})) = 2(2V_{7.5} - V_{30}) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$V_1$ ——瞬时失水，单位为毫升 (mL)；

$V_{7.5}$ ——7.5min 的滤液体积，单位为毫升 (mL)。

三、静态滤失速率 (流动速度) 按式 (3) 计算。

$$V_{sf} = \frac{2(V_{30} - V_{7.5})}{2.739} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$V_{sf}$ ——静态滤失速率，单位为毫升每平方分钟 (mL/min<sup>2</sup>)；

#### 四、滤饼

测量并记录滤饼厚度，精确到0.5mm。描述状态，宜使用下列词汇描述泥饼状态，如厚、薄、虚、致密、坚硬柔韧、有弹性等。PPA 封堵实验实例。选用渤海常用PEC 钻井液体系作为实验样浆，所用滤芯渗透率分别2D 和5D，并与HTHP FL 试验对比，实验数据见表4、表5、表6。

表4 评价结果

	HTHP 滤失量 (mL)	2D 砂盘 PPT 滤失量 (mL)	5D 砂盘 PPT 滤失量 (mL)
原浆	15.8	34.8	18.4
+2% 封堵剂 A	10.6	26	20
+2% 封堵剂 B	9.8	22	15.6
+2% 封堵剂 C	11.2	27.6	21
+2% 封堵剂 D	9.2	14.8	18

热滚条件：80℃，16h。

实验条件：HTHP 滤失量：3.5MPa，80℃，30min；PPA：7MPa，80℃，30min。

表 5 2D 砂盘 PPT 评价结果

时间 (min)	1	7.5	15	30	瞬时失水 (mL)	PPT 滤失量 (mL)	静态滤失速率
原浆	6.8	11.2	14	17.4	10	34.8	4.5
+2% 封堵剂 A	5.4	8.4	10.4	13	7.6	26	3.4
+2% 封堵剂 B	4.8	7.6	8.8	11	8.4	22	2.5
+2% 封堵剂 C	6	9.6	11.2	13.8	10.8	27.6	3.1
+2% 封堵剂 D	3	5.2	5.8	7.4	6	14.8	1.6

表 6 5D 砂盘 PPT 评价结果

时间 (min)	1	7.5	15	30	瞬时失水 (mL)	PPT 滤失量 (mL)	静态滤失速率
原浆	2	5	6.6	9.2	1.6	18.4	3.1
+2% 封堵剂 A	3.4	5.8	7.6	10	3.2	20	3.1

时间 (min)	1	7.5	15	30	瞬时失水 (mL)	PPT 滤失量 (mL)	静态滤失速率
+2% 封堵剂 B	2.6	5	6	7.8	4.4	15.6	2
+2% 封堵剂 C	3.5	6	9	10.5	3	21	3.3
+2% 封堵剂 D	3	6.4	7.2	9	7.6	18	1.9

从PPA 实验数据结果分析：

① PPA 滤失量明显大于HTHP 滤失量，说明过滤介质对于滤失量有重要影响，单纯评价钻井液处理剂颗粒（外滤饼）的匹配程度不能真实反映钻井液在井下表现出的封堵性，应综合考察各种处理剂与地层

整体（内、外滤饼）的匹配程度。PPA 试验能够更加真实的评价封堵剂颗粒与地层的匹配程度，反映钻井液对地层的封堵性。

② HTHP 滤失和PPA 试验（2D 滤芯）试验结果显示，封堵剂ABCD都能够改善钻井液的封堵性能，降低滤失。然而，PPA 试验（5D 滤芯）发现，对于该渗透率的地层，加入封堵剂A、C 反而使滤失量增大。说明封堵剂的加入不一定能够降低滤失，粒度分布的变化可能引起封堵性朝不适于某些孔喉的趋势变化。不考虑地层的渗透性而仅评价封堵材料之间的复配性能，或者误判地层的渗透性，可能对钻井液封堵性能的评价和调整造成误导。

③该体系在使用了封堵剂A、B、C 后相对孔喉较大的5D 滤芯滤失量反而小于2D 滤芯；使用封堵剂D 后5D 滤芯滤失量大于2D 滤芯，说明封堵剂A、B、C 较封堵剂D 更适合封堵渗透率较大的地层（5D 滤芯），封堵剂D 相对适合封堵渗透率较小的地层（2D 滤芯），若地层渗透率未知，可考虑将封堵剂B、D 复配使用。

## 五、概述

（1）通过对钻井液封堵性能机理的分析可知：提高钻井液物理封堵能力与降低滤失量目的一致，物理封堵是通过天然材料和化学材料降低钻井液的侵入深度；

（2）通过对钻井液封堵性能评价方法的细节对比可知：PPA 封堵评价方法相对科学合理、数据重复性好；

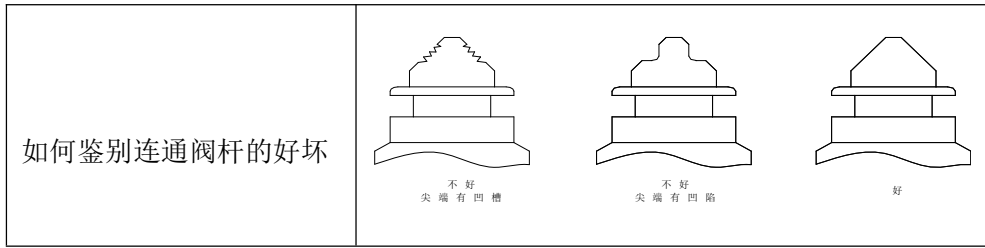
（3）通过PPA 封堵评价方法可得到信息量更大，更有利于深入研究钻井液的封堵性能。

## 六、仪器的维护与保养

- 1、清洗各部件并干燥待用，仪器置于干燥环境中。确保通气孔内清洁。“O”型圈和滤网未变形、无破损，密封面无损伤。
- 2、移动、维修或保养仪器时。要轻拿、轻放，以免造成部件变形影响精度和使用。
- 3、放置时要将调压手柄处于自由状态。调压手柄螺栓处，应定期旋下涂抹润滑脂，以免生锈，造成调压失灵。
- 4、调节压力时不能将压力调至超过压力表总量程的 2/3，逐渐加压，不得敲击压力表。
- 5、仪器使用结束后，应将各部件内的压力、气体释放干净。泄压后方可打开浆杯清洗干燥。
- 6、输气管禁止与腐蚀性介质接触，不得敲击和划伤。
- 7、气源严禁使用氧气。

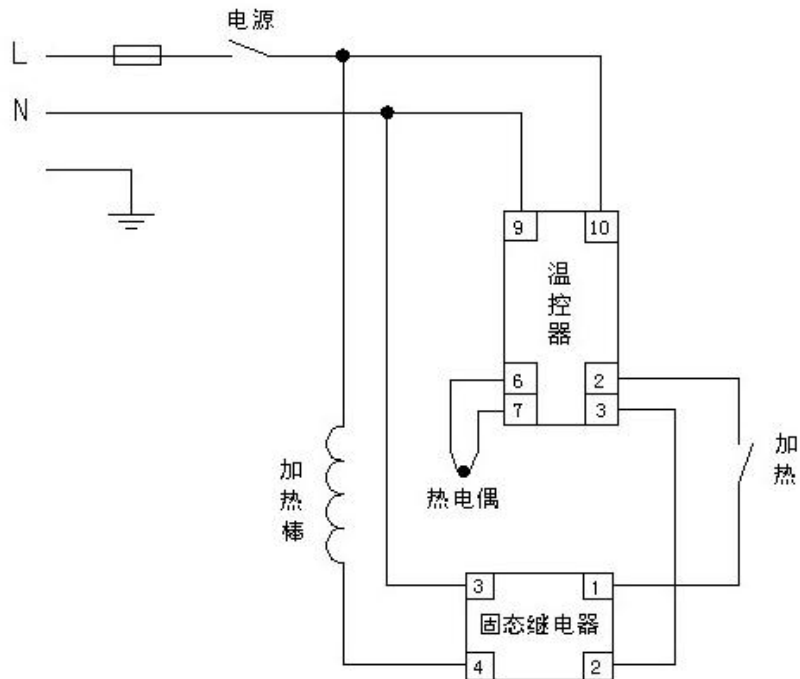
故障	原因	维修方法
滤失实验时，样品从连通阀杆滴口处溢出	①连通阀杆损坏 ②杯盖损坏	①更换新的连通阀杆 ②更换新杯盖
打开电源开关指示灯不亮	①电源插座未插好 ②熔断丝烧断	①重新按装电源插座使其接触良好 ②更换熔断丝
不能加热	①加热棒烧坏 ②电器元件损坏	①打开加热壳底盖，取出保温层，更换已烧坏的加热棒 ②检查电路更换相应电器件
按启动按钮，无指示信号	①线路开路 ②继电器损坏	①找出断线点重新接入 ②更换同型号继电器
升温太慢	加热棒有烧坏现象	打开加热壳底盖，取出保温层，更换已烧坏的加热棒





## 七、故障的判定与排除

## 八、电路图



部分内容采自全国钻井液完井液技术交流研讨会论文集

青島恒泰達

# 保修卡

## 尊敬的用户

您好！感谢您购买青岛恒泰达机电设备有限公司的产品，为了更好的为您服务，在购买产品后，请认真阅读，填写并妥善保管好此保修卡。

用户名		联系人	
购买日期		联系电话	
产品名称		产品型号	
用户地址			
订单编号			
维修记录	日期	故障原因及处理情况	

## 保修说明

产品若出现质量问题需要维修时，请把此保修卡与所购产品一起妥善寄回我公司提供售后维修处

## 注意事项

- 自您选购本产品签收首日起，凡按照使用说明书安装使用，一年内出现非人为质量问题，我们提供免费维修，一年后维修只收取维修工本费。
- 非本公司产品质量原因引起的质量问题，如使用不当，保管不妥，擅自拆机等原因造成的损坏，本公司维修只收取维修工本费

生产及售后服务地址：青岛市西海岸新区隐珠镇

服务电话：0532-58762800

邮编：266400

## 合格证

产品名称：钻井液封堵性能评价仪 产品型号：HTDPPA

产品编号：\_\_\_\_\_

生产日期：2021年1月 质检员：\_\_\_\_\_

本产品经检验符合标准准予出厂

青岛恒泰达机电设备有限公司

地址：中国·青岛市黄岛区世纪大道西端

电话：86-0532-58762800

传真：86-0532-84139338

网址：[www.hentd.com](http://www.hentd.com)

E-mail：[saleS@hentd.com](mailto:saleS@hentd.com)