

ICS 75.020

E 14

备案号: 27469—2010

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 5733—2009

代替 SY/T 5733—1995

注水井偏心配水管柱分层 测试调配规程

Procedures of stratified flow rate testing and adjusting
on injection wells with eccentric water tube

2009—12—01 发布

2010—05—01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 测试前准备 1

5 施工前检查 3

6 流量测试操作 4

7 流量调配操作 5

8 指示曲线测试 6

9 恢复注水 6

10 资料整理、解释、上报要求..... 6

11 职业健康、安全、环境控制要求..... 7

附录 A（资料性附录） 注水井分层测试现场施工记录格式 8

前 言

本标准代替 SY/T 5733—1995《注水井偏心配水管柱分层测试调配规程》。

本标准与 SY/T 5733—1995 相比，主要修订内容如下：

- 增加了电子式井下流量计的术语和定义（本版的 3.2）；
- 删除了某些与电子式井下流量计不适应的技术要求（1995 版的 5.3，5.6.1，第 9 章，第 10 章）；
- 修改完善了测试前的井况、设备、仪器检查等内容（1995 年版的第 5 章；本版的第 4 章、第 5 章）；
- 增加了配备可调节水嘴井的测调操作规程（本版的 7.2）；
- 增加了资料性附录“注水井分层测试现场施工记录格式”（本版的附录 A）；
- 增加了资料质量、资料存档要求（本版的第 10 章）；
- 增加了职业健康、安全、环境控制要求（本版的第 11 章）。
- 将下述引用标准：

SY/T 5028—1991《录井钢丝》；

SY/T 5079—1993《试井车》；

JJG（石油）11—1991《浮子式井下流量计》。

改为：

SY/T 5170—2008《石油天然气工业用钢丝绳》；

SY/T 5079—2008《油井测试设备》；

SY/T 6675—2007《井下流量计校准方法》。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由采油采气专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位：大庆油田有限责任公司开发部。

本标准参加起草单位：大庆油田有限责任公司采油一厂、采油三厂、采油四厂、采油五厂、采油八厂、采油十厂。

本标准主要起草人：孙波、王仁庆、赵长庆、梁卫东、金春植、张国校、王春庆。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- SY/T 5733—1995。

注水井偏心配水管柱分层测试调配规程

1 范围

本标准规定了注水井偏心配水管柱分层测试调配的测试前准备、施工前检查、流量测试操作、流量调配操作、指示曲线测试、资料整理、解释上报及职业健康、安全、环境控制要求。

本标准适用于钢丝作业，采用电子式井下流量计（存储式），在配备常规偏心配水管柱的正常注水井中进行分层及全井注入量测试。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

SY/T 5079—2008 油井测试设备

SY/T 5170—2008 石油天然气工业用钢丝绳

SY/T 6610—2005 含硫化氢油气井井下作业推荐作法

SY/T 6675—2007 井下流量计校准方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

流量测试 flow rate testing

用井下流量计对测试井的目的层或全井进行流量测量。

3.2

电子式井下流量计 electric down hole flow meter gauge

将测量信号转换为电信号用于测量井下液体流量的仪器。

3.3

偏心配水管柱 eccentric water tube

水嘴设在配水器中心线一侧的配水管柱。

3.4

分层流量调配 flow rate adjusting

在正常注水状况下，通过更换或调节井下水嘴，使分层注水量达到分层配注量要求。

4 测试前准备

4.1 资料准备

接到测试方案后，收集测试井的有关资料，如包括测试井的管柱结构、各层段深度、前次测试调配资料及测试井各层段封隔器密封状况等。

4.2 井筒准备

4.2.1 测试井井筒要求

测试前应对井筒进行清洗，以利于提高测试效率及测试结果的准确性与测试资料的有效周期。对

测试井，应提前一周进行井筒准备，待注水稳定 3 天~5 天后，井口流量波动不大于地质方案要求的全井注入量的 $\pm 5\%$ ，方可测试。

4.2.2 下入可洗井封隔器井的井筒准备

4.2.2.1 清洗方式

采用反洗井方式洗井。

4.2.2.2 洗井操作要求

洗井前，应关井降压 30min 以上，然后先放溢流 10min 以上，再控制排量洗井。

4.2.2.3 洗井排量及计量要求

洗井时要平稳操作，控制进出口排量，进口排量应由小到大按 $15\text{m}^3/\text{h}$ 、 $20\text{m}^3/\text{h}$ 和 $25\text{m}^3/\text{h}$ 进行洗井。注入量小于 $30\text{m}^3/\text{d}$ 并采用柱塞泵、电泵增压注水的注水井，进口排量可根据实际情况调整，使出口排量大于进口排量。洗井时，进、出口水量必须同时计量，可采用便携式水表计量，也可采用容积法计量。

4.2.2.4 洗井质量要求

采用比浊法观察，进、出口水的浊度未达到一致前，不应停止洗井。

4.2.3 下入不可洗井封隔器井的井筒准备

4.2.3.1 清洗方式

采用放溢流的方法清洗井筒。

4.2.3.2 清洗操作要求

关井降压 30min 以上，再控制溢流量清洗。

4.2.3.3 清洗排量及计量要求

放溢流量应由小到大，平稳操作，最大排量应小于或等于 $10\text{m}^3/\text{h}$ 。清洗时，溢流量可采用便携式水表计量，也可采用容积法计量。

4.2.3.4 清洗质量要求

采用比浊法观察，与注入水进行对比，当浊度接近注入水的浊度时，方可停止清洗，恢复注水。

4.2.4 井筒准备过程中现场记录要求

井筒清洗时，应将清洗时间、溢流量等数据记录在注水班报表上。

4.2.5 井筒清洗液排放要求

注水井清洗液排放应符合环境保护要求。

4.3 测试设备及工具、用具准备

4.3.1 试井车应符合 SY/T 5079—2008 的规定。

4.3.2 准备所需的工具、用具、量具，如防喷管、测试堵头、测试滑轮、测试阀门、测试密封段、投捞器、堵塞器、水嘴、密封胶件、管钳、扳手及报表等。

4.3.3 录井钢丝应符合 SY/T 5170—2008 的规定。要求钢丝直径在 2.0mm 以上，无死弯、砂眼，长度应比最深层段的下入深度长 100m 以上。

4.3.4 检查测深记录仪的变速齿轮，要求啮合良好、转动灵活、量轮尺寸合格、槽内无油污。

4.3.5 检查转数表，应转动灵活、不跳字、不卡字。

4.4 仪器准备

准备井下流量计、回放仪、储存卡及数据回放线。下入可调水嘴的井，要准备水量调节仪。

4.4.1 仪器精度要求

井下流量计流量传感器、压力传感器、温度传感器精度等级要求不低于 2.0 级、1.0 级、2.0 级。

4.4.2 仪器量程要求

仪器流量、压力、温度最大测量值应高于测试井全井流量值、测试井最高压力值、测试井最高温度值，其比值应为 $3/2$ 到 $4/3$ 之间。

4.4.3 仪器其他要求

流量分辨率小于或等于 $0.1\text{m}^3/\text{d}$ ，零点漂移小于满量程的 0.005% ；压力分辨率小于或等于 0.01MPa ，零点漂移小于满量程的 0.05% 。

4.4.4 仪器性能检定要求

仪器性能符合测试要求，井下流量计应检定合格后方可下入井内进行流量测试。正常工作的井下流量计应每 2 个月校准一次，流量计校准按 SY/T 6675—2007 的规定执行，出现异常情况应随时校准。

5 施工前检查

5.1 井况检查

5.1.1 井口设备齐全完好，不渗不漏，各阀门启闭灵活。水表和压力表符合质量标准。测试井应装有测试阀门。

5.1.2 井内无落物，保证仪器在井筒内起、下顺利。

5.2 仪器检查

5.2.1 检查流量计、回放仪电压值满足测试需要。

5.2.2 检查仪器无弯曲，各部分连接紧密、密封良好，上、下连接螺纹清洁、无损伤。

5.2.3 检查流量计的测量探头要清洁，中心流速式探测段、流道必须干净、畅通。

5.2.4 将仪器加电自检，观察指示灯是否工作正常。

5.2.5 检查上、下扶正器，加重杆工作性能良好。

5.2.6 仪器串组装。

5.2.6.1 非集流式测试自上而下的组装顺序应为：上扶正器、流量计、加重杆、下扶正器。

5.2.6.2 集流式测试自上而下的组装顺序应为：加重杆、流量计、测试密封段。

5.2.6.3 流量自动调节仪自上而下的组装顺序应为：上扶正器、流量控制仪、调节控制器。

5.3 测试密封段检查

5.3.1 测试密封段皮碗应无损伤、无毛刺、无老化。

5.3.2 调整皮碗过盈量，控制在 $0.1\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$ 。

5.3.3 定位爪收拢及张开灵活，收拢时钢体最大外径应小于偏心工作筒内径 2mm 。

5.3.4 坐开式密封段应检查顶杆、锁块、坐开帽等部件；提挂式密封段应检查锁轮总成等部件，均应灵活正常。

5.4 投捞器检查

5.4.1 投捞器各部位螺钉应紧固，定位滑块应灵活好用，收拢时最大外径应小于偏心工作筒内径 2mm 。

5.4.2 坐开式投捞器应检查顶杆、锁块、坐开帽；提挂式投捞器应检查锁轮总成，锁、开应灵活正常。

5.4.3 投捞爪张开时角度要符合技术要求，收拢时最大外径应小于偏心工作筒内径 2mm ，各部位弹簧性能良好。打捞头、压送头灵活完好，磁铁部位清洁。

5.4.4 将投捞器主爪装上偏心打捞头，收拢投捞爪和定向爪。

5.5 固定绞车，安装井口测试装置

5.5.1 根据井场地形、风向，将试井车停放在上风方向距井口 20m 为宜，并将试井绞车对准井口。

5.5.2 将录井钢丝绕测深仪量轮槽内一周，调整压轮机构，使压轮将钢丝紧密地压在量轮槽内，同时量轮转动自如。

5.5.3 打绳结。

5.5.3.1 将录井钢丝穿过测试堵头和仪器绳帽孔眼，并拉出 1.5m 。

5.5.3.2 将钢丝绕一个约 7mm 直径的圆环。

5.5.3.3 由圆环根部起按下四圈、上三圈的要求，紧密排列缠绕，并打好绳结。

5.5.3.4 打好绳结后，剪掉多余的钢丝头，要求绳结在仪器绳帽内转动自如。

5.5.4 卸下井口堵头，装好防喷管、测试操作平台和测试滑轮，并将滑轮对准绞车。

5.5.5 选择适当的位置摆放好安全警示牌，围好安全围栏。

6 流量测试操作

6.1 仪器安装

6.1.1 将组装好的仪器串与绳帽连接。

6.1.2 井口岗人员平稳站在操作平台上，将连接好的仪器串平稳装入防喷管内，轻落在测试阀门的闸板上，用手拧紧测试堵头后，再用管钳上紧。

6.1.3 将录井钢丝放入测试滑轮槽内，调整滑轮，对准绞车。紧好测试堵头压帽，摇紧钢丝。

6.1.4 将转数表归零，核对钢丝记录。

6.1.5 操作人员平稳走下操作平台，关闭防喷管放喷阀门，缓慢稍开测试闸门，待防喷管内压力与井筒压力平衡后再全部打开。慢松测试堵头压帽，达到仪器顺利起下，不渗漏为宜。

6.2 下仪器

6.2.1 松开刹车，由中间岗人员手拉钢丝将仪器缓慢下放过总闸门后，以不超过 150m/min 的速度平稳下放。非集流式流量测试时，将仪器在距井口 50m 处位置停留 3min~5min，测量全井流量及压力值。

6.2.2 在仪器下放过程中，绞车岗人员应随时注意转数表计数器的变化，中间岗应随时注意观察钢丝运行情况，及时排除出现的异常问题。

6.2.3 当仪器下至距上部工作筒 50m 时，应减速平稳下放，下放速度不超过 50m/min。

6.2.4 当仪器下过最下一级配水器以下 3m~5m 时停止仪器下放，测量 3min~5min，第一次测试流量时需要验证挡球密封性。

6.3 分层流量测试

6.3.1 非集流式流量测试：上起仪器至最下一级配水器以上 3m~5m 处（上、下层段卡距较小时，可适当选择测点位置）测量分层流量，停留 3min~5min 后，依次上起仪器至上一层段，测量其他层段及全井流量。

6.3.2 集流式流量测试：当仪器下过最下一级配水器后，再上提至工作筒以上 2m~3m，打开定位爪，再下放坐入测试层位的工作筒内测试层段流量。用坐开式密封段时，应下到撞击头处，坐开定位爪，上提至测试层位工作筒以上 2m~3m，然后下放坐入测试层位工作筒内测试层段水量，停留 3min~5min 后，依次上起仪器至上一层段，测量其他层段及全井流量。

6.4 起仪器操作

6.4.1 挂上滚筒离合器，松开刹车，将液压绞车操纵杆扳到提升位置，调整液压阀，以不超过 150m/min 的速度平稳上起。上提过程中通过封隔器时，以不超过 50m/min 的速度通过。

6.4.2 当仪器起至距井口 150m 时减速上起，速度不超过 50m/min，并注意检查钢丝记录。

6.4.3 当仪器起至距井口 20m 时，打开液压阀至绞车能够上起为止，使仪器缓慢起入防喷管，绞车停止工作。

6.4.4 核对计数器归零，关闭测试阀门总圈数的 2/3，探闸板确认仪器进入防喷管后，关闭测试阀门。

6.4.5 打开防喷管放空阀门，放掉余压。

6.4.6 井口岗人员上操作平台，松开堵头压帽，卸下堵头。

6.4.7 顺滑轮拉钢丝，将仪器顶部拉出防喷管，用手抓住仪器，然后放倒滑轮，将仪器提出防喷管。

井口岗人员回到地面。

6.5 数据回放与分析

6.5.1 卸下仪器绳帽，将仪器擦拭干净。

6.5.2 用数据线将仪器与回放仪相连，打开回放仪，输入井号、测试日期等数据，回放测试数据。

6.5.3 根据距井口 50m 处的流量及压力测量值，结合最上一层视流量及压力值，核实井口水表及压力表数据，要求压力误差不超过 $\pm 0.2\text{MPa}$ ，流量误差不超过 $\pm 8\%$ 。

6.5.4 根据流量测试曲线，确定各层位视注水量，选点应在较平滑的线段上选取，用递减法计算出各层段实际注水量，并做好记录。与配注方案进行对比，用其差值和嘴损曲线或解释软件，确定需调整的层段及其水嘴大小。

6.5.5 关闭回放仪，拔下数据线，取下存储卡，将回放仪恢复原位放好，准备下步操作。

7 流量调配操作

7.1 常规水嘴调配操作

7.1.1 打捞偏心堵塞器

7.1.1.1 将投捞器按照自上而下顺序连接为：绳帽、加重杆、振荡器、投捞器。

7.1.1.2 使用双作用投捞器时，在投爪旋紧式压送头上安装调整选配好的堵塞器，旋转锁紧螺母夹住堵塞器，收拢投捞爪，使偏心堵塞器收拢在投捞器开口槽内。

7.1.1.3 将投捞器与绳帽连接，按 6.1.2 将投捞器装入防喷管。

7.1.1.4 打开测试阀门，按 6.2.1~6.2.3 下投捞器。

7.1.1.5 将提挂式投捞器下到目的层工作筒以下 3m~5m 时刹住刹车（坐开式投捞器下至撞击头处，坐开主、副投捞爪和定向爪），慢速上起至目的层工作筒以上 3m~5m（上、下层段卡距较小时，可适当选择上起位置），打开投捞爪和定向爪，再下放打捞。使用双作用投捞器时，将双作用投捞器下过目的层工作筒以下 3m~5m 时刹住刹车，慢速上起至目的层以上 3m~5m，打开投捞爪，下放投捞器打捞堵塞器。

7.1.1.6 挂上离合器，松开刹车，液压绞车操纵杆扳到提升位置，逐渐关闭液压阀上起，观察油压变化。若负荷加大，液压表压力升高，则证明打捞成功，然后停车，刹住刹车，摘掉离合器，缓慢松开刹车，使振荡器收缩恢复原位，刹住刹车。将液压阀关死，挂上离合器，松开刹车，将操纵杆扳到提升位置，用急速上起振荡，将堵塞器拔出工作筒，按 6.4.1~6.4.7 起出投捞器。

7.1.2 检查、调整堵塞器，更换水嘴

7.1.2.1 将捞出的偏心堵塞器取下，卸下堵塞器护网，检查水嘴。

7.1.2.2 选择水嘴。选择符合配注量要求的水嘴规格，或根据正常注入压力下，考虑嘴损与管损的注入量与水嘴规格关系曲线计算来选择水嘴大小。若在接近地层破裂压力注水情况下，部分层段无法满足地质方案的配注量要求，则可选择光管（无水嘴）注入。

7.1.2.3 安装更换水嘴，检查凸轮、弹簧、打捞杆，更换调试堵塞器密封胶件，使之符合下井技术要求，并涂少许黄油。

7.1.3 投送偏心堵塞器

7.1.3.1 卸下投捞器主爪上的打捞头，装上偏心压送头。

7.1.3.2 将调整好的井下堵塞器安装在旋紧式压送头上，旋紧螺帽夹住堵塞器（老式压送头，用销钉悬挂在压送头上），收拢投捞爪和定向爪，使偏心堵塞器收拢在投捞器开口槽内。

7.1.3.3 下投捞器，按 6.2.1~6.2.3 执行。

7.1.3.4 将提挂式投捞器下到目的层工作筒以下 3m~5m 时刹住刹车（坐开式投捞器下至撞击头处，坐开主、副投捞爪和定向爪），慢速上起至目的层工作筒以上 3m~5m，打开投捞爪和定向爪，再下放投捞器压送。

7.1.3.5 挂上离合器，松开刹车，液压绞车操纵杆扳到提升位置，逐渐关闭液压阀上起，观察液压变化。若液压大于正常上起液压（普通绞车用手摇上提感觉到沉重），则证明堵塞器已投入偏孔，然后停车，刹住刹车，摘掉离合器，慢松开刹车，使振荡器收缩恢复原位，刹住刹车。

7.1.3.6 将液压阀关死，挂上离合器，松开刹车，将操纵杆扳到提升位置，用怠速上起振荡，使投捞器与堵塞器脱离后（若使用普通绞车时，用手摇上提剪断销钉，感觉到先沉重，后突然变轻）提出工作筒，上提 2m~3m 反复下放轻投两次，保证堵塞器压送到位。

7.1.3.7 使用双作用投捞器时，将液压阀关死，挂上离合器，松开刹车，将操纵杆扳到提升位置，用怠速上起振荡，将堵塞器拔出工作筒，然后再次下放投捞器，投送堵塞器。

7.1.3.8 起出投捞器，按 6.4.1~6.4.7 执行。

7.2 可调水嘴调配操作

7.2.1 调节方法选择

7.2.1.1 用通讯电缆连接好测调联动调节仪和地面回放仪，打开地面回放仪电源。

7.2.1.2 在回放仪显示屏提示下，选择期望值调节法或水嘴孔径调节法。

7.2.1.3 选择期望值调节法：若目的层的调节是缩小水嘴趋势，则期望值应设定为该层配注量的 120%，若水嘴直径是 3.0mm 以下水嘴，则期望值应设置为配注量的 130%；若目的层的调节是放大水嘴趋势，则期望值应设定为该层配注量的 80%，若水嘴直径是 3.0mm 以下水嘴，则期望值应设置为配注量的 70%，并设置下井操作时间。

7.2.1.4 选择水嘴孔径调节法：在需要调节的层位上设置调前水嘴大小和欲调的水嘴大小，并设置下井操作时间。

7.2.1.5 对水嘴堵塞的层位，可采用放大水嘴解堵方法，应先把目的层的水嘴放大，通常调到直径 8.0mm~9.0mm，解堵后，再调回到原来的大小。

7.2.1.6 打印出各层调节方法及对应的操作时间。

7.2.2 调节操作

根据 7.2.1.6 打印的规定操作顺序，按 6.2.1~6.2.3 将调节仪下到目的层，完成与可调水嘴的对接、调节、测试等操作。上提仪器，依次完成其他目的层的流量调节后，按照 6.4.1~6.4.7 起出仪器。

7.3 调整后流量测试

调整井下水嘴后，再次测量各层段及全井注水量，检查各层段流量是否满足配注方案要求，若不能满足要求，且水嘴还有可调余地，对不合格水嘴进行重新调整或更换，直到各层段流量达到配注方案要求。

8 指示曲线测试

8.1 以低于正常井口注入压力的 0.5MPa~1.0MPa 为步长，用降压法测分层注水量指示曲线。

8.2 在改变压力点达到注水压力稳定后，按 6.3.1 或 6.3.2 连续测得各层及全井在不同注入压力下的注入量，一般测 3 个~4 个压力点。

8.3 按 6.4.1~6.4.7 上起仪器，按 6.5.1~6.5.5 回放、记录流量资料，填写分层水量测试现场施工记录（参见附录 A）。

9 恢复注水

卸下滑轮及支架、井口防喷管和测试阀门，倒好井口流程，使注水井处于正常注水状态。

10 资料整理、解释、上报要求

10.1 原始资料质量要求

回放流量计数据应按设计要求执行，图头上应注明测试井井号、井别、测试日期、仪器编号等基

础数据。

10.2 曲线质量要求

流量、压力与时间曲线应连续无间断，图形光滑适中，无异常现象，停测段应平滑。曲线异常或漏测井段应复测验证。

10.3 流量资料解释要求

解释人员应按递减法，计算不同注入压力下各层吸水量及全井吸水量，并对流量资料进行综合分析评价，异常井要有总体说明。

10.4 解释成果审核上报要求

结合测试井的地质及生产情况，对测试井分层流量资料解释成果的正确性进行审核、上报。

10.5 资料存档要求

解释成果审核通过后，应将原始图表及解释成果整理打印、存档，并在五个工作日内存入油田开发测试数据库。

11 职业健康、安全、环境控制要求

11.1 职业健康要求

作业时应避免疲劳上岗、中暑、中毒。

11.2 安全要求

11.2.1 不应将车停在高压电线下方。

11.2.2 现场施工前要结合施工过程中可能接触到的水、电、气、火等危险源，制定安全措施预防及处理应急预案，准备好消防器材、报警装置及安全警示牌。

11.2.3 井口防喷管体上应有一个操作平台，工作人员应穿好工作服、戴好安全帽、系好安全带，平稳上、下操作平台。站在平台上进行操作时，应将安全带挂在防喷管环上。

11.2.4 按井口压力级别选择防喷装置，防喷装置安装后，应逐步打开测试闸门，观察压力无变化及盘根连接处无流体渗漏，方可施工。

11.2.5 操作机动绞车挂离合器前，应将绞车摇把拉出，以免伤人。

11.2.6 高空作业时，操作人员应戴安全防护用具，并在井旁设有监护人。

11.2.7 大雾、大雨或六级以上大风，不应进行高空作业。

11.2.8 试井车进入井场后，不应携带火种；施工过程中，不应撞击出火花；不应在测试井场内使用无线通讯工具。

11.2.9 测试过程中，如需外接电源，按有关规定执行。

11.2.10 在上起仪器或投捞过程中，若出现遇卡现象，不应强行上提，应关井停注，上下多次活动或调换方向解卡。

11.2.11 遇含硫化氢等有毒、有害气体井施工时，参照 SY/T 6610—2005 有关规定配备相应的监测报警仪及防护装置，并采用与之相适应的监测仪。

11.3 环境控制要求

施工过程中井内流体不得任意排放。

附 录 A
(资料性附录)
注水井分层测试现场施工记录格式

测试类型:

施工日期:

井号		井别		仪器型号		仪器编号	
生 产 数 据							
泵压, MPa		油压, MPa		注入量, m³/d			
施 工 数 据							
层位	井段 m	仪器下入深度 m	下仪器时刻 h: min	起仪器时刻 h: min	停留时间 min	备注	
存在 问题							
班组:	记录人:			班长:			

保存部门:

保存期限: 年