

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 14002.5—2016

页岩气 储层改造 第 5 部分 : 水平井钻磨桥塞作业要求

Shale gas reservoir stimulation—
Part 5 : Operation requirements for milling plug in horizontal well

2016 — 12 — 05 发布

2017 — 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 施工设计 1

5 施工准备 2

6 施工作业 4

7 设备拆卸 6

8 资料处理 6

9 HSE 管理 6

附录 A（资料性附录） 水平井连续油管钻磨桥塞作业推荐组合工具串 7

前 言

本部分按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

NB/T 14002《页岩气 储层改造》分为6个部分：

- 第1部分：压裂设计规范；
- 第2部分：工厂化压裂作业技术规范；
- 第3部分：压裂返排液回收和处理方法；
- 第4部分：水平井泵送桥塞—射孔联作技术推荐作法；
- 第5部分：水平井钻磨桥塞作业要求；
- 第6部分：水平井分簇射孔作业要求。

本部分为 NB/T 14002 的第5部分。

本部分附录 A 为资料性附录。

本部分由能源行业页岩气标准化技术委员会提出并归口。

本部分起草单位：中国石油集团川庆钻探工程有限公司井下作业公司、中国石油化工集团公司石油工程技术服务有限公司江汉石油工程有限公司、中国石油西南油气田分公司工程技术研究院、中国石油化工股份有限公司石油工程技术研究院、中国石油集团川庆钻探工程有限公司工程技术处、中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆井下技术服务公司。

本部分主要起草人：向刚、卢秀德、宋丹、李源源、郭彪、李睿、王汤、曾波、段友智。

页岩气 储层改造

第5部分：水平井钻磨桥塞作业要求

1 范围

NB/T 14002 的本部分规定了水平井连续油管钻磨可钻桥塞作业的施工设计、施工准备、施工作业、设备拆卸、资料处理、安全环境保护等。

本部分适用于页岩气水平井连续油管钻磨可钻桥塞作业。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

SY/T 5981 常规试油试采技术规程

SY/T 6276 石油天然气工业 健康、安全与环境管理体系

SY/T 6761 连续管作业机

SY/T 6895 连续油管

SY/T 7012 连续油管井控设备系统

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

短程起下 short trip

水平井连续油管钻磨桥塞作业中，在完成阶段性设计磨铣桥塞数量后所进行的上提连续油管及组合工具串至安全井段，并重新下放至下一桥塞面的作业过程。

3.2

自锁 self-locking

连续油管在水平段施工作业时，因其自重、井斜角和方位角等因素影响，使得连续油管下推力不足以克服连续油管与套管内壁间摩擦力，而出现的不能继续前行的现象。

4 施工设计

4.1 设计原则

水平井连续油管钻磨桥塞作业施工设计应遵循以下原则和要求：

——保证强度和钻磨效率的原则。选择连续油管屈服强度宜不小于 620.5MPa，外径宜不小于 50.8mm。

- 保证井控安全的原则。井下组合工具串中应包含内防喷工具和安全接头，井控设备的选择应满足井控安全要求。
- 保证施工安全的原则。井下组合工具串的外径（除磨鞋外）宜一致，选择磨鞋的外径与生产套管通径的差值，宜在 6mm ~ 20mm 之间。

4.2 设计内容

水平井连续油管钻磨桥塞作业施工设计至少应包含以下内容：

- 相关方签字确认的施工设计审批表。
- 井身结构图和井眼轨迹等基础数据及井况。
- 桥塞坐封位置及射孔井段数据。
- 预期达到的施工目的及方案。
- 针对施工过程提出的技术措施及配套要求。
- 施工前准备要求。
- 拟进行施工工艺的施工流程及操作步骤要求。
- 井控、安全及环保要求。
- 应急预案。

5 施工准备

5.1 连续油管设备

5.1.1 连续油管作业机

连续油管作业机的选择及技术要求应满足 SY/T 6761 的要求。

5.1.2 连续油管

连续油管的选择通常考虑油管外径、长度、压力等级、屈服扭矩、疲劳强度等参数：

- 油管长度的富余量应满足正常起下要求。
- 出厂试压压力宜不小于设计最大泵注压力的 1.2 倍。
- 屈服扭矩宜不小于所选螺杆马达制动扭矩的 2 倍。
- 最大疲劳强度宜不超过 80%。
- 其他参数应满足 SY/T 6895 的要求。

5.1.3 井控设备

5.1.3.1 防喷器、防喷盒和防喷管等井控设备的选择应满足 SY/T 7012 的要求。

5.1.3.2 防喷管的长度应大于组合工具串长度。

5.1.3.3 防喷管内通径应大于组合工具串最大外径，其差值宜不小于 6mm。

5.2 泵注设备

5.2.1 配液设备的工作能力应满足作业所需工作液的配制要求。

5.2.2 供液设备的工作能力应满足设备稳定泵注的要求。

5.2.3 泵注设备的排量和性能应满足螺杆马达施工排量和超压停泵保护要求。

5.2.4 高、低压过滤器应满足工作液中固相物的过滤要求，并能方便地清理过滤出的固相物。

5.3 井下工具

5.3.1 水平井连续油管钻磨作业组合工具串推荐为下列组合之一，结构简图参见附录 A：

- 磨鞋（钻头）+ 螺杆马达 + 循环阀 + 液压丢手 + 震击器 + 双活瓣单流阀 + 抗扭连接接头 + 连续油管。
- 磨鞋（钻头）+ 螺杆马达 + 水力振荡器 + 循环阀 + 液压丢手 + 震击器 + 双活瓣单流阀 + 抗扭连接接头 + 连续油管。
- 磨鞋（钻头）+ 螺杆马达 + 震击器 + 马达头（含内防喷工具）+ 抗扭连接接头 + 连续油管。
- 磨鞋（钻头）+ 螺杆马达 + 水力振荡器 + 震击器 + 马达头（含内防喷工具）+ 抗扭连接接头 + 连续油管。

5.3.2 抗扭连接接头应满足抗拉、承压、抗扭和投球通径的要求。

5.3.3 双活瓣单流阀应满足投球通径和井控的要求。

5.3.4 马达头应满足井控和安全丢手的要求。

5.3.5 循环阀应满足正常打开和泵注循环的要求。

5.3.6 震击器宜具备上 / 下双向震击功能，且根据其通径选择震击器连于投球工具间的组合方式。

5.3.7 水力振荡器应满足正常泵注的要求。

5.3.8 螺杆马达应具备防转子坠落装置，根据作业环境应满足施工排量、扭矩和工作温度等的要求。

5.3.9 磨鞋（钻头）类型的选择应与待磨铣桥塞的材质、结构相匹配，且作业时对套管无明显伤害。

5.4 工作液

5.4.1 工作液的降阻效率应满足连续油管低摩擦阻力、低泵注压力的要求。

5.4.2 工作液满足水平井碎屑高携带能力和低沉降速度要求。

5.4.3 工作液量满足钻磨桥塞作业要求。

5.5 吊装设备

5.5.1 配备的吊装设备应满足提升吨位和高度的要求。

5.5.2 吊装设备的摆放应满足正常的设备安装拆卸、不影响其他设备作业及人员紧急撤离的要求。

5.5.3 吊装索具应在检测有效期内使用，外观检查无损伤。

5.6 井场

5.6.1 井场地面应平坦、整洁，有足够的空间摆放作业设备，连续油管工作滚筒中心距井口的距离应满足施工及安全要求。

5.6.2 连续油管工作滚筒与井口之间无障碍物。

5.6.3 井场电源及照明满足连续作业要求，夜间作业时井口、连续油管工作滚筒、高压泵注区等关键位置确保充分照明。

5.7 人员资质

5.7.1 作业人员应取得井控培训、硫化氢防护培训及 HSE 培训合格证。

5.7.2 高处作业人员、吊装作业人员应持有有效操作证件。

5.7.3 特种作业人员按钻磨桥塞施工现场指挥人员指令操作。

5.7.4 泵车操作人员应持有有效操作证件，开泵、停泵、调整排量等按指挥人员指令操作。

6 施工作业

6.1 前期准备

- 6.1.1 召开联席会议，对关键环节进行技术交底，明确责任区域、技术及 HSE 要求。
- 6.1.2 作业人员配备统一的防爆无线通信设备。
- 6.1.3 摆放作业设备并设置警示标志，预留安全通道。
- 6.1.4 正确连接液压管线，设备试运转正常。
- 6.1.5 防喷盒胶芯和铜套组件应满足作业动密封要求。
- 6.1.6 防喷器、防喷盒和防喷管等井控设备符合设计要求。
- 6.1.7 井下工具的类型、外径、长度、通径等参数符合设计要求。
- 6.1.8 钻磨桥塞作业开始前，套管井口压力宜小于 40MPa。

6.2 安装试压

6.2.1 连续油管安装

- 6.2.1.1 连续油管通径应大于需投球的井下工具配套球直径的 1.2 倍。
- 6.2.1.2 连续油管工作滚筒高压管汇及总旋塞阀密封性承压能保障井控安全要求。
- 6.2.1.3 防喷器功能测试正常，半封、全封试压合格。
- 6.2.1.4 抗扭连接接头的抗拉测试和密封性测试合格。
- 6.2.1.5 组合工具串地面功能测试合格，并记录不同稳定泵注排量下对应的泵注压力。
- 6.2.1.6 井口井控装置、双活瓣单流阀试压合格。

6.2.2 地面流程安装

- 6.2.2.1 采油树上主阀之上应连接泄压通道。
- 6.2.2.2 泵注设备低压上水端、高压排出端应安装过滤装置，高压排出端应安装泵排量和压力传感器。
- 6.2.2.3 套管四通两翼均须连接放喷测试流程。
- 6.2.2.4 过套管四通后，流程宜先通过钻屑捕集装置再进入出砂器或节流管汇。
- 6.2.2.5 放喷测试流程应满足 SY/T 5981 的要求。

6.3 钻磨桥塞过程

6.3.1 开井

- 6.3.1.1 补平衡压力，推荐所补平衡压力高于井口压力 3MPa ~ 5MPa。
- 6.3.1.2 打开井口阀门，缓慢下放管串。

6.3.2 下油管探塞面

- 6.3.2.1 管串入井速度符合施工设计要求。
- 6.3.2.2 管串入井过程中，应小排量间断性泵注，保护螺杆马达。
- 6.3.2.3 井段液体温度达到螺杆马达工作温度的 90%，应连续小排量泵注，保持循环。
- 6.3.2.4 下探塞面遇阻吨位符合施工设计要求，探得塞面后上提管串宜不小于 5m。

6.3.3 调整排量

- 6.3.3.1 工作液泵入排量应满足螺杆马达正常高效运转要求。

6.3.3.2 油嘴尺寸的选择应满足返出量略大于泵入量，推荐其差值为 50L/min ~ 100L/min。

6.3.3.3 稳定泵注时的泵注压力宜不超过连续油管出厂试压压力的 60%。

6.3.3.4 瞬间最高泵注压力宜不超过连续油管出厂试压压力的 80%。

6.3.4 钻磨桥塞

6.3.4.1 泵注稳定，测试正常后，按设计要求进行磨铣作业，并做好数据记录。

6.3.4.2 螺杆马达制动、超压停泵保护压力应满足螺杆马达的性能要求。

6.3.4.3 钻压的施加应满足施工设计和螺杆马达使用说明书的要求。

6.3.4.4 根据井况和磨铣难易程度的不同，钻压可依据磨铣效率和出口返屑情况进行适当的调整。

6.3.4.5 磨铣过程中施加钻压时应尽可能减少螺杆马达制动次数。

6.3.4.6 螺杆马达出现制动工况时应将钻具提离桥塞面，恢复泵注程序，待稳定后恢复磨铣作业。

6.3.4.7 单只桥塞磨铣完成后，泵入不小于 5m³ 的胶液，并以不超过 5m/min 的速度下探下一桥塞面，进行磨铣作业。

6.3.4.8 当出现自锁时，宜根据井况泵入适量的金属降摩阻剂。

6.3.5 短程起下

6.3.5.1 推荐单次累计完成 2 只 ~ 3 只桥塞磨铣工作，进行一次短程起下。

6.3.5.2 短起前，泵入不小于 10m³ 的胶液，待胶液出连续油管 1m³ 以后，以不超过 15m/min 的速度上提、下放连续油管。

6.3.6 钻屑打捞

6.3.6.1 推荐每完成 10 只 ~ 12 只桥塞磨铣工作，进行一次钻屑打捞作业。

6.3.6.2 钻屑打捞宜与洗井作业同时进行。

6.3.7 钻屑捕集器的操作

6.3.7.1 根据泵注排量和碎屑上返速度定期对钻屑捕集进行清理。

6.3.7.2 钻屑捕集器的倒换应遵循先开后关原则，确保压力释放完，压力表显示为零后再进行拆卸、清理作业。

6.3.7.3 收集的钻屑应进行分类处理，并称重，准确规范记录。

6.3.8 钻磨桥塞后洗井作业

6.3.8.1 钻磨桥塞后洗井作业应遵循尽可能清扫井筒钻屑的原则，泵注排量应满足钻屑携带的要求。

6.3.8.2 全井筒洗井作业宜泵入不低于 20m³ 的胶液。

6.3.8.3 油嘴尺寸的选择应满足返出量略大于泵入量，推荐其差值为 100L/min ~ 150L/min。

6.3.9 上提管串

6.3.9.1 调整注入头张紧压力、夹紧压力，避免溜钻、管串上顶等事件的发生。

6.3.9.2 上提过程中注意设备的运行状态，密切关注深度、压力、悬重的变化情况，出现异常立即停止上提并检查。

6.3.9.3 上提管串过程中应始终保持泵注，直至确认组合工具串全部进入防喷管。

6.3.9.4 在斜井段、井口附近等易出现卡钻的位置，应根据悬重变化及时降低上提速度，避免发生卡钻事件。

6.3.9.5 上提管串的同时宜对连续油管外表面进行防腐处理。

6.3.9.6 出现油管穿孔、断裂等异常复杂工况时立即启动应急处置程序。

7 设备拆卸

7.1 关井泄压

7.1.1 试关井口手动平板闸门，确保能全部关闭。

7.1.2 缓慢开启泄压阀门，将防喷管内压力泄为零，并保持泄压流程处于常开状态，确保作业安全。

7.2 拆除设备

7.2.1 组合工具串拆卸前，应进行功能测试，检测工具状态。

7.2.2 吊装作业、高处作业应满足特种作业要求。

7.2.3 连续油管内的的工作液应进行吹扫。

8 资料处理

8.1 施工过程中资料处理

8.1.1 施工前联席会形成会议记录，开具作业许可，进行工作安全分析。

8.1.2 技术交底会、交接班记录等 HSE 资料记录完整，并留存备案。

8.1.3 填写钻磨桥塞作业数据记录表，进行钻屑收集，并分类、称重以备查阅。

8.2 施工结束后资料处理

8.2.1 填写连续油管、螺杆马达、震击器等工具的使用记录。

8.2.2 编写施工总结，应至少包含施工过程、参数分析、结论认识等内容。

8.2.3 整理上报施工纸质资料，留存备案。

9 HSE 管理

9.1 施工作业前应编制应急预案。

9.2 对进入施工作业现场的所有工作人员应进行技术交底和风险告知。

9.3 参与作业的人员应穿戴劳动防护用品。

9.4 作业时应设置警示隔离区，提示无关人员严禁进入。

9.5 浓雾、暴雨、雷电、大风等恶劣天气不应进行钻磨桥塞作业。

9.6 遇到突发情况、异常工况时均应立即报告施工指挥，听从其统一指令作业。

9.7 钻磨桥塞施工作业时应定期检查绷绳、液压线路和起重设备的稳定情况。

9.8 钻磨桥塞施工作业时应避免卡钻事件。

9.9 钻磨桥塞施工作业时应避免出现偏磨生产套管事件。

9.10 做好井口设备的保温工作，防止出现井口冰堵事件。

9.11 施工区应铺设防渗漏地垫，并设置围栏，防止工作液、油污等外流。

9.12 作业所产生的所有固、液体废弃物，应分类收集，并进行统一堆放专门处理。

9.13 配备足量的正压式空气呼吸器、便携式硫化氢检测仪、可燃气体检测仪等应急防护设备。

9.14 作业期间应杜绝任何可能造成环境污染的事件发生。

9.15 其他 HSE 要求按 SY/T 6276 要求执行。

附录 A
(资料性附录)
水平井连续油管钻磨桥塞作业推荐组合工具串

图 A.1 ~图 A.4 规定了页岩气水平井连续油管钻磨桥塞作业组合工具串的连接方式。

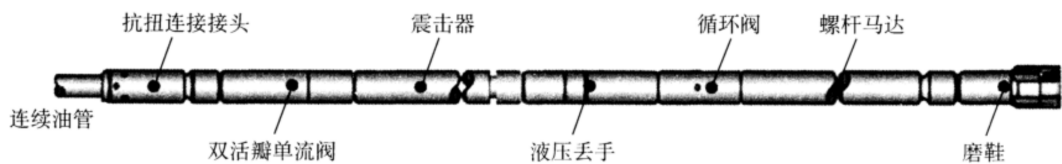


图 A.1 水平井连续油管钻磨桥塞作业推荐组合工具串连接方式 (一)

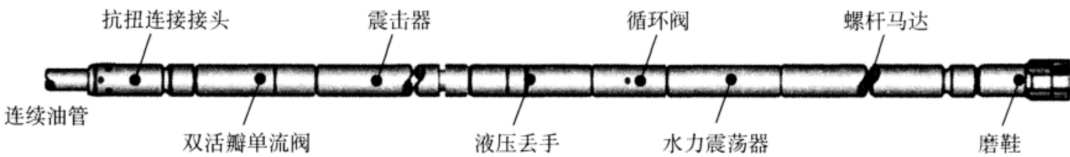


图 A.2 水平井连续油管钻磨桥塞作业推荐组合工具串连接方式 (二)

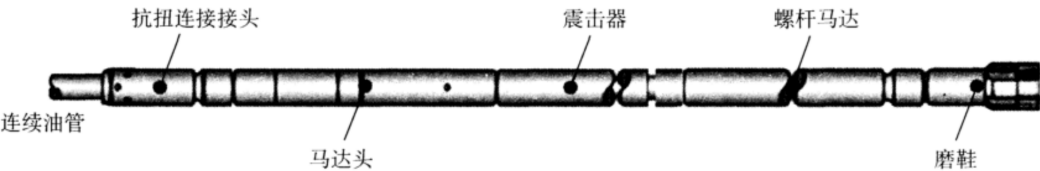


图 A.3 水平井连续油管钻磨桥塞作业推荐组合工具串连接方式 (三)

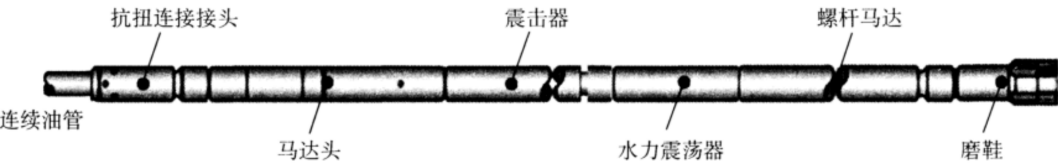


图 A.4 水平井连续油管钻磨桥塞作业推荐组合工具串连接方式 (四)

中华人民共和国
能源行业标准
页岩气 储层改造
第5部分：水平井钻磨桥塞作业要求
NB/T 14002.5—2016

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
北京中石油彩色印刷有限责任公司排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

880×1230 毫米 16 开本 0.75 印张 21 千字 印 1—600
2017 年 8 月北京第 1 版 2017 年 8 月北京第 1 次印刷
书号：155021·7571 定价：20.00 元
版权专有 不得翻印