

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

E21B 7/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710011888.9

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100567695C

[22] 申请日 2007.6.28

[21] 申请号 200710011888.9

[73] 专利权人 北京万维亿通科技发展有限公司
地址 100086 北京市海淀区中关村南大街
甲 8 号铸诚大厦 A 座 315 座

[72] 发明人 曹溪 张朝纯 张朝旭

[56] 参考文献

CN1607315A 2007.5.9

CN1464170A 2003.12.31

CN1508380A 2004.6.30

US5485889A 1996.1.23

CN2127739Y 1993.1.3

US5676209A 1997.1.14

审查员 李谨

[74] 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司

代理人 钱万传

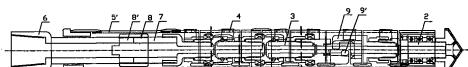
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 8 页

[54] 发明名称

一种超短半径径向水平钻完井工具及钻完井工艺

[57] 摘要

一种超短半径径向水平钻完井工具及钻完井工艺，涉及石油开采行业。它采用造斜钻具和水平钻具两套钻具钻井，造斜钻具是由导向管、定位钻头、柔性钻杆各部件组成，水平钻具由水平旋转总成、柔性钻杆、导向管、带凹槽反扣补心、带凸反扣接箍各部件组成，造斜旋转总成的外套设有三角形垫铁，造斜旋转总成后部通过螺帽与柔性钻杆连接；柔性钻杆与水平旋转总成设有相匹配的第一、二快速接头；尾管设有带凹槽反扣补心和带凸反扣接箍；内球前端设有外花键，主体设有内花键，由螺帽固牢，球体安装在球碗和主体内。优点是水平钻井半径超短、精度高；钻井周期短、效率高。可在采油、煤气、自来水行业中使用。



1. 一种超短半径径向水平钻完井工具，是由造斜钻具和水平钻具组成，造斜钻具是由造斜旋转总成（1）、柔性钻杆（3）、定向跟进导向管（4）、造斜钻具尾管（5）、钻杆短节（6）各部件构成，水平钻具是由水平旋转总成（2）、柔性钻杆（3）、第一、二快速接头（9、9'）、定向跟进导向管（4）、水平钻具尾管（5'）、钻杆短节（6）、调整短节（7）、带凹槽反扣补心（8'）、带凸反扣接箍（8）各部件构成，其特征是：

a) 造斜旋转总成（1）的造斜轴（12）前端安装有第一钻头（11），造斜轴（12）设有扶正轴承（14）和压力轴承（16），轴承设有卡圈（13）和油封（17）密封，外套（18）外侧设有三角形垫铁（15），造斜旋转总成（1）的后部通过螺帽和柔杆主体（36），与柔性钻杆（3）连接；水平旋转总成（2）的水平轴（22）前端安装有第二钻头（21），后端带有内花键（39'）与第一快速接头（9）连接，外套（25）内设有扶正轴承（23）、压力轴承、卡圈和油封，外套（25）外侧设有矩形垫铁（24）；

b) 相互连接的单节柔杆组成的柔性钻杆（3），每节柔杆长度为140-150mm，每节柔杆主要由五个零部件构成，内球（31）的前端设有带圆柱形的尾部，圆柱形的尾部设置有外花键（39），柔杆主体（36）上设置有内花键（39'），相互匹配的外花键（39）和内花键（39'）通过螺帽（32）固牢，内球（31）的球体部位安装在球碗（33）和柔杆主体（36）的前部，球体四周设有钢球（31'），球碗（33）和柔杆主体（36）借助大盖（34）的螺扣固牢；最后一节柔杆与调节短节（7）通过螺帽（32）连成整体；

c) 第一、二快速接头（9、9'）相互匹配，第一快速接头（9）通过螺帽（32）与水平轴（22）的尾部安装成整体，第一、二快速接头（9、9'）分别设有内、外花键（39'、39），第一、二快速接头（9、9'）设有中心管（93），并设有密封圈（91）和压盖（92）；

d) 定向跟进导向管（4）是由无缝钢管割缝制成，割缝钢管（44）上部设有弯曲角度限位片（42），厚度为6-8mm，宽度为70-75mm，限制角度限位片横向运动的盖板（43）设在限位片的上部，割缝间距为100-110mm，缝宽3.5-4mm，钢管下部留有50-70mm宽度的管壁作为肋筋（45）；

e) 尾管分为造斜钻具尾管（5）和水平钻具尾管（5'），正丝扣补心（51）通过正丝扣接箍（52）与第一直管（53）连接，带凹槽反扣补心（8'）通过带凸反扣接箍（8）和第二直管（53'）连接。

2. 根据权利要求1所述的超短半径径向水平钻完井工具，其特征是：

造斜旋转总成（1）的外套（18）外侧设有三角形垫铁（15），使第一钻头（11）与导向管（4）形成弯曲方向一致的2°-3°夹角；水平旋转总成（2）的外套（25）外侧设有矩形垫铁（24），使水平轴（22）中心提高，第二钻头（21）延水平方向钻进。

3. 根据权利要求1所述的超短半径径向水平钻完井工具，其特征是柔性钻杆（3）节与节之间由内花键（39'）、外花键（39）和螺帽（32）连接，单节柔杆可弯曲3°-6°，每米柔性钻杆可弯曲18-22°，可在360°范围内旋转。

4. 一种使用如权利要求1所述超短半径径向水平钻完井工具的钻完井工艺，其特征是：

a) 首先在油井设计深度用悬挂式斜向器和铣锥在井管壁上开1.0-1.3m的窗口；

b) 造斜钻进，把造斜旋转总成（1）固定在带有造斜钻具尾管（5）的导向管（4）前端，柔性钻杆（3）装入导向管（4）内与造斜旋转总成的造斜轴（12）连接下入井内，在斜向器的作用下，第一钻头（11）由开窗处向井套管外进行造斜钻进，达到设计进尺长度停钻，提出造斜钻具；

c) 水平钻进，将水平旋转总成（2）固定在带有水平钻具尾管（5'）的导向管（4）前端，把前端安有第二快速接头（9'）的柔性钻杆（3）装入导向管（4）内，尾端使用柔性钻杆变扣（38）与钻杆短节（6）与钻杆连接，带凸反扣接箍（8）与相互匹配的带凹槽反扣补心（8'）通过螺扣与调整短节（7）连接，使用带凹槽反扣补心（8'）与带凸反扣接箍（8）连接后下入井内，由柔性钻杆（3）传递扭矩至第二钻头（21）进行水平钻进，导向管（4）同时跟进，当完成设计进尺深度后停钻，倒转半圈使第一、二快速接头（9、9'）分离，上提钻杆使带凸反扣接箍（8）至尾管带凹槽反扣补心（8'）处正转使带凹槽反扣补心（8'）与带凸反扣接箍（8）分离，提出井内钻杆，使导向管（4）和水平旋转总成（2）留在水平井眼内，水平钻具尾管（5'）留在直井段内；

d) 下铅封坐封后完成完井作业。

5. 根据权利要求4所述的超短半径径向水平钻完井工艺，其特征是钻进作业时由井套管和钻杆环空输送钻井液，并从钻头和钻杆中心孔反出地面，即采取反循环方式输送钻井液，钻进至设计进尺深度后停钻，通过第一、二快速接头（9、9'）使柔性钻杆（3）与水平旋转总成（2）分离，上提钻杆使带凸反扣接箍（8）至尾管带凹槽反扣补心（8'）处，正转使带凹槽反扣补心（8'）与带凸反扣接箍（8）分离，提出井内钻杆，使导向管（4）和水平旋转总成（2）留在水平井眼内，水平钻具尾管（5'）留在直井段后，下铅封坐封后完井。

一种超短半径径向水平钻完井工具及钻完井工艺

技术领域

本发明涉及石油开采领域，具体说是油田钻井的一种专用工具及其采油施工工艺。

背景技术

石油开采超短半径水平井钻井工具的研究开发，虽然取得了诸多成果，但仍然存在很多尚未解决的技术难题。水平井造斜段和水平井钻进段，采用同一套钻具，当造斜段完成后，继续对水平井钻进过程中，水平井钻进方位难以控制，易产生较大偏差；先期研发的产品其柔杆各部件连接均为铆固焊接工艺，组装费时，维修困难；钻井作业采用正循环给钻具输送钻井液，易产生“沙卡”事故，使生产效率降低。

发明内容

本发明的目的是针对上述技术存在的问题，设计了一种新工艺，并研制成一整套专用工具，采用造斜钻具和水平钻具两套钻具进行施工，使钻井精度更准确；柔性钻杆的各部件采用内外花键和螺帽相配合的连接方式，达到了组装、维修方便的功效；尤其是钻井作业，采用反循环输入钻井液，有效地避免了“沙卡”事故的发生。

一种超短半径径向水平钻完井工具，是由造斜钻具和水平钻具组成，造斜钻具是由造斜旋转总成、柔性钻杆、定向跟进导向管、造斜钻具尾管、钻杆短节各部件构成，水平钻具是由水平旋转总成、柔性钻杆、第一、二快速接头、定向跟进导向管、水平钻具尾管、钻杆短节、调整短节、带凹槽反扣补心、带凸反扣接箍各部件构成，其特征是：

a) 造斜旋转总成的造斜轴前端安装有第一钻头，造斜轴设有扶正轴承和压力轴承，轴承设有卡圈和油封密封，外套外侧设有三角形垫铁，造斜旋转总成的后部通过螺帽和柔杆主体，与柔性钻杆连接；水平旋转总成的水平轴前端安装有第二钻头，后端带有内花键与第一快速接头连接，外套内设有扶正轴承、压力轴承、卡圈和油封，外套外侧设有矩形垫铁；

b) 相互连接的单节柔杆组成的柔性钻杆，每节柔杆长度为140-150mm，每节柔杆主要由五个零部件构成，内球的前端设有带圆柱形的尾部，圆柱形的尾部设置有外花键，柔杆主体上设置有内花键，相互匹配的外花键和内花键通过螺帽固牢，内球的球体部位安装在球碗和柔杆主体的前部，球

体四周设有钢球，球碗和柔杆主体借助大盖的螺扣固牢；最后一节柔杆与调节短节通过螺帽连成整体；

c) 第一、二快速接头相互匹配，第一快速接头通过螺帽与水平轴的尾部安装成整体，第一、二快速接头分别设有内、外花键，第一、二快速接头设有中心管，并设有密封圈和压盖；

d) 定向跟进导向管是由无缝钢管割缝制成，割缝钢管上部设有弯曲角度限位片，厚度为6-8mm，宽度为70-75mm，限制角度限位片横向运动的盖板设在限位片的上部，割缝间距为100-110mm，缝宽3.5-4mm，钢管下部留有50-70mm宽度的管壁作为肋筋；

e) 尾管分为造斜钻具尾管和水平钻具尾管，正丝扣补心通过正丝扣接箍与第一直管连接，带凹槽反扣补心通过带凸反扣接箍和第二直管连接。

一种使用超短半径径向水平钻完井工具的钻完井工艺，其特征是：

a) 首先在油井设计深度用悬挂式斜向器和铣锥在井管壁上开窗；

b) 造斜钻进，把造斜旋转总成固定在带有造斜钻具尾管的导向管前端，柔性钻杆装入导向管内与造斜旋转总成的造斜轴连接下入井内，在斜向器的作用下，第一钻头由开窗外向位移出原井套管外进行造斜钻进，达到设计进尺长度停钻，提出造斜钻具；

c) 水平钻进，将水平旋转总成固定在带有水平钻具尾管的导向管前端，把前端安有第二快速接头的柔性钻杆装入导向管内，尾端使用柔性钻杆变扣与钻杆短节与钻杆连接，带凸反扣接箍、与相互匹配的带凹槽反扣补心通过螺扣与调整短节连接，使用带凹槽反扣补心与带凸反扣接箍连接后下入井内，由柔性钻杆传递扭矩至第二钻头进行水平钻进，导向管同时跟进，当完成设计进尺深度后停钻，倒转半圈使第一、二快速接头分离，上提钻杆使带凸反扣接箍至尾管带凹槽反扣补心处正转使带凹槽反扣补心与带凸反扣接箍分离，提出井内钻杆使导向管和水平旋转总成留在水平井眼内，水平钻具尾管留在直井段内；

d) 下铅封坐封后完成完井作业。

造斜旋转总成的外套外侧设有三角形垫铁，使第一钻头与导向管形成弯曲方向一致的2°-3°夹角；水平旋转总成的外套外侧设有矩形垫铁，使水平轴中心提高，第二钻头延水平方向钻进；柔性钻杆节与节之间由内花键、外花键和螺帽连接，单节柔杆可弯曲3°-6°，每米柔性钻杆可弯曲18-22°，可在360°范围内旋转；钻进作业时由井套管和钻杆环空送钻井液，并从钻头和钻杆中心孔反出地面，即采取反循环方式输送钻井液，钻进至设计进尺深度后停钻，通过第一、二快速接头使柔性钻杆与水平旋转总成分离，上提钻杆使带凸反扣接箍至尾管带凹槽反扣补心处，正转使带凹槽反扣补

心与带凸反扣接箍分离，提出井内钻杆，使导向管和水平旋转总成留在水平井眼内，水平钻具尾管留在直井段后，下铅封坐封后完井。

本发明的积极效果是：

1. 传统的柔性钻杆各零部件采用焊接工艺铆固或采用焊接工艺连接，本发明采用花键和螺丝扣组装，省工节时，维修方便；

2. 传统的定向跟进导向管是由梯形短管焊接在钢板上制成，本发明采用无缝钢管直接割缝，在无缝钢管下部留有 50-70mm 宽的管壁作为连接肋筋，部件强度增强，节省了有效空间；

3. 传统造斜工艺是在目的层处，把油井套管壁断铣掉 2-3m 管壁，再利用造斜器钻进造斜，本发明仅对井管壁铣洗 1-1.3m 的窗口，再进行造斜钻进，降低了施工难度，节省 2-3 天的施工时间，对原井管壁损伤小，增加了管壁强度；

4. 传统钻井工艺均采用正循环输送钻井液，本发明采用反循环输送钻井液，反屑性能好，钻井精度高；由于钻井液由钻杆和井壁之间输入，由钻头和钻杆内腔返回油井地面，避免了“沙卡”事故的发生，有效地提高了施工效率。

附图说明

图 1，本发明造斜钻具的组合装配示意图；

图 2，本发明水平钻具的组合装配示意图；

图 3，本发明图 1 中的造斜旋转总成（1）的装配结构示意图；

图 4，本发明图 2 中的水平旋转总成（2）的装配结构示意图；

图 5，本发明柔性钻杆（3）的装配结构示意图；

图 6，本发明定向跟进导向管（4）的装配结构示意图；

图 7，本发明图 6 的俯视图；

图 8，本发明图 7 的 A 向剖视图；

图 9，本发明造斜钻具用尾管（5）结构示意图；

图 10，本发明水平钻具用尾管（5'）结构示意图；

图 11，本发明钻杆短节（6）示意图；

图 12，本发明调整短节（7）示意图；

图 13，本发明带凸接箍（8）的结构图；

图 14，本发明柔性钻杆（3）单节零部件解析图；

图 15，本发明柔性钻杆（3）单节部件装配结构图；

图 16，本发明快速接头（9'）结构示意图；

图 17，本发明快速接头（9）结构示意图。

其中：1 造斜旋转总成，2 水平旋转总成，3 柔性钻杆，4 跟进导向管，

5 造斜钻具尾管、5'水平钻具尾管，6 钻杆短节，7 调整短节，8 带凸反扣接箍，8'带凹槽反扣补心，9 第一快速接头、9'第二快速接头；11 第一钻头，12 造斜轴，13 卡圈，14 扶正轴承，15 垫铁，16 压力轴承，17 油封，18 外套；21 第二钻头，22 水平轴，23 扶正轴承，24 垫铁，25 外套；31 内球，31'钢球，32 螺帽，33 球碗，34 大盖，35 轴承，36 柔性主体，37 O型圈，38 柔性钻杆变扣，39、39'外、内花键；41 接箍，42 限位片，43 盖板，44 割缝钢管，45 肋筋；51 正丝扣补心，52 正丝扣接箍，53 第一直管、53'第二直管；91 密封圈，92 压盖，93 中心管；A-A 表示剖视部位。

具体实施方式

对本发明提出的工具，以及水平钻完井工艺操作方法和运行机理，结合附图进一步具体说明如下：

实施例 1

1. 组装本发明的各种工具：

(1) 首先，组装造斜旋转总成 1，如图 3 所示，将扶正轴承 14、压力轴承 16、卡圈 13、油封 17 依次装入外套 18 内，并穿入造斜轴 12，将第一钻头 11 用丝扣方式连接在造斜轴 12 前端，三角形垫铁 15 焊接在外套 18 上，然后将造斜旋转总成 1 焊接在定向跟进导向管 4 前端；

(2) 组装水平旋转总成 2，如图 4 所示，将扶正轴承 23、压力轴承、卡圈和油封依次装入外套 25 内，穿入水平轴 22，将第二钻头 21 用丝扣方式连接在水平轴 22 前端，矩形垫铁 24 焊接在外套 25 上，将第二快速接头 9'带有的内花键 39'与水平轴 22 上外花键 39 对接，再采用丝扣方式用螺母将其连接，然后将水平旋转总成 2 焊接在定向跟进导向管 4 的前端；

(3) 组装柔性钻杆 3，如图 5 所示，柔性钻杆 3 由相互连接在一起的单节柔杆组成，每节柔性钻杆长 140mm，本例整个柔性钻杆长 14.0m；单节柔杆主要由 5 个零部件构成，如图 14、15 所示，内球 31 的前端带有圆柱形的尾部上设置有外花键 39，柔杆主体 36 上设有内花键 39'，相互匹配的内、外花键 39'和 39，通过螺帽 32 固牢，内球 31 的球体部位安装在球碗 33 和柔杆主体 36 的前部，球体四周安装有钢球 31'，球碗 33 和柔杆主体 36 借助大盖 34 的螺扣固牢；最后一节柔性钻杆与调节短节 7 通过螺帽 32 连成一体；采用 O型圈 37 密封；轴承减小柔性钻杆 3 与定向跟进导向管 4 之间摩擦，节与节之间由内、外花键 39'、39 和螺帽 32 连接，花键起传递扭距作用，螺帽 32 起连接固紧作用，单节柔性钻杆可弯曲 3°-6°，可在 360°范围内旋转并传递扭距，通过其前端第二快速接头 9'与水平旋转总成 2 后端第一快速接头 9 连接，并带动第二钻头 21 旋转，从而达到破岩进尺；内球 31 采用 40 铬锰钼加工，钢球 31'材质为轴承钢；

(4) 组装定向跟进导向管4, 如图6所示, 定向跟进导向管是由无缝钢管割缝制成, 割缝钢管44上部焊接有弯曲角度限位片42, 材质为45#钢, 厚度6mm, 宽度25mm, 限制角度限位片横向运动的盖板43设置在限位片上方, 钢管下部留有50-70mm宽度的管壁作为肋筋45, 角度限位片限止割缝钢管上割缝的开合度, 采用直径为108mm的无缝钢管割缝, 缝宽3.5mm, 缝间距100mm; 割缝钢管的割缝宽度和缝间距以及管下部设置的肋筋宽度都为定值, 且在割缝设有限位片, 故导向管只能按设计方位和角度弯曲;

(5) 组装尾管如图9、10所示, 尾管分为造斜钻具尾管5和水平钻具尾管5', 造斜钻具尾管5由正丝扣补心51通过正丝扣尾管接箍52和第一直管53采用丝扣连接固紧, 并由接箍41采用丝扣连与导向管4尾部; 水平钻具尾管5'由带凹槽反扣补心8', 通过带凸反扣接箍8和第二直管53'采用反丝扣连接固紧, 由接箍41采用反丝扣连与导向管4尾部。

2. 结合本发明提供的工具, 进一步具体描述本发明的操作工艺及相关机理, 其步骤如下:

第1步, 在油井设计深度用悬挂式斜向器和铣锥在井管壁上铣出1.0m长的窗口;

第2步, 造斜钻进, 将前端焊接有造斜旋转总成1、后端带有通过接箍41连接造斜钻具尾管5的导向管4下入井内用吊卡坐于井口, 将柔性钻杆3装入导向管4内, 与旋转总成造斜轴12用螺帽32连接, 尾部柔性钻杆变扣38与套有正丝扣补心51的钻杆短节6采用丝扣连接, 将正丝扣补心51与造斜钻具尾管5末端的正扣接箍52连接, 再将扶正器、常规钻杆连接成一体, 下入井内; 在斜向器的作用下, 造斜旋转总成1与第一钻头11由井壁上的开窗, 钻出井套管外, 并由此造斜向水平油层钻进; 每节内球弯曲3°-6°, 每米柔性钻杆弯曲20°, 造斜角度为90°, 造斜钻进尺度=90°÷20°=4.5(米), 即当钻进4.5m时, 曲率半径R=圆周长/2π=造斜进尺×4÷2π=4.5×4÷2π=2.87m; 造斜钻进完成后, 将造斜钻具提出油井地面;

第3步, 水平钻进, 将前端焊接有水平旋转总成2、后端带有通过接箍41连接水平钻具尾管5'的导向管4下入井内用吊卡坐于井口, 把前端安有第二快速接头9'的柔性钻杆3装入导向管4内, 将柔性钻杆变扣38、调整短节7、带凸反扣接箍8采用丝扣连接, 再将套有带凹槽反扣补心8'的钻杆短节6用丝扣方式连接在带凸反扣接箍8上, 使带凹槽反扣补心8'与水平钻具尾管5'末端的带凸反扣接箍连接, 由于带凸反扣接箍外径尺寸大于带凹槽反扣补心8'内孔尺寸, 上提钻具带动带有水平钻具尾管5'的导向管4上行, 解除吊卡之后一同下入井内, 接扶正器和常规钻杆至造斜完钻深度, 由柔性钻杆3传递扭矩至第二钻头21进行水平钻进, 导向管4同时跟进,

当完成设计的 14 米的水平进尺后，停钻再转动钻杆反转半圈，使第一、二快速接头 9、9' 脱钩分离，上提钻杆使带凸反扣接箍 8 与尾管带凹槽反扣补心 8' 凸凹面接合，使钻杆正向旋转，带凹槽反扣补心与带凸反扣接箍分离，提出井内钻杆，使导向管 4 和水平旋转总成 2 留在所钻水平井眼内，水平钻具尾管 5' 留在直井段；钻进作业时，采取反循环方式输送钻井液，即由井套管和钻杆环空送钻井液，并从钻头和钻杆中心孔反出地面，确保反屑干净，避免了“沙卡”事故的发生；

第 4 步，下铅封，坐封后完井。

实施例 2

组装本发明各部件。

(1) 水平钻井进尺长度为 45.0m，柔性钻杆 3 的安装长度为 45.0m；每节柔杆 150mm，内球 31 采用 40 铬镍钼材质加工；

(2) 定向跟进导向管 4 由无缝钢管割缝加工制成，缝宽为 4mm，割缝间距 110mm，钢管下部留有 70mm 宽的管壁作肋筋。

钻井工艺

在油井设计深度的井套管壁上，铣出 1.3m 的窗口；

柔性钻杆弯曲度为 $18^\circ/m$ ，造斜角度为 90° 。当钻进 5.0m 时，曲率半径 $R=5.0\times4\div2\pi=3.18$ ；同样属于超短半径造斜工艺范畴。

其它各部件制造和钻进工艺均同实施例 1。

实施例 3

组装本发明各部件。

(1) 水平钻进进尺长度 98.0m，每节柔杆长度为 140mm，组装 98.0m 长的柔性钻杆，内球采用 42 铬钼加工；

(2) 定向跟进导向管 4 的缝宽 4mm，缝间距为 105mm；割缝管下部留有 60mm 管壁作肋筋。

钻井工艺

柔性钻杆弯曲度为 $22^\circ/m$ ，造斜角度为 90° ，当钻进 4.1m 时，曲率半径 $R=4.1\times4\div2\pi=2.61m$ 。

其它各部件制造和钻进工艺均同实施例 1。

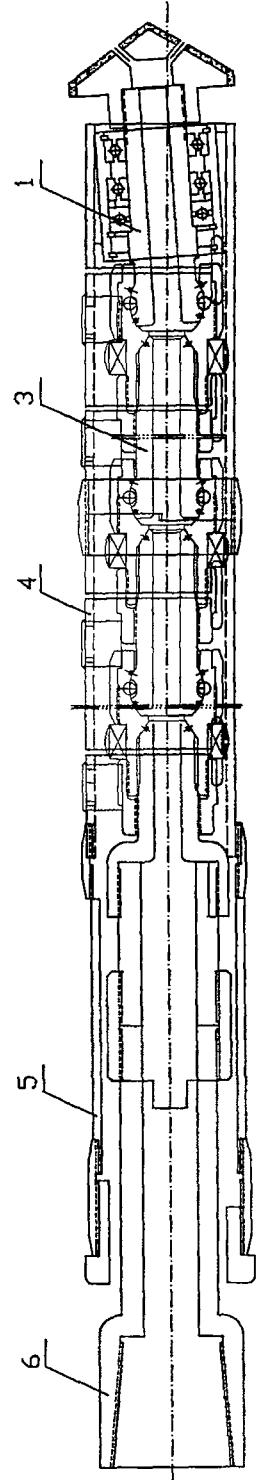


图 1

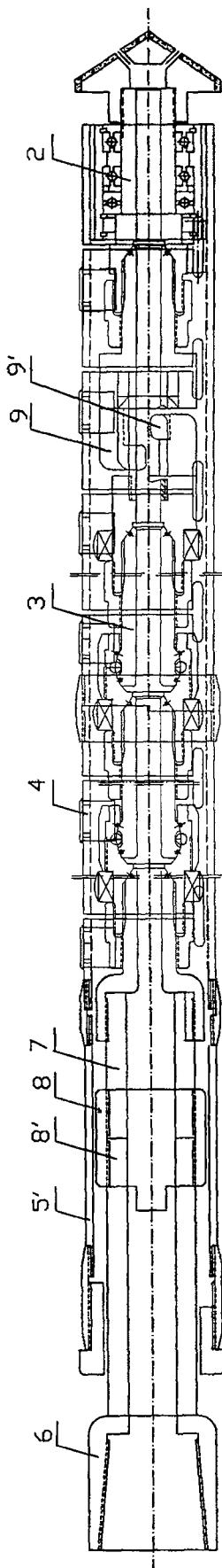


图 2

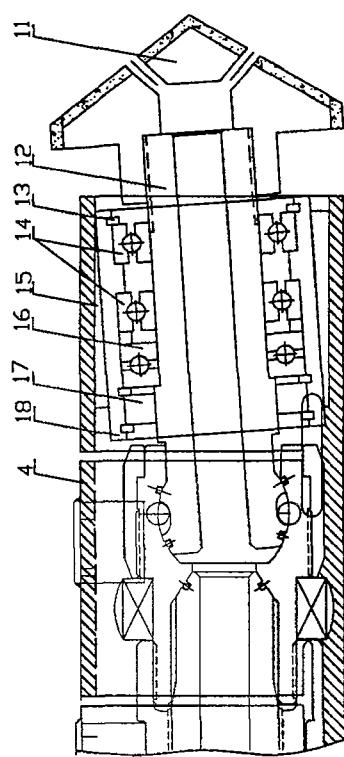


图 3

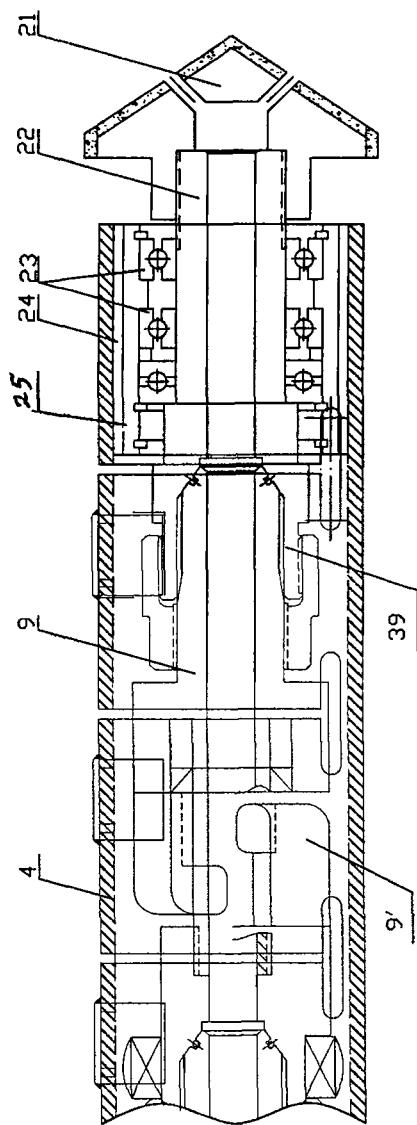


图 4

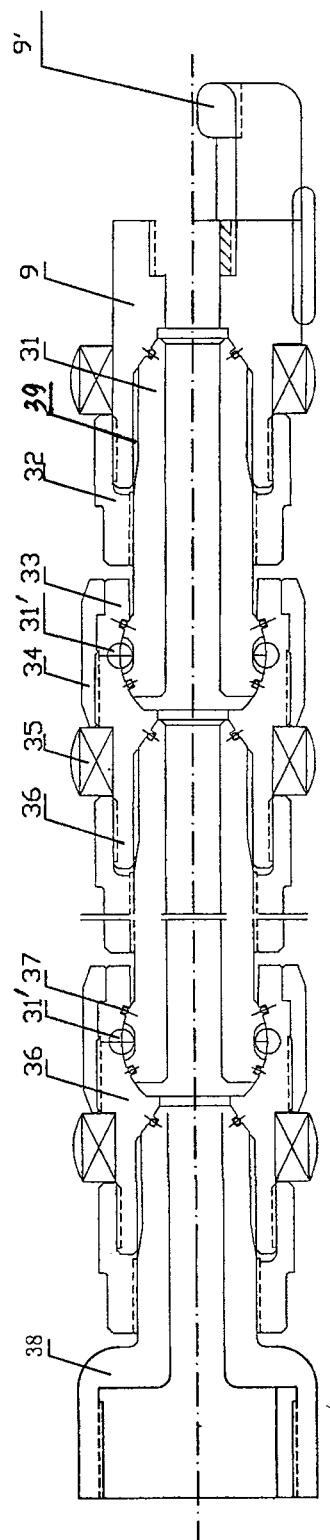


图 5

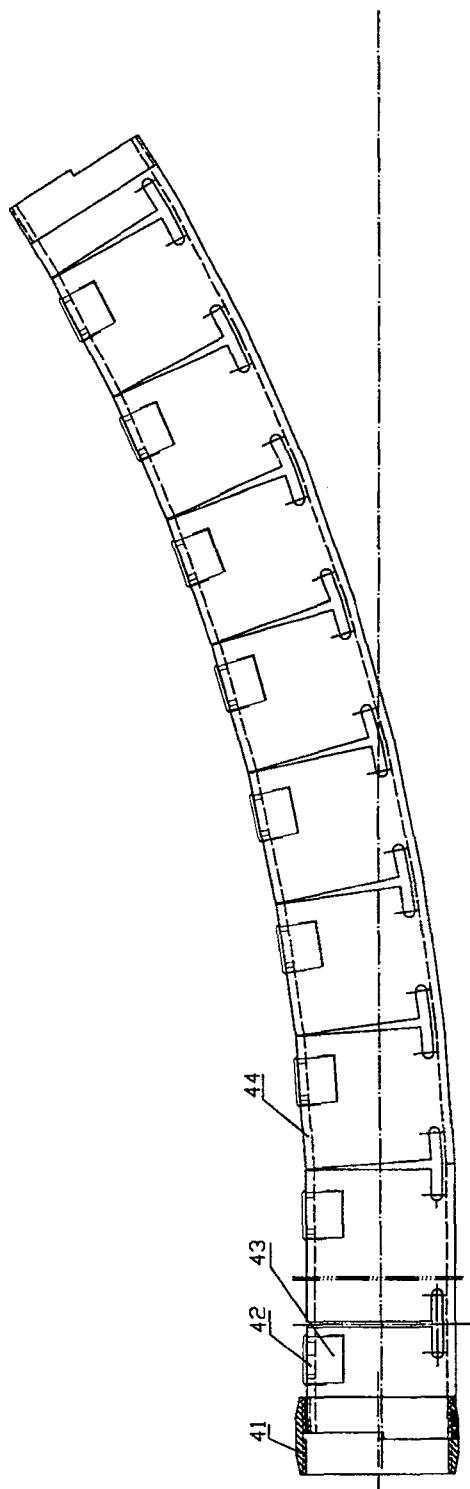


图 6

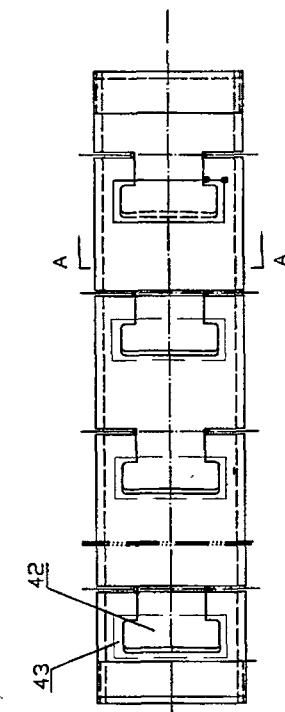


图 7

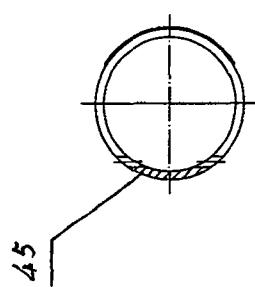


图 8

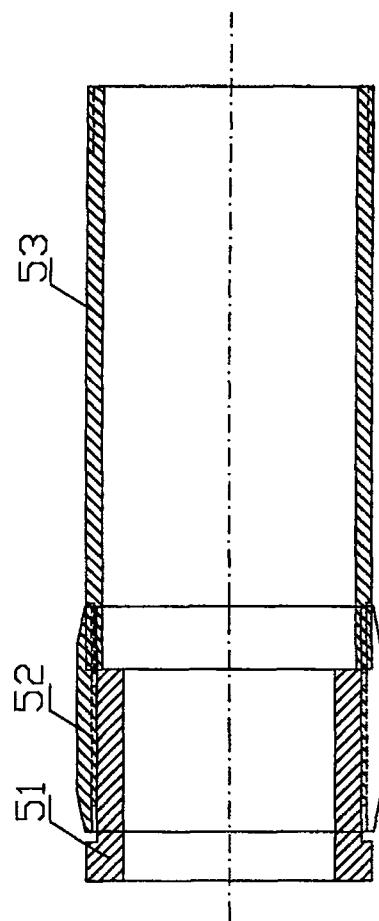


图 9

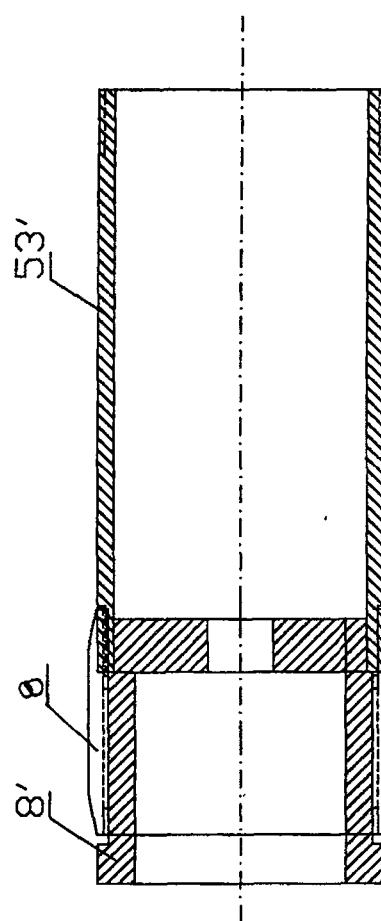


图 10

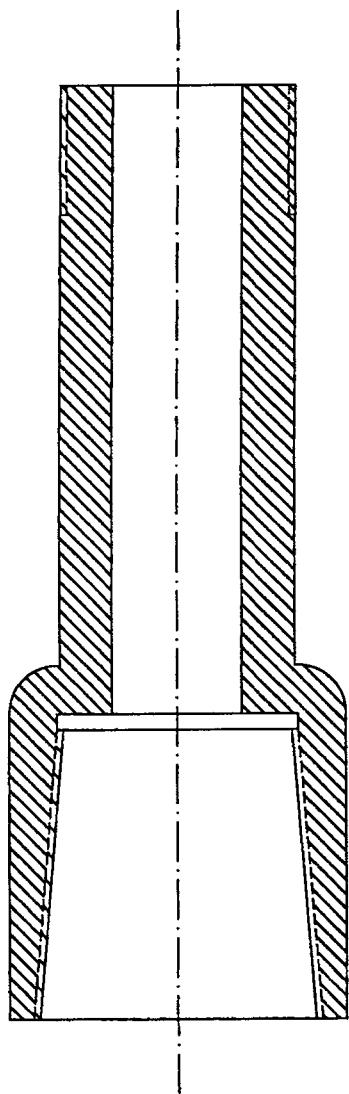


图 11

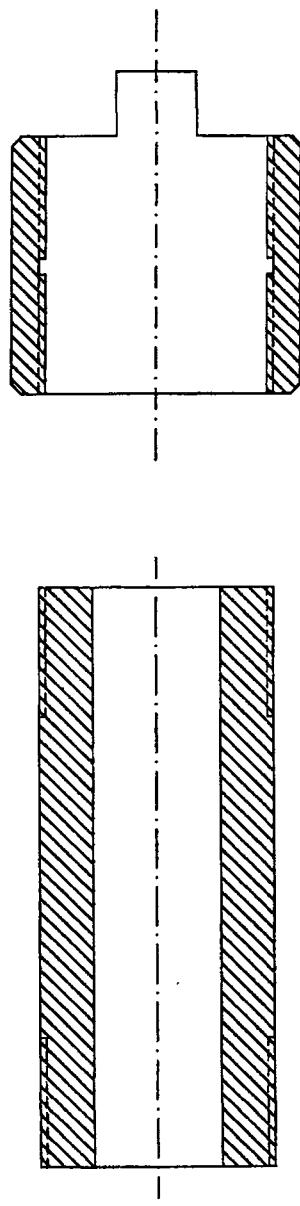


图 12

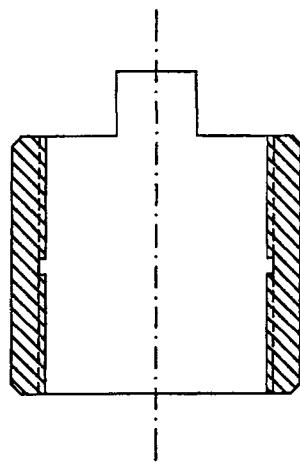


图 13

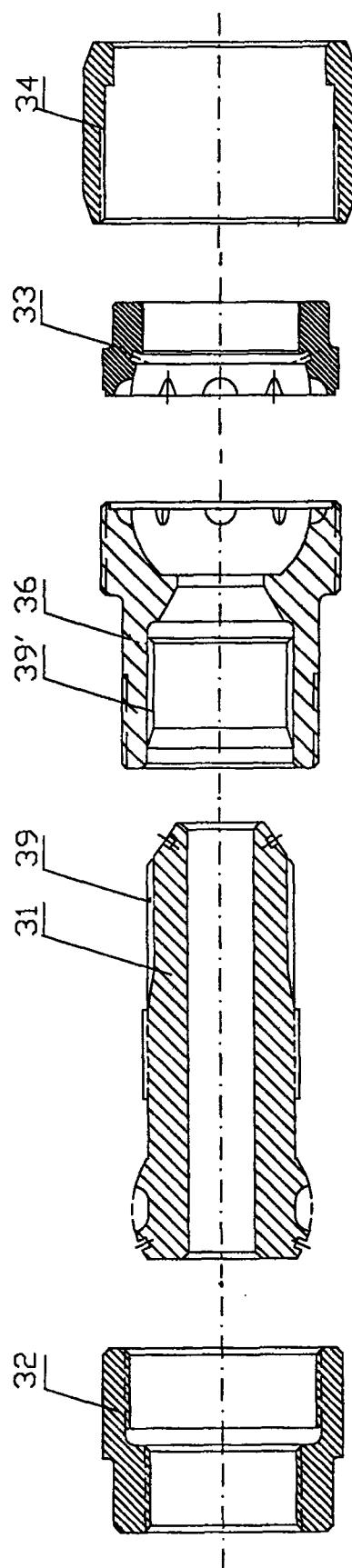


图 14

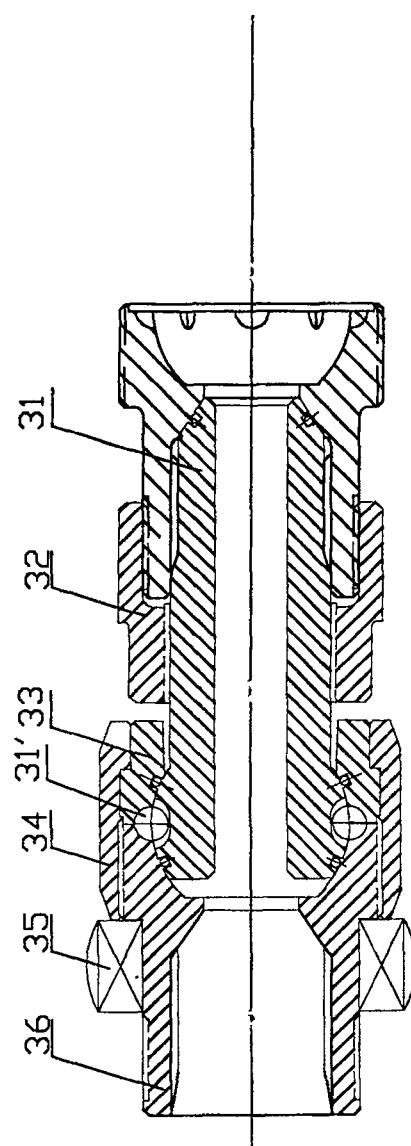


图 15

图 17

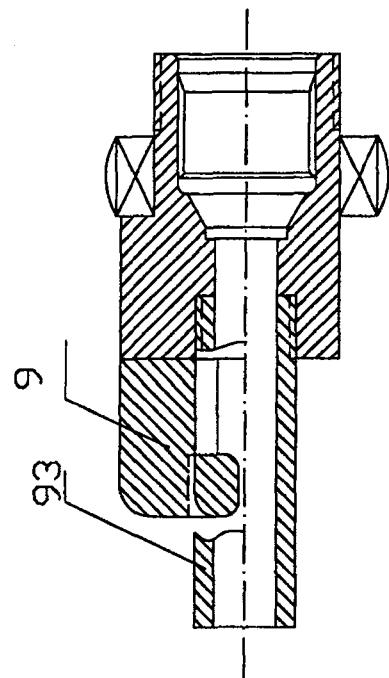


图 16

