

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580040520.4

[51] Int. Cl.

E21B 23/04 (2006.01)

E21B 23/00 (2006.01)

E21B 34/06 (2006.01)

[43] 公开日 2007 年 12 月 12 日

[11] 公开号 CN 101087926A

[22] 申请日 2005.10.4

[21] 申请号 200580040520.4

[30] 优先权

[32] 2004.10.5 [33] US [31] 10/958,979

[86] 国际申请 PCT/US2005/035682 2005.10.4

[87] 国际公布 WO2006/041842 英 2006.4.20

[85] 进入国家阶段日期 2007.5.25

[71] 申请人 海德尔公司

地址 美国德克萨斯州

[72] 发明人 罗伯特·S·四世·斯沃里

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 王新华

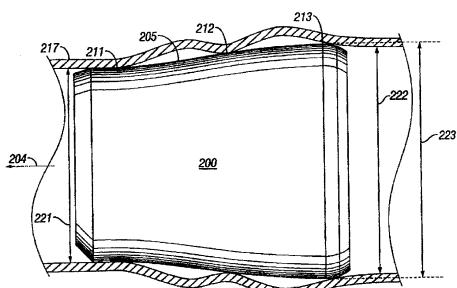
权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 10 页

[54] 发明名称

膨胀清管器

[57] 摘要

一种用于沿径向膨胀套管(217)的工具(200)，所述工具具有工具主体，所述工具主体包括近端、远端和外表面。所述工具包括沿轴向布置的至少一条液压通道(303)。所述至少一条通道将液压从所述膨胀工具后面沿着所述膨胀工具的行进方向向前传递。



1. 一种膨胀工具，包括：

工具主体，所述工具主体具有近端、远端和外表面；

其中，所述工具主体包括至少一条液压通道。

2. 如权利要求 1 所述的工具，其中，所述至少一条液压通道沿轴向布置。

3. 如权利要求 2 所述的工具，其中，所述至少一条液压通道从所述远端沿着行进方向延伸到前接触环后面的点。

4. 如权利要求 3 所述的工具，进一步包括布置在所述前接触环后面的至少一条周向通道，其中，所述至少一条周向通道被构造成与所述至少一条液压通道流体连通。

5. 如权利要求 2 所述的工具，其中，所述至少一条液压通道从所述远端延伸至所述近端。

6. 如权利要求 5 所述的工具，其中，所述至少一条液压通道布置在所述膨胀工具的所述外表面上。

7. 如权利要求 5 所述的工具，其中，所述至少一条液压通道穿过所述工具被钻出。

8. 如权利要求 7 所述的工具，进一步包括通风通道，所述通风通道将所述至少一条液压通道连接至所述膨胀工具的所述外表面。

9. 如权利要求 1 所述的工具，进一步包括密封体，所述密封体沿轴向布置在沿行进方向所述近端的前面。

10. 如权利要求 1 所述的工具，进一步包括至少一个压力调节阀。

11. 如权利要求 10 所述的工具，其中，所述至少一个压力调节阀布置在所述至少一条液压通道内。

12. 如权利要求 9 所述的工具，其中，所述密封体适于控制从所述密封体后面到所述密封体前面的流体流。

13. 如权利要求 12 所述的工具，其中，至少一个压力调节阀布置在所述密封体内。

14. 如权利要求 1 所述的工具，其中，所述膨胀工具适于控制从所述远端后面到所述近端前面的流体流。

15. 如权利要求 9 所述的工具，其中，所述膨胀工具适于控制从所述远端后面到所述密封体前面的流体流。

16. 一种膨胀工具，包括：

工具主体，所述工具主体具有第一段、第二段、近端、远端和外表面，其中，所述工具主体的所述第一段的直径以向着所述工具主体的所述远端增大的速率增大，且所述第二段的直径以向着所述工具主体的所述远端减小的速率增大；

其中，所述工具主体包括至少一条液压通道。

17. 如权利要求 16 所述的工具，其中，所述至少一条液压通道沿轴向布置。

18. 如权利要求 16 所述的工具，其中，所述至少一条液压通道从所述远端沿着行进方向延伸到前接触环后面的点。

19. 如权利要求 16 所述的工具，进一步包括布置在所述前接触环后面的至少一条周向通道，其中，所述至少一条周向通道被构造成与所述至少一条液压通道流体连通。

20. 如权利要求 16 所述的工具，进一步包括布置在第二接触环后面的至少一条周向通道，其中，所述至少一条周向通道被构造成与所述至少一条液压通道流体连通。

21. 如权利要求 20 所述的工具，其中，所述第二接触环位于所述膨胀工具的外径的拐点处。

22. 如权利要求 17 所述的工具，其中，所述至少一条液压通道从所述远端延伸至所述近端。

23. 如权利要求 22 所述的工具，其中，所述至少一条液压通道布置在所述外表面上。

24. 如权利要求 22 所述的工具，其中，所述至少一条液压通道穿过所述工具被钻出。

25. 如权利要求 16 所述的工具，进一步包括密封体，所述密封体沿轴向布置在沿行进方向所述近端的前面。

26. 如权利要求 17 所述的工具，进一步包括至少一个压力调节阀。

27. 如权利要求 26 所述的工具，其中，所述至少一个压力调节阀布置在所述至少一条液压通道内。

28. 如权利要求 25 所述的工具，其中，至少一个压力调节阀布置在所述密封体内。

29. 如权利要求 16 所述的工具，其中，所述膨胀工具适于控制从所述远端后面到所述近端前面的流体流。

30. 一种膨胀工具，包括：

工具主体，所述工具主体具有近端、远端和外表面；

其中，所述工具主体包括至少一条液压通道；以及

其中，所述工具主体适于控制从所述远端后面到所述近端前面的位置的流体流。

31. 一种膨胀套管的方法，包括：

迫使膨胀工具穿过套管段；

将压力从所述膨胀工具的后面沿着行进方向传递至前接触环后面的点。

32. 如权利要求 31 所述的方法，其中，至少一个压力调节阀调节沿行进方向所述前接触环后面的所述点处的压力。

33. 如权利要求 31 所述的方法，进一步包括将流体从所述远端的后面输送至所述近端的前面。

34. 一种膨胀套管的方法，包括：

迫使膨胀工具穿过套管段；

将压力从所述膨胀工具的后面沿着行进方向传递至前近端前面的点；

以及

控制从膨胀工具的后面到所述近端前面的位置的流体流。

35. 如权利要求 34 所述的方法，其中，至少一个压力调节阀调节沿行进方向在近端前面、密封体后面处的压力。

36. 如权利要求 34 所述的方法，其中，至少一个压力调节阀调节从远端后面至密封体前面的流体流。

膨胀清管器

技术领域

本发明一般涉及适用于油田用管（oilfield pipe）（管子（tubular））的膨胀工具和方法。更具体地说，本发明涉及用来在井筒内沿径向塑性膨胀并下管状构件的膨胀工具。

背景技术

成节的套管（casing joint）、衬管（liner）、以及其他油田用管状件经常在钻井、完井和开采井中被使用。例如，成节的套管可被置于井筒内以稳定地层并保护地层免受可能损坏地层的高井筒压力（例如，超过地层压力的井筒压力）损坏。成节的套管为一段一段的钢管，其可通过本领域内公知的螺纹连接、焊接连接、以及其他连接以端对端的方式联结。这些连接通常被设计成使得在被联结的成节套管的内部与环形空间之间形成密封件，其中上述环形空间形成在成节的套管的外壁和井筒壁之间。该密封件可以是例如弹性体密封件（例如 O 形环密封件）、紧接上述连接形成的金属对金属密封件、或本领域内公知的类似密封件。

在一些建井操作中，在钻孔（“裸眼”）内或者在下了套管的井筒内沿径向塑性膨胀螺纹管或成节的套管是有利的。按照在该应用场合中的使用，沿径向塑性膨胀管是指管或套管内径的永久性膨胀或增大。套管可经历一些弹性恢复，在弹性恢复中，直径从最大膨胀直径略有缩小，但最终直径将永久性地大于初始直径。在下了套管的井筒中，沿径向可膨胀的套管可被用来增强受磨损或损坏的套管，以便例如提高旧套管的破损等级（burst rating），从而防止井眼的早期弃井（premature abandonment）。

在常规的油田钻井中，套管柱贯穿整个钻井过程始终以规则的间距被安装。用于一个间距的套管通过将其降低穿过用于上一个间距的套管而被安装。这意味着套管柱的外径受到之前安装的套管柱的内径的限制。因而，

在常规井筒中的套管柱相互嵌套，其中套管直径随着各个间距沿着向下的方向缩小。

在各套管柱和井筒之间设置有环形空间，以便水泥可被泵吸到环形空间或环形间隙（annulus）内，以在套管和井筒之间进行密封。由于在常规井筒中套管柱的嵌套布置以及水泥在套管柱周围所需要的环形空间，在井筒顶部处所需的井眼直径相对较大。该较大的初始井筒直径导致要钻直径较大的井眼从而增加了费用，并导致要对较大的套管柱注水泥（cementing）从而增加了费用。此外，在常规井筒中套管柱的嵌套布置可严重限制在井筒底部处的、最后的套管柱的内径，这限制了该井的潜在生产率（potential production rate）。

理想的情况是，在套管柱穿过之前的套管柱被下入井筒中以后，套管柱可在原位（即在井内就原地）沿径向被塑性膨胀。这最小化了在井筒底部处的、最后的套管柱其内径的缩小。在井筒内沿径向塑性膨胀套管柱还增添了这样的益处，即减小了所钻井筒和套管柱之间的环形空间，这减少了在套管与井筒之间实现密封所需的水泥量。

已经发展了多种技术来膨胀套管。一项技术采用被称作“清管器（pig）”的膨胀工具，其直径比套管柱的内径大。该工具通常被移动穿过套管柱（a string of casing）或油管（tubing）以将套管柱从初始状况（例如，从初始直径）沿径向塑性膨胀至膨胀状况（例如，至最终直径）。一种常见的现有技术膨胀过程使用成锥形逐渐变细的冷成形膨胀工具来在井筒中膨胀套管。该膨胀工具一般关于其纵向轴线对称。该膨胀工具还包括圆柱段，该圆柱段的直径通常与套管柱的期望膨胀内径相对应。逐渐变细段紧接着该圆柱段。

在可膨胀套管柱的底部处，膨胀工具被置入发送器（launcher）。发送器为钟形的一段（belled section），其在一端处带螺纹并在远端上被封起来，其中在底部内有注水泥口（cementing port）。膨胀工具被密封在发送器内，且发送器在可膨胀套管柱的端部上制成。通常通过从套管悬挂器放下套管柱，套管柱在井眼内被设定在适当的位置。然后，钻杆的工作管柱（working string）或油管被下到井筒内并附连至膨胀工具（例如，该工作管柱一般被附连至引导心轴（leading mandrel））。膨胀工具还可包括穿过其中的轴向

孔，以便加压流体（例如，钻井液）可被泵吸通过工作管柱、穿过膨胀工具并进入井筒，从而以液压方式给井筒加压。液压作用于由膨胀工具下端限定的活塞表面上，并且液压与工作管柱上沿轴向向上的提升力相结合，以迫使膨胀工具向上穿过套管柱从而沿径向向外令套管柱移位至期望的膨胀直径。

在对该方法的一种变化中，由于发送器正好通过(clear)母套管(parent casing)的套管靴(casing shoe)，故套管在膨胀工具仍然被保持在空间(in space)的同时被膨胀。套管同时被膨胀和驱动进入井眼中。

可选地，膨胀工具被安装在长的液压缸的端部上。液压缸和工具被下到井眼中，其中可膨胀套管从下面悬挂在悬挂器上。液压缸推动膨胀工具进入到套管柱内，形成衬管悬挂器。液压缸和内卡瓦被缩回，卡瓦被重新设置在新的位置，且液压缸被再次延伸。重复该过程直至整个套管柱得到膨胀。

在本领域内公知的另一种方法中，膨胀工具具有三个可缩回的、倾斜的滚子(roller)，这些滚子排列在该工具外侧的周围。可膨胀套管在一组夹钳上被降低到井眼内，这组夹钳被承载在膨胀工具的上方。在一定深度处(at depth)，该工具被旋转且压力被缓慢施加到该工具上，导致滚子沿径向向外移动。然后该工具在旋转的同时被推动或拉动穿过套管。

径向膨胀可以例如25至60英尺/分钟的速率来进行。本领域内公知的还有其他膨胀过程，例如在局部流体静压作用下的膨胀、或“液压成形(hydroforming)”，但一般而言，这些膨胀过程并不像冷成形膨胀过程用得那样多。

图1显示典型的现有技术锥形膨胀工具100(或“膨胀清管器”)的截面图，该膨胀工具100正开始令套管管体(casing pipe)117变形。套管柱117的端部112在膨胀工具100呈平截锥形的膨胀表面105上接触膨胀工具100。随着膨胀工具100沿着行进方向104移动，其将通过套管柱117，随着膨胀工具100的移动，其沿径向塑性膨胀套管柱117。

关于中心线103对称的膨胀工具100具有圆柱段110，圆柱段110的直径与套管柱117的期望膨胀直径大致相同。典型地，膨胀套管会从圆柱段110的直径略有反弹，从而套管117的最终膨胀直径将略小于圆柱段110

的外径。在后端处，膨胀工具 100 具有与圆柱段 110 背离的逐渐变细段 111。

发明内容

在一方面，本发明包括具有工具主体的工具，其中所述工具主体包括近端、远端和外表面。所述工具主体还包括至少一条液压通道和通风通道（vent channel）。所述液压通道穿过所述工具被钻出并沿轴向布置成从所述工具主体的所述远端沿着行进方向延伸到前接触环后面的点。所述通风通道将所述轴向通道连接至所述工具的表面。所述膨胀工具适于控制从所述工具的所述远端后面到所述近端前面的位置的流体流。

在另一方面，本发明包括具有工具主体的工具，其中所述工具主体包括近端、远端和外表面。所述工具主体还包括至少一条液压通道和至少一条周向通道。所述液压通道穿过所述工具被钻出，并沿轴向布置成从所述工具主体的所述远端沿着行进方向延伸到前接触环后面的点。通风通道连接所述轴向通道与所述周向通道，其中所述周向通道布置在所述工具的表面上所述前接触表面的后面。所述膨胀工具适于控制从所述工具的所述远端后面到所述近端前面的位置的流体流。

在另一方面，本发明包括具有工具主体的工具，其中所述工具主体包括近端、远端和外表面。所述工具主体还包括至少一条液压通道，所述至少一条液压通道布置在所述工具的表面上。所述液压通道沿轴向布置成从所述工具主体的所述远端沿着行进方向延伸到前接触环后面的点。所述膨胀工具适于控制从所述工具的所述远端后面到所述近端前面的位置的流体流。

在另一方面，本发明包括具有工具主体的工具，其中所述工具主体包括近端、远端和外表面。所述工具主体还包括至少一条液压通道。密封体沿轴向布置在沿行进方向所述工具主体的前面。所述液压通道穿过所述工具被钻出，并沿轴向布置成从所述工具主体的所述远端延伸到所述工具主体的所述近端。所述膨胀工具适于控制从所述工具的所述远端后面到所述近端前面的位置的流体流。

在另一方面，本发明包括具有工具主体的工具，其中所述工具主体包括近端、远端和外表面。所述工具主体还包括至少一条液压通道。密封体

沿轴向布置在沿行进方向所述工具主体的前面。所述液压通道穿过所述工具被钻出，并沿轴向布置成从所述工具主体的所述远端延伸到所述工具主体的所述近端。通风通道将所述轴向液压通道连接至周向通道，其中所述周向通道布置在所述工具的表面上前接触环的后面。所述膨胀工具适于控制从所述工具的所述远端后面到所述近端前面的位置的流体流。

在另一方面，本发明包括具有工具主体的工具，其中所述工具主体包括近端、远端和外表面。所述工具主体还包括至少一条液压通道。密封体沿轴向布置在沿行进方向所述工具主体的前面。所述液压通道布置在所述工具的表面上，所述液压通道沿轴向从所述工具主体的所述远端延伸到所述工具主体的所述近端。所述膨胀工具适于控制从所述工具的所述远端后面到所述近端前面的位置的流体流。

在另一方面，本发明包括具有工具主体的工具，其中所述工具主体包括第一段、第二段、近端、远端和外表面。所述第一段的直径以向着所述工具的所述远端增大的速率增大，且所述第二段的直径以向着所述工具的所述远端减小的速率增大。密封体沿轴向布置在沿行进方向所述工具主体的前面。所述工具主体还包括至少一条液压通道。所述液压通道穿过所述工具被钻出，并沿轴向布置成从所述工具主体的所述远端延伸到所述工具主体的所述近端。所述膨胀工具适于控制从所述工具的所述远端后面到所述近端前面的位置的流体流。

在另一方面，本发明包括具有工具主体的工具，其中所述工具主体包括第一段、第二段、近端、远端和外表面。所述第一段的直径以向着所述工具的所述远端增大的速率增大，且所述第二段的直径以向着所述工具的所述远端减小的速率增大。密封体沿轴向布置在沿行进方向所述工具主体的前面。所述工具主体还包括至少一条液压通道。所述液压通道穿过所述工具被钻出并沿轴向布置成从所述工具主体的所述远端延伸到所述工具主体的所述近端。通风通道将所述轴向液压通道连接至周向通道，其中所述周向通道布置在所述工具的表面上。所述膨胀工具适于控制从所述工具的所述远端后面到所述近端前面的位置的流体流。

在另一方面，本发明包括迫使膨胀工具穿过套管段的方法。所述膨胀工具后面的液压通过至少一条通道被传递至沿行进方向前接触表面后面

的点。至少一个压力调节阀调节所述前接触表面后面的所述点处的压力。

在另一方面，本发明包括迫使膨胀工具穿过套管段的方法。所述膨胀工具后面的液压通过至少一条通道被传递至近端前面的点。所述膨胀工具适于控制从所述远端后面到所述近端前面的点的流体流。至少一个压力调节阀调节所述工具主体的所述近端与所述密封体之间的区域内的压力。

本发明的其他方面和优点从随后的描述和所附权利要求中将显而易见。

附图说明

图 1 显示典型的现有技术锥形膨胀工具的截面图，该锥形膨胀工具正开始令套管管体变形。

图 2 显示移动穿过套管的膨胀工具的横截面视图。

图 3A 显示本发明所述膨胀工具的实施例的横截面视图。

图 3B 显示本发明所述膨胀工具的另一实施例的横截面视图。

图 3C 显示本发明所述膨胀工具的另一实施例的横截面视图。

图 4A 显示本发明所述膨胀工具的另一实施例的横截面视图。

图 4B 显示本发明所述膨胀工具的另一实施例的横截面视图。

图 4C 显示本发明所述膨胀工具的另一实施例的横截面视图。

图 5A 显示本发明所述膨胀工具的另一实施例的横截面视图。

图 5B 显示本发明所述膨胀工具的另一实施例的横截面视图。

具体实施方式

本发明的实施例涉及用来沿径向塑性膨胀螺纹管或成节套管的膨胀工具。根据本发明的实施例，用来将膨胀工具移动穿过套管的液压被向前传递以给套管加预应力并减弱套管的波状响应 (wave-like response)。

图 2 显示膨胀工具 200 的横截面，膨胀工具 200 膨胀套管柱 217 的一段。工具 200 沿着行进方向 204 移动。随着工具 200 的移动，工具 200 将套管柱 217 从初始直径 221 膨胀至膨胀直径 222。由于套管 217 的弹性恢复，膨胀直径 222 略小于膨胀工具的最大直径 223。在一些实施例中，在膨胀工具 200 后面的液压的协助下，膨胀工具 200 沿着行进方向 204 被移

动穿过套管 217。该液压是由通过钻杆（未显示）泵吸到井眼内直到膨胀工具后面区域的流体所引起的。

随着膨胀工具 200 移动穿过套管 217，其沿径向塑性膨胀套管 217。套管 217 对膨胀过程具有粘弹性或波状响应。套管柱 217 的内侧首先在膨胀表面 205 上、于点 211 处接触工具 200。当套管 217 向外变形的时候，其基本上弹起离开膨胀表面 205。紧接着上述“弹起”，套管松弛并在第二接触点 212 处再次接触膨胀工具 200。

套管的波状行为是因为钢在其塑性状态下对膨胀产生粘弹性响应。因此，该膨胀是切变率敏感的 (shear-rate sensitive)。膨胀工具 200 上的接触环（例如 211, 212, 213）其确切数量和位置以及波形的幅度取决于：膨胀工具 200 的设计，工具 200 与套管 217 之间的摩擦系数，套管 217 的套管材料、直径和厚度，以及膨胀工具 200 的行进速度。套管波形的幅度还取决于膨胀工具 200 的设计内所固有的膨胀比。常规上，膨胀比为套管 217 的膨胀内径 222 对套管 217 的初始内径 221 的比值。

在此处所述的本发明实施例中，布置在膨胀工具的表面上或穿过膨胀工具钻出的通道会将液压从膨胀工具后面输送到工具远端前面的点。压力调节阀可被用来设定沿着膨胀工具以及在膨胀工具前面的不同点处的液压。膨胀工具适于控制从膨胀工具远端的后面到膨胀工具近端的前面的液体流。

图 3A 显示本发明所述的膨胀工具 300 的实施例的横截面，膨胀工具 300 正在进入要膨胀的套管或管 317。膨胀工具 300 具有近端 301、远端 302、以及外表面 305。近端为膨胀工具的前端，而远端为膨胀工具的后端。然而，本领域技术人员会了解，根据本发明的膨胀工具可具有梨形或锥形，其中近端或远端可不具备明显的前端或后端表面。接触环 319 形成在工具 300 的膨胀表面 305 上第一接触点 311 的位置处。膨胀工具 300 被迫使沿着行进方向 304 穿过套管 317。在该实施例中，至少一条液压通道 303 沿轴向从远端 302 延伸至前接触环 319 后面的点，该至少一条液压通道 303 穿过膨胀工具 300 被钻出。连接至轴向通道 303 的通风通道 (vent channel) 316 将液压从膨胀工具 300 的远端 302 通过轴向通道 303 传递以进入位于两个接触环（例如：319、320）之间的容积 (volume) 318。布置在通道

303 或 316 内的至少一个压力调节阀 315 可被用来调节液压通道 303、316 内的压力。本领域技术人员将了解，取决于膨胀工具的设计、摩擦系数、套管材料特性和尺寸、以及膨胀工具 300 的行进速度，在容积 318 内可使用不同的压力。

包含在容积 318 内的液压通过衰减钢的回弹来减弱套管 317 的波状行为，从而将后续接触环 320 移动到一位置，该位置沿轴向在由常规膨胀工具形成的后续接触环（例如，图 2 中的 220）的位置后面。传递至套管 317 与膨胀工具 300 之间的空间的液压马力减小了膨胀套管 317 所需的轴向力，其中上述空间是因套管 317 的波状运动而造成的。液压还提供膨胀工具与套管内表面之间的润滑。对于附加的润滑，流体还可以段塞（a slug or a pill）通过钻杆并流出膨胀工具内的通道 303、316、308 被泵吸到井下。段塞是指小体积的钻井液特殊混合物，该特殊混合物通过钻杆被送下去。膨胀工具 300 适于控制从远端 302 后面到近端 301 前面的位置的流体流。小的螺旋槽 325 沿周向布置在膨胀工具 300 的近端 301 周围，螺旋槽 325 控制该流体流，或将流体从容积 318 输送至膨胀工具 300 的近端 301 的前面。（注意，在图 3A 中，螺旋槽 327 按照其从膨胀工具的侧视图所见那样以点划线显示）。本领域技术人员将了解，螺旋槽的大小和圈数可取决于流向膨胀工具 300 前面的位置的期望流体流率而变化。这允许段塞或液压流体被输送至工具 300 的近端 301 前面的位置以便提高润滑性。本领域技术人员将了解，可使用其他方法来控制流体流率。例如，可在膨胀工具 300 内使用压力调节阀或小的轴向槽来将段塞输送到近端 301 前面的位置。

图 3B 显示本发明所述膨胀工具 300 的实施例的横截面，其中膨胀工具 300 正在进入要膨胀的套管或管 317。膨胀工具 300 具有近端 301、远端 302、以及外表面 305。接触环 319 形成在工具 300 的膨胀表面 305 上第一接触点 311 的位置处。膨胀工具 300 被迫使沿着行进方向 304 穿过套管 317。穿过膨胀工具 300 被钻出的液压通道 303 将膨胀工具 300 的远端 302 后面的液压沿着行进方向 304 向前传递至通风通道 316，通风通道 316 敞开至周向液压通道 308，其中周向液压通道 308 设置在膨胀工具 300 的外表面 305 上前接触环 319 的后面。应该指出的是，短划线按周向通道 308 在工具的侧视图中看起来那样示出周向通道 308，该周向通道 308 环绕着

膨胀工具 300 的周界。膨胀工具 300 可包括多个周向通道 308，每个周向通道 308 布置在接触环（例如，319 或 320）后面。

可使用布置在通道内的至少一个压力调节阀 315 来调节液压通道内的压力。本领域技术人员将了解，取决于膨胀工具的设计、摩擦系数、套管材料特性和尺寸、以及膨胀工具 300 的行进速度，可使用不同的压力。包含在周向通道 308 内的液压通过衰减钢的回弹来减弱套管 317 的波状行为，从而将后续接触环 320 移动到一位置，该位置沿轴向在由常规膨胀工具形成的后续接触环（例如，图 2 中的 220）的位置后面。也就是，连续的接触环 319、320 之间的距离得到了加长。传递至套管 317 与膨胀工具 300 之间的空间的液压马力减小了膨胀套管 317 所需的轴向力，其中上述空间是因套管 317 的波状运动而造成的。液压还提供膨胀工具与套管内表面之间的润滑。对于附加的润滑，流体还可以段塞通过钻杆并流出膨胀工具内的通道 303、316、308 被泵吸到井下。膨胀工具 300 适于控制从远端 302 后面到近端 301 前面的位置的流体流。小的螺旋槽可沿周向布置在膨胀工具 300 的近端 301 周围，该螺旋槽控制流体流或将流体从容积 318 输送至膨胀工具 300 的近端 301 的前面。这允许段塞或液压流体被输送至工具 300 的近端 301 前面的位置以便提高润滑性。本领域技术人员将了解，可使用其他方法来控制流体流率。例如，可在膨胀工具 300 内使用压力调节阀或小的轴向槽来将段塞输送到近端 301 前面的位置。

图 3C 显示本发明所述膨胀工具 300 的实施例的横截面，其中膨胀工具 300 正在进入要膨胀的套管或管 317。该膨胀工具 300 类似于图 3A 中给出的膨胀工具 300；但是，至少一条液压通道 303 布置在膨胀工具 300 的表面 305 上。本领域技术人员将了解，取决于膨胀工具的设计、摩擦系数、套管材料特性和尺寸、以及膨胀工具 300 的行进速度，对于该通道可采用不同的轴向长度和周向宽度。所述至少一条液压通道 303 允许来自膨胀工具 300 后面的液压沿着工具的外径被传递至从工具 300 的远端 302 往前的点。膨胀工具 300 还可包括周向通道（例如，图 3B 中的 308），该周向通道布置在膨胀工具 300 的外表面 305 上前接触环 319 的后面。膨胀工具 300 可包括多个周向通道 308，每个周向通道 308 布置在接触环（例如，319 或 320）后面。液压通道 303 将液压从工具 300 的后面传递到容积 318。

传递至套管 317 与膨胀工具 300 之间的空间的液压马力减小了膨胀套管 317 所需的轴向力，其中上述空间是因套管 317 的波状运动而造成的。液压润滑了套管 317 的内表面与套管内的工具 300 之间的区域，使得更容易将膨胀工具 300 移动穿过套管 317。

膨胀工具 300 还适于控制从远端 302 后面到近端 301 前面的位置的流体流。小的螺旋槽可沿周向布置在膨胀工具 300 的近端 301 周围以控制流体流或将流体从容积 318 输送至膨胀工具 300 的近端 301 的前面。这允许段塞或液压流体被输送至工具 300 的近端 301 前面的位置以便提高润滑性。本领域技术人员将了解，可使用其他方法来控制流体流率。例如，可在膨胀工具 300 内使用压力调节阀或小的轴向槽来将段塞输送到近端 301 前面的位置。

图 4A 显示本发明所述膨胀工具 400 的实施例的横截面，其中膨胀工具 400 正在进入要膨胀的套管或管 417。膨胀工具 400 具有近端 401、远端 402、以及外表面 405。前接触环 419 形成在膨胀工具 400 的表面 405 上的接触点 411 处。在该实施例中，密封体 406 被附连至膨胀工具 400 的近端 401。膨胀工具 400 和附连的密封体 406 沿着行进方向 404 被移动穿过套管 417。液压通道 403 从膨胀工具 400 的远端 402 延伸至膨胀工具 400 的近端 401，该液压通道 403 穿过膨胀工具 400 被钻出。液压通道 403 将液压从膨胀工具 400 后面传递到在膨胀工具 400 前面并在密封体 406 后面的间隙容积（interstitial volume）407。包含在间隙容积 407 内的产生压力高于密封体 406 前面的压力并优选低于膨胀工具 400 后面的压力。可使用至少一个压力调节阀 415 来调节液压通道内和容积 407 内的压力。本领域技术人员将了解，取决于膨胀工具的设计、摩擦系数、套管材料特性和尺寸、以及膨胀工具 400 的速度，在容积 407 内可使用不同的压力。为了润滑，流体还可以段塞通过钻杆并流出膨胀工具内的通道 403、408 被泵吸到井下。膨胀工具 400 适于控制从远端 402 后面到近端 401 前面的位置的流体流。至少一个压力调节阀 426 被布置在密封体 406 内，以便控制从膨胀工具 400 的远端 402 后面到密封体 406 前面的位置的流体流。这允许段塞或液压流体被输送至工具 400 的密封体 406 前面的位置以便提高润滑性。本领域技术人员将了解，可使用其他方法来控制流体流率。例如，可

使用密封体 406 内的小轴向槽或环绕密封体 406 周边的螺旋槽来将段塞或液压流体输送到近端 401 前面的位置。

在由膨胀工具 400 导致膨胀之前，容积 407 内的液压给套管 417 加预应力。传递至套管 417 与膨胀工具 400 之间的空间的液压马力减小了膨胀套管 417 所需的轴向力，其中上述空间是因套管 417 的波状运动而造成的。容积 407 内的液压通过衰减钢的回弹来减弱套管 417 的波状行为，从而将后续接触环 420 移动到一位置，该位置沿轴向在后续接触环（例如，图 2 中的 220）的位置后面。也就是，连续的接触环 419、420 之间的距离得到了加长。

图 4B 显示本发明所述膨胀工具 400 的实施例的横截面，其中膨胀工具 400 正在进入要膨胀的套管或管 417。膨胀工具 400 具有近端 401、远端 402、以及外表面 405。前接触环 419 形成在膨胀工具 400 的表面 405 上的接触点 411 处。密封体 406 被附连至膨胀工具 400 的近端 401。膨胀工具 400 和附连的密封体 406 沿着行进方向 404 被移动穿过套管 417。

液压通道 403 从膨胀工具 400 的远端 402 沿轴向延伸至膨胀工具 400 的近端 401，该液压通道 403 穿过膨胀工具 400 被钻出。在该实施例中，通风通道 416 将轴向液压通道 403 连接到膨胀工具 400 的外侧或连接到周向通道 408，该周向通道 408 任选地布置在膨胀工具 400 的外表面 405 上接触环 419 的后面。液压通道 403 将液压从膨胀工具 400 后面传递到在膨胀工具 400 前面并在密封体 406 后面的间隙容积 407。通风通道 416 将压力从轴向液压通道 403 传递至容积 418 或传递至周向通道 408。包含在间隙容积 407 内的产生压力高于密封体 406 前面的压力并优选低于膨胀工具 400 后面的压力。

包含在周向通道 408 内以及从而包含在容积 418 内的产生压力高于密封体 406 前面的压力，并优选高于间隙容积 407 内的压力，但却低于膨胀工具 400 后面的压力。然而，本领域技术人员将了解，取决于膨胀工具的设计、摩擦系数、套管材料特性和尺寸、以及膨胀工具的速度，可使用不同的压力。为了润滑，流体还可以段塞通过钻杆并流出膨胀工具内的通道 403、416、408 被泵吸到井下。膨胀工具 400 还适于控制从远端 402 后面到近端 401 前面的位置的流体流。至少一个压力调节阀可被布置在密封体

406 内，以便控制从膨胀工具 400 的远端 402 后面到密封体 406 前面的位置的流体流。这允许段塞或液压流体被输送至工具 400 的密封体 406 前面的位置以便提高润滑性。本领域技术人员将了解，可使用其他方法来控制流体流率。例如，可使用密封体 406 内的小轴向槽或环绕密封体 406 周边的螺旋槽来将段塞或液压流体输送到近端 401 前面的位置。

可使用至少一个压力调节阀 415 来调节间隙容积 407 内的压力，并可使用至少一个压力调节阀 415 来调节周向通道 408 内和容积 418 内的压力。在由膨胀工具 400 导致膨胀之前，间隙容积 407 内的液压给套管 417 加预应力。包含在周向通道 408 和容积 418 内的压力通过衰减钢的回弹起到了减弱套管 417 的波状运动的作用。膨胀工具 400 可包括多个周向通道 408，每个周向通道 408 布置在接触环（例如 419 或 420）的后面。传递至套管 417 与膨胀工具 400 之间的空间的液压马力减小了膨胀套管 417 所需的轴向力，其中上述空间是因套管 417 的波状运动而造成的。间隙容积 407 和容积 418 内的液压减弱套管 417 的波状行为，从而将后续接触环 420 移动到一位置，该位置沿轴向在常规膨胀工具所造成的后续接触环（例如，图 2 中的 220）的位置后面。也就是，连续的接触环 419、420 之间的距离得到了加长。

图 4C 显示本发明所述膨胀工具 400 的实施例的横截面，其中膨胀工具 400 正在进入要膨胀的套管或管 417。该膨胀工具 400 类似于图 4A 中给出的膨胀工具 400；但是，至少一条液压通道 403 布置在膨胀工具 400 的表面 405 上。本领域技术人员将了解，取决于膨胀工具的设计、摩擦系数、套管材料特性和尺寸、以及膨胀工具 400 的行进速度，对于液压通道 403 可采用不同的轴向长度和周向宽度。液压通道 403 将来自膨胀工具 400 后面的液压沿着工具的外径传递至从工具 400 的远端 402 往前的点。膨胀工具 400 还可包括周向通道 408（图 4B），该周向通道 408 布置在膨胀工具 400 的外表面 405 上前接触环 419 的后面。液压通道 403 将液压从工具 400 的后面传递到周向通道 408。膨胀工具 400 可包括多个周向通道 408，每个周向通道 408 布置在接触环（例如 419 或 420）的后面。传递至套管 417 与膨胀工具 400 之间的空间的液压马力减小了膨胀套管 417 所需的轴向力，其中上述空间是因套管 417 的波状运动而造成的。液压润滑了套管

417 的内表面与套管内的工具 400 之间的区域，使得更容易将膨胀工具 400 移动穿过套管 417。

对于附加的润滑，流体还可以段塞通过钻杆并流出膨胀工具内的通道 403、408 被泵吸到井下。膨胀工具 400 还适于控制从远端 402 后面到近端 401 前面的位置的流体流。至少一个压力调节阀可被布置在密封体 406 内，以便控制从膨胀工具 400 的远端 402 后面到密封体 406 前面的位置的流体流。这允许段塞或液压流体被输送至工具 400 的密封体 406 前面的位置以便提高润滑性。本领域技术人员将了解，可使用其他方法来控制流体流率。例如，可使用密封体 406 内的小轴向槽或环绕密封体 406 周边的螺旋槽来将段塞或液压流体输送到近端 401 前面的位置。

图 5A 显示本发明所述膨胀工具 500 的实施例的横截面，其中膨胀工具 500 正在进入要膨胀的套管或管 517。膨胀工具 500 具有近端 501、远端 502、以及外表面 505。密封体 506 被附连至膨胀工具 500 的近端 501。

在该实施例中，膨胀工具 500 具有：第一段 524，其中直径以向着膨胀工具 500 的远端 502 增大的速率增大；和第二段 525，其中直径以向着膨胀工具 500 的远端 502 减小的速率增大，如同在第 6,622,797 号美国专利中所公开的那样，该专利被转让给了本发明的受让人。也就是，段 524 具有凹入表面，而段 525 具有凸出表面。膨胀工具 500 和附连的密封体 506 沿着行进方向 504 被移动穿过套管 517。

液压通道 503 从膨胀工具 500 的远端 502 延伸至膨胀工具 500 的近端 501，该液压通道 503 穿过膨胀工具 500 被钻出。液压通道 503 允许来自膨胀工具 500 后面的液压移动到在膨胀工具 500 前面并在密封体 506 后面的间隙容积 507。包含在间隙容积 507 内的产生压力高于密封体 506 前面的压力并优选低于膨胀工具 500 后面的压力。然而，本领域技术人员将了解，取决于膨胀工具的设计、摩擦系数、套管材料特性和尺寸、以及膨胀工具 500 的行进速度，在间隙容积 507 内可使用不同的压力。

可使用至少一个压力调节阀 515 来调节液压通道 503 内和间隙容积 507 内的压力。在由膨胀工具 500 导致膨胀之前，间隙容积 507 内的液压给套管 517 加预应力。传递至套管 517 与膨胀工具 500 之间的空间的液压马力减小了膨胀套管 517 所需的轴向力，其中上述空间是因套管 517 的波

状运动而造成的。间隙容积 507 内的液压通过衰减钢的回弹来减弱套管 517 的波状行为，从而减小了套管 517 的“弹起”幅度。

为了润滑，流体还可以段塞通过钻杆并流出膨胀工具内的通道 503 被泵吸到井下。膨胀工具 500 适于控制从远端 502 后面到近端 501 前面的位置的流体流。至少一个压力调节阀 526 被布置在密封体 506 内，以便控制从膨胀工具 400 的远端 502 后面到密封体 506 前面的位置的流体流。这允许段塞或液压流体被输送至工具 500 的密封体 506 前面的位置以便提高润滑性。本领域技术人员将了解，可使用其他方法来控制流体流率。例如，可使用密封体 506 内的小轴向槽或环绕密封体 506 周边的螺旋槽来将段塞或液压流体输送到近端 501 前面的位置。

图 5B 显示本发明所述膨胀工具 500 的实施例的横截面，其中膨胀工具 500 正在进入要膨胀的套管或管 517。膨胀工具 500 具有近端 501、远端 502、以及外表面 505。密封体 506 被附连至膨胀工具 500 的近端 501。膨胀工具 500 具有：第一段 524，其中直径以向着膨胀工具 500 的远端 502 增大的速率增大；和第二段 525，其中直径以向着膨胀工具的远端 502 减小的速率增大，如同在第 6,622,797 号美国专利中所公开的那样，该专利被转让给了本发明的受让人。第一段 524 形成大致凹入的表面，而第二段 525 形成大致凸出的表面。产生的拐点造成膨胀工具 500 与套管 517 之间的接触环 520。

膨胀工具 500 和附连的密封体 506 沿着行进方向 504 被移动穿过套管 517。液压通道 503 从膨胀工具 500 的远端 502 沿轴向延伸至膨胀工具 500 的近端 501，该液压通道 503 穿过膨胀工具 500 被钻出。通风通道 516 将轴向液压通道 503 连接到膨胀工具 500 的侧面或连接到周向通道 508，该周向通道 508 任选地布置在膨胀工具 500 的外表面上接触环 520 的后面。

尽管接触环 526 可沿着行进方向 504 出现在接触环 520 之前，但接触环 520 形成在膨胀工具 500 外径的拐点处。液压通道 503 允许来自膨胀工具 500 后面的液压被传递到在膨胀工具 500 前面并在密封体 506 后面的间隙容积 507。通风通道 516 将压力从轴向液压通道 503 传递至膨胀工具的侧面或周向通道 508。包含在间隙容积 507 内的产生压力高于密封体 506 前面的压力并优选低于膨胀工具 500 后面的压力。

包含在周向通道 508 内以及从而包含在容积 518 内的产生压力高于密封体 506 前面的压力，并优选高于间隙容积 507 内的压力，但却低于膨胀工具 500 后面的压力。然而，本领域技术人员将了解，取决于膨胀工具的设计、摩擦系数、套管材料特性和尺寸、以及膨胀工具 500 的行进速度，在周向通道 508 或容积 518 内可使用不同的压力。

可使用至少一个压力调节阀 515 来调节间隙容积 507 内的压力，并可使用至少一个压力调节阀 515 来调节周向通道 508 内和容积 518 内的压力。在由膨胀工具 500 导致膨胀之前，间隙容积 507 内的液压给套管 517 加预应力。包含在周向通道 508 和容积 518 内的压力起到了给套管 517 进一步加预应力的作用。膨胀工具 500 可包括多个周向通道 508，每个周向通道 508 布置在接触环（例如 519 或 520）的后面。间隙容积 507 和容积 518 内的液压通过衰减钢的回弹来减弱套管 517 的波状行为。因此，套管 517 的“弹起”幅度被减小。传递至套管 517 与膨胀工具 500 之间的空间的液压马力减小了膨胀套管 517 所需的轴向力，其中上述空间是因套管 517 的波状运动而造成的。

为了润滑，流体还可以段塞通过钻杆并流出膨胀工具内的通道 503、516 和 508 被泵吸到井下。膨胀工具 500 适于控制从远端 502 后面到近端 501 前面的位置的流体流。至少一个压力调节阀可被布置在密封体 506 内，以便控制从膨胀工具 400 的远端 502 后面到密封体 506 前面的位置的流体流。这允许段塞或液压流体被输送至工具 500 的密封体 506 前面的位置以便提高润滑性。本领域技术人员将了解，可使用其他方法来控制流体流率。例如，可使用密封体 506 内的小轴向槽或环绕密封体 506 周边的螺旋槽来将段塞或液压流体输送到近端 501 前面的位置。

本发明的优点可包括以下项中的一项或多项：本发明所述的膨胀工具能够令套管沿径向塑性变形，从而减小所钻井筒与套管柱之间的环形空间。本发明所述的膨胀工具能够在移动穿过套管的同时给套管加预应力。本发明所述的膨胀工具能够减小膨胀套管所需的轴向力。本发明所述的膨胀工具能够减弱当膨胀工具移动穿过套管时套管所产生的波状行为。本发明所述的膨胀工具能够控制从该工具后面到该工具前面的位置的流体流并为该工具的近端提供润滑。

尽管已就有限数量的实施例描述了本发明，但本领域技术人员在得益于本公开内容的情况下将了解可设计其他实施例，所述的其他实施例并不脱离此处所公开的本发明的范围。因此，本发明的范围应仅受到所附权利要求的限定。

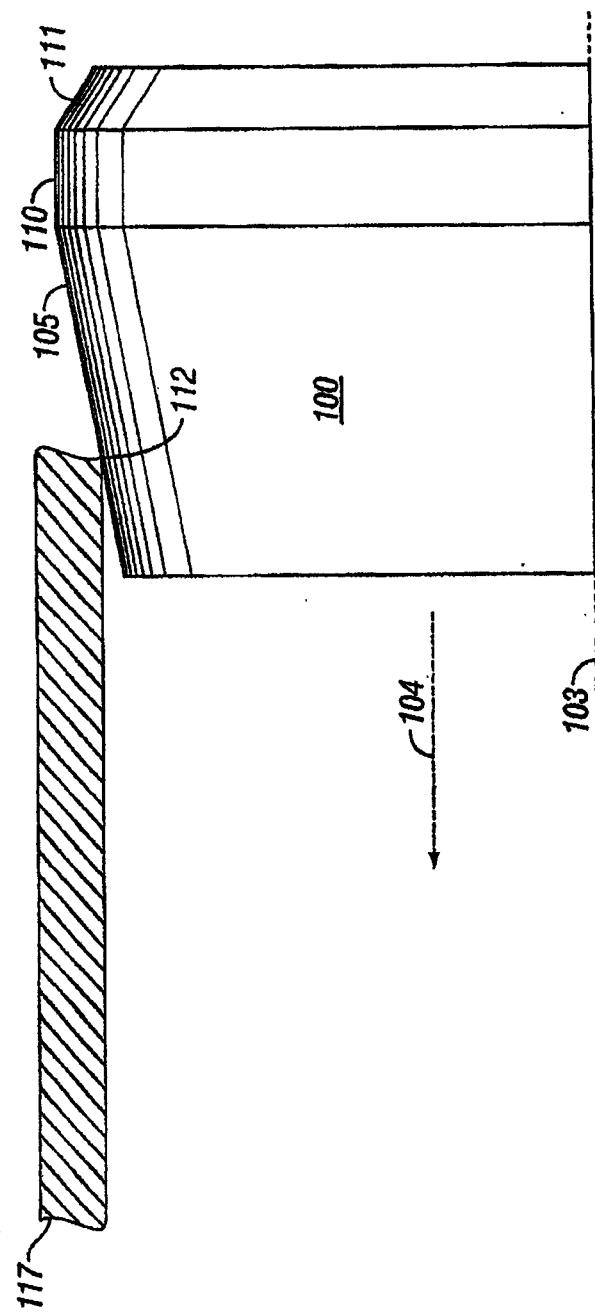


图 1
(现有技术)

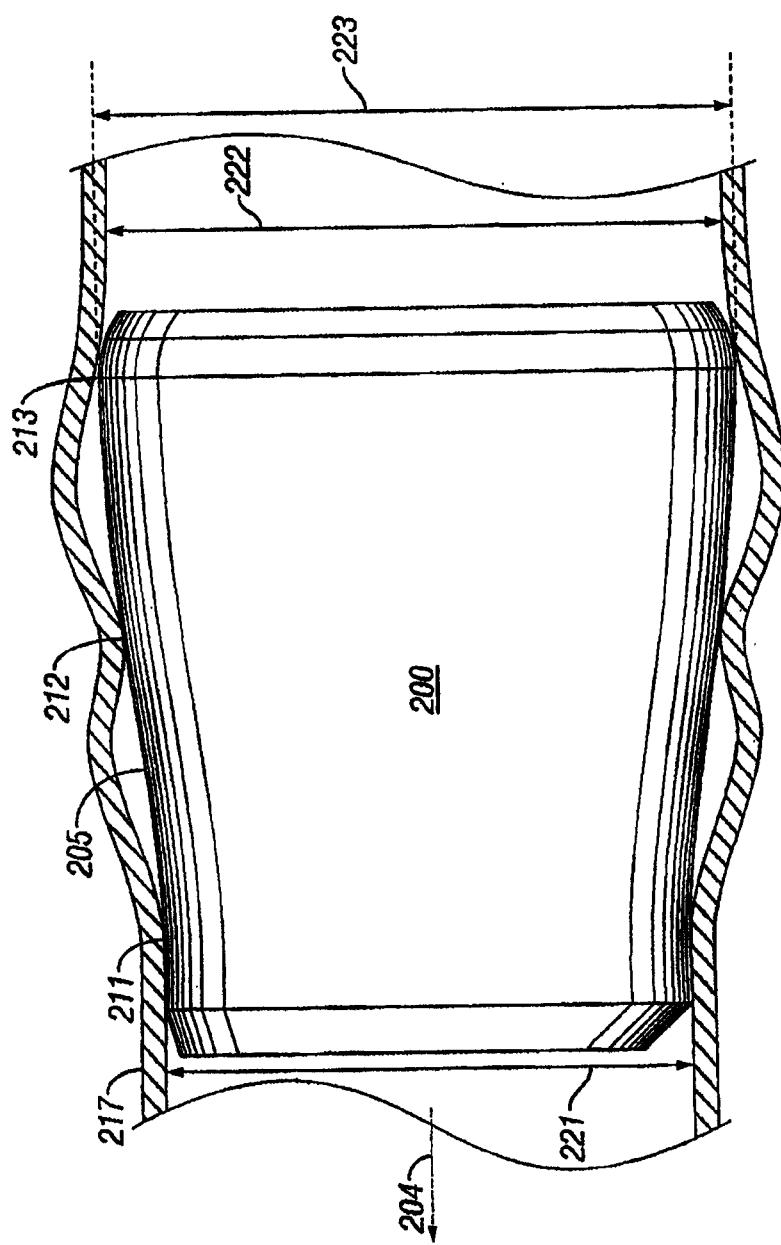


图 2

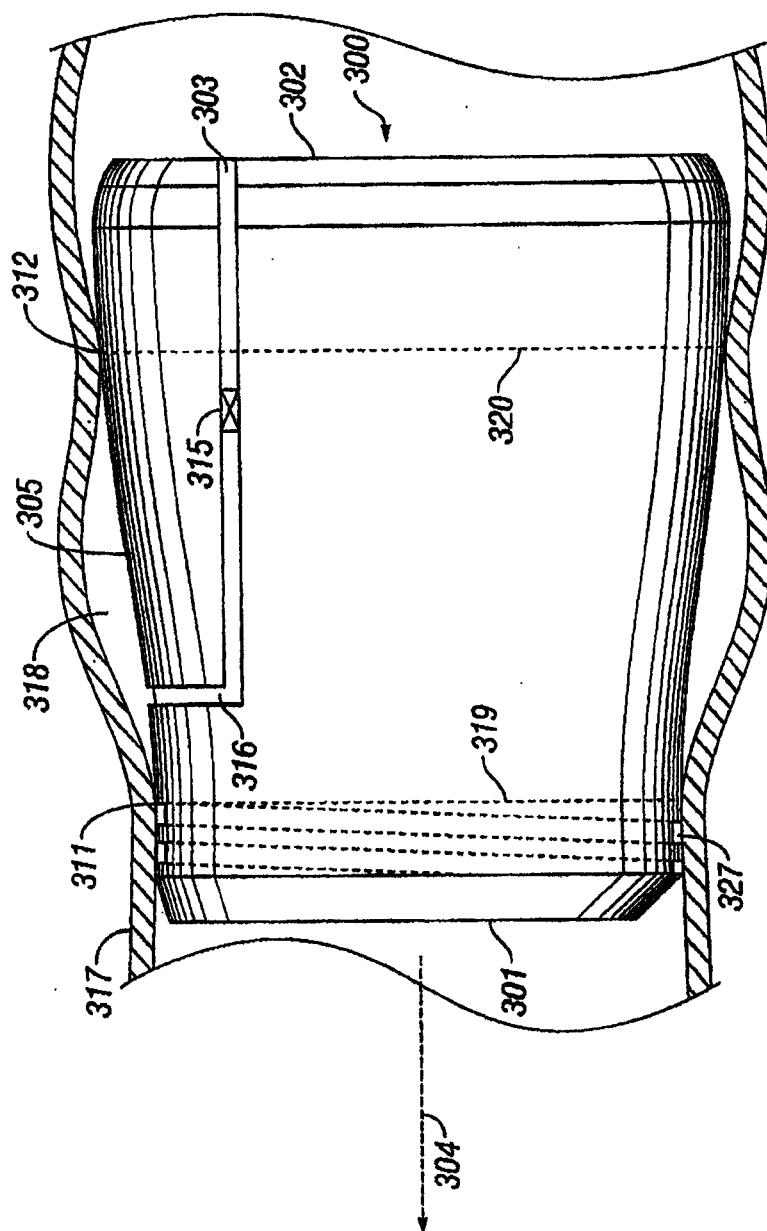


图 3A

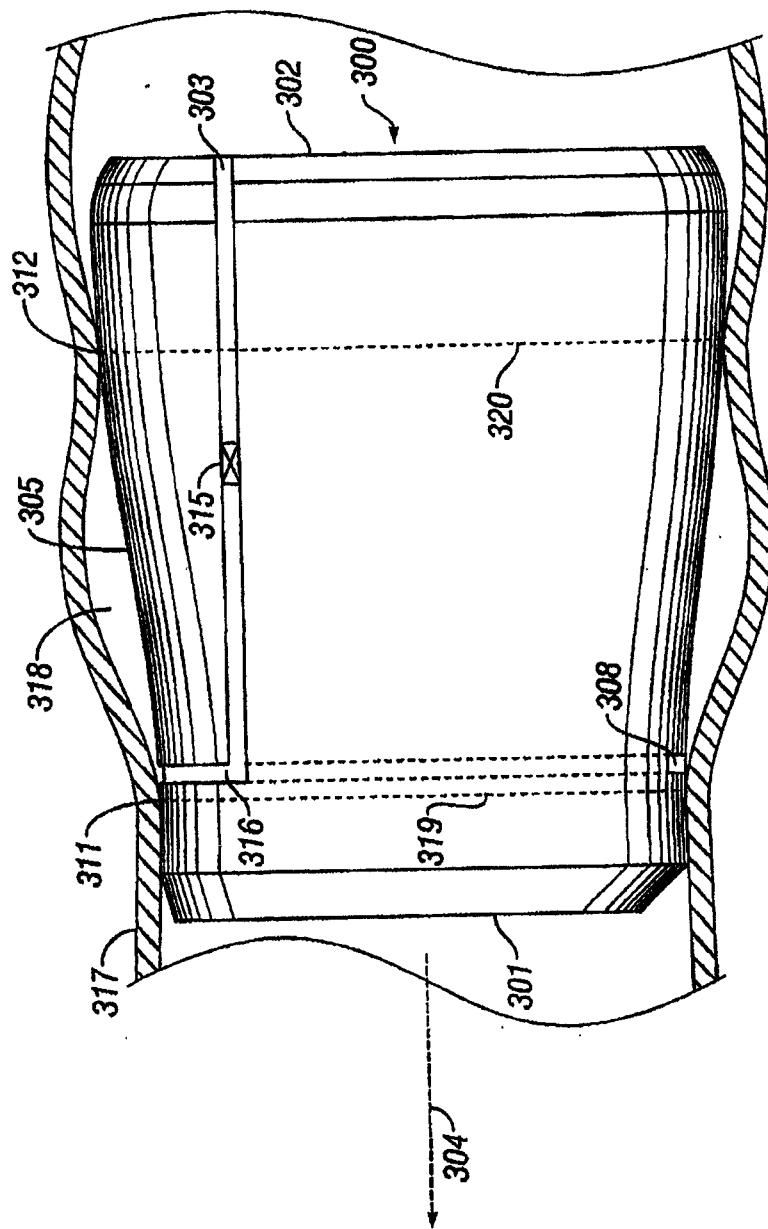


图 3B

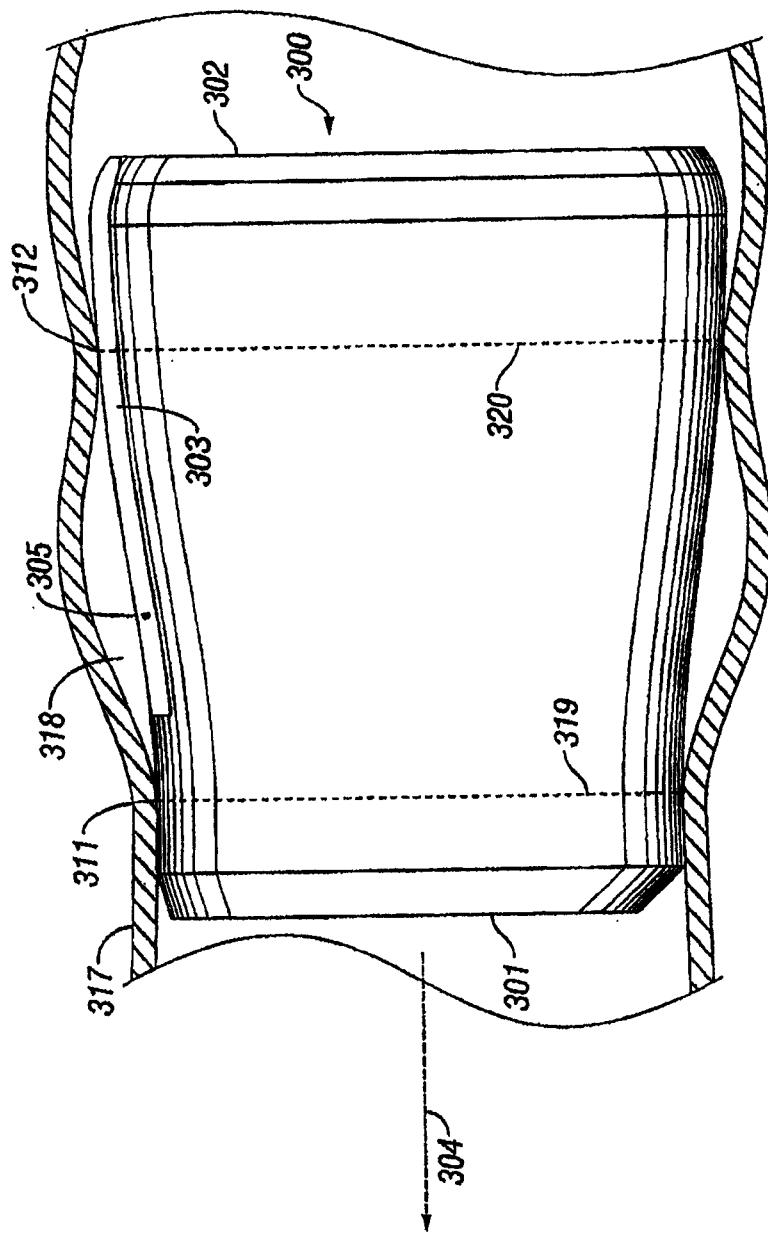


图 3C

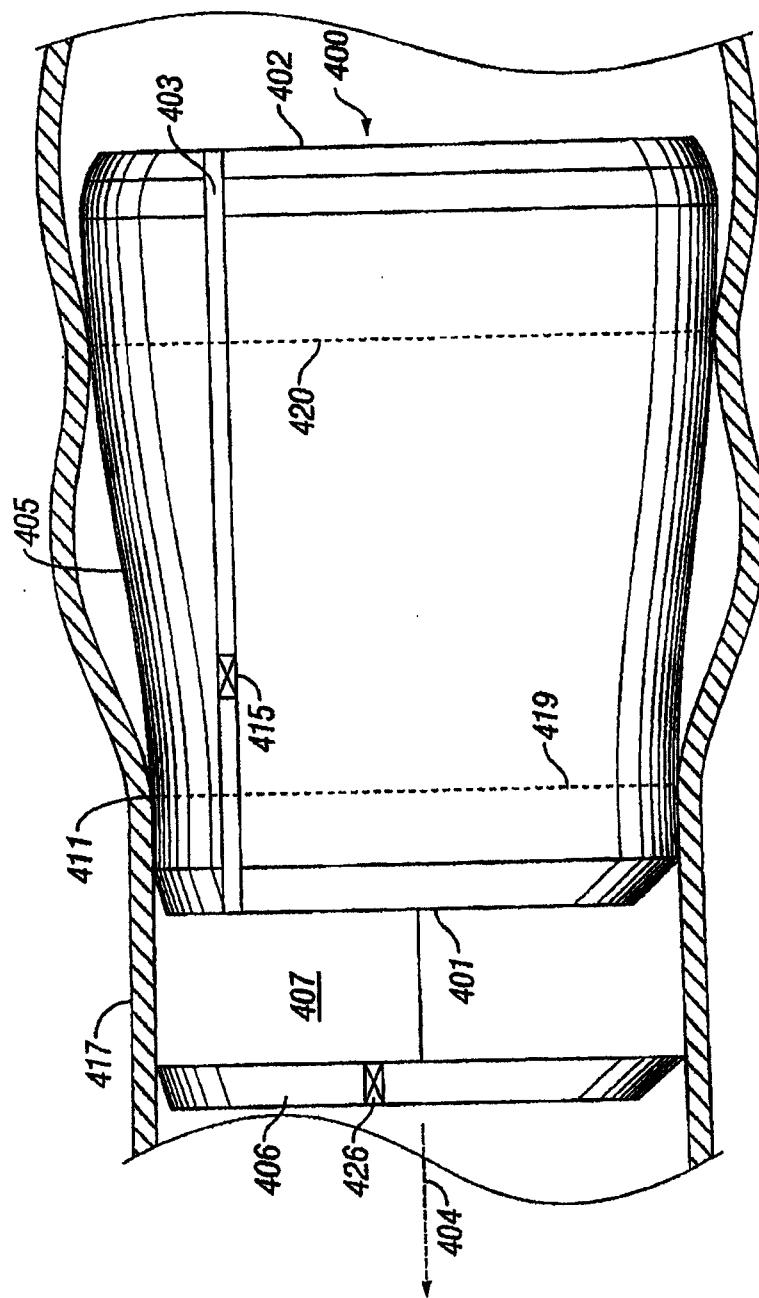


图 4A

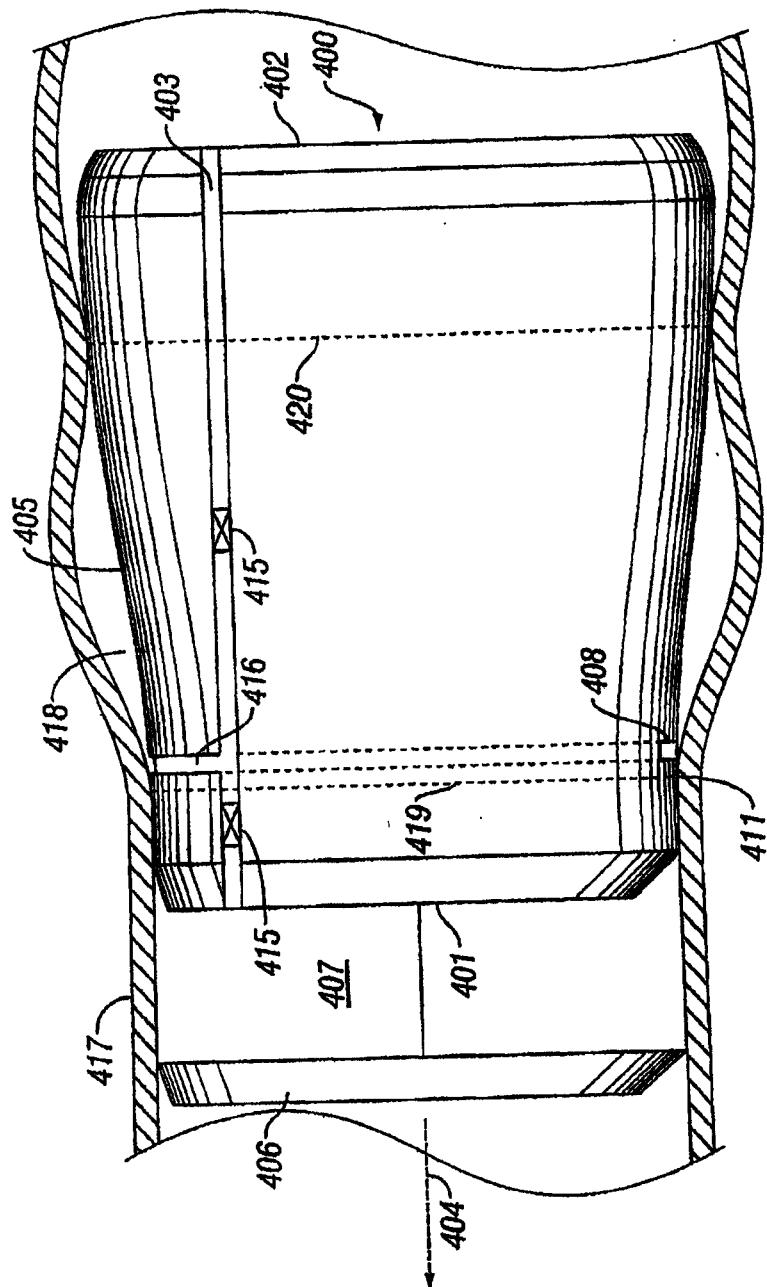


图 4B

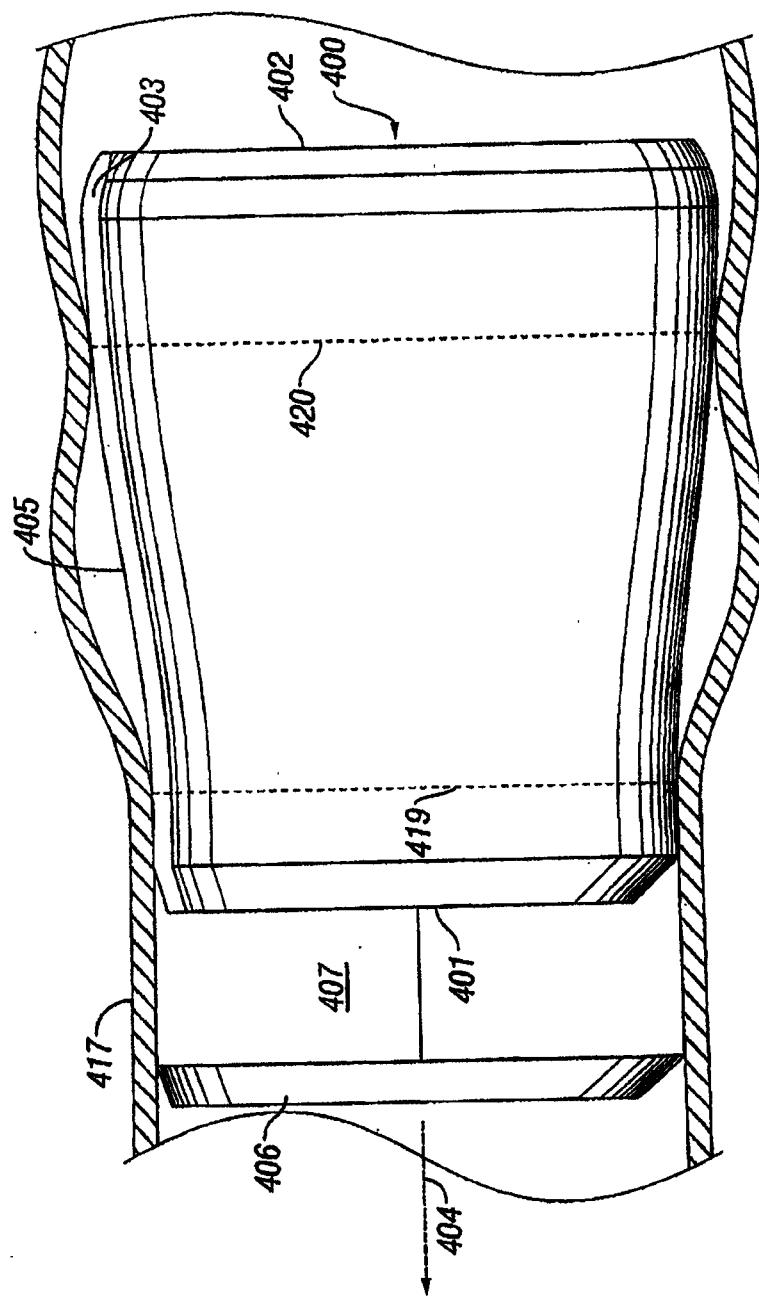


图 4C

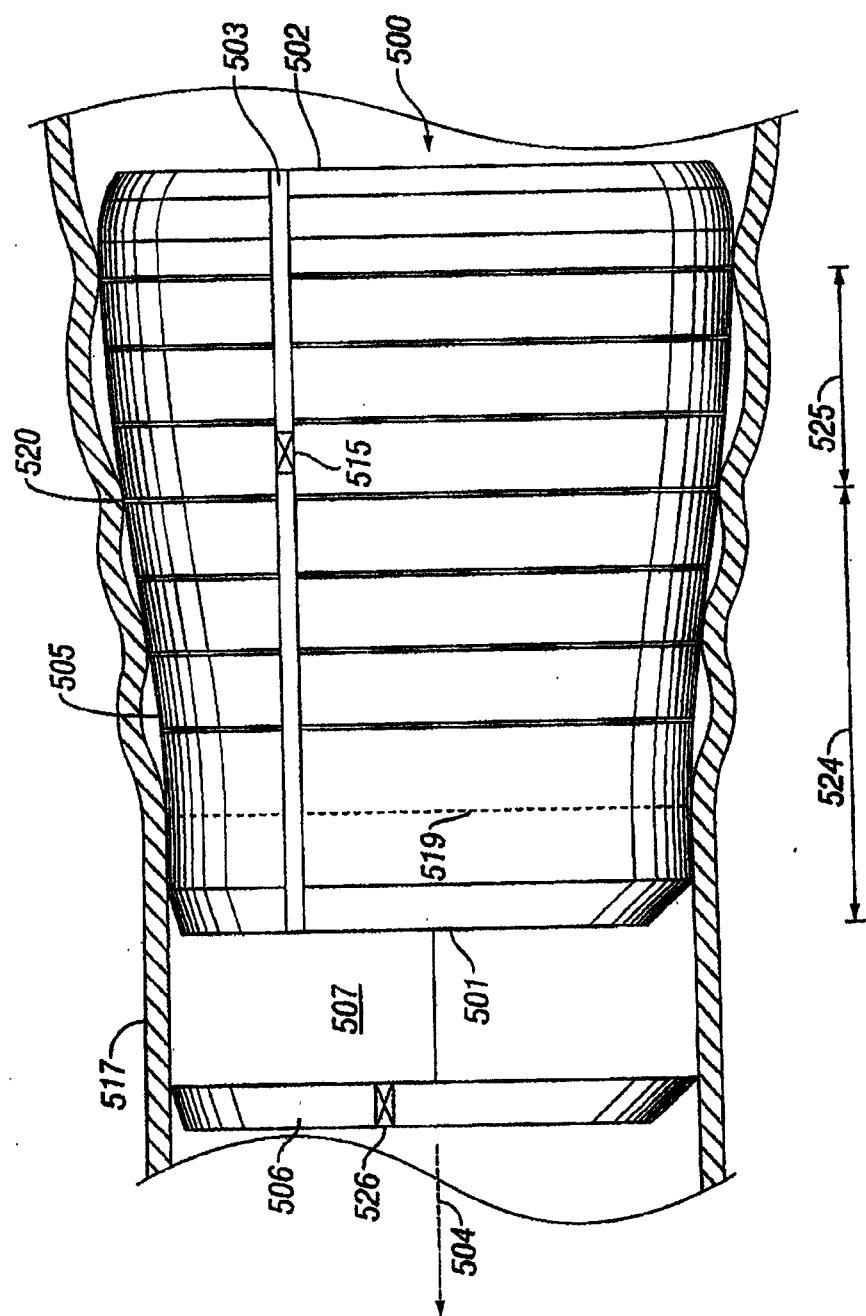


图 5A

