



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1755061 B

(45) 授权公告日 2010.06.23

(21) 申请号 200510092609.7

审查员 孔凡标

(22) 申请日 2005.08.16

(30) 优先权数据

60/601,952 2004.08.16 US

(73) 专利权人 霍利贝顿能源服务公司

地址 美国德克萨斯

(72) 发明人 陈世林 隋平群

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专  
利商标事务所 11038

代理人 寇英杰

(51) Int. Cl.

E21B 10/22 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1279741 A, 2001.01.10, 全文.

US 6176329 B1, 2001.01.23, 全文.

CN 1214102 A, 1999.04.14, 全文.

US 6412577 B1, 2002.07.02, 全文.

US 6095264 A, 2000.08.01, 全文.

US 6527068 B1, 2003.03.04, 全文.

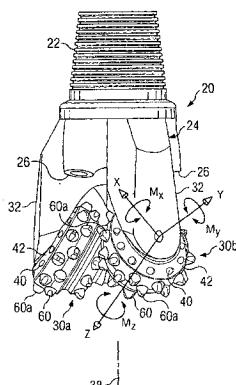
权利要求书 4 页 说明书 16 页 附图 25 页

(54) 发明名称

具有优化的轴承结构的滚子锥形钻头

(57) 摘要

一种滚子锥形钻头，它可以包括优化设计的轴承结构和切割结构。该滚子锥形钻头可以包括三个通过相应轴承结构可旋转地安装在相应主轴上的锥体组件。每个锥体组件可以具有相应的切割结构，其最小力矩中心沿着每个相应的旋转轴线设置。每个相应的轴承结构其中心点位于每个相应最小力矩中心附近。



1. 一种滚子锥形钻头,包括:

钻头体,它具有从其上延伸出来的第一支撑臂、第二支撑臂和第三支撑臂;

每个支撑臂具有一从其上延伸出的主轴;

与每个主轴相关联的相应轴承结构;

可转动地安装在每个主轴的轴承结构上的相应锥体组件,用来与地层接合以形成井孔;

与每个锥体组件相关联的相应切割结构;

每个锥体组件具有与每个相应主轴的纵向轴线大体对应的相应旋转轴线;

每个锥体组件具有位于每个相应旋转轴线附近的最小力矩中心;

每个相应锥体组件的最小力矩中心部分由每个相应切割结构所限定;以及

每个相应轴承结构具有位于相关锥体组件的最小力矩中心附近的中心点。

2. 如权利要求1所述的滚子锥形钻头,还包括位于相应锥体组件的最小力矩中心附近的至少一个相应轴承结构中心点,可以操作用来使得作用在至少一个相应轴承结构上的至少一个预期端部负载最小化。

3. 如权利要求1所述的滚子锥形钻头,还包括:每个切割结构包括多个切割元件。

4. 如权利要求3所述的滚子锥形钻头,其中,多个切割元件还包括多个嵌入件。

5. 如权利要求3所述的滚子锥形钻头,其中,多个切割元件还包括多个铣成齿。

6. 如权利要求3所述的滚子锥形钻头,还包括多个布置成至少两排的切割元件。

7. 如权利要求3所述的滚子锥形钻头,还包括:

每个切割元件具有从相关锥体组件延伸出的用于与地层接合的峰顶;

每个峰顶具有相应峰顶点,该峰顶点限定为与在位于峰顶上的任意其它点和相关锥体组件的旋转轴线之间的距离相比离相关锥体组件的旋转轴线距离更大的位置;

每个切割元件具有从相关锥体组件延伸穿过相应峰顶点的法向力轴线;

每个锥体组件具有部分限定作为所有切割元件的峰顶在穿过相应锥体组件的旋转轴线的垂直平面上的组合投影的相应锥体组件外形;以及

切割元件的法向力轴在所选的力中心点处相交。

8. 如权利要求7所述的滚子锥形钻头,还包括:位于每个锥体组件上的至少一排切割元件具有位于离锥体的旋转轴线大致相同的径向距离处的相应峰顶点。

9. 如权利要求7所述的滚子锥形钻头,还包括:位于每个锥体上的至少两排切割元件具有位于离锥体组件的旋转轴线大致相同的径向距离处的相应峰顶点。

10. 如权利要求1所述的滚子锥形钻头,还包括:每个轴承结构选自由滚柱轴承、轴颈轴承和整体轴承构成的组。

11. 如权利要求1所述的滚子锥形钻头,还包括:

每个锥体组件的切割结构具有一锥体外形和一组嵌入件外形角;以及

每个相应锥体组件的最小力矩中心由相应的锥体外形和相应一组嵌入件外形角限定。

12. 一种滚子锥形钻头,它包括:

钻头体,它具有至少从其上延伸出的第一支撑臂、第二支撑臂和第三支撑臂,每个支撑臂具有从其上延伸出的主轴;

与每个主轴相关联的相应轴承结构;

可转动地安装在每个轴承结构上的相应锥体组件,用来与地层接合以形成井孔,每个锥体组件具有不同的锥体外形;

每个锥体组件具有从相关支撑臂延伸出的相应旋转轴线,每个旋转轴线与每个相应主轴的纵向轴线对应,每个锥体组件具有沿着相应旋转轴线设置并且由与每个不同的锥体外形相关的轴承端部负载限定的最小力矩中心;以及

每个相应轴承结构具有位于相应最小力矩中心附近的中心点。

13. 如权利要求 12 所述的滚子锥形钻头,其中,至少一个相应轴承结构中心点设置在相应最小力矩中心附近,可操作用来使作用在至少一个相应轴承结构上的至少一个预期端部负载最小化。

14. 如权利要求 12 所述的滚子锥形钻头,还包括:每个锥体组件具有独特的最小力矩中心。

15. 如权利要求 12 所述的滚子锥形钻头,还包括:每个轴承结构选自由滚柱轴承、轴颈轴承和整体轴承构成的组。

16. 如权利要求 12 所述的滚子锥形钻头,还包括:

每个锥体组件的切割结构具有一锥体外形和一组嵌入件外形角;以及

每个相应锥体组件的最小力矩中心由每个相应的锥体外形和相应一组嵌入件外形角限定。

17. 一种设计滚子锥形钻头的方法,该方法包括:

形成一钻头体,它具有至少第一支撑臂、第二支撑臂和第三支撑臂,每个支撑臂具有从其上延伸出的一主轴;

提供具有第一切割结构的第一锥体组件、具有第二切割结构的第二锥体组件和具有第三切割结构的第三锥体组件;

根据第一锥体组件的切割结构确定沿着第一主轴的第一旋转轴线的第一最小力矩中心;

根据第二锥体组件的切割结构确定沿着第二主轴的第二旋转轴线的第二最小力矩中心;

根据第三锥体组件的切割结构确定沿着第三主轴的第三旋转轴线的第三最小力矩中心;

在第一主轴上设置第一轴承组件,所述第一轴承组件具有设置在所述第一最小力矩中心附近的中心;

在第二主轴上设置第二轴承组件,所述第二轴承组件具有设置在所述第二最小力矩中心附近的中心;以及

在第三主轴上设置第三轴承组件,所述第三轴承组件具有设置在所述第三最小力矩中心附近的中心。

18. 如权利要求 17 所述的方法,还包括:

将所述第一锥体组件可旋转地安装在第一主轴上;

将所述第二锥体组件可旋转地安装在第二主轴上;以及

将所述第三锥体组件可旋转地安装在第三主轴上。

19. 如权利要求 17 所述的方法,还包括:

根据第一切割结构的第一嵌入件外形角确定第一最小力矩中心；  
根据第二切割结构的第二嵌入件外形角确定第二最小力矩中心；并且  
根据第三切割结构的第三嵌入件外形角确定第三最小力矩中心。

20. 如权利要求 17 所述的方法，还包括：

根据与所述第一切割结构相关的第一锥体外形确定出第一最小力矩中心；  
根据与所述第二切割结构相关的第二锥体外形确定出第二最小力矩中心；并且  
根据与所述第三切割结构相关的第三锥体外形确定出第三最小力矩中心。

21. 如权利要求 17 所述的方法，还包括：

根据一组嵌入件外形角和与所述第一切割结构相关的锥体外形确定出所述第一最小力矩中心；

根据一组嵌入件外形角和与所述第二切割结构相关的锥体外形确定出所述第二最小力矩中心；以及

根据一组嵌入件外形角和与所述第三切割结构相关的锥体外形确定出所述第三最小力矩中心。

22. 一种设计滚子锥形钻头的方法，该方法包括：

提供一钻头体，它具有至少第一支撑臂、第二支撑臂和第三支撑臂，每个支撑臂具有从其上延伸出的一主轴；

提供具有第一切割结构的第一锥体组件、具有第二切割结构的第二锥体组件和具有第三切割结构的第三锥体组件；

确定用于第一主轴的第一轴承组件的第一轴承中心点；

确定用于第二主轴的第二轴承组件的第二轴承中心点；

确定用于第三主轴的第三轴承组件的第三轴承中心点；

将第一锥体组件的切割结构改变成具有位于所述第一轴承中心点附近的第一最小力矩中心；

将第二锥体组件的切割结构改变成具有位于所述第二轴承中心点附近的第二最小力矩中心；以及

将第三锥体组件的切割结构改变成具有位于所述第三轴承中心点附近的第三最小力矩中心。

23. 如权利要求 22 所述的方法，还包括：

改变所述第一轴承组件，从而使第一轴承中心点更靠近所述第一最小力矩中心；

改变所述第二轴承组件，从而使第二轴承中心点更靠近所述第二最小力矩中心；以及

改变所述第三轴承组件，从而使第三轴承中心点更靠近所述第三最小力矩中心。

24. 如权利要求 22 所述的方法，还包括步骤：

在改变第一切割结构的同时对所述第一轴承组件进行改变；

在改变第二切割结构的同时对所述第二轴承组件进行改变；以及

在改变第三切割结构的同时对所述第三轴承组件进行改变。

25. 如权利要求 24 所述的方法，还包括步骤：

第一轴承组件的改变和第一切割结构的改变反复地进行；

第二轴承组件的改变和第二切割结构的改变反复地进行；以及

第三轴承组件的改变和第三切割结构的改变反复地进行。

## 具有优化的轴承结构的滚子锥形钻头

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求于 2004 年 8 月 16 日提交的题目为“Roller Cone Drill Bits with Optimized Bearing Structures”的美国专利申请 No. 60/601952 的权益。

### 技术领域

[0003] 本发明涉及用于在地层中形成井孔的滚子锥形钻头,更具体地说涉及轴承结构和切割结构的布置和设计,用来提高钻孔稳定性并且延长相关的轴承和密封件的寿命。

### 背景技术

[0004] 以前使用了多种滚子锥形钻头来在井下岩层中形成井孔。这些钻头也被称为“回转式”锥形钻头。滚子锥形钻头通常包括具有从中延伸出的三个支撑臂的钻头体。相应的锥体组件通常可旋转地安装在与钻头体相对的每个支撑臂上。这些钻头也被称为“凿岩钻头”。

[0005] 许多滚子锥形钻头已经令人满意地用于形成井孔。示例包括只具有一个支撑臂和一个锥体的滚子锥形钻头、具有可旋转地安装在每个臂上的相应锥体组件和可旋转地安装在相应钻头体上的四个或多个锥体。在滚子锥形钻头方面还已经使用了各种切割元件和切割结构,例如复合片、嵌入件、铣成齿和焊接复合片。

[0006] 与滚子锥形钻头相关的切割元件和切割结构通常通过剪切和挤压地层相邻部分的组合来在地层中形成井孔。滚子锥形钻头通常以相对较低的速度操作,并且其上受到很大的载荷。这在相关的轴承结构上产生出非常高的载荷,从而增大了在轴承结构上的磨损并且直接影响了轴承的寿命。在许多情况中,轴承寿命决定了钻头寿命。因此,轴承结构的设计往往是滚子锥形钻头制造商关键所要考虑的问题。

[0007] 在滚子锥形钻头行业中通常使用三种主要类型的轴承:轴颈轴承(也被称为摩擦轴承)、滚柱轴承和整体轴承。与滚子锥形钻头相关的轴承的布置和结构可以被称为“轴承系统”、“轴承组件”或“轴承结构”。

[0008] 滚柱轴承系统包括一个或多个滚柱。例如,一种滚柱轴承系统为滚柱-滚珠-滚柱-滚柱轴承结构。其它滚柱轴承系统结合了滚柱和滚珠轴承部件的各种组合,并且可以包括例如滚柱-滚珠-滚柱结构或滚柱-滚珠-摩擦结构。由于在通常的滚子组件中只有有限的空间可用于轴承结构,所以必须保持在滚柱和滚珠轴承的尺寸之间的正确平衡以便防止任意元件过度磨损或过早失效。

[0009] 自从 1970 年以来就已经应用到滚子锥形钻头中的轴颈轴承包括一轴颈衬套、推力凸缘和滚珠轴承。轴颈衬套用来承受在轴颈和锥体组件之间传递的一些力。推力凸缘通常承载与轴颈轴线平行的载荷(轴向载荷)。已经努力增大包括在题目为“Rotary Cone Drill Bit With Enhanced Journal Bushing”的美国专利 No. 6260635 和题目为“Rotary Cone Drill Bit With Enhanced Thrust Bearing Flange”中所述的那些轴承的轴承的载荷承载能力。

[0010] 整体轴承与轴颈轴承类似,但是不包括典型轴颈轴承的衬套和凸缘。代替使用衬套和凸缘,可以采用耐磨硬质材料例如天然和合成金刚石、聚晶金刚石( PCD) 来增大相关轴承表面的耐磨性。

[0011] 在滚子锥形钻头内的轴承系统和轴承结构的设计通常由设计者的领域观察和多年经验来推动。通过假设作用在相关切割结构例如齿和 / 或嵌入件排上的力的大小来估计出在轴承上的载荷分布。在其中滚子的切割结构变化的情况下,通常作出这样的假设,即轴承结构的设计适用于许多切割结构,只要基本特征例如钻头直径、方位角和偏移相同。当前工业实践在于特殊的滚子锥形钻头,可以对每个相关的锥体组件使用相同尺寸和类型的轴承结构。

## 发明内容

[0012] 因此,需要这样一种设计方法,它能够解释在回转式锥形钻头的切割结构中的变化并且提供设计用来优化钻头性能的轴承组件。还需要通过优化设计与回转式锥形钻头相关的切割结构和轴承结构来降低轴承负载。

[0013] 根据当前公开内容的教导,滚子锥形钻头可以设有优化设计的轴承结构以基本上减少或消除与现有轴承结构相关的问题并且提高相关轴承和密封组件的钻探使用寿命。该滚子锥形钻头可以包括一锥体组件,它具有通过轴承结构安装在主轴上的独特切割结构。每个锥体组件可以具有沿着相应旋转轴线设置的最小力矩中心。最小力矩中心由相应独特切割结构的特征所限定。每个轴承结构包括基于每个轴承相对于主轴的承载轴线的位置的相应几何轴承中心点。相应锥体组件的最小力矩中心可以设计为靠近几何轴承中心点以克服与以前的滚子锥形钻头及其制造方法以及设计滚子锥形钻头相关的问题。

[0014] 在一个方面中,滚子锥形钻头可以包括一钻头体,它具有一第一支撑臂、一第二支撑臂和一第三支撑臂,其中每个支撑臂包括一内表面和从内表面延伸出的一主轴。轴承结构与每个主轴相连并且锥体组件可转动地安装在每个轴承结构上以便与地层接合以形成井孔。另外,每个锥体组件具有独特的切割结构和从相应支撑臂延伸出并且与每个相应主轴的纵向轴线对应的相应旋转轴线。每个锥体组件具有沿着由每个相应独特切割结构限定的相应旋转轴线设置的最小力矩中心。每个相应轴承结构具有设置在相应锥体组件附近的中心点。

[0015] 在另一个方面中,披露了一种滚子锥形钻头,它包括一钻头体,该钻头体具有一第一支撑臂、一第二支撑臂和一第三支撑臂,其中每个支撑臂具有一内表面和从中延伸出的一主轴。相应的轴承结构与每个主轴相连,并且相应的锥体组件可旋转地安装在每个轴承结构上并且设置用于与地层接合以形成一井孔,每个锥体组件具有独特的切割结构。每个锥体组件具有从相应的支撑臂延伸出并且与每个相应主轴的纵向轴线对应的相应旋转轴线。每个锥体组件具有沿着由与每个独特切割结构相关的轴承端部负载所限定的相应旋转轴线设置的最小力矩中心。每个相应轴承结构具有设置在每个相应最小力矩中心附近的中心点。

[0016] 在本发明的另一个方面,披露了一种形成滚子锥形钻头的方法,它包括形成一钻头体,该钻头体包括一第一支撑臂、一第二支撑臂和一第三支撑臂,其中每个支撑臂具有一内表面和从中延伸出的一主轴。接着,形成具有第一切割结构的第一锥体组件、具有第二切

割结构的第二锥体组件和具有第三切割结构的第三锥体组件。该方法还包括：根据第一锥体组件切割结构确定沿着第一主轴的第一旋转轴线的第一最小力矩中心；根据第二锥体组件切割结构确定沿着第二主轴的第二旋转轴线的第二最小力矩中心；并且根据第三锥体组件切割结构确定沿着第三主轴的第三旋转轴线的第三最小力矩中心。然后将第一轴承组件设置在第一主轴上，并且将第一轴承组件的中心设置在第一最小力矩中心附近。然后将第二轴承组件设置在第二主轴上，并且将第二轴承组件的中心设置在第二最小力矩中心附近。然后将第三轴承组件设置在第三主轴上，并且将第三轴承组件的中心设置在第三最小力矩中心附近。

[0017] 本发明包括许多技术优点例如提供了其中心点位于相应锥体组件的最小力矩中心附近的轴承结构。减小在每个中心点和相应最小力矩中心之间的偏移能够使每个轴承结构更好地支撑相应的锥体组件并且降低了作用在每个锥体组件上的轴承负载。

[0018] 将每个切割结构设计成具有位于相应轴承中心点附近的最小力矩中心这降低了在回转式锥形钻头的每个锥体组件之间在切割结构方面的变化的影响。

## 附图说明

[0019] 可以通过参照结合附图给出的以下说明来更全面彻底地理解当前实施方案及其优点，在这些附图中相同的参考标号表示相同的特征，并且其中：

- [0020] 图 1 为一示意图，显示出一滚子转头的立体图；
- [0021] 图 2 为一剖面示意图，显示出可旋转地安装在一支撑臂上的锥体组件；
- [0022] 图 3 显示出设在主轴和锥体组件之间的滚柱 - 滚珠 - 滚柱 - 滚柱轴承结构的部分去除的剖面示意图；
- [0023] 图 4 为部分分离的剖面示意图，显示出设在主轴和锥体组件之间的轴颈轴承结构；
- [0024] 图 5 为包括整体轴承的滚子锥体的示意图；
- [0025] 图 6 为一示意图，显示出一滚子锥体并且指出了与该滚子锥体相关的可能锥体运动；
- [0026] 图 7A 为一主轴的示意图，显示出作用在其上的力；
- [0027] 图 7B 显示出滚子锥体和轴承结构以及作用在其上的力；
- [0028] 图 8A 显示出在其上受到力的作用的情况下在滚子锥体和轴承结构之间的相互作用；
- [0029] 图 8B 显示出轴承结构和作用在其上的力；
- [0030] 图 9A 显示出与轴承结构相互作用的滚子锥体；
- [0031] 图 9B 显示出作用在轴承结构上的力；
- [0032] 图 10A 显示出与轴承结构相互作用的滚子主体；
- [0033] 图 10B 显示出作用在轴承结构上的力；
- [0034] 图 11 显示出用于传统滚子锥形钻头的复合锥体外形；
- [0035] 图 12 为一示意图，显示出用于根据本发明教导的滚子锥体的复合锥体外形；
- [0036] 图 13 为一示意图，显示出用于根据本发明教导的滚子锥体的复合锥体外形；
- [0037] 图 14 为一示意图，显示出用于根据本发明教导的滚子锥体的复合锥体外形；

- [0038] 图 15 为一曲线图,显示出作为在力简化中心和承载面之间的距离的函数的轴承力矩;
- [0039] 图 16A-D 显示出作为离承载面的距离的函数的来自相同钻头的多个轴承的预计轴承弯矩;
- [0040] 图 17A-C 显示出在不同钻头的相应轴承上的估计轴承端部负载的预测;
- [0041] 图 18 显示出根据本发明教导的具有铣成齿的滚子锥形钻头;
- [0042] 图 19 为一流程图,显示出形成根据本发明教导的钻头的方法;
- [0043] 图 20 为一流程图,显示出形成根据本发明教导的钻头的方法;
- [0044] 图 21 为一流程图,显示出用于调节滚子锥体的切割结构的方法,其中预先设计出轴承形态;
- [0045] 图 22A-22E 显示出用于计算作为钻探时间的函数的力的轴承力学模型和坐标系;
- [0046] 图 23 为一流程图,显示出用于确定最小力矩中心的方法;
- [0047] 图 24 显示出设计根据本发明教导的轴承结构形态的方法;并且
- [0048] 图 25 还显示出设计根据本发明教导的轴承结构形态的方法。

## 具体实施方式

[0049] 通过参照图 1-22 将最清楚地理解优选实施方案及其优点,其中相同的标号表示相同和相应的部分。

[0050] 术语“切割元件”在该申请中用来涵盖各种满足滚子锥形钻头使用的复合片、嵌入件、铣成齿和焊接复合片。术语“切割结构”在该申请中用来包括形成在或安装在滚子锥形钻头的一个或多个锥体组件上的切割元件的各种组合和布置。

[0051] 术语“锥体组件”在该申请中用来包括可旋转地安装在钻头支撑臂上的各种形状和类型的滚子主体组件和切割锥体组件。锥体组件可以具有圆锥性外形或可以具有更圆化的外形。在某些实施方案中,锥体组件可以结合有具有或接近大体上球形形态的外形。

[0052] 术语“轴承结构”在该申请中用来包括满足用于将锥体组件可旋转地安装在主轴上的任意合适的轴承结构或轴承系统。例如“轴承结构”可以包括这样的必要结构,它包括内外座圈和衬套元件以形成轴颈轴承、滚柱轴承(包括但不限于滚柱-滚珠-滚柱-滚柱轴承、滚柱-滚珠-滚珠轴承和滚柱-滚珠-摩擦轴承)和整体轴承。另外,轴承结构可以包括界面元件例如衬套、滚柱、滚珠以及用于与滚子锥体接触的硬化材料区域。轴承结构也可以称为“轴承组件”或“轴承系统”。

[0053] 术语“峰顶”和“纵向峰顶”在该申请中用来描述在钻井孔期间与地层接触的切割元件或切割结构的部分。切割元件的峰顶通常在滚子锥形钻头和相关的锥体组件的转动期间与井孔的底部接合和脱离。峰顶的几何结构和尺寸可以基本上根据相关切割元件和切割结构的具体设计和尺寸变化。

[0054] 切割元件通常包括限定作为每个切割元件的“切割区域”中心的“峰顶点”。切割区域的位置取决于相应切割元件在相关的锥体组件上的位置。每个切割元件的尺寸和结构还确定了相关切割区域的位置。切割区域往往设置在切割元件的峰顶附近。对于一些用途而言,可以根据本发明的教导形成具有相对较小的峰顶或拱形峰顶的切割元件和切割结

构。这些切割元件和切割结构通常将具有位于拱顶中心附近的峰顶点。根据本发明教导形成的切割元件和切割结构可以具有各种设计和结构。

[0055] 术语“锥体外形”可以定义为锥体组件的外表面的轮廓，并且与主体组件的外表面和与伸入到穿过相关锥体旋转轴线的垂直平面上的锥体组件相关的所有切割元件的轮廓。与滚子锥形钻头相关的锥体组件通常具有弯曲、锥形外表面。每个锥体外形的物理尺寸和形状取决于各种因素例如相关钻头的尺寸、锥体旋转角、每个锥体组件的偏移和尺寸、相关切割元件的形态和数量。

[0056] 滚子锥形钻头通常具有由每个相关锥体外形和用于所有相关锥体组件的伸入到穿过复合旋转轴线的垂直平面上的所有切割元件的峰顶部分限定的“复合锥体外形”。用于滚子锥形钻头的复合锥体外形和每个锥体外形通常包括用于每个相关切割元件的峰顶点。

[0057] 可以在锥体组件上形成各种类型的切割元件和切割结构。每个切割元件通常将具有从锥体组件延伸出的法向力轴线。术语“切割元件外形角”可以定义为由切割元件的法向力轴线和相关的锥体旋转轴线形成的角度。对于一些滚子锥形钻头而言，用于位于相应标准排中的切割元件的切割元件外形角可以大约为 90 度 (90°)。

[0058] 现在参照图 1，该图显示出具有多个锥体组件 30 和切割元件 60 的滚子锥形钻头 20。滚子锥形钻头 20 可以用来在地层（未示出）中形成井孔。滚子锥形钻头例如钻头 20 通常通过粉碎或穿透地层并且使用切割元件 60 刮削或剪切来自井孔底部的地层材料来形成井孔。本发明可以用于具有以嵌入件形式的切割元件的滚子锥形钻头（如图 1 所示）或者具有铣成齿的滚子锥形钻头（如图 18 所示）。本发明还可以用于具有焊接在或以其它形式形成在相关锥体组件上的切割元件（未示出）的滚子锥形钻头。

[0059] 钻杆柱（未明显地示出）可以安装在钻头 20 的螺纹部分 22 以便它们围绕着井孔底部滚动时旋转并且向相关锥体组件 30 施加重量或力。对于一些用途而言，还可以采用各种类型的井底电动机（未明显地示出）来使结合有本发明教导的滚子锥形钻头转动。本发明并不限于与传统钻杆柱相关的滚子锥形钻头。

[0060] 为了说明本发明的各个特征，锥体组件 30 更具体地表示为 30a、30b 和 30c。锥体组件 30 也可以被称为“旋转锥形切割器”、“滚子锥形切割器”或“切割器锥体组件”。与滚子锥形钻头相关的锥体组件 30 通常朝着彼此向内指向。切割元件通常包括多排切割元件 60，它们从每个锥体组件的外部延伸出或突出。

[0061] 滚子锥形钻头 20 包括具有用来固定在钻杆柱的一个端部上的锥形外螺纹部分 22 的钻头体 24。钻头体 24 优选包括一通道（未示出），用来通过钻杆柱使来自井表面的钻孔泥浆或流体通向所安装的钻头 20。钻孔泥浆和其它流体可以从喷嘴 26 排出。可以通过从喷嘴 26 喷射出的钻井流体从钻孔底部将地层切屑和其它碎屑带出。钻井泥浆通常在滚子锥形钻头 20 和相关井孔的底部之间径向向外流动。钻井流体然后可以通过由滚子锥形钻头 20 和相关钻杆柱的外部以及井孔的内径所部分限定的环形通道（未示出）大体上向上流向钻井表面。

[0062] 在当前实施方案中，钻头体 24 包括三个（3）从其上延伸出的支撑臂 32。每个支撑臂 32 与钻头体 24 相对的下部优选包括相应的主轴或轴 34（如图 2 所示）。每个锥体组件 30a、30b 和 30c 优选包括其尺寸和结构设置成接收相应的主轴或轴的空腔（未示出）。

[0063] 锥体组件 30a、30b 和 30c 可旋转地安装在从支撑臂 32 延伸出的相应主轴上。锥

体组件 30a、30b 和 30c 每个都具有一旋转轴线 36，有时被称为“锥体旋转轴线”（如图 5 所示）。锥体组件 30 的旋转轴线 36 优选与也被称为主轴的“Z 轴线”或轴承轴线的相关主轴 34 的纵向中心线对应。钻头 20 的切割或钻孔动作随着切割器锥体组件 30a、30b 和 30c 围绕着井孔的底部滚动而出现。所得到的井孔的直径与和切割器锥体组件 30a、30b 和 30c 相关的组合外径或标准直径呆滞对应。

[0064] 多个复合片 40 可以设置在每个锥体组件 30a、30b 和 30c 的承载面 42 上。这些复合片 40 可以用来“修整”井孔的内径以防止承载面 42 的其它部分接触相邻的地层。根据本发明的教导还可以将多个切割元件 60 设置在每个锥体组件 30a、30b 和 30c 的外部上。

[0065] 复合片 40 和切割元件 60 可以由多种硬质材料例如碳化钨形成。术语“碳化钨”包括碳化一钨 (WC)、碳化二钨 (W<sub>2</sub>C)、宏晶碳化钨和烧结碳化钨。可以令人满意地用来形成复合片 40 和切割元件 60 的硬质材料示例包括各种金属合金和金属陶瓷例如金属硼化物、金属碳化钨、金属氧化物和金属氮化物。

[0066] 锥体组件 30a、30b 和 30c 的旋转轴线 36 优选相互偏置并且偏离滚子锥形钻头 20 的旋转轴线 38。滚子锥形钻头 20 的旋转轴线 38 有时可以被称为“钻头旋转轴线”。相关的钻杆柱的重量（有时被称为“钻头上重量”）通常将沿着旋转轴线 38 施加在钻头 20 上。对于一些用途而言，沿着钻头旋转轴线 38 作用的钻头上重量可以描述为“向下力”。但是许多钻井是以垂直以外的角度钻出的。钻井往往钻有水平部分（有时被称为“水平井孔”）。由钻杆柱和 / 或井底电动机施加在钻头 20 上的力通常沿着钻头旋转轴线 38 作用在钻头 20 上，而与相关井孔的垂直或水平取向无关。作用在钻头 20 和每个切割元件 60 的力还取决于地层类型。

[0067] 与锥体组件 30a、30b 和 30c 相关的锥体偏置和大体上弯曲的锥体外形导致切割元件 60 用压碎或穿透运动以及刮削或剪切运动冲击地层。

[0068] 现在参照图 2，该图显示出可旋转地安装在支撑臂 32 上的锥体组件 30a 的横截面。支撑臂 32 包括从支撑臂 32 下端的内表面 57（也可以称为“最后机加工表面”）延伸的主轴。滚子主体 30a 通过轴承结构 40 可旋转地安装在主轴 34 上。在当前实施方案中，轴承结构包括滚子 50 和滚珠轴承 52。滚珠轴承 52 由润滑系统 54 润滑。润滑系统 54 包括柔性隔膜 56 和润滑油容器 58。润滑油通过润滑油通道 59 提供给轴承结构 40 和滚子主体 30a。

[0069] 锥体组件 30a 优选绕着相对于钻头旋转轴线 38 成一角度向下向内倾斜的锥体旋转轴线 36 转动。如上所述，锥体旋转轴线 36 优选与主轴 34 的 Z 轴线和轴承旋转轴线对应。弹性密封件 46 可以设置在主轴 34 的外部和锥体组件 30 的锥体部分 31 内部之间。密封件 46 在主轴 34 的外部和锥体组件 30 的内部之间形成流体阻挡件以将润滑油保持在锥体组件 30 和轴承结构 40 的内部空腔内。密封件 46 还防止了地层切屑渗透进滚子锥体 31 的内部空腔中。密封件 46 防止轴承结构 40 丧失了润滑油并且受到碎屑污染，因此延长了钻头 20 的井下寿命。

[0070] 轴承结构 40 支撑着与锥体组件 30a 相对于主轴 34 的转动相关的径向负载。在一些实施方案中，可以包括一推力轴承以承载与锥体组件 30 相对于主轴 34 的转动相关的轴向负载。

[0071] 轴承结构 40 可以结合有任意适合用于将滚子锥体组件 30 可旋转地安装在主轴 34 上的轴承结构。例如，轴承结构 40 可以涵盖如图 3 所示的滚柱轴承、如图 4 所示的轴颈轴

承或者如图 5 所示的整体轴承。

[0072] 现在参照图 3, 该图描绘了滚柱轴承 100 的部分切除的剖视图。滚柱轴承 100 设置用于可以相对于滚子锥体 102 转动。滚柱轴承 100 包括形成为安装在主轴 (例如主轴 34) 上的轴承结构 104。轴承结构 104 支撑着第一滚柱 106、第一滚珠 108、第二滚柱 110 和第三滚柱 112。滚柱轴承 100 还可以包括一内部密封件 114 和一外部密封件 116 以将润滑油保持在轴承结构 104 内并且防止切屑和钻井流体侵入。滚柱轴承 100 还可以被称为滚柱 - 滚珠 - 滚柱 - 滚柱轴承。

[0073] 现在参照图 4, 该图显示出轴颈轴承 120 和滚子锥体 122 的横截面。轴颈轴承 120 包括用于可旋转地安装滚子锥体 134 的轴承结构 122。轴承结构 122 形成为接合主轴 121 并且支撑衬套 128、滚珠 130 和推力轴承 132, 它们使得锥体 134 能够可旋转地安装在轴承结构 122 上。锥体组件 134 包括多个嵌入件 124 以及复合片 126。弹性密封件 136 设置用来将润滑油保持在轴承结构 122 内并且防止切屑和钻井流体侵入轴承结构 122。

[0074] 现在参照图 5, 该图显示出整体轴承 150 的横截面。该整体轴承 150 包括用于将锥体组件 154 可旋转地安装在主轴 158 上并且支撑滚珠轴承 162 的轴承结构 152。轴承结构 152 还包括第一硬化表面 160、第二硬化表面 164 以及滚珠轴承 130。硬化表面 160 和 164 可以为任意适当的硬化材料, 包括但不限于天然或合成金刚石和聚晶金刚石 (PCD)。锥体组件 154 包括多个嵌入件 156 和多个安装在其上的复合片。

[0075] 对于当前公开内容而言, 用来支撑本发明的滚子锥体的轴承结构适用于任意合适的轴承结构, 包括滚柱轴承 (如图 3 所示)、轴颈轴承 (如图 4 所示) 和整体轴承 (如图 5 所示) 的轴承结构。另外, 每个轴承结构 104、102 和 152 具有如在下面图 7 中所进一步描绘出的中心点。

[0076] 图 6-10B 显示出可以在钻井期间作用在滚子锥体上的力和可以引起锥体摇摆的力。图 6 显示出具有三排嵌入件 60 和一排沿着承载面 42 设置的复合片 40 的锥体组件 30。在钻井操作期间, 锥体组件 30 优选沿着旋转方向箭头 200 方向绕着旋转轴线 36 转动。另外, 锥体组件 30 可以沿着轴向运动 202 的箭头方向沿着旋转轴线 36 进行轴向运动 202。轴向运动 202 也可以描述为锥体 30A 相对于轴线 36 的纵向运动。轴线 36 可以当作主轴、轴承和锥体 30A 的轴线。由于作用在锥体组件 30 上的各种应力和力 (包括力矩) (如在这里所进一步所述的), 锥体组件 30 可以由于进行运动而例如沿着横向摇摆运动 204 的箭头方向“摇摆”。

[0077] 锥体摇摆运动 204 通常为绕着轴线 36 的锥体运动和锥体弯曲运动的组合。锥体摇摆运动非常有害, 尤其对轴承密封件寿命非常有害。锥体摇摆运动存在许多起因, 包括轴承轴线和锥体轴线的不对准和轴承表面的磨损。还有, 由设计引起的大弯矩和与切割结构、轴承结构或切割结构和轴承结构的组合相关的力会引起摇摆运动。

[0078] 已知锥体摇摆运动是过早轴承密封件失效的主要原因。这通常是因为摇摆运动增大了密封件磨损, 从而使得切屑和钻井流体能够侵入轴承并且增大了轴承磨损, 由此进一步增大了摇摆运动。锥体摇摆运动的一个驱动力是由在切割结构和地层之间的相互作用产生出的弯矩。使用在这里所述的方法, 可以如此设计切割结构和轴承结构, 从而使弯矩最小化。如所述一样优化切割结构和轴承结构的设计降低了锥体摇摆运动, 因此提高了钻头的轴承和密封件寿命。

[0079] 现在参照图 7A, 该图显示出具有从中延伸出的主轴 34 的支撑臂 32。在该附图中没有显示出滚子锥体 30, 但是由在每个锥体上的所有齿导致的预期力汇总到单个点, 即中心点 214(也可以被称为力中心 214)。中心点 214 与相关锥体组件的轴承结构的中心点对应。作用在中心点 214 上的汇总力矩取决于其沿着轴线 36 的位置。因此, 在轴承轴线上存在在那里轴承力矩具有最小值的点。如在这里所述一样, 最小力矩中心为沿着轴承轴线的位置, 在该位置处弯矩具有最小值并且由相应独特切割结构的特征所限定。

[0080] 在当前示例性实施方案中, 优选使用一模型来将来自锥体组件 30 的力简化成 x、y 和 z 轴线力 216 和根据所期望的轴承端部负载 210 和 212 相对于中心点 214 归结出的力矩  $M_x$  和  $M_y$ 。用来预测作用在滚子锥体 30 上的力的模型可以是基于计算机的模拟, 这种模拟的例子描述在题目为“Roller-Cone Drill Bits, Systems, Drilling Methods, and Design Methods with Optimization of Tooth Orientation”的美国专利 No. 6095262、题目为“Roller-Cone Bits, Systems, Drilling Methods and Design Methods with Optimization of Tooth Orientation”的美国专利 No. 6412577 以及题目为“Force-Balanced Roller-Cone Bits, Systems, Drilling Methods, and Design Methods”的美国专利 No. 6213225 中所描述的一样, 这些专利由此在这里被引用作为参考。

[0081] 如图 7A 所示, 力 A 210 和力 B 212 为从滚子锥体 30 作用在轴承结构和主轴 34 上的力的简化表示。力 A 210 和力 B 212 的位置对应于这些点, 在那里滚子锥体在钻井期间接触着轴承结构, 由此将负载传递给主轴 34。因此, 力 A 210 和力 B 212 也可以被称为“轴承端部”或“轴承端部负载”, 因为它们大体上与轴承结构的端部对应。在许多情况中, 力 A 210 大于力 B 212, 因为力 A 210 与具有更大直径并且离滚子锥体的承载面最近的滚子锥体的端部对应。在许多情况中, 切割元件和位于最靠近承载面的位置处的那些切割元件排包括标准排用作滚子锥体的主要驱动装置(并且因此通常具有更大的作用在其上的力)。

[0082] 本发明利用了轴承力模型(也可以称为“力学模型”)来计算在轴承端部处的支撑力 210 和 212。下面将参照图 22A-22E 对力学模型的一个示例进行说明。计算出支撑力 210 和 212 及其位置的可选方法为有限元方法。在该有限元方法中, 首先啮合锥体切割结构、轴承结构。将从上述钻井模拟中计算出的作用在每个切割元件上的力(在一段时间上的平均力或最大力)输入给有限元方法。通过输入材料特性例如杨氏模量, 可以确定出沿着轴承表面的应力分布。使用从有限元方法中计算出的应力分布可以确定出在支撑位置或轴承的端部处的等同点力。本发明已经发现, 如果轴承中心与最小力矩中心一致, 则轴承端部负载 210 和 212 最小。另外, 最小力矩中心的位置在很大程度上取决于锥体的切割结构。在具体实施方案中, 最小力矩点的位置可以取决于锥体外形和切割元件外形角或显示在图 11-14 中的例子的每个切割元件成嵌入件可以具有相应的外形角, 该外形角由相应的法向力轴 68a 或 68 与相关的锥体旋转轴线 36 的交叉限定。嵌入件外形角,(于 2004 年 8 月 17 日提交的题目为“Roller Cone Drill Bits with Enhanced Drilling Stability and Extended Life of Associated Bearing and Seals”的美国共同未决专利申请系列 No. 10/919,990 由此在这里被引用作为参考)。

[0083] 可以采用至少三种普通方法来降低轴承支撑力 210 和 212。首先, 可以如此改变每个具体第一方法的切割结构, 从而作用在切割结构上的力产生位于轴承中心附近的小力矩点。第二方法为根据现有切割结构确定最小力矩中心并且将轴承中心靠近最小力矩中心

设置。第三普通方法是同时改变切割结构和轴承结构,从而轴承中心和最小力矩中心相互靠近。

[0084] 在其中滚子锥体每个都具有独特切割结构的实施方案中,本发明想到单个钻头的三个轴承结构的每一个将具有独特的最小力矩中心。因此,三个滚子锥体组件的每一个将安装在如下所述的独特设置的轴承结构上。换句话说,对于单个滚子锥形钻头而言,利用三个独特轴承来将每个滚子锥体可旋转地连接在其相应主轴上。

[0085] 在轴承轴线(也为滚子锥形组件30的旋转轴线36)上存在这样一个点,在那里轴承弯矩最小(如图16A-D所示一样)。最小力矩点的位置在很大程度上受到滚子锥体的切割结构尤其是锥体外形和嵌入件外形角的影响。为了降低轴承弯矩,然后优选如此设计轴承结构,从而其轴承中心靠近最小力矩中心。

[0086] 每个主轴34具有基于每个轴承相对于轴承轴线35的位置的相应轴承中心点214(这也可以被称为“组合轴承中心”或“复合轴承中心”)。该组合或复合轴承中心点214为基于每个主轴34和由主轴支撑的相关轴承的具体尺寸的几何位置。

[0087] 现在参照图7B,该图显示出滚子主体30可旋转地安装在主轴34上。如参照图7A所示一样,所得到的力( $F_x, F_y, F_z$ )和力矩( $M_x, M_y$ )归结为沿着z轴线36(这也于主轴34的纵向轴线和滚子锥体30的旋转轴线对应)设置的位置214。可以在沿着Z轴线36的任意点出分析作用在主轴34上的力,但是在那作用在主轴34上的力矩最小的点为最小力矩中心。在当前实施方案中,点214优先于最小力矩中心和轴承中心对应。将最小力矩中心设置在轴承中心附近这降低了作用在主轴上的力矩,从而降低了锥体摇摆的可能性。

[0088] 现在参照图8A、8B、9A和9B,它们显示出在滚子锥体进行摇摆时在滚子锥体和轴承结构之间的相互作用和作用在其上的力。如图8A和9A中所示一样,滚子锥体组件30沿着所要求的旋转轴线36从支撑臂32延伸出。图8A显示出这样一种情况,其中在滚子主体组件30上施加了不均匀力,其中施加在滚子主体300的底部上的力大于施加在中部300处的力和施加在滚子锥体30的端部304处的力。这个不均匀力导致锥体组件30存在摇摆(例如在图6中所示的横向摇摆20),从而锥体组件不会绕着所要求的旋转轴线36转动。在图8A中所示的摇摆运动导致作用在主轴34上的径向力306、308、310和推力负载312。更具体地说,在图8A中所示的横向摇摆力矩下,滚子锥体30的后部的下部作用在主轴34的底部的下部上,从而导致径向力306。在相同的力矩下,锥体的顶部的上部在主轴34上向下转动。从而导致作用在主轴34的顶部处的向下径向负载308和310和作用在主轴34的下表面上的推力负载312。

[0089] 图9A显示出滚子锥体30相对于主轴34的摇摆运动的另一个情况,从而导致作用如图9B中所示一样作用在主轴34上的负载322、324、326和328。更具体地说,在图9A中所示的横向摇摆力矩下,滚子锥体30的前部的下部作用在主轴34的端部的上部上,从而导致径向负载328和326。在相同的力矩下,滚子锥体30的底部的上部在主轴34的底部的顶部上向下转动,从而导致作用在主轴34的底部的顶部上的向下径向负载322并且还导致作用在主轴34的上表面上的推力负载324(这也可以称为轴向或纵向负载)。

[0090] 图10A和10B显示出根据本发明绕着主轴34旋转的滚子锥体组件30和从中所得到的力的优选实施方案。如所示一样,力340在滚子锥体组件30没有明显摇摆地绕着旋转轴线转动时作用在其上。因此,所得到的力350大体上沿着主轴34的底部并且沿着旋转轴

线 36 的方向作用。力 350 的分布表示一种优选的理想情况，并且优选可以采用在这里教导的钻头设计的方法和技术来实现。

[0091] 为了获得在图 10B 中所示的所期望的并且如在这里更详细地描述的负载，本发明包括许多用于设计钻头以便防止锥体摇摆并且有利于对主轴进行所期望的加载的方法。

[0092] 一个方法包括首先计算出在每个时间步长期间作用在每个锥体 30 的所有齿 60 上的力。接着，计算出作用在每个锥体 30 上的合力，并且使它从旋转的锥体坐标系中转变成用于每个相应的轴承的轴承坐标系。然后确定出在轴承和锥体内表面之间的接触区（例如，力点 A210 和 B212）。然后根据上面建立的接触区使用一力学模型（例如在图 22 中所示）。接着，确定出沿着轴承在每个接触区上力分布以及作用在每个接触区上的平均力和最大力。如前面所述一样，可以通过有限元方法确定出接触区和在该接触区内的力分布。

[0093] 然后计算出由轴承元件（包括滚柱）受到的应力，并且将它于用于每个轴承元件的设计标准进行比较。接着，改变每个锥体的切割结构和 / 或每个轴承的结构，并且重复上面的计算直到针对每个轴承元件计算出的应力水平满足其相应的设计标准。

[0094] 另一个设计方法包括首先计算出在每个时间步长期间作用在每个锥体 30 的齿 60 上的力。接着，确定出作用在每个锥体 30 上的合力，然后将它从锥体坐标系转变成轴承坐标系。接着，确定出最小弯矩沿着每个相应轴承轴线的位置。如此设置每个轴承结构，从而使最小弯矩的位置位于两个主要支撑点之间并且优选尽可能靠近在这两个支撑点之间的中点。然后计算出作用在所有支撑点上的力。

[0095] 然后采用有限元方法计算出在所有轴承元件（包括滚柱）上的应力。然后选择或设计这些轴承元件和每个相应轴承的轴承结构。可以改变轴承结构，并且然后按照互动的方式针对所有轴承或针对单个轴承重复这些力和应力。

[0096] 为了说明本发明的各个特征，将使用大致相同的切割元件 60、60a 和 60b 来说明传统滚子锥形钻头和根据本发明教导形成的滚子锥形钻头的各个特征。在图 11-14 中所示的锥体组件可以具有基本上相同的空腔 43 和承载面 42。在承载面 42 的插座 44 中没有显示出复合片 40。每个锥体组件显示出具有标准排 74，它具有切割元件 60a。与锥体组件相关的另一排切割元件包括切割元件 60 和 60b。切割元件 60a 和 60b 可以具有比切割元件 60 更小的尺寸。对于一些用途而言，在结合了本发明教导的锥体组件和滚子锥形钻头内的相关的所有切割元件的尺寸可以具有基本上相同的尺寸和结构。可选的是，一些锥体组件和相关的滚子锥形钻头可以包括在相关切割元件和切割结构的形态和尺寸方面具有明显变化的切割元件和切割结构。本发明不限于具有切割元件 60、60a 和 60b 的滚子锥形钻头。还有，本发明不限于具有空腔 48 和承载面 42 的锥体组件和滚子锥形钻头。另外，可以采用各种方法来确定图 11-14 中所示的法向力轴。这些方法的例子显示在于 2004 年 8 月 17 日提交的题目为“Roller Cone Drill Bits with Enhanced Drilling Stability and Extended Life of Associated Bearing and Seals”的共同未决专利申请系列 No. 10/919,990 中，该专利在这里被引用作为参考。

[0097] 图 11 为一示意图，显示出用于在下面被称为“钻头 A”500 的传统滚子锥形钻头的复合锥体外形，它具有三个 (3) 组件，在这三个锥体组件的每一个上具有多个成排布置的切割元件。所有切割元件的峰顶显示出伸入到穿过相关锥体组件的复合旋转轴线 36 的垂直平面上。法向力轴 68 没有相交或者穿过单个点。峰顶点 70 没有限定一圆圈。这些峰顶

点 70 的一些在圆圈 502 外面延伸，并且其它峰顶点 70 位于圆圈 502 内。

[0098] 图 12 为一示意图，显示出根据本发明教导用于在下面被称为“钻头 B”的滚子锥形钻头的锥体组件的复合锥体外形 520，它具有设置在其三个滚子锥体上的切割元件 60、60a 和 60b。对于该实施方案而言，于标准排 74 的切割元件 60a 的法向力轴 68a 和于切割元件 60 和 60b 相关的法向力轴 68 在力中心 530 处相互相交。对于该实施方案而言，力中心 530 可以与复合锥体旋转轴线 36 偏置。由 dx 和 dy 测量出的偏置量优选局限于最小可能量。

[0099] 与切割元件 60 和 60b 相关的峰顶点 70 优选沿着圆圈 522 设置。圆圈 522 的半径与法向力轴 68 的正常长度对应。法向力轴线 68a 的长度可以小于导致圆圈 522a 的法向力轴 68。如在当前实施方案中所示一样，在标准排 74 中的切割元件 60a 的峰顶点 70 优选设置在圆圈 522a 上。在可选的实施方案中，标准排 74 的峰顶点 70 也可以设置在圆圈 522a 上。

[0100] 图 13 为一示意图，显示出根据本发明教导用于在下面被称为钻头 C 的滚子锥形钻头的锥体组件的复合锥体外形 550，它具有设置其三个滚子锥体上的切割元件 60、60a 和 60b。与切割元件 60 和 60b 的所有法向力轴 68 优选在位于锥体旋转轴线 36 上的力中心 570 处相交。与标准排 74 的切割元件 60a 相关的法向力轴 68a 偏离与法向力轴 68 相关的力中心 570，并且没有与之相交。如在该实施方案中所示一样，法向力轴线 68a 大体上垂直于滚子锥体旋转轴线 36。对于该实施方案而言，力中心 570 可以非常小，并且具有与小球体对应的尺寸。

[0101] 图 14 为一示意图，显示出根据本发明教导用于在下面被称为钻头 D 的滚子锥形钻头的锥体组件的复合锥体外形 600，它具有设置其三个滚子锥体上的切割元件 60、60a 和 60b。对于该实施方案而言，与每个标准排 74 的切割元件 60a 相关的法向力轴 68a 和与切割元件 60a 和 60b 相关的法向力轴 68 优选在法向力中心 610 处相互相交。对于该实施方案而言，力中心 610 可以与复合锥体旋转轴线 36 偏离或偏斜。

[0102] 切割元件 60 和 60b 的峰顶点 70 可以设置在相应圆圈 602 和 602b 上。与标准排 74 的切割元件 60a 相关的峰顶点 70 可以设置在圆圈 602a 上。每个圆圈 602、602a 和 602b 优选相对于力中心 390 的中心相互同心设置。

[0103] 现在参照图 15，图表 700 显示出作为从简化中心到锥体承载面的距离 710 的函数的平均轴承力矩 712。所得到的曲线 714 是典型的并且显示出最小力矩中心点 716。在该具体实施方案中，最小力矩中心点 716 位于离承载面 0.32 英寸的位置处，但是如下面所述一样任意滚子锥体组件的最小力矩中心将随着滚子锥体的切割结构变化。

[0104] 图 16A-D 显示出在沿着与在图 11-14 中所示的钻头 A-D 相关的不同轴承的轴承轴线的位置处以 ft-lbs 为单位测量出的预测轴承力矩。

[0105] 现在参照图 16A，曲线 800 显示出作为离承载面 810 的距离的函数的钻头 A（如在图 11 中所示一样）的三个轴承的预计轴承力矩 812。这导致与钻头 A 的第一、第二和第三轴承对应的曲线 814、818 和 822。如所示一样，与钻头 A 的第一轴承对应的曲线 814 具有最小力矩点 816，与钻头 A 的第二轴承对应的曲线 818 具有最小力矩点 820，并且与钻头 A 的第三轴承对应的曲线 820 具有最小力矩点 824。因此，在钻头 A 上的每个轴承具有其自身的独特最小力矩点（分别为点 816、820 和 824）。这个事实表明对于钻头的所有三个锥体使用相同的轴承结构通常不是最优解决方案。

[0106] 现在参照图 16B, 曲线 828 显示出作为离承载面 810 的距离的函数的钻头 B(如图 12 所示)的三个轴承的预计轴承力矩 812。这导致与钻头 B 的第一、第二和第三轴承对应的曲线 830、834 和 838。如所示一样, 与钻头 B 的第一轴承对应的曲线 830 具有最小力矩点 832, 与钻头 B 的第二轴承对应的曲线 834 具有最小力矩点 836, 并且与钻头 B 的第三轴承对应的曲线 838 具有最小力矩点 840。因此, 在钻头 B 上的每个轴承具有其自身的独特最小力矩点(分别为点 832、836 和 840)。这个事实表明对于钻头 B 的最小力矩点 832、836 和 840 与钻头 A 的最小力矩点 816、820 和 824(如图 16A 所示一样)不同。

[0107] 现在参照图 16C, 曲线 850 显示出作为离承载面 810 的距离的函数的钻头 C(如图 13 所示)的三个轴承的预计轴承力矩 812。这导致与钻头 C 的第一、第二和第三轴承对应的曲线 860、864 和 868。如所示一样, 与钻头 C 的第一轴承对应的曲线 860 具有最小力矩点 862, 与钻头 C 的第二轴承对应的曲线 864 具有最小力矩点 866, 并且与钻头 C 的第三轴承对应的曲线 868 具有最小力矩点 870。因此, 在钻头 C 上的每个轴承具有其自身的独特最小力矩点(分别为点 862、866 和 870)。在该实施方案中, 所有三个轴承的最小力矩点偏离锥体承载面。换句话说, 从钻头 B 到钻头 C 的锥体外形变化导致最小力矩点更靠近轴承中心。

[0108] 现在参照图 16D, 曲线 880 显示出作为离承载面 810 的距离的函数的钻头 D(如图 14 所示)的三个轴承的预计轴承力矩 812。这导致与钻头 D 的第一、第二和第三轴承对应的曲线 882、886 和 890。如所示一样, 与钻头 D 的第一轴承对应的曲线 882 具有最小力矩点 884, 与钻头 D 的第二轴承对应的曲线 886 具有最小力矩点 888, 并且与钻头 D 的第三轴承对应的曲线 890 具有最小力矩点 892。因此, 在钻头 D 上的每个轴承具有其自身的独特最小力矩点(分别为点 884、888 和 892)。与钻头 C 类似, 该实施方案的所有三个轴承的最小力矩点偏离锥体承载面并且更靠近轴承中心。

[0109] 现在参照图 17A-C, 显示出作用在每个轴承的轴承端部 A 和 B 上的力的那些曲线用于如图 11-14 中所示的钻头 A、B、C 和 D。图 17A-C 表明, 钻头 C 被优化设计以降低力和力矩的大小。在当前实施方案中, 钻头 A、B、C 和 D 其轴承端部负载根据作用在滚子锥体上的法向力预测出并且在当前示例性实施方案中不包括任意切向力或作用在切割结构上的其它力。

[0110] 图 17A 显示出作为从最小力矩点到钻头 A-D 的第一轴承的轴承中心 910 的距离的函数的估计轴承端部负载 912 的曲线 900。显示出在第一轴承 920 的点 A 处的负载或力以及在钻头 A、B、C&D 的每个第一轴承的位置 B 处的负载或力。如所示一样, 预计钻头 A 在点 922 和 932 处所表示的轴承负载; 预计钻头 B 具有在点 924 和 934 处表示的轴承负载; 预计钻头 C 具有在点 926 和 936 处所示的轴承负载; 并且预计钻头 D 具有在点 928 和 938 处所示的力。如所示一样, 钻头 C 的设计导致最低估计负载作用在轴承端部 A 和 B 处。

[0111] 图 17B 显示出作为从最小力矩点到钻头 A-D 的第一轴承的轴承中心 946 的距离的函数的估计轴承端部负载 942 的曲线 940。显示出在第一轴承 950 的点 A 处的负载或力以及在钻头 A、B、C&D 的每个第二轴承的位置 B960 处的负载或力。如所示一样, 预计钻头 A 在点 952 和 962 处所表示的轴承负载; 预计钻头 B 具有在点 954 和 964 处表示的轴承负载; 预计钻头 C 具有在点 956 和 966 处所示的轴承负载; 并且预计钻头 D 具有在点 958 和 968 处所示的力。如所示一样, 钻头 C 的设计导致最低估计负载作用在第二轴承的端部 A 和 B 处。

[0112] 图 17C 显示出作为从最小力矩点到钻头 A-D 的第一轴承的轴承中心 974 的距离的

函数的估计轴承端部负载 972 的曲线 970。显示出在第三轴承 980 的点 A 处的负载或力以及在钻头 A、B、C&D 的每个第二轴承的位置 B990 处的负载或力。如所示一样,预计钻头 A 在点 982 和 992 处所表示的轴承负载;预计钻头 B 具有在点 984 和 994 处表示的轴承负载;预计钻头 C 具有在点 986 和 996 处所示的轴承负载;并且预计钻头 D 具有在点 988 和 998 处所示的力。如所示一样,钻头 C 的设计导致最低估计负载作用在第三钻头的轴承端部 A 和 B 处。

[0113] 图 18 为一示意图,显示出具有带有锥形外螺纹部分 22 的钻头体 1024 的滚子锥形钻头 1020。钻头体 1024 优选包括一通道(未示出),用来使来自钻井表面的泥浆或其它流体通过钻杆柱流向所安装的钻头 1020。钻头体优选包括三个支撑臂,其中每个支撑臂优选包括相应的轴或主轴(未示出)。锥体组件 1030a、1030b 和 1030c 可以安装在相应主轴上。

[0114] 可以采用铣削技术在每个锥体组件 1030a、1030b 和 1030c 上形成具有相应峰顶点 1068 和峰顶点 1070 的切割元件 1060。切割元件 1060 有时称为“铣成齿(milled teeth)”。切割元件 1060 可以如此形成,从而法向力轴在所要求的力中心处相交并且轴承中心如上所述一样位于最小力矩中心附近。

[0115] 如上所述,法向力轴 68 在位于锥体旋转轴线 36 上的小力中心或单个点处的相交明显降低了或消除了力矩  $M_x$  和  $M_y$  的有害影响,从而降低了相关主体组件 30a、30b 和 30c 出现摇摆的可能性。降低锥体摇摆可以提高相关轴承和密封件的寿命。

[0116] 在一些实施方案中,法向力轴 68 优选可以在力中心(例如在图 12、13 和 14 中所示的)处相交,其中该力中心通常位于轴承组件的中点处。在只包括单个轴承的可选实施方案中,法向力轴 68 优选可以在力中心 90 处相交,其中该力中心 90 通常与轴承中心对应。在将附加轴承部件结合在轴承组件内的实施方案中,法向力轴 68 优选在与轴承组件的中心大体上对应的力中心处相交。

[0117] 本发明的一个优点在于,因为轴承磨损与作用在轴承表面上的力直接相关,所以可以降低轴承磨损。另外,通过将轴承中心和最小力矩中心相互靠近设置来减小锥体摇摆运动,由此使滚子锥体与轴承表面更好地平衡。另外,降低锥体摇摆还可以降低密封件磨损,这往往由于锥体摇摆运动而加速。另外,本发明的教导降低了锥体损耗的可能性,因为锥体损耗往往由于在轴承表面的严重磨损而引起。

[0118] 现在参照图 19,该图为显示出根据本发明方法的流程图 1100。该方法从 1102 开始,之后首先形成钻头体 1104。这通常包括形成具有至少第一支撑臂、第二支撑臂和第三支撑臂的钻头体,并且每个支撑臂具有从中延伸出的主轴。接着,提供具有第一切割结构的第一锥体组件 1106,提供具有第二切割结构的第二锥体组件 1108,并且提供具有第三切割结构的第三锥体组件 1110。

[0119] 根据每个锥体组件的切割结构切除每个相应锥体组件的最小力矩中心 112、114、116。在一些实施方案中,这涉及根据每个相应切割结构的每个切割元件的嵌入件外形角确定第一最小力矩中心。在其它实施方案中,计算每个相应锥体组件的最小力矩中心涉及根据每个相应切割结构的锥体外形确定每个相应最小力矩中心。

[0120] 接下来,如此选择或设计相应轴承组件,从而将每个轴承的轴承中心沿着每个相应旋转轴线设置在每个最小力矩中心附近 1118、1120 和 1122。接着,可以改变轴承设计或选择 1123、1124 和 1125 以便使每个相应轴承中心理想地给进其相应的最小力矩中心。如

果相应的轴承中心没有处于所要求的其相应最小力矩中心附近的范围内，则适当地改变轴承选择和 / 或设计，并且该方法回到步骤 1118、1120 或 1122。在所选的轴承中心令人满意地靠近相应最小力矩中心的情况下，该方法然后至少相对于那个相应轴承组件在 1126 处结束。

[0121] 现在参照图 20，该图为显示出根据本发明的方法的流程图 1150。该方法从 1152 开始，之后首先形成钻头体 1154。这通常包括形成具有至少第一支撑臂、第二支撑臂和第三支撑臂的钻头体，并且每个支撑臂具有从中延伸出的主轴。接着，提供具有第一切割结构的第一锥体组件 1156，提供具有第二切割结构的第二锥体组件 1158，并且提供具有第三切割结构的第三锥体组件 1160。

[0122] 接着确定第一轴承的中心点 1162。也可以确定第二轴承的中心点 1164 以及第三轴承组件的中心点 1166。在确定第一轴承中心点 1162 之后，可以如此设计第一锥体组件的切割结构 1168，从而第一锥体组件具有靠近第一轴承中心点的最小力矩中心。在确定第二轴承中心点 1164 之后，可以如此设计第二锥体组件的切割结构 1170，从而第二锥体组件具有靠近第二轴承中心点的最小力矩中心。在确定第三轴承中心点 1166 之后，可以如此设计第三锥体组件的切割结构，从而第三锥体组件具有靠近第三轴承中心点 1172 的最小力矩中心。

[0123] 在设计或改变第一切割结构 1168 之后，可以确定是否要对第一切割结构进行进一步改进 1174。在第一最小力矩中心和第一轴承组件中心点没有充分靠近的情况下，可以进一步改变切割结构。在第一最小力矩中心和第一轴承组件中心点充分靠近的情况下，该方法可以结束 1180（或可以然后前进至第二锥体组件或第三锥体组件的设计）。同样，在设计第二和第三切割结构（分别为 1170 和 1172）之后，该方法然后可以前进以分别在步骤 1176 和 1178 处确定是否要对第二和第三切割结构作另外的改变。在可选实施方案中，在确定需要进行进一步改变（例如在步骤 1174、1176 或 1178 处）之后，该方法可以另外前进至改变相关轴承组件的设计或选择。

[0124] 在一些实施方案中，可以同时进行对滚子锥形切割结构和轴承组件的设计进行调节。在其它实施方案中，可以反复地进行对滚子锥形切割结构和轴承组件的设计进行调节。

[0125] 现在参照图 21，流程图 1200 显示出用于通过选择地设计滚子锥形切割结构来设计轴承结构的改进方法。在优选实施方案中，根据本发明所用的轴承可以预先设计并且装配。在这些实施方案中，可以为每个滚子锥形组件使用相同的轴承设计，或者每个滚子锥形组件可以使用不同的轴承设计。该方法从 1210 开始，并且计算出在每个时间步长处作用在锥体的所有切割元件上的力 1212。接着在步骤 1214 处计算出作用在每个锥体上的合力，并且将它从锥体坐标系转变成轴承坐标系 1216。接着，计算出沿着轴承轴线的弯矩以确定出最小力矩点（也可以称为最小力矩中心）1218。在下面的步骤中，确定出该最小力矩点是否位于轴承的两个主要支撑点之间 1220。

[0126] 如果最小力矩点没有位于那些主要支撑点之间，则改变切割结构的设计 1222。切割结构的改变可以包括调节切割元件排的位置、切割元件外形角和取向角度。在改变切割结构之后，重复前面的步骤以便确定最小力矩中心是否位于所要求的位置中（在轴承的两个主要支撑点之间）。

[0127] 如果最小力矩点位于那些主要支撑点之间，则计算出作用在每个轴承接触点上的

力 1224。然后使用这个所计算出的力来计算出作用在每个轴承元件（在适当的情况下包括滚柱）上的应力 1226。然后将针对每个轴承元件计算出的应力与用于每个轴承元件的设计应力进行比较 1228。然后，可以对锥体的切割结构或对其它两个锥体作出另外设计改变 1230。然后可以对另一个主体重复上面的步骤，或者如果该钻头的锥体设计令人满意，则该方法结束 1232。

[0128] 现在参照图 22A-22E，它们说明了用于进行本发明的一些步骤的力学模型的各个部分。图 22A 为主轴 34 的侧视图，显示出作用在接触区域 A 1410 处的力 1406 和作用在结束区域处的力 1408。主轴 34 还包括沿着轴承轴线 1420 的轴承中心点 214。轴承中心点 214 也是轴承坐标系的中心，其中 Z 轴线 1422 与轴承轴线 1420 一致。另外，如在当前实施方案中所示一样，显示出力 1406 分成沿着 x 轴线 1424 作用的力 1406x 和沿着 y 轴线 1426 方向作用的力 1406y。

[0129] 图 22B 显示出接触区域 A 1410 的剖视图，它包括轴承元件 1414 的剖视图。在该实施方案中，轴承元件 1414 包括滚柱。在可选的实施方案中，轴承元件 1414 可以为轴颈轴承表面或任意其它合适的轴承元件。力 1406 表示基于围绕着轴承接触区域 A 圆周地作用的多个预计径向力的简化力。

[0130] 图 22C 显示出接触区域 B 1412 的剖视图，它包括轴承元件 1414 的剖视图。在该实施方案中，轴承元件 1416 包括滚柱。在可选实施方案中，轴承元件 1414 可以为轴颈轴承表面或任意其它合适的轴承元件。力 1408 表示基于围绕着轴承接触区域 B 圆周地作用的多个预计径向力的简化力。

[0131] 现在参照图 22D，显示出在钻井期间作为时间函数的作用在接触区域 A 1410 处的力 1406 的曲线 1440。在当前实施方案中，沿着 x 轴线 1424 作用的预计力处于选定的时间步长处。还提供了相应的曲线图，显示出沿着 y 轴线 1426 的方向作用的力的大小。

[0132] 现在参照图 22E，显示出在钻井期间作为时间函数的作用在接触区域 B 1412 处的力 1408 的曲线 1450。在当前实施方案中，显示出一定时间内并且在所选的时间步长处沿着 x 轴线 1424 作用的预计力。还提供了相应的曲线图，显示出沿着 y 轴线 1426 的方向作用在接触区域 B 1412 上的力。

[0133] 现在参照图 23，流程图 1500 显示出用于确定最小力矩中心的方法。该方法从 1508 开始，之后计算出在选定的时间步长处作用在滚子锥体的切割元件上的力。接着，将作用在每个切割元件上的力投影到锥体坐标系中 1512。在下面的步骤中，在锥体坐标系中计算出作用在每个锥体上的力 1514。接着将作用在锥体上的轴承轴线力简化到以选定的点为中心的轴承坐标系 1516 中。

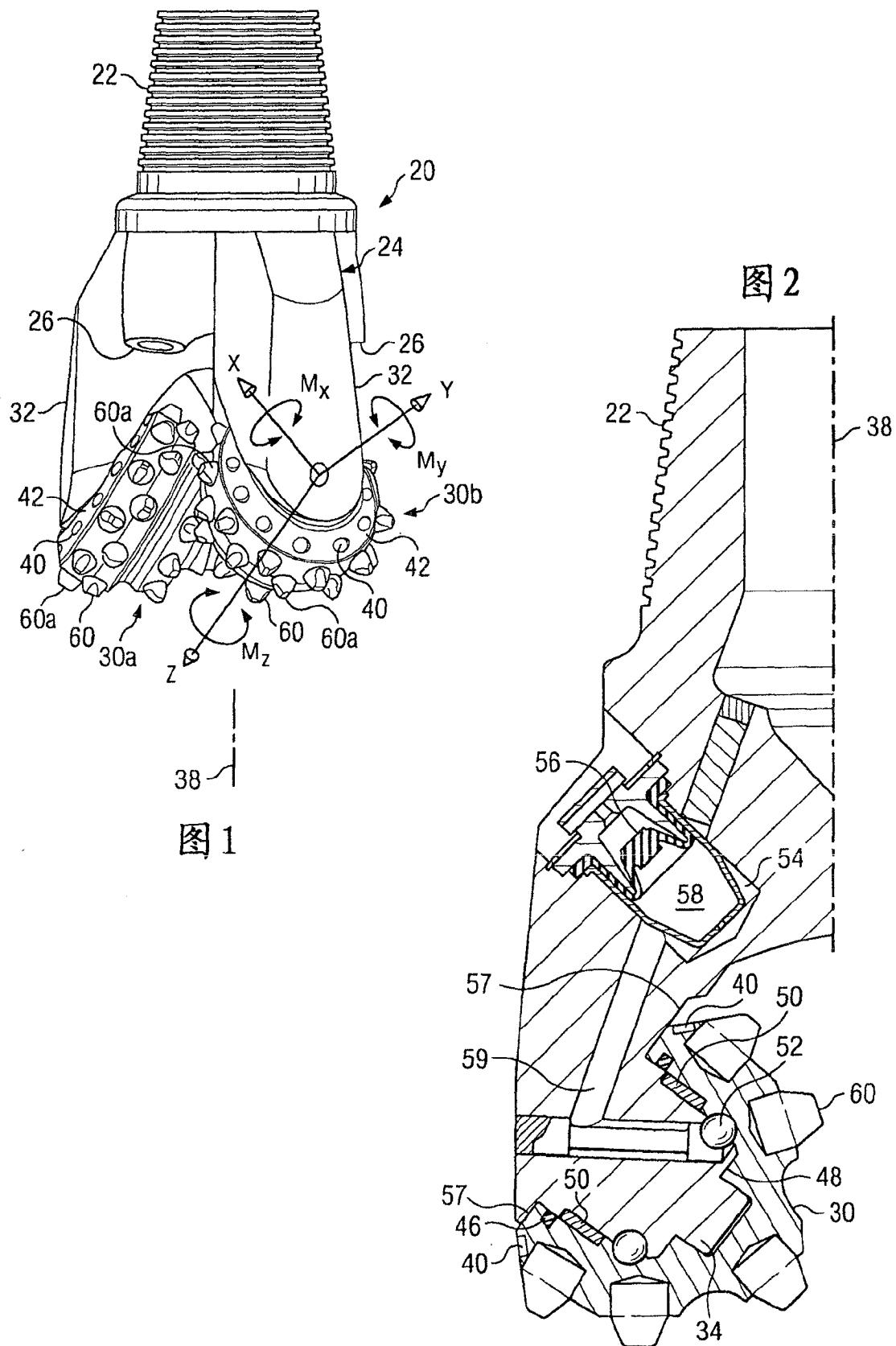
[0134] 然后使用轴承坐标系计算出在所选点处的力矩和平均力矩 1518。然后计算出在所选点处的力矩的矢量总和 1520。接着选择沿着轴承轴线的附加点（或多个点），并且将锥体力简化到以新选择的点（或多个点）为中心的轴承坐标系中 1522。换句话说，步骤 1522 可以包括针对沿着轴承轴线的其它点重复步骤 1516、1518 和 1520。将力矩画成沿着轴承轴线的所选点的函数 1524。接着，使用绘图数据确定沿着轴承轴线的最小力矩位置 1526。

[0135] 现在参照图 24，流程图 1600 显示出设计轴承结构形态的方法。该方法从 1608 开始，然后首先确定在滚子锥形钻头内的滚子锥体的轴承的最小力矩中 1610。接着针对每个轴承设计出最初轴承形态 1612。接着，针对最初轴承形态 1614 开发出力学模型（例如，如

在图 22A-E 所示一样)。通过计算出作用在每个轴承上的预期端部负载来进行该方法 1616。  
[0136] 在接下来的步骤中,确定是否已经使端部负载基本上最小化 1618。在端部负载已经最小化或基本上最小化的情况下,该方法结束 1624。但是,在端部负载还没有最小化的情况下,该方法继续调节轴承形态或轴承结构 1620。在一些实施方案中,这可以包括重新设计轴承的物理结构。在可选实施方案中,这可以包括用不同的轴承类型或型号更换最初轴承类型。然后调节力学模型以供经过调节的轴承形态使用 1622,然后该方法前进至步骤 1616,并且计算出作用在每个轴承上的预期端部负载。

[0137] 现在参照图 25,流程图 1700 显示出用于设计轴承结构形态的方法。该方法从 1708 开始,然后首先计算出用于滚子锥形钻头的锥体的初始切割结构 1712。接着确定锥体的最小力矩中心 1712。选择或设计轴承结构形态 1714,并且计算出作用在轴承上的端部负载 1716。然后可以调节、重新选择或重新设计切割结构和 / 或轴承结构形态,以使作用在轴承 1718 上的端部负载最小。

[0138] 虽然已经对本发明及其优点进行了详细说明,但是应该理解的是,在不脱离由以下权利要求所限定的本发明的精神和范围的情况下可以在其中作出许多替换和改变。



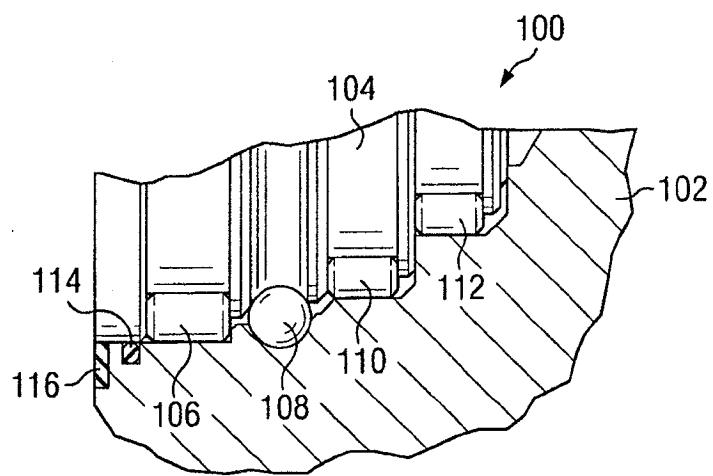


图 3

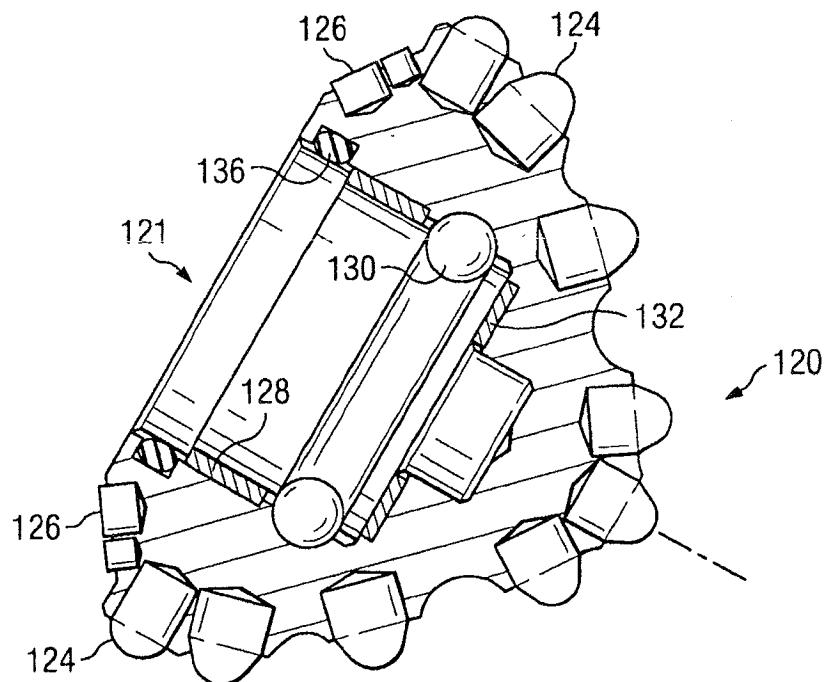


图 4

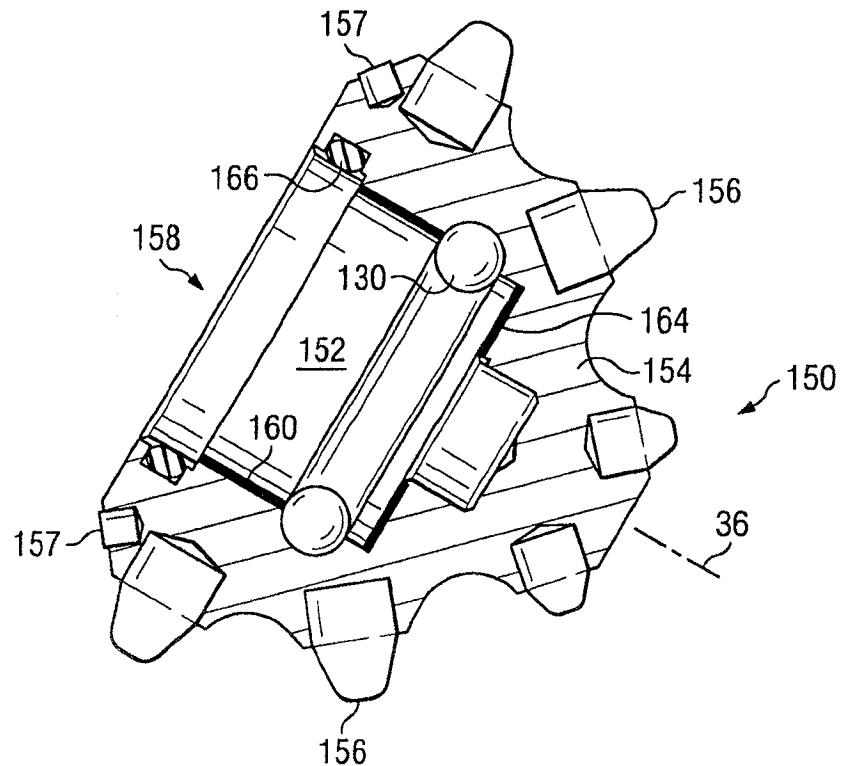


图 5

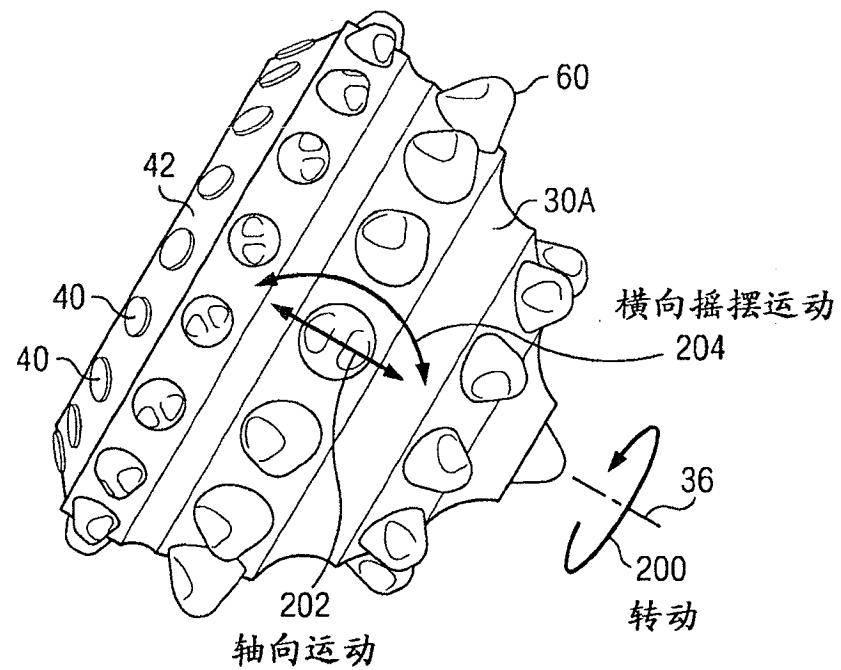


图 6

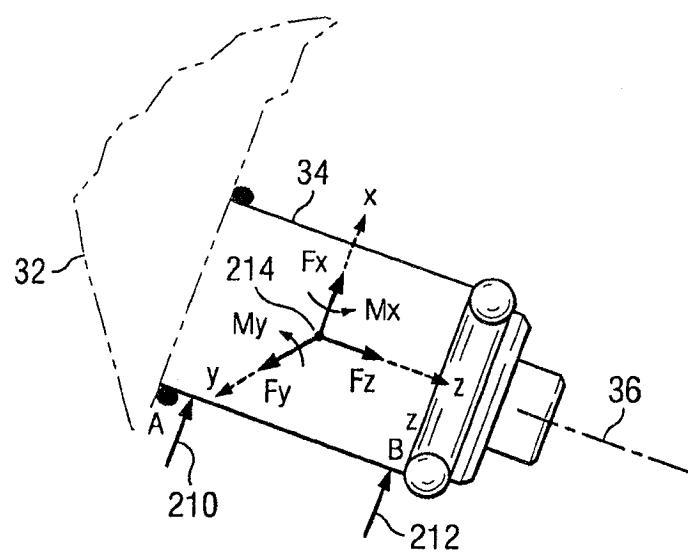


图 7A

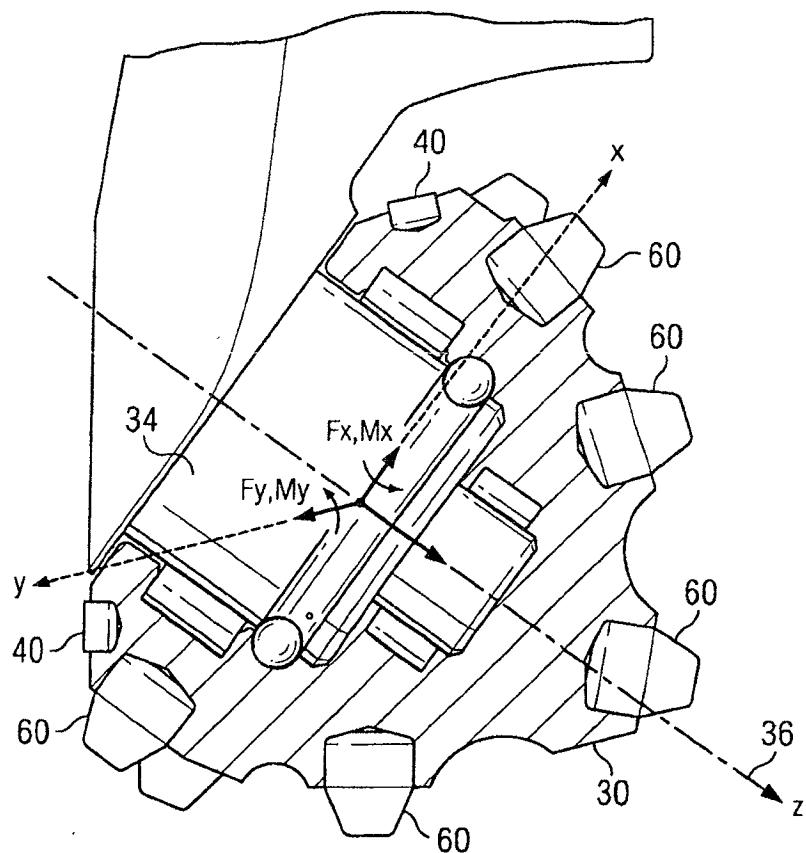


图 7B

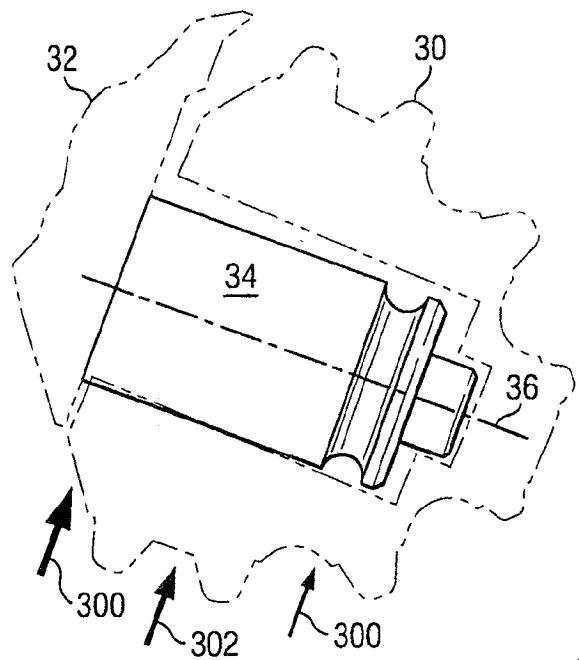


图 8A

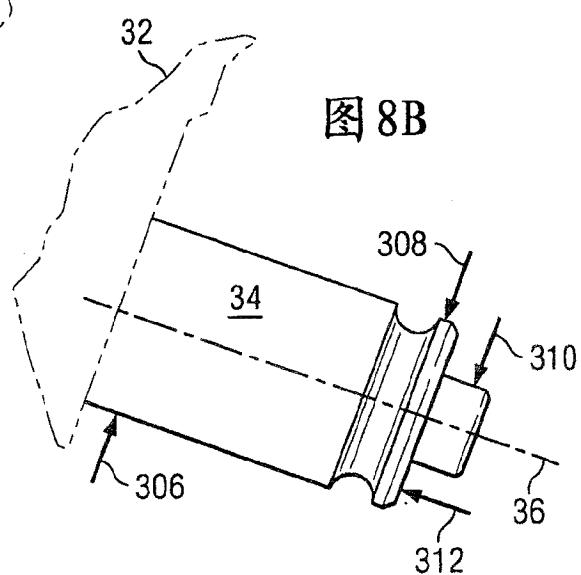


图 8B

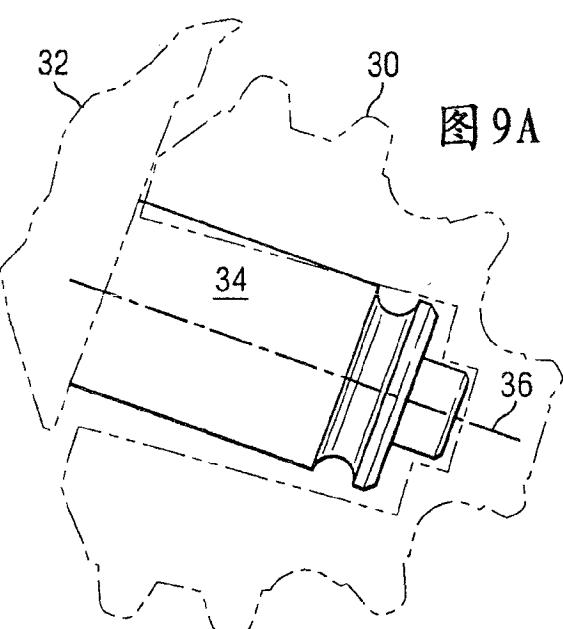


图 9A

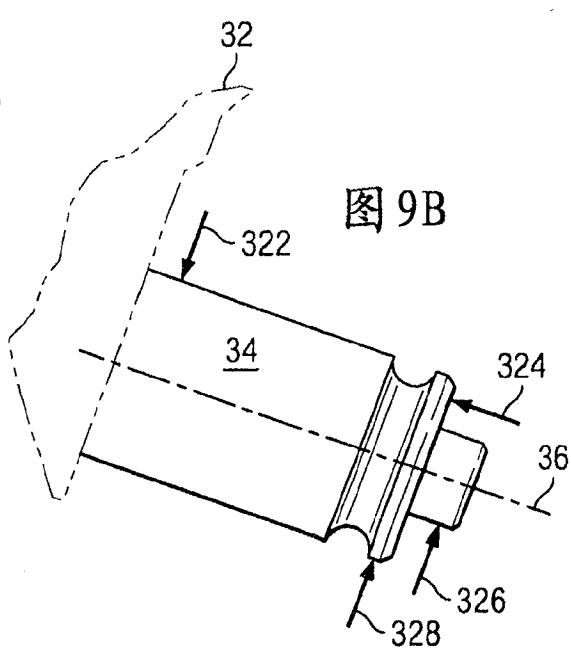


图 9B

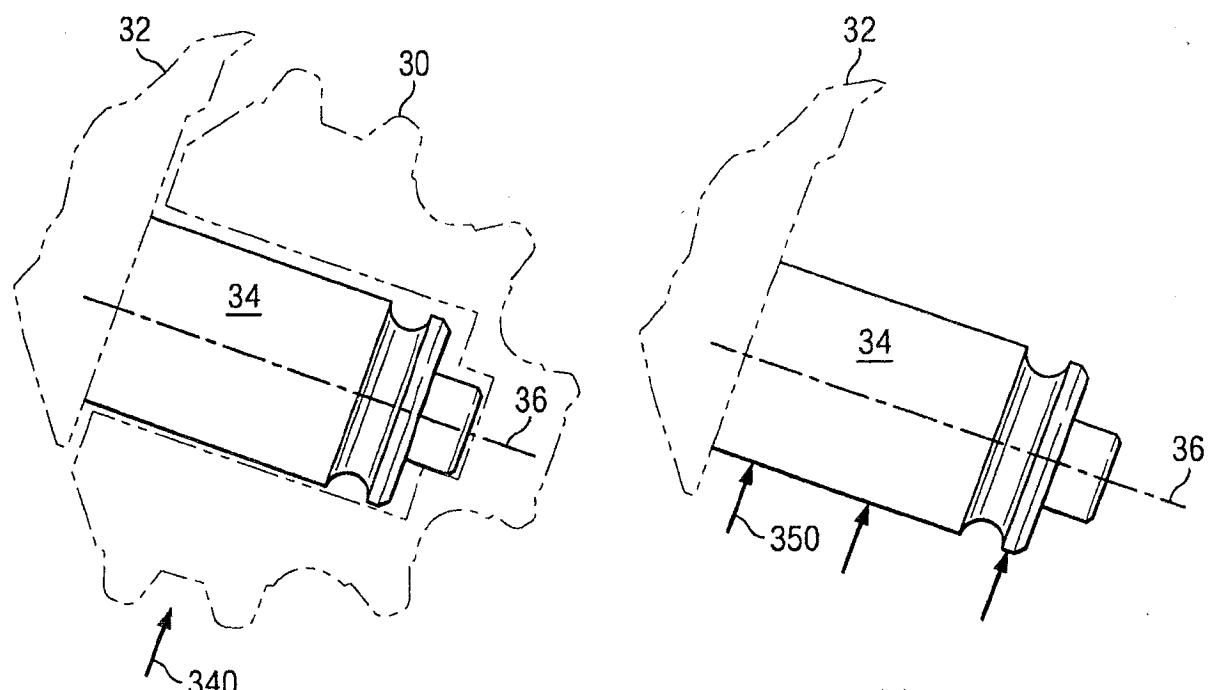
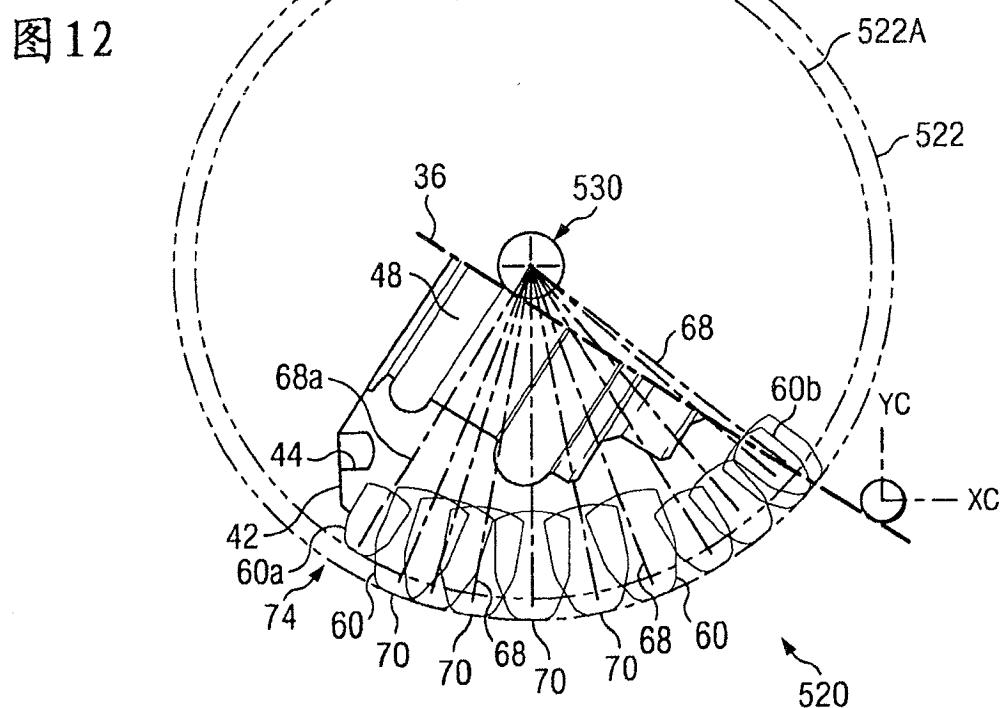
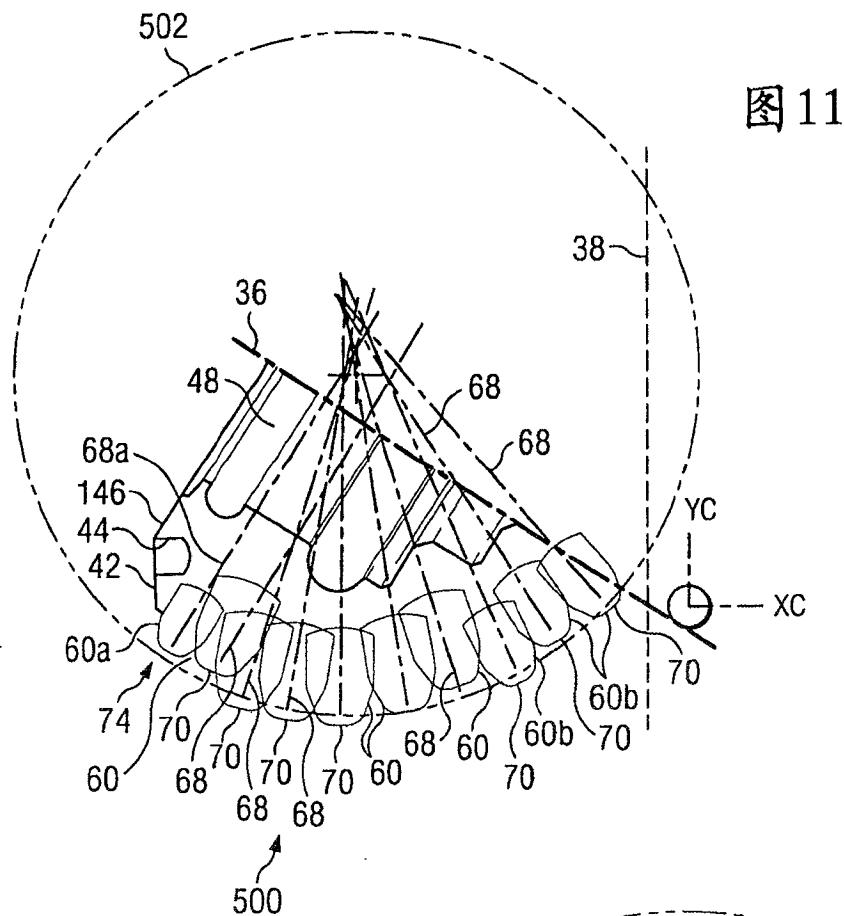


图 10B

图 10A



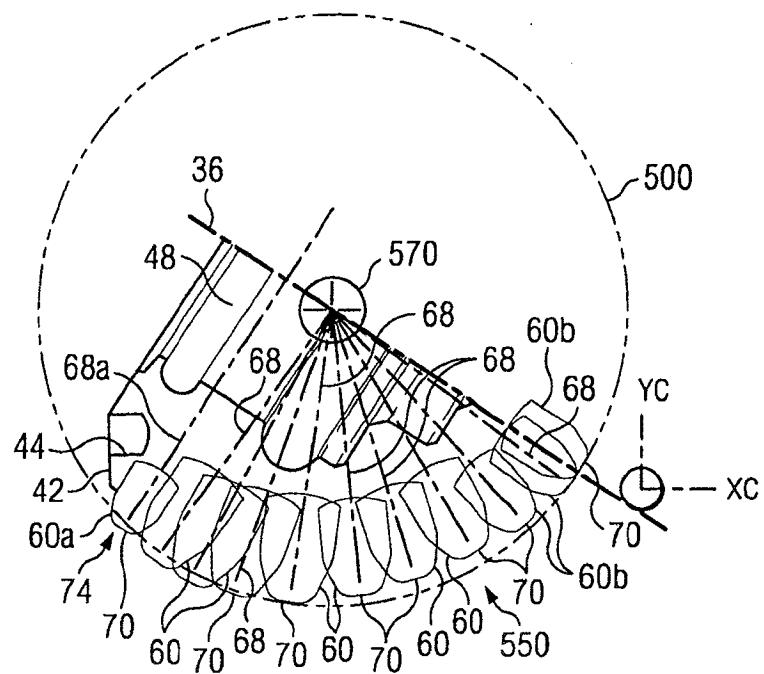


图 13

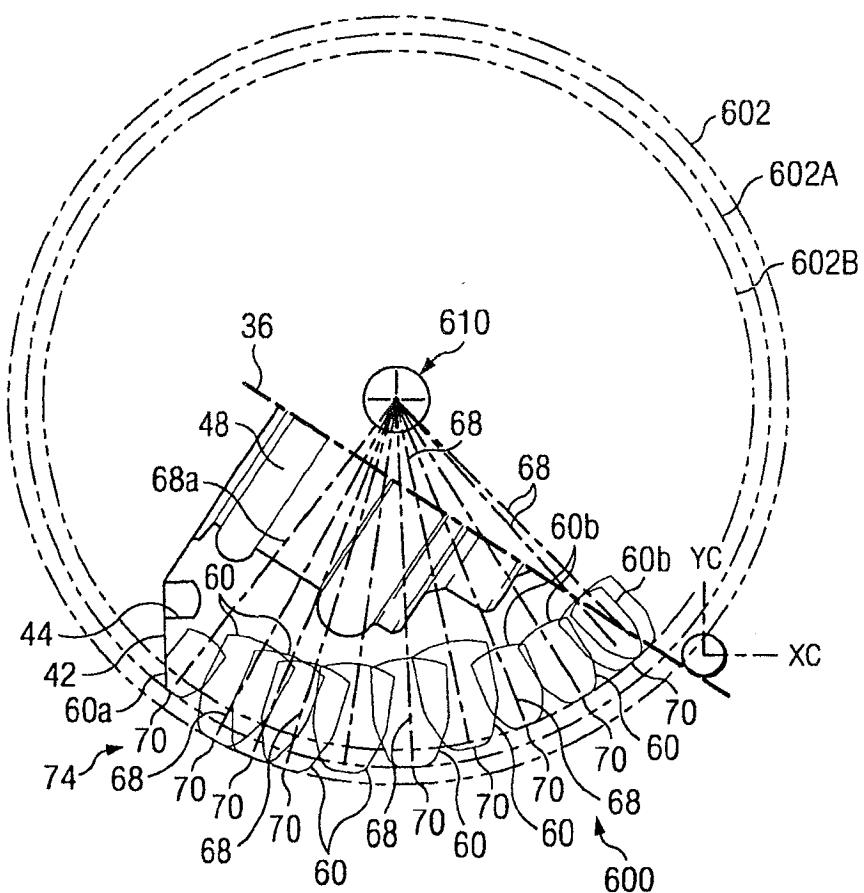


图 14

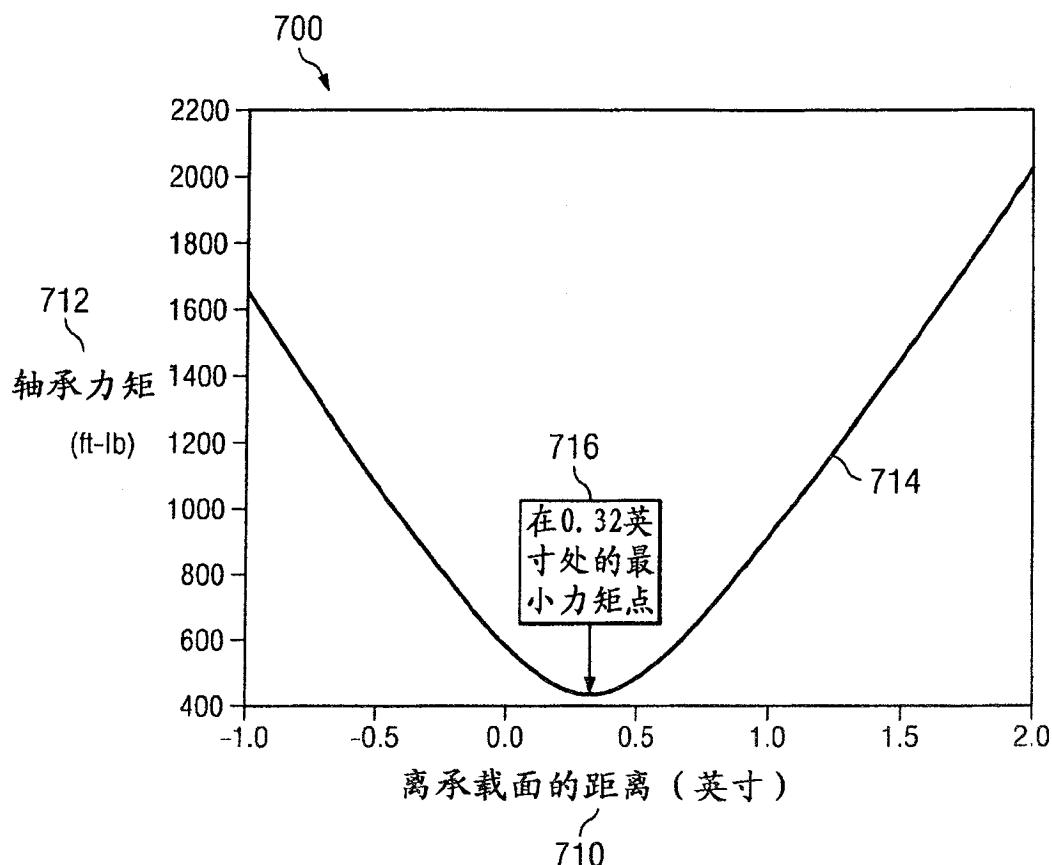


图 15

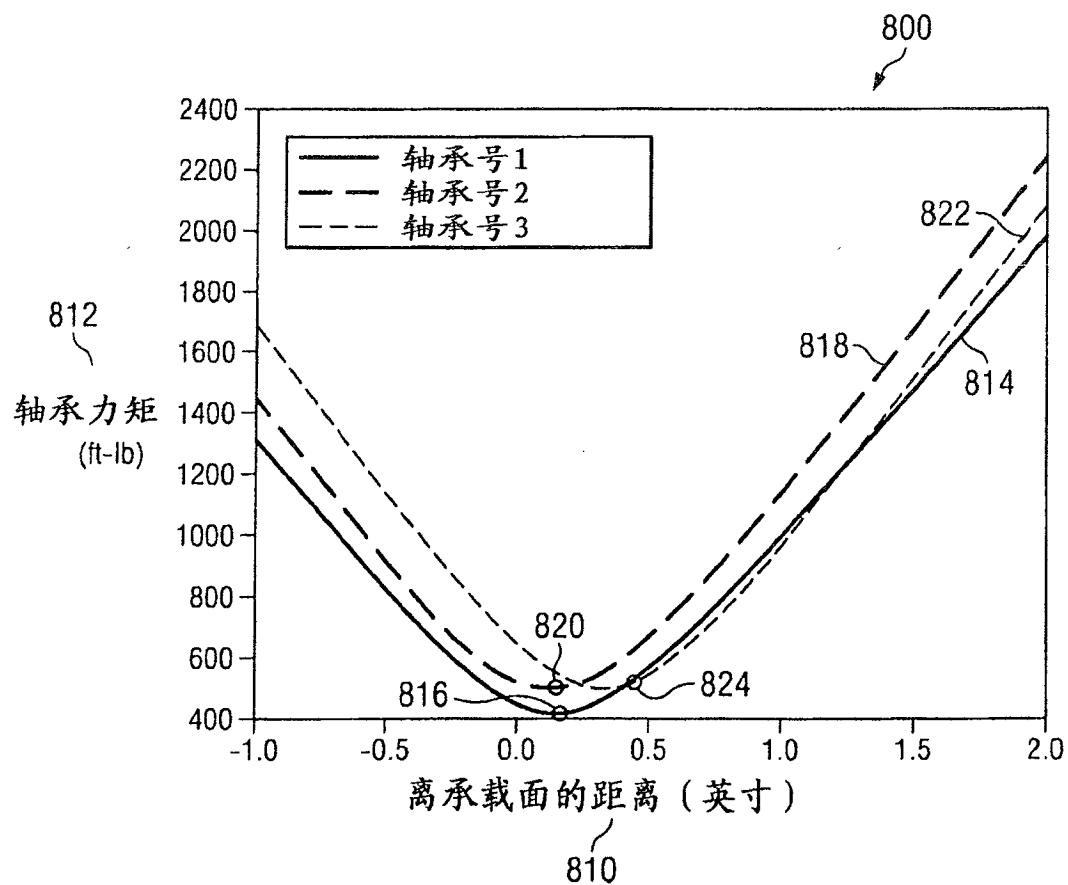


图 16A

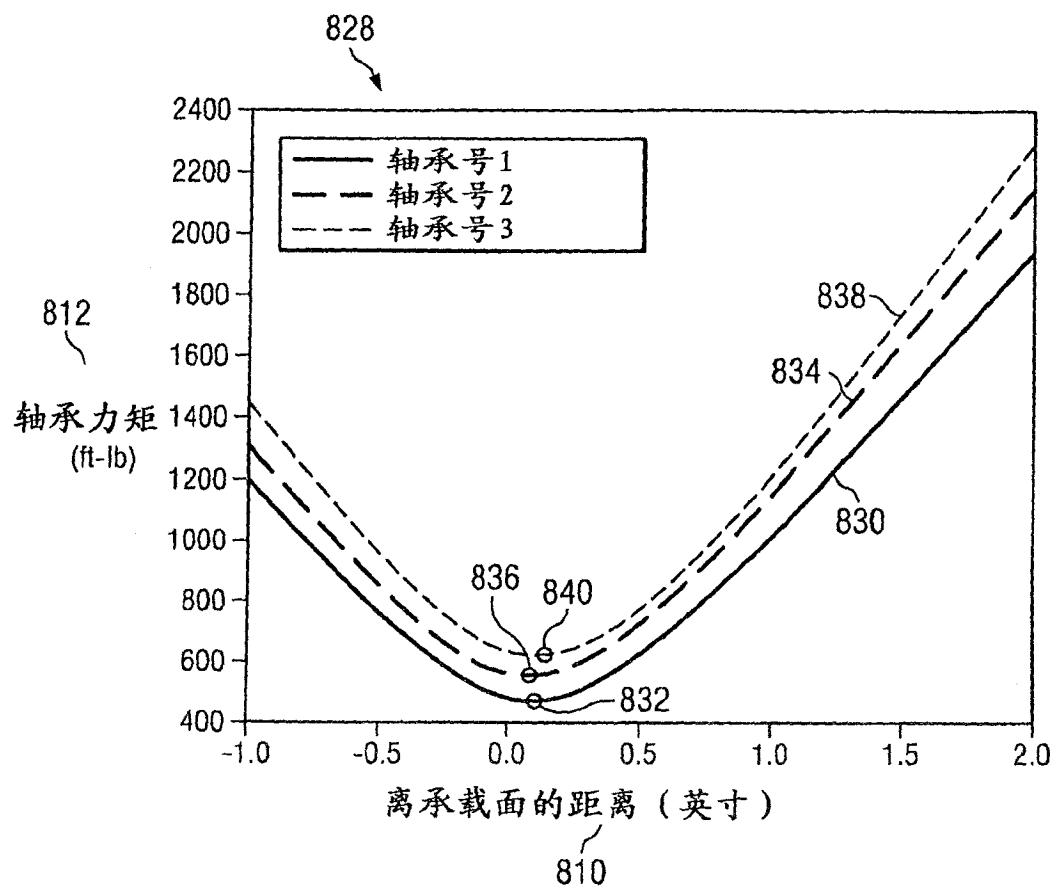


图 16B

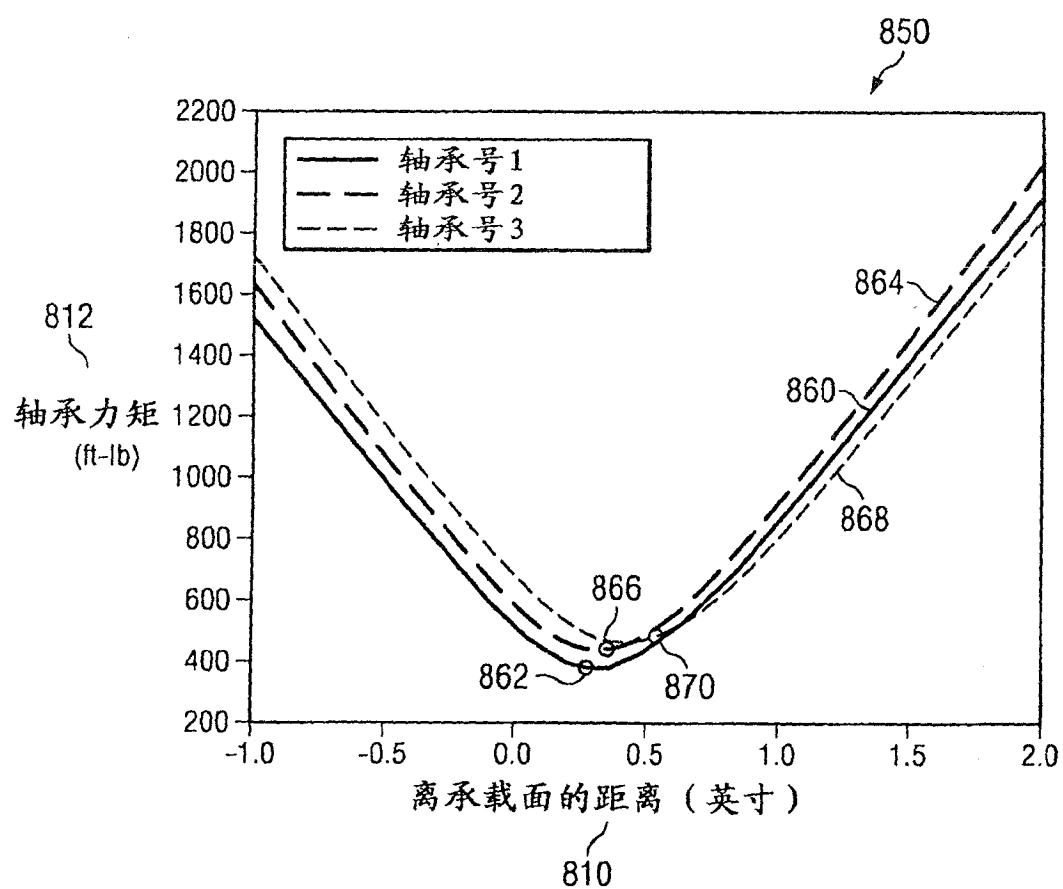


图 16C

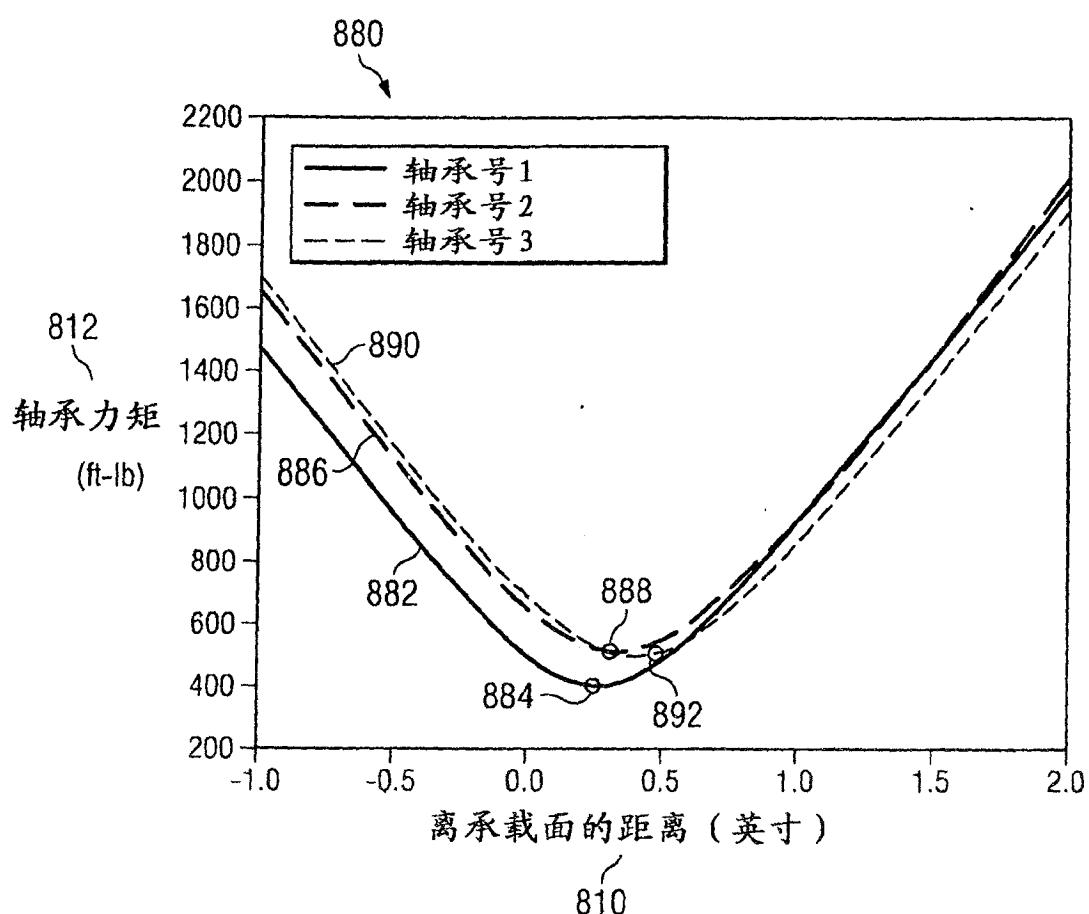


图 16D

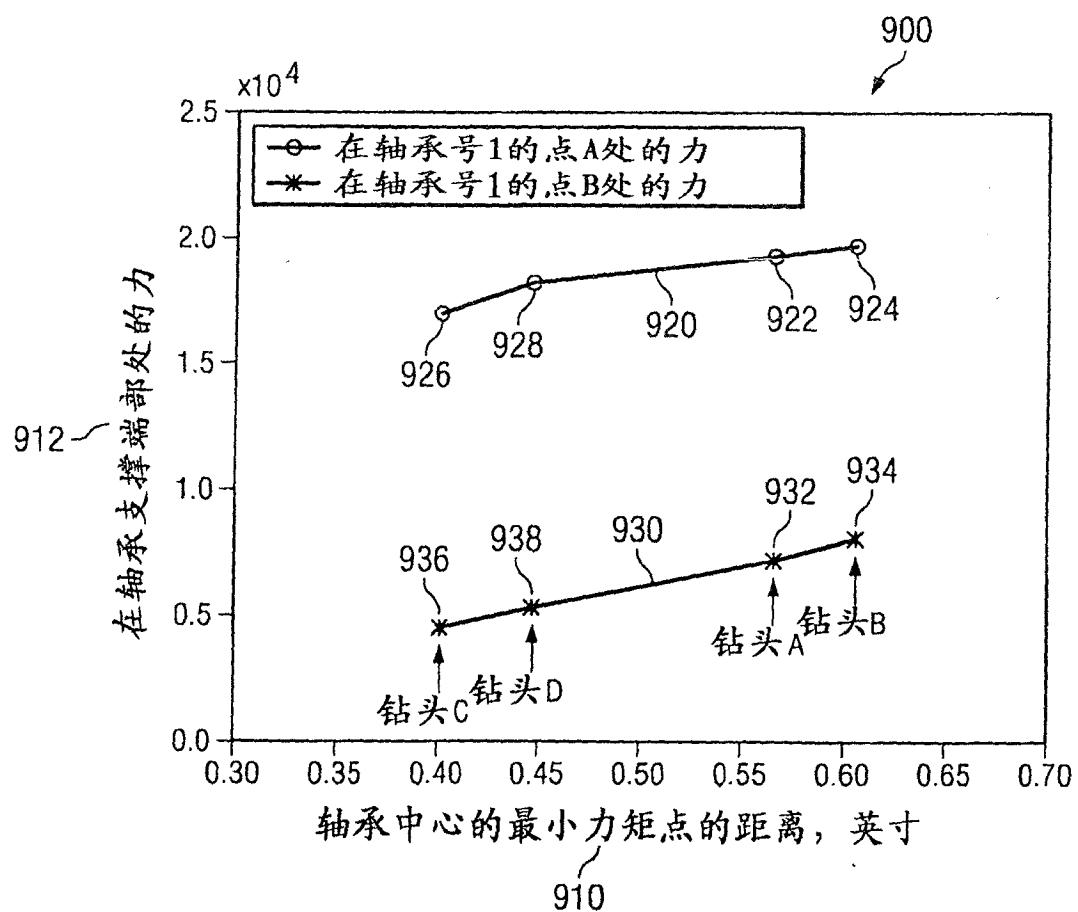


图 17A

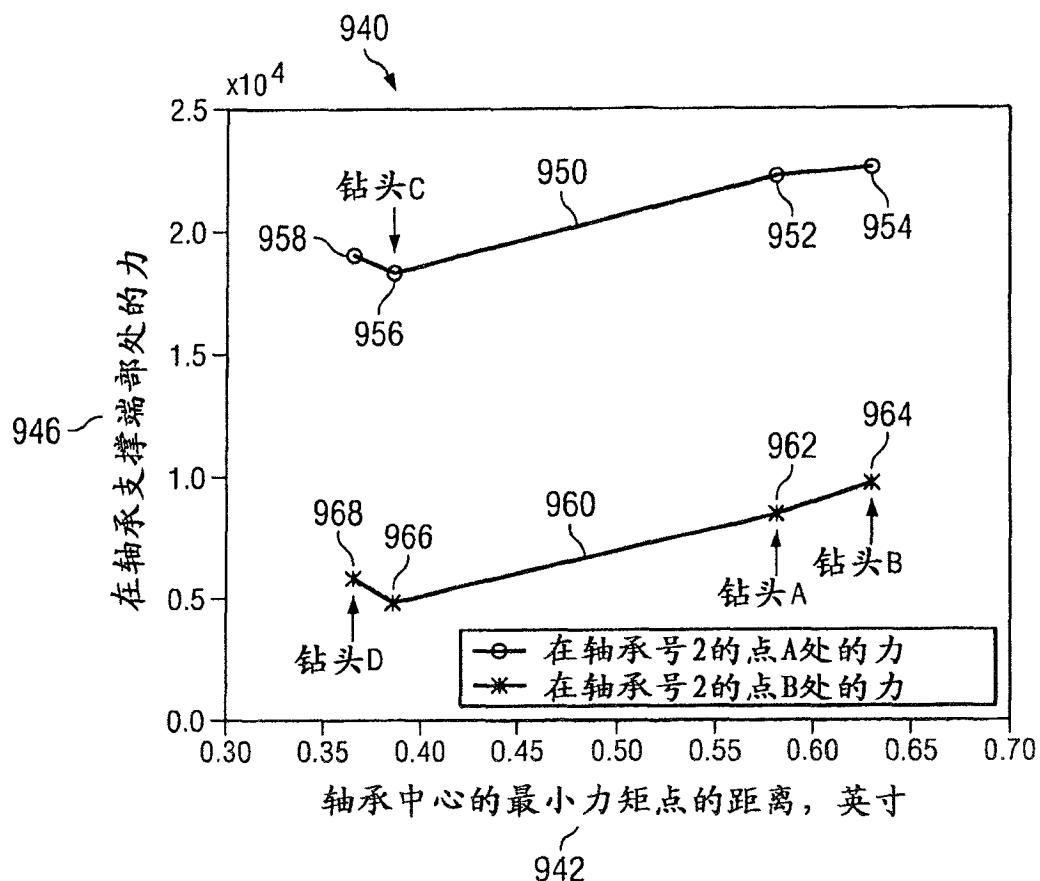


图 17B

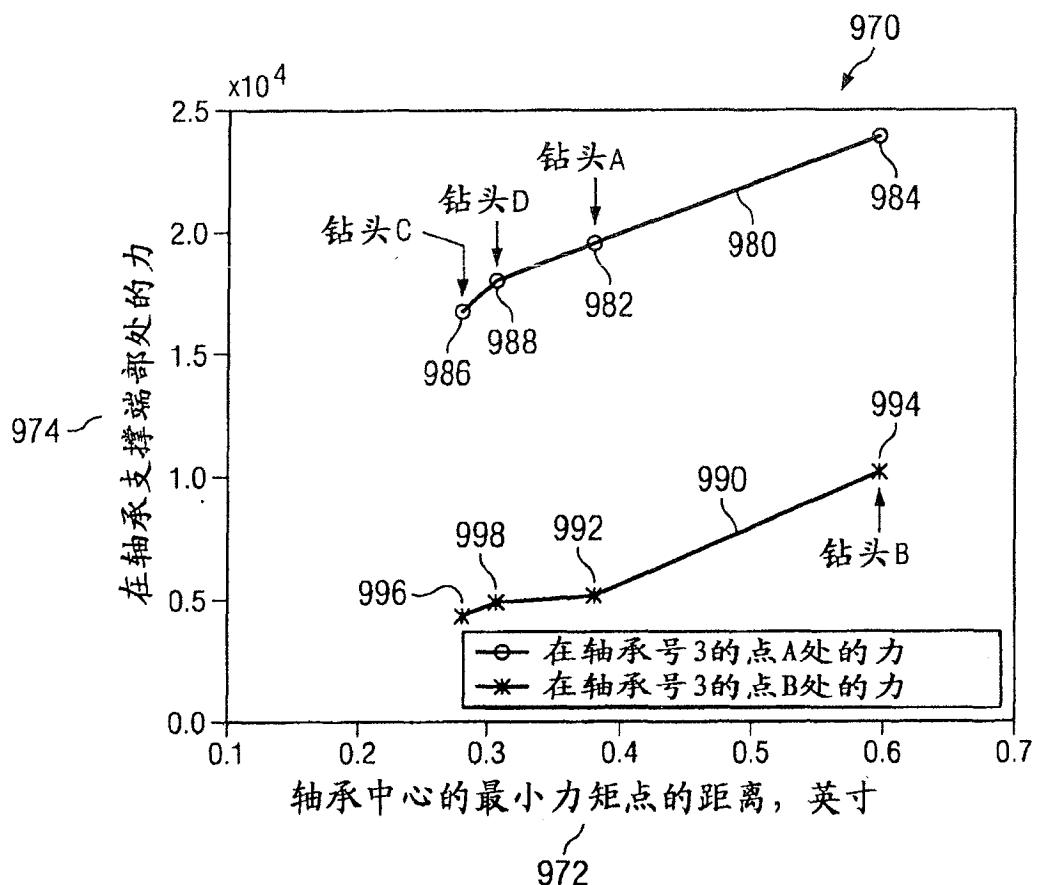


图 17C

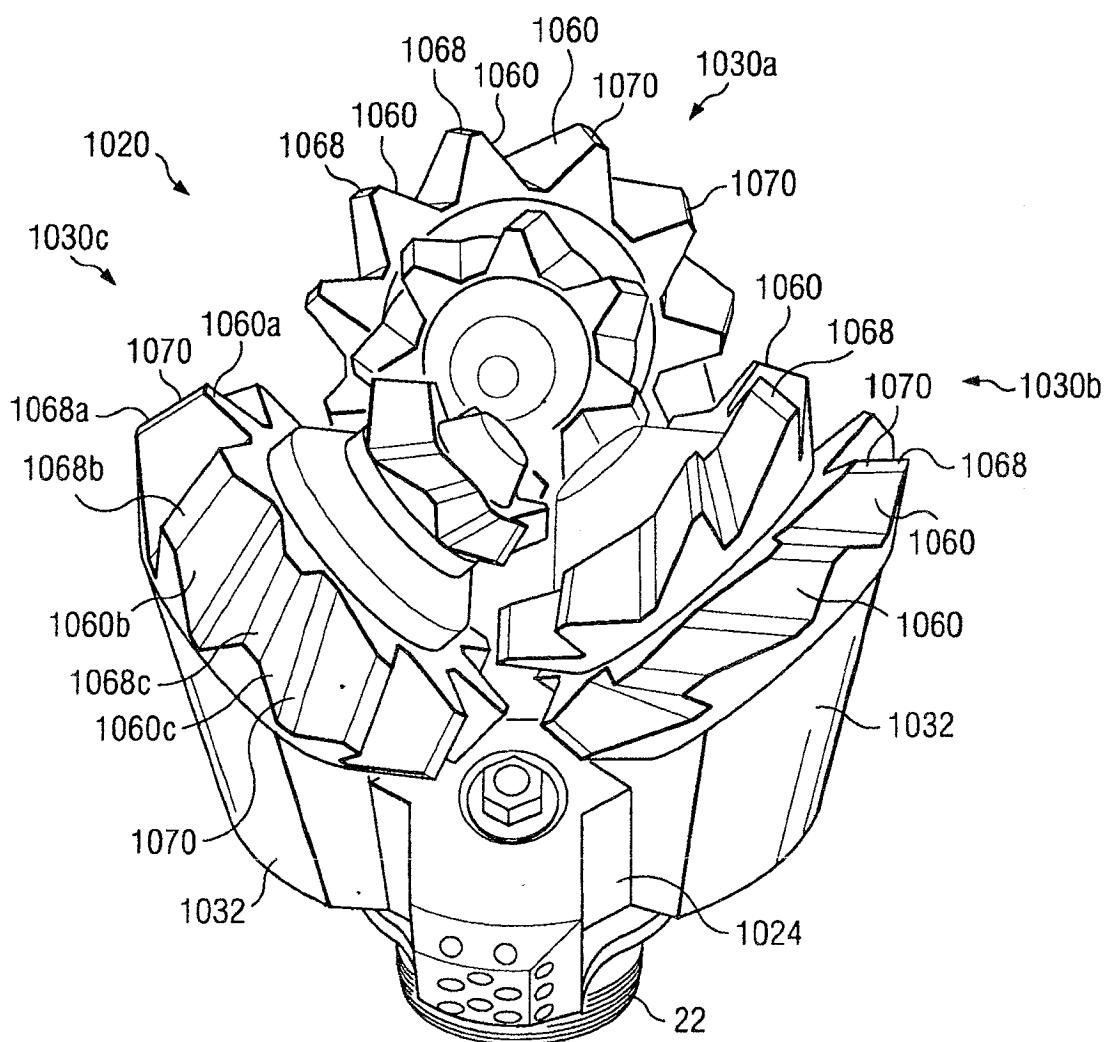


图 18

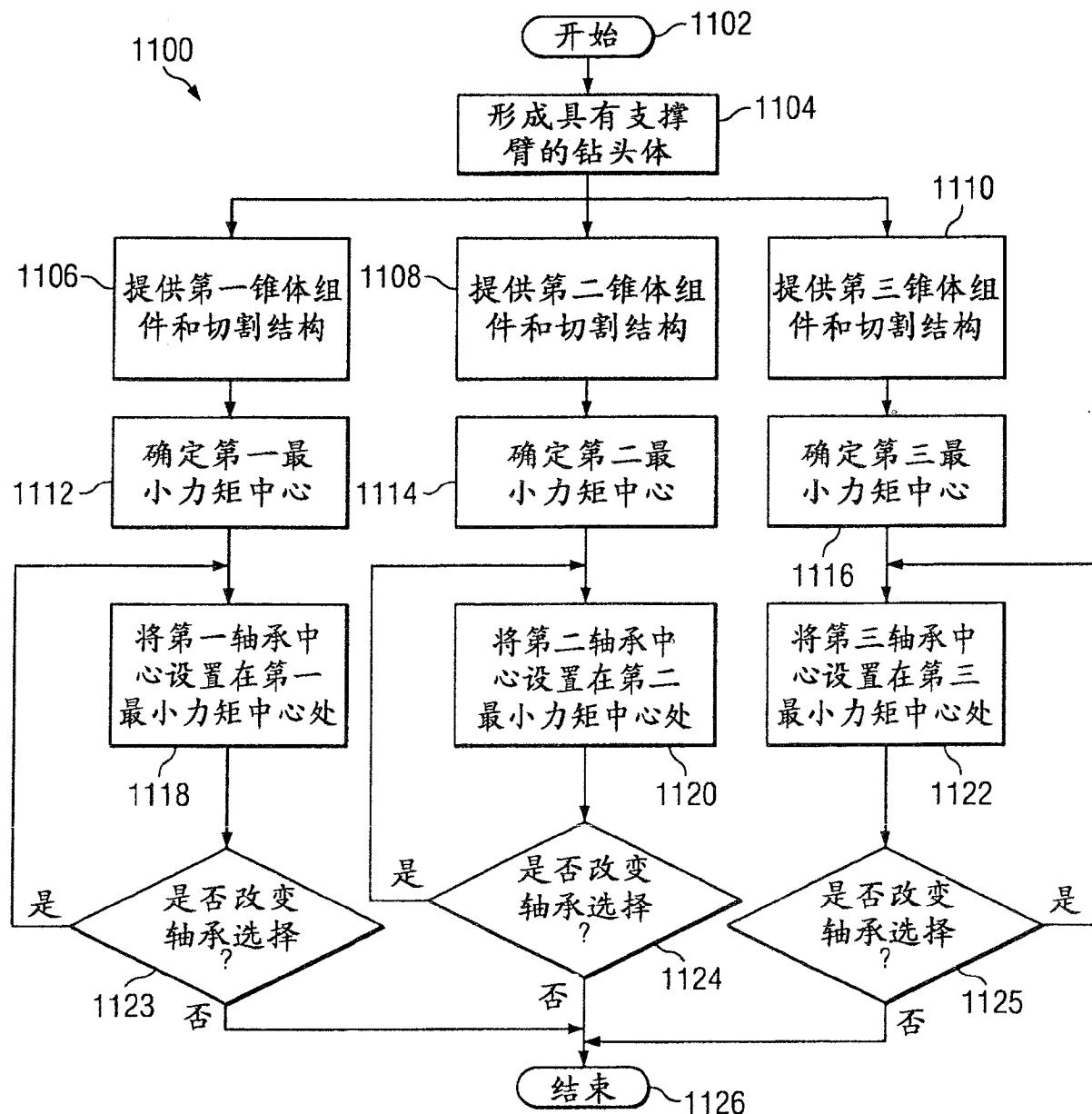


图 19

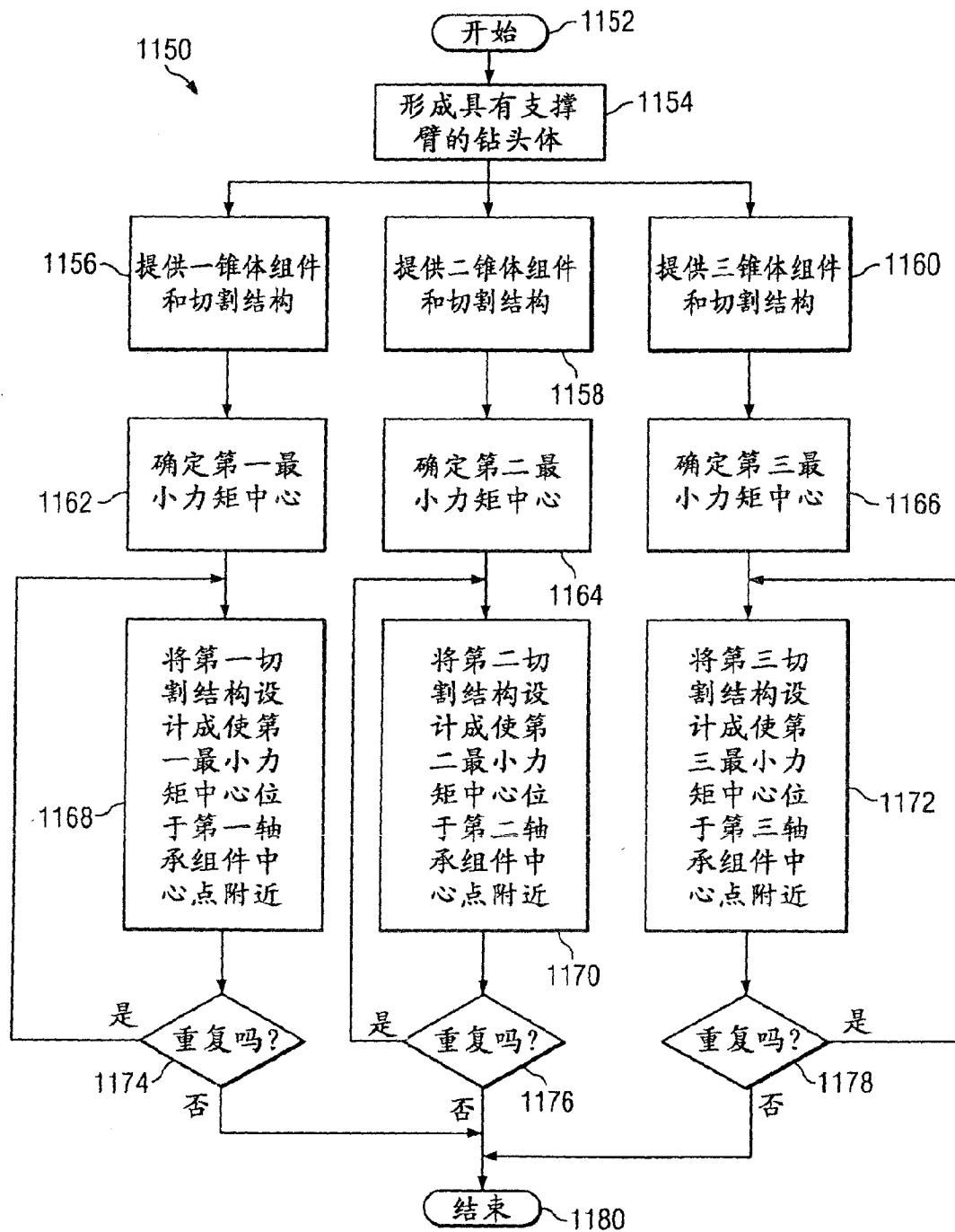


图 20

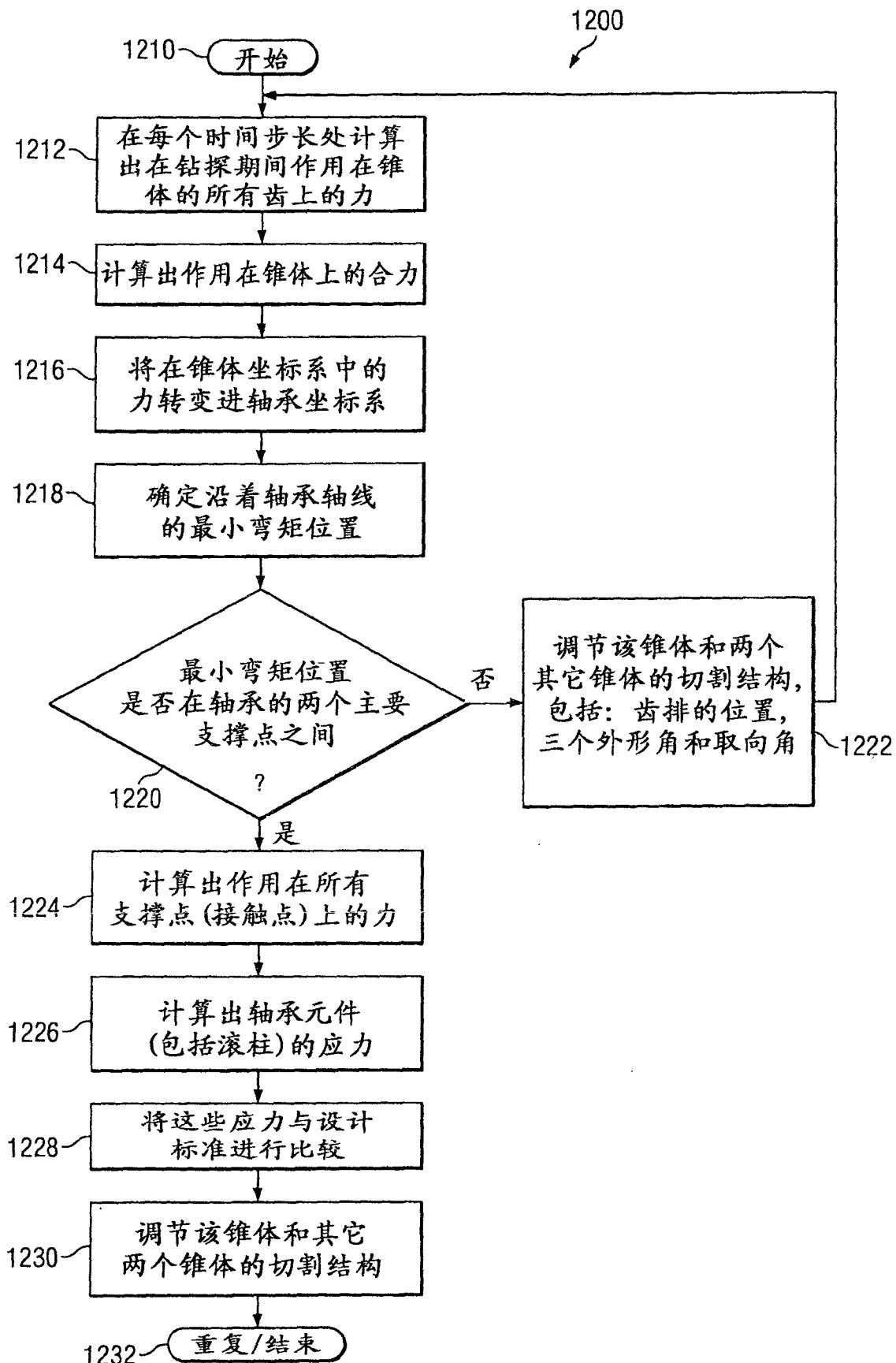


图 21

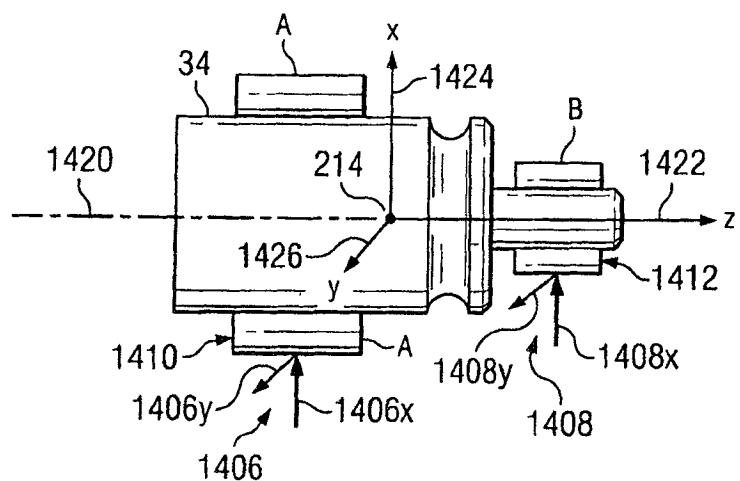


图 22A

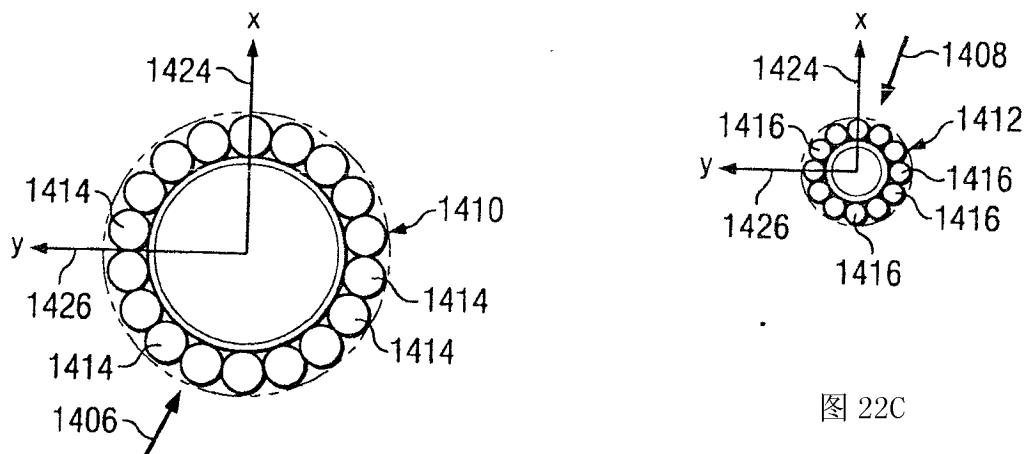


图 22B

图 22C

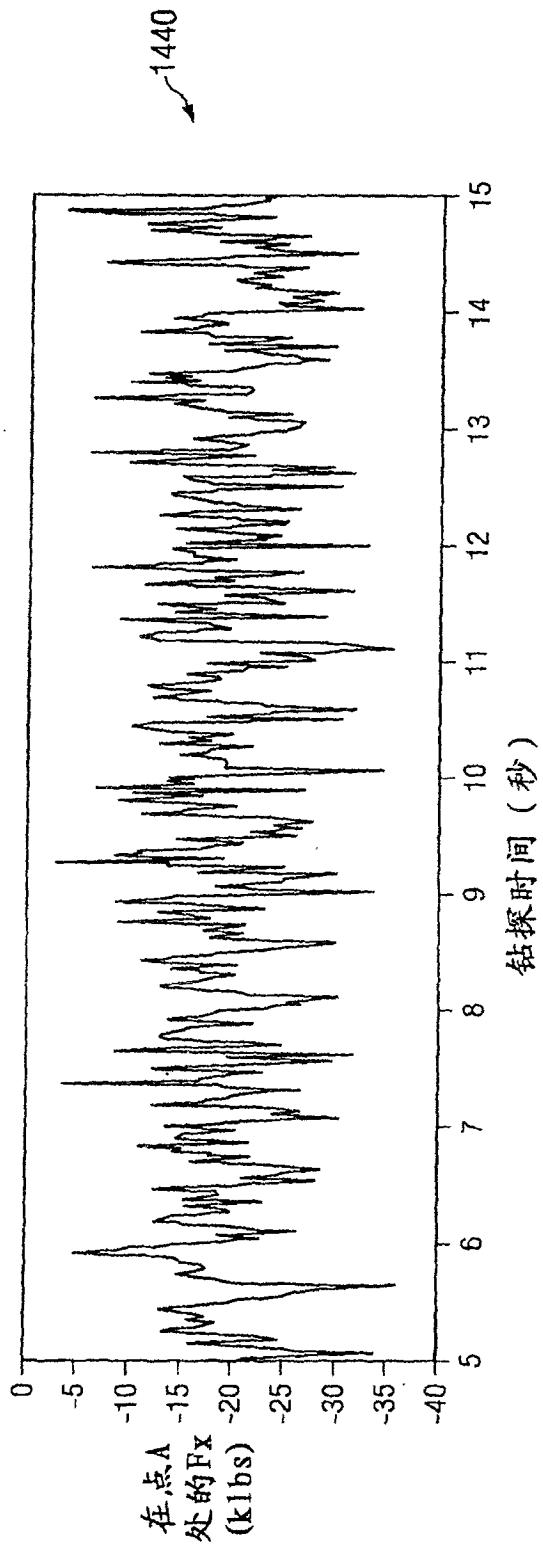


图 22D

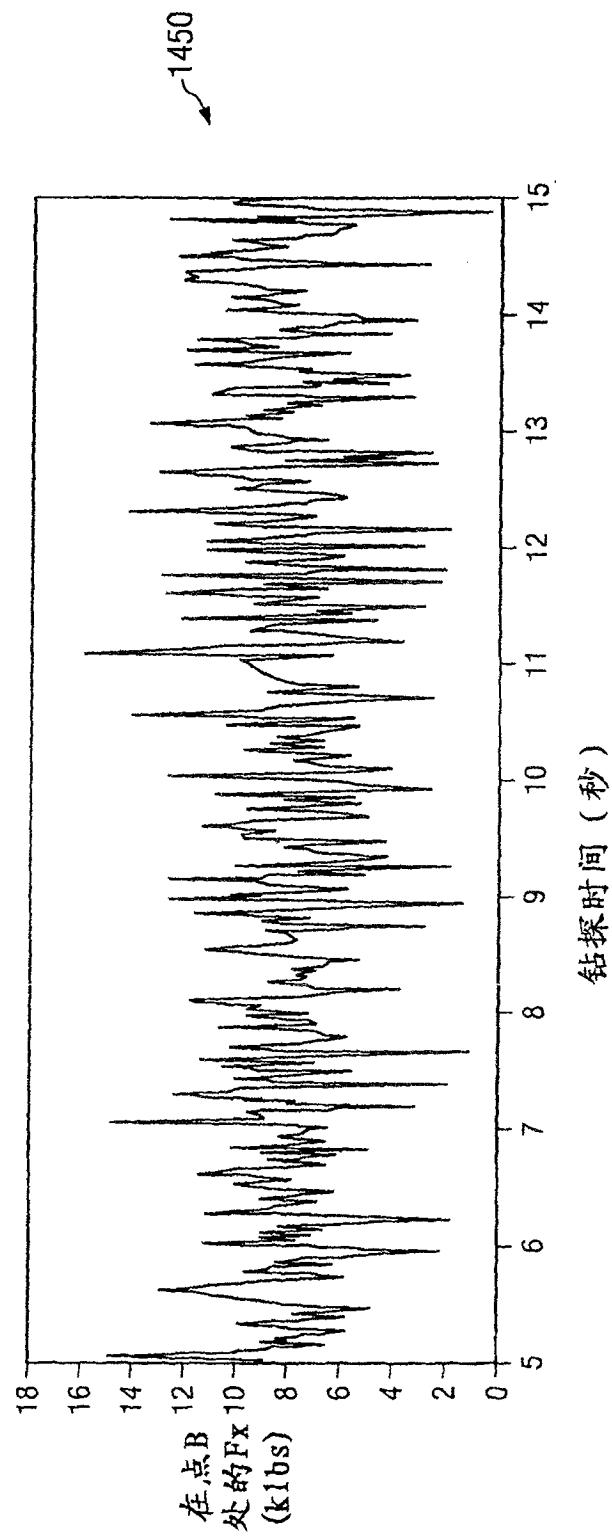


图 22E

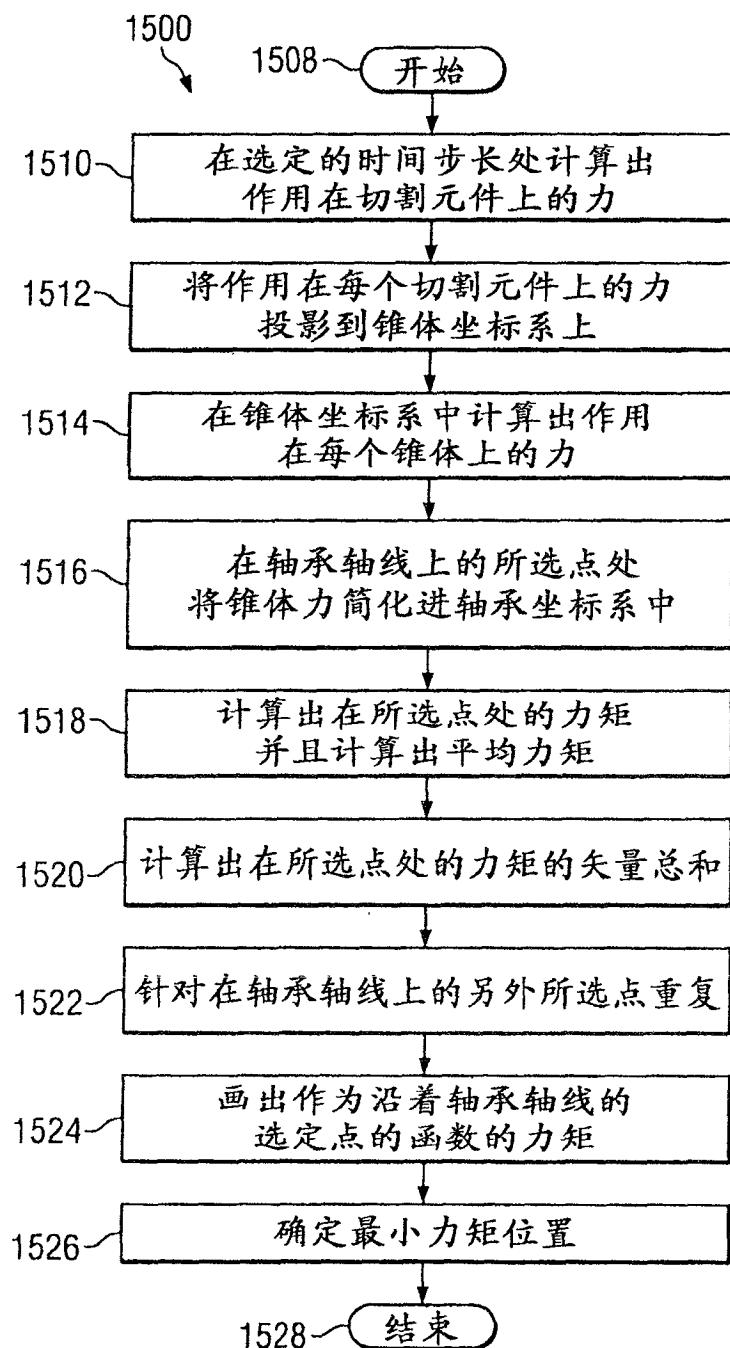


图 23

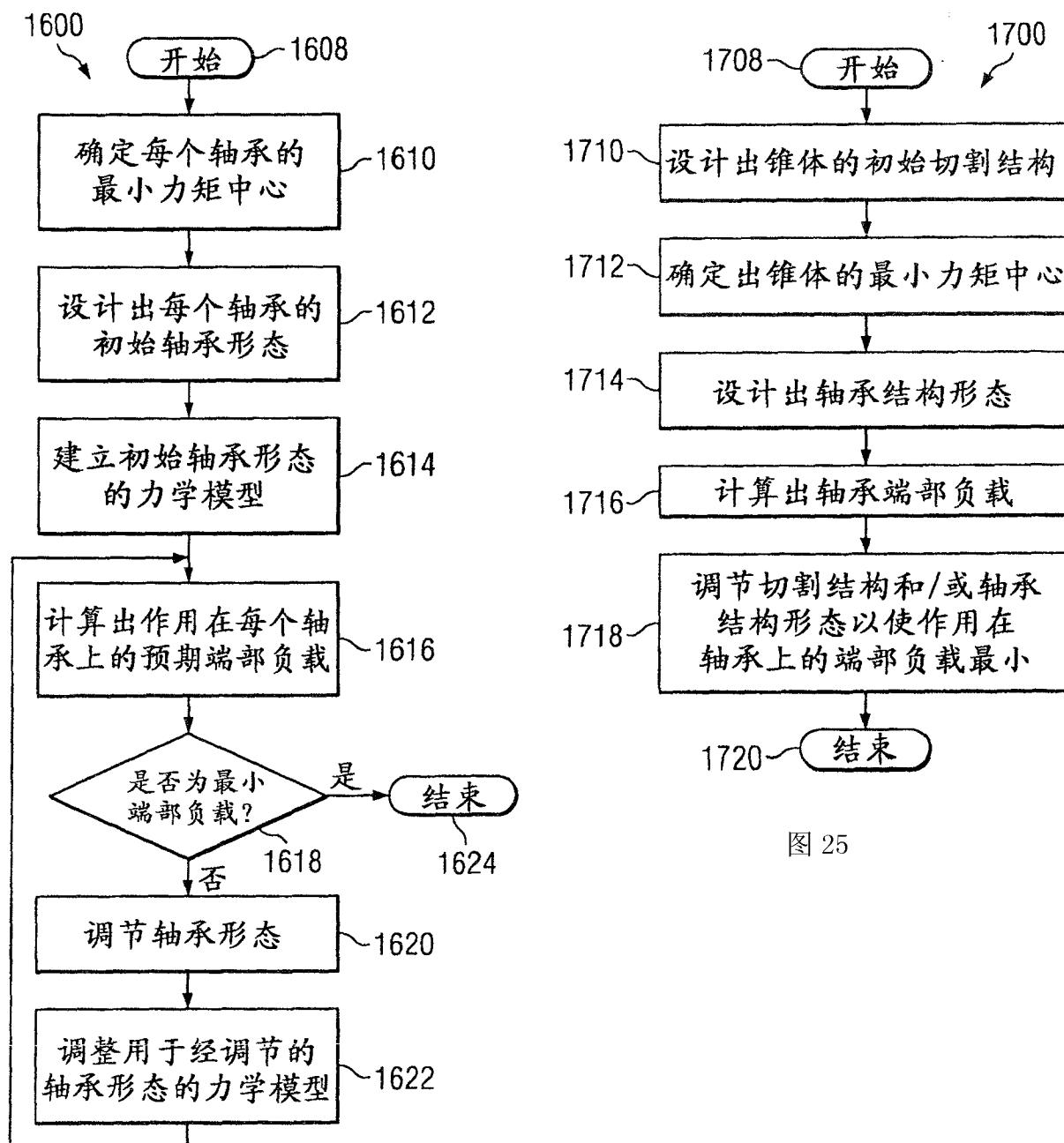


图 24

图 25