



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103078552 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 24

(21) 申请号 201310004280. 9

(22) 申请日 2013. 01. 07

(73) 专利权人 大连理工大学

地址 116100 辽宁省大连市凌工路 2 号

(72) 发明人 朱林剑 吕辉龙 包海涛 徐志祥

胡延平 苏增荣 杨桐桐 魏越

(74) 专利代理机构 大连理工大学专利中心

21200

代理人 关慧贞

(51) Int. Cl.

H02N 2/02 (2006. 01)

H02N 2/04 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 201075848 Y, 2008. 06. 18, 全文.

CN 101615862 A, 2009. 12. 30, 全文.

US 2011/0241576 A1, 2011. 10. 06, 全文.

DE 19543131 A1, 1996. 10. 02, 全文.

JP 特开 2006-296130 A, 2006. 10. 26, 全文.

朱林剑等. 超磁致伸缩谐波电动机控制系统研究. 《微特电机》. 2009, (第 11 期), 第 46-48、56 页.

审查员 殷成舟

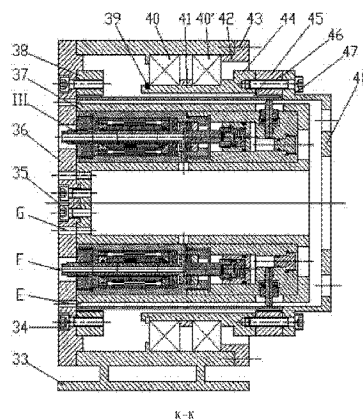
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种谐波电机

(57) 摘要

本发明一种谐波电机属于谐波电机领域, 涉及一种利用超磁致伸缩材料的磁致伸缩特性和封闭式液压微位移放大器而制成的谐波电机。谐波电机采用具有左右两个外齿轮的开放式柔轮作为传动柔轮, 波发生器由沿着圆周均匀分布的 2kn 个超磁致伸缩驱动装置以及波发生器壳体构成, 2kn 个超磁致伸缩驱动装置安装在波发生器壳体的沿着圆周均匀分布的 2kn 个圆腔中; 每个超磁致伸缩驱动装置由超磁致伸缩致动器和封闭式液压微位移放大器组合而成; 谐波电机集驱动和减速于一体, 整体结构紧凑、空间利用率高, 不仅转动惯量低、响应速度快、加减速迅速, 具有静力矩保持能力, 而且调速方便、分辨率高、效率高。



1. 一种谐波电机,其特征是,采用具有左右两个外齿轮的开放式柔轮作为传动柔轮,波发生器由沿着圆周均匀分布的 $2kn$ 个超磁致伸缩驱动装置 (III) 以及波发生器壳体 (37) 构成, $2kn$ 中的 n 为波数, k 为整数,且 $k \geq 2$, $2kn$ 个超磁致伸缩驱动装置 (III) 安装在波发生器壳体 (37) 的沿着圆周均匀分布的 $2kn$ 个圆腔中;每个超磁致伸缩驱动装置 (III) 由超磁致伸缩致动器 (I) 和封闭式液压微位移放大器 (II) 组合而成;封闭式液压微位移放大器 (II) 中有微位移补偿机构,自动补偿由于温度变化所引起的封闭腔内输出端的附加微位移;封闭式液压微位移放大器 (II) 的每个输出顶杆 (31) 在波生器壳体 (37) 的径向圆周通孔内;

在电机壳体 (33) 中,第二轴承 (40')、套筒 (41) 和第一轴承 (40) 由右向左依次安装在轴 (44) 的右阶梯面上,弹性挡圈 (39) 安装在轴 (44) 的左面圆环中;输出刚轮 (46) 和输出法兰 (48) 依次安装在轴 (44) 的右端面上,由三号内六角螺钉 (47) 将轴 (44)、输出刚轮 (46) 和输出法兰 (48) 固定连接;右端盖 (42) 通过一号螺栓 (43) 固定安装在电机壳体 (33) 的右端面上;

波发生器壳体 (37) 装在左端盖 (36) 右端面,每个超磁致伸缩驱动装置 (III) 中的预紧螺钉 (15) 插进左端盖 (36) 上的对应通孔中;通过二号内六角螺钉 (35) 将波发生器壳体 (37)、 $2kn$ 个超磁致伸缩驱动装置 (III) 和左端盖 (36) 固定连接;固定刚轮 (38) 通过一号内六角螺钉 (34) 固定在左端盖 (36) 的右端面上;在开放式柔轮 (45) 的左部和右部上都有外齿轮,左外齿轮与固定刚轮 (38) 的内齿轮啮合,右外齿轮与输出刚轮 (46) 的内齿轮啮合,固定刚轮 (38) 的内齿轮和开放式柔轮 (45) 的左外齿轮的模数和齿数相同,开放式柔轮 (45) 的右外齿轮与输出刚轮 (46) 的内齿轮的模数相同,齿数相差为 2;电机壳体 33 通过二号螺栓 (49) 与左端盖 (36) 固定连接; $2kn$ 个第一进气口 (E)、第二进气口 (F)、第三进气口 (G) 均匀分布在左端盖 (36) 的不同圆环上,其中, n 为波数, k 为整数,且 $k \geq 2$;第一进气口 (E) 与波发生器壳体 (37) 外圆柱面和开放式柔轮 (45) 之间的空隙连通;第二进气口 (F) 与超磁致伸缩驱动装置 (III) 的预紧螺钉 (15) 的中心通孔连通,第三进气口 (G) 与波发生器左侧中心通孔连通。

2. 根据权利要求 1 所述的一种谐波电机,其特征是,所述的超磁致伸缩致动器 (I) 中,预紧螺钉 (15)、导向杆 (18)、超磁致伸缩棒 (19) 和致动器输出轴 (22) 都具有中心通孔,即均采用空心结构,中心通孔的直径相同,并与致动器圆壳体 (7) 右部和致动器输出轴 (22) 上的垂直通孔相通形成完整的气内外气流通渠道;线圈骨架 (9) 和超磁致伸缩棒 (19) 之间有一吸热介质填充空腔,该空腔装有吸热介质 (11);所述的超磁致伸缩致动器 (I) 中,在致动器圆壳体 (7) 的阶梯内腔中,由右向左依次装有挡板 (24)、预紧碟形弹簧 (23)、内部中空的致动器输出轴 (22);穿过致动器输出轴 (22) 的右导磁体 (8) 安装在致动器圆壳体 (7) 的右部内腔中,吸热材料放置环 (21) 和装有第六 O 型圈 (20) 的线圈骨架 (9) 依次由右向左装在右导磁体 (8) 的内腔中;穿过超磁致伸缩棒 (19) 的驱动线圈 (10) 装在线圈骨架 (9) 上面,在线圈骨架 (9) 和超磁致伸缩棒 (19) 之间有一吸热介质填充空腔,该空腔装有吸热介质 (11),吸热介质 (11) 吸收驱动线圈 (10) 传递过来焦耳热量;第四 O 型圈 (12) 安装在密封挡圈 (16) 的外圆环中,第五 O 型圈 (17) 安装在密封挡圈 (16) 的内圆环中;导向杆 (18) 安装在超磁致伸缩棒 (19) 左端,左导磁体 (13) 装在导向杆 (18) 左端,安装在左导磁体 (13) 左端的拧紧螺塞 (14) 的外螺纹与致动器圆壳体 (7) 左部内腔的内螺纹连接,拧紧

螺塞 (14) 的内螺纹和预紧螺钉 (15) 外螺纹固连。

3. 根据权利要求 1 所述的一种谐波电机,其特征是,所述的封闭式液压微位移放大器 (II) 中,放大器圆壳体 (6) 具有左内腔 (A)、右内腔 (B)、阶梯形的上内腔 C;第三 O 型圈 (5) 安装在阶梯型的补偿活塞 (26) 的圆环中,在输入端大活塞 (4) 的内腔里由右向左依次装有垫环 (28)、补偿杆 (27)、补偿活塞 (26) 和左碟形弹簧 (25),致动器输出轴 (22) 通过右端螺纹部分与输入端大活塞 (4) 的内螺纹连接锁紧;第二 O 型圈 (3) 安装在输入端大活塞 (4) 的圆环中,输入端大活塞 (4) 安装在放大器圆壳体 6 的左内腔 (A) 中;由垫环 (28)、补偿杆 (27)、补偿活塞 (26) 和左碟形弹簧 (25) 构成微位移补偿机构;补偿杆 (27) 采用高热膨胀系数材料,补偿杆 (27) 的端面制成锥形,其锥面分别与补偿活塞 (26) 和垫环 (28) 上的锥面配合,形成补偿腔 (H);补偿杆 (27) 的中间开有通油孔,输入端大活塞 (4) 的右端面中心和垫环 (28) 中心加工有通油孔。

一种谐波电机

技术领域

[0001] 本发明属于谐波电机领域,特别涉及一种利用超磁致伸缩材料的磁致伸缩特性和封闭式液压微位移放大器而制成的谐波电机。

背景技术

[0002] 谐波齿轮传动与传统齿轮传动相比,具有精度高、传动平稳、速比大、体积小、重量轻等特点,在仪器仪表、航空航天、机器人等高新技术领域应用广泛。普通谐波齿轮传动虽有上述诸多优点,但仍存在问题。当遇到有调速或者保持静止力矩要求时,由于有高速回轮的凸轮波发生器存在,响应速度会受到影响;谐波齿轮传动的轴向尺寸较大。在应用中,常用的运动传递模式一般是电机→减速器→执行机构,由于电机、减速器各自独立,既造成过多的空间占用,又为控制带来麻烦。

[0003] 大连理工大学学者朱林剑等人在磁性材料及器件杂志 2009 年第 3 期“基于超磁致伸缩材料的谐波传动研究”中提出的超磁致伸缩驱动谐波传动模式,在保留普通谐波传动诸多优点的同时,解决了现有谐波传动中的一些问题。但仍存在不足:首先,采用帕斯卡原理的封闭式液压微位移放大器其放大率受温度的影响较大,温度变化将引起封闭腔内工质体积发生变化,导致输出端附加位移,影响位移输出精度。其次,由于驱动线圈发热并且需要多个致动器集成,导致超磁致伸缩棒发生热变形,以及磁致伸缩系数不稳定。尽管,可在线圈与超磁致伸缩棒之间通过恒温冷却介质的强制循环流动,来控制温升。但采用这种方式需要独立的温控系统,实现起来较为麻烦。再次,这种谐波传动模式采用杯形柔轮传递动力,柔轮半封闭结构型式对各零部件结构的设计提出很高的要求,不便于加工和装配。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术难题是克服现有技术的缺陷,发明一种谐波电机,解决封闭式液压微位移放大器受温升影响导致位移输出精度不稳定,超磁致伸缩驱动谐波传动模式整机温控麻烦,以及结构设计困难,最终实现低速、高精度、大扭矩输出。

[0005] 本发明采用的技术方案是一种谐波电机,其特征是,采用具有左右两个外齿轮的开放式柔轮结构,波发生器由沿着圆周均匀分布的 $2kn$ 个超磁致伸缩驱动装置 III 以及波发生器壳体 37 构成, $2kn$ 中的 n 为波数, k 为整数,且 $k \geq 2$, $2kn$ 个超磁致伸缩驱动装置 III 安装在波发生器壳体 37 的沿着圆周均匀分布的 $2kn$ 个圆腔中;每个超磁致伸缩驱动装置 III 由超磁致伸缩致动器 I 和封闭式液压微位移放大器 II 组合而成;封闭式液压微位移放大器 II 中有微位移补偿机构,自动补偿由于温度变化所引起的封闭腔内输出端的附加微位移;封闭式液压微位移放大器 II 的每个输出顶杆 31 在波生器壳体 37 的径向圆周通孔内;采用开放式柔轮 45 作为传动柔轮,以充分利用柔轮内部的轴向空间,降低各零部件的结构设计要求;在整机内部建立完整的内外气流通道,通过强制气流在整机内部与外界间的流动,带走整机内部累积的热量,对整机实施温控。

[0006] 第二轴承 40'、套筒 41 和第一轴承 40 由右向左依次安装在阶梯轴 44 的右面的台

阶面上,弹性挡圈 39 安装在轴 44 的左面圆环中;输出刚轮 46 和输出法兰 48 依次安装在轴 44 的右端面上,由三号内六角螺钉 47 将轴 44、输出刚轮 46 和输出法兰 48 固定连接;固定后的上述零件整体装入电机壳体 33 的右内腔中,右端盖 42 通过一号螺栓 43 固定安装在电机壳体 33 的右端面上;

[0007] 波发生器壳体 37 装在左端盖 36 右端面,每个超磁致伸缩驱动装置 III 中的预紧螺钉 15 插进左端盖 36 上的对应通孔中;通过二号内六角螺钉 35 将波发生器壳体 37、 $2kn$ 个超磁致伸缩驱动装置 III 和左端盖 36 固定连接;固定刚轮 38 通过一号内六角螺钉 34 固定在左端盖 36 的右端面上;在开放式柔轮 45 的左部和右部上都有外齿轮,左外齿轮与固定刚轮 38 的内齿轮啮合,右外齿轮与输出刚轮 46 的内齿轮啮合,固定刚轮 38 的内齿轮和开放式柔轮 45 的左外齿轮的模数和齿数相同,开放式柔轮 45 的右外齿轮与输出刚轮 46 的内齿轮的模数相同,齿数相差为 2;电机壳体 33 通过二号螺栓 49 与左端盖 36 固定连接; $2kn$ 个第一进气口 E、第二进气口 F、第三进气口 G 均匀分布在左端盖 36 的不同圆环上,其中, n 为波数, k 为整数,且 $k \geq 2$;第一进气口 E 与波发生器壳体 37 外圆柱面和开放式柔轮 45 之间的空隙连通;第二进气口 F 与超磁致伸缩驱动装置 III 的预紧螺钉 15 的中心通孔连通,第三进气口 G 与波发生器左侧中心通孔连通。

[0008] 一种谐波电机,其特征是,所述的超磁致伸缩致动器 I 中,预紧螺钉 15、导向杆 18、超磁致伸缩棒 19 和致动器输出轴 22 都具有中心通孔,即均采用空心结构,中心通孔的直径相同或接近,并与致动器圆壳体 7 右部和致动器输出轴 22 上的垂直通孔相通形成完整的气内外气流通道;线圈骨架 9 和超磁致伸缩棒 19 之间有一吸热介质填充空腔,该空腔装有吸热介质 11;所述的超磁致伸缩致动器 I 中,在致动器圆壳体 7 的阶梯内腔中,由右向左依次装有挡板 24、预紧碟形弹簧 23、内部中空的致动器输出轴 22;穿过致动器输出轴 22 的右导磁体 8 安装在致动器圆壳体 7 的右部内腔中,吸热材料放置环 21 和装有第六 O 型圈 20 的线圈骨架 9 依次由右向左装在右导磁体 8 的内腔中;穿过超磁致伸缩棒 19 的驱动线圈 10 装在线圈骨架 9 上面,在线圈骨架 9 和超磁致伸缩棒 19 之间有一吸热介质填充空腔,该空腔装有吸热介质 11,吸热介质 11 吸收驱动线圈 10 传递过来焦耳热量;第四 O 型圈 12 和第五 O 型圈 17 分别安装在密封挡圈 16 的内、外圆环中;导向杆 18 安装在超磁致伸缩棒 19 左端,左导磁体 13 装在导向杆 18 左端,安装在左导磁体 13 左端的拧紧螺塞 14 的外螺纹与致动器圆壳体 7 左部内腔的内螺纹连接,拧紧螺塞 14 的内螺纹和预紧螺钉 15 外螺纹连接锁紧;

[0009] 一种谐波电机,其特征是,所述的封闭式液压微位移放大器 II 中,放大器圆壳体 6 具有左内腔 A、右内腔 B、阶梯形的上内腔 C;第三 O 型圈 5 安装在阶梯型的补偿活塞 26 的圆环中,在输入端大活塞 4 的内腔里由右向左依次装有垫环 28、补偿杆 27、补偿活塞 26 和左碟形弹簧 25,致动器输出轴 22 通过右端螺纹部分与输入端大活塞 4 的内螺纹连接锁紧;第二 O 型圈 3 安装在输入端大活塞 4 的圆环中,输入端大活塞 4 安装在放大器圆壳体 6 的左内腔 A 中;由垫环 28、补偿杆 27、补偿活塞 26 和左碟形弹簧 25 构成微位移补偿机构;补偿杆 27 采用高热膨胀系数材料,补偿杆 27 的端面制成锥形,其锥面分别与补偿活塞 26 和垫环 28 上的锥面配合,形成补偿腔 H;补偿杆 27 的中间开有通油孔,输入端大活塞 4 的右端面中心和垫环 28 中心加工有通油孔,输入端大活塞 4 和输出顶杆 31 之间的封闭腔内的工质通过输入端大活塞 4 右端面中心的通油孔、垫环 28 中心的通油孔以及补偿杆 27 中间

的通油孔,进入到补偿腔 H 中。

[0010] 本发明的显著效果是采用具有左右两个外齿轮的开放式柔轮作为传动柔轮,充分利用了柔轮的轴向空间,从而对各零部件结构的设计要求大大降低,加工、装配方便;工质体积补偿机构可以根据温度变化,自动补偿封闭式液压微位移放大器封闭腔内工质体积变化而引起的输出端附加微位移,从而可以有效地减小温度变化对封闭式液压微位移放大器位移输出精度的影响;对整机采用简便易行的温控模式,不需要提供独立的温控系统,实现起来较为方便。

附图说明

[0011] 图 1 是谐波电机左视图,图 2 是图 1 的 K-K 主剖视图,图 3 是单个超磁致伸缩驱动装置结构图。其中:1. 螺塞,2. 第一 O 型圈,3. 第二 O 型圈,4. 输入端大活塞,5. 第三 O 型圈,6. 放大器圆壳体,7. 致动器圆壳体,8. 右导磁体,9. 线圈骨架,10. 驱动线圈,11. 吸热介质,12. 第四 O 型圈,13. 左导磁体,14. 拧紧螺塞,15. 预紧螺钉,16. 密封挡圈,17. 第五 O 型圈,18. 导向杆,19. 超磁致伸缩棒,20. 第六 O 型圈,21. 吸热材料放置环,22. 致动器输出轴,23. 预紧碟形弹簧,24. 挡板,25. 左碟形弹簧,26. 补偿活塞,27. 补偿杆,28. 垫环,29. 第七 O 型圈,30. 螺母,31. 输出顶杆,32. 上碟形弹簧,33. 电机壳体,34. 一号内六角螺钉,35. 二号内六角螺钉,36. 左端盖,37. 波发生器壳体,38. 固定刚轮,39. 弹性挡圈,40. 第一轴承,40'. 第二轴承,41. 套筒,42. 右端盖,43. 一号螺栓,44. 轴,45. 开放式柔轮,46. 输出刚轮,47. 三号内六角螺钉,48. 输出法兰,49. 二号螺栓,A. 左内腔,B. 右内腔,C. 上内腔,D. 圆盘,E. 第一进气口,F. 第二进气口,G. 第三进气口,H. 补偿腔,I. 超磁致伸缩致动器,II. 封闭式液压微位移放大器,III. 超磁致伸缩驱动装置。

具体实施方式

[0012] 下面依据技术方案和附图详细说明本发明的具体实施:对于单个超磁致伸缩驱动装置 III,其工作原理为:驱动线圈 10 通电产生磁场,超磁致伸缩棒 19 在磁场作用下发生磁致伸缩变形,该变形推动致动器输出轴 22 以及输入端大活塞 4 产生相同的轴向位移,该轴向位移通过封闭式液压腔内的工质,将运动传递至输出顶杆 31,由于输出顶杆 31 底部的有效截面积小于输入端大活塞 4 右侧的有效截面积,位移便得到放大,其放大率即为输入端大活塞 4 右侧的有效截面积与输出顶杆 31 底部的有效截面积的比值。改变输入电流的大小,即可改变超磁致伸缩驱动装置 III 输出顶杆 31 的输出位移。

[0013] 通过改变沿着圆周均匀分布的 $2kn$ 个超磁致伸缩驱动装置 III 驱动线圈 10 通入的电流,合理匹配对应的 $2kn$ 个输出顶杆 31 的位移大小及变化规律,即可使开放式柔轮 45 右侧产生周期变化的径向变形,通过开放式柔轮 45 右外齿轮与输出刚轮 46 内齿轮的啮合作用驱动输出刚轮 46 旋转,进而带动与之相连的输出法兰 48 转动,实现运动输出。

[0014] 本谐波电机工作时,当温度上升,导致封闭式液压微位移放大器 II 的封闭腔内的工质体积膨胀,与此同时,补偿杆 27 由于温升产生轴向和径向两个方向的热伸长变形,并且径向膨胀通过锥面转换为轴向伸长,该热伸长变形推动补偿活塞 26 向左移动,挤压左碟形弹簧 25,封闭腔内的工质通过输入端大活塞 4 右端面中心上的通油孔进入补偿腔 H,补偿温升导致的封闭腔内的工质体积变化,从而自动补偿温升产生的附加微位移;当温度下

降,导致封闭式液压微位移放大器 II 的封闭腔内的工质体积收缩,与此同时,补偿杆 27 由于温降产生轴向和径向两个方向的热收缩变形,并且径向收缩通过锥面转换为轴向收缩,该热收缩变形使得左碟形弹簧 25 推动补偿活塞 26 向右移动,补偿腔 H 内的工质通过输入端大活塞 4 右端面中心上的通油孔进入到封闭腔中,补偿温降导致的封闭腔内的工质体积变化,从而自动补偿温降产生的附加微位移。

[0015] 本谐波电机工作时,单个超磁致伸缩致动器 I 中的驱动线圈 10 产生的焦耳热量通过热传导,传递至线圈骨架 9 和超磁致伸缩棒 19 之间的吸热介质 11,吸热介质 11 吸收驱动线圈 10 传递过来的焦耳热量。

[0016] 本谐波电机工作时,对第一进气口 E 通以强制气流,该强制气流从输出法兰 48 中空处流出,通过强制气流在波发生器壳体 37 外圆柱面和开放式柔轮 45 之间空隙的轴向流动,带走波发生器壳体外侧累积的热量;对第二进气口 F 通以强制气流,该强制气流从输出法兰 48 中空处流出,通过强制气流在超磁致伸缩致动器 I 内部气流通道的流动,带走超磁致伸缩致动器 I 内部累积的部分热量;对第三进气口 G 通以强制气流,该强制气流从输出法兰 48 中空处流出,通过强制气流在波发生器壳体 37 内圆柱面的轴向流动,带走波发生器壳体 37 内侧累积的热量。从而在整机内部建立完整的内外气流通道,通过强制气流在整机内部与外界间的流动,带走整机内部累积的热量,对整机实施温控。通入的强制气流流速根据工作状态而定:当采用长时工作模式时,向气流通道通以大流速气流;当采用反复短时工作模式或短时工作模式时,向气流通道通以中小流速气流。

[0017] 本发明所提出的谐波电机,集驱动和减速于一体,整体结构紧凑、空间利用率高,不仅转动惯量低、响应速度快、加减速迅速,具有静力矩保持能力,而且调速方便、分辨率高、效率高,整机温控简便易行,结构设计简单,传动输出扭矩大,特别适用于各种低速大扭矩输出要求、环境温度变化大、工作时间长的工程应用场合。

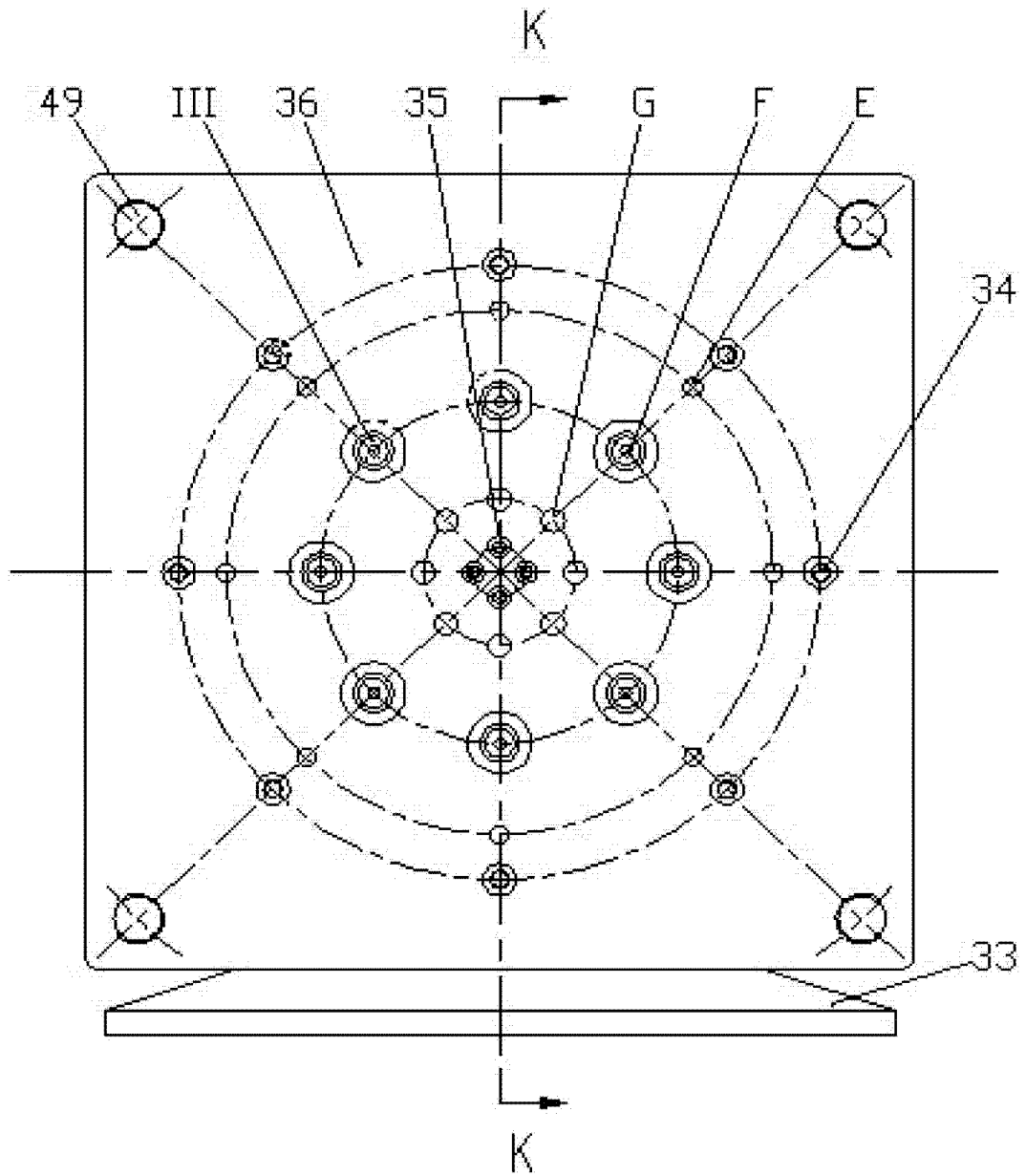


图 1

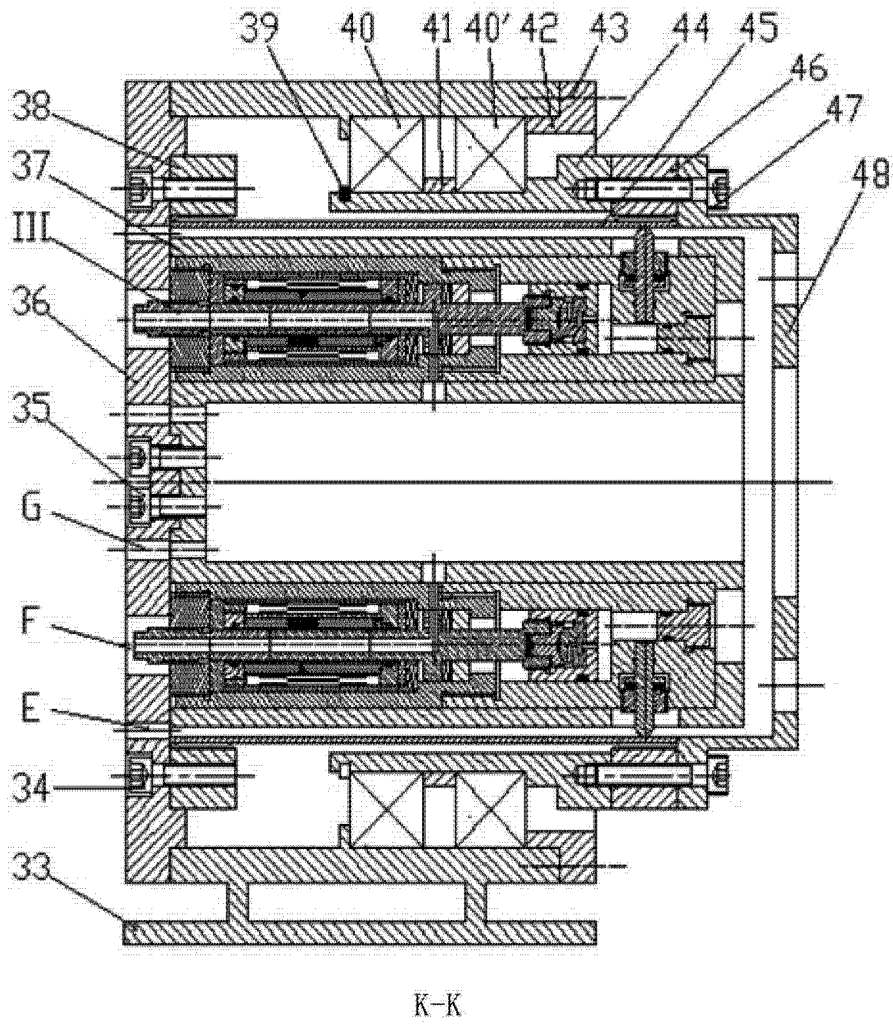


图 2

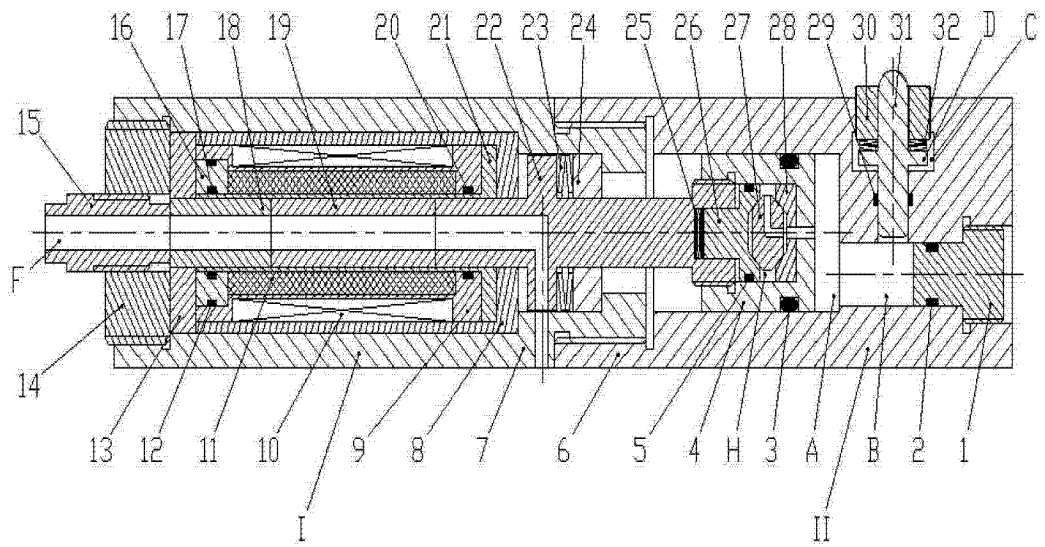


图 3