



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101700620 A

(43) 申请公布日 2010. 05. 05

(21) 申请号 200910212441. 7

(22) 申请日 2009. 11. 11

(71) 申请人 南京工业大学

地址 210009 江苏省南京市新模范马路 5 号

(72) 发明人 黄筱调 于春建 洪荣晶 方成刚

(74) 专利代理机构 南京天华专利代理有限责任
公司 32218

代理人 徐冬涛

(51) Int. Cl.

B23P 23/00 (2006. 01)

B23F 23/00 (2006. 01)

B23F 23/08 (2006. 01)

B23Q 1/26 (2006. 01)

B23Q 5/04 (2006. 01)

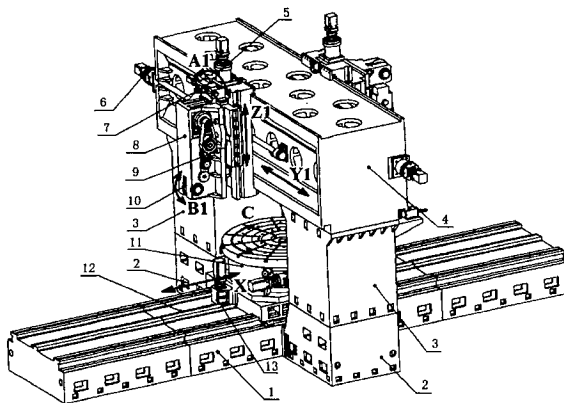
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 6 页

(54) 发明名称

大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床

(57) 摘要

本发明的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床采用了横梁双侧承载结构, 铣齿主轴箱及滚磨齿主轴箱分别悬挂在横梁的左右两侧。与现有技术相比较, 本发明采用了极坐标及模块化的设计理念, 床身、底座等的连接尺寸, 铣齿及滚磨齿的 Y 向、Z 向进给系统都具有互换性, 降低了制造成本及装配难度, 同时提高了大模数、大直径齿轮的加工精度及加工效率。本发明综合考虑成形铣齿粗精加工、精密展成滚齿及成形磨齿的加工特点以及各自最佳工艺速度, 合理布置了具有能满足成形铣齿、展成滚齿及成形磨齿要求的铣滚磨齿主轴箱传动链。



1. 一种大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,包括床身(1)、位于床身(1)两侧的底座(2)、置于底座(2)上部的立柱(3)、设置在立柱(3)上的横梁(4),床身(1)上设有齿条(12)及转台X向进给双伺服驱动系统(13),转台X向进给双伺服驱动系统(13)上设数控静压转台(11);其特征是所述横梁(4)两侧分别设有铣齿水平拖板和滚磨齿水平拖板,铣齿水平拖板和滚磨齿水平拖板上分别设有铣齿垂直拖板和滚磨齿垂直拖板,铣齿水平拖板连接铣齿Y向进给系统(6)的滚珠丝杠副,滚磨齿水平拖板连接滚磨齿铣齿Y向进给系统(21)的滚珠丝杠副,铣齿垂直拖板连接铣齿Z向进给系统(5)的滚珠丝杠副,滚磨齿垂直拖板连接滚磨齿Z向进给系统(20)的滚珠丝杠副;铣齿垂直拖板上设有铣齿主轴箱(8),铣齿主轴箱(8)底部安装铣刀盘(10);滚磨齿垂直拖板上设有滚磨齿主轴箱(17),滚磨齿主轴箱(17)下部安装滚刀(15),滚磨齿主轴箱(17)上部安装砂轮(18)。

2. 根据权利要求1所述的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,其特征是所述铣齿主轴箱(8)上设有铣齿主轴箱自动夹紧油缸(9)。

3. 根据权利要求1所述的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,其特征是所述铣齿垂直拖板上设有铣齿螺旋角分度系统(7),铣齿螺旋角分度系统(7)的传动装置和蜗杆固定在铣齿垂直拖板上,铣齿螺旋角分度系统(7)的蜗轮固定在铣齿主轴箱(8)上。

4. 根据权利要求1所述的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,其特征是所述滚磨齿垂直拖板上设有平衡油缸(19)和滚磨齿螺旋角分度系统(16)。

5. 根据权利要求1所述的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,其特征是所述立柱(3)上设有金刚笔砂轮修整器(22)。

6. 根据权利要求1所述的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,其特征是所述数控静压转台(11)上设有转台阻尼油缸(14)。

7. 根据权利要求1所述的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,其特征是所述铣齿主轴箱(8)内设有依次通过齿轮啮合连接的铣齿主轴箱一轴(23)、铣齿主轴箱二轴(24)、铣齿主轴箱三轴(25)、铣齿主轴箱惰轮轴(26)和铣齿主轴箱主轴(27),铣齿主轴箱一轴(23)通过同步带连接电动机,铣刀盘(10)安装在铣齿主轴箱主轴(27)上。

8. 根据权利要求1所述的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,其特征是所述滚磨齿主轴箱(17)内设有依次通过齿轮啮合连接的滚磨齿主轴箱磨齿主轴(34)、滚磨齿主轴箱磨齿二轴(33)、滚磨齿主轴箱一轴(28)、滚磨齿主轴箱滚齿二轴(29)、滚磨齿主轴箱滚齿三轴(30)、滚磨齿主轴箱滚齿四轴(31)和滚磨齿主轴箱滚齿主轴(32),滚磨齿主轴箱一轴(28)通过链条、传送带或减速箱连接电动机,滚磨齿主轴箱磨齿主轴(34)上设有砂轮(18),滚磨齿主轴箱滚齿主轴(32)上设有滚刀(15)。

9. 根据权利要求7所述的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,其特征是所述铣齿主轴箱主轴(27)上设有铣齿主轴箱左主轴(35)和铣齿主轴箱右主轴(37),并通过端面键盘(39)与铣刀盘(10)固定,铣齿刀杆(38)末端设有铣齿主轴锁紧螺母(36)。

10. 根据权利要求8所述的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,其特征是所述滚磨齿主轴箱滚齿主轴(32)上设有滚齿主轴箱左主轴(40)和滚齿主轴箱右主轴(42),滚齿刀杆(41)的两端分别设置在滚齿主轴箱左主轴(40)和滚齿主轴箱右主轴(42)内,滚齿主轴箱左主轴(40)与滚齿主轴箱右主轴(42)的连接面为锥面,滚齿主轴箱右主轴(42)内设有滚齿主轴预紧螺杆(43),滚齿主轴预紧螺杆(43)一端与滚齿刀杆(41)螺纹连接,滚齿刀

杆 (41) 中部设有滚刀 (15); 滚磨齿主轴箱磨齿主轴 (34) 为磨齿右主轴 (46), 通过锥面与砂轮夹盘 (45) 摩擦连接, 砂轮夹盘 (45) 上设有砂轮 (18), 磨齿右主轴 (46) 末端螺纹连接磨齿主轴预紧螺杆 (44)。

大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床

技术领域

[0001] 本发明涉及一种齿轮加工机床,尤其是一种大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,能够对大模数、大直径齿轮进行高效高速成形铣削、精密展成滚削及成形磨削,属于先进制造技术领域。

背景技术

[0002] 齿轮是机械行业的基础件,目前国内大模数、大直径的齿轮需求量激增。尤其近年来,风电、太阳能等清洁型可再生的新能源受到国内外的高度重视。据统计,到2020年中国市场需要超过25000台大容量风力发电机,而变桨偏航轴承是风力发电机组的核心部件,随着兆瓦级的大型风力发电设备化发展,最大回转支承直径可达5米。因此,风力发电机的大型化,对大型制造设备提出了要求。

[0003] 极坐标系数控机床克服了直角坐标系数控机床在加工大型回转曲面、圆周分度精度要求较高的零件时,存在着加工精度较差、加工效率较低以及编程不方便的缺点,结构紧凑。当前国内大模数、大直径齿轮展成法加工均采用外齿在滚齿机床上加工,内齿在插齿机床上加工,以及用指状铣刀在铣齿机床上进行成形铣齿的加工方法;上述方法普遍存在加工效率低,机床制造成本高、齿加工的功能单一的缺点。本发明能满足大模数、大直径齿轮加工技术需求,并采用了新的工艺方法:对于软齿面齿轮,采用铣齿粗加工后直接滚齿精加工的工艺流程;而对于硬齿面齿轮,则采用以铣齿粗加工、淬火后成形磨削的工艺流程。在国内高速铣齿机已形成产业化、系列化的基础上,开发大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,一方面可以使大型风电设备的制造国产化,降低风电成本,加快我国新能源和可再生能源的发展;另一方面可以提高国内轴承工业的设计应用水平,缩小与国外先进水平的差距,促进国产大型轴承的发展和技术的进步。

[0004] 复合机床并不是一项新技术,早在20世纪50年代末就出现了镗铣类复合机床,通过换刀可实现铣、钻、镗和攻丝等多种不同的工艺。近年来,复合加工机床技术在日本和欧洲的发展迅速。我国首台车铣复合加工机床出现在2001年中国国际机床展上,是由沈阳机床股份有限公司与德国MAXMULLER公司合作生产。2005年开始,高速铣齿机开始国产化,国内以南京工大数控科技有限公司为代表的都生产;但是,目前市场上的铣滚磨齿复合机床及铣内外齿机床的加工都是通过更换主轴箱,费时费力,而且不同的主轴箱对转台中心的精度很难保证。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于解决上述现有技术中存在的不足,提供一种大型龙门极坐标数控复合机床,同时具有高速铣齿、精密滚齿和磨齿的功能。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 一种大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,包括床身、位于床身两侧的底座、置于底座上部的立柱、设置在立柱上的横梁,床身上设有齿条及转台X向进给双伺服驱动系

统,转台 X 向进给双伺服驱动系统上设数控静压转台;横梁两侧分别设有铣齿水平拖板和滚磨齿水平拖板,铣齿水平拖板和滚磨齿水平拖板上分别设有铣齿垂直拖板和滚磨齿垂直拖板,铣齿水平拖板连接铣齿 Y 向进给系统的滚珠丝杠副,滚磨齿水平拖板连接滚磨齿铣齿 Y 向进给系统的滚珠丝杠副,铣齿垂直拖板连接铣齿 Z 向进给系统的滚珠丝杠副,滚磨齿垂直拖板连接滚磨齿 Z 向进给系统的滚珠丝杠副;铣齿垂直拖板上设有铣齿主轴箱,铣齿主轴箱底部安装铣刀盘;滚磨齿垂直拖板上设有滚磨齿主轴箱,滚磨齿主轴箱下部安装滚刀,滚磨齿主轴箱上部安装砂轮。

[0008] 所述铣齿主轴箱上设有铣齿主轴箱自动夹紧油缸。

[0009] 所述铣齿垂直拖板上设有铣齿螺旋角分度系统,铣齿螺旋角分度系统的传动装置和蜗杆固定在铣齿垂直拖板上,铣齿螺旋角分度系统的蜗轮固定在铣齿主轴箱上。

[0010] 所述滚磨齿垂直拖板上设有平衡油缸和滚磨齿螺旋角分度系统。

[0011] 所述立柱上设有金刚笔砂轮修整器。

[0012] 所述数控静压转台上设有转台阻尼油缸。

[0013] 所述铣齿主轴箱内设有依次通过齿轮啮合连接的铣齿主轴箱一轴、铣齿主轴箱二轴、铣齿主轴箱三轴、铣齿主轴箱惰轮轴和铣齿主轴箱主轴,铣齿主轴箱一轴通过同步带连接电动机,铣刀盘安装在铣齿主轴箱主轴上。

[0014] 所述滚磨齿主轴箱内设有依次通过齿轮啮合连接的滚磨齿主轴箱磨齿主轴、滚磨齿主轴箱磨齿二轴、滚磨齿主轴箱一轴、滚磨齿主轴箱滚齿二轴、滚磨齿主轴箱滚齿三轴、滚磨齿主轴箱滚齿四轴和滚磨齿主轴箱滚齿主轴,滚磨齿主轴箱一轴通过链条、传送带或减速箱连接电动机,滚磨齿主轴箱磨齿主轴上设有砂轮,滚磨齿主轴箱滚齿主轴上设有滚刀。

[0015] 所述铣齿主轴箱主轴上设有铣齿主轴箱左主轴和铣齿主轴箱右主轴,并通过端面键盘与铣刀盘固定,铣齿刀杆末端设有铣齿主轴锁紧螺母。

[0016] 所述滚磨齿主轴箱滚齿主轴上设有滚齿主轴箱左主轴和滚齿主轴箱右主轴,滚齿刀杆的两端分别设置在滚齿主轴箱左主轴和滚齿主轴箱右主轴内,滚齿主轴箱左主轴与滚齿主轴箱右主轴的连接面为锥面,滚齿主轴箱右主轴内设有滚齿主轴预紧螺杆,滚齿主轴预紧螺杆一端与滚齿刀杆螺纹连接,滚齿刀杆中部设有滚刀;滚磨齿主轴箱磨齿主轴为磨齿右主轴,通过锥面与砂轮夹盘摩擦连接,砂轮夹盘上设有砂轮,磨齿右主轴末端螺纹连接磨齿主轴预紧螺杆。

[0017] 一种大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,采用了极坐标的设计理念,以回转工作台,即上述数控静压转台,中心为极点,以回转工作台转角为极角,以回转工作台半径与水平进给移动坐标之和为极径,建立数控铣滚磨齿复合机床工件极坐标系。通过平面极坐标数控曲面插补,实现大模数、大直径齿轮的数控插补曲面复合加工。

[0018] 本发明的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床进一步的技术方案是它主要包括床身、底座、立柱、横梁、X 向进给系统、Y 向进给系统、Z 向进给系统、A 向分度系统及砂轮修整器、B 向主轴系统、C 向回转分度系统。其中:床身、底座、立柱与横梁刚性连接;回转工作台安装在水平进给拖板上,由双伺服齿轮齿条驱动沿着床身导轨作 X 向进给;铣齿及滚磨齿水平拖板安装在横梁上,由精密滚珠丝杠副驱动分别沿横梁导轨作 Y1 及 Y2 向进给;铣齿及滚磨齿垂直拖板安装在水平拖板上,由精密滚珠丝杠副驱动并沿着水平拖板的垂直导

轨作 Z1 和 Z2 向进给,液压油缸配重;铣齿及滚磨齿主轴箱分别通过回转定位销与垂直拖板连接,液压油缸自动松开夹紧,并借助精密蜗轮蜗杆副绕回转定位销作 A1、A2 向分度,铣滚磨齿最大螺旋角 ± 45 度;砂轮修整器的金刚笔可实现沿着 A3 向 360 度任意分度,与磨齿主轴箱 Z2 向, Y2 向三轴联动,对磨齿砂轮进行成形修正;B 向铣滚磨齿主轴系统包括 B1 向铣齿主轴系统、B2 向滚齿主轴系统及 B3 向磨齿主轴系统,其中滚磨齿复合主轴箱复合了滚齿和磨齿功能,通过 A2 向分度进行调用;高精度静压数控回转台由精密双导程蜗轮蜗杆实现 C 向分度。

[0019] 再进一步的技术方案是所述的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床的铣齿主轴箱传动为 9.08,主电机为交流变频电机,计算转速为 960rpm;滚磨齿主轴箱传动比分别为 18.02、0.5,主电机为主轴伺服电机,计算转速为 1000r/min;铣刀线速度 120 ~ 180m/min,滚刀线速度 30 ~ 45m/min,砂轮线速度 35 ~ 45m/s。

[0020] 本发明的有益效果是:

[0021] 与现有技术相比较,本发明采用了极坐标及模块化的设计理念,床身、底座等的连接尺寸铣齿及滚磨齿的 Y 向、Z 向进给系统都具有互换性,降低了制造成本及装配难度,同时提高了大模数、大直径齿轮的加工精度及加工效率。本发明综合考虑成形铣齿粗精加工、精密展成滚齿及成形磨齿的加工特点以及各自最佳工艺速度,合理布置了具有能满足成形铣齿、展成滚齿及成形磨齿要求的铣滚磨齿主轴箱传动链。本发明的铣齿主轴箱传动为 9.08,主电机为交流变频电机,计算转速为 960rpm;滚磨齿主轴箱传动比分别为 18.02、0.5,主电机为主轴伺服电机,计算转速为 1000r/min。当高效铣滚磨齿主轴箱的铣齿刀具直径为 400 毫米、滚齿刀具直径为 280 毫米、磨齿的砂轮直径为 350 毫米时,其加工的最小、最大外齿轮直径分别为 500 毫米、5000 毫米;当高效铣滚磨齿刀具模数为 20 时,一次成形最大铣削速度为 180 米/分,滚削速度为 45 米/分,砂轮线速度 35 ~ 45m/s。本发明的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床加工效率是普通滚齿机床的 3 倍,插齿机床的 4 倍,制造成本仅为同样功能的三台数控机床的 1/3,能有效提高大直径、大模数齿轮的加工效率,同时加工精度稳定。

[0022] 本发明可根据工件材料及加工工艺的不同,选择不同功能系列的主轴箱实现铣滚磨齿模块的调用及铣滚磨齿功能的复合。本发明主要包括三个系列:粗铣与精铣复合加工机床;粗铣与精滚复合加工机床;粗铣与精磨复合加工机床。即先用铣削模块对齿轮进行铣削粗加工,再用滚削模块或磨齿机床对齿轮进行精加工。可根据工件材料及加工工艺选择不同功能系列的主轴箱模块;不同主轴模块之间通过 Y 向进给补偿保证刀具中心经过工件中心。采用此项技术,铣齿主轴箱、滚齿主轴箱及磨齿主轴箱共用一个机床本体,因此大大节省了机床制造成本。三个系列的复合加工方式见表 1:

[0023] 表 1:铣滚磨复合加工方式表

[0024]

工件材料和硬度	粗加工	精加工	加工方式	备注
加工不同材料硬度的内外直斜齿	铣齿	铣齿	盘铣刀铣削内外齿	更换刀盘可以一次定位装夹完成粗精加工

工件材料和硬度	粗加工	精加工	加工方式	备注
加工软齿面的外直斜齿	铣齿	滚齿	铣削内外齿 滚削外齿	更换滚齿主轴箱可以完成滚齿精加工
加工硬齿面内外直斜齿	铣齿	磨齿	铣削内外齿 磨削内外齿	更换磨齿主轴箱可以完成磨齿精加工

[0025] 本发明的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床属国内首创,基于极坐标加工理论,具有高速高效铣齿粗加工、成形铣齿精加工、精密展成滚齿加工与成形磨齿加工的复合功能,能提高齿轮加工效率 3-5 倍,节约设备投入经费 60%,减少厂房占地面积 40%。该复合机床的突出优点在于:一台机床就能完成不同齿面硬度的内外齿及直斜齿的粗、精加工,提高了齿轮的加工效率和加工精度,一机三用,降低制造成本。

附图说明

[0026] 图 1 是本发明的结构示意图之一。

[0027] 图 2 是本发明的结构示意图之二。

[0028] 图 3 是本发明的传动系统图之一。

[0029] 图 4 是本发明的传动系统图之二。

[0030] 图 5 是本发明的铣齿主轴箱的结构示意图。

[0031] 图 6 是本发明的滚磨齿主轴箱的结构示意图。

[0032] 图 7 是本发明的铣齿主轴装配示意图。

[0033] 图 8 是本发明的滚磨齿主轴装配示意图。

[0034] 图 9 是本发明的滚磨齿主轴装配示意图。

[0035] 图中部件说明:1、床身,2、底座,3、立柱,4、横梁,5、铣齿 Z 向进给系统,6、铣齿 Y 向进给系统,7、铣齿螺旋角分度系统,8、铣齿主轴箱,9、铣齿主轴箱自动夹紧油缸,10、铣刀盘,11、数控静压转台,12、齿条,13、转台 X 向进给双伺服驱动系统,14、转台阻尼油缸,15、滚刀,16、滚磨齿螺旋角分度系统,17、滚磨齿主轴箱,18、砂轮,19、平衡油缸,20、滚磨齿 Z 向进给系统,21、滚磨齿铣齿 Y 向进给系统,22、金刚笔砂轮修整器,23、铣齿主轴箱一轴,24、铣齿主轴箱二轴,25、铣齿主轴箱三轴,26、铣齿主轴箱惰轮轴,27、铣齿主轴箱主轴,28、滚磨齿主轴箱一轴,29、滚磨齿主轴箱滚齿二轴,30、滚磨齿主轴箱滚齿三轴,31、滚磨齿主轴箱滚齿四轴,32、滚磨齿主轴箱滚齿主轴,33、滚磨齿主轴箱磨齿二轴,34、滚磨齿主轴箱磨齿主轴,35、铣齿主轴箱左主轴,36、铣齿主轴锁紧螺母,37、铣齿主轴箱右主轴,38、铣齿刀杆,39、端面键盘,40、滚齿主轴箱左主轴,41、滚齿刀杆,42、滚齿主轴箱右主轴,43、滚齿主轴预紧螺杆,44、磨齿主轴预紧螺杆,45、砂轮夹盘,46、磨齿右主轴。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图对本发明技术内容作说明:

[0037] 如图 1、图 2,一种大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床,包括床身 1、位于床身 1

两侧的底座 2、置于底座 2 上部的立柱 3、设置在立柱 3 上的横梁 4，床身 1 上设有齿条 12 及转台 X 向进给双伺服驱动系统 13，转台 X 向进给双伺服驱动系统 13 上设数控静压转台 11；横梁 4 两侧分别设有铣齿水平拖板和滚磨齿水平拖板，铣齿水平拖板和滚磨齿水平拖板上分别设有铣齿垂直拖板和滚磨齿垂直拖板，铣齿水平拖板连接铣齿 Y 向进给系统 6 的滚珠丝杠副，滚磨齿水平拖板连接滚磨齿铣齿 Y 向进给系统 21 的滚珠丝杠副，铣齿垂直拖板连接铣齿 Z 向进给系统 5 的滚珠丝杠副，滚磨齿垂直拖板连接滚磨齿 Z 向进给系统 20 的滚珠丝杠副；铣齿垂直拖板上设有铣齿主轴箱 8，铣齿主轴箱 8 底部安装铣刀盘 10；滚磨齿垂直拖板上设有滚磨齿主轴箱 17，滚磨齿主轴箱 17 下部安装滚刀 15，滚磨齿主轴箱 17 上部安装砂轮 18。本发明的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床采用了横梁双侧承载结构，铣齿主轴箱 8 及滚磨齿主轴箱 17 分别悬挂在横梁 4 的左右两侧。

[0038] 铣齿主轴箱 8 上设有铣齿主轴箱自动夹紧油缸 9。

[0039] 铣齿垂直拖板上设有铣齿螺旋角分度系统 7，铣齿螺旋角分度系统 7 的传动装置和蜗杆固定在铣齿垂直拖板上，铣齿螺旋角分度系统 7 的蜗轮固定在铣齿主轴箱 8 上。

[0040] 滚磨齿垂直拖板上设有平衡油缸 19 和滚磨齿螺旋角分度系统 16。

[0041] 所述立柱 3 上上设有金刚笔砂轮修整器 22。

[0042] 数控静压转台 11 上设有转台阻尼油缸 14。

[0043] 铣齿主轴箱 8 内设有依次通过齿轮啮合连接的铣齿主轴箱一轴 23、铣齿主轴箱二轴 24、铣齿主轴箱三轴 25、铣齿主轴箱惰轮轴 26 和铣齿主轴箱主轴 27，铣齿主轴箱一轴 23 通过同步带连接电动机，铣刀盘 10 安装在铣齿主轴箱主轴 27 上。

[0044] 滚磨齿主轴箱 17 内设有依次通过齿轮啮合连接的滚磨齿主轴箱磨齿主轴 34、滚磨齿主轴箱磨齿二轴 33、滚磨齿主轴箱一轴 28、滚磨齿主轴箱滚齿二轴 29、滚磨齿主轴箱滚齿三轴 30、滚磨齿主轴箱滚齿四轴 31 和滚磨齿主轴箱滚齿主轴 32，滚磨齿主轴箱一轴 28 通过链条、传送带或减速箱连接电动机，滚磨齿主轴箱磨齿主轴 34 上设有砂轮 18，滚磨齿主轴箱滚齿主轴 32 上设有滚刀 15。

[0045] 铣齿主轴箱主轴 27 上设有铣齿主轴箱左主轴 35 和铣齿主轴箱右主轴 37，并通过端面键盘 39 与铣刀盘 10 固定，铣齿刀杆 38 末端设有铣齿主轴锁紧螺母 36。

[0046] 滚磨齿主轴箱滚齿主轴 32 上设有滚齿主轴箱左主轴 40 和滚齿主轴箱右主轴 42，滚齿刀杆 41 的两端分别设置在滚齿主轴箱左主轴 40 和滚齿主轴箱右主轴 42 内，滚齿主轴箱左主轴 40 与滚齿主轴箱右主轴 42 的连接面为锥面，滚齿主轴箱右主轴 42 内设有滚齿主轴预紧螺杆 43，滚齿主轴预紧螺杆 43 一端与滚齿刀杆 41 螺纹连接，滚齿刀杆 41 中部设有滚刀 15；滚磨齿主轴箱磨齿主轴 34 为磨齿右主轴 46，通过锥面与砂轮夹盘 45 摩擦连接，砂轮夹盘 45 上设有砂轮 18，磨齿右主轴 46 末端螺纹连接磨齿主轴预紧螺杆 44。铣齿刀杆 38 与铣齿主轴箱左主轴 35、铣齿主轴箱右主轴 37 之间采用间隙配合与卸荷装置，不承受扭矩；铣刀盘 10 通过端面键盘 39 传递扭矩、滚刀 15 及砂轮 18 通过锥面摩擦传递扭矩。

[0047] 床身 1、底座 2、立柱 3 与横梁 4 刚性连接；数控静压转台 11 安装在水平进给拖板上，由双伺服齿轮齿条驱动沿着床身导轨作 X 向进给；铣齿水平拖板及滚磨齿水平拖板安装在横梁 4 上，由精密滚珠丝杠副驱动分别沿横梁 4 导轨作 Y1 及 Y2 向进给；铣齿垂直拖板及滚磨齿垂直拖板安装在水平拖板上，由精密滚珠丝杠副驱动并沿着水平拖板的垂直导轨作 Z1 和 Z2 向进给，液压油缸进行配重；铣齿主轴箱 8 及滚磨齿主轴箱 17 分别通过回转定

位销与铣齿垂直拖板及滚磨齿垂直拖板连接,铣齿主轴箱自动夹紧油缸 9 自动松开夹紧,并借助精密蜗轮蜗杆副绕回转定位销作 A1、A2 向分度,最大螺旋角 ± 45 度;金刚笔砂轮修整器 22 的金刚笔可实现沿着 A3 向 360 度任意分度,与滚磨齿主轴箱 17Z2 向,Y2 向三轴联动,对磨齿砂轮 18 进行成形修正;B 向铣滚磨齿主轴系统包括 B1 向铣齿主轴系统、B2 向滚齿主轴系统及 B3 向磨齿主轴系统,其中滚磨齿主轴箱 17 复合了滚齿和磨齿功能,通过 A2 向分度进行调用;高精度静压数控回转台由精密双导程蜗轮蜗杆实现 C 向分度。

[0048] 本发明的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床的各进给运动由数控系统控制,数控静压转台 11 即为回转工作台,以回转工作台中心为极点,回转工作台转角为极角,工作台半径与水平进给移动坐标之和为极径,配以自行开发的极坐标数控曲面插补及电子齿轮箱软件,实现各种齿廓的成形铣削、展成滚削及成形磨削,如渐开线直齿轮、斜齿轮、鼓形齿轮等。

[0049] 图 5 是本发明的铣齿主轴箱的结构示意图,集成了铣齿、滚齿及磨齿三个功能模块,其中铣齿加工作为强力重切削由单独的铣齿主轴箱 8 来实现,而滚齿及磨齿加工由滚磨齿主轴箱 17 实现,通过控制系统可以随意选择需要的功能模块进行大模数、大直径直、斜齿的粗精加工,而且内外齿轮可以同时加工,节省了更换主轴模块的时间;铣齿主轴箱 8 和滚磨齿主轴箱 17 在垂直进给拖板上由定位中心孔保证其定位精度,通过 Y 向进给及 A 向分度的角度联动使得刀具中心与转台或工件中心对齐。

[0050] 如图 3、图 4,铣滚磨齿复合主轴箱综合衡量了成形铣齿粗精加工、精密展成滚齿及成形磨齿的加工特点以及各自最佳工艺速度,合理布置了具有能满足成形铣齿、展成滚齿及成形磨齿要求的铣、滚、磨齿主轴传动链:铣齿加工的动力由交流变频电机驱动,经两侧齿轮进行传动,均载装置保证两侧驱动力均衡;滚磨齿加工由主轴伺服电机驱动,经一侧齿轮进行传动,齿轮 Z13、Z20 分别与轴 29、33 通过电磁离合器连接,即滚齿、磨齿模块可单独运行。高效铣滚磨齿主轴箱的铣齿刀具直径为 400 ~ 480 毫米、滚齿刀具直径为 280 ~ 320 毫米、磨齿的砂轮直径为 350 ~ 450 毫米;其加工最小、最大的外齿轮直径分别为 500 毫米、5000 毫米;当高效铣滚磨齿刀具模数为 20 小时,一次成形最大铣削速度为 180 米/分,滚削速度为 45 米/分,砂轮线速度 35 ~ 45m/s。

[0051] 本发明的大型龙门极坐标数控铣滚磨齿复合机床的 C 轴运动由静压数控回转 11 工作台进行分度;静压数控回转台 11 由精密蜗轮蜗杆副驱动,采用圆光栅闭环控制;转台径向采用静压主轴,轴向采用卸荷导轨,周向均布了 4 个液压同步阻尼装置,即数控静压转台 11 上设有 4 台转台阻尼油缸 14,保证了转台的刚度,降低铣滚磨齿加工时的颤振,提高了加工精度及表面质量。

[0052] 如图 3、图 4,Z1、Z2 分别为铣齿主轴箱同步带传动副,Z3、Z4 分别为铣齿主轴箱一级传动齿轮副,Z5、Z6 分别为铣齿主轴箱二级传动齿轮副,Z7、Z8 分别为铣齿主轴箱三级传动齿轮副,Z8、Z9 分别为铣齿主轴箱末级传动齿轮副;Z10、Z11 分别为铣齿主轴箱 A 轴传动蜗轮蜗杆副,Z12、Z13 分别为滚磨齿主轴箱滚齿模块一级传动齿轮副,Z14、Z15 分别为滚磨齿主轴箱滚齿模块二级传动齿轮副,Z16、Z17 分别为滚磨齿主轴箱滚齿模块三级传动齿轮副,Z18、Z19 分别为滚磨齿主轴箱滚齿模块末级传动齿轮副;Z12、Z20 分别为滚磨齿主轴箱磨齿模块一级传动齿轮副,Z21、Z22 分别为滚磨齿主轴箱滚齿模块末级传动齿轮副;Z23、Z24 分别为滚磨齿主轴箱 A 轴传动蜗轮蜗杆副,Z25、Z26、Z27 分别为回转台 X 向双小齿轮

消除传动副；Z28、Z29 分别为回转工作台蜗轮蜗杆副。G1、G2 分别为铣齿及滚磨齿主轴箱垂直传动系统的滚珠丝杠副，G3、G4 分别为铣齿及滚磨齿主轴箱水平传动系统的滚珠丝杠副。

[0053] 上面所述的实施例仅仅是对本发明的优选实施方式进行了描述，并非对本发明的构思和范围进行限定，在不脱离本发明设计构思的前提下，本领域中普通工程技术人员对本发明的技术方案作出的各种变型和改进，均应落入本发明的保护范围，本发明请求保护的技术内容已经全部记载在权利要求书中。

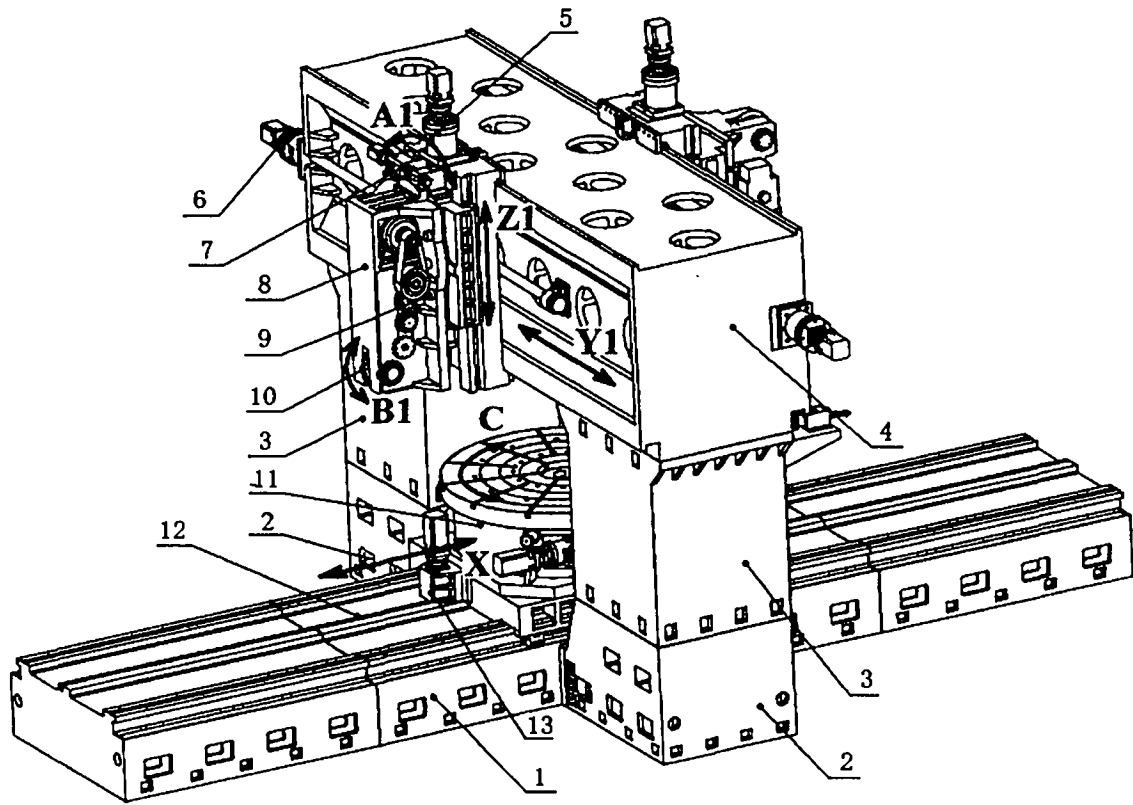


图 1

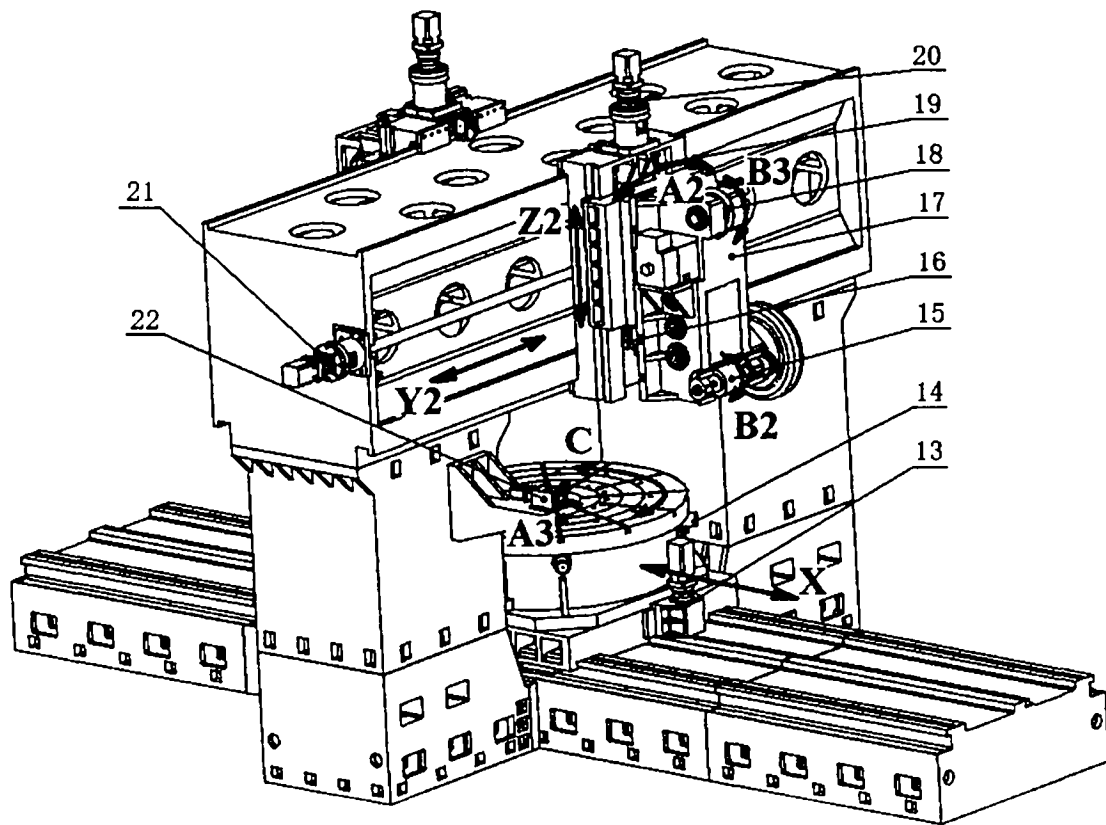


图 2

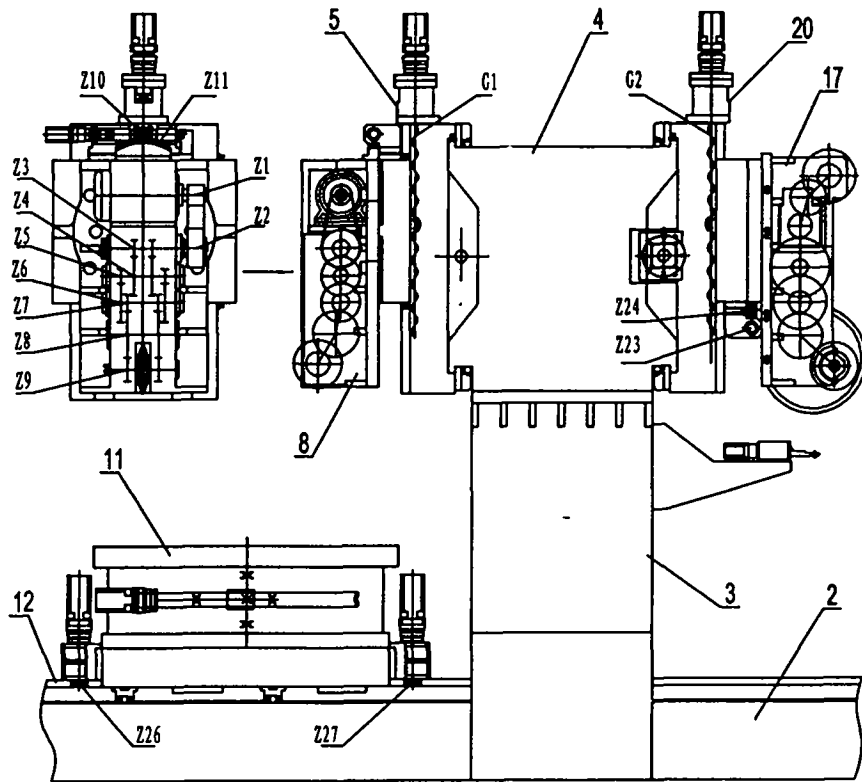


图 3

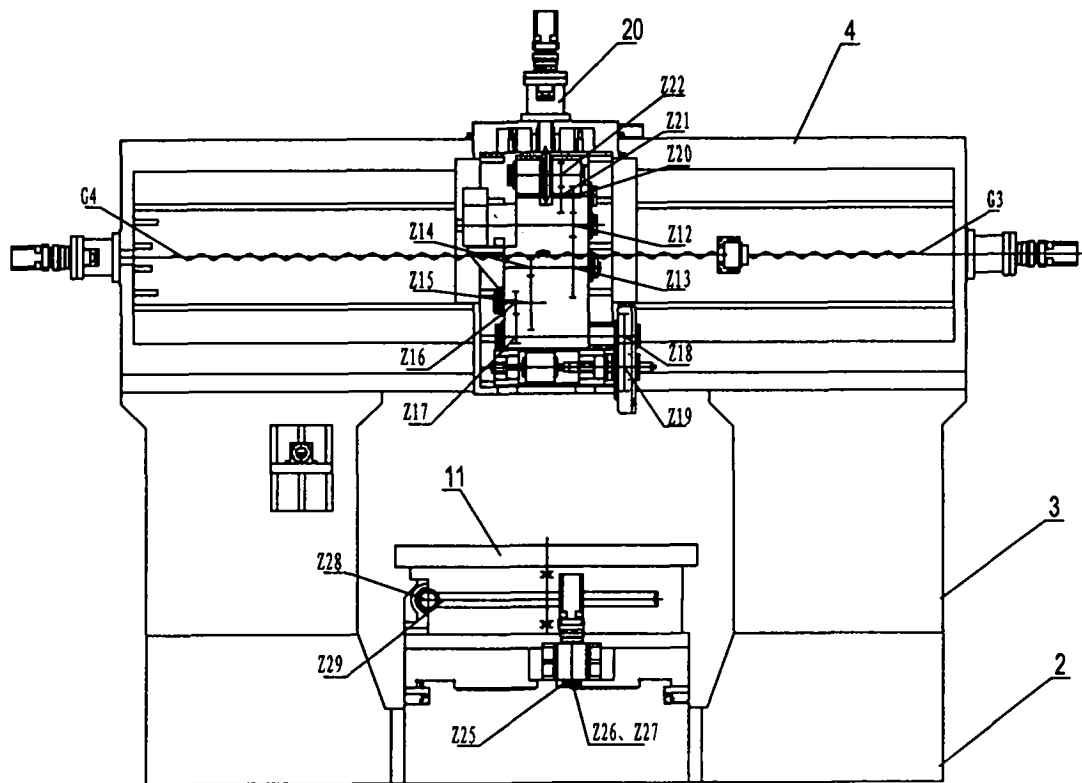


图 4

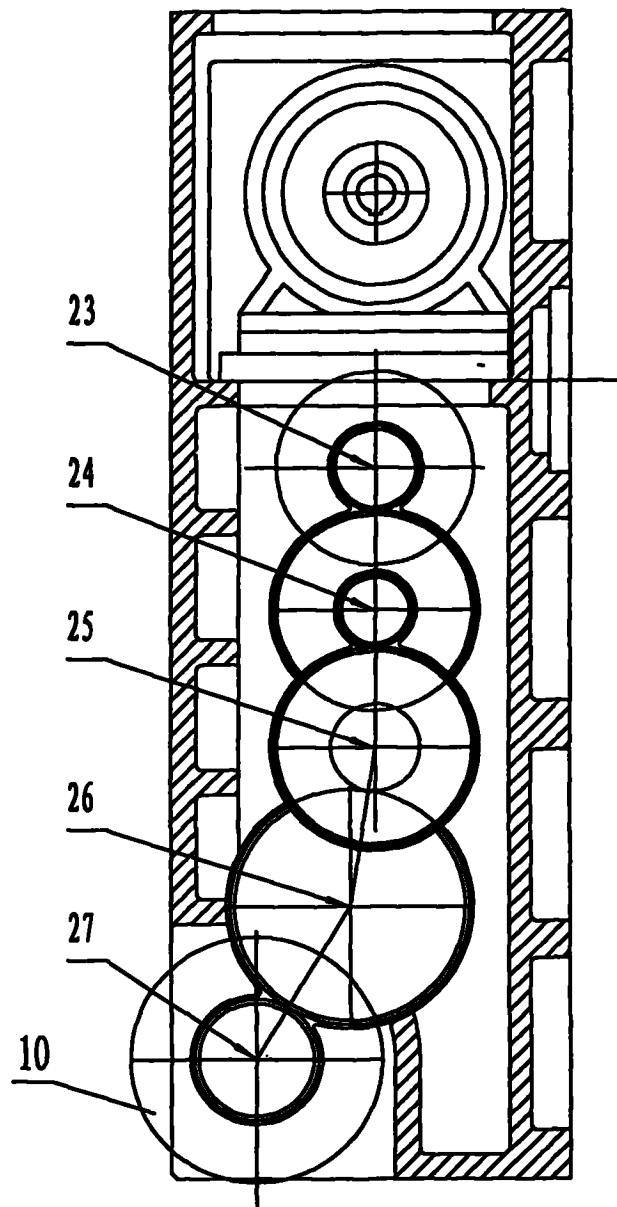


图 5

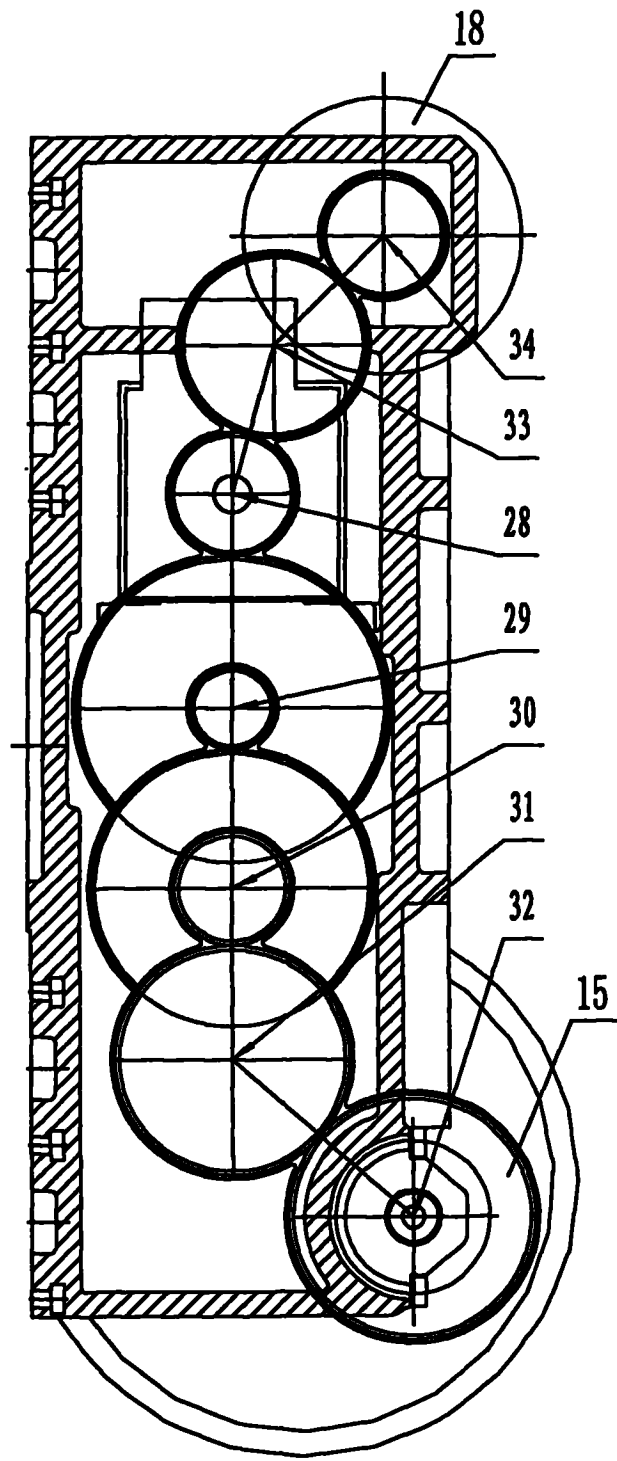


图 6

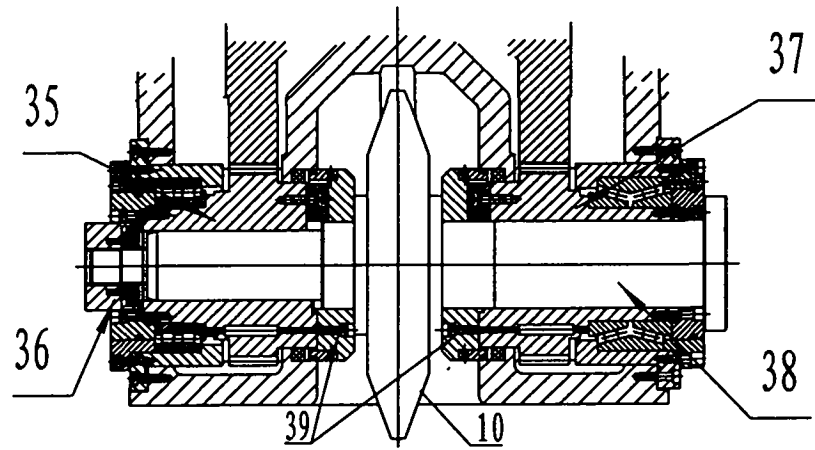


图 7

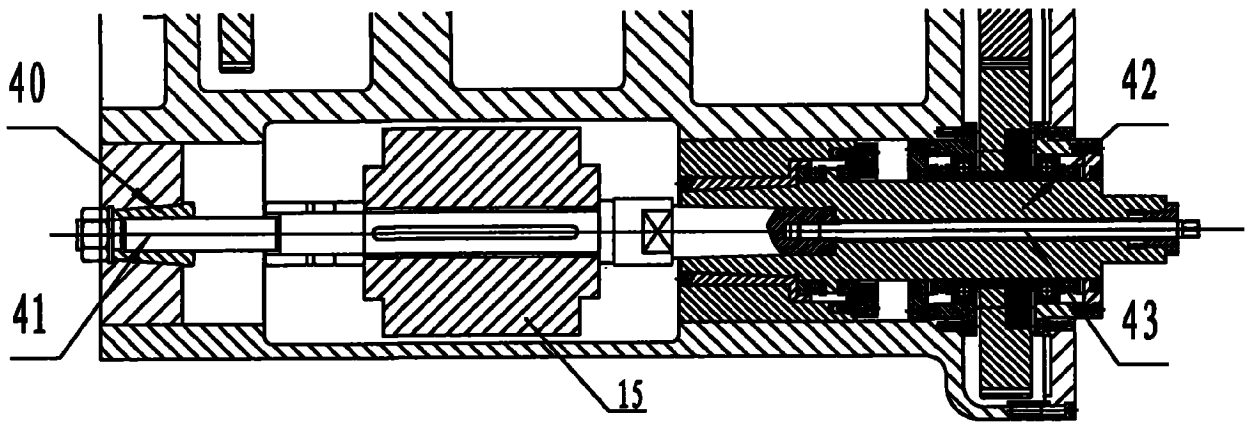


图 8

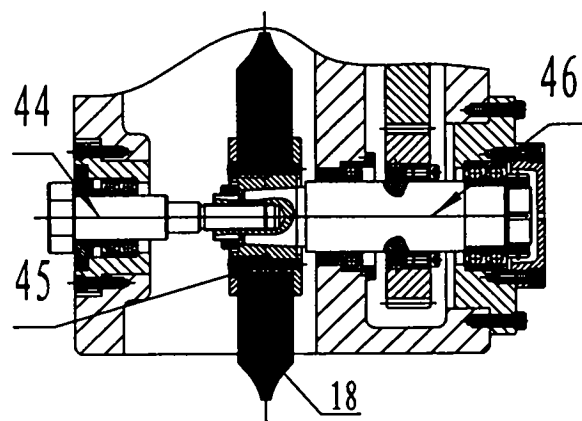


图 9