

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl⁶

B23P 23/04

B23Q 3/12 B23Q 5/02



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 95109427.0

[43]公开日 1997 年 3 月 26 日

[11] 公开号 CN 1145840A

[22]申请日 95.9.14

[71]申请人 邵文远

地址 230031安徽省合肥市1130信箱中科院智能
机械所

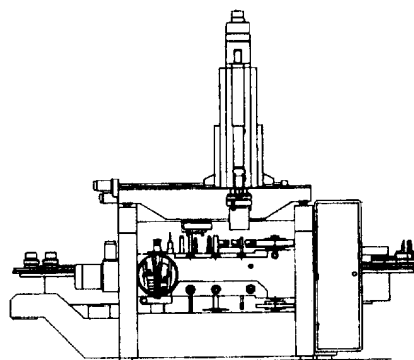
[72]发明人 邵文远

权利要求书 6 页 说明书 23 页 附图页数 15 页

[54]发明名称 集成加工中心

[57]摘要

一种集成加工中心，具有自动卡盘交换系统，其铅垂向下，有 C 轴控制，装有卡盘抓取和驱动机构的工件主轴，能从传送带上直接拾取毛坯，或通过一个卡盘交换手从传送带上抓取预装有工件的卡盘进行加工。工具框架及其间的可回转多轴箱上装有车刨、钻铣、直齿滚插、伞齿刨铣、磨削、激光加工、电加工、线切割、工件测量、刀库、工具库等工作装置的部分或全部，可以在一次上下料中自动完成一个复杂机械零件两端的全部或部分加工。



(BJ)第 1456 号

权 利 要 求 书

1. 一种机床或加工中心由带有工件主轴的主轴箱，可控制相对主轴箱的直线移动的装有工作装置的工具框架组成，其特征在于：一个卡盘自动交换系统，该系统由装在工件主轴中的卡盘自动爪取及驱动机构，接口统一的动力或无动力卡盘，以及卡盘存储及递送机构所构成。

2. 按权利要求1所述之机床或加工中心，其特征在于：所述工件主轴的卡盘自动爪取及驱动机构由卡盘抓取机构，定位机构，拉紧机构和卡盘驱动接口所构成。

所述卡盘爪取机构为下列之一：A. 由拉紧套(13)，与拉紧套轴向联接，并且排成一圈，可伸入卡盘后孔内凹槽的爪取元件(05)，和一个相对主轴固定的带有锥面的变径套(15)所构成，B. 外端带有内(外)卡口(49)的拉紧套(45)，其卡口与卡盘后部的内(外)卡口松动吻合，

所述定位机构是下列之一：A. 鼠齿盘(35)，B. 组合回转面(03) + 切向定位元件(04)，

所述拉紧机构是下列之一：

A. 与拉紧套(13)上的螺纹啮合的一个螺纹套(12)或(34)，它直接地，或经减速器，由驱动轴(06)，或由内装的电机，或气动马达，或液压马达驱动，

B. 向内压紧拉紧套(45)的预压紧的碟形弹簧组(46)，及把拉紧套向外推出放松的液压或气压缸。

所述卡盘驱动接口是下述之一：

A. 由动力(144)驱动旋转的驱动轴(06)，

B. 电气接头(19)，

C. 通向油压源的自封液压接头(50)，

D. 通向气压源的气压接头，

E. 以上各项的任意组合。

3. 按权利要求1，2所述之机床或加工中心，其特征在于：所述统一接口的可换卡盘带有统一尺寸的，与主轴上的卡盘抓取机构及定位机构吻合的抓取孔及定位面，动力卡盘还具有下列之一的工件夹紧机构：

A. 平面螺纹卡爪夹紧机构，平面螺纹(30)由下列之一的动力驱动：A1. 直

接经离合齿轮(26)由驱动轴(06)驱动, A2. 经减速器及其离合齿轮(26)由驱动轴(06)驱动, A3. 经减速器由内装电机驱动, A3. 经减速器由内装液压马达驱动, A4. 经减速器由内装气动马达驱动,

B. 楔块式卡爪夹紧机构, 环形楔块(38)带内螺纹并可因螺杆(39)转动而轴向移动, 螺杆由下列之一的动力驱动: B1. 经离合齿轮(40)由驱动轴(06)驱动, B2. 经减速器由内装电机驱动, B3. 经减速器由内装液压马达驱动, B4. 经减速器由内装气动马达驱动,

C. 弹簧夹头式夹紧机构, 碟形弹簧组(51)经锥形套(52)对被螺帽(54)轴向固定的弹簧夹头(53)加压, 使之收缩夹紧工件, 由接头(55)注入压力油或气对压力腔(56)加压使锥形套反向移动而放松弹簧夹头,

D. 弹簧胀套式夹紧机构, 碟形弹簧组(69)经拉杆(68), 螺帽(67)把弹簧胀套(65)拉紧在锥形套(66)上, 使之膨胀夹紧工件, 由接头(55)注入压力油或气或由驱动轴(06)轴向推动使之放松。

E. 液性塑料夹紧机构, 由碟形弹簧组(51)压缩柱塞(70)以对液性塑料加压, 使薄壁套(71)胀大而夹紧工件, 由接头(55)注入压力油或气而压缩碟形弹簧组, 拔出柱塞, 放松工件。

4. 按权利要求1,2 所述之机床或加工中心, 其特征在于: 所述卡盘存储及递送机构为: A. 经过工件主轴移动区, 并在机床外部闭合的传送带(94), B. 可停泊在工件主轴移动区的自动运输车(111), C. 卡盘暂存架(99), D. 以上各项的组合。

5. 按权利要求1 所述之机床或加工中心, 其特征在于: 装有卡盘交换手, 它由卡盘架(90), 回转机构(92)和卡盘夹取机构构成, 回转机构与卡盘架的构成及位置为下列之一:

A. 回转机构轴线垂直并相交于所夹卡盘的轴线, 位于传送带或运料车上方,

B. 回转机构轴线垂直于卡盘的轴线, 但距卡盘轴线大于卡盘半径的距离, 位于传送带或运料车一侧,

C. 回转机构轴线平行于卡盘的轴线, 但距卡盘轴线大于卡盘的半径的距离。

卡盘夹取机构的构造形式为下列之一: A. 两爪式夹取机构, B. 三爪式夹取机构, 中夹爪(101)由油缸(103)直接驱动, 左右夹爪(102)经拉杆(105), 杠杆(106)与中夹爪联动, 左右夹爪以销(107)和拉杆(105)连接, 并与卡盘架(90)的斜面接触。

6. 按权利要求1 及以下各项所述之机床或加工中心, 其特征在于: 装有由推拉机构(97) 推向或拉离卡盘的下列之一的工件夹紧驱动机构: A. 由动力(96) 驱动回转的驱动轴(95), 其上装有能与卡盘离合齿轮接合的离合齿圈(98), B. 通向电源的电流触头, C. 通向液压源的自封液压接头, D. 通向气源的气压接头。

7. 按权利要求1 及以下各项所述之机床或加工中心, 其特征在于: 在相对主轴箱Z, X, Y三轴可控的工具框架的固定构件(82) 或可回转构件(150) 上, 装有下列之一的工作装置:

- A, 径向固定刀具及其刀座(153) 和轴向固定刀具及其刀座(152),
- B, 旋转刀具及其主轴(154) 或(273)(292),
- C, 大砂轮及其磨头(156),
- D, 小砂轮及其高速磨头(158),
- E, 插齿刀由电脑伺服机构驱动回转的插齿头,
- F, 摇台由电脑伺服机构驱动回转的伞齿轮刨齿头(170) 或(363),
- G, 摇台由电脑伺服机构驱动回转的伞齿轮铣齿头(200),
- H, 激光发射头(159) 或(373)(374) 及其安装接头,
- I, 感应淬火线圈(316) 及其安装接头,
- J, 火焰喷头及其安装接头,
- J, 电加工电极(290) 及其安装接头,
- K, 电火花线切割装置(362) 或(375),
- L, 自动拉削装置(211),
- M, 工件测量头(195),
- N, 工件摄象头(198),
- O, 刀具测量头校正块(267)
- P, 备换刀库(268) 或(212),
- Q, 备换工具库(260),
- R, 备换夹具库(75),
- T, 以上各项的任意组合。

8. 按权利要求1 及以下各项所述之机床或加工中心, 其特征在于: 径向固定刀具座按间距: $S_2 = D/2 + B + \delta$ 沿Y轴平行安装, D—工件最大直径, d—相邻刀杆平均直径, δ —工件与相邻刀杆的间隙, B—车刀杆的厚度, 轴向固定刀具座按间距 $S_1 = (D + d)/2 + \delta$ 在X—Y平面平行安装。

9. 按权利要求 1 及以下各项所述之机床或加工中心, 其特征在于: 旋转刀具主轴在可回转多轴箱的每个棱面上靠逆时针方向的边缘安装, 同一棱面上的主轴按间距 $S_3=D+d_1+b$ 沿棱边平行安装, d_1 -两个旋转刀具的平均直径。

10. 按权利要求 1 及以下各项所述之机床或加工中心, 其特征在于: 在至少一个旋转刀具主轴(154)上或其传动系统中, 装有一个与电脑系统联接的码盘。

11. 按权利要求 1-7 所述之机床或加工中心, 其特征在于: 所述插齿头的刀轴(166)的两端均可安装插齿刀。

12. 按权利要求 1-7 所述之机床或加工中心, 其特征在于: 所述插齿头的滑柱(337)的中心装有自动装卸刀机构, 后盖中心装有一个卸刀顶杆(348)。

13. 按权利要求 1-7 所述之机床或加工中心, 其特征在于: 所述插齿头的滑柱(337)下端经一个带预紧机构的滚珠花键副(338)(339)与分度转台同轴联接,

14. 按权利要求 1-7 所述之机床或加工中心, 其特征在于: 所述插齿头的滑柱上端有一个双向油缸, 一个 Q 轴直线位置传感器(345)装在后盖(344)中心并伸入滑柱孔中。

15. 按权利要求 1-7 所述之机床或加工中心, 其特征在于: 所述插齿头的壳体(330)通过偏心地装在壳体上的轴承(351)(352)安装在工具框架的固定构件或可回转多轴箱(150)中, 并装有推动壳体(330)往复摆动的短行程油缸(354)(355)。

16. 按权利要求 1 及以下各项所述之机床或加工中心, 其特征在于: 主轴箱(100)上装有下列之一的工作装置:

- A. 刀具测量头(199),
- B. 砂轮修整器(157),
- C. 电视摄象头(197),
- D. 机械手(230), 它经与 Z 轴平行的导轨副(231)装在主轴箱(100)的

前侧，并由伺服机构(232)控制上下移动，由夹紧机构(234)消除其导轨间隙，
E. 以上各项的任意组合。

17. 按权利要求1, 16所述之机床或加工中心，其特征在于：所述机械手(230)中装有自动工具抓取机构和换刀手爪驱动机构，后者是一个油缸(244)，其推杆(245)从自动工具抓取机构的拉杆(236)和释放缸(238)的中孔中通过。

18. 按权利要求1, 7 所述之机床或加工中心，其特征在于：备换工具库(260)中放有带统一接柄的下列工具：

A. 刀具测量头(240)，

B. 砂轮修整器(241)，

C. 电视摄象头(242)，

D. 换刀手爪(239)，装在接柄(246)中的碟形弹簧(247)通过拉杆(248)使左右手爪(249)同步夹紧。而机械手(230)的推杆(245)推动拉杆(248)使左右手爪同步张开。

E. 换刀胀指(243)，由外套(251)，钢球(253)，推杆(252)，弹簧(254)构成，

F. 其它。

19. 按权利要求1, 7 所述之机床或加工中心，其特征在于：装有一个双手爪换刀机械手，该机械手至少在平行于Z，Y轴的两个方向由控制系统独立驱动。

20. 按权利要求1, 7 所述之机床或加工中心，其特征在于：电加工电极(290)装有与旋转刀具相同的刀柄(291)，至少一个有自动装卸刀机构的旋转刀具主轴(292)的附近装有电流及工作液接头，它由绝缘座(293)，工作液接头(294)及电流接触片(295)所构成。

21. 按权利要求1, 7, 19所述之机床或加工中心，其特征在于：刀柄(291)上绝缘地固定有安装电极座(298)的接盘(297)，带臂导电集流环(299)套在接盘的回转面上，两者间制有沟通集流环(299)及电极(290)工作液孔的环形槽(301)，当刀柄(291)装入主轴(292)后，电流通过(299)的导电臂部与电流接触片(295)接通，工作液通过臂部通孔(296)与工作液接头(294)接通。

22. 按权力要求1-5 及10所述之机床或加工中心，其特征在于：配有一个

自动刃磨头(217),它具有与卡盘相同的定位面及接口,它的砂轮-电机组件由一个D轴伺服机构控制绕对C轴及砂轮轴线垂直的轴线回转。

23. 按权利要求1所述之机床或加工中心,其特征在于:
在下列之一部位装有声波传感器: A. 主轴箱中, B. 工具框架上。

24. 按权利要求1及以下各项所述之机床或加工中心,其特征在于:
可沿Z, X, Y向在机架上移动的主轴箱,铅垂向下,有C轴控制,装有卡盘抓取及驱动机构的工件主轴,一条闭合的传送带穿过主轴箱活动区,装有卡盘交换手,卡盘夹紧驱动机构,卡盘暂存架,机架及其间的可回转多轴箱上装有车削、钻铣、直齿滚插、伞齿刨铣、磨削、激光加工、电加工、工件测量等工作装置的部分或全部,主轴箱上装有刀具测量头、砂轮修整器,刀具摄象机,右墙外装有自动拉削装置。

25. 按权利要求1及以下各项所述之机床或加工中心,其特征在于:
可沿Z, X, Y向在机架上移动的主轴箱,铅垂向下,有C轴控制,装有卡盘抓取和驱动机构的工件主轴,一条闭合的传送带穿过主轴箱活动区,装有卡盘交换手,卡盘夹紧驱动机构,卡盘暂存架,机架及其间的可回转多轴箱上装有车削、钻铣、直齿滚插、伞齿刨铣、磨削、激光加工、电加工、工件测量等工作装置的部分或全部,所有工作装置有自动装卸机构,所有工、刀具有可换接柄,主轴箱上装有可自动更换工具的机械手,工具库备有换刀手爪、刀具测量头、砂轮修整器、摄象机等工具,装有刀具库,装有可自动调整及换刀的伞齿刨铣装置。

26. 按权利要求1及以下各项所述之机床或加工中心,其特征在于:几台装有不同工作装置的上述加工中心用传送带或其它卡盘、工件递送装置串连成一个FMS。

说 明 书

集 成 加 工 中 心

本发明涉及一种金属切削机床，尤其是一种可在一次上下料的过程中完成一个复杂工件的大部或全部加工的加工中心。

专利DE-PS 3416660 介绍了如下的车床：铅垂向下的工作主轴，驱动电机安装在主轴箱上，工作卡盘位于工作主轴下端，刀盘位于工作主轴下方，主轴箱可沿铅垂Z轴和水平X轴平移。平移行程的一端相应于车削加工的进给量，另一端一动至水平上料站，工件装卸采用拾取式。其优点是自动上料十分简单，其X，Y，Z导轨均高于并远离加工区，导轨的防护很容易。

德国EMAG公司专利CN 1080230A 介绍的部件组合式加工中心采用了上述的铅垂向下的工作主轴，及拾取式装卸工件的方法。

按其从属权利要求12，25，26的一个实施例，在机架的两壁之间安装了一个可回转的轴，其上装有一个安装固定刀具的转塔，和一个安装旋转刀具的转塔，第二个转塔上还装有一个第二主轴，床头箱除Z轴和X轴外，还能沿Y轴水平移动，这样，该加工中心在一次装夹中除能完成车削加工外，还可对工件进行5自由度的钻铣加工。利用第二主轴，还可进行工件第二端的加工。

该实施例的缺点是：

1，因一种动力卡盘只能夹取一定范围的工件毛坯，工件主轴不能自动更换卡盘意味着该加工中心只能对较小范围的工件毛坯自动加工。由于卡盘朝下，也不便于对难于自动装夹的工件实行人工辅助装夹。

2，装在回转轴上的第二主轴和卡盘，虽然能自动夹取某些形状的已加工一端的工件进行第二端的加工，但工件第二端的加工无法利用转塔上的刀具，而必须靠工件主轴卡盘中心的装刀机构从传送带上夹取刀具来进行加工，即必须配置两套不同的刀具系统。使用装在卡盘中心的刀具进行加工时必须当心大直径的卡盘与工件或别的刀具相碰。第二主轴不能自动更换卡盘也使一些工件无法自动进行第二端的加工。

3，旋转刀具呈幅射状装在转塔上，如两刀之间的夹角小于60度，则由于相邻刀具会发生干涉，不能以对工件轴线垂直或接近垂直的角度进行加工。

如要避免这种情形，除非大幅度增大转塔直径，或减小工件的最大尺寸。

另外，用转塔上的同一刀具进行平行于工件轴线的加工和垂直于工件轴线的加工，床头箱必须具有很大的伸出量，该伸出量约等于转塔上最长的刀具的回转半径加上工件的长度。对于最大尺寸 $\varnothing 200 \times 270\text{mm}$ 的工件，床头箱的悬伸量将大于800mm。如此大的悬伸量将严重影响工件主轴的刚性。

4，只能进行车削和钻铣加工，进一步的加工，如齿轮加工，花键和花键孔加工，淬火，磨削等只能靠机械手和搬运装置依次运到第二，第三台加工中心上去完成。对某些要求较高定位精度的工件或难于装夹的工件，还必须设计制造专用的心轴或夹具才能在第二，第三台加工中心上装夹。

中国专利申请95100746.7提出了一种与转塔式换刀或刀库+机械手式换刀不同的换刀和变换加工类型的机制，即用一个相对工件主轴在X、Y、Z三个方向受控移动的工具框架，其边框上沿X或Y方向安装多把固定刀具、旋转刀具和其它加工装置，如磨削装置，切齿装置，淬火装置等，利用工具框架相对工件主轴箱在X方向或Y方向移动来实现自动换刀和更换加工类型。从而实现工件在一次装夹中完成多种类型加工。

用专利申请95100746.7所述的工具框架来改进发明CN 10800230A的刀具系统，可克服其换刀系统的缺点，并增强该加工中心的工艺能力，使一次上料完成全部加工成为可能。

本发明的目的是把上述三种发明的优点结合起来，克服彼此的缺点，从而提供一种集成加工中心，它具有铅垂的主轴，能自动从传送带上拾取工件毛坯或抓取预先装夹有复杂工件的卡盘进行加工，不用第二主轴而能进行工件第二端的加工。它的工具框架上除安装有足够的内外圆车刀，刨刀，插刀外，也可安装足够多的铣，镗，钻，铰，攻等旋转刀具，所有刀具都能以任意角度对主轴上的工件进行5维的加工，还可安装插齿，拉削，锥齿轮切齿，珩磨剃齿，淬火，精磨等加工装置和自动测量机构，以保证能在一次上下料中完成一个典型机械另件的全部加工测量过程。

本发明实现目的的关键手段是：

(A) 增设一个卡盘自动交换系统，它由装在工件主轴内部的一个卡盘自动抓取及驱动机构，有统一接口的动力和非动力卡盘，和一个传送带构成。这样工件主轴利用卡盘自动抓取及驱动机构能自动抓取卡盘，把卡盘拉紧在主轴端部的定位面上，并能驱动卡盘直接拾取传送带上的工件。

定位面可以是传统的组合回转面加切向定位键(或销)，也可以是分别装在主轴端面 and 卡盘后面的鼠齿盘，后者使卡盘的安装有高的定位精度和刚性。

抓取机构可采用类似NC机床主轴抓刀机构的构造，但反其意而用之，

即以卡盘上凹的抓取孔和主轴上凸出的抓取元件接口，这样卡盘可以平稳放置在传送带或运料车上，也便于人工装夹。

抓取机构也可采用类似照相机镜头卡口的构造，即用外端带有卡口的拉紧套来抓取制有卡口的卡盘后接盘。抓取时，工件主轴先要使拉紧套卡口对准卡盘后接盘卡口插入，再转一定角度把卡盘抓住，最后拉紧套拉紧卡盘。

拉紧的动力可取自一个经减速器由马达驱动的螺纹机构，或取自一个液压缸，或一组由液压缸预压缩的碟型压缩弹簧。

为供应卡盘夹取工件的动力，工件主轴端部设置有动力接口，动力接口可以是工件主轴中心的一个机械驱动轴，或是电源接头，或是自封液压接头，或是气源接头。还可设置一个电信号接口，用于从装在工件主轴端部的卡盘或其它装置上获取夹紧力或卡爪位置或其它反馈信号。

不同的卡盘具有相同的定位面，抓取接口和动力接口。爪式自定心卡盘夹取工件的动力可以直接地，或经减速机构取自机械动力接口，或取自卡盘内装的电机，或气动马达，或液压马达。弹簧胀套式，弹簧夹头式或液形塑料式动力卡盘夹取工件的动力可取自一组压缩的碟形弹簧。放松工件的动力可取自油缸，或气缸，或主轴中心的一个顶杆。卡盘上可以设置电信号接口以便反馈夹紧力或卡爪位置信息。

工件主轴利用不同的卡盘可从传送带上直接拾取不同类型的工件毛坯。利用装在传送带上部或侧面的卡盘交换手，还可以把传送带上预先装夹有工件的卡盘送交工件主轴抓取进行加工。

空的或装夹有工件的卡盘定位面朝下放在传送带的托盘上，它们被卡盘交换手从传送带上夹取，并翻转180度，就可由工件主轴抓取。

为了进行工件第二端的加工，主轴先把已完成一端的工件卸到被卡盘交换手夹取的第二卡盘上，让其夹紧，再把第一卡盘脱卸，等卡盘交换手把第二卡盘翻转180度再抓取第二卡盘，进行工件第二端的加工。加工好的工件也卸到传送带上运出。

如已加工完一端的工件用第二卡盘自动夹紧有困难，可以把该工件卸到传送带上送到机床外部，由工人辅助装夹到第二卡盘上，再由传送带送入，并经卡盘交换手交由主轴抓取进行加工。

(B) 固定或旋转刀具的安装不采用转塔形式，而采用专利申请95100742.7所介绍的工具框架的形式。

按照工具框架的定义，专利CN10800230A所述加工中心的左右机架相当于沿X—Z平面延展了的左右框边，机架联结构件和传送带相当于固定框边，不同之处在于：A. 工具框架上装有包括固定刀具和旋转刀具的多种切削、

加工、工作装置。B. 在工具框架上固定刀具和旋转刀具平行安装并沿 Y 或 X 轴线方向排列。

以这种形式布置刀具，可保证工件尺寸一定时，工具框架上能安装足够的固定和旋转刀具，而加工时相邻刀具不会发生干涉。由于旋转刀具主轴相互平行，工具框架内部的传动机构较为简单。

工件尺寸较大时，工具框架的可回转多轴箱宜采用四棱柱形，旋转刀具主轴在每个棱柱面上偏靠逆时针的一边安装，这样，旋转刀具从平行于工件主轴转到垂直于工件主轴进行加工时，主轴箱的悬伸量可以减小而提高了刚性。

在旋转刀具的传动系统中，装有一个与电脑系统联接的码盘，它可使工件主轴与刀具同步回转，以便用滚刀加工齿轮、蜗轮、花键轴等，也可实现旋转刀具的自动刃磨。

工具框架上的固定框边或可回转多轴箱上可以有选择地安装下列切削和工作装置以在一次装夹中完成多种类型的加工：

- 1，径向和轴向固定刀具，可一次完成内外圆车削，刨削，插削。
- 2，旋转刀具，用于安装钻头，铰刀，丝攻，指型或盘型铣刀，镗刀，进行孔、平面、型面加工，或安装滚齿刀，剃齿刀，珩磨轮，进行齿轮加工。
- 3，大砂轮磨头，可一次完成外圆柱，圆锥，端面，径向凸轮的磨削，也可磨削平面，曲面，螺纹，齿轮等，
- 4，小砂轮磨头，可一次完成内圆柱，圆锥，内径向凸轮的磨削，也可磨削平面，曲面，坐标孔，模具曲线等，
- 5，淬火装置，可以是感应淬火线圈，或火焰喷射枪，或激光发射装置。后者还可用于激光打孔，切割，焊接等特种加工。
- 6，插削头，可在圆柱或圆锥孔内插削单键槽，双键槽，花键槽，或插削特殊的平面，斜面，曲面。
- 7，插齿头，用于加工内齿轮或台阶齿轮，也可加工小锥度锥齿轮和插齿刀。在插齿头滑柱两端安装不同的插齿刀，利用可回转多轴箱回转180度，或利用自动换刀机构，可以一次加工内外齿轮或不同参数的台阶齿轮。
- 8，锥齿轮刨齿头和锥齿轮铣齿头，可以用展成方式加工较精密的直、斜齿锥齿轮或弧齿锥齿轮。
- 9，电脉冲或电解加工电极，它与工具框架绝缘，并有电缆与电源相联，有管路和工作液泵相通，用于对模具等特殊形状工件进行最终的修饰加工。
- 10，自动拉削装置，可装在机架外侧，以便在加工过程中自动拉削圆孔、花键孔或特殊型孔。

1 1, 线切割装置, 可加工工件内孔或外部复杂型面。

1 2, 工件测量头, 工件摄象头, 用于对工件—卡盘—主轴系统进行观察、测量。

另外, 主轴箱端部装有可伸出的刀具测量传感器, 和砂轮修整器, 前者用于对新安装调整的刀具及使用中的刀具自动进行测量, 后者用于自动修整砂轮。

回转多轴箱上的所有刀具可回转到工人便于观察和安装调整的位置, 但本加工中心还可配一个机械手, 用于自动换刀。最简单的机械手具有与卡盘相同的接口, 可以由工件主轴抓取, 不用时放在传送带上, 可利用主轴的X, Y, Z, C四轴控制进行换刀和其它工作。

也可在主轴箱外侧安装一个能自动更换工具的多用途机械手, 它可利用主轴的X, Y, Z, 三轴控制, 能从可换工具库中自动抓取换刀手爪、换刀手指、刀具测量头, 砂轮修整器, 摄象头等进行工作。

为实现刀具、工具的自动更换, 每种工作装置至少装有一个工具、刀具自动装卸机构, 所配所有工具、刀具带有可换接柄。

为实现多品种单件齿轮的自动加工, 插齿头应能实现切削行程自动调整和自动换刀, 伞齿轮刨齿头应能实现刨刀行程、起始位置、齿角自动调整和自动换刀, 伞齿轮铣齿头应能实现刀位自动调整和自动换刀。

加工中心上还可配一个自动刃磨头, 它具有与卡盘相同的接口, 可以由工件主轴抓取, 它的砂轮除能利用工件主轴的C轴分度伺服机构绕C轴回转外, 还可由一个独立的D轴伺服机构控制绕对C轴及砂轮轴线垂直的轴线回转, 从而能以任意角度对固定刀具和旋转刀具进行自动刃磨复砺。

本发明的优点是:

(1) 由于工件主轴能自动更换卡盘, a. 因此能自动装夹更多类型的毛坯进行加工, 包括能自动抓取事先装夹有复杂工件的卡盘或从其它加工中心传来的装夹有半成品工件的卡盘进行加工。

b. 借助于标准接口的卡盘, 半成品工件在加工中心之间传递和重装夹定位的过程可大大简化, 并容易保证第二, 第三次装夹定位的精度。

(2) 加工中心上的传送带同时起到多种作用, a. 毛坯和半成品的输送装置和缓冲库, b. 卡盘的输送装置和卡盘库, c. 刀具输送装置和刀具库, d. 人工辅助装夹工件的工作台, e. 用铅垂的工件主轴下端卡盘直接从传送带上拾取工件毛坯, 节省了装卸机械手, 简化了装卸过程。

(3) 集车削中心, 钻铣加工中心, 激光加工中心, 磨削中心, 齿轮加工中心, 拉床, 淬火机床, 坐标测量机及装卸机器人的功能于一身, 为一单机

CIMS, 体积小, 构造简单, 造价低。

(4) 也可把几台具有单一或部分功能的上述加工中心用传送带或其它工件、卡盘输送机构连接成一个FMS或CIMS。

下面结合附图和实例对本发明进行进一步的说明。

图1是第一种卡盘自动抓取机构和平面螺纹型动力卡盘的内部结构图。

图2是第二种卡盘自动抓取机构和楔型动力卡盘的内部结构图。

图3是第三种卡盘自动抓取机构及其它各型动力卡盘结构图。

图4是一种用于加工中心的卡盘自动交换系统。

图5是另一种卡盘自动交换系统。

图6是用于水平主轴的卡盘自动交换系统。

图7是用于铅垂向上主轴的卡盘自动交换系统。

图8是有卡盘自动交换系统的集成加工中心正面视图和左剖面图。

图9是上述集成加工中心俯视图。

图10是上述集成加工中心齿轮切削装置的结构图。

图11是多用途机械手结构及使用示意图。

图12是能自动装卸刀具或工具的工作装置的结构图。

图13是第二种插齿头结构图。

图14是有自动换刀系统的集成加工中心正视图和俯视图。

图15是有自动换刀系统的集成加工中心的左剖视图及使用状况示意图。

图16是上述集成加工中心的使用状况示意图。

图1中, (01)是工件主轴, (02)是卡盘爪取机构壳体, (03)是回转定位面, (04)是切向定位键, (05)是抓取元件, (06)是卡盘夹紧驱动轴, 传动轴(06)经齿圈(07)带动谐波发生器(09)旋转, 使柔轮(10)的形状周期变化, 刚轮(11)对壳体(03)固定, 而刚轮(12)可以旋转, (11)和(12)相差很少齿数, 这样, 从(09)到(12)的减速比可达100—300, 力矩也得到相应增大。(12)制有螺纹孔, 与拉紧套(13)的外螺纹啮合, (13)通过键或花键与壳体(03)连接, 不可相对转动但可轴向移动, 多个爪取元件(05)绕卡盘轴线排成一周, 并利用其凸起部(或凹下部)与拉紧套(13)轴向连接, 在图示位置, 爪取元件头部的分布直径小于卡盘后接盘(21)通孔的直径, 因此可以进出卡盘后接盘的通孔。随着拉紧套(13)向上移动, 爪取元件头部后斜面沿变径套(15)的锥面滑动, 使其头部的分布直径逐渐变大, 直至滑过变径套(15)的锥面, 到达圆

柱面。此后爪取元件继续向上移动，直到把卡盘紧紧拉牢在主轴端部的定位面上。如驱动轴反转，则上述过程相反，将把卡盘放松并脱卸。图中的推力轴承(16)用于平衡轴向拉紧力，并减小活动刚轮(12)对壳体(03)的磨擦力。变径套(15)与壳体(03)固定或制成一体。(19)是电流接口。

(20)是一个动力卡盘，(22)是用于机械手定位的定位圈，(21)是卡盘后接盘，(23)是定位面，(24)是切向定位键槽。当卡盘被工件主轴(01)抓取并拉紧后，利用主轴箱上端的一个气缸(145)把驱动轴(06)向下推移一距离，齿圈(07)将与谐波发生器(09)的内齿圈脱开，而齿圈(17)将在压簧(18)的推动下与内齿套(26)啮合，并带动谐波发生器(27)旋转，(27)通过柔轮(28)，固定刚轮(29)使带有平面螺纹的活动刚轮(30)以大力矩转动。并使2—4个带卡爪(32)的卡爪座(31)沿半径同步向内或向外移动。

(14)是一个防尘圈，用于防止切屑或杂物进入定位面。当主轴抓取或脱卸卡盘时，可以向主轴内孔导入压缩空气，以便把定位面及防尘圈周围表面上的杂物吹净。卡盘后接盘(21)有一高于定位面的环形边缘，用于防止定位面与放置卡盘的表面磨擦或接触。(25)是一个电流接口，可用于反馈卡盘卡爪位置或其它被主轴抓取的装置的座标信息。

本动力卡盘的优点是具有大的工作范围，缺点是：卡爪座和卡爪在高转速时受到较大的离心力，因此主轴转速不宜过高，

图2是一种楔块式动力卡盘及卡盘自动抓取机构，在该实施例中主轴的定位面(35)是一个鼠齿盘，它与卡盘后接盘上的定位鼠齿盘(36)啮合，这种定位面可以保证高的同轴度和切向定位精度，并可传递大的扭矩。

图中，卡爪座(37)上制有斜面，并以斜面与环形楔块(38)上的楔形面啮合，(38)内孔制有螺纹，螺纹套(39)与之啮合，(39)孔内制有内齿圈，可与驱动轴前端的齿圈(17)接合以便获得动力。(39)的转动，将推动楔块(38)轴向移动，并导致卡爪座(37)及卡爪(32)的同步径向移动。(40)是平衡块，它通过杠杆(41)与卡爪座(37)连接，以消除高速转动时离心力对卡爪及卡爪座的影响。

驱动轴(06)由装在主轴后部的一个带减速器的电机驱动，在图示位置驱动轴(06)上的齿圈(07)由压簧(18)推动与内齿轮(33)啮合，从而驱动内螺纹圈(34)转动，外螺纹圈(13)上端与(34)啮合，下部经齿圈，或花键或平键与抓取机构壳体(3)连接，可相对(3)轴向移动但不能转动。(34)的转动使(13)上下平移，并带动排成一圈的抓取元件(05)向上移动。在图示位置，抓取元件(05)的分布外径小于卡盘后接盘(21)的孔径，应而可伸入卡盘后端孔内，随着(13)的上移，变径套(15)的锥面使抓取元件(05)的分布直径变大，从而

抓住卡盘, 抓取元件(05)继续上移, 直到把卡盘拉紧在主轴定位面(35)上。

驱动轴(06)从图示位置向下移动, 将使齿圈(07)脱离齿轮(33), 而使齿圈(17)和卡盘中螺纹套(39)中的内齿轮(40)啮合, 从而可以驱动卡爪的张合。

加工中心也可同时配备上述两种不同的动力卡盘, 为此两种动力卡盘应采用统一的定位面及接口, 卡盘抓取机构采用第二种, 第一种卡盘的减速器不用或改为小减速比的行星减速器。

上述两种动力卡盘及卡盘自动抓取机构的优点是:

- 1, 卡盘抓取机构及卡盘夹紧动力取自同一个装在主轴中心的驱动轴,
- 2, 卡盘夹紧及主轴的抓取均能可靠自锁, 使主轴能连同所装夹的工件抓取或脱卸卡盘。

图3A是一种卡口式卡盘自动抓取机构。(45)是一个带内卡口的拉紧套, 碟形弹簧组(46)以100-200KN的弹力把拉紧套向内拉。拉紧套的左端和导向套(47)构成一个油缸, 当其油腔(48)引入压力油, 液压力将克服弹簧力, 使拉紧套的卡口(49)向外伸出。当主轴要抓取卡盘时, 油腔(48)通入压力油, 拉紧套卡口伸出, 同时主轴转到指定角度, 在该角度, 主轴拉紧套内卡口与卡盘后缘外卡口应正好凹凸相对, 然后主轴向卡盘运动, 使拉紧套内卡口通过卡盘后缘外卡口, 接着主轴回转相当于 $180/n$ 的角度, (n =卡口数)。最后, 油腔(48)卸压, 碟形弹簧通过拉紧套把卡盘拉紧在主轴定位面上。(50)是自封液压接头, 用作动力接口驱动卡盘的夹紧机构。

除自定心动力卡盘外, 还可使用多种形式的动力卡盘, 及非动力卡盘进行工作。

图3B是一个弹簧夹头式动力卡盘。碟形弹簧组(51)把锥形套(52)向右压, 使右端被螺帽(54)挡住的弹簧夹头(53)径向收缩, 从而夹住其中的工件。从接头(55)通入压力油, 油腔(56)充油将把锥形套(52)拉向左侧而把弹簧夹头放松。

图3C中碟形弹簧用另一个油腔(57)来代替。图中锥形套(52), 夹头体(60), 导向套(58)构成一个双作用油缸, 向接头(59)注油, 弹簧夹头夹紧, 向接头(55)注油, 弹簧夹头放松。螺帽和夹头体可以是螺纹连接, 也可是卡口连接。钢球(61)使弹簧夹头(53)和螺帽(54)连在一起, 从可实现弹簧夹头自动更换。

图3D所示动力卡盘与上图相反, 用于夹紧工件内孔。弹簧胀套(65)套在锥形套(66)外, 并用螺帽(67)轴向连接在拉杆(68)的右端, 碟形弹簧组(69)把拉杆向左拉, 并通过螺帽使弹簧胀套(65)沿锥形套(66)的表面向左移动, 而使弹簧胀套外径胀大, 把工件夹紧。向接头(55)通入压力油, 把与拉杆—

体的活塞向右推,就可把工件放松。螺帽(67)与拉杆也可采用卡口连接。钢球使螺帽能向右拉出弹簧胀套。可实现弹簧胀套的自动更换。弹簧胀套的更换过程与弹簧夹头相似。

图3E所示卡盘不用液压机构,而利用主轴中心的驱动轴(06)的轴向移动把拉杆(68)向右顶出而放松工件。在这种情况下,驱动轴也可用一个只作轴向移动的顶杆代替。

图3F卡盘采用了液形塑料夹紧装置。碟形弹簧组(51)把柱塞(70)向右压,使封闭空间中的液形塑料的压力升高,该压力导致套(71)上的薄壁部分变形胀大,从而夹紧套在其上的工件。从接头(55)注入压力油,将把活塞(72)连同柱塞

(70)向左拉,使液形塑料中压力降低,使套(71)的变形恢复,松开工件。更换不同的液性塑料夹具(73)可装夹不同尺寸形状的工件。

放置弹簧夹头等的夹具库(75)可以装在传送带上或工件主轴活动区内的某固定构架上。

更换弹簧夹头的过程如下: a. 主轴把夹头螺帽(54)对准夹具库的空位插入; b. 主轴反时针转动,夹具库非圆形的孔使夹头螺帽不能转动,因而把螺帽连同弹簧夹头拧出并脱卸在夹具库中; c. 主轴移动并对准要换的弹簧夹头插入,弹簧(76)使夹头螺帽压在夹头体的螺纹上; d. 主轴顺时针转动,使不能转动的夹头螺帽旋入夹头体的外螺纹,直至拧紧力矩达到定值后主轴停止; e. 主轴抽出。更换弹簧胀套(65)的过程与此相似。

图4是一种用于加工中心的卡盘自动交换系统。这种加工中心的主轴(01)铅垂向下安装,并能相对机架在X, Y, Z三个方向移动。在其左右墙(80)(81)的中部开有窗孔(84),一条传送带(94)从窗孔和前后构架(82), (83)之间的空间穿过,该空间位于主轴移动的范围之内,所以主轴利用其卡盘(20)可以从传送带上直接抓取毛坯(85),或把加工好的工件卸到传送带上送出。传送带可以是链式,或辊式。链式传送带由链成一串的多个托盘(86)构成,每个托盘中心有通孔,两端由销轴(87)和链板(88)与其它托盘相连。托盘通过其底部的滑块或滚轮在底座(89)上滑动。整个传送带的运动由大链轮(140)驱动。托盘上可安放卡盘,或工件,或毛坯,或备换刀具和砂轮,或能为主轴抓取的其它装置。

在传送带上部,还装有一个卡盘交换手,它由卡盘架(90), 夹爪(91), 回转机构(92)所构成,夹爪(91)用于夹紧或放开卡盘,回转机构(92)用于把卡盘架准确地翻转180度。油缸(93)用于驱动夹爪。

在传送带下部,正对卡盘交换手所夹卡盘的中心,还装有一个卡盘爪

夹紧驱动机构，它有一个可以升降的驱动轴(95)，该轴由马达(96)驱动回转，由油缸(97)推动升降。驱动轴(95)上端有一个由弹簧推出的离合齿圈(98)，可以和卡盘后部的卡爪驱动机构内齿圈(26)或(40)结合以驱动卡爪夹紧或松开工件。

该驱动轴(95)的另一个作用，是把卡盘从传送带的托盘上顶起，推入卡盘交换手卡盘架(90)的定位面中，或把卡盘架中的卡盘接下，放到传送带托盘上。

在后构架(83)上部，还装有一个卡盘暂存架(99)，用于存放暂时不用的卡盘。

在工件一端已加工好，需要加工第二段时，工件主轴先把工件卸放到被卡盘交换手夹紧的第二卡盘上，再用驱动轴(95)驱动第二卡盘把工件夹紧，然后驱动轴降下，卡盘交换手把第二卡盘翻转180度，工件主轴把第一卡盘临时卸到暂存架(99)上，然后工件主轴对准并抓取第二卡盘，开始工件第二端的加工。

通过卡盘交换手和可升降的驱动轴(95)，工件主轴可以方便地把不用的卡盘面朝下地放到传送带托盘上，或把传送带上的任意一个卡盘装到工件主轴上。卡盘面朝下放置不管装夹有什么样的工件都能保证稳定，又能防止灰尘落在卡盘定位面上而影响定位精度，而且便于操作者对复杂工件进行人工辅助装夹。

对于一般形状的工件或毛坯，工件主轴利用其动力卡盘，可以直接从传送带上拾取，或把加工好的工件直接放到传送带上送出。

图5A是另一种卡盘交换手，它的回转机构(92)装在卡盘架的一侧，卡盘架(90)上有按120度安置的三个夹爪(101)和(102)，中夹爪(101)由油缸(103)直接驱动，左右夹爪(102)经销轴(104)与拉杆(105)连接，(105)通过杠杆(106)与中夹爪(101)联动，从而实现同步动作。拉杆(105)移动时，(102)与卡盘架(90)的斜面作用，而产生绕轴(104)的摆动，扩大了(102)的活动范围，既保证三爪同时夹紧卡盘，又保证本机构回转时左右夹爪不接触卡盘体。用偏心的销轴(107)可调整所夹卡盘的中心位置。这种卡盘交换手可直接从传送带上夹取卡盘，不须借助驱动轴把卡盘顶起。

图5B说明工件主轴直接从传送带拾取毛坯的情形。

图5C说明工件主轴把已加工好一端的工件卸放到第二卡盘上，驱动轴(95)升起驱动卡盘把工件夹紧。

图5D说明如工件第二端的加工必须以加工好的圆孔，或锥孔，或花键孔等定位夹紧才能进行，可以先在第二卡盘上加工带螺纹端的专用定位心轴

(108), 然后主轴把第二卡盘脱卸在卡盘交换手上, 再抓取第一卡盘并拾取工件毛坯进行加工, 等工件定位孔加工好后就可把它装到已翻转180度的第二卡盘的专用心轴上, 再用空的第一卡盘或换用卡盘状机械手(109)夹取螺帽(110)把工件拧紧在心轴上, 最后主轴再换取装夹有工件的第二卡盘进行加工。

图5E 说明工件主轴即将抓取已翻转180度的夹有半成品工件的第二卡盘。

图5F 说明传送带可以用自动运料车(111)代替。这将使加工中心有更高的柔性。

除了用于工件主轴铅垂向下的加工中心以外, 上述的卡盘自动交换系统也可用于工件主轴水平的机床或加工中心。

图6 说明了一种用于工件主轴水平的机床或加工中心的卡盘自动交换系统, 图6A中, 工件主轴(01)水平布置, 主轴箱可相对卡盘交换手沿Z轴运动, 卡盘交换手水平时可直接从传送带(94)上夹取卡盘, 它回转90度后, 利用主轴箱的Z向相对运动, 主轴(01)可以抓取卡盘。

图6B中, 自动运料车(112)代替了传送带, 卡盘交换手上除有回转机构(92)外, 还增加了一个回转轴对Z轴平行的回转机构(113), 当卡盘交换机构从运料车上夹取卡盘, 并回转90度后, 回转机构(113)使卡盘向前摆动到与主轴轴线重合的位置, 再通过卡盘交换手相对工件主轴沿Z轴的移动, 工件主轴就可抓取卡盘。卡盘交换手也可直接装在运料车(112)上, 这样卡盘交换手沿Z轴的移动可利用运料车的行走实现。运料车借助固定在机床一侧的导向装置(114)引入交换卡盘的准确位置, 并沿(114)作Z向的移动。

图7 说明了一种用于工件主轴铅垂向上的机床或加工中心的卡盘自动交换系统, 图7A中, (01)是铅垂向上的工件主轴, 卡盘交换手的回转机构(92)的轴线对Z轴平行, 并增加一个升降机构(115)。当卡盘交换手从运料车(112)上夹起卡盘后, 利用(115)向上升起, 再利用(92)回转到卡盘与工件主轴轴线重合的位置然后把卡盘向下降落到工件主轴端面, 让其抓紧。运料车靠导向装置(114)引入交换卡盘的定位位置。

图7B中, 卡盘交换手上带有两付卡盘架及夹爪, 因此可一次完成卡盘的卸和装的过程。

图8, 9 说明了带有自动卡盘交换系统的一种集成加工中心整体布局, 图中左右墙(80)(81)由前后构件(82), (83)连成一个整体, 左右机架顶部各铺设一条X向滚珠导轨(116)(117), 并装有滚珠丝杠(118)(119), 两个滚珠丝杠由轴(120)联动, 由X轴伺服机构(121)同步驱动。横梁(122)两端底部

固定有滚珠滑块(123)(124)及滚珠螺母,因此横梁(122)能在X向滚珠导轨上滑动并受滚珠丝杠及X轴伺服电机控制。横梁顶部装有Y向导轨(125)(126),滚珠丝杠(127)和Y轴伺服电机(128),滑块(129)以其底部的滚珠滑块(130)(131)在导轨(125)(126)上沿Y向滑动并受Y轴伺服电机(128)及其滚珠丝杠(127)控制。

(100)是主轴箱,其中装有工件主轴(01),其外部对轴线平行地装有Z向滚珠导轨(132)(133),滚珠丝杠(134)和Z轴伺服电机(135),滚珠滑块(136)(137)铅垂地固定在滑块(129)的前面,因而主轴箱(01)能沿Z轴上下滑动并受Z轴伺服电机及滚珠丝杠(134)的控制。(138)是平衡油缸,用于平衡主轴箱组件的重力。上述X, Y, Z向导轨副也可用滑动导轨或静压导轨。

平行于X, Y, Z导轨安装有精密直线位移检测器,它们可以是光栅尺,或感应同步器,或磁尺等。但也可以不用直线位移检测器,而用装在滚珠丝杠或伺服电机上的码盘来实现直线位置反馈。

工件主轴由主电机(139)驱动,主电机(139)也可与主轴(01)制成一体,即主轴电机,安装在主轴箱内部。主轴(01)上装有高分辨率的码盘,该码盘和主电机(139)及伺服电路形成一个C轴伺服系统,以实现工件主轴的伺服控制。C轴控制也可不用码盘和主电机,而用一个可以与主轴结合和脱开的分度机构及一个驱动该分度机构的C轴伺服机构来实现工件主轴的C轴伺服控制。

工件主轴下端装有一个卡盘自动抓取装置,用于自动更换卡盘。左右机架的中部设有窗口(84),一条传送带从窗口和前后构件(82), (83)之间的空间穿过,并在机架后部闭合形成一个环路。

在左右墙(80)(81)前部内壁之间,装有一个可回转多轴箱(150),其回转轴A轴对Y轴平行,该可回转多轴箱由A轴伺服机构(151)驱动回转,并由夹紧机构夹紧。在可回转多轴箱的四个棱面上和工具框架的其它部位,装有多种刀具,切削装置和工作装置,如径向固定刀具,轴向固定刀具,旋转刀具,大砂轮磨头,小砂轮磨头,激光加工装置,工件测量装置,插齿装置,伞齿轮刨齿,铣齿装置等,并利用工件主轴相对于工具框架在X, Y轴的移动来实现刀具和加工类型的自动更换。

(152)是轴向固定刀座,主要用于安装内孔车刀,钻头,绞刀,丝攻,板牙,内孔珩磨头,内孔压光刀等,以车床方式加工工件中心孔。它们沿A轴排成一行,每两把刀之间的距离为 $S1 = (D+d)/2 + \delta$, D—工件最大直径, d—相邻刀杆平均直径, δ —工件与相邻刀杆的间隙。X向为径向进刀方向。

除了一般的车削加工外,利用C—X轴插补,可以车削内圆凸轮,利用

C—Z轴插补，可以车削曲线油槽，利用C—X—Z轴插补，可车削内孔锥螺纹，变距螺纹，及铲车板牙。

刀座(152)上还可安装插刀，插削行程，终点位置，切削速度，回程速度均可由Z轴自动控制，利用X轴还可实现回程让刀。除一般的插削加工外，利用Z—X插补，可以插削锥孔键槽或曲线槽，利用C轴分度，可加工花键孔或内齿轮，利用C—X插补，可加工内圆凸轮。

(153)是径向固定刀座，主要用于安装外圆车刀，滚花刀，压光刀，外圆珩磨工具等，以车床方式加工工件外圆或端面。它们沿A轴排成一行，每两把刀具之间的距离为： $S_2=D/2+B+b$ ，B—车刀杆的厚度。X向为径向进刀方向。

除了一般的车削加工外，利用C—Z轴插补，可以车削轴向凸轮，利用C—X轴插补，可以车削径向凸轮，或铲车铣刀，利用C—X—Z轴插补，可车削外锥螺纹，变距螺纹，及铲车丝攻或滚刀。

径向固定刀座(153)高出多轴箱(150)棱面一定距离，并与棱面倾斜一定角度，其目的是：1.减小外圆车削时主轴箱的悬伸量，以提高刚性。2.避免加工时工件和相邻刀具发生干涉。图9B说明了这一目的。

刀座(153)上也可安装刨刀，刨削行程，终点位置，刨削速度，回程速度均可由Z轴自动控制。除一般的刨削加工外，利用C轴分度，可加工花键、齿轮，或任意分度工件，如安装刻线刀可进行圆或直线刻线。利用C—X或X—Y插补，可刨削母线对Z轴平行的任意曲面。利用Z—X—Y或Z—X—C插补，可刨削斜面或曲面；如安装直边齿形刨刀或齿条形梳刀并利用C—Z—Y插补可进行斜齿或人字齿轮的展成法加工。

(154)是旋转刀具主轴，主要用于安装端铣刀，指形铣刀，盘形铣刀，各型钻头，镗刀，绞刀，丝攻等旋转刀具，以钻铣镗床的方式进行加工。它们在多轴箱(150)的三个棱面上各安装一排，共三排12把(或更多)，每两个主轴之间的距离为： $S_3=D+d_1+b$ 。d₁—两个旋转刀具的平均直径。

旋转刀具主轴在每个棱面上靠逆时针方向的边缘安装，目的是使这些刀具从对工件轴线平行转到对工件轴线垂直地进行加工时主轴的悬伸量比较小。

利用A轴伺服系统控制多轴箱(150)的回转角度，所有旋转刀具可以以任意角度对工件进行加工。

所有旋转刀具主轴经传动系统由电机(155)驱动，传动系统中，或电机(155)上，或至少一个旋转刀具主轴上装有一个R轴码盘，用于确定旋转刀具的角位置。码盘的信号送到控制系统可实现旋转刀具与工件主轴(C轴)的比例同步回转，以便安装滚齿刀加工直、斜齿轮，蜗轮，花键轴等。

R轴码盘的信号也可用于控制电机(155)，以实现所有旋转刀具的角度伺服控制，从而便于旋转刀具自动测量和自动刃磨。

1 2把旋转刀具使本加工中心具有一台5坐标5面钻铣加工中心的全部功能，此外，利用第二卡盘及工件主轴自动更换卡盘的功能，本加工中心还能加工第6面；

(156)是大砂轮磨头，砂轮轴的两端可安装两个不同规格的砂轮以适应不同加工的需要。砂轮轴上还可安装砂轮自动平衡装置以实现砂轮自动平衡，提高磨削质量。

除一般外圆磨床，平面磨床的功能以外，利用A，Z，X三轴控制，可以一次快速磨削多个圆柱圆锥面，利用C—X插补，可以磨削外径向凸轮，利用C—Z—Y插补，可以磨削外螺纹，外锥度螺纹，变距螺纹，或铲磨丝攻、滚刀，利用X，Y，Z，C四轴控制，可以以各种角度磨削平面，曲面。用主轴箱下端的砂轮修整器(157)，利用Z—X插补对砂轮进行直线，斜线或曲线修整，从而能磨削更复杂的型面。本加工中心的磨削功能相当于5坐标磨削中心，能在一次装夹中进行高位置精度的5面磨削，如利用第二卡盘装夹已加工端则可完成第六面加工。

(158)是小砂轮磨头，磨头主轴可和马达制成一体，马达可以由电机或液压马达或气压马达驱动。如需要，可在回转多轴箱上其它位置安装多个小砂轮磨头。

除一般内圆磨床的功能外，利用A，Z，X三轴控制可一次磨削同轴的多个圆柱圆锥面，利用C—X插补可以磨削内径向凸轮，利用C—Y—Z插补，可以磨削内螺纹，内锥度螺纹，变距螺纹，或铲磨板牙，利用X，Y，Z，C四轴控制，可以以各种角度磨削孔内或槽内的平面，曲面，以及进行坐标孔的行星磨削和坐标曲线的磨削。

(159)是激光发射头，主要用于激光淬火，也可用于打孔，切割，雕刻，打标等多种用途。激光束由激光器(160)产生，并经反射镜组引到激光发射头聚焦射出。(161)是吸光涂料喷咀，用于对要淬火的工件表面进行预处理以提高对红外激光的吸收率。

更换不同的激光发射头和改变激光束的特性、功率，并利用X，Y，Z，A，C五轴控制，可以在工件任意表面进行淬火、焊接、打孔、切割、雕刻、打标、刻线等多种加工。

低成本的集成加工中心也可采用火焰喷头代替激光发射头。火焰喷头上除有火焰喷嘴外，还带有电子点火装置，燃气和氧气经管路由电磁气阀控制。这样火焰的状态以及点燃，熄灭均可由程序控制。喷头上还装有冷却液喷咀，

以对已加热的表面进行淬火。利用X, Y, Z, A, C五轴控制, 不但可对工件各种型面进行淬火, 还可进行曲线切割、焊接。

图10说明了插齿、刨齿、铣齿装置的结构。

插齿头刀轴(166)经轴承安装在可回转多轴箱(150)的中部, 其一端装得分度蜗轮(167), 与其啮合的蜗杆(169)由S轴伺服机构(165)驱动回转。S轴伺服机构可以由步进电机, 或由带有码盘的伺服电机构成, 码盘可装在蜗轮上, 或蜗杆上, 或电机轴上。插齿刀(168)通过刀柄直接安装在刀轴(166)的装刀孔中。

工作时, 插齿刀和工件的展成运动由S—C轴联动实现。插齿刀相对工件切削运动的终点位置, 切削行程, 切削速度, 回程速度均由Z轴控制。插齿刀相对工件的径向进给和让刀运动由Y轴控制。此外, 利用Y—Z轴插补, 可加工鼓形齿, 可回转多轴箱回转一小角度可加工小锥角锥齿轮, 利用C—Z或S—Z插补, 可加工螺旋齿轮, 利用S—Y—C轴插补, 可以加工非圆齿轮, 加长插齿刀刀杆可加工特宽齿轮。

在刀轴(166)的另一端还可安装第二把插齿刀, 多轴箱回转180度即可实现自动换刀, 从而能在一次装夹中完成不同模数的台阶齿或内外齿面的加工。

与已有插齿机床不同之处在于: 插齿前所有调整工作, 如换刀, 按展成滚比配挂齿轮, 按螺旋角更换插刀轴导轨, 调整切削行程, 切削终点, 切削速度, 对刀等均不必人工操作, 而全由软件控制C, S, Z, Y等轴自动完成。并能在一个工件上进行多个不同齿面的加工。

该插齿头结构十分简单但具有很高的柔性, 其不足之处在于: 因Z, Y轴运动惯量较大, 不宜采用高的切削速度, 因此主要适合于不要求高切削效率的单件多品种齿轮的加工。

(170)是一个伞齿轮刨齿头, 其底座固定在可回转多轴箱(150)上, 摇台(171)通过分度蜗轮、蜗杆副(172)(173)由一个T轴伺服机构(174)驱动回转。左右扇形导轨(175)(176)可绕摇台中心回转一定角度并可固定在摇台上。左右滑块(177)(178)可在扇形导轨中直线滑动。左右刨刀(179)(180)通过各自的刀座(181)(182)装在左右滑块的抬刀机构(183)(184)上。位于摇台中心的偏心轴(185)通过电磁离合器(186)与多轴箱中的动力传动系统连接。当(186)结合时, 偏心轴(185)回转, 其上偏心距可调的偏心销(187)通过连杆(188)使摆盘(189)往复摆动, 摆盘又通过左右拉杆(190)(191)驱动左右滑块(177)(178)并带动左右刨刀作往复相向运动。

工作时, 工件和摇台的同步展成运动及摇台摆动由C—T轴插补联动实现, 工件分齿运动由C轴控制, 工件根锥角由A轴控制, 工件相对刨刀的位置

置可由工件测量传感器(195)及刀具测量传感器(199)测量,并用Z—X轴自动调整,进给切入运动由Z—X轴控制。所有的调整工作均可直接根据齿轮数据和加工方式由软件自动计算并控制各轴伺服系统自动完成。由于取消了传统刨齿机中由多对圆柱和圆锥伞齿轮副构成的传动系统,本刨齿装置将达到较高的精度。齿轮的粗切可以在旋转刀具主轴上安装盘形铣刀预先进行。

本刨齿装置的不足之处在于:左右扇形导轨的安装角,刨刀的终点位置和刨刀行程调整,及刨刀的更换还需要人工操作。

(200)是伞齿轮铣齿头,其底座及摇台分度机构与伞齿轮刨齿头的相同,在摇台(201)上偏心地装有一个转鼓(202),其上偏心地装有铣刀主轴(203),该主轴通过齿轮(204)(205)与鼓轮中心的传动轴(206)联动,传动轴(206)又通过齿轮(207)(208)与轴(209)联动,轴(209)位于摇台中心,并通过电磁离合器(190)与多轴箱内的动力传动系统相联。

与刨齿头类似地,工件和摇台的同步展成运动,摇台摆动,工件分齿运动,进给切入运动,以及工件根锥角的调整,工件相对铣刀盘的位置的调整均可直接根据齿轮数据和加工方式由软件自动计算并控制各轴伺服系统自动完成。

本铣齿装置的缺点是:刀位的调整,即转鼓(202)的回转,以及刀盘的更换还需要人工进行操作。

在旋转刀具主轴上还可安装剃齿刀或珩齿轮进行齿轮的剃齿或珩磨加工。剃齿或珩磨时,刀具对工件轴线的倾角由A轴控制,用工件主轴的回转实现切削,由工件的Z向往复运动实现轴向进给,控制Y轴实现径向进给,利用Z—Y轴联动可实现鼓形齿加工,Z—X轴联动,使工件有一个沿刀具轴线的斜向附加移动,可使剃刀齿或珩轮全宽磨损均匀。

(195)是工件测量头,由于安装在可回转多轴箱上,可以以不同的角度对工件进行测量,测量头垂直时可测量工件内孔或偏心的轴向孔,测量头水平时可以测量工件外圆及外圆上的沟、槽、孔,测量头倾斜时可以测量工件上的斜面斜孔。采用Y向为测量方向可减少多轴箱的回转误差对测量精度的影响。

另一个工件测量头(196)直接安装在某固定构架上,因此可有较高的测量精度。

工件摄象头(198)可用于检查工件的外形或卡盘、夹具的状况。

装在主轴箱下端的刀具测量头(199)和砂轮修整器(157)在使用时由一个推拉机构推动伸出并夹紧,不用时缩回。

刀具摄象头(197)固定安装在主轴箱下端,它可以用于检查刀刃的磨损

或破损,帮助剃齿刀或珩磨轮与工件进入啮合,帮助齿轮精加工时的对刀,检查砂轮与被磨削表面的距离,根据火花确定砂轮与工件接触等。

主轴箱中还可装一个声波传感器,以便检测刀具或砂轮与工件接触时发出的声波,以确定两者刚接触时的位置,并可在加工中检查切削状况。还可根据声波图谱作出刀具磨损,破损,以及工件与其它物体发生非常碰撞的判断。

传送带上放有备换动力卡盘,无动力卡盘(215),刀具库(212),夹具库(213),以及一个自动刃磨头(217)。

自动刃磨头具有与卡盘相同的接口,可以由工件主轴抓取,它的砂轮除能利用工件主轴的C轴控制绕C轴回转外,还可由一个独立的D轴伺服机构控制绕对C轴及砂轮轴线垂直的轴线回转,从而能以任意角度对固定刀具和旋转刀具进行自动刃磨复刃。砂轮动力和D轴伺服机构的控制信号可取自电流接口。

本加工中心右墙外侧还可安装一个立式自动拉削装置(211)。该自动拉削装置用一个工件移送机构伸入主轴活动区来接受工件毛坯并移到拉削位置进行拉削,或把拉削好的工件送回让工件主轴拾取。该自动拉削装置具有自动拉削循环和拉刀自动更换的功能。其细部结构将另行公开

上述集成加工中心可一次安装较多的刀具并利用工件主轴箱在X、Y方向的移动实现换刀,结构简单,换刀速度也较快,其不足之处是:1,当工件类型改变时往往需要人工更刀具或调整切削装置,因此不适合大量多品种单件工件的全自动加工。2,一次安装的旋转和固定刀具的数量可能不能满足某些特殊工件的要求。3,同样空间中,安装较多的刀具使工件的最大尺寸受到限制。

如在上述集成加工中心上作下列改进:1.加装换刀机械手以进行自动换刀,2.安装刀具和其它工具的刀座,旋转主轴,切削装置等均加装自动装卸刀机构,3.加装备换刀库,4.齿轮切削装置所有调整工作实现自动化,这样成批多品种单件工件的无人加工成为可能。

图11中,机械手(230)通过对Z轴平行的导轨付(231)安装在主轴箱(100)的前侧,并由伺服电机(232)及滚珠丝杠(233)控制上下移动,(234)是夹紧机构,用于消除导轨(231)的间隙,以保证测量或修整砂轮的精度。机械手下端,装有一个工具自动抓取机构,它由抓取元件(235),拉杆(236),碟形弹簧组(237),释放油缸(238)组成,利用该自动抓取机构,本机械 同的工具,如换刀手(239), (241),摄象头(242)等。

与一般抓刀机构不同之处是:拉杆(236)和释放油缸(238)的活塞中心制

有通孔，一个油缸(244)的推杆(245)从中通过，用于控制换刀手(239)的手爪的开合。换刀手(239)带有与其它可换工具相同的接柄(246)，但其中装有予压缩的碟形弹簧(247)，(247)的弹力通过拉杆(248)使左右手爪(249)同步动作夹紧刀柄。而当油缸(244)动作时，油缸推杆(245)把拉杆(248)向下推，压缩弹簧(247)，并使左右手爪同步张开，放开所抓的刀柄。

换刀胀指(243)主要用于抓取那工具，它由柄部(250)，外套(251)，钢球(253)，推杆(252)，弹簧(254)等构成，平时，推杆在弹簧(254)作用下退向上端，钢球缩回外套内，此时胀指(243)能自由出入刀具上的抓刀孔，当油缸(244)动作时，油缸推杆(245)把推杆(252)向下推，使钢球(253)的分布直径变大，并卡入刀具抓刀孔中的凹槽，使胀指紧紧抓住所抓的刀具。外套(251)的截面为矩形或其它非圆形以防止所抓取的工具转动。拧下螺母(255)即可更换不同尺寸和截面的外套。外套(251)及钢球(253)也可用一个弹簧胀套(256)代替，当推杆(248)向下移动时，弹簧胀套(256)将胀开而夹住所抓的工具。

刀具测量头(240)，砂轮修整器(241)和摄象头(242)相当于前述安装在主轴箱下端的刀具测量头(199)，砂轮修整器(157)和摄象头(197)，但可根据需要自动更换不同性能用途的测量头，砂轮修整器和摄象头，因而具有更大的柔性。测量头(240)的测量信号及摄象头(242)的视频信号可通过与机械手(230)之间的电信号插接口，或通过内装的红外或高频发射装置与控制电脑联系。后两者将更简便而可靠。

可由机械手(230)抓取的备用工具尾朝上地放在一个工具库(260)上，为防止备用工具尾部落灰，在平时有一个盖子(261)盖在工具库(260)上，当需要更换工具时，机械手(230)将碰动推杆(262)，此杆通过拨叉(263)和偏心销(264)使盖子(261)绕轴(265)转动而打开。但只要机械手离开，一个弹簧(266)就把盖子(261)重新盖到工具库上。

(267)是测量头校正块，它可固定在工具框架的任意位置，它有5个基准面，可以在X，Y，Z三个方向校正测量头的安装误差和测杆变形引起的误差。对于球形触头，5个基准面是平面，并分别对X，Y，Z轴垂直。对立方形触头，5个基准面是球面。

机械手(230)下端可安一个喷头，以便用高压空气或液体对刀具，多轴箱等进行有重点的冲洗。

备换刀具既可以放置在固定的矩阵刀库(268)上。也可放置在传送带托盘上的小刀库(212)上。后者便于与车间的刀具管理系统发生联系。

图12说明不同的切削装置和工作装置自动装卸机构的构造。

图12A 说明为实现旋转刀具的自动换刀, 安装旋转刀具的刀杆应制有抓刀盘(270)及统一尺寸的锥柄(271)和拉钉(272)。旋转刀具主轴(273)应制有统一尺寸的装刀孔(274)及定位键(275), 并有至少一个旋转刀具主轴中装有自动装卸刀机构, 它由抓取元件(276), 拉杆(277), 碟形弹簧组(278)及释放缸(279)构成, 释放缸(279)是一个气缸, 换刀时压缩空气从油缸推杆中的一个节流孔(280)引出, 并经过拉杆(277)中心孔以便吹净刀具和装刀孔的定位面。图12B 说明如释放缸(279)是油缸, 则需从油缸推杆后端引来压缩空气。

图12C 说明径向和轴向固定刀具的刀座中, 应至少有一个刀座(281)装有自动装卸刀机构, 其结构与旋转刀具主轴的装卸刀机构相同。

某些刀具(282)要求较高的回转定位精度, 为保证这一精度, 在刀座(281)的上端面制有鼠齿盘(283), 要求较高回转精度的刀具(282)的抓刀盘的底面也制有鼠齿盘, 当刀杆被装卸刀机构拉紧时, 一对鼠齿盘紧密啮合, 保证刀具具有高的定位精度和刚性。

刀座(281)的上端面上, 还同时装有定位键(284), 以便安装以键槽定位的普通刀具(285), 这些刀具的柄部与旋转刀具的相同。

因为实现了自动换刀, 部分工作装置如径向固定刀具, 轴向固定刀具, 插齿头等可以安置在人不易接近的机架的固定构件(83)上, 使可回转多轴箱上可安装更多其它工作装置。

图12D. 说明可自动更换的电加工电极(290)装有与刀具相同的可换刀柄(291), 因此可以安装在某个旋转刀具主轴上, 但准备安装电加工电极的主轴(292)的旁边应安装一个电流及工作液接头, 它由绝缘座(293), 带密封圈的工作液接头(294)及电流接触片(295)所构成。刀柄(291)上, 通过绝缘垫(296)装有接盘(297), 电极座(298)及成形电极(290)装在其上, 集流环(299)套在电极座的圆柱表面, 并可绕其回转。电流通过接触从集流环导入电极, 工作液通过孔(300), 环形槽(301)导入工作电极。(302)是密封圈, 用于防止工作液泄漏。(303)是通电源的导线。本电极可用于电火花成形加工, 也可用于电解加工。

本结构的电加工电极可随主轴(292)回转, 因此, 利用对旋转刀具主轴回转角的R轴控制, 可以按需改变成形电极的角度, 实现5轴电加工。

图12E. 说明感应淬火线圈的自动更换机构。感应淬火线圈(316)应装有与可换刀具相同尺寸的刀柄, 其锥柄部制有接触电极(310)和(311), 它们靠绝缘层(312)与刀柄本体(315)绝缘, 并通过导体引到接头(313)和(314)上, 高频线圈(316)即固定在接头(313)(314)上。刀座锥孔内也制有接触电极(317)和(318)它们靠绝缘层(319)与刀座本体(308)绝缘, 并通过导线(320)

与一个变压器接通。当刀柄被抓刀机构拉紧时，刀柄接触电极和刀座接触电极紧密接触，使淬火线圈和变压器次级可靠连通。环槽(321)及(322)通过接头(323)(324)和冷却液泵相通，并通过孔(325)，接头(313)(314)和空心线圈相通，以向工件加热部位喷射冷却液并使线圈得到冷却。

此外，大砂轮磨头的主轴内也应安装自动抓刀机构以实现大砂轮的自动更换，为使机械手能抓取大砂轮，砂轮安装盘上应制有抓刀盘，或制有抓刀孔。

为自动更换小砂轮，小砂轮应装在可换刀柄上，它和可换刀具一样具有锥柄，抓刀盘，拉钉，但尺寸较小。小砂轮磨头的主轴内也装有一个小型的自动装卸刀机构。

为了自动更换激光发射头，以进行不同的激光加工，如打孔，切割，焊接，雕刻，淬火等，激光发射头上应制有与刀具相似的柄部，但该柄部较短，拉钉部较粗，中心制有通孔以便激光束通过。它的安装座中也装有自动装卸机构，但其拉杆及释放油缸的推杆直径较大，其中制有通孔，以便激光束通过。

图13是第二种插齿头的结构图。

插齿头的分度转盘(331)通过轴承(332)(333)安装在壳体(330)中，(331)通过蜗轮(334)蜗杆(335)由S轴伺服机构(336)驱动回转。滑柱(337)下端装有一个可预的滚珠花键套(338)，与分转台中心的滚珠花键(339)啮合，实现圆周方向无隙传动，滑柱(337)上端，与壳体(330)中心的台阶孔及导向套(340)形成一个双向缸，并由密封圈(341)(342)(343)实现上下油腔的封闭。上油腔进油实现工作切削，下油腔进油实现回程，利用上油腔截面积大于下油腔来实现快速回程。滑柱位置由装在后盖(344)中心线上，伸入滑柱孔中的一个Q轴直线位置传感器(345)检测。插齿刀(346)通过可换刀杆(347)固定在滑柱中心锥孔中。刀杆尾部拉钉被滑柱中的一个自动装换刀机构抓住并拉紧，需要换刀时，应把滑柱向后运动到超过工作行程的最终位置使装在后盖(344)中心的一个顶杆(348)顶动拉杆(349)，压缩碟形弹簧(350)，把刀杆(347)顶出并释放。换刀时，接头(356)中通入压缩空气以吹净刀具定位面。

为实现让刀运动，壳体(330)通过偏心地装在壳体上的轴承(351)(352)安装在多轴箱壳体(150)或机架上的某固定构件中，短行程油缸(353)和(354)推动壳体(330)作往复摆动，由于插齿刀轴线对壳体摆动轴线的偏心，形成了插齿刀的让刀运动。让刀幅度可由螺杆(355)调整。油缸(354)也可用弹簧代替。

工作时,插齿刀和工件的展成运动由S—C轴联动实现。插齿刀相对工件切削运动的终点位置,切削行程,切削速度均由滑柱油缸和Q轴位置传感器构成的Q轴液压伺服系统控制。插齿刀相对工件的径向进给由X轴控制。此外,利用X—Q轴插补,可加工鼓形齿;利用C—Q插补或S—Q插补,可加工螺旋齿轮;利用S—X—C轴插补,可以加工非圆齿轮;调整可回转多轴箱的角度,可加工小锥角锥齿轮;利用主轴箱的Z向运动还可加工特长齿轮。

利用滑柱移动到最后端与顶杆(348)的作用,并利用换刀机械手可实现插齿刀的自动换刀,从而能在一次装夹中完成多个不同齿面或内外齿面的加工。

与已有插齿机床不同之处在于:插齿前所有调整工作,如换刀,调整展成滚比,调整插齿螺旋角,调整切削行程,切削终点,切削速度,以及对刀等均不必人工操作,而全由软件控制Q, C, S, X等轴自动完成。并能在一个工件上进行多个不同齿面的加工。

图14, 15, 16是集成加工中心的第二实施例,及其加工状况图。

图中,主轴箱前侧安装了可自动更换工具的机械手(230),机械手夹紧机构(234)。(239)是换刀手爪。(268)是矩阵式刀库。(212)是传送带上的小刀库。(75)是备换夹具库。(260)是备换工具库。

径向刀具座(360)和轴向刀具(361)安装在固定构架(82)上,本实施例没有(但可以配置)自动拉削装置,花键孔或异型孔可用插齿头(330),或装在轴向固定刀座上的插刀(361),或内孔线切割装置(375)来加工。

可回转多轴箱(150)上装有线切割装置自动装卸机构,以便自动安装和更换不同的线切割装置,其中包含有电气接口和工作液接口,以便向线切割装置提供脉冲电流,控制电流和工作液。

(160)是激光器,激光束经镜组引导到可换的激光发射器(373)射出。
(161)是吸光涂料喷枪。

(363)是一个伞齿轮刨齿头,与前述的刨齿头(170)不同之处是:1.刨刀的切削运动起点及行程能自动调节,2.实现了齿角的自动调整,3.实现了自动抬刀,4.实现自动换刀。这样加工中和加工前所有的工作,完全可由电脑控制并完成。使单件直齿伞齿轮的快速自动加工成为可能。有关细节将另行公开。

前述的弧齿伞齿轮铣齿头(200),由于刀位,即转鼓转角的调整,与及刀盘的安装更换还必须人工操作,所以对需两个刀盘切齿的齿轮,不能一次

完成加工,更不能自动完成多个不同齿轮的加工。要实现弧齿伞齿轮加工的完全自动化必须实现刀位的自动调整和刀盘的自动更换。有关细节将另行公开。

图15B.说明利用外圆车刀(360)或刨刀进行车削或刨削的状态。

图15C.说明利用插刀(361)或内孔车刀进行插削或车削的状态。

图15D.说明利用指形旋转刀具(364)进行铣、钻、镗、攻丝加工的状态。

图15E.说明利用盘形旋转刀具(365)进行铣削加工的状态。

图15F.说明利用大砂轮(366)和小砂轮(367)进行外圆或内孔磨削的状态。

图15G.说明利用小砂轮(368)磨削凸轮的加工状态。

图16A.说明利用旋转刀具主轴安装滚齿刀(369)滚削齿轮的状态。

图16B.说明利用插齿头安装插齿刀(346)加工多联齿轮的状态。

图16C.说明利用直齿伞齿轮刨齿头(363)刨削伞齿轮的状态。

图16D.说明利用铣齿刀盘(370)加工弧齿伞齿轮的状态。

图16E.说明利用成型砂轮(371)展成法磨削齿轮的状态。

图16F.说明利用成型砂轮(372)磨削螺纹的状态。

图16G.说明利用反射型激光发射头(373)加工工件内孔,用直射型激光发射头(374)加工工件外表面的状态。

图16H.说明利用感应线圈(316)对工件进行淬火的状态。

图16I.说明利用电加工成形电极(290)对工件型腔进行加工的状态。

图16J.说明利用内孔线切割装置(375)加工工件内孔花键的状态。

图16K.说明利用线切割装置(362)加工工件复杂型面的情况。

图16L.说明利用工件测量头(195)测量工件表面尺寸的情况。

图14, 15实施例的一个变通方案,是用一个独立控制的双手爪换刀机械手代替装在主轴箱上的机械手(230),该换刀机械手由独立的伺服机构控制沿Y轴移动以便为不同的工作装置服务,沿Z轴运动以实现换刀,除非所有工作装制均安装在可回转多轴箱上,并采用平行于可回转多轴箱的链式刀库,否则还需要沿X轴的运动控制,该换刀机械手可在主轴工作的同时执行换刀程序,换刀耗时可减到2秒以下,使装有自动装卸刀机构的旋转刀具主轴和固定刀具座的数量可以减少到每种一个。

上述集成加工中心的左右墙板之间还可对Y轴平行地安装数个可回转多轴箱、固定构架,和传送带以便安装更多的工作装置,和容量更大的工件、卡盘、夹具、工具、刀具输送和存储装置。

也可把上述集成加工中心简化为只安装一种工作装置或少量工作装置的组合，并把几台具有不同工作装置的上述加工中心用传送带或其它卡盘、工件递送机构串连起来而成为一个FMS或CIMS。

图14, 15所示的集成加工中心即为本发明的最佳实施例。

说明书附图

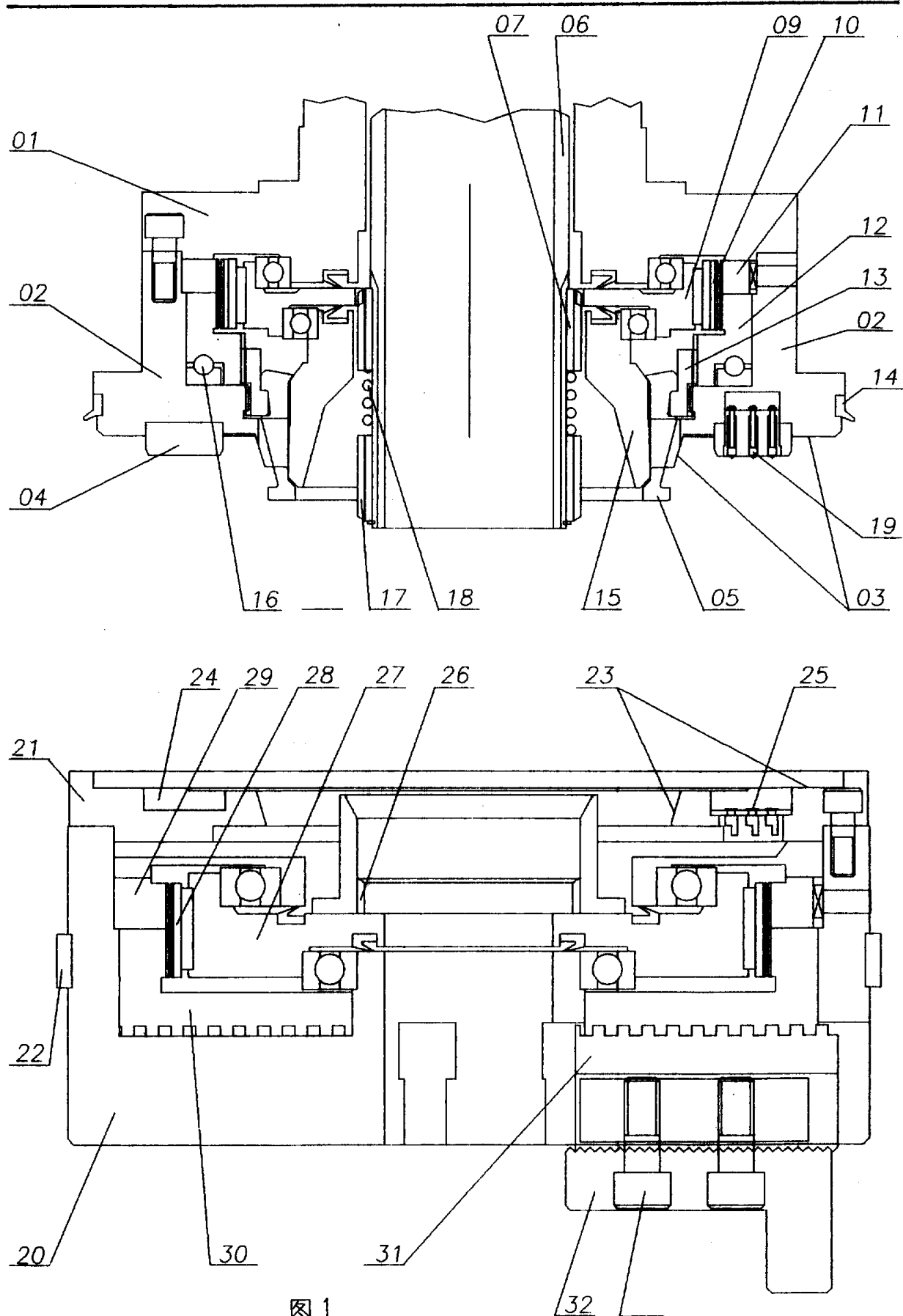


图 1

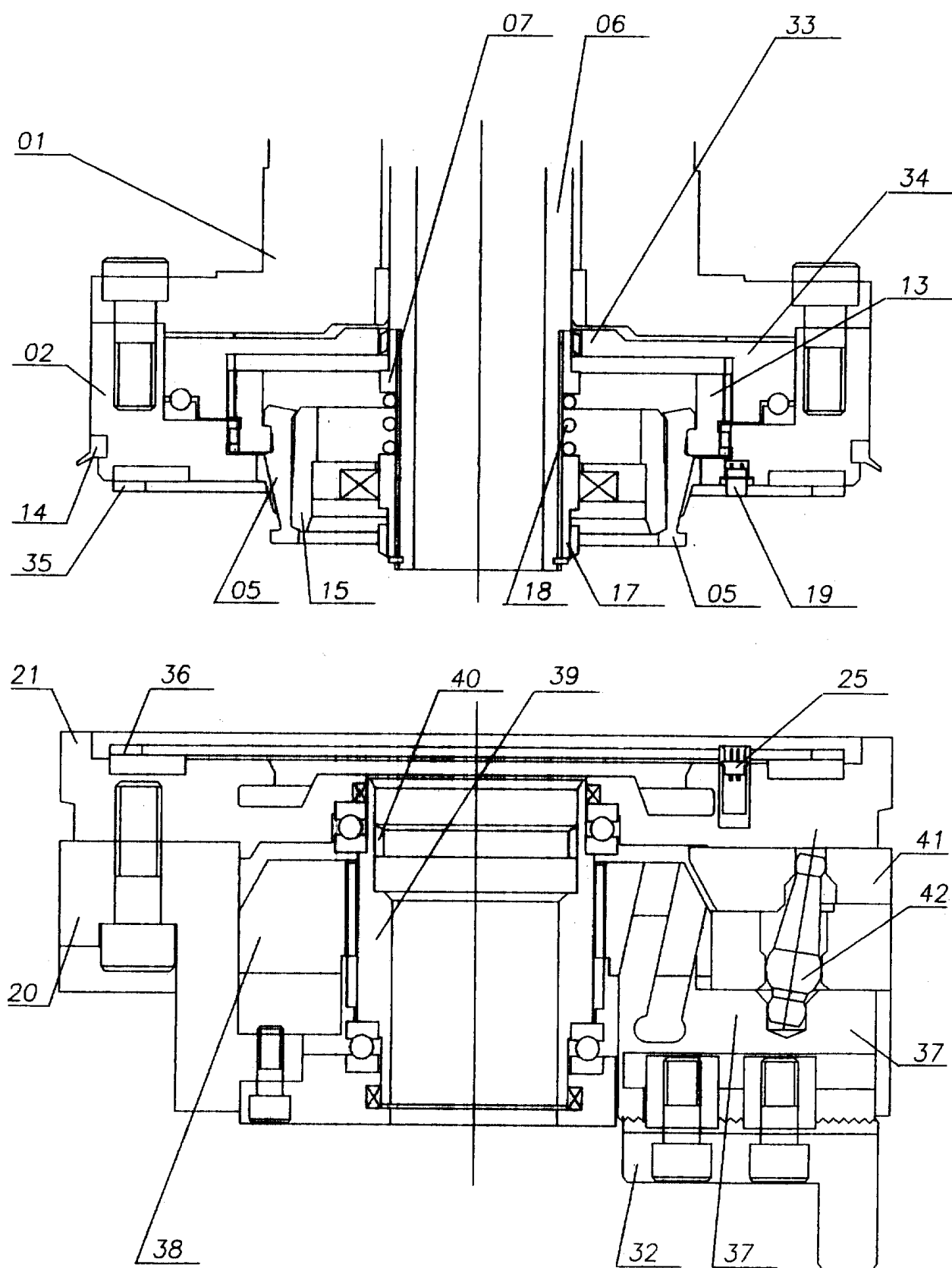


图 2

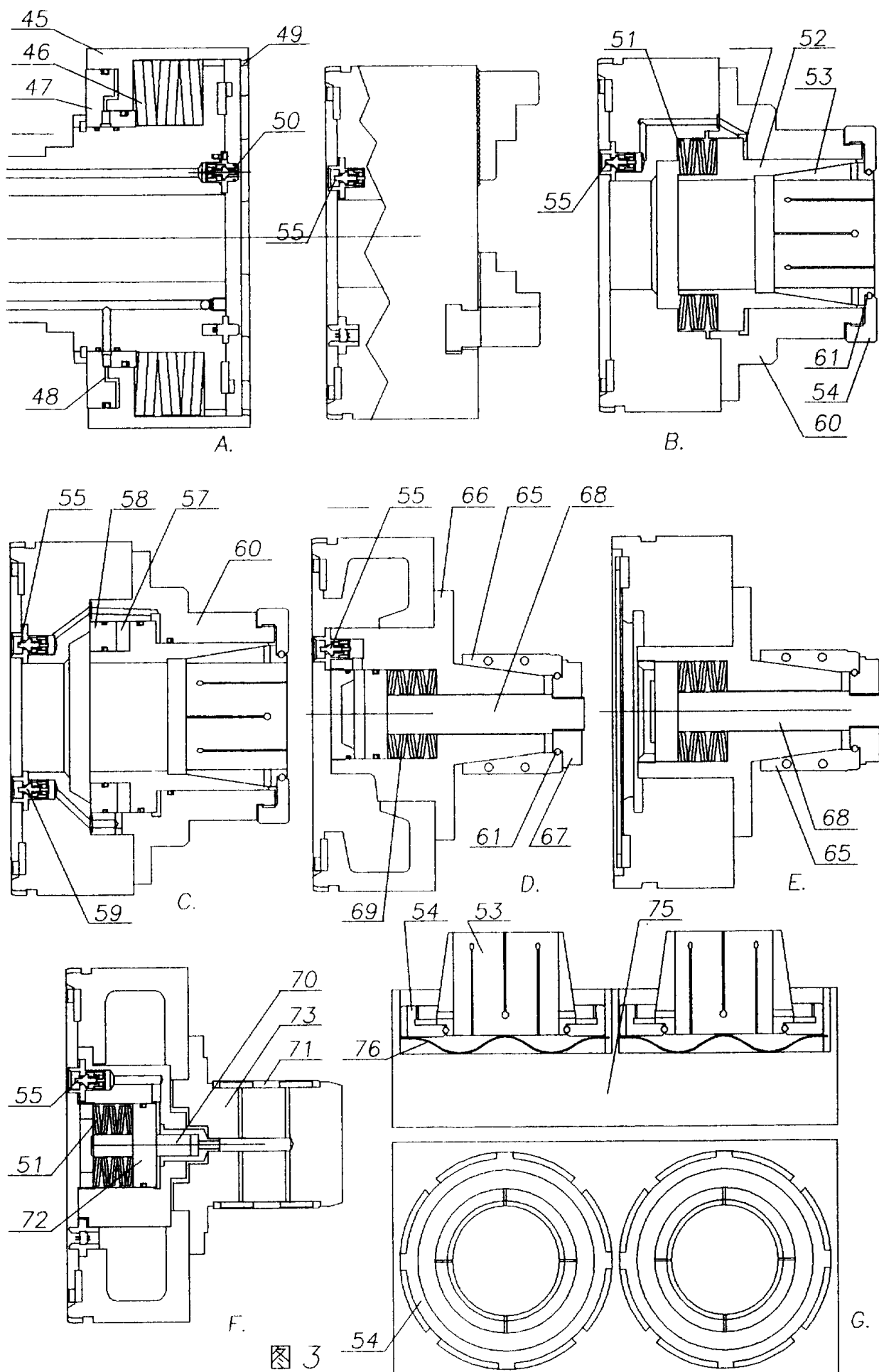


图 3

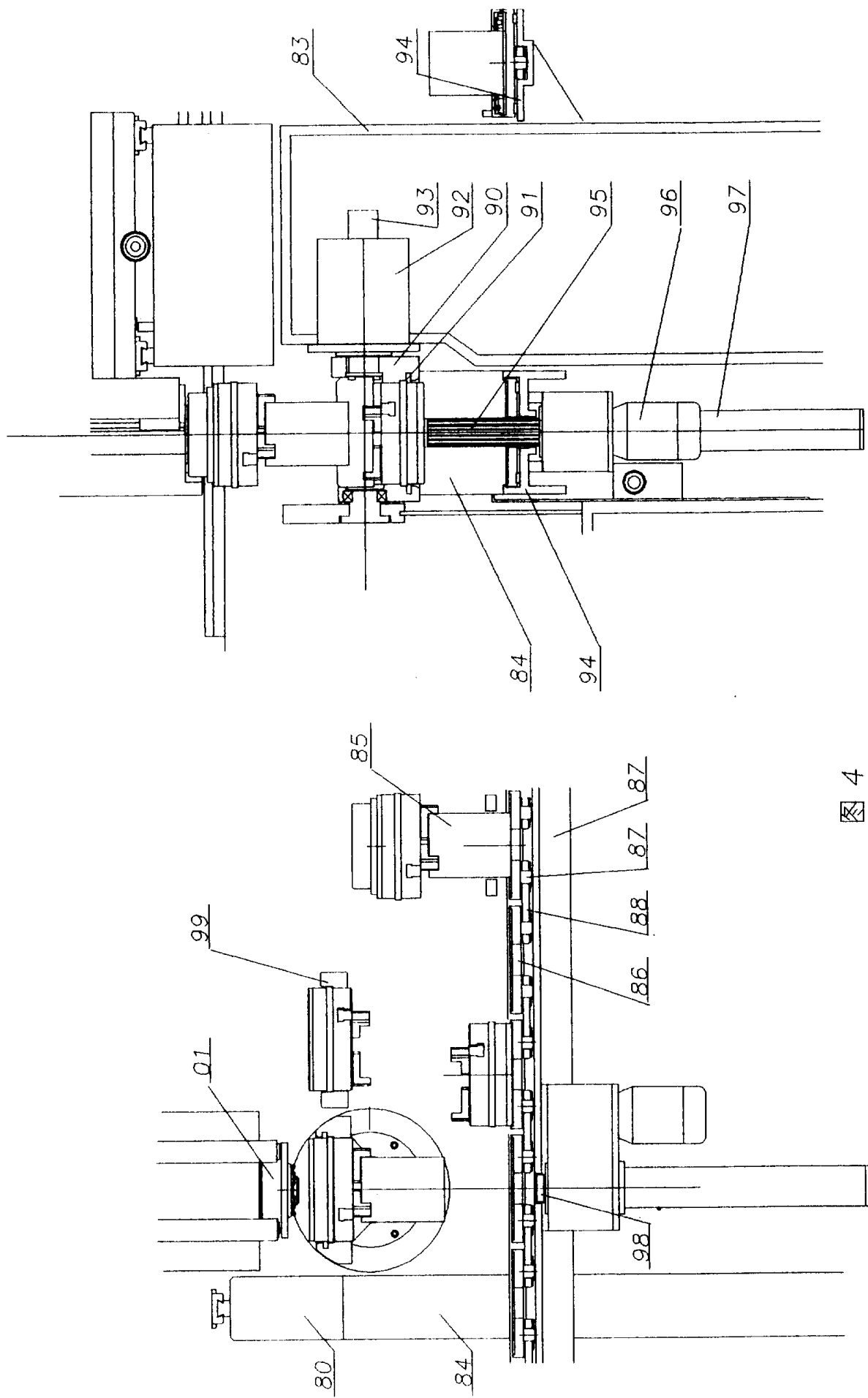


图 4

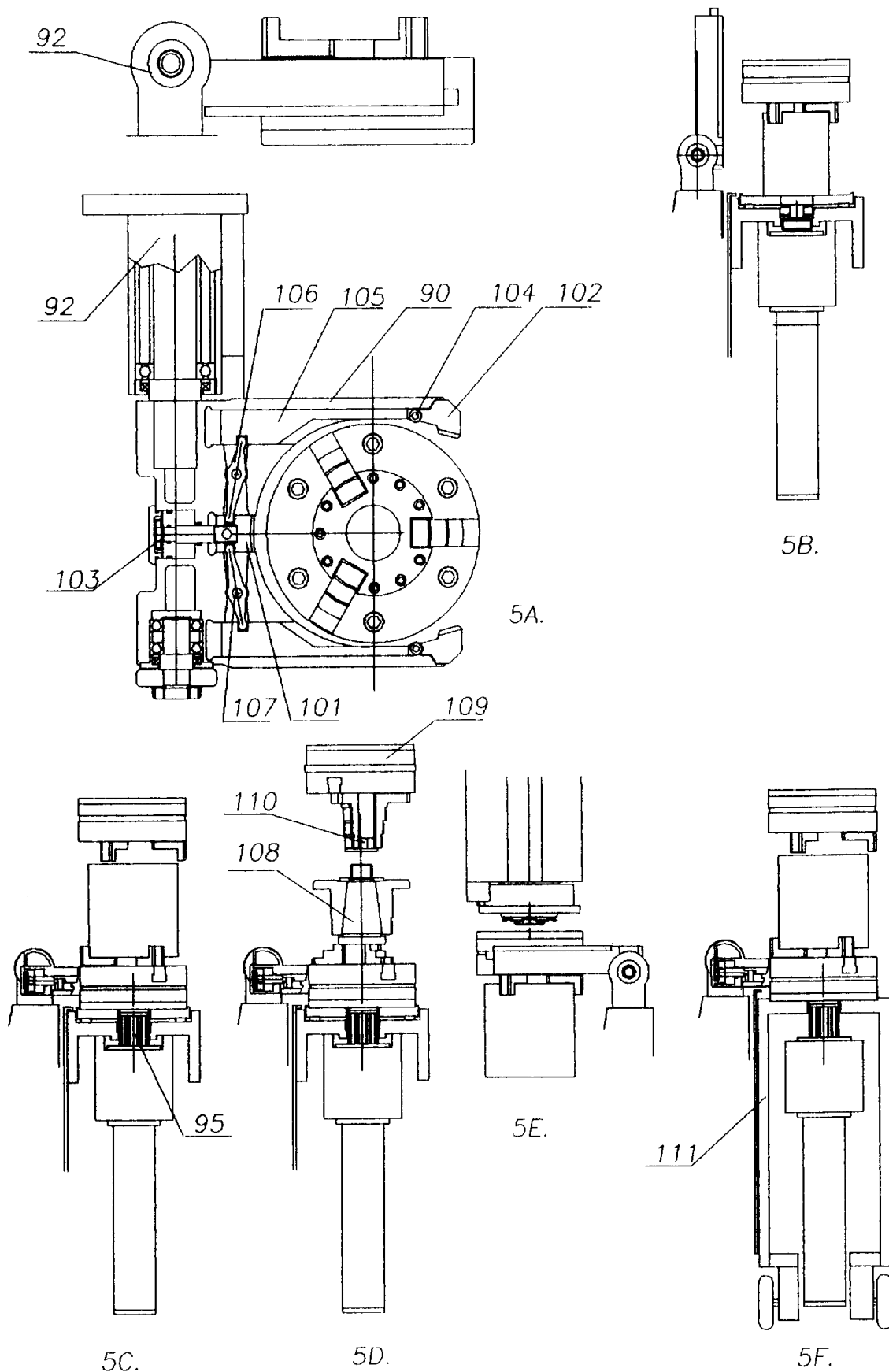


图 5

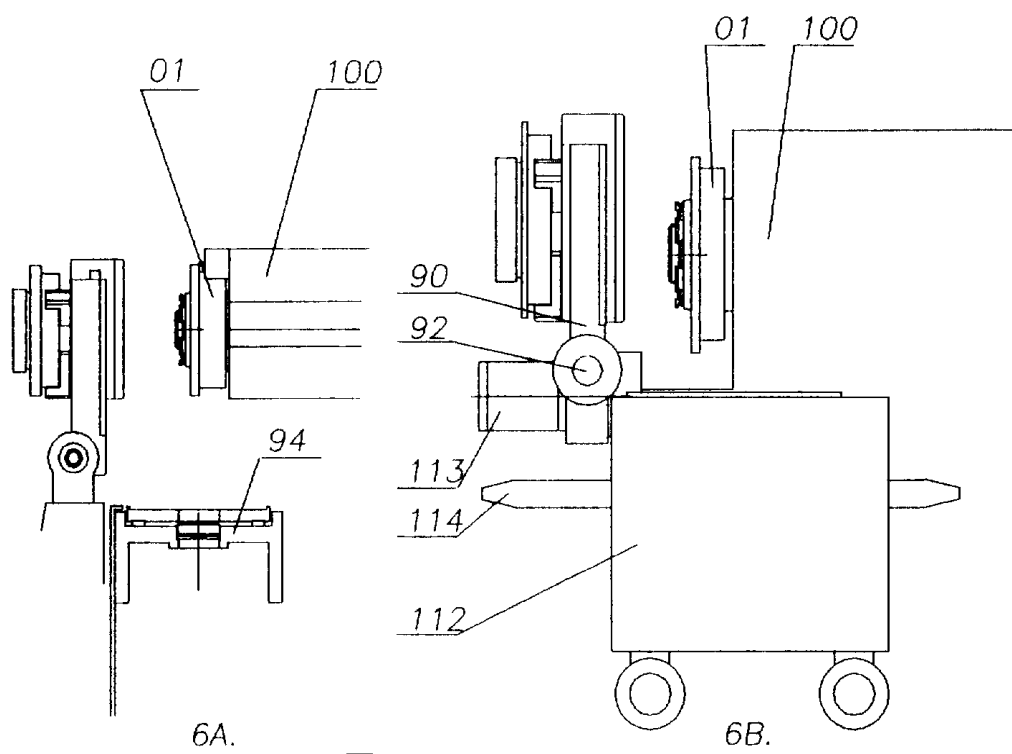


图 6

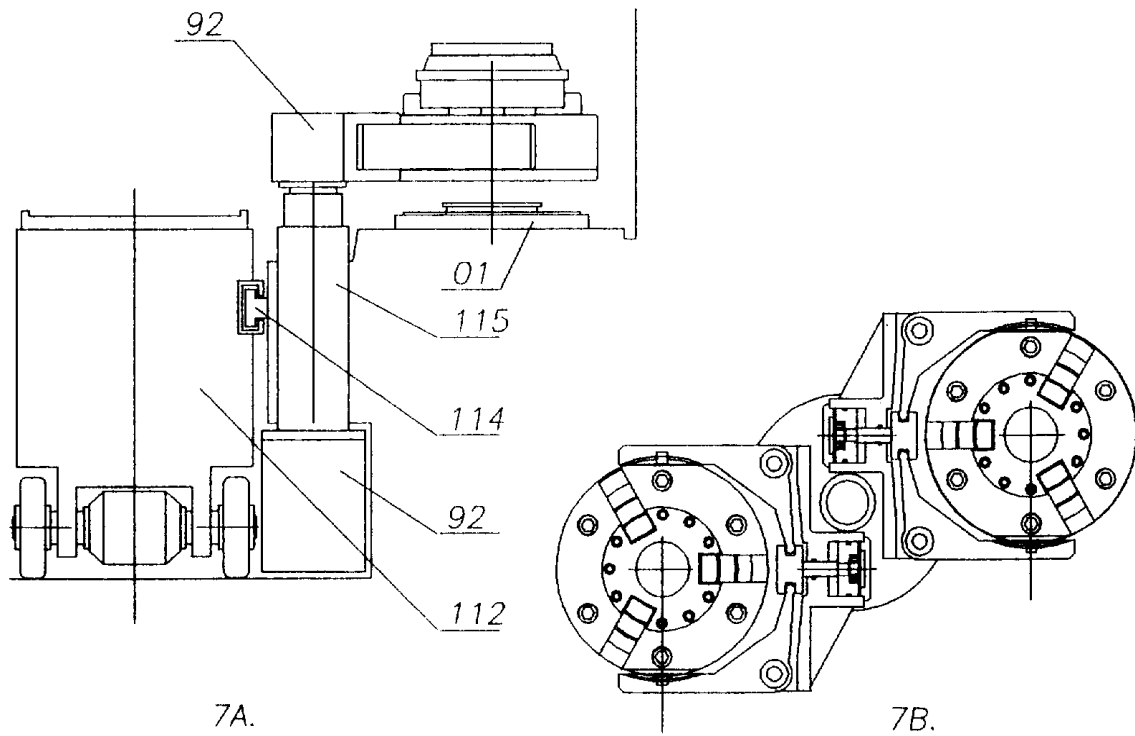
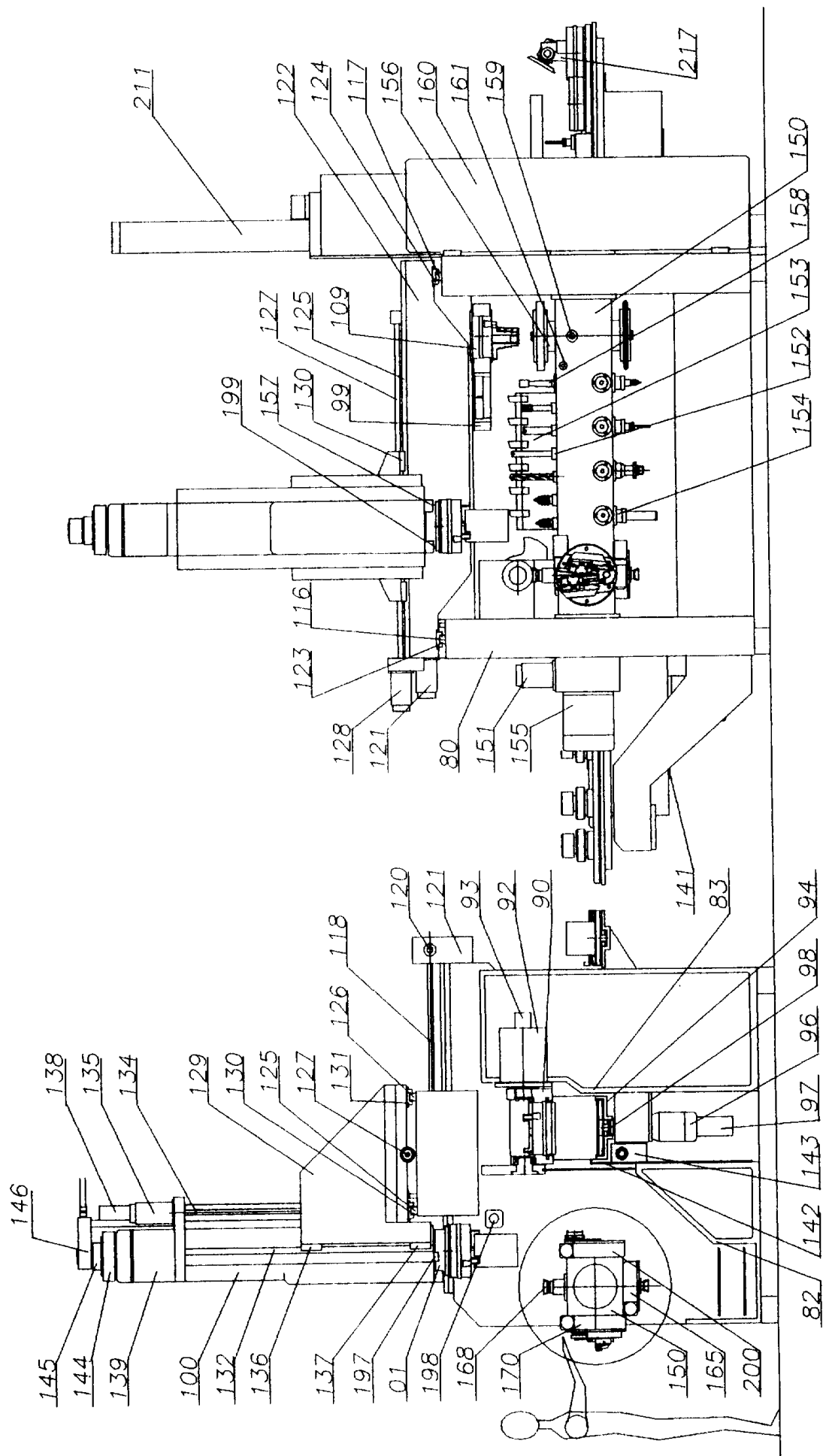


图 7



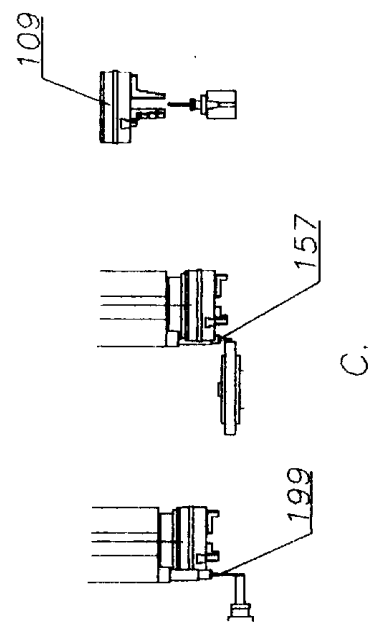
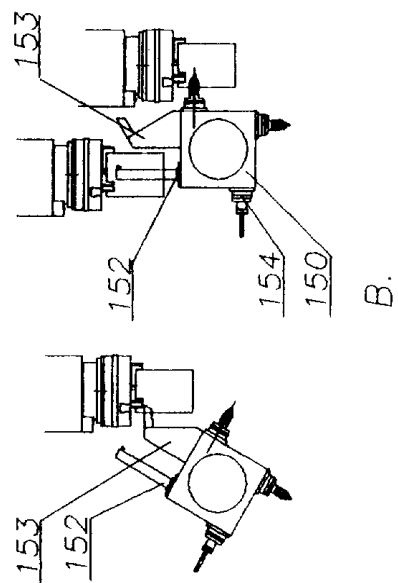
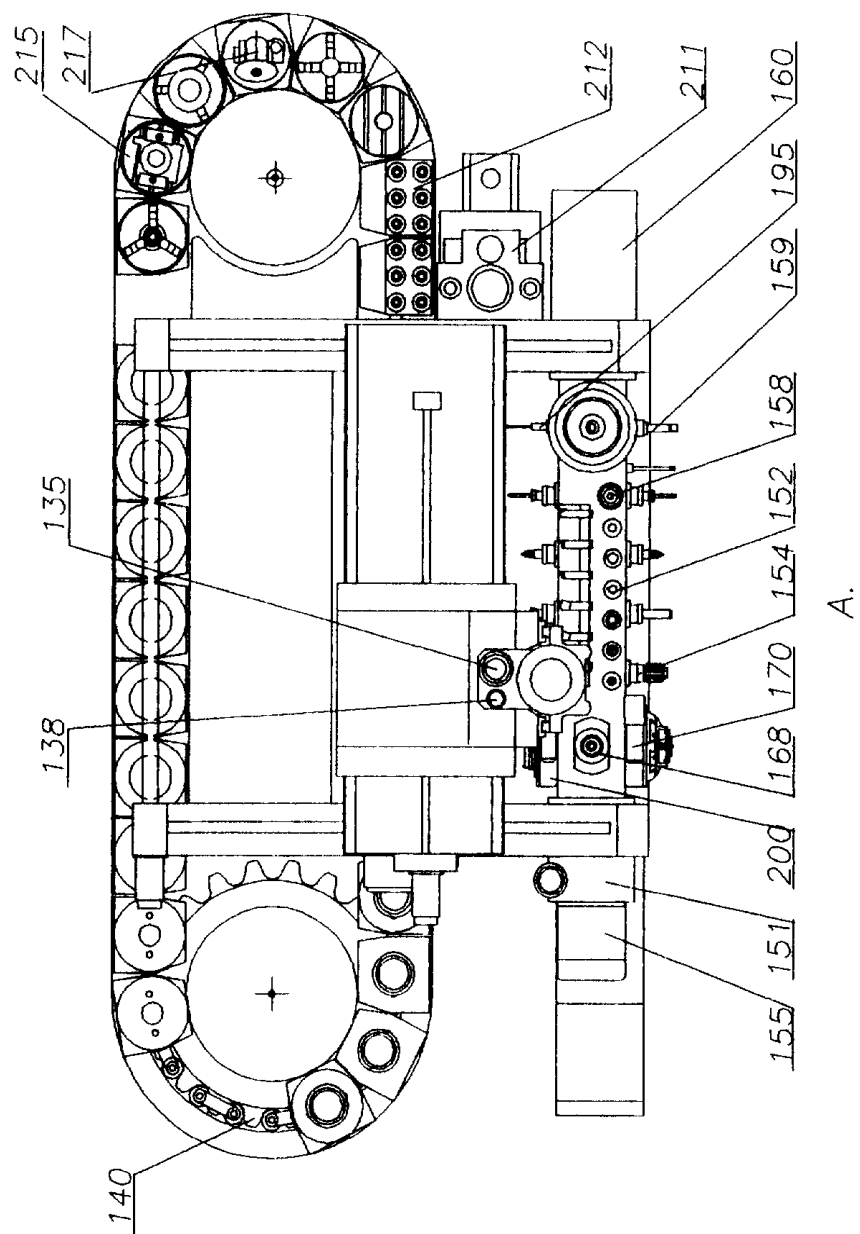


图 9

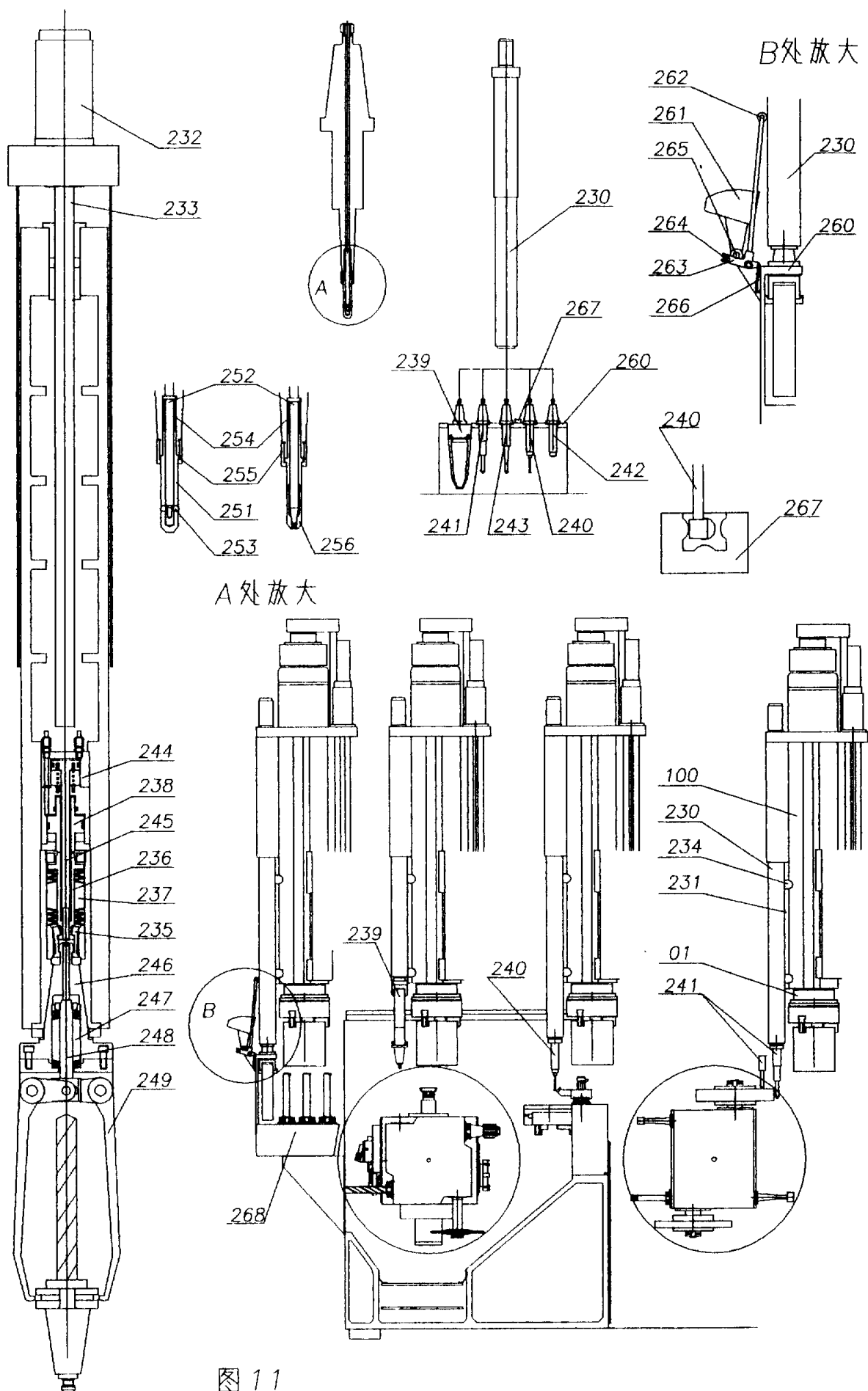


图 11

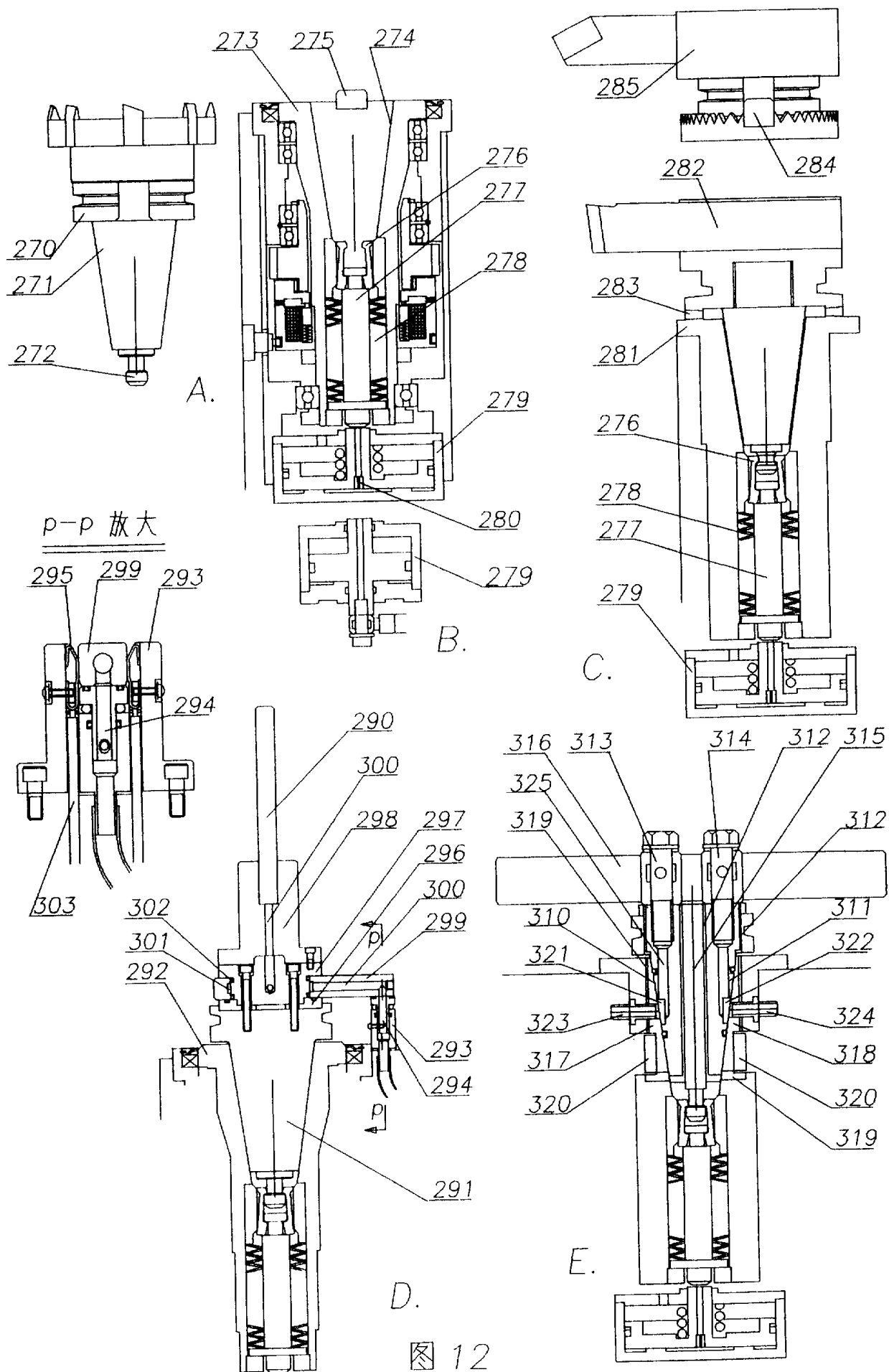


图 12

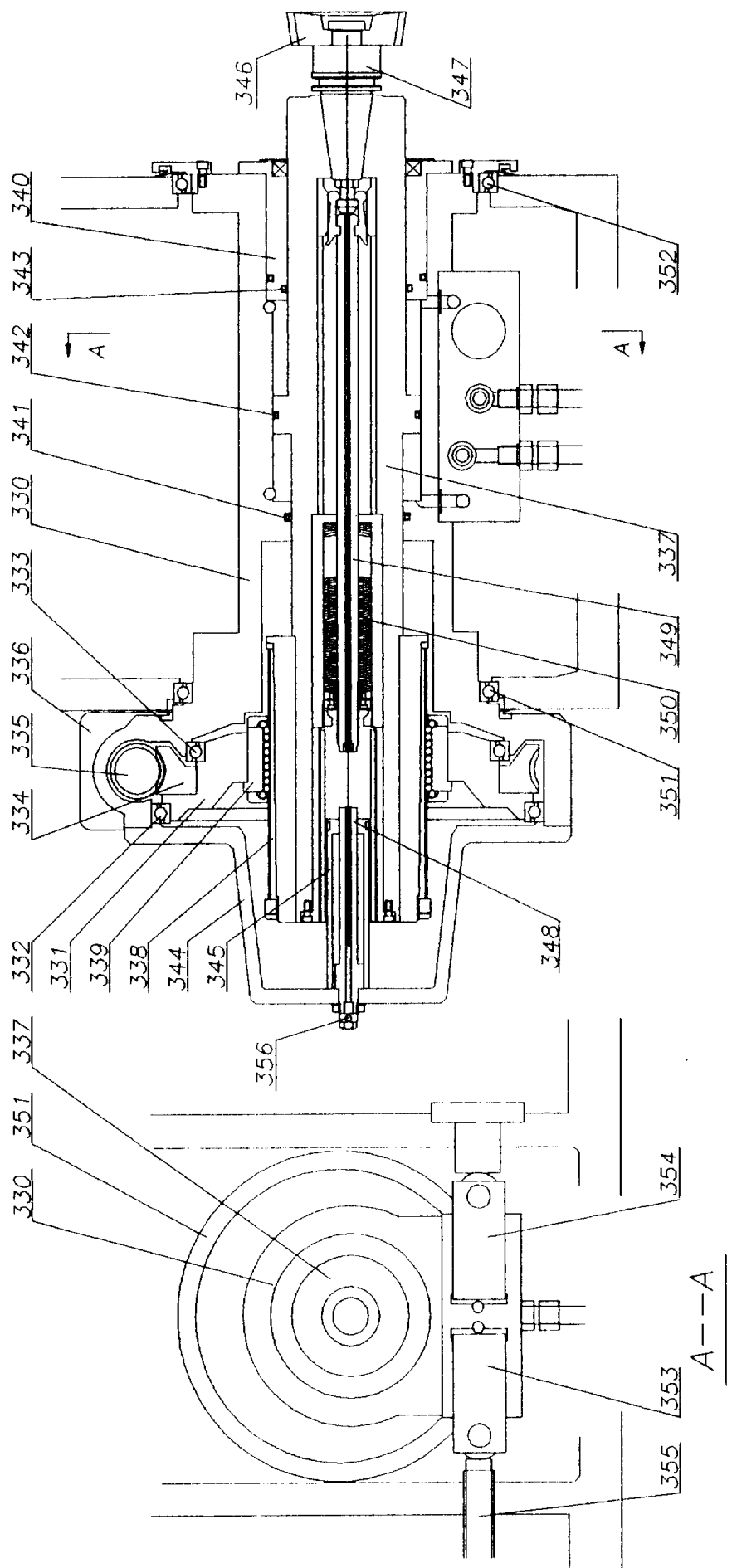


图13

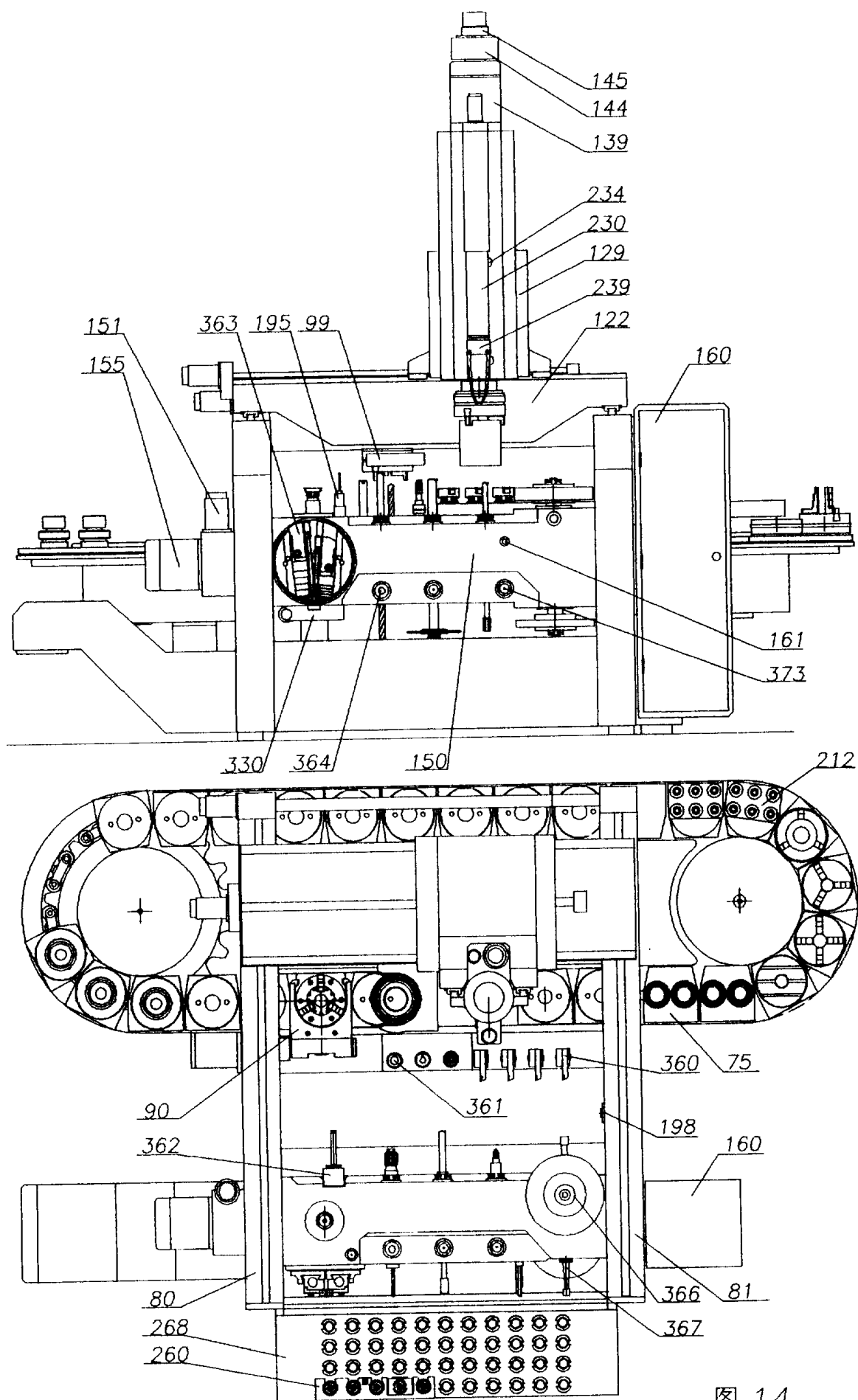


图 14

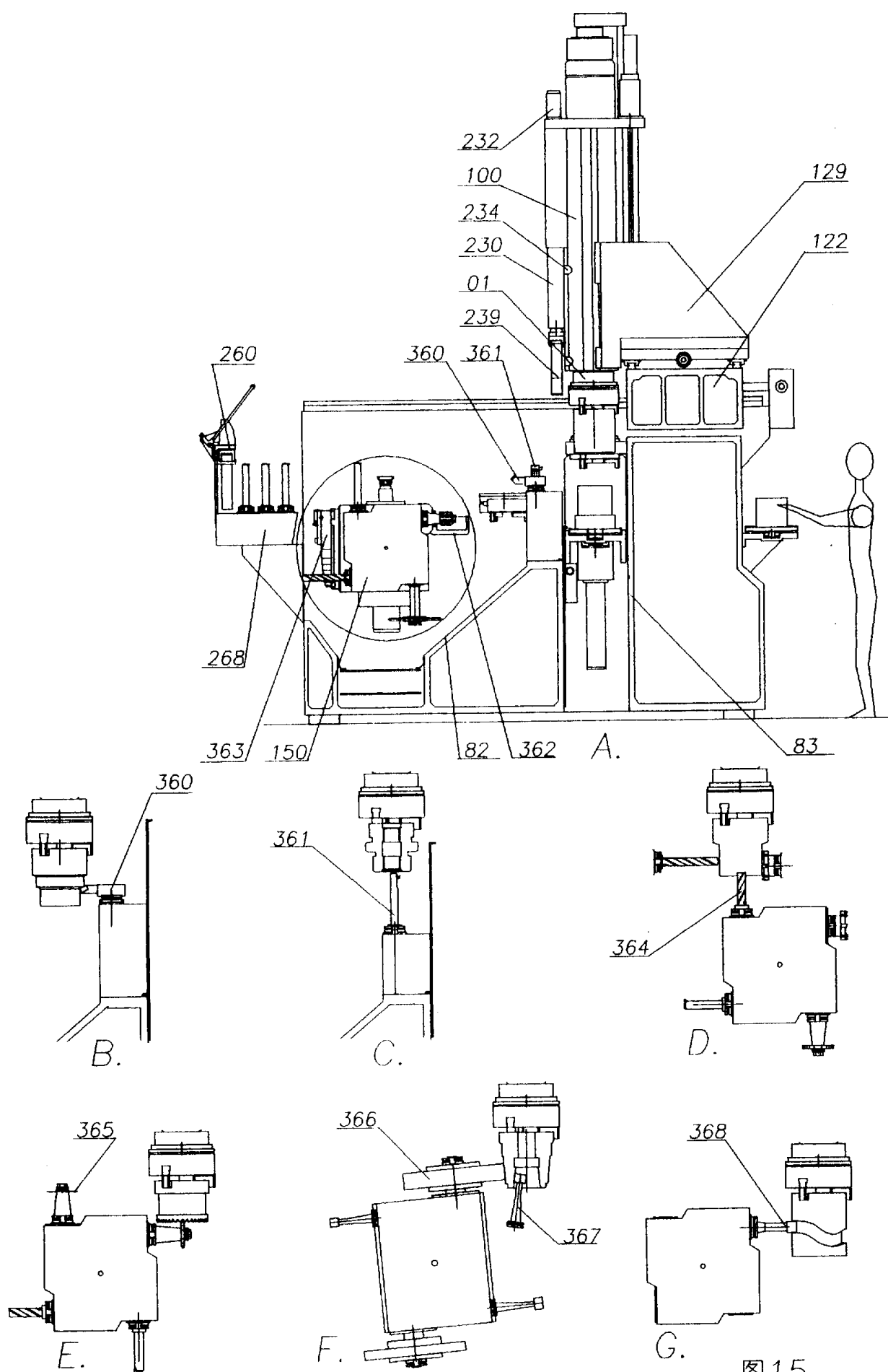
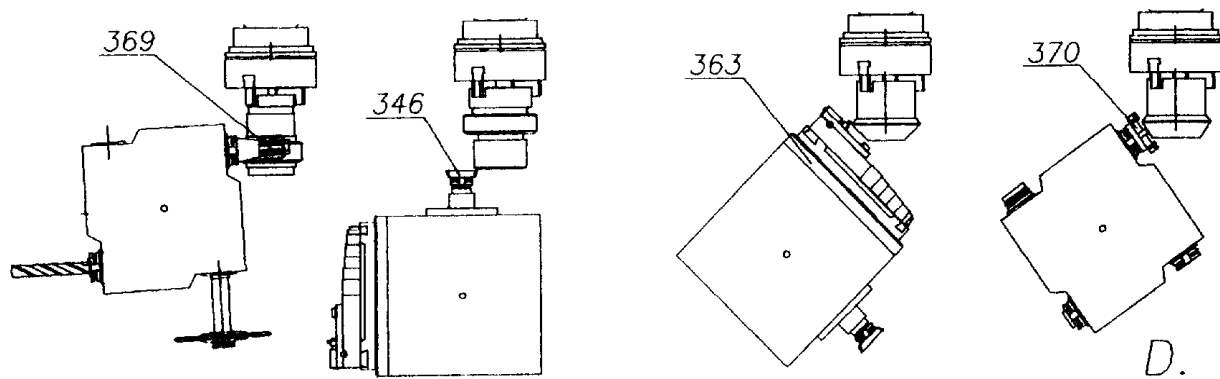


图15

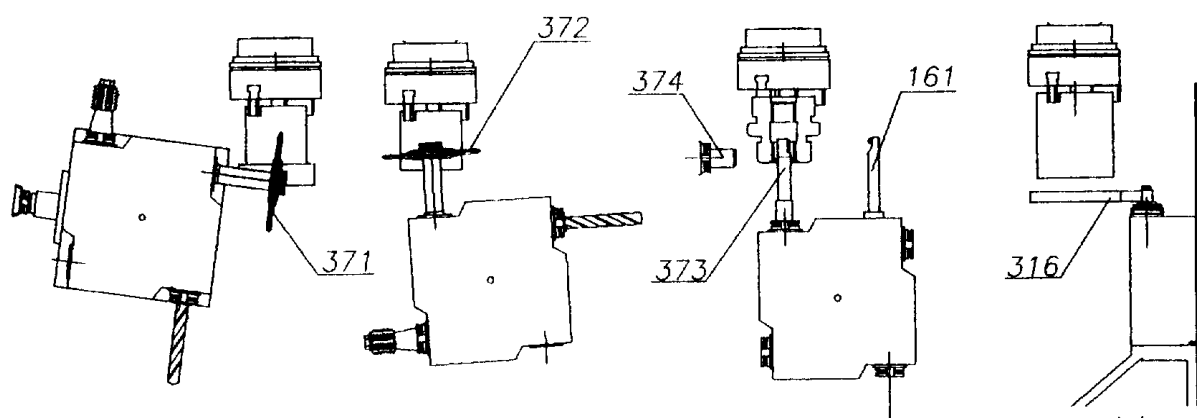


A.

B.

C.

D.

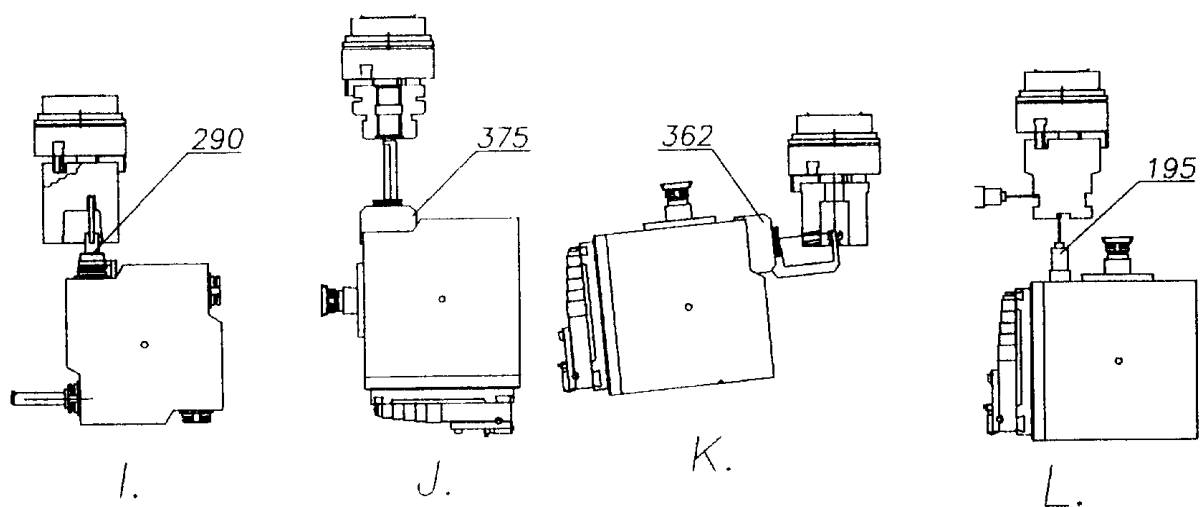


E.

F.

G.

H.



I.

J.

K.

L.

图 16