



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102252639 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 23

(21) 申请号 201110103711. 8

(22) 申请日 2011. 04. 25

(30) 优先权数据

10161096. 2 2010. 04. 26 EP

(71) 申请人 特莎有限公司

地址 瑞士雷伦斯

(72) 发明人 帕斯卡尔·乔迪尔

本杰明·乌里奥德

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限

公司 11127

代理人 李辉 汤俏

(51) Int. Cl.

G01B 21/00 (2006. 01)

G01B 11/00 (2006. 01)

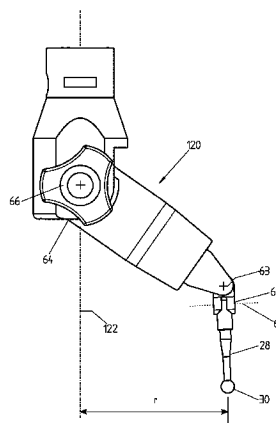
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54) 发明名称

测量系统

(57) 摘要

本发明涉及测量系统。模拟扫描探头 (120) 具有可拆卸地连接到坐标测量系统的可移动支承件的连接器 (40), 所述扫描探头包括: 接触部 (30), 其位于触笔 (28) 的端部, 所述触笔 (28) 根据测量轴 (63) 能够枢转地连接到所述扫描探头; 以及位置编码器, 其传送所述接触部 (30) 围绕所述测量轴 (63) 的倾角的测量值, 其特征在于, 在所述连接器 (40) 和所述测量轴 (63) 之间包括一个关节 (64), 该关节 (64) 用于允许所述扫描探头或其一部分发生倾斜。



1. 一种模拟扫描探头 (120), 该模拟扫描探头 (120) 具有能拆卸地连接到坐标测量系统的能移动的支承件的连接器 (40), 所述扫描探头包括: 接触部 (30), 其位于触笔 (28) 的端部, 所述触笔 (28) 根据测量轴 (63) 能够枢转地连接到所述扫描探头; 以及位置编码器, 其传送所述接触部 (30) 围绕所述测量轴 (63) 的倾斜角的测量值, 所述模拟扫描探头的特征在于, 在所述连接器 (40) 与所述测量轴 (63) 之间包括一个关节 (64), 该关节 (64) 用于允许所述扫描探头或其一部分发生倾斜。

2. 如权利要求 1 所述的模拟扫描探头, 其中, 所述关节 (64) 为能够手动设置的摩擦关节, 其允许操作位置的连续。

3. 如权利要求 1 所述的模拟扫描探头, 该模拟扫描探头还包括安全关节 (62), 该安全关节 (62) 允许当施加在所述接触部 (30) 上的力超过确定的界限时所述触笔 (28) 围绕安全轴发生倾斜。

4. 如前述权利要求所述的模拟扫描探头, 其中, 所述安全轴 (68) 位于不包含所述测量轴 (63) 的平面或者与所述测量轴 (63) 正交的平面。

5. 如权利要求 3 所述的模拟扫描探头, 其中, 所述安全关节 (62) 位于所述测量轴 (63) 和所述接触部 (30) 之间。

6. 如权利要求 3 所述的模拟扫描探头, 其中, 所述测量轴包括如下的摩擦装置: 该摩擦装置使得所述触笔 (28) 能够位于大于所述编码器的测量范围的角度范围内。

7. 如权利要求 1 所述的模拟扫描探头, 该模拟扫描探头还包括用于存储该模拟扫描探头的个体校准数据的存储器。

8. 一种采用坐标测量系统对工件进行扫描的方法, 该方法包括以下步骤:

将模拟扫描探头 (120) 连接到坐标测量系统的能转动的支承件, 所述扫描探头 (120) 包括: 接触部 (30), 其位于触笔 (28) 的端部, 所述触笔 (28) 根据测量轴 (63) 能够枢转地连接到所述扫描探头; 位置编码器, 其传送所述接触部 (30) 围绕所述测量轴 (63) 的倾斜角的测量值; 以及在所述能移动的支承件与所述测量轴 (63) 之间包括的一个关节 (64);

操作所述关节 (64), 以将所述接触部 (30) 定位为与所述能转动的支承件的转动轴相距预定距离 (r),

驱动所述坐标测量系统, 以将所述能移动的支承件与所述工件的特征部分的轴对齐, 并且, 将所述接触部 (30) 与所述工件的表面接触,

通过所述能转动的支承件来转动所述模拟扫描探头 (120), 保持所述接触部 (30) 与所述工件的表面的接触, 并且, 读取所述位置编码器测量到的角度。

9. 如权利要求 8 所述的方法, 该方法包括如下步骤: 在操作所述关节 (64) 的步骤之后, 校准所述模拟扫描探头。

10. 如权利要求 8 所述的方法, 该方法包括如下步骤: 根据所述特征部分的标称尺寸来确定所述接触部到所述能转动的支承件的所述距离。

测量系统

技术领域

[0001] 本发明的实施方式总体上涉及坐标测量机及使用坐标测量机的方法。坐标测量机是用于测量工件表面的点的坐标、沿扫描路径扫描工件表面并且记录沿扫描路径的一系列点的坐标的装置。

背景技术

[0002] 坐标测量机 (CMM) 用于尺寸测量领域并且在该领域是公知的。在很多情况下, CMM 包括: 基准表面, 例如待测量工件可以放置在其上的经校正花岗石平面, 以及可以由线性促动器和编码器的适当组件而精确地定位在三个坐标 XYZ 中的可移动支承件。具有这种结构的 CMM 通常称为“托架式 (gantry)”或“桥式”CMM, 并且例如已在专利申请 EP1975546 和 US5189806 中描述。

[0003] “桥式”CMM 系统主要依赖于线性自由度来按照要求对支承件进行定位, 而其它公知测量系统则采用多个转动自由度来对可移动支承件进行定位。关于这种机器的描述例如可参见 US6354012 和 US5528505。

[0004] 可变朝向的桥式 CMM 系统同样是公知的。这些系统包括能够转动可移动支承件的转动头, 以及例如沿一个、两个或三个正交轴接合到该转动头的坐标探头。这些装置的示例尤其还可以参见 EP1672309。

[0005] 坐标探头可以是简单的接触式触发探头, 其确定接触的时刻, 例如参见 EP1610087 所述。在其它情况下, 特别是采用探头通过连续接触来扫描表面时, 公知采用例如通过 LVDT 或应变 (strain gauge) 传感器确定触笔的偏移量的探头, 并将此偏移发送到控制器, 以在坐标计算中积分。

[0006] 可用于 CMM 的光学探头中的微缩成像数字系统能够像机械测量探头那样移动, 并对准要测量其坐标的点, 而不与材料接触, 从而允许三维坐标测量。可以同样地使用激光坐标探头, 当用扫描激光束照射激光坐标探头时激光坐标探头能够确定测量对象的表面上的点的坐标。

[0007] 现有技术的坐标测量系统在不牺牲扫描精度的前提下限制了所能达到的最大扫描速度。具体地, 高速扫描时, 在快速振荡运动中因重量产生的振动是难以从采样点分离和量化的测量错误源。

[0008] 公知坐标测量系统的另一局限是, 为了测量复杂的工件, 需要对具有不同尺寸和大小的探头进行大量选择。探头的频繁更换使测量变得缓慢并降低了系统效率。长而重的探头也增加了测量误差并且增加了接触点处的扫描速度。

[0009] 通过采用对于沿三个轴的偏移都敏感的复合扫描探头以及能够使探头围绕三个独立轴连续转动的机动转动头, 可以减少探头数量。但是, 这些系统较为昂贵并容易受损。

[0010] 具有一个或更多个转动自由度的坐标测量系统在尤其例如 EP1975546 的现有技术中是公知的, EP1975546 描述了具有一个或多个转动自由度的能够连续转动并能在两个方向上无限转动的 CMM。这种高速转动的扫描系统能够迅速而精确地获得大量表面数据。

遗憾的是,运动学的复杂性和探头的高速增大了测量时(尤其是当工件相对于其标称尺寸呈现出较大公差时)探头或探头支承平台在工件中不可预料的碰撞的风险和后果。

发明内容

[0011] 因此需要提供一种坐标测量系统,其能够以较快的速度以及较少的振动和误差获得工件表面的大量坐标点。还需要提供一种测量探头,其与已知的多轴探头相比成本较低,适用于复杂表面并能在高速转动 CMM 中安全使用。

[0012] 根据本发明,通过所附权利要求的对象来实现这些目标。

附图说明

[0013] 借助对以示例形式给出并由附图示出的实施方式的描述,能够更好地理解本发明,在附图中:

[0014] 图 1 示出了具有线性偏移编码器的接触扫描探头。

[0015] 图 2 示出了图 1 的探头的剖面。

[0016] 图 3 示出了模块化探头的连接器。

[0017] 图 4 示出了模块化扫描探头的摆动形式。

[0018] 图 5 是图 4 的摆动探头的连接器侧的图。

[0019] 图 6 是图 1 和 4 所示的探头的转动配件的剖面。

[0020] 图 7 示出了模块化非接触激光扫描探头。

[0021] 图 8 是图 7 的探头的剖面。

[0022] 图 9 是图 7 所示的连接器的俯视图。

[0023] 图 10 示出了安装在 2 轴肘节(wrist)上的图 1 的线性偏移探头。

[0024] 图 11 示出了位于分度(indexed)2 轴肘节上的图 4 和图 6 的发明装置。

[0025] 图 12 示出了位于分度 2 轴肘节上的图 7 和图 6 的发明装置。

[0026] 图 13 至 15 示出了图 10 至 12 的设置,但其采用线性连续 2-轴肘节。

具体实施方式

[0027] 本发明的一些实施方式涉及位于分度或线性肘节上的感应式线性偏移接触探头 120 的使用。

[0028] 下面参照图 1-3 描述线性感应探头的可能结构。该探头包括一侧的连接器 40 以及细长的主体 25。连接器 40 的功能是保持触针式探头 120 与测量机之间的精确且可重复的空间关系,并且在探头 120 和适用的探头控制器之间发送所需要的信号。探头控制器通常附加到 CMM 控制器,或者在实施方式中也可实现为独立系统。连接器 40 的另一功能是保证到例如偏移检测器的探头的电连接,并向嵌入的用于信号处理以及信息传输和存储的电子装置供电,详见后文所述。

[0029] 探头包括触针端部 30,触针端部 30 位于连接器 40 的相对端,与要测量其坐标的目标表面的点进行接触。触针端部 30 优选包括精确知道其半径的红宝石球体或适当硬质材料的球体。触针端部 30 安装滑杆 60 上,滑杆 60 安装在触笔 25 中,并能沿线性轴(例如与接触探头 120 的总体对称轴对准的轴)滑动。触笔 25 与滑杆 60 之间的间隙优选采用柔性

元件（例如伸缩套 (bellow) 70）密封，以防止微粒或液滴进入。

[0030] 弹性元件 61 用于将滑杆 60 推到完全伸展的位置。扫描期间，CMM 获得或确定在工件表面的扫描路径，并且操作其促动器以使触针端部 30 与扫描路径起点接触，并确定弹簧 61 的预定压缩量。然后操作 CMM 以移动的探头 25，将触针端部保持在扫描路径上。滑杆 60 相对于触笔 25 的线性位移连续地取决于扫描点的坐标，由线性可变差动换能器 (LVDT) 65 感应地读出并通过连接器 40 发送到探头控制器。

[0031] 在本实施方式中，探头不包括有源电子器件。LVDT 换能器 65 通过连接器 40 由适当的传输线（例如通过同轴电缆或双绞线）连接到探头控制器。不存在有源电子器件实现了所需要的简单性和可靠性，但并非必须如此。本发明也可以包括在探头中具有有源电子器件的探头，例如信号调整器，以处理和 / 或放大位置编码器的输出信号和 / 或优选地将其变换为可以发送到远程单元而无信息损耗的数字信号。

[0032] 通常，图 1 至 3 的线性位移探头的测量范围大于 1 毫米，例如为 4 毫米，并且线性化之后的换能器的精度优于 10 微米，例如为 1 微米。优选地，即使探头在触针端部的位移超出测量范围时不能提供高精度，触针端部也能够远远地滑出测量范围而不受损害，从而防止碰撞。触针端部的机械偏移范围优选为明显大于线性范围，例如至少比线性范围大两倍或三倍。

[0033] 根据所有种类的探头，测量范围小于机械范围。例如对于第一探头（图 1），机械范围允许在较大范围内平移换能器，但测量范围受捕捉长度的限制。同样，摆动式探头（图 4）能够在较大的机械范围内移动，但其测量范围只是该范围的一部分。最终光学探头（图 7）提供相同的结果，其对焦在特定范围内，当失焦时，其具有碰撞前的机械范围和特定测量范围。

[0034] 结合这一方面，并且例如与模块化转动配件相结合，由于校准和线性化的损失，得到的测量范围小于物理测量范围。根据此事实，从具有校准校正的装置产生的实际测量范围看起来就像测量范围更小的情况。这种限制像过滤测量范围那样起作用。这种测量范围的改变应当随连接在一起的装置而变化。例如，随着转动振动，我们可以减小一些范围以保证测量中的振动测量值较低。在这种情况下，我们不使用全部范围来确认该事实。

[0035] 模块化装置和模块化探头的组合可以存储于普通的信息存储器中，以用于校准和线性化。

[0036] 根据本发明的一个方面，对探头控制器进行编程，以校正感应式换能器 65 的非线性，并且探头 120 在内部存储用于线性化的个体或组合信息。在优选例中，探头将其自身的个体校准信息（例如编码多项式函数）存储到适当的存储器中。优选采用导线量少的串行总线（例如 Maxim 集成产品公司提供的“1 条导线”串行总线或飞利浦电子公司提供的“I²C”总线），通过连接器 40 将线性化信息从探头传递到探头控制器。另选地，探头的存储器可以不包含线性化数据，而是包含允许为每个探头检索个体线性化信息的捆绑信息，例如探头序列号，探头控制器可以使用该探头序列号作为索引，从而由探头控制器从适当数据库中定位特定校准表和线性化数据。线性化数据或序号的通信也可以是无线的，例如通过 RFID 系统进行通信。

[0037] 为了减少同时通话或以相同方式通话的装置数量，或者为了协调主从通信，系统能够结合来自多个结构的信息并且将模块化装置结合在一起，以减少每次用于计算的累积

或个体校准的复杂性。组合线性化的结果存储在一个装置中；该装置能够存储多于一个的配置，但在同一时间只能使用一个有效配置。

[0038] 图 3 示出了连接器 40 的可能实现。连接器还包括多个定位表面 45，设置这些定位表面 45 是为了保证精确和可重复的探头定位。优选地，定位表面被设置为提供六个独立的接触点（均衡连接）。连接器 40 还包括：在探头和向 CMM 发送扫描信号的可移动支承件之间传输信号和电能电触点 42；以及锁定装置 48。EP1577050 描述了包含类似特征的接触探头的模块化连接器，但是也可采用其它形式的连接器。

[0039] 根据图 4-5 所示的本发明另一实施方式，探头可以采用摆动形式，提供杠杆式探头，其具有：位于摇臂 28 端部并由关节 63 可枢转地接合到摇臂支承件的触球 (feeler sphere) 30；以及用于读出摇臂支承件的角度偏移的感应角度编码器。角度编码器的测量范围对应于触球 30 的允许摆动范围的一部分，优选为大于 1 毫米，例如 4 毫米，或者为 $\pm 10^\circ$ 的角度，并且线性化之后的感应编码器的精度优于 10 微米，例如 1 微米。对于线性变型例，摆动式探头 120 的感应换能器可以用存储在探头本身中的信息来个体校准。优选地，为了碰撞容限，摇臂的最大允许偏移范围远大于角度编码器的测量范围，例如大于测量范围的至少两倍或三倍。在优选实施方式中，测量轴 63 包括摩擦机构，以保证偏移范围远大于角度编码器的测量范围。

[0040] 图 5 示出了这个探头变型例的连接器 40。

[0041] 本发明的该实施方式包括手动操作的关节 64，用于根据测量表面取向来设置探头取向。优选地，探头控制器知道关节的取向角，从而在考虑探头倾斜度的情况下计算探头测量的适当变化。可以由适当的编码器提供关节的角度，或者，探头控制器可以在校准步骤中，通过驱动 CMM 以使得用触针 30 接触参考体，来推断关节的角度。

[0042] 图 4 的结构例如可用于扫描具有转动对称性的内部形状（特别是圆柱形孔），将探头置于体内并使之转动以测量转动期间的变化。探头的转动轴与要测量的形体的轴对齐，但不要求绝对精确。关节 64 进行操作，以将触点 30 定位在与探头的转动轴 122 距离为 r 的位置，该距离对应于孔的半径尺寸或其它必须测量的特征。通过这种方式，本发明的探头测量沿单轴的探头偏移，并且探头支承件仅仅简单转动，就能够提供对内孔的连续扫描测量及。优选地，测量关节 63 也包括允许对触笔 28 进行手动取向的摩擦机构，以使其在设置关节 64 的取向之后明显地平行于转动轴 122。

[0043] 关节 64 优选为允许角位置的连续并且能由按钮 66 锁定或解锁的摩擦关节。在另一可能的变型例中，关节 64 是分度的，可以精确地重复并且知道有限数量的预设角位置。在变型例中，关节被设置成在外部力矩或力的作用下从一个位置切换到另一位置，并且 CMM 可进行操作以将摇臂支承件探头抵靠在适当的工具上，从而按要求设置关节的位置。在通过改变关节 62 和 / 或 63 的倾角而设置距离 r 之后，优选地用已知基准夹具对探头进行重新校准。

[0044] 优选地，探头 120 还包括允许摇臂 28 围绕安全倾斜轴 68 倾斜的安全关节 62。应当理解，安全关节 62 允许围绕与角度编码器感测的转动轴不同的轴倾斜。在示出的本发明的实施方式中，安全倾斜轴与测量轴不平行，并允许摇臂分别在两个不同平面（可能是两个正交平面）中倾斜；安全关节允许在与测量平面正交的方向上倾斜，而角度编码器对于摇臂在测量平面中的倾斜是敏感的。另外或另选的是，分度关节 63 也可作为安全关节。

[0045] 安全关节 62 (优选地, 也可以是测量关节 63) 包括摩擦装置或其它适当保持装置, 以防止正常测量期间发生倾斜, 并且在横向力超出对应于碰撞的预定值时, 允许摇臂 28 或探头 120 的至少一部分倾斜。在变型例中, 可由释放机构提供安全功能, 例如弹性地压入槽内的球体或类似结构。

[0046] 在变型例中, 对触针的线性位移敏感的线性模拟探头 (例如图 1 所示的探头) 还包括安全关节和 / 或分度关节。在这种情况下, 对于各个可能的碰撞矢量, 增强了故障容限。在与图 11 所示的可转动腕部结合使用时, 因为可以容易避免轴向碰撞的情况, 因此两个独立的转动自由度和线性偏移限制足以保护探头。

[0047] 根据图 1-5 示出的上述独立方面, 本发明涉及一种模拟扫描探头, 其沿单轴按线性或角度传送偏移测量, 优选地包括感应式换能器并且在内部存储校准和线性化信息。根据第一方面的模拟扫描探头优选地包括与坐标定位平台交互的模块化连接器。

[0048] 所发明的另一独立方面涉及如图 6 所示的转动模块化配件 50。该附加促动器提供沿如下的轴的自动转动: 该轴优选为不必与测量点的路径交叉, 但与探头的对称轴一致。转动配件 50 允许在将转动部件的惯量保持在最小的同时转动探头。这种转动方案保证了低振动、快速、精确的扫描。

[0049] 该转动模块化配件 50 允许在驱动路径误差较小的情况下横向扫描工件, 并且无需改变整个扫描头相对于扫描表面取向的取向就可以获取工件的测量值作为结果。与现有技术中的公知装置相反, 探头取向能够迅速改变而无需拉动运动中的沉重部件。在本发明中, 转动允许沿着平行于表面的路径移动支承件, 并且选择如下的探头转动路径: 当与本发明一起使用时, 该探头转动路径至少在探头的一段转动中与表面相交, 扫描头碰撞到一些障碍物的风险很小。

[0050] 即使遭遇不可预料的冲击, 本发明的系统也可能不受损伤, 因为在高速运动的转动配件之后的元件惯量很小并且本身也能抗碰撞, 见上文所述。优选地, 沿远离工件表面的平行路径以较低速度驱动系统中的较为沉重的部件 (例如探头支承件), 并且在由任何障碍物带来不希望的接触时这些较为沉重的部件产生问题。独立于系统在扫描前已经知道并且仅仅基于工件的标称尺寸的扫描路径和轨迹, 该系统可以容忍没有微小碰撞而没有实际损伤。

[0051] 根据本发明的一个方面, 能够转动驱动 CMM 和转动模块化配件 50 的轴, 以增加特定关注区域中的测量点的采样密度, 这是预先确定或者按上次测量的函数而自动确定的。例如, 可以想到, 在某些部位中缓慢转动以采集具有给定密度的表面点坐标, 并使探头在其它部位中 (例如在表面的边缘或其它特征部位附近) 快速转动以采集具有更高密度的点的坐标, 或者进行特定测量, 例如对所测量的表面的取向确定。

[0052] 转动配件在其两端具有两个连接器 40、90, 它们能够与 CMM 的可移动支承件上的连接器彼此协作, 并且与扫描探头 120 上的连接器分别协作。通过这种方式, 转动配件 50 能够在需要时插入可移动支承件和探头之间。由电机 58 进行驱动, 转动配件 50 的上端和下端能够借助于轴承 56 彼此相对转动。由适当的角度编码器 52 连续读取转动角。通过连接器 90 的电触点将驱动电机 58 的命令以及编码器 52 的读出结果发送到 CMM。转动配件优选包括数字处理单元 (未示出), 该数字处理单元用于驱动电机 58、测量编码器 52 提供的角度、并与探头控制器通信。

[0053] 图 7 和 8 示出了本发明的系统的变型例,其包括非接触光学扫描探头 160。探头 160 优选地不包含光学有源元件,但其通过光纤 150 连接到探头模块内的光学探头控制器以将信号转化为电信息,或在外部由 CMM 插座通过光纤将光信号传递到控制器。在这种情况下,连接器 40、90 具有光学端口 47、97,用于在探头和光学控制器之间通过单模光纤或多模光纤单向或双向传递光学信号。图 9 示出了上述连接器。在变型例中,光学控制器包括在模块化探头中,并且通过无线方式传递信号。

[0054] 光学探头 160 具有在自由端设置有透镜 300 的细长的触笔。可以包括干涉仪的光学探头控制器用于确定透镜 300 和待测量工件之间的距离。在优选变型例中,透镜 300 用于测量沿着如下的方向的距离:该方法不与探头的轴相齐,但是例如以 90° 角与该轴横切。通过这种方式,能够促动转动配件 50 以沿着路径扫描工件表面。在现有技术中,探头仅用于在聚焦点上工作;而在本发明中,光学探头与部分焦点共同使用。事实上,当焦点位于非聚焦区时,机器采用在聚焦界限两侧的点来确定尺寸。事实上,随着探头的聚焦转动,这些点能够绘出表面的完整图,而无需严格按照理论上与表面对焦的路径。

[0055] 图 6 和图 8 示出了探头和转动配件的剖面。由于螺旋缠绕在电机上方和下方的光纤 151、152 的两个柔性剖面,因此光纤可以容纳电机 52 本身的转动,并且光纤横切于电机轴中的轴向孔。通过这种方式,转动配件 50 能够在两个转动方向上以大于 360° (优选为大于 720°) 的角度转动,而不会中断通过光纤 150 的传输。已经发现,尽管光纤经历了反复和交替的转动,这种设置也能为光纤提供长使用寿命。

[0056] 在此处未示出的变型例中,模块化转动配件能与一个或更多个附加的模块化转动配件相结合,由此,通过以相同方式结合多个转动并以顺序方式结合相反转动,产生具有特殊结果函数(例如正弦函数或其它数学函数)的运动。累计加速度然后用低惯性模块创建某些函数所需的较大加速度是非常有趣的。

[0057] 按照与光学连接器 97 和 47 类似的方式,连接器 90 和 40 通过柔性螺旋导体连接在一起(图中未示出)。在变型例中,转动配件也能围绕其轴线进行无限转动。在这种情况下,由适当的集电环(electric slip ring)和光学重发装置通过气隙、信号转换器或能够避免信号丢失的等效装置,来保证转动部件之间的信号和功率传输。

[0058] 图 10 至 15 示出了本发明的测量系统的各种应用。在图 10 中,线性感应接触探头安装在与 CMM 机的套管 600 连接的转动分度头 250 上。在此构造中,套管 600 能够沿三个独立线性坐标 XYZ 移动,从而利用扫描探头 120 的末端跟随预定的扫描路径。分度头 250 使得可以将探头的取向设置为最适于测量。

[0059] 图 11 示出了摇臂感应式扫描探头,其类似于图 10 地安装在分度头 250 上。转动配件 50 插在探头头部 250 和感应式探头 120 之间。由于转动配件 50 能够连续转动或反向转动,而且测量触针并不限于停留在转动轴上,因此图 11 的系统具有可用于扫描的附加自由度。图 12 示出了具有附加转动自由度的扫描系统,其设置有非接触光学探头 160。分度头 250 的分度转动接头 251、252 允许例如采用轴向(从系统中心轴有或没有微小偏移)或径向光学探头,将探头 160 的取向设置在多个角度位置,在表面附近转动以沿扫描路径检测尺寸变化的能力。本发明允许在聚焦范围内进行扫描,并且当扫描的一部分超出聚焦范围时,也允许基于在失焦范围的两侧获得的点来确定尺寸。这种失焦看起来像机械范围相对于聚焦范围上的测量范围。

[0060] 在图 13-15 的变型例中,扫描探头安装在三轴转动扫描头 350 上,构成如下的扫描系统:其具有六个自由度、针对套筒 600 的运动的三个线性坐标以及沿扫描头 350 的三个独立转动轴 351、352、450 的三个转动。根据需要,扫描探头可以是接触感应式探头 120(如图 13 和 14 所示),或非接触式探头 160(如图 15 所示)。CMM 控制器可将转动轴 351、352 和 450 驱动到任何所希望的角度。在本变型例中,可以增加模块化转动配件以获得更加复杂的转动的扫描路径。它们全都可以容忍大于测量范围的机械范围内的碰撞。到达极限之前的探头的自由运动限定了机械范围,随后出现碰撞的情况。通过本发明,利用这些新的探头,可以容易地避免这些碰撞的情况。

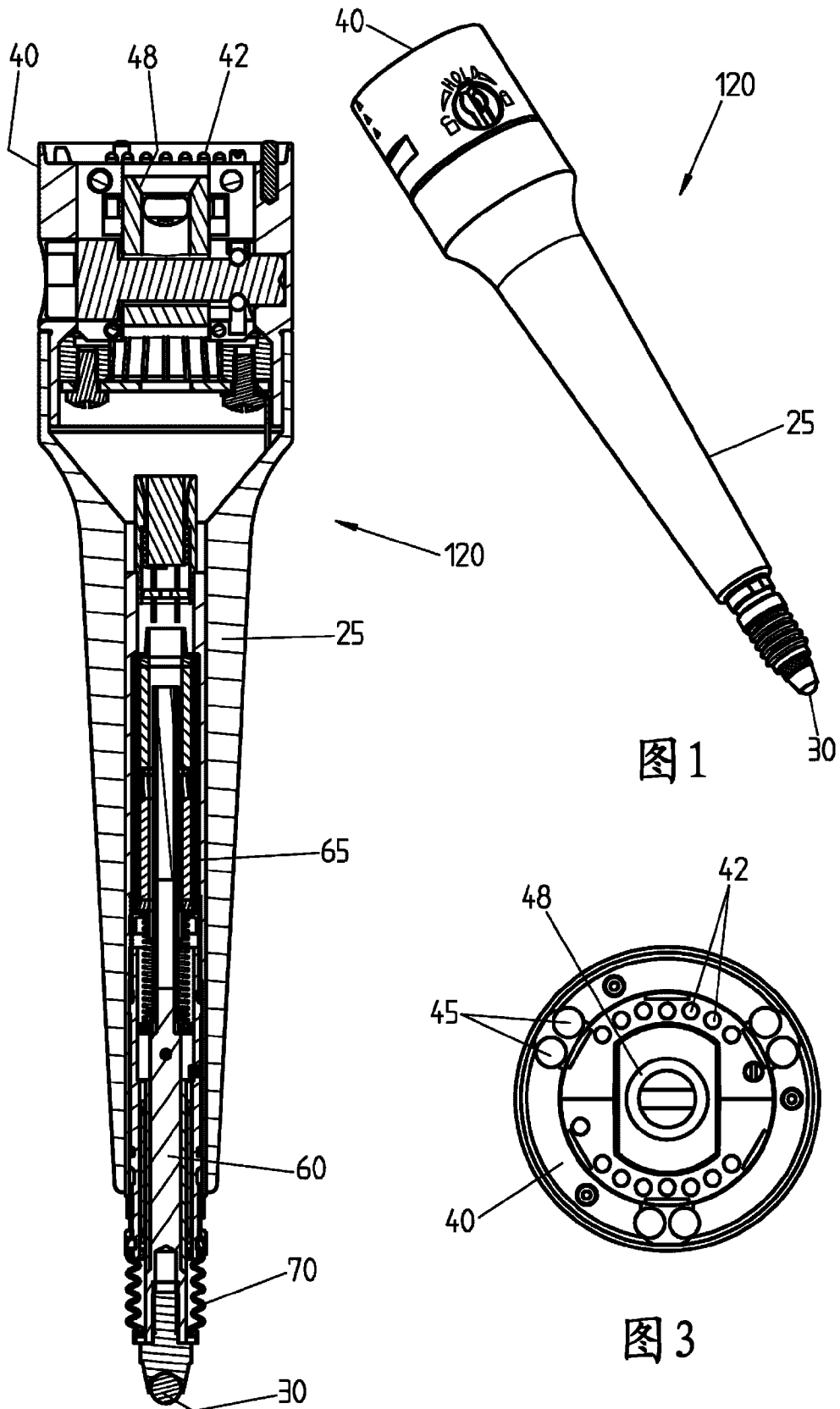


图 1

图 2

图 3

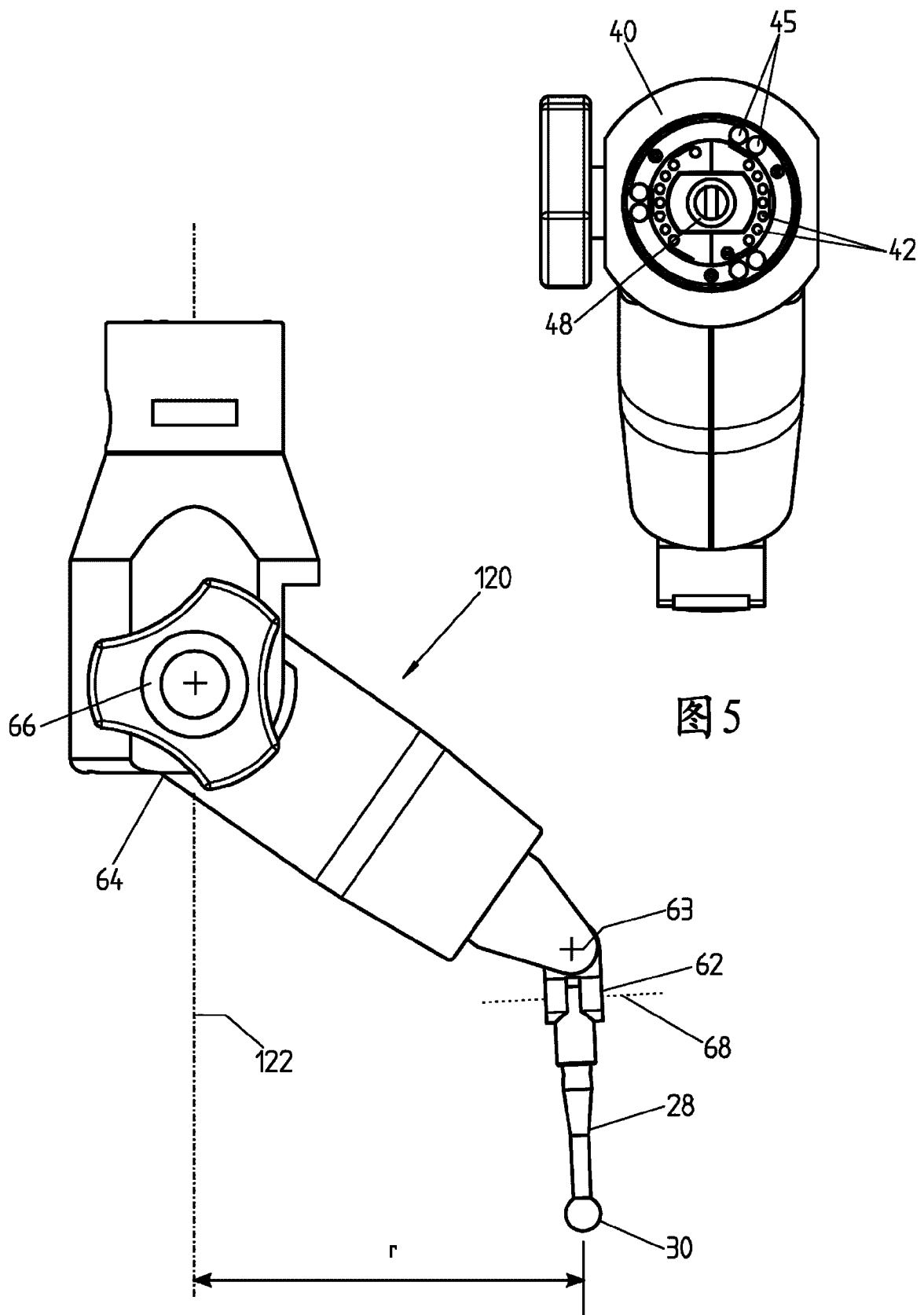


图 5

图 4

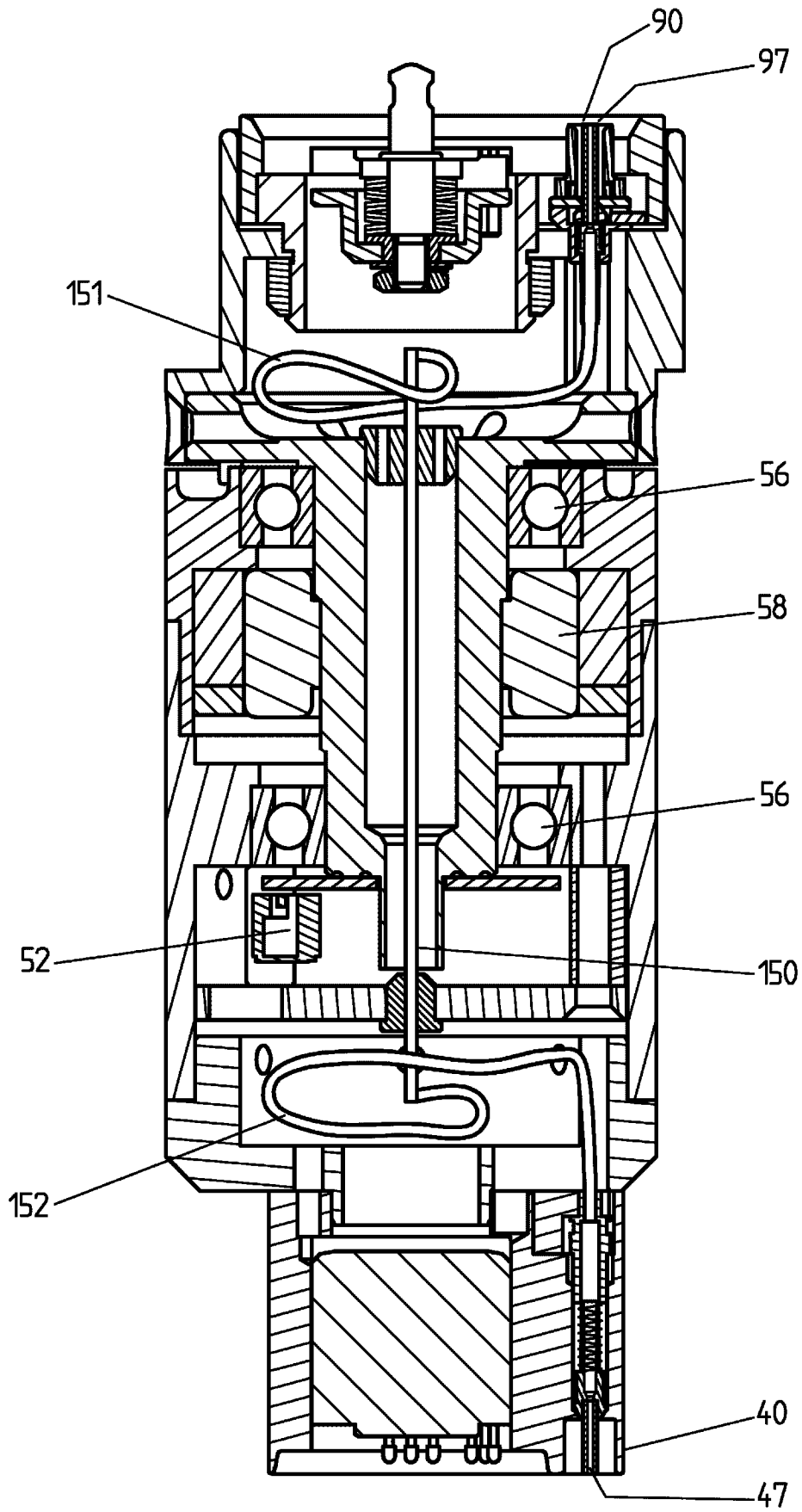


图 6

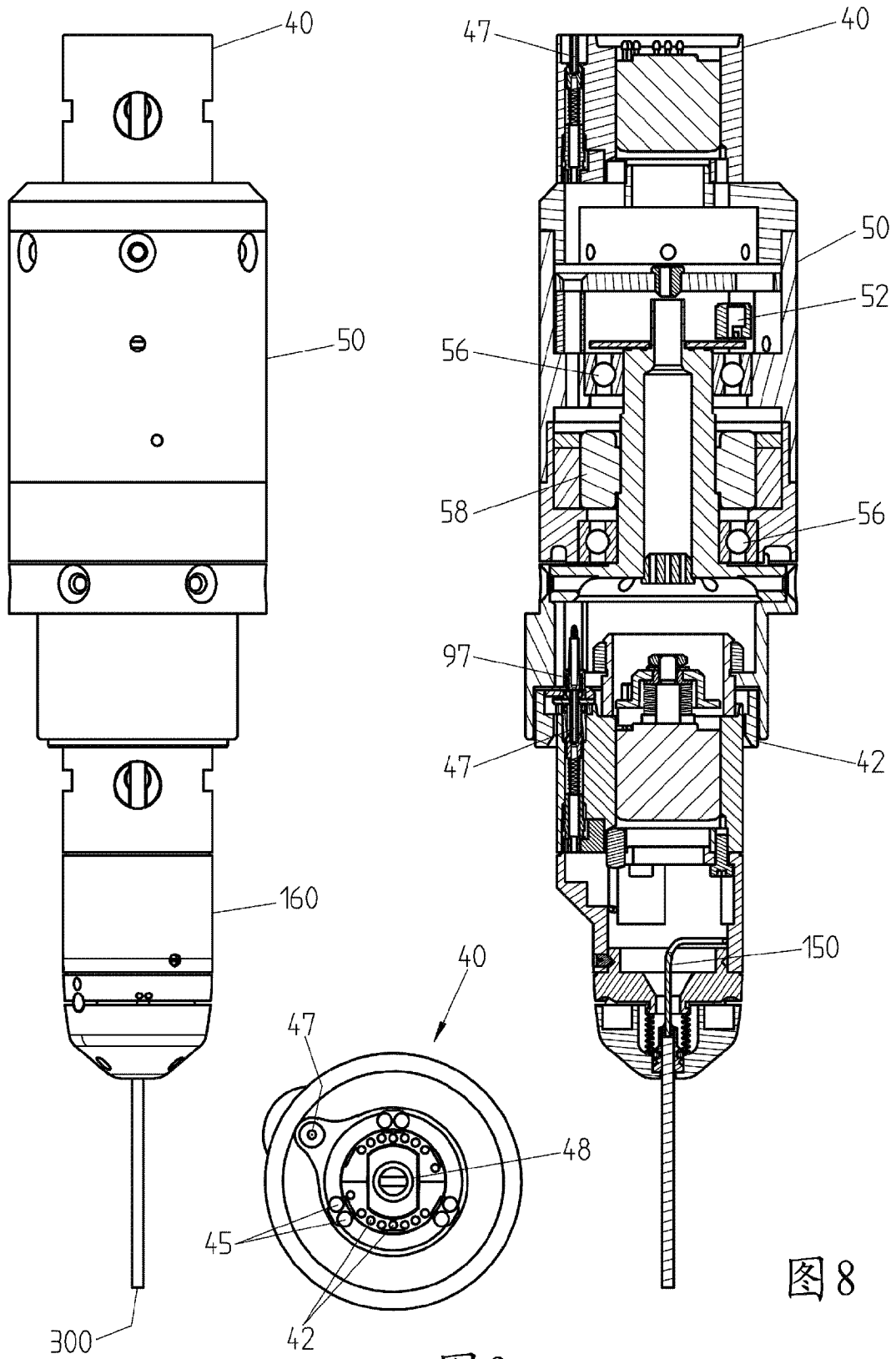


图7

图9

图8

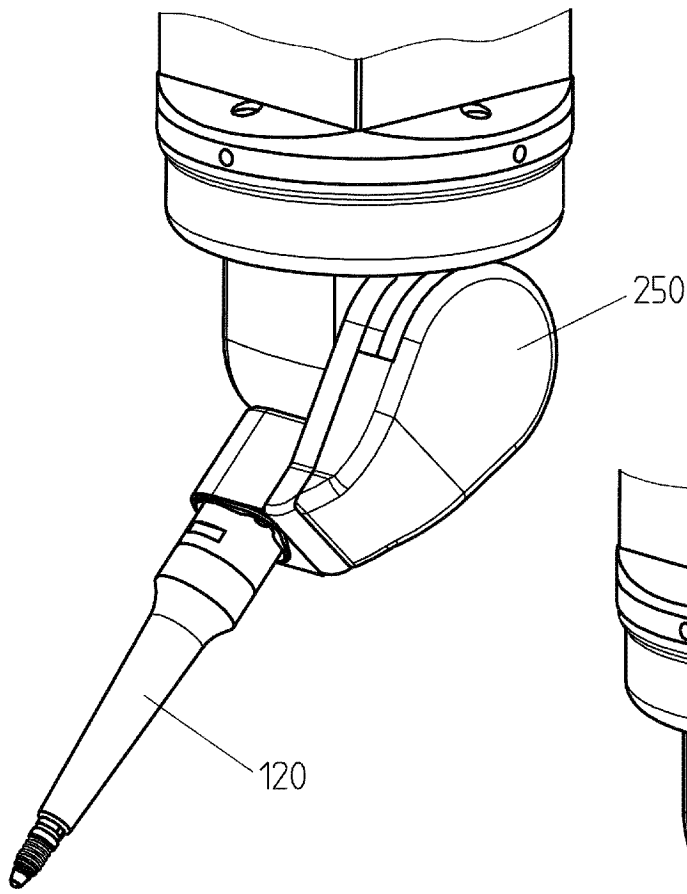


图 10

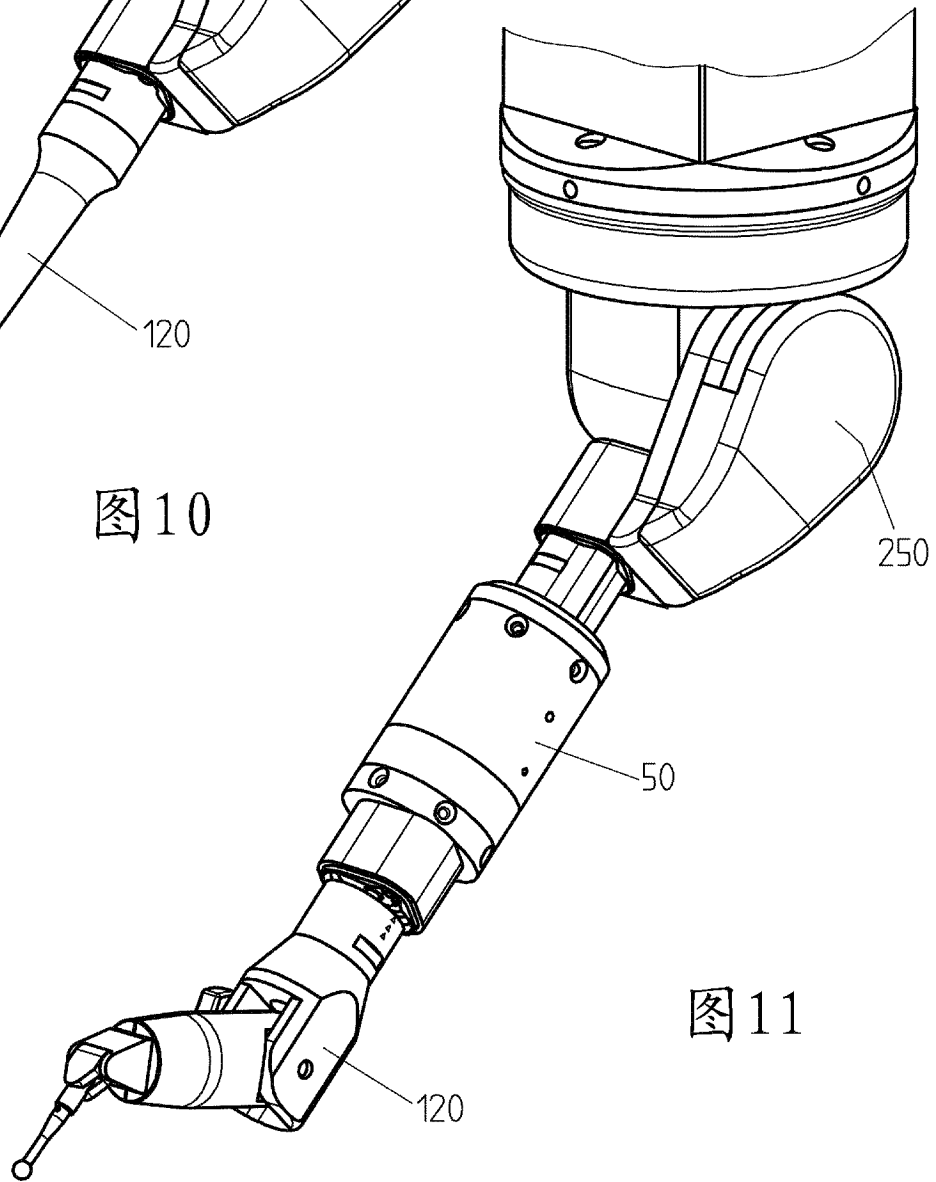


图 11

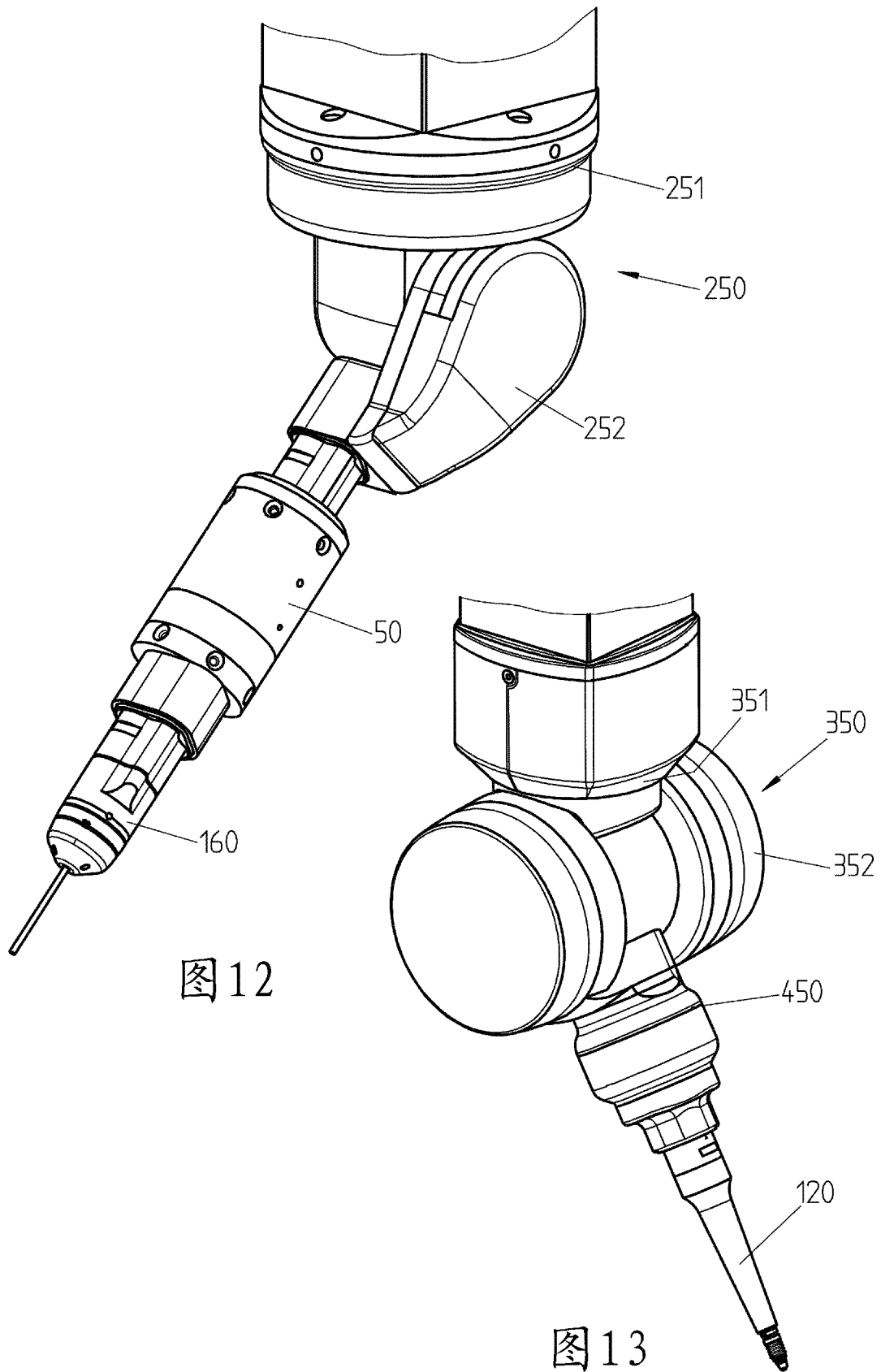


图 12

图 13

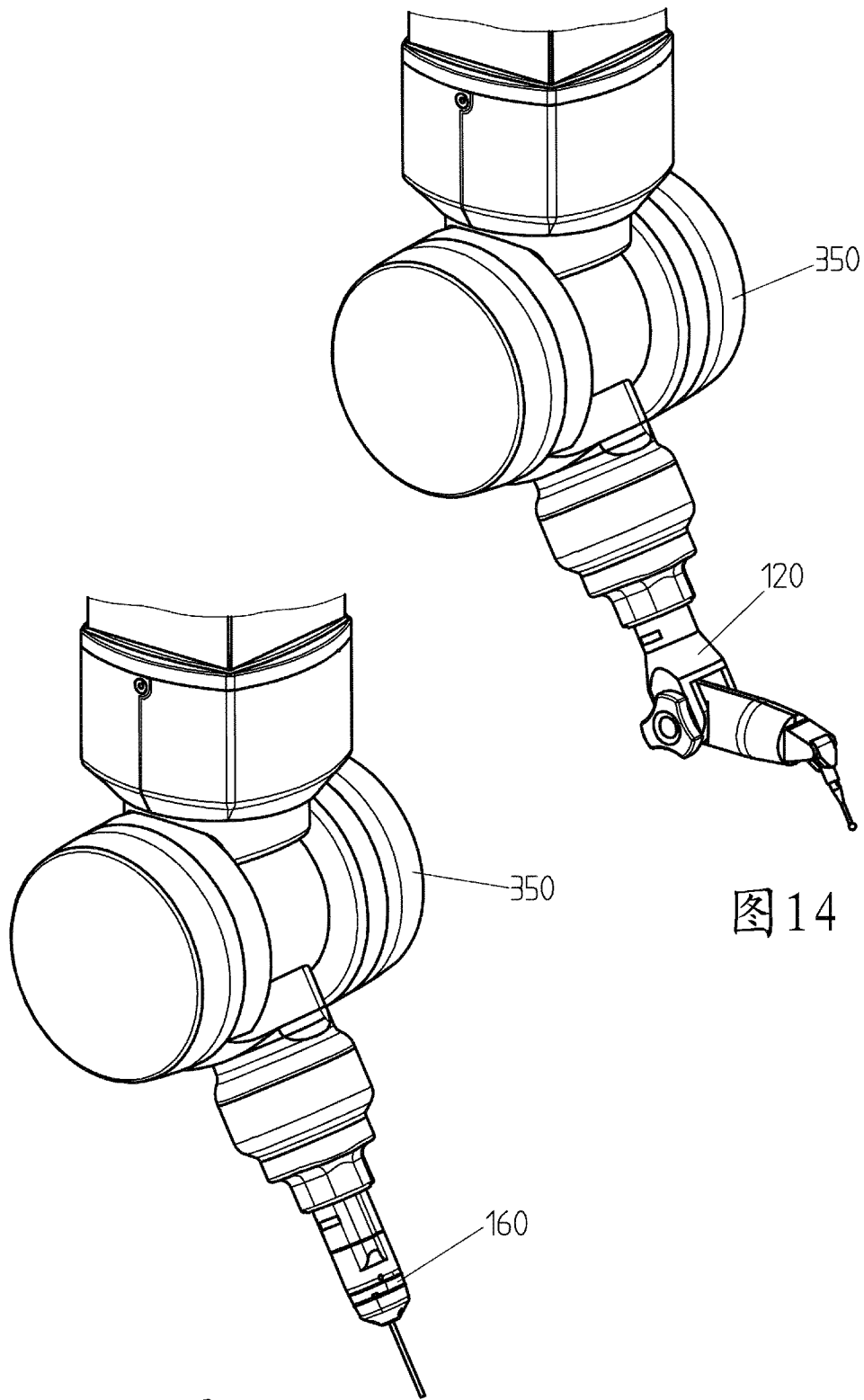


图 15

图 14