

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01B 7/008 (2006.01)

G01B 21/04 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200680013382.5

[45] 授权公告日 2009年8月12日

[11] 授权公告号 CN 100526794C

[22] 申请日 2006.4.7

[21] 申请号 200680013382.5

[30] 优先权

[32] 2005.4.20 [33] FR [31] 0503947

[86] 国际申请 PCT/FR2006/000773 2006.4.7

[87] 国际公布 WO2006/111630 法 2006.10.26

[85] 进入国家阶段日期 2007.10.22

[73] 专利权人 罗莫公司

地址 法国蒙图瓦尔

[72] 发明人 R·格兰杰

[56] 参考文献

US4984959A 1991.1.15

US5829148A 1998.11.3

US5148377A 1992.9.15

EP0331914A 1989.9.13

审查员 金波

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 顾峻峰

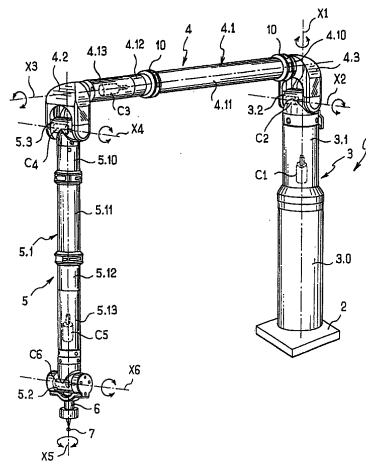
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

[54] 发明名称

具有多个铰接轴线的铰接臂三维测量装置

[57] 摘要

本发明涉及一种铰接臂三维测量装置，具有多个铰接轴线并具有整合在所述臂中的多个角编码器，所述角编码器用于分别测量围绕每个所述铰接轴线的旋转角度。根据本发明，装置(1)的至少一个臂(4, 5)包括插入在两臂段之间的中空管(4.11, 5.11)，两臂段之一接纳测量围绕所述臂的纵向轴线的旋转角度的角编码器，所述中空管在其每端具有相应的邻接结构，该邻接结构与相邻臂段端部的邻接结构互补以确保臂在轴线上的对准，所述对准是精确、稳定且可重复的，且独立于毗邻端彼此抵靠的夹持状况，由可拆下的夹持装置(10)在所述毗邻端提供的所述中空管和所述臂段之间的联接使中空管能够在现场用不同长度的另一中空管替换，而不需要再校准整个装置。



1.一种具有多个铰接轴线的铰接臂三维测量装置，具有整合在所述臂中的多个角编码器，所述角编码器用于分别测量围绕每个所述铰接轴线的旋转角度，其特征在于，所述装置（1）的至少一个臂（4，5）包括插入在两臂段之间的中空管（4.11，5.11），两臂段（4.13，5.13）之一接纳测量围绕所述臂的纵向轴线（X3，X5）的旋转角度的角编码器（C3，C5），所述中空管在其每端具有相应的邻接结构，该邻接结构与相邻臂段端部的邻接结构互补以确保在所述臂的轴线上的对准，所述对准是精确、稳定且可重复的，且独立于分别相互抵靠的所述中空管的端部和相邻之所述臂段的端部的夹持状态，由可拆下的夹持装置（10）在分别相互抵靠的所述中空管的端部和所述臂段的端部提供所述中空管和所述臂段之间的联接，使所述中空管能够在现场用不同长度的另一中空管替换，而不需要再校准整个装置。

2.如权利要求1所述的三维测量装置，其特征在于，每个中空管（4.11，5.11）在一端具有第一类型的邻接结构，且在其相对端具有与所述第一类型互补的第二类型的邻接结构。

3.如权利要求2所述的三维测量装置，其特征在于，互补的所述邻接结构是具有带圆形接触环（21.11，21.12）的阴和阳凸缘（20.11，20.12）的类型，且它们包括角度指示装置（26.11，26.12）。

4.如权利要求3所述的三维测量装置，其特征在于，所述角度指示装置包括由所述阴和阳凸缘中的一个承载的轴向指状物（26.12）和形成在所述阴和阳凸缘中的另一个上的轴向孔（26.11）。

5.如权利要求3所述的三维测量装置，其特征在于，所述三维测量装置的所述可拆下的夹持装置由装在所述阴和阳凸缘（20.11，20.12）上的铰接环管（10）构成。

6.如权利要求5所述的三维测量装置，其特征在于，每个铰接环管（10）具有用于与所述阴和阳凸缘（20.11，20.12）的圆锥外表面（25.11，25.12）接触的面向圆锥小平面（18）。

7.如权利要求6所述的三维测量装置，其特征在于，所述阴和阳凸缘（20.11，

20.12) 的每一个装备有盖杯 (31.11, 31.12), 所述盖杯的外径基本上对应于铰接环管 (10) 的直径。

8.如权利要求 1 所述的三维测量装置, 其特征在于, 所述三维测量装置的至少一个臂的中空管 (4.11, 5.11) 在内部装有连接于相关通信总线 (35.11) 的识别电子卡 (33.11)。

9.如权利要求 3 所述的三维测量装置, 其特征在于, 所述阴和阳凸缘 (20.11, 20.12) 还装有用于在所述阴和阳凸缘通过所述三维测量装置的所述可拆下的夹持装置 (10) 机械地联接在一起时自动提供电子联接的互补连接件 (29.11, 29.12)。

10.如权利要求 9 所述的三维测量装置, 其特征在于, 所述互补连接件包括多个匹配接触片 (29.11, 29.12)。

11.如权利要求 10 所述的三维测量装置, 其特征在于, 所述阴和阳凸缘 (20.11, 20.12) 中的每一个均设有限制为五个接触片 (29.11, 29.12) 的组件。

12.如权利要求 11 所述的三维测量装置, 其特征在于, 每个所述阴和阳凸缘的组件均包括能够提供识别使用的中空管 (4.11, 5.11) 的类型的信号的附加的第六个接触片。

## 具有多个铰接轴线的铰接臂三维测量装置

### 技术领域

本发明涉及一种具有多个铰接轴线的铰接臂三维测量装置。

### 背景技术

有很多专利文件说明了具有多个铰接轴线的铰接臂三维测量装置。最近的测量装置通常具有多至六个铰接轴线。

一般而言，铰接臂三维测量装置通常包括整合在所述臂中的角编码器以单独测量每个铰接轴线的旋转角度。

作为示例，可参照以下文件：US-A-5 402 582、US-A-5 611 147、US-A-5 794 356、US-A-5 829 148 和 US-A-5 926 782。

这样一些铰接臂三维测量装置需要极度精确，且无论什么时候在其中一个臂上进行作用时，它通常需要再校准整个测量装置。

最近人们进行了大量的努力来试图改进这类三维测量装置，以简化它们的电连接方法和使每个铰接臂的重量最小从而以在操作员操作时达到较好的舒适性。

因此，例如，与常规测量装置的铰接臂关联的角编码器需要大量的电线来提供每个编码器和内插卡之间的连接，并然后提供内插卡和计数器之间、并最终提供计数器和总通信装置之间连接。现在由于本领域的最新进展，可用一张小卡来同时执行内插、计数和连接功能，同时利用每个角编码器 5 跟电线的总线电缆。

还越来越需要能够根据测量的物件类型、并根据进行测量时所述物件所处的空间来调节铰接臂三维测量装置的几何形状。在这方面，本领域的专家在探索调节三维测量装置的一个或多个铰接臂的长度的可能性。使用较短臂或较长臂的能力使操作员能够选择最适合测量空间体积和要求的测量精确度的臂的长度，通过优化长度和精确度之间的折衷，给出测量的部分的误差通常对小尺

寸来说较紧且对大尺寸来说较松。

用另一个不同长度的臂替换一个臂的问题在铰接操作自动机械的领域已得到了解决。因此，文件 US-A-4 984 959 描述了一种铰接操作自动机械，具有容纳通过倾斜传动件互连的旋转轴的臂。每个臂由设置在与倾斜传动件关联的两臂段之间的中空管组成，通过螺栓连接在一起的邻接凸缘连接，由此提供与所述内部轴旋转式机械联接。实际上也作了用于拆卸的准备使一个中空管能够被另一不同长度的中空管替换，但强调了这是在工厂进行的，且此后必需对该三维测量装置进行常规再校准。在任何情况下，涉及的联接件与其中铰接臂包含角编码器的测量装置的联接件相当不同，使得该讲授不能转用到上述类型的铰接臂三维测量装置。

申请人已经开发了一种铰接臂三维测量装置，具有分段的臂，各段通过螺栓联接彼此组装。臂的这种实施方式能够拆卸，由此使一段能够用不同长度的另一段来替换，但是仅能在工厂中进行，应当理解，然后通常需要进行整个三维测量装置的常规再校准。因此，进行拆卸可能还保留有由于长度和拆卸的操作难度、再组装和常规再校准产生的严重缺点，这些操作必须在工厂中进行。

申请人还开发了另一种铰接臂三维测量装置，其中臂通过以  $120^\circ$  设置并配合在相应 V 形凹槽的三个销的系统机械组装，由此产生具有六个接触点的均衡构造以避免再校准整个装置的需要。但是，已发现这种结构对夹持力的变化非常敏感，由于接触点或多或少的程度上由于销而变平，因此导致定位刚度不足，且导致几何不正。此外，已发现在使用装置时臂没有足够的刚度，无疑是接触区域脆弱的结果，由此导致很难弥补的不精确性。

因此存在对这样结构的铰接臂三维测量装置的需要：提供使用时更大的灵活性并具有最小的约束，且同时优化所要求的精确度和测量空间的体积之间的匹配。

### 发明内容

因此本发明设法设计一种不存在上述缺点的铰接臂三维测量装置，且该装置能够以最小的限制快速进行组装和拆卸，且不需要将测量装置返回到工厂或车间。

本发明的另一目的是设计一种尤其适于装箱运输的铰接臂三维测量装置，具有不受运输（即使在冲击的情况下）影响的可靠性。

根据本发明，通过一种铰接臂三维测量装置来解决上述问题，该装置具有多个铰接轴线并具有整合在所述臂中的多个角编码器，所述角编码器用于分别测量围绕每个所述铰接轴线的旋转角度。其中装置的至少一个臂包括插入在两臂段之间的中空管，两臂段之一接纳测量围绕所述臂的纵向轴线的旋转角度的角编码器，所述中空管在其每端具有相应的邻接结构，该邻接结构与相邻臂段端部的邻接结构互补以确保臂在轴线上的对准，所述对准是精确、稳定且可重复的，且独立于毗邻端彼此抵靠的夹持状态，由可拆下的夹持装置在所述毗邻端提供的所述中空管和所述臂段之间的联接使中空管能够在现场用不同长度的另一中空管替换，而不需要再校准整个装置。

通过这种结构，能够使操作员快速地且可重复地执行组装操作，并在测试现场就地地进行。此外，使用时提供短中空管和长中空管可取得最有利灵活性，使操作员能够考虑给定机器测量的空间的体积，同时保留测量装置的原始精确度。此外，机器可以拆卸状态以尽可能紧凑的布置在运输中提供高度可靠性的箱子中运输。尤其是，应当观察到拆卸状态的运输在冲击情况下也能保留装置的可靠性，装在箱子中的中空管确保操作员不需要进行装置的整体再校准。

较佳的是，每个中空管在一端具有第一类型的邻接结构，且在其相对端具有与第一类型互补的第二类型的邻接结构。

这种设置既能够实现使用时的高度灵活性又能避免错误地安装中空管。

有利的是，互补邻接结构是具有带圆形接触环的阴和阳凸缘的类型，且它们包括角度指示装置。尤其是角度指示装置包括由一凸缘承载的轴向指状物和形成在另一凸缘上的轴向孔。

根据另一特定实施例，可拆下的夹持装置由装在邻接互补凸缘上的铰接环管构成。在一变体中，它自然能够通过将面向凸缘螺栓连接在一起而提供的可拆下式机械连接，但这种操作是更耗时的，且它们还需要更大的细心和精度，使得实际上它较佳地使用铰接环管。

然后较佳的是，每个铰接环管具有用于与邻接互补凸缘的圆锥外表面接触的面向圆锥小平面。尤其是，每个阴和阳凸缘都的装备有盖杯，其外径基本上

对应于铰接环管的直径。

使每个中空管在内部装有连接于相关通信总线的识别电子卡也是有利的。这可避免中空管安装错误。

还较佳的是，阴和阳凸缘还装有用于在所述凸缘通过可拆下的夹持装置联接在一起时自动提供电子联接的互补连接件。

然后有利的是，互补连接件包括多个匹配接触片。尤其是每个凸缘设有限制为五个接触片的组件。然后较佳的是每个连接组件包括一个能够提供识别使用的中空管的类型的信号附加接触片。

本发明的其它特点和优点在根据涉及特定实施例的以下说明和附图会更清楚地显现出来。

### 附图说明

参照附图，其中：

图 1 是根据本发明制造的铰接臂三维测量装置的立体图，具有包括中空管的两个臂；

图 2 是类似于图 1 的视图，示出了各个臂且它们的部件分开，以清楚地示出存在的两个中空管和相关的可分离的夹持装置，特别是以铰接环管形成实现的装置；

图 3 和 4 是上述铰接环管之一的立体图，分别示出在夹持前的位置和夹持后的位置；

图 5 是两个互补邻接结构的局部立体图，示出了通过铰接环管实现的机械联接，以及由具有相配接触片的互补连接件提供的电联接；以及

图 6 是在打开状态时两互补邻接结构之间连结的立体图，更清楚地示出了所包含的机械和电联接构件。

### 具体实施方式

以下参照图 1 至 6 更详细地描述根据本发明的铰接臂三维测量装置的结构。

图 1 示出了标号为 1 的铰接臂三维测量装置，在该实例中是六轴线型。具体地说，测量装置 1 包括圆柱形基座 3.0 压在顶上的支承台 2，圆柱形基座 3.0

与第一旋转臂 3 关联。接着第一旋转臂 3 的是两个铰接臂 4 和 5、以及安装在叉形铰接支承件 6 端部的测量传感器 7。

第一臂 3 包括能够围绕中心轴线 X1 转动的以铰接端 3.2 终止的轴线 X1 的管状本体 3.1。铰接端 3.2 承载形成接着的臂 4 的一部分的枢转叉 4.3，该叉可围绕标以 X2 的轴线枢转。臂 4 连接到枢转叉 4.3 并包括具有铰接端 4.2 的管状本体 4.1，铰接端 4.2 这里是叉的形式，且适于围绕标以 X3 的臂 4 的中心轴线转动。叉 4.2 又装有形成接着的臂 5 的一部分的铰接端 5.3。铰接端 5.3 可围绕臂 4 的叉 4.2 的标以 X4 的轴线枢转。与铰接端 5.3 相关的最后的臂 5 又具有管状本体 5.1 和铰接端 5.2，该端能够围绕标以 X5 的所述臂的中心轴线旋转。最后，铰接端 5.2 装有以测量传感器 7 终止的终止叉 6。终止叉 6 和相关的测量传感器 7 安装成围绕臂 5 的铰接端 5.2 的标以 X6 的轴线枢转。

因此，可以看出，存在六个铰接轴线，标以 X1、X2、X3、X4、X5 和 X6。因此它也标以六轴线测量臂。但是本发明并不以任何方式限制该轴线的具体数量线，且它同样可能提供具有七个轴线或甚至更多的机器。

通过整合在移动臂的相应部分中的相关角编码器单独测量围绕六轴线的每个的旋转角度，这些编码器在此标以 C1、C2、C3、C4、C5 和 C6，与相应的轴线 X1、X2、X3、X4、X5 和 X6 关联。

一般而言，上述测量装置 1 的结构完全符合铰接臂三维测量装置的先前常规实施例。

根据本发明的一个特征方面，装置 1 的臂 4，5 中的至少一个包括设置在两臂段之间的中空管，其中之一接纳测量所述臂围绕纵向轴线 X3、X5 的旋转角度的角编码器。此外，在其每端，所述中空管具有一种邻接结构，该结构与相邻臂段端部的邻接结构互补，以确保独立于相关的彼此抵靠的邻接端的夹持状态而精确、稳定且可重复地在臂的轴线上对准，在所述邻接端通过标以 10 的可分离夹持装置提供所述中空管和所述臂段之间的联接，使得能够在现场用另一不同长度的中空管替换原来的中空管而不必总体再校准该装置。

具体地说，装置的每个臂 4 和 5 均设有中空管，因此能够在使用时最好地利用这种可拆卸性提供的灵活性。但是，也可在预期的应用允许时仅在所述两个比之一臂上提供单个中空管。



因此,根据本发明的特征,臂4的管状本体4.1包括设置在两臂段之间的中空管4.11,两臂段中一个接纳测量围绕纵向轴线X3旋转角的角编码器C3。具体地说,臂段4.10形成叉4.3的整体部分,而另一臂段包括刚性地固定到叉4.2且包含角编码器C2的部分4.13、和能够相对于部分4.13围绕轴线X3转动的互补部分4.12,所述互补部分4.12联接到中空管4.11。中空管4.11与一端的臂段4.10之间,以及与另一端的4.12,4.13之间的联接通过标以10的可分离夹持装置设置在邻接端,夹持装置具体制成铰接环管的形式,下文中将参照图3和4更详细地描述。

同样,臂5的管状本体5.1包括设置在两臂段之间的中空管5.11,其中一个接纳测量围绕所述臂的纵向轴线X5旋转角的角编码器C5。具体地说,中空管5.11插入在刚性地固定到臂5的铰接端5.3的段5.10和连接到容纳角编码器C5的部分5.13的部分5.12之间,并能够相对于它们围绕轴线X5旋转。这里同样,中空管5.11和所述两臂段之间的联接通过可分离夹持装置10设置在邻接端,夹持装置在这里体现为与臂4的中空管4.11所使用的那些相同的铰接环管的形式。

如图2所示,当松开铰接环管时,测量装置的臂4和5采用紧凑的分开部件的形式,因此方便装载在运输箱中。

更重要的是,中空管4.11和5.11可仅根据中空管的长度标准从多个可用中空管中选择。操作员根据要进行的工作的类型,并因此根据所述测量空间的类型进行该长度选择。应当立即理解,这种结构具有使用灵活性的显著优点,且可能在实际测量地点,由操作员迅速松开所述两铰接环管以卸下现有的中空管并用更好地适于所述测量类型的不同长度的另一中空管替换它。为了实现机械联接,以及如下文解释的电联接也是同样,操作员只要将铰接环管放回到位就行了,而不需要进行整个测量装置的再校准。通过用于互补邻接结构的特定设置,所有这些都成为可能:能够确保独立于彼此抵靠的相应邻接端的夹持状态的臂的轴线上的精确和稳定的对准。

图3和4示出了用于提供中空管和臂段邻接端之间的机械联接,并因此还提供了电联接的铰接环管10。

具体地说,每个铰接环管10包括由部件12铰接在一起的两个部件,每个

具有用于安装在邻接构件上的两个上置半环 11。铰接杠杆 13 使环管 10 能够打开或关闭。杠杆 13 以铰接方式连接到弯曲链接件 15，弯曲链接件 15 本身在标号 16 处以永久方式连接到环管的部件之一上。相同杠杆 13 在标号 14 处以可分开方式链接到环管 10 的另一部件上以便能够打开环管。每个完整环 11 具有若干夹持舌状物 17，这里是四个，具有设置成稍微圆锥的面向内部的小平面 18。这些圆锥小平面对应的邻接凸缘的圆锥外表面接触。还应当发现有用于在环管关闭位置接纳杠杆 13 的凹座 19，如图 4 所示。

接着是两邻接端的结构更详细说明，一个形成中空管的一部分，另一个形成相关臂段的一部分。在这些图中，仅示出了中空管 4.11 的一端和关联的臂段的部分 4.12 的一端，应当理解不仅在中空管 4.11 的一端，也在与臂 5 关联的另一中空管 5.11 会发现相同的设置。

在这方面，会发现，对每个中空管 4.11 或 5.11 在一端提供第一类型的邻接结构，而在其相对的另一端提供与第一类型互补的第二类型的邻接结构是有利的。尽管该设计并不是至关重要，但它能够避免中空管的定位误差，这样的误差若不避免则会导致邻接构造和/或关联连接件出错。

如图 5 和 6 所示，互补邻接构造是阳和阴凸缘型。具体地说，阴凸缘 20.11 设置在中空管 4.11 上，且阳凸缘 20.12 设置在臂段的部分 14.2 上，当然也能提供相反的布置。

阴凸缘 20.11 包括连接到圆柱形部分 22.11 并然后连接到新圆形环 23.11 的圆形外部支承环 21.11。在阳凸缘 20.12 上，有用于抵靠凸缘 20.11 的环 21.11 支承接触的圆形环 21.12，且然后圆柱形阳部分 22.12 终止于环 23.12。当两邻接端沿着臂的共同轴线（这里是轴线 X3）朝向彼此移动时，使得面向的环 21.11 和 21.12 抵靠彼此支承，而同时通过相互配合的圆柱形表面 22.11 和 22.12 对准臂的轴线 X3。环 23.11 和 23.12 相邻，但它们不是支承接触。

还提供有角指示（indexing）装置，具体由一凸缘（这里是阳凸缘 20.12）承载的轴向指状物 26.12、和另一凸缘（这里是阴凸缘 20.11）上形成的轴向孔 26.11 组成。可通过扩大轴向孔 26.11 的尺寸来提供小量间隙以避免安装和拆卸时由于角度指针的卡住的危险。如下文中解释的那样，在重新安装上新的中空管 4.11 之后，只要围绕臂的轴线（具体是轴线 X3）作转动这样简单的再校

准就足够了。

如图 5 中更清楚地看到的那样，阳凸缘 20.11 和阴凸缘 20.12 具有与所述铰接环管 10 的面向圆锥小平面 18 接触的圆锥外表面 25.11, 25.12。能够容易地理解，夹持铰接环管 10 用于实现与臂的轴线 X3 上非常精确对齐关联的支承环 21.11 和 21.12 之间的完美接触。还应当观察到，在阴凸缘 20.11 和阳凸缘 20.12 上存在盖杯 31.11 和 31.12，杯的外径基本上对应于铰接环管 10 的直径。如从图 5 中可见的那样，在联接位置，环管闭合时，在邻接区域仅存在很小量的额外厚度，且没有外部污染剂渗透并能够影响电连接元件的危险，如下文描述的那样。

阴凸缘 20.11 和阳凸缘 20.12 还装有当所述凸缘通过可分离夹持装置 10 机械联接在一起时自动提供电联接的互补连接件。

具体地说，互补连接件包括多个匹配接触片。因此，对于阳凸缘 20.12，可以看到板 27.12，承载装有柔性接触片 29.12 的两个连接件块 28.12。在另一邻接端，可以看到装有平坦连接件 28.11 的板 27.11，连接件 28.11 提供用于与匹配的柔性接触片 29.12 协配平坦接触片 29.11。

这里，每个凸缘 20.11, 20.12 设有限制于五个接触片 29.11, 29.12 的组件，该组件用于提供在此由导线 35.11, 35.12 组成的相关的通信总线的连接。具体地说，使用的总线由五根导线（当然仅是示例）组成，两根是电源线、两根传输数据、且一个传输事件。对每个连接组件提供用于识别使用的中空管的类型的信号的另外的接触片也是有利的。因此，关联的六根导线在没有机械键入装置时，提供操作员可立即觉察到的关于使用的中空管的类型，尤其是关于其长度的精确指示。该附加信息用于避免中空管的错误安装，使得这种错误安装能够通过与该装置关联的控制计算机发出的讯息立即向操作员发出信号。

对每个中空管提供内部地安装并连接到相关通信总线的电子识别卡，从而能够确保正确的中空管已放置到位来获得所要求的臂长也是有利的。因此，在图 5 中，可以看出中空管 4.11 的板 27.11 承载的组件，该组件包括连接到各平坦接触板 29.11 的连接件 32.11、连接到连接件 32.11 的电子卡 33.11、安装到电子卡 33.11 另一端的连接件 34.11、和从所述连接件延伸的通信总线的六根导线 35.11。

最后，应当观察到有与用于将板 27.11 紧固到关联凸缘上的机械装置关联的通道 30.11。

在中空管的每次改变之后，且在重新开始操作之前，不需要再校准整个装置，因为装置的其余部分已经在工厂对中空管的新长度进行了校准。因此操作员需要执行的仅有的校准操作是与所述臂的编码器关联的校准。这种校准易于执行且事实上时间花费很少。将传感器 7 放入一提供的圆锥孔，并然后使臂围绕孔转动，同时调节编码器的偏差以得到尽可能恒定的三维的位置这就足够了。这等于不需使用任何特定工具而快速进行的纯计算机调节，且当然它可在测量现场进行。

因此这提供了模块式设计的三维测量装置，能够快速且可重复地安装或拆下。操作员可在测试地点本身替换中空管而不需要进行装置的任何整体再校准，因为通过互补邻接结构得到臂的轴线上精确、稳定且最重要可重复的对准。当多个中空管长度可用时，尤其是较短长度和较长长度，本发明的测量装置提供所要求的测量精确度和测量空间的体积之间的最好匹配。

除了长度是模块化之外，本发明的测量装置的结构还提供了关于运输该装置的显著优点。可拆卸使这种装置能够装载在小的运输箱中，且对箱子发生冲击不会对拆卸状态的机器产生影响。在本文中，应当发现拆卸状态中的运输不会导致在箱子跌落情况下校准的任何损失，因为存储在箱中的中空管是无法活动的部件，因此不会受到任何影响。

最后，这种模块化设计还提供了关于维护的主要优点，它能够更换可能损坏的分组件而保留测量装置的其余部件。

本发明并不限于上述实施例，而是相反覆盖使用再现以上指出的重要特征的同等装置。

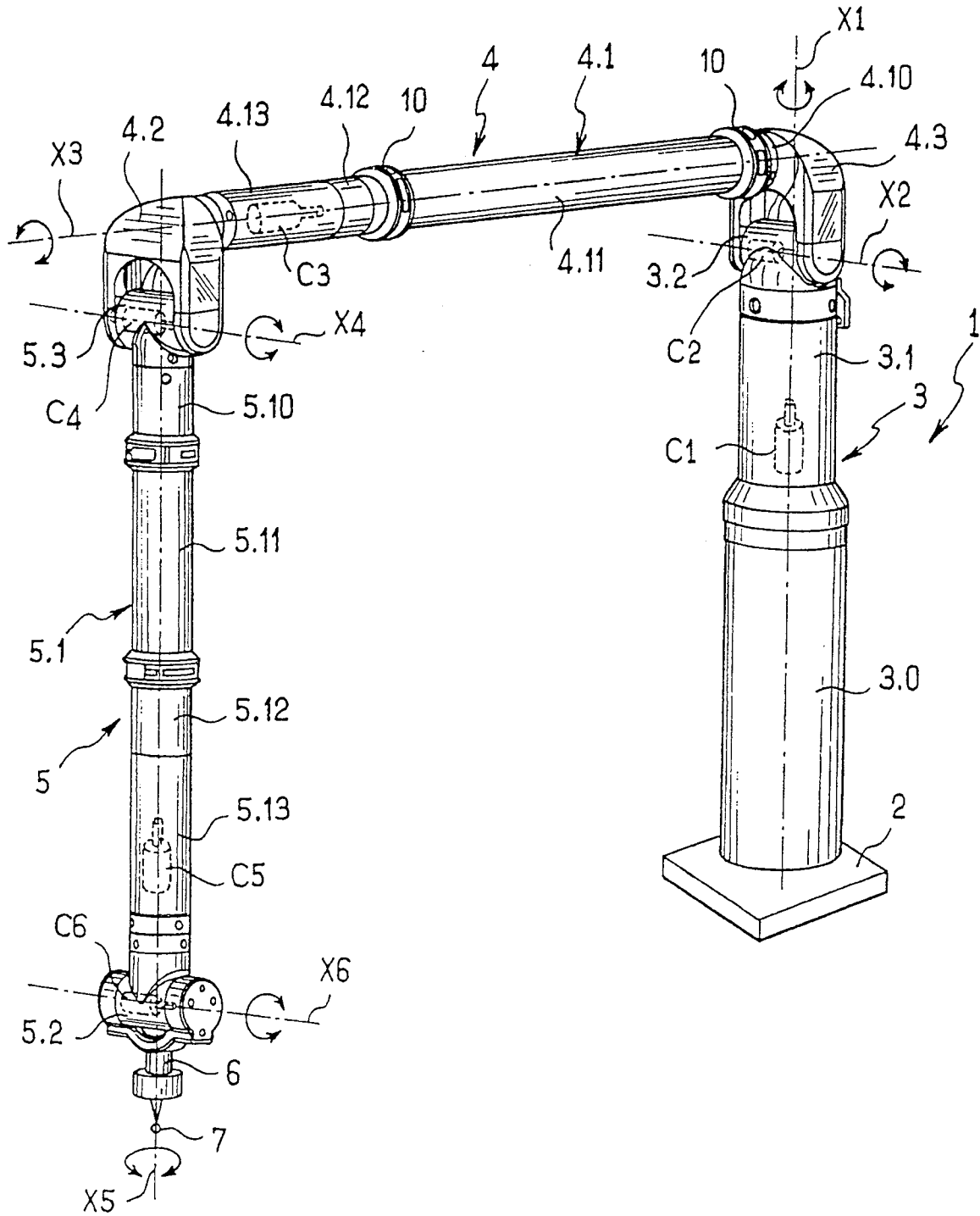


图 1

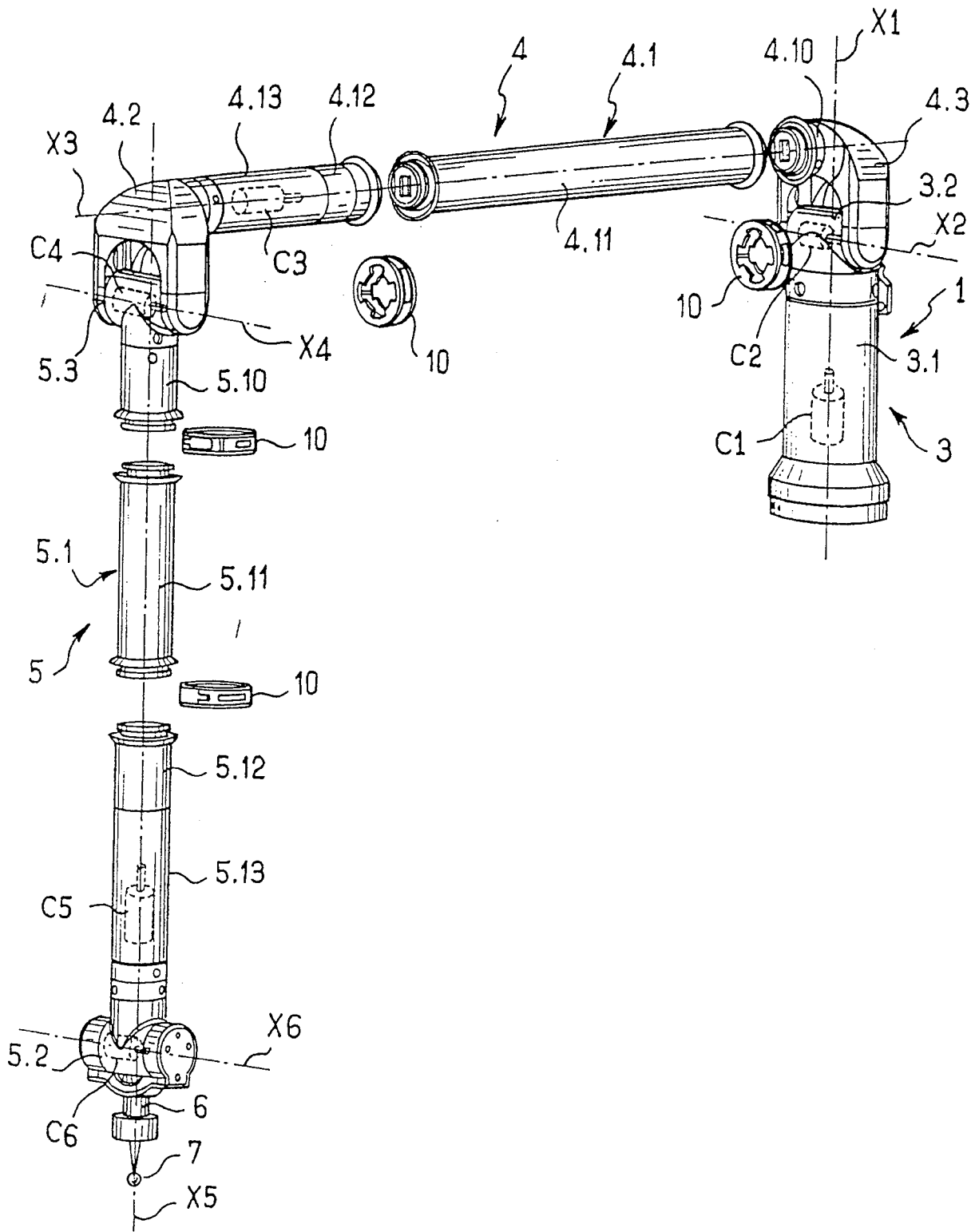


图 2

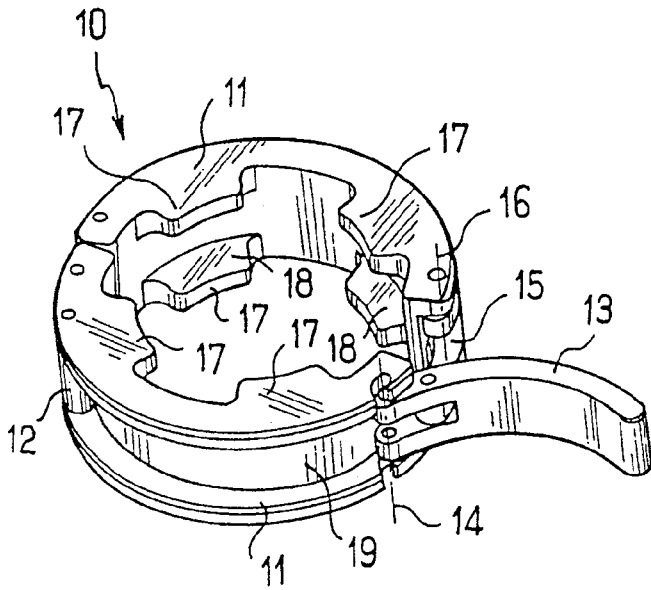


图 3

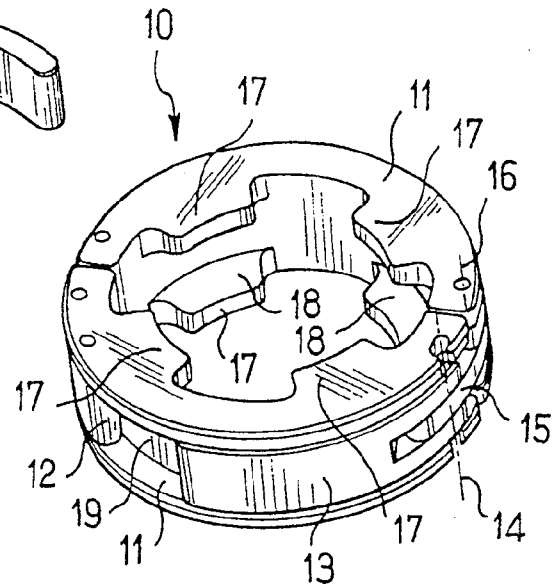


图 4

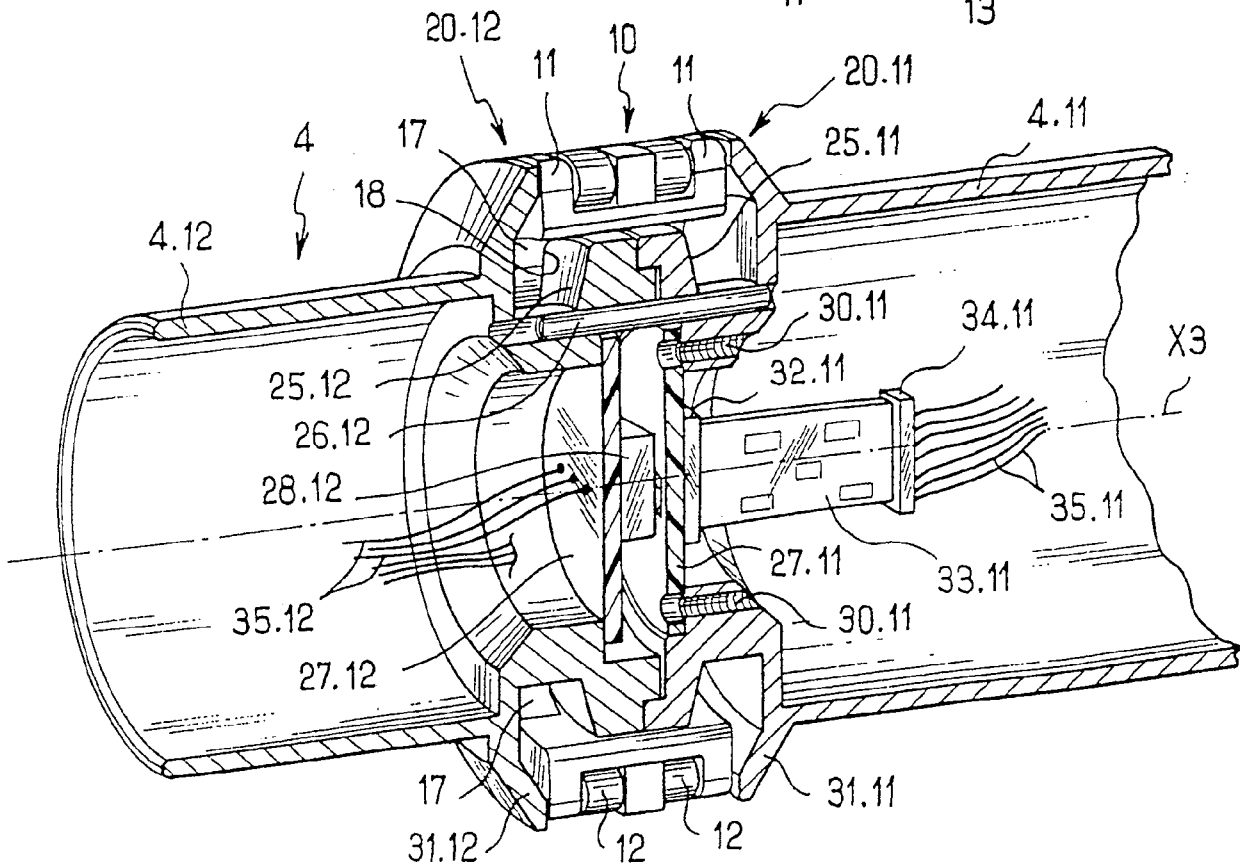


图 5

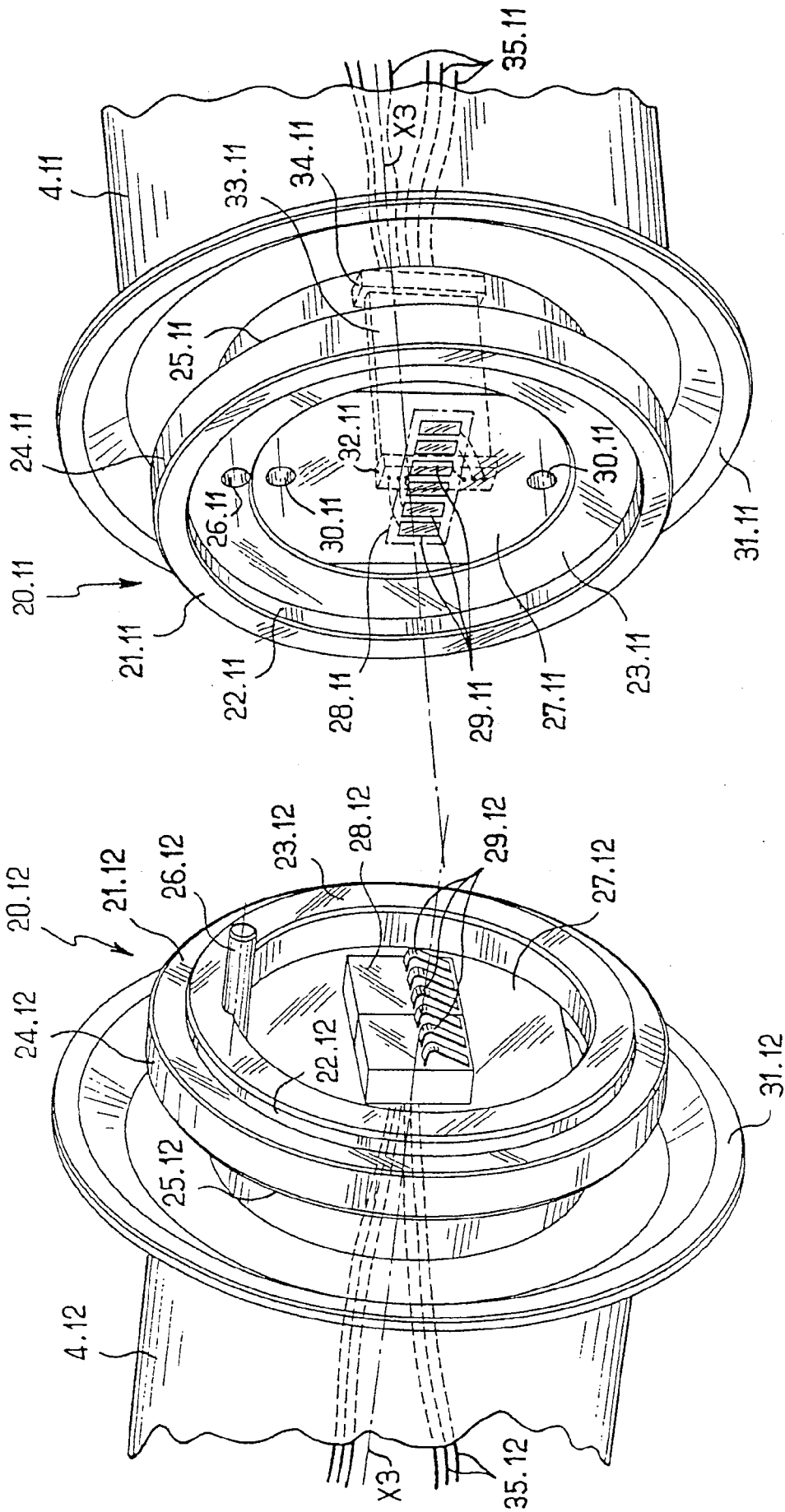


图 6