



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104802177 A

(43) 申请公布日 2015.07.29

(21) 申请号 201510234503.X

(22) 申请日 2015.05.11

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市 100084 信箱 82 分箱清
华大学专利办公室

(72) 发明人 景甜甜 莫岸 张文增 刘庆运
徐向荣

(51) Int. Cl.

B25J 15/08(2006.01)

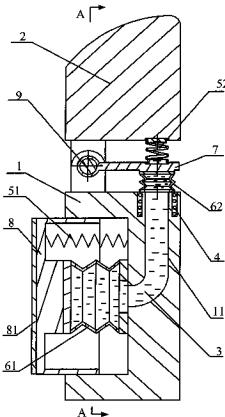
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置

(57) 摘要

磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置，属于机器人手技术领域，包括两个指段、磁流变液、线圈、两个簧件、两个柔性件、拨块、主动滑块和关节轴。该装置实现了手指被动自适应弯曲及抓持力保持锁定的功能，能够对放在支承面上物体的实施抓取。该装置利用物体的反作用力来驱动手指第二指段绕关节轴转动；同时利用磁流变液在磁场中的固化特点，当物体的反作用力消失后仍能够保持手指包络物体的弯曲构型；该装置利用簧件存储并保持着最初挤压物体时产生的变形弹力，从而产生和保持住了第二指段对物体持续施加的抓持力，实现了对物体良好的抓取效果。该装置结构简单，体积小，质量小，控制容易，设计、制造、装配和维护成本低。



1. 一种磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置,包括第一指段(1)、第二指段(2)、磁流变液(3)、线圈(4)、第一簧件(51)、第二簧件(52)、第一柔性件(61)、第二柔性件(62)、拨块(7)、主动滑块(8)和关节轴(9);所述关节轴(9)套设在第一指段(1)中,所述第二指段(2)套接在关节轴(9)上;所述主动滑块(8)滑动镶嵌在第一指段(1)中,所述第一指段(1)中设有通道(11),所述通道(11)包括入口(12)和出口(13),所述磁流变液(3)设置在第一柔性件(61)、通道(11)和第二柔性件(62)中,所述线圈(4)设置在磁流变液(3)附近;所述第二簧件(52)的一端与拨块(7)连接,另一端与第二指段(2)连接;所述拨块(7)套接在关节轴(9)上;所述第一柔性件(61)的两端分别连接主动滑块(8)和第一指段(1)的通道(11)的入口(12);所述第二柔性件(62)的两端分别连接第一指段(1)的通道(11)的出口(13)和拨块(7);所述第一柔性件(61)和第二柔性件(62)通过第一指段(1)的通道(11)相连通;所述第一簧件(51)采用如下三种方式之一或组合方式设置:

- a) 第一簧件(51)的一端与主动滑块(8)连接,另一端与第一指段(1)连接;
- b) 第一簧件(51)的一端与拨块(7)连接,另一端与第一指段(1)连接;
- c) 第一簧件(51)的一端与第二指段(2)连接,另一端与第一指段(1)连接。

2. 如权利要求1所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置,其特征在于:所述第一簧件(51)采用拉簧、压簧、扭簧中的一种或者几种组合。

3. 如权利要求1所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置,其特征在于:所述线圈(4)设置在第一指段(1)中,所述通道(11)穿过线圈(4)。

4. 如权利要求1所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置,其特征在于:所述第一柔性件(61)、第二柔性件(62)采用波纹管。

5. 一种采用权利要求1所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的串联机器人手指装置,其特征在于:串联机器人手指装置采用串联起来的两个以上的磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置,位于中间的一个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的第一指段(1)与前一个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的第二指段(2)固接。

6. 一种采用权利要求1所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的机器人手装置,其特征在于:机器人手装置包括手掌和至少两个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置,这两个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的第一指段(1)均分别与手掌固接。

磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置

技术领域

[0001] 本发明属于机器人手技术领域,特别涉及一种磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的结构设计。

背景技术

[0002] 机器人手作为机器人的输出终端,得到越来越多机器人研究者的青睐与重视。在机器人研究领域中,机器人手主要分为两大类:拟人手和非拟人手。

[0003] 拟人手是指具有手指的抓持器,手指的数量可以从2个到多个,手指上可以有一个或多个关节。非拟人手也称为特种手,是指没有手指的抓持器,包括吸盘、磁铁、搭扣、钩子或其他具有临时连接抓取功能的装置。

[0004] 拟人手从具有手指数量、关节驱动原理方面可以分为三类:工业夹持器、灵巧手和欠驱动手。

[0005] 工业夹持器一般具有两个手指和一个主动驱动器(电机、气缸或液压缸),手指的中部没有关节。仅具有2个手指的工业夹持器结构简单,控制容易,设计、制造、装配和维护成本低,实用性高,广泛应用于工业自动化生产中。工业夹持器具有如下不足:仅能实现人手的少量抓取模式,无法达到更多外形、尺寸物体的多种模式抓取,通用性不高。

[0006] 灵巧手是指具有3个以上手指和9个以上自由度的多指机器人手,由于主动可控的自由度数量较多,动作灵巧,能够完成人手的多数抓取和操作任务。但是,目前开发出来的灵巧手存在很多不足:所有电机、传感器、控制器、接口模块和大量导线嵌入手内导致机器人手体积大、质量大、系统复杂,多指、多关节运动规划困难,实时计算量大,末端抓持力小,设计、制造、装配、维护成本昂贵,实用性不高。因此现实工业生产中无法直接使用灵巧手。

[0007] 欠驱动手指是指手指的驱动器数量少于关节自由度数量。欠驱动手是指带有欠驱动手指的机器人手,欠驱动手与灵巧手不是完全独立的分类,部分灵巧手上由于具有欠驱动手指,因此也属于欠驱动手。

[0008] 欠驱动手指装置采用少量驱动器驱动多个关节,能够实现自动适应不同形状、尺寸物体的自适应抓取功能,在未知物体外形的情况下可以获得较好的抓取效果,极大地减少了装置对控制规划的需求,从而无需过多的复杂实时计算与电子传感闭环控制。这种欠驱动手指机构归属于智能机构的范畴,即无需传感器,仅从机构的角度就实现了传感与控制闭环。欠驱动手一般体积小、质量小、系统简单,多指、多关节运动控制容易,实时计算量小,末端抓持力大,设计、制造、装配和维护成本低,实用性高。

[0009] 已有的一种气动式欠驱动机器人手指装置(发明专利CN101733758B),包括第一指段、欠驱动关节和第二指段,欠驱动关节包括主动滑块、关节轴和两个气动柔性件。抓取物体时,通过物体挤压主动滑块,主动滑块压缩第一气动柔性件,使得气体通过通道压缩第二气动柔性件,再由第二气动柔性件推动第二指段实现第二指段绕关节轴的中心线转动后接触到物体,对不同形状和尺寸的物体具有自适应性,可实现第一、第二指段均接触物体,

即达到手指形状包络物体的结果。

[0010] 但是，该手指装置的不足在于：

[0011] 由于该手指在抓取物体时需要支承面（如桌面）、其他手指、手掌或其他手配合才能实现手指弯曲，因此，该手指不能实施对放在支承面上的物体的抓取。当该手指离开物体时，由于物体不再挤压主动滑块，该手指会自动恢复到最初的伸直状态而不能继续保持手指弯曲状态，更无法产生对物体的抓持力，因为该抓持力来自物体的挤压，一旦挤压消失，抓持力就会自动消失，如图 27 至图 30 所示，虽然该手指能达到被动自适应包络物体的功能，但该手指离开物体后，该手指恢复初始形态，抓取失败。此外，由于气体流动性大、不易控制，容易回缩，且气动柔性件对关节的力锁紧不够，手指在抓取、移动物体时可能会出现因关节松动而导致抓取不稳的现象。

发明内容

[0012] 本发明的目的是为了克服已有技术的不足之处，提出一种自适应机器人手指装置，该装置可以被动地自动适应物体的形状、尺寸，并具有保持抓持力的功能，而且能够实施对放在支承面上物体的抓取，同时结构简单、成本低。

[0013] 本发明采用如下技术方案：

[0014] 本发明提供的一种磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置，包括第一指段、第二指段、磁流变液、线圈、第一簧件、第二簧件、第一柔性件、第二柔性件、拨块、主动滑块和关节轴；所述关节轴套设在第一指段中，所述第二指段套接在关节轴上，所述主动滑块滑动镶嵌在第一指段中，所述第一指段中设有通道，所述通道包括入口和出口，所述磁流变液设置在第一柔性件、通道和第二柔性件中，所述线圈设置在磁流变液附近；所述第二簧件的一端与拨块连接，另一端与第二指段连接；所述拨块套接在关节轴上；所述第一柔性件的两端分别连接主动滑块和第一指段的通道的入口；所述第二柔性件的两端分别连接第一指段的通道的出口和拨块；所述第一柔性件和第二柔性件通过第一指段的通道相连通；所述第一簧件采用如下三种方式之一或组合方式设置：

[0015] a) 第一簧件的一端与主动滑块连接，另一端与第一指段连接；

[0016] b) 第一簧件的一端与拨块连接，另一端与第一指段连接；

[0017] c) 第一簧件的一端与第二指段连接，另一端与第一指段连接。

[0018] 本发明所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置，其特征在于：所述第一簧件采用拉簧、压簧、扭簧中的一种或者几种组合。

[0019] 本发明所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置，其特征在于：所述线圈设置在第一指段中，所述通道穿过线圈。

[0020] 本发明所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置，其特征在于：所述第一柔性件、第二柔性件采用波纹管。

[0021] 本发明所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的串联机器人手指装置，其特征在于：串联机器人手指装置采用串联起来的两个以上的磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置；位于中间的一个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的第一指段与前一个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的第二指段固接。

[0022] 本发明所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的机器人手装置，其特征

在于：机器人手装置包括手掌和至少两个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置，这两个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的第一指段均分别与手掌固接。

[0023] 本发明与现有技术相比，具有以下优点和突出性效果：

[0024] 本发明装置利用磁流变液、线圈、两个簧件、主动滑块和拨块等综合实现了手指被动自适应弯曲及抓持力保持锁定的功能，能够对放在支承面上物体的实施抓取。该装置利用物体的反作用力来驱动手指第二指段绕关节轴转动；同时利用磁流变液在磁场中的固化特点，当物体的反作用力消失后仍能够保持手指包络物体的弯曲构型；该装置利用簧件存储并保持着最初挤压物体时产生的变形弹力，从而产生和保持住了第二指段对物体持续施加的抓持力，实现了对物体良好的抓取效果。该装置结构简单，体积小，质量小，控制容易，设计、制造、装配和维护成本低。

附图说明

[0025] 图 1 是本发明提供的磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的一种实施例的侧面剖视图（为图 2 中的 B-B 剖面图，手指呈伸直状态）。

[0026] 图 2 是图 1 所示实施例的正面剖视图（为图 1 的 A-A 剖视图）。

[0027] 图 3 是图 1 所示实施例的正面外观图。

[0028] 图 4 是图 1 所示实施例的侧面外观图。

[0029] 图 5 是图 1 所示实施例的立体外观图。

[0030] 图 6 是图 1 所示实施例的爆炸视图。

[0031] 图 7 是图 1 所示实施例的柔性件剖视图。

[0032] 图 8 至图 11 是第一指段固定于手掌上的实施例手指抓握物体的示意图。

[0033] 图 12 至图 15 是第一指段和主动关节连接后的实施例手指抓握物体的示意图。

[0034] 图 16 是应用了图 1 所示实施例的串联机器人手指装置实施例（采用串联的两个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置）的侧视图。

[0035] 图 17 是图 16 所示实施例的正视图。

[0036] 图 18 是图 16 所示实施例抓握大尺寸物体的示意图。

[0037] 图 19 至图 22 是应用了图 1 所示实施例的机器人手指装置的一种实施例（包括两个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置）抓握物体的示意图。

[0038] 图 23 至图 26 是应用了图 1 所示实施例的机器人手装置的另一种实施例（包括四个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置）抓握物体的示意图。

[0039] 图 27 至图 30 是未采用图 1 所示实施例的机器人手装置的一种被动自适应抓取的实施例（包括四个间接自适应欠驱动机器人手指装置）抓握物体的示意图。

[0040] 在图 1 至图 30 中：

- | | | | |
|-------------------|------------|---------|---------|
| [0041] 1- 第一指段, | 11- 通道, | 12- 入口, | 13- 出口, |
| [0042] 2- 第二指段, | 3- 磁流变液, | 4- 线圈, | |
| [0043] 51- 第一簧件, | 52- 第二簧件, | | |
| [0044] 61- 第一柔性件, | 62- 第二柔性件, | | |
| [0045] 7- 拨块, | | | |
| [0046] 8- 主动滑块, | 81- 滑块表面罩, | | |

- [0047] 9—关节轴，
 [0048] 21—中部指段， 22—中关节， 23—远关节，
 [0049] 91—物体， 92—支承面（如桌面）。

具体实施方式

[0050] 下面结合附图及实施例进一步详细说明本发明的具体结构、工作原理及工作过程。

[0051] 本发明设计的磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的一种实施例，如图1、图2、图3、图4和图5所示，图6是图1所示实施例的爆炸视图，包括第一指段1、第二指段2、磁流变液3、线圈4、第一簧件51、第二簧件52、第一柔性件61、第二柔性件62、拨块7、主动滑块8和关节轴9；所述关节轴9套设在第一指段1中，所述第二指段2套接在关节轴9上；所述主动滑块8滑动镶嵌在第一指段1中，所述第一指段1中设有通道11，所述通道11包括入口12和出口13；所述磁流变液3设置在第一柔性件61、通道11和第二柔性件62中，所述线圈4设置在磁流变液3附近；所述第二簧件52的一端与拨块7连接，另一端与第二指段2连接；所述拨块7套接在关节轴9上；所述第一柔性件61的两端分别连接主动滑块8和第一指段1的通道11的入口12；所述第二柔性件62的两端分别连接第一指段1的通道11的出口13和拨块7；所述第一柔性件61和第二柔性件62通过第一指段1的通道11相连通；所述第一簧件51采用如下三种方式之一或组合方式设置：

[0052] a) 第一簧件51的一端与主动滑块8连接，另一端与第一指段1连接；

[0053] b) 第一簧件51的一端与拨块7连接，另一端与第一指段1连接；

[0054] c) 第一簧件51的一端与第二指段2连接，另一端与第一指段1连接。

[0055] 本发明所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置，其特征在于：所述第一簧件51采用拉簧、压簧、扭簧中的一种或者几种组合。

[0056] 本发明所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置，其特征在于：所述线圈4设置在第一指段1中，所述通道11穿过线圈4。

[0057] 本实施例中，所述第一柔性件、第二柔性件采用波纹管，该波纹管可以伸缩。

[0058] 本发明所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的串联机器人手指装置，其特征在于：串联机器人手指装置采用串联起来的两个以上的磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置；位于中间的一个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的第一指段1与前一个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的第二指段2固接。

[0059] 本发明所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的机器人手装置，其特征在于：机器人手装置包括手掌和至少两个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置，这两个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的第一指段1均分别与手掌固接。

[0060] 下面介绍磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置实施例的工作原理与工作工程：

[0061] 本发明所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置采用可变形密闭空间内的磁流变液3作为传动媒介。磁流变液3在零磁场时表现出牛顿流体的一般特性；加磁场时液体粘度可以在1ms内呈数量级的增加，呈现Bingham体特性；加强磁场时可以迅速成固化成固体，并且该过程可逆。

[0062] 本发明设计的一种磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的一种实施例，为了更好地实现由主动滑块 8 小位移的滑动引起第二指段 2 大角度的转动这一欠驱动功能，所述第一柔性件 61 的平均内径大于等于第二柔性件 62 平均内径的两倍。

[0063] 一种采用所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置构成的串联机器人手指装置的实施例，如图 16、图 17 所示，采用串联起来的两个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置，位于中间的一个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的第一指段 1 与前一个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的第二指段 2 固接。在图中，该实施例具有 1 个中部指段 21 和 2 个中部关节 22，分别是中关节 22 和远关节 23。图 18 为该手指自适应包络抓取物体的情形。

[0064] 本发明还提供了另外一种采用所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的机器人手装置的实施例，其抓取过程如图 19 至图 22 所示。该机器人手装置包括手掌和至少两个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置，这两个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的第一指段 1 均分别与手掌固接。图 23 至图 26 为具有两个磁流变液自适应机器人手指的机器人手装置抓取物体的过程。

[0065] 图 1 至图 6 所示的实施例中，第一指段 1 含有敞口的空腔，并且两侧内壁有横槽，主动滑块 8 上设有凸块，该凸块插入横槽中，此结构起到限制主动滑块 8 的滑动方向和防止主动滑块 8 脱离第一指段 1 的作用，即起到定位及导向的作用，以保证主动滑块 8 的运动方向为沿着第一指段 1 横槽的方向。

[0066] 本发明所述第一簧件 51、第二簧件 52 的功能是：自然状态下和放开物体时，第一簧件 51 将主动滑块 8 推向手指外侧，保证主动滑块 8 不压缩第一柔性件 61，所以第二柔性件 62 不会发生形变，即保持手指伸直状态；抓取物体时，物体推动主动滑块 8，主动滑块 8 再推动第一簧件 51 使其压缩变形，第一簧件 51 内磁流变液 3 被压缩穿过通道 11 流向第二簧件 52 并使第二簧件 52 伸长，伸长的第二簧件 52 推动拨块 7 绕关节轴 9 转动，拨块 7 压缩第二簧件 52，第二簧件 52 产生的弹力使得第二指段 2 弯曲，从而实现自适应包络抓取物体。

[0067] 图 1 所示实施例中，所述主动滑块 8 的表面还固接了滑块表面罩 81，该表面罩 81 外可以覆盖一层弹性材料。在抓取物体时，手指表面与物体之间将形成软指面接触，一方面增加了手指对物体的约束程度，另一方面也可以增加摩擦力，增加抓取稳定性。

[0068] 本发明所述磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的具体实施例有以下三种：

[0069] (i) 如果将本实施例的第一指段 1 固定于机器人手的手掌上，本实施例的工作原理，如图 8 至图 11 所示，叙述如下：

[0070] 当机器人手不接触物体时，手指处于自由状态，主动滑块 8 不压缩第一柔性件 61，第二柔性件 62 无形变，手指保持伸直状态。

[0071] 当机器人手抓取物体时，其他手指转动后压迫物体，物体挤压主动滑块 8，主动滑块 8 沿垂直手指表面的方向向第一指段 1 里平移一定的位移 d，压缩第一柔性件 61，此时第一柔性件 61 内的磁流变液 3 被压缩通过通道 11 流向第二柔性件 62，轴向伸长的第二柔性件 62 推动拨块 7 绕着关节轴 9 转动，然后拨块 7 再压缩第二簧件 52 使得第二指段 2 绕着关节轴 9 的中心线作大角度转动角度 α ，直到第二指段 2 接触物体为止。随着第二指段 2

接触到物体进行抓取，当抓取力足够时，此时向线圈 4 通电，线圈 4 产生磁场，磁流变液 3 在磁场的作用下可以迅速固化。固化的磁流变液 3 可以锁住第二簧件 52 的形变，从而锁住弹簧力，为指段抓取物体提供和保持了抓取力；此时机器人手装置移动物体，物体不会掉落，实现稳定抓取。

[0072] 当机器人手需要放开物体时，线圈 4 断电，磁场消失，根据磁流变液 3 的可逆特性，其将迅速变为液体，关节解锁。其他手指离开物体，物体也就不再压迫主动滑块 8，磁流变液 3 通过通道 11 回流，被拉伸和弯曲的第二柔性件 62 收缩恢复原状，同时通过拨块 7 拉动第二簧件 52，第二簧件 52 的回复弹力将拉动第二指段 2 绕关节轴 9 中心线回到初始伸直位置，此时磁流变液 3 将通过第一柔性件 61 推动主动滑块 8 到靠向手指外侧的初始位置。

[0073] (ii) 如果将第一指段 1 根部套固在一个由驱动器驱动的主动关节轴上，本实施例的工作原理，如图 12 至图 15 所示，叙述如下：

[0074] 当机器人手抓取物体时，套有第一指段 1 的主动关节在驱动力矩 m 作用下转动，使得整个手指装置连同根部的主动关节轴 9 绕主动关节轴 9 的中心线转动，直到主动滑块 8 接触物体，当主动关节轴 9 继续转动时，主动滑块 8 在物体的阻挡挤压下沿垂直手指表面的方向朝第一指段 1 里平移，其后抓取过程与 (i) 类似。

[0075] (iii) 如果将第一指段 1 作为手掌固接在机械臂上，第一指段 1 的两侧分别固接一个第二指段 2，本实施例的工作原理，如图 19 至图 22 所示，叙述如下：

[0076] 当机器人手装置抓取物体时，支撑物给待抓持物体施加一个反作用力，该反作用力通过物体挤压主动滑块 8 沿垂直方向向第一指段 1 内平移，从而压缩第一柔性件 61，其后抓取过程与 (i) 类似。

[0077] 图 23 至图 26 为该机器人手装置串联两个磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置抓取物体的示意图。采用磁流变液间接自适应欠驱动机器人手指装置的机器人手抓取在支承面（例如桌面 92）上的物体时的方法说明如下：

[0078] 第一指段 1 向待抓物体 91 靠近，主动滑块 8 接触并挤压待抓物体 91，待抓物体 91 在外界支承面 92 约束下推动主动滑块 8 向第一指段 1 内部滑动，通过磁流变液 3 推动拨块 7 转动，同时第一柔性件 61 压缩，第二柔性件 62 伸长，拨块 7 通过第二簧件 52 带动第二指段 2 绕关节轴 9 的中心线相对于第一指段 1 发生转动，直到第二指段 2 接触待抓物体 91 表面，继续上述过程，第二簧件 52 发生变形产生弹力，使得第二指段 2 对物体产生一定的抓持力，当抓持力增大到足够时，对线圈 4 通以一定大小的电流，使得磁流变液 3 瞬时固化，然后，机器人手离开支承面 92。此时，由于第二簧件 52 的变形被保持在拨块 7 与第二指段 2 中，所以来自第二簧件 52 的变形弹力的第二指段 2 对物体的抓持力被保持住了，物体仍然被抓持在机器人手中，从而机器人手实现了对放在支承面 92 上的物体的抓取。

[0079] 该机器人手对开始被限制在桌面、墙面或其他类似能提供反作用力的支承面 92 上的物体进行抓取，无需其他手指的辅助，抓持过程稳定可靠。

[0080] 本发明装置利用磁流变液、线圈、两个簧件、主动滑块和拨块等综合实现了手指被动自适应弯曲及抓持力保持锁定的功能，能够对放在支承面上物体的实施抓取。该装置利用物体的反作用力来驱动手指第二指段绕关节轴转动；同时利用磁流变液在磁场中的固化特点，当物体的反作用力消失后仍能够保持手指包络物体的弯曲构型；该装置利用簧件存储并保持着最初挤压物体时产生的变形弹力，从而产生和保持住了第二指段对物体持续施

加的抓持力,实现了对物体良好的抓取效果。该装置结构简单,体积小,质量小,控制容易,设计、制造、装配和维护成本低。

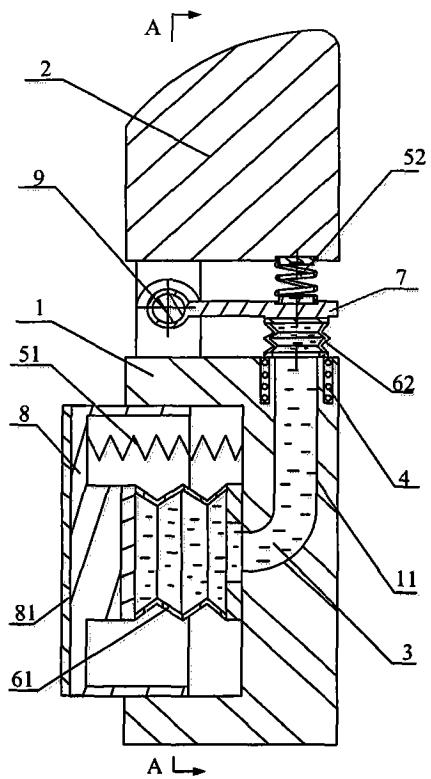


图 1

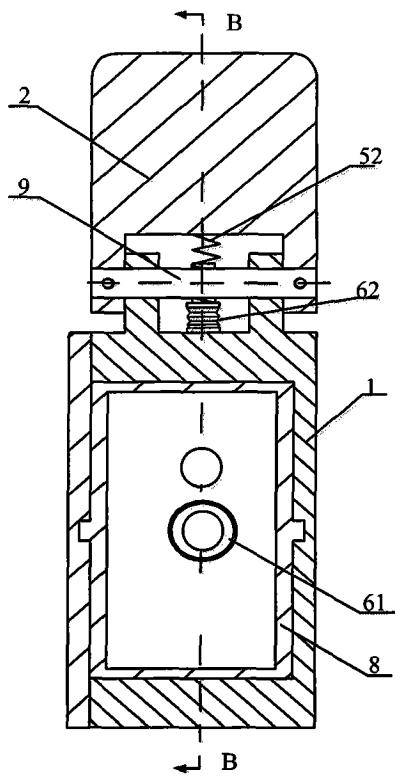


图 2

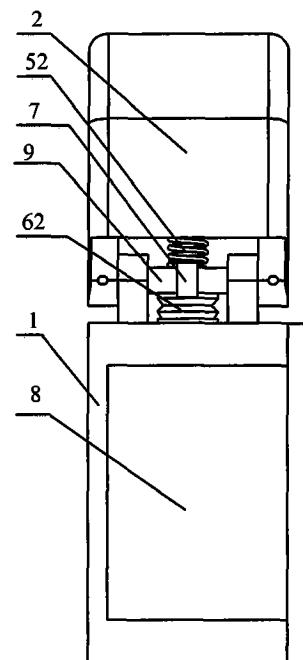


图 3

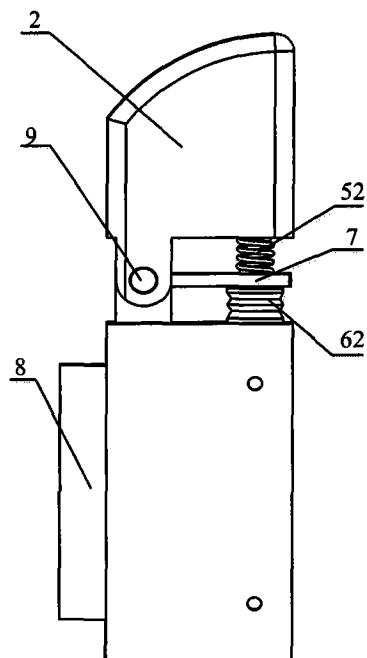


图 4

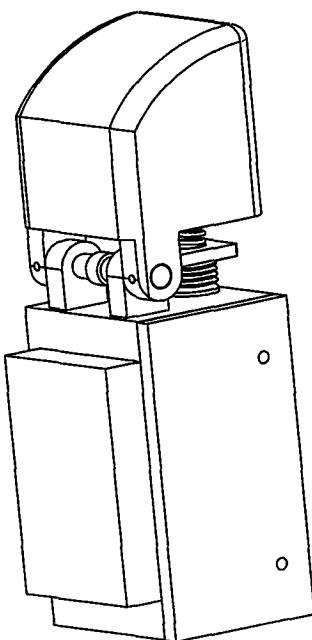


图 5

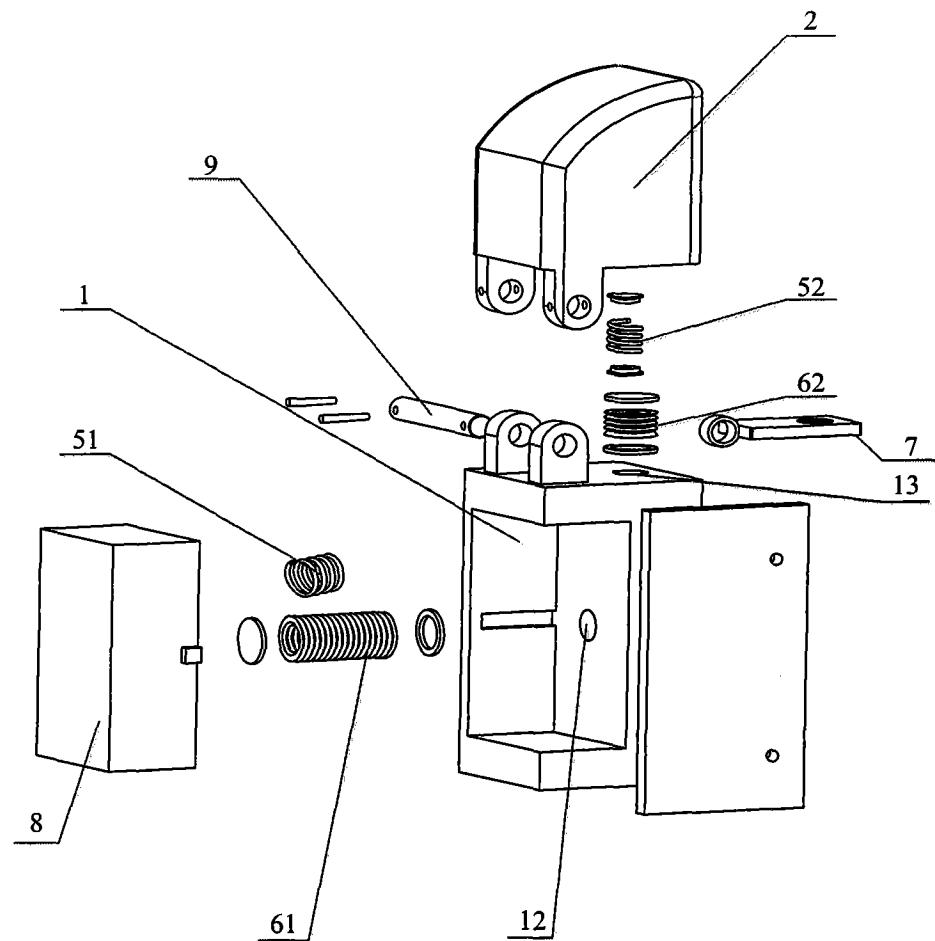


图 6

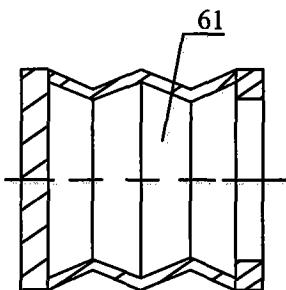


图 7

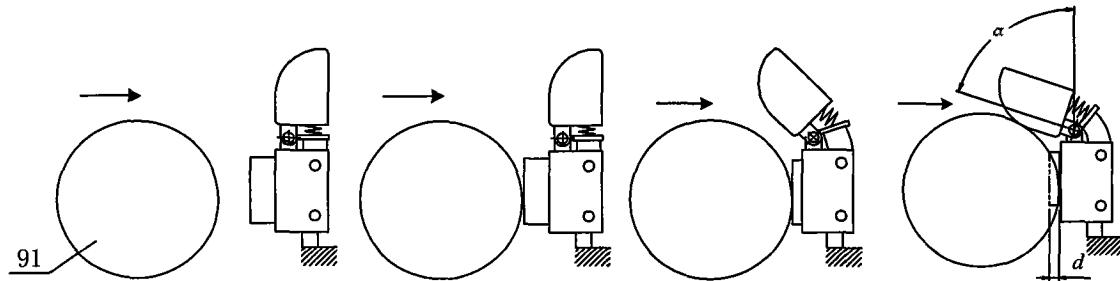


图 8

图 9

图 10

图 11

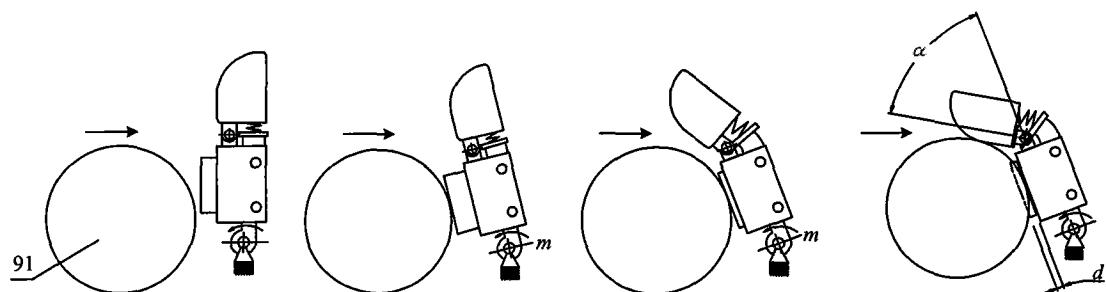


图 12

图 13

图 14

图 15

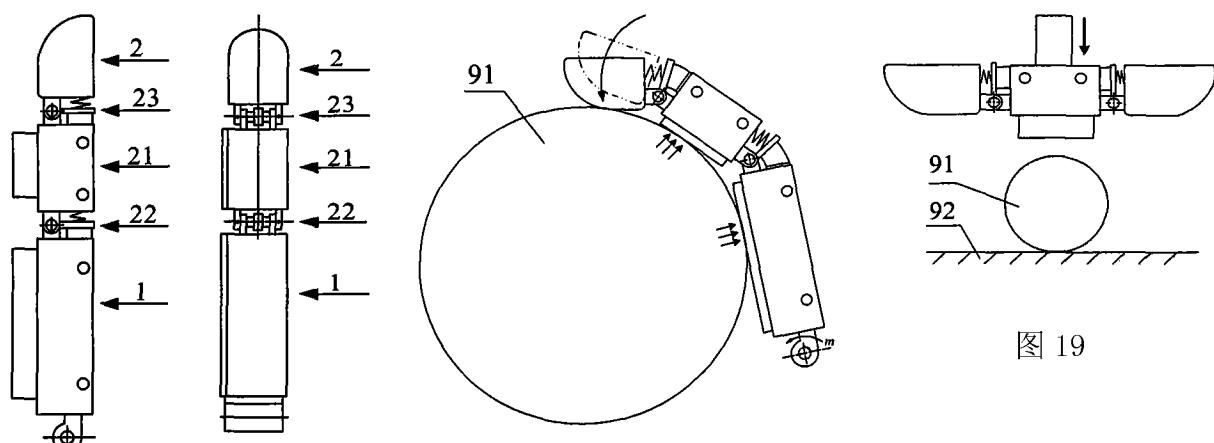


图 16

图 17

图 18

图 19

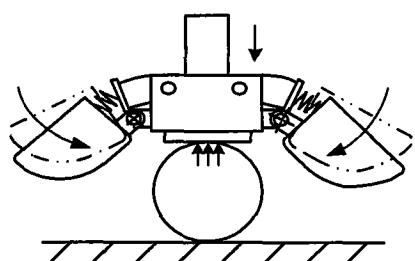


图 20

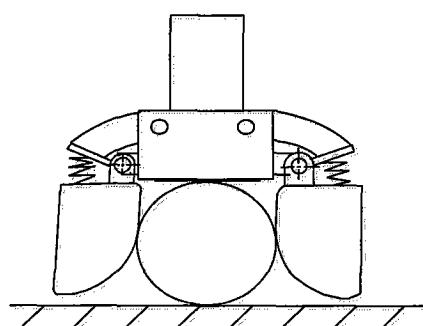


图 21

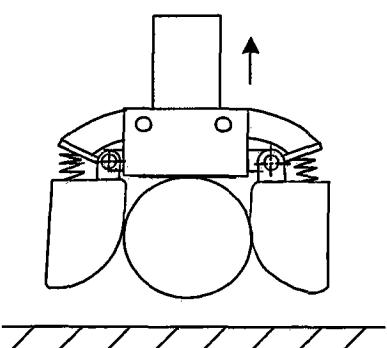


图 22

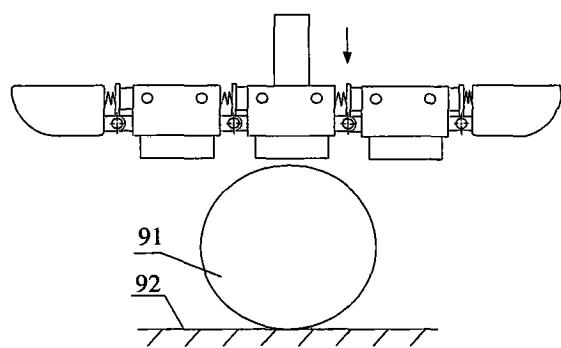


图 23

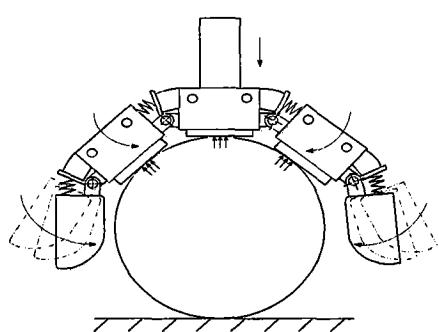


图 24

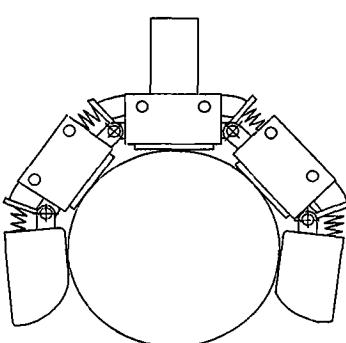


图 25

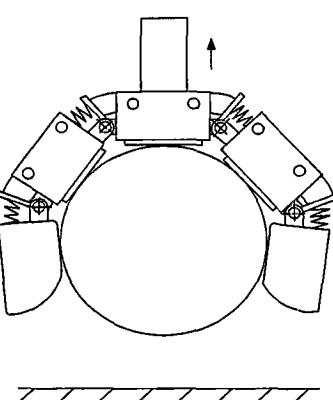


图 26

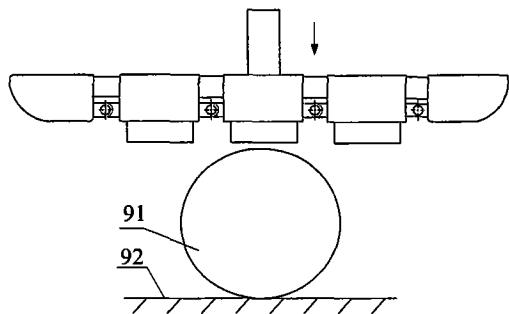


图 27

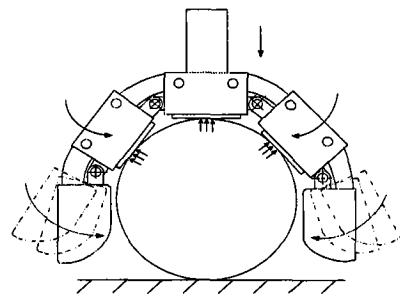


图 28

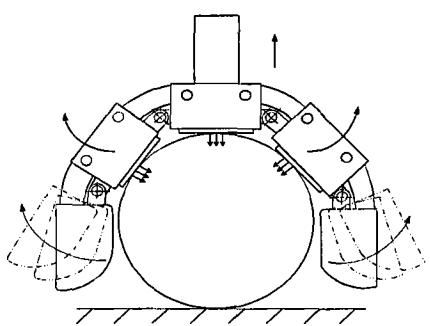


图 29

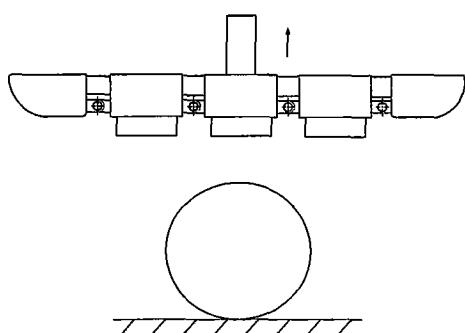


图 30