

专利申请著录项目表

请务必按照“注意事项”核对下述各栏是否填写正确

| | | | | | |
|----------|--|----------|-----------|--------------------|------------------|
| ①专利名称 | 一种可变刚度气动软体抓手 | | | | |
| ②专利类型 | 发明 <input checked="" type="checkbox"/> 实用新型 <input type="checkbox"/> 外观设计 <input type="checkbox"/> 一案两报 <input type="checkbox"/> | | | | |
| ③所有发明人 | 陈锐, 王婧暄, 马宜有, 芦莎, 王卓文, 吴黎, 柏龙, 蒲华燕 | | | | |
| ④第一发明人国籍 | 中国 | | 第一发明人身份证号 | 421126198703113816 | |
| ⑤申请人 | 申请人 (1) | 名称 | | 重庆大学 | |
| | | 统一社会信用代码 | | 12100000400002697C | |
| | | 邮政编码 | 400044 | 详细地址 | 重庆市沙坪坝区沙正街 174 号 |
| | 申请人 (2) | 名称 | | | |
| | | 统一社会信用代码 | | | |
| | | 邮政编码 | | 详细地址 | |
| | 申请人 (3) | 名称 | | | |
| | | 统一社会信用代码 | | | |
| | | 邮政编码 | | 详细地址 | |
| ⑥提前公布 | <input checked="" type="checkbox"/> 请求提前公布该专利申请（只适用于发明专利申请） | | | | |
| ⑦实质审查 | <input checked="" type="checkbox"/> 在提交专利申请的同时提交实质审查请求（只适用于发明专利申请） | | | | |

特殊专利申请信息，涉及该项内容时填写

| | | | | | |
|-----------|--|--|---------------------|--|--------|
| ⑧分案申请 | 原申请号: 针对的分案申请号: 原申请日: 年 月 日 | | | | |
| ⑨生物材料样品 | 保藏单位: | | 地址: | | |
| | 保藏日期: 年 月 日 | | 保藏编号: | | 分类命名: |
| | <input type="checkbox"/> 在提交专利申请的同时提交生物材料样品保藏及存活证明 | | | | |
| ⑩序列表 | <input type="checkbox"/> 本专利申请涉及核苷酸或氨基酸序列表 | | | | |
| ⑪ 要求优先权声明 | 原受理机构名称: | | 在先申请日: 年 月 日 | | 在先申请号: |
| | 原受理机构名称: | | 在先申请日: 年 月 日 | | 在先申请号: |

双方联系方式及其它特殊要求

| | |
|--------|----------------------|
| 联系人 | 姓名: 王婧暄 |
| 代理人 | 姓名: |
| 其它特殊要求 | |
| 备注 | 指定说明书附图中的图__1__为摘要附图 |

一、本表由代理人预先填写，请联系人仔细核对信息是否正确，若有错误或缺漏请修改或补充。

二、本表第①栏，专利名称包括字母、数字和标点符号在内一般不得超过 25 个字，化学领域可允许最多到 40 个字。

三、本表第②栏，专利类型分为发明、实用新型和外观设计三种。对产品、方法或者其改进所提出的新的技术方案可以申请发明专利。对产品的形状、构造或者其结合所提出的适于实用的新的技术方案可以申请实用新型专利。对产品的形状、图案或者其结合以及色彩与形状、图案的结合所作出的富有美感并适于工业应用的新设计可以申请外观设计专利。申请人可以同日对同样的发明创造既申请实用新型专利又申请发明专利（简称一案两报）。

四、本表第③栏，发明人是指对发明创造的实质性特点作出创造性贡献的人。发明人应当是个人。发明人姓名应当使用中文；外国发明人的中译名可以使用外文缩写字母，姓和名之间用圆点分开，例如 M·琼斯。发明人有两个以上的应当自左向右顺序填写。发明人可以请求国家知识产权局不公布其姓名，若请求不公布姓名，应当在此栏所填写的相应发明人后面注明“（不公布姓名）”。

五、本表第④栏，第一发明人是香港、澳门、台地区的，其国籍应填写为“中国”。第一发明人为中国内地居民的，还应当同时填写居民身份证号码（或军官证号码）。

六、本表第⑤栏，申请人是指有权提出专利申请的人。除另有协议外，职务发明的申请人为单位，非职务发明的申请人为个人。申请人可以有多个，如两个或两个以上的单位、一个单位和一个个人等等。申请人是单位的，应当填写单位正式全称、组织机构代码、地址和邮政编码；申请人是个人的，应当填写本人真实姓名、居民身份证号码（或军官证号码）、地址和邮政编码。地址栏应明确至街道门牌号码。

七、本表第⑥栏，提前公布是指在发明专利申请初步审查合格后立即进入公布准备。如果不请求提前公布，则该发明专利申请将在自申请日起满十八个月时公布。**由于发明专利申请必须在公布以后才能进入实质审查程序，为了加快申请的审查进程，在申请人无特别要求的情况下，本公司默认勾选此栏。如申请人不要求提前公布，请去除勾选并及时通知代理人。**

八、本表第⑦栏，实质审查是指审查员对发明专利申请是否符合授权条件（包括新颖性、创造性、实用性、公开充分、单一性问题等）进行审查。申请人可以在自申请日（有优先权的，指优先权日）起三年内提出实质审查请求来启动实质审查程序。如果在提交专利申请的同时提交实质审查请求，则该发明专利申请在公布后立即进入实质审查阶段。**为了加快发明专利申请的审查进程，在申请人无特别要求的情况下，本公司默认勾选此栏。如申请人不想在提交专利申请的同时提交实质审查请求，请去除勾选并及时通知代理人。**

九、本表第⑧栏，申请是分案申请的，应当填写此栏。一件专利申请中包含两项以上发明、实用新型或者外观设计的，在该专利申请未结案之前，申请人可以基于该专利申请主动提出或者依据审查员的审查意见提出一件或多件分案申请。分案申请的类别应当与原申请的类别一致。分案申请应当填写原申请的申请号和申请日；对于已提出过分案申请，申请人需要针对该分案申请再次提出分案申请的，还应当填写该分案申请的申请号。

十、本表第⑨栏，发明专利申请涉及公众不能得到的生物材料的，应当填写此栏，并自申请日起四个

月内提交由保藏单位出具的该生物材料样品的保藏及存活证明。专利法规定，如果申请涉及的完成发明必须使用的生物材料是公众不能得到的，申请人必须在申请日前或者最迟在申请日（有优先权的，指优先权日）当天将该生物材料样品提交至国家知识产权局认可的生物材料样品国际保藏单位保藏。

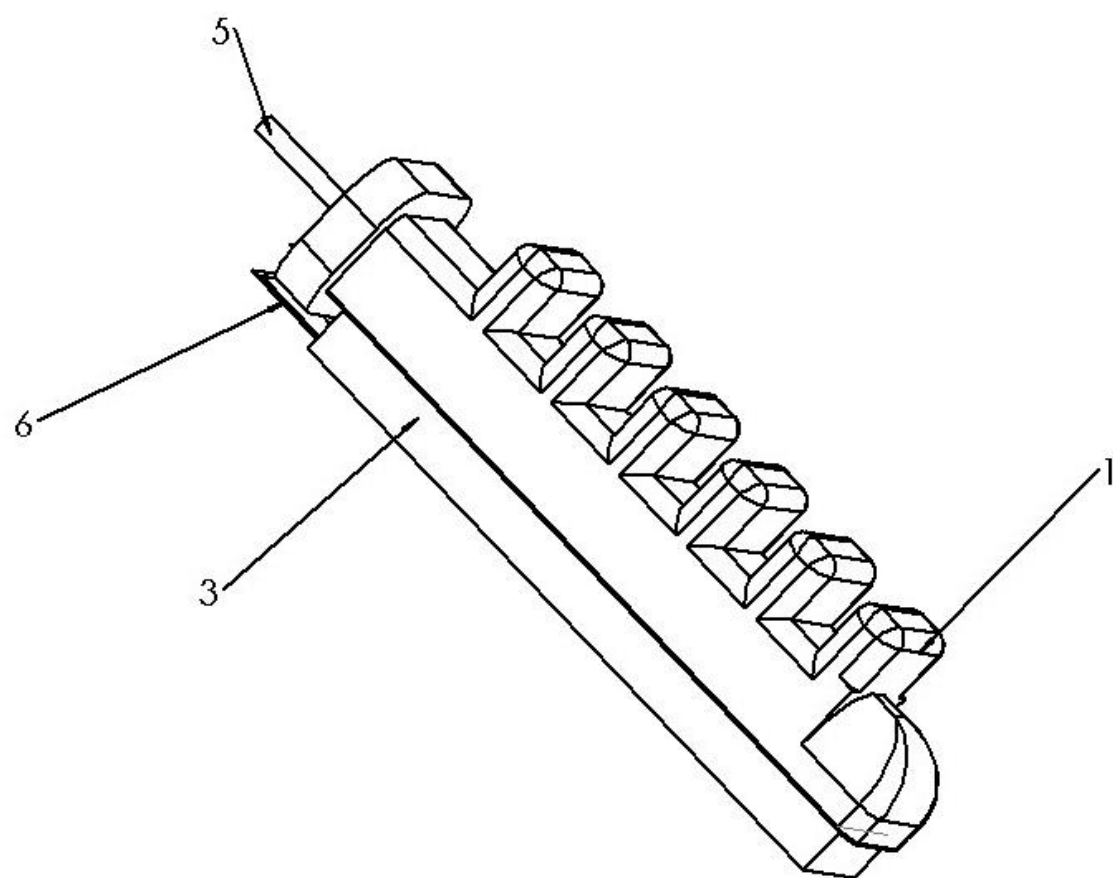
十一、本表第⑩栏，发明专利申请涉及核苷酸或氨基酸序列表的，应当填写此栏，并在提交专利申请文件的同时提交核苷酸或氨基酸序列表的计算机可读形式副本。

十二、本表第⑪栏，申请人要求外国或者本国优先权的，应当填写此栏。专利法规定，申请人就相同主题的发明或者实用新型在外国第一次提出专利申请之日起十二个月内，或者就相同主题的外观设计在外国第一次提出专利申请之日起六个月内，又在中国提出专利申请的，可以根据有关规定要求外国优先权。申请人就相同主题的发明或者实用新型在中国第一次提出专利申请之日起十二个月内，又以该专利申请为基础向专利局提出发明或者实用新型专利申请的，可以要求本国优先权。要求外国或者本国优先权的在后申请以第一次专利申请的申请日作为优先权日。申请人在一件专利申请中，可以要求一项或多项优先权。

说明书摘要

本发明公开了一种可变刚度气动软体抓手，该抓手设计为中心对称的三指柔性结构体，包括有气动软体抓手支撑、气动软体抓手本体、限制层、导气管、气道、上下电极膜片、变刚度模块和外辅助装置；所述气动软体抓手支撑连接软体抓手本体和外辅助装置，以固定其位置；所述气动软体抓手本体在自由状态下垂直向下；所述气道由外界通过充气或放气驱动气动软体抓手的弯曲伸展，与目标物体紧密贴合完成抓取；所述变刚度模块贴附在气动软体抓手本体的内表面，受上下电极膜片产生的电场作用实现变刚度。该设计是一种利用变刚度模块与物体间的紧密贴合以及柔性机械夹持力来夹持各种复杂形状物体的气动软体抓手，解决包覆式抓取、平面物体抓取等问题，对各种复杂形状的物体实现抓取。

。



权利要求书

1. 一种可变刚度气动软体抓手，其特征在于：包括气动软体抓手支撑、气动软体抓手本体、限制层、导气管、气道、上下电极膜片、变刚度模块和外辅助装置；所述气动软体抓手支撑连接软体抓手本体和外辅助装置，以固定其位置；所述气动软体抓手本体在自由状态下垂直向下；所述气道由外界通过充气或放气驱动气动软体抓手的弯曲伸展，与目标物体紧密贴合完成抓取；所述变刚度模块贴附在气动软体抓手本体的内表面即抓取面，受上下电极膜片产生的电场作用实现变刚度；所述气动软体抓手支撑通过气动软体抓手本体同类的硅胶与气动软体抓手本体粘合为一体；所述导气管穿过抓手支撑与外气泵相连，通过硅胶与气动软体抓手本体粘合，用于由外气泵向抓手内气道充气或放气提供气体驱动；所述外辅助装置包括向所述导气管通气的气泵，向上下电极膜片输出设定电压的升压模块。

2. 根据权利要求 1 所述的可变刚度气动软体抓手，其特征在于：所述气动软体抓手本体包括采用硅胶浇注固化成型的手指体、形成于所述手指体内的气道。

3. 根据权利要求 2 所述的可变刚度气动软体抓手，其特征在于：所述软体手指体的宽度和长度的关系为 2:15。

4. 根据权利要求 2 所述的可变刚度气动软体抓手，其特征在于：所述软体手指体内有可限制气动软体抓手在气体驱动下变形方向的限制层，所述限制层位于软体手指体内靠近弯曲的内表面，所述限制层完全覆盖手指体内气道大小。

5. 根据权利要求 1 所述的可变刚度气动软体抓手，其特征在于：所述变刚度模块由采用硅胶浇注固化成型的巨电流变液 GERF 容纳槽和容纳槽中用 PE 薄膜包裹的巨电流变液 GERF 构成。

6. 根据权利要求 5 所述的可变刚度气动软体抓手，其特征在于：所述巨电流变液 GERF 容纳槽的宽度和长度的关系为 6:11，贴附于气动软体抓手本体的内表面（抓取面）。

7. 根据权利要求 5 所述的可变刚度气动软体抓手，其特征在于：所述巨电流变液 GERF 容纳槽的上下表面均嵌入了电极膜片，所述电极膜片的距离与巨电流变液 GERF 容纳槽的宽度比为 1:3。

8. 根据权利要求 5 所述的可变刚度气动软体抓手，其特征在于：所述包裹巨电流变液 GERF 的 PE 薄膜用于减缓巨电流变液挥发以及防止其与容纳槽的硅胶基体发生反应，延长其使用寿命。

9. 根据权利要求 8 所述的可变刚度气动软体抓手，其特征在于：所述上下电极膜片通过丝网印刷技术制作，其包括硅胶膜基层、石墨电极层和硅胶绝缘层，所述石墨电极

权 利 要 求 书

层经通电后产生电场用于激活巨电流变液。

10. 根据权利要求 8 所述的可变刚度气动软体抓手，其特征在于：所述上下电极膜片设有伸出柔性手指外用于连接升压模块输送电至膜片的铜箔片，通过气动软体抓手本体同类的硅胶与气动软体抓手本体粘合为一体。

一种可变刚度气动软体抓手方法

技术领域

本发明涉及软体抓手领域，尤其涉及一种可变刚度气动软体抓手，通过充气或放气提供气体驱动控制软体抓手的闭合与弯曲伸展，通过外加电场作用改变巨电流变液 GERF 的流变特性，实现对目标物体的变刚度抓取。

背景技术

传统机器人的研究以刚性结构为主，在工业、医疗和特种等诸多领域已经有了广泛的积累和应用。但其结构复杂、灵活度有限、安全性和适应性较差，在一些特殊的应用中，如复杂易碎物体抓持、人机交互和狭窄空间作业等具有极大的挑战。

近年来，随着 3D 打印技术和新型智能材料的发展，应用软材料设计制造的软体抓持器引起了国内外学者和机构的广泛关注，并受到了持续的研究。软体气动抓持器作为应用最为广泛的一种软体抓持器，已经成为软体抓持器领域内最主要的应用对象之一，气动软体抓持器是由一个或多个气动执行单元组成，气动执行单元的特性决定了抓持器的性能。当前，气动执行单元，制作工艺日渐成熟，但它们的工作特性引起了一些问题，如它们在启动和停止时，由于材料自身的特性导致无法避免的振动，当进行微尺寸的装配工作时，这些振动将影响抓持器的工作效果；又如，由于制作材料的柔性，在负载较大的情况下，易产生松脱，导致其自身的负载能力有限，无法胜任负载较大的场合。

因此，为解决以上问题，需要一种可变刚度气动软体抓手，基于智能材料巨电流变液相变实现变刚度，增强气动软体抓手的抓取稳定性和抓取强度，扩大气动软体抓手的适用范围。

发明内容

有鉴于此，本发明的目的是设计一种以巨电流变液实现变刚度、以柔性机械夹持手指来稳定夹持各种形状物体的软体气动机械手，解决柔性抓取、刚性抓取及其自由转化等问题，提高末端执行器的目标物体抓取多样性、抓取稳定性，扩大软体抓手应用范围，使之通用性更强、容差性更大、灵活性更好。通过向手指空腔充气或放气，控制空腔内气压变换，从而实现手指根据不同抓取物体表面内自适应地弯曲程度姿态变化。通过控制电路参数-输入电压值，从而实现对巨电流变液固液形态的转化，进而达到提升抓取稳定性的目的。

为达到上述目的，本发明提供如下技术方案：

本发明的可变刚度启动软体抓手，设计为一个手指型柔性结构体，包括抓手支撑、软体

抓手本体、限制层、导气管、气道、变刚度模块和外辅助装置；所述气动软体抓手支撑连接软体抓手本体和外辅助装置，以固定其位置；所述气动软体抓手本体在自由状态下垂直向下；所述气道由外界通过充气或放气驱动气动软体抓手的弯曲伸展，与目标物体紧密贴合完成抓取；所述变刚度模块贴附在气动软体抓手本体的内表面（抓取面），受上下电极膜片产生的电场作用实现变刚度。

进一步，所述气动软体抓手本体包括采用硅胶浇注固化成型的手指体、形成于所述手指体内的气道。

进一步，所述指体内形成有一个配合气体驱动弯曲变形的梳齿形气道，所述气道形状分布均匀。

进一步，所述软体手指体内有可限制气动软体抓手在气体驱动下变形方向的限制层，所述限制层位于软体手指体内靠近弯曲的内表面，所述限制层完全覆盖手指体内气道大小。

进一步，所述软体抓手本体还包括设置于手指体内侧抓取面上的变刚度模块。

进一步，所述变刚度模块由采用硅胶浇注固化成型的巨电流变液 GERF 容纳槽和容纳槽中用 PE 薄膜包裹的巨电流变液 GERF 构成。

进一步，所述巨电流变液 GERF 是一种胶体，可通过外部施加电压的变化来实现其固态和液态的相互转化，用于改变手指刚性。

进一步，所述包裹巨电流变液 GERF 的 PE 薄膜用于减缓巨电流变液挥发以及防止其与容纳槽的硅胶基体发生反应，延长其使用寿命。

进一步，所述上下电极膜片通过丝网印刷技术制作，其包括硅胶膜基层、石墨电极层和硅胶绝缘层，所述石墨电极层经通电后产生电场用于激活巨电流变液。

进一步，所述上下电极膜片设有伸出柔性手指外用于连接升压模块输送电至膜片的铜箔片，通过气动软体抓手本体同类的硅胶与气动软体抓手本体粘合为一体。

进一步，所述变刚度模块通过软体抓手本体同类的硅胶和软体抓手本体粘合为一体。

进一步，所述导气管穿过抓手支撑并连接外气泵，通过硅胶和软体抓手本体粘合，用于由外气泵向抓手内气道输送气提供气体驱动。

进一步，所述外辅助装置设有用于向所述导气管通气的气泵，向变刚度模块输出设定电压的升压模块，以及为所述气泵及升压模块供电的外接电源。

进一步，所述抓手支撑通过软体抓手本体同类的硅胶和软体抓手本体粘合。

本发明的有益效果在于：

1、本发明装置突破了常规刚性机械手的限制，软体抓手本体材料为硅胶，变刚度模块同

样适用柔性材料制备，整体呈现出足够的柔性，能够实现了对多种不同材质、不同表面形状物体的抓提，且对被抓取物体不易产生挤压造成破损的现象。

2、本发明装置突破了常规柔性机械手的限制，引入变刚度模块，弥补了传统柔性机械手抓取物体承力较小，抓取不稳定的缺点，可抓取更大质量、更多形状的物体。巨电流变液 GEF 变刚度模块具有响应速度快，刚度稳定可控，适应范围广等优势。

3、本发明装置的内部气腔结构经过合理的设计，充气时抓手可以快速实现弯曲变形，并且抓手趋近于包覆式变形；放气时可使抓手实现快速张开变形，抓手抓取表面趋近于平面；从而在抓取物体时达到快速稳定抓取效果。

4、本发明装置软体抓手本体的模具通过 3D 打印而成，保证模具内部精度，将硅胶浇筑入模具中固化成型，内嵌入限制层，所有组成部分均采用同类硅胶粘合，使得装置的整体性非常强，不易出现磨损或是充气漏气现象。

5、本发明装置的变刚度模块电极表面进行了绝缘化处理，避免了外界因素对于电场的影响，保证了变刚度的效果，同时还延长了使用寿命。

6、本发明装置打破了对传统刚性机械手、柔性机械手的定义，依靠自适应柔顺贴合后通电产生电场对整体刚性加以控制，在通用性、容错性和灵活性上具有优势。

本发明的其他优点、目标和特征将在随后的说明书中进行阐述，并且在某种程度上对本领域技术人员而言是显而易见的，或者本领域技术人员可以从本发明的实践中得到教导。本发明的目标和其他优点可以通过下面的说明书来实现和获得。

附图说明

为了使本发明的目的、技术方案和有益效果更加清楚，本发明提供如下附图进行说明：

图 1 为本发明的可变刚度气动软体抓手的结构示意图；

图 2 是本发明的可变刚度气动软体抓手的爆炸图；

图 3 是本发明的可变刚度气动软体抓手的侧面剖视图；

图 4 是本发明的石墨印刷柔性电极示意图；

图 5 是本发明的可变刚度气动软体抓手的模具结构示意图。

具体实施方式

以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式，本领域技术人员可由本说明书所描述的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用，本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用，在没有背离本发明的精

神下进行各种修饰或改变。需要说明的是，以下实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想，在不冲突的情况下，以下实施例及实施例中的特征可以相互组合。

其中，附图仅用于示例性说明，表示的仅是示意图，而非实物图，不能理解为对本发明的限制；为了更好地说明本发明的实施例，附图某些部件会有省略、放大或缩小，并不代表实际产品的尺寸；对本领域技术人员来说，附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

本发明实施例的附图中相同或相似的标号对应相同或相似的部件；在本发明的描述中，需要理解的是，若有术语“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明，不能理解为对本发明的限制，对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

图 1 为本发明的可变刚度气动软体抓手的结构示意图，图 2 是本发明的可变刚度气动软体抓手的爆炸图，图 3 是本发明的可变刚度气动软体抓手的侧面剖视图，图 4 是本发明的石墨印刷柔性电极示意图，图 5 是本发明的可变刚度气动软体抓手的模具结构示意图，如图所示：本实施例中的一种可变刚度气动软体抓手，包括软体抓手本体 1 和变刚度模块 3，所述变刚度模块 3 为柔性模块并贴附于软体抓手的抓握面一侧；所述软体抓手本体 1 为手指型抓手，该结构可实现对物体的自适应包覆式紧密贴合，通过变刚度模块 3 实现稳定抓取，既能依靠软体抓手对物体的表面紧密贴合产生的柔性夹持力抓取物体，又能依靠刚度的增加来提升抓取稳定性，实现同时运用夹持力和稳定力来抓取物体，实现对不同质量物体的适应性稳定抓取，效果良好。

本实施例中，所述抓手支撑上连接有导气管 5 和软体抓手本体 1，抓手支撑末端可根据不同的外辅助装置设计特定的末端连接；所述软体抓手本体 1 由一个柔性手指和对应内嵌于柔性手指中的气道构成；所述限制层嵌入软体抓手本体 1 中，位于抓手弯曲抓取面的一侧，其尺寸大小需完全覆盖气道的尺寸；所述变刚度模块 3 在软体抓手的抓取面与柔性手指贴合；各所述柔性手指在自由状态下下垂；所述气道经导气管 5 由外界通入气体后，通过气压驱动柔性手指，同时限制层限制软体抓手在气体驱动下的变形方向，软体机械手弯曲变形方向朝向限制层贴近一侧；所述软体抓手本体 1 的弯曲变形程度可通过控制通入气道的气体气压大小实现；柔性手指可采用现有任意形式的、具有较强弹性形变能力的材料和结构；所述变刚度模块 3 产生刚度变化，通过控制外辅助装置施加的电压强弱，实现产生不同强度的抓取。

在一个优选实施方案中，所述软体抓手本体 1 包括采用硅胶固化成型的软体抓手上腔、内嵌于所述软体抓手本体 1 内的气道及限制层；软体抓手上腔通过硅胶固化一次成型，限制层内嵌在用于密封软体抓手上腔内气道的相同硅胶膜中；制作软体抓手上腔的模具通过 3D 打印而成，硅胶固化成型时，先在硅胶型上腔模具内加入硅胶，硅胶固化后形成软体抓手上腔，在将限制层固定于下腔模具适当位置后再次加入硅胶，固化最终完成柔性抓手的制作。

本实施例中，所述抓手内含气道，呈梳齿状均布在抓手内部，有主通道和副通道之区分，这种腔道结构槽其一减少手指体的重量，减少硅胶原料用量，保证抓手在未充气时保持抓取面的下垂姿态；其二通过气管由外界气泵输送的气体流畅得输入至抓手内部，形成气压，驱动抓手变形，实现抓取功能，避免由于气道内部结构变形引起的气体输入堵塞现象；其三能实现软体抓手最大程度的理想化变形，在抓取工况下，能够与被抓取对象实现更多的贴合。

本实施例中，所述抓手内有限制层由玻璃纤维布制成，限制软体抓手在气体驱动下的变形方向，软体机械手弯曲变形方向朝向限制层贴近的一侧，以此实现软体抓手的变形可控，实现对物体包覆式抓取功能。

本实施例中，所述变刚度模块 3 包括硅胶膜基层 4、电流变液包裹物 PE 薄膜 8、石墨条状电极层（6、7）和硅胶绝缘层，所述基层和绝缘层材料均为硅橡胶，电极材料为导电油墨，所述导电油墨为炭黑和硅橡胶按质量比 1：2 的混合物，保证变刚度模块 3 不会随着气动软体抓手的弯曲变形而产生龟裂，电流变液包裹物 8 为 PE 薄膜，保证电流变液的真空状态；所述条状电极层通过丝印的方式附在基层表面，保证电极能稳定有效地附在气动软体抓手本体的抓握面上，且抓取效果好，结构简单，制作方便，所述硅胶绝缘层包裹整个模块，起到绝缘、隔绝外界的作用。

本实施例中，所述软体抓手本体 1 呈手指型结构，所述变刚度模块 3 贴附在手指的对应位置；这种结构提高了软体抓手与被抓取对象的贴合面积和包覆效果，抓手的抓取效果优良。

本实施例中，所述抓手支撑放置在软体抓手本体 1 中心位置，后将导气管穿过抓手支撑 1 并插入软体抓手本体 1 一定深度，再将硅胶由抓手支撑 1 上开口倒入，将三者连接起来。

本实施例中，所述软体抓手本体 1 同变刚度模块 3、软体抓手本体 1 同抓手支撑、抓手支撑同导气管 5 之间的连接均通过硅胶粘合实现，该方法遵循了和软体抓手本体 1 材料一致性的原则，能够使各部分之间的连接牢固可靠。

最后说明的是，以上优选实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制，尽管通过上述优选实施例已经对本发明进行了详细的描述，但本领域技术人员应当理解，可以在形式上和细节上对其作出各种各样的改变，而不偏离本发明权利要求书所限定的范围。

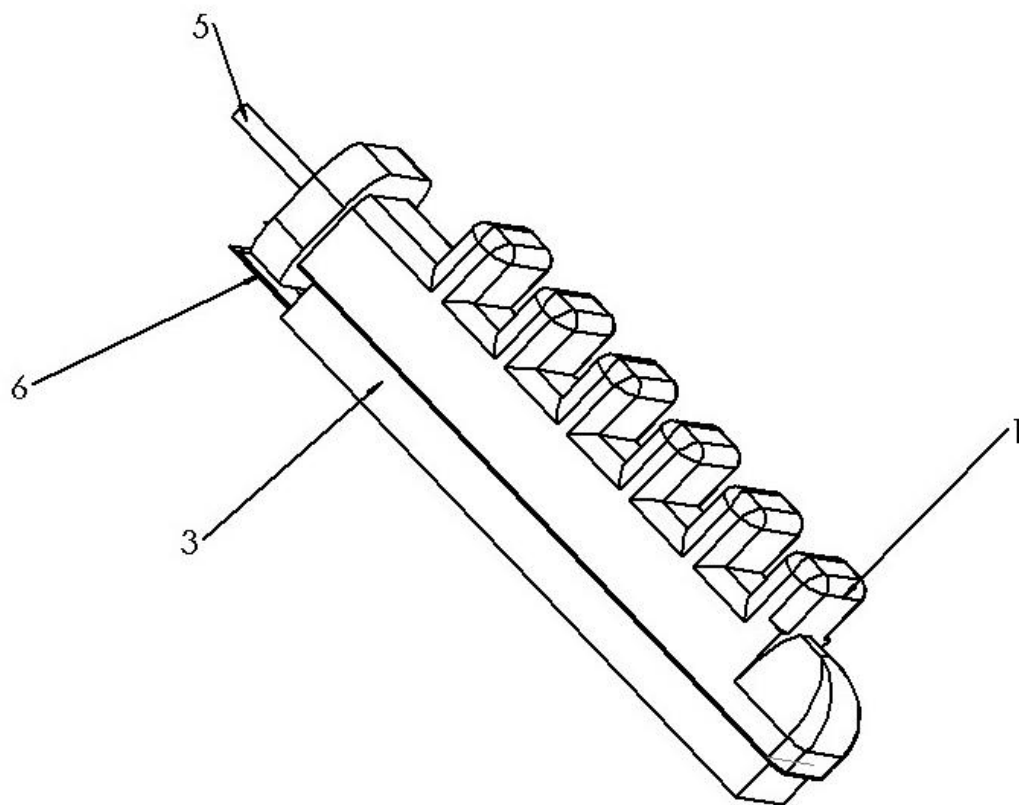


图 1

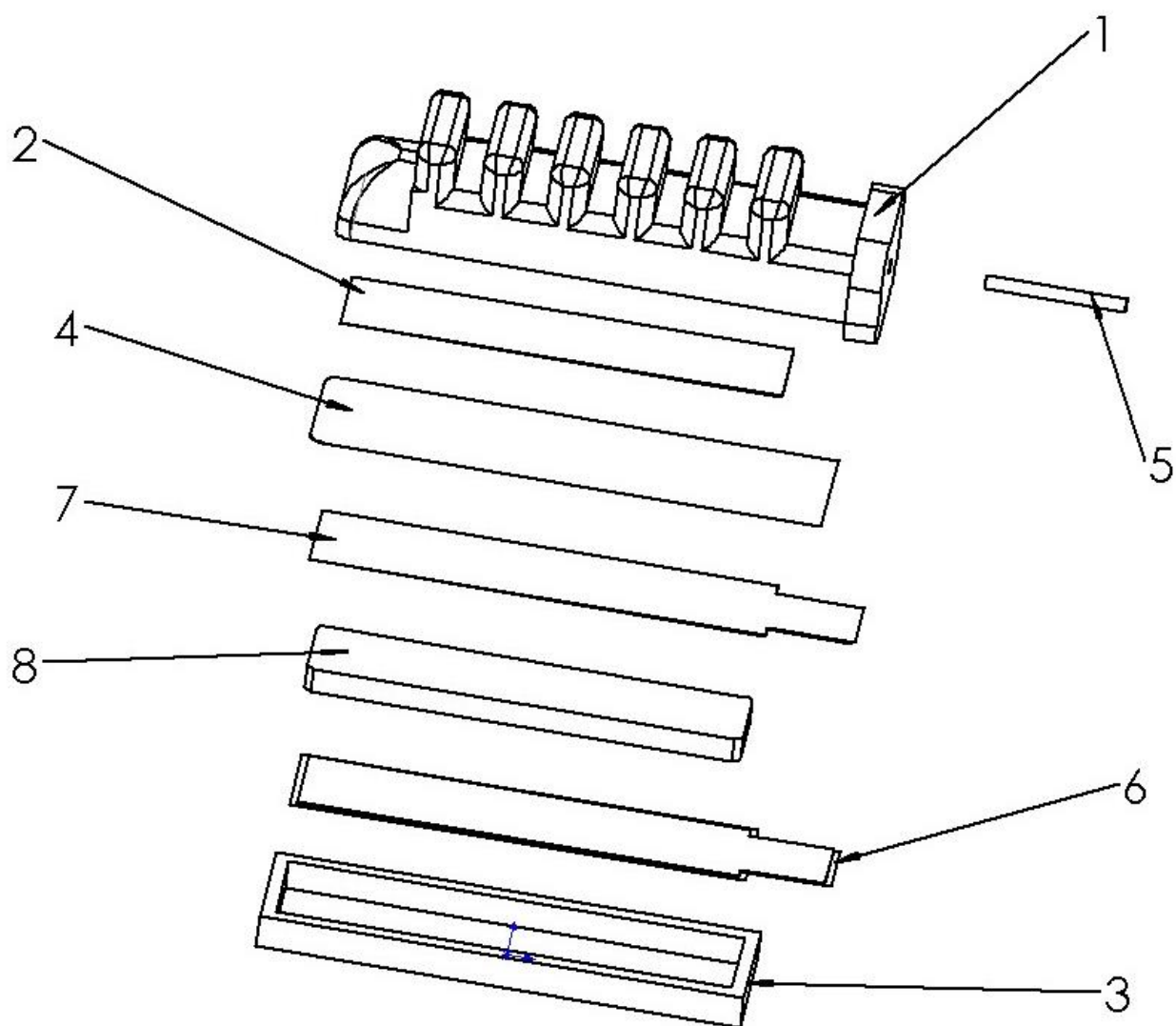


图 2

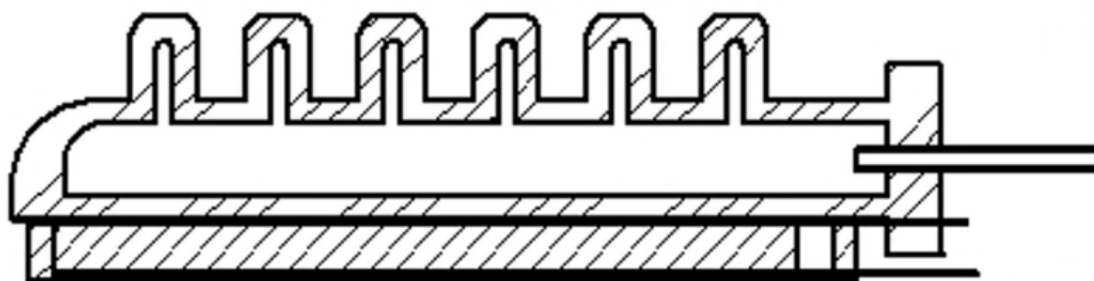


图 3



图 4

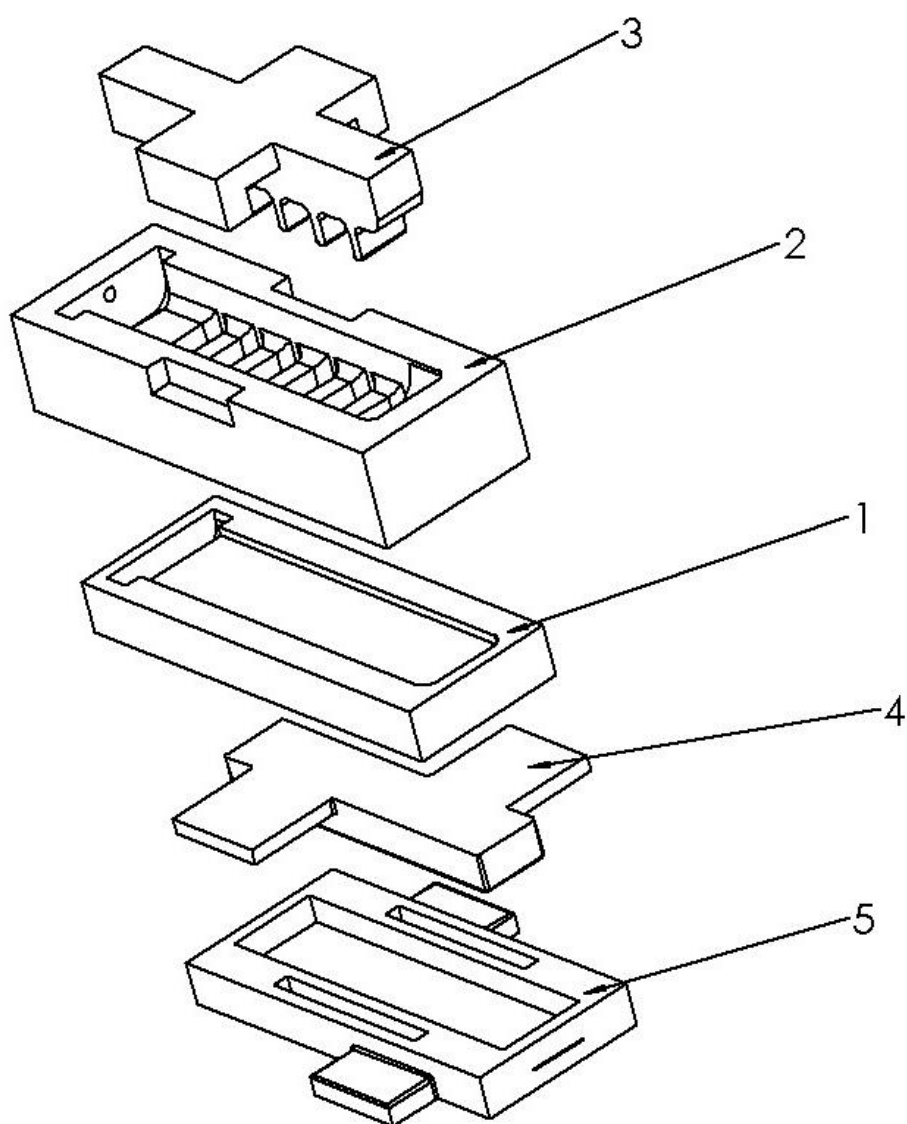


图 5