

# Review of Humanoid Hand Five-Finger Manipulator

Zongyuan Qiao, Yuesong Li, Huaiyong Zhao

School of Mechatronics Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang Henan

Email: liyaosong707@163.com

Received: May 20<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jun. 4<sup>th</sup>, 2018; published: Jun. 11<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

The humanoid five-finger manipulator has broad applications in the direction of prosthetic limbs, remote operation and fine micro operation. In order to provide the basis and reference for the design of the humanoid five fingers manipulator and design an appropriate humanoid five fingers manipulator, according to the different driving modes, this paper introduces the working principle and typical representative of a variety of five-finger manipulator, such as rope drive, connecting rod drive, pneumatic drive and joint motor drive. Finally, the advantages and disadvantages of all kinds of humanoid five fingers manipulator are analyzed, and their applications directions are given respectively.

## Keywords

Bionics, Robot, Five-Finger Manipulator, Degree of Freedom, Pneumatic Muscle

---

# 仿人手五指机械手的发展现状

乔宗原, 李跃松, 赵怀勇

河南科技大学, 机电工程学院, 河南 洛阳

Email: liyaosong707@163.com

收稿日期: 2018年5月20日; 录用日期: 2018年6月4日; 发布日期: 2018年6月11日

---

## 摘要

仿人手五指机械手在残疾人假肢、远程手术操作、精细微操作等方向上有着广泛的应用前景。为仿人手五指机械手的设计提供依据和参考, 设计出合适的仿人手五指机械手, 本文按驱动方式的不同, 分别介绍了绳索驱动型、连杆驱动型、气压驱动型和关节电机驱动型等种类的五指机械手的工作原理和典型代

表。最后,分析各种仿人手五指机械手的优缺点,并给出了其各自的应用方向。

## 关键词

仿生, 机器人, 五指机械手, 自由度, 气动肌肉

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

机械手是一种能模仿人手和手臂的某些动作功能,按固定程序抓取、搬运物件或操作工具的自动化操作装置[1]。为降低成本、节省劳动力、增加效率、保障产品质量减少恶劣环境下人工作业,其被大量采用。按外观结构形式,机械手主要可分为两大类:一类是为高效地完成特定动作而设计的机械手,这种机械手的机械结构简单,自由度较少,主要用在工厂自动化中。另一类是完全按照人手形状设计成的拥有五根手指的灵巧型机械手,这类机械手自由度较多,更灵巧,更接近人手可以协助人完成更复杂的工作。如用于外科手术的感应型仿生机械手臂,可以进行远程控制完成手术,作为残疾人和瘫痪人员的假肢,帮助病人生活自理[2] [3]。因此,仿人手五指机械手用途广、意义重大,一直是仿生机器人研究的重点。

目前,国内外学者设计出了绳索驱动型、液压型、气压型、电机驱动等多种仿人手五指机器人。为了更好地设计和研究仿人手五指机械手,本文将依据驱动形式对目前的几类仿人手五指机械手进行介绍,为仿人手五指机械手的设计提供思路。

## 2. 仿人手五指机械手

### 2.1. 绳索驱动型

绳索驱动型仿人手五指机械手的五指运动通过绳索拉动关节运动实现[4]。图1所示为InMooV五指仿人手机械手,其五根手指采用3D打印而成,其大拇指由2个关节,其余四根手指由3个关节。每根手指上有两根线绳索,用于弯曲和伸直手指。绳索穿过手指各节与手指第一节连接,绳索末端通过手心与腕部的绕线轮相连。绕线轮与舵机相连,其运动由舵机控制,如图2所示。每个绕线轮可以控制手指弯曲和伸直的两根绳索,绕线轮旋转时两根绳索,一根释放,另外一根缠绕,使两绳索一直处于绷紧状态,实现手指的有效控制。当对舵机施加控制信号,使舵机旋转,带动绕线轮旋转,使得绳索拉动关节运动,手指即可弯曲或者伸直。由于舵机可以旋转不同角度,且各手指驱动独立,因此,此绳索驱动型仿人手五指机械手可以实现五根手指独立运动,且能够弯曲不同的角度。

### 2.2. 连杆驱动型

连杆驱动型仿人手五指机械手,其五指运动通过刚性连杆带动,每个连杆采用一个电机控制[5]。图3所示为一种通过连杆机构驱动的仿人手五指机械手,其机械手采用亚克力板材料切割而成,如同真人手大小。如图4所示,不同人手,其五根手指均由3个关节,各关节由铰链相连接,可以绕铰链运动。第一个指节末端与第三个指节头部通过连杆相连,构成杠杠机构。第二个指节末端与支架通过连杆相连。

第三个指节中部固定在支架上，末端通过球头拉杆与舵机相连。五个球头拉杆由五个金属数字舵机控制，当舵机逆时针旋转时，舵机带动球头拉杆下拉，拉杆带动第三个指节绕支架旋转，第三个指节拉动第一个指节绕第二个指节旋转，造成三个指节间夹角加大，手指处于伸展状态。同理，当舵机顺时针旋转时，舵机带动球头拉杆上升，拉杆带动第三个指节绕支架旋转，第三个指节拉动第一个指节绕第二个指节旋转，造成三个指节间夹角减少，手指处于握的状态。控制舵机角度，就能够控制五根手指的弯曲程度。



Figure 1. Five-finger manipulator with rope driven

图 1. 绳索驱动仿人手五指机械手



Figure 2. Motors of the five-finger manipulator with rope driven

图 2. 绳索驱动仿人手五指机械手舵机



**Figure 3.** Five-finger manipulator with connecting rod

**图 3.** 连杆驱动型的五指机械手



**Figure 4.** The connection between the knuckles of the fingers

**图 4.** 手指各指节间的连接

### 2.3. 气压驱动型

气压驱动型仿人手五指机械手是采用气压驱动指关节运动仿人手五指机械手。图 5 所示为德国 Festo 公司设计的拥有人工骨骼和气动肌肉的双臂机器人[6]。其手指运动采用由高弹性的芳酰胺纤维管子构成的气动肌肉实现。当管子内充满压缩空气时，其管子直径增大，产生形变推动手指运动。当气体释放后，管子直径减小，变形恢复。这种人造肌肉具有巨大的启动能力，它的动态行为类似于人类肌肉。其最大优点时无需再提供任何能量，就能把举起的重物保持在任何位置。

图 6 为 Festo 公司设计的一款集控制和传感高度集成化的气动肌肉驱动型仿人手五指机械手。其控制和传感由 72 个压电比例阀与压力传感器和功率电子器件构成八个阀模块实现。八个阀模块装在靠近肌肉的位置，各个肌肉的拉力和收缩可以通过压力和长度传感器测量。通过调节系统内的压力分布，其运动

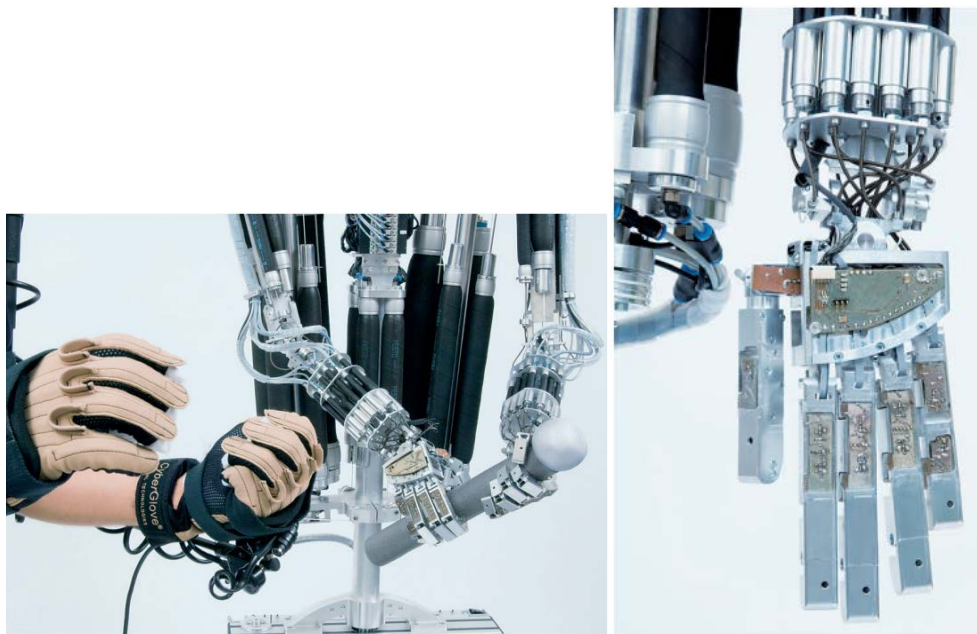


Figure 5. Five-finger manipulator with pneumatic muscle  
图 5. 气动肌肉驱动五指机械手



Figure 6. Five-finger manipulator with highly integrated pneumatic muscle  
图 6. 高度集成化的气压驱动五指机械手

接近人体肌肉的动作，在运动学、快速性、力方面比人体肌肉更加精细化。

#### 2.4. 关节电机驱动型

关节电机驱动型仿人手五指机械手采用关节电机驱动指关节运动。图 7 为雄克的由关节电机驱动的五指机械手，其五根手指关节处均采用关节电机驱动，具有较高的自由度，灵巧型较高，可以执行不同的抓取动作。该机械手的整套电子装置集成在腕关节中，供电电源采用 24 V DC 电池，手指上使用的触觉传感器，用于抓取不规则物体或在不可预见的环境下执行抓取任务时提供必要的灵敏度，而弹性手指表面确保安全可靠的夹持物体。因此此机械手无论是尺寸、外形还是移动性，都实现了与人类手型的高度吻合。

图 8 为博美德的仿人手五指机械手，该机械手由 5 个模块化设计的机器人手指组成。其所有执行器，电子，多感官系统，机械传动系统是完全集成在单独的手指中。每个手指包含 3 个驱动的自由度和一种



耦合接头，可提供 15 种自由度和 20 个关节的驱动，关节的总数和它们的运动范围，以及大小和外形，都很接近人手。

图 9 为英国斯迪博假肢矫形器公司开发的最新一代 bebionic 智能仿生肌电手，其每个手指皆由单独的电机驱动，使其能以自然而协调的方式实现各种动作和抓握，这同样提供了可以贴合外形复杂物体的抓握能力。此智能仿人手五指机械手可以通过软件进行监控、设置和无线编程，使其适应每个使用者的需要。

### 3. 结论

为给仿人手五指机械手的设计提供依据和参考，本文依据驱动方式的不同，介绍了绳索驱动、连杆驱动、气压驱动和关节电机驱动等仿人手五指机械手。由前文介绍可知，目前绳索驱动和连杆驱动型五



Figure 7. Five-finger manipulator with joint motor  
图 7. 关节电机驱动型五指机械手



Figure 8. High degree of freedom five-finger manipulator  
图 8. 多自由度关节电机驱动型仿人手五指机械手



**Figure 9.** Intelligent myoelectric five-finger manipulator

**图 9.** 智能肌电仿人手五指机械手

指机械手研究处于初步，集成度不高，自由度不高、承载能力低、灵巧型较低。气动型机械手承载能力大、响应快、功率重量比大、其驱动原理更接近真实人手。关节电机型驱动五指机械手，自由度较高，灵巧度较高，可以实现各种动作和抓握，更适合应用在假肢和微精细操作中。

### 基金项目

河南科技大学实验技术开发基金项目(SY1718003)，河南科技大学 2017 年度大学生研究训练计划(2017020)资助。

### 参考文献

- [1] 徐鹏. 六自由度并联机构 Stewart 平台的动力学建模与仿真[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2005.
- [2] 李团结. 机器人技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [3] 杨达毅, 陈丽敏. 基于 Solidworks 的六自由度液压平台运动仿真[J]. 机床与液压, 2008, 36(9): 127-150.
- [4] 李基量, 肖南峰. 五指形仿人机械手的设计与实现及示教[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(1): 193-196.
- [5] 吴克. 新型五指仿人型机器人灵巧手触觉传感器设计与静态标定[J]. 机械与电子, 2011(7): 69-72.
- [6] Festo Inc. (2012) A Robot Using Fluidic Muscle as Actuator.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2476-1516，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ds@hanspub.org](mailto:ds@hanspub.org)