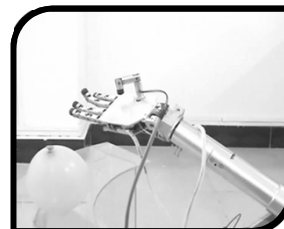
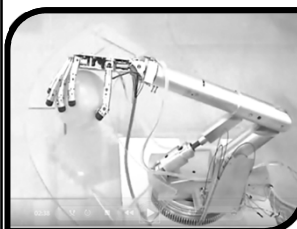


机械创新设计

Mechanical Innovation Design

大学生机械创新作品实例二十

• 仿生机械灵巧手



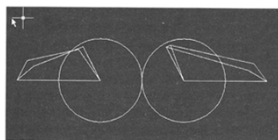
设计原理和方案

- 机械手的设计是按照人手的式样，设计了一个手掌及5个3关节的手指。每个手指均能侧向摆动，所以整个机械手部分应有20个自由度。如果每个自由度都需要一个独立的驱动和控制系统，共要配备20个系统。
- 通过分析简化自由度，各个手指（除拇指）的3个关节一起纵向弯曲，可以同时侧向张合，拇指的第一、二关节一起纵向弯曲，第三个指关节则具有3个方向的运动，除可以纵向弯曲外，还可以进行轴向转动和侧向摆动，实现了拇指灵活动作的功能。所以此仿生机械灵巧手的大拇指具有4个自由度，其余四指各具有1个自由度，并且4指整体的侧向张合具有一个自由度，手指共9个自由度。此外通过电机+齿轮传动来实现手腕的上下摆动，手腕则可沿自身轴向转动，侧面平动以及上下升降运动，即手腕1个+手臂3个，整个装置一共有13个自由度，可以较灵活地实现“抓取”和“把握”功能。

1. 手指弯曲功能的实现

- 受昆虫腿部的运动机理和生理结构的启发，采用具有很强灵活性的钢丝绳挠性传动设计方案。整根手指由手指面部和背部两根钢丝绳驱动，分别驱动手指的弯曲和伸展。手指设计成与人手相同的三指节结构，每个指节都采用简支梁结构，提高了手指在受力时的稳定性。在指节内部放置扭簧，通过调节扭簧的初始扭矩，可以轻松地改变各指节的弯曲顺序。

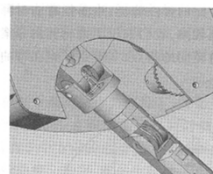
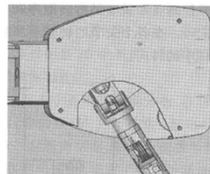
2. 四指张合机构的组合设计



- 根据对手四指张合的测量，四指张开时每根手指之间分别成 15° ，因此，四指从竖直并合状态到完全张开的过程中，食指和小指分别向不同方向转动了 22.5° ，中指和无名指分别向不同方向转动了 7.5° ，根据这些数据及手掌尺寸，四指张合机构采用了齿轮+连杆机构。
- 中心距为25mm的一对齿轮固连在中指和无名指上，通过控制齿轮转过的角度，实现中指和无名指转过的角度。通过根据预先轨迹设计出来的连杆传动，带动食指和小指转过相应的角度。

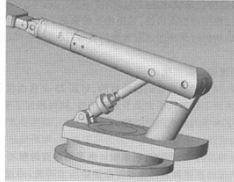
3. 拇指球铰自由度的实现

- 将一、二指节的纵向弯曲与第三指节的纵向弯曲分离开来，一、二指节的纵向弯曲继续采用钢丝绳驱动的方案，而第三指节的驱动则采用微型直流电动机+齿轮传动的方案，通过单片机控制直流电动机的转动，从而实现第三指节的纵向弯曲角度并实现第三指节的轴向转动。



4. 手腕及手臂自由度的实现

- 为了实现整个手掌上下摆动各 90° ，在手腕上加了直流电动机+齿轮传动机构。
- 手臂的轴向转动和平面转动也采用上述类似机构。对于手臂的升降运动，采用了丝杆+丝母传动方案，利用螺旋机构速比大、传动平稳、省力及可以自锁的特点，方便地完成手臂的升降运动。



第七章 结构方案的创新设计

- 7.1 机械结构设计概述
- 7.2 结构方案的变异设计
- 7.3 提高性能的设计
- 7.4 结构的宜人化设计
- 7.5 新型结构设计

7.3 提高性能的设计

- 7.3.1 提高强度和刚度设计
- 7.3.2 提高精度的设计
- 7.3.3 提高工艺性的设计

7.3.1 提高强度和刚度设计

- 强度和刚度是结构设计的基本问题, 通过正确的结构设计可以减小单位载荷所引起的材料应力和变形量, 提高结构的承载能力。
- 强度和刚度都与结构受力有关, 在外载荷不变的情况下降低结构受力是提高强度和刚度的有效措施。

一、载荷分担

- 载荷引起结构受力, 如果多种载荷作用在同一结构上就可能引起局部应力过大。结构设计中应将载荷由多个结构分别承担, 这样有利于降低危险结构处的应力, 从而提高结构的承载能力, 这种方法称为载荷分担。

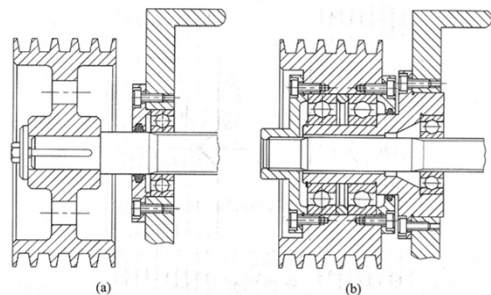


图 7-29 带轮与轴的联接

二、载荷平衡

- 在机械传动中有些做功的力必须使其沿传动链传递,有些不做功的力应尽可能使其传递路线变短,如果使其在同一零件内与其他同类载荷构成平衡力系则其他零件不受这些载荷的影响,有利于提高结构的承载能力。

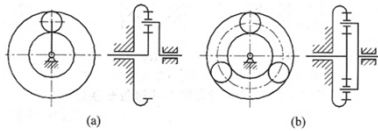


图 7-31 行星轮系结构

三、减小应力集中

- 应力集中是影响承受交变应力的结构承载能力的重要因素,结构设计应设法缓解应力集中。
- 零件截面形状的变化越突然,应力集中就越严重,结构设计中应尽力避免使结构受力较大处的零件形状突然变化,以减小应力集中对强度的影响。
- 零件受力变形时不同位置的变形阻力(刚度)不相同也会引起应力集中,设计中通过降低应力集中处附近的局部刚度可以有效地降低应力集中。
- 由于结构定位等功能需要在绝大部分结构中不可避免地会出现结构尺寸及形状的变化,这些变化都会引起应力集中,如果多种变化出现在同一结构截面处将引起严重的应力集中,所以结构设计中应尽力避免这种情况。

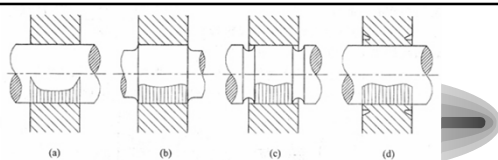


图 7-33 减小应力集中的过盈联接结构

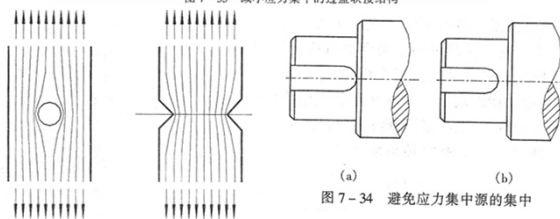


图 7-34 避免应力集中源的集中

图 7-32 力流变化引起应力集中

四、减小接触应力

- 高副接触零件的接触强度和接触刚度都与接触点的综合曲率半径有关,设法增大接触点的综合曲率半径是提高这类零件工作能力的重要措施。

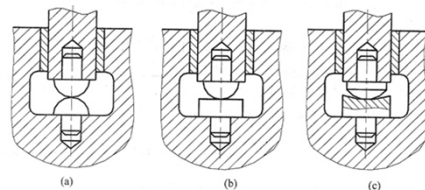


图 7-35 改善球面支承强度和刚度的结构设计

7.3.2 提高精度的设计

- 现代设计对精度提出越来越高的要求,通过结构设计可以减小由于制造、安装等原因产生的原始误差,减小由于温度、磨损、构件变形等原因产生的工作误差,减小执行机构对各项误差的敏感程度,从而提高产品的精度。

方法:

1. 误差均化
2. 误差合理配置
3. 误差传递
4. 误差补偿
5. 采用误差较小的近似机构

7.3.3 提高工艺性的设计

- 1. 方便装卡

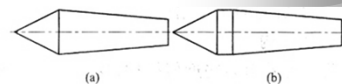


图 7-41 顶尖结构

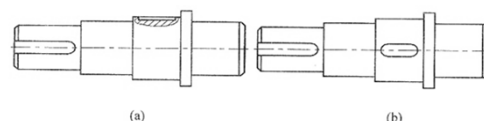


图 7-42 减少装卡次数的设计

2. 方便加工

切削加工所要形成的几何表面的数量、种类越多,加工所需的工作量就越大,结构设计中尽量减少加工表面的数量和种类是一条重要的设计原则。

3. 简化装配、调整和拆卸

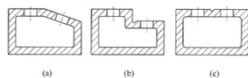


图 7-44 减少加工面的种类和数量

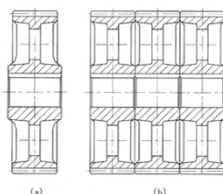


图 7-45 使齿轮成组加工的结构设计

作业

- 要求每3-4个人一组,各组同学依据机械产品设计的一般过程展开讨论研究,综合应用所学过的相关学科知识,提出一个具有社会价值的新产品设计规划,并对此产品进行需求调查、提出设计任务书、可行性研究报告,由组长分配各个成员的任务要求。完成对新产品进行功能分析、原理确定、工艺分析、机械运动方案的设计及优化、机构设计、机械总装图设计、机械各零部件设计、技术文件编制、控制系统设计方案等内容,设计完成后针对存在问题进行讨论完善。
- 要求各组同学每周安排1-2次讨论,并对自己已完成和待完成工作进行汇报,由组长负责汇总。在各组成员完成自己所负责的各部分内容后,形成书面论文,由组长负责汇总整合。