



机械创新设计指导

主编：玄冠涛



山东农业大学

机械与电子工程学院

目 录

| | | |
|-----|-----------------------|----|
| 实验一 | 基于机构组成原理的拼接设计..... | 2 |
| 实验二 | 基于机构创新原理的拼接设计..... | 15 |
| 实验三 | 轴系结构设计..... | 26 |
| 实验四 | 慧鱼技术创意设计..... | 31 |
| 实验五 | HERO-1 机器人功能开发设计..... | 35 |
| 实验六 | 创新思维与设计..... | 43 |

实验一 基于机构组成原理的拼接设计

一、实验目的

- 1、加深学生对机构组成原理的认识，进一步了解机构组成及其运动特性；
- 2、培养学生的工程实践动手能力；
- 3、培养学生创新意识及综合设计的能力。

二、设备和工具

1、创新组合模型一套：

1) 五种平面低副Ⅱ级组，四种平面低副Ⅲ级组，各杆长可在 80-340mm 内无级调整，其他各种常见的杆组可根据需要自由装配；

2) 两种单构件高副杆组

3) 八种轮廓的凸轮构件，其从动件可实现八种运动规律：

i) 等加速等减速运动规律上升 200mm，余弦规律回程，推程运动角 180° ，远休止角 30° ，近休止角 30° ，回程运动角 120° ，凸轮标号为 1；

ii) 等加速等减速运动规律上升 20mm，余弦规律回程，推程运动角 180° ，远休止角 30° ，回程运动角 150° ，凸轮标号为 2；

iii) 等加速等减速运动规律上升 20mm，余弦规律回程，推程运动角 180° ，回程运动角 150° ，近休止角 30° ，凸轮标号为 3；

iv) 等加速等减速运动规律上升 20mm，余弦规律回程，推程运动角 180° ，回程运动角 180° ，凸轮标号为 4；

v) 等加速等减速运动规律上升 35mm，余弦规律回程，推程运动角 180° ，远休止角 30° ，近休止角 30° ，回程运动角 120° ，凸轮标号为 5；

vi) 等加速等减速运动规律上升 35mm，余弦规律回程，推程运动角 180° ，远休止角 30° ，回程运动角 150° ，凸轮标号为 6；

vii) 等加速等减速运动规律上升 35mm，余弦规律回程，推程运动角 180° ，回程运动角 150° ，近休止角 30° ，凸轮标号为 7；

viii) 等加速等减速运动规律上升 35mm，余弦规律回程，推程运动角 180° ，回程运动角 180° ，凸轮标号为 8；

4) 模数相等齿数不同的 7 种直齿圆柱齿轮，其齿数分别为 17, 25, 34, 43, 51, 59, 68, 可提供 21 种传动比：与齿轮模数相等的齿条一个。

5) 旋转式电机一台，其转速为 10r/min。

6) 直线式电机一台，其速度为 10m/s。

2、平口起子和活动扳手各一把。

三、实验前的准备工作

- 1、要求预习实验，掌握实验原理，初步了解机构创新模型；
- 2、选择设计题目，初步拟定机构系统运动方案。

四、实验原理

1、杆组的概念

由于平面机构具有确定运动的条件是机构的原动件数目与机构的自由度数相等，因此机构由机架、原动件和自由度为零的从动件系统通过运动副联接而成。将从动件系统拆成若干个不可再分的自由度为零的运动链，称为基本杆组，简称杆组。

根据杆组的定义，组成平面机构杆组的条件是：

$$F=3n-2p_L-p_H=0$$

其中构件数 n ，高副数 P_H 和低副数 P_L 都必需是整数。由此可以获得各种类型的杆组。当 $n=1, P_L=1, P_H=1$ 时即可获得单构件高副杆组，常见的有如下几种：

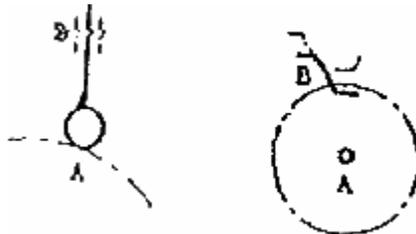


图1 单构件高副杆组

当 $P_H=0$ 时，称之为低副杆组，即

$$F=3n-2P_L=0$$

因此满足上式的构件数和运动副数的组合为： $n=2, 4, 6, \dots$ ， $P_L=3, 6, 9, \dots$ 。

最简单的杆组为 $n=2, P_L=3$ ，称为II级组，由于杆组中转动副和移动副的配置不同，II级组共有如下五种形式。

$n=4, P_L=6$ 的杆组形式很多，机构创新模型已有图3所示的几种常见的III级杆组。

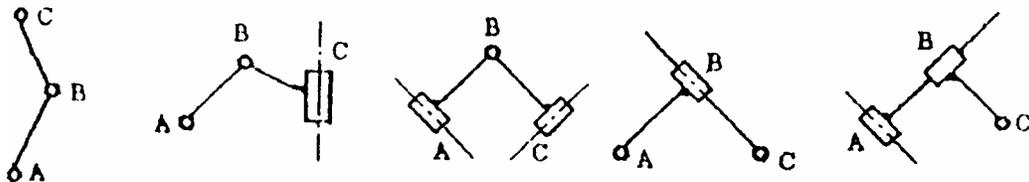


图2 平面低副II级组

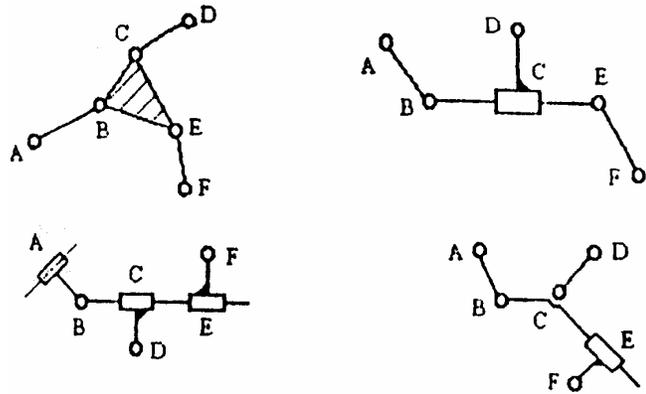


图3 平面低副III级组

2、机构的组成原理

根据如上所述，可将机构的组成原理概述为：任何平面机构均可以用零自由度的杆组依次连接到原动件和机架上的方法来组成。这是本实验的基本原理。

五、实验方法与步骤

1、正确拆分杆组

从机构中拆出杆组有三个步骤：

- 1) 先去掉机构中的局部自由度和虚约束；
- 2) 计算机构的自由度，确定原动件；
- 3) 从远离原动件的一端开始分杆组，每次拆分时，要求先试着拆分II级组，没有II级组时，再拆分III级组等高一级组，最后剩下原动件和机架。

拆组是否正确的判定方法是：拆去一个杆组或一系列杆组后，剩余的必需为一个完整的机构或若干个与机架相联的原动件，不能有不成组的零散构件或运动副存在，全部杆组拆完后，只应当剩下与机架相联的原动件。

如图4所示机构，可先除去k处的局部自由度；然后，按步骤2)计算机构的自由度： $F=1$ ，并确定凸轮为原动件；最后根据步骤3)的要领，先拆分出由构件4和5组成的II级组，再拆分出由构件6和7及构件3和2组成的两个II级组及由构件8组成的单构件高副杆组，最后剩下原动件1和机架9。

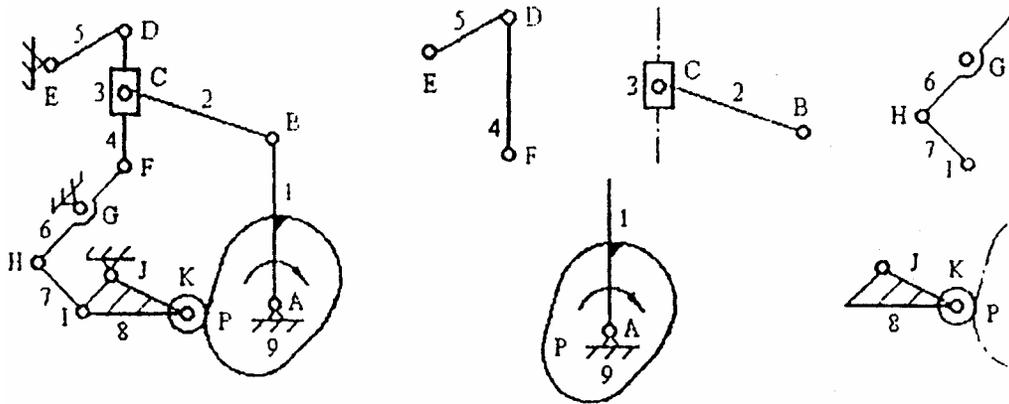


图4 例图

2、正确拼装杆组

将机构创新模型中的杆组，根据给定的运动学尺寸，在平板上试拼机构。拼接时，首先要分层，一方面是为了使各构件的运动在相互平行的平面内进行，另一方面是为了避免各构件间的运动发生干涉，因此，这一点是至关重要的。

试拼之后，从最里层装起，依次将各杆组联接机架上去。杆组内各构件之间的联接已由机构创新模型提供，而杆组之间的连接可参见下述的方法。

1) 移动副的联接

图5表示构件1与构件2用移动副相联的方法。

2) 转动副的联接

图6表示构件1与带有转动副的构件2的联接方法。

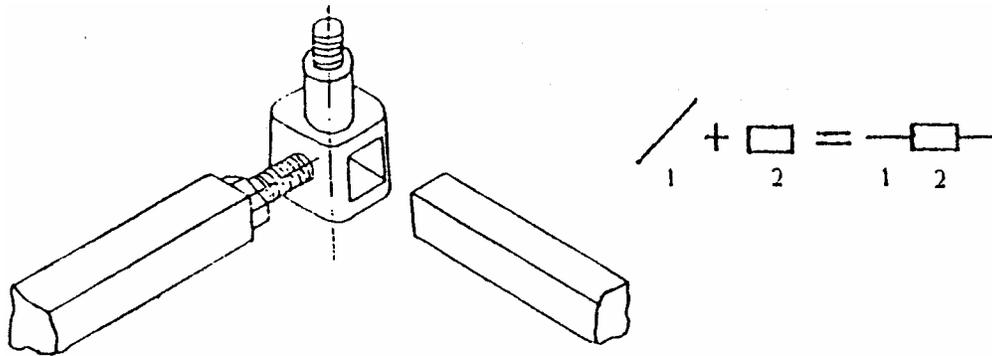


图5 移动副的联接

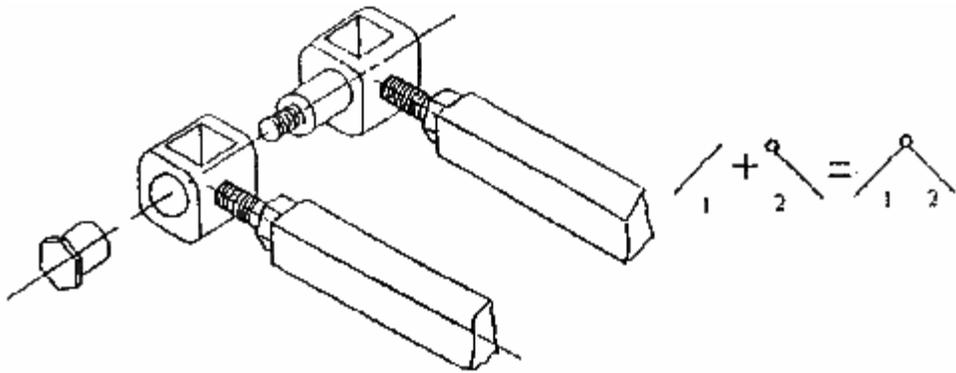


图6 转动副的联接

3) 齿条与构件以转动副的形式相联接方法。

图7表示齿条与构件以转动副的形式相联接方法。

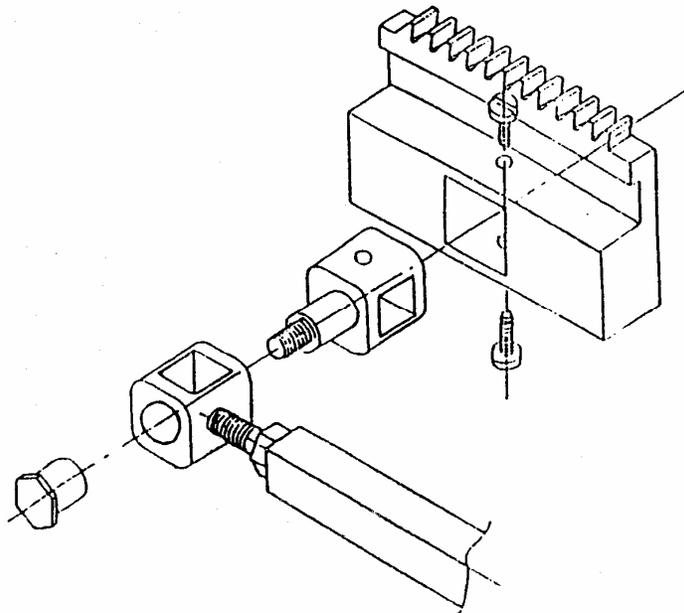


图7 齿条与构件以转动副相联

4) 齿条与其他部分的固联

图8表示齿条与其他部分固联的方法。

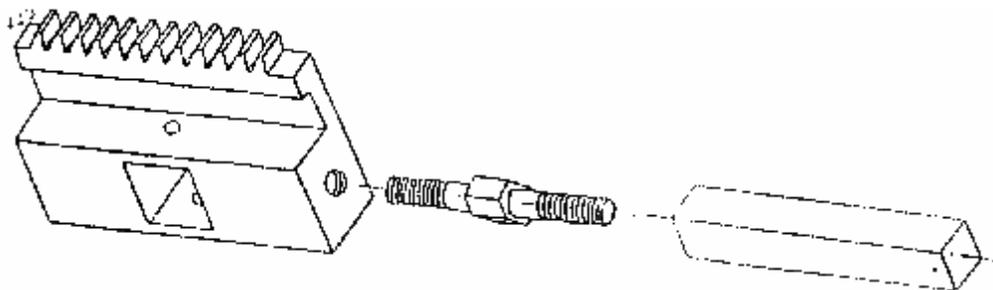


图8 齿条与其他部分固联

5) 构件以转动副的形式与机架相连

图9表示连杆作为原动件与机架以转动副形式相联的方法。用同样的方法可以将凸轮或齿轮作为原动件与机架的主动轴相连。如果连杆或齿轮不是作为原动件与机架以转动副形式相连,则将主动轴换作螺栓即可。注意:为确保机构中各构件的运动都必须在相互平行的平面内进行,可以选择适当长度的主动轴、螺栓及垫柱,如果不进行调整,机构的运动就可能不顺畅。

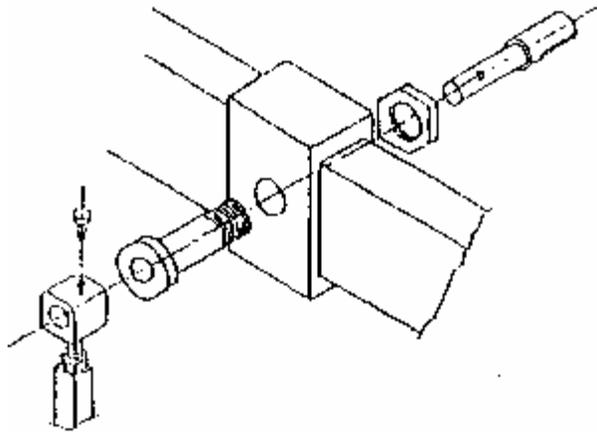


图9 构件与机架以转动副相联

6) 构件以移动副的形式与机架相联

图10表示移动副作为原动件与机架的联接方法。

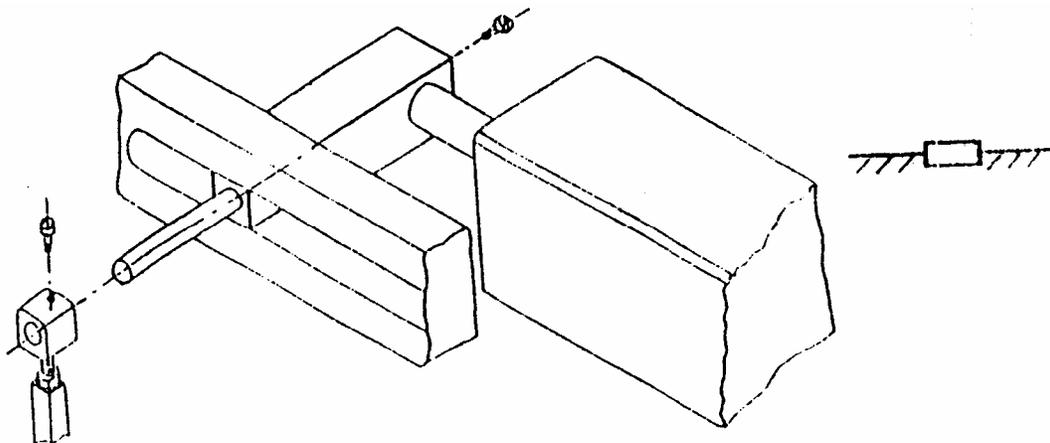


图10 构件与机架以移动副的相联

3、实现确定运动

试用手动的方式驱动原动件,观察各部分的运动都畅通无阻之后,再与电机相联,检查

无误后，方可接通电源。

4、分析机构的运动学及动力学特性

通过观察机构系统的运动，对机构系统的运动学及动力学特性作出定性的分析。一般包括如下几个方面：

- 1) 平面机构中是否存在曲柄；
- 2) 输出件是否具有急回特性；
- 3) 机构的运动是否连续；
- 4) 最小传动角（或最大压力角）是否在非工作行程中；
- 5) 机械运动过程中是否具有刚性冲击和柔性冲击。

六、实验内容

任选一题，进行一个机构系统运动方案的设计。

1、钢板翻转机

设计题目：该机具有将钢板翻转 180° 的功能。如图 11 所示，钢板翻转机的工作过程如下。当钢板 T 由辊道送至左翻板 W1 后，W1 开始顺时针方向转动。转至铅垂位置偏左 10° 左右时，与逆时针方向转动的右翻板 W2 会合。接着，W1 与 W2 一同转至铅垂位置偏右 10° 左右，W1 折回到水平位置，与此同时，W2 顺时针方向转动到水平位置，从而完成钢板翻转任务。

已知条件：

- 1) 原动件由旋转式电机驱动；
- 2) 每分钟翻钢板 10 次；
- 3) 其他尺寸如图 11 所示；
- 4) 许用传动角 $[\gamma]=50^\circ$ ；

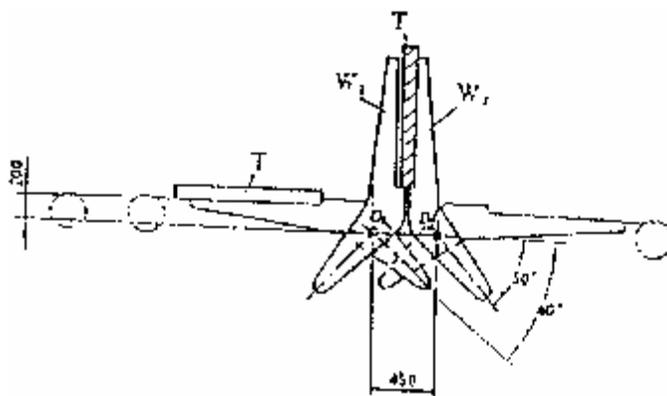


图 11 钢板翻转机构工作原理图

设计任务：

- 1) 用图解法或解析法完成机构系统的运动方案设计，并用机构创新模型加以实现；

2) 绘制出机构系统运动简图, 并对所设计的机构系统进行简要的说明。

2、设计平台印刷机主传动机构

平台印刷机的工作原理是复印原理, 即将铅版上凸出的痕迹借助于油墨压印到纸张上。平台印刷机一般由输纸、着墨(即将油墨均匀涂抹在嵌于版台的铅版上)、压印、收纸等四部分组成。如图 12 所示, 平台印刷机的压印动作是在卷有纸张的滚筒与嵌有铅版的版台之间进行。整部机器中各机构的运动均由同一电机驱动。运动由电机经过减速装置 I 后分成两路, 一路经传动机构 I 带动版台作往复直线运动, 另一路经传动机构 II 带动滚筒作回转运动。当版台与滚筒接触时, 在纸上压印出字迹或图形。

版台工作行程中有三个区段(如图 13 所示)。在第一区中, 送纸、着墨机构相继完成输纸、着墨作业; 在第二区段, 滚筒和版台完成压印动作; 在第三区段中, 收纸机构进行收纸作业。

本题目所要设计的主传动机构就是指版台的传动机构 I 和滚筒的传动机构 II。

已知条件:

- 1) 印刷生产率 180 张/小时;
- 2) 版台行程长度 500mm;
- 3) 压印区段长度 300mm;
- 4) 滚筒直径 116mm;
- 5) 电机转速 6r/min;

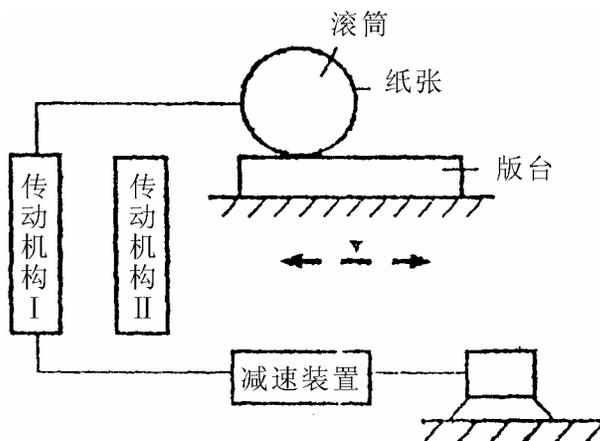


图 12 平台印刷机工作原理

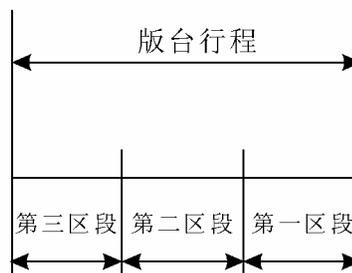


图 13 版台工作行程三区段

段

设计任务:

1) 设计能实现平台印刷机的主运动: 版台往复直线运动, 滚筒作连续或间歇转动的机构运动方案, 要求在压印过程中, 滚筒与版台之间无相对滑动, 即在压印区段, 滚筒表面点的线速度相等; 为保证整个印刷幅面上印痕浓淡一致, 要求版台在压印区内的速度变化限制在

一定的范围内（应尽可能小）。并用机构创新模型加以实现。

2) 绘制出机构系统的运动简图，并对所设计的机构系统进行简要的说明。

3、设计玻璃窗的开闭机构

已知条件：

- 1) 窗框开闭的相对角度为 90° ；
- 2) 操作构件必须是单一构件，要求操作省力；
- 3) 在开启位置时，人在室内能擦洗玻璃的正反两面；
- 4) 在关闭位置时，机构在室内的构件必须尽量靠近窗槛；
- 5) 机构应支承起整个窗户的重量。

设计任务：

- 1) 用图解法或解析法完成机构的运动方案设计，并用机构创新模型加以实现；
- 2) 绘制出机构系统的运动简图，并对所设计的机构系统进行简要的说明。

4、设计坐躺两用摇动椅

已知条件：

- 1) 坐躺角度为 $90^\circ \sim 150^\circ$ ；
- 2) 摇动角度为 25° ；
- 3) 操作动力源为手动与重力；
- 4) 安全舒适。

设计任务：

- 1) 用图解法或解析法完成机构系统的运动方案设计，并用机构创新模型加以实现；
- 2) 绘制出机构系统的运动简图，并对所设计的机构系统进行简要说明。

七、心得与体会

基于机构组成原理的拼接设计实验报告

| | |
|----------|--|
| 设计题目 | |
| 一、机构结构设计 | |

二、机构尺寸设计

三、机构运动简图

四、简要说明

报告完成日期_____

教师批阅_____

评分标准：

| | |
|---------------|------|
| 机构结构设计 | 30 分 |
| 机构尺寸设计 | 20 分 |
| 对所设计的机构系统简要说明 | 10 分 |
| 用机构创新系统简要说明 | 30 分 |
| 机构系统运动简图测验 | 10 分 |

实验二 基于机构创新原理的拼接设计

一、实验目的

1、培养学生运用创造性思维方法，遵循创造性基本原则、法测，运用机构构型的创新设计方法，设计、拼装满足预定运动要求的机构或机构系统；

2、要求学生灵活应用以下几种机构构型的创新设计方法，创造性地设计、拼接机构及机构系统。

- 1) 机构构型的变异创新设计；
- 2) 利用机构运动特点创新机构；
- 3、基于组成原理的机构创新设计；
- 4、基于组合原理的机构创新设计；

二、设备与工具

(与机构创新实验一所用的设备相同)

三、实验前的准备工作

1、预习本实验，要求对执行构件的基本运动和机构基本功能有一全面的了解；并熟悉机构构型的创新设计方法；

- 2、了解机构创新模型；
- 3、选择设计题目，初步拟订机构系统运动方案。

四、实验原理与方法

1、机构运动简图设计的内容、方法和步骤

机械产品的设计是为了满足产品的某种功能要求。机构运动简图设计是机械产品设计的第一步，其设计内容包括选定或开发机构构型并加以巧妙组合，同时进行各个组成机构的尺度综合，使此机构系统完成某种功能要求。机构运动简图设计的好坏是决定机械产品的质量、水平的高低、性能的优劣和经济效益好坏的关键性的一步。机构运动简图的设计，主要包括下列内容：

1) 功能原理方案的设计和构思

根据机械所要实现的功能，采用有关的工作原理，并由此出发设计和构思出工艺动作过程，这就是功能原理方案设计。灵巧的功能原理是创造新机械的出发点和归宿。

2) 机械运动方案的设计

根据功能原理方案中提出的工艺动作及各个动作的运动规律要求，选择相应的若干个执行机构，并按一定的顺序把它们组成机构运动示意图。机械运动方案的设计是机构运动简图

设计中的型综合。

3) 机构运动简图的尺度综合

根据机械运动方案中各执行机构工艺动作的运动规律和机械运动循环图的要求，通过分析、计算、确定机构运动简图中各机构的运动学尺寸。在进行尺度综合时，应同时考虑其运动条件和动力条件，否则不利于设计性能良好的新机械。

机构运动简图设计的一般程序：

1) 机械总功能的分解

将机械需要完成的工艺动作过程进行分解，即将总功能分解成多个功能元，找出各功能元的运动规律和动作过程；

2) 功能原理方案确定

将总功能分解成多个功能元之后，对功能元进行求解，即将需要的执行动作，用合适的执行机构来实现。将功能元的解进行组合、评价、选优，从而确定其功能原理方案，即机构系统简图。

为了得到能实现功能元的机构，在设计中，需要对执行构件的基本运动和机构的基本功能有一全面的了解。

i) 执行机构基本运动

常用机构执行构件的运动形式有回转运动、直线运动和曲线运动三种，回转和直线运动是最简单的机械运动形式。按运动有无往复性和间歇性，基本运动的形式如表 1 所示。

表 1 执行构件的基本运动形式

| 序号 | 运动形式 | 举例 |
|----|------|--------------------------------------|
| 1 | 单向转动 | 曲柄摇杆机构中的曲柄、转动导杆机构中的转动导杆、齿轮机构中的齿轮 |
| 2 | 往复摆动 | 曲柄摇杆机构中的摇杆、摆动导杆机构中的摆动导杆、摇块机构中的摇块 |
| 3 | 单向移动 | 带传动机构或链传动机构中的输送带（链）移动 |
| 4 | 往复移动 | 曲柄滑块机构中的滑块、牛头刨床机构中的刨头 |
| 5 | 间歇运动 | 槽轮机构中的槽轮、棘轮机构中的棘轮、凸轮机构、连杆机构也可以构成间歇运动 |
| 6 | 实现轨迹 | 平面连杆机构中的连杆曲线、行星轮系中行星轮上任意点的轨连等 |

ii) 机构的基本运动

机构的功能是指机构实现运动变换和完成某种功用的能力。利用机构的功能可以组合成完成总功能的新机械。表 2 表示常用机构的一些基本功能。

表 2 机构的基本功能

| 序号 | 基本功能 | 举例 |
|----|------|----|
|----|------|----|

| | | | |
|---|--------------|--|---|
| 1 | 变换运动形式 | 1) 转动 \leftrightarrow 转动 2) 转动 \leftrightarrow 摆动 3) 转动 \leftrightarrow 移动 4) 转动 \rightarrow 单向间歇转动 5) 摆动 \leftrightarrow 摆动 6) 摆动 \leftrightarrow 移动 7) 移动 \leftrightarrow 移动 8) 摆动 \rightarrow 单向间歇转动 | 双曲柄机构、齿轮机构、带传动机构、链传动机构 曲柄摇杆机构、曲柄滑块机构、摆动导杆机构、摆动从动件凸轮机构 曲柄滑块机构、齿轮齿条机构、挠性输送机构、螺旋机构、正弦机构、移动推杆凸轮机构 槽轮机构、不完全齿轮机构、空间凸轮间歇运动机构 双摇杆机构 正切机构 双滑块机构、移动推杆移动凸轮机构 齿式棘轮机构、摩擦式棘轮机构 |
| 2 | 变换运动速度 | | 齿轮机构（用于增速或减速）、双曲柄机构 |
| 3 | 变换运动方向 | | 齿轮机构、蜗杆机构、锥齿轮机构等 |
| 4 | 进行运动合成（或分解） | | 差动轮系、各种 2 自由度机构 |
| 5 | 对运动进行操作或控制 | | 离合器、凸轮机构、连杆机构、杠杆机构 |
| 6 | 实现给定的运动位置或轨迹 | | 平面连杆机构、连杆-齿轮机构、凸轮连杆机构、联动凸轮机构 |
| 7 | 实现某些特殊功能 | | 增力机构、增程机构、微动机构、急回特性机构、夹紧机构、定位机构 |

iii) 机构的分类

为了使所选用的机构能实现某种动作或有关功能，还可以将各种机构按运动转换的种类和实现的功能进行分类。表 3 介绍了按功能进行机构分类的情况。

表 3 机构的分类

| 序号 | 执行构件实现的运动或功能 | 机构形式 |
|----|-------------------------|--|
| 1 | 匀速转动机构（包括定传动比机构、变传动比机构） | 1) 摩擦轮机构 2) 齿轮机构、轮系 3) 平行四边形机构 4) 转动导杆机构 5) 各种有级或无级变速机构 |
| 2 | 非匀速转动机构 | 1) 非圆齿轮机构 2) 双曲柄四杆机构 3) 转动导杆机构 4) 组合机构 5) 挠性机构 |
| 3 | 往复运动机构（包括往复移动和往复摆动） | 1) 曲柄-摇杆往复运动机构 2) 双摇杆往复运动机构 3) 滑块往复运动机构 4) 凸轮式往复运动机构 5) 齿轮式往复运动机构 6) 组合机构 |

| | | |
|---|--------------------------|--|
| 4 | 间歇运动机构（包括间歇转动、间歇摆动、间歇移动） | 1) 间歇转动机构（棘轮、槽轮、凸轮、不完全齿轮机构） 2) 间歇摆动机构（一般利用连杆曲线上近似圆弧或直线段实现） 3) 间歇移动机构（由连杆机构、凸轮机构、组合机构等来实现单侧停歇、双单侧停歇、步进移动） |
| 5 | 差动机构 | 1) 差动螺旋机构 2) 差动棘轮机构 3) 差动齿轮机构 4) 差动连杆机构 5) 差动滑轮机构 |
| 6 | 实现预期轨迹机构 | 1) 直线机构（连杆机构、行星齿轮机构等） 2) 特殊曲线（椭圆、抛物线、双曲线等）绘制机构 3) 工艺轨迹机构（连杆机构、凸轮机构、凸轮连杆机构等） |
| 7 | 增力及夹持机构 | 1) 斜面杠杆机构 2) 铰链杠杆机构 3) 肘杆式机构 |
| 8 | 行程可调机构 | 1) 棘轮调节机构 2) 偏心调节机构 3) 螺旋调节机构 4) 摇杆调节机构 5) 可调式导杆机构 |

3) 按各功能元的运动规律、动作过程、运动性能等要求进行机构运动简图的尺度综合。

应当指出的是，选择执行机构并不仅仅是简单的挑选，而是包含着创新。因为要得到好的运动方案，必须构思出新颖、灵巧的机构系统。这一系统的各执行机构不一定是现有的机构，为此，应根据创造性基本原理和法则，积极进行创造性思维，灵活使用创造技术进行机构构型的创新设计。一般常用的创新设计的方法如下所述。

1、机构型的创新设计方法

1) 机构型的变异的创新设计方法

为了满足一定的工艺动作要求，或为了使机构具有某些性能与特点，改变已知机构的结构，在原有机构的基础上，演变发展出新的机构，称此种新机构为变异机构。常用的变异方法有以下几类。

i)、机构的倒置

机构内运动构件与机架的转换，称为机构的倒置。按照运动的相对性原理。机构倒置后各构件间的相对运动关系不变，但可以得到不同的机构。

ii)、机构的扩展

以原有机构作为基础，增加新的构件，构成一个扩大的新机构，称为机构的扩展。机构扩展，原有机构各构件间的相对运动关系不变，但所构成的新机构的某些性能与原机构差别很大。

iii)、机构局部结构的改变

改变机构局部结构（包括构件运动结构和机构组成结构），可以获得有特殊运动性能的机构。

iv)、机构结构的移植与模仿

将一机构中的某些结构应用于另一种机构中的设计方法，成为结构的移植。利用某一结构特点设计新的机构，称为结构的模仿。

V)、机构运动副类型的变换

改变机构中的某个或多个运动副的型式，可设计创新出不同运动性能的机构。通常的变换方式有两种：转动副与移动副之间的变换；高副与低副之间的变换。

2) 利用机构运动特点创新机构

利用现有机构工作原理，充分考虑机构运动特点，各构件相对运动关系及特殊的构件形状等，创新设计出新的机构。

i)、利用连架杆或连杆运动特点设计新机构；

ii)、利用两构件相对运动关系设计新机构；

iii)、用成型固定构件实现复杂动作过程。

3) 基于组成原理的机构创新设计

根据机构组成原理，将零自由度的杆组依法连接到原动件和机架上去或者在原有机构的基础上，搭接不同级别的杆组，均可设计出新机构。

i)、杆组依次连接到原动件和机架上设计新机构；

ii)、将杆组联接到机构上设计新机构；

iii)、根据机构组成原理优选出合适的机构构型。

4) 基于组合原理的机构创新设计

把一些基本机构按照某种方式结合起来，创新设计出一种与原机构特点不同的新的复合机构。机构组合的方式很多，常见的有：串联组合、并联组合、混接式组合等。

i)、机构的串联组合：将两个或两个以上的单一机构按顺序联接，每一个前置机构的输出运动是后续机构的输入运动，这样的组合方式，称之为机构的串联组合。三个机构 I、II、III 串联组合框图如图 1 所示。

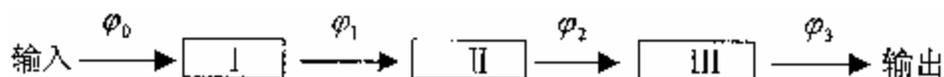


图 1 机构的串联组合

ii)、构件固接式串联：若将前一个机构的输出构件和后一个机构的输入构件固接，串联组成一个新的复合机构。不同类型机构的串联组合有各种不同效果：

a)、将匀速运动机构作为前置机构与另一个机构串联，可以改变机构输出运动的速度和周期；

b)、将一个非匀速运动机构作为前置机构与机构串联，则可改变机构的速度特性；

c)、由若干个子机构串联组合得到传力性能较好的机构系统。

ii)、轨迹点串联

假若前一个基本机构的输出为平面运动构件上某一点 M 的轨迹，通过轨迹点 M 与后一个机构串联，这种联接方式称轨迹点串联。

II)、机构的并联组合

以一个多自由度机构作为基础机构，将一个或几个自由度为 1 的机构（可称为附加机构）的输出的构件接入基础机构，这种组合方式称为并联组合。图 2 所示为并联组合的几种常见的联接方式的框图。最常见的由并联组合而成的机构有共同的输入（如图（b）、（c）所示）；有的并联组合系统也有两个或多个不同输入（如图（a）所示）；还有一种并联组合系统的输入运动是通过本组合系统的输出构件回授的（如图（e）所示）。

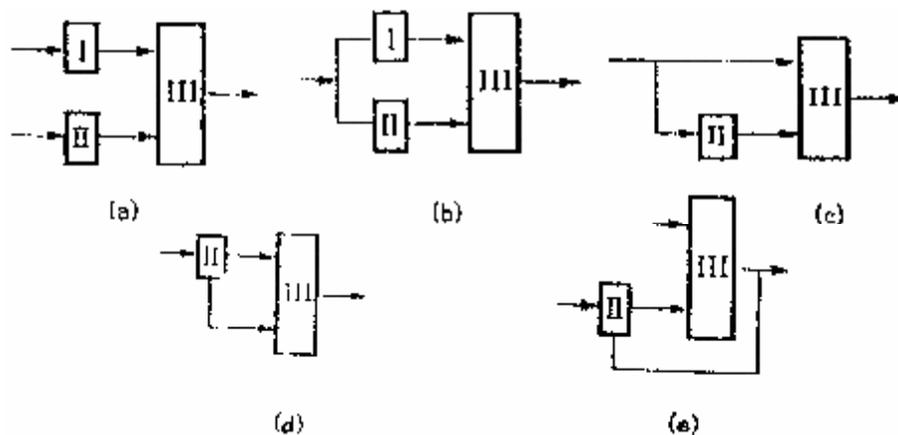


图 2 并联组合的几种常见方式

III)、机构的混接式组合

综合运用串联-并联组合方式可组成更为复杂的机构，此种组合方式称之为机构的混接式组合。基于组合原理的机构设计可按下述步骤进行：

i)、工作确定执行构件所要完成的运动；

ii)、将执行构件的运动分解成机构易于实现的基本运动或动作，分别拟定能完成这些基本运动或动作的机构型方案；

iii)、将上述各机构构型按某种组合成一个新的复合机构。

五、实验内容

任选一题，综合运用机构的创新设计方法，进行一个机构系统的方案设计。

1、冲压机构及送料机构设计

1)、工作原理及工艺动作过程：设计冲制薄壁零件（图 3）的冲压机构及其相配合的送料机构。如图 3 所示，上模先以比较小的速度接近配料，然后以近似匀速进行拉延成形工作，以后，上模继续下行将成品推出型腔，最后快速返回。上模退出下模以后，送料机构从侧面将坯料送至待加工位置，完成一个工作循环。

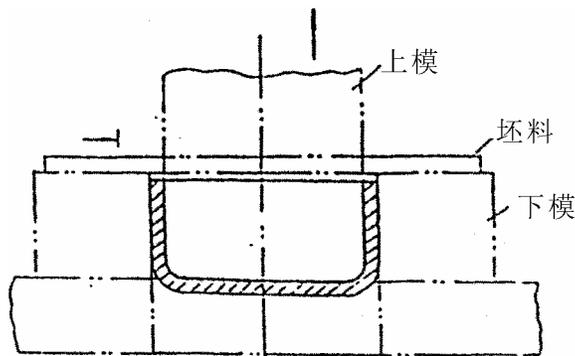


图 3 加工工件图

2)、原始数据及设计要求：

- I)、动力源是作转动的或作直线往复运动的电机；
- II)、许用传动角 $[\gamma]=40^\circ$ ；
- III)、生产率约每分钟 10 件；
- IV)、上模的工作段长度 $L=30-100\text{mm}$ ，对应曲柄转角 $\theta = (1/3-1/2)\pi$ ；
- V)、上模行程长度必须大于工作段长度两倍以上；
- VI)、行程速度变化系数 $K \geq 1.5$ ；
- VII)、送料距离 $H=60-250\text{mm}$ 。

3) 设计任务：

I)、设计能使上模按上述运动要求加工零件的冲压机构，从侧面将坯料送至下模上方的送料机构的运动方案，并用机构创新模型加以实现；

II)、绘制出机构系统的运动简图，并对所设计的机构系统进行简要的说明。

2、糕点切片机

1)、工作原理及工艺动作过程：糕点先成型（如长方形、圆柱体等）经切片后再烘干。糕点切片机要求实现两个执行动作：糕点的直线间歇移动和切刀的往复运动。通过两者的动作配合进行切片。改变直线间歇移动的速度或输送距离，以满足糕点不同切片厚度的需要。

2)、原始数据及设计要求：

- I)、糕点厚度：10-20mm；
- II)、糕点切片长度（亦即切片的高）范围：5-80mm；
- III)、切刀切片时最大作用距离（亦即切片的宽度方向）30mm；
- IV)、切刀工作节拍：10 次 / min；
- V)、生产阻力很小，要求选用的机构简单、轻便、运动灵活可靠；

VI)、电动机 90W, 10r / min

3)、设计任务:

i)、设计能够实现这一运动要求的机构运动方案,并用机构创新模型加以实现。

ii)、绘制出机构系统的运动简图,并对设计的系统进行简要的说明。

4)、设计方案提示:

I)、切削速度较大时,切片刀口会整齐平滑,因此切刀运动方案的选择很关键,切口机构应力求简单适用,运动灵活、运动空间尺寸紧凑等;

II)、直线间歇运动机构如何满足切片长度尺寸的变化要求,需认真考虑,调整机构必须简单可靠,操作方便,是采用调速方案还是采用调距方案,或者采用其它调整方案,均应对方案进行定性的分析比较。

III)、间歇运动机构必须与切刀运动机构工作协调,即全部送进运动应在切刀返回过程中完成。需要注意的是,切口有一定长度(即高度),输送运动必须在切刀完全脱离切口后方能开始进行,但输送机构的返回运动则可与切刀的工作行程运动在时间上有一段重叠,以利提高生产率,在设计机器工作循环图时,就应按上述要求来选取间歇运动机构的设计参数。

3、洗瓶机

1)、工作原理及工艺动作过程:为了清洗圆瓶子外面,需将瓶子推入同向转动的导辊上,导辊带动瓶子旋转,推动瓶子沿导轨前进,转动的刷子就将瓶子洗净。它的主要动作:将到位的瓶子沿着导辊推动,瓶子推动过程利用导辊转动,将瓶子旋转以及刷子转动。

2)、原始数据及设计要求

I)、瓶子尺寸:大端直径为 80mm,长为 200mm;

II)、推进距离 L 为 600mm,推瓶机构应使推头以接近均匀的速度推瓶,平稳地接触和脱离瓶子,然后推头快速返回原位,准备进入第二个工作循环;

III)、按生产率的要求,返回时的平均速度为工作行程速度的 3 倍;

IV)、提供的旋转式电机转速 10r / min。

V)、机构传动性能良好,结构紧凑,制造方便。

3)、设计任务:

I)、设计推瓶机构和洗瓶机构的运动方案,并用机构创新模型加以实现;

II)、绘制出机构系统的运动图,并对所设计的机构系统进行简要的说明。

4)、设计方案提示:

I)、推瓶机构一般要求近似直线轨迹,回程时轨迹形状不限,但不能反方向拨动瓶子,由于上述运动要求,一般采用组合机构来实现;

II)、洗瓶机构是一对同向转动的导辊和带三只刷子转动的转子所组成。可以通过机械传动系统完成。

4、已知条件:

1) 若主动件作等速转动,其转速 $n=1r / \text{min}$;

- 2) 从动件作往复移动，行程长度为 100mm;
- 3) 从动件工作行程为近似等速运动，回程为急回运动，行程速比系数 $K=1.4$ 。

设计任务:

- 1) 从设计能够实现这一运动要求的机构运动方案，并用机构创新模型加以实现。
- 2) 绘制出机构系统的运动简图，并对所设计的系统进行简要的说明。

5、已知条件:

- 1) 动件作单向间歇转动;
- 2) 每转动 180° 停歇一次;
- 3) 停歇时间为 $1 / 3.6$ 周期。

设计任务

- 1) 设计能够实现这一运动要求的机构运动方案，并用机构创新模型加以实现。
- 2) 绘制出机构系统的运动简图，并对设计的系统进行简要的说明。

基于机构创新原理的拼接设计实验报告

| | |
|----------|--|
| 设计题目 | |
| 一、机构结构设计 | |

二、机构尺寸设计

三、机构运动简图

报告完成_____

教师批阅_____

实验三 慧鱼技术创意设计

实验目的

- 1、培养学生用创造性思维方法，设计、搭建新型的机构或装置；
- 2、加强学生对机电一体化的实践认识；
- 3、培养学生的创新意识及综合设计能力。

二、设备与工具

1、慧鱼技术创意模型

- (1) 计算机组合包
- (2) 移动机器人包
- (3) 汽车技术包
- (4) 仿生生物包
- (5) 太阳能包
- (6) 工业机器人包
- (7) 传感器包
- (8) 气压传动件包
- (9) 动力添加组
- (10) 可调变压器
- (11) 远红外遥遥控包

2、486 或 586 微机；

3、摄子，5V、9V 电池；

三、实验前的准备

- 1、按模型组合包设备清单清点模型零件，并按类型分类置放于装料盘中；
- 2、认真阅读模型组合包操作手册，并翻译有关外文资料；
- 3、按组装指导图，搭接模型，掌握组合模型的拼接方法；
- 4、熟悉动力元器件的装配、连接方法；
包括：电动机、传感器、变压器、气动元件、各种开关等；
- 5、熟悉组合包配备的软件 LL Win 及接口，把搭接好的机构模型接上接口，编程，实现控制。

四、实验步骤

- 1、按要求或按条件选择设计题目；

二、控制程序

思考题：

1、简要说明设计思路

2、试述本设计的创意性和实用性

报告完成日期 _____ 成绩 _____ 教师签名 _____

附：

评分标准：

创意性 30 分

工作原理 30 分

外观造型 10 分

动作控制 20 分

回答问题 10 分

实验四 轴系结构设计

一、实验目的

- 1、加深学生对轴系结构的认识；
- 2、掌握轴系结构设计的方法和要求；
- 3、培养学生的工程实践能力、动手能力和设计能力。

二、实验设备及工具

- 1、轴系部件及零配件大小齿轮、轴、不同类型的轴承、轴承座，各种结构的轴承端盖、键、套筒、挡油环等；
- 2、装拆工具一套；
- 3、学生自带教材、铅笔、纸等。

三、实验步骤

- 1、选择设计题目，(两人一组)根据题目拟定装配方案，即定出轴上零件的装配方向、顺序和相互关系，一般可拟定几个方案，经分析比较后选择较合理方案；确定轴上零件的轴向和周向定位的方式，并应满足零件的装拆及工艺要求；
- 2、根据装配方案，选取合适的零配件，按装配顺序装配轴系部件；
- 3、根据装配结果，绘制轴系部件装配图；
- 4、实验完毕，请拆卸全部零件，并按原位置放好。

轴系结构设计实验报告

实验日期 年 月 日

| 题目 | | 同组人 | |
|---------------------------------------|--|-----|--|
| <p>一、轴系部件装配图（另纸 A4）</p> <p>二、方案比较</p> | | | |

三、思考题：

1、在你的设计中，如何实现齿轮的固定及定位？

2、本设计中采用哪种轴承？为什么？

3、你的设计中，轴承如何润滑及采用什么密封方法？

完成报告日期_____ 成绩_____ 教师签名_____

评分标准:

- | | |
|--------|-----|
| 1、装配方案 | 30分 |
| 2、实验操作 | 30分 |
| 3、装配图 | 30分 |
| 4、回答问题 | 10分 |

实验五 HERO-1 机器人功能开发设计

一、实验目的

- 1、通过了解 HERO-1 机器人的结构组成和性能，加深对机电一体化产品的认识。
- 2、提高学生的自学能力、动手能力及创新能力。
- 3、开发 HERO-1 机器人的功能，培养学生进行科学研究的能力。

二、设备和工具

- 1、HERO-1 机器人 五台
- 2、工具箱(内有各种工具) 五个
- 3、语音字典 五本
- 4、自备笔和记录本

三、实验原理

HERO-1 机器人具有行走、动手、看、听和说话的功能：

- 1、有由三个轮子组成的行走机构，并由光电编码器、直流电机等组成的伺服系统控制。既可以控制行走距离，也能控制行走方向。
 - 2、有一条 5 个自由度并有夹钳的手臂，每个关节都由步进电机控制，夹钳可以握持 450 克的物体，手臂能做各种各样的动作。
 - 3、HERO-1 的听觉是一个可调的声音探测系统，可以感知四面八方的声音，将 200HZ 到 5000HZ 范围内的频率化为 8bit 的数位字。
 - 4、具有一个超声波声纳系统和光线探测器，使 HERO-1 在能见度很低的地方也能看到东西。它以 1cm 的分辨率感知在水平和垂直方向为 30°、从 6.2cm 到 2.44m 范围内的各种东西。
 - 5、HERO-1 有一个能产生 64 个音素，有四种音调的声音合成器，能模仿人的声音说话，并有一定的音响效果。
 - 6、HERO-1 对外界信息的处理和发出动作的指令是通过一个由 MOTOYOLA 6808 CPU 配以 4K 的 RAM 和 8K 的 ROM 组成的微型计算机进行的。人们对机器人的教导（“示教”）可以通过键盘输入程序，操作与主机连接的示教盒或通过录音磁带输入程序等三种型式进行。
- 由于 RAM 和 ROM 都可以扩充，所以 HERO-1 的功能有充分的开发余地。本实验是在 HERO-1 机器人原有功能的基础上进行功能的开发。

四、实验方法与步骤

- 1、熟悉键的功能和机器人操作模式
- 机器人在计算机的控制下可以采取各种各样的工作方式来完成操作，这种工作方式就是

所谓操作模式，例如编写程序输入计算机来控制机器人；用示教盒示教机器人动作而实行手动控制操作；重复再现示教的动作等。

(1)、键的功能

①、RESET 键

机器人一经启动，计算机即时自动进入执行模式，然后按后述操作再进入其他操作模式。从其他操作模式恢复至执行模式，可按下 RESET 键来实现。

②、ABORT 键

ABORT 键在实验电路板上，当机器人出错或做些不要求做的动作时，可按下此键，机器人即可停止谈话、运动和感觉，而计算机停止计算，显示器上显示“ABORT”约一秒钟，然后显示出计算机程序计数器的内容，这时将显示计算机所执行命令的地址，据此以排除和修改机器人程序的错误。

③、SLEEP 开关

当 SLEEP 处在“NORMAL”位置时，机器人正常工作，而当“SLEEP”开关处在“SLEEP”位置时，机器人计算机将响应来自程序或来自键盘 RESET 的命令，使机器人进入“睡眠”状态，这时机器人休息。要使机器人回复到工作状态，将“SLEEP”开关拨到“NORMAL”位置，机器人在 10 秒内就启动。

④、多用键

键盘上十七个键(0~F 和 RESET)除 0 和 RESET 是专用键处，其余各键除在输入程序时表示 1~F 的数字外，还有用来使计算机进入不同操作模式的用途。当计算机处在执行模式时按下这些键中的某一个，即转入不同的操作模式。

键“1”——转入编程模式

键“3”——转入使用模式

键“4”——转入手动模式

键“7”——转入学习模式

键“A”——转入重复模式

当计算机在执行模式时，压下其它键，计算机不认为是可以接受命令。但当计算机在其它模式中时，压下其它某一键，就有不同的功用。

(2)、操作模式的命令

①、使用模式

压下键“3”，计算机就进入使用模式，然后再按下列的第二数字，即有不同的用途：

a)初始位置“31”

当按“31”时，机器人头部和手臂不论当前在什么位置都会转到头部对中，手臂向下的开始位置。这时

夹钳闭合到最小的极限；

腕的上下摆动向机器人左侧上转；

腕的转动反时针转至极限位置(从前方观察);

手臂的伸缩将处在“in”极限位置;

肩部转动, 将向下转到极限位置;

头部顺时针转到极限位置;

前轮转到左边极限位置;

头部回到中间位置;

前轮回到中间位置;

至此, 初始位置形成, 机器人将从此基准位置开始运动, 计算机又从使用模式自动回到执行模式。

当机器人在初始位置时, 有时由于某些力的原因使运动部件偏离初始位置, 若不纠正将会影响运动的准确性。例如, 初始位置时若前轮有些微偏歪, 则机器人在执行直走命令时, 实际上机器人在绕圈走, 这时应予以修正, 适时采取“直前”措施。

b) 手臂复位“32”

当机器人受控(手动控制或编程控制)离开初始位置后, 使用“32”命令可使机器人返回初始位置。

c) 录音机存贮“33”

可把机器人存贮的程序外存输入到录音机中。

d) 从录音机输入程序(到机器人)“34”

可把录音机存贮的程序输入到机器人中。

e) 设置时间“35”

机器人可设置一个可供选择使用的时钟, 并能显示出时间及日期。

②、手动模式(MANUAL)

当使用手动模式时, 必须将机器人与示教盒连接, 机器人会接受示教盒上发出的命令, 使手臂和头部运动, 手臂和头部一共有 6 个运动, 每示教一步, 实现一个运动。

按下键 4 就可以进入手动式。下面是示教盒上各类开关的说明

1) 触发开关(TRIGGER)

触发开关是下达各类开关的总开关, 压下触发式的扳机(在手把上), 各类开关打开; 松开扳机, 各类开关关闭。

2) 功能开关(FUNCTION)

这个开关指示选择 ARM 和 BODY 两档。指示 ARM 时, 选择手臂或头部的转动; 指示 BODY 时, 选择机器人本体的行走。

3) 转动开关(ROTARY)

这个开关控制功能开关所选择的运动(头部或手臂、或本体)的正反向运动速度。当功能开关选择 ARM 时, 旋转开关指示选择头部或手臂哪一个关节或是夹持器的运动; 当功能开关选择 BODY 时旋转开关指示二档前向速度和三档后向速度, 而中间 N 位置则是空档。

4) 运动开关(MOTION)

选择功能开关、运动开关之后，运动开关的作用有二：一是启动所选择的运动，另一是改变所选择的运动的方向。

手动操作举例：

a) 扳动机器人电源开关在 ON，启动机器人；按下键 3I，使机器人各运动部分处于初始位置；接上示教盒。

b) 按下键 4，使机器人由执行模式转入手动模式。

c) 把旋转开关(ROTARY)转到 N 位置；功能开关(FUNCTION)拨到 BODY 位置。

d) 旋转开关置于 PIVOT-WRIST 位置。因为这时功能开关在 BODY，PIVOT-WRIST(手腕上下摆动)应指示为 FORWARD-SLOW(慢速前进)位置。

e) 压下触发开关(TRIGGER)，机器人将慢慢向前运动，这时用运动开关(MOTION)控制其往左或往右转。运动开关往一侧压向前走，往另一侧压向后走，松开触发开关运动则停止。

f) 将功能开关拨到 ARM 位置，转动开关拨到 HEAD(头部)位置，压下触发开关并用运动开关控制机器人的头部向左或向右转动。

g) 功能开关仍在 ARM 位置，转动开关拨到 PIVOT-WRIST(手腕上下摆动)，压下触发开关并用运动开关控制这个关节的转动方向。类似地可控制其它关节的运动。

有时头部或手臂关节转到行程极限位置，继续压下运动开关将得不到运动的响应，这时把运动开关压到另一侧，则在 1~2 秒内就会产生反向运动。

h) 若要退出手动模式，按下 RESET 键则可。

③、学习模式(LEARN)

手动模式时，机器人不记下你所控制的动作，而处在学习模式时，机器人将会记住你教给他的每个动作或要他做的事，所以学习模式又称示教模式，机器人能够在下述的重复模式中再现这些动作或要做的事。

使用学习模式的步骤如下：

a) 启动机器人(ON)，使其处于初始位置(3I)，进入执行状态，接上示教盒。

b) 按下键 7 进入学习模式。

c) 显示器显示“7”，等待你按数字键输入开始存贮程序的存贮地址——低址。

d) 显示器再显示“7”，等待你按数字键输入最后可供存贮程序的地址——高址。

机器人的运动程序就存在存贮器从低址到高址之间的空间。超过高址时显示器将显示“FULL”(溢出)，机器人将拒绝接受进一步的命令，你必须按 RESET 键退出学习模式。

当高址输入以后，显示器将显示 7. F. XXXX，这里 XXXX 等于低址加 8，在这里自动置入程序的第一个命令。当程序返回时则是初始位置。

这里应注意的是存贮地址是一个十六进制的数字，全部可供内存的空间在 003F~0EE0 之间共 3754 个字节。一个典型的短运动程序一般使用 0100~0200 的存贮空间。

e) 按手动模式中相同方法操作示教盒去示教机器人的动作，示教完成后按 RESET 键退

出学习模式。

f) 为了再现刚示教的程序，可按下键 A，再按下键 D 以及存贮该程序的存贮地址(低址)，这时机器人将重现操作。

2、通过示教盒人工示教机器人手臂和本体运动，将示教的动作存入存贮器内，再把所示教的动作重复再现。

3、分别用中、英文写出一句话，通过声音合成，使机器人分别用中、英文读出。

4、先设定一些比较复杂的动作，通过编程加以实现。

5、可将自己设计的电路与机器人上的微处理机连接，开出新的实验。(选做)

五、思考讨论题

1、HERO-1 机器人由哪几部分组成?

2、HERO-1 机器人有哪些按键?其功能是什么?

3、HERO-1 机器人有多少块线路板?各线路板的功用是什么?

4、通过对 HERO-1 机器人功能的开发，有何心得体会。

附：实验评分标准

| | |
|--------------------|-----------------------|
| 1、实现示教再现功能 | 10 分 |
| 2、开发机器人的讲话功能 | 30 分(英文 10 分，中文 20 分) |
| 3、编程实现预先设定的比较复杂的动作 | 40 分(动作的创意及难度占 30 分) |
| 4、思考题 | 20 分 |

HERO-1 机器人功能开发设计实验报告

一、预先写出一句话

中文：

英文：

声音合成和程序：

二、预先设定的动作

1、设定动作的创意（即设定这些动作的目的）

2、设定的动作

3、实现这些动作的程序

三、思考题讨论

报告完成日期_____

教师签名_____

实验六 创新思维与设计

一、实验目的

- 1.培养学生的创新思维及创新设计能力
- 2.培养学生的机构及结构设计能力
- 3.培养学生的工艺设计及加工能力

二、设备及工具

- 1.各种机床(车床、刨床、铣床、钻床、冲床)
- 2.各种常用工具(每组一套工具箱，已配备各种常用工具)。

三、选择创新设计的题目

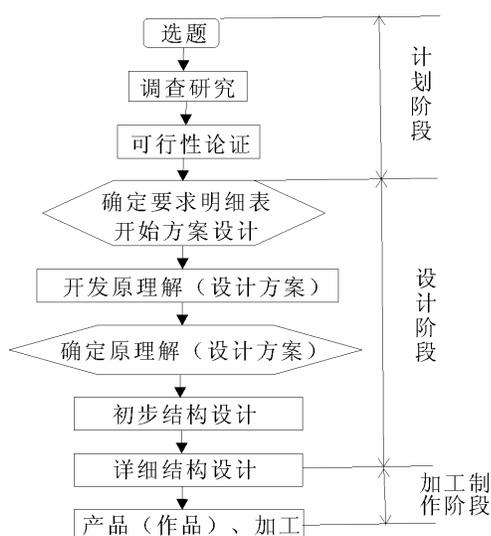
设计本身就是创新，没有创新就不叫设计，因此选题要注意创新。选题要考虑新颖性，选题对产品的质量影响很大。选题不一定选得很大、很复杂，在日常生活、生产、工作中很多题目都可做，只要有创意，能实现功能要求的设计都可确定为设计题目。

设计可根据社会和人们的需要选题，或根据调查选题，亦可由直觉选题。

设计本身就是创造性思维活动，只有大胆创新才能有所发明、有所创造。由于当今的科学技术已经高度发展，创新往往是在已有技术基础上进行综合，或在已有产品的基础上进行改革、移植。

综上所述，选题可选择适合自己设计和加工的题目，该题目能实现某一功能的要求。

四、产品(作品)的创新设计程序



作品的创新设计步骤可分为3个阶段：计划阶段、设计阶段、加工制作阶段。

计划阶段主要进行需求分析、市场预测、可行性分析、确定设计参数及约束条件。在深入了解所要设计的问题后，列出详细的要求明细表，作为设计、评价决策的依据，并提出合理的设计任务书。

在设计阶段中，原理方案设计占有重要位置。原理方案设计是在功能分析的基础上，利用各种物理原理，通过创新构思、搜索探求、优化得出设计方案。设计方案(原理解)直接影响产品功能、性能指标、成本、质量，设计时应尽量运用所学的知识、经验、创新能力，并对计划阶段的资料信息进行分析、整理、构想出满足功能要求的合理方案。

结构设计即确定零部件形状、材料和尺寸，并进行必要的强度、刚度、可靠性设计。

结构设计后即可进行制作、加工、完成作品。

五、总功能分解

为了更好地寻求解法，可把设计产品(对象)的总功能分解为比较简单的分功能(或称一级分功能、二级分功能、……)，使输入量和输出量的关系更为明确、转换所需的物理原理比较单一、结构化后零件数量较少、因而较易求解，一般分解到能直接找到解法的分功能为止。通常按照解决问题的因果关系，或手段目的关系来分析分功能。如对于平口虎钳，为了夹紧工件，必须施加压力，前者是目的，后者是手段，沿着这个思路逐步进行分解。

也可按照生产的空间顺序或时间顺序来分解、如汽水灌装自动机的分功能包括：瓶、盖、汽水的贮存与输送、灌装、加盖、封口、贴商标、成品输送。

六、寻找实现分功能作用原理的求解方法

1. 直觉法

直觉法是设计者凭借个人的智慧、经验和创造能力，采用创造性思维方法来寻求实现各种分功能的原理解。

2. 调查分析法

设计者通过查阅文献资料，包括专业书刊、专利资料、学术报告、研究生论文等，掌握多种专业门类最新研究成果，这是解决设计问题的重要源泉。设计者通过研究大自然的形状、结构变化过程，对动植物生态特点深入研究，必将得到更多的启示，诱发出更多新的、可应用的原理解或技术方案，利用自然现象解决工程技术问题。调查分析已有的产品，如对同类型的样机进行功能和结构分析，哪些是先进可靠的，哪些是陈旧落后、需要更新改进的，这对开发新产品、构思新方案，寻找功能原理解法大有益处。

| | | | | | | | |
|------|--|-----------------------------|--|---------------------------------|---|--|-----------------------|
| 机械名称 | 杠杆 | | 肘杆（曲杆） | 斜面 | 楔 | 螺旋 | 动滑轮 |
| 机械简图 | | | | | | | |
| 计算公式 | $F_2 = \frac{l_1}{l_2} F_1$ $l_1 > l_2$ | $F_2 = \frac{l_1}{l_2} F_1$ | $F_2 = F_1 \cdot \tan \alpha$ $\tan \alpha > 1$ | $F_2 = \frac{F_1}{\tan \alpha}$ | $F_2 = \frac{F_1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$ | $F = \frac{2T}{d_2 \tan(\lambda + \rho)}$ d_2 —螺纹中径 λ —一点缀纹升角 ρ —当量摩擦角 | $F_2 = \frac{F_1}{2}$ |

图 1 机构一次增力功能元解法目录

| | 机械 | 液气 | 电磁 | 热 |
|------------|--------------------------------|------|----|---|
| 转变 | 凸轮 四杆机构 齿轮齿条 | | | |
| 缩小 (放大) | 杠杆 齿轮 挠性传动 | | | |
| 变向 | | | | |

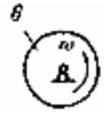
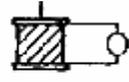
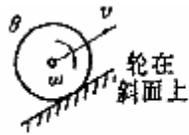
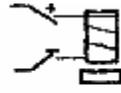
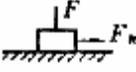
| | | | | |
|-----|---|---|--|---------|
| 储能 |    |  |   | 过热蒸气热流体 |
| | 弹性能 位能 转动飞轮 | 液压能 | 电容 压电效应 | |
| 动力 |   |  |  | |
| | 转动+移动 离心力 | 液体压力效应 | 电流磁效应 | |
| 摩擦力 |  |  |  | |
| | 机械摩擦 | 毛细管 | 电阻 | |

图2 部份常用物理基本功能元解法目录

3. 设计目录法

设计目录是设计工作的一种有效工具，是设计信息的存储器、知识库，它以清晰的表格形式把设计过程中所需的大量解决方案规律加以分类、排列、存储，便于设计者查找和调用。设计目录不同于传统的设计手册和标准手册，它不是提供零件的设计计算方法，而是提供分功能或功能元的原理解、给设计者具体启发，帮助设计者具体构思。图1为机械一次增力功能元解法目录，图2为部份常用物理基本功能元的解法目录。

设计时可通过各种解法目录找出实现分功能的原理解。

在寻找实现分功能作用原理解时，要注意几点：

(1)注意设计要求明细表上的要求。例如，要求采用机械传动时，就不必考虑液压、电磁等方面的工作原理。

(2)在寻找原理解时，除考虑能实现该分功能外，还要兼顾到设计的全局，充分考虑到该分功能在总功能中的作用及分功能之间的关系。在可能的情况下，应考虑将几种分功能用同一工作原理来实现，从而简化设计方案。

(3)对于一种分功能可以相应地提出几种工作原理，以便在方案的构思和评价筛选时有较大的选择余地。

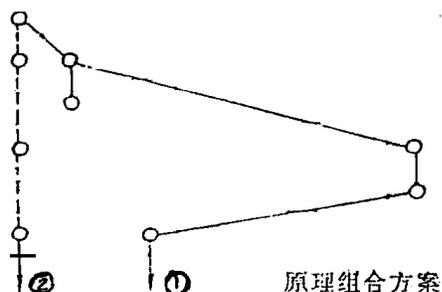
(4)通常可以满足所要求的功能原理方案是很多的。有些可以凭借设计师本身的知识、经

验得出，但其中一部份并不为设计人员所熟悉。为了开阔思路，以便选择出最佳原理方案、借鉴汇集前人经验的设计原理方案目录是有益的。

七、原理解组合为设计方案

由前所述，对于每个分功能能找到多个原理解法，把他们组合起来，可形成实现系统总功能的原理解法，总功能的原理解法，叫做机械系统的原理设计方案。

进行原理解组合的依据是已制定的系统功能结构，因为它规定了组成总功能时各分功能的排列顺序。当分功能原理解法找到后，凭设计师的经验来组合原理解，只能得到有限数量的方案，而且只适宜于简单机械系统，而系统组合法适合于找出复杂系统的原理设计方案。系统组合法是利用形态矩阵寻找实现总功能的原理解。它实际上就是一种表格，如图 3 所示，把系统分功能填在功能栏内，把每个分功能的原理解填在横行里，然后组合形成多个原理方案。把所有设计方案经过筛选比较后，最后选出最优的设计方案。



| 原理解 | | 功 能 | | | | | |
|----------|-------|----------|----------|-----|----------|-----|----------|
| | | 1 | 2 | ... | <i>i</i> | ... | <i>m</i> |
| 1 | F_1 | A_{11} | A_{12} | ... | A_{1i} | ... | A_{1m} |
| 2 | F_2 | A_{21} | A_{22} | ... | A_{2i} | ... | A_{2m} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| <i>j</i> | F_j | A_{j1} | A_{j2} | ... | A_{ji} | ... | A_{jm} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| <i>n</i> | F_n | A_{n1} | A_{n2} | ... | A_{ni} | ... | A_{nm} |

图 3 系统组合法

八、结构设计

如前所述，经过原理方案构思仅能提出实施各分功能的原理方案图，为了制出作品，必须进行结构设计，结构设计包括选择材料、形状、尺寸、加工等。材料可选用金属和非金属

材料，甚至有机玻璃、石膏、木头、蜡、塑料、橡皮泥等。

九、加工及装配作品

利用实验室的车床、刨床、铣床、钻床等机床及各种工具，加工出设计作品。

十、注意事项

1. 安全，包括人身安全、用电安全、设备安全。
2. 按照各设备的操作规程进行操作。
3. 爱护国家财产、注意节约材料。
4. 不得在实验室内进行与制作作品无关的工作。

创新思维与设计实验报告

| | |
|---------------------|--|
| 创新设计作品名称 | |
| <p>一、创新设计作品功能介绍</p> | |

二、创新设计作品原理简图

三、创新设计收获体会

实验评分标准

本实验以学生设计作品为评分的主要依据。

一、设计创意

- | | |
|---------|------|
| 1. 独创性 | 15 分 |
| 2. 文化意念 | 15 分 |

二、实用性

- | | |
|---------|------|
| 1. 功能设计 | 15 分 |
| 2. 使用寿命 | 5 分 |

三、人机工程

- | | |
|---------|------|
| 1. 美观性 | 10 分 |
| 2. 操作性能 | 6 分 |
| 3. 维修性能 | 4 分 |

四、制造工艺

- | | |
|----------|-----|
| 1. 生产可行性 | 4 分 |
| 2. 材质及利用 | 3 分 |
| 3. 制作精度 | 3 分 |

五、安全性

- | | |
|---------|-----|
| 1. 安全指标 | 5 分 |
| 2. 性能标准 | 5 分 |

六、环保性

- | | |
|----------|-------|
| 1. 节省能源 | 3 分 |
| 2. 减少废弃物 | 4 分 |
| 3. 资源再用 | 3 分 |
| 总分 | 100 分 |