

- 教育部“专业综合改革试点”项目资助 ·
- 大学生科技创新活动指导与研究丛书 ·

# 第二届上海市大学生**机械**工程 创新大赛获 案例精选

钱炜 施小明 朱坚民  主编

DIERJIE SHANGHAISHI DAXUESHENG JIXIE GONGCHENG  
CHUANGXIN DASAI HUOJIANG ANLI JINGXUAN

大学生科技创新活动指导与研究丛书  
上海市重点课程建设项目“机械制造技术”资助

# 第二届上海市大学生机械工程 创新大赛获奖案例精选

主 编 钱 炜 施小明 朱坚民

华中科技大学出版社  
中国·武汉

## 内 容 简 介

第二届(2013年)上海市大学生机械工程创新大赛的主题为“意·竞”——教学机械和创意、生活机械的设计与制作,所有参加决赛的作品必须与本届大赛的主题和内容相符,与主题和内容不符的作品不能参赛。本书编选的案例是本次大赛的获奖作品,这些作品充分展示了上海市高等院校机械学科的教学改革成果和大学生机械创新设计成果。

### 图书在版编目(CIP)数据

第二届上海市大学生机械工程创新大赛获奖案例精选/钱炜,施小明,朱坚民主编. —武汉:华中科技大学出版社,2014.10

ISBN 978-7-5680-0475-6

I. ①第… II. ①钱… ②施… ③朱… III. ①机械设计-图集 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 244374 号

第二届上海市大学生机械工程创新大赛获奖案例精选

钱 炜 施小明 朱坚民 主编

策划编辑:万亚军

责任编辑:姚同梅 刘 勤

封面设计:范翠璇

责任校对:马燕红

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16.5

字 数:386千字

版 次:2015年1月第1版第1次印刷

定 价:38.00元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

## 前 言

创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。一个国家的创新能力,决定了它在国际竞争和世界格局中的地位。培养大批创新型人才是时代的迫切需要,是未来教育发展和社会发展的需要,创新精神、创新能力和创新人格是创新型人才的基本特征。我们不仅要认识到培养创新型人才的重要性和紧迫性,更要清醒地看到,创新型人才培养是我国大学教育的薄弱环节,我们应当采取切实可行的措施,有力、有效地推动创新型人才的培养,理念创新、制度创新、环境创新与人才培养模式创新是培养创新型人才这个复杂链条中不可或缺的、关键的几个条件。

机械创新设计是永不过时的课题,所有的机械创新设计都是在遵循机械设计原则基础上的升华。机械创新设计原则在机械设计方面起到了规范和指导作用。每一项创新设计都推动了社会的发展,尤其是机械创新设计,它推动着社会工业化的发展。机械创新设计意味着艰苦而又扎实的工作,并非异想天开就能实现。创造力并非凭空妄想而来,而是要有足够的专业知识积淀。只有知识渊博、理论功底扎实、实践经验丰富的人,才有可能在创造性思维中取得突破。要想未来成为优秀的机械设计工程师,必须培养自己的创新意识,多参加各类社会活动,机遇总是青睐有准备的人。

全国大学生机械创新设计大赛是经教育部高等教育司批准,由教育部高等学校机械学科教学指导委员会主办,机械基础课程教学指导分委员会、全国机械原理教学研究会、全国机械设计教学研究会联合著名高校共同承办,面向大学生的群众性科技活动。其目的在于:引导高等学校在教学中注重培养大学生的创新设计能力、综合设计能力与协作精神;加强学生动手能力的培养和工程实践的训练,提高学生针对实际需求进行机械创新、设计、制作的实践能力,吸引、鼓励广大学生踊跃参加课外科技活动,为优秀人才脱颖而出创造条件。

第二届(2013年)上海市大学生机械工程创新大赛的主题是“意·竞”——教学机械和创意生活机械的设计与制作。所有参加决赛的作品必须与本届大赛的主题和内容相符,与主题和内容不符的作品不能参赛。教学机械的设计与制作,有利于教学相长;创意生活机械的设计与制作,表达了同学们对美好生活的向往。其中“教学机械的设计与制作”主题与第六届全国大学生机械创新设计大赛(2014年)的主题“幻·梦课堂”——教室用设备和教具的设计与制作相符。大赛吸引了上海交通大学、同济大学等12所高校的101支参赛队共500多名在校大学生以及近百名指导教师参加。

机械在人类生活中发挥着越来越重要的作用,通过机械创新设计大赛,能促使人才培养达到应用型、工程型的要求,并更进一步拓展产、学、研、用的深度。展现在我们面前的是12所上海市高校学生设计、制作的作品,这些作品不仅凝聚了学生和指导教师的智慧和心血,也反映了参赛学校的各级领导、老师和学生高涨的参与热情。

本书编选的案例是第二届(2013年)上海市大学生机械工程创新大赛的获奖作品。这些作品充分展示了上海市高等院校机械学科的教学改革成果和大学生机械创新设计成果,

通过大赛积极推动机械产品的研究、设计与社会生产相结合,加强教育和实践之间的联系,能促使更多青年学生积极投身于我国机械设计与制造事业,培养出更多的机械设计与制造的创新人才。

本书由上海理工大学钱炜副教授、施小明副教授、朱坚民教授担任主编并统稿,各兄弟院校在编写过程中给予了热情帮助和支持,研究生王丹等同学对本书的出版做了一些有益的工作,谨此向各位老师和同学表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不足和疏漏之处,甚至谬误之处,殷切希望广大读者批评指正,编者不胜感谢。

钱 炜

于上海理工大学

2014年7月

## 目 录

教学模型——加工中心	(1)
同步带轮差动轮系装置的演示和实验装置	(7)
矩形铅笔头削笔机	(19)
玩转旋尺	(23)
管道爬行机器人	(27)
多功能便携式引体向上助学器	(35)
展开式 SEMI-AUTODESK	(38)
教师伴侣——多功能粉笔套与黑板擦	(41)
新型全方位学生风扇	(44)
可折叠成套连体桌椅	(49)
可换笔芯型号的新型自动铅笔	(52)
多频振动试验台	(56)
工具显微镜示教板	(61)
智能光控百叶窗	(69)
自动粉笔套	(74)
新型垃圾清扫车	(79)
大学浴室废水的热能回收与利用	(85)
一种新型硬币分类装置	(93)
绿色喷浸式健身洗衣机	(98)
康复用助步器	(103)
可定压气筒头	(108)
开拓者:可变形越障行星轮机器人	(113)
悬吊式跑步自行车	(121)
多用水果去核机	(127)
新型多功能水果削皮器	(133)
鲜榨果蔬汁贩卖机	(137)
创新多层升降停车系统	(142)
髌关节仿生运动模拟器	(150)
家用核桃脱壳器	(156)
机械式垂面定位装置	(160)

中央空调风管综合清理维护装置.....	(164)
封口打包一体化新型垃圾桶.....	(169)
单轮电动车.....	(173)
多功能折叠式晾衣架.....	(182)
“阿曼达”家庭服务机器人.....	(189)
基于遥控的公园水面漂浮物清扫船.....	(199)
新型爬楼梯机构.....	(206)
通风管道掘进清洗装置.....	(210)
三角叠套卡尺.....	(213)
简易罐头起盖器.....	(220)
新型建筑实用吊机的创新优化.....	(226)
新型苹果自动装套机.....	(233)
Z形路径擦窗器.....	(238)
多功能人性化演讲台.....	(243)
中央黑板.....	(249)
一维直线运动演示机构.....	(253)

# 教学模型——加工中心

上海大学

设计者:王林 韦良合 王博文 文静 曹俊丽

指导老师:李居峰

## 1. 设计目的

(1) 使加工中心走进课堂,通过创造一个独特的教学视角,形成多层次的教学空间,有效地发挥学生的主体地位,提高教学质量。

(2) 通过设计制作微型加工中心,让学生们对各部件有直接、深刻的了解,为之后加工中心的完整设计提供基础。

(3) 学习并了解各传感器、各类型电动机及丝杠传动、可编程控制器(PLC)控制等技术。

## 2. 设计内容

### 2.1 机械结构

#### 2.1.1 机床笛卡儿坐标系

标准机床笛卡儿坐标系可按左手定则确定其  $x$ 、 $y$ 、 $z$  三轴的正方向。其中每一坐标轴上的运动部件均包括滚珠丝杠、直线导轨、托盘和电动机四部分,如图 1 所示。滚珠丝杠将回转运动转换为直线运动,由螺杆、螺母和滚珠构成,具有高精度、微进给、无侧隙和高刚度等特点。直线导轨主要为圆柱直线导轨,用来支承和引导运动部件按给定的方向做往复直线运动,具有自动调心能力,互换性好,并且其各个方向上均有较高刚度。托盘用来支承工件。四个电动机均为永磁式步进电动机,它们均是能将电脉冲信号转变为线位移的开环控制元件。当步进驱动器接收到一个脉冲信号时,它就驱动步进电动机按设定的方向转动一个固定的角度,通过控制脉冲个数来控制角位移量,达到准确定位的目的;同时可以通过控制脉冲频率来控制电动机转动的速度和加速度,从而达到调速的目的。永磁式步进电动机的显著特点为动态性能好、输出力矩大,缺点为精度差,但在此机构中,其精度完全可以达到要求。

#### 2.1.2 主轴部分

主轴做高速旋转运动,带动刀具完成加工工作。在主轴上安装有电磁铁(见图 2),通过电磁铁的吸合与打开,即可完成刀具的固定和放松,可与刀架配合完成自动换刀动作。



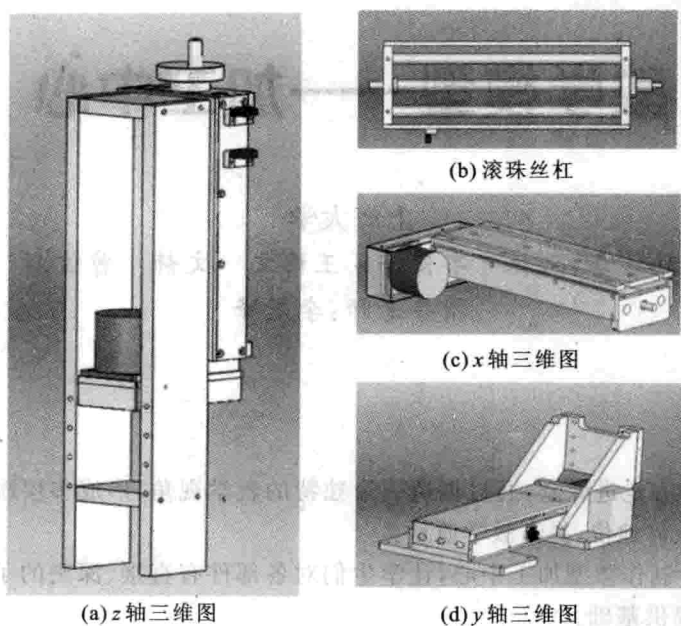


图1 部件三维图

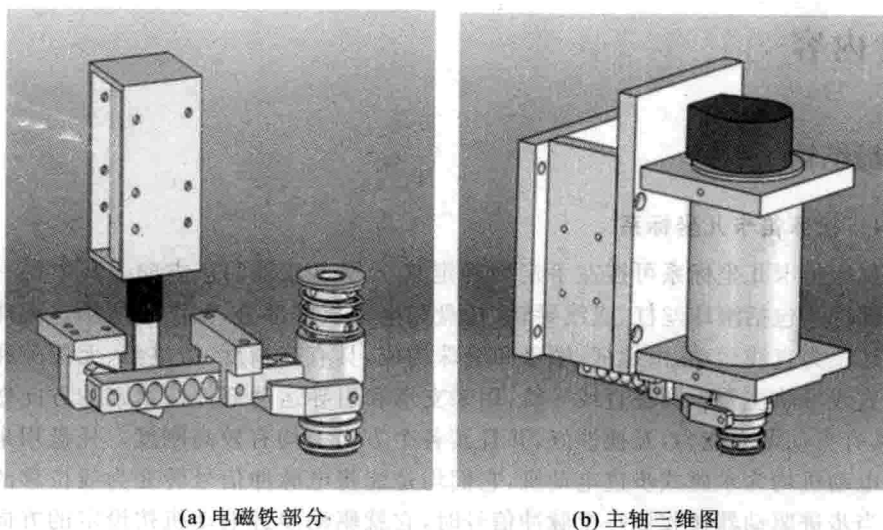
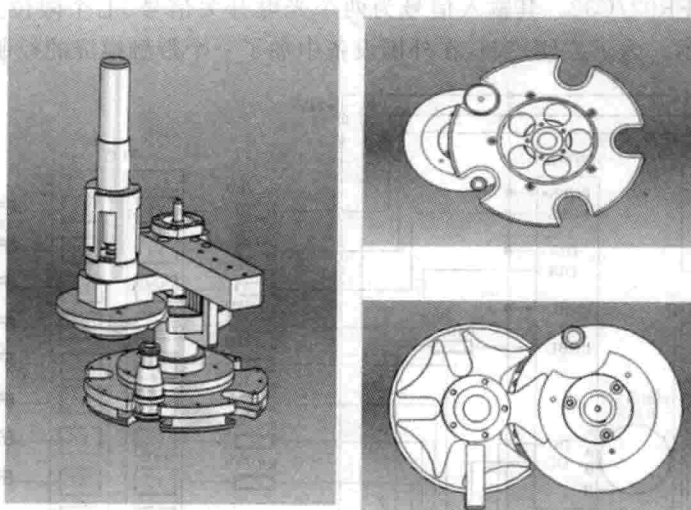


图2 主轴

### 2.1.3 换刀装置

随着数控技术的发展,带有自动换刀系统的加工中心在现代制造业中起着愈来愈重要的作用,它能缩短产品的制造周期,提高产品的加工精度,适应柔性换刀的需求。该换刀装置由刀库、槽轮机构和驱动装置等构成(见图3)。刀库采用圆盘式,径向取刀。该结构简单、紧凑,应用较多。刀具单环排列数量不能很多,但在此教学模型中足以满足要求。由电磁铁与槽轮机构相配合组成的机械手是本机构中实现换刀的主要部件。当刀架移动到合适

位置时,电磁铁吸合,与 $z$ 轴的运动相配合完成换刀动作。该刀库有五个刀位,利用槽轮机构控制刀位的转角,完成刀具的转换。同时巧妙设计反锁机构,使其在刀架移动过程中保持锁紧状态,在换刀期间处于放松状态,配合换刀。



(a) 换刀装置

(b) 槽轮机构

图3 换刀装置与槽轮机构

换刀过程如图4所示。

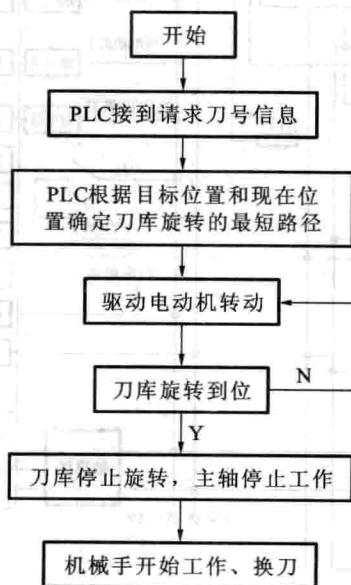


图4 换刀过程

## 2.2 PLC 控制部分

随着计算机技术和 PLC 技术的发展和广泛应用,现代加工中心已逐渐开始采用软件选

刀方式,即利用 PLC 的存储记忆等功能进行识刀和选刀,这样刀库上的刀具与主轴上的刀具可以任意交换,即随时换刀。这种方式由软件完成选刀,消除了由于识别装置的移动性和可靠性所带来的选刀误差,大大提高了选刀的精度,并且简化了控制装置。此装置的控制部分我们采用松下 FR02/C32。其输入信号为两个光电开关信号、七个限位开关信号。其具体接线如图 5 所示。为了方便控制,在外围设备中加了一个带触摸屏的控制器(见图 6)。

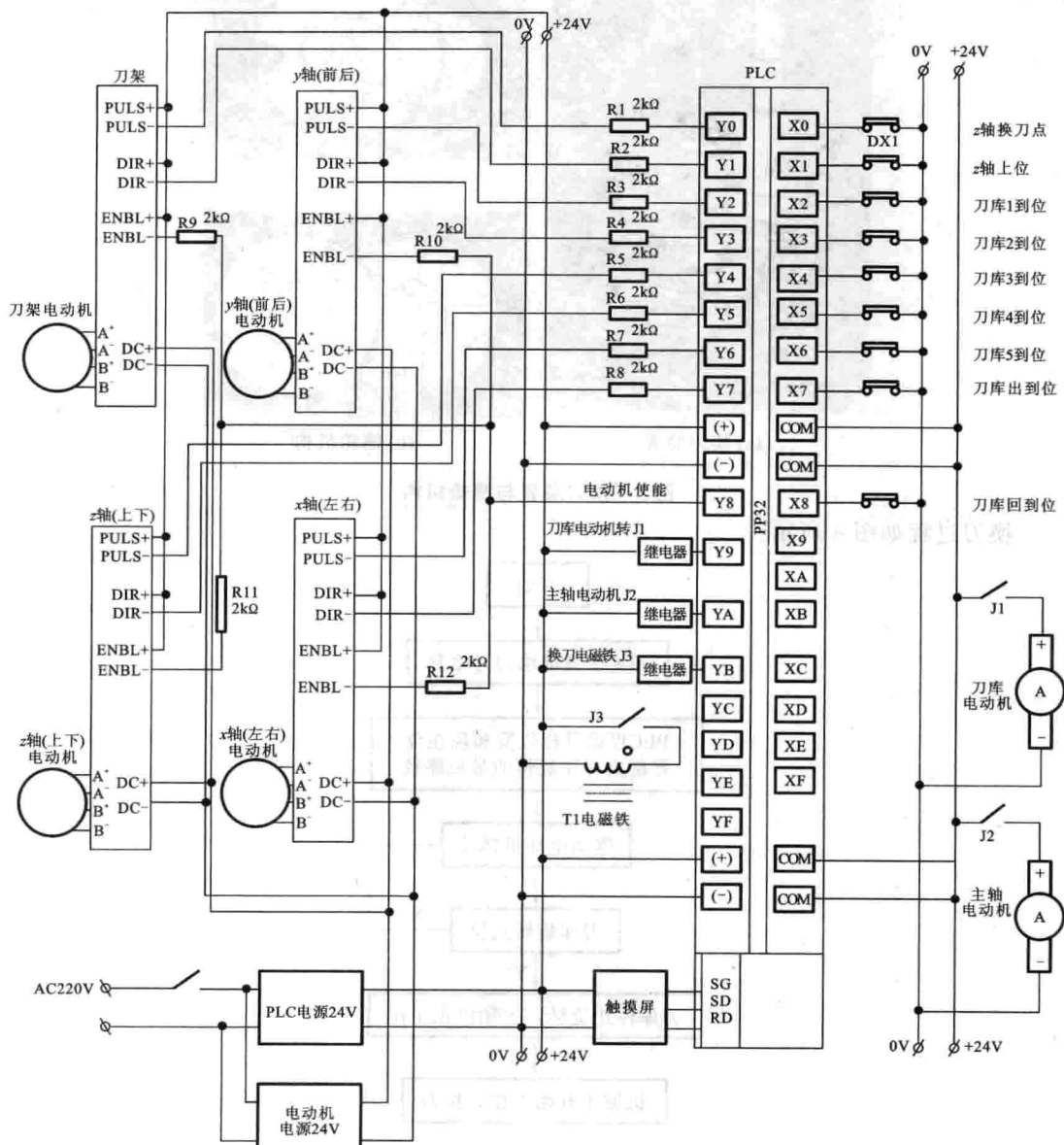


图 5 接线图



图6 触摸屏的控制内容

### 3. 主要创新点

- (1) 此槽轮机构的五个槽对应换刀机构的五个刀位,使换刀结构简单,准确度高;
- (2) 主轴刀头部分电磁铁与连杆机构巧妙配合;
- (3) 整个模型较小,拆装方便,便于教学。

### 4. 作品图片

其作品的实物如图7所示。

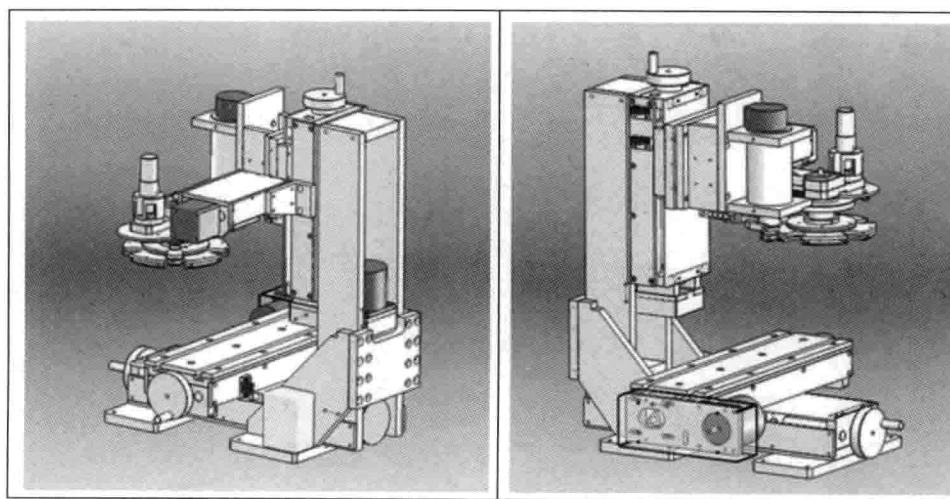


图7 教学模型——加工中心

### 参 考 文 献

- [1] 陈芳,李继中. 盘式刀库加工中心自动换刀系统控制[J]. 机械设计与制造. 2007, 10:149-151.
- [2] 黄泽正,刘冲,陈志辉. 加工中心自动换刀装置的设计[J]. 机械工程与自动化. 2007,1:124-125.
- [3] 钟肇新. 可编程序控制器原理及应用[M]. 3版. 广州:华南理工大学出版社,2001.
- [4] 方承远,张振国. 工厂电气控制技术[M]. 3版. 北京:机械工业出版社,2006.

# 同步带轮差动轮系装置的演示和实验装置

东华大学

设计者:黄哲昱 王守龙 安强 曹意承

指导老师:孙志宏 周中华

## 1. 设计目的

(1) 将传统的齿轮差动系统转换成同步带轮差动系统,搭建实物实验平台,研究同步带轮差动系统的优缺点。

(2) 常用的差动系统为齿轮传动形式的,通过改变传动形式来改善其性能。

(3) 基于同步齿形带传动的诸多优缺点,研究用其构建差动轮系,希望能够克服齿轮差动轮系的一些缺陷,并发挥其优越性。

## 2. 差动轮系的整体方案设计

### 2.1 方案一

图 1 所示的为常见的齿轮差动系统,该差动系统的自由度为

$$F=3n-(2P_1+P_h)-F_2=3\times 4-(2\times 4+2)-0=2$$

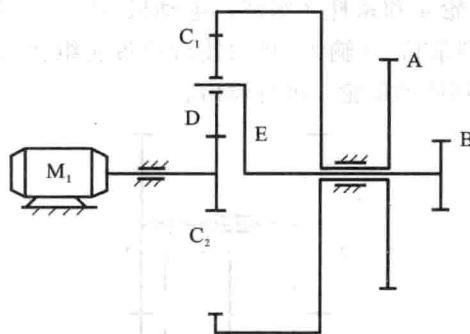


图 1 齿轮差动系统

由上式可知,该机构需要具有两个输入构件才能够具有确定的运动。在图 1 中  $M_1$  为电动机,另一台电动机  $M_2$  的位置可以设在齿轮 A 处或在齿轮 B 处,齿轮 A、B 作为输入构件时机构将会有不同的运动特性。传动原理分析: $M_1$  为输入电动机,其通过联轴器与齿轮  $C_2$  的轮轴相连,将动力传输到齿轮  $C_2$ ;另外一个动力输入来自齿轮 B,带动星系架 E 运动;

E上的行星轮 D 将在  $C_2$  和 E 的共同作用下做复合运动,即在绕自身轴线自转的同时还绕太阳轮  $C_2$  的轴线公转;行星轮 D 驱动内齿轮  $C_1$  转动,与其同轴的齿轮 A 将动力输出。将上述轮系中的齿轮转换为带轮,带轮之间通过同步带连接。同齿轮啮合传动不同的是,同步带传动不存在内啮合形式,正常安装时,从动带轮的转向和主动带轮的转向是相同的。

图 2 所示机构同样具有 2 个自由度,需要 2 个原动件,但不同的是,图 2 所示的 1、2、3 构件为带轮,7 为同步齿形带,通过带轮带动齿轮实现啮合传动。构件 8 和构件 6 分别为输入构件和输出构件。

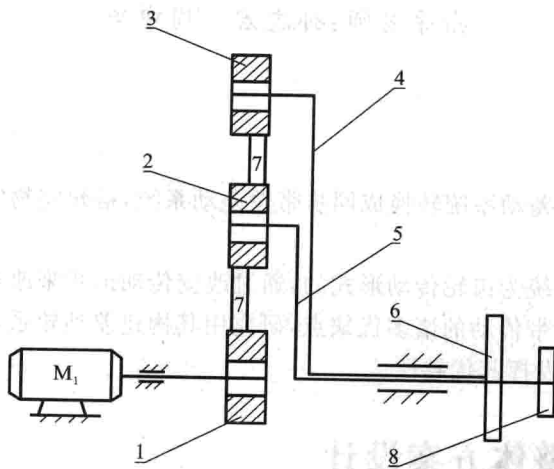


图 2 方案一:同步带轮差动系统

## 2.2 方案二

将图 3 中的齿轮用带轮取代,并将太阳轮 2 及行星架 6 与电动机相连,通过差动轮系,于另一太阳轮 4 输出,得到如图 4 所示的带轮差动系统。其差动机构由主动带轮 1、10,行星带轮组 5、6、8、9,从动带轮 4 和系杆 3 组成。电动机  $M_1$  将动力传递到带轮 1,同时第二个电动机  $M_2$  将动力传递到带轮 10 输入,从而使行星带轮组获得动力做复合运动,带轮通过同步带将合成运动输出到从动带轮 4 进行输出。

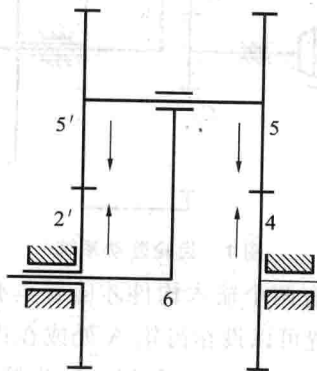


图 3 行星轮系

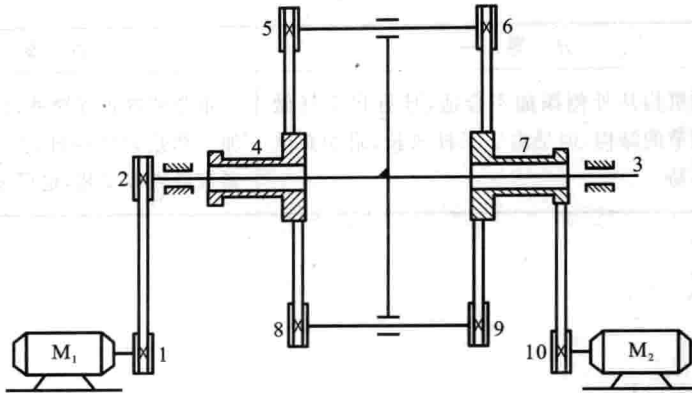


图4 方案二：同步带轮差动系统

### 2.3 方案对比

对上述两种方案进行分析比较,可以发现各方案的优缺点,如表1所示。

根据表1分析,选择方案二作为最终执行方案。方案二中,行星带轮组由两个固定在同一转轴上的带轮组成,主动带轮和从动带轮的轴心线处于同一直线上。系杆3是一个安装有垂直的曲臂的轴,该垂直曲臂的端部固接在中间带轮上,并固定定位。系杆3上可以仅设置一组行星带轮组,但为考虑系统转动需保证动平衡,所以设置了两组行星带轮组并且设计尺寸不一样。

主动轮1可以与电动机 $M_1$ 连接,作为随设计变化而变化的变速输入端,系杆3则通过其中心轴端的带轮与另一台电动机连接,作为主要输入端;或者主动带轮1与主要单机连接作为输入端,而系杆3的中心轴与另一台电动机连接作为随设计变化而变化的变速输入端;从动带轮4作为合成运动的输出端,或者直接由从动带轮4的轮轴作为输出端将合成运动输出。

表1 方案比较

	方案一	方案二
结构	结构合理,未有明显缺陷,并且机构安装方便	结构比较合理,基本为对称结构,但是对称结构会对后续安装造成一定的阻力;同时机构紧凑,同样对安装会造成阻力
空间位置	从纵向高度可以看出,该结构空间位置占用较大,整体对空间的浪费较大	该结构纵向和横向占用空间皆较小,空间结构安排合理
系统缺点	该结构空间位置占用较大,在保证整个装置的承载能力的前提下,将会导致系杆长度过大,当机构运动时,在离心力和带的预张紧力的共同作用下,尤其在高速旋转时,系杆将会产生较大的弯曲变形,同时会带来不必要的振动,使得轴承受力不均,从而降低整个机构的使用寿命	机构结构布置基本对称,不存在明显缺陷



续表

	方 案 一	方 案 二
带的张紧	张紧机构从外侧添加不合适,唯有将系杆做成可调节的结构,但是由于系杆较长,附加其他结构不易	张紧装置布置简单,只需在行星架上增加一套张紧机构即可。可采用现有的张紧设备直接安装,也可设计螺旋张紧装置

## 3. 设计计算

### 3.1 具体结构设计

下面介绍机架,轴的支承与定位结构,轴、行星架和电动机座的设计。

#### 3.1.1 机架设计

机架作为机器的支承,它的设计最重要的是能够满足机器实际运转需要,并且能够合理利用空间,在此基础上考虑加工成本,优化设计,最终确定机架的结构。

机架结构示意图如图 5 所示。从图 5 可以看出,机架结构简单,只需安装套在主轴上的带座外球面轴承。行星架的旋转会引起整体的振动,造成整个装置重心不稳,通过降低机架高度使重心降低,能在一定程度上减小振动带来的不良影响。在机架上设置简单电动机座,并将其直接固定在机架上。

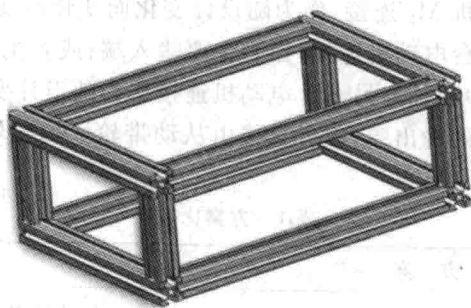


图 5 机架结构示意图

#### 3.1.2 轴的支承与定位

一般来说,一根轴需要两个支点,每个支点可由一个或一个以上的轴承组成。合理的轴承配置应考虑轴在机器中有正确的位置、防止轴向窜动以及轴受热膨胀后不致将轴卡死等因素。轴承采用的是带座外球面轴承支承。此类轴承具有一定的调心性,易于安装,具有双重结构的密封装置,可以在恶劣的环境下工作。

#### 3.1.3 轴结构设计

##### 1. 主轴结构设计

根据轴承座的结构与实际装置的需要可以知道,主轴左端与右端需要安装轴承,并对轴承进行定位。轴的中段需要传递轴向扭矩,因此此结构并不存在任何实质问题,但如果采用