

太阳能天窗降温系统的设计

-----汽车天窗太阳能板及风机性能测量和选择
(工程技术学院,机械电子工程系,机械设计制造及其自动化)

(学号: 2001111039——白允斌)

(指导老师 胡晓朋 副教授)

内容摘要: 本论文主要阐述的是怎样给“汽车降温系统”提供一个匹配的风机,包括太阳能电池板的参数测量、风机的选择以及风机的性能测量三部分。其中以理论计算配合实验为主。

关键词: 太阳能、降温、风机

ABSTRACT: This article mainly tells about how to provide an air-blower which fits for the cooling machine for cars. There are two parts of it, one is the survey of the solar cells, the other is the survey of the air-blower. It is mainly composed of theory calculate and experiment.

KEY WORD: solar energy、cooling、air-blower.

老师点评

该同学基本掌握了电源、电机及风机基本参数的测量方法。目前采用的测量方法及测得的太阳能电池板数据,获得厂方的好评。本文的不是之处是三组数据匹配方法过于粗糙,全文的段落分配比较零乱、因果关系不够明确。建议评为优秀。

一、任务来源

在中国大部分地区的辐照度都处于可利用至丰富程度,夏季炎热,室外温度普遍达到 30℃ 以上,在强烈的阳光照射下,汽车车厢内的温度可高达 60~70℃。驾车人士对此深有体会,高温炎热严重影响了驾车的舒适度,同时也降低了车内皮革制品的使用寿命和电子仪器的正常工作,而另一方面市场上的许多产品都不能很好的解决这个问题。太阳能天窗则很好的利用太阳能资源“以夷制夷”,利用太阳能带动一个外设的排风机,实现气体交换,达到降温的效果。

此毕业设计则应运而生。设计包括三个方向:充放电部分、风机部分、太阳能天窗工艺部分。而我则负责太阳能板参数测量及风机的选取。

二、达到目标

- (1) 根据测量所得太阳能板的伏安特性选去风机;
- (2) 风机能提供足够的风量对车厢排风;
- (3) 车厢内部温度有明显降温效果;

三、计划

- (1) 根据实际情况对太阳能天窗进行参数测量;
- (2) 根据参数选购风机并且对风机作计算检验;
- (3) 真车上试验风机实际效果;

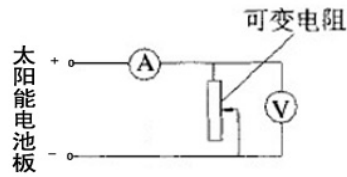
四、太阳能电池板参数测量

实验仪器: 照度计(深圳欣宝科仪器仪表研制中心提供), 量程 1-199900 Lux
万能表(学院实验室提供), 可调电阻一个(学院提供)

测量地点: 办公楼天台

伏光电池组: 由深圳市创益科技发展有限公司提供(已整合于汽车天窗中)

实验环境: 2005 年 3 月 31 日, 天气晴朗, 室外温度 22℃, 周围无遮挡物



原理过程：1、可调电阻 R 充当负载，改变 R 的阻值，记录不同负载时的电流、电压，画成 $U-I$ 曲线，可得太阳能板的输出伏安特性曲线。

2、保持 R 的阻值不变，观察照度计，记录不同照度下的电压电流关系，可得不同照度下的伏安特性曲线。

3、运用 1, 2 同样方法，记录不同入射角度时的伏安特性。

结论：

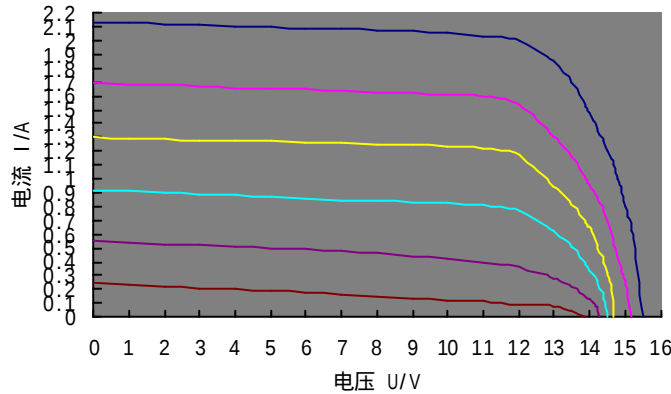
1. 在理想情况下（无云层遮挡，光伏电池转换效率最高时），单晶硅片在各照度下所提供的电压相对比较稳定，转换效率的大幅降低主要表现为电流的大幅降低，当照度低于 50K Lux 时，提供的功率远小于 110K 的时候。（以 3 月 31 日测量数据为准）

2. 单晶硅片主要吸收太阳光中 600 nm ~ 950 nm 波段的能量，而且具有热效应，因此出现了几种特殊的状态：1、云层遮挡了太阳，削弱了光子直接作用于太阳能板，但照度仍然很高时，功率也大幅度下降。

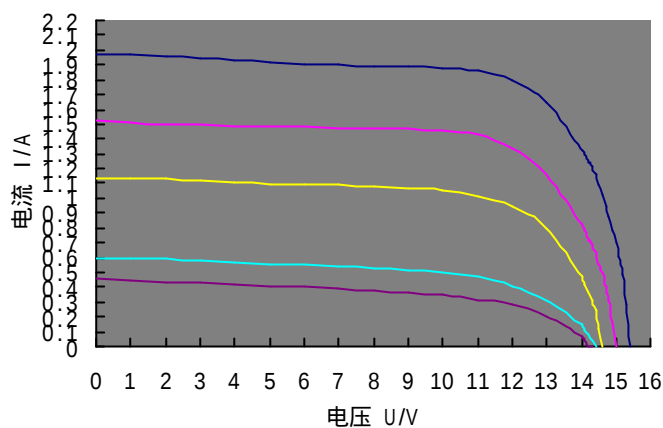
2、在阳光下暴晒时间过长，太阳能板温度升高，效率也有所下降。

3. 在光强足及垂直射向光伏电池时，能提供较高的功率，最大功率为 24.5 瓦，但当光强弱或有一定角度射向太阳能板时，其转换率骤然降低，功率大大减小。曲线明显出现饱和区及截止区。具体曲线如下图：

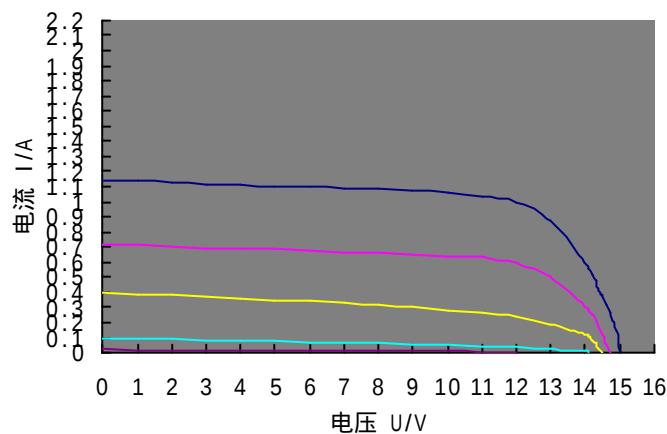
与太阳光垂直时伏安特性曲线



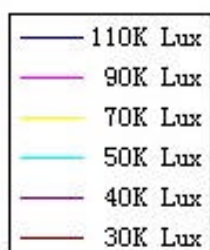
与太阳光成60度时伏安特性曲线



与太阳光成30度时伏安特性曲线



照度参照：



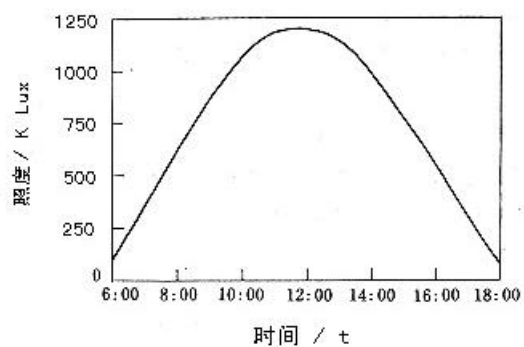
110K Lux — 晴朗，太阳直射

90K Lux - 少云，明亮

70K Lux - 多云，较为明亮

50K Lux - 多云，阴天

<50K Lux - 阴雨



五、风机选择的理论依据

以深圳为例,深圳属亚热带海洋性气候,长夏短冬,气候温和,雨量丰沛,阳光充足。年平均气温为 22.5 ,最高气温为 38.7 ,最低气温为 0.2 。年日照时数 1933.8 小时,太阳年辐射量 5225 兆焦耳/平方米,年平均相对湿度 77%。

车型选择本田雅阁 2.4 i-VTEC,长:4814mm;宽:1821mm;高:1463 mm。

$$Q=C \cdot \rho \cdot L (t_n-t_s)$$

式中, C—空气的比热容, KJ/(Kg·°C); ρ —空气密度, Kg/m³; L—送风量, m³/S;
 t_n —车厢内设定温度, °C; t_s —室外温度, °C; Q—车厢所吸收的热量, KW/min。

$C = 1 \text{ KJ}/(\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C})$; $\rho = 1.29 \text{ Kg}/\text{m}^3$; 1 年以 365 天计算;室外温度 t_s 定为 30 摄氏度,车厢内温度 t_n 设定为 40 摄氏度。

假设:辐射热能因为反射或金属散热等缘故只有 60%热能传到车厢内部;受辐射面积占车体面积的 $\frac{2}{3}$, 所以受光面积为

$$4.814\text{m} \times 1.821\text{m} \times \frac{2}{3} \approx 5.84 \text{ m}^2$$

$$\text{每分钟车厢内所产生的热量 } Q = \frac{\text{年辐照量}}{365 \times 24 \times 60} \times 5.84 \text{ m}^2 \times 60\% \text{ (J/min)}$$

$$\text{风量 } L = \frac{Q}{Cr(t_n-t_s)} = \frac{5225 \times 10^6 \times 5.84 \times 60\%}{365 \times 24 \times 60 \times 1 \times 10^3 \times 1.29 (40^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})} = 2.70 \text{ m}^3/\text{min}$$

风量单位: CFM (Cube Feet Per Minute, 每分钟立方英尺)

CMM (Cube Meter Per Minute, 每分钟立方米) 即 (m³/min)

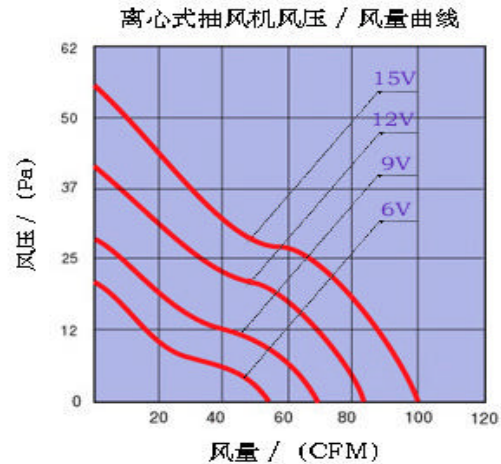
1CMM=35.3CFM

因此,根据上述的假设要求,所选择的风机风量大于 2.70 m³/min 能很好地控制温度的上升。

六、风机选型验证

我们购买的风机为离心式抽风扇,额定电压 12DC,额定电流 1.35A,额定功率 16.2W,最大风量 100CFM (合算约为 2.83 m³/min)。工作电压 6.0V - 15V,启动电压 6V;

在深圳高级技术学院技能鉴定中心,我们利用风量计、微机等得出其风量-风压曲线,如图:



根据上述的假设以离心式抽风机的最大风量 100 CFM 验算车厢温度 t_n :

$$Q = C \cdot \rho \cdot L (t_n - t_s)$$

$$t_n = \frac{Q}{CrL} + t_s = \frac{5225 \times 10^6 \times 5.84 \times 60\%}{365 \times 24 \times 60 \times 1 \times 10^3 \times 1.29 \times 2.83} + 30^\circ \text{C} = 39.54^\circ \text{C}$$

$$\Delta t = 39.54^\circ \text{C} - 30^\circ \text{C} = 9.54^\circ \text{C}$$

换言之,在风机最大效率工作条件下,能使车厢与外界保持 9.54°C 的温差。即当车内与车外的温差越大,降温效果越明显。

于深圳市隆辉电机有限公司中我们对购买的风机在测功机上做了其特性曲线的测试及工作曲线,如下页图

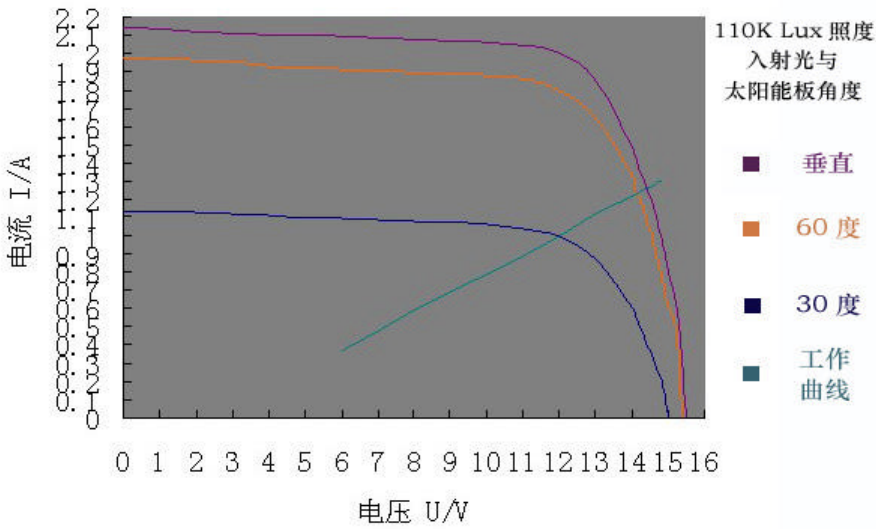
测试仪器:微型磁滞测功机、KZQ-II 测功机控制器、ZTV-I 直流电量测试仪、直流稳压电源、微机及打印机等。

从图中可以看到,风机的机械特性很软,无须串联任何电阻便能很好地启动,电流在 1.6 安的时候达到最高效率 68%。而且在 50K Lux 照度(相当于阴雨天气)下便能启动风机;在最大光照下,入射角与天窗成 30° 时(夏季约下午 5 点)仍能工作与额定电压下,工作电流为 1 安培。其最大消耗功率为 20W,而根据电路部分同学给出的功耗为 0.8W,总消耗为 20.8W,比太阳能板最大提供功率(24W)要小。

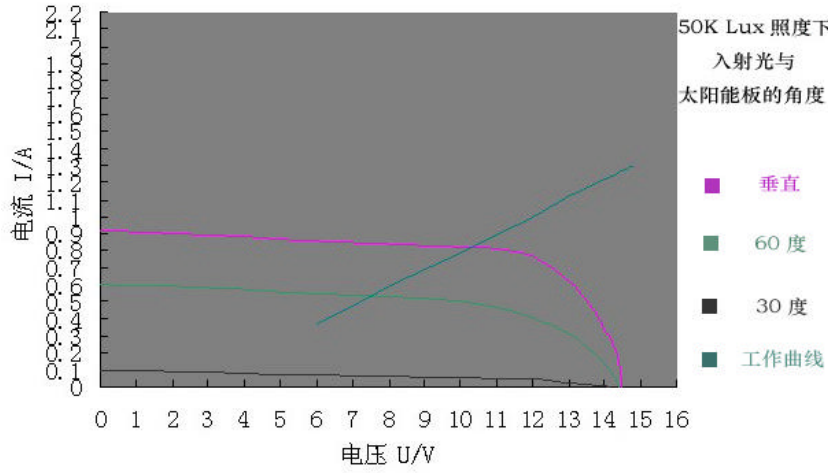
综上所述,风机总体符合设计要求。



电机效率、功率、转距特性，固有机械特性曲线



与太阳光垂直时伏安特性曲线



七、车载鼓风机参数计算

由于车载鼓风机低电压、大电流 (12V、21A) 的特点,使得启动电流很大,太阳能电池板无法直接启动鼓风机。验算:采用电枢回路串电阻启动的方法实现启动,假设启动电流为额定电流值 2 倍

$$I_s = \frac{U_n}{R_a + R} = 2I_n$$

式中: I_s —启动电流, A ; R_a —电枢电阻, Ω ; R —需串联的电阻, Ω ; U_n —额定电压 ; 从电机名牌中可以查到 $U_n = 12V$, $R_a = 0.05\Omega$, $I_n = 21A$;

$$\text{所以, } R = \frac{U_n}{2I_n} - R_a = \frac{12}{2 \times 21} - 0.05 \approx 0.24\Omega$$

而在实际串联电阻的测试中,鼓风机并不能运转。

八、真车测试

测试车型:夏利 2000 1.4L

试验仪器:照度计,温度计(安放于车厢中间位置);

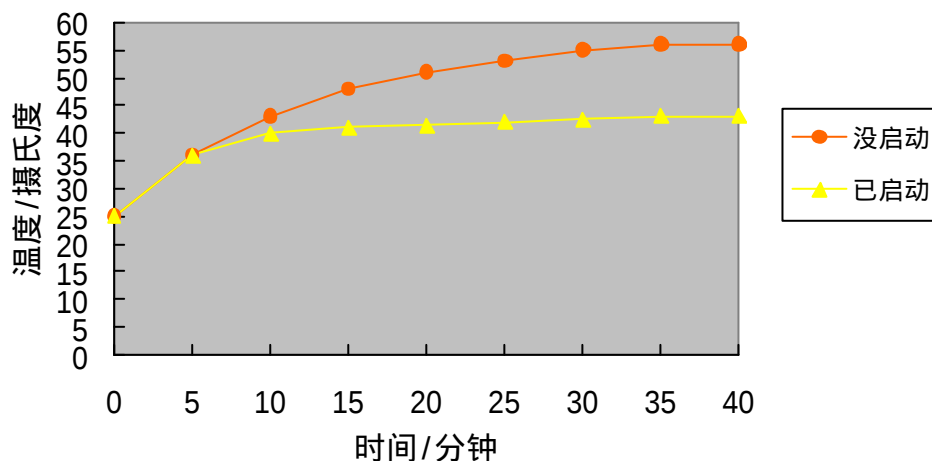
时间及温度:2005 年 5 月 13 日;中午 11 点~1 点;室外温度 31°C ;平均照度 120K Lux (平均照度以每 5 分钟记录一次照度值取其平均值);

太阳能板工作情况:最大开路电压 15.3V,最大短路电流 2.4A,最大输出功率 28W;

试验分两部分:

没启动降温系统:将车停放于空旷无遮挡地方,先用空调将车厢温度控制在 25°C ,然后熄火,乘客下车,任其在阳光底下升温;

启动了降温系统:拆卸于高位刹车灯旁的后置音响喇叭,用胶纸把口密封,仅留风机进风口大的面积。太阳能板则直接搭于车顶,引导线接到风机以及温控电路板上。同样先控制温度在 25°C ,熄火并启动降温系统,任其在阳光底下升温。



测试结果:没启动系统时,车厢温度最高可达到 56°C ,启动系统后温度最后稳定在 43°C ,温度稳定后的实际降温效果为 13°C ,与室外温差为 12°C 。前后两次测试后进入车厢感觉,启动降温系统后明显比没启动时舒服、凉快,空气质量也较没启动时好。

九、产品的问题

由于太阳能硅片的一些特点使得产品出现以下几个问题：

1、太阳能电池板是由多片晶体硅片以串并联的方式组合在一起的，当部分太阳能硅片受到遮挡时，与之串联部分的硅片便会失效，只充当导体而不产生任何的电流及电压，这样使得整体输出功率大打折扣。换言之当车停泊的地点有遮挡物或阴影的地方，太阳能板便会有不同程度的失效，风机也不能运转。

2、太阳能发电原理是半导体的光电效应，因此带有半导体的特点，随着工作温度的上升，其输出的功率会减小，当温度达到 75°C 时，其功率只有原来的 70%，产品长期受太阳直接照射，其工作温度往往到达六十多度，其功率的损耗不能忽视。

3、由于停泊时天窗不能转动，其受光角度受到限制，从 30° 角伏安特性图可以看到，当太阳与水平夹 30° 角时，其最大输出功率只有原来的一半，换言之此产品的有效工作时间受到限制。

十、收获体会

设计的顺序，是从得到太阳能天窗、测量太阳能天窗基本参数，到购买合适的风机、验证风机、真车试验；最后反馈试验信息，检验风机型号。但在最后发现一个关键问题：我们不该让太阳能天窗给定死了。的确，设计是活的，天窗是死的，要是我们反过来，先从理论计算、购买风机测试开始，选择好风机，确定了工作曲线再去确定太阳能板的参数，根据参数重新合理地编排太阳能硅片在天窗里的顺序和串并联方式。一个从最后效果入手反推；一个则从现有条件入手推敲。两种设计方法体现了设计的灵活性，也使我明白到设计人员应该具有创新的思维方式，灵活多变、大胆尝新的设计思路。

本次毕业设计使我感到遗憾的是，太阳能天窗对气候过于依赖，而 3 月底到 4 月初期气候较为反复，凉快非常，而且晴天的日子较少，为测量工作带来很多不便，而且在这情况下测量的数据并不具有代表性，而且很难模拟夏季的高温及高辐照的实际情况。理想情况应该测量全年各种天气、各个地区、各种环境下的数据，才能准确无误地反映实际情况。而且上述出现的产品的的问题并不能很好的解决。而在最后的实际测试中，降温效果也没有达到预期也使我们感到有点失望。希望在今后经验不断积累后能更好的解决这些问题。

参考文献：

吴玉庭、朱宏晔、任建勋、梁新刚等编著，聚光与冷却条件下常规太阳电池的特性[J]，清华大学学报（自然科学版），2003，43（8）：52～55。

周勋、徐明等编著，太阳电池的研究和应用进展[J]，贵州师范大学学报，2000，18（2）：64～66。

余世杰、何慧若、曹仁贤等编著，光伏水泵系统中 CVT 及 MPPT 的控制比较[J]，1998，19（4）

张琛编著，直流无刷电动机原理及应用[M]，第二版，北京：机械工业出版社，2004

庞启淮编著，小功率电动机选择与应用技术，人民邮电出版社，1998

[日]内田隆裕编著，秦晓平、李林等译，图说电动机原理，科学出版社，2003

李发海、王岩等编著，电机与拖动基础，第二版，清华大学出版社，1994

《工程制图》中英文习题集 CAI

(工程技术学院, 机械电子工程系, 机械设计制造及其自动化专业)

(学号: 2001111023——陈稳娟)

(点评教师 程蓉 副教授)

内容摘要: 本文介绍了计算机辅助教学(CAI)的特点、作用和在我国的发展现状,以及工程制图双语教学的现状,也介绍了在CAI系统中用到关键技术及常用的软件;提出了工程制图双语教学的必要性,分析了多媒体CAI在现代教育改革中的重要地位,指出集图、文、声、像于一体的多媒体教学软件成为教育改革的一个重要方向。文章详细地阐述了《工程制图》中英文习题集CAI系统的十大模块的设计思想、制作流程、程序的设计思路与实现的方法,并从图形、动画等多媒体素材的设计与制作的方面介绍了CAI系统中多媒体素材的制作方法。最后开发了一套融教育性、科学性、艺术性、技术性于一体的多媒体辅助学习软件。

关键词: CAI 工程制图 双语教学

教师点评: 该生在《工程制图》中英文习题集CAI的毕业设计工作中,首先运用AutoCAD软件绘制了大量的中英文习题,采用Photoshop软件对图形进行了处理,生成了近千幅图片,采用Pro/E对习题的立体模型进行了建模,在3dmax下对模型进行了渲染和动画处理,最后在Autoware平台下编程,生成了一套完整的多媒体辅助学习软件。在论文撰写中,充分考虑了整个系统的理论指导意义,将工作的重点、难点具体细致地进行了描述。较好地完成了整个毕业设计任务。

[Abstract] This thesis has introduced the characteristic, function and current situation of the development in our country of the computer-assisted instruction (CAI), and the current situation of bilingual teaching of Engineering Drawing, has recommended using key technology and commonly used software in CAI system; Proposed the necessity of bilingual teaching of Engineering Drawing, analyzed the multimedia CAI important status in the modern educational reform, pointed out that the multimedia teaching software which incorporate figure, characters, sound and image into an organic whole will become an important direction of educational reform.

In this thesis, the creation process of ten module of English-Chinese excise workbook of Engineering Drawing CAI system and procedure 's design way is expatiated. The creation method of the multi-media material from the graphic design, animation design etc.

Finally, a suit of Multimedia Instruction Software is developed that inosculates education, science Assisted , art and technique. It provides much teaching information about drawing, text, voice and image as well as vivid, amity, diverse hand over with each other way to enhance the teaching effects and increase the teaching quantity.

[Keywords] CAI Engineering Drawing bilingual teaching

引 言

21 世纪是一个信息社会, CAI 是信息革命在教育领域产生的积极成果, 是现代化的教育手段, 它己成为教育科学和现代教育技术的重要组成部分, 将给面向二十一世纪的教育思想, 教育策略和教育手段的改革带来深远的影响。

一、 概述

1.1 计算机辅助教学 (CAI) 简介

计算机辅助教学 (Computer--Aided Instruction), 简称 CAI。是指用计算机帮助或代替教师执行部分教学任务, 传递教学信息, 向学生传授知识和训练技能, 直接为学生服务。它是集图、文、声、像为一体, 通过直观生动的形象来刺激学生的多种感官参与认识的活动, 能调动学生的学习积极性, 使学生成为学习的主体, 从而提高课堂教学效率的教学辅助手段。

CAI 产生于 1958 年, 当时在美国一些大学开始研究, 但是直到 70 年代才有实用化的系统出现, 并且只是在最近的 10 年内有了迅速的普及和发展。80 年代末, 多媒体计算机出现后, 迅速进入了教育领域, 给计算机辅助教学带来了革命。

80 年代, 我国 CAI 刚刚起步, 由于当时硬件设备和理论基础薄弱, CAI 的水平在很长时间内仍处于低水平状态。80 年代末 90 年代初, 我国计算机辅助教育进入了具体的实施阶段。从 20 世纪 90 年代以来, 随着多媒体技术、网络应用技术、超文本技术、Internet 和通讯技术的迅速发展, CAI 的研究和应用向深度和广度发展。随着我国教育的不断深入, CAI 在我国各类教育部门的研究、应用、普及工作一定会取得更多的成果。

1.2 《工程制图》中英文习题集简介

大力开展基础课、专业基础课和专业课的双语教学,加速推进我国高等教育的国际化和培养高素质创造性应用型人才,已成为当前高等教育改革阶段的迫切要求。因此,双语教学是我国高等教育与国际接轨,迎接新世纪挑战和教育改革发展的必然趋势,也是中国高等教育在 21 世纪必须做出的战略选择。

工程制图是一门工科学生必修的技术基础课程,它研究了绘制和阅读工程视图的基本原理,它的主要任务是培养学生图解和图示空间几何问题的能力。而工程图样是表达和交流技术思想的重要工具,是工程师之间的语言,具有国际性。因此,在国际间交流日趋频繁的今天,需要学生掌握如何用世界较为通用的英语来表达及理解工程图样是很有必要的。

根据工程制图课程的教学特点和要求,传统的教学手段是教师口授或借助模型、挂图等工具以及大量地绘制立体图和三视图进行授课,用静态的平面图去反映空间三维立体、反映空间的动态问题,这样往往缺乏立体感和真实感。而学生要想达到较好的学习效果则必须面对大量习题,经过不断练习并反复对比立体图和三视图才能收到良效。

《工程制图》中英文习题集是 21 世纪高校机电类规划教材“工程制图双语教材”的一部分,与机械工业出版社 2005 年出版的“ENGINEERING DRAWING 工程制图”配套使用。习题集采用了最新颁布的国家标准,为了方便使用,习题集的编排顺序与教材体系一致,并相互配合,使教与学相统一,学与练相促进。习题集采用中英文双语并用的对照编排形式,填补了国内“工程制图双语习题集”的空白,为双语教学创造了良好的条件。在内容编排上,从工程实际出发,以应用型为主导,习题集题型博采众长,由浅入深,覆盖面宽,难度适宜,兼顾典型性和通用性,加强了徒手绘图和工程实际应用有关部分的练习,使学生通过训练,真正掌握本课程相关知识与技能,对培养具有综合分析能力和设计创新能力的应用型现代工程技术人才有着重要的作用。

本习题集共有十个章节,分别为:工程制图基本知识、正投影基础、立体及其交线、组合体、轴测图、图样画法、常用机件的表达、零件图、装配图、计算机绘图。

本习题集可作为高等院校理、工、经、管各专业学生工程制图课程(36~64 学时)的教材使用,也可用于为近机械类各专业学生开设的“工程制图”(72~108 学时)课程的教材,还可作为高职、高专、电大、职大、函授大学、夜大等继续教育相近专业的教材,亦可作为从事工程设计与制造的有关技术人员和企业管理人员的自学参考资料。

1.3 《工程制图》中英文习题集 CAI 简介

随着 CAI 和计算机技术的不断发展、推广和应用,工程图学领域中的工程制图 CAI 也在不断发

展。这不仅给工程图学教学内容和教学结构带来巨大影响,而且对教学手段现代化具有巨大的促进作用。工程制图 CAI 是现代化的辅助教学手段,支持其产生和发展的理论基础包括画法几何、计算机图形学、信息论、系统论、控制论和系统工程,以及教育学、心理学等理论。它是具有较完善教学功能的基于系统科学的思想和方法的教学系统。根据工程制图的教学目的和要求,工程制图 CAI 工课件应有助于培养和提高学生的空间思维能力和图视图解能力。

《工程制图》中英文习题集 CAI 以机械工业出版社 2005 年出版的《工程制图习题集》为蓝本,是为了解决工程制图传统教学手段的缺陷而制作的。我们针对基础课程的特点,继承传统内容的精华,融入多年积累的教学经验,着眼于新时期对人才培养的要求,以加强对学生综合素质及创新能力的培养为出发点,力求最大限度地调动学生的学习主动性和积极性,从而使“工程图学”教育从以“知识、技能”为主的教育,向以“知识、技能、方法、能力、素质”综合培养的教育转化。

本系统利用计算机多媒体技术,集图形、图像、文字、三维动画和声音等多种媒体于一体,生动形象地介绍了书本上和黑板上不易表达的内容,使许多抽象和难以理解的内容变得生动明晰,从而极大地提高了教学效果。

本系统共有十个章节,每章都有一定量的练习题,习题不仅提供了解答和标准答案,还有相应的立体模型动画演示。用三维动画表现几何体、组合体、机件和零件的三维真实图像,能全面反映物体的形状,并且可以通过旋转、翻转和剖切等,从不同角度观察立体内外部结构,充分调动了学生们的空间想象能力,帮助学生建立和完成由空间三维的“物”到平面二维的“图”的画图思维过程以及由平面二维的“图”到空间三维的“物”的识图过程。

二、 系统的设计与制作

2.1 系统的内容

内容结构如下:

- 1、按章分大标题,作为第一级目录;
- 2、按知识点分中标题,作为第二级目录;
- 3、在中标题下是按题目编号分的小目录。

该系统主要包含十大模块:工程制图基本知识、正投影基础、立体及其交线、组合体、轴测图、图样画法、常用机件的表达、零件图、装配图、计算机绘图。在十个大模块内有一百九十多个小模块。

2.2 系统的功能

- 1、良好的交互性
- 2、良好的集成性
- 3、信息量大，重视力强
- 4、系统应美观、和谐，操作简便

2.3 系统开发工具的选择

本系统的开发工具选用 Macromedia 公司出品的 Authorware。该软件具有高效的多媒体管理机制和丰富的交互方式，尤其适合制作多媒体 CAI 课件。其采用面向对象的设计思想，大大提高了开发多媒体应用系统的质量和速度。它是以图标为基础，基于事件的多媒体创作工具，其中的数据是以对象和事件的顺序来组织的，并且以流程图为主干，将各种图表、声音、控制按钮等，依次安排在流程图当中，形成完整的系统，使非专业程序员进行多媒体开发成为现实。如果再配以 3D Studio Max、Photoshop 等制作的动画、图像的软件来制作多媒体产品，会使制作出来的作品达到非常好的效果。它是现今国内应用最广的多媒体软件开发工具之一。

2.4 系统的设计

CAI 软件的结构选用了集线性结构、树状结构、网状结构为一体的复合结构。

因系统信息结构复杂和信息量大，易产生迷失路径，增加不必要的认知负载。通过下拉菜单和功能按钮，可使学生随时随地都能够跳转到自己想浏览的内容上，可在各个章节之间和章节知识点之间的跳转。应用人机交互方式提高了学生自由度，让他们能在各种教学信息之间跳转，引导学生围绕教学目标，提高学习效率，进行有效地学习。

2.5 素材制作使用的软件

本系统利用 AutoCAD 绘制平面图形，即习题集的原始文件是在 Autocad 下制作的。

利用 Photoshop 把 AutoCAD 制作的平面图形转换成位图，对位图进行局部修改后再调入 Authorware 的框架中。

动画在多媒体课件中占有很重要的位置。通过动画演示，可使呆板的平面图形和立体模型的内、外表面，按照物体的形成过程，从不同方向进行内外展现，可提高学生的空间想象能力和构思能力。本系统的大量动画都是利用 3DSMAX 制作的。

Flash 是一种交互式动画设计工具，操作简单，功能强大。其不要求一定的编程能力，是一既简单直观又功能强大的动画设计工具。本系统片头与片尾都是运用 Flash 制作而成的。

三、《工程制图》中英文习题集 CAI 软件的前期设计

3.1 系统模块划分

本系统的内容与功能在前面已介绍过。习题集 CAI 共有十章内容,十章内容又可以进一步细分。所有模块底层均由页组成,页上含有图文等多媒体形式的学习素材,所有页构成了习题集系统的全部内容。

本习题集系统共有十章,55 张全页(这里把它定义为 55 个模块),每个模块上又有或多或少个单题(以下定义为“页”)。

3.2 脚本编写

通过搜集并整理资料,依据系统模块划分,以页为单位,撰写了详细的软件脚本,所有内容分布在二百多个屏幕页面中。

3.3 素材采集和创作

图片:绘图软件 AutoCAD 制作习题集页面内容及答案。通过屏幕拷贝把其粘贴到 Photoshop 进行编辑,对画面进行截取,对图线进行局部修整。

立体图和动画:先在 Pro-e 底下建模,然后导入软件 3DS MAX 下进行编辑制作。最后分别以后缀“.jpg”和“.avi”保存立体图与动画。

四、 软件具体内容设计

作为大型的 Authorware 软件,《工程制图》中英文习题集 CAI 由数百个图标组成。

无论程序结构和层次多复杂,其内容最终还是体现在最底层屏幕页面上。每一屏幕页面内容中都含有一定主题的图、文、声、像等多媒体信息和指导最终用户操作的人机交互手段。

4.1 图文声像混合的页设计

依据上一章的脚本设计,将软件设计“前期已经制作完成的图片和文本文件输入 Authorware 编辑环境的媒体编辑图标中,并结合 Authorware 软件本身的媒体创作工具,按照程序流程组织起来即可构成完整的图文内容。

对“返回”、“答案”、“立体图”、“动画”进行屏幕设计。

4.2 交互响应控制设计

交互是用户和计算机进行对话的手段,具有交互性是 CAI 软件的突出特点。对“答案”、“立体图”、“动画”进行交互响应控制设计,使在题目内容出现时,答案、立体图、动画不直接随题目内容出现,而是让用户根据需要,单击交互图标按钮控制其播放。

4.3 立体图放大图设计

为了便于用户看清立体图，我们设计了立体图的放大效果。要求先擦除缩小立体图，再显示放大立体图，直到用户输入命令后返回到缩小立体图，根据这个要求设计程序。

4.4 动画控制效果设计

之前设计的动画只是简单的演示。通过程序，实现了对动画的几个控制效果，如：放映、停止、继续、退出。

4.5 框架结构设计

先利用单层框架结构设计单题页，然后在此基础上，利用多层框架结构进一步构造系统内容。

4.6 菜单的设计

除了“选页”按钮可实现页面的跳转外，我们希望用户也可以随时选择章节，而不影响程序的正常运行，为此我们考虑采用了下拉菜单命令。

在菜单程序设计中，主要实现了各个章节的进入。在运行程序中，随时都可以退出该章节或进入另外章节。

4.7 其它设计

至此，程序的总框架已设计完毕。为构造一个完整的系统，我们还需往程序里添加片头片尾、简介、背景等。

4.8 软件发布

本系统选择了“无需 Runtime”方式。这种方式的打包文件所占空间最小，用户也无需装入 Authorware 环境。

由于软件含有大量多媒体信息，容量大，为了方便学生使用本系统，我们采用光盘作为存储介质。

总 结

在本系统设计中，运用大量超级链接，为各题提供大量的有关。采用下拉菜单、框架、导航图标所实现的页面的灵活切换，使学生能在这样的交互式学习环境中有了主动参与，充分发挥学生的主动性、积极性，体现学生的主体作用。

参考文献

- | | | |
|-------------------------|-------|-----------|
| 1. Authorware应用与开发实例 | 崔杜武等 | 人民邮电出版社 |
| 2. Authorware 5.0创作效果百例 | 门槛创作室 | 中国水利水电出版社 |

- | | | |
|----------------------|-----------|-----------|
| 3. Authorware 基础教程 | 白鹏宇/龙怀冰 | 清华大学出版社 |
| 4. 多媒体编程技巧与创作 | 罗三定 | 中南工业大学出版社 |
| 5. Auto CAD创作效果百例 | 门槛创作室 | 中国水利水电出版社 |
| 6. AutoCAD辅助设计标准教程 | 石秀山等 | 清华大学出版社 |
| 7. 3DS MAX 5.0创作效果百例 | 门槛创作室 | 中国水利水电出版社 |
| 8. 用3DS制作三维动画 | 余键 | 电子工业出版社 |
| 9. 3DS从入门到精通 | 蔡皖东 | 西安电子科大出版社 |
| 10. FlashMX网页一把抓 | 文渊阁工作室 | 中国铁道出版社 |
| 11. FLASH动画大赛 | DJ-6创意工作室 | 电子出版物数据中心 |
| 12. Flash.6.0 时尚创作百例 | 网冠科技编著 | 机械工业出版社 |

鼠标外壳注塑模设计

(工程技术学院, 机械电子工程系, 机械设计制造及其自动化专业)

(学号 : 2001111028——郭坚虎)

(点评教师 程涛 副教授)

内容提要 : 本文通过对鼠标的发展现状、趋势及其对鼠标外壳注塑模具的要求进行分析, 通过针对青少年用户的需求特点和人体工程学的研究成果, 提出相应的鼠标外壳设计方案, 并利用 CAD/CAE 技术进行了鼠标外壳造型、结构以及鼠标外壳注塑模具的设计与分析, 以达到缩短开发周期、提高产品设计制造质量及效益、降低成本和灵活快速响应市场的目的。

关键词 : 注塑模具, Pro/Engineer, EMX, PLASTIC ADVISOR, MSC.

教师点评 :

该生能简单、较为清楚地表述毕业设计所进行和完成的主要工作, 语言较为顺畅、条理和逻辑也较为清晰, 表明该生具有较为扎实的专业基础知识和初步的熟练运用 ProE 等 CAD/CAE 工具软件的能力, 具备一定的从事科研活动的能力。

一、概述

塑料模具的国内外现状及其发展趋势

目前, 全世界模具的年产值约为 650 亿美元, 我国模具工业的产值在国际上排名位居第三位, 仅次于日本和美国。虽然近几年来, 我国模具工业的技术水平已取得了很大的进步, 但总体上与工业发达的国家相比仍有较大的差距, 主要如表 1 所示。例如, 精密加工设备还很少, 许多先进的技术如 CAD/CAE/CAM 技术的普及率还不高, 特别是大型、精密、复杂和长寿命模具远远不能满足国民经济各行业的发展需要。

现代模具工业追求的目标是提高产品的质量及生产效率, 缩短设计及制造周期, 降低生产成本, 最大限度地提高模具行业的应变能力, 满足用户需要。可见, 未来我国模具工业和技术必然朝着大力普及、广泛应用 CAD/CAE/CAM 技术, 逐步走向集成化的方向发展。

表 1 国内外塑料模具技术比较表

项目	国外	国内
注塑模型腔精度	0.005 ~ 0.01mm	0.02 ~ 0.05mm
型腔表面粗糙度	Ra0.01 ~ 0.05 μm	Ra0.20 μm
非淬火钢模具寿命	10 ~ 60 万次	10 ~ 30 万次
淬火钢模具寿命	160 ~ 300 万次	50 ~ 100 万次
热流道模具使用率	80%以上	总体不足 10%
标准化程度	70 ~ 80%	小于 30%
中型塑料模生产周期	1 个月左右	2 ~ 4 个月
在模具行业中的占有量	30 ~ 40%	25 ~ 30%

鼠标注塑模具的现状与发展前景

自从个人 PC 出现以来, 鼠标就作为必不可少的输入设备进入了家庭。以前作为配角的鼠标, 正在逐渐成为桌面设备的主力, 随着电脑与互联网的普及, 很多的消费者渴望拥有一台电脑作为学习和谋生的工具, 个人电脑行业内的竞争日益激烈, 其相关产品的需求越来越多, 质量要求越来越高, 产品更新换代的周期也越来越短。鼠标作为电脑产品的一项必不可少外设, 目前我国年鼠标需求量在 2000 万只

以上,其规模与产量可见一斑。由此可见,鼠标外壳模具业发展潜力巨大。因此,鼠标外壳模具的模具设计速度必须加快及模具质量需要提高,传统的模具设计与制造方法不在适应产品及时更新换代和提高质量的要求,迫切需要将先进的 CAD/CAE 技术用于鼠标外壳模具的设计与制造。

二、基于 Pro/E 的小型塑性模具设计方法及流程

基于 Pro/E 的模具设计一般流程

在进行鼠标外壳注塑模具设计过程中,考虑到 Pro/Engineer 软件在模具设计、分析、制造中的优势,现使用 Pro/Engineer 对鼠标外壳注塑模具进行设计,基于 Pro/E 的鼠标模具设计的一般流程主要为:

综合考虑各方面因数,利用 Pro/Engineer 的零件设计模块对鼠标造型进行设计,最终确定鼠标造型;

在完成鼠标外壳设计的基础上,以此塑件作为参考零件,导入自定义型腔胚料中,开始对模具型芯进行设计;

对鼠标外壳模型进行检验,如厚度检测、拔模检测等,以确保所设计的鼠标外壳能够厚度满足要求与顺利脱模;

在型腔胚料中对所导入的参考零件(鼠标外壳)设置收缩率,所设置的收缩率为 0.05,以模拟鼠标塑件脱模冷却的真实情况;

设置型腔分型面,设置型腔分型面的目的是将模具型腔分为凹模与凸模两大块;

利用设置好的分型面分割出各个模具体积块,如凹模、凸模、型芯滑块等。

用 Pro/Engineer 的外挂程序包塑料顾问(PLASTIC ADVISOR)对鼠标注塑质量进行分析,查看充填情况,总结出浇口的合适位置。

满足填充质量要求的基础上,搭配 Pro/Engineer 的专家模架系统(EMX)所提供的各大厂商的标准模具,设计出鼠标塑件模具的所需的模架系统。

三、鼠标外壳设计

鼠标外壳设计步骤及主要内容

鼠标外壳设计的主要步骤如下:

综合考虑鼠标造型设计相关因素,如外观、功能、材料、使用对像等。

结合以上因素,利用 Pro/E 软件设计对鼠标造型设计,得出三套造型方案;

对所设计得出的方案进行分析、比较、选择,最终确定出最优方案;

对所确定的鼠标外壳进行工艺性分析,为以后的模具设计顺利进行提供保证;

利用 MSC 对所确定鼠标外壳进行有限元分析,以保证生产出来鼠标满足使用要求;

完成鼠标外壳设计;

鼠标外壳设计流程如图 1 所示。

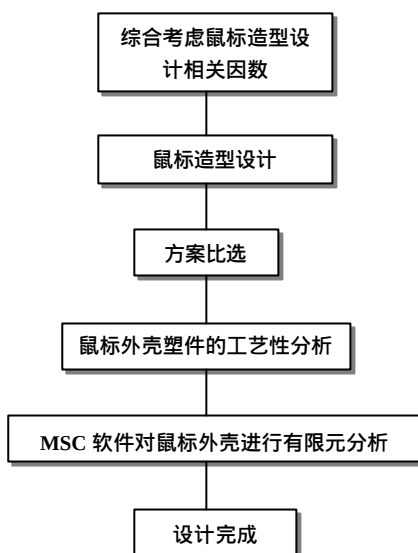


图 1 鼠标外壳设计流程图

鼠标外壳造型方案比选

要设计出符合以上人机工程学要求的鼠标,必须经过精密的测量过程才能满足要求,例如由数字化测量仪测得的点云数据来生成实体模型,于来样制作和人机工程学设计是不可少的。本人在设计鼠标造型的过程中,考虑到测量仪器与技术方法的局限性,现通过市面上符合人机工程学的鼠标外形来进行参考模拟设计。在造型方面强调新颖,有较强的视觉冲击感,令人眼前一亮的同时满足鼠标在操作舒适性方面的基本要求。本人设计方案如方案二所示,各个方案比选如下:

方案一



图 2 方案一(紫色)

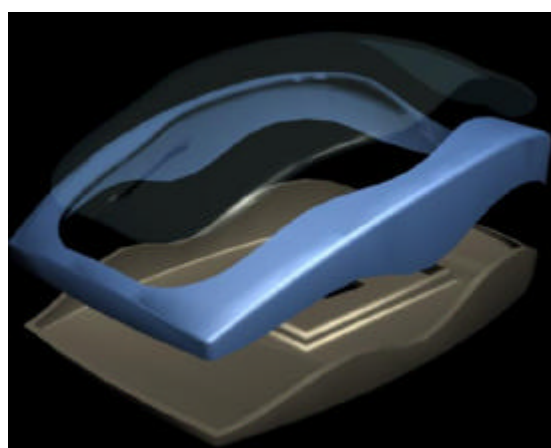


图 3 方案一(蓝色)

该方案主要特点是可以随意更换彩壳。设计造型比较接近现在市面的普通鼠标。如图 2 和图 3 所示。彩壳有紫色,蓝色和透明三种颜色,透明色那个外壳还可以将自己喜欢的照片放置其中,DIY 自己的鼠标。造型方面,尽量符合人体工程学,以及时尚性,审美性。按键部分采用了全透明的水晶外壳,鼠标滚轮也采用了半透明材料,使用的时候能够发出幽幽的蓝,紫光,显得晶莹动人。鼠标的色彩将采用紫色,蓝色和金色三种。其中按键部分(如下组图透明色部分)可以进行换壳。

方案二

方案二造型如下图 4、图 5 所示,方案二与方案一比较,显然鼠标整体造型较为新颖,线性比较流畅,给人以较强的视觉美感,鼠标在按键部位做了一些调整,不仅整个按键与滚轮的安装部位整体组合

协调，不生硬，结合在一起构成的类似卡通人物的一个面部轮廓，极具个性化。鼠标大小适中，此外手指指尖在鼠标操作的过程中恰好放入按键的圆弧凹槽中，凹槽部为鼠标按键与操作电路触点一致，鼠标按键的灵敏性得到提高，此总体设计能满足青少年追求新鲜感与操作的舒适性要求。



图 4 方案二（主视图）



图 5 方案二（侧视图）

方案三

方案三其设计的主要立足于女性，女性爱美的天性与对鼠标进行操作能否很好的结合起来是此方案的出发点。由图 6 可见此方案把镜子设计安装在鼠标后部的翻盖内，在空闲时可打开后盖，对着镜子装扮一番。将其设计成光电鼠标时可方便携带，在家庭与工作中对女性使用者来说，此鼠标在功能与造型有一定的吸引力。可其造型线条不够柔和，不符合女性用户的审美观，对女性使用者的选用大打折扣。整体看来在制作方便显得比较粗糙，在后盖开启部分面与面结合面过渡得不太好。



图 6 方案三

优化最佳方案

经过本小组对以上方案的比选，主要从定位较准，造型方面比较新颖。与后期模具设计制造的可行性等方面去考虑，比较情况见表 2 所示。

表 2 方案比选

主要考虑因素	方案一	方案二	方案三
技术尺寸	适中	适中	较大
人机性	适中	较好	较好

造型	一般	新颖	较好
是否易于生产	是	是	是
产品定位	大众	青少年	女性
是否容易产生误操作	否	否	否

根据以上对比,确定方案二为最优化方案。

鼠标塑件的工艺性分析

材料和精度,ABS 具有良好的综合性能,广泛运用于薄壳类塑件,选定塑件材料为 ABS,等级精度为 5。

壁厚,塑件壁厚应尽量均匀,以减少塑件的内应力,壁厚还要保证能承受顶出脱模装置的顶出力,不因受力过大而产生翘曲变形。在实际生产中,ABS 的常用壁厚推荐值为 1.2~1.8mm,分析设计塑件功能要求,确定塑件的壁厚为 2mm。

脱模斜度,在塑件的内外表面,沿脱模方向设计足够的脱模斜度。根据已选定的材料 ABS,其脱模斜度宜为 ($40 \sim 1.5^\circ$) 结合分析本塑件形状,定其脱模斜度为 $50'$ 。

加强结构,为提高塑件的强度和刚度,采用增设加强筋的方法。

圆角,塑件面与面之间一般应采用圆弧过渡,这样不仅可以避免塑件尖角处的应力集中,提高塑件强度,而且可以改善物料的流动状态,降低充模阻力,便于充模,塑件转角处的圆角半径通常不小于 0.5~1mm。

定位孔,用于孔轴的装配,起固定连接作用,孔径为 4mm,孔深为 4mm,孔边距取 4mm。

MSC.Patran 软件对鼠标塑件 CAE 中的应用

考虑到鼠标在日常的使用中人手对鼠标的作用力主要施加在鼠标的按键上,在对鼠标造型设计后,将鼠标按键的原始设计导入 MSC 有限元分析软件中,检验设计是否能承受预期的载荷。分析结果如图 7、图 8 所示。

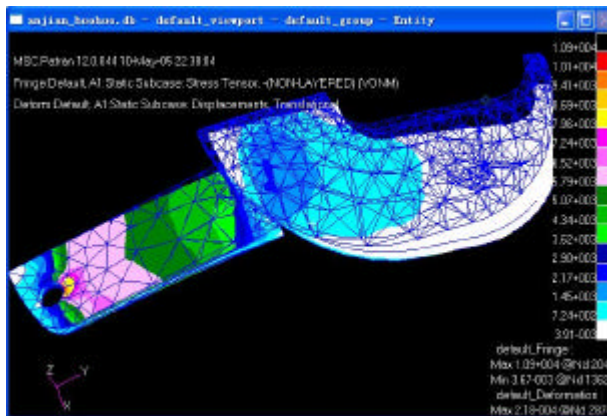


图 7 云纹图

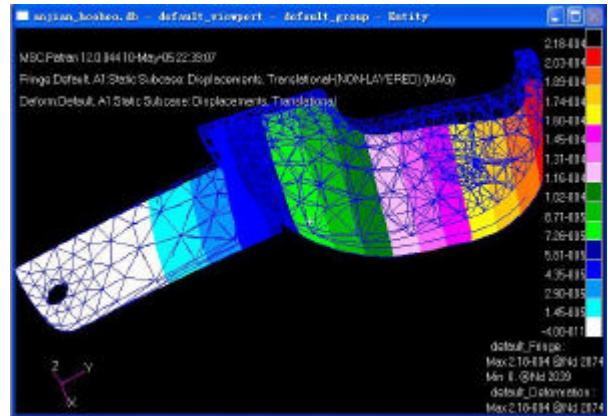


图 8 变形图

分析结果通过以上纹云图及位移图表示出来。图 7 中的云纹图表示的是产品所受约束力的情况。白色区域为约束力最小的部分,红色区域是约束力最大的部分。位移图均表示产品受力后变形的位移量。白色区域为变形最小的部分,红色区域是变形最大的部分。约束力最大区域,其值为 1.09×10^4 。在单元格 2204 处。产品变形量最大的区域,其值为 2.18×10^{-4} 在单元格 2874 处。在图 8 中,应力最大为区域为单元格 2874 处,其值为 2.18×10^{-4} 。对上述两种情况分析结果可知所设计的鼠标按键在工作情况下的应力不大,变形量也不会超过弹性范围。各项指标均能够满足要求。

四、鼠标外壳注塑模具设计

鼠标外壳注塑模设计的基本流程

鼠标外壳注塑模设计的主要内容有：

对鼠标外壳注塑模进行工艺性分析，其主要包括模具主要工艺参数确定、模具结构设计与计算、注塑机参数校核、模具钢的选择、注塑成型条件、模具的加工工艺分析等；

在 Pro/E 环境下设计出鼠标外壳模具体积块（模具型芯）。

利用 Pro/Engineer 提供的外挂程序包塑料顾问（PLASTIC ADVISOR）对所建立的铸模进行填充分析，找出浇口的最佳位置。并对可能出现问题的浇注系统进行重新设计，直到其合理。

利用 Pro/Engineer 提供的专家模架系统 EMX 进行模架设计，生成模架相关 BOM 表与零件工程图。具体鼠标外壳注塑模设计基本流程如下图 9 所示。

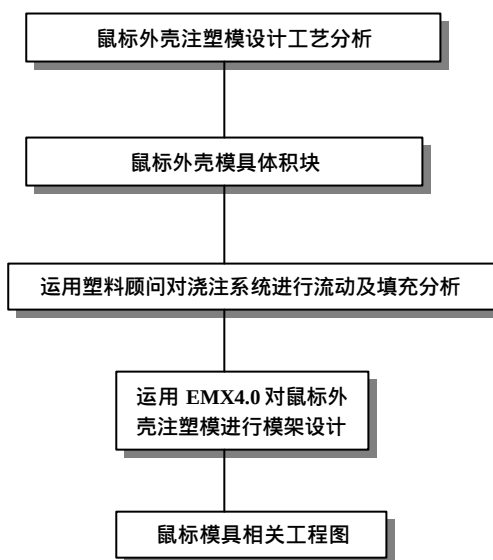


图 9 鼠标外壳注塑模设计基本流程

鼠标外壳注塑模设计工艺性分析

模具主要工艺参数确定

根据鼠标制件大小与排列确定定模尺寸为 240*200*30mm，动模尺寸为 240*200*50mm。

1) 浇注系统的设计：主流道，设计成主流道衬套镶入定模板，浇口套进料口直径为 3.5mm，球面凹坑半径为 10.5mm；分流道，截面形状为圆形，其直径尺寸定为 4.5mm；侧浇口，截面形状为圆形，其直径尺寸定为 3mm。

2) 模机构设计：顶出机构：对鼠标上下壳各用四根 $\Phi 3$ 的顶杆，并于主流道冷料井处设一个 $\Phi 7$ 的推料顶杆；复位元件，选用 4 根回程杆回程，根据选取的模架标准，尺寸取定为 $\Phi 20$ ；抽芯机构：采用斜导柱分型抽芯机构，它是利用斜导柱等传动零件，把垂直的开模运动传递给滑块并完成抽芯运动。

3) 合模导向机构设计：因所选模架型号不大，采用导柱导向即可。导柱、导孔、导套的结构尺寸、配合精度根据所选模架型号的标准选取。采用的导向机构零件主要是 EMX 提供的模架中的标准件。

4) 模具温度控制与排气系统：循环式冷却水道，采用围绕型腔的环绕式布局水道，水道直径取为 4mm，通循环水对模具进行冷却；分型面的间隙和顶杆间隙与侧型心作为模具的排气部位。

模具结构设计与计算

1) 计算制品的体积和重量

该产品为鼠标外壳，使用材料为丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS），查《实用塑料成型工艺》得知其密度为 1.06 g/cm³，收缩率取为 0.5%。采用 PRO/E 对产品三维实体进行了体积计算，针对鼠标上壳分析得出下列尺寸

单个塑件体积为： $V_{塑} = 1.9902227 \times 10^4 \text{ (mm}^3\text{)}$

塑件的重量： $M_{塑件} = \rho V_{塑} = 2.1096361 \times 10^1 \text{ (g)}$

铸模总体积： $V_{总} = 4.1353179 \times 10^4 \text{ (mm}^3\text{)}$

铸模总质量： $M_{总} = \rho V_{总} = 4.3834370 \times 10^1 \text{ (g)}$

浇注系统体积： $V_{浇} = 0.8539422 \times 10^4 \text{ (mm}^3\text{)}$

浇注系统的质量： $M_{浇} = 0.1641648 \times 10^1 \text{ (g)}$ 其中 $\rho = 1.06 \text{ g/cm}^3$

2) 注塑机的确定

查《塑料模具设计》表 5-3 并根据制品的体积和重量, 选择注塑机型号为: JPH150A。其主要参数有: 最大注塑量 186g; 锁模力 1500kN; 注塑压力 194MPa; 最小模厚 180mm; 最大开距: 800mm; 开模行程 620mm; 顶出行程 80mm; 喷嘴球半径 10mm; 喷嘴前端孔径 3mm; 拉杆间距 $410 \times 410 \text{ (mm} \times \text{mm)}$

3) 模具结构的确定

为保证配合精度, 据相关资料建议, 模具采用一模两腔两板式结构, 如图 10 所示, 侧浇口浇注。由《塑料模具设计》附录提供的模架图, 初选模架型号为: 大水口 3030。

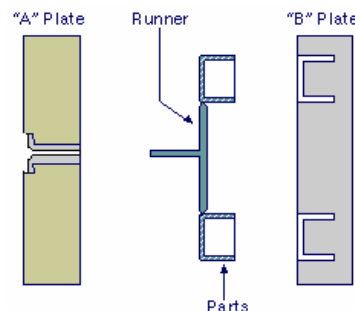


图 10 两板式模具结构

注塑机参数校核

1) 最大注塑量校核

注塑机的最大注塑量应大于制品的重量或体积 (包括流道及浇口凝料和飞边), 通常注塑机的实际注塑量为最大注塑量的 80%

本设计中选用的注塑机最大注塑量为

$V_{注} = 200 \text{ cm}^3$

$V_{实注} = 80\% \times V_{注} = 80\% \times 200 = 160 \text{ cm}^3$

在 pro/e 中分析得一次合开模所需注塑量 $V_{需} = 41.353179 \text{ cm}^3$

因此 $V_{实注} > V_{需}$

所以我们选取的注塑机符合最大注塑量的要求。

2) 锁模力校核

校核公式： $F_0 > K \cdot P_a \cdot A$; 取安全系数 $K=1.1$; 《实用塑料成型工艺》查得 ABS 推荐 $P_{模}=35 \text{ MPa}$, 利用 Pro/E 的 Analysis 计算塑件和浇注系统在分型面上的总投影面积为 $2.1152246 \times 10^4 \text{ mm}^2$ 。有

$K \cdot P_a \cdot A = 1.1 \times 21 \times 37866 = 874.7 \text{ kN}$; 而注塑机的 $F_0=1500 \text{ kN}$, 故合适。

3) 模具与注塑机安装部分相关尺寸校核

模具长 $\times$ 宽 $<$ 拉杆面积: 模具长 $\times$ 宽为 $350 \times 300 \text{ mm}$ $<$ 注塑机拉杆间距 $410 \times 410 \text{ mm}$; 满足要求。

模具闭合高度校核: 模具实际厚度 $H_{模}=215 \text{ mm}$; 注塑机最小闭合厚度 $H_{最小}=180 \text{ mm}$, 即 $H_{模} > H_{最小}$, 因此满足要求。

4) 开模行程校核:

注塑机开模行程应满足: $S_{机} - (H_{模} - H_{最小}) > H_1 + H_2 + (5 \sim 10)$ (H_1 为顶杆顶出长度, H_2 为塑件高度连同浇注系统)

有 $S_{机}=620 \text{ mm}$; $H_{模}=215 \text{ mm}$; $H_{最小}=180 \text{ mm}$; $H_1=20 \text{ mm}$; $H_2=60 \text{ mm}$; 则

$S_{机} - (H_{模} - H_{最小}) = 620 - (215 - 180) = 225 \text{ mm}$;

$H_1 + H_2 + (5 \sim 10) = 20 + 60 + 10 = 90 \text{ mm} < 225 \text{ mm}$, 故满足要求。

注塑成型条件

1) 熔胶温度

ABS 属于无定型塑料, 无明显熔点, 熔融流动温度不太高, 160 以上即有充分的流动性, 但温度过高并不会使流动性增强。ABS 的品种较多, 不同品种的料筒温度有所不同, 鼠标模具采用的熔胶温度

为 240 。

2) 模具温度。

模温的高低对塑件的质量影响很大（模具温度将影响塑件光洁度，温度较低则导致光洁度较低），在成型加工时应将模温控制在允许的范围内，鼠标塑件模具模温控制在 50 - 70 。

3) 注射压力。

注射压力的大小主要取决于塑件的结构和壁厚。通常，通用 ABS 的注射压力为 50 - 70Mpa。

表 3 ABS 的建议熔胶温度与模具温度^[7]

材料名称	流动性质			熔胶温度 (°C / °F)			模具温度 (°C / °F)			顶出温度 (°C / °F)
	MFR g/10min	测试负荷 kg	测试温度 °C	最小值	建议值	最大值	最小值	建议值	最大值	建议值
ABS	35	10	220	200/392	230/446	280/536	25/77	50/122	80/176	88/190

鼠标模具型芯设计

在 Pro/E 环境下对鼠标注塑模进行设计，首先必须创建鼠标模具型芯，创建鼠标模具型芯的过程如下：

创建鼠标模具模型，即是把参考模型（鼠标上壳 part 文件）添加到模胚工件中并调整参考模型在模胚的布局；

对参考模型（鼠标上壳 part 文件）设置收缩率，以利于后期的脱模；

对鼠标模具型芯设置分型面，为拆模作好准备；

对鼠标模具型芯设计浇注系统，浇注系统的设计要有利于塑料的填充，避免产生熔接痕与气泡等；

进行型芯检测，包括模具分析、厚度检查、投影面积、分型面检查、模具开启模拟等；

自定义开模动作，以模拟实际开模；

所创建完成的鼠标模具型芯如下图 11 所示：

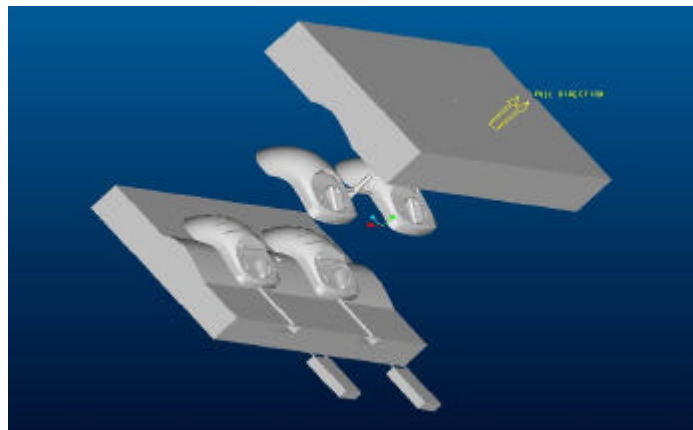


图 11 模具型芯

PLASTIC ADVISOR 在鼠标注塑模 CAE 中的应用

传统上注射模只有在制造，装配完毕后通过试模才能验证模具设计是否成功，一副注射模往往需要经过多次试模、修模，重复环节多，这对人力、物力都是很大的浪费。采用计算机辅助工程（CAE）技术可以扭转这种情况，CAE 软件可以模拟塑料在不同成型工艺条件下的注射情况，从而确定其合理的注

射条件，并能对制品成型后的质量参数作出预测。

本人使用了 Pro/Engineer 的塑料顾问工具 Pro/PLASTIC ADVISOR 来进行注塑分析，过程只需调进你所做好的铸模(Molding)就可以进行相关分析,分析得出的结果 Pro/PLASTIC ADVISOR REPORT 包括注塑的合理性、模流温度、浇注质量的预测、溶接线与气泡的分布情况等。对所设计的鼠标上壳铸模在 Pro/Engineer 塑料顾问环境下进行流道分析,如图 12 所示,塑件最后注塑出来的质量是比较高的,故选此位置为塑件的浇口位置;采用对称排列的流道方式进行注塑,最后注塑出来的结果如图 13 所示。确定了方案可行性。

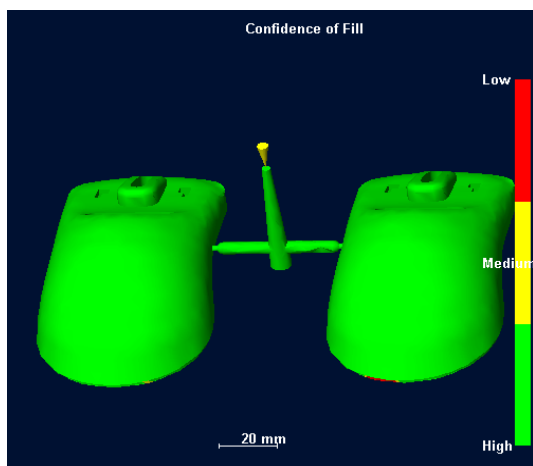


图 12 填充质量分析

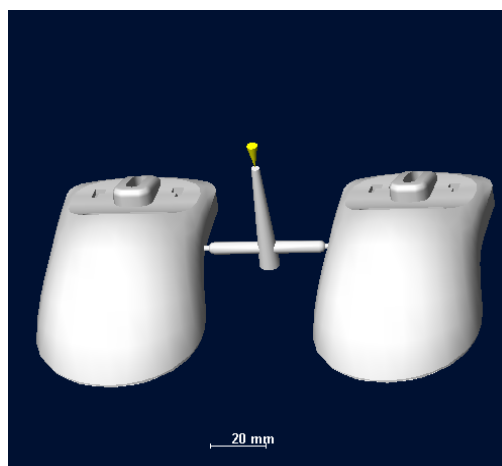


图 13 注塑结果

EMX4.0 在鼠标外壳注塑模设计中的应用

专家模架系统 EMX(Expert Moldbase Extension)是一套功能强大的三维模架设计插件,属于 Pro/E MoldShop 套件的一部分,用于设计和细化模架。在 Pro/MOLDESIGN 模块中建好模具装配模型后,就可以导入这个模块来建立与之相应的模架及顶杆,滑块,复位杆等辅助零件,并可进一步进行开模仿真及干涉检查,设计终了自动生成 2D 工程图及 BOM (Bill of Material) 表。

模具设计的流程一般是先创建出型芯 (mold component), 再根据型芯的特性来设计模座 (mold base)。型芯的组件包括凸模、凹模 (可称为可动侧型芯、固定侧型芯)、浇道系统 (注道、流道、流道滞料部、浇口等)、砂芯、斜顶、滑块等,而模座则包括固定侧模板、移动侧模板、顶出销、复位杆、冷却水线、电热管、阻销、定位螺栓、导柱等。图 14 为本人所创建鼠标注塑模模架系统。

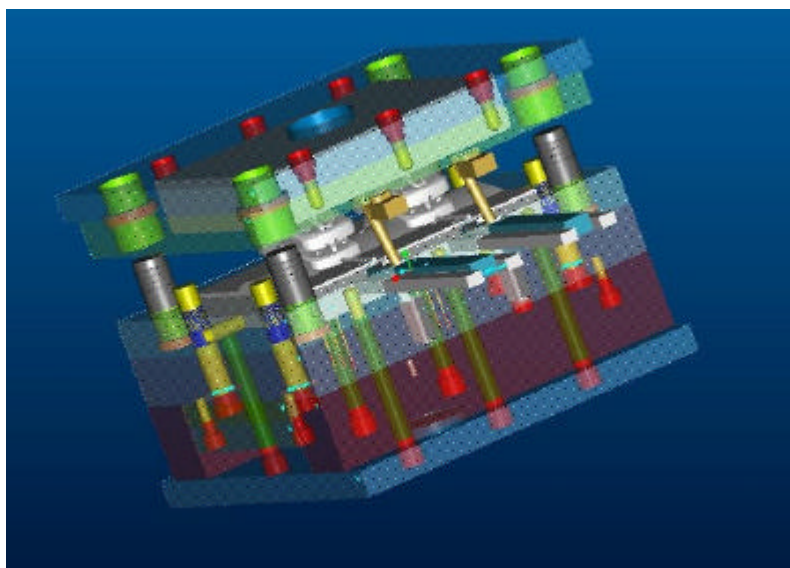


图 14 鼠标注塑模模架系统

五、全文总结

通过完成这次的鼠标模具毕业设计,感觉收获很大,不仅感觉在本专业知识面扩大了,特别是模具实际方面的知识,从原来的一知半解到现在已有一个较为清晰的认识,虽然在设计过程中缺乏实际的生产经验,难免在实际模具的开发生产过程中对问题的突发性缺乏预见能力,但基本能把大学期间所学的专业知识都融会贯通起来了,并用于此次毕业设计当中,达到学以致用目的。此外,对 Pro/Engineer 软件与 MSC 有限元分析软件有了更深刻的认识,在软件的操作也比原来提高了一个档次,然而,本人在使用 Pro/Engineer 软件来进行模具设计的过程中,从造型的外观设计到整体模具结构零件的设计,曾遇到过不少的困难,影响了设计工作的进展,但经过自己的一番钻研、与同学、老师探讨和请教之后,问题终于迎刃而解。另外,在此设计过程中也做了很多重复性的工作,往往一个在造型上的缺陷,对后期的设计工作带来影响而不得不推翻重新开始,于是,在不断犯错与解决中我总结了在设计过程中的一定经验,此中经验对我来说是十分宝贵的此种经历对我独立思考问题、解决问题的能力也带来很大的提高。毕业在即,从学校的学习到工作单位的实际设计生产,是一个很大的转变,我清楚地认识到,要成为未来工作中专业的技术型人才,必须具备“专业、意愿与耐心”。因此,未来只能通过对自己在专业知识结构上的不断完善,把所学到的理论知识更好地运用到工作当中,脚踏实地,在工作中学习,学习后工作,把工作做得更加出色,更加完美,最后感谢母校及老师们的栽培!

参考文献:

- [1] 朱光力,万斤保.塑料模具设计.北京:清华大学出版社,2003.2
- [2] 黄雁,彭华太.塑料模具制造技术.广州:华南理工大学出版社,2003.12
- [3] 周劲峰.Pro/E 模具设计、分析、制造集成解决方案.模具制造期刊,2003.21
- [4] 闫卫.工业产品造型设计程序与实例.北京:机械工业出版社,2003.2
- [5] 吴培熙,王祖玉,张玉霞,景志坤.塑料制品生产工艺手册(第三版).北京:化学工业出版社,2004.10
- [6] 林清安.Pro/ENGINEER2001 模具设计.北京:清华大学出版社,2004.1
- [7] 李基洪,李轩.注塑成型技术问答.北京:机械工业出版社,2004.6
- [8] 任子文,葛正浩,李云,樊小蒲.EMX4.0 在注射模设计中的应用.模具制造期刊,2004.11
- [9] http://www.mscsoftware.com.tw/solutions/software/p_pat.htm

闭式叶轮三维造型及模具设计与制造

(工程技术学院, 机械电子工程系, 机电系机械设计及其自动化)

(学号: 2001111006——汤 祺)

(指导老师 王红志 讲师)

内容提要: 本设计以叶轮熔模铸造为工程背景, 针对二维图纸设计的叶轮进行三维建模, 对叶片二维工程图上的离散点进行采集, 然后在符合原水力设计意图的基础上拟合出平滑的曲面, 分别对多种建模曲面进行了虚拟测试, 选择最合理的曲面建模方法。由于叶片在加厚方向不等厚, 应用了 UG 曲面缝合和实体造型对叶片进行加厚。叶片蜡模组装阶段的定位采取了销孔配对定位方式, 使定位装配准确而简单并且容易实现, 叶片模具设计和蜡模组装中虚拟定位方案的选取在 UG 中互动进行, 模组加入了侧抽芯对叶片中的定位孔进行成型, 保证了分型面设置在叶片的非工作表面, 提高工作面精度。模拟加工直观地选择切削参数和走刀方式, 使实际加工效率提高, 表面精度提高且使用刀具数量减少。生成的 G 代码在 UG 中进行后处理后, 在三菱系统数控机床中可实现自动换刀和刀具长度补偿等功能。最终注蜡出来的蜡模经过熔模铸造后可以得到无焊接缝的优质水轮。

关键词: 离心泵、熔模铸造、叶轮、叶片、压型设计、数控加工 (CNC) UG 系统。

教师点评: 叶轮熔模铸造是一种先进的叶轮制造技术, 可大大提高制造精度。本文采用现代设计及制造方法, 以某型号离心泵的叶轮为案例, 从传统设计的二维图纸出发, 对熔模铸造中涉及到的关键技术进行了探索。论文考察了由离散点拟合三维曲面的几种方式, 并提出对拟合结果进行虚拟测量的方法; 解决了叶片蜡型组模时与前后盖板的定位结构设计, 完成了含有侧抽芯模具的设计及制造。该文为叶轮设计制造人员提供了新的思路。

1 目前叶轮设计过程、工艺技术分析

水泵行业中传统的设计制造方法是根据相似换算法或速度系数法计算出叶轮基本参数, 绘出二维水力模型图, 根据二维图型中各个轴面的点坐标制作样板, 并在试验台上反复试验最终得出符合要求的叶型, 再利用样板制作木模进行砂型铸造。这种二维设计过程的缺点是 1) 表面精度较差, 闭式叶轮内表面无法通过机械加工提高表面质量, 粗糙的表面会增加水力损失, 降低水泵效率; 2) 当叶片与盖板的夹角过小时, 容易出现夹砂现象, 降低成品率; 3) 叶型精度差会使液体在叶轮内流动时产生逆流, 增大气蚀可能; 4) 材料耗费严重, 设计周期长。针对该情况, 本文在前、后弯叶片采用骨架法设计的同时运用三维参数化技术来进行叶片的造型、虚拟叶型测量代替试验台测试、应用 UG 逆向工程对叶片叶型进行精改的过

程,大大缩短了产品的设计周期,提高叶型精度和叶片表面粗糙度,而且避免不必要的材料浪费。

传统设计过程:

二维方法:1、二维图纸制成木模,
2、在试验台上反复试验最终得出符合要求的叶型,
3、修改图纸,制新木模。



参数化设计过程:

三维方法:1、对二维图纸进行 UG 三维曲面建模,(提高叶型精度)
2、UG 模型分析,(避免材料浪费提高测量精度)
3、UG 逆向工程修改模型。(缩短设计周期)

图 1 工艺改进示意图

长期以来一直使用的叶片制造工艺方法是通过叶轮的铸造成型的“砂型铸造砂轮铲磨立体样板检测”的制造工艺,生产效率非常低,叶片精度难以保证,该方法成型的工件表面光洁度低,严重影响叶轮的工效,容易造成表面空蚀磨损。也不能有效地保证制造质量,不能满足当前流体机械设备市场竞争的要求。“大型叶轮机叶片的五轴联动数控加工工艺技术”是当今世界发电设备制造业中制造涡轮叶片的关键技术之一,也是当今机械加工技术中的尖端技术。但是由于涉及技术的难度大,加工设备昂贵,设计过程复杂,而且加工时间长,所以只适用于大型发电设备叶轮叶片的小批量生产,再加上当加工窄流道多叶片叶轮时,干涉现象很多时会发生,所以要通过精密计算得出修正值,而且装夹定位也是一项技术上的难题^[1]。熔模精密铸造又称为“失蜡铸造”,在半个世纪中一直以较快的速度发展着,目前,正处于由军工产品为主转为民用商业产品为主的结构转型期。熔模铸造是用易熔材料制成模型,然后用造型材料将其包住,经过硬化,再将模型熔失,从而获得无分型面的铸型^[2]。除此以外,对以叶轮为工程背景的相似机械部件的整体成型十分适合,首先,它对要求薄而强的叶片成型有突出的优越性;其次它能对叶片等要求表面光洁程度高的表面成型;并且通过蜡模状态下进行叶轮定位组装后,熔模铸出的叶轮结构更为合理,无焊接缝的叶轮能够胜任更恶劣的工作环境。

2 叶片造型

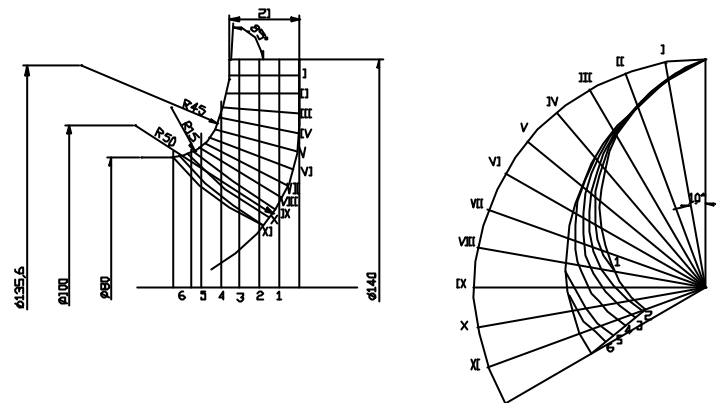


图 2 叶片二维水力模型图

根据从图 2 叶片二维水力模型图，得到叶片上离散点的数据，然后分别绘制出 13 个轴面的投影点，每画下一个轴面投影点时将坐标系转过 10° 。然后用圆滑的样条曲线分别连接边界点形成叶片的骨架；

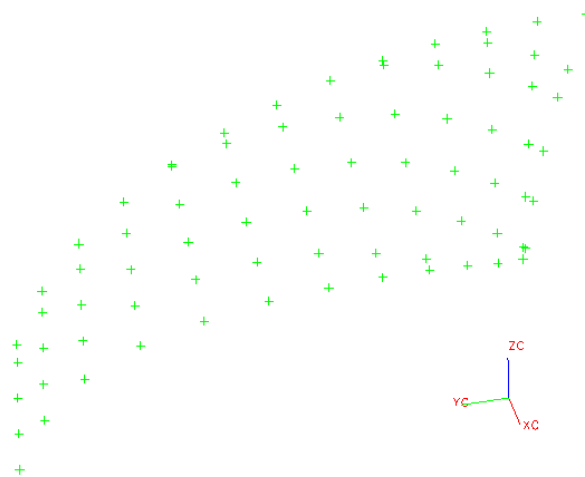


图 3 叶片上的所有轴面投影点

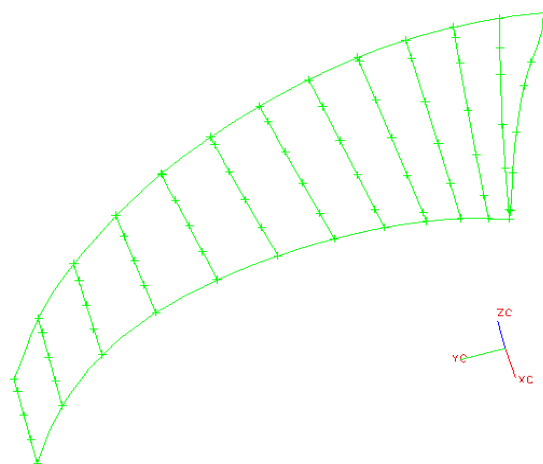


图 4 叶片工作面骨架

叶片上曲面的建模方法有很多种,每种方法达到的设计目的是不尽相同的。总的来说就是对叶型的约束和对叶片表面平滑程度的要求产生矛盾,对叶型的约束越多,叶片表面的线形就越符合设计者原本的设计理念,同时由于设计者本身用二维的测绘方式在工程图上表达叶片叶型,其中会有些点坐标的偏移误差较大,造成叶片表面的线形虽然达到二维图纸的精准要求,但仍然和设计者本身设计出来的理想线形存在误差,所以叶片表面约束越多,就越能体现二维图纸上设计者的要求,同时表面就越不平滑。而约束越少,就会使线形偏离二维图纸上设计的线形,同时它的表面就越平滑。分别尝试了点云构面法、曲线拟合、扫描法和曲面编织法等。上面各种方法建模出来的叶型曲面大体上是不能看出它们的差别的,但是可以通过 UG 提供的测量和距离分析就可以看出控点和控线在建出来的曲面上的偏离,从而可以进行量性的比较。采用的主要方法是:1) 点面测量:在不同的建模方法下随机任意选取第四条流线的第二个点和倒数第六条流线下的第三个点,分别测量它们到曲面的距离进行比较。2) 线面分析:在不同的建模方法下随机任意选取倒数第六条流线,通过 UG 的 divetation 分析功能,在曲线上自动等分 50 (自设) 个点,检测出曲线上的点离曲面的最短距离中的最大值。点面测量结果如下:

点面测量结果	第四条流线的第二个点到曲面的三维距离	倒数第六条流线下的第三个点到曲面的三维距离	目测表面平滑程度
1 点云构面法	0.150 (08310731)	0.209 (71854607)	平滑
2 扫描方法	0.458 (47268262)	0.259 (58053977)	十分平滑
3 曲线拟合法	0.000 (08394137)	0.002 (02590184)	不平滑,有凹凸隆起
4 曲面编织法	0.002 (26011790)	0.002 (34860882)	比较平滑

表 1 点面测量数据分析表

线面分析结果如下:

线面分析结果	50 个点之中的最大值	目测表面平滑程度
--------	-------------	----------

1 点云构面法	0.214 (7367808)	平滑
2 扫描方法	0.259 (6551910)	十分平滑
3 曲线拟合法	0.004 (8381509)	不平滑, 有凹凸隆起
4 曲面编织法	0.005 (7397713)	比较平滑

表 2 线面测量数据分析表

由对比得出,在符合建模公差的基础上选用约束最多的一种建模方法是最符合水力设计意图的,所以选用了曲面编织法建模。

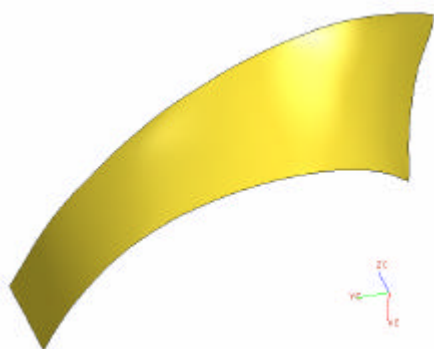


图 5 曲面编织法得到的工作曲面

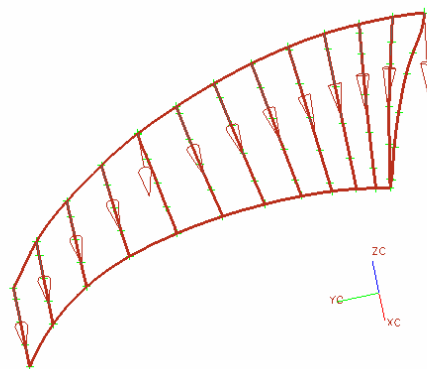


图 6 曲面编织时的编织方向

由于叶片在加厚方向不等厚,而且厚度分布并不均匀。根据图 1 叶片二维水力模型图中间上方有一个剖视图是叶片轴面为法向的厚度分布图,利用这个厚度分布图可以计算出加厚面上点的分布。只要分别计算出各个点在轴面方向的厚度增量就可以画出各个点。根据厚度增量,在相应远离轴面的方向上减少纵坐标 y 值绘出所有点,然后分别通过建立缝合曲面和实体建模得出叶型实体。

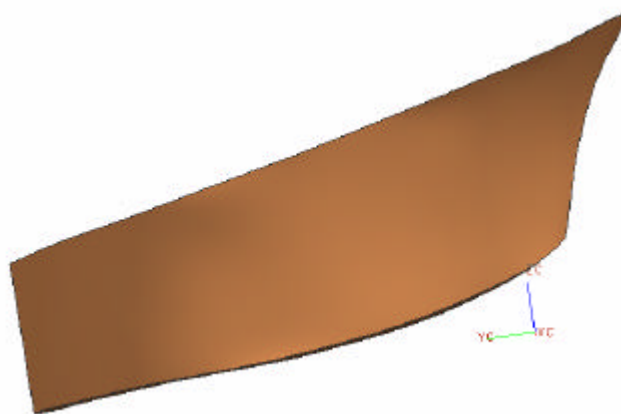


图 7 叶片实体模型

3 模拟装配

熔模铸造中,为了能制得形状复杂的铸件,必须制造出相应的形状复杂的整体熔模。通常,可采用“化繁为简”的方法,把一个复杂的整体构件分解成数个形状简单且易于制造、便于测量的小件,分别制造相应的熔模和芯,而后再组装成整体构件的熔模。组装熔模的方

法除了采用组装夹具外,还可以采用胶合法。叶轮可以分解为前盖板、后盖板及叶片,三者接触部位由于是不规则曲面,这给组装时的定位方案设计带来困难。另外,三者之间定位结构不但要尽可能的接近设计要求,而且还要使各自的压型设计简单。模拟装配是通过计算机模拟蜡模状态下叶轮装配定位过程,解决叶片和前后盖板狭小曲面接合的定位。由于叶片和盖板之间是曲面接合,并且曲率较大,如果在蜡模状态下没有定位系统,就不能进行精确定位,叶片侧面狭小,难以做出尺寸大的定位机构。所以用如下定位方案实现:叶片上开有定位孔,前后盖板有相应的定位销,而叶片定位孔的模腔可以通过自己加工特定的内滑块和侧抽芯来实现,模具的分型面便可以简单地设计在叶片的非工作表面。在虚拟装配时根据拟定好的定位方式和定位系统,在UG中进行自由度约束装配,进行模拟蜡模状态下的装配进程虚拟,叶片一边的定位孔和定位销通过销孔配合限制了叶片在盖板上的五个自由度,再由销孔的底面贴合限制叶片和盖板的最后一个自由度,这样叶轮在销孔配对下得到全约束,使叶片在盖板上实现完全精确定位,蜡模组装好的叶轮就可以直接进入熔模铸造的下一步工序了。

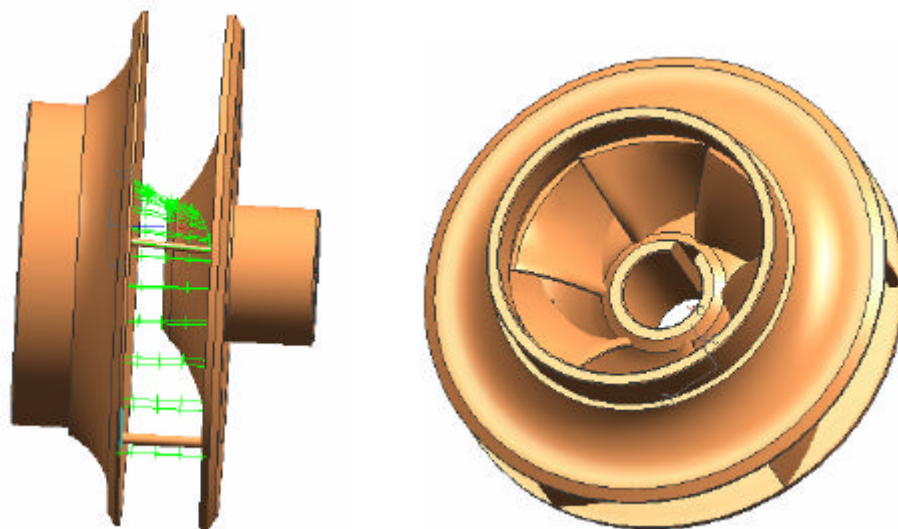


图8 采用自由度约束方式配对装配的叶轮

4 叶片模具设计

工作坐标系中的+ZC轴指向模具开模方向,即指向定模板所在方向,根据这个规则选择坐标系+ZC轴指向模具型芯方向,这是为了保证叶片工作面的平滑,所以浇注口所在处设置在加厚面。

4.1 分型

由于分型面是不规则的曲面,分型线也是由多段不规则曲线组合而成,分型难度大。选取加厚面的边界线作为一个封闭环为分型线,封闭的分型线不可能沿着单一方向扩展出分型面,所以必须在非单一方向的分型线交点之间创建过渡物,点选非单一方向延伸分型线的交点,然后分别逐步作延伸。为了保证叶片工作表面精度,不受分型影响表面粗糙度,分型面设在叶片非工作表面,而且选择非工作表面分型避免了在工作面上产生浇注口,影响表面精度。

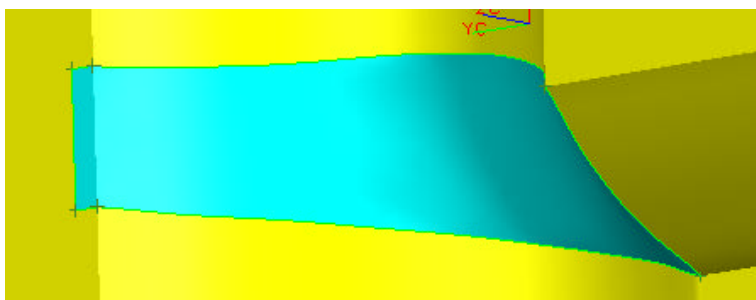


图 9 分型面

4.2 生成型芯和型腔

创建分型面以后，系统可以直接根据刚创建好的分型面帮助自动提取区域，自动生成型芯和型腔，得出初步的型芯和型腔。抽芯头是内滑块上的两个销，用于对定位孔进行成型。先插入创建块，然后把创建块修剪成定位销的形状。内抽芯的设计后续步骤如下：1) 创建基准件滑块：创建高度尺寸设为 20 的标准滑块，使滑块和型腔高度平齐，以致和型芯的侧面不产生面的捏合，造成过定位。2) 创建内滑块：以叶片厚度边面为分割面对创建块修剪，然后用布尔运算使侧抽芯和内滑块、标准件滑块成为一个实体，如下图。最后，根据创建好的滑块机构对型芯进行布尔减运算得到加工的工件。

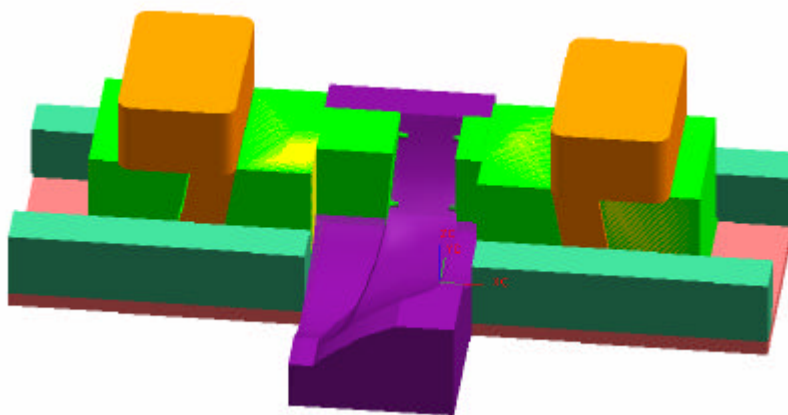
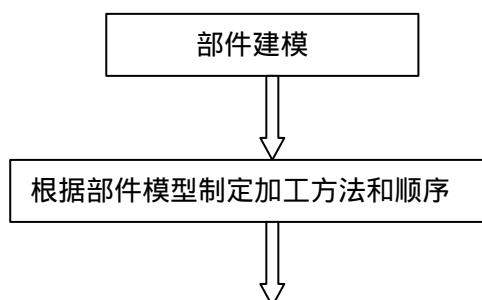


图 10 内抽芯和滑块组

5 叶片上下模及侧抽芯 CAM



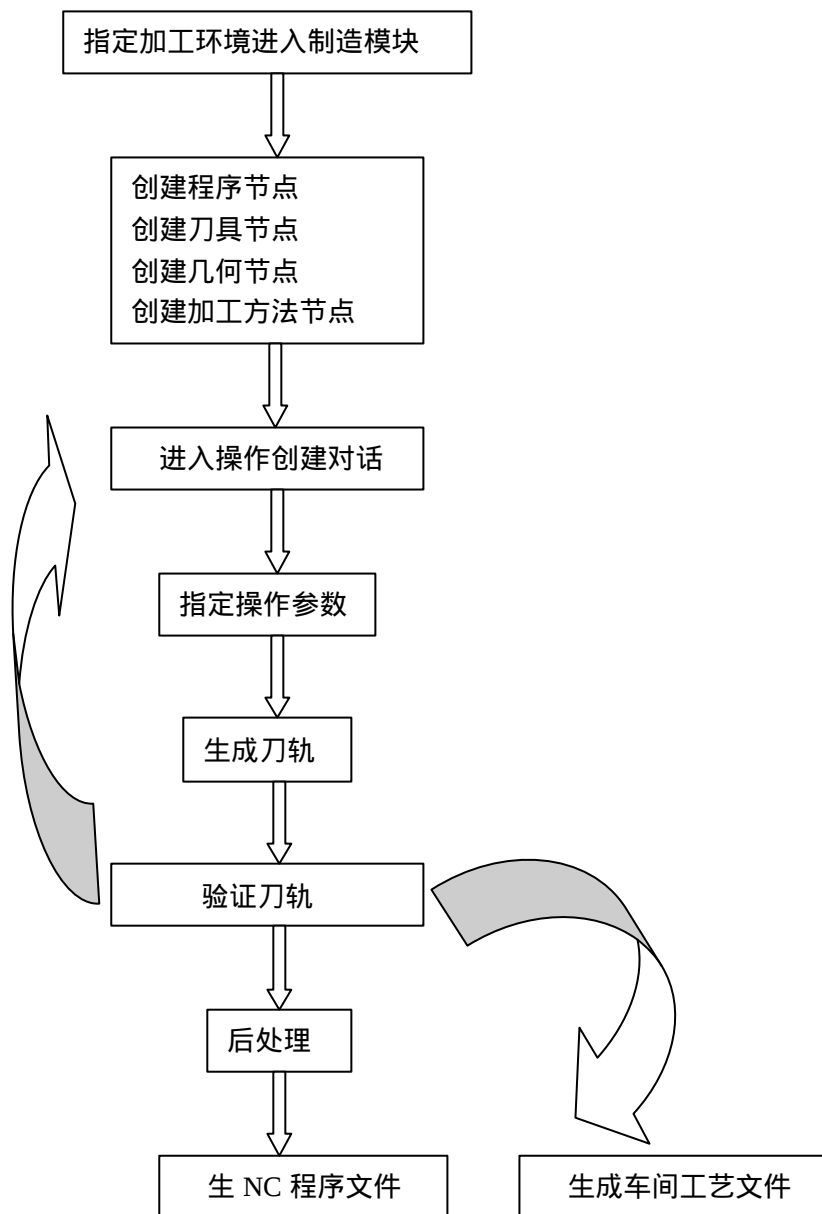


图 11 UG 铣加工编程流程

5.1 模拟加工过程

叶片模具加工前先进行计算机辅助加工,对加工方法和加工参数进行优化。模拟铣加工过程,从而制定相应的加工步骤,应用计算机进行后处理命令优化,对加工 G 指令进行生成。参照图 11 UG 铣加工编程流程,初始化加工环境以后进行各个节点的创建,其中刀具节点根据加工需要不同使用不同的刀具,考虑到刀具长度补偿时的误差和换刀时带入的误差,应该尽量少的使用刀具。工件节点用于指定加工毛坯和加工工件,方法节点定义加工工步不同的加工参数。

首先使加工坐标系原点设置在毛坯六面体左上前角,作为铣制造加工坐标系(MCS)原点所在处。创建实际中使用的加工刀具参数如下:

刀号	刀径 × 刃长 × 全长 × 刃数		倾斜底角度数
T1 :	R3 × 25 × 60 × 2	粗加工	0
T2 :	R2.5 × 30 × 60 × 2	精加工	0
T3 :	R2 × 30 × 60 × 2	清根加工	0

然后在创建操作前,必须先确定加工工步。再根据不同的工步创建不同的操作:工步一,用型腔铣操作(Cavity Mill)来实现粗加工;工步二,用轮廓铣加工操作(Contour Mill)来实现曲面精加工;工步三,用清根铣加工操作(Flow Cut)来实现相交斜边的清根加工。

创建工步一(粗加工)的操作时,选择腔铣操作(Cavity Mill),并对加工参数进行设置:由于是粗加工,选用效率高的 Zip - Zag 切削方法,虽然这种方法不能保证材料的单向顺铣,但是由于它来回走刀过程中大大减少抬刀次数,达到极好的切削效率。采用直径的 50% 的步距,达到最高效率。设定到叶片表面的切削层深为 3mm,叶片以下的区域每层 2mm。由于 UG 系统默认的进退刀方式已经比较好,所以选用自动方式(Automatic)。切削角度(Cut Direction)设置为 90 度,启用顺铣(Climb Cut)设置,粗加工内(Intol)外(Outtol)公差都设置为 0.05,总的公差范围是 0.1。零件正面(Part Floor Stock)和侧面余量(Part Side Stock)都设为 0.4mm。定义刀具节点的时候定义了刀具材料,UG 就可以根据材料参数、刀具尺寸参数和切削方式对主轴转速和进给量进行自动计算。创建工步二(精加工)的操作不同于型腔铣,固定轴曲面轮廓铣的参数定义对话框中最主要的是曲面加工的驱动方式的选择。UG 中有多种驱动方法供利用,选择何种驱动方法,与要加工的零件表面形状以及其复杂程度有关,这里采用螺旋线驱动。将加工余量设为 0,内外公差分别是 0.03(比粗加工细),进给比粗加工小一半,其他参数调到和粗加工基本一致。创建工步三(清根)的操作选择驱动方式为 Flow Cut 驱动方式,系统自动寻找需要清根的轨迹。父节点改为 Ball_millR2,刀具半径越小清根的效果就会越好。

加工零件的时候,有如下参数需要重复尝试调整来影响零件表面粗糙度 1) 步距越小,得到的表面越平滑,刀具纹路也越密。所以,要想得到平滑的表面最好调节好步距,但是,如果是想表面平滑而一味调小步距的话,那也是不行的,因为虽然步距越小表面越平滑,但是随之刀轨和刀位点数目就会增加,生成的程序长度就会以比例关系增加,大大降低了生产效率。所以,编程时要得到一个合适的步距来令表面平滑。所以,一般粗加工设置大一点,精加工设置小一点。再者,使用大一点的刀具进行精加工会比小刀径的刀精加工更能得到平滑的表面,可以直观从下图得知。

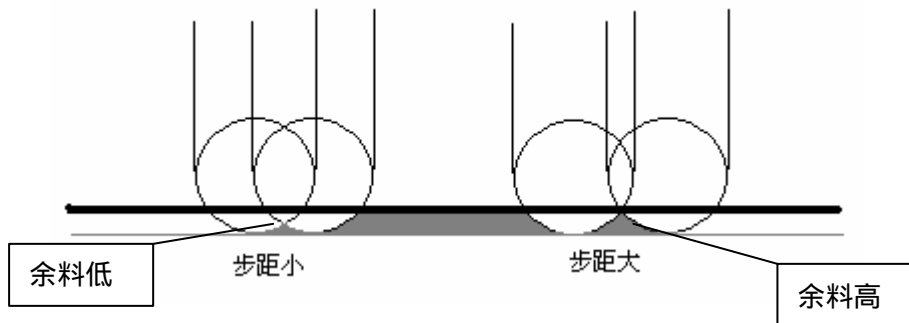


图 12 不同步距示意图

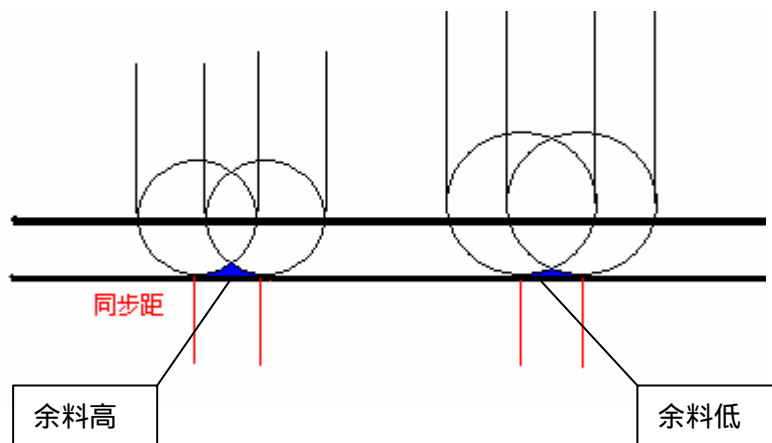


图 13 不同刀径示意图

2) 步长和步距是不同, 步长是指刀具在走曲线的时候, 曲线用直线段拟合的直线段长度, 这个数值的大小不仅决定了表面平滑程度, 更决定了曲线精确度。试想把步长调到和曲线两端点距离一样长, 那么整条曲线就等于用一条直线段来拟合, 那样的曲线就是由两个刀位点决定的直线, 曲线上很多点的信息都表达不出来。然而, 调节步长也和调节步距一样, 是一把双刃刀, 不能把它调得太小, 太小的话程序由于缺乏生产效率导致可用性不高。但是如果使用大刀径的球铣刀进行精加工, 曲线精度就不够小刀径的刀具好了, 就如使用大刀径的刀具进行粗加工就要留有足够的精加工材料余量。3) 切削参数中的进给量也是十分重要的参数, ABS 和尼龙都是属于塑胶材料, 材料本身的切削性能不如金属材料, 但是材料有一个好处是软, 刀具不容易磨损, 切削效率高。但是由于这些材料带有粘性, 如果加工时进给过慢, 刀具在给定转速下使材料表面温度上升, 材料的切屑会有严重的粘刀现象, 精加工时会对表面造成影响, 所以进给量要设置大一点, 避免粘刀发生。4) 粗加工时切削层的分布也对表面有很大影响, 例如曲率较高的曲面就应该设置层深较浅一点, 这样的话就不会导致过切现象。

最后, 下图是生成的型腔和抽芯加工刀轨图:

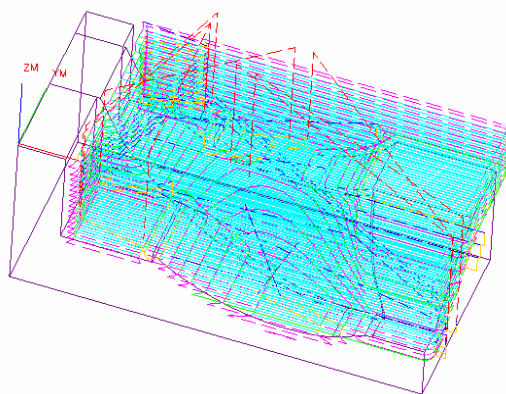


图 14 型腔粗加工刀轨

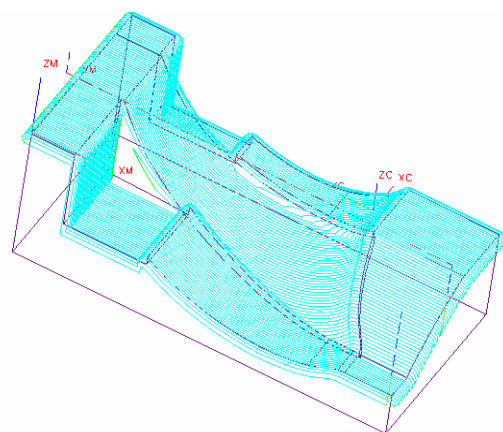


图 15 型腔精加工刀轨

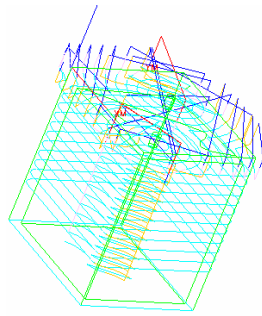


图 16 左抽芯粗加工刀轨

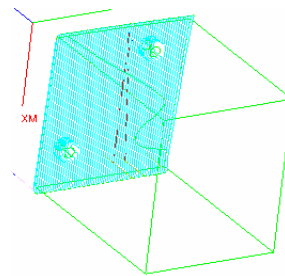


图 17 左抽芯精加工刀轨

5.2 生成 NC 程序及后处理命令

生成的 NC 程序就是包含着三个子程序的主程序，生成加工程序之前进行后处理工作，分别加入自动换刀和刀具长度补偿指令的功能，指定生成三轴数控机床程序，指定路径和单位是公制（米制）。另外，程序要经过简单人手修改成三菱数控机床能认的程序：

```
N0030 T1 M06  
N0040 G43 H01  
N1490 G1 Z-10.75 F90. M08
```

系统默认不自动换刀，必须加上 N 使其自动换刀
在后处理中加入，刀具长度补偿命令
在后处理的默认设置中加入的切削液打
开指令，三菱系统中的切削液开关不能
使用

6、模具数控加工

加工前要考虑模具毛坯的装夹，为保证加工过程中不发生碰刀又能夹紧工件，装夹面（夹具与毛坯的接触面）如图 18 灰色面区域，这个区域的面积大概为 70×18 ，左边带抽芯预留给的区域突出夹具之外，底座由凸出的平底量块承托，凹模的装夹方法装夹面积大概是 120×12 。

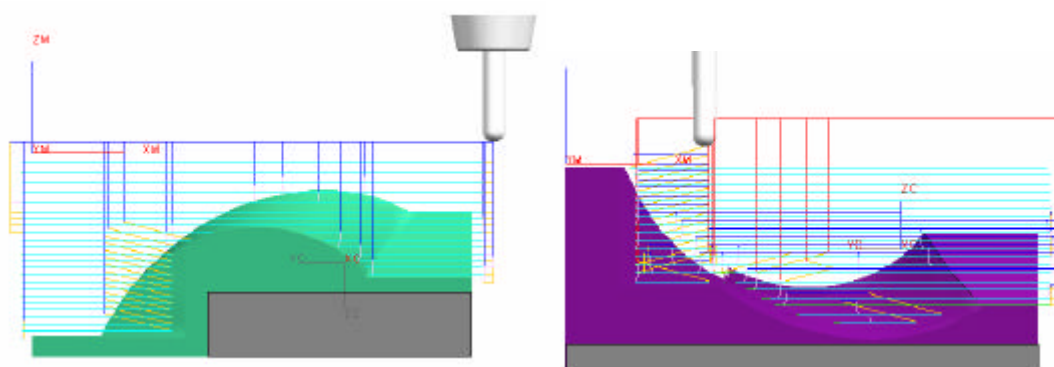


图 18 加工工件的装夹定位示意图

装夹好后进行刀具对刀，将每一次换刀的对刀数据进行处理，用求平均值的方法减少误差，凸模对刀数据处理如下式：

$$X = \frac{X_{T1} + X_{T2} + X_{T3}}{3} = -371.205$$

$$Y = \frac{Y_{T1} + Y_{T2} + Y_{T3}}{3} = -177.14$$

经过数控铣制后造出了如下实物：



图 19 型芯实物图

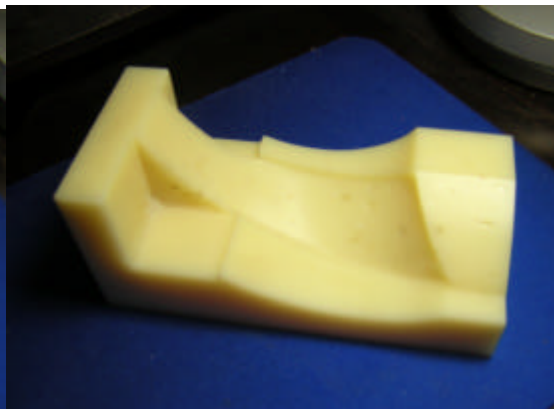


图 20 型腔实物图

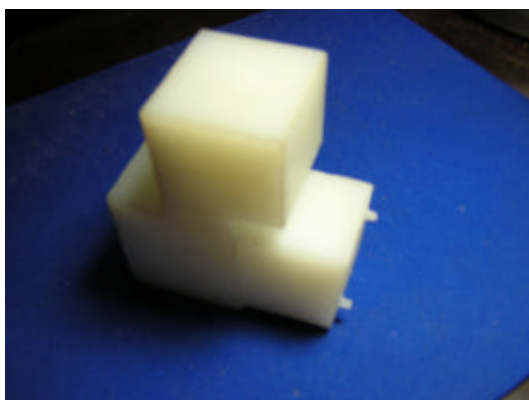


图 21 左抽芯实物图

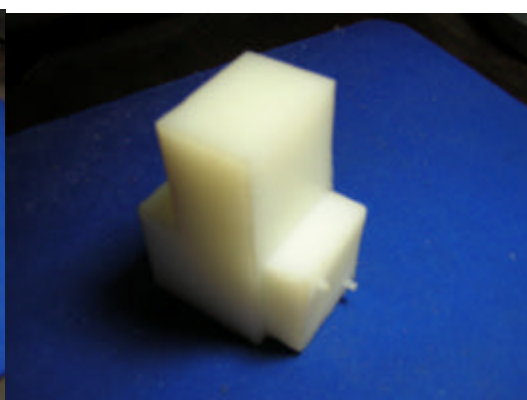


图 22 右抽芯实物图

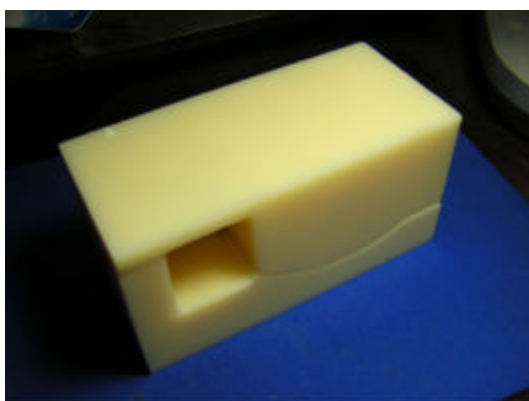


图 23 实物模组合模图



图 24 加入滑块和抽芯

7 结论

本文通过运用三维参数化设计技术代替传统的二维设计过程，进行叶片的造型设计、虚拟叶型测量代替试验台测试、应用 UG 逆向工程对叶片叶型进行精改。大大缩短产品设计

周期,提高叶片设计可塑性,提高叶型精度以及避免不必要的材料浪费。本设计的叶片采用熔模精密铸造成型,可以保证叶型的精确度,使传统小型离心泵的性能得到提高。一体化成型大大提高了铸件的强度和表面光洁度,使叶片变得既薄又强。较高的形位公差和良好的表面粗糙度能够减少叶片偏重使叶轮运行更平稳,减少气蚀,减少叶片断裂的可能性从而大大提高叶轮的使用寿命,无焊接缝使叶轮能够胜任更为恶劣的工程作业环境。采用 UG 中的虚拟定位和虚拟装配,解决蜡模状态装配时,销孔配对定位完全约束叶片在叶轮中的自由度,解决叶片和盖板之间狭小曲面接合的定位问题,定位孔用侧抽芯成型完全得到实现。

参考文献:

- [1] 杨小毅 霍海燕,五坐标铣制窄流道三元流叶轮的工艺方法[J], 2003(6):2
- [2] 姜不居,熔模铸造的现状和未来[J],特种铸造及有色合金,1998(4):18-22.
- [3] 赵 虔,大型离心式烧结鼓风机叶轮工艺要点[J], 风机技术 1998(6):3-4
- [4] [瑞士]萨拉贝热尔,改造工程的混流式转轮设计和制造[J], 2001(4):2
- [5] 沈 冰 王洪强,玻璃钢离心通风机模压成型叶轮工艺[J], 1994(12):1-2
- [6] 王中平,防止叶轮开裂的一种简单方法[J], 风机技术, 1994(4):2-4
- [7] 董复兴,径流式涡轮增压器叶片成形方法[J], 山西车用发动机研究所, 1998(2):3
- [8] 张璞,离心式鼓风机中碳调质钢叶轮的补焊试验及工艺性分析[J], 陕西鼓风机厂
- [9] 周贵青,消失模铸造不锈钢叶轮的工艺设计[J], 特种铸造及有色金属 2002(2)
- [10] 张均艳 胡士英,压气机叶轮工艺改进[J], 中国铸造装备与技术 2002(3):2-4
- [11] 朱邦材, 叶轮机叶片成型工艺对精度的影响[J], 哈尔滨机电有限公司
- [12] 陆肇达, 流体机械基础教程[M], 哈尔滨工业大学出版社著
- [13] 马文星, 液力传动理论与设计[M], 化学工业出版社著

鼠标外壳注塑模设计

(工程技术学院,机械电子工程系,机械设计制造及其自动化)

(学号: 2001111027——王 虎)

(指导老师 程涛 副教授)

内容提要: 本文通过对鼠标的发展现状、趋势的调查及对鼠标外壳注塑模具要求的分析, 针对女性用户的需求特点和人体工程学的研究成果, 提出相应的鼠标外壳设计方案, 并利用计算机辅助设计 Computer Aided Design (CAD) 和计算机辅助工程 Computer Aided Engineering (CAE) 技术进行了鼠标外壳造型、结构以及注塑模具的设计与分析, 以达到缩短产品开发周期、提高产品设计制造质量、降低成本及灵活快速响应市场的目的。

关键词: 鼠标、注塑模、pro/e、MSC、PLASTIC ADVISOR、EMX

教师点评:

本文能基本反映该学生毕业设计所进行工作的主要内容及相关结果、条理较为顺畅、逻辑也较清晰, 表明该学生具备较为扎实的专业基础知识、熟练使用 ProE 等软件工具和一定的从事科研活动和一定的语言表达能力。

一、概述

塑性模具的国内外现状及发展趋势

由于塑料具有很多优良的性能和特点, 近年来它在各领域得到了越来越广泛的应用。作为塑料制造业的支柱产业——塑料模具的设计与制造也得到了空前的发展, 特别是作为塑料必备成型工具的塑料注塑模具, 由于它成型效率高, 易成型形状复杂的制品, 并可实现自动化生产, 得到迅速的法子, 在我国其发展速度之快、需求量之大是前所未有的。

未来国内外塑性模具的制造技术和成型技术有如下发展趋势: 1) 在模具设计制造中广泛应用 CAD/CAE/CAM 技术; 2) 高速铣削加工将得到更广泛地应用; 3) 在塑料模具中推广应用热流道技术、气辅注射成型和高压注射成型技术; 4) 提高模具标准化水平和模具标准件的使用率; 5) 研究和应用模具的高速测量技术与逆向工程; 6) 虚拟技术将得到发展; 7) 模具自动加工系统的研制和发展。

鼠标注塑模具的现状

鼠标 (Mouse), 也有人喜欢称之为滑鼠。鼠标的发明, 给操作电脑的用户带来了大大的方便, 减少了使用键盘的时间, 加大了操作速度, 自此, 鼠标和电脑就结下了不解之缘, 特别是操作系统发展到了 Windows 时代, 鼠标既成关键的输入设备。

从基本的运行程序、Copy 文件、删除文件到系统的设置与调试, 鼠标均必不可少。鼠标在现代计算机中的作用越来越重要, 其主要发展趋势为人性化, 多样化, 个性化。这对鼠标注塑模具设计和制造的要求也越来越高。传统的手工设计与制造方式早已满足不了注塑模具设计和制造的需要。采用 CAD/CAE 技术可以显著地提高塑料产品和塑料模具设计制造效率, 减少了设计者的劳动量, 提高设计制造质量, 减少试模修模时间, 从而缩短了从产品设计、模具设计、模具制造到产品模塑生产的整个周期, 增强企业对市场需求的应变能力。

本文的主要工作内容

本文主要通过熟练应用 Pro/E、Mold flow、AutoCAD 和 MSC 等计算机辅助工程软件进行鼠标外壳及其注塑模的设计, 以便更短的时间、更有效的手段设计出高质量的、更符合人体工程学的鼠标。

二、基于 Pro/E 的小型塑性模具设计方法及流程

鼠标外壳模具设计环境与工具

本次设计主要运用到的软件有 PTC 公司的 Pro/engineer 2001 以及它的外挂程序 EXPERT MOLDBASE EXTENSION4.1(专家模座系统)对鼠标塑件进行建模以及模具设计、模座装配。

传统模具设计方法

传统普遍方法是用 Pro/MOLDESING 由输了制作的三维实体模型建立起模具装配模型,设计分型面,浇注系统及冷却系统,生成模具成型零件的三维实体模型,从而可方便且更准确完成塑料模具核心部分的设计工作。再利用 Pro/E 系统的布局及装配模块,我们还可以进行模具的顶出系统和三维总装配设计,并最终利用工程图模块生成 2D 工程图。

本毕业设计的模具设计方法

此次设计主要采用的是 Pro/E +EMX+设计人员的模式对本鼠标外壳模具进行设计。主要步骤如下:

- (1) 通过 Pro/e 对产品建模,将产品 CAD 模型装配产生参照模型,然后对参照模型添加工件;
- (2) 模具模型上创建收缩;
- (3) 设计浇注系统,在工件中添加浇口、流道作为模具特征;
- (4) 设计并在工件中定义分型面;
- (5) 结构件设计;
- (6) 铸模的建立;
- (7) 装配模座,从供应商中选取标准模座进行装配;
- (8) 模拟开模,同时对模具零件进行干涉检测;
- (9) 绘制图纸,出模具装配图、爆炸图和关键部件零件图以及报表。

三、鼠标外壳设计

鼠标设计对象

从目前的鼠标市场来看,趋于男性化的鼠标样式多于女性,并且在科技含量上,男性化鼠标有更广泛的应用。综观国内的鼠标市场,新颖独特、让人赏心悦目的女性鼠标真是少之又少,而真正融合了科技与时尚两大要素的女性专用鼠标则是更少。

初步确定设计一种女性专用鼠标,经过调研参考,拟定鼠标外廓尺寸 105mm × 50mm × 35mm (长 × 宽 × 高)。

鼠标结构特点

根据中国人人体工程学,对于人的上臂来说,它的自然形态应该是使尺骨和桡骨接近平行的状态,这种状态,也就是当上臂和手掌平放桌上的时候,上臂和手掌呈接近垂直的倾斜状态,使用掌外侧触及桌面的形态。

因为这种形态下,上臂的主要肌肉和血管不会发生扭曲,所以即便长时间保持这个姿势,也不会出现肌肉疲劳和缺氧情况。

而对于手腕结构来说,多次的试验证明,当人的手腕呈“仰起”状态时,则“仰起”的夹角在 15 度 - 30 度之间的时候,是最舒适的状态,超出这个范围,



图 1 手握鼠标

会导致前臂肌肉处于拉伸状态，而且也会导致血流的不畅（如图 1 所示）。

设计方案的比选

根据前面的各项分析，进行鼠标造型设计产生方案一（见图 2）。该方案主要特点是通过人体工程学在鼠标结构上设计可以随意更换彩壳。彩壳根据今年的流行色分别有紫色，蓝色和金色三种颜色，透明色的外壳还可以将自己喜欢的照片放置其中，DIY 自己的鼠标。



图 2 鼠标造型方案一



图 3 鼠标造型方案二

方案二造型比较奇特，其创意点在于鼠标与化妆盒一体化，使鼠标多了附加功能（如图 3 所示）。

方案三（见图 4）在符合人体工程学的基础上，定位使用对象为青少年，其创意点主要为卡通造型。可爱的卡通造型能带来感观上的刺激，造型漂亮、美观的鼠标一定能给人带来愉悦的心情。卡通造型的鼠标还能让小朋友爱不释手提高学习电脑的兴趣。



图 4 鼠标造型方案三

深圳市场上的鼠标，其使用对象是以成年男性为主，青年女性为辅，并没有针对青少年消费者进行设计。女性用户通常注重对鼠标外观的造型色彩与青少年用户有相同之处，如卡通可爱的造型，绚丽的色彩图案以及适宜的大小尺寸。而且前两种方案造型由于功能的增加而导致结构增加、结构复杂，不利于相应模具的设计、制作及加工以及成本的上升，因此经过本小组与指导老师讨论分析，最后选定方案三进行模具设计。

表 1 方案比较分析表

方案	使用对象	人机性	功能性	造型复杂程度
方案 1	大众	一般	一般	一般
方案 2	女性	一般	较好	较易
方案 3	青少年及女性	较好	一般	较难

鼠标塑件工艺分析

尺寸和精度

这里的尺寸是指塑料制件的总体尺寸大小，从所设计塑件的总体尺寸分析得知，其尺寸较为合理，不会太大，这样就可以避免塑料容体充不满模具型腔或使塑件不能正常成型，塑件材料为 ABS，等级精度为：MT5。

形状

本塑件的几何形状除能满足功能使用外观要求外，还做到尽可能使其所对应的模具结构简单化，便于加工成型。

壁厚

通常热塑性塑料的注塑件壁厚一般在 2-4mm 范围内，分析设计塑件功能要求，确定塑件的壁厚为 2mm。设计制品应尽量减少壁厚和壁厚不均匀，这样有利于缩短模塑周期，提高生产效率及节省材料。

脱模斜度

根据已选定的材料 ABS，其脱模斜度宜为 $(40^\circ - 1.5^\circ)$ 。为使注塑开模后，塑件留在动模一侧的型芯上，取其脱模斜度为 50° 。

加强筋等防止变形的结构设计

为提高塑件的强度和刚度而又不致使制品的壁厚过大，在适当的位置采用增设加强筋的方法。

圆角

塑件面与面之间一般采用圆弧过渡，这样不仅可以避免塑件尖角处的应力集中，提高塑件强度，而

且可以改善熔体在型腔中的流动状况,有利于充满型腔,便于脱模。鼠标的内外圆角以及三个壁面结合处的转角都设计成圆角。

孔的设计

用模具成型的孔,在满足使用要求的情况下,应尽量采用工艺上易于加工的孔。所设计的塑件分上壳与下壳部分,上下壳均有一个孔,用于孔轴的装配,起固定锁紧连接作用,孔径为 3mm。上壳孔为螺丝定位,为了保证两个孔的安装,下壳的孔比上壳大 0.5-1mm,壁厚同为 2mm。

成型方法

主要依靠注射成型机(柱塞式和螺杆式)和注射模具来完成。ABS 塑料的成型加工性能良好,选用螺杆式注塑机进行注塑成型。

鼠标塑件材料选用及特性

鼠标原材料采用 ABS,即丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物。ABS 是由丙烯腈、丁二烯和苯乙烯三种化学单体合成。每种单体都具有不同特性:丙烯腈有高强度、热稳定性及化学稳定性;丁二烯具有坚韧性、抗冲击特性;苯乙烯具有易加工、高光洁度及高强度。ABS 具有如下特性:

综合性能较好,冲击强度较高,化学稳定性,电性能良好;

与 372 有机玻璃的熔接性良好,制成双色塑件,且可表面镀铬,喷漆处理;

有高抗冲、高耐热、阻燃、增强、透明等级别;

流动性比 HIPS 差一点,比 PMMA、PC 等好,柔韧性好,适于制作一般机械零件,减磨耐磨零件,传动零件和电讯零件;

注塑工艺分析,ABS 材料具有吸湿性,要求在加工之前进行干燥处理;比重为 1.05 克/立方厘米;成型收缩率,0.4-0.7%,一般取 0.5%;成型温度,200-240;熔化温度,210~280,建议温度为 245;模具温度,25~70;注射压力:500~1000par;注射速度,中高速度。

四、基于 CAE 的鼠标外壳注塑模设计

注塑模 CAE 能判断所设计的模具是否能很好充模、能否在注塑机的允许压力范围内充模、充模时成型制品的剪切力是否过大、是否达到了充模的流动平衡,并能在达不到的情形下,修改成型条件或对相关模具尺寸作修改,或者要求设计者修改输入条件,直至设计者认为可以接受的方案为止。

MSC.Patran 分析过程

因为鼠标的主要手力部分是鼠标的按键,所以分析对象确定为鼠标按键。用 MSC.Patran 软件对塑件进行分析的过程为:读入鼠标按键 STEP 模型——>进行网格划分——>边界条件设置及应力载荷施加——>材料选择及属性的设置——>分析计算——>读取结果。

读取鼠标按键模型的云纹图,如图 5 所示,在单元格 3063 处,按键受应力最大为 3.41e - 003。

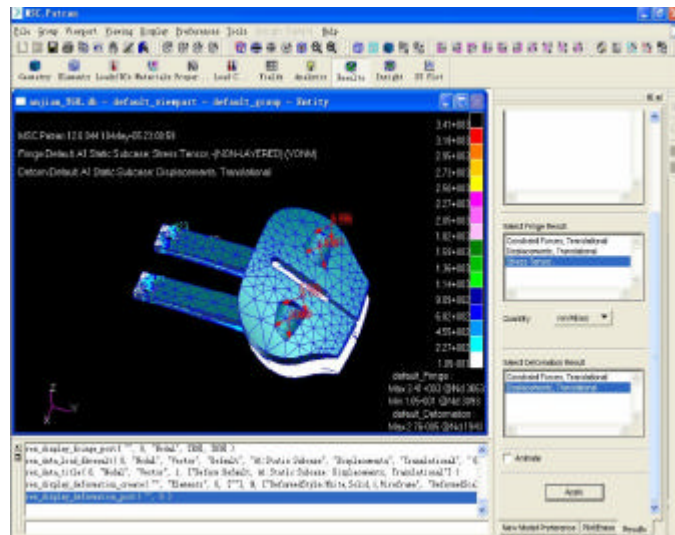


图 5 读取鼠标按键模型的云纹图时在单元格 3063 处的受应力情况

读取鼠标按键模型的变形图，如图 6 所示，在单元格 1943 处，按键受应力变形最大为 2.76-005。

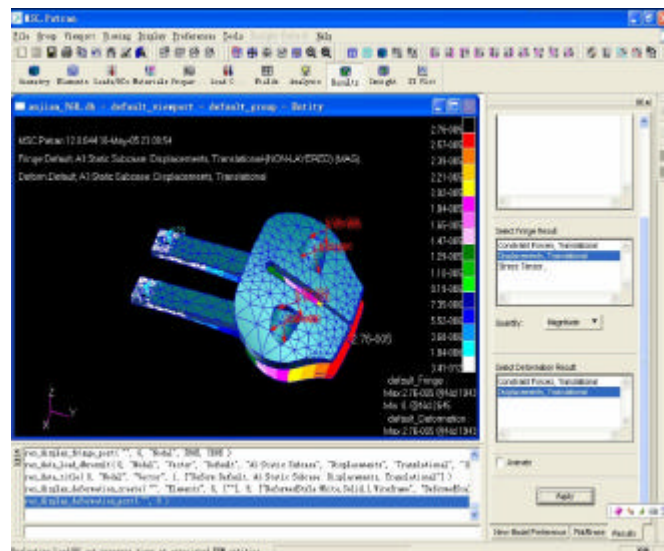


图 6 读取鼠标按键模型的变形图在单元格 1943 处，按键受应力变形情况

对上述鼠标按键有限元分析结果可知按键在工作情况下的应力不大，变形量也不会超过弹性范围。各项指标均达要求。

POR/E2001 PLASTIC ADVISOR 塑料顾问分析过程

Plastic Advisor (塑料顾问) 属于计算机辅助工程(CAE) 分析软件,专门用来仿真塑料射出成型。在模型设计阶段,辅以射出过程仿真,能迅速掌握产品生产特性。

根据前面所说的分析过程,首先在材料表里选用好注塑原料 ABS 和其供应商,选用材料为美国通用公司的 CYCOLAC GPM2,然后通过 Plastic Advisor 塑料顾问选取最佳注射区域中的一点,接着对鼠标上壳进行模流分析(其填充结果良好),再查看其填充质量分析预测,发现其结果中出现了红色区域:说明在这些地方可能会出现填充困难的情况,或者填充不理想从而影响产品质量(如图 7 所示)。

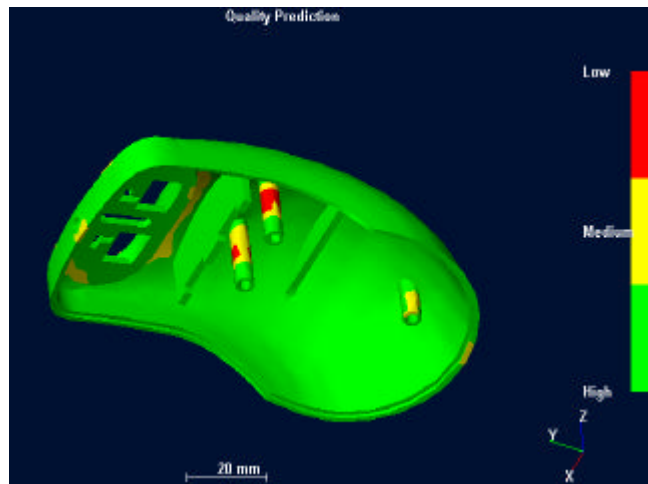


图 7 修改前填充质量预测分析

首先我对流道及鼠标上壳部分地方进行了修改,在转角处设置了导圆,来降低对流体的阻力,发现效果不是很好,还是不能满足要求。造成红色区域的产品质量不好的原因经过查找资料分析得知是该处的内部结构设计不合理,导致料流

不能很好的填充到位。所以在修改了加强筋的高度和盲孔的深度之后,填充质量预测的结果得到改善(如图 8 所示)。虽然仍然有小部分黄色区域出现,但注射压力图,质量预测图、填充时间图、流锋温度图都显示本产品能顺利的成型。

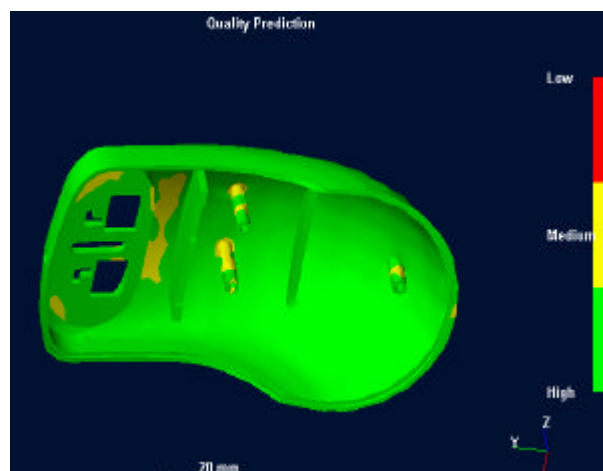


图 8 修改后的填充质量预测分析

五、鼠标注塑模设计

设计方案确定的主要内容

设计方案拟定后,注塑模设计的主要内容:1)首先确定分型面,有侧抽芯的要选定抽芯结构;2)确定型腔数合排形式以及型腔、型芯的结构;3)浇口位置、脱浇道结构的确定和排气系统的确定;4)导向、定位结构的确定;5)推出结构和复位结构的选定;6)模架大小的选定和相关标准件的选定;7)注射机型号、规格的选定。上述内容确定后即可进行总装配图的设计和绘制。

鼠标模具主要工艺参数确定

确定鼠标模具各主要工艺参数, 如

浇注系统的设计, 使用点浇口浇注系统、采用平衡对称式布置流道;

脱模机构设计, 根据鼠标塑件分析使用顶杆脱模机构;

合模导向机构设计, 导向机构通常采用导柱导向, 其主要零件是导柱和导套;

模具温度控制, 对于热塑性塑料注射成型模具, 当遇到成型流动性差的塑料(如成型高结晶的塑件), 及采用热流道时均需要对模具进行加热;

模具型腔数的确定, 根据鼠标的塑件工艺分析, 采用一模两腔;

分型面的确定, 选取鼠标上壳尺寸最大处, 即其上壳下部边缘处;

抽芯方式, 根据鼠标的塑件工艺分析, 采用斜导柱分型抽芯方式。

相关数据的校核

对鼠标外壳及其模具进行结构设计及计算, 主要包括:

(1) 计算制品的体积和重量

该产品为鼠标外壳, 使用材料为丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS), 查《实用塑料成型工艺》得知其密度为 1.05 g/cm^3 , 收缩率取为 0.5% 。

采用 PRO/E 对产品三维实体进行了体积计算, 得出下列尺寸

鼠标上壳单个塑件: 体积 $= 21230.42 (\text{毫米}^3)$; 曲面面积 $= 23083.752 (\text{毫米}^2)$; 密度 $= 0.00105 (\text{克}/\text{毫米}^3)$; 质量 $= 22.3 \text{ 克}$;

A: 两个塑件体积为 $V_{\text{塑}} = 42.46084 (\text{cm}^3)$;

B: 两个塑件的重量为 $M_{\text{塑件}} = \rho V_{\text{塑}} = 44.583882 (\text{g})$, 其中 $\rho = 1.05 \text{ g/cm}^3$ 。

最大注塑量校核

注塑机的最大注塑量应大于制品的重量或体积(包括流道及浇口凝料和飞边), 通常注塑机的实际注塑量为最大注塑量的 80% , 本设计中选用的注塑机最大注塑量为

$V_{\text{注}} = 155 \text{ cm}^3$

$V_{\text{实注}} = 80\% \times V_{\text{注}} = 80\% \times 155 = 124 \text{ cm}^3$

在 pro/e 中分析得一次合开模所需注塑量 $V_{\text{需}} = 42.46084 \text{ cm}^3$, 因此 $V_{\text{实注}} > V_{\text{需}}$, 所以符合最大注塑量的要求。

锁模力校核

$F_{\text{锁机}} > P_{\text{模}} \times A$

$P_{\text{模}}$ 根据《实用注塑模具设计》陆宁编著 P119 页表 8-2 查得 ABS 的推荐 $P_{\text{模}} = 35 \text{ MPa}$, 则有

$P_{\text{模}} \times A = 35 \times 6637.8 \text{ N} = 232.323 \text{ KN}$

$F_{\text{锁机}} = 1200 \text{ KN} > P_{\text{模}} \times A = 232.323 \text{ KN}$

锁模力符合要求, 校核完毕。

模具与注塑机安装部分相关尺寸校核

模具长 $\times$ 宽 $<$ 拉杆面积: 模具长 $\times$ 宽为 $350 \times 330 \text{ mm} <$ 注塑机拉杆间距 $410 \times 360 \text{ mm}$; 所以符合要求。模具闭合高度检验, 模具高度为 $H_{\text{m}} = 235 \text{ mm}$, 而本注塑机允许的模具高度范围为 $160 \sim 700 \text{ mm}$, 所以符合要求。

(5) 开模行程校核

对于单分型面注射模 $S \geq H_1 + H_2 + (5 \sim 10)$, 其中 H_1 为顶杆顶出长度, H_2 为塑件高度连同浇注系统。所以有

$S \geq 16 + 30 + (5 \sim 10)$, 并取 $S = 55$; 本注塑机 $S_{\text{max}} = S_{\text{机}} - (H_{\text{模}} - H_{\text{最小}}) = 240 > S$, 其中 S_{max} 为最大模座行程。所以开模行程符合要求。

(6) 注塑机的确定

查《塑料模具设计》表 5-3 并根据制品的体积和重量, 选择注塑机型号为 JPH120A。

(7) 模具结构的确定

为保证配合精度,据相关资料建议,模具采用一模两腔三板式结构,点浇口浇注。由《塑料模具设计》附录提供的模架图,选取模架型号为小水口 3550。

模架后期工艺分析

模具零件的加工工艺

加工阶段划分:粗加工、半精加工、精加工、光整加工;加工顺序:先粗后精、先主后次、基面先行、先面后孔。

模具装配工艺分析

根据鼠标塑件工艺分析,选用斜导柱抽芯方式。

斜导柱抽芯机构的装配技术要求:1)闭模后,滑块的上平面与定模平面必须留下有 $x=0.2\sim0.8\text{mm}$ 的间隙;2)闭模后,斜导柱外侧与滑块斜导柱孔留有 $y=0.2\sim0.5\text{mm}$ 的间隙。

模具调试工艺分析

试模工艺:试模准备,包括模具准备,试模材料准备,试模机床的选定;试模工艺条件的选定,这与成型的工艺条件有关,如注射模的试模工艺条件包括注射压力、注射量、注射速度和注射速率、注射料的温度;试模缺陷分析,包括飞边、顶出白印、熔接痕、缩痕、银丝痕、烧焦、注射不足、制件表面不光亮、制件翘曲等;出具试模报告,提出解决问题的措施;实施修模,准备第二次试模。

六、全文总结

在本次设计中,我很好的采用优化设计,针对女性用户的需求特点和人体工程学的研究成果,利用计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助工程(CAE)技术进行了鼠标外壳造型、结构以及注塑模具的设计与分析,达到了缩短产品开发周期、提高产品设计制造质量、降低成本及灵活快速响应市场的目的,为模具设计提供了一种新方法。

参考文献:

- [1] 王文广,田宝善,田雁晨.塑料注塑模具设计技巧与实例.北京:化学工业出版社
- [2] 冯炳尧等.模具设计与制造简明手册[M].上海:上海科学出版社
- [3] 黄雁,彭华太.塑料模具制造技术.广州:华南理工大学出版社
- [4] 申开智.塑料成型模具(第二版).北京:中国轻工业出版社
- [5] 王兴天.注塑成型技术.北京:化学工业出版社
- [6] 王文俊.实用塑料成型工艺.北京:国防工业出版社
- [7] 朱光力,万金保.塑料模具设计.北京:清华大学出版社

气动、PLC 控制——实验装置设计

(工程技术学院, 自动化科学系, 自动化专业)

(学号: 2001112038——陈育良)

(指导老师 王华权 高级工程师)

内容提要: 一种用 PLC 控制的气动实验平台, 采用多种典型的气动元件、舌簧开关、PLC、触摸屏和其它类型的传感器搭建而成的系统。在本平台上可以自由组合各种简单的气动回路和气动系统。本气动平台还可以模拟自动化生产线、PLC 控制系统等一些常用典型装置。其结构紧凑、工作可靠、功能实用。适合大专院校气动技术、PLC 应用实验教学课程用。

关键词: 气动技术; 可编程逻辑控制器; 触摸屏; 继电器; 回路; 实验台。

Summary: This pneumatical experimental platform is controlled by PLC with various kinds of pneumatic components, reed switches, PLC, touch screens and other systems built up by sensors. This platform provides free combinations of all simple pneumatic circuits and pneumatical systems. It can also simulate certain common devices such as automatic line, PLC controlling systems etc. With its compact structure, reliable performance and practical functions, the pneumatical platform is ideal for PLC application teaching and pneumatics teaching in specialized schools and colleges.
keyword :pneumatics, programmable logic control, touch screen ,relay ,loop ,bench.
教师点评:

在现代化的自动生产线上, 广泛地采用了 PLC - 气动技术。

本设计全部采用工业元件, 构建了一套可以自由组合的模块化生产线搭建平台, 创造了模拟验证生产线设计的条件, 也可以用作自动化专业学生学习 PLC - 气动技术的工作平台。

通过搭建的自动送、下料的模拟盖章生产线的设计、制作与成功地调试, 反映出该生已能熟练应用 PLC - 气动技术。

在半年多的毕业设计过程中, 该生全身心投入, 亲自主持了从系统设计、设计图输出、零部件选购、系统制作与调试的全部过程, 合理地解决了设计制作过程中出现的问题, 其忘我的工作精神难能可贵。

从制成的样机来看, 该生已具备了较强的独立工作能力, 显示出具有独立承担大型工程项目的潜质。因工作量过大, 工程文件的整理尚待完善。

一、引言

在我国各高等院校的《气压传动技术》课程中, 普遍缺少一套合适的实验装置, 诸多的实验难以开展, 严重的影响了教学的质量和 student 动手能力的提高。鉴此我们针对性的开发和制造出了一套适合机电和自动化等专业教学用的 PLC-气动实验装置并在这套装置的基础上另外制造了一套模拟送料盖章的气动装置。

这两套装置不仅可供教师在课堂上展示各常见气动回路用, 让学生自由组合装配其中

的元件,通过 PLC 的编程,实现各种动作的组合。也可以用于自动化装置的前期验证和模拟。

这两套实验平台是典型的机电一体化装置:它们具有控制器、传感器、执行元件。它分为两套。其中一套上放置了各种常见的气动元件,并用它们搭建了压力控制回路、真空回路、机械手模拟装置、搬运机构模拟装置。可作课堂展示和在学生实验中使用。另一套模拟一个搬运物料并在物料上盖章的自动化生产过程,演示了物料从出仓到运送到工作台上盖章,最后运回的整个过程。学生可以对其进行拆解再重新组合或根据自动的想像对其进行改良或扩展。

二、前期的准备工作

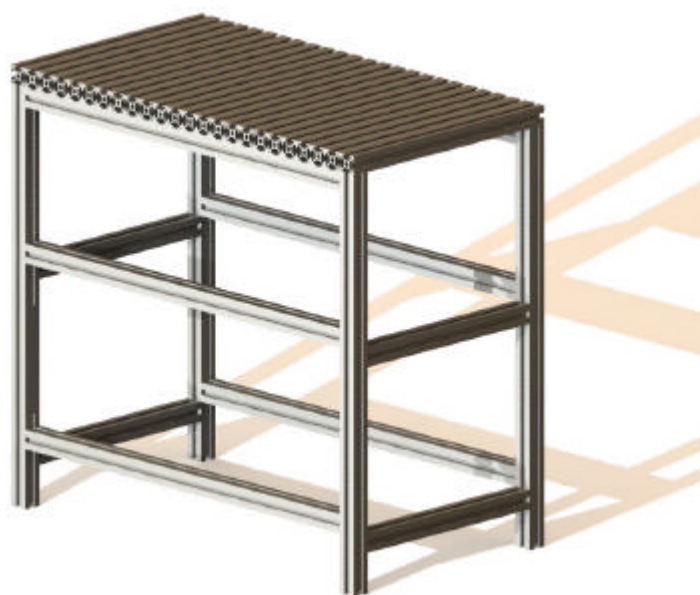
本毕业设计的主要目的是构建两套 PLC-气动技术实验平台,要求是将现代工业生产中常用的回路提取出来,之后将其缩小和简化,最后用工业元件将其搭建并调试到良好的运行状态。前期本人主要做了一系列的准备工作,从一开始到 SMC、FESTO 等气动元件的代理公司了解到了常用的气动元件和回路,之后陆续观看深圳职业技术学院和一些机械展会上的作品。在收集了各方面的资料经综合和分析之后,本人拟定了几套搭建的方案,最后定稿是制作一套基础回路的演示实验平台和一套送料盖章的模拟自动化生产的实验平台。

三、工作台

本设计的实验台由深圳天凌高公司的铝材搞建而成,实验台分两张,其中一张的尺寸是:长 780mm,宽 650mm,高 780mm 在其上安装着各种常用气动元件和一些基本的回路。气阀、PLC 和控制面板都摆方在便于观察和操作的地方,方便使用者实时观察,了解各元件的工作情况。另一张的尺寸是:长 720mm,宽 400mm,高 750mm 用于搭建送料盖章模拟演示系统,两平台的高度分别分 780mm 和 750mm 选取这样的高度是为了放便操作者能坐在凳子上对其进行操作,制作的过程是,先按已定方案确定安装面板的大小,画出架子草图,之后使用 SOLIDWORKS 制作三维图,由于天凌高公司所提供的铝材均为 6 米长一条,在询问截料刀口(5mm)后,计算出最省的截料方法和安装所需连接键数量,这样所购回的铝材就可直接按设计图进行安装了。两工作台的外观和尺寸如下:

400*650*720mm 架子 + 400*720 底板

工作台(1)的三维图:



架子的材料清单：

序号	材料型号	长度	数量	备注
1	A3030L-8	650mm	4	
2	A3030L-8	660mm	6	
3	A3030L-8	340mm	4	
4	A3090L-8	400mm	8	

650*750*780mm 架子+650*630 底板

工作台(2)的三维图：



单个架子的材料清单：

序号	材料型号	长度	数量	备注
1	A3030L-8	780mm	2	
2	A3030L-8	750mm	2	
3	A3030L-8	820mm	2	
4	A3030L-8	590mm	11	
5	A3090L-8	650mm	7	

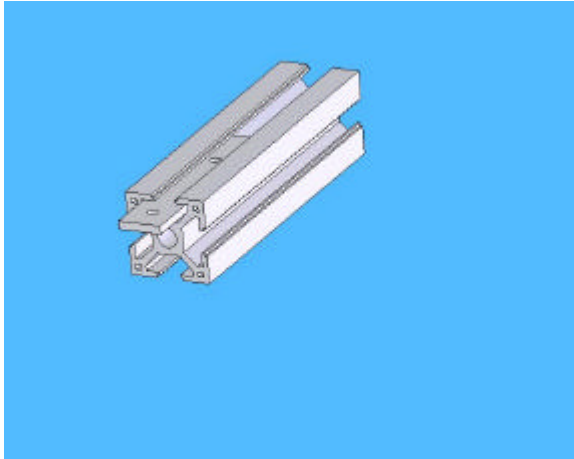
四、气动元件的选购和安装

(一) 元件的选购

本设计所选用的气动元件均为 SMC 公司生产。由于平实验平台主要用作演示和实验用，所以选用的零配件绝大部分为系列中的最小型号。这样一方面既可达到实验的目的，另一方面便于操作和节省能源（气源）。

(二) 元件的安装

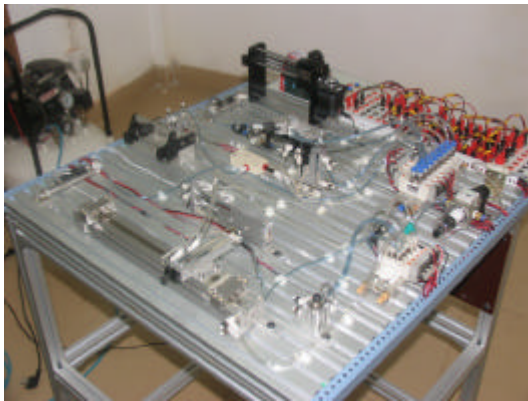
元件的安装是第一个遇到的较大的问题，一方面要使元件能在平台底板上自由安装，另一方面与架子铝材（A3030L-8、A3090L-8）所配套的均为 M6 的螺钉，而由于气动元件都是小型号的原因，所以它们大部分都是使用 M4 的螺钉固定。为了解决以上的问题。我们采用了一种 3mm*16mm 的铝条，和一种 M4 的柳接螺母如下图：



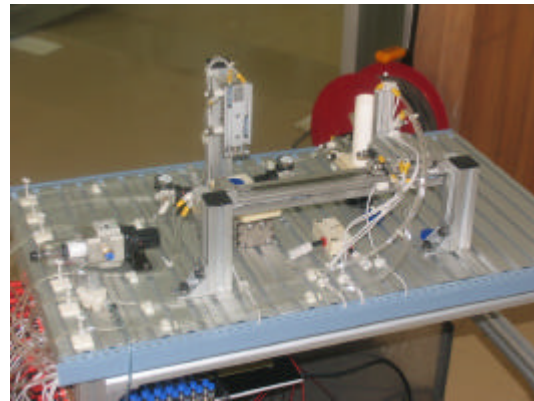
安装的方法：

1. 测出元件两定位孔间的中心距。
2. 用直径为 5.3 的钻打出相应中心距的孔。
3. 把 M4 的柳接螺母压进孔中。
4. 将铝条塞进槽中,根据所需位置要求调节其槽中位置。
5. 用 M4 螺钉将元件固定在铝条上,拧紧即可。

我们为每个元件加工这样的一个特殊的螺母,那么元件就可以在底板上方便的自由安装了。安装完成后两套实验台的实物图如下：



实验平台（一）



实验平台（二）

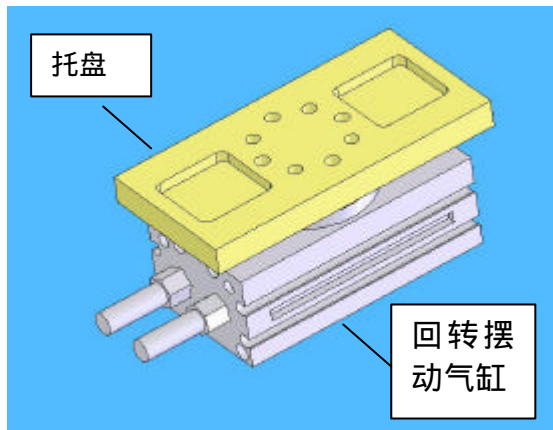
实验平台（一）上的元件与元件之间没有相对位置要求,所以安放的位置较为自由,主要是让其便于操作和美观整洁。

平台（一）：

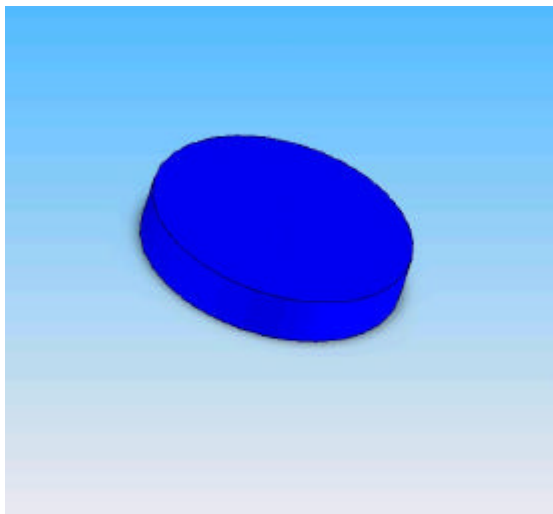
- （一）将各铝条塞进铝条的槽中,调好位置后将元件用螺钉固定于其上。
- （二）将相应的限位开关安装到元件上,并确定其位置。
- （三）用气管将元件与阀相连。气管长度按元件离气阀的最远位置决定。
- （四）将各限位开关和气阀的导线埋入线槽中。
- （五）接通电源,调节各限位开关的位置,记下各 I/O 接口注释。

平台（二）：

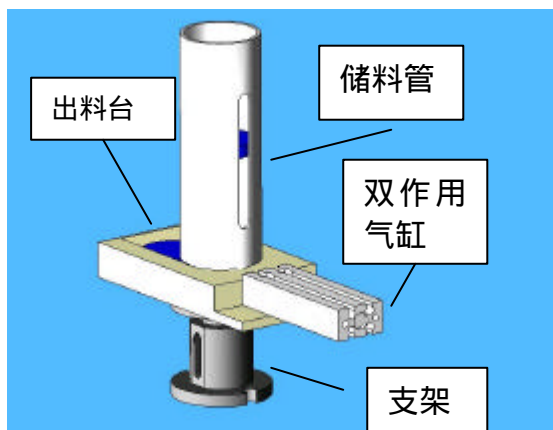
由于有工件在各元件上运动,所以每个元件与元件之间有相对位置的要求,而且工件、托盘和出料仓库等也不能直接购得,本人加工的几个部件如下：



由一个回转摆动气缸各一个自己加工的托盘组成，回转摆动气缸可来回作 180 度的摆动，所以称其为一个双工作台，具有两个工位，提高工作效率。



由蓝色有机玻璃板用雕刻机加工而成，也可直接用激光切割，元件的直径为 27mm 略小于出料台口便于推出，要求工作表面光滑干净，容易被吸盘所吸附。

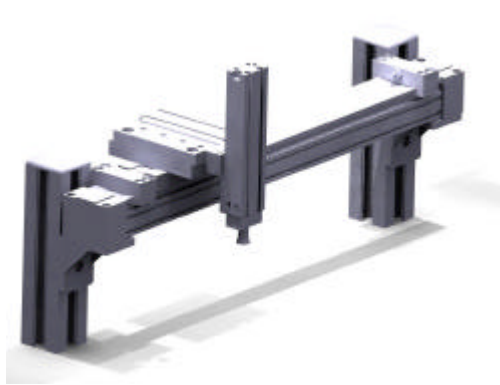


一个自己设计的出料仓库，由一个双作用气缸和一个支架，一个出料台和一条储料管组成。这样我们可以一次将大量的工件放于储料管中，气缸将其一个一个的依次推出出料台。支架可升降。

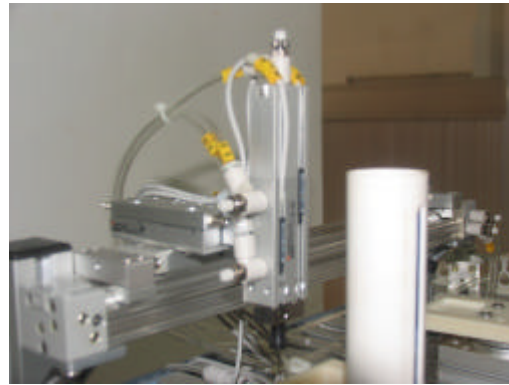
其安装步骤如下：

(?) 把各工作台上的各部分如图连接。

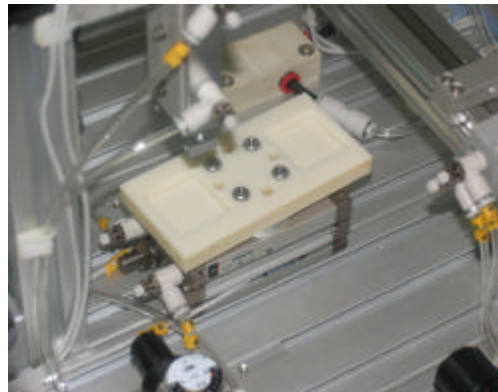
搬运机构的建模和实物如下：



出料仓库的实物如下：



双工作台的实物如下：



(二) 先将双工作台固定在工作台的中间位置上，然后将盖章用的气缸安装在其中一个工位的正上方。并调节其上下位置。

(三) 用手将搬运机构上的滑块移动到一个尽头，将吸盘拉下，将吸盘对准另一工位的中心位置。将搬运机构的左右相对位置固定后。再将被加工材料放到工位上，调节搬运机构的上下位置。搬运机构用的无杆气缸具有可调行程的功能，并可调节其与铝条的相对位置，而调节其上下位置。

(四) 再将滑块移动另一个方向的尽头后，将滑台拉出，吸盘拉下。并将根据地此时的吸盘的相对位置，调节出料仓库的左右位置和上下位置。出料仓库具有上下调节高度的功能。

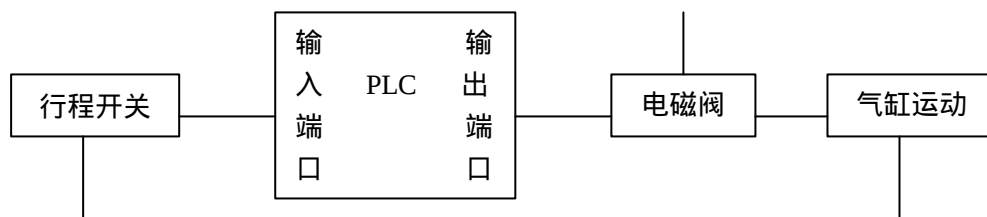
(五) 将阀和其它的辅助元件装上后，接通气路和电路接上后，调好程序，让其运行后再观察被加工材料在各工位上的运动情况，再仔细调节各元件的相对位置的不足。

五、气动实验台的概况

(一) 气动实验台的工作流程：

PLC 控制气动系统的基本控制原理如下“系统控制原理图”。首先，PLC 直接控制电磁阀的通断，以达到控制压缩空气来驱动气缸运动的目的。气缸的运动位置由行程开关检测，活塞到位后行程开关闭合，该信号返回到 PLC 的输入端口；PLC 接收到信号后运行用户预先设定的程序，然后输出信号驱动电磁阀线圈，再控制气缸的运动。如此不断循环，达到由 PLC 控制气缸运动的目的。理解这一控制过程后，对理解整个系统的运作有很大的帮助。

压缩空气

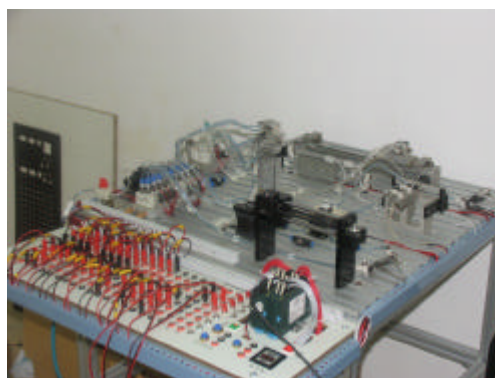


系统控制原理图

六、演示实验

本设计的演示实验主要分为两部分，第一部分是在实验平台（一）上搭建的四个基本回路的演示实验，第二部分是在实验平台（二）是搭建的送料盖章模拟系统。

实验平台一的实物图如下：

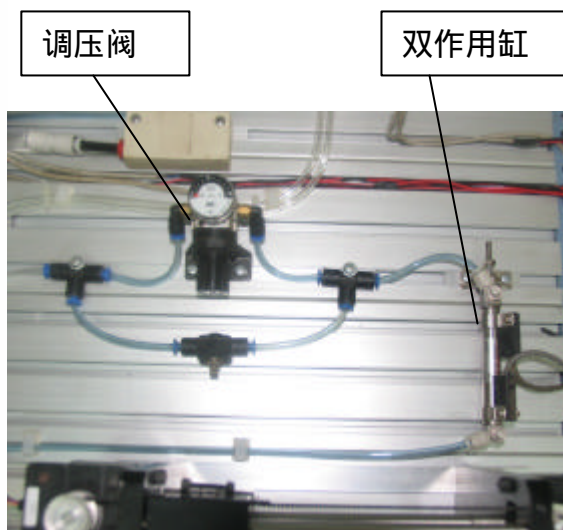
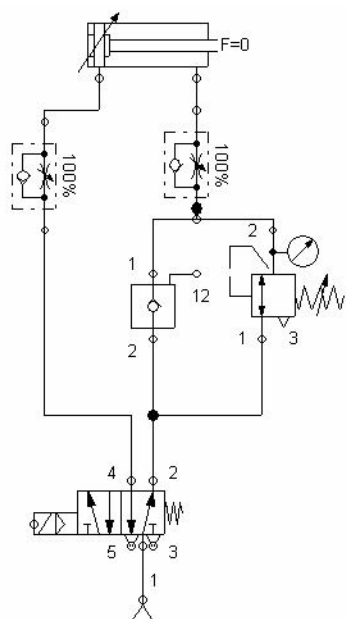


本实验平台设计了如下几个演示实验：

1) 压力回路：

在气动系统中,有时需要提供两种不同的压力,来驱动双作用气缸要不同的方向上运动。该回路中采用带单向阀的减压阀的双压驱动回路。

本演示实验的原理图和实物连接图如下：

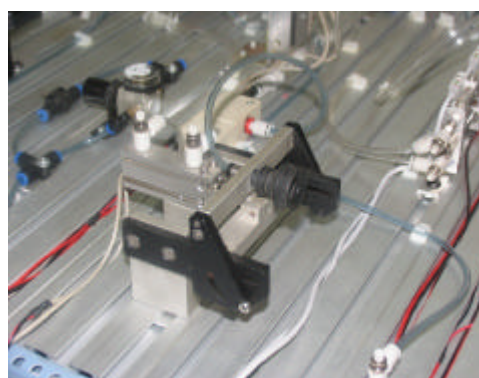
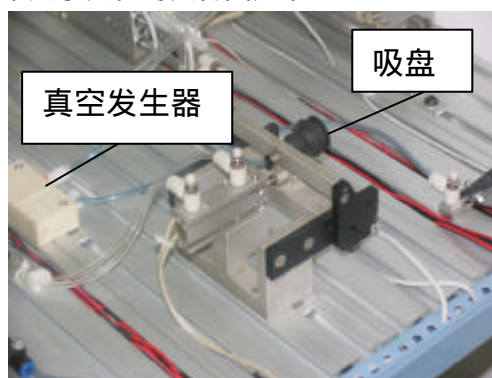


本演示实验的工作流程是，气缸被快速推出到达限位后，限位开关接通，PLC 收到该信息后，控制电磁阀动作，由于控制气缸缩回的气路经过了调压阀的调节，所以通过的气体流量和气压相对较小，达到慢速缩回的效果。这样在缩回过程中可以减少气体的流量，降低的气量的消耗。

2) 真空回路：

本演示实验是模拟机械手吸附物体的实验，所以把它称为“真空回路”演示实验。它由一个双作用气缸、一个真空发生器和一个风琴吸盘组成，当机械手伸出时将物体吸起，缩回时把物体放下。

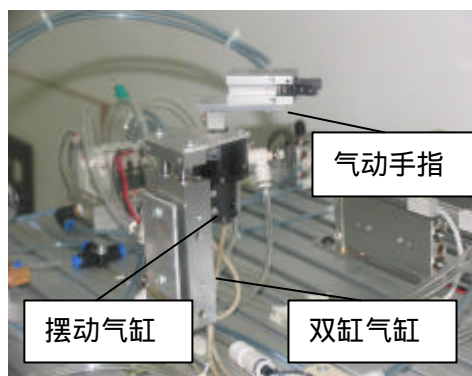
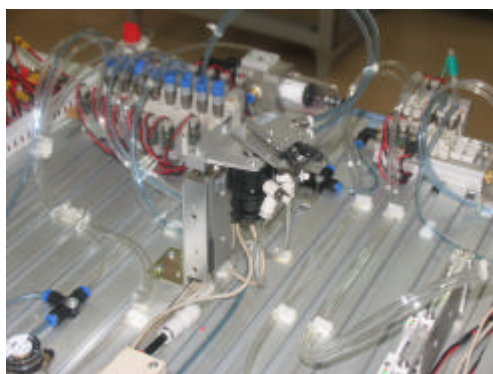
本演示实验的实物图如下：



3) 机械手：

本演示实验是模拟机械手拾放物体的实验，机械手指在工位一合拢拾起物体，升高旋转，然后降下手指松开，将物体放在工位二后，再回到准备状态。

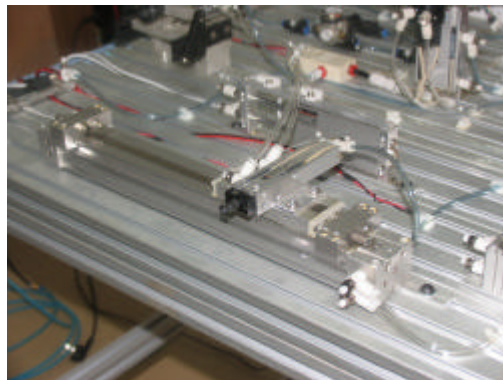
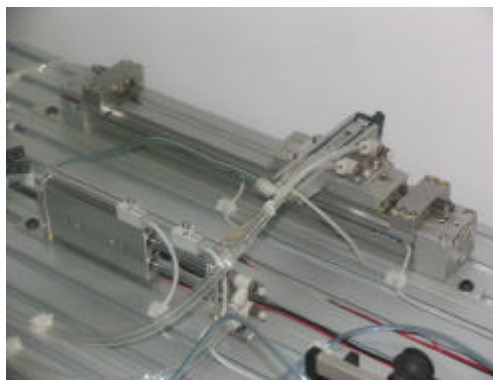
本演示实验的实物图如下：



4) 搬运机构：

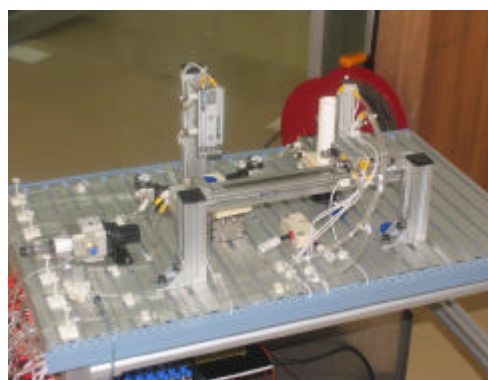
本演示实验是利用吸盘的吸附能力，将物体吸起，吸盘前伸时吸附物件，并由工位一搬运至工位二后放下的演示实验。并可搭配周边元件，扩展其功能。

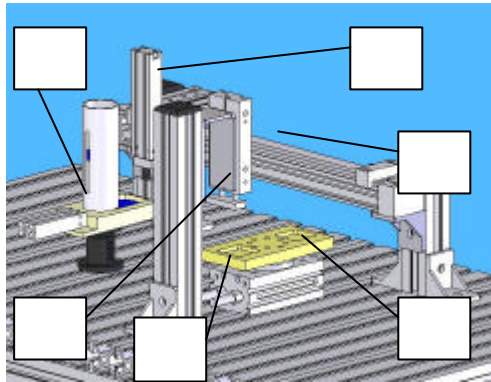
本演示实验的实物图如下：



5) 物料搬运盖章过程模拟：

本演示实验是模拟物料从仓库中被推出，然后被送至双工作台上进行盖章，最后被搬回的全过程。





气缸将元件从储料管中推出
吸盘前伸,下降将元件吸起后上伸,缩回
元件被搬至双工作台的其中一个工位上
双工作台旋转 180 度
盖章。同时执行
吸盘将随工作台转过来的已盖完章元件吸
起并送回起始公位置。准备下一个流程的
开始。

七、气动实验台的操作说明

- (1) 根据实验目的确定气动元件型号及数量,构造气动回路。
- (2) 根据气动回路编写控制程序,写好的程序要进行检查和编译,确保程序的合理性与正确性,并写上 I/O 注释,方便日后查看和改进。
- (3) 接上外部电源,按下控制面板上的“总电源开关”按钮,给 PLC 和控制面板供电。使 PLC 处于编程(Program)模式下,并通过 RS422 或 RS232 接线把电脑和 PLC 连接上,然后将程序传输到 PLC 上。
- (4) 按照所编写的控制程序,在控制面板上连接各对应端口(包括行程开关以及电磁阀的连接),尤其注意输入输出接口的正负接法,然后再构造气动回路。行程开关的所有负极已固接在“COM”上,故只需把一个“COM”连接到电源“0V”上即可;同样,所有电磁阀的负极也固接到“COM”上了。
- (5) 开动空气压缩机,注意气压的变化,将气压控制在 0.4~0.5Mpa 左右,打开控制气源通断的两位两通手动阀。(该阀是手动控制工作台的总气路的通断,同时也作为气缸运动的急停开关。)
- (6) 连接好电子回路以及气动回路后,将 PLC 切换到运行(Run)模式下,并按下控制面板上的“运行”按钮。此时 PLC 的输出信号就能通过继电器接口电路板(保护作用),驱动电磁阀,这样就可以控制气动执行元件的运动。如果程序需要外部触发信号,可以通过连接开关或光电传感器等来进行信号发生。

(7) 当要终止实验时关掉 PLC 电源,再将总气阀,最后将气泵电源关闭。

备注:调动设备前,若有元件没有停在我们预想的位置,我们可以先通过 PLC 编程软件的强制输入输出功能或写一段复位程序让其复位,使得各元件停留在我们所需要的位置。

八、故障的排除和常见问题的解决

实验平台运行时常见以下问题:

?? 气动元件不运动或移动缓慢:

首先,应当检查气源气压,若气压不足应给予补充。

其次,气压足够大,则检查一下,手动阀是否打开,节流阀是否关的太紧,若还不能解决问题时,我们就使用编程软件强制输出一个 Y 口输出,然后将相应的气管从元件中拔出,看是否有气流喷出。由于电磁阀是带单向阀的,往往由于气管所插的位置不对,导致单向阀没能打开而出现没有气流输出的结果。

最后,如果上述问题都不存在,则用万用表测量控制板的相应输出端口,检查其是否有电压输出。

二、系统在运行过程中突然停止:

首先,检查一下各限位开关的位置和工作是否正常,调节开关的位置,观察元件运动到相应位置时,PLC 是否有输入,若无在确保工作电压正常的情况下,将失效的限位开关更换。

其次,检查程序,往往理论正确的程序,在运行过程中也会有问题。特别要注意的是,步进程序的每一步,都是要一个脉冲的上升沿触发的。如出现一个限位开关一直接通,处于高电平的状态,那就要适当的修改程序,避开这一问题。也可尝试在程序相应的位置添加 R9013 或 R9014 (仅适用于松下 PLC)。

最后,如果问题都不存在或已解决,但系统还是在运行中无故中止,则可能是气动元件损坏,可尝试用手拨动气动元件,或强制输出,观察元件是否能顺利运行到要求的位置,若不行,则需更换气动元件。

十、结束语

以下是我对本次毕业设计的一些心得体会:

(一)本毕业设计的重点在于实现 PLC 气动回路控制的目的,以及进行产品化设计。前者已经很好的完成,而后者也做到了结构简单、功能实用和操作方便等几点。不足之处是缺少一条小型的传送带。

(二)本毕业设计涉及的知识点较多,而在实际操作中也遇到了很多细节性的问题,关键在于相关资料的积累、灵活运用以前学到的知识点和善于向别人请教。定好自己的工作计划,一步一个脚印的往下走。

(三)这次毕业设计可以说是一个完整的工程项目。从开始的资料收集、理论构思,到联系经销商、购买原材料,再到后期的零件加工、装配以及调试,一路下来,自己对这个设计思考过很多,提出过很多的观点和方法,最后也否决了很多。通过这次实际操作,自己从中得到了不少的收获,对做一个工程的流程也有所认识,对 PLC 和气动系统的理解也加深了不少。做完这个毕业设计后,我深深的感觉到要做好一个工程,单靠一个人的力量是远远不够的,我们要学会利用已有的资源,在打好理论知识的同时,也要注意相关资料的积累。

(四)这次毕业设计过程中我感受最深的是吸取前人的经验和教训,再结合自己的实际情况,站在巨人的肩膀上,定必事半功倍。

(五)在整个毕业设计过程中,遇到了大大小小的不少问题,但经过大家的合作和向别人请教,都已经把问题解决掉了,这样一方面提高了个人解决问题的能力,积累了不少的经验。另一方面也避免了在日后工作中犯同样错误的可能,加强了自己对以后工作的信心。

(六)本毕业设计在整体的框架上没有太多的难点。但到了最后发现小的问题比较多,设计的时候有些地方想的不够周到,一个原理上的机构运用在实际加工中去的时候往往容易遇到工件和元件相对定位的问题,而问题也往往会出在这个地方,例如工件和吸盘可能出现粘附,工作台加工的精度不够导致偏心,最后使得无法定位的问题出现.....实际当中可能会遇到的问题远不止这些。而且这些问题也不是所有都能解决的。这样我们就只能避开一些问

题或将其减至最小，使其最终达到最好的效果。

(七) 本气动实验台经安装调试后运作正常，效果良好，运行安全可靠，可以投入到教学工作中去。实验台有很强的组合性，在工作台上可以组合出不同的模拟自动化生产线上的装置，具有仿真的作用，仿真实验成功后可以运用到实际的生产上，为教学和科研创造良好的条件。

九、致谢

衷心感谢王华权老师、车间几位师傅和何国灵在整个毕业设计的过程中所给予的指导和协助，使我顺利的完成了毕业设计。经过四年的大学生活，我学到的不仅是学术上的知识，还有做事的能力和为人处事的方法。这次毕业设计的点点滴滴将永远留在我的心里，是我人生重要的回忆之一。我将怀着无比的信心和美好的愿望，踏上人生一个新的旅程。

参考文献：

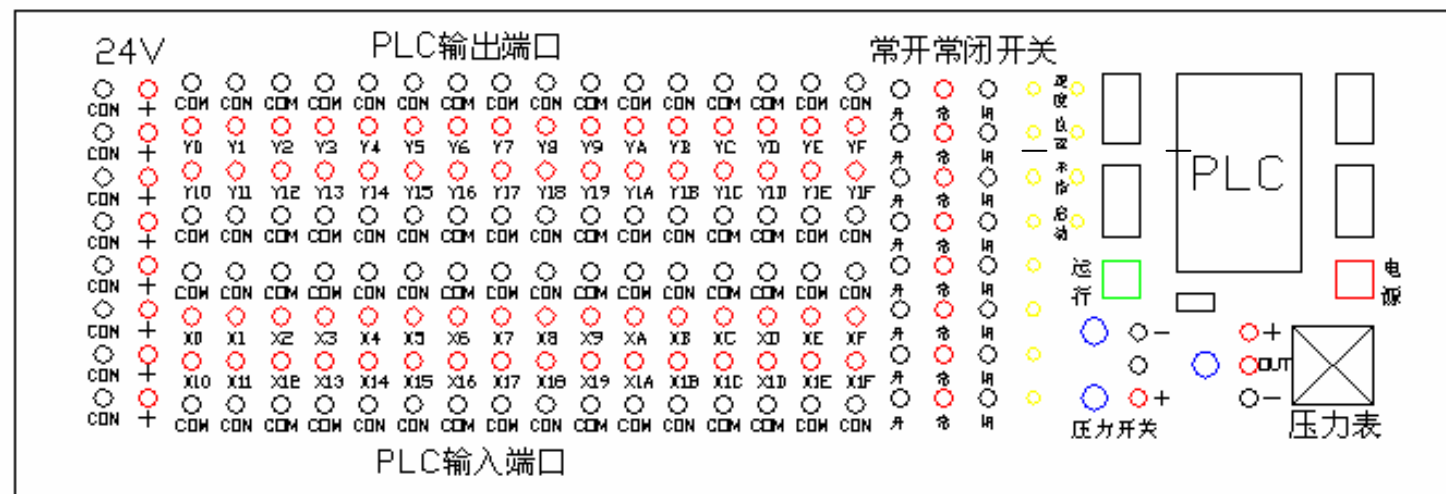
1. 汪晓光 孙晓瑛 王艳丹 可编程控制器原理及应用 机械工业出版社
2. SMC (中国有限公司) 现代实用气动技术(第2版) 机械工业出版社
3. SMC 产品样本(第5版)

(二) 控制板

两个实验平台分别配有控制面板

控制板一：

本控制板提供 32 点输入、32 点输出、8 组 24V 电源插孔、1 个压力表、1 个压力开关和多组常开常闭开关。外观如下：



本控制面板分为一下几个区域，它们的功能和作用如下：

1、24V 电源插孔：

电源插孔是向实验提供电源用

2、PLC 输出 Y 端口：

提供 PLC 各点的输出 Y 口

3、PLC 输入 X 端口：

提供 PLC 各点的输入 X 口

4、开关触点：

常开常闭开关的端口

5、实验开关：

控制面板上还装有 8 个开关，4 个两档的定位拨动开关，4 个按下的复位开关。这些开关可作为一些手动开关量，可用作手动控制和实验的启动、停止。

6、演示实验开关：

负责控制原有的气动平台的程序，有压力表和压力开关。演示实验控制开关共 4 个。它们在面板上的名称分别是：“吸盘”、“位置”、“手指”、和控制机械手模拟演示实验的启、停。

7、压力表和压力开关：

(1) 压力表

该压力表是液晶显示压力表，厂家是日本的 SMC，型号是 ZSE4 - 01 - 25。它实质上也是一个压力开关，当供应压力 $\geq$ 设定压力时闭合，用于正压的回路中。具体的参数和用法参见 SMC 气动元件手册。

(2) 压力开关

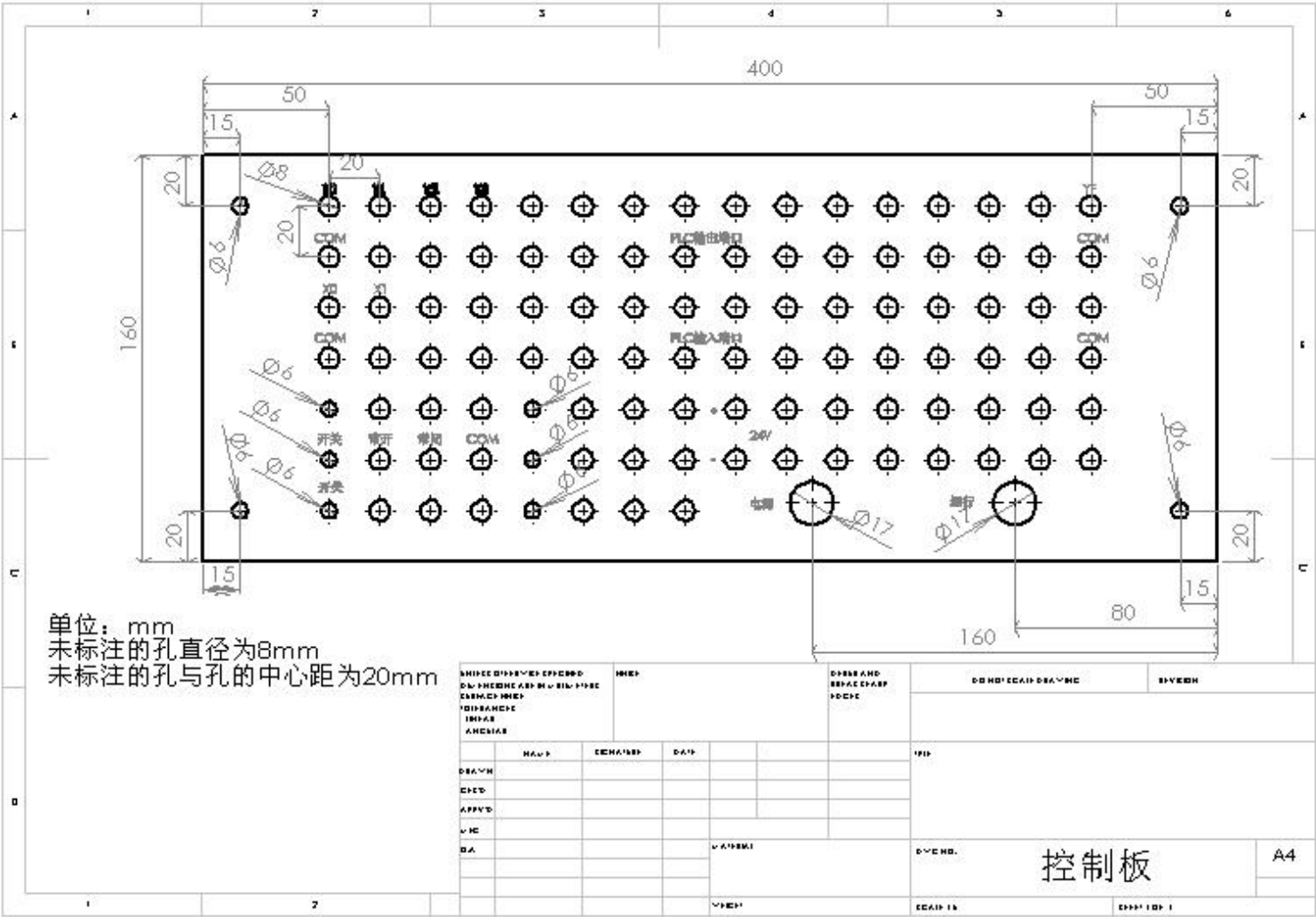
该压力开关是世界上、最轻便的电子式压力开关，厂家是日本的 SMC，型号是 PS1100 - R06L，当供应压力 $\leq$ 设定压力时闭合，用于负压的回路中。具体的参数和用法参见 SMC 气动元件手册。

8、电源开关、运行开关

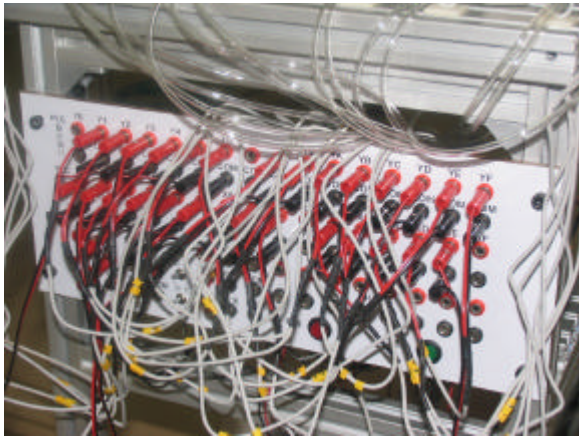
电源开关是带开关闭合红色指示灯的按下定位开关，是整个系统的电源开关。按下时 PLC 和面板上的电源插孔上电。运行开关是带开关闭合绿色指示灯的按下定位开关。按下时 PLC 接口电路板上的继电器线圈才能上电。

控制板二：

本控制板提供 16 点输入、16 点输出、8 组 24V 电源插孔和多组常开常闭开关。工程图如下：

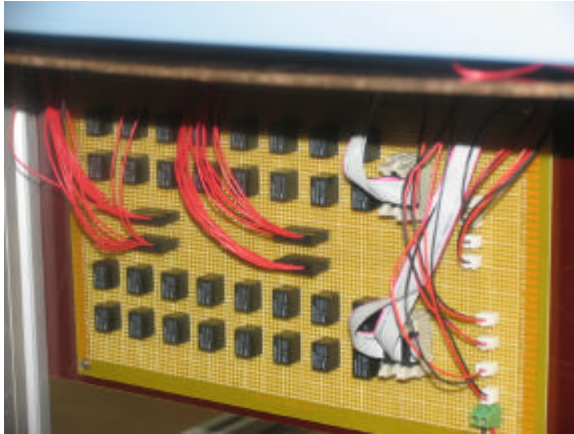


本控制板的实物图如下：



本控制板采用机床对控制面板进行钻孔、铣槽、铣外形等，由自己加工而成。控制面板上共有 $\Phi 8$ 孔 98 个，用于安装灯笼接口插座； $\Phi 6$ 孔 10 个，其中 6 个为开关插孔，4 个为固定螺栓插孔。还有两个 $\Phi 17$ 孔用于安装电源和运行开关。本控制板选用的电源是柏瑞公司的 BR90-1B 型电源，输入 110V/220V AC，输出 24VDC，有两路并联输出，为整个系统供电。

(三) 继电器板



每套实验平台都配有自己的继电器板，继电器的主要用途是将 PLC 的输出点和电磁阀或别的一些被控元件隔开，由于电磁阀等一些被控元件的工作电压可能与 PLC 输出的电压不一样。为保证 PLC 稳定工作并保护其不被烧坏，所以每个 PLC 的输出点都分别接上了一个继电器。由 PLC 的输出点控制继电器的接通和关闭，再由继电器的外接电压为相应的被控元件供电。

对数控平台控制性能的研究

(工程技术学院, 机械电子工程系, 机械设计制造及其自动化)

(学号 : 20011111026——何国灵)

(指导教师 王华权 高级工程师)

内容摘要: 本文先简单介绍了插补原理, 接着分析在数控平台控制性能研究上的应用。

关键词: 数控、插补、运动控制、数控平台。

教师点评:

本设计所涉及的微型数控机床模型是一件具有良好应用前景的产品。

该生在毕业设计过程中, 从开发现有的原型机的应用入手, 设计出多种典型零件, 采用 MasterCAM 的生成车/铣床的刀路, 加工出十多种具有代表性的零件, 并从加工过程中获得了对原型机床改进的第一手资料。

在上述基础上, 该生提出了一系列的关于机床结构、硬件、软件方面的改进方案并用 ProE 软件做出了改进结构设计的 3D 模型和工程图, 用 VB 做了一些介面设计, 还对 X-Y 滑台的控制性能做了研究, 取得了有价值的成果。

整个毕业设计工作做得深入、细致、全面, 表现出该生良好的实际工作能力和工程素质。但在文字表达能力方面有待提高。

在数控加工中,除了数控平台本身的精度外,有两个重要的因素导致步进电机丢步从而影响数控平台的精度。一个是电机的额定扭矩,当加工中受到的综合扭矩大于电机的额定扭矩时,将会出现电机的丢步,这个问题的解决办法是降低进给切削量,但需要牺牲时间为代价。另一个是步进电机的频率响应特性,当电机频率响应跟不上由驱动器发来的脉冲频率时,也会出现丢步的现象。它们的综合就决定了这个数控平台的加工精度,下面将研究一个特定数控平台在空载的情况下的综合响应特性。

二、插补原理

插补是在已知曲线的种类、起点、终点和进给速度的条件下,在曲线的起、终点之间进行“数据点的密化”。它需要计算出从轮廓起点到终点之间一系列中间点坐标值。下面将介绍众多插补算法中的一种叫脉冲增量插补算法。

脉冲增量插补算法主要为各坐标轴进行脉冲分配计算。插补结果是单个行程增量,以脉冲形式输出给各坐标轴的步进或伺服电动机。一个脉冲所产生的坐标轴移动量叫脉冲当量。用 δ 表示。脉冲当量是脉冲分配计算的基本单位,根据加工精度选择,普通机床取 $\delta=0.01\text{mm}$,较为精密的机床取 $\delta=1\mu\text{m}$ 或 $0.1\mu\text{m}$ 。插补误差不得大于一个脉冲当量。这种插补方法的控制精度和进给速度较低,因此主要适用于以步进电动机为驱动装置的开环数控系统。

下面以逐点比较法说明插补原理(第一象限的直线插补):

逐点比较法基本原理,在刀具按要求的轨迹运动加工零件时,不断比较刀具与被加工零件轮廓之间的相对位置,根据比较的结果决定下一步进给方向,使刀具向减少误差的方向进给,且只有一个方向的进给。逐点比较法每进给一步都要经过四个工作节拍:

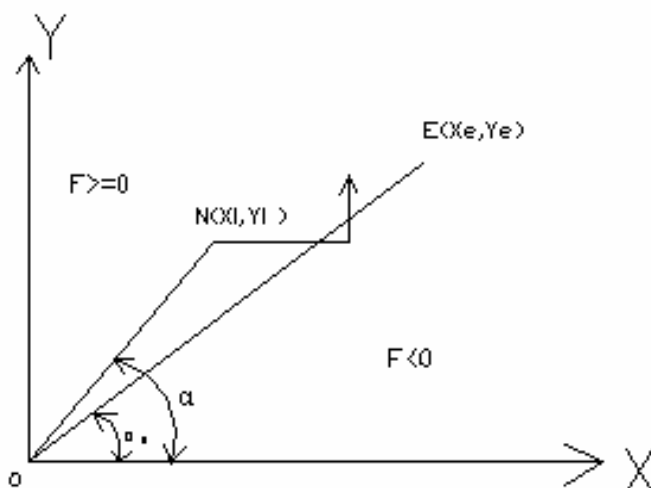
第一个节拍:偏差判别。判别刀具位置相对于给定轮廓的偏离位置,以决定进给方向;

第二个节拍:进给。根据偏差判别结果,控制刀具相对于工件轮廓进给一步,即向规定的轮廓靠拢,以缩小偏差。

第三个节拍:偏差计算。由于刀具在进给后已改变了位置,因此要计算出刀具当前位置的新偏差,为下一次偏差判别作准备。

第四个节拍:终点判别。判断刀具是否已到达终点,若已到达了终点,则停止插补,若还未到达终点,再继续插补,如此不断循环进行这四个节拍就可以加工出所要求的工件轮廓。

(1) 直线插补



第一步 偏差判别函数

设第一象限直线 OE 的起点为原点, 终点为 E (X_e, Y_e), 如左图示, 直线 OE 与 X 轴的夹角为 α , 设

某一时刻的动点为 $N(X_i, Y_i)$, 直线起点到动点的连线 ON 与 X 轴的夹角为 α 。

若 $\alpha > \alpha_0$ 表示动点在规定直线的上方, 为减小偏差应向 $+X$ 方向进给一步; 若 $\alpha < \alpha_0$, 表示动点在规定直线的下方, 为减小偏差应向 $+Y$ 方向进给一步。

比较角度 α 与 α_0 的大小, 只要比较它们的正切值 $\tan \alpha$ 与 $\tan \alpha_0$ 的大小即可, 这里

$$\tan \alpha = Y_i / X_i$$

$$\tan \alpha_0 = Y_e / X_e$$

比较它们的大小, 又可化为判别它们差的符号, 因为

$$\tan \alpha - \tan \alpha_0 = Y_i / X_i - Y_e / X_e = (X_e Y_i - X_i Y_e) / X_i X_e$$

而 $X_i X_e > 0$, 所以 $\tan \alpha - \tan \alpha_0$ 与 $X_e Y_i - X_i Y_e$ 符号相同, 于是可取后者作为偏差判别函数. 即令

$$F = X_e Y_i - X_i Y_e$$

当偏差判别函数 $F=0$ 时, 点正好在直线上; 当 $F>0$, 点在直线上方; 当 $F<0$ 时, 点在直线下方. 为了方便, 将 $F=0$ 归入 $F>0$ 。

第二步 进给

进给方向由偏差判别结果决定, 即

$F \geq 0$, 进给一步 $+X$

$F < 0$, 进给一步 $+Y$

第三步 进给一步后, 需计算刀具当前位置的新偏差, 为下一次偏差判别作准备。按上述的偏差函数式计算时, 要进行乘法或减法运算, 为简化运算, 通常采用下述递推式计算。

开始插补时, 刀具位于直线的起点 O , 因此偏差为零, 即

$$F=0$$

经 1 次插补后

$$F_i = X_e Y_i - X_i Y_e$$

若向 $+X$ 方向进给一步, 则

$$X_{i+1} = X_i + 1, Y_{i+1} = Y_i$$

因此, 新的偏差判别函数

$$F_{i+1} = X_e Y_{i+1} - X_{i+1} Y_e = F_i - Y_e$$

若向 $+Y$ 方向进给一步, 则

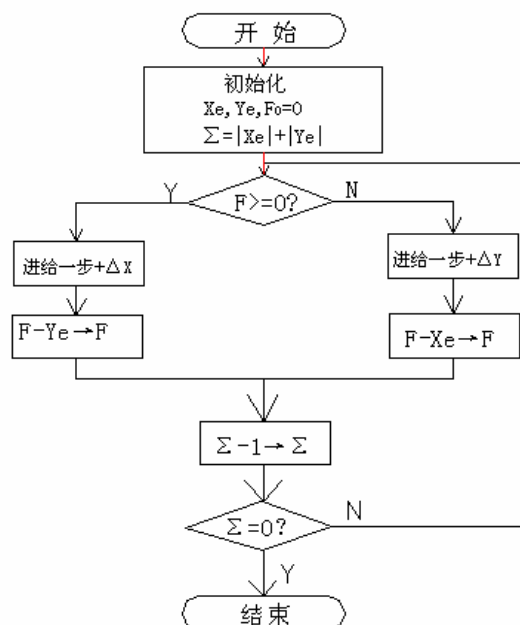
$$X_{i+1} = X_i, Y_{i+1} = Y_i + 1$$

因此得新的偏差判别函数

$$F_{i+1} = X_e Y_{i+1} - X_{i+1} Y_e = F_i + X_e$$

由递推结果可知, 偏差判别函数仅与已知的终点坐标值有关。新的偏差函数可由上一动点的偏差函数递推出来, 计算式为: $F - Y_e \rightarrow F$ 或 $F + X_e \rightarrow F$

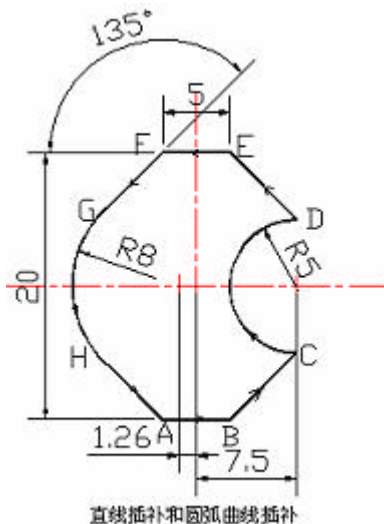
第四步 每进给一步后, 都要进行一次终点判别, 直线插补的终点判别可采用下面这种方法, 叫总步长法, 将直线段在 X 和 Y 方向应走的总步数求出, 即 $\Sigma = |X_e| + |Y_e|$ 每走一步后, 就执行 $\Sigma - 1 \rightarrow \Sigma$, 即从总步数中减去 1, 直到 $\Sigma = 0$ 为止, 表



第一象限直线插补计算流程

示到达终点.

三、数控平台上的应用



图一

(1) 目的: 用 X、Y 轴直线和圆弧插补来插补左图中的曲线, 检验数控平台的综合响应特性。

插补由 A 点开始。A→B→C→D→E→F→G→H→A。X 轴在水平方向, Y 轴在坚直方向。由图一中可见曲线的尺寸很小, 因为滑台的行程也很小的原故。

(2) 计算过程:

A---B 直线插补, 因为 AB=5mm, 螺距为 1, 所以 X 轴的步进电机要转的角度为 $5 \times 360 = 1800$ 度, 而电机 0.72 度/步, 再把它细分为 2 份, 则一个脉冲走 0.36 度。所以所需脉冲数为 $1800 / 0.36 = 5000$ 个。

B---C 直线插补, C 点相对于 B 点的坐标为 X5, Y5; 算法与上同, X 轴的步进电机应发 5000 个脉冲, Y 轴的步进电机也应发 5000 个脉冲。

C---D 顺时针圆弧插补, 此时 X 轴步进电机先向负方向发 5000 个脉冲, 再向正方向发 5000 个脉冲; Y 轴步进电机正方向发 10000 个脉冲。

D---E 直线插补, E 点相对 D 点坐标 X-5, Y5, 则 X 轴步进电机向负方向发 5000 个脉冲, Y 轴步进电机向正方向发 5000 个脉冲。

E---F 直线插补, F 点相对于 E 点的坐标为 X-5, Y0, 则 X 轴步进电机向负方向发 5000 个脉冲, Y 轴电机不发脉冲。

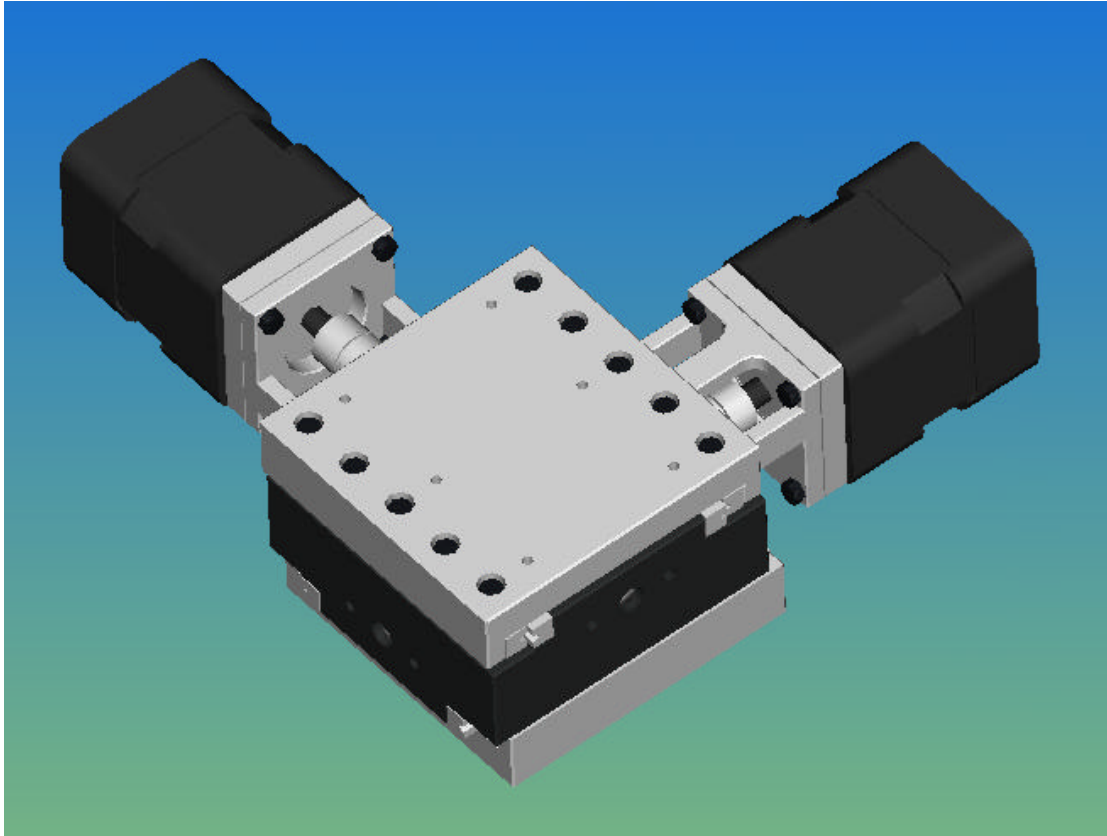
F---G 直线插补, G 点相对于 F 点的坐标为 X-5, Y-5, 则 X 轴步进电机向负方向发 5000 个脉冲, Y 轴电机也向负方向发 5000 个脉冲。

G---H 逆时针圆弧插补, 此时 X 轴步进电机先向负方向发 3020 个脉冲, 再向正方向发 3020 个脉冲, Y 轴步进电机向负方向发 12530 个脉冲。

H---A 直线插补, A 相对于 H 点的坐标为 X5, Y-5, 则 X 轴步进电机向正方向发 5000 个脉冲, Y 轴步进电机向负方向发 5000 个脉冲。

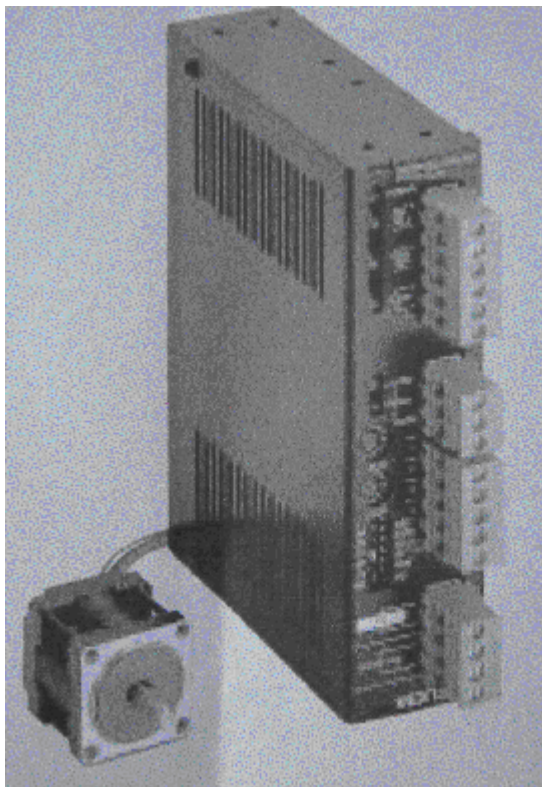
(3) 硬件准备部分

a. 选择滑台。选用图二示的滑台。X、Y 方向的行程都为 40mm。



图二

b. 选择电机。选用东方电机的 PMU Series High-Speed Type 五相步进电机。



这种电机的特点：

- a、外形尺寸小；
- b、高扭矩输出；
- c、低震动；
- d、由函数驱动。

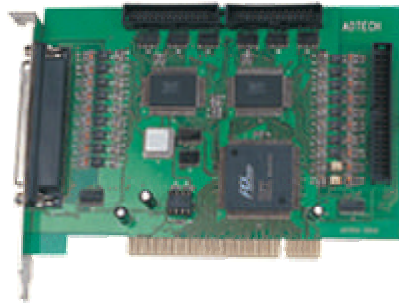
图三

c. 主轴

主轴用笔代替，把笔固定在支撑架上。用来模拟主轴画出所需的图形。

d. 控制器的选择

选用众为兴数控公司生产的四轴运动控制卡。它的资料如下：



ADT-850 基于 PCI 总线 4 轴运动控制卡

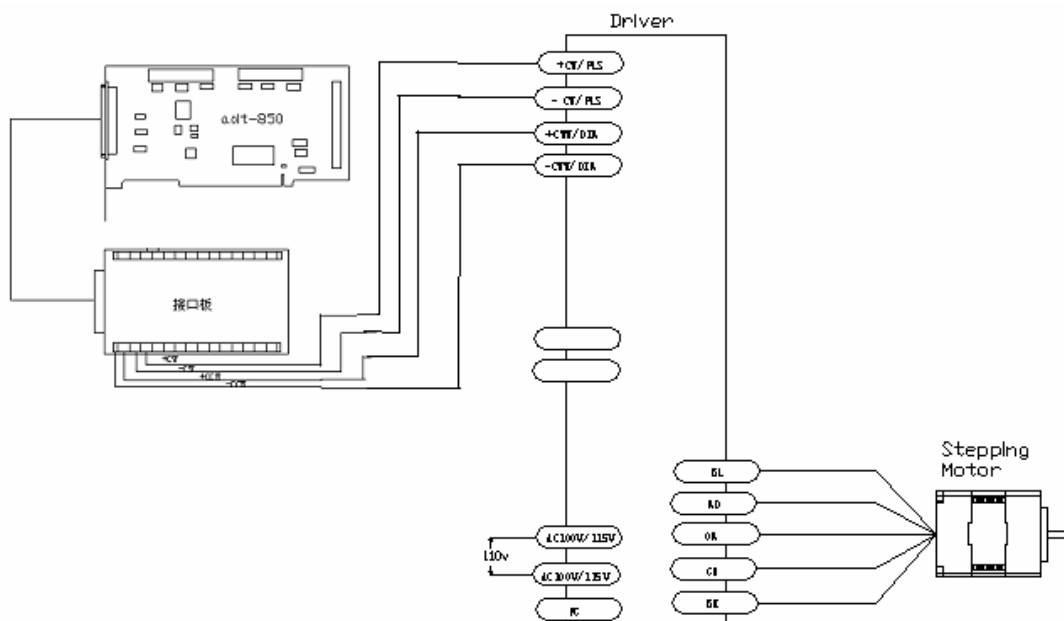
特征：

- 32 位 PCI 总线，即插即用
- 4 轴步进/伺服电机控制
- 32 路数字输入
- 32 路数字输出
- 直线/圆弧插补，连续插补方式
- 运动中变速
- 非对称加减速运动

图四

(4) 接线图

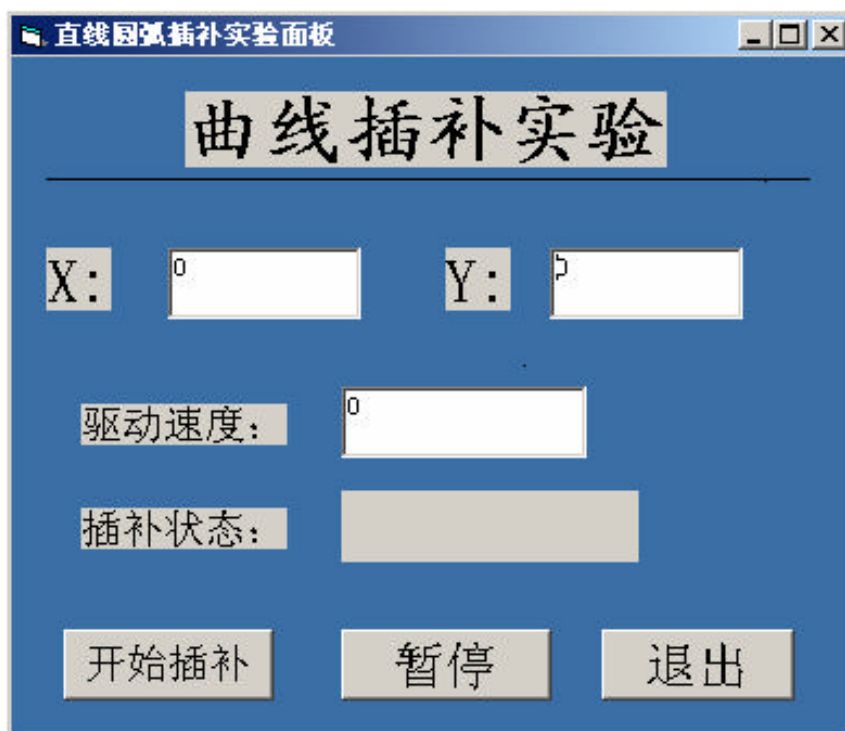
下图是运动控制卡、接口板、驱动器以及步进电机的连接图。



曲线插补的硬件接线图

图五

(5) 软件程序部分
控制界面如下：



图六

界面用 VB 编写，如图六，X 和 Y-----刀具（在这里用笔代替）的位置；
驱动速度-----X 和 Y 轴的进给速度；插补状态-----显示在进行哪一段曲线的插补。控制按钮有三个，分别是开始插补、暂停、退出。

众为兴公司在提供运动控制卡同时也提供了它的底层函数，在实验过程中只需调用它的底层函数。下面对用到的函数进行一些说明。

- 1、`adt850_initial(void)`-----用来初始化一些参数和确认可使用的卡数。返回值为系统中 `adt850` 卡的个数。
- 2、`set_pulse_mode (cardno, axis, value, logic, dir_logic)`-----这个函数用来设置脉冲的输入方式，是独立两脉冲方式还是一脉冲方式，以及是正逻辑脉冲还是负逻辑脉冲，和方向输出信号是正逻辑还是负逻辑。
- 3、`set_ad_mode (cardno, axis, value)`-----此函数用来设置加/减速方式，因为速度不能突变，都是需要一个过程，从 0 加速到某一数值或从某一数值减速到 0。加/减速方式有两种，一种是直线加/减速，另一种是 S 曲线加/减速方式。
- 4、`set_dec1_mode (cardno, axis, value)`-----此函数用来设置非对称梯形加/减速的。是梯形对称加/减速还是非对称梯形加/减速。
- 5、`set_dec2_mode (cardno, axis, value)`-----此函数用来设置加/减速定量驱动的减速方式，是自动减速还是手动减速。在实验中设置为手动减速，手动减速要设置减速点。
- 6、`set_dec_pos (cardno, axis, value)`-----此函数用来设置手动减速点的数值。
手动减速点=输出脉冲数-花费在减速上的脉冲数。

- 7、set_acc (cardno, axis, value) ----此函数用来设置加速度的数值的。
- 8、set_dec (cardno, axis, value) ----此函数用来设置减速度的数值的。
- 9、set_range (cardno, axis, value)-----此函数用来设置范围。范围决定速度、加/减速度的变化率的倍率参数,假设把范围数值作为 R, 则倍率是下述的算式 倍率=800000/R。
- 10、set_startv (cardno, axis, value) -----此函数用来设置初速度,它是加/减速驱动的加速开始时的速度和减速结束时的速度。
- 11、set_speed (cardno,axis, value) -----此函数用来设置驱动速度,它是加/减速驱动中达到定速区域的速度。定速驱动从该速度开始运行。把这个驱动速度设定在初始速度以下的话,不运行加/减速驱动,开始就运行定速驱动。
- 12、inp_move2(cardno, no, pulse1, pulse2)----此函数用来做直线插补,参数 pulse1 和 pulse2 是移动的相对距离。
- 13、inp_cw_arc(cardno, no, x, y, i, j)-----此函数用来做顺时针 CW 圆弧插补。
- 14、inp_ccw_arc(cardno, no, x, y, i, j)---- 此函数用来做逆时针 CCW 圆弧插补。
- 15、adt850_end-----此函数用来退出程序,释放卡占用的资源。

(6) 实验结果分析。

驱动器调到半步驱动的状态下,速度不同的情况下的得出的曲线如下图,



图 七



图 八



图一所示的步进驱动速度为 1500 个脉冲/秒,相当于 1.5mm/s。走出的是一条符合要求的曲线。

图二所示的步进驱动速度为 6500 个脉冲/秒,相当于 6.5mm/s。走出的是一条开始失真的曲线。

图三所示的步进驱动速度为 7000 人脉冲/秒,相当于 7.0mm/s。走出的曲线已严重

失真。

可见，在小于 6500 个脉冲/秒的情况下，

图 九 能走出符合要求曲线来。大于 6500 个脉冲/秒就开始失真，电机的频率响应跟不上。

四、结束语

用运动控制卡和 XY 滑台的结合，可以实现二维曲线的插补；当加上 Z 方向的滑台，还可实现三维曲线的插补。传统机械不能做到的曲线轨迹，在这就变得容易多了。这可以对传统机械进行结构改造和创造一些全新的特殊的传统机械做不出来的机械。

参考资料：

- [1] 龚仲华. 数控技术. 机械工业出版社
- [2] 数控原理及系统. 中国劳动社会保障出版社
- [3] 刘跃南, 雷学东. 机床计算机数控及应用. 机械工业出版社
- [4] 众为兴数控 ADT850 运动控制卡使用说明书

遥控玩具车结构设计

(工程技术学院, 机械电子工程系, 机械设计制造及其自动化)

(学号 : 20011111009——黎超强)

(指导老师 王华权 高级工程师)

内容提要 :通过分析 YH800 玩具车的运动原理和结构,根据实际情况提出了接合套换挡变速系统的设计,提供了整个车体结构系统的设计流程,工程文件的编制及 Pro/ENGINEER 在各设计阶段的应用。

关键词:接合套换挡机构,玩具,渐开线齿轮,Pro/E 设计,工程图

教师点评:

本项目为一套完整的车体结构 3D 设计。设计者采用了 PRO/E 软件,实现了对复杂的齿轮、车轮和曲面车身零部件的 3D 建模,并完成了 3D 装配、干涉检查和运动仿真动画。通过整理工程文件,该生领会了工程设计后续工作的重要性并获得了进行工程文件整理、归类的知识和方法。

该生自编了齿轮参数化设计的界面模板和工程图的模板,设计文件规范,变速器装置设计巧妙、简单合理。

从设计输出的结果来看,该生已能熟练运用 PRO/E 软件,掌握了机械结构设计的工具和方法,工程文件的编制方法,具备了从事产品设计的能力。

一、市场分析及设计方案的提出

1.1 市场分析

随着生活水平日益提高,人们在充分满足了食宿住行各方面的需求后,对平时的娱乐方面也有了更高的需求。当然玩具是人们在娱乐中必不可少的一种工具,而作为玩具小车,面向的市场为青少年,这个年龄阶段的孩子除了追求小车飞快的速度带来的刺激感外,同时也会对小车的灵活控制提出更高的要求。市场上目前有着许许多多的玩具小车,但是,根据我们的调查研究,发现许多产品的发展尚有一定局限,体现在:

1、机械工作方式单一;2、控制功能不强;3、对路面状况要求高;4、提供可玩的功能少。

1.2 提出设计理念

现针对以上所述的几点局限,为满足使用者要求,我设想设计一种多功能遥控玩具小车,其设计理念如下:

- 1、工作方式多。有多个驱动源,提供多种工作方式。
- 2、提供多种可玩功能。包括:高速行驶、转向,低速行走转向,绕垂直地面的轴转动,前后翻转,越过障碍物,翻身行走、转向,攀爬阶梯等等。
- 3、控制功能好。采用无线遥控方式。
- 4、通过对遥控器按键的组合可以实现多种特技玩法,可以开发玩者的思维。

二、设计方案分析确定

本玩具小车设计是采用参照设计的方法进行设计的,就是参照现在流行的产品,在它们的基础上,对它们没有的特性进行开发、更新,在设计过程中很多的零件都是利用参照的方法来确定的。这样不但开发的周期短,而且更新得更快。下面的设计参数是对比广东省南海

市南庄鹰豪玩具有限公司的 YH800STUNT 特技战车所得：

驱动源：4 个马达

车轮外径：92mm、67.2mm、58mm

大轮轮距：160mm

中轮轮距：150mm

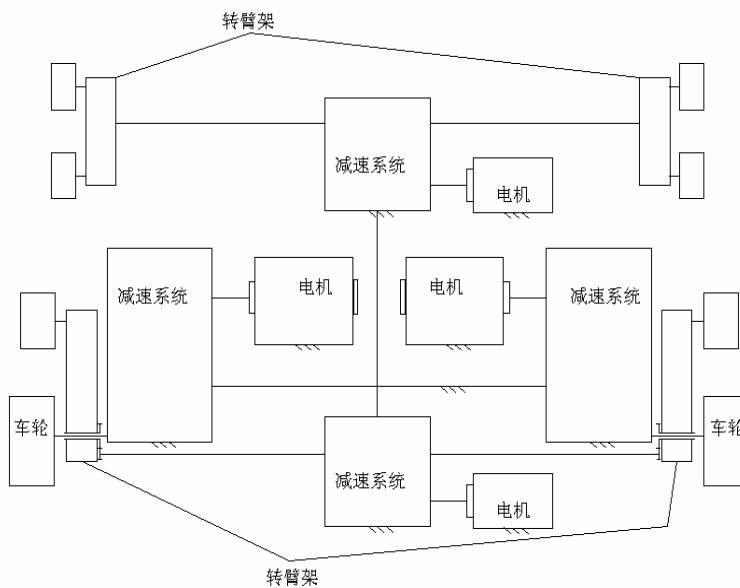
小轮轮距：125mm

轴距：94mm、60mm、222mm

额定电压：DC9V

2.1 传动方案分析

经参照可知道：本设计是由多个传动系统组合而成的。将其传动方案分解可得图如下：



如左图，后驱部分由两组相同的电机—减速箱系统对称分布而成，每组系统可以进行单独控制，通过控制电机的正反转可以实现转向、转弯，同时也可以同向同速运转，前进、后退。

另外后驱部分还设有一个转臂系统，通过对电机的控制来实现车体升降、翻转等。

图 2-1 整车的传动原理简图

前驱部分只设有一个转臂系统，车轮属于从动方式。转臂系统配合后驱部分的转臂系统实现越过障碍物，攀爬等功能。

2.2 YH800 数码战车样机传动方案与分析

2.2.1 YH800 数码战车样机传动原理图

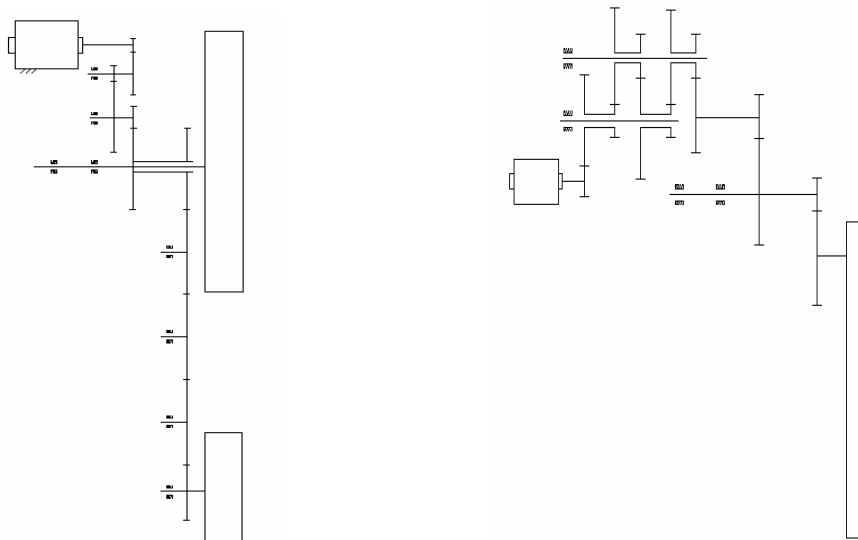


图 2-2 驱动轮转动部分

图 2-3 转臂部分

YH800 数码战车利用上述的两种传动机构的组合,通过遥控器对四个电机的控制、搭配,可以实现:自由行走、立臂行走、.前后翻身行走、.翻背行走、翻身立臂行走、昂身行走、.竖立行走、.越障行走与转向、转圈、攀爬等功能。

2.2.2 YH800 数码战车存在问题:

- 1) 前进速度快,但速度单一,小车定位不准确,转弯难以控制;
- 2) 高速使得输出扭矩小,上坡困难;

因此如何改变小车的速度,以达到转弯时提高控制性能,上坡时增大输出扭矩等目的就成为首要解决的问题。

2.3. 设计方案的确定

采取的解决方案是修改驱动系统的传动比,在原变速系统中增加变速齿轮(组)。通过增加系统的变速齿轮,使得小车可以获得多种速度,在平整地面走直线时可以利用高速档高速行驶,在转弯或者上坡时就变为低速档来达到慢转弯以及提供大扭矩上坡等目的!

这样后驱的减速系统必须有换档变速装置,改变小车传动比,可以使小车具有更加稳定的速比传动,同时可以实现变速,从而具有稳定准确的转弯功能。

考虑毕业设计的情况:

- 1) 小车的车载重量只有自重,而且只要求两种速度的变换,换档冲击不大;
- 2) 若加上同步器的设计,难度大大增加,而且加上之后,会使变速箱宽度增大(齿轮数目增加了),加工难度也会变大。

故该设计的变速器部分采用接合套式换档变速器(只含有两种速度的改变)。

接合套换档变速器是具有装有常啮合齿轮的平行轴,传动比的改变通过使用滑动接合套锁定空转齿轮于其轴上来实现的。其优点是齿轮和接合套上的花键均有圆角便于换档,换档冲击。

设计的运动简图:

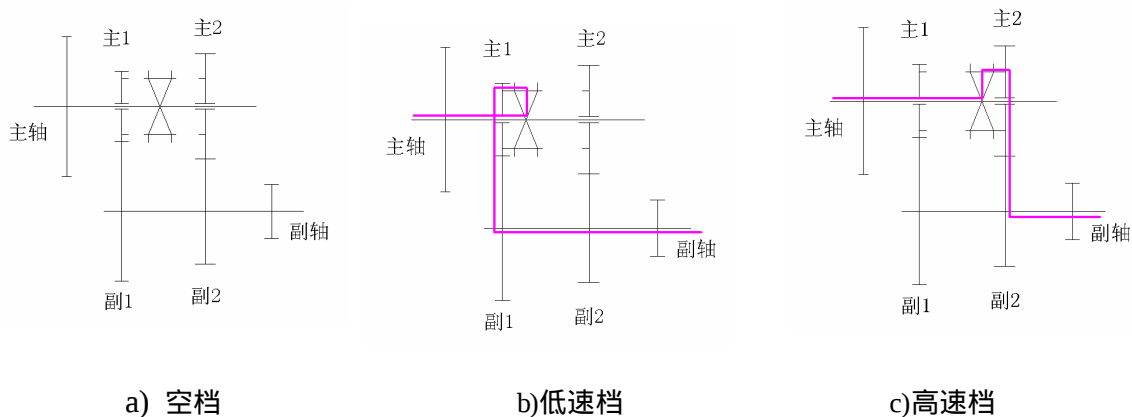


图 2-4 变速系统换档装置

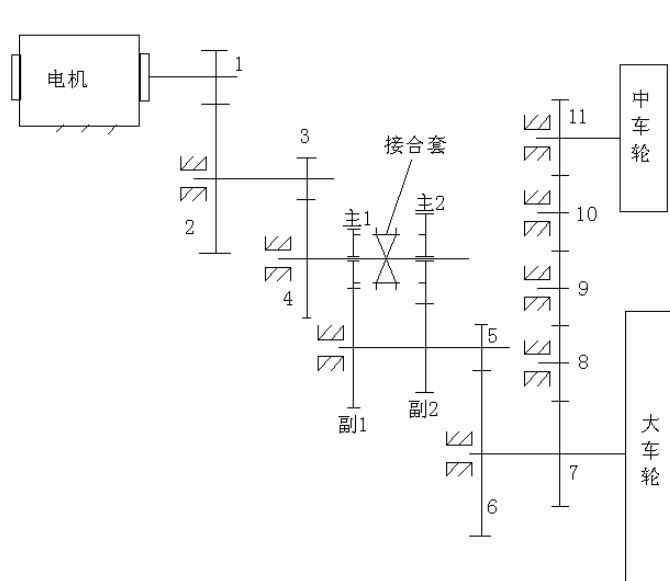
如上图所示,主 1、主 2 齿轮和接合套设计有凸块,齿轮和接合套是通过凸块进行啮合的。主 1、主 2 齿轮空套在主轴上,接合套通过花键与主轴啮合,可以随主轴转动且可以进行轴向的移动,主 1 副 1 和主 2 副 2 齿轮为常啮合齿轮组,其他齿轮与轴都是过盈配合。

变速系统换档装置选择空档(上图 a),此时两组常啮合齿轮都是空转,没有扭矩输出到副轴上;

变速系统换档装置选择低速档时(上图 b),扭矩的输出过程:主轴——接合套——主 1 齿轮——副 1 齿轮——副轴;

变速系统换档装置选择高速档时(上图 c),扭矩的输出过程:主轴——接合套——主 2 齿轮——副 2 齿轮——副轴。

驱动总系统及分析:



扭矩由电机通过齿轮 1 输出,经过齿轮 1、2、3、4 的两级传动减速,连到变速系统的主轴上,然后通过主 1 齿轮和主 2 齿轮中间的接合套选择接合齿轮,从而使得扭矩可以通过主 1—副 1 或者主 2—副 2 其中的一组常啮合齿轮传到副轴,再由齿轮 5、6 组成的传动系将扭矩输出到大车轮上。而由齿轮 7、8、9、10、11 组成的四级传动中,作用是利用齿轮组成的传动机构,产生合

图 2-5 后驱系统的驱动传动原理图

适的传动比,使得大车轮与中车轮运动时的线速度一样。而选择主 1—副 1 或者主 2—副 2 其中的一组常啮合齿轮传动系统时,就实现了一个变速的过程。

各种设计的参数确定与计算

所有齿轮都用渐开线标准齿轮设计,压力角 $\alpha = 20^\circ$

如上图:

1 号齿轮:	$m = 0.6$	$z = 12$	$B = 4.8$
2 号齿轮:	$m = 0.6$	$z = 34$	$B = 2$
3 号齿轮:	$m = 0.8$	$z = 10$	$B = 7$
4 号齿轮:	$m = 0.8$	$z = 30$	$B = 3$
主 1 号齿轮:	$m = 1.0$	$z = 10$	$B = 3.5$

主 2 号齿轮 : $m = 1.0$	$z = 15$	$B = 3.5$
副 1 号齿轮 : $m = 1.0$	$z = 20$	$B = 3.5$
副 2 号齿轮 : $m = 1.0$	$z = 15$	$B = 3.5$
5 号齿轮 : $m = 1.0$	$z = 10$	$B = 5$
6 号齿轮 : $m = 1.0$	$z = 26$	$B = 4$

于是有 :

$$\text{低速档传动比 : } i = (34 \times 30 \times 20 \times 26) / (12 \times 10 \times 10 \times 10) = 44.2$$

$$\text{高速档传动比 : } i = (34 \times 30 \times 15 \times 26) / (12 \times 10 \times 15 \times 10) = 22.1$$

又因为大轮与中轮的外径比为 : $92/67.2$, 要求两轮的线速度一样时 , 传动比应满足 :

$$i = 67.2/92 = 0.73$$

又 :

7 号齿轮 : $m = 1.0$	$z = 26$	$B = 6$
8 号齿轮 : $m = 1.0$	$z = 24$	$B = 5$
9 号齿轮 : $m = 1.0$	$z = 24$	$B = 5$
10 号齿轮 : $m = 1.0$	$z = 24$	$B = 5$
11 号齿轮 : $m = 1.0$	$z = 19$	$B = 6$

$$i = (19 \times 24 \times 24 \times 24) / (24 \times 24 \times 24 \times 26) = 0.73$$

故满足要求。

后驱转臂系统传动比 :

$$i = (25 \times 30 \times 30 \times 30 \times 33 \times 22 \times 26) / (14 \times 9 \times 9 \times 9 \times 10 \times 12 \times 12) = 866.9$$

前驱转臂系统传动比 :

$$i = (30 \times 30 \times 30 \times 30 \times 24 \times 20) / (9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 9 \times 10) = 658.4$$

三、小车的设计、3D 建模

参数化设计和特征功能

Pro/ ENGINEER 是采用参数化设计的、基于特征的实体模型化系统 , 工程设计人员采用具有智能特性的基于特征的功能去生成模型 , 可以随意勾画草图和改变模型。这一功能特性给工程设计者提供了在设计上从未有过的简便和灵活。

尺寸驱动的问题 , 这是属于 Pro/ ENGINEER 参数化方面的问题。参数化设计 (Parametric) (也叫尺寸驱动 Dimension-Driven) 是 CAD 技术在实际应用中提出的课题 , 利用参数化设计手段开发的专用产品设计系统 , 可使设计人员从大量繁重而琐碎的绘图工作中解脱出来 , 可以大大提高设计速度 , 并减少信息的存储量。

3.1 标准渐开线齿轮的参数化设计建模

本设计中 , 由上章的传动原理分析得到在设计过程中将会频繁的需要对齿轮进行设计 , 如果每次都根据每个齿轮的参数来单独建模 , 虽然构建一次的工作量不大 , 但齿轮的设计要求多 , 在设计中就用到了将近 20 种不同的齿轮 , 这样累计的总工作量就非常多而繁琐。

又因为标准的渐开线齿轮在其尺寸方面可以实现参数化设计 , 所以构建一个标准齿轮的

参数化设计 CAD 模型是整个设计流程以及在以后的设计中能否提高工作效率的一个关键。

齿轮的外形是一个渐开线 (Involute), 我们可以利用 Pro/ENGINEER 2001 下的 Curve - From Equation 的方法来建立渐开线的曲线, 用 Relations (关系式) 命令对曲线的尺寸进行定义及控制, 再以生成的曲线控制 Extrude 命令构建 Protrusion 特征, 长出零件实体。设计重点步骤:

- 1、计算渐开线直齿轮参数, 包括齿顶圆、分度圆、基圆、齿根圆的直径等;
- 2、构建 Curve:

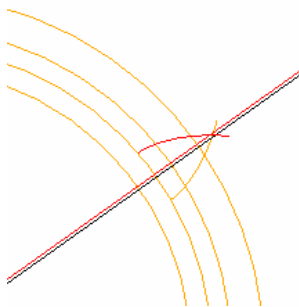


图 3-1 Curve 图

左图中的曲线包括:

齿顶圆、分度圆、基圆、齿根圆、渐开线齿型轮廓线;

渐开线方程:

$$r = DB/2$$

$$\theta = t * 45$$

$$x = r * \cos(\theta) + r * \sin(\theta) * \theta * \pi / 180$$

$$y = r * \sin(\theta) - r * \cos(\theta) * \theta * \pi / 180$$

$$z = 0$$

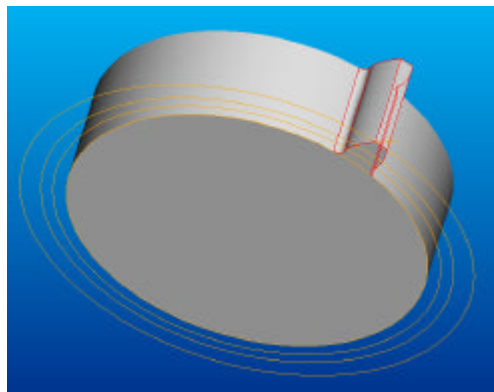


图 3-2 齿轮的单齿

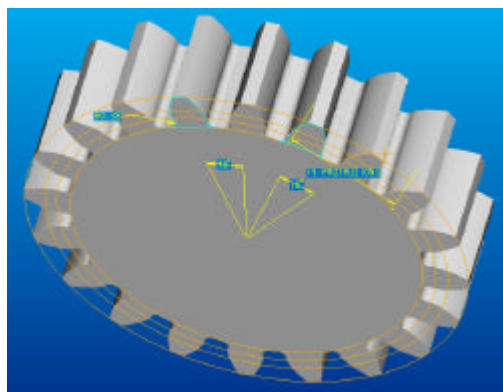


图 3-3 Pattern 阵列后的齿轮

- 3、利用 Extrude 命令生成齿轮的单齿如图 3-2;
- 4、如图 3-3, 运用 Pattern 命令对已生成的单齿进行阵列。

齿轮参数化设计模块使用方法:

如左图所示, 利用 Pro/ENGINEER 下的 Curve、Protrusion、Pattern 及 Relations 功能来建构齿轮的 3D CAD 型, 使用时的只需单纯输入齿数、模数及压力角等各种参数值, 即能自动生成如下图所示的零件。

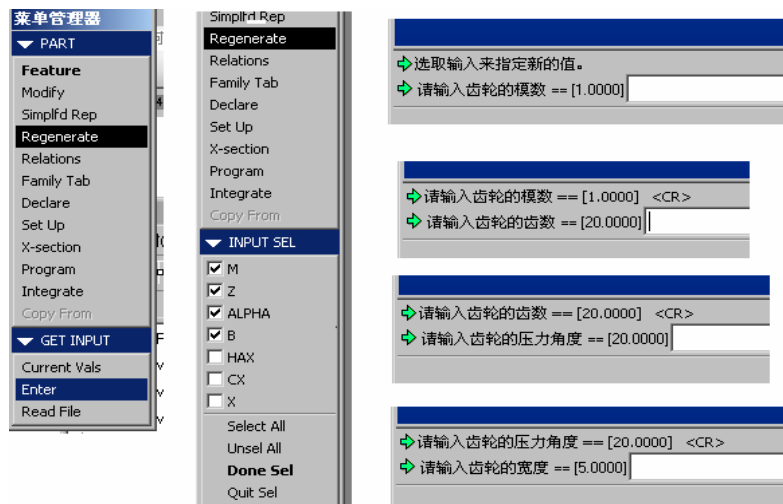


图 3-4 模块使用流程图

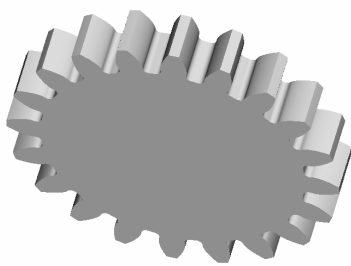


图 3-5 齿轮 3D 模型

右图是利用标准渐开线齿轮自动化设计得到的各种齿轮。使用这个齿轮参数化设计模块，设计精度高，更大大提高了设计的效率。

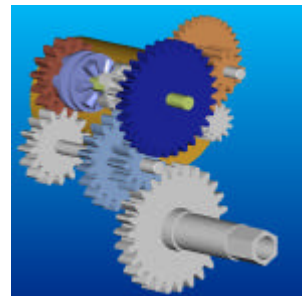
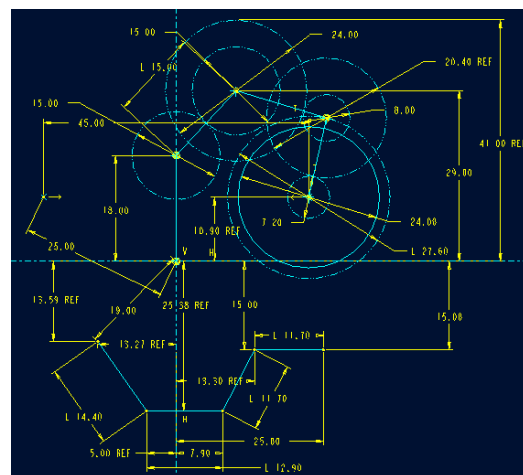


图 3-6 齿轮组

3.2 箱体的设计

减速箱箱体是本设计中的一个设计难点，特别是后驱系统，包括了三个传动系统，而且每个都是多级传动的，齿轮与轴的数量非常多，所以零件的科学布局是主要的难点。下面就利用 PRO/E 对箱体设计建模作一个简要的说明：

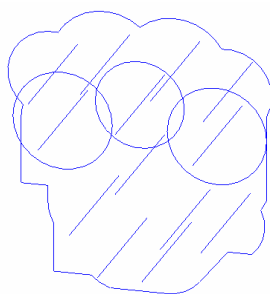
1. 首先是通过部分重要参数确定的计算，包括各传动机构的每组啮合齿轮的中心距，以及零件轴向的尺寸、距离。用 PRO/E 的 sketch 模块进行动态绘图，得到箱体径向的设计尺寸如右图，此过程将中心距值设置为强固定尺寸，PRO/E 系统可以自动提供各种需要的参考尺寸。



2. 根据 sketch 模块中构建的草绘图，用 Curve 命令构建如图 3-8a 的箱体骨架，然后就以骨架作为基准进行实体建模，

图 3-7 后驱系统轴中心距图

如图 3-8b、3-8c，在建模过程中，考虑



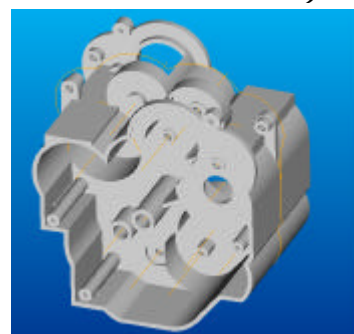
a)



b)



c)



d)

e)

图 3-8 后驱主箱体建模过程

到在生产加工时的工艺和生产效率等问题，全部采用 Protrusion 和 Cut 中的 Extrude 命令构建实体。最终的箱体 3D 模型如图 3-8e。

以图 3-8a 中的 Curve 骨架作为建模基准，当以后设计的齿轮发生变更时，只要改变骨架里对应的轴线 Curve，箱体就可以相应地产生变更，缩短重新建模的时间。下面图 3-9、3-10 分别是后驱系统和前驱系统箱体最终装配爆炸效果图。

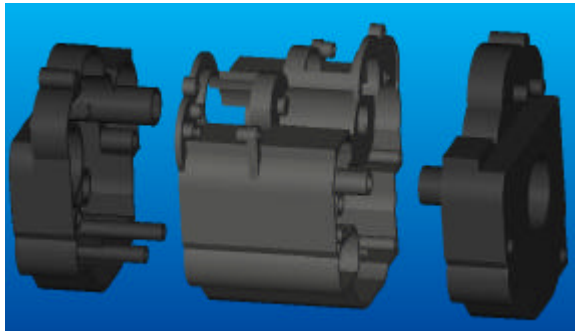


图 3-9 后驱系统箱体爆炸图

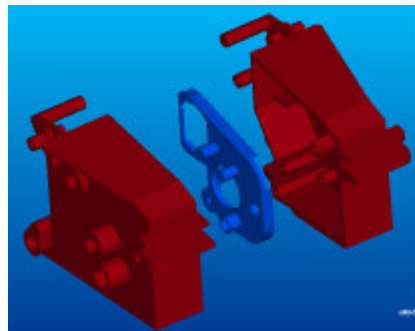


图 3-10 前驱系统箱体爆炸图

3.3 换挡系统的设计

换挡系统的设计是整个毕业设计的创新点，包括：主轴、主 1 齿轮、主 2 齿轮、接合套、换挡拨叉、换挡定位装置的设计。

3.3.1 设计理念

接合套与主轴通过花键相连，可以连在一起进行转动，且可以轴向的移动，主 1 齿轮和主 2 齿轮空套在主轴上。而主 1 齿轮、主 2 齿轮和接合套上都分别设计有相关的凸块，通过凸块的接合，使得主 1 齿轮、主 2 齿轮的其中一个同主轴连成一体，实现动力的传递。

3.3.2 主轴设计

主轴可以分为三部分进行设计，主 1 齿轮、主 2 齿轮安装部分分别为圆轴，而安装接合套部分，根据实际情况截面为六边形，且六边形的内接圆直径大于或等于圆轴的外径，这样可以为主 1 齿轮、主 2 齿轮提供一个轴向移动的约束，满足主 1 齿轮、主 2 齿轮空套在主轴上，但不能轴向移动；而接合套可以沿轴向移动，不可以径向转动的设计要求。尺寸则由箱体的轴向长度来确定。最终的 3D 模型图如下：



图 3-11 主轴 3D 模型

3.3.3 主 1 齿轮、主 2 齿轮和接合套的设计

主 1 齿轮、主 2 齿轮和接合套的设计是整个变速系统的重要部分，设计参考了摩托车的变速系统，采用凸块啮合的方式进行设计。

凸块部分根据接合容易、可传扭矩大的原则设计。在齿轮一侧的设计有六块凸块，与接合套上的凸块相应将一个圆柱体等分为十二等份，接合套的内孔为六边形，两侧为与两齿轮的凸块等尺寸的凸块，接合套中间开有凹槽，与拨叉配合使用。如图所示：



图 3-12 主 1 齿轮 3D 模型

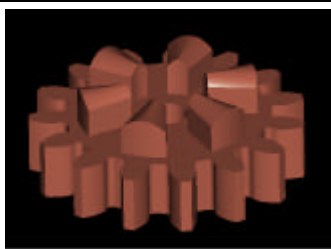


图 3-13 主 2 齿轮 3D 模型



图 3-14 接合套 3D 模型

为了使得凸块更加容易啮合,要将凸块进行倒角,用 Cut 中的 Blend (混合) 特征命令设计倒角。倒角的两截面为

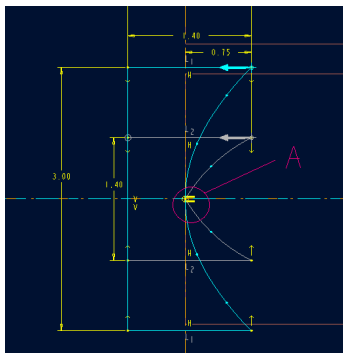


图 3-15 凸块外径截面草绘

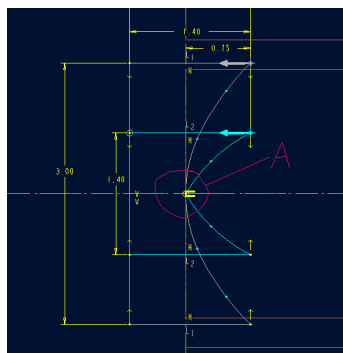


图 3-16 凸块内径截面草绘

实体在图中的 A 点处为一条直线,两边为一个曲线的过渡,这样的要求也在接合套上实施的话,接合套和齿轮的啮合过程中,两零件凸块的接触始终为线接触,不会出现卡死的问题,便于凸块的啮合,使齿轮换挡平稳。

3.3.4 换挡定位装置的设计

设计参考:自动原子笔出芯的棘轮槽轮结合机构

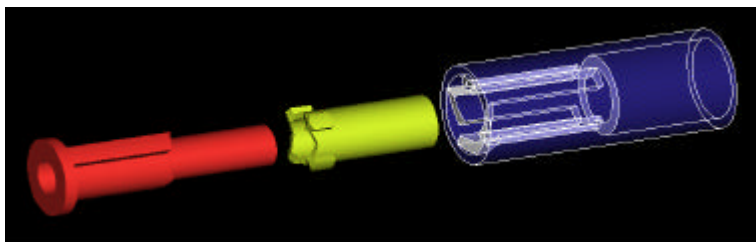


图 3-17 换挡定位装置爆炸图

在换挡过程中,操纵拨叉运动,实现换挡正确,不会出现自动脱档或乱档现象。

3.3.5 换挡系统的装配

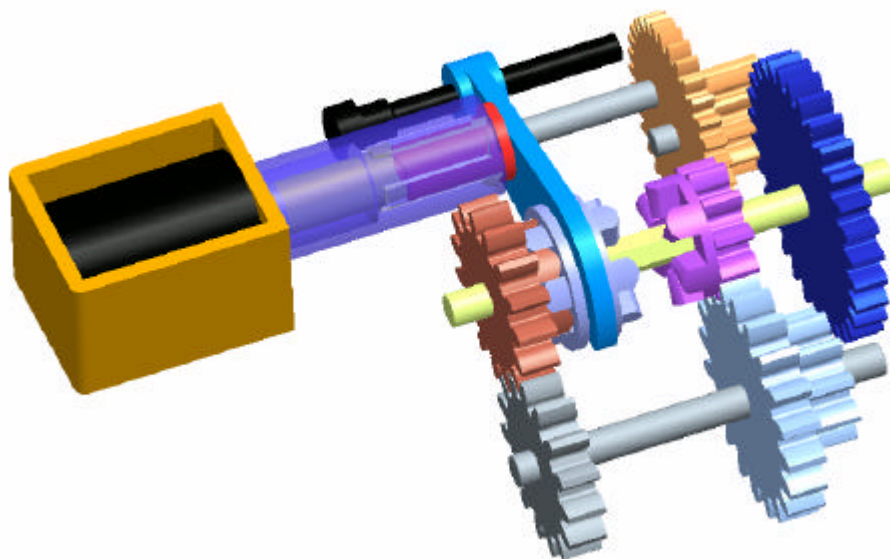


图 3-18 换挡系统的 3D 模型装配图

换挡的工作过程：图 3-18 中所示是换挡系统处于高速档（缺省状态），当需要换低速档时，由控制器控制电磁铁工作，将铁芯推出，直接将换挡定位装置中的顶芯向图示的右边顶出，从而操纵拨叉带动接合套向右移动，实现接合套和主 2 齿轮分离，与主 1 齿轮啮合的过程。当接合套完全与主 1 齿轮啮合后，换挡定位装置中的棘轮槽轮机构就会锁住顶芯实现定位。

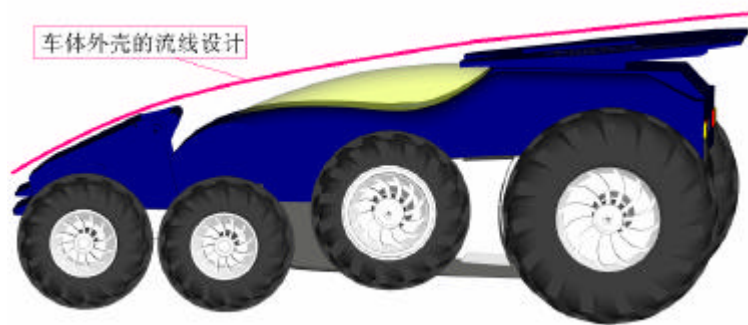
反之，由低速档换回高速档时，也是由控制器控制电磁铁工作，将铁芯推出，当铁芯工作一定的行程后再对应推动换挡定位装置中的顶芯，使换挡定位装置中的棘轮槽轮机构工作，顶芯解开锁住，这时再由换挡系统的复位弹簧操纵拨叉带动接合套向左移动，实现接合套和主 1 齿轮分离，与主 2 齿轮啮合的过程。实现低速档变高速档的过程。

该变速系统的设计，很好地达到了准确、方便、快捷、易操作的目的。

3.4.1 外壳的设计

小车的外壳设计涉及到产品造型的问题。对于产品而言，除了性能方面的要求外，一个新颖的、特别的造型往往可以更加吸引消费者的目光，这也是一个产品的设计成功与否的关键之一。

这次设计的玩具小车是面向广大的青少年群体，造型方面就应该适合这个群体爱好的活泼、喜欢新鲜事物的特点。又考虑到小车的前后驱部分体积大小有着很大差别的实际情况，本设计的小车造型采用一个流线型设计。设计理念如下图：



外壳设计 3D 模型：

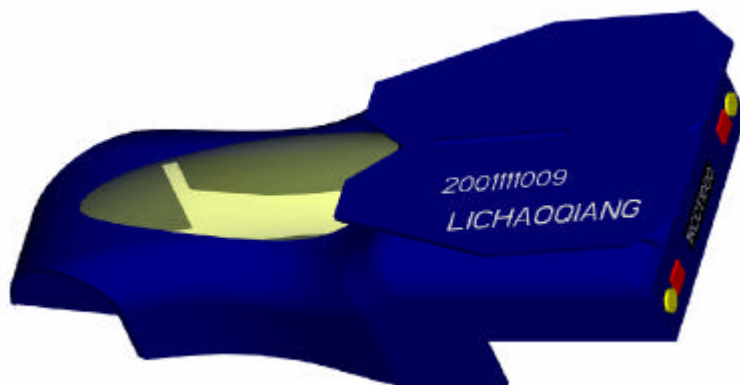
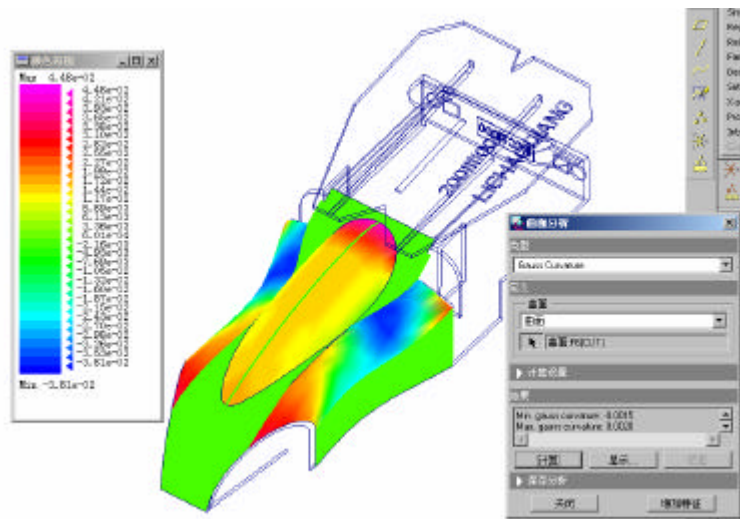


图 3-19 外壳 3D 模型图

3.4.2 外壳的曲面分析

Pro/Engineer 中 Analysis 下的 Surface Analysis 用于分析曲面的质量，其中的 Gauss Curvature（高斯曲率）——曲面上每一点最小与最大法向曲率的乘积。此分析用于分析曲面的曲率变化情况，如下图：



从图中可看出，外壳有颜色范围比较大，即表示外壳的包括的高斯曲率区域大，而且存在一定的断面分割线，存在断面分割性证明曲面的圆滑过渡性有些地方存在不足。出现这些，原因是在整个建模过程中并不是使用 PEO/E 里面的曲面设计（Surface）

图 3-20 外壳曲

面分析图

模块进行的，而是使用实体设计（Solid）模块中的 Protrusion、Cut、Shell、Round 等命令建模的，这样就一定会导致这些曲面曲率和圆滑过渡性的缺陷的存在。综合考虑，曲面存在的问题不会影响到车体的外观造型设计，故可以忽略。

3.5 小车的装配与爆炸图

小车的最终装配效果图：

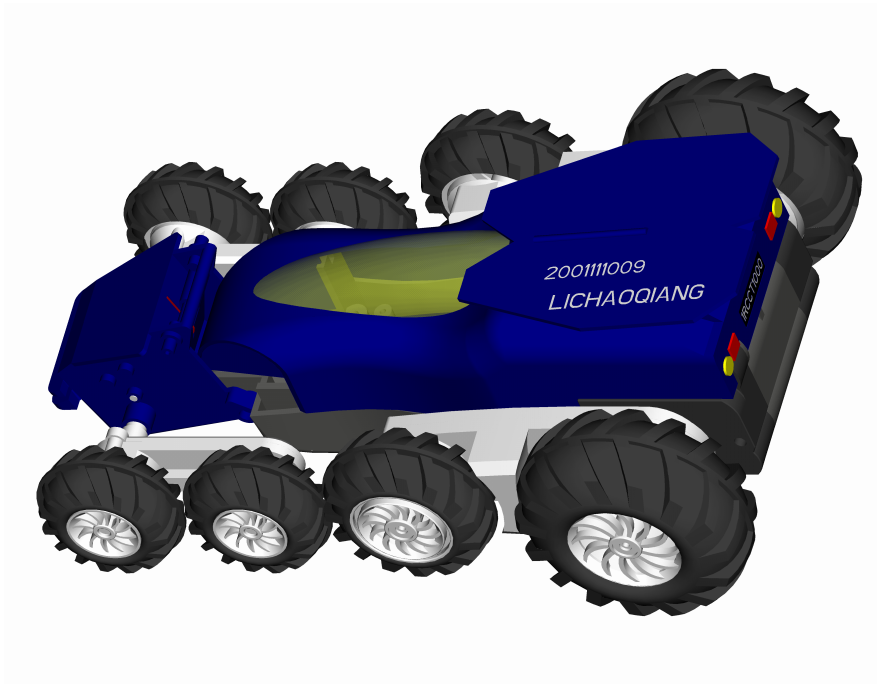


图 3-21 小车的装配效果图

爆炸图：

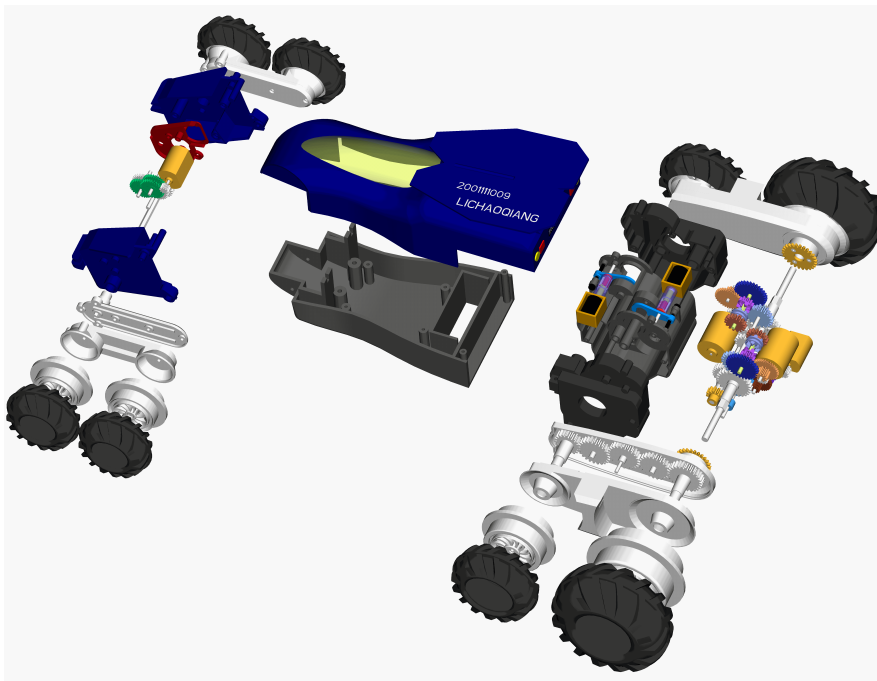
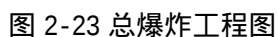


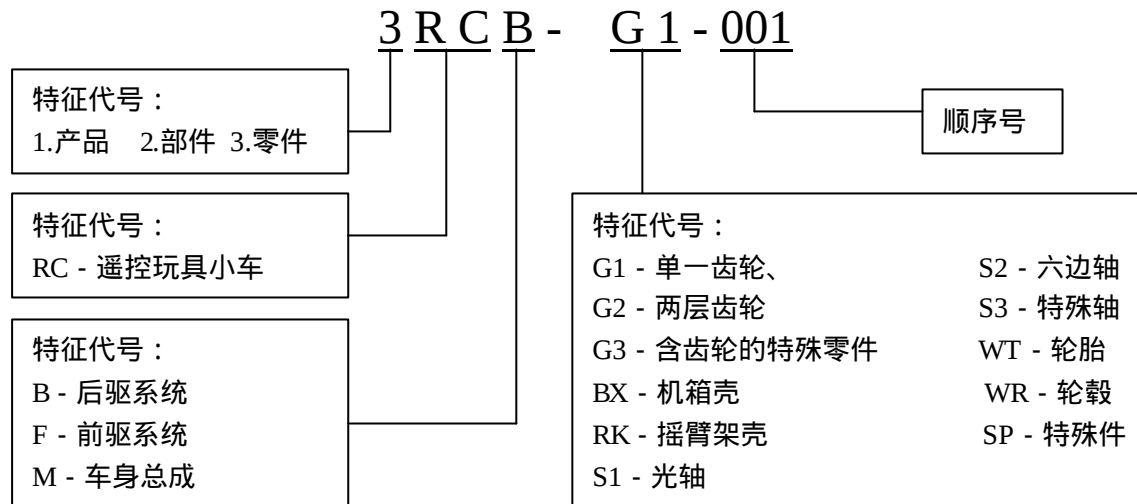
图 3-22 小车的装配爆炸图

总爆炸工程图：



干涉分析则是对运动部件在传动时全 3D 动态仿真分析,并由分析结果优化了运动部件。

A、零件 (part)



5.2 FamilyTree

采用 FamilyTree 的方法编制所有零部件之间的关系,在 FamilyTree 中编写出零部件的各种信息,这比 BOM 报表的方式更加直观明了,更加易于管理。

六、总结

6.1 全文总结

设计方法的创新点就在于采用参考设计的方法,即参考现有的实际产品,在其基础上实现自己的创新设计,大大地提高了工作效率。

设计内容方面,本设计利用接合套选择啮合齿轮组的方法实现换挡变速的目的。完成了一个完整的变速系统的设计。

设计平台是采用 PTC 公司的 PRO/E 软件,建立全部零件的 3D 模型和具有约束关系的 3D 装配图,进行运动干涉校核,采用软件自带的物理模拟方式进行模拟。并按照国家标准完成一套详细的工程文件。

在本次设计中,我很好的采用优化设计,针对青少年用户的需求特点,利用计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助工程(CAE)技术进行了玩具车外壳造型、机构以及结构设计与分析,达到了缩短产品开发周期、提高产品设计制造质量、降低成本及灵活快速响应市场的目的。

美中不足之处是由于时间和其他方面的原因,未能将我的设计变成实物。

6.2 致谢

回顾这次历时两个多月的毕业设计,感觉收获颇丰。它不仅使我可以把大学四年所学的专业知识都融会贯通起来,达到本专业的要求;而且,让我最难忘的是:在此过程中,从市场调查到机构设计再到整体结构零件的设计,曾遇到过不少的困难,但是经过自己的一番钻研和老师同学的帮助,最后问题一个一个迎刃而解了。经过这次设计,同时我个人的学习领悟能力和团队合作精神也得到一个质的提高。

对此,我要衷心感谢王华权老师一直以来对我的教导和帮助,尤其在毕业设计过程中的

孜孜教导;还有我身后一直默默支持我学习的亲爱的家人;在设计中和我一起学习工作并给予我很大帮助的组员陈圣仁同学和张晓同学,以及成斯靖、刘小颖、陆诗和吴日锋等同学。

四年的大学生活,我学到的不仅是专业上的知识,还有为人处事的道理。这次毕业设计的点点滴滴将永远留在我的心里,成为我人生重要的回忆之一。毕业之后,我还需要不断学习总结,不断实践,把这四年所学到的专业理论知识很好地运用到工作当中,不断提高自己的学习工作能力。

参考文献:

- 郑玉华,典型机械(电)产品构造,第一版,北京:科学出版社,2001年
- 孟宪源、姜琪,机构构型与应用,北京:机械工业出版社,2002年
- 机械传动设计手册编辑委员会.机械传动设计手册(修订本)下册,北京:煤炭工业出版社,1999年
- 吴社强、吴政清、姜斯平,汽车构造,上海:上海科学技术出版社,2001年
- J.厄尔贾维奇(美),汽车手动变速器和变速驱动桥,北京:机械工业出版社2002年
- 出射忠明著、耿存喜译,摩托车构造图解.广西:广西民族出版社,2002年
- 黄友宁,进口摩托车结构特点与故障诊断.广西:广西民族出版社,2001年
- 摩托车图书编辑部,日本摩托车维修手册系列——本田NSR250R系列.北京:人民邮电出版社
- 林清安.Pro/Engineer2001零件设计·基础篇.北京:清华大学出版社,2001年
- 林清安.Pro/Engineer2001零件设计·高级篇.北京:清华大学出版社,2001年
- 柳迎春.Pro/Engineer2001曲面设计.北京:北京大学出版社,2002年
- 黄圣杰,张益三.实战·Pro/Engineer曲面设计.北京:中国铁道出版社,2003年