

小型机器人设计与制作实 践技能训练指导书

目录

第一章 工业机器人简介.....	3
第二章 小型机器人结构设计技能训练.....	4
机器人零件三维建模任务 1——标准件建模.....	30
机器人零件三维建模任务 2——3D 打印舵机支架设计	31
机器人零件三维建模任务 3——3D 打印联轴器设计	32
实 验 报 告 1.....	33
机器人机构设计基础实验.....	34
实 验 报 告 2.....	38
第三章 小型机器人控制技术训练.....	40
第四章 小型机器人综合设计实践.....	68

第一章 工业机器人简介

机器人概念

机器人（Robot）是自动执行工作的机器装置。它既可以接受人类指挥，又可以运行预先编排的程序，也可以根据以人工智能技术制定的原则纲领行动。它的任务是协助或取代人类工作的工作，例如生产业、建筑业，或是危险的工作。

工业机器人

工业机器人是面向工业领域的多关节机械手或多自由度的机器装置，它能自动执行工作，是靠自身动力和控制能力来实现各种功能的一种机器。它可以接受人类指挥，也可以按照预先编排的程序运行，现代的工业机器人还可以根据人工智能技术制定的原则纲领行动。

工业机器人由主体、驱动系统和控制系统三个基本部分组成。主体即机座和执行机构，包括臂部、腕部和手部，有的机器人还有行走机构。大多数工业机器人有 3~6 个运动自由度，其中腕部通常有 1~3 个运动自由度；驱动系统包括动力装置和传动机构，用以使执行机构产生相应的动作；控制系统是按照输入的程序对驱动系统和执行机构发出指令信号，并进行控制。

工业机器人按臂部的运动形式分为四种。直角坐标型的臂部可沿三个直角坐标移动；圆柱坐标型的臂部可作升降、回转和伸缩动作；球坐标型的臂部能回转、俯仰和伸缩；关节型的臂部有多个转动关节。

工业机器人按执行机构运动的控制机能，又可分点位型和连续轨迹型。点位型只控制执行。

机构由一点到另一点的准确定位，适用于机床上下料、点焊和一般搬运、装卸等作业；连续轨迹型可控制执行机构按给定轨迹运动，适用于连续焊接和涂装等作业。

机械手臂是机械人技术领域中得到最广泛实际应用的自动化机械装置，在工业制造、医学治疗、娱乐服务、军事、半导体制造以及太空探索等领域都能见到它的身影。尽管它们的形态各有不同，但它们都有一个共同的特点，就是能够接受指令，精确地定位到三维（或二维）空间上的某一点进行作业。

第二章 小型机器人结构设计技能训练

训练一 三维建模指令实验

一 实验目的

掌握基本零件建模的一般步骤和方法

掌握 SolidWorks 草绘特征：拉伸凸台、拉伸切除的操作方法。

掌握放置（应用）特征：钻孔特征、倒角特征、圆角特征、抽壳特征、拔模斜度特征、筋的操作方法

掌握 SolidWorks 草绘特征：旋转凸台、旋转切除、扫描、放样的操作方法。

掌握放置（应用）特征：钻孔特征、倒角特征、圆角特征、抽壳特征、拔模斜度特征、筋的操作方法

二 实验原理

1. 拉伸特征

拉伸特征是 SolidWorks 实体建模中最为基础的建模工具，所谓拉伸，就是在完成剖面草图设计后，沿着剖面的垂直方向产生体积上的变化。

拉伸特征是将一个截面沿着与截面垂直的方向延伸，进而形成实体的造型方法。拉伸特征适合创建比较规则的实体。拉伸特征是最基本和常用的特征造型方法，而且操作比较简单，工程实践中的多数零件模型，都可以看做是多个拉伸特征相互叠加或切除的结果。

在实体拉伸截面过程中，需要注意以下几方面内容。

a. 拉伸截面原则上必须是封闭的。如果是开放的，其开口处线段端点必须与零件模型的已有边线对齐，这种截面在生成拉伸特征时系统自动将截面封闭。

b. 草绘截面可以由一个或多个封闭环组成，封闭环之间不能自交，但封闭环之间可以嵌套。如果存在嵌套的封闭环，在生成增加材料的拉伸特征时，系统自动认为里面的封闭环类似于孔特征。

2. 放置特征

放置特征是指由系统提供的或用户自定义的一类模板特征。它所创建的特征几何形状确定，通过输入不同的尺寸可得到大小不同的相似几何特征。放置特征一般需要指定放置特征的放置平面和特征尺寸。

放置特征包括：钻孔特征、倒角特征、圆角特征、抽壳特征、拔模斜度特征、筋特征等。

3. 旋转特征

旋转特征是由特征截面绕旋转中心线旋转而成的一类特征，它适合于构建回转体零件。草绘旋转特征截面时，其截面必须全部位于中心线的一侧，倘若要生成实体特征，其截面必须是封闭的。

建立旋转特征必须给定旋转特征的有关要素，即草图要素、旋转轴和旋转类型。旋转可以是旋转基体、凸台、旋转切除、薄壁或曲面。旋转类型有以下 3 种类型。

a. 【单一方向】向一个方向旋转到指定角度。

b. 【中面】对称地向两个方向旋转到指定角度。

c. 【两个方向】分别向两个方向旋转，分别定义不同的角度。

4. 扫描特征

扫描特征是指由二维草绘平面沿一平面或空间轨迹线扫描而成的一类特征。沿着一条路径移动轮廓(截面)可以生成基体、凸台、切除或曲面。

扫描特征遵循以下规则：

- a.扫描路径可以为开环或闭环。
- b.路径可以是草图中包含的一组草图曲线、一条曲线或一组模型边线。
- c.路径的起点必须位于轮廓的基准面上。

5.放样特征

所谓放样是指连接多个剖面或轮廓形成的基体、凸台或切除，通过在轮廓之间进行过渡来生成特征。

放样特征需要连接多个面上的轮廓，这些面既可以平行也可以相文。要确定这些平面就必须用到基准面。

基准面可以用在零件或装配体中,通过使用基准面可以绘制草图、生成模型的剖面视图、生成扫描和放样中的轮廓面等。



三 实验器材

计算机 1 台
SolidWorks 三维制图软件 1 套

四 实验内容及步骤

1. 连接件设计

完成如图 1-1 所示模型。

- (1) 单击【新建】按钮，新建一个零件文件。
- (2) 选取前视基准面，单击【草图绘制】按钮，进入草图绘制，绘制草图，如图 1-2 所示。

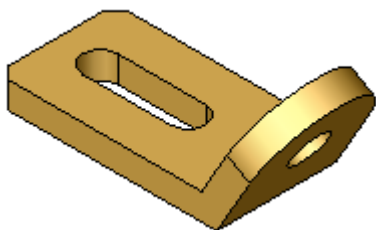




图 1-1 连接件



图 1-2 草图

- (3) 单击【拉伸凸台/基体】按钮，出现【拉伸】属性管理器，在【终止条件】下拉列表框内选择【两侧对称】选项，在【深度】文本框内输入“54mm”，单击【确定】按钮，如图 1-1 所示。

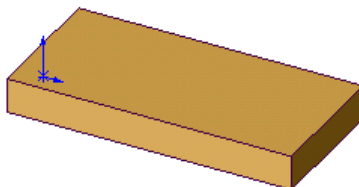
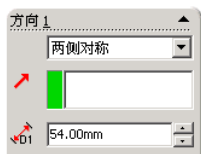





图 1-1 “拉伸”特征

- (4) 单击【基准面】按钮，出现【基准面】属性管理器，单击【两面夹角】按钮，在【角度】文本框内输入“120°”，单击【确定】按钮，建立新基准面，如图 1-4 所示。

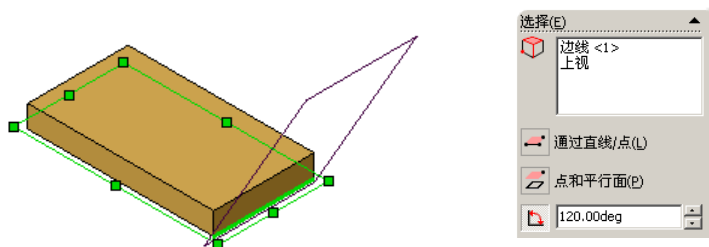




图 1-4 “两面夹角”基准面

(5) 选取基准面 1，单击【草图绘制】按钮, 进入草图绘制，单击【正视于】按钮, 绘制草图，图 1-5 所示。

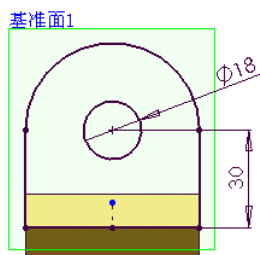




图 1-5 草图

(6) 单击【拉伸凸台/基体】按钮, 出现【拉伸】属性管理器，在【终止条件】下拉列表框内选择【给定深度】选项，在【深度】文本框内输入“12mm”，单击【确定】按钮, 如图 1-6 所示。

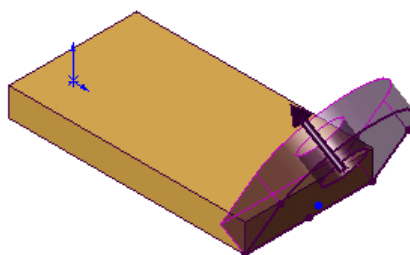
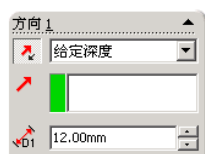




图 1-6 “拉伸”特征

(7) 选取基体上表面，单击【草图绘制】按钮, 进入草图绘制，使用中心线工具, 在上表面的中心位置绘制直线，注意不要捕捉到表面边线，如图 1-7 所示。

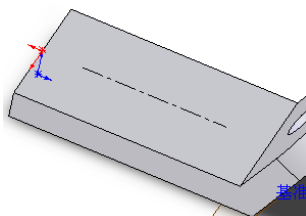




图 1-7 中心线

(8) 单击【等距实体】按钮, 出现【等距实体】属性管理器，在【等距距离】文本框内输入“8mm”，在图形区域选择中心线，在属性管理器中选中【添加尺寸】、【选择链】、【双向】和【顶端加盖】复选框，选中【圆弧】单选按钮，单击【确定】按钮, 标注尺寸，

完成草图，如图 1-8 所示。

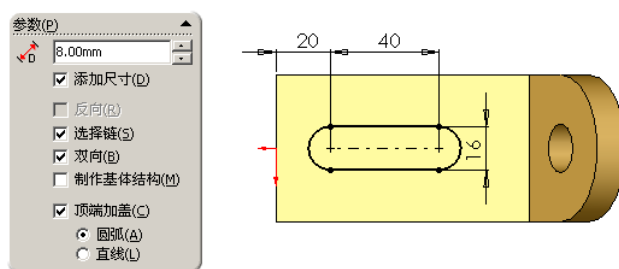




图 1-8 运用“等距实体”绘制草图

(9) 单击【拉伸切除】按钮，出现【切除-拉伸】属性管理器，在【终止条件】下拉列表框内选择【完全贯穿】选项，单击【确定】按钮，如图 1-9 所示。

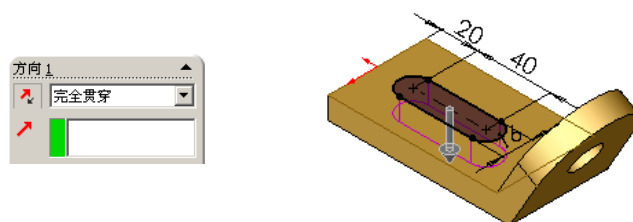




图 1-9 “切除-拉伸”特征

(10) 单击【倒角】按钮，出现【倒角】属性管理器，选择“边线 1”和“边线 2”，选中【角度距离】单选按钮，在【距离】文本框内输入“5mm”，在【角度】文本框内输入“45°”，单击【确定】按钮，如图 1-10 所示。

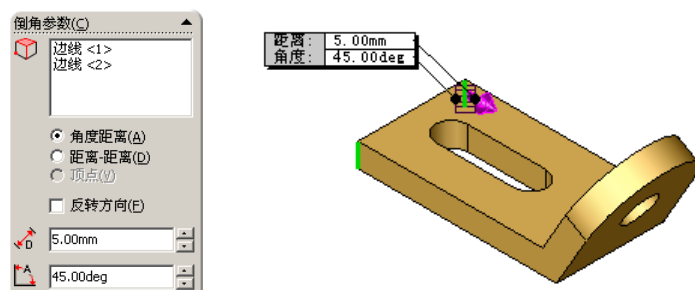



图 1-10 “倒角”特征

至此完成连接件设计。

2. 方形烟灰缸设计

完成如图 1-11 所示模型。

(1) 单击【新建】按钮，新建一个零件文件。

(2) 选取上视基准面，单击【草图绘制】按钮，进入草图绘制，绘制草图，如图 1-2 所示。

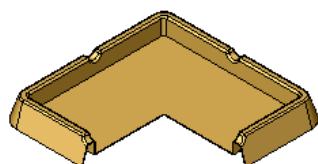


图 1-11 方形烟灰缸

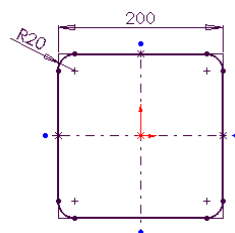





图 1-12 草图

(3) 单击【拉伸凸台/基体】按钮，出现【拉伸】属性管理器，在【终止条件】下拉列表框内选择【给定深度】选项，在【深度】文本框内输入“26mm”，单击【拔模开/关】按钮，在【拔模角度】文本框内输入“18°”，单击【确定】按钮，如图 1-13 所示。

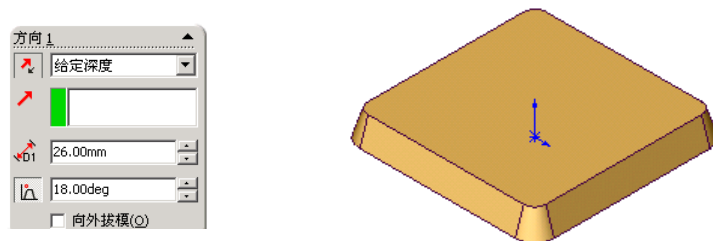





图 1-13 “拉伸”特征

(4) 选取基体上表面，单击【草图绘制】按钮，进入草图绘制，选中上表面，单击【等距实体】按钮，出现【等距实体】属性管理器，在【等距距离】文本框内输入“8mm”，选中【添加尺寸】、【选择链】或【反向】复选框，单击【确定】按钮，完成草图，如图 1-14 所示。

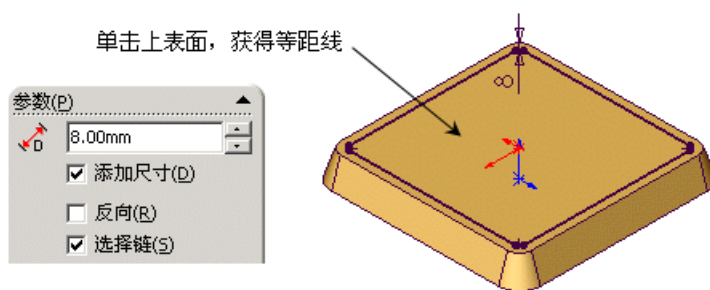




图 1-14 草图

(5) 单击【拉伸切除】按钮，出现【切除-拉伸】属性管理器，在【终止条件】下拉列表框内选择【给定深度】选项，在【深度】文本框内输入“20mm”，单击【确定】按钮，如图 1-15 所示。

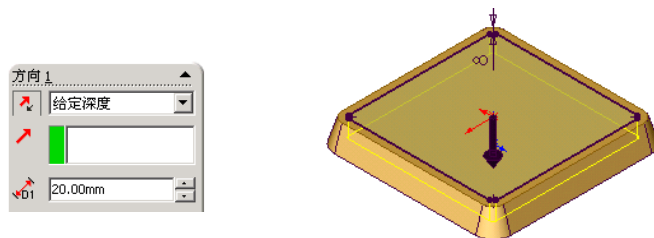



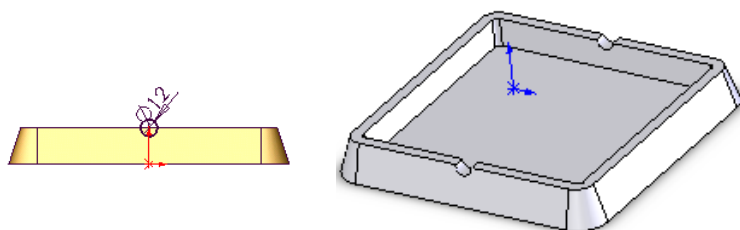




图 1-15 “切除-拉伸”特征

(6) 选取前视基准面，单击【草图绘制】按钮，进入草图绘制，绘制草图，如图 1-16(a)所示。单击【拉伸切除】按钮，出现【切除-拉伸】属性管理器，在【终止条件】下拉列表框内选择【完全贯穿】选项，选择方向 2 标签，同样终止条件选择【完全贯穿】，单击【确定】按钮，如图 1-16(b)所示。



(a) 草图 (b) “切除-拉伸”特征

图 1-16 “切除-拉伸”特征

(7) 单击【圆角】按钮，出现【圆角】属性管理器，在【半径】文本框内输入“2”，选取欲设圆角平面，单击【确定】按钮，如图 1-图 1-17 所示。

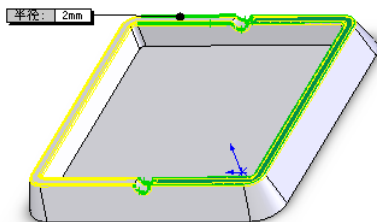




图 1-17 “圆角”特征

(8) 单击【抽壳】按钮，出现【抽壳】属性管理器，在【移出的面】中，选择“面 1”，在【厚度】文本框内输入“1mm”，单击【确定】按钮，如图 1-18 所示。

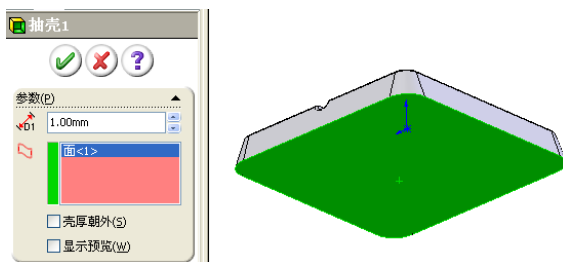


图 1-18 “抽壳”特征

至此完成方形烟灰缸设计。

3. 轴承座造型

完成轴承座零件，如图 1-19 所示。

设计意图：

零件关于中心面对称

顶端孔的位置从零件底面开始测量

底板上的孔为柱孔，关于中心面左右对称

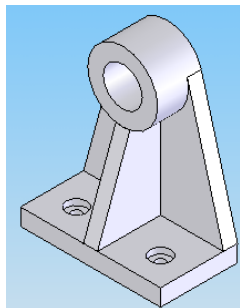


图 1-19 轴承座

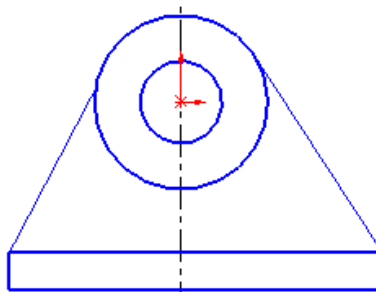



图 1-20 草图 1

(1)在前视基准面内使用中心线、直线和圆工具作草图，如图 1-20。两圆同心，在 origin 两斜线上端点捕捉到大圆。

(2)添加几何关系

在草图工具栏中点击添加几何关系图标按钮，选中中心线和矩形两侧边，点击“对称”按钮，“确定”。

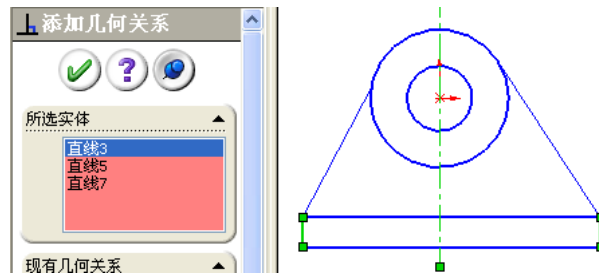



图 1-21 建立对称几何关系

在草图工具栏中点击添加几何关系图标按钮，选择一条斜线和大圆，点击“相切”按钮，“确定”。

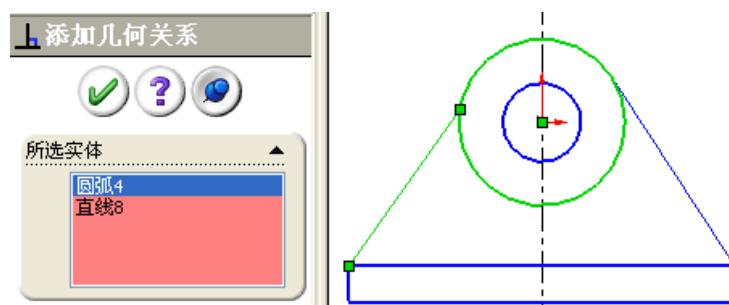



图 1-22 建立相切几何关系

在草图工具栏中点击添加几何关系图标按钮，选择另一条斜线和大圆，点击“相切”按钮，“确定”。

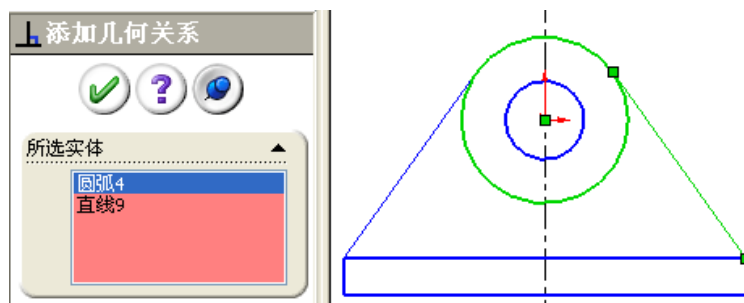


图 1-23 相切几何关系

(3) 按图标注尺寸

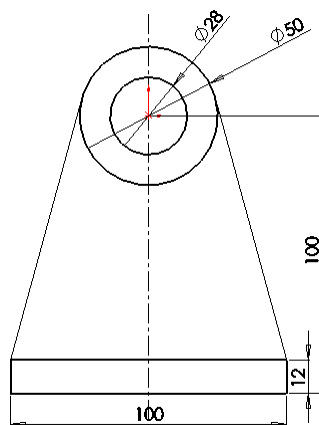


图 1-24 标注尺寸

(4) 选择草图拉伸

选择矩形作为拉伸轮廓，深度为 55。

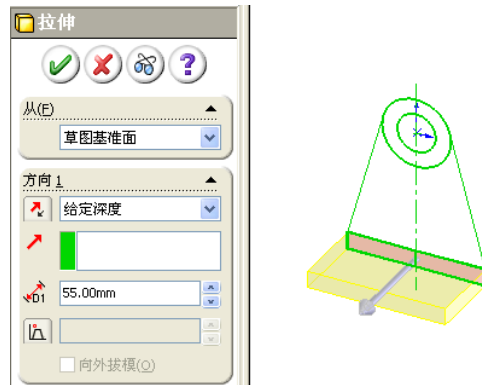


图 1-25 拉伸特征 1

选择中间轮廓拉伸，拉伸深度为 10

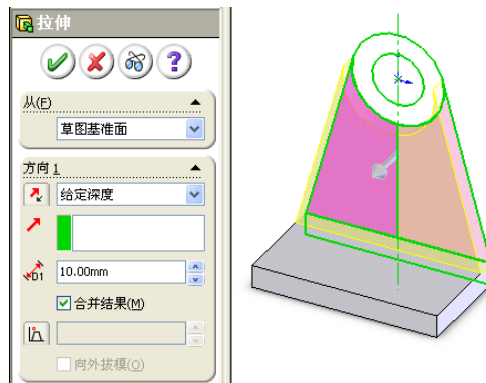


图 1-26 拉伸特征 2

选择圆环轮廓拉伸，深度为 32

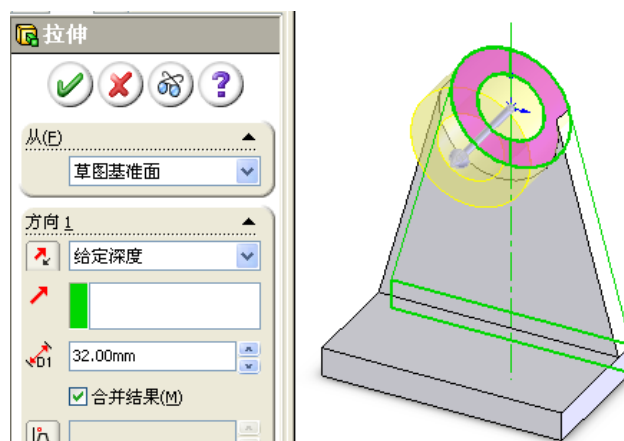


图 1-27 拉伸特征 3

(5) 做筋板草图

在右视基准面上使用直线工具作草图，注意捕捉实体端点。

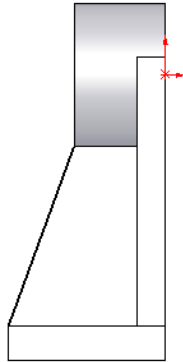



图 1-28 筋草图

(6) 筋特征

点击筋特征工具 ，设置筋宽度为 10，选择平行于草图方向，“确定”。

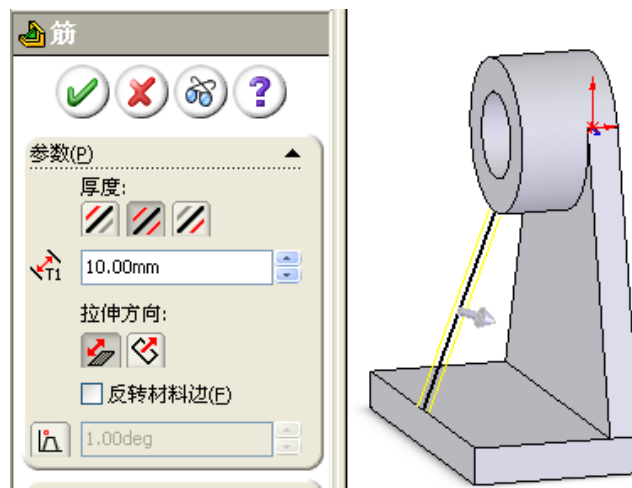

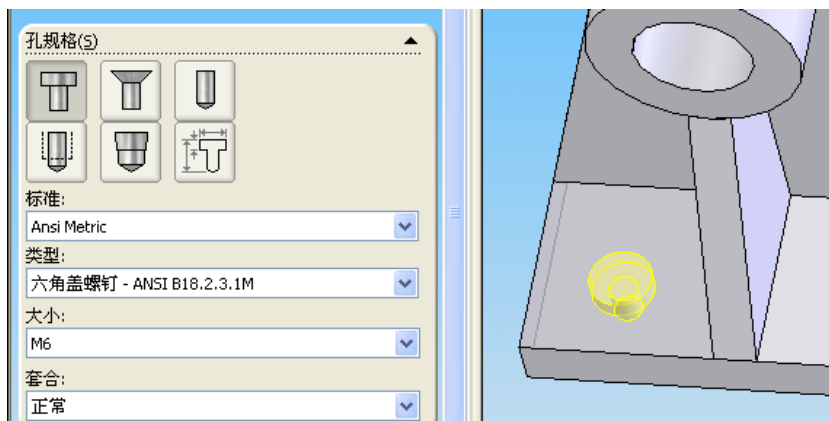


图 1-29 筋特征

(7) 异型孔特征

点击异型孔向导特征 ，选择“柱孔”类型，大小选择“M6”，然后点击“位置”选项卡，在表面选择图，完成



基体上位置，如孔特征。

图 1-30 异型孔特征

在特征管理设计树中打开“异型孔”特征，选中 3D 草图，点击“编辑草图”，在草图中标注孔中心点的位置。

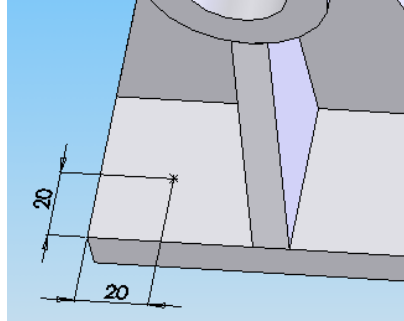



图 1-31 异型孔位置

(8) 镜像孔特征

点击镜像  特征，选择孔特征，以右视基准面为镜像面，完成特征镜像。

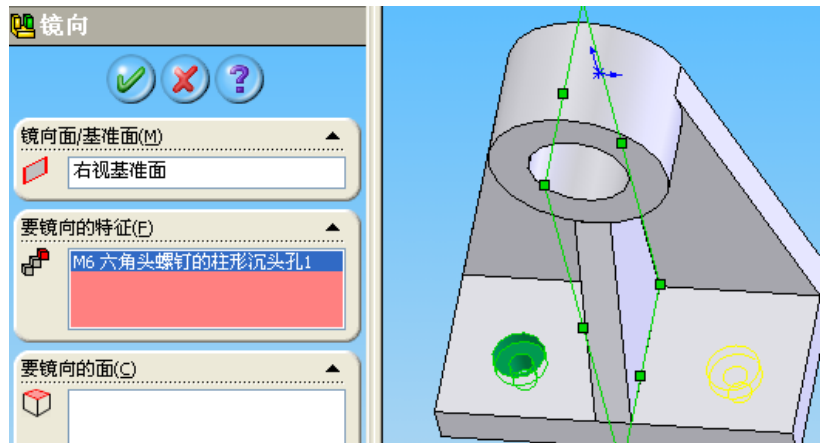


图 1-32 特征镜像

4. 带轮造型

(1) 在前视基准面绘制草图 1，如图 2-2 所示。

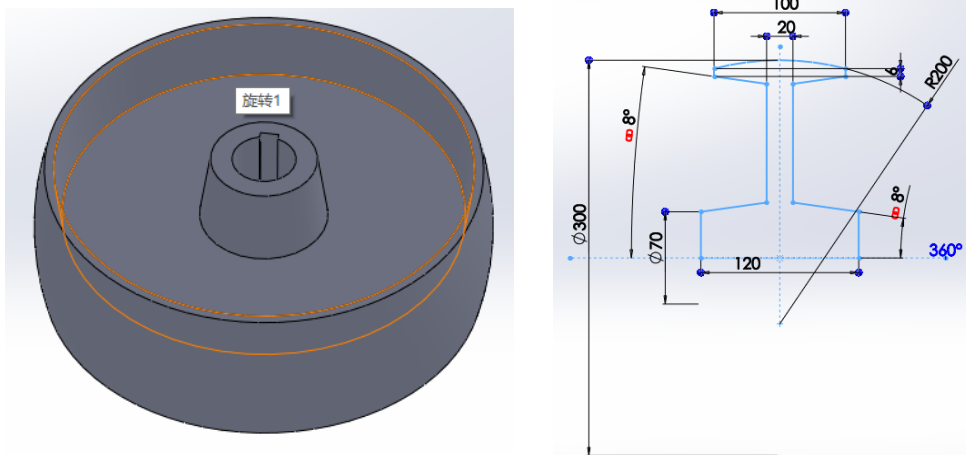


图 2-1 带轮

图 2-2 草图 1

(2)选中草图，单击【特征】工具栏中的 ⌂ 按钮，草图沿中心线旋转。

(3)进行拉伸切除。

选中带轮中心端面作为草图平面，新建草图，利用【直线】和【画弧】命令绘制草图 2，如图 2-5 所示。

(4)单击特征工具栏中的拉伸切除 ⌂ 按钮，启动拉伸切除特征，选择终止条件为“完全贯穿”，如图 2-6 所示。

(5)单击 ✓ 按钮，得到带轮零件。

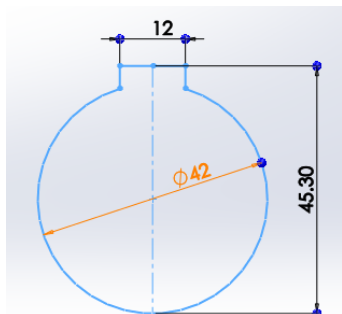


图 2-5 草图 2

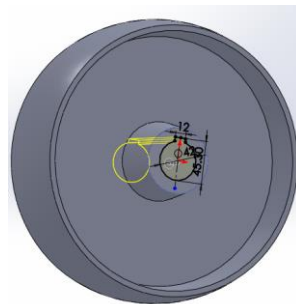


图 2-6 拉伸切除

2 吸尘器造型

(1)

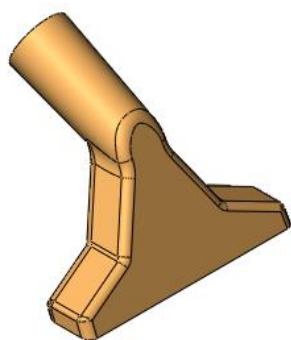


图 2-7 扫

在前视基准面绘制草图，如图 2-8 所示。

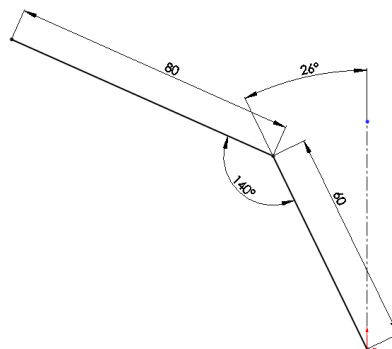


图 2-8 草图 1

(2)建立参考基准



描 实 例

面 1, 如图 2-9 所示。

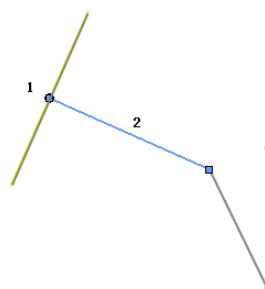
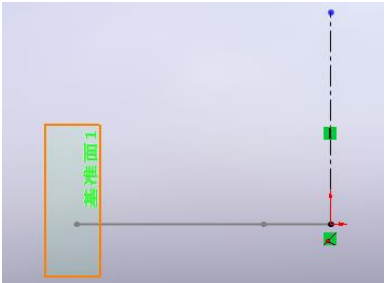


图 2-9 基准面 1

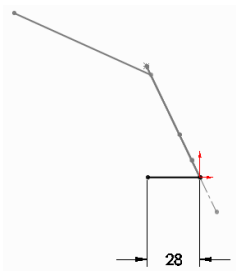
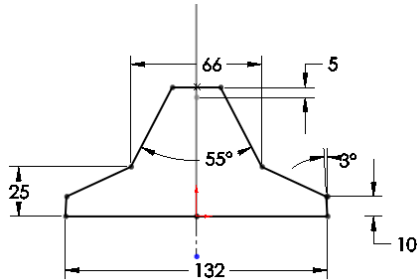
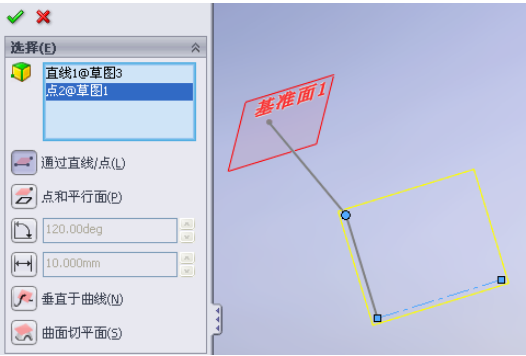
(3)建立基准面 2。

a.在上视基准面新建草图，过原点绘

制一
条竖
直辅
助线，
如图
2-10
所示。



b.选择【通过直线/点】选项建立基准面，如图 2-11 所示。



图

2-10 绘制水平辅助线

图 2-11 基准面 2

(4)扫描实体。

a.在基准面 2 上建立轮廓草图，如图 2-12 所示。

b.在前视基准面建立路径草图，如图 2-13 所示。

图 2-12 轮廓草图

图 2-13 路径草图





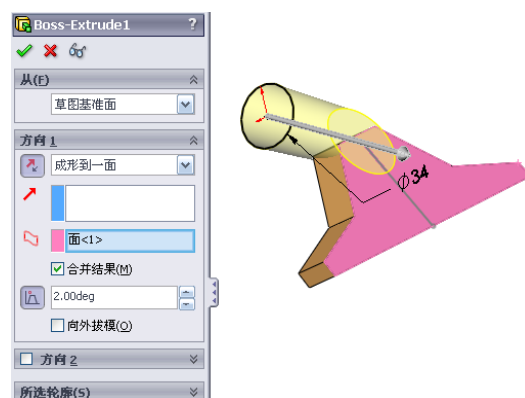

c.单击特征工具栏中的按钮，在弹出的属性管理器中选择轮廓草图与路径草图，如图 2-14 所示，单击按钮完成扫描。

图 2-14 扫描
(5)拉伸另一部
在基准面 1 建立
34mm 的圆。单击特
启动拉伸命令，选择终止条件为“成形到一面”，选择要终止的平面，如图 2-15 所示，单击按钮完成拉伸。



分实体。
新草图，绘制直径为
征工具栏中的按钮，

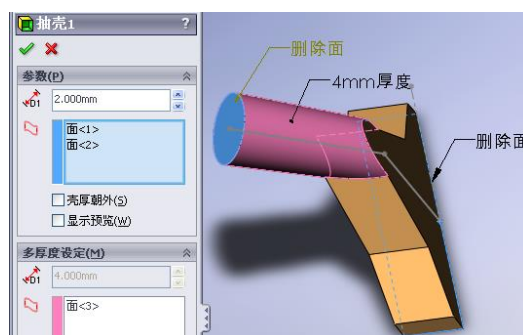


图 2-15 拉伸实体


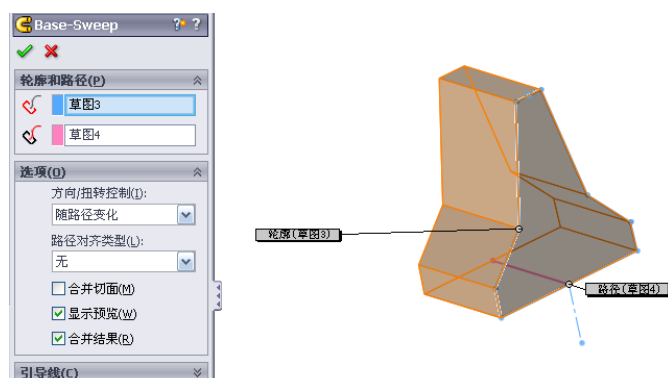


(6)为零件抽壳
使用抽壳特征，设置抽壳厚度为 2mm，选择圆柱端面 and 扫面地面作为删除面。
选择圆柱面厚度为 4mm，如图 2-16 所示。

图 2-16 多厚
(7)添加多
单击圆角



度抽壳
半径，选中
按钮，选中

“多半径圆角”选项，选择要进行圆角的 6 条边线，在图形区域的半径数值框中，点击，修改半径，半径值分别为 3mm、3mm、12mm、12mm、3mm、3mm，如图 2-17 所示，确定。

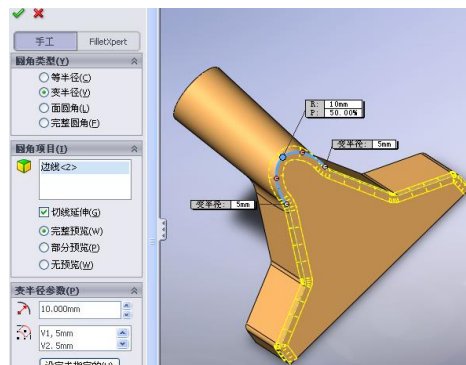



图 2-17 多半径圆角
(8)添加变半径
单击圆角按钮 , 选

中“变半径”选项, 选

择图示边线, 在图形区域的半径数值框中, 点击, 修改半径, 如图 2-18 所示, 确定。

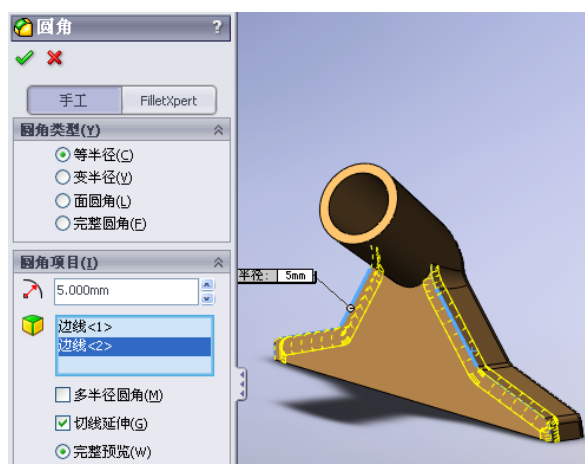



图 2-18 变半径圆
(9)添加等半径
单击圆角按钮 , 选中“等半

径”选项, 选择图
示边线, 设置半径
所示, 确定。

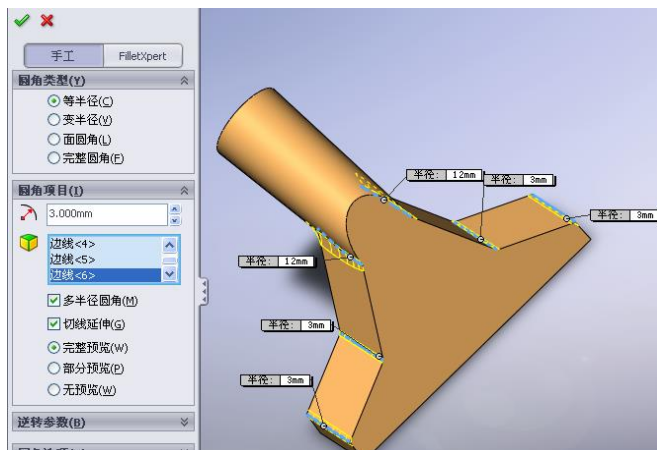
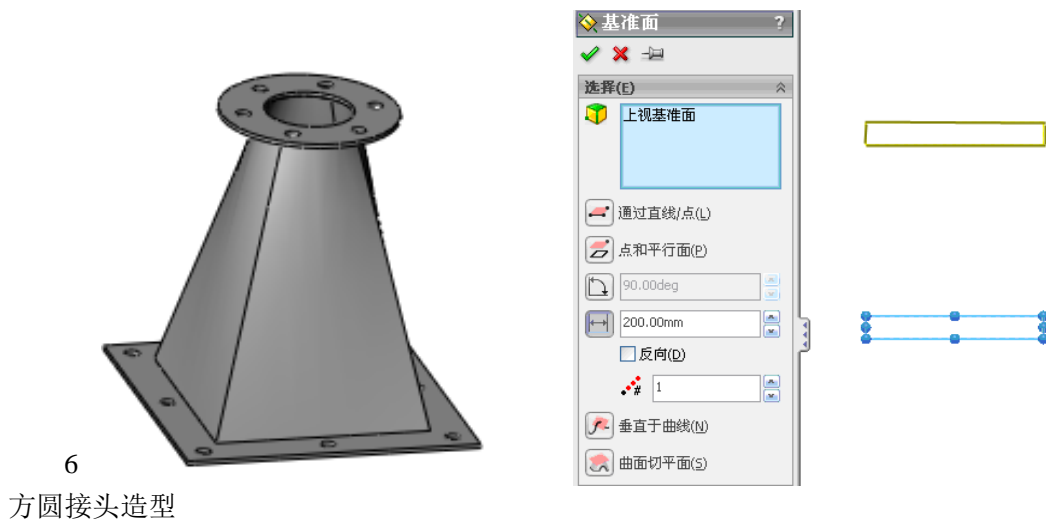


图 2-19 圆角



6
方圆接头造型

(1)建立与上视基准面距离为 200mm 的参考基准面，如图 2-21 所示。

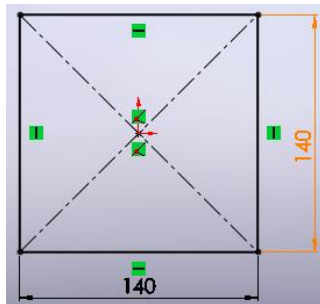


图 2-20 方圆接头

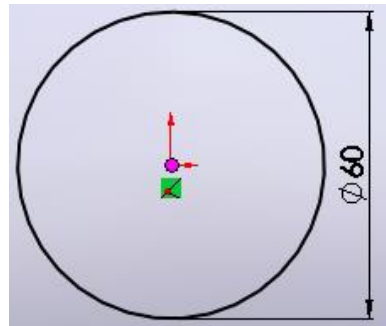


图 2-21 建立基准面

(2)建立放样特征。

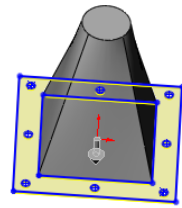
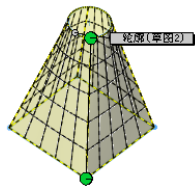
- a.在上视基准面新建草图 1，绘制正方形。
- b.在基准面 1 新建草图 2，绘制圆形。

图 2-23

c.
单击
特征
工具
栏中
的
按钮，
在弹
出的



草图 2



特征管理器选中草图 1 和草图 2 为轮廓，如图 2-24 所示，单击 按钮完成放样。

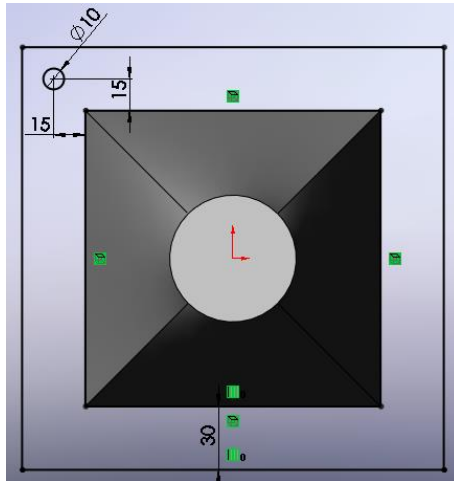


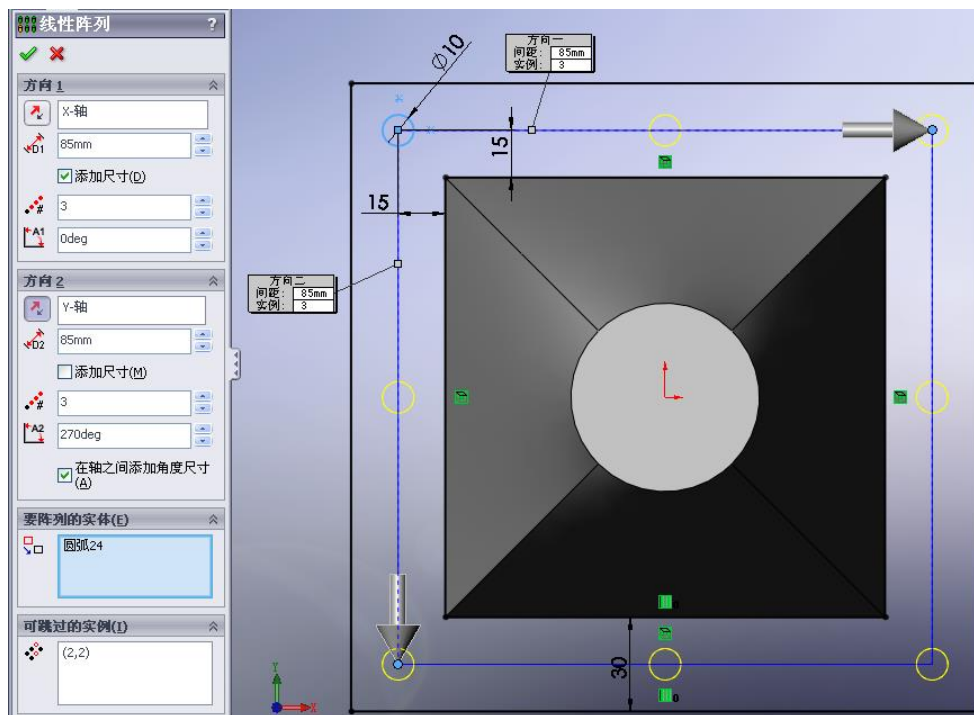
图 2-24 放样


图 2-25 拉伸方形端面

(3)拉伸方形端面。

a.在上视基准面建立新草图，利用【转换实体引用】、【等距实体】草图 3，如图 2-26 所示。

图
2-26
草图
3
b
· 点
击
【草
图线
性阵



列】按钮  线性草图阵列，选择圆弧为要阵列的实体，设置方向 1、方向 2 的阵列间距为 85，阵列数量为 3，并激活【可跳过的实体】选项，点击位于圆心的圆弧，如图 2-27 所示，确定。

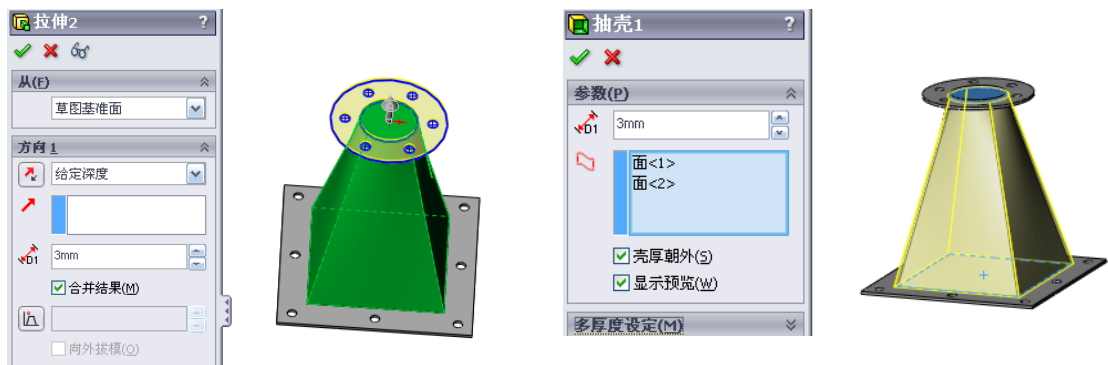


图 2-27 线性草图阵列

c.向下拉伸，输入深度“3”，如图 2-28 所示。

(4)拉伸圆形端面。

a.在基准面 1 建立草图 4，利用【转换实体引用】和【圆周阵列】命令绘制草图 4，添加上部两圆弧关于中心线的对称关系。

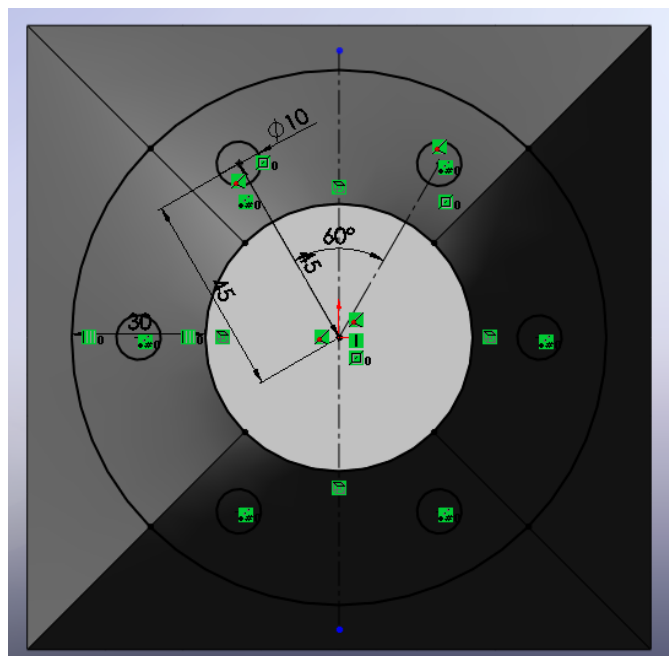


图 2-28 草图 4

b.拉伸，输入深度“3”，如图 2-29 所示。

(5)向外抽壳，厚度为 3，如图 2-30 所示。

图 2-29 拉伸圆形端面

图 2-30 抽壳

训练二 3D 打印技能实践

一 实验目的

- 了解三维打印的基本理论；
- 了解三维打印工艺方法种类及特点
- 了解三维打印的方法和三维打印常用软件
- 了解三维打印机的结构和功能
- 掌握三维打印设备操作方法

二 实验原理

1. 三维打印技术的原理

三维打印即快速成形技术的一种，它是一种数字模型文件为基础，运用粉末状金属或塑料等可粘合材料，通过逐层打印的方式来构造物体的技术。过去其常在模具制造、工业设计

等领域被用于制造模型，现正逐渐用于一些产品的直接制造。特别是一些高价值应用（比如髋关节或牙齿，或一些飞机零部件）已经有使用这种技术打印而成的零部件。“三维打印”意味着这项技术的普及。

2. 三维打印的工艺过程具体如下：

（1）产品三维模型的构建。由于 RP 系统是由三维 CAD 模型直接驱动，因此首先要构建所加工工件的三维 CAD 模型。该三维 CAD 模型可以利用计算机辅助设计软件（如 Pro/E、I-DEAS、Solid Works、UG 等）直接构建，也可以将已有产品的二维图样进行转换而形成三维模型，或对产品实体进行激光扫描、CT 断层扫描，得到点云数据，然后利用反求工程的方法来构造三维模型；

（2）三维模型的近似处理。由于产品往往有一些不规则的自由曲面，加工前要对模型进行近似处理，以方便后续的数据处理工作。由于 STL 文件格式简单、实用，目前已经成为快速成型领域的准标准接口文件。它是用一系列的小三角形平面来逼近原来的模型，每个小三角形用 3 个顶点坐标和一个法向量来描述，三角形的大小可以根据精度要求进行选择。STL 文件有二进制码和 ASCII 码两种输出形式，二进制码输出形式所占的空间比 ASCII 码输出形式的文件所占用的空间小得多，但 ASCII 码输出形式可以阅读和检查。典型的 CAD 软件都带有转换和输出 STL 格式文件的功能；

（3）三维模型的切片处理。根据被加工模型的特征选择合适的加工方向，在成型高度方向上用一系列一定间隔的平面切割近似后的模型，以便提取截面的轮廓信息。间隔一般取 0.05mm~0.5mm，常用 0.1mm。间隔越小，成型精度越高，但成型时间也越长，效率就越低，反之则精度低，但效率高；

（4）成型加工。根据切片处理的截面轮廓，在计算机控制下，相应的成型头（激光头或喷头）按各截面轮廓信息做扫描运动，在工作台上一层一层地堆积材料，然后将各层相粘结，最终得到原型产品；

（5）成型零件的后处理。从成型系统里取出成型件，进行打磨、抛光、涂挂，或放在高温炉中进行后烧结，进一步提高其强度。

3.实验工艺简介

本实验采用的熔融沉积制造（FDM）工艺，由美国学者 Scott Crump 于 1988 年研制成功。FDM 的材料一般是热塑性材料，如蜡、ABS、尼龙等。以丝状供料。熔融沉积成型的原理如下：加热喷头在计算机的控制下，根据产品零件的截面轮廓信息，作 X-Y 平面运动，热塑性丝状材料由供丝机构送至热熔喷头，并在喷头中加热和熔化成半液态，然后被挤压出来，有选择性的涂覆在工作台上，快速冷却后形成一层大约 0.127mm 厚的薄片轮廓。一层截面成型完成后工作台下下降一定高度，再进行下一层的熔覆，好像一层层“画出”截面轮廓，如此循环，最终形成三维产品零件。

三 实验器材

计算机	1 台
一台快速成型机	1 台
ABS 材料	若干
SolidWorks 三维制图软件	1 套

四 实验内容及步骤

1. 启动程序

点击桌面上的图标 UP，程序就会按照如下图示打开：

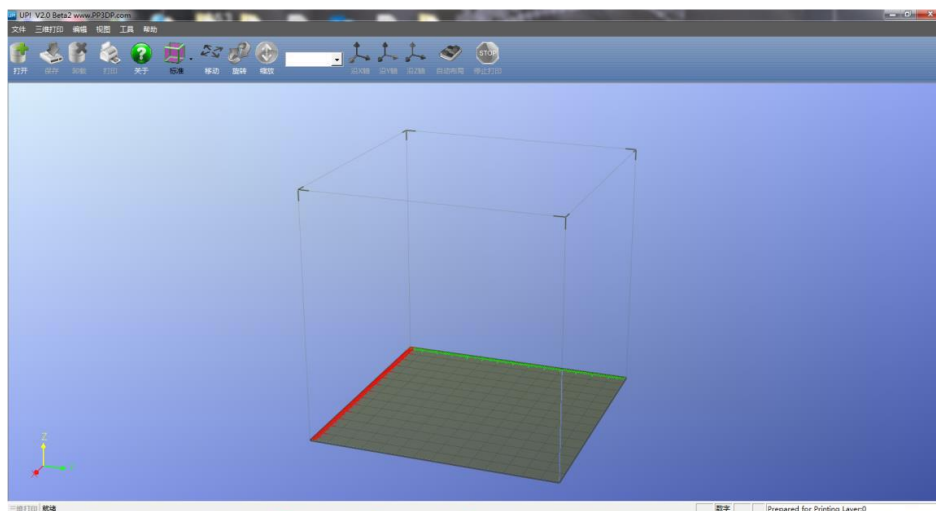


图 3-1 主操作界面

2. 载入一个 3D 模型

点击菜单中-文件/打开或者工具栏中打开按钮，选择一个想要打印的模型。注意：UP! 仅支持 STL 格式（为标准的 3D 打印输入文件）和 UP3 格式（为 UP! 三维打印机专用的压缩文件），以及 UPP 格式（UP! 工程文件）。将鼠标移到模型上，点击鼠标左键，模型的详细资料介绍会悬浮显示出来。

将鼠标移至模型上，点击鼠标左键选择模型，然后在工具栏中选择卸载，或者在模型上点击鼠标右键，会出现一个下拉菜单，选择卸载模型或者卸载所有模型（如载入多个模型并想要全部卸载）。

选择模型，然后点击保存。文件就会以 UP3 格式保存，并且大小是原 STL 文件大小的 12%~18%，非常便于您存档或者转换文件。此外，还可选中模型，点击菜单中的“文件-另存为工程”选项，保存为 UPP（UP Project）格式，该格式可将当前所有模型及参数进行保存，当您载入 UPP 文件时，将自动读取该文件所保存的参数，并替代当前参数。

STL 文件注意事项:

为了准确打印模型，模型的所有面都要超向外。UP! 软件会用不同颜色来标明一个模型是否正确。当打开一个模型时，模型的默认颜色通常是灰色或粉色。如模型有法向的错误，则模型错误的部分会显示成红色。

3. 将模型放到成型平台上

自动布局:

点击工具栏最右边的自动布局按钮，软件会自动调整模型在平台上的位置。当平台上不止一个模型时，我们建议您使用自动布局功能。

手动布局:

点击 Ctrl 键，同时用鼠标左键选择目标模型，移动鼠标，拖动模型到指定位置。

使用移动按钮:

点击工具栏上的移动按钮，选择或在文本框中输入距离数值，然后选择您想要移动的方向轴。

注意:当多个模型处于开放状态时，每个模型之间的距离至少要保持 12mm 以上。

4. 准备打印

初始化打印机：在打印之前，您需要初始化打印机。点击 3D 打印菜单下面的初始化选项，当打印机发出蜂鸣声，初始化即开始。打印喷头和打印平台将再次返回到打印机的初始位置，当准备好后将再次发出蜂鸣声。

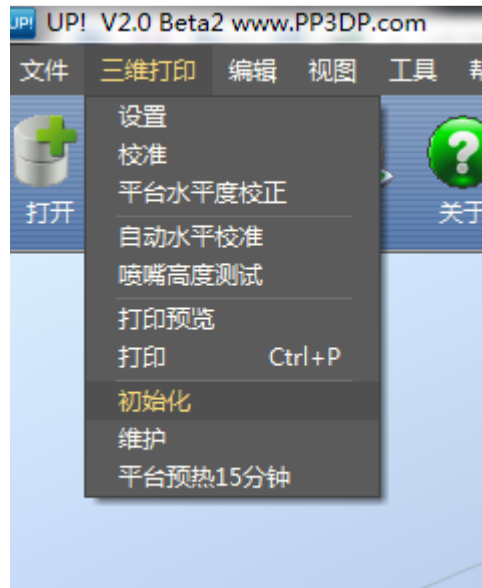


图 3-2 初始化选项

准备打印平板：打印之前，请讲打印平板固定住，以确保模型在打印的过程中不会发生位移。在打印过程中，打印材料将被充分填充到打印平板表面的孔中，以保证模型的牢固。当将打印平板插入到打印平台的卡槽中时，应确保平板的受力均匀。当您插入或取下平板时，请用手按住平台两侧的金属卡槽。

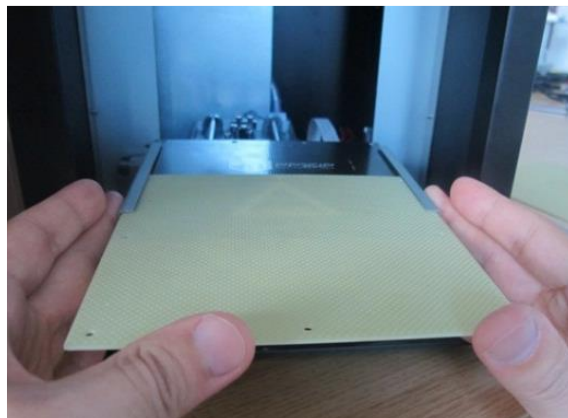


图 4-3 打印平板安装

打印设置选项：点击软件“三维打印”选项内的“设置”，将会出现下图所示界面：



图 3-4 三维打印选项

层片厚度:设定打印层厚, 根据模型的不同, 每层厚度设定在 0.2mm-0.35mm。

支撑: 在实际模型打印之前, 打印机会先打印出一部分底层。当打印机开始打印时, 它首先打印出一部分不坚固的丝材, 沿着 Y 轴方向横向打印。打印机将持续横向打印支撑材料, 直到开始打印主材料时打印机才开始一层层的打印实际模型。

表面层:这个参数将决定打印底层的层数。例如, 如果您设置成 3, 机器在打印实体模型之前会打印 3 层。但是这并不影响壁厚, 所有的填充模式几乎是同一个厚度 (接近 1.5mm)。

角度:这部分角度决定在什么时候添加支撑结构。如果角度小, 系统自动添加支撑。

壳: 该模式有助于提升中空模型的打印效率。如您仅需打印模型作为概览, 请选择该模式。模型在打印过程中将不会产生内部填充。

表面: 如您仅需打印模型轮廓且不封口, 请选择该模式。该模式仅打印模型的一层表面层, 且模型上部与下部将不会封口。该模式一定程度上可以提高模型表面质量。

支撑选项:

密封层: 为避免模型主材料凹陷入支撑网格内, 在贴近主材料被支撑的部分要做数层密封层, 而具体层数可在支撑密封层选项内进行选择 (可选范围为 2 至 6 层, 系统默认为 3 层), 支撑间隔取值越大, 密封层数取值相应越大。

角度:使用支撑材料时的角度。例如设置成 10° , 在表面和水平面的成型角度大于 10° 的时候, 支撑材料才会被使用。如果设置成 50° , 在表面和水平面的成型角度大于 50° 的时候, 支撑材料才会被使用。

间隔:支撑材料线与线之间的距离。要通过支撑材料的用量, 移除支撑材料的难易度, 和零件打印质量等一些经验来改变此参数。

5. 打印

在打印前情确保以下几点:

a. 连接 3D 打印机, 并初始化机器。载入模型并将其放在软件窗口的适当位置。检查剩余材料是否足够打印此模型(当您开始打印时, 通常软件会提示您剩余材料是否足够使用) 如果不够, 请更换一卷新的丝材;

b. 点击 3D 打印菜单的预热按钮, 打印机开始对平台加热。在温度达到 100°C 时开始打印;

c. 喷头外侧的风口拨片可以控制风扇气流的强度, 以改善打印质量, 通常情况下, 您可以将调节拨片关闭风口 (见下图)。如封口处的气流过大, 有可能造成模型在打印过程中发生底部翘曲或模型开裂。

点击 3D 打印的打印按钮, 在打印对话框中设置打印参数 (如质量), 点击 OK 开始打印。

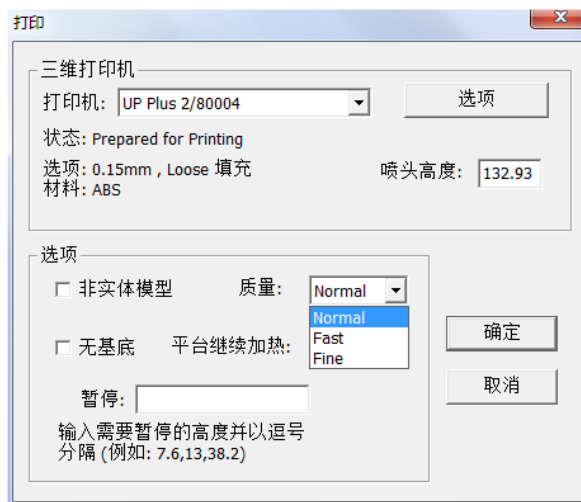


图 3-5 打印对话框

质量:分为普通、快速、精细三个选项。此选项同时也决定了打印机的成型速度。通常情况下，打印速度越慢，成型质量越好。对于模型高的部分，以最快的速度打印会因为打印时的颤动影响模型的成型质量。对于表面积大的模型，由于表面有多个部分，打印的速度设置成“精细”也容易出现问题，打印时间越长，模型的角落部分更容易卷曲。

非实体模型:当您所要打印的模型为非完全实体，如存在不全面时，请选择此项。

无基底:如您选择此项，在打印模型前将不会产生基底。该模式可以提升模型底部平面的打印质量。当您选择此项后，将不能进行自动水平校准。

暂停:您可在方框内输入想要暂停打印的高度，当打印机打印至该高度时，将会自动暂停打印，直至您点击“恢复打印位置”。请注意：在暂停打印期间，喷嘴将会保持高温。

提示:

开始打印后，您可以将计算机与打印机断开。打印任务会被存储至打印机内，进行脱机打印。

6. 移除模型

- 当模型完成打印时，打印机会发出蜂鸣声，喷嘴和打印平台会停止加热。
- 将扣在打印平台周围的弹簧顺时针别在平台底部，将打印平台轻轻撤出。
- 慢慢滑动铲刀在模型下面把铲刀慢慢的滑动到模型下面，来回撬松模型。切记在撬模型时要佩戴手套以防烫伤。

提示:

我们强烈建议您在撤出模型之前要先撤下打印平台。如果不这样做，很可能使整个平台弯曲，导致喷头和打印平台的角度改变。撤出平台的简单方法，请详见手册中的提示和技巧部分，可以无需工具更容易的拆除

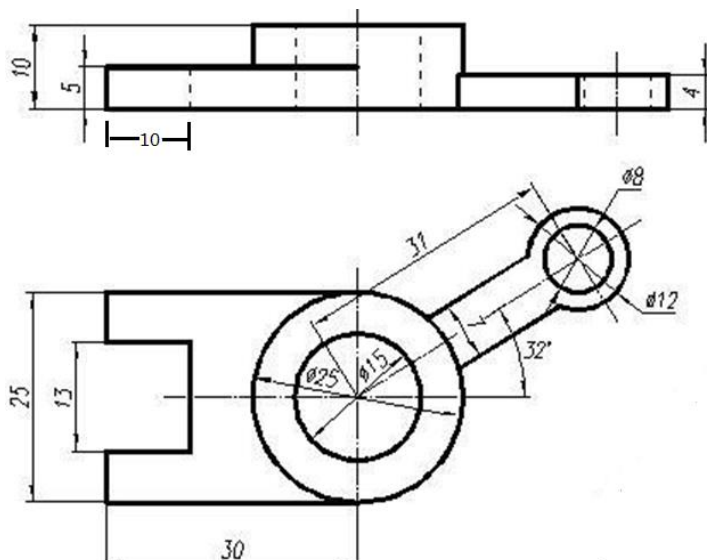
去移除支撑材料:支撑材料可以使用多种工具来拆除。一部分可以很容易的用手拆除，越接近模型的支撑，使用钢丝钳或者尖嘴钳更容易移除。

注意:

- 在移除支撑时，一定要佩戴防护眼罩，尤其是在移除 PLA 材料时。
- 支撑材料和工具都很锋利，在从打印机上移除模型时请佩戴手套和防护眼罩。

7. 实验范例模型制造

用三维软件画出图 3-6 零件的三维模型，并存储为 stl 格式文件。然后用三维打印机制造三维实体模型，完成实验报告。



机器人零件三维建模任务 1——标准件建模

以实验发放的标准零件为对象，应用现有测量条件，完成三维零件模型的建立。建模对象如下图所示：



舵机



舵盘



滚珠轴承



推力轴承

机器人零件三维建模任务 2——3D 打印舵机支架设计

以实验发放的舵机为对象，应用现有测量条件，完成塑料的包裹型舵机支架三维零件模型的建立，并加工验证。注意问题：实验舵机缺少安装孔，要在支架上设计；使用支架时不能破坏舵机结构。

建模舵机对象如下图所示：



参考舵机支架（都不符合要求）

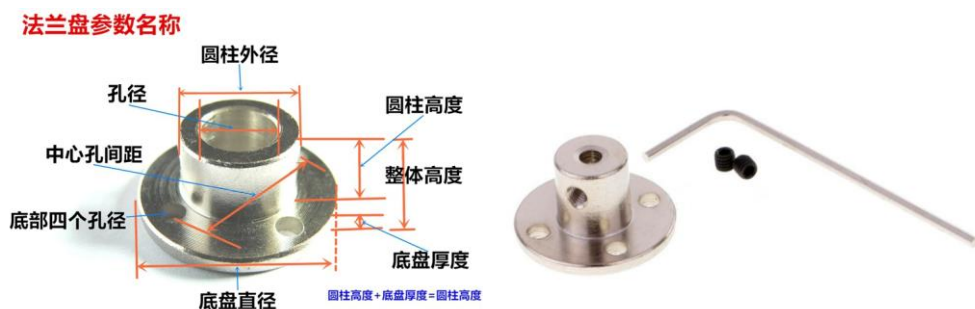


机器人零件三维建模任务 3——3D 打印联轴器

轴器设计

以实验发放的丝杆或电机为研究对象，应用现有测量条件，完成 3D 打印的**塑料联轴器**三维零件模型的建立，并加工检验。注意问题：常见联轴器为金属材料，通过螺纹连接起到紧固作用；实验用 3D 打印机无法加工螺纹，需要设计其他紧固方法。

建模参考对象如下图所示：



法兰联轴器

内径可选: 3/4/5/6/6.35/7/8/10/12mm



碳钢镀锌

刚性联轴器

电子科技大学

实验报告 1

学生姓名： 学 号： 指导教师：

实验地点： 实验时间：

一、实验室名称：

二、实验项目名称：机器人零件三维建模任务

三、实验学时：

四、实验原理：

五、实验目的：

掌握基本零件建模的一般步骤和方法

掌握 SolidWorks 草绘特征：拉伸凸台、拉伸切除的操作方法。

掌握工程图的操作方法

六、实验内容：

七、实验器材（设备、元器件）：

八、实验步骤：**（禁止抄袭!）**

（1）机器人零件三维建模任务 1——标准件建模（步骤不少于 5 步，文字+3D 图）

（2）机器人零件三维建模任务 2——3D 打印舵机支架设计（步骤不少于 5 步，文字+3D 图+实物图）

（3）机器人零件三维建模任务 3——3D 打印联轴器设计（步骤不少于 5 步，文字+3D 图+实物图）

九、实验数据及结果分析：**（三视图）**

十、实验结论：

十一、对本实验过程及方法、手段的改进建议：

报告评分：

机器人机构设计基础实验

一 实验目的

- (1) 掌握机器人关节设计方法
- (2) 掌握机器人常用标准件的装配应用设计方法

二 实验原理

关节是机器人中连接两个或多个运动部分的机构，它具备使相邻部件相对运动的功能。关节可以是旋转关节或平移关节，根据机器人的需要，可以选择不同类型的关节来实现特定的动作和工作任务。

关节的分类根据运动方式的不同，关节可以分为旋转关节和平移关节两大类。

旋转关节旋转关节允许连接的部件在一个轴线周围进行旋转运动。它是工业机器人中最常见的关节类型之一。旋转关节通常由电机和减速器组成，电机提供动力，而减速器则减小电机输出的转速，增加输出的扭矩。

平移关节平移关节允许连接的部件在直线上进行平移运动。与旋转关节相比，平移关节的结构更为简单，通常由导轨、滑块和导向装置组成。平移关节的运动由驱动装置提供，例如电机和丝杠传动系统。

工业机器人中轴承起着相当重要的作用，用于转动关节的轴承有多种形式，球轴承是机器人结构中最常用的轴承。球轴承能承受径向和轴向载荷，摩擦较小，对轴和轴承座的刚度不敏感。

6 轴垂直串联工业机器人机械结构如图

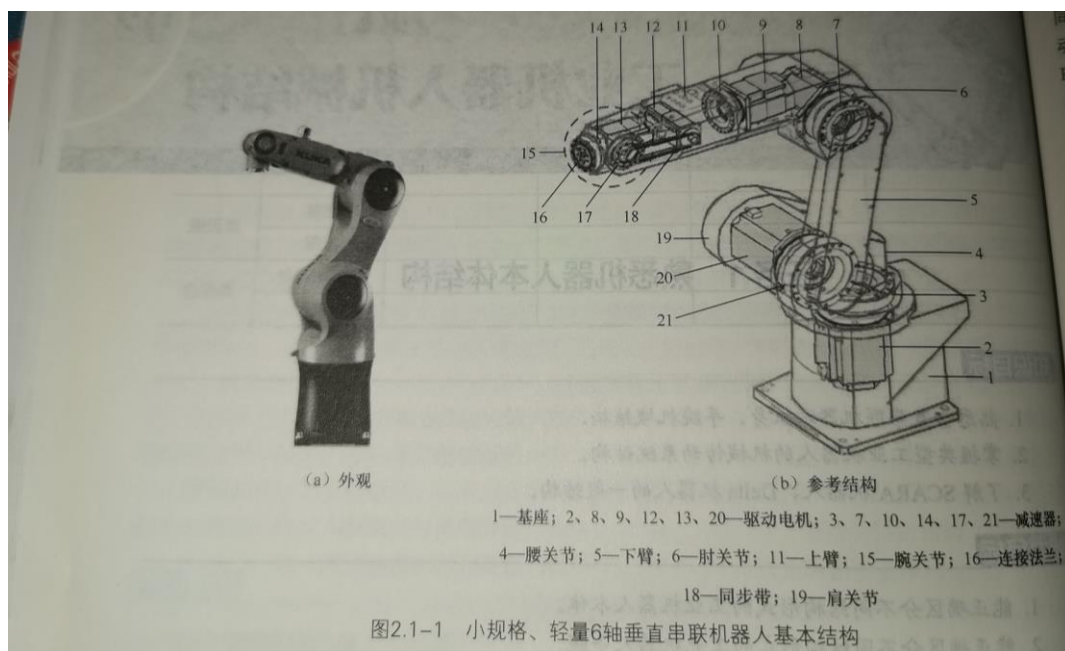


图 1

6 轴垂直串联工业机器人——采用前驱结构的机器人 B 轴典型传动系统如图 2 所示。它同样采用部件型谐波减速器,以减小体积。前驱机器人的 B 轴驱动电机 2 安装在手腕体 17 的后部, 电机通过同步带 5 与手腕前端的谐波减速器 8 输入轴连接减速器柔轮连接摆动体 12, 减速器刚轮和安装在手腕体 17 来自谐波减速器的柔轮左前侧的支承座 14 是摆动体 12 摆动回转的支承。摆动体的回转驱动力转, 柔轮输出将带动摆输出, 当驱动电机 2 旋转时, 可通过同步带 5 带动减速器谐波发生器旋动体 12 摆动。

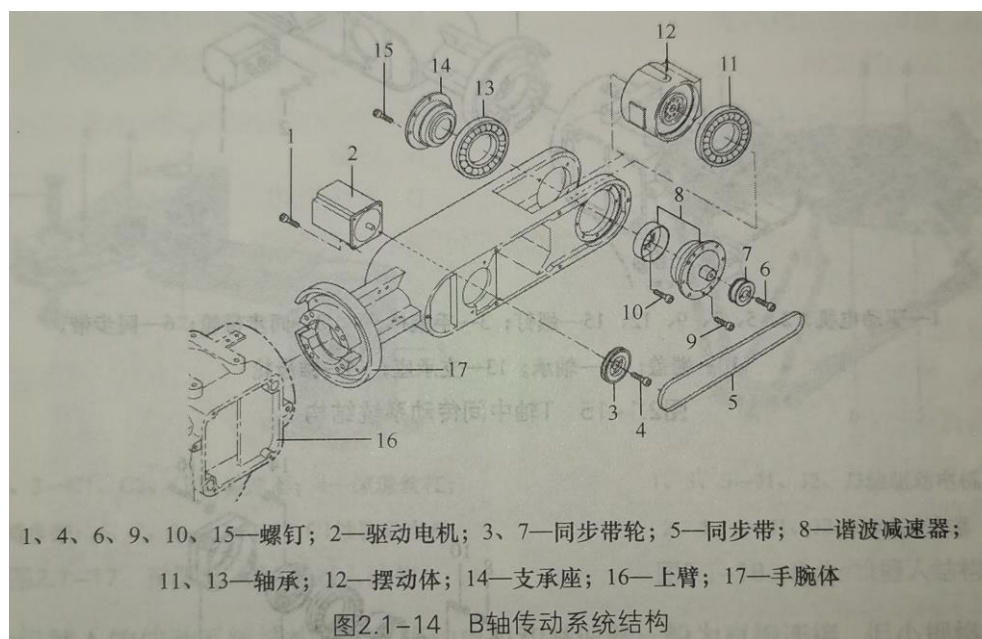


图 2

最终机器人构型——混合机器人简介

六自由度混合机器人由三个直线运动轴,两个转动轴和一个摆动轴组成。六自由度混合型机器人的三个直线运动轴是悬臂型直角坐标机器人。在上下运动的 Z 轴下端带动一个旋转轴,而旋转轴带动一个摆动轴,摆动轴末端再带动一个旋转轴。最末端的旋转轴带动手爪。由于两个旋转轴和摆动轴其实就是关节机器人的末端三个运动轴,所以六轴混合机器人就是三轴直角坐标机器人加上关节机器人的三个最末端运动轴组合而成。根据实际需要,混合型机器人的直线运动轴也可以是二维的 XY 轴结构或 XZ 轴结构,也可以是龙门式结构。其各个直线运动轴的行程及承载能力可以按要求去做。

1、工作空间

具有直角坐标机器人的大行程,大跨度的优点。比如拼装后 X 轴可达到 100m, Y 轴 20m; 总之可以按要求组合成所需工作空间的大型机器人。

2、组合形式

混合型机器人的直线运动轴也可以是二维的 XY 轴结构或 XZ 轴结构，也可以是龙门式结构。根据每个直线运动轴的行程及承载能力还可以是多根组合来保证各个轴不变形，有足够的强度。最末端的三个旋转轴也可以选择为两个旋转轴。总之混合型机器人完全可以设计成所有的结构形式及工作行程。

3、负载能力

直角坐标型的龙门框架结构，承载能力强，可无限扩展，稳定可靠，造价相对低很多。抓取物体的能力主要受三个末端旋转轴的限制。目前配合手爪后可以抓取的物体重量是：25 公斤，50 公斤和 100 公斤三种型号。

4、工作精度

通常单根直线运动轴的重复定位精度 0.05mm，而丝杠驱动型和精密齿轮齿条驱动型可达 0.01mm，甚至更高。还可以加位置反馈信号，比如磁栅来提高定位精度。最后综合精度取决于末端的三个旋转轴。

三 实验任务

1. 依据实验室提供的舵机和轴承（如图所示），设一款具有**可随时拆装（禁止使用胶水）的机械臂关节**，要求应用模块设计理念。采用 3D 打印完成零件制作，零件长宽高小于 100mm，推荐尺寸 60mm。



舵机



舵盘



滚珠轴承



推力轴承

2. 依据实验室提供的丝杆和步进电机，设一款具有**可随时拆装（禁止使用胶水）**的**平移关节——一维移动平台**，要求应用模块设计理念。采用 3D 打印完成零件制作，零件长宽高小于 100mm，推荐尺寸 60mm。

3. 将制作的两种关节结合组成**复合型机器人**，完成后面挑战任务。注意问题：由于**机械臂**的添加，会导致**一维移动平台**负载增加，导致移动平台无法正常移动。完成两个任务：

（1）设计力臂，测量最大负载转矩；（2）比较负载转矩和步进电机转矩，设计减速齿轮组保证系统运行。

电子科技大学

实验报告 2

学生姓名：学号：指导教师：

实验地点：实验时间：

一、实验室名称：

二、实验项目名称：机器人机构设计基础实验

三、实验学时：

四、实验原理：

五、实验目的：

- (1) 掌握机器人关节设计方法
- (2) 掌握机器人常用标准件的装配应用设计方法

六、实验内容：

七、实验器材（设备、元器件）：

八、实验步骤：**（禁止抄袭！）**

- (1) 可随时拆装的机械臂关节设计任务（步骤不少于 5 步，文字+3D 图+实物图）
- (2) 可随时拆装的平移关节——一维移动平台设计任务（步骤不少于 5 步，文字+3D 图+实物图）
- (3) 将制作的两种关节结合组成复合型机器人，减速齿轮组设计方案（步骤不少于 5 步，文字+3D 图+实物图+测试操作图）

九、实验数据及结果分析：**（零件三视图，装配图，爆炸图）**

	单位										
电机额定 转矩											
测试次数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
丝杆阻力											
力臂											
阻力矩											

十、实验结论：

十一、对本实验过程及方法、手段的改进建议：

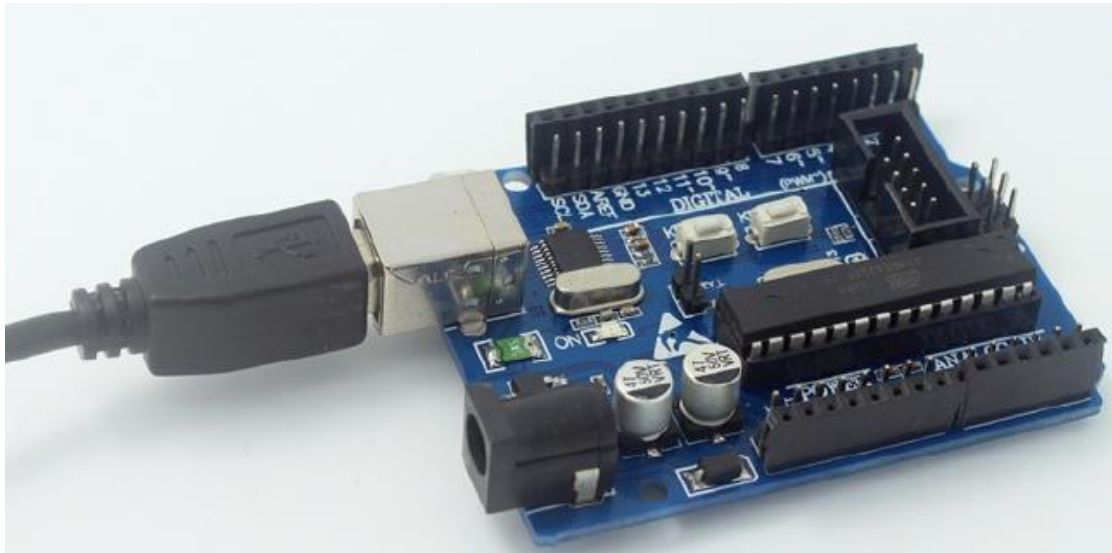
报告评分：

第三章 小型机器人控制技术训练

训练三 arduino 软件安装与下载

第一节 安装 usb 转串口驱动

一、 硬件连接：用对应的 USB 线连接开发板和电脑。



二、 驱动安装：XP 系统会提示“新硬件需要安装驱动”，直接关掉，选择手动安装。Win7 及以上系统会自动搜索驱动安装，大部分都能正确安装，如果不能正确，直接手动安装，方法同 XP。安装驱动方法如下：

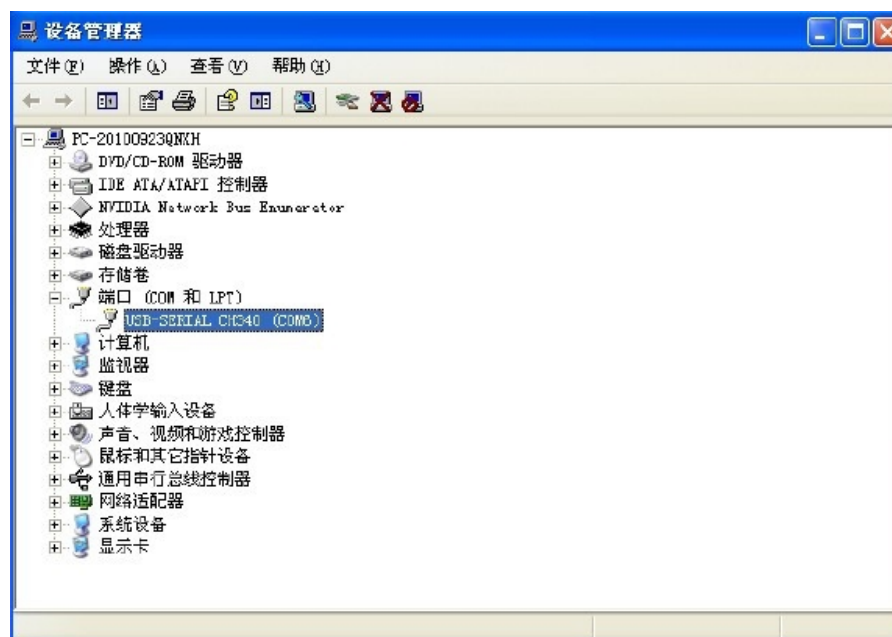


USB 线插入电脑后会提示如上信息，点击“取消”，需要手动安装驱动程序。手动打开 CH341

文件夹（驱动程序文件夹内）中 CH341.exe ，双击安装驱动。点击“安装”，出现图中安装成功界面。



XP 系统右击“我的电脑”>“属性”>“硬件”>“设备管理器”。



出现虚拟串口 COM6 ，必须确认是 USB-SERIAL CH340 字样，否则表明驱动不正确。使用本公司新版本的串口调试软件可以检测是否安装有串口，软件运行截图如下。德飞莱串口调试软件 V2.0 以上版本内置串口检测功能。该版本软件可以到论坛下载或者百度搜索。

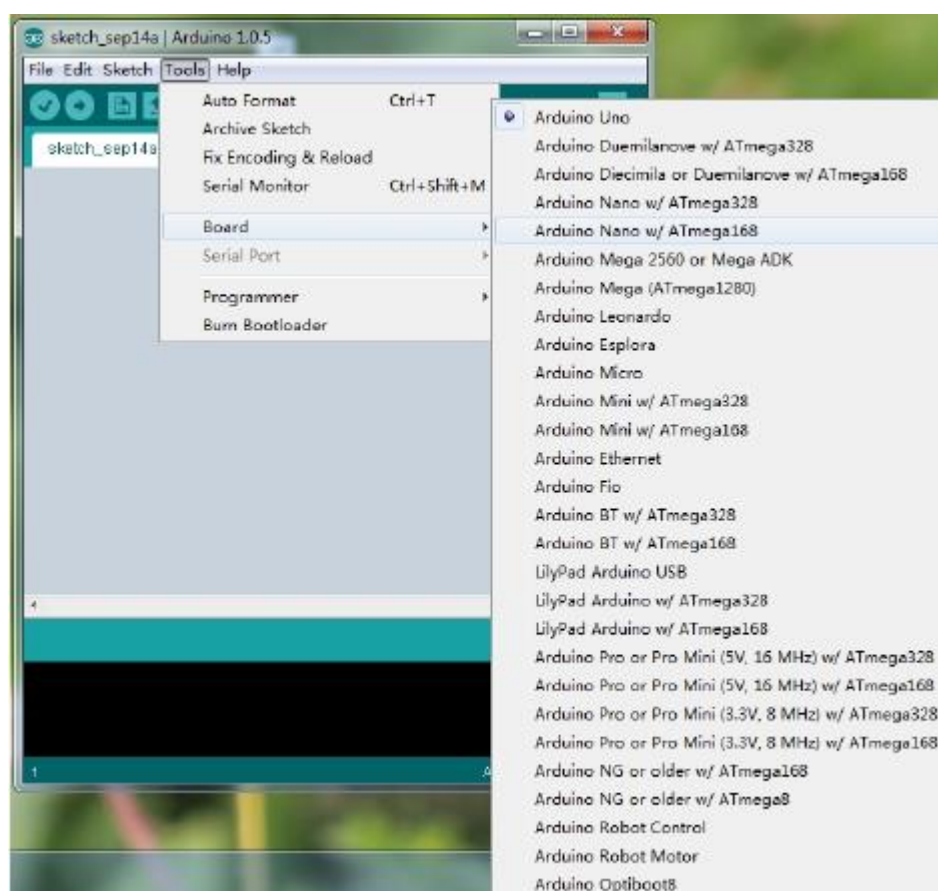
第二节 安装 IDE 软件下载样例程序

软件安装：解压 IDE 开发软件 ，或去官网下载最新版本。此软件解压后需安装，双击 arduino.exe 文件打开软件：

包含到库中 ▾ 共享 ▾ 刻录 新建文件夹			
名称	修改日期	类型	大小
drivers	2013-08-15 17:16	文件夹	
examples	2013-08-15 17:16	文件夹	
hardware	2013-08-15 17:16	文件夹	
java	2013-08-15 17:16	文件夹	
lib	2013-08-15 17:16	文件夹	
libraries	2013-08-15 17:16	文件夹	
reference	2013-08-15 17:16	文件夹	
tools	2013-08-15 17:16	文件夹	
arduino.exe	2013-05-17 22:26	应用程序	840 KB
cygiconv-2.dll	2013-05-17 22:24	DLL 文件	947 KB
cygwin1.dll	2013-05-17 22:24	DLL 文件	1,829 KB
libusb0.dll	2007-07-23 23:50	DLL 文件	46 KB
revisions.txt	2013-05-17 22:24	文本文档	38 KB
rxtxSerial.dll	2013-05-17 22:24	DLL 文件	76 KB

打开软件出现上述界面，英文菜单和快捷功能图标，可以通过参数设置变成中文菜单，仅能改成中文菜单，由于 arduino 不支持中文编辑，编写中文注释需要用第三方编辑软件，比如 notepad++。

第一步需要选择板卡（单片机主板型号）。本例开发板是 arduino UNO R3，芯片使用的 ATmega328p，在此选择类型要特别注意，选错会导致不能识别。这里需要需要选择 Tool->Board->arduino Uno。

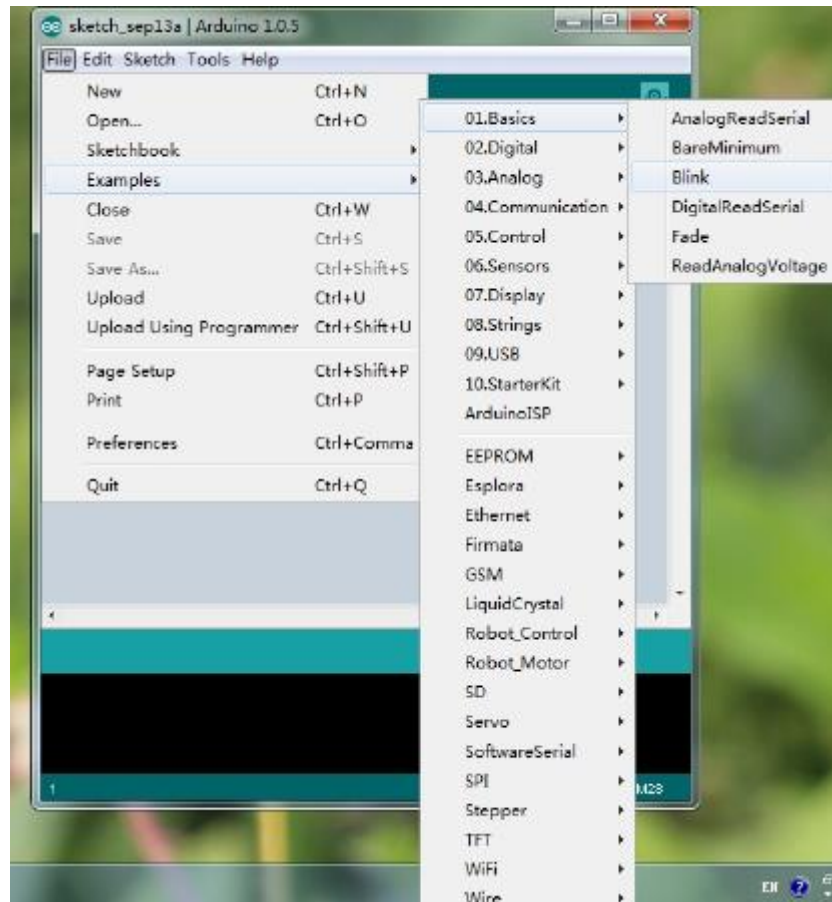


第二步需要打开一个程序样例。首先完成一个简单的程序：闪烁 LED 例程。官方 IDE 软件集成了所有功能程序。仅使用 IDE 软件和主板套件就可以完成主板功能测试。由于自

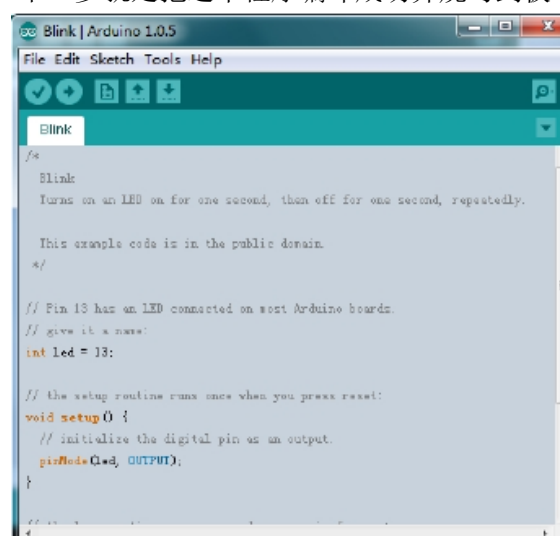
带样例支持多种板卡，故有些样例不能在 UNO 上使用。再没有额外的学习资料之前，可以

通过自带样例测试主板的基本功能是否正常，比如数字输出功能、AD 采集功能、串口传输功能等等。下面讲解其中最简单却经典的程序之一：

打开 file->examples->01.Basics->Blink （这是官方自带测试程序）如下图：



随即系统打开一个新的窗口，这个就是 arduino 的程序。可以看出这个程序非常简洁，灰色部分的文字是注释（注释是解释程序的作用和一些参数等信息说明，不参与实际运行）。该程序是正确无误的，下一步就是把这个程序编译成功并烧写到板卡中，并让其运行。



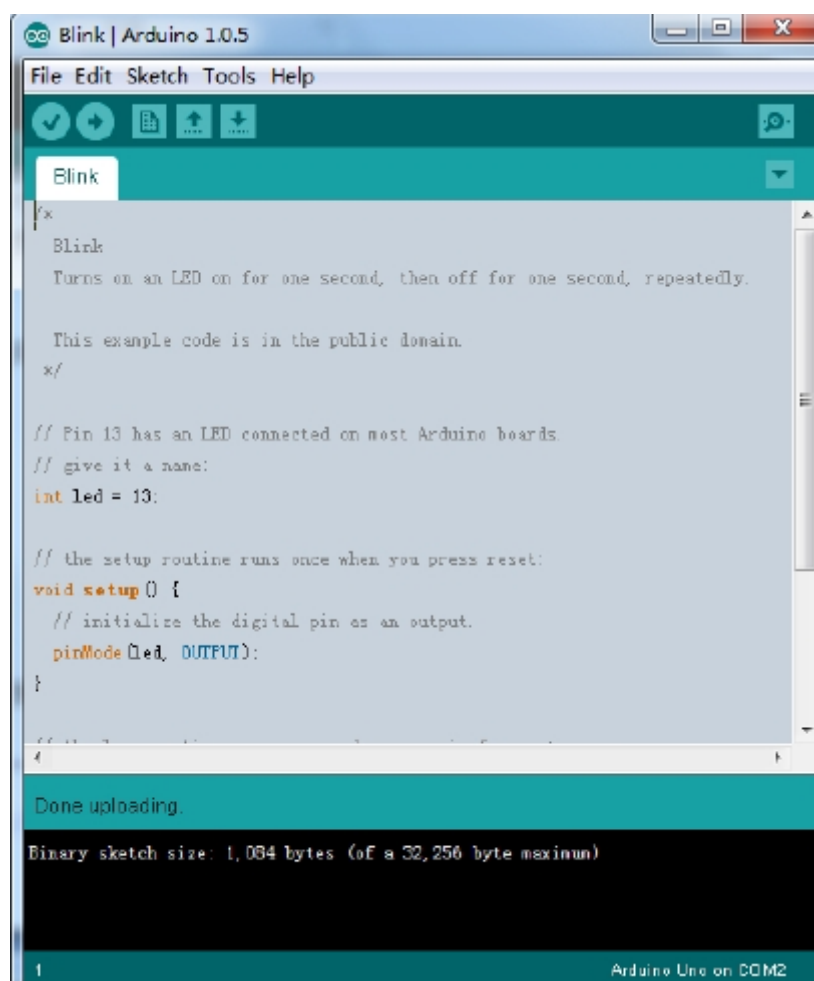
点击箭头图标，



此图标是编译并下载程序，这里有 2 个执行过程，第一部分是编译，编译就是把高级语言变成计算机可以识别的二进制语言。第二部分是下载程序，即把编译好的二进制代码文件装入到单片机对应的存储区。一般情况第一次使用会出现如下对话框：



提示找到一个可用的 com 口，也可能电脑中有多个 COM 口，下拉选择与设备管理器对应的 COM 口（CH340 的 COM 口），点击“确定”按钮。



状态栏显示“Done uploading”，下载完成。此时表明程序的二进制文件已经下载到开发板卡的单片机中。默认状态开发板卡上的 LED 会快速闪烁 3 次，其他的板卡可能会不同。这个 LED 闪烁表示准备好，然后复位板卡，准备运行下载的程序，之后的执行现象则是用户需要的功能。每次按复位按键后仍然会有相同的闪烁提示，在下载程序期间也会不固定的闪烁 LED，闪烁仅表示下载过程正在进行，这个属于正常现象，并非故障或者错误。

此时程序编译、下载整个流程结束。LED 以 2S 周期闪烁，表明开发板卡正常运行。以后使用同样方法下载其他的程序，下载后开发板只运行当前的程序，上一次的程序会被自动擦除。多个功能的程序同时运行需要在写软件的时候整合成一个程序。单片机任何时刻只能运行一个程序。

在上述 2 个过程中可能会出现错误，尤其初学者。错误也分为 2 个部分，第一部分是编译错误，这种错误多数是自行编写程序的是出现，错误多种多样，这里不列举。遇到错误后把对应的错误提示反馈到德飞莱论坛。第二部分是下载错误，大部分是没有选择正确的板卡或者正确的串口号导致。重新按流程选择，或者重新拔插 USB 线。

训练四 arduino 模块实践

第一节 基本数字输出功能 LED 灯

此实验之前首先需要了解 I/O 端口原理，简单介绍如下：I/O 英文全称是 Input/Output，即输入/输出。单片机端口是标准双向口，就是说，单片机的端口既可以作为输出信号端（如控制灯亮灭、继电器吸合释放、喇叭发声等），也可以作为输入信号端（如按键信号输入、红外波形输入、开关信号输入等）。

首先了解一下 arduino UNO

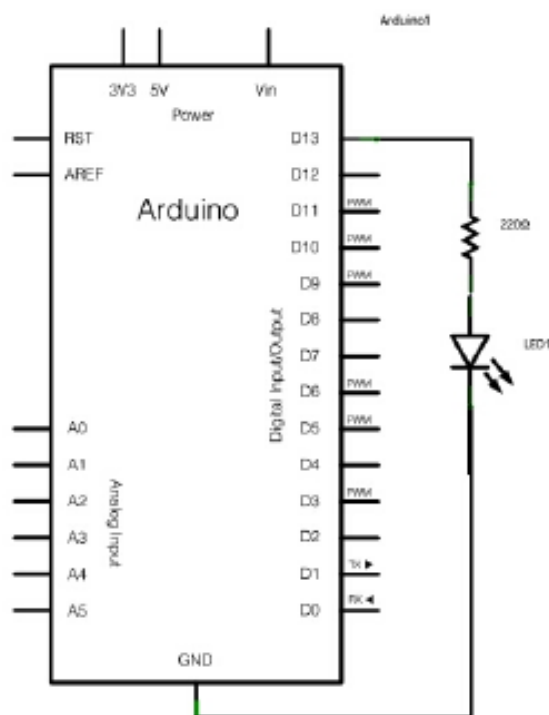
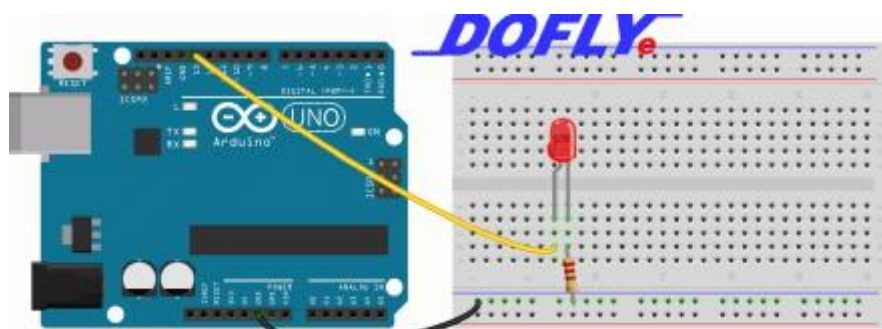


图 2.1-3 电路原理图

电流流向从单片机引脚输出到 LED 灯，通过限流电阻回流到 GND（电源地）（这种称拉电流）。反向连接 LED 时，原来接 GND 的一端需要接 VCC，此时电流流向是从 VCC 到 LED 灯，然后经过限流电阻，再通过单片机引脚回流到 GND（这种电流称灌电流）。Arduino 使用的是 AVR 单片机，可以提供拉电流，足以点亮 LED，但是电流有最大输出限制，一般不会超过 20mA，而 LED 的极限电流一般为 30mA，所以即便去掉限流电阻，也可以正常点亮 LED，不会烧毁，但是出于安全和功耗考虑，真正使用时需要精确计算限流电阻的阻值。LED 是输出功能测试最简单最有效的方式之一。而且后续的很多程序实际上都是 LED 控制程序，只不过使用了不同的控制设备，比如继电器、蜂鸣器等。

对于入门级用户，深入学习理解 LED 部分的功能是非常必要的。该样例讲解 1 个 LED 的控制，后续还会讲解多个 LED 控制，比如跑马灯，花样灯等程序。

一般情况：LED 的长引脚是正极，LED 内部电极体积小的是正极（部分红色 LED 相反）。LED 的电流流向是从正极流向负极。图 2.1-4 实物图需要 1 个电阻和 1 个 LED，电阻的阻值范围是 200 欧姆~2K，阻值越大，LED 亮度越低，选择标准是在亮度基本相同的状态下，阻值越大越好。



2.1-5 面包板连接图 1

上图是另外 2 种连接方式，其一去掉限流电阻，之前讲过单片机输出电流有最大限制，本身就有限流作用，在做这个实验的时候可以去掉限流电阻，但是不排除部分 LED 的最大电流过小，也有烧毁的可能，长期实验需要加入限流电阻。另外一幅图是通过面板连接，这种连接方式不受体积限制，可以使整个硬件连接工整、简洁。

重复看一下 LED 闪烁程序，已经汉化注释部分，用户更容易理解语句的作用。打开光盘提供的样例：“arduino 实用样例\1-闪烁 LED 指示灯方式 1”。

```
/*
  http://shop34791330.taobao.com/ //德飞莱旗舰店
  http://qixingchong.tmall.com/    //七星虫旗舰店
  http://www.doflye.net //德飞莱技术论坛
  http://www.doflye.net/forum-98-1.html //德飞莱论坛 arduino 版块
  LED 亮 1 秒，灭 1 秒，依此循环
*/
//LED 连接到 13 引脚
// 引脚定义:
int LED = 13;
// 复位后初始化内容
void setup() {
  //
  初始化数字端口为输出模式
  pin Mode(LED, OUTPUT);
}
```



```
// 使用独立模块开发板 LY-51S 连接详情:  
// http://doflye.net/viewthread.php?tid=5294&extra=  
// 主循环
```

```
void loop() {  
    digital Write(LED, HIGH);    // LED  
    引脚置高电平  
  
    delay(1000);                // 延时 1 秒  
    digital Write(LED, LOW);     // LED 引脚变为低电平  
    delay(1000);                // 延时 1 秒  
}
```

这个程序是 Arduino 自带样例，再次分析其中的 1 个语句，`digital Write(LED, HIGH);` 从函数的名称去理解其意义：`digital` 数字的 `Write` 写，作用是向指定的引脚写入数字信号，那么数字信号无非是 0 或者 1，在 Arduino 程序里面用 `LOW` 和 `HIGHT` 表示。这 2 个就是英文单词“低”和“高”的意思。虽然还没有学习后续的内容，从这个语句能看出一些端倪，既然有写数字信号，就会有读数字信号，同样的单片机除了数字信号还有模拟信号，从而还会有写模拟信号和读模拟信号。所以从某个角度说讲英语的国家的人学习这个更容易，因为这个就是他们的语言本身。他们就像说话一样就把程序写好了，国人则需要先学习英语才能再去了解程序本身，这个势必增加了很大一部分学习难度。不过也不必担心，程序最终是一种思维方式，只要了解这种思维方式就能很顺利的学习和应用单片机。语言是重要的但不是主要的，所有的语言写出的程序最终都会以二进制的方式存储到单片机中，有单片机执行，所有写程序之前了解最基础的硬件运行原理是更为重要的。

作业内容如下：模拟自己手机信号灯的闪烁方式。

第二节 数字电平读入实验

1、按键（轻触开关）

按键有很多种类，英文 `switch`，就是开关，日常生活中经常能见到，外观多种多样，原理就只一种，一个按键只有 2 种状态，开或关，和数字电平 1 或者 0 一样的。下面几张图片，来了解一下常见的按键和开关。



图 2.2-2 未焊接各种按键

图 2.2-2 图中清晰的位置都是轻触开关，有 2 个脚、4 个脚、5 个脚还有薄膜按键（遥控器图片），样式繁多，作用相同，这些按键一般是传输信号，不能通过大电流，否则会导致触点损坏。在器件运行可靠的情况下，通过的电流越小越好，即可降低功耗，也能延长使用寿命。

与 arduino 连接的电路图和实物图如下图 2.2-3、图 2.2-4。图 2.2-3 是高电平有效。按键默认状态是释放状态，电路断开。D2 端口通过电阻连接到 GND，单片机默认读到低电平，当按键按下，开关电路闭合，D2 直接连接到 VCC，此时单片机读到的是高电平。图 2.2-4 原理同高电平有效相反，程序请自行拷、修改、分析。

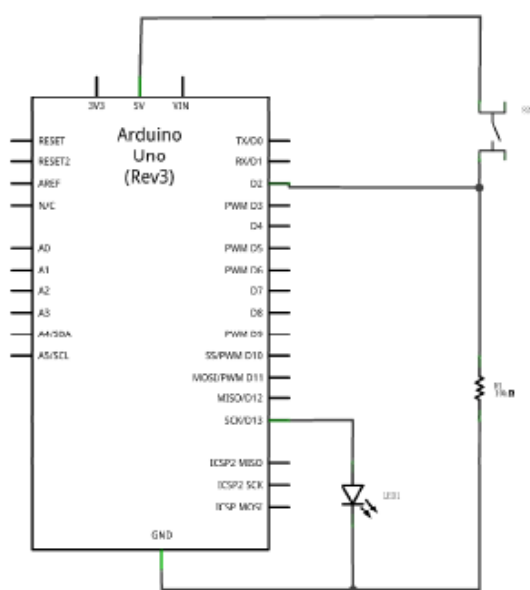


图 2.2-3

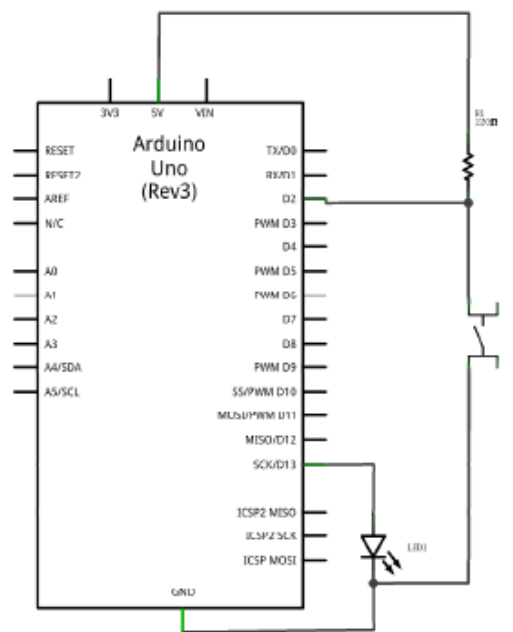


图 2.2-4

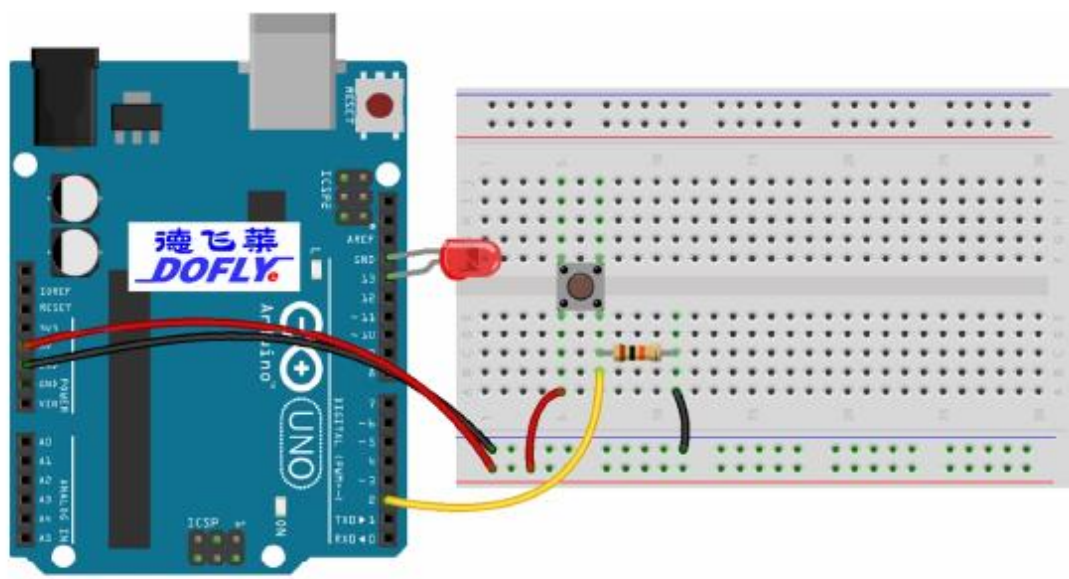


图 2.2-5 高电平有效

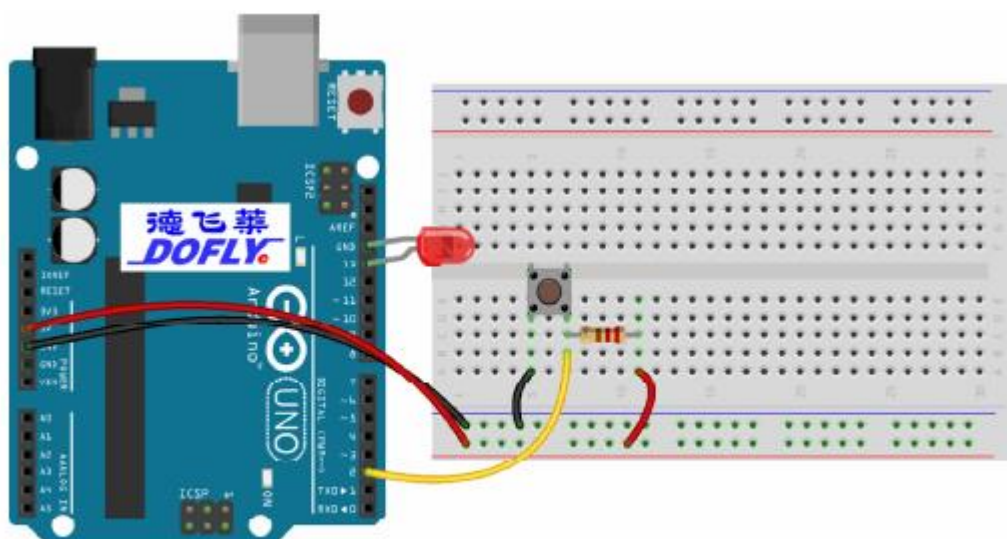


图 2.2-6 低电平有效

从原理图和实物图分析，按键的硬件部分是非常简单的，仅需要一个外部电阻。德飞莱改进版的 UNO 把这 2 种按键集成到主板上，并预留了引脚插针，使用的时候只需要把对应的插针连接到相应的端口即可。图片和标识如下：



线框内的部分是按键和对应的接口插针，KEY_H 表示高电平有效，KEY_L 表示低电平有效，插针旁边也清晰标明高低电平字符，用线连接到对应的端口就可以使用上面的 2 个按键。一般用杜邦线连接，杜邦线图片如下：

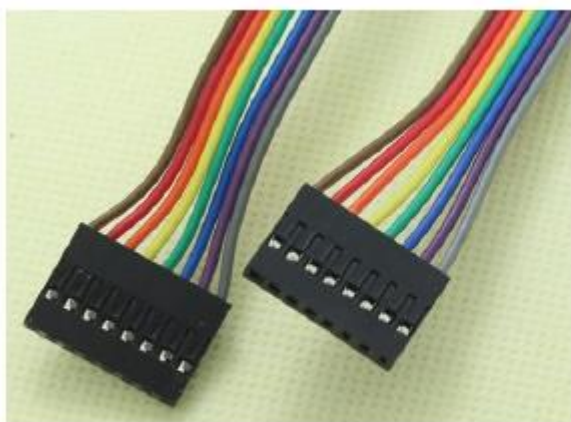


图 2.2-8 8P 杜邦线



图 2.2-9 4P 杜邦线

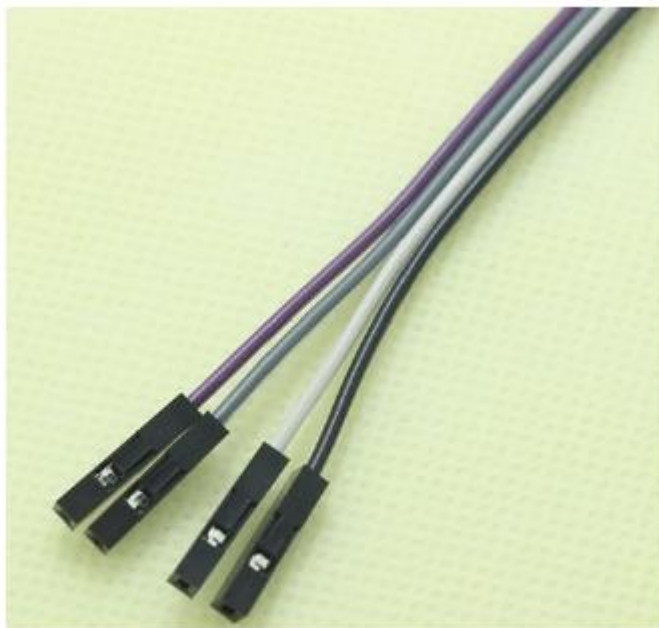


图 2.2-10 1P 杜邦线

一般使用 1P 杜邦线连接，既可以单独使用，也可以组合使用。杜邦线在 arduino 实验中使用非常普遍。

下面分析按键部分程序，打开程序：“\arduino 实用样例\6-读取端口电平信号并传输到串口”。

```
/*
http://shop34791330.taobao.com/ //德飞莱旗舰店
http://qixingchong.tmall.com/ //七星虫旗舰店
http://www.doflye.net //德飞莱技术论坛
http://www.doflye.net/forum-98-1.html //德飞莱论坛 arduino 版块
读取 Pin2 的电平信号，并把结果打印到串口，也同时反映到 LED 灯
*/

// 定义引脚
int pushButton = 2;
int led = 13;
// 初始化
void setup() {
    // 初始化串口
    Serial.begin(9600);
    // 把按键引脚设置为输入
    // 德飞莱增强版有高电平和低电平触发的 2 个按键，都可以使用，直接接 KEY_H 或者 KEY_L

    pinMode(pushButton, INPUT); // 独立模块 LY-51S 开发板上独立按键 K1-K8 都可以使用。
    //把 led 引脚设置为输出
    pinMode(led, OUTPUT);      // 独立模块 LY-51S 开发板上 LED1-LED8 都可以使用。
}
```

```

// 使用独立模块开发板 LY-51S 连接详情:
// http://doflye.net/viewthread.php?tid=5294&extra=
// 主循环
void loop() {
    // 读取输入引脚的值
    int buttonState = digitalRead(pushButton);
    // 读取的数值反映到 led 上
    digitalWrite(led, buttonState);
    // 打印结果到串口
    Serial.println(buttonState);
    //这里可以使用 arduino 自带的串口调试器, 也可以使用德飞莱串口调试软件
    //下载地址: http://doflye.net/viewthread.php?tid=4929
    delay(10);      // 延时大小决定循环读取的时间间隔
}

```

解读程序, 初始化函数中有一个语句 `Serial.begin(9600);` 这个语句的目的是初始化串口的参数, `arduino` 内部规定只允许改变波特率参数, 其他的参数使用通用数值。如果你需要和其他的单片机串口通讯, 波特率要一致才可以正常工作, 否则会出现乱码甚至不能通讯。
`pin Mode(push Button, INPUT);` 设置端口为输入模式, 用于读取端口电平。这个程序 的功能是读取按键的电平状态, 然后实时的反应到 LED 并且传输到电脑串口上。

第十四节 直流电机应用

直流电动机是将直流电能转换为机械能的电动机。因其良好的调速性能而在电力拖动中得到广泛应用。基本构造: 分为两部分: 定子与转子。注意: 不要把换向极与换向器弄混淆了。定子包括: 主磁极, 机座, 换向极, 电刷装置等。转子包括: 电枢铁芯, 电枢绕组, 换向器, 轴和风扇等。转子组成: 直流电动机转子部分由电枢铁芯、电枢、换向器等装置组成, 下面对构造中的各部件进行详细介绍。

1. 电枢铁芯部分: 其作用是嵌放电枢绕组和颠末磁通, 为了下降电机工作时电枢铁芯中发作的涡流损耗和磁滞损耗。

2. 电枢部分: 作用是发作电磁转矩和感应电动势, 而进行能量变换。电枢绕组有许多线圈或玻璃丝包扁铜线或强度漆包线。

3. 换向器又称整流子, 在直流电想法中, 它的作用是将电刷上的直流电源电流变换成电枢绕组内的沟通电流, 是电磁转矩的倾向稳定不变, 在直流发电机中, 它将电枢绕组沟通电动势变换为电刷端上输出地直流电动势。

换向器由许多片构成的圆柱体之间用云母绝缘, 电枢绕组每一个线圈两端区分接在两个换向片上。直流发电机中换向器的作用是把电枢绕组中的交变电动势变换为电刷间的直流电动势, 负载中就有电流通过, 直流发电机向负载输出电功率, 同时电枢线圈中也肯定有电流通过。它与磁场相互作用发作电磁转矩, 其倾向与发电机相反, 原想法只需抑制这一磁场转矩才华股动电枢改变。因此, 发电机向负载输出电功率的还, 从原想法输出机械功率, 完结了直流发电机将机械能变换为电能的作用。直流电动机调速就是调节两端的电压。之前学过 PWM, 这里也使用通用的方法控制速度, 实际是控制有效电压。在本例中只讲解调速功能, 启停功能实际就是开关功能, 无需讲解, 直流电机还有正反转功能, 这需要专用的驱动

芯片配合控制，比如 L9110，L298 等。这里不做讲解。下面是简单的连接电路图和实物连接图。本例使用 ULN2003 驱动电机，这种芯片内部是达林顿管，宽范围电源供电，大电流输出，适应性较广，内部集成包含二极管，是应用驱动喇叭，电机，继电器等功率器件。

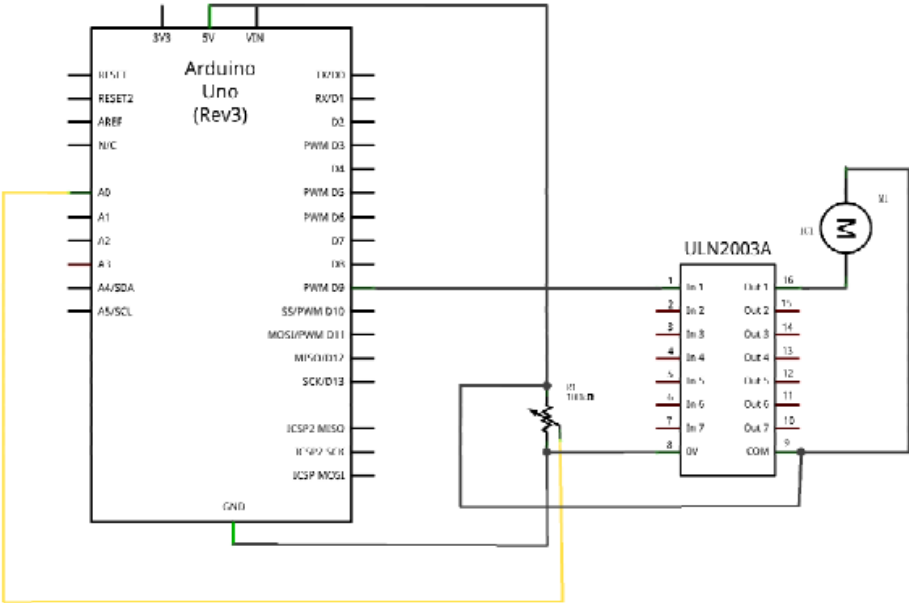


图 2.14-1 电路原理图

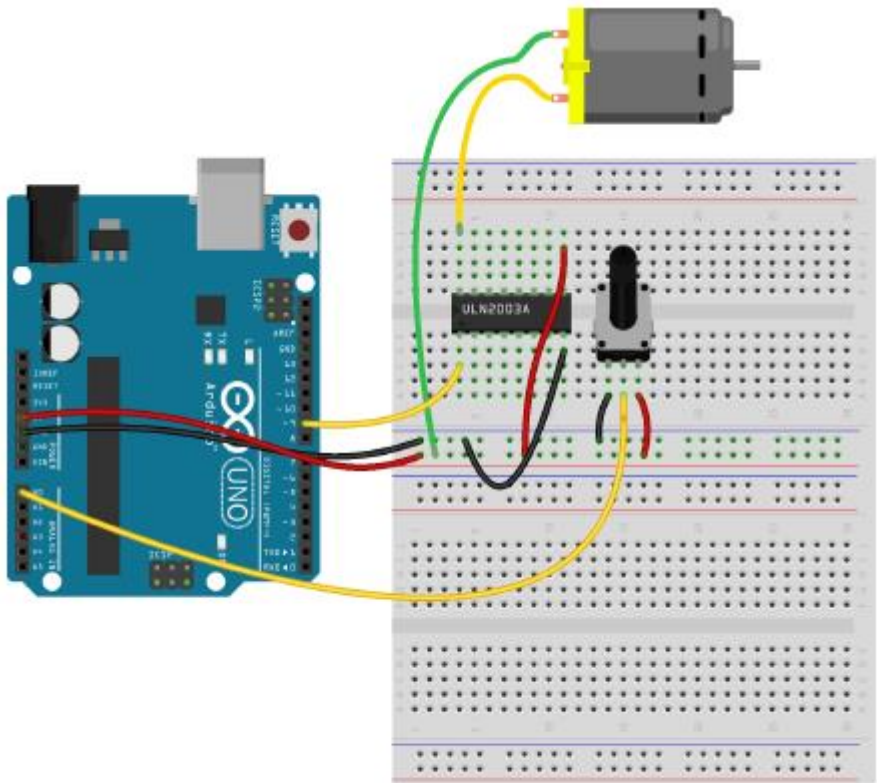


图 2.14-2 实物连接图

实物连接图，使用插件 ULN2003 芯片，这里以 5V 电机讲解。打开程序：“\arduino 实

用样例\41-直流电机调速程序” 这里不再复制程序，因为程序与 PWM 调光的程序完全一样，仅仅是电路连接不同。

第十五节 步进电机应用

步进电机是将电脉冲信号转变为角位移或线位移的开环控制元步进电机件。在非超载的情况下，电机的转速、停止的位置只取决于脉冲信号的频率和脉冲数，而不受负载变化的影响，当步进驱动器接收到一个脉冲信号，它就驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度，称为“步距角”，它的旋转是以固定的角度一步一步运行的。可以通过控制脉冲个数来控制角位移量，从而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机转动的速度和加速度，从而达到调速的目的。

步进电机驱动方式：

1、1 相励磁法：每一瞬间只有一个线圈导通，其他线圈休息。其特点是励磁方法简单，耗电低，精确度良好。但是力矩小、震动大，每次励磁信号走的角度是标称角度。

2、2 相励磁法：每一瞬间有两个线圈同时导通，特点是力矩大、震动较小，每次励磁转动角度是标称角度。

3、1-2 相励磁法：1 相和 2 相轮流交替导通，精度较高，且运转平滑。每送一个励磁信号转动二分之一标称角度。有称为半步驱动。4 相电机中，1、2 种方式称 4 相 4 拍，3 种称 4 相 8 拍。

步进电机种类很多。ULN2003 只能驱动单极电机，也就是有中间抽头，电流只有一个方向流向。双极电机需要 H 桥驱动，每个线圈可以正反向施加电压。

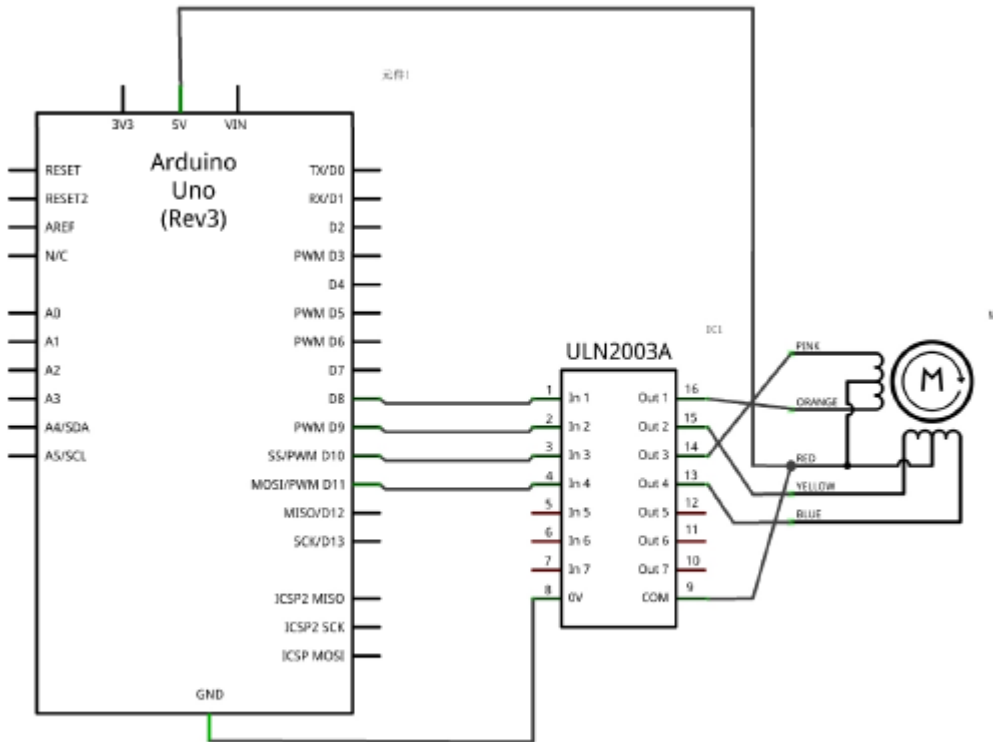


图 2.15-2 步进电机+ULN2003 驱动芯片

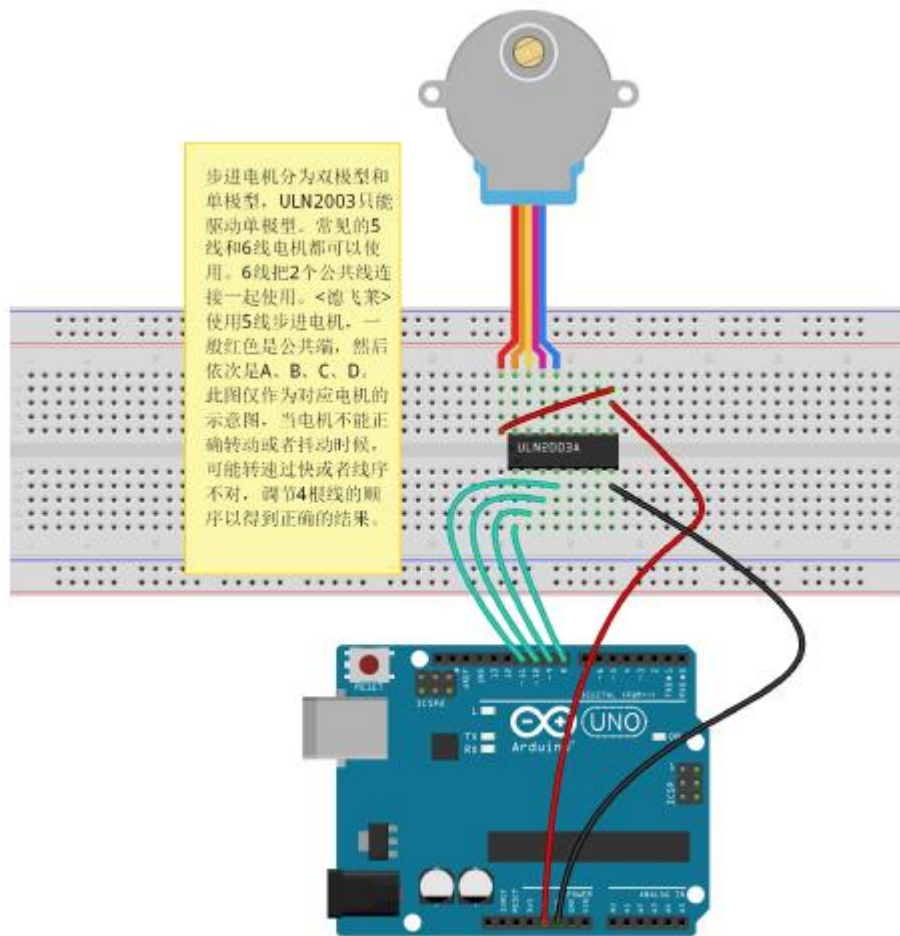


图 2.15-3 实物连接图

这里以 5 线 4 相减速步进电机讲解，硬件减速比不同，需要更改对应的程序。打开程序：“\arduino 实用样例\42-步进电机原理”。

/*

<http://shop34791330.taobao.com/> //德飞莱旗舰店

<http://qixingchong.tmall.com/> //七星虫旗舰店

<http://www.doflye.net> //德飞莱技术论坛

<http://www.doflye.net/forum-98-1.html> //德飞莱论坛 arduino 版块

通过电压输入控制步进电机转动步数

使用的电机不同，得到的参数不同，可以选用官方推荐的电机。

使用德飞莱 LY-51S 开发板连接详情：

<http://www.doflye.net/viewthread.php?tid=5306&extra=>

官方参考信息

<http://www.arduino.cc/en/Reference/Stepper>

*/

#include <Stepper.h>

// change this to the number of steps on your motor

```

#define STEPS 512

// 定义引脚的连接
Stepper stepper(STEPS, 8, 10, 9, 11);

//上一次的读取模拟量
int previous = 0;
//初始化电机转动速度
void setup()
{
    stepper.setSpeed(20);
}
//主循环
void loop()
{
    // 读取 AD 值，在 LY-51S 可以直接通过电位器调节
    int val = analogRead(0);

    // 把速度设置为这次和上次读取的差值
    stepper.step(val - previous);

    // 记下这次读取值，方便下次比较
    previous = val;
}

```

程序解读：这个程序使用了内部库，只需要包含步进电机的头文件，就可以直接使用这些内部的函数。

这个电机控制不使用库也比较简单，这里留个大家一个作业，不使用库函数来驱动步进电机。

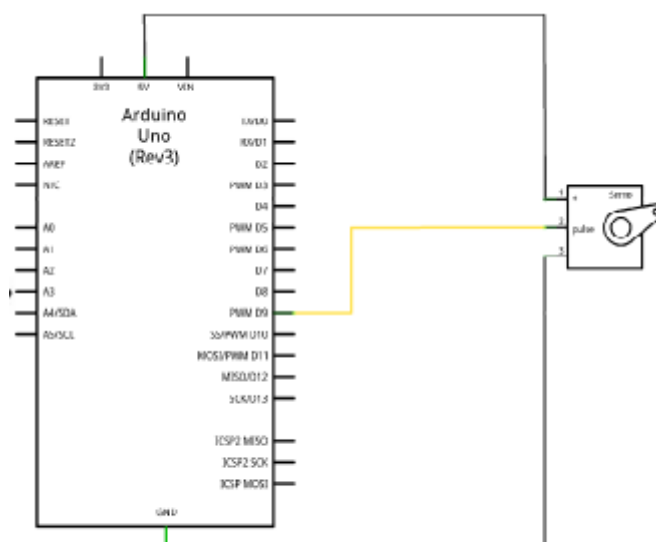
第十六节 舵机应用

顾名思义，舵机是用来控制舵的，比如轮船的方向舵，飞机的方向舵、升降舵等，这些都需要控制一定的角度，但并非需要连续旋转。所以一般舵机都是只能转动一定的角度，这里说的舵机主要应用于航模、车模和监控等多种领域。之前提及的舵机一般是正负 90 度之间转动（连续旋转舵机除外），舵机内部是有直流电机，位置电位器和驱动反馈电路板组成，当需要舵机转到一定角度时，输入信号会与标准信号比较，如果反馈位置不是所需要的位置，电机则会朝向需要的方向转动，直到转到指定位置，电位器反馈信息促使电机停止转动。

舵机的控制信号实际上是 PWM 信号，周期不变，高电平的时间决定舵机的实际位置。单片机中常用的 PWM 产生方式有 2 种，其一是通过定时器或者延时模拟出 PWM 信号，其二是单片机内部包含 PWM 发生器。



图 2.16-1 9g 舵机外形图



2.16-2 舵机连接电路图

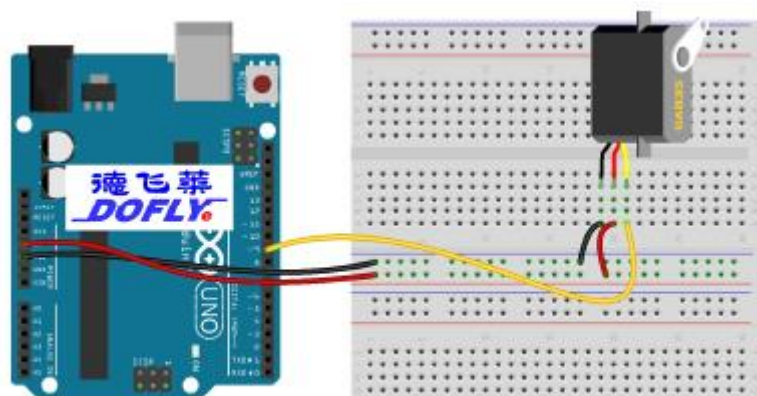


图 2.16-3 舵机连接实物图

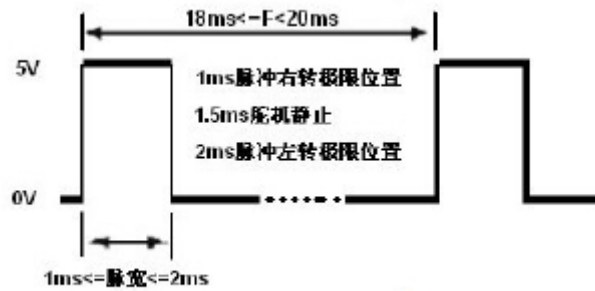


图 2.16-4 舵机信号控制图

说明：这里仅以小功率电机试验，大功率电机需要单独外接电源，信号和 GND 连接到单片机主板，换言之单片机仅提供信号，不提供电源，因为舵机内部也使用直流电机，直流电机正反转或者堵转时会消耗大电流，如果供电不足，可以反向影响单片机供电电源的稳定性能。会造成电压过低导致单片机复位。

打开程序：“\arduino 实用样例\46-舵机测试程序”

```
/*
http://shop34791330.taobao.com/ //德飞莱旗舰店
http://qixingchong.tmall.com/ //七星虫旗舰店
http://www.doflye.net //德飞莱技术论坛
http://www.doflye.net/forum-98-1.html //德飞莱论坛 arduino 版块
舵机左右摇摆功能
德飞莱 LY-51S 独立模块开发板有舵机功能块，与 arduino 的连接图片和说明如下：
http://www.doflye.net/viewthread.php?tid=5311&extra=
*/
#include <Servo.h>

Servo myservo; //
// 最多可以控制 8 路舵机

int pos = 0; // 用于存储舵机位置的变量
//初始化
void setup()
{
    myservo.attach(9); // 舵机控制信号引脚
}

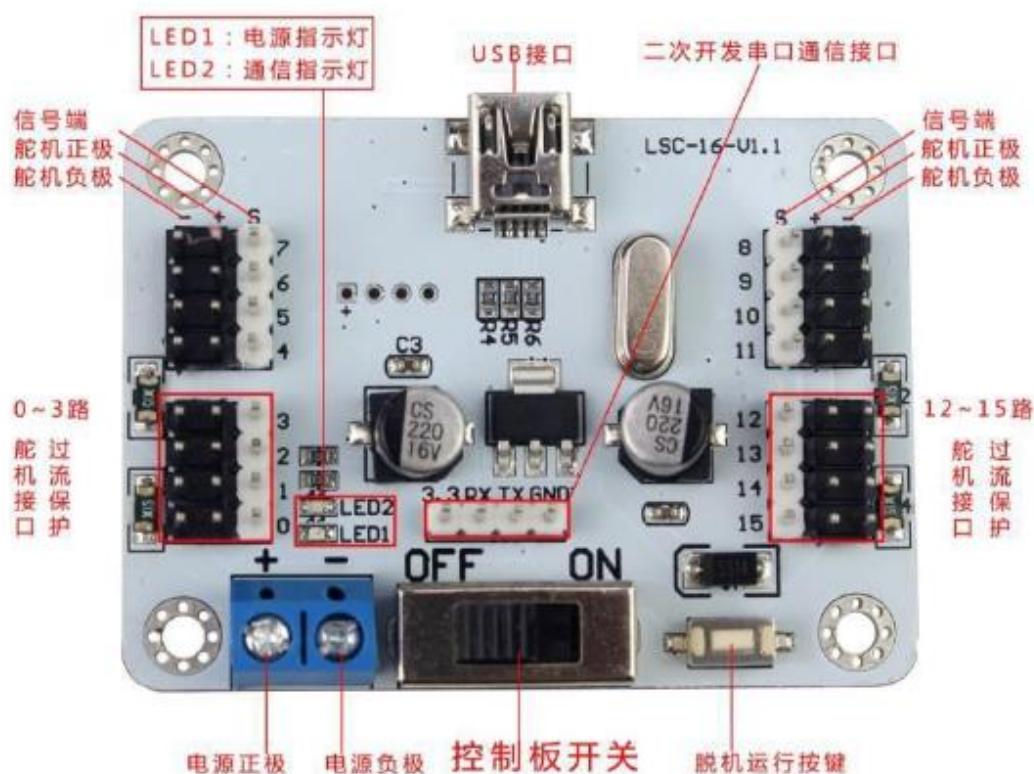
//主循环
void loop()
{
    for(pos = 0; pos < 180; pos += 1) // 从 0 度-180 度
    {
        // 步进角度 1 度
        myservo.write(pos); // 输入对应的角度值，舵机会转到此位置
        delay(15); // 15ms 后进入下一个位置
    }
}
```

```
for(pos = 180; pos>=1; pos-=1)    // 从 180 度-0 度
{
    myservo.write(pos);            // 输入对应的角度值，舵机会转到此位置
    delay(15);                     // 15ms 后进入下一个位置
}
```

程序解读：舵机也使用内部函数库，使用这个库文件，舵机的控制非常简单，标准的舵机旋转角度是 0-180°，只需要输入对应的度数，电机就会自动转到对应的位置，的确非常方便，完全不用理会其控制原理。

训练五 LSC-16 舵机控制器使用

舵机控制器说明图解如下：

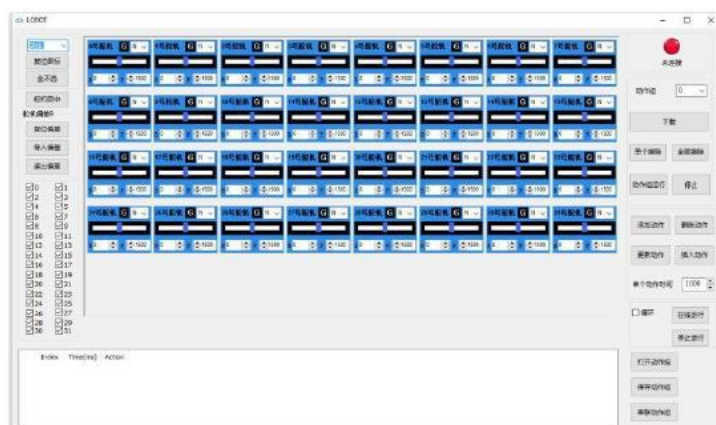


一、控制板开机

为控制板接上电池和舵机。使用 USB 连接线连接控制板和电脑，打开控制板电源，LED1 和 LED2 会同时长亮。控制板需要用尼龙柱固定，防止碰触金属部件造成短路烧坏控制板

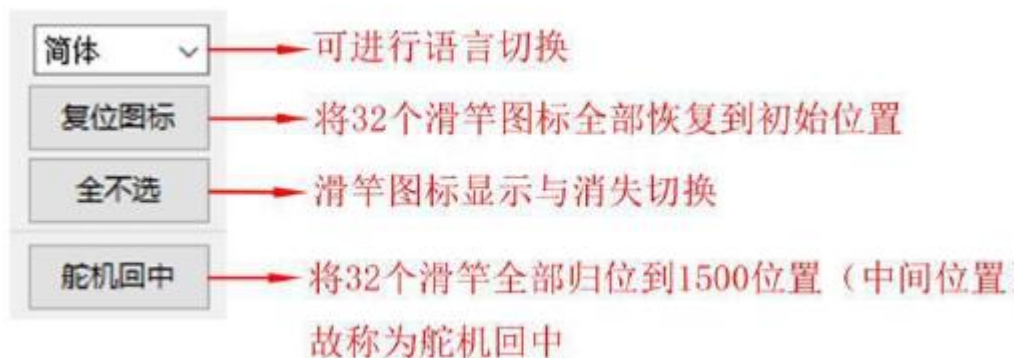
二、上位机软件

双击上位机软件，打开软件，界面如下图：

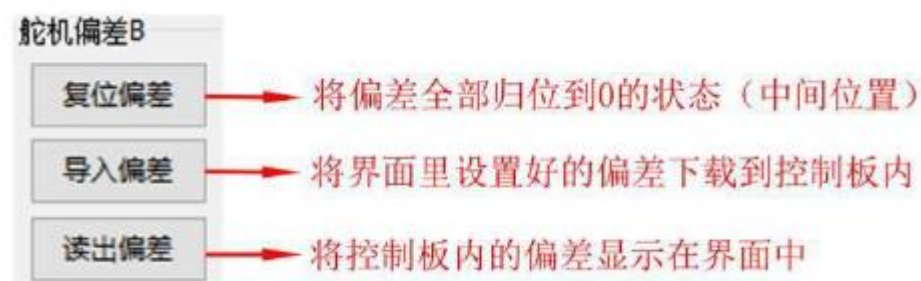


三、上位机软件界面介绍

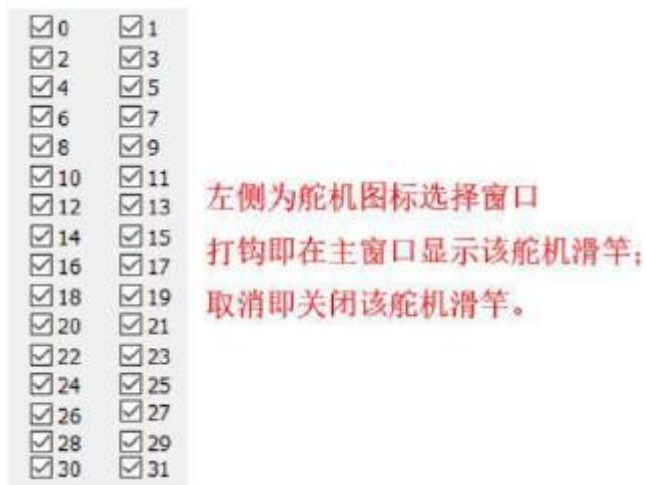
1) 全局操作窗口



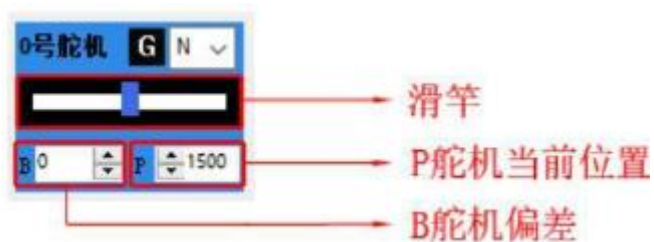
2) 偏差操作窗口



3) 舵机图标选择窗口



4) 舵机滑块功能介绍



舵机滑竿可以随意拖动，（默认为中位 1500）范围为 500-2500，滑竿滑动的时候，P 值也会随之变化，P 值可以直观的显示出舵机此时的转动位置。在机器人的制作中，由于一些安装时产生的误差，有时候需要进行一些微调，那么微调的时候，就需要用到调节偏差这个功能。

B 表示舵机偏差（默认为 0），即舵机的相对位置范围为-100~100。机器人每个舵机的偏差调节完毕后，请点击“导入偏差”的按钮，偏差就被下载到控制板内了。如果以后想修改偏差的话，就点击“读取偏差”，偏差会自动显示在界面，就可以手动更改，更改完毕后，可以再次将偏差下载到控制板。总结：正是因为有 P 值和 B 值的存在，所以舵机的实际位置应该是 P+B。

5) 动作数据显示区介绍

#表示几号舵机，P表示舵机的位置， T表示舵机运行到该位置的时间。

Index	Time(ms)	Action
1	1000	#0 P1500 #1 P1500 #2 P1500 #3 P1500 #4 P1500 #5 P1500 #6 P1500 #7 P1500 #8 P1500 #9 P1500 #10 P1500 #11 P1500 #12 P1500 #13 P1500 #14 P1500 #15 P1500 #16
2	1000	#0 P1500 #1 P1500 #2 P1500 #3 P1500 #4 P1500 #5 P1500 #6 P1500 #7 P1500 #8 P1500 #9 P1500 #10 P1500 #11 P1500 #12 P1500 #13 P1500 #14 P1500 #15 P1500 #16
3	1000	#0 P1500 #1 P1500 #2 P1500 #3 P1500 #4 P1500 #5 P1500 #6 P1500 #7 P1500 #8 P1500 #9 P1500 #10 P1500 #11 P1500 #12 P1500 #13 P1500 #14 P1500 #15 P1500 #16

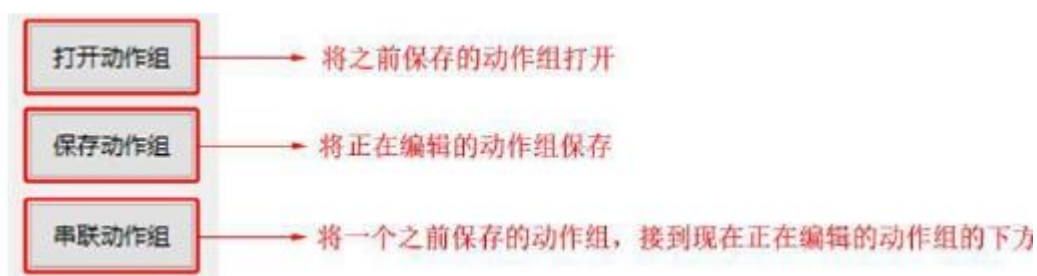
6) 动作组下载及调用窗口：



7) 动作在线调试窗口：



8) 文件操作窗口



四、关于上位机驱动

控制板第一次和电脑连接时，电脑会自动安装驱动。用 USB 线将控制板和电脑连接起来，打开控制板电源，等待电脑自动安装驱动，约 30 秒到 1 分钟。完成后界面指示灯变成绿色表示成功。



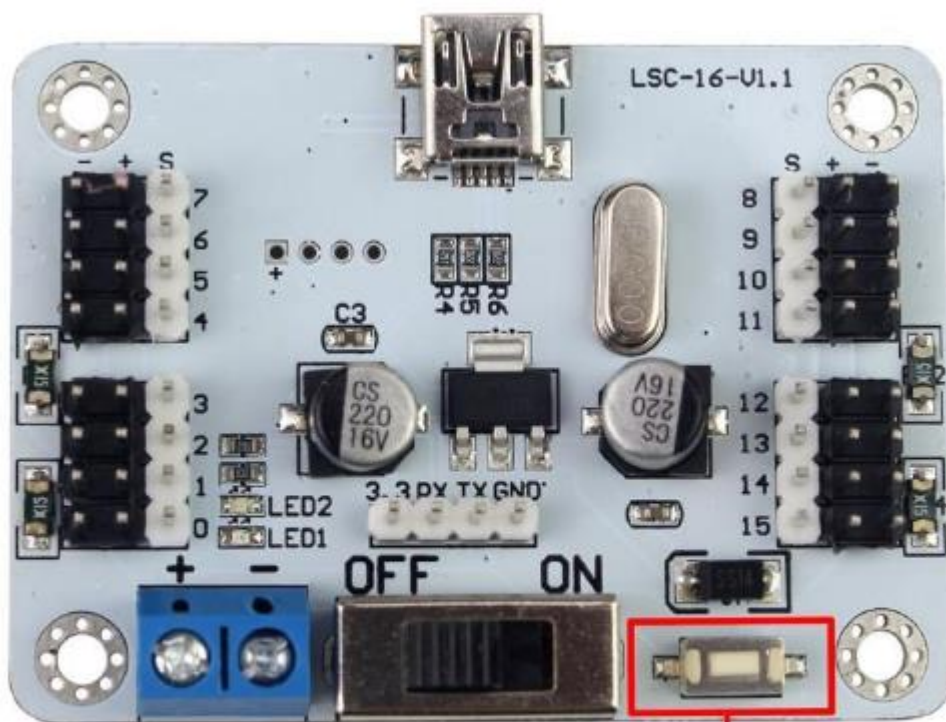
五、单个舵机调试

- 1) 控制板连上电脑以后，界面的指示灯会变成绿色。表示连接成功。
- 2) 确保 7.4V 锂电池的电压不低于 5.6V。(7.4V 的锂电池充满电是 8.4V，请务必确保电压不低于 5.6V，最好是满电状态) 若控制板上蓝灯闪烁，即表示电池电压过低，需要及时充电，以免电池过放
- 4) 拉动滑竿拉动滑竿舵机就会随着滑竿而转动。
- 5) 分别置于 500, 1000, 1500, 2000, 2500 的位置，依次添加动作，可以自行更改时间 T 值。
- 6) “在线运行”，看看舵机的转动效果。
- 7) “保存动作组”可以将这个动作组保存下来，自己命名文件名即可。
- 8) 重启软件，点击“打开动作组”，即可打开刚刚保存的那个文件。

六、关于脱机运行

脱机运行的意思就是：脱离电脑的连接，机器人自动运行。

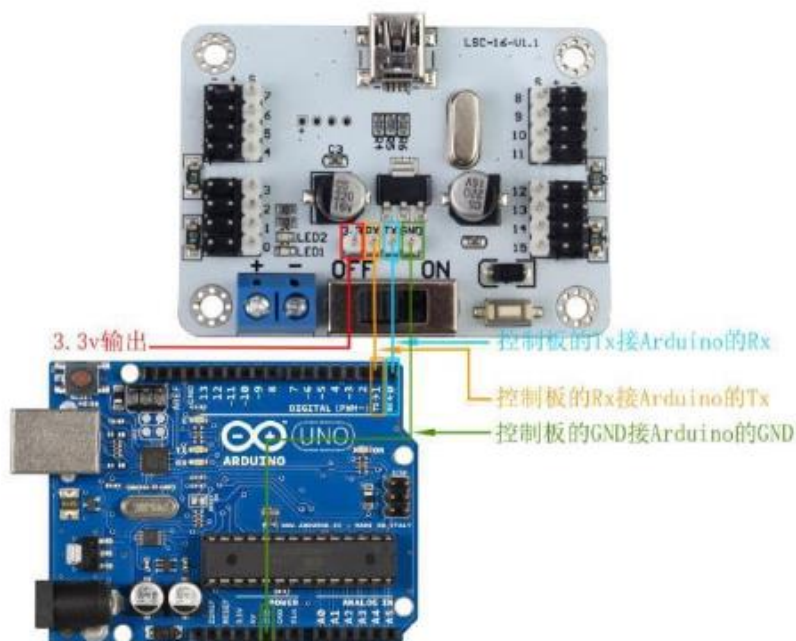
- 1) 将需要脱机运行的动作文件下载到第 100 号动作组中；
- 2) 按下控制板的弹性按键
- 3) 按一下是脱机运行 1 次；长按 3 秒钟（直到蓝灯闪动一下），将会一直循环运行。
- 4) 重启控制板即可解除脱机。

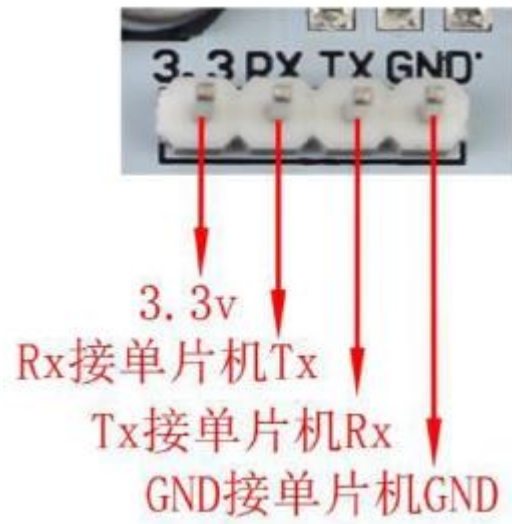


脱机运行按钮

七、高级控制篇（串口通信，二次开发）

24路舵机控制器外接Arduino通讯接线图





第四章 小型机器人综合设计实践

一、任务

设计制作一个机器人，能够实现书写字符、汉字、画图等相关功能。

二、要求

1. 基本要求

(1) 机械人的形状、尺寸不限，设计的机械人可以上下、左右、前后灵活移动。基本指标如下：

设计指标	选择范围
自由度	4-5
额定负载	100—2000 克
工作空间（工作半径）	50—200mm， 100—300mm

(2) 机械臂可以在普通 A4 纸上书写单个的字符“不忘初心”，字符的大小不限，但不能超过 A4 纸外，同等条件下，书写美观者得分高。

(3) 机械臂可以在普通 A4 纸上画出方或三角形或圆等简单的图形，图形大小不限，但不能超过 A4 纸外，同等条件下，书写美观者得分高。

2. 发挥部分

(1) 增加一输入设备，在输入设备上写字或画图时，机械臂可以写出与输入设备上相同的字或画出相同的图形，可依比例适当放大。

(2) 在 A4 纸内用黑笔画一个 10*10cm 的框（边框线宽不限），将白纸放于机械臂可触及的地方，但框不可直接放置于机械臂下，要求机械臂自动找到框的位置，并在框内写出汉字“安”。

(3) 机械臂的笔可以与主体分离，机械臂可以自动捡起平放于桌面上的笔并开始书写，完成后还原。

三、说明

1. 机械臂为单臂结构，活动关节不超过 6 个。
2. 臂体和活动关节均为 3D 打印自制，不得使用成品机械臂部件。
3. 机械臂运动控制为自动，无人员干涉。
4. 实验过程中**禁止使用胶水**

