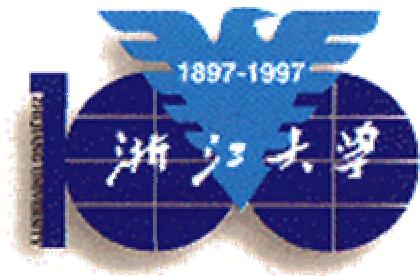


组合系统的功能和方案变异实验

指导书

(机械设计专业用)



机械设计研究所

一、实验目的

在机械设计中，我们把具有相同的原理，相同的制造工艺，相同和或不同大小等级，但其功能种类不完全相同的一组产品称为组合产品。许多产品通过更换少量部件使一个等级的机型功能在横向得到扩展，形成组合产品。产品组合化和系列化有利于缩短产品的开发周期，以较低成本满足用户的各种需求。因此，组合化和系列化成了愈来愈多的机电产品的发展方向。

计算机图形仿真是一种十分有用的工具。用交互方式预先在计算机屏幕上布置机器人组成，可以避免因为实际组装试验失败而造成直接经济损失。在屏幕上模拟驱动机器人可以离线的测试机器人的运动特性，也提供图形示教手段。计算机图形仿真为工程机械作业自动化智能化的研究提供了方便有利的手段。

通过本实验，我们希望同学们能够：

- 1、了解组合系统模块化设计的基本思想；
- 2、掌握运用各种模块来拼装组合系统的基本方法；
- 3、提高独立设计实验方案的能力。

二、实验装置和工具

- 1、多功能组合机器人实验台；
- 2、ZHR 组合机器人仿真系统。

三、基本概念

模块化设计方法是设计专业学生必须掌握的基本设计方法之一。模块化设计有助于提高产品质量，降低产品成本，缩短产品开发周期，增强产品的市场竞争能力。模块化设计思想适用于各种硬件和软件产品开发，特别适用于组合化系统产品开发。

组合产品：具有相同解的原理、相同制造工艺、相同和/或不同大小等级，通过更换部分组合块，也即功能模块而使其功能种类不完全相同的一组产品。组合产品是一种组合系统。

组合产品的特征：通过不同功能组合块的相互组合来实现不同的总功能。

模块：一组具有相同结合要素（指联接部位的形状、尺寸和联接件之间的配合或接触参数等）且能互换的单元。它们的功能可以相同或不同。

模块的特征：具有标准的接口，在系列和组合产品中得到至少两次的应用。

模块的分类：根据不同的分类依据，模块可分为功能模块、制造模块、装配模块、运输模块、回用模块等种类。

功能模块：以模块承担的功能作为划分依据，它又可分为基本模块、辅助模块、特殊模块和适应模块。

制造模块：从便于制造的角度来划分的模块。

装配模块：从有利于装配和维修的角度来划分的模块。

运输模块：为便于运输而设计的模块。在大型和重型设备中为运输必须设置这类模块。

回用模块：为考虑回用而设置的模块。例如一些采用贵重金属和稀有金属材料的零部件应当在结构上有相对独立性，便于拆装，一旦整机必须报废时，这一部分可以很容易的分离出来。

组合块：一组能不加选择地相互连接和拼装，组合成至少两种不同功能组合系统的模块。组合块是一种组合元件。

组合块的特征：被用来组成多种不同功能组合系统的模块，简言之也即用于组成组合产品的模块。

组合块的分类：以组合块承担的功能作为划分依据，它有可分为基本组合块、辅助组合块、特殊组合块和适应组合块。所有的组合块都是功能模块。有些组合块根据设计要求也可以同时具有其它模块性质。

可以看出，模块不一定是组合块，而组合块一定模块。构成模块的出发点既可以出于功能的考虑，更多地则出于制造、装配、运输和回用方面的考虑，归根到底是出于经济性和制造可行性的考虑。而组合块则主要从经济地实现功能变异出发考虑。

组合系统：由相同或不同的组合块拼装而成的一组实体。它可以是组合产品、组合部件或组合零件。

组合系统的特征：由相同或不同组合块构成，由同样数量和种类的组合块可以构成很多功能不同的组合体，可拆，组合块可以重新使用，每一组合块有统一的接口。

组合块的接口：组合块之间因为有相联关系而必须有接口，各组合块之间的固定联接要求愈高，接口的意义愈大，那么接口必须做得愈精确。在装配式家具中家具之间的接触面就是接口。在块规中块的粘着表面是接口。在机床的组合部件中接口由带螺栓孔的联接表面构成。并非所有的组合体都要求有接口。如果它们并非由组合块相互之间固化来实现，那么也可以不要接口。例如在砝码组合体中，每一个砝码都是组合块，将它们成组置于秤盘上，这样各个单件之间并不固定相连就可以达到我们所希望的重量。在此不需要注意接口，完全可对组合块进行自由构形，于是砝码的形状将按使用方便方便来考虑。重量大的砝码有一个抓起钮，能舒适地使用，较小的砝码则做成简单的圆柱、圆盘、圆球或手板。

组合的多样性：组合系统一个最重要的特点无疑在于：由一个有限的不同模块的藏量，产生大量的不同功能的组合。这一特性既使制造者能够实现系列和批量的制造，又使用户能按其特殊需要得到功能独特的产品。设计一个组合系统时存在两个相互矛盾的想法：一种想法是，要用组合系统最好地去达到其原始的目的，为此必须用很多种精细分解的组合块；另一种想法要求每种组合块能有较大的批量，从而降低制造成本，这就希望组合块种类要少一些，但这样形成的组合系统满足各种原始要求的程度要差一些。这两种可能性之间存在着一个技术和经济上的最佳协调问题，这一考虑在组合元件的标准化中正好是同样的要求的，由此又可认识到组合系统和标准化主旨是相连的。

闭式组合产品：用有限的组合块可以组合成有限多种功能的组合产品。

开式组合产品：用有限的组合块可以组合成无限多种功能的组合产品。一般情况下机电产品是由零部件组成的。然而并非任何零部件都能称为模块，也并非任何由部件总装而成的机电产品都能称为模块化产品。作为模块的特征是其具有通用

的接口或者说标准化的接口，同时它在系列、组合或者甚至在单机中得至少 2 次的应用。一些标准零件（如螺栓、销子等）虽然具有模块的特征，但往往不特指为模块。另一些标准零件（如机架、箱体）具有模块特征时往往被特别指明为模块。模块是零件标准化、部件通用化和产品系列化的基础，模块化大促进了标准化、通用化和系列化（简称“三化”）。

组合产品由一些功能块可拆或不可拆地拼合而成。功能组合块应按通用功能分类，如图 1 所示。

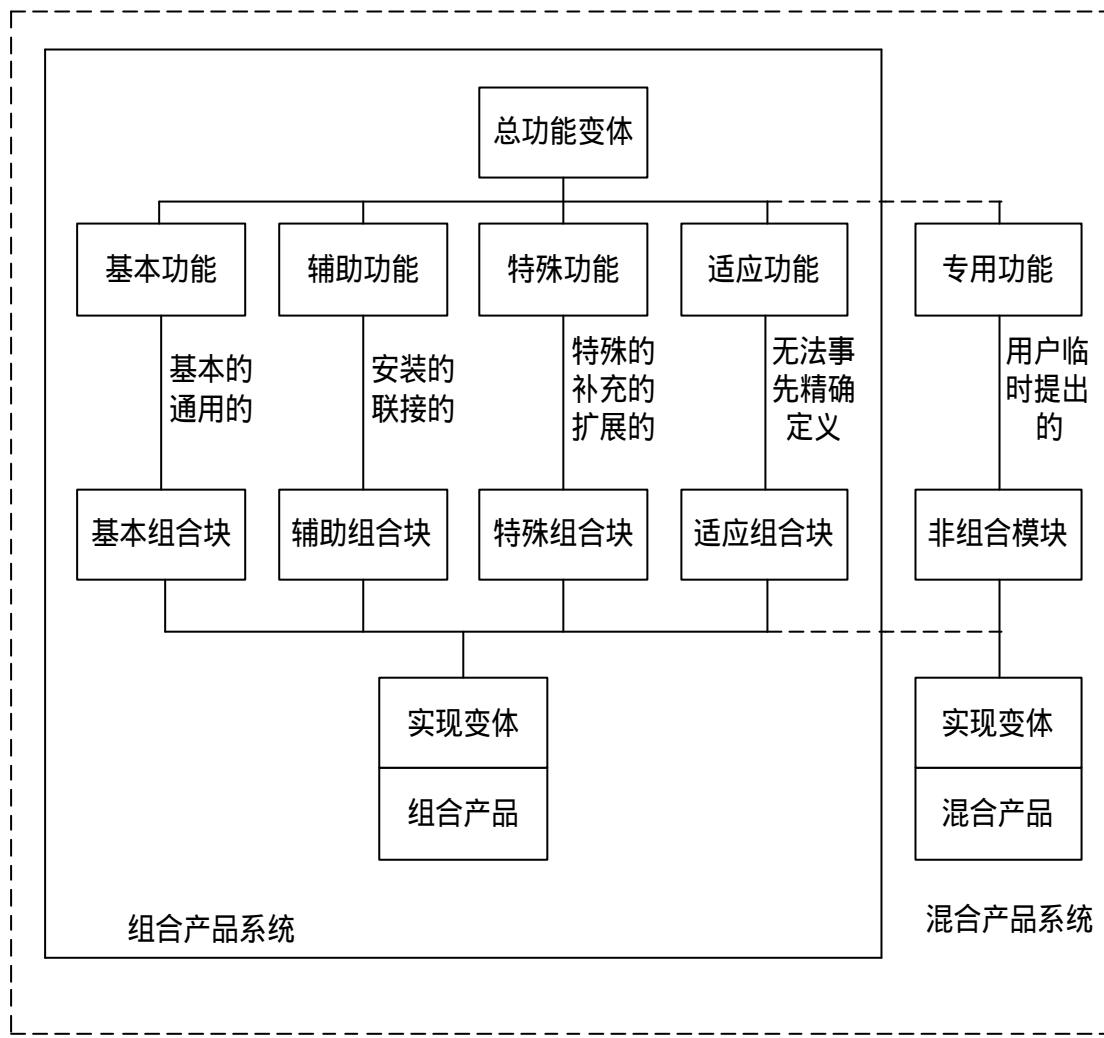


图 1 组合产品系统和混合产品系统中的功能结构种类

基本功能是组合系统中基本、反复出现的和不可缺少的功能。基本功能可以单独成为一个总功能的变型，或与其它功能连接起来。基本组合块是必须组合块。

辅助功能用于联接和联通，辅助组合块通常为联接元件或接头。辅助组合块一般也是必须组合块。

特殊功能是任务书特别要求的、补充的分功能。特殊组合块表现为对基本组合块的一种特殊补充或作为一个附件，因而是可能组合块。

适应功能是为了适应其它系统和边界条件所必须的。适应组合块只是部分地或一定程度上是确定的。在个别情况下，由于不可预见的边界条件，其尺寸必须

加以调整。适应组合块可以作为必须组合块或可能组合块出现。

在组合系统中常会出现难以预见的，为任务特别要求的功能。这些功能通过非组合块来实现。这些非组合块必须为某个具体任务单独开发。它各组合块联合而成一个混合系统。

为了划分组合产品的界限，可用组合目录对组合产品的范围和可能性加以说明。对于闭式系统可利用目录直接说明全部所希望和可能的组合。对于开式系统，因其含有无穷多的组合可能性，所以不可能对它进行完整的描述和规划，于是只能在组合样品目录中介绍一些典型的应用实例。

四、实验步骤

- 1、根据图 3 给出的组合块目录，自己制定一种拼装方案：选择其中的组合块，组装成一台组合产品，或从图 2 给出的六种变异方案中，任选一种进行组装。
(希望同学们能自己制定一种拼装方案)
- 2、用 ZHR 组合机器人仿真系统模拟拼装实验。

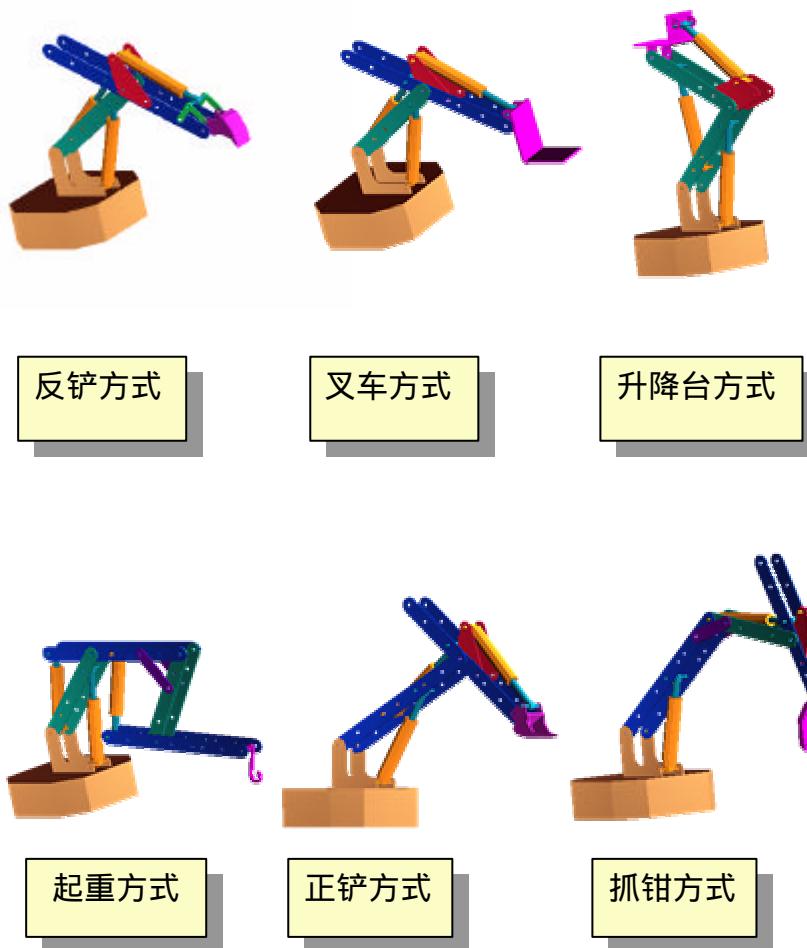


图 2、不同类型的组合方式分别为反铲方式，叉车方式，升降台方式，起重方式，正铲方式，抓爪方式。

五、实验报告要求

- 1、简述实验目的；
- 2、画出所拼装的方案简图，并说明主要设计参数；(方案简图可参照图 3)
- 3、用框图示出拼装顺序；
- 4、实验体会。

六、思考题

- 1、试论组合产品采用模块化设计方法的必要性和关键技术。
- 2、对本实验中所采用的组合系统的模块化设计方案提出改进意见。

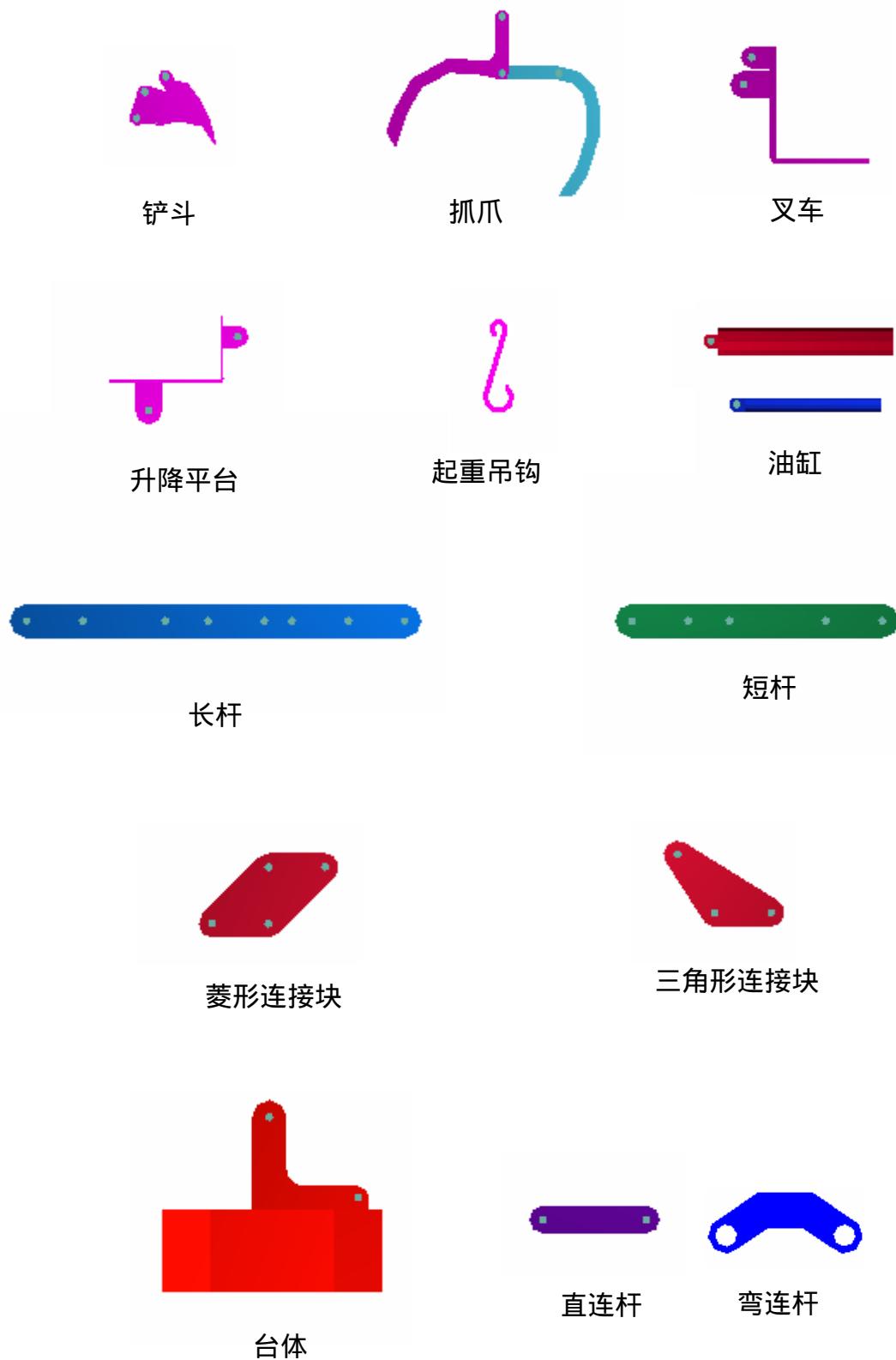


图 3、实验台组合块目录

附录

ZHR 组合机器人仿真模型装配与驱动系统 使用说明书



机械设计研究所

目录

第一章 ZHR 组合机器人仿真模型装配驱动系统的介绍

第二章 组装流程的介绍

第三章 举例

第一章 ZHR 组合机器人仿真系统的介绍

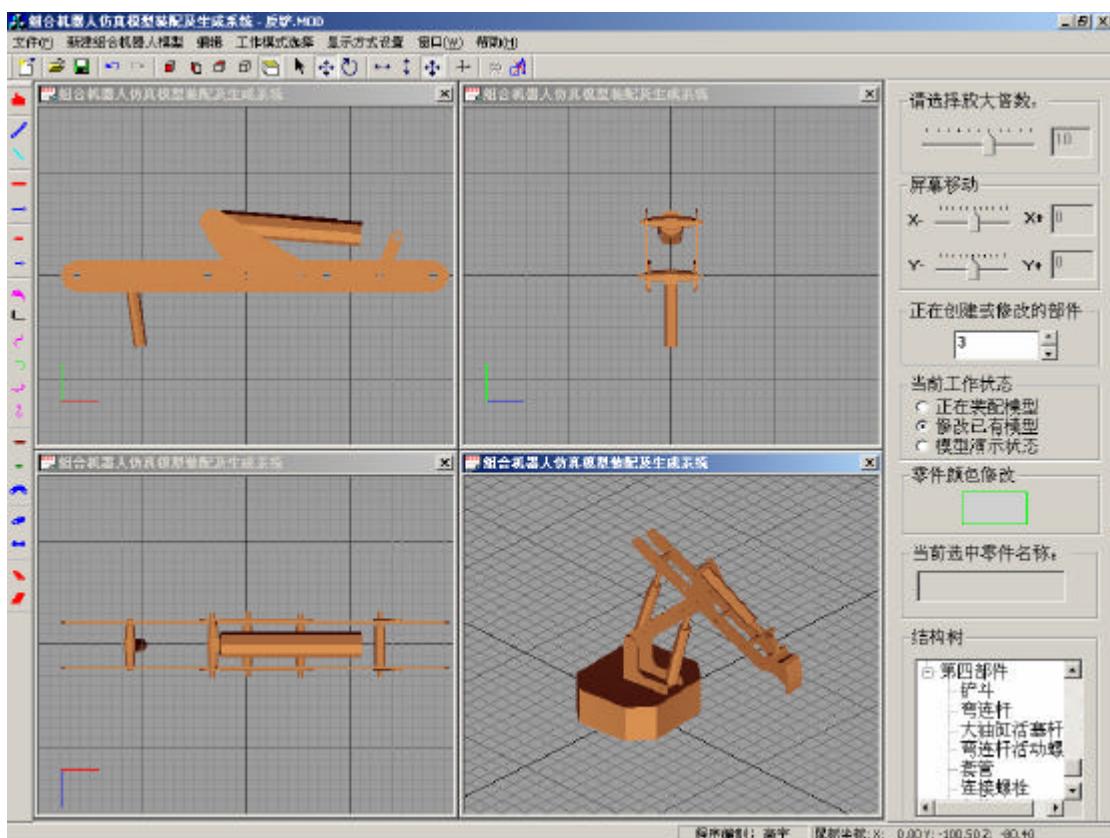
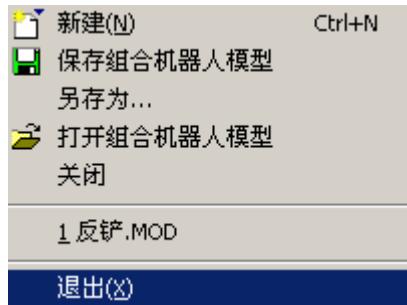


图 1 - 1 ZHR 组合机器人仿真的界面

ZHR 组合机器人仿真系统所针对的对象实际上是多种用途四个自由度的工程机械族的简化模型。它的机械组成元件包括：一个回转台，一个长杆，一个短杆，八个附加元件（一个起重连杆，一个直接连杆，一个弯连杆，一个三角耳朵，一个四角耳朵，一个连接螺栓，一个弯连杆处活动连接螺栓，一个套管），七个末端执行元件（一个正铲斗，一个反铲斗，一个左抓爪，一个右抓爪，一个高架平台，一个铲叉，一个起重吊钩），二个油缸缸体（一个大油缸缸体，一个小油缸缸体），二个油缸活塞杆（一个大油缸活塞杆，一个小油缸活塞杆）。按照不同要求选择相应的元件组合，就会得到多种预期的组合工作装置，例如反铲，正铲，叉车，起重机，抓取器和升降平台等。如果变换选定工作装置的绞点布置，则能形成不同的作业区域。因此组合机器人体现了模块化，组合化的设计思想。下面就对 ZHR 组合机器人仿真系统作一个简单的介绍。ZHR 组合机器人仿真系统的界面如图 1 - 1 所示。它由四视区，两条工具条，一个工具栏对话框，一条状态栏及菜单条组成。四个视区从上到下，从左到右分别为正视图视区、左视图视区、俯视图视区和预览图视区。

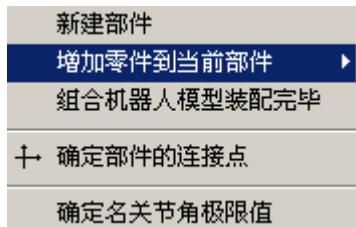
菜单

“文件”菜单命令

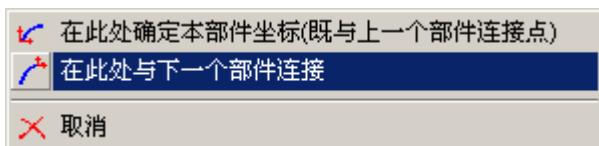


1. “新建”菜单命令
该菜单命令用于重新建立一个新的组合人模型。
2. “保存组合机器人模型”菜单命令
该菜单命令用于保存正在装配的组合机器人模型。
3. “另存为...”菜单命令
该菜单命令用于把当组合机器人模型存为另外文件名。
4. “打开组合机器人模型”菜单命令
该菜单命令用于打开一个已有的组合机器人模型。
5. “关闭”菜单命令
该菜单命令用于关闭当前的组合机器人模型。

“构造组合机器人模型”菜单命令



1. “新建部件”菜单命令
该菜单命令用于申请一个部件空间，然后才可以把零件加入部件，进行装配部件。在对读入的组合人模型进行修改时，只有在对最后一部件进行“确定部件的连接点”后才能用“新建部件”命令增加一个部件空间，本系统最大部件数为 4。
2. “增加零件到当前部件”菜单命令
该菜单命令可以打开一个弹出菜单，在弹出菜单中可以选择各种组成元件加入本部件。
3. “组合机器人模型装配完毕”菜单命令
该菜单命令用于结束当前模型的装配。
4. “确定部件的连接点”菜单命令



该菜单命令主要用于确定各个部件之间的连接点，即建立 D-H 坐标。当选择该菜单命令后，在装配视窗上可见一十字线，十字线交叉点处位置为部件连接点，找到部件连接点后按鼠标左键可以打开一个弹出菜单，在弹出菜单中可以选择“确定本部件坐标”或“确定与下一个部件连接点”。

在正视图中确定连接点的经 X - Y 坐标，在左视图中确定连接点的 Z - Y 坐标，在俯视图中确定连接点的 X - Z 坐标。通过在三个视图确定连接点坐标后可确定连接的三维坐标，有重复的坐标值以后操作的值为准。

5. “确定各关节角极限值”菜单命令

该菜单命令用于确定各关节的极限关节角。

“编辑”菜单命令



1. “撤销”菜单命令

该菜单命令用于取消本次或上几次的操作。

2. “重做”菜单命令

该菜单命令用于恢复被撤消的命令。

3. “零件颜色修改”菜单命令



该菜单命令用于使当前编辑操作为选择模式，此时光标为⁺。在此模式下，不能对模型进行移动或旋转。只有在此模式下才能对选择地零件进行颜色修改或删除。

4. “移动零件”菜单命令

该菜单命令用于对选择的零件进行移动，与“任意移动”、“左右移动”、“上下移动”菜单配合，可实现零件在几个方向上的移动操作。

5. “旋转零件”菜单命令

该菜单命令用于对选择的零件进行绕自身原点旋转。

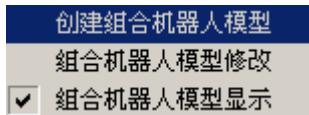
6. “删除选中的零件”菜单命令

该菜单命令用于对选择的零件进行删除，只有在“零件颜色修改”模式下才能进行删除。

7. “删除当前编辑部件”菜单命令

该菜单命令用于删除当前正在编辑的部件。

“工作模式选择”菜单命令



1. “创建组合机器人模型”菜单命令

该菜单命令只用于显示，不能修改。当第一次创建新模型时，工作模式为“创建组合机器人模型”模式，当第一次创建完毕后或组合机器人模型为读入状态时，工作模式只能处于另外两种模式。

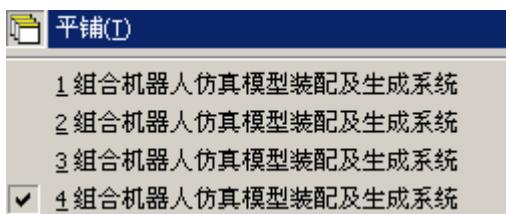
2. “组合机器人模型修改”菜单命令

该菜单命令用于修改已有改组合机器人模型。

3. “组合机器人模型显示”菜单命令

选择该菜单命令后，组合机器人模型不能被修改，只能用于显示。

“窗口”菜单命令



工具条，状态条

主工具条



该工具条一共有 19 个工具按扭，自左到右分别对应菜单的“新建”，“打开组合机器人模型”，“保存组合机器人模型”，“撤消”，“重做”，“只显示前视图”，“只显示左视图”，“只显示俯视图”，“只显预览图”，“平铺”，“零件颜色修改”，“移动零件”，“旋转零件”，“左右移动”，“上下移动”，“任意移动”，“确定部件的连接点”“删除选中的零件”和“删除当前编辑部件”。

“零件工具条”



该工具条一共 20 个工具按扭，自左到右分别对应菜单的“台体”，“长杆”，“短杆”，“大油缸缸套”，“大油缸活塞杆”，“小油缸缸套”，“小油缸活塞杆”，“铲斗”，“铲叉”，“左抓爪”，“右抓爪”，“高架平台”，“起重吊钩”，“起重连杆”，“直接连杆”，“弯连杆”，“套管”，“连接螺栓”，“三角耳朵”和“四角耳朵”。在编辑模式下，点击图标可以把选中的零件加入本部件。

“状态条”

保存组合机器人模型。 程序编制：高字 鼠标坐标: X: -125.38 Y: 464.83 Z: 0.00

状态条第一栏即时的显示各个菜单或工具条的按钮的状态和提示，第二栏显示系统作者，第三栏显示当前鼠标在实际空间中的坐标。

工具栏对话框

放大缩小

由一滑杆和相对放大缩小量显示编辑框组成。当滑杆处于中间位置或显示为 0 时，放大倍数为 1。用鼠拉动滑杆可改变放大缩小量。

屏幕移动

使窗口中的显示图形在窗口的上下左右移动，编辑框显示相对移动量。用鼠拉动滑杆可改变移动量。当滑杆处于中间位置或显示为 0 时无偏移。

正在创建或修改的部件

此编辑框用于显示或指定当前编辑的部件。

当前工作状态

显示系统当前所处的工作状态。

零件颜色修改

当中色块为当前选中要进行颜色修改的零件颜色，点此色块后，出现一颜色选择框，可选择需要的零件颜色。

当前选中零件名称

显示当前被鼠标抓取的零件名称。

结构树

以树的形式显示当前的组合机器人模型的组成。

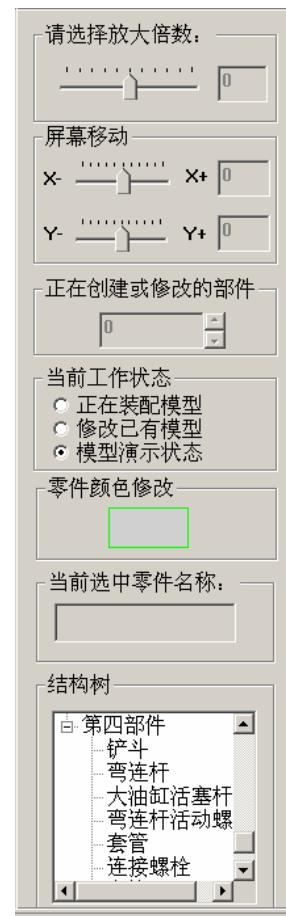
快捷键

放大缩小

当焦点处于视中时，按“ Pgup ”键用于放大显示，按“ Pgdn ”用于缩小显示，同时在工栏对话框中“请选择放大倍数”这一栏中显示相应的放大、缩小相对量。

屏幕移动

当焦点处于视中时，按“ ? ”“ ? ”“ ? ”“ ? ”键用于屏幕的各个方向移动，同时在工栏对话框中“屏幕移动”这一栏中显示相应的相对移动量。



基本操作

零件选取

用鼠标左键点取视中的零件时，若相对屏幕深度方向只有一个零件时，则此零件颜色变红，表示被选取。或屏幕深度方向有多个零件时，则此时弹出一对话框，对话框中列出这些零件的名称，用鼠标选取要进行选取的零件名称即可。若不要选取，则按“Esc”键取消。



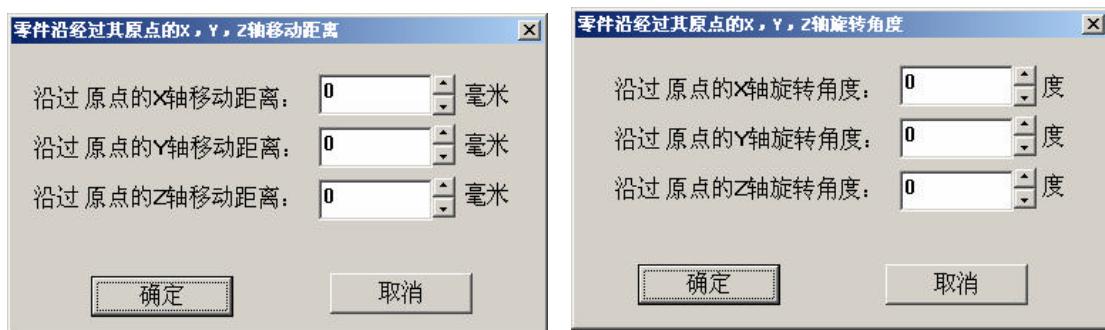
零件的颜色修改

在任何工作状态下，选择“编辑”菜单下的命令“零件颜色修改”，用鼠标左键在任意视图中点取要进行颜色修改的零件，此时被选中的零件的颜色变为红色，选择的零件的名称可在工具栏对话框的“当前选中零件名称”中显示，同时当前选中零件的颜色在工具栏对话框中“零件颜色修改”处的色块中显示，然后用鼠标左键点取工具栏对话框中“零件颜色修改”处的色块，弹出一颜色选取对话框，可在对话框中选取当前零件的颜色，最后按“确定”进行修改。若要更多的颜色用于选择，可按颜色选取对话框的“规定自定义颜色”按钮，可弹出一更多颜色可选择的对话框用于零件颜色的选择。



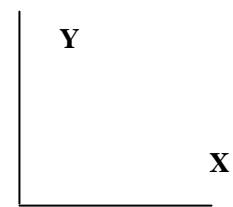
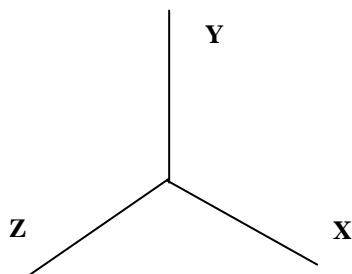
零件移动或旋转

在第一次装配模型或修改模型工作状态下，选择“编辑”菜单下的命令“移动零件”或“旋转零件”可对零件进行移动或旋转，在移动零件情况下，具体可移动方向还跟“任意移动”、“左右移动”、“上下移动”菜单的选择有关。要进行移动或旋转操作的零件可用鼠标左键进行点选择，此时被选中的零件的颜色变为红色。在选择了要操作的零件后，按“Enter”键可弹出一对话框，可在对话框中输入要移动或旋转的距离或角度，也可以直接用鼠标进行移动或旋转。



坐标系

在各视图中，坐标系原点在屏幕中央。坐标系为如图：



在正视图中，坐标为：

第二章 组装流程的介绍

ZHR 组合机器人仿真系统提供了一个友好的三维交互装配界面，可以用鼠标及键盘方便灵活地选择零件和控制组装过程。下面介绍组装流程及实验步骤：

在系统第一次进入时，系统自动生成一个新的模型装配空间，此时可通过“构造组合机器人模型”菜单进行新的组合机器人模型装配。若要打开已有组合机器人模型，先通过“文件”菜单下的“关闭”命令，关闭当前的新的模型装配空间，然后用“打开组合机器人模型”命令选择打开。

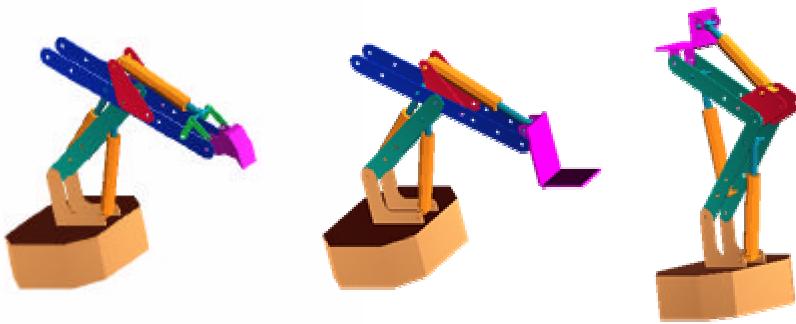
下面介绍在新的模型装空间下，怎样装配一个组合机器人模型。

1. 点击菜单“构造组合机器人模型”中的“新建部件”命令，申请一个部件空间。在工具栏对话框中的“正在创建或修改的部件”栏中可看见新申请的部件号，注意部件号不能大于4。
2. 点击“零件工具条”或菜单“构造组合机器人模型”中的“增加零件到当前部件”中选择各种零件加入本部件。
3. 点击“主工具条”或菜单“编辑”中的“移动零件”或“旋转零件”，若为移动，则选择移动方向，然后选择零件（第二章 5.1 节），移动或旋转零件，使零件定位到部件中的合适位置。
4. 重复 2~3 步，只有一个部件的零件装配完为止。
5. 点击“主工具条”或菜单“编辑”中的“确定部件的连接点”，正视图、左视图和俯视图上光标变为一十字线，移动鼠标使十字线光标交点到本部件与上下部件的连接点处，按下鼠标左键弹出一活动菜单，选择“在此处确定本部件坐标(既与上一个部件连接点)”和“在此处于下一个部件连接”确定本部件与上下部件的连接点。注意先确定与上一个部件连接点然后再确定于下一个部连接点。
6. 重复 1~5 步，依次装配 1~4 个部件。
7. 最后选择菜单“构造组合机器人模型”中的“组合机器人模型装配完毕”命令，结束模型的装配。
8. 装配完后，工作状态处于“模型演示状态”，此时选择“移动零件”或“旋转零件”，并选取某个部件上的零件后，移动鼠标可进行各关节的驱动。

已有组合机器人模型的修改：

1. 选择菜单“文件”中的“关闭”命令，关闭已打开的模型空间。
2. 选择菜单“文件”中的“打开组合机器人模型”命令，选择打开组装好的的模型文件。
3. 选择菜单“工作状态”或工具栏对话框中的“修改已有模型”命令，使系统处于部件编辑模式。
4. 重复在新的模型装空间下怎样装配一个组合机器人模型 2~7 步，进行模型修改。

以下为各种组合方式的图示，分别为反铲方式，叉车方式，升降台方式，起重方式，正铲方式，抓爪方式。



反铲方式

叉车方式

升降台方式



起重方式

正铲方式

抓钳方式

第三章 举例

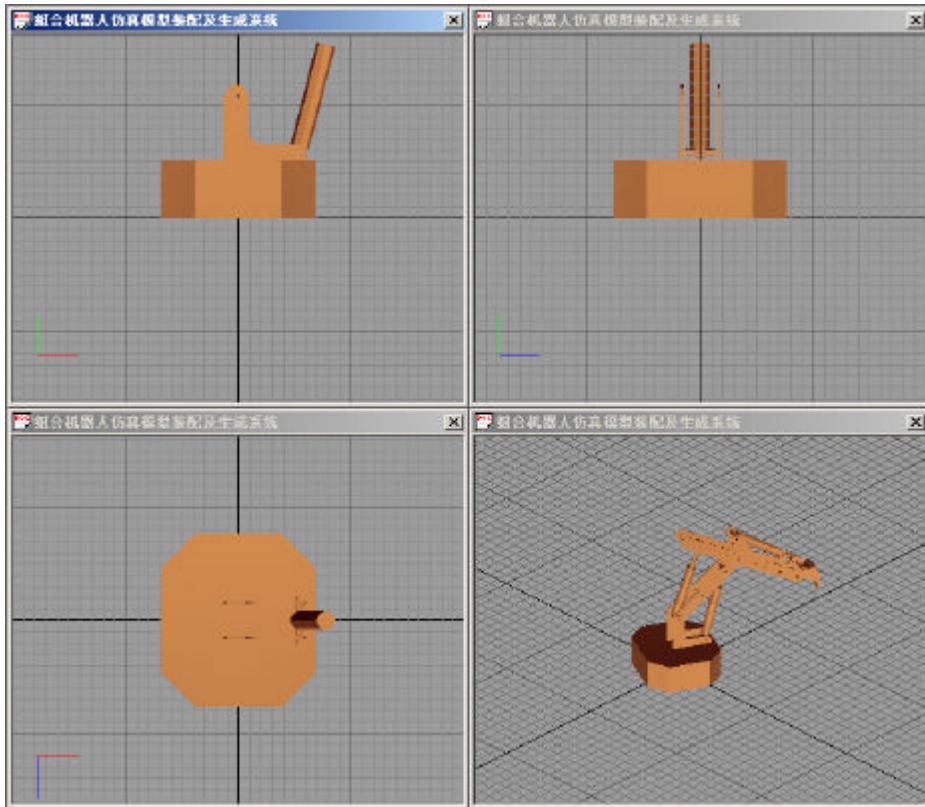
在本章中，将以反铲方式为例介绍整个装配流程。同学们在熟悉组合机器人仿真系统和整个装配流程以后，可以设计出具有独特风格的1~4个自由度的组合机器人。

下面就介绍反铲方式组合机器人的装配过程。

部件1的装配

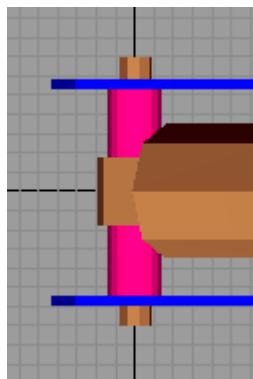
1. 点击菜单“构造组合机器人模型”中的“新建部件”命令，申请一个部件空间。在工具栏对话框中的“正在创建或修改的部件”栏中可看见新申请的部件号，同时在工具栏对话框中的“结构树”显示本部件组成。
2. 点击“零件工具条”中的按钮，选择“回转平台”，“大油缸套”，“套管”，“连接螺栓”加入部件1。
3. 点击“主工具条”或菜单“编辑”中的“移动零件”或“旋转零件”，若为移动，则选择移动方向，然后选择零件（第二章5.1节），移动或旋转零件，使零件定位到部件1中的合适位置。
4. 点击“主工具条”或菜单“编辑”中的“确定部件的连接点”，正视图、左视图和俯视图上光标变为一十字线，移动鼠标使十字线光标交点到本部件与上下部件的连接点处，按下鼠标左键弹出一活动菜单，选择“在此处确定本部件坐标(既与上一个部件连接点)”和“在此处于下一个部件连接”确定本部件与上下部件的连接点。注意先确定与上一个部件连接点然后再确定于下一个部连接点。通过本步骤确定部件1的D-H坐标。点击菜单或“构造组合工具条”中的“确定下一个部件坐标”，然后用鼠标点击适当的位置，在弹出的活动菜单中选择“在此处与下一个部件连接”。

下图为部件1的装配图：

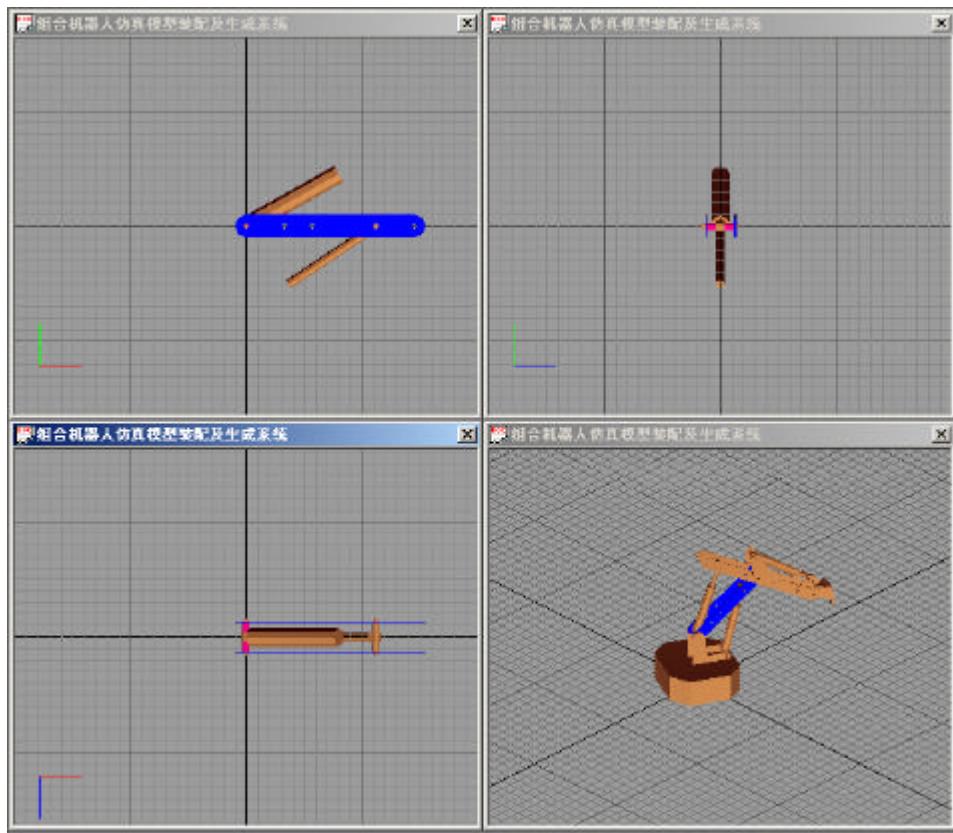


部件2的装配：

除第2步要加入的零件与部件1不同外，部件2其余的装配过程与部件1相同。部件2加入的零件为：“短杆”2片、“套管”2只、“大油缸套”1只、“大油缸活塞杆”1只、“连接螺栓”2只。由于一开始两短杆的间距不能确定，要靠套管来定位，即一开始要先加入套管。套管长度等于回转平台支架间距减去两片短杆或长杆的厚度。因此短杆装配时紧挨在套管两边。



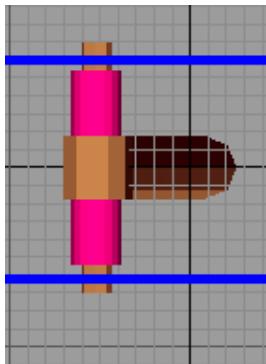
下图为部件2的装配图：



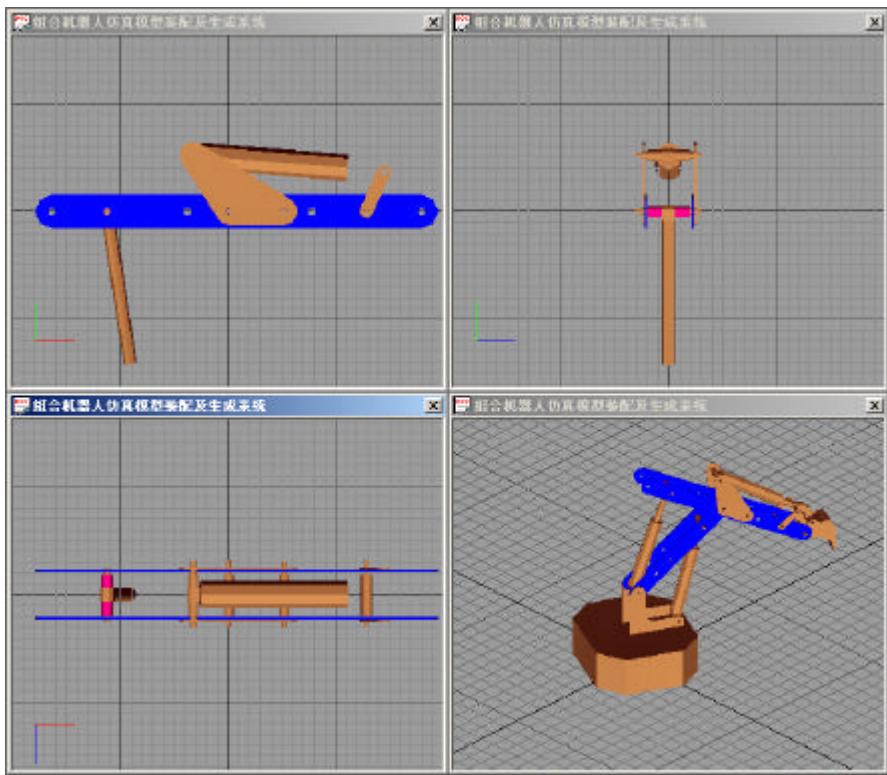
部件3的装配：

部件3加入的零件为：“长杆”2片、“套管”5只、“大油缸套”1只、“大油缸活塞杆”1只，“连接螺栓”5只、“三角耳朵”二片、“直连杆”二片。由于一开始两长杆的间距不能

确定，要靠套管来定位，即一开始要先加入套管。套管长度等于回转平台支架间距减去两片短杆或长杆的厚度。但由于上一次短杆装配在紧挨套管两边，因此长杆距套管边的间距为一短杆或长杆的厚度。



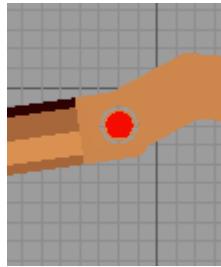
下图为部件 3 的装配图：



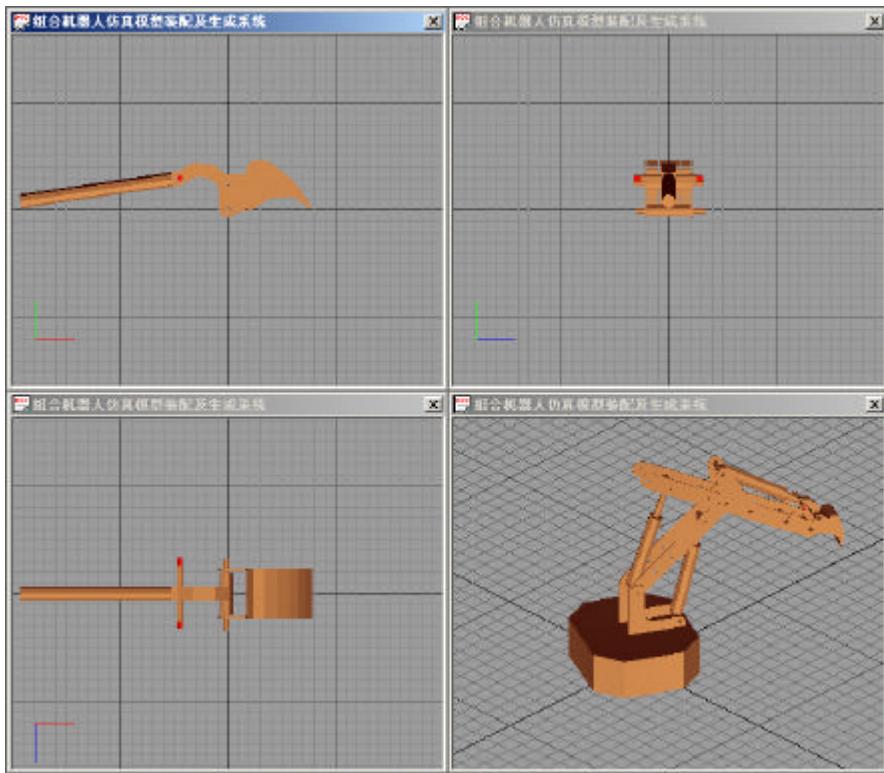
部件4的装配：

部件 4 加入的零件为：“铲斗”一只、“套管”2 只、“大油缸活塞杆”1 只，“连接螺栓”2 只、“弯连杆活动螺栓”一只、“弯连杆”二片。

弯连杆螺栓装配在弯连杆与大油缸连接处。



下图为部件 4 的装配图：



整机完成及保存。

最后选择菜单“构造组合机器人模型”中的“组合机器人模型装配完毕”命令，结束模型的装配。选择“文件”中的“保存组合机器人模型”进行模型文件的存贮。

装配完后，工作状态处于“模型演示状态”，此时选择“移动零件”或“旋转零件”，并选取某个部件上的零件后，移动鼠标可进行各关节的驱动。