

ROBOT

Design and Production of

机器人 设计与制作

戴凤智 刘波 岳远里 编

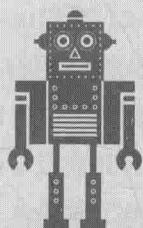
从机械本体、电路系统和控制系统三方面介绍如何设计与制作机器人

从硬件和软件两个角度出发，使读者既会搭建硬件，也会设计机器人的活动，做一个完整的机器人

讲解简单实用，按照书中图解，读者可一步一步搭建自己的机器人



化学工业出版社



ROBOT

Design and Production of

机器人 设计与制作

戴凤智 刘波 岳远里 编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

机器人设计与制作/戴凤智, 刘波, 岳远里编. —北京:
化学工业出版社, 2016.4
ISBN 978-7-122-26397-1

I. ①机… II. ①戴… ②刘… ③岳… III. ①机器人-
设计②机器人-制作 IV. ①TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 040497 号

责任编辑: 宋 辉
责任校对: 宋 玮

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 字数 311 千字 2016 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 46.00 元

版权所有 违者必究



2013年12月,工业和信息化部发布《关于推进工业机器人产业发展的指导意见》。2014年11月,《深圳市机器人、可穿戴设备和智能装备产业发展规划(2014-2020年)》发布。2014年5月和2015年6月,首届和第二届中国机器人峰会在天津市成功举办。机器人无疑成为了当今社会技术发展的航标,机器人的发展正经历着一场前所未有的机遇。

人类为了从外界获取信息,必须借助于自身的眼耳鼻舌肤等感觉器官,而机器人要想自主地工作或者移动,同样需要通过各种传感器来获取外界信息。此外,人类要运动就需要骨骼和肌肉,而机器人要运动就必须安装驱动器和执行装置,最常用的就是电机。

其实,无论什么样的机器人都是由检测装置、驱动装置、执行机构、控制系统和复杂机械等部分构成的,这些就是机器人的硬件。

与硬件相对应,软件程序是机器人的思想。对于初学者而言,机器人的动作可以看作是 将一个总任务分解成若干简单的行为。通过这种编程思路,我们就不需要把精力放在机器人稳定行走这一复杂的控制上,只需要分解出机器人的基本行为即可(例如,第几个电机旋转多少度)。而每个行为单元的控制程序只关心自己的传感器输入和需要输出的控制动作。

这本书向读者介绍了制作机器人的过程,可以分为以下几个阶段。

(1) 明确机器人的功能,确定整体方案

动手制作机器人之前,必须仔细思考一下要实现什么功能,以及如何实现。如果考虑不周,在制作过程中才发现该方案行不通,那就很可能半途而废了。

(2) 设计机器人的动作

方案确定好之后,就进入具体的设计阶段。此时要考虑机器人可以通过哪些动作来实现相应的功能,然后要确定各个动作的实现形式,据此设计机器人的各零部件的尺寸。在这里,最好先通过仿真来验证动作的可行性。

(3) 准备相应的材料和器材

按照机器人的动作要求和执行环境来准备各种硬件材料(包括机械手、各种传感器等)。此时应该对材料的组合方式、动作的实现原理有更清楚的构思和理解。

(4) 制作机器人

用材料制作出机器人实体,铺设控制电路。应该根据机器人的机械结构合理安排布局,既要节省空间,又要便于调试和更换。各个模块在安装前,就要分别测试其功能是否完好。各种导线一定要做好标记,知道每根线的来源和去处。

(5) 调试

硬件制作和软件编写完成后，经常需要根据不同的环境，调整硬件安装位置和软件参数。调试是一个不断尝试和不断优化的过程，没有捷径可言。当遇到问题时，要首先考虑是不是硬件和电路的问题，然后再考虑程序的问题。

我们相信，未来的某一天，机器人会走入千家万户。用我们自己设计的机器人为我们服务，这就是我们的目标。



(李实)

中国科学院自动化研究所

中国自动化学会机器人竞赛工作委员会副主任兼秘书长



机器人是人类历史上最伟大的发明之一。机器人学作为一个高科技研究领域，涉及机械、电气电子、计算机等多学科的交叉。而这些学科的研究交集就是机器人。

我们知道，一个人既要有身体，又要有思想。同样，机器人也主要分为硬件和软件两部分。硬件是软件的载体，软件是硬件的灵魂。在硬件上要设计机器人的外形结构和零部件等部分，在软件上要有高度智能的控制策略。

本书与其姊妹书《机器人制作轻松入门》、《Arduino 轻松入门》一样，也是编者根据实际制作经验撰写的，内容贴合实际，简单易懂，适合对机器人感兴趣的硬件 DIY 爱好者、电子爱好者阅读，也非常适合大中学生进行机器人设计、电子制作的实验教学使用。

本书从机械本体、电路系统和控制系统三个方面介绍如何设计与制作机器人，以培养实践能力为目的，以电脑软件为依托，介绍了开发机器人的几种常用软件的使用方法。书中内容符合初学者的能力范围，将重点放在了如何动手设计和操作上。书中插入大量不同阶段制作、调试机器人时的照片以供参考，图文并茂可以使读者按图索骥一步一步地完成自己的机器人。因此，本书既可以供参加机器人大赛的学生作为初级指导书，也可以供在校学生作为实验教学的课题使用。

本书共分为 3 篇，每篇包含若干章节。分别讲述如何设计机器人的钢铁之躯、如何设计开发机器人的控制电路板和进行软件编程，以及最终如何完成机器人的组装并为参加机器人比赛做准备。

第 1 篇介绍了三维软件 UG 的基本使用方法。结合生动形象的实例绘制，使得学软件不再枯燥。详细解说了如何设计机器人的机械本体，如何绘制出机器人的各个“骨骼”——零部件，最后利用软件将它们进行整体装配。

第 2 篇讲述电路板的绘制和软件编程。电路板是机器人的“大脑”，控制着机器人的行动。而软件就像是为机器人注入了“灵魂”，让它活灵活现。通过该篇内容，就可以轻松掌握电路板的绘制方法，学会之后还可以自己去设计电路板。通过对编程的学习，我们可以进行机器人的步态调节，可以让它完成类似人类的前进、后退、拐弯、甚至翻跟头的动作。这部分内容可以让你放开思维，自由发挥。

第 3 篇是将前面绘制的各种图在加工成零部件后进行实体组装。选择合适的机械零件组装成机器人，使之能达到行走和翻滚动作的动力学要求，并进行基本的步态调试。最后介绍了机器人的比赛规则，我们可以去和别人的机器人一决高下了。

本书在编写和修改过程中，通过作者负责的天津科技大学行业卓越人才实验班核心课程建设（自动控制原理）、天津科技大学食品安全信息化团队进行了实验验证。该书在高等

学校博士学科点专项科研基金（20131208110005）和天津市科技支撑计划项目（14ZCZDSY00010）中进行了实际应用与部分实验工作。

本书还得到了中国机器人大赛暨 RoboCup 公开赛医疗与服务机器人项目负责人孙丽萍，以及天津科技大学张峻霞、王以忠、白瑞祥、张宝龙、彭一准等老师的指导与帮助。天津亿泰基自动化技术有限公司的叶辉先生，日本有限会社富城物产的刘懿喆先生和日本冲绳高专及 ASCSPublications 的 Zacharie Mbaitiga 博士也提出了很多修改意见。天津科技大学电子设计大学生创新实验室的刘敬、韩文龙、陈兆仕、王达、杨志鹏、欧阳育星、刘会超、郝剑明、康中祥、窦慧鸣、曾燊杰、王超逸、张子豪、张芝玉，郭国栋、陈玉琪、邓卓远等为本书编写提供了帮助，在此一并表示感谢。

如果您对本书有任何疑问，如果您希望获得设计和制作上的帮助，可以通过以下方式联系到我们：1422407797@qq.com（刘波），1422042400@qq.com（岳远里）。

由于编者水平有限，书中难免存在不足，敬请各位读者批评指正。

编 者



第1篇 为机器人筑起钢铁之驱

第1章 三维制图软件 UG 的使用 1

- 1.1 常用命令介绍 2
- 1.2 二维草图的绘制 7
- 1.3 三维实体的绘制 13

第2章 机器人各部件的三维设计和总体装配 21

- 2.1 舵机 21
- 2.2 轴承 30
- 2.3 舵盘 31
- 2.4 多功能支架 32
- 2.5 一字形部件 37
- 2.6 长 U 形部件 38
- 2.7 短 U 形部件 39
- 2.8 L 形部件 41
- 2.9 U 形支架 42
- 2.10 大脚板 44
- 2.11 螺栓和螺母 45
- 2.12 机器人的总体装配 47

第2篇 为机器人设计大脑，并注入血液和灵魂

第3章 机器人的电路设计 68

- 3.1 电路设计软件 Altium Designer 69
- 3.2 Altium Designer 的基本操作 69
- 3.3 原理图库与 PCB 库的建立 82
- 3.4 最小系统电路板的设计 89
- 3.5 多路稳压模块电路板的绘制 112

第4章 机器人的程序开发 124

- 4.1 单片机开发软件 Codewarrior IDE 124

4.2	Codewarrior 软件的使用	124
4.3	Codewarrior 软件使用实例	131
4.4	控制电机运动的基本程序	137
4.5	机器人基本步态调试	139
4.6	机器人翻跟头程序	143
4.7	机器人的视觉反馈控制	146

第 3 篇 缔造战斗英雄

第 5 章	机器人的制作与调试	153
--------------	------------------	------------

5.1	机器人主要部件和控制界面	153
5.2	机器人的组装	160
5.3	让机器人动起来	169
5.4	自己编程控制机器人	173
5.5	让你的机器人参加比赛	176

第 6 章	机器人的硬件模块	179
--------------	-----------------	------------

6.1	主控芯片	179
6.2	多路舵机控制	180
6.3	稳压模块	181
6.4	视觉反馈模块	182
6.5	光电传感器	183
6.6	整体控制分析	185

附录	Altium_Designer 的快捷键	187
-----------	-----------------------------	------------

参考文献	190
-------------	------------

第 1 篇



为机器人筑起 钢铁之躯

第 1 章

三维制图软件UG的使用

磨刀不误砍柴工。如果盲目制造出一个机器人，在它运动时才发现肩膀的设计影响了上肢的活动范围，或者大腿和小腿的长度比例或脚掌的设计影响了机器人的行走能力，是不是会感觉很失望？

因此，在实际制作机器人之前，先利用软件进行机器人的结构设计，通过在计算机上看仿真效果并相应进行结构调整之后，再进行实体机器人的制作，那样会更好一些。

常用的机械类计算机辅助设计（CAD）软件有 UG*NX，Solidworks，CATIA，Pro/E，SolidEdge，inventor 等。

本书所应用的计算机辅助设计软件为 UG*NX。UG*NX 相对来说功能齐全，主要包括工业设计、产品设计、模具设计、仿真和优化等功能。它的用户界面清晰明了，便于初学者操作。

UG*NX 软件（Unigraphics NX，以下简称为 UG）是 Siemens PLM Software 公司出品



的。这是一个交互式 CAD/CAM（计算机辅助设计与计算机辅助制造）系统，可以轻松实现各种复杂实体及造型的建构。

1.1 常用命令介绍

本书所使用的 UG*NX 版本为 8.5。打开 UG 的快捷方式如图 1-1。



图 1-1 UG*NX 的图标



低版本 UG 将无法打开高版本软件所设计的文件。

进入图 1-2 所示的 UG 启动界面。读者打开的界面可能与此有所不同，不要担心，初次使用 UG 时，会弹出一个欢迎界面，关闭即可。

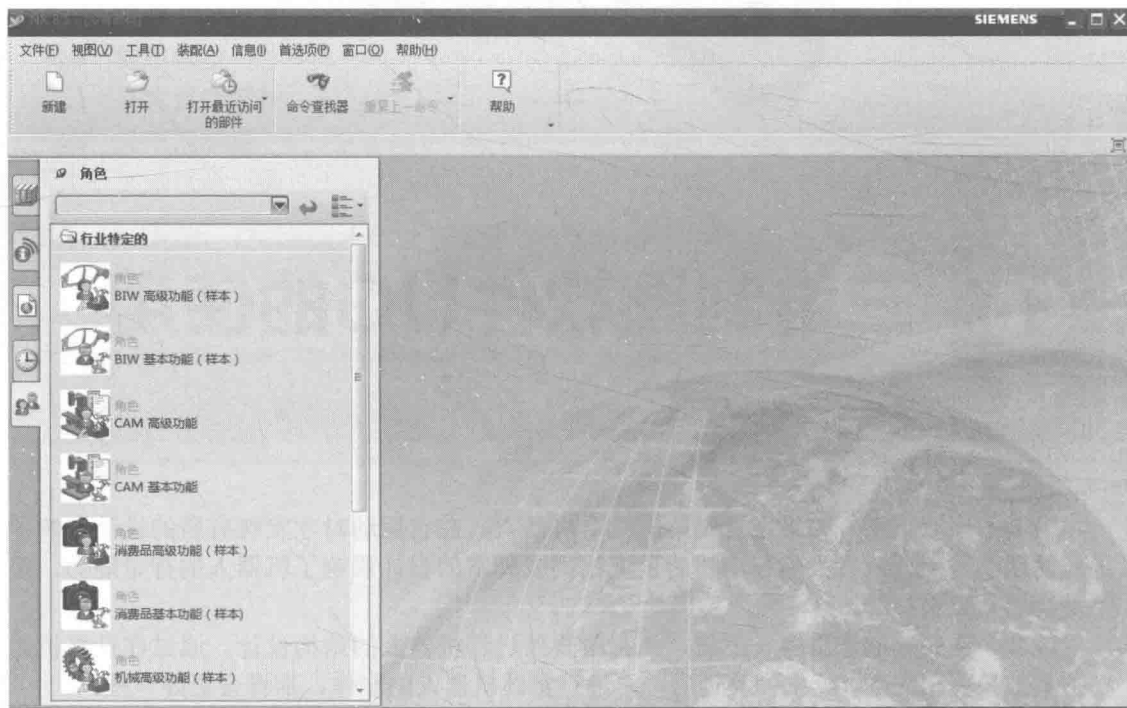


图 1-2 UG 启动界面

顺利进入 UG 的启动界面，在界面的左侧寻找“角色”这个命令图标，即图 1-3 中的第五个图标。此命令用以选择使用者的角色。对于不同的角色，UG 所显示的命令菜单是不同的（后面将详细解释）。

点击“角色”命令，会出现两个文件夹，如图 1-4 所示。“行业特定的”文件夹供专业人士使用，一般读者使用“系统默认”文件夹就足够了。



图 1-3 快捷栏

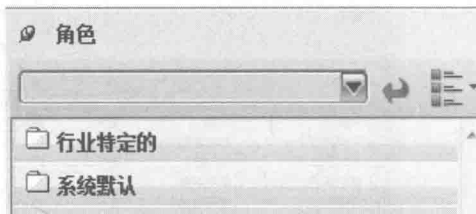


图 1-4 选定角色

点击“系统默认”，会出现如图 1-5 所示的界面。此时会出现八个不同的角色，分别是：高级、具有完整菜单的高级功能、基本功能（推荐）、具有完整菜单的基本功能、I—deas、强大制图高级功能、具有完整菜单的强大制图高级功能、强大制图基本功能。

虽然 UG 软件本身推荐基本功能角色，但这个角色的菜单命令对于初学者来说不够清楚了（至少目前的版本是如此）。因此建议选择“具有完整菜单的高级功能”角色，使用这个角色相对容易查找和使用。

选择角色后，会出现如图 1-6 所示的界面。点击“确定”即可。如果需要更换角色，重复以上操作，再次选择新角色就可以了。



图 1-5 不同角色

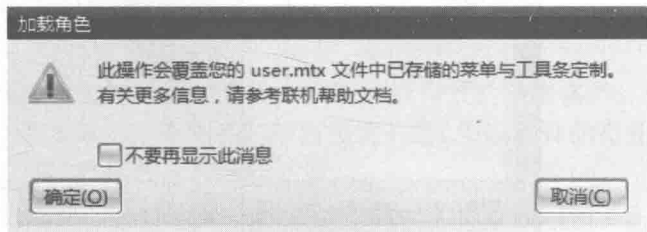


图 1-6 确定角色

完成角色选择后，就可以新建模型了。如图 1-7 所示，点击“新建”。

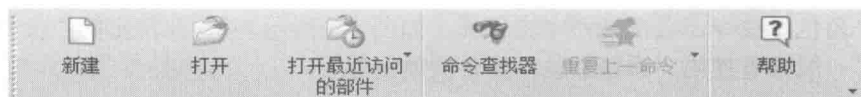


图 1-7 常用工具栏图标

点击“新建”后，会出现界面（图 1-8）。因为我们要先建立模型，所以直接选择右下角的“确定”键，即可进入 UG 软件工作界面，如图 1-9 所示。



图 1-8 新建界面

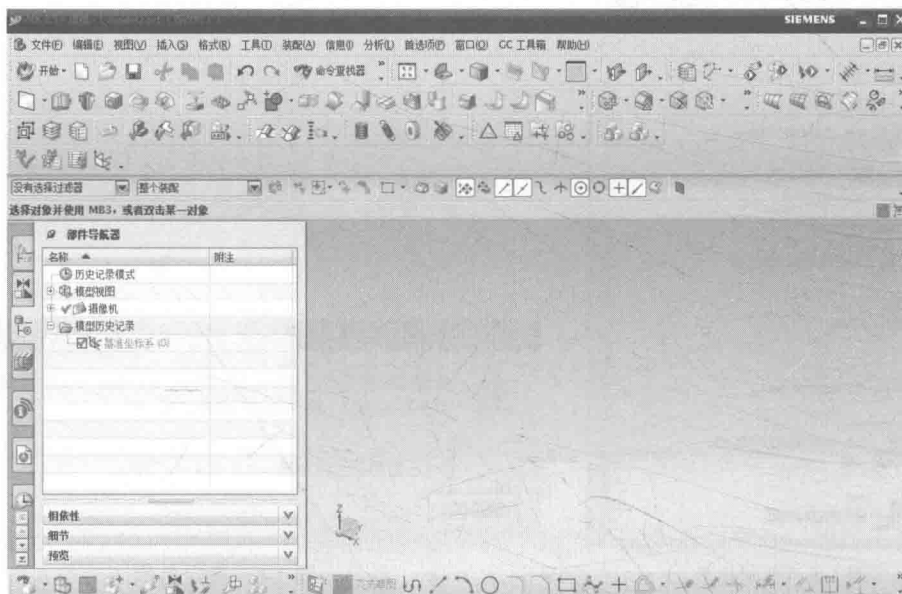


图 1-9 工作界面

进入UG软件的工作界面后,可以选择两种保存方式,一是画完模型再保存,二是先保存再画模型。本书选择后者,读者可根据自己的习惯选择适合自己的保存方式。



为了防止辛苦编辑设计的模型文件还没有保存就意外被删除或损坏,应该不时地保存一下正在操作的文件。

点击图1-9左上角的 图标,会出现如图1-10所示的界面。输入适当的名称和文件夹(文件保存路径),选择“确定”。完成以上操作,便回到了UG软件的工作界面。

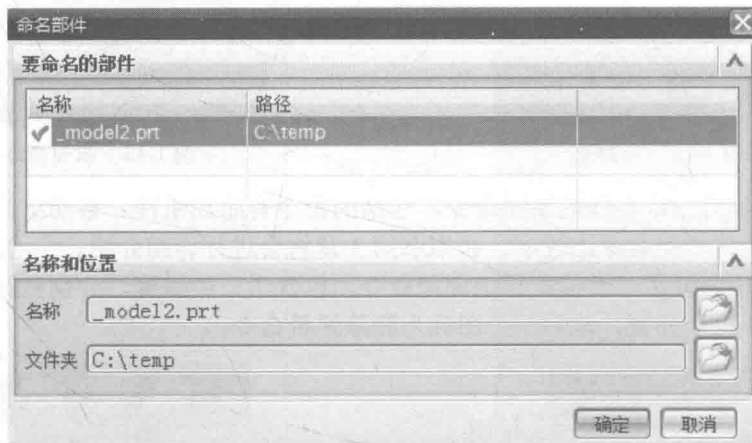


图 1-10 保存路径



文件名称和保存文件的路径不允许出现汉字。

下面简单介绍一下菜单和常用命令。菜单条如图1-11所示。“文件”具有新建、打开、关闭、保存和导出各种格式的图纸等功能。“视图”是为实体部件渲染艺术外观效果。“插入”中包含大部分的实体命令和草图命令。“格式”可对图层进行设置。“分析”中包括了一些简单的测量命令。其他菜单在本书中较为少用,如需了解,只需左键单击,便可查看其包含的命令。



图 1-11 菜单条

常用的实体命令有拉伸、回转、打孔、抽壳、管道、布尔运算、倒圆角和倒斜角等。

拉伸命令是将二维草图转化成三维实体。举例而言,可以把矩形变成长方体,把圆形变成圆柱等。

回转命令是将二维草图以一条线为轴旋转一定的角度,从而形成有效的三维实体。

打孔命令,顾名思义,就是在三维实体上挖个圆孔。特别强调的是,UG软件的打孔命令非常强大,不仅可以打普通孔,还可以打螺纹孔和阶梯孔等。

抽壳命令是把实心三维实体转化成空心三维实体。例如,要画一个正方体的箱子,首先在草图环境下,绘制一个正方形,然后经拉伸命令拉伸后,形成一个正方体,最后使用抽壳命令,选择合适的厚度,即可完成正方形箱子的三维模型。



管道命令，操作对象为草图直线或曲线。目的是使草图直线或曲线转化成管道，可以实心或空心。管道命令属于插入中的扫掠。

布尔运算命令包括了实体求和、实体求差和实体求交三种运算。如果是实体求和，相当于将两个实体连接成一体。

倒圆角命令，将实体的边变成圆弧过度。

倒斜角命令，它与倒圆角命令类似，使实体边形成一个切角。

图 1-12 所示为三维实体的面命令，包括的命令有移动面、调整圆角大小、删除面和复制面。

图 1-13 所示为三维实体的曲面操作命令，包含了曲面网格和扫掠等命令。



图 1-12 面命令



图 1-13 曲面命令

图 1-14 所示为三维实体的装配命令，包括的命令有添加组件、移动组件、装配约束。做装配图时使用这一类命令比较多。在本书第 3 章将会进行详细介绍。

图 1-15 所示为弹簧三维模型直接调用命令，包含了三类弹簧，分别是圆柱压缩弹簧、圆柱拉伸弹簧和蝶形弹簧，最后一个图标为删除弹簧命令。



图 1-14 装配命令



图 1-15 弹簧调用命令

图 1-16 所示为调节背景和三维实体显示的命令。这些命令的作用在于选择合适的背景，选择合理的布局位置，以及选择合理的显示视图。



图 1-16 调节背景和显示

此外，鼠标的操作命令也是有一定技巧的。不同的键进行不同的搭配会产生不同的操作命令。

① 滑动鼠标滚轮可以在视图上缩放三维实体或二维草图，但并未对其真实尺寸进行修改。

② 按下鼠标滚轮，再移动鼠标，可以对三维实体或二维草图进行旋转，方便从各个角度查看模型。

③ 同时按下鼠标的滚轮和右键，可以平移三维实体或二维草图到指定位置。

❖ 鼠标的操作技巧要记牢，方便使用。



本节内容是使读者了解一下常用的三维实体命令，了解其作用及在界面中的位置，但并未对二维草图命令进行介绍。其实，在使用三维实体命令之前，要先绘制好二维草图。

❖ 二维草图是三维建模的基础。



掌握了以上知识，便可开始下一节的学习了。下一节将对二维草图命令进行详细讲解和实际绘制。

1.2 二维草图的绘制

进入草图环境之前，首先要把基准坐标系设为显示状态。在窗口右侧，点击部件导航器（从上向下的第三个图标），显示如图 1-17 所示的界面。鼠标右键点击灰色的基准坐标系，然后选择第一个“显示”命令，即可完成基准坐标系的显示（如图 1-18）。

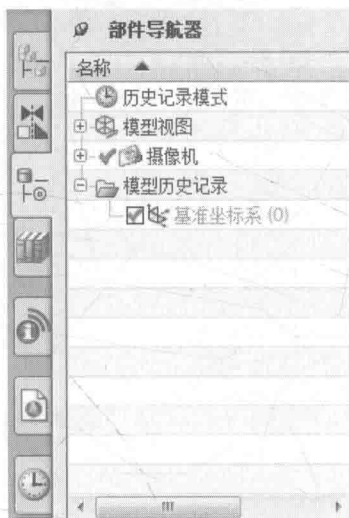


图 1-17 部件导航器

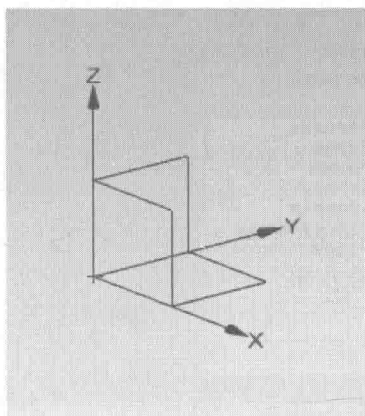


图 1-18 基准坐标系图标

点击“创建草图”命令图标，会出现如图 1-19 所示的界面。它包括了草图平面、草图方向、草图原点和设置这四部分。

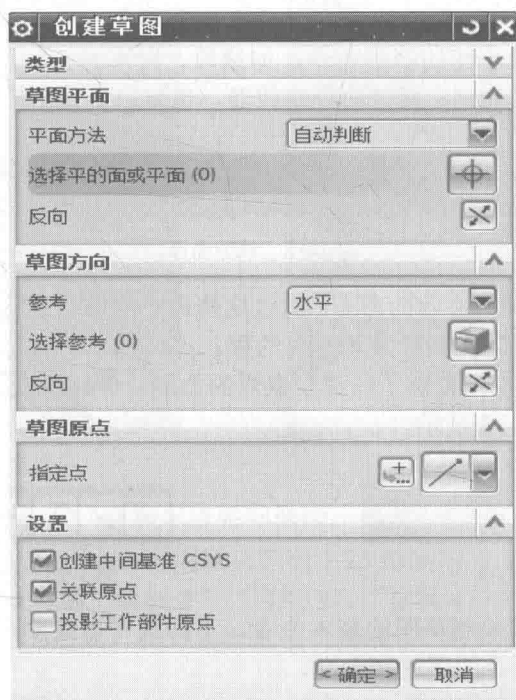


图 1-19 创建草图



看起来好像命令比较多，也比较复杂和难以理解。事实上，如果建立一个草图环境，只需要选择一个平面，其他保持默认就可以了。我们可以选择基准坐标系的任意一个面，一般选择 X-Y 面。当然，选择 X-Z 面和 Y-Z 面也是可以成功创建草图的。

选择好平面，点击“确定”，即可进入草图绘制环境，如图 1-20 所示。

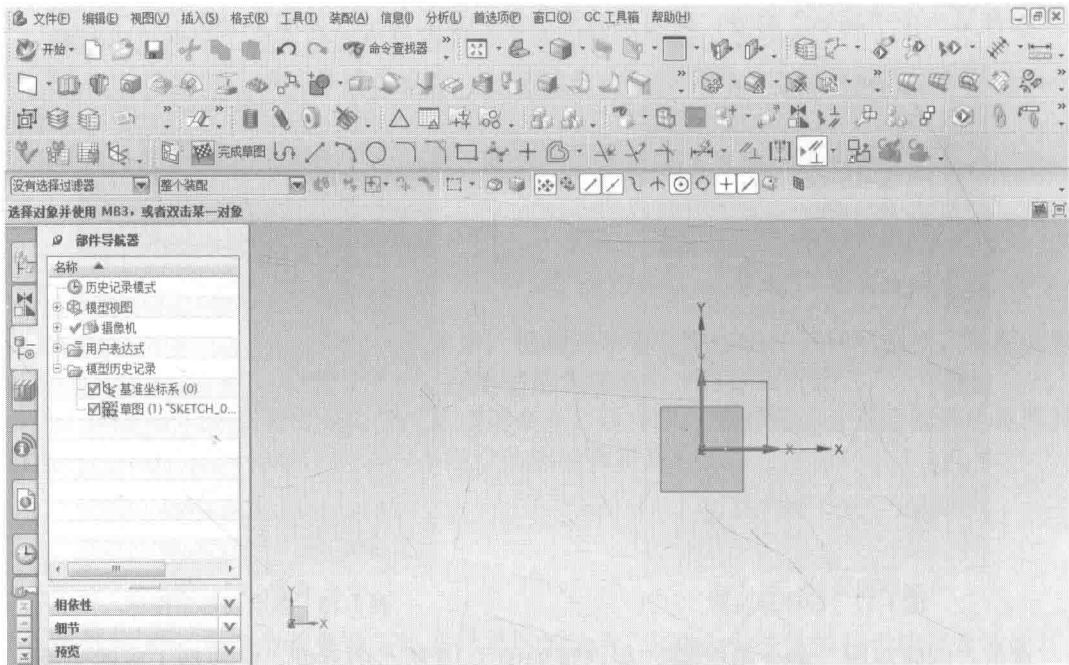


图 1-20 草图绘制环境

当草图环境建立好后，如图 1-21 所示的命令由灰暗变得明亮，表示这些命令可以调用。命令条中包含了绘制二维草图的基本命令，如线段、圆形、正方形和点等。草图的全部命令在“插入”菜单中可以找到。通过命令查找器，也可以查找出要使用的草图命令。



图 1-21 草图命令

图 1-22 所示为草图辅助修改的命令。通过这些命令能够快速修改曲线，包括快速修剪、快速延伸、制作拐点、自动判断尺寸和几何约束。

UG 软件还在草图环境中提供了快速获取点的命令，包括断点、交点、控制点、圆弧中心点和象限点等，如图 1-23 所示。



图 1-22 修改命令

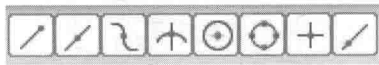


图 1-23 快速获取点命令

简单介绍完上面这些绘制草图的基本命令，下面就可以绘制草图了。我们可以在使用中逐步熟悉和体会各个命令的用途和含义。