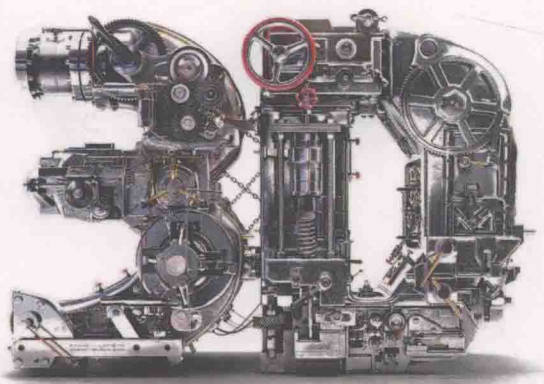


新形态教材



普通高等教育“十三五”规划教材

三维机械设计 思维实训



孙 伟 主编
刘宏新 主审

完备的草图、零件、装配、制图模块，适合需要系统性训练的读者使用
上机与理论协同教学，力求全面地传授三维机械设计知识体系与内容
思维方式、基础训练、实践应用、能力提高并重，精选与工程实践密切相关的上机实训案例

■ 配套视频答疑、实训演示、模型素材等数字化教学资源，便于自学和检验



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

三维机械设计思维实训

孙 伟 主编

刘宏新 主审



科学出版社

内 容 简 介

本书是科学出版社《三维机械设计》一书的配套教材,以 CATIA 草图绘制、零件建模、装配设计和工程制图作为核心内容。在编排上,包含知识结构概览、常见问题答疑、基础知识自测与上机实训题库四大模块。其中,知识结构概览模块起到提纲挈领的作用,主要内容为本章的知识点、重点和难点;常见问题答疑模块总结了常见的疑难问题并给出详细解答,必要时配以图解,方便读者自学和对知识的深化理解;基础知识自测模块包括填空、选择、判断和简答四种形式,旨在强化读者对基本概念和基本技能的掌握;上机实训题库模块按篇给出,用于读者上机实践,锻炼读者的实际操作能力和产品设计能力;最后还给出了若干综合实训练习题,方便老师作为课程大作业或课程设计使用。

本书配套制作了视频答疑、习题答案和实训演示等数字资源,读者可以按照操作步骤,使用移动终端扫描习题旁的二维码进行观看。

本书可作为高等院校机械类及近机械类专业本科生三维机械设计类课程的教材,也可作为广大从事机械产品设计和造型爱好者的工作参考书或自学教材,亦可作为相关教师的教学参考用书。本书的读者不需要具备三维设计经验,但同样适合于有三维设计经验且希望进行系统训练的读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

三维机械设计思维实训/孙伟主编. —北京:科学出版社,2018.3

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-03-056813-7

I. ①三… II. ①孙… III. ①机械设计-计算机辅助设计-高等学校-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 048353 号

责任编辑:毛莹任俊 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:吴兆东 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018年3月第一次印刷 印张:13 1/2

字数:312 000

定价:49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

编 委 会

主 编 孙 伟

副主编 侯国安 赵艳忠 邹湘军

编 委 (按姓氏笔画排序)

白雪卫 石端伟 孙洪江

张增学 尚家杰 周 岭

郭丽峰 唐 儒 赖庆辉

主 审 刘宏新

序

达索系统作为全球领先的 3D 技术及 3D 体验解决方案的领导者，将自身产品定位于行业的最高水平并引领技术的发展，正致力于将先进的技术带到中国，与中国的企业和工程师分享技术进步带来的变革与成就。达索系统目前已在中國发展了众多优秀的用户，同时造就了大量的一流人才。

刘宏新教授团队在达索系统与其旗舰品牌 CATIA 进入中国之初，就开始 CAD、CAE、DMU 等模块的工程应用与教学工作，且在基于 CATIA 个性化、定制化基础上的数字化设计与数字资源管理领域的科学研究亦颇有建树，积累了丰富的经验与成果。2012 年，刘宏新教授团队与中国机械工程领域和自然科学领域最负盛名的出版传媒机构（机械工业出版社、科学出版社）签署协议，将团队多年在 CATIA 的应用、教学、科研过程中积累的讲义、资料、模型等进行整理与完善，出版系列图书与教材，以期为广大读者与用户更好地学习和使用 CATIA 提供帮助与指导。

该书基础训练与能力提高兼顾，注重工程运用、强调技巧与效率，系统而全面。藉此为媒介，达索系统必将进一步加快推广其卓越的 3D 技术，为中国的企业和工程师提供一个可持续创新的 3D 体验平台，使虚拟世界与现实世界之间有效互动。同时，运用达索系统领先世界的产品生命周期管理（product life-cycle management, PLM）体系，为产品的设计、生产和服务开辟新的道路，为业界输送更多符合时代需求的高级人才，促进产业创新、提升业务优势、改善世界、创造财富。

The image shows the Dassault Systèmes logo, which consists of a stylized 'DS' monogram followed by the words 'DASSAULT SYSTEMES' in a bold, sans-serif font. To the right of the logo is a handwritten signature in black ink.

（张鹰先生，达索系统大中华区总裁）

前 言

本书是普通高等教育“十三五”规划教材，是科学出版社《三维机械设计》的配套教材，为该门课程的教学提供了充足的资料和素材，方便教师备课及学生学习。

本书突出以三维为主线、三维与二维并重的思想，不仅资源丰富，而且注重实用性，有助于学生机械产品三维构型设计能力和二维工程图表达能力的培养，适应现代工程的生产实践需要；同时，避免了一些学生在课堂上难以完成或短时间内难以完成的实训题目，保证所有实训题目的可操作性。在取材上，本书涵盖了本课程教学过程中草图绘制、零件建模、产品设计、工程制图等核心内容；在编排上，包含“知识结构概览”、“常见问题答疑”、“基础知识自测”与“上机实训题库”四个模块。

本书各组成模块简介如下：

(1) 知识结构概览 以拓扑图的形式归纳提炼了每一章所包含的知识点，帮助读者在最短的时间内了解章节的基本结构和主要内容，理清重点和难点。

(2) 常见问题答疑 常见问题答疑部分汇集了教学过程中学生常会遇见的代表性问题，以一问一答的形式进行答疑解惑，必要时举例进行了说明，使学生能够破除壁垒，并对所学知识加以巩固和提高。

(3) 基础知识自测 该模块由填空、选择、判断、简答四个部分组成，旨在帮助学生强化对基本要点、基本概念的掌握程度，准确抓住三维机械设计的操作关键，同时突出重点与难点，提高分析和解决实际问题的能力。

(4) 上机实训题库 该模块以篇编排，遵循循序渐进的原则，用于综合练习相应章节的各个知识点，锻炼学生的融会贯通能力。题目在选取时综合考虑实用性和可操作性，特别注意培养学生的自学能力与运用专业知识解决实际问题的能力。

本书强调知识点的理解、知识重构和实践能力培养，在内容编排上由浅入深、循序渐进，不同专业和不同层次的学生可以根据需要选择使用。

本书第 19 章装配上机实训附有模型文件供读者练习，请访问 <http://www.ecsponline.com>，选择“网上书店”，检索书名，在图书详情页“资源下载”栏目中获取配套资料（文中统称模型包）。用户也可扫描右侧课程二维码，进入课程微信公众号平台，获取随书素材、参考答案、操作演示、课程答疑等内容。



由于时间及水平所限，作者虽勤勉谨慎，但纰漏与不当之处仍在所难免，恳请读者能够谅解并予以指正，也希望能以此教材为载体与广大机械工程领域的读者就更广义的 3D-CAD 技术应用进行交流与合作。

读者信箱：T3D_home@hotmail.com

微信公众号：三维机械设计

教材编委会

2018 年 2 月

目 录

第一篇 技术综述

第 1 章 CAD 基本知识····· 2	第 2 章 CATIA 简介与运用基础····· 5
1.1 知识结构概览····· 2	2.1 知识结构概览····· 5
1.2 常见问题答疑····· 2	2.2 常见问题答疑····· 6
1.3 基础知识自测····· 3	2.3 基础知识自测····· 8

第二篇 草图绘制

第 3 章 草图工作台与基本操作····· 13	第 5 章 约束与草图动画····· 24
3.1 知识结构概览····· 13	5.1 知识结构概览····· 24
3.2 常见问题答疑····· 13	5.2 常见问题答疑····· 24
3.3 基础知识自测····· 15	5.3 基础知识自测····· 25
第 4 章 图形绘制与修饰····· 17	第 6 章 草图辅助工具····· 28
4.1 知识结构概览····· 17	6.1 知识结构概览····· 28
4.2 常见问题答疑····· 18	6.2 常见问题答疑····· 28
4.3 基础知识自测····· 19	6.3 基础知识自测····· 29

第三篇 实体造型

第 7 章 零件工作台与基本操作····· 32	第 9 章 修饰与特征····· 44
7.1 知识结构概览····· 32	9.1 知识结构概览····· 44
7.2 常见问题答疑····· 32	9.2 常见问题答疑····· 45
7.3 基础知识自测····· 34	9.3 基础知识自测····· 46
第 8 章 主体结构创建····· 37	第 10 章 属性与渲染····· 51
8.1 知识结构概览····· 37	10.1 知识结构概览····· 51
8.2 常见问题答疑····· 37	10.2 常见问题答疑····· 51
8.3 基础知识自测····· 40	10.3 基础知识自测····· 52



第四篇 产品装配

第 11 章 装配工作台与基本操作	55	12.2 常见问题答疑	62
11.1 本章知识结构	55	12.3 基础知识自测	66
11.2 常见问题答疑	55	第 13 章 装配特征与高级应用	70
11.3 基础知识自测	58	13.1 本章知识结构	70
第 12 章 装配约束与调整	62	13.2 常见问题答疑	70
12.1 本章知识结构	62	13.3 基础知识自测	71

第五篇 工程制图

第 14 章 制图工作台与基本操作	76	15.2 常见问题答疑	80
14.1 知识结构概览	76	15.3 基础知识自测	85
14.2 常见问题答疑	76	第 16 章 标注	92
14.3 基础知识自测	77	16.1 知识结构概览	92
第 15 章 机件的表达	80	16.2 常见问题答疑	92
15.1 知识结构概览	80	16.3 基础知识自测	94

第六篇 实训题库

第 17 章 草图上机实训	99	18.8 圆角倒角修饰	134
17.1 直线轮廓	99	18.9 拔模特征	138
17.2 直线与圆	100	18.10 盒体与厚度	139
17.3 圆弧连接	101	18.11 变换与镜像	142
17.4 复杂圆弧连接	102	18.12 阵列	146
17.5 图形修饰与变换	103	18.13 参考元素与绘图基准	150
17.6 草图动画	105	18.14 复杂零件造型	157
第 18 章 零件上机实训	106	第 19 章 装配上机实训	163
18.1 凸台与凹槽基础	106	19.1 铰链接合	163
18.2 凸台与凹槽提高	114	19.2 万向接头	163
18.3 孔与螺纹	118	19.3 带轮支承	164
18.4 回转体	121	19.4 手动阀门	165
18.5 混合特征	124	19.5 滑动轴承	165
18.6 扫掠特征	130	19.6 滚动凸轮	166
18.7 多截面实体	132	19.7 配气机构	167
		19.8 星型发动机	167



19.9 冲压模具·····	168	第 21 章 综合上机实训·····	186
19.10 手动定位器·····	171	21.1 台式虎钳·····	186
第 20 章 制图上机实训·····	174	21.2 鼓风机·····	192
20.1 简单轮盘类零件·····	174	21.3 螺旋起重器·····	199
20.2 轴和套筒类零件·····	177	21.4 剪切机构·····	200
20.3 复杂回转体零件·····	180	21.5 工业机械手·····	201
20.4 箱体零件·····	181	参考文献·····	202
20.5 叉架类零件·····	182	附录 CATIA 常用快捷键·····	203
20.6 其他零件·····	184		

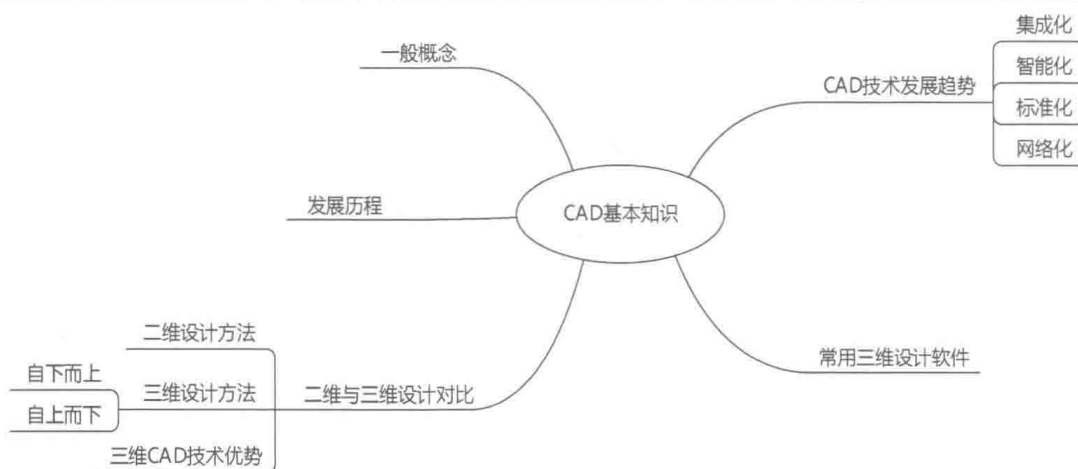
第一篇 技术综述



第 1 章 CAD 基本知识

1.1 知识结构概览

本章知识点



本章重点

- ✓ CAD 一般概念
- ✓ CAD 技术发展趋势
- ✓ 二维设计与三维设计对比

本章难点

- ✓ 二维设计与三维设计对比

1.2 常见问题答疑

? CAD 与 AutoCAD 有什么区别？我以前学过 AutoCAD，还需要再学习这门课吗？

解答：

CAD，即计算机辅助设计。广义而言，凡是通过计算机进行辅助设计的软件都可以称作 CAD 软件。机械行业的 CAD 软件种类较多，AutoCAD 就是其中一种。AutoCAD 是 Autodesk 公司 1982 年推出的一款基本 CAD 软件，用于二维绘图、详细绘制、设计文档和基本三维设计。由于软件上市时间较早，且在早期的计算机绘图课程当中一般都采用 AutoCAD 进行二维绘图教学，因此多有将 AutoCAD 简称作 CAD 的习惯。但读者应当清楚，CAD 与 AutoCAD 是两个完全不同的概念。



由于传统上的 AutoCAD 课程学习往往都是以二维绘图为主，所以 AutoCAD 软件仅被当作替代手工绘图的一种工具。学习 AutoCAD 仅看作是学习了计算机辅助绘图，谈不上学习了计算机辅助设计。本门课程所介绍的内容是三维机械设计，在设计上，是从三维实体造型开始的。当在计算机上建立了零件和装配体的三维模型后，即可进行后续关于设计的更多工作，如模型装配、干涉分析、运动仿真、应力分析与强度校核、生成工程图、产生数控加工代码直接进行加工等，这才是完整的计算机辅助设计流程。

答疑



？ Maya、3d Max 等也是用来做三维造型的，CATIA 与它们有什么区别？

解答：

这两类软件虽然都可以用来做三维建模，但应用领域则完全不同。

CATIA 与 Pro/E (Creo)、UG (NX)、Solidworks 一样，同属于机械 CAD 软件，主要应用于机械工程领域，可以用来进行机械设计、工程分析、制造等。

而 Maya、3d Max 这类软件通常应用于计算机图形学领域，不要求生产加工，主要用于工业造型效果、渲染，影视作品制作、游戏动画等。

答疑



？ 我应该如何学好三维机械设计这门课？

解答：

三维机械设计是一门实践性很强的学科，总体而言，要想学好这门课，必须贯彻理论与实践相结合的学习方法。具体地，可以从以下几个方面多做努力。

(1) 紧跟学习进度。本门课程的一大特点就是学习进度较为紧凑，后续知识对先修知识具有较高的依赖性。因此，必须要紧跟学习进度，碰到问题及时解决，不能拖沓。

(2) 多学多练。三维机械设计的核心是软件操作，要多学多练才能不断提高。特别是一些常用命令，应当熟练掌握，这对于提高操作速度至关重要。

(3) 善于利用互联网。用户可以登录本课程的网络教学平台：<https://mooc1.chaoxing.com/course/94054517.html> 访问课程的幻灯片、操作视频、讲课视频等资源。在碰到难以解决的问题时，还应当习惯利用互联网搜索引擎去寻找答案。

(4) 多思考、多交流。学习的过程中要多注意总结，除了平时与同学和老师的交流外，也可以到课程网站论坛当中发帖与更多的人进行沟通，集思广益，这样能更好地提升自己的学习效率。

答疑



1.3 基础知识自测

一、填空

(1) “计算机辅助设计”的英文名称是 _____，缩写为 _____。

(2) 用户在进行产品（装配体）的三维

设计时，可以采用 _____ 或 _____ 两种设计方法。

(3) 1963 年，美国学者伊凡·苏泽兰 (Ivan Sutherland) 在其博士论文中公布了一



个革命性的计算机程序_____。

(4) 二维设计的一般流程是先进行_____设计, 再进行_____拆画。

(5) 无论是设计产品还是产品中的零件, 三维设计都是从_____开始的。

二、选择

(1) 以下各项属于 CAD 的设计对象的有 ()。

- A) 机械、电子 B) 汽车、航天
C) 农业 D) 工程建设

(2) “计算机辅助制造”的英文缩写是 ()。

- A) CAD B) CAE
C) CAM D) CAPP

(3) 以下哪项技术可以解决“超大型项目”和“跨国界项目”的共同协作问题? ()

- A) CSCW B) CIMS
C) CAE D) ICAD

(4) 以下哪项是“基于图形转换规范标准”的缩写? ()

- A) IGES B) CGI
C) STEP D) CGM

(5) 三维设计的一般流程中, 先绘制 ()。

- A) 实体特征 B) 二维草图
C) 装饰特征 D) 装配特征

三、判断

(1) “自下而上”设计法的基本流程是由整体到局部。 ()

(2) Sketchpad 是最早的人机交互式 (human-computer interaction, HCI) 计算机程序。 ()

(3) 在进行三维设计时, 由实体投影生成的二维工程图与三维实体之间的尺寸是不相关的。 ()

(4) 装配体零部件的相互配合关系较为简单时, 多选用“自上而下”设计法。 ()

(5) 用户只能在零件的某些特征上使用“自上而下”的设计方法。 ()

四、简答

(1) 什么是“计算机辅助设计”?

(2) 试绘制流程图, 描述“计算机辅助设计”的一般流程。

(3) 二维和三维计算机辅助设计有哪些区别?

(4) “计算机辅助设计”未来的发展趋势如何?

(5) 简述 CSCW 的基本概念。

(6) 查阅相关资料, 列出常用三维机械 CAD 软件的名称、主要应用领域及其优缺点。

答案



第2章 CATIA 简介与运用基础

2.1 知识结构概览

本章知识点



本章重点

- ✓ 功能模块
- ✓ 产品设计的一般流程
- ✓ 功能定制
- ✓ CATIA 基本操作
- ✓ 公共工具栏



本章难点

- ✓ CATIA 键盘、鼠标操作
- ✓ 指南针
- ✓ 结构树
- ✓ 文件基本操作
- ✓ 公共工具栏

2.2 常见问题答疑

? CATIA 软件里面为什么有那么多的模块?

解答:

CATIA 初学者常常对其“模块”设置感到困惑。实际上,模块是依据使用目的而进行划分的,使用某个具体的模块时,就会切换至该模块的“工作台”界面。

用户不可能在一个“工作台”界面下完成所有产品的设计工作,这些工作往往需要划分为一定的阶段。例如,在设计一个零件的过程中,当用到零件“造型”的一些功能和命令时,需要在“零件设计”模块(工作台)下完成;设计的过程中,经常需要画一些平面图形(草图),这时就需要切换至“草图设计”工作台完成;如果需要进行“曲面”造型,就需要进入曲面造型相关的工作台。零件造型完成后,还可能进入 CAE 相关模块进行 CAE 分析。如果需要出工程图,就需要进入“工程制图”模块进行操作。

因此,对于设计者而言,模块的划分方便了命令的集中使用,使得解决问题时更具针对性,从而使设计更加高效。

答疑



? CATIA 中的工具栏拖拽后想恢复原状,应该如何操作?

解答:

为便于使用及操作,可以将工具栏拖至图形区操作对象附近,使用完成后双击工具栏上的标题栏即可自动恢复原位。

如果不小心将工具栏关闭,可以在任意工具栏上右击,在弹出的快捷菜单中查找所需要的工具栏,单击后即可显现。

用户还可以通过以下方法恢复所有工具栏的默认位置:在开始菜单中依次选择“工具”→“自定义”命令,在弹出的“自定义”对话框中,选择“工具栏”选项卡,单击“恢复位置”按钮,然后单击“关闭”按钮,工具栏的位置将恢复到初始状态。

答疑



? CATIA 的文件名不能命名为中文,但是在结构树中为什么能看到中文名字?

解答:

CATIA V5 文件的“保存路径”可以含有中文字符,但是“文件名”不能含有中文字符。通常文件名只能含数字 0~9、大小写字母 A~Z (a~z),以及部分特殊字符。不支



持用作文件名的特殊字符包括：>（大于号）、<（小于号）、*（星号）、:（冒号）、"（引号）、?（问号）、\（反斜线）、|（竖线）。

因此，应当避免使用操作系统工具（例如 Windows 资源管理器）对 CATIA 文件进行重命名，因为这有可能不小心添加一些 CATIA 不允许使用的字符，从而导致无法打开文件。

在结构树当中看到的“名称”，其实是文件的“零件编号”，是允许使用中文字符的。后面的课程当中会学到，用户可以在创建零件时设置“零件编号”，或后期通过“属性”进行更改。“零件编号”与电脑硬盘中保存的“文件名”是两个不同的概念，应当注意区分。



软件的操作界面上出现一些透明的圆圈和方框，这是什么原因造成的？

解答：

如果 CATIA 检测到用户使用的电脑是触控电脑，就会自动激活“平板”的操作方式，这些“圆圈”“方框”的图标在软件当中被称作“变换凸台”和“手势凸台”，如图 2-1 所示。如果不需要使用这种操作方式，可以通过以下方式将该功能关闭。

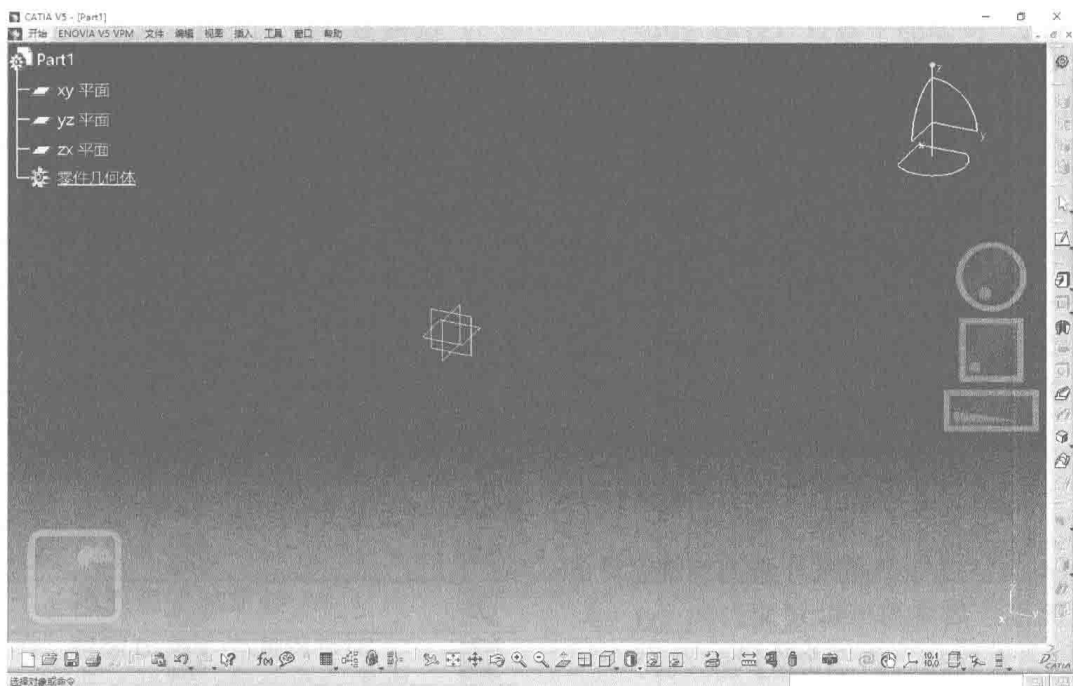


图 2-1 触控电脑操作界面

在菜单栏中，依次选择“工具”→“选项”命令，在“选项”对话框左侧的目录中，依次选择“常规”→“设备和虚拟现实”，如图 2-2 所示；在右侧选择“支持平板”选项卡，取消选中“变换凸台”选项区的“激活变换凸台”复选框，以及“手势凸台”选项区的“激活手势凸台”复选框，单击“确定”按钮，图形区的凸台就会消失。

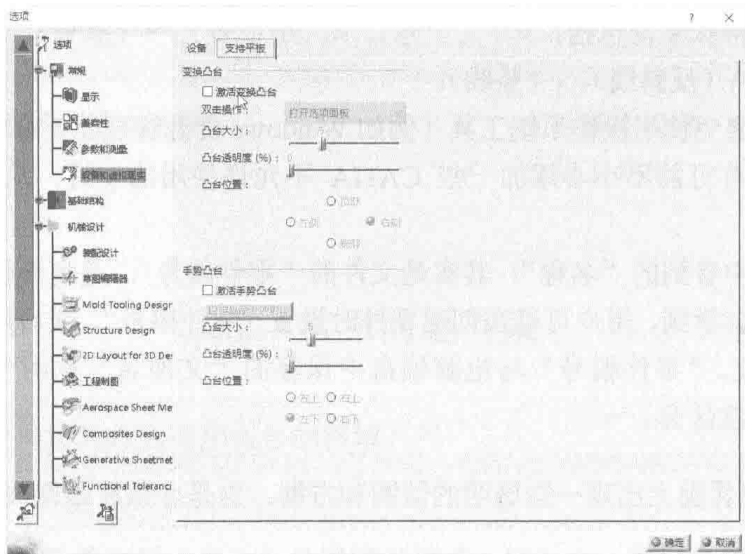


图 2-2 选项设置

2.3 基础知识自测

一、填空

(1) 写出每个图标所对应的工作台名称。



(2) 草图、零件、产品、工程图对应的文件扩展名分别是_____、_____、_____、_____。

(3) CATIA 的设置模式分为_____和_____。

(4) CATIA 产品设计遵循三维设计的一般流程，具体的可以划分为_____、_____、_____三个阶段。

(5) CATIA 的主要功能涉及_____、_____、_____三个关键领域。

(6) CATIA 的中文用户界面包括_____、_____、_____、_____、_____、_____、_____、_____。

(7) 例举常用的鼠标快捷方式及所对应的功能。_____

(8) 例举常用的键盘快捷键及所对应的功能。_____

(9) 用鼠标操作上下翻阅结构树的方法是_____。

(10) 首次使用“保存管理”功能保存产品文件时，产品当中的零件文件也会自动保存，而且文件的保存路径_____。

(11) 写出图标所对应的命令名称。

