

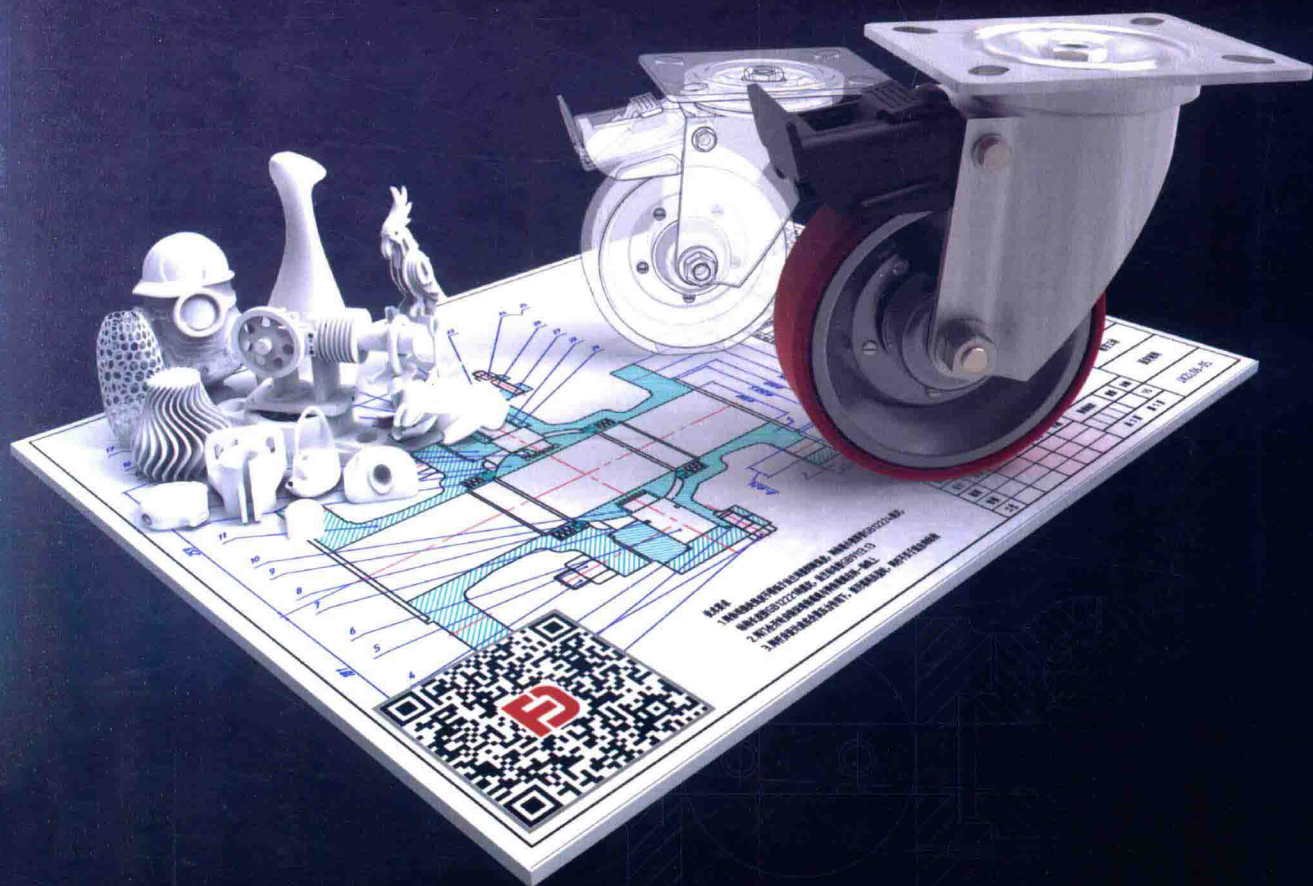


“数字工匠·匠心之路”系列丛书

三维数字化 创新设计手册

主 编 霍有朝

副主编 叶 克 郑伶俐 靳美艳 匡 伟



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

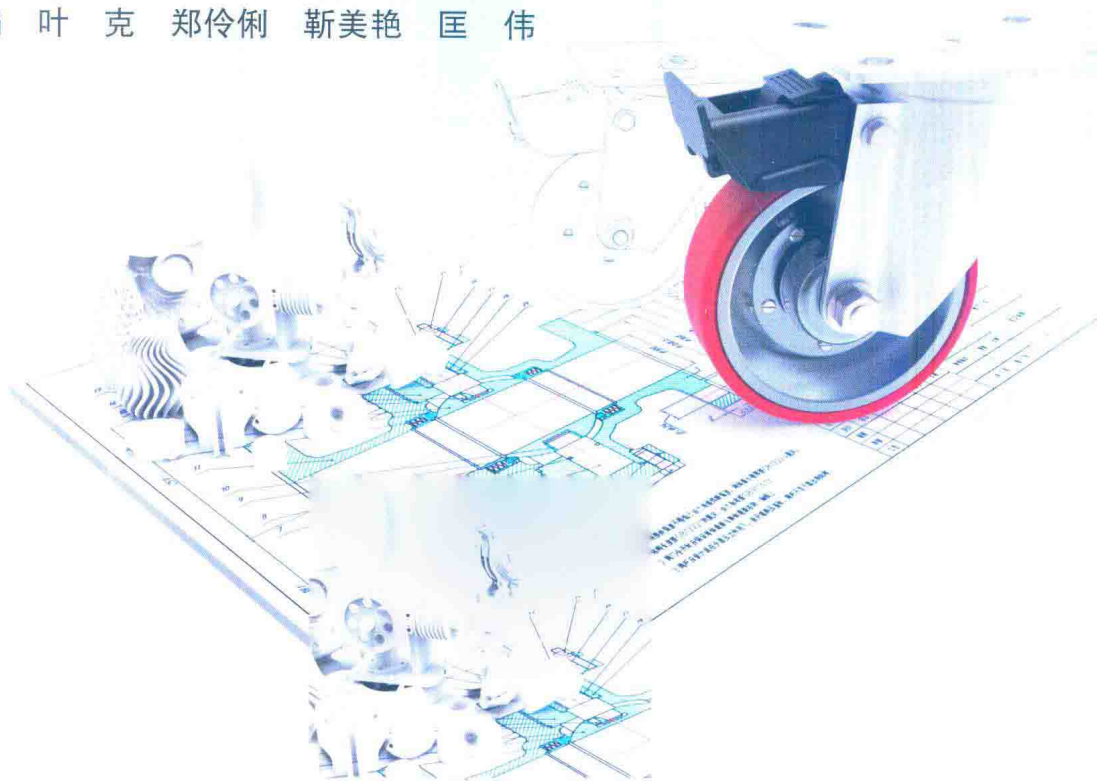
“数字工匠·匠心之路”系列丛书

三维

创新设计手册

主 编 霍有朝

副主编 叶 克 郑伶俐 靳美艳 匡 伟



源于实践 高于实践 Step by Step 式训练

- 全国三维数字化创新设计大赛（全国 3D 大赛）指定特训手册
- 三维数字化技术应用能力测评与认证体系（3D 四六级）指定特训手册
- 机械设计 / 创新设计 / 3D 打印 / 逆向设计等课程实训、课程设计配套教材
- NX/CATIA/CREO/ Solidworks/ DesignX 等设计软件学习必备案例集



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书是帮助读者快速有效地提高三维数字化创新设计实战能力的案例手册。主要内容包括草图绘制、点线面、坐标与基准、产品基础建模与工程制图、产品曲面造型与结构设计、产品零部件装配与运动机构仿真、产品 3D 渲染与展示、3D 扫描与逆向设计、数字创意与 3D 打印等专项案例。

书中精选了大量的实战案例，涉及不同行业，具有很强的实用性和广泛的适用性，使读者能够快速进入实战状态。内容编排按星级由浅入深、循序渐进，读者通过系统的学习，可提高实战能力。与之配套的在线资源包括：模型的网盘下载地址、扫码在线浏览 3D 模型、在线视频课程。

本书是全国三维数字化创新设计大赛（简称全国 3D 大赛）的指定特训手册，也是三维数字化技术应用能力测评与认证体系（3D 四六级）的指定特训手册，还是机械设计 / 创新设计 / 3D 打印 / 逆向设计等课程实训、课程设计的配套教材，以及 NX/CATIA/CREO/Solidworks/DesignX 等设计软件学习必备的案例集。

图书在版编目（CIP）数据

三维数字化创新设计手册 / 霍有朝主编. — 北京：
北京航空航天大学出版社，2019.6

ISBN 978-7-5124-2874-4

I . ①三… II . ①霍… III . ①计算机辅助设计—手册
IV . ① TP391.72-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 273055 号

版权所有，侵权必究。

三维数字化创新设计手册

主编 霍有朝

副主编 叶克 郑伶俐 靳美艳 匡伟

责任编辑 胡敏

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号（邮编 100191） <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话：（010）82317024 传真：（010）82328026

读者信箱：bhpress@126.com 邮购电话：（010）82316936

北京宏伟双华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本：787×1092 1/16 印张：11 字数：282 千字

2019 年 6 月第 1 版 2019 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5124-2874-4 定价：89.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题，请与本社发行部联系调换。联系电话：010-82317024

全国三维数字化创新设计大赛

(全国 3D 大赛) 评审专家委员会 “数字工匠·匠心之路”系列丛书编审委员会

+ 顾问:

孙家广: 全国 3D 大赛组委会主任, 全国人大教科文卫委员会副主任委员, 国家制造业信息化培训中心主任, 中国图学学会理事长, 中国工程院院士

赵沁平: 全国 3D 大赛组委会名誉主任, 中国科协副主席, 虚拟现实技术与系统国家重点实验室主任, 中国工程院院士

石定寰: 全国 3D 大赛组委会名誉主任, 中国生产力促进中心协会理事长, 光华设计基金会名誉理事长, 世界绿色设计组织 (WGDO) 中方主席, 科技部原秘书长, 国务院参事

杨海成: 全国 3D 大赛组委会名誉主任, 国家信息化咨询专家委员会委员, 中国航天科技集团前总工程师, 国家制造业信息化工程前总体组组长

沈力平: 全国 3D 大赛组委会名誉主任, 中国载人航天工程航天员系统总指挥, 中国载人航天工程副总设计师, 少将, 国际宇航科学院 (IAA) 院士

彭熙坤: 全国 3D 大赛组委会名誉主任, 全国政协委员, 北京金台艺术馆馆长, 著名画家、雕塑家, 中国雕塑学会顾问, 中国建设文化艺术协会环境艺术专业委员会总顾问

+ 主席团:

沈旭昆: 全国 3D 大赛总裁判长, 虚拟现实技术与系统国家重点实验室副主任, 北京航空航天大学新媒体艺术与设计学院院长 / 书记

王建民: 全国 3D 大赛总裁判长, 清华大学软件学院院长 / 书记, 国家 863 “面向制造业的核心软件开发” 重大项目总体专家组组长, 全国信息安全标准化技术委员会大数据安全标准特别工作组组长

宁振波: 全国 3D 大赛评审专家委员会轮值主席, 中国航空工业集团信息技术中心前首席顾问, “飞机全机数字化样机设计” 国家科技进步二等奖等多个奖项获得者, 中国 CPS 发展论坛专家咨询委员会委员, 《三体智能革命》作者之一

郭源生: 全国 3D 大赛组委会副主任, 工业和信息化部电子元器件行业发展研究中心总工程师, 中国敏感元件与传感器协会副理事长, 中国传感器与物联网产业联盟副理事长, 九三学社中央科技委副主任

张红旗：全国 3D 大赛评审专家委员会轮值主席，中国电子科技集团第三十八研究所高级工程师，中国三维数字化技术标准起草组组长

周凤英：全国 3D 大赛评审专家委员会轮值主席，CCTV 北京辉煌动画公司总经理，中国动画学会副会长

杨志勇：全国 3D 大赛组委会副主任，“一带一路”文化创意产业基金委员会主席，中国创意产业联盟常务主席，中国化管理协会文化创意委员会执行会长

鲁君尚：全国 3D 大赛组委会副主任兼秘书长，全国 3D/VR 技术推广服务与教育培训联盟副理事长兼秘书长，国家制造业信息化培训中心 3D 办主任，3D 动力总裁

+ 委 员：

(只列姓名，排名不分先后，按姓氏笔画)

丁远大 子建华 马兵兵 王世刚 王东林 王永才 王宏旭 王春生 王春雨 王政

王震 巨春飞 牛亚宏 乌日开西 尹传红 尹承顺 邓子龙 冯娟 毕经坤 吕明

吕洛锋 朱向平 任世焦 华建慧 刘江 刘岩松 刘政 刘宣佐 刘勇 刘晓兰

关红艳 许建社 孙大力 孙文磊 孙亮波 孙晓 苏磊 李卫国 李世杭 李永松

李坤 李岩 杨恩源 杨敏 肖乾 吴伟 吴英海 吴承格 吴宾 吴震昶

邱福生 何建红 余斌 应鹏展 汪军 宋文华 初江 张东生 张旭 张庆才

张宏友 张青雷 张杰 张金标 张建中 张益勋 张海 张慧 陆爽 陈义保

陈昌成 陈佳良 陈瑛 陈鹏 范起来 范晓龙 林义淋 林世仁 林炳承 枣林

郁舒兰 罗陕陕 竺志超 金成根 金国光 周捷 周新建 练培刚 项建华 赵毅

胡学文 胡建中 宫爱红 费洪星 贺健强 耿桂宏 莫蓉 贾炳乾 顾国强 徐九南

卿宏军 高允 高军翔 高显宏 高强 郭兰中 郭晨 唐学进 谈迎光 陶瑞峰

黄勇 黄勇军 梅宁 曹建树 曹振旺 盖玉收 彭文 蒋建军 焦阳 焦凯亮

曾旭东 雷承文 简彪 雍俊海 翟秋全 熊光彩 樊江 潘卓 潘春荣 薛运锋

霍永朝 戴维麟 魏建军 瞿广飞

本书编审委员会

+ 主 编:

霍有朝

+ 副主编:

叶 克 郑伶俐 靳美艳 匡 伟

+ 编 委:

马小伟 王晓明 王海萍 成 畅 朱丙义

刘笑天 刘银龙 闫文平 闫 蔚 孙凤霞

李 强 肖 程 张东辉 赵京鹤 赵莉红

赵勇成 顾吉仁 唐继武 谭巧芳 薛善军

+ 审 委:

任 霞 华建慧 吴英海 曾 亮

版权声明

本书的图片、机械图纸、文字及“闪电哥”形象的版权归数字工坊所有，仅供用于教学和个人学习，以及其他非商业性或非盈利性用途。除此之外，若将本书任何内容用于其他用途时，须获得数字工坊的书面许可。对于不遵守本声明和/或其他侵权行为，数字工坊保留追究其法律责任的权利。

数字工坊

2019年6月

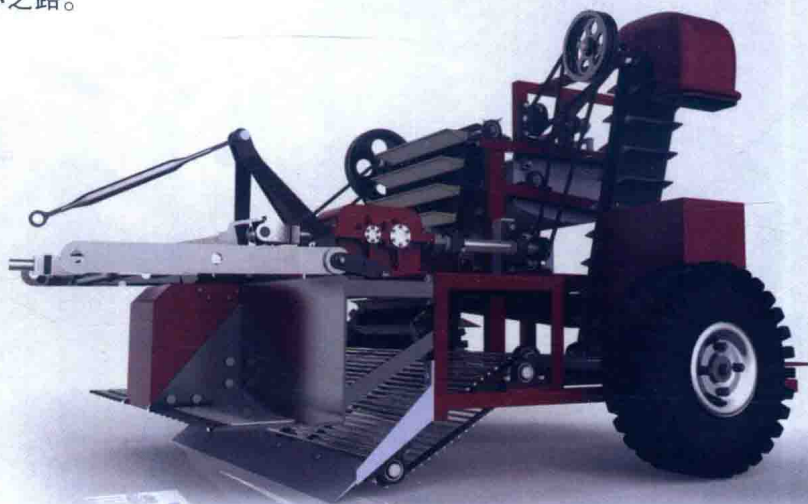
+ 数字工匠，匠心之路

当前，新一轮科技革命和产业变革席卷全球，蓬勃发展的数字经济（Digital Economy）正在开创继农耕经济、工业经济之后人类社会的新时代！

在数字经济时代，数字技术的创新进步和普及应用，成为时代变迁的决定性力量。三维数字化技术（3D 技术）是工业化和信息化两化深度融合与产业转型升级、创新驱动发展的推动力，是 CPS（Cyber-Physical Systems，信息物理系统）与数字经济的基础设施，是工业界与文化创意产业广泛应用的共性工具技术，贯穿于产品设计、制造、管理、市场营销、服务、消费等各个环节，是开启“工业 4.0”、“工业互联网”和“互联网+”时代的竞争起点，也是实现中国制造 2025、“以信息化培育新动能，用新动能推动新发展，做大做强数字经济”的基础支撑和保障。

3D 数字化、VR/AR、3D 打印、大数据、人工智能、物联网等三维数字化技术，依托先进的软硬件平台及各种通信高速路，正在创造一个万物互联的 Cyber 数字世界，Digital Twin（数字孪生）、CPS 将不仅是现实物理世界的虚拟映像，而且正在成为人类社会的新空间、新疆界！

时势造英雄！ 3D 数字工程师正在强势崛起，必将用数字工匠精神谱写新匠心之路。





+ 以三维数字化技术为基础的创新模式

随着工业与信息化的快速融合与发展，工程语言从二维向三维转变，计算机辅助绘图向计算机辅助设计转变，数字化设计向虚拟设计、智能设计发展。用三维模型表达产品设计理念更为直观、高效，基于包含了质量、材料、结构等物理、工程特性的三维数字化功能模型，可以实现真正的虚拟设计和优化设计。数字化设计、数字化仿真、数字化制造共同构成现代制造业的创新基础，高效的数字化研发、数字化生产日渐成为企业发展趋势。

现在，工业与工程领域的工程师、设计师都在以 3D 数字模型作为基础“语言”进行沟通、协作。这种以 3D 数字模型“语言”为基础的思维表达方式也成为设计师、工程师区别于作家、演员等其他职业的一个最显著特点。

在当前制造业全球化协作分工的大背景下，我国企业已广泛深入地应用三维数字化技术，高等院校也在加大三维数字化创新设计方面的教育力度，这是大势所趋。

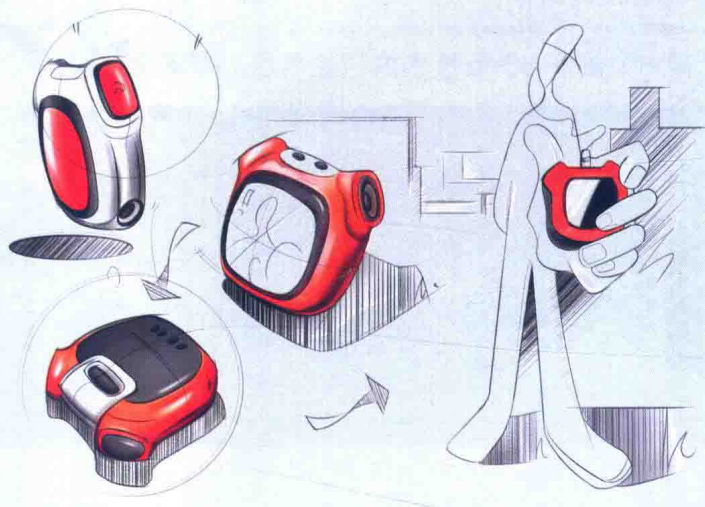


前言

多年来，我们都渴望三维数字化创新设计能像传统二维机械制图一样，配备高标准的案例集和训练手册。在今天这样一个 3D 数字化的时代，不仅学校的师生、全国 3D 大赛的参赛选手、热爱创新的创客，而且许多从事工业产品设计、研发、管理人员，也需要系统地、全方位地认知 3D 数字化，掌握新的数字化创新设计技术。然而，这方面的需求一直得不到满足，因为编写这样的案例集、训练手册的工作量实在巨大，涉及案例的精选、数字化的制作、云技术的集成等。幸运的是，在全国 3D 大赛评审专家委员会、北京航空航天大学出版社和许多高校、企业的共同努力和配合下，数字工坊及作者历时两年时间完成了本书的编写工作，将这种期望变为现实。数字工坊是一个 3D 数字化技术创新应用服务平台，同时也是全国 3D 大赛数字技术创新项目、优秀创业团队的孵化基地。数字工坊秉承数据传递价值，数据实现价值理念，是国内首家以 3D 模型数据为核心的数字技术服务商。

本书通过全面梳理三维数字化设计理念、技术、方法，精选了 100 余个行业典型应用案例，有效地融合了机械、产品等专业的传统理论知识，带领本书的实践者从零基础开始，step by step，全面理解、掌握数字化创新设计。

读者通过本手册介绍的实践训练，可达到 3D 六级水平（即可以综合运用三维数字化技术独立完成专业任务、项目），这将为其在现代工业体系中从业或创新创业提供技术保障及可持续竞争力。



本书为谁而写 :

如果您是学子、创客，正想把自己的 idea 设计并制造出来，或者您未来计划从事工业产品、机械、机电等相关设计与制造工作，那么这本书就是为您准备的。本书将一步步带您掌握数字化设计、逆向设计、3D 打印及创新设计。

如果您是传统机电、CAD、机械制图等相关专业的教师，本书中的经典案例将帮助您更好地组织课程内容，让课程更生动、更富有参与性。因此，本书可以作为传统机电、CAD、机械制图等相关专业的配套实践训练手册。

如果您是创新大赛团队、创新实践团队的组织教师，本书中的项目式案例将能极好地启发团队的创新思维，帮助团队成员按计划自主学习并完成创新设计作品。

本书特点 :

本书的基本理念是“大处着眼，小处着手”。在内容策划上既会告诉读者“三维数字化创新设计能做什么”，也会按照“从何做起，怎么做”来逐步规划。

本书编写是以项目案例为导向的，内容精心挑选，包含大量行业实际的项目案例。这些项目案例强调设计思路、设计方法与设计步骤，而不局限于软件操作。

书中有“闪电哥”——三维数字化设计达人——帮助初次接触三维数字化设计的读者逐步建立工程师、设计师的职业思维模式。

本书配有一个基于 3D 云技术的讨论社区。学习者在案例训练过程中，只需用手机扫码就可进入讨论社区，在线浏览 3D 模型数据，在线进行项目案例讨论。指导教师也能够方便地用在线三维模型数据进行现场指导及布置教学任务。

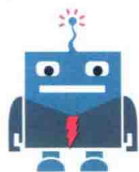
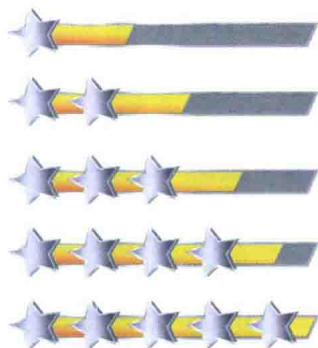
本书设有 3D 数字化能力认证、全国 3D 大赛及职业规划两章，让每一位“数字工匠”有更广阔的发挥舞台。

为了更直观有效地表达内容，本书采用了符号约定，举例说明：

“编号：JXZL01_02”表示“草图绘制专项案例”第2个案例。每个案例都设有一个唯一的编号，以方便读者沟通交流，查找案例模型、教学资源等。注：在装配文件中，总装配图纸编号与案例编号是一致的。

“参考时间：10分钟”表示完成该案例平均用时10分钟。在时限内完成该案例表示设计效率较高。每个案例都有参考时间，可以帮助初学者对案例训练熟练度进行评估。

“难度：★”表示该案例为一星级案例。星级是书中案例难度等级表达方式。一星级案例难度、复杂度最低，五星级案例难度、复杂度最高（如右图所示）。读者所能完成的项目案例的难度体现读者在3D数字化设计方面所拥有的战斗力水平。快来加入训练，挑战3D数字化设计五星级案例，获取“吕布”级战力，过关斩将吧。



嗨~~大家好!

我是一名结构设计师，也是一位知识渊博、思维严谨的三维数字化设计达人。

我喜爱创新，喜爱钻研，喜欢把知识、经验传递给每一个爱学习的人。

我喜欢红色领带，因为那是国旗的颜色。

我喜欢帮人指点迷津，人称“闪电哥”!

配套在线资源

本书配套了三种类型在线资源。

1. 书中案例配套练习素材，例如装配案例练习所需的零部件模型等，可通过百度网盘链接或扫描二维码进行下载。

百度网盘下载地址：<https://pan.baidu.com/s/1TKf9tcsqigphPdGqK5jl0Q>



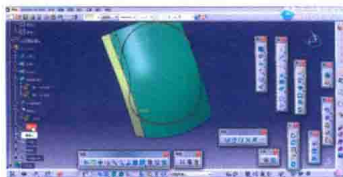
2. 书中案例 3D 模型在线扫码浏览以及项目案例在线交流。

每个模型都对应一个二维码，扫描二维码可以在线浏览三维模型，并可以对模型进行移动、旋转、缩放、剖切、装配模型的爆炸等操作。模型下方有评论区，可交流分享。三维模型展示及交流由“图纸通”（武汉新迪数字工程系统有限公司）提供 3D 云技术支持。



3. 书中案例 3D 数字化设计过程视频课程。

在帝国学堂（即 3D 数字化在线学习平台）内，围绕本书项目案例的软件设计实践课程，例如 CATIA、Solidworks、UG/NX、CREO、DesignX 等项目案例课程将陆续上线。读者可扫描二维码，在帝国学堂主页内搜索“三维数字化创新设计手册”查找课程、报名学习。



本书已经过多次审校，如有疏漏之处，恳请广大读者指正。作者电子邮箱：szgjbook@3ddl.org，读者交流微信号：SZGF_001。

作者
2019 年 6 月

+ 第1章

数字化设计应用案例展示 1

1.1 典型作品展示	2
运输机数字化设计	2
汽车白车身数字化设计	2
汽车发电机用碳刷架的模具数字化设计	2
副车架逆向设计	3
乐器小鼓数字化展示	3
维特鲁威人数字化 3D 打印	3
1.2 全国 3D 大赛优秀作品展示	4
逆行	4
航空母舰——“毛泽东”号	4
“鲨”号多功能摩托车	5
新型花生联合收获机	5
60 年万吨高速棒材生产线	6
新型多功能公路铣刨机	6
可动机器人 3D 打印	7
蓄电池再制造分选线	7

+ 第2章

三维数字化创新设计特训 9

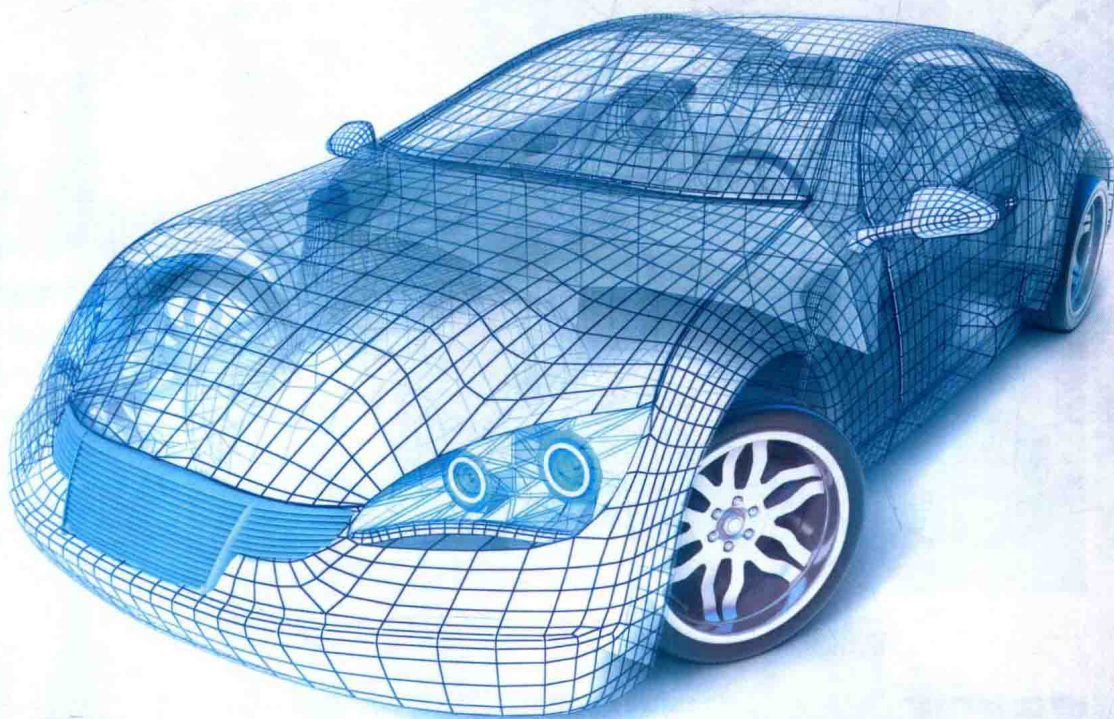
2.1 草图绘制专项案例	10
直线专项	10
直线与圆弧专项	10
椭圆专项	11
相切圆弧专项	11
镜像专项	12
阵列专项	12
偏置曲线专项	13
草图定位专项	13
不规则图形专项	14
镜像综合训练	15
相切综合训练	15
可变参数训练	16
2.2 点、线、面专项案例	17
五角星	17
正四面体	17
钻石	18

法平面上建线	18
2.3 坐标系与基准专项案例	19
坐标系	19
移动体	20
2.4 产品基础建模与工程制图专项案例	21
基础建模	21
回转体建模	22
斜面建模	23
加强筋的运用	24
布尔运算	25
侧面挡块	26
合页转动板	28
把手	30
铸钢底盘	32
底板	34
轴承	36
止挡	38
拖车钩加强支架	40
铜罩	42
阀体	44
扇形齿轮	46
长芯导向套	48
缓冲器座	50
吊卡体	52
连杆	54
简单冲压件	56
工字形冲压件	58
几字形冲压件	60
电脑机箱	62
连接板	64
塑料烟灰缸	66
公交车扶手	68
塑料结构件	70
电话机底座	72
导向轴支座	74
2.5 产品曲面造型与结构设计专项案例	76
USA35 翼型截面轮廓	76
空间螺旋线	77
汽车外形空间线	78
钢丝弹卡	79
笑脸	80

波浪线	81	机械手臂	132
阿基米德螺线	82	斯特林水平发动机	133
正弦函数曲线	83	2.7 产品 3D 渲染与展示专项案例	134
旋钮	84	锁芯	134
鼠标	85	珠宝项链坠	135
螺旋桨叶片	86	紫砂壶	136
钻石	87	鼠标	137
星形零件	88	手电钻	138
箱体	89	2.8 3D 扫描与逆向设计专项案例	139
塑料瓶	90	鹰雕塑逆向的设计流程（数据采集使用光栅照相扫描仪）	139
曲面补面——瓜籽	91	鼠标逆向设计流程（数据采集使用手持激光扫描仪）	140
曲面补面——椭圆开关	92	接板	141
曲面补面——五边面	93	轴座	142
渐消面——橄榄球	94	艺术瓶	143
渐消面——螺旋面	95	风扇	144
Hello Kitty	96	爱因斯坦人像	145
Monkey	97	人偶	146
沐浴头	98	鼠标	147
相连交叉环	99	2.9 数字创意与 3D 打印专项案例	148
莫比乌斯环	100	创意花瓶	148
“3D 圈圈”标	101	创意手机支架	149
克莱因瓶	102	人物头像与玩偶	150
三角支撑底座	103	异形齿轮	151
创意水杯	104	3D 立体拼插模型——鸚鵡老爷车	152
摄像头	105		
投影仪	106		
音响	107		
紫砂壶	108		
电熨斗	109		
MP3	110		
香皂盒	111		
2.6 产品零部件装配与运动机构仿真专项案例	112		
锁扣	112		
鸚鵡	113		
可倾斜工作台	114		
脚轮	115		
固定球阀	116		
凸轮机构	130		
连杆机构	131		
		+ 第 3 章	
		如何获得 3D 数字化能力认证	153
		3D 四六级特点	154
		3D 四六级在线考试系统	154
		3D 四六级在线考试系统主要功能	155
		+ 第 4 章	
		如何参加全国 3D 大赛、展现自我	159
		大赛赛程	161
		参赛对象	161
		大赛报名方式	161

第 1 章

数字化设计应用案例展示



配套在线课程



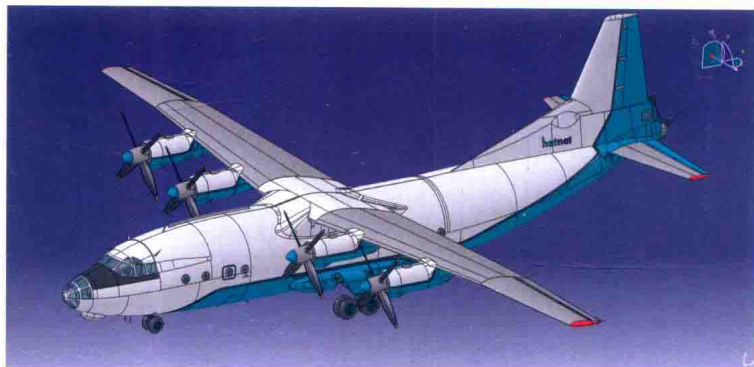
3D 四六级认证系统



全国 3D 大赛

1.1 典型作品展示

■ 运输机数字化设计 (设计软件: CATIA)



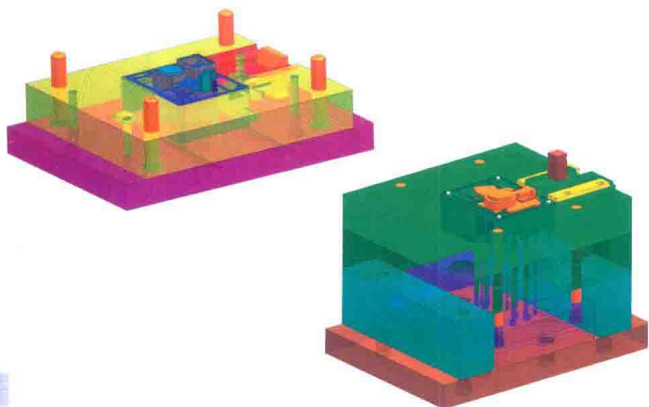
自从波音 777 宽体客机大面积采用数字化技术研发以来,世界上各个飞机制造企业都在向数字化技术的方向发展,数字化设计与制造已成为代表飞机技术先进性、安全可靠、协作高效性和使用寿命长的标志。飞机研制过程中已全面采用数字化的三维设计、虚拟装配、并行工程等,对产品实施全生命周期管理。

■ 汽车白车身数字化设计 (设计软件: NX)



当今技术创新、产品创新能力成为汽车企业生存与发展的关键。以 CAD (计算机辅助设计)、CAE (计算机辅助工程分析)、CAM (计算机辅助制造) 和 PDM (产品数据管理) 系统为基础的集成数字化设计和虚拟开发技术的应用已经成为国际汽车工业发展的主要标志之一。

■ 汽车发电机用碳刷架的模具数字化设计 (设计软件: NX)



传统模具加工,在技术上过度依赖钳工作业并以钳工为核心的生产管理模式,正逐渐被以数字化技术为核心的 CAE 分析、CAD 精细模面设计、CAD 三维结构设计和 CAM 全数字化高速加工所替代,CAD/CAE/CAM 一体化集成系统技术在新兴模具企业得到越来越广泛的应用,推动模具工业向着周期更快、品质更高、成本更低的方向发展。