



普通高等学校新工科校企共建智能制造相关专业系列教材

机器人工作站 三维仿真设计

主编 ○ 梅志敏 张融 李硕



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

通高等学校新工科校企共建智能制造相关专业系列教材

机器人工作站

三维仿真设计

主 编 梅志敏 张 融
李 硕
副主编 李家伟 陈 艳
陈 鑫 熊颖清



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书以 SolidWorks 为设计平台,介绍了 7 个机器人相关工作站的三维设计与仿真项目。

项目一介绍 SolidWorks 的基本概况,包括软件安装、界面认知和各功能块的使用等,项目二介绍二维草图的绘制,项目三介绍工业机器人本体建模的思路、原理和步骤,项目四在项目三基础上对机器人本体进行装配,项目五介绍了机器人末端工具的设计与安装,项目六以前期机器人本体为载体,介绍了外围工作站的设计方法和过程,项目七介绍了工业机器人的运动仿真。各章节要素齐全、逻辑清晰、内容充实。

本书适合普通本科机器人工程、智能制造工程、自动化、机械电子工程、电气及其自动化工程等相关专业学生作为教材使用,也可供高等职业院校工业机器人技术、机电一体化技术等专业师生学习,还可供从事工业机器人应用开发、调试与现场维护的工程师阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

机器人工作站三维仿真设计/梅志敏,张融,李硕主编. —武汉:华中科技大学出版社,2021.6

ISBN 978-7-5680-7269-4

I. ①机… II. ①梅… ②张… ③李… III. ①工业机器人-工作站-三维-仿真设计 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 122165 号

机器人工作站三维仿真设计

Jiqiren Gongzuozhan Sanwei Fangzhen Sheji

梅志敏 张融 李硕 主编

策划编辑:袁 冲

责任编辑:史永霞

封面设计:抱 子

责任监印:朱 玟

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉蓝色匠心图文设计有限公司

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:18 插页:2

字 数:484千字

版 次:2021年6月第1版第1次印刷

定 价:49.00元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

机器人工作站

三维仿真设计

编委会（排名不分先后）：

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 刘杰 | 赵云涛 | 刘仁兵 | 王伟 | 张向阳 |
| 於红梅 | 童念慈 | 王姣 | 何苗 | 朱晓玲 |
| 陈爱平 | 毕思 | 舒慧 | 陈淑玲 | 胡小燕 |
| 贺照云 | 李东 | 肖青 | 范瑜珍 | 刘康 |
| 杜良江 | 晏芙蓉 | 戴华 | 廖儒娟 | 章小红 |
| 包丽雅 | 钱诚 | 陈鹏 | 杜伟伟 | 尹良伟 |

近年来,随着中国制造 2025 和德国工业 4.0 战略稳步推进,我国机器人技术产业如雨后春笋般呈现爆发式增长,推动了工业产业智能升级和制造业高质量发展的进程,已成为全球新一轮科技和产业革命的重要切入点。同时,随着每年高等教育“新工科”专业的设立,机器人相关专业建设也迎来良好契机,不仅包括机器人工程、智能制造工程和机械工程等本科专业,还包括工业机器人技术和智能制造技术等专科专业。本书正是在此背景下组织编写的,极大地改善了高校开展机器人及应用生产线的设计参考资料的资源库,服务各相关专业制定合适的机器人人才培养方案和学科建设规划。

本书共包括 7 个机器人相关工作站三维设计与仿真项目,项目一介绍 SolidWorks 的基本概况,包括软件安装、界面认知和各功能块的使用等,项目二介绍二维草图的绘制,项目三介绍工业机器人本体建模的思路、原理和步骤,项目四在项目三基础上对机器人本体进行装配,项目五介绍了机器人末端工具的设计与安装,项目六以前期机器人本体为载体,介绍了外围工作站的设计方法和过程,项目七介绍了工业机器人的运动仿真。各章节要素齐全、逻辑清晰、内容充实。

本书获得了武昌工学院的教材立项,其主要特色如下:

(1)理实虚一体化,知行合一。通过本书的学习,学生不仅可以把机器人技术理论中抽象的工业场景转化为三维实体,在真实的机器人设计平台中进行设计,而且可以在虚拟的 SolidWorks 环境中,利用 3D 结构的物理仿真和 3D 可视化窗口观察设计效果。这样的设计方式能够激发学生的兴趣,培养学生理论联系实际的能力,为在“新工科”背景下提高机器人工程人才质量奠定基础。

(2)采用 SolidWorks 模块化的建模方式,设计的结构具有很强的通用性。本书引导学生在解决一个复杂系统问题时,自外向内逐层把系统结构划分成若干模块,每个模块实现一个特定的设计功能,所有的模块按某种方法组装起来,成为一个机器人整体。

(3)本书中的设计大部分按照机器人设计原理、设计内容、注意事项的结构进行编写,每个设计均提供结构设计和仿真设计多个 SolidWorks 模型。结构设计要求学生将理论转化为 SolidWorks 指令,仿真设计以小组为单位,将仿真设计的程序移植到平台上,对比设计结果。学生可直接在电子版的设计报告上填写设计过程的实现和设计结果的分析等相关内容。

(4)遵循“阶梯式”的创新人才培养模式。本书中的设计由浅到深,从机器人基础草图的设计、机器人本体结构设计、机器人工作站系统设计到机器人系统仿真,逐渐深化知识体系、固化学习效果,不断激发学习热情,充实学习者的获得感。

本书由武昌工学院梅志敏、张融和武昌首义学院李硕担任主编,由武昌工学院李家伟、文华学院陈艳、武汉商学院陈鑫和武汉东湖学院熊颖清担任副主编。其中,项目一由梅志敏编写,项目二由张融编写,项目三由李硕编写,项目四由陈艳编写,项目五由陈鑫编写,项目六由熊颖清编写,项目七由舒慧编写。他们都来自机器人专业教学一线,具有丰富的机器人工作站应用经验。本书结合其所从事的教学与多年行业工作经验,借鉴国内外同行最新研究成果,为满足新时期应用型本科教育机器人专业教学改革与发展的具体要求而编写。

本书配有 PPT、机器人相关设计的源文件、习题等资源,以二维码形式供读者参考学习。

本书适合作为机器人相关专业的教材,也可供机器人技术应用岗位的工程技术人员参考。

本书在编写过程中获得了各兄弟院校(编委会成员所在院校)的大力支持,在此一并致谢。

由于时间有限,书中难免存在不足之处,请广大读者批评指正。

编者

2021年6月



| | |
|-------------------------------------|-----|
| 项目一 SolidWorks 与工业机器人 | 1 |
| 1.1 SolidWorks 介绍 | 1 |
| 1.2 SolidWorks 工作界面、环境设置和基本操作 | 9 |
| 1.3 SolidWorks 与工业机器人的应用 | 15 |
| 习题一 | 17 |
| 项目二 二维草图绘制 | 18 |
| 2.1 草图界面 | 18 |
| 2.2 草图绘制案例 | 22 |
| 习题二 | 27 |
| 项目三 工业机器人本体建模 | 29 |
| 3.1 机器人轴的建模 | 29 |
| 3.2 机器人底座的建模 | 81 |
| 3.3 机器人夹具的建模 | 95 |
| 3.4 其他零件的绘制 | 104 |
| 习题三 | 113 |
| 项目四 工业机器人本体装配 | 115 |
| 4.1 SolidWorks 装配概述 | 115 |
| 4.2 装配环境中的工具栏及下拉菜单 | 116 |
| 4.3 六轴工业机器人装配 | 129 |
| 习题四 | 136 |
| 项目五 工业机器人末端(夹爪)设计 | 138 |
| 5.1 机器人末端工具分类 | 138 |
| 5.2 机器人末端夹爪设计 | 141 |
| 5.3 码垛机器人末端夹爪装配 | 196 |
| 习题五 | 223 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| 项目六 机器人系统工作站设计 | 224 |
| 6.1 工作站零部件设计 | 224 |
| 6.2 机器人工作站总体装配 | 249 |
| 习题六 | 253 |
| 项目七 工业机器人运动仿真 | 255 |
| 7.1 SOLIDWORKS Motion 运动仿真模块 | 255 |
| 7.2 驱动运动设计 | 257 |
| 7.3 Motion 运动仿真实例一——千斤顶 | 261 |
| 7.4 Motion 运动仿真实例二——飞机起落架 | 264 |
| 7.5 Motion 运动仿真实例三——六轴工业机器人 | 275 |
| 习题七 | 280 |
| 参考文献 | 281 |

SolidWorks 与工业机器人

近年来,信息化、智能化技术逐步应用于各行各业,对先进制造业的提质增效起到了举足轻重的作用,同时,机器人技术与装备在智能制造业的应用步伐逐步加快,推动了中国制造 2025 和智能制造业的向好发展。然而,这些新技术、新装备的快速投产,急需高效的设计产能与其配套,SolidWorks 具有较好的兼容性与设计灵活性,是机器人工作站集成设计行业的首选平台。本章将从 SolidWorks 平台及其与工业机器人的密切联系进行介绍,让读者充分了解学习 SolidWorks 对机器人系统工作站集成设计岗位的重要性。

1.1 SolidWorks 介绍

1.1.1 SolidWorks 软件的认识

SolidWorks 公司成立于 1993 年,总部位于马萨诸塞州的康克尔郡(Concord, Massachusetts)内。从 1995 年推出第一套 SolidWorks 三维机械设计软件至 2010 年,已经拥有位于全球的办事处,并经由 300 家经销商在全球 140 个国家进行销售与分销该产品。1997 年,SolidWorks 被法国达索系统(Dassault Systemes)公司收购,作为达索中端主流市场的主打品牌。

SolidWorks 软件是世界上第一个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统。由于技术创新符合 CAD 技术的发展潮流和趋势,SolidWorks 公司于两年间成为 CAD/CAM 产业中获利最高的公司。良好的财务状况和用户支持使得 SolidWorks 每年都有数十乃至数百项的技术创新,公司也获得了很多荣誉。SolidWorks 在 1995—1999 年获得全球微机平台 CAD 系统评比第一名;从 1995 年至今,已经累计获得十七项国际大奖,其中仅从 1999 年起,美国权威的 CAD 专业杂志 CADENCE 连续 4 年授予 SolidWorks 最佳编辑奖,以表彰 SolidWorks 的创新、活力和简明。至此,SolidWorks 所遵循的易用、稳定和创新三大原则得到了全面的落实和证明,使用它,设计师能大大缩短设计时间。

由于 SolidWorks 出色的技术和市场表现,在 1997 年法国达索系统公司以三亿一千万美元的高额市值将 SolidWorks 全资并购。公司原来的风险投资商和股东,以一千三百万美元的风险投资,获得了高额的回报,创造了 CAD 行业的世界纪录。并购后的 SolidWorks 以原来的品牌和管理技术队伍继续独立运作,成为 CAD 行业一家高素质的专业化公司,SolidWorks 三维机械设计软件也成为达索最具竞争力的 CAD 产品。

由于使用了 Windows OLE 技术、直观式设计技术、先进的 Parasolid 内核以及良好的与第三方软件的集成技术,SolidWorks 成为全球装机量最大、最好用的软件。有资料显示,目前全球发放的 SolidWorks 软件使用许可约 28 万份,涉及航空航天、机车、食品、机械、国防、交通、模具、电子通信、医疗器械、娱乐工业、日用品/消费品、离散制造等分布于全球 100 多个国家的约 3.1 万家企业。在教育市场上,每年来自全球 4300 所教育机构的近 145 000 名

学生通过 SolidWorks 的培训课程。国内外一批著名学府也在应用 SolidWorks 进行教学。

据世界上著名的人才网站检索,与其他 3D CAD 系统相比,与 SolidWorks 相关的招聘广告比其他软件的总和还要多,这比较客观地说明了越来越多的工程师使用 SolidWorks,越来越多的企业雇用 SolidWorks 人才。据统计,全世界用户每年使用 SolidWorks 的时间已达 5500 万小时。

1.1.2 SolidWorks 软件的安装

1. 计算机硬件要求

(1)CPU 芯片:一般要求 Pentium 3 以上,推荐使用 Intel 公司生产的“酷睿”系列双核以上的芯片。

(2)内存:一般要求 2GB 以上。如果要装配大型部件或产品,进行结构、运动仿真分析或产生数控加工程序,则建议使用 8GB 以上的内存。

(3)显卡:一般要求支持 OpenGL 的 3D 显卡,分辨率为 1024×768 以上,推荐使用 64MB 以上的显卡。如果显卡性能太低,打开软件后,其会自动退出。

(4)网卡:以太网卡。

(5)硬盘:安装 NX 软件系统的基本模块,需要 8GB 左右的硬盘空间,考虑到软件启动后虚拟内存及获取联机帮助的需要,建议在硬盘上准备 10GB 以上的空间。

(6)鼠标:强烈建议使用三键(带滚轮)鼠标,如果使用二键鼠标或不带滚轮的三键鼠标,会极大地影响工作效率。

(7)显示器:一般要求使用 15in 以上显示器。

(8)键盘:标准键盘。

2. SolidWorks 软件安装步骤

(1)如图 1-1 所示,在 SolidWorks 安装文件上右击,在右键菜单中单击“打开”。

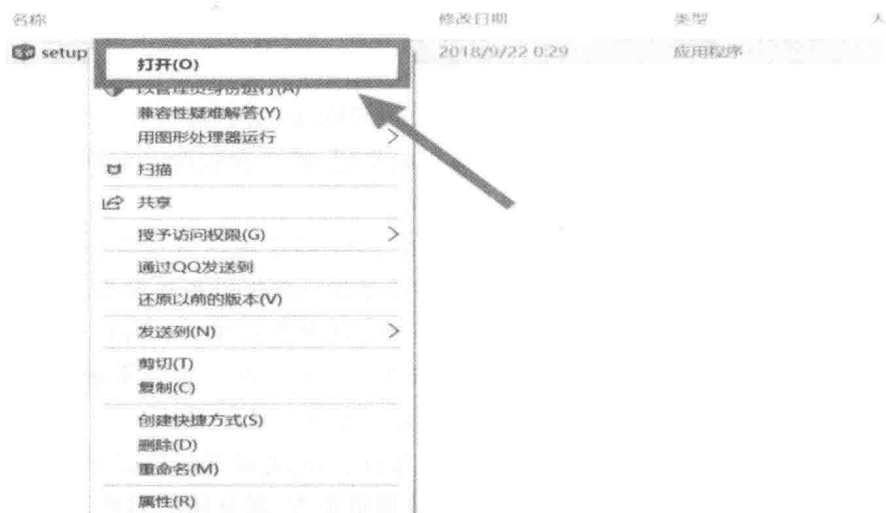


图 1-1

(2)如图 1-2 所示,进入 SolidWorks 欢迎界面,单击“下一步”进行安装。



图 1-2

(3)如图 1-3 所示,勾选需要安装的产品(SolidWorks 产品众多,尽量只选择自己需要的产品),然后单击“下一步”。

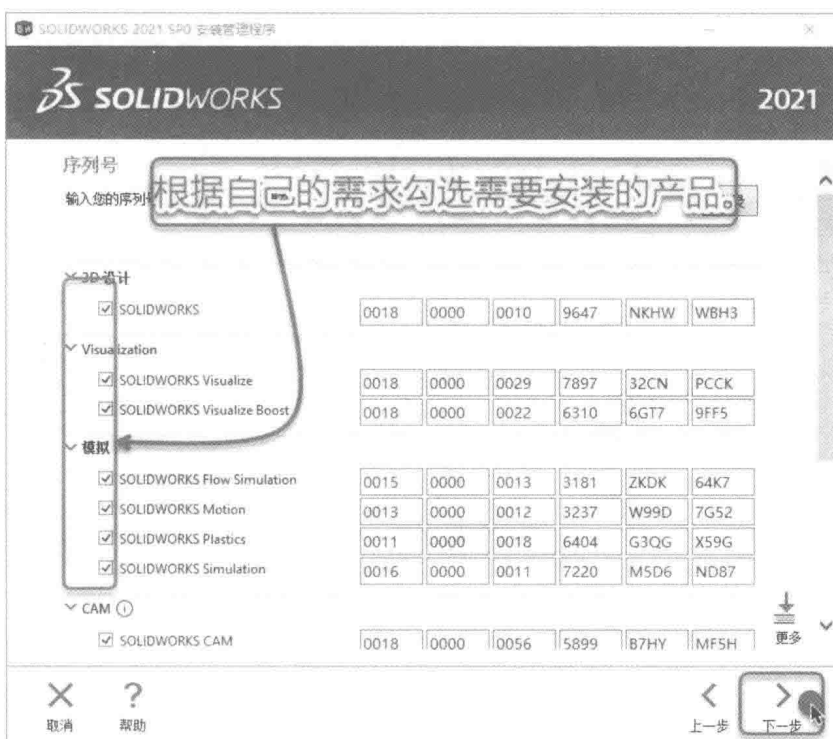


图 1-3

(4)如图 1-4 所示,单击“安装位置”后的“更改”。



图 1-4

(5)如图 1-5 所示,在“将选定产品安装到:”路径地址中更改安装位置(这里将 C 改为 D,表示安装到 D 盘,建议不要安装到 C 盘),然后单击“返回到摘要”。



图 1-5

(6)如图 1-6 所示,单击“Toolbox/异型孔向导选项”后的“更改”。

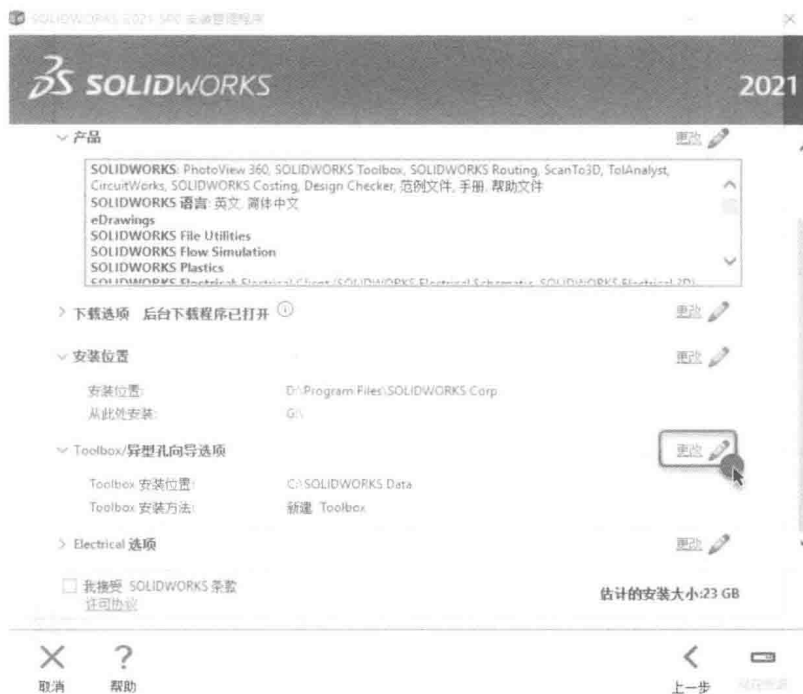


图 1-6

(7)如图 1-7 所示,更改“创建新的 SOLIDWORKS 2021 Toolbox:”路径地址中的安装位置(这里将 C 改为 D,表示安装到 D 盘,建议不要安装到 C 盘),然后单击“返回到摘要”。



图 1-7

(8)如图 1-8 所示,单击“Electrical 选项”后的“更改”。



图 1-8

(9)如图 1-9 所示,更改“数据位置”路径地址中的安装位置(这里将 C 改为 D,表示安装到 D 盘,建议不要安装到 C 盘),然后单击“返回到摘要”。



图 1-9

(10)如图 1-10 所示,勾选“我接受 SOLIDWORKS 条款”后,单击“现在安装”。



图 1-10

(11)如图 1-11 所示,软件正在安装。



图 1-11

(12)如图 1-12 所示,取消勾选“为我显示 SOLIDWORKS 2021 中的新增功能”,选择“不,谢谢”,单击“完成”。

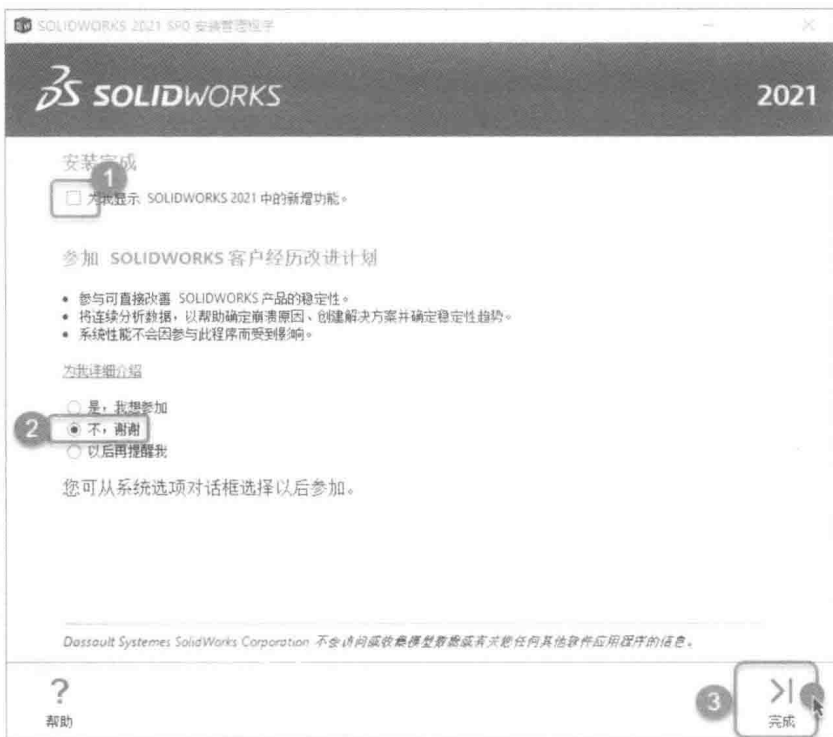


图 1-12

(13)如图 1-13 所示,双击桌面上的“SOLIDWORKS 2021”图标,启动软件。

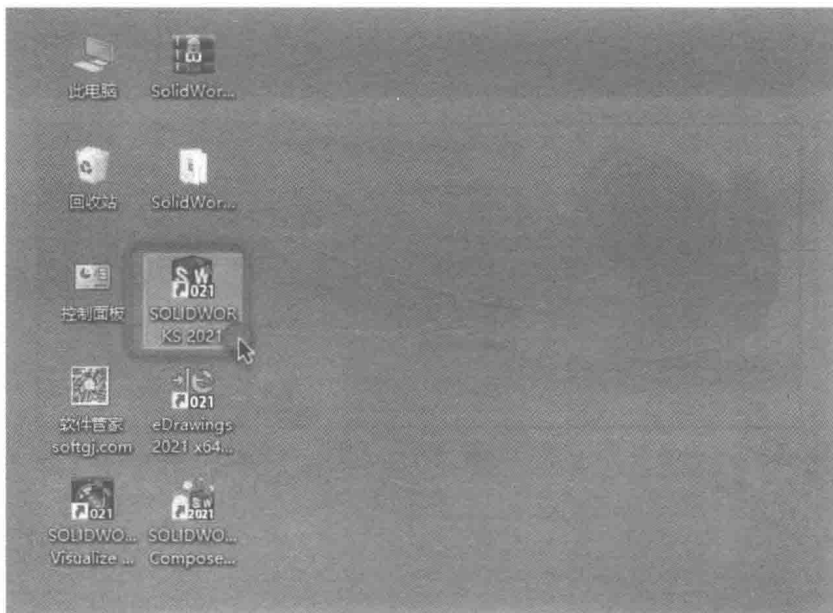


图 1-13

(14)如图 1-14 所示,单击“接受”按钮。

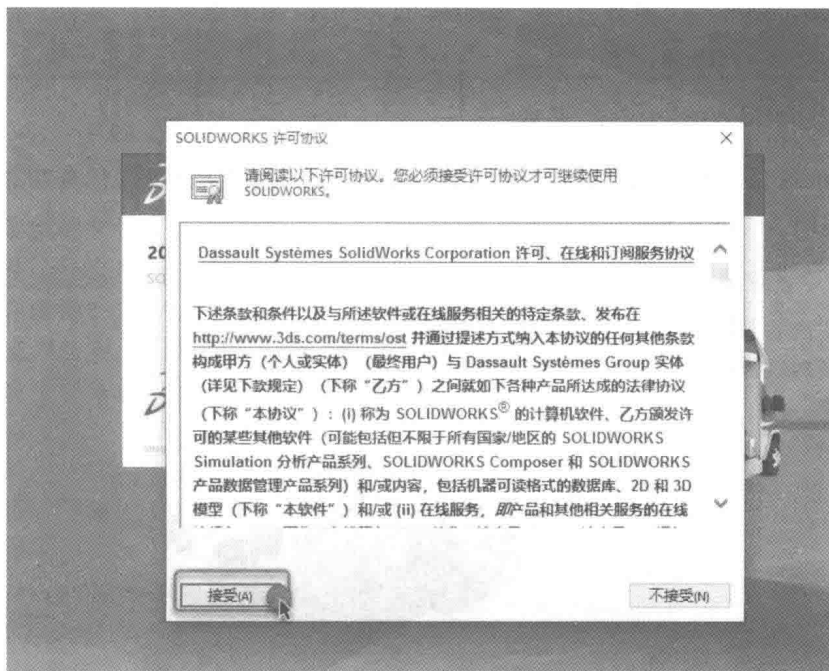


图 1-14

(15)如图 1-15 所示,安装成功。



图 1-15

◀ 1.2 SolidWorks 工作界面、环境设置和基本操作 ▶

1.2.1 创建用户文件夹

使用 SolidWorks 软件时,应注意文件的目录管理。如果文件管理混乱,就会造成系统找不到正确的相关文件,从而严重影响 SolidWorks 软件的全相关性,同时也会使文件的保