

现代物流工程 技术与装备

主 编 周全申

副主编 屈少敏 李凤廷

主 审 李万秋



中国财富出版社
CHINA FORTUNE PRESS

应用技术型高等院校物流管理与工程学科统编系列教材

现代物流工程技术与装备

主 编 周全申

副主编 屈少敏 李凤廷

主 审 李万秋

中国财富出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代物流工程技术与装备/周全申主编. —北京:中国财富出版社,2016.4
(应用技术型高等院校物流管理与工程学科统编系列教材)

ISBN 978-7-5047-6044-9

I. ①现… II. ①周… III. ①物流—物资管理—高等学校—教材 IV. ①F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 024893 号

策划编辑 颜学静

责任编辑 禹 冰

责任印制 方朋远

责任校对 杨小静

责任发行 斯 琴

出版发行 中国财富出版社

社 址 北京市丰台区南四环西路 188 号 5 区 20 楼

邮政编码 100070

电 话 010-52227568 (发行部)

010-52227588 转 307 (总编室)

010-68589540 (读者服务部)

010-52227588 转 305 (质检部)

网 址 <http://www.cfpress.com.cn>

经 销 新华书店

印 刷 北京京都六环印刷厂

书 号 ISBN 978-7-5047-6044-9/F·2542

开 本 787mm×1092mm 1/16

版 次 2016 年 4 月第 1 版

印 张 21.5

印 次 2016 年 4 月第 1 次印刷

字 数 471 千字

定 价 48.00 元

版权所有·侵权必究·印装差错·负责调换

应用技术型高等院校物流管理与工程学科统编系列教材

编委会

顾问

- 丁俊发 中国物流与采购联合会原常务副会长，中国物流学会原常务副会长
耿富德 河南省物流协会名誉会长，郑州财经学院党委书记

主任

- 李庆阳 郑州财经学院常务副院长
沈兴龙 中国财富出版社高级顾问，原副总编辑

副主任

- 孙宏岭 河南物流学会常务副会长，郑州财经学院教授
赵予新 黄河科技学院工商学院院长、教授，河南工业大学校长助理

编委会成员

- 李 赞 郑州财经学院院长助理
李建丽 河南交通职业技术学院物流学院院长、教授
周全中 河南工业大学图书馆原馆长、教授
王桂朵 河南牧业经济学院工商管理系主任、教授
杜 泌 郑州财经学院管理系主任
宋之苓 河南牧业经济学院市场营销系主任、教授
田振中 郑州升达经贸管理学院物流管理教研室主任
袁 清 郑州财经学院管理系党总支书记
欧阳菲 河南经济贸易职业学院物流管理教研室主任
潘娅媚 河南工业贸易职业学院经济贸易系副主任
胡久贵 郑州财经学院管理系副主任
刘雨平 郑州财经学院管理系物流管理教研室主任
李海波 郑州大学西亚斯国际学院物流管理教研室主任
汪俊芝 黄河交通学院物流管理教研室主任
王维娜 郑州科技学院工商管理学院物流管理教研室主任

总策划

- 张 茜 中国财富出版社物流分社副主编，现代物流教材中心副主任

序 言

从1978年实施改革开放以来，中华大地发生了翻天覆地的变化，中国进入全球大国行列，成为世界第二大经济体，两个百年的宏伟目标振奋着13亿人民为振兴中华而战。但任何事情都得一分为二看待，都得脚踏实地实施。目前，中国社会、经济发展进入新常态，“三期叠加”，其中首要的是改变经济发展方式，开展供给侧结构性改革。中国的人口红利期已过，要转向发展人才红利与人力资源素质红利，所以，以习近平同志为总书记的党中央提出了“教育兴国”与“人才强国”战略。《国家中长期人才发展规划纲要》（2010—2020年）指出，“人才是指具有一定的专业知识或专门技能，进行创造性劳动并对社会做出贡献的人，是人力资源中能力和素质较高的劳动者。人才是我国经济社会发展的第一资源。”中国著名经济学家程思危认为，“经济只能保证我们的今天，科技可以保证我们的明天，只有教育才能确保我们的后天”。教育的发展与改革被提到了战略的高度。为了适应经济社会发展对高等技术应用型人才的迫切需求，教育部提出“引导一批本科高等学校向应用技术类型高等学校转型”，本科高校区分为普通本科与应用本科，这一方向是完全正确的，且已十分迫切。

物流产业作为国民经济基础性、战略性产业，对人才的需求是综合性的，但主要是应用型实战人才。根据教育部的要求和物流业发展的需求，中国财富出版社、河南省物流行业协会及学会、郑州财经学院等高校以及众多物流企业联手，编辑出版“应用技术型高等院校物流管理与工程学科统编系列教材”。这是一个良好的开端，我希望今后所有的物流教材要贯彻启发型、案例型、模块型以及创新性、实用性、系统性原则。本套教材把理论、案例、实习实训三部分教学内容一体化融通，充分体现了应用型教学特色，是应用型教材的积极探索。这要感谢大家的努力！在此希望本套教材在教学实践中进一步完善、提升，为中国高等应用型物流人才培养做出贡献。

丁俊发
2016年1月

内容简介

本书立足“互联网+工业4.0”及“中国制造2025”新一轮科技、产业革命的大背景下，结合创新驱动、绿色发展、智能制造、高端装备等重点领域，吸收了近年来现代物流的先进理念及最新物流技术与装备，并将“一带一路”的国家战略构想融入教材。

编者按教育部专业教学指导委员会制定的“物流工程专业”与“物流管理专业”教学方案的要求以及本丛书教材编委会提出的“应用技术型”特色的要求编写本书，内容新颖、联系实际、深入浅出、开阔眼界。本书可以作为高等本科院校、高等职业院校物流工程和物流管理专业课程教材，也可作为物流领域的管理人员、工程技术人员参考书。



前 言

20 世纪 80 年代初期,许多国外留学归来的学者都谈到物流是西方先进国家最热门的领域。当时我国的大专院校还没有开设物流专业,大多数人对物流的认识还只限于孙中山先生在他的治国纲领中提出的“物能尽其用,货能畅其流”。当时有些学者建议开展货柜、货盘、货架的研究,但是积极响应的人不多。这个看似没有技术含量的学科日后却成为我国支柱产业——现代物流业的核心装备。从那时起,国内陆续出版了许多物流技术与装备方面的专著及教材,今天看来,其中许多内容需要补充或更新。

1. 先进物流理念已经发展了

很多物流理念已经发展了,如集装箱的标准化实现了世界范围内船舶、火车、汽车之间结构上无缝衔接。今天随着文字、音乐、图像的数字化,电脑语言及软件的通用化、标准化,实现了信息流的无缝衔接,它的意义更加重大,影响更加深远。

2. 技术设备不断更新换代

过去的许多物流设施设备的规格及技术参数已被淘汰。今天的装备制造集中体现“3E”理念,即追求规模经济(Economy of Scale)、能源效率(Energy Efficient)及环保绩效(Environmentally Improved)3个方面的进步。

3. 超前的技术装备已经被广泛应用

如卫星导航系统(中国的 BDS、美国的 GPS、俄罗斯的 GLONASS、欧盟的 GALILEO 是联合国卫星导航委员会已认定的供应商)、射频技术(RF)、自动导向车(AGV)、自动分拣机、自动货柜、智能交通系统(ITS)等。

4. 全球范围内物流领域或将面临产业结构调整

随着 3D 打印技术的发展,将会出现越来越多的本地定制生产,许多产品不再需要长途运输和库存储备。这或将引起又一次全球范围内的产业结构调整。

5. “互联网+智能制造”引领创新、绿色、高端现代物流技术与装备

近几年随着互联网技术的普及,使得物流技术装备的创新日新月异。上海海事大学和中国物流与采购联合会编著的《中国物流科技发展报告(2013—2014)》汇总了当年众多的科技创新、智能、绿色环保物流装备,包括:新能源汽车、无人飞机、仓储机器人、语音选拣、旋转仓储系统、起重机远程控制站、船舶自动识别系统(AIS)、

无人驾驶汽车、可穿戴智能设备、3D 打印、物联网、移动互联网与移动通信、云计算、大数据等。

6. 中国成为世界上最大的物流装备市场

中国物流系统机械化与自动化设备,连年保持近 30% 的增长。中国的物流装备市场规模超过了欧洲和美国,成为世界上最大的市场。

当下,新的物流装备产业革命大幕已经拉开,中国或将成为领先者。本书尝试将这一产业革命的“波澜画卷”展现出来,并将“互联网+工业 4.0”及“中国制造 2025”的恢宏构想、创新驱动、绿色发展、智能制造、互联互通等融入其中。

本书参编单位:河南工业大学、河南工业大学设计研究院、北京众德冷链物流有限公司、南昌航空大学航空制造工程学院、华东交通大学机电工程学院、中铁工程装备集团有限公司、江西农业大学工学院、卡特彼勒(Caterpillar)(中国)有限公司、河南工程学院、河南科技学院机电学院、开封大学机械与汽车工程学院、沈阳市装备制造工程学校。参编人员:周全申(负责第一章、第二章、第三章、第四章部分章节、第五章部分章节);屈少敏(负责第四章部分章节、第六章、第七章、第八章);李凤廷(负责第五章部分章节、附录)。参编人员:侯业茂、李广玉、刘国锋、管忠、邢普、姚明印、宋丹、李本军、刘启航、孟飞、范英杰、杜政、刘娟。全书由周全申负责统稿、定稿,由李万秋主审。

本书编写过程中孙宏岭教授提出了许多建设性意见,在此我们向他表示衷心的感谢!同时,我们向为完成本书提供巨大帮助并付出辛勤劳动的中国财富出版社领导及编辑人员表示衷心的感谢!

编 者

2015 年 12 月



目 录

第一章 绪论——现代物流工程技术与装备发展鸟瞰	1
第一节 第三次工业革命+两个先进理念成就了现代物流业	1
第二节 互联网+ 第四次工业革命将助推现代物流业	5
第二章 集装单元化装卸搬运技术与装备	13
第一节 集装单元化器具	13
第二节 集装单元装卸搬运作业工艺	37
第三节 码头集装箱起重机	47
第四节 集装箱堆场作业装备	64
第五节 集装箱智能技术与装备	79
第三章 散料装卸搬运技术与装备	91
第一节 散料装卸搬运作业工艺	91
第二节 卸船、卸车技术与装备	96
第三节 散料装船、装车技术与装备	107
第四节 气力输送技术与装备	114
第五节 散料输送技术与装备	125
第六节 散料计量技术与装备	137
第七节 散料输送中的粉尘防爆	143
第四章 运输技术与装备	150
第一节 水路运输技术与装备	150
第二节 铁路运输技术与装备	166
第三节 公路运输技术与装备	182
第四节 航空运输技术与装备	197
第五节 管道运输技术与装备	204



第五章 自动仓储系统 (AS/ RS) 技术与装备	212
第一节 自动仓储系统 (AS/ RS)	212
第二节 高架仓库与货架技术	217
第三节 自动化立体仓库巷道存取设备	227
第四节 分拣技术与装备	239
第五节 拣选技术与装备	248
第六节 仓储码垛与搬运机器人	256
第七节 自动化仓库其他搬运机械设备	267
第六章 流通加工技术与装备	277
第一节 钢材的流通加工及配送	277
第二节 混凝土的流通加工及配送	280
第三节 煤炭的配煤加工	281
第四节 石油气的液化加工与配送	283
第五节 食品的流通加工技术及装备	284
第六节 木材的流通加工及装备	288
第七节 玻璃流通加工及配送	288
第七章 冷链物流技术与装备	290
第一节 冷链物流概述	290
第二节 制冷技术	291
第三节 冷链物流设施与设备	293
第八章 物流包装技术与装备	301
第一节 物流包装概述	301
第二节 典型物流包装设备	302
第三节 典型物流包装制品及配件	304
第四节 物流包装标准化	317
参考文献	321
附录 综合实训与观摩	323
后 记	329



第一章 绪论——现代物流工程技术与装备发展鸟瞰

第一节 第三次工业革命+两个先进理念 成就了现代物流业

弗里德里希·冯·恩格斯：社会一旦有技术上的需要，这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进。

一、集装箱运输理念引领了物流业的革命

谈到现代物流装备就要从最核心装备——集装箱（Container）说起，一般认为现代物流是从 20 世纪中叶集装箱运输发展起来的，那么什么是集装箱呢？《集装箱改变世界》一书的作者美国经济学家马克·莱文森（Marc Levinson）对集装箱有个写生般的描述：

“一个冷冰冰的铝制或钢制大箱子，上面有很多的焊缝和铆钉，底部铺着木板，其中的一端有两扇巨大的门，它非常像一只巨大的马口铁罐头盒。它既没有引擎，也没有轮子，无法吸引那些着迷于飞机、汽车、船舶的研究者”。

用货箱运输自古就有，一千多年前中国北宋画家张择端所画的“清明上河图”中就有货箱运输（见图 1-1）。1801 年，英国人安德森（James Anderson）博士首先提出了集装箱运输的设想。1845 年在英国铁路上开始出现了酷似现代集装箱的载货车厢，这是世界上最早出现的集装箱运输的雏形。1917 年美国铁路上试行集装箱运输。随后的十余年间，德、法、日、意相继出现了集装箱运输。1933 年在巴黎成立国际集装箱协会，负责制定统一的集装箱标准。但这个时期由于社会生产力相对落后，国际贸易没有形成规模，致使看不出集装箱运输的优越性。图 1-2 为 20 世纪早期码头装卸货箱的情景。



图 1-1 清明上河图中的货箱运输



图 1-2 20 世纪早期码头装卸货箱

20 世纪中叶爆发了第三次工业革命（工业 3.0），使得电力、钢铁、铁路、化工、汽车等重工业兴起，石油成为新能源，促进交通迅速发展，国际贸易规模空前增长，并逐渐开始全球经济一体化的进程，带来物流业飞速发展的契机。集装箱终于时来运转，登上现代物流这一历史舞台，成为现代物流装备中最核心的装备。集装箱最大的成功在于其规格的标准化以及由此建立的相配套的现代物流体系。逐步实现了集装箱在全世界范围内船舶、火车、汽车之间无缝衔接，以速度和规模提升了国际贸易乃至世界经济的效率，也推进了全球范围内的产业结构调整，从而改变了世界经济的形态，开启了一场物流业革命。集装箱运输技术与装备在第三次工业革命的进程中也迅猛地实现了现代化。1957 年，世界第一艘全集装箱船——盖脱威城号（Gateway City）（见图 1-3）投入运营，它装载了 226 只集装箱。2014 年 11 月，中海集运的载箱量达 1.91 万标准箱世界最大全集装箱船“中海环球”号下水（见图 1-4）。



图 1-3 盖脱威城号 (Gateway City)



图 1-4 “中海环球”号全集装箱船

1959 年 1 月 9 日，世界第一台岸桥（见图 1-5），在旧金山湾东边的阿拉米达（Alameda）站场 Encinal 码头投入使用。由两个 A 字形支架和夹在中间的水平吊臂组成。平均装卸一只 20t 集装箱的时间为 3 分钟。2013 年 6 月 25 日，中交集团所属振华重工向宁波港梅山码头交付的当时世界上最大 3E 级岸桥（见图 1-6），这是为该码头



接泊丹麦马士基集团 1.8 万标准集装箱船量身设计的岸桥。该岸桥起升高度达 50m，外伸距达 74m，装卸效率可达 60~80 标准集装箱/小时。

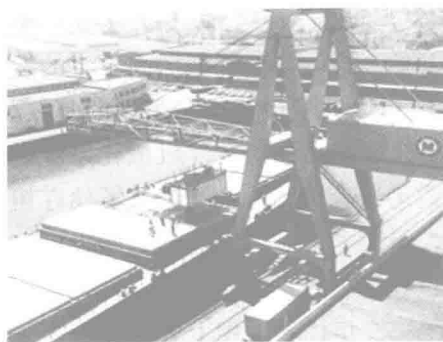


图 1-5 世界第一台岸桥



图 1-6 宁波港梅山码头 3E 级岸桥

阅读材料

集装箱改变世界

1956 年 4 月 26 日在新泽西州的纽华克港，一架起重机把 58 个铝制卡车车厢装到了一艘停泊在港内的老油轮上。5 天之后，这艘“理想 X 号”（Ideal-X）驶入了休斯敦，在那里有 58 辆卡车正等着装上这些金属货柜，把它们运往目的地。一次运输业革命就这样开始了。

半个多世纪过去了，让我们以《集装箱改变世界》（*The Box: How the Shipping Container Made the World Economy Bigger*）一书的作者美国经济学家马克·莱文森（Marc Levinson）的文笔风格描绘集装箱改变的世界：

海风吹散晨雾，一艘来自中东的、载箱量超过 10000 TEU 的集装箱巨轮出现在马六甲海峡，它看起来简直像一座“浮动集装箱堆场”，它不时地鸣响汽笛，向另一座从对面抵近的“浮动集装箱堆场”致意。

中欧集装箱班列隆隆地行进在苍凉的河西走廊，经过“天下第一雄关——嘉峪关”、“东方卢浮宫”——敦煌莫高窟、“准噶尔之门”——阿拉山口，直达欧州腹地。这是一条雄跨欧亚的“大陆桥”。它有一个浪漫的名字——新丝绸之路，尽管没有了昔日随伴大漠商旅的驼铃声和塞外边关忧怨的羌笛声。

在苍茫的暮色中，一辆津字牌照的集装箱甩挂车驶下连霍高速公路沟赵收费站，缓缓地进入万家灯火的郑州市区，它的目的地是中原路上一家丹尼斯全日鲜大卖场的验货区。

集装箱的物流链已经把世界连接在一起，地球上每个人都感受到了集装箱带来的改变。



二、“四散”运输理念书写了物流业的新篇章

20 世纪早期,许多物质,如粮食、食糖、水泥、化肥等采用袋装运输,作业效率低、劳动强度大,流通费用高、环境污染及搬运损耗严重。

1947 年,总部设在旧金山的麦特森航运公司开始考虑,如何降低居高不下的运输费及提高低得可怕的生产率。但他们的理念与集装箱运输恰恰相反。采用的是散装、散卸、散储、散运的“四散”运输方式。他们开创性地推出“四散”机械化系统,开始在夏威夷用船舶以散装而不是每百磅一袋的形式运送食糖。为此,修建了储存粗糖巨大的筒仓;设计制造了传送带及提机输送粗糖,组建了卡车运输车;这些投资获得了巨大的回报。探索成功后,公司决定继续投入巨资开发散装、散卸、散储、散运装备,在更大范围内开展运“四散”运输。从 20 世纪 70 年代,世界上大部分国家采用了“四散”流通技术。“四散”技术与装备也实现了现代化,相配套的“四散”现代物流体系已建成。

进入 20 世纪 80 年代,物流规模急剧膨胀,传统管理手段已驾驭不了这一“经济恐龙”。当时发生在工业领域的信息技术革命拯救了物流运输业。1977 年史蒂夫·乔布斯(Steve Jobs)发明了著名的苹果 II 型电脑,随后短短的十几年时间实现了用比特或字节把文字、音乐、图像数字化,电脑语言及软件的通用化、标准化。1990 年 12 月 25 日,世界上第一个网页浏览器在日内瓦的欧洲粒子物理实验室诞生了,迎来了一个魔幻般的互联网时代。互联网提供了以极低的成本进行全球信息沟通的工具,实现了全世界范围信息流的无缝衔接,现代物流这一“经济恐龙”终于被驯服,这的确堪称人类有史以来创造的最伟大奇迹之一。

► 阅读材料

太空物流

1981 年 4 月 12 日,第一架航天飞机(Space Shuttle)哥伦比亚号发射,它是往返于太空和地面之间的航天器,承担国际空间站的运输业务,大大降低了航天的费用,是航天史上的一个重要里程碑。2011 年美国最后一艘航天飞机退役后,美国国家航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)将前往国际空间站的货运业务外包给两家私营企业——Orbital 和 SpaceX。2012 年 5 月,国际空间站的一条机械臂抓住了首艘来访的商业飞船——由美国私营企业 SpaceX 发射的“龙”货运飞船(Dragon)。

据相关报告,从 1957 年至今,累计有 5341 次航天发射行动(包括载人与货运),其中 453 次失败,但是这项具有挑战性的工程从未停止。2013 年 12 月 2 日中国的嫦娥三号(Chang'e 3)无人登月探测器在月球软着陆成功。借用第一位登上月球的美国



宇航员尼尔·阿姆斯特朗的那句经典名言：“这是我的一小步，却是人类的一大步”（This is one small step for man, one giant leap for mankind）。

第二节 互联网+ 第四次工业革命将助推现代物流业

阿尔伯特·爱因斯坦：我从不相信未来，它眨眼将至。

德国政府在2013年4月推出的工业4.0（Industry 4.0）项目是一个高科技战略计划，是以智能制造为主导的第四次工业革命。该战略旨在通过充分利用信息，通过互联网、物联网整合资源，将制造业向智能化转型。该项目三大主题之一就是“智能物流”，主要通过互联网、物联网、物联网整合物流资源，充分发挥现有物流资源供应方的效率，而需求方则能够快速获得匹配服务。

“中国制造2025”是中国版的“工业4.0”规划，已由中国政府于2015年5月8日公布。“中国制造2025”的制高点在于工业互联网，这也是“互联网+”战略的重要发展方向。其大力推动的重点领域包括：2025年前大力支持对国民经济、国防建设和人民生活休戚相关的数控机床与基础制造装备、航空装备、海洋工程装备与船舶、汽车、节能环保等战略必争产业优先发展；选择与国际先进水平已较为接近的航天装备、通信网络装备、发电与输变电装备、轨道交通装备等优势产业，进行重点突破。这又是一次推动现代物流技术与装备大发展的历史契机。

新一轮科技、产业革命正在改变人类生产生活，诞生的新技术有可穿戴智能设备、3D打印技术、机器人技术、太空物流、云计算、大数据、移动互联网、物联网等。

一、可穿戴智能设备——将对物流业产生颠覆性变革

可穿戴智能设备是下一轮工业革命浪潮的核心，如眼镜、手套、手表、服饰、鞋及第六感系统等。可穿戴智能设备着眼于解放人的双手，提高人机交互效率，使人们方便快捷地连接网络，可以让人们的工作更高效，生活更便捷。它在工业、物流及其他领域表现出巨大的应用潜力。可穿戴智能设备将会对物流业产生颠覆性变革。下面简单介绍可穿戴智能设备中的谷歌眼镜、第六感系统两项技术。

1. 谷歌眼镜（Google Project Glass）——当今最超前的电子产品之一

谷歌眼镜是由谷歌公司于2012年4月发布的一款“拓展现实”智能眼镜（见图1-7）。它本质上属于微型投影仪+摄像头+传感器+存储传输+操控设备的结合体。只要通过眼部动作（或声音）就能实现车船导航（见图1-8）、查询天气路况、拍照上传、处理文字、收发短信、网页浏览，视频图像等操作。它的重量只有几十克。



2. 第六感系统 (Sixth Sense) ——让世界围着你的手指打转

麻省理工学院媒体实验室的科学家普拉纳·梅斯瑞 (Pranav Mistry) 发明的第六感系统 (Sixth Sense) (见图 1-9), 全套系统由 4 个能套在手指上的颜色标记环、戴在头顶的摄像头和投影仪及一台电脑组成, 工作的时候人们可以用最符合直觉的方式与虚拟世界互动。摄像头会追踪套在手指上的颜色标记环; 只需要用两只手的食指和拇指比出一个取景框就可以拍照。只需要用手指比划一下就可以把一段文字从书上输入到计算机中。去立体仓库提货时, Sixth Sense 能自动扫描取得当前物品信息, 并查询数据库后给出安全级别, 还能投影出更多关于此件物品的信息。任何时候, 想打电话了, 直接将键盘投影到左手, 右手在上面虚点就能完成拨号。这比最夸张的好莱坞大片更能让你瞠目结舌。Sixth Sense 赢得了《大众科学》杂志评选的 2009 年度创新奖。老牌杂志《计算机世界》在谈到它的时候居然用上了《未来冲击: 2019 年的计算机》的标题。

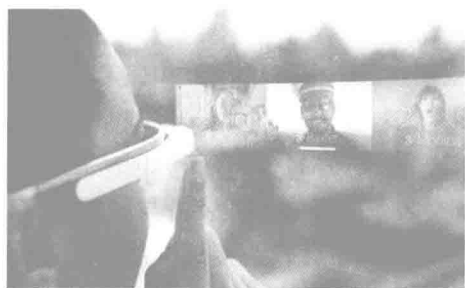


图 1-7 谷歌眼镜看到的视频图像



图 1-8 谷歌眼镜实现汽车导航



图 1-9 第六感 (Sixth Sense) 系统

二、3D 打印技术——或将牵动全球范围内的物流产业结构

3D 打印是一种新型的快速成型技术, 又称快增材制造 (AM - Additive Manufacturing)。它是指通过连续的物理层叠加, 逐层增加材料来生成三维实体的技术, 与传统的去除材料加工技术不同, 它是运用粉末状金属或塑料等可黏合材料, 通过一层又一层的多层打印方式, 构造零对象。一些高价值应用 (如髋关节、牙齿或飞机零部件)



已经有打印而成的零部件出现。因此又称为增材制造（AM-Additive Manufacturing）。它是集机械、控制及计算机技术等于一体的复杂机电一体化系统。2010年11月，世界上第一辆由3D打印机打印而成的汽车 Urbee 问世。2012年11月，苏格兰科学家利用人体细胞首次用3D打印机打印出人造肝脏组织。图1-10、图1-11为3D打印技术的某些应用领域。

随着3D打印技术的发展，将会出现越来越多的本地定制生产，只需直接从网上下载一张零部件的图纸，输送到3D打印机打印出成品，免除了运输费用和库存费用。物流业中将会出现一个很重要的业务：存储和运输3D打印所需原材料。

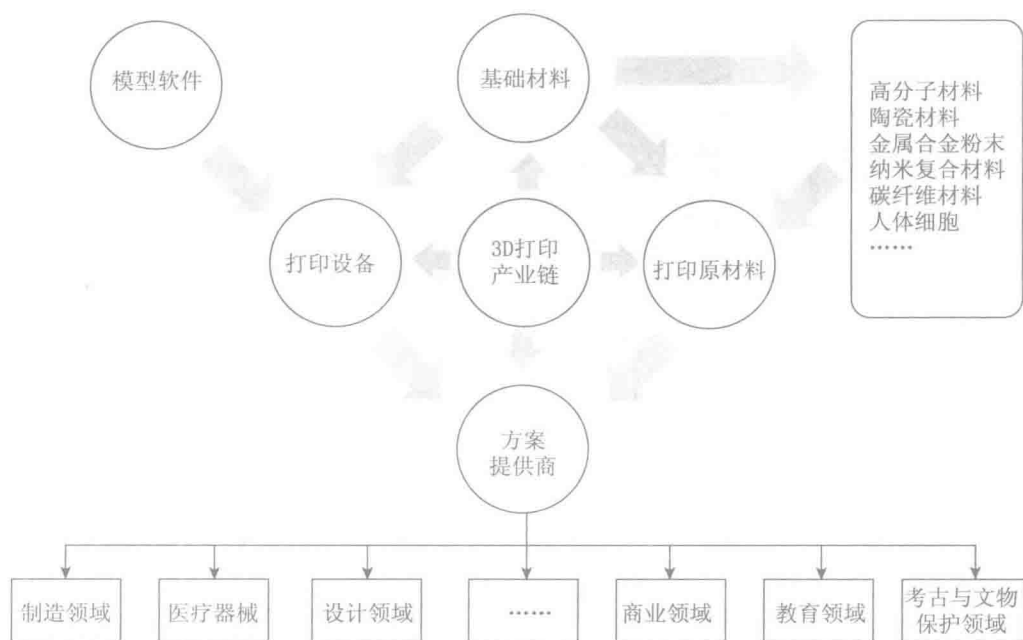


图 1-10 3D 打印过程与应用领域



图 1-11 3D 打印机打印的汽车