

doi: 10.7690/bgzd.2019.09.017

基于混合现实技术的工业设备运维设计

黄 昂, 沈 毅, 唐媛媛

(湖南中烟工业有限责任公司设备工程部, 长沙 410007)

摘要: 为解决传统烟草工业制造设备运维升级智能管理的瓶颈, 提出在 Hololens 头戴式双目视觉设备上定制化设计的系统方法。通过 GDX2 包装机零部件的 3 维建模, 模拟建模对象在 Hololens 构建的“运行、操作、巡检、维护”可视化, 实现预防维修、操作培训、远程检修的功能设计, 并验证混合现实技术设备的可视化功能。结果表明: 该方法能为企业节省培训成本, 提高设备有效作业率。

关键词: 混合现实; 工业设备; 运维; 设计

中图分类号: TP302 **文献标志码:** B

Operation and Maintenance Design of Industrial Equipment Based on Mixed Reality Technology

Huang Ang, Shen Yi, Tang Yuanyuan

(Department of Equipment Engineering, Hunan Co., Ltd., of China Tobacco, Changsha 410007, China)

Abstract: In order to solve the bottleneck of intelligent management of operation and maintenance upgrade of traditional tobacco industry manufacturing equipment, a systematic method for customized design on Hololens head-mounted binocular vision equipment is proposed. Through the 3D modeling of GDX2 packaging machine components, the modeling object is visualized in the operation, inspection, and maintenance constructed by Hololens, and the functional design of preventive maintenance, operation training, and remote maintenance is realized, and the mixed reality technology is verified. The results show that the method can save the training cost and improve the effective operation rate of the equipment.

Keywords: mixed reality; industrial equipment; operation and maintenance; design

0 引言

《中国制造 2025 重点领域技术路线图》将混合现实技术列为工业企业智能制造核心信息设备的关键技术之一, 要求工业制造领域广泛推广和深入应用, 研究企业设备升级、转型创新的实施利用对象, 核心为“3 维空间 RFID 注册定位技术, 工业物联网信息 3 维空间、搜索、显示与交互技术”。笔者选定 Hololens 智能眼镜作为烟草工业企业设备数字化转型的可视化运维工作升级的研发平台。在工信部《中国制造 2025》规划与湖南中烟工业公司《智能工厂》课题框架内, 以混合现实技术(mixed reality)支持烟草机械设备运维的光学全息可视化为研究对象, 通过研发 Hololens 智能眼镜平台匹配 GDX2 卷烟包装机保障的功能设计, 论证传统工业转型智能制造在设备管控可视化的可行性, 设计 MR App 系统应用原型, 服务 GDX2 包装机一轮、铝箔纸等设备组件的解构和认知, 扫描设备影像, 构建软件 3 维设计重建后的虚拟场景, 导入混合现实, 视觉系

统(mixed reality, MR), 生成 3 维图像和 Hololens 平台的虚拟装备, 多维度呈现烟机设备运行状况、装备数字化的认知。

1 定义

混合现实(mediated reality, MR)^[1]是由“智能硬件之父”多伦多大学 Steve Mann 教授提出的介导现实, 是虚拟现实技术的进一步发展。如图 1, MR 技术通过在现实场景呈现虚拟场景信息, 在现实世界、虚拟世界和员工之间搭起一个交互反馈的信息回路, 以增强员工体验的真实感^[2]。

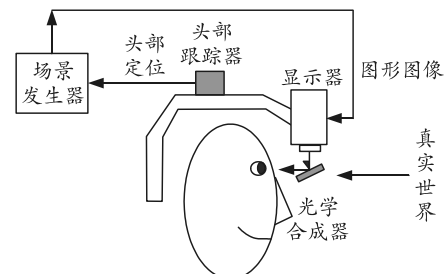


图 1 MR(混合现实)技术工作原理

收稿日期: 2019-04-15; 修回日期: 2019-05-26

作者简介: 黄 昂(1966—), 男, 湖南人, 博士, 高级工程师, 从事绿色工房建设、项目管理、智能制造研究。E-mail: Huang2011@sina.com。

2 需求分析

卷烟工业流水线部署的物流自动化及精密超高速设备，可根据企业 MES 系统排产的订单计划进行柔性生产，机械自动化全程控制，对设备运行状况的数据采集工作要求科学并全程信息化。作为设备运维人员，维修工与操作工必须掌握设备的工作

原理及性能参数，能按标准规范熟练地进行设备维护与操作。确认工业设备精细化运维的 5 个方向，即规避设备操作人员的人为失误、提升设备保养人员的操作规范和标准、提升设备现场有效作业率及创新设备保障作业模式、执行设备安全检修和培训

表 1 HoloLens 基于企业需求的研发场景

功能	需求研究场景描述
影像处理	使用 HoloLens 展现企业生产一线现场基于工业制造运行的计算全息图。透过 WIFI 启用远程专家的系统模式，实现 2 个以上的异地工作场景、专家远程诊断的视频对话功能，在线开展作业指挥、多人协同的远程作业。
语音处理	使用 HoloLens 认知服务 Bing 语音 API，传授知识点，互动交流，增强员工低成本掌握业务和技巧的信息量和知识量。
语义处理	推送 HoloLens 语言理解智能服务，介入员工的工作交流与应用培训，应用第三方接入的中文语音交互问答。
知识处理	参与 HoloLens 创建的员工学习场景，通过 MR 功能学习并纠正潜在的错误。
检索服务	创建 HoloLens 获取生产设备的温湿度、流量和数据，扫描特征码，同步获取实时数据。

3 基于 MR 技术的工业设备运维设计

3.1 系统设计

烟机设备全息可视化运维的研发、MR App 软件产品的开发是以 StrangeIOC 框架为基础。基于 MR 技术的系统框架和烟草制造场景，识别和展现烟机设备全息效果图，实现设备零部件的运行、维修、装配、拆卸、远程诊断、语音协同、保障等功能可视化。

系统基于功能需求的设计规划，对产品架构、场景、交互功能、流程和数据进行初始化。当员工佩戴 Hololens 眼镜，通过手势点击，启动程序，进入生产车间扫描对应的识别图 Mark，弹出菜单项，根据菜单项的提示，选择相应的功能进行操作^[3-4]。软件设计是以 C# .net 技术为基础，以 Vuforia SDK 作为图像识别库，提供图像识别功能，通过 Unity 和 Microsoft Visual studio 2015 开发工具以及 Unity UGUI 设计适用对象交互界面。

系统流程设计见图 2，系统设计原则包括：1) 模块化；2) 先进性；3) 实用性；4) 扩展性。

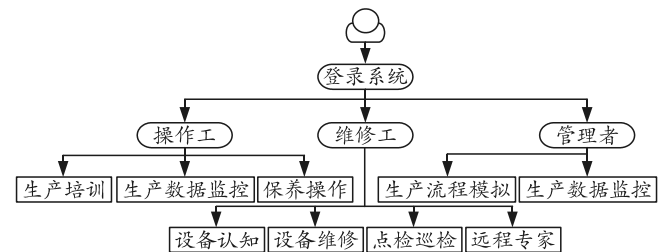


图 2 MR 混合现实系统的流程结构设计

3.2 可视化设计

MR-App 系统可视化设计见图 3。使用人员分为车间操作人员、设备维修人员。车间操作人员在现场设备运行时对设备操作，是对当前设备运行的状况信息进行收集及监控管理。设备维修人员主要对生产设备进行维修、维护与保养，服务需求设计以动态模型的方式进行，让员工了解零部件组成结构、设备拆卸组装、巡检点检和远程专家功能。

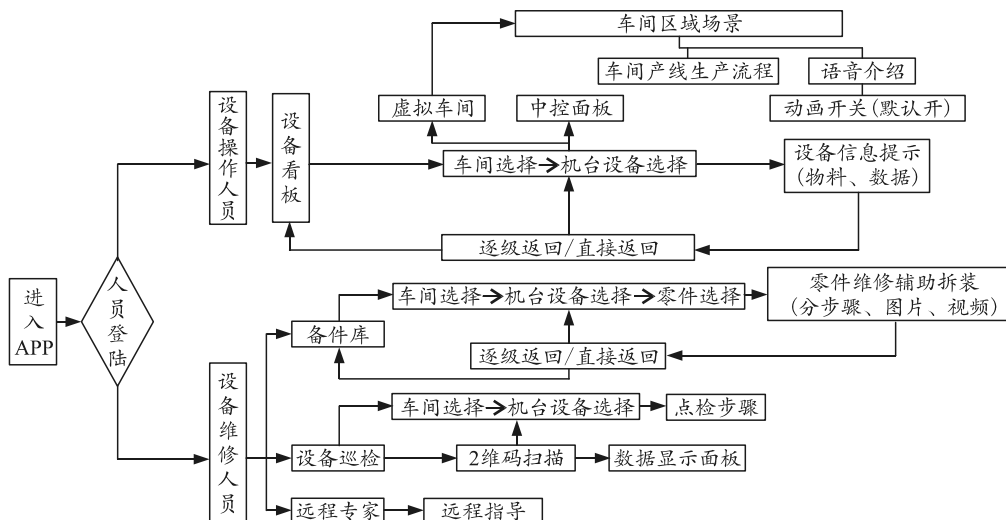


图 3 系统可视化设计

3.3 人机交互设计

笔者进行了 4 项人机交互功能设计。

1) 设备零部件的组成结构认知功能设计, 含零部件名称、规格资料、零部件拆卸装配的顺序以及位置、部件的构成和组织结构。员工通过 AR 眼镜的手势功能, 选择需要认知的对象, 当选择零部件整体, 界面弹出部件信息, 包括作用、材质、规格参数等信息。提高技师对于零部件的认知, 即为提高培训、设备维修的效率。

2) 设备结构零部件的运行方式功能设计, 以 3 维动画的方式进行, 虚拟部件在设备内部的运行方式, 附录运行状态介绍, 包括部件旋转速率、切刀刀速, 高危部件危险提示, 提醒员工在使用过程中的注意事项。

3) 设备巡检、点检、维保准备步骤功能设计, 含操作流程、按步骤的具体操作过程。员工通过语音或者手势^[5], 控制流程步骤执行下一步, 检查是否按部就班地完成每一步。规范执行步骤, 减少员工误操作的可能。

4) 设备操作运行维护保养的远程协助功能设计, 以 P2P 音视频传输技术实现, AR 眼镜端是被动接受端, 在操作过程中不需要设计过多的操作手势及命令, 接受远程工程师的指导沟通和沟通。P2P 技术原理见图 4。

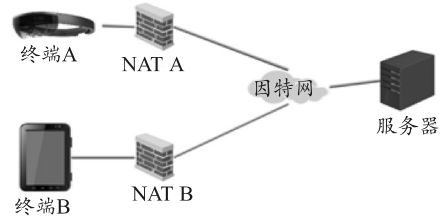


图 4 P2P 技术原理

如图 5 所示, 笔者采用微软 HoloLens 混合现实全息化透视头盔显示器。

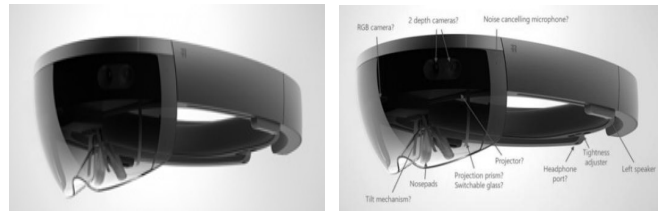


图 5 微软公司混合现实全息化透视头盔显示器 HoloLens

HoloLens 是微软公司的头戴式增强现实全息眼镜, 操作系统是 Windows Holographic, 基于 Windows 10 定制, 无线 WIFI, 内置全息处理单元和处理器, 可独立使用。佩戴者能在现实的世界里混入虚拟物体或信息, 嵌入到一个混合空间中, 将穿戴者的头部移动虚拟成指针, 将手势用作动作开关, 将声音指令作为辅助, 协助切换不同动作指令^[6]。

5) 系统功能设计的明细见表 2, 包括功能研发的需求设计特征。

表 2 HoloLens 基于系统功能研发的需求设计特征

功能	描述	对象	场景实效
零件维修辅助拆装功能服务	传递和教学设备零部件拆机和装机步骤的指南、知识点	维修工	通过语音或按钮实施操作, 由按钮呼出所需需求的视频、文档、图片等全息可视指南。
零部件认知服务	零部件分解对单个零件如螺丝面板的认知、参数解析、功能解析	维修工	通过眼睛凝视, 点击弹出界面, 获取零部件数据说明。
中控台信息监控	展示生产设备中控台面板的信息, 提供数据写入操作的互动。	操作工	通过手势, 固定虚拟的中控台到真实的机台上, 操作工无须往返真实位置的中控台, 即可查看并写入中控的数据。
设备台账数据读取的巡检服务	通过在传感器位置布置 2 二维码, 执行设备巡检任务, 扫码检索传感器实时数据, 无须往返巡检点查询该数据的物理来源。	管理员	扫描 2 二维码或图像, 弹出数据查询界面, 并增加输入功能。
生产流程模拟服务-虚拟车间	通过模型模拟烟草生产流程的过程, 员工操作对象的虚拟模型, 观察生产现场的数据, 操作系统虚拟界面, 切换生产线与各机台的数据对象, 获取参考信息。	员工	通过模型展示生产流水线, 实现虚拟卷包车间的数据观察界面, 由按钮切换到具体机台的数据展现界面, 监控观察各工序的实时生产信息。
远程专家 ^[7] 服务	通过 HoloLens 实时拍摄, 专家在手机平台观看实时视频, 采用语音与点击标志方式, 指导现场技师采取操作措施。	维修工	远程端包括 PC、手机安卓界面, 用户透过终端与现场互动沟通, 双向互动远程的操作。
AI 人工智能服务	员工通过语音呼唤出功能操作	员工	使用语音命令呼唤功能操作界面
辅助设备巡检、点检、轮保的 AR 操作	传授设备的巡检、点检、轮保的操作流程	维修工	通过语音或手势实现 AR 功能的操作

3.4 关键技术

3.4.1 核心技术

Hololens 眼镜是 MR-App 混合现实的应用平台。微软出品的双目视觉 AR 产品采用全息技术, 基本原理与双目视觉 VR 产品类似, 笔者研究的核

心技术是结合多个传感器, 将虚拟内容投射成全息影像, 实现虚实融合, 无须连接任何其他设备, 实现与真实世界的交互。

3.4.2 技术难点

MR 技术是一种将虚拟影像直接叠加到真实物

理空间^[8]，采用手势、视线、凝视等方式与虚拟物体交互的计算机视觉技术，为最终呈现效果最大化地贴近人与真实物理世界的交互方式，包括原生技术、整体呈现方案的设计、员工的体验效果。在实践上的技术难点，总结归纳为 4 个方面：1) 虚拟物体呈现；2) 交互体验设计；3) 远程技术支持；4) 空间标注功能^[9]。

4 应用效果

全息展现设备零部件相互间空间关系的功能，表现零部件之间的构建合作运行关系，包括运行结构、物料、烟盒和磨合等原材料的运动形式。配合 3 维模型动画与同步的生产流程和细节展现，加深员工的工作认知与维度认识，精确快捷掌握技能知识。实现效果及功能对比见图 6—11。



(a) GDX2 包装机更换包装条盒拍板



(b) PTS 卷接机更换面板按钮实景

图 6 传统设备检修-GDX2 包装机现场更换包装条盒拍板



(a) 操作 GDX2 包装机铝箔纸吸分皮带

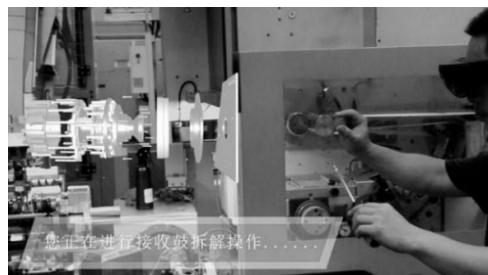


(b) 检验 GDX2 包装机铝箔纸吸分皮带

图 7 全息可视化设备检修-GDX2 包装机现场检验铝箔纸吸分皮带



(a) 启动 PTS70 卷接机接收鼓维修



(b) 拆解 PTS 卷接机接收鼓的操作

图 8 全息可视化设备检修-PTS70 卷接机接收鼓零部件结构拆解

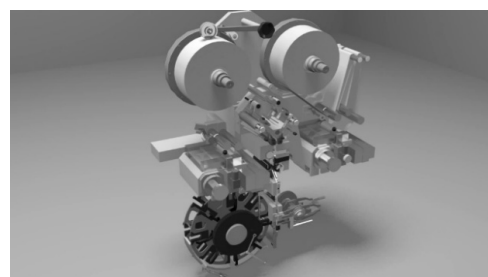
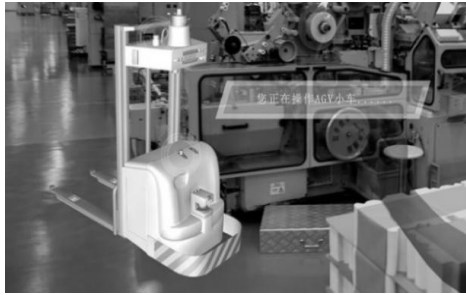


图 9 全息可视化设备服务认知-GDX2 包装机 3D 模型核心部件关系构造



(a) 操作 GDX2 包装机 1 轮

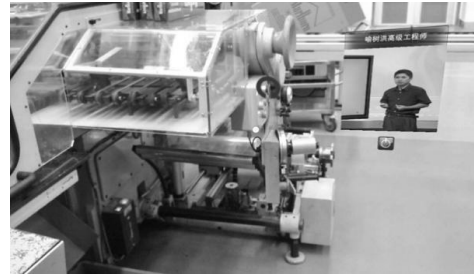


(b) 学习 AGV 物流小车操作

图 10 全息可视化设备服务认知—包装机 1 轮、AGV 小车的结构认知



(a) 识别专家远程指导设备修理的可操作



(b) 标注专家远程指导设备修理的关键点

图 11 全息可视化设备服务认知—专家远程指导现场设备修理标注关键点

5 应用效益分析

以生产实践为背景，面对当前烟草工业企业在生产组织“烟草卷接、包装和装箱”工序的设备管理运维需求，提出 MR 技术在设备保障、维修、操作等环节发挥作用的可行性利用研究^[10-11]，引入 MR 技术降低设备维护和运行费用，提高实时操作效率。混合现实技术对于企业生产中的保障、维修、操作等方面的效益见表 3。

表 3 MR 设备可视化运维应用及收益

场景	MR 功能	应用收益
辅助设备培训	1) 结合设备“内部构造、数字模型、启动操作、拆机装机”原理，输出全息可视化辅助信息，增强员工对设备的操作技能。 2) 节约员工培训时间，缩短人员转岗周期，提高企业人力资源使用效率。	1) 通过总结维护的经验，吸取优秀的方法，模拟成长学习，实现设备教学培训渠道的迭代升级。 2) “师带徒”培训流程需要半年，利用 MR 技术减少 2/3 时间。 3) 消除“熟练工和非熟练工”培养差别，降低成本。
辅助操作流程	1) MR 辅助设备的操作流程和程序的引导，模拟烟机设备运行标准的操作规范，指导员员工掌握标准，回避误操作风险。 2) MR 辅助“设备一站式保养、设备项修”标准流程，构建可视化保养的全栈规范。	1) 操作工遵守标准化操作程序，减少人为失误。 2) 模拟虚拟场景，协助员工查看现实中无法查看的设备内部信息，提高保养水平，延伸使用寿命。
提升设备有效作业率	1) 提供设备辅助新型智能维修的工具与平台，提升技师检修的标准对照。 2) 提供技师故障识别的精确依据。 3) 优化故障库、图纸库的检索速率，大幅缩减设备故障诊断和维修的时间。 4) 提供数据可视化的一站式解决方案，省略图纸、案例的检索时间。	降低故障判断及维修时间，减少设备停机时间，提升设备有效作业率。举例：GDX2 设备某故障排除和修复，常规 1 h 的维修时间，MR App 在线协助排查和检索，30 min 解决问题。
可视化运维平台	实现“烟机移动式维护平台”的创建和应用。“内科窥镜手术”维修模式 ^[12] ，为维护人员提供设备运行状态的“透视眼”。	1) 实现设备全天候体验、查验、会诊、检索，为设备运维管理带来智能转型的变革方案。 2) 设备运维与管理成本降低的新思路和方法。
设备疑难故障诊断	1) 无法解决的设备大故障，MR 系统提供原厂专家远距离的介入指导和互动操作。 2) 远程协助解决设备临时性故障的急诊，在主要技术人员无法正点赶到的抢修现场。	1) 节约原厂专家出诊的修理费用，降低设备维保成本。 2) 节省设备抢修时间，及时恢复生产，发挥设备效益。

6 结束语

笔者通过研制 MR-App 系统辅助功能，在企业真实生产环境中实现员工手势、语音的交互体验，为企业节省培训成本、降低设备运行消耗，使用智能眼镜装备在维修、巡检、点检等方面，提高了设备有效作业率，并提出了烟草工业基于全息可视化

系统条件下，围绕运维目标设计的智能制造成果。

混合现实的全息光学技术^[13-14]，促进工业设备影像图谱从 2 维平面升级到 3 维立体，加速装备信息数字化的挖掘。设备管理团队深知设备隐患与设备各零配件空间位置关系，是工业设备可视化应用的攻坚阶段。构建全息可视化的业务数据库、模型

素材库, 实现“模型参数的动态化、设备运行动态及健康数据的远程监控、虚拟车间可视化”, 是融合MR技术企业数字化的转型目标, 可为全面实现智能化工厂做准备^[15]。

参考文献:

- [1] 汤轶, 肖高明, 陈跃军. 虚拟现实、增强现实和混合现实技术在胸壁肿瘤切除及重建手术治疗中的应用[J]. 中华胸部外科电子杂志, 2018(2): 129-133.
- [2] 彭斐. 汽车零部件: 黑科技入侵改变汽车未来生活[J]. 汽车与配件, 2017(5): 38-40.
- [3] 金玺曾. Unity 3D 手机游戏开发[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013: 25-33.
- [4] 际向东, 张茜. 基于增强现实的教学演示[J]. 中国电化教育, 2012(9): 102-105.
- [5] 唐小成, 康波. 基于AR的设备维护系统的交互设计与实现[J]. 微计算机信息, 2008(27): 224-225.
- [6] 李娣, 王玉, 刘双健. HoloLens 教育应用述评[J]. 新课程研究(中旬刊), 2018(5): 30-31.
- [7] 金荣深. 基于HoloLens的飞行仿真辅助视景系统设计
- *****
- (上接第71页)
- [2] 刘家祺, 谢晓方, 王诚成, 等. 国外反舰导弹网络作战发展历程和方向[J]. 飞航导弹, 2017, 46(9): 9-12.
- [3] 孙学锋, 严建钢. 分布式岸导杀伤链系统作战特点研究[J]. 海军学术研究, 2012, 27(4): 52-53.
- [4] 刘成刚, 王永刚, 刚建勋, 等. 联合作战指挥控制体系网络建模与分析[J]. 指挥控制与仿真, 2018, 40(2):
- [J]. 工业设计, 2018(6): 138-139.
- [8] Vanessa Ho. 微软 HoloLens 和混合现实正在改变建筑师看待世界的方式[J]. 建筑技艺, 2017(9): 70-71.
- [9] 李林瞳, 王有春, 谢晔. 适用宇航智能交互场景的混合现实技术研究[J]. 计算机测量与控制, 2017(12): 255-258.
- [10] 张伟, 赵新灿, 徐兴民. 增强现实技术及其在航空发动机维修中的应用[J]. 江苏航空, 2006(1): 21-23.
- [11] 窦岩. HoloLens 技术在电梯维修维护中应用展望[J]. 科技展望, 2017(8): 203-205.
- [12] 石磊, 罗涛, 张理. HoloLens 眼镜在肝癌切除手术中的初步应用[J]. 中南大学学报(医学版), 2018(5): 500-504.
- [13] 苏萍, 张长杰, 程雪岷. 基于 LabVIEW 机器视觉的全息透镜板自动拼接系统[J]. 传感器与微系统, 2016(1): 110-113.
- [14] 盛兆玄, 孙新利. 计算全息技术在光学相关识别中的应用[J]. 激光技术, 2008(1): 61-63.
- [15] PTC 与微软 HoloLens 合作, 加速企业混合现实技术的开发[J]. 智能制造, 2017(11): 7.
- *****
- 9-12.
- [5] 谭跃进, 吴俊, 邓宏钟, 等. 复杂网络抗毁性研究综述[J]. 系统工程, 2006, 24(10): 1-5.
- [6] 杜栋, 庞庆华, 吴炎. 现代综合评价方法与案例精选[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015: 20-21.
- [7] 马良, 王书齐. 舰空导弹网络化协同反导作战效能分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 2016: 28-30.