

全国教育科学规划教育部青年课题“适用教育领域的增强现实移动应用技术实施方案及其应用研究”研究成果（项目编号：ECA160415）

# 增强现实技术 及其教育应用

● 金一强 鲁文娟 著



华南理工大学出版社  
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

# 增强现实技术

## 及其教育应用

● 金一强 鲁文娟 著



华南理工大学出版社  
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

增强现实技术及其教育应用/金一强, 鲁文娟著. —广州:  
华南理工大学出版社, 2019. 7

ISBN 978 - 7 - 5623 - 6064 - 3

I. ①增… II. ①金… ②鲁… III. ①虚拟现实 - 研究  
IV. ①TP391. 98

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 144646 号

Zengqiang Xianshi Jishu Jiqi Jiaoyu Yingyong

增强现实技术及其教育应用

金一强 鲁文娟 著

---

出版人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: [scutc13@scut.edu.cn](mailto:scutc13@scut.edu.cn)

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

责任编辑: 林起提

印刷者: 虎彩印艺股份有限公司

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 11.25 字数: 208 千

版次: 2019 年 7 月第 1 版 2019 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 36.00 元

---

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

# 序

增强现实即 Augmented Reality (AR)，它是虚拟现实技术的重要分支。从理论上讲，增强现实能够实现多种感官的知觉，例如触觉、嗅觉、味觉等，但是由于目前的技术限制，它多被用于增强视觉感知。增强现实技术具有“把真实场景信息与虚拟信息相结合；实时地进行人机交互；用于三维环境中”的特点，自从 20 世纪 60 年代初，该技术诞生后，首先应用于军事领域，最早的应用案例是战斗机飞行员的头盔显示器。但在 21 世纪以前，增强现实技术主要处于实验室研究与特种行业应用阶段，距离大规模推广应用还很遥远。

近十年来，随着时代的快速发展，增强现实技术迅速走向大众化。2009 年荷兰 SPRX Mobile 公司发布了名为 Layar 的首款支持增强现实的浏览器，2012 年谷歌公司发布的谷歌眼镜 (Google Project Glass) 直接将 AR 概念推向普通大众。2016 国际消费类电子产品展览会 (International Consumer Electronics Show) 中，增强现实技术大放异彩，各大 IT 公司相继发布了相关的新产品与内容应用。因此，2016 年被誉为增强现实技术发展元年。

增强现实技术将虚拟世界与现实世界结合起来，为教育提供了更丰富的呈现方式，增强了学习的交互性与参与感，使得知识与信息能够更有效地被学习者接受和吸收。因此尽管存在较高的技术门槛，增强现实技术在教育领域也得到了一定程度的跟踪应用研究。早在 2007 年《中国远程教育》就在“新技术在教育中的应用”专栏里发表了文章《增强现实技术的教学应用研究》，这也是中文数据库中能够检索到关于增强现实教育应用的最早一篇论文。随后，增强现实教育研究进入较为繁盛阶段，出现了运用“Eclipse + Metaio”开发的运行在 Android 平台上的寻宝类教育游戏研究、“Visual Studio 2010 + AR Toolkit”的交互式儿童多媒体科普电子书研究、“XNA + AR Toolkit”的可实现 AR 教学的高中通用技术创新教育平台研究等。

面对增强现实教育应用研究的迅速发展，作者于 2013 年投入其中，带领科研团队开展相关理论研究和应用开发，本书即是近年来研究的总结。

本书是全国教育科学“十三五”规划下 2016 年度教育部青年课题“适

用于教育领域的增强现实移动应用技术实现方案及其应用研究”（批准号 ECA160415）的研究成果。本书还得到广东高校重点平台青年创新人才类项目的支持，批准号为 2016WQNCX227。

本书第一章、第二章、第四章、第五章由金一强、鲁文娟撰写，第三章由赵文静、曹忠、金一强撰写，第六章周婕、金一强撰写。全书由鲁文娟进行最终的统稿和校对。本书参考并引用了国内外相关文献和网络资料，其中的主要来源已在书中和文末参考文献中列出，如有遗漏，敬请谅解。在此谨向被引资料的作者表示感谢。增强现实技术发展迅速，加之作者经验与学识有限，书中不足之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

编者

2019 年 4 月

# 目 录

第一章 研究概述 .....	1
第一节 增强现实技术概念 .....	1
第二节 增强现实的发展历史与应用领域 .....	9
第三节 章节安排 .....	15
第二章 增强现实技术教育应用研究的现状与发展建议 .....	17
第一节 研究设计 .....	17
第二节 数据分析 .....	19
第三节 结论与建议 .....	50
第三章 增强现实教育应用的国外案例分析 .....	53
第一节 增强现实移动教学案例分析 .....	53
第二节 增强现实教育游戏案例分析 .....	61
第三节 启示与建议 .....	68
第四章 基于智能手机的增强现实技术方案及其教育应用 .....	70
第一节 AR 技术实现的软硬件分析 .....	70
第二节 基于智能手机的 Vuforia + Unity3D 技术方案及其优点 .....	83
第三节 “岭南佳果” 增强现实移动应用开发 .....	86
第五章 增强现实学习资源和产品介绍 .....	91
第一节 AR 网络学习资源 .....	91
第二节 有代表性的 AR 公司与产品 .....	107
第六章 增强现实应用的自主项目开发 .....	133
第一节 教学模式与开发团队 .....	133
第二节 自主开发 AR 产品介绍 .....	141
参考文献 .....	163
中文部分 .....	163
英文部分 .....	167
附录 基于 3D 全息投影技术的室内建筑展示设计与制作 .....	171

# 第一章 研究概述

## 第一节 增强现实技术概念

### 一、概念介绍

“增强现实技术是一种借助光电显示、交互、传感和计算机图形的多媒体技术，它将计算机生成的虚拟环境与用户周围的现实环境融为一体，使用户从感官效果上确信虚拟环境是其周围真实环境的组成部分。”<sup>①</sup> 理想中的增强现实能够调动人体多种感觉器官的知觉，譬如味觉、触觉、嗅觉等，然而由于当前技术发展的限制，它主要是增强视觉感知。

增强现实技术于 20 世纪 60 年代初在美国提出并得到初步应用，最早的应用案例是在战斗机飞行员的头盔显示器中显示飞行状态信息，用于帮助飞行训练。<sup>②</sup> 当飞行员通过透明座舱观察外面环境时，头盔显示器可以为飞行员提供带有模拟地平线、飞行高度和速度等信息的数字图像，同时将该图像叠加显示在真实场景之上（图 1-1）。

在 21 世纪以前，增强现实技术主要处于实验室研究与特种行业应用阶段，距离普通消费者较为遥远。

近几年，随着相关技术的快速发展，增强现实迅速走向大众化，特别是 2012 年 4 月谷歌眼镜（Google Project Glass）的发布直接将增强现实从概念推向消费市场。谷歌眼镜具有和智能手机一样的功能，可以通过声音控制

---

<sup>①</sup> 王涌天，陈靖，程德文. 增强现实技术导论 [M]. 北京：科学出版社，2015：9-14.

<sup>②</sup> Gregory Kipper, Joseph Rampolla. 增强现实技术导论 [M]. 北京：国防工业出版社，2014：2-5.



图 1-1 军事领域使用的增强现实头盔<sup>①</sup>

拍照、视频通话和辨别方向，以及上网冲浪、处理文字信息和电子邮件等。谷歌眼镜的主要结构包括在眼镜前方悬置的一台摄像头和一个位于镜框右侧宽条状的电脑处理器装置，它配备的摄像头像素为 500 万，可拍摄 720p 视频。镜片上配备了一个头戴式微型显示屏，它可以将数据投射到用户右眼上方的小屏幕上，显示效果如同 2.4 米外的 25 英寸高清屏幕（图 1-2）。

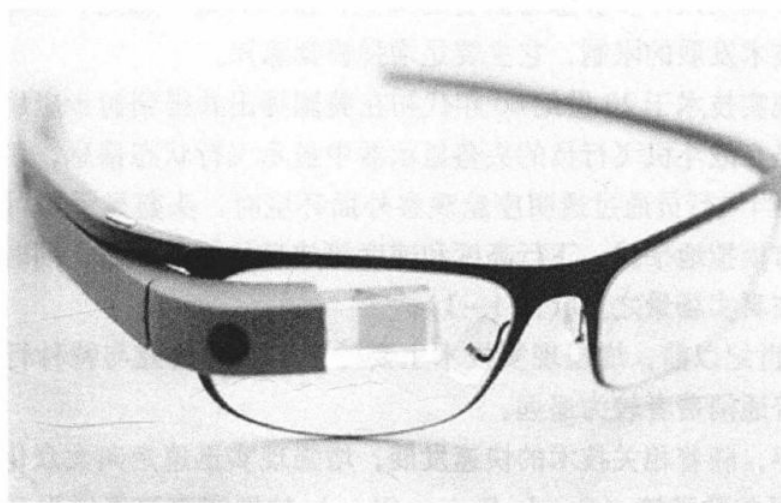


图 1-2 谷歌眼镜<sup>②</sup>

① 电子技术设计. 瞧瞧 F-35 Lightning II 战斗机都有哪些高精尖电子技术? [EB/OL]. (2018-6-26). [http://archive.ednchina.com/www.ednchina.com/ART\\_8800523937\\_27\\_35486\\_NT\\_2068ae6f\\_4.HTM](http://archive.ednchina.com/www.ednchina.com/ART_8800523937_27_35486_NT_2068ae6f_4.HTM).

② 亚设家电网. 2014SINOCES 新品“各显神通”比拼智能新生活[EB/OL]. (2018-6-26). <http://www.ashea.com.cn/news/201406/27581.html>.

谷歌眼镜有一条可横置于鼻梁上方的平行鼻托和鼻垫感应器，其中鼻托可调整，以适应不同脸型。鼻托里植入了电容，它能够辨识眼镜是否被佩戴。眼镜电池可以支持 24 小时的正常使用。谷歌眼镜可以用 Micro USB 接口充电，实际上就是微型投影仪 + 摄像头 + 传感器 + 存储传输 + 操控设备的结合体，它能根据环境声音在屏幕上显示距离和方向，在两块目镜上分别显示地图和导航信息。谷歌眼镜就像是可佩带式智能手机，让用户可以通过语音指令拍摄照片、发送信息以及实施其他功能。如果用户对着谷歌眼镜的麦克风说“OK, Glass”，一个菜单即在用户右眼上方的屏幕上出现，显示出多个图标，如拍照片、录像、谷歌地图和打电话等。

谷歌眼镜在多个方面性能异常突出，用它可以轻松拍摄照片或视频，省去了从裤兜里掏出智能手机的麻烦。2014 年 7 月，它还正式开放直播功能，用户可以在 MyGlass 商店中下载安装 Live stream 进行视频分享。安装该应用的谷歌眼镜佩戴者只需说，“OK, Google Glass 开始直播吧。”即可把所见所闻免费分享给 Live Stream 里的其他人。通过 Live Stream 可以作为医学院的手术教学工具，医生佩戴谷歌眼镜直播自己的手术过程，这样学生就能通过视频直接观看到手术，而不必站在手术室内，当然使用者还可以通过它分享自己在音乐会或足球赛的体验。

除了谷歌眼镜，Facebook 的 Oculus Rift、HTC 的 Vive、索尼的 PlayStation 头盔也是优秀的虚拟现实和增强现实产品。Oculus Rift 是一款虚拟现实设备，是为电子游戏设计的头戴式显示器，它有两个目镜，每个目镜的分辨率为  $640 \times 800$  像素，双眼的视觉合并之后拥有  $1280 \times 800$  的分辨率。通过陀螺仪控制视角是 Oculus Rift 一大特色，这使得游戏的沉浸感大幅提升。Oculus Rift 还可以通过 DVI、HDMI、Micro USB 接口连接电脑。Oculus Rift 将虚拟现实接入游戏中，使得玩家们能够身临其境。尽管还不完美，例如从众多反馈来看，其产品还存在像素点较为明显，分辨率不高，运动追踪方面不完善等问题，但它使得科幻大片中描述的美好前景距离我们又近了一步。同时，Facebook 对 Oculus 的收购使得 Oculus 拥有了充足的资金支持，这使得 Oculus Rift 达到真正的民用级别的进程进一步加快。虽然最初是为游戏打造，但是 Oculus Rift 不仅能够应用在游戏领域，也有越来越多的软件厂商开始为其开发应用，让它能够应用在更多的领域，比如用于建筑设计、教育和治疗自闭症与恐惧症、创伤后应激障碍等领域（图 1-3）。



图 1-3 Facebook 旗下的 Oculus Rift<sup>①</sup>

HTC Vive 是由 HTC 与 Valve 联合开发的一款虚拟现实头戴式显示头盔，于 2015 年 3 月在 MWC2015 上发布。2016 年 6 月，HTC 推出了面向企业用户的 Vive BE（即商业版）。HTC Vive 包括一个头戴式显示器、两个单手持控制器、一个能于空间内同时追踪显示器与控制器的定位系统。在头戴式显示器上，HTC Vive 开发者采用了一块 OLED 屏幕，单眼有效分辨率为  $1200 \times 1080$  像素，双眼合并分辨率为  $2160 \times 1200$ ，即 2K 的分辨率，这大大降低了画面的颗粒感，用户几乎感觉不到纱门效应，并且能在佩戴眼镜的同时戴上头戴式显示器。控制器定位系统采用的是 Valve 的专利，它不需要借助摄像头，而是靠激光和光敏传感器来确定运动物体的位置，也就允许用户在一定范围内走动。这是 HTC Vive 相对 Oculus Rift 和 PlayStation 头盔的优点（图 1-4）。

<sup>①</sup> 爱范儿. 今天正式发货的 Oculus Rift，背后的产品设计都有什么讲究？[EB/OL]. (2018-6-26). <http://www.ifanr.com/639442>.



图 1-4 HTC 推出的 Vive<sup>①</sup>

HTC Vive 除了给游戏带来沉浸式体验，还可以延伸到很多领域，例如，可以通过虚拟现实搭建场景，实现在医疗和教学领域的应用，比如帮助医学院和医院制作人体器官解剖，让学生佩戴 Vive 进入虚拟手术室观察神经元、心脏、大脑等人体各项器官，并进行相关临床试验。

在 2015 年 9 月举行的东京电玩展上，索尼将旗下的虚拟现实头戴式显示器正式更名 PlayStation VR（图 1-5）。



图 1-5 PlayStation VR 及其配件<sup>②</sup>

PlayStation VR 是一个与游戏主机配合使用的 VR 头盔，除此之外，它的零售包装盒中还包括一个处理器单元、一个 HDMI 连接线、一套耳塞式耳机

① 界面. 宜家推出新玩法 让你窝在沙发戴着头盔就能设计厨房. [EB/OL]. (2018 - 6 - 26). <http://www.jiemian.com/article/600224.html>.

② 游戏时光. 高清 PlayStation VR 开箱图片与视频. [EB/OL]. (2018 - 6 - 26). <http://www.vgtime.com/topic/9258.jhtml>.

以及相关电源线缆。PlayStation VR 采用的是 5.7 英寸大的 OLED 显示屏，双眼分辨率为  $1920 \times 1080$ ，单眼分辨率为  $960 \times 1080$ ，显示屏的刷新率为  $90\text{Hz} \sim 120\text{Hz}$ ，观看视野为  $100^\circ$ ，这使得它的显示效果很棒，画面细节丰富、颜色华丽，能够带来更加流畅、更加舒适的虚拟现实游戏体验；PlayStation VR 还内置麦克风、加速度计、陀螺仪，为了配合 PlayStation VR 虚拟现实头盔，索尼还推出了一个全新的 PlayStation 相机，用于追踪头盔的运行轨迹。<sup>①</sup>

国内厂商如中国移动、亮风台也推出了智能 AR 办公场景应用。2016 年 6 月在上海举行的世界移动大会（MWCS）上，中国移动以 5G 技术为主题携国内 AR 领域领军企业亮风台共同为大众办了一场未来办公场景的视觉展示，吸引了诸多目光。<sup>②</sup>

## 二、增强现实与虚拟现实的区别

虚拟现实技术是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统，它利用计算机生成一种模拟环境，是一种多源信息融合的、交互式的三维动态视景和实体行为的系统仿真，可以使用户沉浸到该环境中。虚拟现实技术是计算机仿真技术的一个重要方向，是仿真技术与计算机图形学、人机接口技术、多媒体技术、传感技术、网络技术等多种技术的集合，是一门富有挑战性的交叉技术前沿学科。“虚拟现实技术”（Virtual Reality 简称 VR）一词由美国 VPL Research 公司的拉尼尔（Lanier）于 20 世纪 80 年代首次正式提出，他将虚拟现实描述为一种模拟人在自然环境中的视觉、听觉、运动等特性的人机交互界面，主要包括模拟环境、感知、自然技能和传感设备等方面。模拟环境是由计算机生成的、实时动态的三维立体逼真图像。感知是指理想的 VR 应该具有人所具有的感知。除计算机图形技术所生成的视觉感知外，还有听觉、触觉、力觉、运动等感知，甚至还包括嗅觉和味觉等，也称为多感知。自然技能是指人的头部转动、眼睛、手势或其他人体行为动作，由计算机来处理与参与者的动作相适应的数据，并对用户的输入做出实时响应，并分别反馈到用户的五官。传感设备是指三维交互设备。

<sup>①</sup> 牛华网. PlayStation VR 全面评测：最值得购买的虚拟现实头盔[DB/OL]. (2018 - 6 - 26). <http://digi.newhua.com/2016/1009/310503.shtml>.

<sup>②</sup> 齐鲁晚报. 中国移动、亮风台共同打造 MWC 智能 AR 办公场景[DB/OL]. (2018 - 6 - 26). <http://www.qlwb.com.cn/2016/0705/664586.shtml>.

虚拟现实的特性包括多感知性、存在感、交互性、自主性。理想的虚拟现实应该具有人所具有的感知功能。存在感指用户感到作为主角存在于模拟环境中的真实程度。理想的模拟环境应该达到用户难辨真假的程度。交互性指用户对模拟环境中物体的可操作程度和从环境得到反馈的自然程度。自主性指虚拟环境中的物体依据现实世界物理运动定律动作的程度。

增强现实技术是在虚拟现实技术的基础上发展而来的，因此二者具有紧密的联系；在感知技术、现实技术和交互技术方面具有类似的基础，但是二者存在着较大区别。虚拟现实使得用户从感官效果上沉浸在一个完全虚拟的环境中，完全隔绝现实世界；而增强现实使虚拟环境与用户周围的现实融为一体。但是，构建一个增强现实应用系统的目的并非以虚拟世界代替真实世界，而是利用附加的信息增强使用者对真实世界的观察和感知。增强的信息可以是虚拟的三维模型，也可以是真实物体的非几何信息。通俗地说，虚拟现实系统试图将世界送入使用者的计算机，而增强现实系统却是把计算机带进使用者的真实环境，在虚拟环境与真实世界之间架起一座桥梁。增强现实技术与虚拟现实技术的差异上要体现在以下方面<sup>①</sup>：

### 1. 两者对于感官的沉浸感的要求不同

虚拟现实系统强调在虚拟环境中视觉、听觉、触觉等感官的完全沉浸，强调将用户的感官与现实世界绝缘，使其沉浸在一个完全由计算机控制的信息空间中。这对显示设备要求非常高，通常需要借助能够将用户视觉与现实环境隔离的显示设备，一般采用沉浸式头盔显示器（immersive head - mounted display）。而与之相反，增强现实系统既不隔离周围的现实环境，而且强调用户在现实世界的存在性，并努力维持其感官效果的不变性。AR系统致力于将计算机产生的虚拟环境与真实环境融为一体，从而增强用户对真实环境的理解。这就需要借助能够将虚拟环境与真实环境融合的显示设备，如透视式头盔显示器（see - through head - mounted display）。

### 2. 增强现实技术和虚拟现实技术关于注册（registration）的含义和精度要求不同

在沉浸式虚拟现实系统中，注册是指呈现给用户的虚拟环境与用户的各种感官匹配。例如，当用户推开一扇虚拟门时，用户所看到的场景就应该同步地更新为屋里面的场景，例如一条虚拟小狗向用户跑过来，用户听到的吠

<sup>①</sup> 王涌天，陈靖，程德文. 增强现实技术导论 [M]. 北京：科学出版社，2015：5 - 6.

声就应该是由远及近变化，这种注册误差是视觉系统与其他感官系统以及本体感觉之间的冲突。而心理学研究表明，视觉比其他感觉往往占了上风。而在增强现实系统中，注册主要是指将计算机产生的虚拟物体与用户周围的真实环境全方位对准。而且，要求用户在真实环境的运动过程中维持正确的对准关系。较大的注册误差不仅不能使用户从感官上相信虚拟物体在真实环境中的存在性及一体性，甚至会改变用户对其周围环境的感受，改变了用户在真实环境中的动作协调性，严重的注册误差甚至会导致完全错误的行为。

### 3. 增强现实可以缓解对系统计算能力的苛刻要求

一般来说，要求虚拟现实系统精确再现人们周围的简单环境，需要付出巨大的代价，而其结果在当前技术条件下也不是很理想，其逼真程度与人的感官能力体会不是很匹配。而增强现实技术则是在充分利用周围已存在的大量信息基础上加以扩充，这就大大降低了对系统计算机图形捕捉和显示能力的要求，其技术难度比虚拟现实系统低，更容易实现。

### 4. 增强现实与虚拟现实应用领域的侧重点不同

虚拟现实系统强调用户在虚拟环境中的视觉、听觉、触觉等感官的完全沉浸，对于人的感官来说，它是真实存在的。而对于所构造的物体来说，它又是不存在的。因此，利用这一技术能模仿许多高成本的、危险的真实环境。其主要应用在虚拟教育、数据与模型的可视化、军事仿真训练、工程设计、城市规划、娱乐和艺术等方面。而增强现实系统并非以虚拟世界代替真实世界，而是利用附加信息增强使用者对真实世界的感官认识。因而其应用侧重于辅助教学与培训、医疗研究与解剖训练、军事侦察及作战指挥、精密仪器制造和维修、远程机器人控制等领域。例如在虚拟现实应用领域之一的虚拟教育中，学生可以通过虚拟的人体内脏，形象化地理解生理学和解剖学的基本理论。加州大学的霍夫曼（Hoffman）研制的增强现实系统可以带领学生进入虚拟人体的胃脏，检查胃溃疡并可以“抓取”它进行组织切片检查。在增强现实领域的辅助教学与培训中，不仅医生能够手持手术探针实时地对患者进行胸部活组织切片检查，而且增强现实系统可根据此时获得的切片组织情况决定手术探针的位置，指导医生完成手术。由于增强现实系统中真实环境的存在，用户不仅对融合环境的感知更加具有真实感，而且对虚拟环境的感知增强了。因而在某些应用领域，增强现实技术与虚拟现实技术相比更具感知优势。

## 第二节 增强现实的发展历史与应用领域

### 一、增强现实的发展历史<sup>①</sup>

1966年：第一台AR设备。计算机图形学和增强现实之父伊凡·萨瑟兰（Ivan Sutherland）开发出了第一套增强现实系统，是人类实现的第一个AR设备，被命名为达摩克利斯之剑（Sword of Damocles），同时也是第一套虚拟现实系统。这套系统使用一个头戴式光学透视显示器，同时配有两个6度追踪仪，一个是机械式，另一个是超声波式，头戴式显示器由其中之一进行追踪。受制于当时计算机的处理能力，这套系统将显示设备放置在用户头顶的天花板，并通过连接杆和头戴设备相连，能够将简单线框图转换为3D效果的图像。为什么要吊在天花板然后在戴到头上？因为当时技术并不发达，做出来的头戴显示器非常的笨重，如果直接佩戴会因为重量过大导致使用者断颈身亡，所以从头顶悬挂下来可以承受一定的重量。从某种程度上讲，萨瑟兰发明的这个AR头盔和现在的一些AR产品有着惊人的相似之处。当时的AR头盔除了无法实现娱乐功能以外，其他技术原理和现在的增强现实头盔没有什么本质区别。虽然这款产品被业界认为是虚拟现实和增强现实发展历程中里程碑式的作品，不过在当时除了得到大量科幻迷的热捧外，它并没有引起很大轰动。笨重的外表和粗糙的图像系统都大大限制了产品在普通消费者群体里的发展。

1992年：AR名称正式诞生。波音公司的研究人员汤姆·考德尔（Tom Caudell）和他的同事在开发头戴式显示系统，以使工程师能够使用叠加在电路板上的数字化增强现实图解来组装这个电路板上的复杂电线束。他们虚拟化了布线图，这极大地简化了之前使用大量不灵便的印刷电路板的系统。汤姆·考德尔等人在论文“*Augmented reality: an application of heads-up display*

<sup>①</sup> 安福双. 一文看懂AR增强现实50年发展历史[DB/OL]. (2018-6-26). [http://www.sohu.com/a/147115037\\_99899590](http://www.sohu.com/a/147115037_99899590).

*technology to manual manufacturing processes*”（“增强现实：平视显示器技术在手工制造过程中的应用”）中首次使用了增强现实（augmented reality）这个词，用来描述将计算机呈现的元素覆盖在真实世界上这一技术。考德尔等人讨论了增强现实相对于虚拟现实的优点，例如因为需要计算机呈现的元素相对较少，因此对处理能力的要求也较低；同时为了使得虚拟世界和真实世界更好地结合，对增强现实定位（registration）技术的要求在不断增强。1992年，两个早期的增强现实原型系统：Virtual Fixtures 虚拟帮助系统和 KARMA 机械师修理帮助系统，由美国空军的路易斯·罗森伯格（Louis Rosenberg）和哥伦比亚大学的 S. 费纳（S Feiner）等人分别提出。路易斯·罗森伯格在美国空军的阿姆斯特朗实验室中，开发出了 Virtual Fixtures。这个设备可以实现对机器的远程操作。而随后罗森伯格将研究方向转向了 AR 增强现实技术，包括如何将虚拟图像叠加至用户的真实世界画面中等各项研究，这也是当代增强现实技术讨论的热点。从那时开始，增强现实和虚拟现实的发展道路便分离开了。KARMA 的全称是基于知识的增强现实维修助手（knowledge-based augmented reality for maintenance assistance），是哥伦比亚大学计算机图形与交互实验室研发的一个 AR 协助维修设备的系统。他们使用头盔式显示器来辅助维修一台激光打印机。

1994年：AR 技术的首次表演。这一年，AR 技术首次在艺术上得到发挥。艺术家朱莉·马丁（Julie Martin）设计了一出叫赛博空间之舞（dancing in cyberspace）的表演。舞者作为现实存在，舞者会与投影到舞台上的虚拟内容进行交互，在虚拟的环境和物体之间婆婆，这是 AR 概念非常到位的诠释，也是世界上第一个增强现实戏剧作品。

1997年：AR 定义确定。罗纳德·阿祖玛（Ronald Azuma）发布了第一个关于增强现实的报告。在其报告中，他提出了一个已被广泛接受的增强现实定义，这个定义包含三个特征：将虚拟和现实结合；实时互动；基于三维的配准（又称注册、匹配或对准）。二十年过去了，AR 已经有了长足的发展，系统实现的重心和难点也随之变化，但是这三个要素基本上还是 AR 系统中不可或缺的。同年，哥伦比亚大学的史蒂夫·芬纳（Steve Feiner）等人发布了游览机器（Touring Machine），这是第一个室外移动增强现实系统。这套系统包括一个带有完整方向追踪器的透视头戴式显示器；一个捆绑了电脑、GPS 和用于无线网络访问的数字无线背包；和一台配有光笔和触控界面的手持式电脑。

1998年：AR 第一次用于直播。当时体育转播图文包装和运动数据追踪

领域的公司 Sport - vision 开发了 AR 直播系统。在实况橄榄球直播中，其首次实现了“第一次进攻”黄色线在电视屏幕上的可视化。最初这项技术是针对冰球运动开发的，其中的蓝色光晕被用以标记冰球所处的位置。其实现在我们每次看游泳比赛时，每个泳道都会显示出选手的名字、国旗以及排名，这就是 AR 技术。

1999 年：带来 APP 革命的第一个增强现实软件开发包（software development kit, SDK）。日本奈良先端科学技术学院（Nara Institute of Science and Technology）的加藤弘一（Hirokazu Kato）教授和马克·比林赫斯特（Mark Billinghurst）教授共同开发了第一个 AR 开源框架 AR ToolKit。AR Toolkit 基于 GPL 开源协议发布，是一个 6 度姿势追踪库，使用直角基准（square fiducials）和基于模板的方法来进行识别。AR Toolkit 的出现使得 AR 技术不仅仅局限在专业的研究机构之中，许多普通程序员也都可以利用 AR Toolkit 开发自己的 AR 应用。早期的 AR Toolkit 可以识别和追踪一个黑白的标记点（Marker），并在黑白的 Marker 上显示 3D 图像。直到今天，AR Toolkit 依然是非常流行的 AR 开源框架，支持几乎所有主流平台。

在 2005 年，AR Toolkit 与 SDK 相结合，可以为早期的塞班智能手机提供服务。开发者通过 SDK 启用 AR Toolkit 的视频跟踪功能，可以实时计算出手机摄像头与真实环境中特定标志之间的相对方位。这种技术被看作是增强现实技术的一场革命，目前在 Android 和 iOS 设备中，AR Toolkit 仍有应用。

德国联邦教育和研究部在 1999 年启动了一项投资 2100 万欧元的工业 AR 项目，名为 ARVIKA（Augmented Reality for Development, Production, and Servicing，用于开发、生产和服务的增强现实技术）。来自工业和学术界的 20 多个研究小组致力于开发用于工业应用的 AR 系统。该计划提高了全球在专业领域中对 AR 的认识，也催生了许多类似的计划。这是 AR 首次大规模服务于工业生产。

2000 年：第一款 AR 游戏。布鲁斯·托马斯（Bruce Thomas）等人发布的 AR - Quake，是流行电脑游戏 Quake（雷神之锤）的扩展。AR - Quake 是一个基于 6 度姿势追踪系统的第一人称应用，这个追踪系统使用了 GPS、数字罗盘和基于标记的视觉追踪系统。使用者背着一个可穿戴式电脑的背包，戴着一台头盔式显示器和一个只有两个按钮的输入器。这款游戏在室内或室外都能进行，一般游戏中的鼠标和键盘操作由使用者在实际环境中的活动与简单输入界面代替。

2001 年：可扫万物的 AR 浏览器。麦金太尔（Macintyre）等人开发出第