

Interactive Spatial Augmented Reality Technology
for Stage Performance and Presentation

舞台展演交互式 空间增强现实技术

张燕翔 等 著

中国科学技术大学出版社

舞台展演交互式 空间增强现实技术

张燕翔 等 著

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书对空间增强现实技术的概况、空间增强现实技术在舞台上的应用现状进行了介绍,着重介绍了基于国家科技支撑计划项目在戏曲舞台上应用增强现实技术所做的各种技术探索和技术开发,探索了在舞台演出环境中通过对空间增强现实技术进行交互式拓展,并将其应用于戏曲表演,从而实现演出艺术效果的提升,同时论述了由此带来的对舞台艺术审美形态的改变。

本书适合对 3D 舞台及增强现实技术感兴趣的研究人员及相关从业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

舞台展演交互式空间增强现实技术/张燕翔等著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2018.2

ISBN 978-7-312-04338-3

I. 舞… II. 张… III. 舞台布景—研究 IV. J814.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 326966 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
<https://zgkxjsdxcb.com>
印刷 安徽省瑞隆印务有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×1000 mm 1/16
印张 15.5
字数 321 千
版次 2018 年 2 月第 1 版
印次 2018 年 2 月第 1 次印刷
定价 48.00 元

前 言

随着虚拟现实及增强现实技术的迅速发展,它们在各个领域的应用越来越深入,近年来,基于移动终端面向单用户体验的增强现实技术已经衍生出丰富多样的应用,而空间增强现实技术作为增强现实技术的一种特别的形态,也在面向多用户展示的领域发挥着独特的优势。在一些电视节目制作的舞台空间里,增强现实技术也开始得到应用。

然而,增强现实技术在舞台空间里的应用目前已经出现的多数情形是简单地实现虚拟元素融入视频画面,交互性的特征仍然较为少见。另外,传统戏曲艺术在新媒体潮流之下也开始探索数字技术的融入,在戏曲舞台上应用3D技术尤其是增强现实技术以提升其演出效果,已经成为一个极具价值的探索方向并且能够为演出行业的发展带来全新的业态。在这种情形下,我们的技术团队与安徽演艺集团于2012年联合申报科技与文化融合-国家科技支撑计划项目“戏曲舞台3D效果技术集成与应用示范”,该项目于2014年正式获批,自此我们开始了将3D技术、空间增强现实技术等应用于戏曲表演的探索,并且发表了系列论文、专利,申请了软件著作权,而本书则是这些技术研发工作的一个总结。

本书的撰写还有多位项目组成员共同参与,具体分工如下:王中贝,第一章;赵晴晴、张燕翔,第二章;Abassin Fangbemi、张伟伟,第三章;张燕翔、朱梓强,第四章;Abassin Fangbemi、马鹏飞,第五章;张燕翔、叶卉、王中贝,第六章;张燕翔、Abassin Fangbemi、李陆洋,第七章;马鹏飞、朱梓强、张燕翔,第八章;张燕翔、Abassin Fangbemi、Clayton,第九章;黄荣丽,第十章;张燕翔、张伟伟,第十一章。

本书所提出的舞台展演交互式空间增强现实技术,不仅可以应用于戏曲

舞台的效果提升,其实还可以应用于在舞台上进行展示演出的各种情形,我们希望本书能够为相关的从业者提供一些借鉴和参考,不足之处希望读者朋友能够批评指正,让我们共同为繁荣新媒体时代下的文化事业做出贡献。

作者

2017年8月

目 录

前言	(i)
第 1 章 从虚拟现实到增强现实	(1)
1.1 什么是虚拟现实	(1)
1.2 虚拟现实技术的发展简史	(2)
1.3 虚拟现实系统的分类	(3)
1.4 增强现实相关技术	(9)
1.5 增强现实技术的应用	(16)
参考文献	(26)
第 2 章 从增强现实到空间增强现实	(28)
2.1 用户角色从第一人称到第三人称的变迁	(28)
2.2 屏幕与现实的虚实融合	(29)
2.3 空间增强现实:显示介质在现实空间的延展	(46)
2.4 实物作为显示介质的投影呈现——无缝无失真外投球幕	(66)
参考文献	(69)
第 3 章 3D 及增强现实与舞台戏曲融合的意义	(75)
3.1 戏剧与舞台美术	(75)
3.2 3D 技术与戏剧融合的概况	(76)
3.3 3D 技术与舞台	(77)
3.4 3D 技术融入舞台美术设计	(78)
参考文献	(82)

第4章 空间增强现实在舞台上的应用与挑战	(83)
4.1 技术和表演	(83)
4.2 数字化表演	(84)
4.3 空间增强现实现场表演舞台的全新设计	(96)
4.4 现场表演舞台空间增强现实系统	(101)
参考文献	(103)
第5章 动作识别	(106)
5.1 手势识别技术概述	(107)
5.2 手势识别的特征提取技术概述	(118)
5.3 手势识别的分类算法概述	(121)
参考文献	(126)
第6章 舞台上的虚拟影像呈现	(132)
6.1 舞台与虚拟背景的虚实结合营造幻境	(132)
6.2 立体影像技术在舞台上的应用	(134)
6.3 立体影像最佳立体效果的参数控制	(138)
6.4 三维全景与舞台真实环境呈现	(151)
6.5 3D 特效技术在舞台上的移植应用	(155)
参考文献	(161)
第7章 戏剧舞台上的虚实互动	(163)
7.1 增强现实与戏剧的融合	(163)
7.2 舞台互动戏剧:一种第三人称的增强现实	(164)
7.3 基于使用 Kinect Studio、Visual Gesture Builder 和 Unity3D 自定义 动作识别的交互应用开发	(170)
7.4 演员表演与舞台背景的互动	(179)
7.5 基于动作捕捉进行戏剧舞蹈动作优化设计	(190)
参考文献	(191)
第8章 增强现实舞台开发实例	(193)
8.1 实例介绍	(193)

8.2 软硬件准备	(197)
8.3 实现流程	(199)
参考文献	(217)
第 9 章 真实舞台向虚拟空间的迁移:基于虚拟现实空间的	
交互式 3D 交响曲	(218)
9.1 3D 声音与音乐	(219)
9.2 3D 交响乐的设计和实现	(219)
9.3 技术实现	(220)
参考文献	(223)
第 10 章 增强现实技术融合下的戏曲艺术探析	(224)
10.1 引言	(224)
10.2 增强现实技术与戏曲融合的探索	(225)
10.3 观众体验	(228)
10.4 经济、文化与社会效益	(232)
10.5 总结与思考	(233)
参考文献	(234)
第 11 章 3D 舞台对感官审美的立体化融合	(236)
11.1 体验是 3D 技术与舞台融合艺术美感的重要内容	(236)
11.2 从人类信息感知系统看数字化虚拟信息的审美局限性	(237)
11.3 3D 技术与舞台融合对艺术体验的意义	(239)
11.4 3D 技术与舞台融合艺术的美感具有阶段性和历史性	(239)
11.5 3D 技术与舞台融合理念之下新艺术的审美构成	(240)
参考文献	(240)

第 1 章 从虚拟现实到增强现实

1.1 什么是虚拟现实

虚拟现实(Virtual Reality, VR),早期译为“灵境技术”。虚拟现实是多媒体技术的终极应用形式,它是集计算机软硬件技术、传感技术、机器人技术、人工智能及行为心理学等科学领域飞速发展的结晶,主要依赖于三维实时图形显示、三维定位跟踪、触觉及嗅觉传感技术、人工智能技术、高速计算与并行计算技术等多项关键技术,以及人的行为学研究的发展。随着虚拟现实技术的发展,真正地实现虚拟现实对人类的生活与发展引起了很大的变革。人们戴上立体眼镜、数据手套等特制的传感设备,面对一种三维的模拟现实,仿佛置身于一个具有三维空间的视觉、听觉、触觉甚至嗅觉的感觉世界,并且人可以通过其自然技能与这个环境相应的设施进行信息交互。

简而言之,虚拟现实是采用计算机信息技术生成的一个逼真的视觉、听觉、触觉及嗅觉等的感官世界,并且用户可以运用人的自然技能与这个生成的虚拟实体进行交互考察。这个概念有以下三个关键点:

(1) 逼真。虚拟实体是利用计算机来生成的一个逼真的实体。“逼真”就是要实现三维的视觉、听觉,甚至包括三维的触感、嗅觉等。

(2) 自然技能。用户可以通过人的自然技能与这个环境交互。这些技能可以是人的头部转动、眼动、手势或其他身体动作。

(3) 交互。虚拟现实往往要借助于一些三维传感设备来完成交互动作。常用的设备有头盔立体显示器、数据手套、数据服装、三维鼠标等。

目前,全世界的科技工作者都在积极地研究虚拟现实的相关技术和进行内容

生产。一些数据手套与头盔等 VR 设备已经研制出来,虽然离完全意义上的虚拟现实还有一段距离,但是可以确信的是,在不远的将来,虚拟现实技术带来的产业变革将会极大地改变人类的生活状态。

1.2 虚拟现实技术的发展简史

早在 20 世纪 40 年代,美国就已开始了飞行模拟器的设计。随着计算机技术尤其是计算机图形技术的发展,这种模拟器又发展为大屏幕显示器和全景式情景产生器。1965 年,Ivan Sutherland(被称为“计算机图形学之父”,见图 1-1)发表论文《The Ultimate Display》(终极的显示),描述了一种把计算机屏幕作为观察虚拟世界窗口的设想,这被看作是虚拟现实技术研究的开端。1968 年,Ivan Sutherland 又提出了头盔式三维显示装置的设计思想并给出一种设计模型,奠定了三维立体显示技术的基础。之后在此领域一直没有突破性的发展,直到 20 世纪 80 年代初,才由 Jaron Lanier 正式提出“Virtual Reality”这一名词,同时一系列更加完善的仿真传感设备(如头盔式三维显示器、数据手套、数据衣、立体声耳机等)及相应的计算机软硬件系统被研制出来。到了 20 世纪 90 年代,对 VR 技术的研究更加普遍,发展也更为迅速。

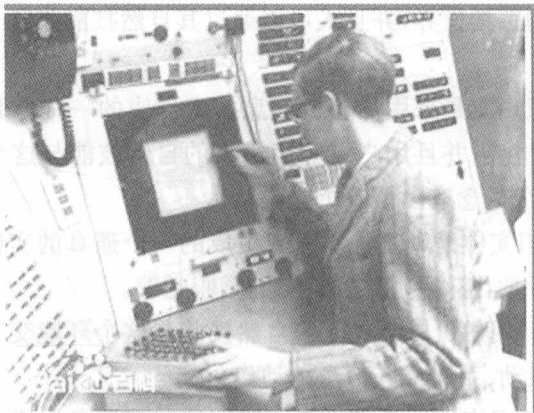


图 1-1 Ivan Sutherland

(图片来源:百度百科)

1.3 虚拟现实系统的分类

1.3.1 非沉浸式虚拟现实系统

非沉浸式虚拟现实系统,也叫桌面虚拟现实系统,此类系统的分辨率较高,成本较低。它采用标准显示器、立体显示、立体声音技术,并可利用多种空间操纵设备(如三维鼠标、空间球、数据手套等)进行操纵。使用时,用户可设定一个虚拟观察者的位置,然后对虚拟对象进行操纵。此系统主要用于 CAD/CAM、建筑设计等领域。目前它有以下几种类型:

(1) 全景视频系统:用连续拍摄的图像和视频在计算机中拼接建立的实景化虚拟空间,如图 1-2 所示^[1]。

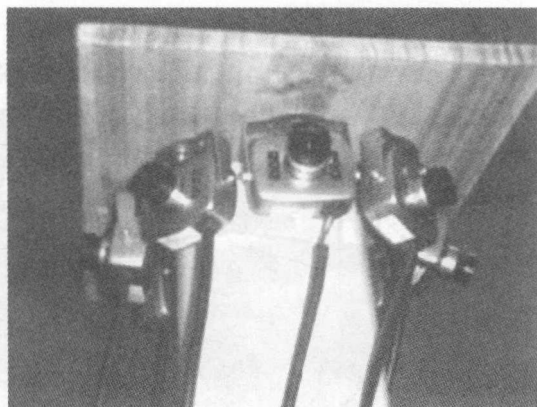


图 1-2 全景视频系统

(2) 基于座舱的系统:作为一种最具历史的虚拟现实模拟器,座舱并不属于完全沉浸的系统范畴。在座舱系统中,参与者可以通过座舱的窗口(由一个或多个显示器组成,用来显示虚拟情景)观看虚拟的世界,同时可以利用一些设备来控制虚拟环境并与其他座舱的人进行交互,如图 1-3 所示。

(3) 桌面虚拟现实 CAD 系统:对虚拟世界进行建模,通过计算机显示器可进行观察并可自由地控制观察者的视点和视角,如图 1-4 所示。

(4) 基于剧情的虚拟现实系统: 此类系统一般可用一些剧情发生器产生相应的外部信息效果, 然后按传统计算机显示方式提供给参与者; 参与者可以对数据进行控制并使剧情发生器产生反应。



图 1-3 洛克希德马丁公司的 F-35 闪电 II 型模拟器

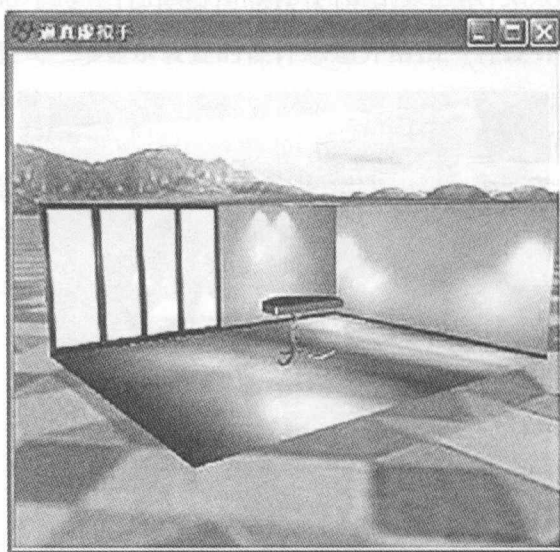


图 1-4 三维虚拟场景

1.3.2 沉浸式虚拟现实系统

这种系统利用头盔显示器或其他设备把用户的视觉、听觉等感觉封闭起来, 然后提供一个新的虚拟的感官空间, 使之产生一种身在虚拟环境中却能全身心投入

并沉浸其中的错觉。此类系统包括以下几种：

(1) 基于头盔的系统:根据应用场景的不同,系统将提供能够随头部转动而产生的立体视觉、三维空间声音和语音,如图 1-5 所示。识别能力是基于人的眼睛、肢体等提供的动作输入(如数据手套、数据衣等)而产生的。这是一种能够达到完全沉浸感觉的系统。



图 1-5 Oculus Rift

(图片来源:百度百科)

(2) 投影虚拟现实系统:参与者的动作可以实时地与虚拟环境交互。如 Catopsys 公司在 Kickstarter 众筹网站推出了一款名为“Immersis”的虚拟现实投影仪(见图 1-6),内置了一颗 180°鱼眼镜头,能够向房间墙壁投射出沉浸式的影像,以实现虚拟现实体验,如图 1-7 所示。投影仪能够根据房间的大小进行自动 3D 建

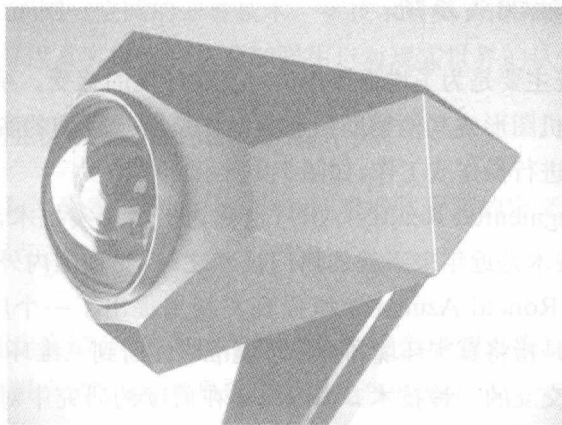


图 1-6 Immersis 虚拟现实投影仪

模,实现完全自动化的输出,而不需要复杂的手动调试。

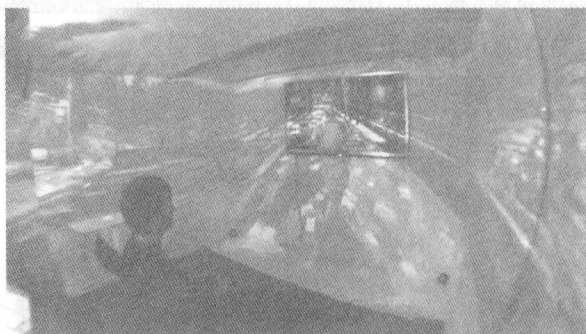


图 1-7 Immersis 虚拟现实投影仪投影画面

(3) 遥在系统:是一种虚拟现实与机器人技术结合的系统。操作员通过立体显示器获得深度感,或通过头盔与远地的摄像机相连,通过运动跟踪与反馈装置跟踪操作员的运动、反馈远地的运动过程(如阻尼、碰撞等),并把动作传送到远地完成结果。

1.3.3 分布式虚拟现实系统

分布式虚拟现实系统是建立在沉浸式虚拟现实系统和分布式交互仿真技术的基础之上的,目前有两种形式:分布式交互仿真系统(如 SIMNET 交互仿真系统)和赛博空间(CyberSpace)。

1.3.4 增强现实系统

增强现实系统主要是为了增强操作员对真实环境的感受。系统采用穿透型头戴显示器,将计算机图形或其他辅助信息与操作员所观察到的实际环境叠加到一起,以协助操作员进行操作或工作,如图 1-8 所示。

增强现实(Augmented Reality, AR),也称为扩增现实技术,发源于虚拟现实技术。增强现实技术是近年来兴起的热门技术之一,受到国内外众多研究者的广泛关注。1997 年, Ronald Azuma 对增强现实技术提出了一个广泛的定义,他认为,增强现实技术是指将真实环境和虚拟环境准确注册到三维环境,使虚拟与现实相融合,实现实时交互的一种技术。Milgram 在后续的研究中对增强现实重新进行了定义,他认为增强现实技术是一个从真实环境到虚拟环境的连续统一体,如图 1-9 所示。增强现实靠近真实世界的一端,用计算机生成的数据可以增强真实环

境,加强用户对环境的理解。

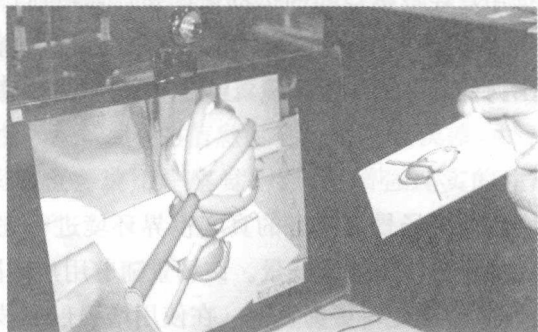


图 1-8 增强现实示意图

(图片来源:中国科学技术大学数字文化中心)

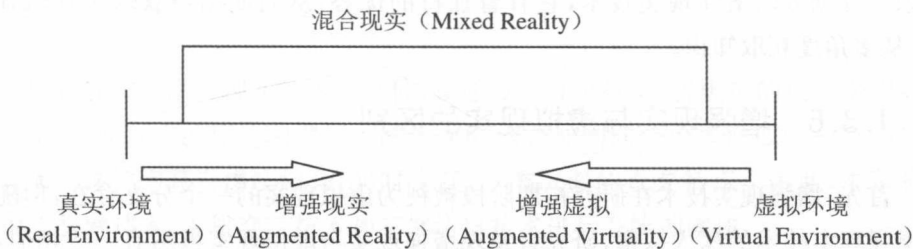


图 1-9 Milgram 对增强现实技术的定义

根据相关文献检索和实践,笔者认为增强现实是虚拟现实技术的延伸,是通过计算机技术,将虚拟的信息应用到真实的世界,使真实的环境和虚拟的物体实时地叠加到同一个画面或同一空间的一种技术。该技术对真实世界起到扩张和补充的作用(而不是完全替代真实世界),从而加强用户对现实世界的认知。

1.3.5 增强现实技术的三个特点

根据美国 HRL 实验室的 Ronald Azuma 对增强现实的定义,增强现实技术具有以下三个重要特点:

1. 虚实结合

增强现实强调虚实结合,将虚拟的物体叠加或合成到真实世界。它允许参与者看见虚拟和现实融合的世界,增强现实是强化真实而不是完全替代它。因此,通过真实环境与虚拟环境的融合,用户可以更方便地对内容进行细致的观察,探索其奥秘,实现虚实结合的最佳效果。

2. 三维沉浸

三维沉浸即根据用户在三维空间的运动来调整计算机所产生的虚拟信息,让用户沉浸其中的认知体验与在真实物理世界的认知体验相似或者相同。该增强现实技术给用户构建出“真实感”的体验环境,让用户更易融入虚实结合的环境,实现三维沉浸。

3. 实时交互

增强现实技术利用虚拟场景与已有的真实世界环境进行完美融合,为用户提供一种具有“真实感”的复合视觉效果场景。该场景随着用户周围真实世界的改变而变化,使这种复合视觉效果变得更为真实。在使用增强现实技术过程中,虚拟物体还可以与用户或真实物体以一种自然的方式进行互动,如用户可以通过实时操作交互、多感官输入信息的认知交互、全身心体验的情感交融,在认知体验和知识获取及互动方面增强现实技术,它有着独特的优势,从而使用户获取多种认知体验,从多角度获取知识。

1.3.6 增强现实与虚拟现实的区别

首先,增强现实技术在研究初期阶段被视为虚拟现实的一个分支存在,但随着对增强现实技术的深入探索,研究者发现增强现实与虚拟现实虽然有一些相似,但是本质却不尽相同。虚拟现实技术让用户与虚拟的物体进行交互,用户接触的所有场景都是计算机通过一定的程序生成的虚拟图像,用户的感受完全是基于虚拟场景产生的。而增强现实技术是通过计算机技术,将虚拟的信息应用到真实的世界,真实的环境和虚拟的物体实时地叠加到同一个画面或同一空间。该技术是基于用户接触的真实环境叠加一些虚拟场景,建构了一个虚实结合、三维沉浸的新环境,但是用户仍然保持对真实场景的感知。

其次,虚拟现实和增强现实的沉浸感偏向对象也不同,由 Milgram 对增强现实技术的定义可以看出,增强现实偏向于真实世界,而虚拟现实则完全处于虚拟状态,由此导致两者的三维注册完全不同。虚拟现实系统的注册是指呈现给用户的虚拟环境与用户的各感官匹配;而增强现实系统的注册主要是指将计算机产生的虚拟图像与用户周围的真实环境全方位匹配。虚拟现实技术要求系统能够产生与用户运动状态相匹配的虚拟图像输出,即虚拟图像与用户运动状态保持同步。由于虚拟现实图像与用户感官并没有必然联系,两者之间的协调是由传感器来完成的,注册误差在用户看来就是视觉系统与运动系统之间的不一致性。心理学研究表明,视觉往往强于其他感官所带来的体验感受,但当用户在适应一段时间

后可以克服这种差异带来的不适应。因而虚拟现实的注册精度可以适当放宽。而增强现实则要求系统根据人头部位置和指向(根据系统显示方式的不同,也可能是根据实际环境中注册标记的位置的角度)确定所要添加的虚拟信息在真实环境坐标中的映射位置,从而产生与真实环境相匹配的虚拟信息输出。当注册错误出现在用户融合两个通道的信息时会产生视觉误差,由于人眼的敏感性,即使是一个像素的误差也会被用户察觉。因此,增强现实的注册精度要求远比虚拟现实严格。

1.4 增强现实相关技术

增强现实是虚拟现实技术的延伸,是通过计算机技术,将虚拟的信息应用到真实的世界,使真实的环境和虚拟的图像实时地叠加到同一个画面或同一空间的一种技术。该技术具有虚实结合、实时交互、三维沉浸的重要特点。因此,本节将通过虚实交融技术、人机交互技术和三维注册技术进行系统的阐述。

1.4.1 虚实交融

虚实交融技术是指将虚拟世界的信息与真实世界的信息合成一致性的技术。在增强现实技术中,虚实交融技术尤其受到关注。增强现实技术中的虚实交融技术指让三维虚拟模型和用户周围的真实环境融合在一起,叠加的层次几乎使用户察觉不到。由于真实世界中的环境、光照等会因时间地点不同而不尽相同,如何让虚拟的三维模型更逼真地贴近、融入用户所在环境是目前虚实交融技术重点研究的问题。

1. 光照一致性

根据真实世界物体和环境的自然光照规律,用相关计算机软件(如 Maya 等)渲染出虚拟逼真的光照效果(如反射、漫反射等),使得虚拟三维模型和真实世界的光照尽可能逼真,实现虚拟光照的一致性。

2. 遮挡一致性

真实世界的物体并不是单独存在于用户面前的,而是各种组件及各个物体交互遮挡,实现真实世界的一种独特层次感。遮挡一致性则是为了解决虚拟世界的