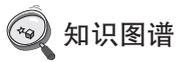
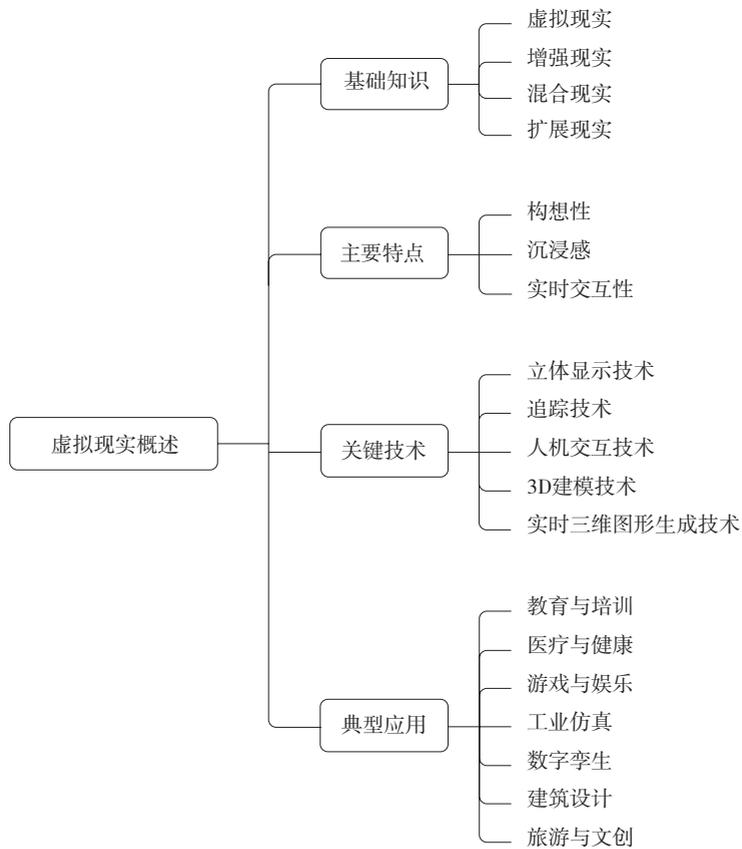


第 1 章

虚拟现实概述



知识图谱



 **学习目标**

1. 理解虚拟现实的基本概念，以及与增强现实、混合现实、扩展现实的区别；
2. 掌握虚拟现实的主要特点；
3. 了解虚拟现实技术的关键技术有哪些；
4. 了解虚拟现实技术的典型应用场景。

 **素养目标**

1. 培养科技报国情怀，认识虚拟现实技术在国家发展战略中的重要作用，增强服务数字中国建设的使命感；
2. 树立技术伦理意识，辩证看待虚拟现实技术发展带来的隐私泄露、信息安全隐患等社会伦理问题；
3. 培育创新协作精神，理解虚拟现实技术跨学科融合特性，强化科技自立自强与团队协同攻关意识。

 **重点与难点**

1. 虚拟现实技术与增强现实、混合现实技术的区别与联系；
2. 实现虚拟现实的关键技术的基本原理。

虚拟现实（virtual reality, VR）又称灵境技术，是利用计算机模拟产生一个三维空间的虚拟世界，给使用者提供视觉、听觉、触觉等感官的模拟，让体验者身临其境地感受其中的场景，实时观察三维空间内的事物并与之进行交互。VR 技术集成了计算机图形技术、人机接口技术、多媒体技术、人工智能技术、传感器技术、3D（三维）显示技术、网络并行处理、高性能计算等技术的最新发展成果，是富有挑战性的交叉学科和前沿技术研究领域，在教育、军事、工业、艺术与娱乐、医疗、数字孪生、城市仿真、科学计算可视化、元宇宙开发等领域有着广泛的应用。本章将 VR 及其延伸的增强现实、混合现实、扩展现实等技术进行深度解读，对 VR 技术的主要特点、关键技术等进行全面阐述，最后介绍 VR 在多个领域的典型应用。

1.1 基础知识

1.1.1 虚拟现实

VR 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，使用户沉浸到该环境中。VR 技术利用现实生活中的数据，通过计算机技术产生的数字信号，将其与各种输出设备结合，使其转化为能够让人们感受到的现象，这些现象可以是现实中真真切切的物体，也可以是我们肉眼所看不到的物体，通过三维模型表现出来。因为这些现象不是我们直接所能看到的，而是通过计算机技术模拟出来的物体、环境并与之交互，故称为虚拟现实。

VR 技术受到了越来越多的认可，用户可以在虚拟现实世界体验到最真实的感受，其模拟环境的真实性与现实世界难辨真假，让人有种身临其境的感觉。同时，VR 具有人类的感知功能，比如听觉、视觉、触觉等感知系统。此外，它具有超强的仿真功能，真正实现了人机交互，使人在操作过程中可以随意操作并且得到环境最真实的反馈。正是 VR 技术所具有的存在性、多感知性、交互性等特征，使它受到了许多人的喜爱，并得到广泛应用。

目前，VR 技术的交互设备主要为头戴显示器、数字头盔以及一些定位器、操作手柄、传感器等，典型设备有 PICO、Meta（原 Oculus）Quest、HTC Vive 等，如图 1-1 所示。

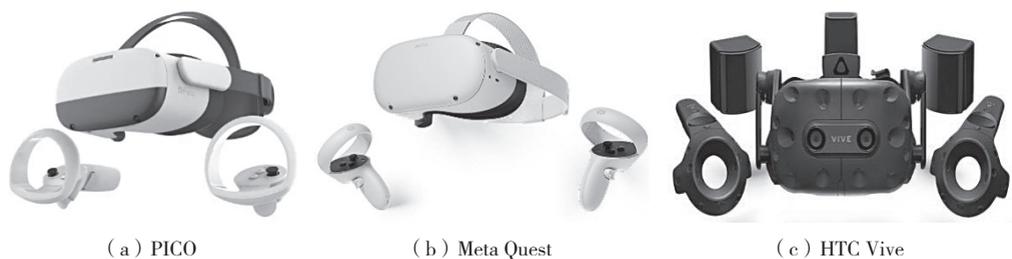


图 1-1 典型的 VR 设备

1.1.2 增强现实

增强现实（augmented reality，AR）是一种将虚拟信息与真实世界巧妙融合的技术，广泛运用了多媒体、三维建模、实时跟踪及注册、智能交互、传感等多种技术手段，将计算机生成的文字、图像、三维模型、音乐、视频等虚拟信息

模拟仿真后，应用到真实世界中，两种信息互为补充，从而实现对真实世界的“增强”。

AR 技术不仅能够有效体现出真实世界的内容，也能够将虚拟的信息内容显示出来，这些信息内容相互补充和叠加。在视觉化的 AR 中，用户需要在头盔显示器的基础上，将真实世界和计算机图形重合在一起，在重合之后可以充分看到真实的世界围绕着自己。AR 技术主要包括多媒体、三维建模以及场景融合等新的技术和手段，AR 所提供的信息内容和人类能够感知的信息内容之间存在着明显不同。

与 VR 不同的是，AR 一般不需要专业性的设备，可以直接用智能手机或平板电脑等配合 AR 软件来进行操作，如图 1-2 所示。



图 1-2 AR 应用举例

VR 强调沉浸感和完整的虚拟现实体验，由于虚拟场景采用人工产生，不要求与实体交互，因此 VR 避免真实场景画面进入眼睛，尽可能让虚拟场景占满整个视野，禁止外界光线进入。而 AR 强调的是现场感，展现的内容和现场息息相关，AR 的重点是要尽可能将真实现场画面占满学习者整个视野，让学习者很自然地观察真实现场，同时兼具信息叠加。

VR 和 AR 的共同点都是使用计算机建模技术绘制虚拟图像，可以实现模型共享。但是 VR 对图像的逼真度要求更高，因而对计算机的图像绘制性能要求高，往往需要配置高性能的 GPU（graphics processing unit）图形处理设备，而 AR 中大部分图像是通过镜片透射或摄像头拍摄，以信息性为主，对图像逼真度要求较低，但需要对场景进行理解，并且需要实时运行，因此 AR 对 GPU 的运算性能要求较高。

1.1.3 混合现实

混合现实（mixed reality, MR）是 VR 技术的进一步发展，其既包括增强现实又包括增强虚拟。如果一切事物都是虚拟的，那就是 VR。如果展现出来的虚拟信

息只能简单叠加在现实事物上，那就是 AR。MR 技术通过在虚拟环境中引入现实场景信息，在虚拟世界、现实世界和用户之间搭建一个交互反馈的信息回路，在新的可视化环境里物理对象和数字对象共存，并实时互动，以增强用户体验的真实感。MR 技术目前主要向可穿戴设备方向发展，其代表为 Shadow Creator Action One、苹果 Vision Pro、微软 HoloLens、Magic Leap 等，如图 1-3 所示。MR 技术可以给使用者展示融合现实世界场景的高清全息影像，通过手势识别这一最自然的操作方式来实现模拟。



图 1-3 典型 MR 设备

MR 要求现实与虚拟完全融合，不能只将虚拟图像覆盖在真实图像上，虚拟图像中的物体具有三维坐标和景深信息，虚拟物体和真实场景中的物体要能够相互遮挡，具有真实空间感和光照感。具体而言，MR 强调虚拟图像的真实性，需要和真实场景进行像素级交叉和遮挡，要求虚拟场景具有真实的光照，从而和真实场景自然地混合在一起。MR 和 AR 都是对现实的增强，与 AR 比较起来，MR 更加强强调虚拟图像的信息性，需要在正确的位置出现，给用户增加信息量，但对真实场景的遮挡和光照不做强调。可见，AR 对虚拟图像的真实感不做严格要求，而 MR 对虚拟图像具有真实感要求，因此 AR 的定义比 MR 更加宽泛。

1.1.4 扩展现实

扩展现实 (extended reality, XR) 是指通过计算机将真实与虚拟相结合，打造一个可人机交互的虚拟环境。扩展现实包括增强现实、虚拟现实、混合现实等多种形式，是 AR、VR、MR 等多种技术的集成应用。XR 通过将三者的视觉交互技术相融合，为体验者带来虚拟世界与现实世界之间无缝转换的“沉浸感”，如图 1-4 所示。随着 XR 技术的日渐成熟，“云”活动、虚拟世界、元宇宙等 XR 应用场景近年来开始走进大众生活，拓展出新的消费市场。



图 1-4 XR 扩展现实应用

1.2 主要特点

虚拟现实技术主要通过虚拟环境表示的准确性、虚拟环境感知信息合成的真实性、人与虚拟环境交互的自然性、实时显示、图形生成、智能技术等问题的解决，让用户能够身临其境般感知虚拟环境，从而达到感知、探索、认识客观事物的目的。

虚拟现实具有三个重要特征——构想性、沉浸感、实时交互性，它们常被称为虚拟现实的“3I”特征。

1.2.1 构想性

构想性 (imagination) 又称想象性，是指虚拟的环境是人想象出来的，同时这种想象体现出设计者相应的思想，因而可以用来实现一定的目标。所以说虚拟现实技术不仅是一个媒介或一个高级用户界面，同时它还是为解决工程、医学、军事等方面的问题而由开发者设计出来的应用软件。

VR 技术的应用为人类认识世界提供了一种全新的方法和手段，可以使人类跨越时间与空间，去经历和体验世界上早已发生或尚未发生的事件，可以使人类突破生理上的限制，进入宏观或者微观世界来进行研究和探索，也可以模拟因条件限制等原因而难以实现的事情。

例如，在建设一座大楼之前，传统的方法是要绘制各种图纸，而采用 VR 技术进行设计与仿真，制作的 VR 作品反映的就是某个设计中的思想，而它的功能远比那些呆板的图样生动强大得多，所以业界也称 VR 为放大人们心灵的工具或者人工现实 (artificial reality)。再比如焊接技能的学习、医疗手术的模拟与训练、飞行员挑战性场景的学习与训练等，这些问题如果采用传统方式去解决，必然要花费大量的人力、物力，漫长的时间以及面临各种潜在风险，因为有些是极少出现的场

景,有些是无法进行的场景,有些是需要反复大量训练才能完成的场景。VR技术为解决和处理这些问题提供了新的方法及思路,人们借助VR技术,沉浸在多维信息空间中,依靠自己的感知和认知能力全方位地获取知识,发挥主观能动性,寻求答案,找到新的解决问题的方法和手段。

1.2.2 沉浸感

沉浸感(immersion)是指用户感受到被虚拟世界所包围,好像完全置身于虚拟世界之中一样。虚拟现实技术最主要的技术特征是让用户觉得自己是计算机系统所创建的虚拟世界中的一部分,使用户由观察者变成参与者,沉浸其中并参与虚拟世界的活动。虚拟现实技术能够将用户完全沉浸到模拟的虚拟环境中,通过使用头戴式显示器、手柄、手套等设备,用户可以获得身临其境的体验。

虚拟现实的沉浸感来源于对虚拟世界的多感知性,除了常见的视觉感知外,还可以叠加听觉感知、力觉感知、触觉感知、运动感知、味觉感知、嗅觉感知等。理论上来说,虚拟现实系统应该具备人在现实世界中具有的所有感知功能,但鉴于目前技术的局限性,在现有的虚拟现实系统的研究与应用中,较为成熟或相对成熟的主要是视觉沉浸、听觉沉浸、触觉沉浸技术,而有关味觉与嗅觉的感知技术正在研究之中,目前还不成熟。

视觉沉浸:VR系统向用户提供虚拟世界真实的、直观的三维立体视图,并直接接受用户的控制,随着体验者的运动,所看到的场景也随之实时地发生改变,呈现出和真实世界中人眼看外部场景一样的视觉沉浸。

听觉沉浸:在VR系统中,体验者可以感觉到三维空间的虚拟声音,这与普通立体声不一样。普通立体声可使人感觉声音来自某个平面,而三维虚拟声音可以使体验者感觉到声音来自一个围绕双耳的球形空间的任何位置。它可以模拟大范围的声音效果,如闪电、雷鸣、波浪声等自然现象的声音。在沉浸式三维虚拟世界中,两个物体碰撞时,也会出现碰撞声音,让用户能根据声音准确判断出碰撞发生的位置。

触觉沉浸:在虚拟世界中,用户可以借助各种相应的交互设备,体验抓、握等操作的感觉。当然,从现在技术来说不可能达到与真实世界完全相同的触觉沉浸,目前的技术水平主要侧重于力反馈方面,如可以使用充气式手套,在虚拟世界中与物体相接触,产生与真实世界相同的感觉,如在体验某个住宅小区的样本

房时，用手推门不仅门被打开，同时手上也感觉到门对手的阻力即手感。

1.2.3 实时交互性

实时交互性（interactivity）是指用户可以通过手势控制、声音识别、触摸交互等方式与虚拟物体或角色进行沟通 and 互动，增加了用户的参与感和身体感知。交互性的产生主要借助于 VR 系统中的特殊硬件设备（如数据手套、力反馈装置等），使用户能通过自然的方式，产生如同在真实世界中一样的感觉。一方面，VR 技术特别强调人与虚拟世界之间进行自然的交互，如人的走动、头的转动、手的移动等，此时用户可以用手直接抓取虚拟现实的物体，这时候手有触摸感，并可以感觉到物体的重量，能区分所拿的是石头还是海绵，并且场景中被抓的物体也能立刻随手的运动而移动。用户通过这些方式与虚拟世界进行交互，这与传统的多媒体交互方式有较大区别。在传统的多媒体技术中，人机之间的交互从计算机发明到现在，还主要是通过键盘与鼠标等工具进行一维二维的交互。在 VR 系统中，体验者甚至可能意识不到计算机的存在。另一方面，VR 技术强调交互的实时性，如头转动时能立即在所显示的场景中产生相应的变化，并且能得到相应的其他反馈，用手移动虚拟世界中的一个物体，物体位置会立即发生相应的变化等。

1.3 关键技术

VR 是一种综合性技术，其核心包括立体显示技术、追踪技术、人机交互技术和 3D 建模技术等多种技术，如图 1-5 所示。



图 1-5 VR 关键技术

1.3.1 立体显示技术

立体显示技术是 VR 技术中至关重要的技术之一。在虚拟现实中，用户需要通过头戴式显示器或者投影系统来观看虚拟环境，显示技术的发展直接影响到用户的沉浸感和视觉体验。立体显示技术根据人眼立体视觉产生的原理，运用一定的技术通过显示设备还原立体效果。

头戴显示技术（helmet mounted display, HMD）是当前 VR 应用中主要的立体显示技术，其基本原理是让影像透过棱镜反射之后，进入人的双眼，并在视网膜上成像，营造出在超短距离内观看超大屏幕的效果，并且具备足够高的解析度，如图 1-6 所示。HMD 头戴显示器通常拥有两个显示器，这两个显示器由计算机分别驱动，向两只眼睛提供不同的图像，再通过人的大脑将两幅图像融合以获得深度感知，从而产生立体的图像。

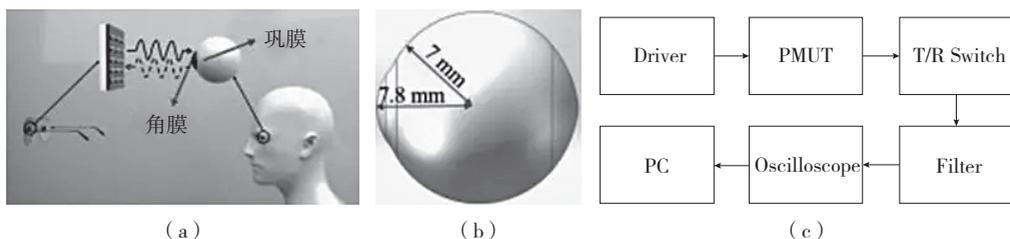


图 1-6 HMD 头戴显示技术

1.3.2 追踪技术

追踪技术是 VR 体验中的关键环节。追踪技术可以跟踪用户的头部和手部动作，使用户在虚拟环境中能够自由移动和交互。目前，常用的追踪技术包括惯性追踪、光学追踪和电磁追踪等。惯性追踪基于陀螺仪和加速度计等传感器，可以实时测量用户的头部姿态和位置，但是存在累积误差的问题。光学追踪利用摄像头和红外光标记，可以精确地追踪用户的位置和动作，但是需要在使用区域内安装多个摄像头。电磁追踪则利用电磁感应原理，通过感应器和发射器来实现对用户的追踪，具有较高的精度和稳定性。还有一些追踪计算技术，采用陀螺仪、摄像头等传感器结合实时定位与导航（simultaneous localization and mapping, SLAM）技术进行头部定位，如图 1-7 所示，可以提供更加精准、无延迟、轻负载的用户体验。

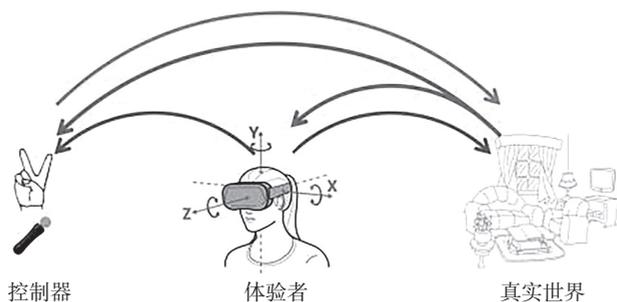


图 1-7 SLAM 头部定位技术

1.3.3 人机交互技术

交互技术在 VR 技术中起着至关重要的作用。交互技术使用户能够与虚拟环境进行实时互动，增强了用户的参与感和沉浸感。目前，常见的交互技术包括手柄控制器、手势识别、眼动追踪等。手柄控制器利用按键和触摸板等控制元素，可以模拟用户在虚拟环境中的手部动作和操作。手势识别技术通过摄像头或深度相机来捕捉用户的手势和动作，实现自然而直观的交互方式，如图 1-8 所示。眼动追踪技术则可以跟踪用户的视线，实现凝视交互和目光焦点控制。未来，我们可以期待更先进的交互技术的发展，如脑机接口和触觉反馈等。脑机接口技术可以通过读取用户的脑电波活动来实现思维控制，使用户能够通过意念进行交互。触觉反馈技术则可以模拟真实触感，使用户在虚拟环境中感受到触摸和力度等物理反馈。

1.3.4 3D 建模技术

虚拟环境的建立是 VR 系统的核心内容，目的就是获取实际环境的三维数据，并根据应用的需要建立相应的虚拟环境模型。VR 视效中，3D 建模是非常重要的一环。建模师需要掌握 3D 建模软件如 Blender、3ds MAX、Maya 等，能够熟练地创建各种虚拟场景和物品，如图 1-9 所示。此外，贴图技能也是必不可少的，这能够为模型添加逼真的纹理和细节。在 VR 视效中，动画制作也是非常重要的一环。动画师需要掌握动画制作软件如 Adobe After Effects、Maya 等，能够制作出流畅、自然的动画效果。同时，动画师还需要了解 VR 动画的特点，如帧率、立体声等。VR 视效中的特效制作也是非常重要的一环。特效师需要掌握特效制作软件如 Houdini、Maya 等，能够制作出逼真的特效，如火、水、烟雾等。同时，特效师还

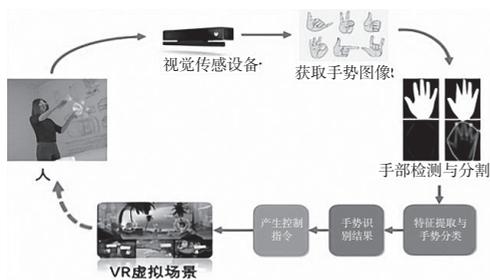


图 1-8 手势识别技术



图 1-9 3D 建模技术

需要了解 VR 特效的特点，如实时渲染、立体声等。

1.3.5 实时三维图形生成技术

三维图形生成技术的关键就是“实时”生成。为保证实时，应至少保证图形的刷新频率不低于 15 帧 / 秒，最好高于 30 帧 / 秒。它主要以三维图形的“加速绘制”和“逼真绘制”为重点，包含可见性剔除技术、多分辨率绘制技术、混合绘制技术、移动终端上的图形绘制技术、GPU 并行计算技术等多种三维图形加速绘制技术，以及光照计算技术、阴影绘制技术和几何对象变形技术等多种逼真绘制技术。

GPU 图形处理器在 VR 技术中发挥着重要作用，为其应用提供了广阔前景。VR 是一种能够模拟人类感知与互动的计算机生成的环境，通常包括视觉、听觉和触觉等多种感官的沉浸式体验。首先，VR 技术对图形处理的要求非常高，需要实时渲染出逼真的虚拟环境。GPU 是目前最强大的图形处理设备之一，具备并行计算和高带宽处理能力，能够在短时间内处理大量的图形数据。在 VR 中，GPU 能够快速处理复杂的 3D 图形和光线追踪，使虚拟环境变得更加真实和细致，提升用户的沉浸感。其次，VR 技术对实时交互的要求也是非常高的。VR 应用需要根据用户的动作和指令实时更新虚拟环境，并对用户的视角和位置进行跟踪。GPU 的并行计算能力使其能够实时处理用户的交互数据，保证虚拟环境与用户交互的即时性和流畅性。通过 GPU 的加速，VR 能够实现更加自由和灵活的交互方式，提供更加沉浸和自然的用户体验。另外，VR 技术的发展也促进了 GPU 的进一步创新和发展。为了满足更高的渲染要求，GPU 厂商不断提升其性能和效能，推出更高级别的芯片和架构。例如，英伟达的 Turing 架构和 RTX 系列显卡通过引入实时光线追踪技术，进一步提升了 VR 的真实感和视觉效果。通过将 GPU 与移动 VR 头

戴显示设备等结合,可以实现便携式的虚拟现实体验,为用户提供沉浸式的娱乐和教育体验。通过强大的渲染和实时交互能力,GPU能够打造更真实、沉浸和自由的虚拟环境,提升用户的体验。

1.4 典型应用

VR的应用领域有很多,包括游戏制作、建筑设计、影视动画、旅游、航空航天、军事模拟、医疗健康、教育培训、商业贸易以及工业生产等,如图1-10所示。



图 1-10 VR 及 AR、MR 的应用领域

1.4.1 教育与培训

VR 可以为学生提供沉浸式的学习体验,让他们置身于虚拟环境中进行学习。例如,学生可以通过虚拟实验室进行科学实验,通过虚拟历史场景重温历史事件,或者通过虚拟地球来学习地理知识。这种沉浸式学习可以增强学生的参与度和兴趣,使学习更加生动和有趣。

VR 技术可以用于模拟真实场景,提供实践和培训机会。例如,医学学生可以通过 VR 技术进行手术模拟,以提高手术技巧;驾驶学员可以通过虚拟驾驶模拟器进行驾驶训练,以提高驾驶安全性;通过使用 VR 头显和控制器,飞行员可以在高

度逼真的模拟飞行环境中练习，这种训练方式可以模拟各种飞行条件和紧急情况，帮助飞行员在面对真实飞行挑战时更加从容，减少了实际飞行训练的成本和风险，同时为飞行员提供了广泛的情景和条件进行实践。这样的虚拟培训和模拟可以在没有真实环境风险的情况下进行，为学员提供更好的学习和实践机会。

VR技术可以打破地理和语言的限制，让学生可以在虚拟环境中与来自世界各地的人进行近似真实的交流和合作。学生可以通过VR技术体验不同文化、学习不同语言，并进行跨文化交流。这种跨文化交流和语言学习可以增加学生的全球意识和跨文化交际能力。VR可以根据学生的特点和学习风格提供个性化的学习体验。通过VR技术，学生可以根据自己的学习进度和需求，自主选择学习内容和学习方式。同时，VR技术还可以通过实时反馈和评估学生的学习表现，提供适应性的学习支持和指导。

1.4.2 医疗与健康

现代医疗保健的培训方式离不开VR。由于医疗行业的特殊性，不允许拿大量的病人来练手，但医疗又非常注重实践，一些新手医生缺乏锻炼的机会，而VR技术很好地解决了这一问题。医生可以在高清晰、低延时、高逼真的虚拟环境中学习和练习，减少了传统手术对于尸体和动物等特殊医学学习材料的依赖。

除此之外，医疗知识和技术的更新迭代周期很短，在外科领域，医疗知识每隔6~8年就要增长一倍，所以外科大夫在专业教育上尤其是在继续教育上，需要不断追求对新技术的学习，这种新医学技术的学习成本是高昂的，方法是复杂的。而VR技术可以在某种程度上帮助大家学习或者熟悉这种新医学技术，大大节约了培训成本。VR技术还被用于认知行为疗法，恐惧症和焦虑症患者可以在可控环境中解决他们的问题。

医院和诊所的大多数手术都需要使用大量医学仪器和高科技工具来进行。外科医生的技能直接取决于他们在手术室中操作各种器械的丰富经验，如加强协调技能、行动的一致性和正确的工作流程等，这些都需要不同形式的实践和培训。模拟器为外科医生的教学和培训提供了一种帮助他们提高技能的绝佳方式。采用VR技术，医疗人员可以获得关于各种健康问题的教育和培训，在外科手术中VR技术的应用为医疗人员提供了完全沉浸在真实手术场景中的机会。

处理患者紧急情况的急救部门可以使用VR作为应急培训的工具。尽管急救对

患者生存至关重要，但大多数挽救患者生命的干预措施和程序很少在现实中实施。很多时候，医护人员只有有限的时间采取行动挽救患者的生命。因此，急救人员必须确保他们的技能和知识是最新的。有了 VR 工具，急救人员可以快速模拟不经常发生的场景，并利用 VR 来获得对应的实践技能和知识。此外，还可以通过定期学习保持他们熟练的救生技能。

患者教育是 VR 在医疗保健领域的另一个主要的应用。在通常情况下，患者并不充分了解将要在他们身上做的手术，这使得说服他们做手术更具挑战性，因为在实施手术之前需要征求患者的同意。当患者充分了解自己的期望时，康复、治疗以及其他程序会更加有效。VR 技术可以帮助设定特定治疗计划各个阶段的预期，患者可以利用 VR 技术，更清楚地了解自己身体在特定手术期间和术后的变化，从而能够获取更多知情权，并管理对其康复的所有预期。

1.4.3 游戏与娱乐

娱乐领域是最早采用 VR 技术的行业之一。VR 技术加强了在线服务的体验，让网游、网络直播、在线视频等服务的体验更加优化，提升了观众的沉浸感体验。平常关注在线或主机游戏的人，就会发现 VR 在这个行业中占有重要地位。

VR 技术在影视领域的应用主要是 VR 电影。VR 电影是一种通过 VR 技术实现的电影形式，用户可以通过 VR 头戴式设备观看电影并参与到电影中。与传统电影不同，VR 电影能够为用户带来更加身临其境的电影体验。例如，在 VR 电影中，用户可以自由地选择视角和观看角度，甚至可以与电影中的人物进行互动。

VR 技术在主题乐园中的应用主要是 VR 游乐设备。VR 游乐设备是一种使用 VR 技术的游乐设备，用户可以通过 VR 头戴式设备进入到虚拟世界中，并体验各种虚拟场景和虚拟设备。例如，在 VR 游乐设备中，用户可以通过模拟飞行、模拟滑雪等方式进行体验，使得用户的体验更加真实、刺激和有趣。

VR 技术在音乐会中的应用主要是 VR 演唱会。VR 演唱会是一种通过 VR 技术实现的音乐会形式，用户可以通过 VR 头戴式设备观看音乐会并参与到音乐会中。与传统音乐会不同，VR 演唱会能够为用户带来更加身临其境的音乐体验。例如，在 VR 演唱会中，用户可以选择自己的位置和视角，与演唱会中的歌手和观众互动，甚至可以与虚拟世界中的其他用户一起参加音乐会。

1.4.4 工业仿真

在工业生产制造领域，工业 VR 技术可以应用于产品设计、工艺规划、装配模拟等方面。通过 VR 技术，工程师们可以在虚拟环境中对产品进行快速设计验证，通过模拟装配发现并解决可能出现的问题，提高产品设计的准确性和生产效率。同时，工业 VR 技术还可以用于制造过程中的质量控制与管理，通过虚拟仿真实现生产流程的优化和智能化。

工厂规划是一个庞大的项目，涉及多个设计团队，包括工厂建设、控制系统和子系统。使用 VR 技术可以避免许多问题，通过对工厂环境进行三维建模，将所有建筑布局呈现在眼前。VR 提供了对工业机械设备的监控和协作的新方法。VR 技术可以让用户在中央控制室中就能对整个工厂设备进行可视化监控，所有数据都能以多角度显示。VR 技术还提供了一种全新视角，帮助企业观察产品以及产品被制造的过程。虚拟机械装备可以帮助工程师在不需要实体模型的情况下进行产品虚拟设计，让设计决策更可行。

VR 技术提供了一种方便企业进行机械操作培训的新方法，可让学员在上岗前就能熟悉整个工厂的环境。另外，员工还可以在虚拟工厂中进行机械操作训练。VR 系统能够将设备的常用故障问题预设到系统中，企业在销售机械设备后可以附带赠送给客户 VR 维修系统。当消费者在设备出现故障时，可以在 VR 系统中找到解决方案。可视化生产线利用 VR 技术可以将生产线流程模拟还原出来，让用户看到真实的生产过程，这样可以增加用户的信任度，也能帮助企业提高成交率。

1.4.5 数字孪生

数字孪生是一种虚拟与现实结合的技术，它通过数字模型的方式复制、映射和模拟现实世界中的事物、过程和系统。数字孪生模型包括从工厂、城市到供应链和设施等各种领域。

数字孪生和 VR 的结合在各个领域中掀起了一股革命。首先，这一结合使得虚拟仿真环境成为可能。用户可以通过 VR 头戴设备沉浸式地体验数字孪生的虚拟版本。这意味着用户可以探索虚拟工厂、城市规划或医疗设施，同时感受到真实性。

其次，数字孪生和 VR 的结合支持了远程协作。在工程项目中，团队成员可以分布在不同地点，通过 VR 技术，他们可以在数字孪生中实时合作，检查设计、解决问题和优化项目。

最后，数据可视化也受益于数字孪生与 VR 的结合，通过将复杂的数据和信息可视化，VR 提供了更直观、沉浸式的数据浏览体验。这有助于决策者更好地理解数据，制定更明智的决策。

1.4.6 建筑设计

VR 提供了新的方法来可视化和模拟建筑系统、外观及其功能。通过 VR 增强的体验设计可用于任何类型的项目，如住宅、零售、酒店、医疗保健和办公建筑等。

比如，建筑设计师使用 CAD 和 3D 设计来制作渲染效果图和动画。利用 VR 技术，设计师将能够体验到一个旅客的旅程——乘车到达机场、找到机场入口、通过安全检查到达候机厅、来到登机口等，设计师可以更身临其境地感受人们在建筑使用过程中的体验。道路设计师可以利用“汽车模拟器”来测试未来的道路或桥梁，有了 VR 设备，可以使驾车体验更加真实。

建筑设计与制造的环节众多且复杂，需要参与项目的人也非常多，许多问题和错误源于沟通不畅。与参与面对面效应或视频会议不同的是，参与项目的人可以在虚拟环境中沟通讨论，提高工作效率。

1.4.7 旅游与文创

传统的旅游业存在时间和地域限制，而通过 VR 数字化，人们可以“去往”在现实生活中无法亲临的地方体验旅游。不仅如此，VR 数字化还可以为游客提供更加丰富多样的旅游体验，例如通过 VR 技术在虚拟空间中参观名胜古迹、探索远古文明等。这些虚拟旅游体验不仅节省了时间和旅行成本，还能满足人们对于新奇、刺激的需求，因此具有很大的市场潜力。

VR 技术在旅游领域中的应用为游客带来了全新的体验和机会，可以极大地丰富旅游活动并提高游客的参与度。通过 VR 技术，游客可以在不离开家门的情况下，对距离遥远的旅游景点进行体验。他们可以穿越时间和空间，参观历史遗址、自然风光和文化场所，体会到真实的存在感。这为那些无法亲身旅游或想要了解目的地的人提供了一个绝佳的体验环境。

VR 技术可以将博物馆和展览带到游客家中。游客可以通过 VR 设备参观博物馆和展览，观赏珍贵的艺术品和文物。这种虚拟体验不仅使游客能够远程欣赏文

化遗产，还提供了更多的互动和学习机会。利用VR技术，游客可以拥有一个个性化的虚拟导游，这位虚拟导游可以为游客带来详细的解说和导览，介绍景点的历史、文化和背后的故事。游客可以根据自己的兴趣选择导览内容，深入了解目的地。

通过VR技术，游客可以参与各种户外活动，如滑雪、漂流、跳伞等，而无须实际到场。VR设备可以模拟身体感觉和运动，给游客带来逼真的体验。这为那些对冒险和极限运动感兴趣但没有实际条件的人提供了新的机会。

在旅行之前，游客可以使用VR技术对目的地进行虚拟预览和规划。他们可以通过VR设备导航到景点、酒店等地，并提前了解周边环境和设施。这使游客能够更好地安排旅程和预期旅行体验。

VR为使用者提供关于视觉、听觉等感官的模拟，使之产生身临其境的体验，并可以不受时间、地点、空间限制观察三维虚拟景区的内部结构。通过VR设备，足不出户就可以游览全世界的景点，如同暂时与现实隔离，沉浸在3D景区之中。如天坛公园、黄鹤楼、峨眉山等一批热门景点已有此类作品。

VR技术能够用来创建历史事件的三维重现，重现历史事件和环境。通过VR的情景交互式体验、虚拟与现实场景的再现，能使历史故事、场景、人物等，通过唯美的视觉艺术、原真的语言、近乎真实的触碰等来实现。例如，用户可以通过VR参观历史上的重要地点，甚至亲身体验历史事件，如红军长征、太空旅游等。

随着VR关键技术的不断突破，应用创新的广度和深度日益拓展，VR加速融入群众生产生活，VR和AR被列入数字经济重点发展方向之一。虚拟与现实无缝对接的场景不胜枚举，“VR+游戏”“VR+医疗”“VR+教育”“VR+数字孪生”“VR+工业制造”“VR+文化旅游”等应用场景“百花齐放”。作为一项可以突破空间限制的前沿技术，VR将与5G、人工智能、自动驾驶、无人机、工业互联网等一起，成为赋能千行百业的重要推手。

本章小结

VR技术是一种综合性的技术，在计算机领域来说，VR技术称得上是一项新技术，它是建立在多种科学技术的基础上的，例如计算机图形技术、网络技术、多媒体技术、立体显示技术、传感与测量技术、微电子技术、人机交互技术以及

仿真技术等，同时 VR 技术也综合运用了如光学、数学、力学、机构运动学等各种学科。在 VR 技术的实际应用中，人们是利用计算机模拟产生一个三维空间的虚拟世界，从而为用户提供关于触觉、视觉、听觉等多种感官的模拟，让使用者产生身临其境的感觉，可以及时、没有限制地观察三维空间内的事物。因此 VR 技术的兴起，不仅为智能工程的发展提供了新的界面工具，加强了人机交互界面的发展速度，同时还提供了新的描述方法，常应用于各类工程的大规模数据可视化方面。随着 VR 技术的不断成熟，其应用范围也越来越广泛。VR 技术不仅在游戏、娱乐等领域得到广泛应用，还被不同领域用来增强生产效率、改善教育培训等。



即测即练



思考题

1. 什么是 VR 技术？
2. 简述 VR、AR、MR、XR 之间的区别与联系。
3. VR 技术的主要特点有哪些？
4. VR 有哪些关键技术？
5. 举例说明 VR 技术有哪些典型应用。