

XR运动健康蓝皮书

UHD World Association
世界超高清视频产业联盟



前 言

本文件由UWA联盟xxx组织制订，并负责解释。

本文件发布日期：xxxx年xx月xx日。

本文件由世界超高清视频产业联盟提出并归口。

本文件归属世界超高清视频产业联盟。任何单位与个人未经联盟书面允许，不得以任何形式转售、复制、修改、抄袭、传播全部或部分内容。

本文件主要起草单位：

xxxx公司、xxx公司

本文件主要起草人：

xxx、xxx

免责声明：

- 1, 本文件免费使用，仅供参考，不对使用本文件的产品负责。
- 2, 本文件刷新后上传联盟官网，不另行通知。

目录

- 1.XR 运动健康产业发展概况 1
 - 1.1 总体情况 1
 - 1.2 发展特点 6
- 2. 典型应用场景 9
 - 2.1 典型应用场景概述：9
 - 2.2 典型应用场景分析 10
- 3. XR 运动健康解决方案错误！ 未定义书签。
 - 3.1 健身 错误！ 未定义书签。
 - 3.2 竞赛 14
 - 3.3 康复 错误！ 未定义书签。
- 4. 整体产业链框架15
 - 4.1 产业基础图谱 15
 - 4.2 基础层 16
 - 4.3 硬件层 17
 - 4.4 软件层20
 - 4.5 内容层22

5.未来发展趋势分析和总结 24

 5.1 行业共性问题分析 错误！未定义书签。

 5.2 技术发展趋势分析 错误！未定义书签。

 5.3 商业发展趋势分析 错误！未定义书签。

 5.4 总结 错误！未定义书签。

6. 附录31

 6.1 缩略语 31

 6.2 引用31

1. XR运动健康产业发展概况

1.1 总体情况

1.1.1 XR技术发展现状

计算机图形与仿真技术的发展为人类带来了众多的沉浸式技术。虚拟现实（VR）、增强现实（AR）、混合现实（MR）等技术通过不同程度数字信息与现实环境的融合，为用户带来了全新体验，而统括三者的扩展现实（XR）更强调虚拟世界与现实世界的弥合，缩小人们、信息和体验之间的距离壁垒。

扩展现实（Extended Reality，简称 XR）是从现实到虚拟的连续概念统称。XR 采用图形图像等技术生成逼真的虚拟或虚实结合的数字化环境，用户通过各类输入输出设备，与数字化环境中的对象进行交互和相互影响，产生多感官融合的真实感受和体验。XR 在现实物理世界基础上为用户开拓了一个数字化的虚拟世界空间，是元宇宙的核心。

扩展现实（XR）包括 VR、AR、MR 等类型，通过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”。

VR：由计算机图形图像等技术创建，可提供完全沉浸体验的虚拟世界；

AR：将虚拟信息叠加在真实世纪

MR：在现实、虚拟世界与用户之间搭起一个交互反馈的信息回路，增强用户体验真实感，是AR的强化版。

1.1.2 端管云协同提升沉浸体验

随着端管云协同架构的提出，XR 技术的体验得到了显著提升。端指的是 XR 设备本身（如 VR 头显、传感器、运动追踪设备等），管则是指网络连接和管理系统，云则代表云计算平台、数据存储和计算资源。在这一架构下，云端负责计算和数据处理，减少了设备端的负担，提高了响应速度和渲染质量。

端管云协同的优势在于可以将计算任务分配到云端，减少设备端的功耗，同时提升多用户、多场景的互动体验。随着 5G 技术的普及，XR 体验将实现更加流畅和高效的实时互动，特别是在多人互动和大规模数据传输的应用中。

1.1.3 传感器技术与沉浸交互

XR技术的沉浸体验离不开传感器技术的支持。传感器不仅需要高精度的运动追踪能力，还需要具备快速响应的特点。当前，惯性测量单元（IMU）、深度传感器、视觉传感器等被广泛应用于XR设备中，提供高精度

的位移和姿态跟踪。例如，现代VR头显配备了多个传感器，可以追踪用户的头部运动、手部动作，甚至是眼球的移动，从而精确地控制虚拟环境中的视角变化。手势识别技术和动作捕捉技术的结合，使得用户能够更加自然地与虚拟世界进行交互。

1.1.4 内容生产与个性化服务（AI与AIGC）

AIGC（人工智能生成内容）为XR运动健康行业带来了革命性的变化。通过AI技术，用户不仅能够体验到个性化的运动方案，还能够根据自己的兴趣和需求生成虚拟内容。例如，基于AI的虚拟教练可以根据用户的运动数据和生理状态，提供量身定制的健身计划。AI技术还可以帮助生成虚拟运动场景、设计虚拟运动项目，甚至模拟现实世界中的运动环境。

1.2运动健康产业现状

XR 技术推动传统体育价值场景融合升级。XR 技术以数字组件、数字平台和数字基础设施表现形式嵌入到体育产业已有技术、产品和服务中，具有可扩展性、可感知性、可生成性与可供应性等特征，是联结现实体育空间与虚拟体育空间融合共生的技术架构，逐渐成为提升体育产业市场空间，提升用户沉浸体验的重要技术手段。随着市场探索与业务场景的不断深入，当前阶段，家庭体育健身领域中，沉浸观赛、家庭健身与专业训练逐步成为确定性应用价值场景。

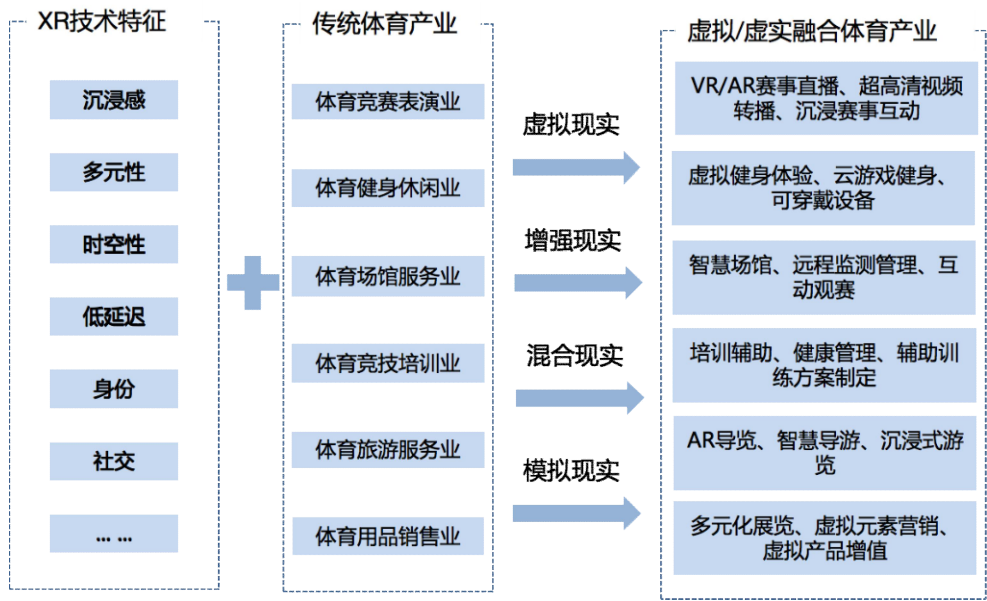


图 2 XR 技术推动传统体育价值场景升级

（来源：中国信息通信研究院）

1.2.1数字化驱动运动健康产业转型

场景数字化:交互功能更为丰富，让随时随地健身成为可能.

打破传统健身场景局限，开拓居家健身场景；拓展有效健身时间与时长，用户可利用碎片化时间完成健身，且自主选择健身时段和时长；提升健身内容与用户的适配性，打造个性化健身场景，实现健身课程的精准推荐。

产品迭代升级：产品富含智能属性，健身管理服务一体化。

赋予产品全新功能，人工智能让产品具备智能属性，实现数据算法与交互体验的融合；优化管理流程，通过传感器等辅助设备将产品与互联网联系。

用户体验提升：用户体验全面升级，健身流程不断简化。

从单一功能到多维交互，从简单的程序式反馈到具有人工智能的特质，实现“动作感知、思维 和判断、决策执行”的全流程；简化健身流程，提升健身效率，健身指标呈现效果更为直观。

（2）疫情后居家运动成为新常态

新冠肺炎疫情成为了推动 XR 运动健身产品发展的催化因素。一方面，用户对个人健康的关注与运动健身意识的唤醒均为 XR 运动健身产品带来无限潜力；另一方面，健身场景的细化与更迭使 XR 健身的价值得到挖掘。后疫情时代，用户与场景的改变对原有健身行业提出了优化需求，于此进一步印证了 XR 健身产品的价值。

健康意识完善：疫情让人们重新意识到了健康的重要性，健康观念与健身习惯产生转变，促使用户对 XR 健身产生需求和兴趣

健康价值观更迭：随着大众对健康关注程度的提升，运动健康逐渐成为一种新式时髦，生活方式不断调整，运动健身演变为新型健康社交方式

外部正向激励：国家体育政策不断升级，营造运动健康氛围，掀起全民运动健身浪潮

健身场景的改变：从“户外+健身房”到“户外+健身房+居家”，产品考虑居家健身场景需求，满足更为个性化、私人化、专业化的体验

健身场景的更迭：健身场景不再仅仅是“健身者+健身场所+健身硬件+健身教练”，还迎来了“XR 虚拟教练”的加入

居家健身场景的价值：在线健身的主要受众存在于居家健身场景，家庭场景人群对在线健身的科技附加值有更高的需求，也营造了更大的价值空间

（3）传统运动模式的瓶颈

用户需求趋于多样，传统运动健身行业价值创造遭遇瓶颈

随着经济发展，大众生活水平提高，健康意识增强，消费者对于优质健身资源 and 高质量健身服务的需求逐渐突显；而传统 运动健身行业发展方式较为粗放，技术水平也比较有限，导致其难以察觉并满足用户的新需求。

商业模式单一：以销售产品、提供场所及内容输出为主，价值创造环节单一。

运动健身场景受限：在诸如家庭及户外场景里，用户很难享受到专业的运动健身服务

数据利用程度不深：简单的数据收集及呈现，缺乏技术分析，对用户运动健身的帮助有限

用户培育难以展开：难以触达新用户，也很少有机会给用户传递深度的运动健身理念

忽视与用户的情感联系：在多数运动健身场景中，缺少个性化服务，用户黏性不强

1.3XR运动健康新态势

1.3.1 运动健康产业相关政策

序号	颁布时间	文件	政策要点	主要内容
1	2016-10	《“健康中国2030”规划纲要》	明确参与体育锻炼人数目标	到2030年，经常参加体育锻炼 人数达5.3亿 ，健康服务业 总规模达 16万亿元 。
2	2019-07	《健康中国行动(2019-2030)》	制定一系列城乡居民健康指标目标	经常参加体育锻炼（每周参加体育锻炼频度3次及以上，每次体育锻炼持续时间30分钟及以上，每次体育锻炼的运动强度达到中等及以上） 人数比例达到37%及以上和40%及以上 。
3	2019-09	《体育强国建设纲要》	提出2050年建成社会主义现代化体育强国目标	2035年，经常参加体育锻炼 人数比例超45% ，人均体育场地面积达到2.5平方米。2050年，我国将全面建成社会主义现代化体育强国。
4	2020-11	《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》	强调建设体育强国目标的重要性	到二〇三五年基本实现社会主义现代化远景目标；建设体育强国，提高国民素质，彰显文化软实力；增强包括体育在内的服务业向高品质、多样化升级。

5	2021-08	《全民健身计划（2021—2025年）》	全民健身智慧化服务，支持体育产业数字化转型	体育产业数字化转型，鼓励体育企业“上云用数赋智”，推动数据赋能全产业链协同转型。提供全民健身智慧化服务，推动线上和智能体育赛事活动开展，支持开展 智能健身、虚拟运动等新兴运动 。
6	2022-10	《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划（2022—2026年）》	虚拟现实+体育健康，打造智能化运动健身方案与生态	虚拟现实终端及内容兼容适配，支持虚拟现实落地户外与室内、有氧与无氧、单人与多人、休闲与竞技等多元体育运动领域，推动虚拟现实在训练、赛事中的应用，打造 线上线下相结合的数字化、智能化、沉浸化的新型体育运动解决方案 ，构建大众健身新业态。

1.3.2 总体市场规模

运动健身市场规模：我国运动健康市场由 2015 年的 3,530 亿元，发展至 2021 年的 7,866 亿元（CAGR=14.3%），2022-2026 年预计以 CAGR=13.5%的增速持续发展，并将于 2026 年达到 1.67 万亿元。

工信部、教育部、文旅部、国家广电总局和体育总局联合印发的《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划（2022—2026 年）》，明确支持发展运动项目与虚拟现实技术融合，落地一批以体育强国为主题的健身锻炼虚拟现实产品，推动数字骑行等典型应用场景试点应用。该《行动计划》提出，到 2026 年我国虚拟现实产业总体规模要超过 3500 亿元，据此推测，“XR+文旅”可达 700 亿，“XR+融媒体”可达 300 亿到 400 亿，“XR+运动健身”可达 100 亿。由此可见，数字经济方兴未艾，体育产业数字化更是大势所趋。

线上智能健身市场占比持续提升：2022 年占比达到 50.1%，首次超过线下健身市场，预计 2025 年达到 7660 亿元，占比超过 61%

1.3.3 本章综述

近年来，随着人们生活水平的提高和健康意识的增强，推进“互联网+健身”、“物联网+健身”，大力推广居家健身和全民健身网络赛事活动。创建涵盖全民健身群众组织、场地设施、赛事活动、健身指导、器材装备等内容的数字化全民健身服务平台,创新全民健身公共服务模式。

以虚拟骑行为例，用户可以通过佩戴 VR 头盔，进入到一个虚拟的运动场景中，仿佛置身于大自然之中，感受到真实的运动氛围。据研究表明，这种沉浸式的运动体验能够激发用户的运动兴趣，提高运动效果。同时，

XR 技术还可以根据用户的身体状况和运动能力，提供个性化的运动方案，帮助用户达到更好的运动效果。XR 运动健康作为虚拟现实技术在运动健康领域的应用，不仅为用户带来了全新的运动体验，也为运动健康市场带来了新的发展机遇。

综上所述，XR 运动健康的概念不仅仅是一种技术的定义，更是一种全新的运动健康体验方式的象征。它将虚拟现实技术与运动健康相结合，为用户带来了沉浸式的运动体验，推动了运动健康市场的快速发展。随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展，XR 运动健康将在未来发挥更加重要的作用。

1.2 发展特点

1.1.2 XR运动健康的概念和范围

XR 与体育双向奔赴，催生 XR 应用场景。近年来，随着大众生活水平的提高和健康意识的增强，体育消费在扩大内需、助力构建新发展格局中的重要作用逐渐凸显，家庭场景下的运动健身正成为用户的刚性需求。实时渲染、虚拟仿真、动作捕捉、多人交互等技术为体育健身提供了重要技术支撑。

XR 运动健康是一种以科学健身技术为核心，以 XR 和智能化健身硬件为载体，以满足个性化、高效健身需求为目标的新型健身方式。利用 XR（扩展现实，包括 AR、VR、MR 等）运动健康、网络传输、人工智能和传感交互技术，通过动作识别和语音识别等方式，创建数字孪生游戏场景和社交平台，在虚实融合中实现多人运动竞技，为用户提供更为专业化、个性化的解决方案。

XR 技术可以模拟各种运动环境，包括家庭健身、商业健身俱乐部、公共户外运动健身设施等。同时，XR 技术还可以应用到体育培训、康复治疗等领域中，帮助用户获得更加专业、高效的训练和治疗体验。也可以应用于健身锻炼、运动表现分析、运动康复等多个领域。同时，也可以与体育旅游、智能体育等产业进行融合，推动体育产业的数字化发展。

1.2.1 XR 运动健康主要实现形式

XR（扩展现实）技术是虚拟现实（VR）、增强现实（AR）和混合现实（MR）技术的统称，近年来在运动健康领域展现出巨大的应用潜力。XR 技术结合虚拟与现实，创造了沉浸式、互动性强的健身体验，带来了一系列独特的实现形式，推动了运动健康的变革。

首先，虚拟现实（VR）运动健身通过沉浸式虚拟环境，让用户在一个完全虚拟的空间内进行运动。这种形式的健身通常结合了游戏化的元素，使用户在虚拟世界中进行一系列运动，如拳击、瑜伽、舞蹈等。用户通过佩戴 VR 头显进入虚拟环境，系统会根据预设的健身方案或游戏情节引导用户完成各类健身动作。例如，

用户可以在虚拟的山地、海洋中完成跑步、登山等运动，使锻炼过程变得更加生动有趣。此外，VR 运动健身可以实时反馈用户的运动状态和数据，如心率、卡路里消耗等，帮助用户科学、有效地进行运动。

其次，增强现实（AR）运动健身则通过将虚拟信息叠加在现实场景中，帮助用户进行运动指导和锻炼。例如，用户在佩戴 AR 眼镜或使用智能手机时，可以看到一个虚拟的健身教练出现在现实环境中，并实时指导用户进行正确的运动姿势和动作。这种方式可以将健身训练与现实生活紧密结合，提高用户的运动动机和参与度。AR 技术还可以用于户外运动，如跑步和骑行，通过叠加在视野中的路线、速度等信息，帮助用户更好地掌控运动节奏和强度。

最后，混合现实（MR）运动健身综合了虚拟现实和增强现实的优点，提供了更高层次的交互体验。MR 技术可以实现虚拟和现实环境的无缝融合，让用户在现实环境中与虚拟对象进行互动。例如，用户可以在客厅中与虚拟教练互动，进行复杂的体能训练；也可以在户外与虚拟的竞争对手赛跑，提高运动的趣味性和挑战性。MR 运动健身的另一大优势是可以创建多人互动的虚拟健身空间，用户可以与远程的朋友或教练一起锻炼，实现社交化的健身体验。

综上所述，XR 运动健康结合了虚拟和现实世界的优势，通过 VR、AR 和 MR 等技术手段，实现了沉浸式、互动性强、数据化的健身体验。这些技术不仅丰富了运动健康的形式，还显著提升了用户的运动积极性和训练效果，推动了运动健康领域的创新发展。未来，随着 XR 技术的不断进步和普及，XR 运动健康有望成为一种主流的健身方式，为人们带来更加个性化、智能化的健康生活体验。

1.2.2 XR 运动健康沉浸化的主要体现形式及特点

XR 运动健康通过 VR、AR 和 MR 三种技术形式，分别实现了全感官沉浸、虚实结合互动和增强现实的互动体验。这些形式极大地提升了运动的趣味性和效率，为用户提供了前所未有的沉浸式健身体验。XR 技术的不断发展和应用，将推动运动健康领域迈向更加智能化和个性化的未来。

XR 技术推动传统体育价值场景融合升级。XR 技术以数字组件、数字平台和数字基础设施表现形式嵌入到体育产业已有技术、产品和服务中，具有可扩展性、可感知性、可生成性与可供应性等特征，是联结现实体育空间与虚拟体育空间融合共生的技术架构，逐渐成为提升体育产业市场空间，提升用户沉浸体验的重要技术手段。随着市场探索与业务场景的不断深入，当前阶段，家庭体育健身领域中，沉浸观赛、家庭健身与专业训练逐步成为确定性应用价值场景。

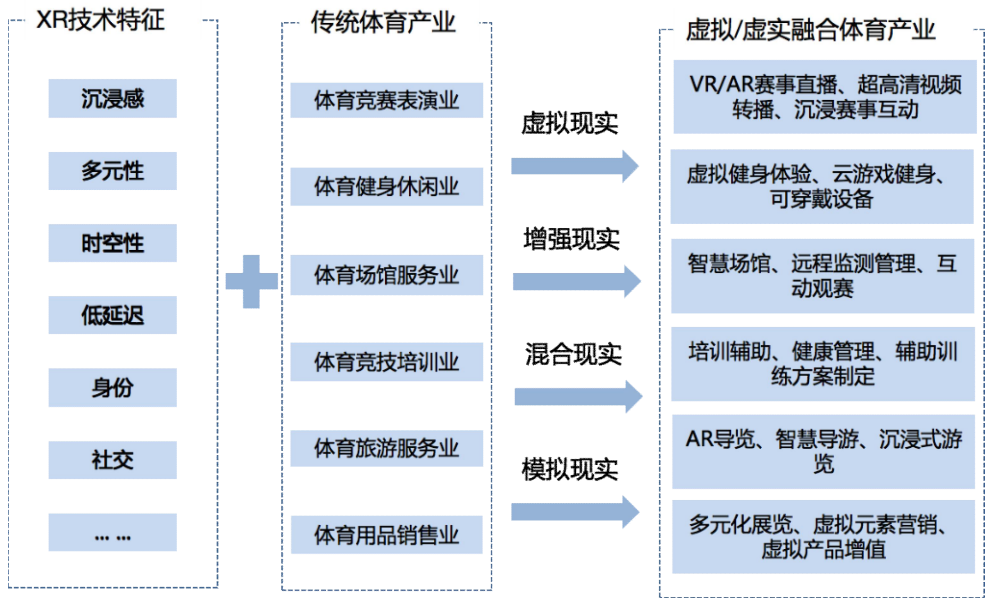


图 2 XR 技术推动传统体育价值场景升级
(来源：中国信息通信研究院)

(1) 终端设备

VR 头戴设备：Oculus Quest、HTC Vive、Valve Index 等，提供高分辨率显示屏、宽广视场角、低延迟追踪系统，以及手部/身体动作捕捉功能，营造深度沉浸感。

AR 眼镜、移动设备：AR 眼镜如 Microsoft HoloLens、Magic Leap、Nreal Air 等可用于户外运动导航、健身教练辅助等场景；

AR 移动设备如智能手机/手表：用户可以通过手机摄像头和屏幕体验 AR 运动应用，如 AR 健身教程、户外运动路线导航等。部分高级智能手表如 Apple Watch 支持 AR 步行或跑步导航，通过手腕显示叠加现实世界的路径指示，提升户外运动体验。

MR 头戴设备：苹果 Visionpro、Microsoft HoloLens、等头戴设备，具备混合现实功能，能够在现实世界中融合虚拟元素，也可用于 MR 运动应用，如实时动作捕捉、环境适应性训练等。

专用健身设备集成 XR：如 VR 动感单车、VR 划船机等，结合头显与定制软件，提供一体化沉浸式健身解决方案。

(2) 应用特点

高保真环境模拟：利用先进的云计算和实时渲染技术，构建逼真的运动场景，如山川、海洋、城市景观等，提供身临其境的视觉体验。

立体音频与触觉反馈：通过空间音频技术和触觉装置（如力反馈手套、震动马甲等），强化听觉与触觉感知，提升运动过程中的真实感。

精确动作捕捉与交互：采用光学追踪、惯性传感器等技术，实时捕捉用户的身体与手部动作，确保在虚拟空间中的运动与现实世界中的动作保持一致，提供精准的交互体验。

1.2.3 XR 运动健康泛在化的主要体现形式

居家健身普及：XR 运动健康打破了空间限制，用户在家即可使用 XR 设备进行多样化的锻炼，如客厅里的虚拟健身课程、卧室里的冥想放松、阳台上的虚拟户外骑行等，无需前往健身房或特定运动场地。

无器械健身：部分 XR 应用支持无外设锻炼，仅需头显即可跟随虚拟教练完成体操、拳击、舞蹈等动作，实现低门槛居家锻炼。

社交互动与竞技挑战：支持多人在线模式，用户可以与全球玩家进行同步训练、竞赛比拼或合作任务，增加运动的趣味性与社交互动，激励持续参与。

移动设备兼容：随着 XR 技术的进步，部分轻量化、便携式 XR 设备（如手机 AR 应用、轻量级 VR 头显）使得随时随地进行 XR 运动成为可能，进一步推动其在日常生活中普及。

跨平台互联：XR 运动应用支持多种终端设备，包括专业 VR 头显、AR 眼镜、智能手机、智能电视等，用户可以根据自身条件灵活选择接入方式，实现泛在化的运动参与。

智能教练与个性化推荐：基于 AI 算法的虚拟教练可根据用户的体质、目标、偏好等因素，提供个性化的运动计划与实时指导，确保锻炼效果与安全性。

2. 典型应用场景

2.1 典型应用场景概述

XR（扩展现实）技术凭借其独特的沉浸式、交互性特点，在运动健康领域掀起了创新浪潮，催生出一系列前沿的训练和治疗模式。

在健身场景中，VR 健身应用为用户打造出沉浸式的运动空间。想象一下，用户戴上 VR 头显，瞬间置身

于广袤的热带雨林，耳边是鸟儿的欢鸣和潺潺的溪流声，脚下是松软的泥土和茂密的植被，用户在其中尽情奔跑、跳跃，仿佛真正融入自然。在这个过程中，追踪设备紧密监测用户的运动状态，实时收集心率、运动轨迹、卡路里消耗等数据，并将这些数据反馈给用户，帮助他们科学合理地调整运动强度和节奏，提升锻炼效果。这种沉浸式体验极大地增加了运动的趣味性，让健身不再枯燥，有效激发了用户的运动积极性。

康复医学领域，XR 技术的应用意义非凡。以 VR 技术为例，它为患者搭建了一个安全无虞的训练平台。对于那些因受伤或手术需要康复训练的患者来说，在虚拟环境中进行针对性的运动训练，既可以避免实际操作中可能出现的二次损伤风险，又能根据患者的具体病情和康复阶段，量身定制个性化的训练方案。比如，针对关节损伤患者，虚拟环境可以模拟各种日常动作场景，让患者在安全的虚拟空间中反复进行关节活动度训练，逐步恢复关节功能；对于神经系统受损的患者，通过虚拟场景中的互动任务，可以刺激神经系统，促进神经功能的恢复。

AR 技术在运动技能训练场景中大放异彩。在篮球场上，球员戴上 AR 设备，眼前就能实时叠加虚拟教练的指导信息，无论是投篮的角度、力度，还是运球的技巧，虚拟教练都能精准地指出问题并给予正确示范。在网球训练中，AR 技术可以在球拍上显示击球的最佳位置和力度反馈，帮助球员不断改进击球技术。这种将虚拟信息与现实场景紧密结合的方式，为运动员提供了即时、精准的指导与反馈，让他们能够在实际训练中快速提升技能水平。

在团队运动场景中，MR 技术发挥了重要作用。教练和队员可以借助 MR 技术进入虚拟场景，共同探讨和演练战术。在这个虚拟场景中，队员们可以清晰地看到自己和队友的位置、行动路线，以及对手的布局，通过实时互动和模拟对抗，不断优化战术方案，增强团队协作能力。在一场足球比赛的赛前准备中，教练利用 MR 技术向队员展示对手的防守漏洞和进攻策略，队员们在虚拟场景中进行模拟跑位和配合练习，这种方式让战术讲解更加直观、高效，大大提高了团队在实际比赛中的应变能力。

XR 技术在运动健康领域的广泛应用，为运动数据分析开拓了全新视角。通过收集和分析用户在虚拟环境中的运动数据，包括动作的精准度、速度、力量等，能够深入了解用户的运动习惯和身体状况，为制定更科学的运动计划和康复方案提供有力依据。随着技术的持续发展和普及，XR 技术必将在运动健康领域发挥更为深远的影响，重塑运动健康产业的格局，为人们带来更加高效、智能、个性化的运动健康服务。

2.2 典型应用场景分析

2.2.1 竞技体育

在竞技体育范畴内，大量实例有力地证实了 XR 技术所蕴含的重要价值。以知名滑雪运动员 A 的训练实践为例，其在训练过程中运用 VR 技术，借助高度拟真的虚拟滑雪场景开展针对性训练。该虚拟场景具备丰富的环境变量，涵盖不同坡度、雪质以及多样的天气状况，高度还原了真实滑雪环境的复杂性与多样性。

运动员 A 在这一虚拟环境中得以反复演练高难度动作，借助 VR 设备搭载的高精度动作捕捉系统，能够实时获取关于自身动作的关键反馈信息，其中包括身体姿态、发力点等核心要素。通过对这些反馈信息的深入分析与持续优化，运动员 A 对动作细节的掌控达到了更为精准的程度。这种精准把控在实际比赛中体现为动作流畅性和稳定性的显著提升，在以技巧评判为重要得分依据的项目中，展现出明显的竞争优势，进而推动其比赛成绩实现大幅提高。

再如，某职业篮球团队 B 运用 MR 技术进行战术训练。教练与球员共同进入虚拟篮球场，在这一虚拟空间内，每位球员的数字化身以及预设的战术线路均清晰可辨。借助先进的手势识别和高效的语音交互功能，教练能够以直观的方式布置战术，球员之间也得以实现实时沟通与战术配合的模拟演练。更为重要的是，在虚拟环境中，球员们可模拟应对不同对手的防守策略，提前熟悉并适应比赛中可能出现的复杂情况。通过这种创新的训练方式，团队 B 在实际比赛中的战术执行变得更加默契，球员对战术的理解和应变能力得到显著增强，进攻效率大幅提升，从而赢得了更多场次的比赛胜利。

就当前而言，XR 技术在竞技体育领域的应用主要集中于虚拟训练和赛事模拟两个方面。其中，实时多人交互技术、虚拟环境模拟技术以及动作捕捉与分析技术成为影响其应用效果的关键因素。

实时多人交互技术：目前，该技术依托 5G、Wi-Fi 6 等先进网络技术以及云计算架构，实现了全球范围内运动员的实时竞技互动。然而，网络延迟和稳定性问题依然是制约竞技体验的重要因素。其实现方式主要是通过网络传输数据，以此保障不同终端之间的信息同步。常见的应用方式包括在线多人对战、远程协作训练等。为进一步提升该技术性能，一方面，研究人员致力于研发智能网络调度算法，该算法能够依据实时网络状况动态调整数据传输策略，优化数据传输路径和优先级，以减少网络拥塞和延迟；另一方面，借助边缘计算技术，将部分计算任务下沉至本地设备，有效减少数据传输量，降低因数据传输导致的延迟，从而提升竞技的实时性和流畅性。

虚拟环境模拟技术：现阶段，该技术已具备创建较为逼真体育场景的能力，但在场景细节的丰富度和物理模拟的真实性方面仍存在提升空间。虚拟环境模拟技术主要运用 3D 建模、物理引擎和实时渲染技术构建虚拟场景。在实际应用中，常用的方式是制作高精度模型，并利用物理引擎模拟真实环境的物理特性，如重力、摩

擦力、弹性等。为优化该技术，研究方向主要集中在采用更先进的建模工具和算法，通过提高模型的精细度，增强场景的真实感；同时，进一步优化物理引擎，使其能够更精确地模拟物体的运动、碰撞等物理效果，提升虚拟场景的拟真度和沉浸感。

动作捕捉与分析技术：目前，该技术的精度已能满足基本的训练需求，但在多传感器数据融合和实时分析处理方面仍有待加强。动作捕捉与分析技术主要借助光学传感器、惯性测量单元等设备采集运动员的动作数据，常见的动作捕捉方式有光学动捕和惯性动捕等。为提升该技术水平，研究重点在于探索多传感器融合算法，通过整合不同类型传感器的数据，提高数据的完整性和准确性；同时，开发功能强大的实时动作分析软件，实现对采集数据的快速处理和分析，为运动员提供更及时、精准的反馈，助力运动员优化动作技巧，提高训练效果。

2.2.2 居家健身

XR 居家健身的关键技术包括虚拟场景构建技术、动作捕捉与体感交互技术、AI 个性化指导系统和游戏化设计与互动系统。虚拟场景构建技术通过高清渲染和实时光影技术，模拟多样化的运动场景，提升用户的沉浸感；动作捕捉与体感交互技术使用红外传感器、摄像头或穿戴式设备，实时捕捉用户动作并传输数据；AI 个性化指导系统基于用户健康数据、运动习惯和目标，生成个性化训练计划并实时调整；游戏化设计与互动系统集成积分系统、成就徽章、排行榜等元素，激发用户运动兴趣。

在居家健身场景中，用户使用一套基于 XR 技术的综合健身系统。借助这套系统，用户可以选择多种虚拟健身场景，如在宁静的海边进行瑜伽练习，或是在繁华的都市街道上进行慢跑。在进行瑜伽训练时，智能健身软件通过动作捕捉手柄精确识别用户的动作，与预设的标准动作进行对比，实时给予用户动作纠正和指导。同时，软件还能根据用户的身体状况和运动目标，为用户制定个性化的训练计划，例如，根据用户的柔韧性和力量水平，调整瑜伽动作的难度和强度。

此外，该系统还融入了游戏化元素，用户在完成特定的健身任务或达到一定的运动目标后，可以获得积分和虚拟奖励，这些积分可以用于解锁新的虚拟场景或健身课程。通过这种方式，极大地增加了居家健身的趣味性和互动性，使用户更有动力坚持锻炼。在持续使用这套系统几个月后，用户不仅身体素质得到了明显提升，还养成了规律的健身习惯。

目前，居家 XR 健身技术在动作捕捉的精准度、内容丰富度以及设备舒适性方面仍有待提升。为了解决这些问题，技术开发者们正在努力改进动作捕捉技术，采用更先进的传感器和算法，提高动作识别的准确性和稳定性；在内容创作方面，加大投入，开发更多种类、更高质量的健身课程和虚拟场景，满足不同用户的个性化

需求；在设备设计上，优化 VR 头显的佩戴舒适度，减轻重量，改善散热性能，同时降低设备成本，提高产品的性价比

2.2.3 户外活动

在户外活动领域，AR 智能眼镜的应用为骑行爱好者带来了创新性的体验变革。AR 智能眼镜借助与手机的连接，综合运用 GPS 定位技术以及多种类型的传感器，能够在使用者的现实视野中实时叠加各类骑行相关数据，涵盖速度、骑行距离、心率等关键信息，同时还具备精准的虚拟路线导航功能。

当骑行爱好者身处陌生区域骑行时，该眼镜可依据其预先设定的目的地，通过复杂的算法规划出最优骑行路线。在骑行过程中，眼镜以直观的虚拟箭头和详细的提示信息为其提供导航指引，有效避免了迷路风险。这一导航功能不仅提高了骑行的安全性，还增强了用户在陌生环境中的探索信心。与此同时，眼镜内置的虚拟教练功能发挥着重要作用。它基于对用户实时运动数据的精准分析，为其提供个性化的运动建议。例如，当监测到用户的心率过高时，虚拟教练会及时提醒其调整骑行节奏，以维持合理的运动强度；在遇到爬坡路段时，虚拟教练会根据坡度和用户的体能状况给出合理的发力指导，帮助其更高效地完成爬坡动作，提升骑行体验的专业性和科学性。

此外，该 AR 智能眼镜还融入了社交互动功能，极大地丰富了骑行的趣味性和挑战性。用户可以与其他使用相同设备的骑行者在虚拟场景中进行竞赛，这种虚拟竞赛模式打破了时间和空间的限制，为骑行活动增添了竞技色彩。参与者在享受骑行乐趣的同时，还能通过与他人的竞争和互动，激发自身的运动潜能，增强参与感和社交体验。

然而，就目前的技术发展阶段而言，户外活动中的 XR 技术仍面临一些亟待解决的问题。其中，设备续航不足是较为突出的问题之一。由于 AR 智能眼镜在运行过程中需要持续处理大量数据、维持显示效果以及与外部设备进行通信，导致其耗电量较大，难以满足长时间户外活动的需求。此外，数据受环境干扰而准确性欠佳也是一个重要挑战。在复杂的户外环境中，如山区、高楼林立的城市区域，GPS 信号容易受到遮挡、反射等因素的影响，导致定位精度下降；同时，各类传感器也可能受到环境中的电磁干扰、天气变化等因素的影响，使得采集到的运动数据（如速度、心率等）出现偏差，进而影响用户对自身运动状态的准确判断和导航信息的可靠性。

为应对这些技术挑战，众多厂商积极投入研发工作。在提升设备续航能力方面，厂商致力于探索新型电池材料，通过采用高能量密度的电池材料，从根本上增加电池的储能容量；同时，优化电源管理系统，对设备的各个耗电模块进行精细化管理，合理分配电量，降低不必要的能耗，从而有效延长设备的续航时间。在提高数

据准确性方面，厂商运用先进的传感器融合技术，将多种传感器采集到的数据进行综合分析和处理，利用不同传感器的优势互补，提高数据的可靠性；此外，研发抗干扰算法，通过算法对受干扰的数据进行过滤和修正，减少环境因素对数据采集的影响，确保用户能够获得更精确、更可靠的运动数据和导航信息，进一步提升户外活动中 XR 技术的应用体验。

2.2.5 康复治疗

在康复治疗领域，XR 技术展现出独特优势，为患者带来创新的康复体验与显著成效，但也面临着技术和成本方面的挑战，同时蕴含着广阔的发展前景。

虚拟场景构建与重复训练：借助 XR 技术，能够搭建安全、可控的虚拟康复场景，像平衡训练、步态矫正等场景，高度模拟现实环境。患者在虚拟环境中进行重复性康复训练，可有效减少心理压力。这种模拟训练为患者提供了一个安全的实践空间，让他们能在没有外界干扰和潜在危险的情况下，反复练习康复动作，逐步提升身体机能。

动作与生理数据捕捉：利用光学追踪系统、惯性传感器等先进技术，可实时捕捉患者的动作和生理数据，包括关节活动度、肌电信号等关键信息。这些数据为康复治疗提供了客观、准确的依据，帮助医疗人员全面了解患者的身体状况和康复进展。

AI 驱动的个性化方案调整：基于 AI 的智能系统对捕捉到的动作数据进行深度分析，从而精准判断患者的康复进展。根据分析结果，系统能动态调整训练方案，实现个性化康复治疗。同时，系统生成的康复报告有助于医生评估治疗效果，为后续治疗决策提供有力支持。

虚拟教练与心理支持：虚拟教练在康复过程中发挥指导作用，结合放松冥想场景，有效缓解患者的焦虑情绪，提高治疗依从性。游戏化任务和虚拟奖励系统进一步激发患者的积极性，增强他们参与康复的主动性，改善患者情绪，提升康复信心。

然后该场景也面临的众多挑战，康复训练具有高度个性化特点，每个患者的身体状况、康复需求差异较大，这就要求 XR 康复系统必须与患者精准匹配。然而，实现这种精准匹配技术难度大，尤其是在神经康复等复杂领域，需要攻克诸多技术难题，如对神经系统信号的精确解读和干预等。同时，医疗级 XR 设备价格高昂，普通康复中心难以承受。这不仅限制了 XR 技术在康复治疗中的普及度，也使得部分患者无法享受到这一先进的康复手段。

从实际效果来看，XR 技术在康复治疗中成效显著。一方面，提高了康复效率。XR 环境中的模拟训练让患者在安全环境下进行高重复性动作训练，缩短了康复时间。AI 反馈系统实时纠正患者动作，避免错误动作

导致的二次损伤，保障康复进程顺利进行。另一方面，降低了治疗风险。虚拟环境模拟现实中的障碍和复杂场景，使患者逐渐适应真实环境，减少实际操作中的风险。此外，通过分散患者注意力和提供放松训练，缓解了患者的疼痛感知，在心理层面给予支持，促进患者积极配合治疗。随着技术的不断发展，XR 康复技术有望在与远程医疗、AI 诊断的结合中取得突破，形成全新的医疗服务模式。这将为康复设备制造商和医疗机构带来合作新机遇，推动康复产业的创新发展

3. 整体产业链框架

XR 运动健身产业链涵盖多个环节，包括基础层、硬件层、软件层和内容层，各环节相互关联、协同发展。

从供给侧来看，基础层的网络传输为 XR 运动健身提供稳定的网络支持，随着网络技术的不断升级，从宽带时代向超宽带、千兆光网超宽带时代迈进，满足了 XR 应用对低延迟、高稳定、高流畅通信的需求。硬件层的各类设备，如头戴显示设备、控制与交互设备、动作捕捉设备、专用健身设备、传感器、显示屏、光学器件和芯片等关键器件不断创新发展，为用户提供了多样化的选择和更好的体验。软件层的前端应用程序、中间件与 SDKs、后端服务与平台以及运营模块与数据，为 XR 运动健身提供了丰富的功能和服务，包括用户界面设计、内容呈现、底层通信、数据分析、社交功能等。内容层的虚拟人技术、三维重构、全景视频等不断发展，为用户带来更加丰富、逼真的内容体验。

从需求侧来看，随着人们健康意识的提高和对运动健身需求的多样化，对 XR 运动健身产品和服务的需求不断增长。尤其是年轻群体对新技术的接受度较高，成为推动 XR 运动健身产业发展的重要力量。同时，家庭健身市场潜力巨大，用户对便捷、高效、个性化的健身体验需求迫切，为 XR 运动健身产业提供了广阔的市场空间。

3.1 产业基础图谱

产业链条逐渐成型，优质内容相对匮乏。“XR+体育健身”，产业链条长，涉及多终端形态以及多运动器材，涵盖底层软、硬件、显示交互、云服务等多产业环节，需要依赖细分应用串联上下游产业链条。整体而言，绝大多数XR体育解决方案基于成熟的虚拟现实技术与VR、AR、大中小屏终端，配套技术相对成熟。但

作为一个新兴应用，其发展存在明显不足：在终端侧，虚拟终端的舒适性、安全性欠佳；推广力度不够；在内容侧，缺乏优质的且具有影响力的体育应用内容供应；在市场侧，应用处于业务场景与市场空间的探索阶段，大众缺乏对“VR+ 体育”的认知，市场仍需要3—5年的培育时间。

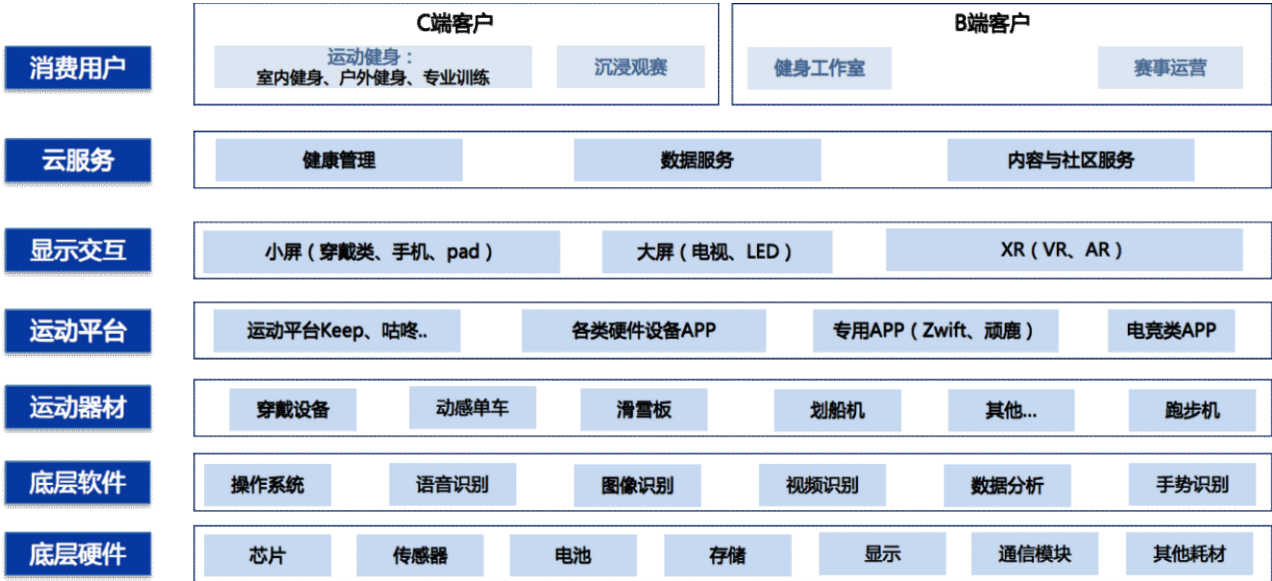


图1 XR体育健身产业链
(来源：中国信息通信研究院)

3.2 基础层

3.2.1 网络传输

作为带宽敏感型与时延敏感型应用场景，宽带是影响体育健身应用体验感的重要基础条件。XR体育健身中实时视听交互、多人同服、随时随地接入、临场感体验等诸多功能诉求，需要低延迟、高稳定、高流畅的跨域确定性通信实现沉浸式交互，在不可控的互联网上实现稳定可靠的跨域传输服务，提升业务的可达性。家庭场景下，家庭宽带网络成为影响体育健身应用体验感的重要基础设施之一。家庭宽带网络的发展以业务需求为驱动、以技术发展为支撑，经历了以PSTN/ISDN 技术为代表的窄带时代（64Kbps）、以 ADSL 技术为代表的宽带时代（10Mbps）、以 VDSL技术为代表的超宽带时代（30 ~ 200Mbps）、以 GPON/EPON技术为代表的超百兆时代（100 ~ 300Mbps），目前正跨入以10G PON技术为代表的千兆光网超宽带时代，未来则可能是以50G PON 技术为基础的万兆时代。






XR运动健康白皮书					
	L1级体验对 家庭网络要求 4K/AR/VR视频/在线游戏	L2-1级体验对 家庭网络要求 8K视频/强交互CloudVR（4K） 实时网络游戏	L2-2级体验对 家庭网络要求 强交互CloudVR（8K） /浅压缩云游戏（4K）	L2-3级体验对 家庭网络要求 裸眼3D/强交互CloudVR（8K） /浅压缩云游戏（8K）	L3级体验对 家庭网络要求 沉浸式VR/AR/MR
	弱交互场景		强交互场景		沉浸式强交互场景
 超高带宽	千兆 WLAN	2G WLAN	3G WLAN	5G WLAN	10G WLAN
	千兆组网	超千兆组网	超千兆组网 对称2.5Gbps	超千兆组网 对称5Gbps	10G光网
 智能连接	128终端	256终端	256终端	256终端	512终端
	4 AP并发 > 1Gbps	4 AP并发 > 3Gbps	4 AP并发 > 3Gbps	4 AP并发 > 3Gbps	4 AP并发 > 5Gbps
 超低延时	空口: < 50ms	空口: < 20ms	空口: < 15ms	空口: < 10ms	空口: < 5ms
	光口: < 50us	光口: < 20us	光口: < 20us	光口: < 20us	光口: < 5us
 无缝漫游	自动漫游 < 50ms	自动漫游 < 10ms	自动漫游 < 10ms	自动漫游 < 10ms	自动漫游 < 5ms
 绿色安全	< 18mw/Mbit	< 15mw/Mbit	< 15mw/Mbit	< 15mw/Mbit	< 10mw/Mbit
	标准安全 防御 > 3000pps DDOS攻击	增强安全 防御 > 10000pps DDOS攻击	增强安全 防御 > 10000pps DDOS攻击	增强安全 防御 > 10000pps DDOS攻击	高级安全 防御 > 30000pps DDOS攻击

图5 不同体验等级XR业务对于网络承载能力的要求
材料来源：《家宽业务体验分级白皮书》

3.3 硬件层

3.3.1 终端设备

（1）头戴显示设备

为满足不同运动健康场景与需求，各大厂商对XR头戴显示设备进行不断探索，XR头显设备出现了多种形态，包括VR头显、AR眼镜、MR头盔，并且根据算力、成本等方面的考虑，分为一体机和分体机两种头显形态。

VR头显：提供完全虚拟视觉体验，如Oculus Quest、Vive、Pico等；VR头显一般具备主芯片、普遍支持头部追踪和手柄交互，旗舰设备会加入手势跟踪、眼球跟踪和面部识别等能力。在运动健康领域应用较多。

AR眼镜：将虚拟内容叠加至真实世界，如Hololens、Magic Leap、Nreal等，相比于VR头显来说，使用场合不局限于固定室内场所，对算力要求稍低，功能和形态多样，大致可分为高算力一体机和轻量级一体机；

MR头盔：实现虚实无缝融合与实时互动，如Vision pro、HoloLens 2、Lynx R-1等。最新推出的Vision pro MR头显设备可以适配多种健身场景，其专用处理器M1+协处理器R1的设计可以应对例如单车、瑜伽、太极等运动环境和用户监测分析。

在VR一体机头显设备和分体机头显设备发展迅速，在运动健康领域应用逐渐成熟。PICO4头显设备可以为用户提供VR运动健身作为应用场景之一，人体工学设计更为合理进一步提升健身体验；YVR2 VR一体机头

显上线了丰富的运动类应用，例如乒乓球、攀岩、射箭等；Oculus Quest头显在运动健身领域也有诸多应用；针对骑行领域的智能头盔，MOTOEYE下的两款产品M3和M6可以实现抬头显示、高帧率摄像、HUD导航等功能。

在运动健康各个运动领域中不断探索更适合多场景的XR头显设备，突破行业局限找到落地应用场景的正确道路和全新视觉体验。



图1
(来源：)

(2) 控制与交互设备

手持控制器：支持位置、朝向等自由度追踪，模拟手势动作捕捉；

体感控制器：穿戴于身体各部位，实现全身动作捕捉与反馈；

力反馈设备：还原虚拟物体的触感、质感，增强交互的真实感。

Pico推出运动手环可以实时监测用户的运动状态，传输给头显进行分析，帮助用户感知评估运动效果并给出科学运动建议，手环和头显联动的方式使得运动监测更加准确。

(3) 动作捕捉设备

XR设备的运动跟踪、感知和定位技术成熟，通过6DoF手柄可以追踪用户的手部位置和动作，在虚拟环境中移动、抓取和放置物体；通过头显设备可对眼动追踪进行感知，并响应对应的操作；进一步的是，最新的指环动作捕捉，通过震动和光效反馈增强用户手势交互沉浸感，提高动捕的真实感和趣味性，一定程度上补充手部部分遮挡场景的识别和跟踪。

光学动捕：通过高速摄像机捕捉身上标记点运动轨迹，构建数字化身，可以基于视觉识别；

惯性动捕：利用加速度计、陀螺仪等惯性传感器捕捉关节运动数据；

机电动捕：通过机械臂、滑轨等装置直接驱动虚拟模型。

各大厂商还推出了运动健康的全向跑步机，西班牙运动模拟器厂商推出了一款物美价廉的同名VR运动模拟器，配备左右手臂摇杆以及脚控制杆操控方向，增强驾车临场感。

(4) 专用健身设备

集成XR技术的健身器械正在改变传统健身方式，将虚拟现实（VR）、增强现实（AR）和混合现实（MR）技术与健身器材相结合，创造出全新的健身体验。这些设备不仅提升了运动的乐趣性和互动性，还能够提供个性化的训练计划和即时反馈，让锻炼变得更加高效和有针对性。如：VR自行车、AR智能跑步机、MR互动健身镜等等。这些专用健身设备通过XR技术打破了物理空间的限制，让运动不再受地点和天气的影响，同时也增加了运动的趣味性和多样性，提高了用户的运动动力。

(5) 传感器：

传感器在XR运动健康设备中扮演着至关重要的角色，它们负责收集和监测各种生理和运动数据，为用户提供实时反馈和健康指导。常见的传感器类型包括：心率传感器、加速度计和陀螺仪、压力传感器、生物电阻抗传感器等。通过这些传感器，XR健身设备能够提供全面的健康监测和数据分析，帮助用户更好地理解自己的身体状况，制定科学的运动计划，同时也能在运动过程中给予及时的指导和调整建议，确保运动的安全性和有效性。

(6) 显示屏

显示屏集信息展示、视频效果呈现、交互体验等功能于一体。XR技术涵盖了VR和AR等多种形式，从视觉体验角度来看，VR注重视觉的沉浸感，要求显示屏具备大视场角以及高分辨率；AR注重与现实世界的交互，在显示上更追求小体积高亮度。根据各自的产品形态和需求，VR屏幕以Fast-LCD和硅基OLED为主；AR则以硅基OLED和Micro LED为主。同时这些新基础的出现使得显示器在响应速度、量产稳定性、良率和成本方面均有所改善。

(7) 光学器件

VR光学方案经历了非球面透镜、菲涅尔透镜和Pancake方案三个阶段，菲涅尔透镜在透镜厚度、重量方面具备优势，成熟度高且成本较低。在最新推出的XR设备上，Pancake因其轻薄、成像质量高的优势被各头部厂商尝试应用和推广。

(8) 芯片等关键器件

XR设备芯片组合通常包括SoC主控芯片、RAM运存芯片、ROM内存芯片、通信芯片、编解码芯片、电源管理芯片等，苹果Vision Pro中搭载了自研的M2和R1芯片，M系列芯片的性能参数优于高通骁龙XR2，成为高通XR2芯片的强大对手。XR应用对芯片的算力、通信能力等要求高，需要芯片在CPU、GPU、视频处理和AI算力等方面的强大性能。

3.4 软件层

3.4.1 前端应用程序

用户界面 (UI)：设计直观、易于操作的用户界面，提供清晰的运动选择、课程启动、设置调整等功能，确保用户在XR环境中顺畅交互。

用户体验 (UX)：优化用户在虚拟或增强环境中的整体体验，包括运动流程设计、反馈机制、视觉与听觉效果、舒适度控制（如防止晕动症的措施）等。

沉浸式内容呈现：利用XR设备的显示技术和渲染引擎，呈现高保真度的三维环境、动画人物、虚拟器械等，为用户提供身临其境的运动场景。

3.4.2 中间件与SDKs

中间件与SDK（软件开发工具包）在XR（扩展现实）开发中扮演着至关重要的角色。它们提供了与硬件设备进行底层通信的能力，同时也为图形和音频处理提供了必要的工具和接口。以下是关于XR SDK和图形与音频处理的详细说明。

(1) XR SDK

是指为特定平台（如Oculus、HTC Vive、HoloLens、ARKit、ARCore等）提供的软件开发工具包。这些SDK使开发者能够实现以下功能：

(2) 底层通信

XR SDK提供了与硬件设备进行底层通信的接口。这些接口使应用能够直接访问和控制设备的各项功能，从而实现更高效和精确地操作。例如，Oculus SDK允许应用访问Oculus头显的显示和控制功能，而HTC Vive SDK则提供了对Vive控制器和传感器的访问接口。

(3) 传感器数据获取

传感器数据是XR体验中不可或缺的一部分。XR SDK提供了获取设备传感器数据的功能，包括但不限于陀螺仪、加速度计和磁力计的数据。这些数据用于追踪用户的头部和身体位置，从而实现沉浸式体验。

(4) 空间定位与跟踪

空间定位与跟踪是XR应用的核心功能之一。XR SDK通过整合设备的硬件能力，提供高精度的空间定位与跟踪功能。这使得用户可以在虚拟环境中自由移动，而系统能够准确地反映他们的移动和姿态。

(5) 手势识别

手势识别是增强用户交互体验的重要功能。许多XR SDK提供了手势识别的支持，使开发者能够实现自然的手部交互。例如，Microsoft的HoloLens SDK提供了丰富的手势识别功能，允许用户通过手势与虚拟对象进行互动。

(6) 图形与音频处理

图形和音频处理是增强XR体验的关键因素。通过集成先进的图形引擎和音频处理库，开发者可以创建高质量、沉浸式的XR内容。

图形引擎如Unity和Unreal Engine在XR开发中被广泛使用。这些引擎提供了强大的工具和功能，用于创建和渲染复杂的3D场景和动画效果。

Unity：Unity是一个流行的实时3D开发平台，支持跨平台的XR开发。它提供了丰富的资产库和工具集，使开发者能够高效地创建和优化3D内容。Unity的图形引擎支持高质量的渲染效果，包括实时光影、粒子系统和物理仿真。

Unreal Engine：Unreal Engine是一个功能强大的游戏引擎，广泛应用于高端游戏和XR体验的开发。它提供了先进的图形渲染功能，如全局光照、反射和折射，以及逼真的材质和纹理。Unreal Engine还支持蓝图脚本系统，使开发者能够直观地创建和调整游戏逻辑和交互。

音频在增强沉浸感方面起着重要作用。高质量的音频处理能够让用户感受到环境的真实性和交互的自然性。

FMOD：FMOD是一个先进的音频处理库，提供了强大的音频引擎和工具集。它支持3D空间音频，使声音能够根据用户的位置和环境动态调整，增强了音频的沉浸感和真实性。

Wwise：Wwise是另一个流行的音频中间件，广泛应用于游戏和XR开发。它提供了灵活的音频设计和管理工具，使开发者能够创建复杂的音频场景和效果。Wwise还支持音频事件和实时音频处理，使音频能够动态响应用户的操作和环境变化。

3.4.3 后端服务与平台

内容管理系统：用于上传、管理和分发运动课程、虚拟环境、教练指导视频等资源，支持版本更新和个性化推送。

用户账户与数据存储：搭建用户账户体系，实现用户数据的安全存储与管理，包括个人信息、运动历史、健康数据、成就记录等。

数据分析与智能推荐：运用大数据和机器学习技术，对用户行为、运动数据进行深度分析，提供个性化运动建议、进度评估、健康预警等服务。

3.4.4 运营模块与数据

社交功能与联机体验：集成社交功能，允许用户分享成绩，参与在线挑战，增强社区感。

第三方服务集成：与健康监测、运动社交、营养咨询等平台对接，实现数据共享和增值服务。

合作伙伴API：如与健身教练、医疗机构、营养咨询等专业服务机构合作，通过API接口接入专业指导、咨询服务等增值内容。

3.5 内容层

3.5.1 虚拟人技术

近期元宇宙概念爆火，带动虚拟人的持续升温。人在世界中是不可或缺的元素，理所当然，虚拟人在元宇宙也是一个核心要素。

虚拟人产业发展得十分迅速，虚拟偶像也获得了更多人的认可。从2017年到2021年，其市场规模在不断扩大，且增长速度均保持在50%以上，如下图所示。虚拟人市场规模的快速壮大，吸引了大量企业参与其中，2022以来，已经有上百家虚拟人企业平地而起，且企业总数已经接近一万家。

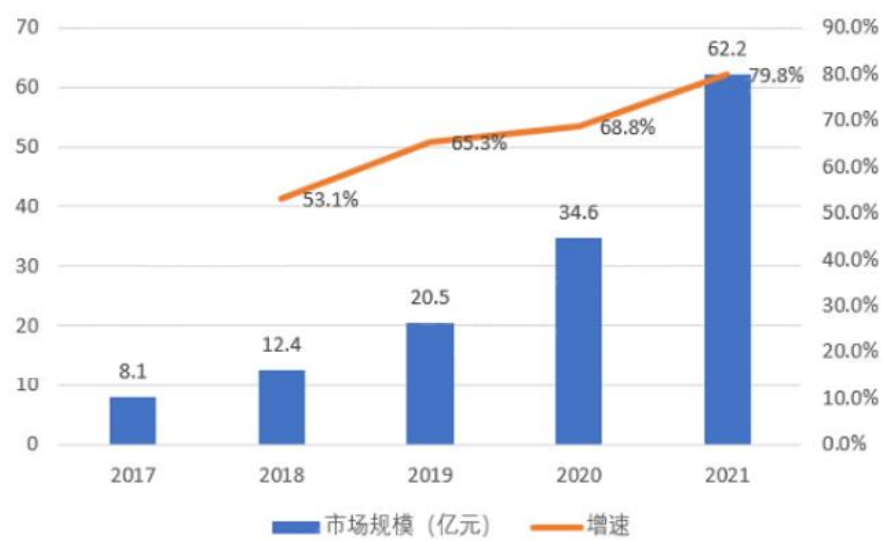


图 我国虚拟偶像市场规模及增速

来源：资产资源网，千际投行

简单化。现在虚拟人的动作生成大部分是通过基于Marker点的光学动作捕捉，需要专业的传感设备，而在将来虚拟人的制作将会更加简单，甚至无需专业设备，通过摄像头便可以实现动作捕捉。

智能化。虚拟人的智能化程度将不断提高。现在的虚拟人虽然应用在很多领域，但在一些情况下还是无法理解自然语言的含义，在与人对话过程中会出现一些问题。随着人工智能技术的不断进步，虚拟人在交流的过程中将越来越流畅。

大众化。虚拟人的制造使用单位大多是企业，很少涉及个人，随着虚拟人的简单化和智能化，每个人都可以快速制造出属于自己的虚拟人，并且这些虚拟人可以学习用户的使用特点，更好地为用户提供更好的服务。

3.5.2 三维重构

近两年神经渲染技术在三维重建领域取得了很可观的成绩。神经渲染技术是一种体渲染技术，空间中任意一个位置都可以表示为三维坐标及观察方向；而其属性可由颜色及不透明度（或是某种带符号的距离场，SDF）来定义，它们二者的关系是由一个神经网络来描述。沿着每条可视光线，根据对颜色及SDF的累积，可以计算出该视角下对应像素的颜色值；然后通过训练优化该光线累积得到的颜色值与实际图像颜色值的差异，最终得到真实的SDF，进而获取物体的三维结构。

神经渲染技术是一种自监督的学习方法，虽然目前应用到物品的三维重建上，还存在训练时间过长，以及落地场景局限等问题，但其在物品、人体和空间重建等领域已展现出了巨大的技术潜力。

3.5.3 全景视频

全景视频存在这么多年，早期技术太落后，以至于实现全景视频的成本很高。除了少部分机构展示需求外，几乎没有渗入到其他大众领域。现在全景视频应用在地图导航、商铺展示、直播报道、全景航拍等领域。全景视频一方面是一个非常好且直观的展示方式，另一方面对器材的要求不是特别高，一台相机就可以完成。全景视频的兴起也让相机厂商找到了新的发展出路。

全景视频直到今天依然是一门有极大的潜力和空间等待被探索和挖掘的技术，目前的瓶颈有以下几点：固定视角到可移动视角的转变，并且加强用户的交互体验；移动端的VR头显体验差、内容稀缺是不争的事实；当前VR全景视频分发存在很大的问题，包括传输过程中的带宽和视频质量等问题，同时高清视频在压缩解码上技术难度也让VR视频在观看无法达到真正意义上的4K高清视频。

随着更多巨头和从业者的入局，VR全景技术在原始的基础上有了较大的发展。不断开拓创新，丰富发展VR全景在各行各业的落地应用解决方案，助力行业发展。

随着5G商用的正式启动，中国的VR产业发展已经步入快车道，VR全景营销也必然彻底颠覆传统营销模式。

4.未来发展趋势分析和总结

4.1 行业共性问题剖析

在当前 XR 运动健康产业发展进程中，面临着诸多亟待解决的共性问题，这些问题在技术、内容创作以及赛事运营等多个层面有所体现，对产业的进一步发展形成了阻碍。

XR 设备技术桎梏：当下的 XR 设备，涵盖 VR、AR 和 MR，在重量、发热以及价格方面存在显著缺陷。从人体工程学角度来看，设备重量超出人体舒适承载范围，长时间佩戴会对用户造成生理负担，进而影响使用时长；在散热技术层面，现有散热机制无法有效解决设备发热问题，这不仅会导致设备内部组件性能下降，还

会严重影响用户体验；而在成本控制上，由于技术研发投入、生产工艺复杂性等因素，设备价格居高不下，成为市场广泛普及的一大障碍。这些因素相互交织，极大地限制了 XR 运动健身产品融入大众日常消费的速度。

内容制作困境：XR 运动健身内容的创作面临着较高的技术门槛和成本压力。为实现 3D 沉浸式体验，内容制作不仅要求制作团队具备深厚的专业技术功底，还涉及复杂的建模、动画设计以及交互逻辑搭建，这需要投入大量的人力、物力和时间成本。当前，内容创作工具和流程的不完善，进一步加剧了这一困境，使得高质量内容的产出相对缓慢，难以满足市场快速增长的需求。

线上赛事发展短板：XR 运动健身领域的线上赛事尚处于发展阶段，存在诸多成熟度不足的问题。在公平性保障方面，线上比赛依赖自我报告数据且缺乏现场裁判监督，存在较大的作弊风险，严重影响比赛结果的公正性和赛事的公信力。此外，赛事形式较为单一，多以打卡赛为主，缺乏创新性和深度，难以充分激发用户的参与热情和竞技欲望，亟待更完善的运营策略和多元化的比赛设计来提升赛事吸引力和参与度。

4.2 技术发展趋势

软硬件深度融合，塑造未来运动装备新形态：随着科技的不断进步，眼镜、服饰、器械等软硬一体化产品将成为未来发展的重要方向。智能运动眼镜将集成多种先进功能，如通过微型传感器采集生理数据，结合 AR 增强技术提供实时运动导航和训练指导；智能运动服采用柔性、轻薄且透气的新型材料，内置传感器实现动作捕捉和 MR 交互，同时具备生理监测和防护支撑功能；沉浸式健身器材则融合力反馈、震动、气味模拟等多种反馈通道，为用户打造更加真实、沉浸的运动体验，全方位提升 XR 运动装备的智能化水平和沉浸感。

线上线下融合，构建全场景运动生态体系：虚实结合的全场景运动生态正在逐步形成。线下健身房通过数字化转型，将课程同步至线上平台，实现对存量客户的异地覆盖；线上平台则凭借丰富的内容和社交功能，吸引用户并引导其到线下门店体验，打通从用户吸引、转化到留存的全链路。未来，用户可以根据自身需求和场景，在家中利用 VR 设备进行跑步训练，在公园借助 AR 技术享受野营的乐趣，在体育场馆通过 MR 技术参与竞技比赛，实现信息在虚实场景间的自由流动，获得个性化、多样化的运动体验，真正实现“身边的场馆 + 随身的健身房 + 云端的赛场”的泛在运动生活。

云渲染技术革新，推动终端设备轻量化发展：云渲染的流式传输技术为 XR 设备带来了新的发展机遇。通过将资源密集型的渲染任务转移到云端，用户端仅需承担视频流的播放功能，这大大降低了对终端 GPU 的性能要求，减少了设备的功耗和散热负担，进而实现终端设备的轻量化。随着 5G 网络的广泛普及和云服务的不断

断优化，云渲染的实时性将进一步提升，为多人沉浸式交互场景提供更稳定、流畅的支持，推动 XR 技术在更多领域的应用。

XR 技术赋能体育赛事，革新观赛体验：在体育赛事观赛领域，XR 技术正带来革命性的变化。赛事内容 3D 化、360 度全景视频等技术不断发展，使得 180 度、360 度 4KVR 直播、2KAR 直播、120FOV 超大视野、4K 全景视频等技术逐渐成熟，显著提升了观赛体验的互动性、娱乐性和现场感。相较于传统体育赛事直播，XR 技术能够从视听等多个层面拉近观众与比赛现场的距离，让观众仿佛身临其境。同时，这一技术还解决了现场观赛面临的场地限制、人流量大等问题，降低了观众的观赛成本，拓宽了收视群体，进一步延长了观赛产业链条。

多方协同发力，完善行业标准体系建设：XR 运动健康涉及计算机、材料、控制、通信、人机工效等多个前沿技术领域，需要产学研用各方协同合作，共同攻克技术难题。在设备接口、数据格式、交互协议等方面制定统一标准至关重要，这有助于打破当前技术碎片化发展的困境，促进产业的规范化发展。相关主管部门、行业组织和领军企业应发挥主导作用，联合推进标准规范的制定，不仅涵盖技术标准，还应包括安全、伦理、内容等多方面的规范，为产业的可持续发展营造良好的生态环境。

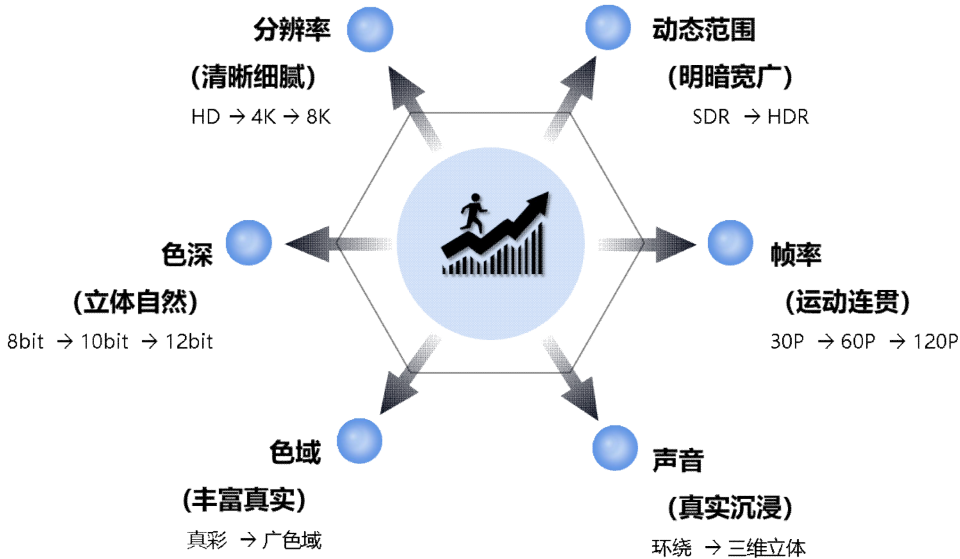


图1 名称 微软雅黑10

来源：宋体8号（可选）

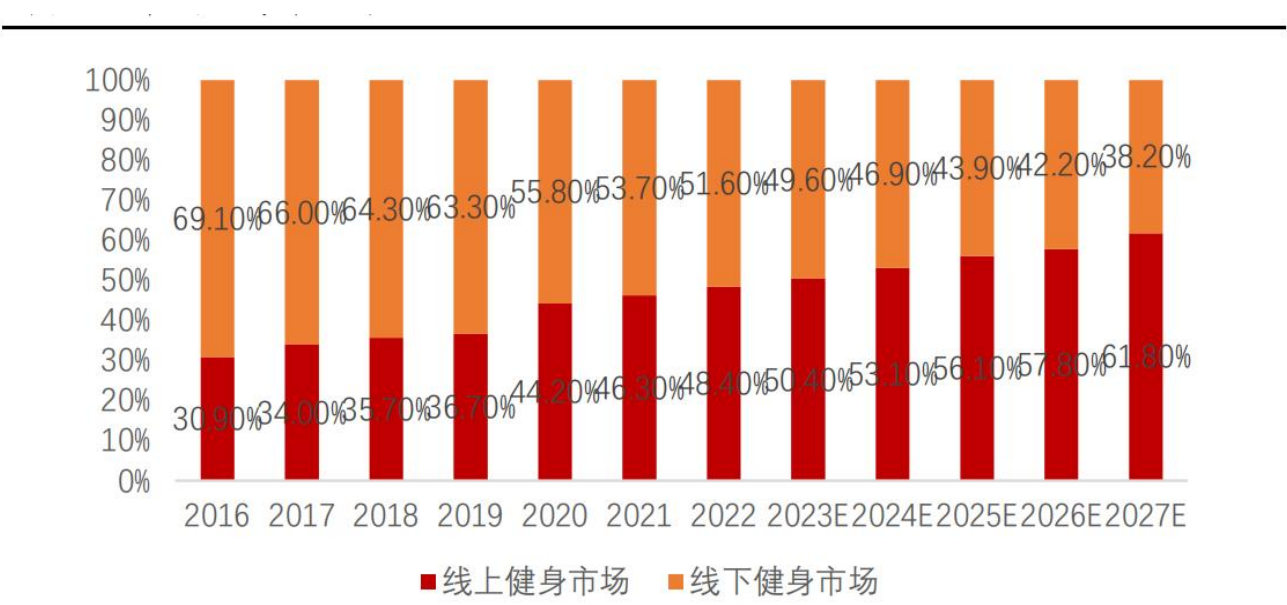
4.3 商业发展趋势洞察

线上健身市场崛起，引领行业发展潮流：中国健身市场在发展过程中经历了深刻的变革。早期，市场存在明显的供需错配，需求侧运动健身需求急剧增长，而供给侧标准化健身资源匮乏，线下渠道成本高昂。疫情的爆发促使人们对健康的关注度大幅提升，居家健身热度空前高涨，线上健身内容和服务得到快速发展，逐渐形成了软硬件结合、线上线下全覆盖的生态闭环。2022 年，线上健身月活跃用户达到 1.55 亿，预计到 2027 年将增长至 2.71 亿，复合年增长率为 11.9%，远超线下健身房会员的增长速度。线上健身市场规模预计在 2025 年突破 7660 亿元，占比超过 61%，云游戏化健身、虚拟赛事等创新模式将成为市场主流，推动内容付费和增值服务的商业化探索。

产业链价值重构，催生新的发展机遇：在产业发展的过程中，硬件厂商和软件开发商的商业模式发生了显著变化。硬件厂商不再局限于单一的设备销售，而是逐渐向“设备 + 内容 + 服务”模式转型，通过提供多元化的产品和服务来提升用户粘性和市场竞争力。软件开发商则更加聚焦垂直场景解决方案，深入挖掘不同行业的需求，为用户提供更加精准、专业的服务。同时，医疗、教育等领域与 XR 运动健康的跨界融合日益加深，催生出健康管理、运动康复、体育教育等新的增长点，为产业的发展注入了新的活力。

政策与资本助力，推动产业升级发展：《健康中国 2030》《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划（2022—2026 年）》等一系列政策的出台，为体育数字化发展提供了有力的政策支持，明确提出到 2026 年我国虚拟现实产业总体规模要超过 3500 亿元。政策的引导使得资本加速向技术研发、内容生产及平台建设领域聚集，为产业的发展提供了充足的资金保障。在资本的推动下，企业将加大在技术创新、内容创作和市场拓展方面的投入，促进产业整体升级，推动 XR 运动健康行业的快速发展。

中国健身市场渠道占比：



资料来源：公司公告，方正证券研究所

中国线上健身月活跃用户及线下健身房会员（亿）



资料来源：公司公告，方正证券研究所

4.4 总结

XR 运动健康领域作为科技与健康产业深度融合的新兴领域，展现出了巨大的发展潜力和广阔的发展前景。随着 VR、AR 和 MR 技术的不断融合与创新，以及消费者对运动健康需求的日益多样化，XR 运动健康有望成为健康产业的重要创新驱动力。

在技术发展方面，软硬件深度融合将不断提升运动装备的智能化和沉浸感，云渲染技术的应用将使设备更加轻便舒适，线上赛事机制的革新将确保赛事的公平性和吸引力。在市场拓展和生态建设方面，线上智能健身市场的持续扩大将吸引更多投资，推动内容生态的繁荣，为用户带来更加丰富多样的健身体验。同时，XR 技术构建的全场景运动生态以及运动与社交的深度融合，将为用户创造更加个性化、交互式和沉浸式的健身体验，激励人们积极参与运动。然而，产业发展也面临着技术瓶颈、市场培育等诸多挑战，需要行业内外各方共同努力，聚焦共性技术研发、加强集成内容共享、推动融合应用孵化，共同构建健康、可持续发展的产业生态，让 XR 运动健康技术惠及更广泛的用户群体，为人们带来全新的运动竞技体验，打破地域限制，增强用户粘性，为运动健康市场开拓无限可能的未来。

XR 运动健康领域未来可期，虚拟现实（VR）、增强现实（AR）和混合现实（MR）技术的融合正在深刻地重塑运动健身的面貌。随着技术的不断进步和消费者需求的多样化，XR 运动健康有望成为健康产业中一股强劲的创新力量。沉浸式体验的深化，意味着用户将在更加逼真、互动性更强的环境中进行锻炼，无论是虚拟的户外跑步还是复杂的体能训练，都能在家中享受到身临其境的运动乐趣。个性化与智能化的提升，得益于 AI 算法和生物识别技术的集成，这将为用户提供定制化的运动计划和实时反馈，让训练更加科学高效，同时智能教练和数据分析的应用将进一步提升运动的智能化水平。

市场拓展与生态建设方面，XR 运动健康正迎来前所未有的增长机遇。线上智能健身市场预计将持续扩大，到 2025 年可能达到 7660 亿元，占据超过 61% 的市场份额。这一趋势不仅将吸引更多投资，还将推动内容生态的繁荣和市场空间的拓展，为用户带来更加丰富多样的健身体验。

从商业与社会影响的角度来看，XR 技术正在构建一个线上线下高度融通的全场景运动生态，用户无论是在家中、公园还是体育场馆，都能无缝体验 XR 运动，享受“身边的场馆+随身的健身房+云端的赛场”。运动与社交的深度融合也将成为一个显著趋势，通过虚拟社区和多人在线模式，运动将变得更加有趣且富有社交互动，激励人们持续参与，创造个性化、交互式和沉浸式的健身体验。

在技术与商业趋势方面，软硬件的深度融合将带来智能运动眼镜、服饰和器械等产品的新突破，集成传感器、显示屏和 AR/MR 功能，极大提升运动装备的智能化与沉浸感。云渲染技术的应用，通过将资源密集型处理任务转移到云端，将减轻终端设备的负担，使 XR 设备更加轻便舒适，更适合长时间使用。线上赛事机制的革新，通过引入生物识别技术和传感器，确保了线上赛事的公平性，同时设计的更具互动性和竞技性的比赛模式，将显著提升赛事的吸引力和参与度。

总而言之，XR运动健康领域的未来发展将引领运动健康市场进入一个全新的时代。然而，面对技术挑战和市场培育的需要，行业内外需共同努力，聚焦共性技术开发、集成内容共享、融合应用孵化，共建产业发展生态，推动XR运动健康领域的健康发展，让这一创新技术惠及更广泛的用户群体，为用户带来全新的运动竞技体验，打破地域限制，增加用户粘性，提供融合、个性、互动、创新的无限可能。

5.附录

5.1缩略语

下列术语和定义适用于本文件：

比特率 （bitrate ）

5.2引用

[1] T/UWA 009.1-2022《三维声音技术规范 第 1 部分：编码分发与呈现》世界超高清视频产业联盟标准，2022.

[2] T/UWA 009.3-1-20《三维声音技术规范 第 3-1 部分：技术要求和测试方法 家庭影音播放设备》世界超高清视频产业联盟标准，2022.

[3]KEEP-港股公司深度报告中国最大的线上健身平台深耕线上健身形成多元变现

联系我们：
UWA联盟邮箱： support@theuwa.com
UWA联盟官网： www.theuwa.com

联系我们：
UWA联盟邮箱： support@theuwa.com
UWA联盟官网： www.theuwa.com