

基于专利与产业链分析的虚拟现实技术发展态势研究

浙江省科技信息研究院 杭州 310006

赵长伟 苏祥荣 杨艳娟 胡芒谷

摘要 作为当前的热门技术之一,虚拟现实技术以计算机技术为核心,已经在军事、制造业、建筑、教育等许多领域实现了重要应用。在技术方面,从世界各国来看,美国一直处于绝对技术领先地位,中国在专利和论文数量方面排名第二;从国内来看,北京、广东、上海、江苏、浙江总体研发实力领先。在产业方面,全球虚拟现实产业已迎来了新的爆发式增长的繁荣期,国内的虚拟现实产业整体上还相对薄弱。当前,虚拟现实技术及产业发展还存在着技术缺陷、行业标准混乱、内容缺乏价格偏高、冲击社会伦理规范等问题,但预计今后几年将进入高速增长阶段。加强技术研发及产业化,创造良好创业生态,尽快建立行业标准,加速培养专业人才是虚拟现实技术及产业发展的当务之急。

关键词: 虚拟现实, 技术, 产业, 专利, 发展态势

中图分类号: TP391.9

Virtual Reality Technology Development Trend Research Based on Analysis of Patent and Industrial chain

Institute of Science and Technical Information of Zhejiang Province, Hangzhou 310006, China

ZHAO ChangWei SU XiangRong YANG YanJuan HU MangGu

Abstract As one of current hottest technologies, virtual reality technology with the core of computer technology has achieved important applications in military, manufacturing, construction, education and many other fields. In terms of technology, the United States has been at an absolute leading position from

基金项目: 本文受2016年浙江省重点软科学项目“完善我省众创空间生态体系的对策研究”(编号:2016C35063)的资助。

作者简介: 赵长伟(1987-), 硕士, 助理研究员, 研究方向:科技政策与管理, Email: zhaocw@zjinfo.gov.cn; 苏祥荣(1983-), 硕士, 助理研究员, 研究方向:区域创新; 杨艳娟(1978-), 硕士, 助理研究员, 研究方向:科技政策与管理; 胡芒谷(1967-), 硕士, 高级研究员, 研究方向:科技情报。

a global perspective, and China ranked second in patents and publications. The Beijing, Guangdong, Shanghai, Jiangsu, Zhejiang lead in overall research and development strength on the domestic. In the aspect of industry, virtual reality industry in globe has ushered in a new boom while it is still relatively weak in domestic. At present, technical defects, industry standard confusion, lack of content, high price and impact of social ethics are the major problems in development of virtual reality technology and industry. However, it is expected to come into a period of rapid growth in next few years. This paper revealed that to strengthen research, development, industrialization of technology, to create a favorable entrepreneurial ecology, to establish industry standard as soon as possible, and to accelerate training professional talents are imperative in development of virtual reality technology and industry.

Keywords: Virtual reality, technology, industry, patent, development trend

虚拟现实 (Virtual Reality, VR) 又称灵境, 它结合相关科学技术, 生成与一定范围真实环境在视、听、触感等方面高度近似的数字化环境, 用户借助必要的装备与环境中的对象进行交互作用、相互影响, 产生亲临对应真实环境的感受和体验^[1]。生活中常见的 3D 游戏、体验式头盔等就属于虚拟现实技术的产品。

1 虚拟现实技术的类型和应用

从技术上来讲, 一般把虚拟现实技术划分为四类: 桌面虚拟现实、沉浸式虚拟现实、增强型虚拟现实和分布式虚拟现实^[2]。常见的虚拟现实系统有: 基于静态图像的虚拟现实 QuickTime VR、基于头盔式显示器的系统、投影式虚拟现实系统、战机飞行员的平视显示器、SIMNET 系统等^[3]。

目前, 虚拟现实技术在军事、科学计算可视化、制造业、建筑、医学、娱乐、教育、设计等多方面实现了很多重要的应用, 包括对战场环境和工程制造对象的模拟、VR 游戏和电影、数字化课程展示等^[4]。浙江省科技厅近年来对“浙江港口航道虚拟仿真建模技术研究与应用”、“城市轨道交通的轨道电路仿真研究”等 40 余

个与虚拟现实技术相关的省级重大科技专项、公益技术研究项目专题立项。浙江大学第一附属医院郑树森院士早在 2014 年就利用此技术完成省内首例“机器人”手术。

2 虚拟现实技术发展态势分析

为全面分析虚拟现实技术发展态势, 通过对 web of science 和 Derwent Innovations Index(简称:DII)数据库以及专利信息分析系统(Patent Information Analysis System, PIAS)中截止 2015 年底的学术论文和授权专利进行检索分析, 发现国内外虚拟现实技术的发展呈现以下特点^[5](因专利公开需要 18 个月年至 3 年左右时间, 故 2014 年和 2015 年数值要比实际值低, 但并不影响总体趋势的判断):

2.1 全球虚拟现实技术发展态势

2.1.1 虚拟现实技术的技术研发与学术研究总体处于活跃期

从专利公开数量看, 21 世纪初虚拟现实技术出现研发热潮, 2002 年达到最大值 319 件, 随后进入短暂调整期, 但 2010 年起又迎来新一

轮发展。目前，虚拟现实技术研发仍然处于活跃期。具体见图 1。

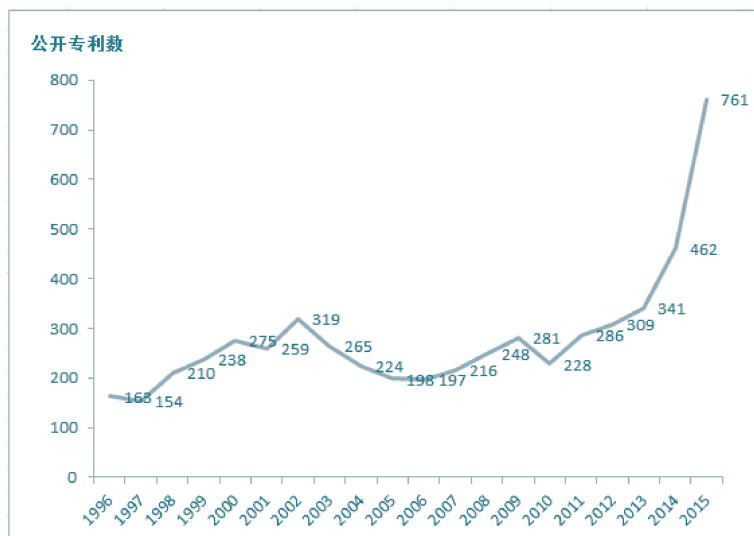


图1 虚拟现实技术专利公开趋势

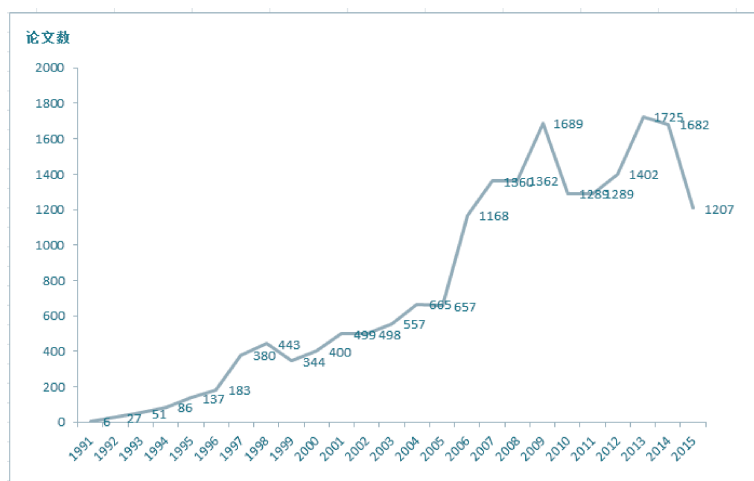


图2 全球虚拟现实技术论文年度分布情况

从学术论文看，从1991年起，虚拟现实技术相关研究总体呈逐年增加态势。其中，发表于2013年的成果最多，共计1725篇；2009年次之，共计1689篇；2014年位居第三，共计1682篇。具体见图2。

2.1.2 各国发展较不均衡，美国、中国在虚拟现实技术发展遥遥领先

世界各国在虚拟现实技术方面的发展较不

均衡。美国和中国总体领先幅度较大。从专利数量看，美国共有相关专利1796件，中国共有相关专利1052件，遥遥领先于其他国家。具体见图3。

从学术论文看，美国位居首位，共计4271篇，占22.28%；中国位居第二，共2498篇，占13.03%；紧随其后的是德国、英国、日本、加拿大、法国、意大利等。具体见表1。

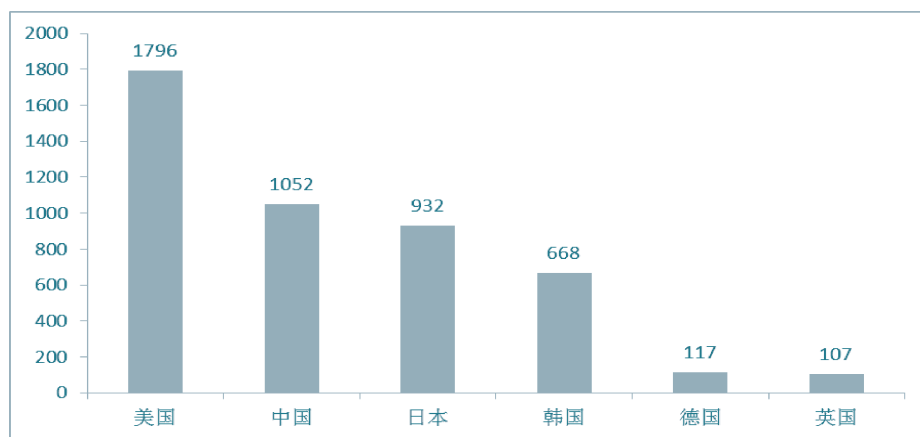


图3 主要国家/地区虚拟现实技术专利量排名

表1 全球虚拟现实技术论文主要国家分布情况

国家 / 地区	发表论文数	占比
美国	4271	22.28%
中国	2498	13.03%
德国	1470	7.67%
英国	1337	6.98%
日本	1324	6.91%
加拿大	944	4.93%
法国	894	4.66%
意大利	839	4.38%

2.1.3 索尼、微软、佳能、三星等国际知名企业在虚拟现实技术研发方面实力雄厚；伊利诺斯大学、多伦多大学等大学及研究机构学术成果最多

从表2中可以看出，SONY（索尼）、微软（MICROSOFT）、佳能（CANON）、三星（SAMSUNG）等大型跨国企业专利公开数量排名靠前，占到专利总量的9.05%，是虚拟现实技术领域的行业和技术领先者。

学术研究方面，在所有虚拟现实技术的论文中，伊利诺斯大学、多伦多大学的学术成果最多，各有158篇；紧随其后的分别是帝国理工学院（伦敦）、南加利福尼亚大学、代尔夫

特理工大学、东京大学等。中国科学院和浙江大学各有112篇，与华盛顿大学并列第七位。具体见表3。

表2 全球虚拟现实技术主要专利权人排名表

专利权人名称	专利文献数	占比
索尼（SONY）	195	2.66%
微软（MICROSOFT）	190	2.60%
佳能（CANON）	147	2.01%
三星（SAMSUNG）	130	1.78%
南梦宫（NAMCO）	89	1.22%
IBM公司（IBM）	70	0.96%
太阳微系统公司（SUN MICROSYSTEMS）	55	0.75%
魔力飞跃公司（MAGIC LEAP）	51	0.70%

表3 全球虚拟现实技术论文机构分布情况

研究机构	发表论文数	占比
伊利诺伊大学	158	0.82%
多伦多大学	158	0.82%
帝国理工学院（伦敦）	147	0.77%
南加利福尼亚大学	140	0.73%
代尔夫特理工大学	135	0.70%
伦敦大学学院	123	0.64%
东京大学	120	0.63%
中国科学院	112	0.58%
浙江大学	112	0.58%
华盛顿大学	112	0.58%

2.1.4 计算机科学、工程学等是当前全球虚拟现实技术的主要研究方向，图形数据、光源等领域是研发热点

虚拟现实技术研究方向众多，在所有检索到的学术论文中，位居前列的研究方向包括计算机科学、工程学、自动控制系统、成像科学与照相技术等。此外，用主题全景图的方式，通过比较显示专利文献的相似和接近程度，发现图形数据、光源、数据生成、终端服务器、现实环境等领域是当前虚拟现实技术的研发热点。具体见图4。

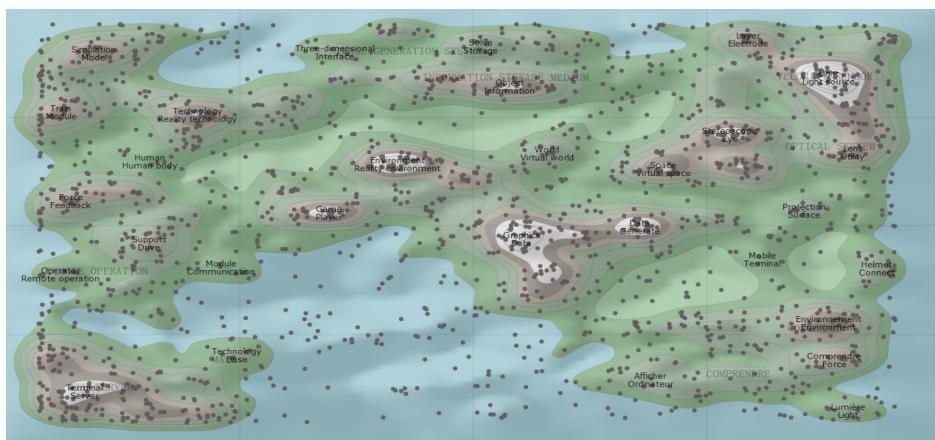


图4 虚拟现实技术专利主题全景图

2.2 国内虚拟现实技术发展态势

2.2.1 国内虚拟现实技术研发仍处于高速成长期

国内虚拟现实技术研发近年处于高速成长期。从图5中可以看出，1995—2007年期间，国内虚拟现实技术领域专利申请和公开数量较少且增长缓慢，处于产业萌芽期；2008年起，国内专利申请量和公开量进入快速增长阶段（因专利公开需要18个月到3年左右时间，故近两年专利公开量要小于实际值）。目前，虚拟现实技术行业仍处于快速成长期。



图5 我国虚拟现实技术专利申请与公开趋势

2.2.2 国外在华专利申请较少，但以发明和PCT发明为主，技术含量较高

由表4数据可见，各国在华的虚拟现实技术专利总数为67件，占全部申请量的5.3%。虽然总量较小，但以发明、PCT发明为主，占95.52%，总体质量较高。其中美国33件，占国外申请总量的49.25%，全是发明、PCT发明；韩国7件，占国外申请总量的10.45%，其中发明、PCT发明6件；法国6件，占国外申请总量的8.95%，全是发明、PCT发明；日本5件，

占国外申请总量的7.46%，全是发明、PCT发明。这四国分列国外申请人排序的第一至第四位，合计占国外申请总量的76.12%，表明这四国在虚拟现实技术方面处于世界领先地位，并开始抢占中国市场。

从申请人身份分析，国外67件专利中有54件专利由工矿企业申请，占申请量的80.59%；科研单位和大专院校各申请专利2件。可见，各国在华申请虚拟现实技术专利的主体是工矿企业，也从侧面反映国外创新主体是企业。

表4 各国在华虚拟现实技术专利申请情况

国省	专利数	发明	PCT 发明	新型	PCT 新型	外观	个人	大专院校	科研单位	工矿企业	机关团体	其他
中国	1192	850	1	291	0	50	190	388	79	481	20	34
美国	33	12	21	0	0	0	0	0	0	29	0	4
韩国	7	4	2	0	0	1	1	0	2	3	0	1
法国	6	2	4	0	0	0	0	1	0	4	0	1
日本	5	4	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0
芬兰	3	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0
瑞士	2	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0
俄罗斯	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
以色列	2	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
德国	2	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0
英国	2	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
匈牙利	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
新加坡	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
比利时	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0

2.2.3 国内北京、广东、上海、江苏、浙江专利申请较多，总体研发实力领先

从区域分布看，北京市申请专利270件，位居申请量第一，广东、上海、江苏、浙江申请量分列第二至第五位；从发明和PCT发明占比看，河北、北京、广西、黑龙江、江苏分列前5位。浙江省虽然专利总量位居全国第5，但是发明和PCT发明专利量较少（共计39件，占申请量53.42%），在全国的排名中等，技术含量有进一步提升的空间。具体见表5。

2.2.4 北京航空航天大学、苏茂、国家电网公司、深圳市虚拟现实科技有限公司、北京理工大学、浙江大学等机构或个人在虚拟现实技术领域研发能力领先

如表6所示，从申请人研发能力比较看，北京航空航天大学、苏茂、国家电网公司、深圳市虚拟现实科技有限公司、北京理工大学、浙江大学等单位和个人专利数位居前六位，总体实力较强。其中，北京航空航天大学活动年期最长，达11年；国家电网公司发

明人数最多，达 155 人；深圳市虚拟现实科技有限公司平均申请年限最短，平均为 1 年；苏茂作为个人申请人，相关专利申请最多，达 36 件。

表5 中国排名前十位各地区虚拟现实技术专利申请情况

省市	专利数	发明	PCT 发明	新型	PCT 新型	外观	个人	大专院校	科研单位	工矿企业	机关团体	其他
北京	270	236	0	32	0	2	28	87	53	93	0	9
广东	146	77	1	47	0	21	32	18	3	76	10	7
上海	128	93	0	31	0	4	11	47	2	63	3	2
江苏	110	90	0	20	0	0	9	48	3	48	2	0
浙江	72	39	0	29	0	4	7	26	2	33	0	4
山东	61	37	0	24	0	0	14	19	4	20	1	3
辽宁	49	38	0	11	0	0	15	14	1	16	2	1
四川	43	22	0	16	0	5	4	11	0	27	0	1
广西	41	35	0	6	0	0	36	1	1	3	0	0
陕西	40	31	0	9	0	0	3	23	0	12	0	2

表6 我国虚拟现实技术专利申请人综合比较

申请人	专利件数	占本主题专利 百分比	申请人研发能力比较		
			活动年期	发明人数	平均申请年限
北京航空航天大学	41	3.28%	11	90	6
苏茂	36	2.88%	3	1	3
国家电网公司	22	1.76%	4	155	2
深圳市虚拟现实科技有限公司	19	1.52%	2	2	1
北京理工大学	17	1.36%	7	36	5
浙江大学	16	1.28%	8	55	5
中国科学院自动化研究所	15	1.20%	7	22	8
哈尔滨工业大学	13	1.04%	6	59	5
东南大学	12	0.96%	5	25	6
南京航空航天大学	11	0.88%	5	30	7

2.2.5 数据输入输出、光学系统等领域是中国虚拟现实技术主要研发领域

专利技术构成分析可以显示虚拟现实技术发展的热点。本文对虚拟现实技术专利中专利分类号（IPC）对应的专利数量进行了统计和排名，揭示中国虚拟现实技术的重点研究领域主要集中在数据输入输出、光学系统、数据处理、

3D 建模等技术。具体见表 7。

综上所述，虚拟现实技术在国内外仍处于快速发展期。国际上，美国是一直处于领先地位，英国、德国、日本、韩国在辅助设备设计、分布并行处理等方面走在前列，索尼、微软、佳能、三星等国际知名大企业在虚拟现实技术研发方面实力雄厚。中国虚拟现实技术行业也处于快

速成长期,不少高校和研究机构也在积极进行虚拟现实技术研究并取得不错成果。如北京航空航天大学是国内最早进行虚拟现实技术研究的单位之一,清华大学国家光盘工程研究中心曾采用 QuickTime 技术实现大全景 VR 制布达拉宫^[6]。浙江省内如浙江大学计算机辅助设计与

图形学(CAD&CG)国家重点实验室也主要研究虚拟环境构建、显示、交互、增强现实等关键技术^[7],致力于实现在文化娱乐、智慧城市等领域的应用,重点研究项目包括自然人机交互技术等。企业方面,国家电网公司、深圳虚拟现实科技有限公司等技术研发能力国内领先。

表7 中国虚拟现实技术专利IPC构成情况

IPC	技术领域	专利数
G06F3	用于将所要处理的数据转变成成为计算机能够处理的形式输入装置;用于将数据从处理机传送到输出设备的输出装置,例如,接口装置	176
G02B27	其他光学系统;其他光学仪器	108
G06F17	特别适用于特定功能的数字计算设备或数据处理设备或数据处理方法	88
G09B9	供教学或训练用的模拟机	70
G06T17	用于计算机制图的 3D 建模	69

3 国内外虚拟现实产业发展态势分析

当前,虚拟现实产业发展如火如荼。以2014年 Facebook 用20亿美元收购虚拟现实设备制造商 OCULUS 为标志,全球的虚拟现实产业正式开启了商业化进程,迎来了新的爆发式增长的繁荣期^[8]。大企业争相布局,到2015年8月,全球100强企业已有超过一半涉足虚拟现实领域,在其主流产品头戴显示设备领域,已呈现 Oculus、HTC、SONY 三大厂商三足鼎立的局面。2016年初高盛发布的一份报告预测,10年内全球虚拟现实产业的规模将达到800亿美元。如图6、图7所示,在海外,连接技术、产品、资本、市场、渠道等的产业链条已初步建立以来。Oculus Rift、三星 Gear VR、HTC Vive、索尼 PlayStation VR 等主打产品在2016年陆续登陆消费市场。国外已经建成了线下体验店、主题公园等体验馆,为开拓市场和公众普及预先铺路搭桥。目前,所有虚拟现实创业公司当中有51%位于美国,英国和加拿大也以其优秀的开发者和设计师人才支撑了其产业

良好的发展势头。

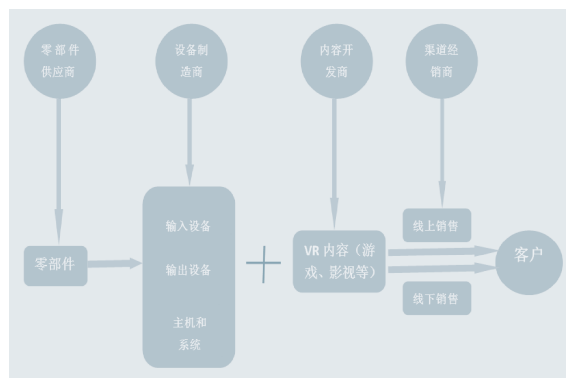


图6 虚拟现实产业链简要结构

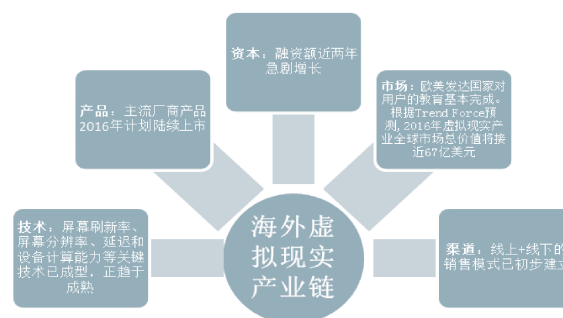


图7 海外相对成熟的虚拟现实产业链

国内虚拟现实产业也快速发展。我国第三方研究机构“艾媒咨询”发布的数据显示,2015年我国虚拟现实行业市场规模为15.4亿元,预计2016年将达56.6亿元人民币。虽然产业发展还处于启动期,但国内该领域的初创团队已达上百个,如3Glasses、蚁视、乐相等,融资总额超过10亿元,行业市场规模达到15.4亿元。2015年底,百度、腾讯宣布进军虚拟现实领域。2016年2月,阿里巴巴以7.94亿美元领投了互联网史上最大的C轮融资,投资对象正是虚拟现实初创公司Magic Leap。从地理分布上来看,国内相关企业主要集中在北京、上海、深圳等在科技、资金等方面具有领先优势的大型城市,浙江涌现出了映墨科技、唯见科技等优秀企业。目前,工信部已启动《虚拟现实产业与应用发展指导意见》编制工作,南昌已启动全球首个城市级VR产业规划,计划落实100亿元人民币规模的VR产业投资基金。但如图8所示,和国外相比,国内的虚拟现实产业整体上还十分薄弱,软硬件技术方面差距巨大,产品大多缺乏核心技术,创新性不足,还需进一步加大在资本、技术、人力资源、知识产权保护等方面的投入力度。

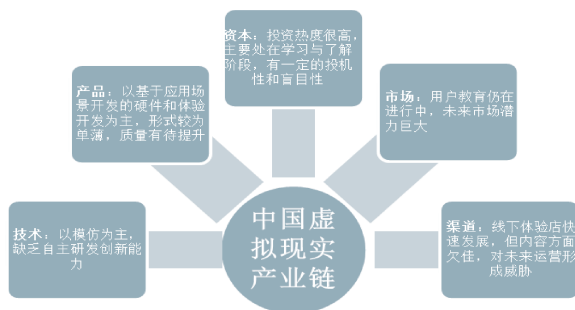


图8 处于起步阶段的中国虚拟现实产业链

4 制约虚拟现实技术及产业发展的瓶颈

一是技术层面仍存缺陷。当前的虚拟现实

领域还存在着许多重要的技术短板尚未解决。例如对现实世界特征的模拟还不完善,模拟质量受到环境的严重制约等^[9]。这些技术问题严重降低了消费者对虚拟现实产品的体验度。二是行业标准混乱不一。当前,虚拟现实技术的开发和设计都缺乏国际统一标准,开发商和厂商各行其是,产品的设计模式和操控方式五花八门,不同种类的硬软件产品之间无法实现广泛的有效对接^[10]。这一方面增加了研发成本,另一方面也不利于产品的大规模量产和市场推广,还导致质量监管困难。三是内容缺乏价格偏高。相对于硬件设备的快速发展,虚拟现实内容领域的开发并没有完全跟上,仍以游戏、影视视频等为主,内容不够广泛和丰富,数量也远未达到市场需求^[11]。此外,虚拟现实产品的价格相对过高,对连接设备如电脑等的配置要求也较为严苛,还未像手机那样达到亲民的程度。例如,不久前发布的Oculus Rift VR头盔的消费者版定价就高达599美元,加上与之匹配的电脑投入,整套设备投入高达12000人民币以上。四是冲击社会伦理规范。虚拟现实在头顶光环的同时,也遭受了不少质疑。例如,一些研究者认为,更多私密的个人信息能够轻易为虚拟现实应用提供商所获取,对隐私保护带来了巨大威胁;暴力、色情等不良元素通过VR技术的游戏、视频等,对使用者产生的影响会加倍放大^[12]。事实上,英美等国已就VR技术被运用于网络色情和网络赌博等展开立法讨论。

5 虚拟现实技术及产业发展展望和对策建议

5.1 虚拟现实发展展望

2014年至2015年是虚拟现实技术高速增

长的两年,可以预计未来一段时间将延续这种高速增长甚至爆发态势,成为互联网技术和 ICT 技术的下一个风口,成本也将进一步降低。应用商业模式创新,将使虚拟现实技术逐步成为“平民化技术”走入家庭和企业。从应用来看,今后“虚拟现实+”将成为许多行业的常态。据市场研究机构 HIS 预测,到 2020 年全球虚拟现实市场规模将达到 112 亿美元;据工信部发布的《虚拟现实产业发展白皮书 5.0》引用的艾媒咨询数据显示,预计 2016 年国内市场规模将达到 56.6 亿元,2020 年预计将超过 550 亿元。

5.2 虚拟现实发展对策建议

5.2.1 进一步加强虚拟现实技术的研发

从产品上分析,虚拟现实还存在着设备不够高端、用户体验感不佳、应用范围受限,产品价格偏高等缺陷,这些都有赖于未来虚拟现实应用系统的理论、技术、方法的进一步研究突破。特别要加强虚拟现实技术在人类感知系统原理方面的深入研究,为应用系统的交互性和真实感提供可靠的理论研究,要围绕市场需求开展提升虚拟现实技术产品性能的应用研究。在现阶段要加强虚拟现实技术的研发,政府应支持设立重大相关研发项目,建立各级重点实验室等,为产业发展提供共性技术、关键技术甚至颠覆性技术的供给。此外,全社会还应更多地从技术伦理、哲学、医学、社会规范等各方面对虚拟现实领域展开全方位的更广泛更深入的研究,以便更有效的实施对这一技术负面影响的管控策略。

5.2.2 大力促进虚拟现实技术的市场化和产业化

中国在虚拟现实技术领域的研究成果走在

世界前列,但产业相对薄弱,因此要采取积极采取措施推动虚拟现实技术的在大学实验室的成果走向市场实现产业化,措施包括构筑企业和实验室之间的产学研联盟,构建专业的中介服务平台,积极推广有市场价值的科研成果,支持专业人员利用实验室成果创业等^[13]。

5.2.3 努力创造良好的虚拟现实技术创业生态

因为虚拟现实技术设备投入等成本较高、研发周期较长,市场培育亟待加强,因此目前还是一个相对“烧钱”、创业风险度较高的互联网行业。美国数据分析公司 Superdata 出具的报告显示,2014 年已有 26 亿美元的投资投入到虚拟现实技术公司以及相关的项目。建议从孵化器(众创空间)、风投、公司并购、创业基金支持到建立开放实验室等措施,降低企业创业成本,构建良好的创业生态。

5.2.4 尽快建立虚拟现实技术的行业标准

为了虚拟现实技术的更好发展,产品的兼容性和适用性更强,应尽快制定虚拟现实技术的标准规范。行业标准的制定者往往是最大的受益者。这对中国虚拟现实的发展来说,既是机遇又是挑战。中国虚拟现实行业的从业者应当积极参与到国际标准的制订中来,甚至主动争取某些细分领域的制订主导权,从而从根本上提高中国虚拟现实产业的竞争力。微软、Facebook、索尼等国际巨头已经将目标锁定在提前制定 VR 行业标准上,国内的乐视、爱奇艺等视频开发商也开始在这方面发力。

5.2.5 加速培养虚拟现实技术的专业人才

对于今后技术进入高速发展和产业能量不断爆发的行业,人才是一种内生的必然的需求,也是支撑行业发展的必要条件。目前,国内开设虚拟现实技术专业的大学较少(仅武汉大学

等高校有相关专业)，因此专业人才的培育和输送将成为今后行业发展的瓶颈。建议有关大专院校整合虚拟现实相关专业技术课程，尽快建立虚拟现实专业，为行业发展提供人才支撑。

参考文献

- [1] 高璐. 浅谈虚拟现实的含义及制约成功的因素 [J]. 中外交流, 2016(4): 44.
- [2] 李巍杭, 崔盟军. 虚拟现实技术的应用与展望 [J]. 企业导报, 2015(18): 84-84.
- [3] 赵沁平. 虚拟现实综述 [J]. 中国科学: 信息科学, 2009(1): 2-46.
- [4] 陈浩磊, 邹湘军, 陈燕, 等. 虚拟现实技术的最新发展与展望 [J]. 中国科技论文, 2011, 06(1): 1-5.
- [5] 肖沪卫. 专利地图方法与应用 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2011.
- [6] 杨江涛. 虚拟现实技术的国内外研究现状与发展 [J]. 信息通信, 2015(1): 138-138.
- [7] 费正涛. 关于虚拟现实技术在商业产品中运用的研究综述 [J]. 科技资讯, 2015, 13(3): 25-25.
- [8] 程子彦. 虚拟现实技术 2016 年将有大跨越 [J]. 中国经济周刊, 2015(43): 66-67.
- [9] 郑轲. 虚拟现实关键技术及应用综述 [J]. 通讯世界, 2016(6): 258-258.
- [10] 苏美玲, 冯正勇. 虚拟现实技术 [J]. 数字技术与应用, 2015(5): 83-84.
- [11] 赵沁平, 周彬, 李甲, 等. 虚拟现实技术研究进展 [J]. 科技导报, 2016, 34(14): 71-75.
- [12] 王学松, 于文江. 虚拟现实技术的“前生今世”[J]. 中国科技产业, 2015(8): 28-31.
- [13] 王健美, 张旭, 王勇, 等. 美国虚拟现实技术发展现状、政策及对我国的启示 [J]. 科技管理研究, 2010, 30(14): 37-40.