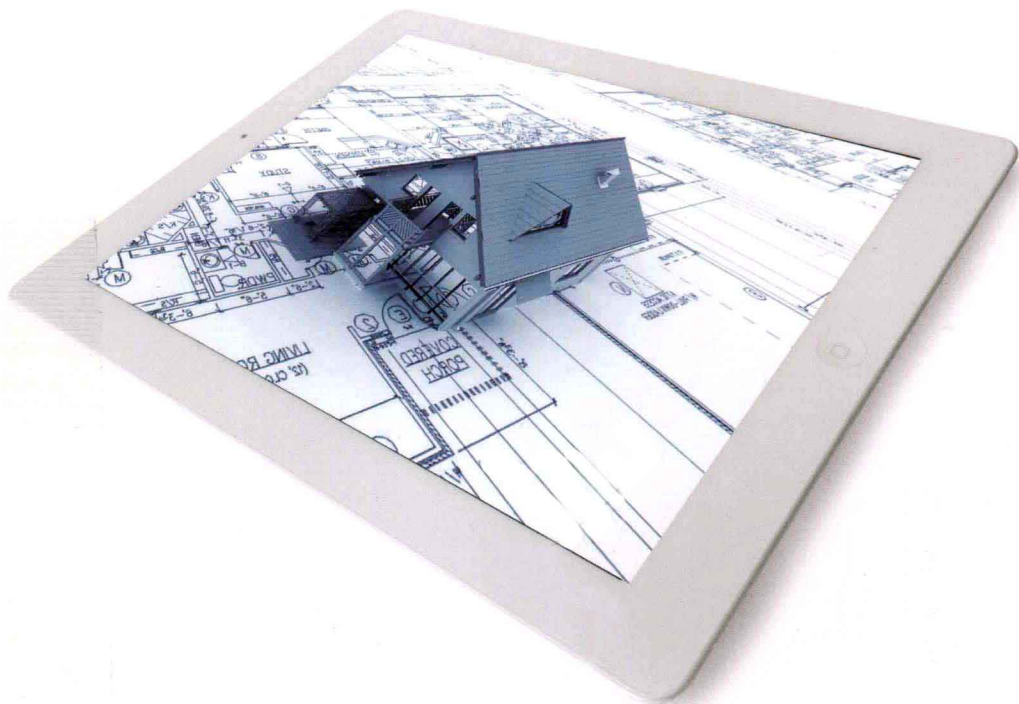


3D显示技术、 标准与应用

3D XIANSHIJISHU BIAOZHUN YU YINGYONG

范科峰 路 程 张素兵 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com>

3D 显示技术、标准与应用

范科峰 路 程 张素兵 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书内容取材全面、新颖,涵盖了3D显示核心内容,同时还介绍了3D显示领域大量最新国内外技术标准进展情况,并对3D广播电视系统进行介绍,深入浅出,适于各类读者进行应用实践。

本书实用性强,体系完整,适用面广,既可以作为高等学校信号处理、计算机、自动化专业的参考教材,也可作为新型显示、广播电视、数字媒体及虚拟现实,尤其3D显示领域的工程技术人员、行业管理人员的参考资料。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

3D显示技术、标准与应用/范科峰,路程,张素兵编著. —北京:电子工业出版社,2013.8
ISBN 978-7-121-21058-7

I. ①3… II. ①范… ②路… ③张… III. ①三座标显示器 IV. ①TN873

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第168254号

责任编辑:曲 昕

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:720×1000 1/16 印张:11.25 字数:171千字

印 次:2013年8月第1次印刷

定 价:38.00元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

本书得到国家自然科学基金课题（No.61202266）、国家科技支撑计划课题（No.2012BAI23B07）、国家高技术研究发展计划课题（2012AA011706）、国家质检公益性行业科研专项（No.201110233）资助出版。

前 言

早在五千多年前的古埃及，人们就已经有了对 3D 成像技术的追求。考古发现当时的古埃及人通过对人物形象进行从头到脚两次 90° 转向的画法造型使人物具有立体、厚重的饱和感，以求达到人物形象的真实再现。文艺复兴时期绘画透视和雕塑艺术的研究与实践成果使得人们对三维成像技术的探索有了一个飞跃。进入 20 世纪 40 年代，人类便开始尝试在电影制作中进行两个画面立体成像的捕捉，并在 50 年代、70 年代先后涌现出两次 3D 热潮，互补色立体分像电视技术和时分式立体电视技术被得到应用。由于受到制作放映技术方面的局限，观众在观影过程中经常出现头晕目眩等不适感觉，而当时 3D 电影的制作过程也较为复杂，所以这两次 3D 热潮持续的时间并不太长。

20 世纪 90 年代至今，科技的发展使得液晶显示技术日趋成熟化，以液晶、等离子为代表的新一代显示设备陆续崭露头角，多数有关 3D 成像技术的研究也已集中到基于液晶平板显示器的裸眼自由立体显示技术上来，更人性化地为用户提供立体影像观赏服务。显示技术是人类接受外部信息的重要手段之一，3D 显示技术能再现场景的三维信息，提供场景的更为全面、翔实的信息，在 3D 电视、3D 摄录设备、3D 数字电影、医学、军事等领域有着广泛的应用前景。近年，国内外企业纷纷推出 3D 电视、3D 手机、3D 打印等 3D 显示终端产品。3D 显示技术广阔的应用前景已经引起了电子产业、标准化机构、高校以及科研机构的广泛关注。2010 年初，3D 电影《阿凡达》的热映掀起了视听产业 3D 化的热潮。

2011 年 7 月，国家科技部发布的《国家“十二五”科学和技术发展规划》中的七大战略性新兴产业之一的“新一代信息技术”中明确包括了“掌握裸眼、非裸眼、真三维和全息等三维显示的节目源、发射、传输、接收、显示等集成技术”。

然而，目前关于 3D 显示的基础技术、标准，以及产业应用的书籍较少，

本书比较系统地介绍了 3D 显示技术、标准与应用,重点阐述了 3D 显示基础理论、原理和关键技术。并以 3D 电视系统应用为例,介绍 3D 显示目前的发展和实现水平。本书还首次介绍了 3D 显示技术标准化国内外最新进展情况,内容新颖、翔实。本书的出版,必将在 3D 显示基础的宣传普及、理论探讨、方法研究以及标准化的对策应用等方面,对我国新型显示事业的发展具有一定借鉴意义。

全书分为七章。

第 1 章为绪论。回顾了 3D 显示技术的发展过程、3D 显示技术的总体分类。并说明了 3D 显示技术和标准研究的意义。

第 2 章为 3D 产业概况。分析了 3D 显示的市场状况。分析了 3D 显示产业链布局及内容制作、编解码、传输与存储、显示等关键环节。

第 3 章介绍 3D 显示技术。系统论述了 3D 显示技术体系。描述了立体视觉形成原理、裸眼立体显示技术、真三维立体显示技术、全息立体显示技术、3D 激光投影显示技术等特点。并对 3D 显示技术发展趋势、3D 后期制作、3D 传输等进行了简要分析。

第 4 章是 3D 显示测试技术。介绍了图像失真评价理论方法和图像质量测试系统构成。根据研究的 3D 测试信号及测试系统,开展 3D 串扰测试研究。还分析了 3D 串扰测试、3D 可视角测试方法等。

第 5 章介绍 3D 显示技术标准。对国内外 3D 显示技术标准进行了综述。提出了 3D 显示标准体系。重点对 3D 健康安全、3D 舒适度标准进行了分析。

第 6 章介绍 3D 显示的应用。分析了 3D 显示的商业需求。阐述了 3D 节目拍摄、制作、存储、播出、和 3D 广播电视系统的构成。

第 7 章为 3D 显示技术的发展。对 3D 显示技术发展趋势进行了分析。

本书受到国家自然科学基金课题(No.61202266)、国家科技支撑计划课题(No.2012BAI23B07)、国家高技术研究发展计划课题(No.2012AA011706)、国家质检公益性行业科研专项(No.201110233)的资助。撰写过程中在本书的,范科峰博士撰写第 1 章、第 2 章和第 5 章,路程博士撰写第 3 章、第 4 章,张素兵博士撰写第 6 章和第 7 章。全书由范科峰、路程、张素兵统稿。

前 言

在本书的编辑、整理、校对和出版过程中，得到了工业和信息化部电子工业标准化研究院多位同志的大力协助，也得到了天津大学侯春萍教授、深圳TCL新技术公司陈光明高工、中国立体视像产业联盟唐斌秘书长等多位同行专家的指导和帮助。他们所付出的大量辛勤努力和工作，使得本书得以顺利出版，在此表示衷心感谢！

尽管本书编著人员做了较大的努力，但是由于编写时间紧、内容多、涉及面广，加之水平和经验所限，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请同行专家和广大读者批评指正。

编著者

于工信部电子标准化科技园

2013年5月

目 录

CONTENTS

第 1 章 绪论 / 1

- 1.1 3D 显示技术的历史进程 / 2
 - 1.1.1 显示技术的出现 / 2
 - 1.1.2 3D 显示技术的出现 / 3
- 1.2 3D 显示技术的总体分类 / 7
- 1.3 3D 显示技术与标准研究的意义 / 10

第 2 章 3D 产业概况 / 15

- 2.1 3D 产业背景 / 16
- 2.2 3D 显示市场状况 / 17
 - 2.2.1 产品类型 / 18
 - 2.2.2 新型应用 / 20
 - 2.2.3 产业规模 / 23
- 2.3 3D 显示产业链布局及其关键环节 / 23
 - 2.3.1 知识产权情况 / 24
 - 2.3.2 3D 内容制作 / 26
 - 2.3.3 3D 编解码 / 29
 - 2.3.4 3D 传输与存储 / 31
 - 2.3.5 3D 显示终端 / 32
 - 2.3.6 立体电视研究展望 / 35

第 3 章 3D 显示技术 / 39

- 3.1 3D 显示技术体系 / 41
- 3.2 立体视觉形成 / 43

3.2.1	生理立体视觉 / 43
3.2.2	心理立体视觉 / 48
3.3	裸眼 3D 显示技术 / 50
3.4	真三维 3D 显示技术 / 54
3.5	全息 3D 显示技术 / 56
3.5.1	全息 3D 显示技术原理及特点 / 58
3.5.2	全息 3D 显示技术应用 / 60
3.6	3D 激光投影 / 63
3.6.1	3D 激光投影的优点 / 63
3.6.2	3D 激光投影的前景 / 64
3.7	3D 显示技术发展趋势 / 64
3.8	3D 内容后期制作技术 / 65
3.9	2D 转 3D 技术 / 66
3.10	3D 信号的编码与传输技术 / 68
3.10.1	MVC 技术 / 68
3.10.2	HDMI1.4 技术 / 70
3.11	参考文献 / 73
第 4 章 显示测试技术 / 75	
4.1	图像失真评价理论 / 76
4.1.1	2D 显示系统失真评价 / 76
4.1.2	3D 显示系统失真评价 / 78
4.2	图像质量测试系统 / 81
4.2.1	传统图像质量测试信号 / 81
4.2.2	立体测试信号 / 86
4.2.3	立体和超高清测试设备 / 89
4.3	3D 显示串扰测试 / 91
4.3.1	串扰定义和术语 / 91
4.3.2	串扰测试系统 / 93
4.3.3	中间灰阶串扰测试技术 / 97
4.4	3D 图像质量闪烁测试 / 102

4.4.1 闪烁的定义和产生原因 / 102

4.4.2 闪烁测试系统 / 105

4.4.3 数据处理与分析 / 106

4.5 3D 显示可视角测试 / 107

4.6 参考文献 / 109

第 5 章 3D 显示技术标准 / 111

5.1 3D 显示技术标准概述 / 112

5.1.1 国内 3D 电视标准化现状 / 113

5.1.2 国外 3D 电视标准化现状 / 115

5.2 标准体系 / 116

5.3 视频预处理 / 120

5.4 3D 电视描述符 / 121

5.4.1 3D 电视描述符 / 121

5.4.2 视频 3D 深度范围描述符 / 124

5.5 3D 健康安全 / 126

5.5.1 收看距离 / 126

5.5.2 适当的收看姿势 / 126

5.5.3 适当的收看角度 / 126

5.5.4 立体效果成立确认 / 127

5.5.5 收看时间 / 128

5.5.6 收看年龄 / 128

5.5.7 收看人注意事项 / 128

5.6 3D 舒适度标准 / 129

5.6.1 3D 电视健康影响因素及技术指标探讨 / 130

5.6.2 性能要求举例 / 133

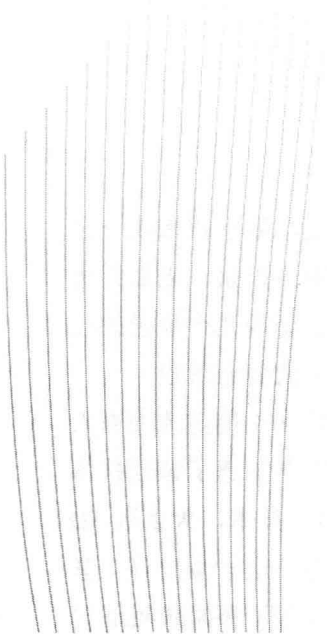
5.7 参考文献 / 138

第 6 章 3D 显示的应用 / 139

6.1 3D 显示的商业需求 / 140

6.2 节目拍摄 / 141

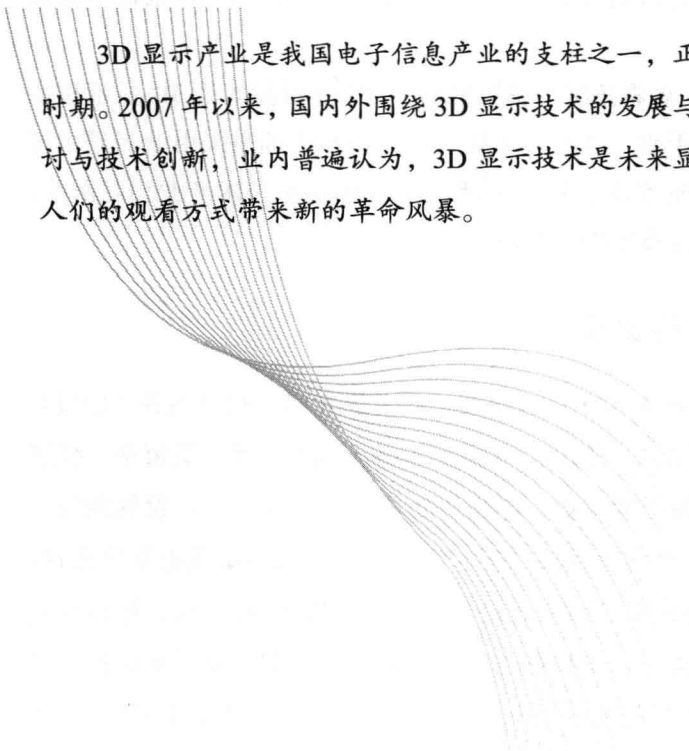
6.2.1	拍摄方式 / 141
6.2.2	拍摄流程 / 143
6.2.3	拍摄建议 / 145
6.2.4	3D 拍摄方法 / 146
6.3	后期制作 / 152
6.3.1	后期制作流程 / 152
6.3.2	制作安全 / 154
6.4	节目存储 / 156
6.4.1	拍摄记录 / 156
6.4.2	制作存储 / 156
6.5	节目播出 / 157
6.5.1	播出系统方案 / 157
6.5.2	播出台标和图文字幕 / 158
6.6	3D 广播电视 / 159
6.6.1	国内 3D 广播电视发展现状 / 159
6.6.2	国际 3D 广播电视发展现状 / 160
6.6.3	3D 广播电视存在的问题及发展方向 / 160
6.7	其他应用 / 161
6.8	参考文献 / 162
第 7 章 3D 显示技术的发展 / 165	
参考文献 / 168	



第 1 章

绪 论

3D 显示产业是我国电子信息产业的支柱之一，正处于转型与升级的关键时期。2007 年以来，国内外围绕 3D 显示技术的发展与应用展开了革命性的研讨与技术创新，业内普遍认为，3D 显示技术是未来显示产业的生力军，将为人们的观看方式带来新的革命风暴。



1.1 3D 显示技术的历史进程

显示技术无形当中改变着人们认知世界的方式，可以说，显示技术在一定程度上反映了一个国家或地区的整体科技水平。显示技术诞生以来，先后经历了阴极射线管显示、黑白显示、彩色显示、高清及后高清显示等几个阶段的技术飞跃，到现在已发展至多种技术线路并存，产业发展迅速的黄金阶段。

时至今日，以 3D（立体）显示技术为代表的新型显示技术正悄然改变着人们认知世界的方式，各行各业中 3D 显示技术的广泛应用更是加速了该项技术的全方位发展。眼镜式 3D 显示技术是目前较成熟的 3D 显示技术，大多数 3D 电视均采用这种显示技术，但在眼镜的成本和舒适度方面有待进一步改善。基于视差的裸眼式 3D 显示无须佩戴任何特制眼镜或仪器，克服了戴眼镜观看时带来的不方便和不舒适，向自由 3D 显示迈出了重要一步，但此种条件下受观看角度的影响比较大。

因此，不须佩戴眼镜、观看角度不受限的自由 3D 显示技术是 3D 显示技术的一个重要发展方向。由于这一类的 3D 显示方式基本上都是采用液晶显示屏或等离子体显示器件作为图像显示单元，因此与目前的显示技术产业相互衔接，具有良好的产业基础和产业发展的延续性。

1.1.1 显示技术的出现

1897 年，德国物理学家卡尔·费迪南德·布劳恩发明阴极射线管（CRT）以来，显示技术发展经历了多个阶段的发展。20 世纪 40 年代，正值第一代黑白显示，人类实现家庭影像播放电影，电视开始普及；50 年代初，发展到第二代彩色显示，美国无线电公司向世界展示了一种全电子扫描的彩色电视显像管，到了 60 年代，能再现自然色彩的电视走进千家万户；进入 90 年代，第三代高清显示以平板和数字电视为主，电视网与因特网融合，完成了显示从模拟信号到数字信号的转变，到 21 世纪初，显示分辨率已可以达到 1 920×1 280；进入 21 世纪，第四代广色域高清显示或后高清显示以激光和 3D 显示为主，实现全色彩、3D 显示，能达到 126%NTSC，打破了设备体积和播放地点的局限性。

激光器出现以后,激光在显示方面的应用受到重视,产生了全息显示。为了军事指挥中心的需要,研制出多种大屏幕显示设备。微型计算机的出现和大规模集成电路技术的发展,使显示设备的处理部件得到重大改进,显示软件也得到相应的发展。因此,以电子束管为基础的图形、图像、彩色显示设备的应用进入一个新的发展时期。

1.1.2 3D 显示技术的出现

立体图像技术的研究是一个古老的课题,公元前 300 年前,希腊欧几里得(Euklides)就发现双眼视觉现象,Leonardo da Vinci 揭示了三维图像的过程。

1839 年,英国科学家查理·惠斯顿爵士根据“人类两只眼睛的成像是不同的”发明了一种能让人们左右眼在看同样图像时产生不同效果的立体眼镜。1844 年,David Brewster 发明了立体镜(Stereoscope),一种可以观看立体照片的装置,直至第二次世界大战,这个装置一直是西方中产阶级家庭里常用的家什。1849 年,David Brewster 发明了改良型的立体镜,从而可以方便地观察具有视差效果的立体照片获得立体视觉。第二次世界大战严重冲击着娱乐性的立体相机和它的各种立体图像技术,开创了写实主义摄影的新纪元,使得以黑白的战争纪实的摄影成为主流。

1861 年 2 月 5 日,费城的 Coleman Sellers 申请了电影镜(Kinematoscope)专利,该装置与费纳奇镜相似,只是图像内容是时间序列的一连串立体图像对,当通过狭缝观看这些图片时,可以观看到立体图像;而当电影镜的转盘转动时,就可以看到动感的立体动画图像(Stereo Animation Camera)。1900 年,Frederick Eugene Ives 发明红绿互补色立体图像技术。1902 年 9 月 25 日,Frederick Eugene Ives (1856–1937) 申请了一项具有历史意义的发明——视差立体图及其制作过程(“Parallax Stereogram and Process of Making Same”),首次使用狭缝光栅(Parallax barrier)构成立体图片,并且不需要借助任何辅助工具,肉眼可以直接观看到立体影像。这种立体图像即为自由立体图像(“auto-stereoscopic image”)。

1908 年, Gabriel Lippmann 提出集成立体(Integral image)显示的思想,

认为显示器可以在现实环境中产生视窗 (Window view upon reality)。

1915 年, Edwin S. Porter 发明立体电影放映机, 采用红绿互补色方式, 使得立体图像成为更加适合电影院这样的公众场合放映的真正意义上的“电影”。第一部立体电影“Niagara Falls”生产于 1915 年, 1922 年立体电影“爱的力量”(Power of Love) 首次公演。

20 世纪 30 年代初, 贝尔电话实验室 (Bell Telephone Laboratories) 就委托 Herbert Eugene Ives 研究立体电视。H.E.Ives 由此而研究了立体电视成像系统, 并采用立体图片进行了验证。现在普遍使用的柱镜光栅立体 (Lenticular sheet) 图像、狭缝光栅 (Parallax barrier) 立体图像、视差照明 (Parallax illumination) 立体图像都是在那个时期研究并成为立体印刷的原始技术, H.E.Ives 也发明了用于拍摄立体图像的立体照相机。随后, 全息技术的出现为立体电视技术的发展指明了道路, 也吸引了更多的技术人员投入到全息技术的研究中去。而基于视差光栅的立体电视技术的研究也逐渐被淘汰了。

当然, 直到 20 世纪 50 年代到 60 年代, 美国和欧洲公众才真正意义上拥有了家庭电视。许多人认为, 立体电视技术 (Three-dimensional broadcast television, 3DTV) 是下一步电视技术的合乎逻辑的发展方向。不过, 虽然在 19 世纪 20 年代, John Logie Baird 就演示了立体电视技术的基本原理, 但是, 仍然有许多的技术原因一直阻碍着立体电视技术的成功研究和发展, 使得 3D 显示的技术台阶依然存在至今。图像分析技术、图像渲染技术、数字图像编码以及传输技术的快速发展, 也促进了 3D 显示技术的进步。

1970 年, Stephen Benton 改进了立体成像结构, 设计一种具有电视特征的可以显示全彩色、具有正确遮挡特性的立体图像的三维空间显示系统。这种显示器可以提供具有立体视差的图像, 人眼能够看到一对具有视差的图像。由于能为多个观看者提供自然观看的具有运动视差的立体图像, 因此这种显示器称作多视点自由 3D 显示器。而这种多视点 3D 显示技术也成为了自由 3D 显示的技术来源。

西方许多国家对 3D 显示技术的研究开展相对较早, 并取得了许多实质性的进展。从 20 世纪 90 年代开始, 日本东京 (Tokyo) 大学、早稻田大学、大

阪 (Osaka) 大学、千叶 (Chiba) 大学、美国纽约 (New York) 大学、麻省理工学院 (MIT)、肯特 (KENT) 大学、华盛顿 (Washington) 大学、波士顿 (Boston) 大学、英国剑桥 (Cambridge) 大学、蒙特福特 (Montfort) 大学、德国德累斯顿 (Dresden) 大学、卡塞尔 (Kassel) 大学、罗斯托克 (Rostock) 大学、韩国汉城大学、韩国科技学院、台湾工业技术研究院、俄罗斯电影摄影学院等大学或研究机构也先后着手开始 3D 显示技术的研究。美国维度 (DTI) 公司、日本夏普公司 (Sharp)、三洋公司 (Sanyo)、日立公司 (Hitachi)、日本广播公司 (NHK)、韩国三星 (Samsung) 公司、荷兰飞利浦 (Philips) 公司等世界著名企业已经成功地将立体液晶显示器产品推向市场。其中 DTI 公司早在 1993 年就为美国怀特空军基地 (Wright-Patterson) 的“未来先进座舱”模拟器设计制造座舱自由立体液晶显示器, 也为 NASA 研发全仿真 3D 显示器。尽管目前 3D 显示器在 IT 市场或显示技术市场方面的影响十分微小, 但是, 其研究进展与技术发展却十分迅速, 市场的发展也开始萌发。Sharp 公司从 2002 年开始批量生产立体液晶显示器, 成为世界上第一个实现 3D 显示器批量生产的企业集团。有预测, 3D 显示器所掀起的一场技术革命即将到来。

20 世纪 90 年代以来, 境外许多大的集团投入大量的经费和人力, 积极开展 3D 显示器的研究竞争, 有关 3D 显示器研发成功的报道不断公布, 足见 3D 显示器的研究已渐渐成为西方发达国家的热点研究方向。

近年, 随着电子技术、显示技术, 以及网络技术的发展, 带动了 3D 产品的大量普及, 3D 显示技术作为一种新兴的显示技术正在悄然改变人们认知世界的方式。3D 电视、3D 相机、3D 投影竞相出现在人们眼前, 同时, 在 3D 内容建设方面也得到了显著发展, 随着 3D 频道的开通, 各类 3D 节目也应运而生, 以 3D 形式出现的短片也逐渐走入市场。直至 2010 年, 依托数字信息的 3D 技术诞生了, 伴随着《阿凡达》等多部 3D 影片在全球的热映, 人们对 3D 显示的认知率迅速攀升至 80%, 进而也全面催化了火爆的 3D 显示市场, 可以说 3D 显示时代已经来临了。3D 电视背后所蕴藏的巨大市场机会以及成为强大经济增长点的可能, 激发了各国政府以及相关工业界与产业界的极大热情。目前我们已经可以在世界各地的影院中感受三维电影带来的视觉精彩。

人类经过几个世纪的探索，终于形成了一种新的学科——3D 显示。3D 显示的历史发展如图 1.1 所示。

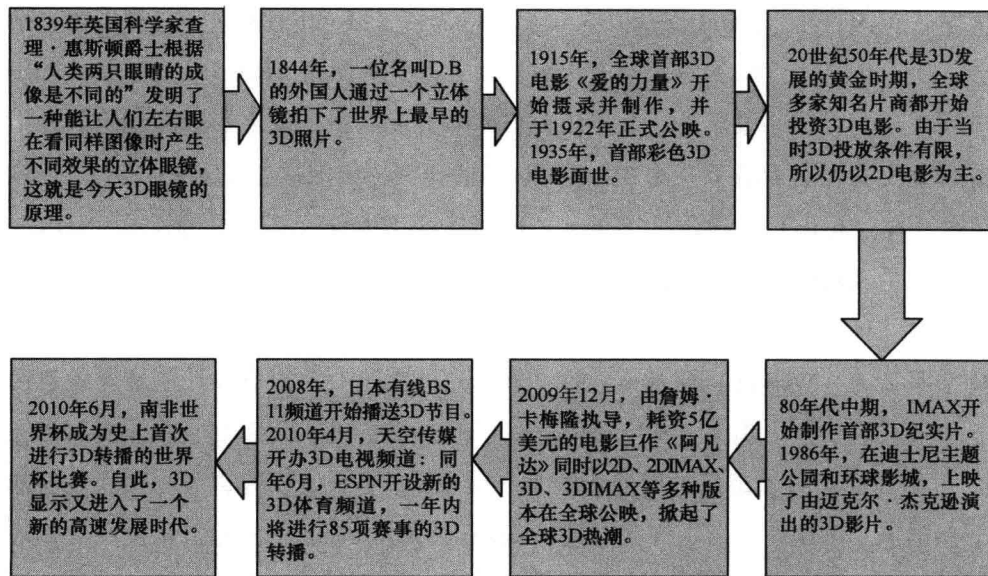


图 1.1 3D 显示的发展历史

有关 3D 影像的成因，我们归结起来就是“视觉移位”。人的两眼左右相隔 6 cm 左右，这意味着当你看一个物体时，两只眼睛是从左右两个视点分别观看的，左眼将看到物体的左侧，而右眼则会看到它的中间或右侧。当两眼看到的物体在视网膜上成像时，左右两面的影像合起来，就会得到最后的立体感觉。当观看者只以单眼来观看景物时，因为没有了视差，所以立体感也会随之消失。而这种获得立体感的效应就是“视觉位移”。

如图 1.2 所示，当我们看到下面物体时，左眼只看到阴影部分的一面，右眼则只看到图中标示出来的一面。所以，当两眼看到的物体在视网膜上成像时，左右两面的影像合起来，就会得到最后的立体图像。

由此，我们可得出获得立体视觉的 3 个条件：①需要左右眼两路影像；②两路影像是不同的，且具有正确的视差；③左右眼的影像要完全分离，左影像进左眼，右影像进右眼。