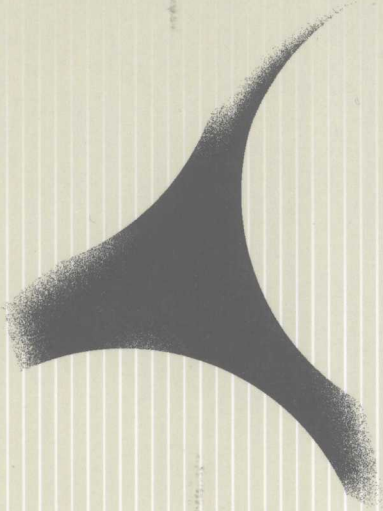




东亚地区 光学教育与产业发展

● 刘 旭 王珏人 张晓洁 著

The Development of Optics
Education and Industry in East Asia



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

东亚地区光学教育与 产业发展

刘 旭 王珏人 张晓洁 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

东亚地区光学教育与产业发展

刘 旭 王珏人 张晓洁 著

责任编辑 张 明

封面设计 俞亚彤

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司

印 刷 杭州浙大同力教育彩印有限公司

开 本 880mm×1230mm 1/32

印 张 10.5

字 数 293 千

版 印 次 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-89490-580-2

定 价 25.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571) 88925591

前 言

随着信息技术的发展,光子与电子已成为信息的主要载体,使得信息获取与处理能力得到极大的提高。数字信息技术高速发展的结果,带动了现代光学与光子产业技术高速发展。信息社会的到来使人类对信息量的需求空前增加,光学与光电子产品从来没有像现在这样成为人们日常生活不可或缺的用品与工具,推动着光学产业进入高速发展期,光学工业在社会中的作用与地位得到前所未有的提高。

20 世纪末,国际光学产业大发展的同时,全球光学产业的布局随着国际经济的改变而发生变化,东亚地区(中国大陆地区和台湾地区、日本、韩国)已经取代美国与欧洲成为国际光学产业最重要的区域。日本作为国际光学产业的龙头之一,在新一轮的产业浪潮中继续发挥龙头作用,引领光学产业的发展;韩国与中国台湾地区利用平板电视产业发展的契机,采用倾斜政策,推进产业发展,已经成功代替欧洲成为国际平板显示器的主要力量;中国大陆地区作为世界光学产业最重要的加工聚集地,是世界最大、最完备的光学加工基地,并具备了完整的光学产业链。这一切都表明东亚地区已经成为世界光学产业的主导力量,在 21 世纪,这一主导力量还将在世界经济发展中发挥更为重要的作用。

正是在这样的背景下,本书试图描述东亚地区光学事业发展历程以及现状,希冀能够为光学工作者所参考,同时也为人们思考如何更好地发展光学事业提供些许启发。

2007 年,我们非常荣幸地获得了日本大平正芳基金会授予的一个研究奖励计划,研究中日光学教育与产业的发展 and 比较。在执行



这个研究计划的同时,我们发现同样在东亚的韩国与中国台湾地区,近年来在光学产业方面发展十分迅猛,特别是在光电子、平板显示以及数字影像技术的某些方面甚至已经引领世界。因此我们认为有必要将东亚地区的韩国与中国台湾地区也纳入考察比对范围,故而成就了本书的框架。

收集大量有关光学教育与产业的信息是一项十分繁琐与困难的工作。我们发动了浙江大学光电系的学生展开了此课题的资料收集,我们还特别邀请了两位韩国留学生参加韩国资料的收集工作。对于他们的贡献在此一并表示感谢!

我们衷心感谢 OPTORUN 的社长小泉达也先生。他不仅向基金会推荐了本项目,而且在项目的执行过程中,参与了整个计划的制订工作,并积极帮助收集资料。可以说没有小泉达也先生的支持与帮助,就没有《东亚地区光学教育与产业发展》的成书与出版。

最后还要感谢浙江大学出版社的张明老师,在很短的时间,精心编辑,使本书得以快速面世。

如果本书能为东亚地区光学事业的发展,特别是光学教育事业的发展给予一些参考与借鉴,我们将感到非常高兴。

作 者

2009 年 4 月于求是园

目 录

第一章 光学历史与产业发展脉络	(1)
第一节 光科学与技术发展历程	(1)
第二节 光学产业的形成与发展	(19)
第二章 日本的光学产业发展历程	(37)
第一节 日本光学产业的起步	(37)
第二节 日本光学产业的发展	(43)
第三节 日本光学产业发展的特点	(75)
第三章 日本的光学教育	(80)
第一节 日本高等教育概述	(81)
第二节 日本高等教育中的光学教育	(85)
第三节 日本企业中的光学教育	(102)
第四节 日本光学教育的特点分析	(108)
第四章 中国大陆光学教育发展现状	(113)
第一节 中国古代光学认知与光学理论	(113)
第二节 中国光学教育	(124)
第五章 中国大陆光学产业的发展现状	(172)
第一节 近现代光学产业发展	(172)

第二节	中国大陆光学技术发展	(179)
第三节	中国大陆光学产业发展现状	(199)
第六章	韩国的光学教育与光学产业	(216)
第一节	近代韩国发展概况	(216)
第二节	韩国高等教育概况	(220)
第三节	韩国大学的光学教育	(233)
第四节	韩国的光学产业	(245)
第七章	中国台湾地区的光学产业与光学教育	(258)
第一节	中国台湾地区近年来高等教育的发展	(259)
第二节	中国台湾地区的光学教育	(269)
第三节	中国台湾地区的光电科技研发	(282)
第四节	中国台湾地区光电产业的发展	(287)
第八章	东亚地区光学与光子学状况比较	(298)
第一节	东亚各国(地区)的高等教育比较	(298)
第二节	东亚地区光学教育的比较	(310)
第三节	东亚地区光学产业发展的比较	(317)

第一章 光学历史与产业发展脉络

第一节 光科学与技术发展历程

光学是一门与人类发展休戚相关的学科与技术,因为光是人类生活最基本的条件之一。早在史前时代,人类在日月轮转与钻石取火过程中学会并总结了大量的光学知识,圭表是人类最早创造并使用的光学仪器,由圭和表两部分组成。中国西周丞相周公旦(公元前约 1105 年)在河南登封县设置了世界上最早的计时器圭表。^①人们可以从太阳照射圭的影子对照表上的刻度来计时了。

关于中国光学现象与器件的记录,首推应该是中国先秦文献《墨经》。而在更早期的古埃及宗教文化中,就有太阳崇拜。古埃及人在金字塔建筑中已经十分重视光学现象的应用,特别是在早期的建筑照明之中得到了更充分的体现和发展,古埃及人相信运用了这些照明装置,能使太阳神将帝王的

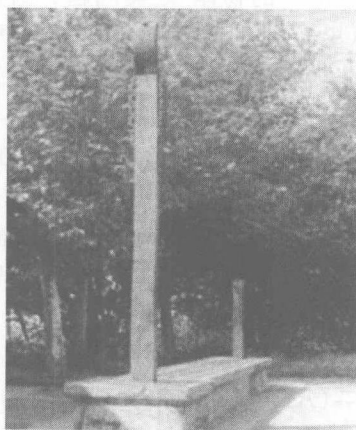


图 1-1 圭表——人类最早的光学仪器

^① <http://baike.baidu.com/view/41639.htm>

灵魂带到天堂。

中国的铜镜制造从殷商时期(公元前 17 世纪—公元前 11 世纪)就开始了。甘肃广河齐家文化中出土的大批铜镜,证实了中国祖先早在殷商之前就已经有了铜镜的知识与制备技术。根据《周礼·春官》和《考工记》的记载,西周时期(公元前 11 世纪—公元前 770 年)已有用阳燧(凹面金属镜)进行取火,还有专门掌管阳燧的官员,叫“司恒氏”。中国古代取火的工具称为“燧”,有金燧、木燧之分。金燧取火于日,木燧取火于木。根据中国古籍记载,古代常用“夫燧”、“阳燧”(实际上是一种凹面镜,因用金属制成,所以统称为“金燧”)来取火。古代人们在行军或打猎时,总是随身带有取火器,《礼记》(公元前 220 年左右成著)中就有“左佩金燧”、“右佩木燧”的记载,这表明古人在晴天时用金燧取火,阴天时用木燧取火。阳燧取火是中国古人利用光学仪器会聚太阳能的先驱事件。

人类早期有记载开始对光的研究就已经有试图回答“人怎么能看见周围的物体”之类问题。约在公元前 400 多年(先秦年代),中国的《墨经》中就记载了世界上最早的光学知识。它有 8 条关于光学的记载,它们依次是:影子生成的道理;光线与影的关系;光线直线行进实验;光的反射特性;从物体与光源的相对位置关系确定影子大小;平面镜的反射现象;凹面镜的反射现象;凸面镜的反射现象。在这些叙述中,说明了影的定义和生成,光的直线传播性和针孔成像,并且以严谨的文字讨论了在平面镜、凹球面镜和凸球面镜中物和像的关系。《墨经》是人类最早的光学书籍,是我们中华民族的祖先对人类早期文明的巨大贡献。

差不多在同一个时期,公元前 400 年左右希腊的剧作家阿里斯托芬(Aristophanes)在他的剧本中描述了太阳光线的反射,由于这是剧本形式的描述,故随着戏剧而得到流传。这是西方关于光学现象的传说式的最早记载。^①

^① A brief history of optics, <http://members.aol.com>

德漠克利特(Democritus,约公元前460年—前370年,古希腊哲学家)是最早论述颜色的前辈。作为早期的哲学家,他在论述提出物质世界原子论的同时,提出了颜色是由于原子组分不一致而形成的概念。

公元前380—前320年期间,亚里士多德(Aristotle,古希腊大哲学家、科学家)提出光线的概念,认为视觉是因为眼睛发出的光线接触到人们看到的物体而产生的。

公元前290—前212年期间,物理学家阿基米德(Archimedes)论述了光线的反射与折射现象。卢修斯(Lucius Annaeus Seneca,公元前4年—公元65年)记述了在透明容器中由液体产生的放大现象。

尼禄(Nero,古罗马暴君,37—68年)第一个记载了用晶体作为单透镜可以观看远处竞技场上搏斗的战士。

托勒密(Ptolemy,2世纪的古希腊天文学家、地理学家、数学家,地心说的创立者)在他的著作中提到了折射时入射角与折射角的比例是常数,但同时他也认为看到物体是因为眼睛发出的光线碰到了物体。

11世纪,阿拉伯人伊本·海赛木(Abu Ali Hasan Ibnal-Haitham,965—1020)发明了透镜;他研究并提出了球面与抛物面反射镜的反射原理,反驳了托勒密的折射关系以及视觉的理论。

1116年,中国北宋药学家寇宗奭所著《本草衍义》中提到:菩萨石映日射之,有五色光。这是指日光经过菱形的石英晶体所折射而散出的各种色光,这就是现代摄影学理论上的色散现象。寇宗奭发现的色散现象,足足比英国牛顿的发现早了550年。

1590年到17世纪初,詹森(Zacharius Jensen)和李普希(John Lipperhey)同时独立地发明显微镜;但是一直到17世纪上半叶,才由斯涅耳(Willebrord Snell)和笛卡儿(Rene Descartes)将光的反射和折射的观察结果归结为今天大家所惯用的反射定律和折射定律。

1665年,牛顿(Isaac Newton)进行太阳光的实验,他把太阳光分解成简单的组成部分,这些成分形成各个颜色按一定顺序排列的光

分布——光谱。人们第一次接触到光的客观和定量特征——各个单色光在空间上的分离是由光的本性所决定的。

牛顿还发现了把曲率半径很大的凸透镜放在光学平玻璃板上，当用白光照射时，可见透镜与玻璃平板接触处出现一组彩色的同心环状条纹；当用某一单色光照射时，则出现一组明暗相间的同心环条纹，后人把这种现象称“牛顿环”。借助这种现象可以用第一暗环的空气隙的厚度来定量地表征相应的单色光。

牛顿在研究了光的传播特性后，根据光的直线传播性，认为光是一种微粒流。微粒从光源飞出来，在均匀媒质内遵从力学定律做匀速直线运动。牛顿用这种观点对折射和反射现象作了解释。

惠更斯(Christian Huygens)是光的微粒学说的反对者，他创立了光的波动学说。提出“光同声一样，是以球形波面传播的”，并且指出光振动所达到的每一点，都可视为次波的振动中心、次波的包络面为传播波的波阵面(波前)。在整个 18 世纪中，光的微粒流理论和光的波动理论都被粗略地提了出来，但都不很完整。

19 世纪初，波动光学初步形成，其中托马斯·杨(Thomas Young)用光的波动学说圆满地解释了薄膜颜色和光的双狭缝干涉现象。菲涅耳(Jean Fresnel)于 1818 年以杨氏干涉原理补充了惠更斯原理，由此形成了今天为人们所熟知的惠更斯—菲涅耳原理，用它可圆满地解释光的干涉和衍射现象，也能解释光的直线传播。

在进一步的研究中，观察到了光还具有偏振和偏振光的干涉现象。为了解释这些现象，菲涅耳假定光是一种在连续媒质(以太)中传播的横波。为说明光在各不同媒质中传播的不同速度，又必须假定以太的特性在不同的物质中是不同的，并且在各向异性的媒质中还需要有更复杂的假设。此外，还必须给以太以更特殊的性质才能解释光不是纵波。但是人们认为具有如此性质的以太是难以想象的。

1845 年，法拉第(Michael Faraday)发现了光的振动面在磁场中可以发生旋转；1856 年，韦伯发现光在真空中的速度等于电流强度的电磁单位与静电单位的比值。他们的发现表明光学现象与磁学、

电学现象之间有一定的内在关系。

1860年前后,麦克斯韦(James Clerk Maxwell)指出,电场和磁场的改变,不局限于空间的某一部分,而是以等于电流的电磁单位与静电单位的比值的速度传播着,而光就是这样的一种电磁现象。这个结论在1888年为赫兹(Hertz)的实验所证实。然而,这样的理论还不能说明能产生像光这样具有极高频率的电振子的性质,也不能解释光的色散现象。到了1896年,洛伦兹(H. A. Lorentz)创立电子论,才解释了物质发光和物质吸光现象,也解释了光在物质中传播的各种特点,还包括对色散现象的解释。在洛伦兹的理论中,以太乃是广袤的、无限的、不动的媒质,其唯一特点是,在这种媒质中光振动具有一定的传播速度。

对于像炽热的黑体的辐射中能量按波长分布这样重要的问题,洛伦兹理论还不能给出令人满意的解释。并且,如果认为洛伦兹关于以太的概念是正确的话,则可将不动的以太选作参照系,使人们能区别出绝对运动。而事实上,1887年迈克耳逊(Albert A Michelson)用干涉仪测量“以太风”时得到了否定的结果,这表明在洛伦兹电子理论时期,人们对光的本性的认识仍然存在不少片面性。

1900年,普朗克(Max Karl Planck)从物质的分子结构理论中借用了不连续性的概念,提出了辐射的量子论。他认为各种频率的电磁波包括光,只能以各自确定分量的能量从振子射出,这种能量微粒称为量子,光的最小的量子称为光子。

量子论不仅很自然地解释了灼热体辐射能量按波长分布的规律,而且以全新的方式提出了光与物质相互作用的整个问题。量子论不但给光学,也给整个物理学提供了新的概念,所以通常把它的诞生视为近代物理学的起点。

1905年,爱因斯坦(Albert Einstein)运用量子论解释了光电效应。他给光子作了十分明确的界定,特别指出光与物质相互作用时,光是以光子为最小单位进行的。

1905年9月,德国《物理学年鉴》发表了爱因斯坦的《关于运动媒

质的电动力学》一文，此文第一次提出了狭义相对论基本原理。文中指出，从伽利略(Galileo Galilei)和牛顿时代以来占据统治地位的古典物理学，其应用范围只限于速度远远小于光速的情况，而他的新理论可解释与很大运动速度相关的运动过程和特征，从而根本放弃了以太的概念，圆满地解释了运动物体的光学现象。

这样，在 20 世纪初，一方面，从光的干涉、衍射、偏振以及运动物体的光学现象确证了光是电磁波——波动性；而另一方面，又从热辐射、光电效应、光压以及光的化学等作用无可怀疑地证明了光的量子性——微粒性。

1922 年康普顿(A. H. Compton)发现了康普顿效应。1928 年，印度加尔各答大学的拉曼(Sir Chandrasekhara Venkata Raman, 1888—1970 年)发现了拉曼效应，以及当时已能从实验上获得的原子光谱的超精细结构，它们都表明光学的发展是与量子物理紧密相关的。光学的发展历史表明，现代物理学中的两个最重要的基础理论——量子力学和狭义相对论都是在关于光的研究中诞生和发展的。

此后，光学开始进入了一个新的时期，以致成为现代物理学和现代科学技术前沿的重要组成部分。其中最重要的成就就是发现了爱因斯坦于 1916 年预言过的原子和分子的受激辐射，并且创造了许多产生受激辐射的具体技术。

1958 年美国肖洛(Arthur L. Schawlow)和汤斯(Charles H. Townes)发表论文说明微波受激辐射振荡的原理，后来拓展波谱到光波，就成为激光器理论，1960 年由梅曼(Theodore H. Maiman)用红宝石晶体制成第一台可见光的激光器；同年制成氦氖激光器；1962 年产生了半导体激光器；1963 年又产生了可调谐染料激光器。自 1958 年激光发现以来，由于激光具有极好的单色性、高亮度和良好的方向性，极大推进了光学研究与技术的发展，激光技术得到了迅速发展和广泛应用，同时也引起了科学技术的重大革命。

随着 1962 年发光二极管(LED)的研制成功，1963 年半导体激光

器的发明,1969年CCD的发明,伴随着半导体技术的发展,结合激光技术,光电子学形成雏形,光电子学与光电子技术开始了其的新里程。

1966年通信光纤进入人们的研究视野,意味着光纤通信的大幕即将拉起,1967年第一款液晶显示器(LCD)的推出,标志着新的信息显示时代的开始。因此,20世纪60年代之后光学技术进入了高速发展期,同时也为信息技术与信息社会的到来做了技术上的准备。

光学的另一个重要的分支是由成像光学、全息术和光学信息处理技术组成的。这一分支最早可追溯到1873年由阿贝(Ernst Abbe)提出的显微镜成像理论,和1906年波特(A. B. Porter)为之完成的验证阿贝成像原理的实验;1934年泽尔尼克(Frits Zernicke)提出位相反衬观察法,并依此蔡司工厂制成相衬显微镜,为此他获得了1953年诺贝尔物理学奖。在显微成像方面,研究工作不断深入,1957年由明斯基(Marvin Minsky)提出,经过近30年到1985年由阿摩斯(Brad Amos)和怀特(John White)利用激光技术成功实验了第一台共焦显微镜原型,使超光学分辨的三维显微成像成为可能。同时,在20世纪80年代后期人们发展出了各种高分辨的扫描显微光学成像技术,如:近场光学隧道扫描显微镜等。

1948年盖博(Dennis Gabor)提出了现代全息照相术的前身——波阵面再现原理,为此,盖博获得了1971年诺贝尔物理学奖。自20世纪50年代以来,人们开始把数学、电子技术、通信理论与光学结合起来,给光学引入了频谱、空间滤波、载波、线性变换及相关运算等概念,更新了经典成像光学,形成了所谓的傅里叶光学。再加上由于激光所提供的相干光和1962年由莱思(E. N. Leith)及阿帕特内克斯(J. Opatnieks)改进了的全息术,形成了一个新的学科领域——光学信息处理领域。

20世纪90年代末,光电子技术的发展带来的信息技术的高速发展,以光通信技术为代表的信息技术产品成为当时推动社会经济发展的重要引擎产业。数码影像技术的发展,带动基于光学与光电技

术的新型光存储、复印、传真、扫描、数码影像技术与产品的高速发展,人类进入了数码时代。人类生活从此与光学及光电子技术更紧密相连,光学终于从学术理论的殿堂走出,与百姓生活产生了密切的联系。同时光电数码技术的发展与普及为信息社会的到来做好了技术上的铺垫。

2000年以后,人类进入信息社会,光纤通信技术为信息社会的信息交流提供了现代的“信息高速公路”,成为现代通信的基础设施,通信领域应用了百年的电缆终于让位于光缆,这为现代网络社会奠定了坚实的技术与物质基础。可以说,应用了光通信技术才使得现在地球上的人们成为“地球村”的人们。通过高速信息网络,人们才能真正做到秀才不出门,尽知天下事。

当然,光学科学的发展并没有止步,自1987年亚勃诺维奇(Yablonovith)提出光子晶体的概念后,20世纪90年代以来光子晶体的研究日益发展,并逐步出现了纳米光子学科新领域,以近场光学、等离子激元波以及纳米尺度光波传播为特征的,与经典光学传播场和量子光场均有差异的介观光学理论被提出并不断完善。出现了负折射材料、光学隐身、超分辨率成像等等新的光学方向。

量子光子学的发展是光子科学发展的一个十分活跃的新方向,利用光量子的量子特性,人们正在建立新型的基于量子计算的量子计算机、实现新的量子保密光通信、光量子成像等新兴的光子科学与技术。

21世纪人类面临着巨大的可持续发展问题,如何在保持高速发展的同时保持一个良好的生态环境,如何科学利用地球上越来越少的石油与矿产资源成为摆在人们面前的重要问题。光学研究又开始向能源与生命科学领域发展。

在新能源领域,光伏效应的太阳能电池正在发展成为一个大产业,人们正在探索不断提高光电转换效率的新材料与新器件。同时激光核聚变技术的发展也为新能源技术的发展提供了一条新途径。

由强激光产生的非线性光学现象正为越来越多的人所注意。激光光谱学,包括激光拉曼光谱学、高分辨率光谱和飞秒超短脉冲,以

及可调谐激光技术,都已使传统的光谱学发生了很大的变化,成为深入研究物质微观结构、运动规律及能量转换机制的重要手段。它为凝聚态物理学、分子生物学和化学的动态过程研究提供了前所未有的技术。

光合作用的研究也是人类不断推进光学与光子技术在生命科学中应用的一个重要环节。以基因芯片技术带动各项光学与光子技术的发展,必将为生命科学的发展提供更为重要的技术手段与技术支撑。

有关光学理论与技术发展的历程见表 1-1 所示。

表 1-1 光学的编年史^①

年 份	光学理论与技术
公元前 1700—前 1100 年	中国殷商之前期的铜镜(出土,齐家文化)
公元前约 1100 年	中国圭表(西周)
公元前约 400 年	中国《墨经》,这是人类历史上有史可查文字记载光学知识的最早文献
公元前约 400 年	古希腊剧作家阿里斯托芬(Aristophanes)在他的剧本中描述了太阳光线的反射
公元前 460—前 370 年	德谟克利特(Democritus,古希腊哲学家),最早论述到颜色的学者,作为早期的哲学家,他在论述物质世界时提出原子论,提出了颜色的概念是由于原子组分的不一致
公元前 380—前 320 年	亚里士多德(古希腊大哲学家、科学家)提出光线的概念,认为视觉是因为眼睛发出的光线接触到人们看到的物体
公元前约 300 年	Euclid 在他的 <i>Optica</i> 著作中,提出光波走直线,描述了反射定律,认为是眼睛发出光线碰到物体,所以人才能看到物体

^① The History of Optical Science, courtesy BBC UK; http://www.optics1.com/optics_history.php

续 表

年 份	光学理论与技术
公元前 290—前 212 年	阿基米德(Archimedes)论述了反射与折射现象
公元前 230—100 年	汉朝《史记》和《汉书》提到了中国皮影戏的雏形,西汉刘安在《淮南万毕术》中有关冰透镜的记载,并记载了水中成像的条件和铜镜抛光技术
约 140 年	托勒密(Claudius Ptolemy)研究了光线的反射与折射,包括空气折射,并提到光线折射时入射角与折射角的比例是常数,同时他还认为人们能够看到物体是因为眼睛发出的光线碰到了物体
约 630 年	唐初孔颖达在《礼记·月令》中记载了彩虹的原理是“云薄漏雨,日照雨滴则虹生”
907—960 年	唐末的《谭子化书》论述了四种透镜(凹、凸反射镜)及其成像关系
965—1020 年	Ibna'l-Haitham 发明透镜,他也研究了球面与抛物面的反射镜的反射原理,知道了球差,并反驳了 Ptolemy 的折射关系以及视觉的理论。他的工作后来被翻译成拉丁文,成为欧洲学术的重要参考与来源
1086—1095 年	北宋沈括在《梦溪笔谈》中对小孔成像与透镜成像进行了对比分析
1116 年	北宋药学家寇宗奭在《本草衍义》提到菩萨石映日射之,有五色光。这是日光经过菱形的石英晶体所折射散出的各种色光
约 1220 年	英国 Robert Grosseteste 提出黑白颜色的成因
约 1267 年	英国 Roger Bacon 提出光速是无限的,就像声波一样。另外他的著作 <i>Opus Maius</i> 中记载了他用凸透镜放大小物体,并用其矫正视力的应用;他还解释了彩虹形成原因是由于太阳光被小雨点反射
约 1270 年	Witelo 描述了制备金属抛物镜的方法,也仔细研究了光线折射现象;他认为折射角不与入射角成正比,但没有发现全反射现象