

# 技术与观念的互动:视觉的扩展与玻璃的奇迹

彭 洋

(黑龙江大学 哲学学院,黑龙江 哈尔滨 150080)

**摘要:**主宰欧洲人思想模式的视觉中心主义促成了他们对玻璃的格外重视并乐于通过它去观察和研究世界,而玻璃的透明、坚硬、可塑等特性又使其成为极佳的观察实验仪器。视觉中心主义和玻璃的有机结合,使玻璃制作工艺在西欧得到大力发展,进而出现了镜子、望远镜、显微镜等一系列观察实验的工具。这些工具极大地拓展和丰富了人类的经验范围和内容,从而引发了人们思想上的变化,最终促进旧的科学范式被新范式取代,并重塑了人们的世界观。

**关键词:**视觉中心主义;玻璃;技术;文化

[中图分类号]B152 [文献标识码]A [文章编号]1672-934X(2022)03-0047-07

DOI:10.16573/j.cnki.1672-934x.2022.03.007

## The Interaction Between Idea and Technology:Expansion of Vision and Miracle of Glass

Peng Yang

(School of Philosophy, Heilongjiang University, Harbin, Heilongjiang 150080, China)

**Abstract:** The vision-centralism, which dominates the European thought patterns, contributes to their particular attention to glass and their willingness to observe and study the world through it. Meanwhile, the characteristic properties of glass such as transparency, hardness and plasticity make it an excellent apparatus for observation and experiment. The organic combination between vision-centralism and glass makes the glass-making technology development remarkably in western Europe, and then a series of tools for observation and experiment such as mirrors, telescopes and microscopes have been created ever since, which have greatly expanded and enriched the range and content of human experience. As a result, the old scientific paradigm is replaced with a new one, reshaping people's world outlook.

**Key words:** vision-centralism; glass; technology; culture

2018年以来,中美贸易摩擦不断升级,直到美国放出“芯片禁售令”这样的大招之后,EUV光刻机这种“卡脖子”技术就成为国人的“心病”,为此我国决策层下决心全力打好核心

技术攻坚战。超高精度的光学玻璃是光刻机这种设备的关键部件,其中最重要的核心部件——用来折射光路的反光镜,目前我国还不能制造。另外,在应对新冠肺炎疫情这场全球

收稿日期:2022-01-03

基金项目:国家社会科学基金重大项目(20&ZD045)

作者简介:彭 洋(1983—),男,副教授,哲学博士,主要从事现象学与技术哲学研究。

公共卫生突发事件中,新冠疫苗成为了制胜法宝,虽然我国及时自主研制出了高效疫苗,但在推广疫苗的环节中,存在一个被忽视且令人扼腕叹息的缺憾:即存储疫苗的中硼硅玻璃管在很大程度上仍然依赖进口。虽然,我国有企业能够生产中硼硅玻璃管,但产能十分有限,大规模生产仍需引进外资企业<sup>[1]</sup>。我国是玻璃生产大国,如福耀集团早已在美国开厂生产汽车玻璃,但我国算不上玻璃强国,还缺乏制造高端玻璃乃至高精度光学玻璃的完整产业链<sup>[2]</sup>。玻璃这种在日常生活中再普通不过而容易被人们忽略的物品,实际上是人类文明史和科技史上的一项伟大的发明。中国古代文明虽然在世界上长期处于领先地位,但在玻璃制造历史上却一直处于落后状态,远不如欧洲的玻璃工艺,甚至还不如阿拉伯地区的玻璃工艺;时至今日,我国的高端玻璃生产能力仍然不强。古代中国在玻璃生产领域处于落后水平是因为我们的祖先对玻璃这种人造物的轻视,其根源在于我国古代偏重听觉导向的思维传统与审美价值。相反,欧洲人之所以在玻璃制作上取得卓越成就,则是因为欧洲人,特别是西欧人早就对玻璃偏爱有加,而这种偏爱又源于欧洲文明自古以来崇尚视觉中心主义。玻璃制造这种很早就被中西方文明各自独立掌握的技术在不同的文化背景下形成了不同的命运。反过来说,不同命运下的玻璃制造技术又深刻地影响和塑造了两种不同的文明。

### 一、玻璃制造技术在不同文化背景下的不同命运

从战国时代开始,楚国就诞生了典型的中国自产玻璃器,其化学成分与制作工艺都表明我们的祖先早已独立掌握了玻璃生产技术<sup>[3]</sup>。但遗憾的是,玻璃这种人工合成物在中国的历史中从未如同西方那样受到重视,制造玻璃的目的在中国最初仅为了将其当作玉器的仿制

品<sup>[4]</sup>。玻璃作为玉的仿制品,其在审美和文化价值上较低,尤其常常具有欺骗性,如苏轼就曾写道“熔铅煮白石,作玉真自欺”<sup>[5]</sup>。这里用铅和白石熔制出来的就是外观类似玉或白瓷的玻璃,但这种玻璃在我国古代经常被视为玉或高级白瓷的仿制品或赝品。而“当人们得知玻璃本质上是人工制造的廉价材料之后,其关注度和价值都开始一落千丈”<sup>[6](P1)</sup>。玻璃低廉的审美和文化价值使其难以受到我国士大夫有识阶层的重视,这使得“玻璃一直在古代中国的物质文化边缘徘徊”<sup>[6](P233)</sup>。另一方面,因为我国古代发达的瓷器工艺使瓷器在很大程度上可取代玻璃,这就使玻璃自身特有的坚硬、透明、可塑等特性不被重视,就谈不上要发展玻璃了。而玻璃最显著的特性——透明,之所以不被我们的祖先重视,还因为自古以来中华文化传统偏重以听觉为主导的认知方式,视觉则位居其次<sup>[7]</sup>。

相比之下,玻璃很早就受到欧洲人的重视并被广泛使用,正如艾伦·麦克法兰(Alan Macfarlane)指出:“罗马人曾在玻璃史上拥有中心地位。他们不仅提供了生产技艺,还有将玻璃视为有其自身价值的重要物质的见识。将玻璃在西欧与其在亚洲的历史区别开来的也正是这种对待玻璃的态度。”<sup>[8](P13-14)</sup>这种对玻璃特性的重视,使得玻璃无法澄清的问题对于追求透明度的欧洲玻璃制造者来说,是无法忍受的,但对于中国的玻璃制造者来说,却未必不是一件益事。因为它引发的玻璃混浊效果,正好可用来模仿玉料温润失透且有一定光亮度的质感<sup>[4]</sup>。欧洲人对玻璃透明性的执着追求,源于其悠久的视觉中心主义传统,而这种传统可从作为整个西方文明基石的古希腊字母说起,因为“唯有拼音字母表才将人的经验分裂为这样截然分明的两部分,让使用者以眼睛代替了耳朵,让他从洪亮的话语魔力和亲属网络的部落

痴迷状态中解脱出来”<sup>[9]</sup>。这种认知偏向使视觉在人的其他感觉中突显出来并成为首要的认知途径,这在古希腊哲学的开端就已有明显的表现,正如汉斯·布鲁门伯格(Hans Blumenberg)所指出的,“光作为真理的隐喻在哲学概念形成的准备阶段就具有主导地位。”<sup>[10](P139-171)</sup>马丁·海德格尔(Martin Heidegger)也同样指出了这一点:“哲学的传统一开始就把‘看’定为通达存在者和存在的首要方式。”<sup>[11]</sup>“早在希腊哲学中人们就从‘看的快乐’来理解认识活动,这不是偶然的。亚里士多德关于存在论的论文集的首篇论文即以下面这句话开篇:人的存在本质上包含有看之操心。……巴门尼德在下述命题中曾先行加以描绘的东西得到了鲜明的领会:存在就是在纯直观的觉知中显现的东西,而只有这种看揭示着存在。源始的真实的真相乃在纯直观中。这一论题永久流传,始终是西方哲学的基础。”<sup>[12](P198-199)</sup>正是因为“看”是欧洲人主导的认知方式<sup>[10](P173-181)</sup>,所以他们才如此看重玻璃的透明性。

被这种视觉中心主义催生出来的透明玻璃,就如同“蝴蝶效应”中那只蝴蝶的第一下决定性扇动一样,其对西欧乃至今日整个人类文明所产生的影响无法估量,正如著名的技术史专家刘易斯·芒福德(Lewis Mumford)所说,“玻璃是原始经济中最重要的角色。”<sup>[12](P124)</sup>因为若没有高透明度的玻璃,就不会有实验室中的各种玻璃瓶罐,更不会有通过在玻璃上镀上金属做成的镜子以及能屈光的凸透镜和凹透镜,当然也不会有显微镜和望远镜,那么牛顿力学和“日心说”就难以得到观测数据的支持。玻璃在欧洲得到重视与高度发展的原因固然是多方面的,甚至不排除一些非常偶然的因素,但对玻璃透明度的追求无疑是欧洲古已有之的视觉中心主义的鲜明表现。而透明玻璃及其衍生品又反过来强化了这种视觉中心主义,并引发了欧洲哲学与科学思想诸多方面的重大革新。

## 二、玻璃对视觉的增强及其影响

视觉因其突出的方向性而能够直接指向主体的意向所在,中文的“渴望”、拉丁文的“concupiscentia”、德文的“sehnsucht”,还有英文的“desire”(该词源自拉丁文“desidero”,原意是“等待看到星星”),这些词本身就表明了这种关系,注目所在即意向所在,也就是好奇心所在。欧洲的视觉中心主义强化了由眼睛所表达的那种四处搜寻、一探究竟的好奇心。在柏拉图主义的影响下,人们不再满足于眼前的现象,相信在表象背后存在更为本源的真实,并且试图揭开自然面纱背后的终极真实。这种独特的好奇心出现在发端于古希腊的西欧文明中,正如麦克法兰所言,这是一种特定的好奇态度,一种对发现新事物的信念,一种认为在现实的表象背后有更深的规律可以被发现,并且人具有揭示它们的自信<sup>[8](P28)</sup>。

然而,只有好奇心是不够的,“重要的是好奇心与工具的结合”<sup>[8](P48)</sup>。若没有这种独特且强烈的好奇心,则缺失促使欧洲人不断提升玻璃透明度的驱动力;而没有优质透明玻璃的发明,则这种好奇心就不会被满足。随着低廉且优质的透明玻璃的出现,欧洲人的思想逐渐开始了缓慢但却深刻的改变,欧洲中世纪许多伟大的科学家对光学和相关主题有着强烈的兴趣<sup>[8](P41)</sup>。这不是偶然的,其背景是12世纪至13世纪期间彩色装饰玻璃的制作工艺在威尼斯得到了极大发展和繁荣<sup>[13]</sup>。彩色的马赛克式玻璃被广泛用于装饰教堂巨大的窗户,阳光透过玻璃窗户倾泻下来,照亮了上面描绘的圣经故事,使整个教堂在一片柔和且肃穆的氛围中彰显上帝的仁慈与威严。在教士们看来,上帝是光的源泉,甚至是光本身,透过玻璃探究光可以追随上帝的指引进而寻找真理本身。所以,教士们正是试图通过研究光来接近上帝,而要研究光需要优质的透明玻璃,这就激发了工

匠们不断提高玻璃透明度的动力。

同时,优质的透明玻璃是生产优质镜子的前提,而能够清晰呈现对象的镜子则非常有力地推动了个人主义和自我意识的形成。从时间上来说,“优质镜子的发展与在十三世纪到十六世纪之间的新个人主义的发展几乎是完全同步的。”<sup>[8](P72)</sup>从地理上来说也是吻合的,作为文艺复兴与个人主义思潮发源地和中心的意大利与尼德兰,在当时都是玻璃和镜子产业的引领者<sup>[8](P73)</sup>。在古代,即使打磨最精细一类的金属镜面,其反光率也远低于由玻璃镀汞的镜子,更何况金属本身的颜色也会影响成像的清晰度,而且古代的金属镜面很容易生锈,这些因素都会导致古代的金属镜面的成像效果并不理想,观察者实际上只能在这种镜面上看到自己的大致影像,而不是十分清晰的成像。更何况一面精致的铜镜价格不菲,并不是所有古代人都能负担得起的生活用品。直到了十六七世纪,几乎每个西欧人都拥有能够照照自己面容的镜子,于是物理上的清晰自我就出现了,与之相应的思想变化也就发生了。所以,芒福德认为,正是因为镜子促成了新的自我概念的产生,“自我意识、内省与镜像对话是与新客体一起发展出来的:这种对自我图像的痴迷出现于人格成熟之际,就像年轻的纳喀索斯长久深情地凝视着池塘中自己的倒影一样——而且独立的人格感,对自我身份的客观属性的感知,正脱胎于这种交流。”<sup>[12](P129)</sup>原本模糊的自我意识随着镜子的发展一道清晰起来,并最终通过“我思故我在”这一命题发出了那个时代的最强音,而且,笛卡尔的全部思想方法事实上都体现出“镜子”的特征:“精确、准确、正确地聚集于特定问题,这一切都深受镜子、透镜、棱镜和镜片的影响。”<sup>[8](P83)</sup>

玻璃工艺的进步带来了显微镜、望远镜、温度计、气压计等一系列观察和测量工具,这不仅

为近代科学的发展提供了物质条件,而且通过玻璃扩大视野所观察到的新现象也不断冲击着旧有观念。伽利略通过望远镜观察到月球不平坦的表面和太阳黑子进而开始质疑“天体是完美的”这一传统观念;开普勒借助望远镜在研究第谷的观测结果后提出了行星三大定律,由此最终证实并修正了“日心说”,这从根本上动摇了教会的权威;牛顿不仅发明了反射式望远镜,还用他的力学理论直接将上帝请出宇宙;安东尼·列文虎克(Antony van Leeuwenhoek)用显微镜打开了微观世界之门,直接将人类的视野和认知带入新的维度……上面所提到的玻璃制品极大地增加了可靠知识的数量与种类,这些知识的积累又促进了应用性技术设备的生产,从而彻底改变了人类的生活方式及生命质量。例如,罗伯特·波义耳(Robert Boyle)正是用“U”形玻璃管和气压计证实了气体定律,并用数学式表述了其内容,科学史一般认为这是人类历史上发现的第一个“定律”。也正是在此定律的基础上,高效蒸汽机的诞生才得以可能,而蒸汽机的诞生则将人类文明带入了新纪元。同理,正是因为显微镜让人们看到了微生物,进而才对疾病产生的原因不断有了全新的认识,并为开发抗生素等奠定了基础。

以上例子充分说明了技术与现象之间互相促进的关系。一方面,“自然现象是技术赖以产生的必不可少的源泉。一切技术,无论多么简单或精密,都是一些效应——或更一般地说,是应用了一种或几种现象乔装打扮后的版本。”<sup>[14](P47)</sup>“技术的本质是被捕捉到并被使用的现象,或者更准确地说,技术是那些被捕获并加以利用的现象的集合。”<sup>[14](P50)</sup>正是因为玻璃的透明现象赢得了以视觉为认知中心的欧洲人的重视并刺激他们不断提高玻璃的透明性。另一方面,玻璃技术的提升及其相关制品的出现又极大地扩展了可观察的现象,这就为技术的

进一步发展创造了条件。因为,在实践中,某种现象能被一种技术驾驭之前,必须被驯服并被设置到工作当中。天然形式的现象很难被利用。它们需要被巧妙地调整到能令人满意的运行,而且它们只能在有限的条件下工作<sup>[14](P49)</sup>。而玻璃无疑是捕捉和驯服自然现象的利器,因为玻璃不仅是眼睛的延伸,同时也是手的延伸。它坚硬且可塑的物理特性使其能成为很好的容器,而它稳定的化学性质又使其对几乎任何物质都不产生反应,这就使玻璃成为最理想的化学实验工具。凭借玻璃,人类可以把自然现象掌控在自己的操作之下,仔细观察它们发生的过程和条件,进而可以根据自己的假设设计实验并向大自然寻求答案。由此,玻璃事实上变成了拷问自然现象的工具,诚如麦克法兰所言,人们用镜子、透镜和棱镜看大自然,从不同的角度,从宏观和微观层面,从不同的侧面或颠倒着看,在冷和热的不同条件下,在玻璃容器中的各种混合物里,观察它,以一窥它究竟是由什么构成的<sup>[8](P49)</sup>。

人和自然的关系随着玻璃带来的变革也被极大地改变了。原本作为大自然的一部分,随着大自然一同演变的人类此时隔着玻璃站在了自然的对面,变成了作为观察者的主体,而大自然变成了被观察的客体。人类透过玻璃看到了自然现象发生的具体过程,发现了它们产生的条件并总结出相关的规律,于是大自然原本神秘的面纱被人类揭去了,这就是“祛魅”。这种凭借玻璃可以在一定程度上操控自然的成就感极大地增强了人类的自信,进而产生了要征服自然的妄想。至此,古希腊罗马文化、伊斯兰文化、印度文化、中国文化等古代文明那种敬畏和崇尚自然的态度被彻底扭转了,人类不再被动地等待自然的恩赐,而是仿佛成为了自然的主人,可以对自然发号施令、予取予求。由此,现代技术最先正是从玻璃制品那里具备了海德格

尔所说的“索取”(Herausforderung)特征。

### 三、技术的超前与科学范式的转变

如果说是视觉中心主义的认知模式促使欧洲人发明了望远镜、显微镜这些由玻璃构成的观察仪器,事实上这些仪器同时也反过来进一步强化视觉在认知中的重要性。凭借这些观察仪器可以看到更遥远、更广阔、更细微、更真实的世界,人类的直观经验被骤然扩展到了全新的维度。以往那些根据人类感官经验总结出来的知识和理论体系在面对经由这些观察仪器开启的全新世界就显得捉襟见肘,甚至荒诞不经了。因为“直观是一切真理的源泉,是一切科学的基础”<sup>[15](P107)</sup>，“科学的一切证明必须还原到一个直观的,也就是不能再证明的事物。原来反省思维所面对的整个世界都是基于,并且是立根于这个直观世界的。一切最后的、也就是原始的依据都是一个直观上自明的依据。”<sup>[15](P109)</sup>玻璃为人们提供的全新直观经验使之前那些由先辈借由书籍传承下来的知识和理论体系遭受到了前所未有的质疑和否定,毕竟能有什么比自己亲眼目睹全过程更有说服力呢?所以,“玻璃将权威从词语,从耳朵、心灵与书写转到了外部可见的证据。长者的权威遭到挑战,试金石是个人的眼睛和充满怀疑的个体之权威。”<sup>[8](P48)</sup>这种由个体“眼见为实”的亲证标准同时又进一步加强和巩固了由镜子引发的个人主义思潮。而个体亲证和个人主义的信念本身就会与由传统教会和政府等集体组织所传承和奉行的知识和价值体系形成对立。于是,“很多人都谈到对亚里士多德哲学的最终拒绝”<sup>[8](P49)</sup>,因为其哲学体系是被罗马教廷承认并使用的,对亚里士多德的否定在很大程度上就等于对基督教思想的否定。然而,这里真正值得思考和追问的是:在近千年的漫长时间里,为什么亚里士多德哲学没有遭受到如此严峻的

挑战呢?这当然不能被简单地认为是以前人们懒于思考以及宗教对思想的束缚,因为在中世纪不乏像奥古斯丁、托马斯·阿奎那、弗朗西斯·培根这样具有批判和开拓精神且颇有建树的思想家,可他们都没有质疑亚里士多德哲学。答案在于亚里士多德哲学是对人的感知经验的理论总结和提炼,其根基在于人们肉身所获得的日常经验,所以其适用范围也局限于日常生活。而亚里士多德的理论事实上符合人们的日常经验并能够解释这个范围内的大多数现象,因而长久以来,人们认为没有理由和必要去质疑它。但当人的经验范围被仪器极大地拓展以后,面对大量涌现的新现象,原有的亚里士多德哲学就显得苍白无力了,这就如同在量子现象被发现之前,也几乎没人去质疑和挑战牛顿力学体系一样。当然,在量子活动的微观层面,牛顿力学虽然失效了,但这并不等于否定了牛顿力学,而是为牛顿力学的适用范围划定了界限。在新的量子世界里,需要新的理论去解释这些新现象,于是量子力学也就应运而生了。

从上述史实中我们可以清楚地看到,贝尔纳·斯蒂格勒(Bernard stiegler)所说的技术与文化之间不同步发展所形成的张力,因为“技术比文化进化更快。这就产生了超前和落后,二者之间的张力就是构成时间的伸展的典型特征”<sup>[16]</sup>。当技术的进步不仅突出了原有理论不能解释的反常现象,甚至直接开启了一个人类之前根本不曾知晓的新世界时,原有的理论范式就会遭受根本性的冲击,对新范式的需要就变得极为迫切。所以,“技术经常在新科学的出现中扮演着关键角色。”<sup>[17]</sup>这时能够提供新的基本范式的理论就会成为划时代的理论,这种新旧范式的更替就是库恩(Thomas Skuhn)所说的科学革命。之所以是革命而非改革是因为库恩认识到规范性科学(normal science)的变化并非是线性累积的,而是一种突变。而技术

进步提供的新设备往往事先为范式革命提供经验基础,玻璃制品在这方面的作用极具代表性,所以库恩才始终将“哥白尼革命”作为科学革命的经典案例来讨论。至此,可以看出以玻璃为代表的技术进步不仅改变了人们实际的生活方式,同时也引发了人们全方位的思想革命。这种大规模的生活方式和根本性的思想观念改变就是人们常说的划时代变革,而技术事实上正是这种变革的底层基础和动力,因为技术本身不会著书立说,其作用方式是潜隐的、间接的,但却是决定性的,技术的进步因此成为了时间的刻度。所以,斯蒂格勒说:“技术生成时间。”<sup>[18]</sup>

#### 四、结语

如果没有自始就贯穿欧洲文明的视觉中心主义,则很难想象为何欧洲人从古罗马时期就对玻璃非常喜爱而且对其透明度有很高的要求。相反,偏重听觉导向的古代中国则对玻璃并不重视,甚至刻意削弱玻璃的透明度。对玻璃透明度的不懈追求无疑是偏重视觉认知模式的欧洲人的集体潜意识的意向性,这种潜在的但却具有基础和导向作用的意向性最终促进玻璃制造工艺转化为卓越的玻璃制品。著名的美国技术哲学家唐·伊德(Don Ihde)将技术的这种转化能力称为“技术的意向性”:技术有“意向”,技术不是中性的工具,它们在人与世界的关系中发挥着主动性的作用。<sup>[19](P11)</sup>与此同时,以玻璃为基础的各种器具,如镜子、试管等又开启了欧洲人新的认知模式,直到彻底改变他们的世界观、价值观并促成近代的科学革命。这说明技术之于人们的思想观念并非只是被动意义上的产物或工具,而是具有一种宏观性的奠基和框架作用,正如荷兰技术哲学家维贝克(Peter-Paul verbeek)所言:“技术并非是简单地被人使用,它们还在构成人。”<sup>[19](P57)</sup> 思想观念

与技术物体的这种互动关系实质上从更深的层面与更广阔的视野证明了“物质基础决定上层建筑,上层建筑可以反作用于物质基础”这一马克思主义理论的基本命题。这也启示我们在考察一种哲学观念或思想传统时,应该同时考察它们得以生根发芽的技术环境,只有这样,才可以真正理解其来龙去脉,并对其未来发展作出更为准确的预测。

### [参考文献]

- [1] 任芳言.小小疫苗瓶 呼唤大产能[N].中国科学报(手机知网 APP),2021-01-08.
- [2] 蒋亚丝.光学玻璃进展(10)(续)——近10年光学玻璃发展[J].玻璃与搪瓷,2019(4):48-52.
- [3] 干福熹,等.中国古代玻璃技术发展史[M].上海:上海科学技术出版社,2016:123-132.
- [4] 王小茉.玻璃在中国历史上的地位[J].装饰,2006(10):30-31.
- [5] [宋]苏轼.苏轼诗集(3-4)[M].王文诰,辑注.北京:中华书局,1982:1808.
- [6] 齐东方,李雨生.中国古代物质文化史:玻璃器皿卷[M].北京:开明出版社,2018.
- [7] 彭洋.耳与口,眼与手——中西“口罩之争”折射出的听觉与视觉中心主义[J].伦理学术,2021(1):172-193.
- [8] Alan Macfarlane, Gerry Martin. Glass: A World History [M]. Chicago: The University of Chicago Press, 2002.
- [9] [加]赫伯特·马歇尔·麦克卢汉.理解媒介:论人的延伸[M].何道宽,译.北京:商务出版社,2000:121.
- [10] Hans Blumenberg. Licht als Metapher der Wahrheit; Im Vorfeld der Philosophischen Begriffsbildung [A]// Hans Blumenberg Ästhetische und Metaphorologische Schriften[M]. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, 2001.
- [11] [德]马丁·海德格尔.存在与时间[M].陈嘉映,王庆节,译.北京:三联书店,1999:171.
- [12] Lewis Mumford. Technics and Civilization [M]. New York: Harcourt, Brace and Company, 1934.
- [13] Rasmussen S C. How Glass Changed the World: The History and Chemistry of Glass from Antiquity to the 13th Century [M]. Heidelberg/New York/Dordrecht/London: Springer Berlin Heidelberg, 2012:42.
- [14] Arthur W B. The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves [M]. New York: Free Press, 2009.
- [15] [德]叔本华.作为意志和表象的世界[M].石冲白,译.北京:商务印书馆,1982.
- [16] [法]贝尔纳·斯蒂格勒.技术与时间:爱比米修斯的过失[M].裴程,译.南京:译林出版社,2012:18.
- [17] Kuhn T S. The Structure of Scientific Revolutions [M]. Chicago: The University of Chicago Press, 1962:15-16.
- [18] Bernard Stiegler. Technics and Time 2: Disorientation [M]. Trans. by Stephen Barker S F. Stanford California: Stanford University Press, 2009:18.
- [19] [荷]彼得·保罗·维贝克.将技术道德化:理解与设计物的道德[M].闫宏秀,杨庆峰,译.上海:上海交通大学出版社,2016.