

我国古代的透镜

王 燮 山

(北京水利水电学院)

我国古代在光学上有着重大的贡献。《墨经》中的八条光学论述,是世界上最早的严谨的光学论著。

在光学仪器的制作方面,我国在先秦时代即已出现了平面镜、凹面镜和凸面镜,学术界根据文献记载和地下出土文物,早已有了一致的结论。

至于我国何时出现透镜,则历来有过争议。二十多年前,作者在研究整理《论衡》一书中的物理学时,根据《论衡》一书《率性》、《乱龙》、《定贤》等篇中记述的“消炼五石”所得的阳燧,猜测是一种透明或半透明物质制成的聚光镜子,即凸透镜^[1]。其后,有的同志提出了不同的看法^[2]。《物理》杂志1981年第10和第12期上发表了戴念祖同志的文章,文章似乎倾向于作者的观点^[3]。

我们不妨从古文献记载和近年来考古发现这两方面,再来探讨一下这个问题。

最早记载透镜的文献,当是《淮南万毕术》。据《隋书·经籍志》,《淮南万毕术》是西汉淮南王刘安(——公元前122)的著作。该书中说道:“削冰令圆,举以向日,以艾承其影则火生”。其后,张华(232—300)的《博物志》卷四中写得更明确:“削冰令圆,举以向日,以艾于后承其影,则得火。”把冰削成圆形,对着阳光,然后将艾绒置于其后的影(焦点)上,便能着火燃烧,这次削成圆形的冰块,毫无疑问是凸透镜,否则不会在其后形成焦点。文献[2]怀疑它是凹面镜,是毫无根据的。

清代科学家郑复光根据《淮南万毕术》的发

现,于嘉庆十四年(公元1819)亲自动手作过试验,完全证实冰透镜可以取火。

在西方,英国科学家虎克于1763年做过同样的试验。有趣的是,上个世纪法国科学幻想小说家儒勒·凡尔纳在小说《哈特拉斯船长历险记》中,还以冰透镜作为科学幻想的题材。

用其他材料来制作透镜,当首推水晶和玻璃。水晶见诸于文献,最早是先秦时的著作《山海经·南海经》:“堂庭之山,多栝木,多水玉”。晋郭璞注:“水玉,今水精也。”至于玻璃之名,始见于梁代顾野王撰的《玉篇》;但琉璃之名,则早见于《盐铁论》(约公元前80年时的著作)、《汉书·西域传》等。实际上,在我国古代,玻璃和琉璃是不分的,此与后世似乎有所不同。晋王嘉(——约公元390)《拾遗记》卷八载:“孙亮作琉璃屏风,甚薄而莹澈,每于月下清夜舒之。……使四人坐屏风内,而外望之,如无隔,惟香气不通于外。”这里说的吴主孙亮未即位时所作的琉璃屏风(公元250左右),就其晶莹透澈的程度来看,完全和平板玻璃相同。

从考古发掘来看,近年来出土了大量的琉璃珠、玻璃珠、玻璃器皿以及玻璃残片等。出土时代,远自西周早期(公元前11世纪),迟至南北朝以及以后;出土地域,西起宝鸡,东及扬州,北自辽宁,南达南海。出土数量,有的墓葬多达数百件,甚至上千件^[4]。间或有伴随水晶珠^[5],其大小和形状似已具备透镜的雏形。

经中外人士研究和化验,我国出土的玻璃或琉璃,大都属于铅钡玻璃,其成分与西方钠钙玻璃不同,说明完全是我国古代劳动人民自行

烧炼的,并非来自外国^[6]。从考古发现看,我国自制玻璃的历史可以上溯到公元前11世纪。

从上述文献资料和地下实物说明,我国玻璃制作技术发展到了汉代,完全具备了制造玻璃或琉璃透镜的条件。

地下的发掘,果然证实了此种猜测。1974至1977年期间,安徽省亳县博物馆在发掘亳县南郊元宝坑、董园村曹操宗族墓葬时,出土了五件扁圆形聚光玻璃器。其中元宝坑一号墓出土两件:一件扁圆形,直径2.4厘米、凸高0.6厘米;另一件扁桃形,长2厘米、宽1.8厘米,凸高0.55厘米。其明亮度与水晶相同,在放大镜下可以看到内含微泡,硬度与玻璃一样。董园村一号墓出土三件:一件扁圆形,直径1.5厘米,两件扁桃形长1.2厘米,形状质量与元宝坑一号墓相同,但镜片边缘残留有铜绿,似为镶嵌铜质边框的残迹^[7]。根据墓砖上的刻字,两墓的主人均为曹操的祖父辈,约葬于公元164—170年之间。因此,我们至少可以断言,至迟在公元164年,我国已经有了玻璃制的凸透镜。

至于水晶制的透镜,1980年上半年,在江苏扬州地区邗江甘泉山东汉墓中,出土一圆形水晶制凸透镜放大镜一面,可放大四、五倍^[8]。

1981年,南京博物院在南京北郊东晋墓葬中,出土凸透镜形水晶镜片一枚,直径2厘米,厚0.2厘米,可放大三至四倍,成象均匀,形状不变。该墓葬年代约在东晋穆帝永和三年(公元347)^[9]。

以上的考古实物发现,对于我国光学史,无疑具有十分重大的意义。一方面,以无可辩驳的实证说明,最迟在东汉时期,我国即已发明了玻璃制和水晶制的凸透镜;另一方面,印证了古文献(包括《论衡》)中的记载,有助于解决长期以来存在争议的问题。

《论衡·率性篇》:“道人消烁五石,作五色之玉,比之真玉光不殊别。”这里所说的“五色之玉”,显然即是玻璃或琉璃制品,这一点自清代赵翼至今,大家的看法都是一致的。下面《乱龙篇》中说:“今使道之家,铸阳燧取飞火于日……。阳燧取火于天,五月丙午日中之时,消烁五石,铸以为器,乃能得火。”前后一对比,显

然这里说的阳燧,也是使道方士用琉璃制成的。

文献[2]认为《论衡》中谈到玉时用“作”,说及阳燧时用“铸”,故而推断此处阳燧仍是铜铸的,其实并不尽然,请看《论衡·率性篇》:“……亦可令与道人之所铸玉,随侯之所作珠,……。”此处谈及道人制“玉”也用“铸”。实际上,古代玻璃熔炼之后,是浇铸成器的。《北史·大月氏传》:“太武时,其国人商贩京师,白云能铸石为五色琉璃。于是采矿山中,于京师铸之。”此处,同样也用铸。

早期的阳燧,当然是金属的,即是凹面镜,从地下出土和文献记载完全证明了这一点。但当使道家逐渐掌握用玻璃来制作凸透镜,并用于取火后,阳燧一词就可能扩展到泛指利用阳光取火的镜子(包括凸透镜)。器具名称的演变和含义的扩展,这在古代是经常发生的。例如“鉴”,最初指的是水盆,其古字形象一个人俯临水盆睁着眼睛看,而到了战国时期,就泛指能鉴容的平面镜了^[10]。

用五石炼铸阳燧,除《论衡》所记以外,还有《感应经》:“阳燧若偃月,练五色石为之,形如圆镜。”^[11]

至于双凸透镜,古文献中,往往称之为“珠”或“火珠”。《博物志》卷四:“取火法,如用珠取火,多有说者,此未试。”稍后的《拾遗记》中,多处记有火珠聚光照明的事情。《唐书·南蛮传》说得更清楚:“婆利者,直环王东南,多火珠,大者如鸡卵,圆白照数尺,日中以艾藉珠,辄火出。”《拾遗记》中,还有将火珠称作阳燧的情况,该书卷八:“糜竺用陶朱计术,日益亿万之利,……竺货财如山,不可算计,内以方诸盆瓶,设大珠如卵,散满于庭,谓之‘宝庭’,而外人不得窥。……旬日火从库内起,烧其珠玉十分之一,皆是阳燧旱燥自能烧物。”方诸,在古代被认为是可从月中取水之器,又名阴燧^[2]。糜竺在仓库中同时放置方诸和大珠(阳燧),其意无非欲以阴剋阳,以水制火。岂料事与愿违,庭中的大珠受阳光照

1) 转引自《太平广记》,161。

2) 见《淮南子》、《论衡》、《搜神记》等书。

射,聚焦起火,延烧仓库。这种事情在历史上并非少见,甚至还有因窗台上的盛水圆瓶使阳光聚焦,点燃窗帘,而失火的。

由上例可见,到了《拾遗记》的时代,不但凹面镜、单凸透镜称为阳燧,双凸透镜也称之为阳燧了。

从文献记载来看,我国古代的透镜发展到了南唐才有了科学的分类。据南唐谭峭所载:“小人常有四镜:一名圭、一名珠、一名砥、一名孟,圭视者大,珠视者小,砥视者正,孟视者倒。”文献[3]认为,圭是双凹透镜,珠是双凸透镜,砥为平凹透镜,孟则是平凸透镜,这种看法是有一定道理的,可惜尚无实物佐证,只好留待考古发现了。

综上所述,从现有文献记载和考古发现来看,我国最早的透镜是冰透镜,时间当在公元前

122年以前,比西方用冰制作凸镜约早1800年。至于玻璃和水晶透镜,在我国,最迟在东汉初年即已发明。一般的光学史认为,第一面透镜是埃及人阿尔-海慈恩(Al-hazen)于公元1100年发明的^[11]。我国的发明较阿尔-海慈恩,至少要早1000年之久。

参 考 文 献

- [1] 王燮山,物理通报,1(1960),23—28.
- [2] 洪震寰,物理通报,7(1960),311—314.
- [3] 戴念祖,物理,10(1981),638—639;754—758.
- [4] 宝鸡茹家庄西周墓发掘队,文物,4(1976).
- [5] 曾广亿,文物资料丛刊,4(1981).
- [6] 杨伯达,文物,5(1979).
- [7] 安徽省亳县博物馆,文物,8(1978).
- [8] 江苏邗江甘泉山发掘一座汉墓,新华日报,1980.5.25.
- [9] 南京博物院,文物,12(1981).
- [10] 郭沫若,青铜时代,人民出版社,(1954).
- [11] 母国光,战元龄,光学,人民教育出版社,(1978).

(上接第602页)

表1 η 与 m_i 的计算值及实验值

	Li	Na	K	Rb	Cs	
γ	0.353	0.47	0.47	0.47	0.47	[3]
r_s	3.22	3.94	4.87	5.22	5.58	[4]
η	0.4505	0.2301	0.0850	0.1404	0.1715	用(10)式
m/m_L	0.7575	1.0000	0.9803	1.0101	0.9433	Ham ^[6] 值
m/m_{ex}	0.0813	-0.0519	-0.0236	-0.0286	-0.0329	
m/m_{corr}	-0.1526	-0.0422	-0.0273	-0.0232	-0.0687	
m/m_{e-p}	-0.2131	-0.1781	-0.0964	-0.0255	-0.1232	
$(m_i/m_i)_{cal}$	0.4731	0.7745	0.8330	0.9327	0.7185	
$(m_i/m)_{cal}$	2.1137	1.2911	1.2005	1.0722	1.3917	计算值
$(m_i/m)_{exp}$	2.17	1.26	1.25	1.26	1.43	实验值 ^[8]

数 η 在自由电子近似下文献[7]已计算。由此我们计算了准粒子与声子的相互作用参数 η (见表1);在计算中晶格有效质量 m_L 用 Ham^[6] 的球形近似值(见表1);根据 Fletcher 和 Larson 的讨论^[3], β_c 表示式中的 γ 分别取 0.353 或 0.47。这样计算的碱金属 s -电子的热质量较好地符合实验值。

参 考 文 献

- [1] D. F. Dubois, *Ann. Phys.*, 7 (1959), 174; 8

- (1959), 24.
- [2] T. M. Rice, *Ann. Phys.*, 31 (1965), 100.
- [3] J. G. Fletcher and D. C. Larson, *Phys. Rev.*, 111 (1958), 455.
- [4] 志水正男,丹生久吉,物性论研究,209(1961),86.
- [5] 阿部龙藏著,楚珏辉译,统计力学,科学出版社,(1979),138.
- [6] F. S. Ham, *Phys. Rev.*, 128 (1962), 2524.
- [7] 金光星、姜文植,延边大学(自然科学)学报,1(1981);54.
- [8] Aexander, O. E. Animalu, *Intermediale Quantum Theory of Crystalline Solids*, Printed in the United States of America, (1977), 208.