

少年现代科学技术丛书

镜子的世界

李志超



-49

SHAONIAN XIANDAI KEXUE JISHU CONGSHU

安徽科学技术出版社

责任编辑：方 敏
封面设计：应 浩
插图：张孝庆
袁尧书

镜 子 的 世 界

李志超

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路1号)

安徽省新华书店发行 安徽新华印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：5 字数：75,000 印数：3,200

1983年7月第1版

1983年7月第1次印刷

统一书号：13200·45

定价：0.43元

致少年读者

少年朋友们！在向四个现代化进军的新长征中，你们是一支强大的后备军。你们正处在长身体、长知识的时期，精力旺盛，求知欲强，渴望以科学知识武装自己，将来为祖国的社会主义建设事业作出贡献。

为了帮助你们实现这一美好的愿望，我们三家出版社台编了这套《少年现代科学技术丛书》。希望通过介绍当前国内外一些影响大、前途广的新科学技术，会有益于你们增长知识，扩大眼界，活跃思想，进一步引起探求科技知识的兴趣和爱好。

怎样通俗地向少年朋友介绍现代科学技术，这是一个新的课题。我们真诚地希望少年读者积极提出批评、建议和要求，让我们共同努力，编好这套丛书。

北 京 出 版 社

少 年 儿 童 出 版 社

安 徽 科 学 技 术 出 版 社

目 录

一、漫话镜子古今	(1)
镜子的奥妙	(1)
从镜花水月看光反射	(4)
由鉴到镜	(9)
二、铜镜与东方文化	(13)
中国古代的科学幻想	(13)
铜镜在日本	(16)
什么是东方“魔镜”	(20)
三、玻璃与玻璃镜	(26)
古埃及的伟大发明	(26)
威尼斯人的秘密	(32)
手工制镜与玻璃研磨	(39)
四、光学的开端	(46)
光线·土圭·天文学	(46)
阳燧——光学仪器的“祖先”	(52)
《墨经》中的光学	(60)
五、光线与几何学	(67)
像的颠倒、压缩和分散	(67)
玻璃棱镜的全反射	(75)

圆锥曲线与光学成像	(81)
用球面代替非球面	(86)
六、望远镜的产生——划时代的意义	(92)
望远镜最早的发明制造者	(92)
牛顿的发明	(99)
赫歇尔一家的贡献	(104)
中国清代光学家邹伯奇	(108)
七、制镜的超精密技术	(112)
怎样制作超高级镜面	(112)
检验镜面误差的简易方法	(118)
能“透视”风和火的刀口仪	(125)
八、人类的“巨眼”——超级望远镜	(131)
谈谈光的本性问题	(131)
世界大型望远镜的建造	(140)
科学无止境	(147)

一、漫话镜子古今

镜子的奥妙

照照镜子，这本是生活中一件极平常的事。一般人在照镜子的时候，恐怕难得去想一下镜子上有多少学问？但是，物理学家们会说，那普普通通的一面镜子，学问可多了。其实，不必物理学家，任何人只要认真思索一下，就会发现，镜子这东西确实有不少奥妙。

你看，一面大穿衣镜不过是个平板状的东西，可是它很象一扇窗户，窗户里面又呈现出另一个世界，一个五光十色、活生生的空间，使人真假难分，虚实不辨。《红楼梦》里有段故事讲，刘姥姥酒后闯入怡红院，看见一面镜子，里面也有一个老太婆，满头插花。她就对着镜中人嬉笑怒骂。这是她受了镜子里假空间的蒙蔽闹出的笑话。

再看，魔术师演出大变活人，桌子上放着一个活的人头，嘴还会说话，这个人的身躯在哪里呢？当然只能在桌子底下，但桌子底下又空荡荡一无所有。这是什么原因？原来，桌子是用镜子精心围装了起来，观众受了镜子的“欺骗”，只能从镜中看到一个虚假的空间。

你也许还会注意到，婴儿和动物更不可能分辨镜子制造的假像。娃娃哭了，抱他去照镜子，他会马上安静下来，同镜中小友相互抚摸，咿呀交谈。猴子甚至会对镜中同类发起武斗，直到打破镜子为止。

古书《异苑》记有两只鸟的故事，也是和镜子的假像联系起来的。

山鸡爱它的羽毛，照见水中的影子就跳舞。曹操当政时代，南方有人向他进贡一只山鸡。公子苍舒（即曹冲）叫人在它面前放一面大镜子。山鸡照见自己的身影，跳舞跳个不停，竟至累死。

罽(jì)宾国的国王得到一只鸾鸟，这鸟孤单沉默地过了三年，一声也不鸣叫。夫人说：“它看见影子就会叫的。”于是就叫人挂起面镜子让它照（图一）。这鸟看见自己的身影，悲哀地叫到半夜，忽然猛地一跳，便断气死了。



(图1)孤鸾舞影

在中国古典文学中，特别是诗词歌赋一类，借物喻情的作品非常多，其中以镜子为题材的更是屡见不鲜，或寄托着红颜白发，悲欢离合之情，或记述了神仙鬼怪，花月风波的故事。如唐朝诗人李商隐就曾借用孤鸾舞影的典故，写了一首题为《破镜》的诗：“玉匣清光不复持，菱花散乱月轮亏，秦台一照山鸡后，便是孤鸾罢舞时。”诗中描述一个人对着遗物，怀念自己亡妻的情景。

镜子，在文学题材中固然占有一定位置，但非本书所涉笔的范畴。本书宗旨，主要想就镜子向读者们讲一点科学技术知识。为什么古代人用自己的双手造出了有奇妙功用的东西——镜子之后，既那

样珍爱而又抱有一种神秘莫测的感觉呢？就是因为他们不懂得关于镜子的许多科学道理。

从镜花水月看光反射

在自然界里有一样东西和镜子很相似，那就是平静的水面。《异苑》中的故事说：“山鸡……映水则舞。”可是，人造的镜子，动物照见了，似乎特别激动，这是什么道理呢？我们应该从两者的差异来说明一下这个问题。

一般的镜子与水面相比，镜子要亮得多。“亮”是什么意思？光学上叫“反射率高”。一束光照到镜面上，被反射的总要少于入射的。反射光强度折成入射光强度的百分率，就叫“反射率”。镜子的反射率大都在50%以上，而水面的反射率却只有2%。从反射映像的亮度看，水面失真要严重得多，暗淡得很。

人眼视觉对光的亮暗强弱的判断并不是与光的能量成正比例关系的。例如，我们看天上的星星，如果两颗星的亮度使我们刚好感到有点不同，那它们的亮度已经差了二、三倍了。

再说，镜子与水面相比，因水面是平躺着的，

所以水中映像总是头脚倒立的。这就使水中映像几乎完全失去真实感。而镜子却可以任意放置，直立的镜子照出的映像，只有左右关系与原物不同，其它则与原物无异。

水和玻璃同样是透光“介质”，而镜子是不透光的。镜子上反光的面是金属，古代用青铜(图二)，后来改成在玻璃上镀一层锡汞齐(“齐”就是合金)，现在是镀银和镀铝。玻璃仅是反光金属面的“载体”。金属是导电“介质”。照在金属上的光，一部分反射，



(图2)唐代八卦天文镜(背面)

另一部分被金属吸收变成了热。在水和玻璃中光被吸收的量不多，反射的也不多，大部分光是透射的。

在透光介质中，正入射的光线无论进或出，都有相同的反射率。所以鱼缸里的金鱼经常可以照见自己的影子，不过，它的影子不在下面而在顶上。此外，金鱼在看它的伙伴们的影像时，看到的常是

亮度很大的像。因为光从水里射向水面的时候，只要斜到一定程度(50° 角以上)，反射率就是100%，这叫“全内反射”，或叫“全反射”(图三)。

远古时代，人们是否知道全反射现象呢？大半不知道，但他们对水面的外反射是熟悉的。在人造的镜子出现



(图3)鱼缸、鱼及其全内反射像

以前，人们只有用水面来照影整容。三千多年前，我国商周时代，人们已经会制造很好的青铜器皿，其中有一种盘子，就是专为盛水照影用的，取名叫“鑑”。鑑，原来的字就是“监”，金字偏旁是后来加上的。监的篆文形象就是下面一个盘子，里面盛水，上面有一个人，一只眼，表示向下看，或者表示盘中水能照见人和眼(图四)。



由于水的反射率低，透射率高，所以在明亮的阳光下，盘底漫反射的光比水面反射的光要强得多。这时候，人脸朝下看，脸是背光的，脸的映像比盘子底暗得多，于是便只见盘底，不见人面。如果用东西将周围遮黑，不让阳光照入水里(水缸或水井的

(图4)篆文“监”字

水面如到一定深度，其侧壁就起遮光的作用），或者把盘底涂黑（这并不容易），或把水染黑，只让它反光，不让它透光，这样，照见的人脸映像就清晰得多。古书中记有用盘盛墨汁观察日蚀的事情，或恐就是这个道理吧！

太阳的光亮是强烈的，无法直接用肉眼去看，人造的镜子也太亮，看太阳光也刺眼，而用盘盛墨汁，既可削弱太阳像的亮度，又消除了盘底光的干扰，墨汁中含有胶质，粘度较大，液面不易动荡生起波纹。用这方法看太阳就很巧妙。1980年，在云南瑞丽江边观测日蚀的中国天文学家们，首先发现日蚀开始的人，就是从盘子里看见的。古老设备居然超越了现代仪器！

说到波纹，读者不妨做个简单的小实验：晴天中午，在朝南的门内日光下面放一盆水（用澡盆最好），水面把太阳光反射到天花板上，你会看到这片光影总是动荡不已，很难得有片刻的稳定均匀的休止状态。即使微风轻得连头发都吹不动，可是吹拂到水面上，却使日光影里好似掀起轩然大波。这时，你低头看水面，并不见有明显的涟漪，自己的映像非常清晰。这现象说明一个道理：反光的影子对反光面的起伏不平很敏感。说到底，拿水面当镜子用，

它的不稳定性终究是一大缺点，这是它不如人造镜面的一个方面。

液体表面的光学性能并非全面地低于人造镜面。如果设法解决稳定问题，不叫水面起纹，那水面的平整度却是一般的人造镜面难与匹敌的。静止的水面，严格地说也不是平面，那是个曲度很小的球面，也就是同地球半径相等的球面。现代计量技术中，有一种当做标准平面的设备就是平静液面，不过不是用水，而是用水银或石蜡油一类的粘重液体，容器必须用彻底隔震的座垫支承，还要用罩子遮挡空气流动。这设备虽不易做好，但却还是取得标准平面的可行方法。

前面我们引述李商隐的诗，有“菱花散乱”一语，这是与镜面平整度有关的一个现象。

清代安徽歙县的科学家郑复光写了一本光学专著，题名《镜镜论》。他引我国北周时期词赋家庾信写的《镜赋》一文，对“菱花”这个词作了解释。他说，镜子之所以在后来别名为“菱花”，是因为庾信的《镜赋》中有“照日则壁上菱生”的话。郑复光认为“铜镜磨工不足，故多起伏不平，照人不觉，发光必见。”他说的“发光”，就是日光的反射。所以从科学的角度来讲，“菱花”恰恰不是形

容镜子的美好，相反是形容镜子的缺点的。

由鑑到镜

在我国，最早是什么时代由什么人发明镜子的，已经没法考查了，但是在出土文物中，发现有早于战国时代制造的青铜镜。青铜镜在中国至少用了2,500年，直到清朝末年才被玻璃镜代替。现在，只有在博物馆才能看到铜镜。

原来铜镜就叫“鑑”，到了西汉，开始用“镜”这个字。它的金字偏旁说明这是一种金属物。做镜子的铜合金在西方叫“镜铜”。中国古代虽然没有类似的专用名词，却有明确记述这种合金成份的文字。古书《周礼·考工记》有“金锡半，谓之鑑隧之齐”这么一句话。“金”即铜，“齐”相当于现在“药剂”的“剂”字（这叫“通假字”）。调配合金的成份和配药一样，所以叫“齐”（“剂”）。现在也有称合金为“齐”的，例如“锡汞齐”。

锡铜合金是青铜中最重要的一种，它有许多宝贵性能：良好的机械性质、铸造性质、切削性质、耐蚀性、耐磨性……，等等，又有美观的色泽。铜中含锡越多，硬度就越大，同时脆性也增加。《考

《考工记》所说的“鑑隧之齐”，就是做镜子用的硬合金。“隧”是“燧”的通假字，“燧”是取火用的工具。这里的“燧”，指的是凹面镜，用以会聚日光点燃火种，也就是火镜。

对“金锡半”三个字的解释还有争论。有人说是铜和锡各占总量的一半，即各为50%。但是，分析古镜实物的合金成份，并不是这样，而是近似现代科学认为最佳的比例：铜66%，锡33%，其它1%。有些样品的含铜量还要多。另一种解释可能更合理，即：在“金”字和“锡”字之间加逗点，读成“金，锡半”，就是“金一，锡半”之意。也许本来有个“一”字，后来脱漏了。

《考工记》是战国时代齐国的官书，距今至少有2,300多年。书中关于合金的记述，说明了当时冶金技术所达到的水平，也说明了制镜工艺的水平。这在中国古代科学技术史上，占有光荣的一页。

镜铜的颜色是银白的，对不同颜色的光有几乎相同的反射率，大约为60%。这比现在的玻璃镜不差多少。光亮的铜镜表面与镀银的玻璃面相比，不大容易区分。镜铜很脆，象玻璃一样容易摔破。但是，现代光学工人都知道，脆的材料容易磨亮，他们把磨亮过程叫做“抛光”。

材料的软硬、脆韧，与抛光性能有密切的关系。一般镜铜都很脆，抛光后，镜面光洁度很高，很亮；而软铜则不能抛光到这种程度。脆的材料为什么容易抛光？简单而明白的道理就是：极细微的颗粒容易从脆的材料上分离出去。

关于抛光工艺，在西汉的古文献中早有记载。《淮南子·修务训》中有“粉以玄锡，摩以白旃”等语，说明磨镜的过程，是把氧化锡粉涂在镜面上，然后用白毡来磨擦。这种方法现在在光学工厂中也还常常使用。

汉魏时代，镜子已很普及。于是就有人以巡街串巷，为人磨镜为职业，就象现在的磨刀人那样。因为铜镜与现在的玻璃镜不同，它的反光面没有玻璃保护，时间久了，摩擦产生的纹迹增多，加之，金属面又产生化学腐蚀的锈斑，所以镜子就渐渐地不亮了，必须象刀剪一样，用一些时候就要磨一磨。

唐代造镜业已很发达，扬州在当时便是著名的造镜中心。张鷟(zhuó)的《朝野僉载》记有：

“中宗令扬州造方丈镜，铸铜为桂树，金花银叶。帝每骑马自照，人马並在镜中。”

当时能造那么大的青铜镜，可算个奇迹，而它上面装饰的桂树和花叶，更是一种华丽的艺术创作，

足见当时造镜工艺已达到相当高的水平。

现存的大量青铜古镜，不仅是古代科技发展史的物证，并且还是一种艺术品。镜子背面都有浮雕花样和文字，从文字上可以考证产地和年代。

这些古镜，在当今考古学家们的眼中都成了珍品，成了博物馆中的宝藏，世界各大博物馆几乎都藏有中国古镜。