

中国物理学史略(续)

戴念祖

(中国科学院自然科学史研究所)

力学

虽然在这时期之前已有指南车和记里鼓车,但关于它的构造直到宋代才留下较详细的记载。《宋史·舆服志》记述了1027年燕肃(960—1040)和1107年吴德仁(生卒不详)造指南车的方法,1027年卢道隆(生卒不详)造记里鼓车的方法。根据这些记载,指南车是以车轮、平轮、立轴等各种齿轮的复合运动为基础的,只要在车子开始运动时把车上木人手指向南方,以后不管车向那个方向运动,车上木人将一直指南。记里鼓车是利用车轮带动大小不同的一套齿轮,使车轮走满一里时,有一个齿轮刚好转一圈,并拨动车上木人打鼓一次。这些大型机械的制造,说明我国古代人娴熟地掌握了有关齿轮系的力学知识。

另一个伟大发明是苏颂(1020—1101)和韩公廉(生卒不详)在1092年制造的一架大型水运仪象台,即天文钟。它的制作方法记载在苏颂著的《新仪象法要》一书中。该书记述了150多种机械零件,画有60多张图。它设有浑仪、浑象和水力发动机械,将观测、表演和计时仪器安装在一个统一的木结构系统中。它其中的一套称为“天衡”的杠杆装置,相当于现代钟表装置中的擒纵器或卡子,以保证计时装置中的齿轮等时转动。因此,它是现代钟表的祖先。

建筑上的木结构技术此时达到高峰。1056年建造的山西应县木塔,高67米,至今完好。木工们采用了斗拱以增大接触面,减少对立柱的挤压应力,同时又能缩短横梁跨度,减轻弯曲应力的影响。在山西应县木塔中有50多种不同形式的斗拱。北宋初年木工喻皓在开封建造

开宝寺塔,故意让塔身略向西北倾斜,其理由是“地平无山,而多西北风,吹之不百年当正也。”¹⁾喻皓天才地考虑到长期风力作用会使建筑物发生不均匀的沉陷效果。当建造杭州梦天寺塔时,他指出,把各层木板钉死,塔就象个箱子一样牢固。李诫(1035—1110)在1103年编著《营造法式》一书,全书36卷,其中图6卷,系统地总结了历代建筑经验,为我们留下了有关建筑力学和材料力学的丰富史料。

曾公亮在《武经总要》卷六中写道:“凡水泉有峻山阻隔者,取大竹去节,雄雌相合,油灰黄蜡固封,勿令泄气,推竹首插水中五尺,于竹末烧松桦或干草使火气自竹内潜通水所,则水自中逆上。”由于类似的真空抽水器的应用,更多人去探讨它的原理。宋代俞琰(生卒不详)在《席上腐谈》中除转述唐代王冰的有关发现外(见上一时期的“力学”),又写道:“予幼时有道人见教,剧烧纸片纳空瓶,急覆于银盆之中,水皆涌入瓶,而银盆铿然有声,盖火气使之然也。又依法放于壮夫腹上,挈之不坠。即如铜(管)水滴,捻其竅,则水不滴,放之则滴。”曾公亮和俞琰等人都认为,上述各种实验的关键在于瓶或管内是否有“气”。在中国古代物理学思想中,找不到“自然界厌恶真空”的说法。

古代中国人很早就发现流体浮力并加以应用。宋僧怀丙(生卒不详)曾于宋治平三年(1066)左右用浮船打捞沉落江中的万斤铁牛,“以二大舟实土,夹牛维之,用大木为权衡状,钩牛,徐去其土,舟浮牛出。”²⁾这是现代起重浮艇

1) 《梦溪笔谈》。

2) 《宋史》卷462。

原理的最早应用。

这时期有两项关于流体力学的重要发明。一是用莲子、鸡蛋或桃仁测量盐水浓度或比重。宋赞宁(918—999)在《物类相感志》中写道：“盐卤好者，以石莲投之则浮。”宋代姚宽《西溪丛语》记述了不同浓度的盐水会使上述物体显示不同浮沉状态。元代陈椿(生卒不详)在《熬波图咏》中记述说，先把莲子分浸于已知浓度的四种盐水中(最咸；三分盐一分水；半盐半水；一分盐三分水)，然后将这四种莲子放入未知浓度的盐水中，根据它们各自的浮沉状态，即可确定盐水浓淡程度。二是关于表面张力演示仪的发明。宋代张世南(生卒不详)在《游宦纪闻》中讲，用一条细竹篾，一头弯成圆圈，蘸上桐油可鉴别油质好坏：若上好桐油，竹圈上有一薄层油面；若桐油内有杂质，则油膜不附着在圈上。现在给学生们演示液体表面张力的仪器，也就是一头作成圆圈的一根铁丝。

早在汉代，壮观的潮汐现象就为人们所注意。人们总是从远距离的月或日上探讨它的成因。唐代封演、窦叔蒙等人不仅作出了潮汐与月有关的解释，而且画出了潮时预报图。宋代是研究潮汐的全盛时期，有关文献不下二十篇。燕肃指出，当月在子时或午时经过子午线，潮最高；当月在卯时或酉时经过子午线，潮最低。余靖(1000—1064)指出，春夏日潮大，秋冬夜潮大。张君房(约与燕肃同时代)推算了两个潮汐循环逐日迟延的时间为“三刻三十六分三秒忽”(相当于现在的48.39分)。按一月30天计算，一月之中推迟24小时，每月农历初一潮时恰好循环一周。沈括(1031—1095)通过自己的观察，得出“每至月正临子、午，则潮生。”而且他首先提出了潮汐时间与具体观察地点的关系：“以海上候之，得潮生之时，去海远，即须据地理增添时刻。”在中国古人的思想中，日、月以及充满宇宙太空的阴阳二性的元气，相互激发，相互感应，相互交偶，于是海水或则融散，或则满溢。他们并不以为日月对海潮的超距作用。

沈括对结晶体几何形状作过相当仔细的观察。他对一种硫酸盐矿物晶体($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)描

写道：晶体大的象杏叶，小的象鱼鳞，都是六角形，很有规则，如同龟甲状。晶面交接处稍带狭长的交角，前方晶面略向下倾斜，后方晶面略向上翘起，与穿山甲鳞片一样依次相叠。晶体色绿而后明。敲打晶体时顺其纹理有规则地裂开，裂开的小晶体也是六角形。若用火烧则全部裂开，一片片落如柳叶¹⁾。

沈括在《梦溪笔谈》中还记载了其它许多力学知识。他认真地观察了行星运动的逆留现象，并描写了它的地面视轨道。他制造过浑仪、玉壶、浮漏、铜表。1064年，他对陨石观察后作出了陨石即来自天体的铁的科学论断。他研究了弩机的构造及其原理，设想在弩的瞄准器“望山”上标出刻度，就更能提高射的的准确性。

光学

沈括在光学方面也作了不少观察、实验。他第一次用类比演示实验来验证月亮圆缺的科学道理，他说：“如一弹丸，以粉涂其半，侧视之，则粉处如钩；对视之，则正圆。”²⁾他对日食、月食的成因也作了理论总结。他曾实地观察雨虹，并同意和他同时代的天文历算家孙思恭(生卒不详)的见解：“虹乃雨中影也，日照雨则有之。”他记述了两种冷光现象：一种属于天然的化学物质发光；一种是微生物发光。但是他对光学的最重要贡献还在于他研究了各种镜子。

在关于阳燧的研究中，沈括以极普通的针孔成象实验说明光直线行进的基本性质，并以此解释了塔楼倒影的现象。对阳燧一类凹面镜的观察，使他发现了焦距，“离镜一二寸，光聚为一点，大如麻菽，著物则火发”，他把焦点称为“碍”，从而对凹面镜成象原理作了正确的叙述。他对反射镜的研究，使他得出了“鉴大则平，鉴小则凸”的科学道理，因为“小鉴不能全观人面，故令微凸，收入面令小，则鉴虽小而能全纳人面。”³⁾沈括还探讨了透光镜的制造工艺和原理，他说：“以为铸时薄处先冷，唯背纹差厚后冷而铜缩多，文虽在背，而镜面隐然有迹，所以于光

1) 《梦溪笔谈》卷二十六。

2) 同上，卷七。

3) 同上，卷十九。

中现。”沈括的解释表明,由于镜背图案花纹,使整个镜子厚薄不匀,铸造过程中因热胀冷缩,薄处冷得快,厚处冷得慢,因此造成镜面有和背面图案相似的微小的凹凸波纹,在反射光线时就显现出来了。沈括的解释不失为言之有理、持之有故。在近代制作透光镜,大致有如下几种工艺:一、镶嵌法。在青铜片上嵌入黄铜或紫铜,经磨平抛光后,再涂上一层水银,即能反射镶嵌的图案。二、磨刮法。铜镜抛光后,在镜子两面来回磨压,使镜面形成与镜背一致的微凸花纹。三、热处理方法。把铸好的铜镜加热数分钟,再令其淬火,然后抛光。最近几年,上海复旦大学和上海交通大学都曾成功地复制透光镜。

幻灯或影戏在这个时期已相当普遍。宋代储泳(生卒不详)把幻灯称为“移景之法”,他详细记述了有关表演方法:“隐象于镜,设灯于旁,灯镜交辉,传影于纸,此术多近施之。”¹⁾这是在铜镜上作画、利用灯光反射而成的。宋仁宗时(1023—1063),“市人有能谈三国事者,或采其说加缘饰作影人,为魏、蜀、吴三分战争之像。”²⁾这相当于现代的说书和皮影戏两种艺术形式的结合。无疑,早在汉代就有的有关发明,是现代电影艺术的始祖。

在应用光学上还值得注意的是,大约十世纪时,人们知道用磷光物质作画。画中的牛白天看去在栏外吃草,夜晚看时卧于栏中。僧人赞宁(918—999)解释说,南方人在海潮退后到沙滩上拾蚌,用蚌胎中的水和色着画,这样的画白天看不见晚上就看见了;用沃焦山的石块磨水作画,则此画白天看得见晚上看不见³⁾。显然,后者可能是类似石墨一类东西,并不奇怪。而可以为前者的解释作证的是,1768年,西方科学家约翰·坎顿(John Canton)确实讲过一种由蚌作成的磷光体,加进其它一些物质就可以发出带色的磷光。

南宋时期赵友钦在其著《革象新书》中描述了一个大型的有关小孔成象的光学实验。他通过这个实验不仅证明光的直线行进的性质,而且正确地说明了光源(大小、强度)、光源与小孔(大小)的距离、像(大小、亮度)三者之间的关

系。

关于色散知识在这时期有了发展,许多典籍记载了晶体的色散现象。人们知道石英“映日射之,有五色圆光。其质六棱。或大如枣栗,则光采微芒;间有小如樱珠,则五色粲然可喜。”⁴⁾又有“鸚鹄眼”,“宛如生者,晕多而青绿。”⁵⁾陆佃(1042—1102)曾作过雨虹色散实验,他说:“日照雨滴则虹生。今以水嚶日,自侧视之,则晕为虹蜺。”“故雨气成虹,朝阳射之则在西,夕阳射之则在东。”⁶⁾程大昌(1123—1195)对露滴分光现象作了深刻描写:“凡雨初霁或露之未晞,其余点缀于草木树叶之末,欲坠不坠,则皆聚为圆点,光莹可喜。日光入之,五色俱足,闪烁不定,是乃日之光品,著色于水,而非雨露有此五色也。”⁷⁾程大昌在这里不仅记述了露滴的表面张力现象,而更重要的是记述了日光被露滴分成各种色光的现象。但由于受科学条件和科学思想的限制,他并不明白这个发现的深刻含义。这是科学发现走在时代的前面而当时不可能被认识的一个例子。直到1666年,牛顿用棱镜实验才作出了太阳光(白光)是由折射率不同的几种色光组成的结论。

声学

沈括在研究了古乐钟的形状以后,对其音响效果作了分析。他说,圆形钟音长,有哼音,在快速旋律中声音发生相互干扰,不成音律;而扁圆形钟(椭圆形横截面)音短,因此可以演奏,这就是古人把钟铸成扁圆形的道理。沈括的分析是符合实际情况的。上一世纪瑞利(Lord Rayleigh, 1842—1919)对欧洲教堂圆钟的分析,才在声学上揭示了圆钟有许多振动模式,音数多,哼音长、干扰大。这又引起人们在本世纪上半叶对金属钟是否可用以演奏产生了怀疑。1978年,考古学界在湖北随县发现战国初期曾

- 1) 《祛疑说》。
- 2) 高承,《事物纪原集类》。
- 3) 宋僧文莹,《湘山野录》;周辉,《清波杂志》。
- 4) 杜季阳,《云林石谱》卷上。
- 5) 朱或,《萍洲可谈》卷三。
- 6) 《埤雅》卷二十。
- 7) 《演繁露》。

侯乙钟一套 65 个,其总音域跨五个八度之多。这套编钟不仅能在音乐演奏中实地使用,而且,由于其椭圆形特殊形状、还能在两个部位发出两个不同频率的基音。可以指望,中国编钟是可以发展下去的最古老的金属钟类乐器。

沈括还发现了管与弦的共振,发现二个频率为倍数和简单整数比的音会产生共振。他还以纸游码实验证明共振现象,“欲知其应者,先调其弦令声和,乃剪纸人加弦上,鼓其应弦,则纸人跃,他弦即不动。”¹⁾

约十二世纪下半叶,南宋初年的赵希鹄(生卒不详)探讨了古琴等乐器的声学技术问题。在其著《洞天清禄集》中描写了用作琴的材料桐木结构与其发声的关系,“桐木不宜太松,桐木太松而理疏,琴声多泛而虚。宜择坚实而纹理条条如丝密达而不邪曲者,此十分良材。亦以掐不入者为奇。”他还发现,桐木有阳面、阴面之分,用同一桐木的不同面作琴会产生极不相同的音响效果。他非常重视作琴的技术细节,如琴足材料的选择和安装,并说明了这些技术的音响道理。为了使低声的古琴有较大音响,他建议修“弹琴之室”。对这种古代音乐厅的设计,他写道:“宜实不宜虚,最宜重楼之下。盖上有楼板,则声不散;其下空旷清幽,则声透彻。若高堂大厦,则声散;小阁密室,则声不达;园囿亭榭,尤非所宜。”

电和磁

磁学在这时期达到了它的古代阶段的高峰。北宋的沈括和寇宗奭都曾讲到人工磁化方法:用磁石摩针,铁针即可获得磁性。曾公亮在制造指南鱼时,用的磁化方法是:“以薄铁片剪裁长二寸阔五分,首尾锐如鱼形,置炭火中烧之,候通赤,以铁钤钤鱼首出火,以尾正对子位,蘸水盆中,没尾数分则止。以密器收藏。”²⁾在这里,加热是为了瓦解铁的无规则排列的磁畴;淬火能产生马氏铁相变,使磁性矫顽力得以保持;“以尾正对子位(北)”,即将铁片放在地磁场南北方向,使磁畴排列具有方向性,并因和地磁场方向接近,可获得较高的热剩余磁性;淬火时“没尾数分”,使整块铁片在水中形成一倾斜方

向,这就利用了地磁倾角的因素,使铁片和地磁场方向相近,可获得较佳的磁性。

沈括还最早发现了地磁偏角:“方家以磁石摩针锋,则能指南,然常微偏东,不全南也。”³⁾

对世界文明有重要影响的指南针,是我国古代人的伟大发明。沈括指出了四种指南针的安放法:水浮法,把针放在水面上;指甲法,把针放在光滑的指甲上;碗唇法,把针放在碗唇上;丝悬法,以蚕丝掇针腰,悬吊指针的方法。寇宗奭则具体指出,水浮法是把针穿在数根灯草上,用浮力较大的灯草把针托在水面。宋代陈元靓(生卒不详)在其著《事林广记·神仙幻术》中记载了两种指南针:指南鱼和指南龟。前者把针安放在鱼形木片内,浮于水中;后者把针放入龟形木片内,以竹钉作转动支轴。丝悬法和指南龟是早罗盘的始祖,其余方法后来就发展为水罗盘。

我国也是最早把指南针用于航海的国家。公元 1119 年宋代朱彧在《萍洲可谈》中记载了航海用指南针:“舟师识地理,夜则观星,昼则观日,阴晦观指南针。”徐兢(1093—1155)在《宣和奉使高丽图经》中也有类似记载。可见,在十二世纪初,中国人把指南针用于航海已是普遍的了。据南宋吴自牧在《梦梁录》中记载,船在风雨阴天“惟凭针盘而行”,“毫厘不敢误差,盖一舟人命所系也。”自南宋后,由于航海中使用罗盘导航,因此“针路”即航线上不同针位点的连结线也在十三世纪之末的典籍中有了记载。我国指南针约于十二世纪末十三世纪初由海路传入阿拉伯,然后从阿拉伯传到欧洲。

在电学方面,沈括作了一个重要的观察。在 2 次雷电袭击内侍李舜举家时,他观察到,在雷电路上的金属物质(如漆盒的银扣、刀鞘里的宝刀)全被融化了,而漆盒、皮革却依然如故⁴⁾。受沈括观察记载的启发,庄绰(生卒不详)在南宋初年也观察到类似现象:雷电烧毁了南雄州

1) 《补笔谈》卷一。

2) 《武经总要》前集。

3) 《梦溪笔谈》卷二十四。

4) 《梦溪笔谈》卷二十。

普贤寺佛像,佛身上凡金属彩色全部消融,而其余色彩如故¹⁾。此后,大量的有关记载使人们得出金属物质与漆器有不同性质的结论。这正是近代电学中关于导电和绝缘体概念的早期萌芽。

明、清 (1368—1911)

这是我国包括物理学在内的整个科学发展,相对地说落后于西方的时期。

力学

在这时期力学上的主要成就见于宋应星(1587—?)的《天工开物》一书。它是世界上诞生最早的有关农业和手工业生产技术的百科全书,在十七世纪世界科学技术中也是一部非常重要的著作。该书在述及弓弦的巨大弹力并不损坏弓干时写道,因弓干两端粘有牛皮或柔木,俗曰“垫弦”,因此,“放弦归还时,雄力向内,得此而抗止,不然则受损也。”它记述了量弓力大小的方法:“以足踏弦就地,秤钩搭挂弓腰,弦满之时,推移秤锤所压,则知多少。”²⁾宋应星指出箭羽对保证箭飞行轨道的准确性是极端重要的。在该书卷九《舟车篇》里,记述了风帆与舟身比例的关系:“凡风篷尺寸,(其则)一视全舟横身,过则有患,不及则力软。”还讨论了风帆高度与受力大小的关系;详细地分析了“抢风”(风从横来)时的风向、航向以及张帆方向之间的关系;论述了舵的长短对舵力大小、舵的方向对船运动方向的影响。

在机械和仪器制造方面,十六世纪初期,明代詹希元(生卒不详)造五轮沙漏,以沙的重力为推动力。五个轮子中,初轮和四个从动轮的安排结构已类似后来的时钟结构。王征(1572—1644)早年研制过水力、风力和载重机械,写成《新制诸器图说》一书。

值得注意的是,在清康熙和乾隆年间,清政府组织了两次大规模的大地测量工作。在1708—1718年间进行的一次,在全国测量了630多个地方的经纬度,建立了以北京为中心的经纬网。在这次测量中,决定以工部营造尺为标准,

定1800尺为一里,200里合地球经线一度,这种使长度单位与地球经线一度弧长相当的度量衡制,在世界上是一个创举。它比法国宪政会议决定以地球经圈的四千万分之一的弧度为一米早80年。在实测经线一度之长的过程中,还发现每度经线因纬度高下而有差别,这为发现地球是椭球体提供了资料。

对于中国物理学思想起过重大作用的元气学说在这时期达到了思辨的高峰。元气说认为,宇宙天地和世界万物都是由一种“气”构成的,“气”希微无形,人眼察觉不到,但它充满宇宙太空。元气的聚集成万物,万物离散而为元气。元气还处于不停止的运动状态之中。由于元气微粒的运动,由于元气中阴阳两种属性的矛盾冲突,从而构成宇宙天体和物质及其运动的多样性。在先秦以后,历代唯物主义思想家都持元气说。宋代哲学家张载(1020—1077)对元气说作了重大发展,明末清初王夫之(1619—1692)又把元气说推向了高峰。王夫之从生活实践的具体事例中(如煮水、加热水银等)和哲学推测二方面论证世界物质是守恒的。据清末传教士丁韪良(William P. T. Martin, 1872—1916)所说,中国的元气说还曾对笛卡儿(Descartes, R., 1596—1650)提出他的旋涡说有过影响。

光学

明末方以智(1611—1671)总结了前人关于色散现象的记述。“凡宝石面凸,则光成一条,有数棱必有一面五色,如峨眉放光石六面也,水晶压纸三面也。烧料三面水晶亦五色。映日射飞泉成五色,人于回墙间向日喷水,亦成五色。故知虹蜺之彩,星月之晕,五色之云,皆同此理。”³⁾

清代出现了一些光学仪器制造家:黄履庄(1656—?)、孙云球(约17世纪上半叶)、黄履(女,18世纪末—19世纪初)、邹伯奇(1819—1869)。黄履庄发明了世界上最早的探照灯(“瑞光镜”)。孙云球是我国民间制镜师,曾以制眼

1) 《鸡肋篇》。
2) 《佳兵篇》。
3) 《物理小识》卷八。

镜为业，在我国独立地制成“千里眼”（不详）、“存目镜”（放大镜）、“察微镜”（显微镜）、“万花镜”（万花筒）、“幻容镜”（哈哈镜）等，他著的《镜史》一书可惜已经失传。黄履制造过“千里镜”（大约类似今天的天文照相机，用于拍摄数里外景物）。邹伯奇制造的镜子有：折射望远镜，他以几种焦距不同的凸透镜组成的透镜组来消除色差效应；“回光铁镜”，一种由凹面镜和透镜组成的反射望远镜；“观象仪”，也是一种望远镜；“摄影器”，即一种简单的照相机。邹伯奇成功地研究了照相术，配制了感光剂、显影剂和定影剂。他研究了几何光学并进行实验，撰有光学论文《格术补》、《摄影之器记》等书。虽然他的工作曾在一定程度上受西方科学的影响，但也有不少他自己的创造。

郑复光（1780—？）是这时期的又一个光学家，著有《镜镜冷痴》一书，刊行于1847年。这是我国一部较系统的几何光学著作。书中包括了成象理论和镜子制造两方面的内容，也是集我国古代光学大成之著作。在成象理论方面，郑复光着意刻划成象原理、光路等定律条文和计算方式，该书“析理精妙，启发后人。”¹⁾虽然在光路部分郑复光受西方传教士汤若望的《远镜说》一书的错误影响，但各种镜子的成象部位和方向都是正确的。可见该书是郑复光在尊重实验事实基础上写成的光学著作。

热学

明代文震亨（1585—1645）指出，隔火物质以火浣布（石棉）最好，金银不可用²⁾。宋应星在《天工开物·陶埏篇》里对烧制陶瓷器皿的热学技术作了详细记述，他写道：“烧砖有柴薪窑，有煤炭窑。用薪者出火成青黑色，用煤者出火成白色。凡柴薪窑巔上偏侧凿三孔，以出烟火，足止薪之候，泥固塞其孔。然后使水转锈。凡火候，少一两则锈色不光；少三两则名嫩火砖，本色杂现，他日经霜冒雪，则立成解散，仍还土质；火候多一两，则砖面有裂纹；多三两则砖形缩小折裂屈曲不伸，凿之如碎铁，然不适用。”“凡观火候，从窑门透视内壁，土受火精，形神摇荡，若金银熔化之极然，陶长辨之。”在《锤锻篇》

里，宋应星还记述了制针的抽拉冷锻法。

黄履庄和黄履先后独立地制造过温度计，是当时热学上的重要发明。

声学

明代庄元臣（生卒不详）明确提出“声发则气振”的思想。宋应星更清楚明确地以水波的振动比喻传播声音的“气”的振动。在声学技术方面，发现空瓮砌墙，口向内，则声音不外传的隔音技术³⁾。明永乐十八年（1420），建造了迄今世界闻名的天坛，其回音壁、三音石和圜丘都有奇妙的声学效应。

在律学方面，明代朱载堉（1536—约1614）以公比 $\sqrt[12]{2}$ 的等比级数分配音律，使任何两个相邻音律间的频率比都是 $\sqrt[12]{2}$ ，或音程为100音分，从而最后于1584年完成了十二平均律。这是音乐界的一个革命性变革，在世界声学史上也是一项重大贡献。

电和磁

明代航海业兴盛，罗盘在航海中已普遍使用。航海家郑和（又名马三保）于永乐、宣德（1405—1433）年间七次下西洋，他的船队几经东南亚、印度洋、波斯湾、红海，直到非洲东岸的肯尼亚一带，航程几十万公里。《武备志》卷240载《自宝船厂开船从龙江关出水直抵外国诸番图》。该书作者茅元仪认为，此图即郑和航海用图，图中记有往返各地的罗经方向。明、清时期，我国海道针经一类书籍非常丰富，许多书籍已流传国外。英国牛津大学鲍德林图书馆（Bodleian Library）藏清初抄本《顺风相送》和《指南正法》二书，其内容主要是记述从中国各海港到东西洋各地的山形水势和往返针路。《顺风相送》成书于16世纪，《指南正法》成书于18世纪初期。

这时期磁学上的一个重要发现是磁屏蔽现象。刘献廷（1648—1695）在《广阳杂记·卷一》中写道：“磁石吸铁，何物可以隔之？犹子阿孺曰：‘惟铁可以隔耳。’其人去复来，曰：‘试之

1) 张福偕，《光论·自序》。

2) 《长物志》卷七。

3) 《物理小识》卷一。

果然。’”

在静电学方面,明代张居正(1528—1582)发现貂裘和绮丽服装跟人体摩擦的起电现象,几乎和张居正同时,都邛(生卒不详)也记述了一种丝绸的摩擦起电实验:“吴绫出火,吴绫为裳,暗室中力持曳,以手摩之良久,火星直出。”¹⁾

近代物理学在中国的传播(1600—1910)

近代物理学在中国的传播可分为两个时期。明末清初,即自十六世纪末到十七世纪末的一百余年为第一个时期;从鸦片战争(1840)到清末为第二个时期。在欧美各国传教士纷纷来华期间,他们以学术为手段进行布教活动,因此翻译了部分西方科学著作,近代物理学就是以翻译为主传到中国的。

第一个时期,恰值伽利略关于落体的研究(始于1589年)到牛顿出版《自然哲学的数学原理》(1687年)、持续了一个世纪的动力学创建时期。这时期翻译的与物理学有关的主要著作有:

邓玉函(Johannes Terrenz, 1576—1630, 德国人,1621年来华)口授,王征(1572—1644)执笔的《远西奇器图说》(1627年刊)。该书内容主要属于简单机械及其联合使用等静力学范畴。书中个别材料有可能取自伽利略的《力学》(1600年)和《论水中物体的性质》(1621年)等书。但全书未曾提及近代动力学创始人伽利略的名字。

南怀仁(Ferdinand Verbiest, 1623—1688, 比利时人,1659年来华)于1664年左右撰《灵台仪象志》一书。其中卷二“论新仪器坚固之理”,涉及材料力学内容,且多取自伽利略于1638年发表的《关于两门新科学的对话》一书。其卷四“论垂线球仪”(即摆)中,介绍了伽利略关于单摆的等时性原理以及摆长和摆动周期成反比的定律。

汤若望(Jean Adam Schall von Bell, 1591—1666, 德国人,1622年来华)于1626年撰《远镜说》,1630年版,徐朝俊校,吴省兰辑。该书

介绍了制造望远镜的方法,画有伽利略早期的望远镜图,记述了伽利略用望远镜观察到的天体情形:月中山谷、金星消长变化,木星四个卫星、土星光环、太阳黑子等,有图十几张,但其中关于凹凸透镜成象的光路图全是错误的,在几何光学上价值极小。这表明汤若望本人不懂光学,只是把在西欧听到的只言片语介绍到中国来了。他错误的光路图在后来对郑复光有影响。

在第一个时期传入中国的近代物理学知识仅是点滴而已。在第二个时期,近代物理学知识才较多地以译书形式介绍到中国。而李善兰(1810—1882)在这方面作出了杰出的贡献。

由艾约瑟(Joseph Edkins, 1823—1905, 英国人,1848年来华)口述,李善兰执笔翻译的《重学》(力学)一书,较系统地把经典力学介绍到中国。该书原本是1858年英国胡威立(W. Whewell, 1794—1866)所著的《初等力学》(An Elementary Treatise on Mechanics)。译本《重学》曾在1858年、1860年两次刊行。在李善兰和伟烈亚力(Alexander Wylie, 1815—1887, 英国人,1847年来华)合译的《谈天》(1859年刊)中,第一次把万有引力和天体力学知识介绍到中国。《谈天》的原本是赫谢尔(John F. W. Herschel, 1792—1871)撰的《天文学概要》(Outline of Astronomy)。不久,李善兰又开始译牛顿的《自然哲学数学原理》一书,该书译了三分之一后因故中断。

最早把近代光学知识介绍到中国的是,张福僖(?—1862)于1853年开始译的《光论》一书。十九世纪八十年代起,译成中文的有关物理学著作显著增多。其中较主要的有:力学方面,《重学图说》(1885年),《格物测算》(1883年),《物理学算法》(1904年);光学方面,《色相留真》(1877年),《光学图说》(1890年),《照象器》和《显微镜望远镜》等;热学方面,《物体遇热改易说》(1899年),《热学图说》(1890年);电学方面,《电学》(1880年),《电学图说》(1887年),《电学纪要》(1899年)。

1) 《三余赘笔》。

直到1900年,中国才有称物理学为物理学的专书(见“物理”词义的演变一节)。在较有价值的译书中,1874年徐建寅执笔翻译的《声学》一书,是根据英国物理学家田大里(今译丁铎尔: John Tyndall, 1802—1893)的同名著作第一版译出的;1879年刊行了由赵元益执笔翻译的《光学》一书,该书是丁铎尔于1870年在皇家学院作的《光学》讲演笔记。在所有译书中,最及时的中译本是《通物电光》(即X光)一书。X光是1895年伦琴发现的,四年后即1899年有关的中译本就出版了,它是由王季烈执笔翻译的。另一本是《无线电报》,该书是1898年英国出版的物理学家克尔(John Kerr, 1824—1907)的著作,中文本1900年出版,由范熙庸翻译。虽然无线电的应用在1900年刚刚开始,但有关的理论和概念,本书基本上都涉及了。

在近代科学传入中国的不少物理学译书中,除上述一些较有价值的书外,绝大部分是初中水平的物理学教科书。而且由于大部分传教士本身的物理学知识浅薄,再经口述删节后,可谓支离破碎,其中还有不少书内容重复。随着中国人近代科学知识的逐渐普及,在本世纪上半叶才出现了大量的并由中国人独立翻译的较好的物理学译著,而这时,随着物理学留学生的增多,中国人也步入了世界物理学园地,但这是属于本世纪中国物理学史的内容了,我们将在不久后叙述它。

由于篇幅所限,本文只述及该论题的一个骨架,挂

(上接第764页)

重大问题,而且也是需要靠实验来探索的问题。现在,通过其它途径来探讨光子的静质量主要靠与高斯定律对应的安培环路定律的验证。所以,从地磁、人造卫星以及天体间的磁场测量可以间接得到光子静质量的上限值^[7],表1列出各个时期用不同方法得到的结果。

显然,要从实验判断光子确实没有静质量是不可能的,因为任何测量都有一定的精度。但是,随着测量精度的提高和探索范围的延伸,人们可以不断推进这个结果。究竟能达到什么限度,的确是物理学者很感兴趣的一个问题。

一漏万,请读者斧正。在本文写作过程中,曾得到钱临照先生的指导,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 钱临照,李石曾先生60岁纪念论文集,1942年昆明版,第135—162页。
钱临照,物理通报,1(1951),97.
- [2] 钱宝琮,科学史集刊,8(1965),65.
- [3] 徐克明,物理,5(1976),50; 5(1976),231.
- [4] 王锦光,物理通报,9(1954),519.
王锦光,科学史集刊,5(1963),58; 9(1966),20.
- [5] 王振铎,史学集刊,1937年4月。
王振铎,燕京学报,20(1936),577.
王振铎,中国考古学报,3(1948),119; 4(1949),185; 5(1951),101.
- [6] 上海博物馆、复旦大学光学系,复旦学报(自然科学版),3(1975),1.
- [7] 上海交通大学西汉古铜镜研究组,金属学报,12(1976),13.
- [8] 李迪,物理,5(1976),161; 6(1978),308.
- [9] 李国栋,物理,3(1974),342.
- [10] 洪震寰,物理通报,2(1958),73.
洪震寰,科学史集刊,7(1964),28.
- [11] 刘复,庆祝蔡元培先生65岁论文集(上),1933年,第279页。
- [12] 汤定元,物理通报,2(1953),53.
- [13] 田时秀,物理,5(1976),347.
- [14] 陈通、郑大瑞,声学学报,3(1980),161.
- [15] 刘仙洲,中国机械工程发明史,科学出版社,(1962).
- [16] 李文润等,山东海洋学院学报,2(1979),106.
- [17] 朱照宣,力学,3(1975),158; 4(1975),196.
- [18] 戴念祖,科学通报,21(1976),120; 21(1976),166.
戴念祖,物理,5(1976),280.
戴念祖,力学与实践,1(1980),74.
戴念祖,文物,1(1978),62.
- [19] Joseph Needhan (李约瑟), Science and Civilisation in China, Vol. 4, Part I.
- [20] 钱临照、陆学善、戴念祖编,科学史文集(物理学史专辑),上海科学技术出版社,待出版。

参 考 文 献

- [1] 史元,物理教学,1(1978),25.
- [2] 哈里德、瑞斯尼克,物理学(第2卷,第1册),高等教育出版社,(1965),52.
- [3] J. C. Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., Oxford, Clarendon Press, (1904), Vol. 1, 80; 83.
- [4] S. J. Plimpton, W. E. Lawton, *Phys. Rev.*, 50 (1936), 1066. ...
- [5] E. R. Williams, J. E. Faller, H. A. Hill, *Phys. Rev. Lett.*, 26(1971), 721.
- [6] A. S. Goldhaber, M. M. Nieto, *Sci. Am.* 234-5 (1976), 86.
- [7] 张元仲,狭义相对论实验基础,科学出版社,(1979),152; 160.