


ZHONG GUO GU DAI

KE XUE YI QI SHI LUE

中国古代 科学仪器史略

杨尧飞 徐日新 编著



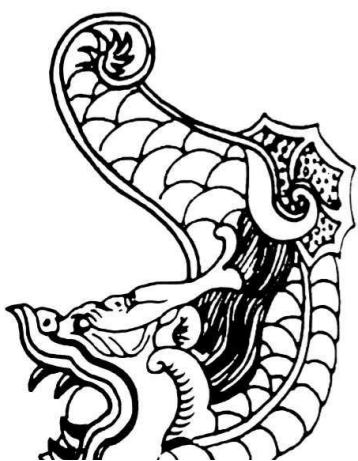
 宁波出版社
NINGBO PUBLISHING HOUSE

本书由宁海县教育局专项资金赞助出版

ZHONG GUO GU DAI
KE XUE YI QI SHI LÜE

中国古代 科学仪器史略

杨尧飞 徐日新 编著



 宁波出版社
NINGBO PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

中国古代科学仪器史略 / 杨尧飞, 徐日新编著. —
宁波: 宁波出版社, 2023.12
ISBN 978-7-5526-5167-6

I. ①中… II. ①杨… ②徐… III. ①科学研究—仪器
设备—中国—古代—普及读物 IV. ①TH7-49

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 204197 号

中国古代科学仪器史略

杨尧飞 徐日新 编著

责任编辑 杨青青
责任校对 徐敏
出版发行 宁波出版社
(宁波市甬江大道1号宁波书城8号楼6楼 315040)
印刷 宁波白云印刷有限公司
开本 710mm × 1000mm 1/16
印张 9.25
字数 180千
版次 2023年12月第1版
印次 2023年12月第1次印刷
标准书号 ISBN 978-7-5526-5167-6
定价 35.00元

如发现缺页或倒装,影响阅读,请与印刷厂联系,电话:0574-83875165

序

当今物理学的发展方向,一是理论发展,二是实验创新,两者相辅相成。如 20 世纪 50 年代,杨振宁与李政道对宇称守恒定律的修正,得仗于吴健雄等的实验验证,终于创立了宇称不守恒定律,获得了 1957 年度的诺贝尔物理学奖。浙江省物理特级教师、宁波市第二中学物理老师王维耀曾说:“只要原理正确,任何实验都能做得出来。”也就是说:只要理论正确,指导实验一定能成功。

实验需要仪器。什么是仪器?第七版《辞海》中是这样定义的:

科学技术工作中,用于检查、测量、分析、计算、发信号的器具(工具)或设备。按工作原理,分机械的、电的、光学的和化学的等。一般具有较精密的结构和灵敏的反应。广义上泛指科学技术工作中所使用的各种器具,如物理仪器、化学仪器、演示仪器、绘图仪器等。

中国早期的一些仪器,称得上科学仪器的不多,如光学仪器中,出现比较早的有眼镜,刚开始,除西方传入的外,能够制造的只有紫禁城中的内务府造办处。后来,民间好多地方建立了作坊、制造厂,如苏州、广州等地,不仅为中国的光学制造业奠定了基础,也为国家培养了一批技术人才。

中国历代有师傅带徒弟的传统,在手工业中更是如此。如木工、泥水工和技术含量比较高的浇铸造型工,他们代代相传,生生不息,使我国的许多技术得到传承。我国早期的一些科学仪器生产厂,虽然数量不多,产品也大多仿造国外的式样,但它们是科学仪器生产的种子,是

可燎原之火,如今在祖国的大地上遍地开花,它们是中国先进科学仪器生产的先行者。我们坚信:这些科学仪器生产厂,也是我国先进科学仪器的研究者,为国家先进的生产技术、科学研究和教育事业带来先进的科学仪器。

仪器、工具和设备很难区分,且容易混在一起。如柱础,是中国几千年的房屋建筑中的必备材料,使用十分普遍,可惜未转化为科学仪器。再如简单机械中的杠杆、滑轮、轮轴和斜面等,它们既是工作中的工具,也是中学物理教育中的演示仪器,在中学物理实验室中都有这些东西的模型,所以在本书中把它们作为仪器进行介绍。

由于我们自身专业的原因,本书着重介绍物理仪器,涉及的古代科学仪器包括天文仪器、地理仪器、绘图仪器、力学仪器、热学仪器、声学仪器、电磁学仪器、光学仪器。

虽然我们想把所有物理仪器一一作介绍,但也不免挂一漏万,不当和遗漏之处,诚请行家、读者指正。

本书是我与徐日新老师的第三次合作。他早已进入耄耋之年,还笔耕不辍,想为下一辈留下一点中华民族的科学文化遗产。他老人家有这一抱负,我们青年人还有什么理由可以歇一歇、偷偷懒呢!

本书的出版,得到了宁海县教育局的大力支持,谨致以衷心的感谢。

杨尧飞

2022年4月

目 录

第一章 天文仪器

1. 圭表	1
2. 日晷	4
3. 浑仪	5
4. 浑象	6
5. 漏水转运浑天仪	6
6. 水运仪象台	7
7. 假天仪	8
8. 赤道经纬仪	8
9. 地平经纬仪	9
10. 简仪	10
11. 仰仪	10
12. 玲珑仪	11
13. 候极仪	11
14. 地平经仪	12
15. 黄道经纬仪	13
16. 象限仪	14
17. 纪限仪	15
18. 玑衡抚辰仪	16
19. 御制铜镀金星晷仪	16

第二章 地理仪器

1. 指南车 19
2. 记里鼓车 21
3. 候风地动仪 23
4. 风向仪 24
5. 经纬仪 26

第三章 绘图仪器

1. 规 27
2. 矩 27
3. 墨斗 28
4. 缩放尺 29

第四章 力学仪器

- (一) 长度测量仪器 31
 1. 尺 31
 2. 卡尺 32
 3. 螺旋测微器 33
 4. 千分表 33
- (二) 体积(容积)测量仪器 34
 1. 升 34
 2. 斗 35
 3. 斛 35
 4. 粟氏量 35
 5. 新莽嘉量 37
 6. 筛 39
- (三) 质量和重量测量仪器 39
 1. 天平 40

2. 杆秤	42
3. 机械磅秤	43
4. 电子秤	44
(四) 测时仪器	44
1. 漏壶	44
2. 秤漏	46
3. 沙漏	46
4. 火钟	47
5. 时钟、表	47
(五) 简单机械	49
1. 杠杆	49
2. 滑轮	52
3. 轮轴	54
4. 斜面	55
5. 尖劈	56
(六) 力的测量及相关仪器	57
1. 弹簧秤	57
2. 铅锤	58
3. 弓力的测定	58
4. 磨、砣	59
5. 轴承	60
6. 柱础	61
7. 水准仪	63
8. 虹吸管	65
9. 比重计	66
10. 表面张力测试仪	69
11. 万向支架	71
12. 陀螺仪	71

第五章 热学仪器

1. 火照	73
2. 光测高温计	74
3. 温度计	76
4. 湿度计	77
5. 蒸馏器	79
6. 炼丹器具	82

第六章 声学仪器

1. 律管	87
2. 四通	88
3. 琴	89
4. 磬	90
5. 钟	91
6. 喷水鱼洗	93
7. 鱼群探测器	95
8. 共振器	96

第七章 电磁学仪器

1. 磁铁	100
2. 司南	101
3. 指南针	102
4. 罗盘	104
5. 顿牟	105
6. 鸱吻	105

第八章 光学仪器

1. 青铜镜	107
2. 景符	108
3. 潜望镜	110
4. 凹面镜	111
5. 探照灯与瑞光镜	112
6. 凸面镜	112
7. 火珠	114
8. 冰燧	114
9. 放大镜	115
10. 眼镜	116
11. 望远镜	118
12. 显微镜	121
13. 幻灯机	123
14. 照相机	125
15. 电影机	126
16. 色散仪器	128
参考文献	131
后记	134

第一章 天文仪器

中国古代的天文学产生很早,如太阳黑子的观察,在《汉书·五行志》中记载:“成帝河平元年(前 28),三月乙未,日出黄,有黑气大如钱,居日中央。”在《晋书·天文志》中也有记载:“永宁元年(301)九月甲申,日中有黑子。”中国古代天文学发展迅速,且与中国古代的历法相关。天文观测,不仅为历法服务,也为皇家效力。在天文观测中,单凭人眼难以观测到宇宙的深处,也不能使观测精准,人善假于物,于是发明了许多天文仪器,这些仪器不仅可以观天,也可在地上模拟天象,以便观测计算。我国历代都十分重视天文观测,在朝中专门设立司天监、钦天监等机构,专司天文观测。民间也有不少天文爱好者,为农业生产、日常生活服务,创造发明了不少天文仪器,有力地促进了天文学的发展,也为精准造历奠定了坚实的基础。这里介绍的天文仪器,大型的以清代制造的“铜质八大件”为主;小型的天文仪器种类繁多,列有圭表、日晷、御制铜镀金星晷仪等。

1. 圭表

圭表,也叫土圭,古代测量日影长度以定方向、节气和时刻的天文仪器。圭表由两部分组成:表,直立的标杆;圭,平卧的尺。表放在圭的南、北端,并与圭相垂直(图 1-1)。圭表用以测量连续两次日影最长或最短之间所经历的时间,以定回归

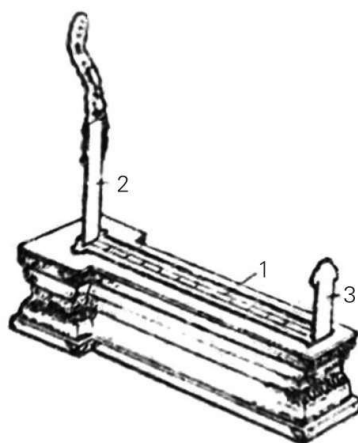


图 1-1 圭表
1. 圭 2. 表(南) 3. 表(北)

年^[1]长度,成为编历的重要仪器。

古人发现:当太阳照在树枝上时,地上有影子,影子的长短随一天的时间和一年四季的变化而变化,于是发明了圭表,同时产生了许多“经验之谈”,如“日长一线”,宋代欧阳修《渔家傲》中有“初日已知长一线”之句,意思是说冬至以后,白昼渐长。还有“一寸光阴一寸金,寸金难买寸光阴”,“阴”指日影,用“寸金”来衡量“寸光阴”,是说时间的可贵。

圭表,在甲骨文中已有记载。春秋时,古人使用圭表测量时间。《周礼·春官·典瑞》:“土圭以致四时日月,封国则以土地。”东汉经学家郑玄注曰:“以致四时日月者,度其景至不至,以知其行得失也。冬夏以致日,春秋以致月。”郑玄又注曰:“土地,犹度地也。封诸侯,以土圭度日景,观分寸长短,以制其域所封也。”可见古代封建诸侯还用土圭丈量他们的封地。

圭表使用中最重要的是表影长度的读取,郑玄以为夏至日正午,日影长度差一寸,两地相差一千里。学者钱玄(1910—1999)说:“据后人精确推测,差一寸,则地偏南或偏北为一百三四十里,郑说不确。”

对圭表日影长度读取作出重大贡献的是元代大科学家郭守敬。



图 1-2 郭守敬

郭守敬(1231—1316),字若思,顺德邢台(今属河北)人,元代天文学家、水利学家、数学家(图 1-2)。他曾任都水监、太史令、昭文馆大学士、知太史院事等,修治了许多河渠,与王恂、许衡等编制《授时历》,创造和改进了简仪、仰

[1] 回归年:又称为太阳年,是指太阳视圆面中心相继两次过春分点所经历的时间。它以四季更迭为周期,故以此名。它是阳历和阴阳历历年的标准,并与朔望月组合而成为历法的基础。根据公元 1980 年至公元 2100 年每个回归年的时间长度计算,1 个回归年等于 365.2422 平太阳日,即 365 日 5 时 48 分 46 秒,这是 121 个回归年的平均值计算结果。每个回归年的时间长短并不相等。

仪、高表、候极仪、景符和窥几等十余种观测天象的仪器,以及玲珑仪、灵台水浑等演示天象的仪器。他在全中国设立多个观测站进行大地测量,重新观测二十八宿^[1]以及一些恒星的位置,测定的黄赤交角达到较高精确度。著有《推步》《立成》《历议拟稿》《仪象法式》等著作 14 种,共 105 卷。

立表测影,表的高度一般有 8 尺,到了元代,郭守敬做了很大的改进,首创高表,把表身做成碑柱形,并增加到 36 尺,在表顶再用两条龙抬着一根直径 3 寸的横梁,从梁心到圭面共 40 尺,这样,使梁影到表底的距离等于 8 尺表表影的五倍,使高表的相对误差仅是 8 尺表的五分之一,也就是将测量的精确度提高了五倍。

元末明初的叶子奇在《草木子》中也对这一做法予以肯定:

历代立八尺之表,以量日景,故表短而晷景短,尺寸易以差。元朝立四丈之表,于二丈折中开窍,以量日景,故表长而晷景长,尺寸纵有毫杪之差则少矣。

但是高表增加了观测表影模糊的问题。为此,郭守敬又发明了“景符”,我们将在第八章的光学仪器中介绍。

用来测定投在圭表上日影长度的是表影尺。表影尺南北放置是因为地球的赤道平面与黄道平面有 $23^{\circ}26'$ 的交角,要使日影投在圭表表面正中,圭表必须南北放置,太阳从东方升起时,表影正好落在表影尺上,且与表影尺平行并处于其正中。

表影尺测定的是真太阳时,又称视时,是一种时间计量系统。某地的真太阳时,以太阳视圆面中心对于该地子午圈的时角来量度,并以太阳视圆面中心在该地上中天的瞬间作为真太阳时零时,真太阳时的基本单位是真太阳日,下面要介绍的日晷表示的时刻即为真太阳时。

[1] 二十八宿:亦称“二十八舍”“二十八星”,分布于黄道、赤道带附近一周天的二十八个星官。中国古代选作观测日、月、五星在星空中的运行及其他天象的相对标志。它分为四组,每组七宿,与四方和四种动物形象(称为“四象”)相配。二十八宿以北斗斗柄所指的角宿为起点,由西向东排列,它们的名称和四象的关系是:东方青龙——角、亢、氐、房、心、尾、箕,北方玄武——斗、牛、女、虚、危、室、壁,西方白虎——奎、娄、胃、昂、毕、觜、参,南方朱雀——井、鬼、柳、星、张、翼、轸。

2. 日晷

日晷,也叫“日规”,是土圭的发展,由晷盘和晷针组成(图 1-3)。晷盘是一个有刻度的盘,大多由石头凿成,装置时平行于赤道平面,倾斜地

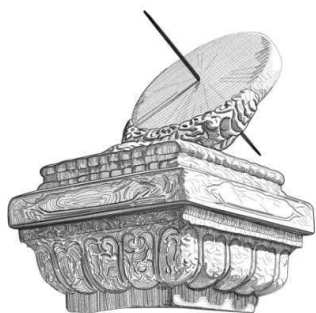


图 1-3 日晷



图 1-4 晷盘与晷针

放置;晷针是金属针,按南北方向,与地球自转轴平行,装置在晷盘中央(图 1-4)。它是利用晷针投出的日影方向和长度以测量真太阳时的仪器,晷针的日影随太阳运转而移动,在晷盘上指示的不同位置表示不同的时刻。

日晷的晷盘平行于赤道平面,这是改善日晷性能的关键一步,使晷针的日影随太阳的运转而移动,影子的运动速度很均匀,并与晷盘上时间的刻度一致。有一种地平式日晷(也叫水平式日晷),晷盘与地平面平行,晷针的日影在晷盘上分布不均,根据日影随时间变化的实际情况来进行刻划,这显然是不方便的。

西晋文学家左思写过一篇《魏都赋》,其中有“揆日晷,考星耀”,这说明当时日晷已流行使用。《隋书·天文志》记载,开皇十四年(594),鄜州司马袁充曾发明过地平式日晷,也叫短影平仪。南宋人曾敏行(1118—1175)在他的《独醒杂志》卷二记载他的族人曾瞻民发明了一种晷影图,其结构与赤道日晷基本相同,晷盘用木制成。明末清初,各国传教士纷纷来华,带来了西方使用的各种日晷。明代天启年间(1621—1627),陆仲玉著《日月星晷记》,介绍各种日晷的制作方法。清代学者刘献廷在他

的《广阳杂记》卷二中记述：

杨升菴云：《史记》旁罗日月星辰，《文选·陆佐公新刻漏铭》：“俯察旁罗，升台登庠。”《尚书·考灵曜》云：“冬至十月，在牵牛一度。求昏中者取六项，加三旁蠡，顺除之。”郑元注曰：“尽行十二项，中正而分之，左右各六项也。‘蠡’，犹‘罗’也。昏中在日前，故言顺数也；明中在日后，故言却也。”据此则“旁罗”乃测天之器。如今之日晷地罗也。十二项者，十二时分为十二方也。此可补《史记》注之遗。此说有据，而晦伯非之。“傍罗”为测器，即不可以证《史记》。而今人名向盘曰罗经，则确本之此也。余谓十二项，即十二向也。

如果“旁罗”即日晷的字盘，中国关于日晷的最早记载应是在汉代了。

苏联 Ф·С·扎维里斯基在他的《时间及其计量》中，认为日晷是波斯（即今伊朗）人帕罗芝在纪元前五百多年发明的。

3. 浑仪

浑仪，也叫浑天仪（图 1-5），是中国古代测定天体位置的一种仪器。仪器的支架上固定两个相互垂直的圈（地平圈和子午圈），其内还有若干个可绕地轴平行转动的圈，分别代表赤道、黄道、时圈、黄经圈等。在可转动的圈上，附有



图 1-5 浑仪

绕中心旋转的窥管，用以观测天体。现陈列在南京紫金山天文台的浑仪，为明朝正统年间（1437—1442）所造。我国最早的浑仪系西汉时天文学家落下闳创制。落下闳，复姓落下，名闳，字长公，巴郡阆中（今属四川）人，精通天文，擅长历算，受汉武帝征聘，官居太史待诏。他曾与邓平、唐都等创制《太初历》，测定过二十八宿赤道距度（赤经差），并首先提

出交食^[1]周期,以 135 个月为朔望之会^[2]。

4. 浑象

浑象,是一种表现天体运动的演示仪器(图 1-6),在一个大球上刻画或镶嵌有星宿、赤道、黄道、恒稳圈、恒显圈等,类似现代的天球仪^[3]。它用漏壶滴出的水发动齿轮,带动浑象绕轴转动,并使浑象的转动与地球的周日运动相等,可以将天象准确地呈现出来。



图 1-6 浑象

汉宣帝甘露二年(前 52)耿寿昌制成浑象。汉宣帝时(前 73—前 49),耿寿昌任大司农中丞,曾建议在边郡设置常平仓,谷贱时增价收进,谷贵时减价出售,以利农业的发展,后封关内侯。他精通数学,曾删补《九章算术》,对天文学也有研究。《汉书·艺文志》历谱说他著有《月行帛图》232 卷,《月行度》2 卷,今偕佚。

5. 漏水转运浑天仪

浑天仪原靠手转动,东汉的张衡用水来推动浑天仪,他参考铜壶滴漏的工作原理,使浑天仪均匀地转动。



图 1-7 张衡

张衡(78—139),字平子,河南南阳西鄂(今河南南阳石桥镇)人,东汉科学家、文学家(图 1-7)。他曾在洛阳就读于太学,研究科学和文学,两度执掌太史令,精通天文历算,创造了世界上最早的漏水转运浑天仪和候风地动仪,首次阐明日食成

[1] 交食:指日月亏蚀。

[2] 朔望之会:农历每月的初一称为“朔日”,而每月的十五称为“望日”,在朔日和望日,月亮与太阳同时出现又同时消失,故称“朔望之会”。落下闳推算出以 135 个月为周期,当日、地、月处于同一直线上,且地球在日、月之间时,会发生月食。

[3] 天球仪:是一种天文教学仪器。在一个可绕轴转动的圆球上绘有星座、黄道、赤道、赤经圈、赤纬圈等,用以帮助初学天文学的人认识星空。

因,观测和记录了中原地区能看到的 2500 颗星星,绘制了中国第一幅较为完备的星图。此外,他还制造过指南车、自动记里鼓车和能飞行数里的木鸟。他的《二京赋》奠定了他在文学史上的地位。他的天文著作有《灵宪》《浑仪图注》等。

6. 水运仪象台

水运仪象台,是一种大型天文仪器,吸收了以前各种天文仪器的优点,具备浑仪、浑象和计时报时装置的功能。仪器台高 12 米、宽 7 米,分三层(图 1-8),上层置浑仪,用来观测日月星辰的位置;中层置浑象,有机械使浑象旋转周期与天球周日运动一致;下层设木阁,木阁又分为五层,每层有门,每到一定时刻,门中有木人出来报时。木阁后面放有漏壶和机械系统,漏壶引水升降,转动机轮,使整个仪器运转起来。

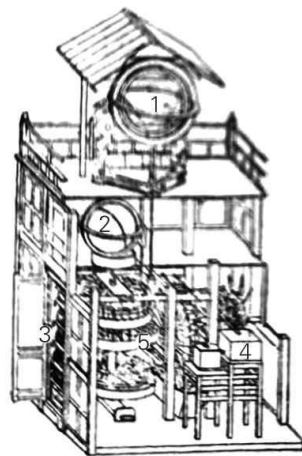


图 1-8 水运仪象台
1. 浑仪 2. 浑象 3. 木阁
4. 漏壶 5. 机械系统

水运仪象台由天文学家、药物学家苏颂组织韩公廉等人制造,于北宋元祐七年(1092)竣工。苏颂(1020—1101),字子容,福建泉州人(图 1-9)。他官至刑部尚书、吏部尚书,晚年入阁拜相。他为水运仪象台写了一本《新仪象法要》,书的首篇是《进仪象状》,记述了水运仪象台的制造缘起、经过。卷上是浑仪部分,有零部件图 17 幅;卷中是浑象部分,有浑象结构图 3 幅,星图 5 幅和四时昏晓中星图 9 幅;卷下包括水运仪象台总体构造及动力传动、计时报时装置等部分的内容。该书反映了十一世纪中国天文学和机械制造的水平,在世界科技史上有重要地位。



图1-9 苏颂

韩公廉,在北宋元祐元年(1086)任吏部守当官,时逢吏部尚书苏颂