

本卷提要

明代是中国科技发展的重要时期,传统科学在这一时期开始衰退,传统技术则走向顶峰,农学和医药学则有长足的发展,而西方科技的传入揭开了中国近代科技发展的序幕。

本书系统、深入地叙述了中国在这一时期在数学、物理学、化学化工、天文学、地学、生物学、农业科技、医药学,矿冶技术、建筑、造船、陶瓷、火器和漆器等众多方面所取得的成就;并叙述了阿拉伯天文学和欧洲科技在中国的传播和影响。

本书以大量原始文献和考古新材料为基础,并广泛吸取今人的研究成果,着重叙述了科技本身的发展,而且探讨了制约和促进科技发展的因素,以及科技进步对社会的影响。

目 录

中国明代科技史

一、明代科技概述	1
二、数 学	3
(一)数学发展的阶段特征	3
1. 第一阶段	3
2. 第二阶段	4
3. 第三阶段	6
(二)《一鸿算法》	7
1. 作者及成书年代	7
2. 主要内容及其贡献	7
(三)《算法统宗》	8
1. 概述	8
2. 学术价值	9
(四)《算法纂要》	10
1. 撰者目的	10
2. 基本特点和作用	11
(五)珠算的发展与普及	12
1. 珠算的起源和发展	12
2. 重要珠算著作及作者	14
三、物理学	17
(一)电、磁学知识	17
1. 电的知识	17

2. 航海罗经的创造	19
3. 武当山金顶奇观	20
(二) 声学知识	22
1. 普救寺塔檐声	22
2. 朱载堉在音律学方面的成就	23
(三) 力学知识	25
1. 杠杆力学问题的算法	25
2. 水流量的计算	28
四、化学化工	30
(一) 火药理论	30
1. “君臣佐使”理论	30
2. 阴阳学说	32
(二) 琉璃釉色	34
1. 琉璃烧制方法	34
2. 琉璃成色方法	35
(三) 黄铜冶炼	37
1. 金属锌——倭铅	37
2. 黄铜冶炼	39
(四) 矾化学	41
1. 对各种矾的制取	41
2. 矾的作用	43
(五) 楮皮纸	45
1. 制造历史	45
2. 技术改进	45
五、天文学	47
(一) 行星运动控制力	47
1. 基本思想	47

2. 思想渊源	48
3. 意义	48
(二) 星 图	49
1. 隆福寺藻井天文图	49
2. 常熟石刻天文图	51
3. 涵江天后宫星图	53
(三) 周述学与计时器	56
1. 水晶漏	56
2. 沙漏	57
3. “浑仪更漏”	58
(四) 航海天文——过洋牵星术	60
1. 过洋牵星图	60
2. 牵星术	61
六、地 学	64
(一) 王士性与地理学	64
1. 生平	64
2. 成就	64
(二) 徐霞客和《徐霞客游记》	71
1. 考察的缘由	71
2. 考察活动及其成果	73
(三) 测量与绘图	75
1. 地形测量	75
2. 纬度测量	77
3. 郑和航海图	77
4. 杨子器的《地理图》	78
5. 罗洪先和《广舆图》	81
(四) 商编路程图记	83
1. 概况	83
2. 学术价值	83

(五)水利著作与水利人物	86
1. 水利著作	86
2. 主要水利人物	90
七、生物学	94
(一)对生物遗传性和变异性的认识	94
1. 夏之臣“忽变”说	94
2. 对生物变异性的认识	96
(二)对动物和人体生理节律的认识	100
1. 周日节律	100
2. 周月节律	101
3. 周年节律	103
(三)朱橚《救荒本草》	104
1. 撰写经过	104
2. 科学特征	105
(四)《闽中海错疏》	108
1. 撰写人及年代	108
2. 主要内容和主要贡献	109
八、农业科技	112
(一)农书的特点与成就	112
1. 特点	112
2. 成就	114
(二)水土保持理论	118
1. 沟洫治黄理论与“天下人人治田则人人治河”思想	118
2. “治水先治源”理论	119
(三)《便民图纂》与《沈氏农书》	122
1. 《便民图纂》	122
2. 《沈氏农书》	123

(四)番薯的引进和传播	124
1. 番薯的引进	124
2. 番薯的传播	126
九、医药学	128
(一)药理学	128
1. 综合性本草著作	128
2. 区域性本草著作	130
3. 考注性本草著作	131
(二)方剂学和炮炙法	132
1. 方剂学	132
2. 炮炙法	133
(三)戾气学说	134
1. 吴有性与《温疫论》	134
2. “戾气”学说	134
(四)分支学科	137
1. 脉学	137
2. 内科学	138
3. 外科、伤科理论与实践	141
4. 女科	142
5. 幼科	142
6. 五官科	144
7. 针灸学	144
8. 推拿与按摩	147
(五)养生知识	148
1. 重要著作	148
2. 散见的思想	148
(六)李时珍与《本草纲目》	150
1. 李时珍生平事迹	150
2. 《本草纲目》的重大成就	151

十、矿冶	157
(一)找矿与采矿技术	157
1.找煤	157
2.盐井	161
3.金矿的采选	164
(二)失蜡法应用	168
1.宣德炉	168
2.大型器物	170
(三)钢铁冶炼术	172
1.炼钢术	172
2.“生铁淋口”技术	173
3.铸铁	175
十一、建筑与造船	179
(一)营建都城	179
1.中都营建	179
2.南京改建	183
3.北京重建	184
(二)江南园林	188
1.第一个高潮	188
2.第二个高潮	189
(三)沙船	191
1.沙船起源	191
2.沙船的特点	193
3.郑和宝船	197
(四)沈括与《南船纪》	198
1.结构	198
2.主旨	198

十二、陶瓷、火器和漆器	200
(一) 陶瓷技术	200
1. 景德镇官窑	201
2. 景德镇的民窑	205
3. 彩瓷与成化斗彩	207
4. 高温及低温单色釉	209
(二) 火器专家赵士桢	212
1. 生平事迹	212
2. 主要著述	215
3. 重要贡献	217
(三) 黄成与《髹饰录》	221
1. 黄成生平	221
2. 《髹饰录》的学术价值	222
十三、中外科技交流	224
(一) 回回天文历法传入	224
1. 《天文书》	224
2. 回回历法	227
(二) 传教士与西洋科技	229
1. 天文学	229
2. 数学	244
3. 地学	249
4. 王征与《远西奇器图说》	259
5. 《西法神机》	261
十四、结 语	267

一、明代科技概述

公元 1368 年,朱元璋推翻了蒙古贵族的统治,建立起汉族封建统治的明王朝。

朱元璋一面实行集权统治,一面又针对当时的社会实际情况和自己统治的需要,制定了一系列发展生产和经济的政策。

1. 垦荒。朱元璋否定一部分旧贵族和旧地主的地权,规定垦荒得地,即许以为永业。同时,在新的垦荒过程中,进一步限制土地兼并。

2. 水利建设。朱元璋在建业初期便十分重视农田水利,在中央专设有营田司,主管全国的屯田水利事宜。建国后,为全面发展水利事业,屡下明诏,规定各地官吏,凡遇百姓提出水利建设的建议,都必须及时报告。据洪武二十八年(1395 年)的统计,当时全国府县共开塘堰 40987 处,河 4162 条,陂渠堤岸 5048 处。

3. 培植和发展农村林副业及经济作物。早在建国前两年,朱元璋即下令:凡农民有田 5 亩至 10 亩者,必须栽种桑、麻、木棉各半亩,10 亩以上的按比例加倍,不种桑者,罚绢 1 匹,不种棉麻者罚棉麻各 1 匹。洪武元年(1368 年)又将此法推广到全国。

4. 鼓励商品的交换与流通。朱元璋规定除茶盐和某些军用物资统由官府控制贸易外,其余物品均允许各民族间互通有无。

5. 发展工商业。改变元朝手工业奴隶的身份,使世袭的手工业者除定期轮流应役外,大部分可以自己制造手工业产品在市场出售。这些政策在农业、手工业、交通运输和商业贸易等方面都取得显著的成效。

由于商品经济的发展,明代中叶在一些区域和一些部门明显地出现了资本主义生产方式的萌芽,如东南沿海一带的主要手工业部门——纺织、冶铁、造船、造纸、制瓷等。

由于上述原因,中国传统的手工业制造技术在明代有了较大的发展。明成祖至宣宗年间郑和七下西洋,其船舶制造、航海技术在世界上是首屈一指的。在冶金、纺织、制瓷、园林建筑等方面,我国当时在世界上也保持着领先的地位。

明朝末年,西方耶稣会士为传教需要来到中国,他们用西方科学技术作为敲门砖来打开在中国传教的大门。虽然其教义未在中国普遍传播,但他们所带来的科技却给中国科技和思想文化界注入了新的活力。

二、数 学

(一)数学发展的阶段特征

数学史家杜石然先生将明代数学按年代先后为序,大致分为三个阶段,每一阶段大约 100 年。

1. 第一阶段

入明之后,由明朝政府主持的最重要的学术工作,当推《永乐大典》的编辑。此书完全是根据永乐皇帝的意愿编辑的。永乐六年(1408 年)书成,共 22937 卷,11095 册。全书均系手抄本,无刊本。后世流传者即仅有嘉靖年间另抄的一个副本。

《永乐大典》自明万历年间即开始残缺,但清修《四库全书》时,戴震等人仍从中辑出古算经若干种,可见《永乐大典》于清初时大部尚在,可惜 1900 年庚子之役,大部散佚。60 年代初,中华书局从世界各地搜集到残本约 800 卷,影印刊行。

《永乐大典》中有关的数学条目,大都集中于“事韵”、“算”字之下,原有 36 卷,现被影印者为仅存的 16343—16344 卷(现藏英国剑桥大学图书馆)。据各方资料分析,“算”字条下各册,内容系采自以下各书:属于汉唐“十部算书”者有:《周髀算经》、《九章

算术》、《孙子算经》、《海岛算经》、《五曹算经》、《夏侯阳算经》、《五经算术》七种。属于宋元算书者有《数书九章》、《益古演段》、《详解〈九章〉算法》、《日用算法》、《乘除通变本末》、《田亩比类乘除捷法》、《续古摘奇算法》、《透帘细草》、《丁巨算法》、《革象新书》、《锦囊启蒙》、《算法全能集》、《详明算法》等。属于明初算书者仅有一种即《通原算法》，但其内容十分浅显。

《永乐大典》所收算书情况表明：在明朝初年，古代的《算经十书》和宋元时代的各种算书，还不能说已经失传。但是《大典》只有抄本而无刻本，其编纂本意是供皇帝御览而不是用于流传。因此《大典》虽然收入了许多算书，但并不能说明这些算书在明初都是一般人可以读得到的。当时，要想读到这么些算书似乎非常困难。

以《九章算术》为例，大约到了明王朝建立后的百年左右，就已经很难见得到了。吴敬寻访多年之后才获得一部《九章算术》的手抄本。至于宋元算书，除杨辉所著各种实用算术书籍仍然流行于世外，其余的宋元诸大家，如秦九韶、李冶、朱世杰等人的著作，则很少见有问津者。程大位在其所著《算法统宗》一书附录有“算学源流”，给出了历代算书名单，其中关于宋元算书，秦九韶和朱世杰的著作均未列入。

以上情况说明自明初到 15 世纪中叶期间，中国古代汉唐《十书》和宋元算书大都处于衰废状态。

2. 第二阶段

到了 15 世纪中叶，恰好是在 1450 年（景泰元年），吴敬出版了他自己编著的《九章算法比类大全》，它是仅存的最早的刻本算书。全书卷首是“乘除开方起例”，之后按《九章算术》的体例并

以《九章》的章名命名各章,全书所收问题分“古问”(即采用《九章》等书原有的问题)、“比类”、“诗词”(诗词体例的数学问题)等等。值得指出的是:从体例和全书的整体思想上讲,《大全》仍然继承了以《九章》为代表的中国古代数学的传统,即以政府管理上所需要的实用数学为主要内容。关于宋元时代的成就,如天元术、四元术、内插法、级数求和等内容,《大全》均未涉及。而关于开方、开立方、开高次方,吴敬所用的只是利用“开方作法本源”的“立成释锁法”而不用比较先进的“增乘开方法”。书中有很多民间商业数学方面的内容,杨辉算书和朱世杰《算学启蒙》等算书所开创的方向,在吴敬书中得到了继承和发展。这对程大位所著《算法统宗》以及明中叶以后的数学著作,产生了重大的影响。

除上述吴敬所著《九章算法比类大全》之外,还出现下述一些算书。

现仅有抄本传世的《通证古今算学宝鉴》(王文素,自序于1524年)。有刻本传世的《勾股算术》(1533年)、《测圆海镜分类释术》(1550年)、《弧矢算术》(1552年)、《测圆算术》(1553年),以上均为顾应祥所著。《勾股六论》,是与顾应祥同时代的唐顺之所著。有抄本传世的《神道大编历宗算会》(周述学,1558年)。

上述所列顾应祥所著各书涉及宋元算书内容较多。据顾应祥《勾股算术》序中的自述:他“自幼性好数学,然无师传,……又得《周髀》及《四元玉鉴》”,在《测圆海镜分类释术》序中说“晚得荆川唐太守(即唐顺之)所录《测圆海镜》一书”等等,可知像顾、唐这样的高级官吏曾经搜求并研究过宋元算书。可惜的是顾、唐等人对宋元数学中的成就,如天元术几乎完全不理解。由于他自己没有学通,就把天元术有关的内容删去了。宋元数学成就至此已不绝者仅如一线,几乎就成为绝学了。

3. 第三阶段

在此后直至明亡的不到一百年的时间里(即从16世纪中叶至1644年),在数学史上发生了必须提到的两件事。其一是珠算盘广泛被利用,另一就是西方数学开始传入我国。

珠算盘产生于元末,在朱世杰《算学启蒙》(1303年)中可以看到当时已经完成了乘除法的口诀化。入明以后,在吴敬《九章算法比类大全》和王文素《通证古今算学宝鉴》二书中,虽然没有出现关于珠算盘的明确记载,但都记述了一些似乎只能是在珠算运算中才可能出现的算法。在流传至今的算书中,最早记述了珠算并附有算盘插图的刊本算书是《盘珠算法》(徐心鲁,1573年)。此外还有《数学通轨》(柯尚迁,1578年)、《算学新说》(朱载堉,1584年)、《盘法指南》(黄龙吟,1604年)等书。

在许多关于珠算术的算书中,程大位所著的《算法统宗》(1592年)是最重要的。许多珠算书籍的出现,特别是《算法统宗》受到的欢迎,标志着到明末珠算已广泛流行,中国古代的筹算终于被珠算所代替。珠算盘这种便于使用、便于携带,其算法程序化和口诀化了的简便计算工具,直至今日,依然被我国人民广泛应用着。由于珠算术的发展,筹算和建立在筹算基础上的天元术、四元术、高次方程和方程组的数值解法等宋元数学的诸多成就便进一步被人们遗忘和衰废了。在程大位的《算法统宗》中虽然也引用了“开方作法本源”,但程大位却注明“此图虽吴氏《九章》内有,自平方至五乘方,却不云如何作用,注释不明”,可见程大位对吴敬书中载录的“立成释锁法”也已经不通用了。

与珠算术流行的同时,在明末,伴随着西方传教士来华的早期活动,西方的数学知识也开始传入我国。最早传入的数学知

识,大都集中在徐光启等人所编的《崇祯历书》和李之藻所编的《天学初函》之中。详细情况见本书有关中外交流章节。

(二)《一鸿算法》

1. 作者及成书年代

《一鸿算法》四卷,余楷撰,1585年刊印完成。长期以来,人们都以为该书早已失传。最近,李迪先生发现明代原刊本并进行了研究。该书是一部珠算书,有大量诗歌和口诀,还有形式不同于程大位《算法统宗》所载的“丈量步车”和“制车”等新内容。

2. 主要内容及其贡献

全书主要由歌诀与算题构成,歌诀有“歌”、“诀”和“法”三种形式,共36首,多数都无韵。卷一有算题49道,卷二有23道,卷三有36道,共108道,卷四因体例不同无算题。所有算题除两道外均以“今有”开头,每题都有“答”和“法”。一般是先歌后题,有些地方有解释和说明,这是明代数学著作一种较普遍的风格。

全书内容浅显,系一种普及性读物。该书的发现给明代数学史研究提供了新的资料。

《一鸿算法》卷二“度之章”主要讲述余楷本人参加田亩丈量和各种形状田亩面积计算问题。开头是一首“丈量田地歌”,接下去有一长段小注性文字,就是记述他受命进行丈量一事。

特别重要的是,余楷在书中记录了两种当时使用的丈量工具——制绳和制车。制绳也称丈绳,每一丈做一记号。“制车”与《算法统宗》所记之“丈量步车”制法虽不同,但原理完全一样,都

是卷尺。“丈量步车”用篾做绳，而制车则用麻绳。制绳可以独立使用，而主要是用在制车上。其制车方法是：

用围长 1 尺、干长 4 尺的竹子，上半段留下 1.5 尺左右，中间从两面锯下，使成通槽形，即所谓“灯笼架样”。再从未锯下的两侧面中间穿上一根带摇柄的铁轴。把长 1.5 尺的 6 片竹篾穿于通槽内铁轴上，“为纺车形”。皮绳绕于其上，起“收放皮绳”的作用。在将竹子锯成通槽形时于前面留一齿，高、宽各 1.5 寸，中凿一方孔，安装一管状滑溜，使皮绳从中顺利通过。在滑溜的下方，把竹筒削成像手掌宽那样的柄，以便插于地上。

显然，余楷的制车较原始，不如《算法统宗》内之丈量步车成熟。在前后相差六七年的两部书里记有不全相同的丈量工具这一事实，清楚地说明：万历初年为适应全国田亩丈量的需要，数学家们都在研究既省工又能提高工作效率的丈量工具。

（三）《算法统宗》

1. 概 述

《新编直指算法统宗》十七卷及首篇一卷（1592 年），程大位著。它流传广泛，对明末以至清代民间数学知识的普及与中国古算知识的继承均有不容忽视的作用。

该书系“参会诸家之法，附以一得之愚，纂集成编”。以整体而言，卷三至卷十二即方田至勾股诸卷为主体，以示统宗于《九章算术》，冠以算学常识与珠算知识，附以难题杂法等项。尽管某些内容不无重复，仍不失条理清楚。

2. 学术价值

据李兆华先生研究,该书中的新意,有下列各点:

丈量步车 卷三载有“新制丈量步车图”,图后有说,图文结合说明其构造及尺寸。所谓丈量步车类似今之皮卷尺,是一种量田工具。其主要零件包括一个木框架、一个木转轮、一条竹篾以及提把儿、摇把儿、钻脚。竹篾易于舒卷,摇把儿与木转轮为固定连接,转动摇把儿即可将竹篾缠绕于木转轮外周。木框架与木转轮由摇把儿联接,兼有束服竹篾的作用。竹篾上依步分厘制刻划长度单位:“篾上逐寸写字。每寸为二厘,二寸为四,三寸为六,四寸为八,不必厘字。五寸为一分,自一分至九分俱用分字。五尺为一步,依次而增至三十步以上或四十步以下可止。”因五尺为一步,故五寸为一分,半寸为一厘或即一寸为二厘。如以此步车量得方田边长为若干步分厘,自乘,以亩法二百四十步除之,则迳得方田积为若干亩分厘。古代量田常用弓,每弓五尺。其形制见诸《算法全能集》卷上。步车较之弓,方便而准确,这是进了一步。

截两成斤歌 卷四衡法节的截两成斤歌给出斤下带两诸数相加的简便方法。歌由“一退十五,二退十四”至“十五退一”共十五句口诀组成。程氏说:“观算盘梁子上二子为十,梁之下五子,共有十五两。论一斤该数十六两,欠一两。故曰一退十五以成一斤。”据该书说,当时斤下带两之诸数相加,法各不一,或者用斤两口诀将诸零两数化为十进小数相加,或者于斤数下隔位置零两数相加而后除以十六。此二法皆不如程氏此法迳得相加结果若干斤若干两。从进位制角度言之,程法同时进行两种进位制加法:斤以上逢十进一,零两数逢十六进一。