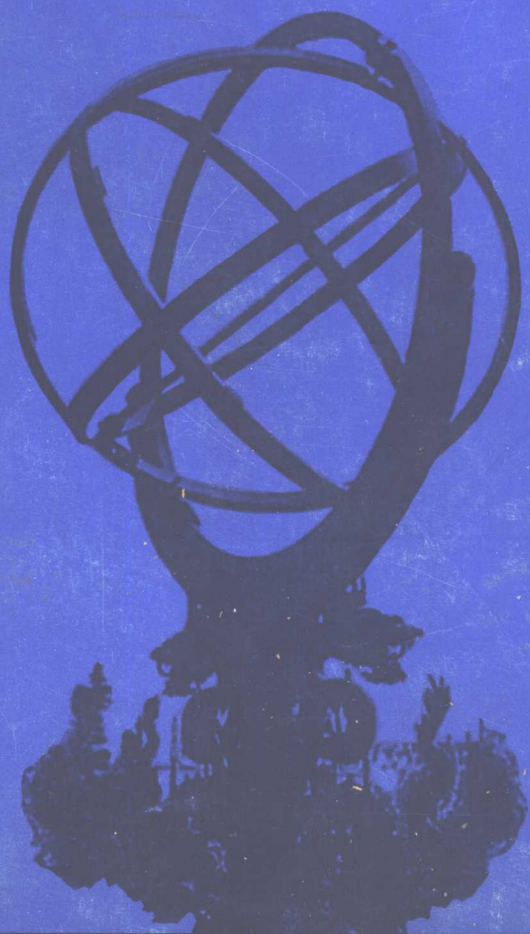


中国古代数理天文学探析

● 曲安京 纪志刚 王荣彬
● 西北大学出版社



曲安京 纪志刚 王荣彬

中国古代数理天文学探析

西北大学出版社

(陕)新登字 011 号

责任编辑 王 祚

装帧设计 祁 凡

中国古代数理天文学探析

曲安京 纪志刚 王荣彬

*

西北大学出版社出版发行

(西安市太白路西北大学内)

新华书店经销 西安医科大学印刷厂印刷

*

787×1092毫米 1/16开本 21印张 500千字

1994年10月第1版 1994年10月第1次印刷

印数:1-1000

ISBN7-5604-0325-5/O·19 定价:18.00元



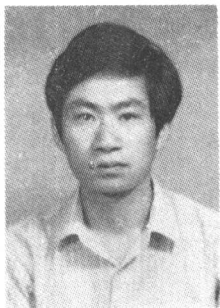
曲安京

1962 年生于西安。先后于 1984、1989、1994 年在西北大学数学系获理学学士、硕士及博士学位。在《天文学报》、《自然科学史研究》、《自然辩证法通讯》及《大自然探索》等刊物和文集上发表学术论文 25 篇。编著有《中国古典数学对人类文化的八大贡献》(西安, 未来出版社, 1994)。现任西北大学数学系数学史研究室主任, 副教授。主要从事中国古典算法理论及数理天文学史的教学与科研。



纪志刚

1956 年生于江苏邳州。1982 年毕业于徐州师范学院数学系, 1989 年于内蒙古师范大学科学史研究所获理学硕士学位, 1994 年于西北大学数学系获理学博士学位。在《自然科学史研究》、《数学史研究文集》等刊物上发表学术论文 20 篇, 合作著有《数学史导引》(北京师范大学出版社, 1992)。现任徐州师范学院数学系讲师, 主要从事中外数学史教学与研究。



王荣彬

1964 年生于安徽六安。1982~1988 年曾做过 6 年乡村中小学教员, 1991 年毕业于内蒙古师范大学获理学硕士学位, 1994 年获西北大学理学博士学位。1989 年起先后在《自然科学史研究》、《珠算史研究》(日本) 等国内外学术杂志上发表论文 20 余篇, 合作著有《中国少数民族科技史·通史卷》(广西科技出版社)。主要研究方向为数学史、数理天文学史及科技通史。

序 言

中国古代数学的发展与天文历法密切相关。对这种关系的探讨，形成了数学史与天文学史的交叉领域。该领域的研究具有双重的科学意义。一方面，对天文历法的算理分析有助于弄清一些重大数学成就的源流并引导新的数学史发现；另一方面，数学史的考察也为中国古代天文历法研究提供精密的数理基础，推动天文历法史上一些疑难问题的解决。正因为如此，天算史界十分重视古算与古历研究的结合，老一辈数学史家李俨、钱宝琮、严敦杰等更是身体力行，留下了不少脍炙人口的篇章。尽管如此，就总体而言，中国古代天文历法的数理分析仍然是一个亟待开发的领域，需要进一步深化和系统化。这当然是一项难度很大的任务，钱宝琮先生曾称之为“名山大业”，并寄厚望于青年一代。

摆在我们面前的这本论文集《中国古代数理天文学探析》，正是由三位青年学者继承发扬前人传统，经过艰苦探索而完成的一部数理天文学史力作。全书由四篇论文组成，具体内容与风格虽有不同，但都紧紧围绕中国古代天文历法的数理分析这一主题，并显示出以下共同的特点。

(一) 系统性。中国古代历法的算理分析，以往已有大量工作，但少见全面的疏理及系统的诠释。本书的研究则带有很强的系统性。作者们实际上对隋唐及宋元历法进行了全面解读，对中国古历所用插值法的源流给出了迄今为止最系统、完整的论述，对中国古代历法天文常数也作了大范围的考证复原。笔者以为，这种系统分析方法是值得称道和大力提倡的。当然，如此做来决非易事，尤其是古代历书艰深晦奥，需要研究者具备中国古代数学与天文历法的全面知识与深厚功底，同时又能用现代数理方法进行综合比较分析。

(二) 算法观点。中国古代数学的算法化倾向已越来越为学界所共识。从算法化的角度，给中国古代一些重要数学方法以合理的重建，深入探讨其算法结构、沿革影响，是当前数学史研究的重要方向。本书各编，正是抓住算法化这个纲，在分析构建古历数学方法方面取得了大刀阔斧的进展。可以说，本书是具体开展古代中国算法研究的成功例子，同时也向读者展示了这一领域的丰富内涵与研究机遇。

(三) 古算复原的正确原则。对中国古代算法造术原理的探讨，有两种不同的研究原则。一种是基于现代数学观点的解释，另一种则是分析当时的历史条件，按照固有的传统去追溯。后一种方法即所谓“以古法演之”，为吴文俊教授大力提倡。事实证明这是古算复原的富有成效的正确原则。本书中对古代内插法及一系列相关算法的复原，以及对大量失传古历常数的修补等，正是作者们对这一正确古算复原原则的创造性运用。特别值得指出，作者们对复原的算法进行了大量历法史料的实例计算与验证，为发展上述古算复原原则作出了自己的贡献。

以上特点使作者们能够在前人工作的基础上有所前进，有所发现。书中提出了许多独到的见解，使人耳目一新。其中核心的成果是中国古代二次内插算法的代数重构，这是三位作者都着力探讨的。内插法是中国古历编制中极为重要的一种计算方法。以往的研究弄清了这

些算法是什么,但对其来源及构建原理,却始终缺乏令人信服的解释。本书作者在其导师李继闵教授的提示下首次指明了刘焯二次内插法与《九章算术》等差数列求和公式之间的联系,在揭示内插法的中算根源方面迈出了重要的一步。按现代数学论之,差分计算与等差数列的联系是自然的,但要从扑朔迷离的古题雾堆中看破这种相似性,则需要足够敏锐的科学史洞察力。由于内插法在古人治历中的关键作用,其造术原理一经获得新的解释,必然势如破竹,引出其它一系列新的结论,特别如给出边冈《崇玄历》采用多次分段抛物内插法的数理解释(三)^①;发现刘焯定朔算法中的迭代思想(一);一行不等间距二次内插法等与刘焯算法的实质认同(四)等等,笔者不能在此一一列举。总之,一部出自青年科学史工作者的著述,如此富有创意,确属难能可贵。

科学史研究的结论往往带有某种程度的推测性。这种推测的真实性亦即其科学价值,主要决定于它所依赖的原始史料的可靠性、研究方法的正确性以及逻辑论证的相容性。本书作者在以上诸方面是严肃认真的。当然,这并不意味着书中的论点与结果无可商榷。依笔者所见,一项好的科学史论著,恰恰在于它能在符合上述原则的前提下,将人们的目光引向一些重大历史问题的争论。

本书是以作者们各自的博士论文为基础编成。当其付梓之际,我们不禁深切怀念三位作者共同的导师李继闵教授。李继闵教授在中国数学史领域卓有建树,尤其是他对《九章算术》的精深研究,已产生广泛影响。他本人生前竭力倡导古算与古历研究的结合,并有很好的见解与构想。他在培养科学史人材方面也倾注了大量心血。可惜他未能看到他所指导的第一批博士学生这部论文集的出版,而于1993年9月过早地离开了我们。李继闵教授的病故,是我国科学史界的一大损失。不过值得欣慰的是,本书的出版表明,李继闵教授从事科学史研究的思想方法,已在他学生的工作中得到了创造性的贯彻与发挥;他甘为中国数学史事业艰苦拼搏的奉献精神,也强烈地感染着年轻一代的科学史工作者。笔者相信,通过他们的努力,李继闵教授在他的绝笔《九章算术校证》后记中所渴望的科学史研究的明天必将来临。

李文林

1994年7月于北京

^① 标号指本书中论文第三编,下类推。

目 录

序 言	李文林
第一编 隋唐历法的创造性转变	纪志刚
绪 论	(3)
(一) 关于本项研究课题意义的阐述	(3)
(二) 与本项课题相关研究工作的简要介绍	(3)
(三) 大业、皇极、戊寅、麟德四历的基本常数	(4)
一、二次内插算法的创立及其对历法算法结构的影响	(7)
(一) 大业、皇极二历的“日躔表”	(7)
(二) 刘焯二次内插算法与造术原理探析	(10)
(三) 唐代历法对“日躔盈缩”算法的改进	(14)
(四) 二次内插算法对历法计算模式的影响	(21)
二、定朔算法的历史演进	(29)
(一) 朔日推算的早期方法	(29)
(二) 大业历对定朔算法的历史性修正	(33)
(三) 皇极历定朔算法及其数理分析	(34)
(四) 大业、皇极、戊寅、麟德四历“月离表”之结构	(41)
三、晷影、漏刻与黄道去极度的推算	(47)
(一) 关于晷表测影记录的简要评注	(47)
(二) 麟德历“日中影长”计算方法	(49)
(三) 大业、皇极、戊寅、麟德四历的辰刻计时方法	(54)
(四) 大业、麟德二历的更筹制度	(60)
(五) 麟德历每日漏刻与昏去中度、黄道去极度的推算	(63)
四、日月交食的计算	(71)
(一) 基本数据及其天文意义	(71)
(二) 入交定日的推算及其两种改正方法	(78)
(三) 麟德历“月去黄道度”计算方法	(80)
(四) 关于视差对交食影响的早期认识及其修正方法	(82)
(五) 戊寅、麟德二历关于食甚时刻与全部见食时间的推算	(85)
五、五星运行之研究	(90)

(一) 五星会合周期的测定	(90)
(二) 行星始见位置的推算	(91)
(三) “入气加减”——行星定见日改正的数学方法	(93)
(四) 五星动态描述的进步和行度计算方法的改进	(95)
总 结	(102)
附 录	(104)
1. 麟德元年的平气与定气	(104)
2. 麟德元年的平朔、定朔	(104)
3. 麟德二年日出日入时刻	(106)
4. 麟德二年 24 节气影长修正	(106)

第二编 中国古代历法天文常数系统探原 曲安京

一、中国古代历法岁差常数的选择与考证	(115)
(一) 历取岁差常数的选择算法	(115)
(二) 早期历法岁差常数的选择与考证	(116)
(三) 唐宋金元历法岁差常数分析	(121)
(四) 中国古历失传岁差常数复原	(127)
(五) 总结与讨论	(134)
附表 1 中国古代历法岁差常数	(138)
二、中国古代历法基本常数通考举隅	(140)
(一) 关于宋代王睿的至道新历	(141)
(二) 至道历基本常数考	(142)
(三) 王睿历基本常数考	(144)
(四) 乾兴历基本常数考	(146)
(五) 乙未元历基本常数考	(149)
附表 2 中国古代历法基本常数	(154)
三、北齐历法基本常数再考	(157)
(一) 问题的提出	(157)
(二) 甲寅元历基本常数考	(159)
(三) 张孟宾历基本常数考	(162)
四、永和历与九宫历历元考	(164)
(一) 永和历历元考	(164)
(二) 九宫历历元考	(168)
五、中国古代的交食周期与连分数算法	(173)
(一) 历法中的交食周期	(173)
(二) 唐宋历法交食周期分析	(174)
(三) 交食周期与渐近分数	(175)
(四) 唐宋历法中的“乘法”与“除法”	(179)

第三编 中国古历若干典型算法的数理分析	曲安京
一、中国古代的内插法-从刘焯到郭守敬	(185)
(一) 中国古代历法中的二次内插法	(185)
(二) 中算家的二次内插算法分析	(191)
(三) 郭守敬的三次内插法	(195)
(四) 郭守敬三次内插算法分析	(198)
二、中国古代分段插值迭加函数的构造原理	(201)
(一) 边冈的黄赤道差公式	(202)
(二) 月亮极黄纬公式	(203)
(三) 太阳视运动中心差算式	(207)
附录 宋代历法中黄赤道差算式的构建	(211)
三、中国古代几类复合函数的几何模型	(214)
(一) 崇玄历太阳视赤纬算法模型	(214)
(二) 北宋四历太阳视赤纬算式的构建	(217)
(三) 纪元历太阳视赤纬算法模型	(219)
(四) 纪元历月亮极黄纬算式的构建	(221)
(五) 关于几何模型的讨论	(223)
四、再论隋代前后的太阳运动理论	(226)
(一) 张子信之后的历法沿革	(226)
(二) 武平历中已有日躔表	(228)
(三) 大业历与皇极历日躔表分析	(230)
(四) 皇极历日躔差分表的构造原理	(234)
五、中国古代历法中的计时制度	(236)
(一) 十二时辰制	(237)
(二) 黄初及元嘉年间日月食记事与乾象历及景初历加时法验证	(240)
(三) 十二时辰与百刻制的结合	(242)
(四) 更点制	(243)
(五) 日界问题	(245)
第四编 中国古代历法中的插值法构建原理	王荣彬
一、绪论	(251)
(一) 关于古历插值法研究的概况及其意义	(251)
(二) 中算家对运动的描述及其等差级数论	(253)
(三) 中算家的有关比率算法	(258)
二、刘焯皇极历插值法的构建原理	(262)
(一) 皇极历步日躔术解	(262)

(二) 皇极历步月离术解	(268)
(三) 皇极历插值法的数学原理	(272)
三、一行大衍历对插值法的发展	(277)
(一) 大衍历步日躔术算法	(277)
(二) 大衍历月亮极黄纬算法	(281)
(三) 大衍历五星运动算法中的插值法	(285)
四、太阳视运动中心差式的造术原理	(289)
(一) 古历历表的公式化	(289)
(二) 太阳视运动中心差算式的造术	(290)
(三) 崇玄历及明天历的拟合逼近算法	(296)
五、中国古代插值法的发展与完善	(303)
(一) 漏刻算法中的插值公式	(303)
(二) 授时历三次差插值法的构建原理	(308)
(三) 朱世杰的垛积招差术	(312)
六、总结	(315)
后记	(319)

第一编

隋唐历法的创造性转变

自北齐张子信发现日月五星不均匀运动之后，中国古代历法开始酝酿着一场变革。隋张胃玄大业历、刘焯皇极历、初唐傅仁钧戊寅历、李淳风麟德历在定气、定朔、日月交食、五星运行以及晷影、漏刻等计算中引入了前此从未有过的新观念和新方法，从而开创了古代历法计算的新局面。

本编在前人研究的基础上，从阐释算法意义，分析算法结构，考查历史演变以及实例计算等方面入手，对大业、皇极、戊寅、麟德四历展开了较系统、深入的研究。

全文分为五个部分。一、主要从中国古典数学程序化算法的特点，利用算理分析的方法，探讨刘焯二次内插法的造术原理，指出刘焯算法是中国古典数学机械化与构造性特点的产物。并阐述它在唐代历法中的改进及其对历法计算模式的影响。二、为定朔算法的历史演变。其中，探讨定朔计算的早期方法；评述张胃玄引入日躔盈缩的意义；重点是研究刘焯定朔算法结构，揭示出刘焯定朔算法实质上已有把二次插值结果再次回代的“迭代”算法思想。三、主要探讨了麟德历关于日中影长、每日漏刻、黄道去极度等计算方法，并且以现代天文学方法校验了历载影长、漏刻、太阳视赤纬数据间的吻合程度。在此部分中，还复原了隋、初唐的辰刻计划方法与更点制度，并以史载月食记录相参证，验明本文对计时制度复原的合理性；四、为日月交食的计算，首先阐释各种复杂交食数据之间关系及天文意义；研究“入交定日”的两种改正方法——大业历“入气加减法”与刘焯公式化算法；进而探讨隋与初唐历法为寻求月亮周日视差对交食影响所作的努力。五、是关于五星运行的研究，主要介绍了五星运动不均匀改正的早期方法及其行度计算数学方法的进步。

附录中，以麟德历为例，介绍古历定气、定朔、日出日入时刻的计算实例，以及对历载二十四节气影长的修正方法。

本编为作者的博士学位论文。

绪 论

(一) 关于本项研究课题意义的阐述

严敦杰先生指出“我国古代天文计算和希腊、印度、阿拉伯等国家殊途，他们都已先后建立球面三角术，而我国球面三角术的全面应用，一直要到十七世纪才开始（由西洋传入后编崇祯历书）。在未用球面三角术之前，我国在测算上也很精密，这是有一套独立计算系统存在，这系统的全部还有待探索…”^[1]吴文俊先生“希望后来者能继续严先生的开创性工作，通过对中国古历法的详尽深究，使中国古代不同于希腊、印度、阿拉伯等国家的独有的天文计算系统，能真相大白于世。”^[2]随着对中国古典数学的机械化、程序性特征的深刻认识，^[3]从“算法理论”的角度去探讨蕴涵于历法中的数学方法，^[4]显然是一项具有历史意义和现代科学价值的研究课题。

北魏末年，张子信避乱隐居海岛，专以浑仪测日月五星运行，积三十余年，发现日月五星的不均匀变化，对后世历法产生了深刻的影响。隋代张胄玄、刘焯根据张子信的发现，在编制历法中考虑日月五星不均匀变化以推算定气、定朔、五星定见、日月交食；其间刘焯首次引入二次内插算法，从而导致了中国古历计算系统的根本性变革。

本项研究即以隋、初唐时期历法变革为背景，通过对皇极、大业、戊寅、麟德四历的探究，以期揭示这一时期历法计算方法的创造性转变。

(二) 与本课题相关研究工作的简要介绍

1955年，严敦杰“中算家的招差术”以刘焯皇极历为主线，^[5]揭示了古历中的二次内插算法，引起了学界的关注。1957年，李俨《中算家的内插法研究》一书对这一课题作了更全面的讨论，^[6]1958年李迪在《数学进展》上介绍了李俨先生的专著，并指出关于古算内插法造术原理仍尚待深究。^[7]1960年，钱宝琮“从春秋到明末的历法沿革”中专立一节论述刘焯皇极历的定朔算法。^[8]

自80年代起，关于历法中计算方法的研究在广度和深度上都取得了新的进展。刘金沂、赵澄秋探讨了麟德历的定朔算法，^[9]刘金沂给出了皇极历入交定日公式的几何解释，^[10]并研究了麟德历交食计算方法，^[11]陈美东关于中国古代月食食限及食分的研究，亦对大业、皇极、戊寅、麟德四历相应内容作了探讨。^[12]关于五星运行的研究，陈美东探讨了不均匀改正方法并对其精度作了初步估算，^[13]刘金沂研究了麟德历的行星运动算法。^[14]

陈久金“中国古代时制研究及其换算”一文中论述了辰刻计时方法在隋代的起源，^[15]并复原了戊寅等历的更点时刻。华同旭、^[16]王立兴^[17]的工作也论及了隋及初唐的计时制度。此外，

陈美东有关中国古代月亮极黄纬^[18]、太阳视赤纬^[19]漏刻长度^[20]等计算方法的研究,对皇极、麟德二历中的相应内容均有论述。

近人朱文鑫《历法通志》对各历回归年、朔望月等有关常数作有考证,但有疏漏。^[21]陈美东重新作了全面的论述。^{[22][23]}李东生通过古历五星会合周期和恒星周期的研究,揭示了大业、皇极等历数据达到了空前的精度。^[24]陈美东、张培瑜关于“日躔表”^[25]“月离表”^[26]的研究工作,为进一步的探讨奠定了基础。

江晓原关于历法的政治功能以及中、外比较的工作颇引人注目,但其关于内插算法及太阳运动理论外域影响的结论尚值得进一步商榷。^{[27][28][29][30]}

除了上述研究性论文之外,一些中国天文学史的著作中也对大业、皇极、戊寅、麟德四历有所论述,其中主要有数内清《隋唐历法史之研究》,^[31]中国天文学史整理研究小组《中国天文学史》,^[32]陈遵妫《中国天文学史》(三),^[33]刘金沂《中国古代天文学史略》。^[34]

本项研究正是在上述工作的基础上,对大业、皇极、戊寅、麟德四部历法展开了较全面、系统、深入的研究。

本编的主旨是:阐明此一时期历法计算的基本结构;

本编的方法为:精读原典,阐释术义,探索法原,考查演变,实例计算;

本编的主要结论是:中国古代历法的计算方法在隋与初唐之际完成了创造性的转变。

(三) 大业、皇极、戊寅、麟德四历的基本常数

此将大业、皇极、戊寅、麟德四历的积年数、回归年、朔望月、近点月常数列出,以便引用。其他如交点年、交点月、五星会周等值则在本编相应部分中讨论。

1. 大业历 张胄玄制,修成年代 597 年(608 年改元),行用年代 597~618。

上元积年:上元甲子至隋大业四年戊辰(608A. D.),积 1427644。

$$\text{回归年长度} = \frac{\text{岁分 } 15573963}{\text{度法 } 42640} = 365 \frac{10363}{42640} (\doteq 365.2430) \text{ 日}$$

$$\text{朔望月长度} = \frac{\text{月法 } 33783}{\text{日法 } 1144} = 29 \frac{607}{1144} (\doteq 29.5306) \text{ 日}$$

$$\text{近点月长度} = \frac{\text{周通 } 70209}{\text{周法 } 2548} = 27 \frac{1413}{2548} (\doteq 27.5546) \text{ 日}$$

2. 皇极历 刘焯制,修成年代 604 年,未用。

上元积年:上元甲子距隋仁寿四年(604A. D.),积 1008840。

$$\text{回归年长度} = \frac{\text{岁数 } 17036466.5}{\text{气日法 } 46644} = 365 \frac{11406.5}{46644} (\doteq 365.2445) \text{ 日}$$

$$\text{朔望月长度} = \frac{\text{朔实 } 36677}{\text{朔日法 } 1242} = 29 \frac{659}{1242} (\doteq 29.5306) \text{ 日}$$

$$\text{近点月长度} = \frac{\text{终实 } 62356}{\text{终法 } 2263} = 27 \frac{1255}{2263} (\doteq 27.5546) \text{ 日}$$

3. 戊寅历 傅仁钧制,修成年代 619 年,行用年代 619~664。

上元积年:上元戊寅至唐武德九年丙戌(626A. D.),积 164348。

$$\text{回归年长度} = \frac{\text{岁分 } 3456675}{\text{气法 } 9464} = 365 \frac{2315}{9464} (\doteq 365.2446) \text{ 日}$$

$$\text{朔望月长度} = \frac{\text{月法 } 384075}{\text{日法 } 13006} = 29 \frac{6901}{13006} (\doteq 29.5306) \text{ 日}$$

$$\text{近点月长度} = \frac{\text{历周 } 798200}{\text{历法 } 28968} = 27 \frac{16064}{28968} (\doteq 27.5545) \text{ 日}$$

4. 麟德历 李淳风制, 修成年代 664 年, 行用年代 665~728。

上元积年: 上元甲子距麟德元年甲子 (664A. D.), 积 269880

$$\text{回归年长度} = \frac{\text{期实 } 489428}{\text{总法 } 1340} = 365 \frac{328}{1340} (\doteq 365.2448) \text{ 日}$$

$$\text{朔望月长度} = \frac{\text{朔实 } 39571}{\text{总法 } 1340} = 29 \frac{711}{1340} (\doteq 29.5306) \text{ 日}$$

$$\text{近点月长度} = \frac{\text{历变周 } 443077}{\text{总法 } 1340 \times 12} = 27 \frac{743 \frac{1}{12}}{1340} (\doteq 27.5545) \text{ 日}$$

本编关于大业、皇极、戊寅、麟德四历的原文均引自下述文献, 正文中不再一一注明出处。

大业历: 《隋书·律历志中》, 或见《汇编》(6), 1907~1928 页^①。

皇极历: 《隋书·律历志下》, 或见《汇编》(6), 1933~1970 页。

戊寅历: 《旧唐书·历志一》, 或见《汇编》(7), 1975~1994 页。

《新唐书·历志一》, 或见《汇编》(7), 2121~2138 页。

麟德历: 《旧唐书·历志二》, 或见《汇编》(7), 1999~2040 页。

《新唐书·历志二》, 或见《汇编》(7), 2141~2160 页。

参 考 文 献

1. 严敦杰. 中国古代数理天文学的特点. 科技史文集. 上海: 上海科技出版社, 1978, 1: 1.
2. 吴文俊. 中国传统科技文化探胜“序言”. 见: 薄树人主编. 中国传统科技文化探胜. 北京: 科学出版社, 1992, 1~3.
3. 李迪. 中国传统数学的程序性. 香港大学中文系集刊, 1987, 1 (2): 219.
4. 李文林. 算法、演绎倾向与数学史分期. 自然辩证法通讯, 1986, 8 (2): 46.
5. 严敦杰. 中算家的招差术. 数学通报, 1955, 1: 4.
6. 李俨. 中算家的内插法研究. 北京: 科学出版社, 1957.
7. 李迪. 介绍《中算家的内插法研究》. 数学进展, 1958, 4 (1): 95.
8. 钱宝琮. 从春秋到明末的历法沿革. 历史研究, 1960, 3: 35.
9. 刘金沂、赵澄秋. 《麟德历》定期算法. 中国天文学史文集(三). 北京: 科学出版社, 1984, 38~88.
10. 刘金沂. 隋唐历法中入交定日术的几何解释. 自然科学史研究, 1983, 2 (4): 316.
11. 刘金沂. 麟德历交食算法. 自然科学史研究, 1984, 3 (3): 251.
12. 陈美东. 中国古代的月食食限及食分算法. 自然科学史研究, 1991, 10 (4): 297.
13. 陈美东. 中国古代五星运动不均匀性改正的早期方法. 自然科学史研究, 1990, 9 (3): 208.
14. 刘金沂. 麟德历行星运动计算. 自然科学史研究, 1985, 4 (2): 144.

① 《汇编》即《历代天文律历等志汇编》的简称。

15. 陈久金. 中国古代时制研究及其换算. 自然科学史研究, 1983, 2 (2): 118.
16. 华同旭. 中国漏刻. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1991.
17. 王立兴. 民间二十四时制与魏晋迄隋的天象纪录. 天文学报, 1992, 23 (4): 409.
18. 陈美东. 中国古代月亮极黄纬计算法. 自然科学史研究, 1988, 7 (1): 16.
19. 陈美东. 中国古代太阳视赤纬计算法. 自然科学史研究, 1987, 6 (3): 213.
20. 陈美东、李东生. 中国古代昼夜漏刻长度计算法. 自然科学史研究, 1990, 9 (1): 47.
21. 朱文鑫. 历法通志. 上海: 商务印书馆, 1934.
22. 陈美东. 试论我国古代年、月长度的测定 (上). 科技史文集 (10). 上海: 科学技术出版社, 1983, 9~26.
23. 陈美东. 试论我国古代年、月长度的测定 (下). 科技史文集 (16). 上海: 科学技术出版社, 1992, 1~20.
24. 李东生. 论我国古代五星会合周期和恒星周期的测定. 自然科学史研究, 1987, 6 (3): 224.
25. 陈美东. 日晷表之研究. 自然科学史研究, 1984, 3 (4): 330.
26. 陈美东、张培瑜. 月离表初探. 自然科学史研究, 1987, 6 (2): 135.
27. 江晓原. 从太阳运动理论看巴比伦与中国天文学之关系. 天文学报, 1988, 29 (3): 272.
28. 江晓原. 巴比伦与古代中国的行星运动理论. 天文学报, 1990, 31 (4): 363.
29. 江晓原. 巴比伦—中国天文学史上的几个问题. 自然辩证法通讯, 1990, 12 (4): 40.
30. 江晓原. 天学真原. 沈阳: 辽宁教育出版社, 1991.
31. 蕞内清. 隋唐历法史之研究. 东京: 三省堂, 昭和十九年. (1944)
32. 中国天文学史整理研究小组. 中国天文学史. 北京: 科学出版社, 1981.
33. 陈遵妫. 中国天文学史 (第三册). 上海: 上海人民出版社, 1984.
34. 刘金沂、赵澄秋. 中国古代天文学史略. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1990.

一、二次内插算法的创立及其对历法算法结构的影响

中国古代数理天文学的重要特点是利用代数的方法处理天文观测数据，并不断地提高算法精度，其中内插算法起着重要作用。隋代之前，一般多用线性插值（即比例内插）。约在公元600年左右，刘焯在皇极历中创立了二次内插算法，并将其应用于计算太阳位置、定朔时刻、日月交食、五星运行等历法问题，从而开创了历法计算的新格局。

本编首先以“古算复原”思想为指导，探索刘焯二次插值算法的造术原理；继而考查刘焯算法在唐代历法中从等间距→不等间距→等间距的改进与演变过程，最后以计算定气时日为例，介绍刘焯算法的应用。

（一）大业、皇极二历的“日躔表”

北齐张子信于海岛专以浑仪测日达三十余年，其“言日行在春分后则迟，秋分后则速”，^[1]并以算步其“差变之数”，^[2]揭开了中国古代历法对太阳视运动不均匀性研究的新篇章。张胄玄大业历、刘焯皇极历并载有太阳视运动不均匀性的改正数值表，即“日躔表”。考傅仁钧戊寅历所载“日躔表”其结构与大业历同；李淳风麟德历之“日躔表”则同于皇极历。今将大业、皇极二历“日躔表”列之如下，并以皇极历为例，探讨其天文意义及数理构成。

表 1.1 大业历“日躔表”

节气	损益率	盈缩数	节气	损益率	盈缩数
冬至	益 70	缩初	夏至	益 55	盈 65
小寒	益 35	缩 70	小暑	益 40	盈 120
大寒	益 35	缩 105	大暑	益 25	盈 160
立春	益 20	缩 140	立秋	益 5	盈 185
雨水	益 30	缩 160	处暑	益 30	盈 190
启蛰	益 35	缩 190	白露	益 40	盈 220
春分	损 55	缩 225	秋分	损 60	盈 260
清明	损 45	缩 170	寒露	损 55	盈 200
谷雨	损 40	缩 125	霜降	损 50	盈 145
立夏	损 30	缩 85	立冬	损 45	盈 95
小满	损 55	缩 55	小雪	损 40	盈 50
芒种	益 65	盈初	大雪	损 10	盈 10