

从“苟求其故”到但求“无弊”

——17 - 18 世纪中国天文学思想的一条演变轨迹

石云里, 吕凌峰

(中国科学技术大学科技史与科技考古系, 安徽 合肥 230026)

摘要: 明清时期, 西学第一次传入以后, 在“对天体运动规律进行研究”的问题上, 中国天文学思想的发展经历了徐光启对“求其故”的强调与实践, 揭暄等人对天体运动物理机制的积极探讨, 最终又回到阮元等人对“求其故”的否定, 从而又回到了西学传入前的起点上。

关键词: “求其故”; 徐光启; 揭暄; 阮元

中图分类号: N09

文献标识码: A

文章编号: 1003 - 5680(2005)01 - 0101 - 05

引言

从 1583 年利玛窦来华, 到 1826 年耶稣会士高守谦离开钦天监回国, 这两百多年时间是所谓的西学的一次传入的阶段(当然, 其主要的时间跨度是 17 到 18 世纪), 其间传入的西方科学技术知识, 以天文学为其核心。关于当时西方天文学的传入过程和内容, 已经有大量的研究著作和论文; 而关于这些外来内容对中国天文学发展的影响, 也有许多学者从各方面进行过评价。毋庸置疑, 西方天文学的传入给我们带来了大量新的知识, 尤其是新的数学天文学内容以及天文仪器与测量方法, 解决了当时中国所面临的历法危机, 使中国在天文计算方面的精度大大提高, 在实用方面取得了十分明显的成功。但是, 这次传入是否在一般的思想层面上对中国天文学有所改变呢?

例如, 现在大多承认, 与西方天文学相比, 中国传统天文学存在着一个显著的差异, 即中国人主要借助于代数的方法来处理和计算天体运动, 而没有使用西方天文学的那种结构化的分析方法——即托勒密天文学中以几何模型和几何学为基础的数学天文学方法。从很大程度上来说, 近代欧洲天文学的革命可以说是几何天文学与力学相结合, 从而建立了天体力学的结果——天文学家在探讨天体运动的几何模式的同时, 还力图探讨天体运动的物理机制, 力图把几何模型建立在力学原理的基础之上。从 Kepler 的新天体物理学, 到 Descartes《哲学原理》中的宇宙体系, 最后到牛顿的万有引力

理论的出台, 为近代天文学体系的建立奠定了坚实的理论基础, 为天体运动的研究提供了一套到今天为止仍然行之有效的研究纲领。

几何天文学也好, 天体力学也罢, 其要害之点是能够进行理论的推演 (Demonstration)——在某些基本原理和基本模型的基础上, 利用数学方法(几何学、微积分等), 经由合乎逻辑的过程, 对天体运动进行解释和说明, 并推导出有关的计算方法。由于推演的结果是否可靠从根本上取决于作为推演基础的基本原理和基本模型, 所以, 对这些问题的探讨就成为西方古代到近代天文学的重要研究内容——我们可以把这种研究恰如其分地称为“求其故”。在古代, 能“求其故”构成了欧洲天文学的显著特点; 而到近代, 从力学上去“求其故”又为西方天文学的发展注入了强大的推动力, 以致成为西方近代天文学发展的一条主线。

那么, 对于 17 和 18 世纪的中国天文学家来说, 他们是否从自己所知道的西方天文学知识(其中包括不少近代天文学的具体成果)中认识到中西天文学的这种差异的存在呢? 应该说, 通过对西学和对传统天文学的对照和反思, 明清之交的一些天文学家还是注意到了这种差异, 同时认识到了“求其故”的重要性。起初他们理解的“求其故”就是对天文算法的立法原理进行探讨(从算术和几何等方面), 后来也有人把目光投到物理机制方面来, 进行了一些有益的探索。可惜的是, 这种苗头在后来并没有得到充分的发展。到了乾嘉时期, 一些代表性的人物甚至彻底否认了“求其故”的必要性。

【收稿日期】 2004 - 07 - 19

【作者简介】 石云里(1964 -), 男, 科学史博士, 中国科技大学科技史与科技考古系教授;

吕凌峰(1972 -), 男, 博士, 中国科技大学科技史与科技考古系讲师。

从这一点来看,西方天文学第一次传入还远远没有从精神上把中国天文学纳入西方近代天文学的轨道,中国天文学最终实际走上了一条与西方天文学貌合而神离的道路。

一 徐光启对“求其故”的强调与实践

早在明代晚期,邢云路在《古今历律考》(初版于1600年,1608年再版)已经约略注意到传统历法著作在“言其故”方面的欠缺,在书中属于自己独立讨论历法的部分首先列入了“历理”尤其是“历原”两大部。前者专门讨论各种基本天文常数的实际测量方法,后者则详论《授时历》中各种算法的立法原理^[1]。不过,邢氏的这些探讨在方法上仍然属于代数化的,并没有走出传统天文学的范式。

当人们对新近传入的西方天文学知识有了较为深入的了解之后,很快注意到其在“言其故”方面的长处。例如,万历41年(1613),李之藻曾上疏请求参照“西法”改历,疏中列举了“西法”的十四条长处,最终又总结道:

凡此十四事者,臣观前此天文历志,诸书皆未论及,或有依稀揣度,颇与相近,然亦出无一定之见。惟是诸臣能备论之。不徒能论其度数而已,又能论其所以然之理。^[2]

而徐光启对此则有更加系统的论述。在万历39年(1611)为《简平仪说》作序时,他指出:

杨子云未谙历理,而以粗法言理,理于何传?邵尧夫未娴历法,而撰私理,法于何生?不知吾儒学宗传有一字“历”,能尽天地之道,穹宇极宙,言历者莫能舍旃。孔子曰:“泽火革”,孟子曰:“苟求其故”,是已。革者,东西南北,岁月日时,靡所弗革,言法不言革,似法非法也。故者,二仪七政,参差往复,各有所以然之故,言理不言故似理非理也……郭守敬推为精妙,然于革之义庶几哉?而能言其所为故者,则断自西泰子之入中国始。^[3]

在崇祯改历中,他再次强调了“西法”的这种长处,认为这是改历中必须加以借鉴的:

第今改历一事,因差故改,必须究其所以差之故而改正之。前史改历之人皆不其然,不过截前至后,通计所差度分,立一加减乘除,均派各岁之下,谓之改矣,实未究其所以然也。臣等昔年曾遇西洋利玛竇,与之讲论天地原始,七政运行,并及其形体之大小远近,与夫度数之顺逆迟疾,一一从其所以然处,指示其确然不易之理,较我中国往籍,多所未闻。臣等自后每闻交食,即以其法验之,与该监推算不无异同,而大率与天相合。故臣以为,今兹改历,必须参西法而用之。以彼条款,就我名义,从立法之大本大源,阐发明晰,而后可以言改耳。^[4]

根据这样的思路,他在《崇祯历书》的“基本五目”中,特别设立了“法原”一目,用以介绍基本的天文理论,讨论各天体运动的几何模型及其建立方式,并把这部分内容排在“五目”首位。另外,他还不满足于此,而计划在历书编成以后继续进行“求其故”的研究,以求得天体运动的根本原理:

事竣历成,要求大备,一义一法,必深言所以然之故,从流溯源,因枝达干,不止集星历之大成,兼能为万务之根本。此其书必愈数倍,其事必阅岁年。既而法意既明,明之者自能立法,传之其人,数百年后见有违离,推明其故,因而测天改宪,此所谓今之法可更于后,后之人必胜于今者也。^[5]

很明显,徐光启们所推崇的西法的“能言其故”主要指其中那一套以几何模型为基础的逻辑化的方法。尽管这还不属于同时代西方天文学家们孜孜以求的物理机制的范畴,但由于这种基于几何模型的推证和说明正是中国传统天文学中所没有的,由此导出的计算方法又显示出了优于中国传统历法的趋势,所以深得徐光启等中国学者的推崇。徐光启实际上把这一点作为天文学的根本之点,认为,只要解决了它,则可一劳永逸地解决天文计算中的所有问题。在谈到翻译《几何原本》时,他提到,这本书的翻译改变了以往作者“鸳鸯绣出从君看,不把金针度于人”的做法,而做到了“金针度去从君用,未把鸳鸯绣与人”。在天文学上,徐光启之所以强调“求其故”,也就是希望能够把“金针”度与后人。因为在他看来,掌握了所以然之故,就等于掌握了天文学研究的金钥匙。

事实上,在明末的入华传教士和倾心西学的中国学者心目中,非但中国传统天文学拙于“言其故”,中国古代的数学也是如此。利玛竇在翻译《几何原本》时就曾指出:

竇自入中国,窃见为几何学者,其人与书信自不乏,独未睹有原本之论,既缺根基,遂难创造,即有斐然述作者,亦不能推明所以然之故,其是者已亦无从别白,有谬者,人亦无从辨正。^[6]

相应地,徐光启在评论传统的测量和勾股之术时也认为:

自古迄今,无有言二法之所以然者。自余与西泰子译得《测量法义》,不揣复作勾股诸义,即此法底里洞然,于以变通施用,如伐材于林,挹水于泽,若思而在,当为之拊掌一快已。^[7]

二 揭暄等人对天体运动物理机制的探讨

《崇祯历书》翻译完成后,明朝政府一直在是否正式采纳以及如何采纳的问题上聚讼纷纷,直到明清易政也无定论。再加上徐光启在改历尚未完全结束之前已经去世,因此其所谓的“事竣历成,要求大备,一义一法,必深言所以然之故”的计划也就未得实施。到了清代,《崇祯历书》改名之后变成了官方天文学的基础,数理天文学家大多究心于西法中算法的理解与吸收,并在一些细节问题上有所改造和完善。这些人大多明白徐光启的“求其故”在天文学研究中的重要性,而且也承认“中历所著者当然之运,而西历所推者其所以然之源,此其可取者也”^[8]。西法的那套以几何模型为基础的逻辑化方法也被他们吃得极透,玩得烂熟。可惜的是,在“求其故”的方向上,他们虽然也有所关心,有所讨论,但并没有太多创新之处。

与此同时,一些有哲学背景的学者却在继续思考中西方法在整体上的差异问题。这些人不太关心天文计算方面的

具体技术细节,却把眼光投向天体运动的物理机制方面,进行了种种思考和讨论。方以智和揭暄即是这群学者中的代表人物,他们对西方天文学的评价同他们关于西方科学的一般观点是一脉相承的,即认为西方科学是长于“质测”而拙于“通几”的^[9]。关于这一点,方以智在其《物理小识》的自序中说得非常清楚:

寂感之蕴,深究其所自来,是曰通几。物有其故,实考究之,大而元会,小而草木蠹蠕,类其性情,征其好恶,推其常变,是曰质测。质测即藏通几者也。有竟扫质测而,冒举通几以显其宥密之神者,其流遗物……万历间,远西学入,详于质测而拙于言通几。然智士推之,彼之质测尤未备也。^[10]

关于通几,方以智在《通雅》中还有一段解释:

专言通几,则所以为物之至理也^[11]。

而具体到天文学方面,方以智的“质测”则是指包括仪器测量以及计算方法,而“通几”则指的是对天体运动的一般规律,尤其是宇宙模型和物理机制的探讨。关于此点,可引方以智和揭暄为游艺《天经或问》所作的序为证:

《天经或问》,闽中游子六所约以答客者也。概言历象,取太西之质测以析世俗之疑……因读吾三世之易,反复鼎新,致书见问,愚者答之曰:神而无方,而象数其端几也。准故神之所为也。勿以质测坏通几,而昧其中理;勿以通几坏质测,而密其事实……万历之时,中土化洽,太西儒来……特其器数其精,而于通几之理命辞颇拙……太西之说,本自不一,今穆公云,五十年明一水星,金水围日轮为轮,可以分为二天乎?先中丞约两间之质测而申之曰:气几心几,二而一也,阴阳之气,人事之变,各自为几而与之合,自非神明难晰至理。积数千年圣贤之智,而我生其后,何不可资以决之而遗诸将来耶。^[12]

揭暄对此说得更加明白:

利西入,世皆称为郅子,考其测验仪象诸器,法精密殆不能过。至自然本然,数法所不到者,则亦有不决之疑,亦有两可之说,未免揣摩臆度,纷纷不一。^[13]

方、揭等人之所以会对西方天文学形成这样的看法,原因主要在于以下几个方面:

第一,传教士所介绍的西方天文学知识远起古希腊,近迄同时代欧洲的一些新理论和新发现,其中有许多知识前后矛盾(如天球层数,水晶球体系与第谷体系,天体的距离和大小,等等),传教士自己对这些矛盾的解释和辩证很不力。

第二,传教士介绍的内容中,关于天体运动物理机制方面的内容极少,尤其是关于第谷体系的物理机制,除了那句“物以稀为贵”的天体磁力说^[14]外,并没有太多的解释。所以,对于传入中国的西方天文学知识来说,方、揭等人的评价可谓切中要害。更为重要的是,揭暄本人在“通几”方面进行了可贵的探索。在缺乏西方的那套物理学传统的情况下,他借用了传统自然哲学里的宇宙涡旋理论,结合西方天文学在

“质测”方面的结果,建立了一套物理化的宇宙模型,不仅否定了传教士介绍的西方宇宙学知识中的许多错误观点,为第谷体系提供了一套物理化的解释,而且涵盖了他所知道的欧洲望远镜天文新发现,并在此基础上得出天体普遍存在自转的观点,另外建立了一种基本正确的天文潮模型。另外,他还甚至曾对金星和水星的公转周期随距离的变化规律进行了定量分析,试图了解天体周围的涡旋的速度与距离之间的关系^{[15][16]}。应该说,他的涡旋宇宙模型与Descartes的以太涡旋模型有着惊人的相似之处(如天体的普遍自传以及由此带动的涡旋,太阳黑子的解释等等。唯一的不同是,笛卡尔所用的是日心地动体系,而揭暄则不了解这种学说,因此仍然坚持地心说,而且没有考虑地球的自转)。但是,这些外表的相似不是最重要的,最重要的是揭暄在这里所追求的目标是与笛卡尔等近代西方科学思想家相同的,他所讨论的是当时对西方学者和中国学者同样陌生的自然哲学问题,可以说与笛卡尔之流的欧洲学者“神通”。

揭暄实际上代表了当时的一股思潮,这股思潮的开创者包括熊明遇与方以智之父方孔炤,方以智、揭暄、游艺、方中通等人是其主要中坚。这派学者上承宋明理学中的自然哲学传统(包括象数学传统),同时又吸收了西学的营养,代表着理学自然哲学从过于空泛到趋向质朴的一定程度的转变。他们试图结合中西学术,对“物理”问题进行“格致”,即便是对一些以前认为神秘的问题,也试图予以合乎“自然之理”的解释。在讨论问题的过程中,思路较为开阔,敢于提出“新奇”之论。

三 阮元等人对“求其故”的否定

揭暄的这套理论在同时代曾经获得一些人的推崇,梅文鼎甚至把他与方以智列为当时中国存在的四大天文学派之一。但是,在《四库全书总目提要》中,《璇玑遗述》却遭受到非议:

是书一名《写天新语》,言天地大象、七曜运旋,兼采欧罗巴义,杂以理气之说。康熙己巳,尝以草稿寄梅文鼎,文鼎抄其精语为一卷,称其深明西术而有别有悟入。又称其谓七政小论皆出自然,亦如盘水之运旋,而周遭以行疾而生漩涡,遂成逆留一条为古今之所未发。今观其全书,大抵与游艺《天经或问》相表里。然游书切实平正,词意简明,暄则持论新奇,颇伤庞杂。其考历变,考潮汐,辨分野,辨天气地气所发育,方以智尝谓其于易道有所发明。然如论日月东行,如槽之滚丸而月质不变;又谓天坚地虚,旧蛋白蛋黄之喻徒得其形,而喻为饼中有饼,其说殊自相矛盾。至五星有西行之时,日月有盈缩之度,虽设譬多方,似乎言之成理,而揆以实占,多属矫强,均不足据为典要也。^[17]

以现代科学的眼光来看,单从理论学说的是非而论,这种批评应该说无可厚非。因为,揭暄的工作在很多方面确实经不起“实占”的检验,对实际的天文计算毫无帮助。但是,在当时的学术背景下,这种批判却代表了一种对从物理上来

对天体运动问题“求其故”的做法不太有利的思想倾向——这种问题本来确然属于未知,其细致探讨在中国尚无先例,可贵的是敢于在一些具体天文学研究的基础上去加以探讨;但是,从上述评论中,我们却看不出对这种努力的任何鼓励,揭暄的书最终只是被收入了存目。而在实际中,后继的中国学者对于天文学的研究基本上是停留在几何学天文学的层次上,范围均不出明末到顺康雍乾四朝所翻译的那些著作。最后,连几何层次上的“求其故”也要放弃,认为最好是回到传统历法的做法上去,但言其然而不言其所以然,以求“终古无弊”。这种观点在阮元书中表现得十分典型:

古推步家齐七政之运行,于日躔曰盈缩,于月离曰迟疾,于五星曰顺留伏逆,而不言其所以盈缩迟疾顺留伏逆之故,良以天道渊微,非人力所能窥测,故但言其所当然,而不复强求其所以然,此古人立言之慎也。自欧罗巴向化远来,译其步天之术,于是有本轮均轮次轮之算。此盖假设形象以为明均数之加减而已。而无识之徒,以其能言盈缩迟疾顺留伏逆之所以然,遂误认苍苍者天果有如是诸轮者。斯真大惑矣。乃未几而向所谓轮者,又易为椭圆面积之术,且以为地球动而太阳静,是西人亦不能坚守其说也。夫第假象以明算理,则谓椭圆面积可,谓为地球动而太阳静亦何所不可。……地谷至今才百余年,而其法屡变。如此,自是而后,必更有与此数端之外,逞其私知,创为悠谬之论者,吾不知其伊于何底也。夫如是而曰西人之言天能言其所以然,则何如曰盈缩,曰迟疾,曰顺留伏逆,但言其当然,而不言其所以然者之终古舞弊哉。^[18]

李锐也是这种观点的支持者,这从以下这段记载中可以看出:

初,(焦)循以太阴次轮及火星岁轮皆与本天不合,谓有其当然自必有其所以然。及复数四,不得其故。商之于元和李锐,锐谓:古法自三统以来见存者四十余家,其于日月之盈缩迟疾,五星之顺留伏逆皆言其当然而不言其所以然。本朝时宪书甲子元用诸轮法,癸卯元用椭圆法,以及穆尼阁新西法用不同心天。蒋友仁所说地动仪设太阳不动而地球如七曜之流转,此皆言其当然而又设言其所以然。其当然者悉凭实测,其所以然者止就一家之说,衍而极之,以明算理而已。是故月五星初均次均之加减,其故由于有本轮次轮,而其实月五星之所以有本轮次轮,其故仍由于实测之时,当有加减也……循韪其说,故自序《释轮》云:七政诸轮生于实测。若高卑迟疾之故,则未敢以臆度焉。^[19]

这种思路深得许桂林的支持并予以进一步引申,甚至认为最好是回到传统的“宣夜说”上,不讲模型,只讲测量和差数:

(李锐)此言甚精。然桂林思之,《考成》明言诸轮为假设,是不以诸轮为盈缩之所以然。甲子元时,诸轮法测验密合,则用诸轮法。癸卯元时,椭圆法测验密合,则用椭圆法。以其测验之密用之,非

以能言所以然而用之……夫七政之行,算者宜有加减,此实然之数,已然之迹也。所以然之理必寓此二者之中。法之用加减,实然已然者也。七政之行,宜用加减,即其所以然,不必更求其所以然也。古但有初均加减,今有次均三均,其更有差,以所测验,更增加减可也。故先所用法,但可谓之实然已然,且不得谓之当然,万不得谓之千古之当然。何也?当然者,一定者也。今须随时酌改,非一定者也。至须修改,即不得谓之当然矣。夫有必然之事而后有必然之理,其所谓诸轮者尚出假设,而为不必然之事,则所以然之理复何所托乎?故西人测验甚精,而所以然之说适足以累也。善乎云台先生之言曰:言天者但言其所以然,而不言其所以然,斯为终古无弊。窃谓:用宣夜说去本轮次轮椭圆面积,但以实测著其行度,岁时酌其加减,以为算法,是即言其当然而不言其所以然矣。^[20]

本着这样的思想,许氏对传入中国的西方天文学中的许多理论学说进行了批判,甚至连地球四周均可住人这样的观点也遭到他的非议和否定,可谓是清代以来天文学思想倒退的极至。

余论

西学传入以来,在“求其故”的问题上,中国天文学思想的发展经过徐光启、揭暄等人的发展,到阮元等人这里兜了一个圈子,几乎又回到了西学传入前的起点上。导致这种变化的原因是很复杂的,笔者不揣冒昧,提出以下几点推想,以便进一步求证:

第一,耶稣会士在天体运动几何模型上数番变化,在宇宙体系方面也前后不一:在利玛窦时代介绍的是水晶球体系,《崇祯历书》中正式采纳了第谷体系,到了《历象考成后编》中则又引入了椭圆轨道模型,最后,蒋友仁又介绍了日心地动模型。但是,在解释这些改变时,传教士主要是强调新体系和新模型在技术上的优点,而没有充分地介绍采纳新观点的物理原因,甚至还有意强调不同体系之间在数学上的等效性,以削弱新模型对中国人的思想冲击。例如,在《历象考成后编》中,在介绍椭圆轨道理论的同时,又在证明,它在方法上是与本轮均轮法是相同的。蒋友仁在介绍“日心地动说”时也只是从实用的角度说该学说当时欧洲天文学家“多从之”。这样做的结果给中国学者造成了这样一种印象:即不同的几何模型只是一种方便的数学处理工具,模型的变换并不具有物理上的意义。这种印象在梅文鼎那里已经形成。例如,第谷体系认为,火星、木星和土星是围绕太阳运动,而太阳又是围绕地球运动的。梅文鼎花了很大的力气来论证,这三颗行星的绕日运动只是方便计算的一种几何处理的结果,它们实质上还是绕地球运动的。因此,如果对这一点认识不清,而“遂谓五星之天真以日为心”,则“失其指矣”^[21]。后来,钱大昕在论及西人在天体运动模型的层次变化时也指出:“本轮、均轮本是假象,今已置之不用,而别创一椭圆之率,椭圆亦假象也。但使躔离交食,推算与测验相准,则言大

小轮可,言椭圆亦可。^[12]阮元等人则把这种观点推导极至,以至于连几何上的“求其故”也被他们斥为不必要,以求得“终古无弊”。

第二,理学的衰退与考据学的兴起。应该说,乾嘉学派的兴起是对于理学的最终反叛。在这种情况下,与理学思潮一脉相承的方以智和揭暄之类的学术无论在方法上还是在价值取向上都不会受到重视。而受到重视的倒是那种不违古训以及复古的论调。当然,关于这个方面的问题,尚待进一步细致研究。

第三,知识的缺乏。传教士在介绍西方天文学知识时,没有把同时代欧洲天文学家们在物理方面“求其故”方面的工作及其意义充分地介绍进来。之所以如此,有两方面的原因。首先,开普勒、笛卡尔和牛顿等人的天体力学工作都是与日心地动说有联系的,这在传教士内部是一个政治上敏感的问题,在哥白尼学说遭禁的情况下,不便过多地作公开宣传;其次,揭暄等人的工作并没有成为当时中国天文学界的学术主流。从主流上来讲,中国人也许并无太多的对于“求其故”的知识的实际需要。

总之,明清时期西方天文学知识的传入虽然从技术角度使中国天文学改头换面了,但是,在许多至关重要的方面对中国天文学的传统却触动不大。例如,在价值取向上,西方天文学的传入并没有从总体上改变中国天文学以实用为中心的特点。天文学最重要的功用是满足钦天监在颁历和预报交食方面的需要,为朝廷的礼制工作服务。与此相应,天文研究的组织形式也未发生根本性变化,最主要的研究机构仍然是钦天监。它仍旧是朝廷巨大官僚机构中的一环,在职责目标和管理运行方式上与前代相比并没有任何本质上的变化。而对于民间天文学家而言,他们研究天文学动机和内容大多不出官方天文学所涉及的范围,而且中期之后,大多数人把天文学的研究作为经学研究的工具。结果,并没有多少人真正去关心“天上的事情”——真正从探索自然规律的目的出发去研究天文学。

【参 考 文 献】

- [1]邢云路.古今律历考[A].卷66-72.丛书集成初编本[Z].上海:商务印书馆,1936.
[2]李之藻.请译西洋历法等书疏.见:[明]孙承泽.春明梦余录[A].钦定四库全书本[Z].卷58.49b.

- [3]徐光启.简平仪说(序).王重民.徐光启文集[M].北京:中华书局,1963.72~73.
[4]徐光启.修改历法请访用汤若望罗雅谷疏[A].王重民.徐光启文集[M].北京:中华书局,1963.344.
[5]徐光启.历书总目表[A].王重民.徐光启文集[M].北京:中华书局,1963.373~378.
[6]利玛窦.几何原本[A].朱维铮.利玛窦中文著译集[M].香港城市大学出版社,2001.348.
[7]徐光启.勾股义[A].王重民.徐光启文集(上)[M].北京:中华书局,1963.84.
[8]梅文鼎.历算全书[A].钦定四库全书本.卷1.3ab.
[9]关于“质测”和“通几”的关系,关增建有过较为精到的讨论,关增建.方以智“通几”与“质测”管窥[J].郑州大学学报(哲学社会科学版),1995(1).笔者对其“通几”不等于哲学的观点非常赞同.
[10]方以智.物理小识[A].钦定四库全书本[Z].卷首.1b.
[11]方以智.通雅[A].钦定四库全书本[Z].卷首之三.17b.
[12][13]游艺.天经或问[A].卷首.任继愈.中国科学技术典籍通汇·天文卷(六)[M].郑州:河南教育出版社,1993-1998:160.
[14]江晓原.开普勒天体引力思想在中国[J].自然科学史研究,1987,6(2):164~169.
[15]石云里.揭暄对天体自转的认识——兼论揭氏在清代天文学史上的重要地位[J].自然辩证法通讯,1995,17(1):52~57.
[16]石云里.揭暄的潮汐学说[J].中国科技史料,1993,14(1):90-96.
[17]丁福保,周云青.四部总目天文编[Z].北京:文物出版社,1984.554.
[18]阮元.畴人传(卷46)[A].上海:商务印书馆,1955.610.
[19]罗士琳.畴人传(卷51)[A].上海:商务印书馆,1955:683.
[20]许桂林.宣西通[A].卷2.
[21]梅文鼎.历算全书[A].钦定四库全书本[Z].卷16.7a-8b.
[22]钱大昕.与戴东原书.潜研堂文集[A].嘉庆十一年刊本.卷33,25a.

(责任编辑 魏屹东)