

Doi: 10.20063/j.cnki.CN37-1452/C.2026.01.008

一行天文大地测量的工具与思想

邓可卉 翟心鸣

东华大学 人文学院,上海 200051

摘要:唐代高僧一行在编制《大衍历》的过程中,组织实施了中国历史上首次大规模系统化的天文大地测量。他通过实地测量、计算日影长度和北极高度角等数据,首次提出北极高度角之差与地面距离成正比的结论,这一观点接近现代“纬度—地表距离”观念,彻底推翻了“日影千里差一寸”的认识,同时也标志着中国古代天文学的重要转折。一行通过对多地日影与极高数据的精密测定,构建了一套逻辑清晰、结构严谨的测量模式,展现出较强的科学意识与空间认知能力。尽管受制于当时宇宙观与技术条件,未能明确提出“地理纬度”概念,但一行的实测精神与对地球曲率的隐性认知,为中国古代科学思想埋下了实证主义与几何观的种子,对后世天文学与地理测量的发展产生了深远影响。

关键词:一行;覆矩;天文大地测量;北极高度;日影千里差一寸

中图分类号: N092 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-8039(2026)01-0056-08

《新唐书·天文志》中详细描述了一行组织施行大地测量的过程^{[1]805-827}。一行通过布点实测加精密计算的方法得出了“三百五十一里八十步而差一度”的结论,这与今天的地理纬度概念基本一致。一行将这一成果与当地的天文地理现象相结合,巧妙地将北极高度角之差与地理位置联系起来。《新唐书·天文志》还记载了一行在大地测量过程中的一些思想。根据此次大地测量的发现以及一行的思想可以看出,一行当时已经具备了发现地球球体的初步条件,尽管他本人并未明确表达这一观点,但是其相关天文思想对后世产生的影响是十分深远的。

学界曾对一行的《大衍历》改历缘起及制历过程进行了大量研究,同时也对其天文大地测量数据的意义进行了论证分析。中国科学院陕西天文台天文史整理研究小组在《我国历史上第一次天文大地测量及其意义——关于张遂(僧一行)的子午线测量》一文中详细分析了一行天文大地测量的两个最主要的贡献,一是推翻了“日影千里差一寸”的旧制;二是一行的测算结果给出了地球子午线一度弧长值,具有进步意义。一行的测量结果与今天科学实测所得结果的相对误差约

为11.8%^[2]。此外,梁宗巨^{[3]114-119}、金祖孟^{[4]149-154}、郑文光^{[5]136}、吴慧^[6]等学者的研究均论述了一行的主要天文学成就,有的学者推测一行的思想可能与大地球形认知相关联。但总体上看,学术界对一行有关大地模型概念思想方面的认知存在分歧,并未形成对其天文大地测量与天文思想相结合的理性分析。

本文从一行天文大地测量的实测视角出发,着眼其使用的工具——一行创制的天文仪器覆矩,结合其在全国天文大地测量中所获得的发现与思考,对一行的天文学思想进行新的考察。通过剖析他所使用的观测工具的结构与功能以及大地测量的具体过程,尝试揭示一行如何借助几何观测手段,构建起一种以“北极高度角之差—地面距离”为逻辑链条的测量模型。进而结合一行相关思想言论探讨其大地模型观念是如何向球面概念转化的。

一、覆矩对于大地测量的意义

一行组织的测量工作有两个极为重要的观测步骤,一个是测量两地直线距离;另一个则是测量观测地点的北极高度角。其中观测两地直线距离需要用到四种工具,分别为准、绳、规、矩,观测北

收稿日期: 2025-09-01

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“《至大论》注释及其与汉代天文学的比较研究”(11773006)

作者简介: 邓可卉(1966—),女,内蒙古呼和浩特人,理学博士,东华大学人文学院教授、博士生导师。

极高度角则需要用到覆矩。覆矩,作为天文观测中不可或缺的辅助器具,不仅实现了垂直校正的基本作用,更是保障了整个观测系统的准确性。

矩有多种用途,从各种史料考证可知,矩是我国古代一种用途广泛的制图和测量工具。它很像木匠常用的“曲尺”,矩边上还有刻度,可用以画直线、直角、测量长度等,而“覆矩以测深”当理解为把矩边向下,据其刻度,根据相似三角形的原理测量深度。

《新唐书》里有“以覆矩斜视北极出地三十四度四分”的记载,还说“以图较安南,日在天顶北二度四分”^{[1]814},可见一行使用的覆矩并不是用来测量深度的,而是用来测量以角度表示的地平高度的工具。如图1所示,在覆矩直角顶点边缘设垂线,垂线上系一重锤,以“覆”其表面,判断是否归于正直。并在直角安装一个由 0° 到 91.31° (因古时以圆周长为 360° ,故直作为 91.31°)的测角器(不用时可以取下或折叠收藏于臂内刻好的凹槽中),利用此矩可测仰角、俯角和小于 90° 的夹角^[7],把其中一个特定的边指向北极,使此边恰好人在人眼和北极的连线上,重锤线即能在测角器上直接指示出北极的地平高度。通过覆矩这种简明有效的测量工具,一行实现了对“垂直基准”的可重复检验,使得每一处观测站的测影数据具备较高的一致性与可靠性^[8]。

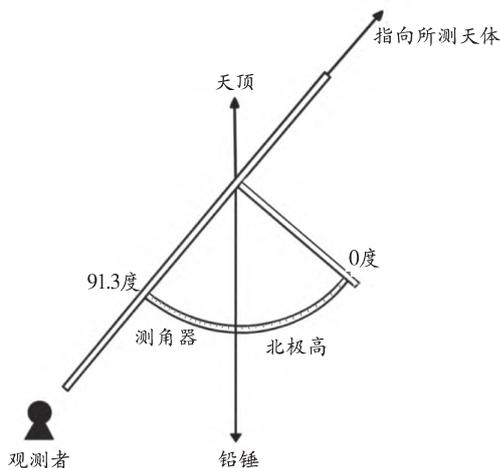


图1 覆矩结构示意图^[2]

以现在的视角来看,覆矩在当时已经算得上一种十分精妙的测量仪器了,它不仅体现了现代的整平概念,也将人眼观察与角度测量完美结合起来。以现代的纬度概念与一行当时测量的北天极高度角进行对比可以发现绝对误差是非常小的。导致这些误差的原因可能是用“覆矩”测北天极高度角,除单用一矩边照准的误差外,还加上当

时的真北极没有明亮的星作标志,只有一颗很小的星在距北极两度多的地方,致使“虽秒分稍有盈缩,难以目校”。尽管如此,在一千多年前观测条件不具备的情况下,能获得如此高精度数的观测结果,充分说明了覆矩的可靠性以及我国古代天文工作者严格、细致的科学态度^[2]。

覆矩作为古代一种重要的测量工具,在中国早期科学技术发展史中占据着独特的位置。从商高首倡“覆矩以测深”以来,它便逐渐演化为一种兼具理论价值与实用功能的测量工具。至唐代,一行将“覆矩”明确引入天文与大地测量实践,使其功能得以充分发挥,其意义尤为深远。在一行的《大衍历》编制与子午线长度测定等关键测量工作中,覆矩不仅仅是物理工具,更是一种空间观测思想的体现。一行对覆矩的使用以及覆矩图的制作,不仅将工具从传统工匠层面提升至科学观测层面,也在某种程度上实现了测量技术的制度化、规范化。它见证了中国古代测量技术从抽象演绎向实践操作的转化,具有重要意义。

二、一行天文大地测量中的发现与验证过程

唐玄宗开元十二年(724年),一行派人员前往全国各地进行大地测量。此次测量范围极广,一行参考隋朝刘焯的计划在全国十三处观测地分别测量了当地夏至和冬至的日影长和北极高,这些观测地以中原平地为中心,北至北纬 51° 左右的铁勒回纥部(位于今蒙古人民共和国乌兰巴托西南的喀拉和林遗址附近),南达北纬 17° 多的林邑(今越南中部),由太史监南宫说及太史官大相元太等人负责观测,一行则在获得数据后进行计算。在这次测量中,一行通过收集到的观测数据加以计算得出“三百五十一里八十步,而极差一度”的结论,这一表述是此次测量所得出的核心结论,用以说明在子午线上纬度相差一度时所对应的实际地表距离,这一测量是世界上第一次对子午线长度进行的实地科学测量,旨在精确测定地球的大小。一行及其团队在不同地区观测日影长度(表影),由此推算各地之间的纬度差,并结合实地丈量的距离,建立起纬度差与地面距离之间的数量关系。具体结果表明,纬度每相差一度,其对应的地面距离为三百五十一里八十步(唐制计量单位),若换算为现代长度单位,约合123.7公里,而当代高精度测量所得的对应数值约为110.6公里。更重要的是,一行通过观察不

同测量位置天文现象的区别,对大地模型有了新的认知与猜想。

(一) 子午线长度的测量

公元8世纪,一行派太史监南宫说在今河南境内进行了一次弧度测量,分别在黄河两岸的平原地区选择了四处地点作为观测点,分别是滑州白马(今河南省滑县)、汴州浚仪太岳台(今河南省开封市西北)、许州扶沟(今河南省扶沟县)和豫州上蔡武津馆(今河南省上蔡县)。一行此次大地测量的实施方案大致是按照刘焯的设想进行的。刘焯曾经明确指出“交爰之州,表北无影,计无万里,南过戴日。是千里一寸,非其实差”^{[9]522},他因此建议“请一水工,并解算术士,取河南北平地之所,可量数百里,南北使正。审时以漏,平地以绳,随气至分,同日度影,得其差率,里即可知。则天地无所匿其形,辰象无所逃其数。超前显圣,效象除疑”^{[9]522}。但这个建议当时没有被采纳。从一行主持的测量的方法和地点(主要指实地测量距离的河南四个点)来看,都与刘焯的建议相同,其余的几个观测点,如林邑、交州,也与何承天估测过日影、地差的点一样,这就充分说明,一行发起这次测量的另一个直接原因就是依照刘焯的计划,实际验证“寸差千里”的说法是否正确。根据现代经纬概念可知,一行当时测量的这四个观测点位均介于东经114.2°—114.5°之间,近乎位于同一经度,这是为了便于在同一时刻进行测量和数据比较,那一带的地势也很平坦,实际丈量各点之间的距离很方便,这些都是基本上按照刘焯的设想进行的。然后分别用八尺之表同时测出了冬夏二至和春秋二分的日影长,用覆矩测出了各点的北极高,然后实地丈量了这四点相互间的距离,测量结果如表1、表2所示。由所测数据可知,白马、浚仪、扶沟、上蔡这四个地方的极高差基本都是半度,距离差基本相同(其中白马和浚仪的距离差略大,原因是两地分属黄河两岸,当时跨河测距的技术限制造成了测量误差),结合表中数据,白马和上蔡极高差一度五分,距离相隔五百二十六里二百七十步。在得到上述数据后,一行对测得的数据进行了处理。《唐会要》卷四十二记载“数年伺候,及还京,与一行师一时校之”,“一行以南北日影较量,用句股法算之”^{[10]755},一行根据南北日影长的比较和北极高度差而算出的结果是,大约三百五十一里八十步而北极高差一度^{[2],[3]144-149}。

表1 白马、浚仪、扶沟、上蔡四地测量数据^①

观测地	极高	夏至日影长	冬至日影长	春秋分影长
白马	三十五度三分	一尺五寸七分	一丈三尺	五尺三寸六分
浚仪	三十四度八分	一尺五寸三分	一丈二尺八寸五分	五尺五寸
扶沟	三十四度三分	一尺四寸四分	一丈二尺五寸三分	五尺三寸七分
上蔡	三十三度八分	一尺三寸六分半	一丈二尺三寸八分	五尺二寸八分

表2 白马、浚仪、扶沟、上蔡四地之间的直线距离^②

观测地	直线距离
白马—浚仪	198里179步
浚仪—扶沟	167里281步
扶沟—上蔡	160里110步
白马—上蔡	526里270步

在此次测量中极差的数据是得出最终结论的关键所在,根据现代天文学知识可知,地理纬度差与北极高度差是一致的。虽然当时人们并未有纬度的概念,但一行不仅首次测量了北极高度,而且把固定极高与所对应的天文现象相联系,获得了新的认识。他最终得出了“枢极之远近不同,则黄道之轨景固随而迁变矣”^{[11]1305}的结论。按照现代天文学,不同极高(地理纬度)看到的太阳轨道位置与日影长度都不同,一行的观点与此一致。在一行得到“三百五十一里八十步而差一度”的结论后,通过进一步在蔚州、阳城、朗州三地进行覆矩测量验证了这一结论。一行派人分别测得了蔚州和朗州两地的极高以及春秋分和夏至冬至的日影长,上述三处观测点的观测数据如表3所示。

表3 蔚州、阳城、朗州三地观测数据^③

观测地	极高	夏至日影长	冬至日影长	春秋分影长
蔚州	四十度	二尺二寸九分	一丈五尺八寸九分	六尺四寸四分半
阳城	三十四度四分	一尺四寸八分	一丈二尺七寸一分半	五尺四寸三分
朗州	二十九度半	七寸七分	一丈五寸三分	四尺三寸七分半

其中蔚州位于今天的河北省张家口市蔚县,阳城位于今天的河南省登封市,朗州位于今天的湖南省常德市,一行当时测得数据为蔚州距离朗

^①此表具体可参考欧阳修、宋祁《新唐书·天文志(上)》(中华书局1975年版,第1073-1075页)。

^②同上。

^③同上。

州三千六百八十里又九十步;阳城距离朗州一千八百二十六里又一百九十六步;阳城距离蔚州一千八百六十一里又二百一十四步。各观测地点相距距离如表 4 所示。

表 4 蔚州、阳城、朗州三地之间的直线距离^①

观测地	直线距离
蔚州—阳城	一千八百六十一里又二百一十四步
阳城—朗州	一千八百二十六里又一百九十六步
蔚州—朗州	三千六百八十里又九十步

综上,我们按照一行所测的白马、浚仪、扶沟、上蔡四个观测点的数据和蔚州、阳城、朗州三个观测点的数据分别制作了两幅数据图,由于两幅图中上蔡和朗州的纬度最低,所以分别从上蔡和朗州开始做出各个观测点位置的极高差(纵坐标)与它们每相邻两个位置的距离(横坐标)关系图,如图 2 和图 3 所示。

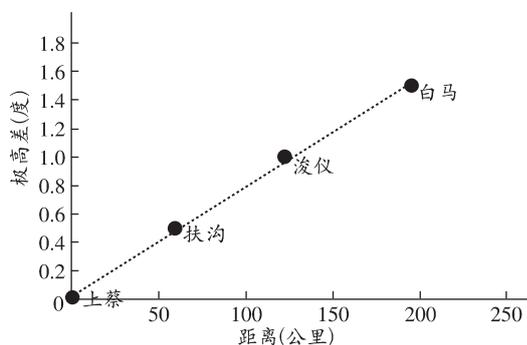


图 2 白马、浚仪、扶沟、上蔡四地极高差与相邻两个位置的距离关系图

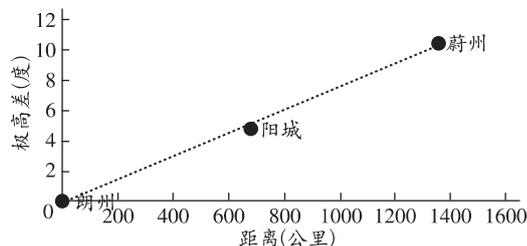


图 3 蔚州、阳城、朗州三地极高差与相邻两个位置的距离关系图

由图 2 和图 3 可知,两地之间的直线距离与北极高度差大致是呈线性比例关系。受限于当时的测量工具精度与测量方法的误差,加之所选地点不完全在一条经度线上,导致图 2 和图 3 的描点不完全符合线性关系。但不可否认的是,这个测量结果在当时是一个伟大的创举,直接影响了一行的天文学思想。

随后一行又派人在安南^②和林邑^③两地进行数据校验性质的测量。在安南测得夏至日太阳位

于表的南面三寸三分,与阳城的纬度差十四度三分(夏至在表南三寸三分,差阳城十四度三分),即安南到阳城的直径为五千零二十三里(其径五千零二十三里)。在林邑测得夏至时太阳在表的南边五寸七分(夏至在表南五寸七分),即林邑到阳城的直径为六千一百一十二里(其径六千一百一十二里)^{[11]1305}。

在校验的过程中,一行还印证了“北户”现象,并且对恒隐圈概念有了初步认知。《旧唐书·天文志》记载“又以图校安南,日在天顶北二度四分,北极高二十度四分”^{[11]1305},这里所记录的日在天顶北二度四分与汉代在北回归线以南地区发现的“北户”现象一致。《汉书·地理志》中记载“属交州师古曰:言其在日之南,所谓北户以向日者”^{[12]1289},其实就是描述了“北户”现象。秦始皇统一六国后,随着政治、军事和文化力量向南推进,越过五岭进入珠江流域及更南地区,人们对阳光方向的直观认知开始发生改变^[13]。黄河与长江流域在北回归线以北,祖辈们习惯了中午阳光从南方照入屋内,因此普遍将房屋朝南建造。但当深入到北回归线以南,尤其在热带地区,中午阳光有时会从头顶直射甚至从北方照入,出现“日在头上”“北向视日”“北户向日”等现象,而这些在中原从未见过。上文中的“其径”表达并不准确,应该是两地间的距离。这些表述包括了观测现象、实测极高数、两地距离,还有恒隐圈大小(圆周 35°)及影长值,同时也反映了一行对天文地理现象的认知已经具有了三维概念。

《旧唐书·天文志》还记载:

假令距阳城而北,至铁勒之地亦十七度四分,合与林邑正等,则五月日在天顶南二十七度四分,北极之高五十二度,周圈一百四度,常见不隐。北至之晷四尺一寸三分,南至之晷二丈九尺二寸六分。定春秋分影长九尺八寸七分。北方其没地才十五度余,昏伏于亥之正西,晨见于丑之正东,以里数推之,已在回纥之北,又南距洛阳九千八百一十里,则五月极长之日,其夕常明,然则骨利干犹在其

^①此表具体可参考欧阳修、宋祁《新唐书·天文志(上)》(中华书局 1975 年版,第 1073-1075 页)。

^②安南为越南古称。安南是古代交趾地,唐朝以前都隶属于中国,观测点约在今越南北部等处。

^③林邑国,中南半岛东部之古国名,又作临邑国,约在今越南中南部顺化等处。

南矣。^{[11]1305-1306}

上文是古人对北方高纬度地区天文现象的细致记录,从中可以清晰地看出恒显圈、恒隐圈与北极高度三者之间紧密的几何与观测关系。文中指出,从阳城向北至铁勒之地,纬度上升了十七度四分,到达的地区北极高度为五十二度,也就是说,从当地地平线仰望北天极,仰角为 52° ,这与现代天文学中“北极高度等于地理纬度”的原理基本一致。更加重要的是,文中提到“周圈一百四度,常见不隐”,明确指出天空中有一个角度范围为 104° 的区域,这个区域内的恒星昼夜不曾落入地平线以下,这正是恒显圈的典型特征。由于该恒显圈是以北极为圆心,以北极高度为半径所划定的天区,其角半径恰为 52° ,与前述北极高度相符,说明恒显圈的大小完全由当地纬度决定,恒星只要赤纬大于或等于 38° (即 $90^\circ-52^\circ$ 之间),就会在该地终日可见,永不隐没。这种恒显现象在高纬度地区极为显著,也因此出现了“北方其没地才十五度余”的描述,说明地平线上靠近正北方向,恒星落没的区域仅占 15° 左右的角距,其余北天区域内恒星皆在恒显圈之内。与此同时,那些赤纬低于 38° 的恒星则在地平线下方始终不可见,构成了恒隐圈。由此可以看出,北极高度越高,即纬度越高,恒显圈越大、恒隐圈也越大,而能够在地平线上交替升落的天体所占范围则相应缩小。这一现象的发现展现出中国古代天文学理论与实践的结合已达到了较高的水平。

一行在得出“三百五十一里八十步而差一度”的结论后,根据在安南和林邑国两地所测得的北极高度角与阳城北极高度角的差值,推算出了两地和阳城之间的距离;另外一行当时已知在夏至日的时候越往北白天越长,夜晚越短,所以一行根据自然现象与推算的距离差将铁勒之地与骨利干犹的地理位置进行了推理,得出两地之间的现实南北位置。这里可以看出,一行将极高差与距离差两个物理量巧妙结合,其对于两地南北直线距离与北极高度差关系的发现,在我国天文学史上具有里程碑式的意义。

(二) 与纬度概念擦肩而过的遗憾

尽管一行实测中已经获得了北极高度角等于所在地纬度的事实性数据,但他没有明确创立“地理纬度”这一概念,也没有将其系统化地与球面天文学相联系。其主要原因是中国古代尚未建立起“大地球形说”的地理模型,同时也不具备赤

道一经纬网的全球投影观,一行等人虽然得出北极高度角等于纬度这一结论,但“地理纬度”作为一个球面坐标系统的维度概念,在中国古代的天文学和地理学中并没有出现。中国古代地图传统偏向于以“道路图”“州郡图”呈现空间,而不是以经纬网格划分区域。虽然有“极高”这样的天文量,但未上升为地理框架中的“纬度坐标”。一行用的是“极高”“南北距差”“影长差”等经验变量,而不是“纬度”这个理论变量。另外,唐代主流宇宙观仍是“盖天说”或“浑天说”,但即使是浑天说也只承认“天体浑圆”。而关于大地,无论是盖天说还是浑天说都一致认为地是平的。尽管一行运用了一些接近大地“球面结构”的实际测绘方法,但整个宇宙理论模型不支持“大地是球面”的假设。因此,北极高度角等于纬度的概念无法被建立或被充分意识到。最重要的一点是,一行测影、测极高,核心目的是为了“修历”“定节气”“校阴阳”,他并非在制作地图路线,而是为了找出节气、昼夜、星象变化的规律,因此“纬度”这个从地理角度出发的理论参数,并不具有直接使用的价值。

(三) 与现代地球模型探究测量的共通之处

1000年后,在18世纪的欧洲,围绕牛顿提出的“地球为旋转扁球体”理论,法国科学院分别在赤道附近的厄瓜多尔与高纬地区的拉普兰进行了更为系统的子午线测量实验。根据莫佩尔蒂(Maupertuis)团队在北极圈附近拉普兰(Lapland)的测量结果,该高纬度地区的一度子午线弧长为57438法寻(toises)。与之形成鲜明对照的是,布格(Bouguer)与拉孔达米纳(La Condamine)等人在赤道地区(厄瓜多尔)测得的一度弧长数值约为56768法寻。如表5所示,极地地区的一度弧长显著大于赤道地区($57438 > 56768$)。依据椭球几何原理,子午线上一度对应的地面弧长与该处的曲率半径成正比。极地弧长的增加表明该处地表曲率半径较大,即地表更为平坦;而赤道处较短的弧长则意味着曲率较大,地表更为凸起。这一物理证据直接证伪了卡西尼家族基于早先测量所持的地球向两极拉长的观点,确凿地证实了地球系两极扁平、赤道隆起的椭球体结构。此项成果不仅以高精度数据验证了牛顿引力理论的预测,更通过纠正卡西尼地图的偏差,确立了现代大地测量学的实证基础,也使人类对地球形状的认识迈入现代科学阶段^{[14]74}。

表5 法国科学院实测数据

地点	牛顿的计算值	实测值	测量者
赤道	56 637	56 768	布格
北极圈	57 332	57 438	莫佩尔蒂

将一行的实测活动与法国科学院的子午线测量实验进行对比,可以看到,两者都将天文观测与地面距离测量相结合,都以“纬度差与地表距离关系”为核心逻辑,从实证角度揭示了地球不是平面。一行的测量虽限于技术条件,但在思想深度与方法框架上,已经表现出极高的科学意识。一行的观测方法成为中国古代大地测量与天文历法中的典范。而法国科学家在地球测量过程中,凭借现代仪器与数学理论工具,将地球测量精度推进到以“米”为单位,并直接促成米制体系的建立^{[15]6-13}。这两场测量实验,虽然一个为古代天文历法服务,一个为近代科学验证理论,但都体现出人类对地球表面形状的持续探索。

三、一行其他的天文学思想

此次天文大地测量之后,一行对于一些传统的测算方法和具体做法提出了疑问,意识到了人的视觉误差会给观测结果带来很大的不确定性,这也是一行此次大地测量的关键所在。

(一) 勾股之术的适用性

《新唐书·天文志》记载了一行对古代勾股之术的看法“古人所以恃勾股术,谓其有证于近事。顾未知目视不能及远,远则微之差,其差不已,遂与术错。”^{[1]815}

这是一行对古人利用勾股之术测得日影长度之差来进行地理测算的批判。一行认为勾股之术运用在日常生活中是因为测量距离较近,所以产生的误差也较小,但并不能以小望大,如果距离无限拉远,则误差必定变大,因此当距离无限远的情况下,利用勾股之术测量距离就是一种错误的作法。一行也举出了相对应的例子:“如人游于大湖,广不盈百里,而睹日月朝夕出入湖中。及其浮于巨海,不知几千万里,犹睹日月朝出其中,夕入其中。若于朝夕之际,俱设重差而望之,必将小大同术而不可分矣。”^{[11]1036}(如图4所示)。一行认为,如果人乘船在湖中和海中以肉眼观测日月升落,实际看到的变化是一致的,都是浮潜于湖海的边际。但湖跟海的广袤程度是不一样的,因此如果对这两种情

况都用勾股术来计算,混淆了湖与海的大小,就会导致所观测到的现象没有差别。



图4 人游于大湖与浮于巨海示意图

用现代科学解读,这是一种视角上的偏差。如果在日出日落时同时布设观测仪器进行测量,那么就会发现这两种情境在观测效果上完全一致,难以区分出规模大小的差别。因为视觉现象不随尺度变化,不论是在小湖还是大海,日月出没总是出现在“地平线”位置,这表明人类眼中的“天地界限”并非实界,而是一种投影幻觉,观察者总是处于自己的“天盖中心”。这是对“盖天说”视角下“人视天象恒在近处”的经验性反思^[6]。

(二) 一行大地模型认知思想

一行通过大量的地理实测、数据计算与理论分析形成了自己的关于大地模型的初浅认知。但受中国古代实用主义的影响,一行未能真正明确纬度及球形大地的概念。因此,对于当时一行是否认识到地球曲率,我们无法得出确切结论。但可以明确的是,上述一行的相关思想已经揭示了他对大地是一个平面的传统观点所持的怀疑态度。综上所述,一行的宇宙观与测量思想在中唐时期体现为对浑天说和盖天说两种学说的反思。

但为什么一行最终并未提出自己的认知观点呢?本文认为有以下几种可能:一是中国古代是以实用主义为主导的,一行认为,“原人所以步圭景之意,将欲节宣和气,辅相物宜,而不在于辰次之周径;其所以重历数之意,将欲敬授人时,欲若乾象,而不在于浑、盖之是非”^{[11]1307}。浑天说与盖天说分别代表了中国古代不同的宇宙观念,两者在天文学体系中并无本质上的优劣之分。以二十四节气的影长数值为例,浑天说相较于盖天说,修正了后者在天象解释中偏离实际的状况。然而,在冬、夏至影长数值的计算方面,自东汉至唐代沿袭旧制未变,这反映出

以浑天说为代表的思想体系在长期实践中的规范性与约束力。盖天说与浑天说亦可被视为以《周髀》和《周礼》为代表的两种思想传统,它们在长期的学术争论中形成了各自的宇宙观与天文理论体系。两者的分歧不仅体现于影长测量方法的差异,还与黄道测量、“地中”概念的演变以及“千里差一寸”等理论的发展密切相关^{[16]120-121}。此次大地测量的初衷也是为满足编撰历法的需求,数据如果精准便达到了目的,至于如何认知在测量中为何会产生一些人们认知以外的自然现象并非主要任务,因此一行等人即便有所思考,也可能未付诸文字。二是古代帝王编撰历法是为了确定四季和节气,用来帮助掌握农时,同时也是为了稳固自己的统治地位。所以一行如果提出了自己对传统大地模型认知的质疑,势必会受到封建统治阶级的排斥,其结果得不偿失。三是一行认为自己都还没确定的事情不要妄下定论,自浑天说出现后,盖天说并未销声匿迹。两个体系、两种学派经历了长期复杂的斗争^{[5]136}。一行说,“若乃述无稽之法于视听之所不及,则君子阙疑而不质,仲尼慎言而不论也。而或者各守所传之器以述天体,谓浑元可任数而测,大象可运算而窥,终以六家之说,迭为矛盾”^{[11]1307}。一行指出了浑天仪、盖天仪模型所无法解释的问题,而其自身在浑盖学说上的立场也是模糊的,甚至是非浑非盖的^{[4]149-154}。他认为天文学派众多,各家思想不一,如果仅是为了互相争一个对错,那么是完全没有必要的。因此可以看出一行并没有以革新大地模型概念为出发点去思考问题。这些原因综合下来也就造成了一行在天文学思想方面未能突破,但不可否认的是,一行仍为我国天文学进步作出了巨大的贡献,此次大地测量的成果与他对天文观念的思考仍是我国天文学史上的一个重要里程碑。

这一成果并非出自古代文献,而是基于实地考察所得,“皆书契所未载也”^{[11]1304},这不仅突显了一行注重田野实证的作风,也表现出一行对以实测补书传、拓展知识疆界的强烈自觉。一行通过实地测影、夜空观测、纬度差异分析等方式,确立起一套结合天象与地理的认知体系。他不拘泥于传统星图与理论模型,而是通过实测数据推进对“日影—纬度—地距”“星辰—地平—视界”等天文地理关系的重新理解。在当时的历史条件

下,这种实践性的科学精神和思维方式是天文大地测量思想发展的重要里程碑。

一行作为唐代杰出的天文学家,他在中国古代科学发展史上留下了不可磨灭的印记。通过制定《大衍历》,精确测定各地昼夜长短与日影变化,一丝不苟地实地考察与测量地理经纬度差异,一行为我国古代天文历法走向科学化与系统化奠定了坚实基础。一行对地球曲率的隐性认识,也体现出超越时代的科学思维。他所奉行的“按地设表”的实测精神,标志着中国天文观测从理论推算向经验实证的重大转变。

然而,尽管成就斐然,一行一生仍留有几分遗憾。首先,由于技术条件和观测仪器的局限,其对岁差与天体运行机制的理解尚未建立系统完整的理论框架;其次,其许多观测成果和理论思考,未能在当时的学术界得到充分传承和发展,部分流于文献的只言片语,后世难以完全还原其思路。此外,他在主持修订历法与天文志的过程中,亦受到政治环境制约,无法将所有测量成果完全纳入官方典籍。总的来说,一行以卓越的智慧与严谨的实证精神,为中国古代天文学的发展书写了辉煌篇章。他的成就不仅影响了后世历法与天文研究的走向,也展示了中国古代科学理性思维的高峰。正因其成就非凡、遗憾犹存,更激发后人对古代天文学传承与探索的深刻思考。

参考文献:

- [1] 欧阳修. 宋祁. 新唐书[M]. 北京: 中华书局, 1975.
- [2] 我国历史上第一次天文大地测量及其意义——关于张遂(僧一行)的子午线测量[J]. 天文学报, 1976(2).
- [3] 梁宗巨. 僧一行发起的子午线实测[C]// 科学史集刊(2). 北京: 科学出版社, 1959.
- [4] 金祖孟. 一行不是浑天家[C]// 科技史文集: 第四集. 北京: 科学出版社, 1978.
- [5] 郑文光. 试论浑天说[C]// 科技史文集: 第四集. 北京: 科学出版社, 1978.
- [6] 吴慧. 僧一行研究——盛唐的天文、佛教与政治[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- [7] 王联芳. 谈矩[J]. 数学通报, 1955(4).
- [8] 刘金沂. 覆矩图考[J]. 自然科学史研究, 1988(2).
- [9] 魏征. 隋书[M]. 北京: 中华书局, 1973.
- [10] 王溥. 唐会要[M]. 北京: 中华书局, 1955.
- [11] 刘昫. 旧唐书[M]. 北京: 中华书局, 1975.

- [12]班固.汉书[M].北京:中华书局,1962.
- [13]洪建新.秦代北向户考[J].学术论坛,1982(1).
- [14]Paul M.Full Meridian of Glory: Perilous Adventures in the Competition to Measure the Earth[M].New York: Copernicus Books/Springer,2009.
- [15]孔祥元,郭际明,刘宗泉.大地测量学基础[M].武汉:武汉大学出版社,2005.
- [16]赞宁,等.宋高僧传:唐中岳嵩阳寺一行传[M].北京:中华书局,2006.
- [17]黎耕,孙小淳.汉唐之际的表影测量与浑盖转变[J].中国科技史杂志,2009(1)

Astronomical and Geodetic Instruments and Ideas of Yi Xing

DENG Kehui , ZHAI Xinming

School of Humanities , Donghua University , Shanghai 200051 , China

Abstract: In the process of compiling *Dayan Calendar* , the eminent Tang Buddhist monk Yi Xing organized and carried out the first large-scale and systematic astronomical and geodetic measurement in Chinese history. By means of field measurements and calculations of data such as the length of the solar shadow and the altitude of the North Pole , he came to the conclusion that the difference in the altitude of the North Pole is proportional to the ground distance for the first time , an idea close to the modern concept of “latitude-surface distance”. This fundamentally overturned the cognition of “a one-inch difference in shadow per thousand li” and marked a significant turning point in ancient Chinese astronomy. Through precise measurements of solar shadows and polar altitudes across multiple sites , Yi Xing constructed a logically coherent and structurally rigorous measurement model , demonstrating a high level of scientific awareness and spatial cognitive ability. Although he was limited by the cosmological views and technological conditions of his time and thus unable to explicitly propose the concept of “geographical latitude” , Yi Xing’s empirical spirit and implicit recognition of Earth’s curvature sowed the seeds of empiricism and geometric thinking into ancient Chinese scientific thought , exerting a profound influence on the subsequent development of astronomy and geodesy.

Key words: Yi Xing; Fujü; astronomical geodesy; polar altitude; a one-inch difference in shadow per thousand li

(责任编辑 雪 箫; 实习编辑 谢天慧)