

郭守敬南海测量考*

厉国青 钮仲勋

(北京天文台天津纬度站) (中国科学院地理研究所)

摘 要

公元1279年,元代著名科学家郭守敬主持了大规模的纬度测量,即历史上著名的“四海测验”。这次测量共设有27个观测站,“南海”观测站是其中占有重要地位的一个。本文对郭守敬在“南海”测量纬度的问题进行了探讨。论证了南海测量的观测站应在西沙群岛;并从元代以前对西沙群岛的开发经营来进一步论述在该处进行测量的可能性。本文还从元朝“四海测验”的测量仪器和测量误差等方面讨论了“南海”观测站的测量误差。

郭守敬(1231—1316),字若思,邢州邢台(今河北邢台)人。他是我国元代一位著名的科学家,在天文、历法、算学、地学和水利等方面都取得了辉煌成就和达到了高度水平。他在地学方面的成就主要是纬度测量、地形测量及标高概念的创立,而其中尤以纬度测量,即我国天文大地测量史上有名的“四海测验”所取得的成就最大。这次大规模的纬度测量,是在元朝初年全国形成统一的形势下,为了修改历法的需要,郭守敬提出要到“远方测验日月交食分数时刻不同、昼夜长短不同、日月星辰去天高下不同……”^{〔1〕}的建议后进行的。当时,在南北长约1万1千里,东西宽约6千里的广阔地带,建立27个观测站。在这27个观测站中,有7个观测站是观测项目齐全的,即南海、衡岳、岳台、和林、铁勒、北海和大都。《元史·世祖本纪》记载:“(至元16年即公元1279年)三月庚戌,敕郭守敬繇上都、大都,历河南府抵南海,测验晷景”¹⁾。《元史·天文志》1“四海测验”条记载:“南海,北极出地一十五度,夏至景在表南一尺一寸六分,昼五十四刻,夜四十六刻”²⁾。上述记载表明,“南海”这一测站,是郭守敬亲自主持的测点之一。从《元史·天文志》1“四海测验”条所列各测点的“北极出地”来看,它还是最南的测点。因此,这一测点在“四海测验”中占有重要的地位。但有关历史记载比较简略,地理位置尤不具体。本文拟对郭守敬南海测量的问题进行初步探讨,以作为对这位著名科学家诞生750周年的纪念。

“南海”这一地名在我国古代有两种地理概念:一是指海域;一是指政区。为论述方便起见,我们先谈后者。公元前214年(秦始皇33年)置“南海郡”,治所在番禺(在今广州

• 自然科学史研究所席泽宗、薄树人、刘金沂、天津纬度站裔培荣、地理研究所傅素性等同志对本文提出许多宝贵的意见,天津纬度站陈美玉、地理研究所王一曼等同志亦给予帮助,谨此致谢。

1) “繇”即“由”,“景”即“影”。

2) “北极出地”就是北天极的地平高度即当地纬度;第二项是夏至那天中午太阳在圭表上所投影的长度;第三项是夏至那天白昼长度和黑夜长度。后两项都与当地纬度有关。

市), 秦、汉之际为赵佗所建的南粤政权的都城所在地。公元前111年(汉元鼎6年), 在平定南粤以后, 又复置南海郡^[2], 辖境相当今广东浈江、大罗山以南, 珠江三角洲及绥江流域以东。其后境界虽逐渐缩小, 但作为政区, 一直延续到唐代。公元590年(隋开皇10年), 将番禺县改置南海县(番禺县后代仍复置), 作为南海郡之治所^[8]。南海郡在唐代以后虽未设置, 但南海县一直保存下来。由于这些原因, 后代也称广州为南海, 如元代大德年间(1297—1307年)所修的《南海志》(该书仅有残卷, 保存于北京图书馆), 即系广州之地方志。元代的广州虽然也可称为南海, 但郭守敬主持“四海测验”时作为测点之南海决不在广州。因为: 第一, “四海测验”共有观测站27个, 有4个在今湖南、广东省内, 即衡岳、雷州、琼州和南海, 这个顺序是根据元朝测量到的纬度由北向南排列的, “衡岳”即今湖南衡山, 为“五岳”中之“南岳”, 故称“衡岳”, 远在广州之北。“雷州”在今广东海康, “琼州”在今海南岛琼山, 都在广州以南, “南海”更在广州南边很远的地方(纬度相差8度左右), 不会在广州; 第二, 从天文测量来说, 广州市和它西南30公里左右的南海县接近北回归线, 夏至中午太阳在天顶附近(如广州市太阳在8尺圭表上投影在表南仅6分), 而元朝所测“南海”那一点, 夏至晷影为“表南一尺一寸六分”, 显然不会是在广州附近测的。从纬度和昼夜长短来看也不会是广州(南海北极出地15度, 昼长54刻, 广州纬度23°左右, 昼长56刻); 第三, 《元史·天文志》1记载: “而又当时四海测验之所凡二十有七, ……南踰朱崖, 北尽铁勒, 是亦古人之所未及为者也”。“南踰朱崖”这句话非常重要, 它指出了当时“南海”测量的大致方位。汉在平南粤之后, 于公元前111年(元鼎6年)置珠崖郡, “珠”一作“朱”。《汉书·地理志》应劭注: “郡在大海中, 崖岸之间出真珠, 故曰珠崖”。珠崖郡的治所在潭都(在今广东琼山东南), 辖境相当海南岛东北部地。其后珠崖虽罢置不常, 治所也有过变化, 而且在唐代以后不复设置, 但“珠崖”仍然作为一个用以指海南岛的古地名使用, 故《元史·天文志》称: “南踰朱崖”。“踰”是超越或越过的意思, “南踰朱崖”就是在海南岛之南。而元朝“四海测验”27个观测站, 仅仅有“南海”这一个站“南踰朱崖”。显然, 远在海南岛之北的现今广州市不可能是当年“南海”观测站的所在地。

我们再来谈作为海域名称的“南海”。早在先秦时代, “南海”一辞即已出现。如《诗经·江汉》: “于疆于理, 至于南海”。这篇诗是讲周宣王时召公平淮夷的事, 从淮夷当时大致分布在淮河中下游的情况来推测, 这一“南海”应是今东海。《左传》僖四年齐侯伐楚, 楚人说: “君处北海, 寡人处南海, 唯是风马牛不相及也, 不虞君之涉吾地也”。春秋时楚国的疆域既不能达今南海, 也不能达今东海, 因此, 这一“南海”不一定指具体海域, 可能是一种假想。《尚书·禹贡》: “导黑水, 至于三危, 入于南海”。这一“南海”, 后代学者解释不一, 难于确定^[4]。《史记·秦始皇本纪》: “上会稽, 祭大禹, 望于南海”。会稽山在今浙江省中部绍兴、嵊县、诸暨、东阳间。这一“南海”则显然指今东海。公元前214年(秦始皇33年), 平定南越, 统一了岭南地区, 秦朝的疆域已达今南海, 遂设置南海郡, 这一“南海”名称才与其方位基本一致。虽然在汉代及其后, 也称南海为“涨海”, 但“南海”一辞指今南海的地理概念逐渐确立下来。元代郭守敬主诗“四海测验”中之“南海”, 既然“南踰朱崖”, 显然是指今南海无疑。但浩浩南海至为广阔, 这一测点究竟在何处? 还需作进一步的探讨。

二

我国南海诸岛,按其地理位置和分布情况,大致可分为四个群岛,即东沙群岛、西沙群岛、中沙群岛和南沙群岛。东沙群岛的纬度为北纬 $20^{\circ}33'$ — $21^{\circ}10'$,南沙群岛的纬度约为北纬 4° — $11^{\circ}55'$ 。《元史·天文志》1“四海测验”条所载“南海”测点北极出地 15° ,与东沙、南沙群岛的纬度相差甚多,因此不可能在这两个群岛上。中沙群岛的纬度为北纬 $15^{\circ}10'$ — $16^{\circ}15'$,与“南海”测点的观测值比较接近,但中沙群岛至今仍潜伏在水中,距海面的平均深度约为70米。根据珊瑚礁有向上增长的特性,距今七百年前,这些暗沙离海面还应更深些,因此,郭守敬不可能在此进行观测。黄岩岛虽地处北纬 $15^{\circ}09'$,并略高出海面,但它的岛礁是晚近时期的产物,经 C^{14} 年龄测定为距今 470 ± 95 年^[5]。由此判断,在距今七百年前,黄岩岛也潜伏在水中,没有高出海平面,此因,郭守敬也不可能在那里测量。西沙群岛的纬度为北纬 $15^{\circ}47'$ — $17^{\circ}08'$,与郭守敬“南海”测点的“北极出地”数值比较接近。从纬度上来看,这是有可能的。关于观测仪器所引起误差等问题,我们准备在后面再讨论。这里先就元代以前对西沙群岛的开发经营等问题来论述在该处进行观测的可能性。

近年西沙群岛出土和发现的文物有力地证明,我国人民从南朝以来就一直在这里居住和产生。1974年在甘泉岛发掘一座唐宋时代居民遗址,挖出许多文物。其中大量的陶瓷器、铁刀、铁凿、铁锅残片以及吃剩的1百多块鸟骨和各种螺蚌壳,更是我国人民在岛上生活、居住的见证。值得注意的是,瓷器大多数是埋藏在地层上层中下部的珊瑚沙、鸟粪和腐烂的胶结体里面,这说明当时这里已经是生长树木并云集鸟类的岛屿,不是海中的沙洲^[6]。北宋《武经总要》前集卷20,广南东路记载:“命王师出戍,置巡海水师营垒在海,东西二口阔二百八十丈,……治舡鱼入海战舰,……从屯门山用东风西南行,七日至九乳螺石”。屯门山在今广东东莞以南。《武经总要》所载之“九乳螺石”,据行程推断,应即今西沙群岛。清初地理学家顾祖禹在《读史方輿纪要》中引用这条资料时作“九乳螺洲”^[7]。清严如煜《洋防辑要》的《广东洋图》中绘有“九乳螺洲”,其位置正与今西沙群岛相当。

综合上述,在元朝以前,西沙群岛既有渔民在那里活动,又有水师去那里巡视海疆,对那里的地理情况如航道、滩险、饮水、锚地等已有相当的认识,元朝在那里进行观测,是具备条件的。因此,元初“四海测验”的“南海”测点应在今西沙群岛上。

三

下面从元朝“四海测验”的测量误差和测量仪器等方面讨论“南海”观测站的测量误差。

第一、“四海测验”的27个测点分为两批:南海、衡岳、岳台、和林、铁勒、北海这6个点加上元朝的京城大都(在今北京市)属第一批。“四海测验”开始时,正是制订授时历的紧张阶段,急需测量一些有关的数据,所以先在第一批的7个点上进行测量^[8]。当时观测值(由北极出地换算成现制)和现代纬度站相差比较大(见表1),除铁勒、北海之外,平均相差 $1^{\circ}23'$ 。第二批20个点是后来测量的,由于有了经验,差值就比较小(见表2)。显然,作为第一批测站之一的“南海”差值在 1° 或者 2° 并不突出。由表可见,差值在 1° 至 2°

多的测点有好几个并不仅是南海一个，而且南海也不是差值最大的一个点。

表 1

地 点	南海	衡岳	岳台	和林	大 都
现 代 纬 度 值	16°左右	27°15′	34°30′	47°05′	39°55′
元 朝 观 测 值	14°47′	24°38′	34°30′	44°21′	40°15′
差 值	1°13′左右	2°37′	0	2°44′	-20′

表 2

地 点	琼州	雷州	吉州	鄂州	西凉州
现 代 纬 度 值	20°	20°54′	27°06′	30°30′	37°56′
元 朝 观 测 值	19°28′	20°27′	26°07′	31°03′	39°30′
差 值	32′	27′	59′	-33′	-1°34′

第二。就第一批测点而言，南海是一个野外观测站，而大都却是一个固定的天文台，所用仪器不同，其它条件也不尽相同。

元朝以前，我国已有不少天文测量仪器，测时测纬的就有表高八尺的圭表、漏壶、复矩等等。据《元史·郭守敬传》记载，郭守敬为了修改历法，搞好测量，还创制了简仪、高表、候极仪、浑天象、玲珑仪、仰仪、立运仪、证理仪、景符、闾儿、日月食仪、星晷定时仪等十多种仪器；“又作正方案。丸表、悬正仪、座正仪，为四方行测者所用。又作仰规覆矩图、异方浑盖图、日出入永短图，与以上诸仪互相参考”〔9〕。可见，有的仪器用在固定的天文台上作定点长期观测，譬如大都司天台（又称灵台，始建于1279年春，是当时世界上最大的天文台之一，其址在今北京市建国门）上就安置简仪、高表、漏壶等多种仪器；而有的仪器则主要被“四方行测者所用”，即进行流动的野外观测，如正方案、表高八尺的圭表等，在第一批测量的南海、衡岳等地可能都用了。表3列出了第一批测站几个点上由

表 3

地 点	南海	衡岳	岳台	和林	大 都
现 代 纬 度 值	16°左右	27°15′	34°30′	47°05′	39°55′
由北极出地推算值 (偏差)	14°47′ (1°13′左右)	24°38′ (2°37′)	34°36′ (0′)	44°21′ (2°44′)	40°15′ (-20′)
由夏至景长推算值 (偏差)	15°02′ (58′左右)	23°49′ (3°26′)	34°18′ (12′)	45°52′ (1°13′)	40°44′ (-49′)
由夏至昼长推算值 (偏差)	14°41′ (1°19′左右)	21°59′ (5°16′)	34°12′ (18′)	43°29′ (3°45′)	39°07′ (48′)

元朝测的北极出地高、夏至晷景长和夏至昼夜长度所推算的纬度值与现代纬度值的偏差¹⁾：由表中可以看到，岳台（在今河南开封市）的三项偏差都是最小，唐朝李淳风、南宫说都在岳台测量过，宋朝也在此进行过测量，而且北宋司天监也设在此地^{〔10〕}，岳台是一个著名的测量之所，有十分良好的历史测量数据，因此元朝在这个基础上测得最好（与元朝其它点比较），是比较自然的。除岳台之外，大都天文台三项偏差比南海、衡岳、和林三项偏差都小，其原因可能有两个方面：一、大都是固定点，南海等是野外测站；二、大都所用的仪器比南海等测站上用的仪器精密。

简仪用在大都司天台测量“北极出地”，当时测得“北极出地四十度太强”²⁾，即四十又六分之五度，折合北纬 $40^{\circ}15'$ ，与现在北京纬度仅差 $20'$ 。简仪由浑仪简化改进而来，它有两套圆环，一套测量赤道座标，另一套测量地平座标（这套又称立运仪），立运仪放置在简仪的北极云架柱下，它由立运环（上刻地平高度）、阴纬环（上刻方位）和一根观星用的窥衡组成，立运环中心是窥衡的转动轴，“中为置距，当心为窺，以施窥衡，令可俯仰，以窺日月星辰出地度分”^{〔11〕}。这样使用立运仪可测出某一天体的地平高度，如测当时的北极星（天枢）就可得“北极出地”度数。现存明朝制造的简仪，其立运环刻度并不很细，最小分划为十分之一度，元朝的刻度恐怕不会更细，由此带来的读数误差可达几分，再有别的影响，简仪在大都测纬偏差 $20'$ 并不算大。

在南海等点上用野外测量仪器测北极出地，我们以正方案为例子探讨一下：正方案比简仪小的多，它上面既要刻上供定向用的十九道同心圆，又要刻上测纬用的刻度，在开始创制的正方案上，最小的刻度难以比立运环刻的更精细，另外用它测纬必须在夏至、冬至日中午准时进行，如时刻、日期有差，也会带来误差，再考虑到三根针正好对准太阳并不易精确，用正方案测纬在初期阶段的偏差很可能会比简仪测纬大，因此，南海站的偏差大于 $20'$ 并不奇怪（南海北极出地偏差 $1^{\circ}13'$ 左右）。

在大都用高表测得夏至晷景长一丈二尺三寸六分，换算为纬度是 $40^{\circ}44'$ ，与现在北京纬度相差 $49'$ 。元以前圭表一般表高8尺，郭守敬创制的高表，表高（40尺）增至5倍，测量日影长度的相对误差减至五分之一，提高了测量精度。另外郭守敬还创制景符，在圭面上投影的太阳圆面象中央有高表顶的横梁，这样元以前“旧法以表端测晷，所得者日体上边之景，今以横梁取之，实得中景”^{〔12〕}，可以精确测量太阳圆面中心位置，这在圭表测晷史上是第一次。由于这两个措施，使测量精度有所提高。南海等几个点上仍用八尺圭表测景，测量的偏差比大都大一些，（南海夏至景长偏差 $58'$ ）是可以理解的。

在大都、南海测时推测大都用漏壶等仪器，漏壶计时误差一昼夜差一刻左右并不少见，如果用公式计算由昼长推算纬度，那么在纬度 15° 的地区，计时误差只要有0.26刻，即可使推算的纬度产生 1° 的误差，南海昼长推算值的偏差为 $1^{\circ}19'$ 左右，比大都偏差大，亦可由此得到解释。

综上所述，从仪器等方面看，南海偏差在 1° 、 2° 或多一些是可能的。

1) 由夏至景长如何推算纬度，请参阅《天文学报》18卷1期厉国青等《元朝的纬度测量》一文。

2) 中国古代计量角度时，在度后面连写的少、半、太分别表示四分之一、四分之二、四分之三度，在少、半、太后面连写强（弱）则表示在此数值上再加（减）十二分之一度。

第三、第一批测站的和林、衡岳、岳台和南海，现代纬度值都是比元朝观测值大（岳台相等），没有一个野外测站出现相反的情况，而第二批测的低纬度地区，也是现代纬度值比元朝观测值大（在纬度小于 30° 的吉州、雷州、琼州点上，大 0.5° 到 1° 左右）。可见，在先后两批测量中，在低纬度区域的全部5个测站上存在某种系统差（原因可能是那里北极星地平高度低、环境的影响、测量人员和仪器带来的问题），使元朝测的纬度小于实际的纬度。因此，南海的站址应该在比元朝观测值($14^{\circ}47'$)大的地方（即北边的地方），而西沙群岛正是在这一方位上。

综上所述，“南海”观测站应在今天的西沙群岛。元朝政府把“南海”观测站列入首批测量的观测站，并且直接向四海测验的主持者郭守敬安排、布置了测量“南海”的任务，这些说明当时的中国政府对“南海”的重视。这是中国政府对南海诸岛行使主权的又一历史事实，是南海诸岛自古以来就是中国神圣领土的又一明证。

参 考 文 献

- [1]《元史·郭守敬传》。
- [2]《史记·秦始皇本纪》、《汉书·西南夷两粤朝鲜传》。
- [3]《嘉庆大清一统志》卷441，广州府1。
- [4]侯仁之主编：《中国古代地理名著选读》第1辑，科学出版社，1959年，第37—38页。
- [5]黄金森：《南海黄岩岛的一些地质特征》载《海洋学报》2卷2期，1980年6月。
- [6]广东博物馆：《西沙文物》，文物出版社，1975年第5页。《广东省西沙群岛第二次文物调查简报》，《文物》，1976年第9期。
- [7]《读史方輿纪要》卷100《广东·海》。
- [8]《元文类》卷50，齐履谦：《知太史院事郭公行状》。
- [9]《元史·郭守敬传》。
- [10]潘鼎、向英：《郭守敬》，上海人民出版社，1980年第84页。
- [11]《元史·天文志》。
- [12]《元史·历志》。

A TEXTURAL RESEARCH ON GUO SHOU-JING'S SURVEYING AT THE SOUTH CHINA SEA

Li Guo qing

(*Tianjin Latitude Station, Beijing Observatory, Academia Sinica*)

Niou Zhong-xun

(*Institute of Geography, Academia Sinica*)

Abstract

Guo Shou-jing, the famous scientist in the Yuan Dynasty, took charge of a large-scale latitude surveying in 1279 A.D. which is well-known as Si Hai Ce Yan (Surveying at four-sea areas) in the history of Chinese geodetic astronomical surveying. 27 observation stations were established at that time over a vast range of 11,000 *Li* long from north to south and 3,000 *Li* wide from east to west. Nanhai (the South China Sea) station played a very important role in surveying since it was the southernmost among 27 stations and held by Guo himself. This article discusses the problem of latitude surveying at Nanhai Sea from the aspects of historical geography and geodetic astronomical surveying. It consists of three parts. In the first part, the author expounded from the view of the geographical concept of the ancient name Nanhai that the surveying was carried out at the sea of Nanhai instead of in Guang Zhou which was also called Nanhai in the past. Secondly, the observation station at Nanhai was situated on the Xi Sha islands. Then the possibility of surveying there was further proved by the facts that the Chinese people exploited and managed the Xi Sha Islands before the Yuan Dynasty. Thirdly, it discussed the instruments which were used in astronomical surveying by Guo and the reason of the difference of latitude values obtained at present and at that time on Nanhai. In the end, the author pointed out the historical fact that the Yuan government sent Guo himself to survey the latitude on the Xi Sha Islands is an undisputed evidence which shows that the islands in the south China Sea are the sacred territory of China since ancient times.