

陶寺 IIM22 漆杆与圭表测影

黎耕 孙小淳

(中国科学院 自然科学史研究所,北京 100190)

摘要 通过计算分析,推测《周髀算经》中的冬夏至影长可能是陶寺文化时期在山西襄汾陶寺遗址观测得到的。2002年,在陶寺遗址中期城址的王墓 IIM22 中出土一根漆杆,经过对该漆杆进行复原,并进行计算与模拟观测,得出漆杆上的粉色环带所对应的日期与陶寺观象台日出狭缝所对应的日期基本一致。根据计算推测出残损的漆杆全长应为 173 厘米左右,通过翻杆进行测量,是当时测影所用的圭尺。

关键词 陶寺 圭表测影 IIM22 漆杆 《周髀算经》

中图分类号 N092:P1-092

文献标识码 A **文章编号** 1673-1441(2010)04-0363-10

1 问题的提出

中国古代测量日影的传统非常悠久,据《山海经·大荒北经》记载:“夸父不量力,欲追日景,逮之于禺谷”,可见夸父追逐的并非太阳,而是日影^[1]。在殷墟甲骨文中,也有关于“立中”的说法,估计与影长测量有关^[2]。可以想象,在史前的农业文明中,古人依靠测量日影来定方向、定时刻、定节气和定地域,对于生产生活而言都是十分基本的^[3]。通过测量冬至和夏至的日影,可以确定回归年的长度,这对于天文学的起源和发展是非常重要的。

在目前已知的文献中,最早的影长记录见于《周礼》与《周髀算经》之中。《周礼》与《周髀》传为周公所做,其成书年代虽无定论,不过主流观点认为大体在西汉前后。自汉代以降,在正史天文或律历志中记载影长数值就越来越普遍^[4]。表 1 中列出唐代以前对冬夏至影长的记录。另外,我们可以通过现代天文学方法来计算在某个特定时间及地理纬度可观测到的理论冬夏至影长。由于对冬夏至的影长测量在中国古代具有重要的政治文化意义,即在“地中”观测到的冬夏至影长,被认为是编制历法及列土封疆的基本依据

收稿日期: 2010-09-13

作者简介: 黎耕,1981年生,北京人,中国科学院自然科学史研究所博士研究生;孙小淳,1964年生,江苏溧阳人,博士,中国科学院自然科学史研究所研究员。

基金项目: 国家自然科学基金(项目编号:10873039),中国科学院知识创新工程重要方向性项目(项目编号:KJCX2-YW-T15),美国 John Templeton Foundation(项目编号:Grant No. 14895)。

之一。因此作为对比,我们在表 1 中同时计算并列举了文献编纂之时都邑的冬夏至影长理论数值。

表 1 部分文献所载冬夏至影长数值

(单位:寸)

文献记录			理论推算值			
文献名称	冬至影长	夏至影长	冬至影长	夏至影长	年代	观测地
《周礼》	130.0 ^①	15.0	129.0	15.2	西汉	登封
《周髀算经》	135.0	16.0				
《淮南子·天文训》	130.0	15.0				
《易纬·通卦验》	130.0	14.8				
《后汉四分历》	130.0	15.0	128.8	15.3	东汉	登封
《景初历》	130.0	15.0	126.6	14.6	三国	许昌
《元嘉历》	130.0	15.0	117.0	11.8	南北朝	建康
《大明历》	130.0	15.0	117.0	11.8	南北朝	建康
《麟德历》	127.5	14.9	127.4	15.1	唐代	西安
《大衍历》	127.1	14.7	127.4	14.7	唐代	西安

在表 1 中,有以下几点值得注意。首先是《周髀算经》中所记载的影长数值,与其他所有影长数值相比,都与汉代的时间及观测纬度有较大出入。其次是从《后汉四分历》以来,几百年间之间所记载的历法,冬夏至影长数值都无变化,且与都邑的理论影长相去甚远,很明显这是历法编纂者在刻意遵循古制,以表明自己的正统地位。而自唐代以后,可见冬夏至影长的变化与实际观测相关,其精度相比前朝也有了很大进步。

关于《周髀算经》中的冬夏至影长来源,高平子^[5]、钱宝琮^[6],以及薄树人^[7]都曾在各自的文章谈到过。高平子在其《圭表测景论》^[5]一文中,推算得到观测地纬度为 35 度 37 分 4 秒,黄赤交角为 24 度 2 分 8 秒,观测时间大约距今 4400 年,并给出结论认为:周髀所记之晷影至为疏远,恐出于理想,非由实测。《周髀》中其他类此者尚多,或有更疏远者。而钱宝琮推算的结果是,观测地纬度约在 35 度 20 分 42 秒,黄赤交角大略为 24 度 1 分 54 秒^[6]。因此,钱先生认为:本地纬度由此二法推算,相差 2 度 29 分,不能认为是偶然误差所致。两个纬度都相当高,远在周都洛阳之北。而《周礼》中数据推得观测地纬度 34 度 27 分,与洛阳纬度相差很少。故《周髀》所载这 3 个记录不能为实际测量的真实记录。

因此,《周髀算经》中的冬夏至影长究竟是从何而来,就成了一个悬疑的问题。既然圭表测影的历史非常悠久,《周髀算经》中的影长数值很可能来源于更古老的时期。

① 《周礼》本文中只有夏至之影尺有五寸的记载,而并无关于表高及冬至日影的记载。表高八尺,冬至影长一丈三尺,均是郑玄引郑众的注文提到的。而贾公彦疏中言:“夏至之景尺有五寸,冬至之景丈三尺”者,皆通卦验文。”

2 陶寺时期的太阳观测

2.1 陶寺观象台的地平历系统

2003 年,中国社会科学院考古研究所山西队在山西襄汾陶寺遗址中期小城内,发现大型建筑基址 II FJT1。基址由夯土台基和生土台芯组成,台基直径约 40 米,总面积约 1001 平方米,第三层台基生土芯直径约 28 米,面积约 323 米。发掘揭露第三层台基夯土挡土墙内侧有 11 个夯土柱和 10 道缝,为人工挖造而成。^[8]

2005 年,由考古界、科学史界以及天文界的专家共同论证,初步猜测该半圆形基址可能具有天文学功能,其中最大的可能性为观测不同节气日出方位的地平历系统^[9]。自 2003 年 12 月至 2005 年 12 月,考古所山西队搭设简易铁架进行了两年的实地模拟观测^[10],总计 72 次,在缝内看到日出 20 次。由计算和实地观测都表明,在冬至、夏至和春秋分,陶寺观象台都有狭缝对应相应的日出方位,不过陶寺观象台的其它狭缝并非与我们现在所使用的二十四节气系统一一对应。对此,何弩^[10]和刘次沅^[11]都给出了相应的解释。

2009 年,由孙小淳主持的“陶寺史前天文台的考古天文学研究”课题在 IIFJT1 基址上,根据遗址的残留进行了复原,并于 2009 年 3 月春分、6 月夏至分别进行了模拟观测^[12]。春分依据黄赤交角进行日期改正之后,观测取得了成功。夏至由于无法通过日期进行校正,无法观测到太阳从狭缝中升起,不过也在计算结果的范围内。由此可以推断,陶寺时期很可能已经具备了完善的通过观测日出方位定季节的“地平历”系统。

2.2 《周髀算经》中的冬夏至影长与陶寺相符

根据考古发掘,山西襄汾陶寺城址分为早期小城(面积 56 万平方米)和中期大城(面积 280 万平方米)。早期小城年代为公元前 2300—前 2100 年,中期大城年代为公元前 2100—前 2000 年。陶寺遗址具备发达的物质文化和精神文明特征,而且凸显出都城特征和国家社会性质,又因“尧都平阳”的文献记载,被多数学者视为尧舜之都。

对于一种农业文明而言,依常理推断,具有类似于陶寺观象台这样的专门性观象授时功能的建筑,也应该意味着农业文明已经发展到有明确分工的程度。另外,由于在中国古代观象授时是君权的象征,因此天文方面的发现也暗示着陶寺时期已经具有国家的形态,且陶寺是一个国家的都邑。

由《周髀算经》中所记载的,冬至影长一丈三尺五寸,夏至影长一尺六寸,经改正蒙气差,计算观测地纬度大约为 35 度 37 分 4 秒,通过黄赤交角算得观测时间距今约 4400 年。使用 GPS 在陶寺观象台测量,测得观象台纬度为 35 度 52 分 55 秒;考古学家测定陶寺遗址距今 4000—4300 年。考虑到影长的测量误差,这两组数据之间已经相当接近(表 2)。因此可以推断,很可能《周髀算经》中的冬夏至影长为尧帝时期于山西襄汾陶寺所测。在随后的文明发展过程中,该数值被传承下来,但至春秋战国时期,数据来源已经不甚明确,因此被托为周公所做。

表 2 《周髀算经》冬夏至影长与陶寺遗址实测值比较

项目	观测地纬度	距今年代
《周髀算经》影长计算值	35°37'04"	4400 年
西汉洛阳理论值	34°39'41"	2200 年
陶寺遗址实地测量值	35°52'55"	4000—4300 年

2.3 陶寺中期王墓中发现的 IIM22:43 漆杆

巧合的是,通过与考古学家何弩的沟通,我们得知考古队于 2002 年在发掘一座王墓的时候,发现过一根不明用途的漆杆。这座王级大墓 IIM22 位于陶寺中期王族墓地中,墓圻为圆角长方形,开口长 5 米,宽 3.65 米,底长 5.2 米,宽 3.7 米,基底距地表深 8.4 米,墓口距地表深约 1.4 米,墓深约 7 米。在 IIM22 大墓中,共发现船形棺一座,还有残余绿松石嵌片、玉钺碎块、木柄、货贝等 46 件随葬品。

该漆杆 IIM22:43 下葬时树立在墓室的东南角,紧靠东南角壁龛口的西侧。漆杆发掘开始时曾被损坏部分,但损毁部分不超过 10 厘米。现保留下来的漆杆全长 171.8 厘米,下端保存完好,上端略有残损。漆杆为黑色、石绿和粉红三色环状,从漆皮剥落处可以看到木制纤维以及细线横向捆扎凹痕。在发掘过程中注意到顶部断面被挤压成蝴蝶状,因此估计漆杆原系木制空心管状杆体,是圆是方已无从判断^[13]。

根据何弩提供的材料,拍摄漆杆的拼接图片如图 1,并使用数字技术将漆杆的示意图复原如图 2,将其各段长度标示如表 3。

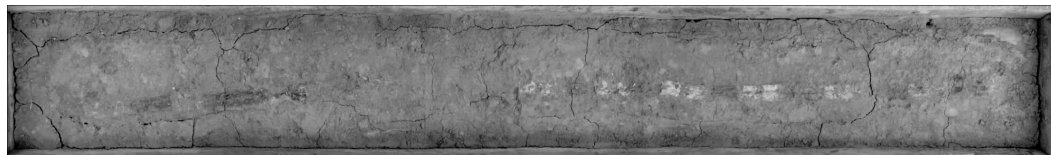


图 1 山西襄汾陶寺遗址 IIM22:43 漆杆拼接图

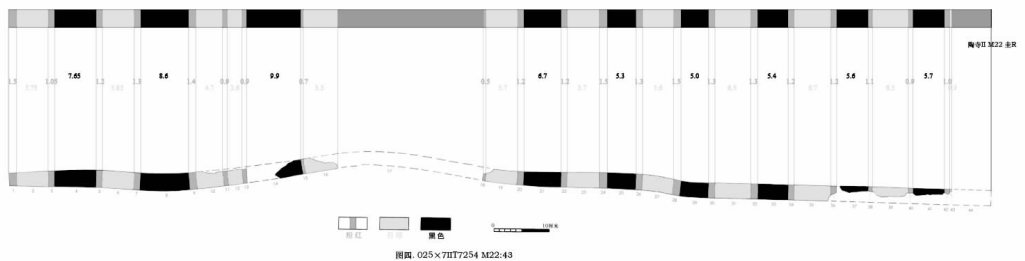


图 2 山西襄汾陶寺遗址 IIM22:43 漆杆示意图

表 3 陶寺遗址 IIM22:43 漆杆各段数据表

色段编号	长度(cm)	宽度(cm)	起算长度(cm)	颜色	备注
1	1.5	2.18	1.5	粉红	
2	5.75	2.6	7.25	石绿	

续表 3

色段编号	长度(cm)	宽度(cm)	起算长度(cm)	颜色	备注
3	1.05	2.5	8.3	粉红	
4	7.65	3.3		黑色	
5	1.2	3.3	17.15	粉红	
6	5.85	3.2	23	石绿	
7	1.3	3.2	24.3	粉红	
8	8.6	3		黑色	
9	1.4	3.05	34.3	粉红	
10	4.7	3.32	39	石绿	横残
11	0.9	2.55	39.9	粉红	横残
12	2.6	3.4	42.5	石绿	横残
13	0.9	2.85	43.4	粉红	横残
14	9.9				纵残
15	0.7		54	粉红	
16	5.5	2.35	59.5	石绿	纵残
17	26.4		85.9		残缺
18	0.5	1.5	86.4	粉红	横残
19	5.7	2.5	92.1	石绿	
20	1.2	2.5	93.3	粉红	
21	6.7	2.25			
22	1.2	2.6	101.2	粉红	
23	5.7	2.6	106.9	石绿	
24	1.5	2.65	108.4	粉红	
25	5.3	2.75			
26	1.3	2.75	115	粉红	
27	5.6	2.75	120.6	石绿	
28	1.5	2.75	122.1	粉红	
29	5	2.6			
30	1.3	2.6	128.4	粉红	
31	6.5	3.1	134.9	石绿	
32	1.3	2.9	136.2	粉红	
33	5.4	2.7			
34	1.2	2.7	142.8	粉红	
35	6.7	2.63	149.5	石绿	
36	1.2	1.2	150.7	粉红	横残
37	5.6	2			横残

续表 3

色段编号	长度(cm)	宽度(cm)	起算长度(cm)	颜色	备注
38	1.1	2	157.4	粉红	横残
39	6.5	1.9	163.9	石绿	横残
40	0.9	0.75	164.8	粉红	横残
41	5.7	1.1			横残
42	1	1.2	171.5	粉红	横残
43	0.3	0.3	171.8	石绿	横纵均残
44	6.2		178		残缺

3 对 IIM22:43 漆杆的计算分析

根据 IIM22:43 漆杆的长度、工艺以及粗细来推断,该漆杆很可能具有圭表测影的用途(封二左图)。何弩已撰文对此猜测进行了初步的说明^[13],不过仍有问题没有完全解决。第一,古代测影通常为立八尺之表,再度量影长。根据何弩的研究^[13],陶寺时期一尺约相当于现在的 25 厘米,故八尺之表高相当于现在的 2 米。如果以此标准来计算,一年内最长影长为冬至,长约 344.4 厘米;而最短影长为夏至,长约 40 厘米。漆杆残长 171.8 厘米,据何弩的发掘报告估计,全长不会超过 180 厘米。因此,漆杆必须要进行翻杆测量,才可以实现圭尺的功能。第二,漆杆上的标记刻度究竟代表哪些日期,这些日期在天文上又有什么特殊意义?

3.1 漆杆上的刻度系统

由前文的图表和封二的左图可知,漆杆上分布着长度不均等的黑色、石绿色和粉红色色带,大体是按照“粉红色—黑色—粉红色—石绿色—粉红色……”的顺序排列,且黑色和石绿色环的长度较大,粉红色环的长度较小,均为 1 厘米左右。因此可以推断粉红色环可能是作为刻度来使用的。

在圭表测影的过程中,表的影子投射到圭尺上,所呈现出的通常是一条具有一定宽度的像,因此其刻度不是一条窄线,而是宽约 1 厘米的环带是可以理解的。根据漆杆的残存数据,我们复原了漆杆,并于 2009 年 6 月 21 日夏至于陶寺遗址进行了实地模拟测量。使用黄赤交角进行改正之后,日中影长于下午 12 点半恰好达到 11 号色环改正后的位置。

在模拟观测过程中,我们发现实际投影到圭尺上的影长边缘十分模糊,而且受云和风的影响非常强烈。这让我们想到在 IIM22 墓葬中随漆杆同时出土的几件玉器,其中一件约长 10 厘米,宽 5 厘米的片状物,上开有直径 1 厘米左右的小孔。经实际测验发现可以起到景符的作用,用于在阳光不十分理想,或者影长较长的时候通过小孔成像原理精确测定影长的位置。玉景符上开孔直径正好吻合漆杆粉红色环带约 1 厘米的宽度,表明粉红色环带的宽度可能与景符的使用有关。

3.2 漆杆作为圭尺的使用方法

根据前文的分析,如果 IIM22 漆杆是测量日影所用的圭尺,则有两个问题需要解

释。首先是圭尺的长度,目前残长 171.8 厘米,残损部分的长度未知,这个长度比陶寺冬至的日影要短不少。其次是粉色的环带可以作为刻度,不过这些日期对应的并不是现在所用的二十四节气系统。

在中国古代的日影测量中,使用翻杆测量的方法并不罕见。例如《周礼·地官·大司徒》中郑玄注:“土圭之长尺有五寸,以夏至之日立八尺之表,其景适与土圭等”,即是一例。在考古发现中,也可见到方便携带的短圭尺。在清刊本《钦定书经图说》中可见反映古代日影测量的插图《夏至致日图》(图 3),其圭尺亦短于冬至影长。

通过计算,我们发现以何弩研究的 25 厘米为一陶寺尺计算,在陶寺时期立八尺之表,一年内最长的冬至影长约为 344.4 厘米,其一半约合 172.2 厘米。而漆杆残长 171.8 厘米。因此可以推断,漆杆的原长很可能就在 173 厘米左右。而经过一次翻杆后,圭尺的全长正好相当于陶寺冬至的影长。

另外,由于考古学家在发现 IIM22 漆杆的时候,其已经被土长期掩埋,因此漆杆的形状至今是个谜。从表面仔细观察,何弩认为漆杆可能是由两片弧形木头对起来,并用绳子捆扎的。我们猜测,这两片木头或许有可能是独立的,在需要进行翻杆测量的时候,解开绳子,即可将两面铺平放在地上,形成一个最长可达冬至影长的完整圭尺。

3.3 重要日期的对应与计算

在天文上,黄赤交角的长周期变化会使得四千多年前陶寺时期的正午日影,和今天产生较大的差别。我们采用国际天文联合会(IAU)于 2005 年颁布的天文常数参考系进行黄赤交角的计算^[14],具体计算公式为:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - 46.836769T - 0.0001831T^2 + 0.002003407^3 - 0.000000576T^4 - 0.00000004347^5$$

其中 $\varepsilon_0 = 84381.406 \text{ arcsec}$ 。算得陶寺时期的黄赤交角大约为 $23^\circ 58' 12''$ 。由此可以算出陶寺时期每日的太阳高度角,以及影长数值。

自 2003 年陶寺观象台遗址发现以来,很多学者都曾对此进行过研究,并猜测这可能是当时一个关注日出定节气的系统。何弩和武家璧曾进行了模拟观测^[10],刘次沅也曾撰文对其中对应的日期进行了天文学分析,并改正了黄赤交角的影响^[11]。由他们的结论可以看出,陶寺观象台的狭缝所对应的日期,同样不是今天我们所采用的二十四节气系统。不过这些对应日期在天文学以及当时社会中的意义尚不明确。既然 IIM22 漆杆同样是在陶寺时期发现的圭表系统,就很有可能漆杆上影长刻度所对应的日期,于陶寺观象台日出狭缝所对应的日期有某种关联性。因此我们根据刘次沅的工作^[11],将其中对应日期在陶寺时期的正午影长计算出来,并于漆杆上的粉色环带进行比对,结果见表 3。

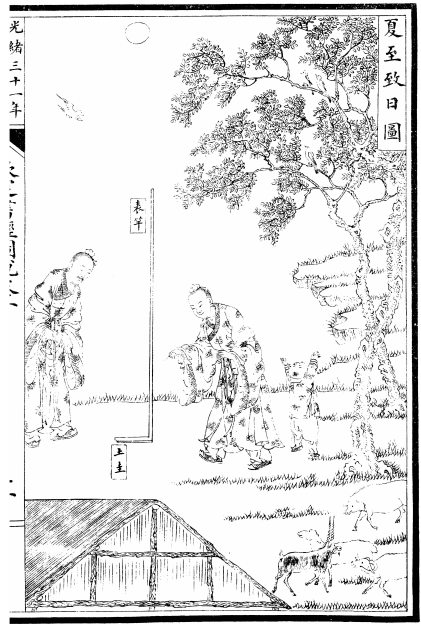


图 3 《钦定书经图说》中的日影测量图

表 3 陶寺天文台狭缝与漆杆日期对照表

陶寺观象台计算日期	日出对应狭缝	陶寺时期影长 (cm)	漆杆粉带位置 (cm)	误差 (cm)	误差 (日)
1 月 25 日	E3	290.03	292.35	-2.32	<1
2 月 12 日	E4	238.91	238.35	0.56	0
3 月 1 日	E5	192.15	189.15	3.00	1
3 月 9 日	E6	172.05	171.00	1.04	<1
3 月 20 日	E7	146.78	142.20	4.58	<3
3 月 30 日	E8	126.24	127.75	-1.51	<1
4 月 11 日	E9	104.55	107.65	-3.11	<2
4 月 29 日	E10	77.90	漆杆残损		
5 月 21 日	E11	54.94	53.65	1.29	<2
6 月 25 日	E12	42.39	42.39		
7 月 30 日	E11	60.46	漆杆残损		
8 月 20 日	E10	84.78	86.15	-1.37	1
9 月 6 日	E9	111.25	114.35	-3.10	2
9 月 18 日	E8	133.61	135.55	-1.94	1
9 月 27 日	E7	152.47	150.10	2.36	<1
10 月 7 日	E6	175.55	174.50	1.05	<1
10 月 15 日	E5	195.59	195.90	-0.31	0
10 月 31 日	E4	239.24	238.35	0.88	<1
11 月 18 日	E3	289.82	292.35	-2.53	<1
12 月 21 日	E2	344.42	345.25	-0.83	0

由表 3 可以看出,陶寺观象台日出狭缝所对应的日期,基本在漆杆上都能找到对应。由于漆杆的粉色环带宽约 1 厘米,因此这也成为观测时难以消除的系统误差。从理论值与测量值的长度差来分析,误差有大有小。不过由于正午影长在一年之中的变化不是均匀的,如果某日天气不好,无法进行观测,就可能出现或大或小的误差。因此我们又计算了这些日期前后几日的日期,然后使用“日”来作为误差的单位。可见其最大误差不超过 3 日,大部分在 1 日以内。因此我们认为这些对应符合得还是比较好的。

在漆杆发现时,其中段有 26.4 厘米的残损。从天文数据上来推算,在这个残损的部位至少对应着两个重要日期,分别位于 60.46 厘米和 77.90 厘米的位置。如果由粉色、绿色和黑色环带的平均宽度来推算,在这段残损中也应该有三条粉色环带,其中两条与这两个位置接近。因此我们猜测在残损段的这两个位置,应该是两条粉色环带。

在漆杆 39.45 厘米的位置处,有一条粉色环带(封二左图)。这条环带与其它任何一条都不同的是,它两侧都是绿色环带,而非黑绿相间。如果《周髀算经》中的夏至影长一尺六寸,以陶寺尺更换为公制单位的话,夏至影长应正好位于 40 厘米左右处。因此我们推断这个影长应为夏至影长的标志。而冬至影长,即为翻杆之后位于漆杆头上的第一个粉色环带所表示的位置,即冬至影长相当于漆杆长度的两倍。

封二左图给出了漆杆的具体用法,及其与陶寺观象台日出狭缝所代表重要日期的对应。

3.4 余 论

为了验证这个结论,我们根据漆杆的数据制作了复原的圭表系统,并于 2009 年 6 月 21 日夏至正午在陶寺遗址进行了模拟观测(图 4)。观测结果显示,正午时影长与我们猜测的夏至位置相差 2 厘米左右,正好符合黄赤交角的变化。



图 4 在陶寺古天文台遗址使用复原的漆杆做模拟观测

另外,在复原圭表时我们使用了扁平的木料制作八尺之表,经实际测验发现在上古时代手持圭表测量,不如使用圆柱型木料。其一是随着太阳方位角的变化,圆柱型表的影子不会发生误差,而扁平表则必须不断移动校正;其二是风对于扁平表的影响远大于对圆柱型表的影响。在陶寺早期曾经出土过一根长两米多的圆柱形木棍,这很可能是一根八尺表。这些尚待进一步的研究。

4 结 论

通过对《周髀算经》等文献中数据的分析计算,以及陶寺观象台的考古研究,可以得到以下结论:

第一,《周髀算经》中所记载的冬至影长一丈三尺五寸,夏至影长一尺六寸,并非秦汉所测,却很可能是尧帝时期于陶寺测量所得数值,被后人托为周公所测;

第二,山西襄汾陶寺中期王墓 IIM22 中出土的漆杆,很有可能为具有圭尺功能的王者礼器,这预示着在 4300 年前的陶寺时期,使用圭表测影已经是集天文观象授时功能与惟王建制的君权礼制于一身的活动;

第三,IIM22:43 漆杆上的粉红色环带作为影长,所反应的日期与陶寺古天文台上的狭缝观测日出方位所反应的日期大致对应,可以作为陶寺 II FJT1 大型建筑基址是迄今发现的最古老的天文台的有力证据。通过天文计算,我们复原了漆杆残损部分(封二左图),认为其全长应在 173 厘米左右,并且中端残损部分至少有两个粉色环带,分别位于 60.46 厘米和 77.90 厘米的位置。

致谢 本文是在与中国社会科学院考古研究所何弩研究员的讨论中共同完成的。在研究过程中,中国科学院自然科学史研究所徐凤先研究员、国家天文台赵永恒研究员、李勇研究员、吴蕴豪博士、武家璧博士也给予了帮助,特此致谢。

参 考 文 献

- 1 郑文光. 中国天文学源流[M]. 北京:科学出版社,1979. 38.
- 2 冯时. 中国古代的天文与人文[M]. 北京:中国社会科学出版社,2006. 9.
- 3 中国天文学史整理研究小组. 中国天文学史[M]. 北京:科学出版社,1981. 174.
- 4 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, **30**(1).
- 5 高平子. 圭表测景论[A]. 高平子天文学论著选[C]. 台北:“中央研究院”数学研究所,1987. 209—222.
- 6 钱宝琮. 周髀算经考[A]. 李俨钱宝琮文集[C]. 第9卷. 沈阳:辽宁教育出版社,1998. 89—90.
- 7 薄树人. 再谈《周髀算经》中的盖天说——纪念钱宝琮先生逝世十五周年[J]. 自然科学史研究,1989, **8**(4): 297—305.
- 8 中国社会科学院考古研究所山西队,等. 2004~2005年山西襄汾陶寺遗址发掘新进展[A]. 襄汾陶寺遗址研究[C]. 北京:科学出版社,2007. 188—191.
- 9 武家璧,陈美东,刘次沅. 陶寺观象台遗址的天文功能与年代[J]. 中国科学, 2008, **38**(9):1265—1272.
- 10 中国社会科学院考古研究所山西队,等. 陶寺中期小城大型建筑基址 II FJT1 实地模拟观测报告[A]. 襄汾陶寺遗址研究[C]. 北京:科学出版社,2007. 192—203.
- 11 刘次沅. 陶寺观象台遗址的天文学分析[J]. 天文学报, 2009, **50**(1):107—116.
- 12 徐凤先. 陶寺史前天文台的考古天文学研究”项目组春分观测纪行[J]. 中国科技史杂志, 2009, **30**(2): 265—268.
- 13 何弩. 山西襄汾陶寺城址中期王级大墓 IIM22 出土漆杆“圭尺”功能试探. 自然科学史研究, 2009, **28**(3): 261—276.
- 14 Kaplan G H. The IAU Resolutions on Astronomical Reference Systems[J]. *Time Scales, and Earth Rotation Models*, 2005 Oct. 20.

The Painted Stick of Taosi IIM22 and Gnomon Measurement

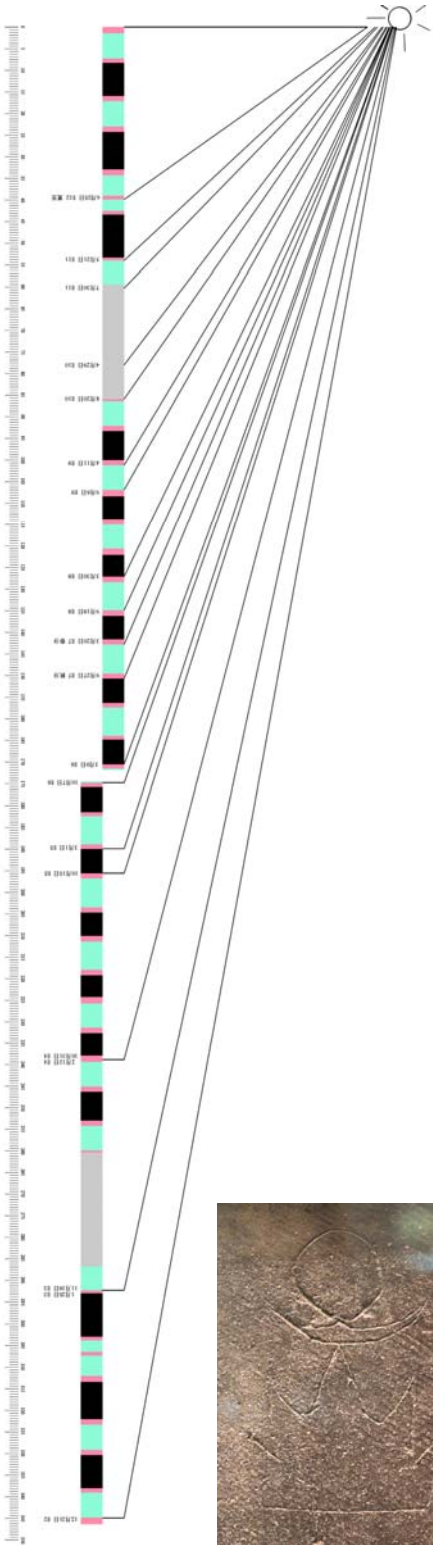
LI Geng, SUN Xiaochun

(Institute for the History of Natural Science, CAS, Beijing 100190, China)

Abstract Computational analysis shows that the gnomon shadow lengths for winter and summer solstices recorded in the *Zhoubi Suanjing* might have originally been measured at the prehistoric (ca. 4300 BP) astronomical site of Taosi in Linfen, Shanxi. In 2002, a painted stick with calibrated scales was excavated from a Taosi culture royal tomb (no. IIM22). The painted stick has been restored. Computational analysis and simulation measurements produce a series of year-dates corresponding to the red-belted marks on the stick. These dates fit well with the year-dates obtained from the “horizontal calendar” of the observatory at the Taosi site. According to our analysis, the painted stick should be about 173 cm long. By opening the two halves of the stick, the length of the stick is doubled. The expanded stick serves as the template of the gnomon of 8 *chi* (200 cm) long.

Key words Taosi, Gnomon shadow measurement, Painted stick of tomb IIM22, *Zhoubi Suanjing*

中国考古天文学调查（2009年8月）



左：陶寺 IIM22:43 漆杆圭尺用法研究图

右一：2009年夏至项目组人员在陶寺遗址进行正午日影模拟观测时合影

右二：孙小淳、何弩、徐风先、高江涛在辽宁建平牛河梁2号遗址测量数据

右三：内蒙古赤峰城子山遗址的石刻标记与朝鲜高丽时期墓顶壁画星象图案比较

下中：山东莒县凌阳河遗址出土的陶尊上有关天文观测的标志



（本版照片由中国科学院自然科学史研究所黎耕提供）