

陶寺观象台遗址的天文学分析*

刘次沅

(中国科学院国家授时中心 西安 710600)

摘要 本文讨论了陶寺观象台遗址的外观形态,用天文方法分析了 12 个测缝与日出日期的对应关系和天文学作用,对比了考古队的模拟观测与理论计算的结果.分析指出,测缝 E2—E12 对应于一周年的日出方向,大致均分,产生一个不均匀的时间体系. E1 对应于“月南至”,提供一个 18—19 年的年代指示.这是一个集礼仪祭祀和观象授时为一体的建筑.

关键词 天文考古学, 陶寺文化, 古代天文台, 观象授时

中图分类号: P 144; **文献标识码:** A

1 引言

山西襄汾陶寺近年出土的观象台遗址 II FJT1,是考古学和天文学史的重大发现^[1,2].该遗址位于陶寺大城东南侧的祭祀区内,总体呈多层半圆台状,与大城城墙相连.一段深达 2~3m 的圆弧状夯土墙的顶端挖出 10 道残深 4~17cm 的缝隙,加上北侧两个夯土墩形成的缝隙,共形成 E1~E12 共 12 道观测缝.最为精彩的是,在后续的发掘中,发现了圆弧几何中心附近的中心直径 25cm 的多层夯土小圆台.它显然是观测点之所在.考古队队长何弩生动地描述了认识和发掘的过程^[3].

初步测算表明,测缝 E2 和 E12 分别对应冬至和夏至的日出方向^[4].考古队还进行了为期 2 年的原地模拟观测,证实冬至日出在 E2 稍偏北,夏至日出在 E12 稍偏南^[5].诸多天文史专家在考察发掘现场和审读发掘报告后,一致认为该遗址与祭祀和观测日出确定季节有关^[6].

该观象台遗址处于内容丰富的龙山文化陶寺遗址中,因此它所处的时代可由考古方面确定为陶寺文化中期,大约在公元前 2100 年左右.

对构成中心观测点的夯土小圆台、构成观测缝的夯土边界以及各观测缝所对应的远山仰角进行了精确的测量.武家璧等对精确测定的 E2、E12 缝方位角和相应的远山仰角进行了天文学分析^[7].结果显示(参见该文图 5 以及本文图 1),现代夏至太阳从东山升起时,位于 E12 缝南侧;冬至太阳升起时,位于 E2 缝北侧,均接近但不能进入测缝.由于黄赤交角的长期变化,在考古学确定的年代(公元前 2100 年前后),太阳圆面升起一半

2008-03-31 收到原稿, 2008-04-23 收到修改稿

* 国家自然科学基金(10773013)资助项目

† liucy@ntsc.ac.cn

时,夏至太阳位于 E12 缝内右部(日心在 E12 缝中心线右侧 0.38° ,即大半个太阳直径),冬至太阳位于 E2 缝几乎正中(日心在 E12 缝中心线右侧 0.04°).这令人信服地证明,这两个观测缝是经过精心设计,用来标志冬至和夏至日出,因而 II FJT1 是一个古代观象台的遗址.

武家璧等同时指出,如果将观测年代和日出状态(即日面的多大部分露出远山算作“日出”的标准)同时设为未知,根据 E2 和 E12 缝联立求解,则可以得出公元前 3500 年时,日面刚刚露出远山($2'$)为准,冬至和夏至日出恰好符合这两个标志点.当然,这只是理想状态的数学解,不会对考古揭示的年代构成威胁.

本文试图对全部 12 个观测缝作整体的天文学分析.

2 遗址的形态、含义与精度

对遗址 II FJT1 的天文学分析,基于这样一个基本假设:现存夯土边界形成的狭缝中心线,垂直向上延伸至远山交点,作为古代日出观测的标志点.

我们面临的一个基本问题是,目前残存的夯土边界以及我们所选用的,用以测量的特征点,在多大程度上能够反映当时用以观测的标志物(即想象中的立柱形成的狭缝,它们比现存地面狭缝高出约 2—3m)?当时的标志物又能在多大程度上实现它的天文目标?为此我们必须对这些数据所反映的当时的精度有现实的估计.

图 1 是 2005 年 10 月 22 日,站在中心观测点上拍摄的.图的下部是白灰标出的夯土边界,显示出 12 道测缝、测缝 E1—E10 所在的圆弧形夯土墙以及形成 E11—E12 的夯土墩.图中部的白线是理想地平线.各测缝所对应的远山轮廓,由测出的仰角数值相对于理想地平线标出(图中小十字).E12 右上方的小圆圈是按照比例画出的太阳. E5 上是为模拟观测而安装的铁架. E2、E12 山脊位置分别画出 -2100、2000 两个历元的日出轨迹.可以看出,当时(-2100)冬夏至日出在相应狭缝中,而当前(2000)日出在狭缝之外.



图 1 从中心观测点拍摄的 12 道观测缝及其对应远山

Fig. 1 The 12 backsights and the corresponding mountain ridge photographed from the central observation point

为尽可能避免照片变形,图 1 由 4 张照片横向拼成,拼接缝在图的上端标出.原照片的中心线大致位于夯土墙的远边(图的下部被裁掉了),以便夯土墙能尽量保持不变形.

如果夯土墙的外形以发掘出的观测点为圆心,那么图 1 上整个夯土墙应该呈水平线.图上夯土墙并不呈水平线,而是中间部分向上拱起,这说明观测点并不在夯土墙外形的圆心.更加令人印象深刻的是,若干缝隙(E1、E3、E4、E6、E9)并不正对观测点,因而造成它们的视宽度特别窄.

图 2 是观测点和观测缝的平面图.这是由精密测量数据画出的(测量数据发表于参考文献 [2]、[7]).图的横轴指向正东,纵轴指向正北.坐标单位为 m.图中深色折线是发掘发现的夯土边界,其结点就是精密测量所给出的数据点.左侧坐标原点是夯土小圆台的中心,即观测点.

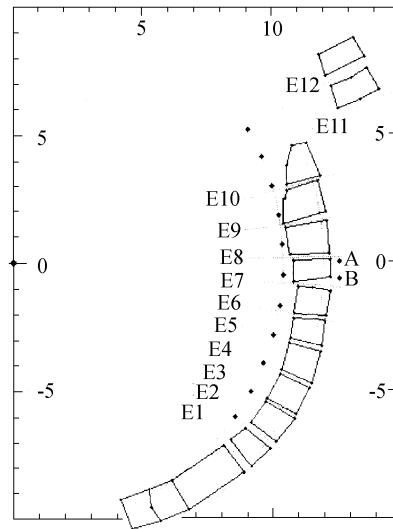


图 2 观测点和观测缝的平面图

Fig. 2 Line drawing of the observation point and the backsight slots

12 道观测缝相对于观测点的中心线,用浅灰色线标出.可以看出, E1、E6、E9 并不指向观测点. E7、E9 的形状也很不规则.图上还用浅灰色画出两道以原点(观测点)为圆心的同心圆,用以与弧形墙相比较.可以看到,弧形墙的厚度不规则,其外形圆弧的圆心也不在发掘发现的观测点(图的原点),而是在其东偏南 2m 左右.

表 1 给出 12 个观测缝的方位(正北起算,中心线为准,单位:度)、方位差(每个缝与上一个缝的方位之差,单位:度)、缝中线相应的远山仰角(单位:度)、每个缝的视宽度(单位:度)和宽度(单位 cm).最后一栏,是该标志点相应的天球赤纬,下节讨论.

表 1 12 个观测缝的测量数据

Table 1 Measurements pertaining to the 12 slots

观测缝	方位	方位差	仰角	视宽	缝宽	赤纬
E1	131.07		5.56	0.36	30	-28.33
E2	125.05	6.02	5.81	1.23	25	-23.90
E3	118.87	6.18	5.54	0.68	20	-19.54
E4	112.68	6.19	6.13	0.56	20	-14.45
E5	106.00	6.68	7.20	0.70	20	-8.59
E6	100.64	5.36	5.78	0.09	20	-5.23
E7	94.46	6.18	4.27	0.76	20—50	-1.21
E8	89.11	5.35	3.32	1.02	20	2.55
E9	82.30	6.81	2.26	0.53	15—40	7.40
E10	74.59	7.71	1.91	0.61	20	13.40
E11	66.08	8.51	1.12	2.29		19.66
E12	60.35	5.73	1.27	1.42	40	24.22

由表中可见, 观测缝之间的间隔(方位差)大致相同, 以 E2 和 E12 为准, 平均间隔为 6.5° , 误差多在 0.5° 以内. 图 2 内侧浅灰圆弧上标出了以 E2 和 E12 为准的均分点, 以资比较.

缝宽相差不大, 视宽却相差很大. 这是因为一些缝的方向并不对向观测点.

3 十二个观测缝的天文学分析

3.1 天文分析的基本方法

假设古人观测日出的标志点为狭缝中线向上延伸的垂线与远山的交点, 天文学方法就可以分析出在当时一年中的哪些日子, 日出时日面中心经过或接近这些标志点.

球面天文学可以由天体的方位角 A 、仰角 h 和观测地点的地理纬度 ϕ 求得该天体的赤纬:

$$\begin{aligned} \cos(90 - \delta) &= \cos(90 - \phi)\cos(90 - h) + \sin(90 - \phi)\sin(90 - h)\cos A \\ \delta &= \arcsin(\sin\phi \sin h + \cos\phi \cos h \cos A) \end{aligned} \quad (1)$$

陶寺 II FJT1 的地理经纬度为 111.4986° , 35.8822° , 海拔高度 572m. 12 个标志点的 A 和 h 列于表 1, 每个标志点可以得到一个相应天球赤纬值, 列于表 1 最后一栏. 标志点仰角的大气折射改正和黄赤交角的大历元变化计算, 文献 [7] 已作讨论, 此不赘述.

计算出公元前 2100 历元太阳一年中每日黄经、赤纬数值(一年中特定日期的太阳黄、赤道坐标基本上不变, 呈 4 年周期有微小变化. 这里采用 4 年平均值). 其中黄经用来判断冬至、夏至等节气, 赤纬则与 12 个标志点的相应天球赤纬相比较, 得到相应的日期. 除 E1 无对应, E2、E12 大致对应于冬至、夏至外, 其他 10 个标志点各对应两个日期.

3.2 各标志点对应的日出日期和相关节气

表 2 给出各标志点对应的日出日期和相关节气. 受大行星摄动的影响, 几千年来地球公转轨道面和近日点逐渐变化, 导致黄赤交角和 24 节气的分布都有变化, 因此我们将公元 2004 年 6 月 ~2005 年 5 月的相应计算结果也列于表中, 以资比较.

表 2 各标志点对应的日出日期和相关节气

Table 2 The date corresponding to each sunrise mark point and the associated solar period

测缝	BC 2100			AD 2004~2005			方位变率
	日期	相关节气	日期差	日期	相关节气	日期差	
E2	12-21	冬至		12-21	冬至		
E3	1-25	大寒后 6 天	35	1-23	大寒后 3 天	33	0.30
E4	2-12	立春后 7 天	18	2-10	立春后 6 天	18	0.40
E5	3-1	惊蛰前 6 天	17	2-26	惊蛰前 7 天	16	0.45
E6	3-9	惊蛰后 2 天	8	3-7	惊蛰后 2 天	9	0.48
E7	3-20	春分前 3 天	11	3-17	春分前 3 天	10	0.4
E8	3-30	春分后 7 天	10	3-27	春分后 7 天	10	0.48
E9	4-11	清明后 3 天	12	4-8	清明后 3 天	12	0.46
E10	4-29	谷雨后 5 天	18	4-26	谷雨后 6 天	18	0.40
E11	5-21	小满前 4 天	22	5-18	小满前 3 天	22	0.28
E12	6-25	夏至	35	6-21	夏至	34	
E11	7-30	大暑后 4 天	35	7-25	大暑后 3 天	34	0.28
E10	8-20	处暑前 5 天	21	8-17	处暑前 6 天	23	0.40
E9	9-6	白露前 3 天	17	9-3	白露前 4 天	17	0.46
E8	9-18	秋分前 6 天	12	9-16	秋分前 7 天	13	0.48
E7	9-27	秋分后 3 天	9	9-26	秋分后 3 天	10	0.49
E6	10-7	寒露前 2 天	10	10-6	寒露前 2 天	10	0.48
E5	10-15	寒露后 6 天	8	10-15	寒露后 7 天	9	0.45
E4	10-31	立冬前 7 天	16	11-1	立冬前 6 天	17	0.40
E3	11-18	小雪前 4 天	18	11-19	小雪前 3 天	18	0.30
E2	12-21	冬至	33	12-21	冬至	32	

表 2 所列内容说明如下.

(1) 公历日期的应用, 通常在公元 1582 年 10 月 15 日以后采用格里历, 此前采用儒略历. 由于儒略历的年日数数据不准确, 节气 (例如冬至) 每 128 年移动一天, 导致古时的节气在儒略历中的日期与当前节气在现行公历中的日期相差太远, 不利于比较. 因此在表 2 中, 两个历元均采用格里里 (3000 多年才差 1 天). 表 2 中“日期”一栏分别表示, 在公元前 2100 历元和公元 2000 历元, 在每年的这一天, 太阳圆面中心经过该标志点升起.

(2) 天文学 24 节气的定义为, 日心黄经经过 15° 整倍数的日期. 例如春分 0° 、夏至 90° 、秋分 180° 、冬至 270° . 测缝相应日期与计算得到的邻近节气比较, 即得到“相关节气”一栏. 每个“测缝对应日期”与上一个相比, 得到“日期差”一栏.

(3) 由于测缝有一定的宽度, 日出时可能连续几天在同一测缝中看到. 表中给出每个狭缝的“方位变率”, 即相邻两天日出方位之差. 可以看出, 如果每个狭缝视宽都是 1° 的

话(发掘出的 12 个狭缝的视觉相差很大, 它们不可能是当时观测缝的真实宽度), 大多可以看到太阳连续两天在缝中升起. 在 2000 历元, 太阳并不能在 E2、E12 升起. 如果有两个以冬、夏至日出方位为中心的宽 1° 的虚拟测缝, 太阳将会连续 20 天从中升起.

由表 2 可以看出, 除了夏至和冬至外, 其他各缝与 24 节气都不能对应. 即使春秋分, 也有 3 天的偏差. 大致均分的 10 个测缝间隔, 日期差却相差很大: 二至附近日期差大, 两分附近日期差小. 太阳从 E2 走到 E3 需要 35 天, 从 E5 到 E6 却只要 8 天. 对于同样的缝宽, 太阳连续从其中升起的日数也是不同的: 二至附近连续日多, 二分附近连续日少.

3.3 十二个测缝与日出日期的关系图

表 2 的结果可以在图 3 中得到形象的显示. 该图显示陶寺观象台遗址 12 个测缝与公元前 2100 历元日出日期的关系.

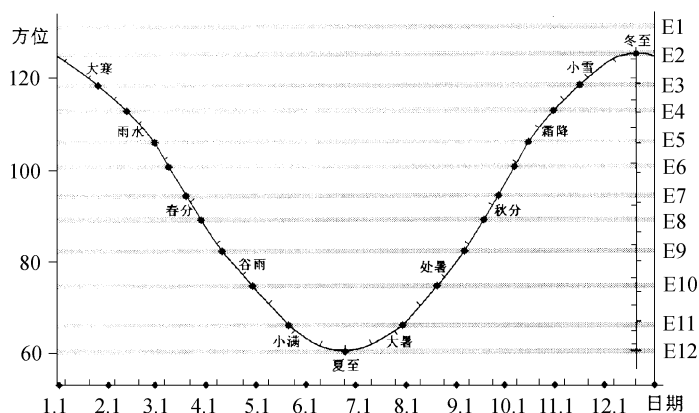


图 3 陶寺观象台遗址 12 个测缝与日出日期的关系

Fig. 3 Relationship between the Taosi observatory's 12 backsights and sunrise dates

图中横坐标为年内日期, 圆点表示每月 1 日, 小刻画表示 24 节气. 纵坐标是方位角(单位: 度). 图中曲线显示陶寺地方, 公元前 2100 历元, 太阳在一年中每天在当地远山背景上升起时的方位角. 图中浅灰色横条显示 12 道狭缝, 它们的宽度均为 1° , 它们与曲线的交点(即太阳在该测缝升起)用圆点表出. 曲线上还标出了 24 节气, 它们和横坐标轴上的标志一一对应. 注意日出是相对于当地远山背景, 因此图中并不是一条标准的正弦曲线. 图右侧“冬至”下面竖直线左边的标志表明, 若要正确地指示 24 节气(大致均匀的日期), 观测缝应该开在哪里; 竖直线右边的标志表明, 10 均分 E2 和 E12 测缝的位置, 用于和实际测缝位置对比.

图中看到, 尽管测缝之间的距离(夹角)大致相同, 但由于曲线各部位的斜率不同, 导致它们在时间轴(横轴)上的投影(日期差)相差很大. 图中可见, 冬至和夏至都位于测缝中, 都能连续许多天缝中日出; 春分和秋分都有一点差距而不能落入 E7 测缝; 不论什么日期, 太阳都不会从 E1 升起.

3.4 测缝 E1 的功能

测缝 E1 在冬至缝 (E2) 以南 6 度, 太阳显然不可能从这里升起. 由表 1 中可见, 天体在该处升起, 赤纬应为 -28.3° . 查公元前 2100 历元的恒星位置, 该赤纬带并无明亮恒星 (有趣的是, 在现代, 大火星恰恰从 E1 升起). 我们很容易想到的, 就是月亮. 月亮轨道与黄道倾角平均 $5^\circ 09'(4^\circ 57' \sim 5^\circ 19')$, 因此月亮赤纬有可能达到 $\pm 29.1^\circ$. 考虑到月亮的周日视差在该处的影响 (0.65°), 月亮的视赤纬更是可以达到 -29.7° . 这样, 实际月亮在该高度出山的方位极值达到 133 度.

在月亮 18.6 年的交点进动周期中, 每当月亮升交点与黄道升交点 (春分点) 相距不远时, 月亮轨道 (白道) 赤纬接近最大值. 计算表明, 在 4100 年前, 每个 18.6 年周期中, 月亮赤纬最大值有大约一年时间达到 ± 28.5 度 (有 5 年时间达到 ± 28 度). 在这段时间里, 月亮每个月都会有一次经过这一点. 由于只有在每月阴历十二到廿五的几天里才能看到月亮从东山升起 (十二之前月升时太阳还很高, 天还很亮; 廿五后月升时天已经亮了, 月相又很小), 因此只有不到一半的月份, 赤纬接近极值的月升能够被看到. 再则, 月升方位每天的变化很大, 很难预料, 不像太阳那样每年总是在同样日期, 连续好几天接近极值. 再加上月亮的亮度远逊于太阳, 因此观察月升的天气条件要苛刻得多. 综上所述, 古人观察到月亮升起的最南点, 比起太阳来要困难得多. 因此古人所发现的月升最南点, 显然难以达到真正的极值. 表 1 中, 按“月半出”, 赤纬为 -28.3° , 与月亮赤纬的极限值只差一度. 从可能性上讲, 古人能注意到“日至”, 当然也能注意到“月至”. 从功能上讲, “月南至”可以提供一个更长的 (18—19 年) 时间标志. 因此可以猜想, 东 1 号缝是古人根据“月南至”所做的标记.

为什么 E12 以北没有发现“月北至”的标记呢? 地平线附近的天空, 尘埃通常浓重, 人们不容易直接看到太阳从平原的地平线上爬出的过程. 如果东方有山, 太阳爬出时的仰角稍高, 就容易看到整个过程了. 月亮的亮度, 远逊于太阳, 只有仰角稍高, 才能看到月亮. 陶寺 II FJT1 遗址的夏至日出方向, 山的仰角只有 1° , 看太阳还行, 看月亮就相当困难. 因此在古人看来, “月北至”是个飘忽不定的现象, 不象“月南至”那样清楚.

讨论恒星升起的方位似乎意义不大, 因为几千颗肉眼可见的恒星总会找到几颗恰好从这些测缝中升起的. 不过值得一提的是, 全天最亮的恒星——天狼星, 在 -2100 历元的赤纬 -19.7° (它的现代赤纬 -19.2°), 倒是天天从 E3 的正中升起.

4 计算结果与模拟观测的比较

考古队自 2003 年 12 月 22 日至 2005 年 12 月 22 日进行了为期两年的实地模拟观测^[5]. 下面我们将考古队的观测结果与本文表 2 中公元 2004—2005 年的结果加以比较.

计算的日出, 以“日半出”为准. 考古队的观测中常常记载的“日切”, 指的是太阳完全升起, 日面下边缘与远山相切. 在春分前后各两个月内, 对于同一标志点, “日切”的日期, 会比“日半出”晚半天; 秋分前后则早半天. 接近冬夏至的日期, 这一差距会更大.

考古队前期估计的中心观测点不够准确. 自 2004 年 5 月 23 日以后采用的观测点与当年 10 月 29 日削去约 2m 高的堆土后发现的夯土小圆台 (即本文所称观测点) 基本一

致. 因此下面的比较采用 2004 年 5 月 23 日以后的观测结果.

各测缝的计算和实测结果比较如下. 其中“实测:”后面的文字引自文献 [5], 表达上略有改动. 由于天气关系, 某些缝的日出没有看到, 观测者根据前后情况估计出入缝日期. 括号中是本文作者的注释. 表 2 的“方位变率”显示, 多数情况 1° 宽的狭缝都可以连续两天日出, E3、E11 可以连续 3 天日出.

E1. 计算: 日出不能进入. 实际观测: 日出不能进入.

E2. 计算: 日半出时日心不能从 E2 中升起, 冬至前后日半出时只有日面南侧的小部分进入 E2(参见文献 [7] 图 5). 观测: 05-12-22 冬至日半出, 在 E2 北部; 05-12-23 日半出, 在 E2 北壁一半 (12-22 和 12-23 日出方位变化仅 $0.5'$. 两天的结果明显不同, 当属观测误差).

E3. 计算: 11-19、1-23 日出 E3. 观测: 04-11-18 日半出右侧外缘进 E3; 据前后日期的观测估计, 1-23 进 E3.

E4. 计算: 11-1、2-10 日出 E4. 观测: 04-11-1 日半出几乎在 E4 正中, 略偏北. 据前后日期的观测估计, 05-2-10 进 E4.

E5. 计算: 10-15、2-26 日出 E5. 观测: 04-10-15 日半出在 E5 内偏北. 05-2-26 日半出位于 E5 中缝.

E6. 计算: 3-7、10-6 日出 E6. 观测: 05-3-8 日半出时太阳大部进入 E6 东北角, 但被西南角所遮看不到. 05-10-5 日半出时太阳右缘虽进入 E6 东北角, 但被西南角所遮看不到 (E6 视宽极小, 看不大清楚).

E7. 计算: 3-17、9-26 日出 E7. 观测: 05-3-18 日半出在 E7 中线稍偏北. 05-9-24 日半出时太阳大部已进 E7 东北角, 但被西南角所遮看不到 (9 月日出方位逐渐向南移动, 因此过一两天就会到 E7 的中线).

E8. 计算: 3-27、9-16 日出 E8. 观测: 05-3-28 见到太阳时已是日切, 在 E8 中线稍偏北. 根据前 7 天的观测估计, 9-14 日切在 E8 中线.

E9. 计算: 4-8、9-3 日出 E9. 观测: 根据 05-3-28 位置估计, 05-4-10 日切在 E9 中缝. 04-9-2 日半出在 E9 中线略偏北 (9 月日出方位逐渐向南移动, 因此过一天就会到 E7 的中线).

E10. 计算: 4-26、8-17 日出 E10. 观测: 05-4-27 日半出时太阳右边缘进入, 估计前 1 天日切于 E10 中线. 根据 05-9-2 和 05-7-23 的情况, 估计 05-8-14 日切 E10 中线.

E11. 计算: 5-18、7-25 日出 E11. 观测: 05-5-20 日半出位于 E11 正中. 04-7-23 日半出在 E11 中线偏北 (E11 日出方位变率小, 缝又特别宽, 应该有连续好几天日出缝中. 观测显然不够完整).

E12. 计算: 太阳不能从 E12 中升起 (参见文献 [7] 图 5). 观测: 04-6-21 日半出时, 日面的一半在 E12 中 (日面的左半边在 E12 的右端).

实地观测结果与计算结果相当接近. 应该特别指出, 由于陶寺观象台原点到测缝的距离只有 10m, 若原点或测缝位置有 1cm 的误差, 测得的方位就会有 $3'$ 的误差 (须知人的双眼距离就有 $6\sim 7\text{cm}$). 实地观测时, 夯土小圆台中心的确定、单眼 (或照相机) 的位置、地面夯土边界定出的狭缝中心位置、 $3\sim 5\text{m}$ 高的铁架观测参照点与地面狭缝中心位

置的符合程度，都可能有几厘米的误差，导致所定日期的误差。

5 讨论

我们可以假设，目前的遗址是这样形成的；古人经过长期的观察，认识到“日南至”、“日北至”和“月南至”现象，记住它们在远山轮廓上的标志，或在较远的地方用木杆、石头之类做出标志。制作观测原点的夯土圆台和一道弧形夯土墙，站在原点上观察，利用吊垂线的方法将远方的标志投影到弧形墙上，据此在墙上开挖狭缝。E12 不在圆弧墙上，据何弩的猜测，E11 应该是供祭祀仪式的“迎日门”，形成这样的格局^[3]。

以圆弧墙上开挖的狭缝为标志，向上修造 3m 高的建筑，将狭缝延伸上去，就可以在狭缝中看到特定方向的日出。

出乎众人的期待，E7 并不在春秋分方向。据表 2，日出 E7，在春分前 3 天或秋分后 3 天。图 2 中 B 点是春秋分方向，A 点是正东方（由于东边有山，所以春秋分日出不在正东）。实际上，对于古人，两分方向并不像两至方向那样容易确定¹。古人测定两分日出方向可以有以下几种方法。（1）正东法。《周礼·冬官考工记》有在平地上立杆画圆，以日出之影和日落之影的连线求正东西方向。东方山越高，两分日出点偏离正东越远，此法越不准确。（2）均分法。冬夏至日出点方向的平均点。这种方法比较准确实用。（3）日期法。知道冬至到夏至的日数，其半数日期的日出方向即得。但是由于冬夏至时日出方位变化极慢，因此确定冬夏至的日期本身就相当困难。显然，E3~E11，是根据 E2 和 E12 两个测缝 10 均分的结果（10 均分应该是古人最容易想到的分配方案之一）。显然，限于技术，分得并不太均匀（参见图 2 测缝中心线与均分点的对比以及图 3 各条测缝与均分标记的对比）。

弧形墙的弧度、墙体厚度、测缝的宽度形状和方向，都显得很不规则。即使考虑到古人的技术水平有限，似乎也无法容忍。尤其是若干测缝的方向并不指向观测原点，宽度参差不齐，视宽更是差别巨大，不可能表现观测日出或祭祀礼仪的功能。这些问题的可能原因是，原先的弧形墙及土柱顶端比较高，经过后世损毁，目前只能看到这些狭缝的底端，其形状和方向已不能代表当时的观测缝，唯有其位置尚能表现出原貌。从发掘报告上看出（参考文献 [2] 图 14），现存缝隙普遍很浅，边缘舒缓，因此目前的夯土边界很难准确地表达原先的观测缝。显然，像这样方位均分的测缝系统并不能提供时间均分的历法，但这并不妨碍古人参考这样一个不均匀的日期系统来安排他们的生活和祭礼（时至今日，我们还在使用着 2 月份特别短的历法）。实际上，众所周知的英国巨石阵和新近发现的秘鲁 Chankillo 遗址^[8]，都是用方位均分的建筑来表达日出方向的。[[FJT1 呈多层半圆台，位于大城东南城墙的正中，建筑规模宏大。因此它在很大程度上应该具有礼仪、祭祀的性质。对于早期先民，这样一个集天文观测、观象授时、太阳崇拜和礼仪祭祀的建筑，是符合历史背景的。

致谢 对陶寺考古队队长、社科院考古所何弩研究员提供的资料和帮助表示诚挚谢意。

感谢 Lehigh 大学 Pankenier 教授将本文文稿翻译成英文.

参 考 文 献

- 1 中国社会科学院考古所, 山西省考古所, 临汾市文物局. 考古, 2004(7): 9-24
- 2 中国社会科学院考古所山西队, 山西省考古所, 临汾市文物局. 考古, 2007(4): 3-25
- 3 何弩. 古代文明研究通讯, 2004(23): 47-58
- 4 武家璧, 何弩. 中国社会科学院古代文明研究中心通讯, 2004(8): 50-55
- 5 中国社会科学院考古研究所山西队. 陶寺中期小城大型建筑基址 II FJT1 实地模拟观测报告. 见: 解希恭, 何弩主编. 襄汾陶寺遗址研究. 北京: 科学出版社, 2007. 192-203
- 6 江晓原等. 考古, 2006(11): 81-94
- 7 武家璧, 陈美东, 刘次沅. 中国科学 (G 辑), 2008, 38(9): 1265-1272
- 8 Ghezzi I, Ruggles C. Science, 2007, 315: 1239-1243

Astronomical Analysis of the Taosi Observatory Site

LIU Ci-yuan

(National Time Service Center, Chinese Academy of Sciences, Lintong, Shaanxi, 710600)

ABSTRACT An ancient observatory was unearthed recently at Taosi site. This paper discussed the figure of the relic, analyzed the relationship between the 12 backsights and calendar date using astronomical method, and compared the simulated observation with theoretic computation. The investigation shows that backsight E2—E12 indicated the directions of sunrise in the whole year, which were roughly equally distributed and offered an unequal calendar system. The backsight E1 indicated the south-end of the moonrise, giving a time symbol of 18—19 years. This building must be a complex of solar observation, time service, solar worship, and sacrificial ritual

Key words archaeoastronomy—Taosi culture—ancient observatory—time service