

关于“月上柳梢头”研究模型的建立与分析

摘要：本文首先结合诗词意境，对“月上柳梢头，人约黄昏后”进行了简要解析，指出其为正月十五月圆之夜的情景。后从天文学的角度出发，给出了“黄昏后”的定义：从日落到天黑的一时间段；而月亮的高度角处于 20 度到 60 度之间时称为“月上柳梢头”。

对于问题一，为便于分析，引入 0、1 函数 TP 和 AP，定义时间落于日落和天黑之间时 TP 为 1，否则为 0；而月亮高度角介于 20 度到 60 度时 AP 为 1，否则为 0，建立了以二者的逻辑或运算等于 1 为目标函数，以日落时间、天黑时间、月球的黄经、黄纬、高度角限制等为约束条件的模型，并根据已有的天文资料，分别选择不同地域，不同时间的日落时间、天黑时间以及月球高度角进行了对照和结果分析，最终确定了所建模型的合理性。

对于问题二，由于要同时分析“月上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期和时间，所以先对问题一的模型稍作修改：将 TP、AP 的逻辑与运算等于 1 为目标函数，约束条件不变。最后结合月相的相关知识，利用 EXCEL 公式和函数编程运算得出 2016 年的北京地区发生的日期和时间。然后分别将哈尔滨、上海、广州、昆明、成都、乌鲁木齐的已知数据代入模型，得出这几个地方均能发生这一情景，只不过是发生的日期和时间以及总天数稍有差别。

关键字：月球高度角 月相 0、1 函数 EXCEL 函数

一、问题重述

1.1 问题背景

以北宋学者欧阳修的名句“月上柳梢头，人约黄昏后”作为问题背景展开讨论。

1.2 问题提出

首先要求给出“月上柳梢头”时月亮在空中的角度和什么时间称为“黄昏后”的定义。然后根据天文学的基本知识，在适当简化的基础上，建立数学模型，分别确定“月上柳梢头”和“人约黄昏后”发生的日期与时间。并根据已有的天文资料（如太阳和月亮在天空中的位置、日出日没时刻、月出月没时刻）验证所建模型的合理性。

根据所建立的模型，分析 2016 年北京地区“月上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期与时间。根据模型判断 2016 年在哈尔滨、上海、广州、昆明、成都、乌鲁木齐是否能发生这一情景？如果能，请给出相应的日期与时间；如果不能，请给出原因。

二、问题分析

“月上柳梢头，人约黄昏后”出自北宋欧阳修的《生查子》，描述的是元宵佳节，一对彼此倾心的恋人，在黄昏相约时唯美而忧伤的情感。当时的情景应该是这样的：太阳刚刚落下地平线，天还没有完全黑下来，一轮圆月升起在东南方向的天空。如果抛开诗词的背景，根据月相的相关知识，在天气晴好的情况下，农历每月初二至十五的黄昏时刻，都可以看到月亮，只是不同地点纬度不同，人与“柳树”的距离不同，所能看到的“月上柳梢头”的景象亦不相同。

本题首先需要定义“月上柳梢头”时月亮在空中的角度和什么时间称为“黄昏后”，以此为基础建立数学模型，分别确定“月上柳梢头”和“人约黄昏后”发生的日期与时间，并验证模型合理性；然后根据所建立的模型，分析 2016 年北京、哈尔滨、上海、广州、昆明、成都、乌鲁木齐发生“月上柳梢头，人约黄昏后”这一情景的情况。

对于“人约黄昏后”的定义可从日落和天黑二者之间的时间段考虑，即处于两时间之间即可，所以“黄昏后”可定义为一时间范围。而“月上柳梢头”体现的为角度的问题，所以需找出月球的高度角跟哪些参数有关，在已知参数的情况下求解出高度角。

对于问题一，要求分别求出“月上柳梢头”和“人约黄昏后”发生的日期与时间，所以建立模型时需注意到“分别”，即建立两个模型，二者有一个条件满足即可。而问题二，要求同时确定“月

上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期和时间，所以需二者均满足方可，所以问题二再求解时需稍微做出调整。

三、模型假设与约定

- 1、假设在考察范围内的每一天天气均保持晴朗，可见度正常，不影响月球与太阳的正常显示；
- 2、假设已知数据准确无误；
- 3、假设数据的微小差距是误差允许的；
- 4、求月球的黄经、黄纬等参数时仅考虑其主要的周期项，忽略次要的周期相，黄经纬度的经度有所保留；
- 5、求解日出日落时间时进行粗略的计算，精度保留至分；
- 6、忽略天体间的次要相互作用；
- 7、忽略人的身高和树高问题，假设二者可随月球的位置的变化适当做出调整。

四、符号说明及名词解释

4.1 符号说明

符号	说明
α	赤经：一般表达为时间单位，即用“时、分、秒”表示，用公式计算时以“度”为单位
δ	赤纬：天赤道以北定义为正，天赤道以南定义为负
λ	黄经：从春分点沿黄道测量的精度
β	黄纬：黄道以北为正，以南为负
h	地平纬度：地平线以上为正，地平线以下为负
A	地平经度(方向角)：从南开始测量
ϵ	黄赤交角：黄道与天赤道的夹角
H	本地时角，从南向西测量
θ	本地恒星时
θ_0	格林尼治恒星时
L	观察者（站）经度
φ	观察者（站）纬度：北半球为正，南半球为负
JDE	儒略历书日：以力学时（或历书时）为标尺的计数

4.2 名词解释

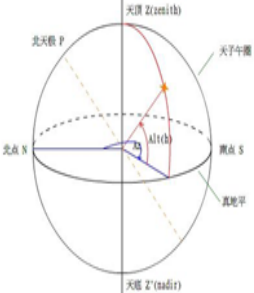
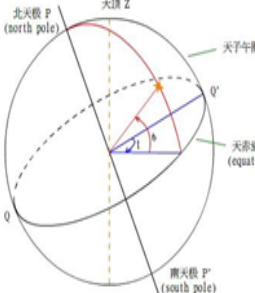
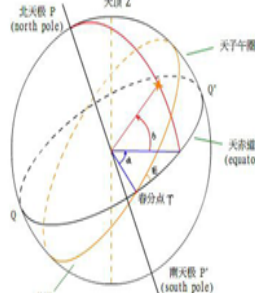
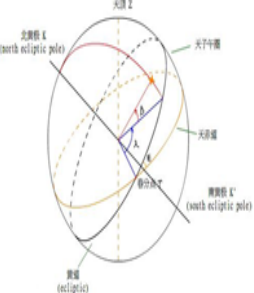
本文在研究天体的运动情况时，需用到以下几组主要的名词，现给出解释如下（见参考文献[1, 2, 3, 4, 5]）：

(1) 黄道坐标系：地球绕太阳公转的轨道平面是黄道坐标系中的基本平面，称为黄道面。黄道面与天球相交的大圆称为黄道，它是太阳周年视运动轨迹在天球上的投影；

- (2) 地平坐标系：以地平圈为基圈、子午圈为主圈、南点为主点的坐标系称为地平坐标系；
- (3) 赤道坐标系：地球赤道平面延伸后与天球相交的大圆，称为天赤道。天赤道的几何极称为天极。天赤道是赤道坐标系中的基圈，北天极 P 是赤道坐标系的极。由于所取主点以及随之而来的经向坐标的不同，赤道坐标系又分第一赤道坐标系和第二赤道坐标系。第二赤道坐标系或简称赤道坐标系，主点取为春分点。
- (4) 时角坐标系：第一赤道坐标系又称时角坐标系，与观测者有关。主点取为天赤道与观测者的天顶以南那段子午圈的交点。从主点起沿天赤道量到天球上一点的赤经圈与天赤道交点的弧长为经向坐标，称为时角。

上述坐标系中涉及到的相关名词及特性见下表 1 所示：

表 1：各天体坐标系中涉及到的名词及特性

坐标系名称	地平坐标系		时角坐标系		赤道坐标系		黄道坐标系	
基本圈	地平圈		天赤道		天赤道		黄道	
基本点	天顶、天底		天北极、天南极		天北极、天南极		黄北极、黄南极	
坐标要素	方位	高度	时角	赤纬	赤经	赤纬	黄经	黄纬
起始点	南点	地平圈	上点	天赤道	春分点	天赤道	春分点	黄道
量算方法	顺时针： 0-360度	天顶：正90度 天底：负90度	顺时针： 0-360度 0-24时	天北极：正90度 天南极：负90度	逆时针： 0-360度	天北极：正90度 天南极：负90度	逆时针： 0-360度	黄北极：正90度 黄南极：负90度
特点	因地因时而变		因地因时而变	不变	不变		不变	
图像								

五、模型建立与求解

5.1 模型的建立

5.1.1 模型分析

在模型建立前，首先需要定义“月上柳梢头”时月亮在空中的角度。在天气晴好的情况下，“月上柳梢头”景象的出现，主要取决于观察者与“柳树”的距离。可采用文献[3,4]中的参数-地平纬度，即用月亮的高度角作为衡量。当月亮高度过低（ 0° - 20° ）时，月亮极有可能被“柳树”所遮挡，

亦或是观察者需要距离“柳树”很远的距离，方能看到“月上梢头”；当月亮高度过高（60° -90°）时，月亮已然高高在上，亦或是观察者需要距离“柳树”很近的距离，抬头仰望，方能看到“月上梢头”。为不影响“月上柳梢头”这一诗句的美好意境，在本题的解答及验证过程中，我们定义出现“月上柳梢头”景象时月亮在空中的角度（即月球的地平纬度）为 20° 至 60°。

另外，在本题的解答及验证过程中，我们定义“黄昏后”的时间为日落至天黑。在天文学上，日落时间是指太阳每天从西方地平线降落的时间，天黑为太阳中心降至地平线以下 6° 的时刻，即民用昏影终时刻。在确定了日落和天黑时间后即可给出“黄昏后”的求解模型。

5.1.2 模型的建立

（1）确定“人约黄昏后”模型的建立

题中要求给出“黄昏后”的时间，在此给定从日落到天黑之间的一段时间即为“黄昏后”。而天黑时间采用天黑为太阳中心降至地平线以下 6° 的时刻。

假设所在地区的时区为 TZ，经度 WE、纬度 SN 均采用角度制，东经、北纬为正，西经、南纬为负，日期序列数 N 为当天在这一年中的序列，可得日出时间为：

$$SUT = 24 \frac{180 + 15TZ - WE - \arccos\left(-\tan\left(-23.4 \cos\left(\frac{2\pi(N+9)}{365}\right) \frac{\pi}{180}\right) \tan\left(SN \frac{\pi}{180}\right)\right) \frac{180}{\pi}}{360} \dots\dots\dots(1)$$

上述模型所得日出时间应为一个小于 24 的数值，如 6.69，表示 6 点 41 分。

由日出时间可推算日落时间应为：

$$SST = 24 \left(1 + \frac{15TZ - WE}{180}\right) - SUT \dots\dots\dots(2)$$

天黑为太阳中心降至地平线以下 6° 的时刻，即民用昏影终时刻，由于地球旋转一圈为 360 度，那么太阳中心降至地平线以下 6° 的时间应为 $24 \times 6/360 = 0.4$ （小时），所以天黑时间 GDT 为：

$$GDT = SST - 0.4 \dots\dots\dots(3)$$

根据“黄昏后”（NFT）的定义可得出其求解模型为：

$$SST \leq NFT \leq GDT \dots\dots\dots(4)$$

（2）确定“月上柳梢头”模型的建立

根据模型分析里给出的“月上柳梢头”的定义，若要建立起求解模型需确定出月球的高度角(即地平纬度)，由文献[3]可知月球的高度角跟月球的赤道坐标有关，所以需先确定赤道坐标，而赤道坐

标跟黄道坐标相关，所以需先确定月球的黄道坐标(黄经、黄纬)。

1⁰ 确定月球的黄经、黄纬以及地心到月心的距离

在 (1) 所给模型的基础上，即可确立日落或天黑时刻所处的儒略世纪数 T ，即从 J2000 起算的世纪数，

$$T = \frac{(JDE - 2451545)}{36525} \dots\dots\dots(5)$$

上式中 JDE 为历书儒略日数，其计算方法为：假设 Y 为给定年份， M 为月份， D 为该月日期(可带小数)，若 $M > 2$ ，则 Y 和 M 均不变，若 $M = 1$ 或 2 ，则以 $Y - 1$ 代替 Y ，以 $M + 12$ 代替 M 。

对于格里高利历有： $A = \text{INT}(Y/100)$ $B = 2 - A + \text{INT}(A/4)$

则儒略日即为：

$$JDE = \text{INT}(365.25(Y + 4716)) + \text{INT}(30.6001(M + 1)) + D + B - 1524.5 \dots\dots\dots(6)$$

根据上式所得世纪数，即可确定出月球的位置坐标(黄经、黄纬)，首先参考文献[3,4]中给出的方法，确定出地球在黄道坐标中的位置：

月球平黄经：

$$L' = 218.3164591 + 481267.88134236 \cdot T - 0.0013268 \cdot T^2 + \frac{T^3}{538841} - \frac{T^4}{65194000} \dots\dots\dots(7)$$

月日距离：

$$D = 297.85020242 + 445267.1115168 \cdot T - 0.0016300 \cdot T^2 + \frac{T^3}{545868} - \frac{T^4}{113065000} \dots\dots\dots(8)$$

太阳平近点角：

$$M = 357.5291092 + 35999.052909 \cdot T - 0.0001536 \cdot T^2 + \frac{T^3}{24490000} \dots\dots\dots(9)$$

月亮平近点角：

$$M' = 134.9634114 + 477198.8676313 \cdot T + 0.0089970 \cdot T^2 + \frac{T^3}{69699} - \frac{T^4}{14712000} \dots\dots\dots(10)$$

月球纬度参数(到升交点的平角距离)：

$$F = 93.2720993 + 483202.0175273 \cdot T - 0.0034029 \cdot T^2 + \frac{T^3}{3526000} - \frac{T^4}{863310000} \dots\dots\dots(11)$$

黄道与月球平轨道生交点黄经，从 Date 黄道平分点开始测量：

$$\Omega = 125.04452 - 1934.136261 \cdot T + 0.0020708 \cdot T^2 +$$

$$\frac{T^3}{450000} \dots\dots\dots(12)$$

注 1: 使用 Chapront 的改进表达式计算的上述角度 L' 、 D 、 M 、 M' 、 F 单位均为度, 且为避免出现大角度, 最终结果均转换为 $0 - 360$ 度。

三个必要参数:

$$A1 = 119.75 + 131.849 \cdot T \dots\dots\dots(13)$$

$$A2 = 53.09 + 479264.290 \cdot T \dots\dots\dots(14)$$

$$A3 = 313.45 + 481266.484 \cdot T \dots\dots\dots(15)$$

取和求得:

$$\sum I = \sum A \cdot \sin\theta = \sum A \cdot \sin(2D - M - M' + 0) \dots\dots\dots(16)$$

$$\sum r = \sum A \cdot \cos\theta = \sum A \cdot \sin(2D - M - M' + 0) \dots\dots\dots(17)$$

注 2: 由于上述两式中均包含了太阳平近点角, 它与地球的公转轨道的离心率有关, 而离心率随时间不断减小, 所以振幅 A 实际为一变量, 角度中含有 M 、 $-M$ 时需乘以修正量 E , 而出现 $2M$ 、 $-2M$ 时需乘以 E^2 , 其中修正量 E 表示为:

$$E = 1 - 0.002516 \cdot T - 0.0000074 \cdot T^2 \dots\dots\dots(18)$$

注 3: 另外考虑到行星的摄动问题可得:

$$\sum I = 3958 \cdot \sin(A1) + 1962 \cdot \sin(L' - F) + 318 \cdot \sin(A2) \dots\dots\dots(19)$$

$$\sum b = -2235 \cdot \sin(L') + 382 \cdot \sin(A3) + 175 \cdot \sin(A1 - F) + 175 \cdot \sin(A1 + F) + 127 \cdot \sin(L' - M') - 115 \cdot \sin(L' + M') \dots\dots\dots(20)$$

综上所述可得出月球的坐标为:

$$\text{黄经} : \lambda = L' + \sum I / 1000000 \dots\dots\dots(21)$$

$$\text{黄} \quad \quad \quad \text{纬} \quad \quad \quad : \quad \quad \quad \beta = \sum b / 1000000 \quad \dots\dots\dots(22)$$

$$\text{地} \quad \text{心} \quad \text{到} \quad \text{月} \quad \text{心} \quad \text{的} \quad \text{距} \quad \text{离} \quad : \quad \Delta = 385000.56 + \sum I / 100 \quad \dots\dots\dots(23)$$

2° 确定月球的高度角

平黄赤交角可由 IAU 提供的公式取得：

$$\varepsilon = 23^{\circ}26'21''.448 - 46''.8150 \cdot T - 0''.00059 \cdot T^2 + 0''.001813 \cdot T^3 \dots\dots\dots(24)$$

格林尼治恒星时为：

$$\theta_0 = 280.46061837 + 360.98564736629 \cdot (JD - 2451545.0) + 0.000387933 \cdot T^2 - \frac{T^3}{38710000} \dots\dots\dots(25)$$

所以本地时角应为：

$$H = \theta_0 - L - \alpha \dots\dots\dots(26)$$

其中 L 为观者所在经度。

将月球所在的黄道坐标转换为赤道坐标可得出：

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\sin(\lambda) \cdot \cos(\varepsilon) - \tan(\beta) \cdot \sin(\varepsilon)}{\cos(\lambda)}\right) \dots\dots\dots(27)$$

$$\delta = \arcsin(\sin(\beta) \cdot \cos(\varepsilon) + \cos(\beta) \cdot \sin(\varepsilon) \cdot \sin(\lambda)) \dots\dots\dots(28)$$

最后可得出月球的本地地平坐标：

$$A = \arctan(\sin(H) / (\cos(H) \cdot \sin(\varphi) - \tan(\delta) \cdot \cos(\varphi))) \dots\dots\dots(29)$$

$$h = \arcsin(\sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(H)) \dots\dots\dots(30)$$

上述 h 即为月球的高度角，取值为 0~90°。在实际计算中高度也可出现负值，表示月球在地平圈以下的度数。以此确定“月上柳梢头”时月亮在空中的角度。本文中采用的角度为 20° - 60°，所以在此要求：

$$20^{\circ} \leq h \leq 60^{\circ} \dots\dots\dots(31)$$

假设 TP、AP 均为 0 – 1 函数，

TP =

$$\begin{cases} 1 & \text{当 } SST \leq NFT \leq GDT \text{ 成立时} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \dots\dots\dots(32)$$

AP =

$$\begin{cases} 1 & \text{当 } 20^\circ \leq h \leq 60^\circ \text{ 成立时} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \dots\dots\dots(33)$$

则当“月上柳梢头”和“黄昏后”分别成立时有：

$$TP \vee AP = 1 \dots\dots\dots(34)$$

综上所述，用以分别确定“月上柳梢头”和“人约黄昏后”发生日期和时间的模型为：

$$\text{目标函数： } TP \vee AP = 1 \dots\dots\dots(35)$$

约束条件：

$$\begin{cases} SST = 24 \left(1 + \frac{15TZ - WE}{180} \right) - SUT & \dots\dots\dots(36) \\ GDT = SST - 0.4 & \dots\dots\dots(37) \\ SST \leq NFT \leq GDT & \dots\dots\dots(38) \\ TP = \begin{cases} 1 & \text{当 } SST \leq NFT \leq GDT \text{ 成立时} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} & \dots\dots\dots(39) \\ \lambda = L' + \sum I / 1000000 & \dots\dots\dots(40) \\ \beta = \sum \frac{b}{1000000} & \dots\dots\dots(41) \\ h = \arcsin(\sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(H)) & \dots\dots\dots(42) \\ 20^\circ \leq h \leq 60^\circ & \dots\dots\dots(43) \\ AP = \begin{cases} 1 & \text{当 } 20^\circ \leq h \leq 60^\circ \text{ 成立时} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} & \dots\dots\dots(44) \end{cases}$$

模型说明：

公式	说明
(35)	目标函数，二者之一为 1 即可。当 TP 为 1 即可确定“黄昏后”的日期和时间，当 AP 为 1 即可确定“月上柳梢头”的日期和时间；
(36)	日落时间的确定约束条件；
(37)	天黑时间的确定约束条件；
(38)	满足“人约黄昏后”的时间要求约束；
(39)	0-1 函数，为 1 时即代表时间符合“人约黄昏后”的要求，对应可确定出相应时间；
(40)	月球在黄道坐标系中的黄经约束；
(41)	月球在黄道坐标系中的黄纬约束；
(42)	月球的高度角约束条件；

(43)	满足“月上柳梢头”的角度要求；
(44)	0-1 函数，为 1 时即代表角度符合“月上柳梢头”的要求，对应可确定出相应时间；

5.1.3 模型的合理性验证

为了验证所建模型的合理性，在此将 2015 年不同时间不同地点的参考文献[7]中的日出日落时间，以及文献[8]中的天黑时间文献[9]中的月球方位角与本论文所给模型所得结果进行比较，所得结果见下表 2 所示。

表 2 模型验证相关数据

	序列数	地点	经度	纬度	日出	模型所得日出	日落	模型所得日落	月球方位角	模型所得方位角	天黑	模型所得天黑	月球方位角	模型所得方位角
2015.1.10 11月20	10	北京	116° 23'	39° 54'	7:38	7:35	17:08	17:07	-45° 9'	-45° 13'	17:38	17:31	-45° 6'	-45° 49'
	10	哈尔滨	126° 32'	45° 48'	7:12	7:13	16:07	16:08	-40° 36'	-40° 34'	16:42	16:32	-38° 39'	-39° 19'
	10	上海	121° 28'	31° 14'	6:53	6:53	17:09	17:09	-50° 38'	-50° 38'	17:35	17:23	-47° 21'	-48° 56'
	10	广州	113° 16'	23° 08'	7:09	7:10	17:58	17:58	-54° 40'	-54° 40'	18:23	18:22	-50° 28'	-50° 39'
2014.4.5 3月初6	95	北京	116° 23'	39° 54'	5:54	5:53	18:44	18:42	58° 13'	58° 37'	19:12	19:06	54° 33'	55° 38'
	95	哈尔滨	126° 32'	45° 48'	5:06	5:07	18:05	18:06	54° 9'	54° 1'	18:36	18:30	49° 52'	50° 45'
	95	上海	121° 28'	31° 14'	5:38	5:37	18:05	18:02	65° 52'	66° 26'	18:30	18:26	61° 1'	61° 48'
	95	广州	113° 16'	23° 08'	6:15	6:15	18:43	18:43	67° 6'	67° 6'	19:06	19:07	61° 56'	61° 43'
2010.8.18 7月初9	230	北京	116° 23'	39° 54'	5:29	5:28	19:09	19:07	33° 7'	27° 10'	19:39	19:31	-27° 31'	11° 45'
	230	哈尔滨	126° 32'	45° 48'	4:35	4:36	18:36	18:38	18° 30'	18° 31'	19:09	19:02	18° 17'	18° 23'
	230	上海	121° 28'	31° 14'	5:21	5:21	18:34	18:34	32° 41'	32° 41'	19:00	19:02	33° 7'	33° 7'
	230	广州	113° 16'	23° 08'	6:03	6:04	18:57	18:57	19° 20'	19° 20'	19:20	19:21	41° 06'	41° 07'
2016.12.26 11月28	361	北京	116° 23'	39° 54'	7:37	7:34	16:55	16:55	-16° 27'	-16° 27'	17:27	17:19	-27° 47'	-26° 12'
	361	哈尔滨	126° 32'	45° 48'	7:12	7:14	15:54	15:54	-18° 26'	-18° 26'	16:29	16:18	-24° 21'	-22° 29'
	361	上海	121° 28'	31° 14'	6:50	6:50	16:58	16:58	-25° 21'	-25° 21'	17:25	17:22	-30° 55'	-30° 18'
	361	广州	113° 16'	23° 08'	7:05	7:05	17:48	17:49	-28° 13'	-28° 27'	18:14	18:13	-33° 57'	-33° 44'

利用问题 1 所建模型求解不同日期和时间，不同地域的日出时间、日落时间以及月球的方位角，通过对比可知，参考文献中给出的日出、日落、以及月球方位角与本文模型中求解出的结果相差无几，尽管在天黑时刻的对比中出现些许出入，导致文中“黄昏后”的结果有几分钟的偏差，但是最后所得出的方位角并无太大出入，所以本文给出的模型是合理的。

5.2 问题二模型的建立与求解

5.2.1 问题二模型的建立

在问题 1 种所给出的模型用于分别确定“月上柳梢头”和“人约黄昏后”发生的日期和时间，所以所得结果为二者取或运算，而在问题二中要求“月上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期和时间，所以二者应取与运算，所以需对问题一模型稍作修改，将目标函数改为同时满足“月上柳梢头”和“人约黄昏后”，所以有：

$$\text{目标函数：} TP \wedge AP = 1 \dots\dots\dots (45)$$

对于约束条件与问题一中给出模型相同。

5.2.2 问题二模型求解

根据天文学中月相的相关知识，农历每月初一，月球位于太阳和地球之间，地球上正好看到月球背离太阳的暗面，月相与太阳几乎同升同落，即清晨月出，黄昏月落，因而在地球上看不见月亮，称为新月或朔。新月过后至农历每月十五日，均可在黄昏时看到月亮。农历每月十六之后，月亮在

黄昏之后月出。月相变换如下图 1 所示。

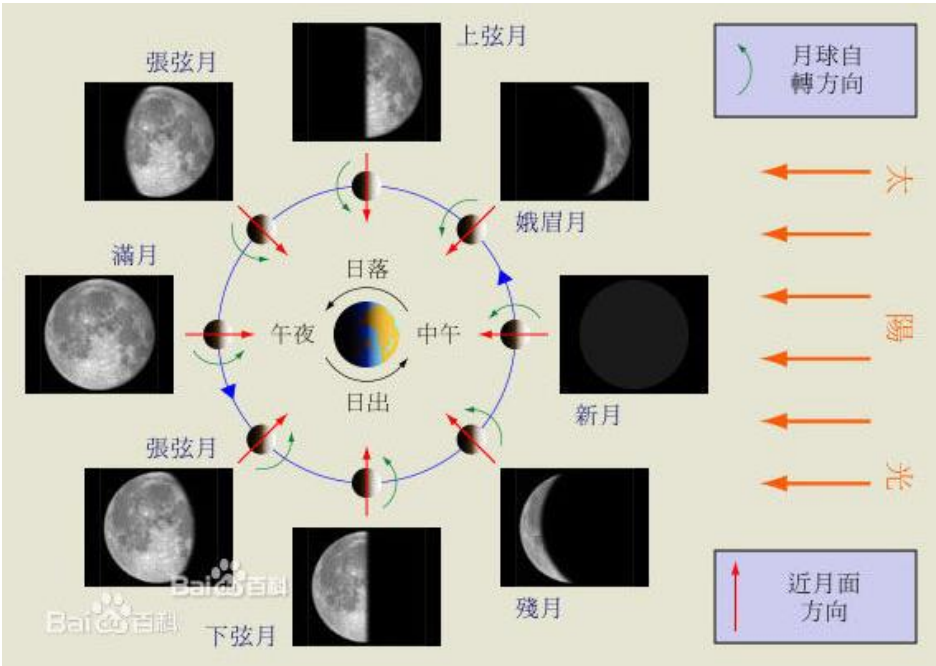


图 1：月相变换示意图

因此，只有农历每月初二至十五能够在“黄昏后”看到月亮，利用上文给出的数学模型，将北京地区的地理坐标（东经 116° 23′ 北纬 39° 54′ ）等信息带入，通过 Excel 公式、函数编程计算得到 2016 年北京地区“月上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期与时间如下表 3 所示。

表 3：2016 年北京地区“月上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期和时间表

公历月份	农历日期	公历日期	日落时间	日落时间月 亮高度角	天黑时间	天黑时间月 亮高度角
1 月	3	12	16:59	27° 35′	17:23	23° 38′
	4	13	17:00	37° 30′	17:24	34° 13′
	5	14	17:01	46° 27′	17:25	44° 05′
	6	15	17:01	53° 17′	17:25	52° 25′
	7	16	17:02	56° 36′	17:26	57° 48′
	8	17	17:03	55° 25′	17:27	58° 45′
	9	18	17:03	50° 09′	17:27	54° 4′
	10	19	17:04	42° 05′	17:28	47° 21′
	11	20	17:05	32° 42′	17:29	38° 05′
	12	21	17:06	22° 37′	18:30	27° 56′
2 月	3	10	17:24	25° 05′	17:48	20° 24′
	4	11	17:26	37° 05′	17:50	30° 43′
	5	12	17:27	48° 26′	17:51	44° 34′
	6	13	17:28	58° 15′	17:52	55° 23′

	10	17	17:32	51° 42'	17:56	56° 39'
	11	18	17:34	41° 42'	17:58	46° 53'
	12	19	17:35	31° 10'	17:59	36° 31'
	13	20	17:36	20° 27'	18:00	25° 50'
3 月	3	11	18:01	32° 03'	18:25	27° 03'
	4	12	18:02	44° 44'	18:26	39° 51'
	5	13	18:04	56° 27'	18:28	51° 55'
	10	18	18:10	50° 57'	18:34	55° 42'
	11	19	18:12	40° 37'	18:36	45° 42'
	12	20	18:13	30° 07'	18:37	35° 22'
	13	21	18:14	19° 45'	18:38	24° 57'
4 月	3	9	18:39	24° 29'	19:02	19° 10'
	4	10	18:40	37° 05'	19:04	31° 53'
	5	11	18:41	49° 01'	19:05	43° 52'
	6	12	18:43	59° 29'	19:07	54° 40'
	10	16	18:48	57° 45'	19:12	60° 58'
	11	17	18:49	48° 38'	19:13	52° 43'
	12	18	18:50	39° 04'	19:14	43° 29'
	13	19	18:51	29° 08'	19:15	33° 51'
	14	20	18:53	19° 08'	19:17	24° 04'
5 月	3	9	19:14	28° 17'	19:38	22° 55'
	4	10	19:15	39° 20'	19:39	33° 45'
	5	11	19:16	49° 04'	19:40	43° 49'
	6	12	19:17	56° 45'	19:41	52° 00'
	9	15	19:20	57° 58'	19:44	58° 15'
	10	16	19:21	51° 39'	19:45	53° 32'
	11	17	19:22	43° 52'	19:46	46° 47'
	12	18	19:22	35° 18'	19:46	38° 53'
	13	19	19:23	26° 17'	19:47	30° 19'
	14	20	19:24	17° 01'	19:48	21° 23'
6 月	4	8	19:36	29° 23'	20:00	24° 07'
	5	9	19:36	37° 53'	20:00	32° 41'
	6	10	19:36	44° 50'	20:00	39° 55'
	7	11	19:37	49° 41'	20:01	45° 26'
	8	12	19:37	51° 55'	20:01	48° 48'
	9	13	19:37	51° 22'	20:01	49° 40'

	10	14	19:38	48° 14'	20:02	48° 03'
	11	15	19:38	43° 07'	20:02	44° 16'
	12	16	19:38	30° 36'	20:02	38° 49'
	13	17	19:38	29° 09'	20:02	32° 12'
	14	18	19:38	21° 04'	20:02	24° 44'
7 月	4	7	19:35	21° 29'	19:59	16° 12'
	5	8	19:34	28° 50'	19:58	23° 26'
	6	9	19:34	34° 58'	19:58	30° 00'
	7	10	19:34	39° 38'	19:58	35° 12'
	8	11	19:33	42° 33'	19:57	38° 58'
	9	12	19:32	43° 24'	19:56	41° 00'
	10	13	19:32	42° 20'	19:56	41° 12'
	11	14	19:31	39° 21'	19:55	39° 33'
	12	15	19:31	34° 45'	19:55	36° 12'
	13	16	19:30	28° 57'	19:54	31° 25'
	14	17	19:29	22° 10'	19:53	25° 29'
8 月	4	6	19:12	22° 21'	19:36	17° 11'
	5	7	19:11	27° 58'	19:35	23° 06'
	6	8	19:10	32° 29'	19:34	28° 08'
	7	9	19:09	35° 42'	19:33	32° 08'
	8	10	19:08	37° 25'	19:32	34° 54'
	9	11	19:07	37° 30'	19:31	36° 10'
	10	12	19:05	35° 54'	19:29	35° 53'
	11	13	19:04	32° 44'	19:28	33° 59'
	12	14	19:03	28° 10'	19:27	30° 33'
	13	15	19:02	22° 25'	19:26	25° 46'
9 月	5	5	18:36	22° 59'	19:00	18° 17'
	6	6	18:35	27° 35'	18:59	23° 26'
	7	7	18:34	31° 11'	18:58	27° 49'
	8	8	18:32	33° 26'	18:56	31° 11'
	9	9	18:31	34° 36'	18:55	33° 24'
	10	10	18:30	34° 05'	18:54	34° 11'
	11	11	18:29	31° 59'	18:53	33° 24'
	12	12	18:27	28° 23'	18:51	30° 59'
	13	13	18:26	23° 24'	18:50	27° 00'
	14	14	18:25	17° 15'	18:49	21° 37'

10 月	5	5	17:57	24° 22′	18:21	20° 28′
	6	6	17:56	28° 35′	18:20	25° 28′
	7	7	17:55	31° 49′	18:19	33° 35′
	8	8	17:53	33° 47′	18:17	32° 50′
	9	9	17:52	34° 1′	18:16	34° 39′
	10	10	17:51	33° 07′	18:15	34° 50′
	11	11	17:50	30° 15′	18:14	33° 11′
	12	12	17:48	25° 46′	18:12	29° 43′
	13	13	17:47	19° 54′	18:11	24° 33′
11 月	4	3	17:22	22° 39′	17:46	18° 58′
	5	4	17:21	27° 49′	17:45	24° 54′
	6	5	17:20	32° 06′	17:44	30° 10′
	7	6	17:19	35° 12′	17:43	34° 28′
	8	7	17:18	36° 45′	17:42	37° 23′
	9	8	17:17	36° 23′	17:41	38° 29′
	10	9	17:16	34° 08′	17:40	37° 25′
	11	10	17:15	29° 50′	17:39	34° 07′
	12	11	17:14	23° 49′	17:38	28° 43′
	13	12	17:13	16° 26′	17:37	21° 39′
12 月	4	2	16:58	21° 55′	17:22	18° 15′
	5	3	16:58	28° 28′	17:22	25° 31′
	6	4	16:57	34° 14′	17:21	32° 16′
	7	5	16:57	38° 56′	17:21	38° 55′
	8	6	16:56	41° 52′	17:20	42° 28′
	9	7	16:56	42° 34′	17:20	44° 41′
	10	8	16:56	40° 40′	17:20	44° 11′
	11	9	16:55	36° 15′	17:19	40° 46′
	12	10	16:55	29° 41′	17:19	34° 45′
	13	11	16:55	21° 30′	17:19	26° 46′

表 3 中给出了 2016 年北京地区“月上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期和时间，对于时间的取值在此给定的是一时间段，可取从日落至天黑二者间的任一取值均可满足题目要求。

注：表 3 中用红色标注的时间，对应得高度角并未满足大于 20 度小于 60 度，但是另一个取值铁定在限定范围以内，由于月亮的高度角随时间的变化铁定是连续的，所以要求我们求解具体的日期和时间是，一定可在日落和天黑时间之间取出满足高度角在 20 度和 60 度之间的确切值。下面同理。

分别将哈尔滨、上海、广州、昆明、成都、乌鲁木齐的已知数据代入模型，可得出“月上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期和时间。

表 4：2016 年哈尔滨地区“月上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期和时间表

公历月份	农历日期	公历日期	日落时间	日落时间月亮高度角	天黑时间	天黑时间月亮高度角
1 月	2	11	16:05	23° 04′	16:28	19° 34′
	3	12	16:06	31° 42′	16:29	28° 53′
	4	13	16:06	31° 36′	16:29	28° 46′
	5	14	16:07	39° 20′	16:30	37° 28′
	6	15	16:08	48° 41′	16:31	49° 48′
	7	16	16:09	48° 36′	16:32	51° 22′
	8	17	16:09	45° 09′	16:32	49° 10′
	9	18	16:10	39° 03′	16:33	43° 46′
	10	19	16:11	31° 13′	16:34	36° 12′
	11	20	16:12	22° 20′	16:35	27° 22′
2 月	2	9	16:35	21° 13′	16:58	16° 43′
	3	10	16:36	32° 50′	16:59	28° 41′
	4	11	16:37	43° 49′	17:00	40° 13′
	5	12	16:39	53° 39′	17:02	51° 00′
	6	13	16:40	60° 43′	17:03	59° 46′
	8	15	16:43	59° 27′	17:06	63° 10′
	9	16	16:44	52° 10′	17:07	56° 57′
	10	17	16:46	42° 47′	17:09	47° 57′
	11	18	16:47	32° 34′	17:10	37° 49′
	12	19	16:48	22° 13′	17:11	27° 27′
3 月	2	10	17:18	26° 40′	17:41	21° 44′
	3	11	17:20	39° 33′	17:43	34° 47′
	4	12	17:21	51° 35′	17:44	47° 09′
	5	13	17:23	62° 12′	17:46	58° 35′
	9	17	17:29	53° 48′	17:52	58° 30′
	10	18	17:31	43° 33′	17:54	48° 35′
	11	19	17:32	33° 11′	17:55	38° 32′
	12	20	17:34	22° 35′	17:57	27° 47′
4 月	3	9	18:05	31° 02′	18:28	25° 51′
	4	10	18:06	43° 33′	18:29	38° 26′
	5	11	18:08	55° 13′	18:31	50° 20′
	9	15	18:14	52° 51′	18:37	57° 16′
	10	16	18:15	42° 52′	18:38	47° 39′
	11	17	18:17	32° 31′	18:40	37° 30′
	12	18	18:18	22° 21′	18:41	27° 26′
5 月	3	9	18:47	33° 33′	19:10	28° 19′
	4	10	18:48	44° 34′	19:11	39° 22′

	5	11	18:49	53° 51′	19:12	48° 54′
	6	12	18:50	60° 49′	19:13	56° 37′
	9	15	18:54	56° 34′	19:17	58° 00′
	10	16	18:55	49° 04′	19:18	51° 44′
	11	17	18:56	40° 42′	19:19	44° 06′
	12	18	18:57	31° 29′	19:20	35° 26′
	13	19	18:58	22° 08′	19:21	22° 26′
6 月	3	7	19:13	24° 14′	19:36	19° 00′
	4	8	19:13	33° 49′	19:36	28° 33′
	5	9	19:13	42° 17′	19:36	37° 08′
	6	10	19:14	48° 54′	19:37	44° 11′
	7	11	19:14	52° 53′	19:37	49° 02′
	8	12	19:14	54° 01′	19:37	51° 31′
	9	13	19:15	52° 05′	19:38	51° 11′
	10	14	19:15	47° 42′	19:38	48° 16′
	11	15	19:15	41° 33′	19:38	43° 21′
	12	16	19:16	34° 16′	19:39	36° 59′
	13	17	19:16	26° 13′	19:39	29° 38′
	14	18	19:16	17° 49′	19:39	21° 46′
7 月	4	7	19:12	25° 58′	19:35	20° 41′
	5	8	19:12	33° 13′	19:35	28° 08′
	6	9	19:11	39° 13′	19:34	34° 25′
	7	10	19:10	43° 12′	19:33	39° 05′
	8	11	19:10	45° 15′	19:33	42° 10′
	9	12	19:09	44° 59′	19:32	43° 10′
	10	13	19:08	42° 41′	19:31	42° 15′
	11	14	19:08	38° 31′	19:31	39° 24′
	12	15	19:07	32° 55′	19:30	34° 56′
	13	16	19:06	26° 20′	19:29	29° 15′
	14	17	19:05	18° 52′	19:28	22° 31′
8 月	3	5	18:45	21° 19′	19:08	16° 04′
	4	6	18:44	27° 36′	19:07	22° 32′
	5	7	18:43	32° 57′	19:06	28° 17′
	6	8	18:42	36° 45′	19:05	33° 04′
	7	9	18:40	38° 57′	19:03	35° 55′
	8	10	18:39	39° 25′	19:02	37° 33′
	9	11	18:38	38° 07′	19:01	37° 35′
	10	12	18:36	35° 07′	18:59	35° 52′
	11	13	18:35	30° 40′	18:58	32° 36′
	12	14	18:34	24° 54′	18:57	27° 51′
	13	15	18:32	18° 17′	18:55	22° 02′
9 月	4	4	18:03	23° 53′	18:26	18° 59′
	5	5	18:02	28° 17′	18:25	24° 23′

	6	6	18:00	32° 25′	18:23	28° 45′
	7	7	17:59	34° 53′	18:22	32° 10′
	8	8	17:57	35° 46′	18:20	34° 12′
	9	9	17:55	35° 07′	18:18	34° 51′
	10	10	17:54	32° 50′	18:17	33° 52′
	11	11	17:52	29° 07′	18:15	31° 21′
	12	12	17:51	24° 01′	18:14	27° 16′
	13	13	17:49	17° 57′	18:12	22° 00′
10 月	3	3	17:18	21° 03′	17:41	16° 25′
	4	4	17:17	25° 54′	17:40	21° 50′
	5	5	17:15	29° 42′	17:38	26° 24′
	6	6	17:14	32° 30′	17:37	30° 12′
	7	7	17:12	33° 55′	17:35	32° 49′
	8	8	17:11	33° 52′	17:34	34° 01′
	9	9	17:09	32° 12′	17:32	33° 41′
	10	10	17:07	29° 05′	17:30	31° 44′
	11	11	17:06	24° 25′	17:29	28° 05′
	12	12	17:04	18° 41′	17:27	23° 16′
11 月	3	2	16:35	23° 59′	16:58	20° 15′
	4	3	16:33	28° 22′	16:56	25° 25′
	5	4	16:32	31° 48′	16:55	29° 51′
	6	5	16:31	34° 01′	16:54	33° 16′
	7	6	16:30	34° 42′	16:53	35° 17′
	8	7	16:28	33° 46′	16:51	35° 40′
	9	8	16:27	31° 08′	16:50	34° 14′
	10	9	16:26	26° 44′	16:49	30° 49′
	11	10	16:25	21° 03′	16:48	25° 47′
12 月	3	1	16:05	22° 36′	16:28	19° 00′
	4	2	16:04	28° 05′	16:27	25° 14′
	5	3	16:04	32° 49′	16:27	30° 58′
	6	4	16:03	36° 20′	16:26	35° 40′
	7	5	16:03	38° 17′	16:26	38° 59′
	8	6	16:02	38° 22′	16:25	40° 28′
	9	7	16:02	36° 16′	16:25	39° 39′
	10	8	16:01	32° 16′	16:24	36° 36′
	11	9	16:01	26° 18′	16:24	31° 16′
	12	10	16:00	19° 06′	16:23	24° 20′

表 5：2016 年上海地区“月上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期和时间表

公历月份	农历日期	公历日期	日落时间	日落时间月亮高度角	天黑时间	天黑时间月亮高度角
1 月	4	13	16:59	37° 05′	17:22	23° 41′
	5	14	17:00	46° 07′	17:23	34° 13′

	6	15	17:00	53° 13'	17:23	56° 40'
	7	16	17:00	56° 49'	17:23	63° 26'
	8	17	17:01	55° 53'	17:24	64° 45'
	9	18	17:01	50° 37'	17:24	59° 52'
	10	19	17:02	42° 46'	17:25	53°
	11	20	17:02	33° 25'	17:25	42° 51'
	12	21	17:03	23° 07'	17:26	27° 27'
2 月	3	10	17:17	25° 38'	17:40	21° 41'
	4	11	17:18	37° 37'	17:41	32° 46'
	5	12	17:19	48° 53'	17:42	45° 27'
	6	13	17:19	58° 37'	17:42	56° 23'
	10	17	17:23	50° 42'	17:46	61° 06'
	11	18	17:24	40° 28'	17:47	45° 09'
	12	19	17:24	29° 55'	17:47	39° 08'
	13	20	17:25	19° 12'	17:48	27° 55'
	14	21	17:26	8° 33'	17:49	26° 46'
3 月	3	11	17:44	34° 4'	18:07	27° 26'
	4	12	17:45	47° 13'	18:08	40° 48'
	5	13	17:46	58° 38'	18:09	53° 38'
	9	17	17:50	57° 57'	18:13	68° 34'
	10	18	17:51	47° 47'	18:14	68° 34'
	11	19	17:52	37° 2'	18:15	47° 25'
	12	20	17:53	26° 46'	18:16	36° 33'
	13	21	17:54	16° 13'	18:17	25° 43'
4 月	3	9	18:12	29° 11'	18:35	20° 47'
	4	10	18:13	41° 54'	18:36	34° 41'
	5	11	18:14	53° 51'	18:37	47° 22'
	10	16	18:18	53° 5'	18:41	64° 13'
	11	17	18:19	44° 08'	18:42	53° 52'
	12	18	18:20	33° 57'	18:43	43° 44'
	13	19	18:21	24° 01'	18:44	33° 24'
	14	20	18:22	13° 42'	18:45	23° 08'
5 月	3	9	18:38	35° 1'	19:01	29° 52'
	4	10	18:39	46° 09'	19:02	40° 55'
	5	11	18:39	55° 31'	19:02	50° 46'
	9	15	18:42	55° 4'	19:05	57° 33'
	10	16	18:43	47° 44'	19:06	50° 44'
	11	17	18:43	38° 56'	19:06	42° 31'
	12	18	18:44	29° 33'	19:07	33° 34'
	13	19	18:45	20° 05'	19:08	24° 33'
6 月	4	8	18:54	37° 46'	19:17	29° 28'
	5	9	18:54	45° 53'	19:17	39° 03'
	6	10	18:54	52° 34'	19:17	47° 13'

	7	11	18:54	55° 22'	19:17	53° 24'
	8	12	18:55	55° 18'	19:18	56° 42'
	9	13	18:55	52° 07'	19:18	56° 5'
	10	14	18:55	46° 37'	19:18	53° 46'
	11	15	18:55	39° 44'	19:18	48° 17'
	12	16	18:55	31° 51'	19:18	41° 14'
	13	17	18:55	23° 23'	19:18	33° 1'
	14	18	18:55	14° 3'	19:18	24° 28'
7 月	4	7	18:53	29° 44'	19:16	21° 29'
	5	8	18:53	36° 44'	19:16	29° 42'
	6	9	18:52	42° 19'	19:15	37° 03'
	7	10	18:52	45° 44'	19:15	42° 45'
	8	11	18:52	46° 58'	19:15	46° 39'
	9	12	18:51	45° 46'	19:14	48° 28'
	10	13	18:51	42° 31'	19:14	47° 47'
	11	14	18:50	37° 34'	19:13	44° 52'
	12	15	18:50	31° 25'	19:13	40° 04'
	13	16	18:49	24° 21'	19:12	33° 45'
	14	17	18:49	16° 3'	19:12	34° 08'
	15	18	18:49	8° 11'	19:12	27° 44'
8 月	6	8	18:35	37° 37'	18:58	34° 33'
	7	9	18:34	39° 29'	18:57	38° 55'
	8	10	18:33	39° 42'	18:56	33° 37'
	9	11	18:32	38° 08'	18:55	37° 22'
	10	12	18:32	34° 56'	18:55	41° 3'
	11	13	18:31	30° 24'	18:54	38° 32'
	12	14	18:30	24° 38'	18:53	38° 37'
	13	15	18:29	17° 57'	18:52	35° 16'
	14	16	18:28	10° 34'	18:51	20° 32'
9 月	7	7	18:08	33° 47'	18:31	33° 36'
	8	8	18:07	35° 1'	18:30	28° 57'
	9	9	18:06	35° 04'	18:29	33° 5'
	10	10	18:05	33° 26'	18:28	37° 33'
	11	11	18:04	30° 19'	18:27	39° 41'
	12	12	18:03	25° 5'	18:26	34° 58'
	13	13	18:02	20° 2'	18:25	29° 55'
	14	14	18:01	13° 35'	18:24	23° 25'
10 月	7	7	17:39	32° 37'	18:02	26° 33'
	8	8	17:38	33° 59'	18:01	38° 1'
	9	9	17:37	33° 54'	18:00	40° 08'
	10	10	17:36	32° 09'	17:59	40° 08'
	11	11	17:35	28° 56'	17:58	37° 58'
	12	12	17:34	24° 09'	17:57	42° 26'

	14	14	17:33	11°	17:56	32° 45′
	15	15	17:32	3° 2′	17:55	24° 48′
11 月	6	5	17:14	32° 15′	17:37	26° 03′
	7	6	17:13	35° 14′	17:36	39° 21′
	8	7	17:12	36° 42′	17:35	42° 54′
	9	8	17:12	36° 2′	17:35	44° 2′
	10	9	17:11	33° 57′	17:34	43° 07′
	11	10	17:10	29° 46′	17:33	39° 11′
	12	11	17:09	23° 44′	17:32	45° 01′
	13	12	17:09	16° 2′	17:32	38° 13′
12 月	5	3	16:57	27° 58′	17:20	27° 51′
	6	4	16:57	34′	17:20	35° 34′
	7	5	16:57	38° 5′	17:20	42° 28′
	8	6	16:57	42° 03′	17:20	47° 53′
	9	7	16:56	43° 14′	17:19	50° 51′
	10	8	16:56	41° 22′	17:19	50° 3′
	11	9	16:56	37° 11′	17:19	46° 36′
	12	10	16:55	30° 35′	17:18	39° 31′
	13	11	16:55	22° 29′	17:18	30° 29′
	14	12	16:55	13° 16′	17:18	20° 09′

表 5：2016 年广州地区“月上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期和时间表

公历月份	农历日期	公历日期	日落时间	日落时间月亮高度角	天黑时间	天黑时间月亮高度角
1 月	3	12	17:48	30° 25′	18:12	25° 11′
	4	13	17:48	42° 41′	18:12	37° 46′
	5	14	17:49	54° 24′	18:13	50° 1′
	10	19	17:50	50° 5′	18:14	56° 53′
	11	20	17:51	39° 14′	18:15	45° 17′
	12	21	17:51	27° 11′	18:15	33° 09′
	13	22	17:51	15° 09′	18:15	21°
2 月	3	10	18:01	26° 42′	18:25	21° 23′
	4	11	18:01	40° 16′	18:25	34° 4′
	5	12	18:02	53° 42′	18:26	48° 02′
	10	17	18:05	58° 04′	18:29	63° 58′
	11	18	18:05	45° 59′	18:29	52° 02′
	12	19	18:06	34° 1′	18:30	40° 03′
	13	20	18:07	22° 32′	18:31	28° 21′
3 月	3	11	18:20	34° 32′	18:44	28° 35′
	4	12	18:20	48° 31′	18:44	42° 43′
	5	13	18:21	61° 58′	18:45	56° 12′
	10	18	18:25	54° 11′	18:49	59° 5′
	11	19	18:25	42° 29′	18:49	47° 55′

	12	20	18:26	31° 11′	18:50	37° 04′
	13	21	18:27	20° 05′	18:51	26° 06′
4 月	3	9	18:40	27° 21′	19:04	21° 23′
	4	10	18:40	41° 19′	19:04	35° 19′
	5	11	18:41	54° 39′	19:05	48° 37′
	11	17	18:45	51° 2′	19:09	57° 02′
	12	18	18:45	40° 12′	19:09	45° 59′
	13	19	18:46	29° 24′	20:10	35° 14′
	14	20	18:47	18° 41′	21:11	22° 04′
5 月	3	9	18:58	33° 43′	19:22	28° 12′
	4	10	18:58	46° 38′	19:22	40° 42′
	5	11	18:59	58° 33′	19:23	52° 56′
	10	16	19:01	57° 52′	19:25	62° 1′
	11	17	19:02	47° 43′	19:26	52° 33′
	12	18	19:02	37° 12′	19:26	42° 25′
	13	19	19:02	26° 36′	19:26	32°
	14	20	19:03	16° 09′	19:27	20° 4′
6 月	3	7	19:08	26° 48′	19:32	20° 52′
	4	8	19:09	38° 26′	19:33	32° 24′
	5	9	19:09	49° 11′	19:33	43° 07′
	6	10	19:09	58° 39′	19:33	52° 47′
	10	14	19:10	59° 14′	19:34	61° 2′
	11	15	19:10	50° 56′	19:34	54° 22′
	12	16	19:10	41° 32′	19:34	45° 54′
	13	17	19:10	31° 43′	19:34	32° 24′
	14	18	19:10	21° 47′	19:34	26° 46′
7 月	4	7	19:08	30° 43′	19:32	24° 26′
	5	8	19:08	40° 12′	19:32	33° 56′
	6	9	19:08	48° 27′	19:32	42° 26′
	7	10	19:08	54° 54′	19:32	54° 38′
	8	11	19:07	58° 51′	19:31	55° 02′
	9	12	19:07	59° 12′	19:31	55° 02′
	10	13	19:07	56° 07′	19:31	56° 17′
	11	14	19:06	50° 21′	19:30	52° 21′
	12	15	19:06	42° 48′	19:30	46° 15′
	13	16	19:06	34° 16′	19:30	38° 41′
	14	17	19:05	24° 51′	19:29	30° 06′
	15	18	19:05	15° 18′	19:29	20° 51′
8 月	4	6	18:57	31° 58′	19:21	25° 59′
	5	7	18:56	39° 38′	19:20	33° 56′
	6	8	18:56	45° 59′	19:20	40° 4′
	7	9	18:55	50° 28′	19:19	46° 17′
	8	10	18:54	52° 32′	19:18	49° 52′

	9	11	18:54	51° 48'	19:18	49° 52'
	10	12	18:53	48° 22'	19:17	49° 31'
	11	13	18:53	42° 52'	19:17	49° 31'
	12	14	18:52	35° 39'	19:16	39° 39'
	13	15	18:52	27° 16'	19:16	32° 09'
	14	16	18:51	18° 01'	19:15	32° 09'
9 月	5	5	18:38	32° 04'	19:02	26° 37'
	6	6	18:37	38° 33'	19:01	26° 37'
	7	7	18:37	43° 37'	19:01	39° 32'
	8	8	18:36	47° 09'	19:00	44° 18'
	9	9	18:35	48° 29'	18:59	44° 18'
	10	10	18:35	47° 23'	18:59	47° 55'
	11	11	18:34	43° 51'	18:58	46° 05'
	12	12	18:33	38° 11'	18:57	41° 48'
	13	13	18:33	31° 03'	18:56	41° 48'
	14	14	18:32	22° 29'	18:56	27° 43'
	15	15	18:31	13° 01'	18:55	27° 43'
10 月	4	4	18:18	25° 5'	18:42	20° 31'
	5	5	18:18	32° 42'	18:42	27° 48'
	6	6	18:17	38° 55'	18:41	34° 52'
	7	7	18:16	17° 55'	18:40	34° 52'
	8	8	18:16	47° 06'	18:40	45° 34'
	9	9	18:15	48° 04'	18:39	48° 19'
	10	10	18:14	46° 21'	18:38	48° 28'
	11	11	18:14	42° 1'	18:38	48° 28'
	12	12	18:13	35° 39'	18:37	40° 25'
	13	13	18:12	27° 23'	18:36	32° 56'
	14	14	18:12	18° 07'	18:36	24° 01'
11 月	5	4	17:59	36° 12'	18:23	32° 07'
	6	5	17:59	42° 45'	18:23	32° 07'
	7	6	17:58	48°	18:22	46° 1'
	8	7	17:57	51° 02'	18:21	51° 01'
	9	8	17:57	51° 08'	18:21	51° 01'
	10	9	17:56	47° 52'	18:20	51° 01'
	11	10	17:56	41° 49'	18:20	46° 5'
	12	11	17:55	33° 2'	18:19	39° 06'
	13	12	17:55	23° 32'	18:19	29° 26'
12 月	4	2	17:47	26° 05'	18:11	21° 21'
	5	3	17:47	34° 59'	18:11	30° 4'
	6	4	17:47	43° 24'	18:11	39° 45'
	7	5	17:47	50° 49'	18:11	48° 19'
	8	6	17:47	56° 15'	18:11	55° 31'
	9	7	17:46	58° 12'	18:10	59° 55'

	10	8	17:46	55° 46′	18:10	59° 46′
	11	9	17:46	49° 21′	18:10	54° 44′
	12	10	17:46	40° 14′	18:10	46° 1′
	13	11	17:46	29° 26′	18:10	35° 29′
	14	12	17:45	17° 42′	18:09	23° 39′

表 6: 2016 年昆明地区“月上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期和时间表

公历 月份	农历日期	公历日期	日落时间	日落时间月亮 高度角	天黑时间	天黑时间月亮 高度角
1 月	3	12	18:30	29° 47′	18:54	24° 41′
	4	13	18:30	41° 41′	18:54	37° 02′
	5	14	18:31	53° 19′	18:55	49° 09′
	10	19	18:33	50° 33′	18:57	56° 29′
	11	20	18:34	39° 09′	18:58	45° 06′
	12	21	18:34	27° 2′	18:58	33° 13′
	13	22	18:35	15° 34′	18:59	21° 21′
2 月	3	10	18:46	25° 51′	19:10	20° 16′
	4	11	18:47	39° 1′	19:11	33° 41′
	5	12	18:47	52° 19′	19:11	47° 01′
	10	17	18:51	58° 23′	19:15	64° 18′
	11	18	18:52	46° 38′	19:16	52° 36′
	12	19	18:52	34° 53′	19:16	40° 49′
	13	20	18:53	23° 15′	19:17	29° 09′
3 月	3	11	19:08	33° 27′	19:32	27° 36′
	4	12	19:08	17° 11′	19:32	41° 21′
	5	13	19:09	60° 34′	19:33	54° 47′
	10	18	19:13	54° 54′	19:37	60° 46′
	11	19	19:14	43° 23′	19:38	49° 19′
	12	20	19:14	32° 09′	19:38	38° 05′
	13	21	19:15	21° 01′	19:39	26° 57′
4 月	3	9	19:29	26° 2′	19:53	20° 28′
	4	10	19:30	40° 03′	19:54	34° 08′
	5	11	19:30	53° 19′	19:54	49° 22′
	6	12	19:31	65° 52′	19:55	59° 58′
	11	17	19:35	51° 55′	19:59	57° 22′
	12	18	19:35	41° 04′	19:59	46° 4′
	13	19	19:36	30° 15′	20:00	35° 55′
	14	20	19:37	19° 32′	20:01	25° 15′
5 月	3	9	19:48	32° 42′	20:12	26° 5′
	4	10	19:48	48° 18′	20:12	39° 21′
	5	11	19:48	57° 02′	20:13	51° 05′
	10	16	19:51	57° 34′	20:15	61° 3′
	11	17	19:51	47° 37′	20:15	53° 13′

	12	18	19:52	37° 23'	20:16	42° 22'
	13	19	19:52	27° 01'	20:16	32° 14'
	14	20	19:52	16° 35'	20:16	21° 56'
6 月	3	7	19:57	26° 01'	20:21	20° 1'
	4	8	19:57	37° 29'	20:21	31° 31'
	5	9	19:57	47° 58'	20:21	42° 01'
	6	10	19:57	56° 59'	20:21	51° 16'
	7	11	19:57	63° 33'	20:21	58° 4'
	10	14	19:57	57° 47'	20:21	59° 29'
	11	15	19:57	49° 5'	20:21	52° 56'
	12	16	19:57	40° 52'	20:21	44° 5'
	13	17	19:57	31° 19'	20:21	35° 51'
	14	18	19:57	21° 23'	20:21	26° 18'
7 月	3	6	19:53	20° 12'	20:17	14° 2'
	4	7	19:53	30° 21'	20:17	24° 22'
	5	8	19:53	39° 33'	20:17	33° 37'
	6	9	19:52	47° 29'	20:16	41° 5'
	7	10	19:52	53° 33'	20:16	48° 34'
	8	11	19:52	56° 59'	20:16	53° 15'
	9	12	19:51	57° 09'	20:15	55° 15'
	10	13	19:51	54° 06'	20:15	50° 12'
	11	14	19:50	48° 34'	20:14	50° 22'
	12	15	20:50	41° 21'	20:14	44° 25'
	13	16	21:50	33° 02'	20:14	37°
	14	17	19:49	23° 57'	20:13	28° 33'
8 月	3	5	19:39	23° 48'	20:03	17° 5'
	4	6	19:38	32°	20:02	26° 09'
	5	7	19:37	39° 13'	20:01	33° 4'
	6	8	19:37	45° 02'	20:01	40° 07'
	7	9	19:36	49° 02'	20:00	45° 08'
	8	10	19:35	50° 42'	18:59	48° 16'
	9	11	19:35	49° 47'	18:59	49° 06'
	10	12	19:34	46° 24'	18:58	47° 29'
	11	13	19:33	41°	18:57	43° 33'
	12	14	19:33	34° 03'	19:57	37° 45'
	13	15	19:32	25° 57'	19:56	30° 29'
	14	16	19:31	17° 02'	19:55	22° 08'
9 月	4	4	19:18	25° 06'	19:42	19° 21'
	5	5	19:17	32° 03'	19:41	26° 45'
	6	6	19:16	38° 02'	19:40	33° 14'
	7	7	19:15	42° 45'	19:39	38° 51'
	8	8	19:15	45° 44'	19:39	43° 06'
	9	9	19:14	46° 38'	19:38	45° 36'

	10	10	19:13	45° 04′	19:37	45° 56′
	11	11	19:12	41° 35′	19:36	43° 54′
	12	12	19:12	36°	19:36	39° 38′
	13	13	19:11	28° 51′	19:35	33° 38′
	14	14	19:10	20° 33′	19:34	25° 48′
10 月	4	4	18:55	26° 01′	19:19	20° 47′
	5	5	18:54	32° 37′	19:18	27° 56′
	6	6	18:54	38° 19′	19:18	34° 26′
	7	7	18:53	42° 44′	19:17	40°
	8	8	18:52	45° 26′	19:16	44° 11′
	9	9	18:52	45° 57′	19:16	46° 26′
	10	10	18:51	44°	19:15	46° 15′
	11	11	18:50	39° 41′	19:14	43° 25′
	12	12	18:50	33° 18′	19:14	38° 06′
	13	13	18:49	25° 19′	19:13	30° 47′
	14	14	18:48	16° 09′	19:12	21° 58′
11 月	3	2	18:36	21° 12′	19:00	16° 03′
	4	3	18:36	28° 44′	19:00	24° 06′
	5	4	18:35	35° 45′	18:59	31° 49′
	6	5	18:35	41° 5′	18:59	38° 55′
	7	6	18:34	46° 3′	18:58	44° 57′
	8	7	18:34	49° 01′	18:58	49° 15′
	9	8	18:33	48° 45′	18:57	50° 56′
	10	9	18:33	45° 28′	19:57	49° 21′
	11	10	18:32	39° 28′	19:56	44° 31′
	12	11	18:32	31° 22′	19:55	37° 15′
	13	12	18:31	21° 46′	19:55	27° 41′
12 月	4	2	18:25	25° 53′	18:49	21° 08′
	5	3	18:25	34° 28′	18:49	30° 17′
	6	4	18:25	42° 32′	18:49	39° 09′
	7	5	18:25	49° 28′	18:49	47° 18′
	8	6	18:24	54° 24′	18:48	53° 59′
	9	7	18:24	56° 03′	18:48	57° 54′
	10	8	18:24	53° 36′	18:48	57° 34′
	11	9	18:24	47° 26′	18:48	52° 43′
	12	10	18:24	38° 39′	18:48	44° 29′
	13	11	18:24	28° 1′	18:48	34° 09′
	14	12	18:24	16° 44′	18:48	22° 35′

表 7：2016 年成都地区“月上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期和时间表

公历 月份	农历日期	公历日期	日落时间	日落时间月亮 高度角	天黑时间	天黑时间月亮 高度角
1 月	3	12	18:16	28° 02′	18:39	24° 07′
	5	14	18:17	49° 49′	18:40	46° 57′
	6	15	18:18	58° 38′	18:41	56° 54′
	9	18	18:19	57° 07′	18:42	61° 2′
	10	19	18:19	47° 52′	18:42	52° 34′
	11	20	18:20	37° 26′	18:43	42° 53′
	12	21	18:20	26° 14′	18:43	31° 01′
2 月	3	10	18:34	24° 59′	18:57	20° 35′
	4	11	18:34	37° 58′	18:57	33° 44′
	5	12	18:45	48° 43′	19:08	44° 39′
	10	17	18:39	56° 03′	19:02	60° 41′
	11	18	18:40	45° 07′	19:03	49° 54′
	12	19	18:41	33° 53′	19:04	38° 42′
	13	20	18:42	22° 39′	19:05	27° 26′
3 月	4	12	19:00	46° 17′	19:23	41° 41′
	5	13	19:01	58° 58′	19:24	54° 34′
	10	18	19:06	53° 24′	19:29	57° 59′
	11	19	19:07	42° 25′	19:30	47° 07′
	12	20	19:08	31° 27′	19:31	36° 12′
	13	21	19:09	20° 35′	19:32	25° 21′
4 月	3	9	19:26	25° 53′	19:49	21° 08′
	4	10	19:27	39° 12′	19:50	34° 25′
	5	11	19:28	51° 52′	19:51	47° 08′
	12	18	19:34	39° 58′	19:57	40° 19′
	13	19	19:35	29° 32′	19:58	34° 01′
	14	20	19:36	19° 07′	19:59	23° 4′
5 月	3	9	19:51	31° 14′	20:14	26° 28′
	4	10	19:52	43° 05′	20:15	38° 17′
	5	11	19:52	53° 01′	20:15	47° 13′
	10	16	19:56	54° 13′	20:19	57° 27′
	11	17	19:56	45° 45′	20:19	49° 04′
	12	18	19:57	36° 16′	20:20	40°
	13	19	19:58	26° 3′	20:21	30° 31′
6 月	4	8	20:06	34° 16′	20:29	28° 26′

	5	9	20:06	43° 5′	20:29	39° 03′
	6	10	20:07	51° 36′	20:30	44° 05′
	7	11	20:07	57° 12′	20:30	59° 23′
	8	12	20:07	59° 28′	20:30	56° 57′
	9	13	20:07	58° 01′	20:30	57°
	10	14	20:07	53° 26′	20:30	54° 09′
	11	15	20:08	46° 52′	20:31	48° 45′
	12	16	20:08	38° 59′	20:31	41° 43′
	13	17	20:08	30° 2′	20:31	33° 39′
	14	18	20:08	21° 11′	20:31	24° 56′
7 月	4	7	20:06	26° 11′	20:29	21° 21′
	5	8	20:05	34° 37′	20:28	29° 5′
	6	9	20:05	41° 33′	20:28	37° 02′
	7	10	20:05	46° 49′	20:28	42° 5′
	8	11	20:04	50° 03′	20:27	46° 59′
	9	12	20:04	50° 36′	20:27	48° 46′
	10	13	20:04	48° 37′	20:27	48° 1′
	11	14	20:03	44° 25′	20:26	45° 18′
	12	15	20:03	38° 34′	20:26	40° 31′
	13	16	20:02	31° 23′	20:25	34° 11′
	14	17	20:02	23° 26′	20:25	26° 52′
8 月	4	6	19:50	26° 51′	20:13	22° 08′
	5	7	19:49	33° 2′	20:12	28° 53′
	6	8	19:48	38° 36′	20:11	34° 28′
	7	9	19:48	42° 1′	20:11	38° 58′
	8	10	19:47	44° 02′	20:10	41° 53′
	9	11	19:46	43° 5′	20:09	42° 56′
	10	12	19:45	41° 34′	20:08	41° 58′
	11	13	19:44	37° 26′	20:07	39° 02′
	12	14	19:44	31° 52′	20:07	34° 27′
	13	15	19:43	24° 58′	20:06	28° 2′
	14	16	19:42	17° 09′	20:05	21° 06′
9 月	5	5	19:25	26° 42′	19:48	22° 22′
	6	6	19:24	32° 08′	19:47	28° 17′
	7	7	19:23	36° 28′	19:46	33° 19′
	8	8	19:22	39° 24′	19:45	37° 12′

	9	9	19:21	40° 39′	19:44	39° 37′
	10	10	19:20	40° 02′	19:43	40° 16′
	11	11	19:19	37° 29′	19:42	38° 59′
	12	12	19:18	33° 08′	19:41	35° 44′
	13	13	19:17	27° 14′	19:40	30° 43′
	14	14	19:16	20° 05′	19:39	24° 12′
10 月	5	5	18:57	27° 32′	19:20	23° 49′
	6	6	18:56	32° 45′	19:19	29° 41′
	7	7	18:55	36° 53′	19:18	34° 42′
	8	8	18:54	39° 35′	19:17	38° 32′
	9	9	18:53	40° 31′	19:16	40° 44′
	10	10	18:52	39° 23′	19:15	40° 57′
	11	11	18:52	36° 17′	19:15	39° 01′
	12	12	18:51	31° 09′	19:14	34° 49′
	13	13	18:50	24° 22′	19:13	28° 4′
11 月	4	3	18:32	24° 39′	18:55	21° 01′
	5	4	18:32	30° 55′	18:55	27° 54′
	6	5	18:31	36° 31′	18:54	34° 19′
	7	6	18:30	40° 5′	18:53	39° 43′
	8	7	18:29	43° 22′	18:52	43° 34′
	9	8	18:29	43° 4′	18:52	45° 16′
	10	9	18:28	41° 2′	18:51	44° 15′
	11	10	18:27	36° 28′	18:50	40° 23′
	12	11	18:27	29° 43′	18:50	34° 12′
12 月	13	12	18:26	21° 1′	18:49	25° 56′
	5	3	18:15	30° 44′	18:38	27° 35′
	6	4	18:15	37° 59′	18:38	35° 33′
	7	5	18:15	47° 12′	18:38	42° 46′
	8	6	18:14	48° 39′	18:37	48° 34′
	9	7	18:14	50° 22′	18:37	51° 53′
	10	8	18:14	45° 46′	18:37	51° 48′
	11	9	18:14	43° 53′	18:37	47° 58′
	12	10	18:13	36° 1′	18:36	40° 49′
	13	11	18:13	26° 51′	18:36	31° 39′
	14	12	18:13	16° 24′	18:36	21° 09′

表 8: 2016 年乌鲁木齐地区“月上柳梢头，人约黄昏后”发生的日期和时间表

公历 月份	农历日期	公历日期	日落时间	日落时间月亮 高度角	天黑时间	天黑时间月亮 高度角
1 月	5	14	18:42	34° 34′	19:05	30° 2′
	6	15	18:43	45° 28′	19:06	41° 46′
	7	16	18:44	55° 09′	19:07	52° 21′
	11	20	18:47	52° 27′	19:10	57° 16′
	12	21	18:48	42° 4′	19:11	47° 5′
	13	22	18:49	32° 05′	19:12	37° 19′
	14	23	18:50	21° 13′	19:13	26° 27′
2 月	5	12	19:13	31° 17′	19:36	26° 22′
	6	13	19:15	43° 23′	19:38	38° 39′
	7	14	19:16	54° 49′	19:39	50° 3′
	12	19	19:23	51° 59′	19:46	56° 46′
	13	20	19:24	41° 32′	19:47	46° 36′
	14	21	19:26	31° 01′	19:49	36° 11′
	15	22	19:27	20° 18′	19:50	25° 3′
	6	14	19:58	36° 12′	20:21	42° 49′
	7	15	20:00	47° 31′	20:23	53° 37′
	8	16	20:01	58° 12′	20:24	62° 52′
	12	20	20:07	50° 07′	20:30	54° 54′
	13	21	20:09	41° 08′	20:32	45° 39′
	14	22	20:10	31° 02′	20:33	35° 48′
	15	23	20:12	21° 03′	20:35	25° 58′
4 月	5	11	20:40	26° 07′	21:03	20° 54′
	6	12	20:42	37° 06′	21:05	31° 51′
	7	13	20:43	47° 11′	21:06	42° 01′
	8	14	20:45	55° 25′	21:08	50° 36′
	12	18	20:51	54° 58′	21:14	56° 28′
	13	19	20:52	47° 29′	21:15	50° 09′
	14	20	20:53	39°	21:16	42° 26′
	15	21	20:55	30° 09′	21:18	34° 04′
5 月	6	12	21:22	33° 27′	21:45	28° 1′
	7	13	21:23	40° 57′	21:46	35° 49′
	8	14	21:24	46° 47′	21:47	42° 05′
	9	15	21:25	50° 3′	21:48	46° 37′
	10	16	21:26	51° 41′	21:49	48° 59′
	11	17	21:27	50° 14′	21:50	49°
	12	18	21:28	46° 3′	21:51	46° 42′
	13	19	21:29	41° 04′	21:52	42° 3′
	14	20	21:30	34° 26′	21:53	36° 52′
	15	21	21:31	27° 01′	21:54	30° 12′
6 月	7	11	21:45	27°	22:08	21° 47′
	8	12	21:46	32° 3′	22:09	27° 33′

	9	13	21:46	36° 56'	22:09	32° 3'
	10	14	21:46	39° 53'	22:09	36° 13'
	11	15	21:47	41° 03'	22:10	38° 24'
	12	16	21:47	40° 32'	22:10	39° 08'
	13	17	21:47	38° 17'	22:10	38° 1'
	14	18	21:47	34° 28'	22:10	35° 37'
	15	19	21:47	29° 23'	22:10	31° 37'
7 月	9	12	21:40	27° 09'	22:03	22° 37'
	10	13	21:40	30° 58'	22:03	27° 04'
	11	14	21:39	33° 46'	22:02	30° 46'
	12	15	21:38	35° 13'	22:01	33° 18'
	13	16	21:37	35° 16'	22:00	34° 28'
	14	17	21:37	33° 25'	22:00	34° 05'
	15	18	21:36	30° 12'	21:59	32° 07'
8 月	9	11	21:10	26° 26'	21:33	22° 4'
	10	12	21:09	30° 11'	21:32	27° 15'
	11	13	21:07	32° 52'	21:30	31° 02'
	12	14	21:06	34° 03'	21:29	33° 3'
	13	15	21:05	33° 38'	21:28	34° 26'
	14	16	21:03	31° 24'	21:26	33° 33'
	15	17	21:02	27° 33'	21:25	30° 52'
9 月	9	9	20:28	25° 08'	20:51	21° 37'
	10	10	20:27	29° 4'	20:50	27° 02'
	11	11	20:25	33° 14'	20:48	31° 43'
	12	12	20:24	35° 17'	20:47	35° 06'
	13	13	20:22	35° 31'	20:45	36° 47'
	14	14	20:21	33° 45'	20:44	36° 24'
	15	15	20:19	29° 5'	20:42	33° 39'
10 月	8	8	19:44	26° 01'	20:07	22° 48'
	9	9	19:43	31° 25'	20:06	29° 06'
	10	10	19:41	35° 47'	20:04	34° 38'
	11	11	19:40	38° 3'	20:03	38° 45'
	12	12	19:39	39° 07'	20:02	40° 51'
	13	13	19:37	37° 08'	20:00	40° 22'
	14	14	19:36	32° 48'	19:59	37° 07'
11 月	15	15	19:34	26° 13'	19:57	31° 11'
	7	6	19:04	28° 43'	19:27	25° 41'
	8	7	19:03	35° 05'	19:26	32° 59'
	9	8	19:02	40° 15'	19:25	39° 22'
	10	9	19:01	43° 31'	19:24	44° 1'
	11	10	19:00	44° 08'	19:23	46° 26'
	12	11	18:59	41° 39'	19:22	45° 23'
	13	12	18:57	36° 03'	19:20	40° 46'

	14	13	18:56	28° 2'	19:19	33° 3'
	15	14	18:55	19° 07'	19:18	24° 22'
12 月	6	4	18:39	23° 54'	19:02	20° 02'
	7	5	18:38	32° 18'	19:01	29° 05'
	8	6	18:38	39° 57'	19:01	37° 37'
	9	7	18:37	46° 21'	19:00	45° 18'
	10	8	18:37	50° 26'	19:00	51° 04'
	11	9	18:36	51°	18:59	53° 35'
	12	10	18:36	47° 43'	18:59	51° 51'
	13	11	18:35	40° 51'	18:58	40° 52'
	14	12	18:35	31° 5'	18:58	37° 09'
	15	13	18:35	21° 28'	18:58	26° 47'

通过上述各表可看出,无论是在哪个地区,均可发生本文所定义的“月上柳梢头,人约黄昏后”的情景,只不过发生的日期和时间有所不同,发生的总天数也各异。

六、模型评价

模型优点:本文中建立的模型方法简单易行,且易应用于现实生活。在做出一些假设条件,做出简化的基础上,最终所得结果与当前已有天文资料中的数据比较,出入甚小,进而验证了其可行性。

模型缺点:考虑的影响因素较少,在处理问题时可能存在一些误差。仅使用多地一年的数据进行验证,具有一定的局限性,另外对“月上柳梢头”的定义较为简单,时间紧、人物中,所以并未从多角度进行分析,这是本文存在的一个缺憾。

参考文献

- [1] 刘学富.基础天文学[M].高等教育出版社,2004,P.98-200.
- [2] C.弗拉马里翁.大众天文学[M].北京大学出版社,2013,P.15-482.
- [3] 许剑伟.天文算法[M].
- [4] Jean.Meeus. Astronomical Algorithms[M].
- [5] 张捍卫,许厚泽,王爱生.天文经纬度和天文方位角测定的基本原理[J].测绘科学.2006(04).
- [6] 紫金山天文台,北京天文台.天文普及年历[M].科学出版社,1978,P.202.
- [7] 刘安国.日梭万年历, <http://www.fomen123.com/doc/wannianli.html>,2015.9.13.
- [8] 许剑伟.寿星万年历, <http://www.skycn.com/soft/appid/11111.html>,2015.9.13.
- [9] Sonic. Stellarium, <https://www.sonic.com/business/hosting>,2015.9.13.