

## 第二节 天球坐标

背景知识：

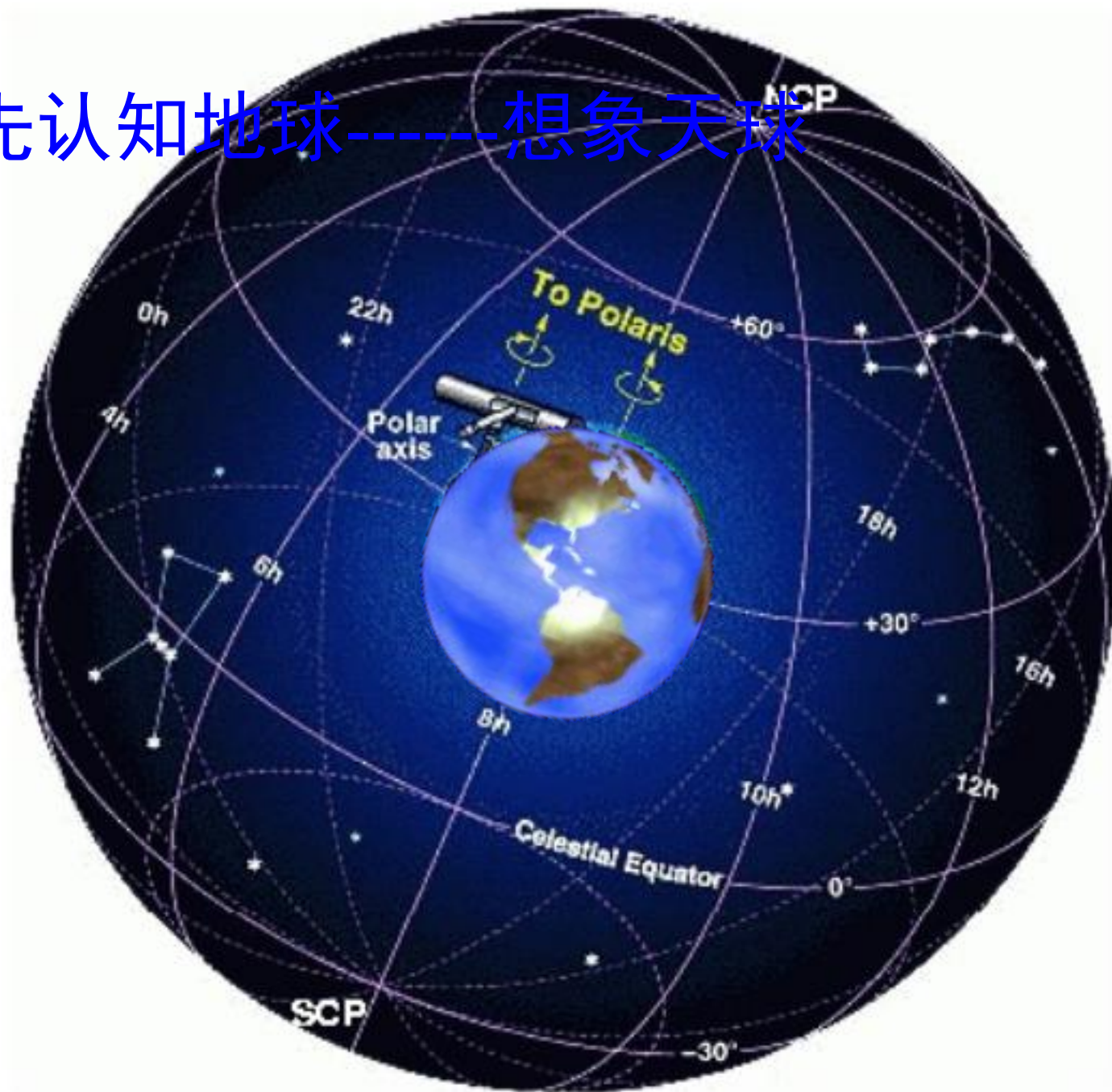
- 一、天球和天穹

- 先认知天球
- 再学习 天球坐标

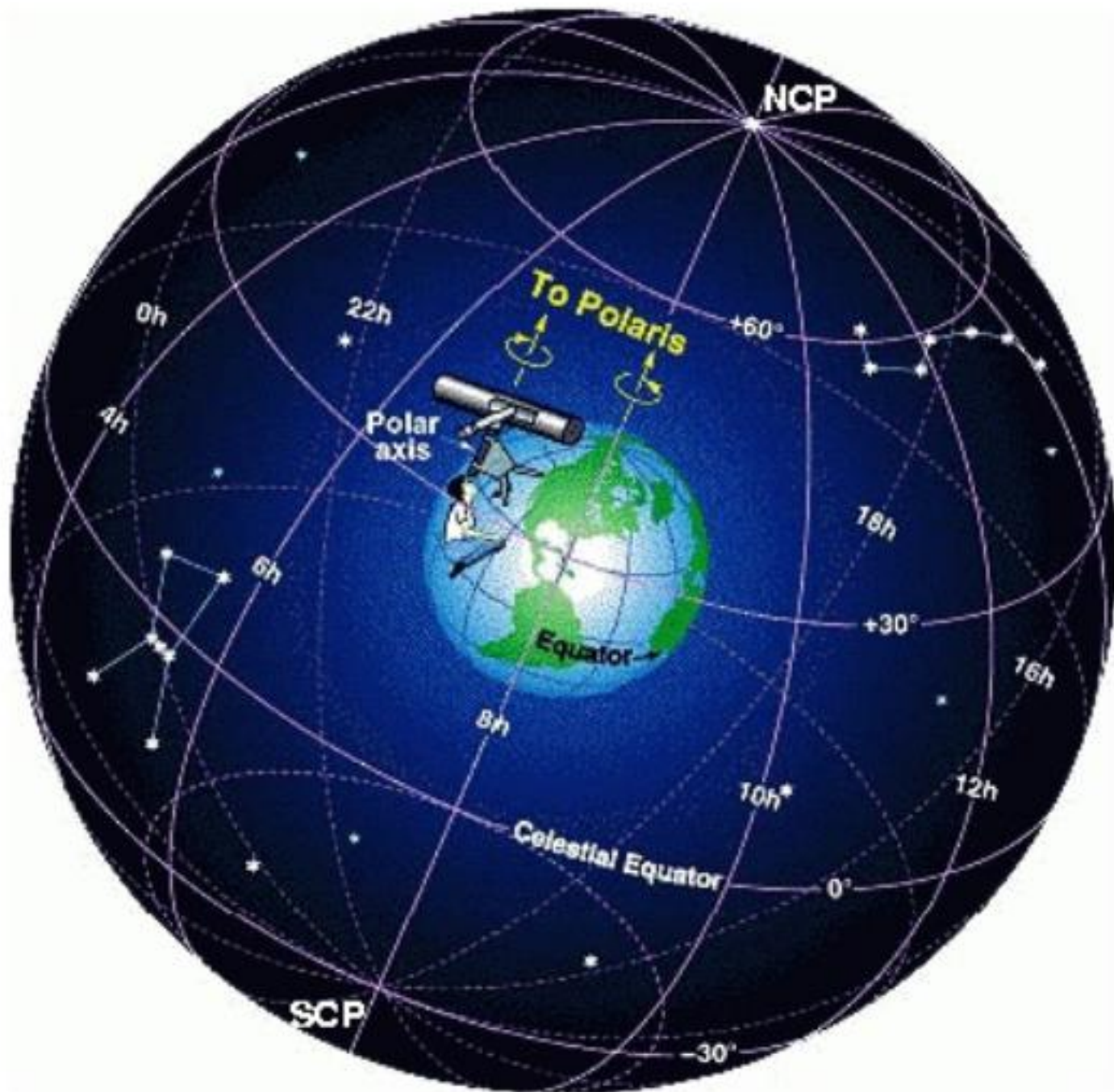
先认知地球-----想象天球



# 先认知地球-----想象天球







# 天穹



天似苍穹笼罩四野

- 一、天球和天穹
- (一) 天球与天穹的性质
- (二) 天球分类：
- (三) 天球视运动
  
- 二、天球坐标：
- (一) 天球上的基本点圈
- (二) 天球坐标系

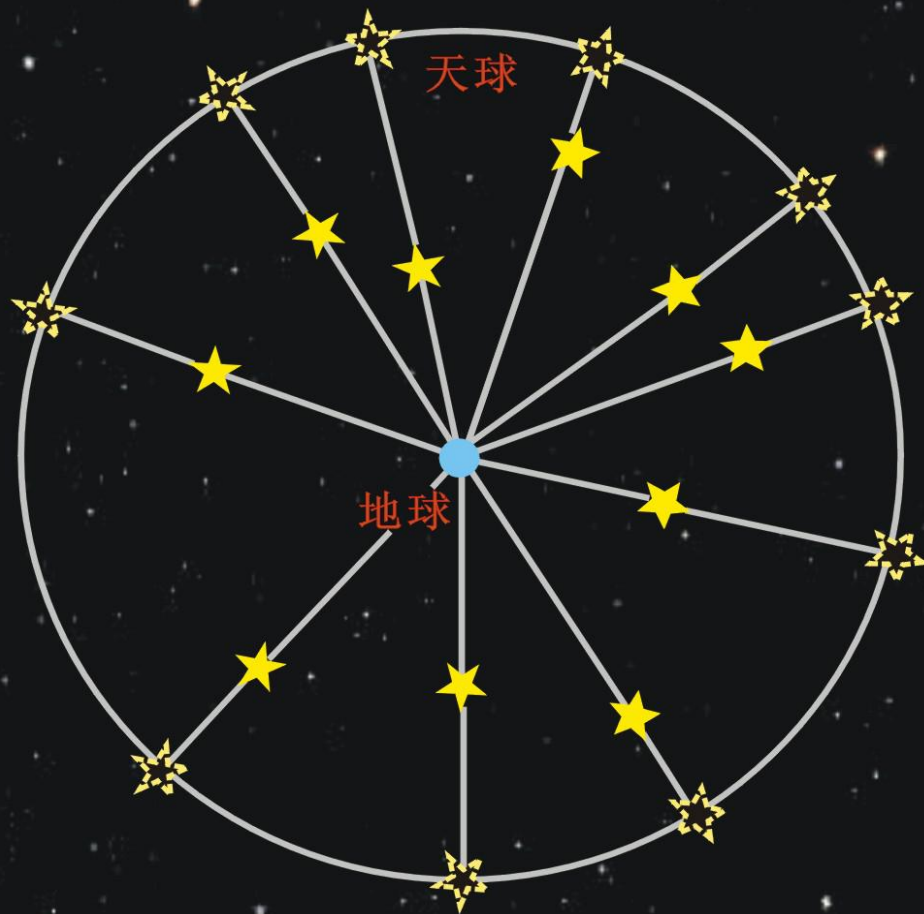


图1-7 天球示意图

天球的半径是任意的,所有天体,不论多远,都可以在天球上有它们的投影。



- 一、 天球和天穹

- (一) 天球与天穹的性质

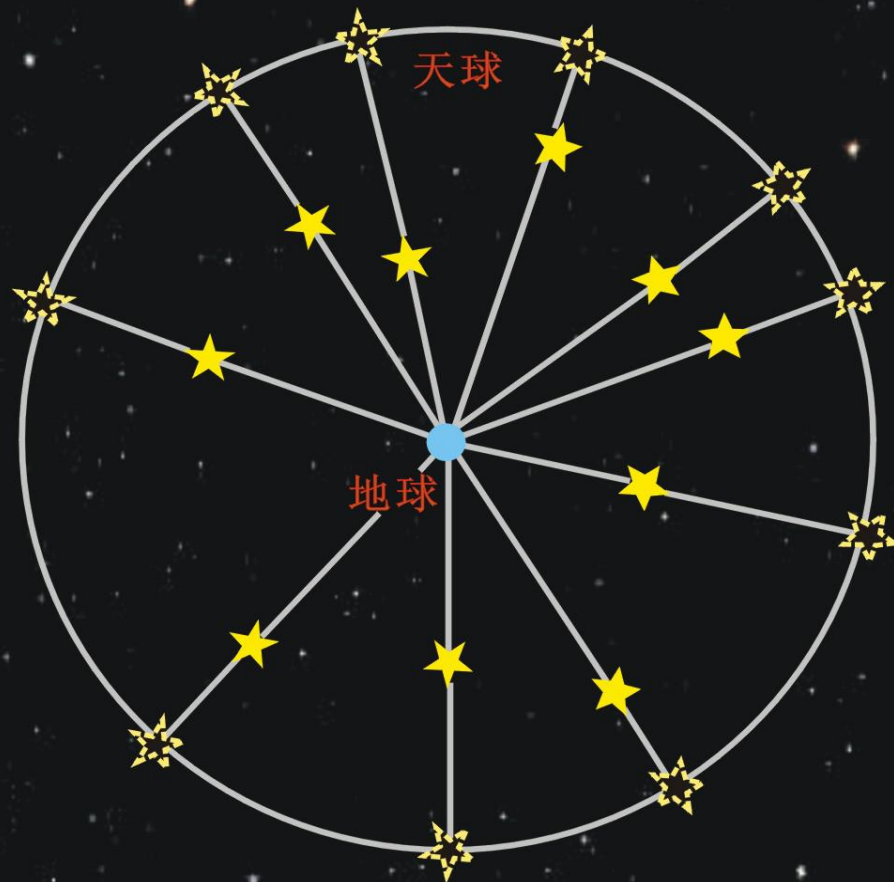
- 天球：以地心为球心半径为任意的假想球体  
表示天体视运动的辅助工具

- ◆是整球和圆球；

- 天穹：地平以上的半个天球

- ◆是半球和扁球。

以任意点为球心，任意长为半径，  
直观感觉相符的假想圆球。

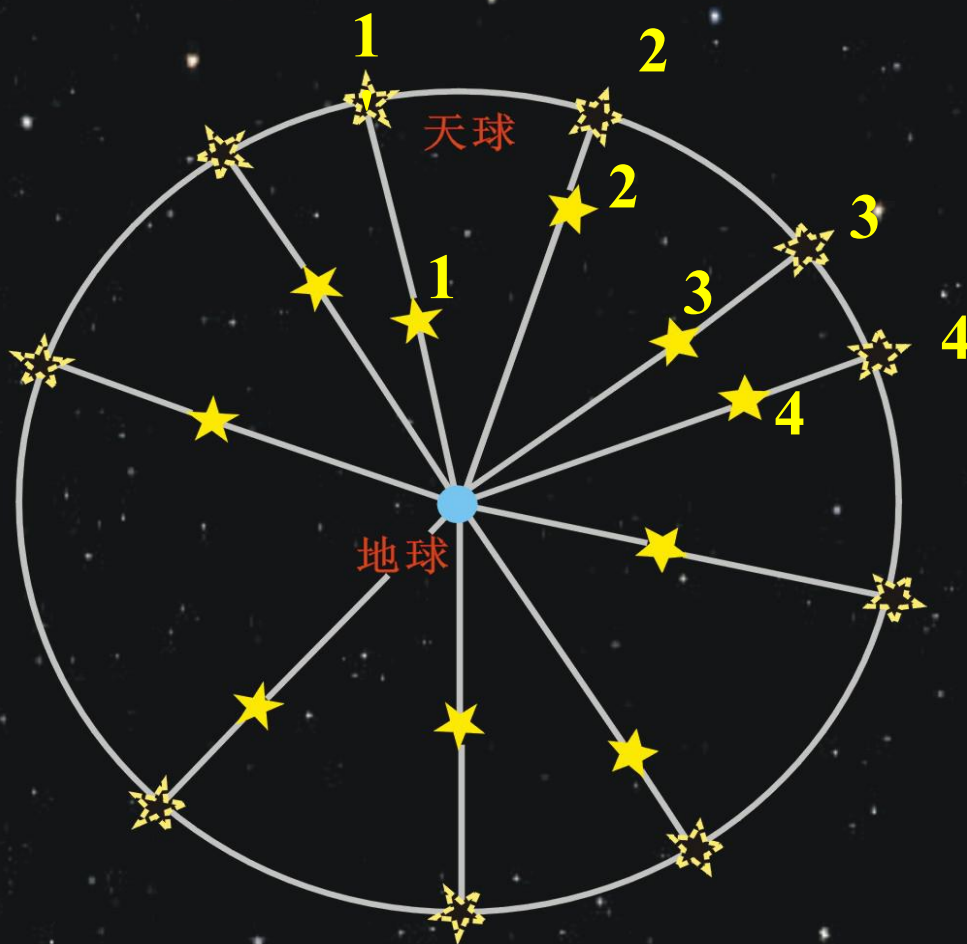


以任意点为球心，任意长为半径，  
直观感觉相符的假想圆球。

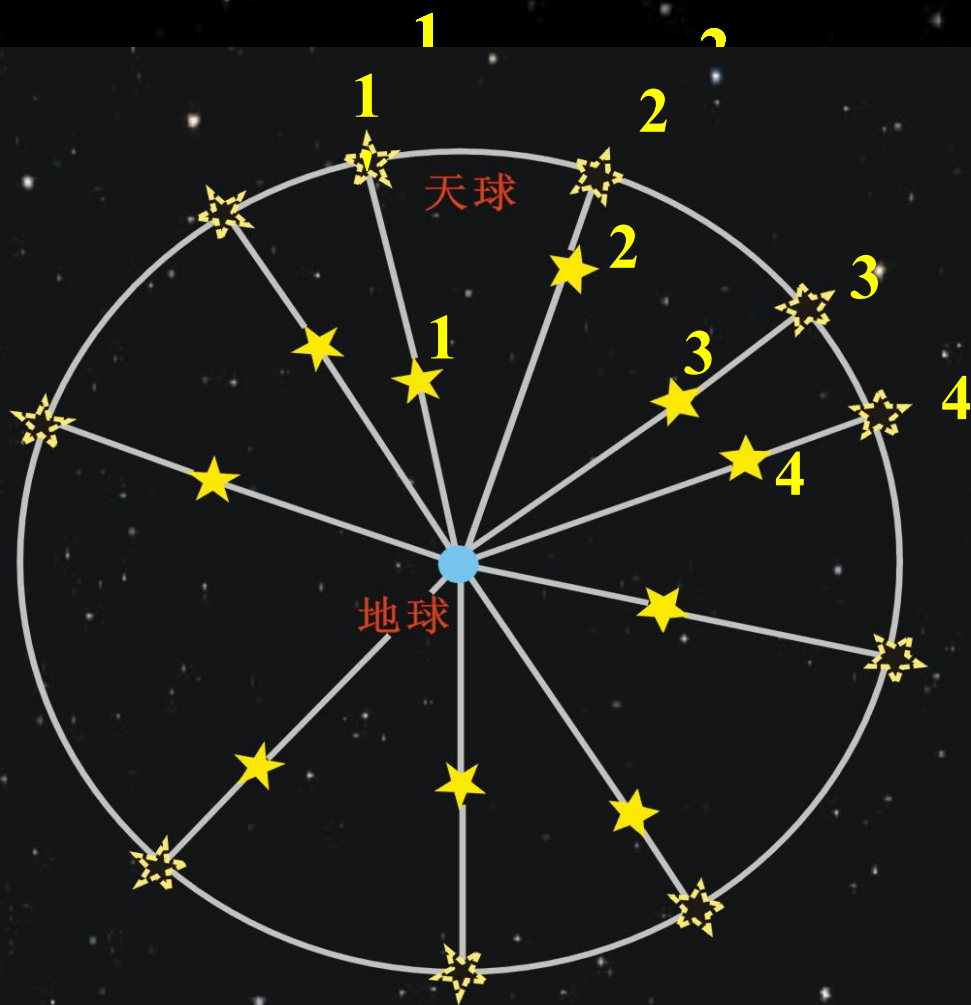
天球特点：

- 1、与直观感觉相符的科学抽象
- 2、天体在天球上的位置只反映天体视方向的投影
- 3、天球上任意两天体的距离用其角距表示

以任意点为球心，任意长为半径，  
直观感觉相符的假想圆球。



以任意点为球心，任意长为半径，  
直观感觉相符的假想圆球。





北极星

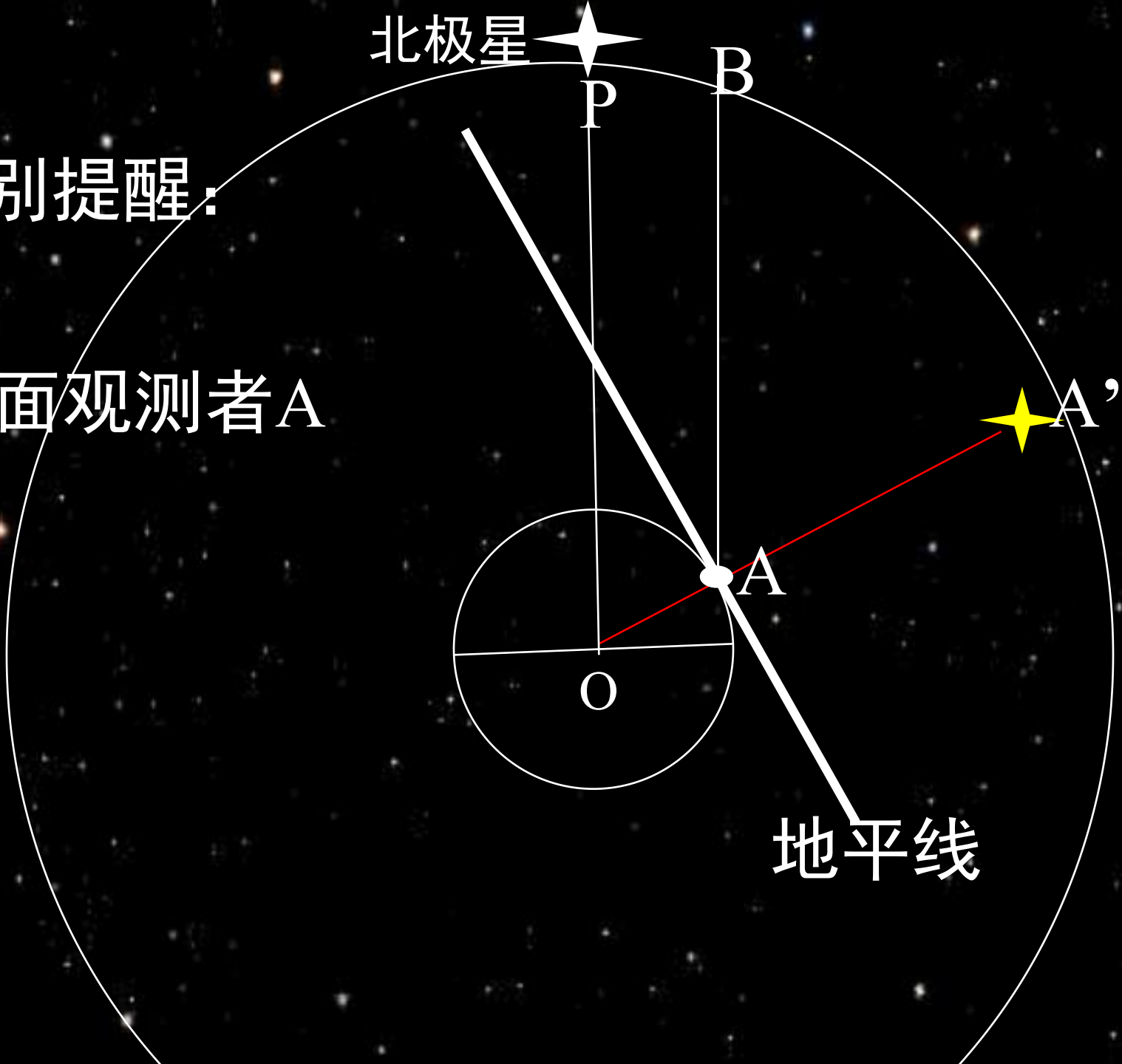


P

B

特别提醒:

地面观测者A



地平线

A'

A

O

北极星



B

P

特别提醒:

地面观测者A

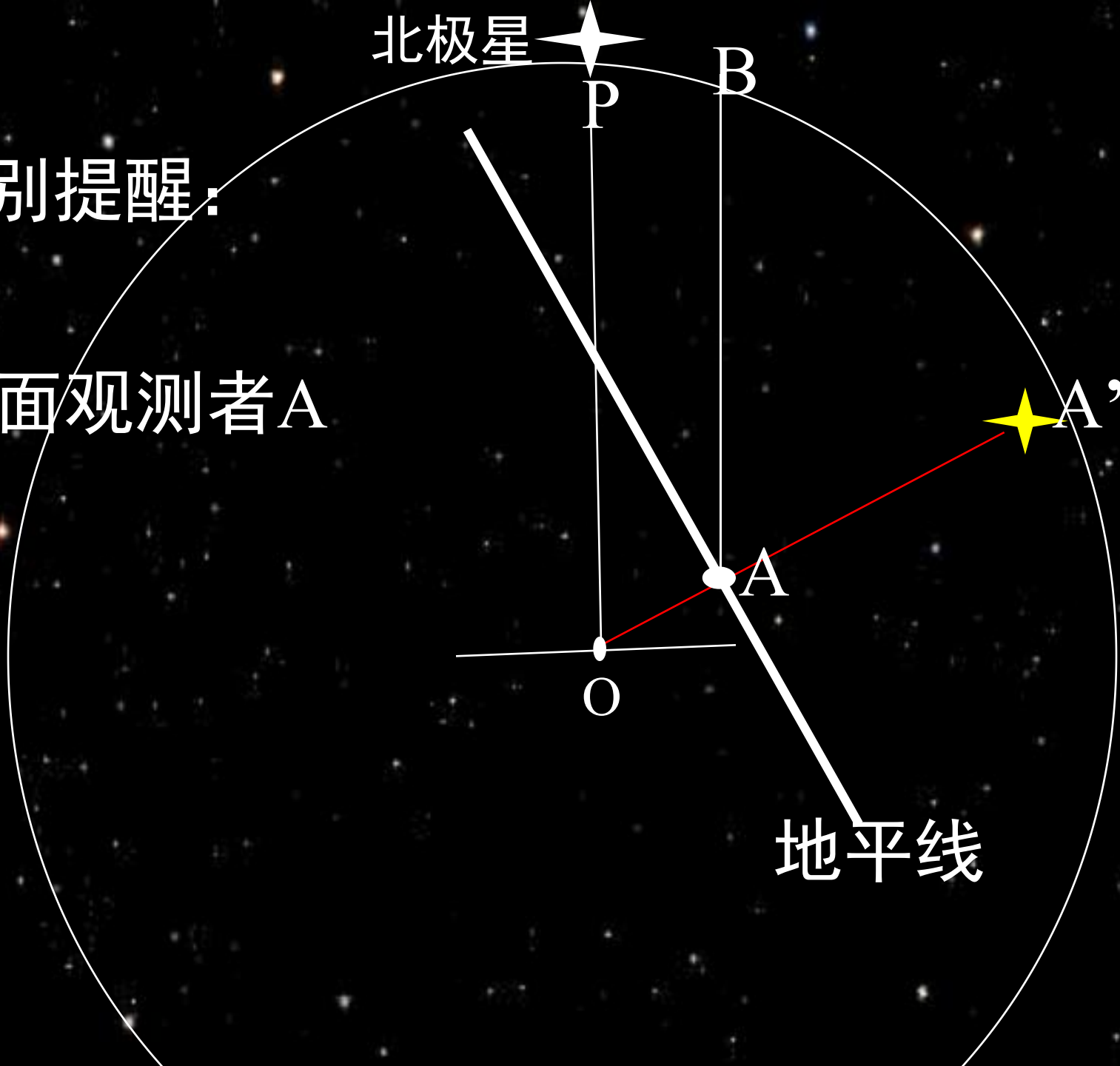


A'

A

O

地平线



北极星



B

特别提醒:

地面观测者A



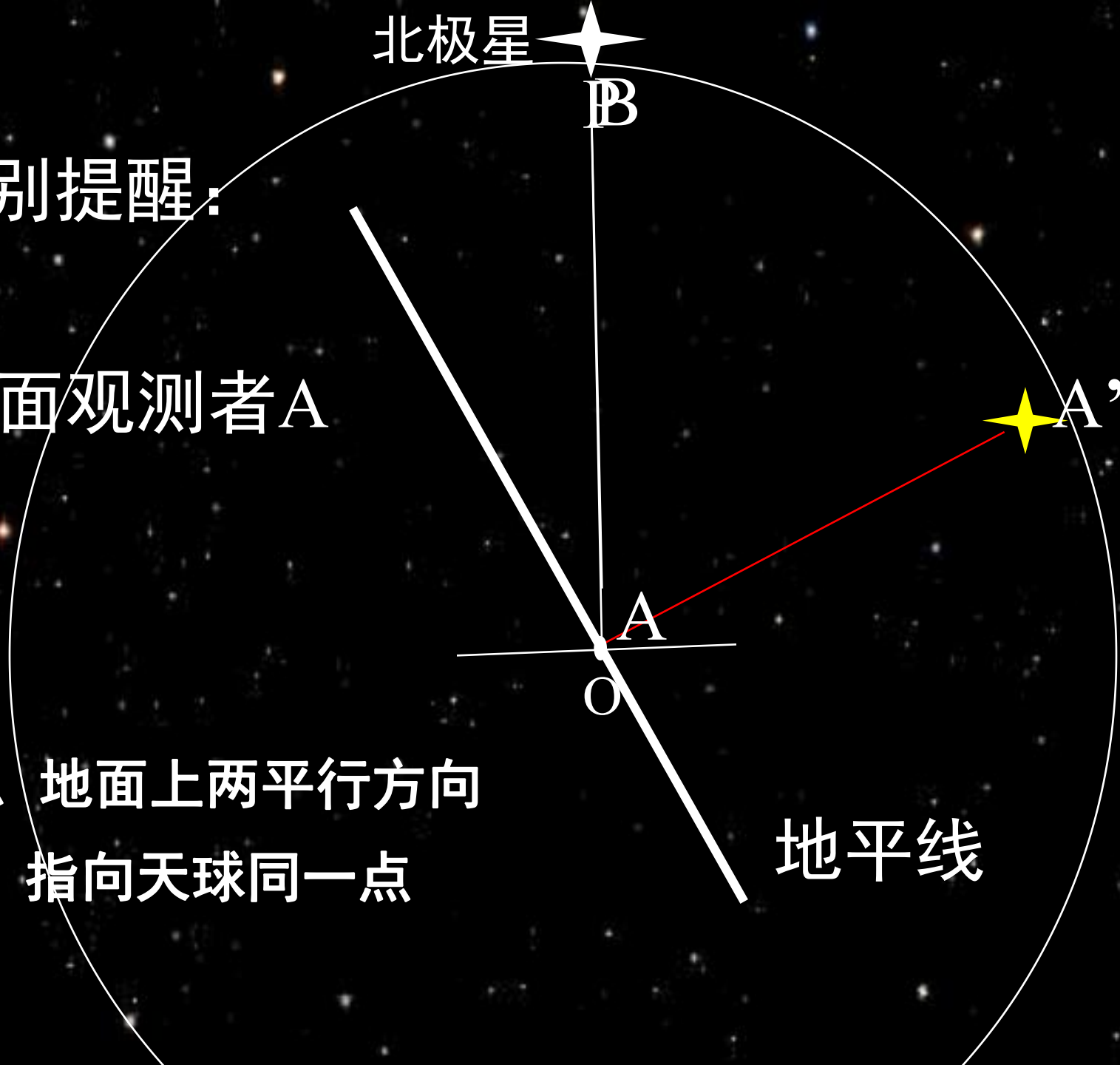
A'

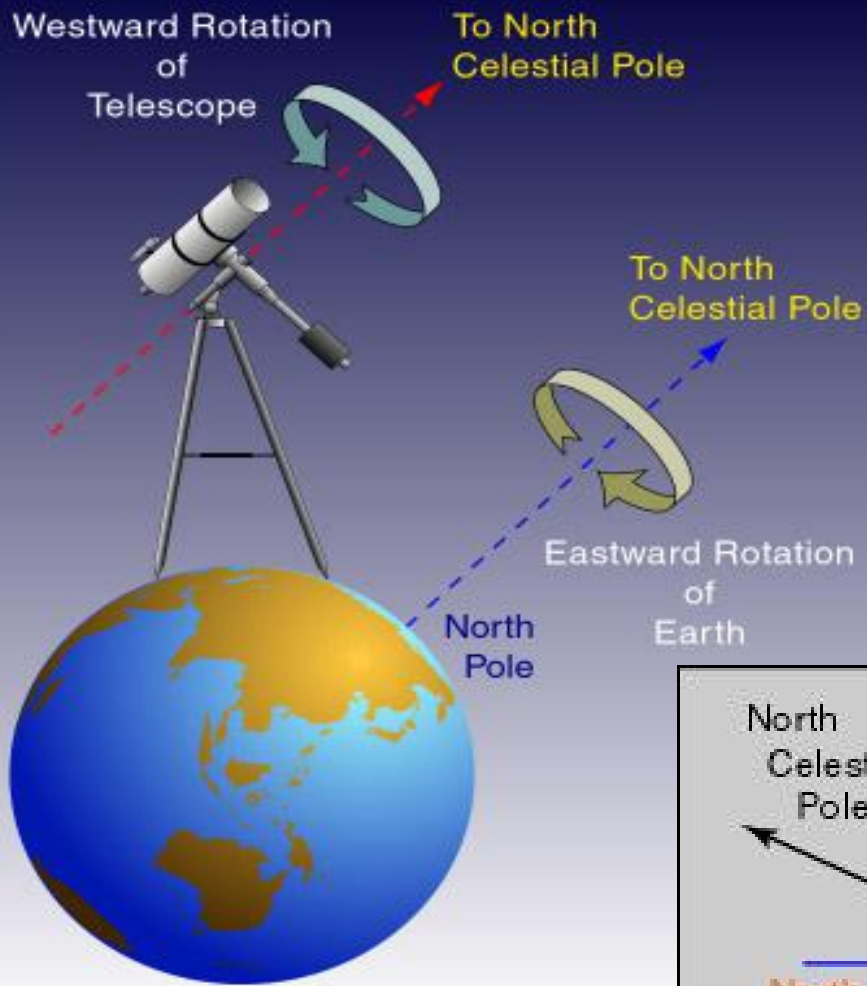
A

O

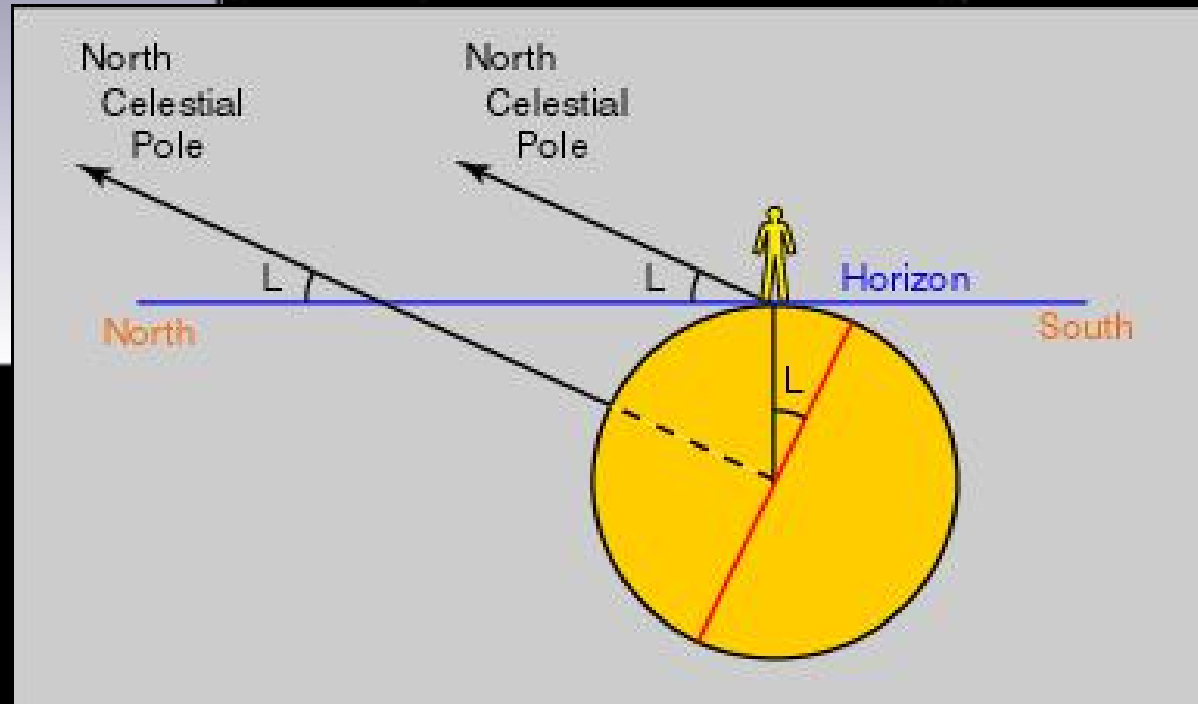
4、地面上两平行方向  
指向天球同一点

地平线





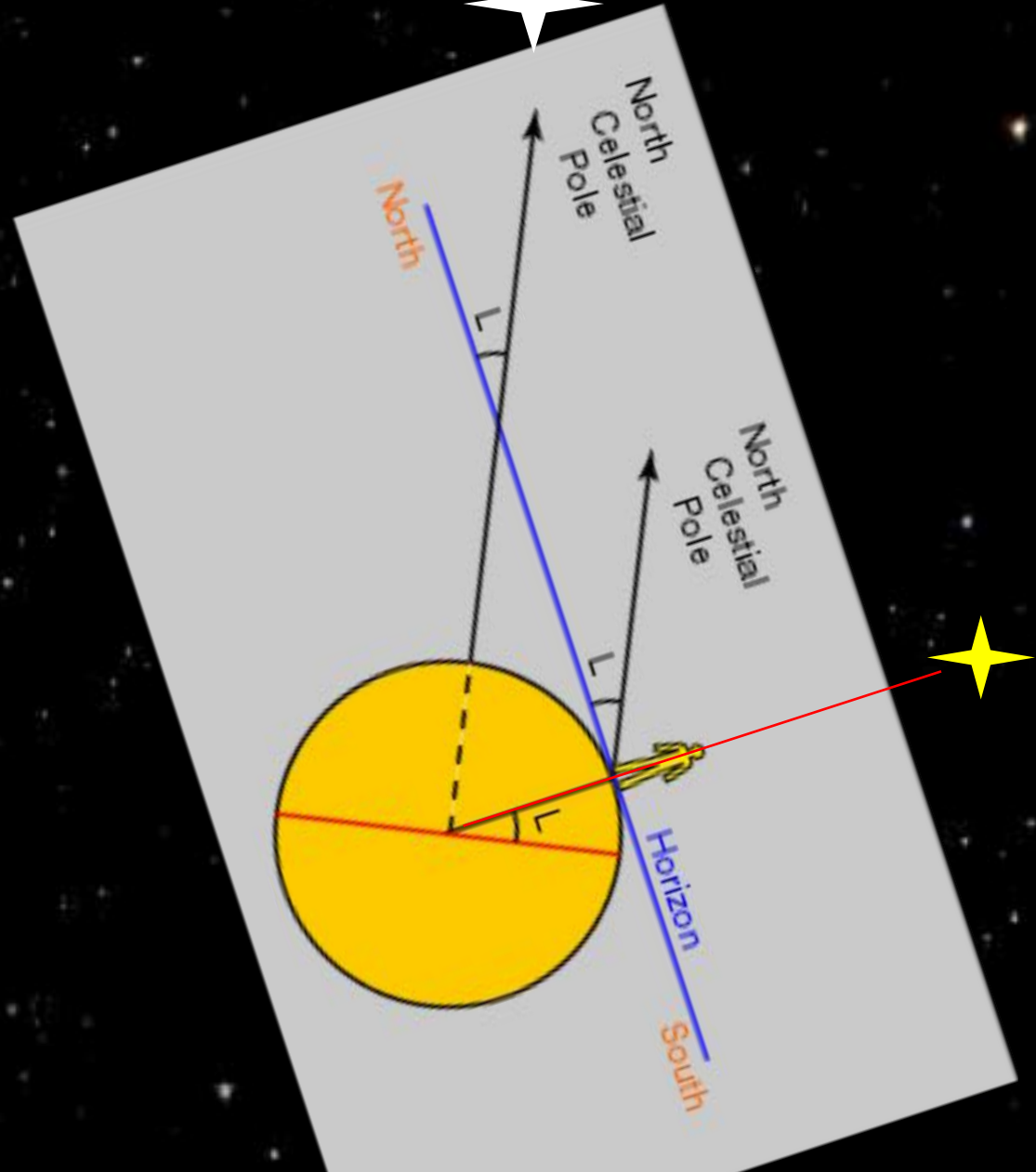
## 4、地面上两平行方向指向天球同一点



当地的地理纬度  
等于北极星的高度

# 地理纬度的测量方法

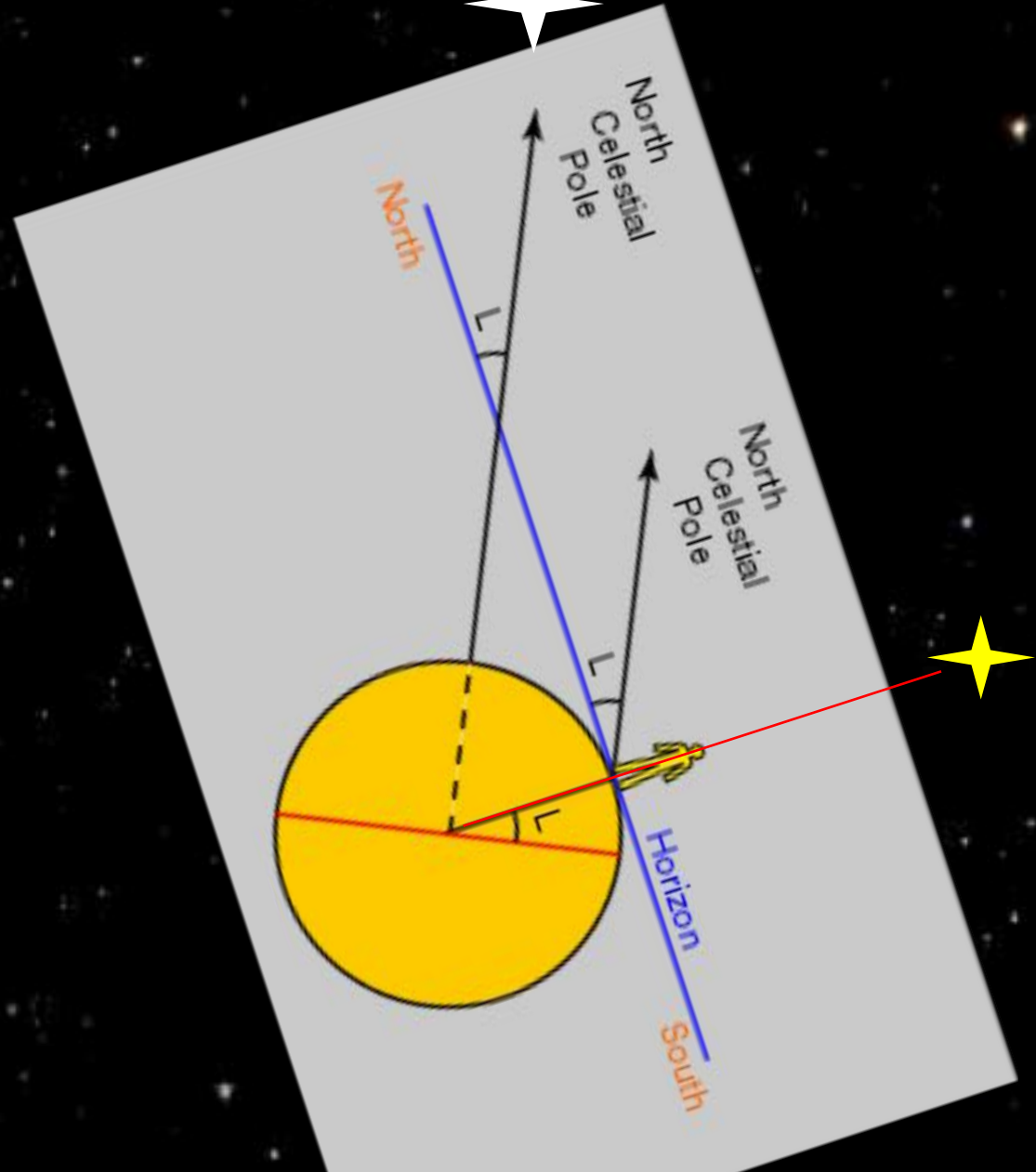
北极星





# 地理纬度的测量方法

北极星

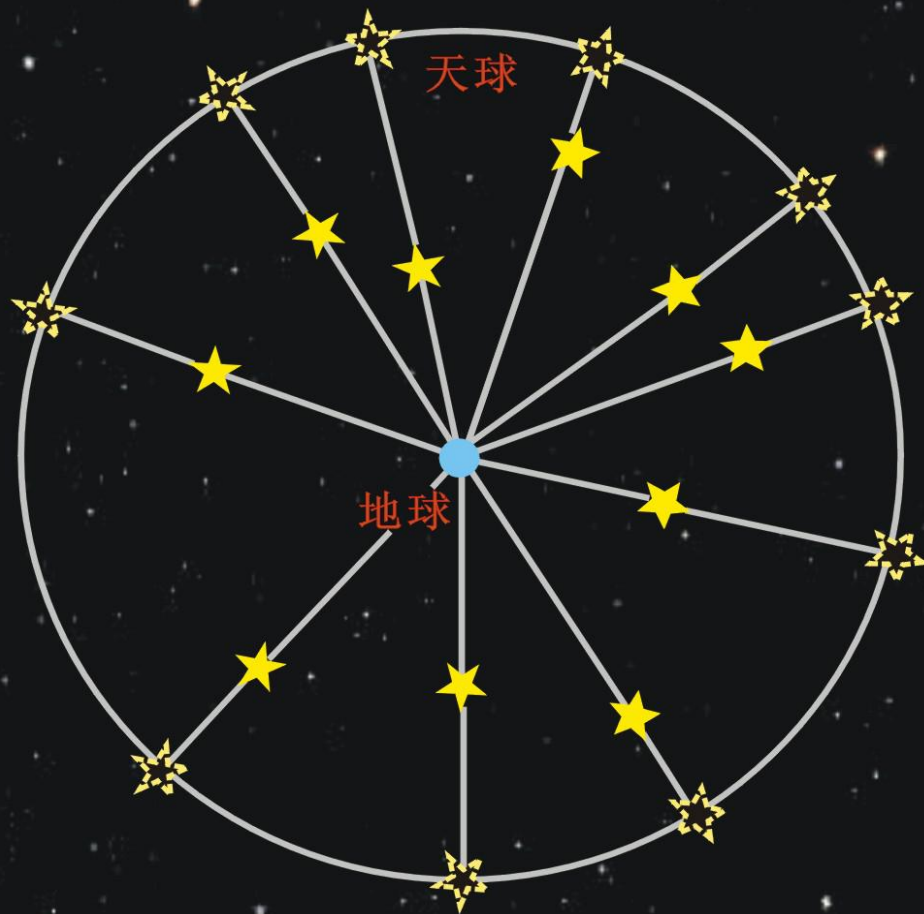


以任意点为球心，任意长为半径，  
直观感觉相符的假想圆球。

## 天 球 特 点：

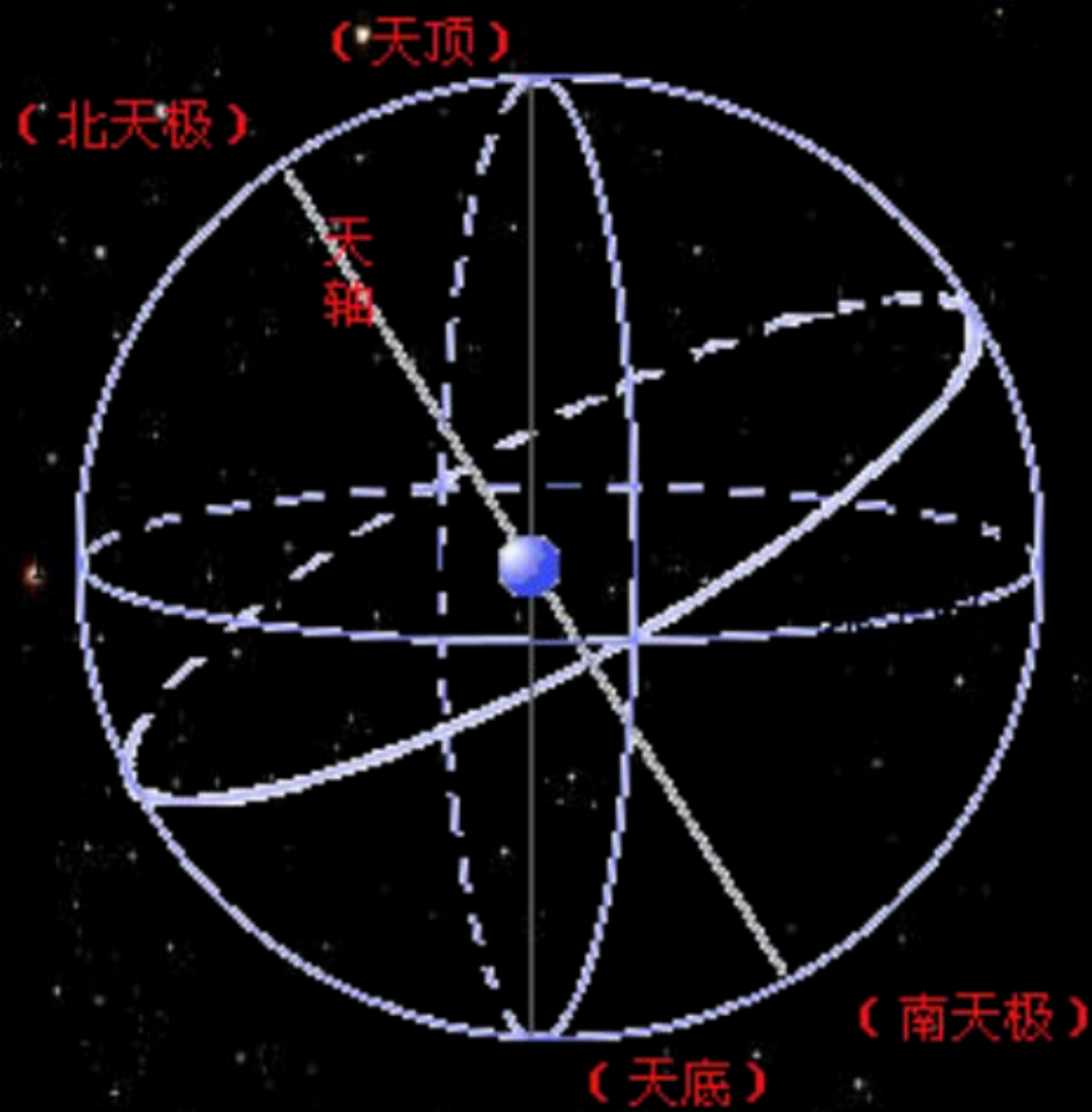
- 1、与直观感觉相符的科学抽象
- 2、天体在天球上的位置只反映天体视方向的投影
- 3、天球上任意两天体的距离用其角距表示
- 4、地面上两平行方向指向天球同一点
- 5、任意点为球心

- **总之，天球的性质**
- **(1) 天球是假设的，实际上不存在，来源于视觉（天穹）**
- **(2) 半径是任意长，观测者任何移动，球面形状不变。**
- **(3) 球心可根据观测需要确定。地面天球/地心天球/日心天球**
- **(4) 天球上天体位置不是真实位置，而是投影位置或视位置。**
- **(5) 天球上天体只有角距离，而无线距离。**
- **(6) 地面上两平行方向指向天球同一点**
-



## 天球示意图

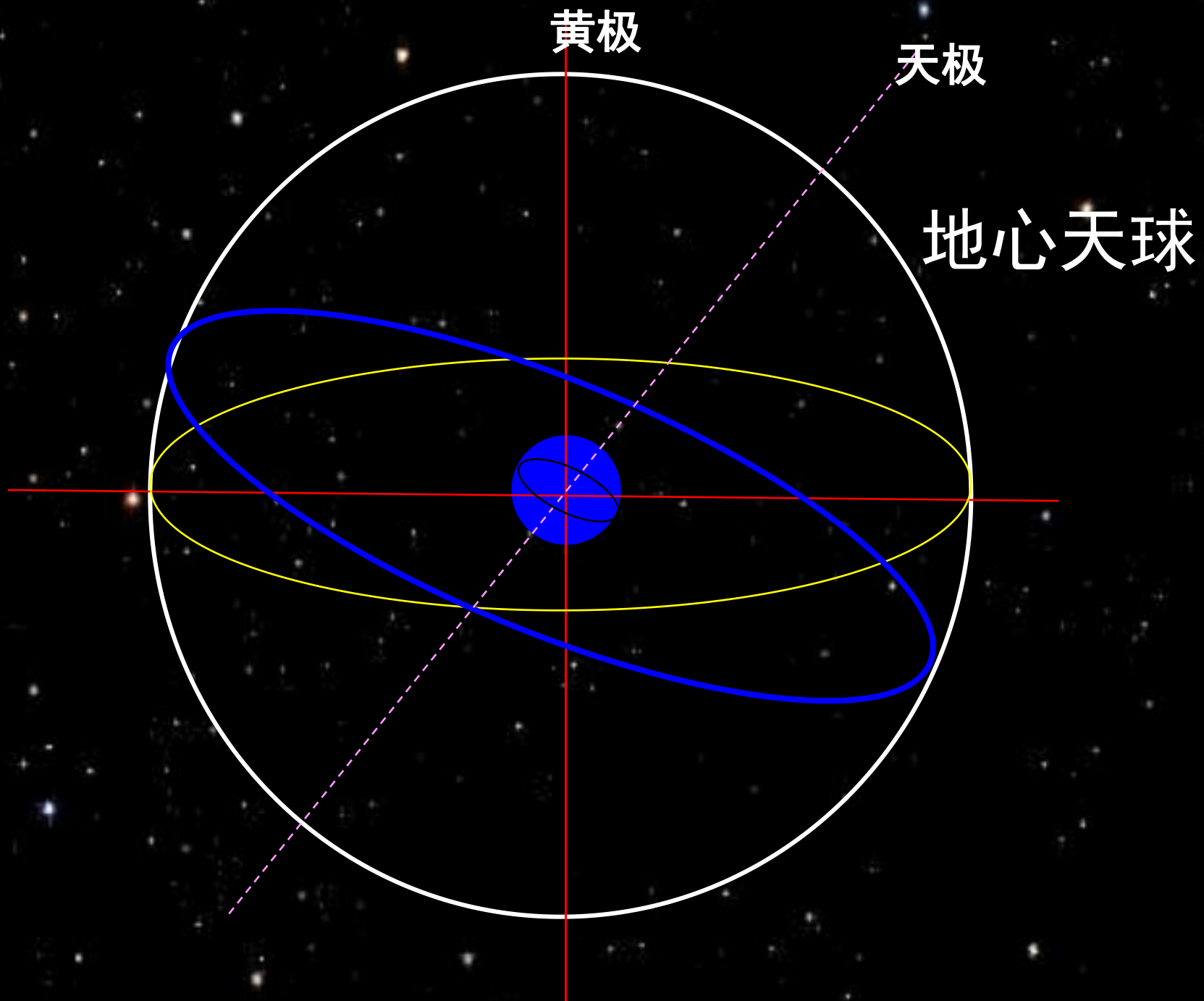
天球的半径是任意的,所有天体,不论多远,都可以在天球上有它们的投影。





- 一、天球和天穹
- (一) 天球与天穹的性质
- **(二) 天球分类：**
- (三) 天球视运动
  
- 二、天球坐标：
- (一) 天球上的基本点圈
- (二) 天球坐标系

- **(二) 天球分类：**

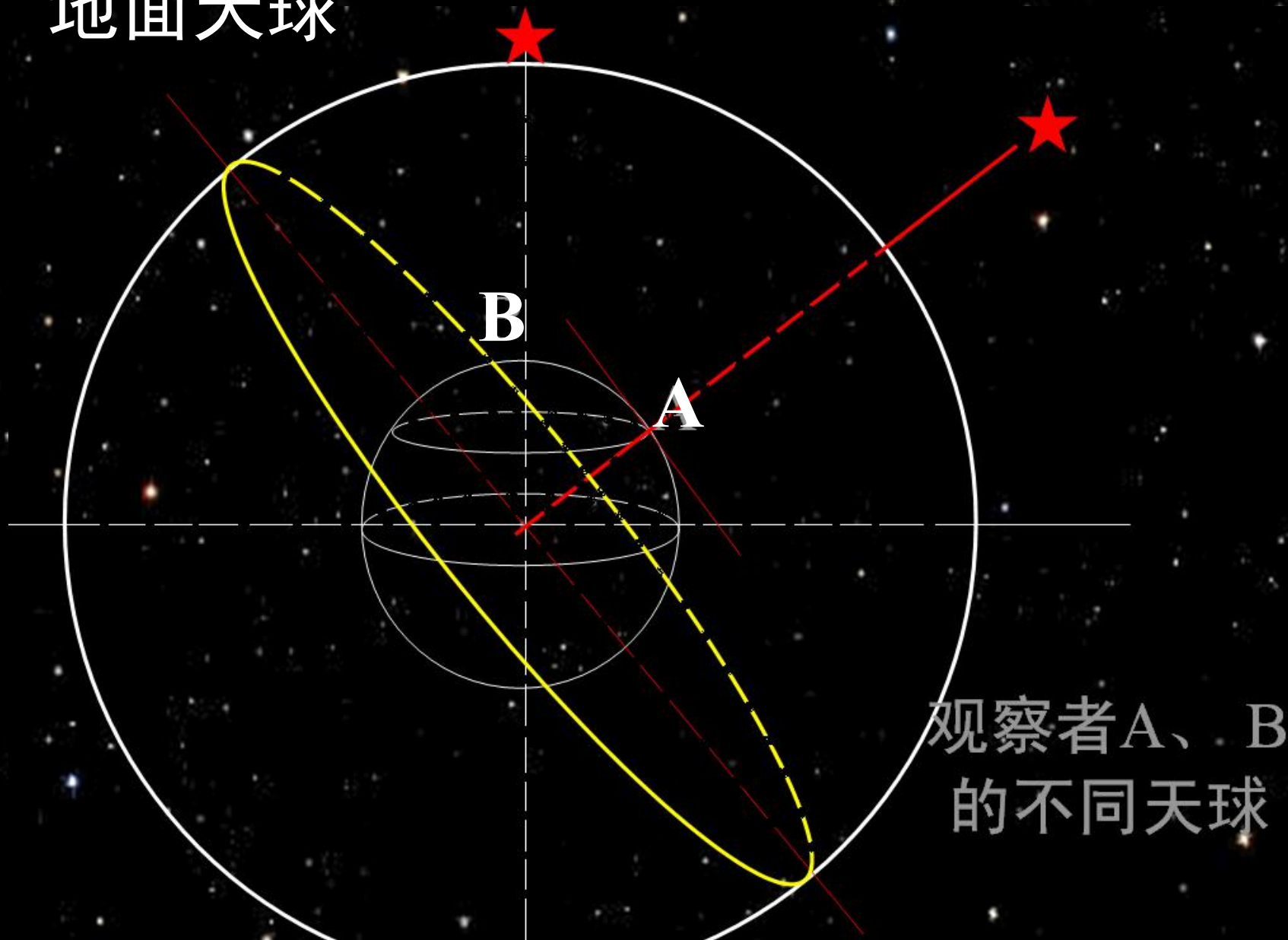


- (二) 天球分类：

地心天球——以地心为球心的天球。以天轴为轴，北天极 (P)、南天极 (P') 为极，天赤道为基圈。

- 请大家练习画
- 地心天球
- 1、地轴倾斜
- 2、地轴垂直

# 地面天球



观察者A、B  
的不同天球

不同的观察着有不同的天球





- (二) 天球分类:

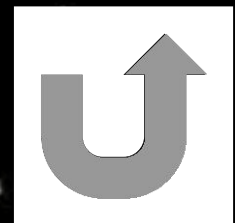
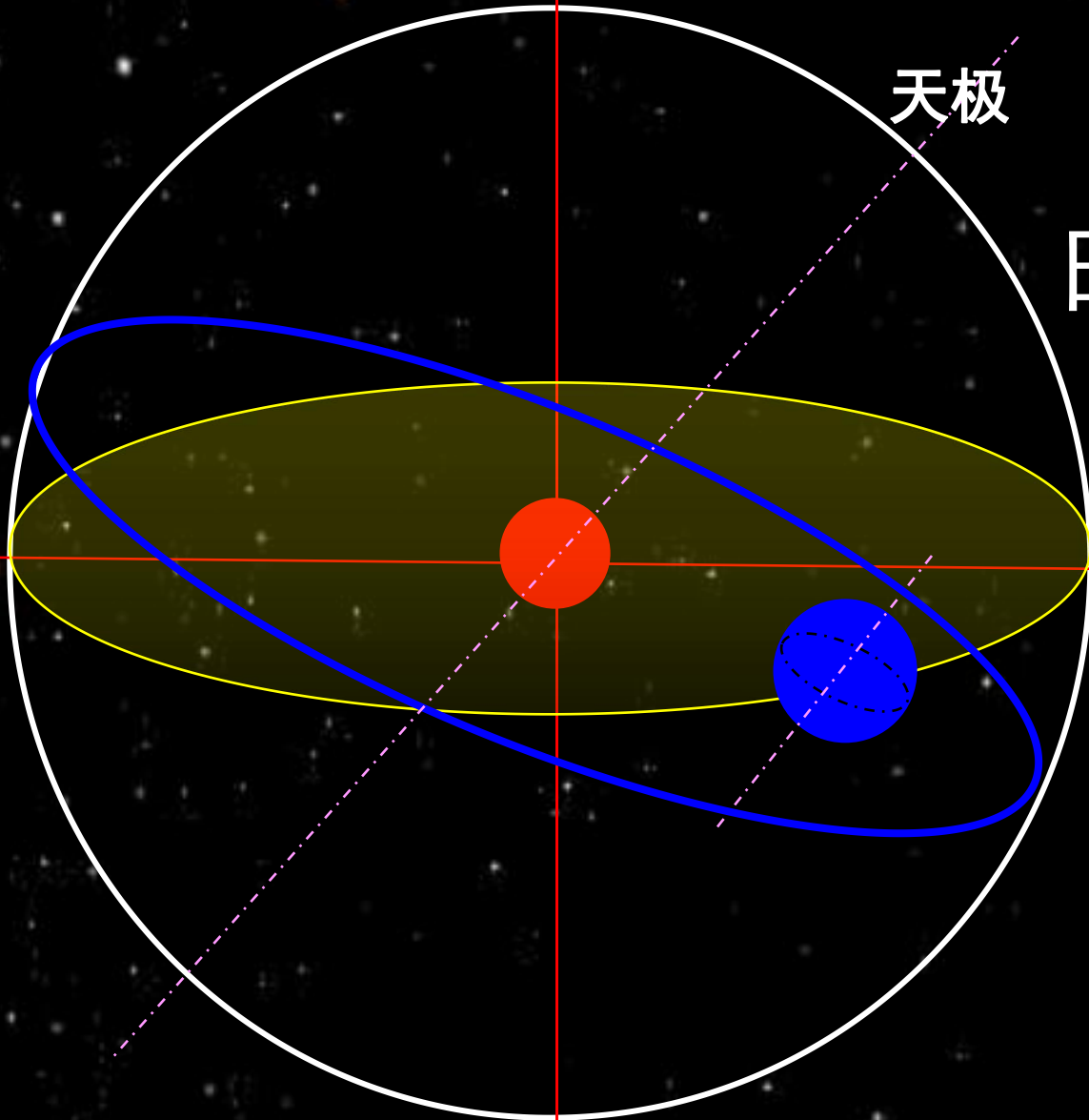
- 地面天球——以地面观测者为球心的天球，以铅垂线为轴，天顶 ( $Z$ )、天底 ( $Z'$ ) 为极，地平圈为基圈。

- 请大家练习画
- 地面天球
- 1、北纬 $30^\circ$ 、 $45^\circ$
- 2、赤道
- 3、北极

黄极

天极

日心天球



- (二) 天球分类：

- 日心天球：以日心为球心的天球
- 选过日心垂直黄道的球半径为轴，北黄极 (K)、南黄极 (K') 为极，黄道为基圈。

- 请大家练习画
- 日心天球

- **(二) 天球分类：**

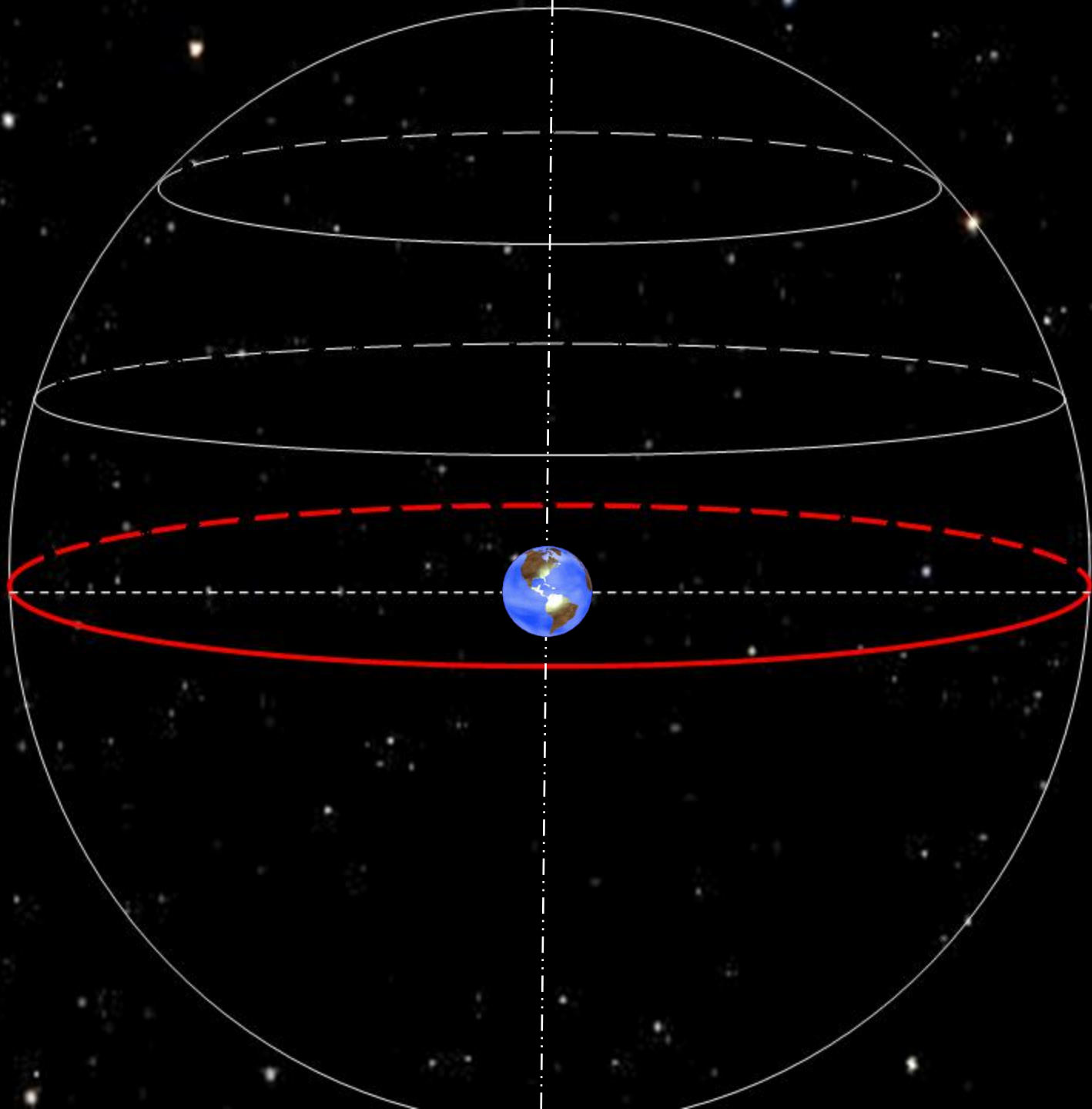
- **地面天球**——以地面观测者为球心的天球，以铅垂线为轴，天顶 ( $Z$ )、天底 ( $Z'$ ) 为极，地平圈为基圈。
- **地心天球**——以地心为球心的天球。以天轴为轴，北天极 ( $P$ )、南天极 ( $P'$ ) 为极，天赤道为基圈。
- **日心天球**——以日心为球心的天球。选过日心垂直黄道的球半径为轴，北黄极 ( $K$ )、南黄极 ( $K'$ ) 为极，黄道为基圈。

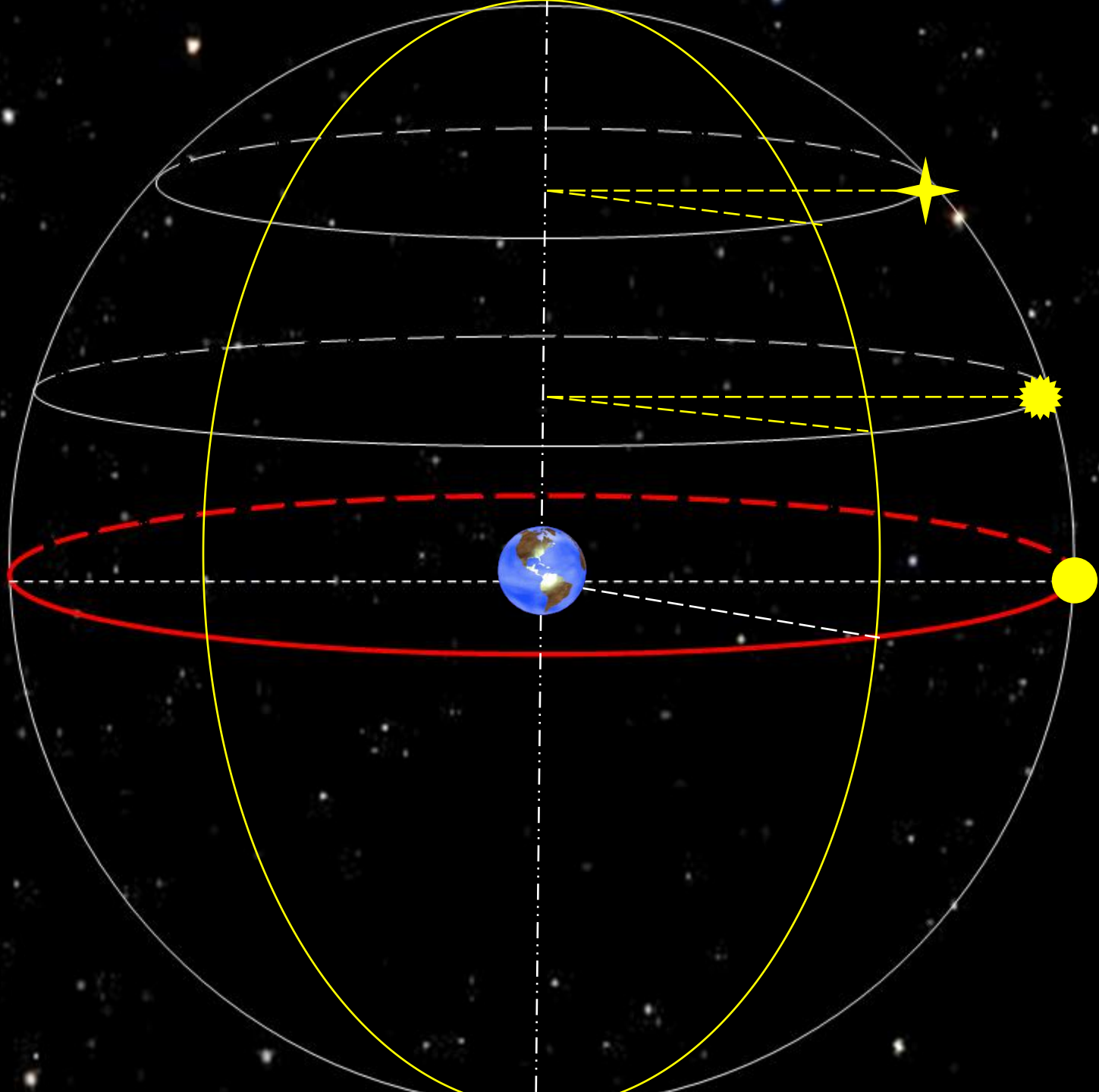


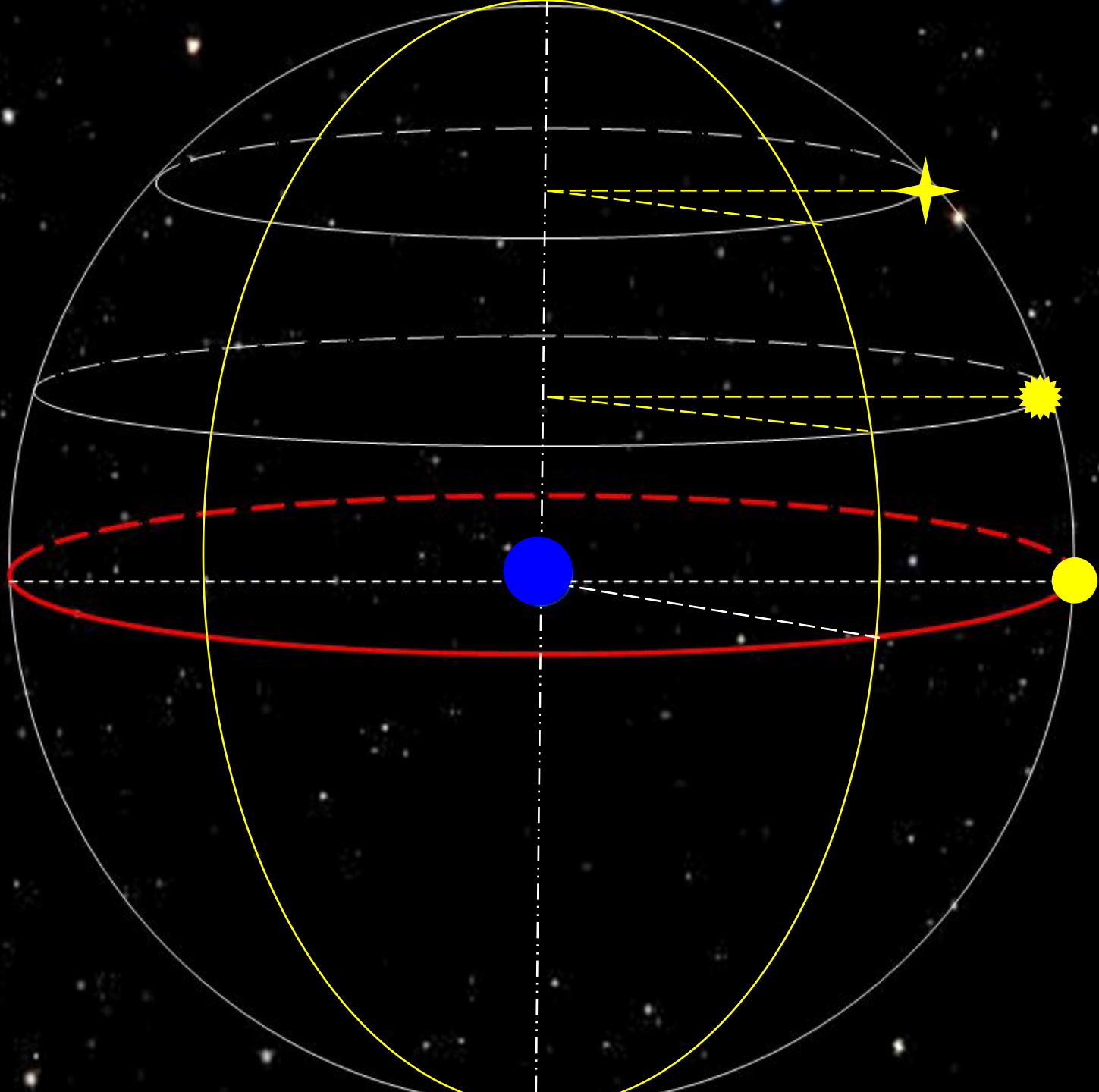
• 有点小复杂，开始发晕袅

- 一、天球和天穹
- (一) 天球与天穹的性质
- (二) 天球分类：
- (三) 天球视运动

- 二、天球坐标：
- (一) 天球上的基本点圈
- (二) 天球坐标系







## (三) 天球视运动

### 天体的周日视运动

#### □ 天球的视运动

- ❖ 对于地球观测者：天球围绕我们以与地球自转相反的方向（向西），和相同的周期（1日）旋转；
- ❖ 天球周日运动；
- ❖ 周日圈：天体周日运动行经的路线，天体愈近天极周日圈愈小，反之亦然。



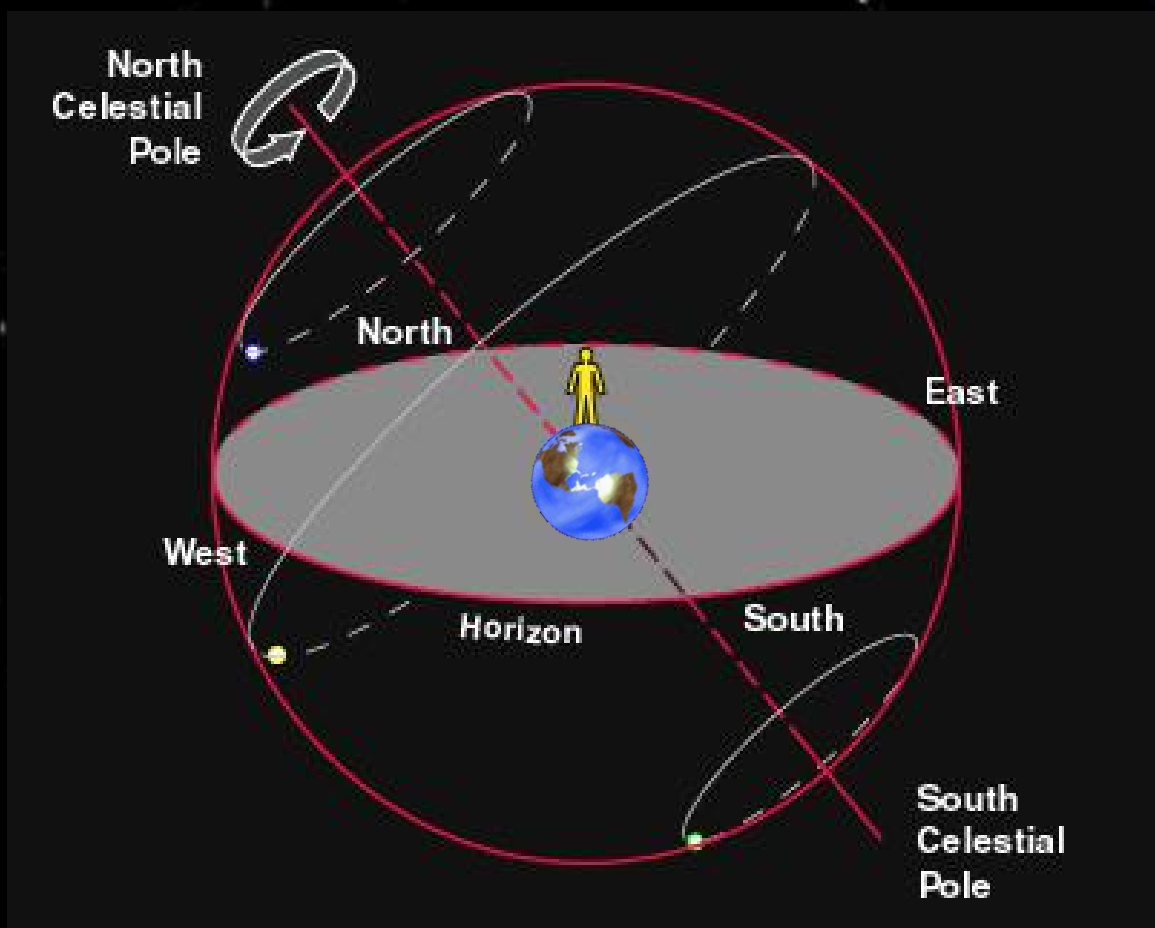
# 天体的周日视运动

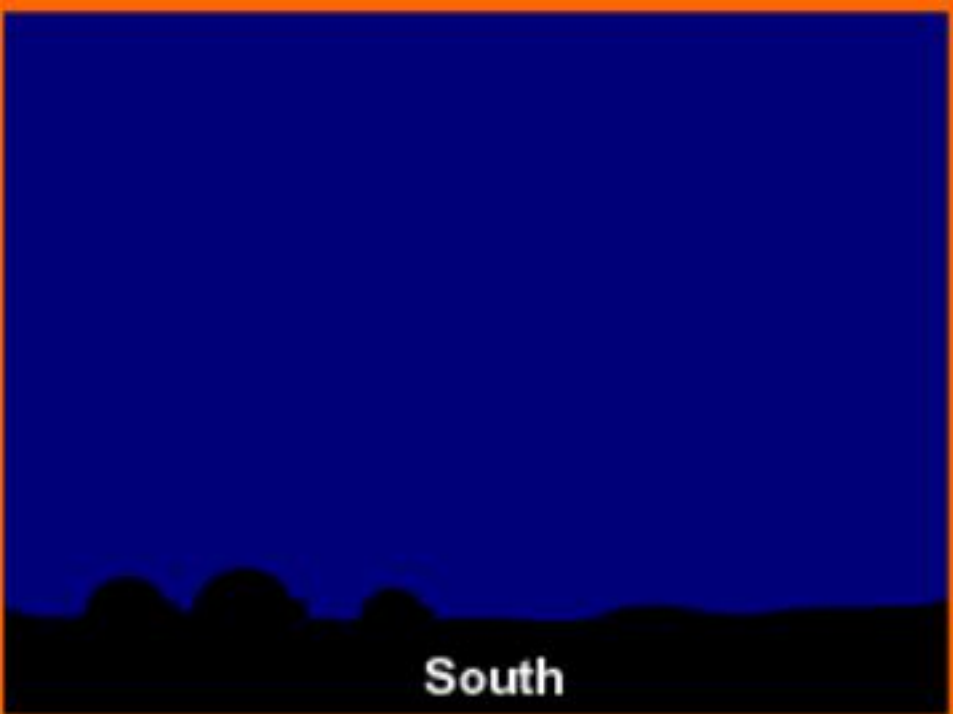
地球的自转

→天体的周日视运动

→太阳自东向西  
在周日平行圈上  
每日运行一周

→所有天体的东  
升西落。







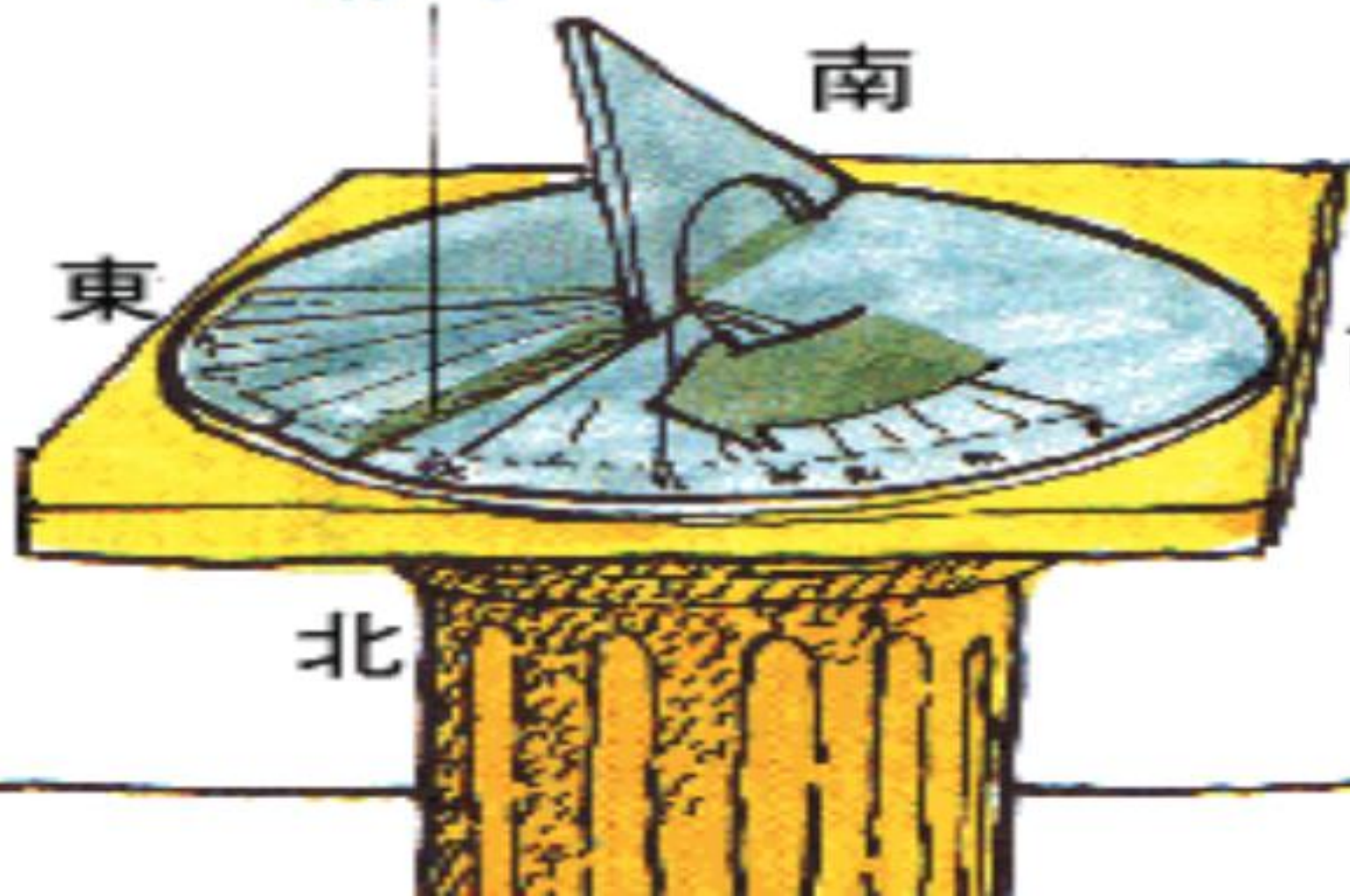
影子

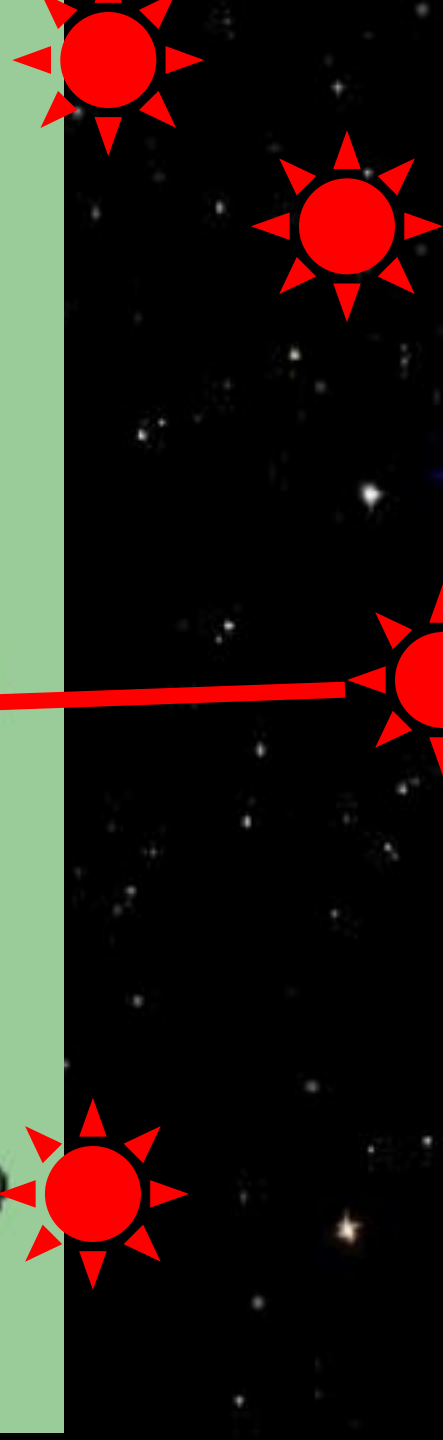
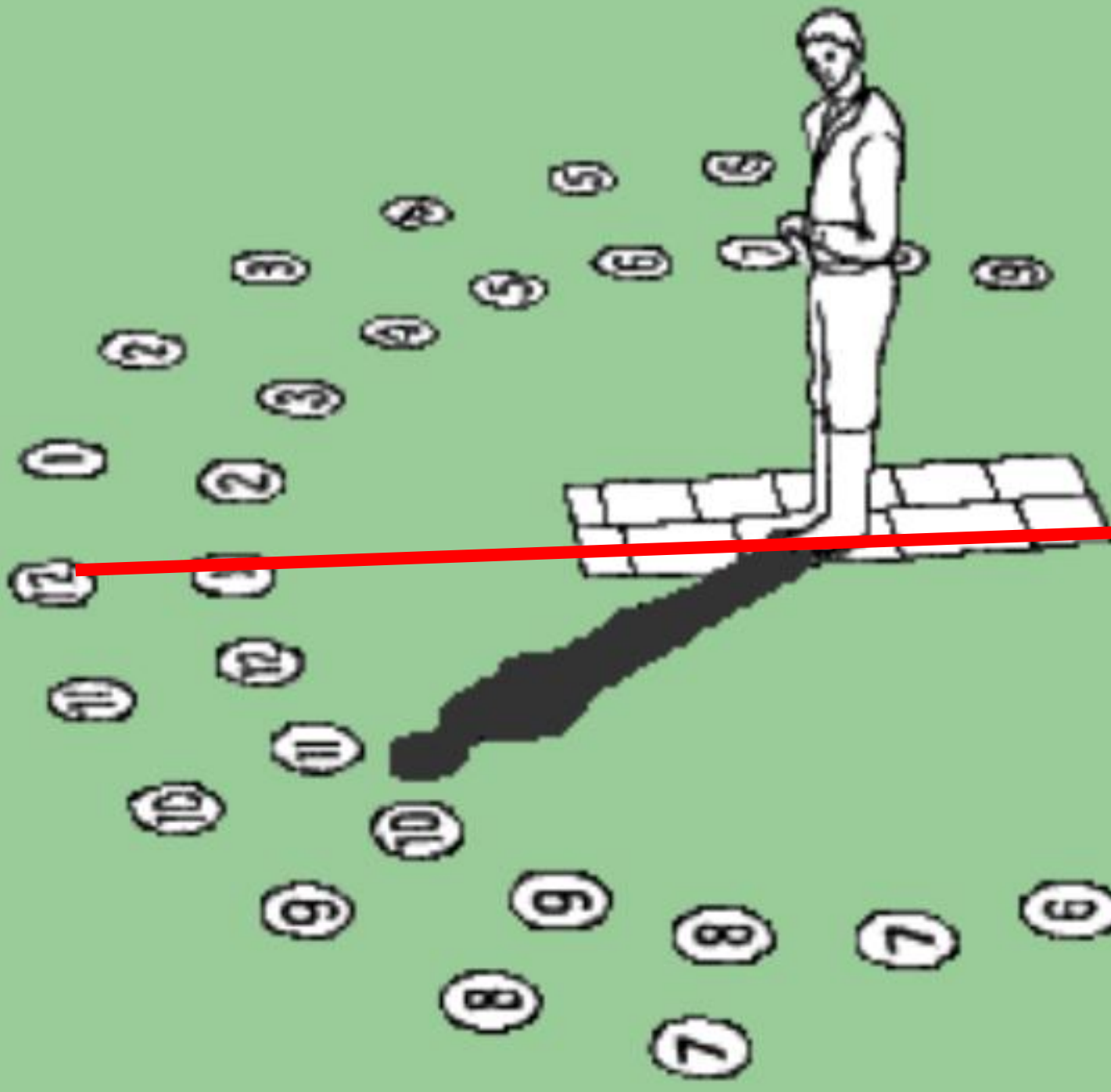
南

東

西

北















英国史前巨石阵





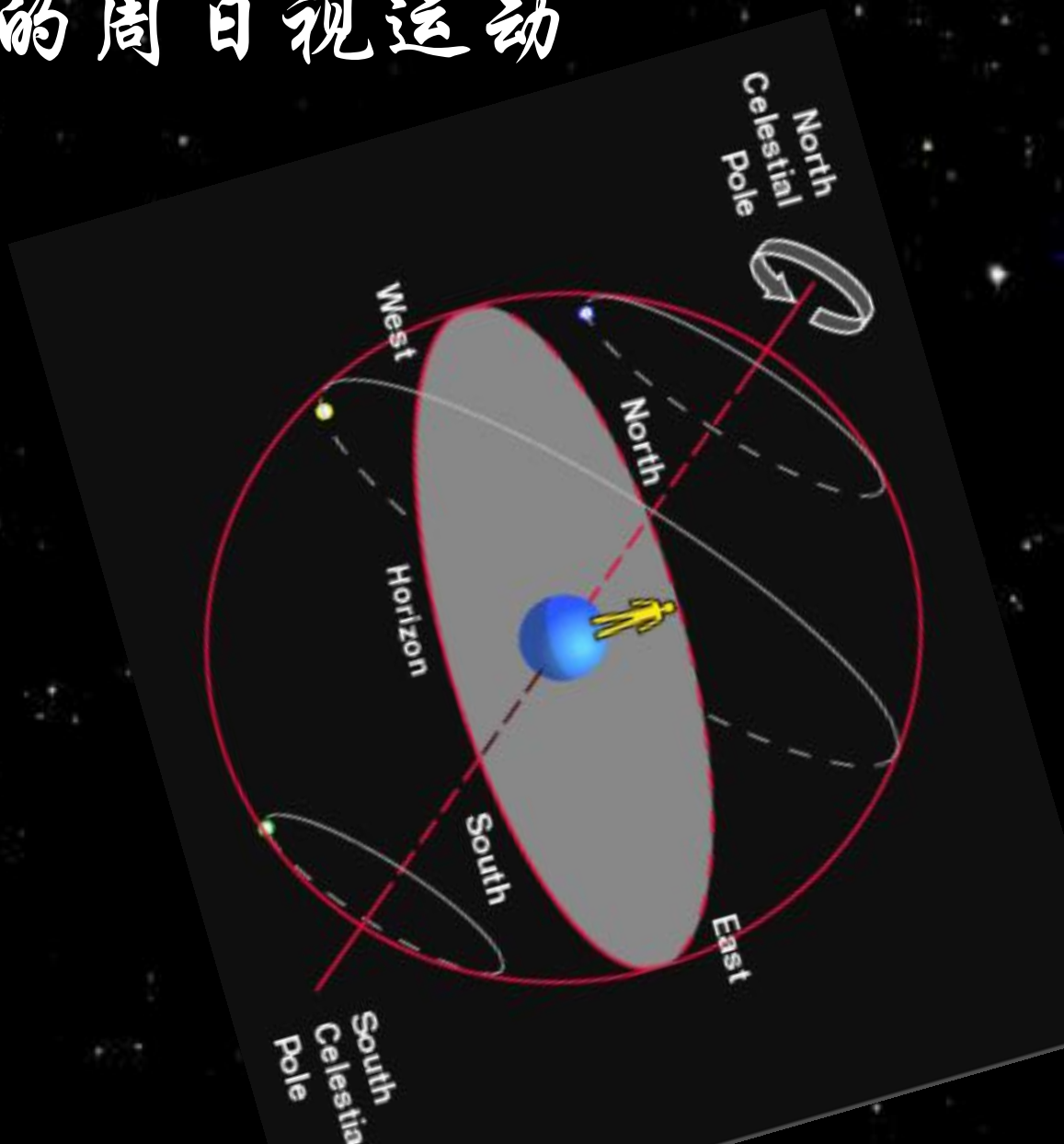


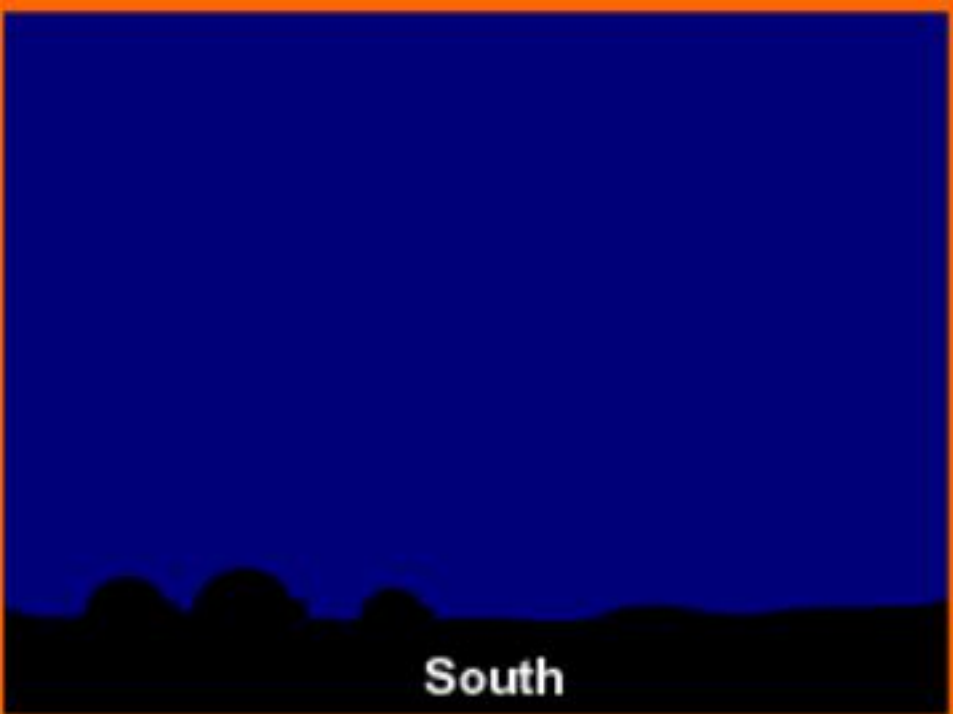
太阳的移动路径是直线吗？



# 天体的周日视运动

- 地球的自转
- 天体的周日视运动
- 太阳自东向西在周日平行圈上每日运行一周
- 所有天体的东升西落。





这是北天恒星周日视运动的照片。每条弧线都是一颗恒星穿过夜空的轨迹。图(a)的暴光时间约为1小时，图(b)约为5小时。



(a)



(b)





# • 天体视运动

- 周日视运动

- 周年视运动

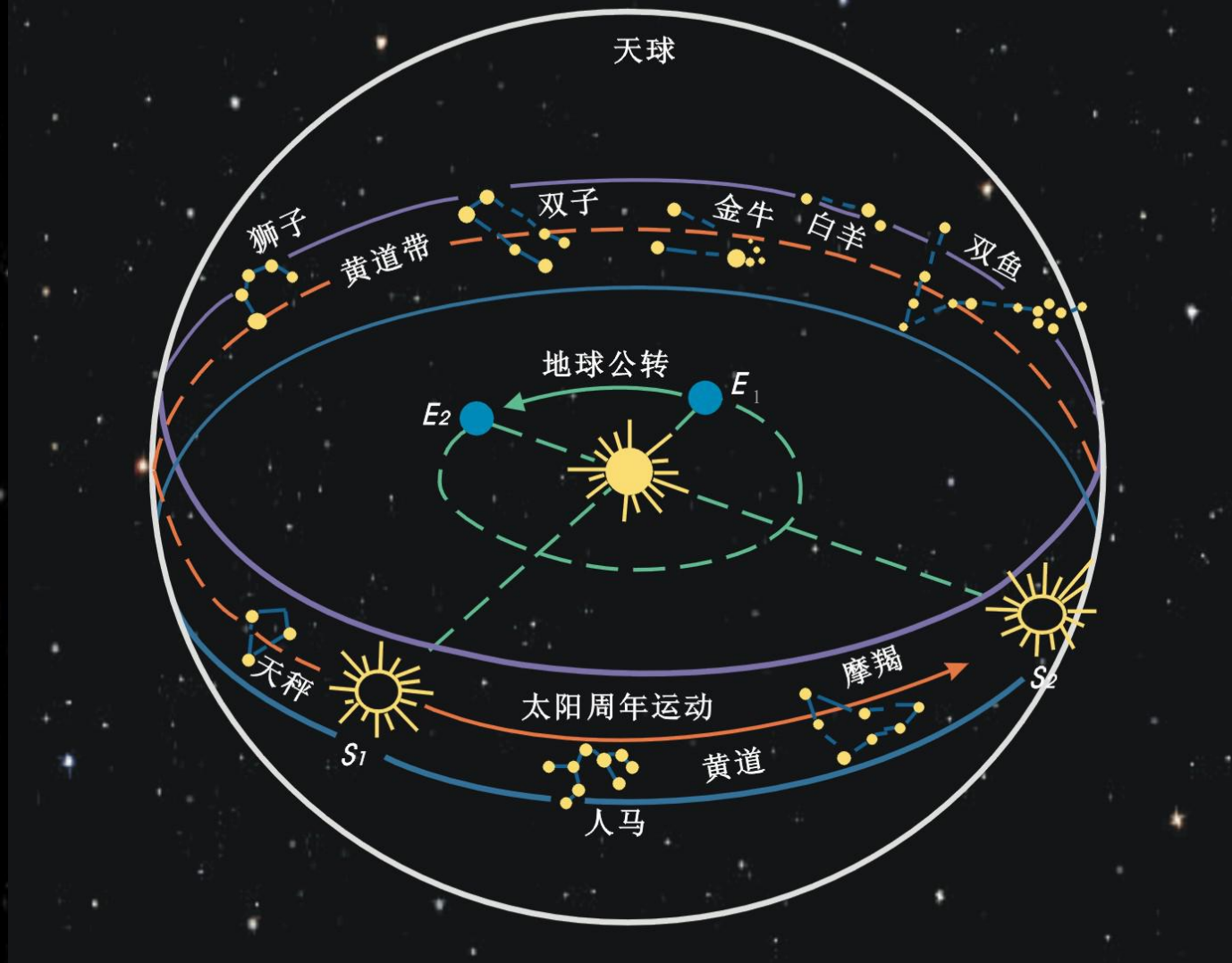


图1-8 太阳周年运动

方向向东(与地球公转方向相同),其视行路线被称为**黄道**。

春：中天狮子  
 太阳 飞马

夏：天蝎中天  
 太阳 猎户

秋：飞马中天  
 太阳 狮子

冬：猎户中天  
 太阳 天蝎

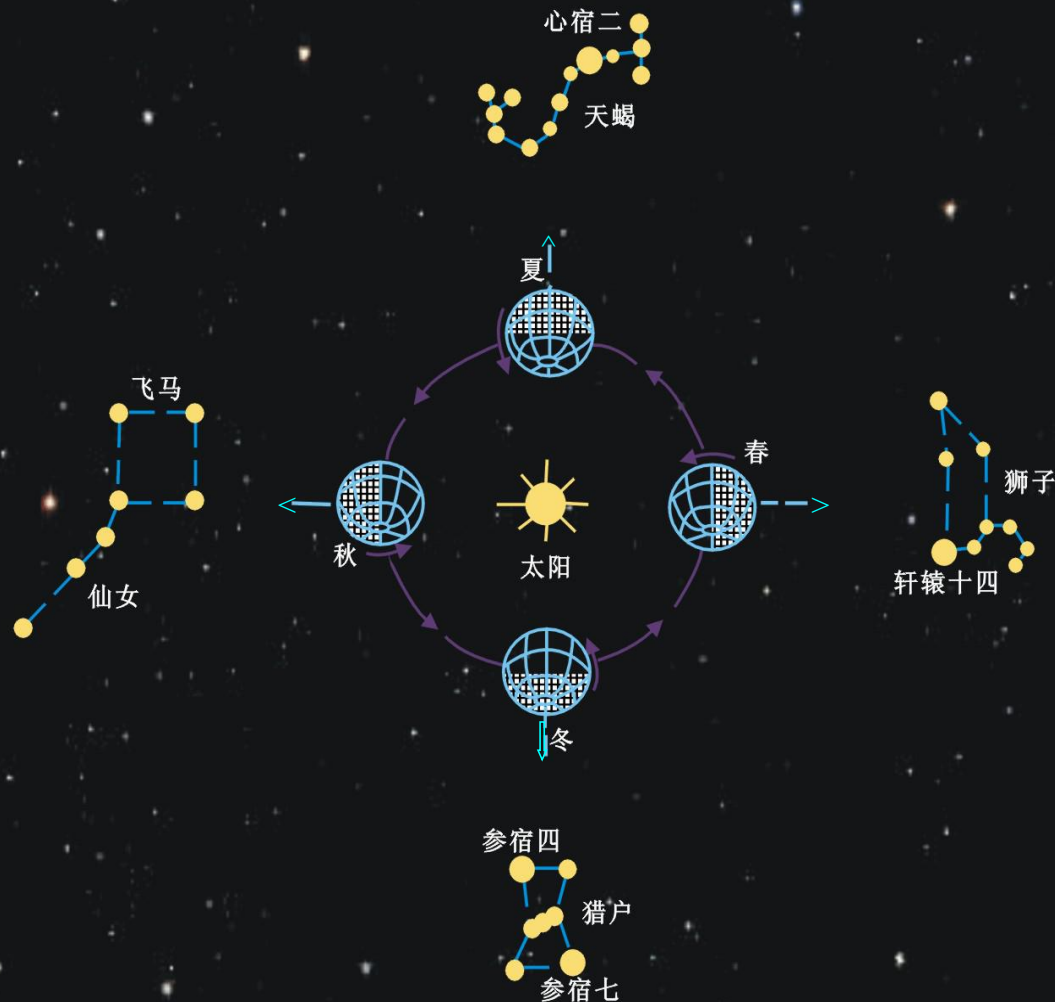


图1-9 夜半中星随季节的变化

这是地球公转的反映。由夜半中星的变化间接推出太阳周年运动。

❖ 太阳同时参与两种相反的运动：

- 由于地球自转而随同整个天球的运动，方向向西，日转一周；
- 由于地球公转而相对于恒星的运动，方向向东，年巡天一周。

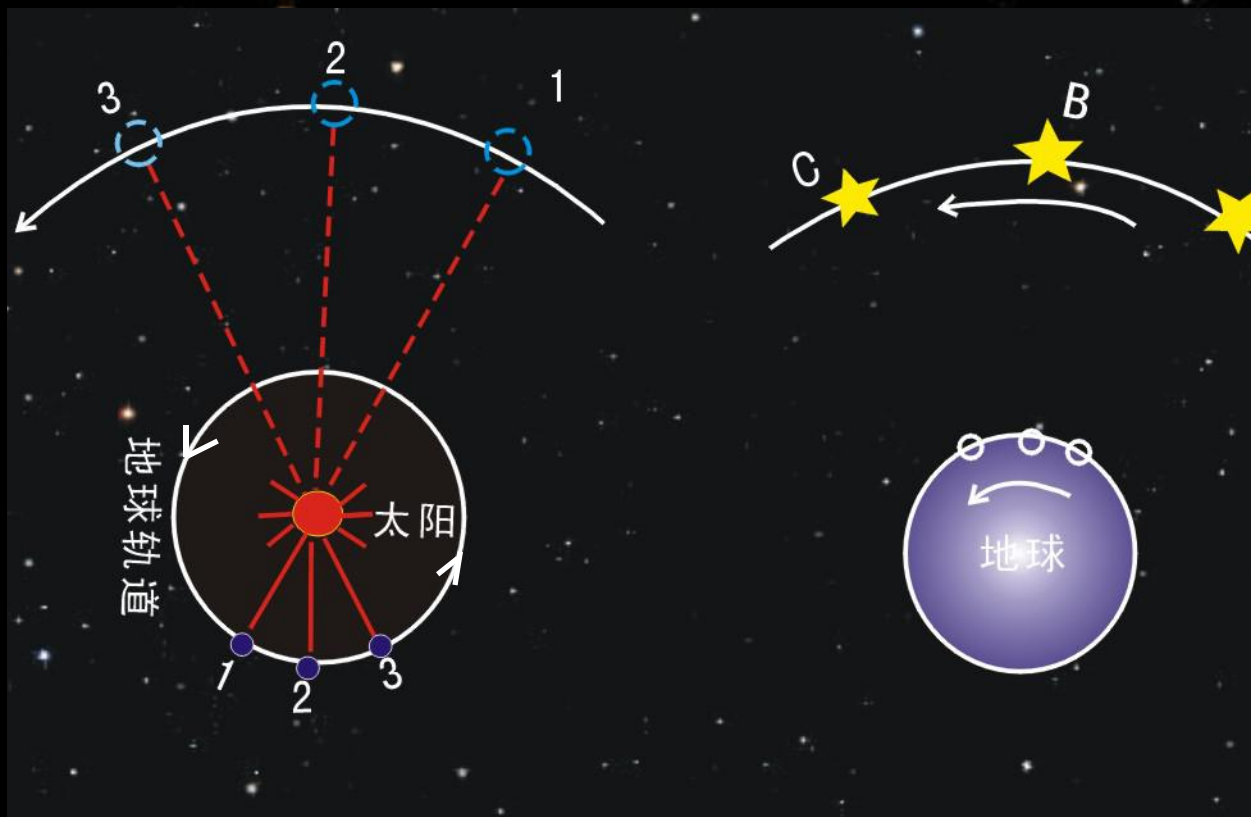


图1-10 天球的视运动

左：地球公转和太阳周年运动，二者都向东。

右：地球自转和天球周日运动，前者向东，后者向西。

- **一、天球和天穹**

- (一) 天球与天穹的性质

- (二) **天球分类：**

- (三) 天球视运动

- **二、天球坐标：**

- (一) **天球上的基本点圈**

- (二) **天球坐标系——四种坐标**

- (三) **天球坐标系的变换**

- 二、天球坐标：

- (一) 天球上的基本点圈

- (二) 天球坐标系统——四种坐标

- (三) 天球坐标系的变换







太阳的移动路径是直线吗？

# 因此

- 要描述太阳的位置时，必须提到太阳的 方位 和 高度角

## 二、天球坐标：

### (一) 天球上的基本点圈

1、天极 (p、p') 和天赤道 (Q、Q')

2、天顶 (Z) 天底 (Z') 和真地平

3、天子午圈、四方点、和卯酉圈

4、黄道和黄极

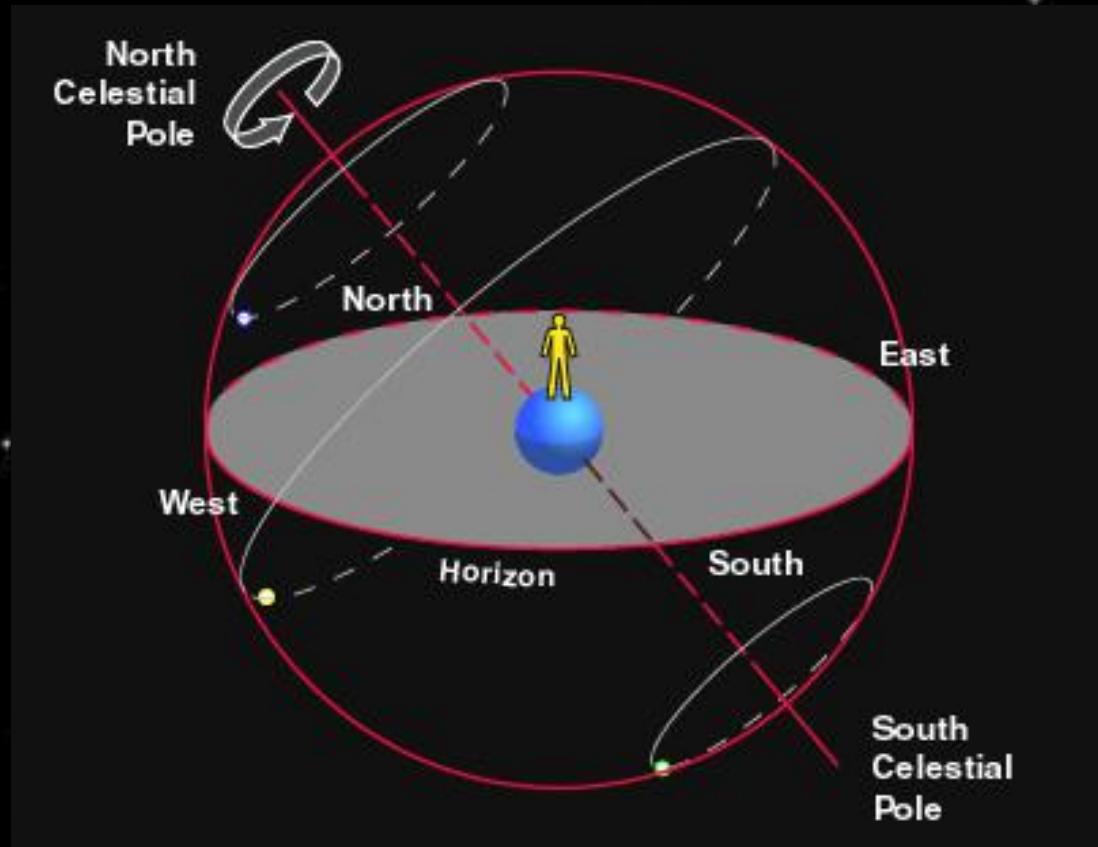
5、二分点和二至点

6、天极在天球上的位置  $h_{北} = \phi$

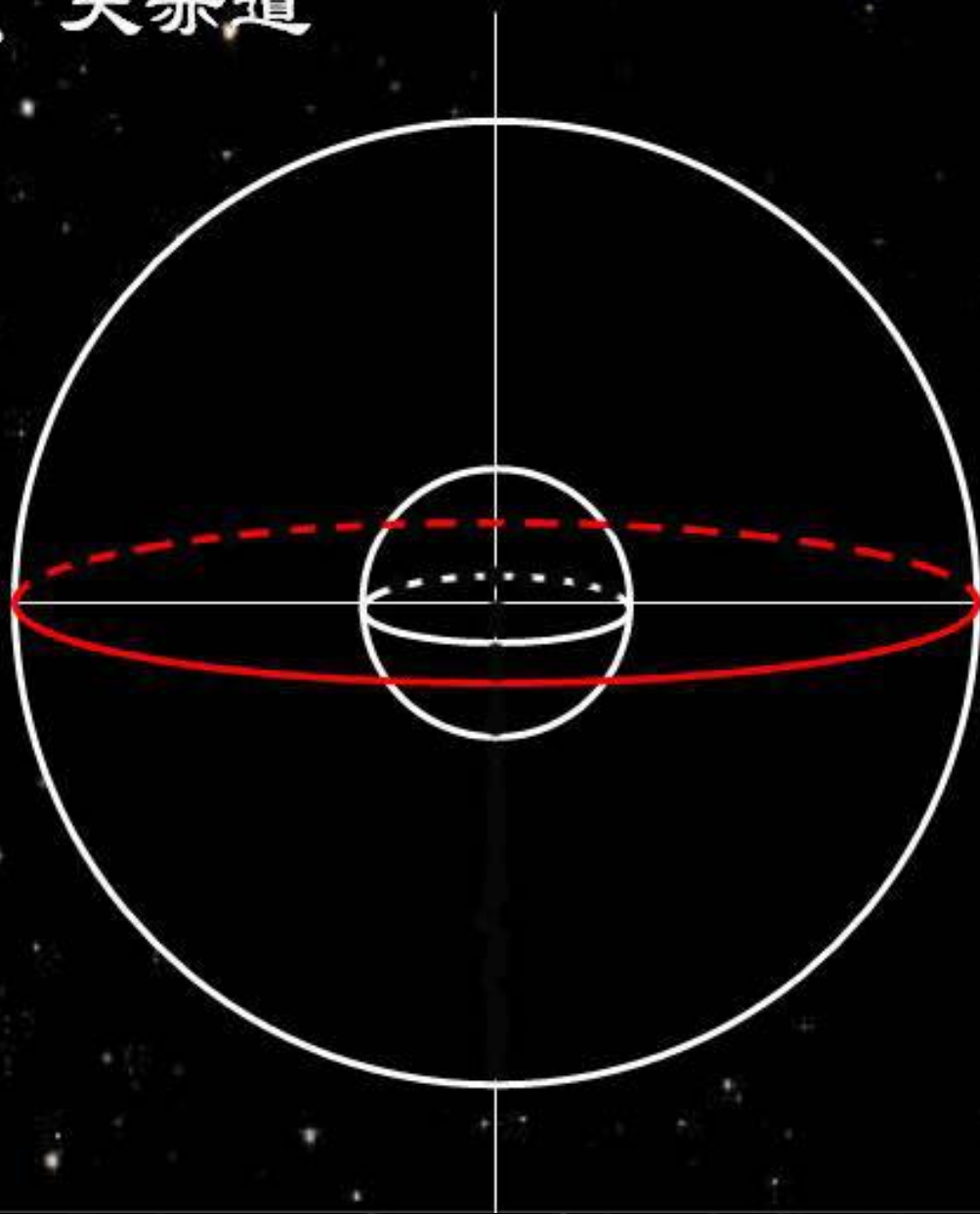
# 1. 天极和天赤道：

**天极：** P 过天球中心做一与地球自转轴平行的直线（天轴），它与天球相交的两点为天极。

**天赤道：** QQ' 过天球中心做一与天轴垂直的平面（天赤道面），它与天球相交的大圆为天赤道。

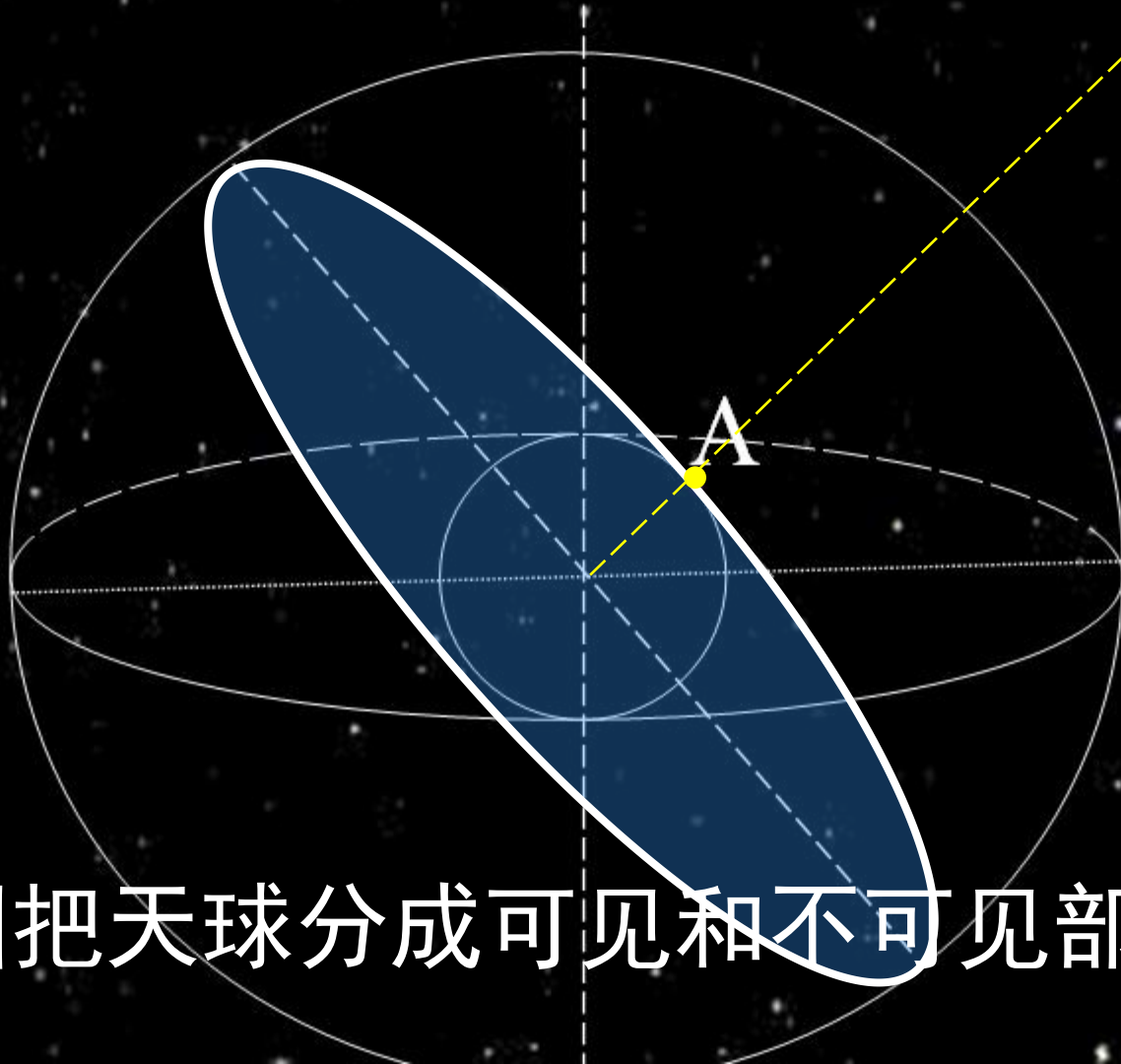


# 天极、天赤道





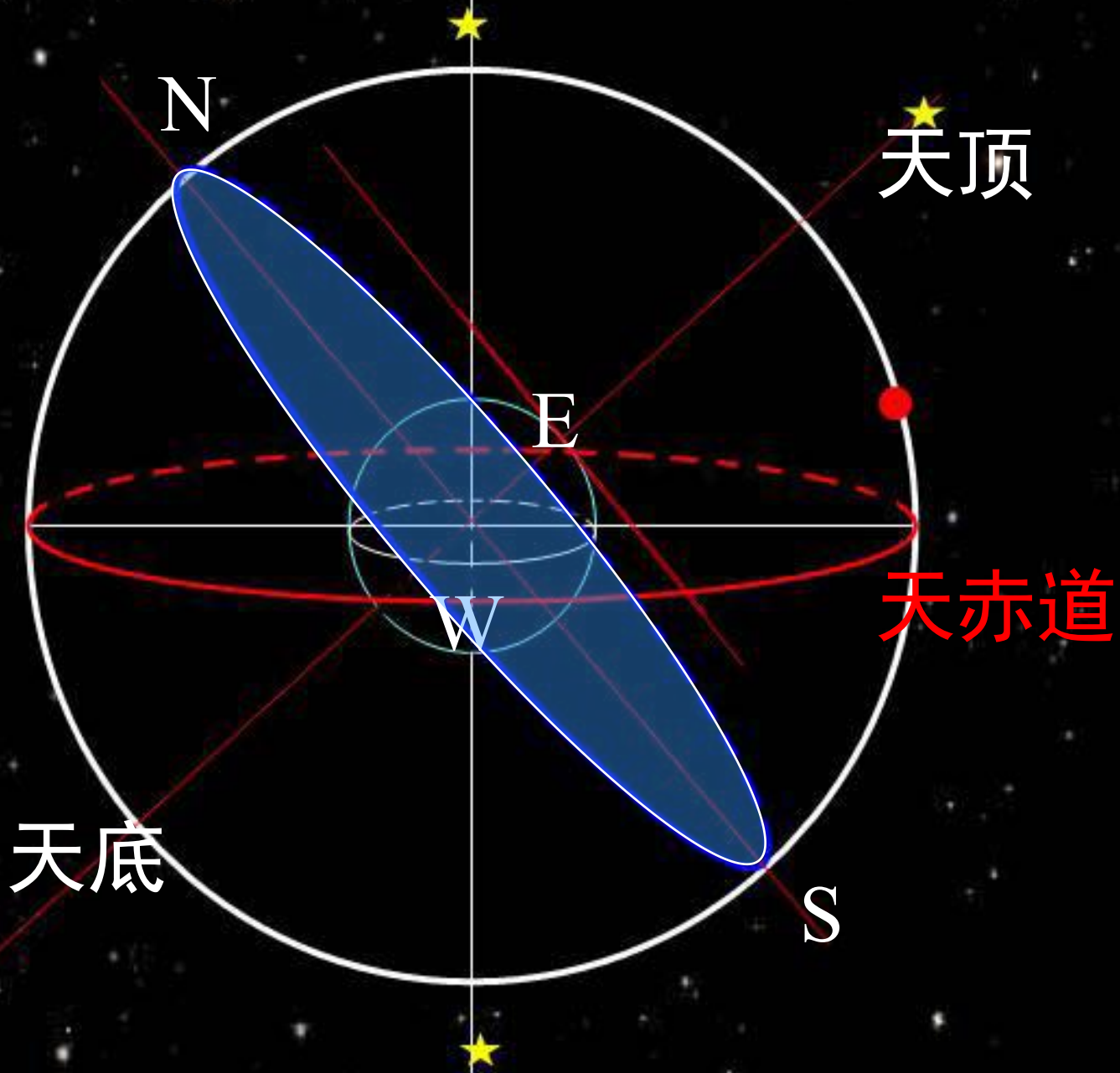
地平圈：通过地心，且垂直于当地铅垂线的低平无限扩大，同天球相割的天球大圆

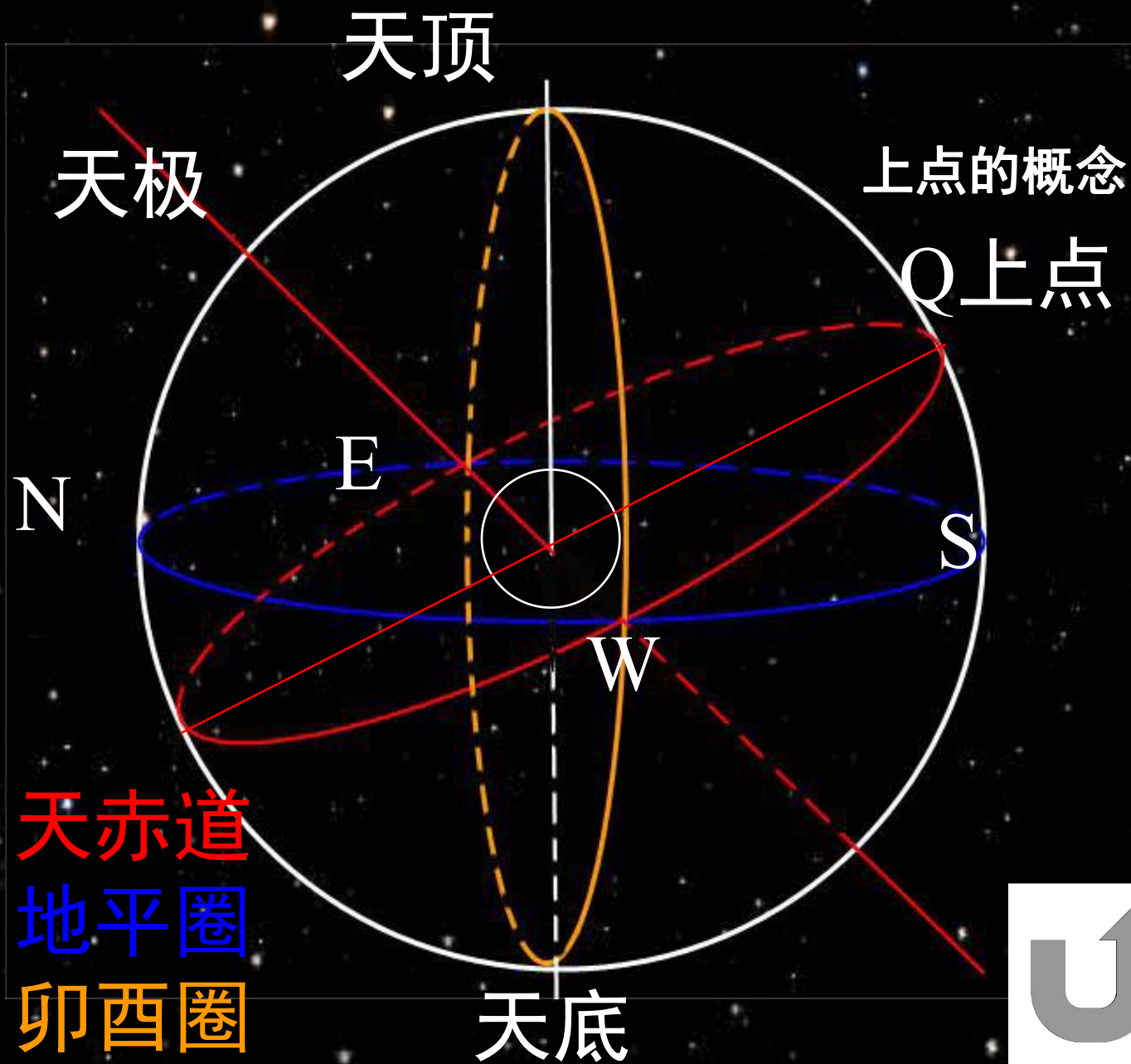


地平圈把天球分成可见和不可见部分

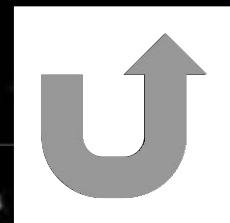


# 天顶、天底、地平圈



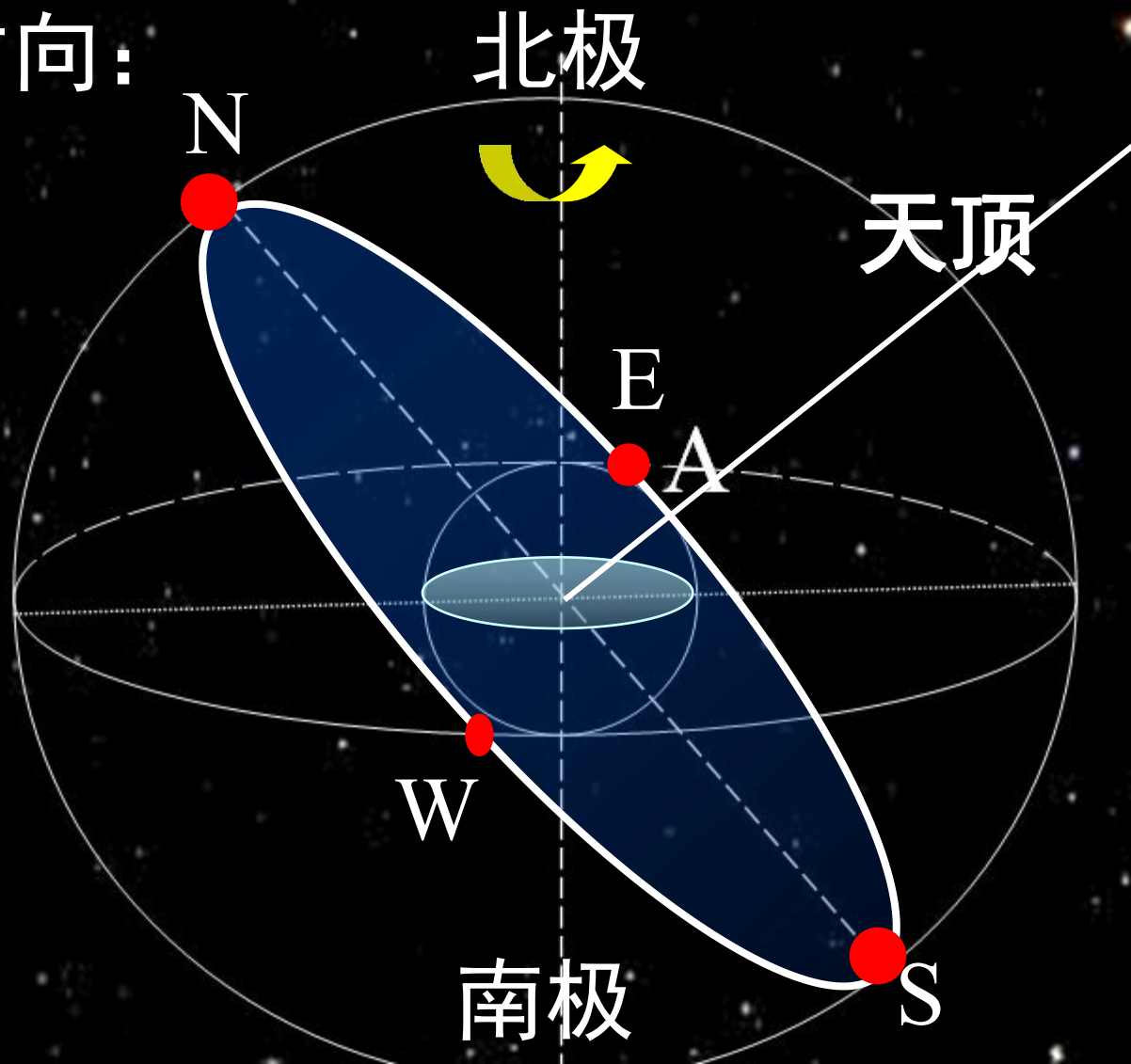


红色：天赤道  
蓝色：地平圈  
黄色：卯酉圈



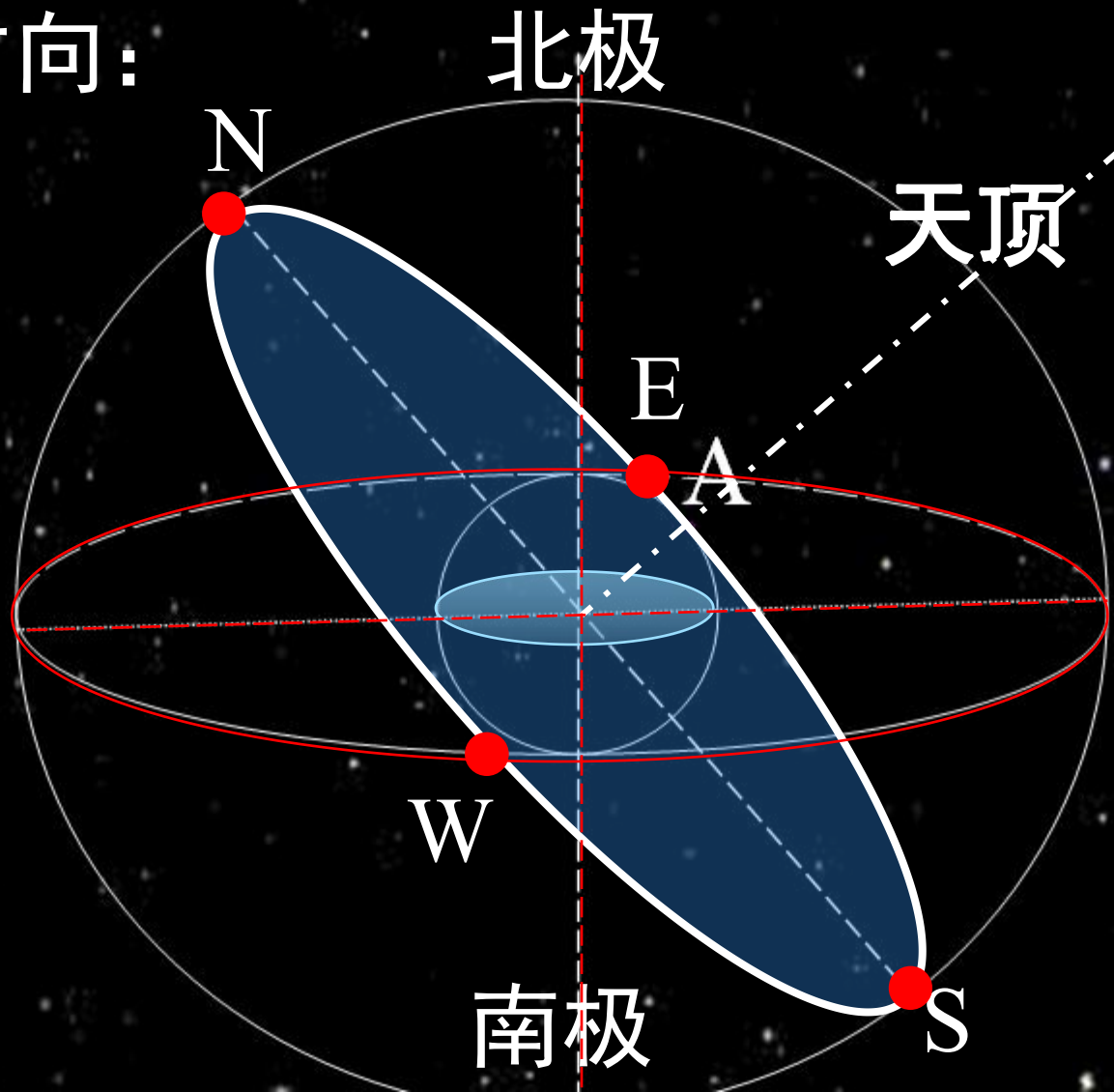
地平圈：通过地心，且垂直于当地铅垂线的低平无限扩大，同天球相割的天球大圆

地平方向：

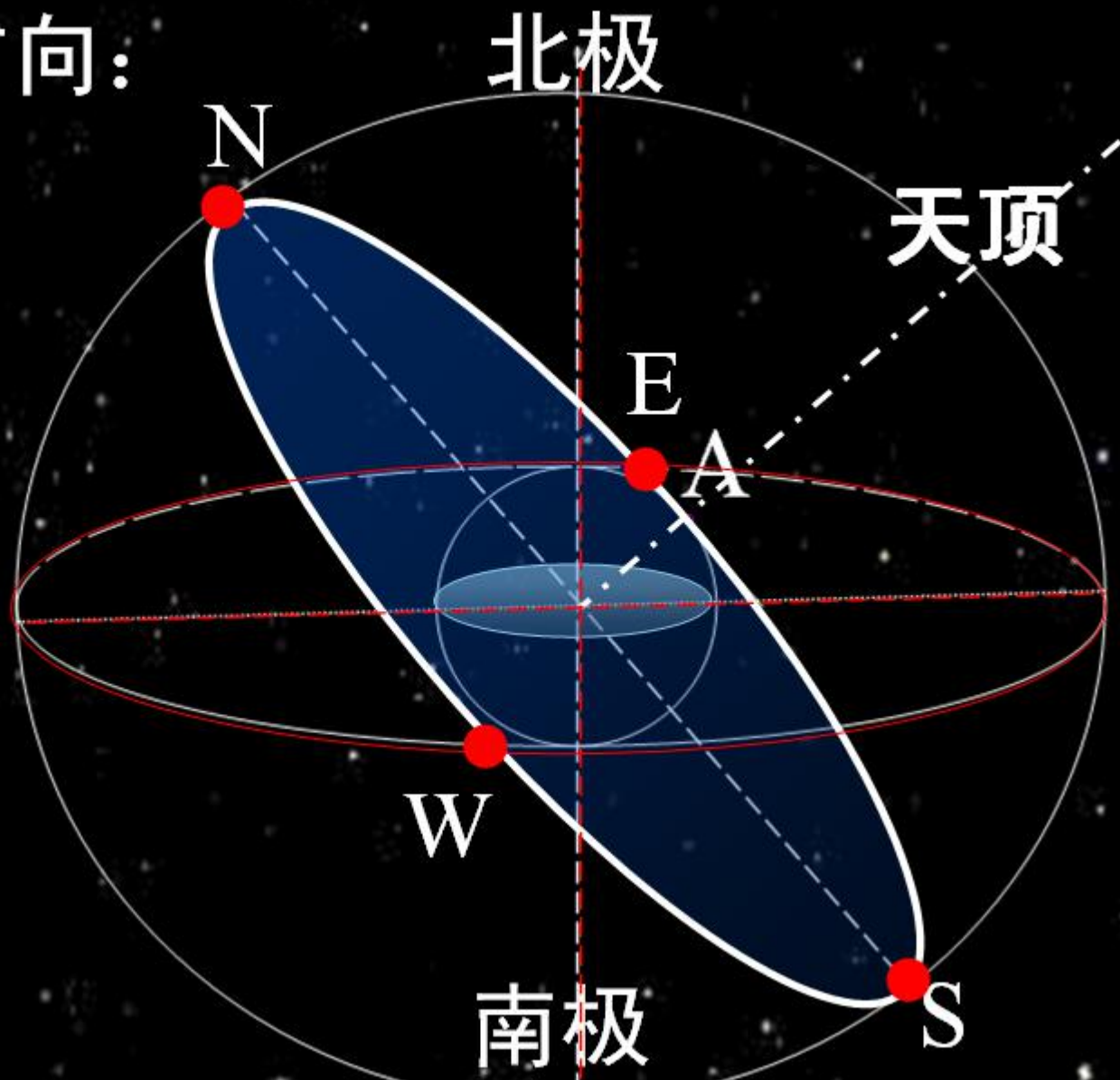


地平圈：通过地心，且垂直于当地铅垂线的低平无限扩大，同天球相割的天球大圆

地平方向：

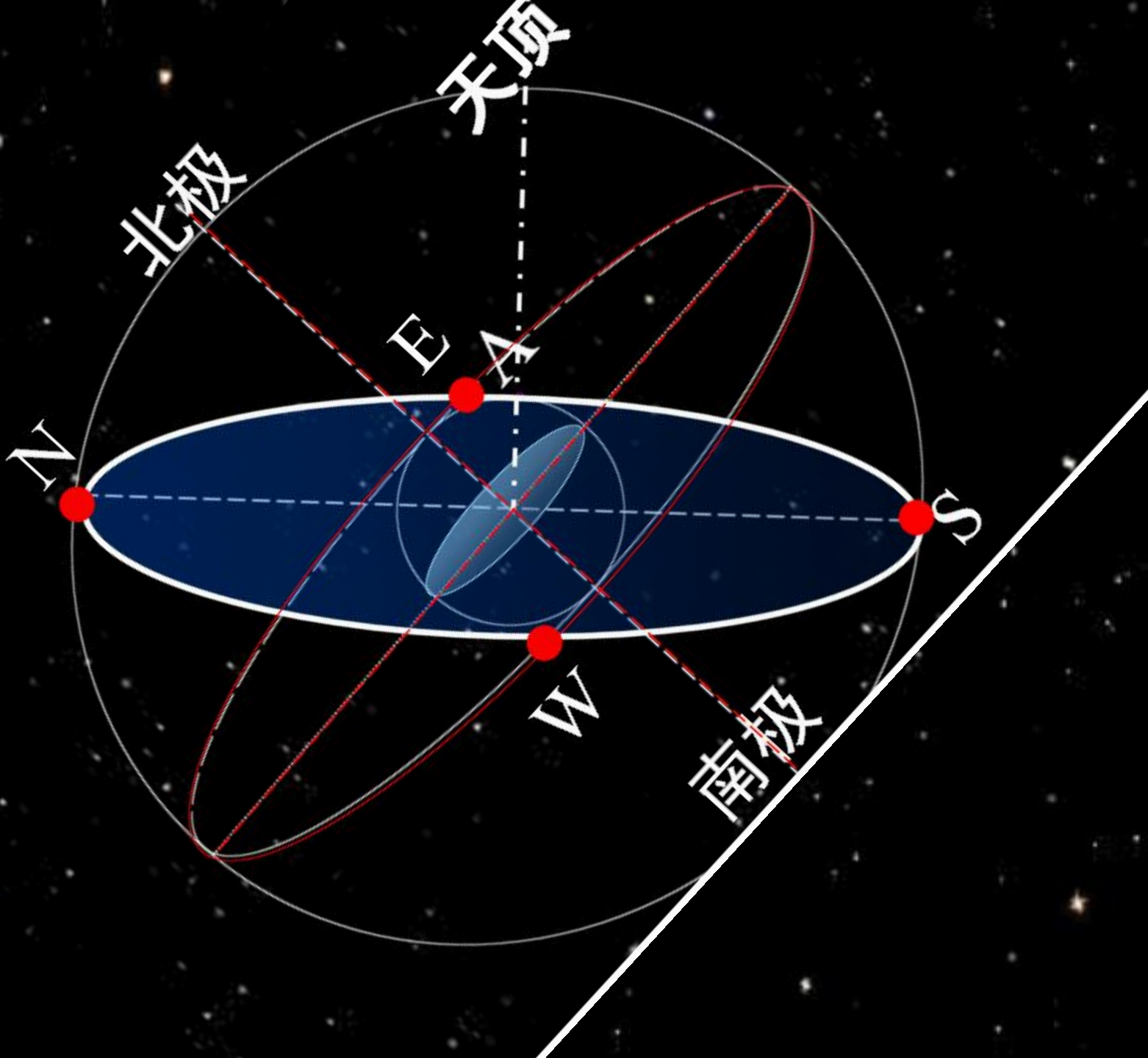


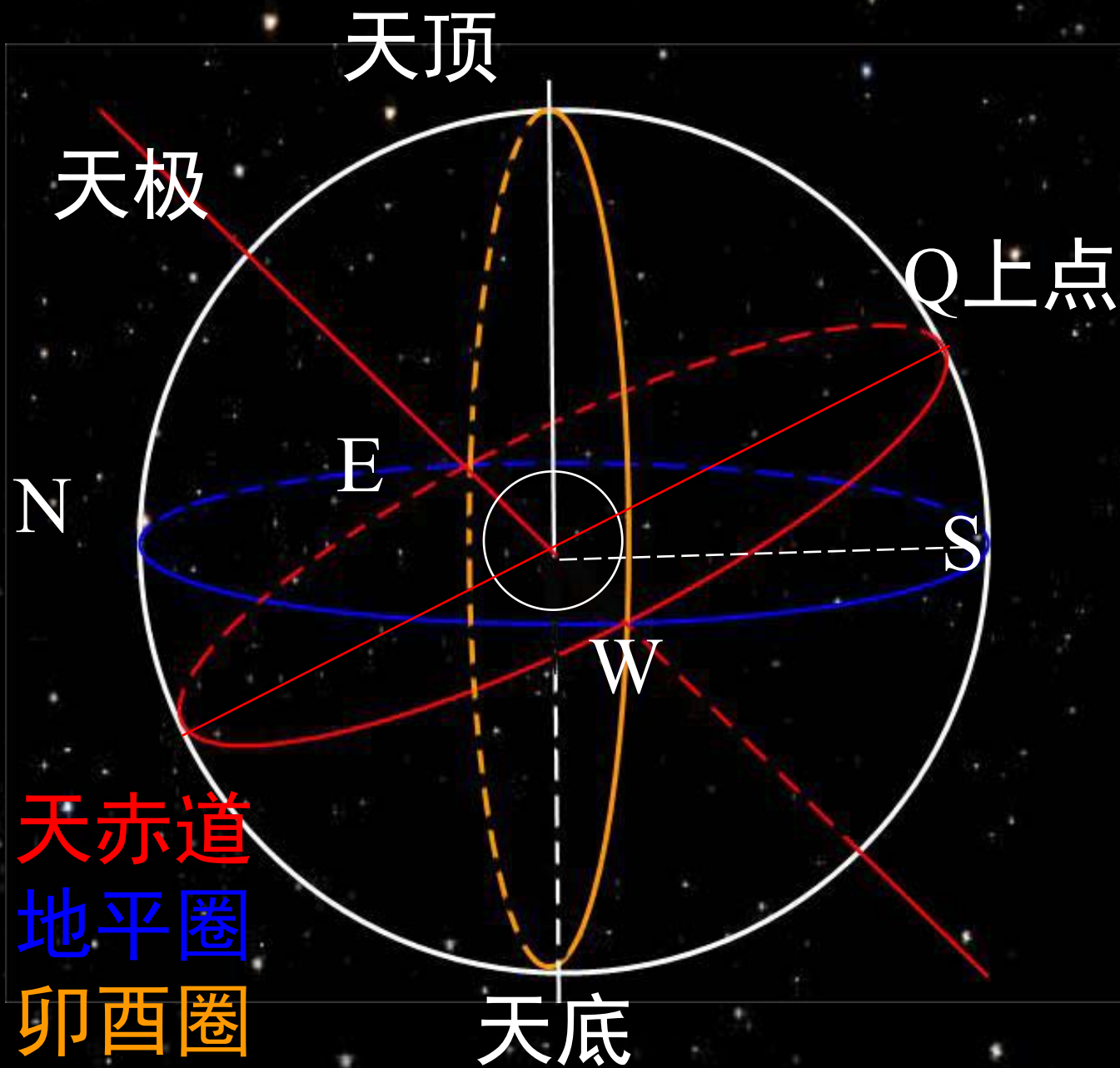
地平方向:





地平方向:





红色：天赤道  
蓝色：地平圈  
黄色：卯酉圈



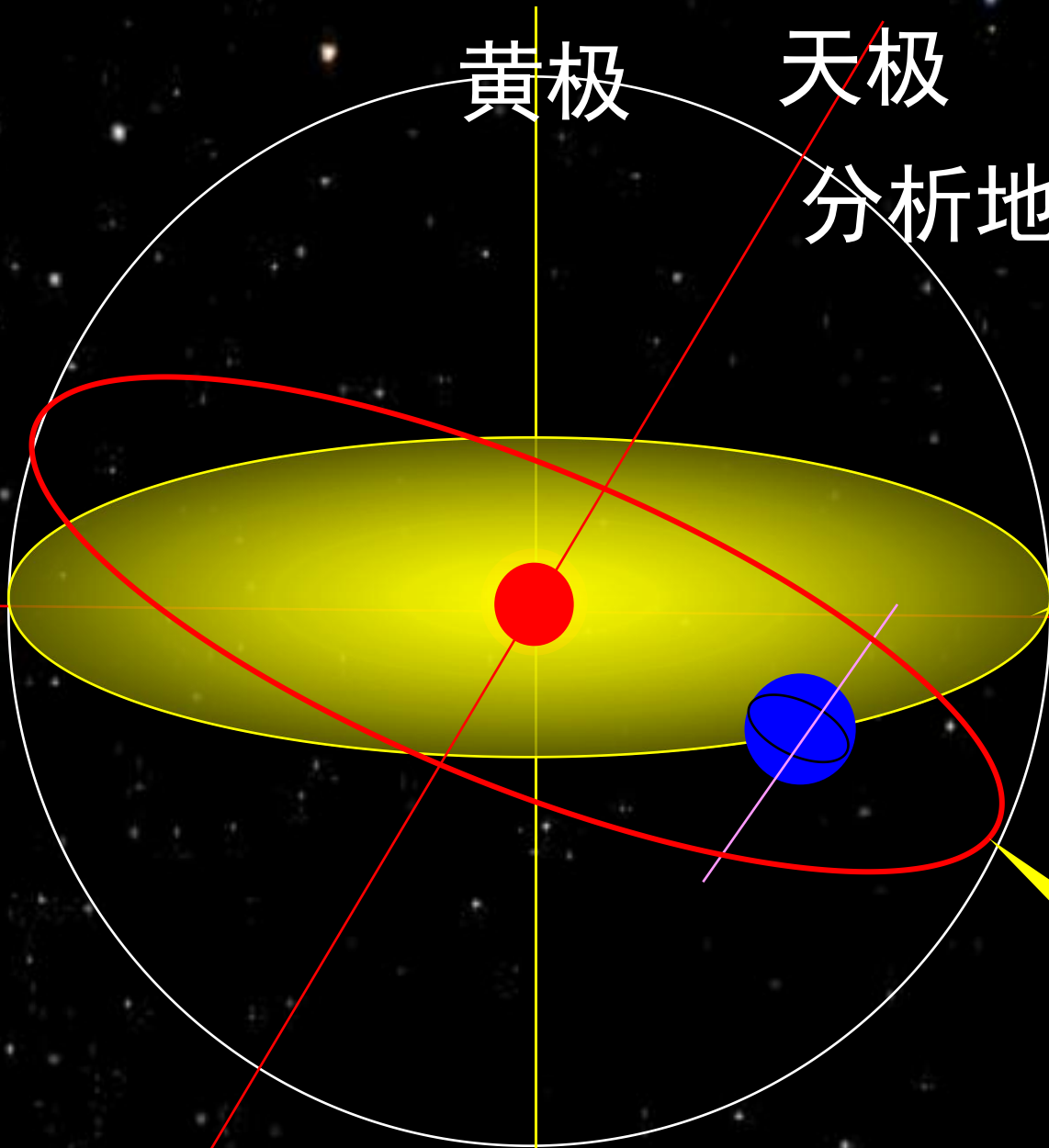
黄极

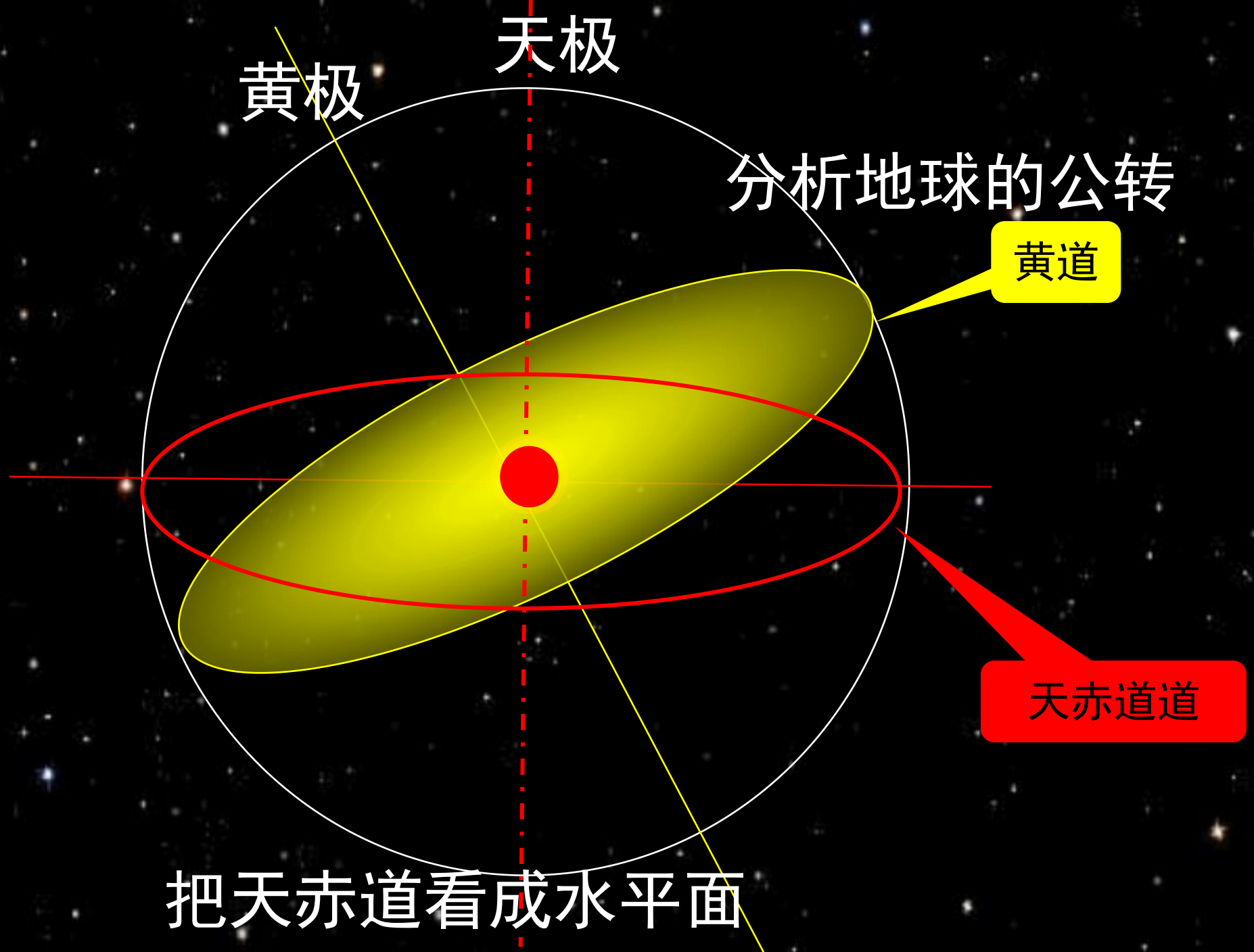
天极

分析地球的公转

黄道

天赤道道





天极

黄极

分析地球的公转

黄道

天赤道道

把天赤道看成水平面

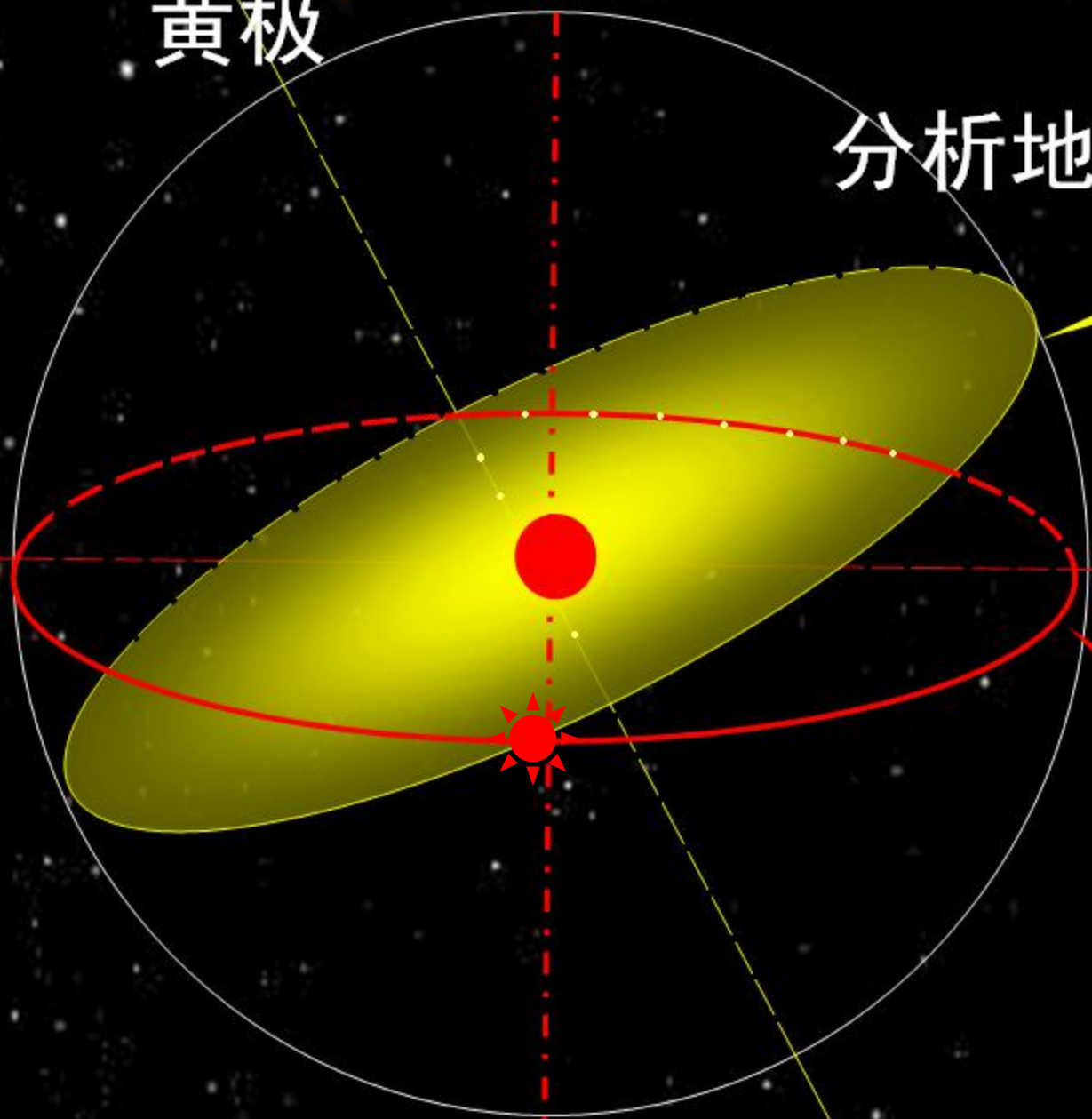
黄极

大极

# 分析地球的公转

黄道

天赤道道



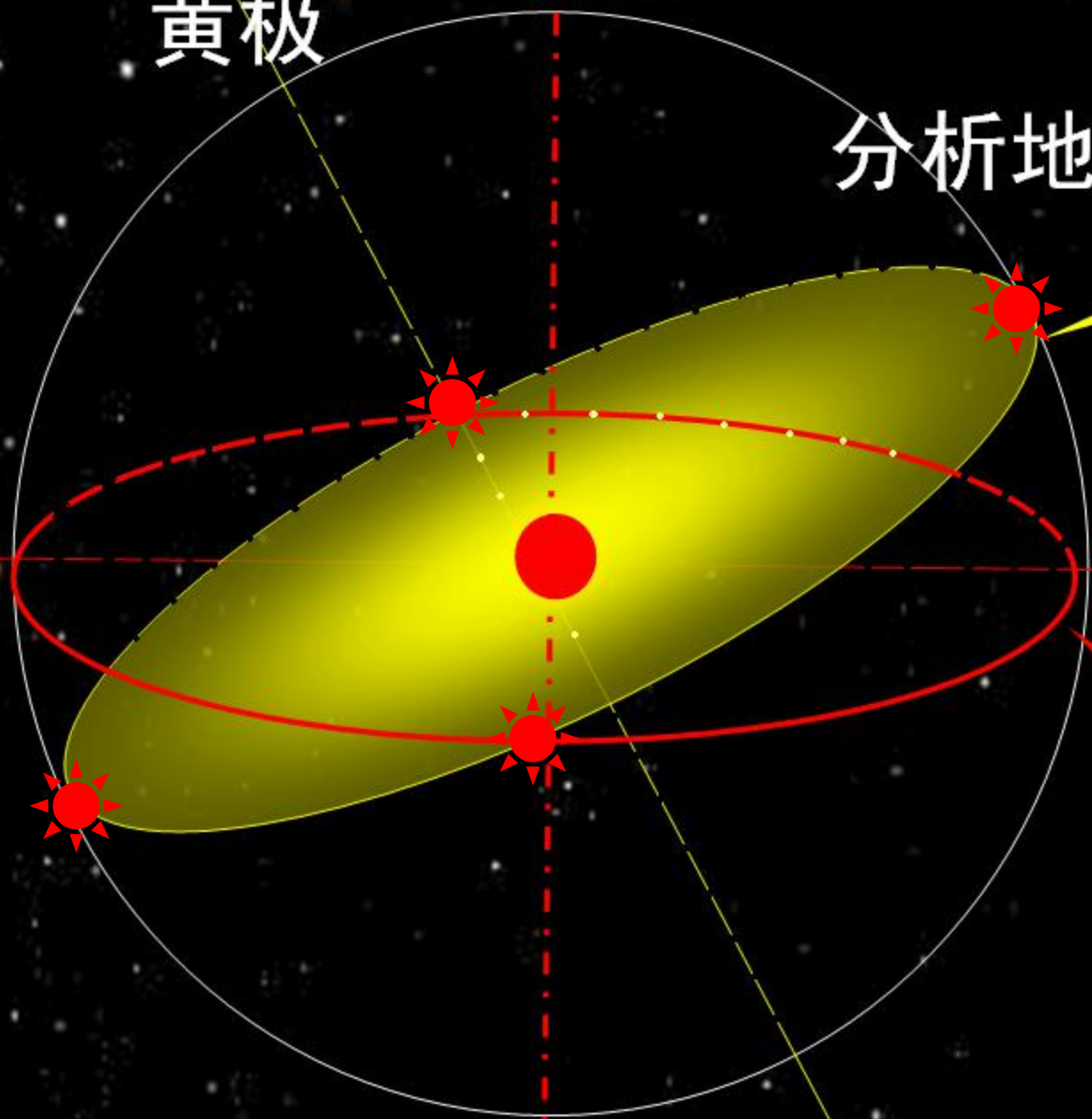
黄极

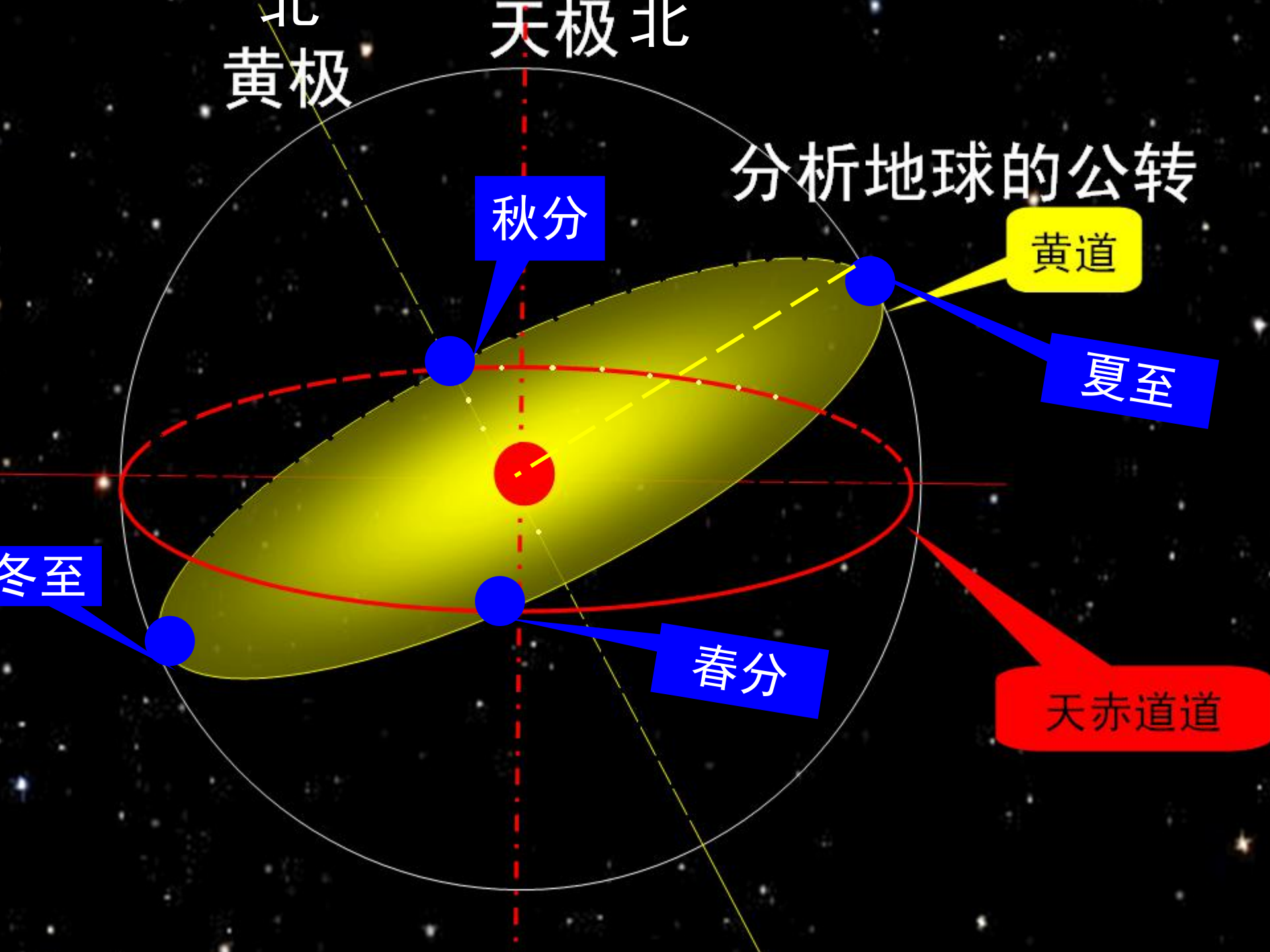
大极

# 分析地球的公转

黄道

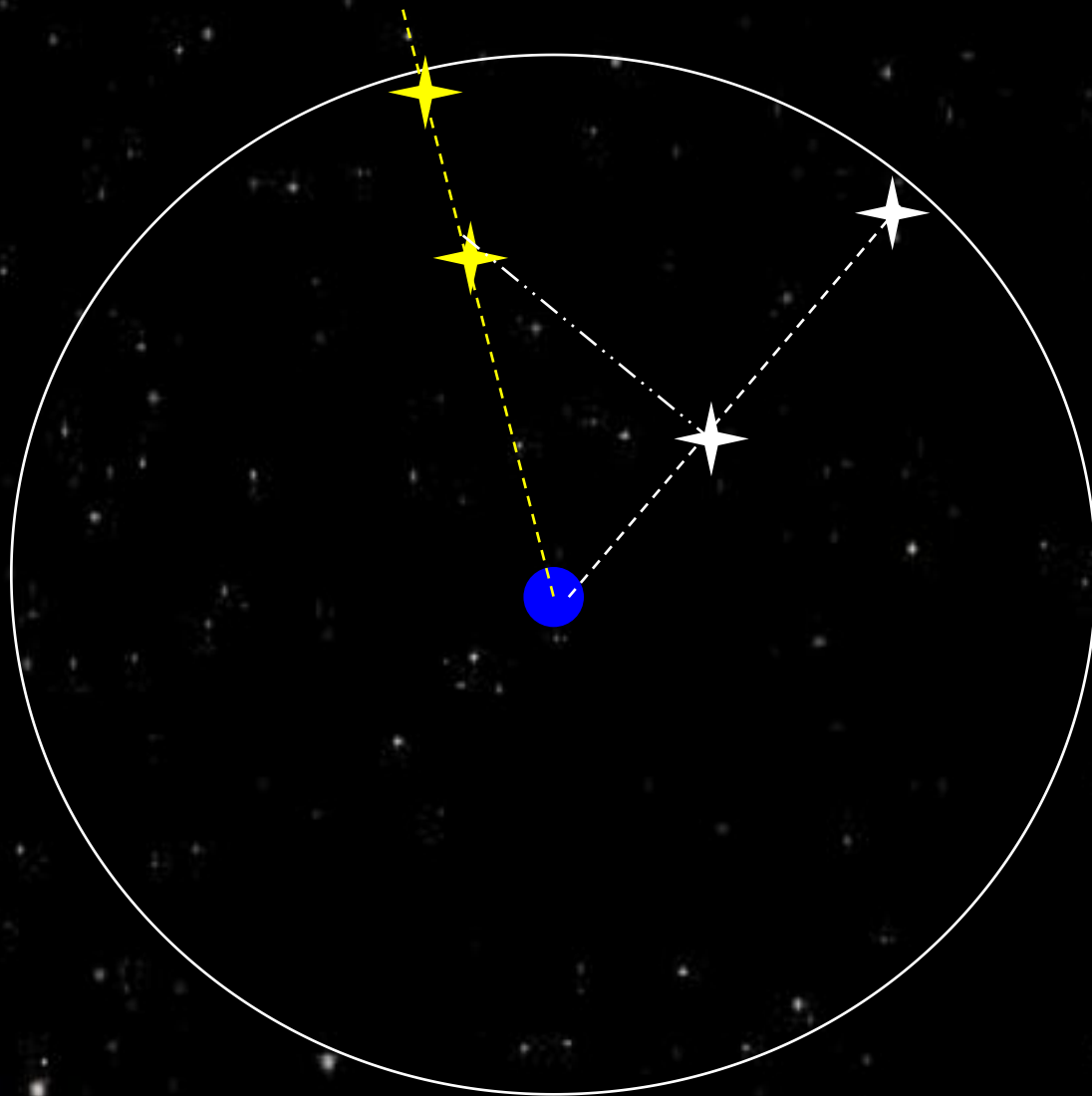
天赤道道







- 天球上的方向和距离





## 二、天球坐标

### (二) 球坐标系

#### 坐标系的一般模式

- ❖ 以基圈、始圈和终圈构成一球面三角形；
- ❖ 纵坐标即纬度；
- ❖ 横坐标即经度。

- 四种坐标体系：

- 1、地平坐标

- 2、时角坐标（第一赤道坐标）

- 3、第二赤道坐标

- 4、黄道坐标

- 什么是地平坐标？
- 为什么建立地平坐标？
- 用途何在？
- 如何建立地平坐标？





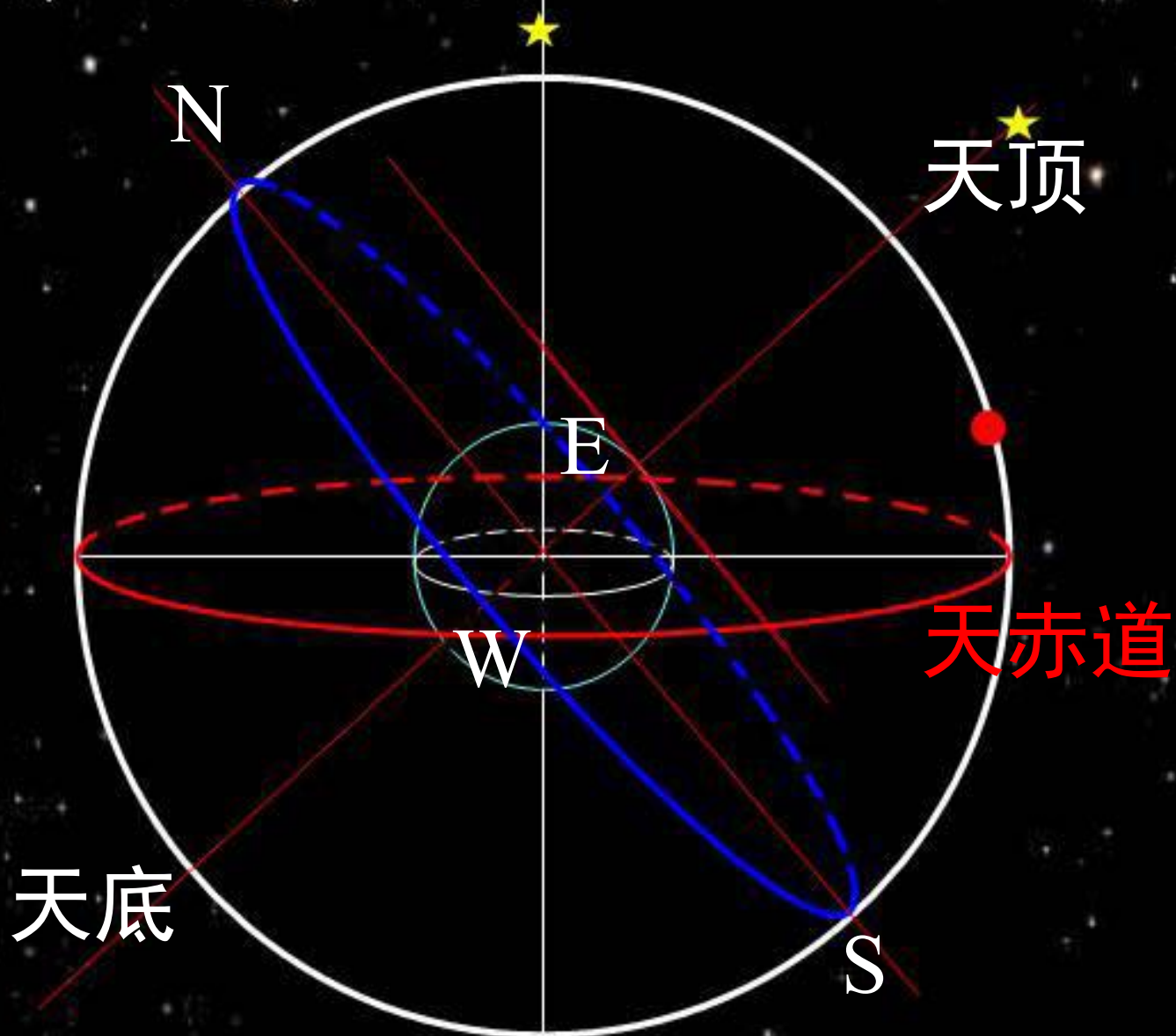
太阳的移动路径是直线吗？

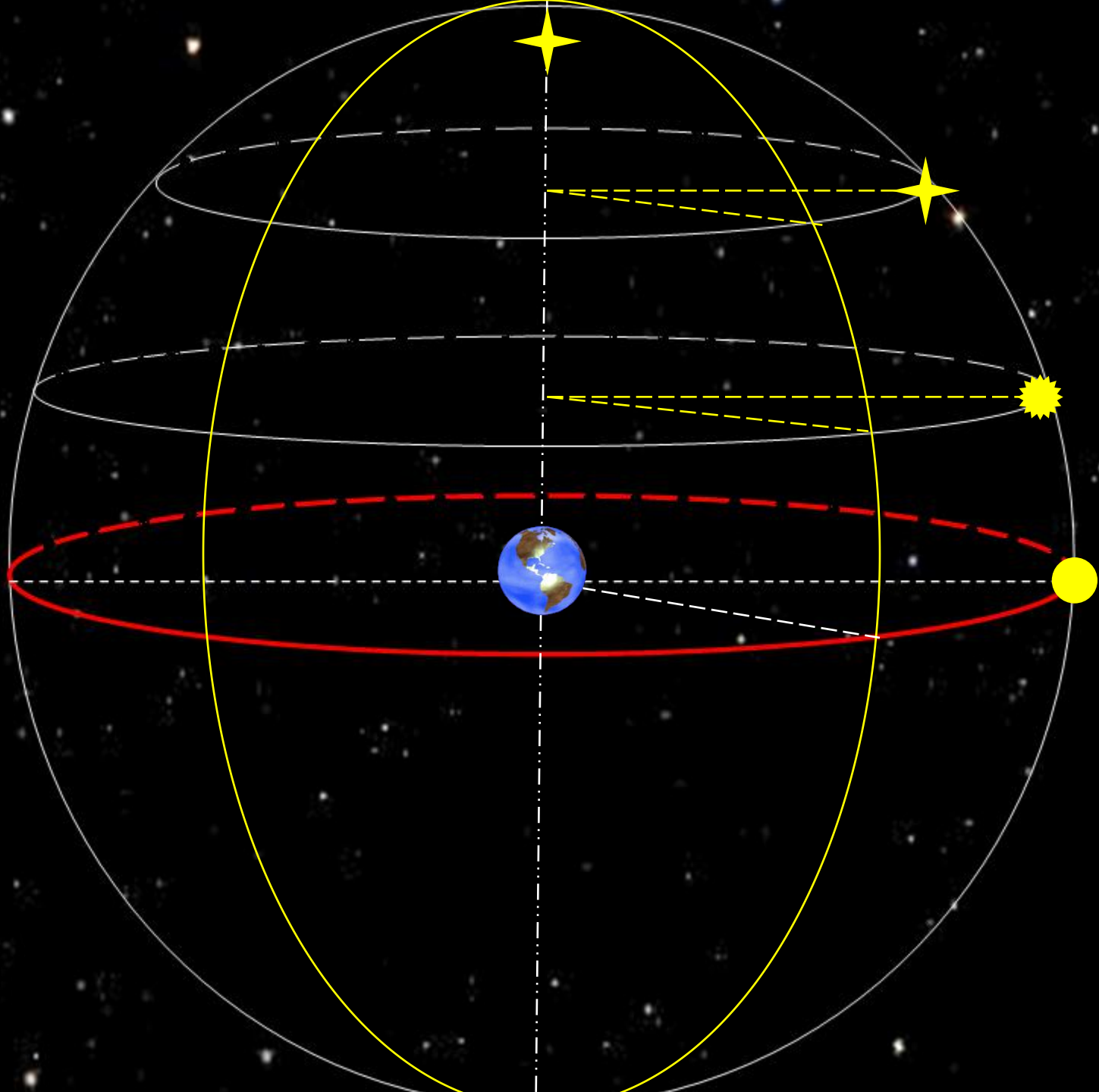
# 因此

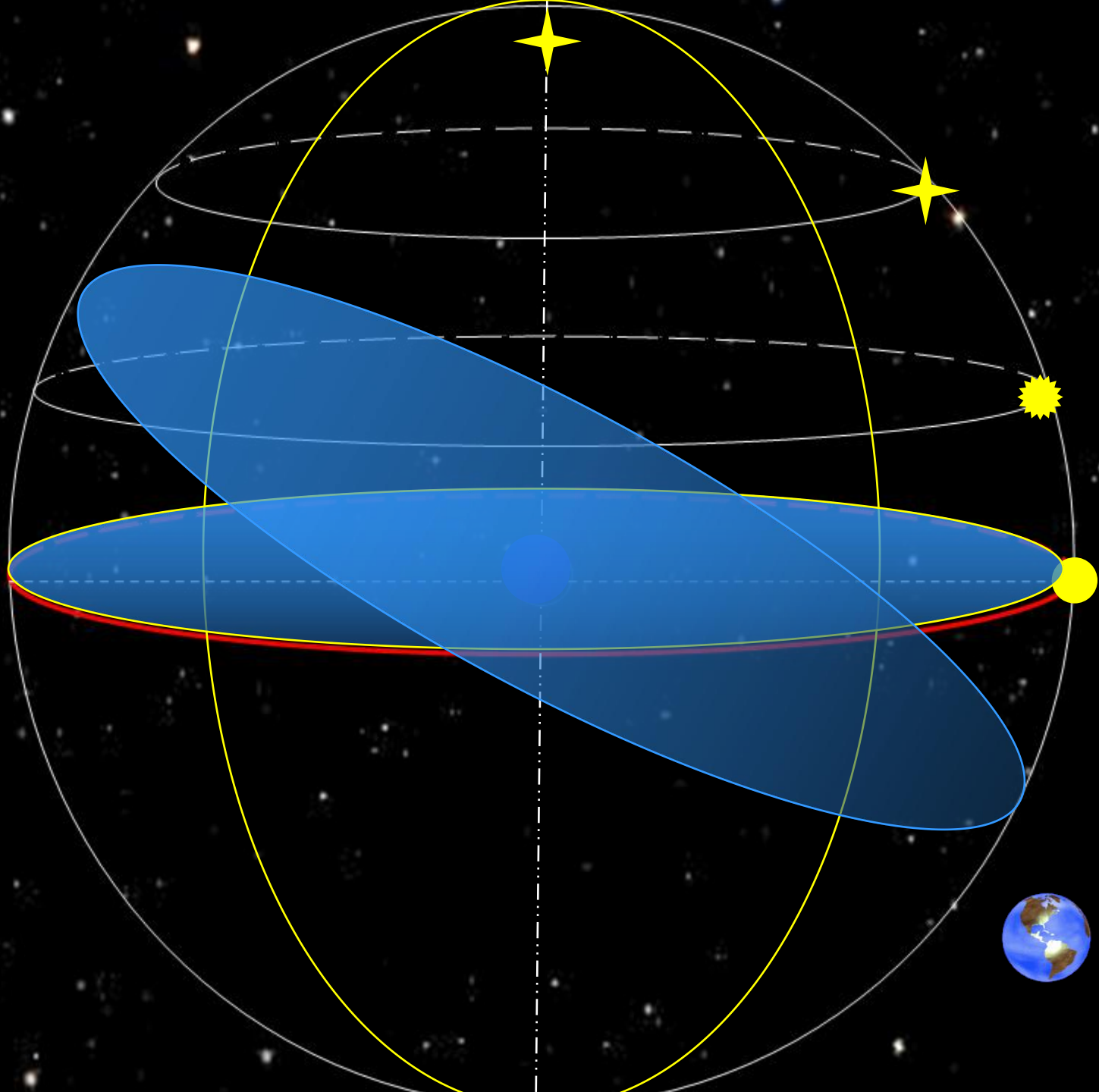
- 要描述太阳的位置时，必须提到太阳的 方位 和 高度角

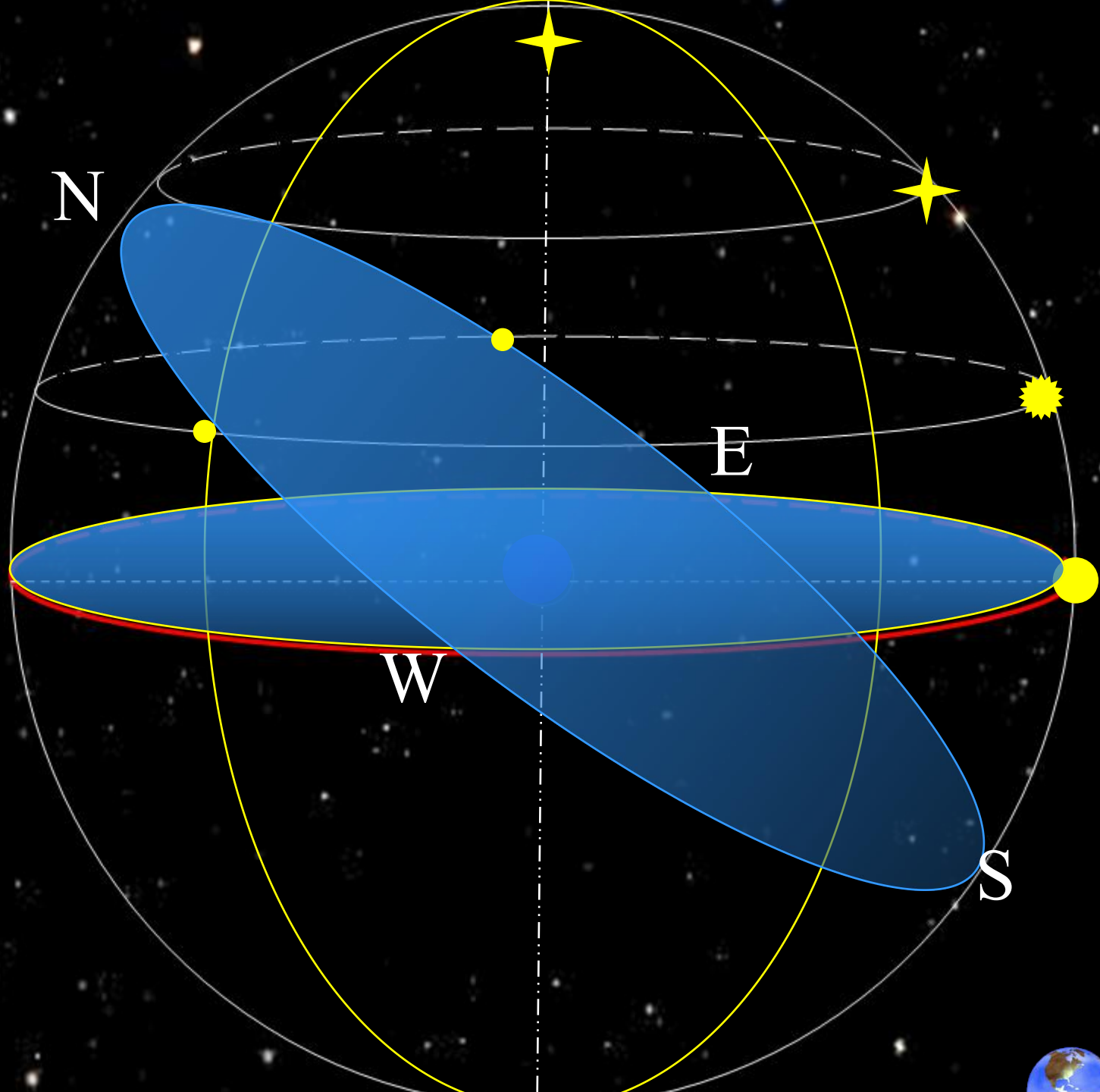


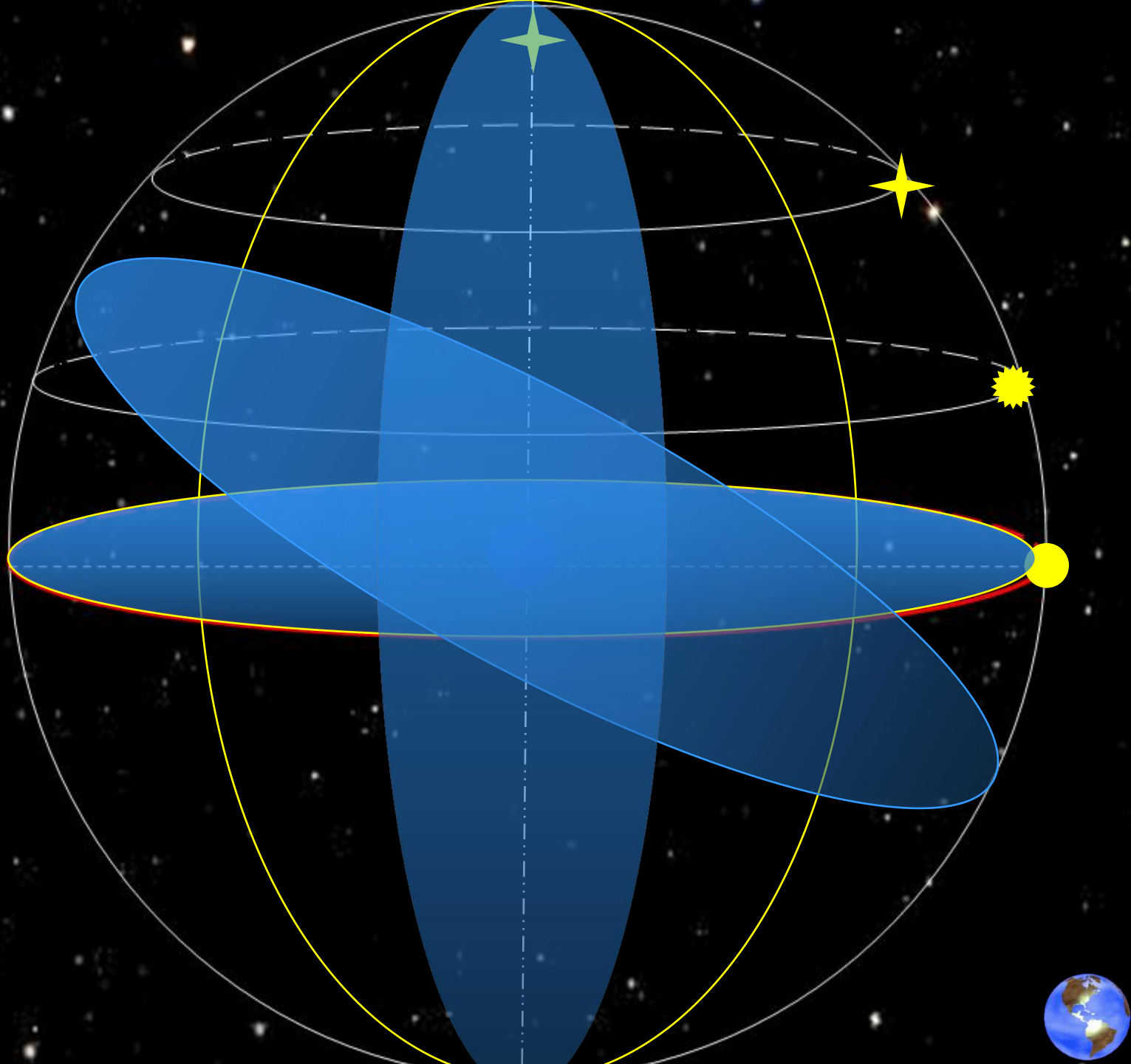
# 天顶、天底、地平圈



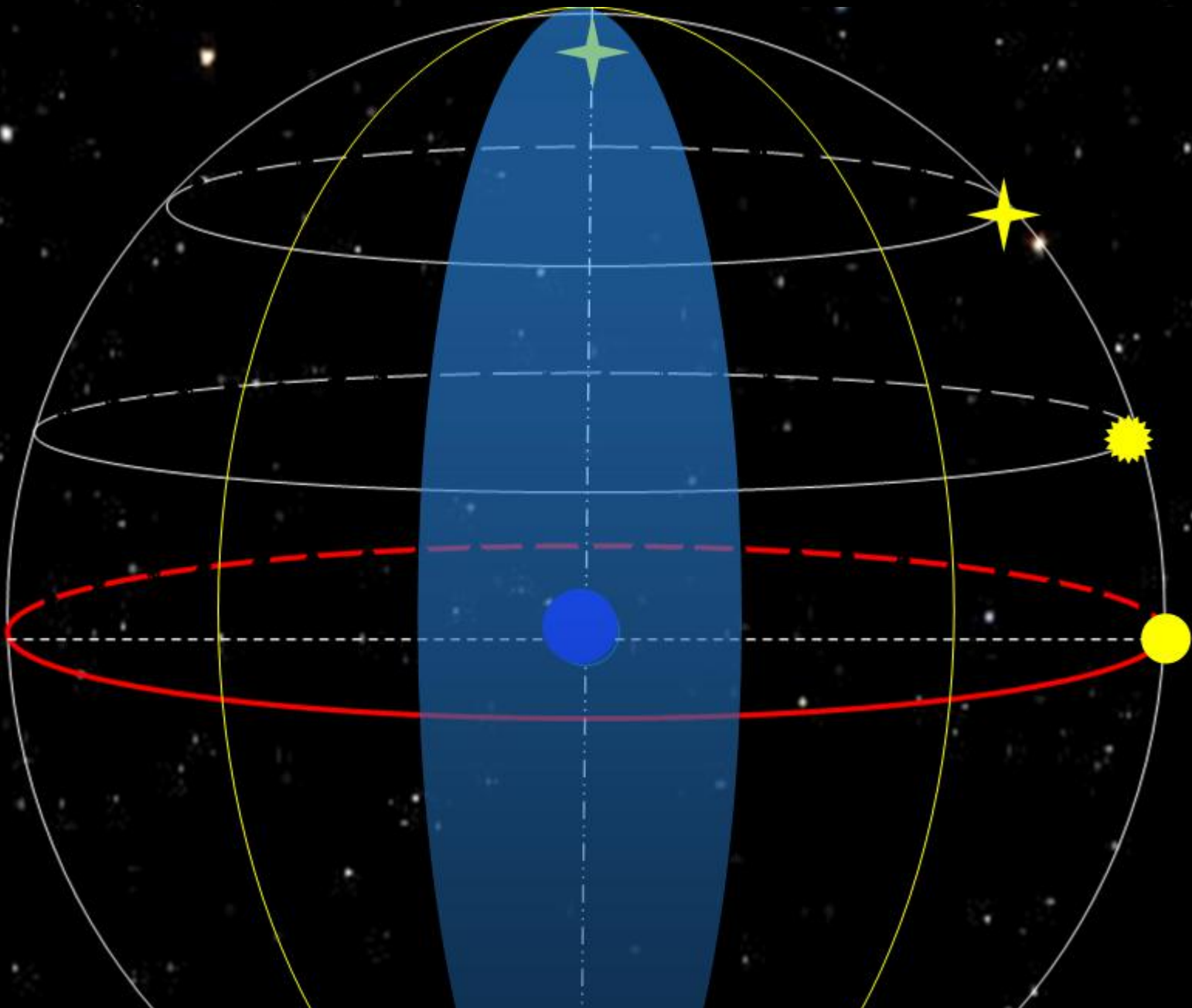




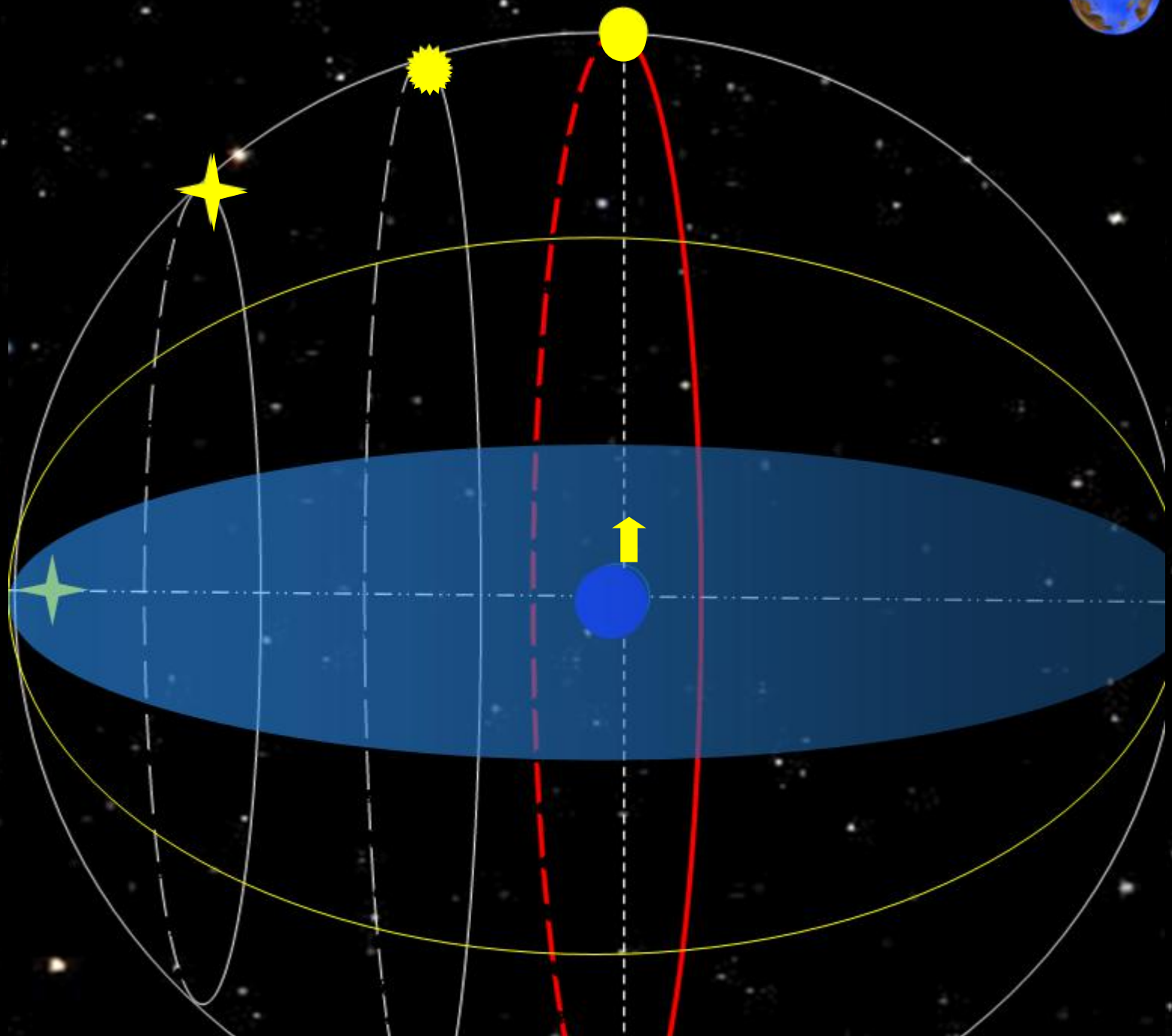
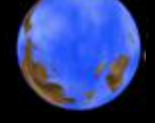


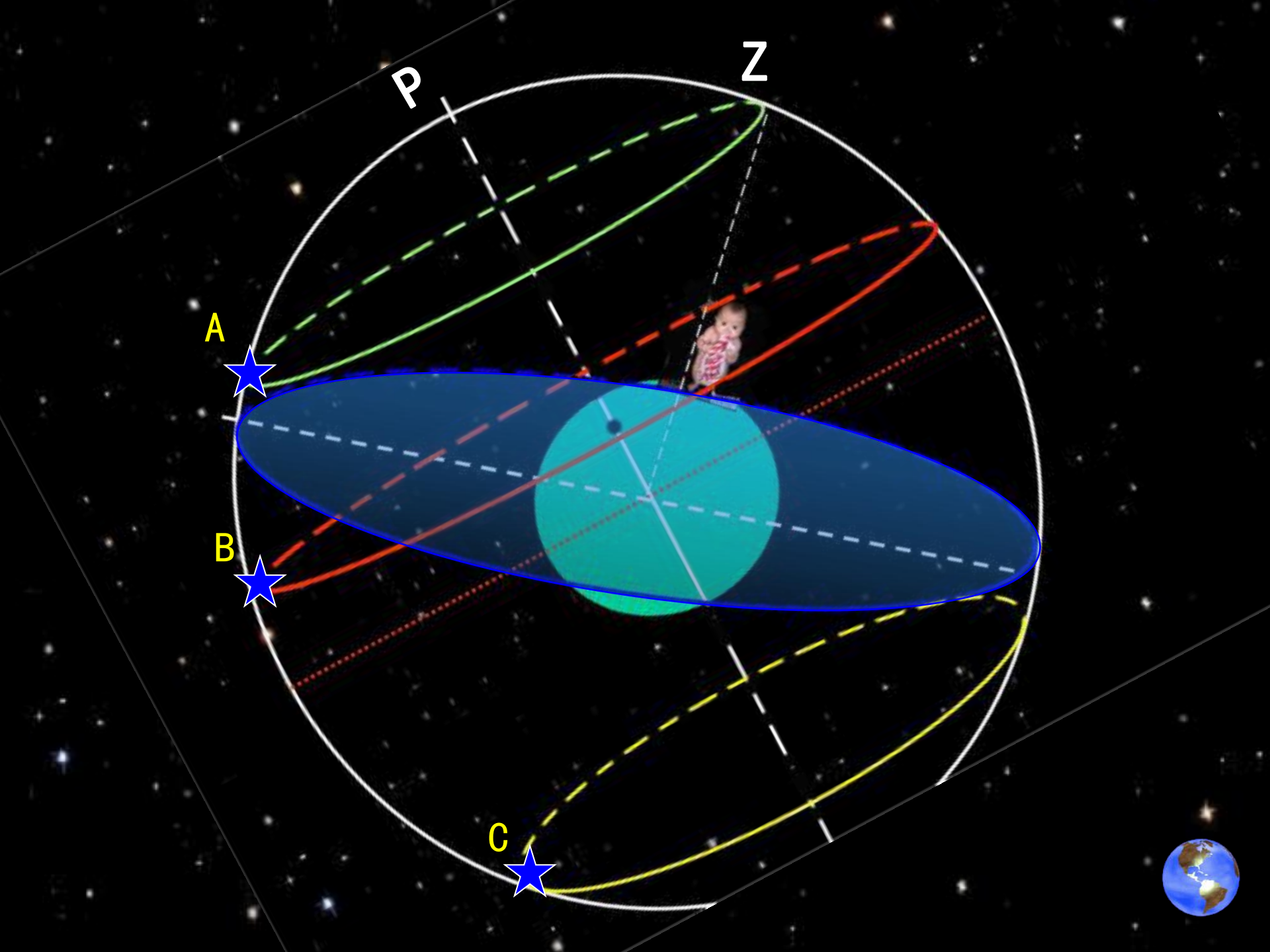


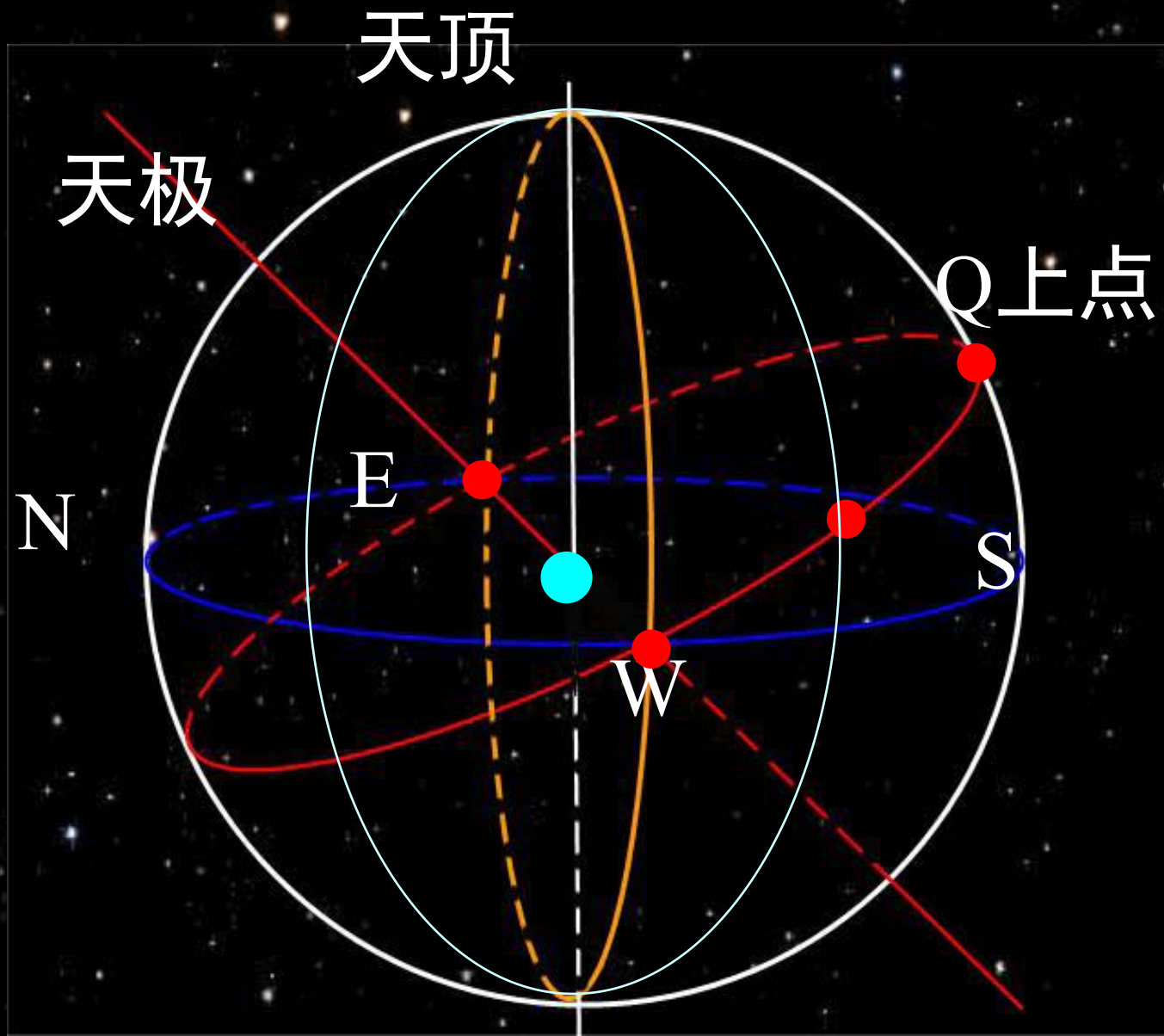












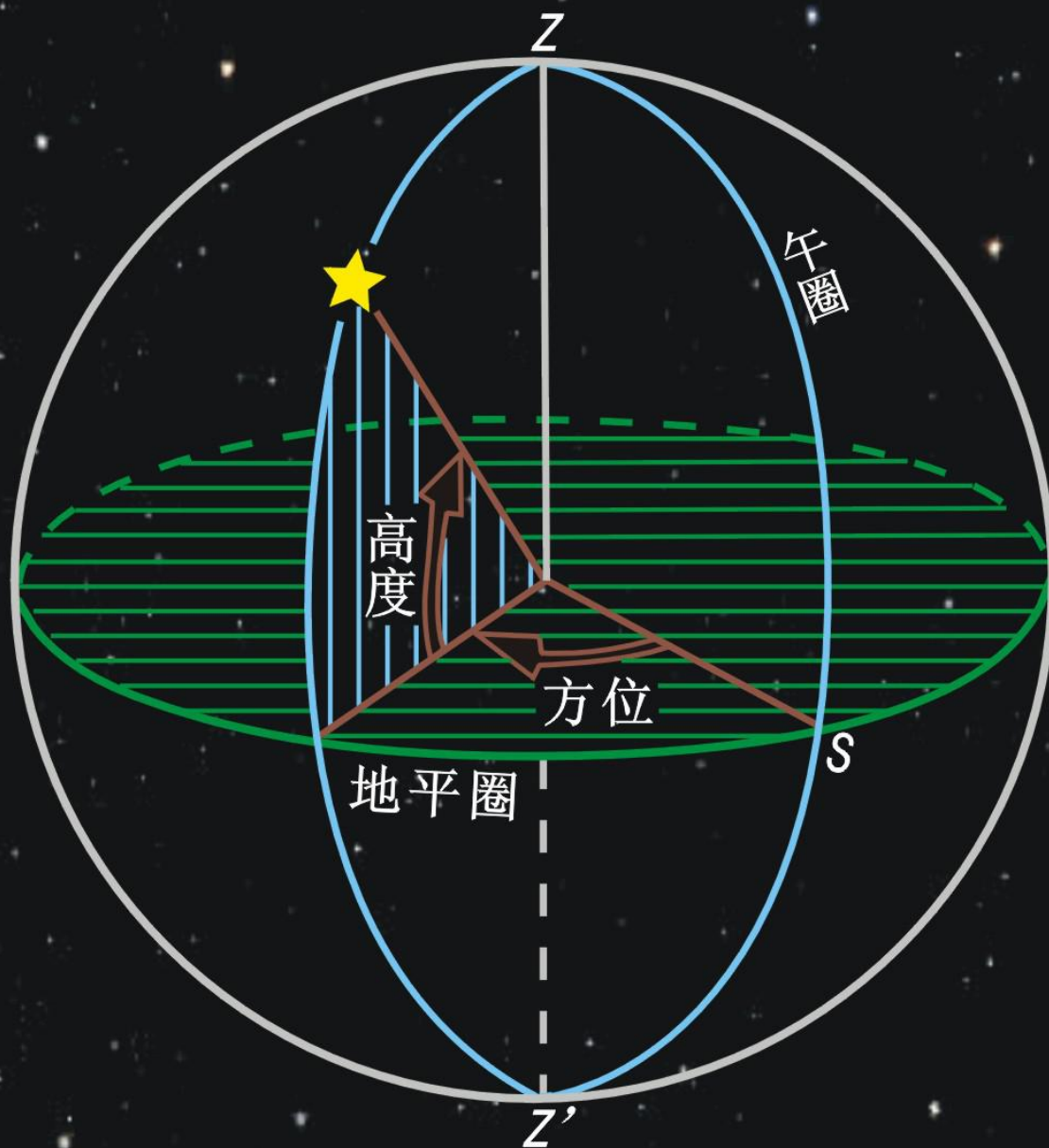


图1-15 天体的地平坐标：  
高度和方位



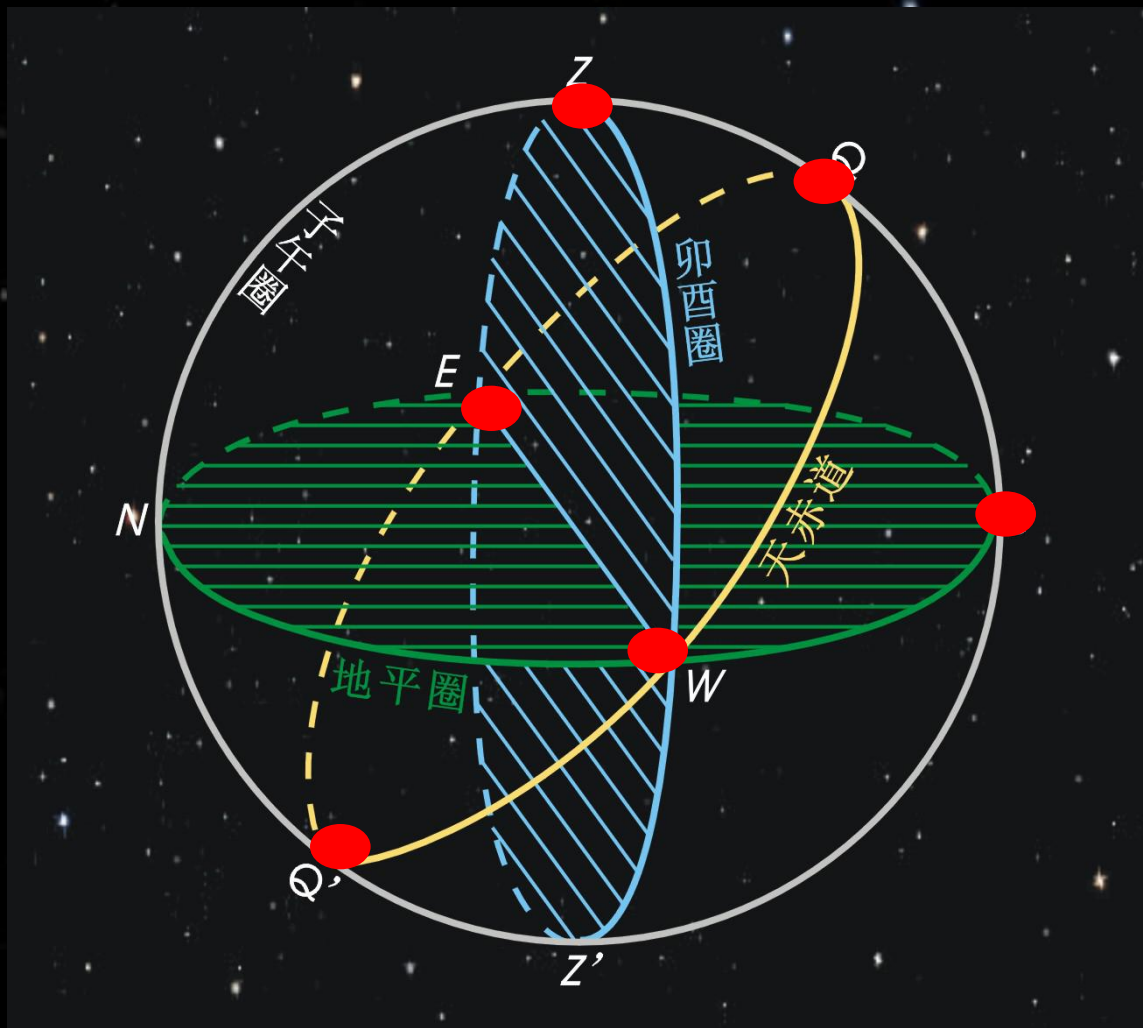
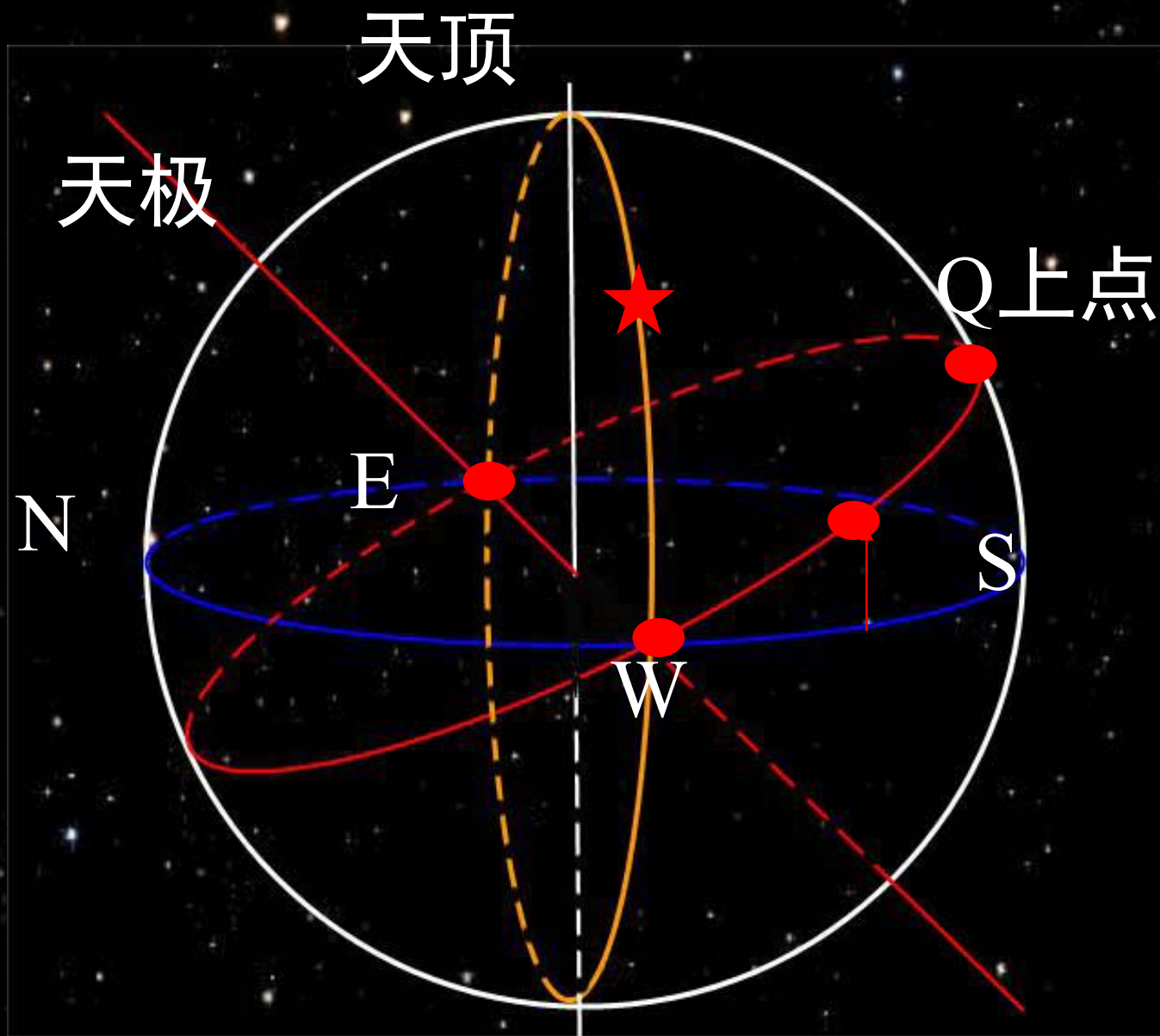


图1-14 地平坐标系的圆圈系统：地平圈上4个相距 $90^\circ$ 的点：东、南、西、北点；得到子午圈（过南、北点）和卯酉圈（过东、西点）。

- 练习：信阳3.21； 6.22； 12.21太阳高度、方位；





## □ 地平坐标系

- ❖ 用途：表示天体在天空中的高度和方位；
- ❖ 圆圈系统：地平圈，子午圈，卯酉圈；
- ❖ 基本要点：
  - 基圈：地平圈；
  - 原点：南点；始圈：午圈；
  - 纬度：高度；
  - 经度：方位（0到360度，自南点向西沿地平圈度量）。

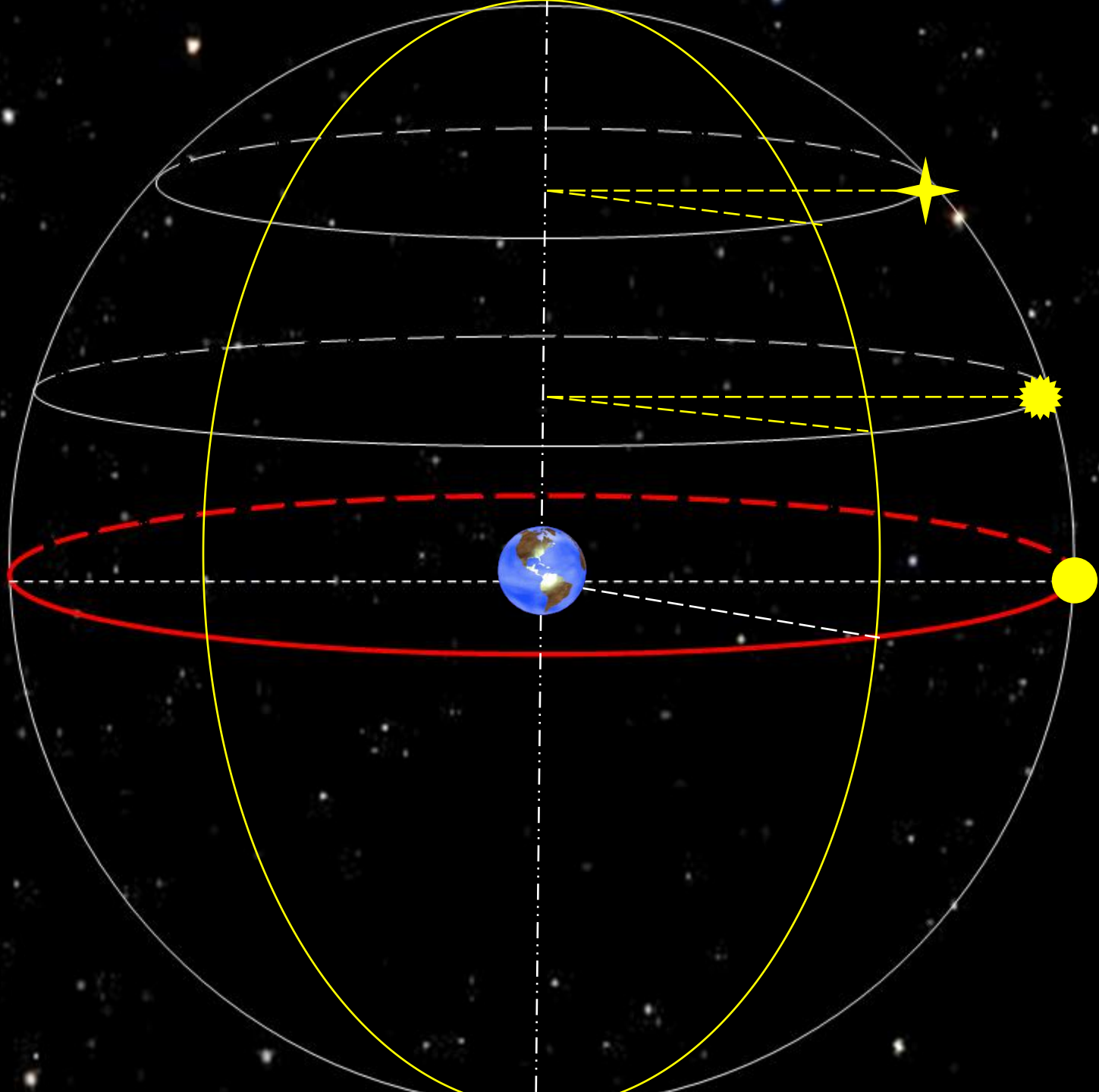
## □ 第一赤道坐标系(也称时角坐标系)

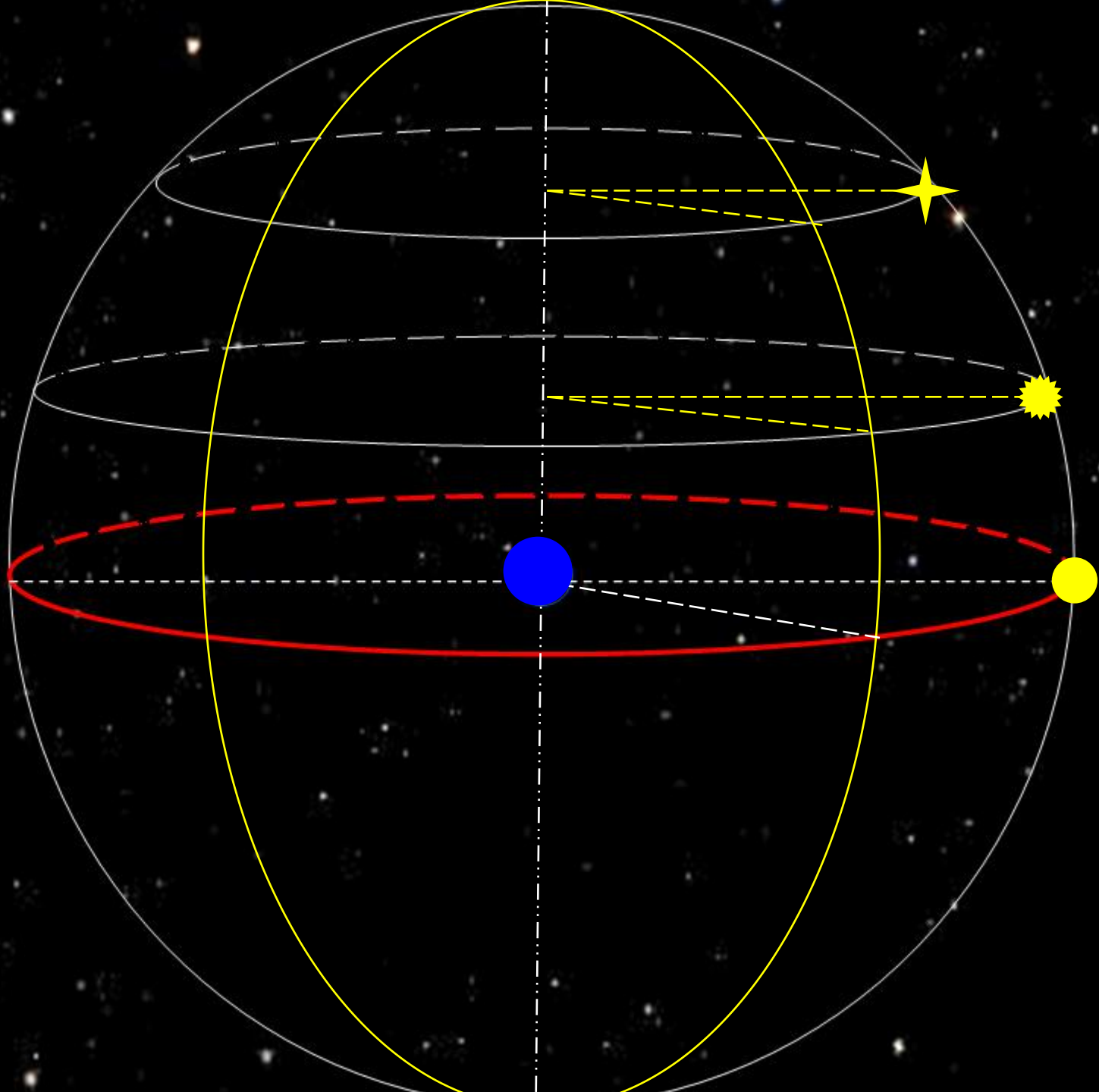
❖ 用途：用于时间度量；

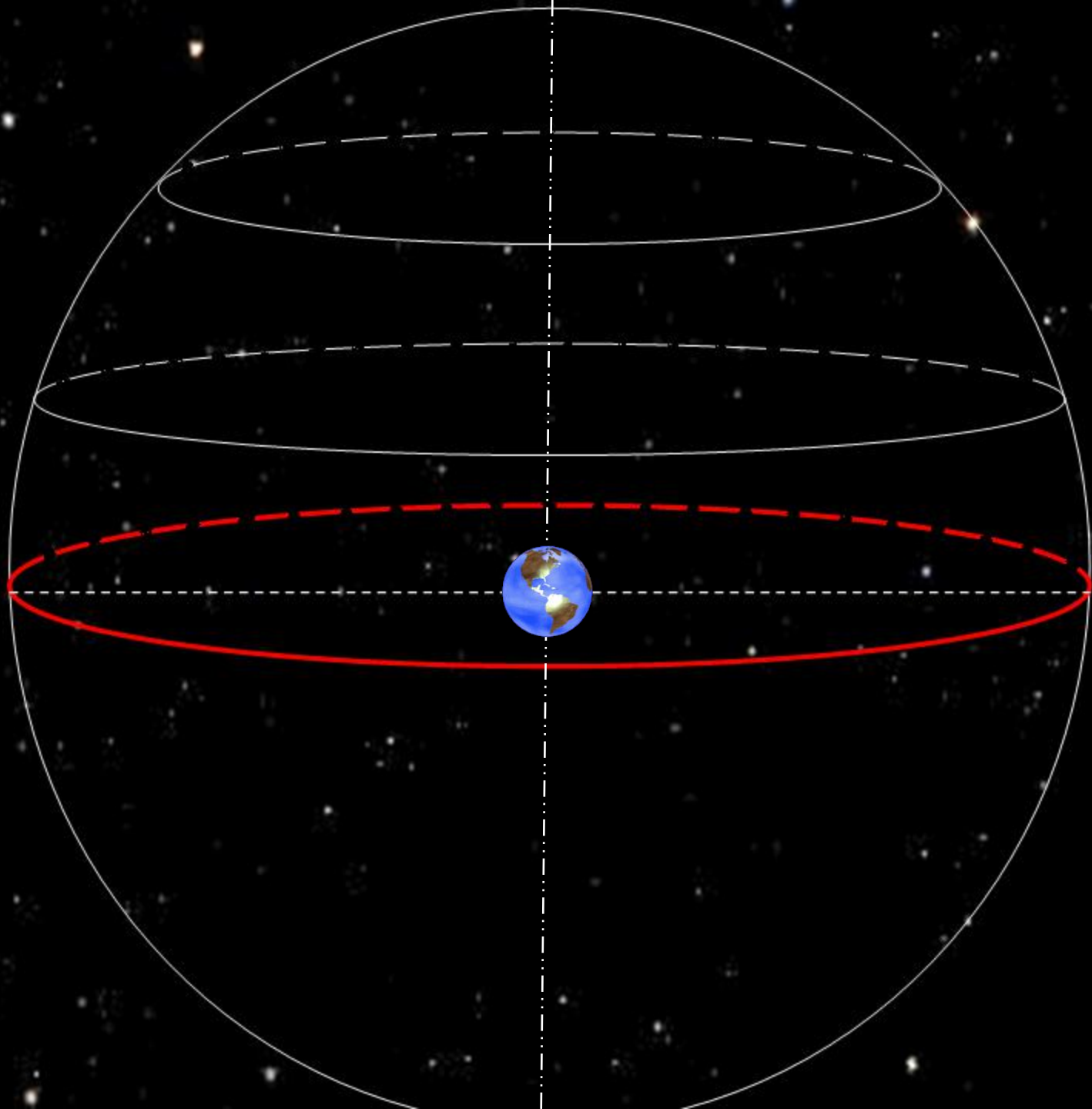
❖ 圆圈系统：天赤道，子午圈和六时圈；

❖ 基本要点：

- 基圈：天赤道；原点：上点；
- 始圈：午圈；纬度：赤纬；
- 经度：时角（经圈改称时圈）自上点沿天赤道向西度量（为使天体的时角“与时俱增”）。

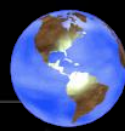
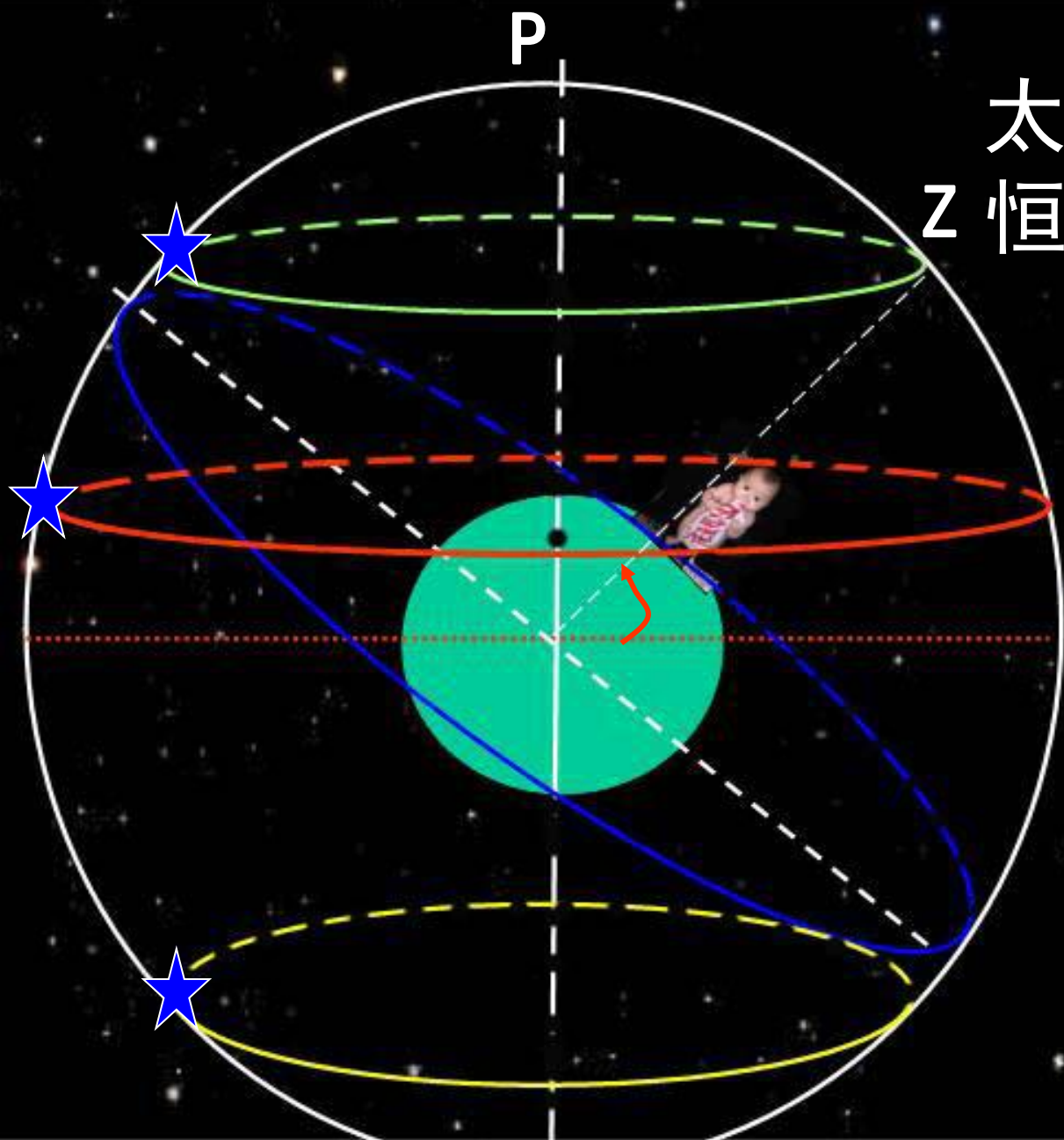


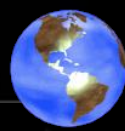
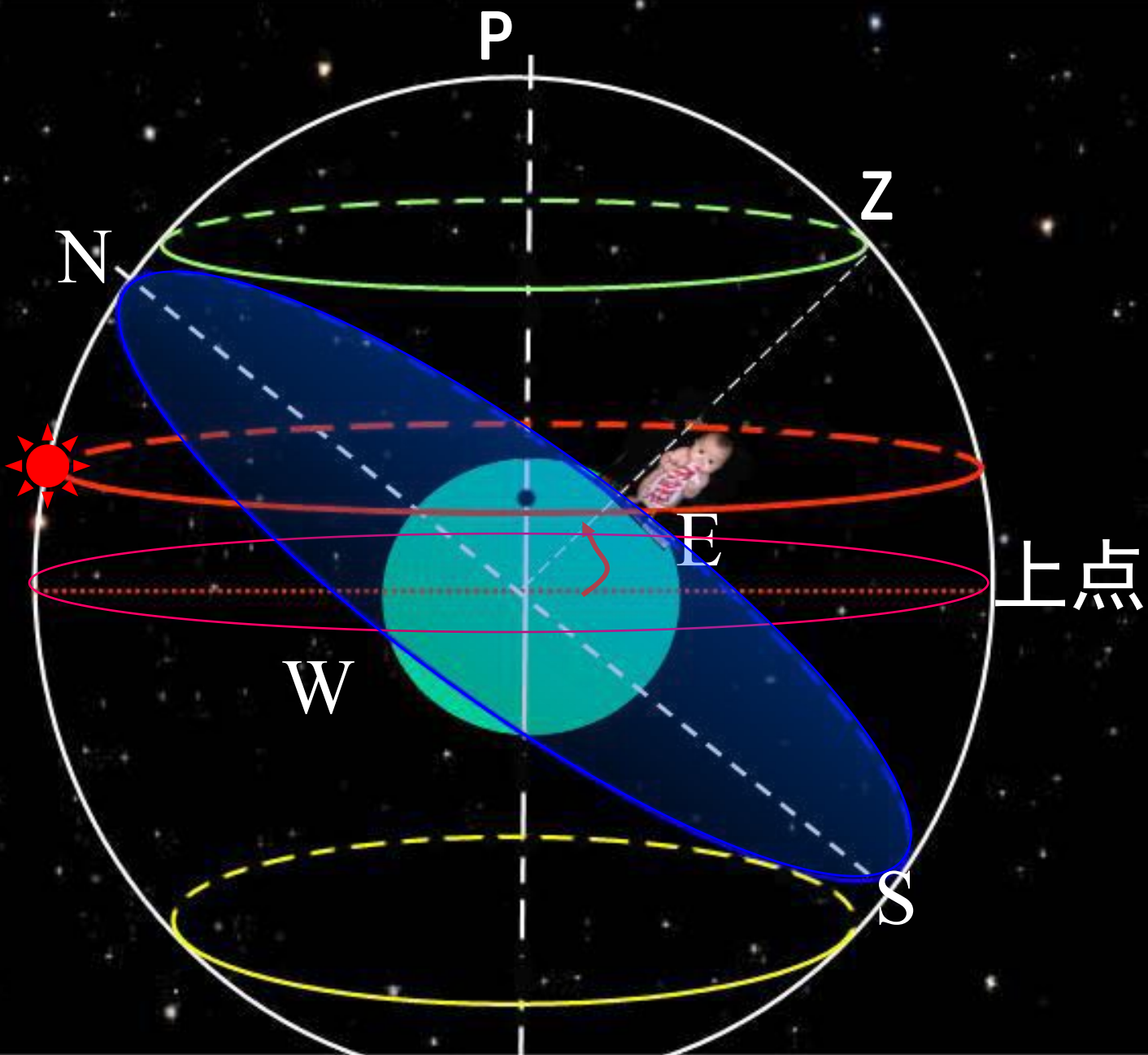






太阳时  
Z 恒星时







- 日常生活用时间：----白天
- 太阳作为参照物
- 提醒：不同经度上的观察者（时间使用者）在同一时刻，时间表达不同



老百姓的时间  
白天

P

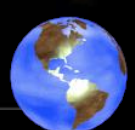
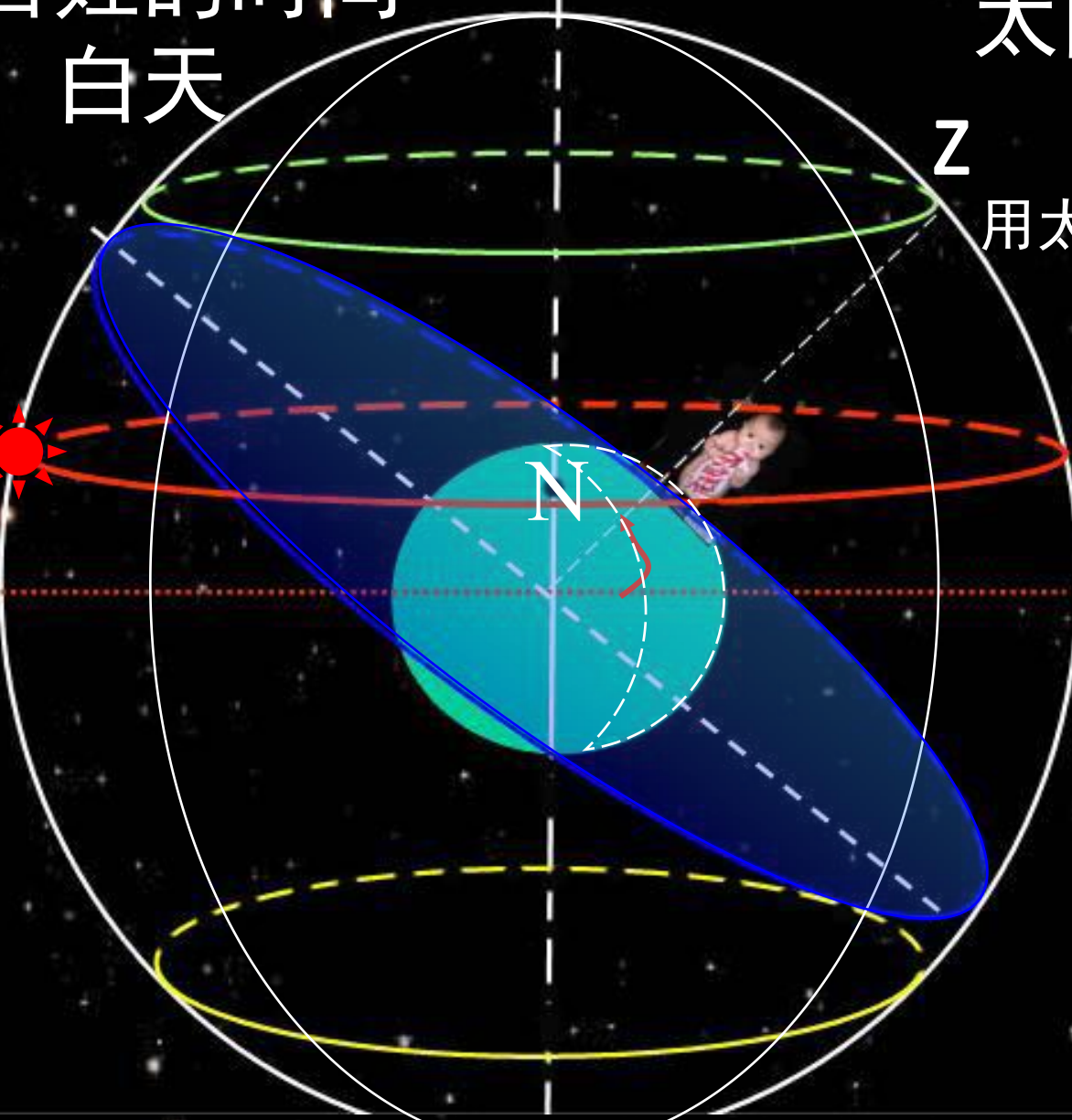
太阳时

Z

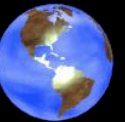
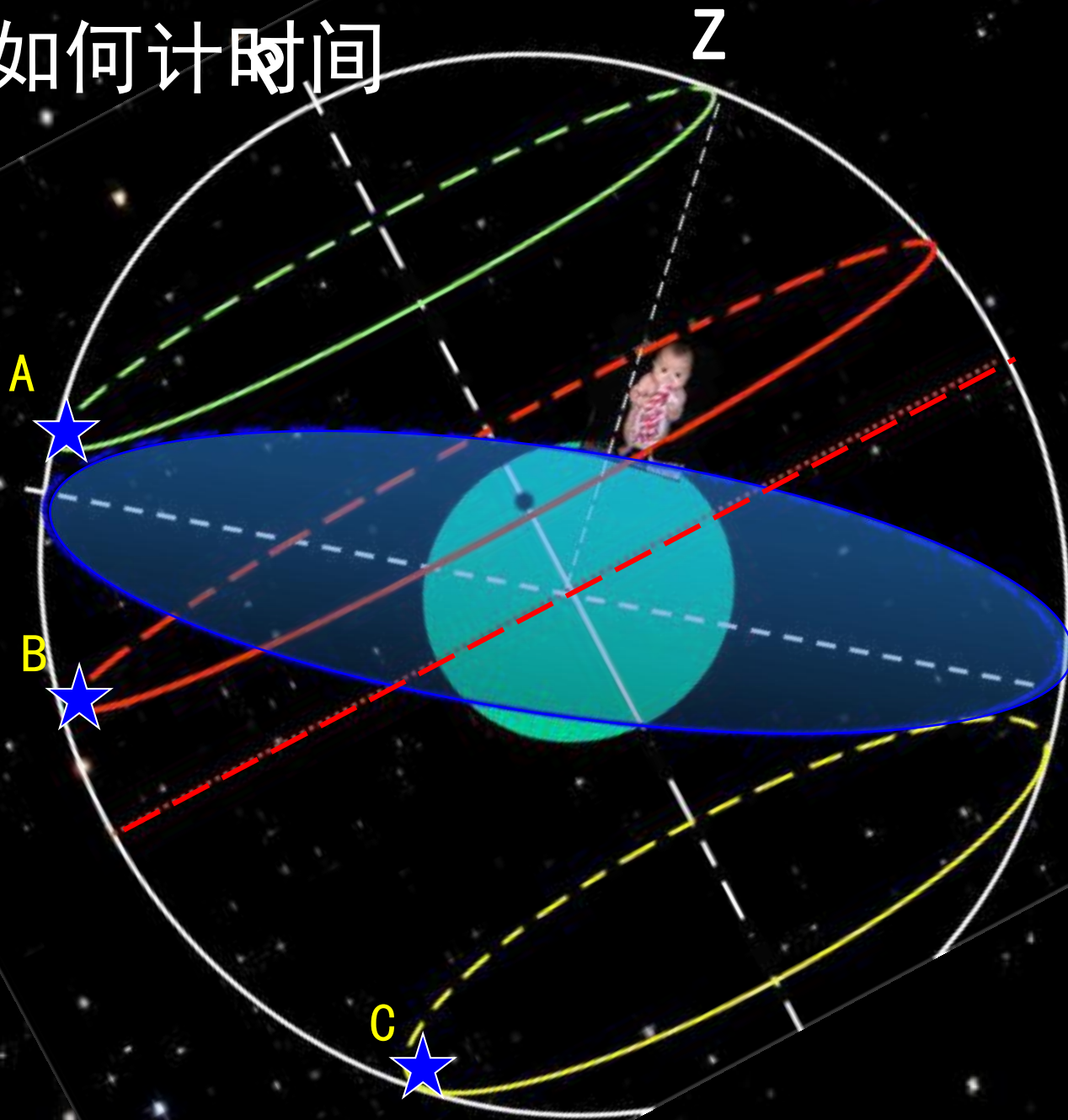
用太阳作为度量时间的  
参照物

上点

N



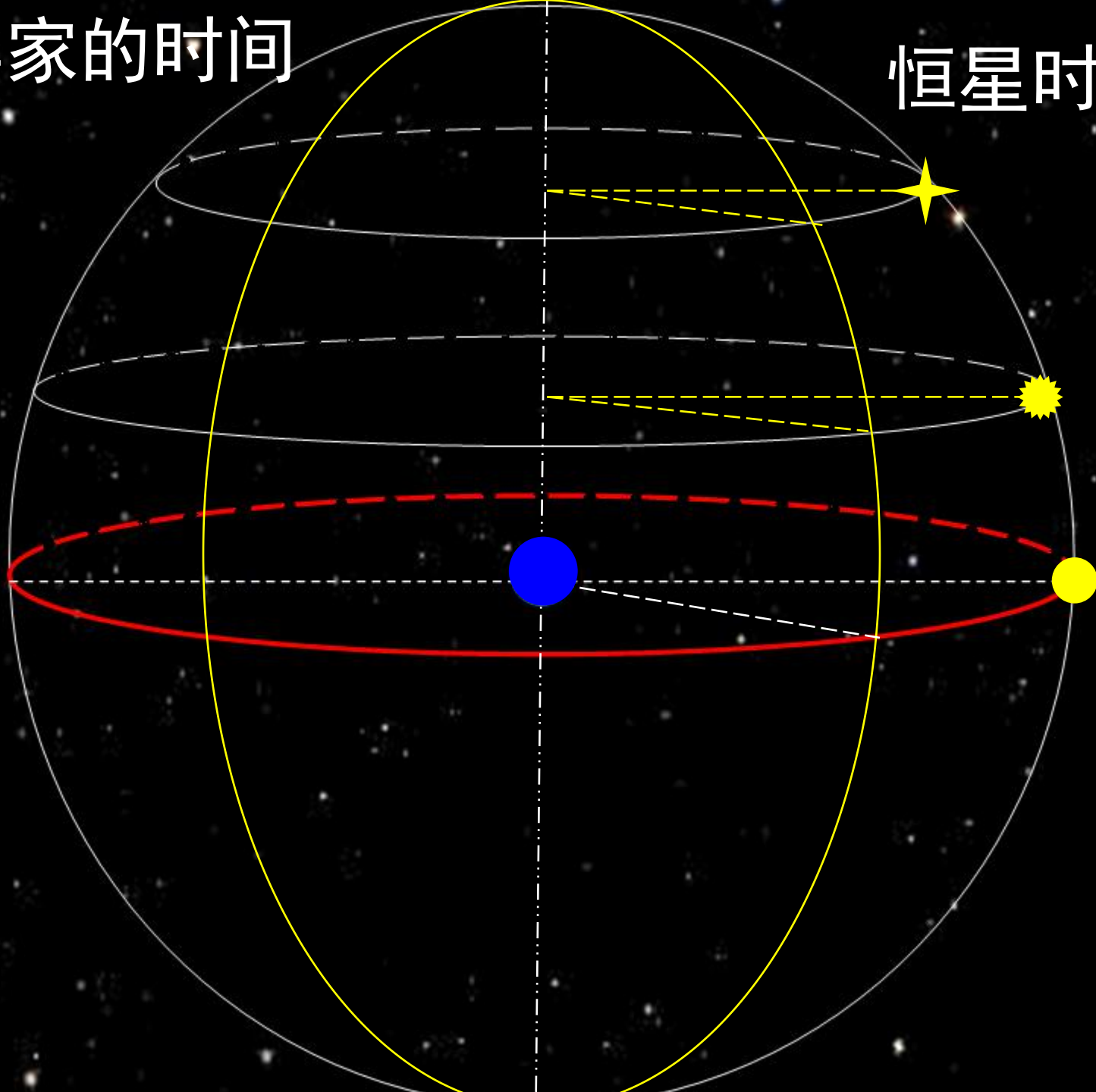
# 夜晚如何计时间





# 天文学家的时间

恒星时

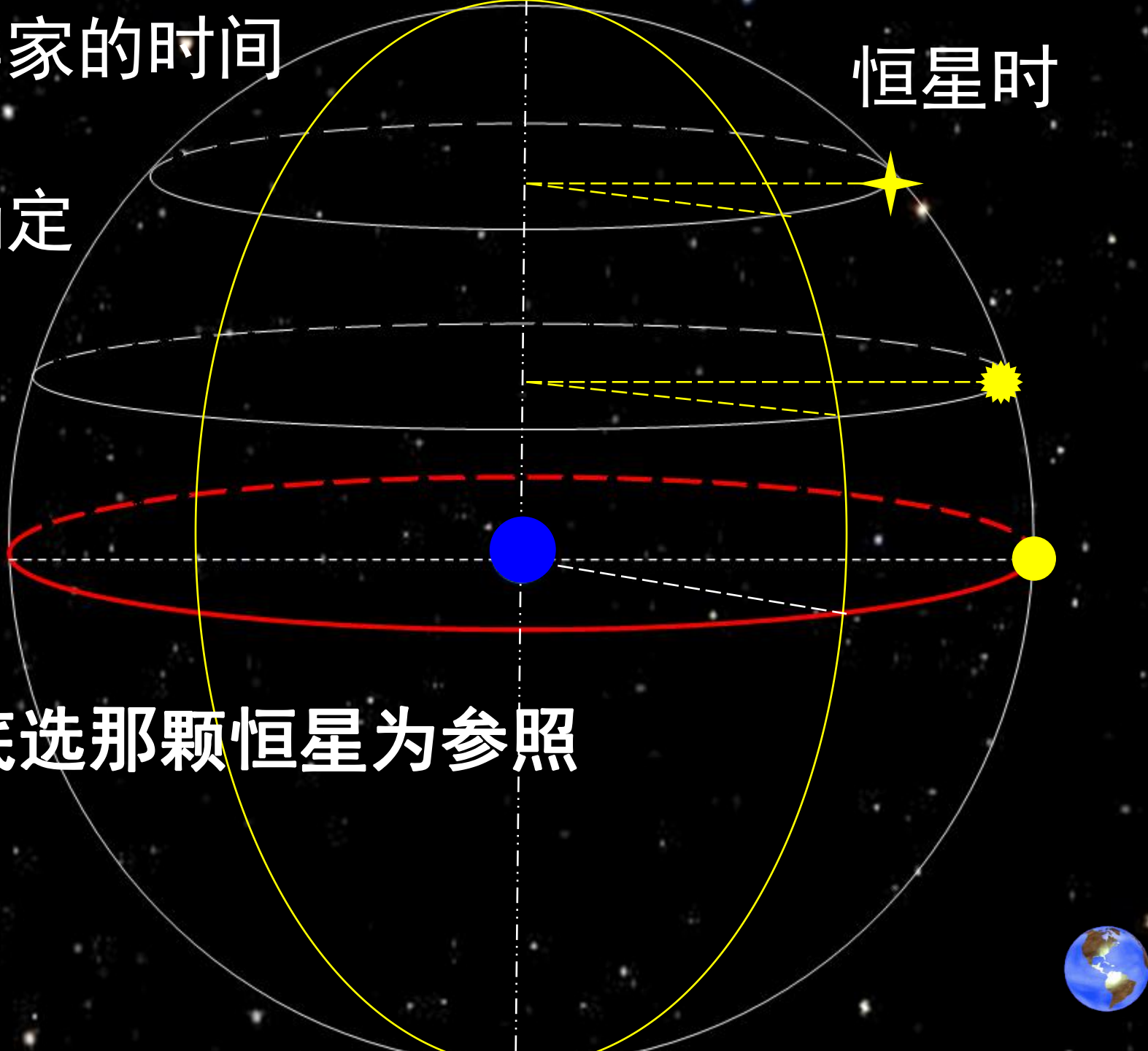


天文学家的时间

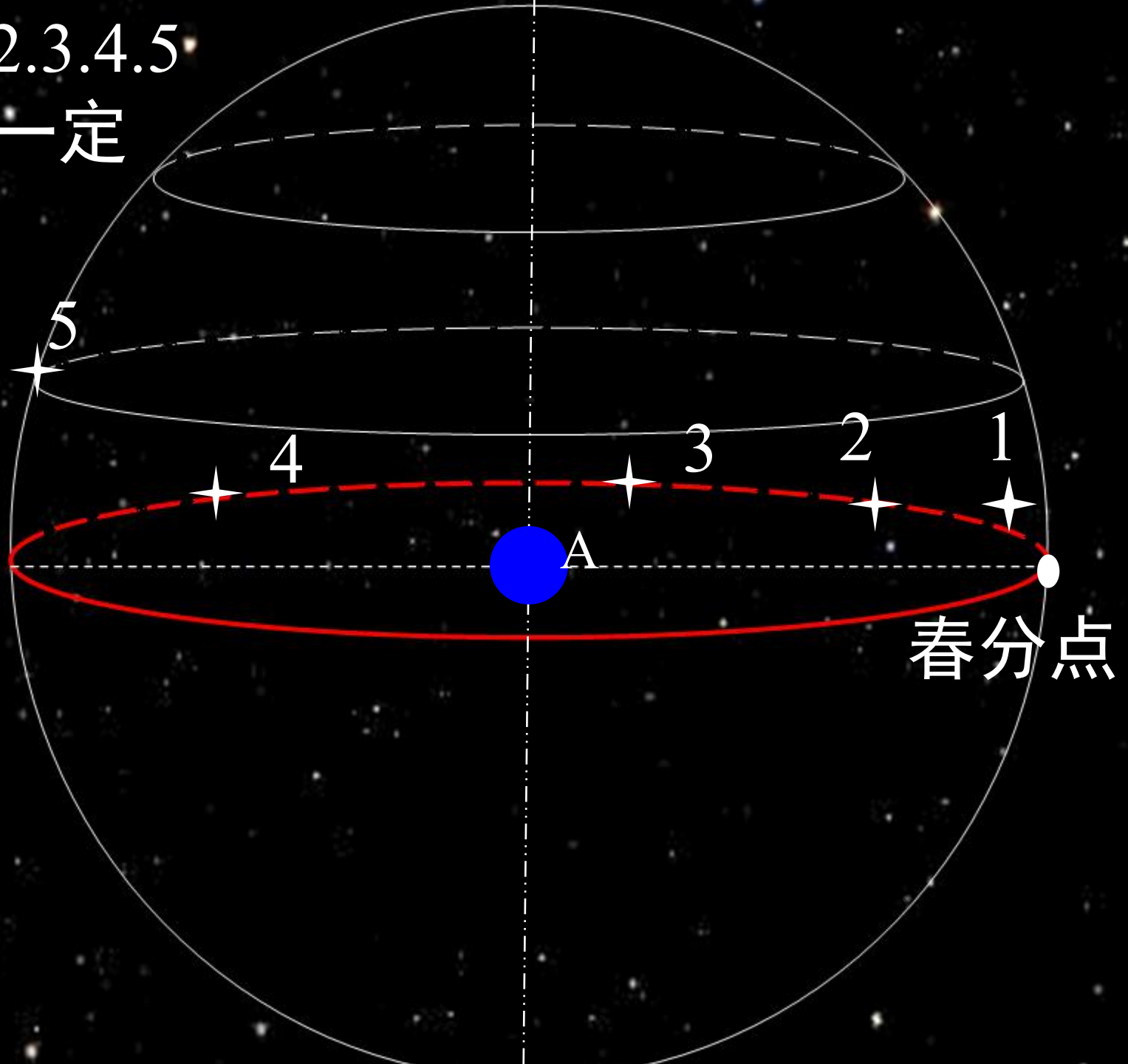
恒星时

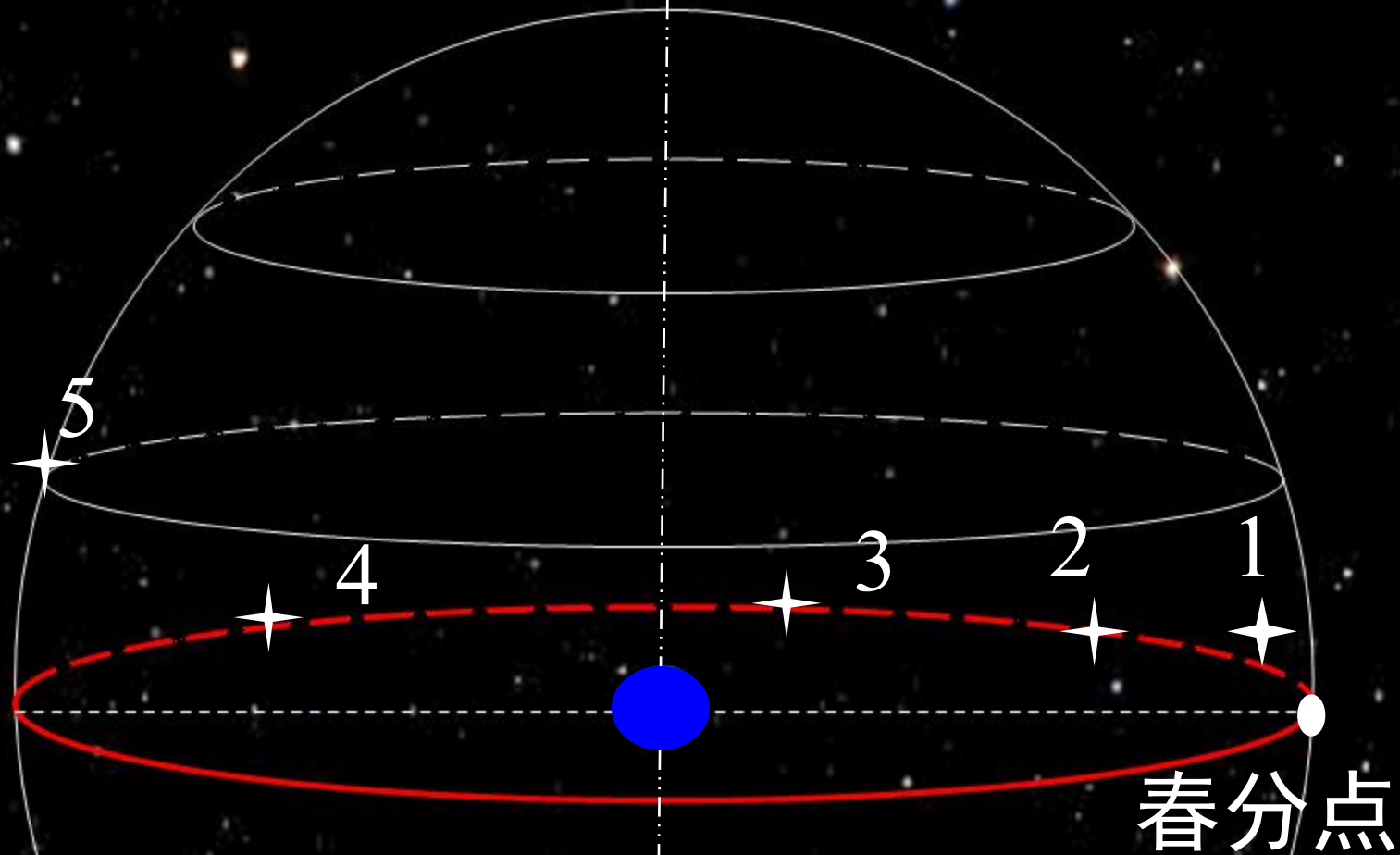
如何确定

到底选那颗恒星为参照



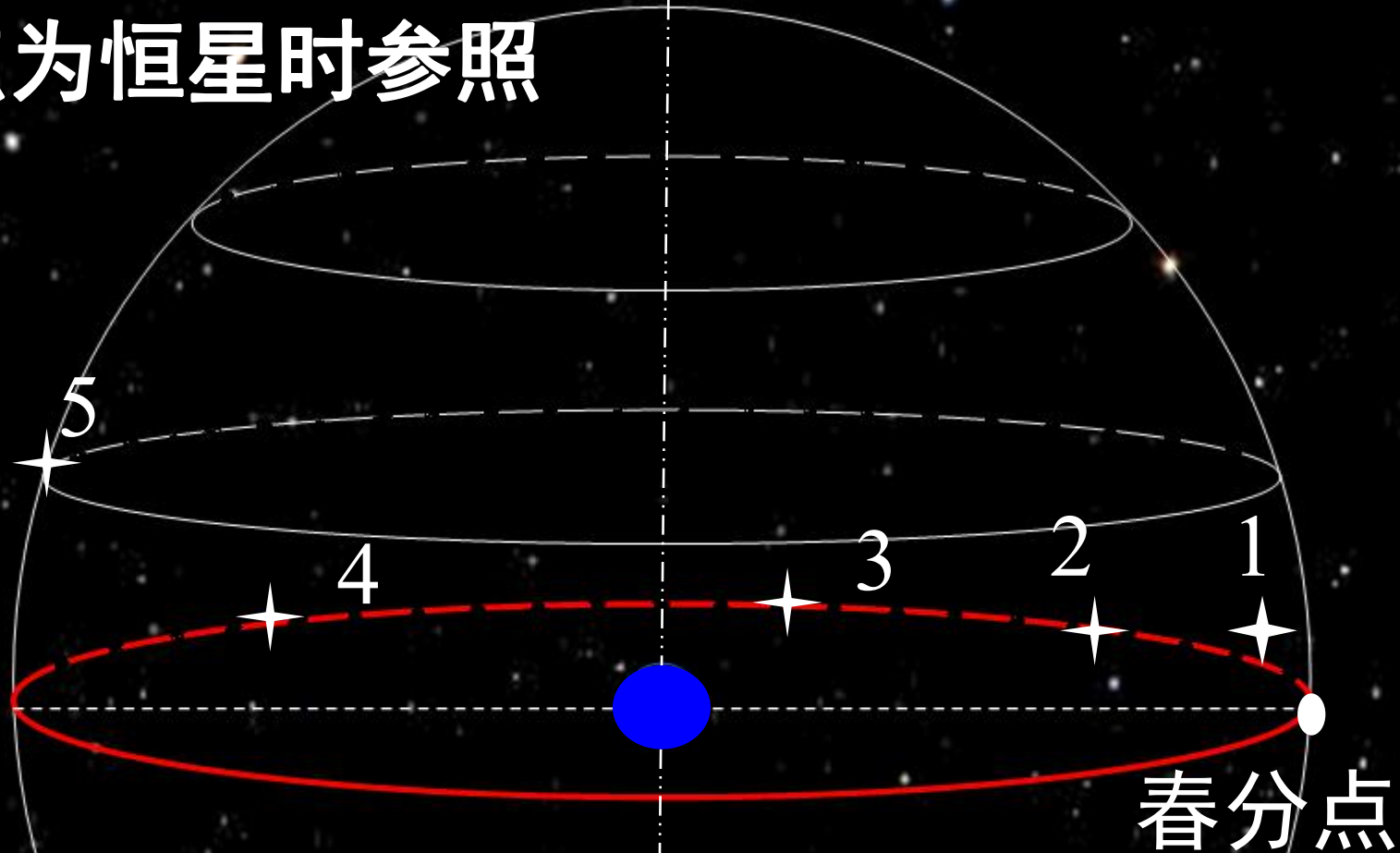
恒星1.2.3.4.5  
坐标一定





天体的中天时刻，  
要按其赤经的次序而定；

# 春分点为恒星时参照



天体的中天时刻，  
要按其赤经的次序而定；  
中天恒星的赤经，即为当时的恒星时

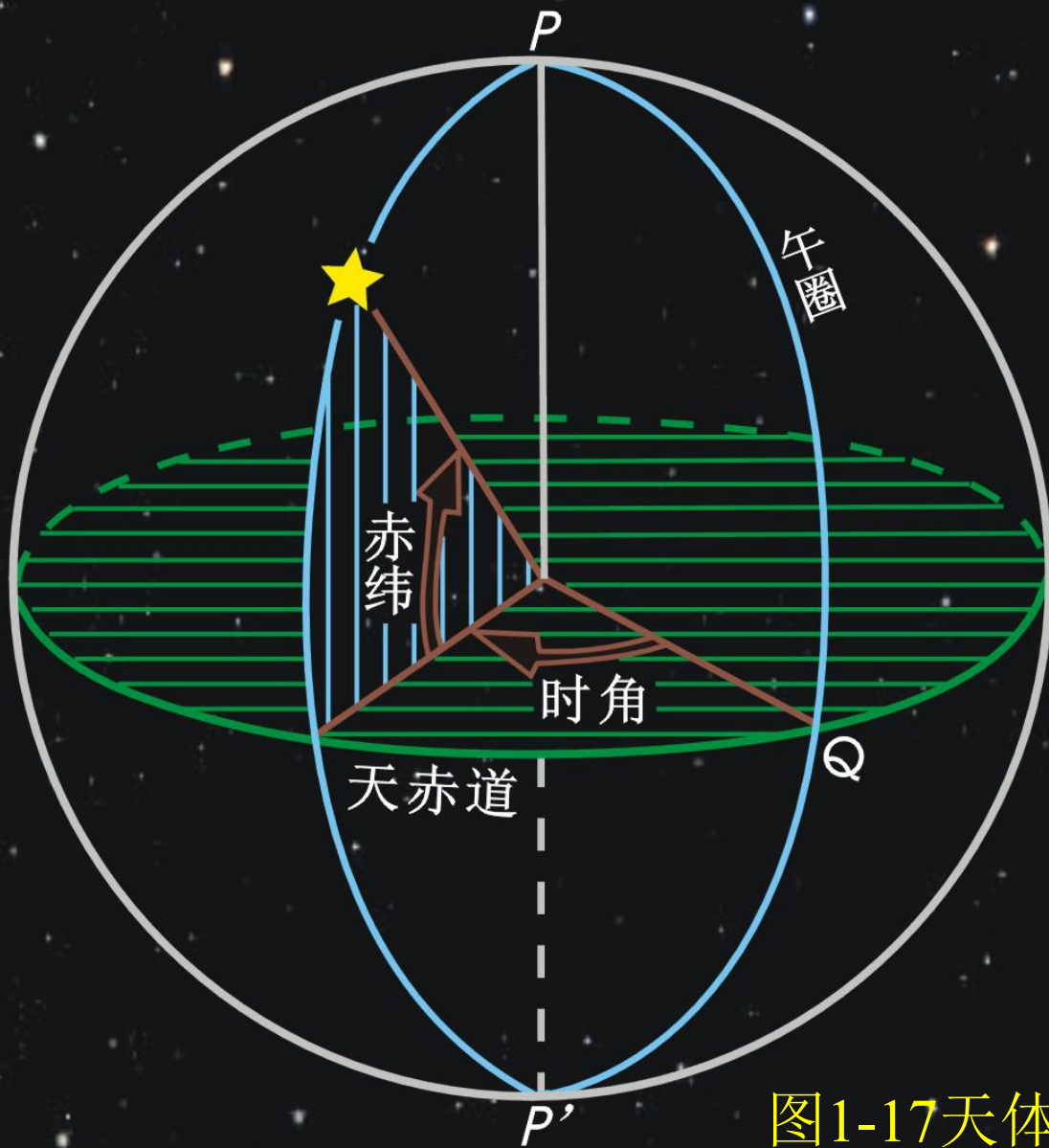
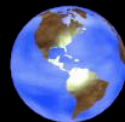


图1-17天体第一赤道坐标系：赤纬和时角





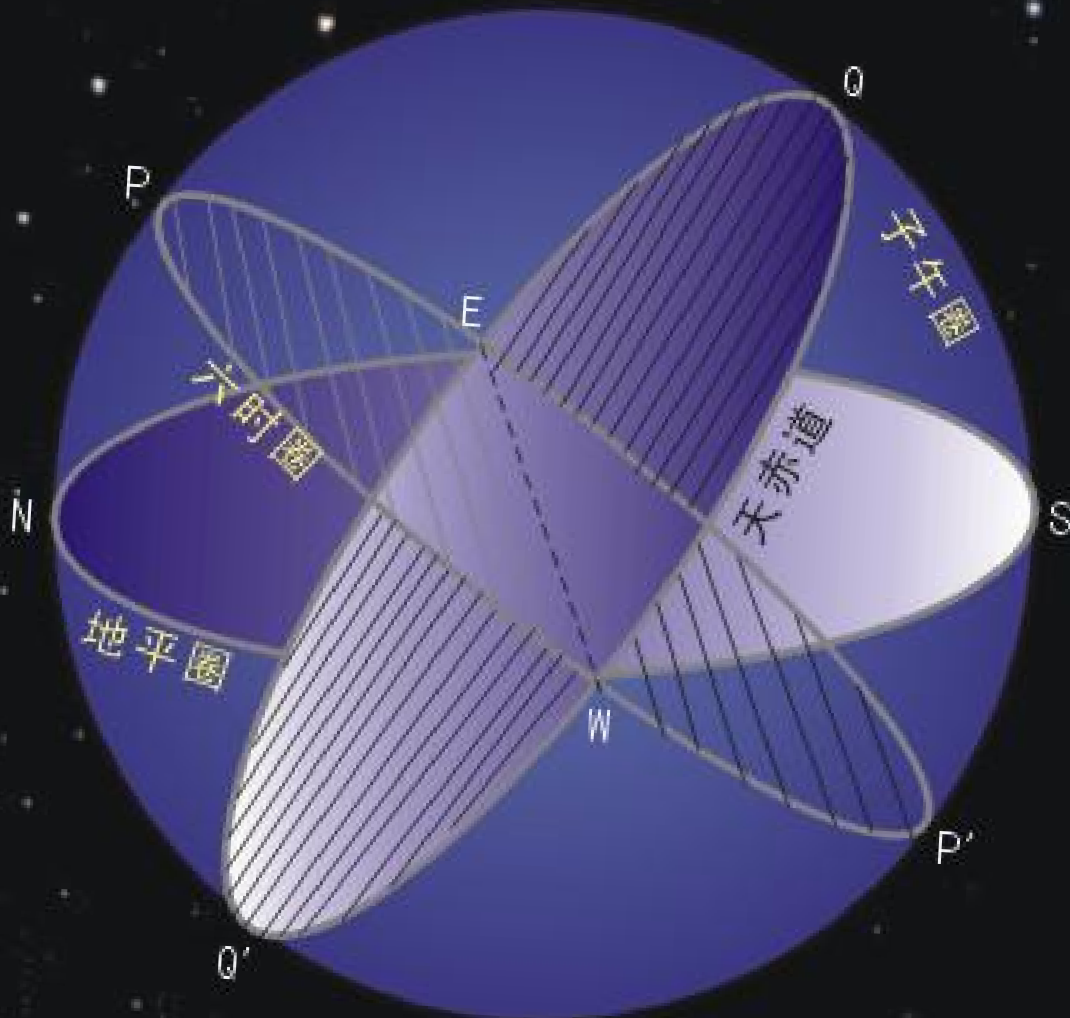
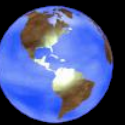
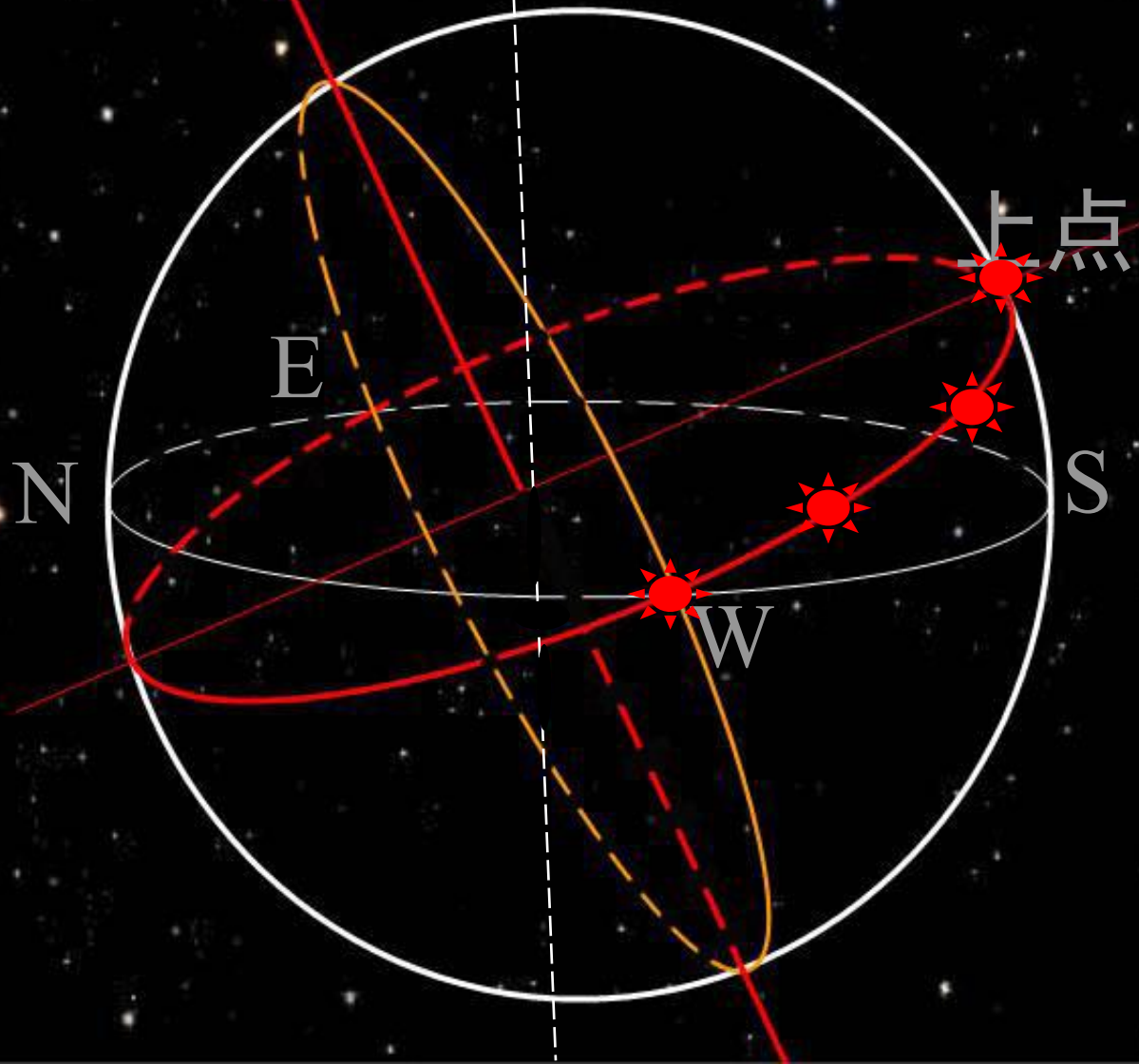


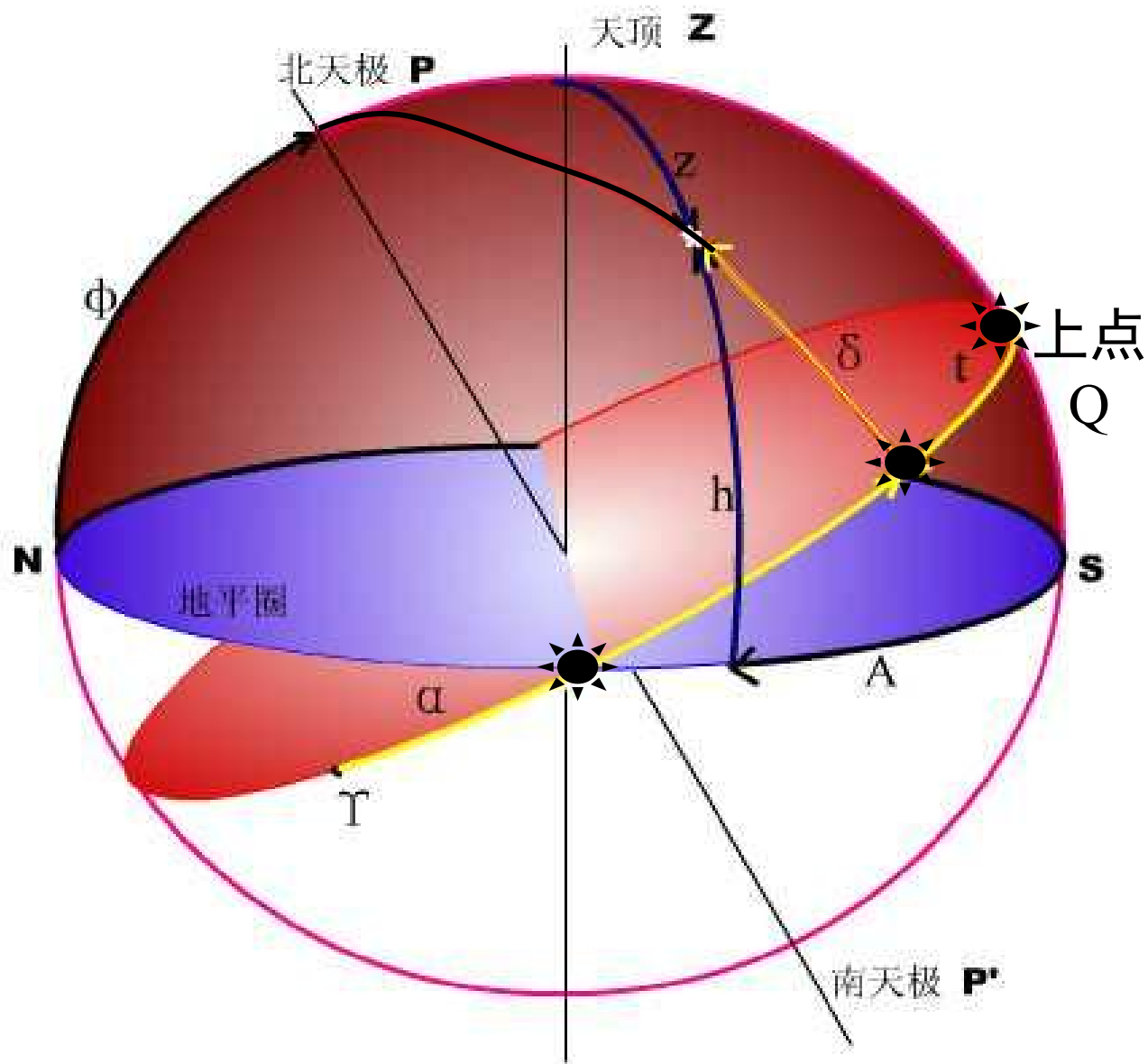
图1-16第一赤道坐标系的圆圈系统。天赤道上4个相距 $90^\circ$ 的点：东、西、上、下点；  
得到子午圈和六时圈。



天极

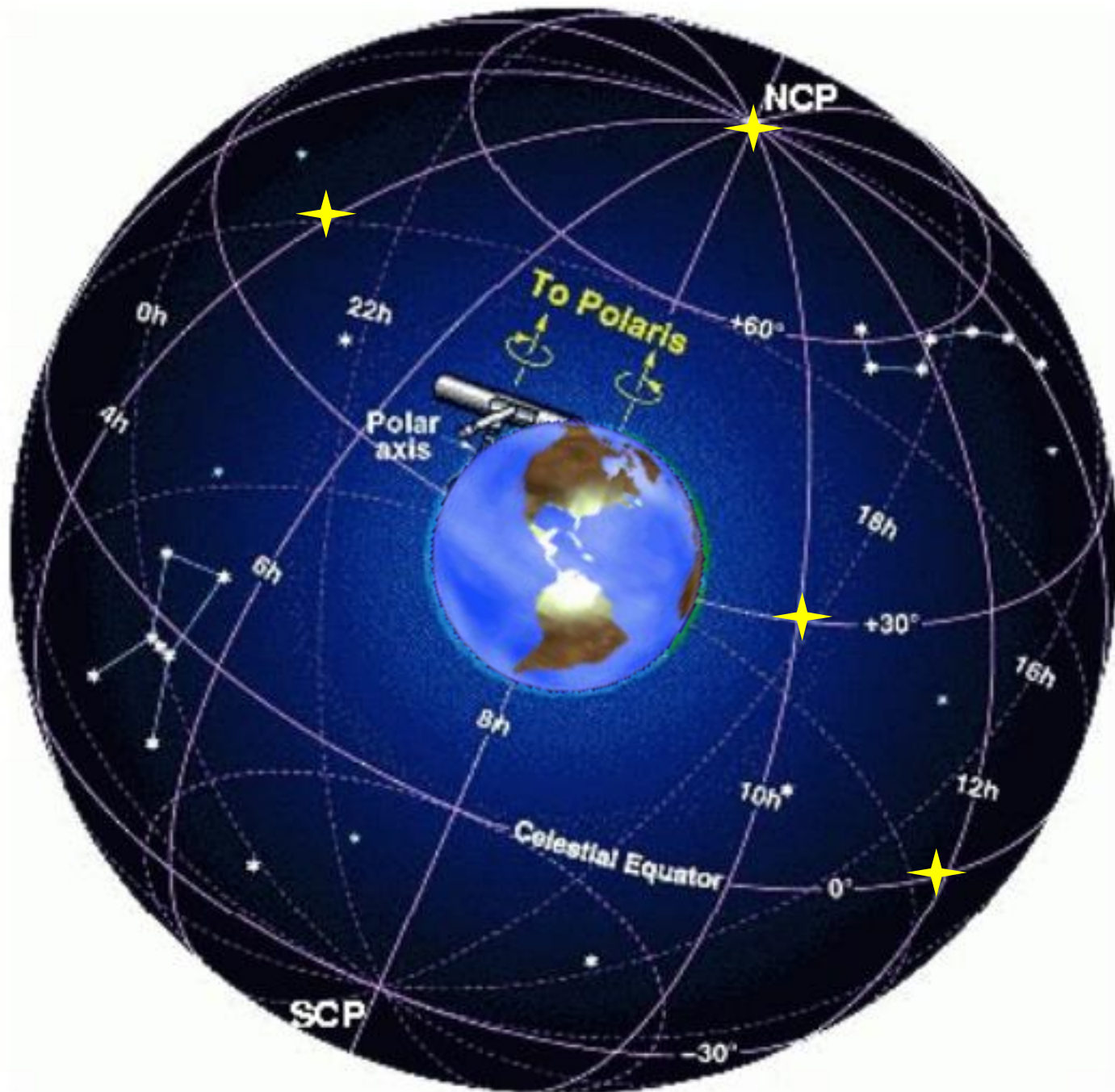
天顶





## □ 第一赤道坐标系(也称时角坐标系)

- ❖ 用途：用于时间度量；
- ❖ 圆圈系统：天赤道，子午圈和六时圈；
- ❖ 基本要点：
  - 基圈：天赤道；原点：上点；
  - 始圈：午圈；纬度：赤纬；
  - 经度：时角（经圈改称时圈）自上点沿天赤道向西度量（为使天体的时角“与时俱增”）。





## □ 第二赤道坐标系

- ❖ 用途：表示天体在天球上的位置；
- ❖ 圆圈系统：天赤道，二分圈和二至圈；
- ❖ 基本要点：
  - 基圈：天赤道；原点：春分点；
  - 始圈：春分圈；纬度：赤纬；
  - 经度：赤经，自天赤道向东度量（为使春分点沿天赤道向东度量，即当时的“恒星时”）。



图1-18（下） 第二赤道坐标系的圆圈系统。天赤道上4个相距 $90^\circ$ 的点：二分点和二个无名点；得到二分圈和二至圈。

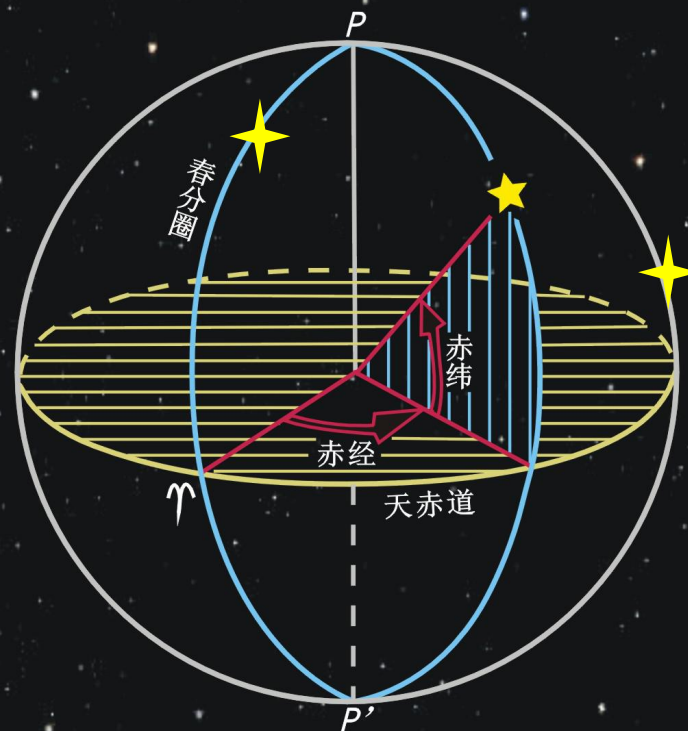
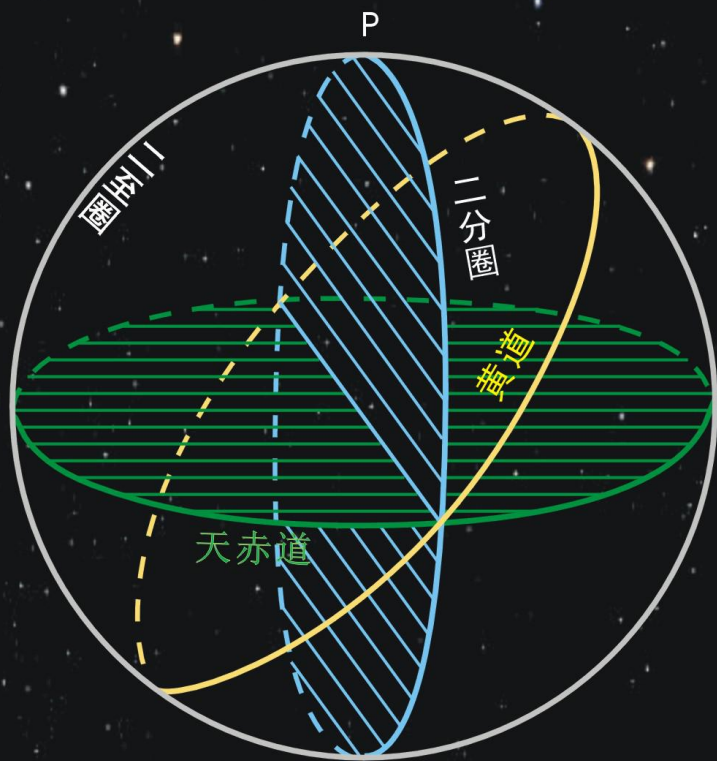
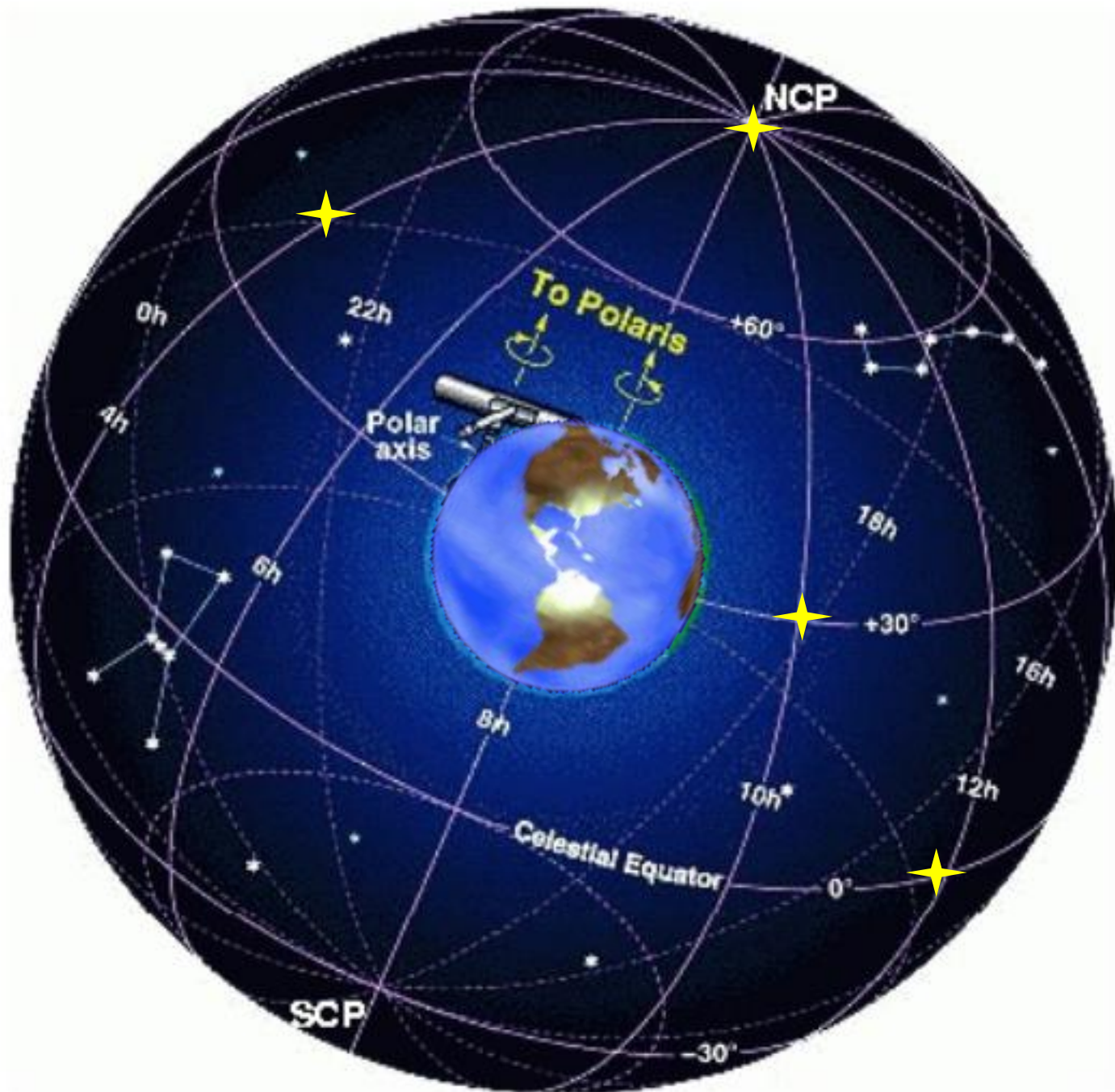


图1-19（上） 天体第二赤道坐标系：赤纬和赤经





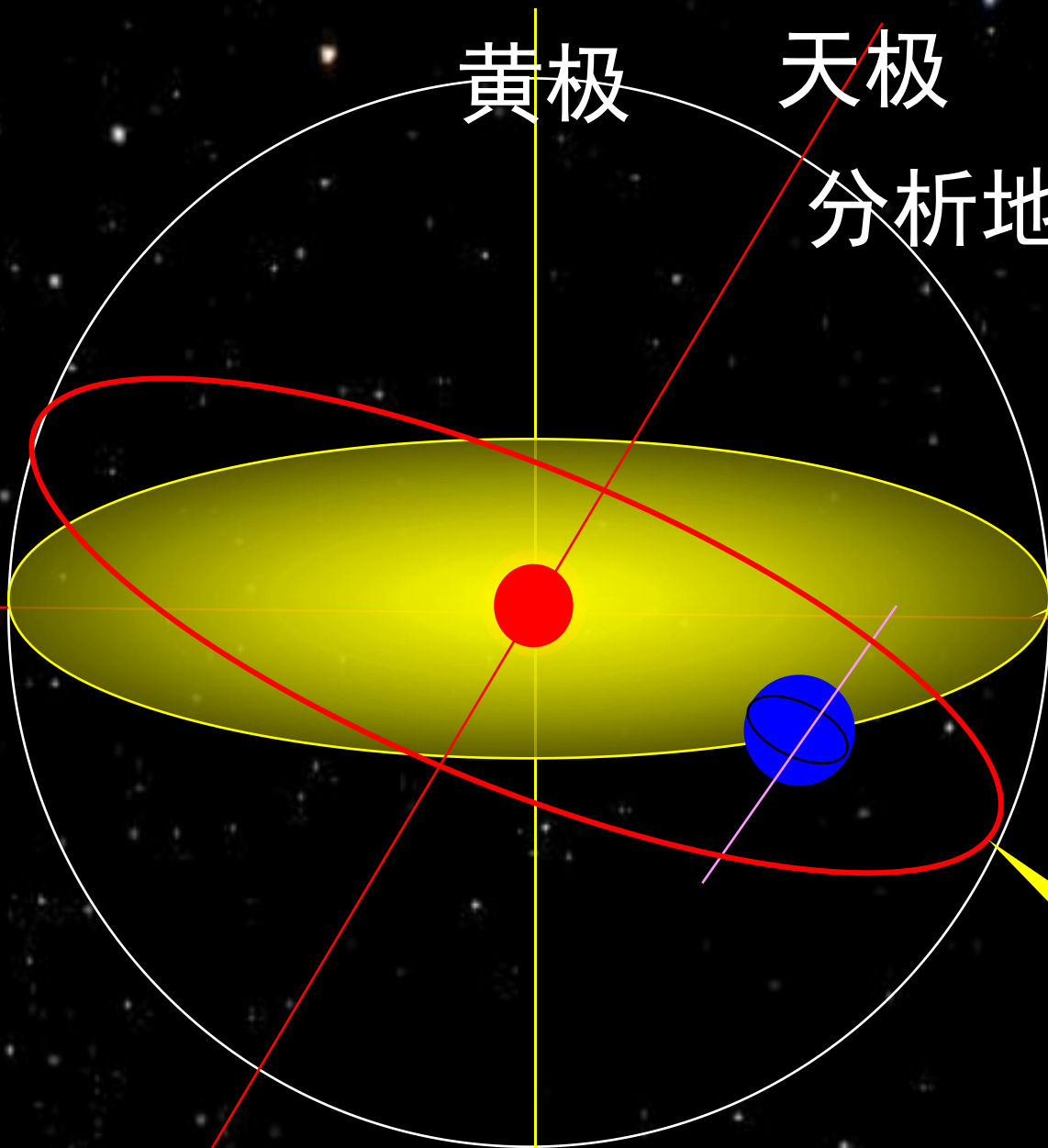
黄极

天极

分析地球的公转

黄道

天赤道道



## □ 黄道坐标系

- ❖ 用途：表示日月行星的位置及其运动；
- ❖ 圆圈系统：黄道，无名圈（通过春分点的黄经圈）和二至圈；
- ❖ 基本要点：
  - 基圈：黄道；原点：春分点；
  - 始圈：无名圈；纬度：黄纬；
  - 经度：黄经，自春分点沿黄道向东度量（为使太阳的黄经“与日俱增”）。



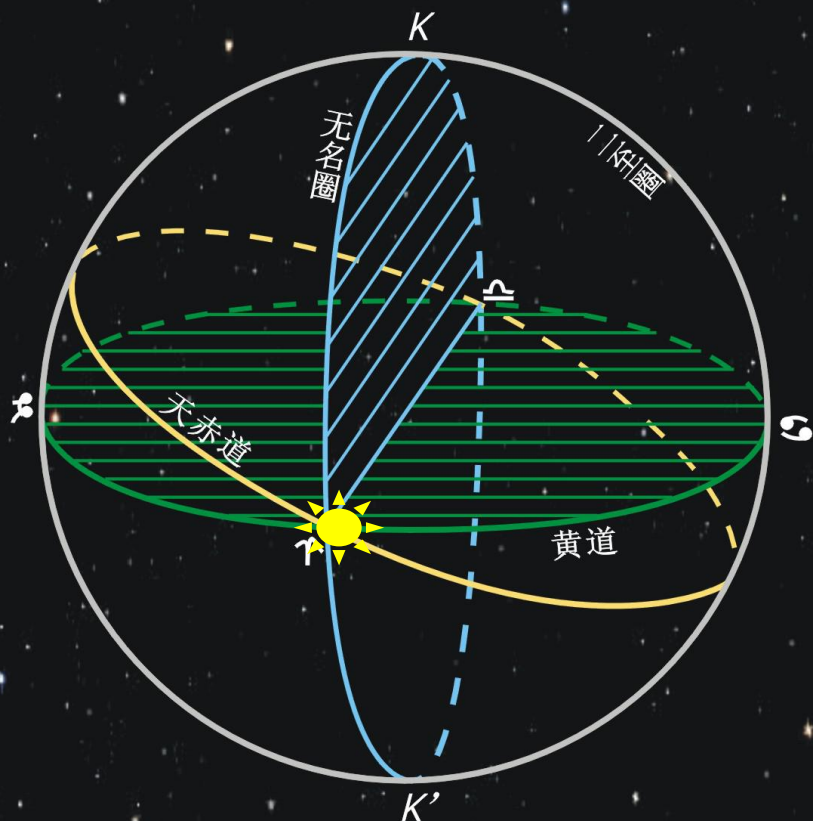
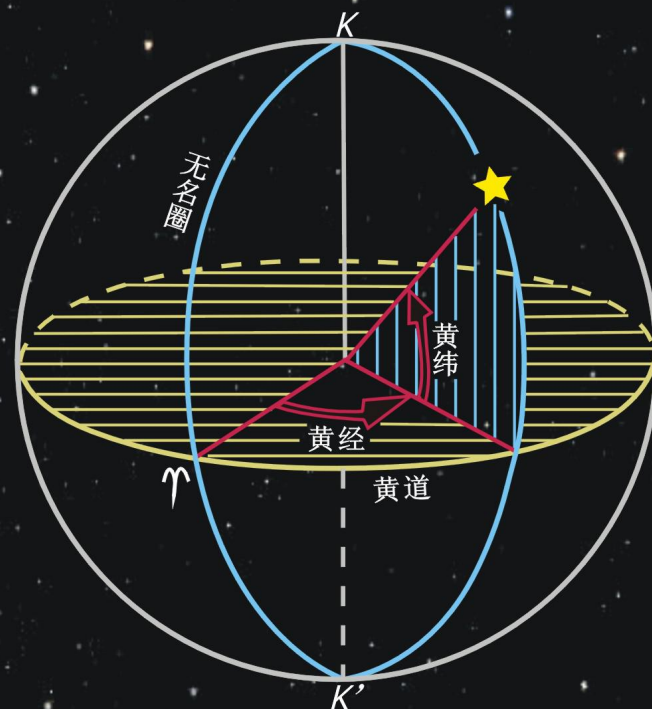
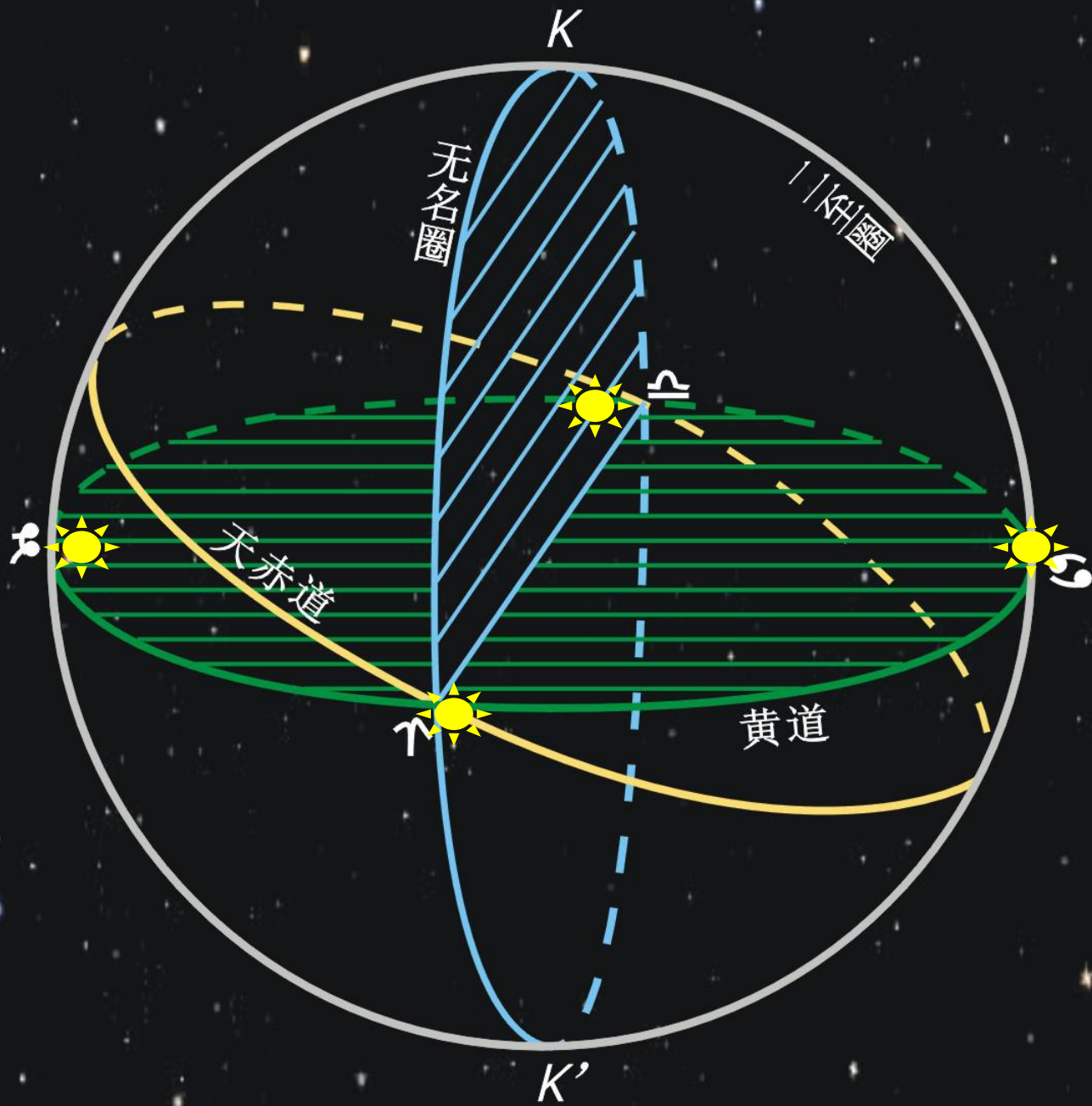


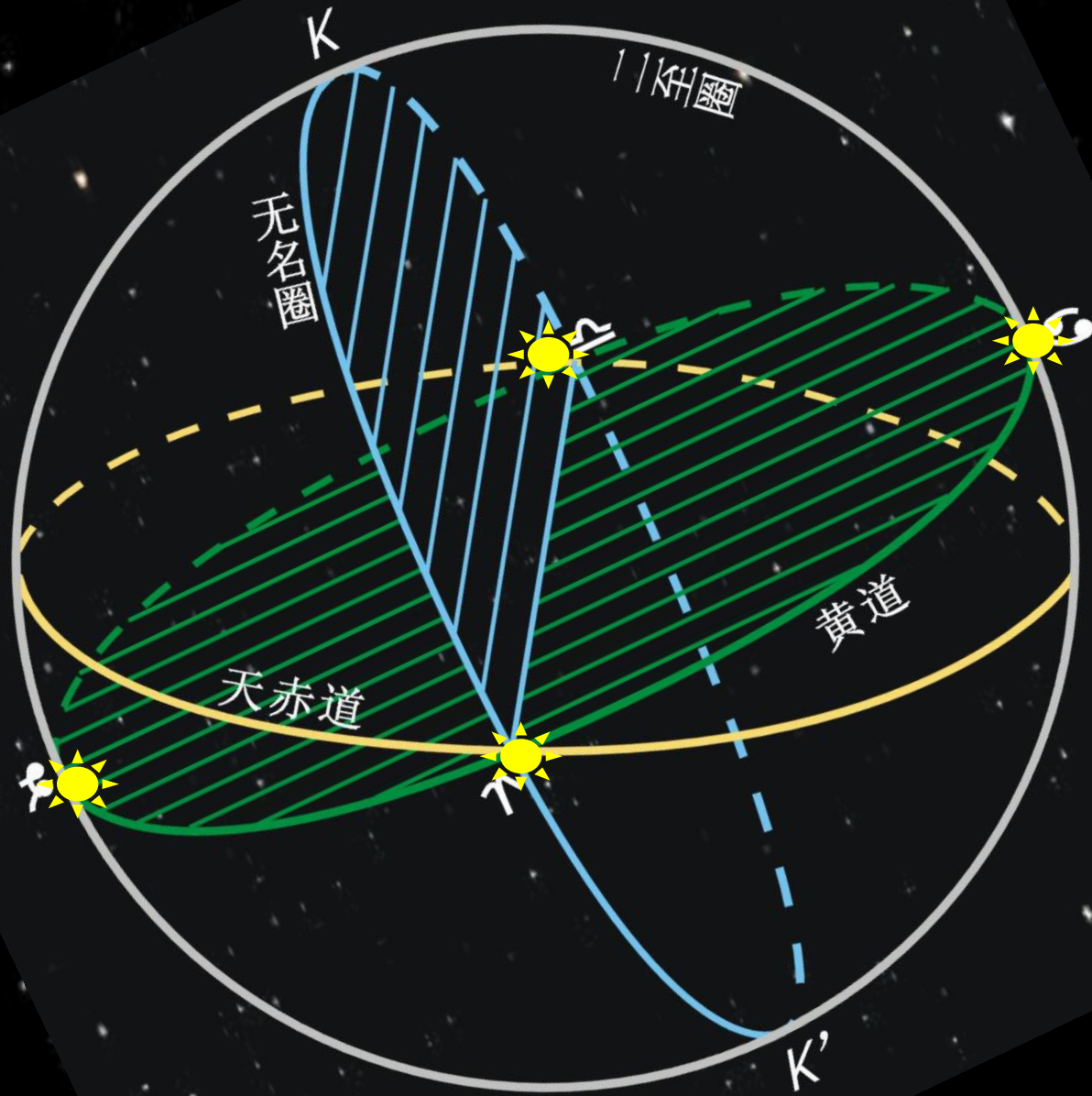
图1-21（下）天体的黄道坐标系：黄纬和黄经

图1-20（上）黄道坐标系的圆圈系统。黄道上4个相距 $90^\circ$ 的点：二分点和二至点；得到无名圈和二至圈。



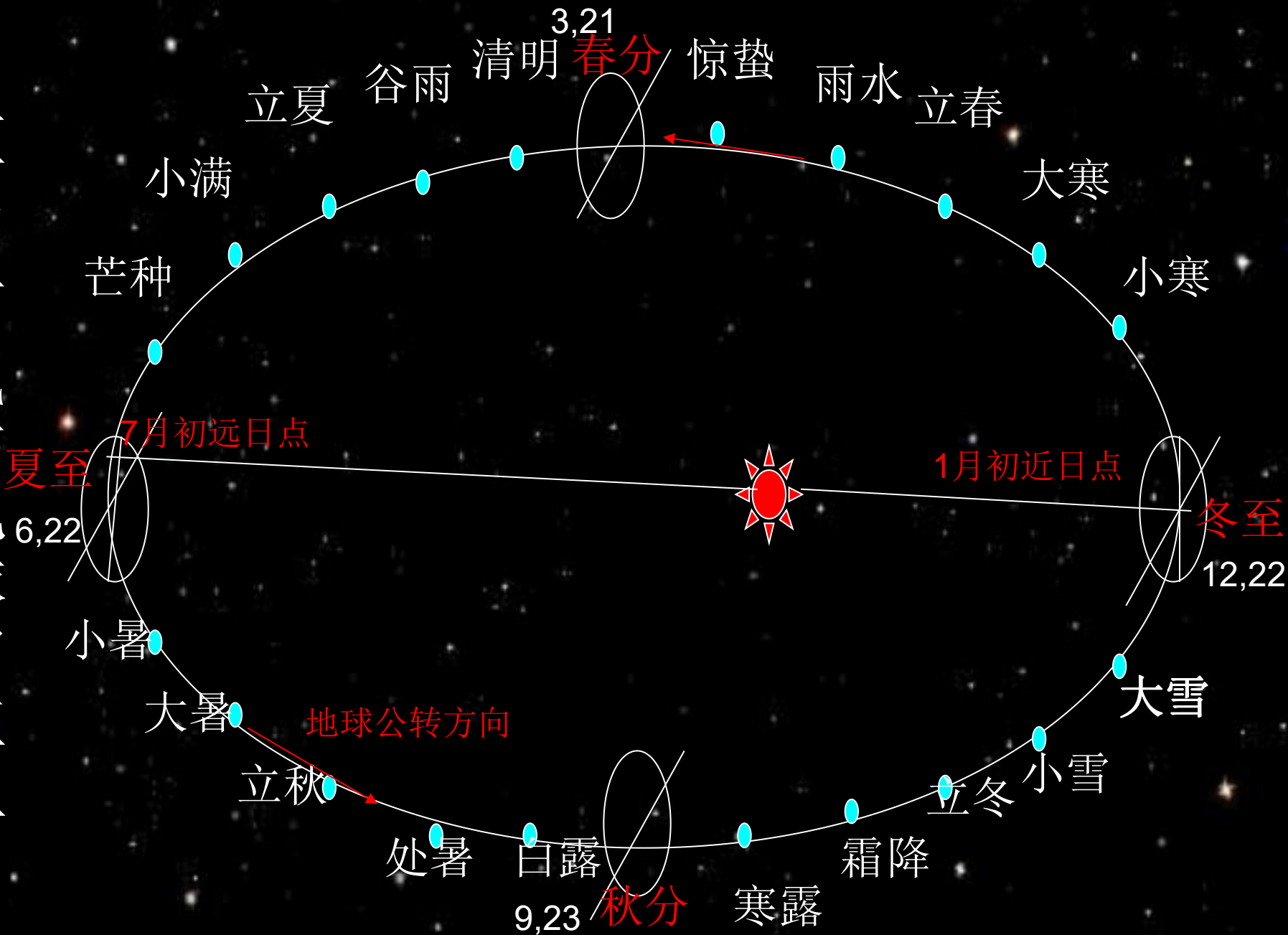


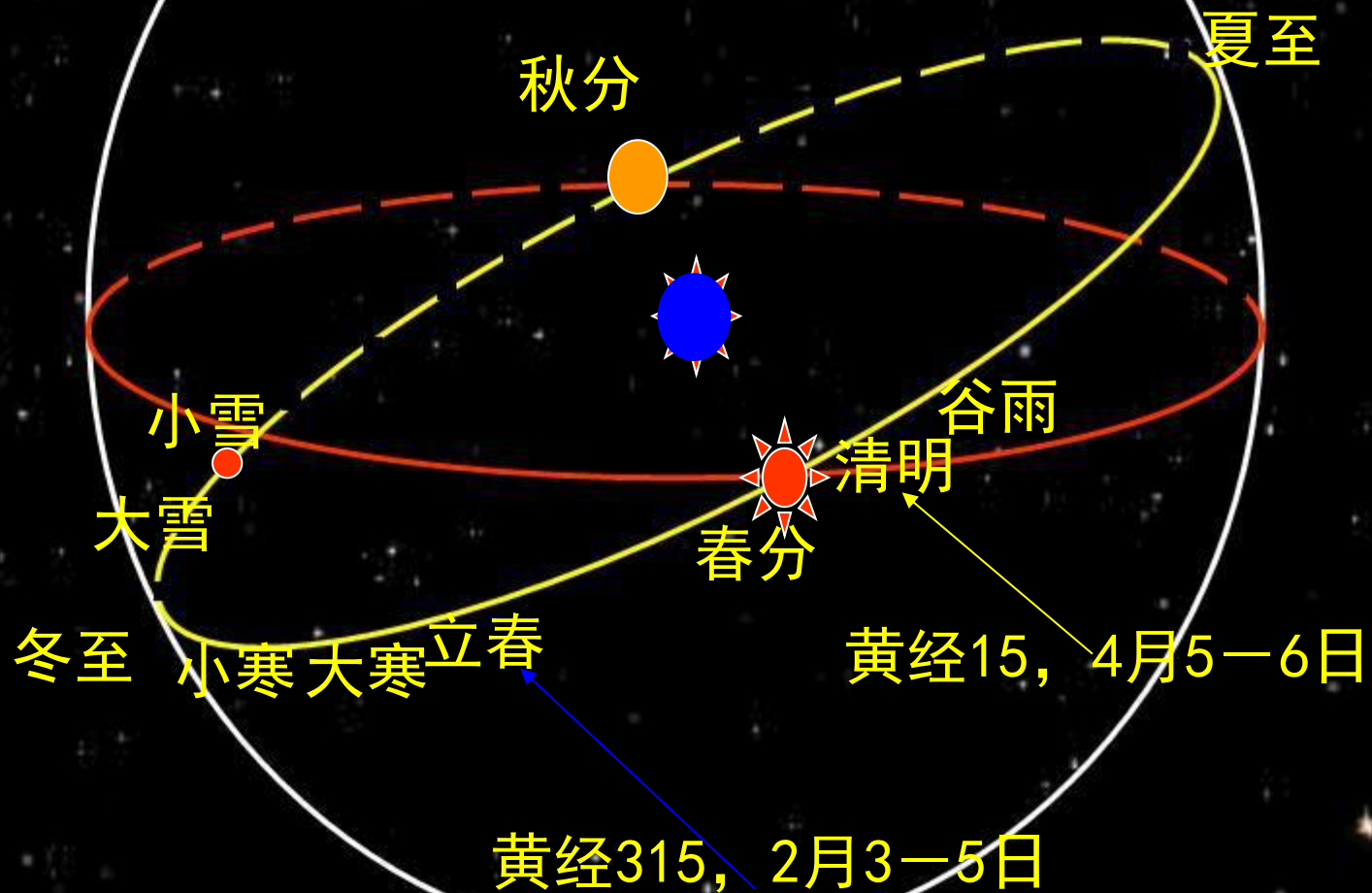




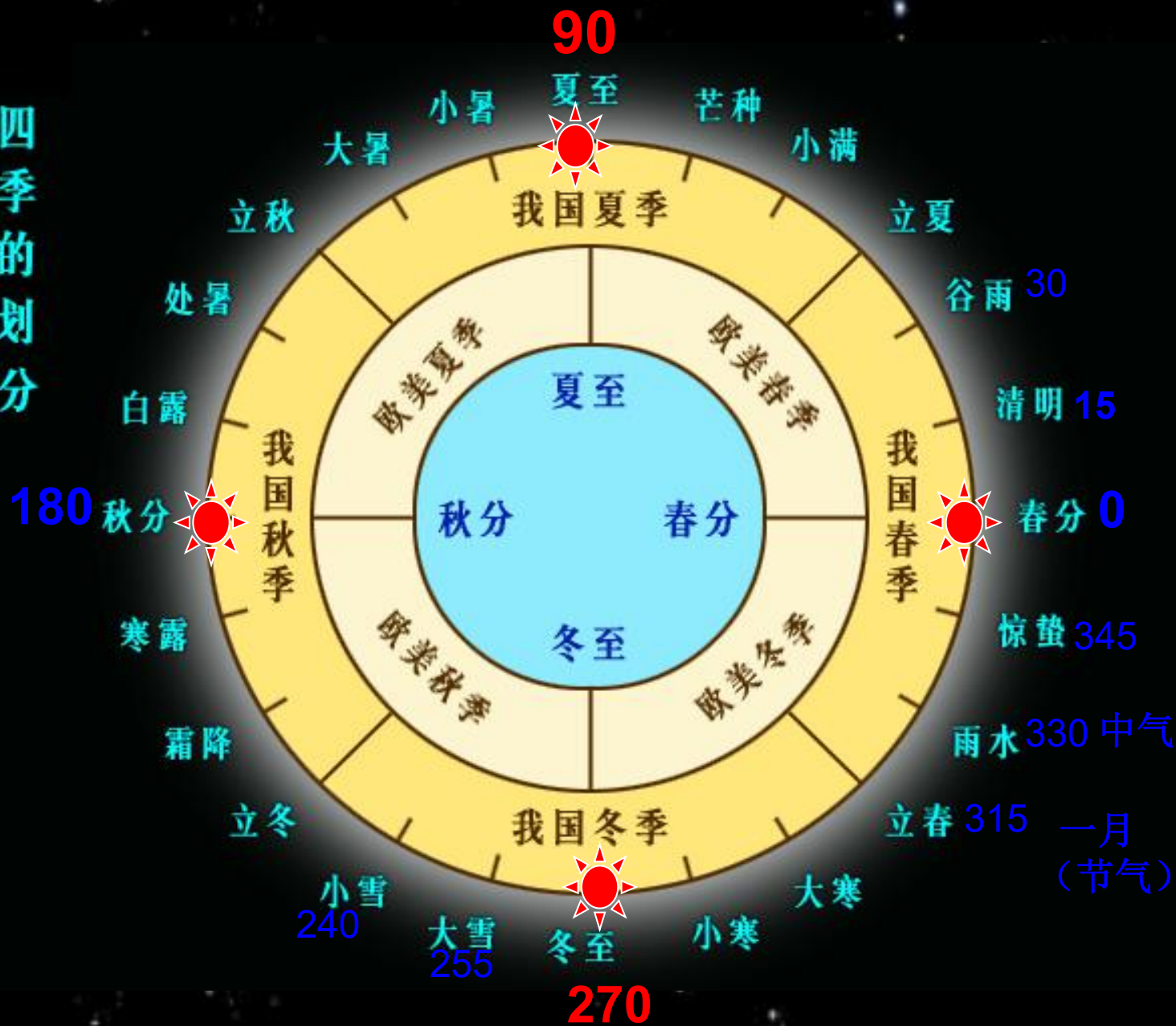
我国古代天文学家和劳动人民，将地球绕日运行的轨道分为二十四段每一段叫做一个节气。

# 二十四节气时地球的位置

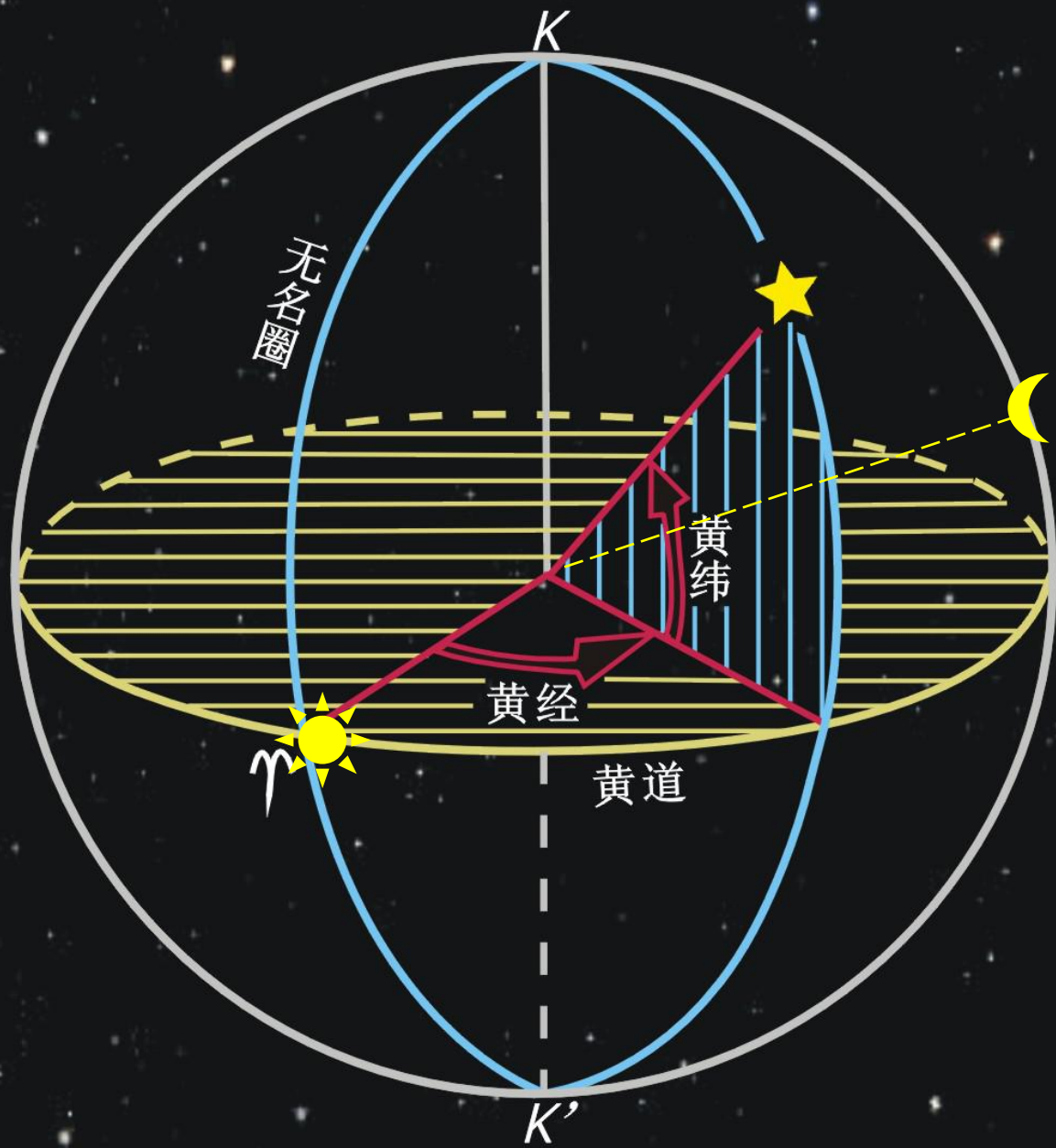




# 四季的划分







## □ 两大类天球坐标系

- ❖ 右旋坐标系：与天球周日运动（地球自转）联系，向西；
- ❖ 左旋坐标系：与太阳周年运动（地球公转）联系，向东。

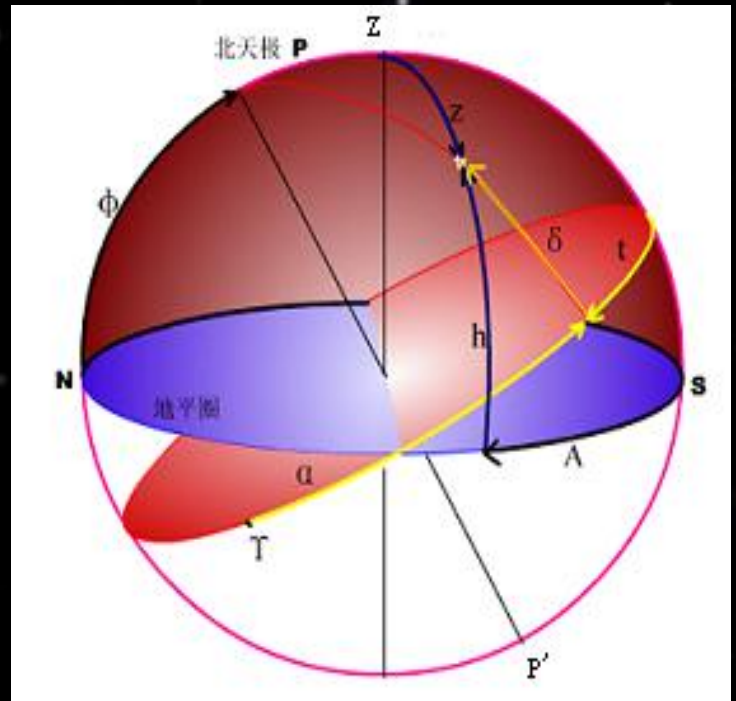


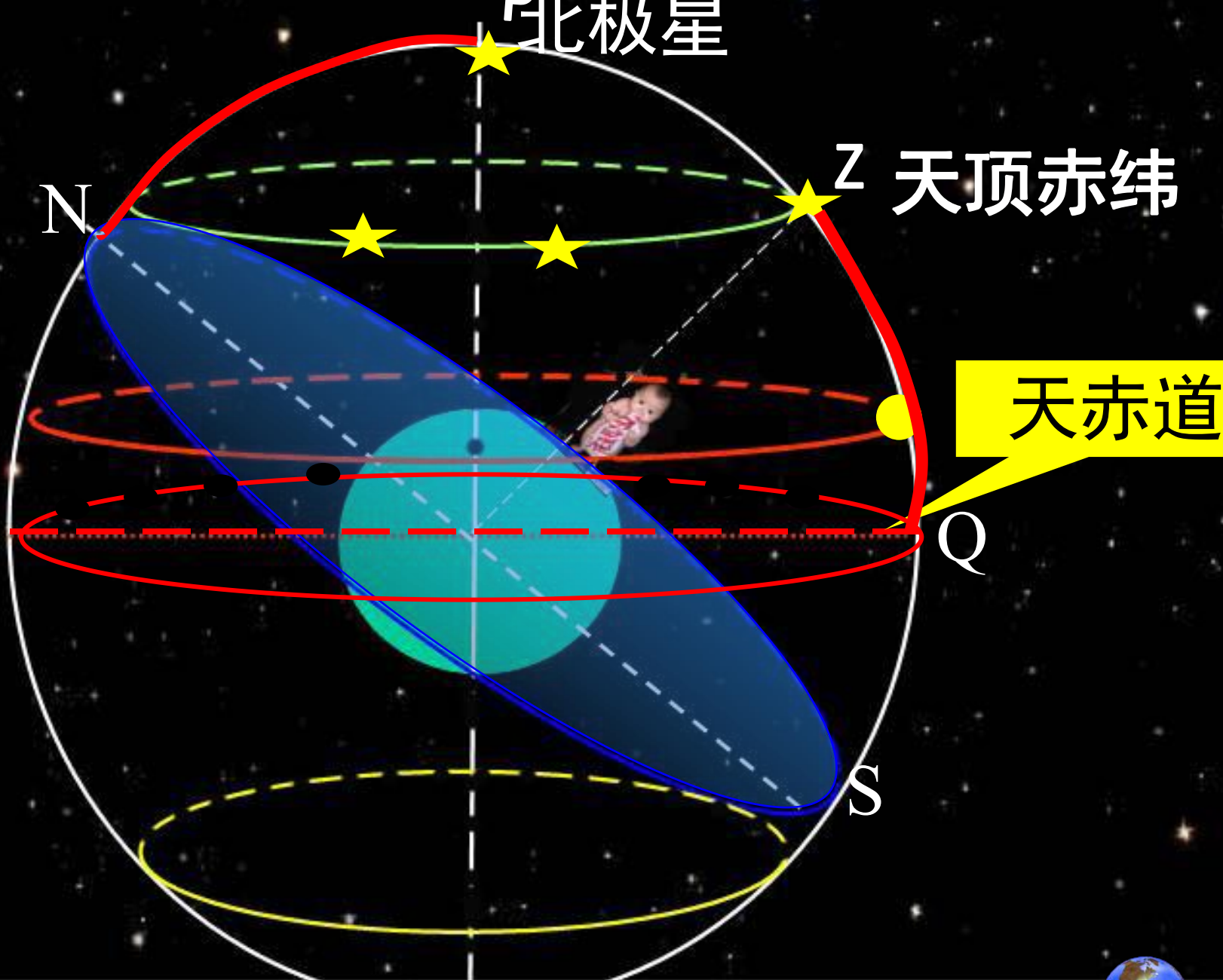
## (三) 天球坐标系的变换

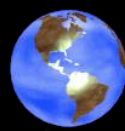
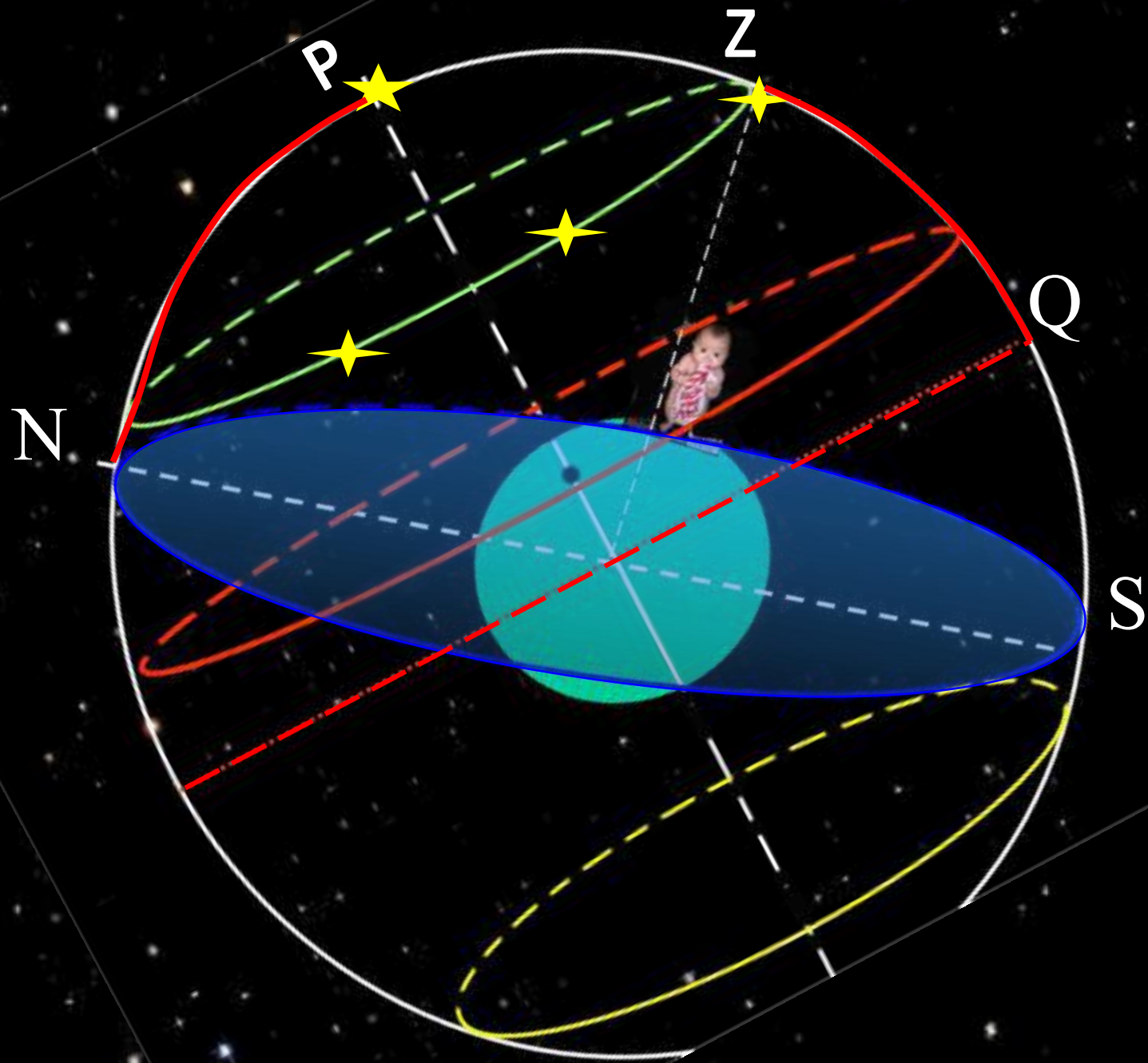
### 1、赤道坐标与时角坐标的换算：

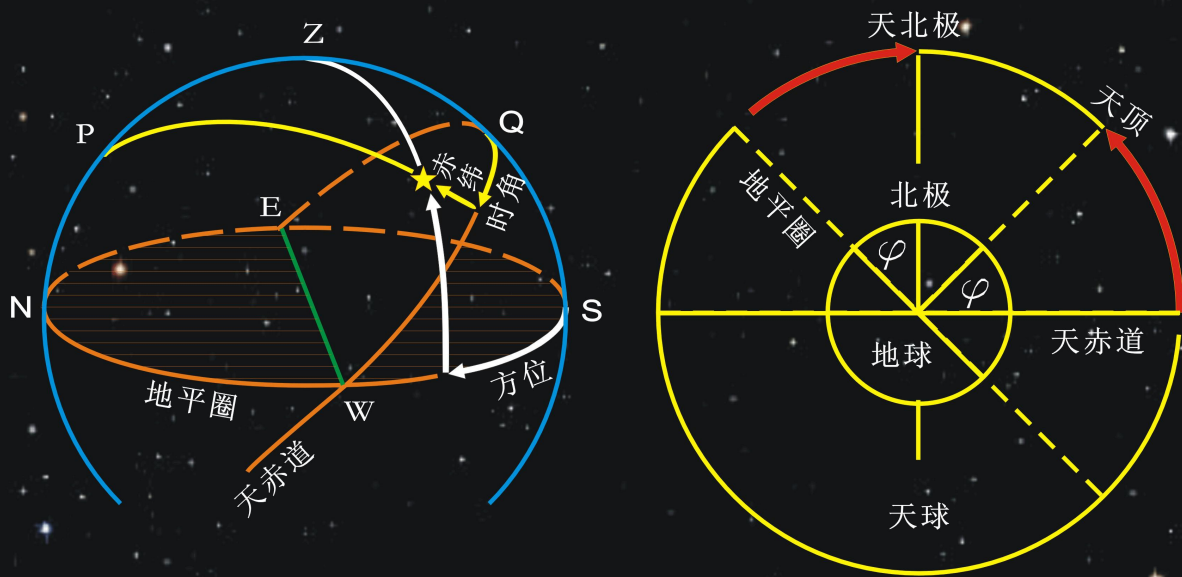
已知地方区时（如北京时）可以计算出地方恒星时，由地方恒星时 $S$ 与时角 $t$ 的关系式， $\alpha = S - t$ ，可求出天体的时角 $t$ 。

其他天球坐标系之间的换算可由球面三角基本公式得出换算公式。





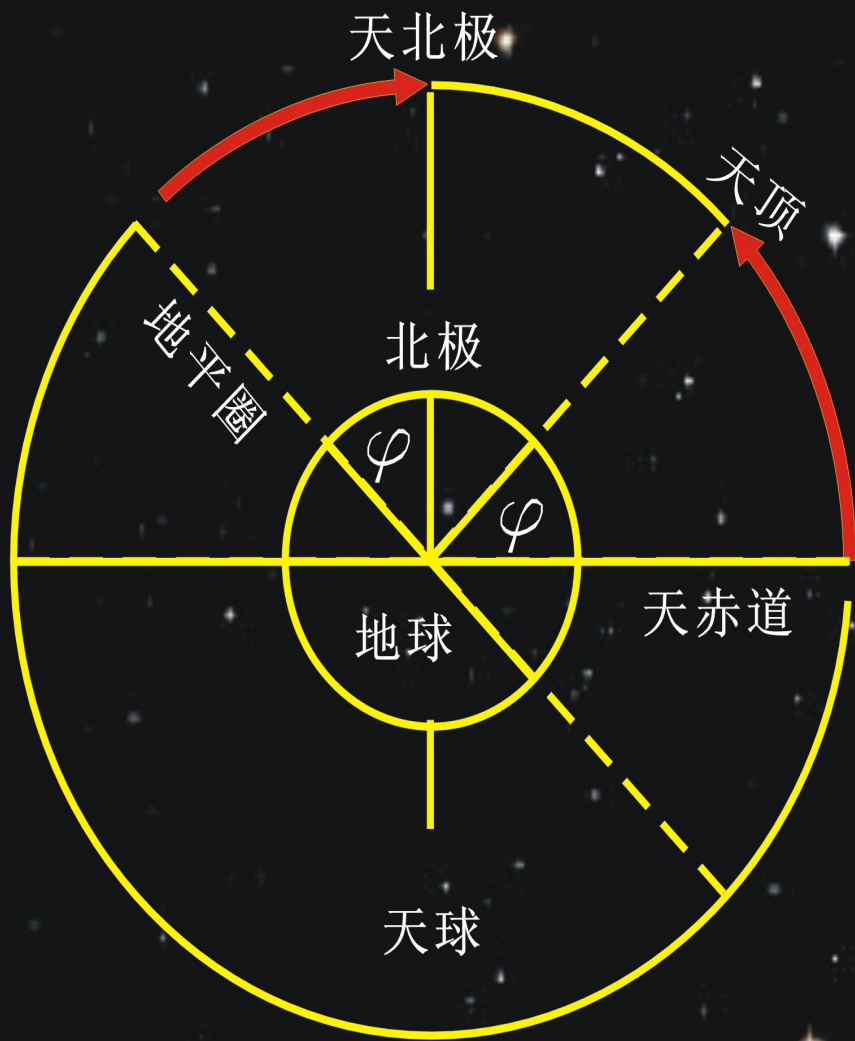
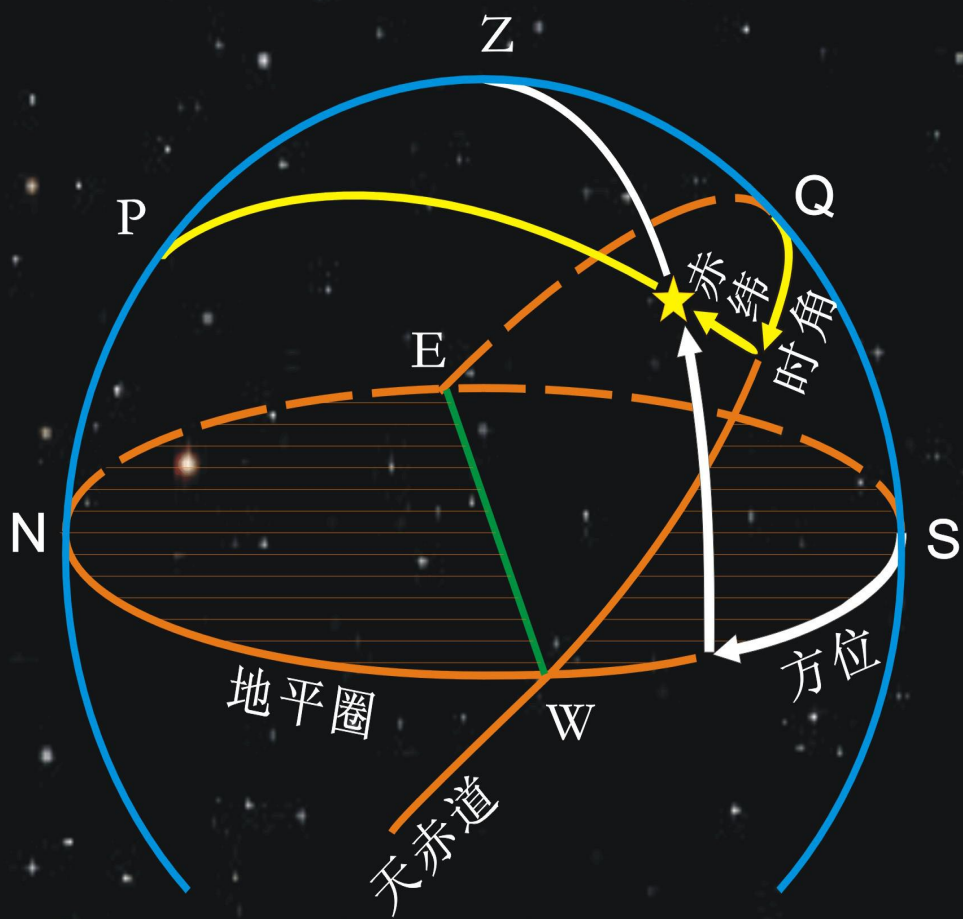


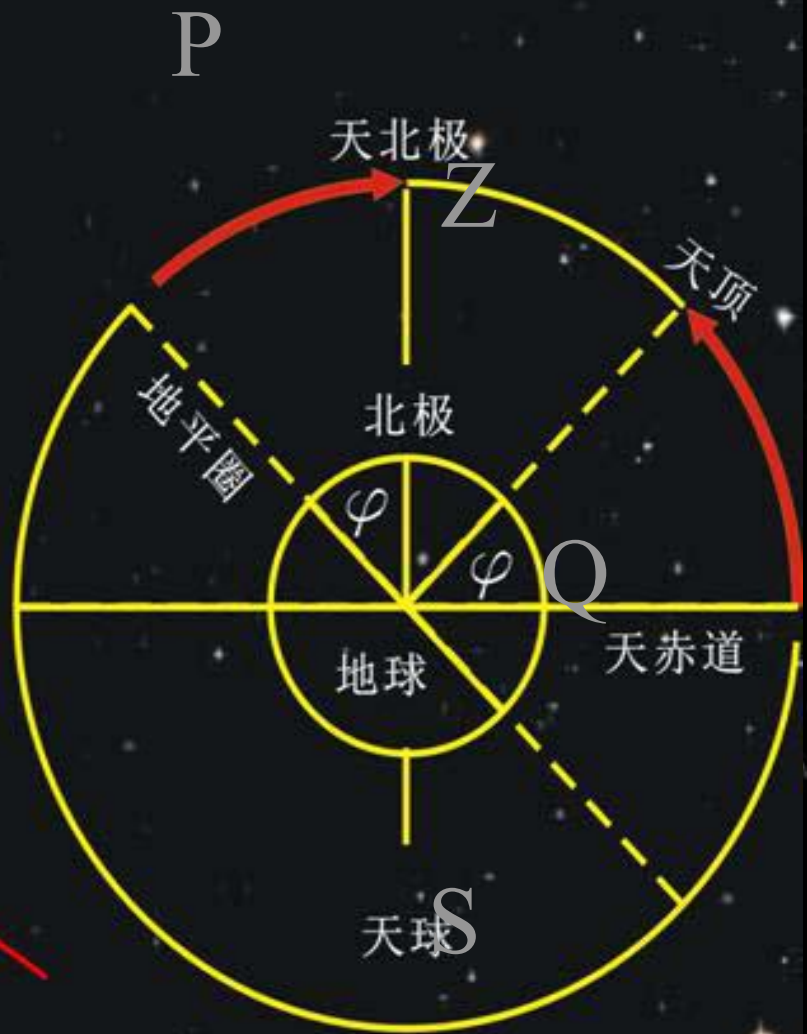
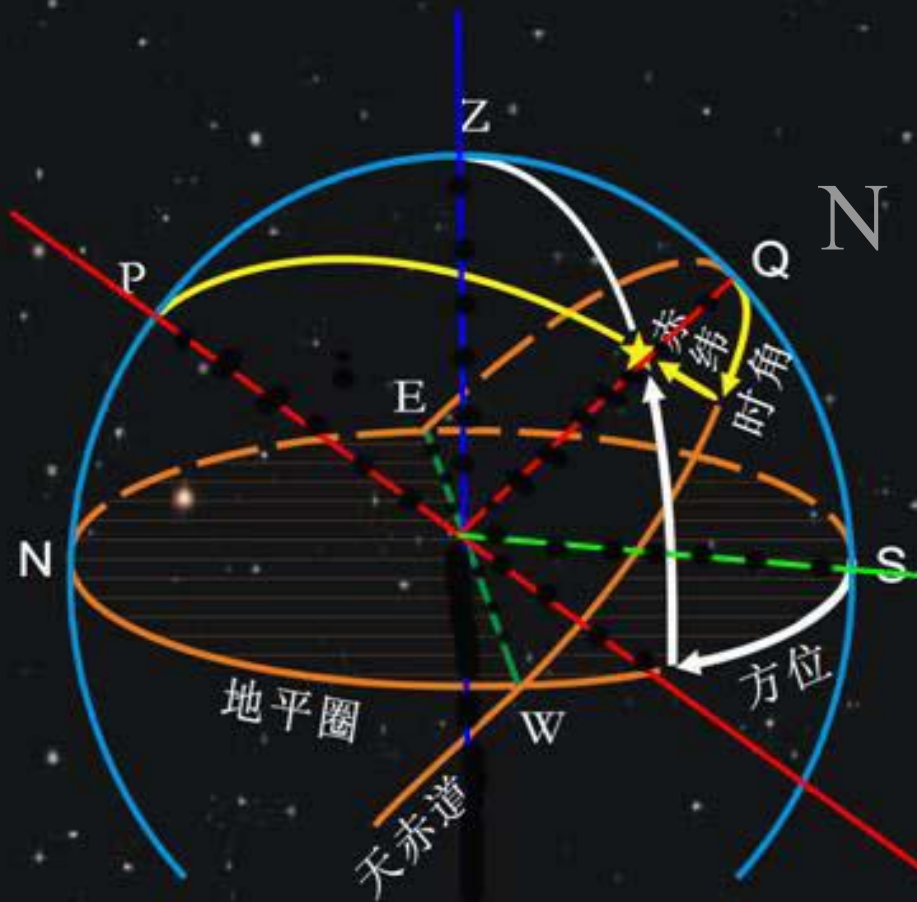


**图1-22 仰极高度 = 天顶赤纬 = 当地纬度**

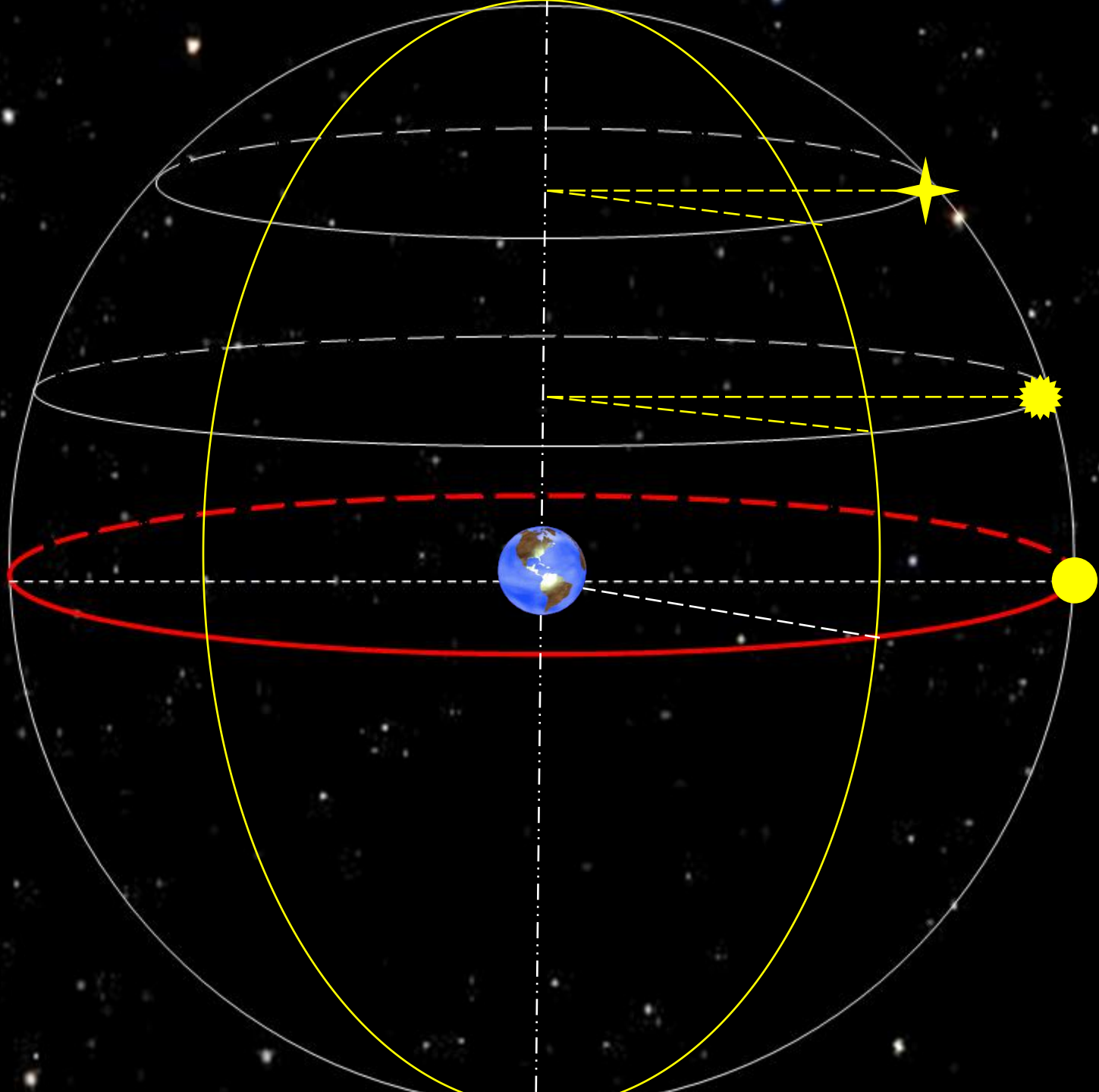
- 地平坐标系和第一赤道坐标系；
- 始圈相同（午圈）但基圈不同，因而高度不同于赤纬，方位不同于时角；
- 二者的具体差异与当地的纬度有关；
- 仰极高度体现地平系统与第一赤道向系统的关系。



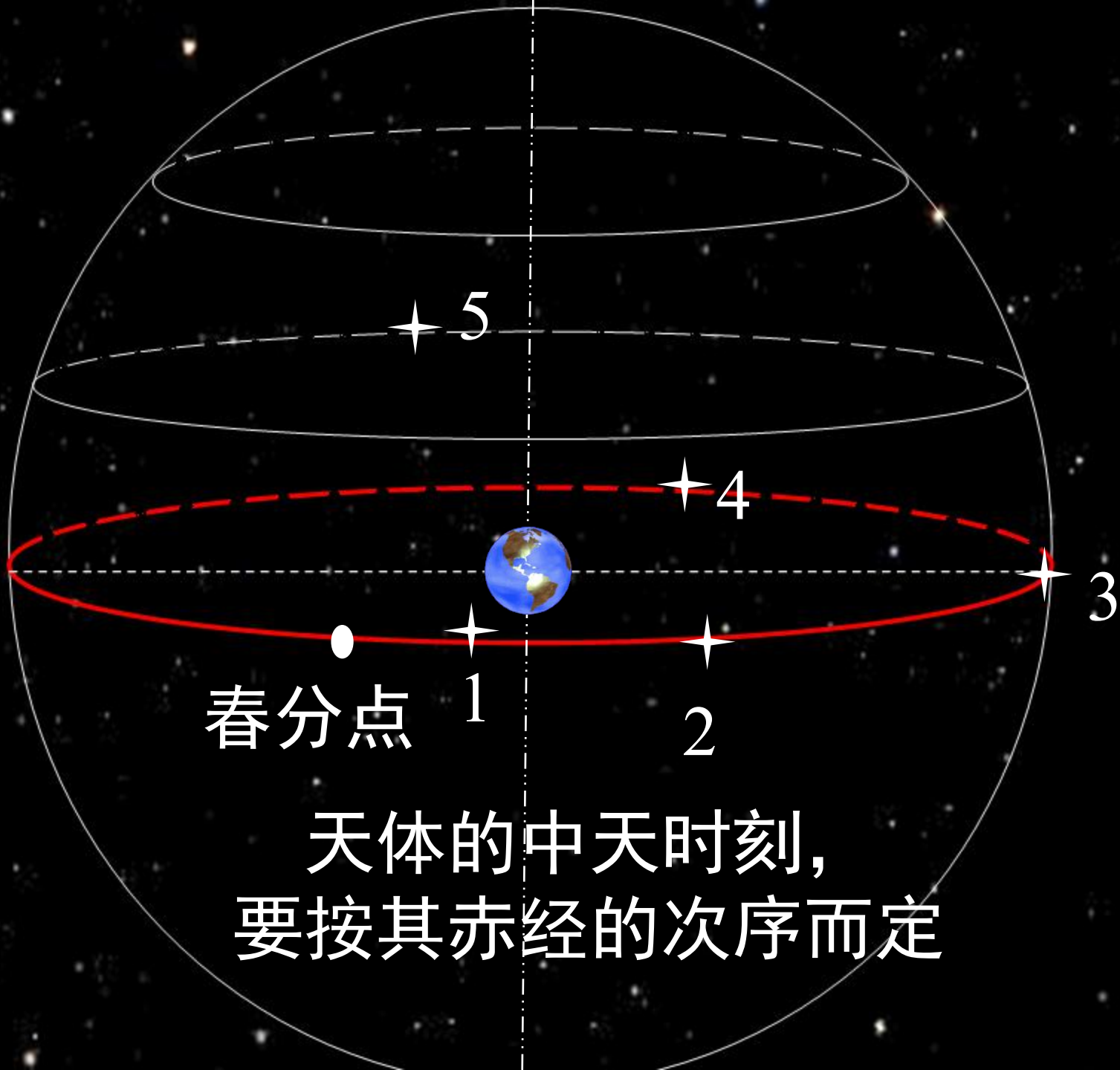












春分点

1

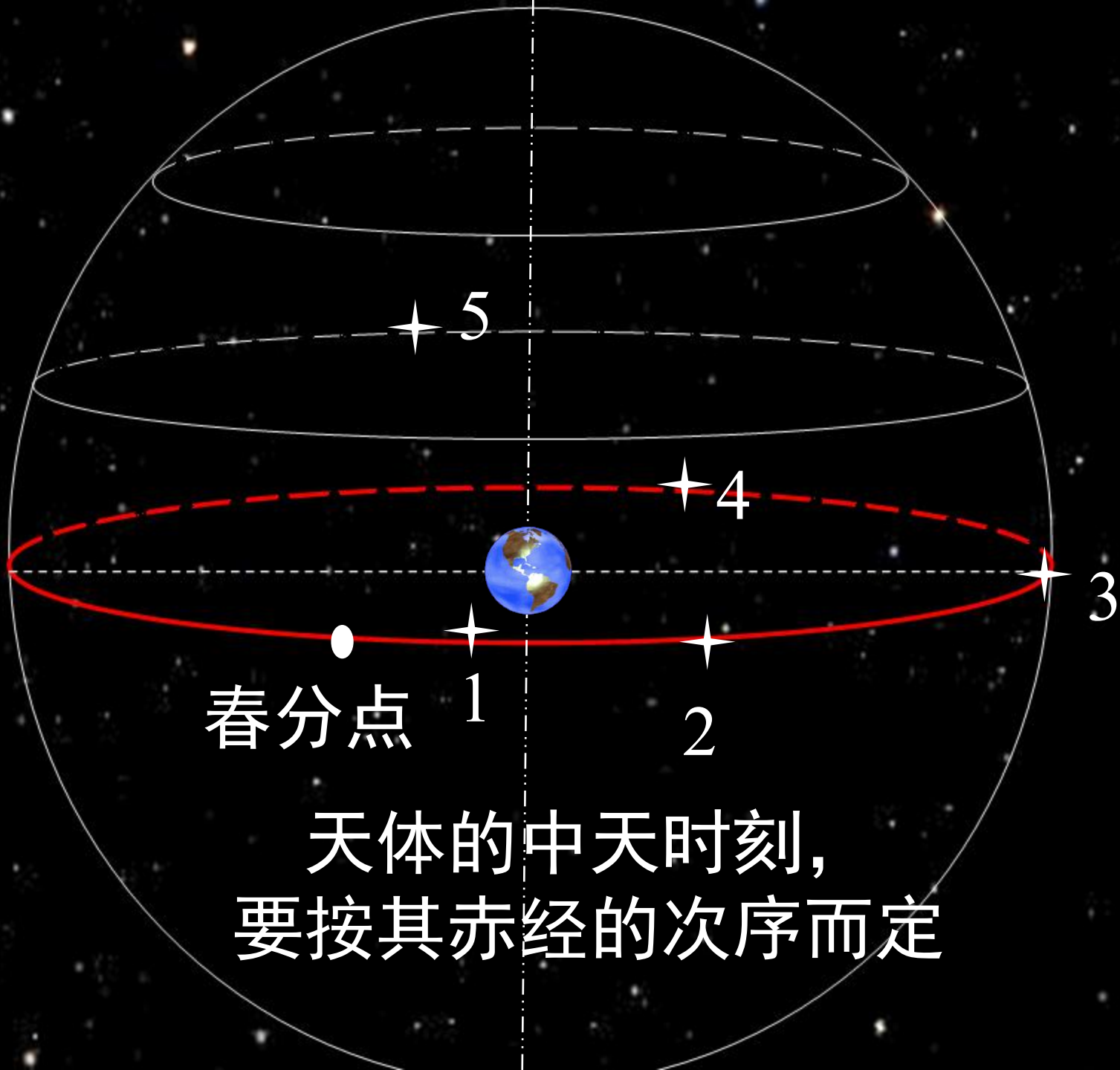
2

3

4

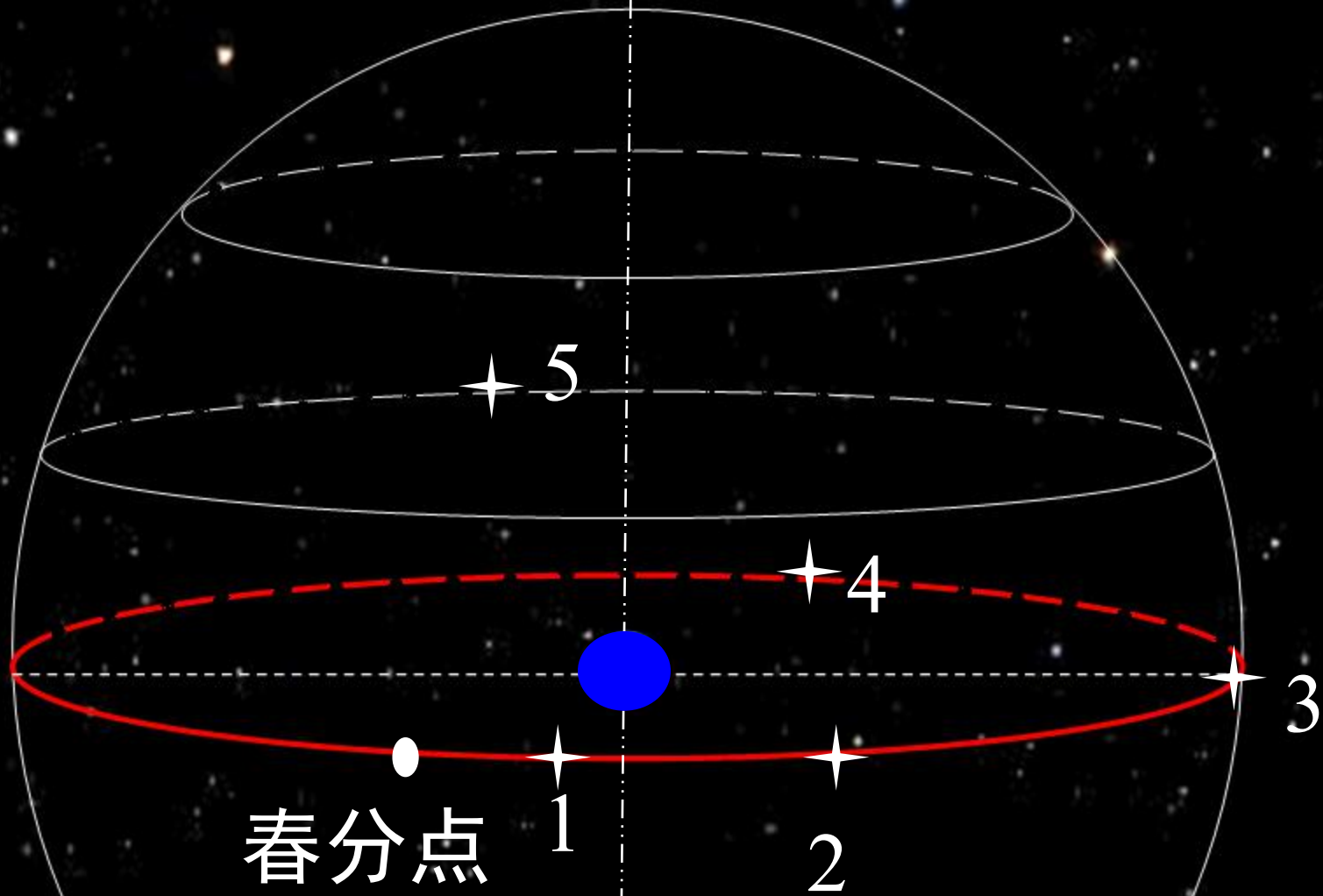
5

天体的中天时刻，  
要按其赤经的次序而定

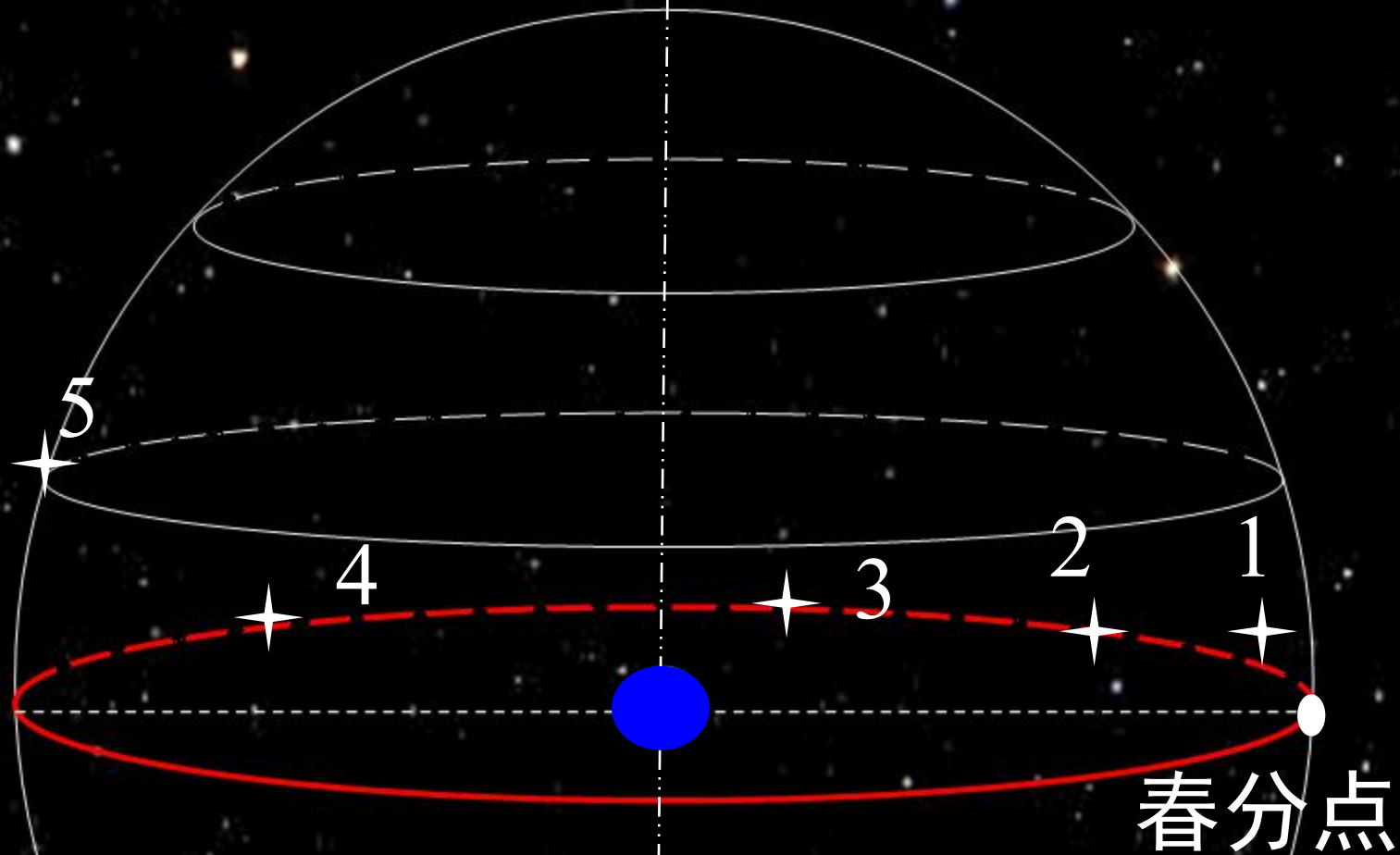


春分点

天体的中天时刻，  
要按其赤经的次序而定

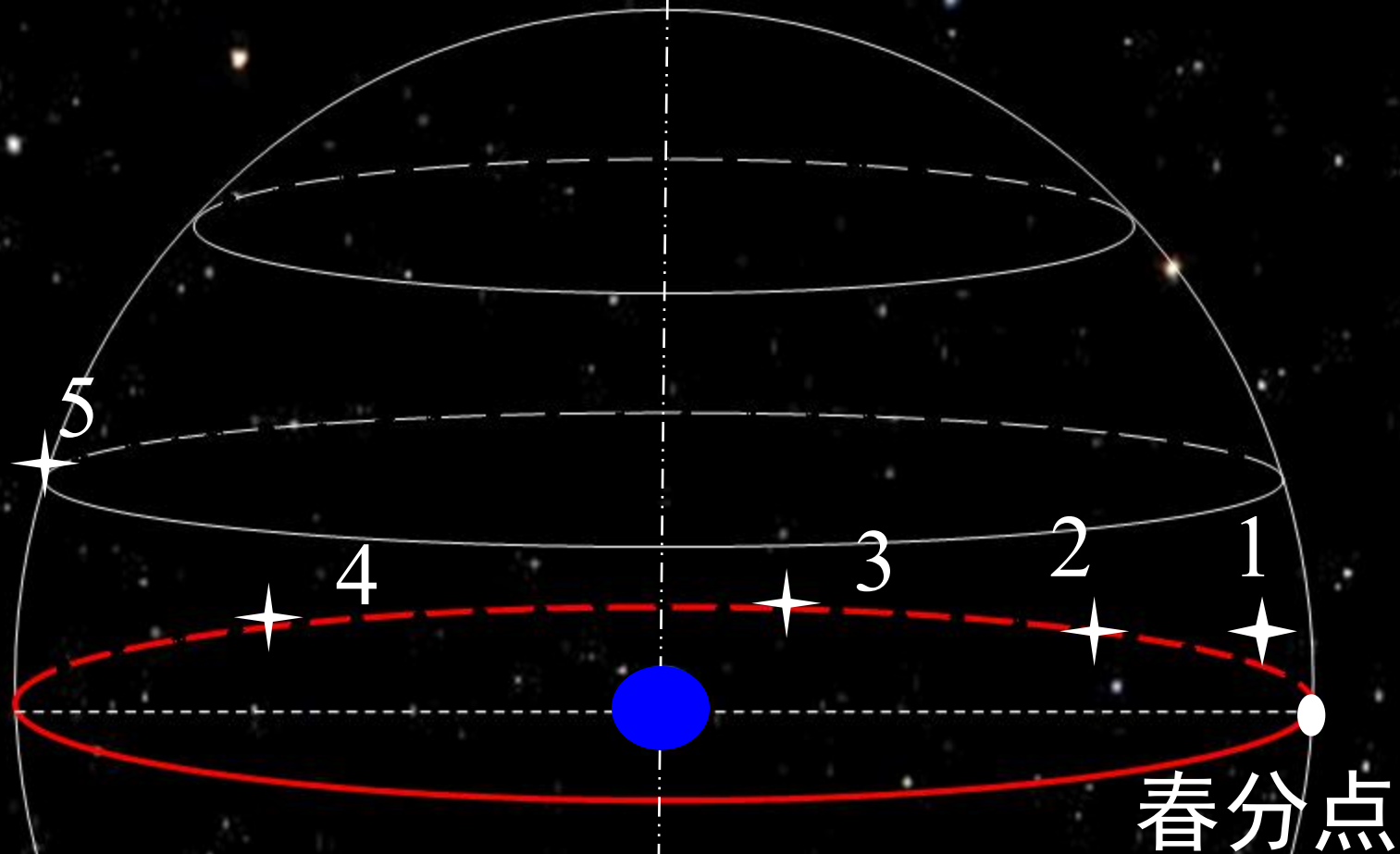


天体的中天时刻，  
要按其赤经的次序而定；  
中天恒星的赤经，即为当时的恒星时

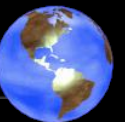
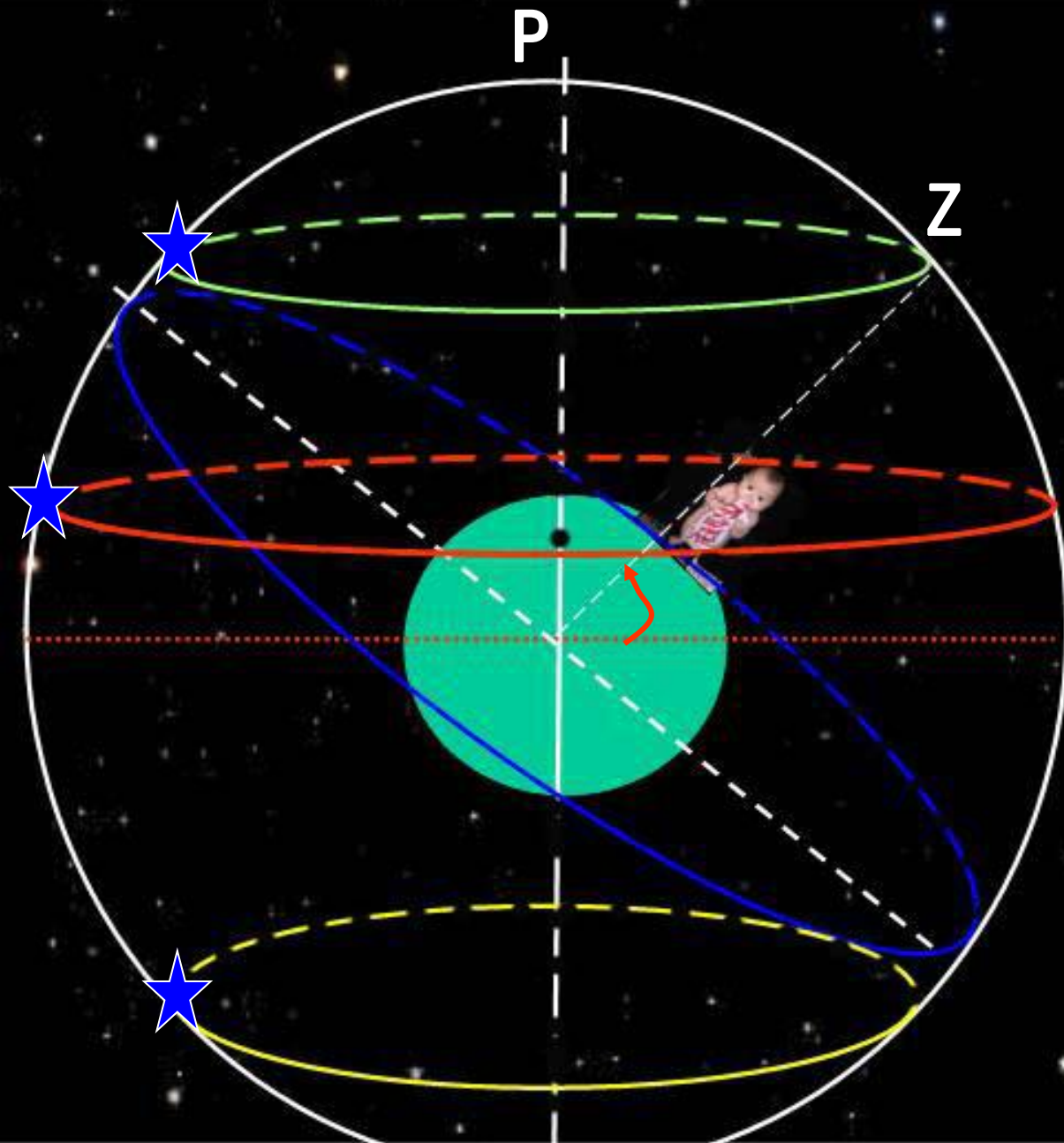


天体的中天时刻，  
要按其赤经的次序而定；  
中天恒星的赤经，即为当时的恒星时





天体的中天时刻，  
要按其赤经的次序而定；  
中天恒星的赤经，即为当时的恒星时



# 第一赤道坐标系 和 第二赤道坐标系

恒星1  
恒星2

观察者A

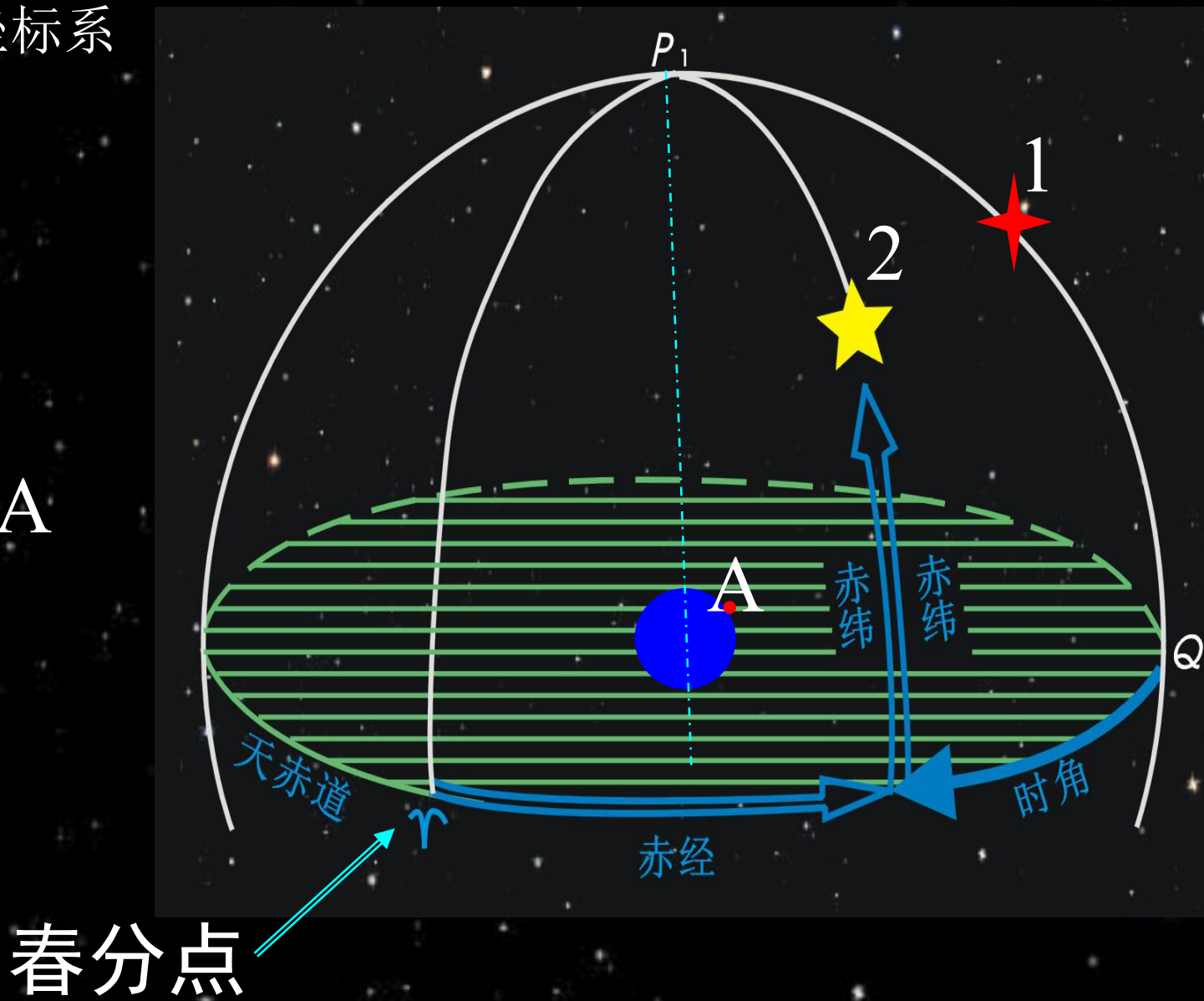
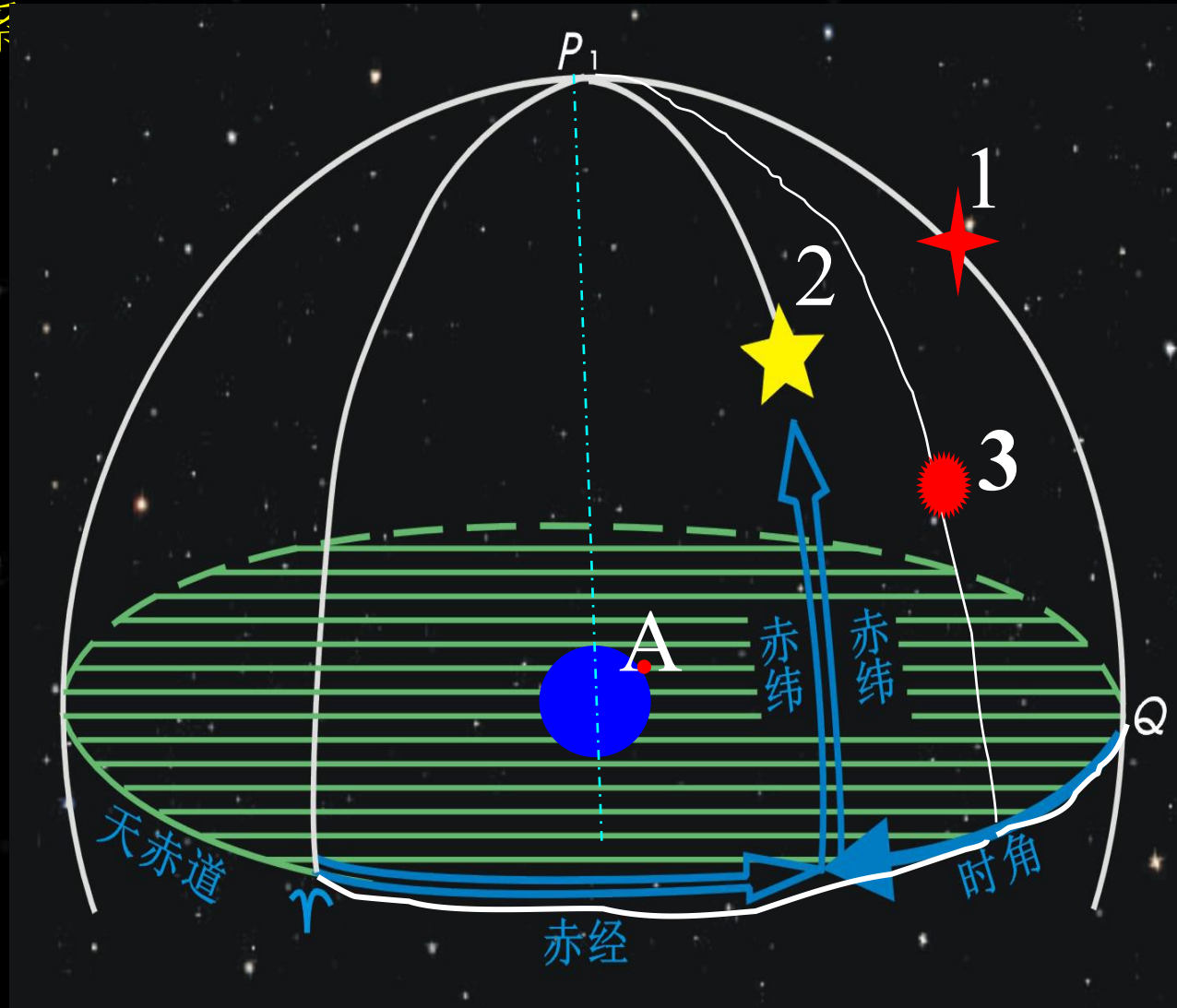


图1-24 第一赤道坐标系  
和第二赤道坐标系

—— 基圈相同  
(天赤道)  
因而有相关的  
纬度(赤纬)  
但始圈不同,  
因而时角不同  
于赤经;

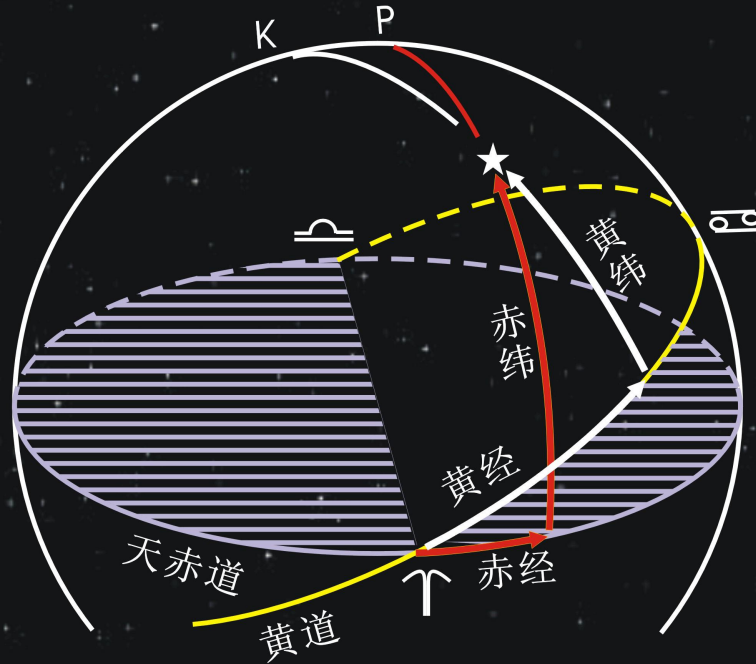


- —— 二者的具体差异于当时的恒星时有关;
- —— 恒星时即春分点的时角，或上点的赤经。
- **天体赤经 + 天体当时时角 = 当时恒星时**

- $S$  (恒星时) =  $tr$  (春分点时角)
- $S$  (恒星时) = 任意恒星的时角+他的赤经)
- 恒星中天:  $t^* = 0$
- 则 $S$  (恒星时) =  $a^*$  (中天恒星的赤经)



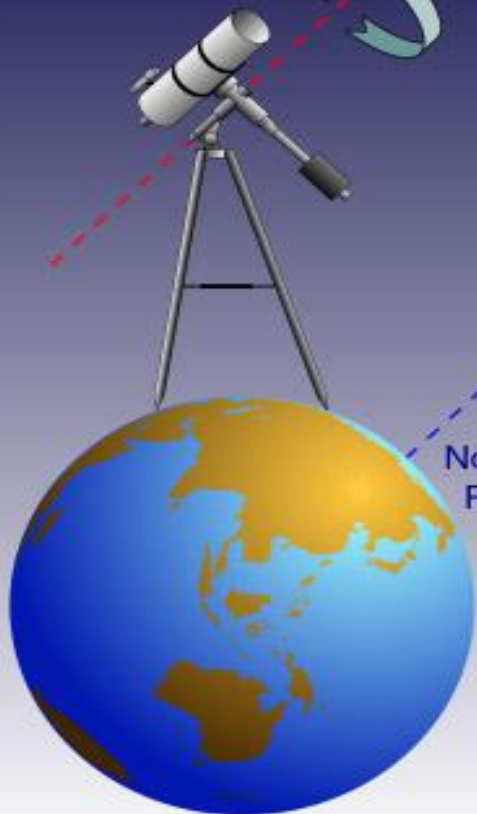
图1-23 第二赤道坐标系和黄道坐标系



第二赤道坐标系和黄道坐标系：赤经和黄经都向东度量：有共同的原点（春分点）。但第一赤道坐标系以天赤道为基圈，春分圈为始圈；黄道坐标系以黄道为基圈，以无名圈为始圈。所以，赤纬不同于黄纬，赤经不同于黄经。

Westward Rotation  
of  
Telescope

To North  
Celestial Pole



To North  
Celestial Pole



Eastward Rotation  
of  
Earth

North  
Pole

当地的地理纬度  
等于北极星的高度

North  
Celestial  
Pole

North  
Celestial  
Pole

