

# Establishment of stellar coordinate systems and its potential applications

Zhixin Huang

Guangzhou City Liwan District Science and Technology Association, Guangzhou, Guangdong, 510000, China

## Abstract

This paper proposes a new coordinate system based on the simulation of the equatorial coordinate system. They are all key tools to determine the position of celestial bodies on the celestial sphere. The equatorial coordinate system takes the infinite extension line of the earth's rotation axis as the main axis, which is affected by the precession and rotation of the earth's rotation axis. The stellar coordinate system is based on the connection between the distant North star and the center of the earth as the main axis, has a relatively high stability, effectively avoids the unstable drift caused by the earth's rotation and revolution, and is not affected by the age difference and rotation.

## Keywords

equatorial coordinate system; stellar coordinate system; Polaris; main axis of stellar coordinate system; aging; chapter

# 恒星坐标系的建立及其潜在的应用前景研究

黄志新

广州市荔湾区科技协会, 中国 · 广东 广州 510000

## 摘要

本文提出了一种模拟赤道坐标系建立的新的坐标系即“恒星坐标系”。它们均为确定天体在天球上位置的关键工具，赤道坐标系以地球自转轴的无限延伸线作为主轴，这一主轴会受到地球自转轴的进动和章动的影响。而恒星坐标系则基于遥远的北极星与地球中心的连线作为主轴，具有相对较高的稳定性，有效避免了因地球自转和公转所引起的不稳定漂移，且不受岁差和章动的影响。恒星坐标系在多个领域可能会发挥重要作用：包括但不限于天文学研究、航天测控与导航、深空探测、卫星通信与地球观测、导航与定位技术、时间系统校准，以及军事应用等等。这些领域的广泛应用进一步证明了恒星坐标系在科学的研究和实际应用中的重要价值。

## 关键词

赤道坐标系；恒星坐标系；北极星；恒星坐标系的主轴；岁差；章动

## 1 引言

当前在天文学中，天球赤道坐标系是最常用的坐标系，其主轴为地球自转轴的无限延伸，与天球相交于天北极和天南极两点，基本大圆为地球赤道面的无限延伸。赤道坐标系具有诸多优点（这里不一一列举），但也存在两个显著的弱点：其一是，由于地球自转轴围绕黄道极产生周期性的进动（周期为约 26,000 年），每年进动约 50 角秒，这引发了一系列问题。例如，春分点不断西移，导致岁差现象；其二是，由于月球和太阳的引力还会引起章动。这些问题使得天极围绕黄道极持续运动，导致恒星的赤经和赤纬以及黄经每年都会发生微小的变化。因此，天文学界每年都需要重新制定一张各星球在天球上的赤经和赤纬明细表，这无疑增加了大量

重复性工作，浪费了科研人员的宝贵时间。

此外，在天文学的时间系统中，除了平太阳时外，还有一种恒星时。然而，现有的天球坐标系都可以与平太阳时相对应，却没有一种坐标系能直接与恒星时相对应，只能通过平太阳时进行换算。上述种种矛盾都可以通过引入一种新的坐标系来一次性彻底解决。

## 2 恒星坐标系的描述

恒星坐标系，亦可称为宇宙坐标系，它的极点基于遥远恒星的位置确定，相对稳定。旨在与恒星时相对应。其几何参数的设计灵感源自天球赤道坐标系，且有所模拟与近似。

该坐标系的主轴定义为指向北极星（Polaris）与地球中心的连线方向，（需注意北极星并非固定不变，历史上和未来都会有变化，但变化极为微小，在可预见的将来可以忽略不计）。北极星在该坐标系中的位置被称为北星极，其恒

**【作者简介】**黄志新（1960-），男，中国广东广州人，硕士，工程师，从事数学、物理、工程发明、天文学研究。

星纬度固定为  $+90^\circ$ ；相反方向则定义为南星极，恒星纬度为  $-90^\circ$ 。主轴过地球中心的垂直平面被命名为恒道面，该平面与天球的交线构成恒星赤道圈，其恒星纬度为  $0^\circ$ 。与恒星赤道圈平行的圈层被称为恒纬圈，向北方向为正（范围从  $0^\circ$  至  $90^\circ$ ），向南为负（范围从  $0^\circ$  至  $-90^\circ$ ）。

恒星赤道面与黄道面的交角，有两个交点，可分别称为恒星春分点（或简称春星点）和恒星秋分点，但需注意它们与天文学中的春分点和秋分点并非同一概念。在目前情况下，由于恒星坐标系的主轴与赤道坐标系的自转轴非常接近，因此两者的各项参数在数值上确实相近，且随着地球自转轴的进动，它们的接近程度会越来越好；然而，这并不意味着春星点就等同于春分点；或秋星点就等同于秋分点。但是过了一百年之后由于两坐标系的主轴逐渐远离，这些点也就逐渐远离了。

从春星点起算，沿恒星赤道圈逆时针旋转的弧长被定义为恒星经度（或简称恒经），它从北星极经过恒星赤道圈

到达南星极。计量方面，逆时针旋转一圈相当于 24 小时时角（或  $360^\circ$  经度），类似于赤道坐标系中的赤经。恒星经度同样具有时、分、秒的计量单位。

注：（1）恒星坐标系以上的各特征点及恒道圈与赤道坐标系（J2000.0）的对应点及赤道圈十分相近，在一般的业余观测中可以不加区别。但随着时间的流逝使得春分点的不断西移，各种天体在赤道坐标系中的数据会不断改变，而在恒星坐标系中的坐标数据却恒定不变。

（2）由于黄道面也会在产生极微小的变化，其变化量为每年  $0.13''$ <sup>[1]</sup>，约为岁差的  $1/387$ 。因此从建立更长远，更稳定的真正的恒星坐标系来说，一旦确立恒星坐标系之后，就要寻找一颗十分接近在春星点，恒经为  $0^\text{h}$ ，并且横向移动极微的恒星作为今后恒经  $0^\text{h}$  的基准，这样就可以提供更为稳定的恒星坐标系了。

### 3 恒星坐标系与赤道坐标系的比较

恒星坐标系与赤道坐标系的比较见表 1。

表 1 恒星坐标系与赤道坐标系的比较

项目	赤道坐标系	恒星坐标系	备注
极点	北天极（P），南天极（N）	北星极（当前北极星的位置），南星极	赤道坐标系的极点由地球自转轴确定，随地球进动和章动而变化。恒星坐标系的极点则基于遥远北极星的位置确定，相对比较稳定。
天极变化	天极产生进动，每年约 $50.29''$ （角秒）	恒星天极相对稳定，无显著进动	赤道坐标系的极点因地球进动而缓慢移动，而恒星坐标系的极点则基于遥远恒星的位置，相对稳定
岁差	存在岁差现象，每年约 $50.26''$ （角秒）	不存在岁差现象	岁差是赤道坐标系中特有的现象，由于地球自转轴的进动而导致春分点在天球上的位置逐渐变化。恒星坐标系则不受岁差影响。
特殊点	春分点，每年退行约 $50.26''$ （角秒）	春星点，恒定不变。	赤道坐标系的春分点因岁差而逐渐远离初始位置；而恒星坐标系中的春星点，则基本不会随时间变化。
经纬度	赤经，赤纬	恒经，恒纬。	各天体的恒经，恒纬的定义及数据都类似于赤经，赤纬，并且现在两者的位置也很接近；但是以后赤经，赤纬会不断变化，而恒经，恒纬却基本恒定不变。
章动	存在章动现象	不存在章动现象	章动是赤道坐标系中由于地球自转轴的短期不规则变化而产生的现象。恒星坐标系则不受章动影响。
地球极移	对该坐标系有影响，导致极点位置微小变化	对该坐标系无直接影响。	地球极移是指地球自转轴相对于地球本体的微小变化，这种变化会直接影响赤道坐标系中的极点位置。而恒星坐标系则不受地球极移的直接影响。
时间系统（日）	$1 \text{ 平太阳日} = 24^\text{h}$ （平太阳时） $= 24^\text{h} + 3^\text{m}56^\text{s}.555$ （恒星时）	春分点（或春星点）绕天球一圈，称为： $1 \text{ 恒星日} = 24^\text{h}$ （恒星时）	赤道坐标系使用平太阳时作为时间基准；恒星坐标系则基于春分点（或春星点）绕天球一周的时间，即恒星日，作为时间基准。
年	$1 \text{ 回归年} = 365.242\ 192\ 64 \text{ 日}$	$1 \text{ 恒星年} = 365.256\ 366\ 249 \text{ 日}$	$1 \text{ 恒星年} = 1.000\ 038 \text{ 回归年}.$

### 4 恒星坐标系的主要优点

恒星坐标系作为一种天文学上将会使用的坐标系统，其主轴由遥远且稳定的北极星与地球中心连线构成，使得它在天球上的位置相对比较固定。与赤道坐标系相比，恒星坐标系避免了地球自转和公转引起的不稳定漂移（如春分点的岁差以及章动等），从而显示出显著优势<sup>[2]</sup>。

鉴于这些优点，恒星坐标系在以下领域将会得到广泛的应用：

在广泛的应用：

### 5 恒星坐标系的潜在应用领域

天文学研究：恒星坐标系为天文学家提供了一个稳定且精确的参考框架，有助于他们更准确地观测和研究天体的位置和运动。

恒星坐标系的稳定性意味着，一旦我们绘制出一幅精确的天文星体图表，该图表可以在数百年内保持有效，而无

需频繁更新。每年仅需对春分点及一些具有明显横向自行（即在天球上相对于背景恒星的位置变化）的恒星或其它一些新天体需要测定新坐标。这一特性极大地节省了人力和物力资源。

#### 新天体的定位方法：

在天体图中，我们首先识别出十多到二十几颗横向自行极小的恒星。把这些恒星分成两组：

第一组以定位精度高为主要要求，在当前的观测精度下几乎无法检测到其自行。它们主要应用于专业的天文学家、高精度时间系统校准、航天测控与导航、深空探测及其它需要精确定位坐标的工作中。

第二组以可见度为主要要求，它们主要应用于业余天文学家、以及其它并不需要十分精确定位坐标，而容易观测的工作之中，如导航与定位技术等等。

这些恒星分别大致均匀分布于整个天区，确保地球上每个地区都能观测到至少两到三颗同组的定位恒星。随后，我们精确测量这些恒星的位置，并将它们与北极星一起组成基准恒星表。

恒星坐标系的建立可能为天文学研究构建了一个精确且稳定的参考框架。天文学家利用这一框架来研究恒星、行星、星系等天体的位置和运动规律。当发现新天体时，我们利用至少两颗基准恒星与新天体组成球面三角形，运用球面三角公式即可准确确定新天体的位置。

恒星坐标系不仅能够精确描述恒星、星系等天体的空间位置，还能有效表征它们的运动状态。通过观测恒星在恒星坐标系中的位置随时间的变化，我们可以计算出恒星的自行、视差等天体测量学参数，这些参数为我们深入理解恒星的物理特性和演化过程提供了重要线索。

除此之外，恒星坐标系还有可能更好的完成以下的工作：

**航天测控与导航：**在航天任务中，恒星坐标系可以作为航天器姿态控制和导航的基准。通过测量航天器相对于恒星坐标系的位置和姿态，可以实现对航天器的精确测控和导航。

**深空探测：**在深空探测任务中，恒星坐标系有助于科学家确定探测器的位置和速度，并规划其飞行轨迹。

**卫星通信与地球观测：**在卫星通信和地球观测领域，恒星坐标系可以作为卫星姿态控制和数据处理的基准。这有助于提高卫星通信的可靠性和地球观测数据的准确性。

**导航与定位技术：**在地面导航和定位技术中，恒星坐标系可以作为辅助手段。通过观测恒星的位置和运动，可以实现对地面目标的精确定位和导航。

## 6 时间系统校准

恒星时是一种时间测量系统，它以春分点或春星点为参考点，用于精确地计量时间。恒星坐标系与时间系统之间

存在着密切的关联。

具体而言，我们通过观测恒星并确定其相对于春星点的位置，我们可以计算出恒星时。这一时间测量方式具有高度的精确性，因此常被用于校准其他时间系统，如世界时和原子时等。在校准过程中，恒星时作为一个稳定的参考标准，有助于确保其它时间系统的准确性和一致性，从而满足高精度时间同步和授时服务的需求。

**军事应用：**在军事领域，恒星坐标系可以用于导弹制导、飞机导航等任务。通过利用恒星坐标系提供的高精度位置信息，可以实现对目标的精确打击和导航<sup>[3]</sup>。

## 7 存在的问题

虽然现在恒星坐标系的北星极与赤道坐标系的北天极十分接近，并且越来越接近，致使两坐标系大体相近，现在的北极星（勾陈一）将 2100 年左右最接近北天极点，达到北纬  $89^{\circ} 32' 50.62''$ ，使得两座标更容易互换；但是此后北极星便离北天极就会渐行渐远去，公元 2500 年左右，北极星的名号就会被勾陈五夺去。

北极星虽然在天球上的位置十分稳定，但是还是有极其微小的横向移动，经过极长时间的积累，还是会离开现在在天球中的位置的。

上述两种效应叠加，积累到一定程度之后，就会产生一些麻烦：恒星坐标系的主轴是继续由现在的北极星（勾陈一）与地心的连线担当，还是改由勾陈五接任呢？这留给有兴趣的天文学家去研究解决吧，但在五百年之内一定要提出有效的解决办法。

## 8 结语

赤道坐标系与恒星坐标系均为确定天体在天球上位置的关键工具。赤道坐标系以地球自转轴的无限延伸线作为主轴，这一主轴会受到地球自转轴的进动和章动的影响。相比之下，恒星坐标系则基于遥远的北极星的位置作为主轴，具有相对较高的稳定性，有效避免了因地球自转和公转所引起的不稳定漂移，且不受岁差和章动的影响。

恒星坐标系在多个领域可能会发挥重要作用：包括天文学研究、航天测控与导航、深空探测、卫星通信、地球观测、导航与定位技术、时间系统校准、以及军事应用等等。这些领域的广泛应用将会进一步证明了恒星坐标系在科学研究和实际应用中重要的潜在价值。

## 参考文献

- [1] 苏宜编著，天文学新概论（第四版），科学出版社，2009年，P44-56。
- [2] 余明，陈大卫编著，简明天文学教程（第四版），科学出版社，2021年，P25-40。
- [3] 孙杨，胡中为编著，天文学教程（上），上海交通大学出版社，2020年11月，