基础天文学标准

Standards of Fundamental Astronomy

# 缩略词

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **缩略词** | **全称** | **说明** |
| BCRS | Barycentric Celestial Reference System | 质心天球参考系 |
| CIO | Celestial Intermediate Origin | 天球中间参考系原点 |
| CIP | Celestial Intermediate Pole | 天球中间参考系极轴 |
| CIRS | Celestial Intermediate Reference System | 天球中间参考系 |
| EE | equation of the equinoxes | 二分点方程 |
| EMB | Earth-Moon barycenter | 地月质心 |
| EO | equation of the origins | 原点方程 |
| FK4 | fourth fundamental catalog | 第四代基础星表 |
| FK5 | fifth fundamental catalog | 第五代基础星表 |
| GCRS | Geocentric Celestial Reference System | 地心天球参考系 |
| GMST | Greenwich mean sidereal time | 格林威治平恒星时 |
| GST | Greenwich (apparent) sidereal time | 格林威治视恒星时 |
| IAU | International Astronomical Union | 国际天文学联合会 |
| ICRS | International Celestial Reference System | 国际天球参考系 |
| IERS | International Earth rotation and reference systems service | 国际地球自转及参考系服务 |
| ITRS | International Terrestrial Reference System | 国际地面参考系 |
| J2000.0 | 2000 January 1.5 (in some specified time scale) | 2000年1月1日12时 |
| NPB | nutation, precession and frame bias | 章动、岁差及框架偏差 |
| SOFA | Standards of Fundamental Astronomy | 基础天文学标准 |
| ST | sidereal time | 恒星时 |
| TIO | Terrestrial Intermediate Origin | 地面中间参考系原点 |
| TIRS | Terrestrial Intermediate Reference System | 地面中间参考系 |
| TT | Terrestrial Time | 地球时 |
| UT | Universal Time UT1 | 世界时（UT1） |
| UTC | Coordinated Universal Time | 协调世界时 |
| VLBI | very long baseline interferometry | 甚长基线干涉 |

# 天球坐标

SOFA重点定义坐标类型、坐标系三要素等概念，并基于IAU模型、为球面坐标或坐标矢量提供包括岁差-章动、地球自转等计算工具。SOFA未提供引力弯曲、光行差、周日视差和大气折射等计算工具。

# 天球参考系进化史

经典天球参考系建立在天赤道和黄道基础上，并将春分点定义为赤经零点。这个参考系精度较低，可以用于描述天文现象，但不能满足现代高精度应用需求（例如基于VLBI或脉冲星的时间基准）。 20世纪末开始采用新的天球坐标参考框架。

使用极遥远天体固定坐标系三要素，引入ICRS。虽然为了使用方便及保持一定的连贯性，ICRS的定义与FK5 J2000.0平坐标非常接近，但ICRS是与地球自转和运动完全无关的全新天球坐标参考系。在ICRS系中，恒星坐标是固定不变的，其位置变化仅与恒星自身的空间运动有关。作为ICRS的补充引入新的质心天球参考系（BCRS）和地心天球参考系（GCRS），用于描述不同的时-空坐标。这些参考系与恒星至观测者之间的光路方向密切相关。如图2所示，BCRS中位置经过空间运动改正；GCRS中经过视差、光线偏转（受太阳及行星影响）及光行差改正。在岁差-章动改正前，ICRS、BCRS和GCRS的参考系方向相同。

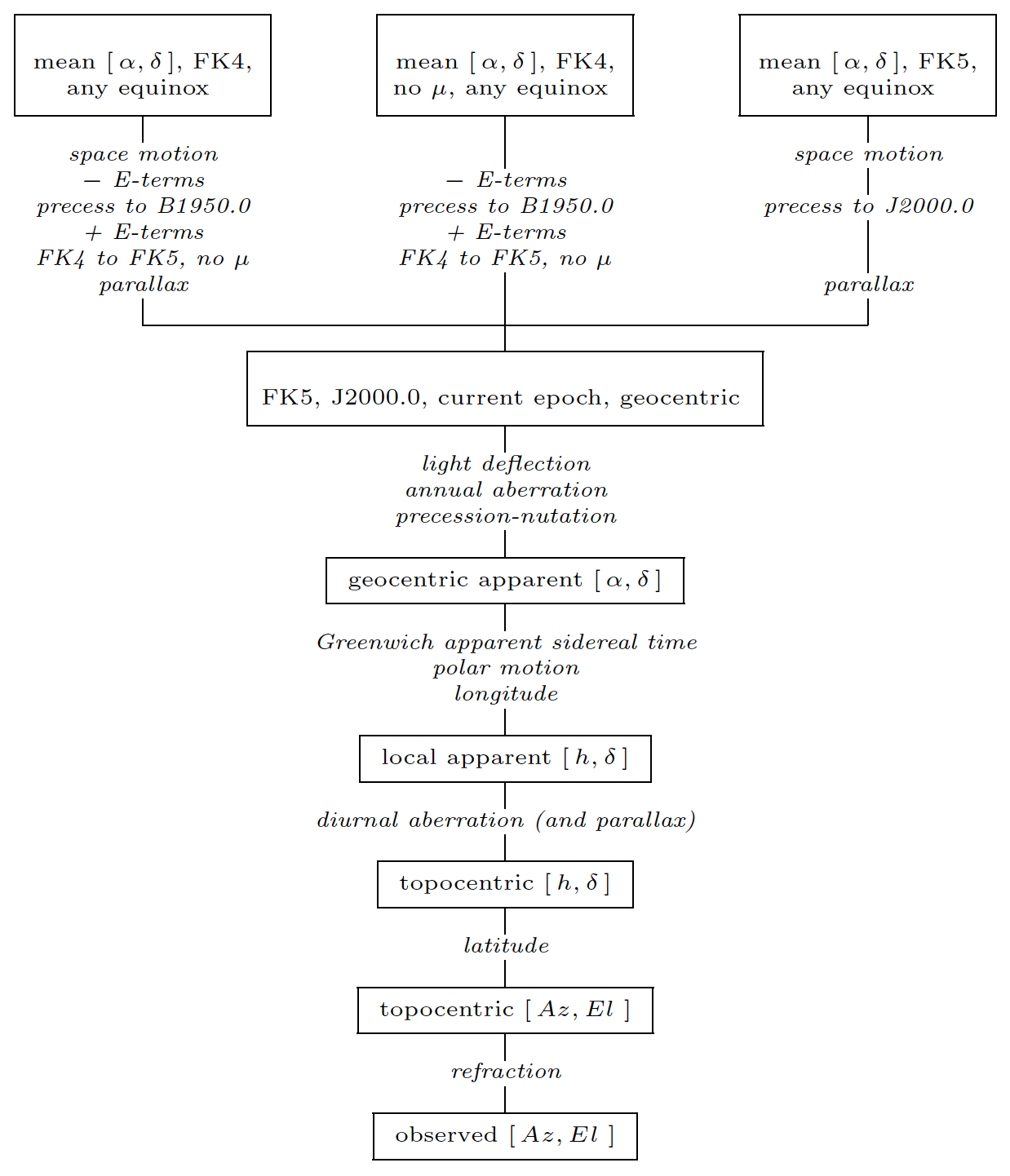


图 1 ICRS建立前天球坐标间的相互关系

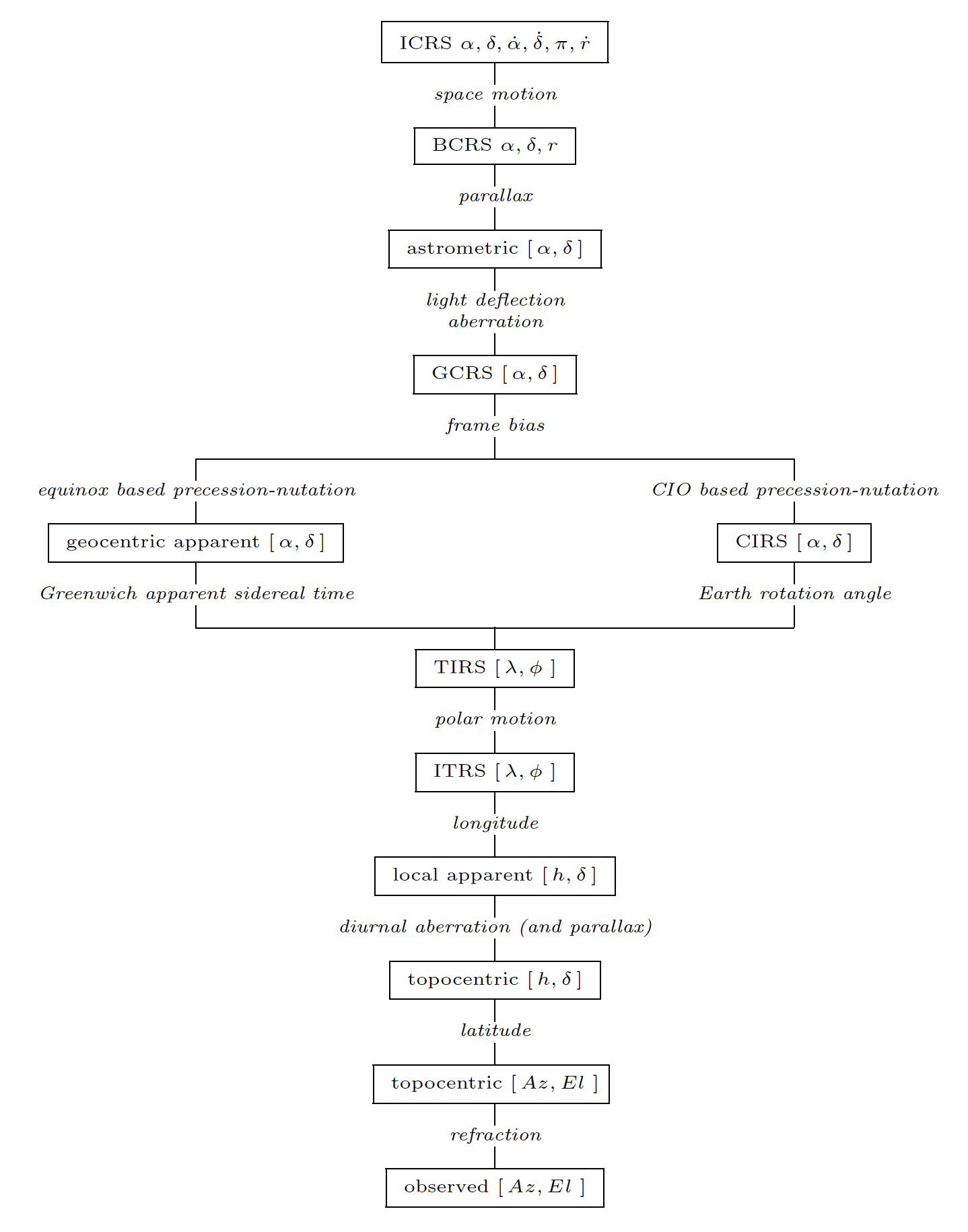


图 2 IAU2000建立之后天球坐标间的相互转换关系

ICRS中，天黄道和天赤道不再作为恒星位置高精度测量基准，因此也不需要再计算其随时间的变换关系，ICRS之前的平位置概念因此也不再使用。除了23毫角秒的框架偏差外，ICRS名义上与J2000.0平位置等价。CIO中定义与时间相关的赤经零点替代春分点。图2中，由ICRS系恒星位置[α, δ]计算其视位置有两种方法。（1）左侧分支：经典方法，使用春分点、GST等；（2）右侧分支：基于地球自转的CIO/ERA方法。

# 最新模型

最新模型基于：

* IAU 2006岁差
* IERS 2003极移
* IAU 2000章动和地球自转

## 框架偏差

ICRS名义上与FK5 J2000.0相同。实测结果为：J2000.0平极轴在ICRS中的[X, Y]=[-0.016617, -0.0068192]″，平春分点在ICRS子午线西0.0146″。

## CIO和TIO

天球中间参考系原点（CIO：celestial intermediate origin）用s(t)表示，是CIP与GCRS的升交点在两个参考系中的赤经偏差。s(t)是CIP的岁差-章动的积分函数，但通常用级数来替代使用。

地面中间参考系原点（TIO：terestrial intermediate origin）用s'表示，与极移相关。

## 原点方程

原点方程（EO：equation of the origins）是一个非常有用的、连接新旧系统差异的数值。当应用需要同时使用新旧系统中定义的概念时，最佳方案是在CIO/ERA架构下计算所需参量，并通过EO计算恒星时和赤经。

新旧系统中，时角采用相同的表达式：

在新系统中，θ对应地球自转角，α是相对CIO的角度。在旧系统中，θ是格林威治视恒星时，α是相对真春分点的赤经。ERA与GST的偏差（ERA-GST）是春分点到CIO的距离，被称为原点方程（EO）。EO主要受赤经方向岁差影响，每年变化约46″；同时还受赤经方向的章动和其它小改正项的影响。

## 二分点与CIO

岁差、章动本质是地球极轴的运动，在基于CIO的后IAU2000模型中可以通过实时CIP（celestial intermediate pole）来表示。

## 天球坐标到地面坐标的转换

图2显示GCRS到ITRS的坐标转换包含框架偏差、岁差-章动、地球自转和极移构成的变换链。写作矩阵形式为：

* + VGCRS和VITRS相对两个参考系方向相同
  + RNPB是框架偏差、岁差和章动的组合，并定义CIP的指向和经度原点
  + R3(θ)是地球自转。在新系统中θ对应ERA，旧系统中对应GST
  + RPM对应极移

# 地球姿态模型

## 经典岁差

## 经典章动

## CIP的XY坐标

## CIO定位器（s）

## 极移

## 地球自转

## 基本参数

# 当前模型