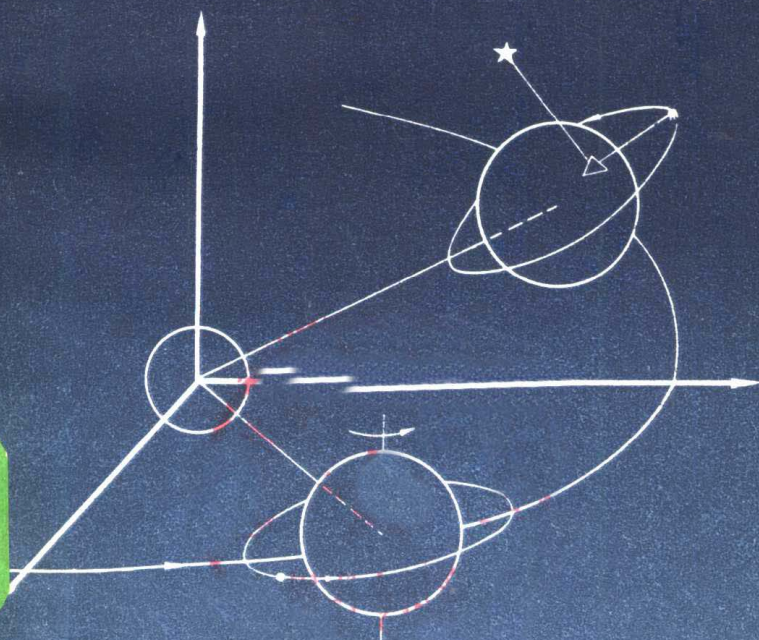


大地测量的坐标系

[加拿大] E.J. 克拉基弗斯基 著
D.E. 韦尔斯



测绘出版社

30
119

大地测量的坐标系统

〔加拿大〕 E.J.克拉基弗斯基 著
D.E.韦尔斯

朱 华 统 译
李 庆 海 校

测绘出版社

1980·北京

本书主要讨论了大地测量的各种坐标系统；比较系统地叙述了地球坐标系统、天球坐标系统和轨道坐标系统中各种坐标系的 意义 及其相互间的关系。

本书可供天文大地测量和有关专业人员从事教学和科研时参考。

E.J.Krakiwsky D.E.Wells

Coordinate Systems In Geodesy

University of New Brunswick Fredericton N.B.Canada.

1971. Lecture Notes №16.

大地测量的坐标系统

[加拿大] E.J. 克拉基夫斯基 D.E. 韦尔斯 著

朱华统译 李庆海校

只限国内发行

测绘出版社出版

测绘出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本787×1092 1/32 印张 3⁵/₁₆ 字数 70 千字

1980年4月第一版 1980年4月第一次印刷

*

印数 1—5,000 册 定价 0.54元

统一书号: 15039 新145

译 者 的 话

遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，曾对加拿大新勃隆斯威克大学工程测量系《大地测量的坐标系统》一书加以翻译。书中主要讨论了大地测量的各种坐标系统；比较系统地叙述了地球坐标系统、天球坐标系统和轨道坐标系统中各种坐标系的意義及其相互关系。本书对有关专业人员从事教学和科研，可能有一定的帮助。

本书由李庆海同志作了全面的审校；周祥甫、熊介、汪迺栋、刘福林等同志也提了不少宝贵意见，在此谨表示衷心的感谢。

为了便于读者参考，作了一些适当的注释。译稿中“点（线）”的字样很多，较之原文多加了一个“（线）”字，目的是便于读者的理解。

由于水平所限，缺点和错误在所难免，恳请读者指正。

译 者 1979.8

目 录

符号说明	(1)
1. 绪 言	(5)
1.1 极(线), 面和轴	(7)
1.2 世界时和恒星时	(8)
1.3 大地测量的坐标系统	(9)
2. 地球坐标系	(11)
2.1 地球地心坐标系	(11)
2.1.1 极移和地球的不规则自转	(11)
2.1.2 地球平坐标系统和瞬时坐标系统	(14)
2.1.3 大地坐标系统	(17)
2.2 笛卡儿坐标和曲线坐标间的关系	(18)
2.2.1 参考椭球上一点的笛卡儿坐标和曲线坐标	(18)
2.2.2 用大地纬度表示的位置矢量	(20)
2.2.3 用地心纬度和归化纬度表示的位置矢量	(23)
2.2.4 大地纬度、地心纬度和归化纬度间的关系	(24)
2.2.5 参考椭球上一点的位置矢量	(25)
2.2.6 由地球平笛卡儿坐标变换至大地坐标	(27)
2.3 大地测量基准面	(30)
2.3.1 基准面的定位参数	(32)
2.3.2 基准面的建立	(36)
2.3.3 北美基准面	(37)

2.3.4	基准面的换算	(39)
2.4	地球测站中心坐标系	(43)
2.4.1	局部天文坐标系	(44)
2.4.2	局部大地坐标系	(47)
2.5	地球坐标系小结	(51)
3.	天球坐标系	(54)
3.1	黄道坐标系	(55)
3.2	赤经坐标系	(57)
3.3	时角坐标系	(58)
3.4	地平坐标系	(61)
3.5	赤经坐标系统的变化	(62)
3.5.1	岁差和章动	(64)
3.5.2	天球平坐标系	(66)
3.5.3	天球真坐标系	(68)
3.5.4	视位置坐标系	(70)
3.5.5	观测位置坐标系	(72)
3.6	天球视坐标系统和地球平坐标系间的变换	(73)
3.7	天球坐标系小结	(75)
4.	轨道坐标系	(78)
4.1.	轨道椭圆和轨道近点角	(78)
4.2	轨道坐标系	(82)
4.3	从轨道坐标系变换至地球平坐标系	(83)
4.4	轨道元素的变化	(84)
4.5	卫星星下点	(84)
4.6	卫星的测站中心坐标	(85)
5.	坐标系小结	(88)
5.1	地球坐标系	(88)

5.2	天球坐标系.....	(88)
5.3	在天球视坐标系统和观测坐标系统中一个 双重的似乎矛盾的说法.....	(91)
5.4	地球、天球和轨道坐标系间的联系.....	(92)
参考文献		(93)
附录 A: 反向矩阵和旋转矩阵概要		(96)

符 号 说 明*

- a——参考椭球长半径,
- a——大地高度角,
- A——天文方位角,
- A——矩阵 (附录),
- A.P.——视位置坐标系统,
- A.T.——地球平坐标系统,
- b——参考椭球短半径,
- c——光速,
- CIO——国际习用原点,
- e——参考椭球第一偏心率,
- e'——参考椭球第二偏心率,
- E——偏近点角,
- E.——黄道坐标系统,
- f——参考椭球扁率,
- f——真近点角,
- G.——大地坐标系统,
- GAST——格林尼治视恒星时,
- GST——格林尼治恒星时,
- h——椭球面高程 (即大地高),
- h——时角,

*本书符号较多, 其中有些和我国传统符号意义不一, 且同一符号在不同场合, 有不同含意, 为了便于阅读、查对, 特编写此符号说明。——译者

H ——正高,
 H .——地平坐标系统,
 $H.A.$ ——时角坐标系统,
 i ——卫星轨道平面与赤道面间的夹角, 即倾角,
 $I.T.$ ——地球瞬时坐标系统,
 K ——地球的光行差常数,
 K ——周日光行差常数,
 $L.A.$ ——局部天文坐标系统,
 $L.G.$ ——局部大地坐标系统,
 LST ——地方恒星时,
 $\bar{M}$ ——平近点角,
 $M.C.$ ——天球平坐标系统,
 $\bar{n}$ ——平动,
 N ——天底,
 N ——卯酉圈曲率半径,
 N^* ——大地水准面高,
 N_0^* ——局部天文原点的大地水准面高,
 NCP ——天球北极,
 NEP ——黄道北极,
 N_T —— T 时的章动,
 N_{T_0} —— T_0 时的章动,
 O ——重心,
 $O.P.$ ——观测位置坐标系统,
 ORB ——轨道坐标系,
 P ——瞬时地球极,
 P ——岁差,
 P_1, P_2, P_3 ——三个反向矩阵,

- r ——点间距离,
 $\bar{R}_i$ ——地面点 i 的位置矢量,
 $R_1(\theta), R_2(\theta), R_3(\theta)$ ——三个旋转矩阵,
 $R.A.$ ——赤经坐标系,
 SCP ——天球南极,
 ST ——恒星时,
 $T.C.$ ——天球真坐标系,
 UT ——世界时,
 $\hat{u}_x, \hat{u}_y, \hat{u}_z$ ——单位矢量,
 V ——垂直角,
 V ——地球公转线速度,
 V ——地球赤道上自转线速度,
 W_1, W_2, W_3 ——参考椭球的三个坐标轴和地球平坐标系三个坐标轴间的夹角,
 W_e ——地球均匀的自转速度,
 x, y, z ——点的笛卡儿坐标,
 X, Y ——列矢量 (附录),
 x_0, y_0, z_0 ——大地坐标系统对于地球平坐标系的原点平移分量,
 Z ——天顶,
 x_P, y_P ——极移,
 α ——大地方位角,
 α ——赤经,
 β ——归化纬度,
 β ——黄纬,
 γ ——春分点,
 δ ——赤纬,

- δ_a, δ_f ——不同基准面间椭球参数差,
 $\delta_{x_0}, \delta_{y_0}, \delta_{z_0}$ ——不同基准面间偏离地心的坐标参数差,
 δ_a ——天文方位角和大地方位角之差,
 $\Delta\varepsilon$ ——交角章动,
 $\Delta\Psi$ ——经度章动,
 $\Delta\alpha_R, \Delta\delta_R$ ——由于蒙气差引起对赤经赤纬的改正,
 ε ——黄赤交角,
 ε_{T_1} —— T_1 时的黄赤交角,
 ξ_0, θ, Z ——岁差元素,
 η ——垂线偏差在卯酉面上分量,
 θ —— T 时赤道相对于 T_0 时赤道的倾角,
 λ ——黄经,
 λ ——大地经度,
 Λ ——天文经度,
 λ_s ——太阳的经度,
 ξ ——垂线偏差在子午面上分量,
 $\xi_0, \eta_0, \delta\alpha_0$ ——局部大地坐标系和局部天文坐标系变换时
 所需的旋转角,
 π ——恒星视差,
 ρ ——以地球半径为单位的地球至测站间的距离,
 φ ——大地纬度,
 Φ ——天文纬度,
 Ψ ——地心纬度,
 φ_0, λ_0 ——局部天文原点的大地纬度和经度,
 ω ——近地点幅角,
 Ω ——升交点赤经,
 ω, i, Ω ——尤拉角。

1. 绪 言

本书讨论地球表面上或地球上方的测站坐标与之有关的各种坐标系统的准确定义，以及这些坐标系统间的变换。定义一个坐标系统必须指明：

- a) 原点的位置，
- b) 三个轴的定向，
- c) 所属坐标系统中，确定点的位置参数（是笛卡儿坐标还是曲线坐标）。

地球在空间有两种不同周期的转动。这就是围绕地轴的自转和围绕太阳的公转（见图 1-1），在空间还有一个天然

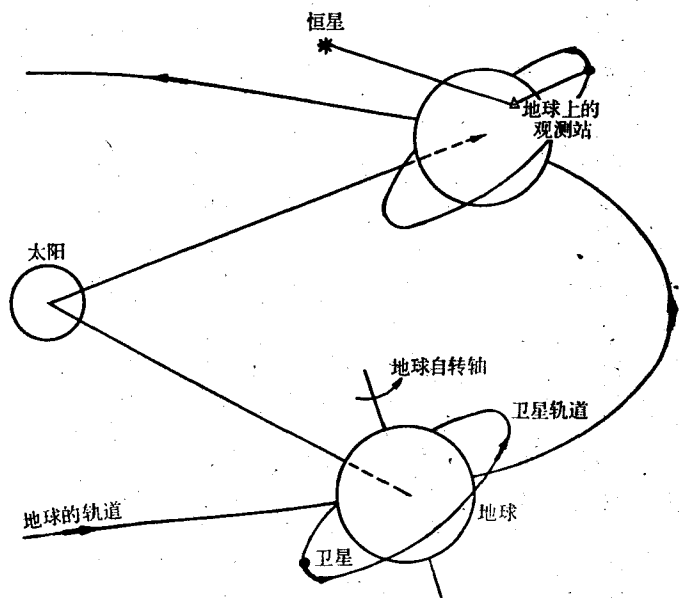


图 1-1 地球、天球和轨道坐标系

卫星（月亮）和许多人造卫星的第三种周期转动：即围绕地球的沿**轨道的转动**。这些周期转动乃是定义各种坐标系统和时间系统的基础。

地球坐标系统固定在地球上并和地球一起自转。它们用于确定地球表面上点的坐标。地球坐标系统共分两类，称为地心坐标系统和测站中心坐标系统（见图 1-2）。

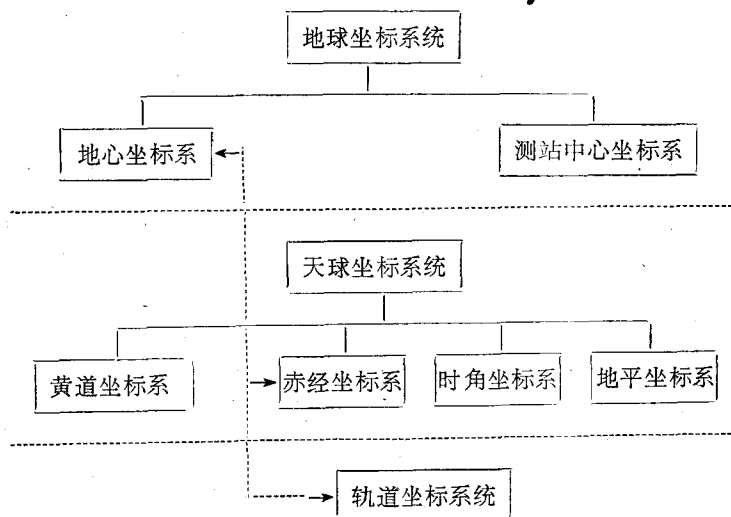


图 1-2 坐标系统分类表

天球坐标系统不和地球一起公转但可以跟地球一起自转。它们用于确定天体（例如恒星）的坐标。共有四种不同的天球坐标系统，称为**黄道坐标系统**，**赤经坐标系统**，**时角坐标系统**和**地平坐标系统**。

轨道坐标系统不和地球一起自转但和地球一起公转。它用于确定围绕地球旋转的卫星在轨道上的坐标。

1.1 极(线), 面和轴

坐标系轴的定向可以用基极(线)和第二极(线), 基面和第二个面以及基轴、第二轴和第三轴来描述。

基极(线)是坐标系统的对称轴, 例如地球的自转轴。**基面**是和基极(线)垂直的平面, 例如地球的赤道面。**第二个面**包含基极(线)且和基面垂直。它有时需要随意的选择, 例如格林尼治子午面; 有时是自然形成的, 例如二分面。**第二极(线)**是基面和第二个面的交线。**基轴**是第二极(线)。第三个轴是基极(线)。第二个轴正交于其它两个轴, 按规定选择其方向构成右手坐标系或左手坐标系。

在说明上述每个坐标系定向时, 将使用基面或基极(线)和基轴。

对于**地球地心坐标系**:

- a) 原点在地球中心附近,
- b) 基极(线)是地球的自转轴, 垂直于该基极(线)

的基面称为**赤道面**,

- c) 基轴是赤道面和格林尼治子午面的交线,
- d) 右手坐标系。

对于**地球测站中心坐标系**:

- a) 原点在地球表面附近某一点上,
- b) 基面是过该点对于地球表面的切平面,
- c) 基轴指向**北点(线)**(切平面和包含地球的北自转极(线)的平面间的交线),
- d) 左手坐标系。

对于**天球黄道坐标系**:

- a) 原点在太阳中心附近,

- b) 基面是地球的轨道面、称为**黄道面**，
- c) 基轴是黄道面和赤道面的交线，称为**春分点（线）**，
- d) 右手坐标系。

对于**天球赤道坐标系**：

- a) 原点在太阳中心附近，
- b) 基面是赤道面，
- c) 基轴是春分点（线），
- d) 右手坐标系。

对于**天球时角坐标系**：

- a) 原点在太阳中心附近，
- b) 基面是赤道面，
- c) 第二个面是**天球子午面**（包含测站和地球的自转轴的平面），
- d) 左手坐标系。

对于**天球地平坐标系**：

- a) 原点在太阳中心附近，
- b) 基面是平行于测站的切平面（地平面），
- c) 基轴平行于测站的北点（线），
- d) 左手坐标系。

对于**轨道坐标系**：

- a) 原点是地球的重心，
- b) 基面是围绕地球旋转的卫星轨道面，
- c) 基轴在轨道平面上且指向**近地点**（卫星最接近地球之点），称为**拱点线**，
- d) 右手坐标系。

1.2 世界时和恒星时

同地球的周期自转和公转紧密相关的两种时间系统称为世界(太阳)时(UT)和恒星时(ST)。时间系统按照一定的间隔和历元确定。太阳日是太阳连续两次经过同一地球子午面间的间隔。恒星日是春分点连续两次经过同一地球子午面间的间隔。恒星时历元是春分点和某一地球子午面间的夹角:若某子午面是格林尼治子午面,那时历元是**格林尼治恒星时(GST)**。太阳时历元与恒星时历元之间具有严密的数学关系。恒星时是联系地球坐标系和天球坐标系的参数。

1.3 大地测量的坐标系统

大地测量是研究地球形状和大小以及测定地球表面上或其上方点的坐标。一个测站相对于其它测站的坐标测定,利用下述四种测量元素中的一种或几种:方向,距离,距离差和高度。地球上两个测站间的水平角和垂直角测量(例如用经纬仪测量)称为**地面方向测量**。地球上一测站和卫星位置间角度测量(例如以星空为背景的卫星摄影测量)称为**卫星方向测量**。地球上一测站和星体间角度测量(例如用经纬仪直接照准星体测量)称为**天文方向测量**。地球上两站间距离测量(例如用电磁波测距仪测量)称为**地面距离测量**。地球上一测站和卫星间距离测量(例如用激光测距)称为**卫星距离测量**。地球上一测站和其它两站间距离差测量(例如用双曲线定位系统测量)称为**地面距离差测量**。地球上一测站和两卫星位置间距离差测量(例如用积分多普勒漂移系统测量)称为**卫星距离差测量**。所有这些确定各测站间几何关系的测量,为**几何大地测量**研究的课题,见(1)。

与地球重力场位差有关的水平高差和沿线的重力值测

量，为**物理大地测量**研究的课题，见文献（4）。

这些测量值和测站坐标间的函数关系合成了**数学模型**。
按测量值和数学模型利用**最小二乘法估算程序**，见（15）。
可以得到所求坐标的唯一解答。

使用于地面大地测量学和卫星大地测量学的坐标系统细节可参阅（12）和（5），使用于大地天文学的坐标系统细节可参见（9）。