



# 卫星大地测量学概论

测绘出版社

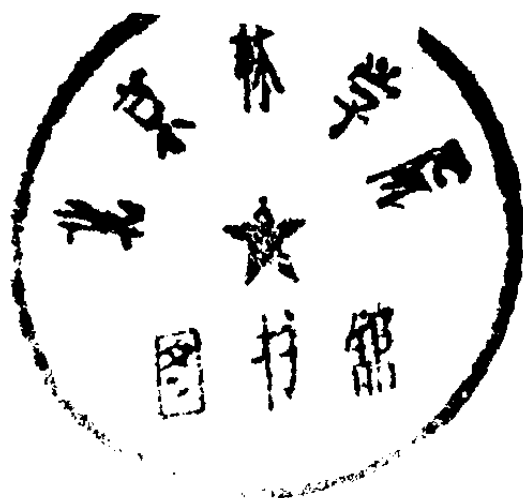
# 卫星大地测量学概论

武汉测绘学院

《卫星大地测量学概论》编译组编译



北林图 A00057876



220892

测绘出版社

1978年·北京

本书系统地阐述了卫星在大地测量上的应用，以及卫星运动的基本理论。全书共六章，分别阐述利用人造卫星以建立遥远测站间的大地联测，并作为间接测量地球重力场的依据，以便更好地测定地球的形状及其变化。书中对人造卫星的观测方法、观测成果的化算也作了详细介绍。

本书大部分章节译自[美]I.I. Müller, *Introduction To Satellite Geodesy*, Frederick Ungar Pub. Co. New York 1964. 一书，并为读者便于阅读，编入了大量附注。书末并编有“国外卫星大地测量发展近况”一章。

本书供天文大地测量和地球物理等专业人员和专业师生参考。也可供人造卫星有关地学方面科技人员参考。



**卫星大地测量学概论**  
武汉测绘学院《卫星大地测量学概论》编译组编译  
(只限国内发行)

\*

测绘出版社出版(北京西郊百万庄)  
中国建筑工业出版社印刷厂印刷  
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：9 7/8 字数：220,000

1978年3月第一版 1978年3月第一次印刷

印数：1—6,000 定价：1.56元

统一书号：15039·新29

## 编译者的话

遵循毛主席关于“我们也要搞人造卫星”的教导，一九七〇年四月二十四日，我国成功地发射了第一颗人造地球卫星，接着在一九七一年三月三日，我国又成功地发射了一颗科学实验人造地球卫星。我国人造地球卫星发射成功，为我国发展空间技术创造了良好的基础，这是毛主席无产阶级革命路线的伟大胜利！

人造地球卫星已在许多学科中得到了广泛的应用。对大地测量来说，利用人造地球卫星，为解决大地测量问题开辟了新的途径。

本书主要由美国I.I.穆勒著：《卫星大地测量学概论》编译而成。书中阐述了卫星运行、观测方法、观测成果整理以及在大地测量中的应用等问题，内容比较完整，并着重于基本概念的阐述。因此，本书对于测绘和其他有关学科的工作者初步了解卫星大地测量问题可能有一定的帮助。

为了便于读者阅读起见，我们对一些公式和名词作了补充推证和附注（用圆圈加序列数字表示），列为每章的最后一节。凡在中文书籍中可以找到的和涉及面较广而又难于用简短附注说明的一些问题，则只提出中文参考书的名称和页码，不再另加附注。

在原作出版以来的几年中，随着科学技术的迅速发展，卫星大地测量也获得了很大的进展，不论观测仪器、卫星结构和发射、还是国际天文-大地网的联测及观测成果的整理等等各方面都有着进展。因此，我们编写了一章“国外卫星大地测量发展近况”。

由于我们水平有限，书中可能有错误之处，请读者指正。

编译者1974.3

# 目 录

符号说明	1
第一章 引言	10
第二章 近地卫星理论简述	13
§ 2-1 正常轨道	13
2-1-1 正常轨道概述	13
2-1-2 椭圆轨道的几何学	18
2-1-3 坐标变换(正解法)	24
2-1-4 坐标变换(逆解法)	33
2-1-5 引力常数	34
§ 2-2 摄动的中间轨道	36
2-2-1 轨道要素的摄动	37
2-2-2 地球的引力位函数	41
2-2-3 地球的摄动	54
2-2-4 大气阻力引起的摄动	73
2-2-5 日月摄动	80
2-2-6 其它摄动和共振关系	83
§ 2-3 受摄动的经验轨道	85
§ 2-4 参考文献	87
§ 2-5 附注	93
第三章 人造卫星的观测	127
§ 3-1 目视方法	127
3-1-1 斯密松天体物理天文台的 月亮监视规划	128

3-1-2	苏联的目视跟踪 .....	130
3-1-3	用专门经纬仪进行目视跟踪 .....	131
§ 3-2	摄影方法 .....	137
3-2-1	固定的摄影机 .....	138
3-2-2	移动的摄影机 .....	148
§ 3-3	光电方法 .....	156
§ 3-4	电子方法 .....	157
3-4-1	干涉量度法 .....	158
3-4-2	多普勒效应 .....	165
3-4-3	测距 .....	170
3-4-4	综合方法 .....	173
§ 3-5	记时 .....	174
§ 3-6	参考文献 .....	178
§ 3-7	附注 .....	182
<b>第四章</b>	<b>观测成果的化算 .....</b>	<b>190</b>
§ 4-1	目视观测成果的化算 .....	190
4-1-1	大气折射的影响 .....	191
4-1-2	光行差影响 .....	195
§ 4-2	摄影观测成果的化算 .....	196
4-2-1	人造卫星方向的确定 .....	196
4-2-2	月亮方向的确定 .....	204
§ 4-3	电子观测成果的化算 .....	205
§ 4-4	参考文献 .....	207
§ 4-5	附注 .....	208
<b>第五章</b>	<b>人造卫星在大地测量上的应用 .....</b>	<b>224</b>
§ 5-1	几何的应用 .....	225
5-1-1	天文、大地和地心坐标 .....	225

5-1-2	轨道为已知时, 确定观测者的 地心坐标	234
5-1-3	假定数据的误差对于预报卫星地面 站位置的影响(观测方程)	241
5-1-4	只知轨道的近似值, 确定观测者的 地心坐标(决定假设数据误差的 或然率)	250
5-1-5	轨道为未知, 确定观测者的 地心坐标(恒星三角测量)	254
§ 5-2	动力的应用	256
5-2-1	重力位函数	256
5-2-2	地球扁球位面的扁率	258
5-2-3	地球扁球位面上的正常重力	261
5-2-4	重力异常	265
5-2-5	大地水准面起伏	267
5-2-6	赤道的扁率	269
5-2-7	带球谐函数系数的确定	272
5-2-8	扁球谐函数系数和田球谐函数的 系数的确定	277
§ 5-3	参考文献	278
§ 5-4	附注	282
<b>第六章</b>	<b>国外卫星大地测量发展近况</b>	<b>299</b>
§ 6-1	国际卫星大地网及卫星大地测量结果	299
§ 6-2	光学摄影机	304
§ 6-3	激光测距	304
§ 6-4	大地测量卫星	308

# 符号说明

上标

' 对时间  $t$  的一次导数

" 对时间  $t$  的二次导数

\* 地面站的

c 地心

下标

o 起始历元, 起始点

d 摄动体

符号

$a$  轨道的长半轴

一周的分数部分 (3-4-1目)

$a_e$  旋转椭球的赤道半径

$a_{e_1}, a_{e_2}$  三轴椭球的长和短赤道半轴

$a_{nm}, b_{nm}$  引力位展开的系数

$\bar{a}_{nm}, \bar{b}_{nm}$  重力异常展开的系数

$\bar{\bar{a}}_{nm}, \bar{\bar{b}}_{nm}$  大地水准面起伏展开的系数

$\bar{a}$  高度、地平纬度

$\Delta\bar{a}_a$   $\bar{a}$ 的光行差改正

$b$  轨道的短半轴

椭球的极半径 (5-2-6目)

$c$  光速

$d$  卫星的直径



$\bar{d}$	一对干涉仪天线间的距离
$e$	轨道的偏心率
$e'$	椭圆的第二偏心率
$f$	真近点角 椭球的极扁率
$f_0$	三轴椭球的赤道扁率
$g_0$	归算到海平面的观测重力
$\Delta g$	重力异常
$h$	$=2A'(2-1-1目)$ $=\sin i(2-2-3目)$ 记号(3-4-2目) 正高
$h_{nm}$	记号(2-2-2目)
$h^\gamma$	春分点的时角
$h_G^\gamma$	春分点的格林尼治时角
$\Delta h$	$=H - h$
$\delta h$	$=H^0 - H$
$i$	轨道对于赤道的倾角
$i_M$	月亮轨道(白道)对于黄道的倾角(2-2-5目)
$k$	引力常数 周期的总数(3-4-1目) 摄影机的焦距(4-2-1目)
$k_t, k_n$	比例因子
$\bar{k}$	记号(5-2-2目)
$l, g, h$	德洛纳变量
$l$	卫星的长度(2-2-4目)

$m$	勒让德尔或球谐函数系数的次数 卫星的质量 记号(3-4-2目)
$m^*$	北-南方向的余弦
$n$	勒让德尔或球谐函数系数的阶数 折射率(4-1-1目) 定标星数(4-2-1目)
$n_0$	地球表面的折射率(4-1-1目)
$n^*$	东-西方向的余弦
$\bar{n}$	平均近点运动
$p$	$= a(1 - e^2)$
$q$	$= \omega_e^2 a_e^3 / k^2 M$
$\bar{q}$	$= q(1 - f)$
$q_{nm}$	正常化因子
$r$	卫星的距离
$r_0$	卫星的最小距离
$r_d$	第三摄动体的距离
$r_\pi$	卫星的近地点距离
$r_{nm}$	完全正常化因子
$\bar{r}$	记号(2-1-2目)
$s$	距离(2-2-2目) $= RT_0 / \bar{R}$ (4-1-1目)
$s'$	卫星的线速度
$(s^*)'$	卫星对于观测者的相对线速度
$s'_\pi$	卫星在近地点的线速度
$t$	时间, 时刻 记号(2-2-2目)

$t_0$	$=h_0^\gamma - \alpha$
$t_0^*$	$=h_0^\gamma - \alpha^*$
$\Delta t$	$=t - T_0$
$\Delta t_L$	卫星从 $T_0$ 起的寿命
$u, v, w$	直角大地坐标
$\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$	直角地心惯性坐标
$u_0^c, v_0^c, w_0^c$	参考椭球中心的地心坐标
$v$	$=(s^*)'(3-4-2目)$
$\bar{v}$	$=\omega + f$
$x$	$=e/2(2-2-3目)$
$x, y$	平面直角坐标
	记号(3-4-2目)
	底片坐标(4-2-1目)
$y$	朝上的方向(2-2-4目)
$z$	天顶距
	$\alpha_0 e_0 / H(2-2-4目)$
$\Delta z$	折射角
$\Delta z^m$	平均折射角
$\Delta z_{..}$	天文折射角
$\Delta z_{..}^m$	平均天文折射角
$A$	卫星的横截面面积
$A'$	面积速度
$\bar{A}$	方位角
$A_{nm}, B_{nm}$	引力位展开的系数
$\bar{A}_{nm}, \bar{B}_{nm}$	引力位展开的正常化的系数
$\bar{\bar{A}}_{nm}, \bar{\bar{B}}_{nm}$	引力位展开的完全正常化的系数
$A, B, C, D, E, F$	地球的转动惯量

	底片常数(4-2-1目)
	记号(5-1-3目)
	方向余弦(2-2-5目)
$AT, A_1$	原子时
$\Delta \bar{A}_a$	$\bar{A}$ 的光行差改正
$C$	星位角
$C_B, C_T$	气压和气温的折射系数
$C_D$	阻力系数
$C_{nm}, S_{nm}$	引力位展开的系数
$E$	偏近点角
$ET$	历书时
$F$	$= (S'/s')^2$ (2-2-4目)
	接收频率
$F_0$	发射频率
$F_{nmp}$	记号(2-2-3目)
$F'_{nmp}$	$= dF_{nmp}/di$
$\Delta F$	接收和发射频率之差
$G_{npq}$	记号(2-2-3目)
$G'_{npq}$	$dG_{npq}/de$
$H$	高出于参考椭球的高程
	标度高(2-2-4目)
$H^c$	高出于地心参考椭球的高程
$J_{nm}, K_{nm}$	引力位展开的系数
$K$	$= k^2 M_c / r_c^3$ (2-2-5目)
$L$	太阳的经度(2-2-5目)
$L_M$	月亮的经度(2-2-5目)
$L, G, H$	德洛纳变量

$M$	地球的质量
	子午面的曲率半径(5-2-2目)
$\bar{M}$	平近点角
$N$	卯酉圈平面的曲率半径
	大地水准面起伏
$P$	轨道周期
$P_{nm}(\mu)$	$n$ 阶和 $m$ 次勒让德尔函数
$R$	摄动函数
	绝对气体常数(§4-1)
$R^t$	地面摄动函数
$R_{nm}^t$	地面摄动的体球谐函数
$\bar{R}$	地球的平均半径
$S, T, N$	摄动力分量
$S'$	空气速度
$S_{nm pq}$	记号(2-2-3目)
$S'_{nm pq}$	$S_{nm pq}$ 对于自变量的导数
$\bar{S}_{nm pq}$	$S_{nm pq}$ 的积分
$\bar{S}'_{nm pq}$	$S'_{nm pq}$ 的积分
$T$	过近地点的历元
	吸引力(2-1-1目)
	空气阻力(2-2-4目)
	记号(4-2-1目)
	$=W - U$ , 扰动位(§5-2)
$T_0$	起始历元
	$=273.16K^0$ (4-1-1目)
$U$	扁球位函数
$UT$	世界时

$V$	引力位函数
$V'$	离心力的位函数
$W$	$=V+V'$ , 大地位函数
$X, Y, Z$	地心直角天球坐标
$X, Y$	坐标仪的读数(4-2-1目)
$Y_n(\mu, \lambda')$	$n$ 阶面球谐函数
$\alpha$	赤经
$\alpha_x$	近地点赤经
$\bar{\alpha}$	天文方位角
$\Delta\alpha_a$	$\alpha$ 的光行差改正
$\Delta\alpha_r$	$\alpha$ 的折射改正
$\beta$	$=90-\varphi'$ 余纬度 记号(2-1-2目) $=\beta_1+\beta_2$ (5-2-3目)
$\beta_1, \beta_2$	系数(5-2-3目)
$\gamma$	正常重力
$\gamma_e$	赤道正常重力
$\delta$	赤纬
$\Delta\delta_a$	$\delta$ 的光行差改正
$\Delta\delta_r$	$\delta$ 的折射改正
$\epsilon$	比例尺误差 黄赤交角(2-2-5目) $=\beta_2/4$ (5-2-3目)
$\theta$	地方恒星时 角极坐标 相位差(3-4-1目) 对于相对速度的方向(4-1-2目)



$\Delta A$	$= A - \lambda$
$\Sigma$	微分折射角 (第四章)
$\Phi$	平均天文纬度 (观测值减 $\delta\Phi^t$ )
	卫星运行的方向 (2-1-1目)
$\delta\Phi$	$= \varphi - \varphi^c$
$\delta\Phi^t$	$\Phi$ 的地形-地壳均衡改正
$\Delta\Phi$	$= \Phi - \varphi$
$\Omega$	升交点的赤经



# 第一章 引言

本书讨论人造卫星和月亮（天然的卫星）在大地测量上的应用。卫星观测的总的目的可分为两大类：科学的与业务的。科学的目的又可分为两种：动力学的和几何学的。

卫星跟踪的动力学目的可说明如下：把卫星的位置与运动，作为时间的函数来观测，观测的精度应能满足于研究卫星运动的理论，以便于预报卫星将来的位置，预报的精度最低应与将来被观测到的精度相同。为了预报卫星在某一瞬间的精确位置，需要关于运动的广泛的数学理论，某些物理参数（例如空气密度、引力常数等）的准确知识以及观测者的精确的大地位置。由于已知的物理参数通常不够精确，因此即使运动理论是相当丰富而观测者的位置也精确知道，但是卫星的观测位置仍然与预报位置有差异。从这些差异可以进一步求得物理参数的改进值。在天体力学——古典力学的一个分支——这门学科内，几个世纪以来，在运动理论方面有了很大的进展。许多数学家专门研究了这个问题，但是主要是涉及行星运动。人造卫星的情况与一般行星不同之处主要有两点：卫星的轨道比任何其他行星的轨道更加靠近吸引着它的天体；同时，如果这个天体是地球，那末卫星至少有一部分是在大气中运行。但是天然的卫星实际上是在真空中运行。第一个事实说明人造卫星的运动对于吸引体的引力场的不对称更为敏感，因此它可以用来推求确定引力场的那些引