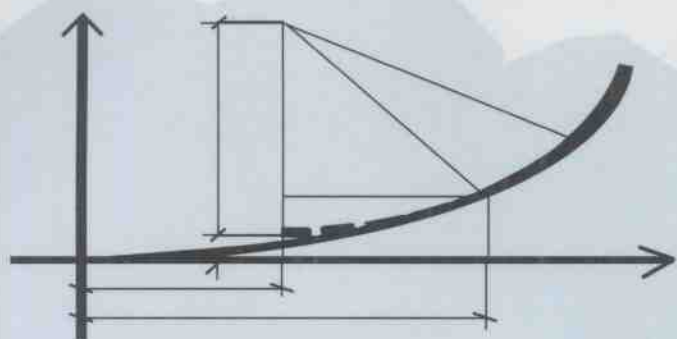


房地产测绘

陈如光 编著



大连出版社

房 地 产 测 绘

陈如光 编著

大 连 出 版 社

测绘学概论

张绪蒲 刘淑彬

房 地 产 测 绘

大连出版社出版发行

(大连市西岗区长白街12号 邮政编码 116011)

东北财经大学印刷厂印刷

开本:787×1092毫米 1/16 字数:270千字 印张:12.125

印数:1-2 000册

2001年4月第1版 2001年4月第1次印刷

责任编辑:张绪蒲 封面设计:陈如光 责任校对:刘淑彬

定价:28.00元

ISBN 7-80612-816-6/TU·6

内 容 简 介

房地产测量包括:平面控制测量、房地产调查、界址点测量、房产要素测量、房地产图测绘、房产平面测算、房地产变更测量、成果资料的检验与验收以及房地产管理需要的其他测绘。

房地产测量内容横跨多个学科,涉及范围较广,本书只重点介绍房地产测绘的概况、平面控制测量、房地产调查、房地产图测绘、面积测算、房地产变更测量、成果资料的检查、上交和验收以及 GB/T17986《房产测量规范》的有关部分。它既可作为房地产测绘人员的培训教材,同时也可供房地产开发人员、房地产管理人员、房地产经营人员、房地产物业管理人员参考。

房地产是人们生产和生活的基本物质要素,这一要素的量的表达必须经过房地产测量。所以,房地产测量是房地产管理工作的重要基础。准确、完整的房地产测绘成果是审查确认产权,保障产权人合法权益,发展房地产业,进行城市建设和管理的依据。由于历史原因,我国房地产科学管理的基础薄弱,计量不准确、不规范,因此,贯彻执行国家标准《房产测量规范》是搞好房地产测量工作的核心和技术保障。为了更好地执行国标《规范》,培养具有较高素质的房地产测量人员撰写了这本教材。由于自己水平有限,书中难免有疏漏和错误之处,恳请读者和有关专家批评指正。

本书在出版过程中得到了贾培伦、张连宏、孙林、隋长虎老师的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

编者:陈如光

2001年2月

目 录

第一章 概 述

- § 1.1 房地产测量的目的和任务 (1)
- § 1.2 测量基准 (3)
- § 1.3 测量误差与精度评定 (13)
- § 1.4 房地产测绘的基本精度要求 (31)
- § 1.5 技术设计 (40)
- § 1.6 技术总结 (42)

第二章 平面控制测量

- § 2.1 国家水平控制网 (46)
- § 2.2 房地产平面控制网的布设 (54)
- § 2.3 房地产控制网的规格和标准 (56)
- § 2.4 水平角观测与经纬仪检验 (63)
- § 2.5 距离测量与光电测距仪的检验 (71)
- § 2.6 导线测量的精度 (76)
- § 2.7 全球定位系统及其应用 (81)
- § 2.8 平面控制网观测成果的记录及计算 (94)

第三章 房地产调查

- § 3.1 概 述 (101)
- § 3.2 房屋用地单元的划分与编号 (101)
- § 3.3 房屋调查 (104)
- § 3.4 房屋用地调查 (110)
- § 3.5 行政境界与地理名称的调查 (112)

第四章 房地产图测绘

- § 4.1 概 述 (114)
- § 4.2 房地产图的内容与要求 (114)
- § 4.3 分幅图的分幅与编号 (115)
- § 4.4 平板仪测量 (116)
- § 4.5 航空摄影测量 (127)
- § 4.6 数字化成图 (136)
- § 4.7 编绘法成图 (142)

第五章 面积测算

- § 5.1 概 述 (144)
- § 5.2 解析法测算面积 (145)

§ 5.3	图解法量算面积	(150)
§ 5.4	面积量算的系统误差	(154)
§ 5.5	量测面积的控制与平差	(155)
§ 5.6	共有共用面积的分摊	(156)
第六章 房地产变更测量		
§ 6.1	概 述	(157)
§ 6.2	房地产变更测量的内容	(157)
§ 6.3	房地产变更测量的方法	(158)
§ 6.4	变更测量的精度要求	(159)
§ 6.5	变更测量中丘号、幢号、界址点号的调整	(159)
§ 6.6	变更后的房地产权产籍资料的处理	(160)
第七章 成果资料的检查、上交和验收		
§ 7.1	检查、验收的办法	(162)
§ 7.2	上交资料项目	(164)
§ 7.3	检查验收项目	(164)
§ 7.4	成果质量评定	(166)
§ 7.5	检查、验收报告	(169)
第八章 国家标准《房产测量规范》有关章节		
§ 8.1	范 围	(170)
§ 8.2	引用标准	(170)
§ 8.3	总 测	(170)
§ 8.4	房产面积测算	(172)
§ 8.5	成套房屋建筑面积的测算	(174)
§ 8.6	共有共用面积的处理和分摊公式	(174)
§ 8.7	共有建筑面积的分摊	(175)
第九章 附 录		
一、法定计量单位		(176)
二、常用计量单位的进位和换算		(180)
三、测绘常用常数		(184)
四、各种常用量距工具的技术规格与参数		(185)
五、希腊字母表		(186)

第一章 概 述

§ 1.1 房地产测量的目的和任务

房屋是人民从事生产、工作、生活和各种活动的场所，是国家经济建设和国防建设的基本物质条件，是国家和社会巨大物质财富中极为重要的一部分，也是反映一个国家经济状况的一个重要标志；房屋和土地又息息相关，不可分割，所以房屋及房屋的用地状况等有关数据和资料，是制订国民经济计划和社会发展计划必不可少的基础资料。房地产测量的任务是采用测绘技术的方法和手段，获取国家和有关部门所需要的房屋及其用地的有关信息和资料，为国民经济建设、国防建设、城镇规划、城镇建设、城镇工交事业、房地产开发、房屋拆迁、房地产交易、征收税费，为住房制度改革等工作，提供可靠的数据和资料。

一、房地产测量的目的

房地产测量是测定和调查房屋及其用地的权属、位置、数量、质量，以及利用状况的测量，其主要目的是为城镇房地产管理和房地产开发提供所需的成果资料，同时也为其它部门提供有关成果和信息。

二、房地产测量的作用

房地产测量主要是为房地产管理特别是产权产籍管理与房地产开发提供必要的依据、图表和资料，但同样也可以为城镇管理、城镇规划建设等方面提供有关数据和信息。归纳起来，房地产测绘成果资料主要有以下三个方面的作用。

1、法律方面的作用

房地产测量为房地产的产权产籍管理和房地产开发提供房屋和房屋用地的权属界线、权属界址点成果、房地产面积，以及有关权属、权源、产权纠纷等数据和图表等资料。这些房地产测绘成果资料，经过房地产管理机关确认以后，就具有法律效力，以房地产测绘资料是房地产管理的基础资料，也是处理产权转移和产权纠纷的依据。

2、财政经济方面的作用

房地产测量成果包括房地产的数量、质量、利用现状等资料，是进行房地产估价，征收房地产税收费用，进行房、地产保险服务的主要依据。

3、社会服务方面的作用

房地产测绘成果资料，不仅为房地产管理部门和房地产开发部门提供可靠的资料，还可以广泛的提供社会服务，例如为城镇规划、建设、市政工程、公共事业、环保、绿化、社会治安、文教卫生、水利、交通、财政、保险、工商管理、旅游、娱乐、街道照

明、通讯、下水道工程、煤气供应等城镇事业提供基础资料和有关信息。

三、房地产测绘的特点

房地产测绘是测定和调查房屋及其用地的权属、位置、质量、数量和利用现状等基本状况，并以图、簿、册进行描述表示的一门测绘技术工作，是使用测绘技术手段，提供房地产管理部门所需的基本信息。它和普通的地形测量和工作测量有很大的区别，其主要特点有：

1、测绘内容上的差别

地形测量测绘的主要对象是地貌和地物，房地产测绘的主要对象是房屋和房屋用地的位置、权属、质量、数量、用途等状况，以及与房地产权属有关的地形要素；房地产测量对房屋及其用地要测定它的位置（定位），调查其权属（定性），测定它们的范围和界线（定界），还要测定它们的面积（定量），调查它们的质量和值，而地形测量没有如此广泛的任务。房地产图一般不表示高程，而地形测量的地形图还要以等高线表示地貌。

2、测图比例尺的差别

房地产测绘一般在城镇建成区内进行，由于表示内容较多，有关权属界线等房地产要素，都必需准确清晰的表示，所以房地产分幅图的比例尺都比较大，一般为 1:500 或 1:1000，房地产分丘图和分户图的比例尺则更大，表示的内容更细。

3、成果产品上的差别

地形测量的主要产品是不同比例尺的分幅地形图，而房地产测绘的产品不仅有房地产图，还有产权产籍方面的调查表，界址点成果表和面积测算表，而房地产图，不仅有分幅图，还有分丘图和分户图，所以房地产测绘最后完成的成果产品，不论从数量上或从产品的规格上，都比地形测量多。

由于房地产产图上的房地产要素变更比较频繁，所以房地产图大多采用单色，一般不大量印刷，而地形图都采用多色（彩色），大量印刷出版。

4、精度上的差别

用户需要某一地形要素成果，一般都是从地形图上量取，从地形图上量取地物的精度，其点位中误差在 $\pm 0.5 \sim 0.6\text{mm}$ 以内，而房地产测量所需的要素，例如界址点的坐标，面积量算结果等的精度都要求比较高，从图上去量取其结果，满足不了用户的需要。

5、房地产测绘需要及时修测

基本地形图的复测周期一般为 5—10 年，城市大比例尺地形图也是经过相当长的时间以后统一进行修测，由于城市房屋建设的不断扩大与改建，房地产测绘对扩大的测区要进行补测，对房屋和用地特别是权属变化时则应及时进行修测，以保持房地产测绘成果的现势性，使房地产成果与实际情况保持一致，所以房地产测绘成果要及时进行修测，而地形图是定期修测。

6、成果效力上的差别

房地产测绘成果一经房地产主管机关确认以后，即具有法律效力，是产权变更和产

权纠纷处理的依据，而地形测量成果无此作用。

§ 1.2 测量基准

一、大地水准面与参考椭球体

水处于静止的表面称为水准面，水准面上各点的重力方向与水准面成正交，即同一水准面上各点的重力位相等，故水准面又称重力等位面。在野外测量作业中，所有测量仪器都以水准气泡为基准进行仪器整置，即以水准面作为测量的基准面，无穷多的测站就形成了无穷多个水准面，而在进行统一的数据处理时，需要将所有各个水准面上的成果投影归算到一个统一的水准面，再归算到另一数学表面上进行计算处理，故设想当海洋处于静止平衡状态时（没有波浪、潮汐、水流、大气压变化等扰动），将它伸延到大陆内部及至全地球，形成一个连续封闭的球形水准面，这个水准面非常接近于地球自然表面，我们把这个水准面叫做大地水准面，由大地水准面包围的整个球形体叫做大地体，并以大地体来表示地球的形状和大小。

由于地球表面起伏不平和地球内部物质分布不均匀，所以大地水准面的形状是不规则的，它不能用一个简单的几何形状或用一个数学公式来表达。在历史上各个国家或某个地区，都是选择某一个平均海水面来代替大地水准面，如图 1-1 所示。

例如我国过去采用的黄海平均海水面高程基准，就是以青岛验潮站获得的 1950-1956 年间的平均海水面作为高程基准面。1987 年经国务院批准公布的 1985 国家高程基准，则是采用青岛验潮站 1952 年至 1979 年验潮资料计算确定的。新老两个国家高程基准的关系如图 1-2 所示。

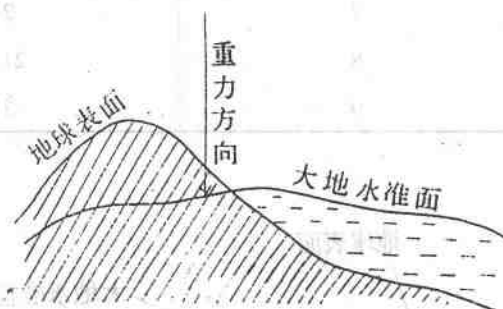


图 1-1 大地水准面



图 1-2 新老高程基准比较

1985 国家高程基准面高出原 1956 黄海平均海水面 0.029 米。

平均海水面不是一个等位面，全世界各海域的平均水面不是一个水准面，相对于某一等位面而言，是起伏不平的，在海洋学中称之为海面地形。我国沿海各处的平均海水面也是起伏不平的，以青岛验潮站的平均海水面为 0，可求得我国沿海各处的平均海水面的高程如表 1-1 所载。

由此可见，我国海域的平均海水面，不是一个水准面，而是由南向北倾斜，海水面高度最大相差达 0.6 米左右。所以测量工作者发现，在福建、广东海岸，高程为正的地方，也常为海水所淹没。

表 1-1 由精密水准测量测得各验潮站的平均海水面的高度表

验潮站号	纬度 (°)	高度 (cm)
1	39	-10
2	41	0
3	40	-1
4	37.5	+2
5	36	0
6	27	+30
7	24	+41
8	21.5	+57
9	21	+45

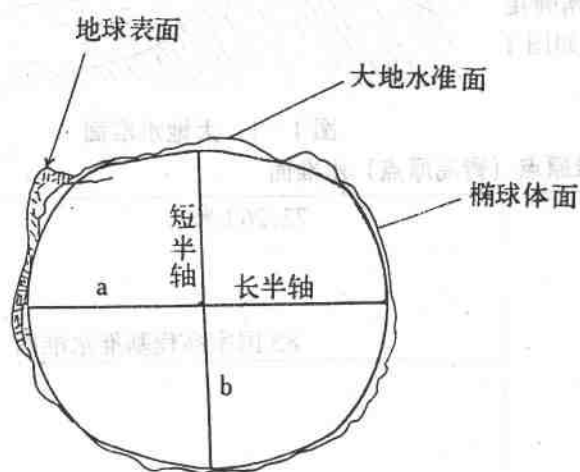


图 1-3 地球表面，大地水准面，椭球体面

仅仅解决了椭球的大小问题，要把测绘成果投影到椭球面上，还必须确定椭球的定位和

由于地壳层的物质分布不均匀，而引起大地体表面存在着不规则的起伏，但地壳的质量仅占地球总质量的 1/65，所以从整体上看，大地体相当接近于一个规则的，具有微小扁率的旋转椭球体（见图 1-3）

旋转椭球是一个规则的数学椭球，可用两个参数确定，这两个参数通常为长半径 a 和扁率 α 。100 多年来，世界各国均采用某一旋转椭球来代表地球，称其为地球椭球。

选定某一个地球椭球以后，

定向问题,即对椭球的形状、大小、位置、方向都确定以后的地球椭球,叫做参考椭球。参考椭球面是我们处理测量成果数据的基准面,世界各国都有各自的国家参考椭球;参考椭球的定位和定向,一般是依据某一地区的大地测量资料实现的,椭球定位定向以后,即得到大地原点的经度、纬度和高程,还有大地原点至邻近某点的天文方位角,以此为基础,再根据各点的观测成果,归算至参考椭球体面以后,可以计算出各点的大地坐标,所以大地原点也称为大地起算点,或者叫大地基准点。我国新建立的国家大地原点座落于陕西省泾阳县永乐镇,为我国国家坐标系的起算点。

在选择一定形状和大小的地球参考椭球,经过定位和定向,再确定大地原点的大地起算数据,这就建立了某一参考坐标系。

二、坐标系统

全国解放以后,由于经济建设和国防建设的需要,必须尽快地建立起我国自己的坐标系统。50年代初,在我国天文大地网建立初期,鉴于当时的历史条件,我国采用前苏联的克拉索夫斯基椭球元素,并与前苏联1942年坐标系进行了联测,通过计算建立了我国的大地坐标系,定名为1954年北京坐标系。1954年北京坐标系和前苏联1942年坐标系有一定的关系,但并不是1942年的苏联坐标系。

30多年来,我国按照1954年北京坐标系完成了大量的测绘工作,完成了基本上复盖全国的天文大地网,通过高斯-克吕格投影,得到了各点的平面坐标,出版了中华人民共和国三角点成果表,测制了大量的各种比例尺系列的地形图,这一坐标系在国家经济建设和国防建设中发挥了巨大的作用,在今后一定时期内一些部门一些单位可能仍将继续使用。

1978年国家决定进行全国天文大地网的整体平差,并决定建立我国新的坐标系,这个坐标系命名为1980年国家大地坐标系。

1980年国家大地坐标系的大地原点设在我国中部的陕西省泾阳县永乐镇,位于西安市西北约60km处,简称西安原点。

1980年国家大地坐标系建立以后,进行了全国天文大地网平差,参加平差的包括全国一、二等三角点,导线点和部分三等三角点共计约5万个大地点。

在建立1980年国家坐标系统和进行全国天文大地网平差以后,通过坐标转换,得出新的1954年坐标系坐标;在从1980年坐标系至新的1954年坐标系的转换中,只顾及椭球元素的变化和大地原点的差异,未考虑定向的不同。

在以上三个坐标系统中,新旧1954年坐标系均采用克拉索夫斯基参考椭球体,其长半轴

$$a = 6378245 \text{ 米} \quad \text{扁率 } \alpha = 1:298.3$$

1980年国家大地坐标系的地球椭球采用1975年国际大地测量与地球物理联合会第十六届大会的推荐值,

$$\text{地球椭球长半径 } a = 6378140 \text{ 米}$$

$$\text{地心引力常数 (含大气层) } fM = 3986005 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{S}^2$$

地球重力场二阶带球谐系数 $J_2 = 108263 \times 10^{-8}$

地球自转角速度 $\omega = 7292115 \times 10^{-11} \text{ rad/S}$

世界各国采用的参考椭球情况见表 1-2.

表 1-2 世界各国采用的参考椭球

国家	年代	椭球名称	长半轴 a (米)	短半轴 b (米)	扁率 α
法国	1800	德兰布尔	6375 653	6356 564	1:334.0
德国	1841	白塞尔	6377 397	6356 079	1:299.2
英国	1880	克拉克	6378 249	6356 515	1:293.5
美国	1909	海福特	6378 388	6356 912	1:297.0
前苏联	1940	克拉索夫斯基	6378 245	6356 863	1:298.3
国际	1975	国际大地测量协会	6378 140	6356 755.3	1:298.257
国际	1979	国际大地测量协会	6378 137	6356 752.3	1:298.257

三、高斯投影

参考椭球面是一个不能展平的曲面,若将椭球面展成平面,就一定会产生裂隙和变形,因此要把椭球面上的点、线、图形表示成平面上的点、线、图形,就只能按照一定的数学关系进行变换,这就是地图投影,被投影到平面上的图形对应于原来椭球面上的图形会产生方向、长度与面积方面的变形,根据不同的目的和用途,可以采用不同的投影方法,使变形不影响实际使用。

地图投影可分为等角投影,等面积投影和任意投影三种。等角投影也叫正形投影或相似投影,鉴于该投影在无穷小范围内可使地图上的图形同椭球面上的原形状保持相似,因而得到了广泛的采用。

根据中华人民共和国大地测量法式的规定,我国的大地测量和地形测量都采用高斯-克吕格正形投影,简称高斯投影。

高斯投影是用一个椭圆柱面横套在椭球面外面,并与椭球面某一子午线相切,这条相切的子午线叫做中央子午线或叫轴子午线,椭圆柱体的中心轴线通过椭球体中心,投影后中央子午线投影成一直线,投影前后其长度不变,赤道投影以后也是一条直线,但投影前后其长度产生了变化,投影前后,中央子午线与赤道都成了直线,并仍互相垂直,其交点为高斯平面坐标系的原点,中央子午线投影为纵轴,赤道投影为横轴,这就构成了高斯-克吕格平面直角坐标系,如图 1-4 所示。

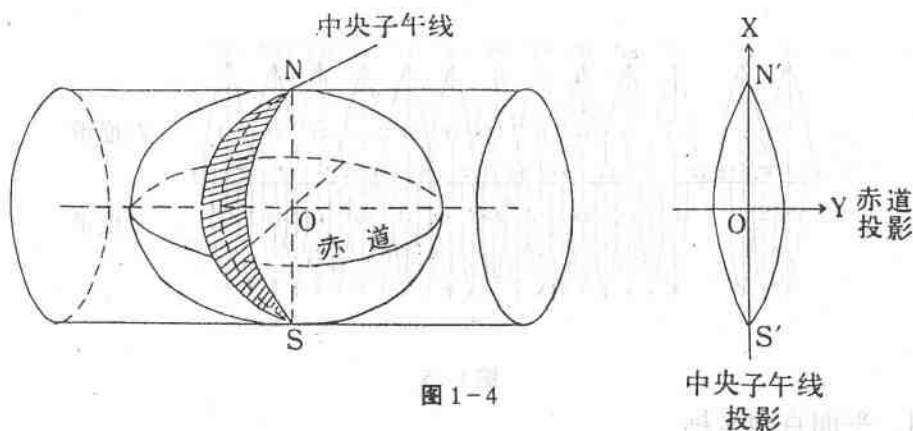


图 1-4

高斯投影有如下特征：

中央子午线投影后是一条直线，其长度不变。

赤道投影后是一条直线，仍垂直于中央子午线投影后的直线，但长度产生变化。

椭球面上的角度，投影后保持不变。

椭球面上中央子午线两侧的子午线，投影后均对称地弯向中央子午线，并向两极收敛。

椭球面上的纬线，投影后与子午线投影后的直线垂直。

高斯投影中，离中央子午线愈远，变形愈大，为了保证成图精坟墓，必需限制中央子午线两侧的投影范围，以控制投影后的长度变形，这就产生了高斯投影的分带问题，这种带形的投影区，叫做投影带，投影带的两侧的子午线叫做分带子午线，分带范围的大小，取决于测图比例尺允许的长度变形的大小。国际上统一采用 6° 带分幅和 3° 带分幅，一般情况下，当测图比例尺小于 1:1 万时，采用 6° 带分幅，1:1 万和大于 1:1 万测图时采用 3° 带分幅，当高斯投影变形超过规定限差时，也可采用任意带投影。

高斯六度带投影，自 0 子午线起，每隔经差 6° 自西向东分带，并顺次编号，设六度带影带号为 n ，中央子午线的经度为 L_0 ，则：

$$L_0^0 = 6^\circ \cdot n - 3^\circ$$

六度带的带号为 $n = \frac{1}{6}(L_0 + 3)$ 。其分带情况如图 1-5 所示

三度带是在六度带的基础上分带的，它的中央子午线分成二部分，一部分同六度带的中央子午线重合，另一部分和六度带的分带子午线重合，自 1.5° 子午线起每隔 3° 自西向东分带，并顺次编号，设三度带的带号为 n' ，中央子午线的经度为 L_0' ，则：

$$L_0' = 3n'$$

$$\text{三度带的带号: } n' = \frac{1}{3}L_0'$$

任意带投影一般以测区中央的经度作为中央子午线进行投影，这样可使整个测区在

高斯投影以后，其变形为最小。

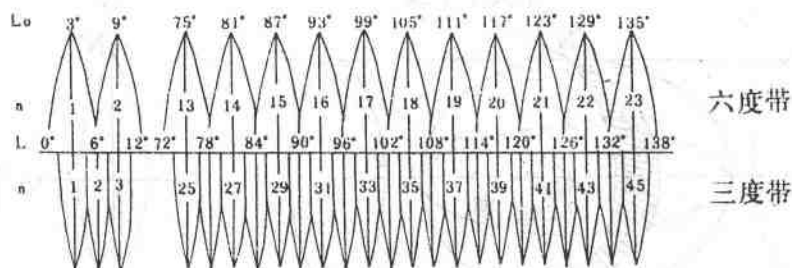


图 1-5

四、平面直角坐标

用高斯投影的方法，选择一定的中央子午线，把地球表面投影到平面上去，在投影中，中央子午线和赤道的投影是互相正交的两条直线，以中央子午线的投影作为坐标纵轴，赤道投影作为坐标横轴，它们的交点作为坐标原点，这就建立起高斯平面直角坐标系。

在高斯平面直角坐标系中，一般规定，纵坐标在赤道以北为正值，在赤道以南为负值；横坐标在中央子午线以东为正值，在中央子午线以西为负值；为了使用方便，也可将全部坐标，横坐标和纵坐标，各加一常数，使测区内的坐标全为正值。

五、用水平面代替水准面的影响

在进行大面积测量时，我们先要将地表面上的观测结果化算成测站水准面上的结果，然后将它归算至大地水准面上，再归算至参考椭球面上，或者直接归算至参考椭球体面上，再把参考椭球体面上的成果投影到高斯平面上，其工作流程如图 1-6 所示。

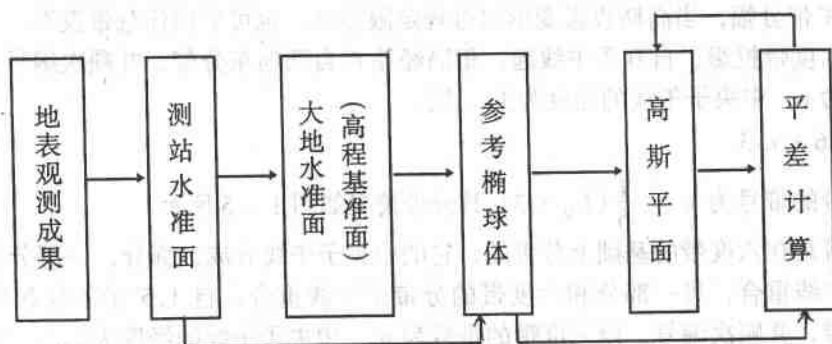


图 1-6 投影工作流程框图

当测区范围较小时，可以把水准面当作平面对待，此时将地球表面测得的数据，不进行投影归算与改正，直接在平面上进行计算，这样就把计算工作大大简化了，这样处

理对最后结果的影响如何，现分述如下：

1、水准面曲率对水平距离的影响

如图 1-7 所示：A 点为测站，B' 点为观测照准点的目标。AB 为平距， $\hat{AB}_0$ 为测站水准面上的距离。

由图 1-7 可见

$$S = AB - \hat{AB}_0$$

$$\hat{AB}_0 = R\varphi, AB = R \cdot \operatorname{tg}\varphi$$

由于 φ 角很小，可以级数展开：

$$\operatorname{tg}\varphi = \varphi + \frac{1}{3}\varphi^3 + \frac{2}{15}\varphi^5 + \dots$$

$$\text{取主项} \quad \operatorname{tg}\varphi = \varphi + \frac{1}{3}\varphi^3$$

$$AB = R\varphi + \frac{R}{3}\varphi^3$$

$$\Delta S = AB - \hat{AB}_0 = R\varphi + \frac{R}{3}\varphi^3 - R\varphi = \frac{R}{3}\varphi^3$$

$$\varphi = AB/R = S/R$$

$$\Delta S = \frac{R}{3}\left(\frac{S}{R}\right)^3 = \frac{S^3}{3R^2}$$

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{S^2}{3R^3}$$

$$R \approx 6371\text{km}$$

$$\text{当 } S = 25\text{km} \text{ 时, } \frac{\Delta S}{S} = 1 : 194830, \Delta S = 0.128 \text{ 米}$$

$$\text{当 } S = 12.5\text{km} \text{ 时, } \frac{\Delta S}{S} = 1 : 779321, \Delta S = 0.016 \text{ 米}$$

所以在半径为 12.5km 的测区范围内工作时，对整个测区都可以当成平面看待，而不会影响测量成果及成图的质量。

当在半径为 25km 的测区范围内工作时，以整个测区当成平面对待，对整个测区带来的误差在 0.128 米以内，对 1:1000 成图而言，约影响图上 0.13mm，也不甚显著，而且对整个测区内部的相关位置，影响更小。

2、水准面曲率对水平角的影响

球面三角形三角之和不等于 180° ，而等于 $180^\circ + \epsilon$ ，式中 $\epsilon = \frac{P}{R^2\rho''}$

ϵ 为球面角超，P 为三角形的面积，R 为地球的曲率半径。

当解算球面三角形时，应由每个球面角中减去球面角超的三分之一，而得出平面归化角，然后以平面归化角使用平面三角学中的正弦公式解算平面三角形，这样使用平面

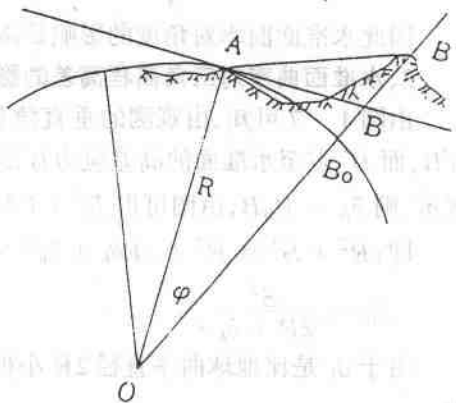


图 1-7 水准面曲率对水平距离的影响

$$-\epsilon/3, \quad \epsilon = \frac{P}{R^2} \rho''_0$$

当 $P = 25 \text{ km}^2$ 时, $\frac{\varepsilon}{3} = 0.12''/3 = 0.04''$

当 $P = 50 \text{ km}^2$ 时, $\frac{\varepsilon}{3} = 0.25''/3 = 0.08''$

3、水准面曲率对三角高程高差的影响

由图 1-7 可知,由观测的垂直角和边长在平面上利用平面三角公式算得的高差为 $B'B$,而 B' 点至水准面的高差应为 $B'B_0$,中间相差 BB_0 ,这就是常称的地球弯曲差,以 δ_h 表示,则 $\delta_h = B_0B$,由图可得 $R^2 + (AB)^2 = (R + \delta_h)^2$

$$\text{即: } R^2 + S^2 = R^2 + 2R\delta_h + \delta_h^2$$

$$\therefore \delta_h = \frac{S^2}{2R + \delta_h}$$

由于 δ_h 是比地球曲率直径 $2R$ 小得多的量, 约为百万分之几, 因此上式可以近似表示为

$$\delta_h = \frac{S^2}{2R} \quad (1-1)$$

当 $S = 12.5 \text{ km}$ 时, $\delta_h = 12.26 \text{ 米}$

当 $S = 500m$ 时, $\delta_h = 0.02$ 米

因此水准面曲率(地球弯曲)对三角高程高差的影响是很大的,即使边长很短,一般仍应考虑进行改正。

4、边长投影改正

由地面测站测得的边长，加入倾斜改正以后，得出的初步长度，是测站水准面上的长度，各测站由于高程不同，故水准面也不相同，因此整个测区的观测边长，只有归化到同一个水准面上或某一椭球体面上以后，才能进行统一的数据处理；对大规模的大地网，一般归化至参考椭球体面上，或高斯平面上进行统一平差处理；城市测量一般归化至某一基准面，然后进行处理，这就产生了边长距离的投影改正问题，设基准面为某一水准面，如图1-8所示。

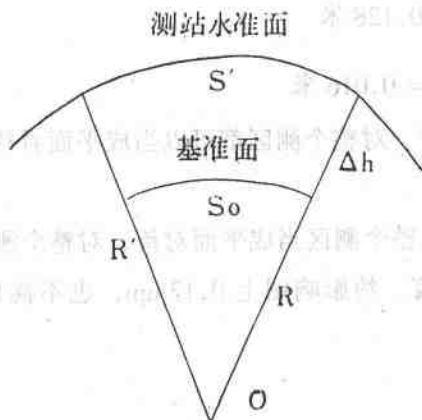


图 1-8 边长投影改正

设 S' 为测站水准面上的边长;

S_0 投影至基准面上的边长;

Δh 为测站至基准面的高程;

R 为基准面的平均曲率半径。

$$\frac{S_0}{S'} = \frac{R}{R + \Delta h} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta h}{R}}$$

由于 Δh 相对于 R 是一个小的量,故上式可写为

$$\left. \begin{aligned} S_0 &= S' \left(1 - \frac{\Delta h}{R}\right) \\ \Delta S &= S_0 - S' = -\frac{\Delta h}{R} S' \end{aligned} \right\} \dots\dots(1-2)$$

Δh 一般取测站点和照准点至基准面的平均高程。

当基准面是某一参考椭球体面时, Δh 应包括大地水准面到参考椭球体面的高度。

5. 归算至高斯平面的改正

(a) 距离归算改正

由椭球体上,或由大地水准面上,或某基准面上的边长距离,归算至高斯平面,其长度将会变长,应加一改正数 ΔS :

$$\Delta S = S \left(\frac{y^2 m}{2R^2} + \frac{\Delta y^2}{24R^2 m} + \frac{y^4 m}{24R^4 m} + \dots\dots \right) \dots\dots(1-3)$$

$$\Delta S = S_{\text{平}} - S_{\text{球}} \quad S_{\text{平}} = S_{\text{球}} + \Delta S$$

对于二等水平控制网的边长取至第二项;

对于三等水平控制网的边长取至第一项,即

$$\left. \begin{aligned} \Delta S &= S \frac{y^2 m}{2R^2 m} \\ \frac{\Delta S}{S} &= \frac{y^2 m}{2R^2 m} \end{aligned} \right\} \dots\dots(1-4)$$

由于房地产分幅图的最大比例为尺 1 : 500,其变形要求小于 0.025 米 /1km,即:

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{y^2 m}{2R^2 m} \leq 0.025 \text{ 米 /1km} = 1/4 \text{ 万}$$

$$\therefore |y_m| \leq \sqrt{2R^2 m / 4 \text{ 万}} = \pm 45 \text{ km}$$

即要求投影变形不大于 0.025 米 /1km,对测区范围内各点的横坐标不能超过 $\pm 45 \text{ km}$ 。

但是边长由测站水准而投影到参考椭球体面上或某一基准时,这一高程投影是使边长变短,而边长从参考椭球体面上再投影到高斯平面上时,又使边长变长,因此这两次投影改正可以互相补偿或抵消一部分,以三等或三等以下的边长为例,它们的联合影响为:

$$\left. \begin{aligned} \Delta S &= S \frac{y^2 m}{2R^2 m} - S \frac{H}{R_m} \\ \text{即 } \frac{\Delta S}{S} &= \left(\frac{y^2 m}{2R^2 m} - \frac{H}{R_m} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots(1-5)$$