第一篇

矿山测绘技术总论

第一章　矿山测绘技术基础知识

第一节　测绘工程学概论

测绘学(surveying and mapping ;SM)是研究地球空间信息的采集、处理、分析、描述、管理和利用的科学与技术。测绘学包括研究测定、描述地球的形状和大小、地表形态以及它们的各种变化,确定自然和人造物体、人工设施的空间位置及属性,制成各种地图和建立有关信息系统等内容,是地球科学的重要组成部分。

人类社会许多活动与测绘科学息息相关,从土地的开发利用、地面上建(构)筑物的建造到日常生活与社会管理,都需要应用到包括方向、距离、高度、位置及面积、体积等方面的空间信息,这些都必须运用测绘科学的理论、技术予以实现。

测绘学由于其所涉及的研究对象、方式和手段各有区别,因而在其自身的发展中形成了特色各异的分支学科,这些分支学科是 :大地测量学、摄影测量与遥感学、地图制图学、工程测量学和海洋测绘学。

大地测量学(geodesy)是研究地球形状、大小、重力场及其变化,通过建立区域和全球的三维控制网、重力网及利用卫星测量等方法测定地球各种动态的理论和技术的学科。大地测量学的基本任务是建立地面控制网、重力网,精确测定控制点的空间三维位置,为地形测图提供控制基础,为各类工程施工测量提供依据,为研究地球形状大小、重力场及其变化、地壳形变及地震预报提供信息。大地测量学是地球科学的重要组成部分,是测绘科学的基础理论学科。

摄影测量与遥感学(photogrammetry and remote sensing)是研究利用电磁波传感器获取目标物的几何和物理信息,用以测定目标物的形状、大小、空间位置,判释其性质及相互关系,并用图形、图像和数字形式表达的理论技术的学科。摄影测量与遥感学所提供的目标物信息产品以内容丰富,客观和更新周期短而著称。

地图制图学(cartography)是研究绘制或表述地球表面及其附属物形状的成图理论与方法的学科。地图的表现形式包括图形、图像和数字,是测绘行业的主要产品形式之一。

工程测量学(engineering surveying)是研究在工程建设和自然资源开发的规划、设计、施工、管理各个阶段进行测量的理论和技术的学科。工程测量学包含控制测量、地形测绘、施工放样、变形监测及建立相应信息系统等内容,工程测量学服务面广,应用范围大。

海洋测绘学(marine surveying and charting)是以地球表面水体及水下地貌为测绘目标,研究其测绘理论和方法的学科。

测绘学是一支历史比较悠久的学科,其主要技术表现为测量与制图,即采集处理空间信息,实施空间定位。然而在科学技术高度发展的今天,由于激光技术、微电子技术、空间技术、计算机技术以及信息技术的发展与推动,使得测绘科学的理论与技术产生了变革性的发展,主要有全球定位系统、摄影测量与遥感、电磁波测距、全站仪和激光指向定位、数字化测量与地理信息系统以及现代数据处理理论等。与此同时,测绘科学与人类活动的关系也更加密切,其应用范围已由经济建设、生产活动扩展到社会管理以至人类生活的方方面面。测绘学已经成为具有完整的科学理论基础和现代先进技术并且有广泛应用领域的重要学科。

20 世纪末,人类为了解决新世纪可持续发展所面临的人口、资源、环境、灾害、工程以及城市发展与社会管理等问题,提出了以信息科学为基础,以现代信息技术为手段,建立地球信息科学(geo - information science)以全面深入地研究地球、认识地球的战略构想,“数字地球(digital earth)”、“数字中国”、“数字工程”及“数字城市”就是这种构想的具体体现。数字地球即信息化的地球,其基础为空间数据信息,因此以全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、遥感(RS)等空间信息技术为代表,在通信技术、计算机技术支撑下建立起来的并为地球科学问题的研究提供和处理空间信息为目标的地球空间信息科学(geospatial information science,简称 geomatics)应运而生,并成为地球信息科学的重要分支学科。地球空间信息是测绘工作的成果,测绘学是实现地球空间信息科学的基础,测绘学与计算机信息科学的集成促进着地球空间信息科学和地球空间信息产业的形成与发展。进入 21 世纪,以测绘学为基础的地球空间信息科学将逐步发展成为一门理论完善、技术成熟、应用广泛的综合性学科,并为资源、环境、灾害、交通、工程建设、城市发展

以及社会管理等诸多与社会可持续发展密切相关的领域提供全新的技术支持和全方位的信息服务，并将在很大程度上改变许多行业的工作方式，极大地推动社会经济的全面发展。

在国民经济建设中，测绘科学技术占有重要的地位，发挥着重要的作用，主要表现在：

(1)为建设规划和工程设计提供空间信息基础资料。一个地区或一个流域的建设规划，一个项目的工程设计，其功能区分布、建(构)筑物布置以至结构型式尺寸，都必须依据各类地形图和相关信息参数才能实现。在规划设计中，以图解、影像或数字形式出现的各种比例尺地形图是优化建筑物布局、节约用地、完善功能、提高工程建设效益的基础信息资料。

(2)为工程建(构)筑物施工提供基本保证。铁路公路中心线的标定，水坝、桥梁及建筑物的空间位置的确定，需依据测量控制点和工程测量技术予以实现，以保证施工顺利地进行。

(3)为检验工程质量和监视工程设施安全营运提供重要技术手段。主要有:施工验线、工程验收测量以及工程建(构)筑物变形观测等。

在社会管理方面，一个国家、一个地区或一个城市的现代化管理，往往需要运用现代科技手段建立一系列的管理系统以实现高效、实时地管理，例如一个城市为实现交通的现代化管理而建立的智能交通系统，它既需要集成大量、广泛的空间基础信息资料，如各类影像图件，也需要对各类管理目标实施静态或动态的空间定位，这些都必须运用测绘科技手段来完成。

作为高等学校理工农管等非测绘工程专业的技术基础课教材，本书力求在全面介绍测绘科学基本理论和基本技术基础上，着重研究其在经济建设与社会管理中的实际应用，故命名为《测绘工程学》。明确测绘科学的重要作用，熟悉当代测绘科学的发展，掌握并应用测绘科学基本理论和采集处理空间信息、实施空间定位的先进技术，是对各类工程技术人员从事专业技术工作的基本要求。

第二节　坐标系统及高程系统

一、地球形体及椭球定位

代表整个地球形状和大小的数学体称为地球形体，也称地球体。

在地球表面上采集、处理和利用地球空间信息，必然涉及地球形体的一些基准线、基准面和有关参数。

铅垂线：地球上的任意一个质点，都同时受到两个力的作用，即地球自转的离心力和地心引力，它们的合力称为重力（图 1－1），重力方向即为铅垂线方向，简称铅垂线。一根细线下端挂一重物（或垂球），当重物下垂并稳定时，细线的方向即为铅垂线方向。

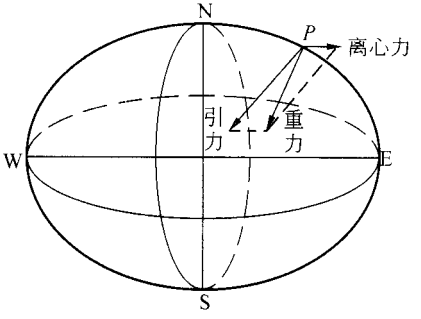


图 1－1　地球重力

水平线：与铅垂线正交的直线称水平线。

水平面：与铅垂线正交的平面称水平面。

水准面：地球表面的每个水分子都受到重力作用，水面处于静止状态时每个水分子的重力位相等，因而这个处于静止状态的水面向陆地延伸所形成的闭合形体称为水准面。同一水准面上处处重力位相等。水准面上任一点的铅垂线垂直于该水准面。在风浪、潮汐、海流等外力的作用下，静止水面时高时低，因此不同时刻的水准面处于不同的高度，水准面可有无穷个，而且互不相交。

大地水准面：在测绘工作中，设想一个与静止的（即无波浪、潮汐、海流和大气压引起的扰动等作用时）平均海水面相重合，并向大陆内部延伸且包围整个地球的闭合水准面称为大地水准面。大地水准面也是等位面，过大地水准面任意一点的切面均与重力线正交。大地水准面具有惟一性。

大地体：大地水准面所包围的形体。

众所周知，地球表面是不规则的曲面，其中海洋面积约占 71%，陆地面积仅占 29%，依据流体静平衡状态的海洋面所定义的大地水准面很大程度上可代表地球表面。另外，世界上最高处珠穆朗玛峰高出海洋面 8848m，最低处太平洋西部的马里亚纳海沟低于海洋面 11034m，这些高低起伏虽然不小，但与地球平均半径 6371km 相比，约为千分之三，这是微不足道的。因此大地水准面可以近似代表地球表面的形状（图 1－2）。

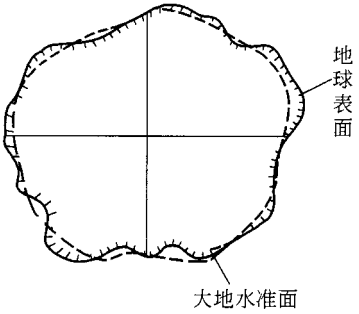


图 1－2　大地水准面与地球表面

地球椭球体：由于地球内部物质分布不均匀，大地水准面各处的重力线方向随之产生不规则的变化，致使大地水准面成为一个有微小起伏且不规则的曲面（图 1－3）。因此，大地水准面也是一个不规则的曲面。如果将地球表面上的图形投影到这个不规则的曲面上，则会给图形的处理和测绘数据的计算造成很大困难。为了正确计算测绘成果，准确表示地面点位置，必须用一个非常接近于大地体而且可以用数学式表示的几何形体来表示实际的地球形体，这个几何形体就是地球椭球体。地球椭球体为一规则的曲面体，为一椭圆绕其短半轴 NS 旋转而成，故亦称旋转椭球体，如图 1－4 所示。地球椭球体的数学方程为

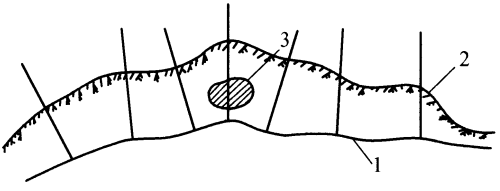


图 1－3　大地水准面的微小起伏
1—大地水准面；2—地球表面；3—大密度体

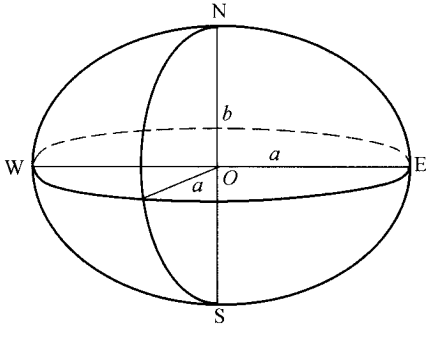


图 1－4　地球椭球体

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{a^2}+\frac{z^2}{b^2}=1 \tag{1-1}$$

式中，a，b 为地球椭球体的几何参数，a 为长半径，b 为短半径。地球椭球体的另一个几何参数为扁率 α，用下式表示：

$$\alpha=\frac{a-b}{a} \tag{1-2}$$

显然，参数 a，b，α 中只有 2 个是独立的。一般地，地球椭球体的大小由长半径 a 和扁率 α 所决定。

地球椭球体的几何参数，是由各国大地测量工作者根据弧度测量、三角测量及重力测量等地面测量成果推算而得，表 1－1 为部分著名的地球椭球几何参数。

表 1－1　几种著名的地球椭球参数

参数推算者	长半轴 a/m	短半轴 b/m	扁率 α	推算年代和国家
白塞尔	6377397	6356079	1:299.2	1841 年，德国
克拉克	6378249	6356515	1:293.5	1880 年，英国
海福特	6378388	6356912	1:297.0	1909 年，美国
克拉索夫斯基	6378245	6356863	1:298.3	1940 年，原苏联
IUGG－75	6378140	6356755.3	1:298.257	1979 年，国际大地测量与地球物理联合会
WGS－84	6378137		1:298.257223563	1984 年，美国

过去，由于技术条件所限，只能用个别国家或局部地区的资料来推算地球椭球的几何参数，具有局限性，故只能作为地球形状和大小的参考。椭球几何参数确定之后，为使其椭球面成为大地测量计算的基准面并据此建立大地坐标系统，还必须确定其与大地体的相对位置，使椭球体与大地体间能较好地密合，此项工作即椭球体的定位和定向，简称椭球定位。最简单的椭球定位方法是单点定位，即在一个国家或地区选择一个点（称大地原点，如图 1－5 中的 P'），在该点使椭球的法线方向和铅垂线方向重合，椭球面与大地水准面相切。若根据许多个点的天文观测成果进行椭球的定位定向则称多点定位，多点定位的结果使椭球面在一个国家或地区范围内能与大地水准面有最佳的密合，但在大地原点处法线方向不再与铅垂线重合，椭球面也不再与大地水准面相切。这种与一定区域的大地水准面相符合，具有一定大小和定位参数的旋转椭球体称为参考椭球。参考椭球由于建立时所依据资料的局域性，各个国家都有适合本国情况的参考椭球，这给国际间的合作带来了许多不便。因此，从全球着眼，必须寻求一个适于全球的椭球体，即总地球椭球。总地球椭球是以全球范围的卫星和陆地大地测量资料为依据，同时顾及地球的几何和物理

参数，与全球大地水准面最为接近、最佳密合的椭球体。总地球椭球具有以下性质：

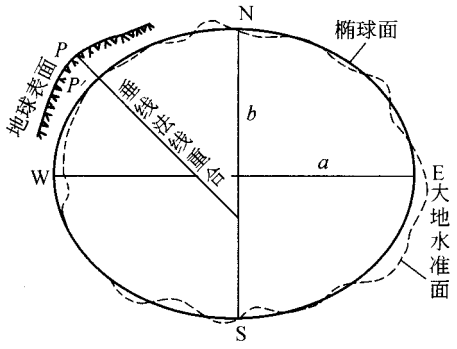


图 1－5　椭球体定位

①和地球大地体积相等，质量相等；

②椭球中心与地球质心重合；

③椭球短轴与地球地轴重合；

④椭球和全球大地水准面差距 N 的平方和最小。

当然，就一个国家和地区而言，总地球椭球未必与大地水准面密合最好。

建国以来，我国先后两次选用不同的地球椭球体参数以解决地球椭球体的定向定位，使其尽量地与大地体吻合并建立坐标系统。

(1)1953—1975 年间，采用原苏联克拉索夫斯基椭球体参数，依此建立了“1954 年北京坐标系”。该椭球体参数只依据局部地区(原苏联国土)的大地测量资料推算而得，与大地体只局部密合，其大地原点位于原苏联西北部的普尔科沃。

(2)20 世纪 80 年代，采用国际大地测量与地球物理协会(IUGG)1975 年推出的椭球体参数，在陕西泾阳县永乐镇设大地原点，建立了新的大地测量基准，即“1980 年国家大地坐标系”。该系统使用多点定位法定位，并依据全国大规模的天文大地测量和重力测量成果，使椭球面与大地水准面获得了较好的密合，全国范围的平均差值由 1954 年北京坐标系的 29m 减小至 10m 左右。

地球的扁率是很小的。因此，当测区面积不大或工程要求不高时，可以把地球形体看作圆球体，其平均半径 $R = \frac{1}{3} \div (a + a + b) = 6371\text{km}$。

地球椭球体面是测绘工作的基准面，所有地球空间信息均以其为基准表述，对在地球表面获取的测绘信息，需投影到基准面上进行计算和处理。然而，若将地面点投影到地球椭球面或水准面上然后再投影描绘到平面的图纸上比较复杂，在实际测绘工作中，当测区面积不大并能

满足一定精度要求时，往往直接以水平面代替水准面，即以水平面为基准面。允许以水平面代替水准面的原则是由此而产生的误差对于测量与绘图来说可以忽略不计。

如图 1－6，D 为地面上 A，B 两点在大地水准面 P 上的弧长，D' 为 A，B 两点投影到水平面 P' 上的长度，距离误差 $\Delta D = D' - D$，$b'b$ 为高程误差 Δh，R 为地球半径。

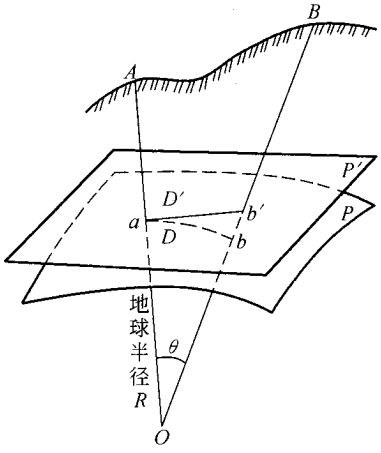


图 1－6　水平面代替水准面所产生的误差

水平面代替水准面所产生的距离误差，可用下式表示

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \tag{1-3}$$

水平面代替水准面所产生的高程误差，可用下式表示

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \tag{1-4}$$

取 $R = 6371\text{km}$，以不同的 D 值代入，所产生的距离误差和高程误差分别如表 1－2 和表 1－3 所列。

表 1－2　水平面代替水准面所产生的距离误差

D/km	ΔD/cm	$\Delta D/D$
10	1	1:1217700
20	7	1:304400
50	102	1:48710

表 1－3　水平面代替水准面所产生的高程误差

D/km	0.1	0.2	0.5	1	2
Δh/mm	0.8	3.1	19.6	78.5	314

由表 1－2 知，当 $D = 20\text{km}$ 时，距离误差仅约为三十万分之一，对常规的测量精度而言，是允许的。因此，对平面位置而言，在半径为 20km 的范围内可以用水平面代替水准面。

由表 1－3 知，距离仅 100m 时，高程误差已达 0.8mm；当距离为 200m 时，高程误差达 3.1mm。显然，在 100～200m 距离范围内水平面代替水准面所产生的高程误差已超过常规的测量精度。因此，在高程测量中，尽管距离很短，也应加入由于水平面代替水准面所引起的地球曲率改正。

二、坐标系统

一个点的空间位置，是用它的坐标和高程来表示的，它是一个三维向量。目前，测绘工作中常用的坐标系有大地坐标系、天文坐标系、WGS－84 坐标系和平面直角坐标系。

（一）大地坐标系和天文坐标系

以法线为依据，以地球椭球体面为基准面的球面坐标系称为大地坐标系，通常以大地经度和大地纬度表示。

图 1－7 表示以 O 为中心的地球椭球体，N 为北极，S 为南极，NS 为地球的自转轴，P 为地面点在椭球面上的投影位置。包含地球自转轴的平面称为子午面。子午面与椭球面的交线称为子午线（经线）。1884 年国际经度会议决议确定通过英国格林尼治天文台的子午线为首子午线（或本初子午线）。通过地心 O 垂直于地球自转轴的平面称为赤道面，赤道面与椭球面的交线称赤道。赤道面和首子午面是确定地面点大地坐标的两个基准面，地面点的大地坐标用大地经度 L 和大地纬度 B 表示。某点 P 的大地经度为过 P 点的子午面与首子午面的夹角 L；某点 P 的大地纬度为通过该点 P 的法线与赤道平面的夹角 B。

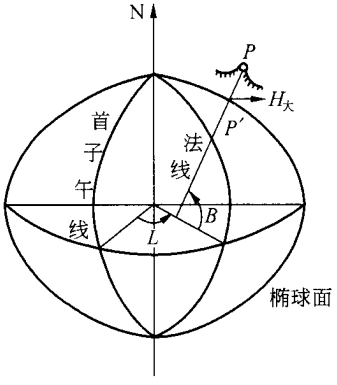


图 1－7　大地坐标系

若点的位置是以铅垂线为依据，则以大地水准面为基准面的球面坐标系称天文坐标系。地面点的天文坐标用经度入和纬度 φ 表示。某点 P 的经度为过 P 点的子午面与首子午面的夹角 λ；某点 P 的纬度为通过该点 P 的铅垂线与赤道平面的夹角 φ。由于地球离心力作用，过 P 点铅垂线不一定经过地球中心，如图 1－8 所示。天文坐标可用天文观测方法测得。

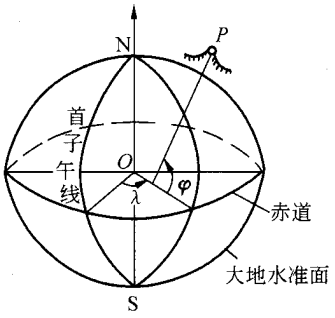


图 1－8　天文坐标系

大地坐标和天文坐标，自首子午线起，向东 0°～180°称东经，向西 0°～180°称西经。自赤道起，向北 0°～90°称北纬，向南 0°～90°称南纬。我国领土位于首子午线以东 74°～135°和赤道以北 3°～54°间，因此在表示点位时应冠以“东经”、“北纬”。例如北京某点的大地坐标 $L = 116°28'$，$B = 39°54'$，则称该点大地坐标为东经 116°28′，北纬 39°54′。

（二）WGS－84 坐标系和站心坐标系

大地坐标系是以参考椭球体几何中心为原点的坐标，属于参心坐标系。为适应卫星大地测量的发展，需建立以地球质心为原点的空间直角坐标系，称地心坐标系。较常用的是适于全球定位系统（GPS）的 WGS－84 坐标系，它是以地球质心为原点，以指向某一时期平均地（北）极位置为 Z 轴，以指向首子午线与赤道交点为 X 轴，Y 轴与 XZ 面构成右手垂直的直角坐标系。WGS－84 坐标系使用的是 WGS－84 椭球参数。目前地心坐标已成为许多部门采用的实用坐标。

在工程测量中还有以测站为原点的空间直角坐标系，称站心坐标系。

（三）高斯平面直角坐标系

大地坐标和天文坐标是地面点的球面坐标。由于工程设计计算是在平面上进行的，需要将点的位置和地面图形表示在平面上，用球面坐标和曲面图形表示使用不方便，通常需采用平面直角坐标系。

测绘工作中所用的平面直角坐标系与解析几何中所介绍的平面直角坐标系基本相

同，只是测绘工作以 X 轴为纵轴，表示南北方向，Y 轴为横轴，表示东西方向，象限顺序依顺时针方向排列(图 1－9)。这是由于测绘工作中以极坐标表示点位时其角度值是以北为准按顺时针方向计算夹角，而解析几何中则从横轴起逆时针计算的缘故。当 X 轴与 Y 轴如此互换后，全部平面三角公式均可用于测绘计算中。

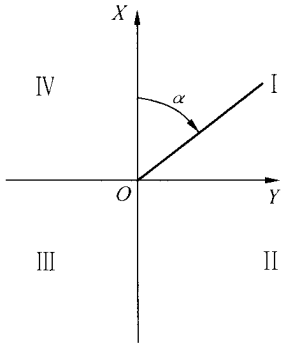


图 1－9　测量平面直角坐标系

当测区范围小时，可选择任意原点和坐标轴建立平面直角坐标系，称独立坐标系。如在建筑工程中，为了计算和放样方便，令某一坐标轴与建筑物主轴线成一定几何关系(重合、平行或垂直)，此时建立起来的坐标系便是一种独立坐标系，因为是为建筑物施工放样而设立的，故称建筑坐标系或施工坐标系。建立独立坐标系时，可直接以水平面代替水准面并根据需要将地面点和图形投影到所选定的平面上，假定原点的位置应使测区内各点的 x、y 值为正。

当测区范围较大时，就不能把地表面当作平面看待，必须采用适当的投影方法解决将球面坐标和曲面图形变换成相应的平面坐标和图形。投影的方法有很多，测绘工作中常用的是高斯－克吕格投影，根据高斯－克吕格投影建立起来的平面直角坐标系称高斯平面直角坐标系。

三、高程系统

(一)高程系统概念

地面点高程，指的是地面点至一定高程基准面的垂直距离，高程是表示地面点位置三维空间信息的一个重要参数。相对于一定基准面所定义的高程体系称高程系统。测绘工作常用的高程系统有大地高系统、正高系统和正常高系统等。

大地高系统 以地球椭球体面为基准面的高程系统。大地高表示地面点沿椭球法线到椭球面的距离，如图 1－7 的 $H_{大}$。

正高系统：以大地水准面为基准的高程系统。正高表示地面点沿该点的重力线到大地水准面的距离。

正常高系统：以似大地水准面为基准的高程系统。正常高表示地面点沿正常重力线到似大地水准面的距离。

大地水准面是受地球自转和地球重力场影响的地球重力等位面。似大地水准面则是由基于地球正常椭球的地球正常重力场所求得的曲面，它不是重力等位面，只有几何意义，没有确定的物理意义。

似大地水准面与大地水准面很接近，但两者不相重合（图 1－10）。由于大地水准面与地球椭球面的差距难以求得，而似大地水准面与地球椭球体面的差距可以求得，能将地面点的正常高换算到地球椭球体面，因此我国的高程采用的是依据似大地水准面所建立的正常高系统，国家高程点的高程是正常高。

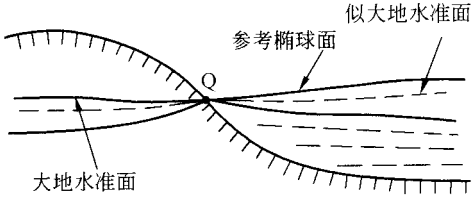


图 1－10　似大地水准面与大地水准面

（二）绝对高程与相对高程

绝对高程：地面点沿正常重力线到似大地水准面的距离。如图 1－11 的 H_A 和 H_B。绝对高程属正常高系统。

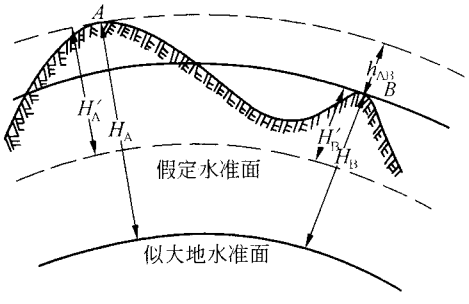


图 1－11　高程系统

相对高程：地面点沿正常重力线到任意水准面的距离。如图 1－11 的 H'_A 和 H'_B。

高差：两个地面点的高程之差，用 h 表示。如图 1－11 的 A、B 两点，其高差 h_{AB} 为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \tag{1-5}$$

（三）国家高程基准

由特定验潮站在特定时期的平均海水面所确定的高程起算面和由此起算面所决定的水准原点高程称国家高程基准。

我国的国家高程基准有 1956 年黄海高程系和 1985 年国家高程基准。

根据青岛验潮站 1950—1956 年的验潮数据所确定的黄海平均海水面所定义的高程基准称 1956 年黄海高程系，其青岛水准原点起算高程为 72.289m。

根据青岛验潮站 1952—1979 年的验潮数据所确定的黄海平均海水面所定义的高程基准，称 1985 年国家高程基准，其青岛水准原点起算高程为 72.260m。

第三节　地面点定位及测绘工作基本原则

一、定位过程

地面点定位，即以某种技术过程确定地面点的位置。这是测绘工作的基本任务。一般而言，地面点的定位过程有测绘和测设两个方面。

（一）测绘

利用测量技术手段测定地面点的空间位置并以图像、图形或数据等信息形式表示出来的过程称测绘。如图 1－12a，有地面上三个点 M、N 和 P，其空间位置经测绘技术处理后用数据形式表示为：

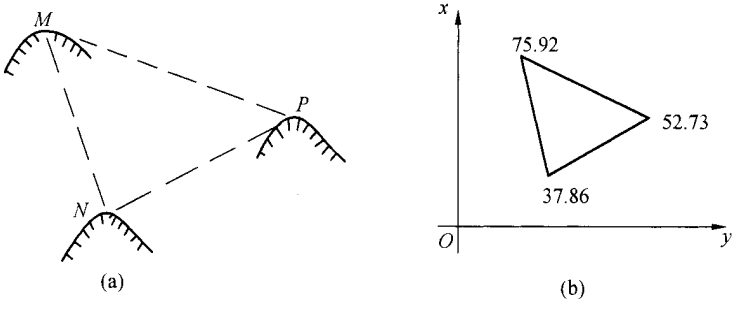


图 1－12　测绘

$M(X_m, Y_m, H_m)$；

$N(X_n, Y_n, H_n)$；

$P(X_p, Y_p, H_p)$。

若用图形形式表示时一般将空间曲面图形处理成平面图形，同时配注高程，如图 1－12b。

(二)测设

利用测量技术手段把设计拟定的点标定到地面上称测设。由于测设往往是将设计的建筑物图样标定在实地上，故亦称放样。

二、地面点定位元素

由于地面点的三维坐标(X，Y，H)代表着地面点的空间位置，因此称点的平面坐标(X，Y)和高程(H)为地面点的三维定位参数，其中平面坐标(X，Y)称二维定位参数。

采用现代测量仪器和定位技术，可以直接测定地面点的三维坐标或根据点的三维设计坐标将点标定在实地上，这种直接依据定位参数的技术称绝对定位或直接定位。除绝对定位技术外，还常用相对定位技术。

就平面坐标而言，地面点之间是可以用一定的几何图形(如三角形、四边形或折线等)联系起来的。它们之间的联系可用构成该几何图形的图形元素来表示，如图 1－13a 的边长 D_1，D_2，D_3 和夹角 β_1，β_2，β_3。因此，只要测量或测设这些地面点间所构成图形的边长和夹角，便可以确定它们之间的相对关系，而如果其中的某些点的平面位置已确定，则可依据该相对关系确定其余点的平面位置。同样，地面点间的竖直方向的相对关系为高差 h，依据一点的高程也可以确定另一点的竖向位置，如图 1－13b。由于使用了点与已知点的相对关系进行定位，故称此定位技术为相对定位技术。

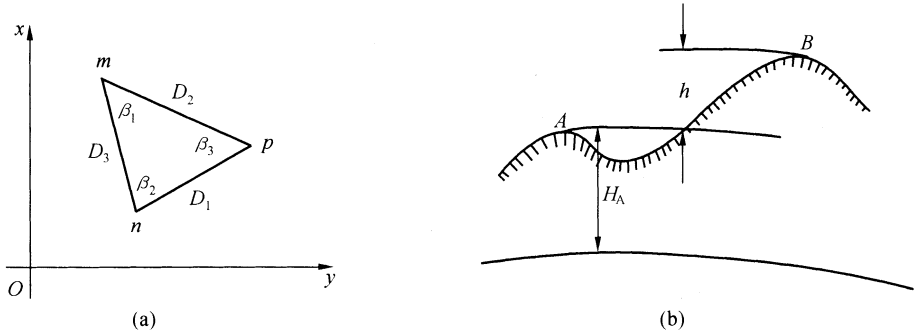


图 1－13　地面点的基本定位元素

可见，在相对定位中，确定点地面位置（测量或测设）的基本工作是角度测量，距离测量和高差测量。角度（β）、距离（D）和高差（h）是地面点定位的基本定位元素，亦称为地面定位的基本观测量。

三、测绘工作基本原则

测绘工作内容很多，应用领域很广泛，因为凡是需要确定物体三维空间坐标的工作都依靠测绘技术工作。归纳起来，在国民经济和工程建设中广泛应用的测绘技术有地形图测绘、地籍测绘、房地产测绘、工程施工测量及变形测量等。测绘工作的内容及工作流程如图 1－14 所示。

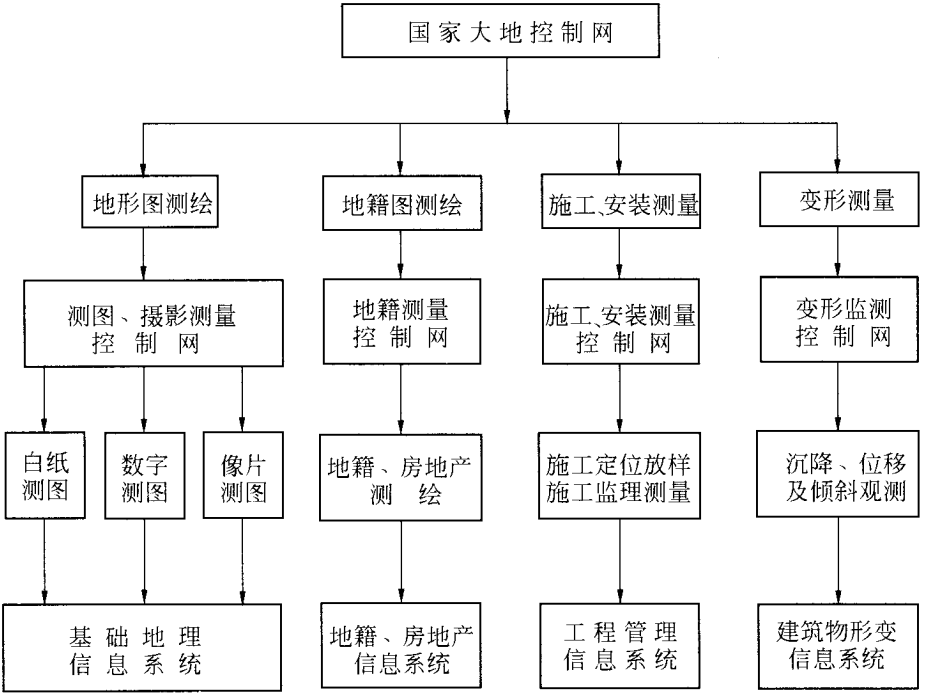


图 1－14　测绘工作内容及工作流程

从事测绘工作应遵循以下三个基本原则：

（1）整体原则，即‘从整体到局部’原则。任何测绘工作都必须先总体布置，然后分期、分区、分项实施，任何局部的测量技术过程必须服从全局的定位要求。

（2）控制原则，即‘从控制到碎部’原则。无论测绘还是测设，其技术过程都必须先布设全国的或全测区的平面和高程控制网，确定控制点的平面坐标和高程作为定位的基

准,然后在此基础上进行细部测绘或具体建(构)筑物的放样。这样做可以控制测量过程中误差的积累,保证测绘成果的质量。

(3)检核原则,即‘步步检核’的原则。地面点的定位必须以‘正确’为前提,对每一个操作、每一个过程、每一个数据、每一项成果都必须采用各种检核方法和手段验证其正确与否。检核原则应贯穿于地面点定位的全过程。只有确保上一工序成果无误,方可进行下一工序的作业。这样才能保证测绘成果的可靠性。

第四节　国家大地测量控制网概述

一、国家大地控制网的基本任务和布设原则

为满足国防建设、经济建设和国家基本测图控制以及地球科学研究等方面需要,在全国领土上由国家统一建立的具有统一大地基准的大地控制网称国家大地控制网。国家大地控制网的基本任务是,为国家经济建设、国防建设和地球科学研究提供地面点的精确的几何位置。国家大地网由国家统一建立,以全国统一的坐标系和高程系为参照系,是全国性地图测制和各种工程测量的控制基础。这是它与城市和工程控制网的不同之处。

在全国领土上布设国家大地控制网,是一项规模巨大的工程,我国国家大地控制网的建立,从 1951 年开始,至 1971 年基本结束,历时 20 年。面对如此艰巨的任务,必须事先制定一些基本原则用以指导建网工作。

(1)分级布网、逐级控制

我国国家大地控制网分一、二、三、四等,由于领土幅员辽阔,地形复杂,不可能用最高精度和较大密度的控制网一次布满全国,必须依主次缓急而采用‘分级布网,逐级控制’的原则。首先沿经纬线方向纵横交叉地将精度高而密度稀的一等三角锁迅速布满全国,形成国家大地控制网的骨架(图 1 – 15),然后在一等锁环内逐级(或同时)布设二三四等控制网。低一级的三角网受高一级三角网的控制。

(2)足够的精度

控制网的精度应根据需要和可能来确定。作为国家大地控制网,必须有足够的精度才能满足全国性地图测制和全局性工程测量的需要。若要为科学研究服务,则力求精度更高些。

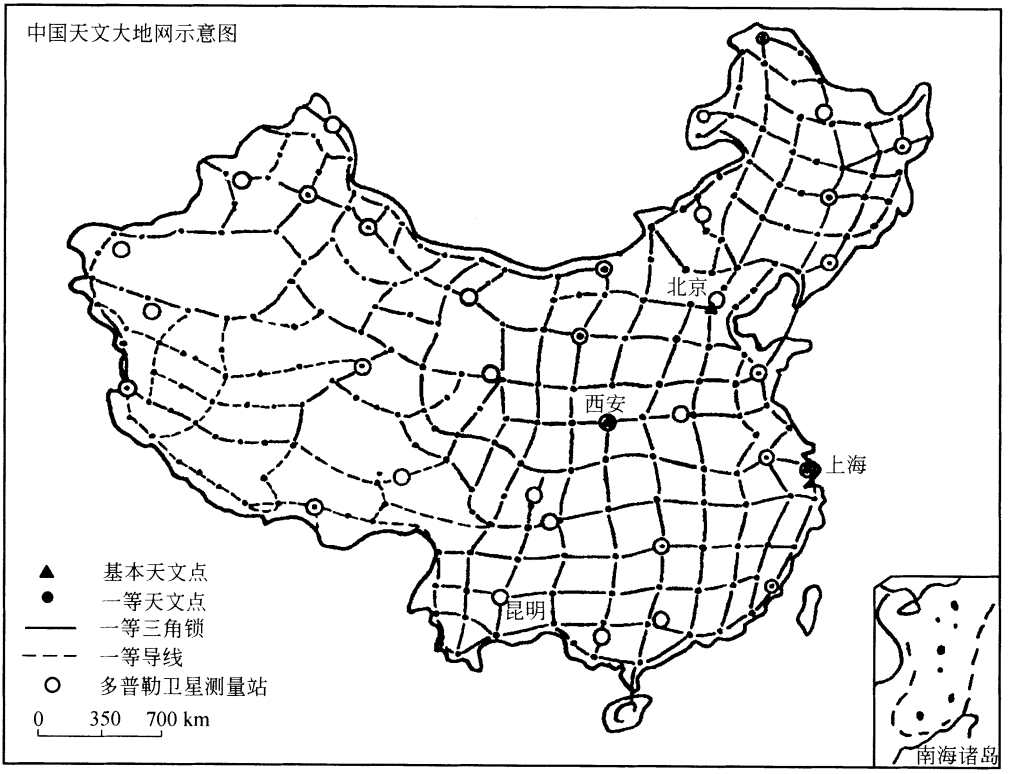


图 1－15　国家一等三角锁环示意图

(3)足够的密度

控制点的密度,主要依据测图方法和测图比例尺的大小而定。为使测图和工程施工放样方便,并保证成果质量,应使控制网的密度尽可能地大。

(4)应有统一的规格

由于国家大地控制网规模巨大,必须由许多单位、大量人员分区同时作业。因此,必须由国家制定统一的大地测量法式和作业规范,按统一的技术规格实施国家大地测量。

二、国家大地控制网布设方案

20 世纪 80 年代以前,由于技术条件有限,我国的国家大地控制网分设为水平大地网和高程大地网。水平大地网由一系列测定大地经纬度的测量控制点所构成,精确提供控制点的大地坐标或高斯平面直角坐标;高程大地网由一系列高程控制点所构成,精确提供控制点的正常高。90 年代初,由于先进的全球定位系统(GPS)技术的应用,使得同时测定地面点的三维坐标成为可能,因而在国家大地控制网中出现了一种新的形式——三维大地网,即由一系列测定三维坐标的控制点所构成。下面分别介绍这三种大地网的布设方案。

(一)水平大地网

水平大地网亦称平面大地控制网。我国水平大地控制网的基本形式为传统的三角网,故亦称国家三角网。

国家三角网按其精度要求的不同,分为四个等级。一等三角网由沿经纬线方向纵横交叉的三角锁构成,每个纵横交叉处设置基线并测定天文方位角,故亦有天文大地网之称,每个锁段间长度一般在 200km 左右,三角形平均边长约为 25km。一等三角网精度最高,是国家大地控制网的骨干。二等三角网以全面三角网形式布设在一等锁环内,四周与一等锁衔接,一二等三角网形成了国家大地控制网的全面基础。如图 1－16 所示。

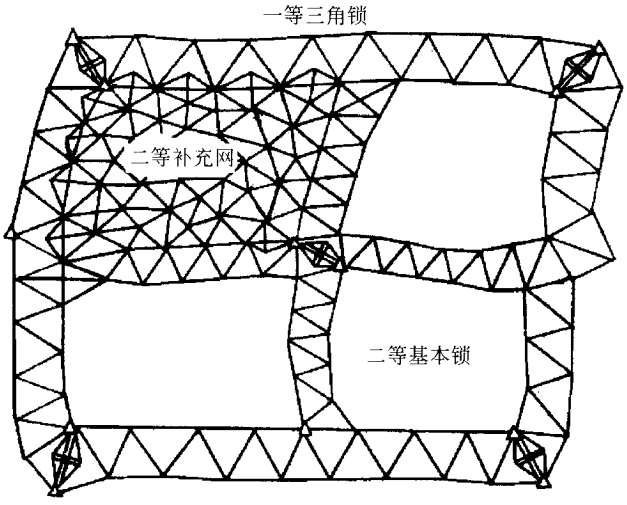


图 1－16　国家一二等大地控制网

三四等三角网在一二等网控制下进一步加密,以满足测图和工程建设需要。三四等网的形式为插网或插点(图 1－17)。有的测区也可在二等网内直接插入四等全面网,即越级布网。国家三角锁网依据《国家三角测量规范》实施,其布设规格及精度指标见表 1－4。

表 1－4　国家三角锁网布设规格及精度指标

等级	平均边长 km	测角中误差 /(″)	三角形最大闭合差/(″)	起始元素精度		最弱边边长相对中误差
				起始边长	天文观测	
一等	20～25	±0.7	±2.5	1:350000	m_α:±0.5″ m_λ:±0.3″ m_ϕ:±0.3″	1:150000
二等	13	±1.0	±3.5	1:350000	同一等	1:150000
三等	8	±1.8	±7.0			1:80000
四等	2～6	±2.5	±9.0			1:40000

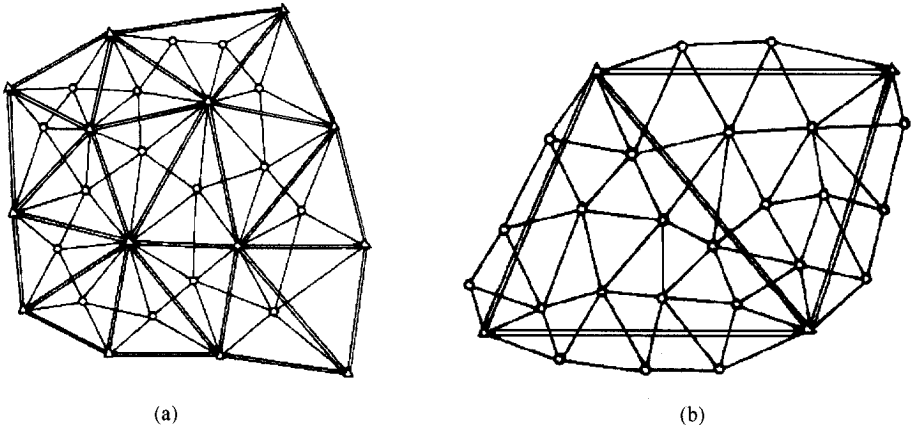


图 1－17　三四等控制网

20 世纪 60 年代以来，随着电磁波测距技术的推广应用，在青藏高原特殊困难地区布设了一等电磁波测距导线作为国家水平大地控制网的组成部分。

(二)高程大地网

国家高程大地网，主要由国家水准网构成。国家水准网不仅是测图和工程建设的高程控制基础，也为地球科学研究提供精确的高程资料，如研究地壳垂直形变的规律，各海洋平均海水面的高程变化等。

国家水准网的布设也采用‘由高级到低级，从整体到局部，逐级控制、逐级加密’的原则。一等水准测量是国家高程大地网的骨干，也是地球科学研究的主要依据，一般沿主要交通路线布设，构成网状，其环线周长在 1000～2000km 之间(图 1－18)。二等水准网在一等水准环内尽量沿公路、铁路或河流布设，并构成网状，形成国家高程控制网的全面基础，其环线长在 500～750km 之间。一二等水准测量统称精密水准测量。

三四等水准网既是一二等水准网的加密，又是测图和工程施工的高程控制，一般根据测图和工程建设的需要在一二等水准控制下布设。由于电磁波测距技术的发展，目前可用电磁波测距三角高程测量方法代替四等水准测量布设高程控制。

(三)GPS 三维大地网

进入 20 世纪 90 年代，全球定位系统(GPS)定位技术以其精度高、速度快、全天候、全自动、可互不通视、同时测三维坐标等优良特性已广泛应用于大地控制测量中，取代常规的测角、测距手段建立大地控制网，同时也使建立三维大地控制网成为可能。

GPS 定位技术应用于国家大地测量建立全国性的高精度 GPS 网，其主要任务是建立全国高精度坐标框架，为地球科学和空间科学的研究工作服务，同时也可以其特有的

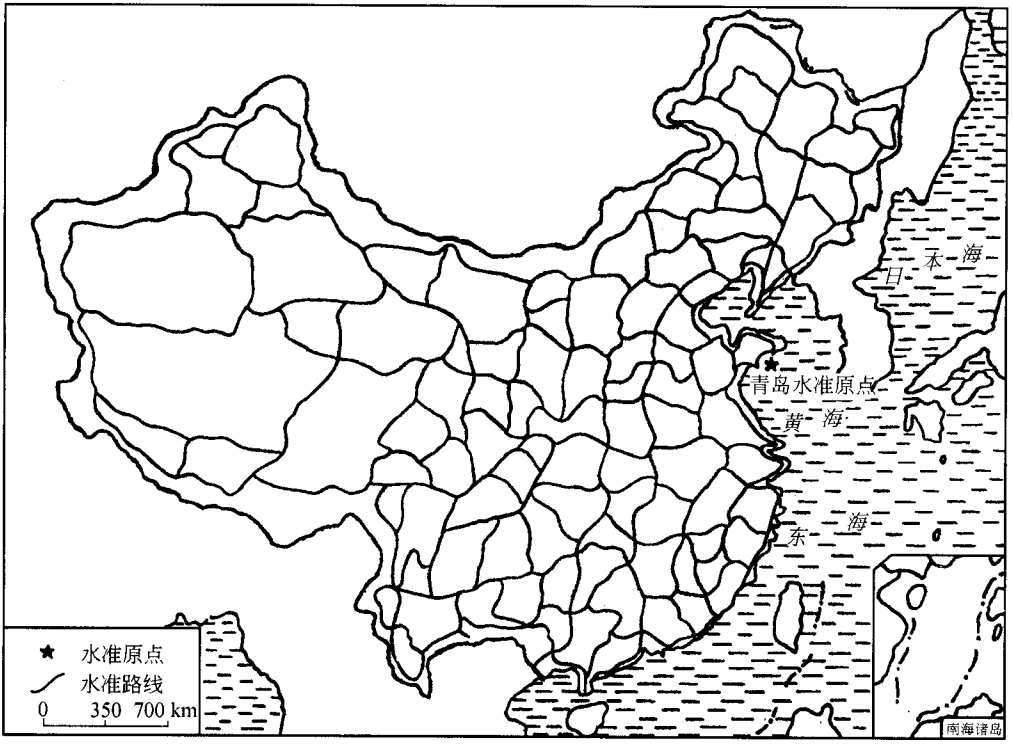


图 1－18　国家一等水准环线

高精度对我国传统的天文大地网进行全面的改善和加强，以克服传统天文大地网因精度不均匀、系统误差较大等传统测量手段带来的不可避免的缺点，更好地发挥国家大地网的作用。

1992 年国家测绘局制定了我国第一部《全球定位系统（GPS）测量规范》，将 GPS 控制网分为 A～E 五个等级，其技术指标见表 1－5，其中 A、B 两级属国家级 GPS 控制网。A 级 GPS 网由 27 个主点和 6 个副点组成，均匀地分布全国，平均边长约 600km，其实测精度优于 10^{-7} 量级，构成了我国新一代的地心坐标框架，见图 1－19。B 级网共 730 个点，亦布满全国。A、B 两级网的边长和精度都优于相应等级的三角网。

表 1－5　GPS 控制网技术规格指标

项目	A	B	C	D	E
固定误差 a/mm	≤5	≤8	≤10	≤10	≤10
比例误差系数 $b\times10^{-6}$	≤0.1	≤1	≤5	≤10	≤20
最小边长/km	100	15	5	2	1

项目	A	B	C	D	E
最大边长/km	2000	250	40	15	10
平均边长/km	300	70	15 ~ 10	10 ~ 5	5 ~ 2

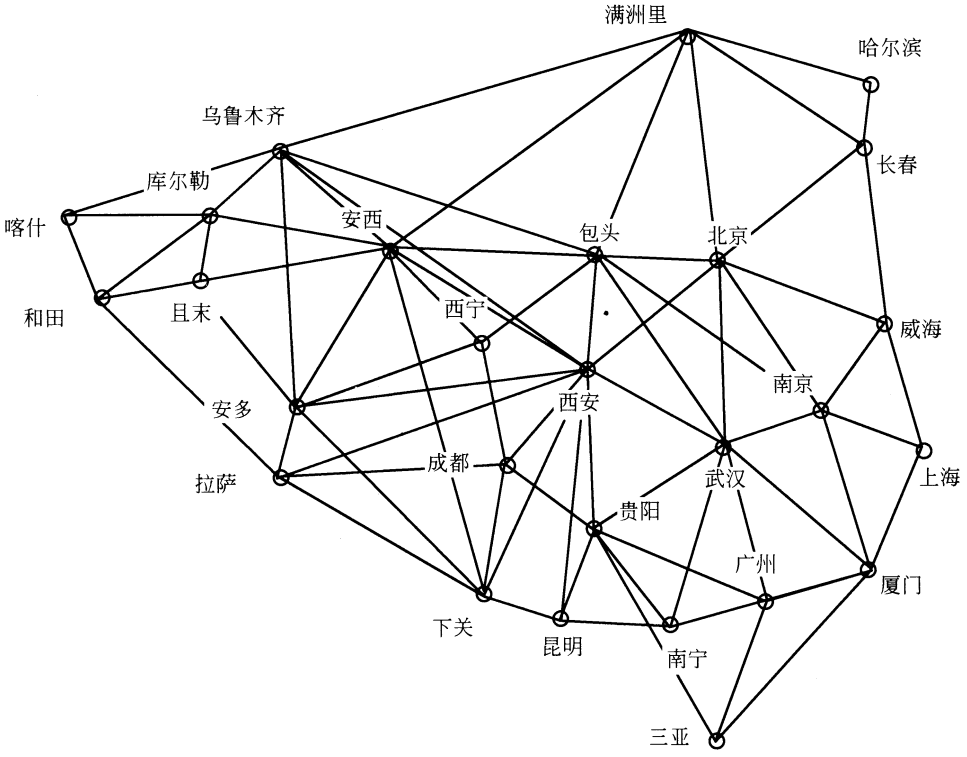


图 1 – 19　国家 A 级 GPS 控制网

第二章　矿山地理信息系统

第一节　概　　述

一、信息、地理信息与地理信息系统

当今，随着科学技术的发展，人类社会正迈步进入信息时代，这意味着在经历了 6000 年的农业社会和近 300 年的工业社会后，人类社会步入了第三个文明社会——信息社会。信息、信息技术、信息产业正受到全社会空前的重视和广泛的应用。信息，作为一个广义的概念，我们可以简单地描述为：信息是客观事物在人们头脑中的反映。

信息（Information）需用一定的形式表达。信息的表述形式是多样的，一般有语言、文字、图形、音像、数据等。为便于在计算机中存储、分析、处理、表述、传输信息，常用数据形式表述信息，并通过对不同数据间的联系和解释，来反映事物的客观状态，因此信息与数据密不可分。数据作为对客观事物进行定位（地理位置）、定性（本质特征及其与其他相关事物的联系）、定量（几何形状和数量）描述的原始材料，包括数字、文字、符号、图形、影像等形式，其意义是广义的。数据只有经过人的解释，分析其内涵，并赋予一定的意义后，才能成为信息。任何自然事物的信息和社会现象的信息均皆如此。例如，测量工作中所测出的若干点的坐标，这些仅仅是一组数据，若这些点是某一固定地物的位置或轮廓，如控制点、房屋、道路或桥梁等，那么在记录存储或绘图表示这些点及其组合时，必须有一定的说明，或用一定的符号，或按一定的规则设定其编码，才能让人们理解其意义。

可见数据是信息的载体，信息是通过数据对自然事物的真实描述来反映事物的客观性。

地理信息(Geographic Information)是指所研究对象的空间地理分布的有关信息。它是表示地表物体及环境固有的数量、质量、分布特征、属性、规律和相互联系的数字、文字、音像和图形等的总称。地理信息不仅包含所研究实体的地理空间位置、形状，也包括对实体特征的属性描述。例如，应用于土地管理的地理信息，既能够表示某点的坐标或某一地块的位置、形状、面积等，也能反映该地块的权属、土壤类型、污染状况、植被情况、气温、降雨量等多种信息。因此地理信息除具有一般信息所共有的特征外，还具有空间位置的区域性和多维数据结构的特征，即在同一地理位置上具有多个专题和属性的信息结构；同时还有明显的时序特征，即随着时间的变化的动态特征。将这些采集到的与研究对象相关的地理信息，以及与研究目的相关的各种因素有机地结合，并由现代计算机技术统一管理、分析，从而对某一专题产生决策，就形成了地理信息系统。人们从认识地理实体到掌握地理信息，并利用地理信息系统作为决策依据，是人类认识自然和改造自然的一个飞跃。

地理信息系统(Geographic Information System)简称 GIS。从应用角度来看，GIS 是在计算机硬件、软件及网络技术支持下，对有关地理空间数据进行输入、处理、存储、查询、检索、分析、显示、更新和提供应用的计算机系统。从学科组构角度来看，地理信息系统是集计算机科学、地理学、测绘遥感学、环境科学、城市科学、空间科学、信息科学和管理科学为一体的新兴边缘学科和交叉学科。

二、地理信息系统的形成与发展

长久以来，地图是人类用于描述现实世界的主要手段。随着计算机的问世和计算机技术的发展，人们常使用计算机技术来描述和分析产生在地球空间上的各类现象，并比较系统地进行了计算机辅助制图和空间分析的研究，其成果为后来地理信息系统的发展奠定了坚实的基础。

地理信息系统的出现，在国际上已经有 40 多年的历史。20 世纪 60 年代，加拿大的 RogerF. Tomlinson 和美国的 DuaneF. Marble 在不同地方、从不同角度提出了地理信息系统的概念。1962 年，Tomlinson 提出利用数字计算机处理和分析大量的土地利用地图数据，并建议加拿大土地调查局建立加拿大地理信息系统(CGIS)，以实现专题图的叠加、面积量算等。到 1972 年，CGIS 全面投入运行和使用，成为世界上第一个运行型的地理信息系统。20 世纪 80 年代，由于社会的迫切需求和多年经验的积累，使地理信息系统有了明显的进步，它在土地与房地产管理、资源调查、环境保护、市政建设与管理、大型工程的

前期分析和实施监控、区域与国家的宏观分析和调控等方面均取得了显著的成效，逐渐形成一种新兴的产业并逐步应用于各行各业。

地理信息系统之所以能发展成为一门科学技术乃至一种产业，其历史背景和原因很多，但主要的原因可以归纳为以下几点：

(1)资源环境信息的丰富。国土规划、区域开发、环境保护和大型工程规划设计的开展，全国人口普查、土地资源详查和工业资源普查等大量数据的获取，海洋、陆地和大气方面各种监测站网的布置，卫星与航空多层次遥感手段提供的丰富信息和更新能力等，既为经济建设提供极其丰富的信息资源，也亟需一个科学的系统来存储和管理这些巨量信息。

(2)科学技术的突飞猛进。20 世纪中叶以来，信息科学、计算机技术、遥感技术、网络通讯技术的快速发展与应用，为 GIS 的发展提供了强有力的技术支撑。

(3)交叉学科的发展。由于时代的发展，规划、决策、管理部门的工作方式在迅速改变。20 世纪 50 年代常规的调查报告和统计的形式、60 年代的专题图和地图集这些曾经盛极一时的信息表达形式在其信息层次、信息载量、更新周期和信息处理等方面已难以适应快速发展的现代化建设多学科综合应用的需要，80 年代出现的以计算机为主体，同时得到遥感、遥测技术、系统工程方法支持的信息系统成为了政府部门规划、决策和管理智能化现代化的保证。

(4)人类社会观念的进步。由于社会的进步，人类开始意识到对于自然资源的利用不能是简单的掠夺，而应当合理地管理和可持续地利用，并且把开发和保护结合起来。吸取过去的教训，对自然资源应采取科学地管理，进行定量分析和预测。

我国地理信息系统的起步大约比国际上晚了 15 年，直到 1980 年才开始研究和实验。十多年来，它经历了起步阶段(1980—1985 年)和发展阶段(1986—1995 年)，目前正开始走向产业化阶段，它将逐步在国民经济和社会生活中得到广泛应用。

三、地理信息系统的特征

由于建立地理信息系统的目标、用途、区域等不同，地理信息系统有多种分类，如基础地理信息系统、资源调查信息系统、城市(或工程)管理信息系统、土地管理信息系统、人口统计信息系统、防洪防汛管理信息系统及其他专题信息系统，还有全球的、区域的和局部的地理信息系统等。但是，不管是基础的或专题的信息系统还是综合应用的信息系统，也不论系统规模大或小，其基本功能都大体相同。主要有以下几方面：

(1)数据输入；

(2)数据的存储、编辑和数据库管理；

(3)数据的运算、查询、检索和分析；

(4)信息应用；

(5)数据输出和显示；

(6)数据更新。

为了满足对所涉及对象各类要素空间分布和相互关系的研究要求，地理信息系统必须具备以下基本条件：

(1)公共的地理定位基础。即所有的地理要素要在一个特定投影和比例的参考坐标系统中进行严格的空间定位。

(2)信息源输入的数字化和标准化。为把来自系统外部的多种来源、多种形式的原始信息由外部格式转换成便于计算机进行分析处理的内部格式，必须对这些原始信息予以数字化和标准化。即对不同精度、不同比例尺、不同投影坐标系统且形式多样的外部信息运用数字化设施依统一的坐标系和统一的记录格式进行格式转换、坐标转换等，形成数据文件，存入数据库内。

(3)多维数据结构。由于地理信息不仅包括所研究对象的空间位置，也包括其实体特征的属性描述，同时还有明显的时序特征。因此，地理信息系统的空间数据组织形式应是一个由空间数据(三维空间坐标及其拓扑关系)、属性数据及时态数据所组成的多维数据结构。

此外，地理信息系统还具有如下特征：

(1)具有采集、管理、分析和以多种方式输出地理空间信息的能力，具有空间性和动态性。

(2)为管理和决策服务，以地理模型方法为手段，具有区域空间分析、多要素综合分析和动态预测能力，产生决策支持信息及其他高层地理信息。

(3)由计算机系统支持进行地理空间数据管理，并由计算机程序模拟常规的或专门的地理分析方法，作用到空间数据之上产生有用信息，完成人类难以完成的任务。计算机系统的支持使得地理信息系统具有快速、精确并能综合地对复杂的地理系统进行空间和过程的动态分析。

所以，GIS 的功能决不仅仅限于对现实世界中地理空间数据的采集、编码、存储、查询和检索，而是现实世界的一个抽象模型，它比由地图表达的现实世界模型更为丰富和灵活，用户可以按应用的目的观察提取这个现实世界模型各方面的内容，也可以量测这个模型所表达的地理现象的各种空间尺度指标，更为重要的是可以将自然发生的或者思维

规划的动态过程施加在这个模型之上，取得对人为和自然过程的分析和预测信息，从而有助于做出正确的决策。

四、地理信息系统与其他系统的联系

GIS 是在地球科学与数据库管理系统（DBMS）、计算机图形学（Computer Graphics）、计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制图（CAM）等与计算机技术相关学科相结合的基础上发展起来的。它们有许多共同点，例如它们可以处理非图形的属性数据，也可以处理空间数据，但它们之间也有很大的区别。

（1）GIS 与管理信息系统（MIS）的主要区别：

一般而言，管理信息系统（如情报检索系统、财务管理系统等）只有属性数据库的管理而无体现空间地理位置的地图数据或地图图形。有时即使存储了图形，也是以文件形式管理，图形要素不能分解、查询，也没有拓扑关系，因此亦称为非空间信息系统。而 GIS 则要对空间图形数据库和属性数据库共同管理、分析和应用，亦称为空间信息系统。

（2）GIS 与 CAD 和 CAM 的主要区别：

①CAD、CAM 不能建立地理坐标系和完成地理坐标变换。

②GIS 的数据量比 CAD 和 CAM 的数据量大得多，数据结构、数据类型亦更为复杂；数据间联系紧密，这是因为 GIS 涉及的区域广泛、精度要求高、变化复杂、要素众多、相互关联，单一结构难以完整描述。

③CAD、CAM 不具备地理意义的空间查询和分析功能。

（3）GIS 与 DBMS 的主要区别：

与 GIS 相比较，数据库管理系统（DBMS）尚存在两个明显的不足：

①缺乏空间实体定义能力。目前流行的数据库结构，如网状结构、层次结构和关系结构等，都难以对地理空间数据结构进行全面、灵活、高效的描述。

②缺乏空间关系查询能力。目前通用的 DBMS 的查询主要是针对实体的查询，而 GIS 中则不仅要求对实体查询，还要求对空间关系进行查询，如关于方位、距离、包容、相邻、相交和空间覆盖关系等。因此，通用 DBMS 尚难以实现对地理数据空间查询和空间分析。

五、地理信息系统与测绘学科的关系

GIS 是新时代测绘学科的延伸和发展，测绘为 GIS 提供基础地理数据。没有地理数据就没有 GIS 的发展，按 GIS 结构格式建立地理数据库是建立地理信息系统的核心。当

前，GIS 的应用和发展面临着基础地理数据供不应求的问题，从这个意义上讲，测绘为 GIS 的数据采集和更新提供了丰富的数据源，测绘行业还有大量的工作可做。但是常规的方法已经不能适应 GIS 的要求，GIS 的发展要求测绘行业能及时、快速、直接地提供数字形式的产品。这种要求导致了数字化测绘生产体系的建立，并推动了 GPS、全站式电子速测仪、数字摄影测量、机助测图和遥感图像处理等技术的发展。

六、地理信息系统与其他学科的联系

随着地理信息系统的不断发展，其本质上已是信息科学的一个组成部分，既依赖于地理学、测绘学等基础学科，又取决于计算机科学、航天技术、遥感技术、人工智能与专家系统的进步和发展，是一门从属于信息科学的边缘学科。

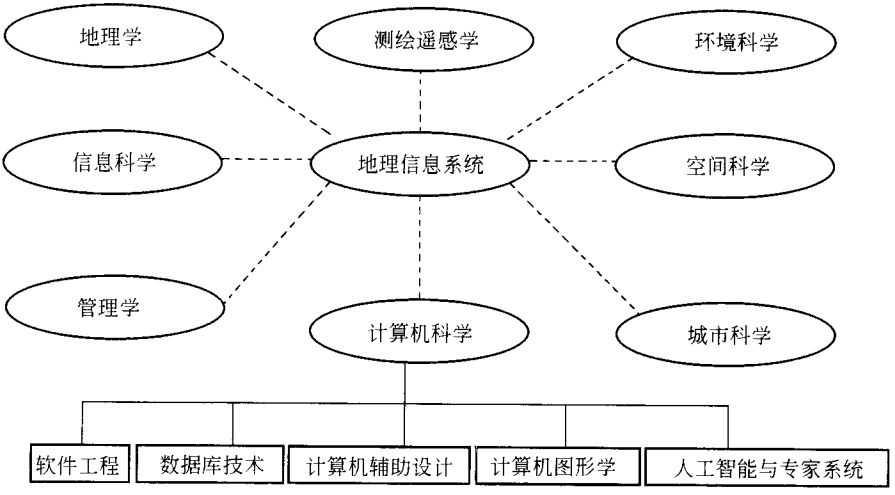


图 1－20　GIS 的相关学科

七、地理信息系统的发展趋势

目前，地理信息系统进入了新的发展阶段，已经成为一种包括硬件生产、软件研制、数据采集、空间分析及咨询服务的新兴信息产业，正朝着一个可运行的、分布式的、开放的、网络化的全球 GIS 发展。地理信息系统作为传统学科（如地理学、测绘学和地图学）与现代科学技术（如信息学、计算机科学、遥感技术）以及相关学科（如城市科学、环境科学、管理学）相结合的产物，正在逐步发展成为一门处理空间数据的现代化综合学科，成为地球空间信息科学的重要组成部分。

（1）地理信息系统与其他学科结合更加紧密、应用更加广泛

从 GIS 的产生和发展来看，GIS 与测绘学、遥感学（RS）、全球定位系统（GPS）有机地集成在一起，使得测绘、遥感、制图、地理、管理和决策科学相互融合，成为快速而实时的空间信息分析和决策支持工具。

3S（GIS、GPS、RS）技术是以地理信息系统为核心集成技术，构成了对空间数据适时进行采集、更新、处理、分析及为各种实际应用提供科学的决策咨询的强大技术体系。3 种技术的结合根据实际需要而定，其中地理信息系统起着关键性的作用，具体有以下结合方式：

①地理信息系统与全球定位系统的结合。利用地理信息系统中的数字地图和 GPS 接收机的实时差分定位技术，可以组成 GPS + GIS 的各种电子导航系统，用于交通、警车定位，车船自动驾驶等。

②地理信息系统与遥感的结合。对于各种地理信息系统而言，遥感信息是其重要的外部信息源，遥感技术是其数据更新的重要手段，尤其对于全球性的环境变化研究和地理动力学分析，更必须有卫星遥感所提供的覆盖全球的动态数据与地理信息系统的结合。而反过来，地理信息系统则可以提供遥感图像处理所需要的一些辅助数据，以提高遥感图像的信息量和分辨率，同时，地理信息系统可以将实地调查所获得的非遥感数据与遥感数据结合，从而提高遥感图像处理和解释的精度。

③3S 技术的整体结合。集遥感、地理信息系统和全球定位系统技术的功能于一体，构成高度自动化、实时化和智能化的地理信息系统，是空间信息适时采集、处理、更新，动态地理过程的现势性分析及提供决策辅助信息的有力手段。

（2）国家基础地理信息系统建设是数字地球最主要的基础设施

1998 年 1 月 31 日美国前副总统戈尔（Al Gore）在题为《数字地球：对 21 世纪我们这个星球的认识》的演讲中正式提出数字地球（Digital Earth）的概念，他提出“我们需要一个数字地球，即一种可以嵌入海量地理数据的、多分辨率的和三维的地球的表示。可以在其上添加许多与我们所处星球有关的地学数据。”简单地说，数字地球是一个以地理坐标（经纬网）为依据，将人类对地球观测的全球性的、动态的（每天至少更新一次）、高分辨率（高密度，如 1m）的、数字化的资源、环境，乃至社会经济的海量数据进行整合，并由计算机及其网络进行管理和综合分析所形成的一个能立体表达的新型“地球仪”——虚拟地球。通俗地讲，就是用数字的方法将地球、地球上的活动及整个地球环境的时空变化等方面的所有信息装入计算机中，由计算机对这些海量的地理数据实现多分辨率、多层次的描述，并实现在网络上的流通，使普通百姓能够通过一定的方式方便地获得他们所想了解的有关地球的信息，并使之最大限度地为人类的生存、可持续发展和日常的工作、学习、生活、娱乐服务。由于数字地球是用数字化的手段来处理整个地球的自然和社会

活动诸方面的问题，更确切地说，“数字地球”就是信息化的地球。

“数字地球”概念提出以后，很快得到了多个国家的响应，在我国也引起了极大的关注，由于数字地球与人类的生存、可持续发展和日常的工作、学习、生活、娱乐息息相关，各国都把数字地球计划列为继信息高速公路之后又一整体性的、导向性的国家科技发展战略目标，数字中国、数字农业、数字城市、数字工程以至数字经济、数字文化、数字交通、数字旅游等便是其具体构成。可以说，数字地球建设将是一场具有深远意义的技术革命。未来，数字地球将深刻地改变人类社会生产和生活方式，促进社会经济的更大发展。

数字地球是地球科学与信息科学的高度综合，它也是国家信息基础设施（National In－formation Infrastructure，NII，亦称一般信息高速公路）与国家空间数据基础设施（National Spatial Data Infrastructure，NSDI，亦称地学信息高速公路）的高度的综合，数字地球最主要的基础设施建设是“信息高速公路”和“国家空间数据基础设施”。后者，是面向社会、应用面宽、具有极高共享性和社会公益性的国家基础地理信息系统。GIS 的建设与发展与国家空间数据基础设施的建设与发展紧密相连。

（3）基于 Internet 的 Web GIS 和 Open GIS 是未来 GIS 发展的一个主流

GIS 始终与计算机技术密切相关，如今计算机网络（局域网、广域网和 Internet 网）的兴起和迅速发展、信息高速公路的建设，为 GIS 的发展奠定了数据远程传输的基础。人们可以将大量的用文字、数字、图形和影像等方式表达的地理信息和空间数据经数字化后存储在计算机中，方便、快速、及时地传送到需要的地方去，以实现信息共享，并更广泛地发挥其应用价值。这种用 Internet 将无数个分布于不同地点、不同部门、相互独立但具有相同软件平台的 GIS 连接起来，将系统的分析功能与数据管理分布在开放的网络计算机环境之中，以实施空间数据的互交换、互运算和互操作的地理信息系统称为超媒体网络地理信息系统（Web GIS）。若需在不同厂商的 GIS 软件及不同工作站的数据库间实施空间数据的互交换、互运算和互操作，则应通过统一的标准和接口相连接，称开放式地理信息系统（OpenGIS）。这是未来 GIS 发展的主流。

（4）构件式 GIS 的发展

建立一个小型的 GIS 已不是一两个人所能完成的，数字地球的建立更是一个极为庞大的工程，需要世界各地的人们参与。因此，把庞大的 GIS 软件系统分解成可按应用需要组装的组件，通过标准的系统环境如 COM（Complement），有效地实现系统集成，这就是构件式 GIS（COM GIS）。一旦实现了这一步，全世界的人都可以参与 GIS 的建设，完善数据库，建立丰富的组件库，用户可根据需要拼装调用。这种构件式 GIS 的各组件或数据采用分布式的存储，通过分布式对象管理系统管理起来。

第二节　地理信息系统的组成

一个典型的地理信息系统，应由计算机系统（硬件、软件及相关设备）、地理数据库系统及地理信息系统专业人才 3 大部分所组成。硬件和软件是 GIS 的重要组成部分，地理数据库是 GIS 的核心部分，而 GIS 人才是整个地理信息系统运作成功与否的关键。

一、硬件平台

GIS 的硬件是指计算机系统的硬件环境及外围设备。主要包括 5 个部分：

（1）计算机主机。高档微机服务器及工作站等。GIS 可充分利用包括从主机服务器到桌面工作站乃至网络系统的一切计算资源。

（2）输入设备。主要包括数字化仪、扫描仪、解析和数字摄影测量仪，以及全站型速测仪、GPS 接收机等测绘仪器。

（3）数据存储设备。数据存储设备包括硬盘、光盘、磁盘阵列、磁带等。

（4）数据输出设备。主要有矢量式绘图仪、彩色喷墨绘图仪、打印机等。

（5）网络通讯设备。在网络系统中用于数据传输和交换的光缆、电缆。

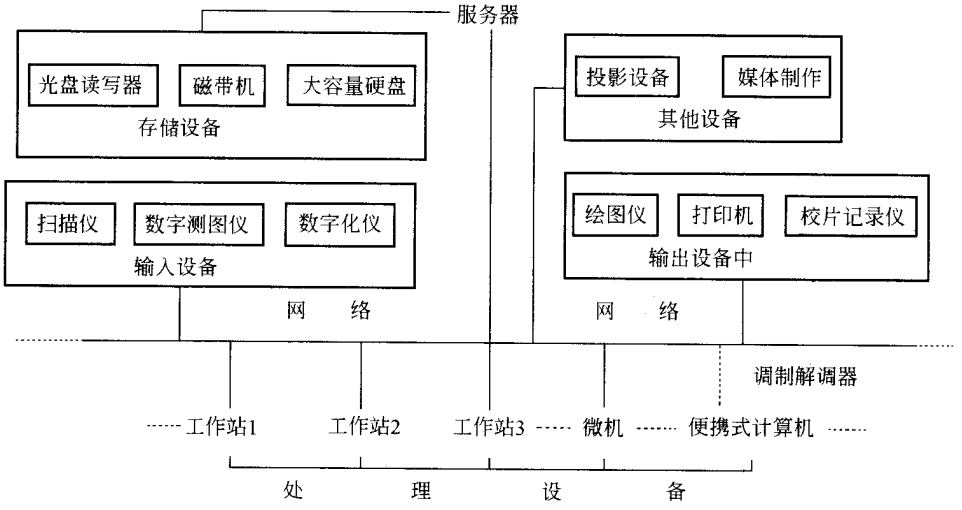


图 1－21　GIS 的硬件组成

二、GIS 软件

GIS 软件包括基础软件及二次开发软件两大部分，基础软件由具有录入、编辑、管理、输出和数据分析（含数据预处理及数据分析）功能的若干子程序以及操作系统、语言编译系统、数据库管理系统等构成。二次开发软件在基础软件平台上针对不同用户、不同功能要求、不同管理和运作方式编制，是一个面向对象的实用性强的地理信息系统。GIS 的软件系统见图 1－22。GIS 软件提供存储、分析、显示地理数据的功能，其要素包括地理数据的输入、存储、编辑、管理和空间查询、分析、可视化表达，图形用户界面等。软件是信息系统的灵魂。目前世界上商品化的 GIS 工具软件达 300 多种，在我国较为流行的主要有：ARC/INFO、MAPINFO、GEOSTAR、MAPGIS 等。CAD 厂商 AUTODESK，关系数据库厂商 ORACLE，INFORMIX，都相继推出 GIS 产品或支持模块。

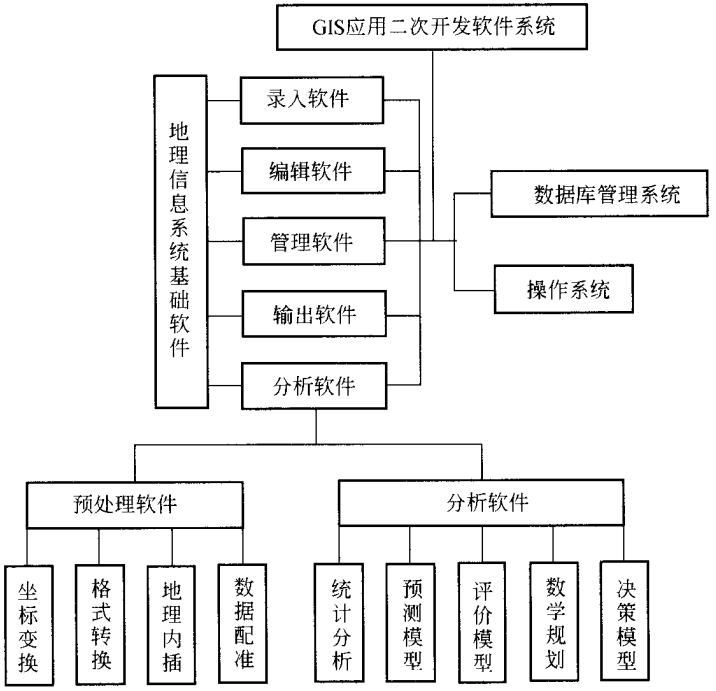


图 1－22　GIS 的软件系统

三、地理数据

在地理信息系统中，描述地理要素和地理现象的地理数据主要有两类。一类是图形数据，也就是空间数据，用来表示空间实体的位置、形状、大小和分布特征等诸方面信息

的数据，适用于描述所有呈二维、三维和多维分布的关于区域的现象。空间数据的特点是不仅具有实体本身的空间位置及形态信息，而且还有实体间的空间相关关系（即拓扑关系）信息。它通常以空间三维坐标（x，y，z）或地理坐标（经纬度和海拔高程）来表示，如果加上时间数据，则为四维动态数据。另一类是属性数据，也称非空间数据，是描述一个目标或实体的数量或质量特征的数据，如某条道路的路宽、路名、路面材料、等级、建成日期、行车道数等。

地理数据具有以下特点：

（1）以统一的坐标系统进行空间定位

地理数据必须具有标准坐标系中的参考位置。坐标系统的选择根据具体应用要求可以选择局部（地方）、全国或国际通用坐标系统。在我国，依照国际惯例并结合我国的具体实际，一般采用与我国基本图系列一致的地图投影系统，如大比例尺采用高斯－克吕格投影、中小比例尺采用兰伯特投影，在某些城市或工程系统中，则可能采取独立的地方坐标系统。但不管如何选取坐标系统，系统之间应能进行转换。

（2）空间数据与属性数据相结合

地理数据的另一个特征是空间数据与属性数据相结合。空间数据描述了地理实体的空间位置，一般用点、线、面来表达 如用坐标、周长、面积、曲率等来表达街道、湖泊和林地等地理特征。而属性数据则用于表示目标的非空间特征，提供如街道名称，房屋的层数、建筑材料、产权及用途，湖泊的盐度或土地的植被与土壤组成等信息。属性数据的不准确同样会影响到空间数据的应用。

（3）地理数据间存在着复杂的关系

地理数据之间的关系是很复杂的。例如，交通管理工作不仅需要很快找到堵车的地点和车辆数，还要知道相邻一定范围内道路的车辆运行状况，便于作出疏导决策，这就是我们通常所说的拓扑关系，即空间实体间的相邻、包含和相交关系。复杂的关系不可能全部存储，有些要通过计算获取。因此空间数据的结构的选择直接影响到系统特性的表达。

（4）地理数据具有时效性

地理数据具有周期性和时间性，过时的信息不具备现势性。目前在地理信息系统中经常以时间属性标注数据特征，当然在 GIS 中增加时间表达维则会增加数据处理的难度。

由于地理数据具备以上种种特性，在地理信息系统中表达地理数据是非常复杂的，不可以用简单的数据结构进行表达和再现。因此，要求用合理的数据结构和数据管理系

统统一组织地理数据库系统，才能利用地理数据实现各种应用和决策。

四、人才

掌握实施 GIS 来解决现实问题的人员的素质是 GIS 应用的关键。这里既包括从事 GIS 系统开发的专业人员，也包括终端用户。他们应当具备良好的测绘、遥感、地理、计算机技术和应用科学的知识基础，处理各类技术问题的经验，果断的判断决策能力和较强的组织指挥才能。在广大的 GIS 使用单位，专业 GIS 人员的工作包括：数据的整合、管理、GIS 应用服务、用户需求调查、工作流程的组织、有关机构的管理协调等。在 GIS 的研究机构，专业 GIS 人员需涉及软件工程、GIS 功能、数据结构、系统设计、地理模型等领域。GIS 系统从设计、建库、管理、运行直到用来分析决策处理问题，自始至终都需要有专门的技术人才，他们必须掌握 GIS 的基本知识，熟悉所利用的工具和分析问题的模型及数据的性质，才能使 GIS 系统更好地运作。

第三节　地理信息系统的基本功能

地理信息系统的基本功能体现在 6 个方面，如图 1－23 所示。

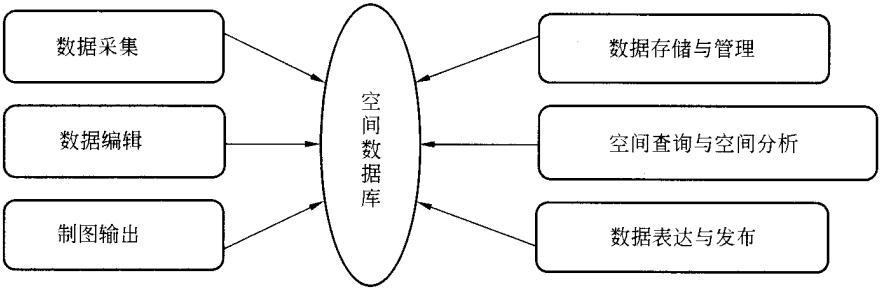


图 1－23　GIS 基本功能

一、数据采集

地理信息系统的核心是一个地理数据库，建立地理信息系统的第一步就是将地面上的实体图形数据和描述它的属性数据输入到数据库中。建立 GIS 数据库是一项重要而且复杂的任务。数据输入是将系统外部的原始数据传输到系统内，并经过编码将其由外

部格式转换为计算机可读的内部格式以建立 GIS 数据库的过程，此过程也称为数据采集，它包括数字化、规范化和数据编码 3 方面的内容。在 GIS 中，数据输入方法通常有以下几种：即键盘输入、手工数字化、扫描矢量化和已有的数据文件输入。

键盘输入，就是通过手工在计算机终端上输入数据。通常，属性数据是由键盘输入的。测量坐标数据通常也由键盘输入，空间数据则很少使用这种方式输入。

二、数据编辑

(一)图形数据的编辑

通过野外、航测内业仪器实测或现有地图数字化或航片的扫描等方式获取图形数据之后，重要的一项工作是用功能很强的图形编辑系统对图形进行编辑。

图形编辑系统应具备的功能有：人机对话、文件管理、数据获取、图形编辑窗口显示、参数控制、符号设计、图形编辑、自动建立拓扑关系、属性数据输入与编辑、地图修饰、图形几何功能、查询及图形接边处理。

(二)属性数据编辑

属性数据是用来描述实体对象的特征和性质等的数据。许多地理信息系统都采用关系型数据库管理系统进行管理。关系型数据管理系统(RDBMS)能为用户提供一套功能很强的数据编辑和数据库查询语言，如 SQL(结构化查询语言)，系统设计人员可利用 SQL 语言建立友好的用户界面，以方便用户对属性数据的输入、编辑和查询。

三、数据存储与管理

地理对象通过数据采集与编辑后，送到计算机的外存设备上，如硬盘、光盘、磁带等。对庞大的地理数据，需要数据管理系统来管理。其功效类似于对图书馆的图书进行编目、分类存放，以便于管理人员或读者快速查找所需的图书。

四、制图输出功能

GIS 最早是从地图制图发展而来。因此，从测绘角度来看，GIS 是一个功能极强的数字化制图系统。它可以提供输出各种地图的功能：

(1)全要素地图；

(2)根据用户需要分层提供专题图，如行政区划图、土地利用现状图、城市规划图、道路交通图、地籍图、等高线图等；

(3)通过分析还可以得到各类分析用图，如坡度图、剖面图、透视图等。还可以及时

更新,对数字地图进行整饰,添加符号、颜色和注记,图廓整饰等等。然后通过绘图机输出,得到一张精美的彩色(或单色)地图。

五、空间查询与空间分析

空间数据间存在着复杂的空间关系如:

- 连通性 :描述了不同地图特征的连接。如消防栓与水管的连接。
- 邻接性 :描述哪些特征是相邻接的。如新开发的住宅区与公园邻接。
- 相邻性 :描述哪些特征是相邻的。如房子位于河流旁边。
- 相交性 :描述哪些特征是相交的。如铁路与公路相交。
- 包含性 :描述哪些特征位于一片区域内。如管理站位于公园内。
- 相对位置 :描述特征间的相对位置。如公园在城市的西北。
- 高度差 :描述特征间的高度差异。如管理站在小河的上游。

利用这些关系可从一幅地图中衍生出其他有用的信息。例如:

- 决定废物填埋的合适地点。
- 寻找消防站到失火点的最佳路径。
- 查找从一个特定位置可看到哪些区域。

确定一片给定区域后,还有更多非直接的咨询等待回答 :包含哪些土地利用类别?工业用地位置?本区最适宜的商业中心的布局如何?公路建成后对周围环境将产生哪些影响?出发点和目的地之间的距离?如何安排公交车的班次和站点从而使区域交通效益最优化?

系统要回答这些问题,就需要采用适当的数据分析方法,进行空间查询和空间分析。即建立各种模型和算法对空间信息(位置、分布、形态、空间关系、空间运动等)进行查询和分析,从而得到人们所需要的信息或结论。其主要包括 :拓扑空间查询、缓冲区分析、叠加分析、通过逻辑运算得到空间集合分析、地学分析如坡向分析、断面图的分析、地形表面面积和挖填土石方体积的计算等。GIS 提供的专业分析模块可进行最佳路径分析,追踪污染源流分析,土地适应性分析,农业布局合理性分析,城市布局合理性、道路选线分析等,还可以预测人口,分析资源、环境、粮食产量等。

空间分析是一组分析结果依赖于所分析对象的位置信息的技术。空间分析由以下几部分内容组成:

(1)空间量测,包括质心测量(目标的中心点位置)、几何测量(坐标、距离、方向、面积、体积、周长、表面积等)、形状测量(形状系数计算)。

(2)空间变换,指经过一系列的逻辑或代数运算,将原始地理图层及其属性转换成新的具有特殊意义的地理图层及其属性。因空间数据的复杂性,空间变换的操作也十分复杂,但合理有序的空间变换却是有效的空间分析的前提。一般,空间变换在同等属性间进行,如在土地评价中,必须将土地类型、土地湿度、土地结构、土地地貌等多层因素转换成土地适宜性后,才能运用数学运算方法进行土地分析。

(3)空间内插,即用数学拟合方法在已有观测点的区域内估计未观测点的特征值,包括整体趋势面拟合与局部拟合两大类。

(4)空间依赖,如拓扑空间查询、缓冲区分析、叠加分析等。

(5)空间查询,包括基于空间关系特征的查询、基于属性特征的查询以及基于空间关系和属性特征的查询 3 种方式。

(6)空间决策支持,指通过应用空间分析的各种手段对空间数据进行处理变换,提取隐含于空间数据中的某些事实和内在关系,并以图形和文字形式直观地表达,为实际应用目标提供科学、合理的支持。空间决策支持过程包括确定目标、建立定量分析模型、寻求空间分析手段、结果的合理性与可靠性评价 4 个阶段,常用于诸如最佳路径、选址、定位分析、资源分配等经常与空间数据发生关系的领域以及由这些领域所延伸的其他某些社会部门和经济部门。

空间分析具有很强的目的性,是一种面向应用的空间数据分析处理方法,许多复杂的空间查询和空间决策都采用缓冲区建立、图层叠置、特征信息的提取和合并、数学分析模型的建立等方法来解决,空间分析在 GIS 中占有重要位置,是地理信息系统的核心功能。

六、数据表达与发布

随着计算机技术的发展,特别是 Internet 技术的迅速发展,GIS 正在向客户—服务器(Client/Server)、浏览器—服务器(Brower/Server)模式发展,空间数据将实现合理的共享,用户可以查询和使用集中在服务器终端的大量空间数据,为此,空间数据必须具有标准的定义、表达和发布形式。元数据(Metadata)作为描述数据的数据,是对数据的质量、表达形式和数据的内容等进行具体描述的数据。GIS 的空间数据发布功能是利用元数据把空间数据向用户描述的过程,从而使用户合理、有效地使用空间数据。

万维网(Web)地理信息系统,就是利用互联网技术来扩展和完善地理信息系统的一项新技术,它是由地理信息系统和互联网技术相结合产生的一种新的技术方法。人们利用它在 Internet 网上获取各种空间信息,并可进行各种地理空间分析。

第四节　地理信息系统的空间数据结构

地理信息系统空间数据结构(Spatial Data Structure)就是指这种空间数据在系统内的组织和编码形式,也称为图形数据格式。它是指适合于计算机系统存储、管理和处理地理信息的逻辑结构,是地理实体的空间排列方式和相互关系的抽象描述,是对数据的一种理解和解释。不说明数据结构的数据是毫无用处的,不仅用户无法理解,计算机程序也无法正确处理。对同样一组数据,按不同的数据结构去处理,得到的是截然不同的内容。只有充分理解了地理信息系统的特定的数据结构,才能正确有效地使用系统。

空间数据编码是指根据一定的数据结构和目标属性特征,将经过审核的地形图、专题地图和遥感影像等资料,转换为适合于计算机识别、存储和处理的代码或编码字符的过程。由于地理信息系统数据量极大,一般需要采用压缩数据编码方式以节省空间。

GIS 数据结构主要有两种类型:矢量数据结构和栅格数据结构(图 1 – 24)。两类数据结构都可用来描述地理实体的点、线、面 3 种类型。

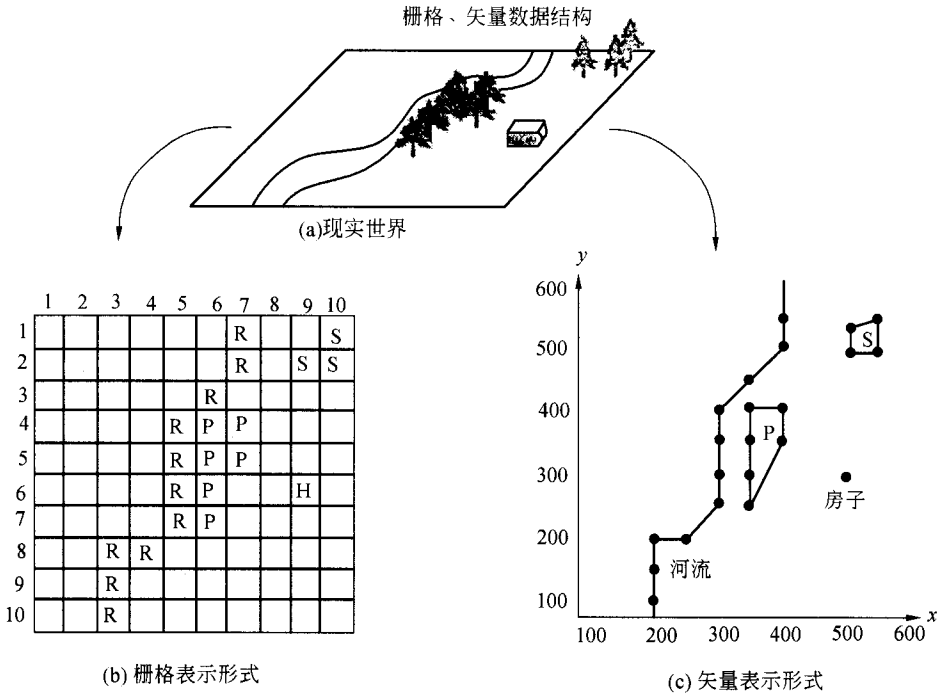


图 1 – 24　空间数据结构的两种类型

一、矢量数据结构编码的基本内容

矢量数据结构是通过记录坐标的方式，用点、线、面等基本要素尽可能精确地来表示各种地理实体。点用空间坐标对表示，线用一串坐标对表示，面为由线形成的闭合多边形。矢量数据表示的坐标空间是连续的，可以精确定义地理实体的任意位置、长度、面积等。

（一）点实体

点实体包括由单独一对（x，y）坐标定位的一切地理或制图实体，如控制点、电线杆、水井等。在矢量数据结构中，除点实体的（x，y）外还应存储其他一些与点实体有关的数据来描述点实体的类型、制图符号和显示要求，如控制点的等级、点名，电线杆的电力或通讯、高低压，水井的自流或机动等。点实体是空间上不可再分的地理实体，可以是具体的也可以是抽象的，如地物点、文本位置点或线段网络的结点等，如果点是一个与其他信息无关的符号，则记录时应包括符号类型、大小、方向等有关信息 如果点是文本实体，记录的数据应包括字符大小、字体、排列方式、比例、方向，以及与其他非图形属性的联系方式等信息。对其他类型的点实体也应做相应的处理。图 1－25 所示为点实体的矢量数据结构的一种组织方式。

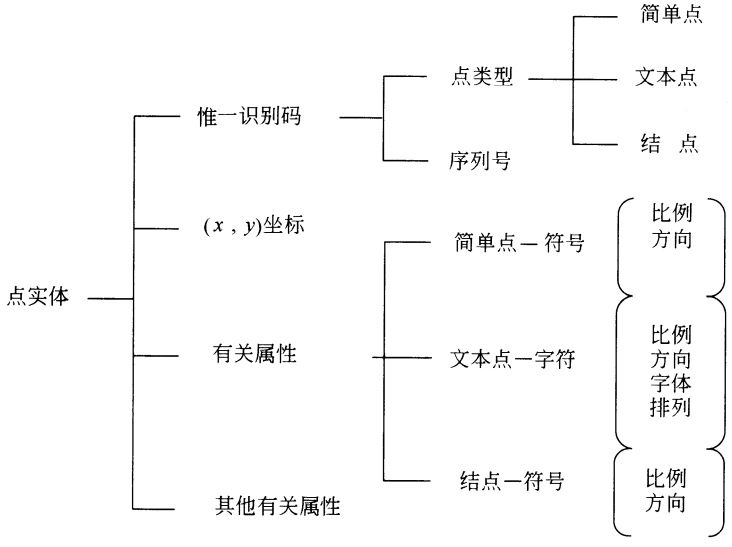


图 1－25　点实体的矢量结构图

（二）线实体

线实体为一串由两对以上的（x，y）坐标定义的能反映各类线性特征的直线元素的集合。

线实体通常用 n 个坐标对组成，主要用于描述连续而复杂的线状地物，如道路、河流、等高线等符号线和多边形边界。通常也称为“弧”和“链”。它的矢量编码相对来说也是比较简单的，其中包括如下内容：

(1)惟一标识码：用来建立系统的排列序号。

(2)线标识码：用来确定该线的类型。

(3)起点、终点：可以用点号或坐标表示。

(4)坐标对序列：确定线的形状，在一定距离内，坐标对越多，则每个小线段越短，且与实体曲线越接近。

(5)显示信息：显示时采用的文本或符号，如线的虚实、粗细等。

(6)其他非几何属性。

若线与结点一起构成网络，则产生线与线之间的连接判别问题，即拓扑关系中的连通性。因此还需要在线的数据结构中建立“指针”指示其连接方向。除此以外，在结点上还应记录有交汇线的夹角，这样才能建立起正确的网络。连通性关系对于网络中路径搜寻，如最佳路径计算和全网络流程分析都是非常重要的。

图 1－26 为某一城市道路路线图，现要选择一条从 A_1 到达 A_2 最优行车路线。在各结点上汇集的连接线段列于表 1－6、表 1－7 中。从线段一结点表中可得出 A_1 到达 A_2 的多条路线：$A_1-b-d-g-i-A_2$，$A_1-b-d-e-f-i-A_2$，$A_1-b-c-d-g-i-A_2$，$A_1-b-d-e-f-i-A_2$，$A_1-b-c-d-e-f-i-A_2$，$A_1-b-d-g-g-i-A_2$，$A_1-b-c-e-f-i-A_2$，然后根据道路具体条件，进行路径最优确定。

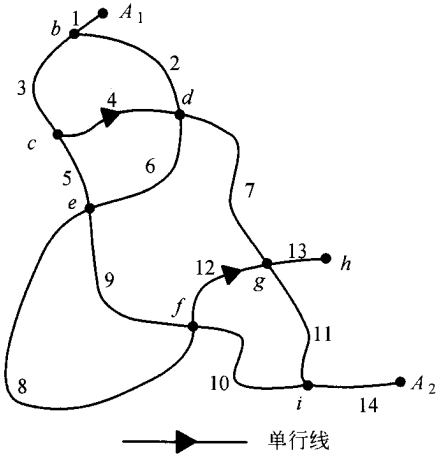


图 1－26　某城市道路路线图

表 1－6　线段一结点表

线段号	始结点	终结点
1	A_1	b
2	b	d
3	b	c
4	c	d
5	c	e
6	d	e
7	d	g
8	e	f
9	e	f
10	f	i
11	g	i
12	g	f
13	g	h
14	i	A_2

表 1－7　线段坐标表

线段号	坐标(x,y)
1	$x_{11}, y_{11}; x_{12}, y_{12}\cdots$
2	$x_{21}, y_{21}; x_{22}, y_{22}\cdots$
3	$x_{31}, y_{31}; x_{32}, y_{32}\cdots$
4	$x_{41}, y_{41}; x_{42}, y_{42}\cdots$
5	$x_{51}, y_{51}; x_{52}, y_{52}\cdots$
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	

(三)面实体

对于面实体,人们常采用闭合多边形的概念,它是描述地理空间信息的最重要的一类数据,行政区、土地类型、植被分布等具有名称属性和分类属性的地理实体均可用闭合多边形(有时称区域)来表示。用于 GIS 的多种专题制图都必须处理闭合多边形问题。

研究多边形数据结构的目的是描述它的拓扑特征，如形状、相邻关系、层次结构等。闭合多边形数据结构的构造方法对多边形的要求如下：

(1)组成地图的每一个闭合多边形应有惟一的形状、周长和面积。任何规则街区也不能设想它们具有完全一样的形状和大小。对土壤或地质图上的多边形来说更不可能有相同的形状和大小。

(2)地理分析要求的数据结构应能够记录每一个闭合多边形的邻域关系。

(3)专题图上的闭合多边形并不都是同一等级的多边形，而可能是多边形内联套一些小多边形(次级，也称“洞”)，例如湖泊的水涯线与土地利用图上各多边形同级，而湖中的岛屿则为“洞”。闭合多边形矢量编码方法很多，常用的是拓扑结构法，所谓拓扑结构是指确定各地理实体关系的数学模型。为了准确描述空间目标的位置和空间关系，在涉及空间目标的角度、方向、距离和面积时，应以几何坐标为基础运用解析几何方法来分析 在涉及空间目标之间的相邻、相连、包容、里面、外面等关系时，则采用拓扑几何的方法来解决。拓扑结构数据模型的用途之一就是在进行空间分析时可基于空间关系而不必使用坐标数据，许多空间分析，如综合分析或连通性分析都是很费时的运算，只有使用拓扑数据，才能提高计算速度。如果不用拓扑数据，可能会由于计算时间过长而不能容忍。因此，许多 GIS 系统都早可能采用拓扑矢量数据结构。图 1－27 面实体的多边形结构，面实体的拓扑数据见表 1－8、表 1－9。

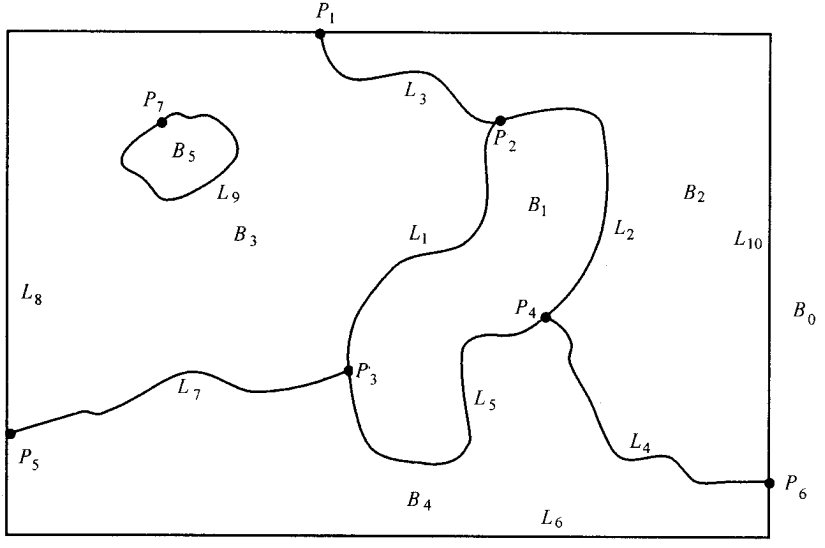


图 1－27　面实体的多边形结构

B_i—多边形编号；L_i—边界弧段编号；P_i—结点编号

表 1－8　面实体的拓扑数据之一

面拓扑		弧拓扑				
面	弧段	弧段	起结点	终结点	左多边形	右多边形
B_1	L_1 L_2 L_5	L_1	P_3	P_2	B_3	B_1
		L_2	P_4	P_2	B_1	B_2
B_2	L_2 L_3 L_4 L_{10}	L_3	P_2	P_1	B_3	B_2
		L_4	P_6	P_4	B_4	B_2
B_3	L_1 L_3 L_8 L_7 L_9	L_5	P_3	P_4	B_1	B_4
B_4	L_4 L_5 L_6 L_7	L_6	P_5	P_6	B_4	B_0
		L_7	P_5	P_3	B_3	B_4
B_5	L_9	L_8	P_5	P_1	B_0	B_3
B_0	图幅外区域	L_9	P_7	P_7	B_5	B_3
		L_{10}	P_6	P_1	B_2	B_0

表 1－9　面实体的拓扑数据之二

点拓扑		弧段坐标数据			
结点	弧段	弧段	起结点 X，Y	中间点 X，Y	终结点 X，Y
P_1	L_8 L_{10} L_3	L_1	X_{11}，Y_{11}	X_{12}，Y_{12}；X_{13}，Y_{13}；…	X_{1n}，Y_{1n}
P_2	L_1 L_3 L_2	L_2	X_{21}，Y_{21}	X_{22}，Y_{22}；X_{23}，Y_{23}；…	X_{2n}，Y_{2n}
		L_3	X_{31} Y_{31}	X_{32}，Y_{32}；X_{33}，Y_{33}；…	X_{3n}，Y_{3n}
P_3	L_1 L_7 L_5	L_4	X_{41}，Y_{41}	X_{42}；Y_{42}；X_{43}，Y_{43}；…	X_4n，Y_4n
P_4	L_4 L_5 L_2	L_5	X_{51}，Y_{51}	X_{52}，Y_{52}；X_{53}，Y_{53}；…	X_{5n}，Y_{5n}
		L_6	X_{61}，Y_{61}	X_{62}，Y_{62}；X_{63}，Y_{63}；…	X_{6n}，Y_{6n}
P_5	L_6 L_7 L_8	L_7	……	……	……
P_6	L_4 L_6 L_{10}	L_8			
		L_9			
P_7	L_9	L_{10}			

二、栅格数据结构编码的基本内容

栅格数据是最简单、最直观的一种空间数据结构。它将地面划分为均匀的网格，每个网格作为一个像元，像元的位置由所在行、列号确定，像元所含有的代码表示其属性类型或仅是与其属性记录相联系的指针。在栅格结构中，一个点（如房屋）由单个像元表达，一条线（如道路）由具有相同取值的一组线状像元表达，一个面状地物（如旱地）由若干行和列组成的一片具有相同取值的像元表达。图 1－28 为用抛格像元素表示点、线、面实体的示意图。如图 1－28a 中的‘4’代表点像元（点实体）；图 1－28 中的若干个‘6’所

代表的点像元相连构成线状像元(线实体);同样,图 1－28c 中若干个相同的像元代码(6,7 或 4)所组成的区域代表面实体。

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	4	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

(a)点实体

0	0	0	6	0	0	0	0
0	0	6	6	0	0	0	0
0	6	6	0	0	0	0	0
0	6	0	0	0	0	0	0
0	0	6	0	0	0	0	0
0	0	6	6	6	0	0	0
0	0	0	0	6	6	6	6
0	0	0	0	0	0	0	0

(b)线实体

7	7	7	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	6	6	6
7	7	7	7	7	7	6	6
4	4	4	7	6	6	6	6
4	4	4	4	4	6	6	6
4	4	4	6	6	6	6	6
0	0	4	4	6	6	6	6
0	0	0	0	6	6	0	0

(c)面实体

图 1－28　用栅格像元素表示点、线、面实体

栅格数据的编码方法：

栅格数据的编码方法有多种,常见的有栅格矩阵法、行程编码、块码和四叉树编码等,而四叉树编码是一种更有效地压编数据的方法。

四叉树编码又称为四分树、四元树编码。它把 $2^n \times 2^n$ 像元组成的阵列当作树的根结点,树的高度为 n 级(最多为 n 级)。每个结点有分别代表西北、东北、西南、东南 4 个象限的 4 个分支,如图 1－29a。4 个分支中要么是树叶,要么是树杈。树叶用方框表示,它说明该 1/4 范围或全属多边形范围(黑色)或全不属多边形范围(在多边形以外,空心四方块),因此不再划分这些分枝;树杈用圆圈表示,它说明该 1/4 范围内,部分在多边形内,部分在多边形外,因而继续划分,直到变成树叶为止。四叉树编码正是按照这一原则划分,逐步分解为包含单一类型的方形区域,其最小的方形区域为一个栅格像元。图像区域划分的原则是将区域分为大小相同的象限,而每一个象限又可根据一定规则判断是否继续等分为次一层的 4 个象限。其终止判据是,不管是哪一层的象限,只要划分到仅代表一种地物或符合既定要求的几种地物时则不再继续划分,否则一直分到单个栅格像元为止。图 1－29a 所示的栅格数据,经过四叉树编码得到四叉树,如图 1－29 所示。

四叉树编码有许多优点：

(1)容易且有效地计算多边形的数量特征；

(2)阵列各部分的分辨率是可变的,边界复杂部分四叉树较高即分级多,分辨率也高,而不需表示的细节部分则分级少,分辨率低。因而既可精确表示图形结构,又可减少存储量；

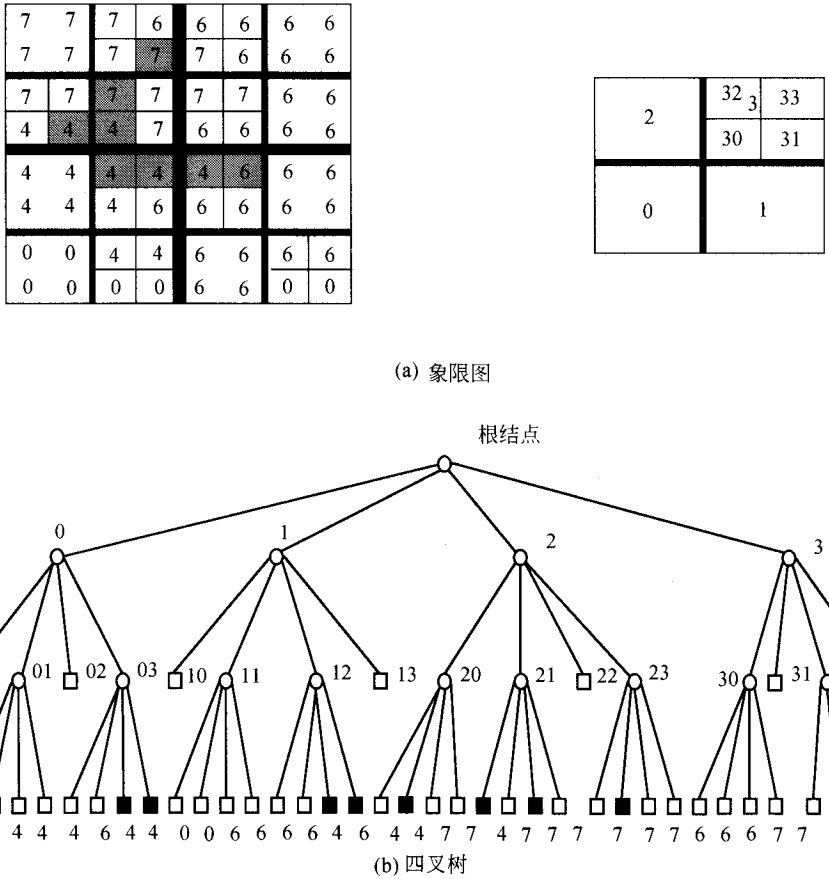


图 1－29　四叉树编码结构

(3)栅格到四叉树及四叉树到简单栅格结构的转换比其他压缩方法容易；

(4)多边形中嵌套不同类型的小多边形表示较方便。四叉树编码的最大缺点是，树状表示的变换不具有稳定性，相同形状和大小的多边形可能得出不同四叉树结构，故不利于形状分析和模式识别。

三、矢量数据与栅格数据的区别

从图形质量出发，最初研究和发展的是矢量数据处理技术。原因很简单，矢量数据结构是人们最熟悉的图形表达形式。但到了 20 世纪 70 年代后期，许多实际工作者都认为在许多情况下，栅格方案更有效。例如多边形周长、面积、总和、平均值的计算，从一点出发的半径等，在栅格数据中都简化为简单的计数操作。又因为栅格坐标是规则的，删除和提取数据都可按位置确定窗口来实现，比矢量数据结构方便得多。另一方面，相互连接的线网

络和多边形网络则仍需应用矢量数据结构模式。因为矢量结构更有利于网络分析(交通运输网、给排水网等)和制图应用。但是矢量表示的多边形网络、线网络数据结构中包括了大量拓扑信息即关系数据等冗余数据,也使矢量结构的数据库容量大幅度增加。

由此可知栅格结构和矢量结构都有各自的优点和局限性。

(一)矢量数据结构

(1)优点

①数据结构严密,数据量小,精度较高;

②用网络连接法能完整地描述拓扑关系;

③图形输出精确美观;

④能实现图形数据和属性数据的恢复、更新、综合。

(2)缺点

①数据结构复杂;

②矢量多边形地图或多边形网很难用叠置方法与栅格图进行组合;

③显示和绘图费用高,特别是高质量绘图、彩色绘图和晕线图等;

④技术复杂,数学模拟比较困难,多边形内的空间分析不容易实现。

(二)栅格数据结构

(1)优点

①数据结构简单;

②空间数据的叠置和组合十分容易、方便;

③数学模拟方便,容易进行各类空间分析;

④技术开发费用低。

(2)缺点

①图形数据量大,用大像元减少数据量时,可识别的现象结构将损失大量信息;

②图形输出不精美;

③难以建立网络连接关系;

④投影变换耗时多。

从上述比较中可以了解到栅格数据和矢量数据结构的适用范围。对于一个与遥感相结合的地理信息系统来说,栅格数据结构是必不可少的,因为遥感影像是以像元为单位的,可以直接将原始数据或经处理的影像数据纳入栅格数据结构的地理信息系统。而对地图数字化、拓扑建立、矢量绘图来说,矢量数据结构又是必不可少的。目前,大多数地理信息系统都支持矢量和栅格两种方式,以充分利用两种数据结构的优点。

四、地理信息系统的数据库建设

数据库建立的过程包括技术设计、资料准备、数据获取和数据入库等内容。技术设计是数据采集前重要的准备工作，主要是制定相应的技术标准、操作技术规程、数据分类编码规则及数据质量控制体系。

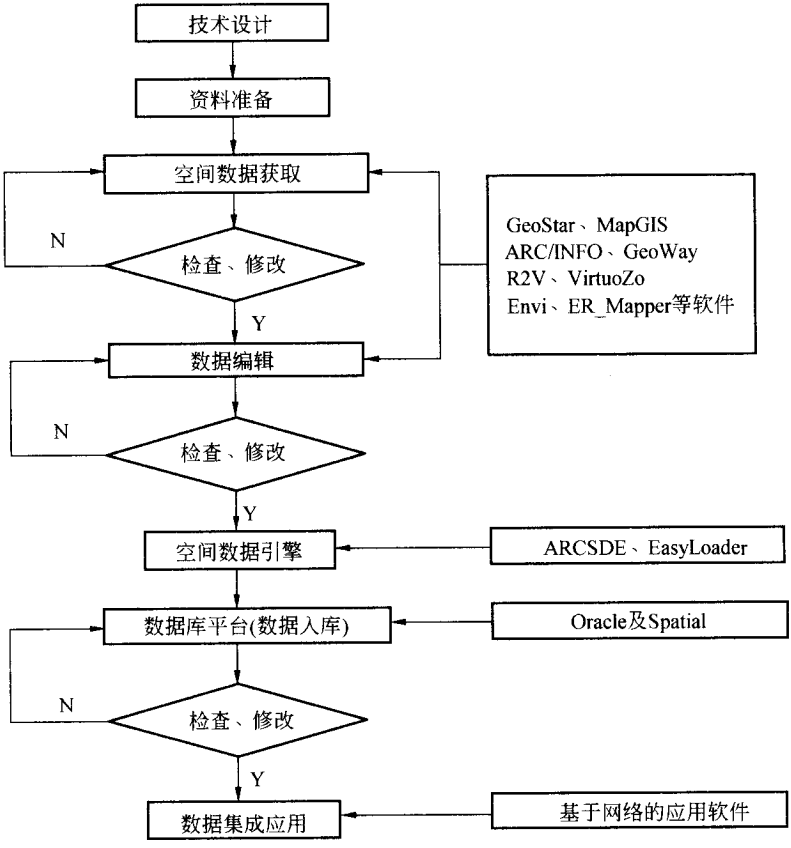


图 1－30　地理信息系统数据库建库的基本过程

第五节　地理信息系统的应用

一、GIS 的应用范围

GIS 的应用范围极广，凡是需要考虑空间地理位置的地方都可能用到 GIS。GIS 在

信息社会中将深入到各行各业乃至各家各户，它将成为人们生产、生活、学习、工作中不可缺少的强有力的信息工具。其应用范围主要有以下几方面。

(1)全球资源环境动态监测

如美国地质测量局(USGS)的地球资源观测卫星数据中心(EROS Data Center)和加拿大遥感中心(CCRS)合作，将连续 10 天采集的数据融合在一起，形成北美植被指数圈，将它与 GIS 中各种数据结合，建立北美土地覆盖数据库，供全球变化研究用。又如，联合国粮农组织(FAO)在意大利建立的遥感与 GIS 中心，负责对欧洲和非洲的农作物生长及病虫害防治提供实时的监测和技术服务。当前，许多资源卫星以其短周期(几天至十几天)的重复观测、1m 甚至 0.5m 的地面分辨率及多波段扫描提供大量的遥感观测数据，为实现全球变化动态监测提供了强有力的技术保障。

(2)国家基础产业服务

如全国范围的自然资源调查、环境研究、土地详查与利用、森林管理、农作物估产、各种灾害预测与防治、国民经济调查和宏观决策分析等，面向国家基础产业的地理信息系统，由于覆盖全国或跨省，数据量巨大，其数据的采集与更新往往必须建立在遥感技术的应用基础上。

(3)城市建设管理

GIS 可用于土地管理、房地产经营、污染治理、环境保护、交通规划、上下管线管理、市政工程服务和城市规划等。如澳大利亚的昆士兰州布里斯班市的城市信息系统，以数字地籍数据库为基础，包括城市规划、市政管理、公共交通、公园绿化、房地产管理等都成效卓著。在我国，许多城市也先后建立了地籍管理信息系统、城市规划管理信息系统、市政管网信息系统、城市防洪防汛管理信息系统，以至基于 GIS 与 GPS 相结合的交通管理信息系统等。

(4)企业生产经营管理

GIS 可用于生产和经营管理。如德国的露天煤矿，利用航测方法建立和更新矿区 GIS(包括 DEM)，在此基础上设计开采面作业计划、矿石运输线路、废矿石堆放位置，从而使生产作业达到最佳状态。

(5)商业服务

通过 GIS 为商业和企业创造空间竞争优势。如我国南方沿海开放地区，为了有偿使用和转让土地使用权，引进外资开发新的产业，他们都主动地投资建 GIS，充分显示了 GIS 的商业价值。

(6)指导工程施工

香港新机场是通过填海开辟场区，地价比金子还昂贵，施工中将数字摄影测量系统（DPS）与 GIS 相结合，飞机每天摄影一次采集数据，用 GIS 在 24 小时内给出填土方量、工时等各种费用以及建设场地施工状况以指导施工，如果用人工方式是绝对做不到的。

（7）军事服务

在海湾战争中，美国国防制图局（DMA）的 GIS 充分发挥了作用。他们在工作站上建立了 GIS 与遥感的集成系统，用自动影像匹配和自动目标识别技术处理卫星和高低空侦察机，实时获得战场数字影像，及时地（不超过 4 小时）将反映战场现状的正射影像图叠加到数字地图上，数据直接传送到海湾前线指挥部和五角大楼，为军事决策提供 24 小时的实时服务。

二、GIS 在城市管理中的应用

城市是人类政治、经济、文化活动的中心，在现代经济迅速发展的形势下，城市在不断地扩大，人口聚集，交通发达，工厂林立，商业繁荣，人流、车流、物流频繁；同时居住拥挤，污染严重，生态环境恶化，火灾和交通事故时有发生，因此需要建立一个综合性和动态性的城市地理信息系统，为决策者提供城市信息，使各类决策建立在更为科学、更加实际可行的基础上，加快城市发展。

城市地理信息系统的数据分为基础数据和专题数据。基础数据是指城市最基本的空间位置数据，包括各种平面和高程控制点、建筑物、道路、水系、境界、地形、植被、地名等，主要用于表示城市基本面貌及作为各种专题信息的空间定位。它具有统一性、精确性和基础性。城市专题地理数据是指各种专题性的城市地理信息，包括城市规划、土地利用、交通、综合管网、房地产、地籍、环境等，用于表示城市某一专业领域要素的地理空间分布及规律。它具有专业性、统计性和空间性的特点。此两类信息都来自地形图、专题地图、统计表册及其他资料载体，都具有空间属性（在什么位置？）、时间属性（产生于哪个时间？）、专题属性（代表什么内容？）和统计属性（数量与质量）。

城市地理信息系统（Urban Geographic Information System，简称“UGIS”），简单地说，是一种运用 GIS 技术，实现对城市各种空间和非空间数据的管理和应用，以处理城市空间实体及其关系为主的技术系统。它是地理信息系统的一个分支，是城市基础设施之一，也是一种城市现代化管理、规划和科学决策的先进工具。20 世纪末，我国有一些城市如北京、上海、广州、深圳、厦门等均先后建立或初步建立了城市管理信息系统，为大规模的城市基础设施建设提供了强有力的技术保障。

城市地理信息系统在结构上包括基础层（基础地理信息子系统）、专题层（专题地理

信息子系统)及综合层(城市综合地理信息子系统)3 个层次。基础地理信息子系统由城市测绘部门根据需要而建立,专题地理信息子系统则在基础地理信息系统基础上根据用户需求提取专题数据和相关属性数据后由用户或相关部门负责建立。城市综合地理信息子系统是从城市整体综合管理和长远决策目标考虑,预先有所计划,待基础层和专题层的信息系统建成之后,再着手进行最高层的综合子系统。整个城市地理信息系统由政府主管部门主持建立。城市地理信息系统的总体框架如图 1 – 31 所示。

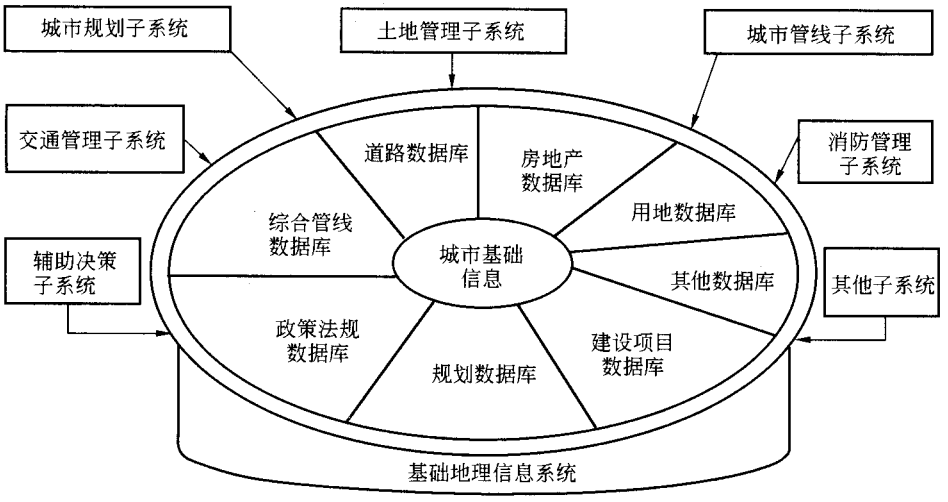


图 1 – 31　城市地理信息系统总体框架

城市地理信息系统的功能,除了 GIS 必备的数据处理、分析和表达等方面的技术性功能外,更重要的体现于应用性功能方面。

(1)管理功能。对各类城市信息实行统一管理、数据共享、快速检索、实时交换及可视化输出,形成一个动态的城市管理系统,对城市实现现代化管理。

(2)评价分析功能。对城市建设和城市管理中的一些重要问题,如交通网络、投资环境、规划管理、企业选址或工程效益等 通过分析模型和辅助决策系统进行综合评价分析,提出方案供主管部门决策参考,同时也可对洪水、火灾一类灾害性突发事件通过相关分析评价作出快速反应。

(3)规划与预测功能。根据城市现状、发展趋势和潜在能力,通过不同预测模型展现可能的前景,供中长期规划和宏观调控参考。

城市是人口、资源、环境和社会经济要素密集的地理综合体,与一般的 GIS 相比,城市地理信息系统具有以下主要特点:

(1)数据类型多样性和服务对象多层性。UGIS 数据除基础空间数据外还有人口、资

源、环境、社会经济等多种类型的专题数据，还有时态上的多时相，结构上的多层次，性质上的‘空间’与‘属性’以及数据来源上的矢量数据、栅格数据、统计数据等，形成了数据的多样性。满足城市不同层次、众多部门及广大公众的需要，这也是 UGIS 的特色。

(2)精度高、现势性强。为房产和地籍管理以及企业选址所用，UGIS 必须建立在大比例尺图基础上，精度要求高。随着城市发展的加快，信息数据的更新速度也应加大。

(3)模型化、智能化和多功能性。由于 UGIS 是应用性很强的 GIS 系统，必然要有一整套分析、评价、预测和优化的模型，同时需兼备管理、评价分析和规划预测等多种功能，要求比一般 GIS 系统更为综合、更加智能化。

(4)与办公自动化紧密相结合。这是实现现代化管理的需要。

(5)高度统一的规范标准。城市职能部门多、服务对象广泛，加上数据类型的多样性，为确保信息共享和系统兼容，必须要有统一的规范标准。

(6)实用性强。UGIS 用户明确、目标清楚、实用性强，社会效益和经济效益也很明显。

(一)城市基础地理信息系统

城市基础地理信息系统是城市地理信息系统的基本构成，为专题地理信息系统的基础。城市基础地理信息系统的数据也包括空间基础数据和属性数据，其基础数据采集与获取的组织过程如图 1－32 所示。

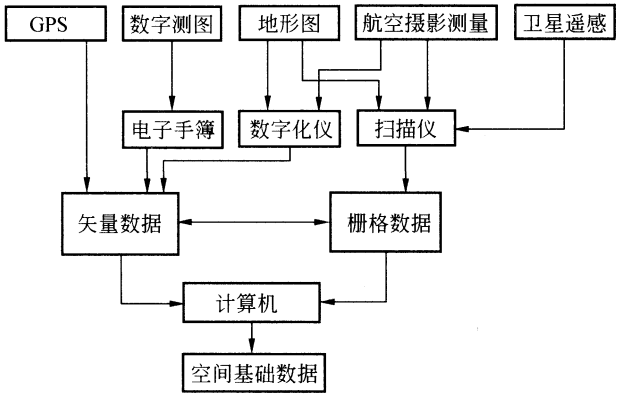


图 1－32　空间基础数据的采集与获取

与任何一个地理信息系统一样，城市基础地理信息系统也由数据输入、数据编辑与管理，数据分析处理及数据输出等部分组成，具有信息查询、数据转换、数据处理、空间分析、信息输出等功能，如图 1－33 所示。

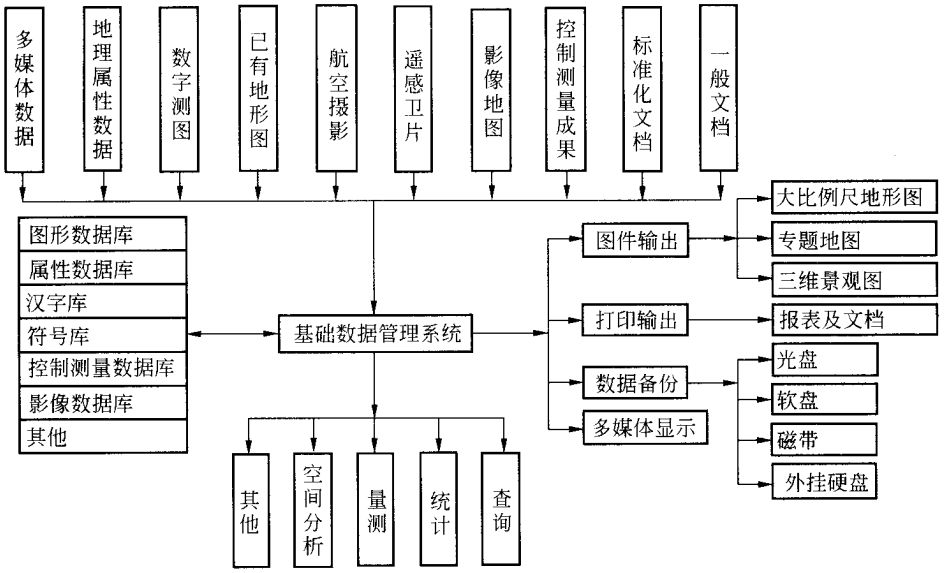


图 1－33　城市基础地理信息系统的组成

(二)城市交通管理子系统

交通是城市的重要组成部分,同时也决定着城市居民的生活方式和生活质量。长期以来,各国交通问题已经成为困扰城市发展的重要问题,欲解决交通堵塞、交通事故及出行难等问题,仅依靠道路建设、扩大路网规模是远远不够的。随着城市规模的扩大和设施的现代化,依赖现代信息技术和现代交通管理理论,利用 GIS 系统强大的图形数据库和网络空间查询、空间分析功能,建立包含公交路线管理系统、城市交通实况监测管理系统、车载导航系统、应急实施系统、出行信息系统等在内的交通地理信息系统(Geographic Information Sys－tems for Transportation 简称 GIS－T)迫在眉睫。将 GIS 技术与 GPS 技术、无线通信、互联网络、虚拟现实等高新技术相结合,在 GIS 系统的数据操作及空间分析技术辅助下,可以建立一个广泛的实时数字交通信息用户服务体系,实现交通信息的实时发布、检索,为城市交通管理、车辆自动导航、客货运输调度及居民出行等提供技术支持。目前,在西方发达国家,基于 GIS 与 GPS 集成的车辆导航与监控系统已普及应用,在我国一些大中城市,在公安、金融、交通和消防部门也正大力应用和发展这一技术,在由 1∶25000 地形图数字化而来的数字地图基础上建立的北京市车辆智能导航系统正是一例。

技术上,交通管理地理信息系统应具有以下功能:

(1)数据录入:录入道路状况的矢量信息、输入不同工业标准格式的扫描文档和图像、直接输入各种遥感格式数据文件;

(2)数据显示:显示路径、里程(动态分段)、路况照片、扫描文档及图像,支持 GIS 空

间数据格式转换，绘制地形图；

(3)简单数据分析 如路面状况计算、填挖方量计算、弯道半径计算、环境影响事故因子分析、限高度(或宽度)路线图绘制、设施定位、可通行道路分析、维修路线制定等；

(4)数据操作 把路径、里程、数据文件如桥梁、交通量、指示灯、路灯、事故地点等与路网连接，与地图投影变换、基准数据转换等相关数据(如环境和地貌数据)相叠加；

(5)数据管理 扫描文档和图像的管理，道路记录单的管理和显示，管理不同来源的数据，地图数据的存取控制，维护地图数据库中的历史事件；

(6)复杂的空间分析能力 线性特征的静态和动态分段、线性数据叠加、不同参照下线性数据相互转换、最佳路径选择、资源分配、相邻和最近分析、车辆路由选择能力、网络负载模型、地表模型和等高线计算等。

交通管理地理信息系统的应用功能：

(1)信息管理。GIS 是道路管理系统的核心，用 GIS 软件的强大功能能够对来自交通领域不同部门的表格和地图数据进行存储、检索、分析、处理、传输及表达，这是 GIS—T 系统的基本。

(2)道路规划设计。利用 GIS 对交通流量、土地利用和人口数据进行分析，预测将来的道路等级，把地质、水文和人文数据结合起来，进行路线和构造设计。

(3)环境影响评价。分析新辟道路对周围环境和经济文化的影响。

(4)交通的智能化管理。将 GIS－T 系统与 GPS 定位技术、数据通讯技术、传感器技术、电子控制技术有效地集成，运用于交通运输管理的全过程，连结汽车、司机、道路及服务部门等相关对象，建立一个实时、准确、高效的现代化的综合性运输管理系统，即“智能交通系统”(Intelligent Transportation Systems，ITS)，这是交通智能化管理的目标和任务。ITS 的基础是 GIS－T，因此 GIS－T 系统应具有一系列复杂的空间分析评价模型，如包含范围查询、专题查询、时态查询、网络查询、空间模式查询和空间仿真等几何查询模型，研究车辆在交通网络中一定时间内可能活动范围的交通网络最短路径计算模型，研究在一定的限制条件(时间、距离或费用)下自某服务设施(医院、学校、车站、消防栓、商店或旅游景点)出发或到达某服务设施而不超过所限制条件的覆盖范围的交通网络中心服务范围计算模型，研究自城市中某一地点到达其他地点或其他地点到达某一地点的交通方便程度的交通网络可达性(accessibility)评价模型以及决策模型等。

(三)城市管网管理子系统

随着城市建设的飞速发展，管网系统已成为现代城市发展的重要内容，它们是由供水、排水、供热、排污、通风、煤气、电力、电讯、光缆及其他管线组成的错综复杂的空间体

系。采用 GIS 对城市管网系统进行管理，建立城市管线管理子系统，已势在必行。

(1)城市地下管网信息系统的特点

①隐蔽性大，空间位置信息的获取较为困难，采集精度低。

②埋设位置集中，地下管网纵横交织、密如蛛网，各类管线间的空间关系较为复杂。要求非常重视线段间的连接性和彼此关系，必须要有综合的网络分析功能，如拓扑关系、最短路径分析、管线事故分析等。

③具有时态性，是一个四维系统。

④信息空间分布不均匀性。城区与郊区管网密度不一。

⑤地上坐标系统统一。因管线的布置与道路中线、建筑物红线、埋设深度都有一定原则规定，因此地下管网信息必须表示在城市统一坐标系内。

⑥数据结构简单。管线由点、弧段构成，建成后变化不大，因此拓扑关系和数据结构较为简单。

(2)系统的目标和内容

①能探查、管理和存储上下水管线、煤气管线、热力管线、工业管线、电气管线、通讯管线等信息。

②具有较强的数据输入和编辑能力。

③具有属性数据管理、查询功能。

④具有较强的图形数据处理能力，编辑和输出各种管网图形和其他图形。

⑤为各种应用程序和 GIS 工具软件提供接口，以便于今后进一步开发。

(3)系统的功能

城市地下管网信息系统的结构和数据流程如图正 1－34 所示。

由图可知，地下管网信息系统除具有 GIS 的普通功能外，还具有一些专业性的特别功能：

①管网设计。排水工程的排水量计算，各种管线及其设施的选址、选型和布置。

②水力计算。水力平差、节点压力、管段流量及水头损失计算等。

③电力平衡计算。根据电力系统的供电总平面图进行动态电力平衡计算，提供动态的电力负荷分布图，为选厂选址提供依据。

④灾害预测评估。包括管线抗震性分析、震灾影响分析与应急反应管理等。

⑤网络分析。这在地下管网中尤为重要。除网络显示和分析外，还具有定位和流量限制功能。如煤气管网中，若收到发生煤气泄漏地点的信息，网络上会立即显示应关闭哪个阀门(结点)。电力管网中也可通过连接或拆开节点来限制流量、调节负荷。

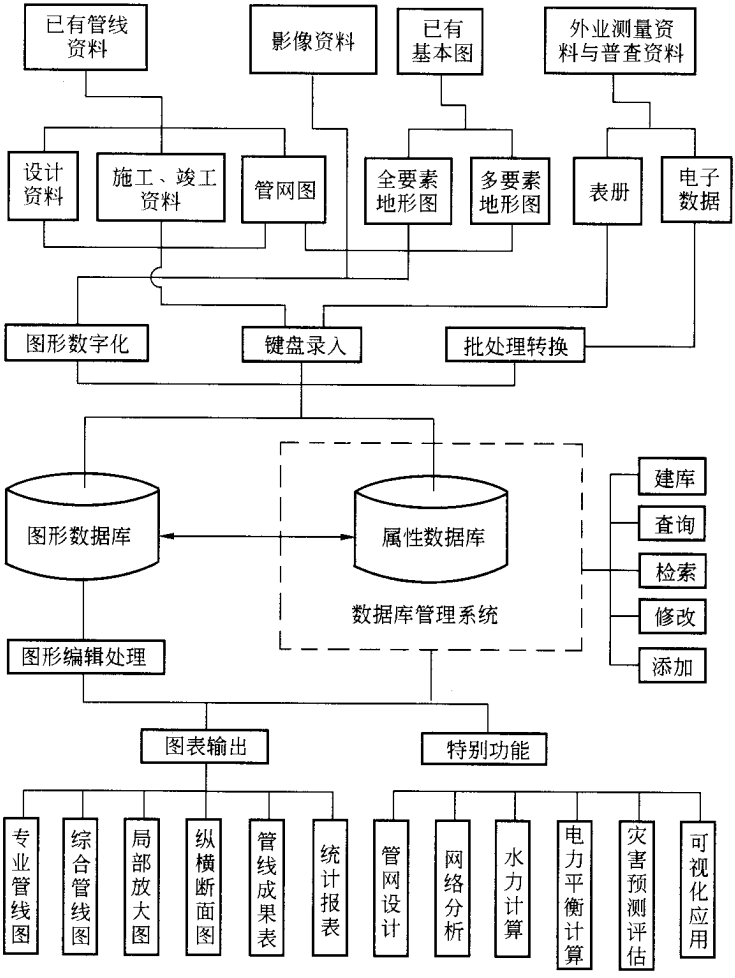


图 1－34　地下管网信息系统结构和数据流程图

⑥**可视化应用。如地下管网局部三维图形、图像显示输出，虚拟现实技术应用等。**

三、地理信息系统在国土资源管理中的应用

国土资源，辞书上的表述是‘一个国家主权管辖疆域内的全部资源的总和’，因此，从广义上讲，国土资源应包含以下 3 个方面：

(1)自然资源　如土地资源、矿产资源、能源资源、水资源、气象资源、生物资源、旅游资源等；

(2)经济资源　如工厂、矿山、交通线路、水利工程等固定资产及资金、科学技术等；

(3)社会资源　如劳动力、社会文化水平、城镇化等。

实际生活中，人们所说的国土资源常指自然资源。

国土资源是人类社会生存和持续发展的物质基础。对于一个国家来说，国土资源不仅是兴国富民的基本条件、国计民生的根本依托，还是国家安全的战略保障。因此，加强国土资源管理，实施科学合理地开发利用国土资源，有效地保护各类自然资源，不仅是人类赖以生存的需要，还是实现可持续发展的关键因素之一。

随着人们对国土资源开发利用的深度和广度的不断增加，为了提高政府有关部门对国土资源和基础设施建设开发利用的决策和管理水平，合理制定开发中长期规划，协调资源开发、环境保护、基础设施建设等与经济发展之间的关系，有效控制自然灾害及人为灾害对人类活动及经济发展所造成的影响，迫切需要建设国土资源管理信息系统，加强土地、矿产、森林、水利、旅游资源的综合开发利用，以及基础设施建设、各类自然灾害的监控、预测、防范与治理等方面研究，使有限的资源得到永久持续的利用。

国土资源管理信息系统在结构上由区域基础地理信息系统和区域专题地理信息系统两部分构成。基础信息包括区域内的各种中小比例尺地形图、卫星遥感影像图、各类资源专题图、行政区划图，以及区域内国土面积、人口、自然、经济、社会等总体结构信息等，主要通过 1∶50000、1∶100000 或 1∶200000 地形图（或行政图）数字化成矢量数据，航空或卫星遥感影像图扫描成栅格数据以及将人口、面积、自然、经济、社会信息等统计数据以数据文件形式输入。区域基础地理信息系统由国家或区域测绘部门根据需要而建立。专题信息包含：

①自然资源信息，如土地资源、矿产资源、能源资源、气象资源及水资源等；

②经济资源信息，如工业、农业和第三产业等分布结构信息；

③社会资源信息：包括人口的构成、分布，城镇体系及城镇建设的有关信息；

④旅游资源信息；

⑤生态环境信息，如市区大气污染源的分布、治理及生态环境建设等有关信息。

区域专题地理信息系统则在基础地理信息系统基础上，根据国土资源的调查资料提取专题数据和相关属性数据后，由相关部门负责建立。区域专题地理信息系统包含若干个资源子系统，如土地资源子系统、矿产资源子系统、能源资源子系统、海洋资源子系统、气象资源子系统、水资源子系统及生态环境子系统、生物环境信息子系统等等。各个管理子系统之间既独立又相互联系，并且可以同步利用。每一个子系统分别面向不同的管理部门与用户，且符合该部门实际应用的需要，同时也与其他子系统具有一致性。

除与一般地理信息系统共有的特点外，国土资源管理信息系统还具有以下两个特点。

(1)区域性：由于国土资源依托于一定的地域之上，一个国土资源管理系统对应于一个地域，如国家、省区、地市、县区、乡镇等。国土资源管理信息系统不仅是一个资源管理的专题系统，而且还是对应于一个地域的区域系统。由不同地域组成的区域系统是分层次的，区域系统包含若干区域子系统，区域子系统又由若干次级区域组成(如图 1－35)，为了便于在同级研究区域间进行资源条件的横向对比，也为了明确所研究区域的国土资源条件在更大区域系统中的地位，在建立国土资源管理信息系统的过程中，不仅要依资源类型设置专题子系统，还应依区域和层次建立资源信息数据库。

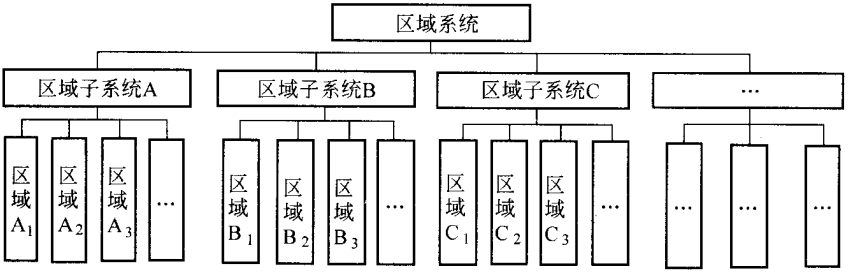


图 1－35　区域系统层次图

(2)综合性：国土资源是国民经济的基础，国土资源内容复杂，类型多样，不仅涉及自然资源的方方面面，如能源、土地、矿产、气候、水力、森林、海洋等，还涉及包括工业、农业、科技、第三产业在内的经济资源以及由人口、文化、城镇建设等构成的社会资源。国土资源开发利用的服务对象也涉及国民经济建设及社会管理的各行各业各部门。国土资源管理信息系统的成果是一项高度综合应用的产品。

国土资源管理信息系统的主要功能为：

(1)信息管理：对各基础信息的图形、图像和统计数据以及各类专题信息实行统一管理、及时更新、快速检索、实时交换及可视化输出，形成一个全国(或区域)的动态管理系统，实现数据共享。

(2)数据处理：包括各类数据的输入、编辑，如地形图及行政图的数字化、矢量化，遥感图像的扫描栅格化，统计数据与属性数据的输入等，以及坐标变换、投影转换，多图幅拼接，属性数据与图形的连接，数据检查、修改、更新、分层入库等。

(3)空间分析：多层图形数据叠加，图形与遥感图像叠加、套合，距离、面积、坡度、剖面的计算与统计，多层要素叠加分析，图形信息与遥感信息的相互转换等。

(4)国土资源开发利用综合评价。主要内容为：

①国土资源综合优势度分析。如煤、水、油、气等能源的资源丰度，矿产资源的潜在价值及资源储量，以及自然资源人(地)均占有量的计算，国土资源的组合配套与结构特

征分析，区域资源综合优势度计算，优势资源及其特点的重点分析评价等。

②国土资源开发利用现状及潜力分析。如国土资源开发利用程度统计分析，国土资源的储存量、消耗量、需求量及可供量计算，主要限制因素的资源潜力分析，新资源及代用品研制开发可行性研究等。

③国土资源承载力测算。如国土资源对人口、经济发展的承载力，环境对国土资源开发利用及其负效应的承载力问题。

(5)国土资源合理开发与保护辅助决策研究：包括生态环境动态监测模型，灾害评价与预测模型，资源开发动态监测模型，国土资源优化配置、合理利用可持续发展动态规划模型等。

第三章　矿山测绘相关标准规范

测绘资质管理规定

（2004 年 2 月 16 日以国测法字

[2004]4 号发布，自 2004 年 6 月 1 日起施行）

第一条　为了规范测绘资质管理，维护测绘市场秩序，依据《中华人民共和国测绘法》和《中华人民共和国行政许可法》，制定本规定。

第二条　凡从事测绘活动的单位，必须取得《测绘资质证书》，并在其资质等级许可的范围内从事测绘活动。

第三条　测绘资质分为甲、乙、丙、丁四级。其中，甲级测绘资质包括甲（特）级和甲级。

各等级测绘资质的具体条件和作业限额由《测绘资质分级标准》规定（见附件）。

第四条　测绘资质审查实行分级管理。

国家测绘局为甲级测绘资质审查机关，负责甲级测绘资质的受理、审查和颁发《测绘资质证书》。

省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门为乙、丙、丁级测绘资质审查机关，负责乙、丙、丁级测绘资质的受理、审查和颁发《测绘资质证书》。

省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门可以根据地方性法规或规章，委托市（地）级人民政府测绘行政主管部门承担本行政区域乙、丙、丁级测绘资质申请的受理工作。

县级以上各级测绘行政主管部门应当加强对测绘资质的监督和管理。

军队测绘主管部门负责军事测绘单位的测绘资质审查。

第五条　测绘业务划分为：大地测量、测绘航空摄影、摄影测量与遥感、工程测量、地籍测绘、房产测绘、行政区域界线测绘、地理信息系统工程、地图编制、海洋测绘（含港口和内陆水域测量）。

第六条　申请测绘资质应当具备下列基本条件：

（一）有《测绘资质分级标准》中规定数量的专业技术人员；

（二）有《测绘资质分级标准》中规定的相应的仪器设备和设施；

（三）有健全的技术、质量保证体系和测绘成果及资料档案管理制度；

（四）独立的法人单位，并有固定的住所。

第七条　申请甲级测绘资质的单位，应当向国家测绘局提出申请，也可以由申请单位所在地的省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门将其申请转报国家测绘局。

申请乙、丙、丁级测绘资质的单位，应当向申请单位所在地的省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门提出申请，也可以由申请单位所在地的省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门委托的市（地）级测绘行政主管部门将其申请转报省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门。

第八条　申请测绘资质的单位应当提交下列材料（原件或复印件）：

（一）符合国家测绘局规定样式的《测绘资质申请表》一式四份；

（二）企业法人营业执照或者事业单位法人证书；

（三）法定代表人的简历及任命或聘任文件；

（四）符合规定数量的专业技术人员的任职资格证书、任命或聘用文件、合同、毕业证书、身份证；

（五）当年单位在职专业技术人员名册；

（六）符合规定数量的仪器设备的证明材料；

（七）测绘技术、质量保证体系和测绘成果及资料档案管理制度的证明文件；

（八）单位住所证明；

（九）可以反映本单位技术水平的测绘成果证明材料；

（十）应当提供的其他材料。

第九条　申请测绘资质的单位，应当如实提交有关材料，并对其申请材料的真实性负责。

第十条　申请材料不齐全或者不符合规定形式的，受理机关应当在收到申请材料后5个工作日内一次告知申请单位需要补正的全部内容。

申请材料齐全、符合规定形式的，或者申请单位按照要求提交全部补正申请材料的，

应当受理其申请。否则不予受理,不予受理的应当说明理由。

第十一条　测绘资质审查机关应当对申请单位所提交的材料进行审查。需要对申请材料的实质内容进行核实的,由测绘资质审查机关或其委托的下级测绘行政主管部门指派两名以上工作人员进行核查。

第十二条　对申请测绘资质的单位,测绘资质审查机关应当自受理申请之日起 20 个工作日内作出审查决定。20 个工作日内不能作出决定的,经测绘资质审查机关领导批准,可以延长 10 个工作日,并应当将延长期限的理由告知申请单位。

申请单位符合法定条件的,测绘资质审查机关应当作出予以批准的书面决定,并于作出决定之日起 10 个工作日内向申请单位颁发《测绘资质证书》。

测绘资质审查机关作出不予批准的决定,应当向申请单位说明理由。

第十三条　《测绘资质证书》分为正本和副本,其式样由国家测绘局统一规定,正、副本具有同等法律效力。

《测绘资质证书》编号形式为 等级 + 测资字 + 省、自治区、直辖市编号 + 顺序号。

第十四条　《测绘资质证书》有效期为 5 年,有效期满 30 日前,测绘单位应当向原发证机关提出延期申请,依照本规定办理测绘资质延期手续。

第十五条　测绘单位自取得《测绘资质证书》之日起,一般 2 年后方可申请升级。新成立测绘单位初次申请测绘资质,一般不能申请甲级测绘资质。

第十六条　测绘单位申请升级或变更业务范围的,依照本规定重新办理资质审查手续。

申请升级的测绘单位在申请之日前 2 年内有下列行为之一的,不予批准升级和增加测绘业务范围:

(一)采用不正当手段承接测绘项目的;

(二)将承接的测绘项目转包或者违法分包的;

(三)测绘成果质量不合格,造成损失且情节严重的;

(四)有其他违法违规行为的。

第十七条　测绘单位变更名称、住所、法定代表人等,应当在变更后的 30 日内,向发证机关申请更换《测绘资质证书》,并提交有关的变更文件,由发证机关办理变更手续。

测绘单位在领取新的《测绘资质证书》的同时,须将原《测绘资质证书》交回发证机关。

第十八条　申请单位以欺骗、贿赂等不正当手段取得测绘资质的,应当予以撤销,并依法给予处罚,并在 3 年内不得再次申请测绘资质。

第十九条　有下列情形之一的，由测绘资质发证机关或者其上级行政机关根据利害关系人的请求或者依据职权，可以撤销测绘资质审查决定：

（一）测绘资质发证机关的工作人员滥用职权、玩忽职守作出测绘资质审查决定的；

（二）超越法定职权作出测绘资质审查决定的；

（三）违反测绘资质审查程序作出审查决定的；

（四）依法可以撤销测绘资质审查决定的其他情形。

第二十条　有下列情形之一的，发证机关应当注销《测绘资质证书》：

（一）《测绘资质证书》有效期届满未延续的；

（二）测绘单位依法终止的；

（三）测绘资质审查决定依法被撤销、撤回的；

（四）《测绘资质证书》依法被吊销的；

（五）测绘单位在 2 年内未承担测绘项目的；

（六）法律、法规规定的应当注销《测绘资质证书》的其他情形。

第二十一条　任何部门、任何地方不得对已经取得《测绘资质证书》的单位重复进行测绘资质审查发证。

已经取得《测绘资质证书》的单位不得在当地或者异地重复申请《测绘资质证书》。

第二十二条　各级测绘行政主管部门应当建立健全测绘资质监督制度，履行监督责任。上级测绘行政主管部门应当加强对下级测绘行政主管部门实施测绘资质管理工作的监督检查。

第二十三条　测绘单位遗失《测绘资质证书》，应当及时向发证机关报告并在公众媒体上声明作废。

第二十四条　测绘单位从事测绘活动违反测绘资质管理规定的，依照《中华人民共和国测绘法》的规定予以处罚。

第二十五条　测绘行政主管部门及其工作人员违反测绘资质管理规定的，依照《中华人民共和国测绘法》和《中华人民共和国行政许可法》的有关规定予以处理。

第二十六条　本规定由国家测绘局负责解释。

第二十七条　本规定自二〇〇四年六月一日起施行。国家测绘局二〇〇〇年八月八日发布的《测绘资格审查认证管理规定》同时废止。

测绘资质分级标准

目　　录

一、序言
二、通用标准
三、大地测量专业标准
四、测绘航空摄影专业标准
五、摄影测量与遥感专业标准
六、工程测量专业标准
七、地籍测绘专业标准
八、房产测绘专业标准
九、行政区域界线测绘专业标准
十、地理信息系统工程专业标准
十一、地图编制专业标准
十二、海洋测绘专业标准
十三、甲(特)级标准

序　　言

一、本标准依据《中华人民共和国测绘法》和《测绘资质管理规定》制定，是各级测绘行政主管部门进行测绘资质审查的基本依据。

二、本标准划分为通用标准、专业标准、甲(特)级标准三部分。通用标准是指对从事不同测绘专业的测绘单位统一适用的标准。专业标准是指根据不同测绘专业的特殊需要制定的专项标准，包括大地测量、测绘航空摄影、摄影测量与遥感、工程测量、地籍测绘、房产测绘、行政区域界线测绘、地理信息系统工程、地图编制、海洋测绘等专业标准。甲(特)级标准是对规模较大的、专门从事测绘活动的甲级测绘单位制定的标准。由于测绘科技的发展或其它特殊需要，国家测绘局可作出特别决定。

三、凡取得《测绘资质证书》的单位，必须达到相应等级的通用标准和相应的专业标准。

丙级《测绘资质证书》的业务范围仅限于工程测量、摄影测量、地图编制、地籍测绘、房产测绘、行政区域界线测绘、地理信息系统工程、海洋测绘，且不超过该范围内的三项业务。

丁级《测绘资质证书》的业务范围仅限于工程测量、地籍测绘、房产测绘，且不超过该范围内的二项业务。

四、作业限额是指相应等级的测绘资质承担测绘项目的最高限量。测绘单位不得超越《测绘资质证书》所载的业务范围和相应的作业限额承揽测绘项目。

五、本标准中各等级测绘资质的定量考核标准是指最低限量。

六、各省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门可根据当地的实际情况，对丙、丁级标准做出调整。

七、本标准自 2004 年 6 月 1 日起施行。

测绘资质审查内容和标准

（通用标准）

通用指标	等级（甲、乙、丙、丁级）
主体资格	1、具有法人资格。 2、以规划、勘察、设计、施工等为主要业务的单位，应当设有相对独立建制的测绘生产机构，应当有主管测绘生产的领导和主管测绘技术质量的专业技术负责人。 3、中外合资的测绘企业应由中方控股，中方投资者的投资比例之和为 51% 及以上。中外合资、合作企业申请测绘资质，应当提供有关部门批准成立的文件。
人员状况	1、本标准所称高级专业技术人员，包括具有高级专业技术职务的人员，以及测绘专业大学本科毕业，取得中级任职资格并从事中级专业技术职务工作 7 年以上的人员；获得测绘专业硕士学位，取得中级任职资格并从事中级专业技术职务工作 6 年以上的人员；获得测绘专业博士学位，取得中级任职资格并从事中级专业技术职务工作 4 年以上的人员。本标准所称中级专业技术人员，包括具有中级专业技术职务的人员，以及测绘专业大学本科毕业或大学专科毕业，取得助理级任职资格并从事测绘专业技术工作 6 年以上的人员；获得测绘专业硕士学位，从事测绘专业技术工作 5 年以上的人员；获得测绘专业博士学位，从事测绘专业技术工作 2 年以上的人员。本标准所称初级专业技术人员，包括具有初级专业技术职务的人员，以及具有测绘中专以上学历，但无高、中级技术职务，且从事测绘专业技术工作 1 年以上的人员。 2、从事 5 年以上测绘工作的测绘相关专业（如地质、水利、勘察、物探、道桥、工民建、规划、计算机等）的工程技术人员可视为测绘专业技术人员，但不得超过本规定对测绘专业技术人员要求数量的 50%。 3、法定退休人员、兼职人员、临时人员不得计入专业技术人员。院校所属测绘单位聘请在职教师从事测绘活动的，其聘用教师的人数不得超过本规定对测绘专业技术人员要求数量的 30%。
仪器状况	按各专业等级标准核算仪器设备数量时，非本单位所有的仪器设备或者租借的仪器设备以及闲置或者不能正常使用的仪器设备不能列入。审查发证机关要求提供载有仪器设备状况的固定资产评估报告时，申请单位应当按照要求提供。

分级指标	考核内容	等级				备注
		甲级	乙级	丙级	丁级	
级单位资	历单位成立时间(年)	5	3	—	—	高新技术单位可以适当减少成立时间
管理水平	技术质量保证体系	有专门的质量检验机构和专职质量检验人员,有完善的测绘成果质量保证制度,一般应当通过ISO9000系列质量保证体系认证。	有专门的质量检验机构和专职质量检验人员,有完善的测绘成果质量保证制度,一般应当通过ISO90000系列质量	保证体系认证,或者通过省级测绘行政主管部门的质量保证体系考核,取得通过考核的证明文件。有专职质量检验人员,有完善的测绘成果质量保证制度,应当通过市(地)级以上地方人民政府测绘行政主管部门的质量保证体系考核,取得通过考核的证明文件。	有专职或者兼职的质量检验人员,有完善的测绘成果质量保证制度,应当通过县级以上地方人民政府测绘行政主管部门的质量保证体系考核,取得通过考核的证明文件。	已经通过质量保证体系认证的单位应当提供认证证书;尚未通过质量保证体系认证的单位,应当提供测绘行政主管部门的考核证明文件。
资料档案管理	测绘成果及资料档案管理制度	有健全的测绘成果及资料档案管理制度和相应的设施,一般应当通过档案主管部门的认证认可;尚未取得认证认可的,应当通过省级测绘行政主管部门考核,取得通过考核的证明文件。	有健全的测绘成果及资料档案管理制度和相应的设施,通过档案主管部门的认证认可,或者通过省级测绘行政主管部门考核,取得通过考核的证明文件。	有测绘成果及资料档案管理制度和相应的设施,应当通过市(地)级以上地方人民政府测绘行政主管部门考核,取得通过考核的证明文件。	有测绘成果及资料档案管理制度和相应的设施,应当通过县级以上地方人民政府测绘行政主管部门考核,取得通过考核的证明文件。	
测绘业绩	主要测绘项目完成情况	有经省级以上测绘行政主管部门认定的近期重大测绘成果,成果质量优良。	有经市(地)级以上测绘行政主管部门认定的近期重大测绘成果,成果质量优良。	有经县级以上测绘行政主管部门认定的近期较大测绘成果,成果质量优良。		新成立的单位除外

大地测量专业标准

专业范围	考核指标	考核内容		考核标准		备注
				甲级	乙级	
		测绘专业技术人员数量(人)		40人(高级4,中级12)	25人(高级2,中级8)	
		卫星定位测量	GPS接收机	5mm + 1ppm精度以上GPS接收机不少于10台	5mm + 1ppm精度以上GPS接收机不少于6台	

专业范围	考核指标	考核内容		考核标准		备注
				甲级	乙级	
1、卫星定位测量 2、三角测量 3、水准测量 4、天文测量 5、重力测量 6、大地测量数据处理	仪器设备	水准测量	水准仪	S1级精度以上水准仪不少于5台	S1级精度以上水准仪不少于3台	
		天文测量	天文测量设备	一、二等天文测量设备不少于2台套	一、二等天文测量设备不少于1台套	
		重力测量	重力仪	0.02毫伽精度以上重力仪不少于4台	0.02毫伽精度以上重力仪不少于2台	
		大地测量数据处理	工作站微机	工作站1台以上，微机不少于20台	工作站1台以上，微机不少于10台	各类软件配套齐全
	生产能力、技术水平			具有独立完成二等以上精度的大地测量项目的能力，成果质量合格。具有独立完成四等以上精度的大地测量项目的能力，成果质量合格。		
	作业限额			无限额限制	1：C级以下； 2：三等以下； 3：三等以下； 4：三等以下； 5：专业重力测量； 6：相应于上述限额。	

测绘航空摄影专业标准

专业范围	考核指标	考核内容	考核标准		备注
			甲级	乙级	
测绘航空摄影1、小比例尺摄影（1：3.5万及更小比例尺）2、中比例尺摄影（小于1：8千大于1：3.5万比例尺）3、大比例尺摄影（1：8千及更大比例尺）	人员规模	测绘专业技术人员数量（人）	25人（高级3，中级8）	15人（高级2，中级5）	
	仪器设备	航摄仪、GPS导航定位系统、彩色航空摄影处理机、拷贝机	具有三种不同焦距的23＊23像幅航摄仪不少于3台套，有GPS导航定位系统，有大型的黑白和彩色航空摄影处理机及拷贝机。	具有二种不同焦距的23＊23像幅航摄仪不少于2台套，有GPS导航定位系统，有大型的黑白和彩色航空摄影处理机及拷贝机。	
	生产能力、技术水平		具有适应三种以上摄影比例尺的摄影技术能力，能够独立承担大、中、小比例尺黑白、彩色、红外航空摄影及相应的冲洗处理和拷贝。	具有适应二种以上摄影比例尺的摄影技术能力，能够独立承担二种以上比例尺黑白、彩色、红外航空摄影及冲洗处理和拷贝。	
	作业限额		无限额限制	三种比例尺航空摄影	

摄影测量与遥感专业标准

专业范围	考核指标	考核内容		考核标准			备注
				甲级	乙级	丙级	
摄影测量与遥感	人员规模	测绘专业技术人员数量（人）		40人（高级4，中级12）	25（高级2，中级8）	8人（中级3）	
	仪器设备	仪器					微机等其它仪器设备和软件配套齐全。
		外业仪器	GPS接收机	6台	3台		
			全站仪	4台	4台	2台	
			水准仪（S3级精度以上）	8台	5台	2台	

专业范围	考核指标	考核内容		考核标准			备注
				甲级	乙级	丙级	
	仪器设备	内业仪器	全数字摄影测量系统（或先进的遥感图象处理系统）	10台套（或5台套）	5台套（或5台套）	2台套	
			影像扫描仪	1台	1台		
			图形扫描仪	2台	1台		
			高精度A1以上幅面图形图象输出设备	1台套1台套			
			A1幅面以上绘图仪			1台	
	生产能力、技术水平			外业：具有独立承担国家三、四等平面控制，三、四等水准，大面积像片控制测量，像片调绘能力。	外业：具有独立承担四等平面控制，四等水准，像片控制测量，像片调绘的能力。	外业：具有独立承担小面积四等以下平面控制测量、四等以下水准测量，小面积大比例尺像片控制测量和像片调绘能力。	
				内业：能独立完成各种比例尺航测数字化测图、数字地面模型、正摄影象地图，能独立完成各种数字测绘产品。	内业：能独立完成各种比例尺航测数字化测图。		
	作业限额			无限额限制	1/500－10平方公里以下；1/1000－20平方公里以下；1/2000－40平方公里以下；1/5000－100平方公里以下；1/10000－200平方公里以下；1/2.5万－400平方公里以下；1/5万－800平方公里以下；1/10万－1600平方公里以下。	1/500－5平方公里以下；1/1000－10平方公里以下；1/2000－20平方公里以下；1/5000－50平方公里以下。小于或等于1/10000的不能承担	

工程测量专业标准

专业范围	考核指标	考核内容	考核标准				备注
			甲级	乙级	丙级	丁级	
1、控制测量2、地形测量3、城镇规划定线与拨地测量4、市政工程测量5、水利工程测量6、建筑工程测量7、精密工程测量8、线路工程测量9、地下管线测量10、桥梁测量11、矿山测量12、隧道测量13、变形观测14、形变测量15、竣工测量	人员规模	测绘专业技术人员数量（人）	40人（高级4，中级12）	25人（高级2，中级8）	8人（中级3）	3人（中级1）	
	仪器设备	GPS接收机	6台	3台			微机等其它仪器设备和软件配套齐全
		全站仪	10台	5台	2台	1台	
		水准仪（S3级精度以上）	8台	5台	3台	1台	
		A1幅面以上绘图仪	2台	1台			
	生产能力、技术水平		能够独立完成上述业务范围中五个以上项目的作业能力，具有数据处理及数字化成图的能力。	能够独立完成上述业务范围中三个以上项目的能力，具有数据处理及数字化成图的能力。	具有完成上述业务范围中一项工程测量项目的能力，具有数字化成图的能力。	具有完成一项工程测量业务的能力。仅从事矿山测量中矿井巷道测量的，可认定其矿井巷道测量单项业务范围，其仪器种类和数量由省、自治区、直辖市测绘行政主管部门规定。仅从事工程测量中施工测量的，可认定其施工测量单项业务范围，其仪器种类和数量由省、自治区、直辖市测绘行政主管部门规定。	

专业范围	考核指标	考核内容	考核标准				备注
			甲级	乙级	丙级	丁级	
		作业限额	无限额限制	1：三等以下。2：1/500－10平方公里以下；1/1000－20平方公里以下；1/2000－30平方公里以下；1/5000－60平方公里以下；小于1/5000比例尺地形测量不能承担。3、由相关行政主管部门授权。4：大城市一般道路、中等城市主干道路、一般立交桥工程测量。5：中型水利工程。6：建筑范围小于1平方公里，单个建筑物和设施1万－10万平方米，金属结构建筑物。7：一般精密设备安装 8：200公里以下。9：200公里以下。10：中型桥梁。11：100平方公里以下。12：4公里以下。13：中型工程。14：中型工程。15：相应于上述限额。	1：四等以下。2：1/500－5平方公里以下；1/1000－10平方公里以下；1/2000－20平方公里以下；小于1/2000比例尺地形测量不能承担。3、由相关行政主管部门授权。4：中等城市一般道路、小城市道路。5：小型水利工程。6：高层建筑物放样。7：不得承担。8：100公里以下。9：100公里以下。10：小型桥梁。11：50平方公里以下。12：2公里以下。13：小型工程。14：小型工程。15：相应于上述限额。	1：等级以外。2：1/500－3平方公里以下；1/1000－5平方公里以下。小于1/1000比例尺地形测量不能承担。3、由相关行政主管部门授权。4：局部市政工程。5：一般水渠、农田水利工程。6：多层建筑物放样。7：不能承担。8：50公里以下。9：50公里以下。10：不能承担。11：局部矿山测量、巷道测量。12：不得承担。13：不得承担。14：不得承担。15：相应于上述限额。	

地籍测绘专业标准

专业范围	考核指标	考核内容	考核标准				备注
			甲级	乙级	丙级	丁级	
1、平面控制测量 2、地籍要素测量 3、地籍图 4、宗地测量 5、面积测算	人员规模	测绘专业技术人员数量（人）	40人（高级4，中级12）	25人（高级2，中级8）	8人（中级3）	3人（中级1）	
	仪器设备	GPS接收机	6台	3台			采用摄影测量方法成图时，仪器设备与摄影测量标准相同。微机等其它仪器设备和软件配套齐全。
		全站仪	10台5台	2台	1台		
		水准仪（S3级精度以上）	4台	3台	1台		
		A1幅面以上绘图仪	2台	1台			
	生产能力、技术水平		能够独立完成地籍测绘的全部业务，具有数字化地籍测绘和建立地籍信息系统的能力。	能够独立完成地籍测绘的全部业务，具有数字化地籍测绘的能力。	能够独立完成四等平面控制测量、地籍要素测量、地籍图测绘、宗地测量、面积测算。	能够独立完成小面积地籍图测绘、地籍要素测量、宗地测量、面积测算。	
	作业限额		无限额限制	1：三等以下。2：与地籍图测绘相同。3：1/500－10平方公里以下；1/1000－20平方公里以下；1/2000－30平方公里以下。4：与地籍图测绘相同。5：与地籍图测绘相同。	1：四等以下。2：与地籍图测绘相同。3：1/500－5平方公里以下；1/1000－10平方公里以下；1/2000－20平方公里以下。4：与地籍图测绘相同。5：与地籍图测绘相同。	1：等级以下。2：与地籍图测绘相同。3：1/500－3平方公里以下；1/1000－5平方公里以下；1/2000－10平方公里以下。4：与地籍图测绘相同。5：与地籍图测绘相同。	

房产测绘专业标准

专业范围	考核指标	考核内容	考核标准				备注
			甲级	乙级	丙级	丁级	
1、房产平面控制测量2、房产要素测量3、房产图测绘4、面积测算5、变更测量	人员规模	测绘专业技术人员数量（人）	40人（高级4，中级12）	25人（高级2，中级8）	8人（中级3）	3人（中级1）	
	仪器设备	GPS接收机	6台	3台			微机等其它仪器设备和软件配套齐全。
		全站仪	10台5台	2台	1台		
		水准仪（S3级精度以上）4台	3台				
		A1幅面以上绘图仪	2台	1台	1台		
		手持测距仪	15台	10台	5台	2台	
	生产能力、技术水平		能够独立完成房产测绘的全部业务，具有数字化测绘和建立房产信息系统的能力。	能够独立完成房产测绘的全部业务，具有数字化测绘的能力。	具有完成四等平面控制测量、房产要素测量、房产图测绘、面积测量的能力。	具有完成房产测量、房产图测绘、面积测算、变更测量的能力。 仅仅事房产面积测算的，只需要具备手持测距仪2台以上。	
	作业限额		无限额限制	1：三等以下。2：与房产图测绘相同。3：1/200－5平方公里以下；1/500－10平方公里以下；1/1000－20平方公里以下。4：与房产图测绘相同。5：与房产图测绘相同。	1：四等以下。2：与房产图测绘相同。3：1/200－3平方公里以下；1/500－5平方公里以下；1/1000－10平方公里以下。4：与房产图测绘相同。5：与房产图测绘相同。	1：等级以下。2：与房产图测绘相同。3：1/200－1平方公里以下；1/500－3平方公里以下；1/1000－5平方公里以下。4：与房产图测绘相同。5：与房产图测绘相同。	

行政区域界线测绘专业标准

专业范围	考核指标	考核内容	考核标准			备注
			甲级	乙级	丙级	
行政区域界线测绘	人员规模	测绘专业技术人员数量（人）	40人（高级4，中级12）	25人（高级2，中级8）	8人（中级3）	
	仪器设备	GPS接收机	6台	3台		微机等其它仪器设备和软件配套齐全。
		全站仪	10台	5台	2台	
		水准仪（S3级精度以上）	4台	3台		
		A1幅面以上绘图仪2台	1台	1台		
	生产能力、技术水平		根据省级以上测绘行政主管部门授权开展业务			

地理信息系统工程专业标准

专业范围	考核指标	考核内容	考核标准			备注
			甲级	乙级	丙级	
1、摄影测量数据处理2、空间遥感地理信息数据处理3、外业采集的地理信息数据处理4、地图数字化5、建立数据库6、建立基础地理信息系统7、建立专业地理信息系统。	人员规模	测绘专业技术人员数量（人）	40人（高级4，中级12）（其中计算机专业不少于5人）	25人（高级2，中级8）（其中计算机专业不少于3人）	8人（中级3）	
	仪器设备	微机服务器	4台	2台	1台	通用的操作系统、语言环境和数据库文件、GIS专用软件。具有完善的制图、查询、检索、分析功能和二次开发能力。微机等其它仪器设备配套齐全。
		网络交换机	2台	1台		
		磁带库（或者磁带机）	1台	1台		
		图形扫描仪（A0幅面）	1台	1台	1台	
		影象扫描仪	1台	1台		

专业范围	考核指标	考核内容	考核标准			备注
			甲级	乙级	丙级	
	仪器设备	其他地理信息数据采集设备	4台	2台	1台	
		彩色绘图机（A0幅面）	2台	1台	1台	
	生产能力、技术水平		能够独立完成图形和影像数字化、建立地图数据库，制作数字高程模型、数字正摄影像图、数字栅格地图、数字线划地图，建立地理信息系统。能够处理各种应用软件数据的转换。	能够独立完成图形和影像数字化、数据处理及数字化成图，具有建立一定规模的地理信息数据库和信息系统的能力，对所使用的软件有一定的开发能力。	能够独立完成图形和影像数字化、数据处理及数字化成图，具有建立一定规模的地理信息数据库和信息系统的能力。	
	作业限额		无限额限制	市（地）级行政区域以下地图数字化、地理信息数据处理、建立地理信息数据库和信息系统及数字化成图。	县级行政区域以下地图数字化、地理信息数据处理、建立地理信息数据库和信息系统及数字化成图。	

地图编制专业标准

专业范围	考核指标	考核内容	考核标准			备注
			甲级	乙级	丙级	
1、地形图编制2、普通地图（集、册）3、专题地图（集、册）	人员规模	测绘专业技术人员数量（人）	40人（高级4，中级12）	25人（高级2，中级8）	8人（中级3）	编图软件和微机等其它配套设备齐全。从事特种地图制作、电子地图制作、导航电子地图制作、

专业范围	考核指标	考核内容	考核标准			备注
			甲级	乙级	丙级	
	仪器设备	图形编辑工作站	10台	5台	2台	地图制版的应当具备相应的配套设备。
		图形扫描仪	2台	1台	1台	
		A1幅面以上绘图仪	1台	1台		
		彩色绘图仪	1台			
4、特种地图制作5、电子地图制作6、导航电子地图制作7、地图制版	生产能力、技术水平		能够按照国家技术标准独立完成上述业务范围内第1项中三种比例尺以上地图编制任务，或者具有完成第2、3项的国家级或省级项目的地图集（册）的设计、编制作业能力。	能够按照国家技术标准独立完成上述业务范围内第1项中二种比例尺以上地图编制任务，或者具有独立完成第2、3项的省级项目的地图作业能力。		能够按照国家技术标准独立完成一种比例尺以上地图编制任务，或者具有独立完成地（市）及其以下区域普通地图、专题地图的编制任务的能力。
	作业限额		无限额限制	除专业范围第6项以外的省级区域范围内的地图		除专业范围第5、6项以外的市（地）级区域范围内的地图

海洋测绘专业标准

专业范围	考核指标	考核内容	考核标准			备注
			甲级	乙级	丙级	
1、控制测量2、海岸滩涂地形测量3、海洋工程测量4、海底地形测量	人员规模	测绘专业技术人员数量（人）	40人（高级4，中级12）	25人（高级2，中级8）	8人（中级3）	

专业范围	考核指标	考核内容	考核标准			备注
			甲级	乙级	丙级	
（含扫海测量）5、水下障碍物探测6、水下地形测量7、海洋航空与遥感测绘8、海图（集、册）编制9、港口与航道工程测量 10、海域界线测量	仪器设备	GPS 接收机	10台	6台	3台	微机等其它仪器设备和软件配套齐全
		全站仪	2台	1台	1台	
		中远程测距仪	3台	1台		
		多波束测深系统（或多频探测仪）（或测深仪）	1台（或1台）（或6台）	测深仪4台	测深仪2台	
		微波或无线电定位仪	3套	1套		
		水准仪（S3级以上精度）	3台	2台	1台	
		数字化仪等数据采集设备	2台	1台	1台	
		A0幅面以上绘图仪	2台	1台	1台	
		侧扫声纳	1台			
		浅地层剖面仪	1台			
		海洋磁力仪	1台			
	生产能力、技术水平		具有完成上述业务范围6项以上的作业能力；可在国内各种海区（含江河、湖泊）完成水深测量和各种比例尺水下地形测量任务。	具有完成上述业务范围4项以上的作业能力；可在国内各种海区（含江河、湖泊）完成水深测量和大比例尺水下地形测量任务。	具有完成上述业务范围2项以上的作业能力；可在国内各种海区（含江河、湖泊）完成水深测量和大比例尺水下地形测量任务。	
	作业限额		无限额限制	不能承担大型港口工程测量，其它无限制。	不能承担大、中型港口工程测量，其它无限制。	

甲(特)级标准

1、具有独立法人资格的专门从事测绘活动的单位。有 15 年以上从事测绘生产的资历和良好的社会信誉。

2、单位职工中测绘专业技术人员不少于 60 人,高级测绘专业技术人员不少于 6 人,中级测绘专业技术人员不少于 18 人,计算机专业技术人员不少于 5 人。

3、拥有的仪器设备符合大地测量、摄影测量与遥感、工程测量、地理信息系统工程、海洋测绘等五项专业甲级标准中的两项以上标准。

4、通过 ISO9000 系列质量保证体系认证 ;测绘成果及资料档案管理达到国家标准。

5、固定资产规模不少于 500 万元,测绘生产能力不少于 500 万元。

6、具有较强的技术开发能力。

7、有经省级以上测绘行政主管部门认定的近期重大测绘成果,成果质量优秀。

测绘作业证管理规定

（2004 年 3 月 19 日以国测法字[2004]5 号发布，
自 2004 年 6 月 1 日起施行）

第一条　为使测绘工作顺利进行，保障测绘外业人员进行测绘活动时的基本权利，根据《中华人民共和国测绘法》，制定本规定。

第二条　测绘外业作业人员和需要持测绘作业证的其他人员（以下简称测绘人员）应当领取测绘作业证。进行外业测绘活动时应当持有测绘作业证。

第三条　国家测绘局负责测绘作业证的统一管理工作。

省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门负责本行政区域内测绘作业证的审核、发放和监督管理工作。

省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门，可将测绘作业证的受理、审核、发放、注册核准等工作委托市（地）级人民政府测绘行政主管部门承担。

第四条　测绘作业证的式样，由国家测绘局统一规定。测绘作业证在全国范围内通用。

第五条　测绘单位申领测绘作业证，应当向单位所在地的省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门或者其委托的市（地）级人民政府测绘行政主管部门提出办证申请，并需填写《测绘作业证申请表》和《测绘作业证申请汇总表》。

省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门或者其委托的市（地）级人民政府测绘行政主管部门应当自收到办证申请，并确认各种报表及各项手续完备之日起三十日内，完成《测绘作业证》的审核发证工作。

测绘单位领取测绘作业证，应当交纳证件工本费。测绘作业证工本费收费依照国务院有关主管部门核定的标准执行。

第六条　领证单位必须如实反映领证人员情况，严格执行领证规定，不得弄虚作假、虚报冒领，并对领证人员的真实情况负责。

第七条　测绘人员在下列情况下应当主动出示测绘作业证：

（一）进入机关、企业、住宅小区、耕地或者其它地块进行测绘时；

（二）使用测量标志时；

（三）接受测绘行政主管部门的执法监督检查时；

（四）办理与所进行的测绘活动相关的其它事项时。

进入保密单位、军事禁区和法律法规规定的需经特殊审批的区域进行测绘活动时，还应当按照规定持有关部门的批准文件。

第八条　各有关部门、单位和个人，对依法进行外业测绘活动的测绘人员应当提供测绘工作便利并给予必要的协助。

任何单位和个人不得阻挠和妨碍测绘人员依法进行的测绘活动。

第九条　测绘人员进行测绘活动时，应当遵守国家法律法规，保守国家秘密，遵守职业道德，不得损毁国家、集体和他人的财产。

第十条　测绘人员必须依法使用测绘作业证，不得利用测绘作业证从事与其测绘工作身份无关的活动。

测绘人员对测绘作业证应当妥善保存，防止遗失，不得损毁，不得涂改。测绘作业证只限持证人本人使用，不得转借他人。

测绘人员遗失测绘作业证，应当立即向本单位报告并说明情况。所在单位应当及时向发证机关书面报告情况。

第十一条　测绘人员离（退）休或调离工作单位的，必须由原所在测绘单位收回测绘作业证，并及时上交发证机关。

测绘人员调往其他测绘单位的，由新调入单位重新申领测绘作业证。

第十二条　测绘单位办理遗失证件的补证和旧证换新证的，省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门或者其委托的市（地）级人民政府测绘行政主管部门应当自收到补（换）证申请之日起三十日内，完成补（换）证工作。

第十三条　测绘作业证由省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门或者其委托的市（地）级人民政府测绘行政主管部门负责注册核准。每次注册核准有效期为三年。注册核准有效期满前三十日内，各测绘单位应当将测绘作业证送交单位所在地的省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门或者其委托的市（地）级人民政府测绘行政主管部门注册核准。过期不注册核准的测绘作业证无效。

第十四条　省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门应当明确相应的机构负责测绘作业证的审核、发放和管理工作，应当及时汇总本地区领取测绘作业证情况并于当年 12 月底以前报国家测绘局。

第十五条　测绘人员有下列行为之一的，由所在单位收回其测绘作业证并及时交回发证机关，对情节严重者依法给予行政处分 构成犯罪的，依法追究刑事责任：

（一）将测绘作业证转借他人的；

（二）擅自涂改测绘作业证的；

（三）利用测绘作业证严重违反工作纪律、职业道德或者损害国家、集体或者他人利益的；

（四）利用测绘作业证进行欺诈及其他违法活动的。

第十六条　测绘单位申报材料不真实，虚报冒领测绘作业证的，由省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门收回冒领的证件，并根据其情节给予通报批评。

第十七条　省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门，可根据本地区的实际情况，制定测绘作业证管理的具体规定。

第十八条　本规定由国家测绘局负责解释。

第十九条　本规定自二○○四年六月一日起施行。一九九五年一月十四日国家测绘局发布的《测绘工作证管理规定》同时废止。

测绘作业证申请表（表一）

<table>
<tr><td>姓名</td><td></td><td>性别</td><td></td><td>出生日期</td><td></td><td rowspan="3">相片</td></tr>
<tr><td>职称</td><td colspan="2"></td><td>职务</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">本人身份号码</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">工作单位</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="2">单位地址</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="7">工作简历</td></tr>
<tr><td colspan="7">申领人签名
年　月　日</td></tr>
<tr><td colspan="7">申请单位意见
年　月　日（盖章）</td></tr>
<tr><td colspan="7">市（地）级测绘行政主管部门意见：</td></tr>
<tr><td colspan="7">省级测绘行政主管部门意见：
年　月　日（盖章）</td></tr>
<tr><td>发证编号</td><td colspan="2"></td><td>发证日期</td><td colspan="3">年　月　日</td></tr>
</table>

说明：1、此表由申领单位如实填写，一式二份。

2、另交申请人员彩色照片 1 张。

测绘作业证申请汇总表(表二)

<table>
<tr><td>申请单位</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>地址</td><td colspan="2"></td><td>邮证编码</td></tr>
<tr><td>联系人</td><td>电话</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">申请领取《测绘作业证》人数</td><td>外业作业　　人员数</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>其他人员数</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="3">合计：</td></tr>
<tr><td>单位意见</td><td colspan="3">年　月　日(章)</td></tr>
<tr><td>市(地)级测绘行政主管部门意见</td><td colspan="3">年　月　日(章)</td></tr>
<tr><td>省级测绘行政主管部门意见</td><td colspan="3">年　月　日(章)</td></tr>
<tr><td>备注</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

说明：1、此表由申请领证单位填写。

2、此表只对本次申请情况进行汇总。