# 第一讲

现在是一个空间信息技术的时代

空间信息技术是什么——区别于计算机系统或技术——是获取、处理、管理、分析、可视化跟位置有关数据的各种高科技系统和技术的总称。

3S构成了空间信息技术的主题。

GIS：一个基于计算机的专门用来处理，分析与可视化空间数据的系统。

GPS：一种基于卫星，获取实时位置和进行导航的系统。

RS：从空中或者太空，利用各种传感器获取地面影像的技术。

## 谁在使用空间信息技术

应用领域

城市规划、考古、环境监测、林业、公共安全、卫生健康、交通、水利、国土、地质、电信、军事、不动产…

## 什么是空间数据

空间数据也称基于位置的数据，是空间信息技术的核心和最大的特征。

‘空间数据’不仅只是基于某点的数据，还可包括线、面、体等数据，例如跑步的路径、承包的土地的范围、建筑工地需要挖掘的土堆等。

‘空间数据’也不仅只能包括空间几何的信息，很多‘非空间数据’也可以连接，如某片土地承包人，承包年数等。

空间数据不仅只是描述离散实体，也可是某一区域有关的特征，如地形的起伏、土地利用等。

遥感可以采集某区域某一时刻的快照，通过这些快照进行分析与处理，可以的到其他类型的空间信息。

## 中国的国家地图：天地图

空间数据无处不在，有一类空间数据，在几乎所有领域都有需要，这一类空间数据，称为框架空间数据，或者参考数据，需要专门的部门来采集与加工处理（国家测绘与地理信息局）。地图，是空间数据的最佳表达方式，为服务各行各业，国家推出了天地图，一个在线的空间数据、地图服务中心。

地理信息科学与地理的关系

有关地理的定义有很多，例如人文地理学科对地理的定义为：人类生活的地球空间的研究。简单地说，地理不仅研究那个地方有什么，事情在哪个地方，还研究为什么事物在那个地方、该地的事物如何变化、当地的事物（包括人）如何相互影响。

地理信息科学，指与地理空间数据处理有关的科学与技术，虽然已经存在了很多年，但相对于地理的历史而言，仍然十分短暂。目前地理与地理信息科学已经高度交叉与融合了，当然，传统地理与地理信息科学的侧重点还是不一样，一个是研究空间中事物的道理，特别是时空特征和演化，一个是专门研究地理空间处理、信息与知识的转换，两者相互依存。

## 空间信息技术的社会趋势

目前，空间信息技术应用出现了一个受到欢迎的发展趋势，即非专业人士（非地理和地理信息科学专业）开始贡献他们的地理知识。随着空间信息技术和工具的不断发展与普及，大众开始创建地图、修改空间数据、添加带有位置标签的图片与视频，这不仅使空间信息技术与地理信息科学得到极大的推广，也丰富了空间数据和地理知识。

这种现象，成为众包crowdsourceing，他们提交的信息，称为志愿者地理信息VGI-Volenteered Geographic Information

公众参与，贡献内容和知识，这不仅在地理和地理信息科学领域，在其他学科也越来越受到重视，学术界把这种大众参与科学研究的现象成为 大众科学 citizen science

公众提交数据的一个最典型的例子就是维基百科，一部在线的又各行各业人员共同造就的大百科全书。

在空间信息技术和地理信息科学领域，最典型的VGI就是GoogleMap（earth）的Panoramio项目和开放地图项目OpenStreeMap。

## 什么是地理定位

地理定位：指确定事物在实际世界的位置的技术

目前，很多网站通过地理定位来提供服务，例如准备购买电影票，登陆格瓦拉软件，它会请求获得定位的权限，一旦位置确定，就可以找到附近的电影院。

无论是通过GPS，还是通过IP，应用程序都是通过W3C Geolocation API 来获取位置，主流的浏览器和移动操作系统都已经实现了该API

利用地理定位，手机或者应用就具备了给媒体（如照片）地理位置的能力（此过程称为地理标签-Geotag）

案例：法国查理周刊发生恐怖事件后，世界各地发出的支持查理周刊推文所在的位置。

## Google Earth

Google earth是一个得到普遍使用的，具有代表性的空间技术软件，是一个虚拟地球virtual earth，即一种提供了可交换地三维浏览地球的软件。

Google earth把空间信息技术的多方面集合到了一起，例如，你可以浏览卫星和航空影像，放大到地面查看街景相片，查看三维地貌和建筑物，测量地面的距离，把大量具有空间位置的数据叠加在一起进行浏览。

# 第二讲

准确描述位置的重要性

空间信息技术中位置的表达

空间信息技术就是处理空间数据以及（连接非空间数据）有关技术的总称

## 表达与描述位置显然是一个最基础的要求

1地球上每一个位置应该是可准确识别和测量的。

2测量需要某种形式的参考系统，使得地球上每一个点的位置可以与另一个点的位置进行比较。

3我们生活在一个三维的世界中，但是经常需要一种二维的表达，如纸质地图，计算机屏幕等，这就需要一种能把三维几何映射到二维几何的方法，并且这种方法应该满足一定的变形要求。

‘空间信息技术中位置表达与三个概念有关：大地基准，坐标系统，地图投影’

## 大地基准Datum

地球的一种模型，或者参考表面，基于该表面，可以描述地球上任何的位置。精确描述位置必须基于一个Datum，建立该Datum，必须对地球本身有一个通彻的了解。

大地测量，专门研究地球大小与形状及其变化，建立地球坐标信息系统的学科。

## 古代的球体时期

西方：

1远古时期，人类对地球形状的认识经历了从平盘、立方体、圆柱到牡蛎几个阶段。

2毕加索拉斯是第一个猜测地球为球体的人。到公元5世纪，地球为球体的思想开始得到普遍认可。

中国：

1最早为盖地说。起初，认为天圆地方，最后认为地也是圆的，也即天圆地圆（都是中间高，四周低）

2逐渐发展为浑天说：地球是一个球体，浮在水上后来又认为浮在气中，而恒星、日月五星都附在天球上运行。这与现代天文学的天球概念十分接近。

## 近代的球体时期

近代牛顿发明了万有引力定理，荷兰的惠更斯于1690年在其著作论重力起因中，根据地球表面的重力值从赤道向两级增加的规律，推论地球应该是一个两级略扁的椭球体，而不是正球体。

该观点最后被法国人于1753年证明（法国科学院组织的两个测量队，分别测定高纬度和低纬度地区的子午圈弧长，发现不同）。

椭圆体三要素：长轴a赤道半径，短轴b极半径，椭圆的扁率f

WGS 84 （GPS 采用的大小）

a=6378137mb=6356752.3m

地球表面的总面积达510083024平方千米，其中大部分为海洋，海洋面积约占地球表面积的百分之七十一，而陆地占表面积的百分之二十九。所以海水所包围的形体基本表示了地球的形状。

假像有一个静止的海平面，向陆地延伸形成一个封闭的曲面，这个曲面称为水准面。

水准面上每一个点的铅垂线均与该点的重力方向重合。由于海水面受潮汐影响而有涨有落，所以水准面有无数个。

其中有一个假象的静止海水面向吻合，称为大地水准面。

大地水准面所包围的形体称为大地体，大地体即代表地球的一般形态。

大地水准面所包围的形体称为大地体，大地体即代表地球的一般形状

地球：北极略突出，南极略扁平，近似于梨形的椭球体

## 现代的真实形状与大小

随着技术的进步，特别是各种卫星测量技术的成熟，人们发现地球不是一个正球体，而是一个极半径略短、赤道半径略长，北极突出、南极扁平，近似于梨形的椭圆体。

珠穆朗玛峰与太平洋的马里亚纳海沟之间高度差近20km。

北极地区约高出18.9米，

南极地区则低下24~30米

## 选择大地基准的困难之处

选择一个大地基准，意味这创建一个地球的数学模型，通过该模型，能建立一种坐标系统，描述任意地点的坐标。但是，由于历史和各自需要的原因，大地基准不是一个，而是多个，实际上。有几百之多

为了减少计算误差许多国家或地区选择与本地区相吻合的大地基准，甚至也有局部小范围地区（如城市）创建自己的大地基准。近年来，随着全球一体化发展，卫星技术的进步，与与全球整体相适应的大地标准被不断推出。

大地基准中国：北京54、西安80、国家2000

美国：NAD 27、NAD 83、WGS 84

## 不同大地基准的偏移

基于一个大地基准的测量与另一个基准一般不一致，也就是说，同一个点，在不同的基准中，一般有不同的坐标，并且这种差异不是系统性的。

## 什么是地理坐标系统

地理坐标系统，geographic coordinate system

也就是通常所说的经纬度坐标系统。任何地理坐标系统必须基于一个大地基准，同一个点，在不同的大地基准下的坐标一般有差异。

起始子午线和大圆距离

起始子午线，即经度为零的子午线，处于英国格林威治。

地球上任意两点的最短距离，是通过这两点大圆的圆弧的距离，称为大圆距离。

经度与时区

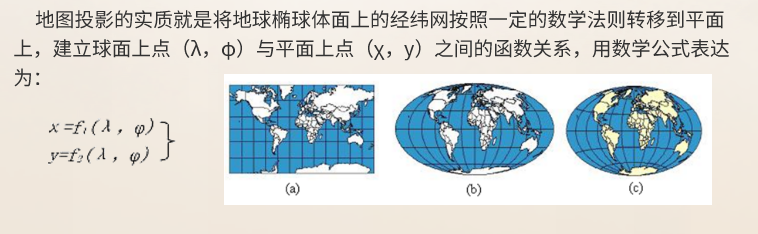
地理坐标系统不仅是确定地面坐标的系统，也是划分时区的基础。

地球自转一周是一天24小时，不同经度地区的时间自然也就不一样。为了，计算时间方便，人们把经度的360度除以24，得到15度，表示一个时区，在这个地域内，时间是一样的（同一小时），这样，全球存在24个时区。西经7.5到东经7.5是时区1，东经7.5到东经22.5是时区2，以此类推。

## 现实的数据如何才能转化到二维表面

地图是二维平面，无论是模拟地图，还是数字地图，最终是一种平面。地球是一种近似旋转椭球的不规则球体。要把球面上的物体表示到平面上，首先需要将曲面展开为平面。然而，球面是不可展的曲面，即，如果强行展开，则会产生破裂与重叠。在这种平面上做图是不实用的。

为实现作图的目的，只用采用特殊的科学方法，将曲面展开，使其没有破裂与重叠，这就是地图投影。

地球投影的实质就是将地球椭圆体面上的经纬线按照一定的数学法则转移到平面上

## 地球投影的基本思想

地球投影可简单理解为一种透视关系

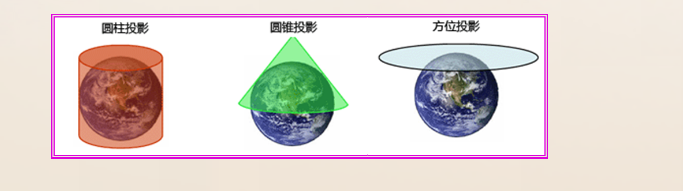
实质上地球投影更为复杂，地球表面与某种投影面之间的关系，并不是简单的透视，而是而是根据需要选择的复杂数学函数。投影面是任意的可展开的曲面（或平面）。

目前，常用的投影面包括三类：圆锥、圆柱和平面

圆柱投影

圆锥投影

方位投影



## 地图投影的变形

无论何种地图投影，总是存在变形，即平面上的几何与地球表面的几何存在不一致。

总存在三种变形，距离变形、面积变形和角度变形，其中距离变形总是存在的，也是另外两种变形的原因。



## 常用的地图投影

与大地基准一样，投影的方法理论上是无限的，据统计，历史上人们使用过的投影达几百之多。目前，比较常用的投影有：

兰博特等角正圆锥投影、横轴墨卡托投影UTM

正轴割圆锥投影-世界上1：100万地形图主要利用此投影经常应用在东西方向较长的区域

中央经线投影-经常应用在南北方向较长区域的作图中 ---中国所常用的高斯投影与此投影很像，都是等角投影，但采取的是椭圆柱。

## 地球投影变形控制常用方法; 分带

无论是兰伯特等角正圆锥投影，还是横轴墨卡托投影，在边缘地带的投影往往很大，为了减少变形，一般采取限制投影区域的方法，即分带。

分带方法有两种

1根据经度分带

2根据地区范围划分

通过分带，可以建立适合局部地区的投影坐标系统

通过分带，可以建立适合局部地区的投影坐标（注意地图投影与投影坐标系统的联系与区别）。

## 目标

1了解Google Earth的大地基准与参考坐标系。

2了解大圆距离。

3识别和认读Google Earth的格网线。

4了解UTM坐标参考系统

# 第三讲

使用数据匹配地图

## 前言

在许多应用中，无论是制图，还是进行分析和决策，经常需要集成不同来源的空间数据，如集成交通部门提供的道路网和房产部门的建筑物数据。由于存在大量不同的大地基准、坐标系统、地图投影，如果不加注意进行叠加，将会出现偏离或者重叠的现象。因此，在实际数据处理过程中，最好选取基准、坐标系统和投影一样的数据，如果条件不满足，则一定要明确数据基于的基础。

## 怎样才能对齐不同的空间数据

如果空间数据具有不同的大地基准或者坐标系统，地图投影，为能在一起工作，必须把它们准换到公共的大地基准、地图投影和坐标系统，这个过程，称为“重投影”（Peproject）。重投影的例子包括：北京54经纬度转换到WGS84经纬度坐标（大地基准变换），西安80高斯投影转换到西安80UTM坐标（仅仅是投影的变换）。

如果大地基准相同，很多GIS软件都可以进行重投影，甚至实时转换，即在叠加作图时，自动地进行转换（project on the fly），此过程纯粹是利用数学公式进行映射操作。但是，如果是不同的大地基准，则较为麻烦，因为必须要把不同坐标系统的变换公式的转换系数事先求出来，但这些参数往往不能得到。目前常用的方法有两种，一种是根据公共点，另一种是利用政府机构分发的偏移格网。

在实际应用中，往往有许多空间数据并没有提供关于大地基准、投影等的信息，这种情况一般出现在纸质地图数字化和下载遥感影像过程中，特别是历史地图扫描数组化。如果把这类数据与其他数据进行叠加，则偏差十分之大。这种情况，成为缺乏“空间参考”（Spatial Reference）。

## 什么是地理参考（Georeference）

所谓地理参考，即把没有空间参考的空间数据赋予空间参考的过程，一般通过与其他已有空间参考的空间数据进行对齐完成。该过程在不同的情况下，也被称为“影像到地图校正”“几何转换”、“地理注册”等。地理参考在空间信息技术中是一个十分常见和基础的需求。

例如，每年大学开学，新生和家长对学校的教学楼、宿舍和生活娱乐设施、管理机构的名称和位置是最感兴趣的。学校会下发校园地图，这个地图其实只是一张图片，并没有任何空间参考，一不能进行量测（如长度、面积等），也不能把学校的环境融入到更大的空间范围中（可以知道、学习该如何到，在城市的什么位置等）,如果能够把这些“校园地图”进行地理参考，并开发网站（或者是手机APP和利用流行的地理浏览器，如Google Earth），叠加到各种“底图”上，则上述问题将得到解决。

## 对数据进行地理参考应怎样进行

对当数据进行地理参考后，其每一个位置将有一个实际的地理参考坐标，因此，进行空间参考，需要一个有地理空间参考坐标系统的源数据，将两者对齐，才能赋予数据空间参考。

选择具有地理空间参考坐标系统（空间参考）的源数据十分重要，因为你需要从两个数据中找到相同位置的地点、。

地理参考就是通过“连接”源数据和需要地理参考数据的相同点来完成的。在地理参考中，这些公共点称为“地面控制点”，就是通过这些具有真实空间坐标的控制点，才赋予数据坐标的。

选用地面控制点，有两种方法实现

1野外测量，例如GPS或者全站仪测量，实际测量公共点的坐标。

2利用已有空间参考的地图数据，特别是经过正射处理的高分辨率影像。

选择配源数据的要求

除了满足能发现与需要地理参考的数据相同的点（控制点）这一基础要求外，源配准数据还需要满足以下两个需求：

1应该具有较高的分辨率。低分辨率的数据，一般难以找到控制点的位置，即使找到，因为分辨率低，选择的位置往往也有偏差，这样，获取的已知坐标就带有较大的误差，经过转换，最终传递给需要地理参考的数据的坐标也将有明显的误差。

2应该与需要地理参考的数据有相似的投影。如果投影不同，或者变形特征相差较大，则经过地理参考后，会出现数据的一部分对齐得很好，而另一部分对齐的效果很差。因为地理参考，实质就是把数据与源数据的投影和坐标进行对齐，赋予它相同的投影和坐标。如果数据本身的投影不一致，是很难做到完全对齐的。

## 选择地面控制点的要求

选择控制点是地理参考过程中最为关键的一个环节，控制点选择的质量决定了最终对齐和赋予的空间坐标的质量。因为地理参考的过程就是几何变换的过程，如果控制点选择得不好，建立的几何转换将具有误差（系数求值将不准确）。选择控制点一般需要满足数量和点位两个方面的需求：

1数量需求；不同的软件采取的数字公式一般有所不同，但最少应该包括三个控制点，控制点越多，对齐的效越好。

2点位分布需求：控制点应该尽量分散，最好能覆盖需要空间参考的数据的整个范围，包括四周和内部区域。如果控制点集中在一片区域，这一片将会对齐的较好，但整体对齐效果不会好。另外，点位应该尽量选择稳定和容易识别的位置，如道路交叉点和房屋的脚点，相反，如海岸线、花坛、草丛、屋顶等都不是好的选择，因为这些点随着时间的变化，容易出现空间位置变化，而源数据和修正数据是不同时间采集或者绘制的情况十分普遍。

## 数据怎样转换到已空间参考的格式

为对数据进行地理参考，使之对齐已有空间参考的数据，有很多种可行的数学变换来完成，但“仿射变换”是应用最为常见的一种。

再来考虑一下地理参考的“校园地图”与航空影像的关系，需要经过平移、缩放、斜切和旋转才能使两者对齐。

所谓“仿射变换”，就是包括综合运用平移、缩放、斜切和旋转的数学转换方法。仿射变换可以用数学公式表达：

X=Ax+By+C

Y=Dx+Ey+F

## 衡量地理参考结果优劣的指标

当地理参考完成后，可以肉眼观察对齐的结果，但是，科学有效的方法是计算RMSE（Root Mean Square Error），RMSE越低越好（基本上不可能为零）。RESM的基本思想就是计算控制点已知坐标与最终计算坐标的差距，所有差距平方后取平均，再开方就可以得到RESM。地理参考软件一般在最后都会算出RMSR。

根据RMSE计算结果，如果超出阈值，应该对选择的控制点进行修改，首先应该删除或者改正偏差较大的控制点，如果控制点数目不够，应该增加新的控制点。操作完成后，再进行地理参考，重新查看RMSE，如果很大，则需要多进行几次控制点的操作。

## 练习：对一张图片进行地理参考

目标

1熟悉MapCruncher的操作环境

2熟悉添加控制点的方法

3熟悉RMSE评价地理参考质量的方法

4了解地理参考的实施过程

# 第四讲

GPS发现你的位置

## GPS已经无所不在

GPS出现之前的场景

场景一:你从丛林中远足，突然一场暴风雨出现，你匆忙找到避难处，可是，当天气好转，你发现自己已经迷失方向，你该如何走出茫茫丛林？

场景二：你驱车来到一个陌生的地区，天色已晚，周围一片荒凉，道路也没有任何标记，你该如何找到目的地？

出现上述情况，你将很可能面临一场灾难，只能祈求上天的眷顾了。但是，现在，出现这样的情况，你基本不用担心，因为有全球覆盖、全天时、全天候的GPS，你可以随时随地掌握你所处的位置、速度和海拔。有了GPS，妈妈再也不用担心我迷路了。

GPS的终端已经无所不在，它在车载导航中，它在手机中，它也可能出现在手表中，甚至在人体内部。GPS形态各异，达到可能有一台台式电脑那么大，也可以小到只有小拇指那么小。有人说过，GPS的应用范围，只受限于你的想象力。

## 谁创造了GPS,为什么？

GPS是1973年由美国国防部开始研制，是冷战时期抗衡苏联的一项重大举措。1978年，第一颗GPS卫星发射，1993年，总共24颗卫星发射完毕，宣告GPS具有了完全操作运行能力，即全球无缝隙能力，无论是时间还是空间。目前，GPS由美国空军管理与控制。

GPS并不是美国推出的第一个基于卫星的导航定位系统，其前身是Transit（子午卫星系统），是专为美国海军服务的系统，主要用在核潜艇全球巡航上。但是，Transit不是一个连续的系统，即为确定自己的位置，需要在某一个时间窗口中，且精度也比较低（当然，足够应对舰船的导航），这是由于Transit的定位方法和卫星星座的缺点造成的。可以把GPS看做Transit的升级换代产品。

由于世界上基于卫星的导航系统不止GPS一个，还用GPS来表示这些类似的系统就不合适了，因此，人们用GNSS（Global Navigation Satellite System）来表示与GPS使用了类似技术的系统。

## GPS有哪几部分构成

### 空间部分

由大量卫星组成，这些卫星离地面20200公里，每一颗卫星都有固定的轨道，周期是11小时58分。卫星与卫星的轨道在天空中有一定的模式，这种模式成为“卫星星座”

卫星星座的设计目的是保证地球上任意地点任意时间都能接收到四颗以上的卫星（定位所需最少数目），为达到这一点，除了卫星的轨道需要进行很好的设计外，数量也有要求，最少24颗卫星，但是目前GPS的卫星不止24颗，多余的卫星一方面可以作为候补卫星，另一方面也可以提高全球的覆盖性。

卫星不断从天空发射信号到地面，这些信号包含有卫星位置、精确时间（卫星上游及其精密的原子钟）、卫星工作状态、测距码等信息。卫星信号通过两个波段传送，L1和L2波段，GPS拟在所有卫星中加入有利于生命安全有关的民用波段L5。地面必须与卫星间有直接视线，才能收到卫星信号，这意味着，室内不可能收到信号。

地面控制部分

代表在全球的专门跟踪和监测卫星信号的地面站。地面控制站有三种类型：注入站、监控站、主控站。

注入站：将数据发送到GPS卫星

监控站：负责监测卫星的运行状况

主控站：是整个系统的控制中心，负责对检测的数据进行处理产生最新最准确的数据，然后通过注入站将数据发送到GPS卫星

地面控制站如：夏威夷、科罗拉多、阿松森、迭（戈）加西亚

用户部分

表示接受GPS信号，并通过这些信号进行定位的接收机单元。

接收机一个重要指标是“通道”，通道数越多，接收机同时接受和处理的卫星数目就越多，定位的速度与精度就越好。

所谓通道就是用户信号进入接受机内部的软硬件路径。

根据接收机接收GPS卫星信号载波的能力分为单频接收机（只能接收L1）、双频接收机（能接收L1和L2）、三频接收机（能接收全部三个频率）。

## GPS怎样定位

GPS定位起源于地面的距离交会法，特别是无线电系统。

如何确定卫星的位置

如何测量出站星的距离

……

## GPS卫星信号构成

GPS卫星信号有三部分组成：载波、测距码、导航电文（数据码）

载波：传递测距码和数据码的电磁波，根据频率分为两种，L1波段和L2波段

数据码：向用户提供卫星轨道参数、卫星钟参数、卫星状态信息及其他信息。

测距码：专门用来测量距离的码，分为两种，一种是粗码（C/A码），一种是精码（P码），前者民用，后者军用。为防止电子欺诈，P码经过加密，在加入W码后，产生加密的Y码。

## 怎样测量站星距离

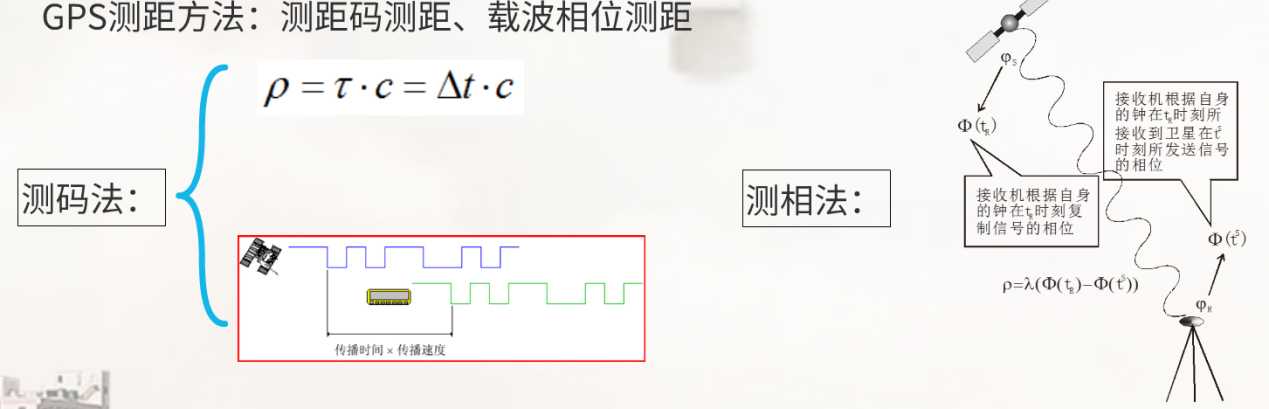
双程测距：用于电磁波测距仪

单程测距

GPS测距方式：测距码测距、载波相位测距

1测距码

2测相法



## GPS定位为什么需要至少四颗卫星

利用时间乘以光速得到站星距离，主要是测定信号从卫星到接收机的时间，由于时间稍微有点出入，则测定的位置将偏差较大。精确测定位置的前提是卫星的钟与接收机的钟应严格同步，可是这一点很难办到。因为，卫星的原子钟足够精度（2000万年才只差一秒），但是价格昂贵，从几万美元到几十万美元不等，这样的钟基本上不可能应用到普通的GPS接收机上，普通的接收机一般用便宜的石英钟。这样的结果必然造成时间测定的较大误差。

幸好，GPS卫星数目足够多，可以再增加一个卫星，测定到第四个卫星的距离，同时，把站星时钟的误差作为未知数，四颗卫星，四个距离，解四个未知数（X、Y、Z、T），从而可以相对精确地求得接收机的坐标，同时，也可修正接收机的钟差。

## 为什么GPS定位不是足够精确

在正常的天气和地面环境，利用一般民用GPS接收机，测得的位置的精度一般在10m左右。精度10米，是一个统计量，因此，不是说误差每次只有10米，有可能5米，也有可能15米，甚至20米，25米。

到底有哪些因素造成GPS的定位精度不是太高呢？影响的因素十分多，但主要的几个包括：选择可利用性（Selective Avalibility）、星历误差、大气传输误差、多路径误差和卫星分布结构。

## SA（Selective Available）

GPS研发成功后，其定位精度大大超过了原先的估计，能达到25米左右。这种现象一方面是美国政府大喜过望，另一方面又使得他们忧心忡忡，担心敌对国利用GPS的高精度来反制美国。

为此，美国政府制定了SA政策，即针对不同的用户，提供不同的精度，其目的是使美国的“敌对者”不能利用GPS来攻击美国。

SA主要通过两种方法，一种是人为地对载波信号添加一种抖动源，另一种是修改导航电文中的数据，如卫星钟和星历。通过这样的技术设施，非授权的GPS接收机定位精度下降到100米（也是美国人认为的可允许值）。

100米的精度显然难以满足许多民用的需求，同时，世界各国（包括美国）的研究员提出了许多消除SA影响的方法。最终，美国政府于2000年宣布停止实施SA，并宣布在新一代GPS卫星中将不采用SA的措施。

## 卫星星历误差

卫星参数是对描述卫星位置的一系列参数。卫星星历包括两种类型，一种为精密星历（也称处理后星历），一种是预报星历。在实施定位中，只能应用预报星历。精密星历可以用在各种高精度测量中。

由于卫星运行过程中受到各种摄动力的影响，使得精准测定和预测卫星的位置是很困难的事情，特别是预测，这也使得实时定位产生较大的误差，一般情况下，大概2-3米。

## 卫星位置分布的影响

多个卫星在天空相互位置关系对地面定位也有较大的影响。一般说来，卫星彼此间相对分布得越广，地面定位的精度越高。

衡量卫星相互几何关系的指标是PDOP（Position Dilution of Precision）。该值由两部分组成：HDOP（水平位置）和VDOP（垂直坐标）。PDOP增加一倍，位置精度将降低一倍。因此，在实际高精度定位中，都对PDOP值进行了限定，比如应该小于4或者2等。

一些GPS接收机提供实时PDOP的显示，因此，在定位时，应该根据PDOP值进行取舍。还有一些专门的GPS测量规划软件，可以提供PDOP值进行取舍。还有一些专门的GPS测量规划软件，可以提供PDOP的预报，以便合理安排测量的时段。

## 大气传输产生的误差

卫星信号从卫星传输到接收机，需要经过几万公里，这个过程并不是真空，因此，信号传播的速度和路径都会受到影响。

电离层和对流层都会影响定位的精度，相对而言，电离层影响更大，一般情况大概为5米，而对流层为0.5米。双频接收机可有效消除电离层的影响。

多路径误差的影响

卫星信号从卫星传输到地面，会产生反射，这些反射的信号有一些会传输到接收机的天线中，干扰直接接收到的信号，因为传输的距离不同，因此，会产生定位误差，严重的情况下，还有可能影响接收机的搜星和锁星。

## GPS怎样才能得到更高的定位精度

为了提高GPS定位的精度，满足更多应用领域的需要，人们提出了差分GPS的技术（DGPS-Differencal GPS）。其基本思想是在已知坐标的点上安置接收机，在定位过程中测量出GPS误差，然后把GPS误差通过电台等途径发送到其他接收机上，其他接收机就可以根据这个误差值提高定位的精度（一般情况下，可达到亚米级）。

在DGPS基础上，定位增强系统的技术被提出，一种是天际增强系统，一种是地基增强系统。

## 地基增强系统（GBAS）

地基增强系统的典型代表就是CORS（Continuously Operating Reference Stations），其思想与DGPS类似，只是在技术细节上有所改进，精度可达厘米级别。

## 天基增强系统（SBAS）

天基增强系统往往利用地球同步静止轨道卫星传输差分信号，这些卫星一般通过L1波段来传递差分信号，不仅增强了测距源，还使得GPS接收机无需做太多的改动。

由于差分传输卫星的数量限制，往往SBAS只能覆盖特定区域。SBAS的定位精度在核心区域一般可达1-2米。

## 还有哪些GNSS

GLONASS（俄罗斯）

开始研发的时间比起GPS晚几年，1982-1985期间，发射了20颗左右的原型和实验卫星，1985年正式开始建设。由于赶上苏联解体，经济下滑，所以GLONASS受到较大影响，直到2011年，才具备全球操作能力。

北斗（中国）

1983年就开始立项，但由于基础薄弱，直到2000年才发射第一颗北斗一代实验卫星，直达2007年，总共发射4颗卫星（一颗入轨失败），标志北斗一代完成。在北斗一代的基础上，北斗二代重新设计了技术方案，2012年，第16颗卫星发射升空（一颗失效），标志北斗具备了亚太地区的服务能力。北斗三代计划到2020具备全球操作能力。

Galileo（欧盟）

欧盟于1999年首次公布伽利略卫星导航系统计划，其目的是摆脱欧洲对美国全球定位的依赖。2013年春季，已组网的这4颗卫星将可以首次提供导航服务。

日本、印度

日本与印度也提出了自己的卫星导航系统计划，目前还处于实验阶段。

GPS有哪些典型应用

GPS应用的范围极其之广，任何需要第一手位置数据的应用，都可以利用GPS。

* 应急响应:拨打120急救电话，需要精确的位置信息，以前都是通过基站定位，现在，利用手机自带的GPS，可以精确地获取位置信息，方便救援的快速展开。
* 精细农业：精细农业十分需要如水深、作物和土壤等的精确位置，GPS可以获取这些数据，一旦获取这些数据，管理者就可以充分掌握各种资源与环境信息。
* 城市管理：过去的城市管理，难以全面准确地掌握各种设施和部件的具体位置，如井盖、路灯、街头座椅等。GPS可以快速获取所有这些要素的准确位置。
* 交通：GPS可以连续不断地跟踪各种载体的位置，无论是在道路上，还是在水中，空中。有了这些实时、准确的位置数据，管理者就可以做出更优的决策。
* 野生动物管理：野生动物如果带有GPS跟踪装置，将可以随时随地掌握他们的位置，这样不仅可以达到保护的目的，还可充分避免危险情况发生。
* 个人娱乐休闲：在探险中，利用手持GPS，可以记录考察的路线。在娱乐游戏中，利用GPS可以实现基于位置的活动，如地理寻宝。

## 利用GNSS规划软件获取导航卫星有关的信息