

# GIS 基础知识培训

讲解人：火星科技 木遥

# 目录

1

GIS概论及体系

2

GIS坐标系

3

GIS数据

4

GIS服务

5

GIS应用开发

6

GIS的发展与未来

## ➤ 教学视频

本PPT教程对应的录制视频：<https://www.bilibili.com/video/BV1JZ4y1Z7Bi>

## ➤ 最新版本

本PPT会不定期更新和完善，最新发布地址为：<http://marsgis.cn/doc/study-gis.pdf>

## ➤ 问题及意见反馈

如果您有任何建议意见。欢迎发送E-mail邮件至：[wh@marsgis.cn](mailto:wh@marsgis.cn)

在编写本章节时，参阅了大量网络资料，感谢以下人员和组织对GIS技术普及和推广所做的贡献（排名不分先后，如有遗漏欢迎反馈）：

- 遥想公瑾当年
- 秋意正寒
- 葱爆GIS
- 多多
- 麻辣GIS
- 李晓晖
- 信息工程大学
- 百度百科
- 维基百科
- .....

# 1、GIS概论及体系

- GIS的概论
- GIS的应用价值
- 常见的GIS平台
- GIS的标准及体系结构

# 前言 stay hungry, stay foolish



因为一切事件都在一定时间中发生，所以有了**历史学**

因为一切事件都在一定空间中存在，所以有了**地理学**

因为一切事物在一定的时间和空间中存在，所以有了**数学，天文学，物理学，文学** .....

## 1.1 什么是GIS



GIS即地理信息系统（Geographic Information System），是一门集计算机科学、信息学、地理学等多门科学为一体的新兴学科。百度地图、高德地图等APP让大众对于地图的认识和使用已经习以为常，但是GIS不只是地图！

对于GIS圈之外的人来讲，刚开始听到GIS觉得非常抽象，实际上GIS无所不在，生活中到处是GIS。**地图是GIS的表现形式**，但GIS深层是空间信息的处理，所以大家从GIS地图上可以获取地理空间信息的直观印象，更可以通过GIS获取大量的其它信息，如地物与周边地物的关系（主要是拓扑关系，相邻，包含，相离），地物的某一属性的影响范围，如公路对周边多大范围有噪音污染（缓冲区分析）等。

GIS让你可以**所见即所得**，获取地图上的大量信息。而且，由于GIS将属性信息和空间信息相结合，你可以更加直观的理解这些信息。

## 1.2 GIS与各学科关系

### GIS是一个交叉学科





## 1.3 GIS应用的领域

交通



广播电视



电力



气象



公共设施



城市管理



农业



在什么地方，发生了什么事情？

视角

关于世界的  
一个独特的视角

范围

上至无穷的太空，  
下至最深的地底，  
人类已知的所有位置

足迹

每个过程都将  
留下独特的足迹，  
我们将解释这些足迹的  
意义。

# 1.4 GIS应用价值 (1) : 呈现、还原、规划

一切事物都有坐标信息，GIS让你可以**所见即所得**，GIS将属性信息和空间信息相结合，你可以更加直观的理解这些信息。



数据获取、数据分析、数据呈现



# 1.4 GIS应用价值 (3) : 其他

投资管理

经营分析

选址规划

智慧园区

地图的互联和共享

星巴克案例

Simon Thompson

风险评估与管理

会员分析与市场优化

物流配送 位置智能玩



- 在某个特定位置有什么？
- 关注的目标在哪里？
- 自从...以来发生了哪些变化？
- 空间对象分布之间的关系~
- 如果..., 会发生什么？
- 其它问题: .....

## 1.5 GIS标准：OGC标准

不同GIS软件对空间数据定义和存储结构是有差别的，其所支持的数据存储格式不能直接相互利用，需经过格式转换才能相互被对方使用。标准的用处就在于使不同厂商、不同产品之间可以通过统一的接口进行互操作。

在GIS领域，OGC (Open Geospatial Consortium-  
OGC, 即开放地理空间信息联盟) 标准已经是一个比较 “



官方”的标准化机构。它不仅有ESRI、Google、Oracle等业界强势企业作为其成员，同时还和W3C、ISO、IEEE等协会或组织结成合作伙伴关系。因此，OGC的标准虽然并不带有强制性，但因为其背景和历史原因，它所制定的标准天然具有一定的权威性。

## 1.6 常见GIS平台

1

### ESRI ArcGIS平台

美国环境系统研究所公司（Environmental Systems Research Institute, Inc. 简称ESRI公司）旗下的ArcGIS产品，集40余年地理信息系统咨询和研发经验，奉献给用户的一套目前市场最完善、最全面完整的GIS平台产品。

2

### 超图 SuperMap平台

北京超图软件股份有限公司（简称“超图软件”或 SuperMap）是国内比较领先的GIS平台软件企业，主要在政府单位和企事业单位使用较多。

3

### Skyline平台

Skyline是三维地球平台软件。是传统模式的三维领域的国际领先者。国内由“泰瑞天际”公司代理相关业务。

4

### 开源GIS平台

不同于商业GIS软件，开源GIS软件不用背负数据兼容、易用性等问题的包袱，开发者能够集中精力于功能的开发，因此开源GIS软件普遍功能很强，技术也非常先进。

# 1.6 常见GIS平台 (1) : ArcGIS



## 1.6 常见GIS平台 (2) : 超图 SuperMap

### 组件GIS开发平台

SuperMap iObjects Java  
SuperMap iObjects .NET  
SuperMap iObjects C++

### 移动GIS开发平台

SuperMap iMobile for iOS  
SuperMap iMobile for Android

### 桌面GIS平台

SuperMap iDesktop  
SuperMap iDesktop Cross

### 云GIS平台软件

SuperMap iServer  
SuperMap iPortal  
SuperMap iExpress  
SuperMap iCloudManager

### 浏览器端SDK

SuperMap iClient for JavaScript  
SuperMap iClient for Flash  
SuperMap iClient for Silverlight  
SuperMap iClient3D for WebGL  
SuperMap iClient3D for Plugin

### 轻量移动端SDK

SuperMap iClient for iOS  
SuperMap iClient for Android  
SuperMap iClient for Win8





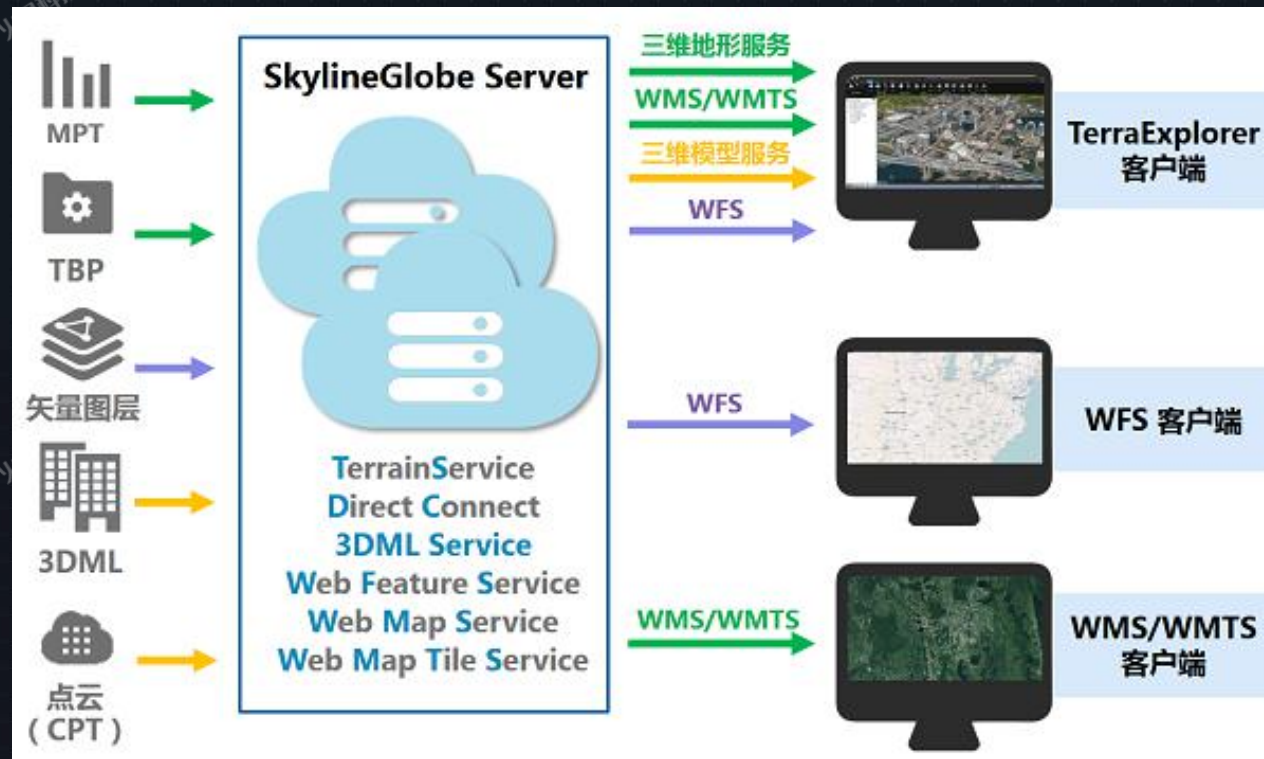
# 1.6 常见GIS平台 (3) : Skyline



**PhotoMesh**  
利用标准二维照片, 全自动生成高分辨率、带有贴图的三维网格模型

**CityBuilder**  
将倾斜模型与单体化图层以及其他模型图层融合, 生成一个多分辨率的、流优化传输的三维网格模型数据库 (3DML)

**TerraBuilder**  
融合不同尺寸及分辨率的航空影像、卫星影像以及数字高程模型, 生成带有精确地理位置的、逼真的地形数据库



## 1.6 常见GIS平台 (4) : 开源GIS

国内的好多GIS项目，采用ArcGIS + Oracle的超豪华阵容，其实我们完全可以用基于OGC标准的开源GIS技术方案来实现。现在主流的WebGIS开源解决方案分成两派，一派是C/C++，一派是java。

技术流派	解决方案
<b>C/C++</b>	Mapserver (服务器) + QGIS (桌面软件) + Tomcat (中间件) + PostGIS MySQL空间扩展 (数据库) + Openlayers/ Leaflet/Cesium(浏览器客户端)
<b>JavaEE</b>	Geoserver (服务器) + uDig (桌面软件) + Tomact (中间件) + PostGIS MySQL空间扩展 (数据库) + Openlayers/ Leaflet/Cesium (浏览器客户端)

## 1.6 常见GIS平台 (4) : 开源GIS - 常用产品

- 地图数据生产 uDig
- 地图矢量数据存储 PostGIS
- 地图瓦片数据存储 MongoDB
- Web服务器 Tomcat
- GIS服务器 GeoServer
- 组件开发 GeoTools
- Web客户端呈现 Leaflet 或 Cesium



# 1.7 GIS的体系结构 (1)

GIS 结构很庞大，我们将其归纳为三部分：

- 客户端 (Client)
- 服务 (Server)
- 数据 (Data)



# 1.7 GIS的体系结构 (2)



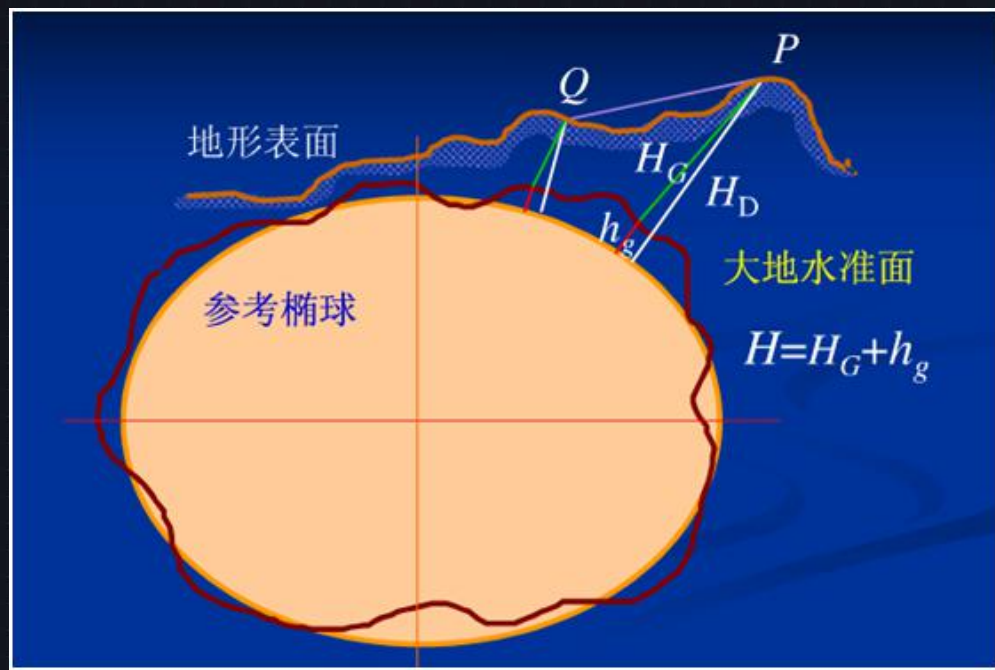
# 1.7 GIS的体系结构：产品选型及说明

体系	所在机器	使用平台	说明
数据	GIS工作站	ArcGIS Desktop	GIS工程师
服务	GIS服务器	GeoServer nginx (瓦片等静态资源)	GIS工程师
客户端	个人开发机器	Leaflet、Cesium等	软件工程师

## 2、GIS坐标系

- 坐标系概览
- 常用坐标系
- 常见概念

坐标系可谓是GIS的重中之重。下面展示一段要求，以此来引出坐标系问题：**工作底图平面坐标系应采用国家大地坐标系 CGCS2000，投影方式采用高斯-克吕格投影，高程基准采用 1985 国家高程基准。**



通过这段话，我们可以获得几个关键词：**平面坐标系、CGCS2000、投影方式、高斯-克吕格投影**。那么这几个关键词都有什么含义呢？



## 2.1 地球空间模型：大地椭球体

为什么要建立模型：

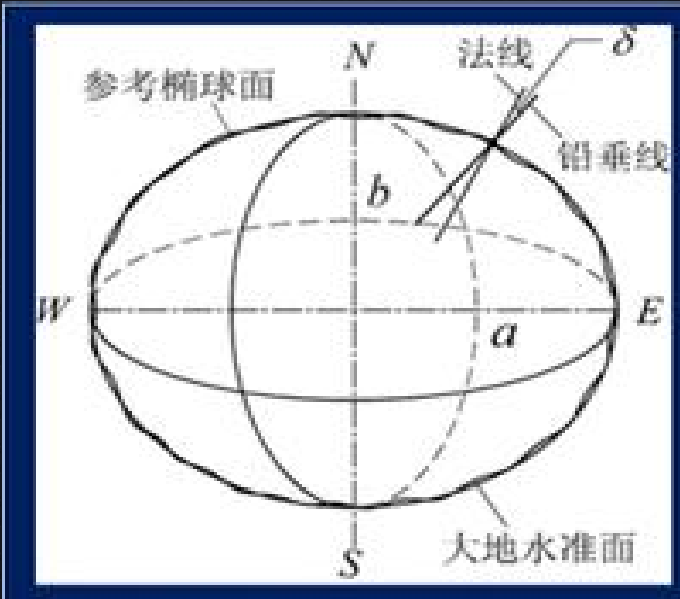
- 地球既不是正圆，也不是规则的椭圆
- 地球的自然表面不是光滑的，是崎岖不平的



想象中的地球 vs 实际的地球

## 2.1 地球空间模型：大地椭球体

因此，我们需要对地球表面的做第一层抽象“大地水准面”即得到了一个连续、闭合的地球表面。再在大地水准面的基础上可以建立地球椭球模型。有了对地球的抽象“大地椭球体”就可以建立地理坐标系了。



长半轴=a（赤道半径）；短半轴=b（极半径）；  
扁率  $f = (a-b)/a$ ；

第一偏心率= 
$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$$

第二偏心率= 
$$e' = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{b^2}}$$

偏心率用来描述轨道的形状

地球椭球体有3个参数，长半轴，短半轴和扁率。  
可以想象地球椭球体就是一个没有那么扁长的橄榄球的形状。

## 2.2 GIS的坐标系概览

三种坐标表示方法：经纬度和高程LBH，空间直角坐标XYZ，平面坐标和高程XYH

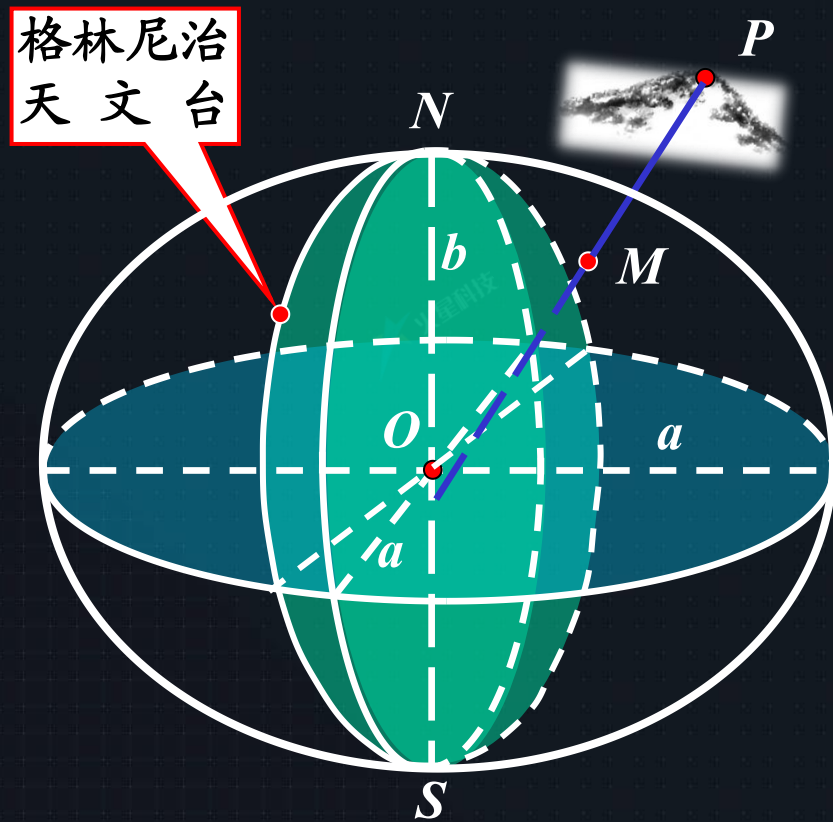
划分角度	坐标系	
原点与质心关系	参心大地坐标系	(已经被淘汰)
	地心大地坐标系	(目前通用的)
表示形式	地理坐标系 GCS	大地坐标系/经纬度坐标系 (LBH)
		空间直角坐标系/地心坐标系 (XYZ)
	投影坐标系PCS (XY平面坐标+高程)  PCS=GCS+投影方式	高斯-克吕格投影 (横轴墨卡托投影)
		通用横轴墨卡托 (UTM) 投影
		墨卡托投影
		WebMercator投影坐标系

## 2.4 大地坐标系 (1)

GIS坐标系中的椭球，如果加上高程系，在其内涵上就是GCS（地理坐标系）

参考椭球上的点、线、面

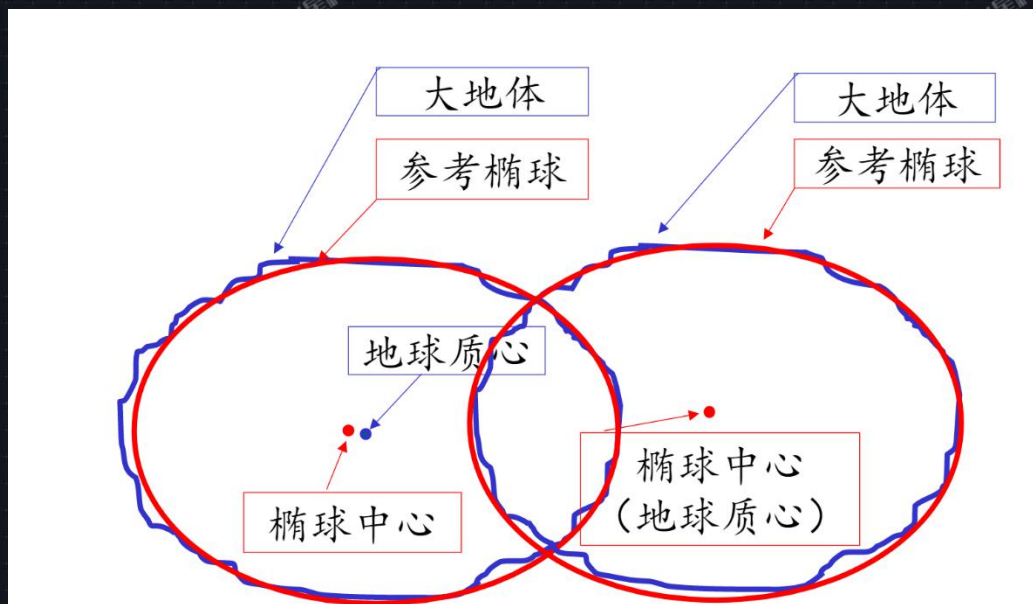
- 椭球中心
- 短轴
- 大地子午面（线）  
（首大地子午面（线））
- 大地赤道面
- 法线



 参考椭球面和法线是大地坐标的基准面和基准线！

## 2.3 地心坐标系与参心坐标系

- **地心坐标系**：原点与地球质心重合，以地球质心为原点建立的空间直角坐标系，或参考椭球中心与地球质心重合的地球椭球面为基准面所建立的大地坐标系。
- **参心坐标系（被淘汰）**：原点与某一地区或国家所采用的参考椭球中心重合，通常与地球质心不重合。区域性大地坐标系，只适合地球局部区域使用。



### 参心坐标系

- ✓ 参考椭球面在某一国家、地区内与大地水准面最佳吻合
- ✓ 局部坐标系
- ✓ 适用于局部范围的测量计算

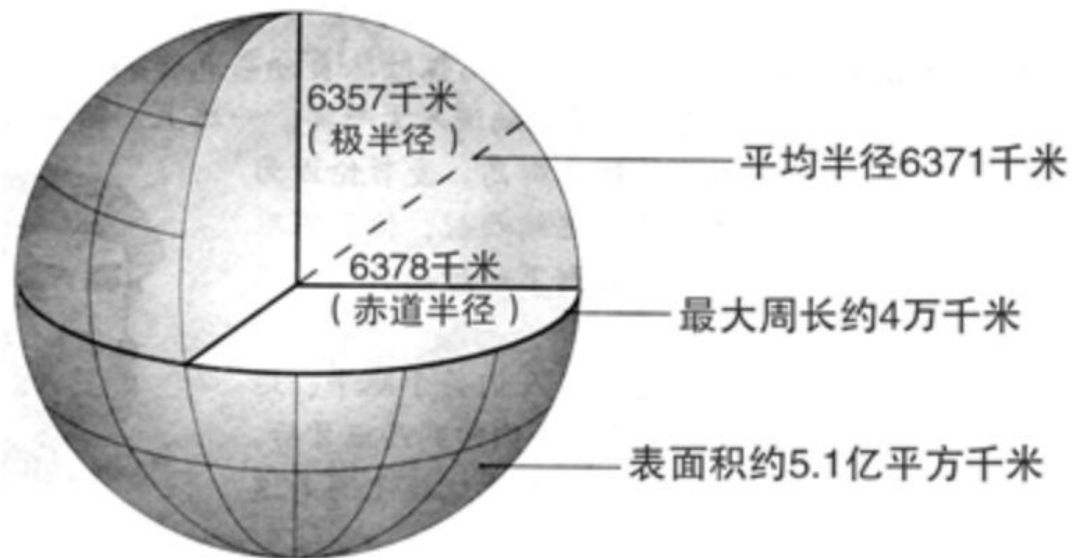
### 地心坐标系

- ✓ 参考椭球面在全球范围内与大地水准面最佳吻合
- ✓ 全球坐标系
- ✓ 适用于全球范围的测量计算

## 2.4 地理坐标系 GCS

地理坐标系统也就是 Geographic Coordinate System，我们简称 GCS，它是由地球表面空间要素产生的定位参照系统。

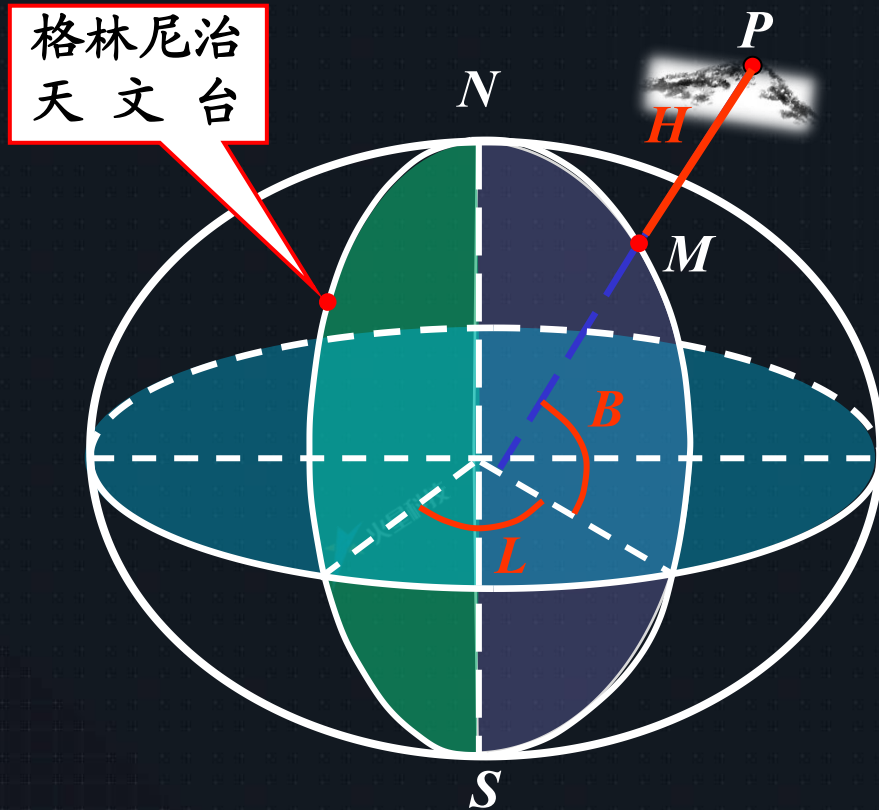
随着测量技术的不断进步，特别是人造地球卫星的利用，才使得我们对地球有了一个明确的认知，地球并不是一个正球体，而是一个两极稍扁、赤道略鼓的不规则球体，可以成为椭球，地球的平均半径 6371 千米，极半径为 6356 千米，两者相差为 21 千米，最大周长也就是我们所说的赤道约 4 万千米，表面积约 5.1 亿平方千米。



## 2.4 大地坐标系 (2)

### 大地坐标系的定义

- 大地经度( $L$ )  
过地面点的子午面与起始子午面之间的夹角,  $0^\circ \sim \pm 180^\circ$
- 大地纬度( $B$ )  
过地面点的法线与赤道面之间的夹角,  $0^\circ \sim \pm 90^\circ$
- 大地高( $H$ )  
地面点沿法线至参考椭球面的距离, 可正可负



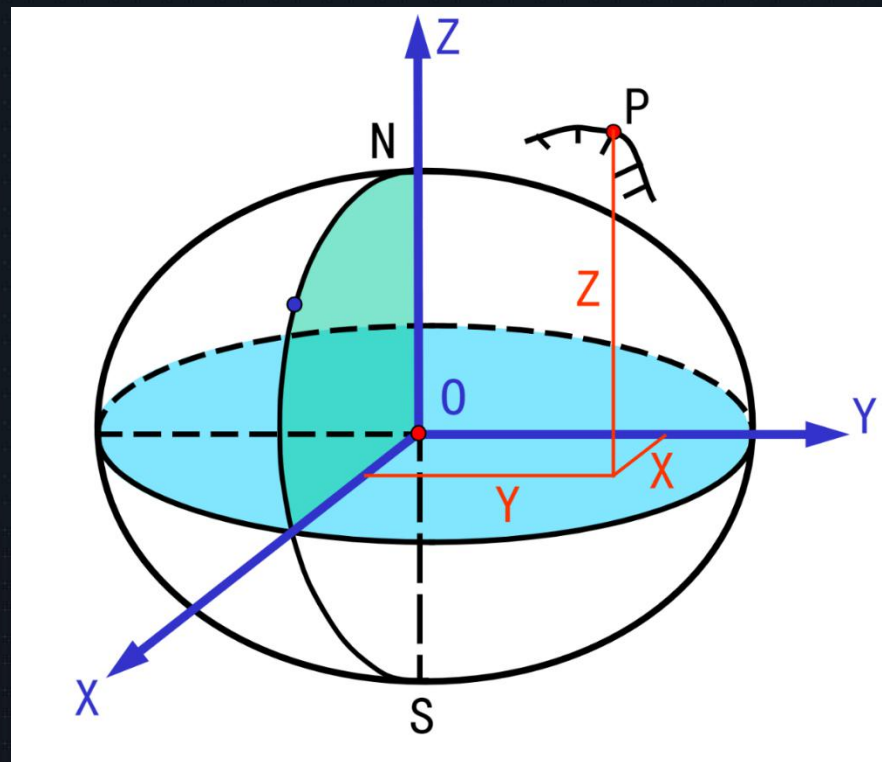
经纬度表现形式有两种:

- 度分秒 (如  $113^\circ 12' 34''$ )
- 十进制 (如 113.534532)

转换公式: 十进制 = 度 + 分/60 + 秒/3600

## 2.5 空间直角大地坐标系(地心坐标系)

在卫星大地测量中，常采用空间大地直角坐标系来确定地面点的三维坐标。空间直角坐标系的坐标原点位于参考椭球的中心，Z轴与椭球的旋转轴一致，指向参考椭球的北极；X轴指向起始子午面与赤道的交点，Y轴位于赤道面上，按右手系与X轴正交成90°夹角。

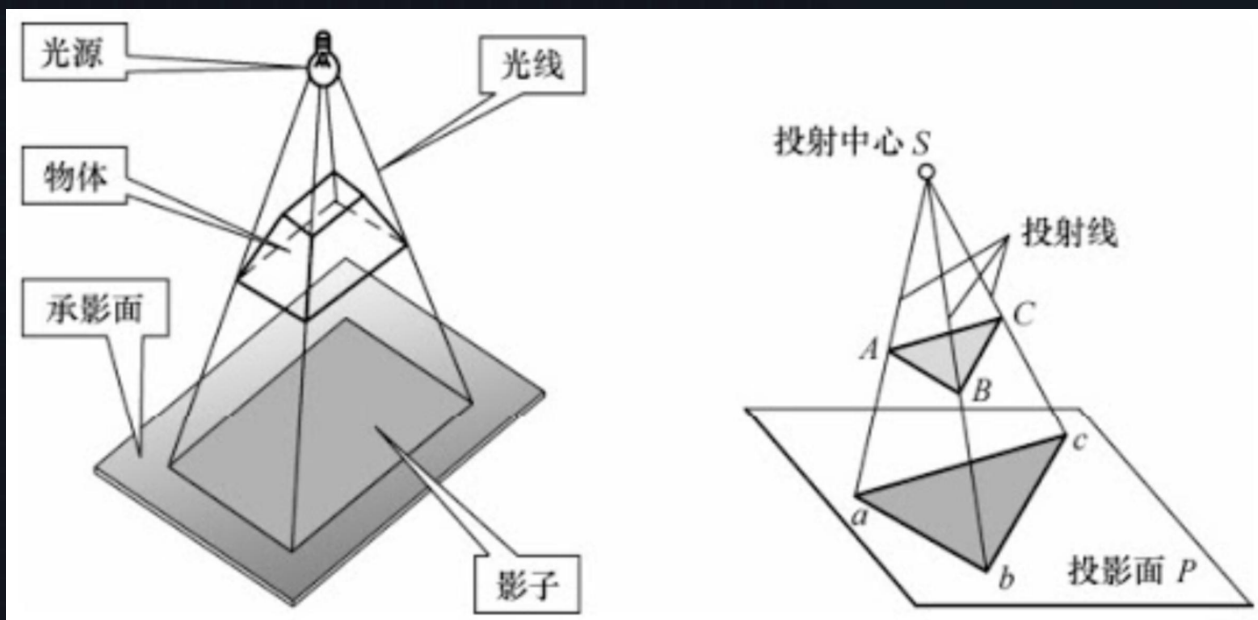


P点坐标  $(X, Y, Z)$



## 2.6 投影坐标系PCS

将地球椭球面上的点映射到平面上的方法，称为地图投影。即曲面变平面

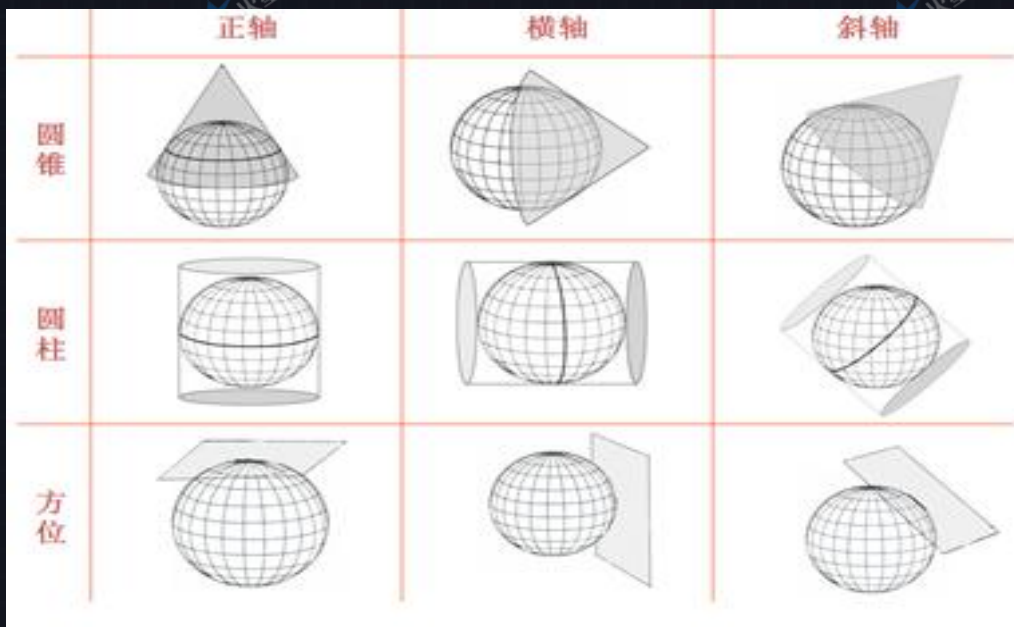


### 为什么要进行投影?

- 投影地图为平面，符合视觉心理
- 地球椭球体为不可展曲面
- 球面坐标不方便进行距离、方位、面积等参数的量算和各种空间分析

## 2.6 投影坐标系PCS

由于地球是一个不规则球体，要转换到平面上必须要经过变形或破裂处理，因此，**完全没有变形误差的地图是不存在的**。为了满足不同的实际需要，使误差尽可能小，就产生了各种不同的投影方式。按变形情况的不同，可以分为**等角**、**等积**和**任意投影**三种。等角投影是保持角度和形状不变，而面积变形的地图；等积投影则正好与等角投影相反；任意投影则是两种变形都有。

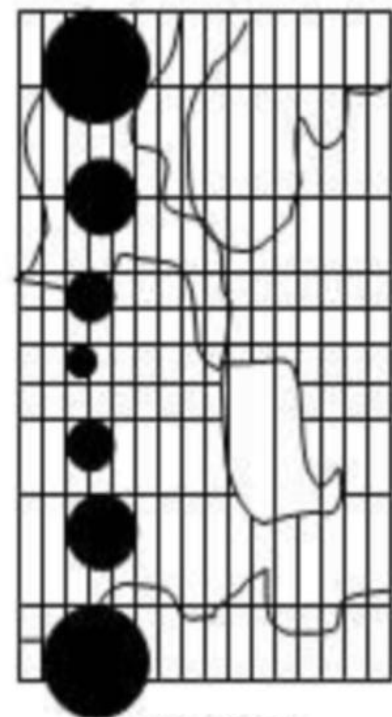


**选择地图投影时，主要考虑因素：**

- (1) 制图区域的范围、形状和地理位置
- (2) 地图的用途、出版方式及其他特殊要求

目前绘制地图常用的投影方法达二十多种。

## 2.6 投影坐标系PCS



等角投影

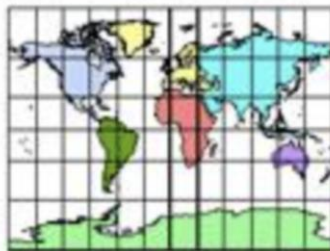


等距投影



等积投影

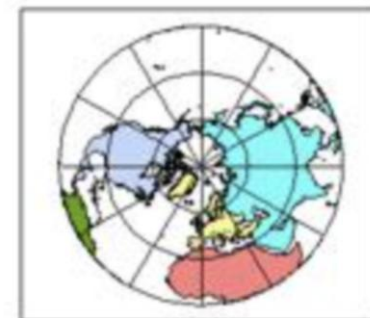
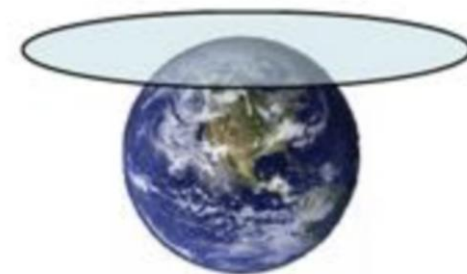
圆柱投影



圆锥投影



方位投影



## 2.6 投影坐标系PCS – 目前常用的投影

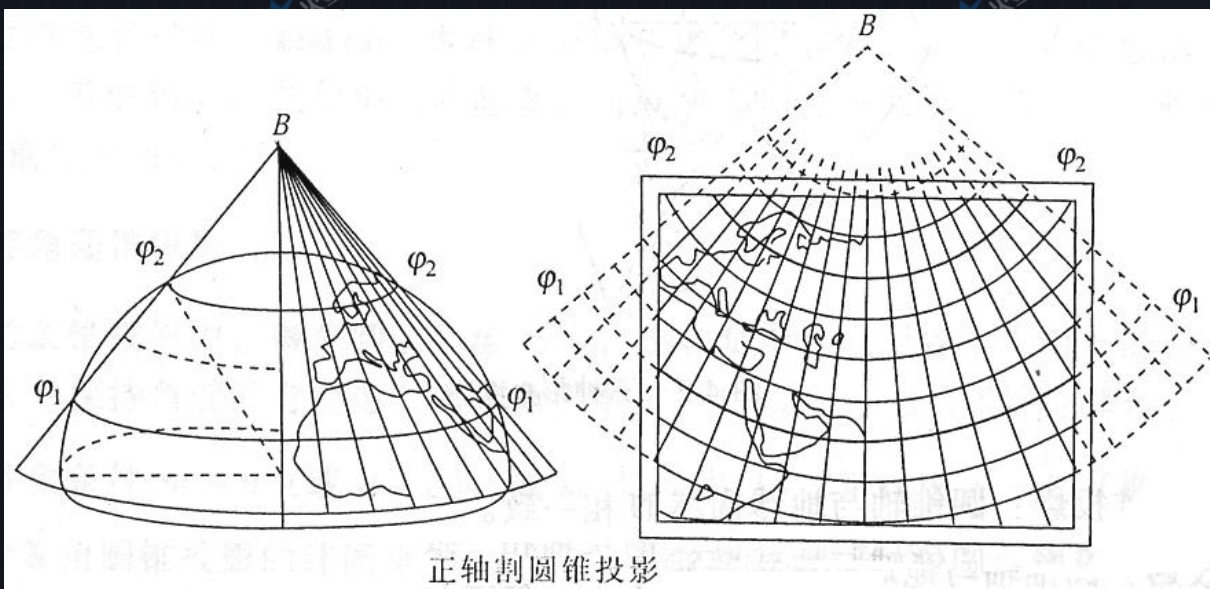
- 中国地形图投影：Lamber（兰伯特）投影
- 各省市的投影：Albers（阿伯斯）投影
- 在城市级或小范围区域（规划局、国土局、建设局、工程报建）：局部高斯投影  
(以便与地方地形图测绘、若是强制按某带投影，则远离中央经线的区域的角度、距离、面积全部变形严重)
- 互联网上公众地图网站：Web墨卡托
- 卫星影像数据：UTM投影

地图类型	所用投影	主要技术参数
中国全图	斜轴等面积方位投影 斜轴等角方位投影	投影中心： $j=27^{\circ} 30'$ $\lambda=+105^{\circ}$ 或 $j=30^{\circ} 30'$ $\lambda=+105^{\circ}$ 或 $j=35^{\circ} 00'$ $\lambda=+105^{\circ}$
中国全图 (南海诸岛做插图)	正轴等面积割圆锥投影 (Albers投影)	标准纬线： $j_1=25^{\circ} 00'$ , $j_2=47^{\circ} 00'$
中国分省(区)地图 (海南省除外)	正轴等角割圆锥投影 (Lambert投影) 正轴等面积割圆锥投影 (Albers投影)	各省(区)图分别采用 各自标准纬线
中国分省(区)地图 (海南省)	正轴等角圆柱投影 (Mercator投影)	
国家基本比例尺 地形图系列 1:100万	正轴等角割圆锥投影 (Lambert投影)	按国际统一 $4^{\circ} \times 6'$ 分幅, 标准纬线: $j_1=j_s+35'$ $j_2=j_n+35'$
国家基本比例尺 地形图系列 1:5万~1:50万	高斯-克吕格投影 ( $6^{\circ}$ 分带)	投影带号(N): 13~23 中央经线: $\lambda_0=(6N-3)^{\circ}$
国家基本比例尺 地形图系列 1:5000~1:2.5万	高斯-克吕格投影 ( $3^{\circ}$ 分带)	投影带号(N): 24~46 中央经线: $\lambda_0=(3N)^{\circ}$
国家基本比例尺 地形图系列 1:5万~1:50万	高斯-克吕格投影 ( $6^{\circ}$ 分带)	投影带号(N): 11~22 中央经线: $\lambda_0=(6N-3)^{\circ}$
城市图系列 (1:500~1:5000)	城市平面局域投影或城市局部坐标的高斯投影	

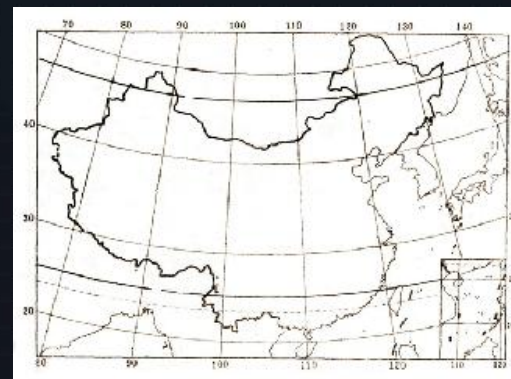
## 2.7 兰伯特Lambert投影（正轴等角割圆锥投影）

投影方法：圆锥投影通常基于两条标准纬线，从而使其成为割投影。超过标准纬线的纬度间距将增加。这是唯一常用的将两极表示为单个点的圆锥投影。也可使用单条标准纬线和比例尺因子定义。如果比例尺因子不等于1.0，投影实际上将变成割投影。

我国1:100万地形图采用了Lambert投影，其分幅原则与国际地理学会规定的全球统一的国际百万分之一地图投影保持一致。



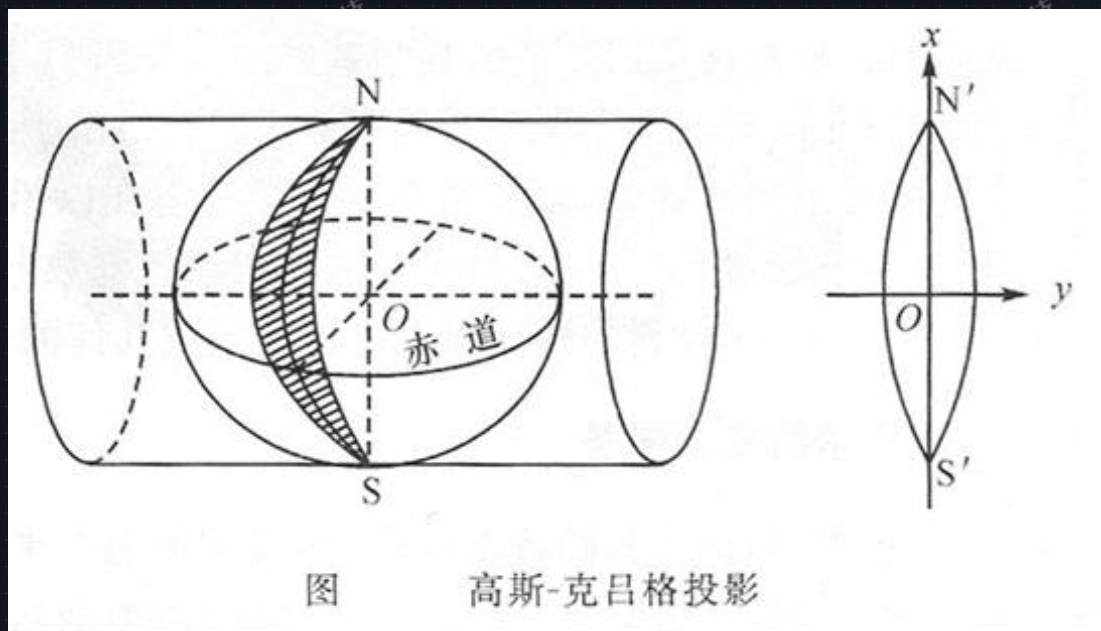
- 适用于小于（含）1:100万的地图
- 最适用于中纬度的一种投影。其描绘形状比描绘面积更准确



## 2.8 高斯-克吕格投影

Gauss-Kruger高斯-克吕格投影（简称“高斯投影”），又名“横轴等角切圆柱投影”或“横轴墨卡托投影”，是按分带方法各自进行投影，故各带坐标成独立系统。

中央那条黑线就是投影中心线，与椭圆柱面相切这条线逢 $360^\circ$ 的因数就可以取，一般多用3度带（120个）、6度带（60个）。Y方向（赤道方向）前需要加投影带号。

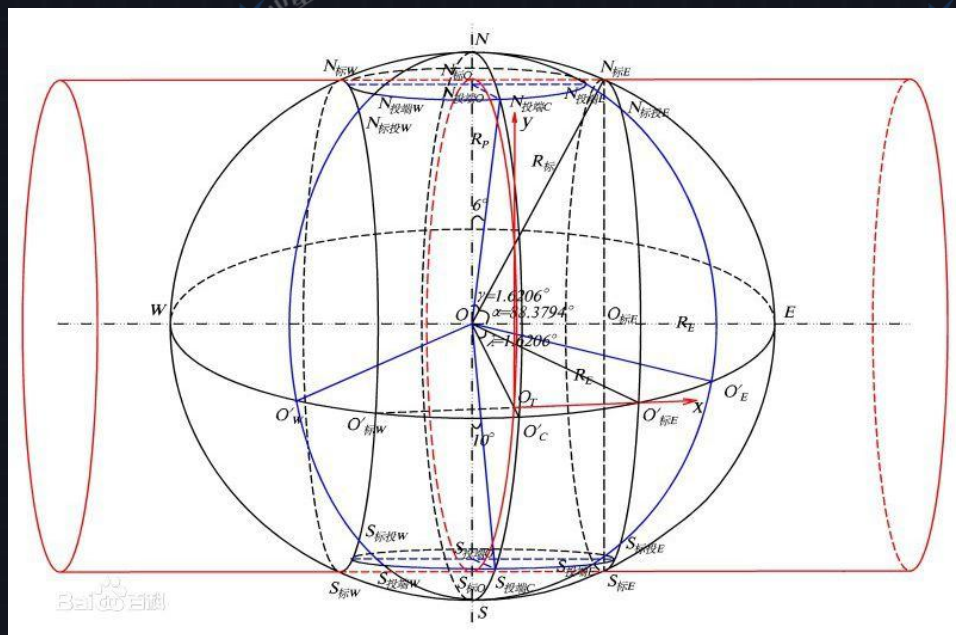


特点：

- (1) 投影后中央子午线为直线，长度不变形，其余经线投影对称并且凹向于中央子午线，离中央子午线越远，变形越大。
- (2) 赤道的投影也是直线，并与中央子午线正交，其余的纬线投影为凸向赤道的对称曲线。
- (3) 投影后经纬线仍然持相互垂直，角度无变形。
- (4) 长度和面积变形很小

## 2.9 通用横轴墨卡托投影 (UTM投影)

UTM投影 (Universal Transverse Mercator Projection 通用横轴墨卡托投影) 是横轴等角割圆柱面投影。此投影与椭圆柱割地球于南纬80度、北纬84度两条等高圈, 投影后两条相割的经线上没有变形, 而中央经线上长度比0.9996 (为了保证离中央经线左右约180km处有两条不失真的标准经线), 即 **UTM投影=0.9996高斯投影**。此投影系统是美国为了全球战争需要编制世界各地军用地图和地球资源卫星像片所采用的投影系统。

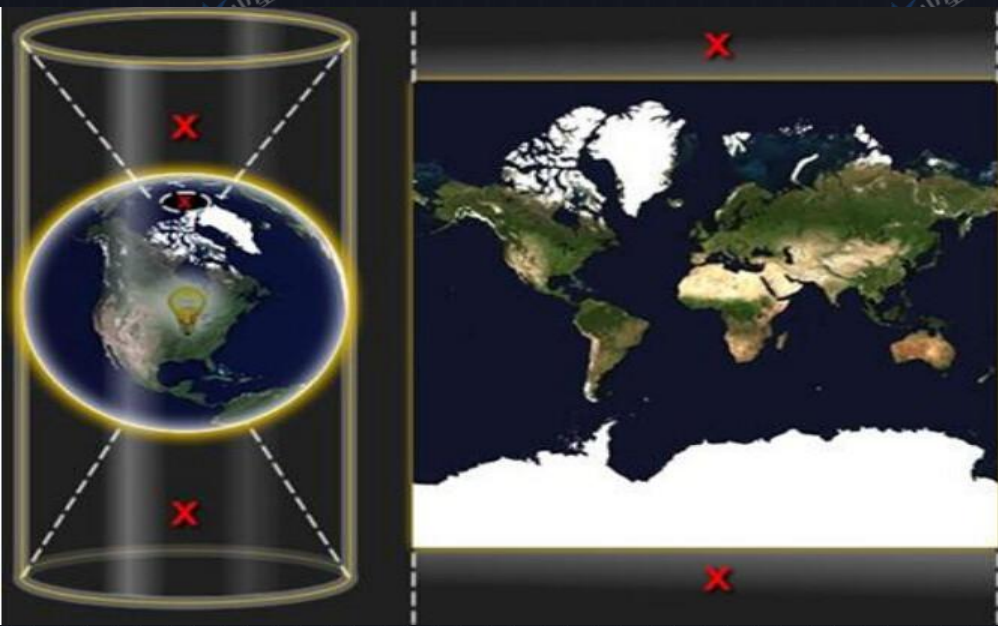


- UTM投影=0.9996高斯投影
- 大地测量和地形测量的投影基础
- 我国各种遥感影像的常用投影

## 2.10 墨卡托投影

墨卡托(Mercator)投影, 是一种“等角正切圆柱投影”, 原理是假设地球被围在一中空的圆柱里, 其标准纬线与圆柱相切接触, 再假想地球中心有一盏灯, 把球面上的图形投影到圆柱体上, 把圆柱体展开, 这就是一幅选定标准纬线上的“墨卡托投影”绘制出的地图。

墨卡托投影经纬线横平竖直。经线之间间距相等。形状和角度不变。赤道处面积不变, 纬度越高, 面积放大的倍数越大。





## 2.11 Web墨卡托投影

EPSG3857

Web Mercator (墨卡托) 是由Google最先发明的。在投影过程中, 将表示地球的参考椭球体近似的作为正球体处理 (正球体半径  $R =$  椭球体半长轴  $a$ )。由于墨卡托投影当纬度接近两极时,  $y$ 值趋向于无穷大, 那些“懒惰的工程师”为了方便, 就把Y轴的取值范围也限定在X轴相同范围, 搞个**正方形地图**, 而形成了Web Mercator 投影。

目前在互联网上的大部分全国公众地图网站均采用此坐标系。



投影坐标系范围是:

最小 ( -20037508.3427892, -20037508.3427892 )

最大 ( 20037508.3427892, 20037508.3427892 )

对应的纬度范围是:

最小 ( -180, -85.05112877980659 ),

最大 ( 180, 85.05112877980659 )

## 2.12 当前通用的一些坐标系标准

### ➤ 国际：

1. WGS84坐标系 【EPSG4326】

### ➤ 国内：

1. 1985国家高程基准
2. 两个已弃用参心坐标系：北京54、西安80
3. 2000国家大地坐标系 (CGCS2000) 【EPSG4490】
4. 火星坐标系(GCJ-02)

## 2.13 WGS84坐标系 EPSG4326

目前最通用的标准坐标系，平时我们常说的经度纬度多少多少、从GPS设备、智能手机中取出的数据的坐标系、国际地图提供商使用的坐标系都是这个坐标系。

WGS - 84坐标系 (World Geodetic System) 是一种国际上采用的地心坐标系。坐标原点为地球质心，其地心空间直角坐标系的Z轴指向国际时间局 (BIH) 1984.0定义的协议地极 (CTP) 方向，X轴指向BIH1984.0的协议子午面和CTP赤道的交点，Y轴与Z轴、X轴垂直构成右手坐标系，称为1984年世界大地坐标系。这是一个国际协议地球参考系统 (ITRS)，是目前国际上统一采用的大地坐标系。GPS广播星历是以WGS-84坐标系为根据的。

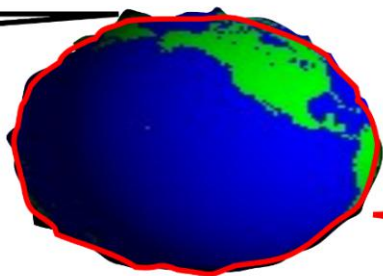
## 2.14 1985国家高程基准

到这里已经介绍了地理坐标系上经纬度的来源，还需要考虑的是高程信息的标准化。

高程控制网的建立，首先必须建立一个统一的高程基准面，所有水准测量测定的高程都以这个面为零起算，也就是以高程基准面作为零高程面。用精密水准测量联测到陆地上预先设置好的一个固定点，定出这个点的高程作为全国水准测量的起算高程，这个固定点称为水准原点。“1985国家高程基准”为我国现行通用标准，是从1988年1月1日开始启用的。

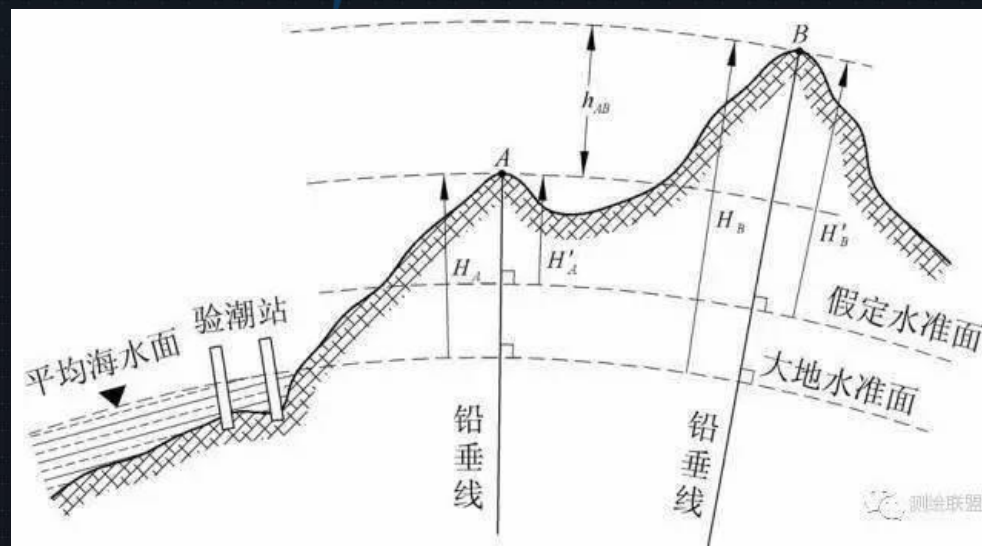
静止状态的平均海面，向陆地内部延伸形成的闭合形体的表面。其所包含的形体——大地体。

陆地



大地水准面

- 特性：
- 大地水准面是水准面之一；
  - 常作为高程基准面。



## 2.15 两个已弃用的国内参心坐标系

### ➤ 北京54坐标系(BJZ54) 【已弃用】

新中国成立以后，我国大地测量进入了全面发展时期，在全国范围内开展了正规的、全面的大地测量和测图工作，迫切需要建立一个参心大地坐标系。由于当时的“一边倒”政治趋向，故我国采用了前苏联的克拉索夫斯基椭球参数，并与前苏联1942年坐标系进行联测，通过计算建立了我国大地坐标系，定名为1954年北京坐标系。因此，1954年北京坐标系可以认为是前苏联1942年坐标系的延伸。它的原点不在北京而是在前苏联的普尔科沃。

### ➤ 西安80坐标系(GDZ80) 【已弃用，但很多旧地图数据还是此坐标系】

1978年4月在西安召开全国天文大地网平差会议，确定重新定位，建立我国新的坐标系，为此有了1980年国家大地坐标系。1980年国家大地坐标系采用地球椭球基本参数为1975年国际大地测量与地球物理联合会第十六届大会推荐的数据，即IAG 75地球椭球体。该坐标系的大地原点设在我国中部的陕西省泾阳县永乐镇，位于西安市西北方向约60公里，故称1980年西安坐标系，又简称西安大地原点。

## 2.16 2000国家大地坐标系 (CGCS2000)

EPSG4490



随着情况的变化和时间的推移，国内原有的2个以经典测量技术为基础的局部参心大地坐标系，已经不能适应科学技术特别是空间技术发展，不能适应当今气象、地震、水利、交通、国防等部门对高精度测绘地理信息服务的要求，而且也不利于与国际上民航与海图的有效衔接。

2000国家大地坐标系，是我国当前最新的国家大地坐标系，英文名称为China Geodetic Coordinate System 2000，英文缩写为CGCS2000。

2000国家大地坐标系是**全球地心坐标系**在我国的具体体现，其原点为包括海洋和大气的整个地球的质量中心。Z轴指向BIH1984.0定义的协议极地方向（BIH国际时间局），X轴指向BIH1984.0定义的零子午面与协议赤道的交点，Y轴按右手坐标系确定。

PS: CGCS2000 与 WGS84 相差几个厘米，对于一般工程测量，可以认为二者是一致的。

## 2.17 四个坐标系的比较

惯用名称	WKID	椭球体				参心地心
		椭球名称	长半轴长a(米)	短半轴长b(米)	扁率	
北京54	4214	克拉索夫斯基1940	6378245.000000	6356863.018800	1/298.3	参心
西安80	4610	IUGG1975(或IAG75)	6378140.000000	6356755.288200	1/298.257	参心
国家2000	4490	CGCS2000	6378137.000000	6356752.314140	1/298.257222101	地心
WGS84	4326	WGS84	6378137.000000	6356752.314200	1/298.257223563	地心

CGCS2000的定义与WGS84实质一样，几乎可以兼容。扁率差异引起椭球面上的纬度和高度变化最大达0.1mm。可以说两者相容至cm级水平，可以忽略这点差异。

## 2.18 火星坐标系(GCJ-02)

前面我们讲解了美国使用的是WGS84的坐标系统，中国使用CGCS2000坐标系统以经纬度的形式来表示地球平面上的某一个位置，这应该是国际共识。在我国，出于国家安全考虑，国内所有导航电子地图必须使用国家测绘局制定的加密坐标系统，即将一个真实的经纬度坐标加密成一个不正确的经纬度坐标，我们在业内将前者称之为地球坐标，后者称之为火星坐标(GCJ-02)。

当我们使用的数据和服务不同时，就产生了我们时常说的**偏移**和**纠偏**的问题。

坐标系	地图服务商
标准坐标系	国外地图服务, 天地图 (属于CGCS2000, 但可以等同于WGS84)
火星偏移坐标系	iOS 地图 (其实是高德)、Gogole地图、腾讯地图、高德地图等
其他偏移坐标系	百度地图、搜狐搜狗地图 (在火星坐标系上二次加密)

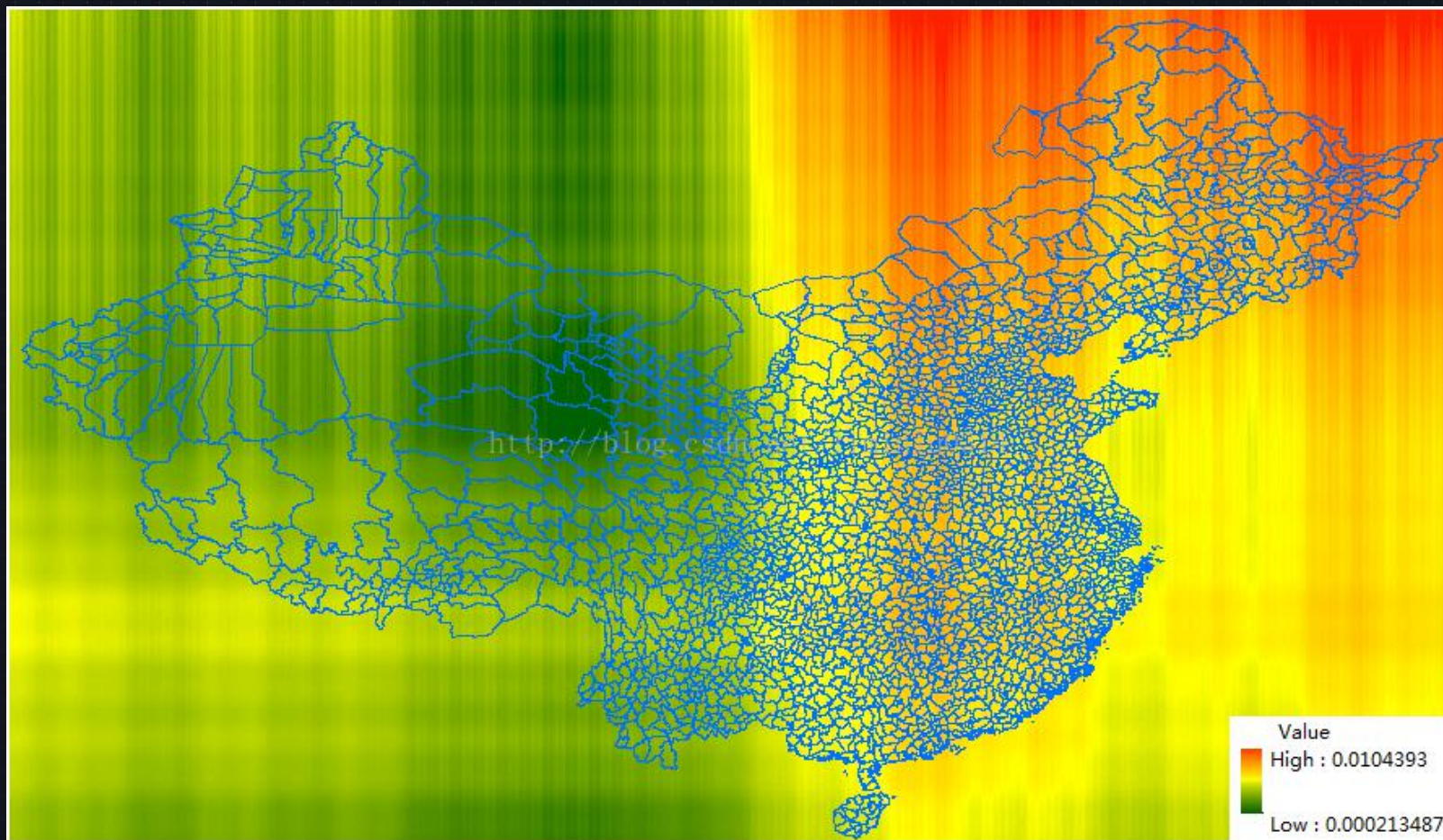
从设备获取经纬度 (GPS) 坐标:

- (1) 如果使用的是ios的原生定位库, 那么获得的坐标是WGS84
- (2) 如果使用的是高德sdk,那么获取的坐标是GCJ02
- (3) 如果使用的是百度sdk那么可以获得百度坐标 (bd09) 或者火星坐标 (GCJ02), 默认是bd09



## 2.18 火星坐标系(GCJ-02)

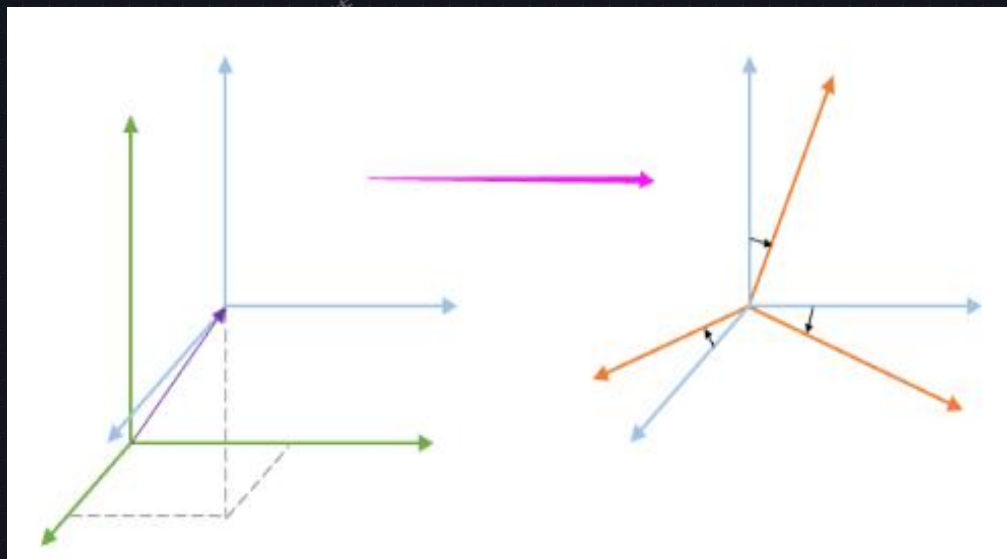
我国各个地区GCJ02加密后的不同偏移值（出自李民录）：



## 2.19 坐标系转换

坐标系转换中主要是GCS转GCS，GCS转PCS就是投影，PCS转PCS是重投影。

GCS转GCS这属于空间解析几何里的空间直角坐标系的移动、转换问题，还有个更高级的说法：仿射变换。欲将一个空间直角坐标系仿射到另一个坐标系的转换，需要进行**平移**、**旋转**、**缩放**三步，可以无序进行。



- 平移、旋转又有三个方向上的量，即**平移向量** =  $(dx, dy, dz)$  和**旋转角度**  $(A, B, C)$ ，加上**缩放比例**  $s$ ，完成一个不同的坐标系转换（比如WGS84转西安80），就需要**7参数**
- 地心坐标系是唯一的，即原点唯一，就说明平移向量是0向量，如果缩放比例是1，那么**旋转角度**  $(A, B, C)$  就是唯一的仿射参数，即**3参数**

## 2.19 坐标系转换

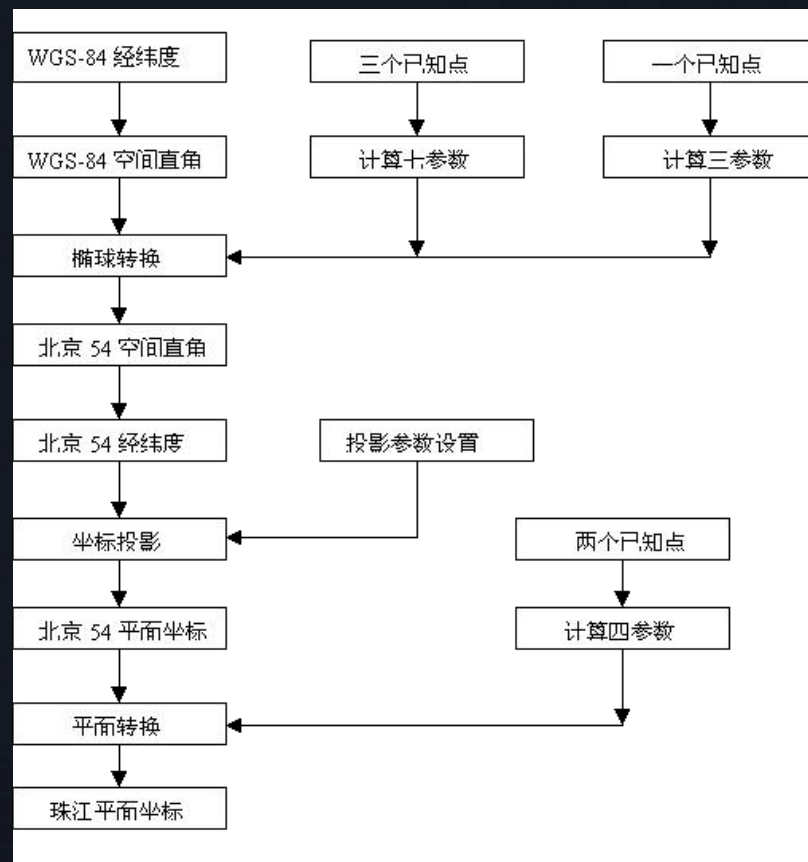
两个椭球间的坐标转换应该是怎样的呢？

一般而言比较严密的是用七参数法（包括布尔莎模型，一步法模型，海尔曼特等），即X平移，Y平移，Z平移，X旋转，Y旋转，Z旋转，尺度变化K。

要求得七参数就需要在一个地区需要3个以上的已知点，如果区域范围不大，最远点间的距离不大于30Km(经验值)，这可以用三参数（莫洛登斯基模型），即X平移，Y平移，Z平移，而将X旋转，Y旋转，Z旋转，尺度变化K视为0，所以三参数只是七参数的一种特例。

在一个椭球的不同坐标系中转换可能会用到平面转换，现阶段一般分为四参数和平面网格拟合两种方法，以四参数法在国内用的较多，举个例子，在深圳既有北京54坐标又有深圳坐标，在这两种坐标之间转换就用到四参数，计算四参数需要两个已知点。

假设在珠江某测区，需要完成WGS-84经纬度坐标到珠江坐标系（54椭球）平面坐标的坐标转换，整个转换过程是这样的：



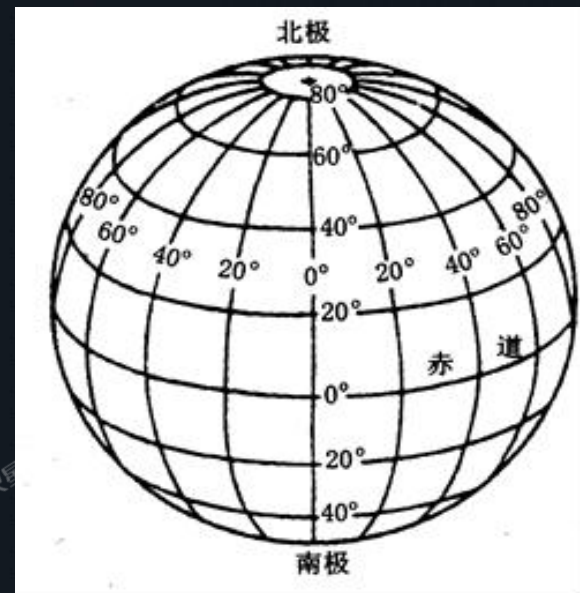
## 2.20 常见概念 (1) : 经纬网与方里网

### 1、经纬网

在地球仪上或地图上，经线和纬线相互交织，就构成了经纬网，方便参照。

### 2、方里网 (公里网)

在地图上按一定的纵横坐标间隔划分的直角坐标网格。因网格的间隔通常以千米(俗称公里)为单位，故名。是以所选定的直角坐标系的坐标轴为基础，并按一定间隔描绘的正方形网格。网格线上注有千米数，供展绘已知点位和确定未知点位的直角坐标之用。主要应用与纸质地图和军事领域。



## 2.20 常见概念 (2) : 地图比例尺和分辨率

### 3、比例尺 (Scale)

即地图上的一厘米代表着实际上的多少厘米。例如地图上1厘米代表实地距离500千米，可写成：1 : 50,000,000或写成：1/50,000,000。

### 4、分辨率 (Resolution)

代表当前地图范围内，1像素代表多少地图单位 (X地图单位/像素)，地图单位取决于数据本身的空间参考。可见Resolution跟 dpi有关系 (dpi代表每英寸的像素数)，跟地图的单位也有关系。

**小贴士：** 图上一像素代表实际距离多少米？

现在假设地图的坐标单位是米，dpi为96；1英寸=2.54厘米；1英寸=96像素；

如果当前地图比例尺为1:125000000，则代表图上1米等于实地125000000米；

米和像素间的换算公式：1英寸=0.0254米=96像素，1像素=0.0254/96 米

则根据1: 125000000比例尺，图上1像素代表实地距离是  $125000000 * 0.0254 / 96 = 33072.9166666667$ 米。

## 2.20 常见概念 (3) : WKID与EPSG

WKID即Well Known ID, 众所周知的ID号的意思。EPSG是管理这些ID号的一个组织, 网站是epsg.io

通常来说, 一个GIS里的坐标系统, 必须有一个WKID, 某些特别的除外, 下面会讲。例如, WKID=4326, 即WGS84这个地理坐标系统的ID。

地理坐标系统和投影坐标系统均使用这套定义, 但是不会重复, 也没有规律说哪一段数字是地理坐标系统, 哪一段是投影坐标系统。幸运的是, 我们并不需要完全记完, 网上这个WKID大全列表很容易找到, 而且只需记住项目中用的、以及常见的即可。

常见EPSG:

- EPSG4326      WGS84 美国GPS使用的一个全球地理坐标系统
- EPSG4490      CGCS2000 中国国家2000地理坐标系统
- EPSG3857      Web Mercator投影

## 2.21 参考文档

### 参考文档

- [1] epsg组织官网: <http://epsg.io>
- [2] UTM投影与高斯克吕格投影及其变换实现: <http://wap.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=856115&do=blog&id=839212>
- [3] 聊聊GIS中的坐标系: <https://www.cnblogs.com/onsummer/p/7451128.html>
- [4] 天地图: <https://map.tianditu.gov.cn/>
- [5] GMT中文手册: <https://docs.gmt-china.org/latest/proj/Ju/>
- [6] 维基百科英文版:
  - [https://en.wikipedia.org/wiki/Universal\\_Transverse\\_Mercator\\_coordinate\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Transverse_Mercator_coordinate_system)
  - [https://en.wikipedia.org/wiki/Lambert\\_conformal\\_conic\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Lambert_conformal_conic_projection)
  - [https://en.wikipedia.org/wiki/Albers\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Albers_projection)
- [7] WebMercator 正反算公式: <https://blog.csdn.net/iispring/article/details/8565177>
- [8] WebMercator公开的小秘密: <https://blog.csdn.net/kikitamoon/article/details/46124935>
- [9] 李民录. 关于GCJ02和WGS84坐标系的一点实验: <https://blog.csdn.net/liminlu0314/article/details/42564039>
- [10] 秋意正寒 聊聊GIS中的坐标系: <https://www.cnblogs.com/onsummer/p/12081889.html>
- [11] 信息工程大学ppt: <https://wenku.baidu.com/view/88fb6e0d84868762cbaed50d.html>

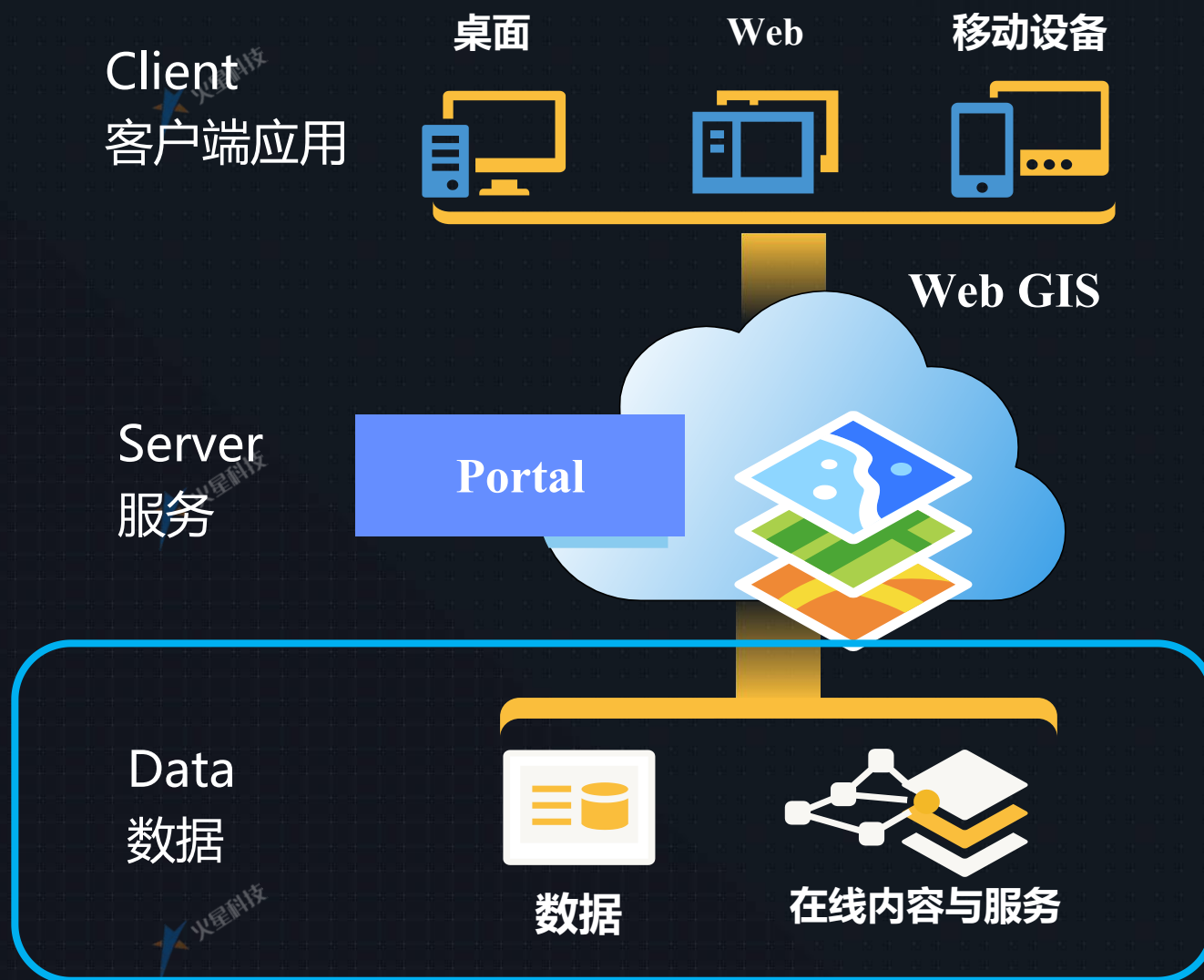
# 3、GIS数据

- 地图数据结构
- GIS数据的生产和来源
- 常见文件格式



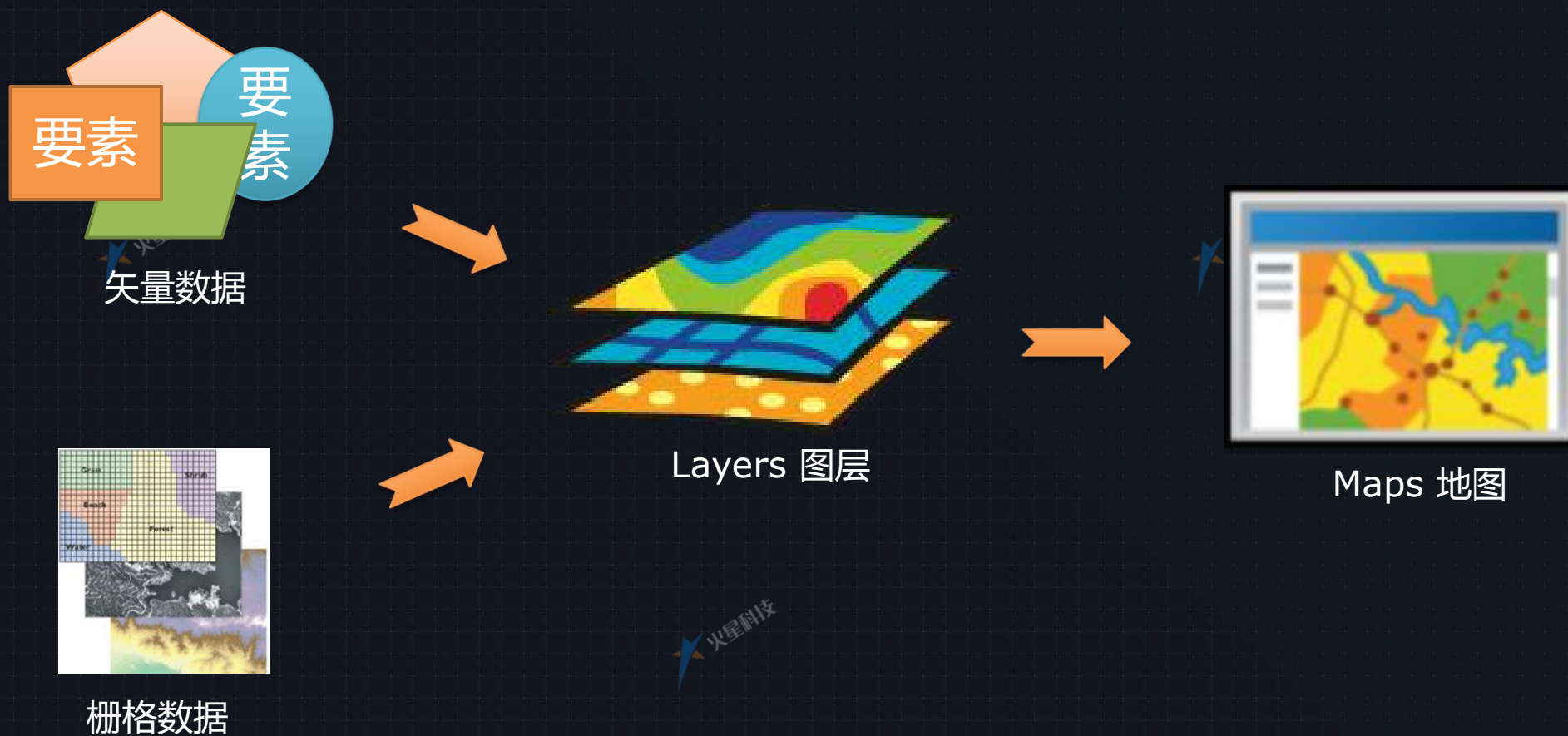
# 前言

前面我们了解了坐标系，是GIS的骨架，但是要进一步明白GIS，首先必须先理解地图的组成和数据结构。数据是GIS的一切开始，通常是GIS工程师来生产或处理相关数据。



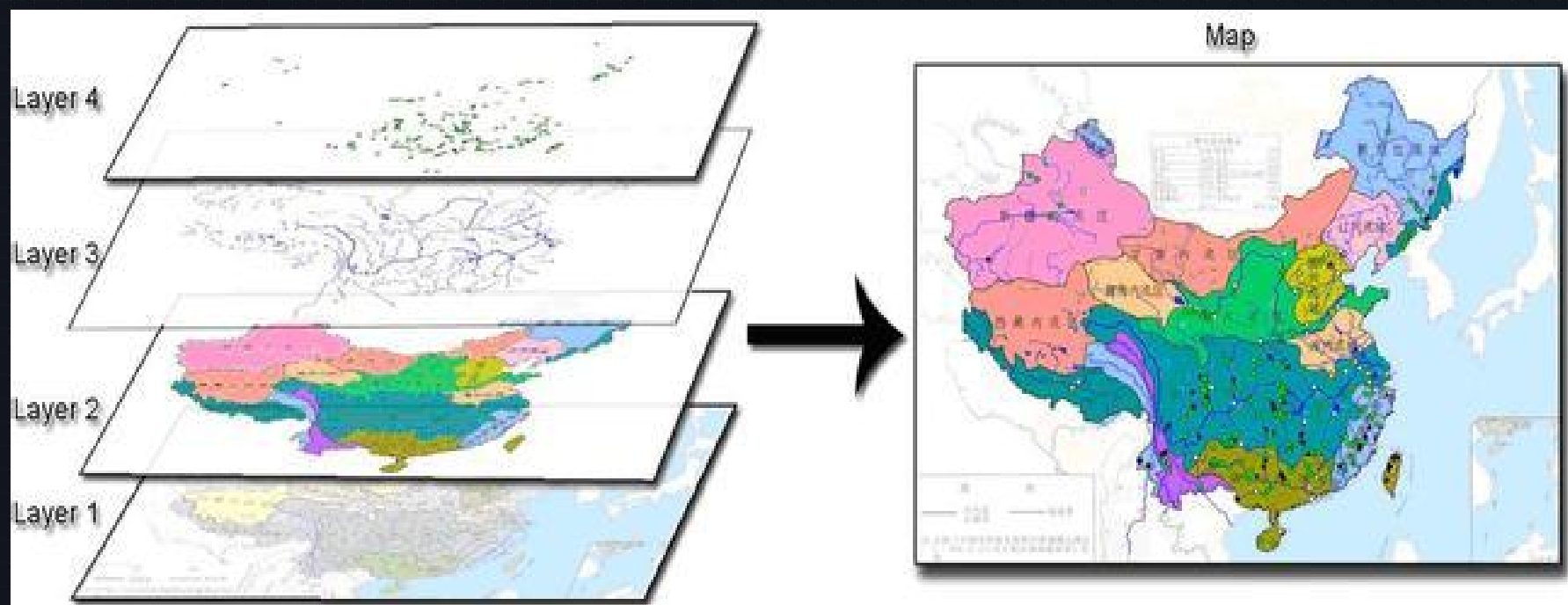
# 3.1 地图数据结构构成

GIS地图数据是由不同**图层**构成，各图层内的数据可以分为**矢量**或**栅格**数据。

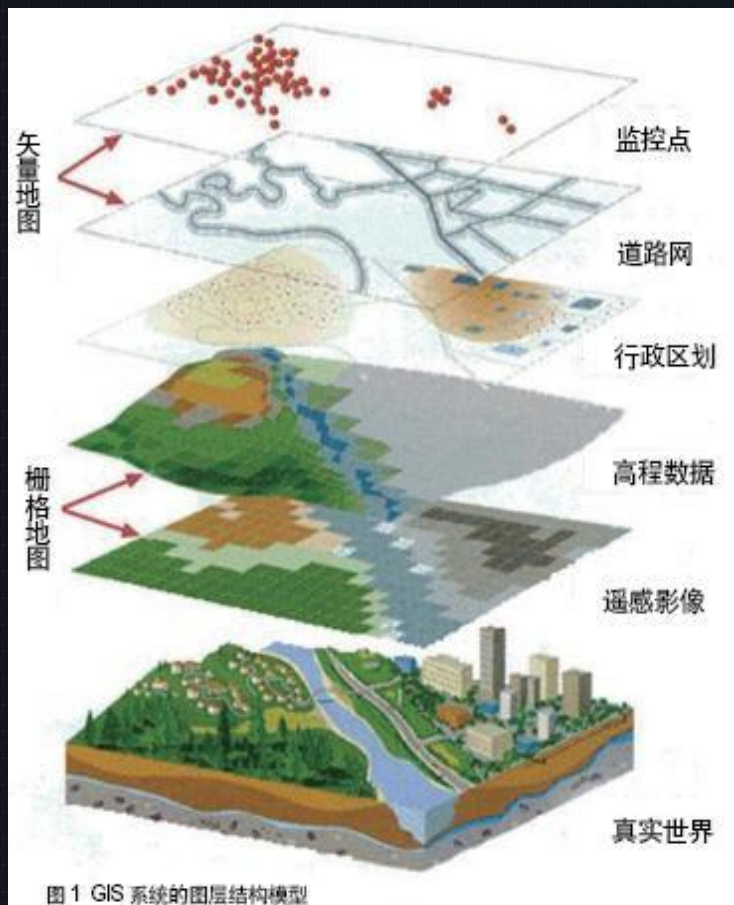


## 3.2 地图图层

GIS展示，是通过不同的图层去描述，然后通过图层叠加显示来进行表达的过程。对于地图应用目标的不同，叠加的图层也是不同的，用以展示我们针对目标所需要信息内容。



## 3.2 地图图层：WebGIS的地图结构



二维WebGIS的地图结构：

- 栅格底图图层
- 矢量图层

三维WebGIS的地图结构：

- 地形图层
- 栅格底图图层
- 三维模型层
- 矢量图层

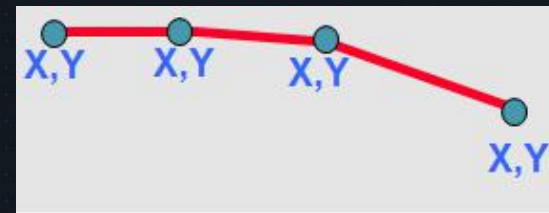
在地图服务图层之上，我们可以按各地图平台提供的API开发业务图层叠加在上面，构成了各种GIS业务应用系统。

### 3.3 基础数据结构：矢量数据与栅格数据

GIS采用矢量模型与栅格模型两种不同的数学模型来对现实世界进行模拟。

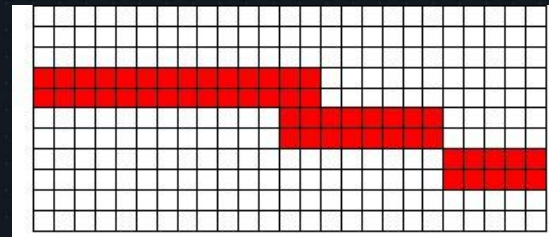
#### (1) 矢量数据

矢量数据结构是如同 $X,Y$  (或者 $X,Y,Z$ ) 坐标, 利用点, 线, 面的形式来表达现实世界, 具有定位明显, 属性隐含的特点。由于矢量数据具有数据结构紧凑, 冗余度低, 表达精度高。



#### (2) 栅格数据

栅格数据 (瓦片模型) 是以二维矩阵的形式来表示空间地物或现象分布的数据组织方式. 每个矩阵单位称为一个栅格单元 (cell). 栅格的每个数据表示地物或现象的属性数据. 因此栅格数据有属性明显, 定位隐含的特点。四叉树编码是最有效的栅格数据压缩编码方法之一, 还能提高图形操作效率, 具有可变的分辨率。



### 3.3 基础数据结构：矢量数据与栅格数据 比较

栅格结构是矢量结构在某种程度上的一种近似，对于同一地物达到于矢量数据相同的精度需要更大量的数据；在坐标位置搜索、计算多边形形状面积等方面栅格结构更为有效，而且易于遥感相结合，易于信息共享；

矢量结构对于拓扑关系的搜索则更为高效，网络信息只有用矢量才能完全描述，而且精度较高。

对于地理信息系统软件来说，**两者共存，各自发挥优势**是十分有效的。

数据类型	优点	缺点
矢量数据	数据结构紧凑、冗余度低，有利于网络和检索分析，图形显示质量好、精度高。	数据结构复杂，多边形叠加分析比较困难。
栅格数据	数据结构简单，便于空间分析和地表模拟，现实性较强。	数据量大，投影转换比较复杂。

## 3.4 常见栅格数据：切片（瓦片）地图

现在越来越多的地图服务用到瓦片技术，基本我们平常所接触的地图的底图都是瓦片地图。瓦片地图金字塔模型是一种多分辨率层次模型，从瓦片金字塔的底层到顶层，分辨率越来越低，但表示的地理范围不变。

目前我们所见的所有地图底图服务都是瓦片地图的方式发布的。

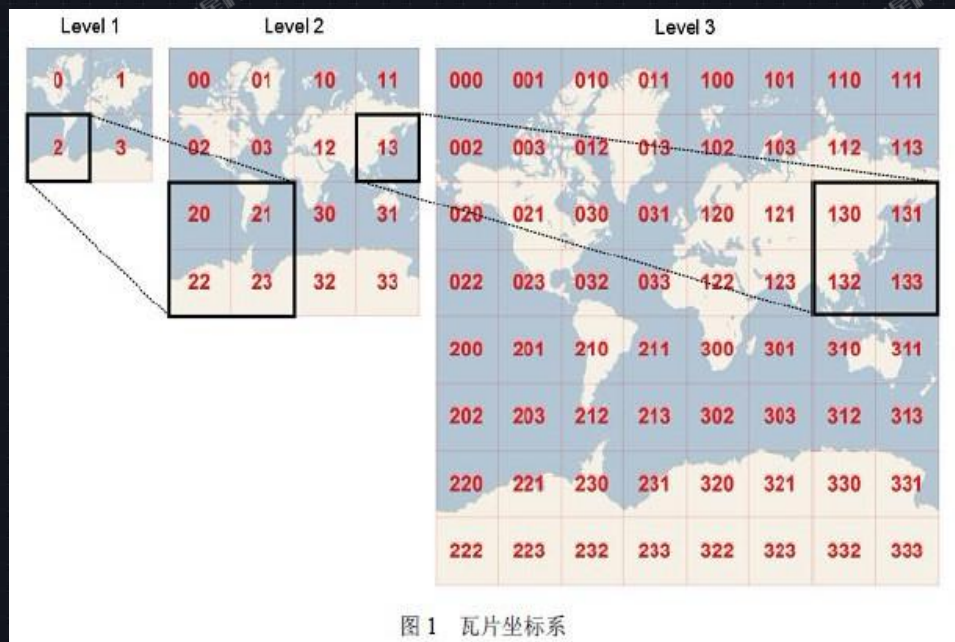
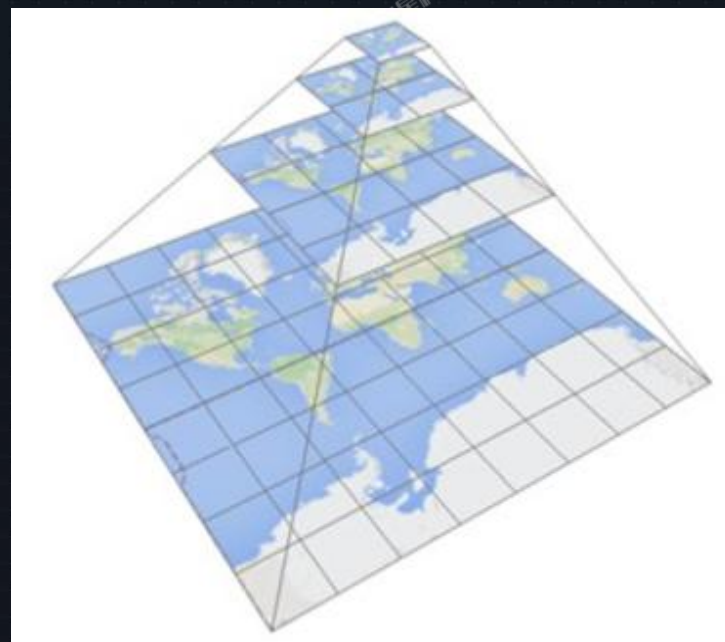


图1 瓦片坐标系



## 3.4 常见栅格数据：切片（瓦片）地图 特征

- 瓦片分辨率为 $256 \times 256$
- 最小的地图等级是0，此时世界地图只由一张瓦片组成
- 具有唯一的瓦片等级（Z）和瓦片行列坐标编号（X, Y）
- 瓦片等级越高，组成世界地图的瓦片数越多，可以展示的地图越详细
- 某一瓦片等级地图的瓦片是由低一级的各瓦片切割成的4个瓦片组成，形成了瓦片金字塔

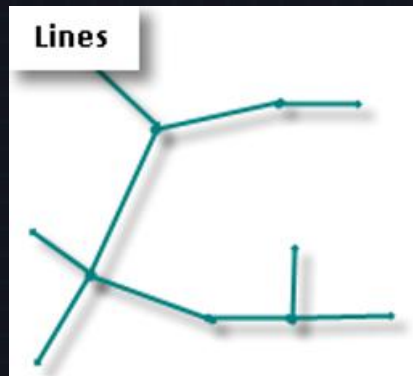


## 3.5 矢量数据构成：要素 Feature

矢量数据的单个对象我们称之为“要素”，即矢量图层内是由多个**要素** (feature) 构成的，而要素主要分为点、线、面等类型。



要素数据分类主要是点、线、面这3类，虽然还有多种其他类型的要素（如文字注记其实也是点），但地理要素最常使用最基础的就是点、线、面来表示。



### 3.5 矢量数据构成：要素的数据结构

要素数据由 **坐标**、**样式**、**属性** 3部分组成构成

构成	详情
坐标	地理位置，如经度、纬度、高度（三维GIS中）构成
样式	表现形式，如图标图片、线条样式、填充色、文字样式等
属性	除经纬度信息之外的关联信息，如名称、地址、电话、面积、长度、备注等

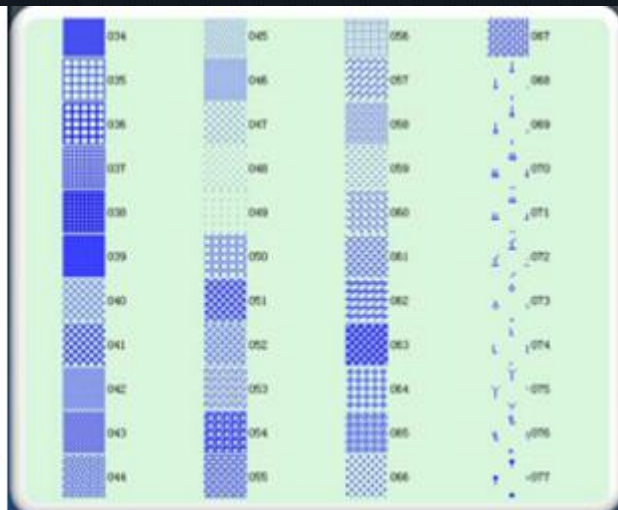
## 3.5 矢量数据构成：要素的数据结构 - 坐标信息

- 点：由经度、纬度、高度（三维GIS中）属性组成
- 线：由多个点组成
- 面：由一条或多条闭合线组成。



# 3.5 矢量数据构成：要素的数据结构 - 样式信息

点：符号  
 线：线型  
 面：填充



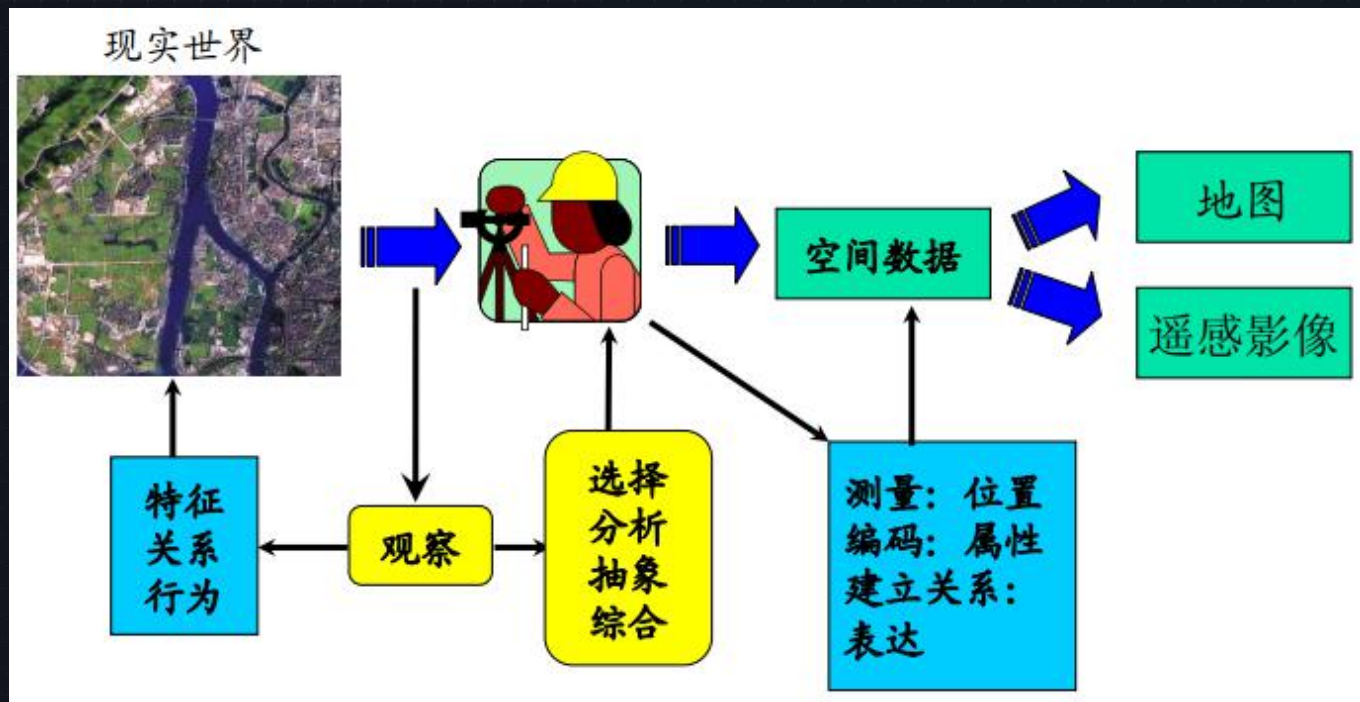
## 3.5 矢量数据构成：要素的数据结构 - 属性信息

属性信息是指要素除地理信息外的其他相关扩展信息，如要素点所表示的名称、长度、备注等等信息。属性信息可为空。



## 3.6 GIS数据的生产：测绘

人们首先对地理事物进行观察，认知其类型、特征、行为和关系，再对它进行分析、判别归类、简化、抽象和综合取舍。对现实世界进行抽象、描述和表达得到概念模型，进而转换为逻辑模型和物理模型。这个过程有对应专业的学科：**测绘学**



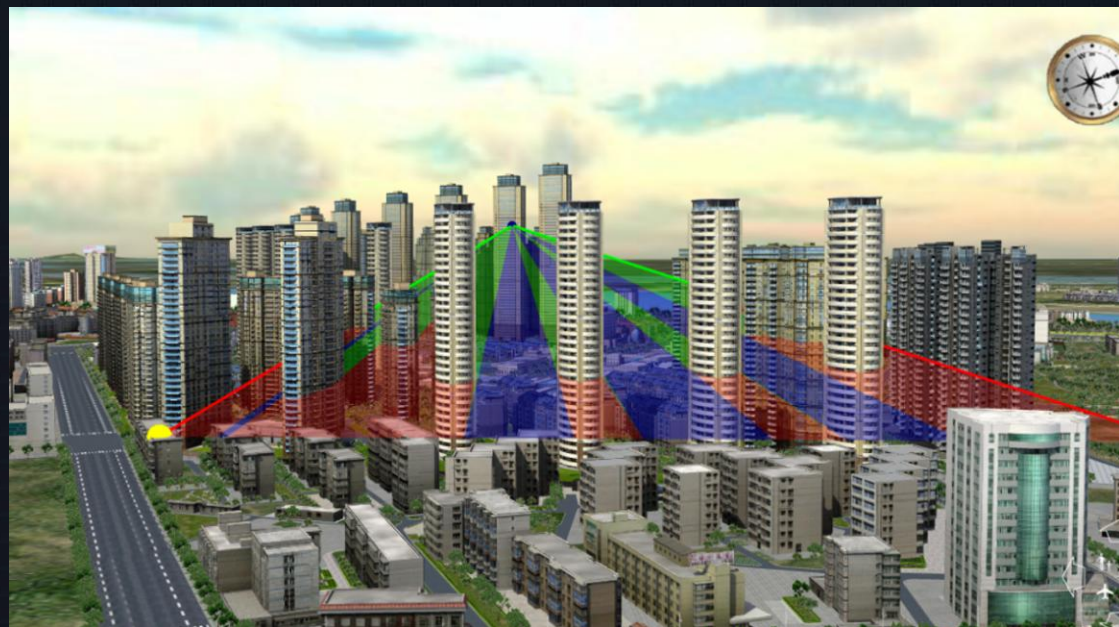
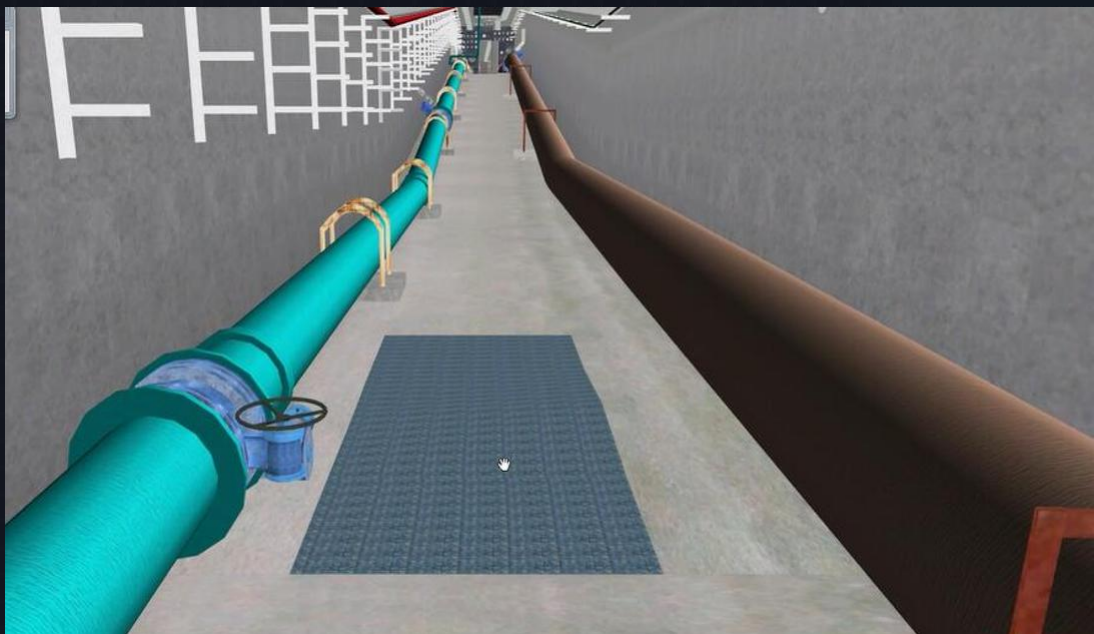
## 3.6 GIS数据的生产：测绘学的历史及发展

测绘学主要是指研究地球的形状和大小，确定地面点的空间位置，将地球表面的形状和其它信息测绘成地图的科学。

发展阶段	测量仪器	测量理论	测量产品
古代 17 世纪前	绳尺、步弓、矩尺 简单机械式	弧度测量、面积计算 理论原始简单	粗糙的地图
近代 17-20 世纪初	望远镜、经纬仪、水准仪、平板仪 光学机械式	三角测量、最小二乘法、地图投影 测量走向精确	实测的地图
现代 20 世纪至今	电子仪器、航空摄影、GPS 电子智能仪器	GIS、RS、GPS <b>数字测图</b> 测量走向自动化	<b>数字地图</b>
未来	数字化、自动化、小型化、智能化	数字地球、智慧城市...	多维多样的数字服务

## 3.7 GIS数据来源：人工手制或建模

利用专用建模软件，全靠人工去绘制矢量数据或模型。常用软件平台：  
3DMax、Maya进行人工建模，Revit 进行BIM建模





### 3.7 GIS数据来源：测绘仪器

测绘人员利用专业的测绘仪器仪表，在实地环境中测绘所得到的矢量数据。这样的采集方法耗时耗人都非常厉害，一则成本高，二则周期长，三则是采环境要求高。但是优点在于精度高，置信度，准确度非常高。



# 3.7 GIS数据来源：航拍

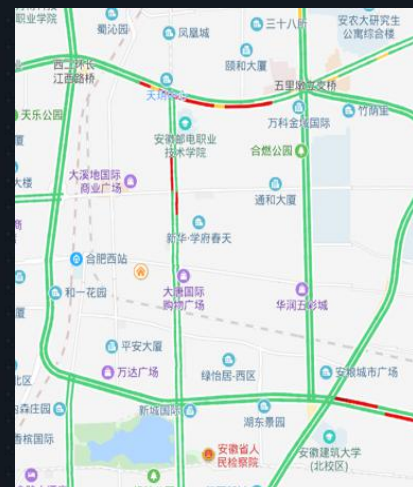
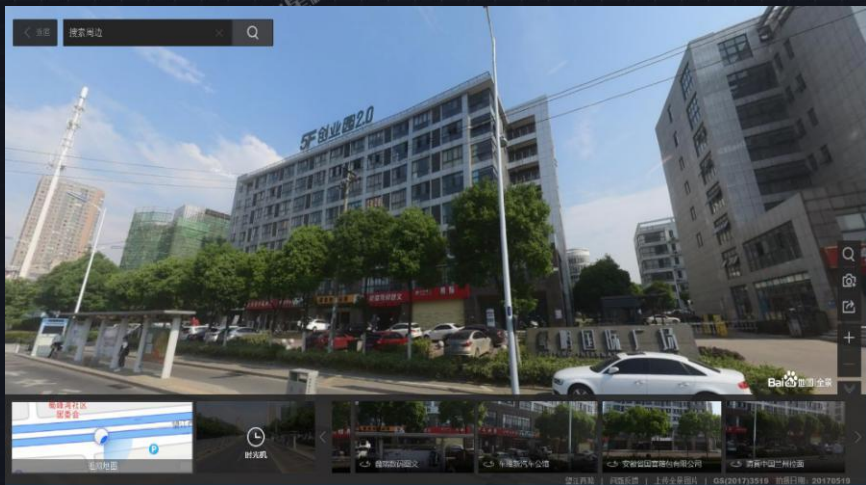
通过自己无人机拍摄或者购买的高精度航空照片或者卫星照片或者遥感照片，在此作为底片的基础上进行人为的矢量标注和勾勒，从而形成自己的矢量数据。或者通过专业GIS软件制作成DOM影像底图。



## 3.7 GIS数据来源：其他

电子地图不同的图层，代表了不同的数据，这个领域有大量专业性的应用和数据，其采集方法，来源渠道也五花八门，难以尽述。例如：

- 交通拥堵数据：一般来源于专业的数据供应商或交通部门。
- 街景：依赖实采拍摄。



## 3.8 GIS数据来源选择及常见文件格式

一般测绘局（军地各级测绘局、测绘中心等）和商业图商（高德、四维图新等）会进行地图的生产采集工作。我们使用的数据源也可以向其采购 或使用互联网公开资源。

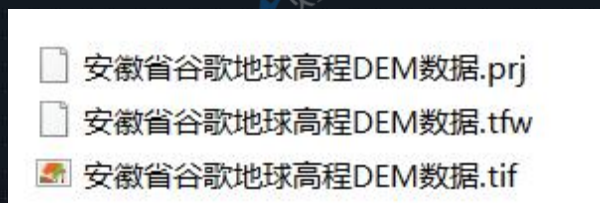
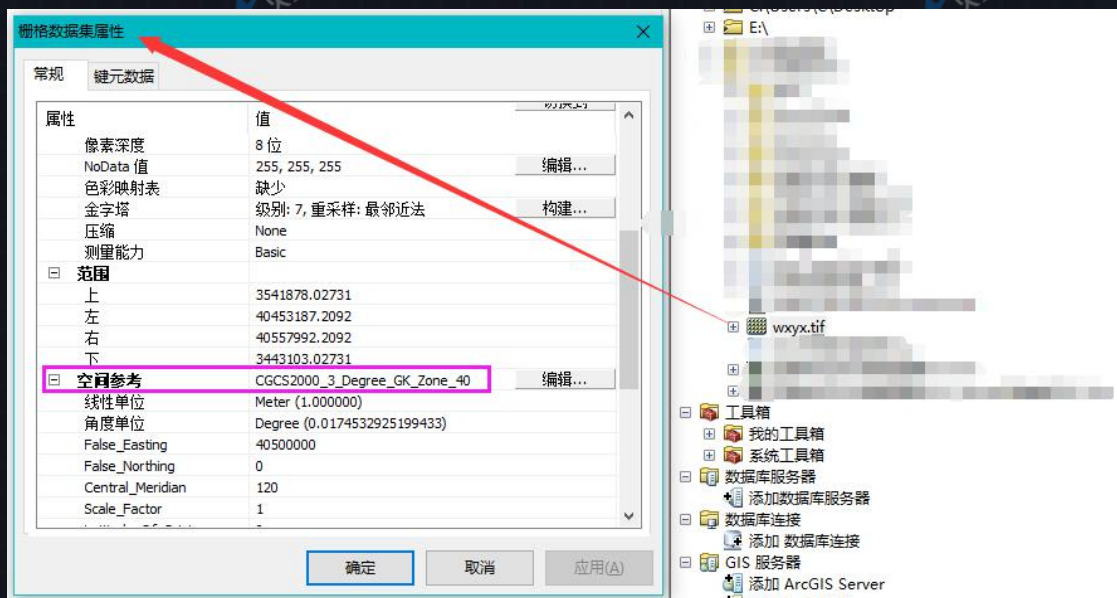
数据类型	数据来源选择	常见文件格式
DEM 地形数据	互联网在线资源, 航拍	tif, dem
DOM 影像数据	互联网在线资源, 航拍, 采购	tif, img
矢量数据	互联网在线资源, 采购	shp, kml, geojson, dxf/dwg
三维模型	人工建模（含BIM）、无人机倾斜摄影	倾斜摄影osgb, 人工建模obj、dae, BIM数据dvt、dgn, 点云las,ply

PS: 1. ArcGIS、超图、SkyLine等作为GIS里面的巨头，也都形成了很多自有格式，部分开放规则，部分不开放。  
 2. 不同平台一般都有自由格式，需要基于通用格式进行数据转换处理。

## 3.9 常见文件格式：.tif

TIF文件为栅格图像文件，后缀为tif或tiff，是ogc规范的一种，全称GeoTiff。通常不能在资源管理器中查看tif栅格影像数据的坐标系信息，需要用GIS软件查看，因为它的坐标系信息写在数据文件内部。

tif可以有8位，24位等深度，一般真彩色是24位，而地形数据只有一个高度值，采用8位。目前很多卫星影像数据、地形数据的存储格式都是tif。



### 3.9 常见文件格式：.dem

\*.dem有两种格式，NSDTF和USGS。

- SGS - DEM(USGS是美国地质调查局(U. S. Geological Survey)的英文缩写，是一种公开格式的DEM数据格式标准，使用范围较广格式的。
- NSDTF - DEM是中华人民共和国国家标准地球空间数据交换格式，是属于格网数据交换格式，一般的GIS软件都不支持这种格式。

## 3.9 常见文件格式：.shp

Shapefile文件是ESRI公司ArcGIS平台的常用格式文件，是工业标准的矢量数据文件。Shapefile将空间特征表中的非拓扑几何对象和属性信息存储在数据集中，特征表中的几何对象存为以坐标点集表示的图形文件—SHP文件，Shapefile文件并不含拓扑（Topological）数据结构。



一些特性：

1. 1个Shape文件包括三个文件：主文件(\*.shp)，索引文件(\*.shx)，dBASE表(\*.dbf)
2. 一个shp文件只能存储点、线、面中的一种类型，不存在混合存在的状态；
3. shp可以设置很多字段属性

### 3.9 常见文件格式：.kml / .kmz

KML(Keyhole Markup Language,Keyhole 标记语言)最初是由 Google 旗下的Keyhole 公司开发和维护的一种基于XML 的标记语言, 利用XML 语法格式描述地理空间数据(如点、线、面、多边形和模型等), 适合网络环境下的地理信息协作与共享。2008 年4月,KML的最新版本2.2 被 OGC 宣布为开放地理信息编码标准,并改由OGC 维护和发展。

KMZ文件是压缩过的KML文件。由于 KMZ 是压缩包, 因此, 它不仅能包含 KML文本, 也能包含与之关联的如图片、模型等其他文件。



### 3.9 常见文件格式：.dwg / .dxf

**dwg文件**：是Autodesk公司AutoCAD平台的图形文件格式，是二维或三维图形档案。其与dxf文件是可以互相转化的。

**dxf文件**：是AutoCAD推出与其它软件平台之间进行数据交换的一种**开放的矢量数据格式**

由于AutoCAD是最流行的CAD系统，DXF也被广泛使用，成为事实上的标准。绝大多数CAD系统都能读入或输出DXF文件。

## 3.9 常见文件格式：GeoJSON (.json)

GeoJSON是适合于Web下对各种地理数据结构进行编码的格式，基于Javascript对象表示法的地理空间信息数据交换格式。与普通json文件格式区别在于对其属性及组成由一定规范。

```
1 GeoJSON特征集合：  
2 {  
3   "type": "FeatureCollection",  
4   "features": [{  
5     "type": "Feature",  
6     "geometry": {  
7       "type": "Point",  
8       "coordinates": [102.0, 0.5]  
9     },  
10    "properties": {  
11      "prop0": "value0"  
12    }  
13  }, {  
14    "type": "Feature",  
15    "geometry": {  
16      "type": "LineString",  
17      "coordinates": [[102.0, 0.0], [103.0, 1.0], [104.0, 0.0], [105.0, 1.0]]  
18    },  
19    "properties": {  
20      "prop0": "value0",  
21      "prop1": 0.0  
22    }  
23  }, {  
24    "type": "Feature",  
25    "geometry": {  
26      "type": "Polygon",  
27      "coordinates": [[100.0, 0.0], [101.0, 0.0], [101.0, 1.0], [100.0, 1.0], [100.0, 0.0]]  
28    },  
29    "properties": {  
30      "prop0": "value0",  
31      "prop1": {  
32        "this": "that"  
33      }  
34    }  
35  }  
36 ]  
37 }
```

GeoJSON将所有的地理要素分为Point、MultiPoint、LineString、MultiLineString、Polygon、MultiPolygon、GeometryCollection。首先是将这些要素封装到单个的geometry里，然后作为一个个的Feature（要素）；要素放到一个要素集合里构成。

## 3.9 常见文件格式：WKT (.wkt)

wkt是一个标记语言，全称Well-Known Text，出自OGC。

WKT是用文本形式记录地理信息的一个标记语言。什么是地理信息？除开我们常见的真·地理信息点线面之类，还包括坐标系统的定义。我们可以在epsg.io这个网站查询想知道的坐标系的WKID，也可以查到想知道坐标系的WKT。此处不展开WKT的每一项定义，可以网上查阅相关资料。

WKT还有一种二进制存储格式，叫WKB。有关这两个东西的文档在ogc官网是可查的。

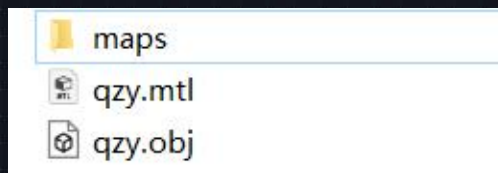
### 3.9 常见文件格式：OSGB（倾斜摄影）

目前市面上生产的倾斜模型，尤其ContextCapture Cente处理的倾斜摄影三维模型数据的组织方式一般是二进制存贮的、带有嵌入式链接纹理数据（.jpg）的OSGB格式。Open Scene Gragh Binary是OSGB的全称，这里的Binary是二进制的意思。

### 3.9 常见文件格式：.obj（人工建模）

OBJ文件是Alias|Wavefront公司为其的一套基于工作站的3D建模和动画软件“Advanced Visualizer”开发的一种标准3D模型文件格式，很适合用于3D软件模型之间的互导。Obj是三维模型的一个万能格式，大部分三维软件都支持。

一个obj文件一般包含obj, mtl, **纹理图片**三个文件

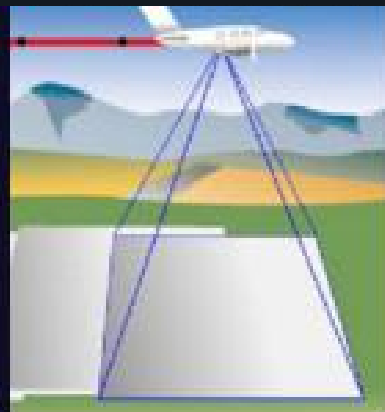


# 3.10 数据生产到应用的举例：无人机航拍

我们以无人机航拍从数据采集、生产到应用来举例说明来总结下本章

高空数据采集设备  
(无人机是统称)

采集的原理



卫星

传感器设备  
激光雷达、红外设备等等

有人机

热气球

气艇

无人机(油  
动, 电动)

拍照  
摄影测量

...

无人机采集数据



设备

# 3.10 数据生产到应用的举例：无人机航拍 - 采集过程



过程

- 航线设置
- 拍摄照片
- 导出pos信息
- 视频

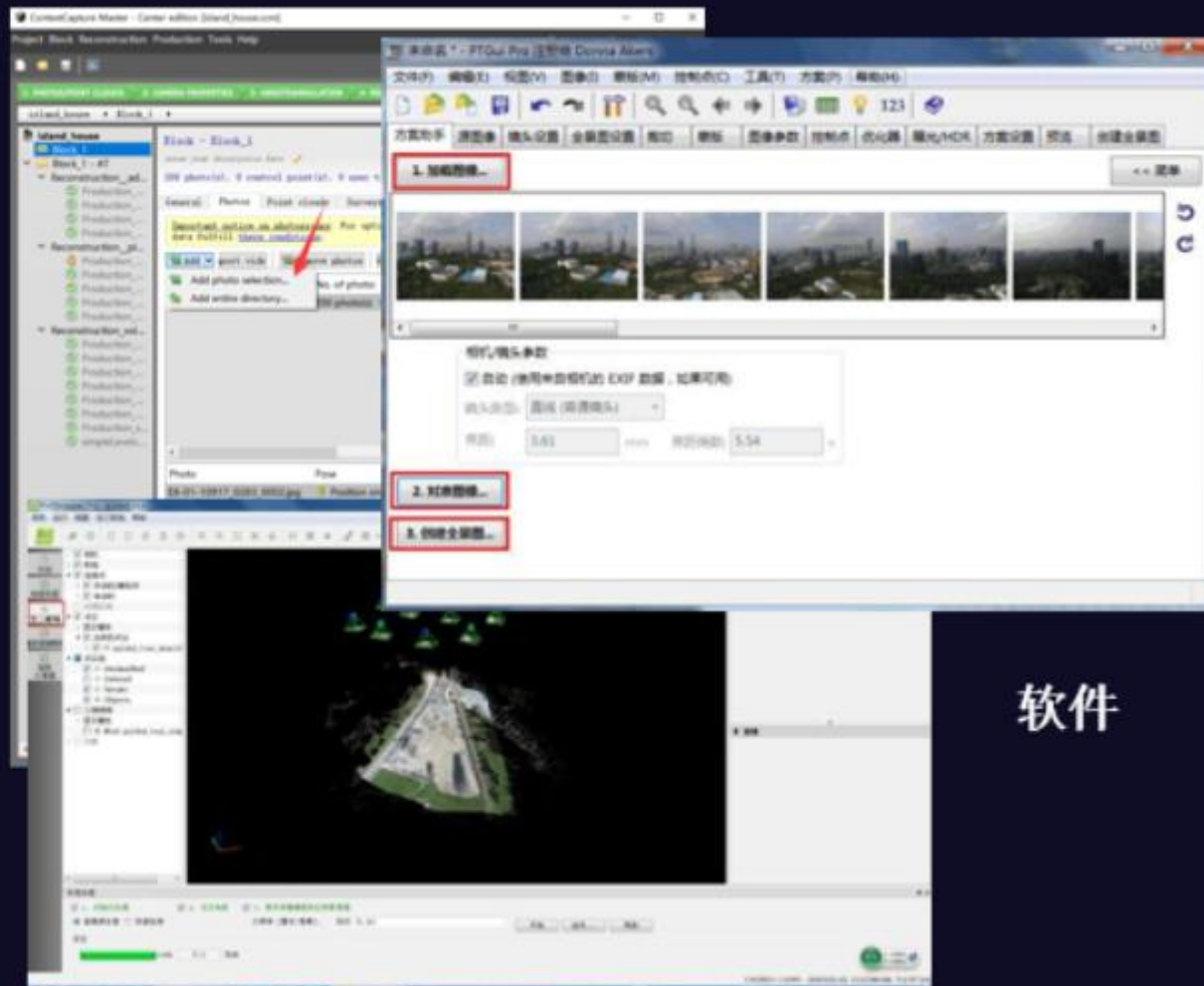
# 3.10 数据生产到应用的举例：无人机航拍 - 采集成果





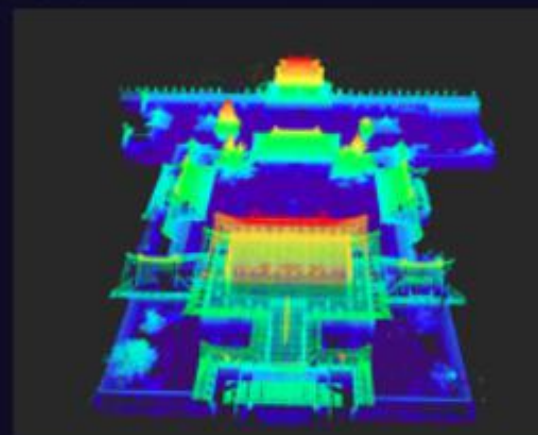
# 3.10 数据生产到应用的举例：无人机航拍 - 处理软件

处理软件	处理的成果
PTGUI	全景
Smart3D ContextCapture	倾斜模型
Pix4D	正摄影像 DOM
PhotoScan	数字地表模型 DSM
SkyLine	点云 DSM
...	...



软件

### 3.10 数据生产到应用的举例：无人机航拍 - 成果类型



# 3.10 数据生产到应用的举例：无人机航拍 - 成果类型常见格式



## 3.11 GIS数据存储

业务数据：MySQL等普通数据库

栅格数据：MongoDB

矢量数据：PostGIS

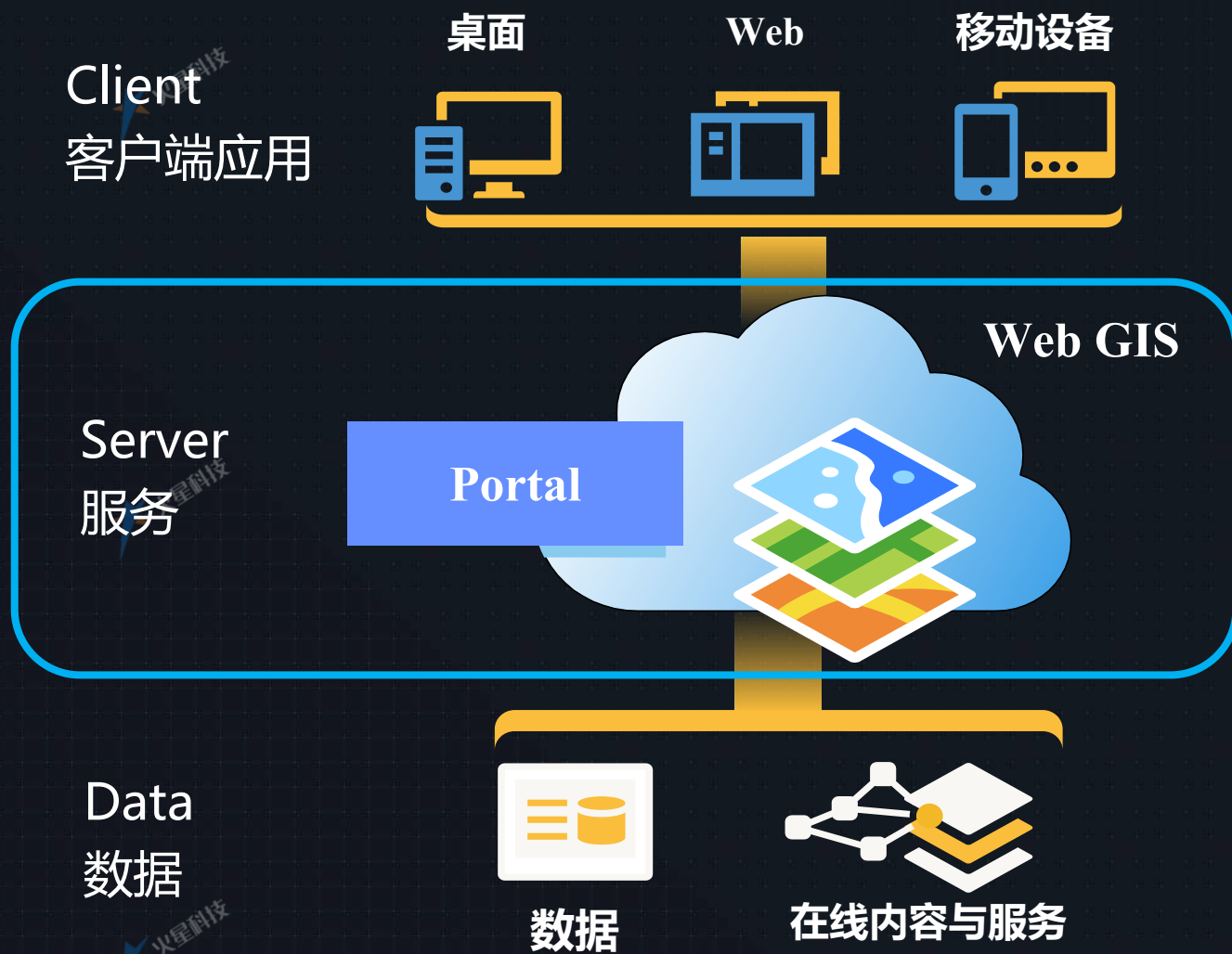
少量数据时：

- 1、栅格数据、无需编辑的矢量文件数据 可以直接存放在计算机硬盘文件夹中。
- 2、在业务数据库相关表中加入 **经度x**、**纬度y**、**高度z** 字段后，直接将矢量数据存放在业务数据库中。

# 4、GIS服务

- GIS常见服务
- 互联网在线地图服务

GIS服务是将数据通过Web的方式提供给客户端应用调用。开发人员通常会接触的服务这个层面的相关使用。



## 4.1 GIS服务

定义：在网络环境下的一组与地理信息相关的软件功能实体，通过接口暴露封装的GIS功能。



目前常用的GIS服务有：

1. ArcGIS Server 发布的服务
2. OGC标准WMS、WMTS、WFS服务（常用GeoServer发布）
3. 静态资源数据服务（直接web容器发布）
4. 互联网在线地图服务

## 4.2 ArcGIS Server 服务



由于ArcGIS的广泛市场占有率，<sup>火星科技</sup>该类型服务也是极其常见的GIS服务类型。  
常用服务类型有：**MapServer瓦片服务**、**MapServer动态服务**、**FeatureServer矢量服务**

ArcGIS REST Services Directory [Login](#)

[Home](#) > [services](#) > [mars](#) [Help](#) | [API Reference](#)

[JSON](#) | [SOAP](#)

### Folder: mars

Current Version: 10.2

View Footprints In: [ArcGIS.com Map](#)

Services:

- [mars/guihua](#) (MapServer)
- [mars/hefei](#) (MapServer)

Supported Interfaces: [REST](#) [SOAP](#) [Sitemap](#) [Geo Sitemap](#)



## 4.3 GeoServer服务



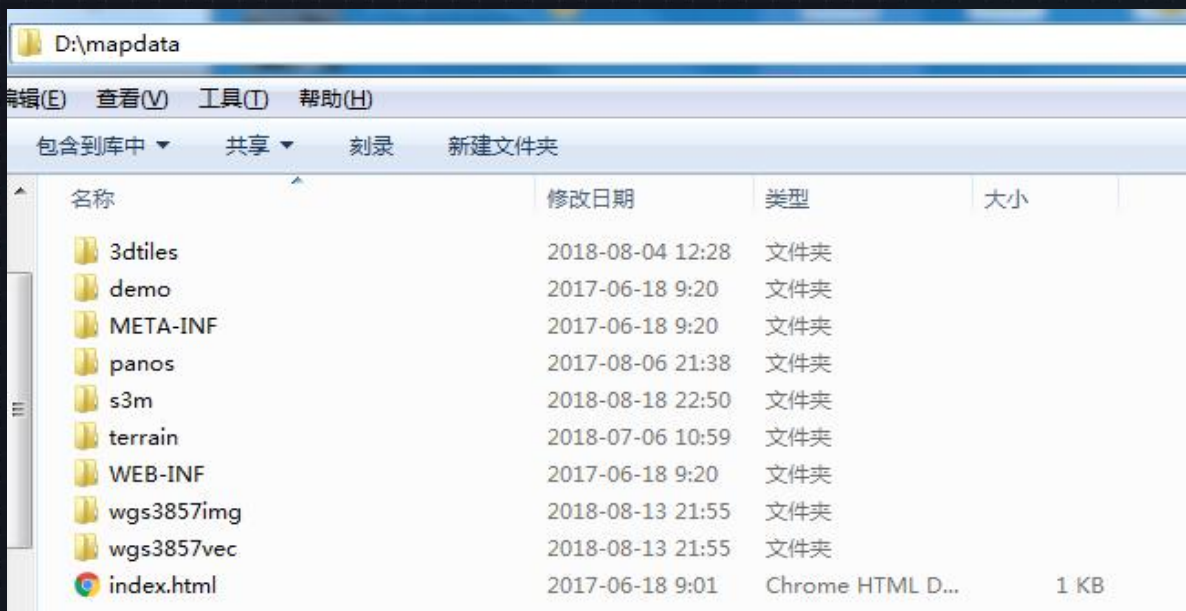
通常我们使用GeoServer来发布OGC标准服务，GeoServer（地理信息系统服务器）是OpenGIS Web 服务器规范的 J2EE 实现，利用GeoServer 可以方便的发布地图数据。  
常用服务类型有：**WMS、WMTS、WFS服务**

The screenshot shows the GeoServer web interface. At the top, there is a login section with fields for 'username' and 'password', a 'Remember me' checkbox, and a '登录' (Login) button. The main content area is titled 'Layer Preview' and contains a list of all layers configured in GeoServer. The list includes a search bar and pagination controls. The table below shows the details of the 7 layers.

Type	Title	Name	Common Formats	All Formats
	hfbj	mars:hfbj	OpenLayers KML GML	Select one
	hfdl	mars:hfdl	OpenLayers KML GML	Select one
	hfgh	mars:hfgh	OpenLayers KML GML	Select one
	hfjy	mars:hfjy	OpenLayers KML GML	Select one
	hfjzw	mars:hfjzw	OpenLayers KML GML	Select one
	hfty	mars:hfty	OpenLayers KML GML	Select one
	stqw	mars:stqw	OpenLayers KML GML	Select one

## 4.4 静态资源数据服务（直接web容器发布）

瓦片底图、terrain地形、3dtiles三维模型等一些GIS静态资源数据，我们除了用GIS服务来发布外，也可以直接使用http容器（如IIS、Tomcat、Nginx、Node等）来发布。我们也推荐使用这种方式发布，使用简单方便、并且服务效率也高。



推荐Nginx发布

## 4.5 互联网在线地图服务

近些年，地图应用爆炸性的蔓延于网站，在网站或者手机应用中，经常用到地图API,如谷歌地图、百度地图、高德地图、腾讯地图、Bing地图等等。这些地图服务使公众获取了大量的地理数据，也推动了GIS的行业发展。



## 4.5 互联网在线地图服务 – 常见平台

国际：

- (1) 谷歌google地图
- (2) mapbox多样式地图
- (3) 微软bing地图
- (4) arcgis online地图

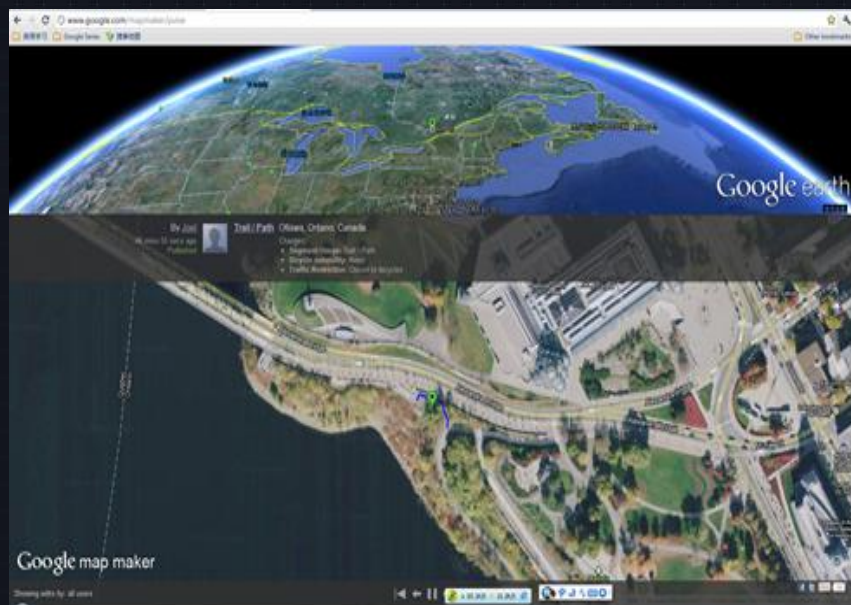
国内：

- (1) 天地图（国家测绘局）
- (2) 高德地图（阿里巴巴）
- (3) 百度地图（百度）
- (4) 腾讯地图（腾讯）



# 4.5 互联网在线地图服务 – 谷歌google地图

作为世界上最好的地图服务提供商，唯一的全能，毋庸置疑的GIS服务领跑者。



大家都有但我  
最牛!!!!

Google Maps  
Google Earth

你们都没有我  
更牛!!!!

Vector+Image  
3D View  
Map API  
Thematic Map/Function

Sketch up  
Street View  
Google Business  
Google Places  
Google Map Maker  
Building Marker  
Google Enterprise  
MapsGL  
Android  
.....

# 4.5 互联网在线地图服务 – 天地图



国家地理信息公共服务平台  
National Platform for Common Geospatial Information Services

天地图”是**国家测绘地理信息局**建设的“国家地理信息公共服务平台”。作为中国区域内官方的地理信息服务网站。目前为国内唯一标准坐标系、数据权威可信的公共服务平台，主要的服务标准都是OGC标准发布的。

服务类型
OGC WMTS(359)
OGC WMS(21)
OGC WFS(16)
OGC WCS(1)
OGC WFS-G(3)
显示更多

主题分类
基础地理框架数据(414)
机关单位(1)
旅游(1)
国民经济核算(1)
就业和工资(1)


  

首页 / 服务资源

共找到 (438个) 排序: 浏览次数 ▾

---

全球矢量地图服务 详细信息>>



提供单位: 国家基础地理信息中心

发布时间: 2010-10-21


摘要信息: 全球矢量地图服务

关键字: 天地图 矢量地图 经纬度 WMTS

17097人浏览

---

全球影像地图服务 详细信息>>



提供单位: 国家基础地理信息中心

发布时间: 2010-10-21

摘要信息: 全球影像地图服务

关键字: 天地图 影像地图 球面墨卡托投影 WMTS

7893人浏览

## 4.5 互联网在线地图服务 – 高德地图和百度地图

作为国内2家知名导航和地图服务提供商，目前在在线大众领域使用较广，这2家的数据和服务模式基本相似。值得注意的是这2家坐标系都是非标准坐标系，如使用标准坐标时需要加偏处理数据。

地图服务商	坐标系
高德地图	GCJ-02火星偏移坐标系
百度地图	BD-09百度坐标系，是在火星坐标基础上进行了二次加密的

## 4.5 互联网在线地图服务 - 特点

- 数据实时性高
- 数据精度高
- 服务类型全面
- 多种风格的产品

给用户完美的体验

细更多节优化处理





## 4.6 项目中GIS服务的发布

- **Nginx发布**：离线底图服务、terrain地形、3dtiles三维模型等静态资源服务
- **GeoServer发布**：矢量数据
- **互联网在线地图服务**：一般都直接使用其底图服务、Web查询服务（在线环境下）

# 5、GIS应用开发

- 二维地图开发框架
- 三维地图开发框架

客户端应用是研发人员主要参与的GIS核心部分。

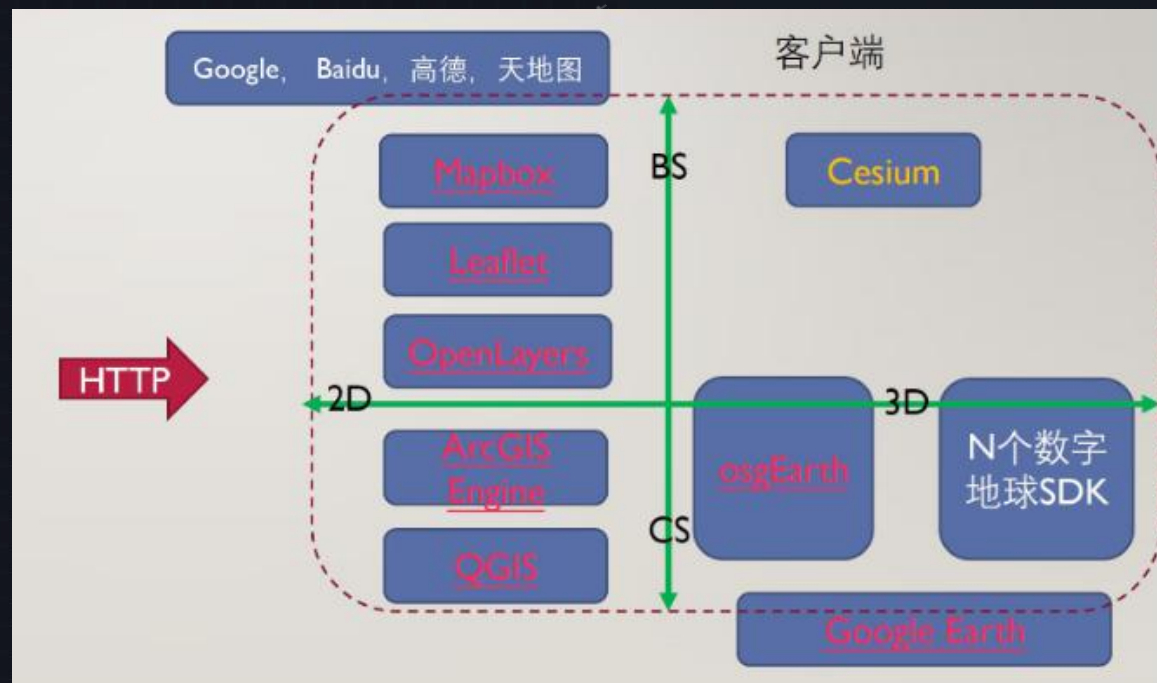


## 5.1 开发框架的分类

专业商业GIS平台      ArcGIS、SuperMap、Skyline等

在线图商的公众SDK      百度、高德、谷歌、天地图、Mapbox等

开源GIS平台      Openlayers、Leaflet、MapboxGL、Cesium等



## 5.2 开发框架的选型使用

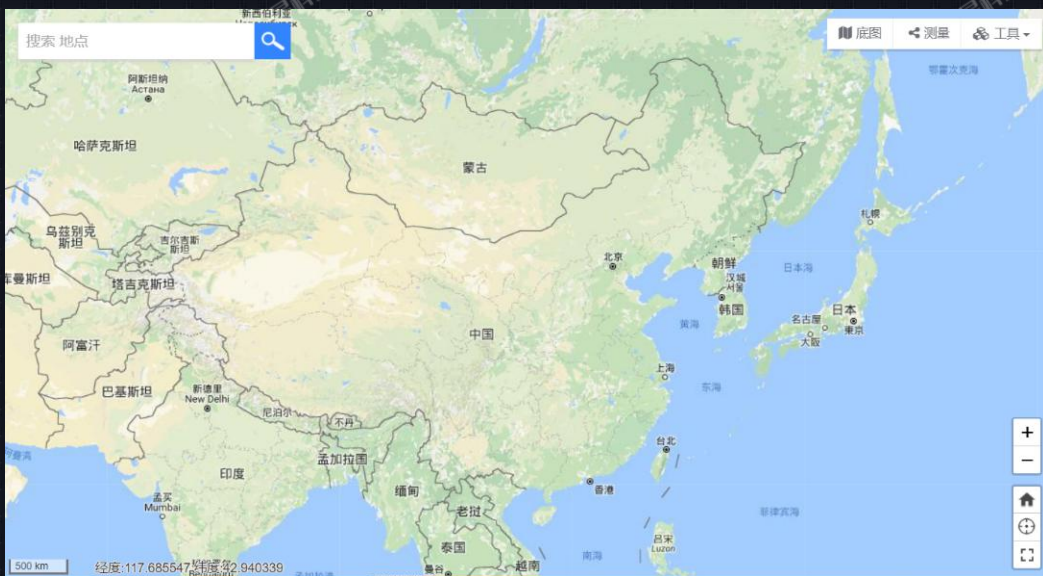
- 1、鉴于商业软件的昂贵，中小型企业消费不起。
- 2、闭源，当你好奇这一个个地图是如何显示出来的，这一个个投影是如何体现到地图上的，这一系列数据是如何存储到Shapefile、存储到数据库中的，这一个个分析功能是如何解决的，等等。显然这些商业软件不会告诉你答案，他们提供的开发接口都是一个个黑箱。

于是我们将触角转向开源软件界，试图去寻觅这些问题的答案。最终根据比较选型后选择了2款开源的开发框架：**Leaflet（二维）、Cesium（三维）**

## 5.3 Leaflet 二维地图开发框架

Leaflet 

Leaflet是一个开源的JavaScript库，对移动端友好且有很好的交互性。大小仅仅只有 33 KB，同时具有大多数地图所需要的特点。Leaflet设计的非常简单易懂，同时具有很好的性能和易用性。它在桌面端和移动端都工作的相当高效，并有大量的插件用于扩张Leaflet的功能。



leaflet特点:

- 1、轻量简单
- 2、相关插件非常丰富

更多资料: <http://mars2d.cn>

## 5.3 Leaflet 二维地图开发框架 – 应用项目示例

在线体验: <http://mars2d.cn>

开源代码: <https://github.com/marsgis/mars2d>



## 5.4 Cesium 三维地球开发框架



Cesium是一款Web三维地球的世界级的开源产品。基于WebGL技术，是使用JavaScript语言开发，方便用户快速搭建一款零插件跨平台跨浏览器的虚拟地球Web应用。



WebGL, 是一项使用JavaScript实现3D绘图的技术, 浏览器无需插件支持, Web开发者直接使用js调用相关API就能借助系统显卡 (GPU) 进行编写代码从而呈现3D场景和对象。

关于Cesium开发, 我们在《[Cesium开发培训](#)》教程中另行详细讲解。  
资料地址: <http://marsgis.cn/doc/study-cesium.pdf>



# 5.4 Cesium 三维地球开发框架 - 知识领域

涉及三个知识领域：Web前端、计算机图形学、地理信息系统（GIS）的跨界SDK



学习方法：官方示例=>学会查询API文档  
=> Github => 百度谷歌=> QQ群或社区

持续深入

- [Viewer](#) 类学习 -- 一切API的入口
- [Camera](#)类学习 -- 想去哪里去哪里 ([Cartesian3](#)和[Cartographic](#))
- [ImageryLayer](#)类学习 -- 地球原来如此多姿 ([ImageryProvider](#)类)
- [TerrainProvider](#)类学习 - 这才是“真”三维 ([sampleTerrain](#))
- [Entity](#) API - 与地球交互起来 ([DataSource](#), [Scene.pick](#)、[Property](#))
- [Cesium3DTileset](#)类 -- 让场景更细致真实点 ([Cesium3DTileStyle](#)类)
- [Primitive](#) API - 性能提升第一步 ([GeometryInstance](#)类、[Geometry](#)类)
- [Fabric](#) - 玩点高级的 ([Appearance](#)类, [Material](#)类)
- [ParticleSystem](#) -- 锦上添花“花” ([Particle](#)类, [ParticleEmitter](#)类)

## 5.4 Cesium 三维地球开发框架 - 具备的功能

通过Cesium提供的Javascript API, 可以实现以下功能:

- 支持鼠标和触摸操作的三维空间 渲染、缩放、惯性平移、飞行、任意视角漫游。
- 支持各种几何体: 点、线、面、走廊、管径、墙体、立方体、圆柱、球体等。
- 支持标准的矢量格式 KML、GeoJSON、TopoJSON, 以及矢量的贴地效果。
- 支持多种资源的图像层, 包括 WMS, TMS, WMTS以及时序图像。支持透明度叠加, 亮度等参数的调整。
- 全球高精度地形数据可视化, 支持夸张效果、以及可编程实现的等高线和坡度分析效果。
- 使用gltf和3dtiles格式加载各种不同的 3d 数据, 包含 倾斜摄影、人工模型、 BIM, 点云数据等。
- 大气、雾、太阳、阳光、月亮、星星、水面。
- 支持 3d 地球、 2d 地图、 2.5d 哥伦布模式。 3d 视图可以使用透视和正视两种投影方式。
- .....

## 5.4 Cesium 三维地球开发框架 – 应用项目示例


在线体验: <http://mars3d.cn>

开源代码: <https://github.com/marsgis/mars3d>



## 5.4 Cesium 三维地球开发框架 – 基础依赖: WebGL

WebGL是一项利用HTML5和JavaScript渲染交互式3D电脑图形和2D图形的技术，可兼容任何的网页浏览器，无需加装插件。通过WebGL的技术，只需要编写网页代码即可实现3D图像的展示。



IE	Firefox	Chrome	Safari	Opera	iOS Safari	Opera Mini	Android Browser	Blackberry Browser	Opera Mobile	Chrome for Android	Firefox for Android	IE Mobile
6	21	21					2.3					
8	28	27	5.1				4					
9	29	29	6				4.1					
10	30	31	6.1	12.1	6.0-6.1		4.2-4.3					
11	31	32	7	22	7.0-7.1	5.0-7.0	4.4	10	22	35	30	10
	32	33	8	23	8		4.4.3					
	33	34		24								
	34	35										
		36										
		37										
		38										
		39										

注：通过浏览器访问[WebGL Report](#)网站，获取浏览器对WebGL的支持清单。

## 5.5 在项目中GIS开发框架的选择

- 二维地图：Leaflet

相关资料：<http://mars2d.cn>

- 三维地图：Cesium

相关资料：<http://mars3d.cn>

# 6、GIS的发展与未来

- GIS的近期发展
- GIS的未来趋势

# 前言

GIS在最近的30多年内取得了惊人的发展，广泛应用于资源调查、环境评估、灾害预测、国土管理、城市规划、邮电通讯、交通运输、军事公安、水利电力、公共设施管理、农林牧业、统计、商业金融等几乎所有领域。



## 6.1 GIS的近期发展

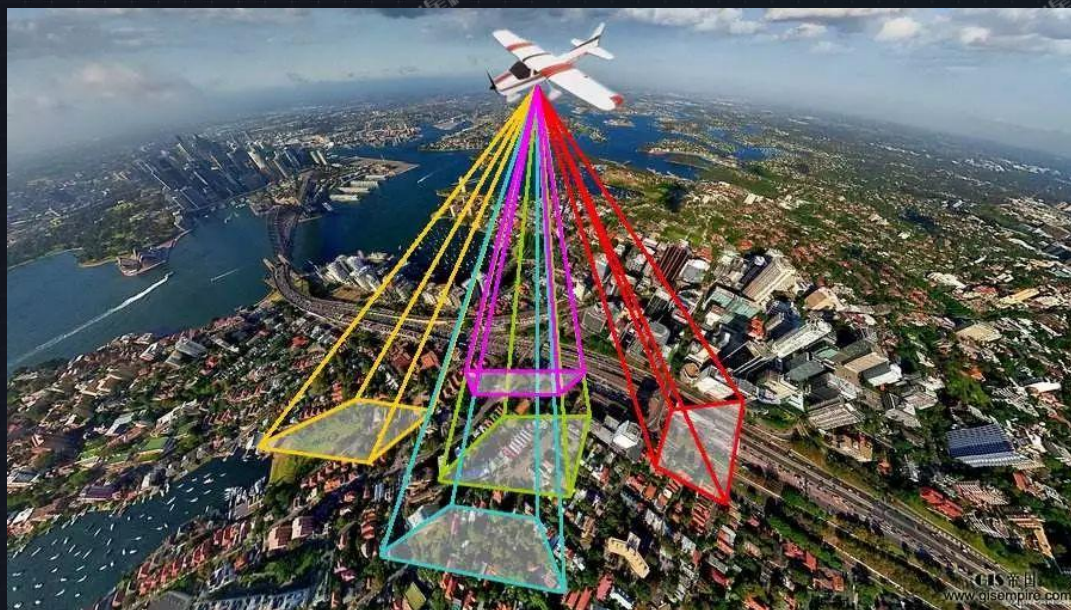
GIS是空间技术和信息技术的交叉学科，相关领域的研究热点都有可能成为GIS的发展趋势。GIS的技术环节无外乎数据获取、数据分析、数据呈现三个方面，从近年的发展情况看，GIS在这三个方面都有着激动人心的发展成果。

数据获取	倾斜摄影测量
	近景摄影测量
	影像智能识别
	智能数据匹配
	定位技术发展（室内、高精度、小型化）
	空间信息扩展（地下、深海、深空）
数据分析	为我们的世界建模
	高效的数据管理
	跨行业数据透视
	空间尺度衍伸（宏观、微观）
	迅捷的处理速度
数据呈现	从计算到决策
	无限扩张的三维空间
	VR和AR
	精彩纷呈的Web地图
	潜力无限的手机APP
	叹为观止的专业化应用



## 6.1 GIS的近期发展：倾斜摄影测量

倾斜摄影测量是这两年蓬勃发展的一项技术，相对于竖直航空摄影在地物立面信息获取方面的缺陷，倾斜航空摄影可以快速获取大范围区域地表物体三维立面信息，可以支持对摄影区域的三维测量。倾斜摄影测量有着非常的高程测量精度，可以实现快速的大场景建模与地物测量，能够生成接近真实的地表三维场景。



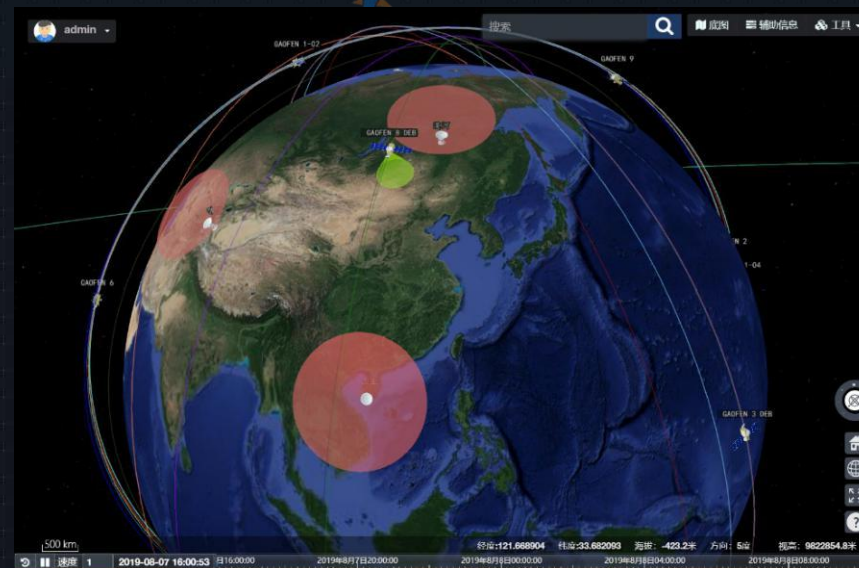
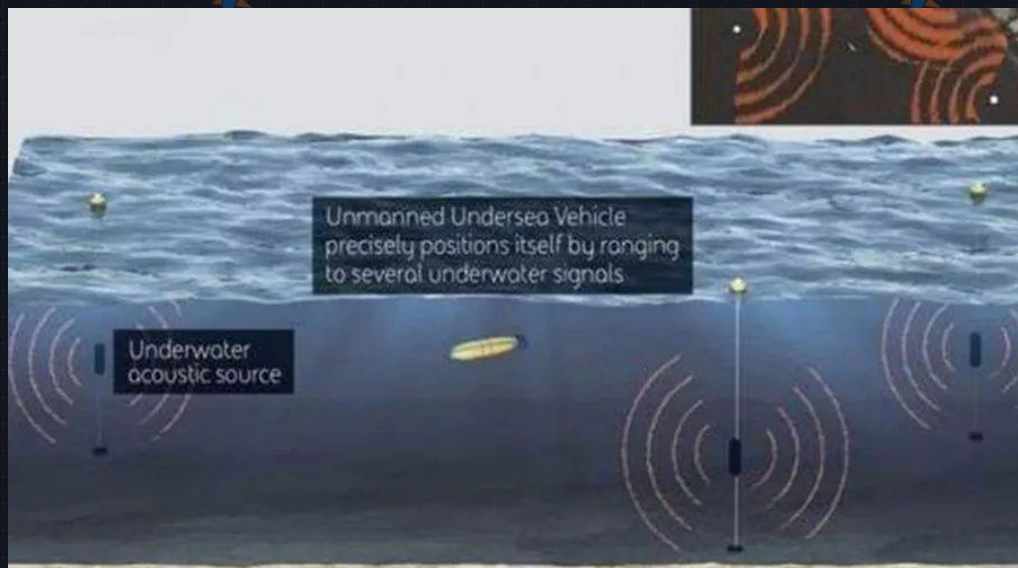
## 6.1 GIS的近期发展：定位技术发展（室内、高精度、小型化）

智能手机让每个人都有了感知地理位置的能力，然而，目前的定位还存在很多局限。例如，室内、野外还有很多卫星定位盲区，定位精度还不够高，高精度定位设备不够便携等。现在，室内定位、差分定位、网络定位等技术发展很快。不久的将来，仅用一部手机甚至手表，就可以实现随时随地精准定位至厘米水平。定位信息的迅速发展，会对位置服务的应用带来深远的影响。



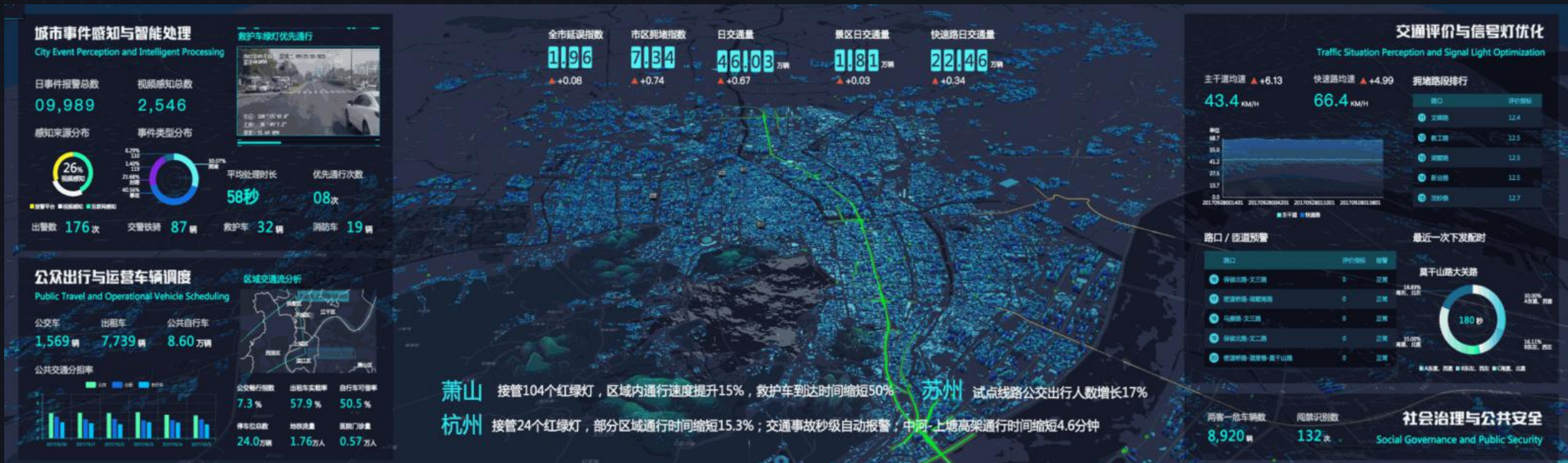
## 6.1 GIS的近期发展：空间信息扩展（地下、深海、深空）

目前空间信息在很多人的概念中依然是地面或者近地面的信息，随着探索和测量手段的不断发展，人类活动的范围已经扩大到了地下空间、深海、外太空甚至地外行星，观测尺度从空间更是扩展到了时空。更广袤的时空信息不断涌现，催生着GIS上天入地，谈古论今，这样未来只能说眼界限制了我们的想象。



# 6.1 GIS的近期发展：跨行业数据透视

GIS 实际也是math insight，空间数据分析和挖掘一直是GIS最强大的武器，随着大数据、云计算的发展，数据进入了一个爆炸的时代，GIS数据能够与很多行业数据进行交叉，产生奇妙的化学反应。随着研究人员的不断努力，现在很多行业的评价、统计、分析指标都加入了位置参数，GIS开始走出家门，说百家话，穿万家衣。



## 6.1 GIS的近期发展：潜力无限的移动端APP

坚持要把电子地图分为Web地图和APP移动端两种，是因为APP（含微信小程序等）代表了另一个方向，那就是随时随地的移动互联网。也许未来智能手机都成为了古董，可能是头盔？眼镜？眼前的一团空气？总之，把世界随身携带，让人无限期待。



## 6.2 GIS的未来趋势：大众的期望



更进一步，人们都希望……

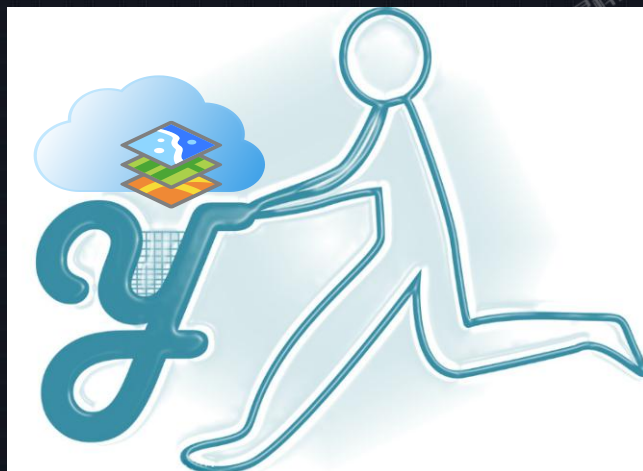


## 6.2 GIS的未来趋势：云GIS平台

① 成为一个完整的

### 云GIS管理平台

用户自服务了



业务应用

专题数据

GIS服务

GIS平台

操作系统

资源池

服务器

网络

存储

专注于业务应用实现

云GIS平台和服务

基础设施资源

## 6.2 GIS的未来趋势：云GIS平台 - 多业务平台整合

- 集成现有系统
- 创建新系统





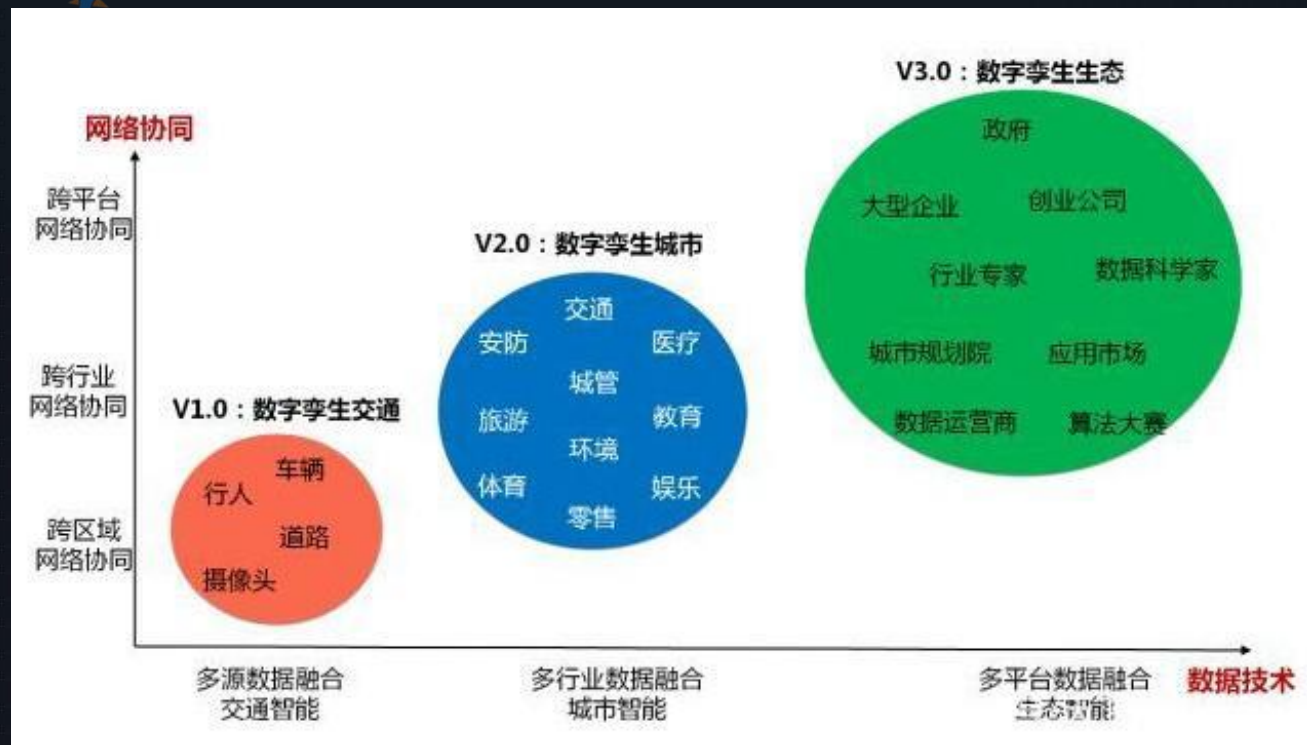
## 6.2 GIS的未来趋势：BIM+GIS+VR/AR跨界融合

BIM与GIS能跨界融合，是因为它们有一种天然的互补关系：BIM是用来整合和管理建筑物全生命周期的信息，GIS则是用来整合及管理建筑外部环境信息。BIM全生命周期的管理需要GIS的参与，BIM也将开拓三维GIS的应用领域，把GIS从宏观领域带入微观领域。



## 6.2 GIS的未来趋势：创建真实世界网络的“数字孪生”

数字孪生，顾名思义，是指针对物理世界中的物体，通过数字化的手段来构建一个数字世界中一模一样的实体，藉此来实现对物理实体的了解、分析和优化。实现“全域立体



感知、万物可信互联、泛在普惠计算、智能定义一切、数据驱动决策”。

THANK YOU



我们的征途在星辰大海



火星科技于2017年在安徽合肥成立，自成立以来，公司专注于三维可视化技术领域，为全国各行业的企业、部队、科研院所等提供三维可视化和GIS地理信息相关产品和服务的国家高新技术企业。

应用领域主要包括智慧园区、智慧城市、国土规划、工程管控、教育教学、航天领域、三维推演、军事态势等。能够在辅助规划决策、管理规划等方面起到重要作用。

公司官网：<http://marsgis.cn>