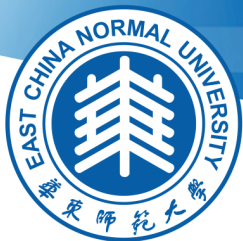


GPS定位基本原理



报告人：董大南

GPS如何实现定位

卫星测距原理



星站距离测算



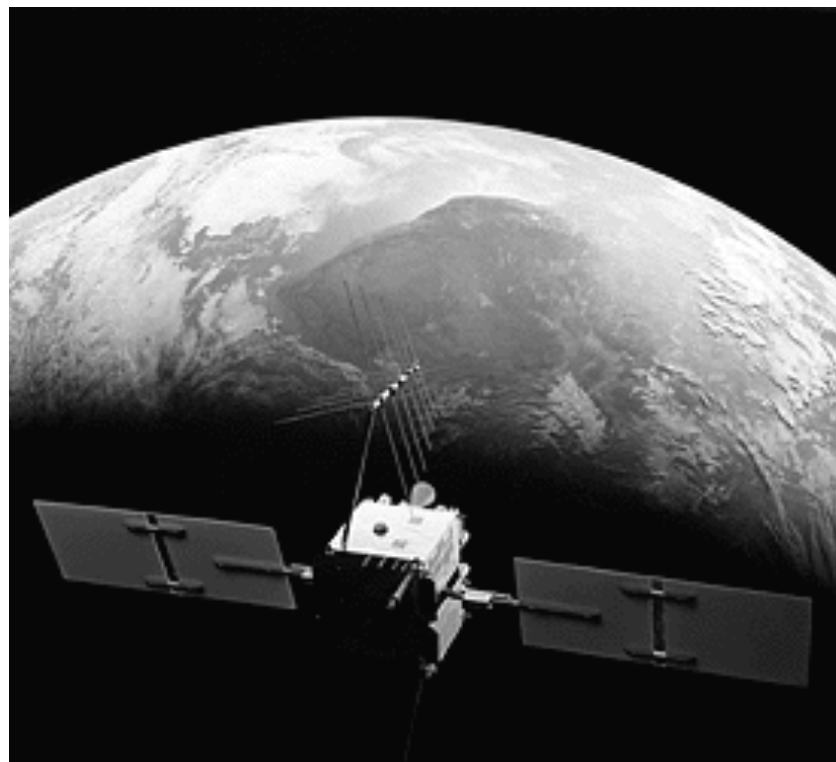
卫星位置计算



GPS测量误差

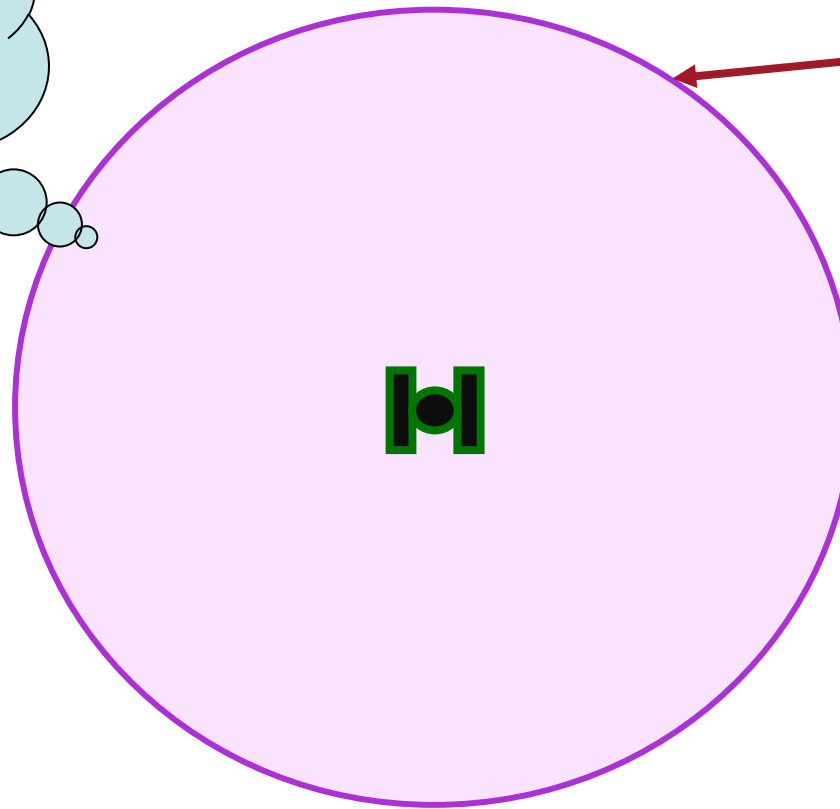


差分GPS (DGPS)



卫星测距原理

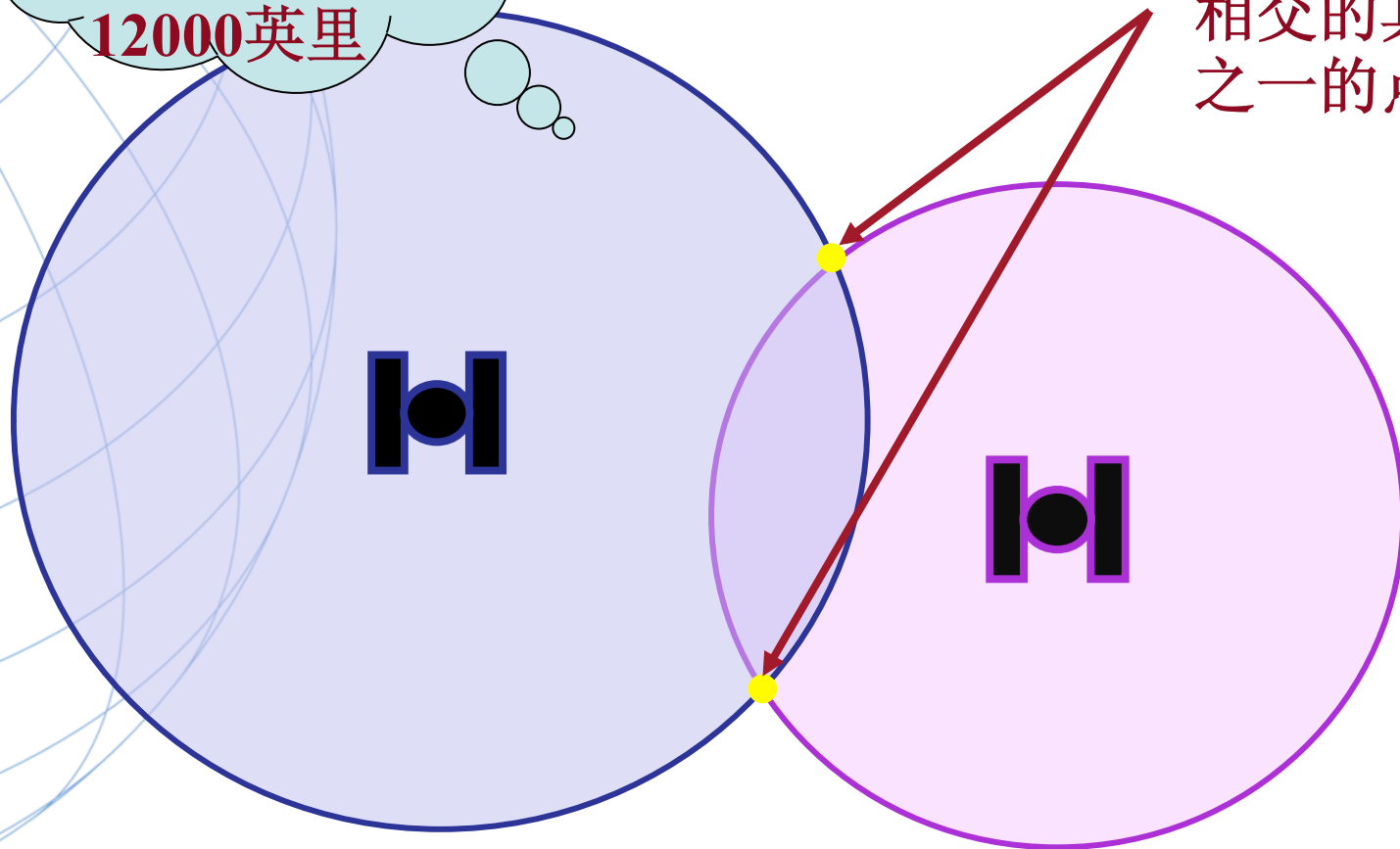
假定我们
与卫星A的
距离为1100
0英里



接收机
位于半径
为11000
英里的
圆上的
某位置

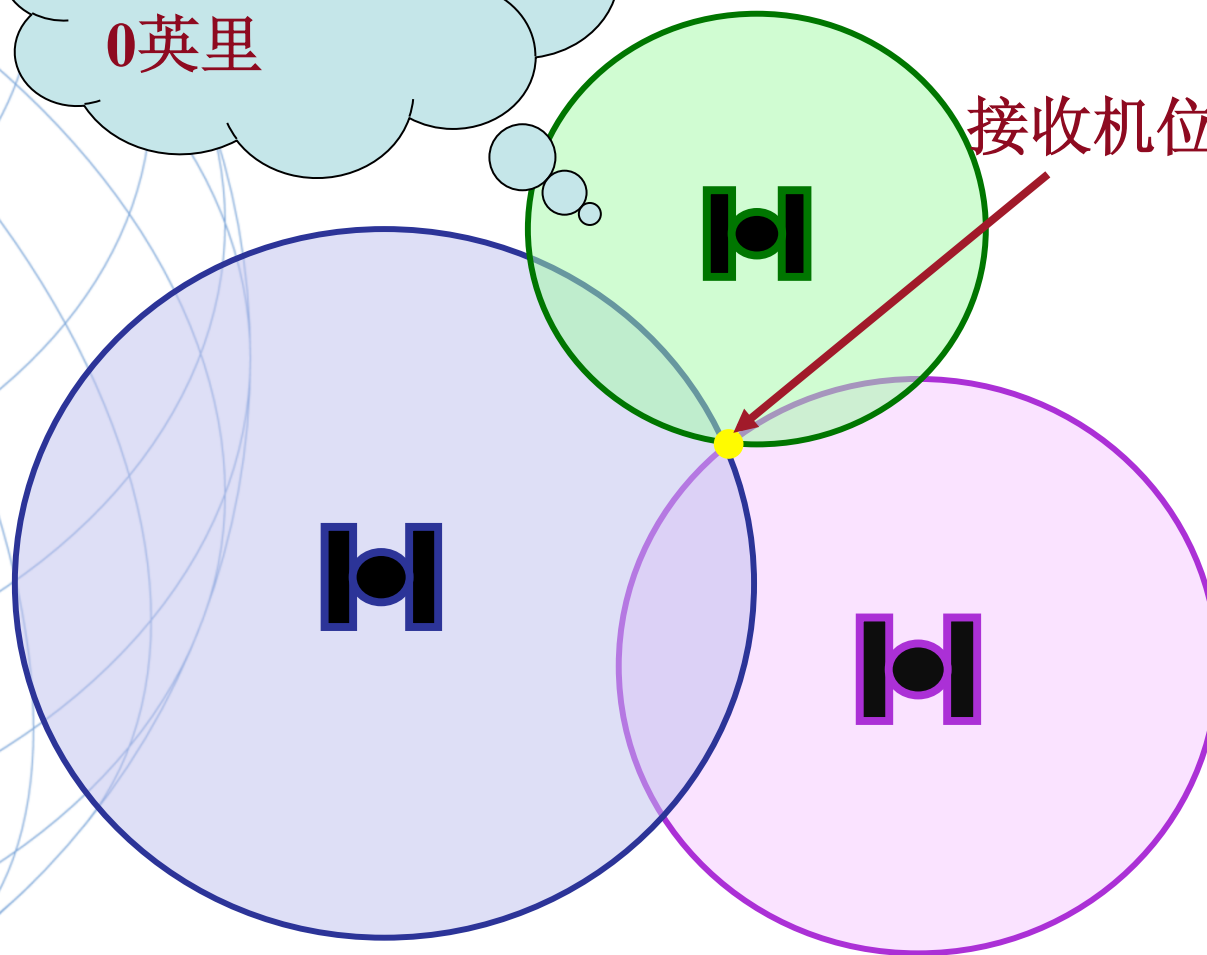
假定又知
道与卫星B
的距离为
12000英里

则接收机可
能位于两圆
相交的其中
之一的点上



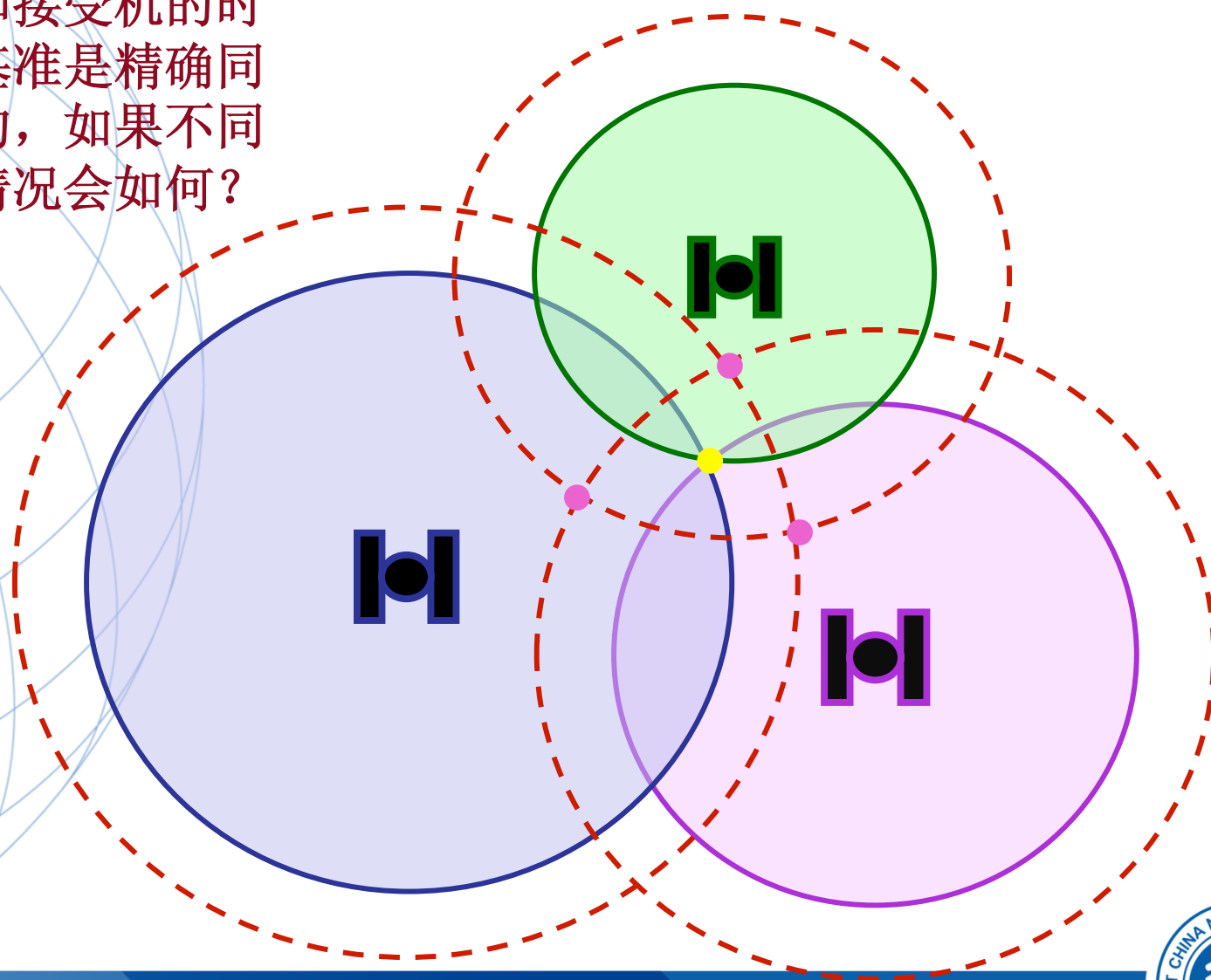
与卫星C的
距离为800
0英里

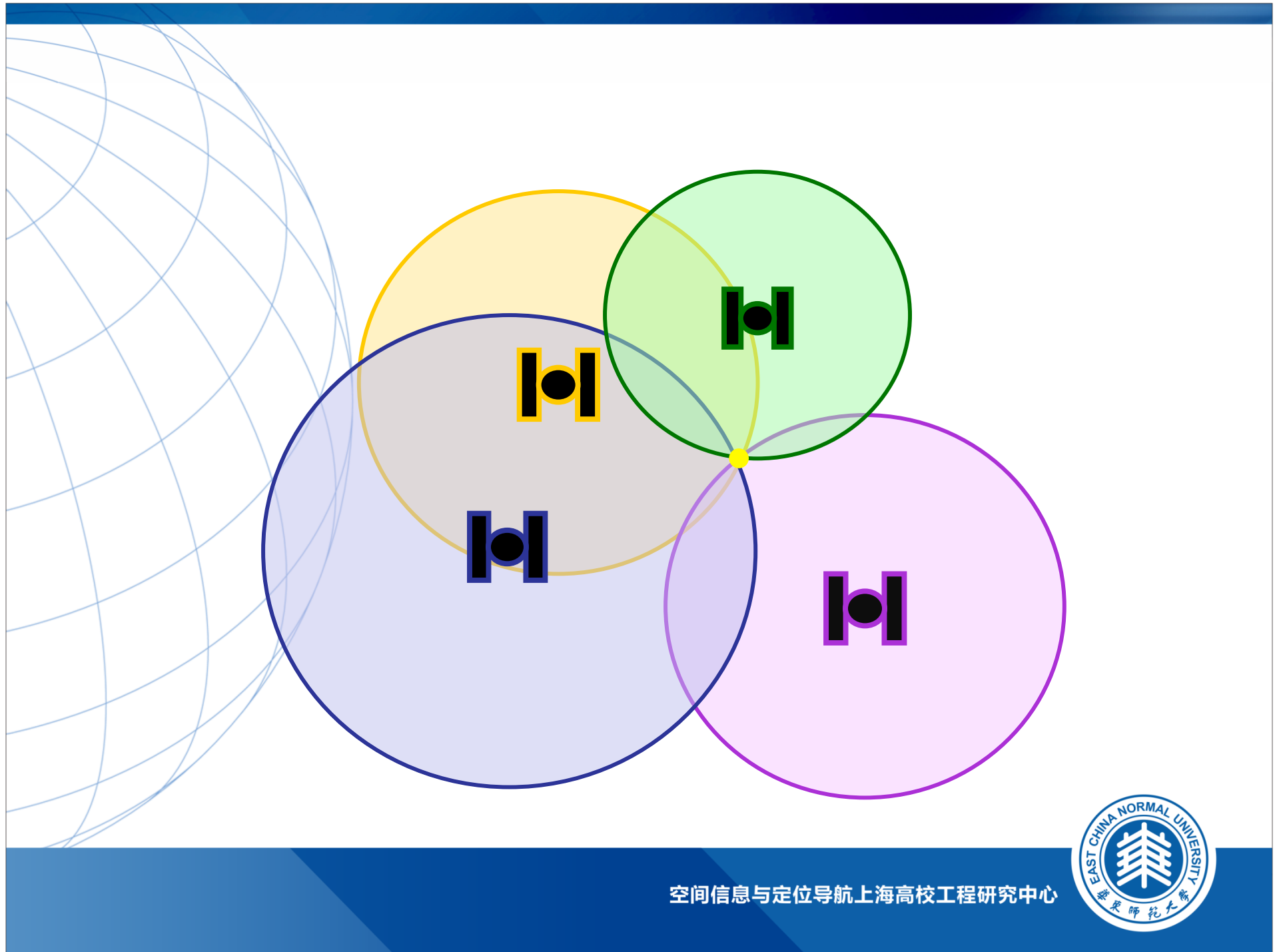
接收机位置





上述推演假定卫星和接受机的时间基准是精确同步的，如果不同步情况会如何？





星站距离测算

原理：

GPS定位是以**星站距离测量**为基础的，
利用**同步发出**的信号达到接收机的**时间延迟**推算距离。

$$\text{星站距离} = \text{光速} \times \text{GPS信号时间延迟量}$$

如何求算信号传播时间？

t_0 : 卫星发出码信号



t_0 : 接收机同步产生相同的码信号



t_1 : 接收机接收到卫星信号



GPS基于电路产生的伪随机码相位对齐方式实现时间延迟量的计算。

伪随机码（ Pseudo Random Noise ）：

- 以等概率产生0和1。
- 具有良好的自相关性。

编码信号移位后与原信号进行异或运算，产生新序列，自相关函数R判定自相关性：

$$R = (N0 - N1) / (N0 + N1)$$

完全对齐时， $R=1$ ，未对齐时， $R \approx 0$ 。



未对齐：（错开1位）

$$\begin{array}{r} \oplus \quad 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \\ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \\ \hline 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \end{array}$$

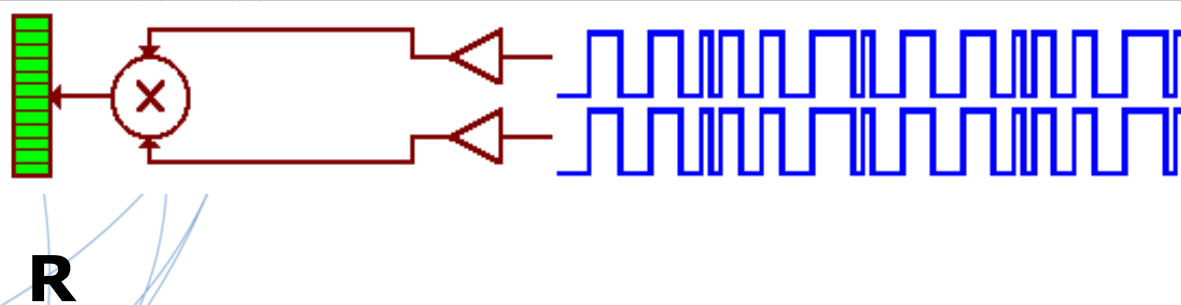
$$R = (7 - 8) / (7 + 8) = -1/15 \approx -0.067$$

完全对齐：

$$\begin{array}{r} \oplus \quad 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \\ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \\ \hline 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \end{array}$$

$$R = (15 - 0) / (15 + 0) = 1$$

接收机接收到GPS卫星信号后，通过若干次移位，最终可与自身复制的**码对齐** (R=1)。



复制信号
GPS信号

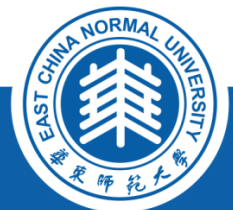
GPS信号时间延迟 Δt = 码元宽度 t_u × 移位数

传输一个bit所需要的时间。

$$t_u = 1 / f$$

f 是信号传输频率，已知数。

星站距离 = 光速 × 码元宽度 t_u × 移位数



卫星位置计算

卫星受力

中心力

地球质心引力

地球对卫星的引力

日月对卫星的引力

摄动力

大气阻力

太阳光压

地球潮汐力等

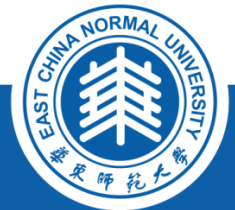
与地球质心
引力相比, 仅
为 $10e-3$ 量级

卫星位置计算

- 卫星运动

1. 二体问题--仅考虑地球质心引力

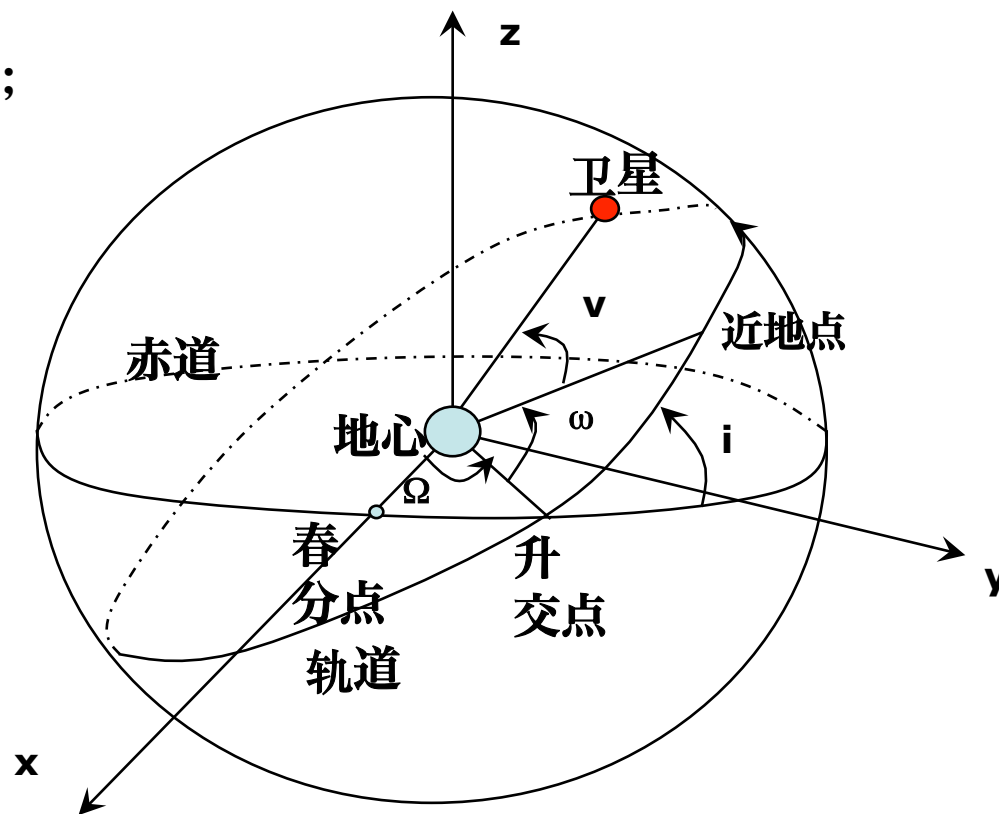
2. 受摄运动—考虑到摄动力



二体问题

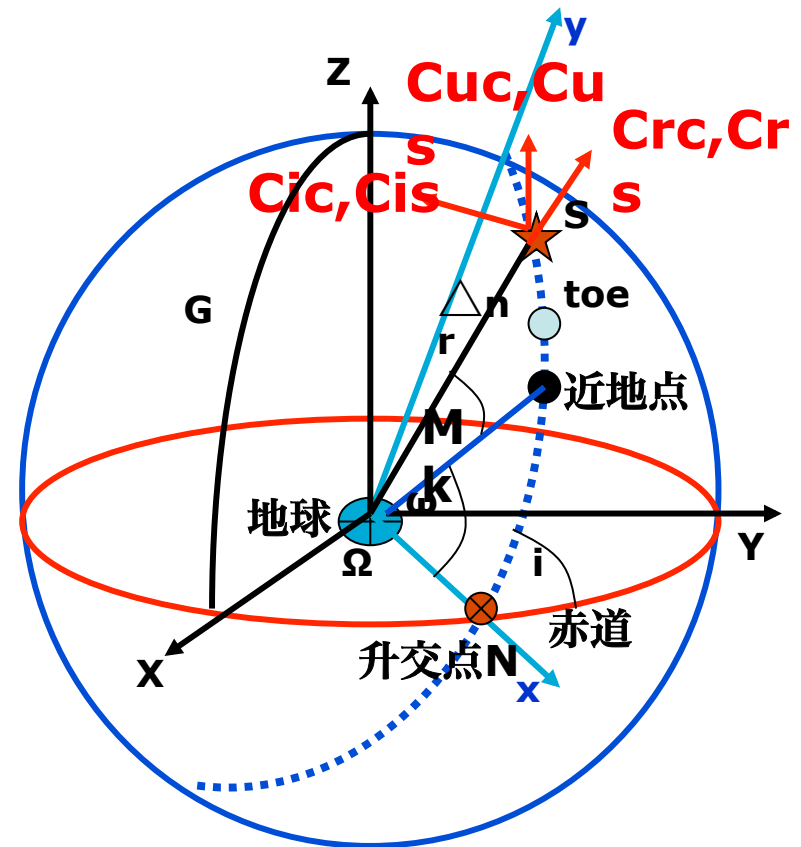
- 开普勒定律确定了卫星的运行轨道；
- 采用开普勒轨道参数（轨道根数）描述卫星轨道与地球赤道的相对位置关系及卫星的位置。

参数	解释
a	轨道长半径
e	轨道椭圆偏心率
Ω	升交点赤经
i	轨道面倾角
ω	近地点角距
v	卫星真近点角



受摄运动

- 受摄后, 认为六个轨道参数随时间变化
- 受摄运动轨道参数
6+9=15个参数. 9个受摄参数为: $\Delta n, \Omega$ 和 i 的变化率, 加6个C调和项改正参数。
轨道参数归算为协定地球坐标系



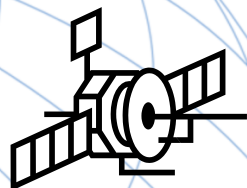
受摄轨道参数

GPS卫星星历

- GPS卫星星历:卫星轨道信息或某一时刻轨道参数及其变率或某一时刻卫星位置及其变率。分为**广播星历**和**精密星历**。
- GPS广播星历：包括某一参考历元的轨道参数及其摄动改正项（调和项修正）参数。共有16个参数。用C/A码传送的星历叫C/A码星历，精度为数十米。
- 精密星历：用P码传送的星历叫P码星历，又叫精密P码星历，精度为5米。



GPS测量误差



与卫星有关的误差源

与信号传播有关的误差源

电离层

对流层

多路径

与接收机有关的误差源

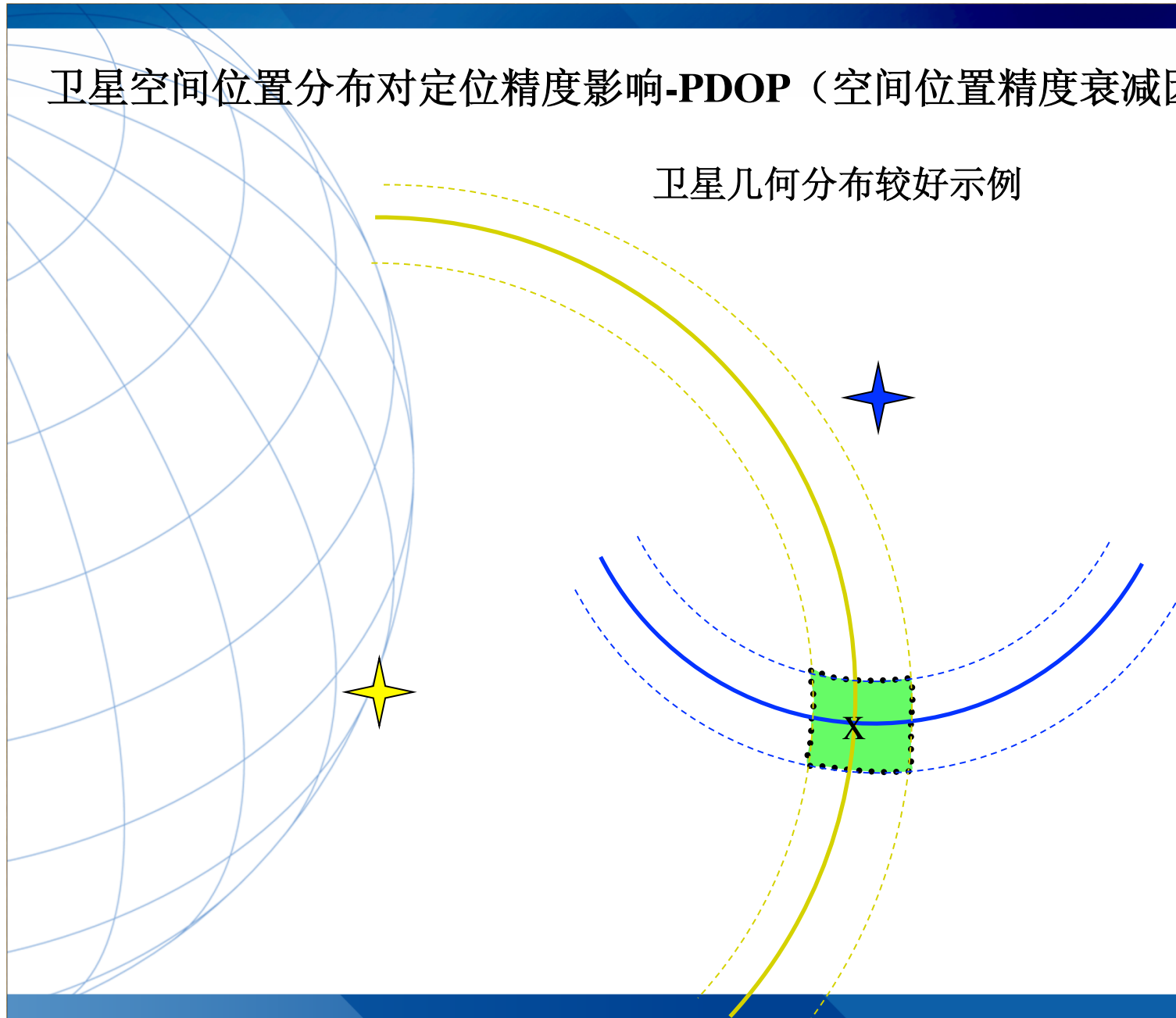


接收机

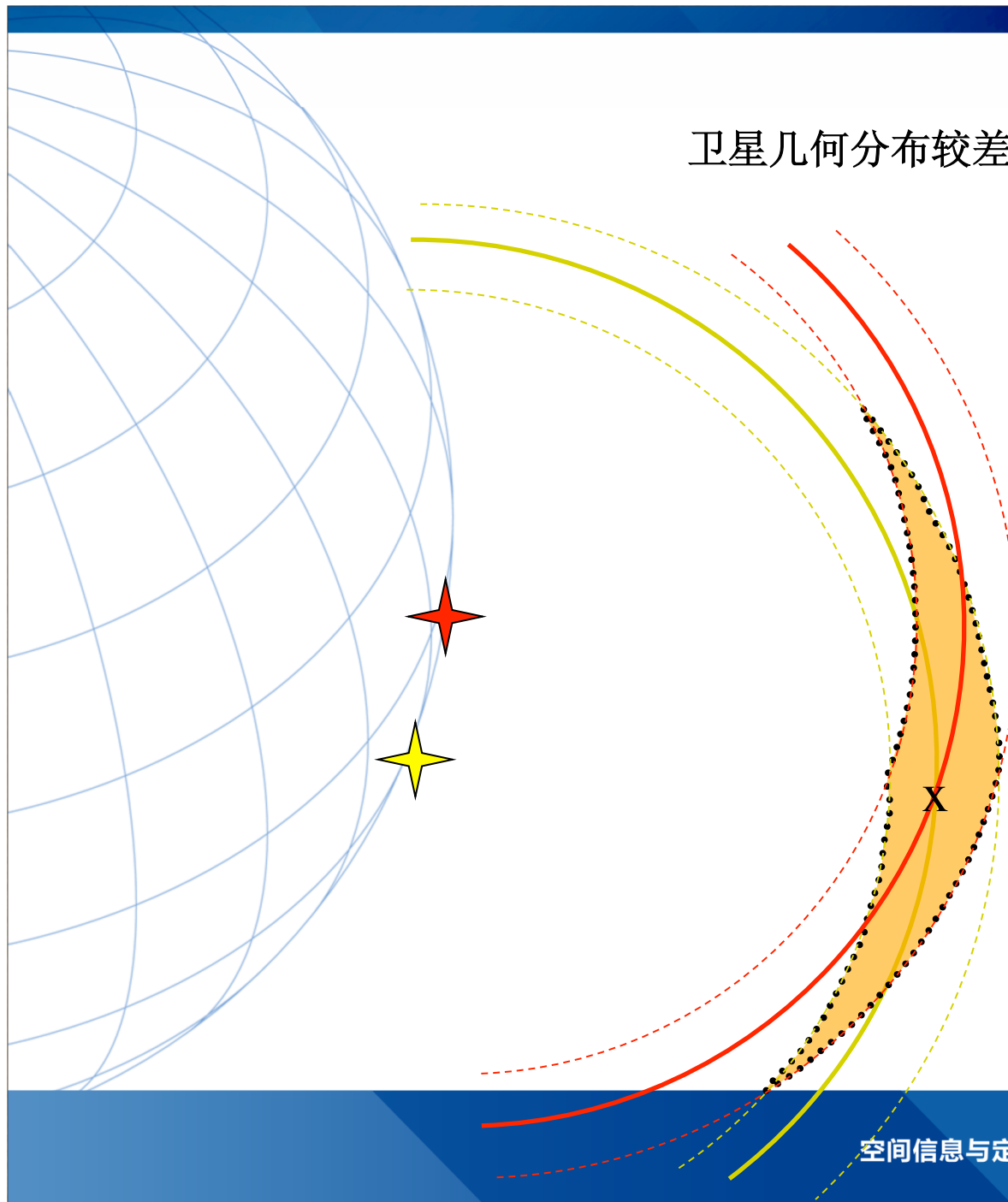


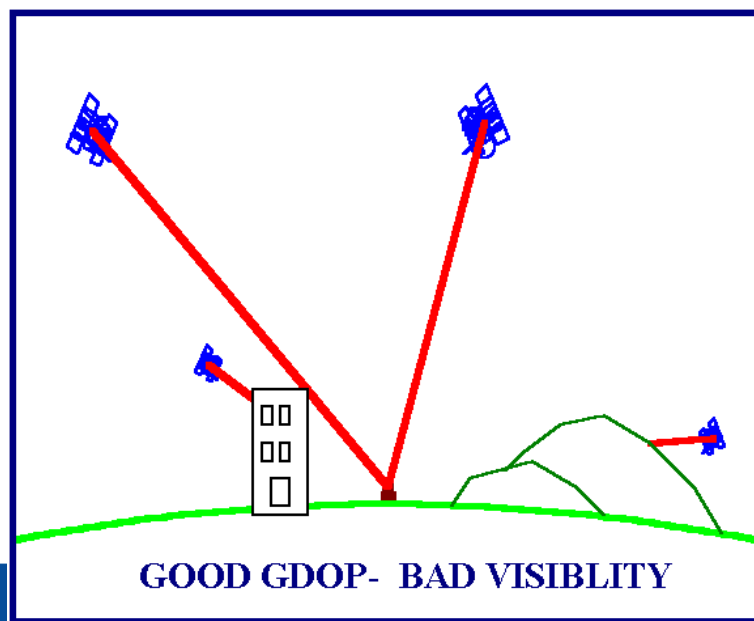
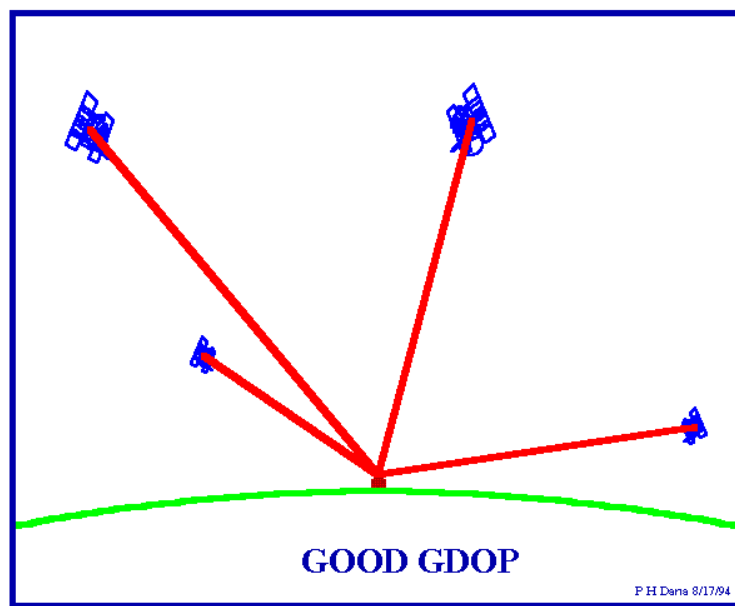
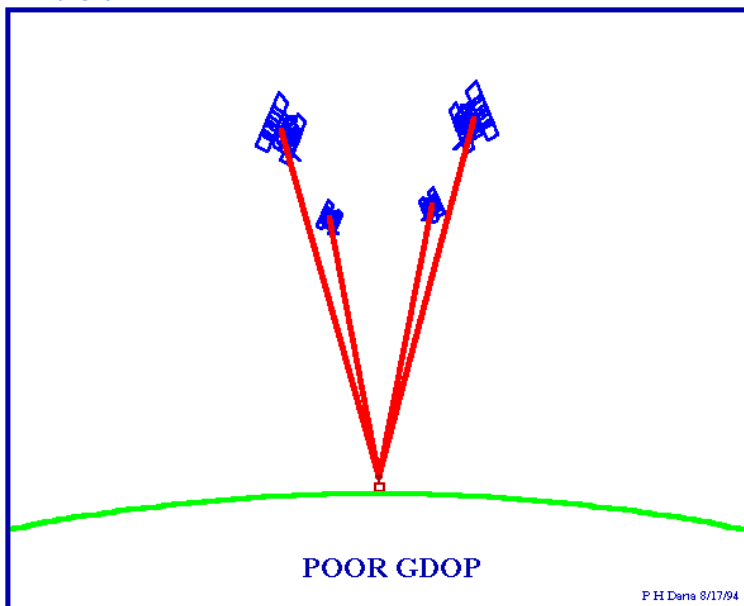
卫星空间位置分布对定位精度影响-**PDOP**（空间位置精度衰减因子）

卫星几何分布较好示例



卫星几何分布较差示例

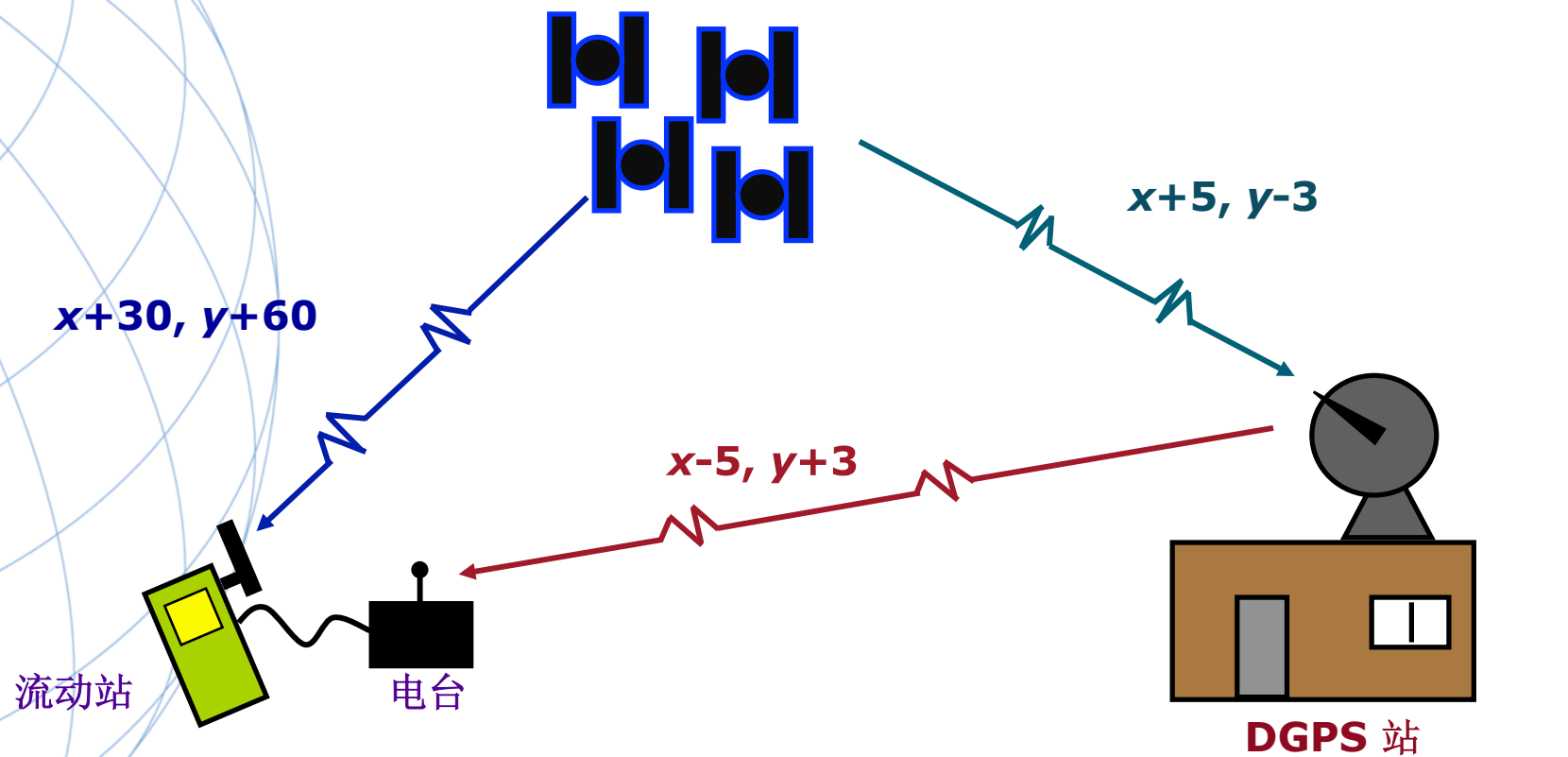




DGPS

- 差分校正可以消除钟差，减少或消除电离层、对流层误差
- 按时效性分为
 - 实时DGPS
 - 后处理DGPS

实时DGPS

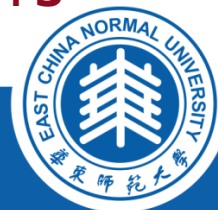


DGPS 校正 = $x+(30-5)$ and $y+(60+3)$

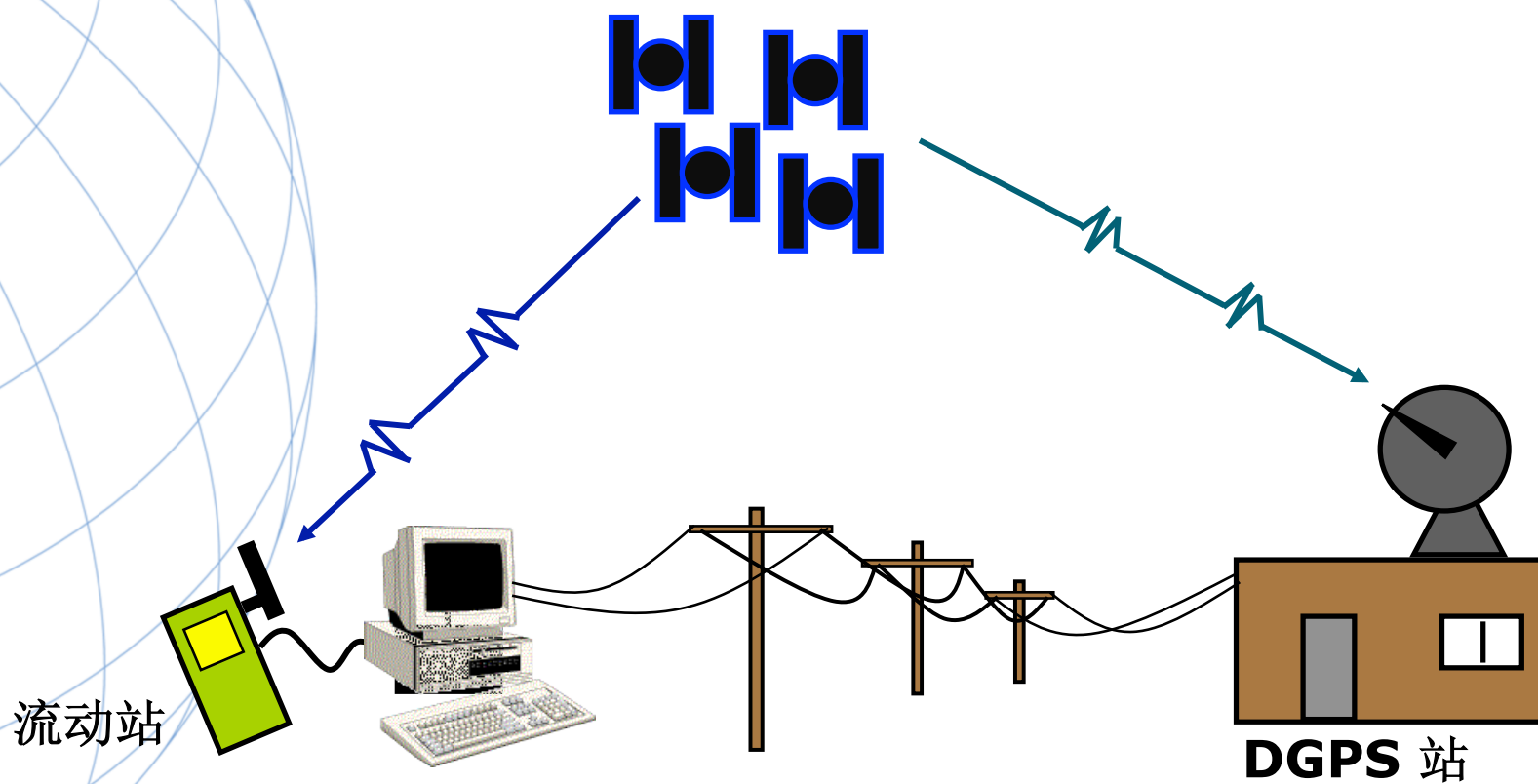
真实坐标 = $x+25, y+63$

已知真实坐标 = $x+0, y+0$

校正 = $x-5, y+3$

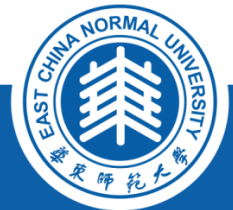


后处理DGPS



差分校正源

- GPS 参考站
 - 局域参考站 (Local Area Reference Stations)
 - CORS 站(Continually Operating Reference Stations)
- GPS增强系统
 - FAA增强系统
 - Maritime & NDGPS
 - 高精度NDGPS



FAA增强系统

WAAS

Satellite

Enroute Oceanic



Terminal

Approach

Surface



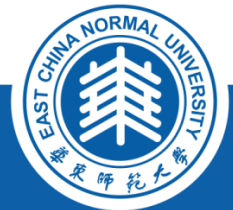
Ground Based

LAAS

Maritime & NDGPS

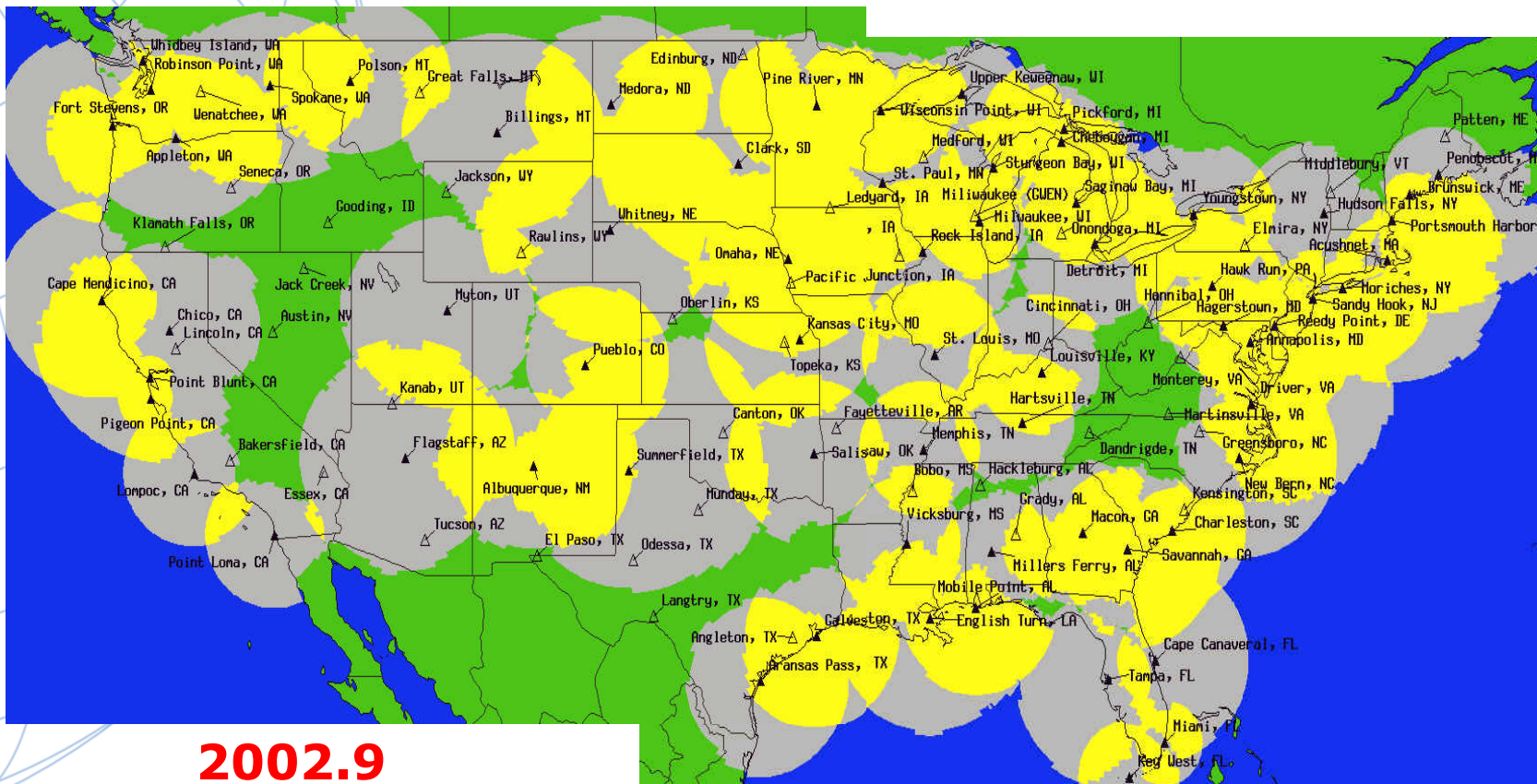
Nationwide Differential Global Positioning System

- GPS 增强系统
 - 面向海上和陆地交通
 - 提高GPS的精度以满足安全领域应用需求
- 扩展 Maritime DGPS 网络
 - 新建无线电信标(Radio beacon)站
 - 构建标准化的全国范围服务
 - 交通用户涵盖铁路, 公路, 公共交通, 和水路



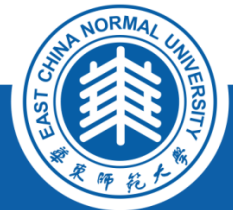
NDGPS

National Differential Global Positioning System



主要参考资料

- 《GPS原理与接收机》 谢钢著
- ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/IL/gps_illinois/1-IntroGps.ppt
- GPS定位基本原理--科普版<http://wenku.baidu.com/view/16ecb9106edb6f1aff001fe5.html>





谢谢大家！

