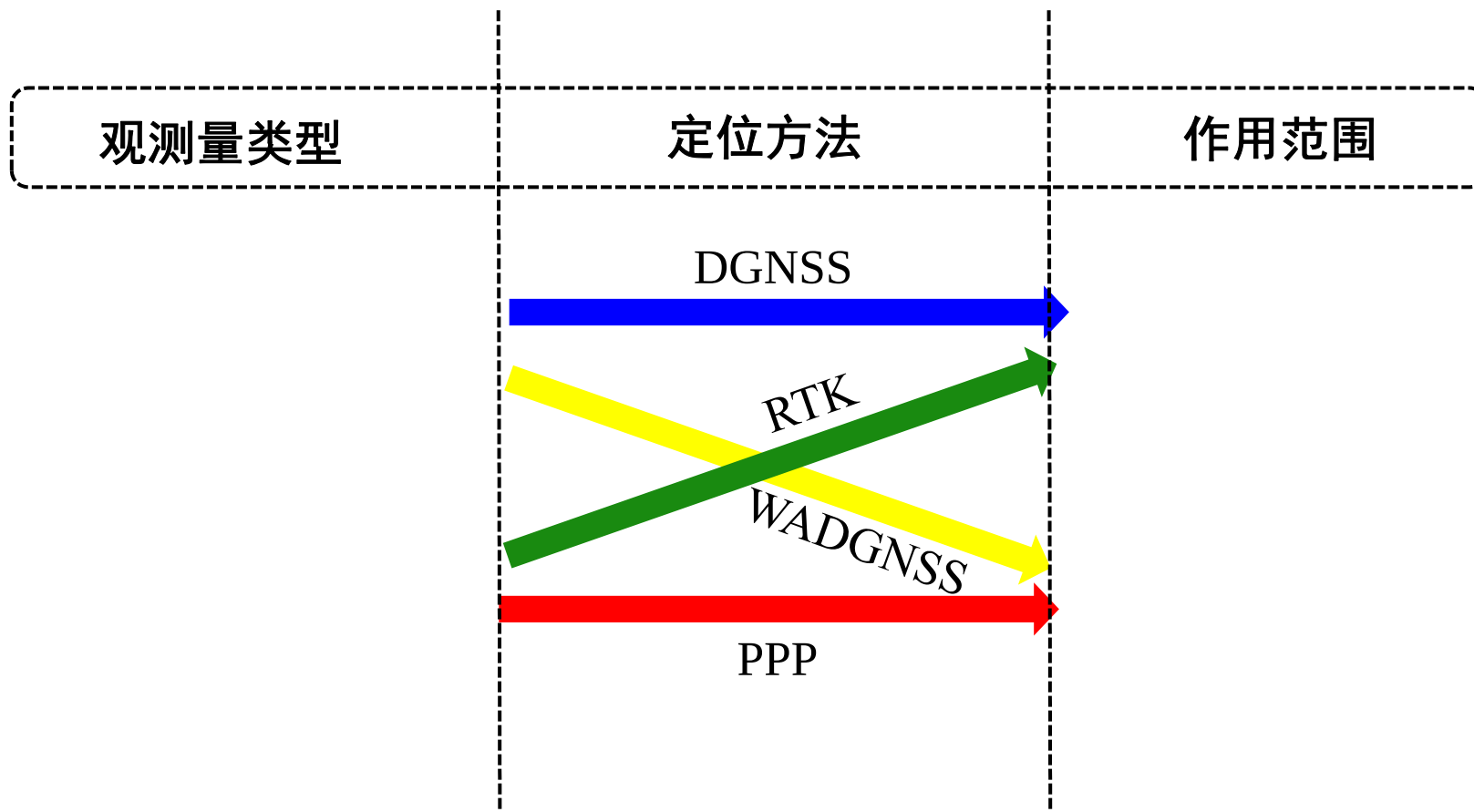


广域高精度定位方法



主讲人：李亮

高精度定位方法分类



高精度定位方法

□ 单频精密定位方法：

由于P码的军用限制，双频定位模型的使用并不十分方便，考虑单频接收机的码和载波精密观测模型：

$$\begin{cases} \rho_{L1}^j = R + cd\tau_k - cd\tau^j + cd\tau_{GD}^j + d\rho_{orb}^j + d\rho_{rel}^j + dM_{IF}^\rho + d\rho_{ion}^j + d\rho_{trop}^j + v_{\rho_{L1}^j} \\ \phi_{L1}^j = R + cd\tau_k - cd\tau^j + d\rho_{orb}^j + dM_{IF}^\phi - d\rho_{ion}^j + d\rho_{trop}^j + \lambda_1 \cdot N_{L1} + d\rho_{rel}^j + d\rho_{w1}^j + v_{\phi_{L1}^j} \end{cases}$$

$d\tau^j$ —— 卫星钟差；

$d\rho_{orb}^j$ —— 卫星轨道误差；

$d\rho_{ion}^j$ —— 电离层误差；

$d\rho_{w1}^j$ —— 由于天线旋转造成的相位缠绕误差等效距离误差；

$d\tau_{GD}^j$ —— 电离层群延迟；

$d\rho_{rel}^j$ —— 相对论效应等效距离误差。



哈尔滨工程大学

Harbin Engineering University

高精度定位方法

□ 广域差分定位技术：

利用卫星定位的主要误差源包括：

√ 轨道误差(星历误差) √ 卫星钟差 √ 大气层传播延时

随着复杂的科研和工程项目活动的日益增加，对定位的要求也呈现出多样化，如精密地质工程测量、精密划界等，均要求十几或几十厘米的定位精度。为了解决**定位精度**和**差分方法中作用距离**的矛盾，美国喷气推进实验室（JPL）的Zumberge于1997年提出**精密单点定位**（Precise Point Positioning, PPP）技术。



高精度定位方法

□精密单点定位误差处理方法(伪距广域差分)

误差类型	处理方法
卫星位置	SBAS GEO实时播发
卫星钟差	SBAS GEO实时播发
电离层延迟	拉格朗日插值/无电离层观测量组合消除
对流层延迟	干分量模型计算, 湿分量参数估计

- 伪距广域差分定位系统目前大都是国家层面的**规范性**系统, 美国的**WAAS**, **NDGPS**等。
- 伪距广域差分定位中**高精度**与**完好性**如何**同时得以满足**是GNSS高精度定位领域研究的热点。
- 伪距广域差分定位目前主要基于单频观测量, 双频是否可应用?
DFMC已经成为发展趋势。



高精度定位方法

□ IGS介绍:

PPP技术需要外界提供卫星的精密轨道和钟差。国际GPS服务组织（International GPS Service, IGS）的几个数据分析中心就具备提供卫星精密轨道和钟差等自动数据分析服务的能力。其提供的服务包括：

（1）高精度的GPS卫星星历；（2）地球自转参数；（3）IGS跟踪站的坐标和速率；（4）GPS跟踪站的时钟信息；（5）电离层数据；（6）对流层数据；（7）所有GPS卫星的高质量轨道（以优于5cm的精度）和预测轨道（~25cm）；（8）以RINEX格式提供每个IGS跟踪站的日和/或小时相位和伪距观测。



哈尔滨工程大学

Harbin Engineering University

高精度定位方法

□精密单点定位方法

卫星精密轨道和钟差需由IGS或者JPL服务组织提供，这样可以消除 $d\rho_{orb}^j$ 和 $d\tau^j$ ；

$d\rho_{trop}^j$ 、 $d\rho_{rel}^j$ 和 $d\rho_{w1}^j$ 可通过建立模型把误差控制在厘米级。

由于IGS提供的精密时钟改正数，群延迟 $d\tau_{GD}^j$ 可通过导航电文得出。

因此码和载波相位观测模型为：

$$\begin{cases} \rho_{L1}^j = R + cd\tau_k + d\rho_{ion}^j + v_{\rho_{L1}^j} \\ \phi_{L1}^j = R + cd\tau_k - d\rho_{ion}^j + \lambda_1 \cdot N_{L1} + v_{\phi_{L1}^j} \end{cases}$$

结论：电离层误差是伪距和载波相位观测模型的主要误差源。



高精度定位方法

□精密单点定位方法

根据电离层介质的弥散性质，L1和L2频率上（L1=1575.42MHz，L2=1227.60MHz）的电离层延迟满足：

$$I_1 = \frac{f_2^2}{f_1^2} I_2$$

可以考虑采用双频消电离层组合（Ionosphere-free）组合完全消除一阶电离层延迟误差的影响，但是一般情况下，**整周模糊度的整数特性也被破坏**，因此PPP一般采用**浮点解**的方式。

有没有可能通过双频/多频组合实现(1)电离层被消除；（2）整周模糊度还保持整数特性；（3）其他几何误差也被消除？



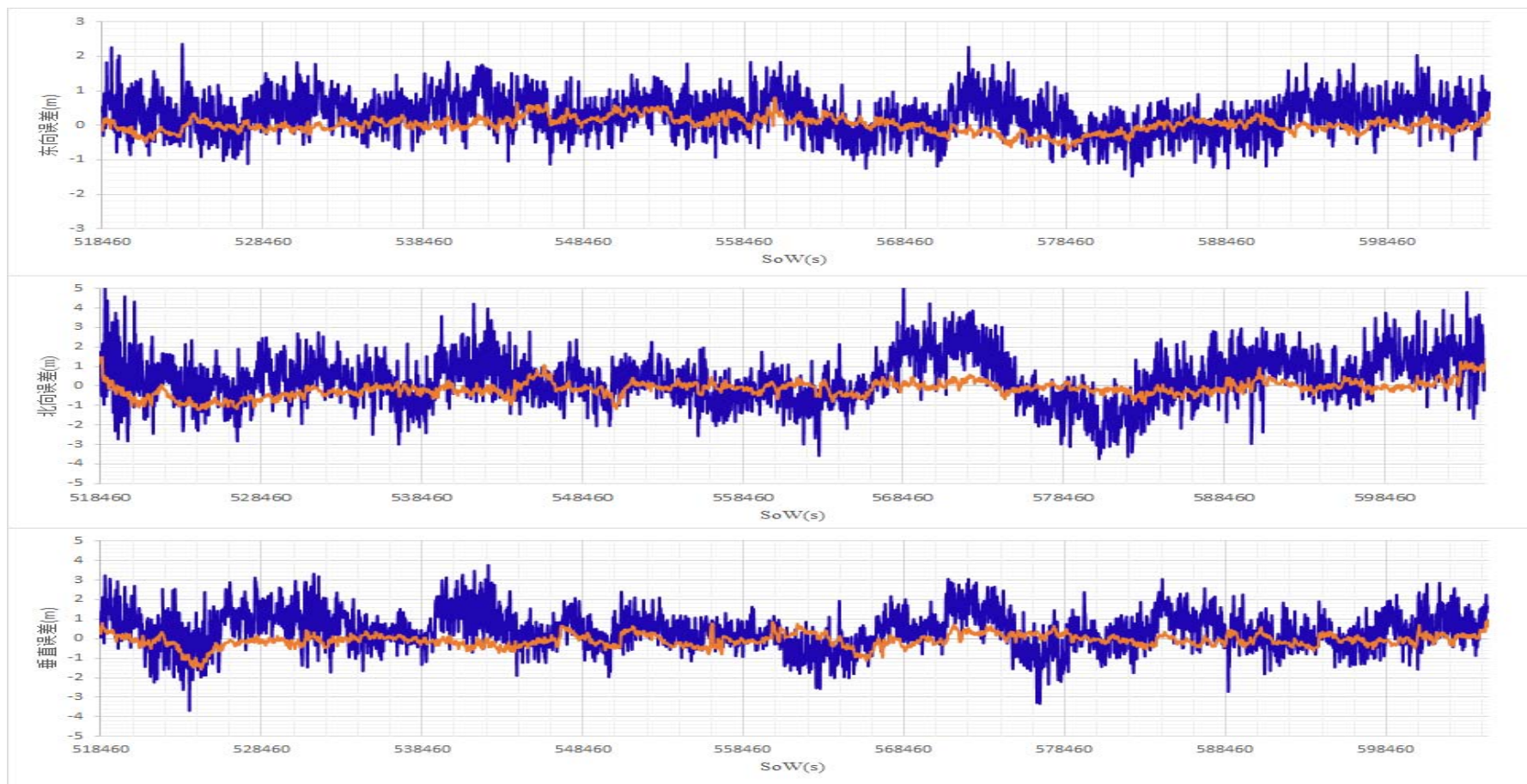
高精度定位方法

□精密单点定位误差处理方法(载波相位)

误差类型		处理方法
卫星位置		精密星历sp3文件插值
卫星钟差		精密钟差clk文件插值
相对论效应		模型修正(卫星位置向量、速度向量)
卫星天线相位		天线atx文件求解(GPS已修正、BDS未修正)
电离层延迟		无电离层观测量组合消除
对流层延迟		干分量模型计算, 湿分量参数估计
接收机天线相位		天线atx文件求解(GPS已修正、BDS未修正)
地球自转		模型修正补偿卫星位置
潮汐	海洋负荷	模型修正补偿接收机位置
	固体潮	
	极点潮	
相位缠绕		模型修正

高精度定位方法

实际数据处理结果（伪距广域差分）

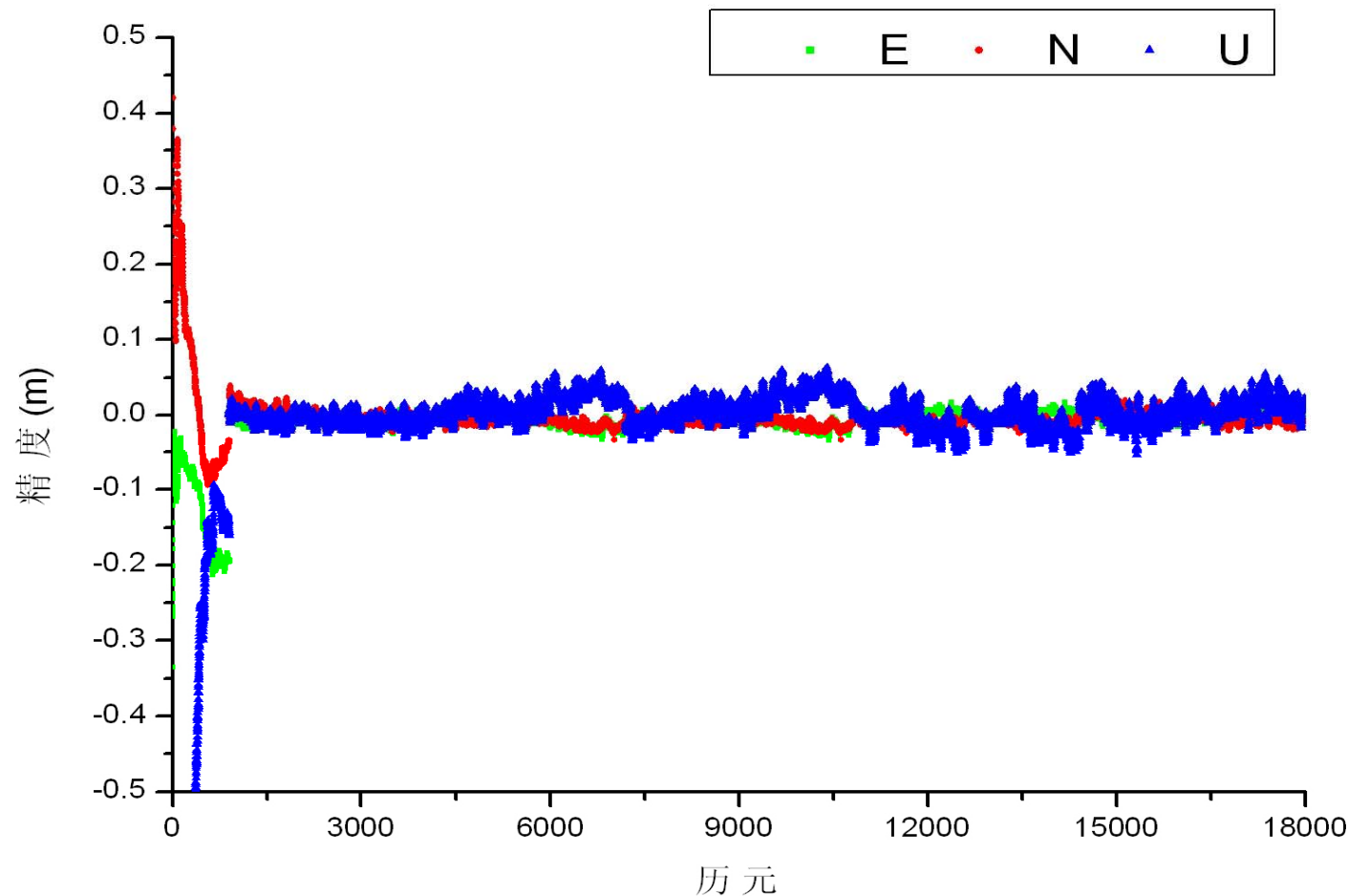


IGS临海站点（单频v.s.双频）



高精度定位方法

□ 实际数据处理结果（载波相位广域差分）



高精度定位方法

□精密单点定位面临的挑战

➤ 定位收敛时间长 (厘米级需要~1h以上)

额外增强信息;

➤ 精度偏低 (实数模糊度)

模糊度固定;

➤ 对数据质量要求较高 (数据连续)

多模多频;

➤ 可靠性较低

完好性监测



哈尔滨工程大学

Harbin Engineering University

总结

定位方法	优点	缺点	精度	应用范围
单点定位	实施方便，数据处理简单	定位精度相对较低	20m	任意
伪距-局域	卫星端相关误差被消除	(1)接收机噪声被放大; (2)需要基准站的辅助	米级至分米级(最佳)	50km
载波-局域	卫星端和用户端相关误差被消除	(1)接收机噪声被放大; (2)整周模糊度解算复杂; (3)需要基准站的辅助	厘米至毫米级(最佳)	50km
载波-广域	全球覆盖的高精度定位	(1)误差修正来源; (2)收敛时间; (3)无法覆盖所有GNSS	厘米级至分米级	任意
伪距-广域	全球覆盖的高精度定位	无法实现全球高精度定位 (与载波-广域相比)	米级	1000km

