

天体导航之射电脉冲星导航、脉泽导航

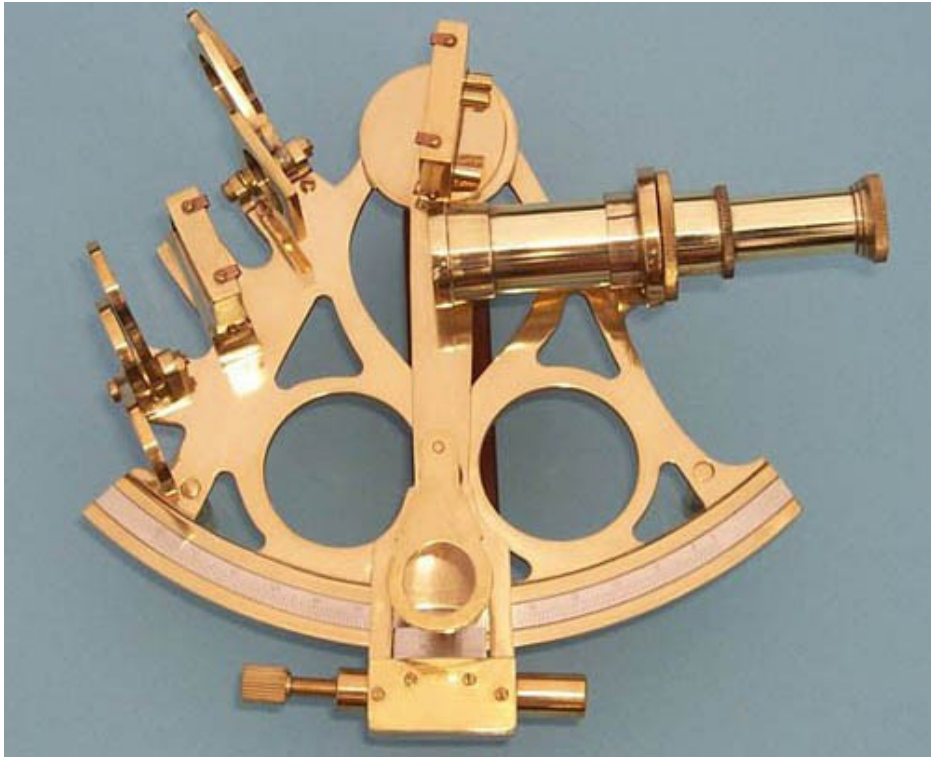
董江

云南天文台

传统的天体导航

- 传统的天体导航可分为**光学星光导航与射电天文导航**。大气层内星光导航受气象条件及昼夜明暗影响，从而难以实现全天候工作，历来是天文导航技术应用的严重障碍。所以，**射电天体导航是全天候工作的必由之路**。
- 传统射电天文导航技术设备已经有几十年发展历史，原苏联研制的射电六分仪已经装船使用，美国的射电六分仪也已完成研制并装船试验。他们均沿用传统的天文导航理论，只是将敏感频段由可见光改变为射电。。**可用射电源数量少、射电源信号微弱，从而难以实现连续导航，导航精度低、导航保障不连续、设备体积庞大，直接影响射电天文导航技术的应用和发展。**

经典天体导航—经纬度的确定

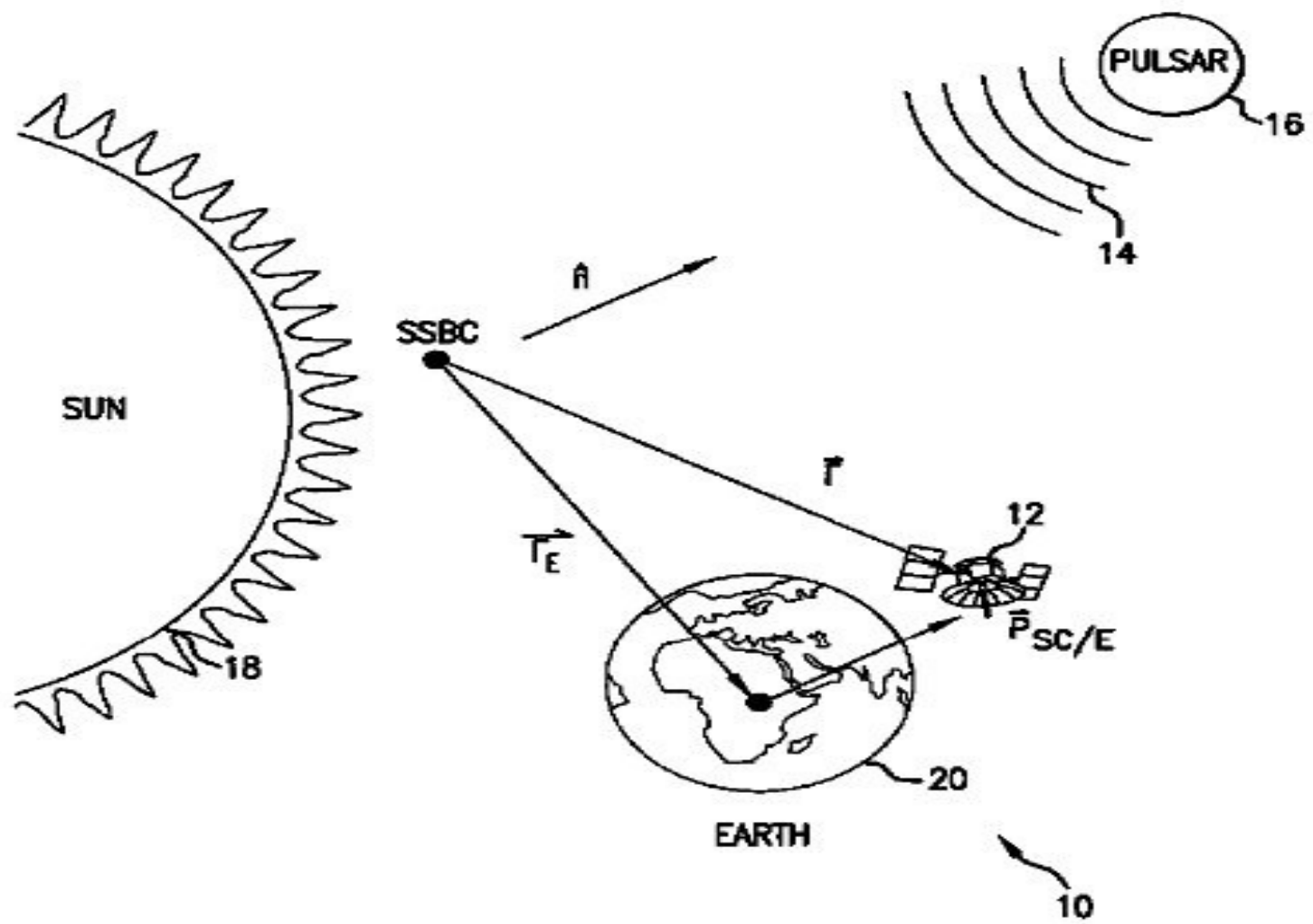


- 光学六分仪—纬度
- **Google** —— 钟的历史：计时得到经度
- 星敏感器—测角

- 可靠性和冗余度是系统对抗中重要的概念。
- 美国海军军舰上每天都在用天文导航（此处指以传统的以光学天体为基础天体导航）。“美国海军政策要求必须有两种独立的定位手段，除 **GPS** 之外，天文导航是一种独立的、无条件的、全球范围的、低费用的、自主式导航系统。”美国海军天文台应用技术部研究员 **J. Bangert** 博士在美国国防部应用天文学论坛 **1995** 年年会上专门从天文导航算法及软件的角度，论述了天文定位的重要性。美国海军天文台天文应用室主任 **P.M. Janiczuk** 博士认为，天文导航“能较容易地达到 **1** 角秒测天精度，从而使定位精度达到 **30** 米左右，不再需要任何的科学突破，所必须的技术目前都存在”。**1997** 年 **4** 月 **2** 日开始服役的 **B22A** 隐身轰炸机选择以 **NAS - 27** 天文导航单元及惯性导航单元构成飞行安全的双重保障，进一步表明了其对天文导航技术的极度重视，其深远意义发人深思。
- 俄罗斯一直把天文导航系统放在重要位置，在星光导航潜望镜、射电六分仪等技术领域占据优势，并注重实效和花巨资进行天文导航基础理论研究及实验室建设。
- 英国有关人士认为，如果敌方是在首先使我方的电子导航、无线电导航设备失去作用的情况下进行第一次打击，那么，天文导航就显得格外重要。为了对付这种突然事件，英国的海军要求提高潜艇潜望镜六分仪的天文导航能力，要求六分仪的定位精度达到 **0.5** 海里。
- 法国通用机械电气公司 (**SAGEM**) 认为，天文导航至少应当作为 **GPS** 的备用手段来使用。

X 射线脉冲星导航

- X 射线脉冲星导航（**XNAV**）近年来被美国学者建立了初步的理论基础，并在 X 射线波段取得了一定的实验结果（**Sheikh,S.I., 2005**）。相关研究被美国国防部先进技术研究局十分重视，其投入了大量研究经费，欧空局及俄罗斯等机构也开始了相关研究。但其研究局限于 **X 射线波段**，只能应用于空间卫星导航和深空探测。
- 可以定位、定姿（测角）、测速、计时



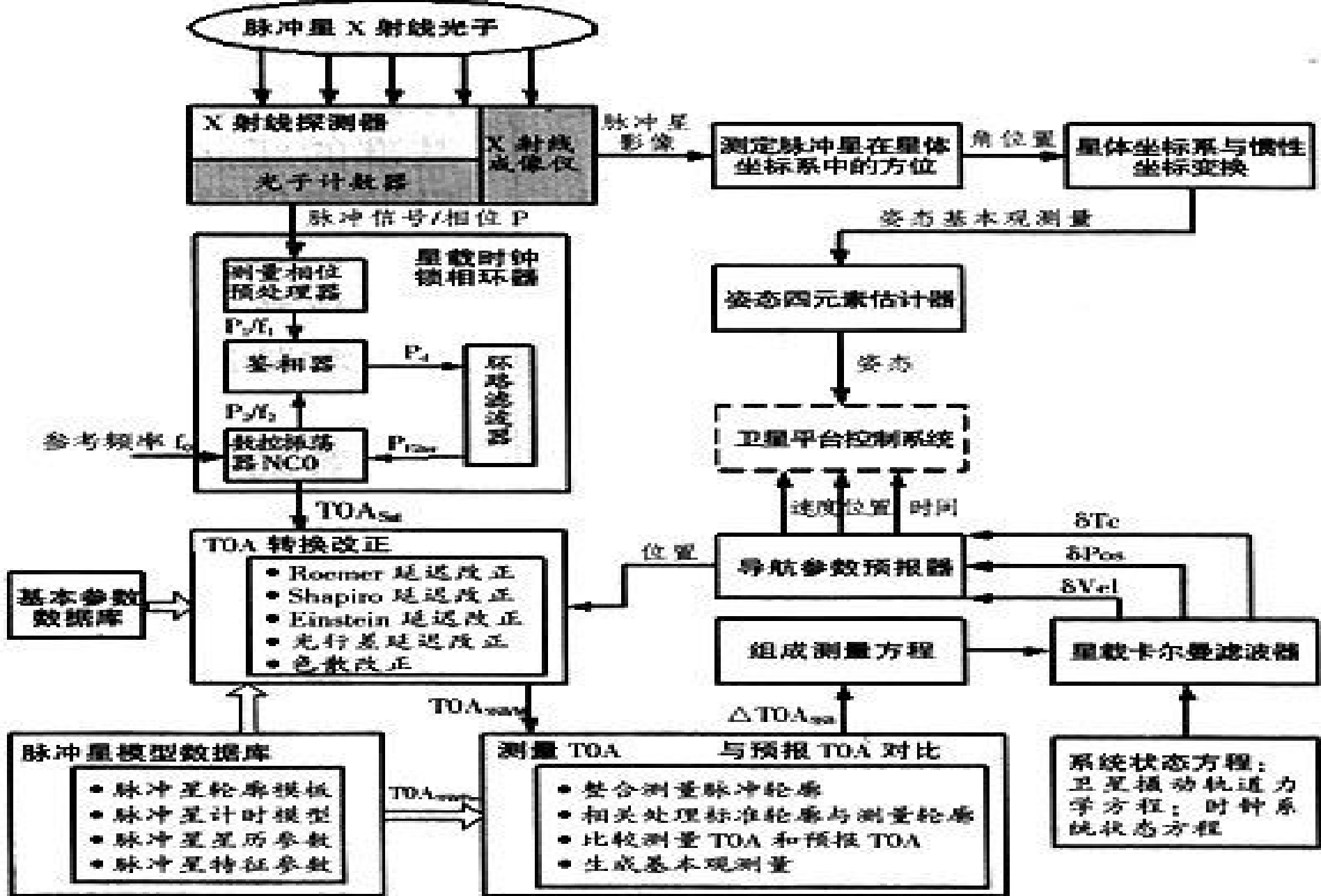


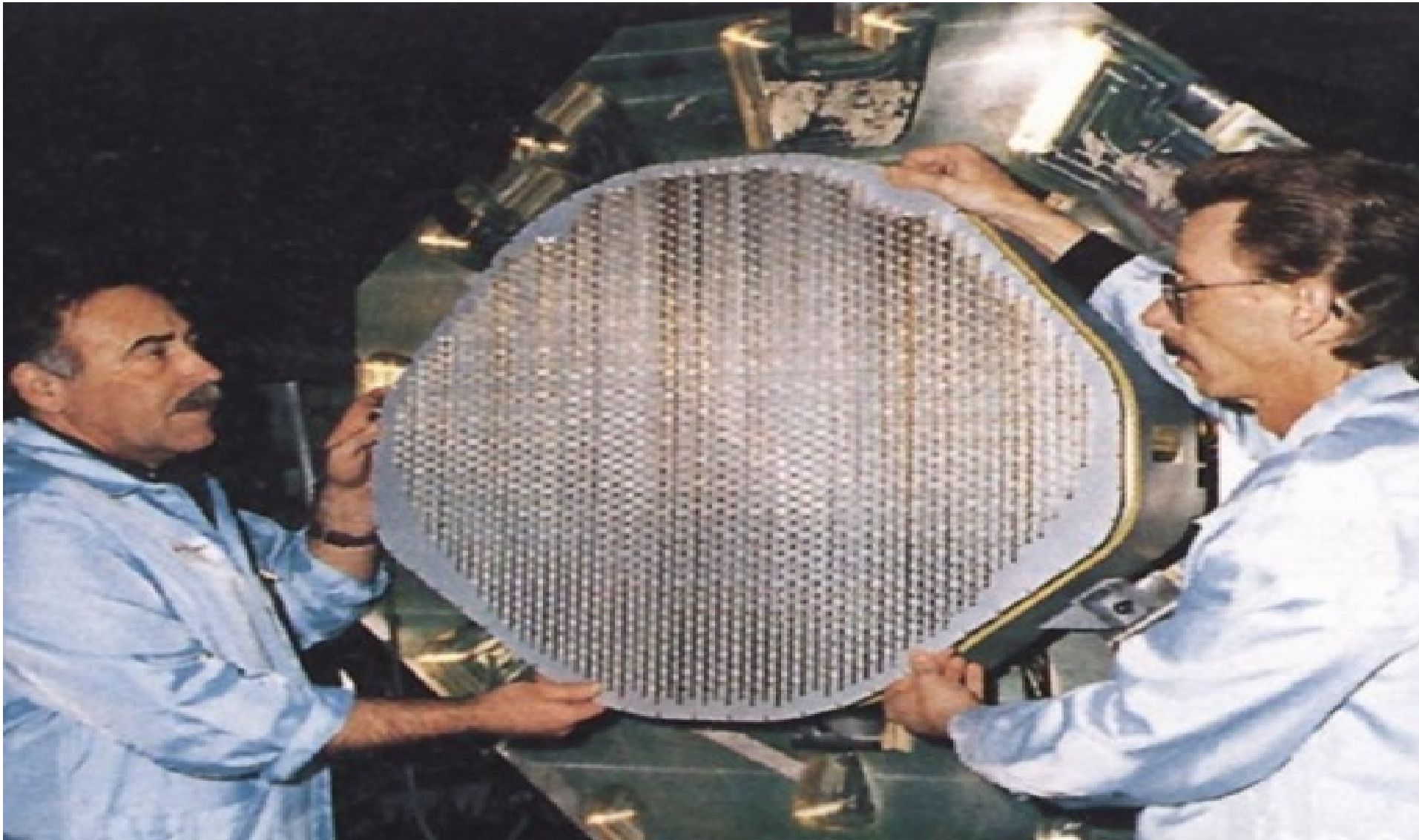
图4 基于X射线脉冲星的卫星自主导航原理框图 zz.net

X射线脉冲星与GPS和美国深空网 (DSN) 导航性能对比分析

| 对比项目 | X 射线脉 冲星 | GPS | DSN |
|---------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| 导航信号 数量 | >50 | ≥ 24 | 3 (地面站) |
| 可跟踪信 号数量 | ≥ 1 | 12 | 1~2 |
| 信号波长 (m) | $10^{-11} \sim 10^{-8}$ | 0.1903/ 0.2442 | 0.0357/ 0.1303 |
| 定位精度 (m) | 100 | <100 | 1000~ 100000 |
| 测速精度 (m/s) | 0.01 | 0.1 | 1.0 |
| 测姿精度 (°) | 0.01 | 0.3 | - |
| 授时精度 (μs) | <1 | 0.02 | <100 |
| 适用范围 | 低轨至星 际空间 | 地面至近 地空间 | 低轨至 深空网 |

射电脉冲星导航

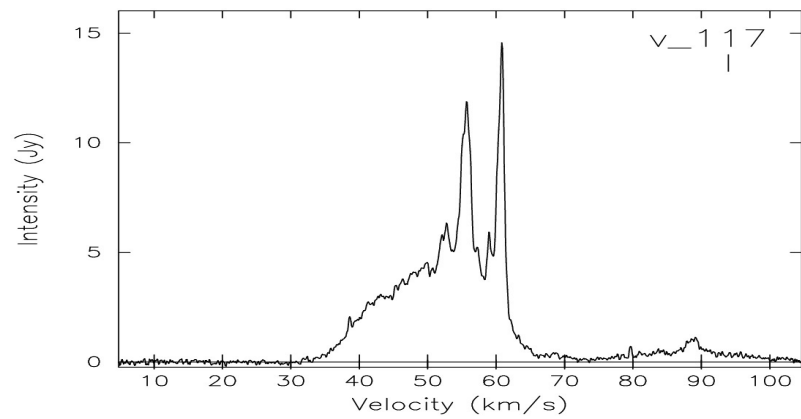
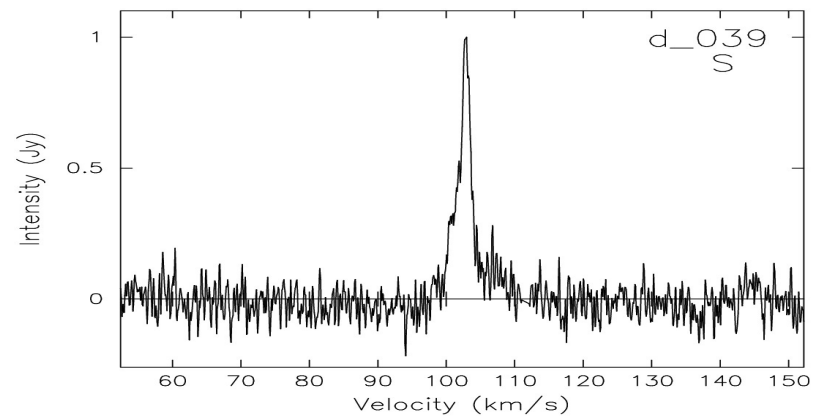
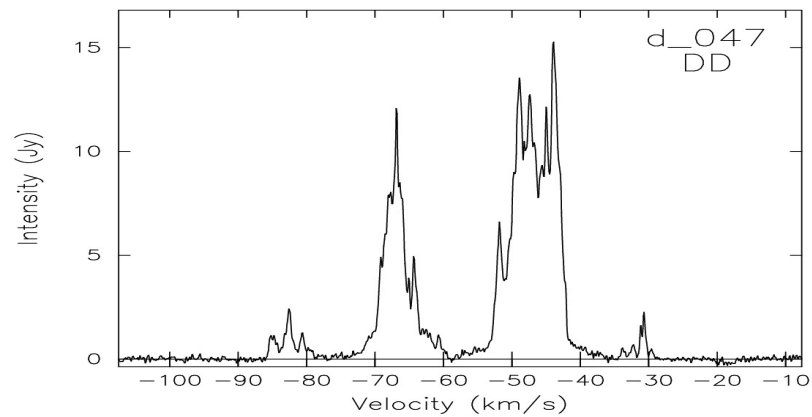
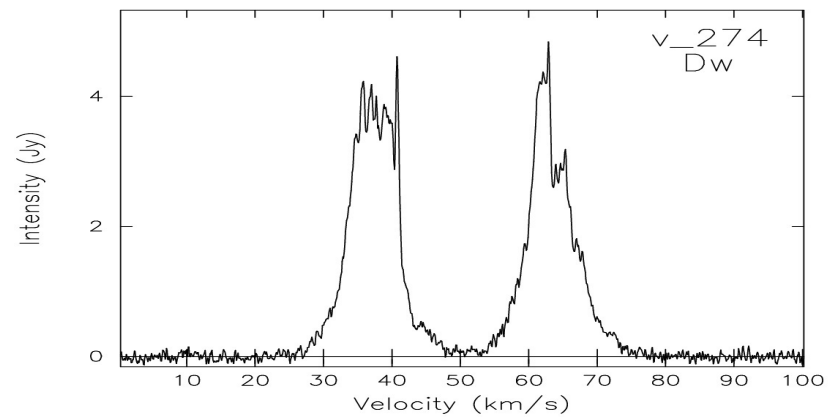
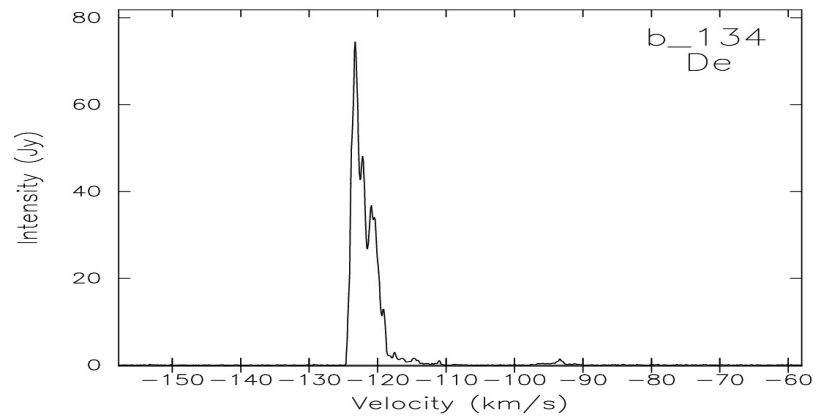
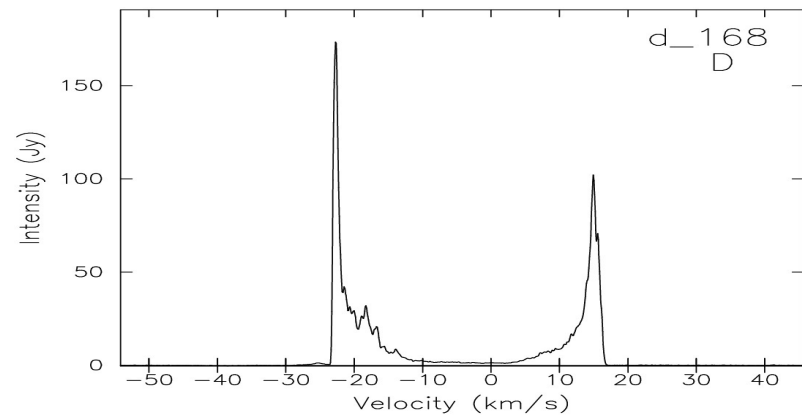
- 经我分析，仅用 **3** 米的天线或者 **1** 米的光学或者红外望远镜，就可实现脉冲星导航，这意味着在射电、光学和红外波段也可进行脉冲星导航（Jiang Dong. Pulsar navigation in the solar system. submitted, arXiv:0812.2635v1 [astro-ph] 2008a.）。这极大的拓展了脉冲星导航的应用范围，使得在航天、航空、航海、以至地面和水下都可以应用他。脉冲星导航同时也克服了传统射电天文导航技术可用射电源数量少、射电源信号微弱，从而难以实现连续导航，导航精度低、导航保障不连续、设备体积庞大的缺点，从而推动了相关研究。
- 可以全天候、全空间的实现定位、定姿（测角）、测速、计时

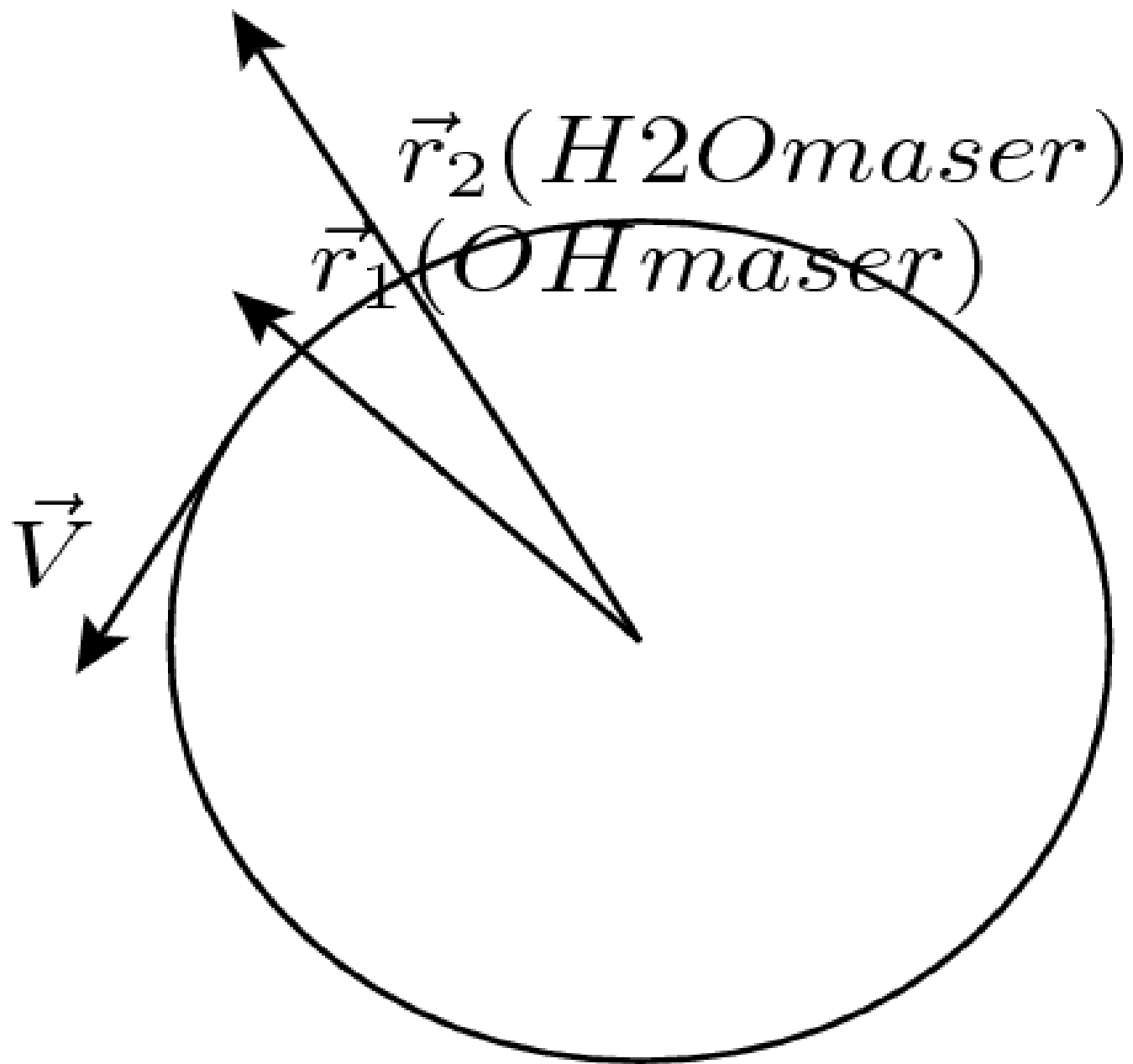




脉泽导航原理

- 脉泽导航是我提出的另一种导航体制（Jiang Dong. Maser navigation in the milky way and intergalactic. Submitted, 0901.0068v1 [astro-ph] 2009a.），其以天体脉泽源为信标，以多普勒原理为基础在射电波段进行导航。这一工作也将实现用小天线在射电波段的天体导航。
- 可以全天候、全空间的实现测速、定位、定姿（测角）





在深空探测当中的应用

- 随着距离的增加，**DSN** 人工射电导航能力将下降，脉冲星、脉泽导航不会被影响
- 在太阳的另一边，**DSN** 不能工作，脉冲星，脉泽导航仍能工作
- 在进入气态行星或者有大气层的固态行星时，**DSN** 会受到影响，脉冲星、脉泽导航不会
- 在探测器进入行星的背面，**DSN** 无法工作，脉冲星、脉泽不受影响