

NGST, GAIA 和 SIM

——21 世纪初的空间天文望远镜

万 同 山

(中国科学院上海天文台 上海 200030)

摘 要

“下一代大型空间天文望远镜”(NGST)、“空间干涉测量飞行任务”(SIM)和“天体物理的全天空天体测量干涉仪”(GAIA)是21世纪初的大型空间天文望远镜的计划。NGST和SIM是NASA“起源计划”的关键项目,可用于探索在宇宙最早期形成的第一批星系、星团。NGST是大口径被动制冷望远镜,口径4~8m,是哈勃空间望远镜(HST)和红外空间望远镜(SIRTF)的后续项目。它强大的观测能力特别体现在光学、近红外和中红外的大视场、衍射限成像能力上。将运行在近地轨道上的SIM采用迈克尔干涉方案,提供 $4\mu\text{as}$ 精度的恒星的精密绝对定位测量,由此导出高精度视差和自行,同时它具有综合成像能力,能产生10mas分辨率的图像。SIM可用于搜索其他的太阳系,研究恒星和太阳系的形成的过程;利用精密全天空天体测量,研究恒星和星团的动力学;校准宇宙距离尺度的距离和年龄指示器;探测活动星系演化的动力学。GAIA可对银河系的总体几何结构及其运动学做全面而彻底的普查,在此基础上开辟广阔的天体物理研究领域。GAIA采用Fizeau干涉方案,视场 1° 。GAIA和SIM在很大程度上是互相补充的飞行,使得两者的天文观测能力互相得到加强。

关键词 空间望远镜——空间飞行器

分类号: P171.3

1 引言

新一代的大型空间天文望远镜大约5年以前就启动了。这时依巴谷天体测量卫星和哈勃望远镜飞行任务还在执行之中。新空间望远镜计划的提出依据是天文学科学研究目标和技术的发展两者的结合。新的研究目标是原动力,它利用最新的技术,同时也促进了技术的发展。“下一代空间望远镜”(NGST, Next Generation Space Telescope)是哈勃望远镜(HST)的后续项目。哈勃望远镜的设计寿命是15yr,预定3yr一次的轨道上维护飞行已经进行了2次

(1993年2月和1997年2月),它可能工作到2005年,或稍长些。NGST和HST的波段覆盖不同:NGST从可见光到中红外光谱,而HST覆盖紫外到近红外光谱。NGST的口径为4~8m,其性能在近红外波段上(1~5 μm)优化,研究目标是探测最遥远的高红移宇宙,是NASA“起源计划”(Origins Program)的组成部分。“起源计划”的另一个关键项目是“空间干涉测量飞行任务”(SIM, Space Interferometry Mission),它是NASA的第一个空间干涉测量仪,其绝对定位精度达4 μas ,综合成图在可见光波段的分辨率为10mas,同时它还有一个目的:为未来的“起源计划”项目(如“类地行星寻找者”TPF(Terrestrial Planet Finder))验证关键性的技术。

欧洲空间局(ESA)1980年科学计划中的依巴谷天体测量卫星是1989年8月升空的。它开创了专用于恒星的位置、视差和自行的高精度空间测量,预定目标是测量120000颗主序恒星的恒星天体测量参数,在飞行时间2.5yr内达到精度2~4mas,以及以较低的精度测量400000颗恒星(Tycho实验)的恒星天体测量和双色测光特性。卫星于1993年8月中断了通信,它大大地超额完成了预定任务。最终的HIPPARCOS星表(120000颗恒星,精度在1mas量级)和Tycho星表(超过1百万颗恒星,精度20~30mas和双色测光结果)于1996年8月完成。ESA于1997年6月发表了星表。

早在1992年,ESA就着手建立“地平线(Horizon)2000”长期科学规划以后的优先科学项目,形成了“地平线2000+”,它保证了“地平线2000”科学目标的连续性和一致性,同时考虑到了光学二维干涉仪。正是由于HIPPARCOS的成功,ESA启动了一项“里程碑级”(Cornerstone-level)的科学计划:10 μas 级的“天体物理的全天球天体测量干涉仪(GAIA, Global Astrometric Interferometer for Astrophysics)”计划。计划认为,具有这样的精度将可用于银河系和邻近星系的动力学(包括距离,运动和恒星的伴星)研究。这项计划可能在2009年或2014年实现。

2 NGST^[1,2]

2.1 背景情况

HST已经得到了遥远宇宙的激动人心的图像。于1997年安装的近红外摄像机和和多目标摄谱仪(NICMOS)以及空间望远镜成图摄谱仪(STIS)把HST的观测扩展到了近红外并提高了紫外光谱上的效率。高级普查摄像机(ACS)即将研制并预定在1999年安装,以提高HST在紫外-光学-近红外(UV-Optical-Near-IR)的灵敏度和成图的性能。同时,制冷的红外空间天文台ISO和空间红外望远镜设备SIRTF飞行任务将红外天文卫星(IRAS)在中-远红外的灵敏度提高了几个量级。在地面,10m口径的Keck I和II望远镜的研制铺平了发展十几m、轻重量望远镜的道路。这些地面望远镜将利用现代制冷技术以提高内部的“视宁度”和应用光学结构,以便在2.2 μm 大气窗口中具有衍射限的成图性能。在短波段,激光导星技术可以在光学波段提供衍射限的成图,但仅限于小视场(几角秒)。

根据HST和它的未来发展计划,空间观测的最大效益可以这样来实现:(1)延长HST的飞行,(2)在远红外发展大孔径的、被动制冷天文台,(3)发展干涉技术,用以发现邻近恒星的行星。这些目的将在可以预期的技术和经费的范围内加以实现。

2.2 科学目的

NGST 是 NASA 的“起源计划”的关键项目。其望远镜的口径将至少 4m, 而且辐射冷却到 30~60 K, 可以在红外波段极深度曝光, 寿命 10 yr。

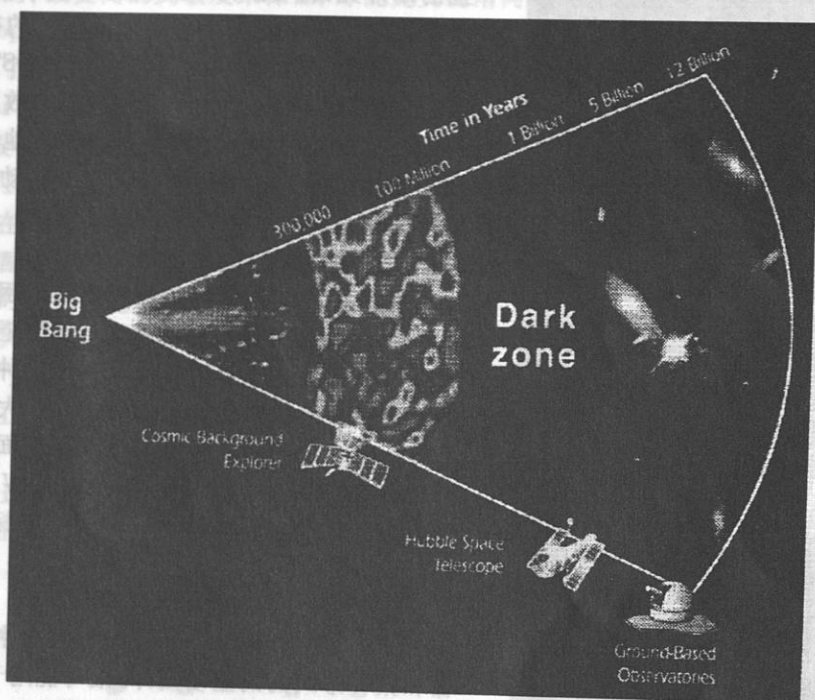


图 1 从大爆炸到我们看到的星系和恒星^[1]
NGST 将观测恒星和星系开始形成的那个时期, 即图中的“暗区 (dark zone)”, 这是现有的望远镜所不能达到的地方。微波背景探测器 (COBE) 探测的是大爆炸后的 30 万到 1 亿 yr 时期, 那时可形成星系和恒星的“种子”已经生成

实施 NGST 计划的目的是利用红外波段的成图和光谱分析来研究宇宙在充分冷却以后可能形成分立结构的时候所形成的第一批恒星和星系。它的观测波段和 HST 不同。HST 覆盖紫外到近红外, 而 NGST 则覆盖可见光到中红外波段。NGST 的灵敏度要求高, 其主镜口径将至少是 HST 的两倍, 争取达到 8m, 在红外波段 ($1\sim 5\mu\text{m}$), 有最佳的性能。

目前的星系形成理论认为, 大规模的恒星系统的形成是非常猛烈的事件。这些事件在高红移的波段是可见的。这是因为初始的能量爆发虽然发生在静止框架中的紫外区, 以后到了离现在极其遥远的距离 (以时间计) 会上红移到红外区, 这里有大爆炸以后形成

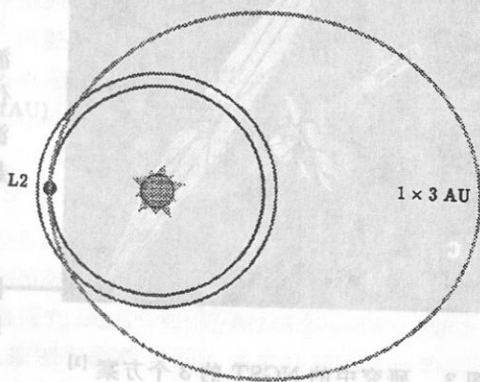


图 2 NGST 的轨道^[1]

要求望远镜置于远离地-月系统, 以减少散光并保持望远镜相对低温。为此可考虑的两种轨道是第 2 拉格朗日点 (L2) 和一个 $1 \times 3\text{AU}$ 太阳轨道

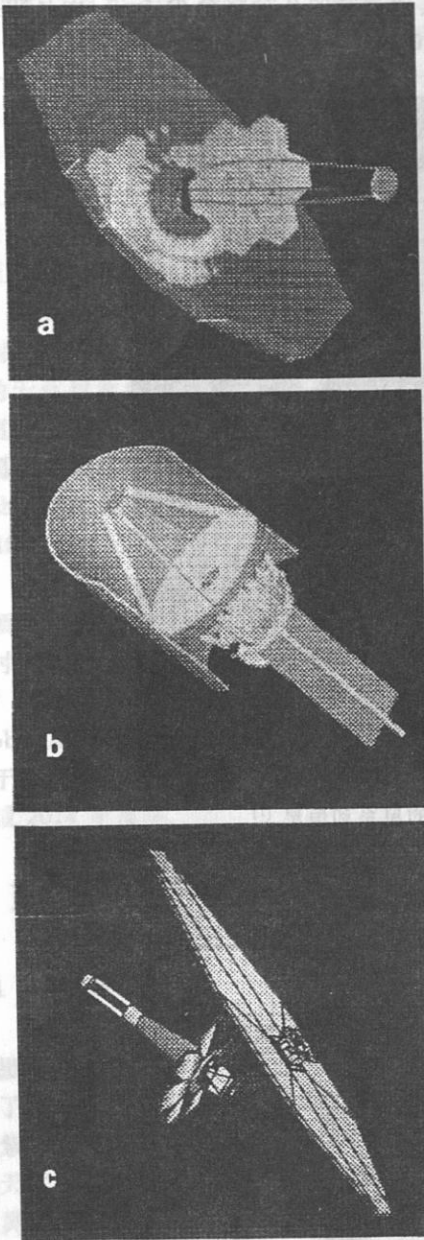


图3 研究中的 NGST 的 3 个方案^[1]

(a) 8m 多镜面主镜望远镜, 可升式防太阳罩, 置于 L2(TRW). (b) 6m 单主镜望远镜, 固定式防太阳罩, 置于火星以外的行星际轨道 (Lockheed Martin). (c) 8m 多镜面主镜望远镜, 可膨胀式防太阳罩, 置于 L2(GSFC)

的第一批恒星和星系。现在建造的大型地面望远镜有许多前沿研究, 但不能获得像 NGST 那样完整的红外光谱。此外, 地面望远镜受大气湍流影响的星像模糊不能完全消除, 大视场的衍射限成图只有空间望远镜才有可能。为此 NGST 将发射到远离地球的轨道上, 以避免蔓延到数百英里以外的残余的地球大气, 同时减小出入地球阴影的热和引力梯度的作用以减少飞船的震动, 使图像保持清晰。

2.3 技术要求

首先, NGST 飞行的最重要和最困难的技术是设计和制造 4~8m 的主镜。与地面望远镜不同的是, 必需满足重量轻的要求, 有 2 种可能的方案。一种是单镜面的, 已由亚利桑那大学研究验证, 其传感器和计算机控制可采用地面望远镜上已有的方法。哥达德飞行中心和 TRW 小组提出了多镜面技术。根据 NGST 的科学目标, 对望远镜还要求:

(1) 中-红外检测器和制冷要求:

NGST 扩展到中/热 IR 波段要求特殊的检测器和某种形式的主动制冷。最可能用于 1~5 μ m 波段的检测器是能工作于和被动制冷 (30~50K) 相适合的温度。这是仪器的可靠性和长寿命所必需的。

(2) 光学温度和长波截止:

NGST 的光学和仪器系统的温度对中/热 IR 波段有很大的影响。预计对于光谱分析工作模式仪器的中-红外部分需要制冷到 $T < 20\text{K}$ 。否则, 波长截止必需缩短, 使扩散到光束的热辐射不致超过检测器的热电流。

(3) 近红外大视场:

得到有统计意义数目星系的时间和近红外成图的视场成反比。这样 NGST 要求充分大的视场以便在 0.5yr 中执行一次超新星的普查。

(4) 克服星像混淆和对弱星系的跟踪分光:

在早期形成的星系中, 绝大部分弱星系的表面亮度很低, 因此混淆 (confusion) 问题是一个重要的障碍。“哈勃深度场” (HDF) 图像指明了它的复杂性和丰富性, 希望用 NGST 的深度图像来探索。SIRTF 有极高的灵敏度, 但分辨率只有 1.5",

只能用来研究红移 $z = 2 \sim 3$ 的最亮的、最大的星系。对低一些流量和红移大一些的星系, SIRTf 为混淆所限而无能为力。SIRTf 的图像显示要求具备 HST 的分辨率 ($< 0.1''$), 同时还要有相应的、或更高的灵敏度来保证, 才能免受混淆问题困扰。对弱星系的跟踪分光 (follow-up spectroscopy) 是 NGST 的难题。实际上, 弱点源的流量在分散成 1000 个波长范围中的时候就检测不到了, 除非其光谱线很强。NGST 的目标是用光谱分析来证认新形成的红移 $z = 8 \sim 10$ 的亮 Lstar 星系, 如果它存在的话。不过, 这个问题尚待研究。

(5) 设备的开放性:

NGST 在近和中-红外波段的前所未有的性能对广泛的天文研究领域有重大的影响, 因此, 预计在 NGST 升空后进行最初的早期星系和超新星普查期间或普查后, 会有一部分观测时间将分配给一般的观测者, 实行课题竞争。NGST 的波段覆盖 ($0.5 \sim 30 \mu\text{m}$) 比 HST 宽约一个量级。时间的分配大致是核心普查项目约 1.5yr, 超新星普查 0.5yr, 一般观测项目 (分配给全球广大天文学家) 约 3yr。

2.4 计划进度

NGST 是正在进行可行性研究的项目, 目前建议的发射时间是 2007 年。NASA 已邀请 ESA 在继 HST 的成功合作后再次在 NGST 上合作。值得注意的是 NGST 的造价将反而比 HST 低, 这得益于技术的迅猛发展。NGST 飞行任务将向全天文界开放, 而不是 PI 模式。这对飞行的设计也提出了要求。

2.5 飞行参数

表 1 NGST 飞行参数 [7]

参 数	要 求	目 标
波长范围	$1 \sim 5 \mu\text{m}$	$0.5 \sim 30 \mu\text{m}$
孔径直径	$> 4\text{m}$	$> 8\text{m}$
角分辨率	衍射限 ($2 \mu\text{m}$)	衍射限 ($0.5 \mu\text{m}$)
谱分辨率	$100 \sim 1000$	$100 \sim 3000$
光学温度	$< 60\text{K}$	30K
视 场	$4' \times 4' (1 \sim 5 \mu\text{m})$	增加 $2' \times 2' (5 \sim 30 \mu\text{m})$
灵敏度	黄道背景限 (在 1AU)	宇宙红外背景限
瞬间天空覆盖	$> 20\%$ 可用	
飞行天空覆盖	100% 可用	
寿 命	5yr	10yr
轨 道	L2 或 1AU	$1 \times 3\text{AU}$

3 SIM^[3]

3.1 科学目的

SIM 是 NASA 第一个用来专门测量恒星位置的空间干涉测量项目。SIM 将利用多个望远镜, 布置在 10m 长基线上。SIM 在天体测量研究领域将是革命性的, 是 NASA ‘起源计

划'中的关键飞行。其科学目标包括广泛的天体物理的重要领域: 搜索其他的太阳系, 研究

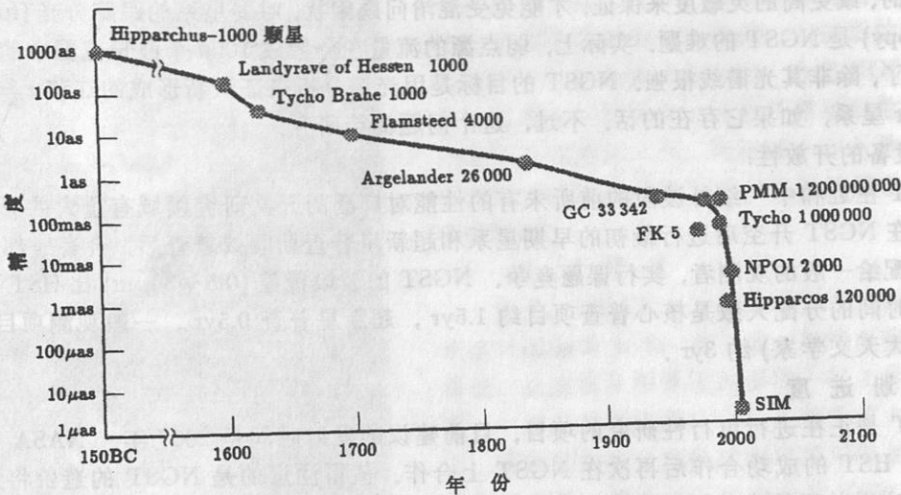


图 4 天体位置和运动的测量精度的进展

Hipparcos 实现了一次测量精度的飞跃, SIM 将实现另一次飞跃。该图取自因特网, Website: http://sim.jpl.nasa.gov/library/SIM_Summary.pdf

恒星和太阳系的形成的过程; 利用精密全球天体测量, 研究恒星和星团的动力学; 校准宇宙距离尺度的距离和年龄指示器; 研究活动星系演化的动力学。

SIM 的仪器性能如下: 精密天体测量对暗到 20mag 的目标的定位精度达 $4\mu\text{as}$ 。利用全球天体测量, SIM 不仅可以测量太阳附近天体的视差距离, 而且可以测量银河系中任何地方的甚至最近的星系即大小麦哲伦星云中天体的视差距离。由于卫星将飞行 5yr, 可用以测量银河系中恒星位置的变化, 精度达 $0.2\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ 。SIM 测量的横向速度和地面(光谱分析)测量的径向速度结合可以计算恒星的三维速度, 以便直接研究恒星系统的动力学。SIM 可以用不同的基线观测, 这就可以用旋转合成图法产生图像, 原理和甚大阵(VLA)一样, 而其分辨率可达 10mas。研究的目的是星团、恒星形成区和活动星系。

3.2 干涉仪系统

SIM 采用迈克逊干涉方案即光瞳平面干涉仪。它把 3 个共线干涉仪安装在 10m 长的支架上。其中 2 个干涉仪用以获取亮导星的条纹以便对飞船的姿态(方位)作高精度的测量。第 3 个干涉仪观测目标并测量其相对于均匀分布在天球上的约 4000 个恒星组成的天体测量网格的位置。目标一般是弱源(18~20mag), 将用对 2 个导星干涉仪测得的位置来精密确定第 3 个(科学)干涉仪的指向, 以便得到干涉条纹。用这项技术, 再加上在空间没有大气扰动, SIM 将可以在一轮观测中获得位置测量所需的精度。注意; 这里是指精密的仪器姿态, 而不是精密的姿态控制。此外, 还有一个外部的计量系统, 从共同的四面体参考系来测量 3 个基线向量(即主镜间的距离), 以监测基线和 3 个干涉仪间相对的取向的微小变化。这一测量和干涉条纹位置的信息就可用来测定恒星间的角距, 达到微角秒的精度。SIM 的工作波段在 400~1000nm, 要求位置控制在 10nm 量级。因为各镜面的准直必需控制在波长的 1/20。其

总的要求是, SIM 将成为新一代的空间望远镜, 它将工作在“紫外-可见光-红外”波段, 孔径达 10m。

SIM 可以用“直接模式”或“相消模式”工作。SIM 是用 CCD 作“干涉条纹”的检测器的。两路光线从取光器(主镜)到检测器的光程差是零或观测波长的整数倍时形成“相长干涉”, 而当两路光线的光程差是观测波长的半整数倍时, 就形成“相消干涉”, 这时, 除光学不完善的散光以外, 星光不能到达检测器。利用“相消干涉”可以观测到靠近亮星的暗弱目标, 这就有效地提高了动态范围。SIM 的相消光束综合器将抑制轴上的光至 1/10000(相消深度)。这个技术是为 TPF 创造条件的。TPF 将以对邻近的太阳系的成图为目的, 仪器的高动态范围很重要。SIM 成功的相消模式观测将成为 TPF 的关键技术的实际验证。

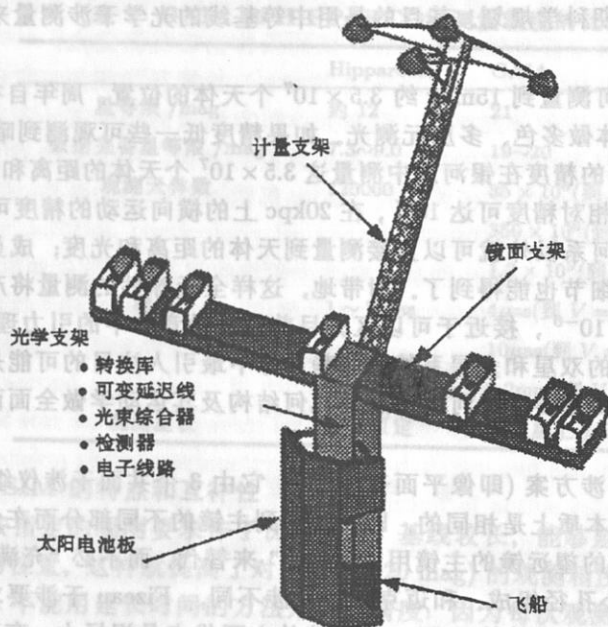


图 5 SIM 干涉仪示意图

本图取自因特网, Websit: <http://sim.jpl.nasa.flightsystem/index.html>, 这种结构现称作 SIM-classic, 还有其他的结构方案 (Son of SIM) 也在研究中。最后的方案将在 1999 年根据技术可行性、科学性能、飞行风险、造价和研制周期等诸因素综合考虑决定

3.3 成图能力

SIM 的视场约为 $0''.3$, 其成图分辨率在光学波段的中心 (7000\AA) 是 10mas , 这比 HST 和地面望远镜高了很多, 但这是对于很小的目标星或大目标星的选定区域而言的。许多的观测目标将选自 HST 所得的恒星形成区中的某区域。这样 SIM 得到的是小于 $1''$ 范围中的图像的细节。SIM 采用“旋转综合法”, 这样对于一个亮目标大约需要 2h 的观测。这种旋转综合法其实和射电干涉法 (如 VLA, VLBI) 原理相同。只是光学和射电的综合成图在处理噪声方面, 有一个重要的不同。对射电而言, 噪声几乎和观测的目标无关。而对光学, 几乎所有的噪声都来自目标本身。这就是说, 在光学波段, 展源目标要观测很长的时间才能获得可用的信噪比。这样, 对于伸展的、低表面亮度辐射的目标成图需好几 d。SIM 对这样的弱目标观测不

会多。

3.4 计划进度

SIM 是工作在离地球 900km 轨道上的光学干涉仪。SIM 飞船将发射到近极的、圆形太阳同步轨道, 预定在 2004 年用 Delta II 7920 火箭发射。

4 GAIA^[4,6]

4.1 科学目的

GAIA 是继 HIPPARCOS 之后的第二代空间天体测量飞行任务, 属于欧洲空间局 (ESA) 的‘地平线 2000+’的长期科学规划。其目的是用中等基线的光学干涉测量来做最广泛的天体物理研究。

据目前论证, GAIA 可测量到 15mag 约 3.5×10^7 个天体的位置、周年自行和视差, 精度 $4 \sim 10 \mu\text{as}$, 并可对每个天体做多色、多历元测光。如果精度低一些可观测到暗达 20mag 的目标。其科学目的是: 用这样的精度在银河系中测量这 3.5×10^7 个天体的距离和动力学参数, 则银心的(三角视差)距离的相对精度可达 10%, 在 20kpc 上的横向运动的精度可达 $1 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ 。这样, 在整个银河系和银河系以外就可以直接测量到天体的距离和光度; 成员星运动可以测出, 而双星和多星性质的细节也能得到了。附带地, 这样全天候性的测量将产生前所未有的时空度规 (γ 精度好于 1×10^{-6} , 接近于可以区分目前的各种竞争中的引力理论)、几百个横向的角直径和观测到大量的双星和多星系统。这些目标中最引人注目的可能是测定横向的行星系统。总的来说, GAIA 是要对银河系的总体几何结构及其运动学做全面而彻底的普查。

4.2 干涉仪系统

GAIA 采用 Fizeau 干涉方案(即像平面干涉仪)。它由 3 个共面干涉仪组成。Fizeau 干涉的原理和传统的望远镜本质上是相同的, 即光投射到主镜的不同部分而在焦平面上干涉成像。Fizeau 干涉仪把传统的望远镜的主镜用“分孔径”来替代, 而不必“充满”孔径, 最简单的 Fizeau 干涉仪由 3 个小孔径组成。和迈克尔逊干涉不同, Fizeau 干涉要求刚性的三维结构, 而迈克尔逊干涉只要求二维结构。Fizeau 干涉的主要优点是视场大, 有利于空间成图。它的可行性取决于检测器性能和计量技术。要求检测器能在 1 平方度上以 $0.02'' \times 0.2''$ 的分辨率成像, 这就需要新型的 CCD。计量技术要求能跟踪不同干涉仪中各光学部件的相对运动, 时间尺度是 $1 \sim 10^4 \text{ s}$ 。ESA 对 GAIA 的支持则取决于能否达到总目标 15mag 下 $10 \mu\text{as}$ 的测量精度。

4.3 GAIA 和依巴谷天体测量卫星 (HIPPARCOS)

依巴谷天体测量卫星的一些新科学结果在意大利的一次学术会议 (Hipparcos Venice '97 Symposium)^[5] 上有比较充分的展现, 会议论文集已在因特网上提供。会议报告了 Hipparcos、Tycho 星表和第一批天体物理研究结果。其中有: (1) 根据 HIPPARCOS 对毕星团的成员星的直接的距离测量(视差)首次得到了毕星团的空间结构三维图像。(2) HIPPARCOS 和 Tycho 星表的初步结果。(3) 首次用 HIPPARCOS 对造父变星本身的三角视差测得造父变星的周光关系零点。(4) 用 HIPPARCOS 和 Tycho 星表编制了欧洲空间局红外空间天文台 (ISO) 的导星和校准星表, 使 ISO 卫星指向或跟踪良好。(5) 精密检验广义相对论; HIPPARCOS 数据在相对论的框架中处理考虑了太阳引起的光线弯曲。和以前不同的是, HIPPARCOS 的测量

不再限于几个太阳半径范围,而是扩展到了大部分天区。同时,会议还展示了未来空间天体测量的科学研究展望和 GAIA、SIM 的研究进展。

GAIA 将利用 ESA 已取得很大成功的 HIPPARCOS 的许多原理,从而使微角秒的天体测量成为可能。诸如:连续扫描的卫星提供了全天球天体测量系统,可以测量所有恒星的绝对三角视差;所有的恒星的位置、自行和多重参数是作为全天球测量系统的组成部分测定的;和 HIPPARCOS 相比,GAIA 能将显著弱的观测极限直接连接到河外参考系;GAIA 在精度、极限星等和恒星数目有这样的大幅度提高是由于以下 3 点基本的改进:(1)基线较长;(2)更有效的检测器,即不用 IDT(析象管),而用 CCD;(3)因为用了 CCD,在视场内对所有天体是同时观测而不是按顺序分别观测。

表 2 GAIA 和 HIPPARCOS 测量精度的比较 [7]

	Hipparcos	GAIA
星等限 /mag	约 12	21
数据完备星等限 /mag	7.3~9.0	19~20
观测天体数	120000	35 × 10 ⁶ (到 V = 15) 350 × 10 ⁶ (到 V = 18) 1.3 × 10 ⁹ (到 V = 20)
精度	1 ~ 2mas	4μas(到 V = 10) 10μas(到 V = 15) 0.2mas(到 V = 20)
观测星表	事先拟定	在卫星上 / 无偏

4.4 GAIA 和 SIM 的特点和互补性

SIM 已经按指定的观测要求作了优化设计:基线较长,能够延长对单源的观测时间,并实时监测基线的位置,这样就提高了对弱源(约 20 mag)的观测精度,而 GAIA 不能达到这样的精度。GAIA 不能用延长时间的办法来提高精度:因为每次观测时间是由飞船的自旋所预先固定。要注意,GAIA 的精度是“一次飞行任务”的精度,它是结合 5 年观测来完成的,而 SIM 达到同样的精度是由单次观测得到的。此外,GAIA 还要按固定的观测纲要来观测:每个目标的观测历元是事先确定的。这对双星的观测不利。GAIA 是天文普查观测,要观测大量的源,因而对单个源的观测受到了限制,但它有能力测定银河系中大量的源,对广泛的星系结构问题的研究有极大的价值。

GAIA 和 SIM 在性能上具有互补性:GAIA 能提供参考恒星的大角度网,形成一个均匀的参考系,这对 SIM 是有用的。SIM 除了能观测极限星等较暗的天体和具有较高的精度外,还有一些性能是 GAIA 所没有的,如对复杂源(多重点源或点源加展源)成图,能观测有时间要求的源(变源,双星,突发天象等),同时 SIM 还可从事新兴技术的试验,如 TPF 的“干涉相消”等。

GAIA 和 SIM 相比尚处于不成熟的阶段,其可行性取决于两方面的技术,即检测器的性能和在 1~10⁴s 的时间尺度之间在不同干涉仪中跟踪分开的光学成分的相对运动的技术。

4.5 研究进展

为了确定该计划的进一步细节, ESA 已成立一个科学小组从科学和技术上加以进一步的论证, 卫星的发射时间有望在 2007 年。

5 结束语

NASA ‘起源计划’的一个关键项目是 NGST, 预计它将是 4~8m 的大型空间望远镜, 它的无可比拟的特色是红外探测, 也是宇宙起源研究的关键问题。SIM 是 ‘起源计划’ 的另一个关键项目, 是向空间光学干涉测量的发展。这种光学干涉测量的分辨率将来有可能赶上射电的甚长基线干涉测量 (VLBI), 把射电和光学的图像连接起来。它不但是精密天体测量而且是有成图能力的孔径综合望远镜, 因而有广阔的天体物理观测能力。

GAIA 从属于欧洲空间局 (ESA) 的 “地平线 2000+” 长期科学规划, 它也采用了干涉测量方法。它和 HIPPARCOS 空间计划相比, 观测天体数和测量的精度都达到高出几个量级的水平。在这样的水平上, 对天体物理的研究将有更重要的意义。在恒星物理和演化、星系动力学、行星系统的探测和相对论等方面的研究 GAIA 都能提供基本的条件, 同 NGST 和 SIM 一样能推动对宇宙起源的更深一步的探索。

值得注意的是, 这些大型计划的性能虽都有几个量级的提高, 而造价并不太高。以 NGST 为例, 预计将比 HST 低许多。其原因是空间工业发展了, 有标准件可用; 飞船的电子设备和发射费用都下降; 计算机有革命性的进展; 大型的红外阵列检测器和用于短波段的 CCD 一样灵敏。这些在几年以前还是不能想像的。

参 考 文 献

- 1 Stockman H S ed. The next generation space telescope—visiting a time when galaxies were young, The NGST Study Team, Space Telescope Science Institute, The Association of Universities, Inc. 1997(Website: <http://ngst.gsfc.nasa.gov/project/>)
- 2 Dressler A ed. Exploration and the search for origins: a vision for ultraviolet-optical-infrared space astronomy, Report of The “HST & Beyond” Committee: Association of Universities for Research in Astronomy, Washington, D.C. 1996 (Website: <http://origins.jpl.nasa.gov/>)
- 3 Unwin S, Danner R. The space interferometry mission: taking the measure of the universe, the Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, to be published in March 1999
- 4 Lindergren L, Perryman M A C. Astron. Astrophys. Supple. Ser., 1996, 116: 579 ~ 597
- 5 Proceedings of The Hipparcos Venice '97 Symposium, 1997 (Website: <http://astro.estec.esa.nl/SA-general/Projects/Hipparcos/venice.html>)
- 6 Lindergren L, Perryman M A C. In: Proceedings of The Hipparcos Venice '97 symposium, 1997(Website: <http://astro.estec.esa.nl/SA-general/Projects/Hipparcos/venice.html>)
- 7 Website: <http://astro.estec.esa.nl/SA-general/Projects/GAIA/>

NGST, GAIA and SIM

—Space Telescopes in the First Decade of 21st Century

Wan Tongshan

(Shanghai Astronomical Observatory, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030)

Abstract

The new space telescopes were initially planned some five years ago. There are NGST (Next Generation Space Telescope), SIM (Space Interferometry Mission) and GAIA (Global Astrometric Interferometry for Astrophysics) among them. NGST and SIM are two key programs from NASA's Origins program for exploration of galaxies and clusters formed extremely early in the history of the universe. The NGST will be a large aperture, passively cooled telescope of 4~8m effective aperture to follow HST and SIRTIF. It will have an enormous scientific impact relative to other facilities, particularly for wide-field, diffraction-limited imaging in the optical, near-IR, and mid-IR. SIM will use a Michelson interferometer in a low-Earth orbit to provide $4\mu\text{s}$ precision absolute position measurements of stars and the derived high-precision parallaxes and proper motions. It can use the technique of Rotational Synthesis Imaging to produce images with 10 milliarcsecond resolution. It will be used to search for other solar systems and study the processing of star and solar system formation, the dynamics of stars and star clusters in our galaxy using precision global astrometry, calibrate distance and age indicator used for the cosmic distance scale, and probe the dynamics and evolution of active galaxies. GAIA is aimed at a comprehensive survey of the overall geometric structure and its kinematics of our Galaxy which lead to broad research into astrophysics. It uses Fizeau type interferometer with a degree field of view. GAIA and SIM are largely complementary missions and can greatly enhance each other capabilities and the scientific progress in the field of astrometry.

Key words space telescope—space vehicle