

前沿

依巴谷卫星的首批结果和 第二个依巴谷计划*

萧耐园 凌兆芬

(南京大学天文系, 南京 210008)

须同祺 王叔和

(中国科学院上海天文台, 上海 200030)

提 要

本文介绍依巴谷卫星在1989年11月至1991年2月期间的首批观测及由此求得的结果。在此期间观测了二万余颗恒星, 对其中至少一万颗测定了观测中央历元的位置和视差, 精度分别为 $0''.005$ 和 $0''.007$ 。首批结果从整体上检验了依巴谷计划, 包括观测纲要、输入星表、卫星及其功能和资料处理等方面。第二个依巴谷计划已被提出, 建议于1999年发射。卫星的结构和功能将优于现在的依巴谷卫星。主要目标是在3年内测量40万颗恒星的位置、视差和年自行, 精度各达到 $0''.001$ 。

一、引言

依巴谷天体测量卫星于1989年8月由欧洲空间局(ESA)以Ariane IV火箭发射升空。其目标是精密测定约11万8千颗亮于12.5mag的恒星的位置、视差和自行^[1]。由于卫星远地点火箭助推器点火失败, 卫星没有能进入预计的圆形地球同步轨道, 而运行在一个椭圆轨道上。这个轨道的远地点为35900km, 近地点为540km, 倾角为 $6^\circ.8$, 轨道周期为 10^h40^m ^[2]。这样的轨道造成一系列问题: 观测覆盖的天区出现了两个盲区, 中心分别为 $\alpha = 2^h$, $\delta = +15^\circ$ 和 $\alpha = 17^h$, $\delta = -15^\circ$, 直径达 30° ; 地面站不能全天跟踪观测; 轨道近地点远远地深入地球内辐射带之下等等。这些因素严重地影响了观测的连续性, 使得卫星的观测时间比原计划损失50%。此外, 在卫星运行过程中也发现了某些主要部件失效或存在问题^[3], 例如从1990年12月以来, 为绕z轴(自转轴)定向的两个陀螺仪已不能使用, 而这一功能全部依靠第二套陀螺。这就导致某些操作不得不依靠备件, 而万一这些备件失灵, 问题就更严重。

*国家自然科学基金资助项目。

1992年8月24日收到。

不过早在1990年4月欧洲空间局(ESA)就预计依巴谷卫星将在目前的椭圆轨道上运行2.5—3年,并将达到原计划观测精度^[4]。卫星运行情况也表明^[8],如果主要部件不发生故障,将可以工作到1994年年底,因为已发现太阳能电池因辐射损伤引起的质量下降非常缓慢,而且用于姿态控制的氮气消耗在机载控制软件的良性操纵下有某种程度的缩减。这些都是有利的方面。

现在由依巴谷卫星采集的首批观测资料,已经经过地面资料处理中心的计算而得到了结果。这将对这一空前的空间天体测量计划的最具权威性的检验。这也是天文学界所关心的问题。

二、依巴谷卫星的首批结果^[5]

尽管依巴谷卫星在一个不理想的轨道上运行,它从1989年11月份起就源源不断地采集着高质量的科学资料。第一年的观测资料只有一小部分提供给三个资料处理中心FAST(Fundamental Astrometry of Space Technique)、NDAC(Northern Data Analysis Consortium)和TDAC(Tycho Data Analysis Consortium)^[1]。这是因为分配这些资料的目的仅限于检验ESA与各资料处理中心的资料贯通,并便于后者检验其软件对实际资料的分析处理和各中间结果的相互比较。本文主要介绍NDAC的处理结果。

1. 观测过程

这里处理的是依巴谷卫星在1989年11月至1991年2月,跨度16个月内的资料。在此期间卫星观测了约1880h,占全部16个月运行时间的约18%。其中有效观测时间约1317h;其余563h因各种原因丢失,主要为:(1)卫星不能为所有地面站观测到;(2)在卫星通过辐射带时探测器视场的背景太亮;(3)卫星姿态不准,当主探测器指向纲要星时偏离目标太远。(4)视场太靠近地球或月亮。

因而,在上述观测时期内观测小时数的分布也是很不均匀的。从1989年11月起,每个月的观测小时依次是:55, 76, 0, 115, 20, 12, 320, 92, 241, 72, 283, 14, 0, 0, 0, 17,如图1所示。这对于测定位置和视差十分不利,从而使大部分被测恒星得不到结果。这些时间里的扫描观测形成了171个参考大圆,所有的观测将对于这些参考大圆进行归算。

图2绘出171个参考大圆在天球上的分布。由于两个视场的扫描运动与相应的参考大圆只隔几度,这一图形也表明了在此期间依巴谷卫星扫描观测的区域。显而易见,卫星的观测在整个天空留下了很大的空白区域。

2. 资料归算

归算观测资料的主要步骤是^[6]:

- (1) 用恒星测绘仪和陀螺仪的数据测定姿态至 $0''.1$ 的精度;
- (2) 对主探测器的光子计数作分析,产生相对于主焦栅格的瞬时像坐标;
- (3) 把几小时以内的这种栅格坐标合成为相对角位置,即沿特定的参考大圆的横坐标;
- (4) 把所有的横坐标统一归算为在全天自洽的位置、视差和自行系统(全球解)。

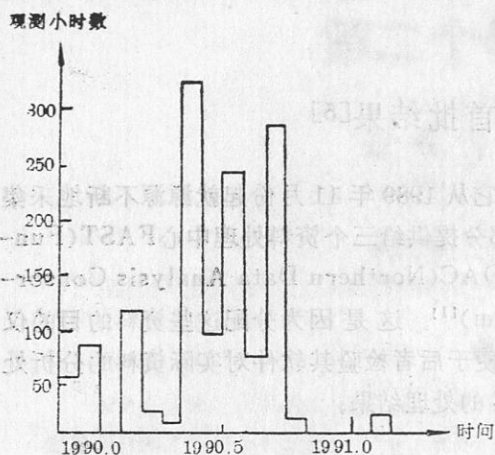


图1 依巴谷卫星首批观测小时按月分布图
(1989年11月至1991年2月)

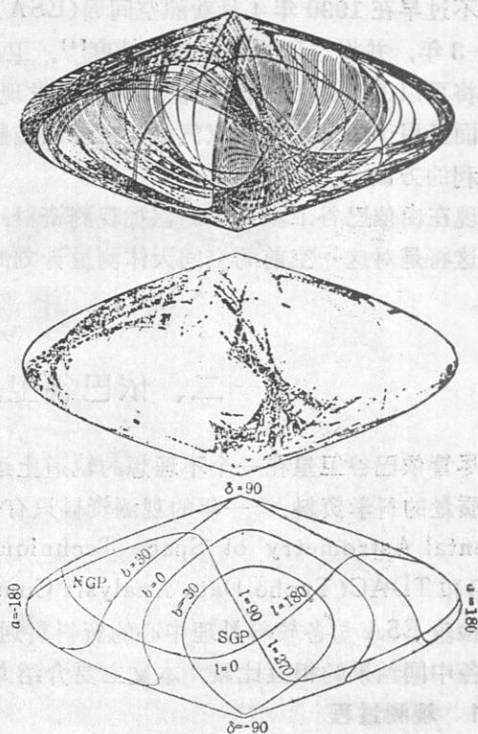


图2 (上)参考大圆在天球上的赤道投影
(中)15 564 颗高质量恒星的分布
(下)同一投影下的银道坐标网

在第一步的归算中产生了一种重要的“副产品”，即由恒星测绘仪测得的亮纲要星位置的初始平差值，它们比输入星表中的相应值要精确得多。它们可以作为求全球解迭代过程开始时的初始近似值。

大圆解可能产生两类横坐标：(1)“几何的”横坐标，这时在解卫星绕轴运动的姿态时不加任何约束；(2)卫星姿态参数以样条函数拟合而得到平滑，从而产生“平滑的”横坐标。结果表明后者较前者精确而且呈现某种原因不明的系统误差(见图3)，因此在大圆解中选用后一种归算方法。

3. 关于自行

这一观测时间太短，不能得到自行的解。因此对于每颗恒星只有三个天体测量未知数，即赤经、赤纬(历元 J1990.0)和视差。输入星表中 96% 以上的恒星是有自行值的，它们的平均误差约 $0''.010/\text{yr}$ 。它们用于解算横坐标的理论值，但其本身并不能通过解算而得到改进。若恒星的自行未知，则取为零。

自行不准确会给位置和视差的解带来误差。只要位置是相对于观测平均历元的，这一影响就很小。但是对于视差的影响却是严重的，因为恒星的年自行值往往大于视差值。如果自行误差是随机的，在视差的测定值中会附加上噪声；通过平差后，视差的标准形式误差仍会是很小的。因此要另外估算自行误差在视差的标准误差中的份量。

4. 条件方程

球面解基本上是从“观测的”横坐标通过最小二乘平差解算天体测量和其他的未知量^[6]。在这里条件方程中的未知量有三类：(1)三个天体测量未知量 α , δ 和 π ；(2)每一个参考大圆上横坐标的零点改正 c ；(3)若干个“整体”未知量，它们表示横坐标的某种系统误差。实际运算表明需要引进13个未知量，其中11个是以恒星和太阳的横坐标差 $(v-v_S)$ 为自变量的傅里叶展开式的系数，2个是颜色项系数。这些未知量以 Γ_2 至 Γ_{12} , Γ_{23} 和 Γ_{24} 表示。观测条件方程写为：

$$\begin{aligned}
 v_{\text{观}} = & v(t, r, \alpha, \delta, \pi, \mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta) - c + \Gamma_2 \cos(v - v_S) \\
 & + \Gamma_3 \sin 2(v - v_S) + \Gamma_4 \cos 2(v - v_S) \\
 & + \Gamma_5 \sin 3(v - v_S) + \Gamma_6 \cos 3(v - v_S) \\
 & + \Gamma_7 \sin 4(v - v_S) + \Gamma_8 \cos 4(v - v_S) \\
 & + \Gamma_9 \sin 5(v - v_S) + \Gamma_{10} \cos 5(v - v_S) \\
 & + \Gamma_{11} \sin 6(v - v_S) + \Gamma_{12} \cos 6(v - v_S) \\
 & + \Gamma_{23} C + \Gamma_{24} C(t - 1990.5) + \eta
 \end{aligned} \quad (1)$$

式中： $v_{\text{观}}$ 是被测恒星横坐标的观测值； v 是理论值，它由一定的观测历元(t)，参考大圆的定向(r)和输入星表中的自行值($\mu_\alpha \cos \delta$ 和 μ_δ)算出； $C = (B_r - V_r) - 0.5$ 是恒星在第谷测光系统中的色指数； η 是残差。

5. 解算结果

观测数据包括105 936颗纲要星的269 769个横坐标，相对于171个不同的参考大圆。实际用于解算的只有21 856颗星的116 218个横坐标；其余的恒星因各种原因被抛弃，主要是由于每颗星只有少于4个的横坐标。在被解算的星中又选取11 747颗“主要参考星”，因为它们不是双星或聚星。这样，总数为 $3 \times 11 747 + 171 + 13 = 35 425$ 的未知量以(1)式作严格平差。另有 $3 \times 10 109$ 个天体测量未知量对次要星作平差，归算到由主要参考星定义的全球系统上。丰度因子(观测量与未知量之比)是1.8，预计全部3年观测完成后可达30。

这些恒星位置的平均精度是 $0''.005$ ，三角视差的平均内部标准误差是 $0''.007$ 。

6. 目的意义

显然，首批处理得到的结果本身是很初始的。因为利用的资料只是卫星所能采集的极小部分，天球的覆盖面很小，平差中的丰度因子也太小，因而极易受“恶性”资料(例如尚未鉴别的双星等)的影响。但是这次资料处理的目的在于从总体上检验依巴谷计划，其次检验输入星表即观测纲要；其三检验卫星的功能和运行的可靠性；其四检验资料处理流程的正确性。事实上，通过这次归算，处理软件中的某些部分正在作细致的调整。其五分析观测资料的系统差。

无论如何，依巴谷卫星已按预定计划采集到资料，并得到全球和解算结果，尽管结果是初始的，但是合理的，堪称为依巴谷计划的一个里程碑。它的意义在于表明了高质量的天体测量资料确实可以通过依巴谷卫星并通过严密的归算而获得。

三、依巴谷观测系统差的分析^[5]

依巴谷卫星的首批观测结果不仅验证了预定计划,而且为分析观测资料中存在的各项系统差提供了实际数据。这些系统差的来源和性质各种各样。有的已预见到其存在,但大小不明;有的只是在资料分析过程中才显示出来,原因未知。深入地分析和了解这些系统差,对于进一步确证和完善资料处理的数学模型,是十分重要的。择其要者,略述如下。

1. 几何横坐标和平滑横坐标的不同结果

如果用几何横坐标来求全球解,由(1)式求得的各项傅里叶项的系数会出人意料地大(约 $0''.004$),如图3(a)所示。图中的残差是在求解时未加各傅里叶项,而且是按 $v-v_s$ 每一度范围内的平均值而得到的。如果求全球解时用平滑横坐标,则残差要小得多^[注],且呈现为 $v-v_s$ 的函数,如图3(b)所示。两者差异的原因目前还完全不明白。3(b)的函数曲线在用(1)式中 Γ_2 至 Γ_{12} 项拟合时几乎完全消除。可见用平滑横坐标求全球解要更精确。

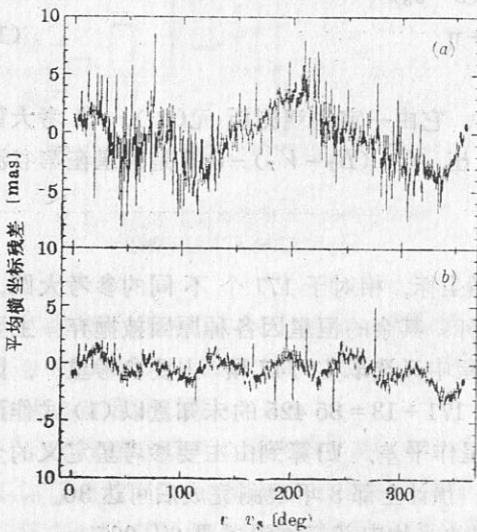


图3 每 1° 的平均横坐标残差

(a) 用几何横坐标求解

(b) 用平滑横坐标求解

图[注]1992年3月NDAC和FAST都完成了依巴谷卫星第一年资料的全球解,结果证实了文[5]报道的总体特征。然而,图3显示的残差的图像几乎消失了,表明这是由于天区覆盖不良产生的假像,而不是实在的仪器效应。

验证上述关系。图4(a)显示了残差平均值与颜色的关系。每一点是对于 B_T-V_T 的 0.1mag 间隔中的平均值。由图可见,至少在 $-0.2 \leq B_T-V_T \leq 2$ 的范围之内,横坐标的残差对于颜色的线性关系是明显的。其斜率即颜色系数平均为 $-1.3\text{mas} \cdot \text{mag}^{-1}$ 。为了研究颜色系数随时间的变化,还对于每一个大圆的间隔分别计算了颜色系数,结果示于图4(b),呈现出随时间变化的线性趋势。

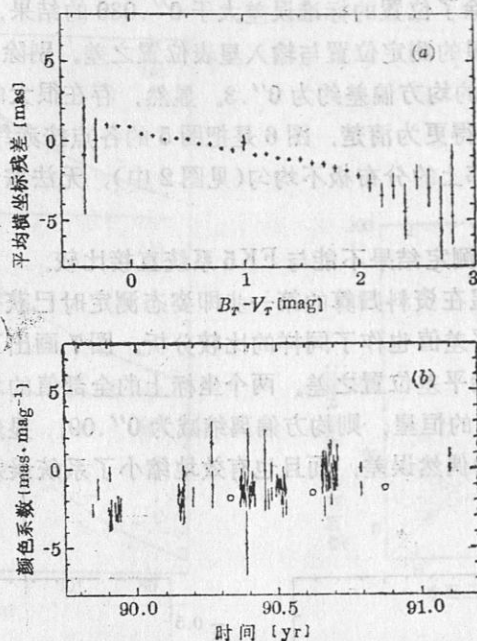
表1 整体未知量及其形式标准误差

未知量	数值	单位
Γ_2	-0.340 ± 0.021	milli-arcsec
Γ_3	0.449 ± 0.059	milli-arcsec
Γ_4	-0.069 ± 0.028	milli-arcsec
Γ_5	0.364 ± 0.017	milli-arcsec
Γ_6	0.088 ± 0.023	milli-arcsec
Γ_7	0.284 ± 0.027	milli-arcsec
Γ_8	-0.224 ± 0.025	milli-arcsec
Γ_9	0.181 ± 0.023	milli-arcsec
Γ_{10}	-0.053 ± 0.022	milli-arcsec
Γ_{11}	0.942 ± 0.027	milli-arcsec
Γ_{12}	-0.182 ± 0.024	milli-arcsec
Γ_{23}	-1.059 ± 0.026	milli-arcsec $\cdot \text{mag}^{-1}$
Γ_{24}	2.733 ± 0.090	milli-arcsec $\cdot \text{mag}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$

表1给出整体未知量的结果。它们是以平滑横坐标通过最小二乘平差求得的。

2. 对于色指数的系统差

最后两个整体未知量表明横坐标随颜色作线性变化(Γ_{23}),而颜色系数则随时间作线性变化(Γ_{24})。不包含这两项求出的残差能用于

图 4(a) 平均横坐标残差随 $B_T - V_T$ 的变化

(b) 颜色系数随时间的变化

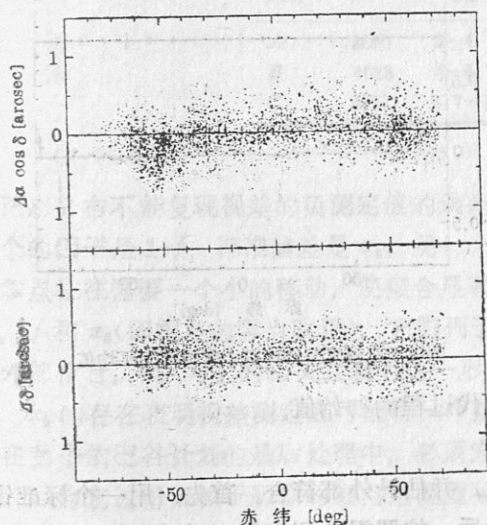


图 5 位置差(全球解减输入星表)

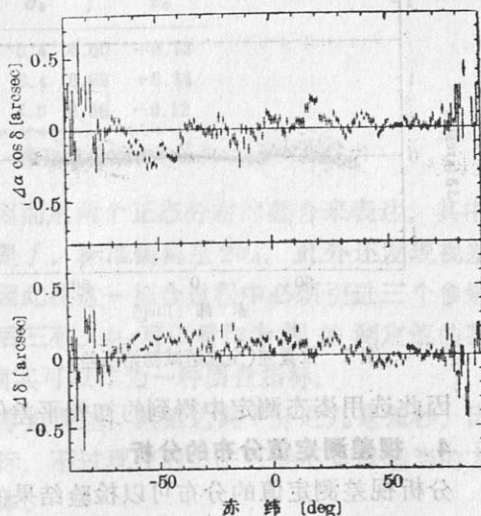


图 6 前图值按赤纬每 1 度间隔的平均值

3. 位置测定值与迭代初始值

经全球解所得的最终的位置测定值是以初始的位置值代入迭代过程而求得的。在预定的方案中，迭代初始值是用输入星表的位置。下面对最终测定值和输入星表值作一比较分析。

这里所用的测定值剔除了位置的标准误差大于 $0''.030$ 的结果, 剩下 15 564 颗“高质量”恒星。图 5 画出了这些恒星的测定位置与输入星表位置之差。剔除其中 80 个左右明显超限的值, 在 $\Delta\alpha\cos\delta$ 和 $\Delta\delta$ 上的均方偏差约为 $0''.3$ 。显然, 存在很大的系统偏差, 特别是在赤纬 -50° 上下。这从图 6 看得更为清楚, 图 6 是把图 5 的各点按赤纬 1 度的间隔平均所得。由于被测恒星在赤经和赤纬上的分布极不均匀(见图 2 中), 无法按恒星的分布来分离这一系统差。

由于 FK5 星太少, 所测定结果不能与 FK5 系统直接比较。

如前所述, 大部分恒星在资料归算的第一步即姿态测定时已获得了精度较高的初始平差值。对最终测定值和初始平差值也作了同样的比较分析。图 7 画出了上述高质量恒星的测定位置与姿态测定中所得初始平差位置之差。两个坐标上的全部值的均方偏离约为 $0''.15$, 如果把比较局限于亮于 9mag 的恒星, 则均方偏离缩减为 $0''.09$ 。显然, 初始平差这一步已显著地削弱了输入星表位置的偶然误差, 而且也有效地缩小了系统误差, 不过系统误差还未完全消除, 这可由图 8 看出。

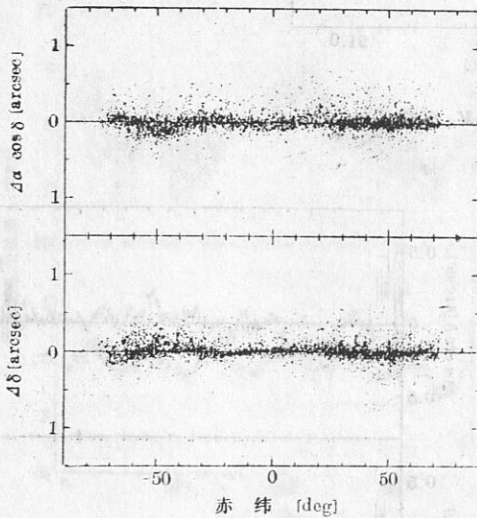


图 7 位置差(全球解减初始平差)

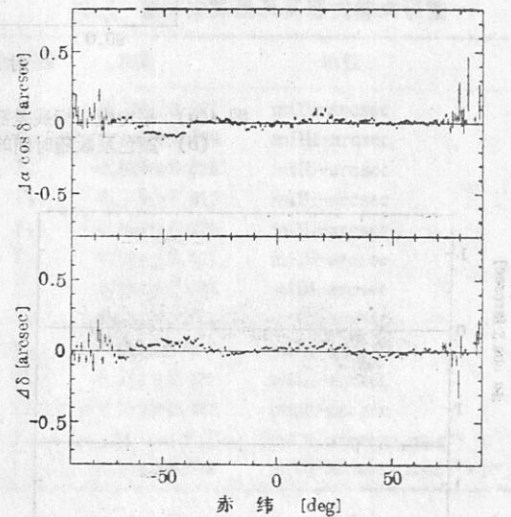


图 8 前图值按赤纬每 1 度间隔的平均值

因此选用姿态测定中得到的初始平差值作为迭代过程的初始值。

4. 视差测定值分布的分析

分析视差测定值的分布可以检验结果的可靠性, 并估计外部符合。首先, 用一个标准银河系模型计算给定恒星样本的视差的理论分布。然后, 按照视差测定值的标准误差 $\sigma_{\pi'}$ (已计及自行误差在内), 挑出 11 629 个“最佳”视差, 并把它们分成数目大致相等的 A, B, C 三组。每组的视差个数 (N), 标准误差 $\sigma_{\pi'}$ 的范围和这一组内的 $\sigma_{\pi'}$ 的平均值 $\langle\sigma_{\pi'}\rangle$ 列于表 2 的 2 至 4 列。图 9 分三组各画出视差测定值的分布, 以小“+”符号表示; 上述计算得到的视差理论分布, 以虚线表示。最后, 利用测定值各点的观测频数和误差分布的分析表达式与理论分布进行卷积计算, 以求最佳最小二乘拟合, 得到图 9 中的实线。这一过程中, 发现单纯

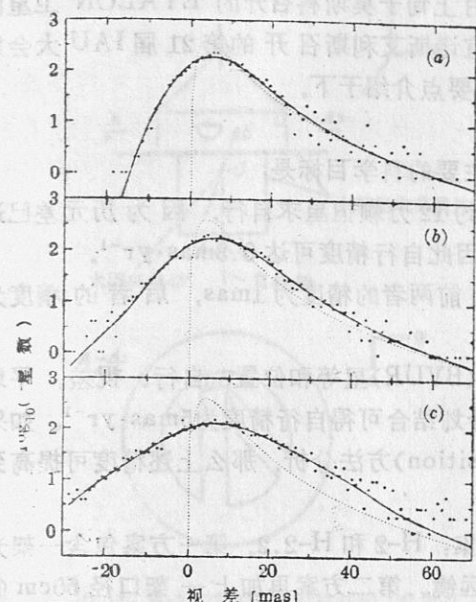


图9 视差测定值和理论值的分布

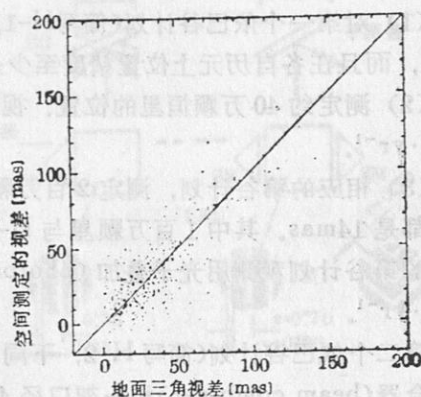


图10 视差的空间测定值与地面测定值比较

表2 视差测定值分布参数

取样	N	σ'_x	$\langle \sigma'_x \rangle$	σ_0	f	π_0
A	3655	0-4	3.1	5.4	0.00	+0.73
B	4023	4-5.7	4.8	6.4	0.09	+0.34
C	3951	5.7-10	7.3	7.3	0.38	-0.12

单位 $0''.001$

的正态分布不能复现视差的负测定值的误差分布，因而用两个正态分布的叠合来表达。其中一个的因子是 $1-f$ ，标准偏差是 σ_0 ；另一个的因子是 f ，标准偏差是 $2\sigma_0$ 。此外还发现视差的零点往往需要一个小移动，使拟合显著改善。因此在这一拟合过程中必须引进三个参量 σ_0 ， f 和 π_0 （即视差的零点改正）。它们列于表2的后三列。 σ_0 可以看作是视差测定值的某种外部符合， σ'_x 与它的相关性表明这一形式误差确实可以作为一种质量指标。

π_0 的存在表明视差测定值可能有一个整体上的零点误差，其值达到十分之几毫弧秒。因此在整个依巴谷计划的最后处理中，必须为视差定标。不过现在的方法可能不是很适当的方法，因为它过份依赖于所取的银河系模型和恒星样本。

338 颗星的地面三角视差和空间测定的视差作了比较，示于图10。 $\pi_{\text{空间}} - \pi_{\text{地面}}$ 的平均值是 $+0.6 \pm 0.8 \text{ mas}$ ，均方差是 14 mas 。这些地面视差的平均标准误差是 12 mas 。

四、第二个依巴谷计划

依巴谷计划的成功鼓舞着人们去继续拓展空间天体测量的领域，一个目标更加扩大、功

能得到改进的第二个依巴谷计划首次在1991年6月上旬于莫斯科召开的“ETALON”卫星国际研讨会上提出^[7], 然后又在同年7月30日于布宜诺斯艾利斯召开的第21届IAU大会期间关于依巴谷计划的综合讨论会上报告^[8]。计划的要点介绍于下。

1. 目标

建议于1999年发射, 预期工作年限为3年。主要的科学目标是:

(1) 对第一个依巴谷计划(简写H-1, 下同)的约12万颗恒星求自行, 因为历元差已达10年, 而且在各自历元上位置精度至少是2mas, 因此自行精度可达 $0.3\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$ 。

(2) 测定约40万颗恒星的位置、视差和自行, 前两者的精度为1mas, 后者的精度为 $1\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$ 。

(3) 相应的第谷计划, 测定2百万颗星的4色(BVUR)星等和位置、自行、视差。平均精度都是14mas。其中1百万颗星与H-1的第谷计划结合可得自行精度为 $5\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$ 。如果H-1的第谷计划观测用光子叠加(photon superposition)方法分析, 那么上述精度可提高到 $3\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$ 。

第二个依巴谷计划(简写H-2, 下同)有两种方案: H-2和H-2.2。第一方案包含一架光束组合器(beam combiner)和一架口径40cm的望远镜。第二方案再加上一架口径50cm的单视场望远镜。两种方案预期达到的指标列于表3, 同时列出H-1的有关值以资比较。

表3 依巴谷计划三种方案的指标

方 案	H-1	H-2	H-2.2
口径(cm)	29	40	40+50
相对权重	析像管观测	5	17
	恒星测绘仪观测	1	30
恒星测绘仪	B星等的极限(mag)	12.0	13.0
	单星典型精度(mas)	40	15
自行精度	12万颗星($\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$)	—	0.2
	1百万颗星($\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$)	—	4.5(3yr)

2. 卫星的改进

H-2卫星比起H-1卫星来在性能和装备上都有改进, 主要有以下几个方面:

(1) 自转的均匀性

H-2卫星比H-1卫星自转将更均匀平稳, 易于求出对于三个轴的精确的姿态参数。扰动H-1卫星的惯性自转的力矩主要是: 太阳辐射压和陀螺仪对于卫星自转产生的反作用。在H-1卫星上约每隔10分钟便要引燃气体喷流以补偿姿态扰动, 但纯惯性自转要求点火次数大大减少。H-2对此从三方面加以克服: (i) 延长点火间隔, 不短于30min; (ii) 卫星的形状和质量分布做成近旋转对称, 使太阳辐射压的合力几乎通过质心, 见图11; (iii) 装备反向平行自转的陀螺仪对。

(2) 增大视界角(aspect angle)

卫星自转轴方向与太阳方向构成一恒定的“视界角”, 这个角度在H-1中为 43° , 在H-2中将增加到 55° 。这样将提高全天精度的均匀性。

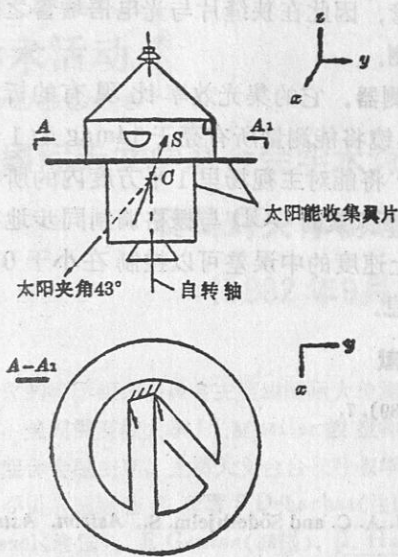


图 11 H-2 卫星的旋转对称结构。C 为卫星质心，S 为太阳辐射压的合力

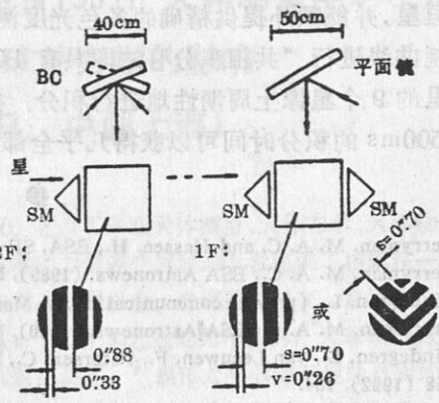


图 12 H-2.2 方案

(3) 望远镜和焦平面光栅

H-2 的望远镜将采用 40cm 口径。口径增大将能接收更多的光子而且将具有更高的空间分辨率。H-2 的主视场的观测权重可高达 H-1 的 5 倍。这意味着 20% 的观测时间已足以与 H-1 观测 12 万颗恒星的结果相匹敌，而剩下的 80% 可用于提高精度和增加观测星数。

H-2 的望远镜也采用 H-1 的折叠式施密特系统。H-2 望远镜系统一切器件的尺寸都按口径比 $R = 40/29 = 1.38$ 放大。H-2 的焦距为 $F = 1.93$ 米(H-1 的为 1.4m)。

如前所述 H-2 还有一个 H-2.2 方案，即另外再装备一个 50cm 口径的望远镜，如图 12 所示。它与 40cm 望远镜(图中 2F)作刚性固连，并在同一个大圆上扫描。2F 通过光束组合器观测两个视场，而增设的 1F 则只有一个视场。

H-2 焦平面上光栅的狭缝宽度和间隔都对于 H-1 的按 $R = 1.38$ 的比例放大。对于 50cm 望远镜也按相应的比例。但现在尚未决定这一系统中的狭缝是与扫描方向垂直还是倾斜成 45°。

H-2 的扫描速度、析像管的展角和恒星测绘仪与 H-1 的相同。

(4) 检测器系统

安装在 H-2 焦平面上的仪器基本上与 H-1 的相同，包括通过光栅用析像管观测的主视场和具有几个光电倍增管的恒星测绘仪。H-2 的改进主要有：

(i) 恒星测绘仪系统应用 8 只灵敏的光电倍增管，而不是 H-1 的 2 只。斜的和垂直的狭缝都有各自的检测器以减少天空背景和寄生星的干扰。主视场两边的恒星测绘仪都是主动型的，使得科学数据被传输到地面。

(ii) 光线通过恒星测绘仪后分成 4 色：U、B、V、R。光线经垂直狭缝分成 U、R；经斜狭缝分成 B、V。这将为天体物理学提供最优良的颜色信息。由于没有大气吸收，U 波

段可加宽到短波波段。R波段要求致冷的光电倍增管,因此在狭缝片与光电倍增管之间是热绝缘的。许多暗星是红色的,它们易在R波段被检测。

(iii) 据最新建议^[1], H-2 将装备 CCD 调制检测器。它的集光效率比现有的析象管系统至少强 1 千倍。这样 29cm 口径的光束组合器望远镜将能测量所有亮于 14mag 的 1 千 5 百万颗恒星,并能额外提供精确的多色光度测量。CCD 将对主视场里 1 平方度内的所有恒星的调制曲线进行“共相积分”,即具有 4096×270 个像素的 CCD 与栅格调制同步地在整个视场里的 9 个星像上周期性地积分。扫描方向上速度的中误差可以控制在小于 0.01%,因而 500ms 的积分时间可以获得几乎全部的位相信息。

参 考 文 献

- [1] Perryman, M. A. C. and Hassen, H., ESA, SP-1111, II, (1989), 7.
 [2] Perryman, M. A. C., ESA Astronews, (1989), No. 10, 1.
 [3] Lindegren, L., (private communication, 25 March, 1991)
 [4] Perryman, M. A. C., ESA Astronews, (1990), No. 11, 3.
 [5] Lindegren, L., van Leeuwen, F., Petersen, C., Perryman, M. A. C. and Söderhjelm, S., *Astron. Astrophys.*, 258 (1992), 134.
 [6] 凌兆芬, 萧耐园, 须同祺, 王叔和, 天文学进展, 10 (1992), 300.
 [7] Høg, E. and Chubey, M. S., Proposal for a second HIPPARCOS, Manuscript submitted for publication in the Proceedings of the International Symposium "Etalon" Satellite, (June 1991).
 [8] Høg, E. and Chubey, M. S., Proposal for a second HIPPARCOS, HIPPARCOS Joint Discussion, IAU General Assembly, (July, 1991).
 [9] Høg, E. and Lindegren, L., ACCD modulation detector for a second HIPPARCOS mission, submitted to IAU Symposium No. 156, Shanghai, China, (Sep., 1992).

(责任编辑 刘金铭)

Early Results of the Hipparcos and the Second Hipparcos Project

Xiao Naiyuan Ling Zhaofen

(Astronomy Department, Nanjing University, Nanjing 210008)

Xu Tongqi Wang Shuhe

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

Abstract

The early results derived from the observations of the Hipparcos from November 1989 to February 1991 are presented in this paper. During this period some 20 000 stars were observed and for at least 10 000 stars the positions at mid-epoch with an accuracy of about 5 mas and the trigonometric parallaxes with an average standard error of 7 mas have been determined. An examination of these early results constitutes a first validation of the Hipparcos project as a whole, including the observing programme, 'Input Catalog', the satellite and its operation, and one of the data reduction chains.

The second plan of Hipparcos has been presented. The satellite has already been suggested to be launched in 1999. The structure and the function will be better than the present Hipparcos. The primary goals are to determine the positions, parallaxes and proper motions per year for 400 000 stars with the expected precision namely $0.001''$ in three years.