



# 十亿像素的相机,你会怎么用?

□撰文 北京大学科维理天文和天体物理研究所 何锐思(Richard de Grijs)  
翻译 华中师范大学 王琴



图 1: CCD 被一排排地安置在一个由轻质碳化硅制作而成的支撑结构上。(http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-15242383)

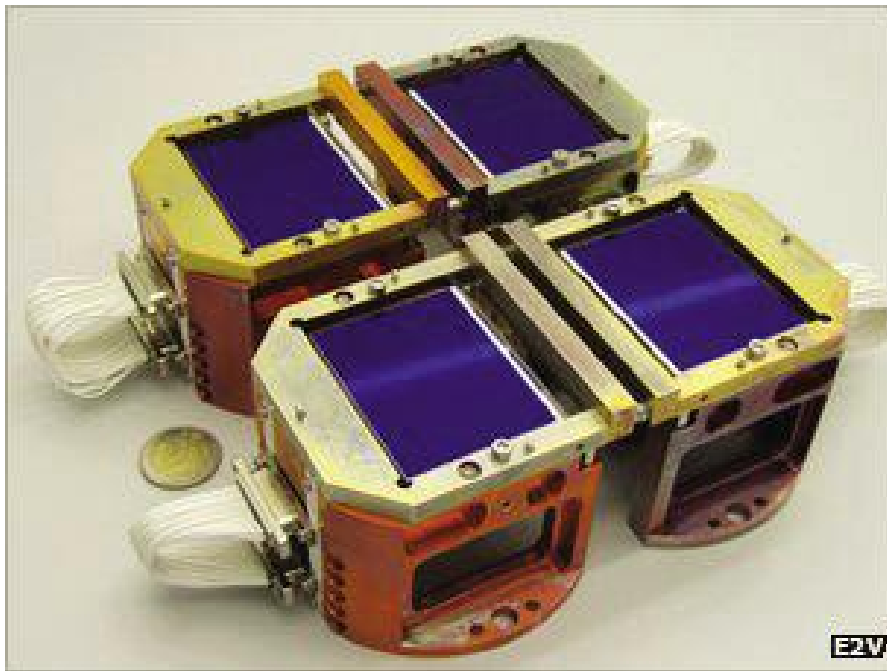


图 2: 每个 CCD 所处的容器(http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-15242383)

当我希望遇到一个好的摄影机会时,我喜欢用一个装有 9 百万像素 CCD (光学传感器阵列,“电荷耦合器件”)的数码单反相机。虽然我几年前买入时,它还是最先进的设备,但是我最近已看到些广告,发现两千万像素的相机也都不算太贵了,所以说技术是在明显地向前发展。这些数字简单地说明这两种 CCD 分别包含了 9 百万和 2 千万像素。在一个可单独控制的二维数字光栅上,像素都是最小的单元。实际上,安置在我的单反相机中的 CCD 是由一个  $3696 \times 2616$  像素的矩形光栅组成的。

这个月,我们知道欧洲空间局的 Gaia (盖亚)卫星即将发射。盖亚的主力探测器同样是一个 9 百万像素的 CCD,但这是它与我自己的数码相机唯一相似的地方:不同于单一的一块  $1966 \times 4500$  像素的芯片,这颗卫星将装上 106 个这种 9 百万像素的传感器阵列,这些传感器阵列将被排列成矩形。因此最终的相机相当于一个有 1 千兆像素的装置!它意味着十亿像素……设想你下次拍摄时拥其中之一设备……但是在这篇文章提示您考虑买一个新的高像素相机而不是你现在使用的摄影伴侣之前,我需要说明的是,在日常生活中,一个 6 百万像素的相机就能满足实际需要:对于你的摄影需求,锐度不能决定图像质量,同时像素也不能决定锐度。如果你想拍摄出好的数字相片,色彩和色调更为重要,而且你的摄影技术也能避免使图像模糊。

让我们回到盖亚的十亿像素相机上。为了说明这个计划在技术上有多大的雄心,我要指出正随着美国宇航局的开普勒

(Kepler)行星搜寻探测器飞行的第二大的太空相机。开普勒的相机是由42个 $2200 \times 1024$ 像素的CCD组成,因此它相当于一个0.95亿像素的探测器。相比之下,盖亚的探测器比它大10倍,至少我们考虑像素值是这样。然而,整个探测器矩阵不足半平方米。所以它,以及配套的卫星都在即将于2013年发射的俄国联盟号(Soyuz)火箭的载重量以内。欧洲空间局选用联盟号而不是他们自己的阿丽亚娜(Ariane)5号运载火箭,原因很简单,那就是俄国的便宜一些。

今年的五月,我受邀请在南西班牙的一个学术会议上做一个科学论文报告并主持一场关于盖亚的前景和技术的讨论。在这里,我们听到所有计划的任务都进行得很顺利。盖亚将会从根本上多层次地改变我们对宇宙的理解。它的首要目标是通过星体的质量、化学成分、大小以及表面重力强度等天体物理性质将恒星的空间分布和运动联系在一起,来研究银河系的结构和演化过程。测定三维分布以及大量星体的空间运动可以比以往更细致地追踪银河的引力势(这与三维质量分布有关,其中还包括暗物质,它被认为是支配

离星系核心很远距离的恒星和银河系运动的动力)。测定大量恒星的准确距离可以严格验证恒星结构模型,并修正恒星大气、内部以及演化的理论模型。

因为盖亚将追踪任何经过它的CCD的天体,所以它可能会看到无数目前从未纪录的天体,包括其他太阳系中类似行星运动的星体,以及暗星或者是从未被发现的“褐矮星”。另外,盖亚在太阳系物理学中将扮演至关重要的角色,例如探测上千万新的小行星。甚至有轨道在海王星以外并绕太阳运动的新天体也有可能被发现,其中包括类冥小天体(小石块,大多位于外太阳系,根据它们的原型冥王星命名的)。据估计,盖亚将通过寻找由小行星对主星的引力而引起的恒星的微小位移,探测到约15000个太阳系以外的行星。此外,它还将对太阳引力引起的星光扰动进行探测,可达百万分之二精度,从而验证爱因斯坦的引力理论——广义相对论。对于大量从事天体物理相关领域研究的科学家,其中包括我自己以及北京大学科维理天体物理研究所的一些同事来说,这确实是值得兴奋的时刻。

所有这些科学目标的完成关键在于

确定我们想细致研究天体的可靠而精确的距离。换句话说,距离不仅在绝对(“系统的”)认识上是正确的,而且会被一点点随机(“统计的”)的不确定所影响。这就是盖亚任务的本质。由于在大多数物理科学中,天体物理中的稳定结果主要取决于获取易理解并统计“误差”小、可忽略系统补偿的物理量。(统计的不确定因素能通过获得更多数据而降至最低,同时,系统错误引进的补偿可能在最初不是很明显,但是将会在后面的阶段给出不可修正的错误结果。)盖亚在发射之后,会在地球低轨道检查该系统的表现,然后飞往离地面150万千米的地方,这里超出了月球的轨道,它将成为新的人造太阳系天体绕太阳运动。

这颗卫星的目的地是L2,日-地系统中五个拉格朗日点(L1-L5)中的一个。在这个地方,相比两个质量更大的天体,一个只受其引力的小天体能够处在稳定的轨道上。由日-地系统决定的L2点,任何天体将以地球的速率绕太阳运动,这使得它们的运动比在其他地方简单得多。这里有很多人造科学卫星,包括美国宇航局的威尔金森微波各向异性探测器(Wilkinson

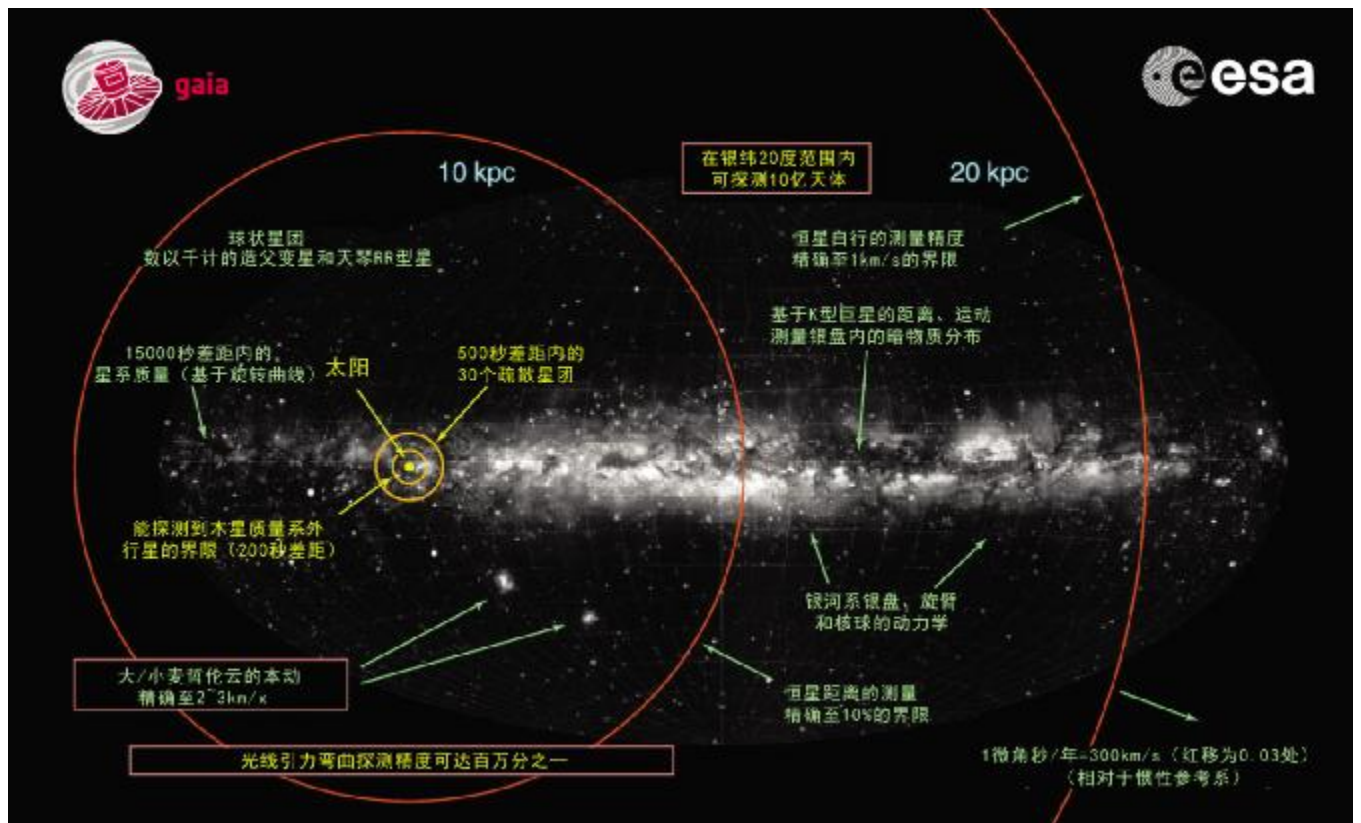


图3:这张图展示了盖亚将为我们对银河系的认识做出贡献的范围(来源于欧洲空间局/C. Carreau)

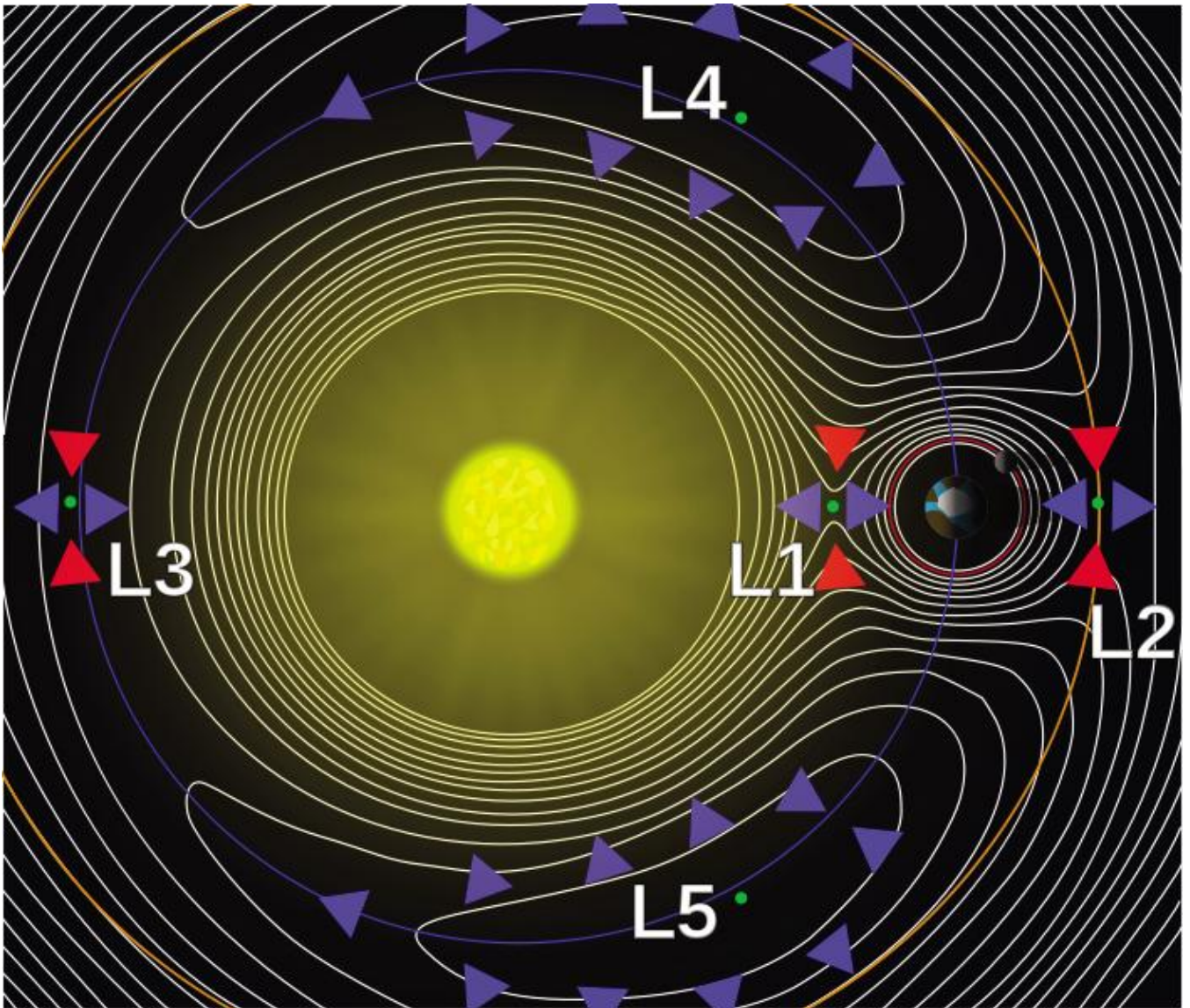


图 4: 图中画出了在日 - 地系统中的引力势(“力”), 其中标出了五个稳定的拉格朗日点(L1-L5)。盖亚将被发送到 L2。红色和蓝色的箭头表示引力的方向。(来源于维基百科)

Microwave Anisotropy Probe), 欧洲空间局的赫歇尔(Herschel)和普朗克(Planck)空间天文台, 以及中国的嫦娥二号。除盖亚之外, 韦布(James Webb)空间望远镜同样将被发送到日 - 地系统的 L2 点。

因为盖亚处在稳定的轨道上, 所以它只需使用早已成熟的周年视差法就能够准确测出银河系中多达十亿颗星的准确距离。由于探测器绕着太阳运动, 最近的星星相对背景星会以类似椭圆的轨道运行。因为它们的距离更远, 这看起来像是保留在已修正的位置中。椭圆的角度(指的是“三角视差角”)大小取决于星的距离。这种方法最早由 1838 年的德国数学家和天文学家贝塞尔(Friedrich Bessel)所使用, 他测量了一个距离为 10.4 光年

的星——天鹅座 61(与我们今天更精确的测量距离相比, 9.6%是很小的差别)。在贝塞尔公开发表之前, 德籍波罗的海(Baltic)的天文学家瓦西里·雅可夫列维奇·斯特鲁维(Friedrich Georg Wilhelm von Struve)已经宣布视差法测量织女星(天琴座  $\alpha$ ), 这与当今使用的值惊人的接近。然而, 他后来怀疑自己的测量, 并对自己的这个结果表示很大的怀疑。因此, 贝塞尔通常被认为是最先发表视差测量结果的人。

实际上, 使用地表的望远镜观测的方法只适用接近 300 光年的距离, 但是如果我们真的想将相关误差降到最小, 理想的距离限制在 60 光年以内。这限制了这种方法只适用几百颗星, 然而超过几光年,

距离的不确定性迅速增加。基于地表测量, 若想在天体测量精度(在天上精确坐标)上取得重大收益需要空间天文台覆盖大角度的一片天区。欧洲空间局有一次完美的追踪记录了这片区域: 1989 年至 1993 年, 先驱依巴谷(Hipparcos)太空飞船制作了一个高精度视差角(还有距离)测量值的星表, 里面约有 118218 颗星, 距离太阳约 300 光年。盖亚的镜子能多聚集 30 倍的光, 测量星体的位置和运动精确 200 倍——这就是很多较小像素真正发挥重大作用的地方。通过更精确、更远的测量, 制作出比原来大十倍的星表, 这项任务将在依巴谷的成就上更进一步。

与依巴谷相同, 盖亚将测量超过 2 亿



图 5:盖亚的其中一面镜子。(来源于欧洲空间局)

天体的大角度天区,这些天体是用一个双筒望远镜精心挑选出来的,它们分开的角度达 106.5 度。通过在大圆圈内巡天,它可以高精度地校准两视场的角度,从而获得绝对视差角和距离。(绝对值通常比相对测量值更难获取,原因是它必须注意避免任何固有的系统不确定因素。)这将促进建构从未有过的最准确的银河系三维模型。

然而,我们并不处在发射的时刻。盖亚确实是一个长久的项目。如果发射时间不更改的话,这个任务从首次被批准到发射将历时 13 年。对目录中星体的所有数据进行收集、执行以及首次分析可能还需要 7 年或 8 年。然后,这里会有大量需要被处理的数据。欧洲空间局负责盖亚计划的科学家朱塞佩·塞瑞(Giuseppe Sarri)说“收集到的原始数据约有 100TB。当所有档案里的数据被处理完之后,我们认为数据量会达到 1PB”——它有十亿像素,几乎达到一个无限容量的硬盘空间。“为了进行数据分析,需要一个超级计算机导出所有的数据。”分布在欧洲的几个团队目前

正忙于为这个工程做准备,并且还要将计算机设置好,准备处理预期的数据流。

为了传送盖亚的全部观测数据到地面的台站,需要相当好的数据传输能力:每日以约 5Mbit/s 的速度传输,这虽然和许多现代发达国家的家用宽带速度是相近的,但值得一提得是,这个数据必须要从

1 千 5 百万千米的地方传输过来……在这个项目的最后五年,这些信息将会占据超过 3 万张 CD——被 10 亿个天体填满——并能自由的分配给全球的天文界团体。我们迫切地期望与众多学生及年轻的研究者们携手合作,共同研究这些盼望已久、弥足珍贵的数据! 🚀

(责任编辑 李鉴)

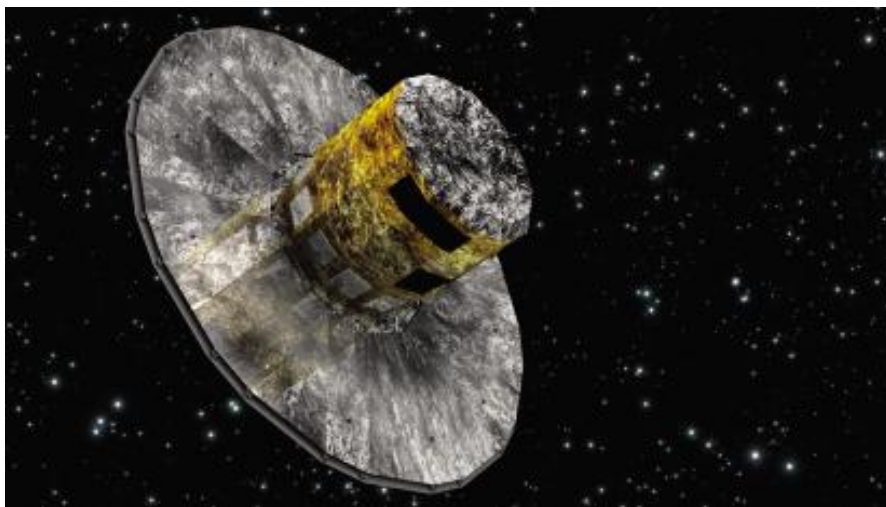


图 6:艺术家对飞行中的盖亚太空飞船的印象。(来源于欧洲空间局)