近地小行星2024 XA1的观测研究

张西亮[1,2]，许文韬[3]，范相钰[1,2]，王 玲[1,2]

（1. 中国科学院 云南天文台，昆明 650216；2. 中国科学院大学，北京 100049；
3. 中国科学院 上海天文台，上海 200030）

摘 要：本文采用针对拖尾星象的图像处理方法和以Gaia DR2星表为参考星表，获得了近地小行星2024 XA1的位置和亮度信息。结合国际小行星中心（Minor Planet Center，MPC）其它设备观测数据，对近地小行星2024 XA1进行了轨道计算，得到其撞击日期为世界时2024年12月3日16:14:48，撞击位置为60.85°N，118.49°E。同时，获得近地小行星2024 XA1绝对星等为32.98～33.14，取反照率0.15，其对应直径大小为0.76～0.82 m。本文所涉及的观测策略和数据处理及分析方法可应用于行星预警防御任务。

关键词：近地小行星；观测；轨道计算；绝对星等；直径

中图分类号：P185 **文献标识码**：A **文章编号**：2096-9287(2026)03-0235-07

DOI:10.3724/j.issn.2096-9287.2026.20250055

引用格式：张西亮，许文韬，范相钰，等. 近地小行星2024 XA1的观测研究[J]. 深空探测学报（中英文），2026，13（3）：235-241.

Reference format: ZHANG X L，HUI W T，FAN X Y，et al. Observational research of near Earth asteroid 2024 XA1[J]. Journal of Deep Space Exploration，2026，13（3）：235-241.

引 言

近地小行星是指与太阳的距离0.983~1.3 AU（天文单位，1天文单位约为1.5亿km）之间的小行星[1]，其中直径大于140 m（绝对星等H < 22）、与地球最小距离小于0.05 AU（750万km）的近地小行星被定义为具有潜在撞击危险的小行星（Potentially Hazardous Asteroids，PHAs）。1898年，第一颗近地小行星爱神星（Eros, 433）被发现，其轨道半长径为1.46 AU，近日点时其与太阳的距离仅为1.13 AU[2]。国际天文联合会小行星中心（Minor Planet Center，MPC）统计数据显示，截至2025年8月，已经确认的近地小行星超过39 200颗，其中有潜在撞击危险的近地小行星2 500多颗①。

近地小行星撞击造成的破坏力有目共睹。1994年“舒梅克·利维九号”彗星（Shoemaker-Levy 9）撞击木星后，小天体撞击所造成的破坏力被了解和重视。2013年2月15日，在未被提前发现和预警的情况下，一颗直径约为15 m的近地小行星进入大气层后燃烧碎裂，并坠落在俄罗斯车里雅宾斯克地区，造成当地多人受伤和巨大的经济损失[3-4]。同一天，直径约45 m的近地小行星367943（Duende）在距离地球约27 700 km的位置与地球擦肩而过[5]。2017年10月4日和2018年6月1日连续两年有火流星分别坠落在中国云南省香格里拉和西双版纳地区。2025年2月近地小行星2024 YR4的撞击概率一度大于3%，引起了全人类的高度关注。由于探测能力的不足和监测网络的不完善，进入地球大气层的近地小行星大部分未被提前发现。

中国在近地小行星监测预警网络建设[6-7]、撞击防御任务设计[8-12]和在轨处置技术[13-14]等方面开展了一系列工作，并将组建中国的近地小行星防御系统，以应对近地小行星的撞击威胁。

有效应对近地小行星撞击的前提条件是提前发现撞击目标并获取其精确的轨道参数和特性信息。对于长期预警目标，有充足的时间对其进行精确定轨和特性研究，并制定有效应对方案。受探测能力和观测条件限制，对于尺寸相对较小的短临预警目标（米级），从发现到进入地球大气层的时间间隔通常较短，需要更高效的响应监测能力和更快的应对速度。近地小行

收稿日期：2025-06-20 修回日期：2025-09-16

基金项目：云南省自然科学基金（202501AS070006）；CSST天体测量的科学应用研究（CMSCSST-2021-B10）；民用航天预研项目（D020302）

① https://minorplanetcenter.net/mpc/summary

星2024 XA1提供了一次难得的短临预警目标监测试验机会。

本文将详细介绍近地小行星2024 XA1从发现到进入大气层的过程、丽江2.4 m望远镜和其主要观测终端YFOSC的性能参数以及使用丽江2.4 m望远镜对近地小行星2024 XA1开展监测试验的过程和结果。

1 近地小行星2024 XA1

近地小行星2024 XA1（初始名称为C0WEPC5，下简称2024 XA1）由位于美国亚利桑那州基特峰国家天文台的亚利桑那大学博克2.3 m望远镜（国际小行星中心编号V00）于世界时2024年12月3日05:55发现。由于观测数据较少，2024 XA1最初的撞击概率不到1%。随着后续观测的开展和观测数据的增加，世界时12月3日07:50欧洲航天局（European Space Agency，ESA）近地天体监测和预警项目（Meerkat Asteroid Guard）计算得出近地小行星2024 XA1撞击概率达到100%，随即发出撞击地球危险预警[15]，全球天文观测设备陆续展开联测①。最终，近地小行星2024 XA1于世界时12月3日16:15在西伯利亚东部上空进入地球大气层。这是人类第11次成功预警近地小行星撞击地球②。

2024 XA1从被发现到进入地球大气层的时间间隔为10 h 20 min，虽然比2014 AA[16]和2008 TC3[17]超20 h的预警时间要短得多，但仍然为全球观测设备提供了充足的时间来开展联测，以研究其动力学和物理特性。由于尺寸较小且运动较快，目前仅获得近地小行星2024 XA1的轨道和亮度信息，未获得其光谱类型和反照率参数。

作为目前东南亚地区最大的通用型光学望远镜，丽江2.4 m望远镜也参与了对近地小行星2024 XA1的监测并成功获得监测数据。

2 天文观测与数据处理

2.1 丽江2.4 m望远镜介绍

中国科学院云南天文台丽江观测站地处低纬度地区，海拔3 200多m，是目前中国最优良的夜天文观测台址之一[18]。丽江2.4 m望远镜是目前东亚口径最大的通用型光学天文望远镜，指向和跟踪精度分别优于3″和0.5″[19]。丽江2.4 m望远镜具有恒星和行星两种跟踪模式，行星模式下望远镜在赤经、赤纬两个方向的跟踪速度可达100 ″/s，可对近地小行星等快速运动目标进行高精度跟踪观测。图1所示即为丽江2.4 m望远镜。



图 1 丽江2.4 m望远镜
Fig. 1 Lijiang 2.4 m telescope

丽江2.4 m望远镜的主要终端——云南暗弱天体分光成像仪（YFOSC）兼具多色测光和中低色散光谱观测功能，尤其在暗弱天体的探测方面具有显著的性能优势[20-23]。作为精测设备，丽江2.4 m望远镜的YFOSC观测系统具有长焦距和小视场的特点，其焦距为9 840 mm，视场为10.1′ × 10.4′。表1列出了YFOSC的主要参数。

表 1 丽江2.4 m望远镜主要终端YFOSC参数
Table 1 Parameters of YFOSC affiliated to Lijiang 2.4 m telescope

相机	YFOSC
焦距/mm	9 840
底片比例尺/（"·pixel^{-1}）	0.283
像素尺寸/μm	13.5 × 13.5
像素数	2 148 × 2 200
视场/（′）	10.1 × 10.4

2.2 天文观测

在丽江2.4 m望远镜可观测期间，近地小行星2024 XA1距离地球较近且运动方向朝向地球，其运动角速度和亮度均变化较快。结合丽江2.4 m望远镜的探测能力及近地小行星2024 XA1的速度和亮度变化趋势，世界时2024年12月3日11:00左右制定了观测方案。为了

① https://minorplanetcenter.net/mpec/K24/K24X68.html

② https://cneos.jpl.nasa.gov/pi/

在有限的观测时间内更高效地获取目标信息，方案瞄准近地小行星2024 XA1进入大气层前时段，采取在预定轨道位置“守株待兔”的观测方式，即常规的恒星观测模式，使近地小行星2024 XA1从丽江2.4 m望远镜YFOSC观测系统的视场划过。最终于世界时2024年12月3日15:10至15:30成功获得近地小行星2024 XA1进入大气层前1 h内的观测图像。

在丽江2.4 m望远镜开展观测期间，近地小行星2024 XA1的运动角速度约为5～10″/s。为兼顾数据质量和有效曝光时间，对2024 XA1的观测采取了长曝光模式，根据运动速度的变化，曝光时间分别设置为30、20 s。为获得尽可能高的信噪比，观测未使用滤光片。图2给出了利用丽江2.4 m望远镜拍摄的曝光20 s的图像，可以明显看到近地小行星2024 XA1在YFOSC视场内划过的轨迹（亮线）。表2列出了近地小行星2024 XA1在丽江2.4 m望远镜的详细观测信息，包括观测时刻（世界时，UT）、日心距r、地心距Δ、相位角α和曝光时间。

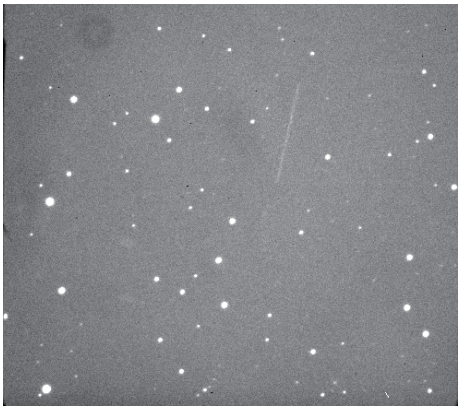


图 2　丽江2.4 m望远镜近地小行星2024 XA1观测图像
Fig. 2　Image of near-Earth asteroid 2024 XA1 observed with Lijiang 2.4 m telescope

表 2　近地小行星2024 XA1在丽江2.4 m望远镜的观测信息
Table 2　Observational information of near-Earth asteroid 2024 XA1 at Lijiang 2.4m telescope

世界时（2024年12月3日）	日心距/km	地心距/km	相位角/（°）	曝光时间/s
15:10:19.247	$1.475\,088\,917\times10^8$	46 682	16.7	30
15:18:09.234	$1.475\,036\,301\times10^8$	41 196	16.6	20
15:20:46.215	$1.475\,018\,649\times10^8$	39 358	16.5	20
15:26:18.207	$1.474\,981\,165\times10^8$	35 462	16.4	20

2.3　观测数据处理

天文观测数据处理一般包含暗流（dark）扣除、本底（bias）扣除、平场（flat）校正和宇宙线剔除，以消除电子热运动产生的暗电流、相机偏置电压导致的固有背景噪声和宇宙线信号，校正相机各像素响应不均匀造成的影响。丽江2.4 m望远镜YFOSC观测系统使用的CCD相机使用液氮进行制冷，将工作温度控制在–120 ℃左右，产生的暗电流非常低，对观测结果的影响可忽略不计。

通常情况下，进行天文观测数据处理时所使用的平场为天光平场，即以傍晚或凌晨时的天光背景作为均匀光源所拍摄的平场。受观测条件影响，有时无法获取当天理想的天光平场。作为替代，可以利用目标观测图像通过中值叠加的方法生成超级平场（super flat）。为保证超级平场质量，生成超级平场所用的目标图像数量需要在10幅以上，且每幅图像中恒星的像素位置有相对移动。图3所示为生成的丽江2.4 m望远镜YFOSC测光超级平场图像。

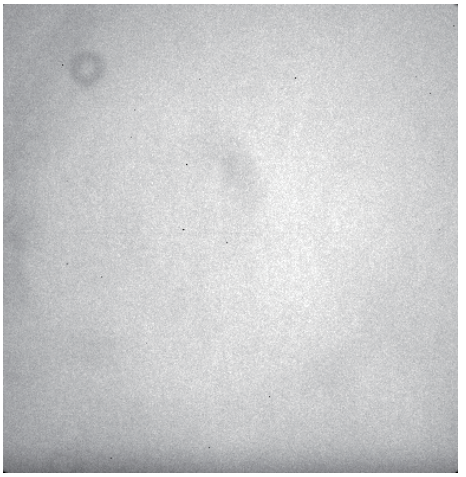


图 3　利用近地小行星2024 XA1观测图像生成的超级平场
Fig. 3　Super flat produced with images of near-Earth asteroid 2024 XA1

观测数据处理的详细步骤和流程如图4。

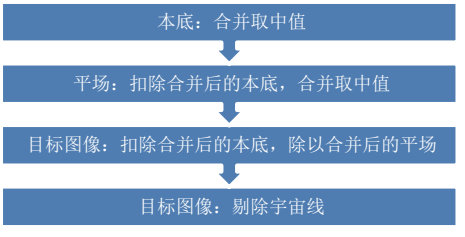


图 4　观测数据处理流程
Fig. 4　Observation data processing procedure

图2所示为未经本底扣除和平场修正的原始观测图像，可以明显看到背景有不均匀的结构且图像中间区域较边缘更亮。图5为经过本底扣除和平场校正后的观测图像，相较于图2，图5中背景结构消失且整幅图像背景亮度均匀。

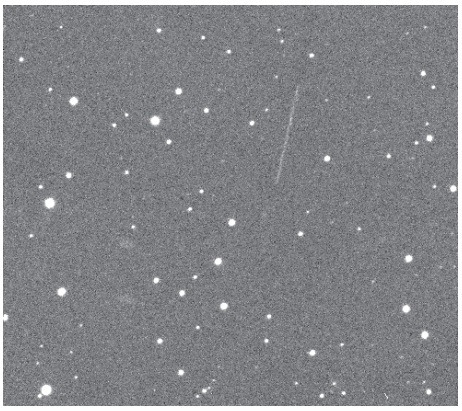


图 5 本底扣除、平场修正后的近地小行星2024 XA1图像
Fig. 5 Reduced image of near-Earth asteroid 2024 XA1

3 轨道计算与特性研究

3.1 位置和光度测量

如2.2节天文观测部分所述，利用丽江2.4 m望远镜对近地小行星2024 XA1的观测采用了恒星模式，因此观测图像中恒星的星象质量较好，近地小行星2024 XA1的星象沿其运动方向被拉长成一条亮线。

观测图像中的恒星可采用常规的孔径测量方式用于对观测图像进行高精度的位置和亮度定标。近地小行星2024 XA1则根据其星象轮廓采取一种矩形测量方式来确定其中心位置和亮度（图6）[24]。矩形轮廓包含6个参数：中心位置（X_a, Y_a）、长度、宽度、方向角和最大像素灰度值，利用最小二乘法进行迭代确定。详细测量方法参见文献[24]。

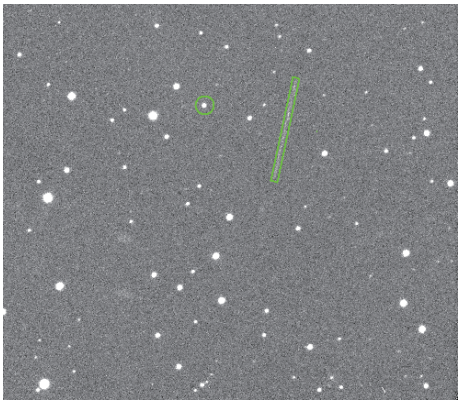


图 6 恒星（参考星）和近地小行星2024 XA1分别采用不同积分方式
Fig. 6 Different integral methods were adopted for stars and near-Earth asteroid 2024 XA1

本文采用Gaia DR2星表[25]作为位置和亮度标定的参考星表。

1）位置测量

对近地小行星2024 XA1位置测量的过程也就是利用视场内恒星对观测图像进行位置标定的过程。恒星在观测图像中的位置由直角坐标系下的量度坐标（X_s, Y_s）表示，而其参考星表中的对应位置为球面坐标系的赤道坐标（α, δ）。量度坐标系和赤道坐标系之间的对应关系经由一个假定的投影在天球切平面上的理想坐标系（ξ, η）来确立。公式如下

$$\xi = \frac{\cos\delta \times \sin(\alpha - \alpha_0)}{\sin\delta \times \sin\delta_0 + \cos\delta \times \cos\delta_0 \cos(\alpha - \alpha_0)} \tag{1}$$

$$\eta = \frac{\sin\delta \times \cos\delta_0 - \cos\delta \times \sin\delta_0 \times \cos(\alpha - \alpha_0)}{\sin\delta \times \sin\delta_0 + \cos\delta \times \cos\delta_0 \cos(\alpha - \alpha_0)} \tag{2}$$

$$\xi = a \times X + b \times Y + c$$

$$\eta = d \times X + e \times Y + f \tag{3}$$

其中：（α_0, δ_0）为底片中心的赤道坐标；a、b、c、d、e、f为底片常数。

选定每幅图像中可作为参考星的恒星，确定其中心量度坐标（X_s, Y_s）及其在Gaia DR2星表中的赤道坐标（α_s, δ_s）。利用式（1）～（3）确定底片常数。将每幅观测图像中近地小行星2024 XA1星象（亮线）的中心位置（X_a, Y_a）转化为赤道坐标（α_a, δ_a）。

2）光度测量

如图6所示，分别采用孔径测光和矩形测光方法获得观测图像中恒星的观测星等m_{obs}和近地小行星2024 XA1的观测星等m_a。利用式（4）建立恒星观测星等m_{obs}与Gaia DR2星表星等G_{cal}的对应关系，完成光度定标。

$$m_{obs} = Zeropoint + S \times G_{cal} \tag{4}$$

其中，$Zeropoint$和S分别为每幅观测图像的测光零点和转换系数。

$$G_a = (m_a - Zeropoint)/S \tag{5}$$

利用式（4）得到的测光零点和转换系数，通过式（5）即可获得近地小行星2024 XA1在Gaia测光系统下的星等G_a。

3）位置和光度测量结果

观测图像中的头文件详细记录了每幅图像曝光的开始时刻（世界时）和曝光时长等信息。将曝光开始时刻加上曝光时长的一半，获得像CCD曝光的中间时刻，作为每幅图像的观测时刻。表3给出了使用丽江2.4 m望远镜对近地小行星2024 XA1的位置和光度测量结果，其中第1列为观测时刻（世界时），第2～4列分别为赤经、赤纬和Gaia测光星等及其误差。

表 3　利用丽江2.4 m望远镜获得的近地小行星2024 XA1的位置结果

Table 3　Positions of near-Earth asteroid 2024 XA1 obtained with Lijiang 2.4 m telescope

观测时刻2024年12月3日0点/（时 分 秒）	赤经RA（时 分 秒）	赤纬DEC（度 分 秒）	星等G_a
15 10 19.247	03 27 52.108 ± 0.122	+23 04 09.79 ± 0.263	16.48 ± 0.03
15 18 09.234	03 28 33.457 ± 0.046	+23 46 46.44 ± 0.086	16.16 ± 0.02
15 20 46.215	03 28 49.945 ± 0.042	+24 03 36.45 ± 0.116	15.94 ± 0.02
15 26 18.207	03 29 30.609 ± 0.033	+24 44 43.54 ± 0.101	15.72 ± 0.02

3.2　轨道计算

利用获得的观测位置对近地小行星2024 XA1进行轨道计算使用的软件是Find_Orb[26]，计算基于DE441星历，充分考虑了太阳的相对论效应、地球引力势$J2$项以及大行星、冥王星和16颗最大质量主带小行星的引力摄动。轨道计算摄动项可根据实际需求进行调整。

分两种情况对近地小行星2024 XA1进行轨道计算：一是基于MPC提供的其他设备观测数据；二是结合MPC其它设备观测数据和丽江2.4 m望远镜观测数据。两种情况下的轨道计算结果显示，近地小行星2024 XA1进入大气层的日期均为世界时2024年12月3日16:14:48，位置为：60.85°N，118.49°E，与文献[15]中的测量结果一致。

轨道计算结果表明，由于观测弧段较短和数据较少，丽江2.4 m望远镜观测数据对提高近地小行星2024 XA1轨道计算精度的贡献不明显，这也充分体现了多站点、多设备、长弧段联测在行星预警防御领域的重要性和必要性。

3.3　特性研究

由表2 中的地心距可以看出，在使用丽江2.4 m望远镜观测期间，近地小行星2024 XA1还未进入大气层。在进入大气层前，近地小行星自身并不发光，观测设备接收到的是其反射的太阳光，光度的强弱由近地小行星的尺寸和反射特性等决定。因此，利用接收到的光度信息可以对近地小行星的尺寸进行估算。

估算近地小行星2024 XA1的尺寸，首先需将表3中Gaia测光系统下的星等G_a转换为绝对星等H，即归算到日心距和地心距均为1个天文单位（AU）、相位角为0时的星等。绝对星等计算采用Bowell等人在1985年提出的H-G星等系统[27]，其中H为绝对星等，G为与相位角相关的倾斜因子。转换公式如下

$$H = m - 5\times\log_{10}(r\Delta) + 2.5\times\log_{10}q(\alpha) \tag{6}$$

$$q(\alpha) = (1-G)\varnothing_1(\alpha) + G\varnothing_2(\alpha) \tag{7}$$

$$\varnothing_i(\alpha) = \exp\left(-A_i\left(\tan\frac{\alpha}{2}\right)^{B_i}\right),\ i = 1,2 \tag{8}$$

其中，

$$\begin{aligned} A_1 &= 3.332,\ A_2 = 1.862 \\ B_1 &= 0.631,\ B_2 = 1.218 \end{aligned} \tag{9}$$

取相位倾斜因子$G = 0.15$，计算获得近地小行星2024 XA1的绝对星等H为32.98 ± 0.02～33.14 ± 0.03。绝对星等的变化由小行星本身自转引起。

小行星直径D（km）与绝对星等H之间的关系通常用下面的经验公式来表达[28]

$$D = \frac{1\,247}{\sqrt{p_g}}10^{-H/5} \tag{10}$$

其中：系数1 247对应Gaia测光星等；p_g为目标天体的反照率，近地小行星2024 XA1的反照率参数未知。美国喷气推进实验室（Jet Propulsion Laboratory，JPL）给出的2024 XA1绝对星等为32.95，分别取反照率参数0.25和0.05，得其直径大小范围为0.7～1.5 m。为了便于对比，取JPL小行星反照率的中间值$p_g = 0.15$，计算获得近地小行星2024 XA1的直径大小范围为0.76～0.82 m，此结果与JPL结果一致。表4列出了使用丽江2.4 m望远镜观测获得的近地小行星2024 XA1的观测星等G_a、绝对星等H和直径D_1（m）。

表 4　利用丽江2.4 m望远镜获得的2024 XA1的亮度和尺寸信息

Table 4　Brightness and size of near-Earth asteroid 2024 XA1 obtained with Lijiang 2.4m telescope

观测时刻2024年12月3日0点/（时 分 秒）	星等G_a	绝对星等H	直径D_1/m
15 10 19.247	16.48 ± 0.03	33.13 ± 0.03	0.76 ± 0.01
15 18 09.234	16.16 ± 0.02	33.10 ± 0.02	0.77 ± 0.01
15 20 46.215	15.94 ± 0.02	32.99 ± 0.02	0.81 ± 0.01
15 26 18.207	15.72 ± 0.02	32.98 ± 0.02	0.82 ± 0.01

4　结　论

对有潜在撞击地球危险近地小行星（PHAs）的搜寻和监测研究事关全球人类的共同安全。近地小行星2024 XA1从发现、后随观测、发布撞击预警、全球联测并及时上传观测结果、轨道优化到最终进入大气层（时刻和位置）的精确计算，在持续10多个小时内，为全球天文学家提供了难得的小行星预警防御全流程实战演练机会。

使用丽江2.4 m望远镜对近地小行星2024 XA1的监测研究是中国科学院云南天文台团队首次开展的对有潜在撞击危险近地小行星的观测试验。本次观测实验过程中所开展的具体研究如下：

1）根据目标运动速度和亮度的变化趋势，结合丽江2.4 m望远镜对快速移动目标的高精度跟踪优势和其终端YFOSC对暗弱目标的探测能力，制定在近地小行星2024 XA1预定位置守候抓拍的观测方案。

2）开展观测试验，在观测过程中根据实际观测结果，确定观测模式和曝光时间，获得近地小行星2024 XA1有效观测数据。

3）开展对快速移动小行星拖尾数据的位置和光度测量方法研究，并利用Gaia DR2星表对观测图像中恒星的位置和亮度进行标定，获得近地小行星2024 XA1的位置和亮度（星等）信息。

4）开展小行星的轨道计算工作，使用Find_Orb软件计算小行星轨道参数和进行撞击预警计算。结合丽江2.4 m望远镜观测数据和MPC其它设备测量结果，计算得到近地小行星2024 XA1进入地球大气层的时间为世界时2024年12月3日16:14:48，位置为：60.85°N，118.49°E。计算结果与文献[15]测量结果一致。

5）对近地小行星2024 XA1星等进行日心距、地心距和相位修正，获得其绝对星等H为32.98 ± 0.02～33.14 ± 0.03。

6）取小行星反照率$p_g = 0.15$，计算获得近地小行星2024 XA1的直径为0.76～0.82 m，与JPL给出的估算结果一致。

此次对近地小行星2024 XA1的监测，是一次成功的近地小行星预警防御监测试验，从制定观测方案到获得目标位置和亮度信息，进而对其进行撞击评估和特性分析，进行了一次全流程的实战演练。此次试验充分验证了丽江2.4 m望远镜对近地小行星等快速运动目标的监测能力，展现了其在近地小行星监测方面的性能优势，将有助于云南天文台在今后的近地小行星监测预警工作中发挥重要作用。

云南天文台将继续依托丽江2.4 m望远镜开展对距离较近、运动较快近地小行星的观测试验，以便提高在图像处理、轨道计算和特性反演等方面的能力，生成研究算法和工具，为潜在撞击危险近地小行星的快速响应观测积累经验。

中国在近地小行星探测和监测研究领域的力量比较薄弱，观测设备严重不足，尤其在潜在撞击地球危险近地小行星探测和预警方面的能力远远无法满足行星防御任务的需求，目前11次的近地小行星撞击成功预警中没有一次是由中国完成。随着中国科学院紫金山天文台4.2 m地基专用天体测量望远镜和2.5 m多终端通用望远镜的建设，有望增强中国在近地小行星探测和监测研究领域的实力。

参考文献

[1] MORBIDELLI A，BOTTKE W F JR，FROESCHLÉ C，et al. Origin and evolution of near-Earth objects[J].Asteroids III，2002：409-422.

[2] SCHOLL H, SCHMADEL L D，Discovery Circumstances of the First Near-Earth Asteroid（433）Eros[J]. Acta Historica Astronomiae，2002，15: 210-220.

[3] BOROVICKA J，SPURNY P，BROWN P，et al. ，The trajectory，structure and origin of the Chelyabinsk asteroidal impactor[J]. Nature，2013，503(7475)：235-237.

[4] OZAWA S，MIYAHARA M，OHTANI E，et al. Jadeite in Chelyabinsk meteorite and the nature of an impact event on its parent body[J/OL]. Scientific Reports，2014，4(1)：5033. https://link.springer.com/article/10.1038/srep05033.

[5] PAUL C, DON Y. Asteroid 2012 DA14 to pass very close to the Earth on February 15，2013[EB/OL]. [2025-09-14]. http://www.nasa.gov/multimedia/podcasting/asteroid20130204.html.

[6] 冯思亮，喻志桐，胡馨然，等. 基于日地L1点近地小行星天基观测系统的天地协同观测效能分析[J]. 深空探测学报（中英文），2023，10(4)：378-386.
FENG S L，YU Z T，HU X R，et al. Analysis of the efficacy of cooperative space-based and ground-based observations of near-Earth asteroids based on solar-terrestrial L1 Point of the space-based observing system[J]. Journal of Deep Space Exploration，2023，10(4)：378-386.

[7] 刘静，程昊文，杨志涛，等. 近地小行星天地基协同监测和轨道确定试验[J]. 深空探测学报（中英文），2024，11(2)：177-183.
LIU J，CHENG H W，YANG Z T，et al. Experiments on space-ground cooperative monitoring and precise orbit determination of near-Earth steroids[J]. Journal of Deep Space Exploration，2024，11(2)：177-183.

[8] 龚自正，李明，陈川，等. 小行星监测预警、安全防御和资源利用的前沿科学问题及关键技术[J]. ，科学通报，2020，65(5)：346-372.
GONG Z Z，L M，C C，et al. The frontier science and key technologies of asteroid monitoring and early warning，security defense and resource utilization[J]. Chinese Science Bulletin，2020，65(5)：346-372.

[9] 黄翔宇，徐超，胡荣海，等. 小行星动能撞击自主导航与制导方法研究[J]. 深空探测学报（中英文），2022，9(4)：438-446.
HUANG X Y，XU C，HU R H，et al. Autonomous navigation and guidance for asteroid kinetic impact mission[J]. Journal of Deep Space Exploration，2022，9(4)：438-446.

[10] 吴伟仁，龚自正，唐玉华，等. 近地小行星撞击风险应对战略研究[J]. 中国工程科学，2022，24(2)：140-151.
WU W R，GONG Z Z，TANG Y H，et al. Response to risk of near-Earth asteroid impact[J]. Strategic Study of CAE，2022，24(2)：140-151

[11] 张熇，顾征，韩承志. 小行星撞击防御任务分析与设计[J]. 深空探测学报（中英文），2023，10(4)：387-396.
ZHANG H，GU Z，HAN C Z. Analysis and design of asteroid impact defense mission[J]. Journal of Deep Space Exploration，2023，10(4)：387-396.

[12] 邹永廖，薛长斌，贾瑛卓，等. 小行星防御试验任务科学目标设计与有效载荷配置[J]. 深空探测学报（中英文），2024，11(2)：169-176.
ZOU Y L，XUE C B，JIA Y Z，et al. Scientific objectives and configuration payloads of asteroid defense test missions[J]. Journal of Deep Space Exploration，2024，11(2)：169-176.

[13] 吴伟仁，唐玉华，李明涛. 小行星防御在轨处置技术研究进展[J]. 深

空探测学报(中英文)，2023，10(4)：345-356.
WU W R，TANG Y H，LI M T，et al. Research progress in asteroid defense on-orbit disposal technology[J]. Journal of Deep Space Exploration，2023，10(4)：345-356.

[14] LI M T，WANG Y，WANG Y，et al. Enhanced kinetic impactor for deflecting large potentially hazardous asteroids via maneuvering spacerocks[J]. Scientific Reports，2020，10(1)：1-9.

[15] FRANCESCO G，ALBINO C，MARCO F，et al. The fall of asteroid 2024 XA1 and the location of possible meteorites[J/OL]. Icarus，2025，433：116511. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0019103525000582?via%3Dihub.

[16] FARNOCCHIA D，CHESLEY S R，BROWN P G，et al. The trajectory and atmospheric impact of asteroid 2014 AA[J]. Icarus，2016，274：327-333.

[17] JENNISKENS P，SHADDAD M H，NUMAN D，et al. The impact and recovery of asteroid 2008 TC3[J]. Nature，2009，458：485-488.

[18] XIN Y X，BAI J M，LUN B L，et al. Astronomical site monitoring system at Lijiang observatory[J]. RAA，2020，20(9)：149-156.

[19] WANG C J，BAI J M，FAN Y F，et al. Lijiang 2.4-meter Telescope and its instruments[J]. RAA，2019，19(10)：149-158.

[20] ZHANG X L，YANG B and BAI J M. Astrometry and spectra classification of near Earth asteroids with Lijiang 2.4 mtelescope[C]// Proceedings of Astronomy and Astrophysics in the Gaia sky IAU Symposium. [S. l.]：IAU，2017.

[21] ZHANG X L，JEWITT D, HUI M. Photometric observations of comet C/2017 K2（PANSTARRS）with the Lijiang 2.4 m Telescope[J]. MNRAS，2019，487：2919-2923.

[22] LIN Z Y，HENG Y L，VINCENT J B，et al. A study of the physical properties of an active asteroid（6478 Gault)[J]. Publications of The Astronomical Society Japan，2020，72(5)：1-10.

[23] XU X M，ZHANG X L，WU Y Z ，et al. Detection of the activity of 468861（2013 LU28)[J/OL]. RAA，2025，25：035023. https：//iopscience.iop.org/article/10.1088/1674-4527/adbea2/meta.

[24] HUI M T，WIEGERT P A，THOLEN D J，et al. The second Earth Trojan 2020 XL_5[J/OL]. ApJL，2021，922：L25. https：//iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ac37bf.

[25] BROWN A G A，VALLENARI A，et al. Gaia Data Release 3-Summary of the content and survey properties[J/OL]. Astronomy & Astrophysics，2018，616：A1. https：//www.keyanzhidian.com/doc/detail?id=2072878542.

[26] GRAY B. Find orb：orbit determination from 95 observations[Z]. Astrophysics Source Code Library，2022，record 96 ascl：2202.016. http：//ascl.net/2202.016.

[27] BOWELL E，HAPKE B，DOMINGUE D，et al. Application of photometric models to asteroids[J]. Asteroids II，1989，2(4)：524-556.

[28] PRAVEC P，HARRIS A W. Binary asteroid population 1. angular momentum content[J]. Icarus，2007，190(1)：250-259.

作者简介：
张西亮(1980–)，男，研究员，硕士生导师，主要研究方向：太阳系小天体的观测研究。
通信地址：云南省昆明市官渡区羊方旺396号(650216)
电话：13888422935
E-mail：zhangxiliang@ynao.ac.cn

Observational Research of Near Earth Asteroid 2024 XA1

ZHANG Xiliang[1,2]，XU Wentao[3]，FAN Xiangyu[1,2]，WANG Ling[1,2]
（1. Yunnan Observatories，Chinese Academy of Sciences，Kunming 650216，China；
2. University of Chinese Academy of Sciences，Beijing 100049，China；
3. Shanghai Observatories，Chinese Academy of Sciences，Shanghai 200030，China）

Abstract：This study adopted image processing methods for trailed target and Gaia DR2 catalog data to determine position and brightness of near-Earth asteroid 2024 XA1. Combined with the data from Minor Planet Center（MPC），orbital calculations revealed that near-Earth asteroid 2024 XA1 impacted at 16:14:48 UT on December 3，2024，at coordinates 60.85°N，118.49°E. The absolute magnitude of near-Earth asteroid 2024 XA1 was 32.98～33.14 corresponding to a diameter of 0.76～0.82 meters with an albedo of 0.15. As a targeted observation experiment for hazardous asteroids，the methodology and data processing techniques developed in this study can be applied to planetary warning and defense missions in future.

Keywords：near earth asteroid；observation；orbit calculation；absolute magnitude；diameter

Highlights：

- successfully conduct the observation experiment of the fast moving near Earth asteroid 2024 XA1 and data reduction.
- calculation the impact of 2024 XA1 at 16:14:48 UT on December 3，2024，at coordinates 60.85°N，118.49°E.
- obtain the absolute magnitude of 2024 XA1 as 32.98～33.14 corresponding to a diameter of 0.76 ~ 0.82 meters.

[责任编辑：高莎，英文审校：宋利辉]