

基于图像位移叠加方法探测暗弱小行星*

王斌^{1,2,3†} 赵海斌^{1,3,4‡} 李彬^{1,3,4}

(1 中国科学院紫金山天文台 南京 210008)

(2 中国科学院大学 北京 100049)

(3 澳门科技大学月球与行星科学实验室-中国科学院月球与深空探测重点实验室伙伴实验室
澳门 000853)

(4 中国科学院行星科学重点实验室 南京 210008)

摘要 为了提高对太阳系内暗弱小天体的探测能力, 将位移叠加方法应用于时序光学图像的处理, 提高了暗弱小行星的识别效率. 通过试位法预估动目标的视运动速度, 确定动目标的存在性, 进一步根据目标星象特征判据(信噪比和星象伸长率)迭代确定动目标的精确位置. 将位移叠加方法运用在近地天体望远镜同一天区连续曝光的多幅图像的处理中, 成功探测到暗于21 mag的单帧不可见动目标, 验证了图像位移叠加方法探测暗弱动目标的可行性.

关键词 天体测量学, 仪器, 望远镜, 技术: 图像处理, 方法: 观测, 方法: 数据分析

中图分类号: P123; 文献标识码: A

1 引言

小行星一直是天体测量的重要研究对象, 包括近地小行星、主带小行星和柯依伯带天体. 近地小行星会对地球产生碰撞威胁已经众所周知, 而大量主带小行星的发现对于研究太阳系的起源和演化有着重要意义. 就目前国际上大型小行星巡天计划效率而言, 受望远镜探测能力的限制, 对视亮度暗于20 mag的小行星的探测效率会迅速降低^[1]. 因此对于探测小行星这类暗弱动目标来说, 提升望远镜的探测能力是急需解决的问题.

提高望远镜的探测能力有多种方法, 最直接的方法就是提高望远镜的口径, 此方法成本大、周期长, 难以在短时间内实现^[2-3]. 第2种方法是延长望远镜的曝光时间, 这种方法在恒星、星系等静目标的深场探测上取得了良好的效果, 但是并不适用于动目标的探测, 并且曝光时间受天光背景的限制不可能无限制地增加. 第3种方法是图像叠加方法, 使每幅图像上来自同一目标源的光子经过叠加后落在叠加图像上的同一位置, 从而

2017-03-20收到原稿, 2017-04-18收到修改稿

*国家自然科学基金项目(11633009、11503090、11273067、11661161013)、澳门科学技术发展基金项目(095/2013/A3)、紫金山天文台小行星基金会和澳门科技大学月球与行星科学实验室-中国科学院月球与深空探测重点实验室伙伴实验室资助

†wangbin@pmo.ac.cn

‡meteorzh@pmo.ac.cn

达到延长目标天体的“有效曝光时间”的目的. 对于静目标来说, 其位置不会随时间变化, 所以叠加容易实现. 但是由于动目标在每幅时序图像上的位置都不同, 给图像叠加带来困难. 特别是对于一个巡天项目而言, 视场中不同动目标的视运动速度是不可预知的, 为了解决这一问题, 本文提出采用图像位移叠加方法^[4]来探测动目标.

本文首先从原理上分析了图像叠加方法对目标信噪比的影响, 然后介绍图像位移叠加方法的原理及流程, 最后通过对不同静目标和动目标的图像叠加实验, 分析叠加后目标源信噪比改善程度, 验证图像位移叠加方法探测暗弱动目标的可行性.

2 基本原理

2.1 信噪比

在天文观测图像中, 信噪比是在目标覆盖像素区域内信号和噪声的比值, 是描述测量品质的重要指标^[5]. 探测暗弱目标就是要提高目标源的信噪比, 使其能被探测到. 目前 CCD (charge-coupled device) 图像的 3 种主要噪声来源分别是光子噪声、暗电流噪声和读出噪声^[5]. 信噪比 SNR (Signal to Noise Ratio) 的计算模型为^[6]:

$$\text{SNR} = \frac{SQ_e t}{\sqrt{(S+B)Q_e t + I_d t + N_r^2}}, \quad (1)$$

其中 S 为目标源信号光子流量, B 为背景光流量, Q_e 为 CCD 的量子效率, I_d 为暗电流, t 为曝光时间, N_r 为读出噪声. 从信噪比计算模型可知, 增大目标信号光子流量 S 、减小背景光流量 B 和延长曝光时间 t 均可以提高目标信噪比.

2.2 图像叠加原理

通过图像叠加的方法增加叠加图像中目标源信号光子流量可以提高目标源信噪比. 使用 N 张连续曝光的图像进行叠加, 此时目标源信号 S 、 B 、 I_d 都变为单张的 N 倍; 光子噪声、暗电流噪声和读出噪声都变为单张的 \sqrt{N} 倍^[2-3]. 叠加后的信噪比 $\text{SNR}_{\text{stack}}$ 为:

$$\text{SNR}_{\text{stack}} = \frac{NSQ_e t}{\sqrt{N(S+B)Q_e t + NI_d t + NN_r^2}}. \quad (2)$$

相比之下, N 倍的时间长曝光后的信噪比 SNR_{long} 为:

$$\text{SNR}_{\text{long}} = \frac{NSQ_e t}{\sqrt{N(S+B)Q_e t + NI_d t + N_r^2}}. \quad (3)$$

对于静目标而言, 延长曝光时间可能使星象造成饱和溢出的问题, 而且受到背景天光的限制, 过度延长曝光时间会严重影响图像质量^[2-3]. 对于动目标来讲, 延长曝光时间会使其星象出现拉长现象, 不利于暗弱动目标的探测. 更极端的情况是: 对于快速运动的目标, 有效曝光时间取决于像元的大小, 无法利用长曝光积累目标天体的光子. 因此, 单次长曝光在观测中的使用受到局限.

3 位移叠加处理方法

3.1 方法概述

小行星等动目标相对于背景场星是运动的. 典型的动目标探测方法是通过对同一天区不同观测历元的多张图像进行比对, 从而发现相对于场星运动的目标^[4]. 这种方法受望远镜探测极限的限制, 无法探测到暗于极限星等的动目标. 为了提高动目标信噪比, 我们利用对同一天区连续曝光的多幅图像, 采用位移叠加的方法, 从而可以探测到暗于极限星等的暗弱动目标. 位移叠加原理如图1所示, 在用于叠加的原图(预处理后的图像)中截取包含动目标的相同尺寸的子图像, 调整图像位置使得动目标位于子图上的相同像素位置, 将子图叠加使得每幅图像上来自同一动目标源的光子落在叠加图像上的同一像素位置, 从而提高动目标的信号强度.

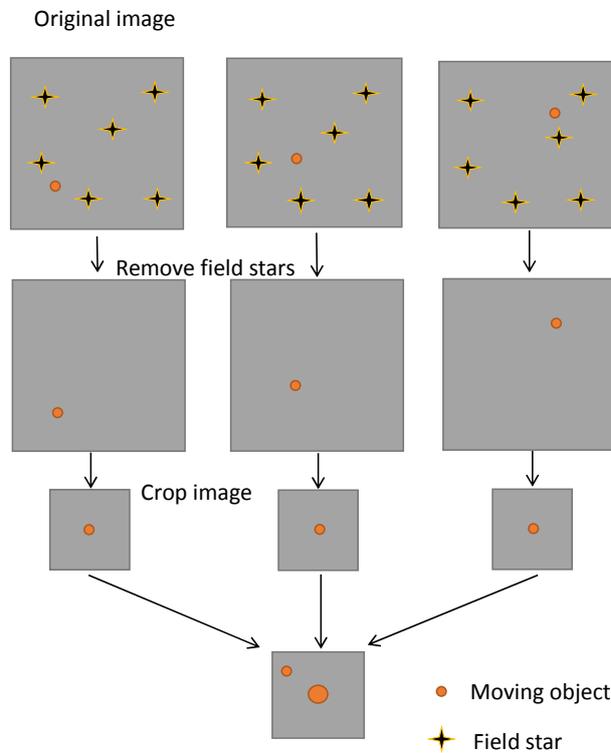


图 1 位移叠加方法原理

Fig. 1 Principle of the shifting and stacking method

3.2 具体流程

动目标位移叠加方法具体流程是首先将原图扣除背景和场星, 预估动目标速度计算每幅图像的参考位置, 然后以参考位置为中心截取相同尺寸的子图像用于叠加确定目标的存在性, 最后根据星象特征迭代确定目标准确速度.

3.2.1 扣除场星和背景

原图中存在一些对探测动目标无益的场星, 如图2 (a)所示. 如果以这些场星为参考

进行叠加, 静目标的星象会变清晰而动目标则会形成一条拉长的轨迹, 如图2 (b)所示. 如果以动目标为参考进行位移叠加, 此时动目标星象良好而静目标则变成一条拉长的轨迹, 如图2 (c)所示. 场星的存在会对动目标的探测和光度测量带来影响, 所以首先要扣除场星^[7]. 设定探测阈值, 保留每幅子图低于探测阈值的暗弱目标, 扣除子图中检测到的高于阈值的亮源, 如图2 (d)所示. 扣除场星后的叠加图像中降低了场星对动目标识别的影响, 如图2 (e)所示.

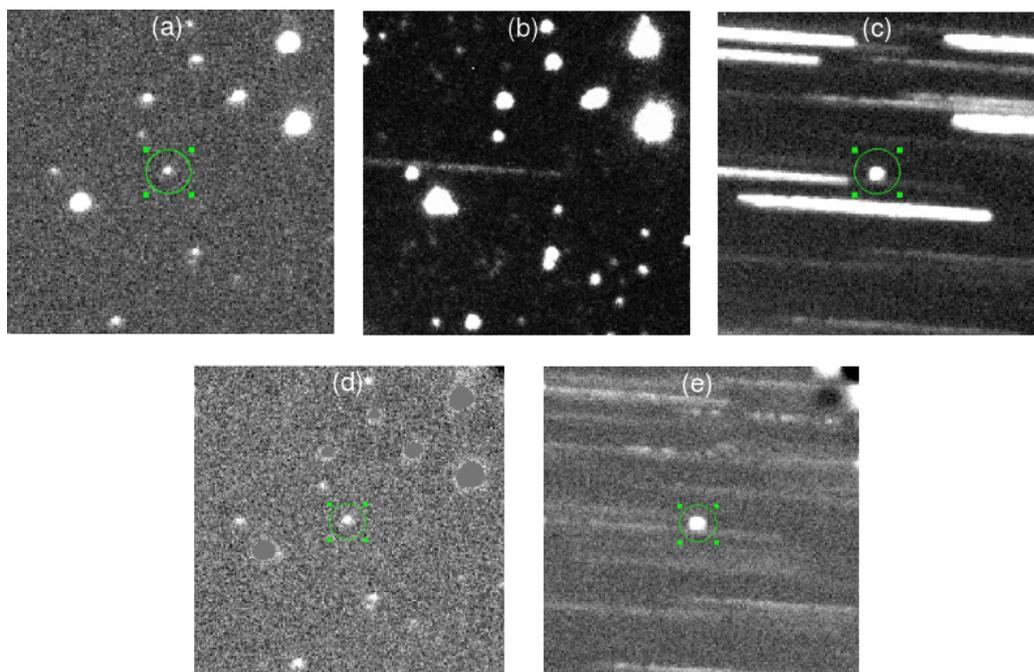


图 2 (a)以动目标为中心的子图, (b)以静目标为参考的叠加图, (c)以动目标为参考的叠加图, (d)扣除场星后的子图, (e)扣除场星后的叠加图

Fig. 2 (a) The subimage with a moving object at center, (b) stacking image based on field stars, (c) stacking image based on moving objects, (d) subimage after removing field stars; (e) stacking image after removing field stars

3.2.2 试位法图像叠加确定目标存在性

通过预估动目标的视运动速度计算每幅图像参考位置并以此为中心在原图上截取子图进行叠加. 选择一幅图像为参考图像, 指定视场内某一位置为从参考图像截取子图时的中心位置即参考位置; 通过预估速度和提取每幅图像与参考图像的拍摄时间差求得每幅图像的参考位置偏移量; 然后以每幅图像的参考位置为截取子图时的中心位置, 截取相同尺寸的子图, 使得动目标在每幅子图上的同像素位置邻域. 如果叠加后的图像出现疑似目标且信噪比大于设定的阈值 SNR_{th} , 则提取星象特征并记录预估速度 V_i 进行下一步; 如果没有出现疑似目标, 则改变预估速度重新截取子图像.

速度的预估方式为在目标天体的视运动速度相空间内试位取值. 在短时间内, 小行星等动目标在CCD图像上投影的视运动几乎呈直线且运动速度有一定范围. 表1列出了各类小行星在冲点附近的视运动速度. 其中, NEA为近地小行星, MBA为主带小行

星, KBO为柯依伯带天体. 我们统计了小行星冲点附近 5° 范围内的视运动速度分布, 如图3所示, 赤经方向速度分量的平均值为 -0.1546 ($^\circ$)/d, 标准差为 0.1532 ($^\circ$)/d, 赤纬方向速度分量的平均值为 0.0684 ($^\circ$)/d, 标准差为 0.0743 ($^\circ$)/d.

表 1 各类小行星冲点附近的视运动速度

Table 1 The apparent velocity for different kinds of asteroids near opposition

| Type of asteroid | NEA | MBA | KBO |
|-----------------------------------|--------|-------|-----|
| Velocity/(mas · s ⁻¹) | 40-100 | 10-15 | 0-5 |

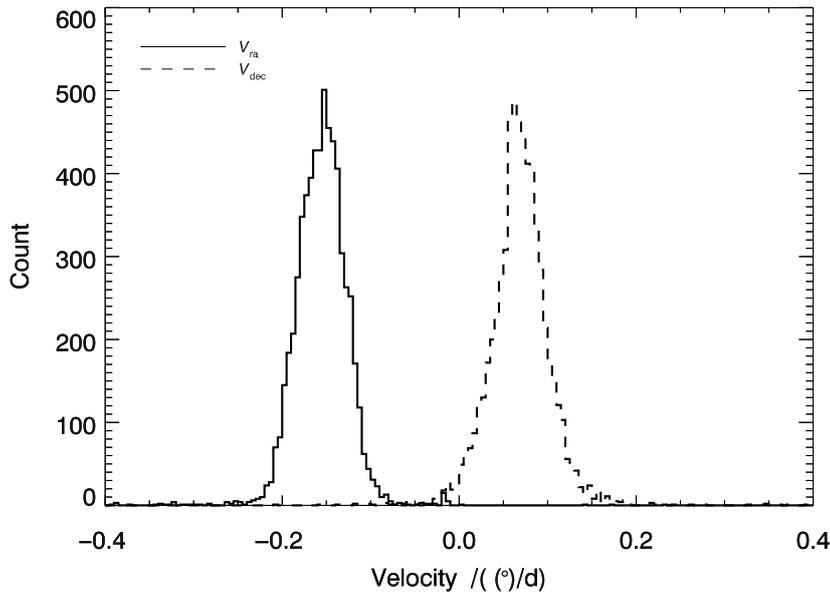


图 3 小行星速度分布

Fig. 3 Velocity distribution of asteroids

我们首先估计在视运动速度相空间内试位的次数. 暗弱动目标在单张图上信噪比为 $\text{SNR}_{\text{single}}$, 叠加后的信噪比探测阈值为 SNR_{th} , 则需要叠加图的数量为:

$$N = \left(\frac{\text{SNR}_{\text{th}}}{\text{SNR}_{\text{single}}} \right)^2. \quad (4)$$

为了使每幅图像上来自同一动目标的光子都落在同像素位置, N 张图像位移累计允许偏移量为一个像元 P , 时间间隔为 Δt 的 N 幅连续图像的位移允许偏移量 $\Delta x = \frac{P}{N}$, 则试位速度最小步长 $\Delta v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. 在赤经方向范围大小为 V_r 的速度相空间内, 理论最多试位次数为:

$$n_r = \frac{V_r}{\Delta v} = \frac{\text{SNR}_{\text{th}}^2 V_r \Delta t}{\text{SNR}_{\text{single}}^2 P}. \quad (5)$$

赤纬方向范围大小为 V_d 的速度相空间内, 理论最多试位次数为:

$$n_d = \frac{V_d}{\Delta v} = \frac{\text{SNR}_{\text{th}}^2 V_d \Delta t}{\text{SNR}_{\text{single}}^2 P}. \quad (6)$$

由(5)–(6)式可以看出: 信噪比越小的目标源试位次数越多, 速度相空间范围越大, 试位次数越多.

3.2.3 根据星象特征迭代确定目标位置

根据试位法得到试位速度 V_t , 取星象在赤经、赤纬方向上的拉长量与总观测时间比值作为试位速度与准确速度的差值 ΔV , 以 $V_t \pm \Delta V$ 作为速度区间, 采用区间内迭代的方式确定其准确速度. 如图4 (a)–(d)所示, 随着叠加速度逼近动目标准确速度, 动目标的星象出现从拉长状到点状的变化.

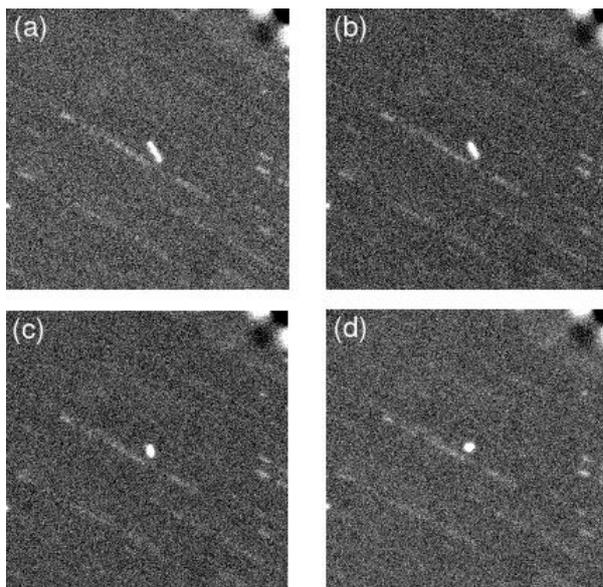


图 4 动目标星象从拉长状逐渐变为点状

Fig. 4 The moving object gradually varied from an elongated shape to a point

分析图4中动目标星象的变化, 发现: 随着叠加速度逼近准确速度, 星象的信噪比呈递增的趋势而伸长率呈递减趋势. 如图5所示, 记录了星象的信噪比和伸长率随叠加速度与动目标准确速度差值的变化趋势. 叠加速度与准确速度差值为最小时, 星象的信噪比达到最大, 伸长率达到最小. 因此以信噪比最大、伸长率最小作为叠加过程中的目标函数. 达到目标函数, 速度迭代结束, 此时叠加速度是最接近准确速度的. 最后, 确定动目标在叠加图上的位置.

4 实验结果及分析

本次实验选取盱眙近地天体望远镜于2016年2月4日到2月6日连续3 d对同一天区观测的600幅图像作为实验数据. 近地天体望远镜是一台1.04/1.20/1.80 m的施密特望远镜, 目前安装了10 K×10 K CCD相机, 像元尺寸为 $9 \mu\text{m} \times 9 \mu\text{m}$, 对应的天空张角为 $1.029'' \times 1.029''$. 单张图像的曝光时间为90 s.

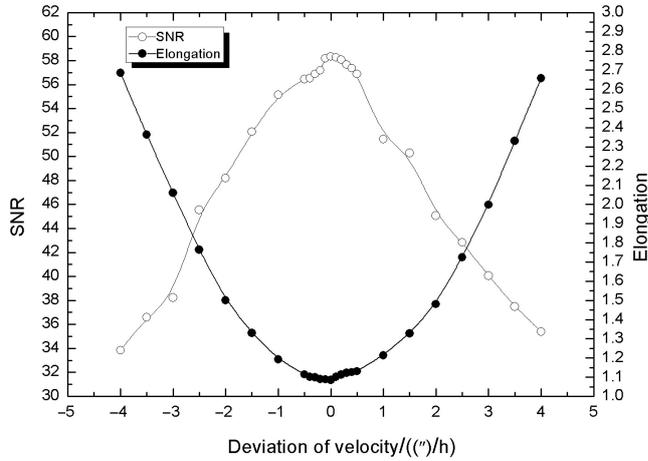


图 5 信噪比和伸长率随叠加速度与准确速度差值的变化

Fig. 5 The variation of SNR and elongation with the differences between stacking velocity and accurate velocity

4.1 恒星叠加实验

选择2月4日的150幅图像进行处理. 对恒星目标的叠加无需考虑每幅图像的位移, 此时叠加速度设置为0. 考虑到处理效率, 由原图中截取1 K×1 K的子图进行处理, 如图6 (a)所示. 叠加后的图像有效曝光时间为3.75 h, 如图6 (b)所示. 不难发现, 叠加图上出现了很多单张图不可见的源, 图像深度得到加强.

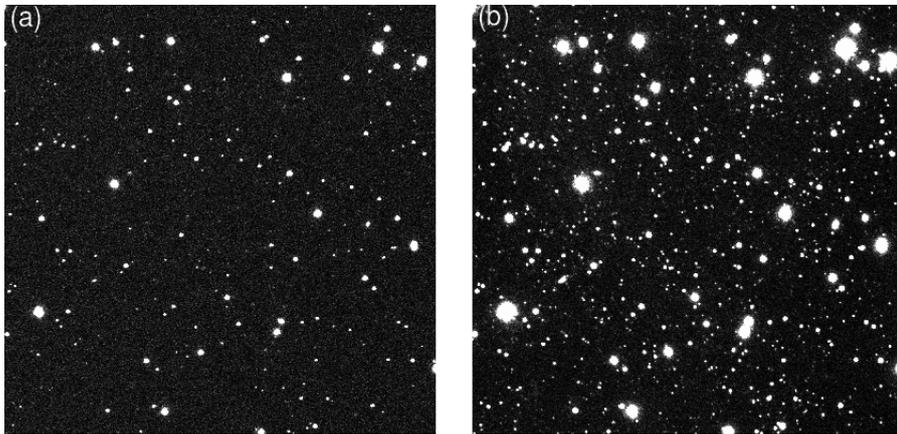


图 6 (a)子图, (b)叠加图

Fig. 6 (a) Subimage, (b) stacking image

截取的子图中出现363个源, 叠加图中出现1519个源. 通过位置比对, 成功匹配362个源. 分析这362个源的信噪比随叠加图数量增加的变化趋势, 如图7左图所示. 150幅图像叠加, 理论上信噪比提高12倍, 实际提高9.5倍. 分析其原因, 主要有以下两点: (1)由于

全视场星象的定位误差约为 $0.13''$, 因此在叠加过程中星象中心不能完全对齐, 抑制了叠加后的目标信噪比的提升; (2) 由于图像序列的时间跨度约有5 h, 观测天区的天顶距变化、天光背景变化等因素导致序列图像质量存在差异, 固然较差测光对这些效应进行了改正, 但是在一定程度上也抑制了信噪比的提升. 本文还将不同信噪比的源分开考虑, 如图7右图所示, 高信噪比的源比低信噪比的源经叠加后信噪比提升的程度要大, 表明上述效应对暗源的影响比亮源大.

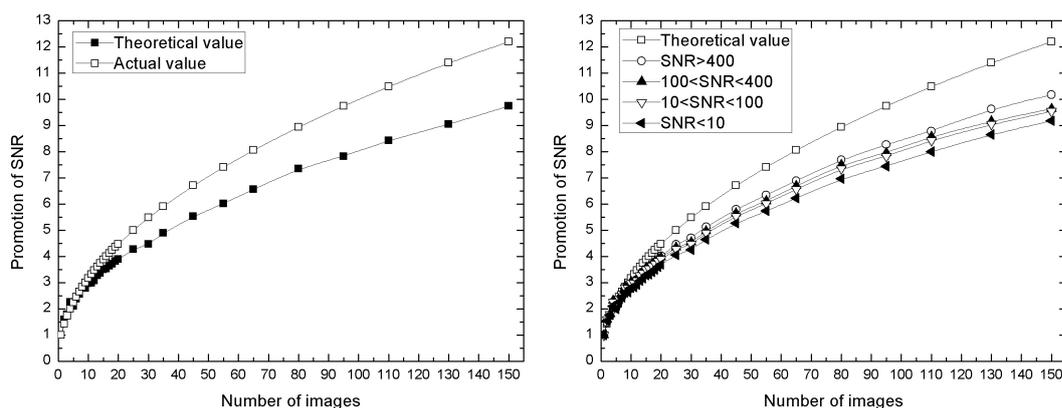


图 7 左: 信噪比经叠加后提高的倍数, 右: 不同的源信噪比经叠加后提高的倍数

Fig. 7 SNR promotion after stacking (left) and SNR promotion of different objects after stacking (right)

4.2 可见动目标叠加实验

选择2月4日连续曝光的50幅图像进行处理, 所选图像拍摄时间跨度约为2 h. 对2000 KS35这颗小行星进行位移叠加实验, 在参考图上截取了以动目标为中心, 大小为 $200 \text{ pixel} \times 200 \text{ pixel}$ 的子图, 如图8 (a)所示. 动目标在短时间内的运动可认为是匀速的, 经统计此动目标赤经视运动速度分量为 $34.25''/\text{h}$, 赤纬视运动速度分量为 $12.75''/\text{h}$, 以此速度作为叠加速度对动目标进行位移叠加处理, 如图8 (b)所示. 叠加后的星象位置与单张参考图中星象的位置在赤经和赤纬方向的位置偏差分别为 $0.3''$ 和 $0.1''$. 对单张参考图应用了4阶底片常数处理进行天文定位, 参考星表是UCAC4 (The Fourth US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog); 叠加时其他图像均以参考图为准进行位移叠加, 得出的叠加图也采用参考图的底片常数. 由于该目标在赤经方向的视运动速度大, 因此在赤经方向的位置偏差更大.

由于每幅图像的质量有所差异且动目标存在由自转引起的亮度变化, 计算叠加前目标信噪比时, 取50幅图像数据的均值. 图9给出了叠加前后目标信噪比的变化, 对于实测数据而言, 不仅有前述静目标叠加过程中的信噪比提升抑制效应, 还存在由于动目标的视运动速度和位移叠加速度偏差引入的效应. 通过和图7比较后可知: 由速度偏差导致的信噪比提升抑制非常小, 反过来证明速度的偏差很小.

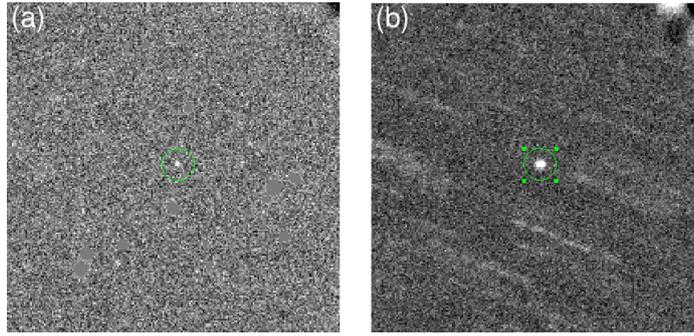


图 8 (a)以动目标为中心扣除场星后的子图, (b)叠加图

Fig. 8 (a) The subimage after removing field stars with the moving object at center, (b) stacking image

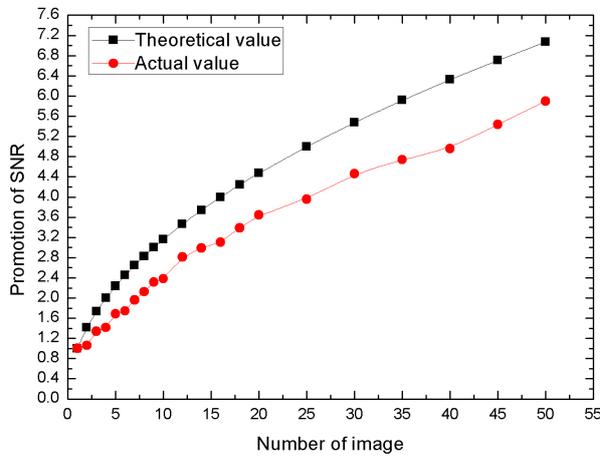


图 9 信噪比经叠加后提升的倍数

Fig. 9 SNR promotion after stacking

4.3 不可见动目标叠加实验

为了验证位移叠加方法对暗弱动目标探测的可行性, 利用单张图像不可见的动目标 2008 UO149 作为未知动目标进行实验. 选取 2 月 4 日至 6 日的 600 幅图像进行处理. 扣除场星和背景后, 图像上无可探测到的源, 如图 10 (a) 所示. 经统计此天区内 20 颗已探测到的小行星的速度, 给定此动目标的速度区间为: 赤经速度 V_{ra} ($20''/h - 35''/h$), 赤纬速度 V_{dec} ($6''/h - 15''/h$). 信噪比探测阈值为 3, 如果此动目标在原图信噪比为 1, 根据 (5)–(6) 式可知: 在此速度区间内试位取值最多 12 次就可出现目标星象. 根据目标星象特征经迭代后, 叠加速度逐渐逼近准确速度. 动目标首先出现 3 个星象, 随后从拉长状逐渐变为点状, 如图 10 (b)、(c)、(d) 所示. 当星象信噪比达到最大、伸长率达到最小时的叠加速度最接近准确速度, 终止迭代. 根据参考图的观测历元查得该目标在 JPL (Jet Propulsion Laboratory) Horizons (<https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>) 上的位置, 赤经、赤纬方向的位置偏差分别为 $0.02''$ 和 $0.28''$.

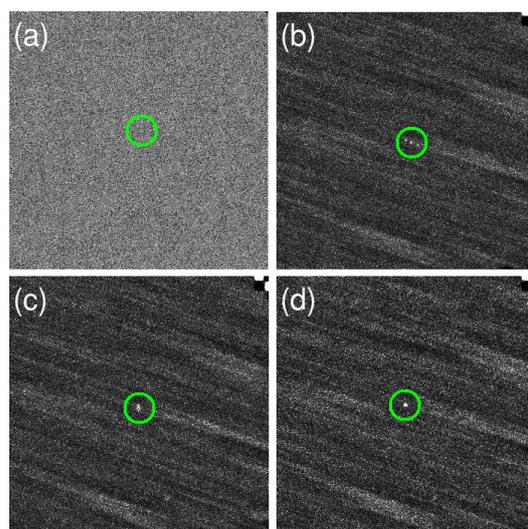


图 10 (a)扣除场星后的子图, (b)叠加图出现3个星象, (c)叠加图出现一个拉长星象, (d)叠加图出现点状星象

Fig. 10 (a) The subimage after removing field stars, (b) stacking image with three objects, (c) stacking image with an elongated object, (d) stacking image with a point object

4.4 未知动目标叠加实验

选取2月4日的200幅图像进行未知动目标叠加实验. 以坐标($08^{\text{h}}58^{\text{m}}46^{\text{s}}$, $+16^{\circ}01'49''$)为中心, 截取大小为 $4\text{ K}\times 4\text{ K}$ 的子图, 如图11 (a)所示. 扣除场星和背景后, 整幅图上没有可探测到的源, 如图11 (b)所示. 根据此天区内已知动目标的速度分布给出叠加速度区间进行位移叠加. 当叠加速度为 $V_{\text{ra}} = 37.5$ (″)/h, $V_{\text{dec}} = 12$ (″)/h时, 叠加图中出现多个疑似动目标, 如图12所示.

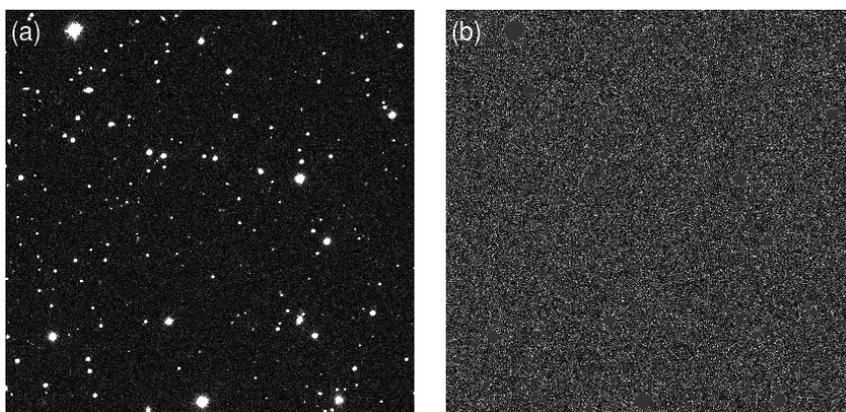


图 11 扣除场星前(a)后(b)的 $4\text{ K}\times 4\text{ K}$ 的子图

Fig. 11 The subimages of $4\text{ K}\times 4\text{ K}$ before (a) and after (b) removing field stars

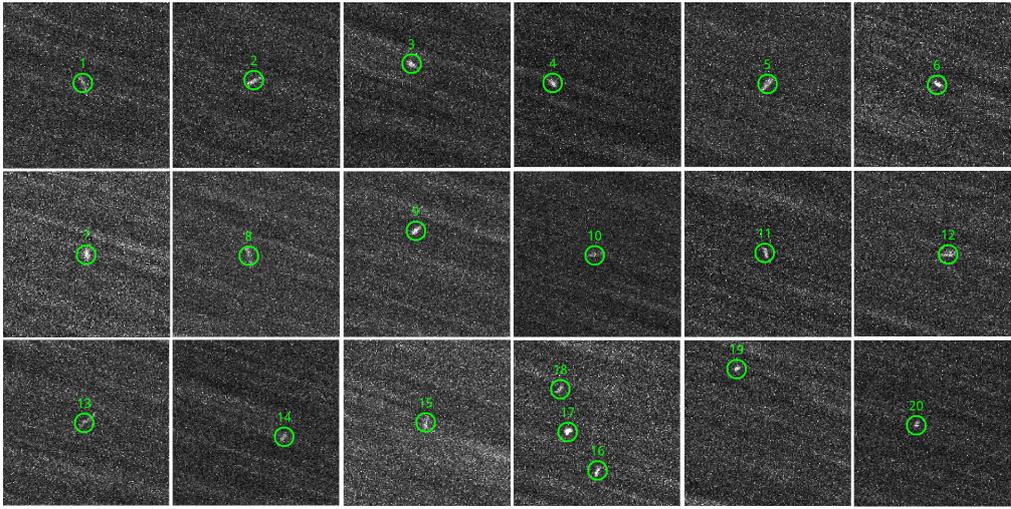


图 12 叠加图像上的动目标

Fig. 12 Moving objects in stacking image

测量这些疑似动目标的位置, 通过与MPC (Minor Planet Center)的数据进行对比, 最终确定了这些动目标的信息, 如表2所示. 其中, LINEAR (The Lincoln Near Earth Asteroid Research)全称为林肯近地小行星研究计划; NEAT (Near-Earth Asteroid Tracking)隶属JPL, 是NASA (National Aeronautics and Space Administration)支持下的小行星和彗星探测研究计划; Pan-STARRS (Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System)全称为全景观测望远镜和快速反应系统. 表2中所列的目标在近地天体望远镜的单帧图像中均是无法识别的, 通过应用图像位移叠加方法后可以明确地识别出来, 探测的极限超过21 mag. 表2中序号1-9的目标是观测前已经发现的暗弱目标; 2016 CY171和2016 CU171在2016年2月9日被Pan-STARRS计划发现, 2016 CB160在2016年2月9日被Lemmon Survey计划发现; 序号18、19、20的3个疑似动目标在MPC中没有位置信息, 是疑似未知动目标, 可做进一步的观测.

5 结论

本文研究了通过位移叠加探测暗弱动目标的方法. 首先对位移叠加方法的流程进行了说明, 推导了该方法在速度相空间试位的次数, 验证了方法的有效性. 使用近地天体望远镜的巡天图像对不同信噪比的动目标进行叠加实验, 成功探测到单张图不可探测到的动目标. 对200张2016年2月4日拍摄的巡天图像使用该方法进行未知动目标的叠加实验, 把探测移动目标的极限能力提高到21 mag, 在4 K×4 K图像区域内成功探测到发现时间晚于拍摄时间的3颗小行星而且探测到3颗疑似未知动目标. 位移叠加方法可以提高对动目标的探测能力, 在实际工作中具有很好的实用价值.

表 2 动目标星表
Table 2 The catalog of moving objects

| Number | Name | Magnitude/mag | First observation time | Discoverer |
|--------|--------------------|---------------|------------------------|---------------|
| 1 | 1996 RD | 20.8 | 1996-09-05 | Lime Greek |
| 2 | 2002 JM109 | 20.9 | 2002-05-11 | LINEAR |
| 3 | 2002 VY45 | 20.8 | 2002-11-05 | NEAT |
| 4 | 2005 UG182 | 20.7 | 2005-10-24 | Spacewatch |
| 5 | 2005 UO33 | 20.5 | 2005-10-24 | Spacewatch |
| 6 | 2014 QA309 | 21.2 | 2007-12-04 | Spacewatch |
| 7 | 2012 DG27 | 20.7 | 2012-02-24 | Pan-STARRS |
| 8 | 2016 BV21 | 20.8 | 2016-01-28 | Lemmon Survey |
| 9 | 2016 BY21 | 20.9 | 2016-01-28 | Lemmon Survey |
| 10 | 2016 CP6 | 20.6 | 2016-02-01 | Pan-STARRS |
| 11 | 2016 CW6 | 20.9 | 2016-02-01 | Pan-STARRS |
| 12 | 2016 CT6 | 20.9 | 2016-02-01 | Pan-STARRS |
| 13 | 2016 CT46 | 20.5 | 2016-02-03 | Pan-STARRS |
| 14 | 2016 CY171 | 21.3 | 2016-02-09 | Pan-STARRS |
| 15 | 2016 CU171 | 20.9 | 2016-02-09 | Pan-STARRS |
| 16 | 2016 CB160 | 21.3 | 2016-02-09 | Lemmon Survey |
| 17 | 2008 EH7 | 20.4 | 2008-03-05 | Lemmon Survey |
| 18 | Asteroid candidate | 21.6 | | |
| 19 | Asteroid candidate | 20.7 | | |
| 20 | Asteroid candidate | 21.2 | | |

参 考 文 献

- [1] Ruprecht J D, Stuart J S, Woods D F, et al. *Icar*, 2014, 239: 253
- [2] 孙荣煜, 赵长印, 平一鼎, 等. *天文学报*, 2012, 53: 80
- [3] Sun R Y, Zhao C Y, Ping Y D, et al. *ChA&A*, 2012, 36: 340
- [4] Toshifumi Y, Assushi N. *PASJ*, 2005, 57: 399
- [5] 杨光普, 邬文弢. *天文学进展*, 2012, 30: 467
- [6] 王书宏, 胡谋法, 陈曾平. *光电技术应用*, 2007, 28: 731
- [7] Zhai C X, Shao M, Nematı B, et al. *AJ*, 2014, 792: 60

Detection of Faint Asteroids Based on Image Shifting and Stacking Method

WANG Bin^{1,2,3} ZHAO Hai-bin^{1,3,4} LI Bin^{1,3,4}

(1 Purple Mountain Observatory, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

(2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

(3 Lunar and Planetary Science Laboratory, Macau University of Science and Technology-Partner Laboratory of Key Laboratory of Lunar and Deep Space Exploration, Macau 000853)

(4 Key Laboratory of Planetary Sciences, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

ABSTRACT In order to improve the ability to find faint small solar system bodies, a method of shifting and stacking images which improves the detection efficiency of faint moving objects is applied to process the sequential optical images. This method determines the existence of moving objects by using False Position Method to estimate the apparent velocities of moving objects, then determines iteratively accurate position of moving objects based on SNR (Signal-to-Noise Ratio) and elongation. Using the sequential images of the China Near Earth Object Survey Telescope (CNEOST), we carry out a trial experiment and succeed in detecting asteroids fainter than 21 magnitude which are invisible on a single image. At last the feasibility of this method is proved.

Key words astrometry, instrumentation, telescope, techniques: image processing, methods: observational, methods: data analysis