



星系中心大质量黑洞及潮汐瓦解恒星事件

刘柱^{1*}, 袁为民^{1,2*}, 孙惠¹, 李硕³, 刘富坤^{4,5}, 陈弦^{4,5}, 陆由俊³, 王挺贵⁶, 雷卫华⁷, 钟诗言⁸, 袁峰⁹, 王俊峰¹⁰, 黎卓^{4,5}, 李立新^{5,4}, 范一中¹¹, 周宏岩⁶

1. 中国科学院国家天文台, 中国科学院空间天文与技术重点实验室, 北京 100012;
2. 中国科学院大学天文与空间科学学院, 北京 100049;
3. 中国科学院国家天文台, 北京 100012;
4. 北京大学物理学院天文系, 北京 100871;
5. 北京大学科维理天文与天体物理研究所, 北京 100871;
6. 中国科学技术大学天文学系, 合肥 230026;
7. 华中科技大学物理学院, 武汉 430074;
8. 中国科学院云南天文台, 昆明 650216;
9. 中国科学院上海天文台, 上海 200030;
10. 厦门大学天文学系, 厦门 361005;
11. 中国科学院紫金山天文台, 南京 210008

*联系人, 刘柱, E-mail: liuzhu@nao.cas.cn; 袁为民, E-mail: wmy@nao.cas.cn

收稿日期: 2017-09-20; 接受日期: 2017-11-30; 网络发表日期: 2018-01-30

中国科学院空间科学战略性先导科技专项(编号: XDA15052100)和北京大学“985工程”建设项目“星团环境对双黑洞形成演化过程的干扰及其对引力波探测的影响”资助

摘要 黑洞潮汐瓦解恒星事件(Tidal Disruption Events, TDE)是星系中心黑洞瓦解进入其潮汐瓦解半径内的恒星并吸积恒星碎片物质而产生的一种剧烈辐射耀发现象. TDE的能谱和光变特征中蕴含了中心黑洞和被瓦解的恒星的信息, 为我们证实和普查宁静星系中的黑洞, 研究其参数、吸积过程和喷流产生、以及核区星际介质等提供了可能. TDE还可能提供中等质量黑洞和双黑洞存在的证据. TDE的观测和理论已成为一个新开辟的天体物理研究领域, 但目前的进展受制于探测到事件太少(尤其是在X射线波段), 且观测数据普遍质量不高. TDE的发生率很低, 要探测大样本的事例需要监测足够大的空间体积. 爱因斯坦探针卫星(Einstein Probe, EP)覆盖了0.5–4 keV的软X射线波段(接近TDE耀发时的辐射峰值能段), 具有大视场以及高灵敏度, 非常利于对TDE的探测. 预期爱因斯坦探针卫星每年可以发现约几十至上百例TDE, 其中有约10例或更多具有相对论性喷流特征. 这将使我们可以获得较为完备、具有统计意义的TDE的样本, 为进一步研究黑洞的存在和统计性质、增长和演化、发现中等质量黑洞和大质量双黑洞等提供了新的途径.

关键词 大质量黑洞, 潮汐瓦解恒星, 吸积, 喷流, 星际介质

PACS: 98.62.Js, 95.55.Ka, 98.62.Mw, 98.62.Nx, 98.62.Ra

引用格式: 刘柱, 袁为民, 孙惠, 等. 星系中心大质量黑洞及潮汐瓦解恒星事件. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2018, 48: 039503
Liu Z, Yuan W M, Sun H, et al. Massive black holes and tidal disruption events at the center of galaxies (in Chinese). Sci Sin-Phys Mech Astron, 2018, 48: 039503, doi: [10.1360/SSPMA2017-00268](https://doi.org/10.1360/SSPMA2017-00268)

1 引言

尽管缺乏充足的观测证据, 目前人们认为星系中心普遍存在一个大质量黑洞. 当恒星靠近这些黑洞附近, 进入到黑洞的潮汐瓦解半径之内时, 作用于恒星的潮汐引力将超过恒星的自引力, 恒星会被潮汐瓦解(Tidal Disruption Events, TDE). 这个过程中大约有一半的瓦解物质会回落并被黑洞吸积, 产生可以达到活动星系核(Active Galactic Nuclei, AGN)的光度的爆发式辐射^[1,2]. 观测上发现大部分TDE爆发时其软X射线的峰值光度可以达到 10^{44} erg s⁻¹, 随后其光度随着时间大体按照 $L \propto t^{-5/3}$ 的规律衰减, 整个耀发的过程可以持续几个月甚至几年.

TDE的研究对于进一步理解一些基本的天文学问题具有重要的意义. 这里主要阐述以下几点:

1) “是否每个星系中都存在一个大质量黑洞?”这是天文学中的一个基本问题. 一方面, 对于近邻的星系的研究发现, 星系中心黑洞的性质与其所在的宿主星系之间存在紧密的关系^[3,4]; 另一方面观测上也发现, 中心黑洞的反馈机制对于从理论上解释观测到的星系的光度函数非常重要. 因此, 星系中心黑洞的存在对星系的形成和演化将会有重要影响. 目前对于活动星系中的中心大质量黑洞, 可以通过观测黑洞吸积过程产生的高能辐射探测. 对于极少数(几十个)近邻的不活动的黑洞, 通过动力学方法可以探测其中心的超大质量黑洞. 而对于大多数不活动的黑洞, 这两种方法并不适用. 探测和研究这些黑洞只能通过研究TDE的方法进行. 在双黑洞星系中产生的TDE事件, 其光变曲线具有不同的特征^[5], 可以利用TDE事件来寻找双黑洞. 综上, 利用TDE事件可以探测并积累较大的单黑洞以及双黑洞的样本. 这对限制黑洞以及双黑洞的分布状态、其在星系中所占比例以及宇宙演化等方面都将具有重要的意义, 并帮助我们回答星系形成与演化的历史、大质量黑洞的增长以及宇宙结构的形成演化等问题.

2) 研究吸积和喷流: TDE事件经历了完整的吸积过程, 从开始到结束, 吸积率跨越了多个数量级, 对应不同的吸积态, 为研究大质量黑洞的吸积过程提供了理想的实验室. 喷流是天体物理中的重要现象, 从X射线双星到AGN都观测到了喷流结构. 喷流很有可能是AGN反馈机制中的一种, 理解喷流的性质对于研究黑

洞与星系的共同演化具有重要的意义. 具有喷流的TDE涵盖了喷流产生和能量耗散的全过程, 且包含了中心黑洞活动的信息, 例如Sw J1644+57的喷流以及其X射线光变中发现的准周期震荡(Quasi-Periodic Oscillation, QPO), 反映了黑洞周围的吸积过程及广义相对论效应^[6-8], 因此是我们研究吸积过程、喷流物理和中心黑洞性质的“天体实验室”.

3) 黑洞的性质和参数: 黑洞的质量与自旋是天体物理研究黑洞的最基本的两个参量, 对这两个参量的测量是进行许多其他研究的基础. TDE的观测性质提供了几种测量黑洞质量的方法: 在假设爱丁顿吸积的情况下, 可以利用TDE的峰值光度测量该事件中黑洞的质量; 通过测量一些TDE中发现的QPO的频率也可以计算黑洞质量; 另外还可以通过计算TDE的X射线光变幅度计算黑洞质量. 黑洞自旋的测量则更为困难, 目前测量超大质量黑洞自旋主要是利用AGN的X射线能谱中观测到的宽铁线^[9]. 黑洞的自旋是与黑洞的并合和吸积历史紧密联系的. 假设不同的并合与吸积模式, 观测到的超大质量黑洞自旋的分布也将不同. 通过对黑洞自旋分布的研究可以帮助我们理解黑洞的质量增长以及演化过程. 最新的研究指出, 通过对TDE的X射线光变曲线的完整和精细的观测, 可以探测黑洞自旋的广义相对论效应并限制黑洞自旋的分布^[10], 从而为测量宁静星系中黑洞的自旋提供了有效的方法.

4) 宁静星系中心气体环境: 宁静黑洞周围气体环境, 以及其与活动黑洞周围气体环境的比较将对黑洞在秒差距(Parsec)尺度气体吸积过程以及核活动起源给出重要的启示. 受限于观测手段, 目前这类研究只限于银河系和邻近的几个星系. TDE辐射峰值在远紫外和软X射线波段, 当这些能量相对较高的光子照射到周围的星际介质以及潮汐碎片、吸积盘外流气体时, 会产生窄的和宽的紫外和光学发射线. 同时, 通过视线方向上的气体时还会产生吸收线. 探测并研究这些发射线和吸收线的性质可以帮助我们了解宁静黑洞在秒差距尺度上的气体环境^[11-13].

黑洞潮汐瓦解恒星的理论在20世纪70-80年代就已提出^[1,2]. 理论预言的该事件耀发时的峰值频率很可能在紫外和软X射线波段, 而第1例相对可靠的TDE事件正是由工作在软X射线波段0.1-2.4 keV的ROSAT卫星在宁静星系NGC 5905中所发现的^[14,15]. 后续又从ROSAT的数据中发现了4例可能的TDE^[16-20], 其光变

曲线如图1(a)和(b)所示. 利用目前在轨运行的X射线望远镜(XMM-Newton, Chandra和Swift)数据, 在X射线能段又探测到大约15个新的TDE候选体^[21-37](图1(c)-(e)). 表1列出了目前已知的X射线TDE候选体. 总体来说, 观测到的事例还非常少, 而且大多数的观测采样覆盖严重不足.

在光学紫外波段, 利用GALEX, SDSS, ASASSN以及Pan-STARRS等巡天项目的数据, 寻找到了大约24例可能的TDE的候选体^[37-45].

Swift卫星的BAT探测器(15-150 keV)在2011年发现了1例非常奇特的TDE候选体Sw J1644+57. 其各向同性峰值光度达到 3×10^{48} erg s⁻¹, 比典型TDE的X射线

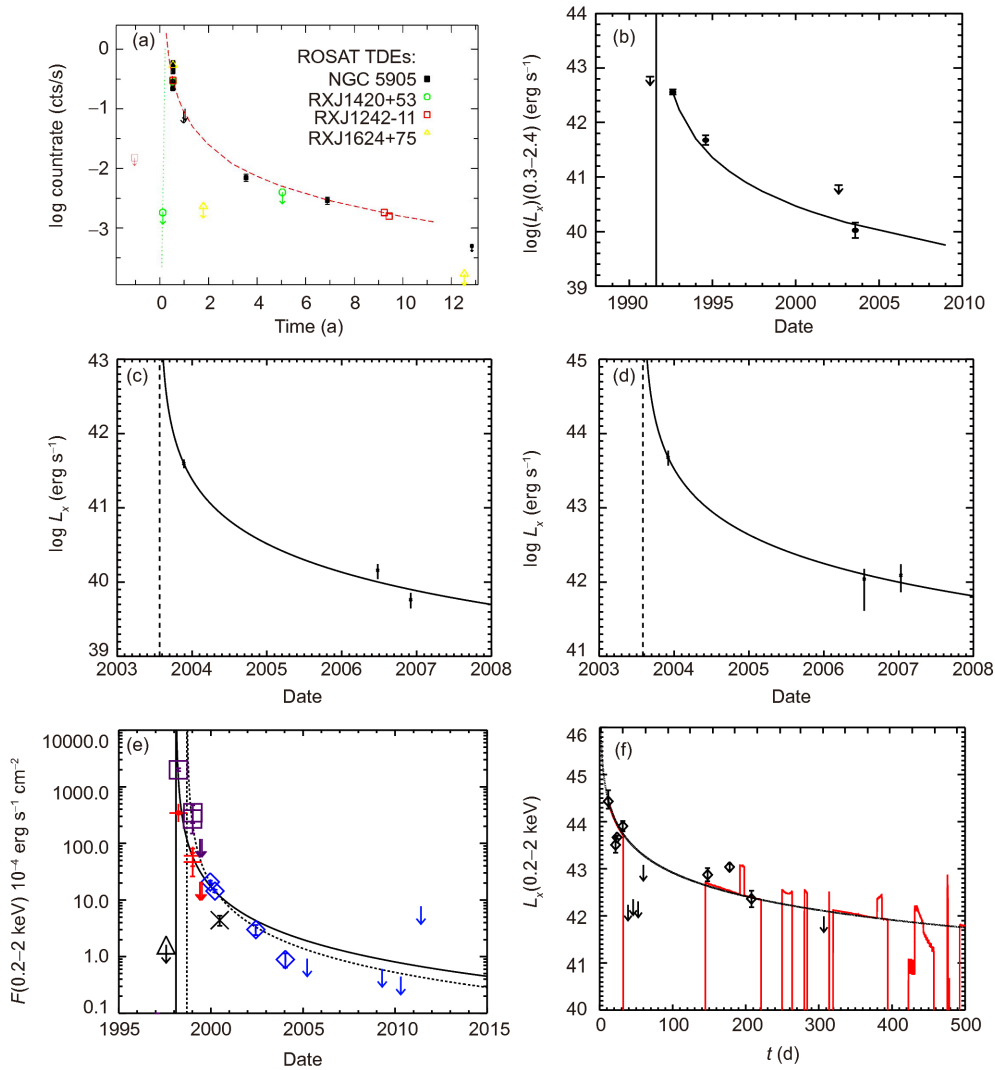


图 1 (网络版彩图) (a) ROSAT探测到的TDE的光变曲线, 取自文献^[21]; (b) TDE候选事例TDEXF 1347-3254的光变曲线^[19]; (c), (d) XMM-Newton探测到的TDE候选事例NGC 3599和SDSS J1323+4827的光变曲线^[24]; (e) TDE候选事例WINGS J1348的XMM-Newton和Chandra观测到的光变曲线^[28]; (f) 一例可能在双黑洞系统中产生的TDE的光变曲线, 取自文献^[49]. 实线或虚线代表的是服从 $L \propto t^{-5/3}$ 的光变曲线, (f)中的红色曲线代表的是双黑洞中TDE的光变曲线

Figure 1 (Color online) (a) Light curves for ROSAT detected TDEs, adopted from ref. [24]. Credit: Komossa 2004, Cambridge University Press, P45-48, reproduced with permission from Cambridge University Press. (b) Light curve for TDEXF 1347-3254^[19]. Credit: Cappelluti et al., Astron Astrophys, 495, L9, 2009, reproduced with permission © ESO. (c) and (d) Light curves for XMM-Newton detected TDE candidates NGC 3599 and SDSS J1323+3827, respectively, adopted from ref. [24]. Credit: Esquej et al. 2008, Astron Astrophys, 489, 54, 2008, reproduced with permission © ESO. (e) XMM-Newton and Chandra light curves for WINGS J1348^[28]. Credit: Maksym et al. MNRAS, 2013, 435, 1904-1927, reproduced with permission © OUP. (f) Light curve of a possible TDE in a black hole binary system, adopted from ref. [49]. The solid and/or dashed curves show the light curves which follow $L \propto t^{-5/3}$, while the red curve in (f) shows a light curve of a TDE in a binary black hole system.

表1 目前在X射线波段探测到的TDE候选体^{a)}

Table 1 TDE candidates that are detected at X-ray band

TDE候选体	红移	探测设备	参考文献
NGC 5905	0.011	ROSAT	[14,15]
RX J1242-1119	0.05	ROSAT	[16]
RX J1624+7554	0.064	ROSAT	[17]
RX J1420+5334	0.147	ROSAT	[18]
NGC 3599	0.003	XMM-Newton	[21,24]
SDSS J1323+4827	0.087	XMM-Newton	[21,24]
TDXF 1347-3254	0.037	ROSAT	[19]
SDSS J1311-0123	0.195	Chandra	[25]
2XMMi 1847-6317	0.035	XMM-Newton	[26]
SDSS J1201+3003	0.146	XMM-Newton	[27]
WINGS J1348	0.062	Chandra	[28]
RBS1032	0.026	ROSAT	[20]
3XMM J1521+0749	0.179	XMM-Newton	[29]
XMMSL1 J0630-6031	-	XMM-Newton	[30]
XMMSL1 J0740-8539	0.0173	XMM-Newton	[31]
3XMM J1500+0154	0.145	XMM-Newton	[32]
Swift J1644+57	0.353	Swift	[33,34]
Swift J2058+0516	1.186	Swift	[35]
Swift J1112-8238	0.89	Swift	[36]
ASASSN-14li*	0.0206	Swift	[38]

a) ASASSN-14li为光学发现并在射电波段探测到外流^[46,47]的TDE, 在后随观测中探测到X射线辐射

辐射亮几个量级. 后续的多波段观测和研究揭示这是一类新的TDE, 其非热辐射来自指向我们的相对论性喷流^[33,34]. Sw J1644+57是发现的第一个这类TDE, 之后又发现了另外2个可能的具有喷流的TDE候选体: Sw J2058+05和Sw J1112+8238^[35,36].

SDSS J120136.02+300305.5是另一个特殊的TDE事件, 分析发现其X射线光变曲线出现断裂式(天至周之内)的大幅度(数十倍)下跌^[48](其光变曲线见图1(f)), 与发生在双黑洞中的TDE事件所预期的光变特征符合得很好^[5]. 详细的分析认为在其中心是相距仅毫秒差距的双黑洞. 这是首次在正常星系中发现双黑洞, 为观测正常星系中的双黑洞开辟出了方法.

综上所述, 目前一共探测到约40多例可能的TDE事件^[22,37]. 这其中约一半是在X射线波段探测到的(约20例, 见表1), 样本数量依然较少. 这主要是由于缺乏大视场高灵敏度的X射线望远镜, 以及及时的后随观测数据(目前绝大部分X射线TDE的观测数据采样覆盖

不足). 另外, 对于大样本TDE候选体紫外性质的研究发现, X射线强的TDE没有紫外宽吸收线, 而X射线弱的源具有紫外宽吸收线特征, 这暗示许多光学TDE候选体的X射线很弱或者没有探测到X射线辐射的部分原因是外流的遮挡^[49]. 在观测到的近40多个TDE中, 只发现3例具有喷流性质的TDE候选体, 1例可能产生于中等质量黑洞中的TDE候选体^[28]以及1例可能产生于中心为双黑洞的TDE候选体^[48]. 因此在统计上尚不能对许多关键性科学问题作出解答, 如喷流的形成机制、中等质量黑洞的存在和数目、双黑洞的比例及其并合速率等.

爱因斯坦探针^[50](Einstein Probe, EP)卫星是一颗面向未来时域天文学和高能天体物理、用于全天软X射线暂现源探测和变源监测的天文学探测卫星. EP的有效载荷包括一台大视场(60°×60°)的软X射线(0.5–4 keV)望远镜(WXT)和一台后随X射线望远镜(FXT). WXT的探测灵敏度比以往和目前的大视场X射

线巡天设备高1–2个数量级. FXT具有快速后随跟踪观测的能力, 主要用于对发现的暂现源做深度的后随观测. EP的高灵敏度、大视场以及可以持续监测的特点非常有利于EP在更大的空间里探测到更大样本的TDE事例, 并提供完整的TDE光变曲线, 这将使我们获得较为完备、具有统计意义的TDE的样本, 为利用TDE进行相关的科学研究提供了可能.

2 理论模型预期和观测特征

2.1 理论模型预期

当恒星进入到星系中心大质量黑洞的潮汐瓦解半径($r_t \approx 7 \times 10^{12} (M_{\text{BH}} / 10^6 M_{\odot})^{1/3} (M_*/M_{\odot})^{-1/3} r_*/r_{\odot}$ cm, 其中 M_{BH} 是黑洞质量, M_* 和 r_* 分别是被撕裂恒星的质量和半径)之内, 将被中心黑洞的潮汐力瓦解. 恒星被黑洞潮汐瓦解后, 有大约一半的物质将会被抛射出^[51], 而剩下的物质在星系中心大质量黑洞引力的束缚下回落并最终形成吸积盘, 通过黏滞加热过程将引力能释放, 产生接近活动星系核光度的巨大辐射. 数值模拟结果认为, 此过程中质量吸积率的峰值可以接近甚至超过爱丁顿吸积率, 其辐射将主要集中在软X射线和紫外波段. 峰值之后, 质量吸积率随着时间以谱指数为 $-5/3$ 的幂律谱的形式逐渐减弱($\dot{M} \propto t^{-5/3}$). 递减的过程可以持续几个月甚至几年^[52].

根据目前的冷暗物质宇宙学理论, 在一些星系的中心可能存在至少两个超大质量黑洞. 当一个恒星被一个双黑洞系统潮汐瓦解时, 其光变曲线可能与单黑洞中的TDE事例有所不同. 通过理论计算发现, 在双黑洞系统中发生的TDE事件, 其光变将会首先按照 $L \propto t^{-5/3}$ 的形式逐渐变弱, 但在某一时刻(取决于双黑洞的轨道周期), 由于另一个大质量黑洞的存在, 吸积过程会间歇性中断. 因此在双黑洞中发生的TDE事件, 其观测到的光变不是连续的, 而是会有许多中断出现^[5].

利用恒星动力学模型, 并结合观测得到的星系中心黑洞质量与恒星速度弥散的关系($M_{\text{BH}}-\sigma_*$)^[3], 估算得到的TDE事件的发生率约为 $10^{-5} \text{ Mpc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$ ^[53]. 另外, 假设TDE的光度函数方程服从幂律谱形式, 利用已观测到的TDE事件拟合其光度函数方程也可以估算TDE的事件发生率. 通过这种方法估算得到的TDE的发生率(峰值光度超过 $10^{44} \text{ erg s}^{-1}$)约为 $5 \times 10^{-6} \text{ Mpc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$ ^[54].

2.2 观测特征

总体来说, X射线能段探测到的TDE事件主要具有以下一些特征: 强烈的辐射能量, 可以达到AGN亮度或更高的X射线闪耀($\geq 10^{44} \text{ erg s}^{-1}$); 耀变的幅度可以高达几百到几千倍, 耀发的时标很有可能是在星期到月的量级; 在达到峰值光度之后, 其光度随时间逐渐递减, 变化时标可以从几个月到几年甚至十几年. 对X射线能段探测到的TDE事件的光变曲线的分析发现, 这些事件的X射线光度随时间的变化与理论预期的 $t^{-5/3}$ 规律符合得很好.

观测上, Swift卫星还发现了一类可能具有相对论性喷流的TDE. 总体来说, 这类TDE具有极高的峰值X射线光度($\sim 10^{47-48} \text{ erg s}^{-1}$)、很长的持续时间并伴随有强烈变化的致密射电辐射. 其早期的光变特征表现为反复的强烈的X射线耀发. 在大约几天后, 其光度整体上开始下降但依然伴随复杂的短时标的X射线爆发. 在其中一个源Swift J1644+57中, 还探测到了一个200 s的准周期振荡^[7]. 另外还发现了一例可能发生在中心为双黑洞的宁静星系中的TDE^[48]. 受第2个黑洞的影响其吸积过程并不像单黑洞TDE事件那样是连续的, 因此在其光变曲线中会出现短暂中断, 这与理论的预期符合得很好.

观测到的TDE在其爆发期间的X射线能谱都非常软. 用简单的黑体谱模型拟合, 其温度范围在0.004–0.1 keV之间. 而随着时间的推移, 这些TDE的X射线能谱逐渐变硬(谱指数减小), 需要增加一个较硬的成分(如幂律谱). 图2(a)是目前探测到的X射线TDE在0.3–2.0 keV能段耀发期的流量的分布, 除去少数极亮的源(如Swift J1644+57), 大部分源的流量都低于 $10^{-11} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. 红移分布上(图2(b)), 除去具有喷流性质的TDE事例, 大部分软X射线波段探测到的TDE候选事例的红移都小于0.2.

3 EP探测前景及预期成果

3.1 探测前景

理论上估计TDE的发生率^[53]为 $\sim 10^{-5} \text{ Mpc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$, 而有相对论喷流的TDE的事件率大约为 $0.03 \text{ Gpc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$ ^[54]. 目前只探测到了约20例X射线TDE候选体, 其中有3例可能具有相对论性的喷流. 观测到的事件发生率比理论估算的结果大约低1个量级.

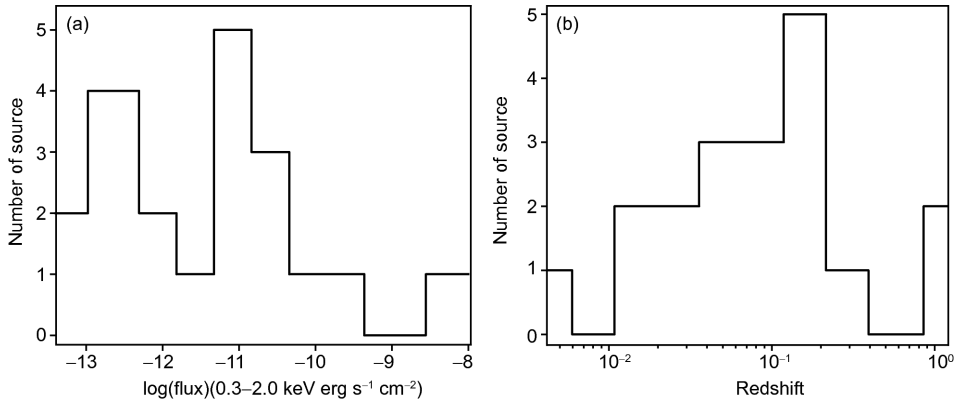


图2 (a) 目前探测到的X射线TDE在耀发期0.3–2.0 keV的流量分布; (b) 探测到的TDE候选体的红移分布, 具有喷流性质的TDE的红移最高

Figure 2 (a) The 0.3–2.0 keV X-ray flux distribution of X-ray TDE; (b) the distribution of redshift for the detected TDE candidates. Those with jet have the highest redshift.

EP是发现TDE的最佳设备. 它的波段正好覆盖耀发的理论峰值, 它的大视场和高灵敏度都满足发现这类耀发所需要的条件. 图3(a)和(b)是利用ROSAT对NGC5905(ROSAT的取样点较少, 这里我们利用拟合ROSAT数据得到的光变模型模拟EP/WXT的观测结果)的观测数据和Swift/XRT对Sw 1644+57(具有相对论性喷流的TDE)的观测数据模拟的EP/WXT观测到的光变曲线¹⁾. 从图中可以看出EP/WXT可以给出这两个源长时间高信噪比的光变曲线. 图3(c)和(d)则给出了不同的光度以及红移的情况下, 通过模拟得到的EP/WXT观测的典型的TDE事件的光变曲线. 从图3(c)和(d)可以看出, 对于峰值光度在 10^{43} erg s⁻¹的TDE事件, 在红移接近0.05时依然可以被EP探测到. 而对于相对较近的TDE事件, EP可以给出完整的高信噪比的光变曲线. 图4表示的是在不同的红移与峰值光度的情况下, EP/WXT对TDE事件的可连续观测时间. 从图4中可以看出, EP长期的重复扫描观测可以覆盖耀发的整个过程, 获得完整的测光和光谱数据. EP的这些特性不仅可以帮助最终确定这类耀发的辐射机制和物理本质, 而且对于研究吸积和喷流等重要天体物理现象具有极为重要的作用.

大部分X射线TDE是通过研究数据库的历史数据在耀发事后证认的. 除了Sw 1644+57外(观测到的上升阶段的数据在15–150 keV的硬X射线波段. 且只有峰值附近较短时间的光变数据), 对于其他TDE并没有光

度快速上升阶段的观测数据与研究. 因此对TDE发生的早期的观测性质尚不清楚. EP在一天之内可以多次重复观测同一天区(采样间隔一般在5 h左右). 即使TDE的上升阶段的时标在天的量级, 也有望通过探测流量的显著变化, 发现流量快速上升的源(可能的TDE候选体). EP具有快速预警能力. 一旦视场内有快速暂现源发生并且光变幅度超过阈值, 星载计算机将快速识别并触发EP的后随望远镜(EP/FXT)进行后随观测, 同时向地面系统发送预警信息, 触发及时的多波段的后随观测.

对于相对较弱的或者上升期较长的TDE事件, 通过地面系统对每天观测数据的快速处理与分析, 也可以及时发现这些TDE候选体并触发多波段的后随观测. 由于TDE事件具有显著的光变特征(其光度随着时间大体按照 $L \propto t^{-5/3}$ 的规律衰减, 递减的过程可以持续几个月甚至几年. 不同于伽马暴、AGN的耀发等其他X射线暂现事件), 从而可以通过分析EP以及其他多波段观测设备获得的长时间光变曲线和光谱数据有效地证认TDE事件.

根据X射线的样本统计计算得出TDE的光度函数大概为指数为-2的幂律函数, 光度大于 10^{43} erg s⁻¹的发生率为 5×10^{-6} Mpc⁻³ yr⁻¹, 其演化率从低红移向高红移逐渐降低^[54]. 利用基于光度函数和红移分布的蒙特卡罗模拟, 我们可以给出TDE的logN-logS图(即在每一个流量处S, 所有大于S的TDE的数目N, 见图5). 图5的

1) 在图3中模拟的光变曲线没有考虑EP运行中对观测目标的可见时段的限制. 在目标位于白天天区时(约半年), EP不能监测.

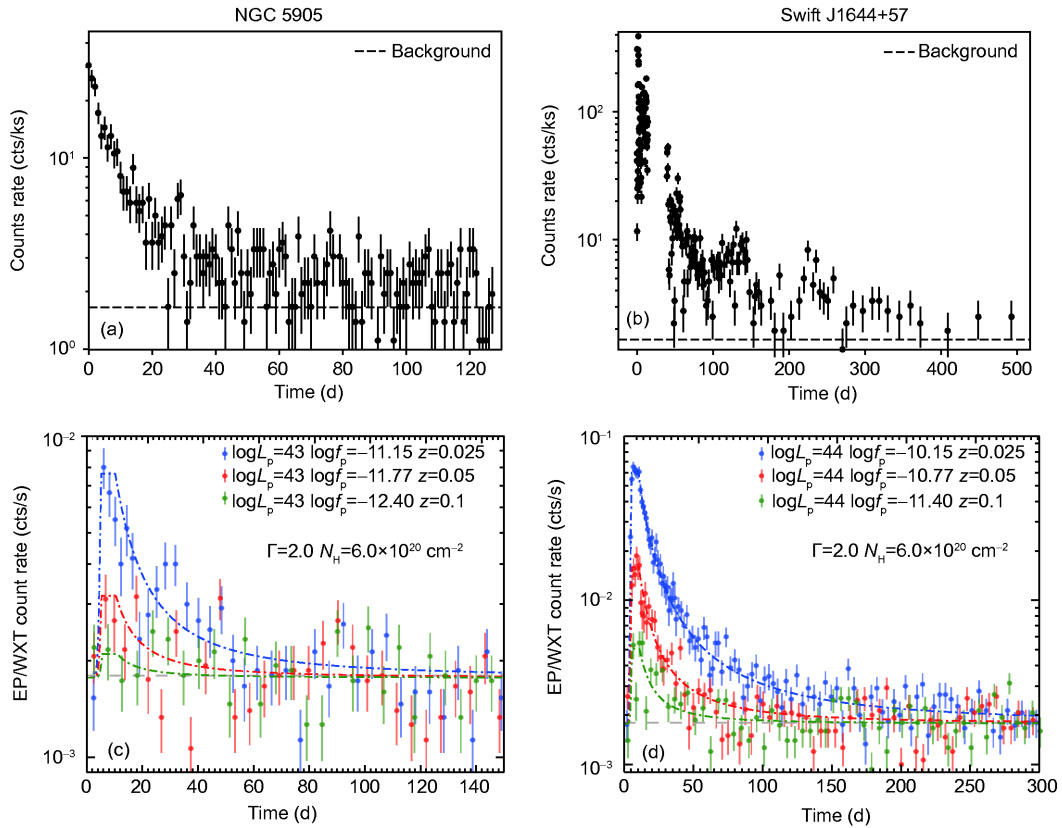


图 3 (网络版彩图) (a), (b) 根据ROSAT对NGC 5905以及Swift/XRT对Sw 1644+57观测到的数据, 模拟的EP/WXT对这两个源的观测(NGC 5905的光变模型通过拟合ROSAT观测数据得到)。 (c), (d) 模拟的不同光度以及红移的情况下EP/WXT观测到的TDE的光变曲线(假设光度随着时间按照 $L \propto t^{-5/3}$ 的规律衰减)。灰色水平虚线是EP/WXT的背景光子计数率, 点状虚线是模拟中假设的光变曲线的模型。 L_p 和 f_p 分别为0.2–4 keV(ROSAT的探测能段)能段的峰值光度和流量, z 为红移

Figure 3 (Color online) (a), (b) Simulated EP/WXT light curves for NGC 5905 (the light curve model is estimated by fitting the ROSAT data) and Sw 1644+57. The counts rates are estimated based on observed data by XMM and Swift, respectively. (c), (d) Simulated light curves for TDE observed by EP/WXT with different redshifts and soft X-ray luminosities (assuming luminosity declines as $L \propto t^{-5/3}$). The gray dashed line marks the background photon counts rate for EP/WXT. The dot-dashed line is the model used in the simulations. L_p and f_p are the peak luminosity and flux in the 0.2–4 keV energy band (energy band of ROSAT), while z is redshift.

纵坐标以每年每立体角为单位, 考虑的EP的灵敏度(每天累计曝光时间约为6 ks可以探测到的流量极限约为 $3 \times 10^{-12} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$, 对应的 N 为 $10\text{--}40 \text{ yr}^{-1} \text{ sr}^{-1}$)。EP一天的观测可以覆盖半个天球, 如果只考虑高银纬区域(低银纬天区对软X射线会产生较强的吸收), 粗略估计EP的监测天区为四分之一全天(约3立体角), 我们估算EP每年可以探测到 ~ 90 ($10\text{--}130$)个峰值光度大于 $10^{43} \text{ erg s}^{-1}$ 的TDE; 另外EP每年还可以探测大约 ~ 16 ($10\text{--}50$)个有相对论喷流的TDE。

得益于EP的后随X射线望远镜FXT, 在给出光变的同时, 对于较亮的源也有可能给出其能谱的性质。图6(a)是模拟的EP/FXT所观测到的TDE的能谱。假设

的流量为 $1 \times 10^{-11} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$, 吸收柱密度为 $3 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$, 谱型为黑体谱。可以看出EP/FXT可以给出较高信噪比的能谱, 并对黑体的温度做出很好的限制(图6(b))。

3.2 预期成果

预期EP在TDE的研究领域有望取得以下成果。

(1) EP的大视场、软X射线能段和较高的灵敏度使其成为TDE探测的利器。预期EP将获得一个大的、相对完备的TDE观测样本, 比现有的样本大一个数量级以上。目前的X射线TDE来自于不同的仪器不同的波段, 样本小且不具备统计的均匀性和完备性。EP具

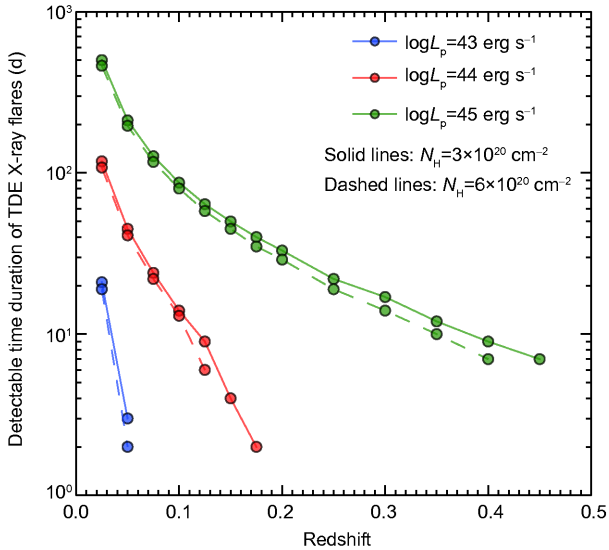


图4 (网络版彩图)不同光度以及红移的情况下EP/WXT对TDE的可观测时间

Figure 4 (Color online) The maximum observable time of EP/WXT for TDE with different luminosities and redshift.

有大视场高灵敏度的优势, 并且在整个视场内其探测灵敏度无显著变化. 从图4中可以看出, 在红移小于0.05的空间内, EP可以探测到软X射线峰值光度大于 $10^{43} \text{ erg s}^{-1}$ 的TDE. 红移在0.1附近时, EP可以探测到峰值光度大于 $10^{44} \text{ erg s}^{-1}$ 的TDE事件, 并具备对探测到的TDE候选事件进行长时间的监测的能力. 因此, 在一定的天区范围内, EP可以给出一个相对完备的X射线选取的流量限制的样本(Flux-Limited Sample). 而对于给定的红移和天区范围内, 可以获得空间体积限制(Volume-Limited)的TDE样本. 这些都为研究TDE的群体性质提供了具有统计意义的样本. 估计EP每年能探测到几十到100个左右TDE, 其中约10例具有相对论性喷流.

(2) 测量TDE的光变曲线和能谱. 目前探测到的TDE候选事件, 在X射线波段不仅测光和光谱的数据很少, 而且几乎没有在上升和峰值阶段的观测数据. 对TDE上升和峰值阶段性质的研究, 对我们理解TDE和吸积的极早期的物理过程、喷流和吸积盘冕的产生都具有重要的作用. 准确的峰值光度测量, 对于吸积总能量的估计非常重要. 极早探测到TDE, 还有利于触发其他设备的多波段快速跟踪, 对测量TDE最高总能量具有重要作用. EP的观测模式, 决定其在一天之中可以对同一源进行多次观测, 从而捕捉到TDE事件的上

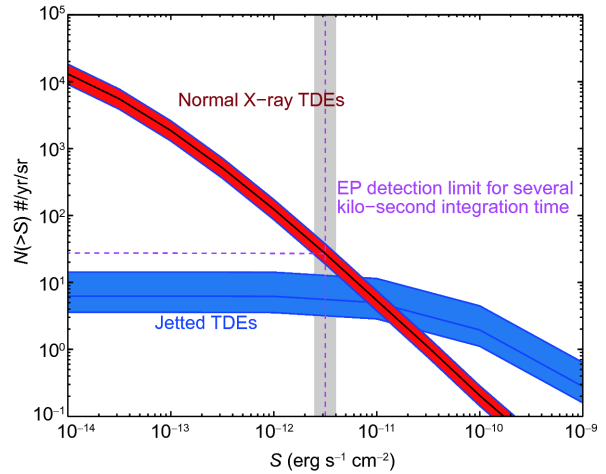


图5 (网络版彩图)红色和蓝色曲线分别为利用蒙特卡罗模拟计算得到的正常TDE和具有喷流的TDE事例的logN-logS图. 红色和蓝色的阴影则分别为对应的68%的置信区间. 横坐标为流量, 纵坐标单位为每年每立体角. 垂直紫色虚线和阴影为通过EP/WXT的灵敏度曲线估计的累计曝光约6 ks的探测流量极限. 紫色水平虚线则标示了该流量极限对应的每年每立体角的TDE数目

Figure 5 (Color online) The red and blue lines show the predicted logN-logS for TDE and TDE with relativistic jet, respectively. The red and blue shadow area indicate the 68% confidence intervals. The logN-logS is calculated using Monte Carlo simulation. The X-axis is flux while Y-axis is the number of events per year per steradian. The vertical red dashed line and gray shadow mark the EP/WXT detection limit with ~6 ks exposure time, while the corresponding events number per year per steradian is marked with horizontal red dashed line.

升期和峰值期. 另外, 在TDE的下降期, EP依然可以提供长时间的监测. 因此EP可以提供从上升期, 峰值期到下降期的完整的光变曲线.

(3) TDE的观测特征以及子类. TDE光变曲线的特征是与被瓦解的恒星的性质及其中心黑洞紧密相关的, 其观测特征取决于几个重要参数: 黑洞质量、自旋, 恒星质量、类型和轨道参数等. 目前受限于TDE样本的数量以及样本的均匀性, 尚不能进行TDE的相关分类工作. EP不仅能提供一个较大的TDE样本, 而且还能记录这些TDE事件从上升期, 峰值期到下降期的完整的光变曲线. 对这些光变曲线的研究, 将有助于我们归纳总结TDE的特征并对其进行分类.

(4) 中等质量黑洞是否真实存在以及其分布. 现有的宇宙学框架下的星系演化模型认为超大质量黑洞是小质量的种子黑洞通过不断的吸积物质, 以及相互合并而增长的. 这些模型也预测在小尺度的恒星系统上应该存在尚处在演化初期的中等质量黑洞. 而TDE提

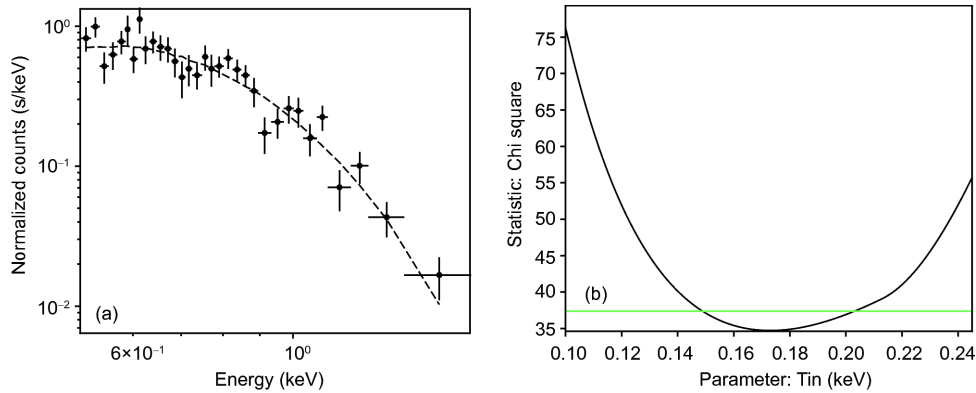


图6 (网络版彩图) (a) 模拟的EP/FXT观测到的软X射线能谱, 源的流量假设为 $1 \times 10^{-11} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$, 黑体温度为0.2 keV, 吸收柱密度为 $3 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$. 黑色实线为最佳拟合模型, 底部的图显示了数据与模型之比; (b) 对黑体温度的限制, 绿线为90%的置信度

Figure 6 (Color online) (a) Simulated spectrum for EP/FXT. The flux is assumed to be $1 \times 10^{-11} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$, while the temperature of the black body is 0.2 keV and the column density is $3 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$. The black solid line shows the best-fitting model. The data to model ratio is shown in the bottom panel. (b) The temperature of the black body can be well constrained. The green line marks the 90% confidence level.

供了一个发现和研究中等质量黑洞的方法. 如果在矮星系中心存在中等质量黑洞, 它们将更容易捕获并吞噬恒星, 产生TDE. 可以通过分析EP探测到的TDE的性质, 搜寻中等质量黑洞存在的证据. 如果确实存在中等质量黑洞, 那么EP有望探测到一批中等质量黑洞, 从而为统计上研究中等质量黑洞的分布及性质提供了可能.

(5) 确定不同形态星系中的黑洞占有比、测量低质量端的黑洞质量函数、限制黑洞和星系的共同演化. 恒星系统的动力学和损失锥理论表明大质量黑洞附近的恒星潮汐瓦解率依赖于星系的形状和密度轮廓. 三轴星系系统中的潮汐瓦解率要远高于球对称系统中的潮汐瓦解率; 内区密度轮廓为幂律上升的星系的潮汐瓦解率也显著高于有核星系的潮汐瓦解率. 由EP得到的大样本TDE和对它们寄主星系类型特征的观测将会提供对潮汐瓦解的损失锥理论的定标, 从而进一步给出不同类型星系中的黑洞占有比, 限制并确定在小质量端(黑洞质量在 $10^5 - 10^7 M_{\odot}$)的黑洞质量函数甚至于其演化. 通过由TDE观测导出的黑洞质量函数、近邻星系中心黑洞质量函数估计并结合星系结构形成模型对星系黑洞共同演化给出新限制.

(6) 吸积动力学的研究以及吸积盘和冕的形成的动态过程. 目前对于黑洞周围吸积盘以及冕的性质的研究主要来自于黑洞双星以及AGN的观测数据, 然而目前观测到的这些系统中的吸积盘和冕结构早已形

成, 不能提供研究盘冕形成的直接的观测数据. TDE经历了完整的吸积过程, 为研究吸积盘冕的形成的动态过程提供了重要的观测数据. 在一个TDE中, 黑洞吸积过程的开始对应于TDE光变曲线的上升期. 因此上升期的观测数据对于吸积盘冕的形成极其重要. EP能够及时捕捉到TDE的上升过程, 同时可以快速触发其他设备的后续观测, 为研究吸积盘冕形成的动态过程提供必要的光变以及光谱信息. 另外, EP给出的大样本TDE及对其中心黑洞质量(和自旋)的估计可以帮助测定能够产生TDE现象的黑洞质量上限. 利用接近黑洞质量上限的极端TDE研究黑洞最邻域即最小稳定轨道和最小束缚轨道附近的相对论性吸积动力学并深入研究黑洞的特性及吸积物理.

(7) 喷流的产生机制. 喷流的产生机制对于我们理解很多天体物理现象, 比如X射线双星的喷流性质、射电噪的AGN的喷流的性质等, 具有重大的意义. 然而目前并不清楚到底是什么因素决定了喷流的产生(有理论和观测研究表明, 喷流的产生可能与黑洞的自旋相关^[7,35,55]). 具有喷流性质的TDE事件涵盖了喷流产生和能量耗散的全过程, 提供了研究喷流形成机制的绝佳的条件. 目前只观测到4例可能的具有喷流的TDE事件, EP不仅有助于我们建立一个具有喷流性质的TDE事件的样本, 而且可以长时间监测其光变性质并捕捉到其在短时标上的光变. 另一个值得关注的现象是, 有些TDE产生的相对论喷流并不正对着我们, 因

而喷流的X射线辐射较Sw J1644+57弱很多, 甚至能被来自吸积盘的X射线辐射所掩盖, 但晚期喷流与介质相互作用产生的辐射能被射电望远镜观测到, IGR J12580+0134是第一个喷流偏离视线的TDE候选体^[56]. EP有望探测更多该类样本, 这有助于回答究竟有多少TDE产生了喷流.

(8) 测量和限制黑洞参数. 目前星系中心超大质量黑洞自旋的测量主要是通过探测和研究AGN的X射线能谱中的铁的特征成分. 这种方法要求能谱的信噪比较高, 因此只对30多个活动星系中的黑洞的自旋具有相对精确的测量. 而TDE对于黑洞自旋的测量主要依赖于其光变曲线的性质. 得益于EP的观测模式, 利用EP我们能获得长时间的高信噪比的光变曲线, 使得我们可以在更大样本里研究黑洞的自旋及其分布.

(9) 超大质量双黑洞的研究. TDE作为一种有效的工具, 可以帮助我们研究超大质量双黑洞在星系中所占的比例及其宿主星系的性质. 预计EP每年探测到的事件有几个到几十个, 为验证理论模型的适用性提供重要的观测样本, 能够极大地推动对双黑洞演化的认识, 并为研究双黑洞与寄主星系的动力学共同演化提供必要的观测限制. 此外, EP观测到的任何来自于束缚双黑洞系统的TDEs都将对证认引力波辐射源具有关键性的意义.

(10) TDE宿主星系及其黑洞周围物质环境的研究. TDE光学光谱的谱线特征提供了其宿主星系和周围黑洞物质环境以及被撕裂恒星的相关信息, 同时谱线运动学的反响映射可能提供一种测量黑洞质量方法. 光学光谱的监测也可以帮助确定TDE在不可直接观测的辐射峰值EUV波段的谱能量分布, 从而了解整体的辐射效率等. 观测宽发射线和吸收线需要在TDE

发生之后几天到几个月时间内开展光学后随观测, 而窄发射线可以在年时间尺度内进行光谱观测. EP有很高的几率捕捉到TDE的上升期, 这有助于尽早开展后随观测; 同时EP获得完整的X射线光变曲线可以确定谱线对连续谱的响应, 从而更好地通过反响映射方法测量气体的分布; EP发现的TDE多数是局地宇宙中明亮的候选者, 更容易开展光谱监测.

4 结论

得益于EP的高灵敏度以及大视场的优势, 在其运行3年之后, 我们有望探测到100至几百例TDE, 包括了几十例具有喷流的TDE. 预期也将探测到中等质量黑洞、超大质量双黑洞的TDE及天区可能的稀有TDE. 这将是最大的X射线TDE样本, 其中大部分都有上升期和峰值阶段的观测数据. 样本相对均匀和完备, 为进行TDE的统计研究提供了可能性. 此外, 一方面, EP可以及时发布预警, 使得在TDE极早期就可以展开多波段的联合观测. 利用EP观测得到的高信噪比的长时间的光变曲线和能谱, 以及其他多波段的观测数据, 可以对不同性质的TDE进行分类. 这都将从根本上促进我们对于TDE的理解. 另一方面, 分析和研究TDE的事件发生率以及具有特殊性质的TDE(具有喷流性质的TDE, 中心黑洞为中等质量黑洞的TDE以及双黑洞中产生的TDE等), 将帮助我们回答诸如黑洞在星系中的占有比、中等质量黑洞是否存在及其性质、喷流的产生等问题. 对于这些问题的研究将有助于提高我们对黑洞的增长与演化、黑洞与星系的共同演化以及黑洞的反馈机制等的进一步理解. 可以预期, EP将为TDE及其相关研究领域的研究带来突破性的进展.

参考文献

- 1 Lidskii V V, Ozernoi L M. Tidal triggering of stellar flares by a massive black hole. *Soviet Astron Lett*, 1979, 5: 16–19
- 2 Rees M J. Tidal disruption of stars by black holes of 106–108 solar masses in nearby galaxies. *Nature*, 1988, 333: 523–528
- 3 Ferrarese L, Merritt D. A fundamental relation between supermassive black holes and their host galaxies. *Astrophys J*, 2000, 539: L9–L12
- 4 Magorrian J, Tremaine S, Richstone D, et al. The demography of massive dark objects in galaxy centers. *Astron J*, 1998, 115: 2285–2305
- 5 Liu F K, Li S, Chen X. Interruption of tidal-disruption flares by supermassive black hole binaries. *Astrophys J*, 2009, 706: L133–L137, arXiv: 0910.4152
- 6 Stone N, Loeb A. Tidal disruption flares of stars from moderately recoiled black holes. *Mon Not R Astron Soc*, 2012, 422: 1933–1947, arXiv: 1105.4966
- 7 Reis R C, Miller J M, Reynolds M T, et al. A 200-second quasi-periodicity after the tidal disruption of a star by a dormant black hole. *Science*,

- 2012, 337: 949–951, arXiv: [1208.1046](#)
- 8 Lei W H, Zhang B, Gao H. Frame dragging, disk warping, jet precessing, and dipped X-ray light curve of Sw J1644+57. *Astrophys J*, 2013, 762: 98, arXiv: [1202.4231](#)
- 9 Brenneman L W, Reynolds C S. Constraining black hole spin via X-ray spectroscopy. *Astrophys J*, 2006, 652: 1028–1043
- 10 Kesden M. Black-hole spin dependence in the light curves of tidal disruption events. *Phys Rev D*, 2012, 86: 064026, arXiv: [1207.6401](#)
- 11 Wang T G, Zhou H Y, Komossa S, et al. Extreme coronal line emitters: Tidal disruption of stars by massive black holes in galactic nuclei? *Astrophys J*, 2012, 749: 115, arXiv: [1202.1064](#)
- 12 Yang C W, Wang T G, Ferland G, et al. Long-term spectral evolution of tidal disruption candidates selected by strong coronal lines. *Astrophys J*, 2013, 774: 46, arXiv: [1307.3313](#)
- 13 Jiang N, Dou L, Wang T, et al. The *WISE* detection of an infrared echo in tidal disruption event ASASSN-14li. *Astrophys J*, 2016, 828: L14–L19, arXiv: [1605.04640](#)
- 14 Bade N, Komossa S, Dahlem M. Detection of an extremely soft X-ray outburst in the HII-like nucleus of NGC 5905. *Astron Astrophys*, 1996, 309: L35–L38
- 15 Komossa S, Bade N. The giant X-ray outbursts in NGC 5905 and IC 3599: Follow-up observations and outburst scenarios. *Astron Astrophys*, 1999, 343:775–787
- 16 Komossa S, Greiner J. Discovery of a giant and luminous X-ray outburst from the optically inactive galaxy pair RX J1242.6-1119. *Astron Astrophys*, 1999, 349: L45–L48
- 17 Grupe D, Thomas H C, Leighly K M. RX J1624.9+7554: A new X-ray transient AGN. *Astron Astrophys*, 1999, 350: L31–L34
- 18 Greiner J, Schwarz R, Zharikov S, et al. RX J1420.4+5334—Another tidal disruption event? *Astron Astrophys*, 2000, 362: L25–L28
- 19 Cappelluti N, Ajello M, Rebusco P, et al. A candidate tidal disruption event in the galaxy cluster Abell 3571. *Astron Astrophys*, 2009, 495: L9–L12, arXiv: [0901.3357](#)
- 20 Maksym W P, Lin D, Irwin J A. RBS 1032: A tidal disruption event in another dwarf galaxy? *Astrophys J*, 2014, 792: L29, arXiv: [1407.2928](#)
- 21 Komossa S. The extremes of (X-ray) variability among galaxies: Flares from stars tidally disrupted by supermassive black holes. *Proc IAU*, 2004, 2004: 45–48
- 22 Komossa S. Tidal disruption of stars by supermassive black holes: Status of observations. *J High Energy Astrophys*, 2015, 7: 148–157, arXiv: [1505.01093](#)
- 23 Esquej P, Saxton R D, Freyberg M J, et al. Candidate tidal disruption events from the XMM-Newton slew survey. *Astron Astrophys*, 2007, 462: L49–L52
- 24 Esquej P, Saxton R D, Komossa S, et al. Evolution of tidal disruption candidates discovered by *XMM-Newton*. *Astron Astrophys*, 2008, 489: 543–554, arXiv: [0807.4452](#)
- 25 Maksym W P, Ulmer M P, Eracleous M. A tidal disruption flare in A1689 from an archival X-ray survey of galaxy clusters. *Astrophys J*, 2010, 722: 1035–1050, arXiv: [1008.4140](#)
- 26 Lin D, Carrasco E R, Grupe D, et al. Discovery of an ultrasoft X-ray transient source in the 2XMM catalog: A tidal disruption event candidate. *Astrophys J*, 2011, 738: 52, arXiv: [1106.0744](#)
- 27 Saxton R D, Read A M, Esquej P, et al. A tidal disruption-like X-ray flare from the quiescent galaxy SDSS J120136.02+300305.5. *Astron Astrophys*, 2012, 541: A106, arXiv: [1202.5900](#)
- 28 Maksym W P, Ulmer M P, Eracleous M C, et al. A tidal flare candidate in Abell 1795. *Mon Not R Astron Soc*, 2013, 435: 1904–1927, arXiv: [1307.6556](#)
- 29 Lin D, Maksym P W, Irwin J A, et al. An ultrasoft X-ray flare from 3XMM J152130.7+074916: A tidal disruption event candidate. *Astrophys J*, 2015, 811: 43–52, arXiv: [1509.00840](#)
- 30 Mainetti D, Campana S, Colpi M. XMMSL1J063045.9-603110: A tidal disruption event fallen into the back burner. *Astron Astrophys*, 2016, 592: A41, arXiv: [1605.06133](#)
- 31 Saxton R D, Read A M, Komossa S, et al. XMMSL1 J074008.2-853927: A tidal disruption event with thermal and non-thermal components. *Astron Astrophys*, 2017, 598: A29, arXiv: [1610.01788](#)
- 32 Lin D, Guillochon J, Komossa S, et al. A likely decade-long sustained tidal disruption event. *Nat astron*, 2017, 1: 0033, arXiv: [1702.00792](#)
- 33 Burrows D N, Kennea J A, Ghisellini G, et al. Relativistic jet activity from the tidal disruption of a star by a massive black hole. *Nature*, 2011,

- 476: 421–424, arXiv: [1104.4787](#)
- 34 Zauderer B A, Berger E, Soderberg A M, et al. Birth of a relativistic outflow in the unusual γ -ray transient Swift J164449.3+573451. *Nature*, 2011, 476: 425–428, arXiv: [1106.3568](#)
- 35 Bradley Cenko S, Krimm H A, Horesh A, et al. Swift J2058.4+0516: Discovery of a possible second relativistic tidal disruption flare? *Astrophys J*, 2012, 753: 77, arXiv: [1107.5307](#)
- 36 Brown G C, Levan A J, Stanway E R, et al. Swift J1112.2–8238: A candidate relativistic tidal disruption flare. *Mon Not R Astron Soc*, 2015, 452: 4297–4306, arXiv: [1507.03582](#)
- 37 Auchettl K, Guillochon J, Ramirez-Ruiz E. New physical insights about tidal disruption events from a comprehensive observational inventory at X-ray wavelengths. *Astrophys J*, 2017, 838: 149–226, arXiv: [1611.02291](#)
- 38 Holoiu T W S, Kochanek C S, Prieto J L, et al. Six months of multiwavelength follow-up of the tidal disruption candidate ASASSN-14li and implied TDE rates from ASAS-SN. *Mon Not R Astron Soc*, 2016, 455: 2918–2935, arXiv: [1507.01598](#)
- 39 Hung T, Gezari S, Blagorodnova N, et al. Revisiting optical tidal disruption events with iPTF16axa. *Astrophys J*, 2017, 842: 29, arXiv: [1703.01299](#)
- 40 Komossa S, Zhou H, Wang T, et al. Discovery of superstrong, fading, iron line emission and double-peaked balmer lines of the galaxy SDSS J095209.56+214313.3: The light echo of a huge flare. *Astrophys J*, 2008, 678: L13–L16, arXiv: [0804.2670](#)
- 41 Wang T G, Zhou H Y, Wang L F, et al. Transient superstrong coronal lines and broad bumps in the galaxy SDSS J074820.67+471214.3. *Astrophys J*, 2011, 740: 85–94, arXiv: [1108.2790](#)
- 42 van Velzen S, Farrar G R, Gezari S, et al. Optical discovery of probable stellar tidal disruption flares. *Astrophys J*, 2011, 741: 73–97, arXiv: [1009.1627](#)
- 43 Holoiu T W S, Prieto J L, Bersier D, et al. ASASSN-14ae: A tidal disruption event at 200 Mpc. *Mon Not R Astron Soc*, 2014, 445: 3263–3277, arXiv: [1405.1417](#)
- 44 Gezari S, Heckman T, Cenko S B, et al. Luminous thermal flares from quiescent supermassive black holes. *Astrophys J*, 2009, 698: 1367–1379, arXiv: [0904.1596](#)
- 45 Chornock R, Berger E, Gezari S, et al. The ultraviolet-bright, slowly declining transient PS1-11af as a partial tidal disruption event. *Astrophys J*, 2014, 780: 44, arXiv: [1309.3009](#)
- 46 van Velzen S, Anderson G E, Stone N C, et al. A radio jet from the optical and X-ray bright stellar tidal disruption flare ASASSN-14li. *Science*, 2016, 351: 62–65, arXiv: [1511.08803](#)
- 47 Alexander K D, Berger E, Guillochon J, et al. Discovery of an outflow from radio observations of the tidal disruption event ASASSN-14li. *Astrophys J*, 2016, 819: L25–35, arXiv: [1510.01226](#)
- 48 Liu F K, Li S, Komossa S. A milliparsec supermassive black hole binary candidate in the galaxy SDSS J120136.02+300305.5. *Astrophys J*, 2013, 786: 103, arXiv: [1404.4933](#)
- 49 Yang C, Wang T, Ferland G J, et al. The carbon and nitrogen abundance ratio in the broad line region of tidal disruption events. *Astrophys J*, 2017, 846: 150
- 50 Yuan W M. Special Topic of Einstein Probe: Exploring the dynamic X-ray Universe (in Chinese). *Sci Sin-Phys Mech Astron*, 2018, 48: 039501 [袁为民. 探索变幻多姿的X射线宇宙专题·编者按. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2018, 48: 039501]
- 51 Lacy J H, Townes C H, Hollenbach D J. The nature of the central parsec of the galaxy. *Astrophys J*, 1982, 262: 120–130
- 52 Evans C R, Kochanek C S. The tidal disruption of a star by a massive black hole. *Astrophys J*, 1989, 346: L13–L16
- 53 Wang J, Merritt D. Revised rates of stellar disruption in galactic nuclei. *Astrophys J*, 2004, 600: 149–161
- 54 Sun H, Zhang B, Li Z. Extragalactic high-energy transients: Event rate densities and luminosity functions. *Astrophys J*, 2015, 812: 33–51, arXiv: [1509.01592](#)
- 55 Lei W H, Zhang B. Black hole spin in Sw J1644+57 and Sw J2058+05. *Astrophys J*, 2058, 740: L27, arXiv: [1108.3115](#)
- 56 Lei W H, Yuan Q, Zhang B, et al. IGR J12580+0134: The first tidal disruption event with an off-beam relativistic jet. *Astrophys J*, 2016, 816: 20–29, arXiv: [1511.01206](#)

Massive black holes and tidal disruption events at the center of galaxies

LIU Zhu^{1*}, YUAN WeiMin^{1,2*}, SUN Hui¹, LI Shuo³, LIU FuKun^{4,5}, CHEN Xian^{4,5},
LU YouJun³, WANG TingGui⁶, LEI WeiHua⁷, ZHONG ShiYan⁸, YUAN Feng⁹,
WANG JunFeng¹⁰, LI Zhuo^{4,5}, LI LiXin^{5,4}, FAN YiZhong¹¹ & ZHOU HongYan⁶

¹ Key Library of space science and technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China;

² School of Astronomy and Space Science, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

³ National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China;

⁴ Department of Astronomy, School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China;

⁵ Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics, Peking University, Beijing 100871, China;

⁶ Key Laboratory for Research in Galaxies and Cosmology, Center for Astrophysics,
University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;

⁷ School of Physics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

⁸ Yunnan Observatory, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650216, China;

⁹ Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030, China;

¹⁰ Department of Astronomy and Institute of Theoretical Physics and Astrophysics, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

¹¹ Purple Mountain Observatory, Chinese Academy of Science, Nanjing 210008, China

When a star enters the tidal radius of a massive black hole (BH) at the center of a galaxy, the tidal force will rip the star apart. The BH may accrete the debris of the star and produce energetic flare. This phenomenon is now commonly known as Tidal Disruption Event (TDE). The characteristics of its spectra as well as variability are dependent on the properties of the central BH and the disrupted star, so that we can study their parameters, accretion process and jet, and the property of circumnuclear environment by confirming and systematically studying the BH in quiescent galaxies. TDE may also provide important clues on the existence of intermediate BH as well as supermassive BH binary. However, the study of TDE is hindered by relatively small sample size (especially in X-ray band) and low quality of data due to the low incident rate. The Einstein Probe (EP), which covers the 0.5–4 keV soft X-ray energy band, has a large field of view as well as high sensitivity, making it perfect to detect TDE. We expect that EP will detect several tens to about one hundred TDE every year, of which around 10 or even more are TDE with relativistic jet. This will result in a homogeneously selected completely TDE sample, which is important for investigating the statistical property of TDE. It makes it possible to investigate the existence and statistical property of BH, explore the growth and evolution of BH, discovery the intermediate BH as well as supermassive BH binaries.

massive black hole, tidal disruption event, accretion, jet, ISM

PACS: 98.62.Js, 95.55.Ka, 98.62.Mw, 98.62.Nx, 98.62.Ra

doi: [10.1360/SSPMA2017-00268](https://doi.org/10.1360/SSPMA2017-00268)