GECAM卫星对超磁星观测研究的展望

林琳^{1*}, 肖硕², 黄艳^{3,4}, 徐仁新^{3,4}, 熊少林²

1. 北京师范大学天文系, 北京 100875;

2. 中国科学院高能物理研究所粒子天体物理重点实验室, 北京 100049;

3. 北京大学物理学院天文学系, 北京 100871;

4. 北京大学科维理天文与天体物理研究所, 北京 100871

*联系人, E-mail: llin@bnu.edu.cn

收稿日期: 2019-12-05; 接受日期: 2020-02-25; 网络出版日期: 2020-09-18

国家自然科学基金(编号: 11703002, 11543004)资助项目

摘要 超磁星是超强磁场中子星, 已知宇宙中磁场最强的天体. 它们高能辐射现象丰富, 不定期进入爆发活跃期, 释放软伽马射线爆发, 持续X射线辐射可随之大幅增亮. 通过超磁星的辐射性质研究极端条件下物理过程会遇到观测样本问题, 主要体现在超磁星数目较少以及超磁星爆发活跃期的部分缺失. GECAM卫星利用巧妙的双星设计, 实现视场全天覆盖, 可以对任意超磁星的爆发活动进行完整监测. 如果爆发被两颗子星同时观测到, 可以联合计数率定位和三角定位两种方法, 给出更高精度的爆发位置信息, 来引导后续观测以发现新的超磁星. 我们期待GECAM卫星有效地改善超磁星观测的样本局限性问题.

关键词 超磁星, 软伽马射线复现源, 反常X射线脉冲星

PACS: 97.60.Jd, 97.60.Gb, 95.85.-e, 95.85.Pw, 95.85.Nv

1 超磁星的研究进展及其观测的局限性

超磁星是年轻的具有超强磁场的中子星^[1], 它们在观测上具有明显的类别特征和丰富的辐射表现. 相较于其他类型的年轻中子星, 超磁星的自转较慢, 周期为2–12 s. 同时, 自转周期较快增加(3×10^{-13} – 7.5×10^{-10} s s⁻¹). 若其制动机制为磁偶极辐射, 那么可计算出超磁星表面的偶极磁场为 $B = 3.2 \times 10^{19} \sqrt{P\dot{P}}$ G, 能够达到 10^{14} – 10^{15} G量级, 是宇宙中已知的磁场强度最高的天体. 超磁星具备强磁场和强引力场, 是研究极

端条件下物理规律的天然实验室^[2].

超磁星高能辐射形式多样. 作为理论模型, 曾经被用来解释两类天体: 软伽马射线复现源(Soft Gamma Repeaters, SGRs)和反常X射线脉冲星(Anomalous X-ray Pulsars, AXPs).

软伽马射线复现源由于较软的能谱和同一方向性从伽马射线暴中独立出来. 这些爆发按照峰值光度不同可以大致划分三类^[3]: 短暴, 爆发持续~0.1–1 s, 峰值光度 $\sim 10^{39}$ – 10^{41} erg s⁻¹, 占爆发的绝大多数; 中等耀发, 数量较少, 可以持续~1–40 s, 峰值光度为 $\sim 10^{41}$ –

引用格式: 林琳, 肖硕, 黄艳, 等. GECAM卫星对超磁星观测研究的展望. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2020, 50: 129521

Lin L, Xiao S, Huang Y, et al. Observational prospects for magnetars with GECAM (in Chinese). Sci Sin-Phys Mech Astron, 2020, 50: 129521, doi: [10.1360/SSPMA-2019-0397](https://doi.org/10.1360/SSPMA-2019-0397)

$10^{43} \text{ erg s}^{-1}$; 巨耀发, 非常剧烈但是稀少的爆发, 至今仅观测到三例^[4-7], 峰值光度可以达到 $\sim 10^{44} - 10^{47} \text{ erg s}^{-1}$. 剧烈的耀发通常开始于短而剧烈的爆发(百毫秒), 然后进入较缓(几十秒甚至更长)的衰减. 在衰减过程中, 辐射强度受到明显的周期调制, 此周期与超磁星的自转周期相同. 软伽马射线复现源通常会伴随着X射线辐射增亮, 幅度可达几个量级^[8,9], 其X射线持续辐射以暂现源的形式被观测到. 测量得到的时变参数显示爆发天体的表面偶极磁场非常强, 支持超磁星的理论解释.

在超磁星模型的框架下, 这些爆发和持续辐射所释放出来的巨大能量来自超磁星强大磁场的衰减^[10,11]. 超磁星内部磁场衰减释放出的能量积蓄在表面壳层下, 当能量超过壳层承载能力时, 壳层断裂, 瞬间释放大能量, 形成爆发. 爆发也有可能由超磁星表面磁场的磁重联过程产生^[12]. 目前两种方式并存的解释广为大家接受.

反常X射线脉冲星比一般的年轻脉冲星有更长的自旋周期和更软的X射线能谱, 在发现之初被认作是特殊的低质量X射线双星. 后来Thompson和Duncan^[11]指出如果反常X射线脉冲星是超磁星, 那么很多性质可以十分自然地加以解释, 并预言其可以产生类似于软伽马射线复现源的爆发辐射. 此预言已被观测证实^[13,14].

随着高能监测卫星陆续投入使用(如Niel Gehrels Swift/BAT和Fermi/GBM), 大部分的反常X射线脉冲星都被观测到了类似软伽马射线复现源的爆发. 两者辐射性质的交集越来越大, 因此现在认为它们本质上是一类天体, 即超磁星.

从约50年前软伽马射线复现源被发现, 到约30年前超磁星模型的出现, 人们对这种处在极端物理条件下的天体有了一定的了解. 但是其内部的物理状态和物理过程依然是谜团, 在观测和理论方面都期待新的突破.

首先, 超磁星样本较小. 到目前为止, 人们一共发现了29颗超磁星, 包含6颗候选体^[15](<http://www.physics.mcgill.ca/~pulsar/magnetar/main.html>). 除了X射线持续辐射较亮的超磁星, 以及个别处于暂现源阶段又恰好出现在其他X射线观测的视场内而偶然被发现的源^[16], 绝大部分超磁星是通过捕捉其软伽马射线爆发而发现的. 目前我们无法预测超磁星什么时候会产生

爆发, 因此高能全天监测器对超磁星样本的扩充起到至关重要的作用. 一颗新发现的超磁星, 也许只是因为一两个较暗弱的爆发被捕捉到, 却可以对理论模型提供重要限制, 使我们对天体的物理性质有更全面深入的了解. 低磁场超磁星SGR 0418+5729就是很好的例子^[17,18].

搭载在Neil Gehrels Swift卫星上的BAT^[19]和Fermi卫星上的GBM^[20]是现在最主要的两个高能监视器. 在捕捉超磁星爆发方面, 它们各有优势和劣势. BAT使用编码孔径成像技术, 对捕捉到的爆发能够快速定位到角分量级. 配合Swift卫星上的X射线望远镜(XRT)进行观测, 可以很好地确定超磁星候选体的位置(角秒量级). 其他X射线望远镜可以利用此定位进行长时间定点观测, 得到其时变性质, 计算表面偶极磁场从而认定为超磁星. 但是, BAT的视场较小, 为1.4球面度(半编码), 只能覆盖全天约10%. GBM的视场可以达到8球面度, 监视全天60%以上的面积. GBM捕捉到的类似于超磁星爆发的事件多了很多, 然而利用多个不同指向探测器中计数差异来定位的GBM并不能给出足够精确的爆发位置信息(定位误差至少为几度)来对超磁星候选体进行后续X射线观测以确认其超磁星本质. 在2008–2013年间, GBM观测到来自8个超磁星的400多次爆发, 还有19个类似超磁星的爆发. 由于没有其他卫星的观测定位, 无法认证为超磁星^[21]. 因此, 高定位能力、大视场的软伽马能段监视器将大大提高我们发现超磁星的能力.

其次, 超磁星爆发样本不完善. 就现有对超磁星的认识, 我们无法预测超磁星进入爆发活跃期的时间. 而且一次爆发活跃期持续的时间差别也很大, 从几天到几年都有. 在活跃期内, 软伽马射线爆发的频率也不同. 任何高能卫星都没有足够的观测资源对其进行全爆发活跃期的定点观测, 目前视场最大的GBM也有约一半的时间无法对目标天体进行监测. 所以, 我们进行的爆发统计性质的研究都是基于不完全的爆发样本, 具有一定局限性. 全时全天覆盖的高能监视设备将大大改善爆发样本的局限性.

最后, 观测爆发能段宽度不够. 爆发的能谱分布能够提供爆发物理过程的重要信息. 目前爆发的能谱分析主要来自GBM, 对10 keV以上的能段覆盖较好, 但是仍不足以区分热谱和非热谱, 模拟显示二者区分主要集中在10 keV以下. 如果使用多设备的联合观测,

如XRT+GBM或XMM-Newton+GBM, 可以确定爆发的热或非热属性^[22], 然而有联合观测而且数据信噪比足够好的爆发非常少. 我国在轨运行的“慧眼”卫星具有高能、中能和低能三个主要载荷^[23], 可以满足爆发宽能段能谱的研究需要. 遗憾的是自“慧眼”发射到现在(2020年3月), 我们没有记录到超磁星较大规模的爆发活动, 还未实现对超磁星爆发的观测.

综上所述, 一个全时全天覆盖的具有较好定位能力和较高灵敏度的高能监视器将帮助我们突破超磁星研究所面临各种样本的局限性. 在下一节中我们将讨论GECAM卫星将如何有助于超磁星的观测研究.

2 GECAM对于超磁星研究的优势与展望

引力波暴高能电磁对应体全天监测器(GECAM)针对其主要探测对象在伽马射线能段爆发位置、时间都不可预期的特点, 采用双卫星的设计, 视场覆盖全天, 还有40%的天区同时被两颗卫星监测. 相应能量范围6 keV–5 MeV, 可以提供较长时间和能量分辨率的数据. GECAM的设计特点使它同时可以作为很好的超磁星爆发监视器. 对于半天区覆盖的监视器, 如GBM, 平均每年探测到一个磁星的爆发活动, 我们预计全天监视器GECAM每年探测到1–2个磁星的爆发活跃期. 下面我们将具体讨论GECAM在发现新的超磁星和完善超磁星爆发样本等方面的优势和展望.

2.1 发现新超磁星

现阶段超磁星的主要发现过程如下: 高能监视器捕捉到类似磁星的短爆发并对爆发定位, 根据此定位进行后续X射线定点观测, 进一步测量其自转性质, 推算表面磁场, 最终确认为超磁星. 高能监视器是否能够有效地发现新超磁星关键在于其定位精度是否能够满足X射线望远镜的视场要求. 如前分析, GBM发现超磁星的最大瓶颈就是定位精度太低, 而GECAM可以胜任这项任务. 首先, GECAM具有全天100%的视场覆盖, 理论上可以捕捉到所有流量密度高于 $1 \times 10^{-6} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ 的超磁星爆发^{[24–26]1)}. 其次, 也是非常重要的, GECAM具有较好的定位能力.

GECAM的两颗子星在地球低轨道上运行在地球

的两端. 每一颗子星的圆顶都包含25个不同指向的高能探头, 覆盖大半天区. 这样监视器的总视场可以分成两类: 一星覆盖和双星共同覆盖(约全天40%). 在一星覆盖区域, 爆发可以通过分析不同指向探头中信号的差别, 用贝叶斯方法同时拟合能谱和位置进行定位^[27]. 若爆发在双星共同覆盖的区域, 除了用上述方法外, 还可以使用两颗子星观测信号的时间延迟来进行三角定位.

为了估计GECAM对超磁星定位的能力, 我们以低磁场超磁星SGR 0418+5729被捕捉到的第一个爆发(GBM/BAT的触发编号分别为bn090605862/265927250)为模板, 进行了模拟. 此爆发持续约57 ms, 能量密度 $1.5 \times 10^{-7} \text{ erg cm}^{-2}$. 取典型指数截断幂律谱(Compton能谱)幂指数为 -0.6 , 截断能量 $E_{\text{peak}}=30 \text{ keV}$. GBM和BAT观测到的全能段光变曲线如图1所示. 我们假设超磁星的入射方向与GECAM双星的连线垂直, 真实的入射方向为R.A.= 60° , decl.= $+90^\circ$.

我们先模拟能谱和位置联合拟合定位. 模拟数据是先将爆发能谱信息乘以GECAM响应矩阵得到不同探测器的源沉积计数, 再加上GECAM的本底计数, 最终进行泊松抽样得到的. 然后通过蒙特卡罗方法得到能谱和位置的后验分布. 得到的能谱和位置拟合结果如图2所示. 能谱参数可以较好地重建, 爆发定位在R.A.= $59.02^\circ_{-1.01^\circ}^{+0.90^\circ}$, decl.= $+90.83^\circ_{-1.27^\circ}^{+1.69^\circ}$ (1σ 统计误差). 在

图 1 GBM(a)和BAT(b)观测到SGR 0418+5729第一个爆发的光变曲线. 时间相对于GBM的触发时间

Figure 1 Lightcurves of the first burst of SGR 0418+5729 observed with GBM (a) and BAT (b). The time is referred to the trigger time of GBM.

1) 此流量密度值来自于GBM对超磁性爆发观测的研究, 待GECAM实际观测后, 可能会有所变化.

图 2 能谱和位置联合分析的蒙特卡罗模拟结果. 子图为任意两个参数的二维分布图, 或者某一个参数的分布图. 二维分布图中标注 1σ , 2σ 和 3σ 置信区间. 一维分布图中虚线为均值和 1σ 置信区间. 各参数的模拟初值由蓝色实线标在每个子图中

Figure 2 The Monte Carlo simulation results of the joint analysis of the spectrum and localization. 2D distributions of any two parameters and 1D distribution of each parameter are presented in small panels. The contour curves in 2D distributions exhibit 1σ , 2σ , 3σ confidential levels. The dashed lines in histograms mark the mean value and corresponding 1σ confidential range. The initial value of each parameter is marked as a blue solid line in each panel.

只考虑统计误差的情况下, 对于中等亮度的超磁星爆发, 利用联合拟合的方法可以定位到 1° 的量级. 虽然比GBM定位精度好很多(1σ 统计误差 10° 量级^[9]), 但对于后续X射线观测仍显粗略.

超磁星的模拟位置处于两颗子星共同监测的区域, 我们接下来模拟双星时间延迟的三角定位. 由于目前无法模拟爆发入射GECAM得到的光变形状, 因此我们令GECAM双星观测到的爆发形状分别与GBM和BAT同时观测到的形状相同, 再调整计数使其符合该

爆发在GECAM上的理论沉积计数和GECAM本底计数. 然后, 我们使用蒙特卡罗交叉相关的方法进行定位, 结果如图3所示. GECAM双星可以将爆发源定位到一条宽度为 0.6° 的带状区域(3σ 置信度), 与现役X射线望远镜视场接近(XMM-Newton望远镜视场为 $33'\times 33'$). 将两种定位方式结合在一起, 可以将爆发源位置限制到更小的区域, 利用约6次X射线定点观测, 即可确定方位, 并对其时变性质进行一定程度的测量. 另外, GECAM在轨运行的同时, 还有搭载于其他卫星

图 3 对超磁星爆发的模拟定位结果. 等置信度曲线和蓝色五角星为能谱和位置联合分析的模拟结果. 绿色带状区域为三角定位模拟结果

Figure 3 The final localization of the simulated magnetar burst. The contours and the blue five-point star represent the result from joint analysis of the spectrum and the position. The green belt region is the result of trilateration.

的高能监视器在轨工作, 如果爆发也被其他至少一颗卫星观测到, 那么我们可以利用三星甚至多星的三角定位方法给出更加精确的爆发源位置信息.

综上, GECAM得益于其独特的双星设计, 可以兼顾大视场和高定位精度, 将有望对新超磁星的发现做出重要的贡献.

2.2 更完善的超磁星爆发样本

超磁星爆发活跃期内, 每一个爆发的时间无法预期, 尤其是数量极少的明亮的耀发. 而由于视场的限制, 我们目前无法对超磁星爆发活跃期进行完整的观测. 爆发样本的不完备影响了超磁星爆发活跃期释放总能量的估计以及爆发的能量密度函数的分析. GECAM凭借双星的全天视场, 将帮助我们改善这一现状. 另外, GECAM的低能端可以达到6 keV, 优于GBM (8 keV), 对能谱较软的磁星爆发探测更具优势. 因此, 我们期待GECAM实现对超磁星爆发活跃期的完整监测, 并对超磁星爆发的能量尺度等问题有更加深入的认识.

2.3 捕捉超磁星活跃期的高能持续辐射

伴随着爆发活动, 超磁星的持续辐射强度很大概率会显著增强, 也可能会出现自旋周期突然减小甚至

自旋周期更快增大的现象. 在理论上系统地解释爆发、持续辐射和自旋突变需要对超磁星的内部结构、外部环境和能量的来源与传递都有较清楚的认识, 我们需要更多的观测资料来寻找物理规律的线索.

目前这些变化主要利用X射线能段卫星进行观测, 在伽马射线能段, 由于探测器灵敏度的限制, 观测到持续辐射的源非常有限. 最近的观测是伴随SGR J1550-5418在2009年1月22日密集的短爆发产生的高能持续辐射增亮. 在GBM记录的光变曲线中增亮持续约150 s, 并在这段达到100 keV的数据中测得超磁星的自转周期^[28]. GECAM和GBM大致属于同类型的探测设备, 灵敏度没有显著提升. 但其视场可覆盖全天, 更有利于捕捉超磁星的爆发活跃期, 也更有利于观测到暂现的高能持续辐射. 我们期待GECAM可以探测到1-2例超磁星伽马射线持续辐射, 甚至自旋突变现象.

2.4 引导多波段联合观测

GECAM卫星凭借全天视场和较高的定位精度, 可以有效地捕捉超磁星爆发和发现新的超磁星. 由高能爆发所引导的后续X射线、光学、射电等的多波段联合观测将对超磁星的辐射机制以及所处环境的物理性质的研究起到非常重要的作用. 只有完整自洽的物理模型才能对全电磁能谱上的辐射现象进行解释.

最近, 有理论认为重复快速射电暴也来自于超磁星. GECAM卫星发现超磁星爆发活动后, 及时触发射电观测. 由于超磁星爆发活跃期可能持续几天, 如果在射电观测期间GECAM又捕捉到其爆发活动, 则可以对重复快速射电暴的超磁星起源进行检验.

3 总结

超磁星作为兼具极强磁场和引力场的天体, 其辐射现象是研究极端条件下物理规律的重要途径. 较少的个数以及不可预期的爆发活动, 很大程度上限制了理论的研究. GECAM具有全天视场, 可以对超磁星的爆发活动进行全面的监测. 同时其巧妙的双星设计使得较好定位爆发源成为可能, 进而发现更多超磁星家族的成员, 更全面地掌握超磁星活跃期的爆发辐射情况. 同时GECAM也有利于探测超磁星伽马射线持续辐射以及引导超磁星的多波段联合观测, 将大大加深我们对超磁星和背后物理规律的认识.

参考文献

- 1 Kouveliotou C, Dieters S, Strohmayer T, et al. An X-ray pulsar with a superstrong magnetic field in the soft γ -ray repeater SGR1806–20. *Nature*, 1998, 393: 235–237
- 2 Kaspi V M, Beloborodov A M. Magnetars. *Annu Rev Astron Astrophys*, 2017, 55: 261–301, arXiv: 1703.00068
- 3 Turolla R, Zane S, Watts A L. Magnetars: The physics behind observations. A review. *Rep Prog Phys*, 2015, 78: 116901, arXiv: 1507.02924
- 4 Mazets E P, Golenetskii S V, Il'inskii V N, et al. Observations of a flaring X-ray pulsar in Dorado. *Nature*, 1979, 282: 587–589
- 5 Hurley K, Cline T, Mazets E, et al. A giant periodic flare from the soft γ -ray repeater SGR1900+14. *Nature*, 1999, 397: 41–43, arXiv: astro-ph/9811443
- 6 Hurley K, Boggs S E, Smith D M, et al. An exceptionally bright flare from SGR 1806–20 and the origins of short-duration γ -ray bursts. *Nature*, 2005, 434: 1098–1103, arXiv: astro-ph/0502329
- 7 Palmer D M, Barthelmy S, Gehrels N, et al. A giant γ -ray flare from the magnetar SGR 1806–20. *Nature*, 2005, 434: 1107–1109, arXiv: astro-ph/0503030
- 8 Rea N, Esposito P. Magnetar outbursts: An observational review. In: Torres D, Rea N, eds. High-Energy Emission from Pulsars and their Systems. Astrophysics and Space Science Proceedings. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011. 247–273
- 9 Coti Zelati F, Rea N, Pons J A, et al. Systematic study of magnetar outbursts. *Mon Not R Astron Soc*, 2018, 474: 961–1017, arXiv: 1710.04671
- 10 Thompson C, Duncan R C. The soft gamma repeaters as very strongly magnetized neutron stars—I. Radiative mechanism for outbursts. *Mon Not R Astron Soc*, 1995, 275: 255–300
- 11 Thompson C, Duncan R C. The soft gamma repeaters as very strongly magnetized neutron stars. II. Quiescent neutrino, X-ray, and Alfvén wave emission. *Astrophys J*, 1996, 473: 322–342
- 12 Lyubarsky Y E. On the X-ray spectra of soft gamma repeaters. *Mon Not R Astron Soc*, 2002, 332: 199–204
- 13 Gavril F P, Kaspi V M, Woods P M. Magnetar-like X-ray bursts from an anomalous X-ray pulsar. *Nature*, 2002, 419: 142–144, arXiv: astro-ph/0209202
- 14 Kaspi V M, Gavril F P, Woods P M, et al. A major soft gamma repeater-like outburst and rotation glitch in the no-longer-so-anomalous X-ray pulsar 1E 2259+586. *Astrophys J*, 2003, 588: L93–L96, arXiv: astro-ph/0304205
- 15 Olausen S A, Kaspi V M. The McGill magnetar catalog. *Astrophys J Suppl Ser*, 2014, 212: 6, arXiv: 1309.4167
- 16 Zhou P, Chen Y, Li X D, et al. Discovery of the transient magnetar 3XMM J185246.6+003317 near supernova remnant Kesteven 79 with *XMM-Newton*. *Astrophys J*, 2014, 781: L16, arXiv: 1310.7705
- 17 van der Horst A J, Connaughton V, Kouveliotou C, et al. Discovery of a new soft gamma repeater: SGR J0418+5729. *Astrophys J*, 2010, 711: L1–L6, arXiv: 0911.5544
- 18 Rea N, Esposito P, Turolla R, et al. A low-magnetic-field soft gamma repeater. *Science*, 2010, 330: 944–946, arXiv: 1010.2781
- 19 Barthelmy S D, Barbier L M, Cummings J R, et al. The Burst Alert Telescope (BAT) on the SWIFT Midex Mission. *Space Sci Rev*, 2005, 120: 143–164, arXiv: astro-ph/0507410
- 20 Meegan C, Lichti G, Bhat P N, et al. The Fermi gamma-ray burst monitor. *Astrophys J*, 2009, 702: 791–804, arXiv: 0908.0450
- 21 Collazzi A C, Kouveliotou C, Horst A J, et al. The five year Fermi/GBM magnetar burst catalog. *Astrophys J Suppl Ser*, 2015, 218: 11, arXiv: 1503.04152
- 22 Lin L, Göğüş E, Baring M G, et al. Broadband spectral investigations of SGR J1550–5418 bursts. *Astrophys J*, 2012, 756: 54, arXiv: 1207.1434
- 23 Zhang S, Lu F J, Zhang S N, et al. Introduction to the hard X-ray modulation telescope. *Proc SPIE*, 2014, 9144: 914421
- 24 Lin L, Kouveliotou C, Baring M G, et al. Fermi/gamma-ray burst monitor observations of SGR J0501+4516 bursts. *Astrophys J*, 2011, 739: 87
- 25 van der Horst A J, Kouveliotou C, Gorgone N M, et al. SGR J1550–5418 bursts detected with the Fermi gamma-ray burst monitor during its most prolific activity. *Astrophys J*, 2012, 749: 122, arXiv: 1202.3157
- 26 Younes G, Kouveliotou C, van der Horst A J, et al. Time resolved spectroscopy of SGR J1550–5418 bursts detected with Fermi/gamma-ray burst monitor. *Astrophys J*, 2014, 785: 52, arXiv: 1402.6015
- 27 Burgess J M, Yu H F, Greiner J, et al. Awakening the BALROG: Bayesian location reconstruction of GRBs. *Mon Not R Astron Soc*, 2018, 476: 1427–1444

- 28 Kaneko Y, Göğüş E, Kouveliotou C, et al. Magnetar twists: Fermi/gamma-ray burst monitor detection of SGR J1550-5418. *Astrophys J*, 2010, 710: 1335–1342, arXiv: [0911.4636](https://arxiv.org/abs/0911.4636)

Observational prospects for magnetars with GECAM

LIN Lin^{1*}, XIAO Shuo², HUANG Yan^{3,4}, XU RenXin^{3,4} & XIONG ShaoLin²

¹ Department of Astronomy, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

² Key Laboratory of Particle Astrophysics, Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

³ Department of Astronomy, School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China;

⁴ Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics, Peking University, Beijing 100871, China

Magnetars are a group of very young neutron stars with extremely strong magnetic fields. They provide a unique laboratory for discovering and testing physics in extreme conditions. Magnetars exhibit relatively slow rotation compared with other young pulsars, and they undergo fast spin down. Both properties suggest the existence of a very strong dipole magnetic field, of the order of 10^{14} G. Including candidates, there are currently 29 known magnetars. They are discovered by detecting persistent/transient X-ray emission or soft gamma-ray bursts or flares. In general, the magnetar model can explain energetic phenomena associated with the strong magnetic field. However, many puzzles of magnetars remain: the energy budget of a burst-active period, the connection between the burst or flares and the outburst or glitches in the persistent emission, and the evolution between magnetars and other neutron stars. Additional surprises come with the discovery of each new source. In order to answer these questions, a gamma-ray burst monitor with a full-sky field of view and an ability to locate a burst with adequate precision is required. The Gravitational wave high-energy Electromagnetic Counterpart All-sky Monitor (GECAM) mission consists of two satellites operating at opposite ends of the diameter of a near-Earth orbit. This design enables the field of view to cover the entire sky. Moreover, about 40% of the sky is monitored by both satellites at the same time. Localization of bursts can thus be improved by triangulation between the two satellites. From simulations, a typical short burst from a magnetar can be located to within a region that can be covered by about six pointed observations with X-ray telescopes (e.g., the XMM-Newton). The localization can be improved even further if the burst is also detected by other gamma-ray monitors (e.g., the Gamma-ray Burst Monitor on the Fermi Gamma-ray Space Telescope or the Burst Alert Telescope on the Neil Gehrels Swift Observatory). Therefore, GECAM is a powerful instrument for discovering new magnetars; fully recording the burst-active episodes of magnetars; attempting to detect soft gamma-ray outbursts of magnetar persistent emission and studying their timing properties; and for guiding multi-wavelength follow-up observations. All these are important observational goals that can help us to understand the physical properties of magnetars and the new physics that underlies them.

magnetar, soft gamma repeater, anomalous X-ray pulsar

PACS: 97.60.Jd, 97.60.Gb, 95.85.-e, 95.85.Pw, 95.85.Nv

doi: [10.1360/SSPMA-2019-0397](https://doi.org/10.1360/SSPMA-2019-0397)