

基于天地一体化多信使多波段协同观测的瞬变天体研究

吴 潮 @课题4

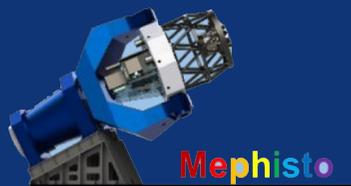
2024-08-06, 丽江

团队组成:

(国台SVOM) : 吴 潮、兰 林、黎华丽

(国台EP) : 潘海武、张文达、刘禾阳

(云大梦飞) : 尔欣中、杜国王、王思力



- 基本思路
- 研究目标
- 研究内容
- 实施方案

仪器亮点

科学亮点



如何有机融合？



	触 发	后 随
能谱特性	EP/WXT: 0.5-4keV SVOM/ECLAIRs: 4-250 keV SVOM/GRM: 15 keV to 5000 keV	EP/FXT: 0.3-10keV, (~1min) SVOM/MXT: 0.2-10keV (<5mins) SVOM/VT: 400-1000nm, (<5mins) 梦飞: 320-1050, (<2mins)

- 定位精度（半径）：EP/WXT:约5角分，SVOM/ECLAIRs:约10角分，SVOM/GRM:~5度
- 梦飞望远镜：响应能力90%优于2分钟，最快可优于1分钟，视场：2平方度
三通道实时多色（真彩色），高测光精度
- SVOM警报网：< T0+30s 到望远镜端



多波段、光学三通道、高测光精度、大视场、快速响应

多波段、光学三通道、高精度测光、大视场、快速响应

伽马暴：

- 1) 多波段+早期余辉 --> 辐射机制 (**早期**余辉验证同步外激波余辉模型)
- 2) 红移测量 --> 宇宙学应用 (样本补充+早期宇宙)

耀发恒星：

- 1) 多波段+时域观测+快速响应光学段： -- > 大样本研究 (爆发机制, 对周围行星影响)

千新星：

- 1) 大视场+三通道： - - > 观测证认 (千新星物理机制)

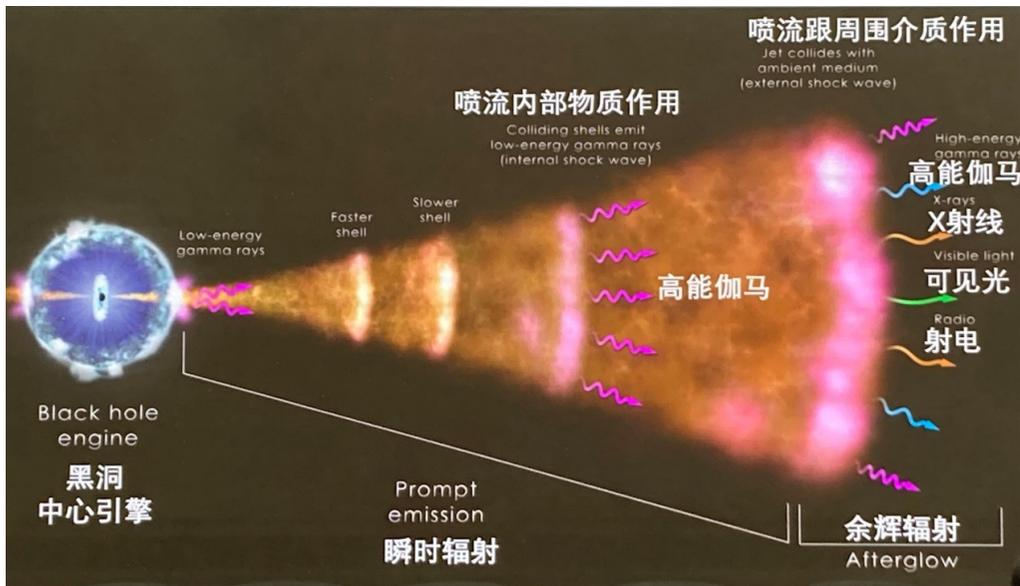


推进以下科学问题的理论认知，伽马暴辐射机制、高红移伽马暴的爆发机制及其对早期宇宙的探针作用、千新星的辐射物理机制、恒星耀发的多波段特性及其对人类“空间天气宜居带”的影响、各类X射线暂显源的耀发机制等。

开展内容：

- (1) 伽马暴的辐射机制与宇宙学探针的研究
- (2) 千新星的观测与研究
- (3) 恒星耀发及X射线暂现源的多波段观测与研究
- (4) 天地一体化多波段协同观测研究

(1) 伽马暴的辐射机制与宇宙学探针的研究



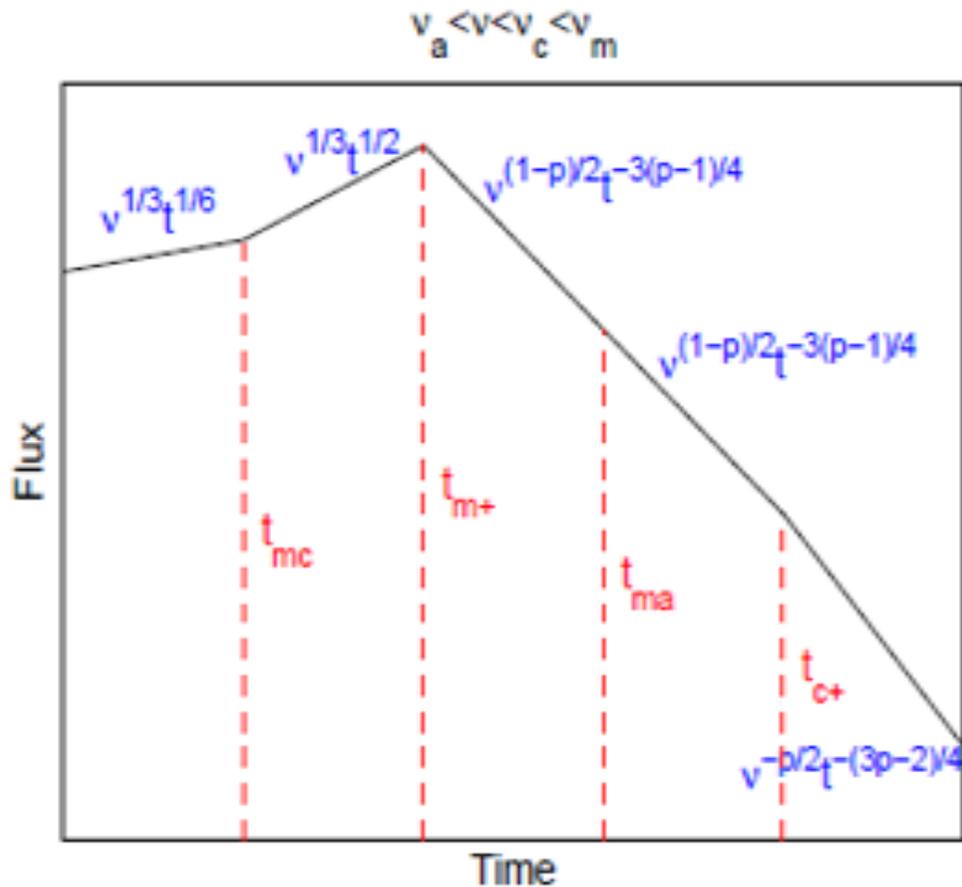
1. 伽马暴多波段余辉的观测是理解GRB余辉物理，限制伽马暴的辐射机制物理的重要研究手段。而伽马暴辐射机制研究是理解极端相对论喷流内部物理过程的关键（Kumar & Zhang 2015, Zhang 2018）。

2. SVOM-梦飞协同观测三个颜色同时观测，快速对发现的伽马暴红移给出限制，增加伽马暴红移观测样本，可以对宇宙早期的恒星形成历史、金属增丰和宇宙再电离等重要过程给出限制。

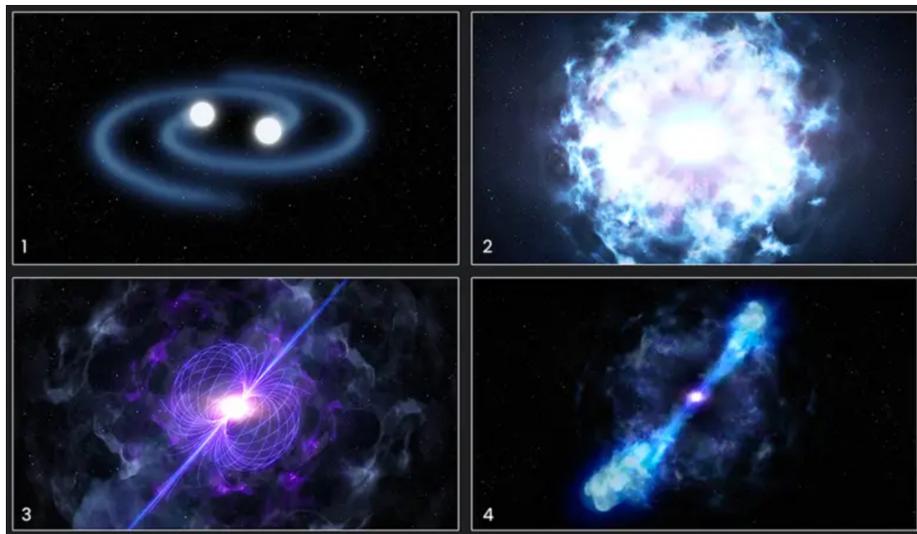
余辉研究亮点：基于高精度多色测光的早期余辉验证同步外激波余辉模型曲线的多样性

Table 13: The temporal decay index α and spectral index β in relativistic, isotropic, self-similar deceleration phase for $\nu_a < \min(\nu_m, \nu_c)$ and $p > 2$.

	β	no injection		injection	
		α	$\alpha(\beta)$	α	$\alpha(\beta)$
ISM	slow cooling				
$\nu < \nu_a$	-2	$-\frac{1}{2}$	$\alpha = \frac{\beta}{2}$	$\frac{q}{2} - 1$	--
$\nu_a < \nu < \nu_m$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{2}$	$\alpha = \frac{3\beta}{2}$	$\frac{5q-8}{6}$	--
$\nu_m < \nu < \nu_c$	$\frac{p-1}{2}$	$\frac{3(p-1)}{4}$	$\alpha = \frac{3\beta}{2}$	$\frac{(2p-6)+(p+3)q}{6}$	$\alpha = (q-1) + \frac{(2+q)\beta}{2}$
$\nu > \nu_c$	$\frac{p}{2}$	$\frac{3p-2}{4}$	$\alpha = \frac{3\beta-1}{2}$	$\frac{(2p-4)+(p+2)q}{4}$	$\alpha = \frac{q-2}{2} + \frac{(2+q)\beta}{2}$
ISM	fast cooling				
$\nu < \nu_a$	-2	-1	$\alpha = \frac{\beta}{2}$	-1	$\alpha = \frac{\beta}{2}$
$\nu_a < \nu < \nu_c$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{6}$	$\alpha = \frac{3\beta}{2}$	$\frac{7q-8}{6}$	--
$\nu_c < \nu < \nu_m$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\alpha = \frac{3\beta}{2}$	$\frac{3q-2}{4}$	--
$\nu > \nu_m$	$\frac{p}{2}$	$\frac{3p-2}{4}$	$\alpha = \frac{3\beta-1}{2}$	$\frac{(2p-4)+(p+2)q}{4}$	$\alpha = \frac{q-2}{2} + \frac{(2+q)\beta}{2}$
Wind	slow cooling				
$\nu < \nu_a$	-2	-1	$\alpha = \frac{\beta}{2}$	$q-2$	--
$\nu_a < \nu < \nu_m$	$-\frac{1}{3}$	0	0	--	--
$\nu_m < \nu < \nu_c$	$\frac{p-1}{2}$	$\frac{3p-1}{4}$	$\alpha = \frac{3\beta+1}{2}$	$\frac{(2p-2)+(p+1)q}{4}$	$\alpha = \frac{q}{2} + \frac{(2+q)\beta}{2}$
$\nu > \nu_c$	$\frac{p}{2}$	$\frac{3p-2}{4}$	$\alpha = \frac{3\beta-1}{2}$	$\frac{(2p-4)+(p+2)q}{4}$	$\alpha = \frac{q-2}{2} + \frac{(2+q)\beta}{2}$
Wind	fast cooling				
$\nu < \nu_a$	-2	-2	$\alpha = \beta$	$q-3$	--
$\nu_a < \nu < \nu_c$	$-\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\alpha = -2\beta$	$\frac{(1+q)}{3}$	--
$\nu_c < \nu < \nu_m$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\alpha = \frac{\beta}{2}$	$\frac{3q-2}{4}$	--
$\nu > \nu_m$	$\frac{p}{2}$	$\frac{3p-2}{4}$	$\alpha = \frac{3\beta-1}{2}$	$\frac{(2p-4)+(p+2)q}{4}$	$\alpha = \frac{q-2}{2} + \frac{(2+q)\beta}{2}$



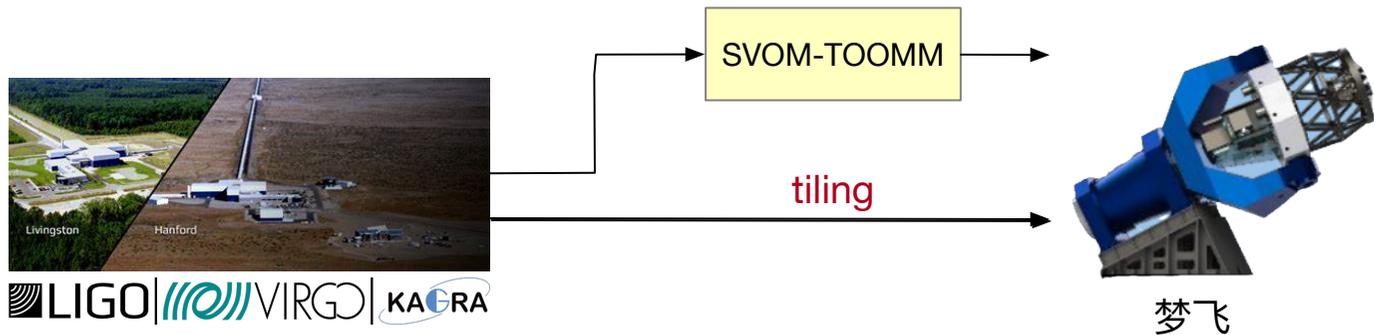
(2) 千新星的观测与研究



- 1998年由Li & Paczyński提出理论预言，
- 2017年首次观测证实千新星的存在：
GW170817与GRB170817A
- 样本十分稀分：至今确认2例，疑似8例

主要聚焦两方面的研究：

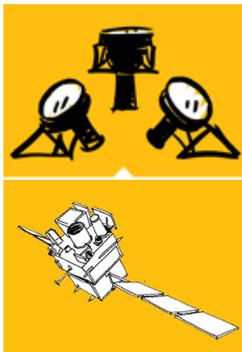
- ◆ 扩大千新星的观测样本
- ◆ 开展千新星多样性、限制并合产物、抛射物种类及其质量分布等物理研究。



千新星观测模式

- SVOM-TOOMM
- 梦飞大视场:tiling模式
- GRM触发+tiling模式

SVOM/GRM

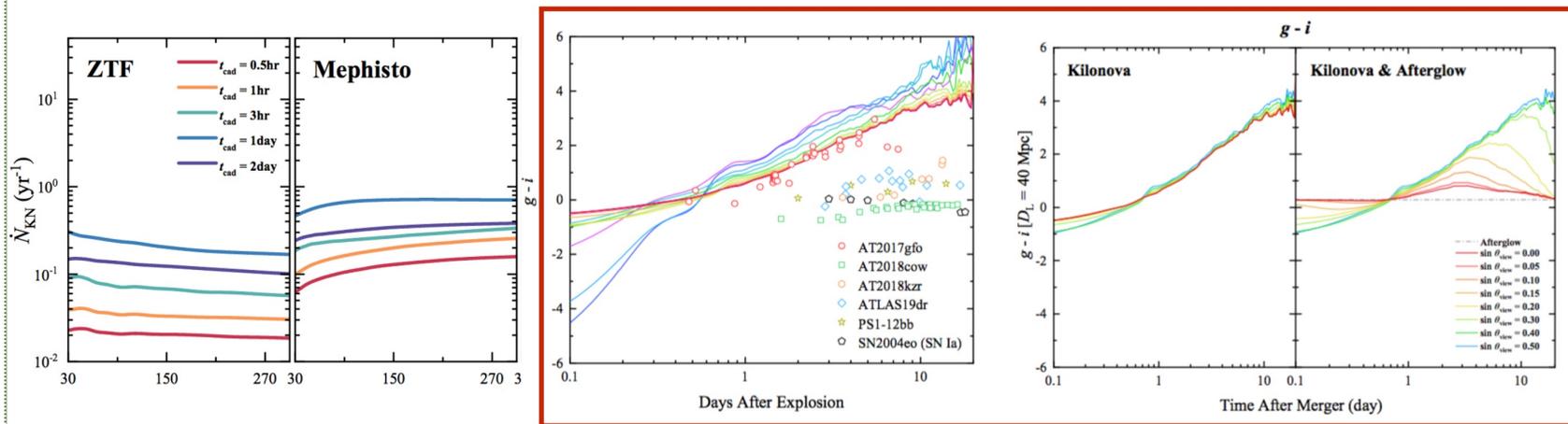


SVOM-AlertNet + 梦飞 tiling



GRM: localization +/- 5 deg

Identify Transients via Color Evolution

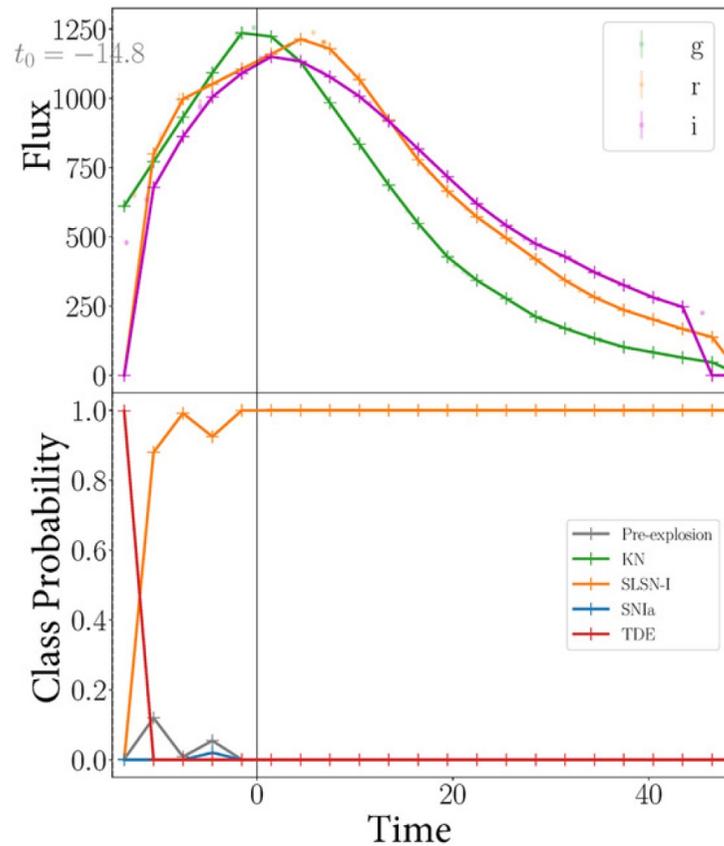
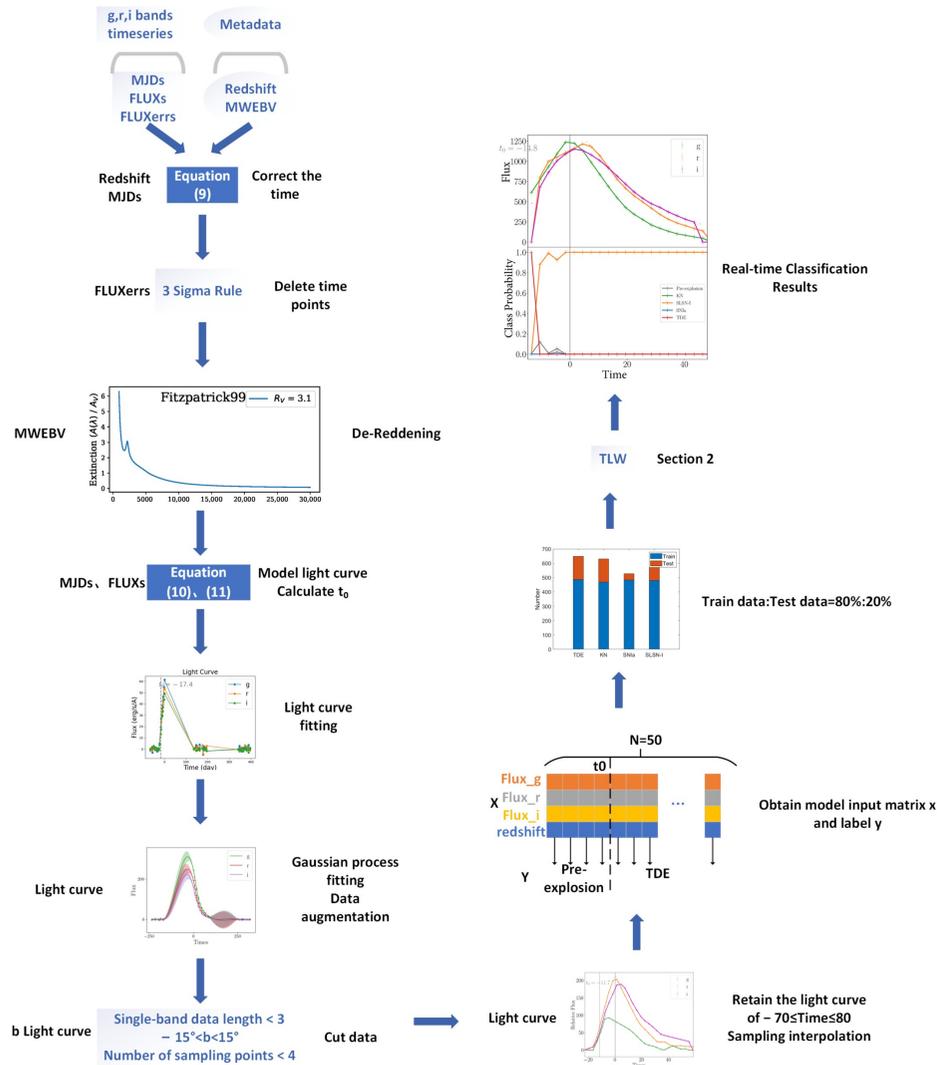


Color Evolution of GW Optical Counterpart: Zhu, Yang et al, 2022, 2023, ApJ

see Dezi's report

引自 杨元培 老师 报告

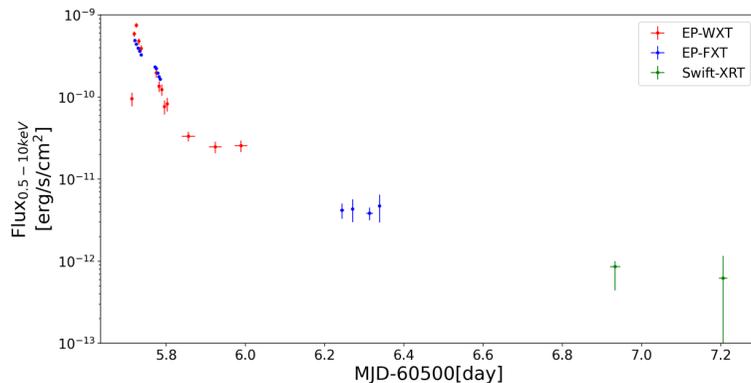




机器学习算法对光变实时分类

(3) 恒星耀发及X射线暂现源的多波段观测与研究

- 时域高精度颜色信息，测定：温度、金属丰度、距离、年龄等
- 多波段时域观测：多维度地探索恒星耀发爆发机制和相关物理过程；
- 基于大样本数据对恒星耀发活动展开研究，尤其是耀发频次较高的F-M型的恒星的研究
- 对太阳的类比研究，分析理解多种类型恒星耀发的起源，研讨恒星耀发和太阳耀斑的异同。
- “空间天气宜居带”研究：协同观测数据结合行星大气模型，研究星冕物质抛射事件对行星大气环境影响，研究搜寻宜居行星宿主恒星的方法和标准。
- X射线暂现源多波段证认和研究：如伽马暴、超新星激波爆、黑洞潮汐瓦解恒星等

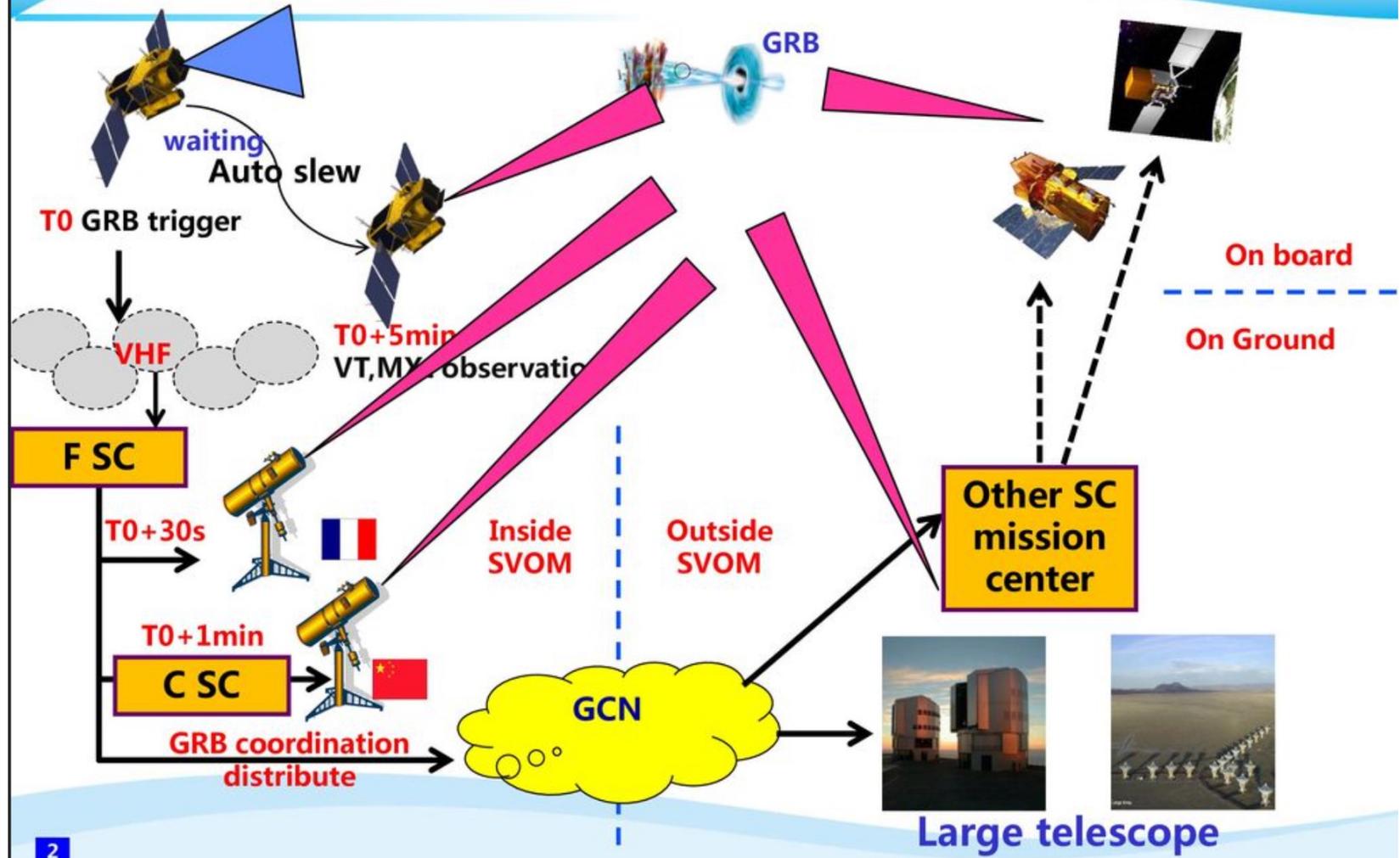


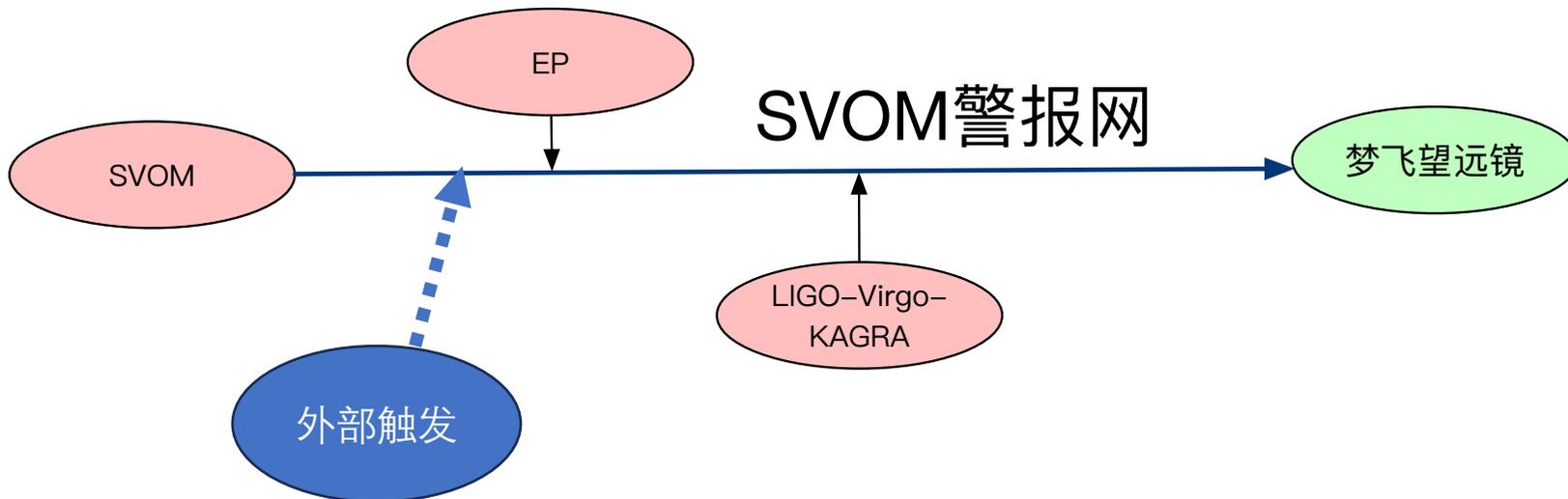
(4) 天地一体化多波段协同观测研究

- 连接星地的消息与数据传输链路和瞬变天体快速有效观测的协同观测策略研究，实现将梦飞望远镜（包括2台50厘米望远镜）与SVOM、EP、引力波(LIGO-Virgo-KAGRA)等设备的实时触发连接成一个实时高效的观测协同网络。
- 数据处理的研究：瞬变天体的快速搜索与证认，伽马暴红移的测量算法等，拟开展利用人工智技术进行对上述要求的数据进行高效和快速的处理分析。

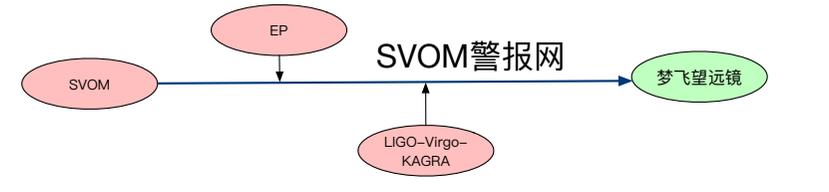
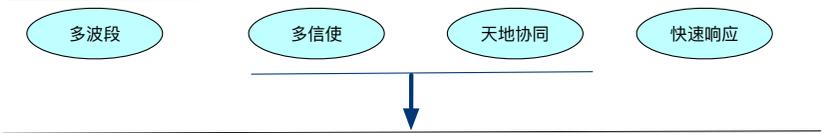


GRB Observation scenario





瞬变天体的多波段、多信使协同观测与研究



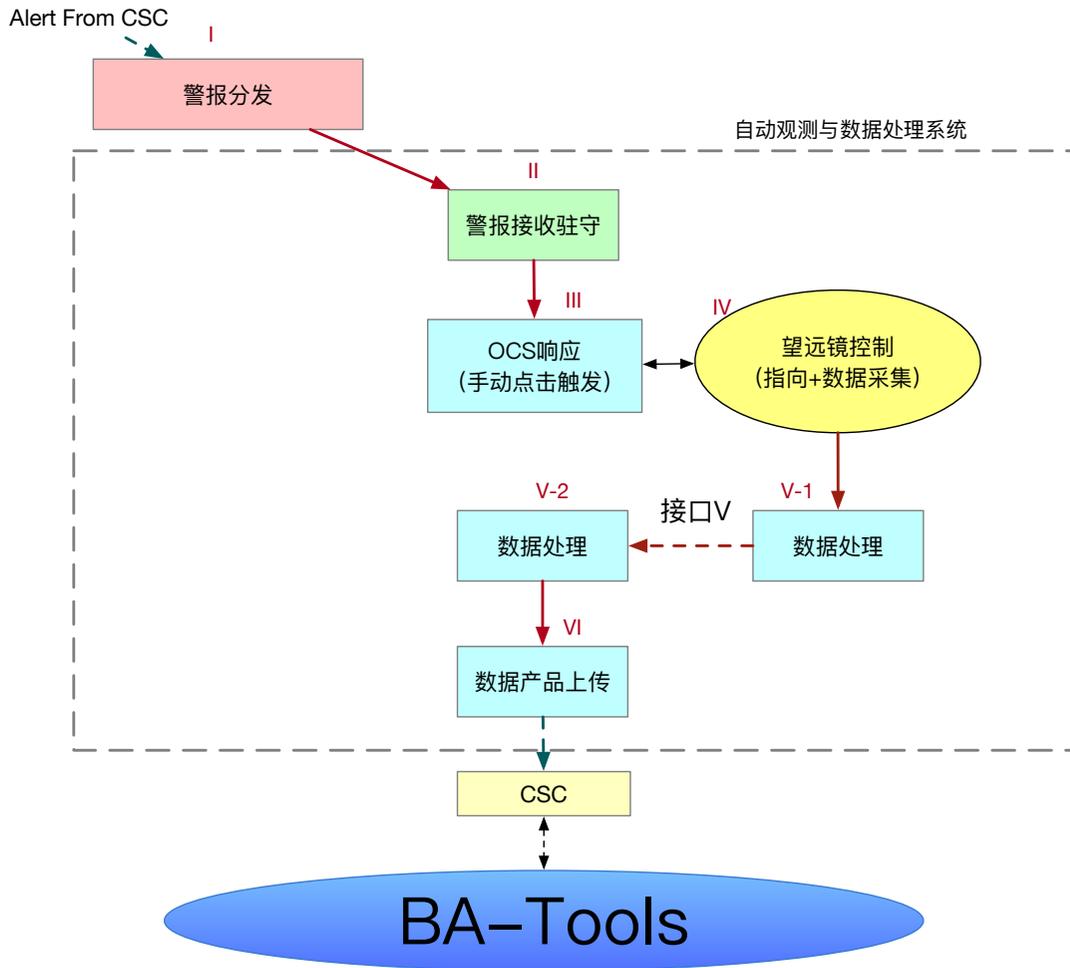
GRB	SVOM触发 (快速+多波段) : 梦飞后随	1.早期余辉 (长时标瞬时辐射) 2.多波段的红移测量
千新星	LIGO-Virgo-KAGRA触发: (SVOM-TOO筛选+梦飞后随证认) / (梦飞大视场直接证认) SVOM触发暗暴: 梦飞大视场直接筛选证认	千新星稀有样本的观测
耀发恒星及X射线暂现源	EP触发: (EP/FXT 后随)/梦飞后随	大样本耀发恒星观测事例

累计完成不少于80例各类瞬变天体的多波段观测，期望观测到特殊类型的瞬变源事件样本5-10例。（期望观测到特殊类型的瞬变源事件样本5-10例，多波段（多信使）+较早期）

科学成果：伽马暴的辐射机制与宇宙学探针、千新星的证认及相关科学问题、恒星耀发的物理及对行星宜居带的影响、X射线暂现源的物理模型

天地一体化多波段、多信使协同观测网

*: SVOM/EP触发的重要目标进行互为ToO后随



谢谢