

处于吸积相的夸克集团星

徐仁新 (Renxin Xu)

北京大学物理学院

北京 100871

Email: r.x.xu@pku.edu.cn

尽管发现第一颗脉冲星已时过近半个世纪，很遗憾关于脉冲星的内部结构至今未能定论。这一窘境源于两个因素：观测上提供的信息不足以明确区分推测的各类物态；理论上因夸克之间相互作用丰富的非微扰效应而难以有效地推算。流行的观点源于1930年代初Landau的猜测，并逐渐发展成为“中子星”概念：脉冲星可看作“巨原子核”，只不过电子处于其中而导致中子远比质子多（而一般稳定原子核内中子、质子数目近乎相等）。值得注意的是：1930年代所认为的质子和中子等“基本粒子”在1960年代后被认为是由更基本的“夸克”所组成。在夸克和轻子层次上建立的粒子物理标准模型已经被众多实验检验，如最近发现早已预言的Higgs粒子。

基于若干天文观测表现，我们提出脉冲星类致密天体其实为夸克集团所构成的凝聚态物质；这一看法建立在夸克和轻子层次上。夸克集团物质具有硬的物态，跟后来发现的大质量中子星吻合。具有刚性的夸克集团星星震过程所释放的巨大能量有助于理解反常X射线脉冲星和软 γ 射线暴的爆发现象，且其星震在观测上自然呈现出两种类型的glitch特征（无论是否有显著能量释放）。

然而，X射线暴等双星系统中的致密星表现可能暗示着在星的最外层应该由正常物质所组成。对于传统的夸克星而言，若超新星爆发后形成裸露的夸克物质表面，吸积率低的情况下夸克物质表面库仑势垒不足以阻碍吸积物质瞬即解禁相变；这就不能维持大量正常物质存在于夸克物质表面以上。但是对于夸克集团星而言，我们将会看到，其表面以上出现的奇异势垒（strangeness barrier）能够有效地维持着星表以上非奇异物质的存在。

在FPS2文集的46-47页曾经阐述：尽管一般稳定的原子核是近乎两味（u、d）对称的，但超新星爆发而形成的压缩重子物质很可能是倾向于三味（u、d、s）对称的。所以，我们一般也认为夸克集团物质是带奇异数的，也是奇异物质。这样，吸积的非奇异物质转变为奇异物质就需要弱作用的参与（本质上是将u或d夸克转变成s夸克）。跟传统夸克星（那里解禁相变在先而弱作用在后）不同的是，原子核撞击夸克集团星的过程有点类似于有弱作用参与的两个原子核反应。以吸积质子为例，正如穿过库仑势垒不能确保发生pp反应（ $p + p \rightarrow d + e^+ + \nu_e$ ），穿越夸克集团星库仑势垒的质子大多因来不及奇异化而被散射回到夸克集团物质以外。如此，夸克集团星表面之外维持大量正常的、非奇异物质（原子核和电子）的存在。

在低吸积率（如星风吸积）时，夸克集团星表面可能形成正常物质组成的冕（这有助于理解4U 1700+24的红移、质量函数以及热辐射区大小改变等观测特征）。而在较高吸积率（如溢出 L_1 点吸积）时，表面可能形成密度较大的大气层、海洋甚至总质量达到 $10^{-8} M_{\odot}$ 以上的壳层，这对于在固态奇异夸克集团星框架内理解I型X射线暴甚至super-burst是必要的。