

分赫兹引力波探测目标

天文系 安嘉辰 202121160001

2022 年 9 月 10 日

1. IA 型超新星前身天体: 通过引力波探测判断 IA 型超新星是由双白矮星并合产生还是单白矮星吸积产生. 若由双白矮星并合产生, 因为并合时双白矮星间距很小, 所以会产生较强的引力波, 而若由单白矮星吸积产生, 则最后白矮星和被吸积天体的距离较大, 引力波强度弱. 此外 IA 型超新星还可能由双白矮星碰撞产生, 此过程也没有强引力波信号. 低频旋近的双白矮星旋近时间长, 可以观测更长时间, 这可以使观测所需的最大单边噪声功率谱密度更大. 对分赫兹引力波探测器而言, 若单边噪声功率谱密度为 10^{-44}Hz^{-1} , 则平均 1 年至少可观测 1 次 IA 型超新星爆发.
2. 三体系统中的并合: 若双星正在并合, 且此双星间距离远小于第三体和双星的距离, 则第三体会给引力波带上 Doppler 频移. 若第三体的质量远小于双星, 则 Doppler 频移的成因为 Lidov-Kozai 机制. 若第三体的质量远大于双星, 则 Doppler 频移的成因为作为波源的双星的视向速度在周期性变化. 若第三体为大质量黑洞而双星系统由两颗恒星组成, 因为若双星系统释放高频引力波, 则其并合时间过短, 视向速度变化不大, Doppler 频移几乎不发生变化而和宇宙学红移简并, 所以除非第三体和双星系统的距离小, 否则就需要观测低频引力波. 即使是探测分赫兹引力波, 第三体和双星系统的距离也需要在约 1000AU 以内.
3. 中等质量黑洞: 极高光度 X 射线源可能是中等质量黑洞, 球状星团中心也可能有中等质量黑洞. 质量越大的双星引力波源, 在轨道为最内稳定圆轨道

时的引力波频率越低, 所以需要探测低频引力波. 若单边噪声功率谱密度为 10^{-43}Hz^{-1} , 则分赫兹引力波探测可探测的引力波源的最大红移约为 5.

4. 大质量黑洞形成: 星系并合时, 中心的大质量黑洞旋近并合成新大质量黑洞将释放引力波. 质量更大, 更需要观测低频引力波.

参考文献: Ilya Mandel *et al* 2018 *Class. Quantum Grav.* **35** 054004