

500 米口径球面射电望远镜 (FAST)

优先和重大项目任务书

项目名称：脉冲星测时：2. 脉冲星物理和演化

项目 PI： 王娜

项目周期：2020 年 1 月 – 2024 年 12 月

2020 年 1 月 6 日填

一、简 表

项目负责人信息	姓 名	王娜	单 位	中国科学院 新疆天文台
	职 称	研究员	电子邮件	na.wang@xao.ac.cn
项目简介	<p>(限 400 字):</p> <p>本项目主要开展 FAST 新发现脉冲星的测时观测。首先计划对 FAST 新发现脉冲星进行 1-3 年观测，测量其基本参数，建立 FAST 新发现脉冲星星表，获得 FAST 新发现脉冲星的星族性质，在大样本基础上研究脉冲星的诞生及演化。其次通过对新发现和极少数已知的特殊脉冲星，如年轻脉冲星、间歇脉冲星、旋转射电暂现源、特殊双星进行 3-5 年长期观测，甄别脉冲星测时噪声的内部与外部起源，探索脉冲星制动与磁层活动的关联，探索提高测时精度的天文及技术方法；探究双星系统的演化规律以及检验相对论效应；研究星周介质、星际介质的结构和物理性质。</p> <p>计划于 2020 年观测 FAST 新发现 31 颗正常脉冲星、40 颗毫秒脉冲星和 4 颗已知蜘蛛脉冲星，共需 280 小时。随着 FAST 新发现脉冲星数量增加，2021 年起动态调整观测源表，计划每年观测新发现正常脉冲星 48 颗、毫秒脉冲星 63 颗，需 400 小时。此外，前一年观测目标中保留约 36 颗特殊脉冲星进行长期监测，预计每年所需时间要递增 100 小时，即 2021-2024 年从 500 小时逐年递增至 800 小时。</p>			

二、主要成员

序号	姓名	单位	职称	工作量（人月）	承担的主要任务
1	王娜	新疆天文台	研究员	5	项目总体协调，观测计划制定和数据分析
2	彭勃	国家天文台	研究员	2	项目指导与观测协调
3	闫文明	新疆天文台	研究员	4	观测计划制定，数据处理和分析
4	袁建平	新疆天文台	研究员	5	观测计划制定，数据处理和分析
5	王晶波	新疆天文台	副研究员	5	观测计划制定，数据处理和分析
6	温志刚	新疆天文台	副研究员	5	数据处理和分析
7	周霞	新疆天文台	研究员	4	理论分析
8	Rai Yuen	新疆天文台	副研究员	4	理论分析
9	高志福	新疆天文台	研究员	4	理论分析
10	李柯伽	北京大学	教授	1	数据与理论分析
11	岳友岭	国家天文台	副研究员	3	观测技术支持
12	徐钧	国家天文台	副研究员	3	数据处理
13	潘之辰	国家天文台	副研究员	2	观测技术支持，数据处理和分析

14	寇菲菲	国家天文台	博士后	4	数据处理和分析
15	姚菊枚	国家天文台	博士后	4	观测技术支持，数据处理和分析

三、任务书正文（简明扼要阐述）

（一）科学目标和项目内容

脉冲星测时是研究脉冲星物理的强有力工具，通过脉冲星测时观测，不仅可以获得脉冲星的基本性质，如特征年龄、距离、自行、磁场强度，还可以进一步通过脉冲星自转不稳定性探究脉冲星内部物理，通过双星相互作用检验相对论效应，以及通过计时阵探测引力波等。目前几乎所有脉冲星物理学的重大进展都源于脉冲星测时研究（Hulse & Taylor 1975, Backer et al. 1982, Kramer et al 2006, Demorest et al. 2010）。贵州五百米球面射电望远镜(FAST)利用超宽带接收机和 L 波段 19 波束接收机，通过漂移扫描搜寻和银道面深度搜寻（<http://crafts.bao.ac.cn/pulsar/>），已发现 115 颗脉冲星，后续会发现数以千计的新脉冲星。新脉冲星需要长期观测才能精确测得它们的性质，这对于探究脉冲星诞生和演化、认识脉冲星本质有重要意义。

本项目拟利用 FAST 开展脉冲星测时研究，计划主要对 FAST 新发现脉冲星开展长期观测研究。新发现脉冲星由于比较暗弱，大部分只能用 FAST 进行监测。此外新发现的目标可能包含意义重大的特殊脉冲星，例如脉冲双星、球状星团脉冲星、超新星遗迹成协脉冲星、间歇脉冲星、消零与模式变换脉冲星、有显著相位噪声脉冲星、旋转射电暂现源等，这些脉冲星 FAST 应当进行重点观测。通过高精度测时观测，本项目将首先获得 FAST 新发现脉冲星的基本参数、自转不稳定性特性以及辐射特征，探究大样本脉冲星的星族性质，进而研究脉冲星的辐射机制、磁层结构、制动机制及脉冲星内部致密物质的性质。本项目还将分析脉冲双星的相互作用，研究双星系统演化规律，检验相对论效应；研究星周介质、星际介质的物理性质等；研究提高脉冲星测时精度的天文和技术方法。

计划对 FAST 新发现脉冲星进行 1-3 年高精度测时观测，首先研究其辐射性质并获得高精度自转参数以及相关参数，如自转能损率、制动指数、表面磁场和特征年龄，并根据前一年数据获得的脉冲星特性调整观测计划。通过一年以上的测时观测还能测量脉冲星的准确位置，能够有效抑制测时噪声。大部分脉冲星特别是年轻脉冲星表现出明显的自转不稳定性，主要表现为周期跃变和测时噪声。研究脉冲星自转不稳定性的起源，能够提高测时精度，提高引力波探测的可能性。脉冲星周期跃变的活性跟自转能损率有强相关性，跃变活性与自转减慢率成正比例关系（Fuentes et al. 2017）。测时噪声在到达时间残差上表现为连续的、准周期的、时标较长的变化，其频谱是低频的。观测到的脉冲星测时噪声现象具有多样性，Hobbs et al. (2010) 研究了 366 颗脉冲星的自转稳定性，证实了 Cordes & Downs (1985) 的结论：测时残差不能完全由简单的“随机行走”来模拟。脉冲星测时噪声产生的物理机制尚不完全清楚，可能是外部因素引起的，也可能起源于中子星内部，因此测时噪声是研究脉冲星的探针，有助于我们探索和研究脉冲星的组成、内部结构和相关物理过程。如果脉冲星的自转有稳定的二阶导数，那

么可以测得它的制动指数。受噪声影响,目前具有稳定制动指数的脉冲星数量很少,只有 9 颗,均为自转迅速减慢的年轻脉冲星。对 FAST 新发现的年轻脉冲星的观测,有可能测得其制动指数。理论上,不同的辐射模型会给出不同的制动指数范围,而测量结果制动指数普遍小于 3(除 PSR J1640-4631 的制动指数 $n=3.15$),还探测到 Crab 脉冲星制动指数发生了变化(Wang et al. 2012)。这说明除了磁偶极制动外,还有其他制动力矩作用于脉冲星上。为了更加深入理解脉冲星制动过程,增大脉冲星制动指数测量样本其意义不言而喻。

测时噪声还包含由于单脉冲随机变化而产生的相位或者强度抖动(jitter)。Lam et al. (2019) 在 49 颗脉冲星中的 43 颗探测到明显的 jitter,发现其中 30 颗脉冲星的抖动噪声存在频率依赖。初步研究表明,jitter 与脉冲宽度、脉冲成分数目具有一定相关性。随着望远镜灵敏度的提高,jitter 成为影响高精度测时的瓶颈因素,认识和理解 jitter 的统计性质对于提高测时的精度至关重要。

相对银河系的其它区域,球状星团有很高的恒星密度和恒星间相互作用率。所以球状星团是产生毫秒脉冲星和脉冲星双星系统的最佳场所。X 射线巡天发现球状星团内低质量 X 射线双星数密度比银道面高约十倍。由于球状星团是脉冲星集中的区域,所以一次测时观测,就可以同时得到多个脉冲星的到达时间数据,观测的效率很高。对已知球状星团内的脉冲星进行测时研究,在探测质量介于恒星级黑洞和星系级黑洞之间的中等质量黑洞及其性质、球状星团动力学演化、双星形成和演化、球状星团内星际环境等研究方面有望获得突破。

脉冲双星系统的研究内容非常丰富,主要可分为对一般双星系统(脉冲星-恒星)和致密双星系统(脉冲星-白矮星系统,双中子星,中子星-黑洞系统)的研究。通过拟合脉冲双星测时数据可得到双星系统轨道的开普勒参数,这在研究恒星演化、星周等离子体性质、双星相互作用、双星形成和双星演化等方面意义重大。致密双星系统的相对论效应可以给出更加丰富的信息,比如脉冲星及其伴星质量以及双星系统的后开普勒参数。对 Romer 延迟的相对论修正量, Einstein 延迟、Shapiro 延迟、近星点运动和测地线进动等的监测和研究,将对广义相对论等强引力场理论进行多方面深度检验。首个脉冲星-行星系统的发现对传统行星形成和演化理论提出了挑战,使人们对行星世界有了新的认识。稳定的脉冲星自转不会淹没行星级伴星造成的到达时间残差的微小周期性扰动,长期的监测将提高发现脉冲星-行星系统的概率。

由于星际介质中的等离子体存在湍动,色散量 DM 会随时间发生变化,这也导致脉冲星信号的到达时间延迟随时间发生变化。在射电望远镜的典型观测频率内,5 年的观测时间跨度内,DM 变化导致的时间延迟的变化将高达几十微秒,这个数值远高于脉冲星计时阵 PTA 感兴趣的信号(如引力波背景)产生的时间延迟。对 DM 变化的精确测量和修正不仅对利用脉冲星计时阵进行引力波探测至关重要,还提供了测量星际介质等离子体湍动的独一无二的新方法。测量 DM 变化对到达时间测量精度要求很高,迄今有 DM 变化测量的脉冲星仅有几十颗,FAST 极高的测量精度对研究 DM 的变化有巨大的优势。本项目将利用 FAST 并

结合国内、国际其他大型射电望远镜，开展多频观测，测量 DM 的变化，修正 DM 变化对脉冲星测时的影响，提高脉冲星的测时精度。

脉冲星的辐射变化，包括模式变换、脉冲消零、子脉冲漂移等，这些观测现象能够反映出磁层活动和辐射机制。模式变换是脉冲轮廓发生非连续的变化，其辐射状态在两个或多个稳定模式之间的转换，目前已发现有几十颗脉冲星有模式变化现象，其中大多数可以同时观测到子脉冲漂移和消零等现象（Wang et al. 2007）。辐射变化的一种极端现象叫做脉冲消零，即射电辐射突然停止或者辐射流量低于天线的灵敏度，并持续几个脉冲周期甚至几年的时间，然后又突然恢复到正常辐射状态（Wang et al. 2007）。Yang（2013）统计到有 180 颗脉冲星发生脉冲消零。FAST 高灵敏度的观测研究能够准确测量脉冲星的辐射几何，进而研究辐射特性、检验脉冲星的辐射机制及磁层活动的物理过程。

观测发现，多颗脉冲星的脉冲轮廓变化还与它们自转减慢率的变化具有相关性（Lyne et al. 2010, Brook et al. 2016, 2019）。间歇脉冲星在射电爆发态的自转减慢率比射电宁静态的自转减慢率高。几颗脉冲星在周期跃变之后观测到自转减慢率以及脉冲轮廓的变化，如 PSR B0740-28、J1119-6127 和 B2035+36（Keith et al. 2013, Weltevredde et al. 2011, Kou et al. 2018）。FAST 的高灵敏度能探测到更多具有辐射与自转相关性的脉冲星，通过分析辐射轮廓变化对测时噪声的贡献修正轮廓变化引起的测时噪声，进一步研究脉冲星的组成、内部结构和相关物理过程。

本项目短期目标主要是对 FAST 新发现脉冲星进行高灵敏度测时观测研究，获得 FAST 新发现脉冲星的自转参数、性质和辐射特性；长期目标是获得 FAST 新发现脉冲星的星族性质，通过大样本数据，分析研究脉冲星诞生及演化物理过程；精确认识脉冲星自转不稳定性的特征和产生机理，理解测时噪声起源，提高脉冲星测时精度。

参考文献：

- Backer, D. C., Kulkarni, S. R., Heiles, C., et al. *Nature*, 1982, 300, 615
- Brook, P.-R., Karastergiou, A. and Johnston, S., *MNRAS*, 2019, 488, 5702-5712
- Brook, P.-R., Karastergiou, A., Johnston, S., Kerr, M., Shannon, R.-M., Roberts, S.-J., *MNRAS*, 2016, 456, 1374-1393
- Cordes, J.-M. and Downs, G.-S., *ApJS*, 1985, 59, 343-382
- Demorest, P. B., Pennucci, T., Ransom, S. M., et al. *Nature*, 2010, 467, 1081-1083
- Fuentes, J.-R., Espinoza, C.-M., Reisenegger, A., Shaw, B., Stappers, B.-W. and Lyne, A.-G., *A&A*, 2017, 608, A131
- Hobbs, G., Lyne, A.-G., Kramer, M., *MNRAS*, 2010, 402, 1027-1048
- Hulse, R. A., Taylor, J. H., *ApJ*, 1975, 195, L51-L53
- Keith, M.-J., Shannon, R.-M. and Johnston, S., *MNRAS*, 2013, 432, 3080-3084
- Kou, F.-F., Yuan, J.-P., Wang, N., Yan, W.-M. and Dang, S.-J., *MNRAS*, 2018, 478, L24-L28
- Kramer, M., Stairs, I. H., Manchester, R. N., et al., *Science*, 2006, 314, 97
- Lam, M.-T., McLaughlin, M.-A. and Arzoumanian, Z., et al., *ApJ*, 2019, 872, 193
- Lyne, Andrew, Hobbs, George, Kramer, Michael, Stairs, Ingrid and Stappers, Ben, *Science*, 2010, 329, 408

Wang, N., Manchester, R.~N. and Johnston, S., MNRAS, 2007, 377, 1383-1392
 Wang, J. B., Wang, N. et al. ApSS, 2012, 340, 307
 Weltevrede, Patrick, Johnston, Simon and Espinoza, Cristobal M., MNRAS, 2011, 411, 1917-1934
 Yang, AiYuan, Han, JinLin and Wang, Na, Science China Physics, Mechanics, and Astronomy, 2014, 57, 1600-1606

(二) 观测计划及观测时间需求

2020 年:

观测 FAST 新发现正常脉冲星 31 颗, 每月观测一次, 每次 14 分钟 (包含换源时间, 下同), 全年需要 86 小时; 毫秒脉冲星 40 颗, 每月观测一次, 每次 21 分钟, 全年需要 168 小时; 4 颗已知蜘蛛脉冲星, 每月观测二次, 每次 16 分钟, 全年需要 26 小时。2020 年合计观测 75 颗脉冲星, 共需要 280 小时。

脉冲星类型	个数	每颗源每次观测时长 (分钟)	每颗源每月观测次数	每年共计时长 (小时)
新发现正常脉冲星	31	14	1	86
新发现毫秒脉冲星	40	21	1	168
已知 4 颗蜘蛛脉冲星	4	16	2	26
合计	75			280

2021-2024 年每年:

计划每年对未做过 timing 观测的约 48 颗 FAST 新发现正常脉冲星进行观测, 每月一次, 每次 14 分钟, 每年共需要 135 小时; 观测 63 颗左右 FAST 新发现毫秒脉冲星, 每月一次, 每次 21 分钟, 每年共需要 265 小时。合计每年观测 111 颗脉冲星, 需要观测时间 400 小时。

随着 FAST 新发现脉冲星数目的增多, 本项目每年的观测时间需要随之增加。如发现科学意义非常重大的脉冲星, 还需进行更加频繁的重点观测。新发现脉冲星当中需长期监测的特殊脉冲星数量逐年累积, 预计每年增加 36 颗, 相应的观测时间递增 100 小时。因此, 2021-2024 年需要分别为 500 小时、600 小时、700 小时、800 小时。

脉冲星类型	个数	每颗源每次观测时长 (分钟)	每颗源每月观测次数	每年共计时长 (小时)
新发现正常脉冲星	48 (/年)	14	1	135
新发现毫秒脉冲星	63 (/年)	21	1	265
2021 年新增需长期监测脉冲星	36	14	1	100
2022 年新增需长期监测脉冲星	36	14	1	100
2023 年新增需长期监测脉冲星	36	14	1	100

2024 年新增需长期监测脉冲星	36	14	1	100
合计				2021 年: 500 2022 年: 600 2023 年: 700 2024 年: 800

(三) 观测团队、数据处理队伍及分工情况

项目负责人为新疆天文台王娜研究员。项目成员包含新疆天文台周霞、袁建平、王晶波、温志刚、Rai Yuen、闫文明、高志福，国家天文台彭勃、潘之辰、岳友岭、徐钧、姚菊枚、寇菲菲，北京大学李柯伽。

项目分工情况，

项目总体规划指导：王娜、彭勃

观测计划制定：袁建平、王晶波、闫文明、王娜

观测技术支持：岳友岭、潘之辰

数据处理和分析：王晶波、闫文明、姚菊枚、寇菲菲、王培、温志刚、袁建平、徐钧、王娜

理论分析：周霞、Rai Yuen、高志福、李柯伽、寇菲菲

(四) 各阶段性预期成果等

第一阶段：通过 1-3 年观测，获得脉冲星基本性质。

对 FAST 新发现脉冲星和特殊脉冲星进行测时观测，得到自转与位置参数进而研究其自转能损率、特征年龄、表面磁场、测时噪声和制动指数等。联合 FAST 射电观测和高能观测，获得部分脉冲星的多波段辐射特性、得到消零脉冲星、模式变换脉冲星的辐射特性。

第二阶段：通过长期观测，通常需要 3-5 年数据积累，更加精确描述脉冲星噪声及其起源。

(1) 中子星制动和噪声起源

分析几年的测时数据，精确描述脉冲星辐射及其变化和自转不稳定性，研究辐射和自转的相关性，限制和检验辐射模型。得到脉冲星转动的制动机制、测时噪声在时域和频域的特征，甄别脉冲星噪声的内部起源与外部起源，获得测时噪声的物理机制以及对辐射机制的限制。

(2) 双星相互作用和演化

得到蜘蛛脉冲星（包括红背蜘蛛脉冲星和黑寡妇脉冲星）、主序星伴星、大质量伴星等双星系统的至少 2 个轨道周期的测时数据，分析得到双星系统的轨道参数、相互作用甚至相对论效应。得到球状星团中奇异脉冲双星系统（掩食双星、

偏心双星、双中子星) 脉冲星和伴星质量, 检验双星形成和演化途径。

(3) 星际介质变化与测时噪声

由测时和偏振观测数据, 得到脉冲星的色散量 DM、法拉第旋转量 RM 的变化, 通过修正 DM 的变化大幅提高测时精度。通过星际闪烁得到星际介质的尺度和物理性质, 得到球状星团的星际介质的特性。

(4) 星族性质

通过对旋转射电暂现源 (RRAT) 的测时观测, 得到 RRAT 的自转参数和精确位置, 识别它们的高能对应体。比较 RRAT 和脉冲星性质, 得到 RRAT 和脉冲星的关联, 进一步理解中子星的起源和演化。FAST 搜寻发现的新脉冲星会显著增加脉冲星的样本数量, 而且都是流量较弱的脉冲星, 统计研究 FAST 脉冲星的特性, 得到星族性质, 这对于将来使用 SKA 搜寻和研究脉冲星具有重要指导意义。一年以上的测时观测能得到脉冲星的准确位置和自行, 进而可以研究脉冲星与超新星遗迹的位置关系。

第三阶段: 上述研究成果与脉冲星测时阵数据结合, 量化分析其噪声抑制作用, 改进引力波探测数据处理技术与方法。

请说明如 2020 年仅提供所申请的 20% 观测时间, 预期取得的阶段性实施成果。

如果 2020 年仅提供所申请的 20% 的观测时间, 也就是仅有 56 小时, 我们计划观测 14 颗 FAST 新发现毫秒脉冲星, 每颗源观测 21 分钟, 每月观测一次。

观测 FAST 新发现脉冲星, 得到它们自转参数, 进一步获得自转能损率、特征年龄、表面磁场、测时噪声。对于双星, 得到双星系统的轨道参数甚至相对论效应, 并得到它们的平均轮廓和辐射几何。研究新发现脉冲星特性, 初步得到 FAST 脉冲星星族性质。

四、观测源表（部分）

	Name	RA	DEC	P0	binary or isolated?
1	19C25/J0924+6102	9:24:41	+61:02:45	5.98263	b
2	C69/J0631+4147	6:31:59	+41:47:43	30.72	b
3	19C64/J2016+0756	20:16:03	+07:56:42	4.3278	b
4	19C17/J2016+0700	20:16:38	+07:00:00	6.8201293	b
5	19C63/J2027+0255	20:27:32	+02:55:17	10.595	b
6	19C4/J1929+0129	19:29:18	+01:29:36	6.4	b
7	19C14/J1810-0615	18:10:51	-06:15:00	4.14	b
8	19C51/J1824-0622	18:24:12	-06:22:02	3.233	b
9	19C38/J1912-0953	19:12:07	-09:53:34	25.04	b
10	19C22/J2204+09	22:04:33	9:45:07	6.0395	b
11	19C31/J2238-1220	22:38:40	-12:20:38	2.369	i
12	19C26/J2205+6012	22:05:29	60:14:43	2.4156631	i
13	19C27/J1759-1242	17:59:45	-12:42:44	2.564	i
14	19C34/J1602-1052	16:02:07	-10:52:49	3.1164	i
15	19C29/J1759-1247	17:59:48	-12:47:22	3.15	i
16	19C35/J2003-0937	20:03:53	-09:37:20	3.177	i
17	19C13/J1720-0533	17:20:28	-05:33:51	3.26	i
18	19C68/J2319+2049	23:19:30	+20:49:34	3.396971	i
19	19C49/J1855-0756	18:55:16	-07:56:43	3.427	i
20	19C16/J1853-0620	18:53:19	-06:20:00	3.442	i
21	19C3/J2355+0049	23:55:30	+00:49:43	3.7	i
22	19C2/J1437+3055	14:37:39	+30:55:07	3.719	i
23	19C15/J1809-0642	18:09:52	-06:42:35	3.89	i
24	19C54/J1813-0402	18:13:33	-04:02:33	4.1063	i
25	19C46/J1813-0852	18:13:12	-08:52:17	4.22	i
26	19C41/J1852-1310	18:52:11	-13:10:10	4.314	i
27	19C2/J1754+0025	17:54:32	0:25:12	4.4	i
28	19C59/J1826-0049	18:26:18	-00:49:49	4.59	i
29	19C66/J1934+0906	19:34:19	+09:06:19	4.660324	i
30	19C62/J1908+0128	19:08:20	+01:28:12	4.702396	i
31	19C56/J2230-0336	22:30:01	-03:36:00	5.105	i
32	C8/J0203-0150	2:03:32	-01:50:13	5.17	i
33	19C30/J1912-1215	19:12:29	-12:15:26	5.288	i
34	19C28/J2032-1253	20:32:27	-12:53:43	5.787	i
35	19C60/J1846-0049	18:46:16	-00:49:53	21.24	i
36	19C52/J1928-0548	19:28:21	-05:48:40	28.04	i
37	C55/J1243+3946	12:43:20	+39:46:00	30.47	i
38	19C48/J1807-0840	18:07:24	-08:50:50	38.96	i
39	C1/J2337+48	23:38:19	48:24:08	119	i

40	19C45/J1822-0904	18:22:27	-09:04:09	148.932	i
41	19C37/J1938-0940	19:38:52	-09:40:30	173.86	i
42	C56/J1949+4722	19:49:25	47:22:44	181.87749	i
43	C5/J1825-01	18:25:26	-1:31:17.7	224	i
44	19C36/J1807-0941	18:07:47	-09:41:14	226.237	i
45	19C12/J1920-0514	19:20:36	-05:14:54	264.815	i
46	19C58/J1837-0219	18:37:37	-02:19:37	272.4	i
47	19C19/J2112+0740	21:12:07	+07:40:00	275.4	i
48	19C6/J1809-0520	18:09:43	-05:20:00	296.57	i
49	19C67/J1631+1252	16:31:49	+12:52:20	310.204	i
50	C60/J1802+47	18:02:41	47:21:05	346.637	i
51	19C55/J1804-0321	18:04:39	-03:21:03	351.61	i
52	19C42/J1905-1314	19:05:05	-13:14:36	357.37	i
53	19C43/J2006-1312	20:06:24	-13:12:27	374.196	i
54	19C1/J1827+0022	18:27:03	+00:22:36	375.3	i
55	19C18/J2032+0700	20:32:26	+07:00:00	409.85848	i
56	19C39/J2000-1003	20:00:44	-10:03:03	437.119	i
57	19C32/J1712-1124	17:12:49	-11:24:02	442.062	i
58	19C40/J1855-0949	18:55:51	-09:49:37	459.955	i
59	19C11/J1858-0200	18:58:34	-02:00:00	487.32	i
60	C51/J2006+41	20:06:36	41:01:18	499.715	i
61	C13/J2323+12	23:23:22	12:08:36	3760	i
62	C50/J2112+4029	21:12:34	+41:05:12	4060.725	i
63	19C10/J1900+4221	19:00:13	+42:21:07	4340.79	i
64	C20/J0539+0012	5:39:45	0:13:36	4707.72	i
65	C14/J1945+12	19:45:16	12:11:37	4745	i
66	C48/J2053+47	20:53:03	47:21:26	4907	i
67	C34/J0752-0820	7:52:50	-8:20:37.5	5210	i
68	C3	22:15:30	+45:31:16	未知	RRAT
69	19C9	19:19:11	-04:54:48	未知	RRAT
70	19C8	18:29:35	-05:05:12	未知	RRAT
71	C30	22:14:19	-7:16:26.5	未知	RRAT
72	J1301+0833	13:01:38	+08:33:57.5	1.84	spider
73	J1518+0204	15:18:33	+02:04:47.8	2.4839	Spider
74	J2234+0944	22:34:47	+09:44:30.3	3.62703	Spider
75	J2256-1024	22:56:56	-10:24:34.4	2.29	spider