

S5 2007+777的射电性质研究*

李振旭¹ 吴忠祖^{1†} 陈永军² 陈亮² 顾敏峰² 米立功³

(1 贵州大学物理学院 贵阳 550025)

(2 中国科学院上海天文台 上海 200030)

(3 黔南民族师范学院物理与电子科学学院 都匀 558000)

摘要 S5 2007+777是一个典型的低峰值频率的蝎虎天体, 该天体具有kpc尺度的X射线喷流, 文献中利用模型估算的方法, 得出X射线波段的多普勒因子达到13.0, 从而喷流尺度可以达到Mpc量级. 在此, 搜集了有关S5 2007+777的欧洲甚长基线射电干涉网(European VLBI Network, EVN)高分辨率档案数据、美国甚长基线射电干涉网(Very Long Baseline Array, VLBA) 15 GHz观测数据等, 研究了喷流的射电结构、亮温度、自行等方面的性质, 发现该源的甚长基线干涉测量(Very Long Baseline Interferometry, VLBI)不同波段的喷流方向一致, 但与文献中给出的kpc尺度的X射线喷流和甚大阵(Very Large Array, VLA)射电喷流方向存在一定的差异, 说明该源的喷流辐射存在多普勒增亮效应. 由VLBI观测得到的亮温度, 估算了该源的射电多普勒因子的平均值及中值均为5.0, 此值小于文献中X射线波段的多普勒因子, 但与文献中利用其他方法得到的射电波段多普勒因子是一致的; 另外, 对多历元观测数据的拟合发现此源相同波段的各个成分在长历元上没有明显的自行, 短历元上的自行甚至是视超光速运动. 这可能是由低表面亮度成分中心位置的转移造成的. 这同时也验证了之前估算的射电多普勒因子不是很大, 小于X射线波段多普勒因子的结论. 利用所得到的射电多普勒因子, 发现该源具有较大尺度的本征射电喷流, 可达到0.5 Mpc, 由于这里使用的是均值, 因此说明该源也有可能具有接近巨射电星系尺度的喷流.

关键词 蝎虎天体: 个别: S5 2007+777, 星系: 喷流, X射线: 星系

中图分类号: P164; **文献标识码**: A

1 引言

S5 2007+777是一个典型的蝎虎(BL Lac)天体^[1], 其弱OII和OIII发射线显示其红移 $z = 0.342$ ^[2]. 同时, 该源既是一个低峰值频率的天体^[3], 又是一个典型的日内光变源^[4]. 费米 γ 射线太空望远镜上的大天区望远镜(Large Area Telescope, LAT)观测

2018-11-13收到原稿, 2019-01-23收到修改稿

*国家自然科学基金项目(11763002、U1431111)及贵州省科技计划项目(黔科合平台人才[2017]5788号)资助

[†]zzwu08@gmail.com

到S5 2007+777存在剧烈的 γ 射线耀发活动. 在2016年2月3日, S5 2007+777处在高态, 在大于100 MeV能段, 其日平均流量与3FGL^[5] (The Third Fermi Large Area Telescope source catalog)中报告的基线通量相比增加了约25倍^[6]. Peng等^[7]利用该源射电、毫米、红外及光学R波段的准同时观测数据(经过3周的时间观测所得), 发现此源在这些波段的光变时标都仅为几天. Xilouris等^[8]在光学波段对S5 2007+777进行了观测, 得出该源有2%–15%的振幅变化, 变化时标在几小时到几天之间. Jin等^[9]利用日本空间甚长基线干涉测量天文台计划(VLBI Space Observatory Programme, VSOP) 观测显示, 该源在亚毫角秒尺度结构上存在星期量级的变化. 综上所述可以看出S5 2007+777是一个非常活跃的BL Lac型天体, 根据活动星系核统一模型^[10], 这些观测现象很可能是由于该源的喷流方向与我们视线方向夹角较小, 从而产生了显著的多普勒效应. Sambruna等^[11]发现了与该天体射电喷流相对应的X射线辐射, 存在kpc尺度的X射线喷流, 在这两个波段有非常相似的喷流结构. 通常我们能够在FR I型射电星系(Fararoff-Riley type I, FR I)和FR II型射电星系(Fararoff-Riley type II, FR II)中观测到活动星系核的X射线喷流, 但是在BL Lac中不常观测到X射线喷流^[11].

甚长基线干涉仪(VLBI)观测显示该天体是一个具有单方向喷流结构的视超光速VLBI射电源^[12–13]. 在20世纪80年代, 该天体喷流的其中一个模型成分以 $4.7c$ 的速度远离核心^[11]. Eckart等^[14]发现S5 2007+777的VLBI喷流沿着大约 -95° 的方向延伸, 其喷流的模型成分之一以 (0.223 ± 0.015) mas/yr的速度远离核心, 与之相对应的视向速度系数 $\beta = 5.78 \pm 0.38$ ^[7]. 而Homan等^[15]认为该源喷流的模型成分不存在径向运动, 虽然有的模型成分似乎存在自行, 但是可能不是模型成分的实际运动, 而更可能是在某个大的、低表面亮度成分亮度中心的转移.

在X射线波段, Sambruna等^[11]利用逆康普顿/宇宙微波背景(Inverse Compton on the CMB photons, IC/CMB)模型得出这个源的多普勒因子为13.0, 对应的视向夹角在 4° – 5° 之间, 得到这个源的喷流可以达到Mpc尺度. 如果有更大的多普勒因子, 该源有可能具有更大尺度的喷流, 甚至这个源有可能是巨射电星系的候选体^[16], 而目前已发现的绝大多数巨射电星系为FR II型射电星系^[17]. Wu等^[18]利用少量欧洲甚长基线干涉网(European VLBI Network, EVN)档案数据, 研究了该源的射电结构, 并对该源的亮温度以及多普勒因子进行了一定的约束. 利用S5 2007+777的EVN数据和甚长基线阵(Very Long Baseline Array, VLBA) 15 GHz数据, 我们不仅研究了S5 2007+777亮温度的分布、喷流成分的视超光速运动和核区结构的变化, 还估算了其射电多普勒增亮因子、给出了喷流方向与视线方向的夹角, 并分析了该源的喷流尺度, 这也帮助我们更好地理解该源的射电性质. 本文的结构如下: 在论文第2部分, 简要介绍了本文使用的EVN数据(2002—2017年)、VLBA 15 GHz数据(1994—2017年), 并给出了数据处理及模型拟合的简要过程; 第3–5部分分别给出了文章的结果、讨论和总结. 在本文中, 使用的宇宙学参数为: $H_0 = 73 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Mpc}^{-1}$, $\Omega_m = 0.27$, $\Omega_\Lambda = 0.73$; 其中 H_0 为哈勃常数, Ω_m 为物质密度参数, Ω_Λ 为暗能量密度参数.

2 观测数据和数据处理

在这篇文章中, 我们搜集了S5 2007+777的EVN档案数据以及VLBA 15 GHz巡天观测数据, 在表1与表2中列出了每个数据的观测历元、频率 ν 、项目代码. 这些数据都是自校准过的, 然后把这些数据单个导入DIFMAP (Difference Mapping)程序软件^[19-20]进行成图分量处理. 通过以上工作, 得出了S5 2007+777的喷流结构及其性质, 数据拟合结果在表3、表4中给出, 其中 S 为总流量密度、 r 是模型成分离核心的距离、 ϕ 是模型成分的方位角、 θ_d 是模型成分的角直径、 T_b 是射电亮温度. 其中模型成分参数的误差由Lobanov所给公式算出¹.

表 1 EVN观测数据目录
Table 1 EVN observation list

Epoch	ν /GHz	EVN Project Name
2003-05-30	5.0	GM049A
2003-06-04	5.0	GJ010A
2006-06-16	5.0	EP055
2014-06-11	5.0	EL051B
2015-03-11	5.0	EC047B
2016-03-16	5.0	EG082H
2007-03-21	6.6	EM064C
2009-03-11	6.6	EM064D
2011-10-27	6.6	N11M3
2004-02-17	1.6	EB026
2005-10-30	1.6	EK022B
2007-03-11	1.6	EK024C
2009-11-05	1.6	N0913
2011-02-28	1.6	EM090C
2012-10-23	1.6	EA051
2013-03-11	1.6	ET028
2014-05-29	1.6	EL051A
2015-02-28	1.6	EC047A

¹<http://www.radionet-eu.org/rnwiki/SchoolOrganisationPages?action=AttachFile&do=get&target=lobanov.pdf>

表 2 VLBA观测数据目录
Table 2 VLBA observation list

Epoch	ν/GHz	VLBA Code
1994-08-31	15.0	BZ004
1995-12-16	15.0	BK37A
1996-01-19	15.0	BR034
1996-03-22	15.0	BR034B
1996-05-18	15.0	BK037B
1996-05-27	15.0	BR034C
1996-07-27	15.0	BR034D
1996-09-27	15.0	BR034E
1996-12-06	15.0	BR034F
1997-02-10	15.0	BG063
1997-06-01	15.0	BG064
1998-03-08	15.0	BK052B
1999-01-02	15.0	BG077D
1999-05-16	15.0	BR057B
1999-07-27	15.0	BM114B
2000-05-10	15.0	BD064B
2000-06-15	15.0	BM123
2001-02-28	15.0	BS089
2001-05-05	15.0	BR072A
2001-10-14	15.0	BR072B
2002-08-24	15.0	BG121E
2004-04-12	15.0	BG144
2006-07-02	15.0	BG167
2010-10-15	15.0	BL149CS
2011-03-05	15.0	BL149DD
2011-08-26	15.0	BL149DP
2012-06-25	15.0	BL178AL
2013-03-31	15.0	BL178BB
2017-11-18	15.0	BL229AL

表 3 EVN数据模型成分参数
Table 3 Model parameters from EVN data

Epoch	ν/GHz	S/Jy	r/mas	$\phi/^\circ$	θ_a/mas	$\lg(T_b/\text{K})$
2003-05-30	5.0	0.701 ± 0.086	0.000	0.000	0.524 ± 0.047	11.359
2003-05-30	5.0	0.295 ± 0.070	1.186 ± 0.124	-93.717	1.109 ± 0.247	-
2003-05-30	5.0	0.040 ± 0.025	6.507 ± 0.357	-93.297	1.318 ± 0.713	-
2003-06-04	5.0	0.747 ± 0.041	0.000	0.000	0.692 ± 0.021	12.052
2003-06-04	5.0	0.255 ± 0.029	1.221 ± 0.021	-92.020	0.408 ± 0.041	-
2003-06-04	5.0	0.034 ± 0.011	6.123 ± 0.200	-94.093	1.452 ± 0.401	-
2006-06-16	5.0	0.742 ± 0.049	0.000	0.000	0.481 ± 0.023	11.463
2006-06-16	5.0	0.226 ± 0.028	1.445 ± 0.010	-90.478	0.182 ± 0.019	-
2006-06-16	5.0	0.067 ± 0.015	6.423 ± 0.086	-91.952	0.984 ± 0.171	-
2014-06-11	5.0	0.370 ± 0.028	0.000	0.000	0.416 ± 0.022	11.278
2014-06-11	5.0	0.187 ± 0.026	1.039 ± 0.035	-82.212	0.532 ± 0.071	-
2014-06-11	5.0	0.071 ± 0.015	5.586 ± 0.266	-90.241	2.775 ± 0.533	-
2015-03-11	5.0	0.475 ± 0.039	0.000	0.000	0.724 ± 0.045	10.908
2015-03-11	5.0	0.104 ± 0.023	1.070 ± 0.040	-93.694	0.385 ± 0.081	-
2015-03-11	5.0	0.063 ± 0.015	6.188 ± 0.101	-91.572	1.042 ± 0.201	-
2016-03-16	5.0	0.595 ± 0.045	0.000	0.000	1.032 ± 0.056	10.698
2016-03-16	5.0	0.054 ± 0.014	4.785 ± 0.206	-92.819	2.208 ± 0.411	-
2007-03-21	6.6	1.434 ± 0.081	0.000	0.000	1.126 ± 0.045	10.758
2007-03-21	6.6	0.093 ± 0.025	3.859 ± 0.333	-90.292	2.689 ± 0.665	-
2009-03-11	6.6	1.142 ± 0.062	0.000	0.000	0.721 ± 0.028	11.050
2009-03-11	6.6	0.117 ± 0.022	5.143 ± 0.184	-91.633	2.249 ± 0.367	-
2011-10-27	6.6	0.521 ± 0.050	0.000	0.000	0.696 ± 0.048	10.737
2011-10-27	6.6	0.047 ± 0.016	6.325 ± 0.409	-93.147	2.935 ± 0.819	-
2004-02-17	1.6	0.986 ± 0.097	0.000	0.000	5.032 ± 0.360	10.702
2005-10-30	1.6	1.206 ± 0.066	0.000	0.000	1.828 ± 0.077	11.503
2007-03-11	1.6	0.901 ± 0.069	0.000	0.000	2.303 ± 0.134	11.169
2009-11-05	1.6	0.923 ± 0.032	0.000	0.000	1.625 ± 0.043	11.483
2011-02-28	1.6	0.705 ± 0.056	0.000	0.000	1.435 ± 0.056	11.472
2012-10-23	1.6	0.501 ± 0.027	0.000	0.000	0.749 ± 0.029	11.887
2013-03-11	1.6	0.486 ± 0.024	0.000	0.000	1.001 ± 0.036	11.628
2014-05-29	1.6	0.724 ± 0.033	0.000	0.000	1.940 ± 0.070	11.219
2015-02-28	1.6	0.464 ± 0.062	0.000	0.000	2.488 ± 0.258	10.807

表 4 VLBA 15 GHz 数据模型成分参数
 Table 4 Model parameters from VLBA 15 GHz data

Epoch	ν/GHz	S/Jy	r/mas	$\phi/^\circ$	θ_a/mas	$\lg(T_b/\text{K})$
1994-08-31	15.0	0.790 ± 0.015	0.000	0.000	0.127 ± 0.002	11.888
1994-08-31	15.0	0.375 ± 0.012	0.504 ± 0.003	-88.142	0.193 ± 0.006	-
1994-08-31	15.0	0.157 ± 0.007	1.533 ± 0.007	-96.616	0.379 ± 0.014	-
1995-12-16	15.0	0.638 ± 0.031	0.000	0.000	0.223 ± 0.008	11.298
1995-12-16	15.0	0.265 ± 0.028	0.499 ± 0.019	-94.725	0.370 ± 0.037	-
1995-12-16	15.0	0.145 ± 0.015	1.639 ± 0.019	-91.123	0.495 ± 0.039	-
1996-01-19	15.0	0.709 ± 0.035	0.000	0.000	0.229 ± 0.008	11.728
1996-01-19	15.0	0.234 ± 0.030	0.511 ± 0.015	-92.631	0.234 ± 0.029	-
1996-01-19	15.0	0.028 ± 0.007	0.891 ± 0.042	-102.88	0.400 ± 0.084	-
1996-01-19	15.0	0.136 ± 0.015	1.630 ± 0.024	-91.390	0.532 ± 0.047	-
1996-01-19	15.0	0.016 ± 0.006	2.180 ± 0.012	-98.323	0.062 ± 0.023	-
1996-03-22	15.0	0.596 ± 0.029	0.000	0.000	0.243 ± 0.009	11.181
1996-03-22	15.0	0.234 ± 0.023	0.515 ± 0.016	-93.522	0.339 ± 0.031	-
1996-03-22	15.0	0.128 ± 0.013	1.643 ± 0.019	-91.650	0.480 ± 0.038	-
1996-05-18	15.0	0.589 ± 0.026	0.000	0.000	0.260 ± 0.008	11.095
1996-05-18	15.0	0.216 ± 0.016	0.530 ± 0.011	-90.636	0.346 ± 0.021	-
1996-05-18	15.0	0.113 ± 0.012	1.634 ± 0.023	-91.578	0.513 ± 0.046	-
1996-05-27	15.0	0.530 ± 0.028	0.000	0.000	0.189 ± 0.007	11.354
1996-05-27	15.0	0.215 ± 0.019	0.524 ± 0.012	-93.300	0.304 ± 0.023	-
1996-05-27	15.0	0.115 ± 0.014	1.647 ± 0.031	-92.949	0.585 ± 0.063	-
1996-07-27	15.0	0.541 ± 0.027	0.000	0.000	0.256 ± 0.009	11.522
1996-07-27	15.0	0.183 ± 0.017	0.530 ± 0.012	-95.137	0.285 ± 0.024	-
1996-07-27	15.0	0.099 ± 0.013	1.625 ± 0.034	-95.228	0.597 ± 0.067	-
1996-09-27	15.0	0.597 ± 0.030	0.000	0.000	0.156 ± 0.005	11.535
1996-09-27	15.0	0.203 ± 0.019	0.503 ± 0.014	-93.316	0.335 ± 0.027	-
1996-09-27	15.0	0.094 ± 0.013	1.621 ± 0.025	-96.662	0.435 ± 0.050	-
1996-12-06	15.0	0.732 ± 0.037	0.000	0.000	0.211 ± 0.008	11.323
1996-12-06	15.0	0.199 ± 0.020	0.503 ± 0.014	-92.610	0.324 ± 0.028	-
1996-12-06	15.0	0.074 ± 0.013	1.644 ± 0.036	-96.112	0.488 ± 0.072	-
1997-02-10	15.0	0.847 ± 0.032	0.000	0.000	0.338 ± 0.009	11.713
1997-02-10	15.0	0.188 ± 0.018	0.537 ± 0.010	-97.506	0.222 ± 0.020	-
1997-02-10	15.0	0.061 ± 0.009	1.689 ± 0.028	-96.012	0.447 ± 0.055	-

表 4 续
Table 4 Continued

Epoch	ν/GHz	S/Jy	r/mas	$\phi/^\circ$	θ_a/mas	$\lg(T_b/\text{K})$
1997-06-01	15.0	0.755 ± 0.030	0.000	0.000	0.303 ± 0.008	11.053
1997-06-01	15.0	0.281 ± 0.029	0.486 ± 0.010	-85.368	0.191 ± 0.019	-
1997-06-01	15.0	0.020 ± 0.006	0.821 ± 0.000	-96.461	0.000 ± 0.000	-
1997-06-01	15.0	0.004 ± 0.003	1.297 ± 0.000	-97.004	0.000 ± 0.000	-
1997-06-01	15.0	0.045 ± 0.007	1.852 ± 0.030	-96.237	0.456 ± 0.061	-
1997-06-01	15.0	0.003 ± 0.002	4.016 ± 0.173	-97.550	0.803 ± 0.346	-
1997-06-01	15.0	0.003 ± 0.002	6.445 ± 0.227	-92.151	0.928 ± 0.454	-
1998-03-08	15.0	0.667 ± 0.026	0.000	0.000	0.268 ± 0.010	11.141
1998-03-08	15.0	0.207 ± 0.018	0.532 ± 0.013	-78.528	0.313 ± 0.026	-
1998-03-08	15.0	0.083 ± 0.010	1.571 ± 0.028	-101.73	0.518 ± 0.055	-
1999-01-02	15.0	0.552 ± 0.031	0.000	0.000	0.200 ± 0.007	11.405
1999-01-02	15.0	0.444 ± 0.037	0.561 ± 0.008	-87.892	0.195 ± 0.016	-
1999-01-02	15.0	0.084 ± 0.013	1.582 ± 0.035	-85.330	0.517 ± 0.069	-
1999-05-16	15.0	0.611 ± 0.025	0.000	0.000	0.314 ± 0.009	11.635
1999-05-16	15.0	0.242 ± 0.016	0.601 ± 0.005	-87.885	0.193 ± 0.009	-
1999-05-16	15.0	0.082 ± 0.010	1.554 ± 0.018	-86.26	0.369 ± 0.035	-
1999-05-16	15.0	0.024 ± 0.006	6.652 ± 0.169	-93.883	1.401 ± 0.339	-
1999-07-27	15.0	0.567 ± 0.022	0.000	0.000	0.427 ± 0.012	11.442
1999-07-27	15.0	0.181 ± 0.025	0.537 ± 0.016	-86.208	0.239 ± 0.032	-
1999-07-27	15.0	0.074 ± 0.083	1.483 ± 0.297	-87.156	0.529 ± 0.594	-
1999-07-27	15.0	0.020 ± 0.005	6.729 ± 0.138	-94.518	1.275 ± 0.277	-
2000-05-10	15.0	0.738 ± 0.032	0.000	0.000	0.272 ± 0.008	11.172
2000-05-10	15.0	0.292 ± 0.020	0.508 ± 0.004	-85.210	0.144 ± 0.007	-
2000-05-10	15.0	0.061 ± 0.021	1.395 ± 0.089	-87.581	0.521 ± 0.178	-
2000-05-10	15.0	0.066 ± 0.010	1.822 ± 0.014	-89.977	0.323 ± 0.029	-
2000-05-10	15.0	0.016 ± 0.006	6.724 ± 0.199	-93.448	1.289 ± 0.399	-
2000-06-15	15.0	0.896 ± 0.031	0.000	0.000	0.320 ± 0.008	11.904
2000-06-15	15.0	0.297 ± 0.019	0.530 ± 0.004	-84.841	0.141 ± 0.008	-
2000-06-15	15.0	0.072 ± 0.009	1.509 ± 0.014	-88.881	0.356 ± 0.028	-
2000-06-15	15.0	0.037 ± 0.013	1.875 ± 0.060	-90.133	0.340 ± 0.119	-
2000-06-15	15.0	0.007 ± 0.003	6.929 ± 0.093	-92.977	0.615 ± 0.186	-

表 4 续
Table 4 Continued

Epoch	ν/GHz	S/Jy	r/mas	$\phi/^\circ$	θ_a/mas	$\lg(T_b/\text{K})$
2001-02-28	15.0	0.450 ± 0.024	0.000	0.000	0.172 ± 0.007	11.465
2001-02-28	15.0	0.263 ± 0.019	0.541 ± 0.005	-94.317	0.180 ± 0.011	-
2001-02-28	15.0	0.116 ± 0.013	0.914 ± 0.013	-82.114	0.291 ± 0.026	-
2001-02-28	15.0	0.102 ± 0.019	1.420 ± 0.041	-90.062	0.444 ± 0.083	-
2001-05-05	15.0	0.528 ± 0.024	0.000	0.000	0.246 ± 0.007	11.150
2001-05-05	15.0	0.201 ± 0.017	0.606 ± 0.006	-92.076	0.156 ± 0.012	-
2001-05-05	15.0	0.076 ± 0.010	1.234 ± 0.012	-79.606	0.190 ± 0.023	-
2001-05-05	15.0	0.099 ± 0.012	1.563 ± 0.019	-93.145	0.358 ± 0.039	-
2001-05-05	15.0	0.017 ± 0.006	6.256 ± 0.350	-96.351	2.273 ± 0.700	-
2001-10-14	15.0	0.580 ± 0.024	0.000	0.000	0.275 ± 0.008	11.089
2001-10-14	15.0	0.179 ± 0.018	0.582 ± 0.010	-93.234	0.195 ± 0.019	-
2001-10-14	15.0	0.200 ± 0.014	1.649 ± 0.010	-84.549	0.364 ± 0.020	-
2001-10-14	15.0	0.017 ± 0.005	1.920 ± 0.014	-98.399	0.098 ± 0.027	-
2001-10-14	15.0	0.015 ± 0.005	6.831 ± 0.262	-94.508	1.700 ± 0.524	-
2002-08-24	15.0	0.557 ± 0.025	0.000	0.000	0.260 ± 0.008	11.104
2002-08-24	15.0	0.283 ± 0.033	0.613 ± 0.012	-92.320	0.199 ± 0.023	-
2002-08-24	15.0	0.066 ± 0.009	1.746 ± 0.026	-91.737	0.504 ± 0.053	-
2002-08-24	15.0	0.010 ± 0.004	6.508 ± 0.166	-94.392	0.985 ± 0.332	-
2004-04-12	15.0	0.842 ± 0.036	0.000	0.000	0.252 ± 0.008	12.344
2004-04-12	15.0	0.422 ± 0.032	0.661 ± 0.008	-89.817	0.212 ± 0.015	-
2004-04-12	15.0	0.045 ± 0.009	1.740 ± 0.038	-93.330	0.463 ± 0.075	-
2004-04-12	15.0	0.006 ± 0.003	6.021 ± 0.000	-95.121	0.000 ± 0.000	-
2006-07-02	15.0	0.574 ± 0.024	0.000	0.000	0.224 ± 0.006	11.934
2006-07-02	15.0	0.115 ± 0.016	0.579 ± 0.003	-88.160	0.193 ± 0.006	-
2006-07-02	15.0	0.105 ± 0.010	1.594 ± 0.010	-90.482	0.308 ± 0.021	-
2006-07-02	15.0	0.030 ± 0.013	2.048 ± 0.070	-95.142	0.331 ± 0.139	-
2006-07-02	15.0	0.007 ± 0.003	2.666 ± 0.000	-91.636	0.000 ± 0.000	-
2006-07-02	15.0	0.020 ± 0.005	6.807 ± 0.094	-92.680	0.841 ± 0.187	-
2010-10-15	15.0	0.450 ± 0.017	0.000	0.000	0.273 ± 0.007	12.183
2010-10-15	15.0	0.142 ± 0.015	0.491 ± 0.008	-92.282	0.154 ± 0.016	-
2010-10-15	15.0	0.045 ± 0.012	1.240 ± 0.056	-84.338	0.439 ± 0.111	-
2010-10-15	15.0	0.060 ± 0.006	1.638 ± 0.011	-86.643	0.340 ± 0.023	-
2010-10-15	15.0	0.042 ± 0.006	6.465 ± 0.093	-93.197	1.287 ± 0.185	-

表 4 续
Table 4 Continued

Epoch	ν/GHz	S/Jy	r/mas	$\phi/^\circ$	θ_a/mas	$\lg(T_b/\text{K})$
2011-03-05	15.0	0.586 ± 0.020	0.000	0.000	0.307 ± 0.007	11.551
2011-03-05	15.0	0.081 ± 0.013	0.446 ± 0.018	-90.759	0.226 ± 0.035	-
2011-03-05	15.0	0.138 ± 0.010	1.587 ± 0.011	-86.128	0.402 ± 0.022	-
2011-03-05	15.0	0.041 ± 0.006	6.458 ± 0.102	-92.764	1.385 ± 0.203	-
2011-08-26	15.0	0.593 ± 0.018	0.000	0.000	0.638 ± 0.015	11.263
2011-08-26	15.0	0.003 ± 0.001	0.461 ± 0.000	-86.848	0.003 ± 0.001	-
2011-08-26	15.0	0.080 ± 0.007	1.490 ± 0.016	-85.842	0.453 ± 0.031	-
2011-08-26	15.0	0.007 ± 0.002	2.066 ± 0.001	-85.257	0.005 ± 0.001	-
2011-08-26	15.0	0.035 ± 0.005	6.216 ± 0.088	-91.664	1.324 ± 0.177	-
2012-06-25	15.0	0.539 ± 0.056	0.000	0.000	0.329 ± 0.025	11.569
2012-06-25	15.0	0.067 ± 0.032	0.417 ± 0.044	-96.839	0.186 ± 0.088	-
2012-06-25	15.0	0.018 ± 0.024	0.756 ± 0.125	-84.757	0.192 ± 0.251	-
2012-06-25	15.0	0.041 ± 0.016	1.403 ± 0.041	-88.852	0.294 ± 0.082	-
2012-06-25	15.0	0.012 ± 0.015	1.857 ± 0.231	-85.139	0.387 ± 0.463	-
2012-06-25	15.0	0.036 ± 0.020	6.514 ± 0.306	-92.200	1.146 ± 0.612	-
2013-03-31	15.0	0.472 ± 0.026	0.000	0.000	0.290 ± 0.010	11.698
2013-03-31	15.0	0.263 ± 0.102	0.429 ± 0.024	-97.430	0.121 ± 0.047	-
2013-03-31	15.0	0.002 ± 0.002	0.950 ± 0.000	-103.54	0.000 ± 0.000	-
2013-03-31	15.0	0.038 ± 0.007	1.373 ± 0.021	-87.566	0.313 ± 0.041	-
2013-03-31	15.0	0.020 ± 0.010	1.805 ± 0.058	-87.627	0.240 ± 0.116	-
2013-03-31	15.0	0.031 ± 0.007	6.572 ± 0.110	-92.760	1.051 ± 0.219	-
2013-03-31	15.0	0.002 ± 0.002	7.510 ± 0.082	-94.944	0.255 ± 0.164	-
2017-11-18	15.0	0.700 ± 0.025	0.000	0.000	0.277 ± 0.007	12.051
2017-11-18	15.0	0.129 ± 0.015	0.506 ± 0.011	-94.432	0.194 ± 0.022	-
2017-11-18	15.0	0.082 ± 0.009	1.419 ± 0.007	-102.79	0.256 ± 0.014	-
2017-11-18	15.0	0.058 ± 0.012	1.674 ± 0.017	-101.25	0.168 ± 0.035	-
2017-11-18	15.0	0.067 ± 0.024	1.835 ± 0.075	-92.118	0.424 ± 0.149	-
2017-11-18	15.0	0.011 ± 0.004	4.054 ± 0.257	-82.460	1.373 ± 0.514	-
2017-11-18	15.0	0.018 ± 0.004	5.968 ± 0.107	-91.697	0.971 ± 0.214	-

3 结果分析

3.1 喷流的结构

图1-3分别给出了S5 2007+777在5 GHz、6.6 GHz和1.6 GHz的EVN图像, 图4-5给出了VLBA 15 GHz观测图像. 在这些图中, 可以看到这个源具有典型的核喷流结构. 在

图1中,用C0、C1、C2分别表示各模型成分.在图5中,用U0、U1、U2、U3、U4、U5、U6分别表示喷流的各模型成分.因为图4中的模型成分和图5中的部分模型成分相同,所以就用了相同符号表示.图1是5.0 GHz波段的EVN图像,而图4和图5是15.0 GHz波段的VLBA图像,因此用不同符号分别表示这两个波段的模型成分.由于1.6 GHz波段的分辨率较低,所以仅仅拟合了核区成分.

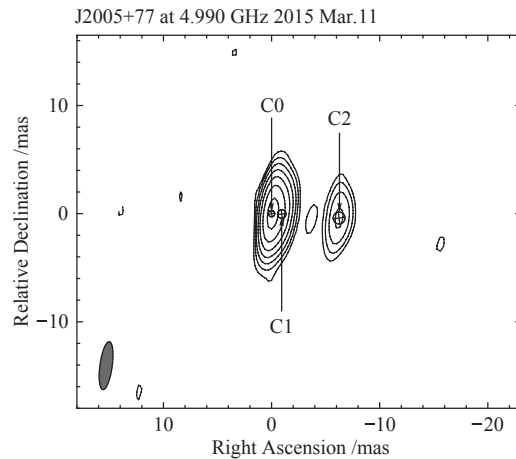


图 1 S5 2007+777的5 GHz EVN图像

Fig. 1 The 5 GHz EVN image of S5 2007+777

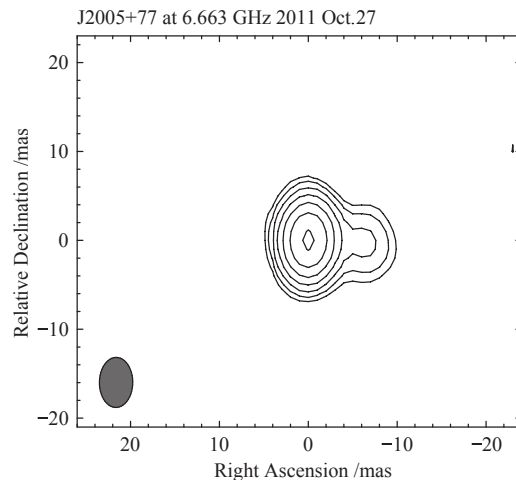


图 2 S5 2007+777的6.6 GHz EVN图像

Fig. 2 The 6.6 GHz EVN image of S5 2007+777

通过模型拟合,发现同样是VLBA 15 GHz波段观测数据,不同历元拟合成分也不同,如在图4和图5中,S5 2007+777的喷流模型成分分别有3个和7个.在图8中也可以看到,在距离核区约0.5 mas的位置处,大部分历元拟合成分只有1个,而有些历元拟合成分有两个;在距核区约1.5 mas的位置处,很多历元拟合成分有两个,而少量历元拟合成分有1个或3个.我们认为这主要是由于其喷流成分不是很致密且比较复杂以

及各历元观测灵敏度不同造成的. 在EVN图中(图1), 核区外只有两个成分, 分别为距核区1.3 mas左右的C1成分(对应VLBA图中(图5)的U1-U4成分)和距核区6.5 mas左右的C2成分(对应VLBA图中的U5和U6成分). 这也说明喷流的各个成分不是很致密, 一个低分辨率成分(EVN图像)在高分辨率(VLBA 15 GHz)情况下可以出现多个成分.

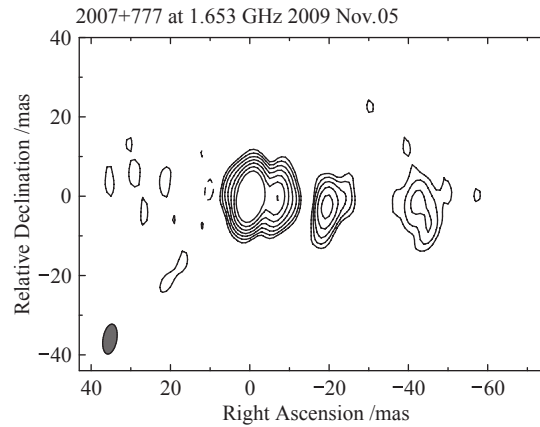


图3 S5 2007+777的1.6 GHz EVN图像

Fig. 3 The 1.6 GHz EVN image of S5 2007+777

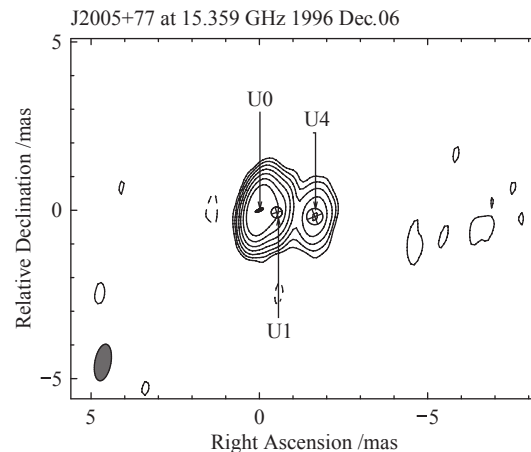


图4 1996年S5 2007+777的15.0 GHz VLBA图像

Fig. 4 The 15.0 GHz VLBA image of S5 2007+777 in 1996

通过分析图1-5, 得出在不同波段、不同历元之间, 该源的流量以及成分分布有所不同, 但是能更好地看出S5 2007+777在不同波段的射电喷流大致具有相同的方向, 方位角在 -90° — 100° 之间, 同时与文献中的arcsec尺度喷流方位角(-100° — 110°)有大约 10° — 20° 的差值, 这与利用少量EVN档案数据得到的结果是一致的^[18]. 一般认为这种方位角差是由喷流与我们视线方向的夹角较小造成的, 但是该源的方位角差比一些极端活跃的Blazar天体小很多^[21], 这也说明该源存在多普勒增亮效应, 但多普勒因子可能不是特别大.

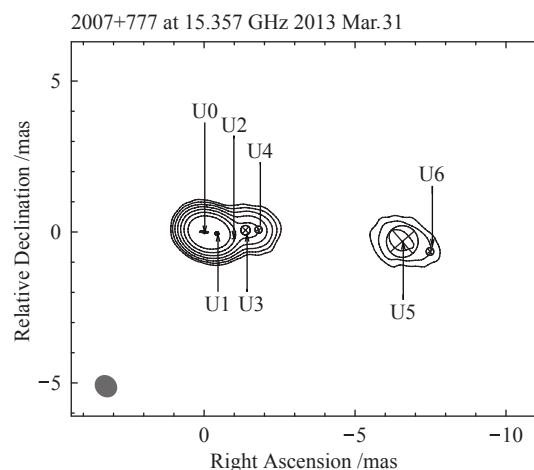


图 5 2013年S5 2007+777的15.0 GHz VLBA图像

Fig. 5 The 15.0 GHz VLBA image of S5 2007+777 in 2013

3.2 喷流的亮温度

利用EVN和VLBA高分辨率图像的模型拟合参数以及(1)式(参考文献[22]),可以得到所有历元的射电亮温度 T_b (见表3、表4).

$$T_b \approx 1.77 \times 10^{12} S_{\nu} \nu^{-2} \theta_d^{-2} (1+z). \quad (1)$$

(1)式中 S_{ν} 为成分流量密度. 同时我们给出了亮温度的统计分布, 如图6所示, 从图6中可以看出亮温度 T_b 大约在 $10^{10.7}$ – $10^{12.3}$ K之间, 其平均值和中值都为 $10^{11.4}$ K. 若取 $10^{11.4}$ K作为该源的亮温度, 假设本征亮温度 T'_B 为 5×10^{10} K (见参考文献[23]), 并且利用公式 $T'_B = T_b / \delta$ (式中 $T'_B = 5 \times 10^{10}$ K, δ 为多普勒因子), 可以计算出该源的多普勒因子大约为5.0, 这与上文通过喷流方位角差预期的多普勒因子是一致的, 小于X射线波段多普勒因子13.0^[11].

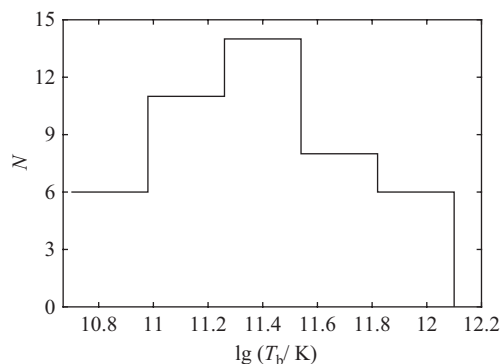


图 6 由EVN以及VLBA数据得到的核心区亮温度的数量分布图

Fig. 6 The quantitative distribution of brightness temperature of the core obtained from both EVN data and VLBA data

3.3 喷流成分的自行

在图7中, 通过拟合喷流模型成分C1, 得出该成分相对核心的速度为 (-0.015 ± 0.035) mas/year $(-0.385c \pm 0.909c)$; 同时我们也拟合了模型成分C2, 得到其速度为 (-0.024 ± 0.021) mas/year $(-0.630c \pm 0.543c)$, 其中 c 为光速. 在图8中, 由于不同历元的成分数量不同, 按照距离核区的远近划分为3个成分, 拟合得到各模型成分的速度分别为 (0.004 ± 0.002) mas/year $(0.094c \pm 0.061c)$ 、 (0.021 ± 0.007) mas/year $(0.553c \pm 0.169c)$ 和 (0.004 ± 0.027) mas/year $(0.102c \pm 0.701c)$. 由此可见, S5 2007+777的各模型成分没有明显的自行.

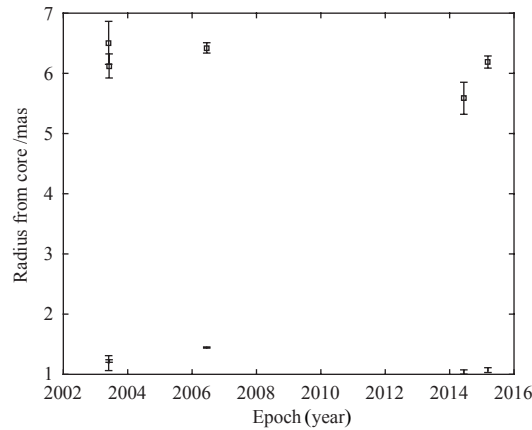


图7 S5 2007+777在5 GHz的模型成分的径向位置随时间的变化

Fig. 7 Radial position of model components vs. time for S5 2007+777 at 5 GHz

在图7中, 可以估算出在2003–2007年(仅用到3个EVN数据)时间段, 喷流模型成分C1(如图1所示)相对核区的速度为 0.083 mas/year $(2.16c)$, 模型成分C2(如图1所示)的速度为 0.016 mas/year $(0.43c)$; 2014–2016年(仅用到2个EVN数据)时间段, 模型成分C1的速度变成了 0.041 mas/year $(1.07c)$, 模型成分C2的速度变成了 0.805 mas/year $(20.86c)$. 在图8中, 如果仅取少量历元, 也可得到在某个阶段存在自行(如1996–2000年左右最外区的成分等). 仅利用少量数据就判断模型成分是否存在自行并不是很准确, 通过拟合大量数据来看, 该源模型成分没有明显的自行, 而对于少量历元间存在自行以及在一些参考文献中发现了该源的自行, 此种情况可以用文献[15]中给出的结果来解释: 有些模型成分似乎存在自行, 但是可能不是其实际运动, 而是由于某个大的、低表面亮度成分亮度中心的转移造成的.

4 讨论

S5 2007+777是一个典型的低峰值频率BL Lac型天体, Sambruna等^[11]发现该天体存在X射线喷流结构, 与美国VLA观测得到的射电喷流相似, 通过IC/CMB模型估算出多普勒因子为13.0, 认为喷流具有较大的尺度, 达到1 Mpc. Sambruna等^[11]认为S5 2007+777的喷流有一个很清晰的FR II形态结构, 得到该天体的射电喷流功率(5×10^{33} erg·s⁻¹·Hz⁻¹)和文献[24]中的FR II源的喷流功率(约 10^{34} erg·s⁻¹·Hz⁻¹)是比

较接近的. 通过查找文献, 得到该天体的黑洞质量大约为 $10^{8.8} M_{\odot}$ [25–26], 这与文献[26]中用同样方法得到射电噪类星体的黑洞质量($\lg(M_{BH}/M_{\odot}) \simeq 8.4-9.6$)也比较接近. 另外, 在斯隆数字化巡天(Sloan Digital Sky Survey, SDSS)等光谱数据库中, 发现该天体仅有光学测光观测而没有谱线观测, 而文献中该源也没有宽发射线观测结果, 仅利用OII和OIII等窄线估算出宽线区的光度($\lg(L_{BLR}/(\text{erg} \cdot \text{s}^{-1})) = 43.48$ [25], 该值处于射电噪类星体的宽线区光度的分布范围之内 [27], 其中 L_{BLR} 是吸积盘热光度 L_{bol} 的一个重要参量并且 $L_{bol} \approx 10L_{BLR}$ [27](单位均为 $\text{erg} \cdot \text{s}^{-1}$). 在本文中, 其中一个重要目的就是尝试在射电波段对该源的多普勒因子进行一定的研究, 进而更加全面地了解该源的喷流尺度和喷流性质.

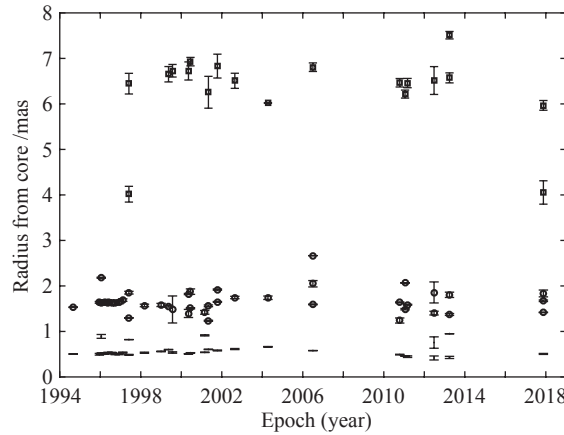


图 8 S5 2007+777在15 GHz的模型成分的径向位置随时间的变化

Fig. 8 Radial position of model components vs. time for S5 2007+777 at 15 GHz

我们给出了这个源的多波段高分辨率图像, 得出其在pc和kpc尺度之间的方位角差为 $10^{\circ}-20^{\circ}$ 左右. 这与利用少量EVN档案数据得到的结果 [18]是一致的. 但是, 对于一些极端的Blazar天体(如 γ 射线BL Lac天体 [21]), 其方位角差比较小, 而多普勒因子较小的高峰值频率BL Lac型天体的射电喷流方位角差也比较小, 喷流一般是准直的 [28]. 另一方面, 通过模型拟合得到了核区亮温度的分布, 估算出该源的多普勒因子均值为5.0, 也发现其喷流成分可能不存在自行, 这些研究结果表明: 在射电波段, 该源的多普勒因子可能不会太大, 且小于Sambruna等 [11]通过模型估算得出的X射线波段的多普勒因子(大小为13.0).

图9给出了该源的光变数据, 由图可知该源是存在剧烈光变的, VLBI的流量变化与单天线欧文斯谷射电天文台(Owens Valley Radio Observatory, OVRO)的流量变化有相同趋势, 通过证认和拟合光变中的耀发可以计算出多普勒因子. 文献中利用该源的射电光变数据已经多次计算了射电光变多普勒因子, Fan等 [29–30]利用美国密歇根大学射电天文台(The University of Michigan Radio Astronomy Observatory, UMRAO)的光变数据计算出此源的光变多普勒因子为4.68, 还有相关文献中计算得到的光变多普勒因子为7.9 [31]、5.13 [32]. 利用图9中的射电光变和文献[31]中的公式来估算光变多普勒因子, 该公式为: $T_{b,var} = 1.548 \times 10^{-32} \Delta S_{max} d_L^2 \nu^{-2} \tau^{-2} (1+z)^{-1}$, $D_{var} = (T_{b,var}/T_B')^{1/3}$,

式中: $T_{b,var}$ 为可变亮温度; D_{var} 为多普勒增亮因子, 无量纲; d_L 是光度距离, 单位为m; ΔS_{max} 和 τ 分别为光变期间流量密度的变化与光变时标, 单位分别为Jy和d. 计算了图9中几个大耀发的多普勒因子(ΔS_{max} 和 τ 分别取耀发流量差与相应光变时标), 发现光变多普勒因子都小于Sambruna等^[11]计算得到的X射线波段的多普勒因子为13.0, 然而我们的结果与文献中其他学者计算得到的多普勒因子是吻合的. 同样利用OVRO的观测数据, Liidakis等^[33]通过射电光变并利用模型拟合与证认, 给出了该源的亮温度为 $10^{11.34}$ K, 多普勒因子为1.27. 此外, 利用Giovannini等^[34]发现的射电星系的408 MHz射电光度和5 GHz核心区射电光度之间的经验关系, 我们估算了该源的多普勒因子 δ 为7.7^[28].

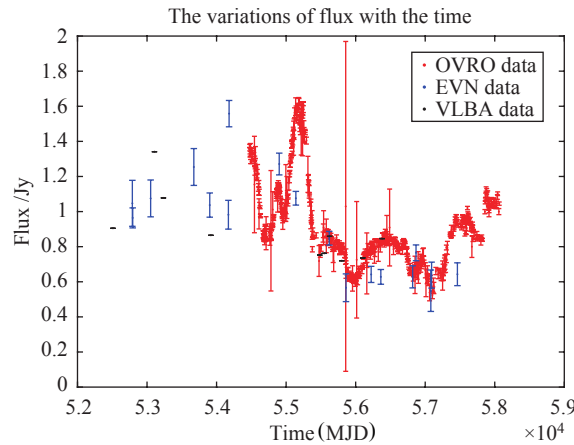


图9 S5 2007+777的多波段观测数据的总流量随时间的变化

Fig. 9 Total flux of 2007+777 vs. time at multiband

综上所述, 用多种方法计算得到的射电多普勒因子的大小是比较接近的, 都小于Sambruna等^[11]利用IC/CMB模型计算得到的X射线波段的多普勒因子13.0. 虽然Sambruna等^[11]认为多普勒因子较大, 但是也指出了IC/CMB模型可能具有不确定性, 认为如果放宽电子与磁场分布的均分条件(电子相对于磁场起主导作用), 那么多普勒因子也可能会减小. Sambruna等^[11]计算的X射线多普勒因子是利用IC/CMB模型对大尺度X射线喷流拟合所得, 而我们利用射电亮温度得到的多普勒因子一般是来自mas尺度喷流辐射区. 另外, 用其他方法得到的射电多普勒因子(如光变多普勒因子)以及利用经验关系估算的多普勒因子 δ , 一般认为是对于射电喷流整体而言的, 射电多普勒因子与X射线多普勒因子不同可能是由于辐射区的不同造成的. 即便同样的射电光变多普勒因子, 利用不同望远镜的监测数据得到的值也有不确定性(1.27^[33]–7.9^[31]). 在本文中, 通过VLBI亮温度得到的射电多普勒因子具有一定的范围, 在这里, 我们使用亮温度的均值来计算该源的多普勒因子. 如果使用由射电亮温度得到的多普勒因子5.0, 那么可以估算出喷流与我们视线方向的夹角为 10° 左右, 从而估算出喷流的本征尺度为500 kpc左右. 虽然该值小于巨射电星系的喷流尺度(尺度大于700 kpc^[17]), 但是仍然是一个较大尺度的喷流. 另外, Marshall等^[35]指出, 如果kpc尺度的X射线喷流来自IC/CMB辐射, 那么从pc尺度到kpc尺度, 其喷流的团块洛伦兹因子应该由15变化到2或3. 该源喷流视角较小, 这可能是由于射电波段的多普勒因子比X射线波段多普勒因子小. Chen^[36]利用单区

同步辐射+逆康普顿模型对该源的核区能谱分布(Spectral Energy Distribution, SED)进行了拟合,虽然没有给出确切的多普勒因子参数,但是通过对这个源的SED进行了模型拟合,发现喷流内区的多普勒因子比射电和X射线多普勒因子大许多,这说明该源的喷流可能存在减速现象.

5 总结

在本文中,通过使用EVN和VLBA档案数据,研究了S5 2007+777的射电结构、亮温度和自行等性质,得出以下结论: (1)该源的不同频率射电喷流的方向相似, VLBI喷流的方向与kpc尺度的喷流方向有一定的偏差,但相对于一些极端Blazar天体,该偏差比较小; (2) 5 GHz的EVN数据模型拟合成分比VLBA 15 GHz模型拟合成分数量少,说明喷流成分不是非常致密,在高分辨率情况下一个成分会分解成多个成分,这也说明该源喷流的多普勒增亮效应可能不如极端的Blazar天体; (3)由多历元VLBI观测数据,得到该源的多普勒因子的平均值为5.0,这与用其他方法得到的射电多普勒因子的大小相当,都小于由IC/CMB模型得到的X射线多普勒因子; (4)该源在长时间跨度上,各模型拟合成分都没有明显的自行.但是在短时间跨度上,部分历元之间则存在自行,这种现象可能不是因为喷流成分的实际运动,而是因为在一个大的、低表面亮度成分中发生了亮度中心的转移^[15]; (5)该源在射电波段的多普勒增亮效应可能会小于X射线波段,这可能是由喷流的减速运动造成的^[35]. 由该源的射电多普勒因子可得到其本征喷流尺度可达0.5 Mpc,即便达不到巨射电星系喷流的尺度,该源的喷流尺度仍然很大.

参 考 文 献

- [1] Biermann P, Duerbeck H, Eckart A, et al. *ApJ*, 1981, 247: L53
- [2] Stickel M, Fried J W, Kuehr H. *A&AS*, 1989, 80: 103
- [3] Nieppola E, Tornikoski M, Valtaoja E. *A&A*, 2006, 445: 441
- [4] Gabányi K É, Krichbaum T P, Kraus A, et al. *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 2007, 402: 155
- [5] Acero F, Ackermann M, Ajello M, et al. *ApJS*, 2015, 218: 23
- [6] Cutini S. *ATel*, 2016, 8635: 1
- [7] Peng B, Kraus A, Krichbaum T P, et al. *A&A*, 2000, 353: 937
- [8] Xilouris E M, Papadakis I E, Boumis P, et al. *A&A*, 2006, 448: 143
- [9] Jin C, Krichbaum T P, Witzel A, et al. *Ap&SS*, 2001, 278: 97
- [10] Urry C M, Padovani P. *PASP*, 1995, 107: 803
- [11] Sambruna R M, Donato D, Cheung C C, et al. *ApJ*, 2008, 684: 862
- [12] Witzel A, Schalinski C J, Johnston K J, et al. *A&A*, 1988, 206: 245
- [13] Gabuzda D C, Mullan C M, Cawthorne T V, et al. *ApJ*, 1994, 435: 140
- [14] Eckart A, Witzel A, Biermann P, et al. *A&AS*, 1987, 67: 121
- [15] Homan D C, Ojha R, Wardle J F C, et al. *ApJ*, 2001, 549: 840
- [16] Machalski J, Jamrozy M. *A&A*, 2006, 454: 95
- [17] Kuźmicz A, Jamrozy M, Bronarska K, et al. *ApJS*, 2018, 238: 9
- [18] Wu Z Z, Gu M F, Chen Y J. *SCPMA*, 2010, 53: 187
- [19] Shepherd M C, Pearson T J, Taylor G B. *Bulletin of the Astronomical Society*, 1994, 26: 987
- [20] Shepherd M C, Pearson T J, Taylor G B. *Bulletin of the Astronomical Society*, 1995, 27: 903
- [21] Hong X Y, Jing D R, Shen Z Q. *A&A*, 1998, 330: L45

- [22] Ghisellini G, Padovani P, Celotti A, et al. *ApJ*, 1993, 407: 65
- [23] Readhead A C S. *ApJ*, 1994, 426: 51
- [24] Sambruna R M, Gambill J K, Maraschi L, et al. *ApJ*, 2004, 608: 698
- [25] Chen Y Y, Zhang X, Zhang H J, et al. *MNRAS*, 2015, 451: 4193
- [26] Falomo R, Carangelo N, Treves A. *MNRAS*, 2003, 343: 505
- [27] Wang J M, Luo B, Ho L C. *ApJ*, 2004, 615: L9
- [28] Wu Z Z, Jing D R, Gu M F, et al. *A&A*, 2007, 466: 63
- [29] Fan J H, Bastieri D, Yang J H, et al. *RAA*, 2014, 14: 1135
- [30] Fan J H, Huang Y, He T M, et al. *PASJ*, 2009, 61: 639
- [31] Hovatta T, Valtaoja E, Tornikoski M, et al. *A&A*, 2009, 494: 527
- [32] Lähteenmäki A, Valtaoja E. *ApJ*, 1999, 521: 493
- [33] Liodakis I, Hovatta T, Huppenkothen D, et al. *ApJ*, 2018, 866: 137
- [34] Giovannini G, Cotton W D, Feretti L, et al. *ApJ*, 2001, 552: 508
- [35] Marshall H L, Gelbord J M, Worrall D M, et al. *ApJ*, 2018, 856: 66
- [36] Chen L. *ApJS*, 2018, 235: 39

The Radio Properties for BL Lac Object S5 2007+777

LI Zhen-xu¹ WU Zhong-zu¹ CHEN Yong-jun² CHEN Liang² GU Min-feng²
MI Li-gong³

(1 College of Physics, Guizhou University, Guiyang 550025)

(2 Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030)

(3 School of Physics and Electronics, Qiannan Normal University for Nationalities, Duyun 558000)

ABSTRACT The object S5 2007+777 is a classic radio-selected BL Lac object with a kpc-scale extended X-ray jet. The Doppler factor derived from the X-ray emission in literatures is around 13.0, then the intrinsic jet scale will be around 1 Mpc. In this work, we present the jet structure, brightness temperature, proper motion, and other radio properties of this source by collecting the EVN (European VLBI Network) data and VLBA (Very Long Baseline Array) 15 GHz survey archival data. We found that all the EVN and VLBA images show a core-jet structure, and the jet direction is similar in all the VLBI (Very Long Baseline Interferometry) images, but slightly different from the kpc-scale jet. The Doppler factor constrained from the brightness temperature of radio core is around 5.0, smaller than the value estimated from X-ray emission, however consistent with those derived with other methods at radio band. After considering all the VLBI data, we found that there is no a significant proper motion in the source. These results indicate that the Doppler factor of this source may not be very high. However, even with the estimated Doppler factor of 5.0, the jet linear size may still be large, around 0.5 Mpc. This implies that this source probably possesses a very large intrinsic jet, similar to the giant radio galaxies.

Key words BL Lacertae objects: individual: S5 2007+777, galaxies: jets, X-rays: galaxies