

文章编号: 1000-8349(2012)01-106-124

# ROSAT 巡天 X 射线选活动星系核的 光学证认

孙艳春<sup>1</sup>, 白 宇<sup>1</sup>, 何香涛<sup>1</sup>, 陈 阳<sup>1</sup>, 吴江华<sup>2</sup>, 李庆康<sup>1</sup>

Green Richard F.<sup>3</sup>, Voges Wolfgang<sup>4</sup>

(1. 北京师范大学 天文系, 北京 100875; 2. 中国科学院 国家天文台, 北京 100012; 3. NOAO Kitt Peak National Observatory, USA Tucson AZ85726-6732; 4. Max-Planck-Institute für Extraterrestrische Physik, Germany D-85740Garching)

**摘要:** 获得完备的样本一直是类星体统计分析工作中至关重要的第一步。类星体巡天选择候选体的方法主要有射电波段筛选、色指数筛选、无缝光谱筛选、X 射线波段筛选、对红外源或变源进行筛选和零自行的方法。单独运用任一方法都有选择效应, 采用多波段方法可以极大地提高样本的完备性。阐述了使用多波段方法选择活动星系核样本的研究现状, 提出多波段类星体巡天方法和选源判据, 给出 ROSAT 巡天中 F.1002, F.Coma, F.836 和 F.Leo 4 个天区以及空源的 15 年来 X 射线选活动星系核的选源和光学新证认的 AGN 结果, 表明多波段类星体巡天方法能有效地提高观测效率。

**关 键 词:** 活动星系核; X 射线; 光学证认

**中图分类号:** P157.5      **文献标识码:** A

## 1 引 言

类星体发现 40 多年来, 大量的观测和理论工作表明类星体对于研究星系的形成与演化、星系团的结构与演化、宇宙中的暗物质和暗能量以及宇宙的形成等具有重要意义。获得完备的类星体大样本至关重要。近 20 年里, 一些类星体的巡天, 如: Sloan Digital Sky Survey (SDSS)<sup>[1]</sup>, 2dF QSO Redshift Survey<sup>[2]</sup>, The Large Bright Quasar Survey (LBQS)<sup>[3]</sup> 等, 使得类星体的样本数得到很大提高。同时, 巡天也在光学以外的多个波段展开, 如: Faint Images of the Radio Sky at Twenty-Centimeters (FIRST)<sup>[4]</sup>, The NRAO VLA Sky Survey (NVSS)<sup>[5]</sup>, The Einstein Observatory Extended Medium-Sensitivity Survey (EMSS)<sup>[6]</sup>, The

收稿日期: 2011-02-18; 修回日期: 2011-11-23

资助项目: 国家基金委-中科院天文联合基金项目 (10778717); 北京师范大学自主科研基金资助项目 (2009SD-8, 22050205, 2009SD-1)

ROSAT All-Sky Survey (RASS)<sup>[7, 8]</sup>, The Two Micron All Sky Survey (2MASS)<sup>[9]</sup>。这使得研究类星体在多个波段的性质和演化规律成为可能。

观测显示类星体在各个波段都有极高的光度, 不同波段的巡天数据都包含着类星体的大量信息。然而对类星体进行最后的判定, 还是需要光学波段进行光谱观测。由于观测时间和地点的限制, 往往不能对所有的样本逐一进行光谱观测和分析, 这就需要对样本进行筛选, 从而提高观测效率。但这种筛选往往会引入选择效应, 即由于采样、观测仪器或处理方法的局限性, 样本中只有满足特定属性的源才被选出, 最终导致结果失真。以往类星体巡天采用候选体的选择方法主要包括: 射电波段筛选、色指数筛选、无缝光谱筛选、X 射线波段筛选、对红外源或变源进行筛选以及零自行的方法。后两种方法由于在观测中效率较低, 只被很少的巡天采用; 而色指数和无缝光谱的方法虽然效率较高, 但都有或多或少的选择效应。

运用单一方法对样本进行选择会引入选择效应, 在某种程度上影响样本的完备性。联合运用多种方法就可以有效地避免选择效应, 以达到建立一个完备的类星体样本的目的。例如, LBQS 同时使用色指数和无缝光谱方法来选择类星体候选体: 被色指数方法排除的高红移类星体, 会被无缝光谱方法所包含; 被无缝光谱方法忽略的弱发射线类星体, 不会被色指数方法所排除。因此该样本比使用单一方法得到的样本更加完备。

X 射线卫星的探测表明强 X 射线辐射是类星体的重要特征, 只有极少数恒星和星系的 X 射线-光学流量比与类星体相当, 因此, 通过探测天体的 X 射线辐射是发现类星体的有效手段<sup>[22]</sup>。X 射线辐射来自 AGN 中心附近吸积盘周围的热冕结构<sup>[13]</sup>, 能够提供 AGN 中心超大质量黑洞的吸积过程和 AGN 形成的线索, X 射线深度巡天可能是获得完备样本的最佳途径。同时, 通过 X 射线观测研究超大质量黑洞的吸积过程, 可以给出黑洞质量的信息。X 射线观测是把吸积过程与超大质量黑洞 (大小为 10~100 倍的引力半径) 联系在一起的最有效、最完备的手段, 也是获得 AGN 样本、探索黑洞吸积过程和洞悉星系的形成与演化规律的最重要途径之一。

对于中低红移的 X 射线辐射, ROSAT All Sky Survey (RASS) 提供了一个理想的样本来揭示星系演化较晚阶段的线索<sup>[16]</sup>, 也提供了比 Chandra 和 XMM-Newton 卫星观测样本更大天区的类星体样本。例如, Mahony 等人<sup>[16]</sup> 使用 ROSAT Bright Source Catalogue (RBSC)<sup>[7]</sup>, 结合 6dF Galaxy Survey (6dFGS)<sup>[17-19]</sup> 的光谱观测, 得到 1 171 个 I 型 AGN、202 个 II 型 AGN 的数据库。然而在 RASS 的软 X 射线波段 (0.1~2.4 keV), 星际介质吸收较强, 高红移的类星体样本是不完备的<sup>[20]</sup>。Chandra<sup>[14]</sup> 和 XMM-Newton<sup>[15]</sup> 望远镜对 X 射线探测的灵敏度提高了 100 倍以上, 空间分辨率也有极大的提高, 得以探测中高红移范围的宇宙空间。从 1999 年发射至今, 这两台探测器已执行了 30 多次的巡天项目, 极大地推进了有关 AGN 的性质和演化的研究。目前, 对 Chandra 和 XMM-Newton 的观测数据也开始有 AGN 的多波段证认, 获得中高红移的 AGN 完备样本。例如, 2010 年 Brusa 等人<sup>[21]</sup> 在 COSMOS 天区对 XMM-Newton 巡天数据进行了光学证认, 结合 CFHT (Canada-France-Hawaii Telescope) 数据库以及 IRAC 和 MIPS 星表, 完备性几乎达到 100%。2010 年 Haggard 等人<sup>[23]</sup> 结合 Chandra 的 X 射线和 SDSS 光学数据库研究孤立的 AGN 样本, 完备性也达到了 90%。

多波段类星体巡天 MWQS (Multi-Wavelength Quasar Survey)<sup>[24]</sup> 是我们结合了 RASS 的 X 射线、UK Schmidt telescope (UKST) 的光学、FIRST 和 NVSS 的射电等多波段的数据共同对类星体候选体样本进行筛选, 有效地降低了选择效应。MWQS 主要包括 4 个天区和空源 (Blank Field Sources) 的巡天观测。空源是指对 RASS-BSC(the ROSAT All-Sky Survey Bright Source Catalogue) 所含的在 0.1~2.4 keV 波段计数率大于 0.05 cts/s 的 18 811 个 X 射线源, 以 300'' 为半径和 1998 年之前发表的光学星表中目视星等亮于 20 mag 的源进行交叉认证, 在当时没有光学对应体的 X 射线源, 共 450 个。随着观测技术的不断发展, 这些空源也有发现有光学对应体的。典型的 X 射线源是正常恒星、类星体和 BL Lac 天体, 但 X 射线源也可能包括奇特的 AGN(例如 II 型类星体)、暗星系团、孤立中子星、X 射线双星等<sup>[25, 26]</sup>, 这些源很可能包含在空源之中。空源的物理性质还不为人知, 对这 450 个 X 射线源进行光学认证, 可以有效地揭示空源的本质, 丰富类星体的样本。

MWQS 的主要目的是得到完备的类星体样本, 对 EMSS 巡天的结果作出修正, 检验在中等红移范围 EMSS 观测源的分布是否存在不均匀性; 可能揭示类星体的 X 射线相对于宇宙 X 射线背景的分布; 对于类星体空间的成团性与类星体-星系成协关系方面, 在 Coma 和 Leo 星系团对应的天区中得到比 Virgo 星系团更多的关于类星体-星系成协的限制条件。

## 2 候选体的选择和观测

MWQS 的 X 射线波段数据来自空间望远镜 ROSAT 的 RASS 在 4 个  $6^\circ \times 6^\circ$  天区的观测, 其中两个天区在富星系团 Leo 和 Coma 之中 (见表 1)。通过 RASS 的 X 射线位置与 Palomar 天图在 30'' 的范围内进行交叉认证, 得到 X 射线源对应体的数据。

表 1 4 个天区和空源的基本信息

天区	中心位置 (R.A.,DEC)	面积/deg <sup>2</sup>	数目	RASS 曝光时间/s	星系团
F.1002	11h40m,10°00'	36	154	400	否
F.836	04h20m,00°00'	36	131	330	否
F.Coma	13h00m,25°00'	36	150	480	是
F.Leo	11h30m,15°00'	36	126	440	是
空源	全天分布		450		

MWQS 的光学波段数据来自 UK Schmidt(UKST) 望远镜在以上 4 个天区的物端棱镜底片资料。类星体候选源的选择过程与 Hewett 等在 LBQS 中使用的方法类似, 选源标准为: 相对于主序星颜色偏蓝, 光谱中有强发射线和吸收线, 有明显的连续谱断裂<sup>[3]</sup>。唯一的区别是 MWQS 的星等范围是  $16.0 \leq m_B \leq 19.0$  mag, 而 LBQS 为  $16.0 \leq m_B \leq 18.5$  mag, 这使得 MWQS 将探测到比 LBQS 更多的类星体。

在射电波段, MWQS 数据来自 FIRST 和 NVSS 数据库, 选源标准与 FBQS 相似。在射电波段只能挑选出射电噪的类星体, 寻找类星体不是十分有效。然而, 由于 FBQS 在射电波段的类星体的发现效率达到约 65%, 得到了很多以前被认为是射电宁静的类星体。MWQS

首先把 4 个天区中的射电源与 Palomar 天图 POSSI(Palomar Optical Sky Survey) 的 APM 星表进行交叉证认。F. 1002, F. Leo 和 F. Coma 天区使用 FIRST 数据库, 类星体候选体的判据为: (1) 光学对应体与射电源的位置角距离小于  $1.2''$ ; (2) 光学对应体是恒星状的; (3) 色指数  $O - E \leq 2$ 。F. 836 使用 NVSS 数据库, 判据不同处在于: (1) 光学对应体与射电源的位置角距离小于  $5''$ , 这是因为 NVSS 的位置精度较低; 所有射电源的光学对应体的星等范围为  $16.0 \leq m_B \leq 19.0$  mag。(2) 把低红移天体, 尤其是星系区分出去。(3) 选入了中红移天体, 而排除了高红移天体; 这些高红移天体有可能在多波段选源如 X 射线和光学波段被选出, 从而降低了选择效应。

MWQS 首先进行的是在 X 射线波段对 4 个天区和空源的候选体证认工作。主要使用中国国家天文台兴隆观测站的 2.16 m 望远镜和美国 Kitt Peak(基特峰) 天文台的 2.10 m 望远镜进行 X 射线光学对应体的光谱观测。表 2 列出了我们 15 年来全部观测时间和对象, 由于观测次数众多, 无法将观测日志一一列出。抽取观测的一维谱与类星体复合谱<sup>[27]</sup> 进行对比, 得到类星体的平均红移值。下面具体说明每个天区及空源的 X 射线候选体的选择和观测情况。

表 2 4 个天区和空源的观测日期和天区

观测时间	观测天区	观测时间	观测天区
1995.07.07	Blank *	2003.04.26 -04.30	F.Leo F.Coma
1996.01.23-01.25	F.Leo F.1002 F.Coma Blank	2004.04.23-04.26	F.Leo F.Coma
1996.02.07-02.09	F.Leo F.1002 F.Coma Blank *	2004.11.16-11.18	F.836 Blank
1996.07.05-07.07	Blank *	2005.03.11-03.14	F.Leo F.Coma
1998.02.19-02.22	F.Leo F.1002 F.Coma Blank *	2005.11.05-11.07	F.836 Blank
1998.12.11-12.17	F.836 Blank	2006.03.25	F.Leo F.Coma
1998.12.22-12.24	F.836 Blank	2007.04.20-04.24	F.Leo F.Coma
1999.11.02-11.04	F.836 Blank	2007.12.01-12.03	F.836 Blank
1999.04.10-04.15	F.Leo F.Coma Blank *	2008.02.01-12.04	F.Leo F.Coma
1999.12.10-12.12	F.836 Blank	2008.05.30-06.02	F.Leo F.Coma
2000.03.10-03.15	F.Leo F.Coma Blank *	2008.08.30-09.01	F.Leo F.Coma
2000.12.02-12.06	F.836 Blank	2009.03.20-03.23	F.Leo F.Coma
2000.12.20-12.21	F.836 Blank	2009.11.21-11.23	F.836 Blank
2001.03.12-03.19	F.Leo F.Coma	2010.05.14-05.17	F.Leo F.Coma
2001.11.20-11.22	F.836 Blank	2010.10.05-10.07	F.836 Blank
2002.02.16-02.18	F.Leo F.Coma		

\* 表示用美国 Kitt Peak 天文台 2.10 m 望远镜进行光谱观测, 其他用中国国家天文台兴隆观测站 2.16 m 望远镜观测。

## 2.1 F. 1002

F. 1002 天区<sup>[24]</sup> 类星体候选体的判据为: (1) X 射线计数率  $count\ rate \geq 0.02\ s^{-1}$ , 是 X 射线流量限制, 主要目的是去除弱源; (2) ROSAT 卫星硬度比  $HR1 \geq -0.5$ ; (3) X 射线光学流量比  $\lg(f_x/f_o) \geq -0.5$ ; (4) 光学星等范围为  $16.0 \leq m_B \leq 19.0$  mag。其中:

$$HR1 = (hardcount - softcount)/totalcount \quad (1)$$

是表示 ROSAT 卫星的 X 射线硬度比的特征量, 粗略地描述了 X 射线波段光谱的形状, 大致可区分 AGN 和非 AGN。 *hardcount* 和 *softcount* 分别为 ROSAT 卫星在 0.4~2.4 keV 和 0.1~0.4 keV 波段的计数率, *totalcount* 是总的 0.1~2.4 keV 波段的计数率。总体来说, 白矮星的  $HR1 \leq -0.5$ , 而恒星  $-0.5 \leq HR1 \leq 0.5$ , 对于大多数的 AGN  $HR1 \geq -0.5$ 。

$$\lg(f_x/f_o) = \lg(f_x) + m_v/2.5 + 5.37^{[28]} \quad (2)$$

是 X 射线-光学波段流量比,  $f_x$  和  $f_o$  分别为 X 射线流量和光学流量,  $m_v$  是光学 v 波段星等, 可以从 USNO-A2.0<sup>[29]</sup> 得到。使用计数率计算 X 射线流量时, 上式变为:

$$\lg(f_x/f_o) = \lg(\text{countrate}) + m_v/2.5 - 5.63 \quad (3)$$

*countrate* 的单位为  $\text{counts} \cdot \text{s}^{-1}$ 。根据 EMSS<sup>[20]</sup> 的结果, 特征量 X 射线-光学波段流量比可以大致区分不同的 X 射线辐射源。图 1 是 F. 1002 天区中 X 射线计数率大于  $0.02 \text{ counts} \cdot \text{s}^{-1}$  和  $HR1$  大于  $-0.5$  的 X 射线的源的光学流量比和星等图, 可以看出右上角 AGN 的光学波段星等最暗, 具有最强的 X 射线辐射。从 F.1002 天区的 154 个 X 射线源中共选出 30 个类星体候选体。

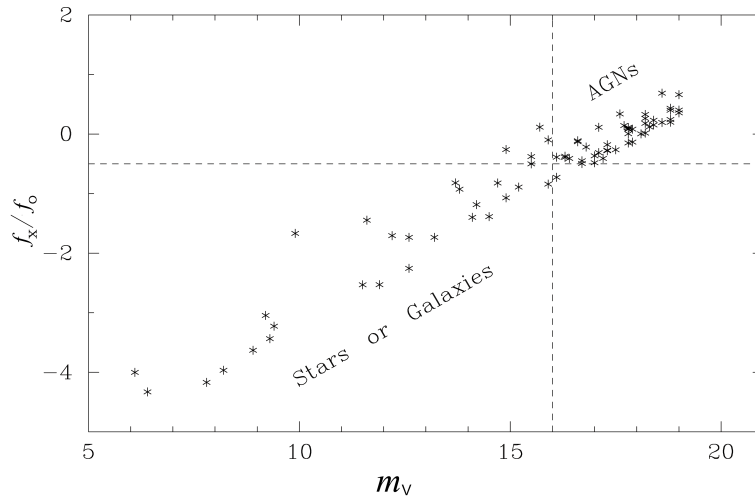


图 1 F. 1002 天区中 X 射线计数率大于  $0.02 \text{ counts} \cdot \text{s}^{-1}$  和  $HR1$  大于  $-0.5$  的 X 射线的源的光学流量比和星等图。虚线代表选源判据。图中标明了恒星、星系和 AGN 的可能区域。

我们首先进行了测试观测, 在望远镜的极限星等内, 观测了 20 个亮 X 射线对应体, 其中 8 个是 MWQS 新证认的 AGN(证认了 7 个 AGN, 另一个 AGN 的  $HR1$  小于  $-0.5$ , 没有列入候选体), 其余的是恒星。

30 个类星体候选体中有 3 个是已知的类星体, MWQS 共新证认了 19 个 AGN, 4 个恒星, 其余 4 个光学对应体由于信噪比低无法证认 (B 波段星等暗于 19 mag, 不会影响样本的完备性)。假设光学谱指数为  $-0.5 (F \approx \nu^\alpha)^{[24]}$ , F.1002 天区的 22 个 AGN 中 12 个  $M_B < -23.0 \text{ mag}$ , 被证认为类星体<sup>[30]</sup>。

在 F.1002 天区, 亮于  $0.02 \text{ counts} \cdot \text{s}^{-1}$  的 X 射线 AGN 基本完备。当然也有一些 AGN 的 X 射线较弱 (红移可能较高), 但由于 X 射线流量限制, 它们被排除在外。因此, 此天区 ROSAT X 射线源对应的 AGN 比例较低。

表 3 F. 1002 天区中 AGN 样本<sup>[24]</sup>

ROSAT 名称	R.A.	DEC	$z_{\text{em}}$	$M_{\text{B}}$	Type
113043.1+104336	11 30 43.13	10 43 29.6	0.173	-23.68	QSO
113103.3+113351	11 31 03.50	11 33 40.0	0.200	-22.19	Sey
113106.9+115848	11 31 07.08	11 58 59.2	0.089	-22.34	Sey
113129.2+124344	11 31 29.81	12 43 48.4	0.091	-24.19	QSO
113244.0+102041	11 32 43.63	10 20 33.4	0.145	-20.60	Sey
113249.6+101743	11 32 49.30	10 17 47.4	0.041	-22.85	Sey
113259.4+102345	11 32 59.54	10 23 42.0	0.539	-25.64	QSO
113329.4+105226	11 33 30.29	10 52 23.5	0.510	-25.62	QSO
113333.7+093900	11 33 35.45	09 39 01.8	0.379	-25.38	QSO
113615.5+103444	11 36 15.14	10 34 31.1	0.514	-26.63	QSO
113737.4+103931	11 37 38.04	10 39 30.6	0.174	-24.29	QSO
114047.7+073106	11 40 47.59	07 30 58.3	0.128	-22.83	Sey
114154.6+063515	11 41 54.48	06 35 09.6	0.102	-22.23	Sey
114224.8+105125	11 42 25.92	10 51 33.8	0.298	-23.16	QSO
114246.2+121024	11 42 46.58	12 10 20.3	0.173	-21.58	Sey
114304.8+111321	11 43 05.28	11 13 36.1	0.140	-21.22	Sey
114346.4+112841	11 43 47.71	11 28 48.0	0.118	-23.75	QSO
114434.7+070520	11 44 34.73	07 05 16.8	0.072	-21.98	Sey
114610.4+121224	11 46 09.84	12 12 37.4	0.776	-24.42	QSO
114755.3+090235	11 47 55.08	09 02 28.7	0.067	-22.02	Sey
115311.5+091338	11 53 12.55	09 14 02.4	0.698	-25.49	QSO
115348.8+112750	11 53 49.27	11 28 30.4	0.176	-24.92	QSO

## 2.2 F. Coma

F.1002 天区使用的判据对于孤立 AGN 的筛选率较高, 然而, 把 AGN 和星系团的 X 射线硬度比分布进行对比之后, 能够看出对于 AGN 的筛选, X 射线硬度比并不是一个强有力的判据<sup>[7]</sup>,  $HR1 > -0.5$  这条判据同样会使一些 AGN 漏选。另外 RASS 与其它星表 (包括 QSO 表, 恒星表, 星系表和星团表) 进行交叉证认的结果显示在  $m_{\text{B}} > 16 \text{ mag}$  的范围内筛选 AGN 的合理的判据是  $\lg(f_{\text{x}}/f_{\text{o}}) \geq -1.0$ <sup>[7, 31]</sup>。因此, F. Coma<sup>[32]</sup> 天区类选源判据为: (1) X 射线计数率  $\text{count rate} \geq 0.02 \text{ counts} \cdot \text{s}^{-1}$  (其中 cts 是 counts 的缩写); (2) X 射线光学流量比  $\lg(f_{\text{x}}/f_{\text{o}}) \geq -1.0$ ; (3) 延展度参数  $\lg(\text{ext}) < 1.8$  ( $\text{ext}$  是 ROSAT 卫星测量的以角秒为单位的 X 射线源延展度, 用以区分大部分的 AGN 和星系团<sup>[7]</sup>)。

F.Coma 天区一共得到 98 个 X 射线候选体, 考虑到实际的可观测率, 我们去掉了 B 波段暗于 19.0 mag 的候选体, 最后得到 66 个候选体, 其中包括已知的 7 个类星体, 4 个 Seyfert 星系, 以及 1 个 BL Lac 天体<sup>[33]</sup>。MWQS 新证认了 9 个 AGN, 8 个恒星, 以及 6 个无法证

认天体 (信噪比过低)。9 个 MWQS 新证认的 AGN 中 4 个  $M_B < -23.0$  mag 被定义为类星体<sup>[24]</sup>, F. Coma 天区一共包括 21 个 AGN, V 波段星等范围为  $15.0 \leq m_V \leq 19.0$  mag。

表 4 F. Coma 天区中 AGN 样本<sup>[32]</sup>

ROSAT 名称	R.A.	DEC	$z_{em}$	$M_B$	Type
125005.7+263118	12 50 05.7	26 31 07	2.042	-30.1	QSO
125141.9+240444	12 51 42.3	24 04 35	0.188	-21.8	Sey
125420.9+255542	12 54 09.6	25 55 39	0.196	-22.0	Sey
125505.2+223302	12 55 04.0	22 33 13	0.086	-20.0	Sey
125607.0+242910	12 56 05.8	24 29 19	0.438	-23.1	QSO
125710.8+272426	12 57 10.6	27 24 18	0.021	-20.5	Sey
125731.7+241245	12 57 31.9	24 12 40	0.140	-24.3	BL.
125807.3+232902	12 58 07.5	23 29 22	1.185	-26.7	QSO
125851.4+235532	12 58 51.5	23 55 26	0.075	-21.3	Sey
130028.3+260550	13 00 28.5	26 05 46	0.585	-23.9	QSO
130158.9+274709	13 02 00.1	27 46 57	0.024	-19.9	Sey
130217.6+254322	13 02 17.4	25 43 11	0.276	-23.5	QSO
130255.3+241213	13 02 55.4	24 12 10	0.613	-24.5	QSO
130336.4+242136	13 03 35.6	24 21 26	0.375	-22.6	Sey
130345.9+263309	13 03 46.0	26 33 14	0.437	-24.2	QSO
130451.3+245446	13 04 51.4	24 54 46	0.602	-24.9	QSO
130506.8+223647	13 05 07.5	22 36 45	0.840	-24.8	QSO
130802.0+255410	13 08 00.7	25 54 10	0.155	-21.1	Sey
130846.4+272348	13 08 47.6	27 23 53	0.462	-23.8	QSO
130848.4+234102	13 08 47.6	23 40 54	0.121	-21.4	Sey
130903.5+270720	13 08 56.8	27 08 12	1.537	-27.0	QSO

### 2.3 F. 836

与 F. Coma 星系团的选源判据一样, F. 836<sup>[34]</sup> 天区得到 40 个候选体, 其中包括已知的 1 个类星体, 3 个 Seyfert 星系, 1 个 BL Lac(蝎虎) 天体和 2 个高极化天体 (Highly Polarized objects)<sup>[35]</sup>。对于已知 AGN 的绝对星等数据采用 Véron-Cetty<sup>[35]</sup> 以及 NED(NASA/IPAC EXTRAGALACTIC DATABASE) 的绝对星等。MWQS 新证认了 8 个 AGN, 4 个恒星和 11 个无法证认的天体。8 个 MWQS 新证认的 AGN 中, 绝对星等  $M_B < -23.0$  mag<sup>[24]</sup> 的 4 个被证认为类星体, 其余 4 个为 Seyfert 星系。

图 2 显示了 F. 836 天区 X 射线候选体的判据。(a) 是 X 射线流量与光学流量比和 B 波段目视星等的分布, 可以看出明显的正比趋势, 虚线表示流量比判据, 只有两个已知的 Seyfert 星系不满足判据; (b) 显示了 AGNX 射线与光学流量比对于 X 射线计数率的分布, 可以看出绝大部分的 AGN 满足 X 射线选源判据, 使用此判据可以有效地提高观测效率, 排除了恒星和星系团。

### 2.4 F. Leo

对 F. Leo<sup>[36]</sup> 天区仍采用与 F. Coma 星系团的一样的选源判据, 从 Leo 星系团的 X 射

表 5 F. 836 天区中 AGN 样本<sup>[34]</sup>

ROSAT 名称	R.A.	DEC	$z_{em}$	$M_B$	Type
041132.8+023600	04 11 22.8	02 33 47	0.094	-20.0	Sey
041242.2+000306	04 12 40.8	00 03 02	0.118	-21.4	Sey
041306.8-005006	04 13 07.0	-00 50 16	0.040	-20.6	Sey
041345.4+011402	04 13 47.2	01 14 21	0.078	-21.4	Sey
041652.6+010533	04 16 52.4	01 05 24	0.287	-24.4	BL
041802.9+020108	04 18 03.7	02 01 04	0.165	-21.7	Sey
042253.9+022016	04 22 52.2	02 19 27	2.277	-26.7	QSO
042819.6-015423	04 28 19.6	-01 54 42	0.077	-21.9	Sey
043123.8-023338	04 31 24.2	-02 33 41	0.365	-23.5	QSO
043136.9-024116	04 31 37.0	-02 41 23	0.042	-20.8	Sey
043424.8-011432	04 34 24.3	-01 14 25	0.191	-23.3	QSO
043449.4+013036	04 34 49.8	01 30 45	0.392	-24.5	QSO
043456.9-011406	04 34 56.5	-01 13 53	0.540	-24.2	QSO

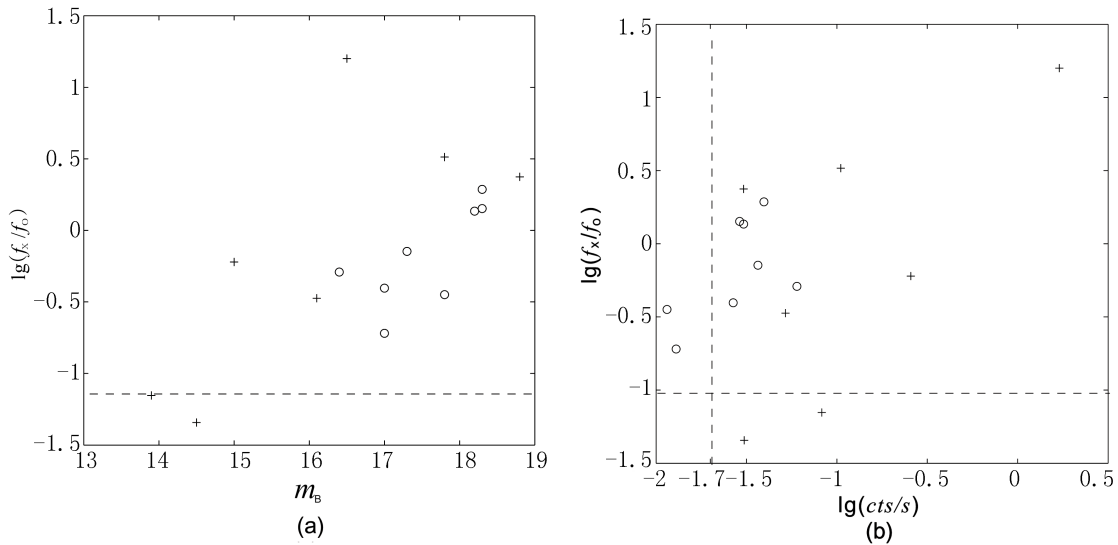


图 2 F. 836 天区的 X 射线判据  
 圆圈为 MWQS 新证认的 AGN, 十字为已知的 AGN。

线源中一共选出了 75 个 AGN 候选体, 其中在与天文数据库 SDSS-dr5(Sloan Digital Sky Survey - Data Release 5)、NED(NASA/IPAC Extragalactic Database)、Véron-Cetty<sup>[37]</sup>, 以及 SIMBAD 交叉证认后得到 23 个已知的 AGN, 包括 9 个类星体、11 个 Seyfert 星系、1 个 BL Lac 天体和 2 个 LINER(low ionization nuclear emission-line region) 天体。

MWQS 新证认了 10 个 AGN, 2 个恒星和 4 个不能确认的天体。其中 5 个 AGN 的绝对星等  $M_B < -23$  mag, 被认为是类星体, 其余 5 个 AGN 为 Seyfert 星系。



表 6 F. Leo 天区中 AGN 样本<sup>[36]</sup>

ROSAT 名称	R.A.	DEC	$z_{em}$	$M_B$	Type
111710.4+143732	11 17 12.1	14 38 17	0.121	-22.80	Sey
111836.9+145651	11 18 36.2	14 57 21	0.171	-22.35	Sey
111852.7+172318	11 18 50.9	17 22 28	0.571	-24.56	QSO
111854.6+141149	11 18 52.8	14 12 01	0.143	-20.87	Sey
111857.4+130536	11 18 55.9	13 05 32	0.003	-11.75	LINER
111857.7+123434	11 18 57.3	12 34 42	2.129	-27.54	QSO
111956.1+165642	11 19 55.8	16 56 43	0.198	-22.27	Sey
112016.7+125917	11 20 15.0	12 59 30	0.002	-13.49	LINER
112131.3+123614	11 21 29.7	12 36 17	0.684	-24.75	QSO
112240.5+163512	11 22 40.1	16 35 07	0.473	-25.55	QSO
112255.0+160044	11 22 55.2	16 00 41	0.115	-22.59	Sey
112317.5+165252	11 23 17.9	16 52 55	0.890	-25.71	QSO
112400.2+170724	11 23 59.9	17 07 20	0.150	-22.07	Sey
112614.7+120039	11 26 14.1	12 00 27	0.391	-23.94	QSO
112632.9+120438	11 26 32.9	12 04 37	0.977	-26.51	QSO
112813.0+134939	11 28 13.7	13 49 25	0.285	-24.06	QSO
112945.9+120054	11 29 45.6	12 00 50	0.313	-22.27	Sey
113112.8+151953	11 31 11.0	15 20 19	0.275	-21.68	Sey
113129.2+124344	11 31 29.7	12 43 50	0.091	-20.08	Sey
113137.0+144250	11 31 37.3	14 43 05	0.712	-24.63	QSO
113137.2+155703	11 31 37.2	15 56 45	0.182	-23.19	QSO
113209.6+161317	11 32 09.8	16 13 13	0.117	-22.73	Sey
113210.5+133507	11 32 10.6	13 35 09	0.199	-23.98	QSO
113315.6+122114	11 33 15.8	12 21 15	0.144	-21.97	Sey
113451.0+134853	11 34 51.2	13 49 05	0.231	-22.91	Sey
113534.5+145141	11 35 34.1	14 51 42	0.180	-21.77	Sey
113618.1+160148	11 36 17.5	16 01 53	0.460	-22.89	BL
113827.7+133233	11 38 28.7	13 32 42	0.246	-22.14	Sey
113905.4+131031	11 39 04.9	13 10 19	0.154	-22.52	Sey
113931.7+142354	11 39 32.4	14 23 56	0.942	-25.83	QSO
114002.4+152745	11 40 03.3	15 27 21	0.193	-23.12	QSO
114003.0+124112	11 40 02.4	12 41 02	0.282	-23.04	QSO
114035.8+153443	11 40 36.8	15 34 37	0.373	-22.64	Sey

## 2.5 空源

每个空源都是强 X 射线源, 在  $1'$  的范围内与 SDSS-dr6 和 NED 进行交叉认证之后, 得到 450 个空源, 其中有 35 个是已知的 AGN, 包括 23 个类星体和 12 个 Seyfert 星系。考虑到美国 Kitt Peak(基特峰) 天文台的 2.10m 望远镜和国家天文台 2.16m 望远镜所处地理位置和极限星等, 260 个源的  $DEC. \leq -30^\circ$ , 不适合观测; 还有一些过于暗弱的光学对应体, 由

于受到望远镜的极限星等限制而无法观测。

MWQS 一共观测了 66 个空源。最终 MWQS 新证认了 40 个 AGN, 其中 24 个的绝对星等  $M_B < -23$  mag, 被证认为类星体, 其余的 17 个为 Seyfert 星系。图 3 中列举了部分本文新发表的 AGN。空源中 AGN 的发现效率较高, 约 70% 观测的源被证认为 AGN; 主要是因为空源来自于 RASS-BSC, 都是强 X 射线源, 而 AGN 在强 X 射线源中的比例较大。AGN 光学波段的辐射相对较低, 空源正是 X 射线辐射强而光学辐射弱的源, 因此包含了大量未被证认的 AGN。

表 7 空源中 AGN 样本<sup>[43, 44]</sup> (其中 \* 表示本文新发表的 AGN)

ROSAT 名称	R.A.	DEC	$z_{em}$	$M_B$	Type
000306.3-041932	00 03 04.0	-04 19 38	0.106	-22.12	Sey
	00 03 03.7	-04 19 16	0.106	-21.92	Sey
001512.1-141220	00 15 13.5	-14 12 36	0.655	-25.36	QSO
004210.9-135146	00 42 09.8	-13 51 52	0.089	-21.94	Sey*
004807.5-273743	00 48 06.7	-27 37 50	0.165	-23.28	QSO*
011250.8-215745	01 12 50.7	-21 57 42	0.122	-23.02	QSO*
013517.0-220336	01 35 17.0	-22 03 36	0.380	-23.58	QSO
013738.5+852414	01 37 37.2	+85 24 11	0.499	-25.37	QSO
013850.4-255136	01 38 50.9	-25 51 38	0.444	-24.32	QSO*
014659.3-222656	01 46 59.1	-22 26 58	1.400	-27.67	QSO*
015702.0-180933	01 57 00.6	-18 09 37	0.201	-23.30	QSO
021828.6+410837	02 18 25.5	+41 08 07	0.206	-22.96	Sey*
022200.6-155637	02 22 00.1	-15 56 32	0.771	-26.20	QSO*
022230.7-270700	02 22 30.2	-27 06 57	0.236	-23.55	QSO*
023354.6+402418	02 33 56.4	+40 24 21	0.080	-22.21	Sey*
023955.6-111818	02 39 56.2	-11 18 13	0.203	-23.83	QSO*
030536.7+762257	03 05 36.4	+76 22 58	0.197	-23.56	QSO*
034043.1-073116	03 40 42.9	-07 31 26	0.217	-23.96	QSO
035616.4-123712	03 56 16.3	-12 37 09	0.316	-24.88	QSO*
041212.1+801715	04 12 08.8	+80 17 10	0.285	-23.86	QSO*
043626.2-160518	04 36 25.2	-16 05 38	0.213	-23.73	QSO*
045233.6-481540	04 52 33.1	-48 15 36	0.265	-24.10	QSO
045329.3-410351	04 53 28.8	-41 03 50	0.153	-21.61	Sey
053353.0+704158	05 33 53.8	+70 41 54	0.052	-21.57	Sey
054329.4+213940	05 43 29.3	+21 39 36	0.085	-20.64	Sey*
055003.0-281314	05 50 02.1	-28 13 12	0.150	-24.77	QSO*
065409.8+731111	06 54 08.9	+73 11 15	0.336	-25.22	QSO*
065610.6+460538	06 56 09.6	+46 05 42	0.150	-22.47	Sey*
071652.4+192348	07 16 52.7	+19 23 46	0.064	-20.42	Sey*
071859.3+432619	07 19 00.1	+43 26 17	0.216	-23.26	QSO*
072912.9+410552	07 29 12.2	+41 05 51	0.103	-22.35	Sey

表7 续表

075634.7+362232	07 56 34.6	+36 22 15	0.886	-26.70	QSO
080136.3+031611	08 01 36.2	+03 16 08	0.036	-22.77	Sey*
090137.2-052341	09 01 37.4	-05 24 09	0.150	-22.37	Sey*
090307.7-011528	09 03 08.4	-01 15 42	0.312	-21.76	Sey*
091133.9-134741	09 11 34.9	-13 48 02	0.220	-24.30	QSO*
091658.4+110015	09 16 58.9	+11 00 04	0.181	-23.18	QSO
093355.6+141932	09 33 55.9	+14 19 20	0.110	-22.80	Sey
093545.5+760107	09 35 42.9	+76 00 52	0.152	-22.10	Sey*
093657.6+120556	09 36 58.0	+12 06 00	0.140	-23.12	QSO
094720.1+801655	09 47 16.0	+80 16 58	0.220	-23.70	QSO*
102012.6+342838	10 20 12.7	+34 28 39	0.111	-21.42	Sey
102427.5-014257	10 24 26.9	-01 43 01	0.093	-22.23	Sey
103609.7+275028	10 36 09.3	+27 50 20	0.281	-23.33	QSO
103704.0+183619	10 37 02.3	+18 36 25	0.234	-23.33	QSO
110416.7-101615	11 04 16.7	-10 16 08	0.186	-24.24	QSO
112614.7+120039	11 26 14.1	+12 00 27	0.391	-23.94	QSO
113106.9+115848	11 31 07.1	+11 58 59	0.089	-22.44	Sey
113209.6+161317	11 32 10.0	+16 13 14	0.117	-22.73	Sey
113905.4+131031	11 39 04.9	+13 10 19	0.154	-22.52	Sey
115226.8+151725	11 52 26.3	+15 17 28	0.113	-22.45	Sey
115404.3+144727	11 54 04.5	+14 47 20	0.850	-26.71	QSO
131750.0-042555	13 17 49.5	-04 26 01	0.469	-25.24	QSO
132707.9+171208	13 27 09.1	+17 12 36	0.298	-22.86	Sey
133209.8+842413	13 32 11.4	+84 24 16	0.170	-23.74	QSO
133633.9-010443	13 36 33.7	-01 04 29	0.480	-24.59	QSO
134927.2+114949	13 49 28.0	+11 49 41	0.413	-24.56	QSO
135100.1+130016	13 50 59.6	+13 00 08	0.150	-22.47	Sey
140221.8-095455	14 02 21.9	-09 54 50	0.396	-25.17	QSO*
140939.0-041703	14 09 39.5	-04 17 12	0.028	-19.33	Sey*
142010.4+110117	14 20 09.5	+11 01 09	0.214	-23.24	QSO
145229.4+141845	14 52 29.6	+14 18 41	0.394	-23.66	QSO
145655.0+103345	14 56 55.1	+10 33 54	0.454	-24.17	QSO
150017.7+104424	15 00 17.8	+10 44 41	0.114	-21.47	Sey
151414.2+111127	15 14 14.5	+11 11 21	0.095	-24.28	QSO*
161323.5-091742	16 13 24.2	-09 17 37	0.130	-21.36	Sey
172156.7+433951	17 21 56.6	+43 39 48	0.649	-26.03	QSO
212121.4-131735	21 21 21.0	-13 17 30	0.325	-24.34	QSO*
215101.5-302852	21 51 00.7	-30 28 34	0.564	-24.23	QSO
215540.8-315124	21 55 40.9	-31 51 12	0.992	-25.24	QSO
221117.2-263845	22 11 17.4	-26 38 41	0.152	-22.30	Sey*
230022.5+004300	23 00 22.0	+00 43 00	0.441	-23.81	QSO

表 7 续 表

232136.5-565914	23 21 33.9	-56 59 01	0.872	-26.47	QSO
232201.8-052901	23 22 01.4	-05 28 52	0.099	-22.07	Sey*
233811.1-194428	23 38 10.6	-19 44 39	0.221	-23.11	QSO*
234542.4-201600	23 45 42.7	-20 16 03	0.560	-25.32	QSO*

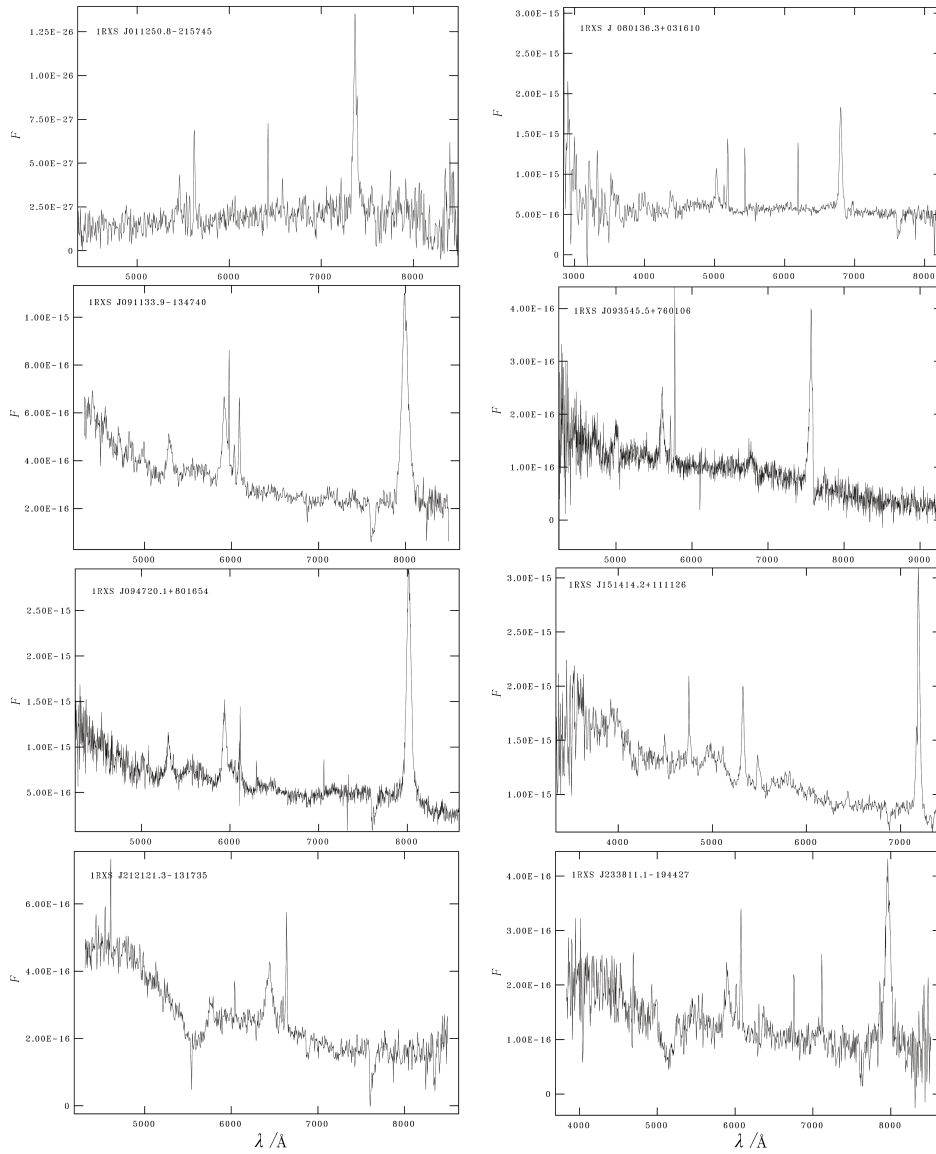


图 3 部分新发表的 AGN 光谱

### 3 证认结果和讨论

X 射线选的 AGN 光学证认已经基本完成, 4 个天区一共得到 211 个类星体候选体, 包含 89 个 AGN, 其中 MWQS 新证认了 46 个 AGN<sup>[24, 32, 34, 36]</sup>。空源包含 75 个 AGN, MWQS 新证认了 40 个 AGN<sup>[43, 44]</sup>。表 3-7 列出了每个天区证认的 AGN, 其中红移为发射线红移。图 4 显示所有 AGN 样本红移的分布情况。表 8 列出了 X 射线候选体的观测证认情况 (截止到文章 [24, 32, 34, 36, 43, 44] 发表时), 候选体中 25.1% 的源被 MWQS 证认为 AGN, AGN 的新发现率为 21.9%(去除空源中 260 个赤纬过低的源)。对于 4 个天区 X 射线候选体的观测, AGN 的证认率为 42.2%, 表明我们的判据可以有效地去除星系和恒星对样本的污染, 观测效率较高。图 5 展示了 AGN 样本的绝对星等和计数率随红移的变化关系, 可以看出高红移区域被类星体所占据。

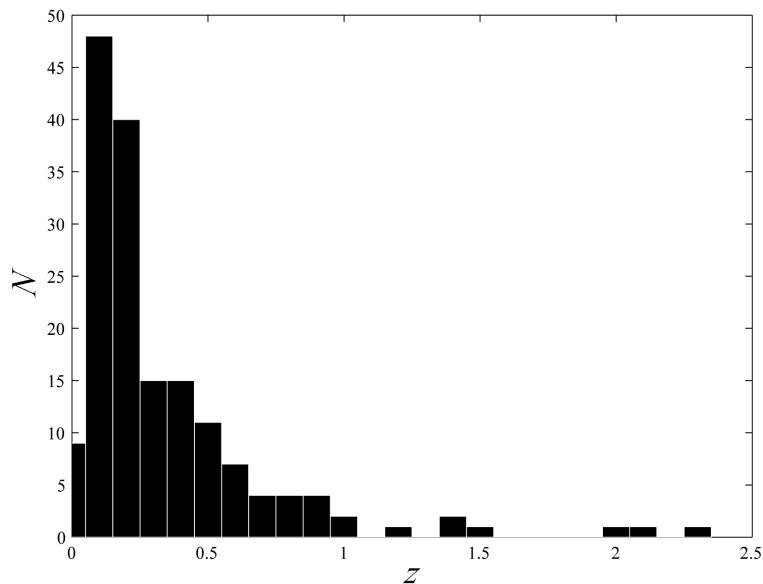


图 4 AGN 样本的红移分布

表 8 X 射线候选体的观测情况

天区	候选体数目	AGN 总数	本巡天项目
			新发现 AGN 数目
F. 1002	30	22	19
F. Coma	66	21	9
F. 836	40	13	8
F. Leo	75	33	10
空源	450	76	40

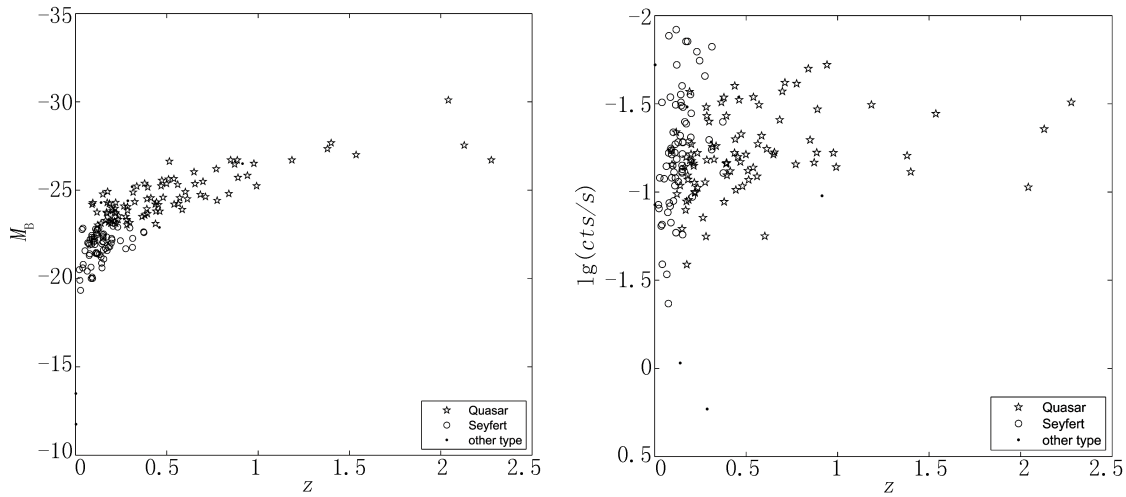


图5 AGN 样本的绝对星等和计数率随红移的变化

MWQS 的主要目标是减少巡天中的选择效应, 得到完备的样本。使用 X 射线数据寻找类星体可以有效地发现星暴星系<sup>[38]</sup>, 而在红外波段则可以确认被气体包裹的 AGN。我们结合红外和 X 射线的判据进行交叉证认, 可以有效地搜寻 AGN。

在 F. Leo 星系团 33 个 AGN 中, 27 个在  $10''$  的范围内有红外对应体 (对应 2MASS 点源表)。图 6 显示了这 27 个源在红外色指数图中的分布, 从图中可以看出, 无法仅使用近红外色指数把类星体和 Seyfert 星系区分开, 大部分的 AGN 分布在  $0.0 < B - J < 2.5 \text{ mag}$ ,  $1.0 < J - K_S < 2.0 \text{ mag}$  以及  $0.5 < H - K_S < 1.2 \text{ mag}$  的范围内。Leipski 等人<sup>[39]</sup>给出了在近红外波段使用色指数选择 AGN 的判据之一:  $H - K_S > 0.5 \text{ mag}$ 。Francis 等人<sup>[40]</sup>使用  $J - K_S > 1.2 \text{ mag}$  来得到近红外的类星体样本。可以看出 MWQS 的结果和他们的判据保持一致。同时我们计算了近红外流量, 但对于近红外流量和 X 射线流量比, 没有发现任何与 AGN 样本的关系。

在空源的 76 个 AGN 中, 发现 35 个在范围  $10''$  内有红外对应体。图 7 显示了这 35 个 AGN 在色指数图中的分布, 注意到大部分的 AGN 分布在  $0.0 < B - J < 2.5 \text{ mag}$ ,  $1.0 < J - K_S < 2.0 \text{ mag}$  以及  $0.5 < H - K_S < 1.2 \text{ mag}$  的范围内, 与红外波段 AGN 的判据保持一致<sup>[39, 41]</sup>。从图中可以看出无法只使用近红外波段的色指数区分类星体和 Seyfert 星系, 然而这 35 个 AGN 中又有 11 个在 SDSS-dr6 的数据库中有测光数据对应。结合光学波段星等的色指数, 可以把 Seyfert 星系和类星体分开, Seyfert 星系比类星体更红。图 8 中的虚线表示类星体、星系和恒星在色指数图中的区域<sup>[42]</sup>。

本巡天项目一些新发现的 AGN 表现出非常有趣的性质。例如, IRXS J000306.3-041932 为 Seyfert 星系对<sup>[43]</sup>。根据谱线宽度 ( $FWHM < 300 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ ) 和谱线强度比定义, IRXS J114003.0+124112<sup>[36]</sup> 是一个典型的星暴星系, 但是它的 X 射线光度比 X 射线噪声的星暴星系高出 2 倍。很可能在这个系统中隐藏着 AGN。如果没有, 它则是到现在为止在 X 射线波段

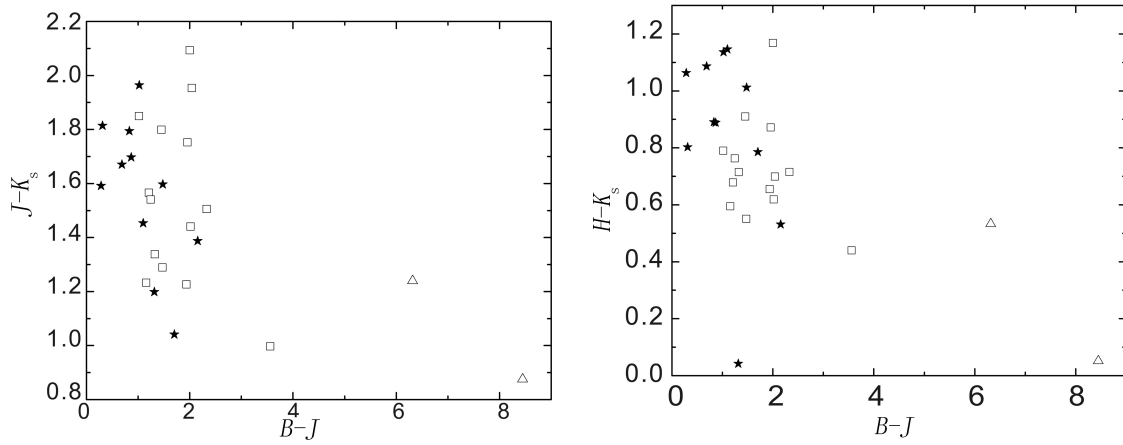


图 6 F. Leo 天区中 27 个 AGN 的色指数图  
其中五角星为类星体, 方块为 Seyfert 星系, 三角为 LINER 星系。

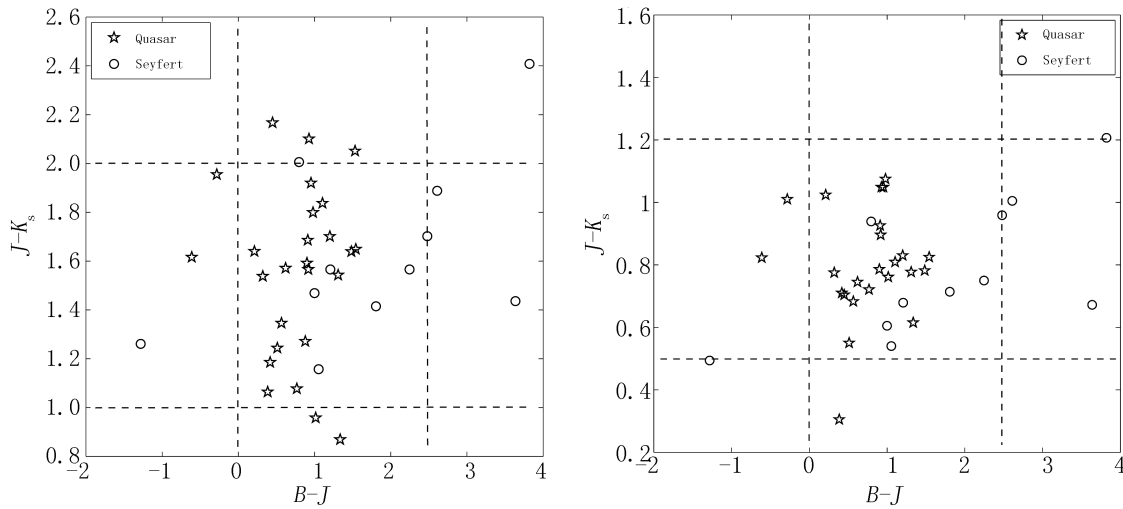


图 7 空源中 35 个 AGN 在红外色指数图中的分布

最亮的星暴星系。IRXS J111956.1+165642 的红移和绝对星等分别是 0.198 和  $-22.27$  mag, 它的 X 射线对光学的流量比高于 F. Leo 天区大多数的 AGN。根据  $[\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta$  的流量比定义, 它应该是有电离氢区域的星系, 而不是 Seyfert 星系, 但是它的光谱轮廓却显示出 AGN 的特征, 同时它在  $[\text{OIII}]\lambda 5007$  和  $\text{H}\alpha$  之间存在吸收带<sup>[36]</sup>。在 2MASS(Two Micron All Sky Survey) 点源表的数据库中有两个对应体, 分别是 2MASS J111956.5+165650 和 2MASS J111956.1+165642, 这两个红外源的角距离只有  $7.4''$ 。这很可能是一对相互作用星系, 物质之间的相互作用导致大量的氢电离<sup>[36]</sup>。

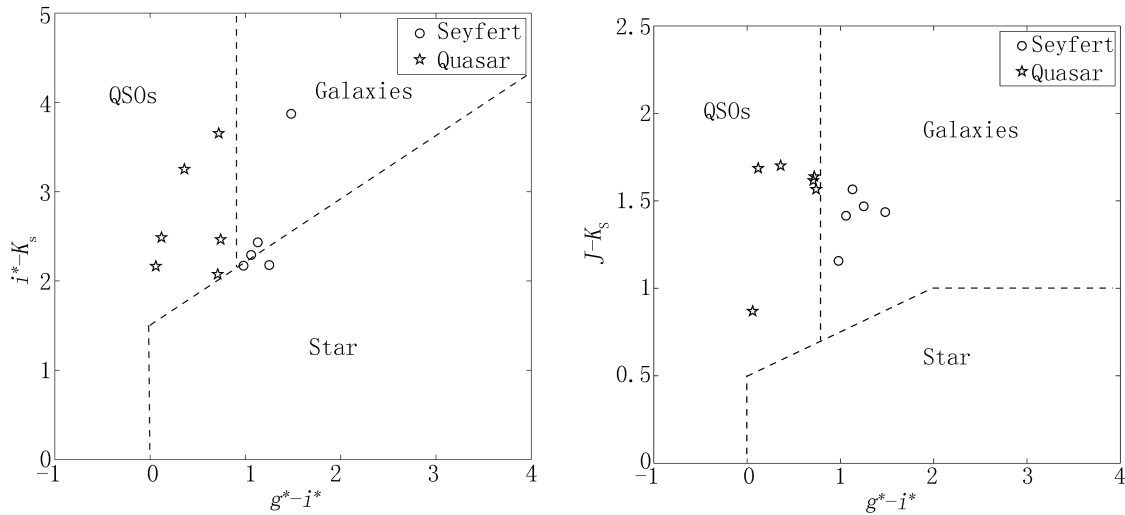


图 8 空源中 11 个 AGN 的色指数图

## 4 展 望

研究 MWQS 中低红移富星系团 Leo 和 Coma, 能够细致地了解富星系团中星际介质的分布。其中大部分的 AGN 可以使用哈勃空间望远镜, 搜寻 X 射线辐射气体凝聚体中的弱 Ly $\alpha$ 、CIV 或者 NV 线。同时, 一些在 X 射线波段和射电波段选出的源, 对于 Chandra 低色散光谱的观测也非常适合。可以申请空间望远镜的定点观测时间, 研究光学和 X 射线谱的性质, 了解类星体的多波段光谱能量分布。对于南天的空源和过于暗弱的光学对应体, 我们将申请云南天文台 2.4 m 光学望远镜以及南半球望远镜进行观测。例如 IRXS J113106.9+115848 西南方的伴星系, 可以申请大口径南半球望远镜进行观测。

ROSAT 卫星主要是在软 X 射线波段的观测, 利用 Chandra 和 XMM-Newton 已经释放的数据, 或者申请定点观测时间可以研究类星体的硬 X 射线波段的性质。对硬 X 射线辐射波段的研究可以确定致密天体辐射特征、决定发射区特征参数。在硬 X 射线辐射波段还可以得到黑洞附近的硬 X 射线冕区的参数, 它是研究中心产能区环境中吸收过程和粒子产生过程的最佳途径。

对星系团区内的活动星系核和非星系团区内的活动星系核的研究, 能够得到 AGN 的光度函数等物理性质, 了解宇宙的大尺度分布的信息。利用类星体的光度函数、成团性、类星体-星系成协性三个方面观测数据对类星体样本进行统计和分析工作。通过研究 4 个天区的射电、光学、X 射线联合光度函数, 将产生可靠的类星体演化图像。

## 致谢

本文部分工作得到中国科学院光学天文重点实验室开放课题资助。感谢 RASS/UKST/



FIRST/NVSS/2MASS 的数据支持,衷心感谢美国 Kitt Peak 天文台 2.10 m 望远镜和国家天文台兴隆观测站 2.16 m 望远镜观测人员的大力支持。

#### 参考文献:

- [1] Schneider D P, Richards G T, Hall P B, et al. *AJ*, 2010, 139: 2360
- [2] Croom S M, Smith R J, Boyle B J, et al. *MNRAS*, 2004, 349: 1397
- [3] Hewett P C, Foltz C B, Chaffee F H. *AJ*, 1995, 109: 1498
- [4] Becker R H, White R L, Helfand D J. *ApJ*, 1995, 450: 559
- [5] Condon J J, Cotton W D, Greisen E W, et al. *AJ*, 1998, 115: 1693
- [6] Gioia I M, Maccacaro T, Schild R E, et al. *ApJS*, 1990, 72: 567
- [7] Voges W, Aschenbach B, Boller T, et al. *A&A*, 1999, 349: 389
- [8] Voges W, Aschenbach B, Boller T, et al. *yCat*, 2000, 9029: 0
- [9] Jarrett T H, Chester T, Schneider S. *AJ*, 2000, 119: 2498
- [10] Gregg M D, Becker R H, Write R L, et al. *AJ*, 1996, 112: 407
- [11] Write R T, Becker R H, Gregg M D, et al. *ApJS*, 2000, 126: 133
- [12] Becker R H, Write R L, Gregg M D, et al. *ApJS*, 2001, 135: 227
- [13] Haardt F, Maraschi L. *ApJ*, 1991, 380: L51
- [14] Weisskopf M C, Tananbaum H D, Van Speybroeck L P, et al. *Proc. SPIE*, 2000, 4012: 2
- [15] Jansen F, Lumb D, Altieri B. *A&A*, 2001, 365: L1
- [16] Mahony E K, Croom S M, Boyle B J, et al. *MNRAS*, 2010, 401: 1151
- [17] Jones D H, Peterson B A, Colless M, et al. *MNRAS*, 2006, 369: 25
- [18] Jones D H, Saunders W, Read M, et al. *PASA.*, 2005, 22: 277
- [19] Jones D H, Saunders W, Colless M, et al. *MNRAS*, 2004, 355: 747
- [20] Stocke J T, Morris S L, Gioia I M, et al. *ApJS*, 1991, 76: 813
- [21] Brusa M, Civano F, Comastri A, et al. *ApJ*, 2010, 716: 348
- [22] 黄克谅. 类星体与活动星系核. 北京: 中国科学技术出版社, 2005: 108
- [23] Haggard D, Green P J, Anderson S F, et al. *ApJ*, 2010, 723: 1447
- [24] He X T, Wu J H, Yuan Q R, et al. *AJ*, 2001, 121: 1863
- [25] Cagnoni, Elvis M, Kim D W, et al. *AJ*, 2002, 479: 148
- [26] Marcel A A, Scott F A, Bruce M, et al. *AJ*, 2006, 131: 1740A
- [27] Francis P J, Hewett P C, Foltz C B, et al. *ApJ*, 1991, 373: 465
- [28] Maccacaro T, Gioia I M, Wolter A, et al. *ApJ*, 1988, 326: 680
- [29] <http://ftp.nofs.navy.mil/projects/pmm/a2.html>
- [30] Schmidt M, Green R F. *ApJ*, 1983, 269: 352
- [31] Krautter J, Zickgraf F J, Appenzeller I, et al. *A&A*, 1999, 350: 743
- [32] Chen Y, He X T, Wu J H, et al. *AJ*, 2002, 123 : 578
- [33] Véron-Cetty M P, Véron P. *A&A*, 2001, 374: 92
- [34] Bai Y, Chen Y, He X T, et al. *ChJAA*, 2007, 7: 375
- [35] Véron-Cetty M P, Véron P. *A&A*, 2003, 412: 399
- [36] Chen Y, Bai Y, He X T, et al. *ChJAA*, 2007, 7: 595
- [37] Véron-Cetty M P, Véron P. *A&A*, 2006, 455: 773
- [38] Maiolino R, Comastri A, Gilli R, et al. *MNRAS*, 2003, 344: L59
- [39] Leipski C, Haas M, Meusinger H, et al. *A&A*, 2005, 440: L5
- [40] Francis P J, Nelson B O, Cutri R M. *AJ*, 2004, 127: 646
- [41] Leipski C, Haas M, Meusinger H, et al. *A&A*, 2007, 464: 895

[42] Ivezić Z, Menou K, Knapp G R, et al. *AJ*, 2002, 124: 2364

[43] Wu J H, Yuan Q R, He X T, et al. *A&A*, 2001, 379: 860

[44] Wu J H, He X T, Chen Y, et al. *ChJAA*, 2003, 3: 423

## Optical Identification of ROSAT Survey X-ray Selected AGN

SUN Yan-chun<sup>1</sup>, BAI Yu<sup>1</sup>, HE Xiang-tao<sup>1</sup>, CHEN Yang<sup>1</sup>, WU Jiang-hua<sup>2</sup>,  
LI Qing-kang<sup>1</sup>, Green Richard F.<sup>3</sup>, Voges Wolfgang<sup>4</sup>

(1 *Department of Astronomy, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*; 2 *National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China*; 3 *Kitt Peak National Observatory, NOAO, Tucson, AZ85726-6732, USA*; 4 *Max-Planck-Institute für Extraterrestrische Physik, D-85740 Garching, Germany*)

**Abstract:** The completeness of sample is especially important for the research of quasar, and using data in one wavelength, such as in radio, infrared, optical or X-ray selection, to make candidate selection always suffers significant selection effect to some extent. Fortunately, some large area surveys have become increasingly prevalent across all wavelengths over the past decade, such as SDSS, NVSS, FIRST, RASS, etc. These surveys make it possible to select candidates in multiple wavelengths and the resulting sample is more complete.

A summary of quasar candidate selection methods employed by previous surveys and our method of Multi-wavelength Quasar Survey (MWQS) are presented in Sect.1. Because the most effective way to maximize completeness is to select candidates in multi-wavelength, the MWQS has combined data from RASS, UKST, FIRST and NVSS in multiple wavelengths, to greatly reduce selection effects and the survey can produce a quasar sample more complete than that of any previous surveys. The MWQS includes four fields of sky, each covering an area of  $6^\circ \times 6^\circ$ , and blank field sources in all sky. Two of the four survey fields are the rich Leo and Coma clusters and others are F.1002 and F.836. In Sect.2, the candidate selection procedures in three wavelengths are given and the total 211 X-ray candidates in the four fields are obtained. The X-ray candidates of AGNs have been observed in the MWQS by using 2.16-m aperture reflector in Xinglong Station, National Astronomical Observatories, China, and the 2.10-m telescope at Kitt Peak Observatory, USA, to result in the large complete sample of AGNs in four sky areas and Blank Field Sources. The observation of X-ray candidates is described in detail.

The result of identification is listed in Sect.3. The spectra of 165 AGNs are identified which included 87 AGNs newly discovered. So the MWQS is efficient in discovering AGNs. The objects with special characters have been detected in our MWQS. The prospects are

given in Sect.4. The selection and observation of optical and radio candidates are ongoing and the luminosity functions of AGNs will be derived from studying AGNs which are in the galactic clusters and out of the ones, to understand the large scale spatial distribution of universe. The research in hard X-ray is needed in our further work.

**Key words:** Active Galactic Nucleus(AGNs); X-ray; optical identification

---

## 《天文学进展》2012 年征订启事

《天文学进展》是天文学类中文核心期刊。刊物为季刊，2012 年本刊于 2、5、8、11 月中旬出版，每期定价 40 元，全年 160 元（含邮寄费和包装费）。

凡需订阅 2012 年《天文学进展》，请到所在地邮局进行订购。

统一刊号：CN 31-1340/P

邮发代号：4-819

欢迎订阅！谢谢支持！

《天文学进展》编辑部