

# IUE 卫星和类星体的紫外光谱\*

程富华 程福臻

(中国高等科学技术中心[世界实验室],天文和天体物理分中心)

(中国科学技术大学天体物理中心)

## 提 要

本文介绍了“国际紫外探测器”卫星(International Ultraviolet Explorer,简称IUE),评述了IUE发射十年来在类星体紫外光谱方面的研究工作。类星体连续谱中的3000埃隆起,可用巴尔末连续的复合辐射来解释,但也不能忽略Fe II线,高阶巴尔末线及光厚云的贡献。对100—10000埃的大隆起,通常认为由类星体中央大质量黑洞周围吸积盘的热发射产生。类星体紫外谱指数随红移增大而变平,则可能暗示着大隆起的演化,但也可能是大红移类星体选择效应的影响。类星体紫外发射线CIV的等值宽度与连续谱背景光度之间存在的很好的负相关性,即所谓的Baldwin效应,是连续谱光度与电离参量相关的结果。在切仑柯夫线辐射理论的框架下,紫外发射线Ly $\alpha$ 相对于CIV线的微小红移,正是理论预言的切仑柯夫红移值。由此,估算出第二能级的粒子数布居R<sub>2</sub>。对3C273及0916+558的具体估算表明,这两个源的宽线云中HI区温度分别为9000—12000K和10000K,这些温度产生的黑体谱的峰值波长位置恰好在3000埃附近,为解释3000埃隆起提供了一条新的途径。

## 一、引 言

紫外波段(UV)是天文观测的重要“窗口”之一。1978年以前,人们通过气球、火箭把紫外探测器送出稠密大气层之外,对个别天体作过少量的紫外观测。1978年1月26日“国际紫外探测器”(IUE)卫星发射上天,标志着紫外天文学的发展到了一个崭新的时期。IUE卫星可对不同层次的天体,如行星、彗星、太阳,……,直至赛弗特星系、类星体等活动天体作紫外观测。IUE望远镜所覆盖的波长范围为1150—3300 Å,极限星等为17<sup>m</sup>.5。类星体是遥远的天体,IUE观测需要长的曝光时间,十年多来,IUE卫星已获得四百多张(包括一百五十多个类星体的)紫外光谱,为研究类星体的紫外光谱创造了良好的条件。对其他较近的天体,IUE获得的紫外观测结果就更多了。自IUE工作以来,人们利用它的观测结果已做了大量的科学研究工作,表1列出了1978年到1985年间在国际主要学术刊物上发表的与IUE有关的论文统计结果。从表1我们可知,紫外天文学领域的研究工作日趋上升,异常活跃,1988年5月12日—15日在美国哥达德空间飞行中心(GSFC)举行IUE十周年纪念的国际学术会议,因各国学者提交的论文太多,组织者只好把会议文集分成上下两册出版。国际上人们对IUE卫星的兴趣由此足见一斑。

1988年11月19日收到。

\*国家自然科学基金重大项目资助课题。

表 1 利用 IUE 资料作的科研论文统计

年份 杂志	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	总计
<i>A. Ap.</i>	2	18	26	50	60	55	54	46	311
<i>Ap. J.</i>	2	18	60	68	93	94	101	89	525
<i>M. N.</i>	—	5	22	27	23	33	31	22	163
<i>Nature</i>	10	7	8	5	7	2	1	1	41
<i>PASP</i>	—	3	3	9	7	7	9	10	48
其他 (包括 <i>A. J.</i> )	—	—	—	7	7	3	12	16	45
总计	14	51	119	166	197	194	208	184	1133

我国对紫外天文学的兴趣及研究工作也已经开始:八十年代初,有人向 IUE 天文台提交研究课题,申请观测时间;1984,1985 年我国便有人去西班牙的 VILSPA 及美国的 IUE 天文台作观测;1984 年开始有论文出现在有关 IUE 卫星的会议文集或其他学术刊物上[1,2,55]。但我国利用 IUE 做工作还不够多,参加的人也太少。我们的目的,希望通过本文对 IUE 卫星的简单介绍及对类星体紫外光谱研究的评述,能吸引越来越多的人加入紫外天文学研究的行列,以促进我国天文事业的全面发展。

## 二、IUE 卫星简介

IUE 卫星于 1978 年 1 月 26 日送入轨道,由美国国家航空与航天局(NASA)、欧洲空间局(ESA)及英国科学和工程研究协会(SERC)三家管理,面向全世界科学家。IUE 设有两个地面控制站,一在美国 Greenbelt 的哥达德空间飞行中心,另一个在西班牙马德里的 Villafranca 的卫星跟踪站(VILSPA)。此外,在美国 Boulder 的科罗拉多大学也设有 IUE 资料中心。按规定美国地面站使用  $\frac{2}{3}$  时间(每天 16 小时),VILSPA 使用  $\frac{1}{3}$  (每天 8 小时)。

图 1 是 IUE 卫星上科学仪器的光路图。望远镜口径为 0.45 米,内有两种不同功能的摄谱仪,可分别工作在短波段和长波段。每一种摄谱仪除有一只主相机外还有一只备用相机。通常将短波主相机(SWP)和长波主相机(LWP)作为标准的探测器。长波备用相机(LWR)有些问题,但仍可使用,不过

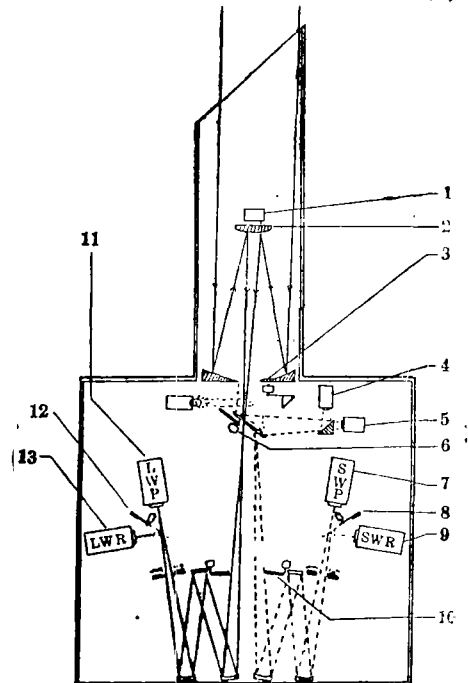


图 1 IUE 科学仪器的光路图

1. 聚焦机械; 2. 目镜; 3. 物镜; 4. 精密误差传感器 1 号; 5. 精密误差传感器 2 号; 6. 光圈选择; 7. 短波主相机; 8. 相机选择; 9. 短波备用相机; 10. 色散模式选择; 11. 长波主相机; 12. 相机选择; 13. 长波备用相机

灵敏度已有所降低；短波备用相机 (SWR) 则因失控而无法启用。IUE 各相机的波长覆盖范围可见表 2。由于望远镜不能精确地指向被观测的目标，因此要用一个“精密误差传感器”

表 2 IUE 相机的波长覆盖范围

相 机	高 色 散		低 色 散
	全 部 覆 盖	部 份 覆 盖	
SWP	1145—1930埃	1930—2190埃	1150—1975埃
LWR	1845—3105埃	3105—3230埃	1860—3300埃
LWP	1845—2980埃	2980—3230埃	1910—3300埃

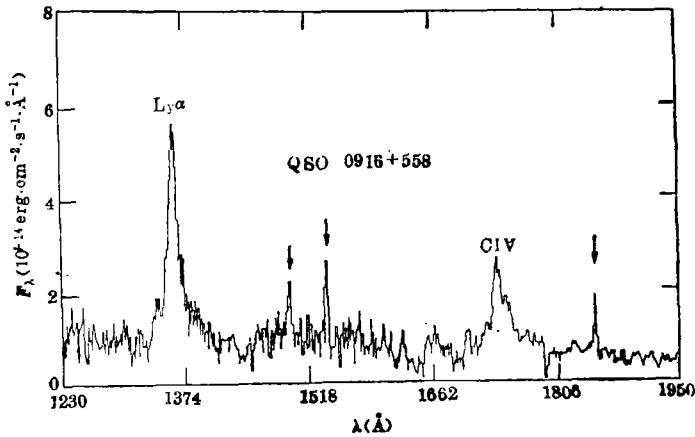


图 2a 类星体 0916+558 的 SWP 光谱图。图中三个箭头所指的不是发射线，而是宇宙线造成的<sup>[5]</sup>

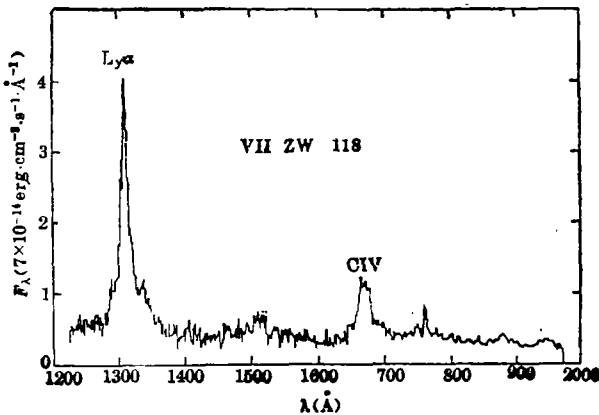


图 2b 赛弗特星系 VII ZW 118 的 SWP 光谱图<sup>[2]</sup>

(FES) 来协助定向，FES 工作于可见光波段，它既是相机，又是补偿星跟踪器。对 IUE 卫星的详细描述可参见文献[3, 4]。

图 2 是我国研究人员利用 IUE 望远镜观测到的紫外光谱图，其中图 2a 是类星体 0916 + 558 的 SWP 光谱[5, 6]，图 2b 是赛弗特星系 VII ZW 118 的 SWP 光谱[2]。从紫外光谱上，我们便可得到有关天体连续谱、发射线强度、宽度等的各种资料。例如，利用 SWP 在 1150—1975 Å 波段上的光谱，我们便可测连续谱的紫外谱指数  $\alpha_{UV}$ 。为排除发射线的影响，我们在测  $\alpha_{UV}$  时往往在连续谱上选择几个“窗口”。在静止坐标系中这几个“窗口”的中心波长（及全宽）分别为 1298 Å (80 Å)、1535 Å (52 Å)、1704 Å (59 Å) 及 1920 Å (60 Å)。然后我们用一条直线去最佳地拟合这些选出来的连续谱“窗口”，这条直线就是该天体在 SWP 波段的连续谱，由该直线我们便可定出  $\alpha_{UV}$ 。详

细的办法参见文献[7]。

一般每年下半年可向 IUE 天文台提交研究课题, 申请下一年观测时间; 也可申请任何时候作调档研究(Archival Study)。为使研究课题易被接收, 在申请报告中必须强调研究课题的重要性、必要性及可行性。在我国目前天文观测手段有限的条件下, 利用国际一流观测手段做我们自己的研究课题, 是值得重视和推广的一种好办法。

### 三、类星体的紫外连续谱

#### 1. 连续谱的隆起

Malkan 和 Sargent 1982 年对类星体和赛弗特星系的近红外光谱的研究[8], 发现可用一幂律来标志该波段的连续谱, 并预言幂律会一直延展到软 X 射线波段。但对类星体和赛弗特星系的多波段(包括紫外)复合谱的测量发现, 不能用单一幂律去拟合从红外一直到 X 射线整个波长范围的连续谱[9,10]。令人感兴趣的是连续谱在  $100-10000 \text{ \AA}$  之间有一个“大隆起”(big bump), 而在  $3000 \text{ \AA}$  附近连续谱还要

再突出一个小隆起, 称为“ $3000 \text{ \AA}$  隆起”(3000  $\text{ \AA}$  bump)。图 3 是类星体 PKS 0405-123 的合成谱(取自文献[11])。类星体和赛弗特星系中的隆起, 是非常引人注目的观测现象, 对隆起的解释立刻成为类星体研究中的热门课题。人们普遍认为隆起不是非热成份所致, 而是类星体内部热成份对连续谱的贡献。最初 Malkan 用斜率为  $-1.1$  的幂律、巴尔末连续复合发射及温度在  $23000-30000\text{K}$  之间的单个黑体谱去拟合赛弗特星系和类星体

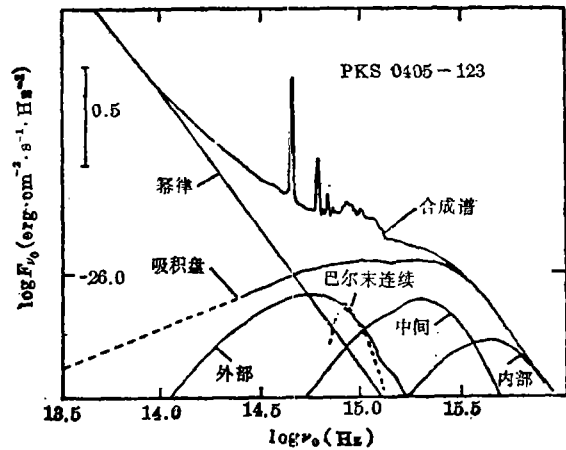


图 3 类星体 PKS 0405-123 连续谱合成的示意图 [11]

3C273 的连续谱[8], 取得成功; 然而对红移较大一些的类星体(如图 3 所示的 PKS0405-123,  $Z = 0.57$ , IUE 短波相机可测到  $\lambda = 800 \text{ \AA}$  附近的谱), 用单个黑体谱就不足以拟合整个观测到的大隆起了, 于是 Malkan 提出一个吸积盘的模型[11], 即类星体中央大质量黑洞周围吸积盘的热辐射模型。图 3 中“外部”、“中间”及“内部”三条曲线就是 Malkan 把吸积盘分成三个区域①, 用局部黑体辐射计算所得的每个区域热辐射的贡献, 这三部份贡献之和就是图 3 中“吸积盘”曲线。显然, 用了吸积盘模型后, 热成份对“大隆起”的贡献就比单温度黑体覆盖的频段要宽。至于  $3000 \text{ \AA}$  隆起, Malkan 仍认为主要由巴尔末连续复合发射产生。最近 Sun 和 Malkan 用非局部热平衡的恒星大气模型计算了活动星系核连续谱中吸积盘的贡献[12], 预言了直接可观测验证的“赖曼限吸收边”的存在。然而遗憾的是在类星体中并没有许多这样的

① 所谓“内部”, 即盘中的点到中央黑洞距离小的部份; “外部”, 则为距离大的部份。

“吸收边”被测到,他们解释的原因有两个[12],(1)盘表面的发射物质的巨大的多普勒运动使吸收边展宽;(2)盘产生的谱,其固有的赖曼不连续性可能就很弱,因此对一般的低信噪比的类星体谱就很难测到。对3000 Å小隆起的解释,除上述巴尔末连续复合发射的贡献之外,还有大量的宽的Fe II发射线的贡献[13],高阶巴尔末发射线的贡献[14];最近的工作表明[15],宽发射线云内部HI区温度~10000K,由于HI区是光学厚的[16],故10<sup>4</sup>K产生的黑体辐射,其峰值恰好在3000 Å附近,这种光学厚的云对3000 Å隆起的贡献也是不可忽略的。[56]Malkan的吸积盘模型,要求是“薄盘”,即几何上薄、光学上厚的盘,这种“薄盘”会有各种不稳定性,因此,更为合适的可能是几何上厚的环[17],或双温度热盘[18],或热冕盘[19]。由于大隆起一直延伸到超远紫外(EUV)和软X射线波段,而类星体在这些波段的连续谱很难观测到,故与这些波段的谱相对应的吸积盘内部的结构细节尚不清楚,更进一步的工作有待于哈勃空间望远镜(HST)送入太空。

## 2. 连续谱隆起的演化

在对类星体和赛弗特星系的紫外谱的观测研究中,人们发现,紫外谱指数 $\alpha_{uv}$ 随着红移增大而变平[1,7,20],这正与Richstone和Schmidt 1980年的结果相反[21],他们得到的谱指数随红移增大而变陡,而且从Richstone和Schmidt的结果出发,Wright认为是由于星系际尘埃所造成[22],Ostriker和Heisler还对Richstone和Schmidt的结果作了进一步解释[24],认为是类星体的“红移截止”所致(相信截止于 $Z=3.5$ )。事实上,要研究类星体连续谱形状的演化,即研究谱指数与红移的关系,我们必须对不同红移的类星体比较它们在静止坐标系中相同波长范围的谱的区域。可是Richstone和Schmidt的工作正好疏忽了这一点,得到了不正

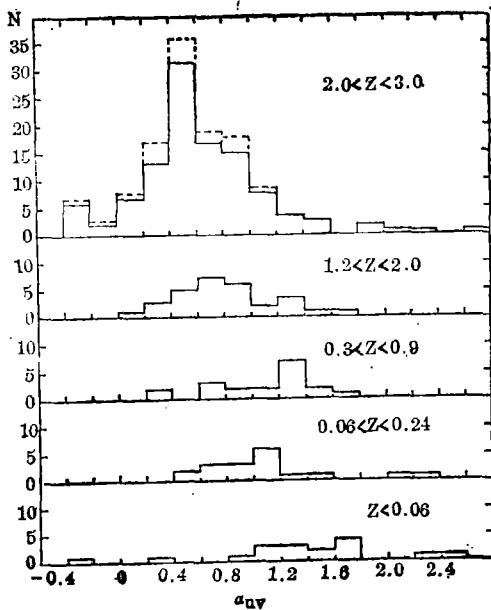


图4 不同红移范围的类星体及赛弗特I型星系的紫外谱指数 $\alpha_{uv}$ 分布直方图。图中……表示增加了Osmer和Smith [63,64]的观测资料[23]

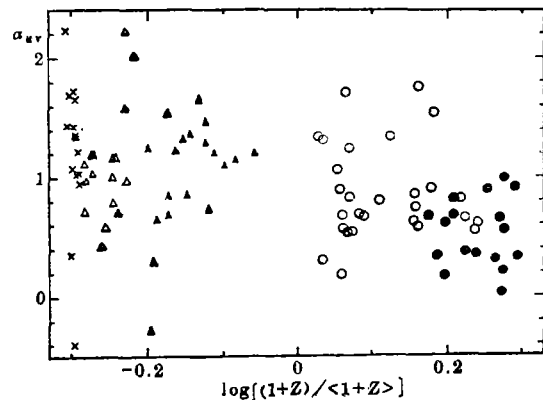


图5 类星体及赛弗特星系的紫外谱指数 $\alpha_{uv}$ 与 $\log \left( \frac{1+Z}{\langle 1+Z \rangle} \right)$ 的关系图。图中·为大红移类星体,○为次大红移类星体,▲为中等红移类星体,△为低红移类星体,×为赛弗特I型星系[23]

确的结论。程富华 (1988)<sup>[23]</sup>及 Wandel (1988)<sup>[24]</sup> 首先对各种不同红移范围的类星体样品 (也包括赛弗特 I 型星系), 求出它们在静止坐标系 1200—1900 Å 波长范围的谱指数  $\alpha_{UV}$ , 然后对  $\alpha_{UV}$  在不同红移间隔范围内的分布作比较, 同时也作了  $\alpha_{UV}$  与  $\log\left(\frac{1+Z}{1+Z_0}\right)$  的关系图 (参见图 4、图 5)。由图 4、图 5 我们清楚地看到, 平均地讲,  $\alpha_{UV}$  随  $Z$  增大确实有变平的趋势。以上分析使我们相信星系际尘埃的红化对类星体影响甚小。

如何解释  $\alpha_{UV}$  同红移  $Z$  的相关性呢? 一种可能性是连续谱中热成份的演化。如果忽略掉非热幂律的微小演化效应<sup>①</sup>, 则当热成份温度升高 (例如吸积率  $\dot{M}$  增加), 则它的峰值会抬高并朝短波方向移动, 使得合成谱在紫外波段变平, 使测得的  $\alpha_{UV}$  的值变小; 反之, 则变陡。由此, 我们自然联想到, 对大红移源, 其发光较早, 而谱较平, 表示类星体早期的光紫外成份多, 热成份温度高, 隆起较大; 随着演化, 温度降低, 谱变陡, 隆起变小。对  $\alpha_{UV}$  与  $Z$  之间的相关性的另一种可能的解释是由于大红移类星体的选择效应<sup>[25]</sup>。在图 5 中, 若把大红移样品抽掉, 则  $Z$  与  $\alpha_{UV}$  的相关性便会减弱。也许最合适的解释可能是上述两种解释的综合, 随着观测仪器灵敏度的日益提高, 我们会得到满意的解答。

### 3. 类星体 3C273 的连续谱

3C273 是很亮的小红移类星体, 它的紫外谱也是人们重点研究的对象。对 3C273 紫外光谱的研究有两个特点: (1) 长时间的紫外监测; (2) 紫外、远紫外和超远紫外几乎同时观测。IUE 卫星对 3C273 九年的监测资料表明<sup>[26]</sup>, 在几个月的时间尺度上, 3C273 的连续谱会有两倍大小的变化; 但  $Ly\alpha + NV$  发射线却变化不是太大。对连续谱的这种变化, 可解释为光学厚的热成份的改变所致。这种热成份既可以是来自盘<sup>[27]</sup>, 也可以来自宽发射线云中光厚的 HI 区域<sup>[28]</sup>。利用 IUE 的短波相机和 VOYAGER 2 的 UV 摄谱仪, 可得到 3C273 在静止坐标系中从 600—1500 Å 波段的紫外光谱 (见图 6)<sup>[29]</sup>。从图 6 可看到 3C273 的谱在赖曼限附近出现明显的下跌, 这个观测事实正好是 Sun 和 Malkan 在文献<sup>[12]</sup>中的预言, 反过来对于类星体中吸积盘的存在又提供了证据。但我们也必须注意到, IUE 能观测到赖曼限以下的类星体并非都有上述赖曼限附近的截止出现。

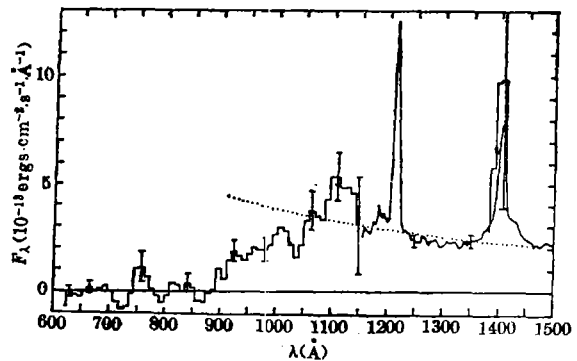


图 6 IUE 和 VOYAGER 2 的观测结果的综合<sup>[29]</sup>

## 四、类星体的紫外发射线

类星体在紫外波段有很强的发射线, 如  $Ly\alpha$   $\lambda$ 1216,  $CIV$   $\lambda$ 1549,  $CIII$   $\lambda$ 1909,  $MgII$   $\lambda$ 2800 等

① 我们曾对近 100 个类星体的红外谱指数作了与红移  $Z$  的关系图, 无任何倾向性出现, 故可忽略掉非热幂律谱的演化效应。

等。对大红移类星体,如  $Z > 2.0$ , 则主要的紫外发射线已移到可见光或红外波段,正是利用这些强紫外发射线和无缝光栅技术,人们发现了大量的类星体,并获得这些大红移类星体的紫外谱。利用 IUE 的望远镜,人们可获得低红移类星体和赛弗特星系的紫外谱。比较这两种观测手段获得的紫外谱,表明那些强的发射线之间的相对强度,对高红移的类星体或对低红移的赛弗特星系,类星体都是相似的[30]。上述事实告诉我们,类星体的光谱与其他活动星系核的光谱都在一个系列之中。对紫外发射线的研究,使我们可得到相当丰富的知识,下面仅以 C IV, Ly $\alpha$  线为例来说明。

### 1. C IV 线与“Baldwin 效应”

Baldwin 等人最早发现类星体中, C IV 发射线的等值宽度与连续谱背景光度之间存在着负相关性,对射电平谱类星体,这种负相关性尤为明显,这就是所谓的“Baldwin 效应”[31,32]。如果 Baldwin 效应确实存在,那么便可用类星体作为“标准烛光”,在宇宙学上有极为重要的意义[33]。Baldwin 等人的工作马上引起人们的重视,1980年 Osmer 和 Smith 分析了大量的高红移样品,指出光学入选的类星体中无 Baldwin 效应[34,35];1982年,江涛等综合了 C IV, Ly $\alpha$  和 Mg II 发射线的观测资料,研究了这种效应[36]。1983年,江涛等人对 Osmer 和 Smith 的资料进行分类研究后指出,对光学平谱类星体, Baldwin 效应是存在的[37]; Wu 等人指出,对赛弗特 I 型星系,也有该效应存在[38]。后来,人们利用 IUE 资料,添入越来越多的低红移和中等红移的类星体资料都证实了 Baldwin 效应存在[39,7,40]。利用 Baldwin 效应对宇宙减速参量的估算(无光度演化假设下)可参见文献[32],[36],[37]及[41]。

Baldwin 效应的本质是什么?这是人们更感兴趣的问题。Mushotzky 和 Ferland 1984 年指出: Baldwin 效应是连续谱光度  $L$  与电离参量  $U$  相关的结果[42]。他们利用已有的观测资料及标准的光致电离模型得到  $U \propto L^{-0.25}$ , 于是便解释了 C IV 线的 Baldwin 效应,但却说 Ly $\alpha$  线缺乏这种效应。可是后来的工作表明 Ly $\alpha$  线中也有同样的效应存在[7,40],这是 Mushotzky 理论面对的困难。Netzer 在 1985 年的文章中指出[43],如果采用类星体吸积盘的“薄盘”模型,而不同的源的“盘”与视向之间具有不同的倾角,那么观测到的 C IV 线的 Baldwin 效应便是自然的结果,因此, Baldwin 效应的宇宙学意义顿时全无。也有人观测到的 Baldwin 效应表示怀疑[44,45]。总之,对 Baldwin 效应的研究仍是目前人们感兴趣的课题之一。

### 2. Ly $\alpha$ 线与“切仑柯夫红移”

在研究类星体、赛弗特星系等活动星系核时,尤峻汉等人曾提出“切仑柯夫线辐射”机制[46,47,48],并且指出存在着一种“切仑柯夫红移” $U_p$ ,这  $U_p$  是迭加于多普勒红移之上的一个小量红移,量级  $\sim 10^{-3}$ 。尤峻汉、程富华在对类星体宽线区(BLR)模型作了新考虑后[16]指出:宽线云具有分层结构,外层为高价离子区,温度较高,为光学薄区;内层为低价离子和中性氢区,温度较低,为光学厚区。基于上述考虑,紫外谱线 C IV 应在外层,它是一般的碰撞退激发线;而 Ly $\alpha$  线,是 HI 线,它应主要由切仑柯夫线辐射产生(我们承认在宽线云外层 H II 的复合也会产生 Ly $\alpha$  线)。由此,我们自然想到,如果切仑柯夫线辐射机制存在且对宽线云模型的考虑正确,那必有 Ly $\alpha$  线(或者 HI 巴尔末线)相对于 C IV 线的小量红移,量级也应在  $10^{-3}$  左右。大量观测事实表明[49],类星体中,对同一源,其发射线之间确实存在着系统的红移差,HI 巴尔末线红移最大,其次是 HI Ly $\alpha$  线,窄线,高价离子线顺次红移减小。显然,上述观测事实对切仑柯夫

线辐射机制是一有力支持。这里我们看到紫外谱线 Ly $\alpha$  和 CIV 线非常重要, 因为只要在紫外光谱中测出 Ly $\alpha$  线相对于 CIV 线的小量红移, 就知道了切仑柯夫红移  $U_p$ , 从而由<sup>[16]</sup>

$$U_p(\text{Ly}\alpha) = 1.04 \times 10^{-11} (\lambda_{12} \tau_{12} A_{21} \frac{g_2}{g_1} \frac{R_1}{R_2} - 2)^{1/2} \quad (1)$$

定出第二能级的粒子数布居  $R_2$ 。(1)式中各量的物理意义可见文献[15]。用  $U_p(\text{Ly}\alpha)$  定出的  $R_2$ , 要比在中性氢允许的温度下的波尔兹曼分布高, 这正是 Ly $\alpha$  光子的囚禁效应所致<sup>[50]</sup>。由于  $R_2$  可从紫外光谱中 Ly $\alpha$  相对于 CIV 的切仑柯夫红移求出, 使我们绕过了“计算囚禁效应”的困难, 而  $R_3, R_4, \dots$  又是由波尔兹曼温度决定<sup>[16]</sup>, 因此在一个统一的温度参量  $T$  条件下, 我们便可同时使发射线强度比 Ly $\alpha$ /H $\beta$  及巴尔末线的微小红移与观测相符<sup>[51]</sup>。利用上述办法, 我们对类星体 3C273 的紫外光谱监测资料作了研究, 估测了 3C273 的  $U_p(\text{Ly}\alpha)$  值, 从而定出该源宽线云中 HI 区温度约为 9000—12000K<sup>[28]</sup>; 我们也对类星体 0916+558 的紫外光谱进行了分析, 考虑了宽线云外层 HII 复合辐射的贡献, 估算其 HI 区温度约为 10000K<sup>[52]</sup>。由于宽线云内层为光学厚, 上述温度产生的黑体谱, 其峰值波长位置  $\sim 3000 \text{ \AA}$ , 这就是前面第三节中提到的不能忽略光学厚云对 3000  $\text{ \AA}$  隆起的贡献的原因。

IUE 的第一个十年过去了, 它已取得了巨大的成就, 但我们必须看到有一些问题仍需我们今后去回答, 如: 大隆起是否真的由吸积盘产生? Baldwin 效应真正的本质是什么? 类星体紫外光变重要吗? 究竟有没有星系际的吸收?  $\dots$  为解决上述问题, 人们在观测上努力寻求如下几个方面: (1) 对重要的类星体作长时间的监测; (2) 把观测的波段尽量延展到远紫外 (FUV) 和超远紫外 (EUV); (3) 联合其他波段上的望远镜和探测器, 对源作全波段的同时观测。1988年12月14日—1989年7月21日, 天文学家已选定一至三个活动星系核(例如 NGC5548), 由 IUE 每隔四天监测一次, 并倡议全世界各种波段的望远镜、探测器加入同时观测。我们相信, 今后的十年, 紫外天文学必将取得更大的成就。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Cheng F. H., Kinney A. L. and Fang L. Z., in Proceedings of New Insight in Astrophysics -8 Years of UV Astronomy with IUE, ESA SP-263, p. 649, (1986).
- [ 2 ] Cheng F. Z., Grady C. A. and Selvelli P., in Proceedings of Structure and Evolution of Active Galactic Nuclei, ed. by G. Giuricin et al., D. Reidel Publishing Co., p. 513, (1986).
- [ 3 ] Boggess, A. et al., *Nature*, **275** (1978), 372.
- [ 4 ] Boggess, A. et al., *Nature*, **275** (1978), 377.
- [ 5 ] 程富华, 尤峻汉, Grady, C. A., 科学通报, **32** (1987), 358.
- [ 6 ] Cheng, F. H., You, J. H. and Yan, M., in Proceedings of A Decade of UV Astronomy with the IUE Satellite, ESA SP-281, p. 281, (1988).
- [ 7 ] Cheng, F. H. and Fang, L. Z., *M. N. R. A. S.*, **226** (1987), 485.
- [ 8 ] Malkan M. A. and Sargent W. L. W., *Ap. J.*, **254** (1982), 22.
- [ 9 ] Green, R. F. et al., *Ap. J.*, **239** (1980), 483.
- [ 10 ] Kinney, A. L. et al., *Ap. J.*, **291** (1985), 128.
- [ 11 ] Malkan M. A., *Ap. J.*, **268** (1983), 582.
- [ 12 ] Sun, W.-H. and Malkan, M. A., in Proceedings of A Decade of UV Astronomy with the IUE Satellite,



- ESA Sp-281, p.283, (1988).
- [13] Wills, B. J., Netzer, H. and Wills, R., *Ap. J.*, **288** (1985), 94.
- [14] 鲍世综, 周又元, 程福臻, 程富华, 毛培根. 天体物理学报, (1989), 待发表.
- [15] 程富华, 尤峻汉, 晏明, 中国科学, **17** (1989), 181.
- [16] You, J. H. and Cheng, F. H., *Ap. J.*, **322** (1987), 174.
- [17] Ress, M. J. et al., *Nature*, **295** (1982), 17.
- [18] Eilek, J. A. and Kafatos, M., *Ap. J.*, **271** (1987), 804.
- [19] Liang, E. P. T. and Thompson, K. A., *M.N.R.A.S.*, **189** (1979), 421.
- [20] O'Brien, P. T., Gondhalekar, P. M. and Wilson, R., in Proceedings of New Insight in Astrophysics-8 Years of UV Astronomy with IUE, ESA SP-263, p.653, (1986).
- [21] Richstone, D. O. and Schmidt, M., *Ap. J.*, **235** (1980), 361.
- [22] Wright, E. L., *Ap. J.*, **250** (1981), 1.
- [23] 程富华, 科学通报, **33** (1988), 111.
- [24] Wandel, A., *Ap. J. (Lett.)*, **319** (1988), L11.
- [25] Cheng, F. H., Gaskell, C. M. and Karatkar, A., *Ap. J.*, (1988), in press.
- [26] Courvoisier, T. J. -L. et al., *A. Ap.*, **176** (1987), 197.
- [27] 程富华, 周又元, 鲍世综, 科学通报, **33** (1988), 1565.
- [28] 程富华, 尤峻汉, 晏明, 天文学报, (1989), 待发表.
- [29] Reichert, G. A. et al., *Ap. J.*, **325** (1988), 671.
- [30] Kafatos, M., in Proceedings of A Decade of UV Astronomy with the IUE Satellite, ESA SP-281, p.69, (1988).
- [31] Baldwin, J. A., *Ap. J.*, **214** (1977), 679.
- [32] Baldwin, J. A. et al., *Nature*, **273** (1978), 431.
- [33] 程富华, 天文学进展, **2** (1984), 34.
- [34] Osmer, P. S., *Ap. J. Suppl.*, **42** (1980), 523.
- [35] Osmer, P. S. and Smith M. G., *Ap. J. Suppl.*, **42** (1980), 333.
- [36] Kiang, T. and Cheng, F. H., *Ap. A.*, **3** (1982), 363.
- [37] Kiang, T., Cheng F. H. and Zhou Y. Y., *M.N.R.A.S.*, **203** (1983), 25.
- [38] Wu, C. C., Boggess A. and Gull R., *Ap. J.*, **288** (1983), 28.
- [39] Wampler, E. J. et al., *Ap. J.*, **276** (1984), 403.
- [40] Kinney, A. L. et al., *Ap. J.*, **314** (1987), 145.
- [41] Fang, L. Z., Kiang T., Cheng, F. H. and Hu F. X., *Q. J. R. astr. Soc.*, **23** (1982), 363.
- [42] Mushotzky, R. and Ferland, G. J., *Ap. J.*, **278** (1984), 558.
- [43] Netzer, H., *M.N.R.A.S.*, **216** (1985), 63.
- [44] Jones, B. J. T. and Jones J. E., *M.N.R.A.S.*, **193** (1980), 537.
- [45] Murdoch, H. S., *M.N.R.A.S.*, **202** (1983), 987.
- [46] 尤峻汉, 程富华, 物理学报, **29** (1980), 927.
- [47] You, J. H., Kiang, T., Cheng, F. H. and Cheng, F. Z., *M.N.R.A.S.*, **211** (1984), 667.
- [48] You, J. H., Cheng F. H., Cheng, F. Z. and Kiang, T., *Physical Review A*, **34** (1986), 3015.
- [49] Gaskell C. M., *Ap. J.*, **283** (1982), 79.
- [50] Davidson, K. and Netzer, H., *Rev. Mod. Phys.*, **51** (1979), 715.
- [51] 晏明, 尤峻汉, 程富华, 天体物理学报, **9** (1989), 218.
- [52] 鲍世综, 毛培根, 程富华, 科学通报, **34** (1989), 437.
- [53] Osmer, P. S. and Smith, M. G., *Ap. J.*, **210** (1976), 267.

[54] Osmer P.S. and Smith M.G., *Ap.J.*, 213 (1977), 607.

[55] 莫静儿, IUE 罗马会议文集, (1984).

[56] 晏明, 程富华, 尤峻汉, 天文学报, 30 (1989), 22.

(责任编辑 刘金铭)

## IUE Observatory and Ultraviolet Spectra of Quasars\*

Cheng Fuhua and Cheng Fuzhen

(Center of Astronomy and Astrophysics, CCAST[World Laboratory])

(Center for Astrophysics, University of Science and Technology of China)

### Abstract

This paper introduces IUE satellite (International Ultraviolet Explorer) and reviews research works on quasar UV spectra during last ten years. 3000 Å bump of quasar continuum may be interpreted by recombination emission of Balmer continuum, but the contributions of FeII emission lines, high order of the Balmer lines and the optically thick clouds should not be neglected. Usually we consider that 100-10000 Å big bump is due to thermal radiation of the accretion disk around the central massive black hole. The index of quasar UV spectrum is flattened as the redshifts increase, which may imply an evolution of the big bump or is probably due to influence of the selection effect of quasars with high redshifts. A strong anti-correlation between equivalent widths of the CIV emission lines and continuum luminosities of quasars, i. e. so called "Baldwin effect", is due to the correlation between the continuum luminosities and the ionization parameters. According to the Cerenkov line emission theory, a very small redshift of Ly $\alpha$  emission line with respect to the CIV lines is just the Cerenkov redshift predicted by the theory. From this we can estimate the particle population on the second energy level  $R_2$ . The estimates for 3C273 and 0916+558 show that the temperatures of HI regions in the clouds with broad emission line of these two objects are 9000-12000K and 10000K respectively. The peak wavelength of a blackbody spectrum with the temperature  $\sim 10^4$ K is around 3000 Å, which provides a new way to explain the 3000 Å bump.

\* Subject supported by key programme of National Natural Science Foundation of China.