

部分遮蔽类星体 SDSS J151653.22+190048.2的紫外 波段中等宽度发射线起源*

周俊彦¹ 李臻臻² 潘翔³ 孙鹿鸣¹ 姜鹏^{3†}
郝蕾² 周宏岩^{1,3}

(1 中国科学技术大学天文系 合肥 230026)

(2 中国科学院上海天文台 上海 200030)

(3 中国极地研究中心 上海 200136)

摘要 类星体SDSS J151653.22+190048.2 (简称J1516+1900)在紫外-光学-近红外波段展现出奇特的光谱性质: 其光学H α 、H β 和近红外的Pa α 、Pa β 等发射线的半高全宽(full width at half maximum intensity, FWHM)均超过5000 km/s, 等值宽度接近类星体平均值; 而紫外波段光谱的常见发射线Ly β 、OVI、Ly α 、NV、SiIV和CIV等, 由FWHM \sim 1700 km/s的中等宽度成分主导. 这种现象很可能是由于紫外发射线的宽线成分经尘埃消光, 强度严重削弱, 从而使得中等宽度成分凸显出来; 在光学和近红外波段, 尘埃消光减弱, 发射线由宽线成分主导, 潜在的中等宽度成分不容易被看到. 根据中等宽度成分的线宽和J1516+1900中央超大质量黑洞的质量 $M_{\text{BH}} \sim 5.75 \times 10^8 M_{\odot}$, 在维里化假设下, 估计中等宽度发射区到中央黑洞的距离约为1.6 pc. 另一方面, 利用J1516+1900丰富的观测谱线, 结合光致电离模型计算, 可以限定J1516+1900的中等宽度发射线区气体密度 $\sim 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 、电离参数 $\sim 10^{-0.65}$. 据此估计该发射线区到中心黑洞距离 $\sim 0.016 \text{ pc}$, 只有维里化距离的1%. 这一矛盾结果预示着中等宽度发射区可能具有较为复杂的物理结构, 未来需要观测更多类似J1516+1900的部分遮蔽类星体并进行系统的分类和研究.

关键词 星系: 活动, 星系: 核, 类星体: 发射线, 类星体: 超大质量黑洞, 类星体: 个别: SDSS J151653.22+190048.2

中图分类号: P158; 文献标识码: A

1 引言

活动星系核的发射线轮廓通常分为宽发射线(broad emission line, BEL)成分和窄发射线(narrow emission line, NEL)成分. 但随着观测数据的增多和观测质量的提高,

2019-07-22收到原稿, 2019-08-25收到修改稿

*国家自然科学基金项目(11903029、11973037)资助

[†]jiangpeng@pric.org.cn

许多活动星系核的光谱并不能很好地用这两种成分拟合, 而增加一个中等宽度发射线(intermediate-width emission line, IEL)成分后能取得良好的拟合结果. 此外, 一般研究认为宽发射线区(broad emission line region, BELR)和窄发射线区(narrow emission line region, NELR)在多个物理性质方面存在较大差异. 研究认为, BELR通常离中心黑洞的距离在1 pc之内, 而NELR通常距离中心黑洞100 pc甚至更远; 宽发射线的典型线宽为5000 km/s, 而窄发射线的线宽只有500 km/s; BELR和NELR的电子密度范围也相差极大. BELR和NELR在很多物理性质上的极大差异都在暗示, 存在介于传统BELR和NELR之间的气体的辐射. 大约20多年前, 人们发现在活动星系核(Active Galactic Nucleus, AGN)的发射线光谱中引入一个半峰宽度为2000 km/s的IEL成分会使谱线的拟合和测量取得更好的效果.

人们对IEL的研究途径一般是利用谱线分解. Mason等^[1]对RE J1034+396进行谱线分解后, 在H β 和[OIII]中得到IEL成分. 因为是在禁线[OIII]中得到的IEL成分, 研究者认为中等宽度发射线区(IELR)除了在速度弥散上介于BELR和NELR之间, 该区域的密度也介于BELR和NELR之间. 但是Gonçalves等^[2]同样对RE J1034+396进行了谱线分解, 在分解过程中没有加入IEL成分, 只使用BEL和NEL进行拟合, 发现不用IEL也能取得较好的结果, 因此Gonçalves等人认为并不需要引入IEL成分, 只用BEL和NEL就能够很好地分解谱线^[2]. 同年(1999年) Sulentic等^[3]通过谱线分解认为, CIV发射线中的IEL成分实际是产生自NELR的延展区域.

我们发现对于IEL的研究结论有着较大的差异, 这些研究主要是通过对发射线进行谱线分解来研究发射线成分. 然而谱线分解具有很大的不确定性, 而且BEL和NEL的存在使得探测可能介于两者之间的IEL变得困难. BEL和NEL会对IEL的探测产生明显干扰, IEL成分很容易被BEL和NEL所污染甚至覆盖. 对于上述在IELR研究中存在的分歧与困难, 之前的大部分研究并没有给出很好的解决方案, 由于谱线分解的不确定性, 他们研究的IEL成分是否真实存在也无法确定. 研究IEL是否真实的关键是在最大程度上减少谱线分解产生的不确定性. 而部分遮蔽类星体使得我们可以从发射线光谱中可靠地探测IEL. 在部分遮蔽类星体中, 尘埃遮挡了来自AGN中心吸积盘以及吸积盘附近BELR的辐射. 在这种条件下, 若IELR确实存在, 由于BEL在紫外波段被严重消光红化, 在紫外波段的光谱中IEL将会变得明显. Li等^[4]在部分遮蔽类星体OI 287中利用尘埃环作为“日冕仪”遮蔽BEL探测到了显著的IEL成分. 这给我们很大启发, 当BEL被遮蔽后, 其对IEL的影响将大大降低, 提供了探测IEL的机会.

本文将同样利用部分遮蔽效应, 对类星体SDSS J151653.22+190048.2 (简称J1516+1900)展开研究. 相较于OI 287, J1516+1900具有丰富的紫外IEL, 这为我们准确诊断IELR的物理性质提供了可能. 本文结构如下: 第2节将展示J1516+1900相关观测数据及谱线测量, 并对J1516+1900的消光情况进行分析; 第3节将探讨J1516+1900中IELR的起源位置和物理结构; 最后一节是本文的总结和展望.

2 J1516+1900的观测数据及谱线测量

2.1 观测数据

从紫外到近红外, J1516+1900有4段光谱数据. 2002年2月11日, 哈勃空间望远

镜(Hubble Space Telescope, HST)上的空间望远镜光谱仪(Space Telescope Imaging Spectrograph, STIS)拍摄了J1516+1900的紫外光谱, 所用光栅为G140L, 波长范围为1074–1774 Å. 同一天利用G230L光栅拍摄了波长范围1450–3000 Å的紫外光谱. J1516+1900的光学波段光谱拍摄了两条: 一条光谱由Lick天文台Shane望远镜的Kast光谱仪拍摄, 波长覆盖范围为3400–7850 Å; 另一条光谱由Palomar天文台的Hale望远镜的Double-Spec光谱仪拍摄, 波长范围为3400–10400 Å. 此外, Palomar天文台的Hale望远镜的Triple-Spec光谱仪拍摄了J1516+1900的近红外光谱, 光谱的波长覆盖范围为9720–24629 Å. 我们对所有观测数据都进行了标准化处理, 其中近红外光谱是使用Spextool中的软件包Triplespectool处理的.

我们从GALEX (the Galaxy Evolution Explorer, Morrissey等^[5])、SDSS (the Sloan Digital Sky Survey, York等^[6])、2MASS (Two Micron All Sky Survey, Skrutskie等^[7])和WISE (the Wide-field Infrared Survey Explorer, Wright等^[8])等巡天中收集了这个源的测光数据.

以上所有光谱和测光数据都根据Schlafly等^[9]的尘埃分布得到的红化量 $E(B - V) = 0.040$ 做了银河消光改正, 并按照红移 $z = 0.187$ 转换到静止坐标系.

2.2 谱线测量

J1516+1900的观测光谱展示在图1中. 从这些光谱中可以看到, 紫外波段的发射线相较于光学红外波段的发射线明显窄了许多. 紫外波段的发射线呈现出显著的中等宽度的成分, 而光学红外波段的发射线主要是宽线成分. 为了进一步研究这些发射线的轮廓, 我们分别对紫外、光学和红外波段的光谱进行局域连续谱拟合. 对紫外光谱, 我们使用一个幂律谱在没有强发射线的范围内进行连续谱拟合. 对光学光谱, 使用一个幂律谱, 一个巴尔默连续谱(包括混合的高阶巴尔默发射线)和由FeII的多重线构成的伪连续谱3个成分拟合. 对红外光谱, 使用一个幂律谱和一个表征尘埃热辐射的黑体谱来拟合. 这些拟合的连续谱展示在图1中.

图2展示了主要发射线(包括 $\text{Ly}\beta$ 、OVI、 $\text{Ly}\alpha$ 、NV、SiIV、CIV、 $\text{H}\beta$ 、 $\text{H}\alpha$ 、 $\text{Pa}\beta$ 和 $\text{Pa}\alpha$)在速度空间下的轮廓. 我们将这些发射线分解为BEL, NEL以及IEL 3个成分. 谱线的拟合方法和Li等^[4]相同. 在拟合过程中, 我们也假定不同发射线中相同的成分具有同样的红移和线宽. 从图2的拟合结果可以看到, 这样的假定对J1516+1900较为符合. 发射线的测量结果总结在表1中.

2.3 结果分析

为了探究J1516+1900宽线区的消光红化情况, 我们将J1516+1900的宽发射线与通常类星体的宽发射线进行对比. 由于类星体平均谱的发射线由宽线成分占主导, 我们使用对发射线整体强度测量(其中 $\text{Ly}\beta$ 、OVI、 $\text{Ly}\alpha$ 、NV、SiIV、CIV、 $\text{H}\beta$ 、 $\text{H}\alpha$ 取自Vanden Berk等^[10]; $\text{Pa}\beta$ 和 $\text{Pa}\alpha$ 取自Glikman等^[11])作为宽发射线的近似. 图3中显示了J1516+1900宽线强度与平均谱宽线强度的对比结果. 我们将对比值在波长最大的发射线 $\text{Pa}\alpha$ 处归一化. 从图中可以明显看到, 宽线的强度比随着波长减小而明显下降, 这表示J1516+1900的宽线区可能被尘埃红化. 而且我们发现BEL的消光可以用小麦云(SMC)消光曲线较好地拟合, 拟合结果给出 $E(B - V)$ 约为0.32.

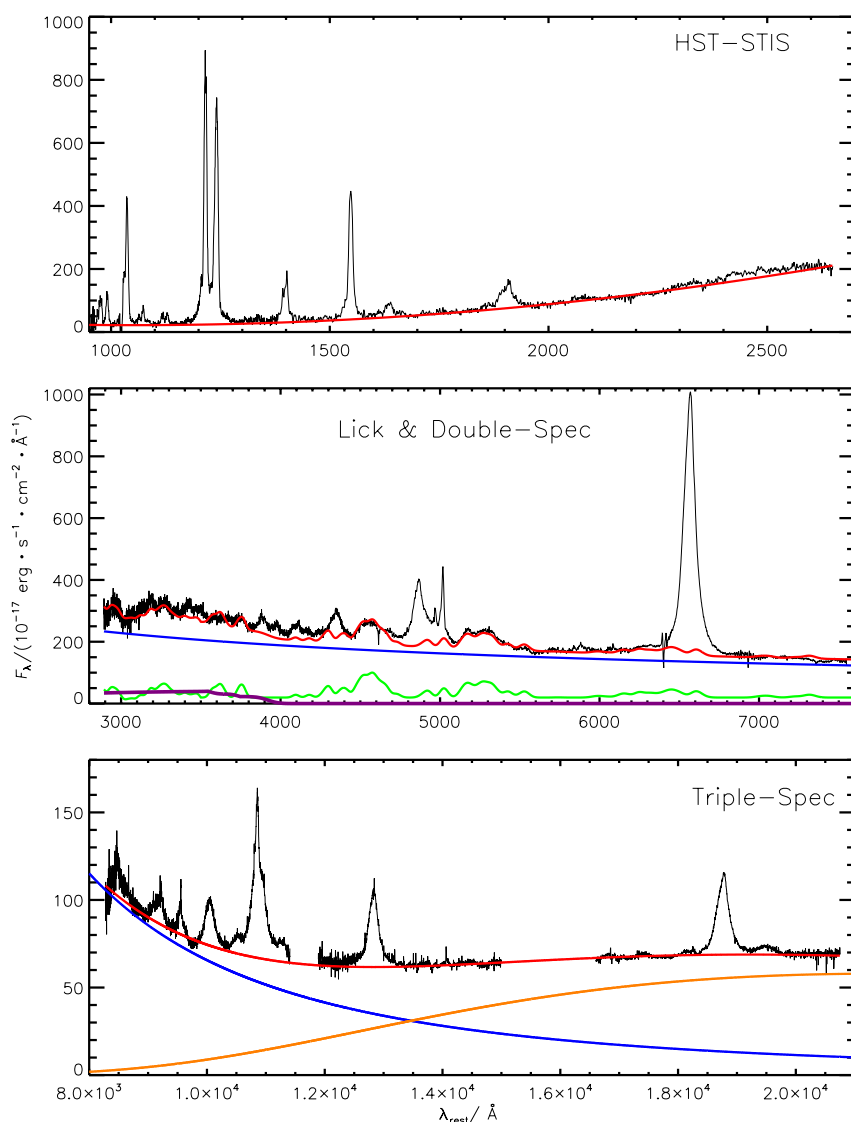


图 1 J1516+1900 的观测光谱(黑色)及相应的连续谱模型(红色), 横坐标 λ_{rest} 为静止系波长, 纵坐标 F_{λ} 为对应波长处的流量. 上图: HST-STIS 拍摄的紫外(UV)光谱和幂律连续谱. 中图: 由 Lick 和 Double-Spec 合并的光谱. 连续谱模型包括一个幂律谱(蓝色), 一个巴尔默连续谱(紫色)和 FeII 的多重线构成的伪连续谱(绿色). 下图: Triple-Spec 观测的近红外(IR)光谱. 连续谱包括一个幂律谱(蓝色)和一个黑体谱(橙色). 从这些光谱中可以看到, 紫外波段的发射线呈现出显著的中等宽度成分, 而光学红外波段的发射线主要是宽线成分.

Fig.1 The observed spectra (black) of J1516+1900 overlaid with the continuum models (red). Top: The UV spectrum obtained by HST-STIS and a power-law continuum model. Middle: The optical spectra observed by Lick and Double-Spec. The continuum includes a power law (blue), a Balmer continuum (purple), and FeII pseudocontinuum (green). Bottom: The IR spectrum taken by Triple-Spec. The continuum includes a power law (blue) and a black body (orange). It can be seen from these spectra that the UV emission lines are dominated by the IEL components, while the optical and IR emission lines are dominated by the BEL components.

表 1 J1516+1900发射线的测量结果
Table 1 Measurements of the emission lines of J1516+1900

Lines	BELs	IELs	NELs
	/($10^{-17} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$)		
Ly β	64 ± 12	421 ± 42	17 ± 8
OVI	321 ± 35	1652 ± 72	24 ± 8
Ly α	3120 ± 51	3280 ± 65	105 ± 12
NV	1501 ± 37	3951 ± 58	200 ± 21
SiIV	457 ± 78	923 ± 114	38 ± 9
CIV	2062 ± 51	1859 ± 90	66 ± 25
H β	9521 ± 1041	895 ± 98	17 ± 5
H α	60458 ± 1024	6924 ± 701	98 ± 63
Pa β	3246 ± 312	154 ± 62	8 ± 6
Pa α	2847 ± 213	314 ± 174	5 ± 4

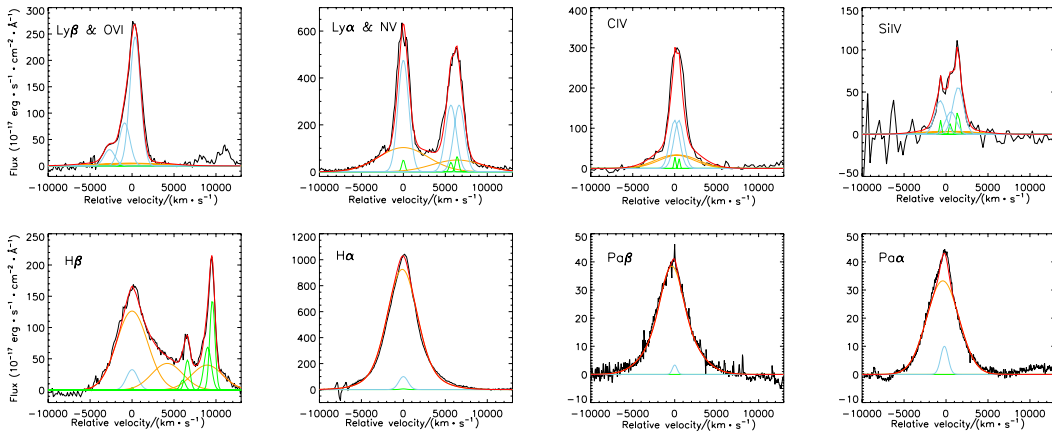


图 2 J1516+1900光谱中的强发射线在共同速度空间下的轮廓. 按照波长从短到长的序列, 我们分别展示Ly β 、OVI、Ly α 、NV、CIV、SiIV、H β 、H α 、Pa β 和Pa α 等主要发射线, 黑线为观测光谱, 红线为拟合的光谱. 可以看到, 紫外波段的发射线主要由IEL主导, 而光学红外波段的发射线由BEL主导. 我们将这些发射线分解为BEL (橙线), NEL (绿线)以及IEL (青线)3个成分.

Fig. 2 The strong emission lines of J1516+1900 shown in their common velocity space. We show the main emission lines of Ly β , OVI, Ly α , NV, CIV, SiIV, H β , H α , Pa β , and Pa α from short to long wavelengths, black lines are the observed spectrum, and red lines are the fitting spectrum. The UV emission lines are dominated by the IEL components, while the optical and IR emission lines are dominated by the BEL components. We have decomposed these emission lines into BEL (orange), NEL (green), and IEL (cyan) components.

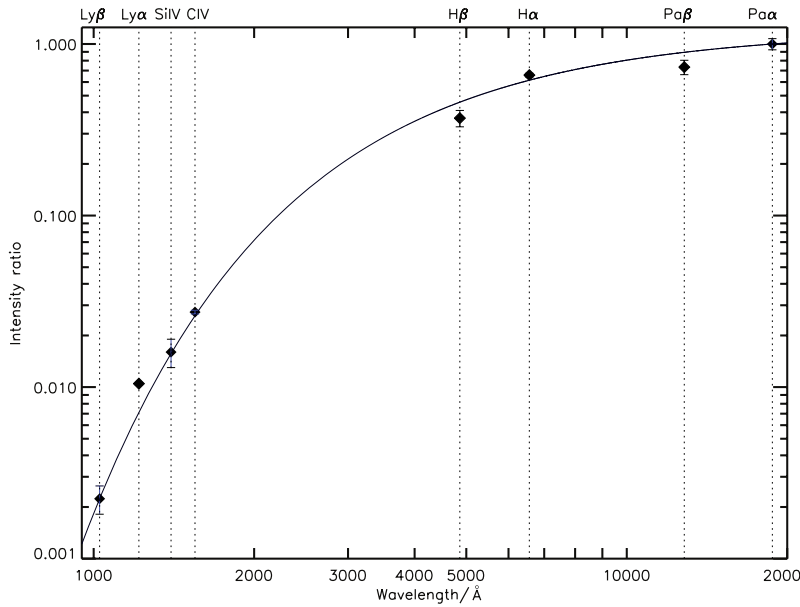


图 3 J1516+1900 的 BEL 与类星体平均谱 BEL 的强度对比(菱形), 并归一化到 $\text{Pa}\alpha$. 随着波长变短, 两者的强度比也随之减小, 这提示宽发射线可能被红化. BEL 的消光可以用小麦云消光曲线(黑色实线) $E(B - V) = 0.32$ 较好地拟合.

Fig. 3 Intensity ratios (diamond) of the BELs in J1516+1900 to BELs in the composite quasar. The ratios are normalized to the unity at $\text{Pa}\alpha$. The intensity ratios gradually decrease from long to short wavelength lines, suggesting the BELs may be reddened. The BEL intensity can be modelled by an SMC-like extinction with $E(B - V) = 0.32$ (the black solid line).

根据 J1516+1900 多波段光谱和测光数据, 我们构建了其宽波段 SED (spectral distribution of energy, 图 4). 作为对比, 我们在图中同时画了一条宽波段类星体的平均谱 (Zhou 等^[12]; $\lambda < 3000 \text{ \AA}$ 取自 Vanden Berk 等^[10]; $3000 \text{ \AA} < \lambda < 2 \mu\text{m}$ 取自 Glikman 等^[11]; $\lambda > 2 \mu\text{m}$ 取自 Netzer 等^[13]), 并将其归一化到 J1516+1900 的 WISE-W3 波段. 观测到的 J1516+1900 的 SED 在长波段与类星体平均谱几乎完全一致, 而在短波段的强度明显弱于平均谱. 我们用小麦云消光曲线和之前宽线的红化量 $E(B - V) = 0.32$ 对类星体平均谱进行红化, 发现红化后的平均谱 (红色线), 与 J1516+1900 的观测能谱大体吻合. 这显示 J1516+1900 的宽线区和吸积盘可能经历了相同的尘埃消光过程.

3 讨论

利用测量的 BEL 线宽和经过消光改正后 5100 \AA 处的连续谱光度, J1516+1900 中央超大质量黑洞质量按照经验公式 (Wang 等^[14]) 估算 $M_{\text{BH}} \sim 5.75 \times 10^8 M_{\odot}$. 结合 IEL 线宽, 并假定 IELR 是维里化的, IELR 到中心黑洞距离估计为 $GM_{\text{BH}}/(f_{\text{IEL}})^2$, 其中 G 是引力常数, M_{BH} 是黑洞质量, f_{IEL} 是比例因子. 在 IELR 为各向同性 (即视线方向上的速度弥散等同于任何方向的速度弥散), 在 IEL 为高斯轮廓的情况下, 比例因子为 $f_{\text{IEL}} = \sqrt{3}/2.354$ (Li 等^[4]). 由此估计 IEL 发射区到中心黑洞的距离约为 1.6 pc .

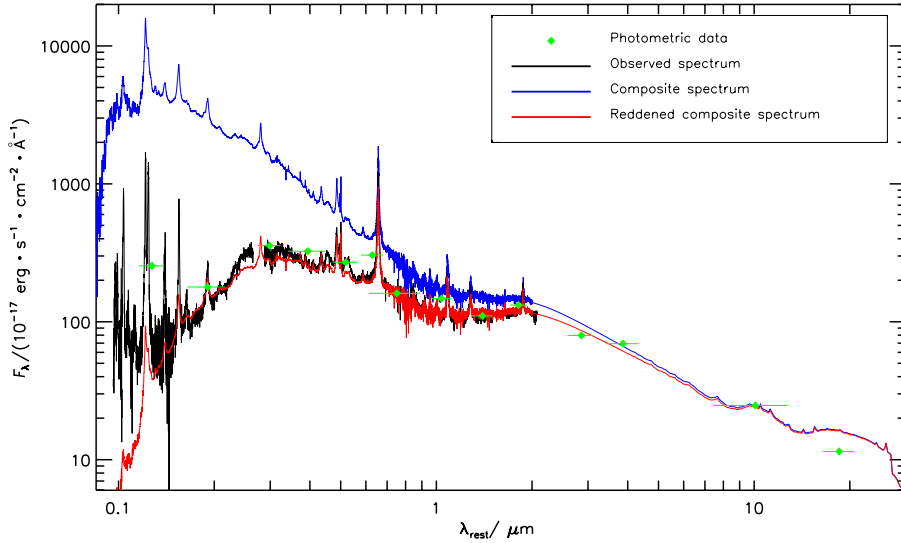


图 4 J1516+1900宽波段SED. 横坐标 λ_{rest} 为静止系波长, 纵坐标 F_{λ} 为对应波长处的流量. 黑色实线代表观测的光谱, 绿色菱形代表观测的测光数据. 蓝色实线代表类星体的平均谱(归一化到WISE-W3), 在长波段, J1516+1900的SED与类星体的平均谱几乎完全一致, 而在短波段J1516+1900 SED逐渐偏低. 将类星体平均谱按照小麦云消光曲线和红化量 $E(B - V) = 0.32$ 红化后(红色实线), 与J1516+1900 SED大体吻合.

Fig. 4 The broadband SED of J1516+1900. We plot the observed spectra (black solid line), the photometric data (green solid diamond), and the quasar composite spectrum (blue solid line) normalized at WISE-W3. The observed SED of J1516+1900 is identical to the composite quasar spectrum in long-ward portion, while gradually decreases in short-ward wavelengths. A reddened quasar composite spectrum (red solid line) by the SMC extinction with $E(B - V) = 0.32$ can roughly model the observed SED of J1516+1900.

通常认为活动星系核的发射线是由光致电离过程产生的. 如果认同IEL也是由光致电离产生, 那么IELR气体的电离状态可以通过比较观测到的IEL与光致电离模型来限定. 借助CLOUDY (Version 13.03, Ferland等^[15])程序, 我们做了一个光致电离的模拟. 作为简化的模型, 我们假设中心电离源具有常规AGN的SED (我们采用CLOUDY模板库里的MF87 SED, Mathews等^[16]), 气体具有太阳金属丰度, 且无尘埃并有足够大的柱密度. 通过变化电离气体的密度 n_{H} 和电离参数 U 的范围, 我们利用CLOUDY计算一个 n_{H} 和 U 同时变化的2维网格. 气体密度和电离参数的变化范围分别是 $n_{\text{H}} \sim 10^9 - 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 、 $U \sim 10^{-3} - 10^0$. 2者的变化步长都是0.5 dex. 图5是光致电离模型计算的结果. 图中画出不同发射线对 $\text{Ly}\alpha$ 的流量比的等值线. 我们利用J1516+1900紫外光谱中显著的IEL来限定发射区的物理参量. 图中填充的区域代表 1σ 测量误差的观测范围. 由图可见, 在这个2维平面上, 观测值在参数空间 $n_{\text{H}} \sim 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 和 $U \sim 10^{-0.65}$ 附近处形成一个交集(图中五角星的位置). 气体到中心电离源的距离可以估计为 $R_{\text{IELR}} = \int_{\nu_0}^{\infty} \frac{L_{\nu}}{4\pi c n_{\text{H}} U h \nu} d\nu$, 其中 L_{ν} 是中心电离源的单色光度, 积分范围包括所有氢的电离光子, c 为真空光速, h 为普朗克常数, ν 为频率. 在图5中, 我们用虚线画出了气体到电离源距离的等值线. 根据上面限定的 n_{H} 和 U 的参数区域, J1516+1900 IELR距离中心电离源的距离约0.016 pc.

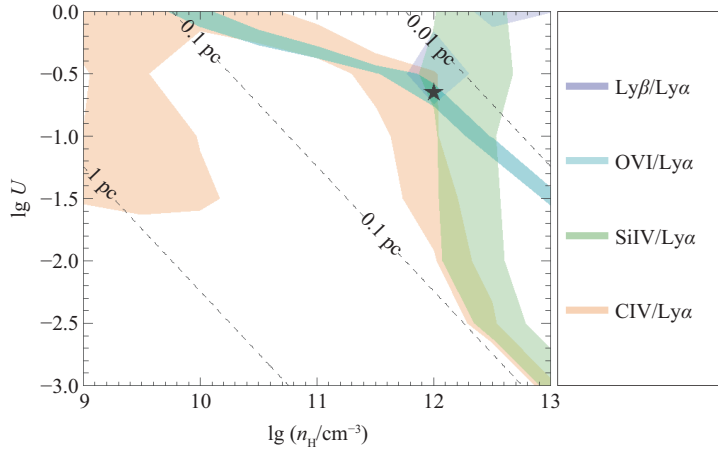


图 5 利用CLOUDY计算的以 U 和 n_{H} 为自变量,不同发射线流量(归一化到 $\text{Ly}\alpha$)的等值线.不同颜色填充区域表示观测值 1σ 范围的测量误差,黑色五角星代表图中的重叠位置.虚线代表电离气体到电离源的距离 $R_{\text{IELR}} = \int_{\nu_0}^{\infty} \frac{L_{\nu}}{4\pi c n_{\text{H}} U h\nu} d\nu$.

Fig. 5 Contours of the line-intensity ratios (normalized by $\text{Ly}\alpha$) as the functions of U and n_{H} . The filled areas are the observed ranges for 1σ measurement errors. The black star represents the position of observational overlap. The dashed lines present the distance of ionized gas to central ionizing source

$$R_{\text{IELR}} = \int_{\nu_0}^{\infty} \frac{L_{\nu}}{4\pi c n_{\text{H}} U h\nu} d\nu.$$

由光致电离模型给出的IELR的位置,比由维里化估算出的结果小2个量级.2者存在的矛盾预示IELR可能有较为复杂的物理结构.(1)如果光致电离模型的估算是正确的,那么IEL维里化的假设在J1516+1900这个天体中可能是有问题的.J1516+1900的IELR或许是一个倾向于扁平的几何结构,这个区域的气体运动接近类似开普勒的轨道运动.在这种情况下,观测者视线方向上看到的气体发射线,可以表现为比通常BEL更窄一些的中等宽度的速度展宽;(2)按照Bentz等^[17]给出的AGN连续谱光度与宽线区半径的经验关系,利用J1516+1900消光改正后测量的 5100 \AA 处的连续谱光度,得到这个源的BELR到中心的距离 $R_{\text{BELR}} \sim 0.12 \text{ pc}$.可见,IELR要比BELR更靠近中心黑洞.通常我们认为,AGN附近的电离气体,距离中央黑洞越近,产生的发射线越宽.但从对J1516+1900的IEL分析结果来看,可能并不总是这样的;(3)从前文的分析中,我们看到J1516+1900的吸积盘和BELR很可能都经历了尘埃消光,而光谱中显著的IEL意味着这个源的IELR没有经历尘埃消光.Baskin等^[18]的研究认为,AGN吸积盘在靠外的区域会鼓起,从而容易被吸积盘内区发出的辐射电离后形成BEL.BELR在靠外的部分存在尘埃,并向内延伸至约 $0.18R_{\text{BELR}}$ 的位置处开始过渡到无尘埃的区域.在这个情况下,J1516+1900的IELR或许是传统BELR中靠电离源更近的那一部分,在这个区域里,强烈的电离光子将尘埃升华,而观测到红化BEL和连续谱是来自比较靠外的还有尘埃存在的区域.对这些理论假设的验证需要我们观测更多类似J1516+1900的部分遮蔽类星体并进行系统的分析研究.

4 总结与展望

利用部分遮蔽类星体J1516+1900来探测IEL是本文的主要工作. 巴尔末减幅偏大以及宽线强度与类星体平均谱的对比结果都提示尘埃遮蔽使得J1516+1900的BEL被严重消光红化, 从而线宽FWHM \sim 1700 km/s的IEL成分主导了紫外波段的发射线. 在长波段J1516+1900的宽波段SED与类星体平均谱基本一致, 而随着波长的变短SED逐渐变低. J1516+1900观测谱中的宽发射线和连续谱都可以用小麦云消光曲线按照 $E(B - V) = 0.32$ 近似拟合, 显示J1516+1900的宽线区和吸积盘可能经历了相同的尘埃消光过程. 我们采用了两种独立的途径估计J1516+1900的IELR位置: (1)在维里化的假设下, 根据J1516+1900 IEL的线宽和中央超大质量黑洞的质量 $M_{\text{BH}} \sim 5.75 \times 10^8 M_{\odot}$, 估计IELR到中央黑洞的距离约为1.6 pc; (2)结合光致电离模型和J1516+1900 IEL的强度, 我们将J1516+1900中等宽度发射区的电离气体限定在密度 $n_{\text{H}} \sim 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 、 $U \sim 10^{-0.65}$ 附近, 并由此估计IELR到中央黑洞的距离为 ~ 0.016 pc. 由光致电离模型给出的IELR位置, 比由维里化估算出的结果小2个量级. 2者存在的矛盾预示IELR可能有较为复杂的物理结构, 我们初步探讨了J1516+1900中IELR可能的物理结构. 将来观测更多类似J1516+1900的部分遮蔽类星体并进行系统的分析研究, 有可能为揭示AGN发射区物理性质提供有用的研究线索.

参考文献

- [1] Mason K O, Puchnarewicz E M, Jones L R. MNRAS, 1996, 283: L26
- [2] Gonçalves A C, Véron P, Véron-Cetty M P. A&A, 1999, 341: 662
- [3] Sulentic J W, Marziani P. ApJ, 1999, 518: L9
- [4] Li Z Z, Zhou H Y, Hao L, et al. ApJ, 2015, 812: 99
- [5] Morrissey P, Conrow T, Barlow T A, et al. ApJS, 2007, 173: 682
- [6] York D G, Adelman J, Anderson J E Jr, et al. AJ, 2000, 120: 1579
- [7] Skrutskie M F, Cutri R M, Stiening R, et al. AJ, 2006, 131: 1163
- [8] Wright E L, Eisenhardt P R M, Mainzer A K, et al. AJ, 2010, 140: 1868
- [9] Schlafly E F, Finkbeiner D P. ApJ, 2011, 737: 103
- [10] Vanden Berk D E, Richards G T, Bauer A, et al. AJ, 2001, 122: 549
- [11] Glikman E, Helfand D J, White R L. ApJ, 2006, 640: 579
- [12] Zhou H Y, Ge J, Lu H L, et al. ApJ, 2010, 708: 742
- [13] Netzer H, Lutz D, Schweitzer M, et al. ApJ, 2007, 666: 806
- [14] Wang J G, Dong X B, Wang T G, et al. ApJ, 2009, 707: 1334
- [15] Ferland G J, Korista K T, Verner D A, et al. PASP, 1998, 110: 761
- [16] Mathews W G, Ferland G J. ApJ, 1987, 323: 456
- [17] Bentz M C, Walsh J L, Barth A J, et al. ApJ, 2009, 705: 199
- [18] Baskin A, Laor A. MNRAS, 2018, 474: 1970

Origin of Ultraviolet Intermediate-width Emission Lines in Partially Obscured Quasar SDSS J151653.22+190048.2

ZHOU Jun-yan¹ LI Zhen-zhen² PAN Xiang³ SUN Lu-ming¹ JIANG Peng³
HAO Lei² ZHOU Hong-yan^{1,3}

(1 Department of Astronomy, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

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

(3 Polar Research Institute of China, Shanghai 200136)

ABSTRACT Quasar SDSS J151653.22+190048.2 (J1516+1900) presents very peculiar spectral characters in the observed ultraviolet, optical, and infrared bands: the full widths at half maximum intensity (FWHM) of optical emission lines ($H\alpha$, $H\beta$, and infrared $Pa\alpha$ and $Pa\beta$) are all larger than 5000 km/s, and the equivalent widths of these emission lines also approach to those of normal quasars; while the ultraviolet emission lines ($Ly\beta$, OVI, $Ly\alpha$, NV, SiIV, and CIV) are dominated by intermediate-width emission lines (IELs) with FWHM \sim 1700 km/s. This phenomenon can be explained as a partially obscuration effect: the broad emission lines (BELs) in ultraviolet are heavily suppressed by the dust extinction and thus the IELs become prominent; the dust extinction in optical is not significant, and the IELs are hard to be detected due to the brightness of BELs. Using the IEL width and central super-massive black hole mass $M_{BH} \sim 5.75 \times 10^8 M_{\odot}$ of J1516+1900, and assuming that the intermediate-width emission line region (IELR) is virialized, we estimate the distance of IEL region to central black hole is about 1.6 pc. On the other side, by combining the photo-ionization calculations and observed IELs intensity, we find the IELR has a density of $\sim 10^{12} \text{ cm}^{-3}$, ionization parameter of $\sim 10^{-0.65}$, and its distance to the central region of ~ 0.016 pc, which is one percent of that based on the virialized estimation. This contradiction can provide an important clue for studying the geometry, physical condition, and the origin of emission line region in active galactic nuclei.

Key words galaxies: active, galaxies: nuclei, quasars: emission lines, quasars: super-massive black holes, quasars: individual: SDSS J151653.22+190048.2