

类星体吸收线与宇宙学问题

陈建生

(中国科学院北京天文台)

提 要

本文对用类星体吸收线作为探针来研究许多宇宙学问题作了述评, 这些问题是: 1. 类星体发射线红移、延展晕及类星体周围环境的宇宙学性质; 2. 宇宙氢云与 L_* 森林及其对宇宙学认识的重要作用; 3. 高红移下氦、氮原子与氢分子的探测。

一、引 言

在类星体吸收线的标题下, 近年来国际上已发表了许多重要的评论文章, 推荐有兴趣的读者阅读以下的文献:

- 1) Weymann, R. J., Carswell, R. F. and Smith, M.G. ^[1]
- 2) Boksenberg, A. and Sargent, W. L. W. ^[2]
- 3) Sargent, W. L. W. and Boksenberg, A. ^[3]
- 4) Weymann, R. J. and Foltz, C. ^[4]
- 5) Chen J.-S. ^[5]

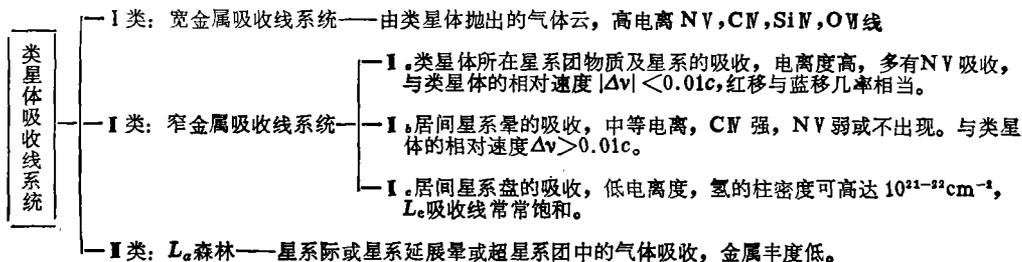
本文重点评述与宇宙学有关的若干类星体吸收线问题。为使文章自成体系, 下一节先概述类星体吸收线的主要概念。本文旨在评述学术思想, 无意盖全这领域的文献, 想深入了解的读者可查上述五篇文章的篇末详细文献目录。

二、概 述

天体光谱的吸收线是十分普遍的现象, 类星体吸收线光谱之所以独占一席并成为今天天体物理学的前沿领域, 在于它的特殊性。除微波背景以外, 类星体是已知的离我们最遥远的天体。它投来的光要经过各种物质的吸收, 所以蕴藏着大量的信息。对于遥远的星系际空间, 那里的星系已经消失在望远镜的探测极限之外, 类星体吸收线成了研究它们的唯一手段。类星体吸收线光谱研究方法也异于通常对恒星光谱的研究, 所观测到的光谱是各种物质吸收的迭加之和, 研究它们则需要分解反演; 地面可见区观测到的是高红移吸收物质的紫外光谱; 不仅吸收物质所处的环境的物理条件(温度、密度等)与恒星大气极其不同, 而且它所处的宇

宙时刻也不一样,宇宙演化效应也不可忽略。

考察了不同类星体的各种吸收线的“图案”之后, Weymann 等人^[1]将吸收线光谱分为四类; Chen^[5]将吸收线分为三类,后者分类法把类星体吸收线的电离度、形态与它们的起源直接联系起来。下表给出类星体吸收线系统分类表:



类星体吸收线的起源粗分两大类: 抛射物质吸收假说与间居物质吸收假说。宽线系统起源于类星体自身抛射的物质吸收的看法争议不多, 窄线系统属于哪一种曾一度争论很大, 但日趋统一。有的窄线系统的红移略大于发射线红移, 一般不超过 3,000 公里/秒, 这是由星系团弥散速度引起的。星系晕的电离程度比星系盘的高, 其截面比盘大得多, 这和中等电离系统比低电离系统的数目多得多的观测相符。盘中中性氢的柱密度可高达 10^{21}cm^{-2} , Mg II 系统可能出现在盘和晕的过渡区。氢的 21 厘米谱线系统的出现与 Mg II 系统有很强的相关性。有的窄线系统是各种电离度的混合系统, 在同一红移系统里同时包含有 II $_a$, II $_b$, 和 II $_c$ 系统, 例如 PKS 0528 - 250^[6] 的 $Z_{\text{obs}} = 2.81211$ 系统。这种混合系统出现的几率很小, 可以解释为类星体的光斜穿过类星体的晕和盘。高红移星系晕的 CIV 线比银河系晕的强, 但 Ca II 的 H, K 线却弱得多。这可能是宇宙演化的效应。

宽吸收线系统是近年来引起广泛注意的问题, 一半由于采用物端棱镜方法, 发现的新系统数目剧增, 另一半由于宽线系统是和类星体本身的抛射活动有关; 通过宽线系统可以触及许多类星体本身的物理及演化。宽吸收线系统表现出来的现象包括谱线形状、相对速度、电离度, 相对丰度比发射线的内容丰富, 估计在今后几年内理论和观测均会有大进展。

L α 森林已为观测证实。天文学家对宇宙氢云的存在确信无疑, 氢云物理、演化及起源却是过去几年热烈争论的问题。它的解决将和宇宙学的许多重大问题有关。

以吸收线作为工具研究各种天体物理问题的潜力, 越来越显示出来。宇宙不可视物质的问题日臻突出, 类星体的强紫外辐射使其中相当部分变为“可视”。发现类星体的方法也日臻成熟, 以类星体为背景光源可以研究各类问题, 如:

- i) 研究银河系自身的盘和晕以及低红移星系际空间、近星系的延展晕。
- ii) 研究星系团背景的类星体, 可以了解团内各种物理场如温度、化学成份、相对丰度、弥散速度、自转速度、密度场, 为星系形成的环境、星系团物理、动力学及演化提供重要信息。
- iii) 大红移星系际空间及星系晕、盘的物理条件及其随宇宙时刻的演化。
- iv) 各种角距的类星体及类星体群的吸收线, 可被用来研究各种吸收物质尺度的上、下限。

三、红移本质及双类星体吸收线

类星体发射线红移本质争论已久。怀疑与反对宇宙学红移解释的论据主要有两点, 其一是类星体的能量难以解释; 其二是某些成协天体的红移反常现象。类星体能量范围与赛佛特星系、巨椭圆星系、河外致密电离氢区的能量连续平滑过渡, 矛盾已不突出。投影近距对的红移反常可用蒙特卡洛法证明完全是随机分布的结果^[7]。新的观测却支持宇宙学红移。比如, 引力透镜现象的发现, 投影近距类星体-星系对的类星体吸收线光谱中均找到红移等于视成协星系的Ca II H, K 线(3C 232^[8], Q 0446-208^[9], PKS 2020-370^[10])。对这些新证据仍存在一些异议: 引力透镜的判决性观测——变光的时延现象尚未成功得到, Arp 认为(私人通信), 类星体-星系对的现象, 不排斥类星体包含在星系晕内的可能性。最近一系列投影近距双类星体吸收线观测的成功, 为类星体发射线红移的宇宙学本质提供了最直接的支持。一对投影近距类星体的两个成员, 一个成员具有相对高的红移, 另一个成员红移相对低。如果红移来自宇宙学的距离, 低红移成员将吸收高红移成员的光, 在高红移类星体的光谱里产生一吸收线系统, 其红移值等于低红移类星体的发射线红移。如果红移与宇宙学距离无关, 相反的情况将以相同的几率出现。由于两个成员均是类星体, 较类星体-星系对有很好的对称性; 没有任何理由认为一对类星体中相对为低红移的成员才有晕, 另一成员没有晕, 也没有理由认为高红移的成员只可能位于低红移成员的晕中, 而不发生相反的情形。在所研究过的类星体对中, 只发生低红移类星体成员吸收高红移类星体成员的光, 观测以99%的置信度否定了红移与宇宙学距离无关的假说。

可以把投影类星体对的吸收线系统分为两类: 一类称为“共同”吸收线系统, 另一类称为“成协”的吸收线系统。“共同”系统指的是两个类星体都有相同红移的吸收线系统; “成协”系统指的是高红移类星体的光谱被低红移类星体所吸收。现在观测了12对投影近距类星体对的光谱, 一共有20个吸收线系统。其中属于“共同”吸收线系统的只有三对类星体(0957+561A,B, Q 0307-195A,B, 及 0028,9+003)。共同系统的红移值比类星体本身红移小很多, 由吸收线定出的产生“共同”吸收的吸收体的尺度小于400kpc。没有在更大的线尺度上发现共同系统。如果“共同”系统是居间星系的晕造成的, 那么星系外围光学不可视的晕的大小将不超过几百千秒差距, 和以前估计的 $100h^{-1}$ kpc相当^{[11],[12]}。

“成协”系统远比“共同”系统出现的频数高得多, 特别是对于投影距离小于 $500h^{-1}$ kpc的情形, “成协”系统出现的频数高达75%。“成协”系统是类星体周围物质吸收造成的。由此说明, 类星体周围的环境与普通星系的环境不同, 或者是物质密度高, 或者是类星体具有很延伸的晕, 观测事实支持两者兼而有之。最近关于类星体周围环境的研究^{[13],[14]}都表明类星体处于星系团中; 而Q 0307-195A,B与Q 0028,9+003两对近距类星体对的“成协”系统与类星体自身的发射线红移之间, 红移相差小于200公里/秒, 这说明吸收线系统极可能是由类星体本身的晕产生的。类星体有延展晕已为许多低红移($Z < 0.5$)的直接观测所证明, Bergeron等人^[15]对QSO MR 2251-178的[O III]发射线的观测, 已找到至少不小于 $150h^{-1}$ kpc的晕。据Bahcall的估计, 类星体的晕可大到1 Mpc。空间望远镜肯定能提供大量的关于类星体晕、

类星体环境及星系际介质物理的信息。

四、 L_{α} 森林的宇宙学问题

基于 L_{α} 森林的众多观测事实所发现的宇宙氢云，为研究宇宙学问题提供了新手段。

1. 宇宙氢云的金属丰度是有关氢云是否原始的问题，即它是否为大爆炸后的第一代氢云

Sargent 等人^[16]主张宇宙氢云是原始氢云，不含或极少含恒星核反应后的生成物，根据是在 L_{α} 森林系统里没有找到对应的金属线。直接对 L_{α} 森林的金属含量作结论还为时过早，因为 L_{α} 森林本身的氢的柱密度只有 10^{14-15}cm^{-2} ，星系晕中的金属含量与氢的含量之比为 10^{-2} ，如果 L_{α} 森林中的氢云的金属相对丰度和晕中的相对丰度相当，那么金属在宇宙氢云中的柱密度只有 10^{12-13}cm^{-2} ，已低于目前地面望远镜的吸收线探测极限。改善探测极限的做法有两条：一是采用“合成”光谱法，如果合成光谱是由100条 L_{α} 线加起来的，那么探测极限可以提高10倍。Sargent 等人^[17]及 Norris 等人^[18]把同样的技术用于不同的类星体吸收线光谱得到了不同的结果。前者认为在复合光谱中没有探测到 CIV, SiIV, NV, Si II, CII 等一些通常窄吸收线系统中常出现的一些最强的谱线，Norris 等人尽管也没有探测到上述这些谱线，但却报告说，他们探测到 OVI 双线，得到 $\log N(\text{OVI})=13.8$ ，认为氢云的金属丰度与河外孤立电离氢区的丰度相当。较多的人对此结果有怀疑，其一是 OVI 线的波长小于 L_{α} 线，因而落在 L_{α} 森林区，合成光谱在那一段由于其他红移的 L_{α} 线造成的噪声很大；其二，OVI 双线在 PKS 0805 + 046 的合成光谱中，中心波长的符合性较差。Chen and Morton^[19]对 Norris 等人所用的两个类星体(OQ 172及 PKS 0805 + 046)的处理，不能重复他们的结果。另一种办法是在 L_{α} 森林中找柱密度高的线，看看那里有没有金属线出现。Sargent and Boksenberg^[3]在类星体 Q 2126 - 158 ($Z_e=3.28$) 的光谱里证实了 $Z_e=2.9982$ 的系统，此系统共含有12根 Lyman 系列的谱线(从 L_{α} 至 L_{12})，氢的柱密度高达 $\log N(\text{HI})=17.3$ ，这是罕见的系统，但仍然没有找到 OVI 双线的可靠证据。最近 Chaffe^[20]又报道说，他探测到 S II，由于仅是论文摘要，无法判断真伪。看来有关宇宙氢云是否原始的问题还有待于空间望远镜上天之后才能解决。

2. 氢云成团性问题

等温涨落宇宙大尺度成团模式是使星系两点相关函数异于1，其差为由指数等于 -1.8 的幂律来描写。用均匀 L_{α} 森林样本作的氢云两点相关函数表明，氢云沿红移 Z 的分布是随机泊松分布，没有在任何距离尺度上表现出成团性，和星系的两点相关函数不同。Sargent 等人^[16]认为，CIV 双线的两点相关函数在150公里/秒处有很强的峰值，其行为异于 L_{α} 森林的行为，并且符合有宇宙演化的两点相关函数在 $Z=2$ 处的行为。CIV 的吸收来自星系晕，CIV 的成团性说明高红移处星系的成团性。由此 Sargent 等人得出^[16]：宇宙氢云的空间分布与高红移星系的分布不同，宇宙氢云是独立于星系的另一族天体。这个统计结果基于比较小的 CIV 样本，而且是用不同方向的类星体拼接起来的样本。两点相关函数也只在小尺度有峰值，其他尺度上是均值为0的随机起伏。这种小尺度 (~ 150 公里/秒) 很可能是由于延伸范围很大的晕有结构造成的。一些高分辨本领光谱还进一步显示出 CIV 双线有更小的分裂。总之，CIV 分裂的本质还仍然是一个谜。

Oort^[21] 支持绝热涨落成团模式: 宇宙物质先塌缩成超团——薄饼、空洞、纤维等结构, 然后再演化成较小尺度的星系。按此理论, 宇宙薄饼结构应当更容易在高红移天体找到。宇宙氢云的红移比目前观测到的星系红移大得多, 氢云应成为薄饼结构。由 L_{α} 森林算出的相邻氢云之间的平均距离为 170Mpc, 与超团结构的尺度相当, 因而有利于 Oort 的观点。

L_{α} 森林出现在类星体 L_{α} 发射线的短波侧, 由吸收线方法所测到的 L_{α} 森林的最大红移受类星体红移上限的限制, 观测到的类星体在 $Z=3.5$ 处有截止的现象, 这是类星体诞生与演化的结果呢还是选择效应造成的, 尚难定论。 L_{α} 森林是否也有红移上限截止, 取决于用独立于类星体吸收线的直接方法。用米波射电望远镜的谱线接收机直接探测红移后的氢云的 21 厘米 (红移为 4 的氢云将 21 厘米移到米波) 发射线的尝试, 正在努力之中 (Shaver, 私人通讯), 旨在寻找更高红移的氢云, 并研究氢云是否有薄饼结构。

3. 氢云演化

类星体的光度函数有明显的演化效应已为观测所证实^[22]。红移大于 0.5 的星系亦有明显的演化。从观测上把现有的 Hubble 图延展到高红移以求宇宙减速参数 q_0 的方法已不可能。星系际气体和介质是否和类星体一样有演化已被提出来。Peterson^[23] 根据 4 个低色散类星体光谱首次提出氢云数密度随红移有演化, 它要比无演化的各向同性的弗里得曼模型算出的结果增长得快。1980 年, Sargent 等人^[16] 批评 Peterson 的工作, 认为 Peterson 当初在资料处理上过于粗, 没有采用均匀样本。在他们所用的六个类星体的较高分辨本领的光谱中, 选取在静止参考系内等值宽度 w_0 大于 0.32\AA 的 L_{α} 吸收线作样本, 所得统计结果却和弗里得曼无演化模型无显著差别。争论开始后, 有许多人利用更大的样本进行统计研究。Chen^[5] 表列出所有关于 L_{α} 森林 dN/dZ 的研究结果。最后大部分研究者及 Sargent 等人同意 Peterson 1978 年得到的结论。不同作者得到氢云数密度随红移的增长约为 $\sim(1+Z)^{\gamma}$, $\langle\gamma\rangle=2.1$ 。这里值得指出的还有两个问题: 一个问题是 Carswell 等人^[24] 指出的, $dN/dZ\sim(1+Z)^{\gamma}$ 的统计结果与如何计算 $\langle dN/dZ \rangle$ 的方法有关。他采用了三种方法得到了三种截然不同的结果。他把这种差异归因于三条可能的选择效应: 1. 可能混进 L_{α} 吸收线; 2. 样品太小; 3. 谱线混合效应。Bian 等人^[25] 用更大的样本以及纯 L_{α} 线区的谱线进行统计, 发现 dN/dZ 不仅与吸收线红移, 更与发射线红移有关, 其置信度比用吸收线得到的结果更好。果若如此, 问题将变得令人难解了。

支持 L_{α} 吸收线演化的事实还来自低红移类星体的紫外光谱。IUE 光谱的信噪比及分辨本领固然还不足以用来研究类星体的吸收线问题, 但演化趋势还是相当明显的, 低红移的 L_{α} 森林成为罕见的成像。令人关注的是, L_{α} 森林的红移下界的边界问题, 它是渐渐变稀呢, 还是骤然消失掉? 对不同的类星体, L_{α} 森林的消失有没有共同的特征红移值? 这些问题对于了解 L_{α} 森林的本质是很重要的, 但同样是需要空间望远镜才能回答的问题。

氢云的柱密度是否也有演化? Sargent 等人及 Zou 等人^[26] 都对等值宽度 w 与红移 Z 的相关性作过研究, 结果没有显著相关, 不过等值宽度的测量精度很低, 并且受人判断影响。柱密度又对弥散速度的假设极灵敏 (Robertson 1984, 私人通讯), 这个问题还很不明朗。

配合紫外光谱, 类星体吸收线光谱还可提供有关星系晕、盘的大小、化学丰度、温度、密度等许多物理量的演化信息, 但这方面的研究还要等待空间望远镜的工作。

五、高红移氦、氦原子和氢分子的探测

氦和氢的丰度是宇宙学理论的重要物理量。高红移的氦和氢丰度受恒星演化核过程产物的污染较少,更具有重要的宇宙学意义。

氦的赖曼 α 静止波长是 $1,215.34 \text{ \AA}$, 和氢的赖曼 α 的静止波长 ($1,215.67 \text{ \AA}$) 相差只有 0.33 \AA (在静止参考系中), 对应的相对速度只有 81 公里/秒。星系内氦和氢的丰度比 D/H 约在 10^{-4} 和 10^{-5} 之间。很小的波长差和很大的丰度比, 使得宇宙氦的探测成为极困难的问题, 为了使氦线高于现有仪器的探测极限, 氦的柱密度应不小于 10^{18} cm^{-2} , 氢的柱密度应不小于 $10^{17-18} \text{ cm}^{-2}$, 这样高柱密度的谱线常常饱和, 只有当弥散速度非常小的时候, 氦线才不会因为过宽的氢 L_{α} 线所吞没。这种情况的几率是很小的。困难还在于氦线出现在氢的 L_{α} 森林区, 氦线不仅会被相同红移的氢线所吞没, 还会被邻近红移的氢线所混合。观测上也很难区别开在一根强的氢 L_{α} 线的短波翼紫移 81 公里/秒的一根伴线究竟是氦贡献的, 还是氢 L_{α} 森林里其他邻近红移 L_{α} 线所贡献的。这就是使许多寻找宇宙氦的种种努力都未能最后成功的主要原因 (例如 Carswell 等人^[27] 和 Atwood 等人^[28])。

解决这一难题仍寄期望于空间望远镜, 一方面利用空间望远镜对一些候选者进行更高分辨本领及更高信噪比的观测; 另一方面用空间望远镜去观测一些较低红移类星体的紫外光谱, 那里的 L_{α} 森林密度由于演化效应变得很稀, 可以大大排除随机混合的可能性; 同时又常常可以在低红移类星体中找到视星等比较亮的天体, 以便得到信噪比高的光谱, 提高探测弱线的的能力。

蓝致密星系 (亦称孤立河外电离氢区) 是研究氦丰度的重要对象, 这类天体金属丰度低, 被认为是第一代恒星集中产生的区域, 由它定出的氦丰度接近于宇宙原始氦丰度。但这类天体绝对光度暗于 -23^m , 最高红移 < 0.5 , 要想了解更高红移处的星系际物质的宇宙原始氦丰度, 必须用类星体吸收线。基态氦原子及离子的共振线的静止波长为: $\text{He I } \lambda\lambda 584.3, 537.0, 522.2 \text{ \AA}$, $\text{He II } \lambda\lambda 303.9, 256.4 \text{ \AA}$ 。这些谱线无法用地面光学望远镜观测, 即使类星体的红移高达 $Z=4$, 这些谱线仍然落在紫外区。但用空间望远镜可以观测 $Z > 1.1$ 类星体的 He I 线, $Z \geq 2.6$ 的 He II 线。对这样高红移的类星体, 可以在一个红移系统内获得 He I, He II 及 H I 的赖曼线系。氢的电离度可以由 O I, O II 及 O III 或 N I $\lambda 1,134.6 \text{ \AA}$ 及 N II $\lambda 1,084 \text{ \AA}$ 谱线定出, 因此可以求得 He/H 的丰度比。特别有趣的是研究 $Z_{\text{obs}} > 2.6$ 的系统, 可以同时得到 H I, He II, O I, O II, O III 以及 N I, N II 的丰度。对于红移足够高的吸收线系统, 配合地面光学望远镜, 不但可以获得 L_{α} 森林的信息, 而且还可以知道是否有 He II 森林的存在。

探测分子氢云遇到的困难和探测氦的困难有相似之处。虽然早在 1951 年便探测到氢原子的 21 厘米线, 继后射电天文学家又探测了许多 CO 、 H_2O 和有机分子谱线, 但宇宙中元素丰度最高的氢分子云却推迟到七十年代才首次探测到。原因是氢分子最强的分子谱线带 Lyman 及 Werner 带分布在紫外, 直到哥白尼紫外卫星上天之后才第一次在星际空间探测到这样的云。自从高红移类星体发现之后, 原则上有可能在地面可见光窗口内观测到红移后的远紫外谱线带。七十年代 Carlson^[29], Aaronson, Black 和 Mckee^[30], Wingert^[31], Coleman 等人^[32]

试图去找 H_2 , 但所用的光谱的分辨本领还不够高, 没能成功。光谱分辨本领提高之后, 情况并没有好转, 又出现了新的问题: H_2 的分子带亦出现在 L_α 森林区, 如何从 L_α 森林带中分析 H_2 的 Lyman 及 Werner 带尚存在着困难。Levshakov 和 Varshalovich^[33] 利用 Baldwin 等人 (1974) 所得到的 OQ 172 光谱, 报告说找到 $Z_{obs}=3.092, 2.651$ 两个 H_2 的系统。但 Peterson^[35] 用更高分辨本领的光谱无法重复他们的结果。Peterson 用交叉相关方法找 H_2 的分子带没有成功。能否用交叉相关方法找 H_2 的分子带是值得讨论的, 因为 L_α 森林对相关函数的贡献相当于是一种噪声, 一个弱的 H_2 系统淹没在 L_α 森林中, 是很难从 L_α 森林的噪声中提取出来的。

在类星体吸收线发现之前, 我们对遥远星系际空间还一无所知。今天星系际空间成为研究星系形成过程的重要环境, 连同延伸很广的不可视的星系外围结构, 越来越成为现今天体物理学最活跃的阵地。类星体吸收线的研究, 带来了崭新的信息, 新的希望, 并带来许多新的问题, 未来十年将是这个学科突飞猛进的年代。

参 考 文 献

- [1] Weymann, R. J., Carswell, R. F. and Smith, M. G., *Ann. Rev. A. Ap.*, 19 (1981), 2177.
- [2] Boksenberg, A. and Sargent, W. L. W., in *Proceedings of the 24th Liège International Astrophysical Colloquium*, pp.504-517, (1983).
- [3] Sargent, W. L. W. and Boksenberg, A., in *Proceedings of the 24th Liège International Astrophysical Colloquium*, pp.518-537, (1983).
- [4] Weymann, R. and Foltz, C., in *Proceedings of the 24th Liège International Astrophysical Colloquium*, pp.538-555, (1983).
- [5] Chen, J. -S. in *The Third Asian-Pacific Meeting of IAU(1984)*; Submitted to *Astrophysics and Space Science*.
- [6] Morton, D. C., Chen, J. -S., Wright, A. E., Peterson, B. A. and Jauncey, D. L., *MNRAS*, 193 (1980), 399.
- [7] Shaver, P. A., ESO Preprint (1984).
- [8] Boksenberg, A. and Sargent, W. L. W., *Ap. J.*, 220 (1978), 42.
- [9] Blades, J. C., Hunstead, R. W. and Murdoch, H. S., *MNRAS*, 194 (1981), 669.
- [10] Boksenberg, A. and Danziger, I. J., Fosbury, R. A. E. and Goss, W. M., *Ap. J. Letters*, 242 (1980), L145.
- [11] Weymann, R. J., Williams, R. E., Peterson, B. M., and Turnshek, D. A., *Ap. J.*, 234 (1979), 33.
- [12] Sargent, W. L. W., Young, P., Boksenberg, A., Carswell, R. F. and Whelan, J. A. J., *Ap. J.*, 230 (1979), 49.
- [13] Stockton, A., In *The Third Asian-Pacific Meeting of IAU*, (1984).
- [14] Yee, H. K. C. and Green, R. F., *Ap. J.*, 280 (1984), 79-90.
- [15] Bergeron, J., Boksenberg, A., Dennefeld, M. and Farenghi, M., *MNRAS*, 202 (1983), 125.
- [16] Sargent, W. L. W., Young, P. J., Boksenberg, A. and Tytler, D., *Ap. J. Suppl.*, 42 (1980), 41.
- [17] Sargent, W. L. W., Young, P. J. and Boksenberg, A., *Ap. J.*, 252 (1982), 54.
- [18] Norris, J., Hartwick, F. D. A. and Peterson, B. A., *Ap. J.*, 273 (1983), 450.
- [19] Chen, J. -S. and Morton, D. C., *MNRAS*, 208 (1984), 167.
- [20] Chaffee, F. W., Private Communication, (1984).
- [21] Oort, J., *A. Ap.*, 139 (1984), 211-214.
- [22] Véron, P., in *Proceedings of the 24th Liège International Astrophysical Colloquium*, pp. 210-235, (1983).
- [23] Peterson, B. A., in *IAU Symposium No. 79*, pp.389-392, (1978).

- [24] Carswell, R. F., Whelan, J. A. J., Smith, M. G., Bokseberg, A. and Tytler, D., *MNRAS*, **198** (1982), 91.
- [25] Bian, Y. -L., Chen, J. -S. and Zou, Z. -L., (1984) (in preparation).
- [26] Zou, Z. -L., Chen, J. -S., Bian, Y. -L., Tang, X. -Y. and Cui, Z. -X., *Acta Astrophysica Sinica*, **2** (1982), 253.
- [27] Carswell, R. F., Morton, D. C., Smith, M. G., Stockton, A. N., Turnshek, D. A. and Weymann, R. J., *Ap. J.*, **278** (1984), 486.
- [28] Atwood, B., Baldwin, J. A. and Carswell, R. F., in Proceedings of the 24th Liège International Astrophysical Colloquium, pp. 581-585, (1983).
- [29] Carlson, R. W., *Ap. J. Letters*, **190** (1974), L99.
- [30] Aaronson, M., Black, J. H. and Mckee, C. F., *Ap. J. Letters*, **191** (1974), L53.
- [31] Wingert, D. W., *Ap. J.*, **198** (1975), 267.
- [32] Coleman, G., Carswell, R. F., Strittmatter, P. A., Williams, R. E., Baldwin, J., Robinson, L. B. and Wampler, E. J., *Ap. J.*, **207** (1976), 1.
- [33] Levshakov, S. A. and Varshalovich, D. A., *Ap. J. Letters*, **20** (1979), 67.
- [34] Baldwin, J. A., Burbidge, E. M., Burbidge, G. R., Hazard, C., Robinson, L. B. and Wampler, E. J., *Ap. J.*, **193** (1974), 513.
- [35] Peterson, B. A., in IAU Symposium No. 104, pp.349-358, (1982).

(责任编辑 刘金铭)

QSO Absorption Lines and Cosmology

Chen Jiansheng

(Beijing Astronomical Observatory, Academia Sinica)

Abstract

This paper reviews the problems concerning the studies of many cosmological questions by using QSO absorption lines as a probe. These problems include: 1) the cosmological nature of QSO emission line redshift, the extended halo and the environment of QSOs; 2) the L_{α} forest from the cosmological hydrogen clouds and its important role in understanding cosmology and 3) the detection of atomic deuterium, helium and molecular hydrogen at high redshift.