

# 类星体红移的本质和星系的晚期演化

梅晓春

(福州原创物理研究所)

**内容摘要** 我们目前已经建立了宇宙与恒星的演化理论，但仍缺乏星系的演化理论。目前把类星体看成宇宙早期产生的活动星系，经过几十亿年的时间历程，变成普通的漩涡星系和椭圆星系。然而普通星系未来会变成什么呢？这是天体演化理论的一个缺失环节，需要弥补。本文指出，类星体不是宇宙早期的活动星系核，而是普通星系演化的晚期阶段。在此阶段星系外围的大部分物质被引力吸入星系核，星系体积大大减小，角动量守恒导致星系高速旋转。计算表明，带电粒子从普通星系表面落到类星体表面时，物质的引力势能是静止能量的好几倍。其中只有少量引力势能被转化成辐射，大部分引力势能被转化成转动能，导致物质切向运动速度接近光速，由此产生多普勒红移和同步回旋连续光谱。类星体像宇宙中巨大的粒子加速器，引力对粒子产生约束，带电粒子被加速到近光速状态绕核运动。由此就能很好地解释类星体的高红移，以非热辐射为主的同步回旋连续光谱，以及其它各种奇怪的光谱性质。当引力使类星体继续收缩时，回旋运动速度越来越接近光速。由于同步辐射的幂律特征，物质的辐射功率也越来越大，导致类星体的亮度远高于一般星系。因此类星体可以处于宇宙中任意位置，其光谱红移中即有宇宙学红移的成分，也有多普勒红移的成分，能量预算问题不再存在。按照这种看法，天文学中观察到各类活动星系实际上是普通星系的不同演化阶段。根据各自的特点，星系的时间演化次序大致可以是原始星云，普通星系，射电星系，西佛星系、蝎虎座 BL 型天体，最后变成类星体。高速旋转的类星体是不稳定的，就需要通过喷流来减少角动量，维持星体的稳定。类星体通过喷流将物质重新散发到空间，同时成为高能宇宙线的来源。一个星系由此完成了它的生命循环，最终归于沉寂。

**关键词** 星系演化，类星体，活动星系核，同步回旋加速器，多普勒红移，宇宙学红移，引力红移

## 一 . 类星体红移的本质之争

类星体是 20 世纪 60 年代发现的，但它的本质至今仍然是个谜。类星体的红移很大，体积很小，亮度却很大。按照哈勃定律，红移大意味着距离远。因此类星体被认为处于宇宙学距离，其红移被认为是宇宙学红移。这种看法得到许多观察的支持，例如 1979 年发现双类星体 0957+561A 和 B。它们的红移都是 1.41 (87 亿光年) 被认为是同一类星体经过引力透镜后的像，而引力透镜的星系的红移是  $z = 0.355$  (37 亿光年)，因此前者必定比后者离我们更远。

如果类星体处于宇宙学距离，就会产生所谓的能源预算问题。在如此远的宇宙学距离上还能被观察到，类星体的能量释放功率应当比普通星系大几百上千倍。为了解释类星体的产能机制，目前一般认为类星体是活动星系核，是宇宙大爆炸早期的天体。类星体中心是黑洞，通过黑洞对物质的吸积释放能量，维持类星体的高亮度。黑洞吸积完其周围的物质后，活动星系核停止活动，类星体

与其所在的星系就变成了一般的星系。按照这种看法，我们目前所看到的，包括银河系在内的普通星系都是由类星体演化而来的。

然而也有许多证据表明，类星体红移不是宇宙学红移。比如发现许多类星体与邻近的普通星系成协，它们之间可能有物质交流，但二者的红移相差很大。又比如已发现的红移最大的类星体是 ULAS J1120+0641，其  $z = 7.1$ 。然而最新发现的星系 z8\_GND\_5296 的红移达到  $z = 7.51$ ，虽然也位于遥远的位置上，但它却是普通的星系，没有类星体的特性。如果认为它们都是遥远的星系，宇宙膨胀使它们远离地球，但一个处于宇宙学早期，另外一个却不处于宇宙学早期，是无法理解的。

事实上最早发现的类星体 3C273 的红移只有 0.158，与类星体最大红移 7.1 相差 45 倍。在这两个红移值对应的距离之间，存在无数的普通星系和类星体。将类星体看成宇宙早期的活动星系核，都处于遥远的宇宙学位置上，在逻辑上是讲不通的。实际情况只能是，用红移作为度量类星体距离的标尺是不行的，类星体的红移另有原因。

除此之外，类星体的光谱性质非常怪异。比如存在多重谱线红移，谱线可能非常宽，既有热辐射，也有非热同步辐射，且以非热幂率谱辐射为主。有些类星体有射电辐射，有些却没有，大约 10% 的类星体还有谱线蓝移。其中许多性质用目前的理论无法说清楚，至少没有一个逻辑一致的解释。因此尽管将类星体看成宇宙早期的活动星系核能解释一些现象，却并没能彻底解决问题，类星体的本质至今仍然是个谜。

## 二 . 类星体是高速旋转的晚期星系

我们现在已经有了宇宙的演化理论，大体知道宇宙未来的结局可能是大崩塌。我们同时也有了恒星的演化理论，大体知道恒星的能源耗尽后将变成白矮星。或通过超新星爆发，将物质重新分散到宇宙中间去，剩余的部分形成高速旋转的中子星。

然而作为恒星和宇宙形态的中间结构，普通星系演化的结果是什么呢？我们目前没有这种理论，这是天体演化理论中一个失落的环节。按照目前的看法，普通星系是稳定的，它们一旦形成就会长期稳定存在下去。这种看法与万物有生就有灭的自然演化规律是相悖的。同样受引力作用，宇宙和恒星不可能永恒不变，凭什么星系可以长期稳定呢？

如果认为普通星系也是演化的，在引力作用下体积收缩，就可以将类星体看成星系的晚期形态。在此阶段，星系外围的大部分物质被引力吸入星系核，星系体积大大减小，由于角动量守恒导致星系高速旋转。计算表明，带电粒子从普通星系表面运动到类星体表面时，只有少量引力势能被转化成辐射。大部分引力势能被转化成转动动能，导致物质切向运动速度接近光速，由此产生多普勒高红移和同步回旋连续光谱。

因此我们可以将类星体看成宇宙中巨大的同步回旋加速器，引力在其中起到约束粒子的作用，就像人造粒子加速器中磁力扮演的角色。事实上观察已经发现，在类星体的喷射中存在所谓的超光速现象。虽然这种超光速现象被认为是视觉的问题，但也说明类星体中物质的速度是可以非常接近光速的。考虑到高速运动带电粒子的辐射有很大的多普勒频移，并且与在不同的空间角度观察有关，我们就能很好地解释类星体的种种怪异性质。因此类星体的红移必须同时考虑多种因素，既要考虑宇宙学红移，也要考虑引力红移和同步辐射产生多普勒频移。

计算表明，类星体物质的引力势能是静止能量的好几倍。类星体的主要的能源机制是将引力势能通过同步辐射转化成辐射能，它有足够的引力势能被转化成辐射能。引力使类星体继续收缩时，回旋运动速度越来越接近光速。由于同步辐射的幂律特征，类星体内物质的辐射功率也越来越大，导致类星体的亮度远高于一般星系。按照这种解释，类星体可以出现在宇宙的任何地方，我们不必假定类星体位于宇宙学距离上，能量预算问题得到彻底的解决。

我们可以将类星体看成星系演化的晚期阶段，同时将其他活动星系看成星系的不同演化阶段。根据各自的特点，可以认为星系的时间演化次序大致是：原始星云、普通星系、射电星系、西佛星系、蝎虎座 BL 型天体，最后变成类星体。由于高速旋转的类星体是不稳定的，就需要通过喷流来减少角动量来维持星体的稳定。由于高速旋转产生的巨大离心作用抵消了引力，黑洞最终可能无法形成。类星体通过喷流将物质重新散发到空间，同时成为高能宇宙线的来源。一个星系由此完成了它的生命循环，最终归于沉寂。

### 三 . 类星体的红移和能源机制

#### 3.1 类星体中物质的平均密度和状态

天文观察发现，类星体的外围几乎没有环绕气体。可以认为原来的正常星系在引力的作用下收缩到一块。原来的星系可以是球状的、椭球状的和漩涡状的，收缩后的类星体由于旋转速度很大，最后都变成漩涡状的。

观察发现类星体光变时间很短，按此估计类星体的半径只有几个光时到几十光天。假设一个星系具有银河系的质量，包含 2000 亿个太阳， $M_0 = 4 \times 10^{41} \text{kg}$ 。初始时半径为 10 万光年， $R_0 = 10^{21} \text{m}$ ，密度  $\rho_0 \approx 10^{-22} \text{kg/m}^3$ 。在引力的作用下收缩成半径大约等于 4 光天的球状星体， $R = 10^{14} \text{m}$ ，密度  $\rho = 0.1 \text{kg/m}^3$ 。与太阳的平均密度  $\rho = 1.41 \times 10^3 \text{kg/m}^3$  和地球表面大气密度  $\rho = 1.29 \text{kg/m}^3$  比较，类星体的平均密度仍然是很低的。

因此可以认为，虽然类星体中心的物质可能是非常稠密的，但其大部分空间中的恒星仍然是相互分离的。恒星的物态没有太大的改变，主要是恒星之间的空间距离被大大地压缩，恒星之间碰撞的几率大大增加。

#### 3.2 类星体中物质的引力平衡、引力势能和辐射能

设类星体质量  $M_0 = 4 \times 10^{41} \text{Kg}$ ，半径  $R = 10^{14} \text{m}$ ，在其表面上一个单位质量的粒子以速度  $V$  做圆周运动。按照牛顿引力公式，粒子的向心加速度是：

$$a = \frac{V^2}{R} = \frac{GM_0}{R^2} \quad (1)$$

从上式可得  $V = \sqrt{GM_0/R} = 5.17 \times 10^8 \text{m/s} = 1.73c$  和  $a = 2.67 \times 10^3 \text{m/s}^2$ 。也就是说类星体表面物体的速度必须大于真空光速的 1.73 倍才可能逃离类星体的引力场，因此类星体的引力场是可以约束以近光速运动的物体的。但类星体表面的重力加速度却不是很大，约为地球表面的 272 倍，太阳表面的

10 倍。

一般星系中恒星的辐射能主要是热核能，通过原子聚合将静止质量转化成动能，发出光和热。除此之外，如果带电粒子在引力场中做加速运动，也会产生光辐射，将引力势能转化成辐射能。我们来讨论在普通星体收缩成类星体的过程中，引力势能转化成辐射能的问题。令  $M_0 = 4 \times 10^{41} \text{ kg}$  是类星体的质量，类星体表面半径为  $R$  处静止质量为  $m_0$  的粒子的引力势能为

$$U = -\frac{GM_0 m_0}{R} \quad (2)$$

设一个电子从半径  $R_0 = 10^{21} \text{ m}$  的星体表面落到半径  $R = 10^{14} \text{ m}$  的类星体表面。按 (1) 式计算 (近似地令  $R_0 \rightarrow \infty$ )，得到  $U = 2.43 \times 10^{-13} \text{ J}$ 。如果是质子，则有  $U = 4.46 \times 10^{-10} \text{ J}$ 。注意到电子的静止质量  $m_0 = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ，换算成静止能量，则有  $E_0 = 8.20 \times 10^{-14} \text{ J}$ 。质子的静止质量为  $m_0 = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，换算成静止能量，则有  $E_0 = 1.50 \times 10^{-10} \text{ J}$ 。在类星体表面，引力势能比粒子的静止能量还大 3 倍。这是一般星体没有的现象，原因是整个星系的质量比单个星体的质量大的多。如果类星体仅是亮度极高的星系核，也不会有这样大的引力势能。

假设粒子在下落到类星体表面的过程中没有辐射，势能全部转化成动能。按经典力学公式  $m_0 V^2 / 2 = U$  计算，粒子的速度  $V = 7.31 \times 10^8 \text{ m/s} > c$ 。因此需要用相对论公式计算，我们有：

$$m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - V^2/c^2}} - 1 \right) = U \quad (3)$$

按照 (3) 式计算，可得  $V = 0.968c$ 。因此普通星系演化成类星体后，绕类星体中心的旋转速度可以非常接近真空光速。

按照经典电磁理论，带电粒子做圆周运动时的辐射功率为

$$P = \frac{q^2 a^2}{6\pi\epsilon_0 c^3 (1 - V^2/c^2)^2} \quad (4)$$

设带电粒子在类星体表面做圆周运动，令  $V = 0.968c$ ，按 (4) 式计算，辐射功率  $p = 1.01 \times 10^{-45} \text{ J/s}$ 。按照这种辐射功率，为了将 (2) 式的引力势能通过辐射方式消耗掉，电子需要  $\Delta t = U/P = 2.41 \times 10^{32} \text{ s} = 7.65 \times 10^{24} \text{ 年}$  的时间，质子则需要  $\Delta t = 4.41 \times 10^{35} \text{ s} = 1.40 \times 10^{28} \text{ 年}$  的时间。注意到宇宙年龄约为  $1.5 \times 10^{10} \text{ 年}$ ，可见按照这种辐射功率，在宇宙年龄范围内电子和质子都远远不可能将它们的引力势能通过辐射方式消耗掉。因此如果普通星系在宇宙年龄范围内收缩成类星体的体积，物质的引力势能只有极少部分能转化成辐射能。大部分都将转化成动能，并使物质的旋转速度接近光速。

我们还可以从角动量守恒的角度来讨论这个问题。假设原来的普通星系绕轴转动，球面切向速度为一般漩涡星系的旋转速度，即  $V_0 = 2 \times 10^5 \text{ m/s}$ ，半径  $R_0 = 10^{21} \text{ m}$ 。按照牛顿力学，球的转动惯量  $I_0 = 2MR_0^2\omega_0/5$ ，类星体的转动惯量为  $I = 2MR^2\omega/5$ 。不考虑星系的辐射，引力场中角动量守恒，就有  $I_0\omega_0 = I\omega$ ，即

$$\frac{2MR_0^2\omega_0}{5} = \frac{2MR^2\omega}{5} \quad (5)$$

可得  $V_0 R_0 = VR$ ，从中解得  $V = 2 \times 10^{12} \text{ m/s} \gg c$ 。这显然不可能，因此我们需要用相对论来做计算。

对于球体赤道上的单位质量，按照相对论角动量守恒，有：

$$\frac{V_0 R_0}{\sqrt{1-V_0^2/c^2}} = \frac{VR}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \quad (6)$$

解得  $V = 0.9998c$ ，速度非常接近真空光速。如果考虑星系辐射，角动量不守恒。但如前所述，(4)式表示的同步辐射可以忽略不计。星体的非同步辐射主要是核反应，将物质的静止质量变成辐射能量。微小的质量就可以产生巨大的能量，我们只要令类星体的质量比原始星系稍小就可以了。

可见类星体是一种很奇怪的天体，它的密度不大，引力也不是太强。但其中的物质却有很大的运动速度，是典型的相对论系统，需要用相对力学来处理。

### 3.3 类星体的光谱频移

由于类星体绕自身对称轴高速转动，巨大的离心力的作用使它不可能是球状的，只能是盘状的，我们可以将它看成宇宙中巨大的同步回旋加速器。由于恒星物质高度电离，就会使带电粒子产生同步辐射。与一般恒星的热辐射光谱不一样，类星体的光谱除了热辐射部分外，还要加上同步辐射部分。由于同步辐射有很强的方向性，在不同的角度观察就会有不同的结果。

实际的类星体红移必须同时考虑宇宙学红移、引力红移和同步辐射频移。以下我们主要讨论类星体的同步辐射及其光谱频移。

(1) 横行多普勒红移。

设类星体同步辐射光的本征频率和波长为  $\nu_0$  和  $\lambda_0$ ，带电粒子运动速度为  $V$  时，频率和波长变为  $\nu$  和  $\lambda$ ，多普勒公式为

$$\nu_0 = \nu \frac{1-(V/c)\cos\varphi}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \quad \lambda = \lambda_0 \frac{1-(V/c)\cos\varphi}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \quad (7)$$

如图 29.1 所示，设类星体是漩涡星系或球状星系，其旋转对称轴  $z$  轴与纸面垂直， $\cos\varphi = 0$ ，就有

$$\nu_0 = \frac{\nu}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \quad \lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \quad (8)$$

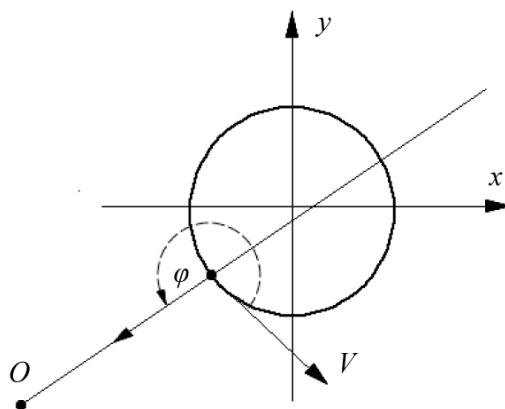


图 1 多普勒频移示意图

(7) 式表示横向多普勒红移。观察者在与纸面垂直的  $z$  轴方向上观察，类星体的辐射只有红移没有紫移。在这种情况下，观察到的主要是类星体的连续热辐射谱和原子跃迁的不连续辐射谱。比如典型的氢原子  $L_\alpha, L_\beta \dots\dots$  线系。我们只能观察到光谱线的红移，观察不到光谱线的紫移。由于在不同的半径上粒子的运动速度不一样，红移谱线就可能有较大的宽度。如果是漩涡星系，由于存在不连续的悬臂结构，还可能形成不连续的多重红移。

我们知道，一般星系的光谱集中在近红外到近紫外区间，射电波段和 X 射线波段很少有辐射。如果类星体旋转速度非常大，在图 29.1 的  $z$  轴方向观察，就会产生很大的横向多普勒红移。星系的光谱会被移到远红外区、微波区，甚至无线电波区。在这种情况下，我们说类星体光谱无限红移。类星体可以从视线中完全消失，形成所谓的黑洞。但这种黑洞没有奇异性，是拉普拉斯经典理论意义上的黑洞，不是爱因斯坦引力理论意义上的黑洞。

(2) 纵向多普勒红移和紫移。

在实际观察中，也发现类星体的紫移，但比例较小。类星体的许多谱线我们至今无法辨认，其中可能包含紫移的谱线，只不过没有引起我们的注意。在实际观察中还发现，大多类星体的颜色都有点发蓝。原因在于对于同样的运动速度，红移值较大，光谱可能已经移出可见光的波段。但紫移较小光谱仍然处于可见光的波段，使得类星体看去变蓝。

如果观察者在图 1 的  $x-y$  平面  $O$  点上观察，带电粒子即可以向着观察者运动，也可以背离观察者运动，也可以有横向运动。同步辐射光谱除了横向红移外，还有红移和紫移。按照 (6) 式，波长红移的定义为

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{1 - (V/c) \cos \varphi}{\sqrt{1 - V^2/c^2}} - 1 \quad (9)$$

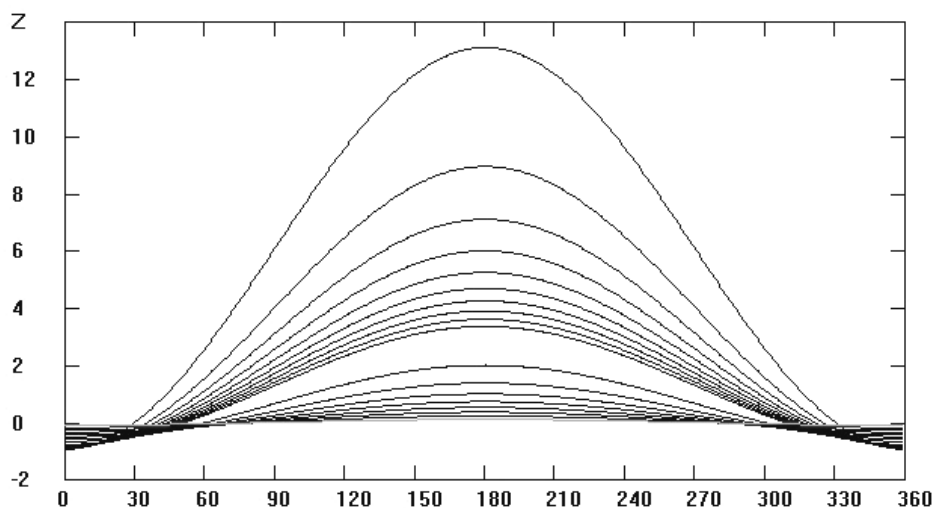


图 2 类星体光谱的多普勒红移和紫移

按照 (9) 式计算，设发光粒子的速度分别为  $V = 0.1c, 0.2c, 0.3c, \dots, 0.90c, 0.91c, 0.92c, \dots, 0.99c$ ，得到红移与角度的曲线如图 2 所示。其中纵坐标是红移  $z$ ，横坐标是角度  $\varphi$ ，底部最平的曲线代表  $V = 0.1c$ ，中间最高的曲线代表  $V = 0.99c$ 。从图 29.2 中可以看出，在  $60^\circ \sim 300^\circ$  的范围内，观察到的都是红移，在  $180^\circ$  的位置红移最大。在其他角度可能出现紫移，但紫移的值都比较小，不超过  $-1$ 。粒子的速度越大，红移的区间越大，紫移的区间越小。

一般类星体光谱要么红移要么蓝移，中间部分的辐射反而比较弱就是这种机制造成的。类星体光谱有很大的宽度，原因也在于旋转速度大，导致大的多普勒宽度。

### 3.4 类星体的射电辐射和 X 射线辐射

我们知道在同步回旋加速器中运动时，带电粒子会辐射电磁波。这种电磁波具有方向性和偏振性，与一般恒星的热辐射不一样。如图 3 所示，同步辐射主要集中在切线速度的前方和后方。随着粒子速度和加速度的增加，高频辐射光的强度增加。类星体的辐射中既有低频的射电波成分，也有高频的 X 射线成分，完全可以通过这种机制产生。由于存在方向性，在与图 1 纸面垂直的  $z$  轴方向上观察，类星体的射电辐射会很弱。天文观察上到的所谓射电安静类星体其实不是没有射电辐射，而是在我们的观察位置上无法观察到。如果类星体有喷注现象，在方向相反的喷流中，带电粒子激发周围的星际物质，也会产生射电辐射。结果会观察到两个辐射源，与图 3 的同步辐射不完全一样。

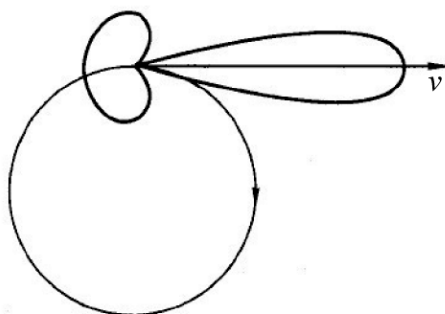


图 3 带电粒子圆周运动辐射功率的分布

### 3.5 类星体的能源机制

一般的恒星通过核反应产生能量，将氢元素合成到铁元素，产能率仅为 0.007。这种能量以热辐射的形式散发到空间，不是类星体的主要能源方式。类星体也通过核反应产生能量，但更主要的是通过同步回旋加速过程产生辐射。在粒子加速器实验中，带电粒子被加速到近光速时，会产生强烈的辐射。其原因在于受到真空光速不变原理的限制，粒子的速度无法超过光速。然而类星体引力场总是使粒子做向心运动，不断加速。为了避免超光速，粒子只有不断辐射，使自己减速。

如 (4) 式所示，在类星体内部，当  $V \rightarrow c$  时幂律谱辐射功率  $P \rightarrow \infty$ 。因此类星体的辐射功率可以是非常大的，可以远大于核反应产生的热辐射。同时由于类星体物质的引力势能是静止能量的好几倍，就有足够的能量可以通过辐射的形式散发到空间。目前的天体物理学认为类星体内部存在黑洞，用物质堕入黑洞放出辐射来解释类星体能源机制，这种辐射机制与回旋加速辐射机制是不一样的。

如文献【1】指出，事实上广义相对论从来都没有证明物质会崩塌成奇异性黑洞。黑洞理论的始作俑者，奥本海默关于物质崩塌成奇异性黑洞的计算是完全错误的。文献【2】和【3】则证明，奇异性黑洞在自然界中根本不可能存在。类星体通过物质坠入黑洞产生能量的看法是根本不可能成立的，虽然其物质吸积盘理论有点类似于本文的引力加速器模型。按照本文理论，用引力加速导致的同步回旋辐射机制，就足以解释类星体的高亮度，我们完全没有必要假设类星体内部存在黑洞。

## 四. 类星体的喷流、高能宇宙线与伽马暴

### 4.1 类星体的喷流现象

大多数类星体中心沿旋转轴的两个不同方向上都有喷流，产生喷流现象的原因与类星体的稳定性有关。引力使类星体的体积不断收缩，旋转角速度越来越大，系统就会越来越不稳定。为了使系统能稳定，就需要减小角速度和动能。可以认为类星体中心的喷流携带角动量，也是高速旋转的。类星体通过喷流释放出部分角动量和动能，使旋转速度减小，可以达到星体稳定的目的。

如果类星体还没有高度发育，旋转速度还没有非常接近光速，旋转可以是稳定性的。就没有必要通过喷流的方式来减少角动量，这也就是不少类星体没有喷流的原因。如果不是这样理解，很难说明为什么有些类星体没有喷流。

按照目前的黑洞吸积理论，喷流产生的原因是吸积盘表面存在磁场。磁力线的方向与星体自转轴方向相同，带电粒子受磁力作用运动，就会在吸积盘的两个表面都会形成向外发射的喷流。这种相对论性喷流的形成机制以及喷流的物理成分是有疑问的。如果喷流是由磁场引起，由于磁场是有极性的，喷流就应当只包含带电粒子，不包含中性粒子。带正电荷的粒子与带负电荷的粒子沿不同的方向运动，在吸积盘两面产生两个对称的喷流。

但奇怪的是，有些类星体的喷流是空间不对称的。比如类星体 3C273 和射电系 M87 只在一个方向上有的喷流，这种不对称性用黑洞吸积理论是没有办法解释的。黑洞吸积盘模型也无法解释为什么有些类星体有喷流，有的没有喷流。如果类星体中间是奇异性黑洞，物质只能向黑洞中心坠落，喷流现象的存在实际上否定了类星体中间是奇异性黑洞的可能性。

如果按照本书的看法，这些问题都不存在。只要满足动量守恒，比如星系在整体上有一个与喷流方向相反的运动，就可以只有一个方向的喷流。在这种情况下，类星体就像一枚火箭。喷流物质可以是带电的，也可以是不带电的。如果类星体的旋转稳定，就没有必要产生喷流。

事实上致密天体总是高速旋转的，由于广义相对论在数学上的困难，目前的天体物理学对天体高速旋转产生的作用的估计严重不足。致密天体的最终归宿是在引力作用下分崩离析，自我消解，而不是崩塌成黑洞。类星体中物质喷流现象正是天体摆脱物质崩溃的一种物理机制，自然界自身总有办法摆脱物质毁灭的命运。

实际上 Rudolf Schild 等人观测显示，类星体 Q0957+561 的中心是所谓的“磁场急剧收缩体”【4】。由于存在磁场和物质，类星体的中心不可能是奇异性黑洞。虽然有些类星体发出的光可能极大红移，以至于实际上无法测量，我们只能在这种意义上说它是黑洞。

### 4.2 高能宇宙线的起源

观察发现高能宇宙线的能量可以高达  $10^{20}$  eV，但其起源至今一直是一个谜。除了 GZK 截断理论外，我们不知什么物理机制可以产生这样高能粒子。

如果普通星系最终收缩成类星体大小，星体内物质的旋转速度可以非常接近光速。类星体就成了一个巨大的粒子同步回旋加速器，将巨大的引力势能转化成动能。由于通过引力加速与粒子是否带电无关，类星体加速器中产生的高能粒子可以是不带电的。



由于类星体的体积非常小，中心的引力可以非常大。就有可能将物质粒子加速到非常接近光速的水平，得到极高的能量，并通过喷流重新进入宇宙空间。我们可以用这种机制来解释高能宇宙射线的起源。

### 4.3 伽马暴

对于某些旋转速度已经非常接近光速的类星体，由于高度的红移，它们实际上已经从我们的视线中消失。如果这种类星体的喷流不足以抵消旋转角速度的过度增加，星体物质的速度就有可能达到或超过光速。由于光速不变的限制，类星体变得不稳定，就有可能发生 $\gamma$ 暴现象。通过大量释放 $\gamma$ 射线，减少物质的动能和角动量，使星体恢复到稳定的状态。

由于导致超光速的作用只在类星体的某些局部出现， $\gamma$ 暴就不可能是整体现象。 $\gamma$ 暴持续时间可以非常短，只要物质运动速度稍减低， $\gamma$ 暴过程即可停止。由于类星体并不一定在宇宙学的距离上， $\gamma$ 暴释放的能量也就不是我们目前想象的那样大。

按照现有的一种理论， $\gamma$ 暴由两个中子星相互碰撞，或中子星与黑洞碰撞引起。然而 $\gamma$ 暴发生的时间非常短，最短的是几毫秒，最长只有几十秒。由于中子星是大质量天体，两个中子星接近并发生相互作用的时间不可能那么短。用高密度天体碰撞解释 $\gamma$ 暴，在时间持续的长短上有问题。用类星体为了防止超光速运动的应变行为来解释，可能是更合理的。如果引力作用过于强烈，类星体可能无法继续保持稳定， $\gamma$ 暴可能使星系崩溃。

当然，本文只是认为类星体的演化过程可能产生 $\gamma$ 暴，但并不认为 $\gamma$ 暴只有在类星体中才能产生。具体情况如何，有待进一步研究。

## 五 . 星系的晚期演化过程

如果将类星体看成星系演化的晚期结构，天体物理学中许多疑难问题都可以迎刃而解。事实上观察发现类星体的外围几乎没有物质环绕，类星体几乎是星系的裸核。目前的解释认为，由于星系核发的光太强，掩盖了星系其他部分的光。然而我们也可以认为，这恰恰证明类星体是晚年星系。在引力的长期作用下，普通星系缩小成类星体的尺寸，其外围已经基本没有物质了。

天文观察还发现多种活动星系，如射电星系、西佛星系、蝎虎 BL 型天体等。它们之间有某种关联和共性，但具体情况尚不太清楚。从星系演化的角度，如果将它们看成星系的不同演化阶段，可能是更合理的。这类活动星系中间都有高速旋转的内核，可以认为旋转速度小的天体年龄较小，旋转速度大的天体年龄大。随着年龄的增大，星系的体积越来越小，星系核聚集了越来越多的物质，体积变得越来越大，旋转速度也越来越快。按年龄从小到大排列，星系演化的大体次序可以是原始星云、普通星系、射电星系、西佛星系、蝎虎座 BL 型天体和类星体。

演化到类星体阶段，星系进入晚年，体积变得非常小，所有物质都被压缩进星系核。类星体内部引力作用非常强烈，整个星系盘高速旋转，系统变得非常不稳定。由此就产生激烈的辐射和光变现象。光谱大大地红移，以至于可能从视线中消失。

为了维持系统的稳定，类星体在盘的旋转轴的两个方向喷射物质，释放能量和角动量。这种结局有点类似恒星的晚年，通过超新星爆炸，将物质重新散发到空间。虽然宇宙物质聚集的等级不一

样，但由于受相同的自然规律的支配，它们的结局可能是一样的，具体的演化过程有待更深入的研究。

目前将类星体看成星系的早期，将银河系等稳定星系看成晚期的星系。活动星系停止活动后，变成稳定星系。这种星系演化时序会产生许多问题，比如为什么在星系孕育的早期，不但可以在中心形成高密度的核，还会产生密度无限大的黑洞？如果说活动星系中黑洞停止吞噬物质，就变成普通星系，那么在引力的作用下，物质还会进行向星系中心聚集，是否又会使黑洞重新活跃起来呢？如果是这样，星系最终的结局又是怎样呢？

将类星体看成星系的晚期形态，事情就变得顺理成章。在星系的早期，物质在引力的作用下聚合成星云，并在星云中心出现恒星。然后在星云的外部出现恒星，中心处恒星逐渐增多，形成星系核，普通的星系就此成型。随着时间的增加，物质被越来越多地卷进星系中心，星系核的体积和密度越来越大，星系外围的物质越来越少了。在最后阶段，星系的物质全部被卷入中心，形成类星体。

由于高速旋转的类星体是不稳定的，就需要通过喷流来减少角动量，维持星体的稳定。由于高速旋转产生的巨大离心作用抵消了引力，黑洞最终无法形成。类星体通过喷流将物质重新散发到空间，同时成为高能宇宙线的来源。一个星系由此完成了它的生命循环，最终归于沉寂。显然，这样的星系演化史更符合客观规律和物理逻辑。

## 参考文献

1. Mei Xiaochun, The Calculations of General Relativity on Massive Celestial Bodies Collapsing into Singular Black Holes Are Wrong, International Journal of Astronomy and Astrophysics, 2014, (4), 656-667.
2. Mei Xiaochun. The Precise Inner Solutions of Gravity Field Equations of Hollow and Solid Spheres and the Theorem of Singularity[J]. International Journal of Astronomy and Astrophysics, 2011(1): 109-116.
3. Mei Xiaochun. The Singularities of Gravitational Fields of Static Thin Loop and Double Spheres Reveal the Impossibility of Singularity Black Holes [J]. Journal of Modern Physics, 2013 (4): 974-982.
4. Schild R E, Leiter D J, Robertson S L. Black Hole or Meco: Decided by a Thin Luminous Ring Structure Deep within Quasar Q0957+561 [J]. Journal of Cosmology, 2010, 6: 1400-1437.