

## New modern physics Review --

The fifth part: the eternal infinite cosmology (chapter 21 ~ 26)

Huang Zhenqiang Huang Yuxiang

China Institute of Water Resources and Hydropower Research

Email: kexuetansuoze@126.com

---

### Abstract

This article is the author of "cold fusion reactor" [1] patent and the "new modern physics" [2] Summary monograph content. We do expectations and mainstream fusion of modern physics and engineering academia academic exchanges. This monograph based on Einstein's idea of determinism, first create a classic elementary quantum spin fluctuations vertical double elliptical orbit motion model, combined with Newtonian mechanics, the basic equations of motion electrodynamics, quantum mechanics, elementary particle velocity along the track combined with the relation between the energy, the use of a unified self-consistent mathematical physics equations were solved derivation and precise. It can accurately answer all the elementary particles, nuclei, the internal structure of the atom, composition, movement characteristics law decay reason, energy, quality source of strong, weak and electromagnetic interaction between and intensity of the interaction. It can to microscopic, macroscopic electromagnetic field and gravitational field of the propagation medium and principles. We eventually demonstrated the infinite eternal cosmology, absolute time and space and a large unified field.

### Keywords

Cold fusion reactor; Neutrinos field medium characteristics; Elementary particle structure; The quality of formation energy principle; Determinism of quantum physics; Electromagnetic propagation principle; Neutrinos energy shock; Graviton; Dark matter; The unified field

**Subject Areas:** Math & Physics

---

## 新现代物理学综述—

### 第五部分：无限永恒宇宙论（第21~26章）

黄振强 黄宇翔

中化地质矿山总局福建化工地质勘查院

Email: kexuetansuoze@126.com

收稿日期：2016年3月30日；发布日期：2016年4月5日

---

### 摘要

本文是笔者《冷核聚变堆》[1]发明专利和《新现代物理学》[2]专著的综合内容。期望与主流核聚变工程学界和现代物理学界进行学术交流。本专著依据爱因斯坦决定论思路，先建立经典基本粒子量子化波动自旋垂直双椭圆轨道运动模型，结合牛顿力学、电动力学、量子力学最基本的运动方程，结合基本粒子沿轨道运动速度与能量的相对论关系，运用统一自洽的数学物理方程组进行推导和精确求解的。它能精确解答所有基本粒子、原子核、原子的内部结构、组成、运动特征规律，衰变原因、能量、质量来源，强、弱相互作用与电磁相互作用的关系和强度。微观、宏观领域的电磁场和万有引力场的传播介质和原理。最终论证了无限永恒宇宙论、绝对时空观和大统一场。

### 关键词

冷核聚变堆；中微子场介质特征；基本粒子结构；质量能量形成原理；决定论量子物理学；电磁场传播原理；中微子能量震荡；引力子；暗物质；大统一场

## 第 21 章无限永恒宇宙论概要

### 21.1 热大爆炸形成宇宙论质疑

#### 21.1.1 热大爆炸形成宇宙论依据

宇宙是怎么形成演化的？结局又如何？现代国际天文学界一致认为宇宙是由一次超高温、超高密度、超高能的数学奇点中热大爆炸形成的。支持该学说的观测依据有：

1. 由光谱红移的哈勃定律认为目前的宇宙仍处于膨胀状态。
2. 存在各项同性的 2.73K 黑体谱宇宙背景辐射。
3. 观测到氦、氘元素的宇宙丰度远远超过恒星内部核反应生成率。
4. 宇宙的年龄不超过 200 亿年。

#### 21.1.2 存在问题

宇宙形成演化实质是恒星、星系、黑洞的形成、演化过程，主要表现为核子反应演化过程。由统计论量子力学理论体系，根本无法提供粒子反应、演化的基础物理模型和理论支持。很难想象，以苦寻 50 年仍不见踪影的所谓带分数电荷的“夸克”作为宇宙创生时  $0 \sim 7 \times 10^{-5}$  秒的主角依据是什么？宇宙大爆炸前的数学奇点物理意义、模型特征又是什么面目？我们研究的是包罗万象的宇宙万物中最基本的、实实在在的物理模型、运动特征和演化规律，不是抽象的数学新概念。后者只能作为协助我们进行分析、计算的辅助工具。这是目前统计论量子力学界、宇宙物理学和相对论研究领域普遍存在的、违反基本物理定律、常规和哲学常识的通病。必然导致在观测、整理、研究资料，数据选取、分析、解释过程中的人为偏见。对照哈勃定律问世前后的星系、宇宙形成演化学说，文献中对恒星、星系的实际观测资料的取舍和分析、解释的差异就明白了。

观测资料显示：宇宙中暗物质的总量为可见物质总量的 10 倍以上，对一般星系团，高达 100~300 倍。它们以什么样的物质状态存在？在宇宙太空中是如何分布、演化的？我们所观测到的各类型星系从形成、演化至死亡整个过程中，是逐渐膨胀还是逐渐收缩的？活动星系核、类星体巨大的能量辐射是怎么形成的？光谱红移，尤其是高红移是否都是宇宙论性的……？这些普遍性的本质问题都未能有效解决，在宇宙形成演化研究中就将热大爆炸形成宇宙论确定为标准模型又从何谈起？

况且，上述热大爆炸形成宇宙论的 4 点观测依据都值得质疑：

1. 光谱红移只能说明光子在传播路程中有能量损失，多普勒红移并不是唯一的解释，尤其是类星体的超常值红移，部分学者已经提出质疑。

2. 各向同性的 2.73K 黑体谱宇宙背景微波辐射恰恰是挑战哈勃红移定律、否定宇宙膨胀的有力证据。因为黑体谱背景微波辐射中损耗的能量必需从其它方面获得补充才能长期维持平衡。既然作为黑体，它能辐射所有频率、能量的电磁波，当然也能部分地吸收所有频率、能量的电磁波能量，而光子就是电磁波。由总能量守恒定律即可推论：它必将导致光谱红移随距离成正比例增大，（详见下一章）。

3. 观测到氦、氘两种元素的宇宙丰度远远超过恒星内部核反应生成率也不能作为依据。氦、氘两种元素在恒星演化过程中丰度是不断变化、递增的。以目前科学界对星系形成、演化过程的认识水平，谁能确定形成太阳或其它恒星的星云是经过几代恒星燃烧演化后爆炸剩余下来的残余星云？我们现在仅知道太阳系中陨石、附近星系、恒星、星云的可视明物质大致成分。不知道恒星残骸中子星、白矮星、棕矮星、黑矮星和黑洞的含量、分布范围。更不知道占 90% 以上的宇宙暗物质原来、现在、将来的成分、内部结构是怎么形成、演化的。以现有认识水平就将探测到的氦、氘元素丰度作为大爆炸形成宇宙的原始丰度依据可靠性又有多大？

4. 宇宙年龄不超过 200 亿年，最近学术界报道更离谱，竟声称经过观测研究得出宇宙年龄为 136 亿年，误差 0.2%。

目前学术界认定宇宙年龄主要有 3 种方法，下面分别评价：

A. 由“哈勃定律”确定的常数  $H_0$ ，计算宇宙年龄，既哈勃年龄  $T$ ，如：

$H_0=50$	$T=197$ 亿年
$H_0=75$	$T=148$ 亿年
$H_0=100$	$T=98$ 亿年

首先，哈勃常数是人为不易确定值，回顾一遍哈勃常数的变化历史，对评价哈勃定律和宇宙年龄的可靠性是很有帮助的：

1929 年，哈勃本人首次给出  $H_0=500\text{Km/sMpc}$ （后面单位略）。

1936 年，哈勃考虑到星际消光影响，将常数改为  $H_0=526$ 。此后，这一数值一直被认为是正确的。原因是由此给出宇宙年龄  $H_0^{-1}=18.4$  亿年，与当时用放射性方法测定的地壳中古老岩石的年龄 18 亿年很一致。

1945 年后，旅美天文学家巴德（Baade），观测到 M31 和邻近星系，有两种造父变星，既经典造父变星和天琴座“RR 型造父”变星。前者比后者亮，由此导出麦哲伦星云距离由 75 万光年增至 150 万光年，哈勃常数则减至  $H_0=260$ 。

1956 年，哈马逊（Humason）、迈耶尔（Mayall）和桑德奇（Sandage）总结了 620 个星系的红移数据，最大值  $Z=0.202$ ，认为： $H_0=180$ 。

1956 年起，桑德奇（Sandage）在系统测定哈勃常数时，首先发现哈勃所用的旋涡星系中的亮星实际上是“H II 区”，而不是单个星，两者相差 1.8 星等。就这一修正，哈勃常数变为  $H_0=75$ 。

1961 年，桑德奇（Sandage）在美国伯克利举行的 IAU 讨论会上宣布，总结各种测量结果， $H_0$  应为 75~113，最概然值  $H_0=98\pm15$ 。此后，一般都取  $H_0=100$ 。

1970 年后，以美国桑德奇（Sandage）为首的测量组经过更加系统、精确地测量后认定  $H_0=50.3\pm4.3$ 。以法国德·沃古利尔（de-Vaucouleurs）为首的另一观测研究组认定  $H_0=100\pm10$ 。这两组可代表当时天文学界观测哈勃常数的最高水平，数值仍相差近一倍。

1990 年后，随着哈勃空间望远镜上天，测定方法进一步改善，由此确定  $H_0=75\pm8$ ，等于折衷取中值。

1990 年后有代表性的测量结果见表 21.1。

由上述哈勃常数在 10 倍范围内变动过程不难看出：它是科学界依据测定、推算岩石、陨石和恒星的年龄不断修改的，尽管天文学界最终趋于取哈勃常数  $H_0=75\pm 8$ ，仍无法解释宇宙年龄。因为银河系内球状星团的年龄 120 亿年，个别达 170 亿年，更何况对于目前平直的宇宙，其年龄只有  $2/3H_0 = 98.7$  亿年。由此说明：哈勃定律和所谓宇宙年龄之间矛盾已无法调和。

哈勃常数近期一批观测结果表表 21.1⑤（下同）

$H_0$ ( Km / sMpc)	测量方法	文献
86±18	室女团中行星状星云	Mende`z et al.(1993)
84±4	F--T 方法	Ford et al.(1996)
81±8	室女团中造父变星	Van den Bergh (1995a)
80±12	SB 起伏	Jacoby et al. (1992)
78±11	M87 中球状星团	Whitmore et al. (1995)
75±8	天炉团中行星状星云	McMillan et al. (1993)
70±13	室女团中超新星	Della Valle & Livio (1995)
60 或 82	Lens 0957+561	Grogin & Narayan (1995)
55±17	S -- Z 方法	Birkinshaw & Hughes (1994)
55 ~ 60	SNe Ia (理论上)	Van den Bergh (1995b)
52±9	SNe Ia (1937C)	Saha et al. (1994)
52±8	SNe Ia (1972E)	Saha et al. (1995)
43±11	星系直径	Sandage (1993)
70±10	造父变星	Freedman (1996)
55±10	造父变星	Tamman (1996)
64±13	引力透镜	Tumer (1997)

#### B. 由“太阳系”内的岩石、陨石测定放射性元素年龄

由放射性元素的半衰期测定元素的年龄，首先有个条件假设：岩石刚生成时，母核元素含量是 100%，子核元素含量是 0.0%。通过测定放射性衰变后的母核、子核相关元素的含量比值，再由测定该元素放射性衰变过程的半衰期计算。所以，这种年龄应是极大值。如用铀—铅法：

$$\frac{Pb^{206}}{U^{238}} = e^{\lambda t} - 1 \quad (21.1)$$

由此测得地球、月球岩石、太阳系内陨石最古老的年龄为 45 亿年。

若以超新星爆炸时由富中子条件下形成  $U_0^{235}$ 、 $U_0^{238}$  的理论比值为 1.24，现在测出比值为 1/140，根据两元素的放射性半衰期得：

$$\frac{U^{235}}{U^{238}} = \frac{U_0^{235}}{U_0^{238}} e^{-(\lambda_{235}-\lambda_{238}) t} \quad (21.2)$$

由此算出年龄为 89 亿年。

我们必须面对这样的事实：银河系内旋臂上至今还有大质量的蓝色恒星正在形成；著名的金牛座蟹状星云，是公元 1054 年一颗超新星爆炸形成的；我们虽能肯定太阳系内陨石主要来自 89 亿年前一颗超新星

爆炸的残余碎片物，但是，作为旋涡星系的盘族恒星，89 亿年前爆炸的那颗超新星是银河系内盘族恒星中的第几代恒星？这 89 亿年在银河系或整个宇宙年龄中应属哪个时间段？现代天文学界能给予确认吗？

C. 由球状星团的赫罗图判定宇宙年龄

利用球状星团赫罗图方法得到最古老球状星团的年龄为 170 亿年，见图 21.1。如果将球状星团的整体动力学过程也考虑进去，既球状星团从形成到瓦解，总年龄约 200 亿年。由此已经看出：球状星团作为宇宙中仅占 <<10% 的可见物质成分，170 亿年已大大超过哈勃定律求出的 136 亿年宇宙年龄，更大于作为平直宇宙的 98.7 亿年。

从赫罗图、(21.2) 式，得：太阳系陨石最早形成年龄为 89 亿年，作为恒星的寿命约为 130 亿年。目前太阳的年龄约 45 亿年。从星云物质、陨石起源至恒星核燃烧结束形成白矮星，总寿命约 174 亿年。为此我们可作如下推理：如果在银河系内见到质量与太阳接近的白矮星，则其年龄应大于 170 亿年。如果见到质量仅为太阳质量一半的白矮星，则其年龄应大于 240 亿年。随着白矮星能量辐射逐渐冷却变成看不见的黑矮星或暗物质，那么，这些恒星残骸的年龄又应如何计算？

综上所述，由哈勃定律确定的宇宙年龄已没有意义。由恒星演化的赫罗图上确定的最古老球状星团的年龄也仅代表该可见星团表面的恒星年龄。还不是球状星团中心起主要引力场作用的黑洞年龄，更不是该星系的年龄。可以肯定：宇宙中占 90% 以上的暗物质是死亡恒星、球状星团的残骸，甚至是老年或已经死亡的整个星系的残骸。

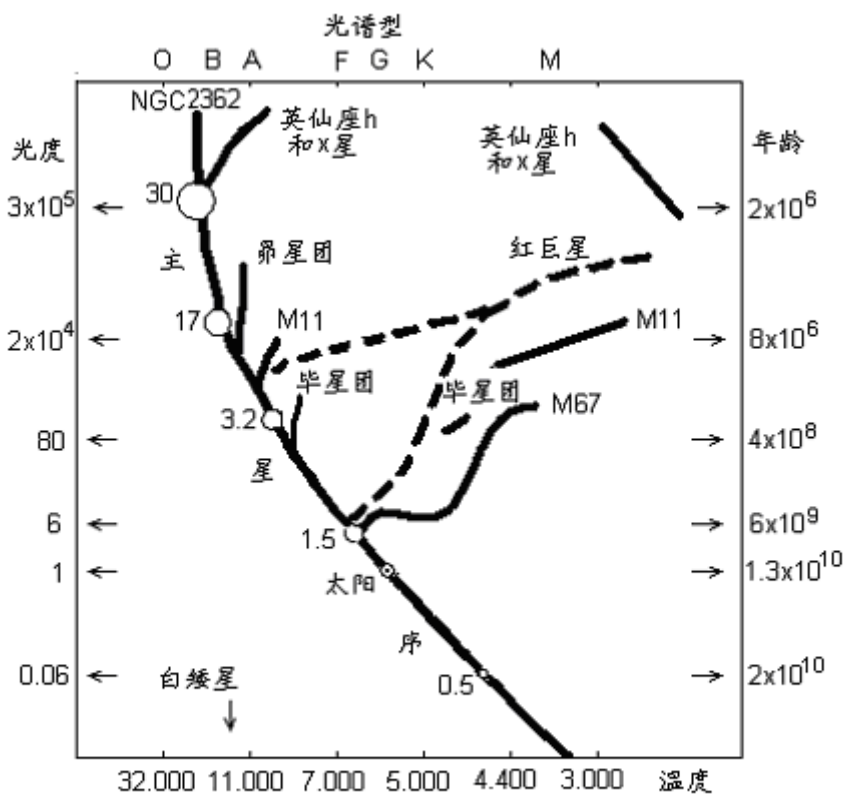


图21.1 各种星团的赫罗图  
该图主序星上的数字代表转向时的恒星质量，以太阳质量为单位

历史上已有这样的经验教训：

1922 年，开普提尼（Kapteyn）首次发现银河系内存在暗物质。1933 年，兹韦基（Zwicky）用系统光度法和维里运动平衡定律对星系团内的所有星系运动规律研究比较后发现：室女座星系团的质光比为 200 倍，后发座星系团高达 400 倍。随着观测技术的提高，发现更多暗弱的星系，但质光比仍达 10 倍以上。年青的星系蓝光强、质光比小，年老的星系趋于红化、暗淡、质光大，这种规律是公认的。以此推论：暗弱星系是老年星系，看不见的星系或黑矮星、黑洞，应是死亡星系或恒星残骸（假如星系规模、与地球的距离均差不多）。所以，必须重申：目前学术界流行的宇宙年龄只能是可视光学星系内的恒星年龄，还不是球状星团中心起主要引力场作用的黑洞年龄，更不是该星系的年龄。宇宙中占 90% 以上的暗物质是已经死亡恒星、球状星团的残骸，甚至是老年或已经死亡的整个星系的残骸。目前已观测到的大多数星系都有球状外晕。既然星系都是由大团星云收缩形成的，那么，晕里面的球状星团或盘族恒星，当它们死亡转化为白矮星、黑矮星、中子星和黑洞后，我们能见到吗？这些死亡的恒星残骸年龄又是多大？对占整个宇宙 90% 以上的暗物质年龄又是多大？

## 21.2 无限永恒宇宙论依据和模型

### 21.2.1 无限、永恒宇宙论依据

无限永恒宇宙论是当年牛顿提出来的，因无法解释奥伯斯佯谬、光谱红移才被抛弃。现在重提这个模型，依据如下：

1. 我们观测到的宇宙空间是欧氏三维平直空间，以星系团的大尺度在宇宙中分布是各项均匀同性的。（本模型已经开始与爱因斯坦的时空相对论冲突，第 27~28 章给予系统论证。）
2. 奥伯斯佯谬、光谱红移、黑体宇宙背景微波辐射在总能量守恒条件下整体转化为无限永恒宇宙论的关键依据。恒星、星系之间相对运动还是存在的，但是由此引起相对地球观测者的多普勒红移仅是极小值，速度就算达到  $10^6\text{m/s}$ ，则红移  $Z \leq 0.0033$ 。
3. 活动星系核、类星体的内部结构、巨大能源转化模型机制已经顺利解决。
4. 在研究中子星、黑洞、宇宙暗物质的成份、结构、形成、演化整个过程中，已经克服引力塌缩、数学奇点难关。系统解决了各类恒星、星系的形成、演化、死亡，转化为黑洞、暗物质，黑洞碰撞大爆炸，或黑洞通过吸积盘吸积、极轴喷注、射电过程中，星云再生的整个正物质星云、星系的演化循环全过程。
5. 轨道论量子物理学和无限永恒宇宙论，是微观、宏观、宇观领域统一的整体。全部依据所有实验都已经确认的经典物理学、能量相对论基础理论模型建立起来的。没有任何新的、未经实验证明的、人为想象的、抽象的物理、数学新概念、新模型参与。已经能够圆满解决牛顿当年无限永恒宇宙论和现代热大爆炸宇宙论无法解决的全部难题。所以，基础物理模型、理论依据和已经取得成果是不容置疑的。

### 21.2.2 无限永恒宇宙论概要

现代天文学观测研究，对不同质量恒星的物质起源、形成、演化至新星、超新星，大爆炸死亡后变成

汉斯预印本

未经同行评审

白矮星、中子星、黑洞，这些恒星残骸因电磁脉冲辐射和热辐射至动能、热能完全耗尽，变成我们目前无法看见的棕矮星、黑矮星、黑洞的整个过程，已经相当清楚。万有引力场都在扮演主角。笔者这里仅补充一句：不再发射电磁脉冲的中子星、黑矮星、恒星级黑洞、球状星团中央的黑洞及整个已经死亡的大、中、小型星系、甚至星系群，全部划归宇宙暗物质。

在目前能观测到的范围内，无数星云、各类型大、小不一的星系，包括初步形成的不规则小星系。其起源、形成、演化至死亡的整个过程也与恒星类似：由大团星云开始，在上一轮残留中小型星系、恒星残骸各自万有引力场作用下；或者漂浮在宇宙太空中的大团星云遇上沿轨道路过的其它星系或星系群，同样在万有引力场作用下；大团星云被这些残留的中小型星系、恒星残骸，或路过的其它星系、星系群各自形成的万有引力场，吸引或撕裂；分别各自收缩成大小不一、类型各异的星系或球状星团。原来已进入老年状态质量中等的星系，引力场强度和引力作用范围较大，能吸引到较多新生星云物质，迅速发展成大型星系。原来已进入中年状态的小型星系，得到部分新生星云物质的补充将变为中型星系。至于原星系边缘或中、小型星系外围的残留恒星、恒星残骸，球状星团，在有限引力场范围内得到少量星云物质补充可再生形成小型星系或球状星团，甚至是大质量的恒星。

随着各类型星系的演化，中央星系核质量逐渐增大，万有引力场逐渐增强，各星系可视恒星分布的光学范围逐渐收缩。已探测到的各类椭圆星系、旋涡星系外围都有大小不一的球状晕圈，就是收缩后的残留痕迹。星系内的恒星在形成、核燃烧、死亡、爆炸的更替过程中，残留星云逐渐减少，恒星形成率及质量也逐渐减小，恒星寿命却随之延长。所以，晚年星系剩下的都是红化的、质量较小的恒星。整个星系的光学可视范围也逐渐收缩，质光比逐渐增大。如果后期没有及时得到新生星云物质的补充，最终各星系或整个星系群、甚至整个小型星系团都将先后成为高密度球状死亡星系，与星系核外围恒星残骸中子星、黑矮星一道，都转化为宇宙暗物质。

与恒星类似，质量越大的星系，中央星系核质量和万有引力场强度增加越快，整个星系收缩也越快。其内部恒星形成率和恒星质量也越大，整个星系的寿命也越短。尤其是椭圆和巨椭圆星系，缺乏旋涡星系旋臂那种旋转轨道运动的离心力维持，其寿命就更短。

只有当两个大、中型，质量接近的星系核或已死亡的星系核在万有引力作用下迎面对撞时，才会大爆炸重新形成大团星云，其扩散范围应是整个星系群或更大。附近未死亡或已死亡的中小型星系或原星系核边缘恒星残骸，就各自成为大团新生星云的分裂、万有引力收缩中心。（如 CD 星系团中心巨大的椭圆星系内有时可见多重星系核就不足为奇了）。又将开始新一轮星系群的起源、形成、演化过程。由于质量较大的星系核中央黑洞之间距离较远，对撞大爆炸的机遇很少。常见的是互相缠绕运动发生引力吞噬现象，并伴随着极轴喷注和对称性致密源射电瓣，同样也能产生大团新生星云。这两个系列都能反复以至永恒、无穷。

在星系群的范围内，局部万有引力场中心位于整个星系群的质量中心区。随两个星系核碰撞大爆炸而变化，局部引力场中心转移到新一轮星系群的质量中心区。观测资料显示：星系团在宇宙中大尺度范围内分布是各项均匀、同性的，科学界至今未能确定、也永远无法确定宇宙边界。说明万有引力场，对各个星

汉斯预印本

未经同行评审

系团总体是各向平衡、均匀的。牛顿力学万有引力定律早期已经证明：在均匀、无限、等密度的物质分布空间内，无限永恒的宇宙中，若以星系团的大尺度来衡量，受到各个方向引力的合力必然趋于 0；星系团内部和周围却可以存在位置、强度不断变化的万有引力场收缩中心和相互缠绕的沿一定的轨道运动。

后面，将对该模型的各主要方面进行论证。



## 第 22 章 光谱红移是测距标尺

### 22.1 光谱红移原理

#### 22.1.1 2.73K 黑体宇宙背景微波辐射原理

本书粒子物理部分和第 5 章中已经证明：光子、中微子都是仅由一对荷电粒子组成的电偶极子，波动、进动轨道均是圆柱螺旋线；波动、进动运动速度均是光速，沿波动、进动轨道运动速度的矢量和均为  $\sqrt{2}c$ 。在整个宇宙中，光子与中微子一样，均只有一种（不计反粒子），仅有能量大小和波动、进动的轨道长度不同。两种粒子均具波粒二象性，波动半径  $R_a$  与电偶极子自转半径的比值  $K_r = (1.3026 \sim 74.637) \times 10^{-10}$ ，（ $\alpha = 0^\circ \sim 89^\circ$ ）。波粒二象性也可以直接理解为沿圆柱螺旋线波动、进动轨道运动的波长  $\lambda = 2\pi\bar{R}_\alpha$ ，粒子实体半径为  $R_{\alpha\bullet} = K_r\bar{R}_\alpha$ 。唯一差别是中微子内电偶极子自转频率是光子的  $N_0$  倍， $N_0 = 5991 \sim 343323$ 。中微子沿波动、进动轨道运动中显示的电磁波犹如连续的调频、调幅电磁波串。

宇宙中的 2.73K 微波黑体背景辐射场是中微子场。中微子、光子在一定条件下可以互相转化。中微子场中的中微子被高频电磁场激发后会转变为光子（频率大于  $\bar{m}_\nu c^2/h = 8.44 \times 10^{10}/s$  的条件下）。光子能量消耗到接近中微子背景场能量时，也理所当然地转变为中微子；尤其是频率接近时的共振作用，会加快光子能量的消耗和电偶极子自转特征的转变。中微子场是电磁场的传播媒介，在宇宙太空中的分布是各向均匀、同性的，（不考虑巨大黑洞边缘局部强万有引力场的影响）。

由物理学基本定律中知道：任何波的传播都应有传播媒介，而且任何能量波在传播媒介中传播时都会因介质的振动、摩擦升温而损失部分能量。对电磁波和光子，因波动、进动速度均固定为光速，其能量损失只能导致波长增加，既引起红移；当然，与光源传播方向相反的运动也会产生频率变小的红移；但作为恒星、星系来说，这种红移量是很有限的；一般相对视向运动速度  $\leq 1000 \text{Km/s}$ ；个别如 M31 与光源传播方向相同的运动产生的蓝移也不过  $119 \text{Km/s}$ 。后面 26.4 节我们将会证明，只有不同的物质成份组成，才能达到不同的运动速度。

所以，宇宙中的黑体微波辐射背景场既然能够辐射各频率的电磁波，为补充损耗的能量，维持长期稳定的能量辐射平衡，必然要吸收外界的能量。作为电磁波传播媒介的中微子场，中微子与光子又具有相同的本质特征，吸收能量的首选对象自然是电磁波和光子了；而且，光谱红移、黑体辐射所建立的整体能量平衡系统又理所当然地解释了奥伯斯详缪和哈勃定律。当然，各种宇宙射线对中微子场也有提供部分能量的作用。

### 22.2 光谱红移参数计算

由第 5 章计算结果得：中微子场内中微子平均密度为  $860 \text{个/cm}^3$ 。每个中微子平均质量为： $\bar{m}_\nu = 6.221566264 \times 10^{-40} \text{Kg}$ 。由（1.2-1）式，平均波动半径  $\bar{R}_\nu$  为：

$$\bar{R}_v = \frac{h}{2\pi m_v c} = 5.654 \times 10^{-4} m \quad (22.1)$$

对中微子、光子内电偶极子自转半径系数  $K_r$ ，我们统一取均值： $K_r=2.6052 \times 10^{-10}$ 。由于中微子内的电偶极子自转频率  $N_0$  极高，相当于整个波动、进动圆柱螺旋线轨道上存在串珠状的电偶极子球；若我们以电偶极子自转包围的轨道环为体积，作为黑体吸收、辐射体积  $V_l$ ，我们有：

$$V_l = 2\pi \bar{R}_v \sqrt{2\pi (K_r \bar{R}_v)^2} = 2\sqrt{2} \bar{R}_v (\pi K_r \bar{R}_v)^2 \quad (22.2)$$

以电偶极子每一自转频率包围的电磁场球体积，作为光子穿越的能量靶区  $V_0$ ，我们有：

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi (K_r \bar{R}_v)^3 \quad (22.3)$$

设中微子内电偶极子自转包围的轨道环体积在中微子场空间占的密度比例为  $K_{vl}$ ：

$$K_{vl} = V_l \times 860 \times 10^6 / m^3 \quad (22.4)$$

因为光子能量远大于中微子背景场内的中微子平均能量，所以波长、波动半径远小于中微子的波长、波动半径。可以先将光子简化为点粒子，它沿波动、进动圆柱螺旋线轨道运动行程的  $T$  时间内，能碰撞到的中微子电磁场球的个数  $N_{mv}$  为：

$$N_{mv} = \frac{\sqrt{2} c T \pi (K_r \bar{R}_v)^2 K_{vl}}{V_0} \quad (22.5)$$

将 (22.1)、(22.3)、(22.4) 式的结果代入 (22.5) 式，得： $N_{mv}=635.7595T$ 。既光子在太空中运行时，沿途每秒要穿过 635.7595 个中微子内电偶极子自转形成的电磁场球，与光子运行的时间、路程成正比。因光子的能量远大于中微子背景场内的中微子平均能量，设光子每穿过一个中微子电磁场球都会损失  $K_w$  系数的能量， $K_w \rightarrow 0$ ，所以，可令光子能量  $m_v$  为常数。由 (1.2-1) 式，穿过  $n=N_{mv}$  个中微子电磁场球后光子波长  $\lambda_i$  变为：

$$\lambda_i = \frac{h}{m_r (1 - K_w)^n c} \quad (22.6)$$

令光源刚发出的光子波长为  $\lambda_0$ ，则穿过第一个中微子电磁场球时，波长为  $\lambda_1$ ，红移为  $K_{z1}$ ，穿过第  $n$  个中微子电磁场球时的波长  $\lambda_n$  可用数列表示：

$$\left\{ \begin{array}{ll} \lambda_1 = \frac{h}{m_r (1 - K_w) c} & K_{z1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_0} - 1 = \frac{1}{1 - K_w} - 1 \quad (27.7-1) \\ \lambda_2 = \frac{h}{m_r (1 - K_w)^2 c} & K_{z2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} - 1 = \frac{1}{1 - K_w} - 1 \quad (27.7-2) \\ \dots & \dots \\ \lambda_n = \frac{h}{m_r (1 - K_w)^n c} & K_{zn} = \frac{\lambda_n}{\lambda_{n-1}} - 1 = \frac{1}{1 - K_w} - 1 \quad (27.7-n) \end{array} \right.$$

光子运行全程总的红移  $Z = \sum K_{zi}$  为:

$$\sum K_{zi} = \frac{N_{mv} K_w}{1 - K_w} \quad (22.8)$$

由 (22.7) 方程组和 (22.8) 式, 因  $n = N_{mu}$ , 我们有:

$$K_w = \frac{\sum K_{zi}}{\sum K_{zi} + N_{mv}} \quad (22.9)$$

由哈勃定律, 光谱红移  $\sum K_{zi}$  与距离  $R$  的关系为:

$$R = \frac{\sum K_{zi}}{H_0} \quad (22.10)$$

$H_0$  取 75Km/sMpc, 换算为:  $H_0 = 1/13031 \times 10^6$  光年。

以不同红移值, 分别代入 (22.10)、(22.5)、(22.9) 式, 求得  $R$ 、 $N_{mu}$ 、 $K_w$  参数见表 22.1。

光谱红移  $\sum K_{zi}$  与距离  $R$  关系计算结果表表 22.1

$\sum K_{zi}$	$R$ (光年)	$N_{mu}$	$K_w$
0.01	$1.3031 \times 10^8$	$2.6126 \times 10^{18}$	$3.827 \times 10^{-21}$
0.1	$1.3031 \times 10^9$	$2.6126 \times 10^{19}$	$3.827 \times 10^{-21}$
1	$1.3031 \times 10^{10}$	$2.6126 \times 10^{20}$	$3.827 \times 10^{-21}$
10	$1.3031 \times 10^{11}$	$2.6126 \times 10^{21}$	$3.827 \times 10^{-21}$
100	$1.3031 \times 10^{12}$	$2.6126 \times 10^{22}$	$3.827 \times 10^{-21}$

由上述推导计算结果可知: 光子与中微子电磁场球碰撞频率  $N_{mu}$  与运行路程  $R$ 、时间  $T$  成正比; 能量损耗系数  $K_w$  为常数, 不随光子能量、波长、红移值变动而改变; 所以, 由 (22.10) 式、哈勃定律和光谱红移值, 刚好可以作为测距标尺, 而且将是天文学领域唯一的可靠标尺。

因为可见光的波长为  $7000 \sim 4000 \text{ \AA}$ , 从紫光到红光, 最大红移  $\sum K_{zi} = 1.875$ , 代入 (22.10) 式, 得: 我们能看到最远的可见光光学星系为 244 亿光年。

### 22.3 光谱红移公式的修正

本节是 2005 年前尚未发现并完成第 29 章《引力子和暗物质之谜》的论文时编写的。当时认为宇宙太空中主要是均匀、各向同性地存在微波能量级别的中微子场, 忽略了第 29 章中论证的形成万有引力的电子中微子场。读者可以本节的光谱红移公式的修正。

上一节光谱红移公式的推导中, 我们将光子作为点粒子处理。当光子能量接近中微子背景场能量; 或红移值较大, 使光子能量、波长降至接近中微子背景场的远红外区时; 光子的实体半径就应考虑, 它会增大与中微子电磁场球的碰撞次数  $N_{mu}$ 。下面, 我们先假定光子能量损耗系数  $K_w$  不变, 仅对光子与中微子的碰撞次数  $N_{mu}$  进行修正。

由 (22.1) 式, 远红外区光子平均波动半径  $\bar{R}_{cr}$  为:

$$\bar{R}_{cr} = \frac{h}{2\pi m_r (1 - K_w)^n c} \quad (22.11)$$

由 (22.2) ~ (22.4) 式, (22.5) 式改写为:

$$N_{mv} = \sqrt{2cT\pi} [K_r (\bar{R}_{cr} + \bar{R}_{cv})]^2 \frac{V_l}{V_0} \times 860 \times 10^6 \quad (22.12)$$

将  $K_r$  值、(22.1)、(22.3) 式计算结果代入 (22.12) 式, 得:

$$N_{mv} = 635.7595T \left( \frac{\bar{R}_{cr}}{\bar{R}_{cv}} + 1 \right)^2 \quad (22.13)$$

由 (22.1)、(22.11) 式, (22.13) 式应该表示为:

$$N_{mv} = 635.7595T \left[ \frac{m_v}{m_r (1 - K_w)^n} + 1 \right]^2 \quad (22.14)$$

因为光子能量最终将趋于中微子背景场能量, 所以 (22.14) 式简化为:

$$N_{mv} = 635.7595T \left[ 1 + 2 \frac{m_v}{m_r} + \left( \frac{m_v}{m_r} \right)^2 \right] \quad (22.15)$$

与 (22.5) 式相比, 光子在运行过程中, 与中微子电磁场球碰撞次数  $N_{mu}$  会增大, 但每次碰撞的能量损耗系数是不变的, ( $K_w$  值是否变化最终应由观测结果确定); 所以, 在远红外区, 红移  $K_{zi}$  会变大, 其极限区是光子与中微子背景场的能量相同, 光子转化为中微子。当电磁波能量小于中微子平均能量时, 电磁波就以波的性质传播, 能量损耗属传媒介质的能量损耗, 本文不再讨论。

由 (22.15) 式可知:  $N_{mu}$  是变数, 所以必须用积分法计算平均值  $\bar{N}_{mv}$ :

$$\bar{N}_{mv} = \int_{m_v}^{m_r} 635.7595T \left[ 1 + 2 \frac{m_v}{m_r} + \left( \frac{m_v}{m_r} \right)^2 \right] \frac{dm}{\Delta m} = 635.7595T \left[ 1 + 2 \frac{m_v}{\Delta m} \ln \frac{m_r}{m_v} + \frac{m_v}{m_r} \right]$$

其中:

$$\Delta m = (m_r - m_v) \quad (22.16)$$

因为  $\sum K_{zi} + 1 = \frac{m_r}{m_v}$ , 代入 (22.16) 式, 得:

$$\bar{N}_{mv} = 635.7595T \left[ 1 + \frac{2}{\sum K_{zi} + 1} \ln(\sum K_{zi} + 1) + \frac{1}{\sum K_{zi} + 1} \right] \quad (22.17)$$

由 (22.17) 式, 当光子能量接近中微子背景场能量时:

令  $\sum K_{zi} \rightarrow 0 \sim 2.5 \sim 10$ , 则:  $\bar{N}_{mv} = (2 \sim 2.0016 \sim 1.5269) \times 635.7595 \text{ T}$

当光子行程无限远, 能量被中微子场全部吸收时:

令  $\sum K_{zi} \rightarrow \infty$ , 则:  $\bar{N}_{mv} = 635.7595 \text{ T}$

## 第 23 章中子星总能量和引力势能、自转动能方程

本章通过预设中子星密度变化函数，模拟计算证明：大质量、实心球状结构的中子星引力塌缩必将导致总能量、引力场强度、引力作用空间范围都趋于无穷大的“发散”现象。因为由此必将导致整个星系、星系群、星系团，甚至整个宇宙以光速收缩，而实际上这种天文现象并没有发生，所以读者不必计较本章预设中子星密度变化函数的精度，只要了解实心球状结构的中子星必将导致这个趋势就可以了。

### 23.1 等密度条件下中子星总能量、引力势能、自转动能方程

#### 23.1.1 中子星内部结构

一般质量较大的恒星核聚变燃烧晚期，呈超新星爆炸后中间剩下的中子星残骸质量都不会太大，沿赤道边缘自转速度远小于光速，由此形成的自转总动能增加的能量相对论质量可以忽略不计。我们可以在等密度、非能量相对论条件下对其质量、引力势能、自转动能先进行简化研究。

设中子星为一个旋转的圆球体。由本书粒子、原子核物理中知道：中子星内部结构应与原子核类似，由高、低能粒子螺线环紧密堆积而成。我们将每个中子都“拆成”2 个高能正  $\pi_g^+$  介子、2 个低能负  $\pi_d^-$  介子，（电子被压缩与质子组合成中子时差一对电偶极子由中微子场中吸收补充）。令高能正  $\pi_g^+$  介子质量为低能负  $\pi_d^-$  介子的两倍；由 (1.2-1) 式，每个中子静止质量为  $m_{n0}$ ，低能负  $\pi_d^-$  介子的平均波动半径  $\bar{R}_\alpha$  为：

$$\bar{R}_\alpha = \frac{h}{2\pi\left(\frac{m_{n0}}{6}\right)c} = 1.2601 \times 10^{-15} m \quad (23.1)$$

令每个中子占据的体积均为  $V_{n0} = \frac{4}{3}\pi\bar{R}_\alpha^3$ ，则中子星的原始密度  $\bar{\rho}_0$  为：

$$\bar{\rho}_0 = \frac{m_{n0}}{V_{n0}} = 1.9984 \times 10^{17} Kgm^{-3} \quad (23.2)$$

令中子星整体呈刚体转动，（原子核内各层粒子螺线环层为差异自旋运动）。由总能量守恒定律，中子星引力势能和自转动能将全部转化为粒子能量相对论质量，结果是缩小粒子波动半径，最终导致中子星密度增大、体积缩小。

#### 23.1.2 等密度条件下中子星总能量和引力势能方程

先设中子星为均质体，密度为常数  $\rho_0$ （ $\rho_0$  略大于  $\bar{\rho}_0$ ）总质量为  $M_{n0}$ ，与半径  $R_0$ 、密度  $\rho_0$  关系为：

$$M_{n0} = \frac{4}{3}\pi R_0^3 \rho_0 \quad (23.3)$$

$$\rho_0 = \frac{3M_{n0}}{4\pi R_0^3} \quad (23.4)$$

中子星内部质量  $M_{nr}$  与星球体半径  $R_r$  关系为：

$$M_{nr} = \frac{4}{3} \pi R_r^3 \rho_0 = M_{n0} \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^3 \quad (23.5)$$

对 neutron star 总能量而言，引力势能将会增大被吸引物体的动能。引力场势能对物体、粒子的压缩结果将全部转化为高、低能  $\pi^\pm$  介子的能量相对论质量，所以本书中引力势能全部取正值。

由高斯定理，万有引力场强度  $E_{nr}$  为：

$$E_{nr} = \frac{GM_{nr}}{R_r^2} \quad E_{nr} = \begin{cases} \frac{4}{3} \pi R_r \rho_0 G & (R_r \leq R_0) \\ \frac{4}{3} \pi \rho_0 G \frac{R_0^3}{R_r^2} & (R_r > R_0) \end{cases} \quad (23.6)$$

由 (23.3)、(23.5)、(23.6) 式，得，引力势  $U_{nr}$  为：

$$U_{nr} = \int_{R_r}^{R_0} E_{nr} dR_r + \int_{R_0}^{\infty} E_{nr} dR_r = \frac{4}{3} \pi \rho_0 G \left[ \int_{R_r}^{R_0} R_r dR_r + \int_{R_0}^{\infty} \frac{R_0^3}{R_r^2} dR_r \right] = \frac{M_{n0} G}{2R_0} \left[ 3 - \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^2 \right] \quad (23.7)$$

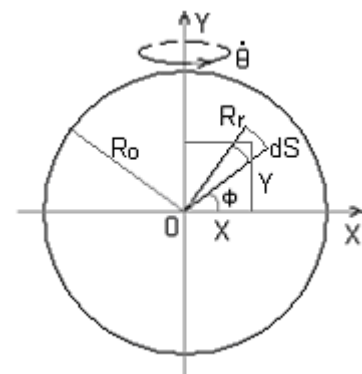
由(23.7)式，每一层球壳内中子的引力势能  $dW_{nu}$  可表示为：

$$dW_{nu} = \frac{M_{n0} G}{2R_0} \left[ 3 - \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^2 \right] \times 4\pi R_r^2 dR_r \rho_0 \quad (23.8)$$

由 (23.3)、(23.7)、(23.8) 式，整个中子星的引力势能  $W_{nu}$  为：

$$\begin{aligned} W_{nu} &= \int_0^{R_0} 4\pi R_r^2 \rho_0 U_{nr} dR_r = \int_0^{R_0} \frac{M_{n0} G}{2R_0} \left[ 3 - \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^2 \right] \times 4\pi R_r^2 \rho_0 dR_r \\ &= \frac{2\pi M_{n0} G \rho_0}{R_0} \left[ R_r^3 - \frac{R_r^5}{5R_0^2} \right]_0^{R_0} = \frac{6M_{n0}^2 G}{5R_0} \end{aligned} \quad (23.9)$$

### 23.1.3 自转动能方程



令中子星为一刚体球，自转角速度为  $\dot{\theta}$ ，见图 23.1，自转动能为  $W_{nv}$

图 23.1 中子星自转特征示意图

$$\begin{aligned} X &= R_r \cos \phi \\ Y &= R_r \sin \phi \\ dS &= R_r d\phi dR_r \end{aligned}$$

$$\begin{cases} dM_{nr} = 2\pi R_r \cos \phi dS \rho_0 \end{cases} \quad (23.10-1)$$

$$\begin{cases} dW_{nv} = \frac{1}{2} dM_{nr} (\dot{\theta} R_r \cos \phi)^2 \end{cases} \quad (23.10-2) \text{ 由 (23.10) 方程组, 整个中子星在自转运动的}$$

总动能  $W_{nv}$  为:

$$\begin{aligned} W_{nv} &= \frac{1}{2} \int 2\pi R_r \cos \phi \rho_0 (\dot{\theta} R_r \cos \phi)^2 dS \\ &= 2\pi \rho_0 \int_0^{R_0} \dot{\theta}^2 \int_0^{\pi/2} R_r^4 \cos^3 \phi dR_r d\phi = 2\pi \rho_0 \frac{R_0^5 \dot{\theta}^2}{5} \int_0^{\pi/2} (1 - \sin^2 \phi) d \sin \phi \\ &= \frac{4}{15} \pi R_0^5 \dot{\theta}^2 \rho_0 = \frac{1}{5} M_{n0} \dot{\theta}^2 R_0^2 \quad (23.11) \end{aligned}$$

由维里定理, 中子星上任一圈中子物质环自转时, 离心力应与万有引力相等, 才能平衡, 由图 23.1 得:

$$\begin{aligned} \frac{dM_{nr} (\dot{\theta} R_r \cos \phi)^2}{R_r \cos \phi} &= \frac{GM_{nr} dM_{nr}}{R_r^2} \cos \phi \quad (23.12) \\ (\dot{\theta} R_r)^2 &= \frac{GM_{nr}}{R_r} \quad \dot{\theta}^2 = \frac{4}{3} \pi \rho_0 G \end{aligned}$$

将 (23.12) 式代入 (23.11) 式, 得:

$$W_{nv} = \frac{GM_{n0}^2}{5R_0} \quad (23.13)$$

比较 (23.9)、(23.13) 式, 得: 中子星在等密度、非能量相对论速度自转条件下, 中子星的引力势能是自转动能的 6 倍。

如果根据维里定理将整个中子星的自转动能从引力势能中扣除, 并将引力势能转化为能量相对论质量  $\Delta M_{n0}$ , 由 (23.9)、(23.13) 式, 得:

$$\Delta M_{n0} = \frac{GM_{n0}^2}{R_0 c^2} \quad (23.14)$$

质量增加系数  $K_{m0}$  为:

$$K_{m0} = \frac{\Delta M_{n0}}{M_{n0}} = \frac{GM_{n0}}{R_0 c^2} \quad (23.15)$$

令  $K_{m0}=1$ ,  $R_0$  值就代表黑洞的史瓦西半径。



## 23.2 变密度条件下中子星总能量、引力势能和自转动能方程

### 23.2.1 变密度条件下中子星总能量和引力势能方程

当一个中子  $m_{n0}$  由静止状态从无穷远处被吸引到中子星表面时, 令整个中子星质量为  $M_{n0}$ , 由 (23.15) 式, 其引力势能质量增加系数  $K_{m0}$  为:

$$K_{m0} = \frac{GM_{nr0}}{R_0 c^2} \quad (23.16)$$

当被引入中子星中心时, 由 (23.7) 式, 其引力势能质量增加系数  $K_{m1}$  为:

$$K_{m1} = \frac{3GM_{nr0}}{2R_0 c^2} \quad (23.17)$$

由波动方程 (1.2-1) 式, 得, 粒子螺线环的平均波动半径  $\bar{R}_{ai}$  变为:

$$\bar{R}_{ai} = \frac{h}{2\pi(1+K_{mi})\left(\frac{m_{n0}}{6}\right)c} \quad (23.18)$$

因为每一个中子占据的粒子螺线环的体积都为  $\frac{4}{3}\pi\bar{R}_{ai}^3$ , 所以中子星表面密度函数  $\rho_0$  应为:

$$\rho_0 = \bar{\rho}_0(1+K_{m0})^4 \quad (23.19)$$

由引力势函数 (23.7) 式, 中心引力势能是表面的 1.5 倍, 因为它是从等密度条件下导出, 若是变密度条件下, 中心引力势更大, 所以我们先设计中心引力势能为表面的 3 倍, 中心密度  $\rho_1$  为表面  $\rho_0$  的 27 倍, 则中子星内部的密度函数  $\rho_r$  可先设计为:

$$\rho_r = \rho_0 \left[ 27 - 26 \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^2 \right] \quad (23.20)$$

由 (23.20) 式, 中子星内部质量  $M_{nr}$  和总质量  $M_{nr}$  为:

$$\begin{aligned} M_{nr} &= \int_0^{R_r} 4\pi R_r^2 \rho_r dR_r = 4\pi\rho_0 \int_0^{R_r} R_r^2 \left[ 27 - 26 \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^2 \right] dR_r \\ &= 4\pi\rho_0 \left( 9R_r^3 - \frac{26R_r^5}{5R_0^2} \right) \quad (23.21) \end{aligned}$$

$$M_{nr0} = \frac{57}{5} \times \frac{4}{3} \pi R_0^3 \rho_0 = 11.4 M_{n0} \quad \left( M_{n0} = \frac{4}{3} \pi R_0^3 \rho_0 \right) \quad (23.22)$$

由 (23.6) 式, 引力场强度  $E_{nr}$  为:

$$E_{nr} = \frac{GM_{nr}}{R_r^2} \quad E_{nr} = \begin{cases} 4\pi\rho_0 G \left( 9R_r - \frac{26R_r^3}{5R_0^2} \right) & (R_r \leq R_0) \\ 4\pi\rho_0 G \times \frac{19R_0^3}{5R_r^2} & (R_r > R_0) \end{cases} \quad (23.23)$$

由 (23.7) 式, 引力势  $U_{nr}$  为:

$$\begin{aligned} U_{nr} &= \int_{R_r}^{R_0} E_{nr} dR_r + \int_{R_0}^{\infty} E_{nr} dR_r \\ &= 4\pi\rho_0 G \left[ \int_{R_r}^{R_0} \left( 9R_r - \frac{26R_r^3}{5R_0^2} \right) dR_r + \int_{R_0}^{\infty} \frac{19R_0^3}{5R_r^2} dR_r \right] \\ &= 4\pi\rho_0 G \left( 7R_0^2 - \frac{9}{2}R_r^2 + \frac{13R_r^4}{10R_0^2} \right) \quad (23.24) \end{aligned}$$

整个中子星引力势能  $W_{nu}$ , 由 (23.9)、(23.20)、(23.21)、(23.24) 式, 得:

$$\begin{aligned} W_{nu} &= \int_0^{R_0} 4\pi R_r^2 \rho_r U_{nr} dR_r \\ &= (4\pi\rho_0)^2 G \int_0^{R_0} \left( 7R_0^2 - \frac{9}{2}R_r^2 + \frac{13R_r^4}{10R_0^2} \right) R_r^2 \left[ 27 - 26 \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^2 \right] dR_r \\ &= (4\pi\rho_0)^2 G R_0^5 \left[ 63 \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^3 - \frac{607}{10} \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^5 + \frac{1521}{70} \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^7 - \frac{338}{90} \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^9 \right]_0^{R_0} \\ &= 182.4571 M_{n0} \left( \frac{M_{n0} G}{R_0 c^2} \right) \quad (23.25) \end{aligned}$$

### 23.2.2 中子星自转总动能方程

当中子星质量较大时, 对中心引力场压缩力也较大, 导致中间密度变大, 由于自转速度较大, 这时就应考虑自转速度的能量相对论效应。由 (23.16) ~ (23.20) 式、图 23.1, 设中子星自转角速度为  $\dot{\theta}$ , 因自转沿 X 轴线方向的密度变化为  $\rho_x$ :

$$\rho_x = \rho_0 \left[ 27 - 26 \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^2 \right] \left[ 1 - \left( \frac{\dot{\theta} R_r \cos \phi}{c} \right)^2 \right]^{-2} \quad (23.26)$$

由能量相对论和图 23.1、(23.6) 式, 每个物质环的总能量  $dM_n$  为:

$$dM_n = \frac{dM_{n0}}{\sqrt{1 - \left( \frac{\dot{\theta} R_r \cos \phi}{c} \right)^2}} = 2\pi R_r \cos \phi \rho_x dS \quad (23.27)$$

由(23.26)、(23.27)式, 整个中子星的总能量  $M_{nr}$  为:

$$\begin{aligned}
 M_{nr} &= 2 \int_0^{R_r} \int_0^{\pi/2} 2\pi R_r \cos \phi \rho_0 \left[ 27 - 26 \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^2 \right] R_r \left[ 1 - \left( \frac{\dot{\theta} R_r \cos \phi}{c} \right)^2 \right]^{-2} d\phi dR_r \\
 &= 4\pi \rho_0 \int_0^{R_r} \int_0^{\pi/2} R_r^2 \left[ 27 - 26 \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^2 \right] \left[ 1 - \left( \frac{\dot{\theta} R_r}{c} \right)^2 + \left( \frac{\dot{\theta} R_r \cos \phi}{c} \right)^2 \right]^{-2} dR_r d \sin \phi \\
 &= 2\pi \rho_0 R_0^3 \int_0^{R_0} \left\{ \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^2 \left[ 27 - 26 \left( \frac{R_r}{R_0} \right)^2 \right] \left[ 1 - \left( \frac{\dot{\theta} R_r}{c} \right)^2 \right]^{-1} \right. \\
 &\quad \left. \left[ 1 + \operatorname{arctg} \frac{\dot{\theta} R_r}{c \sqrt{1 - (\dot{\theta} R_r / c)^2}} \left( \frac{\dot{\theta} R_r}{c} \sqrt{1 - (\dot{\theta} R_r / c)^2} \right)^{-1} \right] \right\} d \left( \frac{R_r}{R_0} \right) \quad (23.28)
 \end{aligned}$$

因为中子星赤道边缘自转速度  $v_\theta < c$ ， $\dot{\theta} R_0 / c < 1$ ，所以，令  $R_r / R_0 = \dot{\theta} R_r / c = 0 \rightarrow < 1$ ，起点  $R_r / R_0 = 10^{-6}$ ，求得变密度中子星总能量参数见表 23.1:

变密度中子星总能量参数模拟计算结果表表 23.1

$\dot{\theta} R_0 / c$	$M_{nr0} = K_m \times 4\pi R_0^3 \rho_0 / 3 \quad (K_m)$
0.001	11.400006
0.01	11.400675
0.1	11.467896
0.3	12.047244
0.5	13.444395
0.7	16.501857
0.9	25.74513
0.99	52.269
0.998	79.8

由维里定理，在中子星赤道表面上，自转速度仍应小于光速，由 (23.12) 式，得：

$$\begin{aligned}
 \frac{dM_n (\dot{\theta} R_0)^2}{R_0} &= \frac{GM_{nr0} dM_n}{R_0^2}, \quad (\dot{\theta} R_0)^2 = \frac{GM_{nr0}}{R_0}, \quad \text{因为: } (\dot{\theta} R_0) < c, \quad \text{所以:} \\
 R_0 &> \frac{GM_{nr0}}{c^2} \quad (23.29)
 \end{aligned}$$

由 (23.22)、(23.25)、(23.28) 式的计算结果比较得：

变密度中子星静止质量为等密度中子星的 11.4 倍。对一般星系核的中心黑洞，因  $GM_{n0} / R_0 c^2 \gg 1$ ，所以引力势能远大于 182.4571 倍。当中子星高速自转时，由于赤道表面受光速限制，包括动能在内的能量相对论总质量最多只能达到静止质量的 79.8 倍，远小于引力势能的增量  $\gg 182.4571$  倍。

由 (23.16)、(23.17) 式，对引力势能增量系数  $K_{mi}$ ，当  $GM_{n0} / R_0 c^2 \gg 1$  时，总能量将趋于无穷大，如在星系核中央的巨大黑洞中，引力势能将远大于中子星表面以光速运动时所能容纳的由能量相对论定律中求出的总能量。这种引力塌缩现象将使总能量呈几何级数暴涨，直接导致引力场强度和引力作用范围也

汉斯预印本

未经同行评审

呈几何级数增大；最终结果是整个星系、星系群、星系团、甚至整个宇宙以光速收缩；形成所谓空间无穷小，能量、密度均无穷大的数学奇点。可以肯定，所有已经成形的大、中、小型星系的中央星系核黑洞，甚至连球状星团的中心黑洞，都完全具备这个条件，但在所观测的 200 亿光年视域内的所有星系、星系团中均未见到这种奇点收缩现象；所以，具有巨大质量的星系核中央黑洞，其内部结构状态应重新考虑。

## 第 24 章 黑洞内部结构和总能量方程

### 24.1 黑洞内部结构和引力场方程

#### 24.1.1 黑洞内部结构和总能量守恒定律

从前面已经论证的基本粒子、电磁波、中微子场、引力场的能量起源中可以推论：能量是物质存在的唯一形式；既不能无中生有地被创造出来，也不能无缘无故地消失；它只能从一种形式转变为另一种形式；而且无论在什么样的物质状态、形态转变过程中，甚至在微观、宏观、宇观领域之间，各种物质的状态转变过程中，总能量都必须完全守恒。

在经典电动力学中，我们曾遇到“点电荷”的能量发散困难，通过波动方程的波动轨道半径得以顺利解决；同时也证明了荷电粒子在某一方向的波动、自旋运动合速度必须  $\geq c$  才能稳定存在。

同理，23.2 节中已经证明：质量较大的中子星在变密度的状态下引力场总势能，竟远远大于能量相对论性自转运动的总能量；引力塌缩趋于奇点同样出现总能量、引力场强度、引力作用空间范围全部趋向无穷大的整体“发散”困难；而且与点电荷一样，在微观、宏观、宇观领域，现实中这种“发散”现象均不存在；只是反映我们基本物理定律不够全面和完善；所以，我们既然已经用波动方程和电子波动运动轨道半径顺利解决点电荷的能量“发散”困难；为什么不能再用该方法解决黑洞内部结构和总能量、引力场强度、引力作用空间范围的整体“发散”困难呢？

在宏观领域，我们已经知道，一颗高速自转的球状星体，极轴两端因没有自转速度形成的离心力，在万有引力场作用下会收缩甚至凹进去。赤道上的离心力最大会膨胀，最终会使圆球体，变成旋转的扁椭球体。如果中子星的质量较大，自转速度也足够大，则极轴两端在强万有引力场作用下会收缩、凹陷甚至洞穿；赤道上在强离心力的作用下连续膨胀，就会形成圆环状的中子螺线环的集合体，见图 24.1，（后面简称中子物质环）。每个中子物质环的每一小段，都应遵循总能量守恒定律和维里定理。

设计这种黑洞的内部结构，就不存在总能量、引力场强度、引力作用空间范围的整体“发散”困难，而且能顺利实现碰撞大爆炸、吸积盘的物质转向极轴喷注，使中子衰变成质子、电子和中微子，产生对称的射电瓣，形成正物质星云的再生循环。

而且，当物质从吸积盘边缘的高速旋转运动转向极轴喷注时，吸积盘边缘的动量矩能量将转化为极轴上的喷注动能。就象脸盆内高速旋转运动的水流，动量矩能量最终将因摩擦转化为热能。同理，太阳系从星云开始收缩的初期，边缘大部分物质的动量矩能量最终也都转化为太阳的热能。

#### 24.1.2 中子物质环引力场方程

每一中子物质环自身、外侧及不同方向的引力场强度均略有不同，我们先分别研究，最后进行综合比较。

##### 1. 每个中子物质环的内部自身引力场方程

见图 24.1、图 24.2，令中子物质环为圆环状集合体，密度  $\rho_0$  为常数，自转角速度为  $\dot{\phi}$ 。粒子螺线环

结构与原子核类似，因两边对称，设万有引力为  $F_i$ ，我们有：

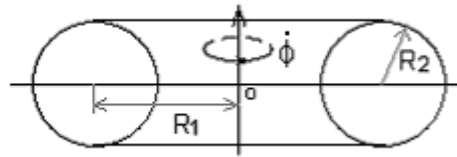


图 24.1 中子物质环结构示意图

$$dl = R_1 d\phi \quad dM_{ni} = \pi R_2^2 dl_i \rho_0$$

$$dF_1 = \frac{GdM_{n1}dM_{ni}}{\left(2R_1 \cos \frac{\phi}{2}\right)^2} \cos \frac{\phi}{2}$$

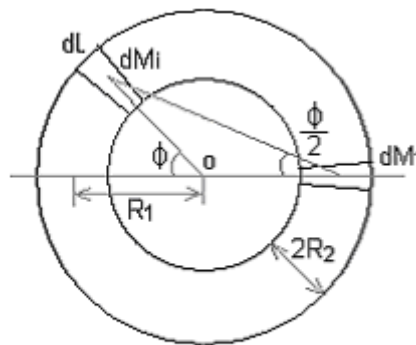


图24.2 中子物质环自身引力场示意图

$$F_i = \int_0^\phi \frac{2GdM_{n1}\pi R_2^2 \rho_0}{\left(2R_1 \cos \frac{\phi}{2}\right)^2} \cos \frac{\phi}{2} R_1 d\phi$$

$$= \int_0^\phi \frac{GdM_{n1}\pi R_2^2 \rho_0}{2R_1 \cos \frac{\phi}{2}} d\phi$$

$$= \frac{GdM_{n1}\pi R_2^2 \rho_0}{R_1} \left( \ln \operatorname{tg} \frac{\phi}{2} - \ln \operatorname{tg} \frac{\phi}{4} \right)$$

(24.1)

因  $\phi = \pi - \frac{d\phi}{2}$ ，所以， $\ln \operatorname{tg}(\phi/2) \approx 2\pi$ ， $M_{n1} = 2\pi R_1 \times \pi R_2^2 \rho_0$  代入 (24.1) 式，得：

$$F_i = \frac{GM_{n1}dM_{n1}}{R_1^2} \quad (24.2)$$

2. 每个中子物质环平面外侧的引力场方程

见图 24.3, 令 A 处有一小段中子物质环  $dM_{n1}$ , 在  $\Delta AOB$  中:

$$\begin{cases} AB^2 = OA^2 + R_1^2 + 2OA R_1 \cos \phi & (24.3-1) \\ R_1^2 = AB^2 + OA^2 - 2OA AB \cos \alpha & (24.3-2) \end{cases}$$

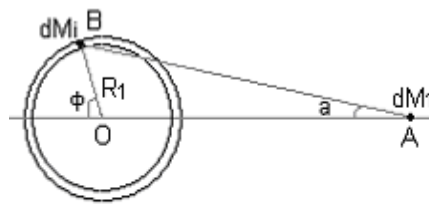


图24.3 中子物质环平面外侧引力场示意图

由 (24.3) 方程组得:

$$\cos \alpha = \frac{OA + R_1 \cos \phi}{AB} \quad (24.4)$$

$$dF_i = \frac{GdM_{n1}dM_{ni}}{AB^2} \cos \alpha \quad (24.5)$$

由 (24.3-1)、(24.4)、(24.5) 式, 得:  $F_i = \int_0^\pi \frac{2GdM_{n1}\pi R_2^2 \rho_0 R_1 \cos \alpha}{AB^2} d\phi,$

$$= \frac{GdM_{n1}M_{n2}}{OA^2} \int_0^\pi \frac{\left(1 + \frac{R_1}{OA} \cos \phi\right)}{\pi \left[1 + \left(\frac{R_1}{OA}\right)^2 + 2\left(\frac{R_1}{OA}\right) \cos \phi\right]^{1.5}} d\phi \quad (24.6)$$

(24.6) 式后面的积分值模拟计算结果如下:

$$\frac{R_1}{OA} = 0.5 \int_0^\pi \frac{\left(1 + \frac{R_1}{OA} \cos \phi\right)}{\pi \left[1 + \left(\frac{R_1}{OA}\right)^2 + 2\left(\frac{R_1}{OA}\right) \cos \phi\right]^{1.5}} d\phi = 1.24562$$

=0.1

... ..

=1.00757

=0.01

=1.000075

3. 垂直每个中子物质环中轴线上的引力场方程

见图 24.4, 参照 (24.6) 式, 得:

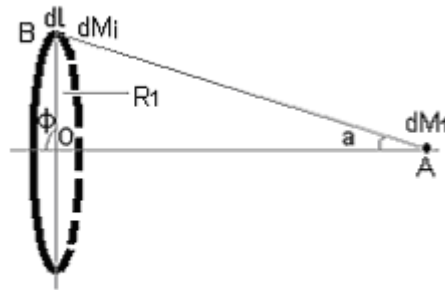


图 24.4 中子物质环轴线上引力场方程示意图

$$\begin{aligned}
 F &= \int_0^{2\pi} \frac{GdM_{n1}\pi R_2^2 \rho_0 R_1 \cos \alpha}{AB^2} d\phi \\
 &= \int_0^{2\pi} \frac{GdM_{n1}\pi R_2^2 \rho_0 R_1 OA}{(R_1^2 + OA^2)^{1.5}} d\phi \\
 &= \frac{GdM_{n1}M_{n1}}{OA^2 \left[ 1 + \left( \frac{R_1}{OA} \right)^2 \right]^{1.5}} \quad (24.7)
 \end{aligned}$$

同理, 随着:  $\frac{R_1}{OA} \rightarrow 0, \left[ 1 + \left( \frac{R_1}{OA} \right)^2 \right]^{-1.5} \rightarrow 1$ , 与 (24.6) 式计算结果能互消, 使综合结果更接近

1. 当然, 我们也可以在图 24.3、图 24.4 之间通过模拟计算找出过渡环, 使综合值为 1。

4. 内层中子物质环组合对外层中子物质环的综合引力场方程

当内层每一条中子物质环都单独占据一个球壳层轨道曲面时, 多层中子物质环就相当于各自均匀分布在各层球壳上。由高斯对称性定理, 内层全部中子物质环对外层中子物质环  $dM_{ni}$  的引力场可以表示为:

$$F_m = \frac{G(M_{n1} + M_{n2} \dots + M_{nn})dM_{ni}}{R_{1n}^2} \quad (24.8)$$

## 24.2 黑洞内部的维里平衡定理和总能量方程

### 24.2.1 黑洞内部的维里平衡定理

根据维里运动平衡定理, 设中子物质环自旋运动的能量相对论速度系数为  $K_v$ , 对黑洞中心第一个中子



汉斯预印本

未经同行评审

物质环  $M_{n1}$ ，令轨道半径为  $R_{1,1}$ ，横截面半径为  $R_{2,1}$ ，（均以下标区别，下同），平均密度为  $\rho_{01}$ 。由 (24.2)、

(23.29) 式：

$$\frac{2\pi R_{1,1} \pi R_{2,1}^2 \rho_{01} G dM_{ni}}{R_{1,1}^2} = \frac{dM_{ni} (K_v c)^2}{R_{1,1}}$$

$$R_{2,1} = \frac{K_v c}{\sqrt{2\pi^2 G \rho_{01}}} \quad (24.9)$$

由能量相对论和 (23.19) 式，整个中子物质环的密度  $\rho_{0n}$  与原始中子螺线环中密度  $\bar{\rho}_0$  的关系为：

$$\rho_{0n} = \frac{\bar{\rho}_0}{(1 - K_v^2)^2} \quad (24.10)$$

将 (24.10) 式代入 (24.9) 式，得：

$$R_{2,1} = \frac{K_v c (1 - K_v^2)}{\sqrt{2\pi^2 G \bar{\rho}_0}} \quad (24.11)$$

因为  $K_v$  为待定系数，其它均是常数，对 (24.11) 式，求导数取极值得：

$$\text{当 } K_v = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ 时, } R_{2,1} = \frac{2\sqrt{3}c}{9\sqrt{2\pi^2 G \bar{\rho}_0}} = 7112.39\text{m 是极大值}$$

前面 21.2 节中已经提到，星系在形成、演化过程中，随着星系核质量逐渐增大，在万有引力场作用下，光学星系是逐渐收缩的。我们现在考虑星系的收缩速度：假如整个星系在演化过程中，质子、中子总数保持不变；那么，由能量相对论，吸入星系核中央黑洞形成的中子物质环的总质量就取决于能量相对论性自旋速度  $K_v c$ ；若  $K_v \rightarrow 0$ ，无法形成中子物质环结构，将形成实心球状超大质量的中子星，在万有引力作用下迅速塌缩成所谓数学奇点，导致总能量和引力场的“发散”，其结果是整个宇宙以光速收缩；若  $K_v \rightarrow 1$ ，由 (23.28) 式可知，黑洞总能量也将以成百上千倍增大，同样也将导致整个星系快速收缩；但观测到的宇宙范围内这种现象均未见到。以我们的银河系来说，可视光学星系规模属中  $\rightarrow$  大型，仍具有较复杂的旋涡结构；可视最古老的球状星团表面的恒星年龄已大于 170 亿年；银盘旋臂上还有蓝色的年青大质量恒星生成；整个星系的质光比 10~20；说明整个银河系仍属青壮年星系，本轮可视光学星系寿命应大于 800 亿年。

所以，星系核黑洞内中子物质环的自旋速度应尽量取小值，满足既不会形成实心球状中子星导致引力塌缩形成奇点，又不会使能量相对论质量增加太多，这样整个星系就能适当延长寿命。当取  $K_v = 1/\sqrt{3}$  时， $R_{2,1}$  有极大值，它就是中子物质环横截面的极大值。

### 24.2.2 黑洞总能量方程

为了后面计算研究简化，我们令整个黑洞内或边缘每个中子物质环总能量  $M_{ni}$ 、自转速度  $K_v c$  均相等。因为  $M_{ni} = 2\pi R_{1,i} \times \pi (R_{2,i})^2 \rho_{0n}$ ，只要  $R_{1,i} \geq R_{2,i}$ ，就可以认为整个中子物质环在  $\pi (R_{2,i})^2$  横截面上各粒子螺线

环的自旋速度  $K_v c$  不变。

由 (24.10) 式, 得: 在  $\pi(R_{2,i})^2$  截面上的密度及各个中子物质环的密度  $\rho_{0n}$  均相等。由 (24.8) 式和维里定律, 从中心往外, 第  $N_i$  个中子物质环圆周运动平衡条件为:

$$\frac{GdM_{ni}N_iM_{ni}}{R_{1,i}^2} = \frac{dM_{ni}(K_v c)^2}{R_{1,i}}$$

$$M_{ni} = \frac{(K_v c)^2 R_{1,i}}{GN_i} \quad (24.12)$$

令  $K_v = 1/\sqrt{3}$ 、 $R_{1,1}=R_{2,1}=7112.39\text{m}$ 、 $N_1=1$ , 代入 (24.12) 式, 得黑洞中心第一个中子物质环的质量  $M_{n1}=3.1933 \times 10^{30}\text{Kg}=1.6055M_\odot$  ( $M_\odot=1.989 \times 10^{30}\text{Kg}$  为太阳质量)。

由 (24.12) 式, 黑洞总质量  $N_i M_{ni}$  与外缘中子物质环分布半径  $R_{1,i}$  关系为:

$$R_{1,i} = \frac{GN_i M_{ni}}{(K_v c)^2} \quad (24.13)$$

由 (24.13) 式看出: 每个中子物质环分布的球壳间距均为:  $\Delta R_{1,1}=7112.39 \text{ m}$ 。设黑洞总质量为  $N_i M_{n1}=10^{12} M_\odot$ , 代入 (24.13) 式, 得:

$$R_{1,n} = 4.41 \times 10^{15} \text{m} = 0.466 \text{ 光年}。$$

令 (24.13) 式中  $K_v = 1$ , 则史瓦西半径  $R_s$  为:

$$R_s = \frac{GN_i M_{n1}}{c^2} = 1.47 \times 10^{15} \text{m} = 0.155 \text{ 光年} \quad (24.14)$$

比较得: 外缘中子物质环半径是史瓦西半径的 3 倍。由 (24.9)、(24.10)、(24.11)、(24.13) 式:

$$M_{n1} = 2\pi R_{1,i} \pi R_{2,i}^2 \rho_{0n}$$

$$R_{2,i} = \sqrt{\frac{M_{n1}}{2\pi^2 R_{1,i} \rho_{0n}}} = \frac{K_v(1-K_v^2)c}{\sqrt{2\pi^2 GN_i \bar{\rho}_0}} = \frac{7112.39}{\sqrt{N_i}} \text{m} \quad (24.15)$$

$N_i = \frac{1.98 \times 10^{42}}{M_{n1}}$  代入 (24.15) 式, 得:  $R_{2,i}=9.03 \times 10^{-3}\text{m}$ , 远小于中心。

上述各式仅是一个简化理想结构模型。在每个中子物质环离心力与中心万有引力完全平衡的前提下, 由维里定理可知, 每个中子物质环的质量由内往外可以按某一数列规律分配, 由此每层球壳的间距也应由维里定律重新确定。

综合上述计算结果比较可以看出: 如果中子物质环横截面半径  $R_{2,i}$  从中心往外缘以 (24.15) 式缩小。由此不难想象: 椭圆星系呈球状收缩, 中央黑洞中内、外所有中子物质环, 整体呈球型对称分布; 旋涡星系在黑洞中间相当部分是呈球型对称分布的, 边缘继承部分角动量, 象星系边缘一样呈盘状分布; 现在已观测到的旋涡星系活动星系核及部分恒星级黑洞都存在盘状吸积盘显然是边缘中子物质环层面和尘埃、气

体的混合过渡带。

### 24.2.3 每个中子物质环的内部作用力分析

由维里定理，每一个中子物质环占据整个球壳层内固定厚度的轨道空间，黑洞从中心往外缘，每一个中子物质环在自旋轨道径向只受万有引力  $F_m$  和离心力  $F_n$  作用，二者大小相等、方向相反、完全平衡，见图 24.5。垂直自旋半径方向的每个中子物质环横截面上因各壳层中各个中子物质环自身万有引力  $F_m$  和核力  $F_b$ （见第 10~11 章的轨道切点处的电流安培力）相互作用，总体上也应处于平衡状态。

中子物质环是由高、低能  $\pi^+$  介子组成的粒子螺旋线环，我们将它设计成被弯曲的圆柱螺旋线。参照 10.2 节安培力参数计算模型，并排同一层粒子螺旋线环轨道切点处安培力可简化计算。

由 (10.11) 式原子核内部核力形成原理得：同一层低能粒子螺旋线环轨道切点处有极大的安培力，在图 24.5 中子物质环自旋运动状态下将表现为排斥力以克服万有引力的压缩作用，参见图 11.2。

因为每个中子“拆解”后都有两个低能  $\pi_d^-$  介子，所以，每个粒子螺旋线环中含有的负电荷数  $N_e$ ，由 (23.1)、(23.2) 式和能量相对论，得：

$$N_e = 2 \times \frac{2\pi R_{1,i} \pi \bar{R}_\alpha^2}{\frac{4}{3} \pi \bar{R}_\alpha^3} = \frac{3\pi R_{1,i}}{\bar{R}_\alpha} \quad (24.16)$$

$$(\bar{R}_\alpha = 1.0289 \times 10^{-15} m) \quad (24.16)$$

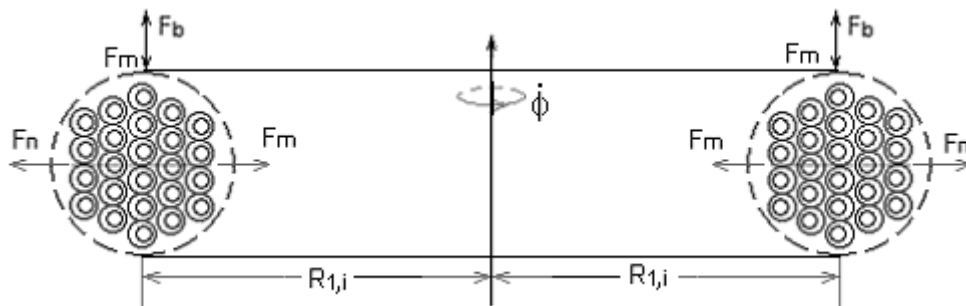


图 24.5 中子物质环内部作用力示意图

由 (10.7-1)、(24.11) 式，沿自旋方向的低能粒子螺旋线环轨道电流  $I_\theta$  为：

$$I_\theta = \frac{eK_v c}{2\pi R_{1,i}} N_e \quad (24.17)$$

由 (10.7-2)，轨道切点处的磁场强度  $B$  为：

$$B = \frac{u_0 I_\theta}{2\pi K_r \bar{R}_\alpha} \quad (24.18)$$

由 (10.9)、(24.16) ~ (24.18) 式，每个自旋轨道切点处安培力  $F_b$  为：

$$F_b = \int_{K_r \cdot \bar{R}_\alpha}^{2K_r \bar{R}_\alpha} I_\theta B dl = \int_{K_r \cdot \bar{R}_\alpha}^{2K_r \bar{R}_\alpha} \frac{u_0 I_\theta^2}{2\pi K_r \bar{R}_\alpha} dl = \frac{u_0 I_\theta^2}{2\pi} \ln \frac{2K_r}{K_r}$$

$$= \frac{u_0}{2\pi} \left( \frac{3eK_v c}{2\bar{R}_\alpha} \right)^2 \ln \frac{2K_r}{K_r} \quad (24.19)$$

由表 2.1 估计得： $2K_r / K_r = 2 \times 10^9$ ，则  $\ln \frac{2K_r}{K_r} = 20.72$ 。代入(24.19)式，得：核力的最大值： $F_b = 6773.2523$

(牛顿)。

对中子物质环横截面上万有引力强度求解，应将它当作无限长的圆柱体，由高斯对称性原理，在横截面上引力场强度  $E_{mr}$  为：

$$E_{mr} = 2\pi G \rho_{0n} R_{2j} \quad (24.20)$$

与原子核内核力平衡验证计算方法类似，对每一层粒子螺线环，我们只要计算横截面上最宽的一层粒子螺线环侧向相互作用力。设中子物质环横截面中心万有引力累计为  $F_{mr}$ ，见图 24.5，因为每个粒子螺线环波动轨道直径为  $2\bar{R}_\alpha$ ，参照 (24.20) 式，得：

$$F_{mr} = \int_1^{N_n} 2\pi G \rho_{0n} R_{2j} dm_n = 2\pi G \rho_{0n} \int_1^{N_n} 2N_n \bar{R}_\alpha \times \frac{4}{3} \pi \bar{R}_\alpha^3 \rho_{0n} dN_n$$

$$= \frac{8\pi^2 G \rho_{0n}^2 \bar{R}_\alpha^4 (N_n^2 - 1)}{3} = 3.9794 \times 10^{-34} N_n^2 \quad (\text{牛顿}) \quad (24.21)$$

由 (24.19) 式的计算结果，与 (24.21) 取值范围联立得：中子物质环横截面半径允许取值范围为： $R_{2i} = 8489.7126m$ ，都大于 (24.11)、(24.15) 式计算的取值范围。

与原子核内的核力形成原理类似， $F_b$  核力也能够随着外界作用力大小，拉伸、压缩状态进行自我调整；所以，对每个中子物质环横截面积大小应从黑洞总能量、空间分配、核力平衡、和维里平衡定理 4 个方面综合考虑。比如，我们可以从核力平衡方面优先考虑，参照原子核内的核力平衡模拟计算方法，假设每个中子物质环的横截面积都相等，都取  $R_{2i} = 7112.39m$  的极大值。这样，就使在黑洞内部万有引力场与电磁场形成的核力完全处于平衡统一状态。当然，强、弱相互作用实际上就是电磁相互作用，所以，这就等于在黑洞内部将万有引力场与强、弱相互作用、电、磁相互作用完全平衡统一起来了。因为目前国际天文学界对黑洞内部结构的观测研究还基本上是空白，本文这里只给出黑洞总能量、大小、内部结构、避免引力塌缩的整体简化模型。进一步分析黑洞内部的结构、类星体光谱超常值红移、超大型恒星核聚变物理演化模型和详细计算实例见第 27 章。

#### 24.2.4 黑洞的吸积率 $K_{mx}$

当黑洞从吸积盘不断的吸积增大时，其黑洞的半径  $R_1$  也将逐步增大。由 (24.11) 式，令黑洞的中子物质环半径的极大值  $R_2 = 7112.39m$  为常数，也就是整个黑洞仅由一个中子物质环组成。

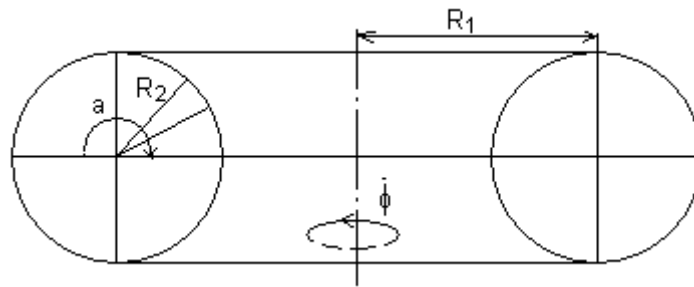


图 24.6 黑洞的吸积率  $K_{mx}$  计算原理示意图

此时，如果设想，中子物质环外侧由高低能粒子螺线环组成的每一层中子表面层都如晶体一样从吸积盘吸附后逐层生长。因为黑洞的中子物质环半径  $R_2=7112.39m$  为常数，所以内侧的每一层中子表面层就只能从极轴喷注形成射电瓣。那么，由图 24.6 所示，令每一层中子的粒子螺线环层的厚度为  $d_n$ ，黑洞的吸积率  $K_{mx}$  可以表示为：

$$\begin{aligned}
 K_{mx} &= 1 - \frac{\int_0^{2\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} (R_1 + R_2 \cos \alpha) R_2 d\alpha \cdot d\phi \cdot d_n}{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} (R_1 + R_2 \cos \alpha) R_2 d\alpha \cdot d\phi \cdot d_n} \quad (24.22) \\
 &= 1 - \frac{\int_{\pi/2}^{\pi} (R_1 + R_2 \cos \alpha) d\alpha}{\int_0^{\pi/2} (R_1 + R_2 \cos \alpha) d\alpha} = \frac{2R_2}{\frac{\pi}{2} R_1 + R_2}
 \end{aligned}$$

由 (24.22) 式得：当  $R_1 = R_2$  时，即黑洞的质量为最小值时， $K_{mx} = 0.7779690593$ ；随着

$\frac{R_1}{R_2} = 10, 100, 1000, 10000, \dots$  呈几何级数增大， $K_{mx}$  也分别为：0.1197033994、0.01265185126、 $1.272429491 \times 10^{-3}$ 、 $1.273158493 \times 10^{-4}$  呈几何级数减小。

上述的计算结果比较说明：对质量较小的恒星级黑洞，刚形成时吸积率较大，这样有利于吸积新生的星云形成类星体，（详见第 27 章）。对质量较大的星系级中央的黑洞，吸积率很小，几乎趋于 0，使星系中央的黑洞质量增大非常缓慢，这就有利于整个星系、尤其是密布小型恒星的球壳状星系核，能够维持更长的光学星系的寿命，同时将大部分星系盘的物质以极轴射电瓣的方式转向极轴两端辐射形成新生的星云。从而改变整个星系原来的动量矩，（详见第 25~27 章）。

对正常星系中央的核球，极轴两端以球壳状分布的恒星和星云，必须由极轴两端中子物质环内层辐射形成的“顶托力”，才能有效地支撑平衡和克服中央黑洞对恒星和星云的万有引力。并使星系核黑洞外围密布小型恒星的球壳状层，不断得到极轴喷注形成新生星云的补充。这种星系核内部明暗物质自动转变循环的结果，将使星系核球壳状层中恒星的寿命，远大于星系核外围恒星的寿命。

我们还可以由此进一步推论：整个星系从形成至死亡全部转变成大大小小的黑洞后，总质量增加也有

限。令  $K_v = \frac{1}{\sqrt{3}}$  时，由能量相对论，增量比： $\frac{\Delta M}{M} = \sqrt{\frac{3}{2}} - 1$ 。

上述说明，整个宇宙的总质量应当是个常数，宇宙是永恒的。

## 第 25 章星系核早期特征和能量转化、辐射机制

### 25.1. 星系核早期特征

21.2 节中对星系的形成演化过程已作了概述。天文学界观测到许多剧烈活动的星系核、类星体及赛佛特星系中央恒星状亮核，均是星系形成初期的星系核特征，现将各类特征分述如下：

#### 25.1.1 类星体

它常与活动星系核的名称共用，这类天体的主要特征是：

##### 1. 高光度

一个类星体总光度为  $10^{43} \sim 10^{48} \text{erg/s}$ ，相当于  $10^3 \sim 10^4$  个普通星系的总光度，各波段辐射能量比较见表 25.1。

普通星系和活动星系核光度比较表（单位：erg/s）表 25.1

类型	射电	红外	光学	X 射线
旋涡星系	$5 \times 10^{38}$	$3 \times 10^{42}$	$4 \times 10^{43}$	$3 \times 10^{39}$
射电星系	$10^{42} \sim 10^{45}$	$2 \times 10^{42}$	$1 \times 10^{44}$	$3 \times 10^{41}$
Seyfert	$10^{40} \sim 10^{45}$	$3 \times 10^{46}$	$5 \times 10^{43}$	$10^{42} \sim 10^{45}$
类星体	$10^{44} \sim 10^{48}$	$4 \times 10^{47}$	$10^{45} \sim 10^{47}$	$10^{46}$

##### 2. 小尺度

一个类星体光度变化周期通常只有几个小时或几天，若以光速穿过类星体所需时间计，说明直径小于光程， $D < 0.2 \text{pc}$ 。

##### 3. 核心为黑洞

第 24 章已经论证，要形成星系的首要条件是中央必需有较强的万有引力场，而具有这种条件的只能是大质量的黑洞。后面接着论证：巨大能量转化和非热辐射只能由黑洞引力势能和吸积物的总能量转变来实现。

##### 4. 非热辐射谱

类星体主要能量以非热辐射谱的形式发射，谱流量强度  $F_\nu$ 、随频率  $\nu$  呈幂律分布：

$$F_\nu \propto \frac{1}{\nu} \quad (25.1)$$

有的在光学和红外波段则以热致发射为主的连续谱。

##### 5. 光变现象

活动星系核中有相当部分呈明显的光变现象，且光变周期不规则，光变时标只有几小时至几天的数量级，最长的也在几年内。

##### 6. 喷注现象

从一个半径不到  $0.1 \text{pc}$  的核区，能够持续发出能量  $W > 10^{38} \text{erg/s}$ ，能谱从  $1 \text{Mev} \sim 100 \mu\text{m} (\lambda)$ ，大

部分呈幂律分布的电磁波谱。

### 25.1.2 赛佛特星系

主要特征有：

1. 光谱中有明显的发射线，包括允许线、半禁线和禁线。允许线宽度较宽，如巴尔末线多普勒宽度可达  $500\sim 1000\text{Km/s}$ 。根据赛佛特星系谱线宽度分为 Seyfert1、Seyfert2 两类，前者 Ha 全宽  $> 3000\text{Km/s}$ ，后者宽  $500\sim 1000\text{Km/s}$ 。
2. 母星系一般是旋涡星系或 Sa、Sb 型，活动星系核呈恒星状的致密核，其大小仅约 1pc。
3. 连续谱呈蓝色或紫外超，为非热谱或不完全是非热谱。
4. 绝对星等  $M_V > -24^m$ 。

### 25.1.3 BL、Lac 天体（也称闪偏体）

主要特征有：

1. 非热型连续谱：从射电、红外、光学甚至延伸到 x 射线波段都表现为非热型幂律谱。
2. 快速光变现象：光变周期不规则，时标从几小时至几个月。光变幅度达几个星等，个别甚至是灾难性的，而且光变在红外、x 射线波段也发生。光变时标与波段有关，光学波段往往是小时或天量级，射电波段则达到月量级。
3. 高度偏振，常达 30%，偏振度同样与波长有关，随波长增加而减少。
4. 仅有很弱的发射线，说明从辐射源到观测者间缺少星云、尘埃。

### 25.1.4 N 星系

主要特征是中心具有一个亮的恒星核，周围有低亮度的延伸星云包围，中心亮核的颜色与类星体相似。

### 25.1.5 星爆星系

是指有大质量的恒星爆发或正在形成的星系。观测表明：在近距离的旋涡星系和不规则星系中，约有 10% 的星系具有极强的红外辐射、x 射线和射电辐射，并显示很强的星云发射线，这些都表明在星系中伴随着大量的恒星爆发性的形成过程。星爆星系形成时标只有约  $10^7$  年，主要在核心区域，尺度仅约 1Kpc，而普通的星系中恒星形成区是在星系盘或旋臂中。

根据氢、氦元素谱线的强度分析，星爆星系的有效温度范围为  $38500\sim 47000\text{K}$ ；根据质量在  $30\sim 60M_{\odot}$  的 O7~O5 型恒星的谱线，得出年龄只有  $10^7\sim 10^8$  年。

通常认为星爆星系是活动星系核演化的前身，作为演化的初始阶段，星爆星系和 Seyfert2 十分相似，处于大质量热主序星形成阶段。

### 25.1.6 活动星系核特征综合比较

综合上述 5 类活动星系核特征，可初步用一个综合物理模型概括，按活动星系核整体结构尺度从外向



内每相差 10 倍的物理结构依次为:

1Mpc	射电展源观测到的范围
100Kpc	射电喷注现象, 在射电喷注周围有时还伴有卫星星系
10Kpc	母星系, 射电星系一般是椭圆星系, Seyfert 星系一般是旋涡星系, 类星体母星系尚未成型, 所以一般不清楚
1Kpc	星系的核心部分
100pc	窄线区
10pc	恒星分布的临界点, 向外的喷注也往往从这里开始 (喷注均在极轴上)
1pc	宽线区
100mpc	致密的射电核, VLBI 可观测到的极限
10mpc	连续谱形成区, 吸积盘出现
1mpc	UV 辐射形成区
100upc	x 射线形成区
10upc	黑洞

本章主要讨论内容限于 1Kpc 范围内的星系核形成初期内部结构特征。

## 25.2 星系核能量转化机制

天文学家已经知道, 超新星爆发释放出巨大的能量来自引力场势能。上一章也已经证明: 形成中子星或黑洞, 必然要释放多余的引力场势能, 否则会出现引力塌缩, 形成奇点; 而且, 根据维里定律、(24.11) 式, 黑洞内部中子物质环的自旋速度与光速的比值为常数,  $K_v = 1/\sqrt{3}$ 。由此可得: 黑洞外层、中子物质环外围星云、尘埃吸积环, 也只要满足维里定律, 就可以形成稳定的吸积盘结构。设吸积环的物质为  $dm$ , 所包围的黑洞物质和内侧吸积盘的物质总量为  $N_i M_{n1}$ , 绕黑洞作圆周运动速度为  $v_\theta$ ,  $v_\theta \leq c/\sqrt{3}$ , 则:

$$\frac{GdmN_i M_{n1}}{R_{1,n}^2} = \frac{dmv_\theta^2}{R_{1,n}}$$

$$v_\theta = \sqrt{\frac{GN_i M_{n1}}{R_{1,n}}} \quad (25.2)$$

上式说明: 从吸积盘外缘往内, 自旋速度  $v_\theta$  逐渐增大, 转变成中子物质环的临界半径为  $R_{1,n}$ 。令星云、尘埃的静止能量为  $m_0 c^2$ , 当由吸积盘外围进入内侧至中子物质环外缘时, 自旋速度增至  $v_\theta = c/\sqrt{3}$ 。由能量相对论, 增加的动能  $W_v$  为:

$$W_v = m_0 c^2 \left[ \frac{1}{\sqrt{1 - (v_\theta/c)^2}} - 1 \right] \quad (25.3)$$

设星云、尘埃被吸积过程中黑洞引力场做功为  $W_u$ ，由 (24.13) 式求导数得：

$$dR_{1,n} = \frac{-2GN_i M_{n1}}{K_v^3 c^2} dK_v \quad (25.4)$$

$$W_u = \int_\infty^{R_{1,n}} \frac{GN_i M_{n1} m_0}{R_{1,n}^2 \sqrt{1 - K_v^2}} dR_{1,n} \quad (25.5)$$

将 (24.13)、(25.4) 式代入 (25.5) 式，得：

$$W_u = \int_0^{K_v} \frac{2m_0 K_v c^2}{\sqrt{1 - K_v^2}} dK_v = 2m_0 c^2 \left( 1 - \sqrt{1 - K_v^2} \right) \quad (25.6)$$

引力场势能和吸积盘的物质动能比值为：

$$\frac{W_u}{W_v} = 2\sqrt{1 - K_v^2} \quad (25.7)$$

当  $K_v = 1/\sqrt{3}$  时， $W_u/W_v = 1.63299$  倍，说明引力场势能大于黑洞内新增动能，二者之差，就是黑洞

吸积过程中应释放的能量  $\Delta W_{uv}$ 。由 (25.3)、(25.6) 式，得：

$$\Delta W_{uv} = m_0 c^2 \left( 3 - \frac{3 - 2K_v^2}{\sqrt{1 - K_v^2}} \right) = 0.14226 m_0 c^2 \quad (25.8)$$

如图 25.1 所示，星云、尘埃被吸积过程中在各位置的能量变化如下：

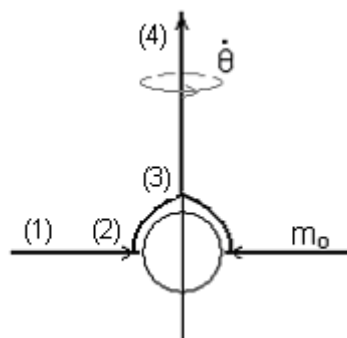


图 25.1 黑洞外围吸积盘  
能量转化示意图

$$(1) \quad m_0 c^2 \quad (25.9)$$

吸积盘起点，设  $v_\theta = 0$

$$(2) \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-K_v^2}} + 2m_0 c^2 \left(1 - \sqrt{1-K_v^2}\right) \quad (25.10)$$

在中子物质环边缘，总能量为动能、势能和自身能量  $m_0 c^2$  的总和。

$$(3) \frac{m_0 c^2 (1-K_{mx})}{\sqrt{1-K_v^2}} + 2m_0 c^2 \left(1 - \sqrt{1-K_v^2}\right)$$

$$0 \leq K_{mx} \leq 1 \text{ 表示吸积率 (25.11)}$$

$$(4) \frac{m_0 c^2 (1-K_{mx})}{\sqrt{1-K_v^2}} + 2m_0 c^2 \left(1 - \sqrt{1-K_v^2}\right) - 2m_0 c^2 (1-K_{mx}) \left(1 - \sqrt{1-K_v^2}\right) \quad (25.12)$$

(25.12) 式的最后一项为极轴喷注时克服中心黑洞万有引力场势能损失的能量，最终释放的总能量  $\Delta W_{uv}$  为：

$$\Delta W_{uv} = \frac{m_0 c^2 (1-K_{mx})}{\sqrt{1-K_v^2}} + 2m_0 c^2 \left(1 - \sqrt{1-K_v^2}\right) K_{mx} \quad (25.13)$$

由 (25.13) 式看出：

当  $K_{mx} = 0$ ，没有吸积，且最终  $K_v = 0$ ， $\Delta W_{uv} = m_0 c^2$ ，吸积物从吸积盘外缘转移到极轴喷注方向。

当  $K_{mx} = 1$  时，全部被吸积，释放引力势能  $\Delta W_u = 2m_0 c^2 \left[1 - \sqrt{1-K_v^2}\right]$ 。

当我们令  $K_v = \frac{1}{\sqrt{3}}$  为常数时，黑洞在整个星系生命期间，总质量、半径平稳地增大，释放的引力势能与中央黑洞质量大小无关，只与吸积率  $K_{mx}$  有关。当我们由总能量守恒定律扣除黑洞中动能增量后，由 (25.8) 式，得： $\Delta W_{uv} / m_0 c^2 = 0.14226$  为常数，说明大质量的黑洞吸积盘对物质能量的转化率是能量相对论静止质量的 14.226%，约为恒星中的核聚变燃烧转化率的 20 倍！这就是星系核、类星体巨大产能机制的原因。

## 25.3 星系核光谱辐射机制

### 25.3.1 星系核各环区结构、组合特征和形成原理

综合天文学界的观测资料和本文物理模型，见图 25.2，我们先对尘埃云环、吸积盘及中央黑洞成分、物理特征进行简述：

1. 尘埃云环：包括外围的中性氢云、电离氢云区，形成星系的早期剩余星云或外围恒星及残骸被中央星系核强万有引力场吸入；因轨道半径缩小，自旋速度加大至每秒数千公里时，恒星或残骸就被撕裂成星云或陨石碎片；再被吸积盘的辐射光子能量加热、气化，温度可达  $10^4 \sim 4 \times 10^4 \text{K}$ ，形成高温激发辐射尘埃云环；外围为稀薄的中性氢云，或者是电离氢云扩散区。

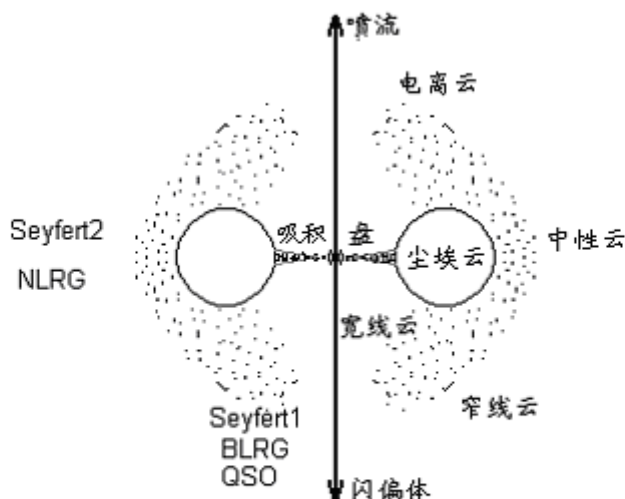


图25.2 活动星系核的统一模型示意图、图周围标出的是天体所在的观测方向

2. 吸积盘：尘埃云环中少量物质源源不断地被中央黑洞吸积；在吸积、自旋运动过程中，因半径缩小，速度增大，各类复杂的分子、原子逐渐被撕裂成类似原子核内部结构的粒子螺线环；由于正、负电荷互相吸引作用，各粒子自旋速度  $v_{\theta}$  必须相等，就形成由内往外的高能  $\pi_g^+$  介子、低能  $\pi_d^-$  介子和高能电子  $e^-$  三圈套合的同步自旋运动的粒子螺线环。在吸积过程中，动能逐渐加大，剩余引力势能就不断地激发中微子场中的中微子，形成连续的非热辐射谱。最后，当被吸积的粒子螺线环到达中子物质环附近或表面时，就和高、低能  $\pi_g^+$ 、 $\pi_d^-$  介子粒子螺线环并轨，类似原子核发生  $\epsilon$  衰变，高能电子吸附一个中微子转化成低能  $\pi_d^-$  介子进入低能  $\pi_d^-$  介子轨道，完成  $2\pi_g^+ + \pi_d^- + \text{电子} + \text{中微子} \rightarrow 2\pi_g^+ + 2\pi_d^-$  的转化过程。在这最后阶段，剩余引力势能及衰变时多余的能量全部激发中微子场中的中微子转变为 x 射线或  $\gamma$  射线辐射。

3. 从维里定理可以看出：尘埃云环的自旋速度  $500 \sim 1000 \text{ Km/s}$ ，吸积盘的自旋速度由外往内应是  $(1000 \sim 3000 \text{ Km/s} \rightarrow c/\sqrt{3})$ 。

### 25.3.2 吸积盘剩余引力势能辐射机制

由 (25.8) 式，令  $K_v$  为变量， $K_v = 0.0033 \rightarrow 1/\sqrt{3}$ ，对  $\Delta W_{uv}$  求导数得：

$$\Delta W'_{uv} = \frac{m_0 c^2 K_v}{\sqrt{1-K_v^2}} \left( \frac{1-2K_v^2}{1-K_v^2} \right) \quad (25.14)$$

每一小环吸积盘  $m_0$  自旋速度变化区  $\Delta K_v$  的剩余引力势能  $\Delta W_{uvi}$  为：

$$\Delta W_{uvi} = \frac{m_0 c^2 K_v}{\sqrt{1-K_v^2}} \left( \frac{1-2K_v^2}{1-K_v^2} \right) \Delta K_v \quad (25.15)$$

由量子物理学，每个光子能量  $W_{vi}$ 、与频率  $u_i$ 、普郎克常数  $h$  关系为：

$$W_{vi} = hu_i \quad (25.16)$$

显然，某一波段发射光子总数  $F_{vi}$  与光子能量  $W_{vi}$ 、剩余引力势能  $\Delta W_{uvi}$  关系为：

$$F_{vi}W_{vi} = \Delta W_{uvi}$$

$$F_{vi} = \frac{m_0c^2K_{vi}}{\sqrt{1-K_{vi}^2}} \left( \frac{1-2K_{vi}^2}{1-K_{vi}^2} \right) \frac{\Delta K_{vi}}{hv_i} \quad (25.17)$$

由 (25.17) 式看出： $F_{vi}$  与频率  $u_i$  的关系不但显示幂律 (25.1) 式关系，而且还与自旋速度系数  $K_{vi}$  及速度系数间隔  $\Delta K_{vi}$  有关。

### 25.3.3 活动星系核统一模型、宽线、窄线谱形成机制

首先，对活动星系核，可以确认是光学星系形成初期的中央星系核。根据性质特征差别的类型演化顺序可以依此排列为：

1. N 星系.→ 2. BL、Lac (闪偏天体).→ 3. 类星体.→ 4. 星爆星系.→ 5. Seyfert1→ 6. Seyfert2 → 7. 正常星系核。

从 21.2 节无限永恒宇宙论依据和模型中已初步说明：一个大型星系的形成，一般是从球状星团→小型星系→中型星系→大型星系经过多期次再生星云物质的补充，才逐步由自身引力场吸积发展壮大的。当然，这也包括椭圆星系、棒旋星系及旋涡星系各自的原有自旋总角动量的继承性发展。

所以，上述 6 种活动星系核给出从大质量的恒星残骸通过吸积其它再生星云、周围残余星云、尘埃过程中，中央黑洞原始质量逐渐变大，整个星系核形成、演化过程各期应出现的类型及我们从不同观测角度应该看到的特征。

由 (25.15) 式、图 25.1 可以看出：设尘埃云环内侧自旋速度为 1000 Km/s，速度系数  $K_{va}=0.0033$ ，在吸积盘内侧转化为中子物质环时，速度系数  $K_{vb} = 1/\sqrt{3}$ ，以平均值分别代入 (25.15) 式，得：

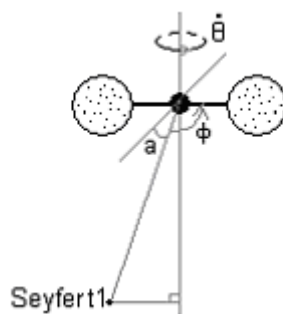


图 25.3 Seyfert1 观测光谱  
展宽示意图

$$\Delta W_{uvi} = \left( \frac{1+0.5}{2} \right) \frac{m_0c^2K_v}{\sqrt{1-K_v^2}} \Delta K_v$$

$$= 0.75 \frac{m_0c^2K_v}{\sqrt{1-K_v^2}} \Delta K_v \quad (25.18)$$

令吸积率  $K_{mx}$ 、速度间隔  $\Delta K_{vi}$  为常数，由 (25.18) 式可知：由吸积盘边缘往内侧自旋速度增大，辐射

光子总能量也增大；因为整个宇宙中 2.73K 的黑体

辐射是各向同性的，所以，吸积盘面上单位面积内发射的光子数也应相同。

由此推论：吸积盘内侧辐射的每个光子能量更大，波长更短。由图 25.2、图 25.3 看出，在不受尘埃环阻挡时，我们观测到从吸积盘面上直接发射 Seyfert1 型光谱的多普勒展宽应为：

$$\Delta Z = \pm \left( 0.0033 \rightarrow \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \cos \alpha \sin \phi \quad (25.19)$$

$\alpha$  为观测位置与吸积盘平面夹角， $\phi$  为吸积盘光谱辐射位置与观察者、极轴平面构成的夹角。而且，光子能量越高，吸积盘自旋速度越大，多普勒展宽也越大。

同理，我们观测到的窄线光谱主要由尘埃环外缘发射出来的，见图 25.4。假如尘埃环外缘自旋速度为 500Km/s，内侧为 1000Km/s，则由不同观测角度可看到多普勒视向运动速度差别，观测到的展宽应为：

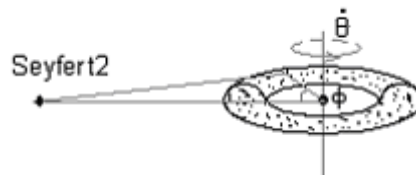


图 25.4 Seyfert2 观测光谱展宽位置图

$$\Delta Z = \pm (0.0017 \rightarrow 0.0033) \sin \phi \quad (25.20)$$

#### 25.3.4 正常星系核内部结构和能量转化机制

正常星系核指由活动星系核进一步演化，使尘埃云环、中性氢云、电离氢云（以下简称尘气云层）呈球壳状封闭式包住黑洞和吸积盘，外观上整个星系核呈球状。外围沿球壳均匀分布的恒星呈刚体运动。随着星系的演化收缩，中央星系核的体积、质量相对外围可视光学星系的比例逐渐增大。早期活动星系核中的尘气云球壳层未完全封闭，初期黑洞、吸积盘的规模都较小，吸积盘上各波段的光谱辐射及光变可直接观测到。中、老年的星系核尘埃气云球壳层则完全封闭，并且具有相当的厚度，上述各波段电磁波辐射及光变就无法观测到了。

尘埃气云包围黑洞的球壳层既是隔离层，也是能量吸收层。为克服中央黑洞的强万有引力，维持平衡，除自身部分旋转运动的离心力外，内部吸积盘上吸积物引力势能释放转化为高能光子辐射形成的巨大光压，其强度应足以撑托住尘气云球壳层；（前面已经证明，星系核中心黑洞由吸积盘吸积物释放的引力势能，是恒星内部核聚变的 20 倍！）。同时光子大部分能量被吸收，使其转化至可见光和红外波段，与尘埃气云壳层中气态原子、分子受激发、跃迁产生新的可见光谱和红外电磁波一起，组成强红外线发射源；也使

老年星系核中央黑洞吸积盘的光谱辐射由于强万有引力场的作用产生较大幅度的红移。

由(25.8)式、图 25.1 可以看出：吸积盘中角动量损失，引力势能释放就必然导致极轴方向的射电和喷注。至于极轴方向的对称射电瓣形成原理，由图 25.1 可知：是残余吸积物，沿极轴方向喷射到一定位置、动能耗尽，离子、质子、电子重新组合成中性氢云和尘埃气云过程中电子跃迁时产生的。

对椭圆星系的星系核，内部结构与旋涡星系类似，差别仅在于吸积盘和盘族恒星的动量矩更小；所以，它们的射电和红化是全方位的，沿极轴喷注特征不显著。

## 第 26 章 各类星系、星系团特征和形成、演化原理

### 26.1 各类星系特征

#### 26.1.1 星系分类

目前天文学界以哈勃分类法将星系按形态特征分三大类，见图 26.1。笔者仅加了一条光学星系演化、收缩的方向线。

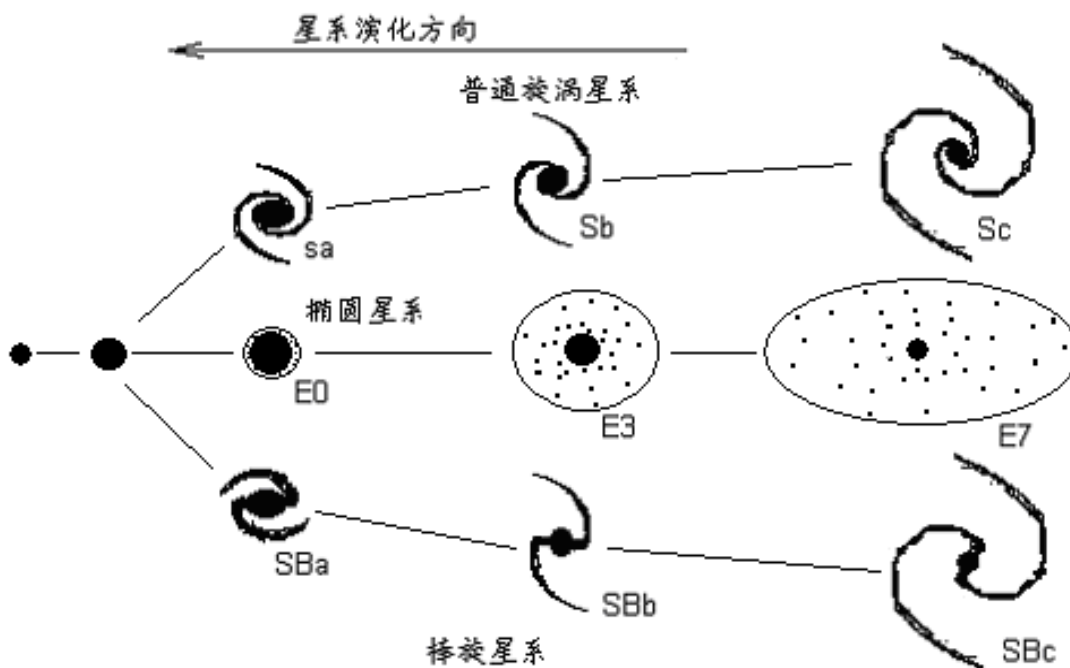


图 26.1 星系的哈勃分类、演化图

1. 椭圆星系：代号 E，常将扁度标在后面。定义扁度为： $n = 10(a-b)/a$ ，a、b 是半长轴和半短轴。一般将 n 分成 8 个等级 0、1、2、…… 7。请注意，我们看到的仅是视扁度，真扁度由于短轴取向不清楚无法确定。

2. 旋涡星系：细分普通旋涡星系和棒旋星系，代号为 S、SB。根据星系核大小和旋臂闭合程度依次分为 So、Sa、Sb、Sc 和 SBa、SBb、SBc 型。

3. 不规则星系：不规则星系又分两种，代号 Irr I、Irr II。前者显示撕裂状，表面亮度低，没有明显的旋臂或核的结构，后者完全不规则。

4. 其它类型：近年来对经典的哈勃分类又补充了一些其它类型，如：

- 1) Sd 或 SBd 型，核很小，旋臂断断续续，属未成型的旋涡或棒旋星系
- 2) Sm 型：麦哲仑云型星系
- 3) DE 型：矮椭圆星系，质量很小，有的同球状星团差不多
- 4) CE 型：特殊的巨椭圆星系



- 5) CD 型：为超巨弥漫星系，常有几个星系核，整体看似椭圆星系
- 6) 射电星系：有明显的射电辐射、形态各异的星系
- 7) 活动星系：包括赛佛特星系、射电星系和类星体

各类星系数按范登堡统计结果见表 26.1:

各类星系数统计结果分布表表 26.1

类型	E+SO	Sa+SBa	Sb+SBb	Sc+SBc	Irr	其它类型
百分比%	22.9	7.7	27.5	27.3	2.1	12.5

### 26.1.2 各类星系的主要特征

#### 1. 星系的质光比 M/L

各类星系的质光比  $M/L$ ，是反映星系物理性质、暗物质含量、演化进程的一个重要参数。可以肯定：类型、规模一样的可视光学星系，质光比越大，本轮光学星系的年龄就越大。详见图 26.1、表 26.2。

各类星系的质光比表表 26.2

星系类型	质光比	星系类型	质光比	星系类型	质光比
E	20~40	Sa、SBa	10~13	Sc、SBc	<10
SO	10~15	Sb、SBb	约 10	Irr	约 3

在同一个星系不同位置，质光比也不一样。如银河系中，在太阳位置轨道半径  $R_{\odot}$  之内， $M/L=10$ ；在  $2R_{\odot}$  之内， $M/L=15\sim 20$ ；在  $10R_{\odot}$  之内， $M/L=30$ 。说明暗物质的分布是不均匀的，在可视光学星系的边缘和外围的星系晕中，暗物质比例更高。

#### 2. 星系的自转

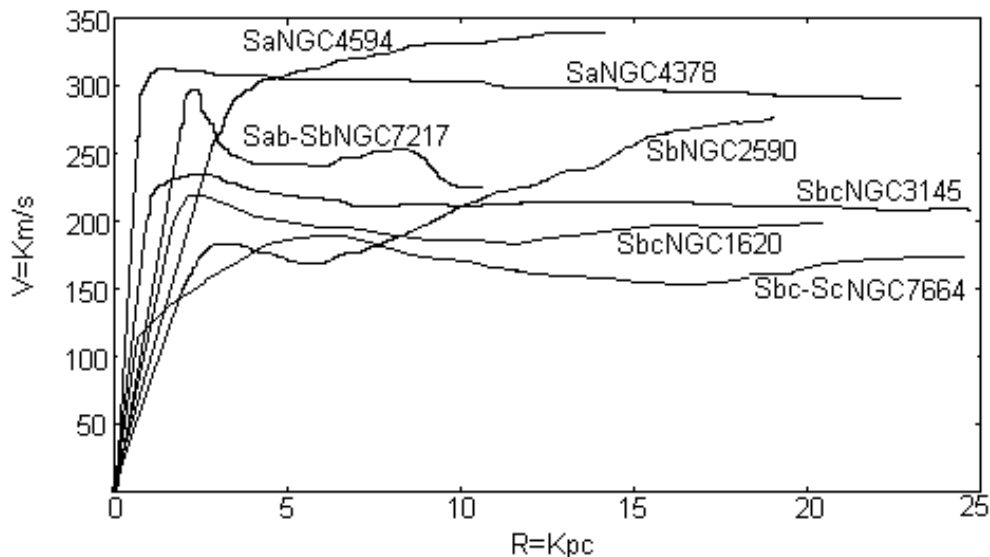


图 26.2 7 个旋涡星系的自转速度曲线

横坐标是到中心的距离  $R$ ，纵坐标是自转速度

观测结果分析表明，一般旋涡星系都存在明显的自转运动，详见图 26.2。星系的中心呈刚体自转，速

度正比于到自转轴的距离。从旋臂开始往外，速度呈平缓的变化。在星系的最外围部分，作开普勒转动，速度反比于轨道半径的平方根。这种奇特的自转运动，是暗物质分布有一定的规律所致，后面将进一步分析。

### 26.1.3 各类星系特征比较

一般来说，椭圆星系的质量最大，旋涡星系次之，不规则星系最小。演化速率最快的是椭圆星系，由于星云、恒星绕星系核自旋运动速度很小，缺少离心力来平衡万有引力；当椭圆星系初步形成时，几乎所有星云气体都同时形成恒星，星际介质所剩无几；因此，椭圆星系几乎全由恒星组成，这些恒星都属星族 II。一轮光学星系寿命中，恒星更替可能只有几代，从大质量的恒星迅速演化至小质量的恒星。在结构上，椭圆星系的中心密度很高，其密度变化与到中心距离的立方成反比， $\rho \propto R^{-3}$ ，说明收缩很快。

旋涡星系，主要由核和旋臂组成，核心部分与椭圆星系类似，主要由年老的恒星组成。旋臂部分由恒星和星际介质气体组成，其中常见年轻的和大质量的恒星。

英国的天文学家瑞斯（Rees 1977）认为存在星族 III，星族 III 天体存在于光学星系外围的晕中；尤其是旋涡星系，外围存在一个呈球状结构的大晕壳层；最早期形成的星族 III，（多数已变成中子星、白矮星、黑矮星）就分布在该晕中。这种推测本书模型中早就予以肯定。在所有光学星系外围的晕中，甚至晕外围已暗淡的原星云团分布区，都应存在最早期形成的星族 III 和球状星团；光学星系（如银河系）从外围→边缘→中部→中心的质光比依次降低就是有效的证明。

星系的光学颜色反映恒星的质量和表面的温度，由赫罗图还可推算恒星的年龄。经观测比较，一般椭圆星系比旋涡星系更红，不规则星系偏蓝。旋涡星系最外部分与核球区不同，当核球区变大或旋臂缩紧时，颜色变红。

综合本节各类星系特征和前几章论述，我们可以初步推论如下：

1. 不规则星系质量小，质光比小，恒星颜色偏蓝，是星系的胚胎。
2. 星系规模在逐期吸积新生星云团的发展、壮大过程中，总动量矩具有继承性和守恒性。原来是旋涡星系，得到新生星云的补充壮大后仍然是旋涡星系，原来是椭圆星系的进一步发展壮大后仍然是椭圆星系，（假设新生星云团的动量矩都很小）。
3. 所有光学星系在各期的演化过程中，星云、恒星等可视光学星系范围是逐渐收缩的，星系核逐渐变大，旋臂逐渐紧缩，旋涡星系中间的光学部分最终都会演化为致密的椭圆状星系。
4. 所有光学星系在各期演化过程中，随着年龄变大，质光比变大，恒星颜色变红。

## 26.2 各类星系团特征

### 26.2.1 星系团分类

星系的成团性可以和银河系中恒星的成团性相类比。按富度分 5 个等级，见表 26.3

星系成团性富度表表 26.3

富度级	星系数	北天的星系团数
0	30~49	10
1	50~79	1224
2	80~129	283
3	130~199	68
4	200~299	6
5	300~	1
备注	统计范围为北天红移值 $Z=0.02\sim0.2$ 距离内	

星系团的形态，大体分规则和不规则的，前者形态呈对称的圆形或准圆形分布，后者没有明显的中心和对称形边界。离我们最近和最大的处女座星系团便是个典型的不规则星系团。

如果按星系团中成员分类，可以分为：

1. CD 星系团，CD 型星系指在一些星系团中发现超大型的椭圆星系，其恒星包层可延伸达 100Kpc，一般分布在致密型星系团中（1 个星系/Mpc<sup>3</sup>）。部分 CD 型星系还有多重星系核。在 CD 星系团中，各种类型星系的比大约是 E：So：S = 3：4：2，旋涡星系仅占 20%，星系分布有规则地向中心密集。

2. 富旋涡星系型，星系成员的比例为 E：So：S = 1：2：3，旋涡星系的成员达 50%，星系分布不规则，中心致密度很低。

3. 贫旋涡星系型，其余星系团都可以统称贫旋涡星系型，其成员比例为 E：So：S = 1：2：1，成员星系在星系团中分布介于 1 与 2 之间。

星系成员的分布也有明显的差别，CD 型和贫旋涡星系型，旋涡星系大多数分布在外围，中心部分主要是椭圆星系和 So 星系。富旋涡星系型，各类星系的分布基本是一致的。

### 26.2.2 星系团的质量和暗物质

星系团的质量可以直接用动力学的方法，从维里定理中求出。研究较详细的是 Coma 星系团，其成员大约有 800 个。如果取  $R=16\text{Mpc}/h$ ，得出总质量： $\sum M = 1.79 \times 10^{15} M_{\odot}/h$ 。

而中心部分半径  $R$  小于 1Mpc 球状区域内，质量却有  $\sum M = 6.1 \times 10^{14} M_{\odot}/h$ 。中心部分的质光比为  $350 M_{\odot}/L_{\odot} h$ 。一般而言，星系团的质光比为 100~300，说明星系团中存在的暗物质比单个星系多 10 倍以上。前面提到，我们将恒星残骸中子星、黑洞、白矮星、黑矮星及已死亡的星系、星系群，全部划归暗物质。所以，星系团中质光比远大于每个星系内部的质光比，就足以说明有相当大比例已经死亡的整个星系和星系群残骸存在。

## 26.3 星系形成和演化原理

### 26.3.1 星云再生

前面已经证明：宇宙中有 90% 以上的暗物质，它们是已经死亡的整个星系群、星系或恒星残骸，还有一些陨石碎片、尘埃和星云残余。

其中相当部分或大部分暗物质集中在星系核中心的中子物质环球巨大黑洞中。所有的明、暗物质天体都在各自万有引力场作用下相互吸引、缠绕运动着。

当质量相近的星系核中心巨大黑洞、中子星或恒星级黑洞在万有引力场作用下相互吸引碰撞时，就会破坏中子物质环球的平衡稳定结构，导致彻底大爆炸。所有引力势能、动能和自身能量全部转化为中子、高、低能  $\pi^\pm$  介子的能量相对论动能，并克服引力势能爆炸扩散成中子云、高低能  $\pi^\pm$  介子云团。随后迅速衰变、重新组合成质子、电子和光子或中微子，形成以氢元素为主，富含氘、氦两种元素的新生星云团。如果是两个星系核中心巨大黑洞碰撞大爆炸，其总能量是可想而知的。这种大爆炸形成的超大规模、超大能量的新生星云团，其粒子能量和  $\gamma$  射线能量都必然遵循概率曲线分布。此时，发生超高能量的  $\gamma$  射线爆和质子射线就不足为奇了。因为大多数星系、暗物质天体都存在相互缠绕运动，之间的距离又较大，所以这种能直接碰撞的几率较小。这才是暗物质天体远多于明物质天体的根本原因。

常见的是质量相近或差别较大的星系核中心黑洞、中子星或恒星级黑洞在万有引力场作用下互相吸引呈近距离缠绕运动，这将不可避免地发生弱肉强食的现象。而且，由于结构、密度相同、质量越大，引力越强。质量小的星系核，甚至是整个星系会逐渐被大质量星系核全部吞食。被吞噬的中子物质环将沿着吸积盘传递，部分被吸附，部分沿着极轴喷射形成中子流喷注和对称的射电瓣。瓣区是中子衰变后，质子、电子结合时形成的氢云区，见图 25.1 和图 26.3。

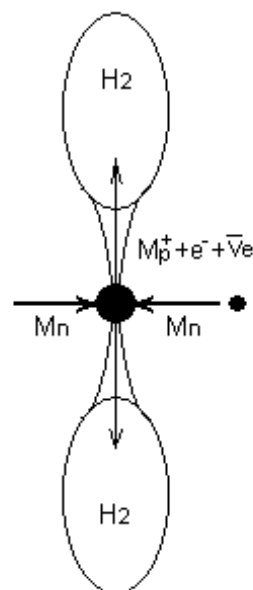


图 26.3 吞噬过程中极轴射电星云团形成原理示意图

这种由致密源吞噬、喷注现象同样可形成新生星云团，而且是宇宙中常见的现象。已经有不少学者注意到巨大的致密源射电区常有卫星星系分布。主星系在吞噬弱小星系中不断壮大，直至两个质量相近的大星系核碰撞彻底大爆炸，全部转化成超大型新生星云团为止。请注意：暗物质碰撞彻底大爆炸转变为明物

质新生星云团的过程中，会使该区域引力势能降低，对周围天体的万有引力场强度变小，这必将导致周围星系天体原来运行轨道的大幅度调整。上述两种产生新生星云团的方式过程都不排除其中有部分氘、氦元素的合成。当然，也不排除星云团中还残留其它的小星系、暗物质和残余恒星。宇宙中未死亡的星系核、恒星或其残骸白矮星、棕矮星之间也会出现对撞爆炸或相互接近时吞噬现象。同样也会产生射电和喷注，但它们产生的星云不完全是氢气云，还会夹有部分残余恒星气云、陨石、尘埃和其它杂质。

### 26.3.2 星系的形成和演化原理

对每一新生的星云团，无论规模大小，可以肯定，都处于大量局部不均匀分布的暗物质和未死亡星系、恒星的万有引力场相互吸引牵制作用中。就象地球表面大气层中的云团一样，在宇宙太空中飘浮。那么，宇宙中的暗物质或者未死亡的星系、恒星有时刚好穿过星云团也就成为可能。

若新生星云团周围引力场呈放射状均匀分布，缺少某一明显的方向性；那么，在星云团中心某些残余恒星、星系及残骸引力场作用下，可以形成球状、椭球状对称的星系。假如星云团足够大，则也有可能形成 CD 型星系团。当然，若星云团较大，中心残余星系及残骸不止一个，那么，形成超巨大的弥散型椭圆星系中含有多重星系核就不足为奇了。若星云团周围的明、暗物质总引力场有某个明显的方向性，星云团是位于两星系或两个主要引力场中心之间，或者还存在某个方向的相互缠绕旋转运动。则星云团将被拉伸并旋转，形成原始旋涡状星云团，在中心引力场或小星系引力场作用下，可能直接形成旋涡星系。对于任何一个星系或天体的形成演化，只要不从吸积盘转向极轴喷注，那么，原星系或天体，和吸积的星云总动量矩都应存在继承性和守恒性。

综上所述，决定形成旋涡星系或椭圆星系的条件主要是新生星云团和原范围内明、暗物质的总动量矩。这也是不同星系团在不同空间位置分布不同类型星系的主要原因。而且，星系、暗物质和星云团之间的关系是逐期演化的，已形成的光学星系逐步收缩，星云逐期吸附补充，整个星系是逐期发展壮大过程。最终两个大型、超大型星系核又必将在万有引力场的引力作用下对撞大爆炸全部转化成超大型的新生星云团。

### 26.3.3 星系内部结构形成原理

无论是椭圆星系还是旋涡星系，组成的恒星都可分为星族 I、星族 II 和星系晕中的星族 III。区别仅在于前二者的比例不同。对所有的中、老年星系的星系核，第 25 章中已经论证，都有一层完全封闭中心黑洞的尘埃气云层和恒星组成的球壳层。类似黑洞内中子物质环的自旋运动组合，我们可以将尘埃气云层、星族 II、星族 I 分成沿不同自旋轨道运动方向，对中央黑洞形成全封闭的球状壳层组合。如对银河系而言，星族 I 自旋运动轴向主要指向旋涡星系核的极轴，球状星团和星族 II 的自旋运动轴向则呈放射状对称分布。

由图 26.2 所示，星系核球上的恒星主要呈刚体运动。设核球层内恒星、黑洞总质量的平均密度为  $\rho_0$ ，在恒星绕星系核运动轨道半径内所包围的总质量为  $4\pi R^3 \rho_0 / 3$ 。由维里定理，每个太阳质量的恒星平衡自

旋运动的条件是：
$$\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_0 G M_{\odot} = \frac{M_{\odot} (\dot{\theta} R)^2}{R}, \text{ 得:}$$

$$\dot{\theta} = \sqrt{\frac{4}{3}\pi \rho_0 G} \quad (26.1)$$

由(26.1)式, 得: 要使整个核球自转运动角速度 $\dot{\theta}$ 为常数, 维持刚体运动,  $\rho_0$ 就必须为常数, 也就是核球层中各恒星质量、寿命、间隔、密度都必须趋于一致。恒星沿自旋轨道运动中径向合力为0, 垂直径向的球面方向各恒星之间的万有引力相互吸引牵制的合力也必需为0。满足这条件的只能是近同期形成的质量小、寿命长的小型恒星。

### 26.3.4 旋涡星系的旋臂形成原理

前面已经论证, 原始旋涡星系的旋臂已经初步形成。当星系每吸收一期星云后逐渐演化过程中, 由于旋臂上的原始明、暗物质的初步集中, 在万有引力场长期相互作用的效果下, 能使原始明、暗物质和新吸收的星云进一步向星系核和旋臂中心线集中; 再加上星系两端旋臂在自旋运动中会自动调整使两端旋臂总质量、角动量更趋于对称性; 所以, 随着星系的演化, 旋臂就会由模糊趋于明朗, 由复杂趋于简单, 由非对称性趋于完全对称性。这也为下一期继续吸收星云形成更清晰的旋涡星系提供条件。由此我们可以推测: 在旋涡星系中, 星族II、球状星团、晕星族III及其残骸在很大程度上都趋于球状分布。而星族I及旋臂里的残余星云, 都趋于沿旋臂呈线状分布。

对旋臂内、外的恒星自旋运动, 沿旋臂上的恒星、恒星残骸、剩余星云沿旋臂在一定圆截面半径 $R_2$ 范围内是趋于等密度 $\rho_0$ 分布的。某恒星绕星系核在自旋运动轨道半径 $R_1$ 范围内总质量可近似表示为:

$$\sum M = 2R_1 \pi R_2^2 \rho_0, \text{ 则由维里定理得: } \frac{2R_1 \pi R_2^2 \rho_0 G M_{\odot}}{R_1^2} = \frac{M_{\odot} v_{\theta}^2}{R_1},$$

$$v_{\theta} = \sqrt{2\pi R_2^2 \rho_0 G} \quad (R_2 \text{ 为旋臂横截面圆的半径}) \quad (26.2)$$

由(26.2)式, 得: 只要旋臂上 $R_2^2 \rho_0$ 为常数, 则旋臂上恒星自旋运动速度 $v_{\theta}$ 也是常数, 与距离星系核的大小无关, 这正是图26.2所示的较差运动特征。

至于棒旋星系和普通旋涡星系之间的关系, 笔者认为: 两个系列是一回事, 区别仅在于旋涡星系演化不同阶段才得到新生星云的补充。如果旋涡星系中、早期就得到新生星云的补充, 这时旋臂较松, 新一轮星系演化中可以较完整地继承原来星系的外形; 如果旋涡星系到中、老年才得到新生星云的补充, 由于原星系的旋臂已经紧缩, 内部自旋速度较大, 外围新生星云总角动量较小, 导致内外自转速度差异更大, 自然就形成棒旋星系。

### 26.3.4 旋涡星系的旋臂形成原理

前面已经论证, 原始旋涡星系的旋臂已经初步形成。当星系每吸收一期星云后逐渐演化过程中, 由于

汉斯预印本

未经同行评审

旋臂上的原始明、暗物质的初步集中，在万有引力场长期相互作用的效果下，能使原始明、暗物质和新吸收的星云进一步向星系核和旋臂中心线集中；再加上星系两端旋臂在自旋运动中会自动调整使两端旋臂总质量、角动量更趋于对称性；所以，随着星系的演化，旋臂就会由模糊趋于明朗，由复杂趋于简单，由非对称性趋于完全对称性。这也为下一期继续吸收星云形成更清晰的旋涡星系提供条件。由此我们可以推测：在旋涡星系中，星族 II、球状星团、晕星族 III 及其残骸在很大程度上都趋于球状分布。而星族 I 及旋臂里的残余星云，都趋于沿旋臂呈线状分布。

对旋臂内、外的恒星自旋运动，沿旋臂上的恒星、恒星残骸、剩余星云沿旋臂在一定圆截面半径  $R_2$  范围内是趋于等密度  $\rho_0$  分布的。某恒星绕星系核在自旋运动轨道半径  $R_1$  范围内总质量可近似表示为：

$\sum M = 2R_1\pi R_2^2\rho_0$ ，则由维里定理得：

$$\frac{2R_1\pi R_2^2\rho_0 GM_\odot}{R_1^2} = \frac{M_\odot v_\theta^2}{R_1}$$

$$v_\theta = \sqrt{2\pi R_2^2\rho_0 G} \quad (R_2 \text{ 为旋臂横截面圆的半径}) \quad (26.2)$$

由 (26.2) 式，得：只要旋臂上  $R_2^2\rho_0$  为常数，则旋臂上恒星自旋运动速度  $v_\theta$  也是常数，与距离星系核的大小无关，这正是图 26.2 所示的较差运动特征。

至于棒旋星系和普通旋涡星系之间的关系，笔者认为：两个系列是一回事，区别仅在于旋涡星系演化不同阶段才得到新生星云的补充。如果旋涡星系中、早期就得到新生星云的补充，这时旋臂较松，新一轮星系演化中可以较完整地继承原来星系的外形；如果旋涡星系到中、老年才得到新生星云的补充，由于原星系的旋臂已经紧缩，内部自旋速度较大，外围新生星云总角动量较小，导致内外自转速度差异更大，自然就形成棒旋星系。

## 26.4 万有引力场在宇宙演化中的主导作用

### 26.4.1 不同万有引力场强度主导下的天体存在类型

根据各类天体形成万有引力场的强度，由大至小分成如下类型：

1. 星系团 → 2. 星系 → 3. 星系核 → 4. 星系核中央黑洞 → 5. 恒星 → 6. 恒星级黑洞 → 7. 恒星残骸中子星、矮星 → 8. 行星 → 9. 陨石云团 → 10. 星云。

现代天文学的观测已经表明：如果以星系团为单位，在整个宇宙中各个方向的密度分布都是相当均匀的。我们以各个星系团包括外围两个星系团之间的一半距离所包围的巨大的球状空间，作为牛顿万有引力场中的质量单元。由此即可推断：该星系团所包围的巨大球状空间的整个表面，在无限、永恒的整个宇宙四面八方的万有引力场作用下，其总体合力为 0，（假设该星系团与周围的星系团之间不存在万有引力场作用下的互相缠绕运动）。由此还可进一步推断：在该巨大球状空间表面的每一个有限面积单元，甚至是无限小的面积单元，该星系团与外界星系团、甚至整个宇宙之间的万有引力场作用的合力也为 0。至于星系团之间存在的互相缠绕运动，理所当然归于各星系团质量、大小、密度分布的局部不均匀所致。

同理，在每个星系团的内部，对每一个星系，包括已经死亡全部变成暗物质的星系。当我们以各个星系包括外围两个星系之间的一半距离所包围的球状空间，作为牛顿万有引力场中的质量单元。同样即可推断：该星系所包围的球状空间的整个表面，在整个星系团中四面八方的万有引力场作用下，其整体合力必须趋于 0。所不同的是，星系之间的互相缠绕运动，各星系围绕星系团整体质量中心的相对运动比较明显而已。

由上述即可推论：局部万有引力场的强度决定了星系团的总质量大小、类型、分布范围和各星系团之间的间距。由 (24.11) 和 (25.3) 式可知：星系团内的所有星系核中央黑洞，它的质量是两个星系核中央黑洞对撞彻底大爆炸形成超大团星云质量的 1.2247448714 倍。所以，各个星系团的万有引力场的总强度和引力场中心的位置都是随着星系团内各星系的演化在不断变化的。由此必将导致星系团的总质量大小、类型、分布范围和各星系团之间的间距也随着不断的变化。当然，相邻星系团之间的互相缠绕运动，也肯定在不断变化。甚至对周围中微子场的万有引力作用，也会出现变化。就象地球上的大气层中空气局部流动一样，整个宇宙太空中的中微子场并不都是绝对静止的，同样存在我们目前还很难查到的、远小于光速的运动。

对星系、星系核和星系核中央的巨大黑洞，笔者在第 24~26 章中已经作了系统的论述。这里仅强调 2 个特征，请读者注意：

1. 星系是在原来自有万有引力场的作用下，逐期吸引沿轨道运动时撞上星云物质才逐步发展壮大起来的。所以，星系原有万有引力场的强度和动量矩就决定了所能吸附星云的份额，从而也决定了星系质量的大小和类型。

2. 根据星系的大小和星系核的发育程度，25.3 节 25.3.3 小节中比较了星系核早晚的演化顺序：1. N 星系. → 2. BL、Lac (闪偏天体) → 3. 类星体. → 4. 星爆星系. → 5. Seyfert1 → 6. Seyfert2 → 7. 正常星系核。其中 (闪偏天体) 的外围缺少星云和尘埃。N 星系和类星体都有一个恒星状的亮核，部分类星体在红外和光学波段以热致连续谱为主。由此我们不难推测：N 星系应是小星系的胚胎，中间的亮核可能是一颗超大型的恒星，中心不排除有一个球状星团级别的黑洞。部分类星体在红外和光学波段以热致连续谱为主，说明表面仍然存在恒星状的热核反应。黑洞的边缘存在恒星状的热核反应说明，从黑洞吸积盘辐射光子形成的光压，就足以撑托住边缘星云球壳层，并能顶住内部黑洞和整个星云球壳层强大的万有引力，在内顶和外压两个力对顶着的作用下，促使沿星云球壳内层发生热核聚变反应。这种新推测的天文现象，可解释部分类星体在红外和光学波段以热致连续谱为主的超大型、超强度的恒星状热核反应（详见第 27 章）。随着球壳层内的星云热核反应、被中央黑洞吸积、外围大量恒星爆发性地形成对星云的分裂吸附作用。使球壳层内的星云逐渐变稀薄，最终和外围恒星一起组成星云—恒星混合型的球壳层。至此，黑洞表面的热核反应就自然停止了。

不同质量的恒星在万有引力场的作用下从星云中形成 → 热核反应 → 核燃料大部分耗尽死亡变成黑洞、中子星、矮星的整个过程，科学界早已对此作过详细的研究。这里仅重复一句：恒星的质量、热核反应的速度、寿命、死亡残骸的类型，仍然由万有引力场的强度决定。



行星和陨石云团，多数存在于旋涡星系的旋臂中，基本上与恒星相伴生。是上一代恒星热核聚变反应后死亡前爆炸时，星体表面抛射出来的热核聚变反应后的残余物。其成分主要为核电荷数  $Z_{ie} > 2$  的原子，抛射冷却后常凝固成各种硫化物、硅酸盐和富含碳、氮元素的陨石和矿物。

在恒星表层爆炸中，由于陨石的质量、惯性远大于气体，所以陨石的抛射距离肯定比气体状态的星云分布的范围大得多。如果再包括旋涡星系中的球状星团中心早期大型、超大型恒星爆炸时抛射的陨石云团，可以肯定，陨石可以呈球状广泛分布在整个星系及外围的晕中。对旋涡星系，因旋臂和盘面有众多天体的万有引力场长期作用，陨石云团将最终趋于沿盘面分布。这就为后期盘族恒星的形成提供较丰富的行星物质来源。由此可以推测：大多数的盘族恒星都可能伴生行星。显然，恒星死亡前的爆炸、陨石云团的迁移、盘族恒星形成、伴生行星的整个过程，万有引力场仍然起主导作用。

在 26.1.1~3 小节中，已经对星云的形成、被其它暗物质天体、星系再吸附的过程作了详细的论述。读者从中不难看出：仅由射电和黑洞对撞彻底大爆炸剧烈膨胀形成的，主要为氢、氦元素组成稀薄的单一星云，如果没有其它暗物质天体、星系万有引力场的再吸附作用，是很难依靠自身均为气体分子的均匀状态，由自身微弱的万有引力场从大团星云中分裂收缩形成新的星系和天体的。

26.4.2 高速运动物体的存在状态

在地球上，我们能够观测到的陨石运动速度一般每秒几十至几百公里。由图 26.2 可知：7 个旋涡星系的旋臂自转速度 150~350Km/s。由图 25.2、图 26.2 所示，活动星系核外围的尘埃气云环的自旋速度，外环 500~1000 Km/s，内环 1000~3000 Km/s。活动星系核边缘的吸积盘自旋速度，（第 25 章已经论述，吸积盘由外往内，随着自旋速度增大，物质从分子、原子状态逐渐被撕裂过渡到图 1.2 所示的沿波动、自旋和进动轨道组合的粒子螺线环轨道运动状态，最后与中子物质环的高低能粒子螺线环轨道并轨。）由外往内是：

$$500Km/s \rightarrow 1000Km/s \rightarrow 3000Km/s \rightarrow c/\sqrt{3}$$

至于星系和星系团之间的相对运动，由维里定律和光谱多普勒频移差别（扣除中微子场对光谱能量吸收产生的红移）推算，其运动速度也在每秒数百公里范围内。

由表 6.1、表 6.2，计算出质子、中子的  $\pi\pm$  介子自旋轨道量子数  $N\alpha=22/9$ ；由表 9.3 确定的原子核内各层高低能粒子螺线环中的高低能  $\pi\pm$  介子自旋轨道量子数  $N\alpha_i$ ；由 (1.5) 式、图 1.2 确定的粒子自旋和进动速度为：

$$v_\theta = v_j = \frac{v_\alpha}{\sqrt{N_\alpha}} = \frac{\beta c}{\sqrt{N_\alpha}} \approx \frac{c}{\sqrt{N_\alpha}}$$

各类粒子的自旋、进动速度的计算结果见表 26.4。

粒子类型	自旋量子数 $N\alpha_i$	自旋或进动速度 单位 (Km/s)
------	-------------------	----------------------

质子	22/9		191747.9	
中子	22/9		191747.9	
原子核内	Nadi	Nagi	低能 $\pi\pm$ 、	高能 $\pi\pm$
第 1 层	34/13	34/13	185375.7	185375.7
第 2 层	16	50	74948.1	42397.1
第 3 层	34	114	51414.0	28078.1
第 4 层	58	203	39364.7	21041.3
第 5 层	88	316	31958.0	16864.6

依据第 16 章氢、氦、锂原子表层电子的轨道计算参数，我们求出这 3 种原子的表层电子沿自旋轨道运动的平均速度  $v_{\theta i}$  分别为：2187.7Km/s、3828.5Km/s、143.8Km/s。

依据第 20 章表 20.2~表 20.5，对  ${}_{100}\text{Fm}$ 、 ${}_{80}\text{Hg}$ 、 ${}_{60}\text{Nd}$  和  ${}_{40}\text{Zr}$  4 种原子的内部 K 层电子的自旋轨道量子数  $N_{\alpha i}$  的计算结果， $N_{\alpha i}$  值都在 3.2~18.3 之间，由 (1.5) 式即可推算，K 层电子的自旋速度  $v_{\alpha} = 167589.1 \sim 70080.2\text{Km/s}$ 。

综合上述天文观测资料和粒子、原子内的电子自旋速度参数，可以推论：本节开头列出的 10 大类由分子、原子或其集合体组成的天体，其整体运动总速度一般都在每秒数百公里范围内。如地球赤道表面自转速度约 464m/s，绕太阳自旋速度约 29.8Km/s，太阳系位于银河系的旋臂内，其绕银心的自转速度约 300Km/s。由分子、原子或其集合体组成的天体和陨石，在大质量的黑洞边缘，都将被汽化、裂解或电离，形成图 25.2 所示的尘气云或电离云。

当粒子的自旋或进动的速度  $v_{\theta} = v_j = 3000 \sim 10000\text{Km/s} \rightarrow \frac{c}{\sqrt{3}}$  逐步增大时，由黑洞边缘的尘气云环和吸积盘内侧的粒子螺线环运动轨道，最后都将与中子物质环的高低能粒子螺线环轨道并轨。就是重原子核的内部，第 5 层的低能粒子螺线环的自旋速度也将从 31958.0Km/s  $\rightarrow \frac{c}{\sqrt{3}}$ ，向第 1 层粒子螺线环自旋轨道并轨。所以，未来的宇宙飞船作为分子、原子的集合体，当它以每秒数千公里至近光速  $c$  飞行时，被解体的临界速度究竟是多少？恐怕还是一大组的未知数！

### 26.4.3 万有引力场在宇宙演化中的主导作用

从本节开头列出的 10 类天体中，8. 行星  $\rightarrow$  9. 陨石云团  $\rightarrow$  10. 星云是万有引力场强度最弱的，也是物质总量最少的 3 类天体。在这些天体中，以原子表层电子电磁场力的相互作用为主，可形成各种化合物甚至是结构相当复杂的生物。万有引力场仅决定它们的凝聚程度和总体运动轨道。

5. 恒星  $\rightarrow$  6. 恒星级黑洞  $\rightarrow$  7. 恒星残骸中子星、矮星 3 类天体万有引力场强度中等。本书已经证明：原子核内、中子星和黑洞内部的强弱相互作用力就是核力，也就是电磁场力。该电磁场力略小于或等于万有引力，从而决定了恒星内部的热核反应速度、强度和恒星残骸的类型。

3. 星系核  $\rightarrow$  4. 星系核中央黑洞，若以局部空间比较，当属万有引力场强度最大的 2 类天体。此处

因为万有引力场强度远大于电磁场力，迫使黑洞内部转变成空心的中子物质环状结构，使万有引力和电磁场力最终实现了完全平衡相等的大统一，并成为所有天体星云的生死轮回区。

1. 星系团 → 2. 星系，可以说是组成宇宙的基本天体单元。前面已经论证：星系团的大小、类型，总体密度，均由万有引力场强度决定。同理，星系的大小、类型、寿命、总体密度，也均由万有引力场强度决定。

综上所述，宇宙由所有的天体组成，所有的天体存在决定了万有引力场的强度，万有引力场的强度又决定了各类天体的类型、成分、运动和演化，所以，万有引力场在整个无限、永恒宇宙模型的演化中是名副其实的“上帝”。