

新黑洞理论之 10, 对宇宙「原初黑洞 $M_{b0} \approx 10^{15}g$ 」的探讨, 兼论黑洞发射霍金辐射 m_{ss} 的收缩原理, 和霍金的一些不正确的观点—本文摘录改编自拙作《黑洞宇宙学概论^[4]》—

张洞生 (Zhang Dongsheng)

17 Pontiac Road, West Hartford, CT 06117-2129, USA, zhangds12@hotmail.com, zds@outlook.com

Abstract <前言>: 早在 1971 年, 霍金首先提出了「原初黑洞」(primordial black hole) 的概念, 又称为「太初黑洞」, 它是一种在现实宇宙中不存在的黑洞类型。霍金认为这类黑洞不是由大质量恒星的‘引力坍缩’形成的, 而是来源于宇宙诞生时的‘奇点大爆炸’后, 在宇宙形成的初期, 暴涨时物质的超高密度在高速膨胀时, 一些小团块物质在‘宇宙缸’的巨大压力下, 会收缩成为高密度的不同尺度的黑洞, 其质量小于太阳质量 $M_0 = 2 \times 10^{33}g$, 最小的是由一座山收缩而成的, 如 $M_{b0} \approx 10^{15}g$, 其体积仅相当现在的一颗基本粒子。霍金认为在宇宙大爆炸发生之际, 各种质量的黑洞都是有可能生成的; 因此, 宇宙空间里目前仍可能存在着「原初黑洞」。作者在前面「新黑洞理论」的许多文章中, 已经论证了, 我们宇宙诞生于无数的最小黑洞 $M_{bm} = m_p = 10^{-5}g$, 而它们的不断地合并造成宇宙黑洞由小到大连续的以光速膨胀, 它完全符合哈勃定律。这种在宇宙整体均匀和极快速膨胀过程中, 所瞬时形成的各种质量的「原初黑洞」随着宇宙快速均匀地膨胀, 而‘转瞬即逝’, 不可能如霍金所说, 会收缩而生成各种「原初黑洞」, 然后能在宇宙空间单独地存留下来, 而造成宇宙的密度和温度的不均匀, 这是我们宇宙在辐射时代 Radiation Era 结束以前的膨胀演变的实况。宇宙的微波背景辐射图表明, 在此期间, 整个宇宙中各处的密度和温度的各向差异是极其微小的, 是在极其均匀和快速的膨胀着, 毫无「原初黑洞」存在的迹象。作者在 2-2[新黑洞理论第 6 讲]表二中, 举例列出分析了几种有代表性的「原初黑洞」的特性; 其黑洞型号有如; #1 最小黑洞 $M_{bm} = 10^{-5}g$; #2 微型黑洞 $M_{b0} = 2 \times 10^{15}g$; #3 小型黑洞 $M_{bx} = 2 \times 10^{18}g$; #4 月亮级黑洞 $M_{by} = 10^{26}g$; 原生的太阳型黑洞 $M_0 = 2 \times 10^{33}g$; 从#2 微型黑洞 $M_{b0} = 2 \times 10^{15}g$ 到原生的太阳型黑洞 $M_0 = 2 \times 10^{33}g$, 这些小黑洞都是霍金所称之为具有「原初黑洞」的质量, 它们在宇宙辐射时代 Radiation Era 结束以前, 都是在宇宙以光速快速膨胀过程中, 瞬间形成而立即瞬间消失, 变为更大质量的黑洞的。本文的目的将注重论述现今宇宙中不存在的#2 微型黑洞 $M_{b0} \approx 10^{15}g$ 的许多特性, 即「原初黑洞 primordial black hole」的特性。以此作为例子, 示范如何利用作者「新黑洞理论」中的公式, 以数值计算来定量地解释和解决黑洞和宇宙学中的一些问题。

[张洞生 (Zhang Dongsheng). 新黑洞理论之 10, 对宇宙「原初黑洞 $M_{b0} \approx 10^{15}g$ 」的探讨, 兼论黑洞发射霍金辐射 m_{ss} 的收缩原理, 和霍金的一些不正确的观点—本文摘录改编自拙作《黑洞宇宙学概论^[4]》—。Academ Arena 2017;9(10):1-4]. ISSN 1553-992X (print); ISSN 2158-771X (online). <http://www.sciencepub.net/academia>. 1. doi:[10.7537/marsaj091017.01](https://doi.org/10.7537/marsaj091017.01).

Keywords <关键词>: 宇宙起源于无数#1 最小黑洞 $M_{bm} = m_p = 1.09 \times 10^{-5}g$; 宇宙的膨胀过程; 原初黑洞 primordial black hole; 一种‘原初黑洞 primordial black hole’ $M_{b0} \approx 10^{15}g$ 的特性;

<1>: 「新黑洞理论」的普遍有效的 5 个公式

在「新黑洞理论第一讲」一文中, 作者提出‘球对称, 无旋转, 无电荷’的史瓦西黑洞 M_b 在其视界半径 R_b 上的 5 个普遍有效的守恒公式, 任何 M_b 相同的黑洞, 不管是‘原生黑洞’, 还是‘次生黑洞’, 它们都符合下面的 5 个公式, 都有相同的特性。因此利用它们就可以正确解释黑洞 M_b 发射霍金辐射 m_{ss} 的机理和各种特性。(1a)式-- $T_b M_b = (C^3/4G) \times (h/2\pi\kappa) \approx 10^{27}gk$ [1], 是著名的霍金的黑洞在其视界半径 R_b 上的温度 T_b 的公式; (1b)式-- $E = m_{ss} C^2 = \kappa T_b = Ch/2\pi\lambda_{ss} = v_{ss} h/2\pi$ [4] 是质-能互换公式的推广运用; (1c)式-- $M_b/R_b = C^2/2G = 0.6747 \times 10^{28}g/cm$ 是史瓦西对广义相对论方程的特殊解; (1d)式-- $m_{ss} M_b = hC/8\pi G = 1.187 \times 10^{-10}g^2$ [4]; (1e)式-- $m_{ss} = M_{bm} = m_p = (hC/8\pi G)^{1/2} = 1.09 \times 10^{-5}g$ [4], 和 (1m)式-- $\rho_b R_b^2 =$

$3C^2/(8\pi G) = 1.6 \times 10^{27}g/cm$ [4] 是作者新推导出黑洞在其 R_b 上普遍有效的几个新公式。

<2>; 人类中宇宙空间找不到霍金所说的任何「原初黑洞」

「原初黑洞 $M_{b0} \approx 10^{15}g$ 」的寿命 τ_{b0} ;

根据霍金黑洞的寿命公式;

$$\tau_{b0} = 10^{-27} M_{b0}^3 \quad [1] \quad (2a)$$

由于 $M_{b0} \approx 10^{15}g$, 所以其寿命 $\tau_{b0} \approx 10^{18}s \approx 10^{18} / 3.156 \times 10^7 s \approx 3.17 \times 10^{10} yrs$ 。

可见, M_{b0} 的寿命大于我们宇宙中年龄 137 亿年, 如果它能残留在宇宙中, 应该能够找到它已经因发射霍金辐射 137 亿年后而变小的一种「原初黑洞 primordial black hole, $M_{b01} \approx 0.828 \times 10^{15}g$ 」。

M_{b01} 的年龄 $\tau_{b01} \approx 3.17 \times 10^{10} - 1.37 \times 10^{10} = 1.8 \times 10^{10}$ 年

$$\tau_{b01}=10^{-27}M_{b01}^3; \\ \therefore M_{b01}=0.828 \times 10^{15}g \quad (2b)$$

由[新黑洞理论第6讲]中知道,原初黑洞($M_{b0} \approx 10^{15}g$)质量 \ll (太阳质量 $M_0 = 2 \times 10^{33}g$)。宇宙中存在的‘太阳级黑洞’是次生黑洞,由宇宙中的新星或者超新星爆炸后的残骸形成,其密度约为中子星的密度 $5 \times 10^{15}g/cm^3$ 。而 M_{b0} 的密度 $10^{53}g/cm^3 \gg M_0$ 的密度。因此, M_{b0} 只能是‘原初黑洞’,而不可能是在宇宙中形成的‘次生黑洞’,因为在现今的物理世界,没有比超新星爆炸还巨大得多的压力可以形成如此高密度的 $M_{b0} \approx 10^{15}g$ 。

求相当于宇宙年龄 $\tau_{b02}=137$ 亿年的‘微型黑洞 M_{b02} ’的总质量-能量,由(2a)式, $\tau_{b02}=10^{-27}M_{b02}^3$,
 $\therefore M_{b02}=(1.37 \times 3.156 \times 10^{17} \times 10^{27})^{1/3} = 0.756 \times 10^{15}g$
 (2c)

就是说,如果如霍金所说,假设在宇宙空间存在宇宙初期的‘原初黑洞’,即从 $M_{b01}=0.828 \times 10^{15}g$ 到 $M_{b02}=0.756 \times 10^{15}g$ 一系列的‘原初黑洞’,人类应该能够探测到‘ M_{b01} 等等和 M_{b02} 最后收缩成为‘最小黑洞 $M_{bm}=m_p$ 普朗克粒子 $=1.09 \times 10^{-5}g$ ’爆炸时发出强烈的射线。但是,科学家们在上世纪70年代,经过约10年的努力搜寻,并没有找到它们的踪迹,说明所有‘原初黑洞 M_{b01} 到 M_{b02} ’在宇宙初期高温高密度均匀的情况下,它们都只能随着宇宙以光速快速膨胀而消失。因此,所有‘原初黑洞’,从#1最小黑洞 $M_{bm}=m_p$ 普朗克粒子 $=1.09 \times 10^{-5}g$ 到‘原生的太阳级黑洞 $M_0 = 2 \times 10^{33}g$ ’,都不可能存留在宇宙空间(详见前面文章2-2[新黑洞理论第6讲])。

所以,更准确地说,假设有‘原初黑洞’能够残存在现今宇宙空间的话,所有小于 $M_{b02}=0.756 \times 10^{15}g$ 的‘微型黑洞’是已经爆炸解体而探测不到的。

<3>;假想存在的宇宙‘原初黑洞 $M_{b0} \approx 10^{15}g$ ’内部应由夸克组成,质子已经被挤压碎,分解为夸克。恒星级黑洞塌缩前后的霍金熵比公式

按霍金恒星塌缩前后的熵公式(3a),任何一个恒星在塌缩过程中,熵总是增加的。假设 S_b —恒星塌缩前的熵, S_a —塌缩后的熵,太阳质量 $M_0=2 \times 10^{33}g$,

$$S_a/S_b = 10^{18}M_b/M_0^{11} \quad (3a)$$

Jacob Bekinstein指出,在理想条件下, $S_a = S_b$,就是说,如果熵在恒星塌缩的前后不变时,从(3a)式可得出一个小黑洞 $M_{b0} = 2 \times 10^{15}g$ 。这个小黑洞常被称之为宇宙的‘原初黑洞 $= M_{b0} = 2 \times 10^{15}g$ ’ $\approx 10^{15}g$ 。

$M_{b0} \approx 10^{15}g$: 其密度 $\rho_{b0} \approx 10^{53}g/cm^3$; 其视界半径 $R_{b0} \approx 3 \times 10^{-13}cm$; 其 R_{b0} 上的温度 $T_{b0} \approx 10^{12}k$; 其霍金辐射的相当质量 $m_{sso} \approx 1.2 \times 10^{-25}g$;

从Bekinstein对恒星塌缩的前后熵不变的解释可以

得出有非常重要意义的结论。由于恒星塌缩都是熵增加的非理想过程,所以不可能塌缩出来真实的 $M_{b0} = 2 \times 10^{15}g$ 小黑洞。但是,作者认为,(3a)应该能够用于解释恒星‘理想塌缩过程’中有重要的物理含意。

重要的结论:

1; 首先(3a)表明在密度 $< M_{b0} \approx 10^{15}g$ 的 $\rho_{b0} \approx 10^{53}g/cm^3$ 的黑洞,在塌缩过程中是不等熵的。这表示质子(超子)作为粒子在此过程中能够保持质子的结构,没有被破坏而分解为夸克,所以质子作为原子才有热运动、摩擦而造成熵的改变。质子或变为超子 Λ 或 Σ ,仅仅是质子具有高能量和高温,但它仍然由夸克组成。然而,既然密度比 M_{b0} 的密度 $10^{53}g/cm^3$ 大的微型黑洞,在从 M_{b0} 的 $10^{53}g/cm^3$ 到 M_{bm} 的 $10^{93}g/cm^3$ 的密度改变过程中,不管是膨胀还是收缩,熵不改变,这显然就是理想过程。因此,质子必须解体分解为夸克,而不能再作为原子的粒子。换言之,夸克就是没有热运动和摩擦可在密度 $10^{53}g/cm^3$ 和 $10^{93}g/cm^3$ 之间作理想过程的转变的。

2; 现在宇宙中所能产生的最强烈的爆炸是超新星爆炸,它们所能产生的最大压力只能将物质压缩成密度约 $5 \times 10^{15}g/cm^3$ 的中子星或宇宙中最小的恒星级黑洞 $3M_0$ 的核心。所以实际上,在恒星级黑洞塌缩的前后过程中总熵是增加的。可见,从密度 $5 \times 10^{15}g/cm^3$ 到 $10^{53}g/cm^3$ 的塌缩或膨胀过程就是非等熵过程,质子的结构未被破坏。这特性也许就是质子在低温低密度的现实宇宙中有 10^{31} 年的长寿命而难以被破坏的原因。但是,在 M_{b0} 的密度从 $10^{53}g/cm^3$ 到变为普朗克粒子 m_p 密度的 $10^{93}g/cm^3$ 的塌缩或膨胀过程,则为等熵的理想过程,此时质子已经解体成为夸克。如此高密度的夸克,就会成为阻止任何物体和黑洞内部质量-能量的引力塌缩的坚实核心,可以阻止物体和黑洞塌缩为‘奇点’。

3; 上段同时说明,‘微型黑洞 $M_{b0} \approx 10^{15}g$ ’的视界半径 $R_{b0} \approx 3 \times 10^{-13}cm$,说明 M_{b0} 只有现在的一个原子核的尺寸。在宇宙‘物质占统治地位时代’的现今物理世界,宇宙中没有比超新星爆炸更强大的力量,可以将物质压缩成为密度高达 $10^{53}g/cm^3$ 的 M_{b0} 的‘次生黑洞’。而‘原初黑洞 M_{b0} ’又不可能残存在宇宙空间。因此,宇宙中是不可能存在任何 $M_{b0} \approx 10^{15}g$ 的‘原初黑洞’的。

<4>; 微型黑洞 $M_{b0} \approx 10^{15}g$ 中夸克(压垮的质子和中子)半径的尺寸 r_k ;

$M_{b0} \approx 10^{15}g$ 所包含的核子数 $n_{b0} = 10^{15}g/(1.66 \times 10^{-24}) \approx 10^{39}$,即所谓的狄拉克大数,由于 M_{b0} 的视界半径 $R_{b0} \approx 3 \times 10^{-13}cm$,于是可得出,

$$R_{b0}^3 = n_{b0}r_k^3, \quad (3b) \\ \therefore r_k = R_{b0}/n_{b0}^{1/3} = 3 \times 10^{-13}/10^{13} = 3 \times 10^{-26}cm \quad (4a)$$

我们知道，质子核半径 $R_p = 10^{-13} \text{cm} = M_{b_0}$ 的视界半径 R_{b_0} 。因此，在 $M_{b_0} \approx 10^{15} \text{g}$ 的内部，其密度达到 10^{53}g/cm^3 的情况下，质子和中子被挤碎成为夸克后，夸克的半径 r_k 小到 10^{-26}cm 。

<5>: 从宇宙「原初黑洞」 $M_{b_0} \approx 10^{15} \text{g}$ ，谈对黑洞发射霍金辐射 m_{ss} 收缩的解释。

宇宙「原初暴漲」後， $M_{b_0} \approx 10^{15} \text{g}$ 形成于宇宙诞生后的 $t_{01} = 10^{-20.3} \text{s}$ 的瞬间（详见前面文章 2-5[新黑洞理论第 8 讲]），当时的宇宙密度 ρ_u ，即 M_{b_0} 的密度 $\rho_{b_0} = 10^{53} \text{g/cm}^3$ ，在如此高密度下，所有的 M_{b_0} 只能紧贴在一起继续合併，並隨著宇宙以光速 C 的快速膨脹而膨脹为更大的「原初黑洞」，物質粒子和輻射能在不停地轉變，任何「原初黑洞」都不可能殘存至今。所以科学家们在上世纪 70 年代化了 10 年时间也没有在宇宙空间找到它们。

1; M_{b_0} 的霍金辐射的相当质量 $m_{ss_0} \approx 1.2 \times 10^{-25} \text{g}$ ，它的總質-能量含有 $M_{b_0} \approx 10^{39}$ 個質子，其视界半径只有一个原子核的大小。 10^{39} 是「狄拉克大数假说」的大数 $L_n = \text{电磁力/引力}$ 。就是说，在 $M_{b_0} \approx 10^{15} \text{g}$ 小黑洞内部，虽然质子之间因为距离很小，使其引力很大，但是仍然是其静电力的 $1/10^{39}$ 。

2.; 而且作者在前面文章 3-1[新黑洞理论第 9 讲]中，用求 L_n 的类比的方法，取某一个特殊的微型黑洞 $M_{b_03} = 0.71 \times 10^{14} \text{g}$ 作为模型，利用其内部粒子全部夸克化的特性，于是证明了 2 邻近核子（夸克）之间的强核力 F_n 与正负电子之间电磁力 F_e 共同作用在相同的夸克之上，由此可用对比和推论求 L_n 的类比方法，求得 F_n/F_e 之比，可得出公式，并且精确地证明了 $F_n/F_e = 1/\alpha = 137.036 = \text{精密结构常数} = \text{核强力/电磁力}$ 。

3; 问题在于，在小黑洞内部的核强力比其电磁力虽然大 137 倍。但是，核力是短程力，其作用只能将夸克禁锢成为质子，而正负电子数是相等的，其总引力和斥力在小黑洞内互相抵消。因此，小黑洞还是完全靠质子的引力紧密地维持（吸引）在一起的。

4; 黑洞不断发射霍金辐射 m_{ss} 而不断收缩的原因

在球状小黑洞内 10^{39} 质子为其引力被困在视界半径 R_{b_0} 内，无法散热，在无外界能量-物质进入黑洞的情况下，黑洞内部是靠质子的引力收缩与热膨胀（温度）达到暂时的平衡的。但是当一个 m_{ss} 从 R_{b_0} 流出黑洞外后，所失去的引力收缩效应小于其因带走热量所引起的膨胀压力效应，于是黑洞只能收缩以提高温度，以求达到黑洞内引力收缩效应与热膨胀效应的新平衡。但是这种平衡是永远达不到的，所以只能不停地继续发射霍金辐射 m_{ss} 后，再继续收缩。从公式来看看，根据公式(1d)式-- $m_{ss} M_b = hC/8\pi G = 1.187 \times 10^{-10} \text{g}^2$ ，和根据(1c)式-- $M_b/R_b =$

$C^2/2G = 0.6747 \times 10^{28} \text{g/cm}$ ，当黑洞 M_b 失去一个 m_{ss} 后， M_{b_0} 立即变小， R_{b_0} 也缩小，于是下一个 m_{ss} 变大，黑洞 M_{b_0} 的引力只能再收缩，收缩后就提高黑洞内部粒子和视界半径上的温度 T_{b_0} 。于是，黑洞内在 R_{b_0} 上的粒子就成为高温的、更大的霍金辐射 m_{ss} ，通过 R_{b_0} 流向黑洞外部（见第 2 讲）。如此这般，黑洞就会一直不停地失去一个一个的 m_{ss} 而收缩下去，直到最后变成最小黑洞 $M_{b_m} = m_p$ 普朗克粒子，而爆炸解体消失在普朗克领域（Plank Era）。根据同样的道理，就可以解释黑洞会因吞噬外界能量-物质而膨胀，因为任何一个粒子所携带的热量对黑洞所起的膨胀效应大于其引力所起的收缩效应。这也可以旁证任何一团自由粒子在绝热状况下，只会是降温膨胀熵增加的状态。

5; 对于大于 M_{b_0} 所有的大黑洞，直到我们现今的宇宙黑洞 $M_{ub} = 10^{56} \text{g}$ ，在无外界能量-物质被吸进黑洞时，黑洞会发射霍金辐射 m_{ss} 而不停地收缩变小，而在有外界能量-物质被吸进黑洞时，黑洞就会增大膨胀，这道理与上面的 M_{b_0} 的情况和道理是完全相同的。

<6>;霍金说：‘微小黑洞 $M_{b_0} \approx 10^{15} \text{g}$ 落入太阳内部，無法長大或变小。’作者论证，这种观点是不正确的。

黑洞是大自然偉大力量的產物，人類也許永遠不可能製造出來任何「真正的人造引力（史瓦西）黑洞，当然也不可能制造出任何 $M_{b_0} \approx 10^{15} \text{g}$ 的‘微小黑洞’（详见前面文章第 3-5 篇）

霍金曾說，“即使有一个長壽命的微小黑洞 $M_{b_0} \approx 10^{15} \text{g}$ 落入太阳内部，也無法長大，只能存留在太阳内，在太阳死亡消失后，它才会不斷縮小，約經 100 多億年後消亡。黑洞愈小，溫度就愈高，對外界附近粒子的排斥力就愈大，愈難吸收外界物質而長大。”

霍金说：“即使一個 $M_{b_0} \approx 10^{15} \text{g}$ 的微小黑洞落入太陽中心，太陽也不會被這個小黑洞吃掉。小黑洞的半徑是 10^{-13}cm ，與太陽内核子的半徑一樣。小黑洞可以在原子裡存在很長的時間而沒有任何可被覺察的影響。事實上，被黑洞吞噬的太陽物質在消失之前會發出很強的輻射，輻射壓對外部物質的排斥作用將限制黑洞的增長速度。被吞噬的物質流與被釋放的能量流相互調節，使得黑洞周圍區域就像一個極其穩定的核反應爐。這個有著「黑心」的太陽將平靜地繼續著它的主序生涯，很難察覺到它的活動有什麼改變。”

当然，那些小于 $M_{b_02} = 0.756 \times 10^{15} \text{g}$ 的‘微小黑洞’，它们的壽命小于宇宙年齡的微小黑洞，即便能夠製造出來，也只能是「不幸短命而死已」，而根本無法長大的。

现在来看看霍金上述的定性分析对不对呢？

作者只能根据定量分析作结论。首先，应该按照上面 5-6-1 节中的公式求出原初黑洞 $M_{bo} \approx 10^{15}g$ 相关的各个物理参数值的数据；

$M_{bo} \approx 10^{15}g$ 微小黑洞：其 $R_{bo} \approx 3 \times 10^{-13}cm$ ，其 $m_{sso} \approx 1.2 \times 10^{-25}g \approx 0.1$ 氢原子质量，其 R_{bo} 上的温度 $T_{bo} \approx 10^{12}k$ ，其密度 $\rho_{bo} \approx 10^{53}g/cm^3$ (6a)

首先，前面对(2a)式微分，得 $-d\tau_{bo} = 3 \times 10^{-27} M_{bo}^2 dM_{bo}$ ，如果令 $dM_{bo} = 1m_{ss}$ ，则根据(1d)式 $-m_{ss} M_b = hC/8\pi G = 1.187 \times 10^{-10}g^2$ ，

得 $M_{bo} dM_{bo} = 1.187 \times 10^{-10}g^2$ ，于是，

$$-d\tau_{bo} = 3 \times 1.187 \times 10^{-10} \times 10^{-27} M_{bo} = 0.356 \times 10^{-36} M_{bo} \quad (6b)$$

$\therefore M_{bo} \approx 10^{15}g$ 发射 2 相邻霍金辐射 m_{ss} 之间的时间 $-d\tau_{bo}$ ，

$$-d\tau_{bo} \approx 0.356 \times 10^{-21}s \quad (6c)$$

问题在于，在太阳中心是氢原子，而非核子。现在来看太阳中心温度为 $T_{so} \approx 1.5 \times 10^7k$ ；太阳中心氢原子密度 $\rho_{so} \approx 150g/cm^3$ ；在标准状态下的氢原子半径 $r_p = 5.29 \times 10^{-9}cm$ ，

按照 $\rho_0 r_p^3 = \rho_{so} r_{so}^3$ ，太阳中心的氢原子半径 r_{so} ，

$$r_{so} \approx 10^{-9}cm, \quad (6d)$$

因此 M_{bo} 吸收 1 个氢原子所需时间 $t_{so} = 2r_{so}/V_{av}$

而 $V_{av} = a_p t_{so} < C$ ，

$$\therefore t_{so}^2 = 2r_{so}/a_p \quad (6e)$$

得出加速度 a_p ：

$$a_p = GM_{bo}/r_{so}^2 = 6.67 \times 10^{-8} \times 10^{15}/10^{-18} \approx 10^{26}cm/s^2 \quad (6f)$$

$$t_{so}^2 = 2 \times 10^{-9}/10^{26} = 2 \times 10^{-35},$$

$$\therefore t_{so} = 4.5 \times 10^{-17}s \quad (6g)$$

$$\therefore V_{av} = a_p t_{so} = 10^{26} \times 4.5 \times 10^{-17}s = 4.5 \times 10^9 s < C \quad (6h)$$

可见，在 t_{so} 时间内所发射的霍金辐射 m_{sso} 的数量 N_{so} 是，

$$N_{so} = t_{so} / -d\tau_{bo} = 4.5 \times 10^{-17} / 0.356 \times 10^{-21}s = > 10^5 \quad (6j)$$

从(6j)式张可证明，由于 N_{so} 数目太大，加上任何其它的附加原因，都无法抵消 M_{bo} 在太阳内发射 (m_{sso} =氢原子) 的数量 $N_{so} \gg$ 从太阳中吸收 1 个氢原子的数量。因此， M_{bo} 只能逐渐在太阳内缩小。由于 M_{bo} 的寿命约 317 亿年（见上面 3-6-2 节），而太阳在 45 亿年后就变为红巨星，所以 M_{bo} 的寿命比太阳长得多。

由于 M_{bo} 的 $\rho_{bo} (10^{53}g/cm^3) \gg \rho_{so} (150g/cm^3)$ ；其温度 $T_{bo} (10^{12}k) \gg T_{so} (1.5 \times 10^7k)$ ；其 $R_{bo} (3 \times 10^{-13}cm) < r_{so} (10^{-9}cm)$ ；就是说，如果一个 $M_{bo} \approx 10^{15}g$ 落进太阳中心，它很容易躲藏在氢原子巨大的空隙里，这相当于一个 1mm 的沙子处在 1m 的空间里的中心。因此， M_{bo} 可自由自在地在太阳空旷的内部发射（蒸

发）出一个一个的高温的霍金辐射 m_{sso} 的，而 m_{sso} 也无法阻止 M_{bo} 吸收太阳里的氢原子。但是由于 M_{bo} 所发射的 m_{sso} 愈来愈重（大于氢原子），而且 $-d\tau_{bo}$ 的间隔时间愈来愈短。因此， M_{bo} 发射 $N_{so} > 10^5$ 个后才能从太阳吸收进 1 个氢原子。

结论：1； $M_{bo} \approx 10^{15}g$ 只可能在太阳内逐渐缩小，由于 M_{bo} 的寿命 317 亿年比太阳的寿命 45 亿年长得多，而太阳在 45 亿年后会成为红巨星，最后会收缩成白矮星而后黑矮星， $M_{bo} \approx 10^{15}g$ 可能经过 150~200 亿年后，最后收缩成为最小黑洞 $M_{b,m} = m_p$ 普朗克粒子 $= 10^{-5}g$ 在黑矮星内部爆炸解体消亡。

2；如果有一个‘较大的微小黑洞 $M_{bob} \approx 10^{20}g$ ’，落进太阳中心，其 $R_{bob} = 3 \times 10^{-8}cm$ ，与太阳中的氢原子一样大小，其视界半径 R_{bob} 上的温度 $T_{bob} \approx 10^7k$ ，比太阳中心的温度要低一点，其密度 $\rho_{bob} \approx 10^{43}g/cm^3$ ， $m_{sso,b} \approx 10^{-30}g \ll$ 太阳内部的氢原子。因此，这个 $M_{bob} \approx 10^{20}g$ 的微小黑洞就可能吸收进太阳内的氢原子大于其发射的霍金辐射 $m_{sso,b}$ ，而在太阳中心长大，并且逐渐地吃掉太阳，或者保持其质量不变。但不可能缩小。

3；可见霍金对微型黑洞 $M_{bo} \approx 10^{15}g$ 落入太阳中心是不会长大或者缩小的猜测是不正确的，他的定性分析是违背作者定量分析的实况的。他说：‘被吞噬的物质流与被释放的能量流相互调节，使得黑洞周围区域就像一个极其稳定的核反应炉。这个有著「黑心」的太阳将平静地继续著它的主序生涯，很难察觉到它的活动有什麼改变。’他的错误在于他无法作定量的计算，因为他不知道作者推导出的计算黑洞发射霍金辐射的关键新公式，即(1d)式 $-m_{ss} M_b = hC/8\pi G = 1.187 \times 10^{-10}g^2$ ；其次，霍金误认为太阳中心是半径为 $r_p = 10^{-13}cm$ 的质子或中子互相紧贴着，这是不对的。实际上，太阳中心密度只是 $\rho_{so} \approx 150g/cm^3$ ，只是稍稍被压缩的氢原子，其半径 $r_{so} \approx 10^{-9}cm$ 。因此， $M_{bo} \approx 10^{15}g$ 是处在太阳内氢原子的空旷空间里，可自由地向太阳发射其霍金辐射 m_{ss} 。

====全文完====

<参考文献>:

1. 王永久：<黑洞物理学>。湖南师范大学出版社。2000年4月。公式(4.2.35)。
2. 苏宜：<天文学新概论>。华中科技大学出版社。2000年8月。
3. 何香涛：<观测天文学>。科学出版社。2002.4。
4. 张洞生：<黑洞宇宙学概论>。台湾 蘭臺出版社 2015.11, ISBN-EAN 978-986-5633-13-1。