

9 series of evidences of periodical bursts of young stars and planets

Zhang Guiping¹

(1. Independent Researcher, Shanghai, 200140, China, 435918950@qq.com)

Fred Hoyle, the famous British astronomer, had the idea that matters explode from the Sun form planets. This paper develops this idea into the theory of periodical bursts of young stars and planets, provides 9 series of evidences to prove the theory, and explains many facts of the solar system and exoplanetary systems with the theory simply, self-consistently, and systematically. First, the ratio of semi-major axes and stellar radius of three young exoplanets (V830 Tau b, K2-33 b and GJ674 b) increases with age, because they were born from the burst of their parent star and were pushed away by the strong stellar wind (Table 1). Second, there are many exoplanets and candidates with the ratio less than 5, such as K2-92 b, WASP-103 b and PTF0 8-8695 b. They are in the range of the contracting prostar and there were no enough nebular matters left in the range to accrete into planets. So they were born from the burst of their parent star (Table 2). Third, there is a law of semimajor axis of planets in multi-planet systems, such as Kepler-90's system with 7 planets and HD 10180's system with 6 planets. The law is similar to Bode's law in the solar system and it means that the planets were born from periodical bursts of their parent star in their youth (Table 3). Fourth, the jovian planets have density, composition and internal energy source similar to the Sun, which mean they were once parts of the Sun (Table 4). Fifth, different classes of meteorites formed from very high temperature which cannot be reached with energy from accretion. They were once parts of the Sun. They were burst out from the Sun and they cooled down from the very high temperature. Sixth, Mars had widespread liquid water 3.7 billion years ago. Terrestrial and lunar rocks in early time recorded solar wind 10 million times stronger than it is now. These evidences proved that the terrestrial planets then were much nearer to the Sun than they are now. Seventh, satellites of the terrestrial planets, Moon, Phobos and Deimos, have lower density than the terrestrial planets and there is a law of their density. They were burst from the boundary between the core and the mantle of their parent planet in their youth (Table 5). Eighth, Galilean satellites have different ages, of their surface and as a whole, which proved they were born from periodical bursts of Jupiter (Table 6). Ninth, there is a law of semimajor axis of satellites and rings of the jovian planets.

Key words: stars, Sun, planets, exoplanets, satellites

Table 1 Data of three young planets

Exoplanet	Age (Ma)	M_* (M_\odot)	R_* (R_\odot)	a (AU)	a/R_*	Speed of leaving km/y
V830 Tau b	2	1.00	2.0	0.057	6.1	3.6

K2-33 b	9.3	0.56	1.05	0.0508	10.4	0.74
GJ674 b	55	0.35	0.35	0.039	20	0.10

Table 2 Data of two planets and two candidates with $a/R_* < 3$

Exoplanet	R_* (R_\odot)	a (AU)	a/R_*
K2-92 b	1.38	0.01566	2.44
WASP-103b	1.436	0.01985	2.97
PTFO 8-8695 b	1.04	0.00838	1.73
EPIC 203533312	1.15	0.0091	1.7

Table 3 Data of planetary systems with 8, 7, or 6 planets

	$n=0$	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=5$	$n=6$	$n=7$	$n=8$
Sun's a_n [AU]	0.00464913	0.38710	0.72333	1.00000	1.52366	5.20336	9.5370719.1913	30.0690	
a_n/a_{n-1}		83.263	1.8686	1.3825	1.52366	3.41504	1.832872.01228	1.56680	
Kepler-90's a_n [AU]	0.0056	0.074	0.089	0.32	0.42	0.48	0.71	1.01	
a_n/a_{n-1}		13	1.2	3.6	1.3	1.1	1.5	1.4	
HD 10180's a_n [AU]	0.005156	0.06412	0.12859	0.2699	0.4929	1.427	3.381		
a_n/a_{n-1}		12.44	2.005	2.099	1.826	2.895	2.369		
Kepler-11's a_n [AU]	0.004951	0.091	0.107	0.155	0.195	0.250	0.466		
a_n/a_{n-1}		18.76	1.176	1.449	1.258	1.282	1.864		
HD 219134's a_n [AU]	0.0036	0.0384740	0.064816	0.14574	0.23508	0.3753	3.11		
a_n/a_{n-1}		11	1.685	2.249	1.613	1.596	8.287		

Table 4 Data of the jovian planets

	Sun	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptune
Mass kg	1.989×10^{30}	1.898×10^{27}	5.684×10^{26}	8.682×10^{25}	1.024×10^{26}
Density g/cm ³	1.41	1.33	0.69	1.27	1.64
Ratio of emitted thermal energy to absorbed solar energy		1.67	1.78	0.943	2.7

Table 5 Data of the satellites of the terrestrial planets

	Earth	Moon	Mars	Phobes	Deimos
Mass kg	5.973×10^{24}	7.349×10^{22}	6.419×10^{23}	1.06×10^{16}	2.4×10^{15}
Equatorial radius km	6378	1737.5	3397	13×11×9.2	7.5×6.1×5.2
Density g/cm ³	5.51	3.34	3.93	1.87	1.47

Table 6 Data of the Galilean satellites

	Jupiter	J1 Io	J2 Europa	J3 Ganymede	J4 Callisto
Mass kg	1.8987×10^{27}	0.8932×10^{23}	0.4800×10^{23}	1.4819×10^{23}	1.0759×10^{23}
Radius km	71495	1821.6	1560.8	2631.2	2410.3
Density g/cm ³	1.33	3.53	3.01	1.94	1.83

幼年恒星和行星周期性爆裂的九个系列证据

张贵平^{1*}

(1. 独立学者, 上海, 200140)

摘要: 英国著名天文学家霍伊尔认为“太阳爆发抛出的物质形成行星”, 本文进一步发展了这一观点, 提出了幼年恒星周期性爆裂产生行星和幼年行星周期性爆裂产生规则卫星的理论, 并用九个系列证据证明这个理论, 简单、自洽、系统地解释了太阳系和其他行星系的各种事实: V830 Tau b、K2-33 b 和 GJ674 b 这三颗年幼行星有随年龄递增的轨道半长径和恒星半径比(a/R_*), 因为它们从所在恒星的唯一一次爆裂中产生并被恒星风推离, 远离速度与恒星质量呈一致关系; K2-92 b 和 WASP-103 b 等众多在原恒星的收缩范围内、 a/R_* 小于 5 的系外行星以及候选行星; 太阳系、Kepler-90 系和 HD 10180 系等多行星系中存在的距离规律; 类木行星与太阳相似的密度、组成和内部能源; 高温凝聚产生的各类陨石; 37 亿年前有分布广泛的液态水的火星和岩石中记录了比现在强一千万倍的早期太阳风的地球等类地行星; 密度比行星小且有明显密度规律的类地行星的卫星; 木星伽利略卫星的不同表面和独立天体年龄; 类木行星规则卫星和环的距离规律。

关键词: 恒星, 太阳, 行星, 系外行星, 卫星

中图分类号: P157.9

文献标识码: A

据 exoplanet.eu 官网数据, 截止2016年11月4日, 二十多年来已经有2655个行星系的3540颗行星得到确认, 其中包括597 个多行星系。很多行星系和太阳系存在很大的区别, 例如在离恒星0.015到0.5 AU 距离范围内发现了上千颗物理性质和木星类似的热木星。这些发现“对现有行星形成和演化理论提出了新的挑战”^[1], 例如原来根据太阳系行星分布总结出来的土物质、冰物质和气物质等星云盘物质演化的“就地性”原则^[2]在系外行星系中就不成立。气体拖曳和 I、II、III 类迁移^[3-4]等复杂模型被提出。但是, “不幸的是, 当前, 对太阳系和其他行星系的起源, 我们还缺少一个自洽的模型”^[3]。例如, 现代流行新星云说不仅在星云结构和演化过程等问题上看法不同、存在不同学派, 而且在同一学派内, 各家的具体内容和论证也不同, “在理论方面有很大困难”^[4]。

英国天文学家霍伊尔(Fred Hoyle, 1915-2001)认为“太阳爆发抛出的物质形成行星”^[4], 本文进一步发展他的这一观点, 提出了幼年恒星和行星的周期性爆裂理论, 并用九个系列证据证明这个理论, 简单、自洽、系统地解释了太阳系和其他行星系的各种事实。

1 幼年恒星和行星周期性爆裂的九个系列证据

第一个系列证据, 是 V830 Tau b、K2-33 b 和 GJ674 b 这三颗年幼行星随年龄递增的 a/R_* (轨道半长径和恒星半径比), 具体数据见表 1^[5-8]。这三颗年幼行星, 都来自于所在母恒星的第一次、也是到目前为止唯一的一次爆裂。在爆裂之初, 它们都以略大于恒星表面开普勒速度的速度绕恒星公转, 但是, 恒星附近强大的恒星风把它推离恒星并积累了一定的远

离速度，同时恒星风中介质的阻力使它的公转速度越来越小。如果假设它们在恒星形成之初就爆裂产生，则它们分别以 3.6 km/y、0.74km/y 和 0.10km/y 的平均速度，用 200 万年、930 万年和 5500 万年的时间，从初始位置来到了当前位置。平均远离速度，与各自恒星的质量 $1.00M_{\odot}$ 、 $0.56M_{\odot}$ 和 $0.35M_{\odot}$ ，存在一致的递减关系。因此，决定它们从恒星远离速度的因素，是主要由恒星质量决定的恒星风强度。所在母恒星的后续爆裂，会使其行星系变成一个和太阳系类似的多行星系。

表 1 三颗年幼行星的数据
Table 1 Data of three young planets

系外行星	恒星年龄 (百万年)	恒星质量 M_* (M_{\odot})	恒星半径 R_* (R_{\odot})	行星半长径 a (AU)	a/R_*	平均远离速度 km/y
V830 Tau b	2	1.00	2.0	0.057	6.1	3.6
K2-33 b	9.3	0.56	1.05	0.0508	10.4	0.74
GJ674 b	55	0.35	0.35	0.039	20	0.10

第二个系列证据来自众多 a/R_* 小于 5 的已经被确认的系外行星以及候选行星，其中还有年龄非常年轻的。这些行星不可能用星云凝聚的方式在原地形成，因为 5 个甚至 10 个恒星半径范围内的区域^[9]都是原恒星的收缩范围，不可能剩下足够物质能吸积产生行星。原恒星收缩形成恒星后，这些行星也不可能被气体拖曳至此，因为这个范围内不存在内向运动的强大气流，只存在强大的外向运动的恒星风，而恒星引力只维持行星的轨道运动因此不能导致行星的内向运动。表 2 列举出了 a/R_* 小于 3 的 2 颗已确认行星（K2-92 b^[10]和 WASP-103b^[11]）和 2 颗候选行星（PTFO 8-8695 b^[12-15]和 EPIC 203533312^[16]）。天文学家对其中年龄 200~300 万年的 PTFO 8-8695 b 的观测，从 2012 年发现一直持续至今，还检测到它发射出强烈的 H_{α} 谱线——一种在天文观测中一般只能在星云和恒星中才检测到的、从高能电离氢原子中发射出的光线。对此的最佳解释，是它曾经是所在恒星的一部分，不久前才从恒星中爆裂产生，仍然具有恒星的特征。 a/R_* 在 3 到 5 之间的已确认行星和候选行星有很多，不再一一列举。

表 2 a/R_* 小于 3 的两颗已确认行星和两颗候选行星的数据
Table 2 Data of two planets and two candidates with $a/R_* < 3$

系外行星	恒星半径 R_* (R_{\odot})	行星半长径 a (AU)	a/R_*
K2-92 b	1.38	0.01566	2.44
WASP-103b	1.436	0.01985	2.97
PTFO 8-8695 b	1.04	0.00838	1.73
EPIC 203533312	1.15	0.0091	1.7

第三个系列证据是多行星系中存在的距离规律（表 3）。太阳系内行星的公转轨道半长径，存在 $a_1=0.4$ ， $a_n=0.4+0.3 \times 2^{n-2}$ ($n \geq 2$) 的提丢斯-波得定则，这个定则也可以用 $a_n/a_{n-1} \approx 1.73$ ($n \geq 2$) 这个距离规律表示^[4]。太阳系的 a_n/a_{n-1} ($n \geq 2$) 如表 3 所示在 1.3825 到 2.01228 之间^[17]， $n=5$ 时例外，有 $a_5/a_4 = 3.41504$ ，这是因为表 3 中没有计入矮行星谷神星以及小行

星带中的其他天体。七行星系和六行星系都存在 $a_n/a_{n-1} \approx$ 某个值的距离规律，虽然这个值及其范围不同于太阳系。具体地说，Kepler-90 行星系^[18-19]的 a_n/a_{n-1} 在 1.1 到 1.5 之间， $n=3$ 时例外，有 $a_3/a_2=3.6$ ，因此肯定有一颗行星或一个小行星带在 c 行星和 d 行星之间等待我们去发现。HD 10180 系^[20]的 a_n/a_{n-1} 在 1.826 到 2.895 之间，Kepler-11 系^[21]的 a_n/a_{n-1} 在 1.176 到 1.864 之间，没有例外。HD 219134 系^[22]的 a_n/a_{n-1} 在 1.596 到 2.249 之间， $n=6$ 时例外，有 $a_6/a_5=8.287$ 。根据距离规律，这意味着在 HD 219134 g 和 HD 219134 h 这两颗行星之间存在着正等待我们去发现的一颗或更多行星。所以，在距离规律上，七行星系和六行星系中只有两个例外。多数五行星系、四行星系和三行星系也符合距离规律，限于篇幅不再继续列举。

表 3 八、七、六行星系的数据
Table 3 Data of planetary systems with 8, 7, or 6 planets

	$n=0$	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=5$	$n=6$	$n=7$	$n=8$
太阳系的 a_n [AU]	0.00464913	0.38710	0.72333	1.00000	1.52366	5.20336	9.53707	19.1913	30.0690
a_n/a_{n-1}		83.263	1.8686	1.3825	1.52366	3.41504	1.83287	2.01228	1.56680
Kepler-90 的 a_n [AU]	0.0056	0.074	0.089	0.32	0.42	0.48	0.71	1.01	
a_n/a_{n-1}		13	1.2	3.6	1.3	1.1	1.5	1.4	
HD 10180 的 a_n [AU]	0.005156	0.06412	0.12859	0.2699	0.4929	1.427	3.381		
a_n/a_{n-1}		12.44	2.005	2.099	1.826	2.895	2.369		
Kepler-11 的 a_n [AU]	0.004951	0.091	0.107	0.155	0.195	0.250	0.466		
a_n/a_{n-1}		18.76	1.176	1.449	1.258	1.282	1.864		
HD 219134 的 a_n [AU]	0.0036	0.0384740	0.064816	0.14574	0.23508	0.3753	3.11		
a_n/a_{n-1}		11	1.685	2.249	1.613	1.596	8.287		

在表 3 中， $n=0$ 时的情况是指一颗假设的行星在恒星表面以开普勒速度围绕恒星公转的情况，因此 a_1/a_0 不在距离规律中，而且表 1 中的 a_1/a_0 都特别大，这是因为恒星只在内部不稳定的幼年期周期性爆裂。 $n \geq 1$ 时， n 越大说明该行星从恒星爆裂中产生的时间越早。距离规律的真正原因是恒星的周期星爆裂。二十多年的同位素系统研究已经给了我们比较可靠的火星和地球年龄：45.66 亿年和 45.56 亿年^[23]。因此，幼年期太阳的爆裂周期是 0.1 亿年。爆裂产生主带小行星的那次非常规爆裂从 45.86 亿年前持续到 45.66 亿年前，持续了 0.2 亿年，产生的天体包括小行星陨石的母体。目前已知的太阳系最早固体是球粒陨石中的富钙铝包体(CAIs, calcium-aluminum-rich inclusions)，它们的年龄是 45.673 亿年 (或 45.683 亿年)^{[23][24]}。这个年龄通常被用来定义太阳系的起始时刻，但这是错误的，因为早于富钙铝包体的太阳系固体肯定能在海王星之外甚至灶神星之外的天体上发现。Kepler-90 有五颗半径范围从地球和微型海王星的内行星与两颗是气体巨行星的外行星，结构与太阳系相似。Kepler-90 和太阳系的主要差异在年龄和尺寸。Kepler-90 的估计年龄是 20 亿年，太阳年龄是它的两倍多。从 Kepler-90 到其最远行星的距离是 1.01 AU，从太阳到其最远行星海王星的距离是 30.0690 AU。年龄上的区别产生了尺寸上的区别。地球从 45.56 亿年前的太阳表面轨道运动到当前轨道处，平均远离太阳 33 m/y。太阳系其他行星离开太阳的平均速度，

从水星的 13 m/y 到海王星的 974 m/y 不等。Kepler-90 的七颗行星的后续运动，会使该行星系在几十亿年后达到太阳系当前的尺寸。

第四个系列证据是类木行星与太阳相似的密度、组成和内部能源（表 4）^[25]。海王星、天王星、土星和木星都比类地行星大很多，它们占整个太阳系行星质量的 99.5%，因此其核聚变反应从太阳爆裂产生时刻一直持续至今。和太阳的大气一样，它们的大气也主要由氢和氦组成，而且内部温度很高、压强很大，足以气化金属和岩石，例如 1995 年进入木星大气的伽利略探测器就被木星大气气化。除了其中质量最小的天王星，类木行星辐射出的能量都比吸收的能量多，内部能源太大，以至于不能用放射性元素的核衰变来解释^[26]。核聚变是唯一可能的解释。从太阳爆裂产生时，它们是小太阳。当前，在很多方面，它们仍然是小太阳。

表 4 类木行星的数据
Table 4 Data of the jovian planets

	太阳	木星	土星	天王星	海王星
质量 kg	1.989×10 ³⁰	1.898×10 ²⁷	5.684×10 ²⁶	8.682×10 ²⁵	1.024×10 ²⁶
密度 g/cm ³	1.41	1.33	0.69	1.27	1.64
热辐射(吸收能量的倍数)		1.67	1.78	0.943	2.7

第五个系列证据来自陨石。从太阳爆裂产生的特别微小的小行星带内的小行星，从和太阳表面温度(6400K)相近或更高的温度，在很短时间内，在没有任何分异的情况下，冷却固化形成球粒陨石。其中冷却最快的，甚至连从高温凝聚（由高温难熔物质组成的 CAI 的固化）到中温凝聚（毫米级大小的球粒的固化）再到低温凝聚（微米级细粒硅酸盐基质的固化）的时间都很短，使 CAI 和球粒的固化基本同时，让我们没法通过短寿命放射性核素的相对年代学研究进行区分。但是，先高温凝聚形成 CAI 再中温凝聚形成球粒是没有疑义的，因为有“球粒包裹 CAI 的现象”。CAI 存在的形式主要是球粒状，但也有雪花片状的^[24]，球粒状的 CAI 表明它们是从液体冷却结晶的，雪花片状的 CAI 表明它们是从气体冷却凝华的。大多数情况下，“CAI 形成于球粒之前约几个百万年”，年龄差值为 1~3Ma^[3]或 2~6Ma^[2]。“没有发现低于 44 亿年的球粒。此外，一些球粒具有火成环，或者多层同心状结构。”^[2]这些事实说明，特别微小的小行星在 44 亿年前全部固化。

无球粒陨石包括分异型无球粒陨石和原始型无球粒陨石。铁陨石也包括分异型铁陨石和原始型铁陨石。“分异型无球粒陨石来自遭受过全球性熔融分异和同位素均一化的陨石母体，它们的氧同位素成分服从氧同位素质量分馏的规律。原始型无球粒陨石则来自没有遭受同位素均一化的陨石母体，它们保留了原始的化学和同位素特点。”^[2]原始型无球粒陨石和原始型铁陨石一样，都是比较小的行星在没有完全分异的情况下冷却固化产生的。例如，原始型 IAB 型铁陨石中，随机分布着原始的、几乎和球粒陨石中一样的硅酸盐。根据氧同位素和化学组成，IAB 型铁陨石被认为和原始型辉石无球粒陨石(winonaite)有关^[9]。原始型橄榄古铜无球粒陨石(acapulcoite-lodranite)和辉石无球粒陨石都有接近于球粒陨石的化学组成，

且含有一定量的铁镍金属，只是没有球粒^[27]。顽辉无球粒陨石(aubrite)，与顽辉球粒陨石的氧同位素重叠的很好，其中有巨大的顽火辉石晶体，最大的晶体长达 10 cm^[2]，因此不能用顽火辉石球粒陨石重熔重结晶来解释，是体积较小的小行星冷却固化产生的，属于原始型无球粒陨石。

质量和体积比较大的小行星，与火星和月球一样，都用更长的时间冷却固化并经历了核幔壳的分异过程。分异型铁陨石、所有石铁陨石与分异型无球粒陨石分别来自于这些小行星的核、幔、壳或火星壳和月球。来自灶神星壳的 HED 陨石、来自火星壳的 SNC 陨石和斜辉无球粒陨石(orthopyroxenite)与来自月球的陨石，都是这样的分异型无球粒陨石。

在原太阳收缩范围以外围绕太阳的原始盘星云物质，通过凝聚，只能产生彗星等以水冰为主要成分的小天体，并被太阳风不断推离，形成现在的柯依伯带、弥散盘和奥尔特云，不可能通过吸积产生持续的高温，形成球粒陨石、原始型无球粒陨石和原始型 IAB 型铁陨石，更不可能全球熔融产生分异型无球粒陨石、石铁陨石和分异型铁陨石。其他恒星的原始盘，凝聚产生的，不是行星，而是目前没有被发现的众多小天体。

第六个系列证据来自类地行星。37 亿年前，火星有分布广泛的液态水和峡谷网，是个温暖的行星，处在离太阳很近处。之后，由于离太阳越来越远，也由于质量比地球小得多因此内部热能很快耗尽，它逐渐变成一个寒冷干燥的行星。火星现在的状况，就是地球 37 亿年后的状况。地球及其卫星月球的一些岩石，含有非常多的放射性物质，记录和证明了“在行星形成的时代，太阳风要比现在强一千万倍”^[28]。那时太阳风如此强大的第一个原因，是那时的地球和月球离太阳比现在要近很多。当前日地距离 1AU 是太阳半径的 215 倍，按此计算，太阳表面的太阳风质子密度是当前 1AU 处质子密度 5.4 个/cm³^[29]的 46225 倍。地球和月球外壳岩石形成时，地球和月球已经离开太阳表面有一段距离了，但仍然很近，太阳风质子密度仍然是当前 1AU 处质子密度 5.4 个/cm³的几万倍。那时太阳风如此强大的第二个原因，是即使距离相同那时的太阳风也要比现在强几百倍甚至更多。现在的金星是一个炎热的行星，有以二氧化碳为主的大气和以硫酸为主的云层，和 37 亿年前的地球非常相似。火星现在的状况，就是地球 37 亿年前的状况。太阳介质推力将使金星不断地远离太阳。在几十亿年后，金星将是一个温度适宜的行星。金星 37 亿年后的状况，就是地球现在的状况。金星表面，“以年轻的火山地貌为主”，“Sif 盾形火山是最近还活动的”^[25]，其内部能源仍在起作用。只有质量最小的水星，虽然从太阳中爆裂产生最晚，离太阳也最近，却最早就耗尽了内部能源。和类木行星一样，持续了几亿年的火星和水星内部能源、以及持续了四十多亿年的地球和金星的内部能源，是核聚变能源。星云凝聚达到 0.08M_☉质量以上的天体才能发生持续的核聚变成为恒星，行星只有 0.013M_☉以下的质量，按照新星云说星云凝聚形成的说法不可能有类木行星和类地行星持续这么久的内部能源。按恒星爆裂产生行星的说法，这样形成的行星内部可以继续原先就存在的核聚变，因此有持续这么久的内部能源。

第七个系列证据来自类地行星的卫星（表 5）。多方面的证据^[30]证明月球产生于约 44.4

亿年前地球初步完成核幔分离后核幔边界的一次爆裂，因此密度比地球小，而氧同位素组成却完全一致地呈现在地月线上——与其他陨石明显不同^[9]。从那时到今天，月球从地表环绕轨道来到当前轨道，平均每年外移 8.5 cm，这和“目前月球每年外移 3.79 cm”^[31]的事实基本吻合。火星的两个卫星则来自火星初步完成核幔分离后核幔边界的两次爆裂，因此密度都比火星小，而且最早产生的火卫二密度最小，因为那时火星的核幔分离更不充分。

表 5 类地行星卫星的数据

Table 5 Data of the satellites of the terrestrial planets

	地球	月球	火星	火卫一	火卫二
质量 kg	5.973×10^{24}	7.349×10^{22}	6.419×10^{23}	1.06×10^{16}	2.4×10^{15}
赤道半径 km	6378	1737.5	3397	$13 \times 11 \times 9.2$	$7.5 \times 6.1 \times 5.2$
密度 g/cm ³	5.51	3.34	3.93	1.87	1.47

第八个系列证据来自木星的伽利略卫星（表 6）。从木卫四到木卫一，伽利略卫星的密度按序递增，而且都比木星密度大^[17]，这是因为它们来自分异程度不断提高的木星。木卫四和木卫三含较多 H₂O（占质量的 50% 以上）。木卫四分两大层：星核是密度随深度递增的岩-冰混合物，较清洁的水冰表层、中间液态水海洋和深处高压相冰组成的星壳；它来自分异前的木星。木卫三分三大层：熔融的金属星核，岩石质星幔，由表层冰壳、中间液态水海洋和深处高压相冰组成的星壳；它来自刚开始分异的木星幔层。木卫二主要由岩石物质组成，仅含约 10% 的 H₂O 冰，分三大层：富铁星核，岩石质星幔，由表层薄冰壳和底下液态水海洋组成的星壳；它来自分异比较充分的木星幔层。木卫一几乎完全由岩石物质组成，分两大层：较大的熔融的铁-硫质星核，热的硅酸盐幔和薄壳；它来自分异最充分的木星幔层。

表 6 伽利略卫星的数据

Table 6 Data of the Galilean satellites

	木星	木卫一	木卫二	木卫三	木卫四
质量 kg	1.8987×10^{27}	0.8932×10^{23}	0.4800×10^{23}	1.4819×10^{23}	1.0759×10^{23}
半径 km	71495	1821.6	1560.8	2631.2	2410.3
密度 g/cm ³	1.33	3.53	3.01	1.94	1.83

不同的陨击坑密度反映了伽利略卫星表面年龄的差异。从外到内，伽利略卫星的表面年龄按序递减，而且年龄间隔以亿计。木卫四表面，陨击最严重，几乎达到饱和程度，因此最古老，至少像月海一样古老。木卫三表面，陨击比较严重。从陨击坑的密度分析得出，木卫三的前导（朝木星）半球较年轻（约 34 亿年），后随半球较年老（约 36 亿年）。木卫二表面，散布着一些陨击坑，但几乎没有大的，更没有陨击平原，因此比较年轻。木卫一表面，几乎没有陨击坑，在地质上是最年轻的。

伽利略卫星的表面年龄，给出了伽利略卫星作为独立天体的年龄的下限。以目前条件，还不能通过样品检测确定伽利略卫星的独立天体年龄，但是，可以通过推理计算出伽利略卫星的独立天体年龄。木卫四几乎没有内部热源，分异和演化程度都较小，变成独立天体后快速冷却分异，保留下来的古老陨击地貌反映的表面年龄，加上几百万年，可以表示其独立天体年龄。木卫三早期存在较小的内部热源，分异和演化程度都较大，变成独立天体后用了较

长时间冷却分异，保留下来的陨击地貌反映的表面年龄，加上几千万年，可以表示其独立天体年龄。木卫二一直存在不大不小的内部热源，分异和演化程度都较大，变成独立天体后用了较长时间冷却分异，陨击、冰火山等多种地貌并存。保留下来的陨击地貌反映的表面年龄，加上几亿年，可以表示其独立天体年龄。木卫一一直存在很大的内部热源，在四个伽利略卫星中分异和演化程度都最大，变成独立天体后用了最长时间分异却至今还没有冷却，活火山喷发出温度高达 1600~1800K、可能主要由橄榄石和辉石成分（陨石主要成分）组成的岩浆^[32]。和木卫一有类似质量、半径和密度的月球在 30 亿年前就已终止火山活动^[25]。比它大很多的地球在 18 亿年前就已终止这类火山活动，当前活火山喷发出的是温度在 1300~1450K 范围、主要是玄武岩成分的岩浆^[32]。与月球和地球的这些对比说明，木卫一是一个非常年轻的卫星。以月球从形成（约 44.4 亿年前）到终止火山活动的持续时间计算，木卫一的年龄不超过 15 亿年。

木卫一的情况说明，与恒星和类地行星只在幼年时爆裂不同，木星和其他类木行星的周期性爆裂在成年后仍然在发生。木星后期的周期性爆裂产生了四个规则小卫星和四个环系，最近到 1.287 木星半径处。土星、天王星和海王星的周期性爆裂产生了它们的众多规则卫星和环系，最近分别到 1.11 土星半径处、1.49 天王星半径处和 1.70 海王星半径处^[25]。“现在日益明确的观点是土星环不可能有几十亿年的年龄。理由很简单，它们十分明亮，这说明光环一定是年轻的，可能只有几亿年的年龄。”^[33]由于这些规则卫星和环的轨道半长径数据在很多天文学图书上都有，这里不再列举这些距离规律。它们提供了到目前为止可以确认的第九个、也是最后一个系列证据。

2 总结和展望

本文并不完全否认认为星云凝聚形成行星的新星云说，因为星云凝聚形成行星在一定条件下是有可能的，例如年龄都只有 100 万年、相距 800AU、质量分别为 $0.05M_{\odot}$ 和 $0.015M_{\odot}$ 的两颗褐矮星（介于最小质量恒星和最大质量行星之间的天体）FU Tau 和 FU Tau b^[34]在 NASA 下属的 <http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>网站就分别被归入恒星和行星。这些条件包括星云离恒星有一定的距离、包含足够质量的物质等。在不满足这些条件时，就不存在足够的星云物质来凝聚形成行星，例如在 5 到 10 个恒星半径范围内。对年幼恒星的观测证明了这一点，因为在它们与原始盘的内边缘之间存在 5 到 10 个恒星半径范围的空隙，如果没有这些空隙，年幼恒星会在红外波段辐射远超过现在观测到的光线^[9]。因此，离恒星距离只有恒星半径几倍的行星，特别是年幼行星，应该是恒星爆裂产生的。强大的恒星风会把它们逐步推离使它们积累一定的远离速度，例如太阳系行星 13 m/y 到 974 m/y 的平均远离速度。

目前我们对太阳系和太阳系外行星系的研究，一方面在事实上缺少除了火星和地球之外的行星样品和除月球之外的卫星样品，另一方面在理论上受新星云说的局限。但是，新星云说并不是一个自洽的理论，存在着很多内在的矛盾。例如，对球粒陨石，一方面要求星云从

高温开始凝聚形成，因为其中既有从液体冷却结晶的球粒状的 CAI，也有从气体冷却凝华的雪花片状的 CAI；另一方面星云凝聚形成的球粒陨石母体只是很小的天体，因为没有产生熔融和分异的能量，但这么小的天体又不可能通过吸积获得的引力势能产生高温开始凝聚。恒星周期性爆裂理论没有这样的内在矛盾，能简单、自洽、系统地解释了太阳系和其他行星系的各种事实。以后随着科学技术的发展，一方面能获得各行星、各卫星以及更多小行星的岩石样品并通过放射性同位素测定得出它们的确切年龄，另一方面能获得更多系外行星系的观测数据。那时，我们对太阳系和太阳系外行星系起源和演化的研究，就有了更多的事实和数据，来证实或修正本文中的一些观点和数据。新星云说以陨石年龄推理太阳系年龄，这一推理是有局限的。本文给出了幼年恒星和行星周期性爆裂的理论框架和九个系列证据，希望能够打破这个局限。也希望更多学者能加入进来，进一步发展这个理论，例如太阳风对行星的加速过程，就需要数字模拟来具体化。

致谢 一位认真阅读了本论文的业内专家说：“文章体现了您独特的思考，提出了一个全新的理论。”但是，“即使正确，想要推广也并不容易。”感谢 vixra.org 的组织者和工作人员，使“幼年恒星和行星的周期性爆裂理论”得以正式面世。

参考文献

- [1] 窦江培，朱永田，任德清. 太阳系外行星的研究现状. 自然杂志, 2014, 36(2):124-128.
(Dou J P, Zhu Y T, Ren D Q. Current research status of exoplanets. Chinese Journal of Nature, 2014, 36(2):124-128.)
- [2] 侯渭，谢鸿森. 陨石成因与地球起源. 北京:地震出版社, 2003: 22-23,163-166,119-120.
(He W, Xie Y H S. Causes of Formation of Meteorites and Origin of the Earth. Beijing: Earthquake Press, 2003: 22-23,163-166,119-120.)
- [3] Chambers J E, Halliday A N. The Origin of the Solar System. In: Spohn T, Breuer D, Johnson T V. Encyclopedia of the Solar System (3rd Ed.). Amsterdam: Elsevier, 2014: 29-54
- [4] 胡中为. 新编太阳系演化学. 上海:上海科学技术出版社, 2014: 3-4,10-11,53,93-100.
(Hu Z W. New Edition of the Cosmogony of the Solar System. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2014: 3-4,10-11,53,93-100.)
- [5] Donati J F, Moutou C, Malo L, et al. A hot Jupiter orbiting a 2-million-year-old solar-mass T Tauri star. Nature, 2016, 534: 662-666.
- [6] Mann A W, Newton E R, Rizzuto A C, et al. Zodiacal exoplanets in time (ZEIT). III. A short-period planet orbiting a pre-main-sequence star in the upper Scorpius OB Association. Astronomical Journal,2016,152(3):61.
- [7] David T J, Hillenbrand L A, Petigura E A, et al. A Neptune-sized transiting planet closely orbiting a 5-10-million-year-old star. Nature, 2016,534:658-661.

- [8] Bonfils X, Mayor M, Delfosse X, et al. The HARPS search for southern extra-solar planets. X. A $m_{\text{Jup}}=11M_{\oplus}$ planet around the nearby spotted M dwarf GJ 674. *Astronomy and Astrophysics*, 2007, 474(1): 293-299.
- [9] Bally J, Reipurth B. 萧耐园译. 恒星与行星的诞生. 武汉: 湖南科学技术出版社, 2013: 94. (Bally J, Reipurth B. *The Birth of Stars and Planets*. Wuhan: Hunan Science and Technology Press, 2013: 94.)
- [10] Crossfield I.J.M., Ciardi D.R., Petigura E.A., et al. 197 candidates and 104 validated planets in K2's first five fields[J]. *Astrophysical Journal Supplement*, 2016, 226(7).
- [11] M. Gillon, D. R. Anderson, A. Collier-Cameron et al. WASP-103 b: a new planet at the edge of tidal disruption. *A&A*, 2014, 562.
- [12] Eyken J.C.V., Ciardi D.R., Braun K.V., et al. The PTF Orion Project: a possible planet transiting a T-Tauri star[J]. *Astrophysical Journal*, 2012, 755(1).
- [13] Barnes J.W., Eyken J.C.V., Jackson B.K., et al. Measurement of spin-orbit misalignment and nodal precession for the planet around pre-main-sequence star PTFO 8-8695 from gravity darkening[J]. *Astrophysical Journal*, 2013, 774(1).
- [14] Ciardi D.R., Eyken J.C.V., Barnes J.W., et al. Follow-up observations of PTFO 8-8695: A 3 MYr Old T-Tauri star hosting a Jupiter-mass planetary candidate[J]. *Astrophysical Journal*, 2015, 809(1).
- [15] Johns-Krull C.M., Prato L., McLane J.N., et al. H_{α} Variability in PTFO8-8695 and the possible direct detection of emission from a 2 million year old evaporating hot Jupiter[J]. *Astrophysical Journal*, 2016, 830(15).
- [16] Adams E.R., Jackson B., Endl M. Ultra short period planets in K2: superbig results for campaigns 0-5[J]. *Astronomical Journal*, 2016, 152.
- [17] Spohn T, Breuer D, Johnson T V. *Encyclopedia of the Solar System* (3rd Ed.). Amsterdam: Elsevier, 2014: 1235-1244.
- [18] Cabrera J, Csizmadia Sz, Lehmann H, et al. The planetary system to KIC 11442793: a compact analogue to the Solar System. *ApJ*, 2014, 781(1): 18(13pp).
- [19] Schmitt J R, Wang J, Fischer D A, et al. Planet hunters VI: an independent characterization of KOI-351 and several long period planet candidates, *Astronomical Journal*, 2014, 148(2): 85-154.
- [20] Kane S R, Gelino D. M. On the inclination and habitability of the HD 10180 System. *ApJ*, 2014, 792(2): 1861-1866.
- [21] Lissauer J J, Jontof-Hutter D, Rowe J F, et al. All six planets known to orbit Kepler-11 have low densities. *ApJ*, 2013, 770(2): 141-149.
- [22] Vogt S S, Burt J, Meschiri S, et al. Six planets orbiting HD 219134. *ApJ*, 2015, 814(1): 12.
- [23] Halliday A N. *The Origin and Earliest History of the Earth*. In: Holland H, Turekian K. *Treatise on Geochemistry* (2nd Ed., Vol. 2). Amsterdam: Elsevier, 2014: 179-180.

- [24] Smith C, Russell S, Benedix G. Meteorites. London: Natural History Museum, 2009: 54-57,73.
- [25] 胡中为 徐伟彪.行星科学[M].北京:科学出版社,2008:177-184,225-315. (Hu Z W, Xu W B. Planetary Science. Beijing: Science Press, 2008:177-184,225-315.)
- [26] Marley M, Fortney J. Interiors of the Giant Planets. In: Spohn T, Breuer D, Johnson T V. Encyclopedia of the Solar System (3rd Ed.). Amsterdam: Elsevier, 2014: 756.
- [27] 徐伟彪.天外来客——陨石.北京:科学出版社,2006:30. (Xu W B. Meteorites: Matters from the Sky. Beijing: Science Press, 2006:30.)
- [28] 赵江南.宇宙新概念(第2版).武汉:武汉大学出版社,2006:108. (Zhao J N. New Concepts of the Universe(2nd Version), Wuhan: Wuhan University Press,2006:108.)
- [29] Gosling J T. The Solar Wind. In: Spohn T, Breuer D, Johnson T V. Encyclopedia of the Solar System (3rd Ed.). Amsterdam: Elsevier, 2014: 262-263.
- [30] Meijer de R J, Anisichkin V F, van Westrenen W. Forming the Moon from terrestrial silicate-rich material, Chemical Geology, 2013, 345: 40-49.
- [31] Hiesinger H, Jaumann R. The Moon. In: Spohn T, Breuer D, Johnson T V. Encyclopedia of the Solar System (3rd Ed.). Amsterdam: Elsevier, 2014: 495.
- [32] Lopes R. M. C., Halliday A. N. Io: The Volcanic Moon. In: Spohn T., Breuer D., Johnson T. V. Encyclopedia of the Solar System (3rd Ed.)[M]. Amsterdam: Elsevier,2014:787.
- [33] Beazley M. 行星的奇迹.萧耐园译.武汉:湖南科学技术出版社.2010:147. (Beazley M. Wonders of the Planets. Wuhan: Hunan Science and Technology Press,2010:147.)
- [34] Luhman K L, Mamajek E E, Allen P R, et al. Discovery of a wide binary brown dwarf born in isolation. The Astrophysical Journal,2009, 691(2): 1265-1275.