

从冥王星卫星的发现得出的一些演化结论

戴文赛 胡中为

(南京大学天体物理研究室)

1978年6月22日,美国海军天文台的 Christy 发现冥王星在底片上的象是扁长的,追查以前所拍底片,也都存在这个现象,他由此推断出冥王星有颗卫星。7月初,智利的托洛洛天文台证实了这个结论^[1]。麦克唐纳天文台在5月所拍底片上也查出同样结果^[2]。此卫星暂定名是 1978 P1,也称“查龙”(以下简称冥卫)。

分析得出,冥卫绕冥王星转动的周期为 6.3867 天,与冥王星自转周期相同,是颗同步卫星。推算得出的冥王星质量比过去的数值小几十倍,直径也比过去数值小很多。这样,冥王星就比水星还小,成为九大行星中最小的了。这个发现引起了广泛的注意,已有不少报道^[3-7]。

我们根据这个发现,初步得出以下三点演化结论。

1. 1971 年以前,冥王星质量被定为 0.8 地球质量,直径为 6400 公里,由此算得平均密度高达 $35 \text{ 克} \cdot \text{厘米}^{-3}$, 比其它行星的平均密度大一个量级,这显然难以采纳。1971 年重新定出冥王星质量为 0.11 地球质量^[8], 直径改为 5000—6000 公里^[9], 算出平均密度仍在 $5.8 \text{ 克} \cdot \text{厘米}^{-3}$ 以上,这比天王星和海王星的平均密度(分别为 1.3 和 1.7)大得多,比地球的平均密度(5.5)还大。过去常把行星分为类地行星和类木行星两类。近年来,一些研究者分为三类:类地行星、巨行星(木星和土星)和远日行星(天王星和海王星)。但冥王星仍摆不进最后一类,因为密度差很多,若把这个离太阳最远的冥王星摆在类地行星一类,又很不合理。发现冥卫以后,我们就可以利用开普勒行星运动第三定律

$$\frac{a^3}{P^2} = \frac{G}{4\pi^2} (M + m) \quad (1)$$

来推算冥王星的质量。在(1)式中, a , P , m 分别表示冥卫的轨道半长径、周期和质量, G 为引力常数, M 为冥王星质量。冥卫质量虽不知,可用下述方法把它消去。以 R 和 r 分别表示冥王星和冥卫的半径,假定冥王星和冥卫具有相同的物质密度,则(1)式可改写为:

$$\frac{a^3}{P^2} = \frac{G}{4\pi^2} \left[M + \frac{r^3}{R^3} M \right] = \frac{GM}{4\pi^2} \left[1 + \frac{r^3}{R^3} \right]. \quad (2)$$

从冥王星和冥卫的最大视角距 $0.''9$ 和当时的冥—地(球)距离,易算出 $a \approx 1.9 \times 10^4$ 公里。按估计值 $2R = 2700$ 公里, $2r = 850$ 公里^[3,6] 及 $P = 6.3867$ 天。把这些数值代入(2)式,得出: $M = 1.4 \times 10^{25}$ 克,即 0.0024 地球质量。由此算出平均密度为 $1.5 \text{ 克} \cdot \text{厘米}^{-3}$; 也有人估计直径为 2400 公里,则算出平均密度为 $1.9 \text{ 克} \cdot \text{厘米}^{-3}$ 。这样,冥王星与天王星及海王星的平均密度相近,于是就可以确切地把它们归为一类了。这样密度的行星主要是由冰物质(水冰、氨冰、甲烷冰等)组成,还有一些土物质和气物质(氢、氦等)。三类行星的主要区别在于化学组

本文 1978 年 11 月 13 日收到。

成及离太阳远近不同,反映了太阳系形成时星云盘各部分的物理条件和演化过程不同。因此,冥王星的新资料对我们提出的太阳系起源新学说^[10]是个有力的支持。

2. 木星和土星的逆行卫星都很小,而且离它们远。但是,逆行的海卫一却很大,且离海王星近;冥王星公转轨道的偏心率 e 和倾角 i 特别大,而且近日点在海王星轨道之内。为了解释这两个现象,1936年 Lyttleton 首先提出如下看法^[11]: 冥王星原来是海王星的一颗卫星,与海卫一同时绕海王星顺向转动,它们曾一度靠近相遇,相互引力作用使海卫一绕冥王星转过 180° ,变为逆行卫星,而冥王星则获得了额外速度,离开海王星,变为太阳系第九颗行星。多年以来,许多人同意这种看法。由于当时定出的冥王星质量比海卫一大,这种看法似乎站得住。但是,冥王星质量的新值比原来减小 40 多倍,而且不久前又将海卫一质量由 1.4×10^{26} 克改定为 3.4×10^{26} 克^[12],这样,冥王星质量便只有海卫一的 $1/22$ 了。按照恒星的相遇理论,质量 m_1 和 m_2 的两颗星相遇后,质量 m_1 的星运动方向改变角度 ψ ,由下式计算^[13]:

$$\operatorname{tg} \frac{\psi}{2} = \frac{Gm_2^3}{(m_1 + m_2)^2 V^2 b} \quad (3)$$

由此可见,质量大的海卫一与质量小的冥王星相遇后,其运动方向不可能有很大改变。因此, Lyttleton 的看法不能成立,海卫一的逆行需另找解释,而冥王星也不可能是原来的海王星卫星。

我们认为,冥王星是由星云盘外区的可吸积物质直接集聚形成的。在星云盘中,海王星的形成区很宽^[3],海王星形成晚期,该区还残存许多较大星子,海王星轨道之内的一个最大星子成为冥王星。由于另一较大星子对心碰撞冥王星,使其由近圆轨道变为 e 和 i 很大的轨道。

3. 观测给出,冥王星与冥卫最大角距的位置角为 350° 和 170° ,冥卫轨道面与天球切面交角为 10° 。规则卫星的轨道面都与中心行星的赤道面共面。这样,冥一卫系统与天(王星)一卫系统相象,呈现侧向转动。我们认为,冥王星的侧向自转的起因和冥卫的形成方式,可能与天王星及天卫情况^[13]相似,即在冥王星形成晚期,有个残存的较大星子掠碰了冥王星表面(按文献[13]方法估算出星子质量为8%冥王星质量),星子的碰撞力矩使冥王星由原来的正向自转变为侧向自转;碰撞产生的碎裂物质抛到几万公里高,然后集聚形成卫星,还可能不只形成一个卫星,并且在冥王星洛希极限内的物质有可能形成环带。这一推论有待观测事实来验证。

我室张明昌、初一同志参加了本工作的讨论和计算;北京天文台卞毓麟同志也参加了讨论,提供了有关资料和有益建议。

参 考 文 献

- [1] *IAU Circular*, 3241 (1978), July, 7.
- [2] *ibid.*, 3255 (1978), Aug., 16.
- [3] Hughes, D. W., *Nature*, 274 (1978), 309.
- [4] *New Scientist*, 1978, July, 27.
- [5] Browne, M. W., *The New York Times*, 1978, July, 8.
- [6] 光明日报, 1978年8月9日4版; Leary, W. E., *Washington*, 1978, July, 7 (Ap).
- [7] *Science News*, 114 (1978), 3: 36/47.
- [8] Seidelman, F. K., et al., *Astr. J.*, 76 (1971), 488.
- [9] *The New Encyclopedia Britannica*, 14 (1974), 580.
- [10] 戴文赛、胡中为, 自然杂志, 1 (1978), 1: 25.
- [11] Lyttleton, R. A., *MNRAS*, 97 (1937), 108.
- [12] Duncombe, R. L., *Annual Review of Astr. Astrophys.*, 11 (1973), 135.
- [13] 戴文赛, 恒星天文学, 科学出版社, 1965, 245. 天文学报, 16 (1975), 123. 天文学报, 18 (1977), 192.