第7卷 第4期 空间科学学报 Vol. 7, No. 4
1987 年 10 月 GHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE Oct., 1987

一次哈雷彗星爆发现象的观测和分析

陈彦康 陈培生 高 衡
（中国科学院云南天文台）

摘 要

哈雷彗星于 1986 年 3 月 21 日到 26 日期间，经历了一次非正常光变，产生了爆发。本文对用窄波段光电光度观测到的爆发过程中各波段所发生的基本物理机制和化学反应过程进行了分析和讨论。

一、观测资料及处理

在本次哈雷彗星回归过程中，国际哈雷彗星联测组织（IHW）要求所用滤光片和光度测量"定标"或"标准化"。为此我们选用了由 IHW 提供的一组窄带滤光片，其性能参数见表 1。1986 年 3 月 20 日至 4 月 3 日，我们用云南天文台的 60cm 反射望远镜，配置了一台积分光度计，对哈雷彗星进行了窄波段的光电光度观测。在整个观测期间有 6 个晴夜获得了较好的资料。

表 1 滤光片参数

编 号	波 带	中心波长（Å）	最大透射率(T_{max})	半宽（Å）
1	连续区 1	3650	>0.25	80
2	CN	3871	≥0.20	50
3	C_3	4060	≥0.40	70
4	$CO^+ + N_2^+$	4260	≥0.40	70
5	连续区 2	4845	≥0.50	65
6	C_2	5140	≥0.50	90

观测时值彗星过近日点之后，日心距从 1.0065AU 变到 1.1917 AU，地心距则越来越小，从 0.788AU 变到 0.511AU[1]。观测中基本标准星选用 IHW 推荐的 96Her，同时也将其作为消光星。它被定义在所用六个波段上均为 $5.^m0$。而为尽量减少消光和天光变化的影响，比较星和校验星选得尽量靠近彗星，它们是（也由 IHW 推荐）52Sgr 和 τSgr。观测期间认真测量了它们的各个波段星等。以上三颗定标星的特性示于表 2。

由于进行窄波段测光，只需做一级消光改正。考虑到所用波段偏紫，各波段消光较

本文于 1987 年 4 月 18 日收到。

表2 定 标 星

星 名	光谱型	V	[3650]	[3870]	[4060]	[4260]	[4845]	[5140]
96 Her	B3V	5.27	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
52 Sgr	B9	4.70	6.61	3.45	5.61	6.00	5.16	3.35
τ Sgr	K1III	3.42	5.55	6.17	4.95	4.74	3.42	3.38

表3 大气消光系数表(单位：星等/大气质量)

台名：云南天文台		日期：1986.3.27.			海拔高度：2000km	
波长 (Å)	3650	3871	4060	4260	4845	5140
消光系数	1.111	1.02	0.87	0.71	0.59	0.53

大，因此每天都做了仔细的消光测量. 以 3 月 27 日为典型例子，各波段的消光系数值如表 3. 从表 3 可见，越靠近紫外，消光也越大.

此外，为了便于讨论和比较，由(1)式将视星等统一归算为“绝对星等”. 即地心距 Δ 和日心距 R 均等于 1AU 时的星等.

$$M = m - 5\log\Delta - 2.5n\log R, \qquad (1)$$

其中 m 为视星等，M 为绝对星等. 式中 n 值为一个待定值，对哈雷彗星而言，文献 [2] 给出： $n = 4.4$.

由于彗星是面光源，且观测期间地心距又从 0.788 AU 变到 0.511 AU，相应光阑在整个观测期间所包范围是变化的，约为从彗核中心起算 7000—10000km. 为将各天观测结果进行定量比较，我们作了光阑改正，这里采用文献[2]和[3]给出的结果，从彗核喷出的气体和尘埃密度 D 的分布与距离 r 有关. 即 $D\sim r^{-m}$，对不同成份 m 取值不同，这样就可以把每天不同地心距上用同一光阑得到的值归算到地心距为 1AU 时之值，消去了在不

表4 观 测 结 果

日 期	星等					
	[3650]	[3871]	[4060]	[4260]	[4845]	[5140]
(UT)						
三月 20.8948	7.92	3.47	7.17	7.52	5.8	3.58
20.9005	8.01	3.55	7.31	7.66	5.95	3.69
22.9008	3.99	3.45	3.33	3.25	3.39	3.57
22.9051	4.02	3.59	3.36	3.25	3.38	3.57
23.8901	4.6	3.53	3.28	3.55	3.76	3.50
23.8947	4.43	3.56	3.4	3.58	3.73	3.51
25.8765	6.42	3.16	5.2	5.79	4.78	2.90
26.8784	6.21	3.44	5.33	5.91	5.01	3.46
26.8897	6.24	3.46	5.33	5.91	4.87	3.26
26.9133	6.24	3.31	5.23	5.85	4.97	3.33
四月 02.8965	5.09	2.16	3.89	5.29	4.11	2.84

同地心距上用同一光阑引起的星等误差.

表 4 列出了这期间哈雷彗星观测的全部结果. 表中给出的是做过上述各种改正后的绝对星等值. 根据表 4 的值可作出整个观测期间哈雷彗星的光变曲线如图 1.

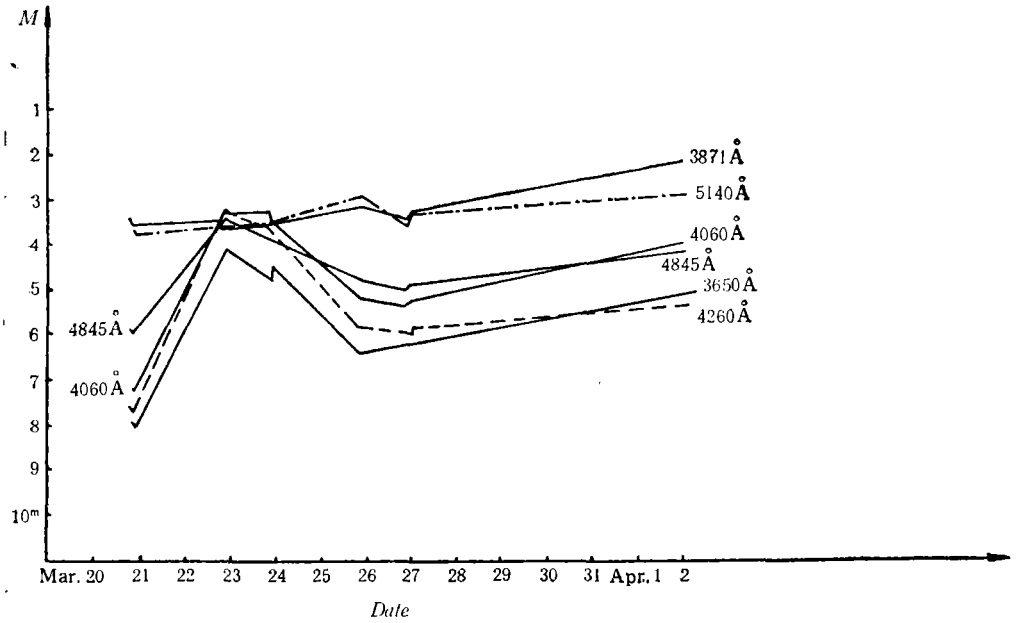

图 1 光变曲线

Fig. 1 Light curves for Halley's Comet

二、观测结果分析

从图 1 和表 4 可以看出,在观测期间,哈雷彗星经历了一次非正常光变,产生了爆发. 从 3 月 21 日到 22 日,哈雷彗星在 1、3、4、5 波段亮度明显增强,绝对星等增强了 2—4 个星等. 第 4 波段 (4260 Å的 $CO^+ + N_2^+$) 增强甚,达 $4.^m41$ 之多. 整个爆发过程延持数天于 26 日后爆发基本停止. 同时值得注意的是,第 2、6 两个波段 (对应于 3871 Å的 CN 和 5140 Å的 C_2)在爆发时并无明显的变化.

对于哈雷彗星这次爆发的过程,不少人作过报道,例如 Weaver 等人[4]的机载红外观测表明,3 月 24 日 H_2O 的产生率达到最大值. 而 McFadden 等人[5]由 IUE 的观测也证实了在 3 月 23 日—25 日彗星发生了爆发. 显著的例子是我国赴新西兰观测队指出[6], 3 月 22 日彗核活动加剧,出现三个喷流,且有两个喷流演变成彗晕,并存在彗核分裂的迹象,3 月 28 日后彗核恢复常态.

对于这次爆发过程中所观测到的第 1、5 波段的两个连续区的明显增亮现象,我们认为应该是一个必然结果. 因为彗核和彗发在紫外和可见区的连续辐射主要来自尘埃粒子对太阳辐射的反射,尘埃粒子密度越大,这种反射效应就越甚. 根据我国赴新西兰观测队的观测结果,爆发时彗核出现若干个喷流,急剧喷出的气体曳带着尘埃一同喷出,在短时

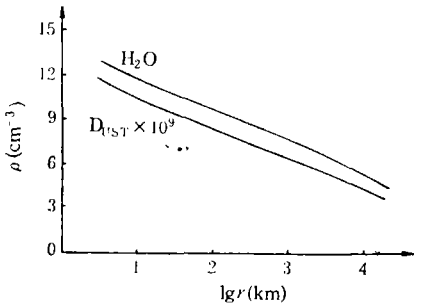

图 2　尖埃的密度-径向距离分布

Fig. 2　Distribution of the desity for the dust as a function of radial distance

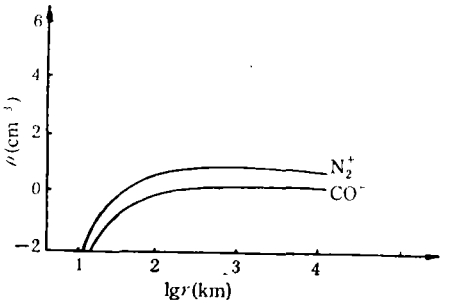

图 3　CO^+, N_2^+ 的密度-径向距离分布

Fig.3 Distribution of densites for CO^+ and N_2^+ as a function of radial distances

间内造成在彗核附近尘埃密度猛然增加，从而导致了这种连续辐射的突然增强．另外，Mendis 等指出[7]，彗发中尘埃的分布如图 2，从图中可以看出离核越近，尘埃也越密集，也就是说近核的尘埃密度的大小支配了连续区的强度，因而爆发时连续区应最早反应出加强之势．

而对于所观测到的各气体分子(离子)的发射，其激发过程起因于太阳辐射的荧光激发，粒子间的非弹性碰撞以及母分子的光致电离．最初从核中喷出的物质中，尘埃和中性气体 H_2O, N_2, CO_2, CO, HCN, CH_3CN, C_2H_2 及 C_4H_2 等是主要的母分子成份，以后由于光致离解，首先产生出第一代子分子 CO^+, N_2^+ 等．Mendis[7]指出，对哈雷彗星 CO^+ 和 N_2^+ 有如图 3 的分布，这就是说它们在离核很近的区域中就形成了，这些子分子是地球条件下不稳定的基分子，它们受太阳辐射作用激发后，发出荧光辐射．因此在发生爆发后，从彗核喷出的中性气体在近核处大量离解为 CO^+ 和 N_2^+，使得它们的密度迅速增加，在数百公里处密度可达最大值．从而导致了在第四波段观测到的星等增亮现象．

以上尘埃连续区和 $CO^+ + N_2^+$ 带（第 1、4、5 波段）的爆发增亮随着爆发停止后物质不断向外扩散，密度减少，因而星等又渐渐变暗，而出现了 3 月 23 日以后的变化过程．

对于气体发射的另三个波段的 C_3、C_2 和 CN（对应第 3、6、2 波段），它们都是第

表 5　Vega 2 观测结果(哈雷彗星)

项目 \ 种类	C_2	C_3	CN
波长 λ	5165	4050	3883
发射比因子	0.038	0.2	0.093
标高(km)	1.2×10^3	5.4×10^4	3×10^3
母分子标高 (km)	3×10^4	10^3	2.2×10^4
带强度	475	42	300
柱密度(分子数/ cm^2)	8×10^{12}	1.5×10^{11}	2.3×10^{12}

二、第三代形成的子分子，Krasnopolsy[8]由 Vega 2 的观测得到对哈雷彗星这三种分子的特性如表 5 所示. 由表中可以看出，虽然 C_3 不论柱密度和带强度上均比 C_2 和 CN 小一个量级，但是 C_3 的生成区比 C_2 和 CN 离核近得多；再加之 C_3 本身的标高也比 C_2、CN 小一个量级，所以 C_3 比 C_2 和 CN 向外延伸得少，文献 [3] 也给出大致相同的结果.

由于观测所用视场为 33″，在所观测期间相当于观测到离彗核大约 7000—10000 km 距离内的彗发情况. 在这个区域中 C_3 是大量形成的. 爆发时喷出的气体流在这一范围内大量生成新的 C_3，导致了 C_3 的增强. 而 C_2 和 CN 只出现在离核较远处，实际上 CN 定义了一个中性彗发的外范围. Mendis 认为[7]，C_2 和 CN 一般在 $r \geqslant 10^4$ km 左右才开始出现. 因而爆发过程对 C_2、CN 的大的波及过程已发生在所用的光阑范围以外了.

综上所述，本观测的六个窄波段所对应的物质在彗星中的分布大致如下：紧靠着彗核密集分布着的是尘埃、H_2O、CO_2、N_2 等，第二层大量分布的是 $CO^+ + N_2^+$，并且它们一直延伸到等离子体彗尾，第三层大量分布着的是 C_3，第四层集中分布的是 C_2，第五层大多是 CN. 由于 C_2、CN 丰度原来就高，故星等原来就亮 (4^m 左右). 而爆发后迅速增亮的是内部的两个连续区以及 $CO^+ + N_2^+$、C_3. 而 C_2 和 CN 要在较远处才形成 ($r \geqslant 10^4$km 以后)，因为亮度爆发是从彗核内部近表面开始进行，爆发时在光阑范围内增加不多，其平均表现无明显变化. Schwenn 等[9]利用 Giotto 探测器对哈雷彗星的观测也表明，彗星周围 4600km 以内的物质以 1km/秒的速度向外流动，C_2、CN 远在 4600km 之外形成，所以爆发时的喷流对它们的丰度增加影响不大.

参加本文观测工作的还有陆力、杨静、梅漫.

陈道汉、胡中为以及沈泽新同志对本文工作提了不少宝贵意见，在此一并致谢.

参 考 文 献

[1] Yeomnas, D. K., *IHW Newsletter*, No. 8, p. 58, 1986.
[2] Bouchet, P. et al., *Astronomy & Astrophysics*, Vol. **174**, p. 288, 1987.
[3] Catalano, F. A. et al., *Astronomy & Astrophysics*, Vol. **168**, p. 341, 1986.
[4] Weaver, H. A. et al., ESA SP-250, p. 66, 1986.
[5] McFadden, L. A. et al., ESA SP-250, p. 223, 1986.
[6] Chen Daohan et al., ESA SP-250, p. 454, 1986.
[7] Mendis, D. A. et al., *Fundamentals of cosmic physics*. Vol. **10**, p. 1, 1985.
[8] Krasnopolsy, V. A. et al., *Nature*, Vol. **321**, p. 269, 1986.
[9] Schwenn, R. et al., ESA SP-250, p. 175, 1986.

Observation and Analysis for the Outburst of the Halley's Comet

Chen Yien-kang　Chen Pei-sheng　Gao Heng

(Yunnan Observatory, Academia Sinica)

Abstract

During Mar. 20—Apr. 3 of 1986 a photoelectric photometry for the Halley's comet is taken by using the 60 cm telescope at Yunnan Observatory. The diaphragm used was 2 mm which corresponds to a field of view about 33″. Six standard narrow filters were used in the observations.

It is obvious from these results that in the comet there was a violent outburst which occurred after Mar. 21 but before Mar. 26. During the period of this outburst the magnetudes in the bands of C_3, $CO^+ + N_2^+$ and two continua were much brighter than before and after, even brightening up to 4.41 magenitudes in the band of $CO^+ + N_2^+$. By contrast, the variations in the C_2 and CN bands were quite small. After Mar. 26 everything recovered to normal.

In its analysis and discussion about this outburst phenomenon, the possible mechanism and chemical reaction processes involved is present.