

北京天文台超新星巡天系统^{*}

——II. 1996 年巡天结果

李卫东 裘予雷 乔琪源 胡景耀 李启斌

(中国科学院北京天文台和中国科学院光学天文联合实验室, 北京 100080)

摘要 对 SN1996W 进行了长时间的跟踪观测, 得到了它的光谱演化系列及多色光变曲线, 从光变曲线可以看出它是一颗典型的 II-P 超新星. 对 1996 年发现的第 6 颗超新星 SN 1996cb 也作了跟踪观测, 发现它是一颗与 SN 1993J 类似的对研究超新星极为珍贵的 IIb 型超新星.

关键词 恒星演化晚期 超新星

在文献 [1] 中介绍了北京天文台超新星巡天系统的巡天设备及软件系统, 在 1996 年中, 这一超新星巡天系统已成功地发现了 6 颗超新星, 并对其中的两颗超新星即 SN 1996W 及 SN 1996cb 进行了比较细致及系统的测光及光谱观测. 本文将逐一介绍这 6 颗超新星发现及认证的过程, 以及测光及光谱观测的情况(见表 1).

表 1 6 颗超新星的简要情况

超新星编号	母星系	发现日期	类型	亮度/星等	赤经(2 000. 0)	赤纬(2 000. 0)	与星系核关系
SN1996W	NGC 4027	1996-04-10	II	15. 0	11 ^h 59 ^m 29. 90 ^s	-19°15'25. 0"	西 3", 北 40"
SN1996bo	NGC 673	1996-10-18	I a	16. 5	1 ^h 48 ^m 22. 80 ^s	11°31'15. 8"	西 6"
SN1996bv	UGC 3432	1996-11-03	I a	15. 5	6 ^h 16 ^m 18. 00 ^s	57°03'01. 2"	西北 3. 6"
SN1996bw	NGC 664	1996-11-30	II	17. 2	1 ^h 43 ^m 46. 00 ^s	4°13'18. 0"	西 19. 7", 南 3. 3"
SN1996by	UGC 3379	1996-12-14	I a	16. 0	5 ^h 58 ^m 26. 00 ^s	68°27'36. 0"	西 7. 2", 南 27. 9"
SN1996cb	NGC 3150	1996-12-18	II b	15. 0	11 ^h 03 ^m 41. 98 ^s	28°54'13. 7"	西 20. 9", 北 65. 7"

超新星从本世纪 40 年代被正式命名以来, 经过半个多世纪无数天文学家的研究及探索, 已基本建立了超新星理论的框架, 包括超新星的分类、各类超新星的可能爆发机制、各类超新星的特性等等. 超新星从观测特征及爆发机制上来说可以划分为不同的类型, 并且随着研究的深入, 还不断出现新的类型. 首先根据在光极大光谱中有没有氢线可以把超新星划分为 I 型及 II 型, 光谱中有氢线的超新星被划分为 II 型等. 不同类型的 II 型超新星被认为来自于同一类爆发机制, 即大质量恒星的爆炸^[2], 大质量恒星演化到晚期, 由于中心不能产生核聚变

1997-06-23 收稿, 1997-12-10 收修改稿

* 国家自然科学基金资助项目(批准号: 19573013)

能的铁核质量的增加,使恒星内部产生的热压力不足以抵抗自身的引力而发生塌缩,这一塌缩行为在中心的密度超过核密度的某点发生反弹,从而引发激烈的爆炸. 由于大质量恒星的外层有很厚的氢包层,因而在爆发时其光谱中就有明显的氢谱线,光谱中没有氢线的超新星被划分为 I 型,这类超新星又按光谱可以划分为 Ia、Ib 及 Ic 3 类. Ia 超新星的光谱中有一条特征线,即 Si II 在 6150Å 处的一条强吸收线, Ia 超新星是最亮的一类超新星,被认为起源于双星系统中的吸积白矮星^[3],白矮星通过吸积伴星的物质使自身的质量超过钱德拉塞卡质量极限而发生激烈的热核爆炸. Ib 超新星的光谱中没有 Si II 在 6150Å 的强吸收线,但有很多 He I 的谱线,尤其是 He I 的 5876Å 线,而 Ic 超新星则既无 Si II 强吸收线,亦无 He I 线,光谱以一些 O 线及 Ca 线为主, Ib/Ic 超新星是 80 年代才发现并命名的一类超新星,对其爆发的物理机制还存在不少争议^[4,5],但大家都认为其机制与 Ia 不同,而与 II 型较类似,一些人认为 Ib/Ic 超新星来自大质量的 Wolf-Rayet 星,认为 Wolf-Rayet 星上强烈的星风抛射使它们在爆发前丢失了氢包层(Ic 超新星还抛射了 He 包层),使爆发时其光谱中没有氢线(Ic 还没有 He 线);而另外一些人则认为它们来自于双星系统中的大质量星,这些大质量星通过吸积把氢包层(甚至 He 包层)转移到伴星上,使之爆发时光谱中无氢线(甚至 He 线).

值得注意的是,近年来出现了几颗超新星,对这种 I 型和 II 型的分类框架提出了挑战,它们是 SN 1987K, SN 1993J 以及由我们和日本天文学家分别独立发现的 SN 1996cb,这 3 颗超新星在光极大的光谱中都有明显的氢线,因而被分类为 II 型,但随着光谱的演化,氢线逐渐消失,光谱最后演变为 Ib 型超新星的光谱,从 SN 1987K 及 SN 1993J 的研究中人们猜测出这类超新星存在的普遍性^[4],而 SN 1996cb 的出现则进一步确立了这类超新星的存在,并建立了一类新的超新星分类: IIb 超新星.

以下分别介绍我们在 1996 年发现的超新星.

1 超新星的观测及讨论

1.1 SN 1996W

SN 1996W 于 1996 年 4 月 10 日被发现. 当天晚上由于天气不好,于是我们把它作为超新星候选体报告了国际天文协会电报中心,并通报我们组目前在美国德克萨斯大学工作的王立帆博士,经他光谱观测确认它为超新星,并被国际天文学会电报中心编号为 SN 1996W.

SN 1996W 是北京天文台超新星巡天小组发现的第 1 颗超新星,也是中国天文学家在河外星系中发现的第 1 颗超新星.

图 1 和 2 给出了 SN 1996W 的证认图及光谱演化图. 从光谱图上可以看出, SN 1996W 显示了明显的氢 Balmer 线,因而被证认为 II 型超新星.

SN 1996W 爆发于星系 NGC 4027,这是一个很有名的南天星系,因为它与附近的另一个星系 NGC 4027A 有相互作用及联系,并且

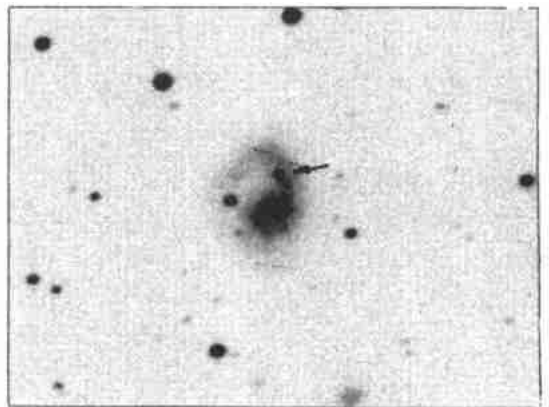


图 1 SN 1996W 的 CCD 图象

NGC 4027 及 NGC 4027A 这一星系对是宇宙中已发现的少有的几对与大麦哲伦云及小麦哲伦云(银河系的伴星系)相似的星系对之一^[9].

由于 SN 1996W 是我们发现的第 1 颗并且是 1 颗在光极大时发现的极具有研究价值的超新星, 因此我们对它进行了比较仔细的跟踪观测, 得到了它的光谱演化系列及光变曲线.

SN 1996W 的 B, V, R 及 I 多色光变曲线是用 60 cm 望远镜上的 CCD 相机加上标准的 Johnson 滤光片观测的. 在两个测光夜, 我们利用疏散星团 M67 中的标准星对 SN 1996W 附近的 14 颗星进行了 B, V, R 及 I 波段的定标. 从图 1 可以看出, SN 1996W 处于复杂的星系背景之上, 因此测光的最大困难是如何准确地扣除星系背景的影响. 我们采用的办法是利用 IRAF 中 DIGIPHOTX 软件包中的点源扩展函数(PSF)拟合技术来对超新星及其周围的定标星进行测光, 再利用交叉测光得到超新星的星等. PSF 拟合技术的基本原理是首先从图象中选择一批疏散的、亮的未饱和星来构造一个 PSF, 再用这个 PSF 来对图象中感兴趣的目标(如超新星)进行拟合, 通过改变目标的亮度以及背景的位置, 可以得到对目标的最佳拟合.

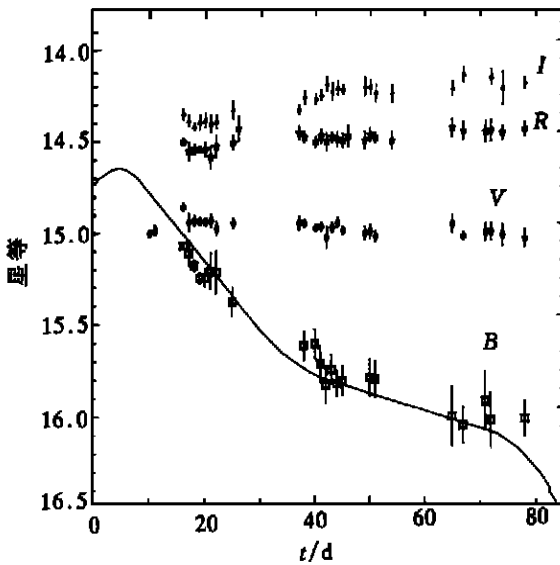


图 2 SN 1996W 的光变曲线

从下到上分别为 B, V, R 及 I 波段的观测结果

图 2 给出了 SN 1996W 的 B, V, R 及 I 波段的光变曲线, 以及一条与标准 II-P 超新星的 B 波段光变曲线的最佳拟合. 这些光变曲线显示出 SN 1996W 可能在发现之前的 5 d(4 月 5 日 ± 2 d) 达到 B 波段的极大(14.65 ± 0.1), 而 V 波段的极大则大约发生于 11 d 之后(4 月 16 日 ± 2 d 达到 14.85 ± 0.2). 但 R 波段和 I 波段的极大值则无法准确地测定, 它们可能发生于 4 月 27 日至 5 月 6 日, 这一段期间由于天气不好或是因为超新星离月亮太近, SN 1996W 没有测光资料.

从图 2 可以看出 SN 1996W 是一颗典型的 II-P 超新星. B 波段的光变曲线与典型 II-P 超新星的拟合得很好. V 波段的光变曲线显示了一个明显的平台, 发现后 V

星等下降很慢. 从光变曲线可以看出我们在发现 SN 1996W 的时候它刚好处于光极大附近, 而它的爆发时期则大约在 4 月 3 日左右.

SN 1996W 的光谱是利用北京天文台兴隆观测站的 2.16 m 望远镜观测的. 除了 5 月 20 日的色散是 20 nm/mm 之外, 其余的色散都是 40 nm/mm, 光谱是用 IRAF 处理的. 这些光谱的波长定标是通过观测 Fe/Ar 灯得到的, 而流量的定标则是通过观测 0ke 光谱测光标准星得到的.

SN 1996W 的光谱显示在图 3. 这些光谱显示了典型的 II-P 超新星的谱线, 如 SN 1986 I^[7], SN 1996W 的高时间分辨率的观测, 以及较宽的光谱覆盖范围, 使我们能够得到很多谱线演化的极有价值的信息如氢 Balmer 线, He/Na 线, Ca 线以及 Fe 线的变化过程等等. 我们将在其他文章中作详细讨论.

1.2 SN 1996bo

SN 1996bo 是 10 月 18 日发现的. 由于发现之后天气不好无法作光谱证认, 我们把这一发现以候选体的形式报告给了国际天文协会电报中心. 5 d 之后一个英国的巡天小组也发现了它, 并由欧洲南方天文台的 Turatto 博士等证实它为一颗处于光极大之前的 Ia 超新星.

图 4 和 5 给出了 SN 1996bo 的证认图及光谱图. 从光谱图中我们可以看出, SN 1996bo 没有 H 的 Balmer 线, 而有典型的 Ia 特征线即 Si II 6150Å 强吸收线, 因此它被证认为 Ia 超新星是不容置疑的.

值得一提的是, 由于 SN 1996bo 离星系核近, 因此肉眼是不容易发现的, 它是经过我们在文献 [2] 中描述的图象处理软件进行处理之后, 星系原有背景被扣除, 而只剩下超新星本身之后被发现的. 由于难以观测到好的光变曲线, 因而没有作更多的跟踪观测.

1.3 SN 1996bv

SN 1996bv 于 11 月 3 日被发现. 这是第一颗由我们发现并独立光谱证认的超新星. SN 1996bv 为一颗处于极大前的 Ia 超新星. 这从其光谱证认图上典型的 Si 6150Å 吸收线可得到验证. 在极亮时, SN 1996bv 比其母星系还要亮得多.

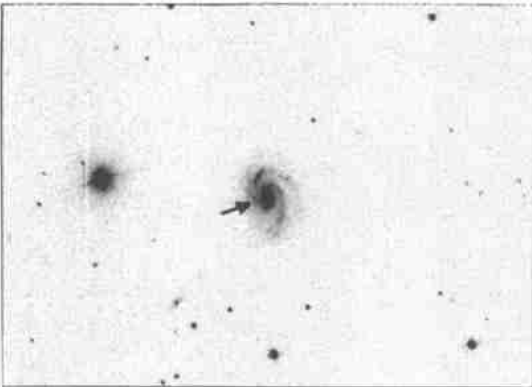


图 4 SN 1996bo 的 CCD 图象

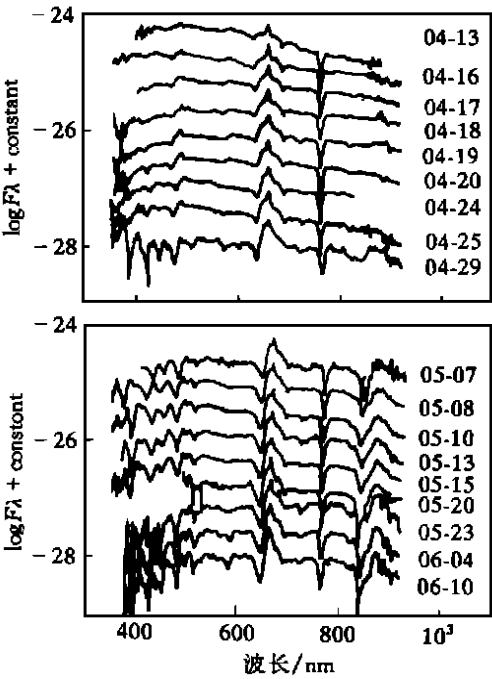


图 3 SN 1996W 的光谱演化图

1.4 SN 1996bw

SN 1996bw 于 11 月 30 日被发现. 经光谱证认, 它是一颗处于光极大前的 II 型超新星.

从光谱证认图上可见, 光谱上有明显的 H α 及 H β 线, 因此被确认为 II 型超新星, 同时, 这一光谱具有极蓝的连续谱, 显示出这是一颗极早期的 II 型超新星.

SN 1996bw 由于比较暗, 而我们的 60 cm 望远镜对这么暗的超新星的测光能力不够, 因此 SN 1996bw 虽然是一颗极有价值的光极大之前的 II 型超新星, 我们也没作跟踪的光谱及

光变曲线观测. 这颗超新星被世界各国其他一些较大的望远镜作了跟踪观测. 最值得一提的是, 在监视 SN 1996bw 的过程中, Harvard-Smithsonian 天文中心的天文学家于 1997 年在 SN 1996bw 爆发的星系 NGC 664 中又发现了另外一颗 II 型超新星即 SN 1997W. 像这样连续 2 年在同一星系发现两颗 II 型超新星在历史上还是头一次, 并且其潜在的研究价值是极其重要

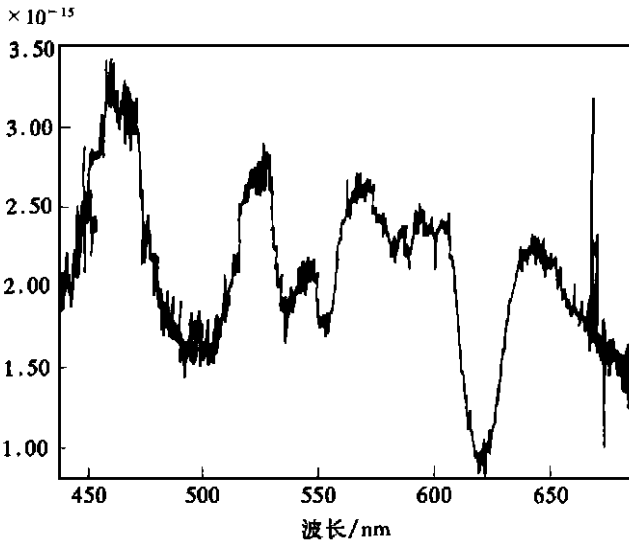


图 5 SN 1996bo 的光谱证认图

的, 因为用 II 型超新星的 EPM (膨胀光球方法) 方法求超新星的距离是一个尚未得到检验的途径, 而 SN 1996bw 与 SN 1997W 则给我们提供了一次绝无仅有的机会, 如果通过这两颗超新星的 EPM 方法求得的距离能够一致, 则是对 EPM 方法的最直接的论证! 可惜的是由于我们的望远镜能力有限, 没有能获得这两颗超新星的更多观测数据。

1.5 SN 1996by

SN 1996by 于 12 月 14 日被发现, 第 2 天用兴隆站的 2.16 m 望远镜得到了光谱, 经证认为一颗处于光极大之前的 I a 超新星。

它的光谱具有典型的 I a 超新星的特征, 无氢的 Balmer 线, 但有 Si II 在 615 nm 处的强吸收线。进一步的分析证实 SN 1996by 是一颗处于光极大之前的 I a 超新星

我们对 SN 1996by 进行了长时间的光变曲线的监测, 其结果将在其他文章中发表。

1.6 SN 1996cb

SN 1996cb 是由日本天文学家和北京天文台超新星巡天小组先后独立发现的。日本天文学家于 12 月 15 日首先发现它, 之后我们于 12 月 18 日发现了它并同时作了光谱证认。

SN 1996cb 的证认图及光谱图见图 6 及 7。

SN 1996cb 由于较亮并且适合于观测, 因此我们对它作了较长时间的光谱及光变曲线的观测。在刚开始观测到的 SN 1996cb 的光谱中, 由于有明显的 H 的 Balmer 线, 因此被分类为 II 型。但随着光谱观测的进行, 其光谱演化越来越偏离典型的 II 型超新星的光谱, 而逐渐变得跟 SN I b 的光谱类似, 因此 SN 1996cb 成为一颗极有价值的 II b 超新星。这是目前为止发现的第 3 颗具有此种特征的特殊超新星, 前 2 颗为 SN 1987K, SN 1993J。图 7 显示了我们 SN 1996cb 光谱的处理结果, 从图上可以看出, SN 1996cb 与图 3 显示的 SN 1996W 的光谱绝然不同: $H\alpha$ 逐渐出现了双峰结构, 这是由于被 He I 6876 谱线侵蚀的结果, 光谱中的 He 线不是越变越弱, 而是越来越强, 到最后占驻了谱线中的主导地位。这一光谱观测系列较细致全面地表现了 SN 1996cb 从 II 型超新星的光谱演变为 I b 超新星光谱的详细过程。有关 SN 1996cb 的光谱演化及光变曲线的演化将在另文中讨论。

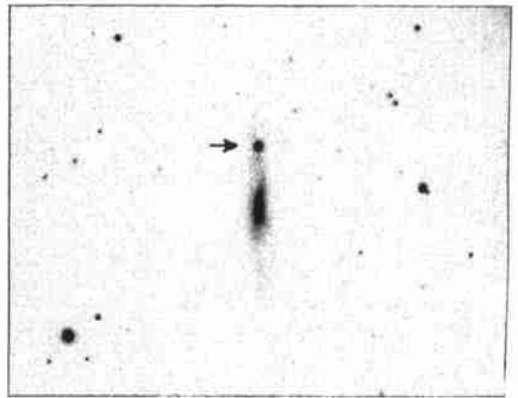


图 6 SN 1996cb 的 CCD 图象

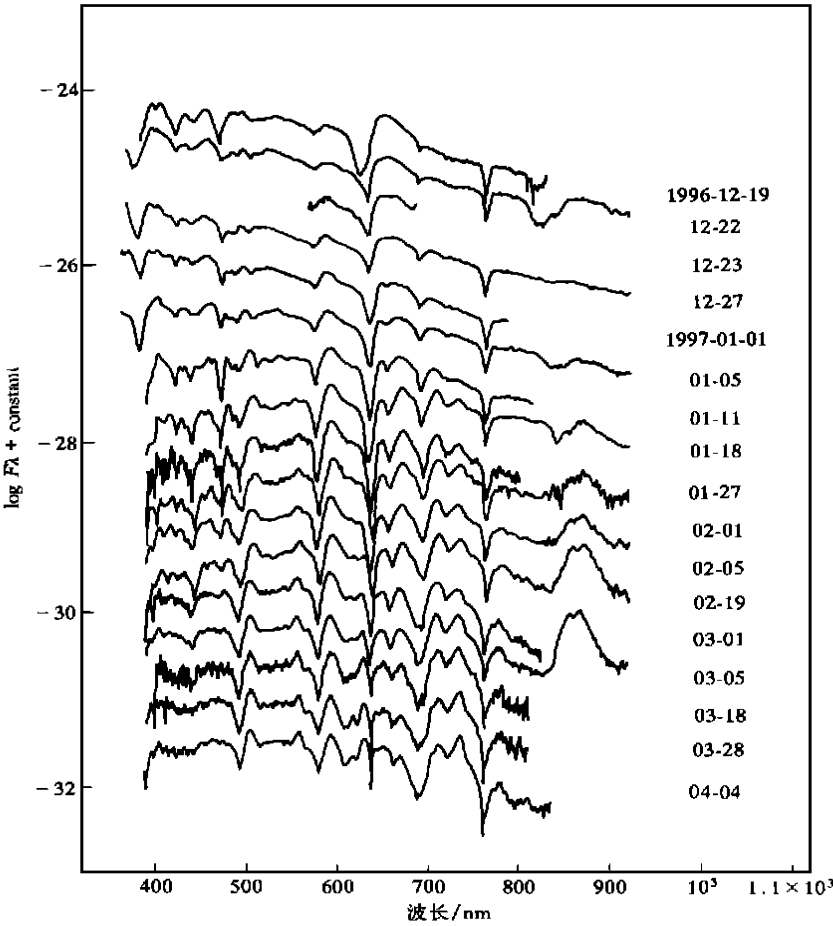


图 7

2 结论

北京天文台超新星巡天小组于 1996 年发现了 6 颗超新星之后在 1997 年 1~8 月份又发现了 10 颗, 成为世界上发现亮近超新星最成功的小组之一. 但遗憾的是目前国内还没有一台好的望远镜用于对超新星进行测光, 因此很多被发现的有价值的超新星只能放弃继续跟踪观测, 因为 60 cm 望远镜用于测光的能力有限, 并且还负担着常规的超新星巡天观测. 如果国内的各天文台能够联合起来进行跟踪观测, 那么对超新星的观测研究将会取得更好的结果.

致谢 北京天文台超新星巡天小组对于帮助我们得到超新星光谱资料的所有同行表示感谢, 尤其是兴隆天文小组的魏建彦、徐达维、曹莉、姜晓军等同志.

参 考 文 献

- 1 李卫东, 裘予雷, 乔琪源, 等. 北京天文台超星巡天系——I. 中国科学, A 辑, 1998, 28(3): 283~288
- 2 Woosley S E, Weaver T A. The physics of superuova explosion, annual review. A Ap, 1986, 24: 205
- 3 Wheeler J C, Levreault R. The peculiar type I Supemova in NGC 991. Ap J, 1985, 294: L17
- 4 Nomoto K, Filippenk A V, Shegeyama T. The type Ic supernova 1987M. A Ap, 1990, 240: L1
- 5 Nomoto K, Suauki T, Shegeyama T. A type IIb model for supernova 1993J. Nature, 1993, 364: 507
- 6 Phookun B, Mundy L G, Teuben P J, et al. NGC4027. Ap J, 1992, 400: 517
- 7 Pennypacker C R, Burns M S, Crawford F S, et al. Observation of type II supernova 1986I in M99. A J, 1989, 97: 186