

什么叫超新星

勾亮

超新星是一种罕见的恒星物质的巨大爆炸。人们推测，在银河系中，这种现象大约每三十年发生一次。但是，其中的大部分是观察不到的，这是由于银河盘的星际尘埃的遮挡足以把它们的亮度减弱到难以观察的程度。

根据我国史书的记载，1054年曾爆发过一颗著名的超新星，这个超新星是位于金牛星座的空间区域。后来刻普勒和第谷分别在1572年和1604年又观察到了另外两颗银河超新星。从此以后，天文学家一直在搜寻宇宙中可能产生的超新星爆发，并在其它星系中观察到了几百个超新星。这种平时观测不到的恒星，在它爆炸时，它的亮度至少要增加15个星等。今年3月23日以后的几天里，天文观测和探测中微子的粒子物理实验装置(装在地下)分别观测到了1987年 α 超新星的爆发。

恒星的演化主要依赖于它的质量和它的化学成份。按照这种特征，超新星可分为：I-型超新星和II-型超新星。前者是质量较小重元素含量少的老恒星(星族II)产生爆炸的产物。后者是重元素丰富的，质量比较大的，年轻恒星(星族I)的爆炸产物。当它们的亮度达到最大时，I型的亮度大约是II型亮度的3倍。在超新星亮度达到最大之后的头几天里，它的亮度要减少3—4个星等。

超新星爆炸在一瞬间可释放出 10^{44} 焦耳的能量。这相当于太阳在90亿年释放的总能量(太阳现在大约45亿岁)。这种爆炸喷射出的物质速度有时可达10000公里/秒。其中I型的喷射物质含的氢很少，而II型的喷射物含有丰富的氢。

超新星爆炸之后除了喷射出物质外，也常常留下密度很大的恒星核心部分，这就是像1968年观察到的那种中子星，它几乎完全由一个挨一个的中子组成。我们可以把中子星看成是一个巨大的原子核，因为它的性质直接依赖于核力的作用。

那么超新星爆炸是怎样产生的呢？这个问题以及它产生的效应是现在非常活跃的研究领域。大部分理论家认为主要是核力作用的结果。理论上必须要解释密度极大的恒星核是怎样形成的？必须要解释核能是怎样转变为恒星外围包层物质的动能而使它喷射到宇宙空间的？

F. Hoyle 和 W. A. Fowler 在30年前提出的解释产生这种爆炸的能量来源的机制，至今还具有很大的吸引力。他们认为，超新星爆炸是由于光致铁蜕变

而产生的。在大约具有十个太阳质量的恒星演化过程中产生核反应链结束时，即产生光致铁蜕变。在恒星演化到超新星爆炸之前，它具有像洋葱那样的壳层结构，(见图 1) 这种结构是由于恒星演化过程中随着温

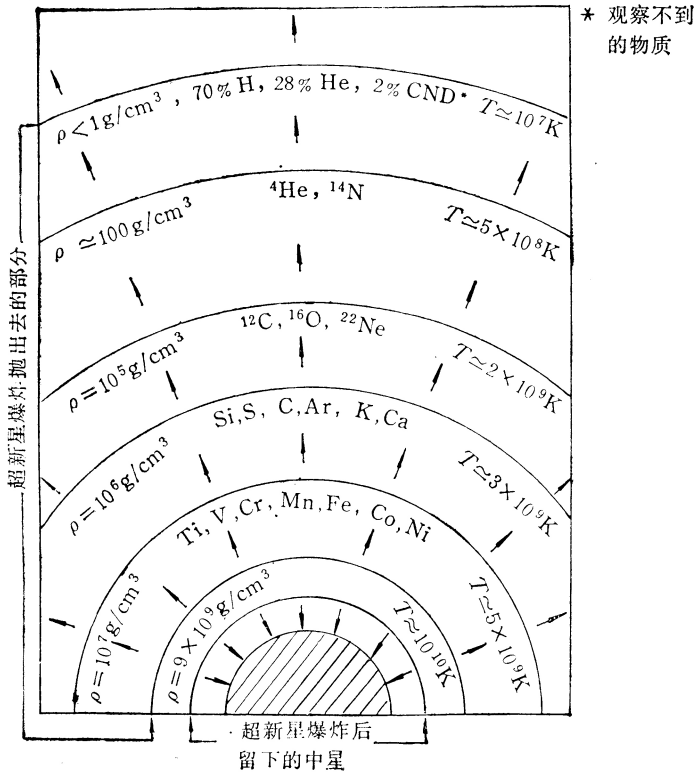
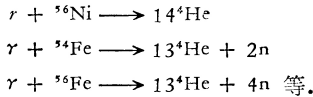


图 1

度变化产生的不同核合成阶段形成的。图中每层的化学元素就是在该层温度下产生的。从恒星外层的氢到核心，越往里温度越高密度越大，所产生的元素越重，当核心部分主要由像铁那样的原子量为 50 到 60 之间的元素组成时（它们具有最大结合能，8.7 MeV/每个核子），中心温度会达到 50 亿 °K，此时而物质与辐射（光子）处在热平衡状态。γ 光子有足够的能量使得铁原子核产生蜕变，而发生如下的产生中子的反应：



每个这种光致蜕变过程都跑掉一些粒子能量为 100MeV 的气体。这就使恒星核心部分的热平衡遭到了极大的破坏，使得它继续坍塌。坍塌释放的引力能量更加强了由于温度的升高而产生的光致蜕变过程，最后使上面过程中的 α（即 H 核）粒子也产生光致蜕变。这时，所有核合成形成的元素全都离解了，而恒星核心部分全是由自由中子，质子和电子组成的。由于电子质量很小，当恒星坍塌外层对它压缩时，它的

动能增加的很快。它的动能会很快达到并大大超过把质子转变为中子的能量。当电子被质子吸收时，恒星核心部分的压强就会变小，这就会更快地加速坍塌。当核子之间的间隔达到核排斥力起作用的距离时，也就是当恒星中心部分密度相当于核密度时，这种坍塌就停止了。此时中子之间距离为 10^{-13}cm 量级。这就是现在称作中子星的天体。在恒星中心部分开始坍塌后的几分钟超新星即可达到这种状态。

在恒星核心部分开始坍塌的同时，恒星的外围包层也会产生一些核反应。此时外层也跟着核心部分向中心坍塌，这样外围气体会受到一个突然的压力而处于过热状态。此时核反应率猛烈增加，由此产生的巨大能量导致外层原子核的不稳定，最后使恒星外层产生大爆炸而被人们观测到。

J. N. Bahcall 等人通过分析探测到的来自超新星 1987a 的中微子事例的能谱和数目证明了用 II 型超新星模型可很好地描写超新星 1987a 的爆炸。

在恒星核心部分中子化期间，一些中子可以很快地被外围包层的原子核捕获而形成重核。这种中子快速捕获机制可以产生像铀那样的重元素。

超新星爆炸还向星际空间抛出大量的核合成物质。这对在银河系形成重核会产生强烈地影响。在超新星爆炸后的相当长的时间里，星际介质还会显示出超新星爆炸的效应。像 300 岁的仙后座 A 那样的年轻超新星残余，它似乎像发射从无线电波到 γ 射线全频辐射的一个巨大的泡。它的外层膨胀速度接近 10000 公里/秒，这样它就会推动星际气体而使它的膨胀渐渐地慢下来。在残余物的内部，还有温度接近 1000000 K 的热气体。几十万年以后它就会变冷了，并且这些残余物质将溶化在它的周围介质中去。天鹅座的幕北星云就是这个阶段的超新星。

在对银河物质演变起作用的诸因素中，超新星爆炸是最主要因素之一。它不仅是向星际介质传播动能和热能，而且更重要的是增加了银河中的重元素。现在，由于人们普遍相信超新星能触发新恒星的诞生，更加引起了那些研究恒星演化和星际介质的天文学家的强烈的兴趣。因为它传播到空间的强烈冲击波可能对星系尺度上恒星的形成，起到催化剂的作用。

近年来粒子物理理论的发展，都涉及到地球上的实验室所达不到的能量标度的物理。因此，粒子物理学家对超新星的观测也产生了很大的兴趣。特别是 1987 年 2 月 23 日观测到的 1987A 超新星，在天文学家观测到它的同时，研究粒子物理的地下实验设备也观测到它发射的中微子（或反中微子）。已经有不少的粒子物理学家试图从这些实验资料来估计中微子的质量。我们期待着从 1987 A 超新星的观测中得到更多的资料。