

- (077.) Apparently most **massive stars** 大质量恒星 manage to lose (v.) 得以失去、设法失去 sufficient material 引导结果状从 **that** 主 their masses 谓 drop (v.) below the **critical** 关键的 ; **临界的 value** 临界值 of $1.4M$ /before they exhaust 耗尽 ; 用尽 their nuclear fuel 核燃料.

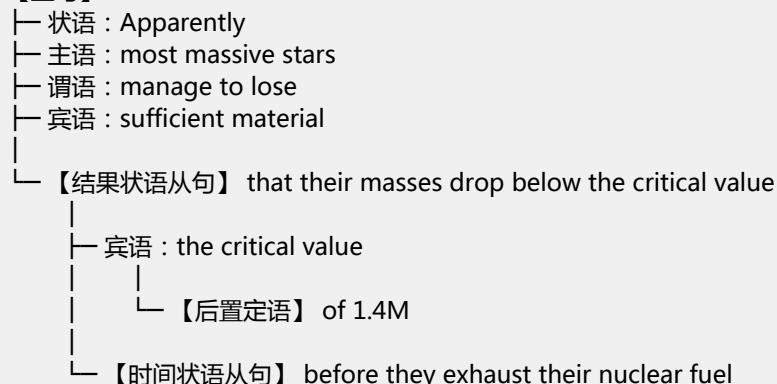
显然，大多数大质量恒星得以失去足够的物质(这个“失去”的程度是：以至于它们的质量下降至1.4倍太阳质量这个临界值以下，在它们耗尽核燃料之前)。

Example 1. 案例

- (077.) Apparently most massive stars manage to lose sufficient material that their masses drop below the critical value of $1.4M$ before they exhaust their nuclear fuel.

显然，大多数大质量恒星在耗尽核燃料之前，都能设法损失足够多的物质，使其质量降至 $1.4M$ 的临界值以下。

【主句】



这句话阐述了 大质量恒星演化中一个关键过程的理论预期：

- 前提：大多数大质量恒星 (most massive stars) 在演化过程中，能够 (manage to) 通过某种方式 (如强烈的星风) 损失掉足够多 (sufficient) 的物质。
- 结果：**物质的损失是如此之多，以至于 (that)** 它们的质量下降 (their masses drop) **到一个关键阈值以下** (below the critical value of $1.4M$)。
- 时机：**这个质量下降的临界事件，发生在其耗尽核燃料之前** (before they exhaust their nuclear fuel)。

天体物理学意义：如果一颗恒星在核燃烧结束时的质量仍高于 $1.4M$ ，其核心很可能会坍缩并触发剧烈的超新星爆发。这句话指出，许多大质量恒星通过在演化晚期损失质量，成功地“减肥”到了 $1.4M$ 以下，这使得它们有可能避免剧烈的坍缩，而以一种更平和的方式(如形成白矮星)结束生命。这解释了为什么我们观测到的白矮星有很多，而超新星爆发相对较少。

Apparently /主 most massive stars 谓 manage to lose (v.) sufficient material /**that** their masses drop (v.) below the critical value of $1.4M$ /before they exhaust their nuclear fuel.

- **massive stars** : 大质量恒星。通常指质量大于约8倍太阳质量的恒星，其演化结局与中小质量恒星(如太阳)不同，可能以超新星爆发结束生命。
- **manage to lose** : 得以失去、设法失去。manage to表示“成功地做到(某件有难度的事)”，这里强调恒星需要通过某种机制(如星风、质量转移)主动或有效地抛失物质，这并非自动发生。

- *critical value* of $1.4M$: 1.4 倍太阳质量的临界值。这是天体物理学中著名的“钱德拉塞卡极限”(Chandrasekhar limit)，即白矮星(恒星的一种可能残骸)能够通过“电子简并压力”抵抗自身引力坍缩的最大质量。超过此质量，恒星残骸将坍缩成中子星或黑洞。

M通常指太阳质量 (Solar Mass) , 是天文单位。

M是天文学中表示太阳质量的通用符号， **$1.4M$ 即“ 1.4 倍太阳质量”**。***critical value*是“临界值”**，特指“钱德拉塞卡极限”。

- exhaust their nuclear fuel : 耗尽核燃料。指恒星核心通过核聚变反应(氢聚变、氦聚变等)将轻元素转化为重元素，直到无法维持足够高温高压以进行下一阶段聚变的过程。这标志着恒星“主序星”阶段的结束。

书作者的解说：

我们中国考生容易习惯性的把 *that*以及其后的内容看成了一个定语从句来修饰material，但是这样读下来发现意思不通，于是发生思维混乱。

原文相当于在 *that*之前省略了so，引导一个表目的的状语从句。事实上*that*本身有这种做连接词的用法，相当于 so that 或 in order that。例如：Speak loud /***that*** everybody may hear what you say。