

- (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 $1.4M_{\odot}$ /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）。

- (077.) Apparently most massive stars manage to lose sufficient material that their masses drop below the critical value of $1.4M_{\odot}$ 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 $1.4M_{\odot}$ 的临界值以下。

【主句】

```

├ 状语 : Apparently
├ 主语 : most massive stars
├ 谓语 : manage to lose
├ 宾语 : sufficient material
|
└ 【结果状语从句】 that their masses drop below the critical value
    |
    ├ 宾语 : the critical value
    |
    └ 【后置定语】 of  $1.4M_{\odot}$ 
|
└ 【时间状语从句】 before they exhaust their nuclear fuel

```

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 $1.4M_{\odot}$)。**
- 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1.4倍太阳质量，其核心很可能会展开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1.4倍太阳质量以下，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。