奇妙科学的世界

张 涛 侯妙华

“科学真是迷人。根据零星的事实，添加一点猜想，竟能赢得那么多收获！”——马克·吐温

生活中，我们常常需要在信息不完整的情况下做出判断，因为有时想要先掌握充足的信息，再来做决定，来保证其完全正确是不现实的。此时最有效的方法就是猜测，凭借对事物的深刻理解和洞察，科学地作出一些假设使得问题得以简化，从而得到符合或接近实际的估计。这是我们应变能力的一种表现，也是人类得以生存和发展的必要素质。下面就请跟随我，尝试用科学的眼光来观察这奇妙的世界吧。

一、太阳质量亏损

太阳是万物之源，它通过核聚变将氢转化为氦，从而释放出能量。这将引起太阳质量的亏损，在太阳的整个生命周期中，亏损质量占太阳总质量的百分比会是多少呢？太阳质量的改变将会影响其行星的轨道，地球轨道又将会变动多少呢？

太阳质量亏损值可通过两种方法估算得到。其一，可以通过估算太阳常数①、太阳寿命、太阳质量这些数据来得到太阳质量的亏损。另外，也可以通过估算每次聚变反应中氢的数量关系和太阳生命周期中发生聚变的氢的比例来得到太阳质量的亏损。

先来看第一种方法，在地球轨道上太阳常数约为 $10^3\ \mathrm{W/m^2}$，这个数据可以通过比较太阳光的亮度和一只 100W 灯泡的反射光亮度来得到，太阳输出的总功率就等于太阳常数乘以半径为 1AU②的球的表面积。

太阳的质量为 2×10^{30}kg，这个数据可以通过计算地球的公转周期得到：

$$\frac{v^2}{R}=\frac{GM}{R^2},$$

$$T=2\pi R/v,$$

$$M=\frac{4\pi^2R^3}{GT^2}=\frac{4\pi^2(1.5\times10^{11}\,\mathrm{m})^3}{(7\times10^{-11}\,\mathrm{Nm^2/kg^2})(\pi\times10^7\,\mathrm{s})^2}$$

$$=2\times10^{30}\,\mathrm{kg}。$$

太阳的年龄大约为 50 亿年，相比宇宙的年龄（大约 137 亿年）要年轻一些，预计太阳剩余的寿命还有 50 亿年，这也就是说在整个生命周期中太阳将释放出的总能量为：

$$E=(10^3\,\mathrm{W/m^2})At$$

$$=(10^3\,\mathrm{W/m^2})4\pi(1.5\times10^{11}\,\mathrm{m})^2(10^{10}\,\mathrm{yr})(\pi\times10^7\,\mathrm{s/yr})$$

$$=10^{44}\,\mathrm{J}。$$

由质能方程可得质量为：

$$m=E/c^2=\frac{10^{44}\,\mathrm{J}}{\left(3\times10^8\,\mathrm{m/s}\right)^2}=10^{27}\,\mathrm{kg},$$

也就是约为太阳质量的 0.1%。

另外这个百分比也可以通过太阳中发生的氢核聚变来得到。当四个氢核聚变为一个氦核时，它们质量的 1%转变为能量，在太阳的生命历程中它会将 10%的氢转变为氦（大于 1%，小于 100%，取其几何平均值），所以太阳约将其质量的 0.1%转换为能量，结果相同。

由于太阳质量亏损引起地球轨道发生变动时，轨道能量将不再守恒，轨道势能将增加。可以假设太阳突然甩脱一小部分质量为 M，此时地球的引力势能 V 将增加 εV，但它的动能 T 将不会变化。动能和势能将重新平衡且满足维里定理：$\langle T\rangle=-\frac{1}{2}\langle V\rangle$，既然总能量增加 εV，动能将减少 εV，势能将增加 $2\varepsilon V$.

由：$V=-\dfrac{GMm}{R}$ 得，当 M 变化（减少）为（1−ε）M，R 必定变化（增加）为（1+ε）R，这就意味着太阳质量亏损 0.1%，行星轨道将增加 0.1%，地球的轨道半径将增大 1.5×10^8m。

二、海洋受热膨胀

如果在下个世纪里预期中的全球变暖出现，那么热膨胀将导致海平面上升多高？(不考虑冰雪融化造成的影响)。

这个问题的解决需要三条信息：

（1）全球变暖后预计上升的平均温度。

（2）海水的热膨胀系数。

（3）受温度变化影响的海水的深度（深海的水温常年为 4℃）。

在 20 世纪全球的温度上升了 1℃，在 21 世纪我们可以认为会上升相同的温度或者稍微多一点，

考虑温度上升会大于 1℃小于 10℃，可以取它的几何平均数，即 3℃。

水的热膨胀系数可以通过查阅得到，当然也可以估测得到。水的密度比冰大约 10%，这个特性相对独立于水的温度，也就是说从 4℃到 100℃时水的膨胀将远小于 10%。如果你观察一下船的载重线标志，你就会看到船的安全装载线在热带、温带、寒带水域的明显不同。这又说明水的密度随温度的改变是比较明显的。现在假设 4℃到 100℃时水将膨胀 1%，这将给出水的热膨胀系数为 $\alpha \approx 10^{-4}$/℃。如果查到这个数据了，你会发现 1 g 的水会从 4℃时的 $1cm^3$ 膨胀为 100℃时的 $1.04cm^3$，膨胀系数随温度增加。在 20℃时 $\alpha \approx 2\times10^{-4}$/℃，所以这个估算结果还是可以的。

现在来考虑温度变化能够影响到的海水的深度，它应大于 10m 而小于 1km，我们取其几何平均数，即 100m。综合以上因素可以得到海平面将上升的高度为：

$$\Delta h=h\alpha\Delta T=(100\text{m})(2\times10^{-4}/℃)(3℃)=6\text{cm}。$$

万幸，不是 6m。

三、大陆漂移动量

大陆彼此之间以及大陆相对于大洋盆地间的大规模水平运动，称为大陆漂移，那么大陆发生漂移时具有的动量是多少（以地球为参考系，忽略地球的平动和转动）？显然，我们要估测出大陆的质量和大陆漂移的速度。

以北美大陆为例，典型的大陆漂移速度是每年 1~2 cm，这个估算结果的取得是基于这样的事实：大西洋在 10^3 年前还不存在，在 10^3 年里北美大陆和欧洲大陆移动至相距 5×10^3 km，因此北美大陆移动速度为每年 2.5 cm。把年转换成秒，我们得到一年约等于 $\pi\times10^7$ s（因数 π 出现是因为地球绕太阳的运行轨道近似为圆周吗？还是仅仅是一次巧合？对它的理解是判定你是否经过自己思考的绝妙测试），于是大陆漂移的速度为

$$v=\frac{2\times10^{-2}\,\text{m/yr}}{\pi\times10^{7}\,\text{s/yr}}\approx10^{-9}\,\text{m/s}。$$

再来计算北美大陆的质量，质量可以通过估算其体积和密度来得到。从纽约到洛杉矶大约有 3000 英里（约 5000 km，纽约到洛杉矶横跨三个时区即地球周长的 1/8），可以将北美大陆近似看成正方形，从北到南长度大约也是 5000 km，至于厚度可以这样得到：厚度当然是远大于 1km 远小于 10^3 km，所以取其几何平均值 30 km。于是北美大陆的体积为：

$$V=5\times10^3\text{km}\times5\times10^3\text{km}\times3\times10\text{km}=8\times10^8\text{km}^3=8\times10^{17}\text{m}^3。$$

北美大陆的密度应该比较接近岩石，它的数值当然是大于水的密度（10^3 kg/m^3），小于铁的密度（8×10^3 kg/m^3），取其几何平均值为 3×10^3 kg/m^3，这就是说北美大陆的质量为

$$m=\rho V=(3\times10^3\text{kg/m}^3)\times(8\times10^{17}\text{m}^3)=2\times10^{21}\text{kg}。$$

现在我们就可以计算大陆漂移的动量

$$P=mv=(2\times10^{21}\text{kg})\times(10^{-9}\text{m/s})=2\times10^{12}\text{kg}\cdot\text{m/s.}。$$

让我们把它和最大的人造装置的动量来比较一下。一艘现代核动力航空母舰的质量为 10^5 吨，最大速度约为 15m/s，所以航空母舰最大动量为 10^9 kg·m/s，约为大陆板块的 $1/10^3$，超级油轮的动量和航空母舰差不多。据说世界上约有 500 艘超级油轮，如果把它们组成一个大型舰队并且都朝着同一方向航行，它们的动量才和大陆板块的动量大致一样。看起来真是数值巨大呀！

（山东省邹平第一中学　256200）

① 太阳常数：在地球大气层以外，从地球到太阳的平均距离上测得的太阳辐射的平均强度，相当于 0.140 W/cm^2)。

② 1AU：1 天文单位 天文单位是以地球到太阳的平均距离为一个天文单位。一天文单位约等于 1.5×10^{11}m。