

生命天堂是怎样炼成的——地球

卢昌海

一、从到处存在到适度存在

如果问太阳系行星中哪一个最难写？很多人也许会想到资料较少的水星，或天王星、海王星。但实际上，资料的多少是相对的，从绝对数量上讲，无论水星，还是天王星、海王星，都足可写出一整本书而不至于穷尽资料。从这个意义上讲，写一个行星的难度往往不在于资料的少，而恰恰相反，在于资料的多，若限定每个行星只写一篇文章就更是如此。

因此，起码对本系列而言，太阳系行星中最难写的乃是我们脚下的地球。

地球的难写，还不仅仅因为资料太多，而且也在读者对她的相对熟悉。比如拿地貌来说，描写其他行星的地貌是科普甚至科学，描写地球的地貌搞不好却会被当成散文。因此，在任何合理的篇幅之内对地球进行全面介绍都是既不可能也无必要的。

那么，地球该怎么写呢？最好的办法也许是挑一个特殊的视角来写。与荒芜的水星及地狱般的金星相比，地球最鲜明的特色莫过于是一个生命天堂。那么，就来写写这个生命天堂是怎样炼成的吧。

不过，哪怕写这么一个特殊视角，难度也依然不小。别看我们有关地球的资料浩如烟海，其实资料越多，细节也越多，而细节越多，问题往往也越多。“生命天堂是怎样炼成的”就是一个因细节繁多而尚无完整答案的问题。因此我们真正要写，或者说能写的，不是这个问题的答案，而是答案可能或必然会涉及的一些支撑生命天堂存在的条件。只有从那些条件入手，才有可能找到那目前尚不明白的答案。

很明显，生命天堂赖以存在的首要条件是她的“地基”：行星。我们在上一篇中曾经提到，日心说确立后，很多人曾一度相信大多数，甚至全部行星上都存在生命。不过，随着行星探索的展开和深入，随着像金星

那样一度被寄予厚望的行星上存在生命，尤其是高等生命的可能性被观测所排除，人们开始意识到行星并不是生命，尤其是高等生命出现的充分条件，后者明显还需要包含其他条件。

那么，什么样的其他条件是生命，尤其是高等生命的出现所必需的呢？有多少行星能满足条件呢？对于这些问题，有许多人做过研究，也有许多人写过综述。我小时候读过阿西莫夫的一本名为《地球以外的文明世界》的科普书，所讨论的就是这些问题。阿西莫夫在书中相当周详地逐项分析了生命，尤其是高等生命出现所需的条件，并对满足条件的可能性进行了估计。他的结论是：在银河系中，目前约有 53 万个行星上存在着有技术文明的高等生命，他们的平均间距约为 630 光年。

阿西莫夫的结论是很受科幻迷们欢迎的，因为早期那种到处存在生命，乃至高等生命的观念虽已破灭，但像《星球大战》、《星际迷航》那样的科幻电影或电视系列片还是假设了大量高等生命的存在。比如《星际迷航》的“题记”中就有一句很令人神往的话：“寻找新的生命和新的文明”。阿西莫夫的结论既没有让高等生命的数量“超标”到与观测相冲突的程度，又多到了足以支撑各种科幻需要，可谓是“适度存在”，有一种恰到好处的折中性。不过，分析虽然周详，结论虽然受欢迎，阿西莫夫的资料和推理却远不是无可挑剔的。这其中旧资料的过时和新资料的出现自不必说，最主要的缺陷还是在推理，因为直到今天，这依然是一个推理超前于资料的领域。从推理上讲，阿西莫夫的结论所具有的折中性很大程度上乃是来自推理本身的折中性。事实上，几乎是但凡遇到无法做出可靠判断的因素时，阿西莫夫就采用了所谓“折中原则”，将有关概率设定为 50%，或以地球数据作为代表。这当然是很不可靠的。

除阿西莫夫外，很多其他人也进行过类似的估计，细节上虽各不相同，却都有一定的折中性。得到的结果则大同小异，也是“适度存在”。比如美国天文学家萨根利用估算银河系内高等生命数量的著名公式德雷克公式得到了数量级相同的结果：100万。

二、稀有地球假设

不过到了2000年，此类估计的“风向”有了陡然的变化。

那一年，美国古生物学家瓦德和天文学家布朗利出版了一本名为《稀有地球》的书，提出了被称为“稀有地球假设”的新估计。按照这种新估计，像地球这样的生命天堂有可能在整个银河系，甚至整个可观测宇宙中都是“稀有”的。

当然，这里首先要澄清一点，那就是稀有地球假设并不是认为生命在宇宙中是稀有的，它针对的只是诸如复杂动植物那样的所谓高等生命，其中包括像人类这样有技术文明的高等生命。稀有地球假设两条立论的基础：一条是认为高等生命的出现需要经历数十亿年的漫长演化；另一条是认为高等生命的演化离不开表面存在液态水的行星环境。这其中后一条并无新意，前一条则是经稀有地球假设的“提拔”而变得重要起来的。

在这两条基础之上，高等生命的出现需要什么具体条件呢？这是稀有地球假设所关心的，我们下面就来介绍一下。

首要的当然是行星的位置，具体地说，是行星离恒星的距离。这一距离直接关系到行星的表面温度，进而影响到行星表面液态水的存在与否。在瓦德和布朗利的书中，这一因素被风趣地比喻成房屋买卖中最首要的“地段”因素。当然，这一因素并不是稀有地球假设所特有的，离恒星太近的行星会太热，离恒星太远的行星会太冷，只有不近不远，处于所谓“可栖息带”中的行星的表面才可能存在液态水，这是人们早就知道的。不过，稀有地球假设对这一因素的分析有一个独特之处，那就是将“高等生命的出现需要经历数十亿年的漫长演化”这一立论基础引了进来，提出了所谓“持续可栖息带”的概念。

什么是持续可栖息带呢？顾名思义，就是在高等生命的出现所需的数十亿年的漫长演化时间之内，能“持续”使行星表面存在液态水的“可栖息带”。这一概念之所以有必要特意提出，是因为恒星本身的光度，即恒星每秒钟以电磁辐射的形式所发射的能量是随时间变化的。以我们的太阳为例，自“长大成人”，即进入主序星那会儿算起，它的光度已增加了40%左右。相应地，太阳周围可栖息带的位置则有了自内向外的推移。很明显，在这样的变化中，持续可栖息带是各个时刻可栖息带的交集，从而要比任何一个时刻的可栖息带都更狭窄。行星处于持续可栖息带中则是比处于可栖息带中更严格的条件。

那么，一个恒星周围的持续可栖息带究竟有多大呢？很遗憾，目前尚无公认答案。这是因为持续可栖息带的大小跟恒星光度在长达数十亿年的时间范围内的变化有关，从而是一个与恒星演化理论有关的困难问题。事实上，哪怕对于我们最熟悉的太阳，持续可栖息带的范围也是尚有争议的，其中一组被瓦德和布朗利所引用的估计是1993年由美国科学家卡斯丁给出的，范围是从距太阳0.95天文单位到1.15天文单位（即宽度为0.2天文单位）。由于行星处于持续可栖息带中是比处于可栖息带中更严格的条件，像地球这样的生命天堂显然要比原先估计的更加稀有。

可栖息带或持续可栖息带的概念不仅适用于恒星的周围。星系被认为也是有持续可栖息带的。比如星系的核心区域由于星球密度太高，诸如近距离超新星爆发之类会对生命演化造成灭顶之灾的突发事件的发生频率将大为增加，被认为是无法出现高等生命的，因为无法保障出现高等生命所需的数十亿年的漫长演化。星系的外围则因为重元素的相对稀缺，也被认为是不利于高等生命出现的，因为无法提供后者所需的原材料。因此，在星系中就像在恒星周围一样，只有距离中心不近不远的区域才是有可能出现高等生命的。这个概念就是所谓星系的持续可栖息带，它的存在进一步增加了生命天堂的稀有性。

出现高等生命所需的数十亿年的漫长演化不仅限制了行星的位置，对恒星本身也提出了不低的要求。初看起来，持续可栖息带是对所有恒星都存在的，只

不过小质量恒星因为光度低，持续可栖息带离恒星较近，大质量恒星因为光度高，持续可栖息带离恒星较远，其实却不然。事实上，恒星天文学上的一个基本事实乃是恒星的光度增加远远超过质量增加。由于光度代表能量消耗，质量则是能量储备，光度增加远远超过质量增加意味着大质量恒星会很快就“油尽灯枯”，它们的寿命确切地说是主序星生涯的时间比太阳的短得多。比如一个质量比太阳大 50% 的恒星的寿命只有 35 亿年左右（太阳的约为 100 亿年），一个质量 5 倍于太阳的恒星的寿命更是只有不足 2 亿年。因此，在大质量恒星中，只有质量比太阳略大的才有可能提供出现高等生命所需的数十亿年的漫长演化时间。在著名的 MK 分类系统中，恒星按表面温度从高到低大致对应于质量从大到小被分为 O、B、A、F、G、K、M 七大类，每一大类又按表面温度从高到低分为从 0 到 9 十小类。依据这种分类，我们太阳的类型是 G2，比 F0 更大的恒星就会有寿命太短的问题，无法保障出现高等生命所需的数十亿年的漫长演化。

另一方面，小质量恒星虽有“长寿基因”，却也有自己的麻烦，因为它们的持续可栖息带离它们较近，但近到一定程度之后，持续可栖息带内的行星就会因为受到恒星引力潮汐的影响，而出现与恒星之间的“潮汐锁定”现象。这种现象一旦出现，行星将始终以同一面朝向太阳，使那一面无可避免地出现酷热、另一面则无可避免地陷入严寒，季节、昼夜等变化则全都消失，这被认为是不利于生物存在，更遑论高等生命的出现的。在 MK 分类系统中，比 K5 更小的恒星就有可能使持续可栖息带内的行星陷入“潮汐锁定”的麻烦。因此，大有大的问题，小有小的麻烦，在所有恒星之中，只有像太阳这样“中不溜秋”（其实是略微偏大）的恒星才是适合“抚育”高等生命的，这是让生命天堂稀有的又一个因素。

假如上述条件全部满足，即行星的位置适当，恒星的类型也恰好，生命天堂是不是就能炼成了呢？还不行，因为出现高等生命所需的数十亿年的漫长时间对行星气候也是一个极严苛的要求，而行星气候除了跟行星所处的位置及恒星的类型有关外，还取决于行星本身的很多性质，比如行星大气的成分等。拿地球

来说，在她所经历的数十亿年的漫长时间里，比如今很多人所担心的有可能在几十或几百年内造成不可逆危害的温室效应剧烈得多的气候变化比比皆是，更不用说哪怕极细微的变化，经足够长时间的累积后也完全有可能造成不可逆的危害，比如导致液态水的完全丧失。在地球的历史上，所有这些气候变化全都化险为夷了，才有了今天生命天堂的盛景。这种维持数十亿年的细致平衡也被认为是高度稀有的。

既然说到了气候，那么顾名思义，也得说说“气”，即大气层。一个行星要想长期保住一个足够浓密的大气层，本身也是有条件的，比如质量不能太小，否则引力太弱，哪怕一度有过大气层，也会像穷汉保不住美貌妻子一样慢慢因气体分子的逃逸而丧失。另一方面，按我们如今对行星的理解，当它的质量大到一定程度后，又会因引力太强而在吸积过程中自然而然地变成气态巨行星，那被认为也是不适合高等生命的。因此，高等生命的出现要求行星的质量“不大不小”。

除气候外，行星的磁场也被认为是对高等生命的出现具有很大的重要性，因为它能对恒星风和宇宙线中的带电粒子产生阻挡作用，从而一方面防止它们危害行星表面的生命，另一方面则阻止它们吹散行星的大气层。

把这些有关恒星和行星的条件综合起来看，炼成像地球这样的生命天堂确实是很不容易的。但这还不是故事的全部，因为稀有地球假设还引进了一类截然不同的因素。

前面介绍过的所有因素都是直接因素：行星是生命的存在之地，恒星是生命的能量来源，显然都很直接。稀有地球假设所引进的那一类截然不同的因素则是间接因素，是一些初看起来并不重要，甚至跟高等生命的出现风马牛不相及的因素。

比如以地球为例，月球就是这样一个因素。初看起来，地球上的生命与月球何干？或者更一般的，行星上的生命与卫星何干？但稀有地球假设的支持者们的看法却并非如此。他们提出：月球的存在对于维持地球自转轴的稳定有着重要影响。众所周知，地球是在自转的。目前地球自转轴与公转轴的夹角相当稳定地维持在 22° 到 24.5° 之间，由此产生了相当稳定的

四季变化。一些天文学家的模拟计算表明，倘若没有月球，地球自转轴与公转轴的夹角将不会如此稳定，它的变化范围将大幅扩大为从 0° 到 85° 甚至 90° 。这不仅将破坏四季变化的稳定，破坏生物对季节的适应，而且还有更严重的后果。因为当夹角接近 90° 时，地球几乎是“躺倒”着自转的，当自转轴指向太阳时，几乎整个北半球都将经历长达数月的连续白天，南半球则相反，是长达数月的连续黑夜，起码就陆地气候而言，这将导致一边酷热，一边严寒的局面。当自转轴背向太阳时，则南北互换，但同样是一边酷热，一边严寒。这种极端气候将对生物，尤其是陆地生物的生存和演化造成严重困难，在稀有地球假设的支持者们看来是不适合高等生物的。

当然，仅仅如此还不算大问题，因为卫星并非稀有之物，多数行星都有卫星。但月球之所以能对地球自转轴的稳定起到重要影响，是因为它异乎寻常的大，事实上，它是太阳系卫星之中相对于行星而言最大的。不仅如此，按照目前最流行的观点，月球乃是起源于地球演化早期——约45亿年前——的一次超级碰撞，碰撞的双方一方是正在成长中的原地球，另一方是一个差不多有火星那么大的超级“陨石”。虽然在太阳系形成之初，星体间的碰撞十分频繁，但如此规模的碰撞，并由此而产生如此巨大的卫星仍是相当稀有的。假如高等生物的出现有赖于行星自转轴的稳定，而后者又有赖于稀有碰撞产生的巨大卫星，它本身自然也就相当稀有了。

仍然以地球为例，除月球外，稀有地球假设的支持者们还把目光盯到了木星上，认为这个行星“老大哥”对地球上的高等生命起到了近乎于“保护神”的作用。这话从何说起呢？得从陨星说起。因为对地球生命的最大威胁之一乃是大质量陨星的撞击，比如曾经雄霸地球的恐龙就被认为很可能是因一颗大质量陨星撞击地球而灭绝的。假如那样的灭绝事件过于频繁，需要数十亿年漫长演化的高等生命就很可能没有机会产生。而木星的巨大引力场被认为能够相当有效地扫清太阳系空间里的陨石，从而保护了地球上的生命演化。更苛刻的是，木星的这种保护还不能太过分，即不能离地球太近，否则不仅有可能干扰地球公转轨道

的稳定（从而直接影响到地球表面温度的稳定），甚至还可能造成更严重的后果：阻止地球的形成！因为木星的巨大引力场有可能抢夺掉形成地球所需的“原材料”，使地球成为一个小得多的行星（从而既不会有磁场，也保不住大气层），甚至像木星近旁的小行星带那样根本凝聚不成单一的行星。

因此，高等生命的出现初看起来只要有行星、恒星及合适的位置就够了，实际上却还需要一个大得异乎寻常的卫星来维持行星自转轴的稳定，以及一个距离适当的巨行星来扫清行星形成过程中几乎必然残留的大量陨石。稀有地球假设在这些额外因素中最大限度地突出了“稀有”二字。

至于稀有地球假设考虑的很多其他因素，比如大气的成分、液态水的数量、板块运动，生物进化本身的偶然性，等等，限于篇幅，就不一一介绍了。

那么，在考虑了所有因素之后，在银河系中随机挑选一个行星，它能炼成生命天堂的几率有多大呢？稀有地球假设的一些支持者认为可能会小到一万亿分之一（ 10^{-12} ）甚至更小。相应地，银河系中像地球这样的生命天堂的数量将远小于阿西莫夫等人的估计，甚至有可能只有地球这颗“独苗”。

三、稀有地球之争

毫无疑问，稀有地球假设所描绘的图景对于偏好《星球大战》和《星际迷航》那样到处有智慧生物的科幻迷们来说是颇为黯淡的。当然，几家欢喜几家愁，对于坚信自己是上帝创造的唯一人类，地球是上帝创造的唯一家园的人来说则或许是科学支持信仰的福音。这个图景究竟有几分可信呢？现在还很难回答。在科学上，一个假设的证明离不开逻辑和证据，而在目前这个阶段，别说高等生命，在地球以外哪怕原始生物都尚未被发现，因此起码从直接证据的角度讲稀有地球假设所涉及的乃是一个空白领域，甚至在可预见得到的将来都有可能维持空白。不过，从偏于逻辑的角度讲还是大有探讨余地的。事实上，对稀有地球假设的每一个推理环节，都有科学家提出了异议。接下来，我们就按照与上文相同的顺序，对稀有地球假设所考虑每个因素逐一介绍异议。通过这种介绍，

我们不但可以对稀有地球假设有更多了解，还可以看到科学并不仅仅是一系列定律或定理的集合，而是包含了大量争议。科学是在争议中寻找前行道路的。

首先来看看持续可栖息带这一概念。这一概念当然是不无道理的，出现高等生命所需要的长期稳定的环境确实要求行星长期处于可栖息带之中。但我们前面提到过，持续可栖息带的范围有多大却是有争议的问题。以太阳系中的持续可栖息带为例，我们提到过美国科学家卡斯丁给出的距太阳 0.95 天文单位到 1.15 天文单位（宽度 0.2 天文单位）的范围，这个范围曾被瓦德和布朗利所引用。但是，包括卡斯丁本人的后续研究在内的一些新近研究已经对它的远端边界作出了修正，从 1.15 天文单位修正为了 1.4 天文单位，宽度则从原先的 0.2 天文单位增加到了 0.45 天文单位，比太阳系四颗类地行星的不到 0.4 天文单位的平均间距还大。在这种情况下，太阳系四颗类地行星全都位于持续可栖息带之外反倒是稀有了。不仅如此，哪怕原先那 0.2 天文单位的宽度其实也算不上很窄，太阳系四颗类地行星中至少有一颗落在这一范围内的概率也并不小。虽然我们对其他恒星周围的行星分布还了解得很少，但越来越多太阳系以外的行星被发现，已使得人们越来越不认为太阳系具有特异性，从而其他恒星周围有类地行星落在持续可栖息带内也未必稀有。

针对持续可栖息带的这种异议是有一定代表性的，它虽然不能排除稀有地球假设所考虑的因素，却显示出那因素并非真正稀有。接下来我们还将反复看到这种类型的异议。

星系的持续可栖息带就是这种异议的又一个例子。虽然这方面的分析同样不无道理，但在星系这种巨大尺度上，哪怕笼统看起来不适合高等生命的区域，也完全可以局部地具备出现高等生命的条件，因此星系的持续可栖息带是并不严格的。退一步说，即便把星系的持续可栖息带以外的区域严格排除掉，也并不构成一个很稀有的因素，因为剩下的区域仍包含了 10% 左右的恒星。类似地，恒星类型方面的限制也不是一个很稀有的因素。我们前面讲过，这一因素可以大致排除掉比 F0 更大或比 K5 更小的恒星，那么剩下的恒星有多少呢？仍有 20% 左右，从而并不很稀有。

行星气候方面的因素又如何呢？维持数十亿年的细致平衡听起来确实严苛，实际上却也有不那么严苛的可能性。最关键的一点是：行星的气候变化倘若是随机或单向的，要在长达数十亿年的时间内维持行星表面的液态水确实是很困难的，但假如气候变化不是随机的，而是存在适当的负反馈机制，则情形就会大不相同。因为负反馈机制会自动对气候变化进行反向校正，虽然不能保证永不失控，却可以大大降低失控的概率。那么，在行星气候方面究竟有没有负反馈机制呢？以地球为例的研究结果是肯定的。人们早就知道，地球大气中的二氧化碳既可以被雨水等带入土壤和岩石，也可以通过火山喷发等重新回到大气中，这被称为“无机碳循环”，以区别于由生物造成的所谓“有机碳循环”。研究表明，“无机碳循环”具有稳定气候的作用。比如气温若变得太低，使地球表面的液态水大量冻结，则雨水将大幅减少，雨水将大气中的二氧化碳带入土壤和岩石的过程也将大为减弱。但火山喷发将二氧化碳送回大气等过程仍将正常进行，从而使大气中的二氧化碳浓度由原本的平衡不变改为增加，进而使温室效应增大，最终使气温回暖，反过来，气温若变得太高，则海水蒸发将加剧，雨水将大幅增加，雨水将大气中的二氧化碳带入土壤和岩石的过程也将大为加强，乃至超过火山喷发将二氧化碳送回大气等作用，使大气中的二氧化碳浓度减少，温室效应减弱，最终使气温回冷。这正是一种典型的负反馈机制，而且没什么理由认为是地球特有的。既然存在负反馈机制，则长期稳定的气候也就未必有想象的那么稀有了。

至于作为气候之源的大气层所要求的行星质量的“不大不小”，则显然是又一个并不真正稀有的因素：因为在太阳系的四颗类地行星里，保有浓密大气层的行星除地球外就只有金星，两者合计占了类地行星数目的 50%。

那么磁场呢？行星磁场对于高等生命的出现果真重要吗？很多天文学家也说出了“不”字。就拿对恒星风和宇宙线中的带电粒子产生的阻挡作用来说吧，能被行星磁场有效阻挡的其实只是能量较低的带电粒子。但更具危害性却阻挡不了的高能粒子也并不能对

行星上的生物产生重大危害，因为地球这个现成的反例就摆在那里，高能粒子之所以并不能对行星上的生物产生重大危害，是因为在进入大气层后由于跟气体分子碰撞而被吸收了，是大气层而不是磁场起到了更重要的保护作用。至于行星磁场阻止恒星风吹散行星大气层的作用，也有一个现成的反例摆在那里：金星。这个离太阳比地球更近，从而太阳风“吹拂”得更猛烈的行星就是没有磁场的，可它的大气层非但没有被吹散，反而比地球的还稠密得多。可见，维持大气层的“硬道理”并不是磁场而多半是引力。退一步说，哪怕行星磁场的上述作用都不容忽视，也未必是决定性的，因为我们地球的磁场在历史上曾不定期地出现过磁极反转，在反转过程中有数以千年的时间，磁场强度不足如今的十分之一，却并未对生命演化造成可察觉的负面影响。再退一步说，哪怕行星磁场的上述作用是决定性的，也未必是什么大问题，因为按我们目前的理解，行星磁场对块头较大的行星来说并不是稀有的东西，而几乎是必然的。在块头较大的行星中，像金星这样没有磁场的反倒是稀有的，可能是自转超慢等稀有条件造成的。因此，哪怕行星磁场果真重要，它所导致的限制条件也几乎与对行星质量的要求相重叠，从而基本上可以从“稀有”因素中除名。

最后，那些貌似跟高等生命的出现风马牛不相及，但被稀有地球假设引进来的因素经过另一些天文学家的研究，也显示出它们有可能确实就是“风马牛不相及”的东西。

比如月球，它对于维持地球自转轴的稳定确实是有作用的，假如目前的地球失去月球，其自转轴的方向确实会在大范围内变化。但被稀有地球假设忽视的是：这种变化的范围是跟地球的自转快慢有关的。模拟计算表明，假如地球的自转周期不是现在的24小时左右，而是12小时或更短，那么哪怕没有月球，自转轴方向的变化范围也会小得多，对季节变化及生物的影响也将小得多。而更“诡吊”的则是，从某种意义上讲，地球的自转原本确实是更快的，是被月球的引力摄动拖了后腿才变慢的，依照变慢的趋势反推回去，在距今25~40亿年前的太古代，地球的自转周期本就在12小时左右。正所谓“成也萧何，败也萧何”，

假如月球从那时起就不曾存在过，地球的自转周期将维持在12小时左右，本来也不太需要月球来维持自转轴的稳定。当然，月球产生于超级碰撞的流行理论若是成立，则超级碰撞本身对地球的自转周期应该也是有影响的，假如月球果真从来就没有存在过，产生月球的那次超级碰撞也该被除去，那种情况下地球的自转周期会是什么？倒是一个难以回答的问题。但起码，地球自转轴的稳定依赖于很多因素，月球的作用并不像稀有地球假设的支持者们认为的那样确切。假如把考虑范围扩大到太阳系以外的行星系统，则行星自转轴的稳定还跟行星系统中其他行星的大小和分布等因素有关，更不能一概而论。更何况，就算地球自转轴的方向果真在大范围内变化，是否就一定不能出现高等生命，本身也是不无争议的。

再谈谈木星，如果说月球的作用是“成也萧何，败也萧何”，那么这个被稀有地球假设抬到“保护神”位置上的行星“老大哥”的情况有可能比那还不如，有点“成事不足，败事有余”的意味。比如距今约6500万年前的恐龙及大量其他物种灭绝的事件被认为很可能是陨星撞击地球造成的，那陨星来自何方呢？有人认为是来自遥远的奥尔特云，也有人认为是来自小行星带。对后一种可能性来说，木星是脱不了干系的，它的引力摄动被认为是使小行星脱离原先轨道与地球相撞的“幕后推手”。不仅如此，作为风险源的整个小行星带的存在都很可能是木星的巨大引力造成的。从这个意义上讲，木星在充当“保护神”的同时，很可能也是地球上很多灾变事件的肇事者，它的功过和作用是很难一概而论的。退一步说，即便木星果真是“成事”多过“败事”，恐怕也只能归入并不稀有的因素之列，因为过去这些年对太阳系以外行星的搜索已经发现了大量像木星那样的气态巨行星，这虽然跟观测手段造成的自然筛选有关（因为在如此遥远的距离上，气态巨行星比小块头行星更容易被发现），却也基本上排除了木星稀有的可能性。

至于稀有地球假设所涉及的大气的成分、液态水的数量、板块运动，生物进化本身的偶然性等等其他因素，“限于篇幅”，前面既然已经省略了，这里也就不引述异议了，但每一项也都是有争议的，在稀有

地球之争中，异议之广泛真正达到了“一个都不能少”的境界。如果小结一下的话，那么异议跟稀有地球假设有一点是共同的，那就是它们都是理论上的可能意见。从这个意义上讲，究竟哪一种意见更合理有时是难以取舍的。不过，假如说阿西莫夫的推理因为反复使用了“折中原则”而不可靠，那么稀有地球假设可以说是反复而系统地使用了“择坏原则”这是我杜撰的术语，指的是在所有可能性中优先选择不利的可能性。这是比“折中原则”更不可靠的做法，因为在不得不作出概率性挑选的因素中，一般来说是“中间”的概率较大，两端无论是“坏”端还是“好”端的概率较小，“择坏原则”是系统性地择取了概率较小的选项，可以说是相当靠不住的。

另外，稀有地球假设还有另一个很大的系统性缺陷，那就是迄今为止关于生命我们只有一个“样本”，那就是地球上的生命。任何学过统计的人都知道，依据小样本进行推理是鲁莽的。比如我们若从未见过水生生物，也许很难想象有些生物居然可以待在水下而不会像我们一样被淹死。当然，地球生物的多样性使我们知道生物既可以生活在水里，也可以生活在陆地上，因此不会有这个思维死角，但地球生物虽然多样，却都是在适应地球环境的过程中繁衍出来的，把这种多样性放在浩瀚的宇宙中算不算得上足够“多样”？恐怕不是一个容易回答的问题。假如这个问题无法回答，则就连稀有地球假设的两条立论基础，即“高等生命的出现需要经历数十亿年的漫长演化”和“高等生命的演化离不开表面存在液态水的行星环境”，都未必是毫无争议的，更遑论其他因素。

不过，争议归争议，由于观测还远远跟不上，要想对稀有地球假设作出可靠判断在目前看来还是很渺茫的，因为依我们目前的技术，要想探测太阳系以外行星上的生命，并区分简单生命与高等生命，几乎是不可能的，除非那些高等生命高等到了能主动来探访我们！不过有一点倒可以肯定，那就是像地球这样的生命天堂是否有稀有地球假设所认为的那样稀有虽不得而知，但无疑是不容易炼成的，最起码在太阳系中是“只此一家，别无分号”的。关于这后一点，笔者念中学时曾拟过一个当时很得意，却从未有机会在作

文里用到的句子，那就是：“哪怕地球上最普通的小草，也起码是在半径 60 亿公里的太阳系空间里独一无二的”（当时冥王星还被视为太阳系的边界）。

最后谈点个人偏好。从个人偏好上讲，我是不希望稀有地球假设成立的。吾生也晚，没赶上“大航海时代”的探险家们在地球上发现新大陆、新岛屿和新部落的那些激动人心的日子，只能把幻想放在像《星际迷航》那样的“寻找新的生命和新的文明”上，虽明知在自己有生之年是不太可能看到什么的，而且也并无理由认为其他星球上的高等生命假如存在的话对我们来说是幸事，因为用我们的善恶标准来衡量，他们完全有可能是恶意的。但幻想就是那样一种偏于美化的愿望，虽不免空泛，掐灭了却终究是令人寂寞和伤感的。当然，个人偏好在科学上是没有分量的，因此，还是让我们等待逻辑和证据来作出判定吧，无论要等多久。

作者简介

卢昌海，本科就读于上海复旦大学物理系，毕业后赴纽约哥伦比亚大学从事理论物理学习及研究，并获物理学博士学位。现旅居纽约。著有《那颗星星不在星图上》、《太阳的故事》、《黎曼猜想漫谈》（获第七届吴大猷科学普及著作原创类金签奖）、《从奇点到虫洞》、《小楼与大师》（入选“2014 中国好书”）、《因为星星在那里》等，个人主页：<http://www.changhai.org/>。

