

从大数假设到人择宇宙学原理

薛凤家

我们知道，在物理量中有不少是物理常量，这些物理常量可分为两类。一类是物理常量，和物理性质有关，如比热、电阻率、折射率等，这些常量在一定条件下会随某一因素而改变；另一类是基本物理常量，是物理学中的普适常量，如真空中的光速 c 、引力常量 G 、普朗克常量 h ，等等。对这些基本物理常量的测定和研究在物理学的发展中占有重要地位。由于现代物理理论所依据的基本假设是这些物理常量的不变性，因此大量的物理实验都是围绕这些基本物理常量进行的。另外基本物理常量间的协调还是检验物理理论的重要途径，因而一直受到人们的高度重视。

早在 1937 年英国狄拉克 (P. A. M. Dirac) 就发现，当把宇宙和微观粒子这两个极端领域联系在一起考虑时，会出现某种令人惊异的“巧合”。他注意到自然界存在一些由基本物理常量组成的无量纲数，即自然数，可以分为两组。一组是聚集在 1 附近的自然小数，如电子质子质量比 ($m_e/m_p \approx 1/1836$)、电磁精细结构常数 ($e^2/hc \approx 1/137$) 等；另一组是聚集在 10^{39} 附近的自然大数，如氢核与电子的电力和引力之比 ($e^2/Gm_p m_e \approx 10^{39}$) 等。而当以哈勃常量表示的宇宙年龄的数量级和以核子大小表示的现今可观测的宇宙的大小的数量级也是 10^{39} 。狄拉克认为，这些看来无关的自然大数在数量级上的一致并非是纯粹的巧合，而是由某种物理规律在起作用。由此他提出：“这些由物理常量组成的自然数之间存在一定的物理关系，并且永远保持相等。”这就是著名的狄拉克大数假设。他还认为 10^{39} 这个无量纲大数是宇宙演化到现在所具有的特定值，是我们宇宙现在的根本特征。

强磁场，由于导弹和飞行器的飞行速度非常快，导弹或飞行器上的金属壳体内由于磁通量的高速变化将产生强大的涡旋电流，使导弹或飞行器的运动规律发生改变，并使壳体发热而导致导弹提前爆炸或使飞行器受到破坏。在战时则可以在一些重要的军事、政治和经济等目标的上空加上强磁

狄拉克提出的这些自然大数，它们由于和所选取的单位制无关而具有更普遍的意义，又由于它们是将宇宙参数与微观粒子参数进行比较而相等，这就说明至大无外的宇宙和至小无内的微观粒子之间实际是相通的。也意味着自然界中的物理常数与宇宙结构之间可能存在某种迄今尚不为人们所知的基本关系。然而，考查现在科学定律中包含的许多物理常量，如电子电荷以及质子、电子质量等，至少一直到现在我们还不能从理论上预言这些值，只能由实验测定。也许有一天，我们会发现一个完整而统一的物理理论来预言并解释这些数值，进而找到它们和宇宙结构之间的联系。

人们通过进一步研究，还找到了一些宇宙结构与微观粒子参数变化之间的关系。如电子质量的任何改变将会影响氢原子的寿命进而引起宇宙结构的不稳定；强相互作用耦合常数的微小变化，会引起氘核的不稳定从而使宇宙结构发生根本变化，弱相互作用耦合常数稍有变化，电子寿命就会大大改观并极大影响宇宙中氦或氢的比例，引力耦合常数的改变将会影响星系的形成，等等。也就是说，描述微观粒子特性的一些基本物理常量的微小改变，就能引起宇宙在结构组成上的巨大变化。而且人们还惊奇地发现，这些对物质世界结构具有关键意义的物理常量的数值，看来都被非常细致地调整到使生命和人类的存在发展成为可能。但是，毕竟人们对宇宙结构和其和谐性知之甚少，还需要进一步研究。

1961 年美国迪克 (R. H. Dicke) 在《狄拉克宇宙学和马赫原理》一文中首先对狄拉克大数假设中自然大数近似相等的这种巧合作出了哲学性很强的、别具一格的“人择”的解释。他认为不能把这种巧合

场来拦截敌方的各种导弹。甚至可以将强磁体通过导弹发射出去，在空中拦截敌方的导弹等进攻性武器。它可以在不接触敌方导弹等武器，在一定范围内将其击毁。同时也可以作为在基武器来拦截敌方的洲际导弹。

(山东济南陆军学院数理教研室 250029)

看成是某种偶然的、任意性很强的选择，而是由于人的存在这些大数必然相等。1974年英国卡特(B. Carter)更明确地提出了“人择原理”，又叫“人择宇宙学原理”。该原理可以简单地表述为：“我们人类所认识的宇宙只能是认识主体可以存在的宇宙”，“宇宙的初始条件要受导致地球上人类生命得以出现这客观事实的限制”。这也就是说，我们看到的宇宙之所以是这个样子，完全是因为我们的存在。人类和我们的宇宙存在着一种不可分割的关系。后来人们将迪克提出的原理称为“弱人择原理”，因为它只描述了为什么会出现那些令人感叹的巧合，并且指出物理学和宇宙学所有量的观测值偏爱那些使碳基生命得以进化的区域，宇宙空间因此可以“老”得达到这些条件要求的数值。即在一个具有无限空间时间的宇宙中，只是在空间和时间有限的区域内，才存在智慧生命发展的必要条件。人们又把卡特提出的原理称为“强人择原理”，因为他用宇宙中的生命现象来解释这些物理常量，并且强调指出，宇宙及其特殊的物理关系必须允许其在演化的某一阶段产生出智能生命的观察者，从而才能谈得上是谁去认识宇宙。换句话说，正是由于人作为观察者的这一事实上的约束条件，“选择”了宇宙必须具备的允许生命在它的演化阶段能充分发展的那些性质和数值。他还特别强调了人作为观测者在宇宙中的特殊地位，我们能预期观测到什么，必然受我们作为观测者存在的必要条件的限制。因此虽然我们不一定处于宇宙中心的位置，但不可避免地享有某种优越性。

人择原理首先指出，如果这些宇宙常数随时间变化，在宇宙很年轻时必然很小，但那时作为考察这些大数是否相等的智慧生命尚未出现。而在宇宙中恒星全部衰亡的遥远的未来，那时宇宙参数可能变得很大，但是智慧人类早已就消亡了，不可能也没有必要去判别这些大数的差异了。因此只有作为观测者的智人存在的这一宇宙历史时期，这些自然大数才近似相等。人择原理进而强调，观测者人类的生存是和这个大数值(10^{39})强有力地联系在一起的。这个大数决定了对流型恒星和辐射型恒星的适当比例，前者有可能演化成适宜人类居住的行星，后者将导致超新星爆发，喷发出构成生命所必需的元素，不然的话，就会出现某一恒星一统天下的局面。这个

大数还决定了星系演化的时间表，如果太早恒星还很年轻，不具备生命所必需的各种元素，如果太晚；恒星又耗尽了光和热，变成了白矮星、中子星、甚至黑洞。只有恰到好处，生命和人类的出现才是可能的。这也就解释了为什么大爆炸会出现在约150亿年前。因为经历过超新星爆发形成的第二代恒星、行星系才具有造就生命的物质。太阳系年龄大约是50亿年，地球存在年龄的前10~20亿年还过于炽热，不利于任何复杂的东西生成和发展，余下的30亿年左右才是适合生命产生和进化的漫长过程，这个过程导致了从最简单的生命组织一直到能创立大爆炸学说的智慧人类的繁衍。也就是说，这100亿年正是智慧生命创生演化所需要的时间。

人择原理还说明了，生命的起源和演化实际上是和星体的起源和演化息息相关的，生命和人类存在的必要条件就是宇宙创生以来所必须经历的一个时期。人们通过研究发现宇宙能演化出生命主要由于以下几个因素：①早期宇宙膨胀是各向同性的，但也有小规模的起伏，而这恰恰是星系、恒星和行星得以诞生的原因。②引力大到使恒星能够形成，恒星的寿命又足以产生生命和在合适的行星上生存和进化所需要的能量。③中微子质量即使不为零，也必须小得足以阻止宇宙爆炸后由于引力过大而引起的急剧收缩。④强核力恰好能使氢嬗变为氦，再进一步嬗变为碳以及生命必不可少的其他元素。⑤弱核力恰好能使超新星中元素各自分开，有利于后代恒星获得组成复杂元素的机会，并恰好使氢而不是氦成为宇宙中最占优势的元素。以上这些因素意味着仅仅存在一些非常特殊的条件，宇宙才会有巧夺天工的现象，人类才能作为一个观测者对宇宙进行观测。

人择原理还证明了，从宇宙天体到微观粒子的不同结构，只需由电磁精细结构常数、引力精细结构常数等这样几个无量纲数就能决定它们在数量级的尺度。以至于任一物理常数稍有变化，就会对它与其他常量间的关系产生重大影响，进而影响到宇宙结构的形成和演化，甚至人类的生存。因此，人类在宇宙中的存在本身就为这些物理常量的一组特殊固定数值提供了一个明显的证据。也就是说，恰恰是由于人的存在这一约束条件解释了宇宙物理常量间

的关系。是人作为观测者这个事实反过来“选择”了这些值而排斥了其他值。因为只有这样，才能出现生命和人类，才能使这些数值的相等在宇宙中被人发现。

人择原理是一种把人的存在与宇宙演化联系起来的一种宇宙观。当我们对宇宙进行观测和叙述时，实际上就预先假设了作为观测者和叙述者的人的存在。而人的存在又被证明与这个被观测被叙述的宇宙间存在某种巧妙而必然的“选择”关系。因此被观测的宇宙与观测宇宙的人是密切相关、互相选择的。

人择原理采用的是一种别具一格的倒推方法。它和用寻找远古宇宙化石去确定宇宙起源和初始条件的传统考古学方法不同，它是用过去的未来（宇宙出现了人）“预测”那个过去（宇宙起源）。它不是用预先的约束而是用以后发生的约束来限定可能的初始条件。以人类存在的这个现实条件与物理状况间的联系去考察和说明宇宙的初始条件和基本物理关系，即用今天人的存在去选择我们宇宙的开端。

人择原理是从人的“选择”立场对大数假设做出独特理解的。正是这些大数相等的巧合表征了人生活在其中的宇宙，否则便不会有太阳、地球、生命、人类，更谈不上是谁来讨论这个巧合了。然而笔者也注意到，人择原理描述的是宇宙经过一系列精心“选择”的演化过程，使得生命和人类的存在成为可能。应该说是宇宙选择了人类，并且这些大数的相等使得能对这个问题进行讨论的人的存在成为可能。从这一点讲，与其将 Anthropic Principle（直译为人的原理）译为“人择原理”，不如译为“人存原理”更合适，更能突出人的存在是宇宙“选择”的结果。

人择原理实际上还引出了“多宇宙”的概念。1957年美国埃弗雷特（H. Everett）就量子力学内在必然性的问题提出：“一次测量行为可以使得众多的量子状态的其中一个结果显示出来，但是并不能因此就否认没有被显现的其他量子状态的存在。”这就是说，具有最大几率的情况正好对应于在这个宇宙中诞生出作为观测者的我们，我们的宇宙不过是所有可能性中最有可能的一个宇宙。换句话说，可能存在许多宇宙，但其中只有在那些基本物理常量最适当的宇宙中才能形成生命和观测者。借用统计物理学名词，英国剑桥天文学家们还提出了“宇宙

系综”的概念来描述整个宇宙。不同的是统计物理学系综的概念仅仅是一种用来做统计处理的方法，而“宇宙系综”应该是客观存在的，否则又将导致我们宇宙的独特地位，而给神创论留下一席之地。

人择原理提出后，很快引起了人们广泛的注意和争论。除了认为它的表述语言模糊，没有多少预言能力，过分强调以人类为中心以外，不少人还根据若干哲学和物理学的理由，对这一原理，特别是强人择原理进行了驳难。

首先，从某种意义上讲，这个原理过于成功。它认为大自然能使一切可能实在化，这样一切就都可以得到“解释”了。但实际这样一来，我们就不需要任何科学了，只要说明某个事物对人类的存在是必需的，问题就算得到解决了。而由于人们无法想像普遍的自然规律会有什么限度，只能对这些极端条件做粗糙的、事后的解释。这就使得人择原理成为一个几乎不可“证伪”的解释（而一个科学的解释必须提供可证伪的结论），也正因为此不可证伪，它是否算得上是一个科学解释便成了问题。

人择原理受到的另一个驳难是，它似乎与奥康姆剃刀原理相反。因为根据该原理，在一套所有可能的解释中，最有道理的是那个包含原理最简单而假设最少的解释。人择原理求助于无限多的宇宙来解释一个宇宙显然是太过分了，且不说那无限多的其他宇宙除了极少数外，都从未被观察到，更不用说我们无法获得信息的宇宙的存在是否有意义（值得注意的是，量子力学中关于测量问题也有过类似的争论）。另外，从人们对宇宙观测的结果来看，地球所在的星系只是在可观察到的宇宙中亿万个星系的其中一个。强人择原理宣布，这个庞大的结构仅仅是因为我们人类的存在而存在，这也是令人难以置信的。

人择原理的科学基础概率概念也受到了质疑。这里的问题涉及小起伏相对于大起伏的可能性。即小的巧合相对而言要比大的巧合的可能性大得多。从宇宙学上看，一个随机事件造成一颗恒星的几率比造成整个一个星系的几率大得多。那么“确实只有一个恒星适于生命形成并出现观测者”的这个结论对吗？为什么我们观察到的宇宙充满了结构？又如何解释我们的宇宙中存在着如此众多的星系呢？

严格地讲，人择原理目前还算不上是一个物理

她用物理的情趣，引我们科苑揽胜； 她用知识的力量，助我们奋起攀登！

欢迎投稿，欢迎订阅

2005 年的《现代物理知识》，继续设有物理知识、物理前沿、科技经纬、教学参考、中学园地、科学源流、科学随笔和科苑快讯共 8 个栏目，欢迎大家向这些栏目踊跃投稿。

恳请大家注意如下几点：

本刊为科普杂志，旨在向公众介绍被科学界广泛认可的理论和知识，不接受纯属个人看法的稿件，也不接受专业性很强，以致非专业人士无法理解的论文；本刊提倡网上投稿，网上投稿请务必以 Word 文件（扩展名 DOC）附件发送至本刊电子信箱 mp@ihep.ac.cn，请将篇幅尽量控制在 8000 字以内，并采用以下格式和设置——作者姓名置于开头醒目处，地址与联系方式注于文末，正文五号字，单倍行距，不分栏，文内小标题最多一级，纸张类型 A4，页边距上下 2.5cm、左右 3cm；用微机打印者也请务必采用上述格式单面打印，并请随信寄来文章的磁盘或光盘；恕不接受手写稿件；投稿请务必将联系人姓名、详细地址，以及电话、传真、电子信箱等各种联系方式全部在文章末尾书写清楚，以方便我们与您联系（因本单位信箱与新浪信箱不能正常联系，所以务必提供新浪以外的电子信箱）；文稿务必附上英文题目和作者的英文姓名，但无需附“参考文献”“摘要”和“关键词”等；手绘插图线条及其中的标注文字务必整洁清晰，插图须在文稿中的相应位置标上编号，插图及图表中的外文务必译成中文；外国人名和地

原理，只能是一个哲学的思辨论证。它只能根据现有状况和某些假设做出事后解释，并不能做出什么确切的定量预言和可观测的物理理论（即假设加上已知事实及由物理规律引申出的逻辑规律）。“但是可以赋予人择原理以精确的表述，而且看来它在处理宇宙起源之时是关键的”。另外我们也看到，到目前为止，对于宇宙各种作用力和宇宙演化为什么会出现现在所显示的样子，人们还说不出比人择原理

名请尽可能译成中文，有必要保留外文名称时，则在文中首次出现处将外文用括号标注在中译名后面；请注意语言规范，例如“其它”一律改为“其他”、“公里”改为“千米”、“公斤”改为“千克”、句号用圈，数字和百分数尽量采用阿拉伯数字，书刊和一般文章的题目用书名号。

《现代物理知识》读者对象颇为广泛，有科学工作者、教育工作者、科学管理干部、大学生、中学生和其他物理学爱好者。欢迎各界人士继续订阅！

在邮局漏订或需要过去杂志的读者，请按下列价格汇款到《现代物理知识》编辑部（100049，北京 918 信箱现编部）补订，收款人一栏请写“《现代物理知识》编辑部”，勿写本刊工作人员姓名，需要报销者务必注明发票抬头。1992 年合订本，18 元；1993 年合订本，18 元；1993 年增刊，8 元；1994 年合订本，22 元；1994 年增刊，8 元；1995 年合订本，22 元；1996 年合订本，26 元；1996 年增刊，15 元；1997 年合订本，30 元；1998、1999 年合订本已售完，尚有 1999 年 1、4、5、6 期单行本，每本 3 元；2000 年附加增刊合订本，38 元；2000 年增刊，10 元；2001 年合订本，48 元；2002 年合订本，48 元；2003 年合订本，48 元；2004 年合订本，48 元；2005 年每期 7 元，全年 42 元；《奇异之美——盖尔曼传》，32 元；《微观纵览》，18 元。以上所列，均含邮资或免邮资。

更好的东西来。因此，“在无边界设想的框架内，人们可以利用费恩曼的规则，把数赋予宇宙的每个历史，去发现宇宙的哪些性质可能发生。在这种情形下，因为要求历史包含有智慧生命，所以人们能证明宇宙的一些不同的初始形态很可能已演化产生像我们今天观察到的宇宙，人们将会对人择原理更加欢欣鼓舞。”

（河北廊坊师范学院物理系 065000）