

DNA顺序的连续测定法

洪国藩

DNA是十分巨大的生物高分子,它是由四种脱氧核糖核苷酸A、T、G、C通过磷酸二酯键聚合而成的。DNA是遗传信息和基因表达的物质基础。最小的天然DNA分子(病毒)由几千对核苷酸组成,但随着生物体进化水平的上升,组成DNA分子的核苷酸的数目也渐趋上升。例如我们人类的染色体就有 2.9×10^9 个核苷酸对,这是非常大的数字。但是,不论是最小的病毒分子,还是极其复杂的人类的染色体,其遗传密码和生物的信息都体现在四种核苷酸A、T、G、C的不同组合和排列上。这就显示出精确测定DNA分子中A、T、G、C排列顺序的重要性。

1977年美国的W. Gilbert提出的DNA顺序测定的化学法^[1]和英国的F. Sanger提出的酶学法(或双脱氧法)^[2]是DNA顺序测定研究中的重大突破。使得300个左右的核苷酸可以一次连续测定出来,而在此以前是很难想象的。

介绍上述两种方法的一般概念,不是本文的目的。但是为了便于对本文内容的理解,十分简要地讲一些酶学法的基本原理是必要的。

酶学法测定核酸的基本原理是利用DNA聚合酶进行酶促反应。在反应混合液中,有DNA模板、引物、酶和四种dNTP(脱氧核苷酸)。但是除了四种正常的dNTP之外,另外再加一定比例的2', 3'双脱氧核糖核苷三磷酸,如ddATP。因此,在合成过程中,遇到应该在dATP渗入的位置上就有两种可能的情况发生。如果是dATP渗入,则链可以继续延伸;如果是ddATP渗入,合成反应就终止了。这是因为ddATP的3'位置没有羟基。这样,就可以得到一系列不同长度的、以ddA为结尾的一组DNA片段。同理,也可得到以G、T或C为结尾的片段。在变性条件下,对这些片段进行电泳分离,就可以直接“读出”核苷酸的顺序。

1980年以后,引进了单链噬菌体M13克隆系统^[3,4]。这个系统的引进,使人们可以不经过通常的十分耗时的分离纯化手段,就可以快速地、大量地获得十分纯的各种被测外源DNA片段。M13产生的是单链DNA,而酶学法正需要单链DNA作为模板进行顺序测定。此外,因为引物可以安排在外源DNA插入点的接近区,这就使得只需要一个公共的引物就可以对任何外源的DNA片段进行顺序测定,从而把几个理想的点都汇合在一起了。

用这个办法进行测定，每人每天可以获得数千个核苷酸的顺序图谱。这是目前国际上最快的测定速度。

上述的测定速度确实很快，但是被测的外源 DNA 小片段是随机取样的。因为每次连续测定的核苷酸数目是 300 个左右，为了测定一个大的 DNA 片段（如由 3,000 个核苷酸组成的 DNA 片段），必须事先将它随机打成很多小片段，然后随机提取这些小片段，分别对它们进行测定。由于被测的 DNA 片段可来自整个 DNA 大分子上任一区域，因此必须借助于电子计算机去寻找各个小片段之间的重叠区，再将它们逐渐连起来，以完成对整个 DNA 大片段的测定。由此可见，在整个测定战略中包含着随机的因素，不能避免盲目性，特别在测定工作完成约 70% 以后，找到新的 DNA 小片段的机会就大大减少。而这种情况，越到后来就越严重，最后给整个测定带来了无法避免的困难。这种情况可用图解方法简略地加以说明（见图 1）。从图中可以看出，要完成一个外源长链 DNA 顺序的测定必须对许多小片段进行许多多余的测定。为了克服这一困难，提出了一个非随机的、连续测定大片段 DNA 顺序的方法^[6]。

连续测定法的基本原理是，将被测定的 DNA 大片段的一端固定起来，而另一端则用核酸酶 DNase 1 将其逐渐缩短。然后，找出不同的片段，使它们之间长度的差别分别是 200

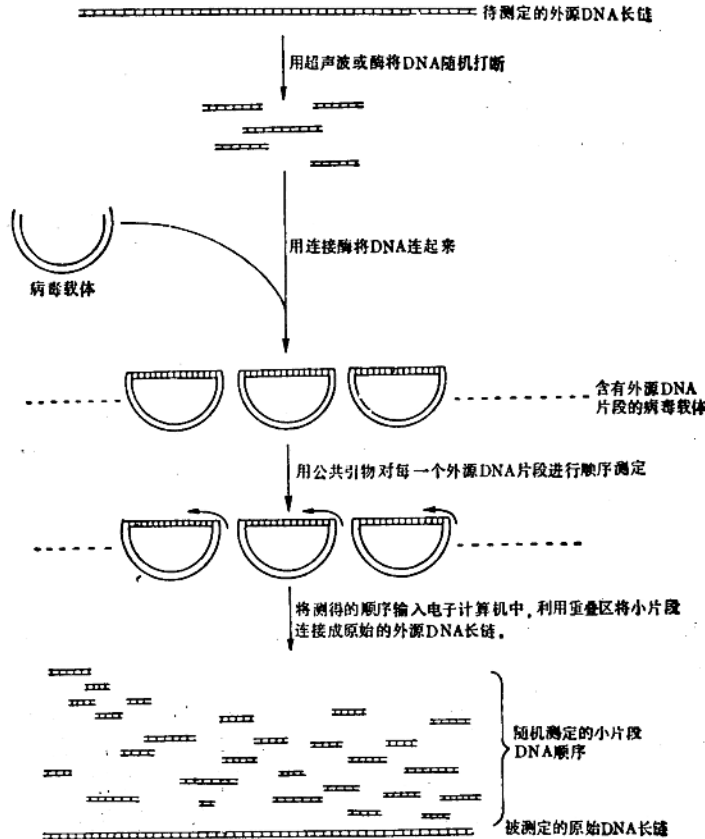


图 1 外源长链 DNA 顺序测定法图解

个核苷酸左右。实验的设计使得缩短的一头发生在公共引物区。由于每次测定都是从公共引物区开始的,而每次可以测定的核苷酸数目是300个左右,于是每个片段都可以找到各自的重叠区。这样,测定的结果就将小片段DNA定向地、非随机地逐个连起来,实行了对大片段DNA的整体测定^[5]。

DNA一端的固定是利用病毒复制点的生物特性来实现的。病毒的复制点在外源DNA插入区的附近(越近越好)。DNase 1在切割DNA分子时,是没有专一性的,也就是说,它可以切割病毒载体的DNA,也可以切割外源DNA。但是,由于切割超出外源DNA区域,就会破坏复制点,复制点被破坏后,病毒就不能生长了。通过这一方法,使得成活的病毒中有可能只含有被切割的外源DNA。也就是说,实行了一端的固定。

具有200个左右核苷酸长度差别的DNA片段的分离检出,有以下两个基本的方法。

一个方法是“T”规道的扫描^[5]。如果两个片段相差250个核苷酸,那么长的一个片段的长时间电泳的顺序图谱与短的一个片段的短时间电泳图谱完全相同。通过寻找不同片段的相同图谱,就找到了相差200个核苷酸左右的核酸片段,也就是说,这些片段相继连接起来构成大分子DNA。

另一个方法是片段的分子量分级(未发表材料)。运用这个方法要求载体病毒的分子量越小越好。经过DNase 1切割和转化以后,将混合重组DNA分子通过琼脂糖电泳进行分子量分级。对被分级的重组DNA分子逐个进行顺序测定,同样实行片段的重叠。在变性的情况下,这种分级的灵敏度在10000~10200个核苷酸之间。

现用图2对连续测定DNA的方法进一步阐明如下。

(a)~(c),将外源(即待测)的DNA片段(带点的双线部分)插入到病毒DNA(空心的双线部分)中。这与一般DNA克隆的过程类似。图中的A、B为DNA限制性内切酶的切点。限制性内切酶是一种特殊的酶,它可以在某些特定的部位将DNA分子切开。酶的切点是指限制性内切酶所切的部位。不同的酶有不同的切点。图中的A、B表明两种不同的酶分别所切的部位。外源DNA在B处被切开,病毒也在B处被切开,于是外源DNA片段就被插入到病毒中去。P是引物区,DNA顺序测定就从该区开始。O为病毒的复制点,此点与病毒的生命直接相关,如果复制点被切开破坏,病毒就不能生长了。连续测定法就是利用这一点而将外源DNA的一端固定起来的。

(d)用DNase 1(一种切割DNA的酶)切割DNA。这种酶没有专一性,即它可以在任何部位将DNA切断:可切在外源DNA上任何一点,也可以切在病毒DNA上的任何一点。但是,如果将复制点(“O”点)切断了,病毒就被“切死”。也就是说,以后没有病毒生长出来。换言之,凡成活的病毒都保留着复制点,于是与“O”点相连的那端外源DNA得到了保护,或者说,这一端得到了固定。而DNase 1可以切割外源DNA上任何一个部位,病毒仍然成活。因此就得到了一组分子,它们的中间是病毒DNA,而它的两头粘着长度不等的外源DNA片段。为了便于理解,整理后可以排列成如图中所示。

(e)此时用限制性内切酶A(只在“A”的位置上切割)把DNA切开,于是与“P”点相连的外源DNA都被移去了,结果病毒DNA的一端(“O”端)与不同长度的外源DNA片段相连,这样就得到了我们预期的目标:使外源DNA的一端固定,而使另一端逐渐地缩短。而且由于病毒分子并没有被“切死”,所以这些带有外源DNA片段的病毒都会成活。

(f)用DNA连接酶(即一种能够把DNA两端连接起来的酶)把DNA连起来,就成了

环状的有感染活力的 DNA 分子。从图中可以看出, 连接起来的环状分子大小不同, 因此必须将这些分子按分子量分级, 使它们相差约 200 个核苷酸。“P”点是引物区, 即 DNA 顺序的测定是从该点开始向外源 DNA 方向深入测定。由于目前顺序测定, 每次只能获得 250 个左右核苷酸, 因此对已分级的分子进行逐个顺序测定, 在相邻的两个分子间必定有约 50 个核苷酸是相互重叠的, 根据这个原理, 当分级分子的顺序逐个测定后, 整个外源 DNA 的顺序就被覆盖而测定了, 即实行了 DNA 顺序的连续测定, 图中的“bp”是指核苷酸对, 即被测定的核苷酸数。箭头表示顺序测定的方向。

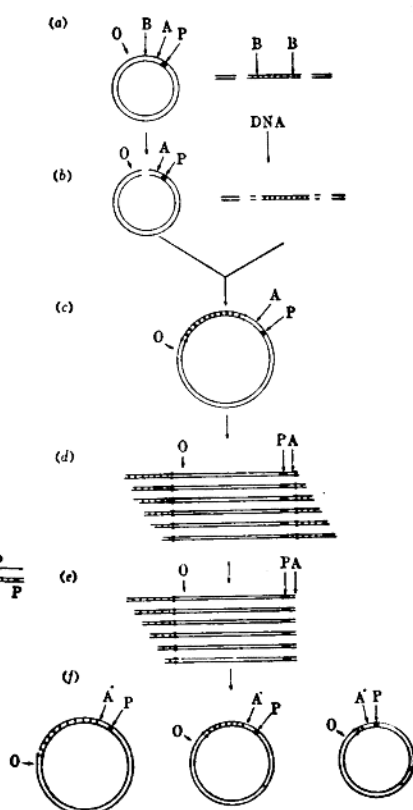
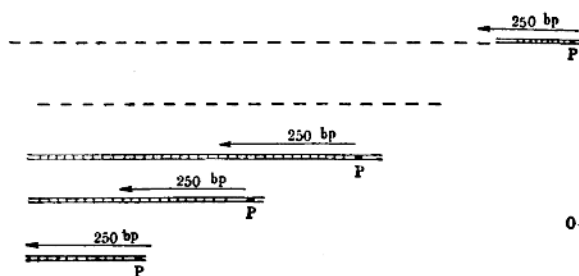


图 2 DNA 顺序连续测定法图解

从上述分析可以看出, 要不断提高连续测定法的测定量, 即使连续测定更长的 DNA 分子, 可以从二方面着手: (1) 减少病毒载体的长度, 使外源待测 DNA 长度与病毒载体的长度的比值上升。为此目的, 英国 MRC J. Kan 博士正在设计这类病毒载体, 使其成为大约只有由 1500 个核苷酸组成的微型病毒; (2) 提高分子量分级的灵敏度, 使只有 200 个核苷酸左右长度差异的更大的 DNA 分子能相互分开。

目前国际上限制 DNA 顺序测定的速率不是顺序测定方法的本身, 而是后处理, 特别是大量核苷酸顺序图谱的阅读和可疑顺序的校正。因此, 在获取顺序图谱以后, 有一个自动的顺序阅读机, 是目前科学家们关心的问题。德、美、英等国的有关科学家及某些著名的国际仪器公司都在致力于解决这一问题。目前已有半自动的“阅读机”, 将这种机器与电子计算机连在一起, 科学家们只需要用一种光敏笔在顺序图谱上相关的位置上打点, 电子计算机即将自动记录顺序, 并将被记录的顺序通过各种程序进行“统调”——给出科学家们所要求的各种材料。但这种机器仍没有完全摆脱手工——用光敏笔打点, 而这个“打点”仍然是要花大量时间的。要解决完全自动问题——即由机器自动阅读 DNA 顺序图谱的最大困难是顺序图谱本身的不规则性以及阅读中往往还包含着人的经验因素。目前科学家们的力量也正集中在如何克服这两个问题上。经过大家的努力, 相信迟早会克服这些困难的。

- [1] Maxam A. M., Gilbert W., *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, **74** (1977) 560
- [2] Sanger F., Nicklen S., Coulson A.R., *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, **74** (1977) 5463
- [3] Sanger F., Coulson A.R., Barrell B.G., Smith A. J. H., Roe B. A., *J. Mol. Biol.*, **143** (1980) 161
- [4] Messing J., Crea R., Seeburg P. H., *Nucl. Acids Res.*, **9** (1981) 309
- [5] Hong G.F., *J. Mol. Biol.*, **158** (1982) 539

空间脑科学研究

梅 磊

本文根据作者二十多年来有关载人航天的大脑研究结果,结合文献资料,总结了航天员脑功能研究的理论和技术,提出了与重力场有关的大脑演化理论和人脑功能额叶化原理,而且提出了对地外文明的看法以及对空间脑科学试验项目的设想。

一、空间时代和大脑研究

空间脑科学主要研究宇宙空间与大脑功能的关系。宇宙与大脑的关系自古以来一直是科学家和哲学家观察的重大对象。中国古代医学中蕴含着丰富的宇宙与人体相关的思想,描述了天地日月星辰与人体功能的关系。西方文献中也有不少涉及空间与人的资料,如太阳暴发与人体精神状态的关系等。德国电生理学家 Emil Du Bois Reymond 于 1880 年提出著名的 7 个宇宙之谜,大部份涉及感觉、意识、思维、语言等大脑功能^[1]。现代载人航天技术的实现,使有关宇宙和大脑的研究获得了前所未有的推动力。人进入空间后,他们的大脑高级功能将会受到哪些近期的和远期的影响?在失去重力刺激后,人的神经系统能否正常地进行活动?人能否在宇宙空间有效地执行各种任务?在未来的长期航行中微重力和重粒子等宇宙因素是否会对大脑功能造成累积性的潜在危险?从宇宙和生命演化的漫长过程来看,重力场或其他宇宙因素在大脑演化中起什么作用?在地球上大脑演化的规律是否也适用于其他天体上?其他天体上有大脑高度发达的智慧生物吗?大脑和智慧的演化有限度吗?……所有这些问题都是空间脑科学研究的范畴。

康德在其宇宙发展史中,曾对“人脑的神经和脑汁”与天体惯性和吸引力的可能关系作了一些推测^[2]。齐奥柯夫斯基在其“宇宙间的生命物质”和“巨型人和微型人的生物学”等著作^[3]中,对重力场和大脑的关系作了较为科学的论证和计算,认为大脑重量变化与星球重力场变化的三次方成反比,例如重力下降 2 倍,脑重增加 8 倍。现在宇宙学研究也有这种体重与重力场成反比的说法^[4]。这些早期的观点单纯地从物理学原则推论大脑质量与重力场的关系,但忽略了大脑演化过程中生物学因素的决定作用。在上述齐奥柯夫斯基的著作中只是初步地提到了大脑结构和功能复杂性的重要意义。甚至到载人航天初期,神经生理学家们对人在空间的大脑活动的观点也是非常幼稚的。1961 年由著名神经生理学家 H. W.

Magoun、A. B. Brazier 等组织了专门学术会议讨论“大脑皮层兴奋性和稳定性；与宇宙生物学基础研究的关系”^[5]。会上发表的观点强调了宇宙飞行与大脑研究的重要关系，但提不出深刻的内容。显然，空间脑科学对当时的生理学家来说，确是一个陌生的领域。空间时代向大脑研究提出了新的课题与新的挑战；当然，也给大脑研究提供了新的机会。

二、20 年载人航天的启示

生物卫星和载人航天的 20 多年实践，包括在它的推动下而进行的大量地面模拟试验，把空间脑科学研究从臆测引到了科学试验阶段。所积累的资料表明，生物和人进入宇宙空间后由于脱离了地球重力场和受到各种宇宙因素的作用而产生一系列显著的变化。其中失重的影响占主导地位。研究初期，人们把注意力放在失重引起的血液动力等变化上，后来又强调骨骼脱钙，肌肉萎缩等现象，近年来才把神经作用放到重要的地位上。其实，从功能演化的观点来看，地球生物在对抗和适应地心引力的长期过程中，神经的控制作用，骨骼、肌肉的支持作用，血液的重分配功能等，都是一个统一的过程。它们都受到了失重的明显影响。从失重条件下的神经功能来看，它的各种变化都直接或间接地与对抗重力作用的消失有关。例如：

- 神经肌肉接头发生超微结构变化；
- 脊髓运动神经元中蛋白质浓度和核糖核酸浓度下降；
- 小脑普金野氏细胞中核酸的浓度下降；
- 大脑额叶中胆碱脂酶和硫氢基含量下降；
- 宇航员脑电 θ 波增加，睡眠脑电有变化；
- 宇航员运动协调、姿势控制和空间定向功能有本质改变；
- 宇航员中出现幻觉、情绪和意识状态变化等神经症状，有的宇航员睡眠失调；
- 三分之一以上的宇航员发生“空间适应综合症”（空间运动病）；
- 此外，还发现下丘脑垂体系统的显著变化——下丘脑视上核中核糖核酸和蛋白质浓度下降，细胞容积增大；下丘脑分泌细胞活动加强，细胞浆中分泌颗粒呈弥散状分布，下丘脑上视核神经轴突中和垂体后叶末梢中的神经分泌物含量减少。研究者认为下丘脑的这些变化可能是进入失重后的一种机体应激反应。但据失重条件下细胞研究的结果来看，单个失重细胞中也能出现蛋白质减少和容积增大等现象^[6]。因此，下丘脑的上述变化也有可能是微重力场直接作用于神经元的结果。

• 空间环境中的宇宙线重粒子可以击伤神经元。宇航员在飞行中报告了特殊的“闪光”感觉，它被认为是重粒子击中视网膜神经元的结果。研究证明，辐射效应与重力效应有复合作用。

以上资料说明，空间环境中脑功能的变化是广泛而深刻的，它在生物体各种功能变化中占有突出的地位。因而，空间脑科学的研究应该成为空间生命科学研究的重要领域。但这个认识迟迟未被国外学者所接受。以“空间适应综合症”为例，一直停留在对前庭器官外周作用的研究上，迄今未获得应有进展。航天实践证明，它与地面运动病有本质区别。地面上前庭敏感度检查结果不能预测空间病发生率。生物卫星前庭试验和天空实验室转椅试验都表明失重环境中前庭功能是正常的。看来空间病机制的研究必须另找出路。在此同时，以调整脑功能为主的生物反馈等方法对防治地面晕空病和前庭植物性反应却取得了意外的

成效。这才迫使研究者们近年来的注意力开始转向神经和大脑的整合功能。空间实验室安排了自我调整法防治空间病的试验^[7]。神经脑功能研究在空间生命科学领域中,尤其在研究空间神经适应机制和航天员空间活动效率的工作中,必定会占据越来越重要的位置。

三、航天员脑功能研究的理论和技术

我们从载人航天一开始就在苏联国家宇航医学研究部门开始有关空间脑科学的研究。当时听取了苏联宇航员吉托夫关于空间病的第一个报告,对研究空间脑功能变化和神经适应机制的重要性获得深刻印象。后来国外针对空间病的前庭研究工作做得很多。我们则更广泛地从技术方法到理论探讨进行了一系列地面模拟研究工作。有关结果已陆续部分发表^[8~19],或将进一步分专题发表,以下将重要结果扼要加以总结。

1. 重力刺激下的脑功能研究

利用大脑生物电技术,可以有效地研究重力刺激下的大脑功能变化。我们成功地记录和计算了10G重力刺激下的人脑平均诱发电位和自发脑电功谱。也测量了模拟失重——21天低动力卧床条件下的人脑生物电。诱发电位方法有很强的抗干扰能力和关联到人的高级神经功能(事件关联电位);功谱分析技术能把与最有用的大脑信息有关联的重要频段分离和提取出来。后来的工作进一步证明了这些优点,用这些技术观察到超重和“失重”可以引起相反结构的诱发电位和脑电功谱。适宜的超重刺激引起诱发电位的次反应和慢电位的兴奋性增强变化,脑电功谱上出现25周左右的(β 段)尖锐同步峰。同时,人的工作效率提高。相反,“失重”引起诱发电位的次反应和慢电位的抑制性变化,脑电出现低频段的能量优势。这些结果证明适宜的重力刺激对大脑活动有增强作用而“失重”则产生消极影响。这种“重力增强效应”对于阐明地球重力场在大脑演化中的作用是一个极其重要的线索。

2. 重力场和大脑演化

持久作用于生物体的宇宙因素必定会对生物体的演化发生影响。重力场就是这样的一种宇宙因素。生活在地球表面的生物无时无刻不处在地球重力场的持久作用下。由于研究上的困难,传统生理学大大低估了地球重力场在生物演化、包括大脑演化中的作用。我们观察到的“重力增强效应”必定在大脑长期演化中发生积极影响。

我们论证了大脑演化过程中不但存在着结构和功能上的量变,而且存在着一系列质变。虽然地球上的重力场是不变的,但是生物体主动对抗这种重力的能力,即与地心引力作斗争的能力,却不断地发展和变化着。神经系统在这一过程中起着决定性的作用。例如鱼类以平躺方式在水中游动,和用水的浮力抵销了一部分重力,这是抵抗地心引力最消极的形式,不利于神经控制功能的积极发展,所以鱼类的脑功能很不发达。后来在海洋生物登陆运动中从两栖类发展到爬虫类,失去了水对重力的缓冲作用,身体承受的重量增加了,所以强化了骨骼,生出了能够对抗重力的肌肉和腿,对神经系统的控制调节要求明显增加了。于是爬虫类出现了意义重大的大脑新皮层,它是现代人高度发达的大脑皮层的先驱。这就是大脑功能由于重力因素而引起的一次重大突变。后来哺乳类对抗地心引力的手段进一步发展了,用四条腿协调地支撑越来越重的身体,腿不断加长,离地面越来越高,经过漫长的岁月,最后完成了恩格斯所说的“从猿到人的具有决定意义的一步”,用两条腿直立地行走。直立的人在对抗地心引力的过程中对神经系统的要求更高了,整个大脑皮层的质量大为增加,具有重要意义的“多余神经元”越来越多,而且发展出发达的额部。北京猿人的大

脑额部跟类人猿相比有显著的发展,跟现代人的大脑相比则很相似。这说明,从爬行到直立,大脑功能又发生了一次重大的突变。直立姿势使双手解放出来,可以从事复杂的劳动。劳动同语言结合,最终使猿的脑髓变成了人的脑髓。

我们提出大脑演化经历的主要突变有:头部化(encephalization)、皮层化(corticalization)、侧脑化(lateralization)和额叶化(frontalization)。我们的人脑生物电研究结果,支持神经功能的突变观点。在重力刺激研究、色觉研究和记忆研究中,都观察到以生物电对抗形式表现出来的突变现象。如超重/失重反应对抗,红/绿-蓝色反应对抗,感觉/记忆波对抗,苯丙胺/五羟色胺效应对抗,以及额叶/枕叶对抗等。并认为它们可能与进化过程中从海洋到陆地,从爬行到直立等环境突变有关。

3. 两半球不对称和人脑功能额叶化原理

大脑两半球不对称现象,已引起科学家们的广泛兴趣。自然也值得在空间脑科学研究领域中认真地加以考察。

临床大量观察和实验分析证明,大脑右半球在空间分析中起着优势作用。分裂脑试验中发现右脑以并行方式工作,接受各种形式的空间形象。右半球损伤或右半球切除的半脑人中,出现一系列空间分析能力下降的症状,如空间定向障碍,空间记忆障碍,地理概念障碍,以及深度感觉、图形认识等能力的降低,包括空间书写困难、空间阅读困难、空间计算困难等。所有这些功能在空间活动中都有重要的意义。大脑右半球可以被看作是一个空间脑,在空间脑研究中必须予以重视。从这个角度出发,我们正在研究半脑人的脑功能和两半球在空间活动中的作用,作为空间脑研究的一个重要组成部分。

但是,复合的空间活动,不是一种静止的,只有空间没有时间的活动。它必须与左脑的时间序列活动结合,把空间关系在时间过程中展现出来。对进化过程的观察也证明了这一点。左右脑的整合活动,包括它在时空关系上的整合活动,需要有更高的神经结构来控制。从前述大脑演化的观点看,额叶是唯一可能的这种高级控制结构。

我们在多年工作中,观察到一系列人脑功能额叶化现象,发现了多种特殊的额叶电活动。在此基础上逐渐形成和提出了人脑功能额叶化原理,认为对于空间脑科学研究具有重要的意义。

(1) 额叶色觉电位(FCP) 这是以不同颜色刺激引起的诱发电位,其某些特征,包括它与波长的关系,在人脑额叶表现得最有规律。这种现象在需要进行色觉记忆时尤为明显。文献记载右半球切除时颜色分辨能力破坏明显,左侧半球损伤时,颜色命名能力下降。看来左右脑的这种不同能力需要额叶来加以整合。航天研究中有报道认为不同颜色对前庭植物性反应有不同的和相反的影响;大脑色觉功能的研究将在空间研究中得到应用。

(2) 额叶运动记忆电位(FMMP) 按给定程序,或改变程序进行随意运动时,可在额前区记录到运动前电位。文献上有越来越多的资料支持前额区在建立运动程序中的作用,它实现了对左右脑运动功能的高级整合。

(3) 额叶记忆关联电位(FMP) 我们对大脑记忆功能作了多年的试验,发现了明确的记忆关联电位。图形记忆以枕叶反应为主,数字记忆以额叶反应为主。说明在额叶可以实现抽象记忆,具有高级的性质。这种记忆关联电位表现出明显的个体差异,记忆效率优者与差者有相反结构的诱发波形。鉴于记忆是神经适应功能的基础,它在研究空间神经适应过程及其个体差异的工作中将会有实质性的意义。

我们尚未系统观察左右半球的记忆波不对称。初步观察表明,即使存在这种不对称,也不会象前后脑差异那样明显。额叶在记忆功能中的领先地位,将会得到越来越多的证明。

(4) 额叶脑波有序化 以空间应用中有重要意义的气功态——一种自我调整状态——为模型,研究和发现了脑波有序化的一系列规律。有人把气功态等人体特殊功能归之于右半球的活动。我们的工作则支持额叶的优势作用。气功态时,正常出现在枕叶的 α 同步峰明显地转向额叶。 α 同步峰的功率随练功历史的延长而增强。所以练功几十年的老气功师有最典型的 α 波超同步化,它以额叶为主,也可扩及全脑,使整个大脑进入有序振荡。这种意识控制下的脑波质变,给意识和脑的研究,尤其是大脑功能态的研究,提供了难得的模型。鉴于自我调整技术已投入空间应用,有必要在空间脑科学研究领域中对它进行彻底探讨。

(5) 脑波有序涨落和大脑功能态控制 用计算机大规模运算技术对每2秒脑波功谱的同步峰进行连续扫描,发现这种同步峰是以极低频(4秒~16分/周)有规律地涨落的。这种极低频与文献上记载的超慢节律非常一致。这种超慢节律只出现在额叶和下丘脑垂体系系统^[20],我们的结果有力地支持这样的设想:气功态时在意识作用下,打通了额叶——下丘脑——垂体系系统的功能联系,因而使人对内部器官的主动控制成为可能。

用上述方法获得的连续同步峰扫描结果,我们称之为脑波涨落图(EFG—electrofluctuograph)。图中的同步峰值可看作是一种序参量,它是给定瞬间进入同步状态的神经单元数量的函数。涨落现象和序参量都在宏观态的相变中具有决定意义。钱学森首先提出人体功能态概念。我们相信,我们发展的EFG技术将在大脑功能态的分析中起到关键性作用。

在功能较强的一些气功人中,我们观察到了EFG上的定向巨涨落。当被试者努力加强发功时,功谱同步峰不断重复着先是低落、而后上涨的过程。上涨到一定水平时,爆发出最大峰值,我们称之为涨落极大值。额叶涨落极大值随意识活动的增强而升高,并能进一步爆发出超常极大值,后者有逐渐达到稳定水平的趋势。脑波巨涨落可能是大脑功能态突变的表现。由极大值构成的能级图上,可以看到明显的突变现象:极大值不是连续分布,而是跃迁式的、量子化了的。我们已经获得一些资料,表明在脑波巨涨落阶段可能有超距场效应等新的功能出现。在这个过程中,大脑额叶起主导的作用。

从量变到质变的观点以及从旧结构中产生新功能的观点,是现代科学中最富有革命性的观点。这种观点充满在统计力学、耗散结构理论、协合学和突变论之中。因此我们发现的脑波涨落和突变现象,以及产生大脑新功能的迹象,将会对现代脑科学产生重大的影响。自然也会给空间脑科学研究提出全新的问题。例如:从地球—G环境进入空间零G环境的重力场突变会导致大脑功能态突变吗?空间病是由于大脑进入了某种特殊的功能态吗?额叶新功能的出现是地外高级文明的一个重大特点吗?

4. 关于地外文明

空间脑科学研究的一个重大课题是关于地外文明的探讨。我们关于大脑演化的理论、记忆学习的实验观察、以及大脑新功能的可能性等都与地外高级智慧生物的研究有关。

载人航天开始以后,地外文明搜索计划迅速地展开。从1960年的奥兹玛计划开始,各国科学家就用无线电波探测天外信号。1971年美国宇航局的“独眼”计划,化100~500亿美元建立了由1000多台无线电望远镜组成的大矩阵,用以搜索来自地外文明的信息。同时发射

先驱者10号(1972年)和11号(1977年),它们将飞出太阳系,长期漫游在深宇宙空间,企图有朝一日能给地外文明人一个关于地球人的实物信息。

所有这些计划都立足于两大论点上:①地球外有高级智慧文明存在;②地球外智慧文明能利用无线电通讯手段。这两大论点,都离不开关于人脑演化的知识。换句话说,必须深入开展有关人脑演化过程的研究,以便为当前大规模展开的地外文明搜索活动提供理论根据。

本文中论述的大脑演化原理,强调了重力因素的重要性,是对地外文明理论的一个新贡献。它说明:

1) 大脑高级功能的演化必须有一个最佳重力场。过大的重力场超过了大脑主动适应的限度;过小的重力场推动不了大脑的积极发展,因而都不能将大脑功能推向高级水平。

2) 只要存在这样的最佳重力场,配合其他因素(温度、光照等),生物体就有可能在主动对抗星球引力的过程中,不断发展其神经大脑功能,最后导致额叶化和智慧的出现。

3) 但大脑演化的历史以及它的演化速度即使在质量相近的星球上也可以是不一样的。大脑演化经历一系列突变,到了适当的时候它需要出现有利于这种突变的星球环境。所以,不能机械地用地球文明演化的时间来推算其他星球上的演化历史。

4) 科学家们认为,发展到发射飞船和无线电通讯,只是文明发展的初级阶段。大量地外文明都比我们远为先进。我们认为演化历史比我们更长的地外文明有可能出现新的脑功能。同时,也有可能出现新的宇宙通讯手段,包括生物通讯手段,所以无线电搜索方法未必是唯一的和先进的。

根据以上论点,必须对目前关于地外文明的理论预测作一些修正和限制^[24]。特别是有关人的若干项参数的估算。同时,在地外文明搜索方法上,有必要对大脑新功能和新的宇宙通讯手段作深入的研究。适当的时候,可以在飞船上进行一些科学试验。

四、空间脑科学试验

我们所建立的方法和理论,已使我们有可能和有必要在实际空间环境中进行空间脑科学试验。

(1) 航天员脑功能测量 自从Adery等进行航天员脑波测量以来,可能由于方法学上的困难,这种试验观察已停止了十多年。美国宇航局曾专门组织了关于诱发电位的会议^[25],近年来又签订了一系列关于大脑事件关联电位的地面研究合同^[17]。欧空局即将发射的空间实验室1号上将以携带式微型磁带仪连续进行航天员脑波记录,以观察空间适应过程。显然,这方面的试验工作已是一个迫切的课题。

我们的方法和理论有一系列优点,可以解决这类试验几个方面的问题:

1) 根据额叶化原理,用少量电极,最少时只用额叶一个电极,就可以有效地提取有关人脑高级功能的最有用的信息。

2) 诱发电位方法和脑波扫描方法具有很强的抗干扰能力。它们兼有可靠性和有效性,因而适于发展为先进的空间技术。

3) 可以同时对抗航员的感知功能、运动功能、记忆功能和大脑功能态进行测验。如前所述,这些功能都可能与空间神经适应过程有关,并能有效地揭露个体的差异。后者将会对空间病和其他空间适应症状的个体发生率提供预测手段。

4) 可以同时为航天员提供反馈信息和功能态训练, 以加强空间适应能力。

(2) 空间神经元试验 记忆研究在我们的前期工作中占有重要位置。本文提到的额叶记忆关联电位、视觉电位、运动前电位都与记忆因素有关。我们对记忆功能的注意还可追溯到我们在五十年代初所进行的“循环记忆法”的研究。把对记忆功能的认识与空间适应问题联系起来, 将会产生积极的结果。

我们曾根据我们对额叶记忆波的发现论证过记忆功能在空间适应中的作用。除了对航天员进行记忆和适应试验外, 还可用“小神经系统”在细胞分子水平上研究空间记忆和适应的机制, 并寻找控制它们的途径。有人用海兔神经节研究记忆学习过程获得一定成功, 观察到利用五羟色胺可以通过第二信使(CAMP)在生物电活动中反映出学习效应^[23]。我们在兔子视网膜电位试验中, 也曾观察到在五羟色胺作用下可以逐渐发展出对闪光刺激的新的特殊波峰。目前认为在细胞水平上, 失重环境可以引起能量代谢、微管运输和膜的通透性等功能的减弱。这将导致记忆功能下降, 从而影响适应过程。所以, 以海兔神经元为模型, 利用已经较为成熟的研究技术, 可以在失重条件下进行下述观察和研究:

- 1) 用膜电位测量方法观察神经膜通透性的变化和适应过程;
- 2) 用超微结构技术, 观察微管运输等变化和适应过程;
- 3) 用神经化学方法, 观察能量代谢和化学成份的变化及其适应过程;

4) 生物电反应和神经化学方法结合起来, 观察记忆过程的变化和适应过程; 同时研究对神经元记忆过程的控制技术, 和进一步探讨在记忆控制中利用空间制造神经生物材料的可能性。

- [1] 恩斯特·海克尔著, 上海外国自然科学著作编译组译, 《宇宙之谜》, 上海人民出版社(1974)
- [2] 康德著, 上海外国自然科学著作编译组译, 《宇宙发展史概论》, 上海人民出版社(1974)
- [3] Цоковски К. Г., Путь к звездам, Издательство Акад. СССР, Москва, (1961)
- [4] Can B. J. et al., *Nature*, **278** (1979) 605
- [5] Brazier A. B. (Editor), *Brain function; cortical excitability and steady potentials; relations to basic research to space biology* (1961)
- [6] Planel H. et al., "The problem of gravitational effects at the cellular level". *Report on 24th COSPAR meeting* (1982)
- [7] Cramet O. B. et al., "The first dedicated life sciences mission — spacelab. 4". *Report on 24th COSPAR meeting* (1982)
- [8] 梅磊等, 《中国生理学报》, **20**, 1 (1956) 6
- [9] 梅磊, 《苏联生理学报》, **48** (1962) 11
- [10] 梅磊, 《苏联生物物理学杂志》, **7** (1962) 218
- [11] 梅磊, 人和动物视分析器信息传递的电生理学研究。副博士答辩论文, 苏联基洛夫军事医学科学院, (1962)
- [12] 梅磊等, 《航天医学工程研究所论文集》第二集 (1980) 194
- [13] 梅磊等, 《宇航学报》, **2** (1980) 77
- [14] Mei Lei et al., *28th International congress of Aviation and space medicine, Abstracts of papers*, (1980) 61
- [15] 梅磊, 《中国人工智能第一届讨论会 论文摘要》, (1980) 1
- [16] 梅磊等, 航天员脑功能测量技术(I、II、III、IV、V), 《航天医学工程研究所技术总结》, 1980
- [17] 梅磊等, 《空间生命科学会议论文集》, (1981) 1
- [18] 梅磊等, 《自然杂志》, **9** (1981) 662
- [19] Mei Lei et al., *Adv. space Res.*, **8**, 9 (1983) 71
- [20] Ахаджазова Н. А., *Медленные электрические процессы в Головном Мозге*, 1962
- [21] 钱学森, 《自然杂志》, **4**, 7 (1981) 483
- [22] Lai D. C. et al., *Bioelectric Signal analysis and measurement*, NASA—CR—141168, 1975
- [23] Bullock T. H., Simple systems for the study of learning mechanisms, In F. O. Schmitt et al. (eds) "Neuro-science Research Sammaries", Vol. 2 (1961) 203
- [24] Russell D. A., Exponential evolution; implications for intelligent extraterrestrial life. *Report on 24th COSPAR Meeting*, 1982

中国地震预报研究的发展 及其科学途径问题

方蔚青

一次大地震在几分钟甚至几秒钟就可以造成建筑物和地面的严重破坏，给人民生命财产带来巨大损失，而且随着社会经济的进步和发展，这种破坏和损失越来越严重。地震作为一种自然现象和自然灾害，早为人们所关注。近代的地球科学研究表明，中国所处的这块地壳，承受着错综复杂的地壳应力场的作用，因而地震较多，是世界上多地震的国家之一。中国是一个文明古国，历史悠久，早在三千年前即已注意记录地震现象，历代形成传统，因而保存了十分丰富的地震史料。在这些史料中，不仅有地震灾害的内容，而且还有地震前兆和相关现象的描述。这不仅是研究中国地震的重要资料，而且对世界的地震研究也是一大贡献。但地震研究单独成为一门科学，则是在本世纪初有了观测仪器之后。

近代地震科学有两方面的任务：一是掌握地震本身形成的条件及其活动规律，实现准确的预报，达到预防的目的，以减轻或避免地震灾害；一是利用地震这一自然信息，研究地壳构造运动与地球内部结构、介质物理性质及其活动过程。这两方面的任务是紧密相关的。因而在讨论第一方面任务时，对第二方面的任务理所当然的要有所涉及。本文拟对我国地震预报工作的发展概况、存在的主要问题以及地震预报的科学研究途径、主要研究课题和当前的工作重点作一些评述。

一、中国地震预报研究发展过程

建国三十五年来，我国地震工作有了巨大发展。以邢台地震为界，我国地震科学的发展大致可分为两个阶段。第一阶段为建国初期至1965年，配合国家建设建立地震工作基础；第二阶段为1966年邢台地震之后，进入全面探索地震预报时期。

关于研究地震预报问题，在我国早在1956年国家制订《一九五六年至一九六七年科学技术发展远景规划》时就提出来了，列为第33项中心课题的内容之一。1958年，在“破除迷信，解放思想”精神鼓舞下，组成过考察队去西北地震区调查地震前兆现象。1963年傅承义教授在《科学通报》上发表了题为“有关地震预告的几个问题”的文章，从地震地质、地震活动、地震前兆三个方面论述了地震预报研究问题，指出了我国地震预报的研究非但需要，而且也极有条件的事实。但是，地震预报研究的全面探索只是在1966年河北邢台地

震之后才开始的。1966~1976年的十年中,我国境内接连发生大震,其中发生在华北和西南川滇地区的7级以上地震就有九次之多,造成近三十万人的死亡和巨大的经济损失。人民的要求,社会的需要,是把地震科学推向全面探索地震预报阶段的主要动力。党中央和国务院十分关心和重视地震工作。1966~1970年五年中,在河北邢台地震、河北河间地震、渤海地震、云南通海地震后,敬爱的周总理从地震工作的方针政策,队伍的组建到具体工作的部署等各个方面,都有一系列极其重要的指示。周总理有关地震工作的一系列讲话、指示,为地震工作的发展指出了明确的方向,提出了具体的要求,这对地震工作的发展具有决定性的作用。

1966年3月河北邢台地区发生6.8级和7.2级地震后,根据周总理的具体安排,在国家科学技术委员会的统一组织下,除中国科学院有关单位派人去现场工作外,当时的地质部、石油部、测绘总局、海洋局及有关高等院校也派出相当大的队伍赴现场及其周围开展了地震、地磁、地电、地形变、地应力、重力、地下水、动物等多种项目的观测工作和其他有关考察研究工作。震区群众也自动观测和报告他们发现的地下水、动物行为异常现象。当时在邢台地震现场工作的地震工作者观测到了小震密集-“平静”-发生大震的现象,并发现地下水的升降、有些动物行为异常以及地壳形变和地电等异常变化是大震前常出现的现象。据此,成功地预报了几次强余震。在以后的几年中,地震工作者对邢台地震进行了广泛的研究。在地震系列、前兆的物理机制、地震地质、深部构造条件等方面,都作了不少工作。可以这样说,邢台地震是我国研究比较深入的第一次大震,为我国地震预报研究打开了局面。

1967年3月,河北河间发生6.3级地震。虽然这次地震损失很小,但北京、天津受到了强烈振动,而且给人们有一种“大震北移”的感觉。根据周总理“要密切注视京津地区地震动向”的指示,各有关单位加强了京津及其周围地区的地震工作。除加强北京地区的电信有线传输地震台网,日夜监视北京及其周围地区的地震活动外,在京津及其周围地区还建立了一定数量的前兆观测台站。因而在1969年7月渤海7.4级地震前有可能取得一部分观测资料。发现在这次地震前的较长时间内,小震呈条带状分布图象,地磁和地电等有异常变化;震前一、二天,天津动物园观察到多种动物习性或行为异常,而且据调查,渤海水域不少水生动物在震前也有异常表现。渤海地震前观测到的异常特点,使地震工作者开始注意中期预报问题,并考虑地震预报的阶段划分问题。

1970年1月,云南通海发生7.7级地震。由于该地区及周围几百公里范围内没有前兆观测台站,因而未能取得震前观测资料。但据震后调查,临震前地下水位、水质,多种动物行为异常及地光现象还是很突出的,再次加深了大震前出现宏观异常的认识。通海地震具有明显的走滑断层特征,几十公里长的基岩断错现象直接出露于地表,显示了地震与活动断裂的直接关系。通海地震后,周总理指出,“地震是有前兆的,可以预测的,可以预防的,……。”“地震工作要以预防为主。”这就为地震预报工作的发展明确了指导方针。

1970年1月17日至2月9日,在北京举行了第一次全国地震工作会议。会议期间,周总理进一步阐明了“以防为主”方针的精神、内容要点和贯彻这一方针的方法;提出了要根据地震情况,按华北、西北、西南、中南四大片组建地震队伍;组织与生产、生活相结合的群众业余观测队伍;以及成立国家地震局等重要措施。第一次全国地震工作会议对我国的地震工作来说,是一次有重要历史意义的会议,它对我国地震工作的发展作出了总

体规划。周总理历次重要指示和第一次全国地震工作会议纪要在全国贯彻执行后，第一项工作就是抓组织落实。1971年8月，国务院发出正式通知，成立国家地震局。随着地震队伍的组建和各级管理机构的建立，各地区的地震工作都得到了相应的开展和加强。

1975年2月4日，辽宁海城发生7.3级地震。这次地震前有明确的预报意见，并采取了有力的防震措施，取得了良好的防震效果。华北地区自邢台地震以来，不断发生强震，而且呈现出有“北移”的倾向。对这一地区的地质构造分析，也强有力地支持了这种观点。1974年下半年，在这一地区，特别是渤海北部，发现了地震活动和地壳形变等方面突出的异常现象，因而加强了包括辽宁省在内的地震监视预报工作。在加强专业台站观测工作的同时，在宣传普及地震知识的基础上，设立了一批临时性的群众业余观测点。从11月开始，辽南地区突发性宏观异常现象多次起伏，直到1975年1月底至2月初，大量的宏观异常现象在营口、海城地区出现，特别是从2月1日开始到2月4日清晨，海城地震震中区的小震活动异常频繁，竟达五百余次，最大震级4.7级。在这样的形势下，辽宁省政府根据该省地震部门的临震预报意见，部署了辽南地区的紧急防震措施，基本上避免了人员伤亡。

海城大地震的预报是世界上成功预报强震的首例，这确实对广大地震工作者带来了极大的鼓舞，而且震动了全世界的地震界。正如国外有些学者所说，中国海城地震预报成功，给解决地震预报增强了信心，带来了希望。可以说在当时，地震预报的乐观情绪达到了顶峰，似乎地震预报就此“过关”了。但事实并不那么简单。海城地震预报成功而且取得防震效果是有其主观和客观多方面的条件的。那几年，该地区的地震工作有了很大的加强，抓紧了震情的监视工作；地震孕育发生过程的阶段性在前兆现象上表现得比较明显，特别是震前有频繁的小震活动；地方政府又及时采取了有力的预防措施。了解地震活动复杂性和这几年从事地震预报实践的人都知道，在某一地区，即使是在有大震发生条件的地区，大量异常现象，其中包括小震异常活动的出现，并不都是总会发生强震的。况且海城地震中反映出来的一系列问题还没有得到科学的解释和验证。例如，前震和一般震群如何区别，如此众多的突发性异常，哪些与这次地震有成因上的联系，突发性异常为什么多次起伏且向震中迁移，它反映了什么样的成因机制；震前出现异常的范围很大，远达500公里之外，而且分布很不均匀，这又如何解释，是否与这次地震有关等等。所以，在肯定海城地震预报成绩的同时，决不能把所有的地震预报问题简单化了。地震预报问题的解决，还待我们进行艰苦的工作。

1976年7月28日河北唐山7.8级地震，我们未能作出预报。这次地震是本世纪来损失最大的一次地震，造成24万余人的死亡，大量建筑物遭到毁坏。唐山地区地表仅有小规模断裂，新构造差异运动并不突出，历史上也未发生过强震，所以烈度区划预测为六度地区。海城地震前后，在这一地区曾观测到一些异常现象，而且在这一时期，其周围地区又发生了两次中强地震（4月6日内蒙和林格尔6.3级地震和河北大城4.4级地震），因而对如何看待这些异常，它们是与已发生的这些地震有关呢，还是预示着这一地区还有一次大震，难于判断，而只是把它们作为有5~6级地震的背景区加以注意。特别是在唐山地震前几十天至几天，没有获得震中区及其周围明显的突发性异常，更无前震。致使唐山地震未能预报出来，且造成如此大的伤亡和经济损失，对地震工作是一次大冲击。它冲刷了那种盲目乐观情绪，使人们清醒地认识到地震预报的复杂性和艰巨性。地震过程的前兆现象

特征的不同，促使人们探讨地震不同类型的判别标志。既无前震，又无突发性临震异常或突发性异常不明显的地震能否预报，如何预报。在强震接连发生的地区，前兆现象或前兆现象与震后效应互相重叠，如何判断下一次强震。唐山地震与海城地震、云南龙陵地震一样，发生在原低烈度区，根据什么样的依据和方法，才能预测该类地区将是高烈度的强震区。

唐山地震后十九天，8月16日至23日，四川北部松潘平武之间发生了两次7.2级地震。这次地震是我们从6月开始有意识部署要“抓”的大震。但由于这次地震前宏观异常在二三个月内出现三次高潮，而且异常高潮出现的地点又不断转移，因此预报的范围较大，拖的时间较长，虽然作出了较好的临震预报，但社会影响和经济损失较大。松潘地震与前几次大震一样，也给地震工作者提出了不少有待研究的课题。震前异常出现几次高潮，如何确定其最后一次，以适时作出临震预报。异常出现的范围较大，如何判定真正的发展地点等等，都是地震预报中需要解决的现实问题。

回顾这十年地震预报工作的发展过程，认真而正确地总结其经验教训，这对今后如何开展这项工作是十分有益的，是必不可少的。1966~1976年我国连续发生大地震，给人民生命财产造成巨大损失，这当然是一件坏事。但对研究地震预报来说，却是一次难得的机会。在这十年中，我们走出了具有中国特色的地震预报工作道路，其特点可以概括为以下四句话：专群结合，广泛监视；综合分析，判断震情；多路探索，寻找规律；结合实践，开展研究。根据这些做法，我们积累了资料，取得了经验，提高了对地震预报复杂性与艰巨性的认识，特别是在预报实践中提出了许许多多的科学课题。对这些课题的深入研究，将对提高地震预报水平起极大的促进作用。

地震能否预报，笔者以为历来争论不大，但着手解决这一问题却要有一定的主观和客观条件。客观条件前面已讲，那就是在十年中，我国不仅发生了邢台地震，而且接连发生强震。主观条件则是经过前十六年的努力，我国的地震工作已有相当的基础（联系国外的情况看，一些地震较多的国家，也都是在地震科学技术发展到一定水平的六十年代前后才先后提出解决地震预报问题的）。我国地震预报工作发展比较快，取得显著成绩，还有一个重要因素是我国社会主义制度的优越性。党和政府十分重视地震工作，人民群众十分关心地震工作。地震预报实践势必直接牵涉到震区许多机构和人民群众的生产与生活。我们有可能在地方党政机关的组织下，在震区同广大群众一道，开展这项科学实验活动。我国地震多，且类型不同；又有优越的社会主义制度，这可以说是我国发展地震科学，攻克地震预报难关的得天独厚条件。可惜对这些有利条件的利用，在某些方面不够理想。当然，地震预报是一项新的工作，大规模开展这项工作在我国只有十年的历史，而且在某种意义上说，是由大地震的发生推动起来的。每发生一次大震，地震工作就得到进一步的发展。在这样的发展过程中，出现这样那样的缺点和问题是在所难免的。现在来讨论这些缺点和问题，目的在于吸取经验、改进工作。

观测资料的质量问题，是地震预报研究的要害。观测资料不可靠，不仅影响当时的地震预报和科学研究的成果，而且也使进一步的研究工作缺乏基础（关于这个问题，在后面还要作详细讨论）。对地震预报的科研性质认识不足，使专业队伍发展过快，超过了实际需要，而且人员庞杂，知识结构、专业结构不合理。观测、预报、科研应该是三位一体的，但三者自成体系，影响了各自的提高，从而也就影响了整个地震预报工作。1975年前后提

出、唐山地震后完成的撤销大队建制，在全国各省、市、自治区建立地震局(办)，即使在少震区也不切实际地建立了地震机构，扩大地震工作队伍，不仅增加了行政人员，而且使科技力量更加分散。地震机构和队伍建设与别的工作一样，要从实际出发，一是地震预报属科研性质，一是要因地制宜。地震是自然现象，其活动并不以行政区划为其范围，相应的地震机构(主要是科研机构)的布局 and 人员结构等问题，还有待在科技体制改革中进一步研究解决。群测群防是我国地震工作的一大特点。实践证明，群众及时报告观测到的宏观异常现象，在临震预报中起很大作用，而防震工作则更需要群众参加。但在相当长的一段时间里，这项工作在指导思想上有偏差。我们把参加群测工作的人员当成“第二专业队伍”来建设，而且层层设立机构，这就改变了它的业余性质。群测工作只需在多震地区而且有震情时开展，但我们甚至在少震地区也要求它成为经常工作，甚至设想要把它建成“百万大军”，这既无必要，又难于坚持。群测工作的内容，主要是宣传普及地震知识，并在此基础上，组织群众观察宏观异常现象，但我们过多地去发展了那些缺乏科学依据的微观观测项目。另外，在专业队伍与群测队伍工作的结合上，也存在一些问题需要改善。总之，在群测工作上，笔者认为坚持在有震情的情况下，组织当地群众结合生产与生活，业余观察宏观现象，加强专群结合，综合判断震情的做法才是正确的。

在大震连续发生的年代里，随着地震队伍的建设，在各级地震工作机构里设立了地震分析预报室或分析预报中心。他们密切注意震情的发展，提出有大震或无大震的预报意见。他们承担了“冒风险”的工作，在地震预报中作出了贡献。他们不仅与领导一起作出了几次不同程度的预报，而且筛选和发展了预报方法，积累了预报经验，从实践中提出了大量的研究课题，并作出了有份量的科学研究成果。这些无疑对提高我国的地震预报水平起很大作用。但必须指出，在震情分析中存在着不够实事求是的问题。对待观测到的异常有时缺乏全面分析，认真地考察其造成的原因，来个“去伪存真”(这当然有一定的困难)，而是根据“时间相关”，形而上学地把地震之前的异常现象都作为“前兆”。如果地震终未发生，则这些异常现象又统统视为“干扰”。这种情况，在震情分析时有之，在大震发生后的事后总结中也有之。这样既不利于作出正确的预报意见，并且连有益的经验也难于获得。人们都承认地震预报的困难，但更希望在这里要有正确的思想方法。要实事求是地提出问题、分析问题，科学地总结经验教训，不要搞那种“自圆其说”。

对当前地震预报能力的估计是我们地震界经常讨论的问题，也是人民群众关心和需要了解的问题。而且这一估计也是确定地震预报当前处于什么阶段的依据。1975年海城地震预报成功，对预报能力曾给以过高的估计，在人们中造成地震预报已经“过关”的印象。1976年唐山地震未能预报，又在某些人中产生了悲观情绪。盲目乐观会看不到地震预报的复杂性，不仅会削弱我们长期艰苦工作的思想准备，而且还如前面所说，会导致把局部经验普遍推广，带来了地震机构和地震队伍的迅速膨胀。悲观情绪会使我们丧失信心，有碍于进行深入的、艰苦的科学研究，当然也应在克服之列。对当前地震预报的能力不能作出恰当的估计，还与一些不实事求是的做法有关。就拿地震中期预报来说，每年的地震趋势会商会几乎把可能发生地震的地区都划为近期危险区或近期可能发生地震的地区。如果地震发生了，就说我们早就有预报意见。而对更多的圈定地区没有发生强震的事实却不提了。在短期预报中，实际上目前水平也只能指出有发震的可能性，而地方领导对人民生命财产负责，立足有震，发布临震预报，部署防震工作也是理所应当的。但往往在这种情况下