

# 离子束在《人类前沿科学计划》中的作用

姚新民 李晓春 吴定国

(武汉大学 物理系)

重离子束在生物医学中有很多应用<sup>[1]</sup>，离子束解剖刀是其中之一。具有大量电荷的离子能被聚成很细很密的离子束，横截面积为1—10平方微米的离子束可用来在单个活细胞内进行手术，故称作离子束解剖刀，它为研究细胞的超微结构提供了有利条件。这个问题在《人类前沿科学计划》中摆在相当重要的地位。为了说明这个问题的重要性，有必要先扼要地介绍一下《人类前沿科学计划》，然后再介绍在此计划中有关离子束的内容。

## 一、《人类前沿科学计划》的基本点

1986年在日本政府的科学技术委员会主持下，由日本通产省和科学技术厅等有关部门召集国内著名科学家讨论后共同提出了一个称为《人类前沿科学计划》<sup>[2]</sup> (Human Frontier Science Program, 简称为HFSP) 的庞大的研究计划，并且准备用1万亿日元促其实现。国际上把它看作和美国的《星球大战计划》和欧洲的《尤里卡》(Eurica) 计划鼎足而立的三个重要规划之一，引起了普遍的重视。

这个计划的基本设想是：要解决人类在二十一世纪所面临的许多困难问题，比如能源的大量需求、环境的污染、资源的耗竭、人口的膨胀、现代科技带来的人—机紧张关系等等，单靠现有的科学成就是很不够的。解决这些问题的根本途径在于向生命学习，从这里寻找新的科技发展道路。为此必须首

先对各种重要的生物学功能进行基础研究，阐明其机理；同时指出这些研究和工程技术及实际应用的关系，并为今后的技术发展指明道路。因此这项计划是与生命科学相关的一项高科技规划。

生命现象错综复杂，许多问题还没有得到很好说明，能从中学习的内容是大量的，而且是多方面的。如何从中提炼出最重要的、关键性的问题和相应的技术，这就是日本科学家们经过多次讨论提出这样一个规划的出发点。他们不仅提出了问题，而且指出了研究的意义和目的以及近期和远期研究课题和目标。此计划包括三个方面内容：

第一是物质和能量的转换：研究生物分子间的相互识别和通讯功能；物质输送和转换功能；能量转换功能；运动功能；细胞控制功能；维持和修复功能等。

第二是信息加工：研究创造、思维功能；学习、记忆和辨识功能；控制功能；视、听、味、嗅、触等感觉和知觉功能；语言功能；神经传输网络的功能等。

第三是支撑技术：研究开发超微型操作技术，细胞培养技术，测定蛋白质空间结构的技术，生物运动功能检测技术，生物体无损计测技术，生物成分化学分析技术，生物系统动态结构测定技术，细胞超微结构测量技术及加工技术的研究。

## 二、伦敦《人类前沿科学计划》智囊会的基本点

为了使上述计划更加完善，他们广泛征

求意见, 1987年4月首先在伦敦召开了一次包括各国知名学者参加的所谓智囊会议<sup>[3]</sup>, 在会上对此计划进行了讨论和修改(还准备在1987年11月在日本再召开一次有1000人参加的更大规模、更加详细的国际讨论会, 使之进一步完善。)

伦敦智囊会议在原来HFSP的基础上, 提出了具体修改意见, 并表示强烈支持日本的设想, 同时提出了为实现本计划应采取的措施, 例如组织全球性的合作, 设立基金组织, 支持各国科学家特别是有前途的年青科学家积极参加此计划的课题研究, 主张及时组织各种讨论会和国际交流等活动。还提到必须作出新的努力以建立新的科技模式来和自然及人类社会协调一致, 并把现有科学技术加以根本的改造。

伦敦智囊会议资料有: 关于《人类前沿科学计划》的呼吁书, 《人类前沿科学计划》的意义、内容, 重要生物功能研究的当前进展和今后的焦点, 支撑性关键技术研究的当前进展以及今后的焦点。

会上还指出为了理解这些功能, 必须通过生物学、化学、物理学、工程学、医学和心理学等多学科的交叉研究。高级生物功能的阐明预计在二十一世纪之后很长一段时间内都将对社会的稳定发展起重要作用。

### 三、离子束在HFSP中的作用

尽管以上介绍很粗略, 但足以看出HFSP计划的重要意义, 它将影响每个学科, 而每个学科都应关心这个计划也是明显的。在这个计划的有关部分提到了离子束的应用, 现将有关部分作些介绍。

第一是用于生物体细胞的精细结构计测及加工技术的研究。在HFSP计划的3—8中多处提到离子束的应用。

首先, 从目的及意义看: “从原子组成和分子组成上计测细胞和细胞核等组织的精细结构, 对细胞的研究来说, 可以提供基本

的信息, 这对阐明细胞、细胞核等组织的功能也将起重要作用。如利用电子自旋共振(ESR)显微镜、靠离子束的PIXE、俄歇电子谱(AES)等物理分析手段, 很有可能检测出细胞内部的微观结构和它的时间域过程。这样就可望开发出这种技术系统。因此, 束径极小的所谓微束的形成及其对生物体有关物质的微小部分的照射技术, 伴随着离子束照射产生的特征X射线、俄歇电子、特征光等的有效的检出和图象的再构成, 已成为基本的研究课题。”

还有“利用射线、离子束照射细胞、细胞核、选择性地破坏一部分, 切断基因, 观察损伤与修复, 这有可能发展为一种细胞加工的手段。因此, 在开发上述的离子束微束照射的基础上, 还可以开发测量射线和离子束照射后微剂量分布的技术方法, 使之成为研究探测自由基和三重态动态过程的手段。因此, 可以积累关于射线和离子束照射对细胞、细胞核作用中间过程的基本数据, 为阐明辐射损伤机制作出贡献。”

其次, 从研究的内容看就更加具体:

A. 建立对生物物质的微束照射技术。

(a) 开发用现有加速器装置产生微粒子束(约 $1\mu\text{m}$ )及其对生物体相关物质微小部分的照射技术、微扫描技术及瞬时照射技术等。

(b) 扩展重粒子加速器用途的研究。

B. 生物体细胞微观结构的测定技术。

(a) 利用PIXE法、AES法分析细胞微观部分的元素及检验结构的分析技术。

(b) 进行通过离子冲击受激分子发光决定细胞及分子结构的基础研究和验证实验研究。

(c) 开发ESR显微镜, 利用它测定顺磁性物质的空间分布, 并建立分子损伤分布的影像化技术。

C. 开发射线和离子束对细胞(核)加工的基础技术。

(a) 开发射线和离子束在生物体微小空

间的能量沉积的微剂量的测定方法, 开发 TLD 显微镜……。

(b) 开发高速 ESR 显微镜, 测定由于吸收射线能量产生的自由基、三重态分子在空间和时间域的动态变化过程, 以阐明对细胞的辐射损伤机制。有关原理如图 1 所示。

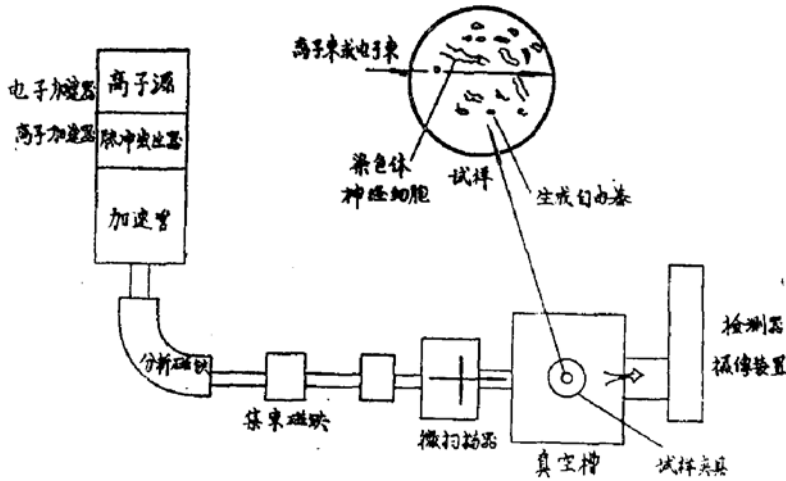


图1. 生物体细胞微观结构测量技术和细胞(核)加工的基本技术。

关于这个问题在伦敦智囊会议上也得到肯定和补充, 现摘引几段:

“从原子和分子构成的角度来测定生物细胞、细胞核等的细微结构, 相信可以为阐明生物细胞的功能提供基础, 如再结合微束技术, 则有可能了解生物细胞微细组成的原子、分子成分。辐射和离子束也可能作为对细胞动手术的手段, 用以分析、修复和部分破坏细胞、细胞核和基因。”

“在用光、电子束或离子束形成微束作为辐照技术方面, 微束的直径仍为亚微米。需进一步研究以获得纳米的分辨率, 但将现有技术推广也有可能解决分辨率问题。有关 PIXE、AES 和  $\gamma$  射线核共振的技术已完成并实际应用于异常细胞中铁离子的行为分析上。”

在对未来技术发展的焦点中谈到“重点应放在产生直径小于一个微米的微束的技术建立上, 并要能使束瞄准在特定部位。这是细胞内测量所必需的。因为束的通量有限, 故应提高分析灵敏度。……关于细胞的处理

和手术方面, 微束技术的完善应列为首位。因为它可以处理细胞和积累数据。作为微束技术的基础, 建立下列各方面的评价技术也是十分必要的; 例如对于微细分布, 自由基分布, 以及由光、电子束和离子束使能量转变并进入物质时自由基的传布等。此外, 积累关于细胞损伤机理的知识也是重要的。”

第二是用于维持和修复功能的研究。这从 HFSP 的 1—9 和伦敦智囊会议六 (遗传信息的复制及修复) 都可看出重离子束将起一定作用。因为重离子束辐射对分子、细胞、组织、器官、整体各个不同层次都会造成影响, 引起功能障碍, 影响遗传。因而对维持和修复功能研究将是有益的。

#### 四、结 语

《人类前沿科学计划》是一个影响世界各国和影响各个学科的计划, 其意义非常深远。这是一项有关生命科学的研究计划, 而离子束在其中有一定重要作用, 这就提醒我们应加强重离子束在生物医学中应用的研究, 而微束研究是首当其冲。

离子束微束是一项高技术, 难度很大。但从它的历史使命来讲, 凡有能力研究的单位, 特别是具有重离子加速器的单位应予关注, 否则我国的生命科学研究将受到影响。

#### 参考文献

- (1) 姚新民等重离子束在生物医学中的应用核物理动态, 1987, 第4卷第3期
- (2) 通商产业省, 工业技术院, ヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラムにすける研究テーマ例 1986・12
- (3) VENUE THE ROYAL SOCIETY, LONDON ORGANIZER JAPAN SCIENCE FOUNDATION, LONDON WISE MENS CONFERENCE FOR THE HUMAN FRONTIER SCIENCE PROGRAM APRIL 1, 1987