

文章编号: 1007-4627(2008)02-0161-04

中国科学院近代物理研究所重离子辐照生物研究平台*

肖国青, 宋明涛, 李文建, 刘杰, 王菊芳

(中国科学院近代物理研究所, 甘肃兰州 730000)

摘要: 介绍了中国科学院近代物理研究所和兰州重离子加速器国家实验室的重离子加速器辐照生物研究平台、重离子辐照生物研究发展规划及在现代农业和生物产业方面取得的一些最新进展。

关键词: 重离子辐照; 重离子辐照生物研究平台; 辐照诱变育种

中图分类号: TL56; Q691 **文献标识码:** A

1 引言

随着重离子加速器和探测技术等核科学技术的快速发展以及与其它学科交叉的不断拓展,特别是与生命科学技术的相互交叉,新现象和新效应不断地被揭示出来,产生了许多新的重大技术突破,如微米束及纳米束、重离子治癌和高效定向育种等,为解决人类社会相关健康、能源、农业、生态、环境、航天等重大问题提供了强有力的手段^[1]。可预测,先进加速器及其提供的离子束将为生物技术和生物产业取得重大突破创造前所未有的条件。

中国科学院近代物理研究所在“七五”期间建成了大科学工程兰州重离子研究装置(HIRFL),于1991年建立了向国内外开放的兰州重离子加速器国家实验室。自1997年开始,又陆续建成了具有国际同类装置先进水平的放射性束流装置(RIBLL)、

中能重离子水平和垂直辐照终端、320 kV 高电荷态离子高压综合研究平台、国家“九五”重大科学工程“兰州重离子冷却储存环”(CSR)水平辐照终端,可提供几十 keV 至几十 GeV 从 H 到 Xe 的离子束流。另外,由中国科学院立项的基于 HIRFL 的中能重离子聚焦微束装置也正在建造,预计 2008 年 9 月研制完成,届时将成为国内唯一能够提供中能(10—100 MeV/u)重离子微束的公共实验平台。这些装置的建立,使得中国科学院近代物理研究所具备了我国能量范围最宽、离子种类最全的离子辐照生物实验研究平台,同时中国科学院近代物理研究所也将进一步拓展离子束生物应用研究。

2 中能重离子水平和垂直辐照终端^[2]

基于 HIRFL 建成的中能重离子水平和垂直辐

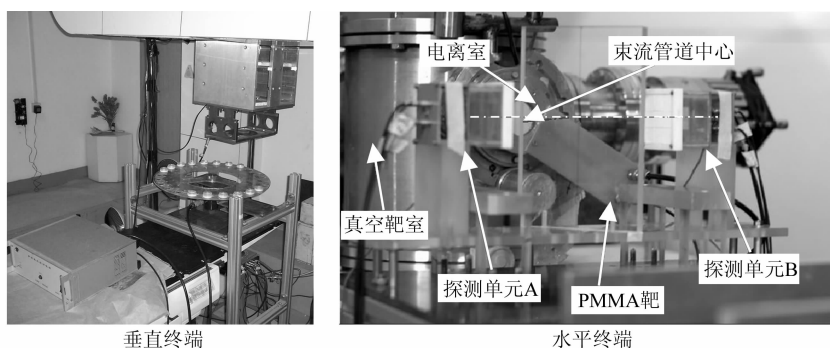


图 1 中能重离子水平和垂直辐照终端

* 收稿日期: 2008-05-29; 修改日期: 2008-06-05

* 基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(KJXC1-YW-004); 中国科学院重大科研装备研制资助项目(0713040YZ0); 国家自然科学基金重点项目(10335050)

作者简介: 肖国青(1962-), 男(汉族), 河北承德人, 研究员, 博士生导师, 从事核物理及核技术应用研究;

E-mail: xiaogq@impcas.ac.cn

照终端(如图 1 所示)都可以利用 SFC 和 SSC 提供的重离子束。两个终端均装有束流扫描磁铁和束流监测及调制系统,在辐照靶区,束流剂量分布均匀性可好于 90%,束流能量稳定性约 3%,束流在放置于空气中的生物靶中的射程可达 2 cm 左右。在这两个辐照终端上已完成了大量的生物辐照实验研究和肿瘤治疗临床试验研究。目前已完成 66 例肿瘤患者的临床辐照试验治疗,培育了许多植物新品种和新品系,为我国现代农业和生物产业的发展作出了贡献。

3 320 kV 高压高电荷态离子综合研究平台

利用置于 320 kV 高压平台上的国际上最大的永磁 ECR 离子源(见图 2)所提供的高电荷态离子束,可以开展与生物、材料、表面、团簇、原子分子作用的实验研究。该平台的离子能量可从 5q keV 至 320q keV 连续可调,非常适合开展系统的低能离子辐照生物的研究工作。320 kV 高压平台具有调束操作简便和易于改变辐照条件等优点,特别是



图 2 320 kV 高压高电荷态离子综合研究平台

能满足生物辐照实验中频繁更换靶子的需要,有利于开展大量的离子辐照生物实验研究,使得它成为离子辐照生物研究的主要装置。目前正在建立相关的离子辐照生物实验终端,计划 2008 年底建成。

4 中能重离子聚焦微束辐照终端^[3]

HIRFL 中能重离子聚焦微束辐照终端是目前国际上能量最高的微束装置($^{12}\text{C}^{6+}$ 离子的最高能量

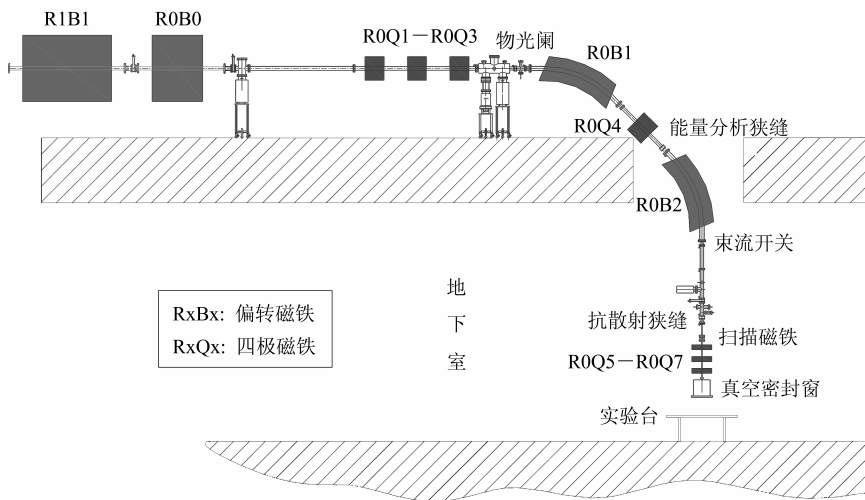


图 3 HIRFL 中能重离子聚焦微束辐照终端

100 MeV/u)(见图 3), 离子定位精度小于等于 2 μm , 最高轰击频率为 1 000 ions/s。利用微束可以定量定点地研究细胞的损伤和基因突变, 对于发展生物产业实现定向诱变具有重要意义。另外, 随着航天事业的发展, 空间高能电离辐射及微重力对生物系统的生长发育、遗传变异影响已成为重要的研究目标。美国、俄罗斯和日本等国纷纷建立了地面高能离子加速器, 用来模拟空间高能离子对各种生物材料的辐照效应。该装置正在建造之中并准备安装调试, 预计 2008 年底投入实验使用。它的建成对模拟宇航人员在空间辐照环境下的影响, 研究辐射损伤机理、辐射医学和辐射损伤防护等具有十分重要的意义。

5 CSR 高能重离子水平辐照终端^[3]

HIRFL-CSR 高能重离子水平辐照终端(见图 4)主要用于重离子治癌, 最高能量可达 1 000



图 4 HIRFL-CSR 高能重离子水平辐照终端

MeV/u($^{12}\text{C}^{+6}$)。该终端束流照射野可达 20 cm \times 20 cm, 适合于研究离子与大面积和大体积生物体的作用。在该终端可大量开展深层重离子治癌、动物实验和细胞实验, 同时也可开展模拟高能离子和中子空间环境辐射的研究。该终端已基本完成主体安装, 已在 CSR 主环上进行了多次高能重离子束流均匀慢引出试验研究和束流强度均匀性测试。预计

该终端 2008 年底可以投入使用。

6 结论

离子束作为一种先进的可精确定向定量控制的辐射源, 在生物质能源作物、粮食作物、植物及微生物育种、药物分子改性等新的交叉学科领域中发挥了重要作用。正是由于离子束辐照生物具有变异率高、变异谱宽、变异快、稳定周期短、简便易行的优点而倍受青睐。目前, 离子束微生物发酵工程已经取得了重大突破, 选育高产菌株的方法已趋成熟, 并成功应用到多种工业微生物诱变选育中, 其经济效益的前景十分诱人。另外, 采用大剂量离子注入合成药物, 通过分子损伤、进而重组、改造, 可以生成新的药物分子, 从而成为寻找新药的新途径。鉴于离子束应用于生物领域的上述优点, 中国科学院近代物理研究所基于在重离子加速器技术的优势, 多年来不断地建立和完善新的重离子辐照装置和平台, 且与国内外同领域的科学家建立了广泛的合作关系, 不仅使辐照生物效应的应用研究不断扩展, 也向更加深入的分子水平发展。

参考文献(References):

- [1] Yu Zengliang. Introduction to Ion Beam Biotechnology. Hefei: Anhui Science & Technology Publishing House, 1998, 1—3(in Chinese).
(余增亮. 离子束生物技术引论. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1998, 1—3.)
- [2] Zhu Kun, Zhang Jinguan, Tang Jingyu, *et al.* Nuclear Physics Review, 2003, **20**(3): 197(in Chinese).
(朱 昆, 张金泉, 唐靖宇等. 原子核物理评论, 2003, **20**(3): 197.)
- [3] Song Mingtao, Sheng Lian, Wang Zhiguang, *et al.* Chinese Physics, 2008, **C32**(Supp. I): 259(in Chinese).
(宋明涛, 盛丽娜, 王志光等. 中国物理, 2008, **C32**(增刊 I): 259.)

Research Facilities for Biological Effect Induced by Heavy-ion Irradiation at IMP*

XIAO Guo-qing¹⁾, SONG Ming-tao, LI Wen-jian, LIU Jie, WANG Ju-fang

(*Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China*)

Abstract: Heavy-ion accelerator facilities for the researches on biological effects induced by heavy-ion at Institute of Modern Physics(IMP), Chinese Academy of Sciences and National Laboratory of Heavy-ion Accelerator in Lanzhou(HLHIAL) are introduced. New progresses in modern agriculture and biological industry are presented.

Key words: heavy-ion irradiation; research facility for researches on biological effect induced by heavy-ion irradiation; irradiation induced breeding

* **Received date:** 29 May 2008; **Revised date:** 5 Jun. 2008

* **Foundation item:** Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (KJ CX1-YW-004); Development of Key Equipment for Research of Chinese Academy of Sciences (0713040YZ0); Major Project of National Natural Science Foundation of China(10335050)

1) E-mail: xiaogq@impcas.ac.cn