

兰州重离子加速器国家实验室(NLHIAL)的今天与明天

魏宝文

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

摘要 本文介绍了 HIRFL 的工作状况和发展, 简要报道了 NLHIAL 的科学活动, 提出了建立与 HIRFL 配套的重离子冷却储存环(CSR)的设想.

关键词 HIRFL 的运行和发展, 重离子冷却储存环(CSR).

1 引言

兰州重离子加速器(HIRFL), 如图 1 所示, 于 1988 年 12 月 12 日首次引出 50MeV/u 的 $^{12}\text{C}^{6+}$ 束流, 一个月后为物理实验供束^[1]. 从 1978 年破土动工算起, 历时 10 年. 建造周期同国外大体相当, 而其造价 1.3 亿人民币, 则远远低于国外水准. 表 1 列出了它的设计和建造周期与主要阶段. 经过约 1 年的试运行, 其

表 1 HIRFL 的设计与建造周期

SSC	
1976.11	批准
1978	破土动工
1976~1980	理论研究, 模型实验, 设计
1980~1986	加工
1987	安装, 测磁
1988	真空获得, 高频锻炼, 调束
1988.12.12	建成
SFC	
1984	关机改进
1987.5.17	出束
1992	ECR 离子源投入运行

主要束流指标达到了国际上同类加速器的先进水平(表 2), 并于 1989 年 11 月通过了国家科委组织的技术鉴定和国家计委组织的竣工验收, 正式交付使用. 再经过近两年的运行、提高和筹备, 国家计委于 1991 年 8 月 14 日批准成立兰州重离子加速器国家实验室

(NLHIAL), 迄今已一年多了. 本文叙述 NLHIAL 的现状与发展.

表 2 HIRFL 的主要束流指标

束流强度	$\sim 5 \times 10^{11}$ pps
能量分散	0.3%
发射度	$< 10 \pi$ mm. mrad

2 现状

HIRFL 共提供用于物理实验的束流时间是 4500 小时, 束流品种有 $^{12}\text{C}^{6+}$ —50MeV/u, $^{12}\text{C}^{6+}$ —75MeV/u 和 $^{16}\text{O}^{8+}$ —50MeV/u. 其中, 约 70% 的束流时间用于核物理和核化学研究, 30% 的束流时间用于原子物理、材料科学和辐射生物学研究. 除了近物所的科研人员外, 用户当中还有来自大学和其他研究所的科学家. 表 3 列出了经学术委员会审议, 已在 HIRFL 上进行过的一些主要研究课题. 这些课题的研究成果发表在 1990 年 10 月 8 日~12 日的兰州重离子物理国际讨论会文集和 1992 年 7 月 26 日~8 月 1 日的 Wiesbaden 国际核物理会议文集以及其他国内外核物理刊物上. 其中特别值得一提的是, 中能重离子核反应机制研究是中科院“七五”重大基础研究项目, 成果获 1992 年中科院自然科学一等奖. 新核素的生成与衰变机制研究课题组, 利用 HIRFL 提供的中能碳离子束流轰击熔融铅靶, 在重质量区合成了丰中子新核素 ^{208}Hg , 受到了国家科委和中科院的表彰^[2]. 该研究课题已列为中科

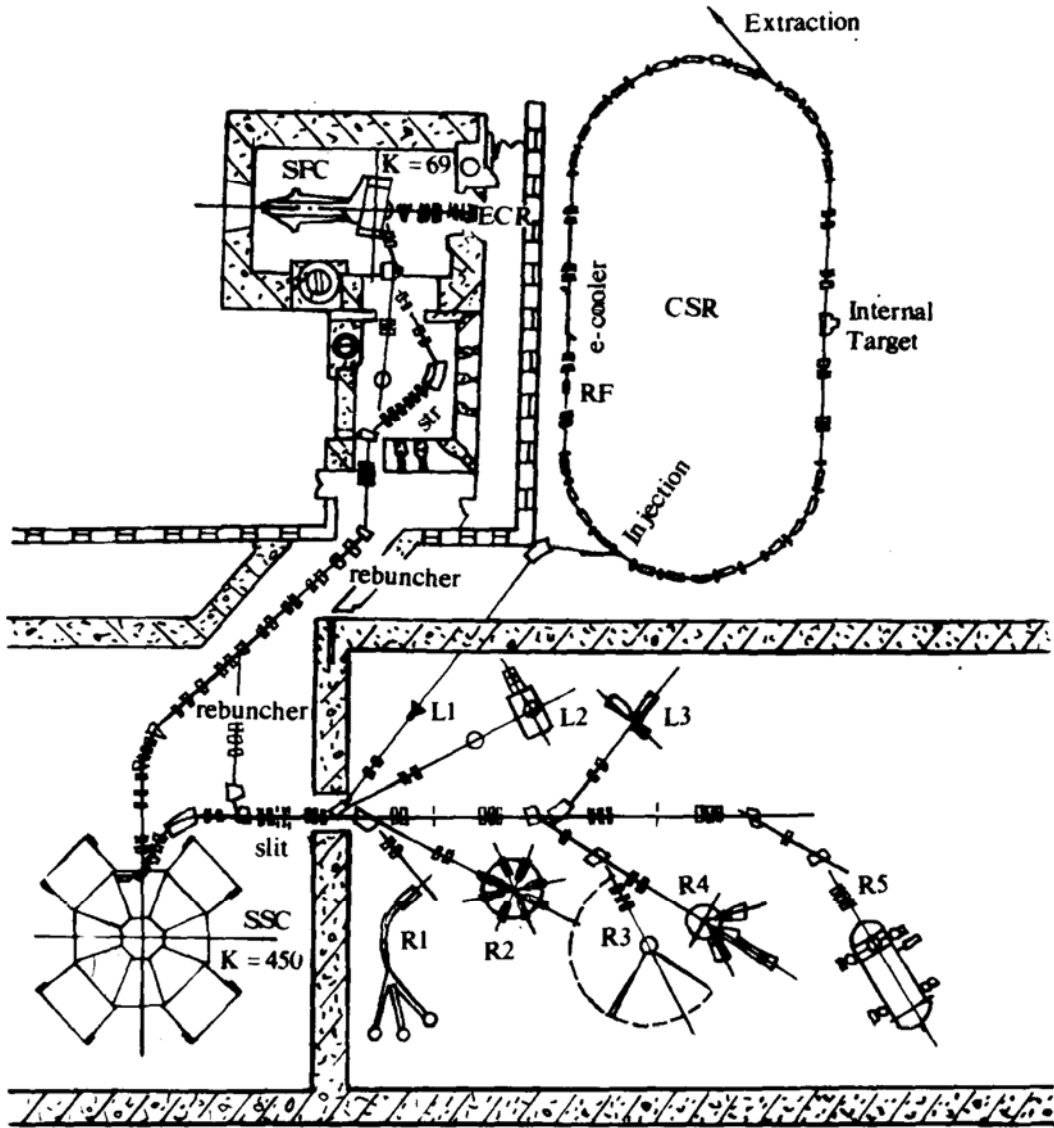


图 1 HIRFL 布局图

- | | |
|--|--|
| R1: on-line isotope separator | R2: in-beam γ -ray measuring devices |
| R3: heavy ion time-of-flight spectrometer | R4: large area position sensitive ionization chamber |
| R5: 2.8m diameter cylindrical scattering chamber | L1: fast chemical separation apparatus |
| L2: heavy ion irradiation equipment | L3: apparatus for Atomic Physics |

院“八五”重大基础研究项目,并得到了国家科委和国家基金委的大力支持。

1989年初至1991年5月这段期间,HIRFL共运行近8000小时.除了上述4500小时用于物理实验外,其余的多半时间主要用来进行终端调试和机器改进,并于1991年6月

停机安装注入器SFC的轴向注入系统——低能束流注入线和ECR离子源.同时,对SFC的一些部件和系统进行了较为彻底的改造,如主线圈及其稳流电源,引出偏转板及其稳压电源,以及真空系统和控制系统等.经过这些工作之后,注入器SFC的运行状况得到了明

显的改善,于 1992 年进行了 SFC 中心区测磁和 HIRFL 的联合调束,很快就加速出了 $^{40}\text{Ar}^{15+}$ —25MeV/u 和 $^{20}\text{Ne}^{8+}$ —25MeV/u 的束流。

HIRFL 目前已进入了运行提高的阶段,表 4 列出了现阶段可提供的束流品种,用户可以申请使用这些束流进行实验研究。

与此同时,HIRFL 将利用一部分束流时间

对机器本身和实验终端进行研究与改进. 近期拟开展的工作主要有:(1)利用 ECR 离子源产生金属离子束的研究;(2)等时场优化与束流中心化的研究;(3)控制系统与束流诊断系统的完善;(4)束流输运效率与注入引出效率的提高;(5)建造傍路束流线,在 SFC 单独运行时将其束流直接传送到实验大厅的八个终端;

表 3 已在 HIRFL 上进行过的主要研究课题

项目	类别	单位
中能重离子反应中靶碎片的放射化学研究	院七五重大项目	近物所
50MeV/u 的 ^{12}C 离子辐照铁素体 HT-9 和纯镍的实验研究	863	近物所
$^{12}\text{C} + \text{Ta(W)}$ 反应的 ISOL 实验	院八五重大项目(子项)	近物所
$^{12}\text{C} + ^{197}\text{Au}$ 反应截面测量	院八五重大项目(子项)	近物所
50MeV/u $^{12}\text{C} + ^{64}\text{Ni}$ 同位素产额的测量	国家基金	近物所
$^{12}\text{C} + ^{197}\text{Au}, ^{209}\text{Bi}$ 裂变碎片与发射离子关联测量	国家基金	北大,近物所
重离子对斜纹夜蛾病毒辐照效应研究	国家基金	中山大学
重离子对植物细胞的遗传学效应研究	国家基金	近物所 兰大,省农科院
中能重离子轰击中重靶近靶产物产额的测定	院八五重大项目(子项)	近物所
$^{12}\text{C} + \text{Hg}$ 试合成 ^{202}Pb	院八五重大项目(子项)	近物所
重核区新远离 β 稳定线核和 β 延迟中子先驱核合成	国家基金	近物所
重离子引起的非晶化研究	国家基金	南京大学
$^{12}\text{C} + ^{197}\text{Au}, ^{209}\text{Bi}, ^{159}\text{Tb}$ 核反应实验	院八五重点项目(子项)	近物所
50MeV 的 $^{12}\text{C} + 316\text{L}$ 样品辐照肿胀实验	863	近物所
$^{12}\text{C} + ^{208}\text{Pb}$ 条件实验	国家基金	近物所
18~47MeV/u $^{12}\text{C} + \text{Cu}, ^{93}\text{Nb}$ 反应中余核研究	国家基金	原子能院,近物所
固体径迹探测器对重离子 ($^{6+}\text{C}, 50\text{MeV/u}$) 的探测	国家基金	近物所
47MeV/u $^{12}\text{C} + ^{58}\text{Ni}, ^{115}\text{In}, ^{197}\text{Au}$ 重离子周边反应	院八五重大项目(子项)	近物所
在线测量 $^{185}\text{Re}(^{16}\text{O}, 6\pi)^{185}\text{Bi}$ 的 $(\text{EC} + \beta^+)$ 衰变	院八五重大项目	近物所
离子注入生物诱变机理及生物效应研究	院八五重点项目	近物所
宇航器件辐照效应研究	院重点项目	近物所,510 所

表 4 HIRFL 目前可提供的束流

束流	SFC	SSC
C(A=12,Z=6)	4.5~8.5MeV/u	50~75MeV/u
N(A=14,Z=7)	4.5~8.5MeV/u	50~75MeV/u
O(A=16,Z=8)	4.5~8.5MeV/u	50~75MeV/u
O(A=18,Z=8)	~2.3MeV/u	~25MeV/u
Ne(A=20,Z=10)	~2.3MeV/u	~25MeV/u
Ar(A=40,Z=18)	~2.3MeV/u	~25MeV/u

(6)从主厅的位置到实验厅的靶位,建造一条次级束流线;(7)在线同位素分离器上配置激光离子源;(8)健全岗位责任制,完善技安监督与连锁系统,培训运行人员,提高 HIRFL 的运行效率.

HIRFL 在这些改进的基础上,会提供更多品种,更高品质的束流和更有效的实验手段.

“八五”期间,在 HIRFL 上将开展的实验研究,在核物理方面主要有:

(1)中能重离子核反应机制与热核性质研究;(2)新核素的生成与衰变机制研究.

在非核物理方面,主要有:(1)原子物理研究;(2)材料科学研究;(3)辐射医学与辐射生物学研究.

NLHIAL 热情欢迎国内外学者在 HIRFL 上进行研究工作,并提供一切可能的方便.

3 发 展

HIRFL 现已系统地建成,为国内的重离子核物理创立了一个重要的研究基地,使国内的一些基础研究已经接近或达到世界水平.但随着现代基础科学的发展,越来越需要开展更高水平,更新领域的物理实验.在此形势下,HIRFL 所能提供的束流就满足不了这种更高的要求.从能量角度讲,HIRFL 束流现属于低中能区;从流强上讲,只在 10^{11} pps 量级;从束流品质上讲,HIRFL 束流还是未经制备的低品质束流.所以,HIRFL 必须发展.

根据 NLHIAL 未来的物理目标,现产生了

一个 HIRFL 发展的初步设想—在 HIRFL 现有系统基础上加串一个冷却贮存环(CSR).环周长 141m,布局采用具有两个较长直线节的六重对称形式(如图 1 所示).CSR 是一个既加速,又冷却贮存的多功能重离子环:可将荷质比为 1/2 的轻重粒子和荷质比为 1/3 的重粒子分别加速到 1.0GeV/u 和 500 MeV/u 左右,并相应采用 HIRFL 原有的两个回旋加速器 SFC 和 SSC 分别作注入器;此环将用多圈注入与射频堆积相结合的方法进行束流累积;并采用电子冷却技术与随机冷却技术对循环束进行冷却制备与贮存.CSR 的主要目标是为许多物理领域(如原子物理、中高能重离子核物理和天体物理等)提供高能量的且冷却贮存的重离子束,以开展高流强、高能量、高亮度、高分辨的内外靶实验.

CSR 计划实施后,HIRFL 将会是一个更完善的逐级加速器系统.它将大大增强 NLHIAL 的基础物理研究能力,拓宽基础研究领域.图 2 列出了 HIRFL 各级系统所能开展的物理工作领域:

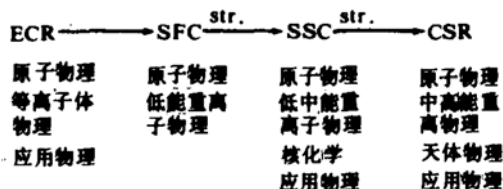


图 2

总之,HIRFL—CSR 的建造,将会为广大物理工作者以开展更新领域更高水平的物理实验提供强有力的研究手段.这样,NLHIAL 的未来当会跻身于世界先进实验室之列.

参 考 文 献

- 1 Wei Baowen, et al. Chin. Sci. Bull., 1989, 34: 1057
- 2 Zhang Li, et al. Proc. Inter. Conf. of Nuclear Physics, July 26~August 1, 1992, Wiesbaden.

Today and Tomorrow of the National Laboratory of Heavy Ion Accelerator in Lanzhou(NLHIAL)

Wei Baowen

(*Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou 730000*)

Abstract This paper reports on the current status of operation and development of the Heavy Ion Research Facility in Lanzhou (HIRFL), and introduces briefly the outline of the scientific activities in NLHIAL. In addition, a proposal concerning building a Cooler Storage Ring (CSR) for heavy ions in combination with HIRFL is presented.

Key Words operation and development of HIRFL, Cooler Storage Ring(CSR) for heavy ions.

我国新核素合成和研究又获重要成果

——近代物理研究所在世界上首次合成 ^{237}Th

中国科学院近代物理研究所“新核素合成和研究”项目组科研人员,最近成功地合成和鉴别出重丰中子新核素 ^{237}Th .这是近代物理研究所继去年合成并鉴别出 ^{208}Hg 和 ^{185}Hf 两个新核素(被评为1992年全国十大成就之一)以来,在世界上首次合成与鉴别的第三种新核素.使我国在170的重质量丰中子区新核素的合成和研究又前进了一步,跨入难度更大的“裂变区”.该项重要科研成果经反复论证,获得专家们的肯定和好评.论文已先后被《高能物理与核物理》和德国《Z. Phys. A》发表.最近在俄罗斯杜布纳举行的国际学术会议上也已作了报告.

远离 β 稳定线新核素的合成和研究是核物理学科竞争激烈的前沿领域之一. $A>170$ 的重质量丰中子区新核素的合成和研究不仅具有重要学术意义,而且具有很大的难度,合成 ^{237}Th 这样重的丰中子核尤其困难.要合成 ^{237}Th ,难点之一是生成 ^{237}Th 的核反应中,产

物核极易发生裂变,而成为中等质量的核,生成重的新核素可能性很小,其比值仅约为百万分之一,难点之二是生成的新核素寿命非常短,要在很短的时间内将微量的钍元素从大量的裂变产物中有效地分离出来并进行鉴别,分离技术面临极高的要求.

“新核素合成和研究”项目组的袁双贵和张天梅副研究员等科研人员在近代物理研究所的600 kV高压倍加器上,利用14 MeV快中子轰击三硝酸铀酰来生成 ^{237}Th .为了提高新核素的生成产额,进行了六十余轮实验,使用的靶量高达1500克.设计了快速化学分离流程,经过一年多的反复实验,终于从大量复杂的反应产物中快速而有效地分离出Th,并成功地排除了裂变产物对 ^{237}Th 的干扰.大量实验数据明确地证实了新核素 ^{237}Th 的生成,并给出其半寿命为5分钟.

(中国科学院近代物理研究所靳根明供稿)