

# 重离子加速器的现状及发展

叶峰

随着重离子物理研究的迅速发展,重离子加速器的设计与建造在世界范围内受到了极大的关注.七十年代以来,各种用于加速重离子的加速器先后建成,至今仍在不断地发展.

重离子加速器的建造是随着重离子物理研究领域的进展而不断发展的,从其能量范围来说,从 $n$ 个 MeV/核子到 $n$ 个 GeV/核子;可加速离子的种类则包括从质子到铀的全部元素的离子.加速器按能量一般分为三个能区:

低能区: 1到10 MeV,研究平均场现象和核结构;

中能区: 10到100 MeV,用于研究新的核现象;

高能区(相对论能区): 几百 MeV到几个 GeV. 希望开展核物质可压缩性及核物质新状态的研究.

目前高能重离子加速器占绝对优势的是:美国洛伦斯贝克列实验室的贝伐加速器的直线加速器.该加速器系统是由原有的超级重离子直线加速器与同步加速器串联,并加以改进提高而成的,是世界上唯一可将铀离子加速到1GeV能量的高能量离子加速器.世界各国科学家在这台加速器上已进行了许多出色的高能重离子实验研究工作,开展了材料科学、生物医学等应用研究,并用了相当多的时间开展了重离子治癌的临床治疗实验研究.

在低中能区,西德 GSI 的全粒子直线加速器和美国贝列列的超重离子直线加速器是由直线加速器改装组合而成的.而引人注目的是近六、七年内建成的七个新加速器:加拿大 Chalk River (巧克河实验室)的能量常数  $K = 520$  的超导回旋加速器;法国 GANIL 两台  $K = 400$  分离回旋加速器组合加速系统;日本理化所 RIKEN  $K = 540$  分离扇回旋加速器;美国 MSU  $K = 500$  超导回旋加速器;法国 SARA  $K = 90$  与  $K = 160$  加速组合系统;美国橡树岭实验室 25MeV 串列静电加速器和  $K = 100$  回旋加速器组合加速系统;以及英国达累斯伯里实验室 30 MeV 串列静电加速器.

一些正在建设之中的低中能重离子加速器情况如下:值得指出的是三个超导回旋加速器:美国 MSU-II ( $K = 800$ , 建成后与原  $K = 500$  串联);意大利 MILAN ( $K = 800$ , 使用 16 MeV 串列静电加速器作为注入器)和美国 TEXAS ( $K = 500$ ) 的超导回旋加速器.另外,三个使用常温磁铁的是:中国兰州 HIRFL ( $K = 450$ , 用  $K = 69$  的扇聚焦回旋加速器作为注入器),日本 OSAKA 的 RCNP (可加速质子达 400 MeV) 及苏联 DUBNA ( $K = 540$ ). 兰州 HIRFL 将于 1988 年底建成

出来.一批改进工程中,西德 VIRKSI 进展顺利.美国 Argonne 采用的型式比较少,是由 9 MeV 串列静电加速器与超导直线加速器串联.由于新型的电子回旋谐振离子源和电子束离子源取得惊人进展,使不少小型扇聚焦回旋加速器大大地提高了性能.

值得特别指出的是,不少国家正大力开拓高能区的重离子物理研究工作.如,西德 GSI 的工程是,从全粒子直线加速器引出束流,注入到重离子同步加速器,然后注入到实验贮存环.能量可以从原来的 20 MeV 提高到 1—2 GeV.同时,西欧、美国等科学家正联合努力,在西欧中方原高能加速器上,加装了电子回旋谐振离子源和高频四极透镜直线加速器,计划加速氧离子 ( $O^{8+}$ ),使之达到 60—225 GeV 能量.再进一步改善电子回旋谐振离子的性能,可加速  $Ne^{10+}$ 、 $Mg^{12+}$ 、 $Si^{14+}$ 、 $Ca^{18+}$  等离子到 60—225 GeV.这两个装置扩建成功后,必将大大地促进高能重离子物理的研究工作.

重离子加速器技术发展已有五十年历史了,现仍稳步向前发展,现值得注意的有如下几个方面:

1. 超导技术越来越多地被采用.我们可以预言,常温磁体时代必将过去,超导磁体新纪元必将到来.利用超导技术的经济效益十分明显.一般说来,产生同等弯曲功率的超导磁体所需钢材只有常温磁体的十七分之一.

2. 电子回旋谐振离子源等新型离子源迅速取得巨大进展.与传统的源相比,不但大大提高了电荷态和束流强度,也大大提高了源的稳定性和寿命,从而大大提高了加速器性能.

3. 为了全面提高重离子加速装置性能,各国科学家试图组成各种型式的组合加速,这样不但可大大提高加速能量,也可大大改善束流品质.如:回旋-回旋;直线-直线;串列静电-回旋;直线-同步加速器;串列静电-直线……,有的还加接冷却贮存环、增强器等.

4. 为了提高束流品质和能量,不少装置增建了束流冷却系统.如美国印地安那大学的六边贮存环具有同步加速和电子冷却两种功能;东京大学的重离子贮存环具有随机和电子冷却两种功能;大阪大学核物理研究中心的贮存环具有冷却、累积和加速三种功能.

5. 不少实验室的科学家正在致力发展高强度束流技术、精确的电磁场理论计算,探索一些新的加速模式和原理,如放射性模拟离子加速、超导分离轨道回旋加速器、减速回旋加速器、固定场交变梯度加速器、高频四极透镜直线加速器等.这些动向都值得密切注意.