

日本三台串列静电加速器的现状及改进

张明超

(中科院近代物理所)

摘要: 本文简要介绍了日本主要的三台串列静电加速器20UR、12UD和日本自制的5MV串列静电加速器的现状及改进提高计划。

1987年11月16—29日在日本参加第三次中日加速器及其应用讨论会时,曾参观访问了一些大学和研究所,对日本主要的三台串列静电加速器20UR、12UD及日本自制的5MV串列静电加速器的现状及改进提高计划作了一些了解,在这里简单作一介绍:

一、20UR型串列静电加速器

日本原子力研究所东海研究所分部有一台端电压为20MV的大型串列静电加速器,为折叠式结构,是从美国国家静电公司(简称NEC)购买的,1982年9月正式投入运行。目前,它是研究重离子物理的强有力工具。此外,因加速氦离子时,在高压区域可生产快中子,而恰在这个区域中子核数据不足,因此,利用这台加速器可弥补核数据之不足。

这台加速器的建筑物高45米、地上部份是八层、地下为二层。

20UR折叠式串列静电加速器主要参数:

钢筒: 直径 ϕ 8.3M 高度: 26.6M
芯柱: 直径 ϕ 2.74M 高度: 13.72M
高压大头: 直径 ϕ 3.51M 高度: 4.47M
绝缘气体: 纯SF₆气体 压力6.7kg/cm²
(abs)

充电系统: 6条输电链

分压方式: 电晕针分压

功率传动装置: 旋转轴

控制方式: 通过CAMAC系统的数字控制

靶室的束流管道数目: 十三根
加速离子的质量范围: 1—240 μ
端电压工作范围: 2.5—200MV
负离子注入能量范围: 50—350KeV
连续束的束流强度: H离子5 μ A
Cl⁻离子0.5P μ A
脉冲束的束流强度: H离子0.8mA (峰值)
1.0nS (FWHM)
I离子10P μ A(峰值)
<3.0nS(FWHM)

20UR自出束到目前已运行五年,五年中没有发生过大的故障,近几年运行状况如下。

1985年4月1日—1986年3月31日期间:
最高运行电压为17MV,在16—17MV电压范围内共开机34天,占全年总开机天数的18.3%。

1986年4月1日—1987年3月31日期间:
最高运行电压为18MV,其中:17—18MV范围共开机2天,占全年总开机天数的0.9%。16—17MV范围共开机56天,占全年总开机天数的25.5%。15—16MV范围共开机31天,占全年总开机天数的14.1%。

该所计划在20UR的后面再建造一台超导直线加速器进行组合加速,使能量增加四倍。

二、12UD型串列静电加速器

一台由美国国家静电公司生产的端电压为12MV的直立式串列静电加速器,安装在

筑波大学。它是筑波大学几个最活跃的中心之一，在物理学、化学、生物学、医学等许多领域开展着工作。

它的充电系统是输电链感应充电系统。因输电链带上去的电荷及端电压的控制都是稳定的，使能量分辨很好。该台加速器的直流束很稳定，因此宜于开展测量时间关联现象。此外，该台加速器还配有斩波—聚束系统，获得的脉冲束其脉冲宽度范围为 10^{-10} 秒—1秒，这适合于在较宽的范围内开展应用工作。

目前正在使用的负离子源有二台。一台是兰姆位移型极化离子源，它是具有自旋过滤器的极化离子源，对产生极化的负氢离子和负氘离子是较为理想的。当在靶子上的束流强度是100nA时，质子束的极化度为85%，氘束的极化度为80~85%。另外一台是溅射型负离子源，迄今为止，已对其产生的Be、C、O、F、Si、S、Cl、Ni、Cu、Br、I和Au各种负离子进行了加速，在靶子上的强度为10—500nA范围内。

加速器的主要部件都是利用计算机在控制台上进行遥控，物理人员使用的数据获取、处理、分析计算机型号是VAX11/750和VAX11/780。

这台加速器每年的平均运行时间多于3500小时，

12UD的性能参数

型式： 直立式
 充电方式： 利用输电链感应带电方式向高压电极充电
 电压： 1.20MV (Max)
 电压波动： $\pm 50V$ (在50HZ条件下)
 绝缘气体： SF_6 压力 $5kg/cm^2$
 质子能量： 6.0MeV—24.0MeV
 质子束强度： $\begin{cases} 2.5\mu A & (7.0MeV时) \\ 5.0\mu A & (15.0MeV时) \\ 3.0\mu A & (24.0MeV时) \end{cases}$
 氧束强度： $\begin{cases} 1.0\mu A & (6^+ 77MeV时) \\ 0.1\mu A & (7^+ 88MeV时) \end{cases}$

加速器钢筒： $\begin{cases} \text{高}17.9M \text{ 直径}\phi 4.83M \\ \text{体积}350M^3 \text{ 承受压力：} \\ 9kg/cm^2(MAX) \end{cases}$
 加速器重量： $\begin{cases} \text{钢筒重}85ton \text{ 芯柱重}10ton \\ SF_6 \text{ 绝缘气体重}25ton \\ \text{总重}120ton \end{cases}$
 束流分析磁铁： $\begin{cases} \text{最大场强} 19.7kG \\ \text{重量} 9.15ton \\ \text{冷却水量} 20l/min \end{cases}$
 开关磁铁： $\begin{cases} \text{束流管道：} 0^\circ, \pm 15^\circ, \pm 30^\circ, \\ \pm 45^\circ \text{ 共七根} \\ \text{重量：} 5ton \\ \text{冷却水量} 10l/min \end{cases}$
 四极透镜： $\begin{cases} \text{内孔径}\phi 50mm \text{ 空气冷却} \\ \text{重量} 300kg \end{cases}$

三、 $2 \times 5MV$ 串列静电加速器 能量提高计划

日本京都大学现有一台端电压为5MV的横式串列静电加速器，它是由日本自己建造的，它的建造工作起始于1964年，于1970年建成并正式投入运行。它主要用于研究核反应机制和核结构，也有一部分时间用于综合研究领域。

这台加速器自建成后，不断得到改进，其主要改进项目有：
 (1)1973年将一个仅能安装12个膜片的旧的剥离膜系统更换为可安装96个膜片的新的剥离膜系统，以提高在加速重离子束流时的使用寿命。
 (2)1980年用一台2000l/S的涡轮分子泵代替了原来的水银扩散泵和液氮冷阱。
 (3)用日本Bando化学工业有限公司制造的天然橡胶充电皮带代替了原来使用的由英国生产的充电皮带。
 (4)1985年将原来使用的混合绝缘气体(80% $N_2 + 20\% CO_2$ 做为绝缘气体，压力是 $16kg/cm^2$) 更换为90% $N_2 + 9\% CO_2 + 1\% SF_6$ 、压力是 $11kg/cm^2$ 的混合绝缘气体，以减少气体压力，但保持高的绝缘强度。

目前的计划是,将 $2 \times 5\text{MV}$ 串列静电加速器进行大范围的改造,拟提高电压达到 8MV ,建成一台 8UDH 输电链型串列静电加速器。该计划已于1987年由日本教育部批准,其主要提高与改进的项目是:〈1〉充电皮带由二条感应输电链所代替。〈2〉安装高梯度加速管。〈3〉芯柱进行更换。〈4〉使用纯的 SF_6 做为绝缘气体。

其具体改进与提高计划分述如下:

负离子源系统将包括有:二台可互换的离子源(SNICS,一台是用于固体材料和Al- p hatross的铯束溅射源;一台是为使惰性气体产生负离子的RF型电荷交换源); 200KV 注入器;偏转磁铁($\text{ME}/Z^2 = 35\text{amu} \cdot \text{MeV}$)及其电源等,这套系统将能够提供任何元素的负离子。

芯柱均由 1MV 的标准段组成, 1MV 的标准段都由陶瓷和钛金属交替封接的绝缘支

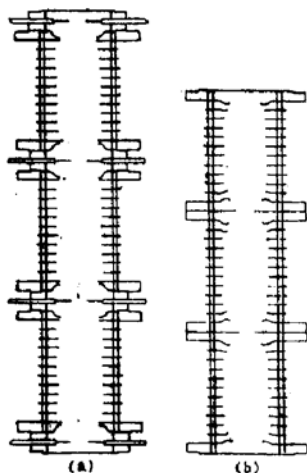


图1. 一台 8UDH 输电链型串列静电加速器的布置图。1. $4001/\text{S}$ 的离子泵; 2. 接地链驱动装置; 3. 输电链; 4. 加速管; 5. 8UDH 输电链柱; 6. Kyoto大学加速器; 7. 高压电极输电链跨轮装置; 8. 高压电极箱; 9. 吸气剂泵出的气体和箱反萃取装置; 10. 法拉弟筒; 11. X-Y控制系统; 12. 静电四极三重透镜; 13. 可移动双重光阑; 14. 闸阀; 15. 波纹管; 16. 注入磁铁($\pm 45^\circ \text{ME}/Z^2 = 35\text{amu} \cdot \text{MeV}$); 17. 滑轮分子泵; 18. 200KV 空气绝缘加速管; 19. 偏压离子源供电系统; 20. 200KV 高压箱; 21. 引出装置—八极透镜装置; 22. SNICS或Alphatross离子源。

柱、不锈钢均压环和铸铝法兰组成。每个标准段都使用四根绝缘支柱支撑。芯柱内还装有acrylic绝缘材料做成的拉力杆,该杆放置在对角线位置上(如图1所示)。其作用是承担芯柱垂直负载的主要部份。这些杆都用一根较长的弹簧拉住。因此,杆所受的变形力及承受的钢筒压力变形膨胀力均可通过弹簧加以调节,以保持杆所受的拉力基本恒定。

高压大头的直径约 1.17M ,长度约 1.83M 。内部安装有气体和固体二套剥离系统,配置气体剥离器的目的是为了在实验中提供比较宽范围的束流强度以及克服在加速重离子和很低能量的质子时所带来的剥离膜寿命限制。

加速管和芯柱将分别使用独立的电晕针分压系统,它们均为开放式结构。

使用由不锈钢棒和尼龙棒组成的短路棒系统。其作用是在较低的端电压情况下,使用短路棒可以在未被短接的几段上仍然建立起电压的高梯度,使束流聚焦性能仍可调整到良好状态。短路棒的另一个重要用途是可用用来检查加速器的故障。

输电链系统使用的圆筒直径是 31.75mm ,其总输电能力将达到 $300\mu\text{A}$ 。该输电链包括有二条相同的输电链,因此要求每条链的输电能力为 $150\mu\text{A}$ 。

准备更换为可承受高电压梯度的加速管,当加速管内通过 $20\mu\text{A}$ 的束流时,加速管需要仍可承受 8MV 的电压,现打算使用美国国家静电公司(NEC)生产的短尺寸的加速管(见图2)。

这种形式的加速管比NEC生产的旧式结构的加速管可承受更高的电压梯度并缩短了锻炼时间,该种加速管的烘烤温度可超过 200°C 。

准备建造一个大流量的干燥器系统以循环净化 SF_6 ,该系统还包括有一台散热器型的冷却器。原有的气体输送系统要进行改

下转15页