

1.5 米迴旋加速器

中国科学院近代物理研究所加速器室

本文简述了1.5米迴旋加速器实验室的布置和各系统的概况及其主要参数。

一、引 言

我所 1.5 米迴旋加速器实验室于 1958 年秋动工兴建, 1960 年完成土建结构工程并开始安装调整, 1963 年 10 月安装调整结束, 1964 年 5 月正式运转, 供科学研究使用。

这台回旋加速器的主要设备原来是由苏联供应的。但是,1960年8月正值施工紧张阶段,苏联修正主义领导集团无理地片面撕毁协议,撤走全部专家,带走大批图纸和全部调整资料,并停止供应尚未到货的器材设备,其中包括某些关键设备。全体工人和科学技术人员在党的自力更生、奋发图强的方针指引下,发挥了冲天的干劲,在全国人民的支援和各兄弟单位的帮助下,终于克服了经验不足和缺少器材设备等重重困难,完成了全部安装调试任务,使加速器安全地投入运行。

1.5 米迴旋加速器除了可供原子核物理实验应用外, 亦可利用机械化靶或其他附加设施, 制造一系列放射性同位素。按照原设计指标, 可以获得能量为 20 兆电子伏的质子, 24 兆电子伏的氘核或 48 兆电子伏的 α 粒子。至今我们加速过氢分子和氘核两种粒子, 还没有对粒子的能量做过精确的测定。根据我们调整的结果, 在频宽比为 100 时, 在终端半径处获得最大脉冲束流为 30×100 微安, 在外靶获得最大脉冲束流为 1×100 微安。当加速器连续运行时, 外靶曾调整到最大束流 26 微安。

二、平面布置的主要特点

回旋加速器实验室为一座三层楼(包括半地下室)的建筑物。外围呈矩形,建筑物总体积约为 37380 米³。主厅、实验厅、操纵室、高频机房以及供电配电、回旋加速器实验室等主要工艺房间都布置在一楼(图 1);机械真空泵房、供电机组房、蓄电池间、通风机房等辅助工艺房间

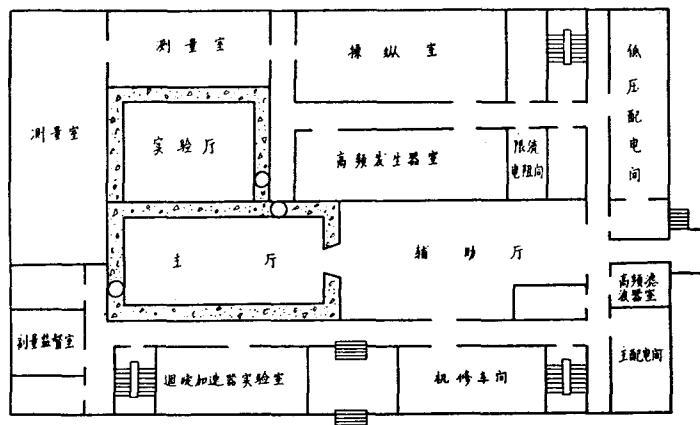


图 1 1.5 米迴旋加速器实验楼一楼平面布置图

量调整磁场或进行检修。

真空室与共振线直接用法兰连接起来,中间没有过渡的喉管。共振线由两个D型盒、圆柱形罩筒、内杆、短路片、调整装置等部件组成。罩筒用3号钢板卷焊而成,内表面覆有3毫米厚的紫铜板;内杆用圆形无缝钢管做骨架,外面包有紫铜板;两个短路片用弹簧压紧触点,使其与罩筒及内杆有可靠的电接触。移动短路片时,可以不破坏真空系统内的真空。装在真空室内的D型盒,用坚固的铝合金做骨架,上下表面包有1.5毫米厚的紫铜盖板,盖板内表面焊有紫铜冷却水管,并在不同位置装有石墨条保护屏,使水管免受束流的直接照射。D型盒的厚度为93毫米,内部有效加速空隙约有70毫米。在左D型盒内装有偏转板及切割板。在D型盒与内杆的连接处,设有可以调整D型盒上下左右位置的机构。利用共振线后部的调整装置,亦可在不破坏真空的情况下,调整D型盒在真空室内的位置。在共振线一侧或引出束方向一侧,都开有装离子源的法兰孔。因此,可根据实验工作的需要,从两个方向装进离子源和探测器。

五、加速器的谐振电路与高频系统

本加速器的谐振电路结构与中国科学院原子能研究所1.2米迴旋加速器的基本相同,由一对D型盒及共振线组成。其自然频率的粗调及细调,分别由可移动短路片及微调电容来实现。

高频机共分五级,最后一级为四只大型功率管组成的并联推挽电路。输出功率为300瓦。波长范围,按原图纸指标为36—18米,但我们在假负载上实际调整到36—19.3米左右。为克服一般大功率放大器的自激振荡,简化电路,便于调整,第三、四、五级均采用栅极接地电路,所用电子管分别为 $2 \times 6Y-10A$, $2 \times 6Y-22A$,及 $4 \times 6Y-23A$ 。它们的屏压由六只TP1-40/15型闸流管组成的三相全波整流电路供给。该整流器的栅极触发电压的相位通过一可调移相器均匀调节,故其输出电压在0—11千伏间平滑可调。本机可在他激、自激、复激三种状态下工作。我们只调整了他激状态。频率稳定度可满足0.01%的要求。

通过由调制器与同步器所组成的操作电路,高频系统可在脉冲状态下工作,也可在连续状态下工作。调制器内附有D型盒保护电路。当D型盒打火时,在脉冲及连续两种状态下,均可闭锁高频电压,但在两种状态下闭锁方式不同。在脉冲状态下,是通过瞬间切断调制器的输出来实现的,闭锁后可自动打开;在连续状态下,为了更安全可靠,是通过切断调制器输出及高频输入信号双重作用来实现的,闭锁后须手动打开。另外,高频系统与D型盒水冷、真空及防护圆门均有连锁关系,以防条件不足时加高频电压,造成人身或设备损伤事故。

六、偏转引出系统和靶室

为了把加速到终端半径的束流引出真空室,在左D型盒内设有一套偏转系统。整个偏转通道分成两段,前一段具有平行平板式的截面,张角 35° ;后一段具有双曲线型截面,张角 75° 。通道的入口宽度是7毫米,平板截面的尾端宽度为14毫米,出口宽度是18毫米,切割板的入口是用钽片做成的,并开有一个楔形的小口以增加接受束流轰击的面积。工作时偏转板和切割板都用蒸馏水冷却。

偏转板上所需要的直流负高压是用一套带有自动稳定的专用高压直流电源供给的。整流器的最大负荷为20毫安,最大的整流电压可达100千伏。但实际上由于部件耐压的限制,系统只能在85千伏以下长期工作。电压自动稳定作用是借助于一套电子管放大器和一个串联在高压回路内的调节管ГМИ-30来实现的。在外界电压变化 $\pm 10\%$ 时系统可以保证负荷电压的变化不超过0.25%,满足了对偏转板电压稳定度的要求。

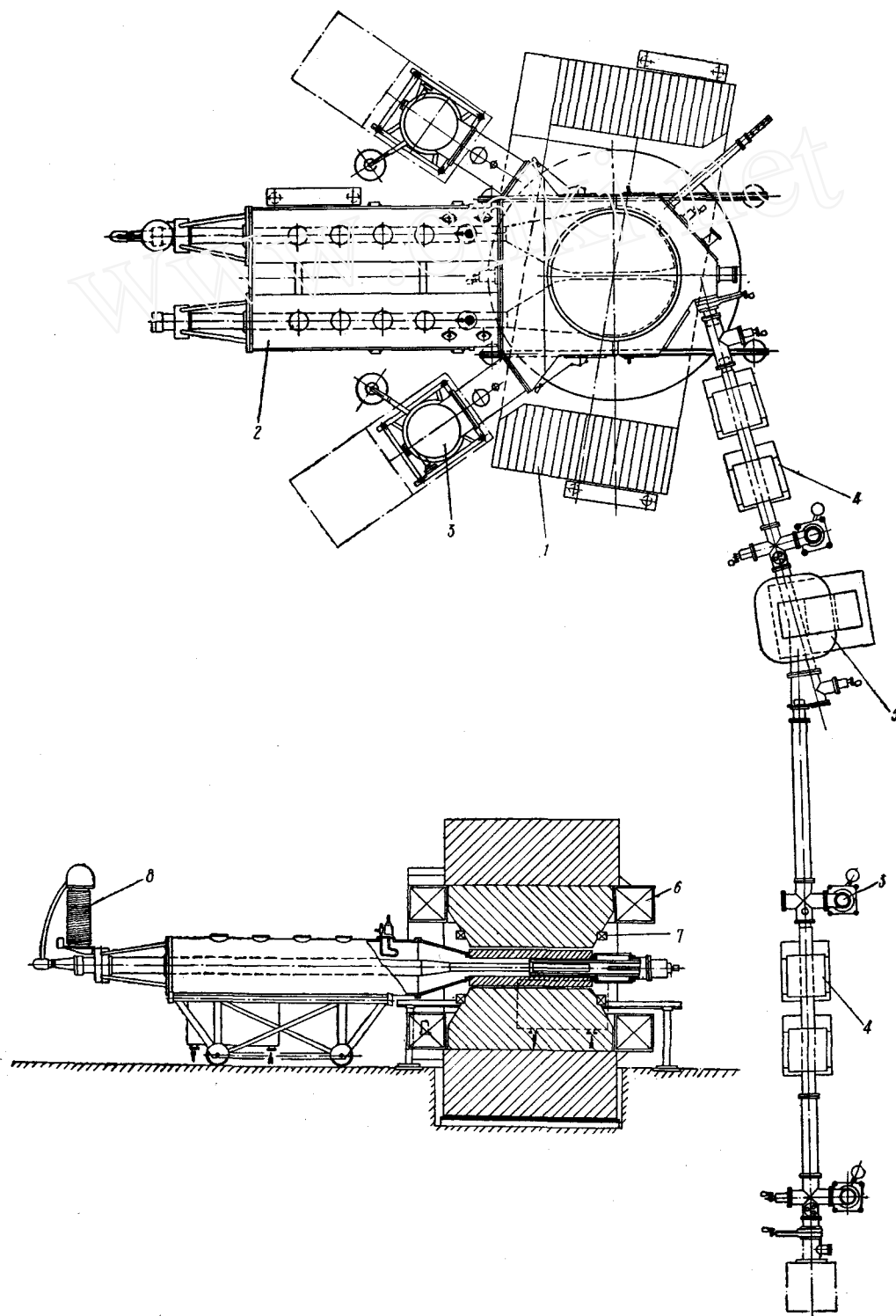


图3 1.5米迴旋加速器简图

- 1——主磁铁； 2——共振线； 3——高真空机组； 4——四极透镜； 5——偏转磁铁； 6——激磁绕组；
7——辅助绕组； 8——水扼流圈。

在引出管道上设有两组(四台)四极磁聚焦透镜和一台偏转磁铁以及准直仪等设备,它们的布置见图3。在使用磁谱仪时第二组透镜亦可以从后面搬到磁谱仪的前面去。透镜的轴线可在管道的上下左右两侧稍微移动,在垂直方向可移动 ± 20 毫米,水平方向可移动 ± 10 毫米。磁透镜绕组采用异步电动发电机组供电,和主磁铁一样也都设计有一套电流自动稳定系统。电流的稳定度要求在 $\pm 0.5\%$ 以上。偏转磁铁具有梯形的磁极面,可将引出束偏转 13° 左右,沿垂直方向可以在 ± 50 毫米的范围内调整其极面的位置。

为了进行各种不同的物理实验,在实验大厅内离子管道的终端设有外靶的靶室。和外靶相配合,还设有一个迴转台。在迴转台面上,可以摆上物理实验时所需的各种测量记录仪表。这些仪器仪表可以沿着台面平行移动,而台面本身又可以围绕靶的轴线转动。迴转的角度用一套专门的装置来指示,其精确度可达 0.1° 。整个台面可以迴转的范围是 270° 。以上操作全都是在主控室内远距离进行的。

七、离子源和探测靶

现在使用的离子源是封闭缝隙式离子源,对阴极可以“接地”、“悬空”和“接负压”,形成三种工作状态。离子源的喷口有 2×20 毫米, 2×15 毫米和 2×10 毫米三种。在D型盒的中心部分附加有触须和吸极,以便形成有利的起始电场分布,同时把加速不到终端的离子提前去掉,以减轻高频机的负荷。

弧压和对阴极电压分别由闸流管和硒整流器供给。电压都是1千伏。这些设备都不带稳定装置。离子源灯丝由粗2.25毫米的钨丝弯成。灯丝电压是由15伏600安培的硒整流器供给的,加热电流约为350安培。在正常的工作状态下,对阴极电流和弧流之比约在75%左右。

为了全面了解加速器运行期间束流的各种情况,共装置了七种靶子,在真空室内部装有能沿径向进行电测和热测总束流的1、2、3号靶,测量垂直分布的4号靶。在引出口处有测引出束水平分布的5号靶和测总引出束的6号靶。在引出管道的三个位置安装有能测量总束流及水平垂直分布的7号靶,它们的传动全部在主控室内远距离操纵。

八、机械靶

装在真空室引出束方向的两套机械靶,是用来获得人工放射性同位素的实验设备。其中一套不旋转的机械靶,靶头可以伸进两个D型盒中间的缝隙,沿着径向移动,承受不同半径的内束或引出束照射。另一套是旋转的机械靶,装在与前一套机械靶成 40° 角的方向,仅供最终半径处的束流照射。每个靶都有专门的操纵台进行操纵。机械靶操纵室与主厅之间有70厘米厚的防护墙隔开。每套机械靶都设有电动阀门、电动法兰、配水箱、移动或传动机构、真空或水冷弦线继电器、行程开关等设备。每台靶下面还埋有一根直径为325毫米的运输管子,与半地下室放射化学实验室的取靶间相通。被照射过的靶头,将通过这两根管道,最后被装进地下室的铸铁容器内。机械靶操作间与主厅有孔洞相通。两台靶可以在导轨上通过孔洞取下或装进真空室。当靶头刚取出真空室还没有进入运输管道时,为了保证操作人员的安全,两个孔洞都被电动的混凝土挡块堵住。操作人员可以通过铅玻璃观察窗监视靶的操作过程。

机械靶的操作是高度自动化的,并且设有一系列的连锁装置。例如,当需要把被照射的靶头取出真空室时,只需按一下操纵台上的按钮,即可进行一系列动作:靶头退出至真空阀门以后便自动停止移动和旋转,真空阀门自动关闭,冷却水阀门跟着也自动关闭。然后通大气的阀门自动打开三秒钟,使活门充进大气,连接着的法兰自动分开,机械靶自动与真空室分离,

沿着轨道退至运输管道的漏斗上。接着靶头自动下落,经过漏斗,进入管道内不锈钢小容器中。放化室的工作人员即可操纵手轮将被照射过的靶运到地下室去进行处理。把机械化靶装进真空室去也有一系列的自动操作过程。

九、真 空 系 统

为了维持 $1 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-6}$ 毛的工作压力,在真空室和束流引出管道上,分别安装了两台 BA-8-4 型与三台 BA-05-1 型带有液态氮冷阱的高真空机组,其总抽速为 5300 升/秒。保证高真空机组正常工作的粗抽、预抽管系,是由 $\phi 98 \times 5$ 毫米无缝钢管和无法兰连接构成的环形管路,每根长约 52 公尺,并平行安装在一起。粗抽、预抽管系在一头汇合,接入三台机械真空泵(一台国产 J-550 型和 2 台 BH-4Г 型泵。其几何抽速分别为 155 升/秒和 59 升/秒)。三台泵互为备用,可任选一台作粗抽、预抽之用。在各高真空机组与机械真空泵后,都设有电动真空阀门,以供远距离操纵和自动保护之用。

真空度的测量采用了四种类型的真空计。波登管式机械气压计和 BT-2 型热偶真空计分别用来测量真空室和粗抽、预抽管系中的低真空度。BH-3 和 BИT-1 型电离真空计只用来测量真空室内的高真空。同时,还采用了 BMB-1, BMB-2 两种型号的磁放电闭锁真空计,作为对真空、高频、高压系统进行自动监护之用。低真空系统的压力闭锁选用了弦线继电器。

* * *

杨澄中先生在本工程筹建过程中,给予了深切的关怀与热忱的指导。

本工程还得到了原子能所领导同志的有力支持与帮助,该所吴铁龙、汪达基和北京广播事业局张文胜等同志曾先后来我所进行具体技术指导,在此表示深切感谢。