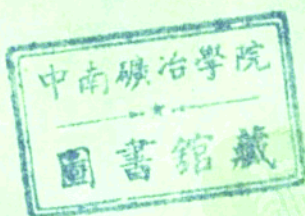


250198

第二屆和平利用原子能國際會議文獻

原子核物理学及 仪器設備

9



中国科学院原子核科学委员会編輯委员会編

科学出版社出版

目 录

P/1202	一种用于 EL_3 反应堆的中能中子的快速机械谱仪·····	(1)
P/59	使用中子倍增器靶的强流脉冲中子源的设计·····	(8)
P/2041	中子能谱仪上脉冲中子源的述评·····	(35)
P/683	气体闪烁探测器·····	(46)
P/1514	用有机闪烁探测器甄别各种粒子·····	(49)
P/1685	慢中子闪烁体方面的新动态·····	(55)
P/1465	光电倍加管和闪烁计数器·····	(58)
P/2334	杜蒙特 (Dumont) 6292 光电倍加管的特性·····	(76)
P/105	利用核乳胶分析中子能谱 (250 千电子伏至 5 兆电子伏)·····	(82)
P/478	探测热中子用的填充钍光核乳胶·····	(86)
P/700	钷-铍中子源, 它们的制造和中子产额·····	(90)
P/62	强流电子脉冲加速器的技术概况·····	(97)
P/566	由 (n, α) , (n, p) 和 (n, n') 反应产物的 γ 计数来绝对测量快中子通量·····	(107)
P/655	U^{235} 的低能中子截面及其解释·····	(112)
P/6	质子轰击 Th^{232} 、 U^{238} 和 Pu^{239} 所引起的裂变过程·····	(125)
P/1188	各种材料受快中子和慢中子辐照时发射长射程粒子的裂变的相对几率·····	(135)
P/1189	裂变碎片在钍、金、铅及矽中射程的实验测量·····	(140)
P/2040	用质谱法研究 钍 233、钍 235 和 钷 239 的裂变产物·····	(144)
P/677	比钷轻的一些元素的裂变研究·····	(148)
P/7	经强烈照射后的钷 239 所得的稀土元素裂变产物的产额·····	(156)
P/2459	弱相互作用·····	(162)
第二届和平利用原子能国际会议文献“原子核物理学及仪器设备”专题		
1—9 集总目录·····		(174)
后记·····		(封3)

一种用于 EL₂ 反应堆的中能中子的快速机械谱仪*

朱康 納太 馬坦 魯格 阿尔迪提 夏菲奥特**

一 般 特 点

薩克萊 (Saclay) 高中子通量反应堆的建造使我們打算在反应堆的水平排洩道口安装一个快速机械谱仪,用以測量中能中子区的飞行時間。

我們准备裝置一套具有高鉴别率的仪器以便尽可能利用中子通量的強度。同时,我們切望制成一套牢固的仪器,用最少的人力,它便能可靠地自动操作。

在关于仪器的初步意見中,我們弃掉了結構不均匀的,或高价而又难加工的材料所作的轉盘。我們选择了鋼作为轉盘的材料,大家知道,这种材料在 20—50 千伏的范围内吸收有困难。最終这套仪器将被一种更精致的轉盘所替代。这里备有設備以操作稀有材料的样品和放射性材料的样品(必要时)。用一个遙控裝置把样品放入射綫束內,然后送入鉛室內貯藏。

薩克萊谱仪的設計受到布魯克海文(Brookhaven)實驗室模型的启发。然而,它在很多根本性質方面与使用油渦輪的轉盘驅動机构有所不同。

电机部分的描述

1. 問題的敘述

問題根本上可总结如下:

(a) 在一个可移动和吸收中子的材料中制成一組高 20 毫米的八对楔形沟道(图 1)。沟道的入口处有一个 $\frac{1}{10}$ 毫米寬的窗子,其公差为 0.01 毫米,出口处有一个寬 7 毫米的窗,其公差为 0.05 毫米。

(b) 轉动可动部分使其周围的速率至少达到每秒 300 米(最終达到的速率为 375 米/秒)。

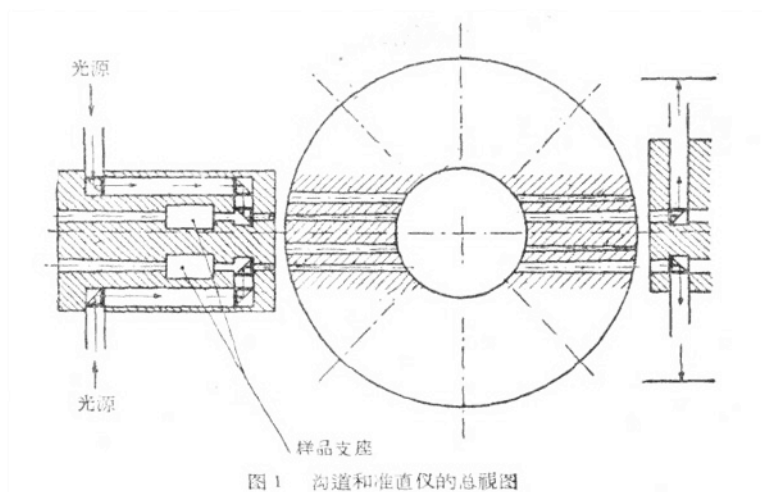
(c) 保持周围的速率在每秒 150 米和至少 300 米之間某处的 5 % 范围以內。

(d) 提供控制仪器和自动安全裝置以备能在无人管理的情况下工作三星期的時間。

(e) 保証充分长的寿命(将近 10,000 小时)。

* A Fast Mechanical Spectrometer for Intermediate Neutrons Associated with the Pile EL₂ (A/CONF. 15/P/1202, 法国, 載于 Proceedings of the Second United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, vol. 14).

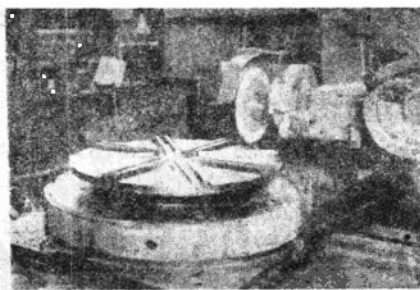
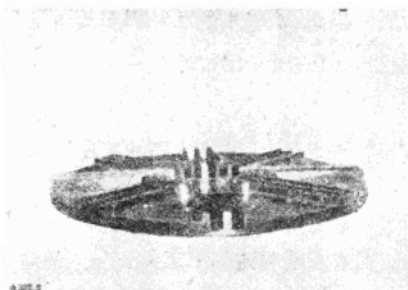
** I. Julien, F. Netter, R. Martin, P. Rouge (法国薩克萊原子能研究中心), R. Arditti, P. Chaffiotte (巴黎, 伊斯帕諾-西扎, S.E.M.).



2. 主要轉盤

吸收和周围速率两者所造成的条件都引起我們来考虑价廉和容易加工的材料；一种明显的选择是低碳鋼。很快就会表明，采用鋼甚至能提高速率极限，获得优越的工作性能。最終选定了相当于法国标准牌号 30 NCD 16 的鋼，其成分为（%）： $C = 0.3$ ， $Mn = 0.45$ ， $Si = 0.20$ ， $Ni = 3$ ， $Cr = 1.25$ ， $Mo = 0.5$ 。处在 105—120 千克/毫米²时，它表现出弹性极限为 90 千克/毫米²和大于 10% 的延伸率。

为了获得沟道尺寸所要求的精密度，采用了一对輔助盘，如图 2 和图 3 所示。图 3 种表示出对准沟壁的最后操作；正象用来得到精密分度的设备一样，若沒有沟壁的话，沟道宽度的公差便不能达到。



沟道是两部分之間仅有的允許空間，因此两个接触面必須仔細地接合。这个条件要求，在沟道之間有重結構，这就造成对轉动速率的实际限制。

用螺釘把两个盘連接起来，保証緊貼和严密的接合。这个装置形成重 95 千克和外径等于 480 毫米的轉盘。在最大安全速率 16,500 周次/分钟（周围速率为 412 米/秒）时，盘心的最大力比 40 千克/毫米²略小一些，在最大的可用操作速率 15,000 周次/分钟（周围

速率为 375 米/秒) 时, 两个盘的弹性引伸为 0.26 毫米直径; 为了保证严格的各向同性的形变, 盘的铸造操作过程是十分小心的。

3. 轉盤的懸掛

当要使自由物体以每分钟 15,000 周次轉动时, 一般把轉軸置于垂直位置, 并采用超临界的操作方法, 这样就只能达到近似的平衡。靠近入口固定片处需要复杂的用以变化至每一临界速率的牵引系統。倾向于选择足够大的轉軸以保证操作总是亚临界的, 結果約在 1 克/厘米达到动力平衡。滾輪为高速类型的, 具有深窝, 从外面在較低的滾輪的中心安装一个青銅套, 用作支肩。

滾輪的长寿命一方面由它們的尺寸来保证, 另一方面由一有效的冷却系統来保证, 这个冷却系統是用循环潤滑油来工作的。

4. 驅 动

为了节约驅动功率习惯上是在稀薄空气中开动机械轉盘的, 首先用佛丁格尔 (Fottin-ger) 的经验公式确定轉动盘的摩擦力:

$$W = k\rho n^3 D^5 (1 + 10b/D) \text{ M. K. S. 单位.}$$

其中 ρ = 空气的比重, 千克/米³;

n = 角速率, 周次/分钟;

D = 盘的直径, 米;

b = 盘边缘的宽度, 米;

k = 形式为 $k_0[1 + 1.4S/D - 0.01]$ 的系数。

其中 $k_0 = 3 \times 10^{-7}/(\text{Re})^{1/2}$; S = 盘和套之间的空间间隔; $\text{Re} = nD^2/\nu$, 雷诺尔数。

这个公式给出轉盘的功率为:

20 千瓦, 在大气压的空气中; 4.5 千瓦, 在 0.1 大气压的空气中; 0.8 千瓦, 在 0.01 大气压的空气中。

滾輪所需功率已求得为 0.40 千瓦, 在低压下实验中所观察到的两者之和略高, 其误差乃由于轴承漏油的损耗, 这些损耗是难以计算的。

把马达放在空腔中, 这样便使轉动接头的問題得到解决。马达在真空中操作得特别好; 这也因为有一个直接联接在主軸上部的高压油涡轮机 (图 4)。

马达油和潤滑油之不同仅在于压力方面, 功率綫路和潤滑綫路有許多普通的元件如图 5 所示。这些元件用的油跟水力自动传输所用的油相同, 其粘滞系数在 50℃ 时为 3.5 恩格列尔度 (Engler),

用涡轮机可节省一些功率 (图 6)。因为不求高于数毫米 (汞柱) 的真空, 可以使用一个坚固的普通工业用类型的輔助真空抽泵。蒸

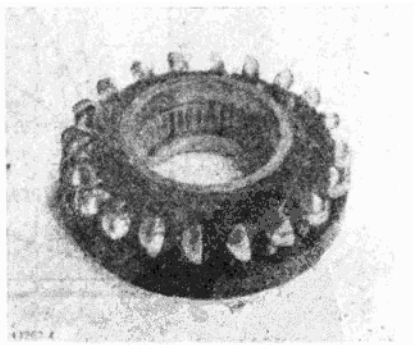


图 4 水力高压涡轮机

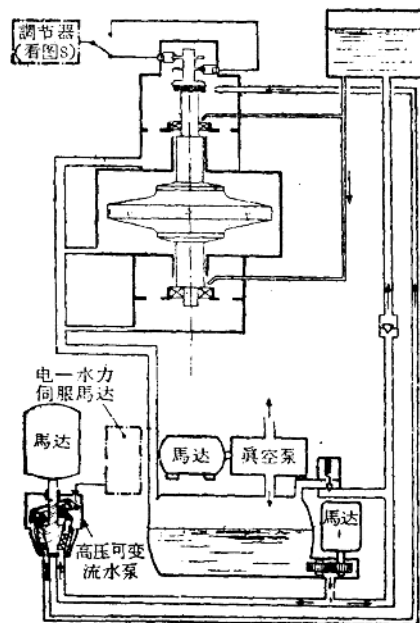


图 5 流体线路

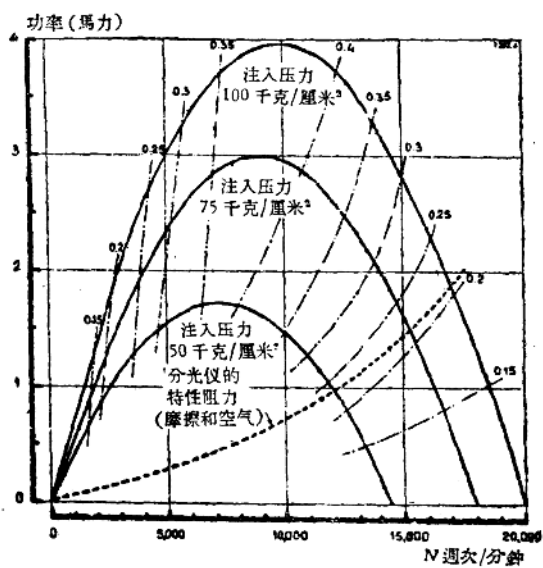


图 6 水力涡轮机的特性

齒所損耗的油量可以忽略不計。

5. 速 率 控 制

轉動軸除了帶有盤、渦輪機和滾輪之外還帶有兩個隔板(圖 7), 這兩個隔板在电磁拾波器中感應出兩個比例于角速度的頻率量程。用同極交流發電機代替舊式的旋速計直流發電機, 後者的性質在真空中是有問題的。用一種特殊的滤波系統把由發電機放出的交流電整流為直流誤差電壓, 它呈現在電阻 R_c 的兩端(圖 8)。它是頻率和輸入電位計標度的單值函數, 并由它確定所需速度的數值。

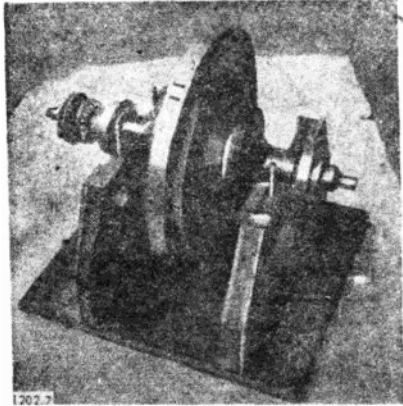


圖 7 完全裝配起來的轉盤和它的兩個半軸; 渦輪機和有磁拾波器的兩個隔板

圖 8 也表示出終止于一個電力水壓伺服機的調節系統的略圖。這個伺服機控制着高壓泵的活塞運動。這樣後者只需供給恰好足夠的動力來推動轉盤(把壓強估計在內); 很明顯, 這種情況有利于機器的壽命。“動力/慣性”比的很小數值要求一個頗為複雜的矯正系統, 這種系統是以一種類似于伺服馬達及其調節器的電機設備為基礎的。

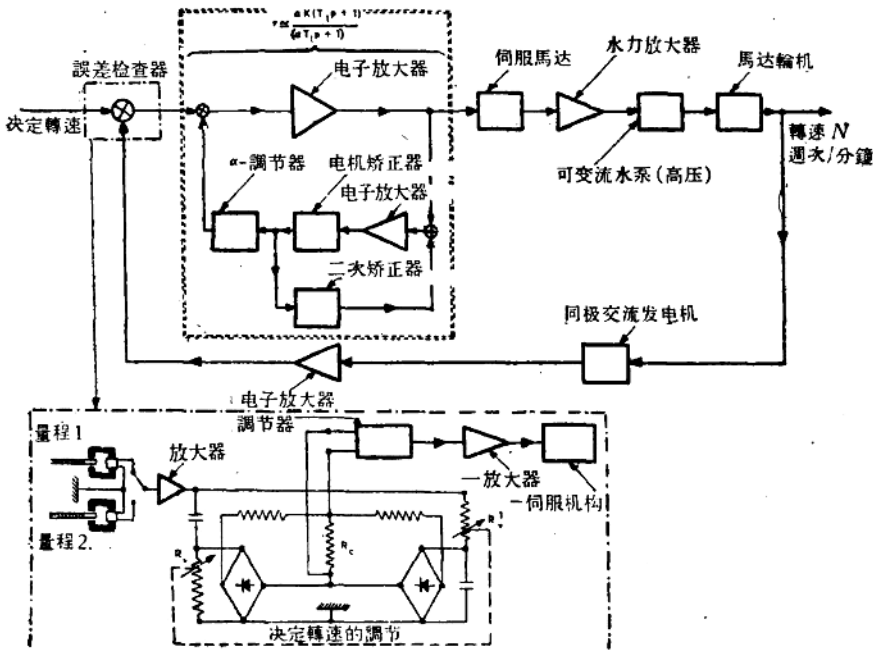


圖 8 調節器的簡略的方框圖

6. 安装样品的设备

对于校准直仪和样品支座的固定片(图9)可以有两个位置,它们是用远距离机械方法控制的,其中有一个位置与移动放射性样品的铅块相联,它是作装卸用的;另一位置,靠近转动盘,从这里进行透射测量(Transmission measurement)。当然,从样品支座过渡到铅块是用机械方法远距离操纵的(图10表出转盘的外形、铅块和前面的机械控制)。

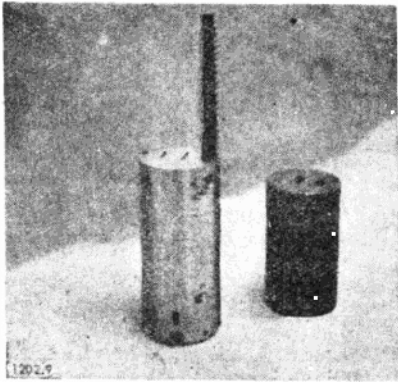


图9 固定的进口准直仪

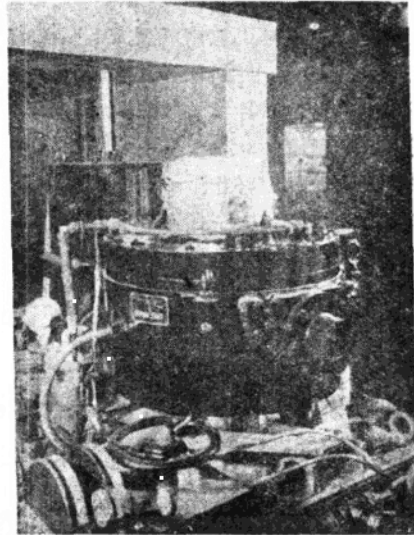


图10 主外壳和样品支座的铅室

在这个设计过程中最困难问题之一就是固定细缝和转盘沟道的校准。用光学系统和单色光来检查这个调节工作;测得的有效校准误差小于0.02毫米。这就是说,入口和出口准直仪细缝的公共对称面和转盘沟道中心对称面的距离只有0.016毫米。

已经使每一沟道距它所应该平行的转盘直径的距离相等,其值误差在-0.020和0.014毫米之间,这就保证了所有沟道都几乎有严格相同的渗透性。

最后,入口细缝对转盘沟道的周围距离的变化小于 ± 0.015 毫米,这就意味着 10^{-5} 的精确度。沟道平均表面(mean surface)的情况测定到 $\frac{1}{10}$ 微米。

7. 自动化及安全措施

一个自动控制网保证了无管理操作的可能性。有两种安全警报。一种包括可听和可见的警报,即库内油水位的降低和真空泵中的冷却流体的短少;倘若事故的因素得到矫正的话,这不会停止反应堆的工作。另一种是绝对警报,即它停止谱仪的工作,并发出亮而有声的信号。这种警报包括油压降落,油过热,转动太快和真空度下降。

发出一个简单警报或停住仪器的原因由发光板上的灯光表示出来,这个板是一个大大加速修理谱仪的系统。

最后,在普通电流不足的情形下,油库保证在一小时减速的时间内滑润轴承。

8. 儀器的裝置

图 11 表出这个仪器和附件如何安装在两个可动的台架上, 其中一个台架支承真空泵, 而另一个支承谱仪、其负荷仪器和用以滑調和开动馬达与安全设备的附件。机械控制集中在一个塔上; 电动控制、速率調节器和控制中心则集中在一个远距离的控制室中(約在 25 米以外)。

9. 使用的准备

仪器曾受过一般的性能测试以检查自动控制的作用如何。还經受了为期 24 小时轉速 15,000 周次/分鐘的仿真使用的試驗。

在試驗的当晚, 当地方供电綫路使用很少时, 速度变化不超过平均值 ± 10 周次/分鐘 (0.06% 的精确度)。最大的变化是由于綫路电压的变动, 和中心放射性的恢复一致。这个变化到达 ± 30 周次/分鐘, 仍小于 0.2%。

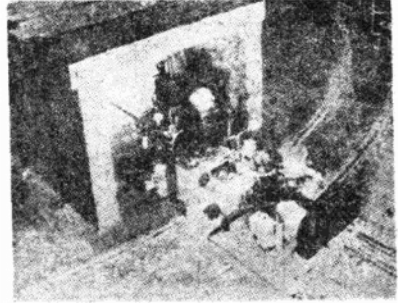


图 11 谱仪及附件的总装配

图 12 总结了試驗所揭示的仪器的动态工作性能。

10. 性能

仪器的使用清楚地証实了性能测试时所指出的工作适应性与可靠性。

这个仪器是和一个具有 $\frac{1}{4}$ 微秒鉴别率的 100 道电子飞行时间选择器联合使用的 [这个选择器是延迟綫式的 (delay line type), 由原子能委员会 (CEA) 的电子学科使用]。计划到 1958 夏季給它增加一个 1000 道磁记忆电子选择器。这种希曼式仪器 (Schmann type) 是由技术交流学会 (Société Intertechnique) 制造的。

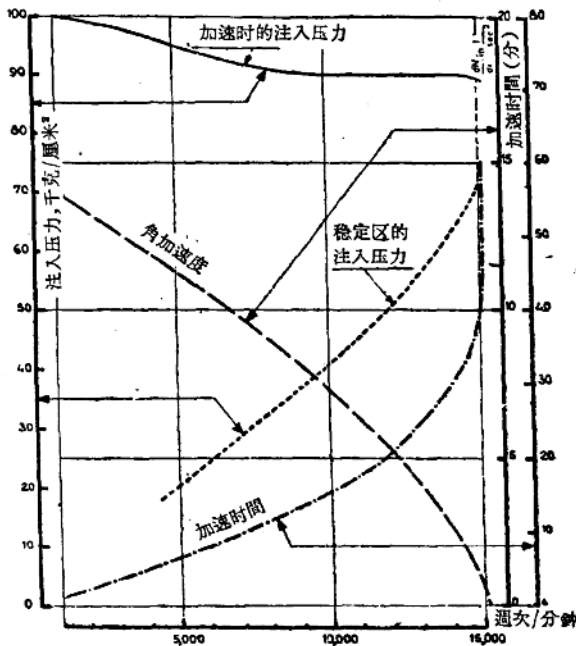


图 12 谱仪的动态操作特性

(譯自: Proceedings of the Second United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy. vol. 14)

使用中子倍增器靶的强流脉冲中子源的设计*

波利 韋布林**

引 言

所考慮的實驗類型

(1) 本文述及用飞行時間法測定中子能量的中子物理實驗中所用脉冲中子源的結構。在這方面,本文包括了哈威爾(Harwell)1955年後的工作。在以前的“和平利用”會議上敘述了1955年和1955年前不久期間內的情況^[1]。

(2) 所涉及的實驗可分為兩個主要方面:確定反應截面隨入射中子能量的變化;研究在次臨界狀態的裂變裝置中的中子能譜。截面測定的工作可再進一步分為全截面的研究(常用衰減法測定)和分截面的測定(用“正”的實驗方法,例如散射中子的產額,裂變中子的產額,或俘獲時的 γ 射線的產額)。

很多作者都已經闡述了以前的多方面的結果,因而在這里作者並不企圖給出完備的書目。在文獻[2]中介紹了利用以前 AERE*** 加速器所得的典型結果。在過去五年中,曾在“共振區”^[3]的實驗結果分析技術上作了很大的努力。當能量測定的分辨率較低時,這方面的努力是完全必需的,而分辨率主要是決定於所得脉冲(和“閥”)的寬度以及由源所得的瞬時中子產額。下一節中,將介紹進行這類工作對所用的脉冲源的主要要求。

(3) 用此種技術進行中子能譜工作時其局限性主要是由平均強度所引起的,因為它對脉冲寬度的要求不是很嚴格的^[4]。

中子源的要求

(4) 在所有類型的飛行時間法中,中子能量由時間和長度的測量而得到。測量的好壞可以由能量分辨率 $\frac{\Delta E}{E}$ 來表示,它很接近地可由下式得出

$$\frac{\Delta E}{E} = 2 \left(\frac{\Delta t}{t} + \frac{\Delta x}{x} \right)$$

此處 t 是經過距離 x 所需的時間。在測量 t 和 x 中的誤差 Δt 和 Δx 各為在源和探測器處的誤差之和(例如 $\Delta t = \Delta t_s + \Delta t_D$)。

* The Design of a High-Intensity Pulsed Source Using a Neutron Booster Target (A/CONF. 15/P/59, 英國,載于 Proceedings of the Second United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, vol. 14).

** M. J. Poole, E. R. Wiblin (英國原子能管理局,哈威爾原子能研究中心).

*** AERE——原子能研究中心,下同——編者注。

(5) 同时,設源的瞬时强度为 n 中子/秒,重复率为 f , 脉冲持续时间为 Δt_s , 定的时间道(道宽 Δt_D)内,离源 x 处的计数率 C 由下式给出

$$C \propto \frac{f \cdot n \cdot \Delta t_s \cdot \Delta t_D}{x^3}$$

(此处假定探测器对源所张的 4π 立体角很小).

(6) 由于 f 实际上是有限制的,很明显的,就希望有大的 n 和 x , 同时希望 Δt_s 和 Δt_D 较小. 然而如果必须在一个有限时间内得到统计上可靠的知識时,与探测器的自然本底相比較, C 必须保持足够地大. 所以,为改进分辨率我們宁愿用小的 Δt_s 和 Δt_D , 而不用大的 x 值. 不管怎样,如果 n 的值愈高,則 x 值将可用得愈大,特别是因为 Δt_s 和 Δt_D 通常由于加速器和电子技术而有所限制.

(7) 自 1949 年^[2]以来所介绍的 AERE 工作中,中子是用 (γ, n) 反应产生的. 由于大多数中子探测器对 γ 射线也是灵敏的,所以在脉冲期间内, γ 射线与中子的相对强度是一个重要的参数. 任何中子源的设计只要能增加探测器处中子对 γ 射线的比例,都是有益的(参阅(34)至(38)).

(8) 为了观察热栅格系统内的平衡能谱,数量级为几百微秒^[5]的时间道 Δt_D 是必要的. 同样地,在理想情况下测量也希望使用一个相同数量级脉冲宽度的中子源. 这对于现有的加速器来说是做不到的,但是使用能够达到的最大脉冲(几微秒数量级),也还是有价值的,至于截面工作则当持续时间数量级更小时(~ 0.2 微秒)则更为有利.

(9) 在 1955 年已建成的飞行时间装置中利用了每秒 10^{13} — 10^{15} 范围的瞬时中子输出(即 n), 脉冲宽度在 0.1 到 2 微秒间,计数閘的宽度为 0.1 到 2 微秒. 有些早期的工作是利用哥伦比亚大学的同步加速器进行的,它的 $n > 10^{17}$, 脉冲宽度(Δt_s)是 ~ 0.05 微秒. 本文介绍的工作中 n 可达到 10^{18} , 利用了强流直线加速器和倍增裂变靶. 后者具有两个好处: 中子的倍增和散射 X 射线的减少. 散射 X 射线的减少是因为倍增器本身对 X 射线有很好的自屏蔽(1000:1). 下面将要看到,在设计实际使用的倍增器时,使它的特性满足 ~ 10 左右的倍增率和 $\sim \frac{1}{4}$ 微秒左右的有效源脉冲(Δt_s).

其 他 設 备

(10) 在 AERE 的脉冲中子源工作有一个主要特点,即可允许同时进行很多实验. 于是,就需要有与之相适应的“閘”系统. 需要一系列便宜且性能可靠的相似单元,而摆动真空管驱动的矩阵式“时间选择器”可以满足这个要求,只要标准的最小閘宽度(Δt_D)选择为 $1/4$ 微秒. 同时,根据相同的基本设计而加以改良的閘单元也可以满足中子能谱的需要,只要时间标度加以改变,使閘具有 100—400 微秒的持续时间即可. 为了允许两种类型的各种实验能独立进行,建立了一个庞大的中心时间系统.

其他的脉冲中子源

(11) 利用电子感应加速器、迴旋加速器和同步迴旋加速器已获得很成功的脉冲中子源,于是就会問:为什么 AERE 的中子源都是利用直线加速器呢? 答案是很明显的,如果装置整个时间都用来进行脉冲飞行时间法工作的話,則选择的余地就很少了. 对于同步迴旋加速器来说如果这样安排工作,将是非常浪费和不经济的(例如在哥伦比亚,只有很

少一部分时间是进行这方面工作的)。一般情况下,这类加速器的脉冲重复率与目前电子直线加速器技术所达到的每秒 500—750 次的重复率相比要低一些。而且,当要安排多路系统时,直线型也是有利的。

与转叶选速器的比较

(12) 与强流反应堆联合运用的新式转叶选速器,其脉冲宽度、阔宽度和强度(控制路程长度的)等的基本特性与现在的脉冲中子源都是很相似的。然而,每个转叶选速器只有一条飞行路程,所以不能同时进行几个实验,同时还会有反应堆所产生的 γ 射线连续本底通过转叶选速器。这样就使得中子俘获 γ 辐射工作(包括一些探测器在内)很难进行。而且,大多数转叶选速器还需要有宽广的发散中子束,除全截面工作外,这对所有工作都是不利的。

(13) 一般地对于小样品来说,到 1955 年为止的脉冲中子源的效率是不如最好的转叶选速器的。然而这种情况正在改变。甚至即使在这一方面, n 能达 10^{17} — 10^{18} 的脉冲中子源也可与现有的反应堆和转叶选速器的设计相比拟。

加速器的选择与设计

加速器的参数——能量、流强和脉冲重复频率

(14) 每一电子在钨和铀等重金属中产生的中子数在理论上或实验上^[6,7]已进行了研究。

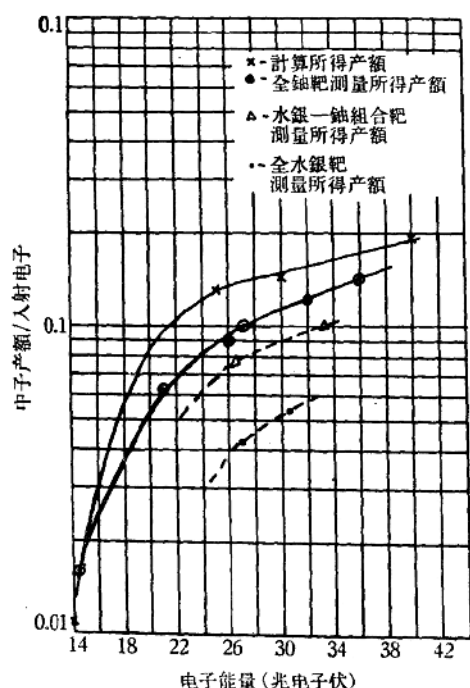


图1 电子轰击铀和水银时所得的中子产额

如图 1 所示产额在 14—22 兆电子伏范围内几乎是按指数曲线上升,但在这以后上升就慢多了。因此,很明显需要利用能量至少为 22 兆电子伏的电子,但是当超过这一极小值后,就需要考虑到所采用技术的费用和困难。当然,在流强方面应该采用可能得到的最强的束流峰值。脉冲重复频率就不那么简单,在两个脉冲间高能和低能的中子飞行时间上的重叠限制了重复频率的增加。这个限制取决于中子所包含的能量范围和飞行的路程。然而,我们应尽可能地利用加速器的射频功率放大器调速管所能允许的最高脉冲重复频率。

设计考虑

(15) 过去在一些文献上^[8,9,10,11]已介绍过行波直线加速器的基本原理,在这个简短的报告中我们仅介绍一下为中子方案使用的直线加速器的某些知识。

(16) 在这种意义上加速器的指标主

要是确定最小脉冲束流和提出能譜的某些限制。根据以往經驗,看来下述指标似乎是滿足的,即加速器应給出 750 毫安的脉冲束流,其平均能量稍高于 25 兆电子伏。理論指出^[12],由射頻功率轉变为电子束功率的效率为 80%,在低效率时的实际結果与此論点是一致的,所以为达到所需要的輸出,射頻功率的峯值設計为 24 兆瓦就可以了。如果,射頻功率是由額定功率峯值为 6 兆瓦的調速管放大器所供給,則至少需要 4 个,750 毫安的束流是当时任何加速器所能达到的束流的两倍。同时考虑到在理論处理时可能沒有被考虑到的因素,因而考虑某些安全系数是必需的。所以,就决定了要設計一个束流为 1 安培的加速器,它所需要的輸入射頻功率峯值至少为 31 兆瓦。这就需要 6 个調速管,但如果設計束流減少到 900 毫安,則 5 个調速管就够了。在皺紋波导的总长度保持一定的条件下,对此两种情况进行了設計考虑。为了輸出平均能量为 27 兆电子伏 1 安培的束流,6 个調速管的設計需要轉換效率为 75%。与 5 个調速管的設計相比較,使用 6 个管子时加速器具有一个比較平滑的校正曲綫和比較小的頻率灵敏度。根据这些以及其他的原因,決定首先考虑 6 个調速管的設計。在这个設計中,除第一个調速管外,每个調速管的功率将各供給一个 1 米长的皺紋波导,在設計頻率下此皺紋波导的相速度等于光速 c 。在波导端点所剩余的全部功率被水冷的电阻負載吸收。波导的第一节是 1.2 米长,同时插入一些聚束节,为了与注入电子的速度相配合,在聚束节內的相速最初是 $0.4c$,随着被加速电子的速度的增加,相速沿截面作相应的增加。沿聚束节的相速度和电場强度将決定入射电子中被俘获和形成以下的其它装置所加速的电子束的数目,为了确定此相速度和电場沿聚束节的改变,利用模拟計算机^[13]进行了大量的工作。

結 構

(17) 每一节皺紋波导是由一些杯状銅块組成,这些銅块的插口是一个接一个的,用长的连接棒把它們夹在一起。由銅管繞成的聚焦綫圈套在安装好的波导周围,依靠波导轉換节固定在一块鋼板上。此波导轉換节是用来把功率輸入和輸出皺紋波导。这块鋼板和一个鋼罩一起形成了每一节的真空室,在每个鋼板中心处下面連着具有挡板和活門的大扩散泵。图 2 所示是正在向支架上安装的一个单元。6 个架子彼此再用螺絲栓在一起,而真空室則用金属軟管联接起来,以允許电子束在中間自由通过。电子枪是直接装在第一节真空室中。这电子枪是三极管型的,有一个固定的大約 45 千伏的电位差加在阴极与阳极之間。栅极上加上适当的負栅偏压,因此只有当栅极上加上 3 千伏的正脉冲电压时,才会形成电流。可利用 0.2, 0.5, 1 和 2 微秒宽度的脉冲。射頻的脉冲宽度要比电子枪的脉冲宽度大,以使在皺紋波导中形成电磁場,并保証电子束脉冲的时间 and 形状完全决定于电子枪的脉冲。一般情况下采用 2.5 微秒,但当电子枪脉冲較短时可減少到 1.25 微秒,这样可减少功率消耗。电子枪由 4 个装置在一个可旋轉的头上的阴极元件組成,这样可以在不破坏真空的条件下調換阴极。在加速器的另一端装有可快速操作的真空活門,这样可减少由于靶子系統的任何故障而引起的有害后果。

(18) 調速管放大器是三腔型的,在 10 厘米波长时,額定地輸出峯值功率 6 兆瓦和平均功率 9 千瓦。調速管放大器被安装在复合脉冲变压器和真空抽气系統上,而这些都安装在与加速器室并排的房間內,这样可以減少把射頻功率送到加速器去的波导长度。当設計加速器时,只試驗了連續抽气的調速管,虽然当时封閉的調速管也正在发展,但还是

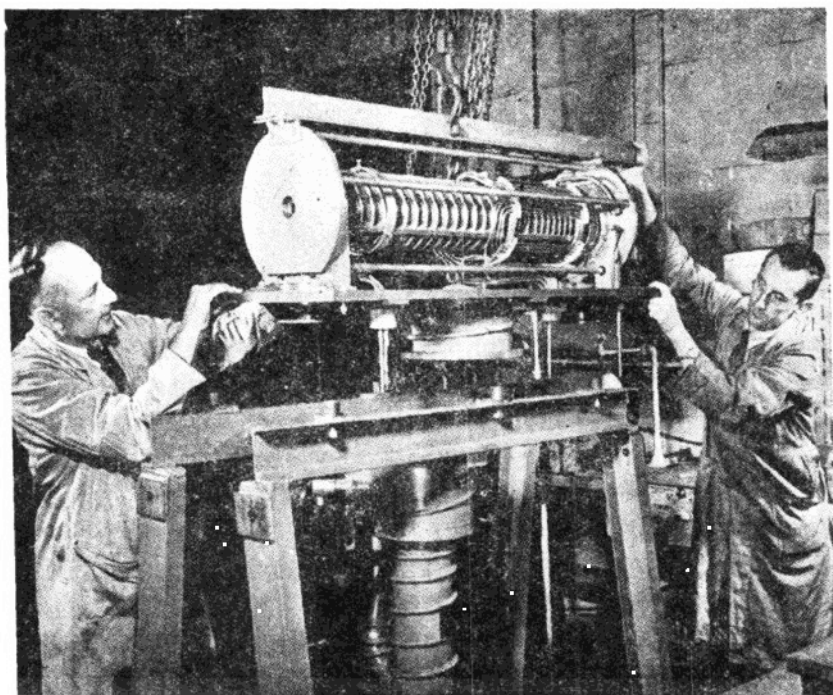


图 2 加速器的第一级的照片

决定采用抽气的调速管,同时亦准备当封闭的调速管证明能使用时,就进行替换。在调速管室中有 7 套真空系统,这样,有一个备用管也可以进行抽气,其阴极被更换同时被调整到可使用的状态。当加速器上使用的调速管中的一个损坏时,就把整个单元通过滚轮推走,而把备用的换上。在替换期间仍保持真空系统继续工作。调速管在工作时是由磁控管通过一公共传输线直接供电来起动的。在每一支中装有衰减器和变相器,以建立正确的起动条件。当加速器的设计频率为 2998 兆赫时,磁控管在 8 微秒内可给出峰值为 1 兆瓦的脉冲。调速管在试验时是用较小的磁控管来起动的,这样可进行单独运行。

(19) 每一调速管需要一个 200 千伏 90 安培的高压脉冲,这对调制器的设计来说是一个难以解决的问题,因为需要一个能控制 18 兆瓦的电子管来用作控制开关,但这样的电子管是没有的。在调速管的发展初期,火花隙调制器曾被采用过,但是,并不很令人满意,且需要经常调节和清洁。这一问题通过设计使用 4 个最大的充氩闸流管的调制器而被解决。每一充氩闸流管用来通过复合变压器的 4 个初级线圈之一向各个脉冲形成线路放电,这样复合变压器所得的输出足够供给一个调速管。每一调制器具有一个 9 千伏 5 安培的辅助电源,对脉冲形成线路充电,这样,就可使调速管在额定平均功率下工作。为了对高压进行平稳的控制,以及采用快速保护线路,使用了栅控整流管。

(20) 除真空系统的控制外,所有的控制都装在控制室内,真空系统的控制就在原来位置进行。仅作起动用的控制装在架子上,而所有为机器的实际运转所需要的控制都装一个控制台上,控制台上也包含了一些对倍增器靶的控制。

(21) 在写本文时,加速器的试验还未完成,不过,在较短脉冲宽度下已得到能量至少

为 25 兆电子伏, 流强约 0.5 安培的电子流。

方案的設計

多条飞行路径——双靶室

(22) 为了适应各方面的要求扩充了新源的基建, 在两个靶室的周围有总计约 15 个中子“窗”。重点在于使用为进行各种截面工作所需要的倍增靶, 为此安排了一个具有 9 个“窗”的特殊靶室。第二个靶室安排着两个靶子: 一个靶子是用来测量格子能谱的, 它具有三个可利用的“窗”(在某一时间只能用一個); 另一个靶子是不倍增的靶, 也具有三个“窗”。图 3 中表示了这些设计安排, 这是底层平面图, 图 4 则为从一个飞行路径末端处观得的图景。

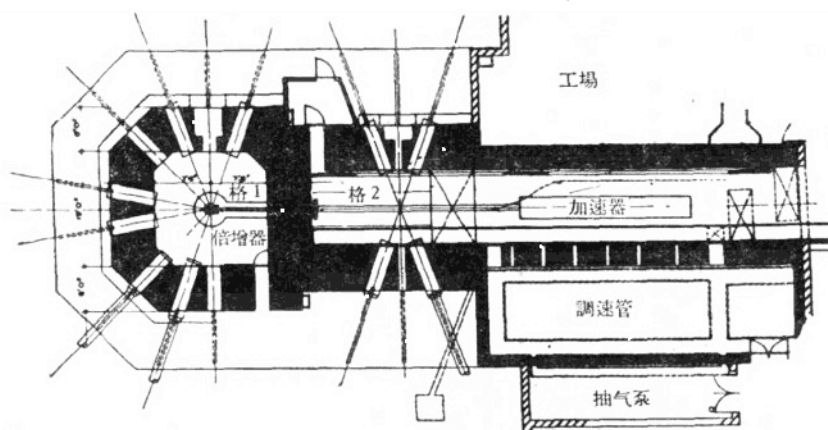


图 3 基建的设计

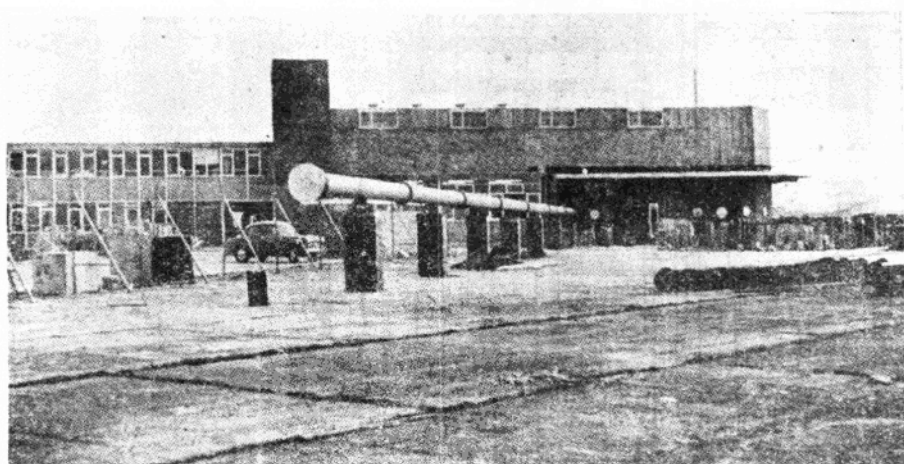


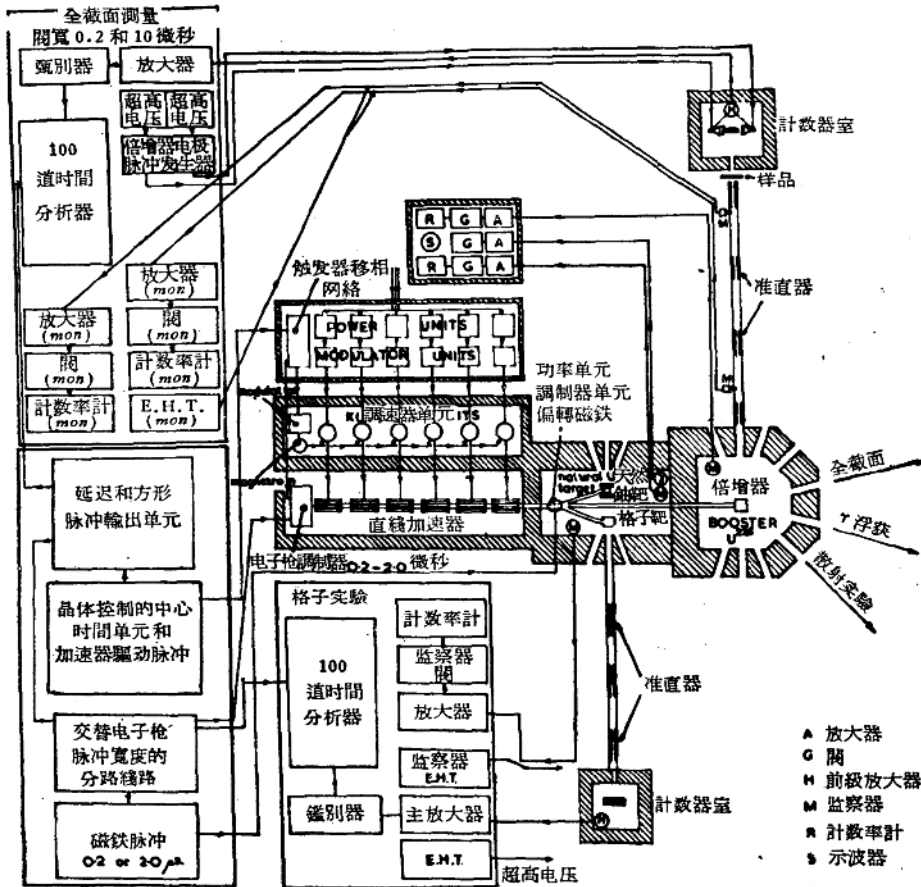
图 4 60 米飞行路径的照片

活动的范围

(23) 飞行管道由靶子处向四周伸展,窗可以安排成在远处能把其中任一个或全部关闭,这样,可以在用运转着的加速器作其他试验时在探测器处进行工作。窗的关闭是用灌水的办法,但不足以起到全部的防护作用,然而却足以允许在远距离处进行工作,例如,在被关闭的行程上的探测器处工作。使用了一个精致的充水、放水系统,同时采取了特殊的措施,以保证在使用合适的不含矿物的水时,窗和导管间的不锈钢垫圈正常工作,此窗是用铝板做成的。

电 子 学

(24) 装备的基本内容是运转加速器用的复杂的中心计时线路,加速器还有一些延迟单元与它同步,这些单元可作为独立计数和计时的仪器。为了运转加速器,需要若干个脉冲。这些脉冲起了各种触发作用,同时给出了与基本的入射电子脉冲的真实的同步。入



射电子脉冲被选为时间坐标的零点。每一延迟单元也为示波器和探测器提供一系列的触发脉冲,以及决定速度选择管道的计时的真实延迟脉冲。与延迟脉冲有关的是和磁选择“閥”有关的同步脉冲列。把所有这些线路(包括延迟单元在内)都安装在中心位置是比较方便的。所有其余的计时装置安装在大楼的另外的房间内,而从这些房间内遥控延迟单元,脉冲都是通过多股电缆传输的。图5中示出这些系统的方块线路图。

同 时 运 转

(25) 由加速器射出的电子可以直线地通过第一靶室(图3)到达倍增器,或者将电子用磁偏转法向左或向右由中心管偏转进入第一格内的靶子上(非倍增的靶子)。第一次安排中利用一个具有稳定场的直流磁铁来选择所需用的靶子。为了同时运转,需要用脉冲磁铁来偏转所需要的脉冲使之射在非倍增靶子上,而让其他的脉冲仍直线地射向倍增器。这一磁铁在设计中没有包括在内。后来是用一个分路线路完成的,使之在每次第 n 个脉冲前合上磁铁电源1毫秒,而让磁场在整个 $1/f$ 秒内消失。这磁铁既可将电子束分为“中和左”,也可分为“中和右”,但不能同时分出三支来。如果要由一种组合换成另一种组合,则需把磁铁在极性上换向。这种做法可使磁铁的极面减至最小(亦即可使达到最小电感),因而节省了激励所需的功率。

(26) 如果进一步希望达到倍增器的脉冲宽度是0.2微秒,而到达格子靶上的为2微秒,则为了达到这种要求,电子枪的调制器就需要能发生在持续时间上混合的、同时和偏转磁铁相同步的一系列脉冲。

(27) 为了避免强束流(可达34千瓦)破坏,偏转室一端必须装备水流畅通的水冷装置,以便把在偏转不准时(例如在调整期间)电子束所产生的功率全部吸收掉。同样理由,为了避免靶子被离开中心的束流打坏,在每个靶子前直接装有水冷的准直器。

加 速 器 的 靶 子

(28) 除了倍增器(在(34)到(65)中所讨论的)外,制造了发生中子的两个靶子。两种情况下原理是相同的。电子打在尽可能重的元素上,产生了X射线,然后X射线被吸收而产生光致中子或光致裂变(并由此产生更多的中子)。如果不考虑人工产生的元素如镭,则在28兆电子伏时,对于两种要求来说铀是最合适的元素。然而电子束的大功率(可达34千瓦)要使铀把电子停止下来是有困难的。关于这一点,必须记住 $2/3$ 的功率是消耗在1厘米³的体积中,而其余 $1/3$ 则变成X射线能量而消耗在较广的区域中。实际情况下,采用了循环的水银来阻止电子,此时X射线强度将损失 $\sim 15\%$ 。但是采用全水银靶时将引起不能允许的中子损失(主要是光致裂变中产生的中子损失)。所以使X射线置于水银靶前的天然铀块来吸收。因为在铀中产生的热密度不大,所以采用水冷就足够了。实际上,是采用了与X射线束垂直的很多平板状的铀,在其中间有通水的管道。由于水的吸收系数很低以及这样特殊的几何安排,实际上所有的X射线能量是被铀吸收的(见图6)。在哈威尔,召尼斯(E. J. Jones)已测定了不同靶子的中子产量随X射线能量改变的情况,他是用45兆电子伏直线加速器¹⁾进行的,其结果如图1所示。可以看出,与全铀靶

1) 现在已拆掉。