

29毫米,高1300毫米)和86根照射管道(其中80根管道直径为90毫米,6根为96毫米)。在管道中装入极易拆卸的铝套。当铝套受到腐蚀损坏时必须设法更换。揭开照射管上端的帽盖后,就可以装填照射管道。为了使被照射物处于辐射场的均匀区内,有效装载高度(70厘米)以铀棒高度的一半为限。一个这种装置的容积约为500公升。

A室供研究辐射本身的性质以及作剂量测量和放射性化学研究之用。利用不同的照射孔或更换紧靠被照射物的铀棒,便可以系统地研究各种现象与辐照强度的关系。在大的照射管内不仅可以将样品放入,而且可以装入实验装置和测量仪表。

冷室B与A室根本不同。在B室只有8根铀棒,这些铀棒以等间距(190毫米)排列着。装有照射

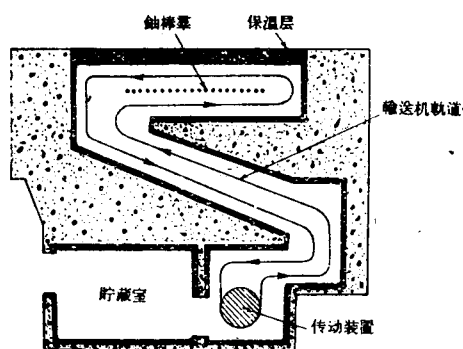


图3 “冷”室中的照射装置

样品的吊架围绕铀棒移动。传送带能保证吊架以各种不同的速度移动,也能使吊架留在固定的位置,以及能操纵辐照区内的吊架(图3)。

传送机由许多在闭合架空履带上移动的小车组成。小车装有吊架,这些吊架的下部有防止摇动的导向装置(图4)。此外,有一个专用转盘使每个元件绕其中心轴转动。传动装置在操作室和贮存室的附近。将空气送入B室,以保持全室的温度为 -7°C 。每小时内空气更换2—3次。室的全部墙壁和地板的最小厚度为500毫米,并有绝热层复盖。冷室与A室以厚为350毫米的硅藻土层隔开。从冷室中出来的空气放入贮存室,使其温度保持 0°C 。

B室是供连续处理食品用的(在冷却和电离辐射的同时作用下来保存之),也可用来研究终止结核杆菌的生长和杀死谷物中的昆虫之照射效应。

[摘自 Deuxieme conférence internationale des nations unies sur l'utilisation de l'énergie atomique a des fins pacifiques, p/12, 12, 1—8, 6 ill. (1958).]

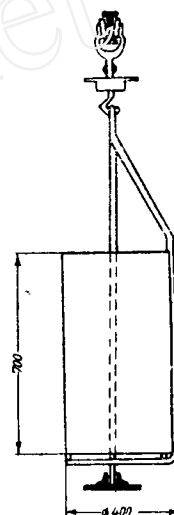


图4 吊架装置

“魏格纳能量”积累对反应堆设计的影响

当动力反应堆活性区内受到中子和 γ 射线的强烈袭击时,所有慢化剂都经受放射性破坏。在用普通水和重水作慢化剂的情况下,这些变化表现在辐射分解,用石墨作慢化剂,则引起晶体结构的扰乱。这种现象称为“费克诺”效应。

在石墨照射过程中发现有下列变化:

机械性能的变化:辐照可增加石墨的刚性和机械强度,并使其变脆。在室温情况下经长时间的照射后,杨氏系数增大2—3倍。

导电性的变化:照射过程中石墨的导电性发生显著的变化,但这个变化对反应堆活性区结构的影响不大。

传热性的变化:照射过程的初期传热性的变化是激烈的,以后就变慢。在照射剂量为 10^{21} 中子/厘米²和在室内温度下,发现传热性几乎比原来的减少了50倍。在高温情况下(300°C 左右),这种变化是

很小的。但是,不管是在稳定状态或是瞬变状态,在计算石墨温度时必须考虑到这些变化。

尺寸大小的变化:这种变化对单晶体石墨影响很大。但对多晶体石墨要小些。在多晶体情况下,作用的减小是与晶体的不完全同向有关,同时也和空隙有关(多晶体的 $\rho = 1.75$ 克/厘米³代替单晶体 $\rho = 2.25$ 克/厘米³)。由于尺寸大小的变化必须在反应堆活性区的石墨块之间留下空隙。

能量的积累:晶格的破坏引起能量积累,因为间隙原子和晶格空位的复合引起能量的释出。下表中示出在各种照射剂量情况下能量积累的数据(照射温度 30°)。

照射剂量(中子/厘米 ²)	0.5×10^{21}	1.0×10^{21}	1.5×10^{21}
能量(卡/克)	250	400	500

因为石墨的比热为 0.2—0.4 卡/克·度 (与温度变化有关系), 在得到照射剂量 1.5×10^{21} 中子/厘米² 的样品内积蓄了足够的能量, 致使石墨的温度上升近 1500°。照射剂量 1×10^{21} 中子/厘米² 相当于动力反应堆工作一年的剂量。从这里可以看出, 当设计反应堆时, 能量积累的计算工作是多么重要。在这种情况下, 必需解决在照射过程中能量的全部积累是怎样随石墨的温度而改变的, 以及怎样释出这种能量的问题。在温度约为 30° (0.5×10^{21} 中子/厘米²) 的情况下, 被照射样品中释放能量的速度和温度的关系见图 1 所示。已积累的能量大致分为“低温”和高温两部分。“低温”部分是在样品加热到 300° 左右时放出能量, “高温”部分是在更高温度下放出能量。石墨的比热和温度的关系也示于图 1。

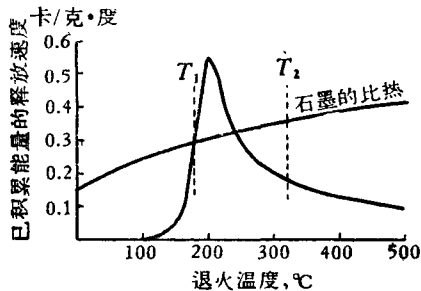


图 1 在低温下照射后“魏格纳能量”的释放

如果石墨加热到 T_1 点 (约 180°), 那么样品同时加热到 T_2 (约 360°), 在这里用虚线描绘外形的这两个面积是相等的。为了更进一步取消已积累的能量, 必需加热到 T_2 点以上。温茨凯尔和哈威尔反应堆在后期都采用了这种方法; 但是从温茨凯尔事故中说明, 在退火的过程中必需仔细检查活性区的温度状态。

在各动力反应堆中, 照射过程中的温度高于 30°, 所以能量释放的曲线 (图 2) 和图 1 上的曲线稍

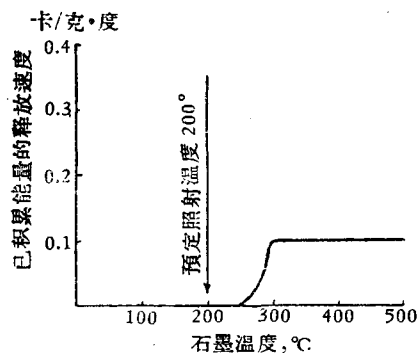


图 2 在温度为 200° 时照射后“魏格纳能量”的释放 (积累的全部能量等于 120 卡/克)

有不同。如果在照射过程中样品的温度等于 T_0 , 那么为了释放已积累的能量, 就必须将温度升高到 T_1 点, 即提高 50—100° 以上。对 T_1 来讲, 直到 1500° 释放能量的速度几乎不随温度变化。达到 1500° 时将释放出已积累的全部能量, 而且没有危险性。在低温部分时, 自发的释放不会引起危险, 但在退火过程中有危险性。因为只有当能量积累很多的情况下, 才可能有温度的升高。如果释出能量的速度超过比热很多, 接近释出界限 (这个速度实际上存在于所有温度的情况下), 那么石墨的温度可能升高到 1500°。所以应用在温茨凯尔和哈威尔反应堆的退热法对动力反应堆 (在这些反应堆中, 石墨是在高温下工作的) 是不适当的。

如果在气冷式反应堆内入口温度为 900°, 活性区基础部分石墨温度约为 210°, 那么在退火时就必需供给温度更高的气体。但是入口处的气体温度未必可以高到 350° 以上, 因此, 在退火后温度上升到 140° 是安全的, 当然这还不够。此外, 在几次退火工序后, 随着第二次照射, 便出现图 3 上曲线所表明的情况, 这时候退火过程本身就具有危险性了。

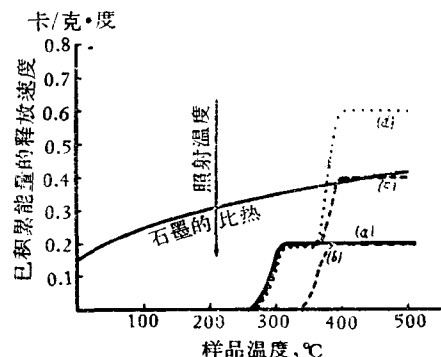


图 3 释放能量的速度和在各种条件下温度的关系
a—积累成 250 卡/克前的照射; b—当 350° 退火时积累成 250 卡/克前的照射; c—随后有 350° 退火及等量照射积累成 250 卡/克之前的照射; d—在 350° 情况下退火和随后照射的 a、b、c 过程

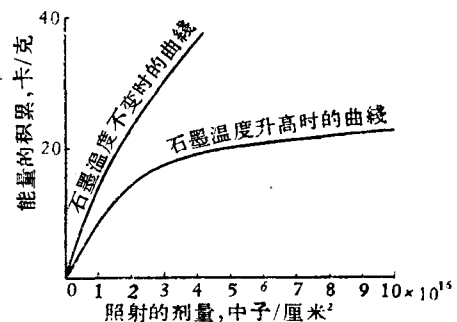


图 4 温度对积累能量的影响

在石墨温度很高的情况下,当所受照射剂量很小时,能量的积累将达到饱和(图4)。

在剂量小时,由于自动退火完全随温度变化,所以饱和温度和中子流之间的关系不大(中子流增加10倍,饱和温度提高 25°)。石墨的温度应当接近或高于饱和温度才能避免能量的积累。

在气冷式反应堆内(反应堆入口温度为 200°C ,出口温度为 400°C),退火仅对活性区底层是必要的,因为上层是在更高温度下工作。

依靠气体入口温度的升高,通过专门管路和石墨内特殊孔道的热气体的再循环,电加热和核加热可以保证退火。根据经济方案,核加热法是最适当的方法。

在石墨减速剂中,由于减慢中子和 γ 射线的吸收以释出热状态放出约6—8%的分裂能量。在正常工作情况下,载热剂将这种热带走,如果石墨和载热剂隔离开,那么放热就大为减少,并且只有通过辐射和传热作用才能实现,并导致温度的升高。

汉特斯顿原子站的石墨和载热剂的绝缘,是通过封闭活性区基础附近的石墨套和主要砌体之间的环形空隙来达到。反应堆内“魏格纳能量”的积累,将在这种固定个别释热元件的套筒里进行。但是这并不复杂,因为套筒和燃料一起装卸,在第二次

装载时,预先在炉内将套筒退火。

在卡德豪尔和切贝尔克斯的反应堆内,为了消除在堆内套筒中的能量积累而用新镁合金(магнокс)制造。但由于合金套筒吸收中子只能用于反射层底部,因此用石墨套筒为最好。有些半经验的数据说明,汉特斯顿反应堆活性区内影响最大部分的积累能量要过50年才需要退火。

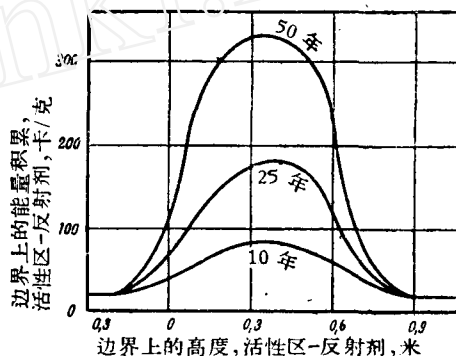


图5 汉特斯顿反应堆内主要减速剂的承受应力最大部分的“费克诺能量”的积累

[摘自 Grant, P. J., Wigner Energy Storage. *Nuclear Engineering*, 4, No. 35, 69—72, 5 ill. (1959)]

观察窗的制造

英国琴斯—皮耳肯顿光学仪器厂产品之一是用来制造观察窗的专用防护玻璃。

玻璃吸收射线的性能取决于它的厚度和密度。当设计观察窗时,墙壁密度是决定性的因素,因为窗的厚度不应超过主要建筑物的墙壁的厚度。在用普通混凝土造的建筑物中(密度 2.5克/厘米^3),一般都采用普通玻璃板,其密度接近于 2.5克/厘米^3 。在用银混凝土(密度 3.3克/厘米^3)造的建筑物中,采用密度为 4.3克/厘米^3 的磷酸盐铅玻璃。当重迭几块玻璃板时,为了减少内表面反射射线的干扰,玻璃之间的空隙填满液体。该液体的折射系数等于玻璃的折射系数。

普通玻璃在伦琴射线或 γ 射线的照射下会发黑或脱色。由于制造玻璃时在原料内加入“稳定剂”,就可以消除脱色。稳定剂使玻璃具有浅黄色,而这样便防止了它在受强辐射照射时变黑。

大玻璃块的熔铸。用来制造玻璃块的原料在实验室内进行化学分析,然后仔细地拌合,倒入复盖着金属的专用木箱里。工艺过程的组织,使所有与制

取玻璃料有关的工序能连续地进行。这种连续生产法可以仔细地检查玻璃质量。定期选择样品,能够及时地纠正任何缺点。

当熔铸大玻璃块时,炉的玻璃料倒入模子内,模子放置在用电流加热的浇铸室内或马弗炉内,这样玻璃的温度从装料开始到结束一直都保持不变。当模子浇满后,将它放入大的退火炉中,调整炉子的温度,使玻璃逐渐冷却,以保证最小的剩余应力。整个退火时间取决于块的大小,对大尺寸的块来讲,退火时间为8至10周。在实验室内测量玻璃块的密度和折射系数,并仔细检查块中的缺陷。退火的玻璃块用带锯锯开,并用毛毡磨光。密度为 4.3克/厘米^3 的玻璃块制成每边长1.7米和厚20厘米的方形玻璃。这种玻璃在质量上次于光学玻璃,但是好的磨光表面保证其高透明度,并且使它适于制造观察窗。

观察窗装置。观察窗能制成不同的尺寸和结构形式:有单层观察窗,也有由六块“稳定”处理过和“未稳定”处理的多层观察窗(前后带有保护玻璃