

电子伏以下的条件下进行的。

串联加速器的优点如下：

1. 在仅仅等于6兆伏电势的条件下就可获得12兆电子伏以下的调节能量。这样的能量以前只有在迴旋加速器中才能获得，但是在迴旋加速器中不能迅速地改变能量。因此，首先就成功地获得了调节能量达12兆电子伏的带电粒子束。

2. 可以将地电位的离子源安置在管子的外面，这使得有可能采用比在范德格喇夫加速器中更为复杂的离子源。做一种复杂的聚焦机构是没有什么特殊困难的，此种机构是把离子束引入到“剥壳”靶中所必需的。此外，对离子源的维护很容易，而且还很方便。

12兆电子伏的串联静电加速器应建造在哈佛尔，同时还可以建造在利物浦大学的原子核物理学科学研究实验室中。

不久前在加拿大乔克河中的“加拿大原子能有限公司”的串联加速器已开始运转，此加速器是由美

国高电压工程公司所设计和建造的。该加速器的成本为100万美元。这个加速器每天将工作16个小时。加速器是由两个范德格喇夫加速器组成的，它们相联接地装在压力钢罩内的同一水平线上。压力钢罩的长度为10.2米，直径为2.4米，重量为23吨。罩中装有15.75个大气压力的氮，以供加速器的绝缘和防止由机器造成的电荷的漏失。粒子束发送到第一个范德格喇夫加速器中。此时粒子的能量被加速到5个兆伏。然后，粒子束进入第二个范德格喇夫加速器中，这时能量达到10个兆伏。此后粒子束被导向靶上（例如镭制或铅制的靶上）。串联加速器安置在长为45米和宽为18米的Γ字形建筑物的钢轨上。一面是高土堤，另一面是防护高能量辐射的厚混凝土墙。操纵台安装在单独的一栋建筑物中。

[摘自 *Engineering*, 1959年6月12日，

187卷第4866期768—771页]

以昇华法萃取和净化核燃料

国立橡树岭实验室的工作人员处理了飞机用实验性反应堆 (ARE) 的全部装入燃料。用昇华法和吸收法使铀与分裂产物分离。熔融盐氟化后，铀以 UF_4 的状态昇华。接着采用 NaF 的吸收法，以及冷捕集器中的解吸过程，最后通过加热获得纯液体 UF_6 。

在橡树岭所作的半工厂性试验中曾处理过两份装入反应堆的全部燃料。在处理第二份燃料时，99% 以上的铀以 UF_6 的状态被萃取。在最终成品中没有发现分裂产物。

当氟化物昇华法能被用来从呈熔融盐状的反应堆燃料中萃取和净化铀时，该法的应用价值更大了。这种方法可以用来处理动力反应堆的呈熔融盐状态的燃料。这种方法对处理非均匀反应堆的释热元件，例如，用来处理西屋公司潜水艇反应堆的释热元件也是适用的。这些反应堆的释热元件将溶解于熔融氟盐中。

反应堆 ARE 的燃料是含 48% (分子) 氟化钠、49.5% (分子) 氟化铍和 2.5% (分子) 四氟化铀 (高度加浓的) 的熔融盐。装入燃料的燃耗度是不大的，并且经过长期间存放。这一情况符合于昇华法处理热铀的第一批半工厂性试验的要求。

处理了反应堆的燃料之后，国立橡树岭实验室为了大量积累数据，进行了一些补充试验。

作试验用的原材料为类似于 ARE 反应堆的燃料的非放射性盐。为了获得更全面的净化数据，对于高度燃耗的盐也作了某些试验。

为了分离分裂产物，在 530℃ 的温度下将氟气通过反应堆燃料的熔融盐。由于氟化的结果， UF_4 变为挥发性盐 UF_6 ， UF_6 从氟化器中挥发出来，而 99% 以上的分裂产物留在熔融盐内。

经过 2 小时或 3 小时全部 UF_6 从装置放出。含有分裂产物的熔融盐移入废料容器中，在此容器中熔融盐凝结起来并送去埋藏掉。从氟化器内放出的气体通过由氟化钠圆片构成的填充物，此填充物就是放射性产物的捕集器。在工作温度为 400℃ 的条件下，挥发性分裂产物和腐蚀产物的某一部分留在捕集器内，而六氟化铀、过剩氟和氮则通过捕集器。

处理物质由此捕集器进入装有氟化钠圆片的第一吸收器。但是，在温度较低只 100℃ 时，在此填充物中 UF_6 与氟化钠形成络合物，而大部分剩下的分裂产物被吸收。

未被吸收的气体，通过氟化钠圆片做的化学捕

集器时,周围的温度能使 UF_6 不受损失。由此放出的气体在排入大气前,先使其通过苛性钠净气器,以便除去氟。

在氟化和吸收过程结束后,第二吸收器和两个冷却捕集器接入线路,然后开始解吸过程。

在第一吸收器中的铀和钠的氟化络合物的温度升高到 $400^\circ C$ 。在温度升高时, UF_6 被解吸放出后,先经过第二吸收器,然后在冷捕集器中(温度介于 -40° 到 $-78^\circ C$ 之间)冷凝和冻结下来。和 UF_6 一起从第一吸收器中排出的沾污物为第二吸收器所吸收。

由于解吸作用的结果,气体氟通过防止 UF_6 还原的系统,并从吸收器中带出 UF_6 。从冷捕集器中放出的氟,经化学捕集器和 $NaOH$ 净气器后送入废气排出系统,而排入大气。

解吸作用之后,将冷捕集器及与其相联接的圆柱形产品容器密闭起来并抽成真空。然后将整个系统在高于 $64^\circ C$ 的温度下,亦即在 UF_6 的三相点的条

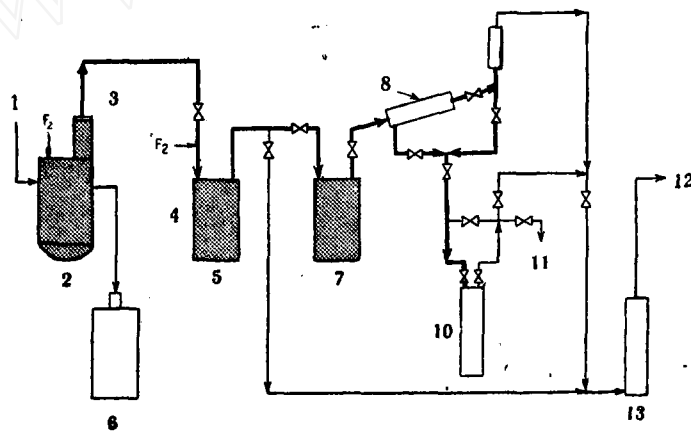
件下进行加热,液体 UF_6 流到圆柱形产品容器中去。

当全部液体产物从捕集器中流出时,圆柱形容器冷却到 $0^\circ C$,以便借助对流来传送大部分剩下的 UF_6 的蒸汽。然后将圆柱形产品容器的旋塞关闭,同时冷捕集器重新冷却到正常的工作温度。留在系统中的极少量 UF_6 蒸汽冻结在冷捕集器中,并并入下一次试验之用。

在装置上的反应堆燃料是分批处理的,每批 50 公斤,其中含铀 10 公斤。

从试验中所获得的数据表明;在过程中每处理一克分子的铀的需要量比理论需要量要大一倍或二倍。相当一部分被吸收在有氟化钠的吸收器中时,此现象与通过填充物的 UF_6 的数量无关。氟化钠中存在的杂质使铀的吸收更为迅速。

各批材料的每个圆柱形产品容器的强的 β 和 γ 放射性等于或低于由铀所造成的放射性。 γ 放射性强度基本上为 9—10 计数/每分毫克铀,所以 γ 放射性的净化系数约等于 10^4 。



用昇华法使铀与分裂产物分离的流程图

1—呈熔融盐状的核燃料; 2—在 $530^\circ C$ 下的氟化器; 3—在 $400^\circ C$ 下放射性产物的捕集器;
4—温度为 $100^\circ C$; 5—第一吸收器; 6—废料容器; 7—第二吸收器; 8— $-40^\circ C$ 下的冷捕集器;
9— $-78^\circ C$ 下的冷捕集器; 10—圆柱形产品容器; 11—接真空系统; 12—除去氟及废气排出系统; 13—化学捕集器。

半工厂性试验所得的 UF_6 产物转化为 UF_4 。

氟化器的腐蚀是一个困难的问题。但是这个问题并不是无法解决的。在部分氟化后,此时铀还呈熔融盐状存在时,腐蚀达到最大程度。在此条件下,看来铀(含少量碳的)是最易腐蚀的。

试验用的原盐含有大量的铀,由于铀的腐蚀,其

浓度度升高。因为铀在熔融盐中具有有限的溶解度,所以铀能把氟化器的管道堵塞。

国立橡树岭试验室打算要扩大用昇华法处理非均匀反应堆的高放射性燃料的半工厂性的试验。

[摘自美国杂志 *Chemical Engineering*, 66 卷,

No. 3, 1959 年 2 月, 68 页]