

## 含氦固体中异常核现象研究动态综述\*

李兴中

(清华大学物理系 北京 100084)

**摘要** 简要回顾这一有争议的研究在国内、外的进展,着重报道第二届冷聚变年会(意大利)所介绍的四热点的动态,并以“美国冷聚变研究所”产氦实验的进展说明这是一项要认真加以探索的异常核现象。

**关键词** 冷聚变, 异常核现象, 含氦固体.

1989年3月开始的有关含氦固体中异常核现象的研究经历了二年多的曲折是不是已经“销声匿迹”了?1990年10月后新闻媒介中报道“庞斯不见了!”和“冷聚变研究所关闭了!”似乎造成了上述错觉,但事实不然.

1991年6月在意大利的科摩湖畔召开了第二届冷聚变年会,来自12个国家的200余代表到会,并报告了55篇论文.会上透露庞斯和弗莱希曼在法国尼斯重建了实验室.他们在大会报告中公布了1991年1月给出的8组实验数据,犹太州政府的物理学家罕孙报告了对此8组数据分析的结果,其中二组没有“过热”正好对应于“空白”试验;其余六组中有五组是肯定存在着“过热”(输入6W,输出“过热”约1.4W),有一组则是可能存在着“过热”.庞斯在报告中还透露了电解电极材料的组成中含10%的银以及他们对量热器的改进.弗莱希曼在会议组织委员会上踌躇满志地说“这次本来已具备条件,只是时间来不及了,下次会议上可以拿出一个演示“过热”的实验装置来.”原冷聚变研究所所长威尔报告了四次重复测氦的研究工作<sup>[1]</sup>.他们已十分明确:如果在电解电极中氦原子与钡原子数目的比值小于0.75就肯定不会有氦产生,并且提出一种“多步充氦法”,可使“氦钡比”超过0.85.斯坦福大学研究所的麦克寇勃立早在1990年第一次冷聚变年会上就强调随时监测“氦钡比”的重要

性<sup>[2]</sup>.现在他们也十分明确:如果“氦钡比”小于0.74,电解时间再长也是没有用的.“过热”现象只出现在“氦钡比”高于0.74之后.他已与庞斯签订合同,要建造一个“过热”演示实验装置.目前已十次重复了“过热”.美国海军武器中心的迈尔斯报告了<sup>4</sup>He与“过热”相关联的实验结果<sup>[3]</sup>.在七次电解实验中测到“过热”时,相应电解产生的气体中也测到<sup>4</sup>He,而在六次没有测到“过热”的电解实验中,则没有测到<sup>4</sup>He.在测到<sup>4</sup>He的实验中,当<sup>4</sup>He量较高时,对应的“过热量”也较大.

这些实验都做得比较仔细.例如测氦,早在1989年10月之前Texas A&M大学与Los Alamos国家实验室,就已宣布测到异常的氦,但很快又引起了怀疑,因为Texas A&M大学中的另一名教授华尔夫在原始钡材中测到了多寡不一的氦.加上人们心目中氦是一种很容易污染环境的放射性核素,自然以为在Los Alamos测到的氦也不可信.冷聚变研究所的茜静斯嘉和威尔重做了华尔夫的实验,发现他的分析方法不妥.于是,她提出新的测氦法,把开式分析改成闭式分析,还用蒸馏法除出了样品试液的颜色.这样,她既防止了氦气逸出和杂质的进入,也防止了试液颜色影响液闪计数的效率,从而保证了测氦的精度.然后,她用已知的含氦试剂对这种测氦法进行了标定(见图1),在含氦量极低的试样中证实了这种

\* 国家自然科学基金与国家科委基础研究司资助的课题

测氡法的可靠性. 然后, 用这种新方法去测量两个主要产钚厂家的各种型号的钚丝. 直径从 0.5mm 到 4mm 的 90 份样品, 测试的含氡量为  $27.2 \pm 1.1$  DPM/ml (单位为每毫升试液中每分钟产生的衰变数). 而对应的 30 份本底样品的计数为  $27.1 \pm 1.1$  DPM/ml (即不含氡试液的闪烁液体的发光计数). 由此可以看出, 此测量方法的离散性很小, 高度可靠(见表 1), 而且钚材中看不到被氡污染的痕迹. 她分析的样品中也包括了来自 Texas A&M 大学的钚丝, 结果是 27.7 DPM/ml. 这样不仅否定了华尔夫所散布的钚材污染论, 而且提供了可靠的手段去检测任何氡污染. 在钚材内假如有污染的氡, 应该是可知的. 只要此污染是高于  $5 \times$

$10^7$  个氡原子(相当于 1 DPM/ml)就是可以测到的.

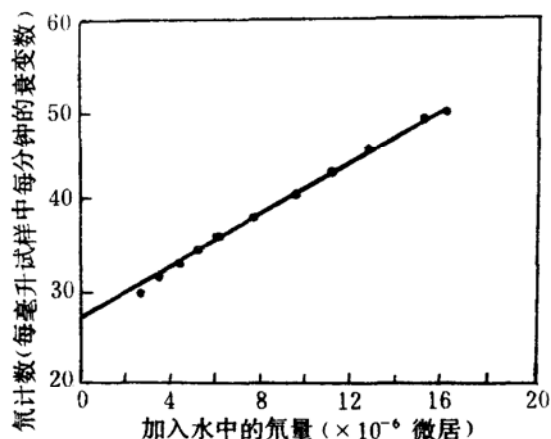


图 1 用已知含氡量的普通水作标定试验

表 1 钚材内含氡量分析

钚材制造厂名	样品的规格			平均含氡量	标准偏差
	线材直径 (mm)	钚丝段数	样品份数	每毫升每分钟衰变数	
Hoover&Strong	1	8	14	26.9	1.0
Hoover&Strong	2	7	12	27.4	1.4
Hoover&Strong	2	7	12	27.5	0.4
Hoover&Strong	2	8	12	26.8	0.8
Hoover&Strong	2	1	2	27.4	
Hoover&Strong	4	7	12	27.7	1.2
Hoover&Strong*	1	1	2	27.7	
Johnson Matthey	0.5	3	6	27.8	1.0
Johnson Matthey	1	4	7	26.8	0.7
Johnson Matthey	1	6	11	26.9	1.5
总计			90	27.2	1.1
本底-闪烁液体			30	27.1	1.1

\* 此钚丝来自 Texas A & M 大学

冷聚变研究所在掌握了上述闭法测氡的手段后, 又提出了一种可以随时测定“氡钚比”的闭式电解法. 于是发现了一个重要的现象, 即“氡钚比”小于 0.85 时不论电解多长时间, 也不会产生可以测到的氡. 威尔和茜静斯嘉又提出了一种“多步充氡法”来改进通常的电解法, 使得“氡钚比”可以超过 0.85.

这种“多步充氡法”是作为专利保密了, 但是他们公布了测氡的结果, 在四次电解实验中, “氡钚比”都超过了 0.85, 也都测到了氡(见表 2). 在每次电解实验中, 他们都同时作了对照的实验, 即把两个相同结构的电解池串联起来, 一个灌入氡硫酸( $D_2SO_4$ )作电解液, 另一个则灌入氢硫酸( $H_2SO_4$ )在电解液

中都添加了硫酸锂或都不加硫酸锂, 都用钡丝作阴极进行电解实验, 在每次电解实验开始之前先对电极材料、电解液和电解液上方的气体进行分析, 测定其中的含氘量. 在“氘钡比”值超过 0.85 之后, 继续电解约一周, 取出电极和电解液再分析其中的含氘量. 发现, 在充入氘硫酸的电解池中含氘量明显增高; 在电解液中增加了约 50 倍, 在钡电极中增加了约 10 倍, 而在充氢硫酸的电解池中含氘量毫无变化. 这样的实验已重复了四

次, 而冷聚变研究所却令人遗憾地关闭了. 所长威尔本人将去澳大利亚继续从事冷聚变研究, 他曾告诉作者“如果当时庞斯哪怕只愿意公开一个数据来支持他, 他也能从通用电气公司得到资助 250 万美元, 研究所就不会关闭了!”. 其实, 该研究所用气体放电实验也测到了氘, 而且氘在放电电极上的富集方式与电解法中电解电极上的富集方式很相似. 这些本来应该继续下去的实验都不幸地受到了影响.

表 2 电解液、钡电极和气体中含氘量分析

实验编号		1		2		3		4	
氘(氢)钡比超过 0.85 后的时间(h)		163.8		169.7		144.4		161.3	
电解液		D <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
氘(氢)钡原子数之比的最大值		0.99	1.030	0.96	0.95	1.02	1.07	1.15	1.01
电解液中 氘原子数	实验前	3.8 × 10 <sup>9</sup>	ND	2.9 × 10 <sup>9</sup>	ND	* 1.0 × 10 <sup>11</sup>	ND	2.4 × 10 <sup>9</sup>	ND
	实验后	1.9 × 10 <sup>11</sup>	ND	8.0 × 10 <sup>10</sup>	ND	1.4 × 10 <sup>11</sup>	ND	8.7 × 10 <sup>10</sup>	ND
钡电极中 氘原子数	实验前	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	实验后	1.7 × 10 <sup>10</sup>	ND	1.6 × 10 <sup>10</sup>	ND	2.1 × 10 <sup>10</sup>	ND	ND	ND
气体中 氘原子数	实验前	1.8 × 10 <sup>8</sup>	NM	1.8 × 10 <sup>8</sup>	NM	1.8 × 10 <sup>8</sup>	NM	1.8 × 10 <sup>8</sup>	NM
	实验后	1.8 × 10 <sup>8</sup>	NM	8.3 × 10 <sup>8</sup>	NM	6.2 × 10 <sup>9</sup>	NM	NM	NM
氘原子数 总量	实验前	4.0 × 10 <sup>9</sup>	ND	3.1 × 10 <sup>9</sup>	ND	1.0 × 10 <sup>11</sup>	ND	2.6 × 10 <sup>9</sup>	ND
	实验后	2.1 × 10 <sup>11</sup>	ND	9.7 × 10 <sup>10</sup>	ND	1.7 × 10 <sup>11</sup>	ND	1.3 × 10 <sup>11</sup>	ND
产生的氘原子数		2.1 × 10 <sup>11</sup>	ND ND	9.4 × 10 <sup>10</sup>	ND	7.0 × 10 <sup>10</sup>	ND	1.3 × 10 <sup>11</sup>	ND
含氘量增加的倍数		52.5	ND	31.2	ND	1.7	ND	50.5	ND
每平方厘米电极表面 产生的氘原子数		1.1 × 10 <sup>11</sup>	ND	4.5 × 10 <sup>10</sup>	ND	4.3 × 10 <sup>10</sup>	ND	6.5 × 10 <sup>10</sup>	ND
每平方厘米电极表面在 每秒内产生的氘原子数		2.0 × 10 <sup>5</sup>	ND	7.4 × 10 <sup>4</sup>	ND	8.3 × 10 <sup>4</sup>	ND	2.0 × 10 <sup>4</sup>	ND

\* = 该份重水内含氘量特别高, ND = 未测到, NM = 未曾测量

回顾我国的工作, 在 1989 年的热潮之中, 工程物理学院的同志们曾经在气体放电实验中测到了中子<sup>[4]</sup>. 这本来是一种独创, 它

既不同于弗莱希曼和庞斯、琼斯的电解法, 也不同于意大利(frascati)的气相充氘法. 可惜的是当时因为难于重复而没有坚持下去.

后来日本的 Wada 等人也用气体放电法测到了中子, 美国、印度也在类似的放电条件下观察到了中子或氘, 由此这一研究才又重新引起国内的重视. 在物理所、中国科技大和北师大又一度开始气体放电试验. 最近, 中国工程物理学院又重复了他们当年的实验.

一项探索性实验如果一开始就能重复, 或者一开始就是在寻找已知的理论所预测的现象, 哪怕失败多次, 也能坚持探索. 但是如果只是一种一闪而过的偶发现象, 既不知道重复的条件, 又与传统的理论矛盾, 要坚持认真的探索就十分困难了.

威尔的实验恰恰说明了认真探索的必要性. 认真的实验揭示了“氘钨比”的重要性, 在一定程度上说明了为什么两年多来有大量实验未能重复, 因为在通常的电解条件下, “氘钨比”是很难超过 0.74 的. 认真的实验确认了氘, 也就是确认了异常核现象, 因为只有核反应过程中才能产生氘. 哪怕现有的理论很难解释其分支比, 也解释不了与“过热”的定量联系. 但只要有了氘, 就是发生了一种核反应过程. 研究“氘钨比”在理论上也有其重要性, 因为在含氘固体内要出现异常大概是离不开“相干性”和“非线性”, 用“氘钨比”作为有关的序参量是很自然的选择.

威尔没有公开他的“多步充氘法”, 但是

一名中国研究生却在他的论文研究过程中琢磨出一种“多步充氢法”, 研究工作正在深入.

核物理学会理事长杨立铭先生在大会报告中提到的“温聚变”是又一种异常核现象<sup>[5]</sup>, 迄今人们已多次重复观察到这一现象, 但不能用已有的理论去很好地解释这一现象. 人们自然会猜测, 在这两种异常核现象之间有没有某种内在的联系呢?

在国家自然科学基金委和国家科委基础司的支持下, 在核物理学会有关专家的推动下, 中国的探索研究也一定要认真坚持下去.

### 参 考 文 献

- 1 Will F G, et al. Investigation of Cold Fusion Phenomena in Deuterated Metals, Final Report, 1991, 1:131
- 2 Mckubre M C H. The Proceedings of the First Annual Conference on Cold Fusion. Salt Lake City, Utah U.S.A., 1990, 20
- 3 Miles M H, et al. J. Electroanal Chem., 1991, 304:271
- 4 熊日恒等. “冷核聚变学术交流与对策研讨会”会议文摘, 国家自然科学基金委, 数理科学部和化学科学部, 国家科委基础研究高技术司(北京, 1990).
- 5 Beuhler R J, et al. J. Phys. Chem., 1990, 94:7665

## Progress Review of Studies on Anomalous Nuclear Phenomena in Deuterium / Solid Systems

Li Xing zhong

(Department of Physics, Tsinghua University, Beijing 100084)

**Abstract** The controversial studies on the anomalous nuclear phenomena in deuterium / solid systems are briefly reviewed based on the progress at home and abroad. Four updated research reports, which were released in the Second Annual Conference on Cold Fusion (Como, Italy), are recapitulated. The elaborate tritium measurement at the “National Cold Fusion Institute” showed that this anomalous nuclear phenomenon should be seriously explored further.

**Key Words** cold fusion, anomalous nuclear phenomenon, deuterium / solid system.