

低温精馏氢同位素分离技术及其应用

夏修龙 熊亮萍 任兴碧 罗阳明 付中华 刘俊 古梅

(中国工程物理研究院核物理与化学研究所 绵阳 621900)

摘要 低温精馏是大规模分离氢同位素的有效手段, 本文对该工艺涉及的气体纯化、制冷与真空、测量与控制、安全防护等关键技术进行简要介绍。对该工艺在重水生产、重水升级和除氚、聚变堆氚燃料循环、武器用氚等领域的国外应用做了回顾。分析了国内对该技术的需求, 提出今后开展的研究方向。

关键词 氢同位素分离, 低温精馏, 氚

中图分类号 O643.14

氚工艺是聚变能开发涉及的关键技术之一, 而氢同位素分离是整个氚工艺的核心。在 20–25 K 温度下, 根据氢同位素 6 种分子(H_2 、HD、 D_2 、HT、DT 和 T_2)沸点存在微小差异的特性, 选择低温精馏(Cryogenic Distillation)工艺将其分离。近十年来发展了电解、色谱、热扩散、激光分离等多种氢同位素分离方法, 低温精馏比这些工艺处理量大、分离因子高, 仍是工业规模氢同位素分离的首选工艺, 国外已应用于重水生产、CANDU 堆重水除氚和升级、聚变堆氚燃料循环、武器用氚生产等各领域。本文概述该工艺的关键技术, 并介绍其国内外进展和应用情况。

1 低温精馏关键技术

精馏是化工常见的分离工艺, 对氢同位素分离的条件苛刻, 在工程上必须突破气体纯化、制冷与真空、测量与控制、安全防护、理论设计等几方面的关键技术。

1.1 气体纯化

进入精馏的原料气体含有水汽、氧、氮、二氧化碳等杂质, 在 20 K 低温下, 这些杂质气体会固化, 随时间增长慢慢累积, 阻塞管道和精馏塔, 使阀门和控制设备失灵, 严重时引发安全事故。因此, 在原料气体进入精馏系统前, 须将杂质去掉。原料气纯化系统用干燥、低温吸附等工艺级联方法将杂质气体浓度控制在 10^{-6} 以下。干燥器在环境温度下工作, 内装分子筛来吸附氢气中的水分; 低温吸附利用液氮温度下活性炭的高吸附能力, 充分去除氢气

中的氧、氮、二氧化碳、水蒸汽等杂质。气体纯化系两套并行流路, 一用一备, 便于连续操作时切换。

1.2 制冷与真空

制冷与真空系统提供精馏过程的低温环境。可选择氢制冷机和氦制冷机, 其中氦制冷机的安全性较高。制冷系统的规模与处理量、分离体系(气化潜热不同, 含氚体系存在衰变热)、选择的回流比、系统漏热等因素有关, 对 $1\text{ m}^3/\text{h}$ 的 H_2/HD 分离, 制冷量需 100 W。

20 K 的低温制冷机有 G-M 制冷机、斯特林制冷机等多种。G-M 制冷机制冷量最大 40 W, 适合于实验室研究性装置; 斯特林制冷机可达 100 W, 是目前使用的大型低温制冷机, 能长期连续运转, 可靠性高, 已广泛应用。Linde 公司和法液空公司(L'Air Liquide)生产各种型号的氦制冷机, 制冷量可根据需要调节, 在不同温度级上输出冷量, 有无液氮预冷均可。

精馏塔、冷凝器、再沸器等均位于真空冷箱内, 用带液氮防辐射屏结构, 低温设备及低温管道外表面覆盖包裹若干层防热辐射薄膜, 外部连接真空系统抽成高真空绝热。

1.3 测量与控制

监测和控制精馏塔内的温度、压力、液位等操作参数是精馏过程顺利进行的前提, 同时为分离效果好, 选择不同的回流比操作, 这些都依赖测控系统来实现。各种氢同位素的沸点仅有微小差异, 温度控制精度要求 $\pm 0.1\text{ K}$ 。精馏塔一般选择常压操作, 控制精度 $\pm 100\text{ Pa}$ 。

氢同位素分析中较为简单的方法是采出样品用色谱或质谱测量,但此法会对系统造成较大扰动,分析样品的周期也较长,特别是重同位素保留时间大于 30 min。目前,国外较先进的测试手段为激光拉曼光谱在线分析,把多个光纤探头分布于精馏柱的几个关键部位,快速获得系统运行期间各组分浓度的空间分布和动态变化,无需取出样品,但测试设备造价较高^[1]。除激光拉曼分析外,近年来还发展了微色谱技术,缩短了测量时间^[2,3]。日本开发的微色谱对 H₂、HD、D₂ 的测量时间分别为 85、100 和 130 s,探测下限(1-2)×10⁻⁴,有望应用于在线分析系统上。

1.4 安全防护

安全是低温精馏氢同位素分离面临的重要问题。氢为易燃易爆气体,在空气中爆炸极限为 4%,故须确保系统密封良好无泄漏;对含氘体系分离,除防爆检测外,还须有严格的放射性监测和防护措施。若停电引起制冷系统关闭,液氢失去低温环境汽化,会产生极大压力,毁坏系统甚至爆炸。则应设计专用贮气罐,在制冷机故障时贮存液氢汽化出来的氢同位素气体。低温条件下也要确保阀门、泵等正常工作。系统设计要采取周密技术方案,还要建立完善的操作规程,对操作人员进行系统的安全教育和培训,并制定切实可行的应急预案。

1.5 理论设计

影响氢同位素分离过程的因素很多,总理论板数、回流比、进料位置、操作压力等都影响分离效果。此外,工程应用中氢同位素涉及的体系很多,要用多柱级联的手段分离,为降低系统滞留量和增强分离能力,通常还需加入侧线歧化器。理论计算能揭示影响分离性能的各种因素,揭示分离过程各组分浓度及温度等参量的变化规律,为精馏柱设计和系统操作运行提供理论指导。作为认识分离过程规律的重要手段,理论模拟受到重视,较成熟的软件有加拿大 Ontario Hydro 的 FLOSHEET^[4]和日本 CRYDIS 系列^[5-7]。

1.6 化学平衡器

氢同位素 6 种分子中 HD、HT 和 DT 的分离须加入化学平衡器,由铂或钯的催化作用,常温下发生歧化反应,返回精馏柱进一步分离。此外,HT 和 D₂ 分子量极为接近,须由反应式(1)增强分离效果。



在各种工业规模的氢同位素分离系统中,均含有为数不等的化学平衡器。

2 低温精馏技术应用

低温精馏的研究和应用在国外已有较长历史,主要集中于重水生产、重水升级和提氘、聚变堆氘氚燃料循环、武器用氚等领域。

2.1 重水生产、升级和除氚

重水吸收热中子的几率小,中子经济性好,是很好的中子慢化剂。天然水中含有 1.5×10⁻⁴ 氘,50 多年前,法国、德国、苏联、印度建成了多套低温精馏重水生产装置,处理量 4000-5000 m³/h,年生产重水 10-15 t,气体来源有电解氢和合成氨氢^[8]。

重水堆可用天然铀作核燃料,有很多优点,在商用电站中占一定地位。但作为慢化剂的重水会发生中子俘获作用产生氚,堆运行过程中重水不可避免会泄漏,给运行和维护带来不便,同时从环境中轻水引入氘,引起反应堆重水降级。如能提取这部分氘作聚变燃料将有可观的经济效益,同时降低放射性泄漏的潜在威胁。

1971 年,法国 Grenoble 的 LAUE-LANGEVIN 所与瑞士 SULZER 合作建成了基于 VPCE+CD(气相催化交换+低温精馏)工艺的重水处理装置,处理量为 21 kg/h,是第一个可同时除去重水中 H 和 T 的装置,到 1986 年累计处理了 840 000 L 重水^[9]。

加拿大在重水堆的推广应用方面占世界主导地位。加拿大 Ontario 地区中 Darlington、Pickering 和 Bruce 三地共有 20 个 CANDU-PHW 核电机组,总功率为 13800 MW,每 MW 重水用量为 1 t 左右(慢化剂和冷却剂)。70 年代后期,认识到除去慢化剂和冷却剂中氚是最有效的措施来减弱氚对操作人员和公众的影响。1980 年在 Darlington 建立一个除氚装置 DTRF^[10]。DTRF 设计处理量 365 kg/h,去氚因子 12.1,得氚 4.218×10¹³ Bq/h。DTRF 也采用 VPCE+CD 级联工艺,CD 系统由 4 根精馏柱组成。第一根柱由不同柱径的上下两部分组成,带两个再沸器,气体流量 300 kmol/h,冷凝功率 100 kW。后三级分别设计为 1000、55 和 10 W。系统规模为 35 m×24 m,主建筑高 12 m,低温部分有两个 38 m 高的塔。

Chalk River Nuclear Laboratories 第一次用 LPCE(液相催化交换)工艺将氚从重水中转移到氘气中的工业规模示范装置^[11],该工艺设计除去 80% 的氚和 90% 的氢。CD 由两根精馏柱组成,安放在 15 m 高的冷箱中,第一根柱子将 DT 浓缩 25 倍,

柱径 0.2 m, 内装 Sulzer CY 填料; 第二根柱子分三部分, 上部分柱径 5 cm, 下面两部分柱径 1.2 cm, 第一根柱再沸器出来的气体进入第二根柱上部分中部, 在第二根柱顶端出来的气体返回到第一根柱再沸器。DT 歧化转化位于第二根柱下面两部分之间。得到的高纯 T_2 分批进入储存系统。

2.2 聚变堆氦燃料循环

聚变能是解决能源问题的根本出路, 低温精馏是聚变堆氦燃料循环中不可缺少的单元。聚变堆氦燃料循环工艺开发在美国以 LANL 为中心, 展示处理聚变堆等离子体废气的燃料循环过程, 及下一代聚变装置的个人和环境保护系统, 建起了综合性装置 TSTA。TSTA 1977 年由美国 Arthur D. Little Inc. 建造, 1981 年投入运行。为不断提高氦操作量, 1986 年 9 月和 12 月进行两次综合性实验, 1987 年达到 100 g 氦^[12,13]。TSTA 与美国的 ANL、普林斯顿大学的 TFTR、日本的 JAERI、欧洲的 JET 和加拿大的 Ontario Hydro 其他氦工艺项目有密切关系。1987 年 6 月, 日本 JAERI 与美国能源部签署了 5 年合作协议, 加入了 TSTA 项目, 在经费和系统运行方面全面合作, 并派 4 名研究人员参加该项目。表 1 给出了该系统的主要参数。

表 1 美国 TSTA 低温精馏系统参数
Table 1 Parameters of cryogenic distillation system of TSTA in USA.

Columns	H/m	Inner diameter/mm	Refrigeration duty /W	Tritium holdup/g
CD I	4.11	29	38.6	34.3
CD H	4.06	19	18.2	0.1
CD T	3.20	23.2	24.1	57.5
CD D	4.11	38	64.6	10.3

TSTA 进行较系统的实验, 对液体滞留量、等板高度、床层压降等的影响因素获得了规律性的认识^[14]: (1) 填料塔上的液体滞留量为表观体积的 10%–15%, 随蒸汽线速度增长而增长。(2) 理论等板高度全回流模式下为 4–5 cm, 全循环模式下为 5–6 cm, 理论等板高度随蒸汽线速度增长略有增长, 与回流比和流体的物化性质无关, 在整根柱上为常数。(3) 蒸汽线速度直到 13 cm/s, 未观察到液泛现象。(4) 全回流模式下两根柱达稳态时间为 2 h, 全循环模式下 4 h, 冷凝器功率对系统稳定起关键作用。

同时, 系统运行也积累不少工程方面的经验和教训。(1) 从柱 I 的冷凝器到柱 H 的气体输送由于柱间压力差太小, 不满足输送要求, 必须在两根柱间增加输送泵, 柱 I 和柱 T 之间同样存在气体输送问题。(2) 气体前处理不彻底会造成管道阻塞, 几个 10^{-6} 杂质气体足以阻塞管道。(3) 流量控制不稳, 需要更换流量计。(4) 氦制冷机冷量变化大, 将破坏柱上温度分布。(5) 色谱分析时间太长。

与聚变装置配套的 CD 系统还有欧盟的 JET^[15,16], 系统由三根柱和两个歧化反应器组成。日本 TPL 实验室的 CD 系统设计氦操作量 3.7×10^{14} Bq, 整个系统安装在一个手套箱里, 1988 年 1 月完成安装^[17]。由两根柱组成, 一根(内径) $\Phi 20$ mm $\times$ 500 mm; 另一根内径 $\Phi 10$ mm $\times$ 500 mm, 内部用 Dixon 环填充。表 2 给出该系统的主要参数。2002 年该系统做了一系列实验, 获得了理论等板高度等系统关键参数, 尤其在测量分析方面采用先进的激光拉曼在线分析系统, 能在 1 min 内完成下限 10^{-6} 的氢同位素分析。

表 2 日本 TPL 低温精馏系统设计参数
Table 2 Parameters of cryogenic distillation system of TPL in Japan.

CDs	P/kPa	T/K	Packing type	Reboiler duty /W	Flowrate /mol·h ⁻¹
1	48.0–152.0	20–25	Dixon ring, $\Phi 3$ mm, SS316	100	40
2	48.0–152.0	20–25	Dixon ring, $\Phi 1.5$ mm, SS316	30	10

ITER 是目前国际上开发聚变能的最大项目, 有中国、印度、欧盟、韩国、日本、俄罗斯和美国 7 方参与, 定址法国的卡达拉齐。低温精馏单元在 ITER 的 D-T 燃料循环中占重要地位, 其工艺设计为多个国家联合完成^[18–22]。ITER 中的 ISS 系统由 4 根精馏柱级联组成, 低温精馏氢同位素分离系统处理从水除氦系统 WDS 过来低浓度含氦流量 280 mol/h 气体、从 NBI 的 84 mol/h 氦气和从托克马克废气处理系统 TEP 过来流量 200 mol/h 的高浓氦气。这些气体经过低温精馏系统产生气废气(292 mol/h, $T < 10^{-7}$)、NBI 用 D_2 (84 mol/h, $H < 0.5\%$, $T < 2 \times 10^{-4}$)、加料用 D_2 (51 mol/h, $H < 1.5\%$, $T < 0.5\%$)、加料用 DT (72 mol/h, 50%D, 50%T) 和高纯 T_2 (65 mol/h, 90%T, 10%D) 5 个产品。图 1 为 ITER 中低温精馏系统流程示意图。

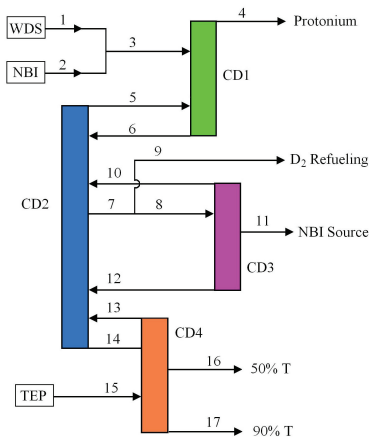


图 1 ITER 中的低温精馏系统
Fig.1 Cryogenic distillation system in ITER.

聚变堆运行期间，从 Torus 来的流量和组成是波动的，CD 系统设计须精确表征这种热和同位素变化。可作如下考虑：(1) WDS 与 NBI 混合进料。避免每股进料都纯化，简化系统设计，尽管对分离性能有影响。(2) 冷凝器、再沸器、回热器等装在低温真空冷箱中，既可避免漏热又可提供泄漏时的二次防护。其它部件如输送泵、阀门、歧化器在冷箱外的硬壳内，硬壳以惰性气体保护。(3) 再沸器加热等易损部件有冗余备用。这些措施确保冷箱的维护降到最低。外加几条内循环管线，确保无外部进料时系统操作。表 3 为系统主要参数。

表 3 ITER 中低温精馏系统主要参数
Table 3 Parameters of cryogenic distillation system in ITER.

CDs	Total stages	H /m	Refrig. duty /W	P / kPa	T /K	Φ /mm	Stage holdup /mol	Reboiler holdup /mol	Pipe flowrate /mol·h ⁻¹
1	125	6.5	350	110–115	20.6–22.67	87	1.03	3.1	1(280); 2(84); 3(364); 5(181); 4(292); 6(253)
2	100	5	550	110–115	22.2–23.98	98/90	1.39/1.17	3.5	6(253); 10(20); 12(20);13(363); 5(181); 7(175); 14(300)
3	60	3	350	110–113	23.4–23.77	76	0.84	2.5	8(124); 10(20);11(84); 12(20)
4	70	3.5	550	140–145	24.76–26.23	87/73	1.15/0.79	2.4	14(300); 15(200); 13(363); 16(72); 17(65)

ITER 四根精馏柱上还有 7 个歧化裂解器，分别是 CD1–CD2 间、CD2–CD3 间、CD2–CD4 间、CD1 一个、CD2 一个和 CD4 两个。这些歧化裂解器通过歧化反应，增强分离效果，降低系统滞留量。

2.3 其他应用

30 多年前，美国 Mound 的 Grand Plan 将氚的生产与含氚废物的处理集中设计，根据各种工艺的特点，把一些技术联合集成，能生产 99.995%的高

纯氚，且能回收废物（液相或气相）中 95%的氚^[23]。1987 年 2 月开始用 H/D 体系进行实验，同年 10 月进行氚生产。进料氚的浓度范围有 20%–40%的高浓氚，也有 3%–5%的低浓氚，产品纯度高达 95%。系统由 TAWRS(tritium aqueous waste recovery system)、HISS(hydrogen isotope separation system)和 TD(thermal diffusion)三个主要部分组成。HISS 系由 3 根精馏柱、3 个歧化平衡器组成的低温精馏系统，表 4 给出主要参数。

表 4 美国 Mound 低温精馏系统的主要参数
Table 4 Parameters of cryogenic distillation system of Mound in USA.

CDs	Φ _{inner} /mm	H /mm	HETP /mm	Reflux ratio	Condenser T /K	T _{reboiler} /K	Condenser duty /W	Reboiler duty /W	Liquid level /mm	Tritium holdup /g
1	26.1	3.66	51	18.9	23.9	24.3	29.8	30.9	12.7	2.73
2	16.6	3.66	51	86.2	23.7	23.8	2.3	2.3	12.7	0
3	10.2	3.66	51	50	24.2	25.2	3.2	3.3	12.7	7.39

3 我国研究进展和需求分析

低温精馏工艺复杂，我国工作开展的较晚。2006

年我院建立了处理量为 100 L/h 的低温精馏氢同位素分离装置，以 H₂/HD 体系进行系统性的分离试验，深入研究再沸器加热功率等因素对分离性能和

精馏过程操作参数的影响, 获得表征系统分离性能的等板高度关键参数。理论方面, 对 6 种氢同位素分子 H_2 、 HD 、 D_2 、 HT 、 DT 和 T_2 的低温热力学参数进行系统整理, 建立了氢同位素多组分体系低温精馏分离的动态模型, 编制了相关计算程序, 对 H_2/HD 体系理论预测的系统动态行为与实验吻合较好^[24-29]。

我国在大规模氢同位素分离需求方面主要有 CANDU 堆重水提氘和升级与聚变堆的氘氚燃料循环两个领域。秦山 3 期为加拿大的两台 CANDU 机组, 2003 年投入运行, 在重水升级和除氚方面有现实需求。2003 年我国作为全权独立成员加入 ITER 计划, 但氚工艺有军事需求背景, 聚变堆氚生产和提取这些关键技术均不在共享之列, 研究由成员国独立开展, 是各国重点保护的对象, 无法通过引进解决。这些关键技术攻关研究周期较长, 须在满足 ITER 合作要求的基础上, 建造自己的聚变堆积累关键技术和人才资源, 国内应该加紧以下研究: (1) 有侧线歧化的多柱级联工艺, 多柱级联是工程应用中分离复杂体系的要求, 侧线歧化对提高分离能力、获得纯氘、降低系统滞留量有重要意义; (2) 低温精馏工艺与其他工艺级联, 如电解-精馏、联合电解催化交换-精馏、液相催化交换-精馏, 研究级联过程的分离特征对整体优化设计有重要意义。(3) 微色谱、激光拉曼等氢同位素在线分析手段是分离过程监测的眼睛, 必须尽早开展。

4 结束语

氘作为聚变燃料是重要的战略资源, 是未来聚变能源利用的核心材料。国外在各领域的大量工程实例表明, 低温精馏工艺是大规模氢同位素分离的首选, 该工艺在国内尚处起步阶段, 工程应用方面与国外相比有很大差距, 抓住当前我国核能发展的战略机遇, 充分利用国际聚变能合作开发的各种资源深入开展, 对提高我国氘工艺整体研究水平, 增强科技竞争力和保障国家安全有重要战略意义。

参考文献

- Iwai Y, Yamanishi T, Ohira S, *et al.* Fusion Eng Des, 2002, **61-62**: 553-560
- Lässer R, Grünhagen S, Kawamura Y. Fusion Eng Des, 2003, **69**: 813-817
- Kawamura Y, Iwai Y, Yamanishi T, *et al.* Fusion Eng Des, 2000, **49-50**: 855-861
- Busigin A, Sood S K. Fusion Technol, 1988, **14**: 529-535
- Kinoshita M. J Nucl Sci Technol, 1981, **18**(7): 525-528
- Kinoshita M. Studies on Cryogenic Distillation Columns for Hydrogen Isotope Separation. JAERI-M 84-160
- Kinoshita M. Mathematical Simulation Procedure for Single Cryogenic Distillation Column With Feedback Stream Processing Six Isotopic Species of Molecular Hydrogen. JAERI-M-82-047
- 杨国华, 曾权兴. 稳定同位素分离. 北京: 原子能出版社, 1985. 263-278
YANG Guohua, ZENG Quanxing. Separation of stable isotopes. Beijing: Atomic Energy Press, 1985. 263-278
- Pautrot G P. Fusion Technol, 1988, **14**(2, part2A): 480-483
- Davidson R B, Hatten P V, Schaub M, *et al.* Fusion Technol, 1988, **14**(2, part2A): 472-479
- Holtlander W J, Harrison T E, Callagher J D. Fusion Technol, 1988, **14**(2, part2A): 484-488
- Anderson J L, Bartlit J R. Fusion Technol, 1988, **14**(2, part2A): 407-411
- Sherman R H, Bartlit J R. Fusion Technol, 1988, **14**: 1273-1276
- Yamanishi T, Yoshida H, Hirata S, *et al.* Fusion Technol, 1988, **14**: 489-494
- Haange R, Bell A, Caldwell-Nichols, *et al.* Fusion Technol, 1988, **14**: 461-465
- Lässer R, Bell A C, Bainbridge N, *et al.* Fusion Eng Des, 1999, **47**: 173-203
- Yamanishi T, Enoda M, Yoshida H, *et al.* Fusion Technol, 1988, **14**: 495-500
- Yoshida H, Kveton O, Koonce J, *et al.* Fusion Eng Des, 1998, **39-40**: 875-882
- Iwai Y, Yoshida H, Yamanishi T, *et al.* Fusion Eng Des, 2000, **49-50**: 847-853
- Glugla M, Busigin A, Dörr L, *et al.* Fusion Eng Des, 2001, **58-59**: 349-353
- Yoshida H, Glugla M, Hayashi T, *et al.* Fusion Eng Des, 2002, **61-62**: 513-523
- Glugla M, Murdoch D K, Antipenkov A, *et al.* Fusion Eng Des, 2006, **81**: 733-744
- Embury M C, Erwin M G, Levan D A. Fusion Technol, 1988, **14**: 431-437
- 夏修龙, 罗阳明, 任兴碧, 等. 原子能科学技术, 2008, **42**(4): 314-317
XIA Xiulong, LUO Yangming, FU Zhonghua, *et al.* At Energy Sci Technol, 2008, **42**(4): 314-317
- 夏修龙, 任兴碧, 古梅, 等. 核化学与放射化学, 2008, **30**(2): 108-111

- XIA Xiulong, REN Xingbi, GU Mei, *et al.* J Nucl Radiochem, 2008, **30**(2): 108–111
- 26 夏修龙. 核技术, 2006, **29**(6): 221–224
- XIA Xiulong. Nucl Tech, 2006, **29**(6): 221–224
- 27 夏修龙. 核技术, 2007, **30**(4): 294–296
- XIA Xiulong. Nucl Tech, 2007, **30**(4): 294–296
- 28 夏修龙, 任兴碧, 傅中华, 等. 原子能科学技术, 2008, **42**(Z1): 83–87
- XIA Xiulong, REN Xingbi, FU Zhonghua, *et al.* At Energy Sci Technol, 2008, **42**(Z1): 83–87
- 29 夏修龙, 任兴碧, 傅中华, 等. 核化学与放射化学, 2008, **30**(4): 217–221
- XIA Xiulong, REN Xingbi, FU Zhonghua, *et al.* J Nucl Radiochem, 2008, **30**(4): 217–221

Separation technology and application of cryogenic distillation hydrogen isotopes

XIA Xiulong XIONG Liangping REN Xingbi LUO Yangming FU Zhonghua LIU Jun GU Mei

(Institute of Nuclear Physics and Chemistry, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

Abstract Cryogenic distillation is an effective technology for large scale hydrogen isotope separation. A brief introduction was given to the key technology of gas purification, refrigeration and vacuum, measure and control, safety and protection. The wide applications of cryogenic distillation in heavy water production, heavy water detritiation and upgrade, fuel recycle in fusion reactors, and weapon were reviewed. An analysis was made for necessity of this technology in China, and the future work to be carried out was proposed.

Key words Hydrogen isotopes separation, Cryogenic distillation, Tritium

CLC O643.14