

核用离心萃取器的研制和应用进展

Advances in Development and Application of Centrifugal Extractors in Nuclear Industry

段五华/DUAN Wu-hua, 景山/JING Shan, 陈靖/CHEN Jing, 王建晨/WANG Jian-chen, 周嘉贞/ZHOU Jia-zhen

清华大学核能与新能源技术研究院, 北京 102201

Institute of Nuclear and New Energy Technology, Tsinghua University, Beijing 102201, China

[摘要] 相对于混合澄清槽和脉冲萃取柱,离心萃取器有许多优点,在核工业中正日益受到重视,在未来后处理厂有良好的应用前景。综述了核用离心萃取器的研制和应用进展,探讨了今后核用离心萃取器的发展方向。

[关键词] 离心萃取器;研制;应用;核燃料后处理;高放废液

[中图分类号] TL241

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)06-0055-04

Abstract: Compared with mixer-settlers and pulsed columns, centrifugal extractors, favored by the nuclear industry, have many advantages and a good prospect in the nuclear fuel reprocessing plant in future. Both developments and applications of centrifugal extractors in the nuclear industry are reviewed. The developing direction of centrifugal extractors in the nuclear industry is also discussed.

Key Words: centrifugal extractor; development; application; nuclear fuel reprocessing; high-level liquid waste

CLC Number: TL241

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)06-0055-04

1 引言

在核燃料后处理和高放废液处理中,溶剂萃取设备一直是重点研究课题之一,要解决的主要问题是核几何临界安全和溶剂辐照损伤。混合澄清槽、脉冲萃取柱是依靠重力来实现两相混合液分相的,已在各国后处理厂得到广泛应用。而离心萃取器是依靠离心力来完成两相混合液分相的溶剂萃取设备,具有存留量小、停留时间短、适应的流比范围宽、达到传质平衡速度快、传质级效率高、开停车方便且开车后能迅速达到稳态运行、设备紧凑、占用空间小、易实现远距离自动控制和维修、能较好地解决溶剂辐照损伤和核临界安全问题等优点^[1]。自20世纪90年代以来,一些国内外专家对各种萃取设备进行了评估后,认为离心萃取器在核燃料后处理中有很大的优势,具有良好的应用前景。英国BNFL的TAYLOR R J在1998年法国尼斯乏燃料后处理会议上就提出:未来先进后处理厂应优先考虑离心萃取器,而脉冲萃取柱作为保留设备^[2]。目前,许多从事核燃料后处理开发研究的国家都很重视对离心萃取器的研制和应用研究,取得了许多成果^[3]。本文将在国内外文献调研的基础上,对核用离心萃取器的研制和应用进展进行详细的综述。

2 研制

核用离心萃取器由于所处理的对象具有强放射性,要求其除了具有良好的机械性能(振动小,噪音低)、水力学性能(分相好,夹带量少)和传质性能(级效率高)外,还要求其耐辐照,结构更紧凑、简单,便于机械手或机器人操作,从而实现远距离操作和发生

故障时能远距离快速拆装修,长时间安全稳定运行。当多级串联运行时,如果某一级或多级发生故障,整个级联仍能继续运行。

2.1 国外研制进展

世界上第一台离心萃取器是美国SRL实验室20世纪60年代研制的搅拌桨式SRL型离心萃取器,随后一些国家也研制出各自的离心萃取器。早期离心萃取器的结构都较复杂,远距离操作和维修不方便,如:SRL型离心萃取器由于带有搅拌桨(见图1),设备的远距离拆装比较困难^[4];法国研制的LX型单台多级离心萃取器结构更复杂,各级密封困难,且转速高时发热^[5];德国研制的WAK型离心萃取器类似于SRL型离心萃取器,改进之处就是混合室能和外壳脱离,这样检修时可将转动部分从盖板上部抽出,另外为保证密封,在外壳底部包有磁铁,这样混合室和外壳的磁铁吸紧后,可防止液体外泄^[6]。

随着核工业的发展,各国在离心萃取器研究方面也取得了很大进展。美国阿贡国家实验室开发出了ANL型环隙式离心萃取器,并在20世纪90年代开发出了带水平溢流管的环隙式离心萃取器^[7-9]。无论从制造方面还是操作运行方面,环隙式离心萃取器(见图2)是公认最简单的,也是目前国内外研究最多的一种离心萃取器,其与搅拌桨型离心萃取器的主要差别在于取消了搅拌桨,两相液体依靠高速旋转转筒的带动和液层间的摩擦,在环隙内实现剧烈的混合。这一改进大大简化了设备结构,降低了制造费用,同时电机和转筒可连同转轴一起拆卸,为实现远距离操作和维修提供了条件。而带水平溢流管的环隙式离心萃取器使得多级串联运行时,即使某一级或多级出现故障不运转,整个级联仍

收稿日期:2006-03-25

基金项目:国家“863计划”项目(2003AA518020)

作者简介:段五华,男,北京清华大学核能与新能源技术研究院,助理研究员,主要研究方向为离心萃取器的研制和推广应用;

E-mail: dwh203@mail.tsinghua.edu.cn

在困难,而且有轴承和电机易损件,在运行过程中转筒内固体颗粒累积会发生堵塞现象且不易清洗,从而影响其在工业生产中的应用。

3.2 在高放废液处理中的应用

核燃料后处理过程会产生大量的高放废液。高放废液中含有乏燃料元件中的绝大多数裂变产物及少量铜系元素。目前,一些国家正在研究用分离法处理高放废液,提出的流程主要有美国的TRUEX流程、日本的DIDPA流程、瑞典的CTH流程、法国的DIAMEX流程和中国的TRPO流程。其中,后两个流程是世界公认的最有工业应用前景的流程^[26]。由于离心萃取器相对于混合澄清槽和萃取柱,具有存留量小、传质效率高、设备紧凑、开停车方便、易于控制等特点,因此,在热实验时采用离心萃取器来进行高放废液分离流程的研究工作,都取得了满意的效果,如表1所示。

4 结论

核用离心萃取器具有许多优点,正日益受到世界许多国家的重视。中、美、英、日、法、德、俄、印、意等国都已研制出核用离心萃取器,并且把它们应用到了核燃料后处理和高放废液处理实际生产或实验研究中,取得了满意的效果。

从上面的文献综述并结合自己的研究经历,认为核用离心萃取器的今后研究方向主要有以下几方面:①发展类型是环隙式离心萃取器,结构尽可能简单、紧凑,以具有更好的经济性;②采用模块化设计,各模块间联接不用螺钉或螺栓,便于机械手或机器人操作以实现远距离快速维修;③多级串联运行时,当一级或多级发生故障不工作时,整个级联仍能继续运行;④采用磁轴承来取代目前的金属轴承,以消除酸气对金属轴承的腐蚀和强放射性对润滑油或润滑脂的辐照分解,使设备长时间安全稳定运行;⑤解决密封、界面污物和固体颗粒累积以及乳化问题;⑥加快工程应用研究,取得强放射性条件下核用离心萃取器安装、运行和操作经验;⑦进行大型核用离心萃取器的研制,并解决核临界安全问题,以适应未来大型后处理厂的需要。

参考文献(References)

- [1] 姜圣阶,任凤仪.核燃料后处理工学[M].北京:原子能出版社,1995:359-366.
- [2] TAYLOR R J, MAY I, DENNISS I S, et al. The Development of Chemical Separation Technology for an Advanced Purex Process [C]//RECOD'98. Nice Acroplic, France, October 25-28, 1998:417-424.
- [3] KOGANTI S B, PERIASAMY K, RAJAGOPALAN C V, et al. Experience with Centrifugal Extractors [C]// RECOD'94. London, UK, April 24-28, 1994. V1:3B-4.
- [4] WEBSTER D S, WILLIAMSON C L, WARD J F. Hydraulic Performance of a 5-inch centrifugal Contactor: DP-370 [R]. U.S.A: Savannah River Laboratory, 1962.
- [5] BRESCHET C A, DELAFONTAINE G. L. Operating Experience of Centrifugal Contactors Used in a Third Plutonium Purification Cycle at the Marcoule Reprocessing Plant [C]//Proceedings of the International Solvent Extraction Conference. Tokyo, Japan, July 16-21, 1990:609-615.
- [6] 叶春林.圆筒式离心萃取器[M].北京:原子能出版社,1982:1-55.
- [7] BERNSTEIN G J, GROSVENOR D E, LENC J F, et al. Development and Performance of a High-Speed Annular Centrifugal Contactor: ANL-7969 [R]. U.S.A: Argonne National Laboratory, 1973.
- [8] LEONARD R A. Recent Advances in Centrifugal Contactor Design[J]. Separation Science and Technology, 1988, 23(12-13): 1473-1487.
- [9] JUBIN, ROBERT T. Centrifugal Contactor Modified for End Stage

- Operation in a Multistage System [P]. United States Patent: 4925441, May, 1990.
- [10] TAKEDA H, KAWATA T, UEDA Y, SHIMIZU R, NEMOTO S, HAYASHI S. Development of a Centrifugal Contactor [C]//Proceedings of ISEC'90. Tokyo, Japan, July 16-21, 1990: 567-572.
- [11] UEDA Y, SHIMIZU R, NEMOTO S, et al. Development of a Reflux-type Centrifugal Contactor [C]// Proceedings of ISEC'93. York, UK, September, 9-15, 1993: 97-102.
- [12] UEDA Y, IGARASHI M. Computer Code for Purex Flowsheet Simulation in Abnormal Hydraulic Behavior of Centrifugal Contactor [C]// RECOD'98. Nice Acroplic, France, 25-28 October, 1998: 798-805.
- [13] OGINO HIDEKI, WASHIYA TADAHIRO. Centrifugal Extractor with Neutron Absorption Body [P]. US2004023779, 2004.
- [14] OGINO HIDEKI, FUJISAKU KAZUHIKO, WASHIYA TADAHIRO. Centrifugal Extractor Includes Main Shaft Surrounded by Air-tightly Arrive-portion Housing Coupled to Rotor Housing [P]. France: FR2848468, 2004.
- [15] JENKINS J A, MILLS A L, THOMPSON P J, et al. Performance of Centrifugal Contactors on Uranium and Plutonium Active Purex Flowsheets [C]// Proceedings of ISEC'93. York, UK, September, 9-15, 1993:1501-1508.
- [16] RIVALIER P, LANOE J-Y. Development of a New Miniature Short-residence-time Annular Centrifugal Solvent Extraction Contactor for Tests of Process Flowsheets in Hot Cells [C]//ATLANTANT 2000. Palais, France, October 24-26, 2000: 2-28.
- [17] KUZNETSOV G. I, Pushkov A A, Kosogorov A V. Industrial Application of Centrek Centrifugal Extractors [C]//Proceedings of ISEC'2002. Cape Town, South African, March 17-21, 2002: 1174-1179.
- [18] CANDELIERI T, et al. 用于溶剂萃取和料液澄清的新型遥控离心接触器[C]//李庆芳.乏燃料后处理新进展(1987年巴黎会议论文集).北京:原子能出版社,1990:241-250.
- [19] 张天祥,周镇兴,李文圣,等.我国第一座辐照核燃料后处理厂运行回顾[J].核科技进展,2003(2): 1-9.
- [20] 周嘉贞.10毫米微型环隙式离心萃取器[J].化学工程,1984,12(6): 25-29.
- [21] 章泽甫,丁大纯,汤泉涌.实验室用小型环隙式离心萃取器[J].原子能科学技术,1984,18(3):301-306.
- [22] 段五华,于文东,周秀珠,等.F70mm离心萃取器I.机械性能和水力学特性[J].原子能科学技术,2001,35(1):51-55.
- [23] SICZEK A A, MEISENHEDER J H, BERNSTEIN G J, et al. Solvent Extraction Studies in Miniature Centrifugal Contactors [J]. Radiochimica Acta, 1980(27): 51-60.
- [24] BARON P, DINH B, DRAIN F, et al. Plutonium Purification Cycle in Centrifugal Extractors: Comparative Study of Flowsheets Using Uranous Nitrate and Hydroxylamine Nitrate [C]// RECOD'98. Nice Acroplic, France, October 25-28, 1998:401-408.
- [25] FINSTERWALDER L. 离心萃取器在后处理厂应用的可能性[C]//邵德荣,李光鸿,王仍陶,等.核燃料后处理研究进展(译文集).北京:原子能出版社,1989:192-200.
- [26] 焦荣洲,宋崇立,朱永贝睿.萃取分离法处理高放废液的进展[J].原子能科学技术,2000,34(5):473-480.
- [27] CHAMBERLAIN D B, CONNER C, HUTTER J C, et al. Truex Processing of Plutonium Analytical Solution at Argonne National Laboratory [J]. Separation Science and Technology, 1997, 32(1-4): 303-326.
- [28] LAW J D, WOOD D J, TODD T A, et al. Demonstration of the SREX Process for the Removal of 90Sr from Actual Highly Radioactive Solutions in Centrifugal Contactors[C]// Global'97. Yokohama, Japan, October 5-10,1997: 1 412-1 417.
- [29] HERBST R S, LAW J D, TODD T A, et al. Integrated AMP-PAN,

森林资源资产评估管理研究

Study of Forest Resources Assets' Assessment Management

魏远竹/WEI Yuan-zhu

福建农林大学经济与管理学院,福州 350002

School of Economics and Management, Fujian Agricultural and Forestry University, Fuzhou 350002, China

[摘要] 我国目前在森林资源资产评估管理中存在着一系列问题,加强森林资源资产评估管理已势在必行。为此,不仅要尽快地建立健全统一、权威的森林资源资产评估法律、法规和政策规章,而且还要加强对森林资源资产评估项目的管理、评估委托人的管理、评估机构和评估人员的管理,还应该加快评估行业管理模式的转变,以促进我国森林资源资产评估行业的健康发展。

[关键词] 森林资源资产;资产评估;评估管理;问题;对策

[中图分类号] F326.20

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)06-0058-05

Abstract: There are a series of problems in the course of forest resources assets' assessment management, and people must do their best to strengthen the management. In order to improve the level of assets' assessment control, people must set up and perfect correlative law and regulation as soon as possible, and in the same time people should reinforce assessment item management and assessment clients' management, assessment organization and its employees' control also should be enhanced too, and the professional management pattern must be transit in the end. All these supervisory measures would accelerate the development at a steady pace.

Key Words: forest resources assets; assets' assessment; assessment management; problem; countermeasure

CLC Number: F326.20

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)06-0058-05

20 世纪 90 年代以来,为解决日益突出的资源与环境问题,人类提出了自然资源资产化管理的改革思路。由于森林资源是一种重要的可再生资源,是陆地生态系统的主体,因此,世界各国都将森林资源作为资产化管理的重点。森林资源资产化管理

是一个复合的系统工程,其中森林资源资产评估是其最主要的组成部分。资产评估包括评估技术和评估管理两个方面,其中评估管理是保障评估技术得以有效实施的基础和前提,是森林资源资产评估工作的重要组成部分。同时,鉴于森林资源资产是

一种特殊的资源性资产,加强其评估管理就显得尤为重要。然而,我国目前却存在着严重的“重技术,轻管理”的倾向,森林资源资产评估管理工作严重滞后,导致了一系列问题的出现。因此,明确资产评估管理中存在的主要问题,并采取相应的对策加以

收稿日期:2006-01-11

基金项目:福建省青年科技人才创新项目(2004J011),中国博士后科学基金资助项目(2005038172),福建省林业厅科研资金(闽林(2005)科函5号)

作者简介:魏远竹,男,福建省福州市金山福建农林大学经济与管理学院,副教授,主要研究方向为自然资源管理和核算、财务会计、农林经济管理和植保经济学;E-mail: weiyuanzhu@163.com

- TRUEX, and SREX Testing. I. Extended flowsheet Testing for Separation of Surrogate Radionuclides from Simulated Acidic Tank Waste [J]. Separation Science and Technology, 2002, 37(6): 1321-1351.
- [30] LEONARD R A, CONNER C, LIBERATORE M W, et al. Development of a Solvent Extraction Process for Cesium removal from SRS Tank Waste [J]. Separation Science and Technology, 2001, 36(5-6): 743-766.
- [31] MALMBECK R, COURSON O, PAGLIOSA G, et al. Partitioning of Minor Actinides from HLLW Using the DIAMEX Process. Part 2-"Hot" Continuous Counter-current Experiment [J]. Radiochim Acta, 2000, 88: 865-871.
- [32] LAW J D, HERBST R S, TODD T A, et al. The Universal Solvent Extraction (UNEX) Process. II. Flowsheet Development and Demonstration of the UNEX Process for the Separation of Cesium, Strontium, and Actinides from Actual Acidic Radioactive Waste

- [J]. Solvent Extraction and Ion Exchange, 2001, 19(1): 23-36.
- [33] HERBST R S, LAW J D, TODD T A, et al. Development of the Universal Solvent Extraction (UNEX) Process for the Simultaneous Recovery Cs, Sr and Actinides from Acidic Radioactive Waste [J]. Separation Science and Technology, 2003, 38 (12-13): 2685-2708.
- [34] WANG JIANCHEN, TIAN GUOXIN, CHEN JING, et al. Application of Miniature Centrifugal Contactors for Treating High-level Liquid Waste [J]. Separation Science and Technology, 2001, 36 (13):2983-2996.
- [35] 刘秉仁,焦荣洲,何向明,等.分离法处理高放废液全流程热实验系统的建立与实验运行[J].核科学与工程,1997,17(4):372-376.
- [36] 叶玉星,吴冠民,朱文彬.DHDECMP-TBP/煤油萃取模拟高放废液中的裂片元素工艺的研究[J].原子能科学技术,2003,37(3):242-245.

(责任编辑 胡春华)