

超重力简史

超重力工程技术,作为一个全新的技术正日益受到各个领域科学工作者的重视。在地球上,自然界的很多规律都受到地球重力场的作用,作为一个极端的物理条件,超重力环境为各学科的研究注入了新的活力。

一、超重力技术的基本原理

在化工、冶金、能源、材料、环保等工业过程中,多相流体间的质量传递与反应是最基本的生产过程之一。在这些过程中大量使用着塔器。这种依赖地球重力场作用进行操作的气液逆流接触设备,受到泛点低和单位体积内有效接触面积小的限制。多年来,塔器虽不断有所改进,但过程的强化并未获得突破性进展。

然而在比重力加速度大得多的环境下,物质所受到的力(包括引力或排斥力)。在超重力环境下,不同大小分子间的分子扩散和相间的传质过程均比常规重力场下要快得多,使相间传质速率比传统的塔器提高1~3个数量级,微观混合和传质过程得到极大的强化。

二、超重力技术的发展历程

离心力场(超重力场)被用于相间分离,无论在日常生活还是在工业应用上,都已有相当长的历史。

1925年Myers制作了带有转动体的锥形截板式蒸馏柱。

1933年,Plackek发明了侧面闭合的螺旋式气液接触装置,液体沿螺旋板由内向外与逆流流动的气体相接触。几年后,该装置又有所改进,使用带有突起的同心圆筒以增加接触时间。

1954年,Chambers开发了附在旋转平板上的圆环构成的离心吸收器。

1965年,Vivian将一个填料塔固定在大离心机的旋转臂上,以测定离心加速度对传质系数的影响,实验表面:液膜传质系数与加速度的0.41~0.48次方成正比。Vivian是率先利用旋转床进行传质研究的,但没有提出旋转床超重力这一概念。

1969年,Todd进行了离心接触器的实验,该接触器由相隔1英寸的12层环状同心筛板组成,在流体流动上,与筛板塔相类似。

首次出现超重力概念是20世纪70年代末出现的“Higee”,并引起工业界的重视,这是英国帝国化学公司的ColinRamshaw教授领导的新科学小组提出的专利技术。

诞生最初是由设想用精馏分离去应征美国太空署关于微重力条件下太空实验项目引起的。1976年,美国太空署征求微重力场实验项目,英国ICI公司(帝国化学公司)的ColinRamshaw教授等做了化工分离单元操作——蒸馏、吸收等过程中微重力场影响效应的研究,发现在零重力的状态下,其——液间的传质是不可能的,气体和液体不能有效地分离,而超重力使液体表面张力的作用相对变得微不足道,液体在巨大的剪切力作用下被拉升或撕裂成微小的液膜、液丝和液滴,产生巨大的相间接粗面积,因此极大地提高了传递速率系数,而且还使气液逆流操作的泛点速率提高,大大增加了设备的生产能力,这些都对分离过程有力。这一研究成果促成了超重力分离技术的诞生。

在1981年ICI公司Ramshaw教授申请了世界上第一个填料式超重力床专利,在之后的几年时间(1981~1983年)连续提出了名为HIGEE(超重力)新技术的多项专利。

超重力技术的出现,对传质过程的强化可以说是一个质的飞跃,20世纪80年代以来,人们开始意识到这项技术在化工领域具有广阔的应用前景。目前世界上许多大的化学公司都在竞相超重力技术(High Gravity Technology)进行开发研究,并进行了一定的中试或工业化

运行。目前已有多个加压、常压、负压装置在运行，包括进行吸收、解吸、萃取、精馏等操作及实验。在工程化方面有一定程度的进展。

英国Newcastle大学、美国Case Western Reserve大学、美国Texas Austin大学和美国Washington大学在超重力装置的研究开发中处于世界先进水平。

1983年，ICI公司报道了工业规模的HIGEE装置平行于传统板式塔进行乙醇和异丙醇与苯和环己烷分离，成功运行了累计数千小时的情况，肯定了这一新技术的工程和工艺可行性。

1984年，美国专门从事塔器与塔填料制造，并占有世界重要市场的Glitsch公司于购买了ICI公司的HIGEE专利，并成立了专门的HIGEE研究开发中心，进行了大量研究，并与Case Western Reserve大学、Washington大学（密苏里州）、Texas Austin州立大学以及专门从事气体处理的Fluor公司及气体研究院（GRI）等建立了合作研究关系。在能源部大力资助下先后耗费了数千万美元对多种体系进行了小试、中试和工业示范装置的科学实验研究，取得了长足的进展。

1985年，美国海岸警卫队建立了第一套用于脱除地下水挥发组分的超重力装置，从被污染的地下水中分离出苯、甲苯，由含量200ppb和500ppb脱除到1ppb左右，该装置成功运行了6年。

1987年，美国Flour Daniel公司在新墨西哥州的EL Paso天然气公司建立了利用二乙醇胺对含有 H_2S 和 CO_2 的天然气进行选择吸收 H_2S 的超重力装置。

1987年7月，Glitsch公司在路易斯安那州进行了在不含 H_2S 的气体中利用二乙醇胺吸收 CO_2 和用三甘醇进行天然气干燥两项实验，并都获得了成功。

1989年Glitsch公司宣称，购买一台HIGEE装置可代替50英尺塔高，相当于30块塔板，是用于对传统塔改造，提高产品质量的最经济有效途径。

Case Western Reserve大学的N. C. Gardner教授从1984年开始，先后在Norton公司，Dow公司支持下对烟气脱硫和聚和物脱单体进行研究。

Martin与Martelli使用旋转填料床（Rotating Packed Bed，或RPB）与传统蒸馏塔连接，采用网状金属填充物，对环己烷和正庚烷分离系统进行测试。

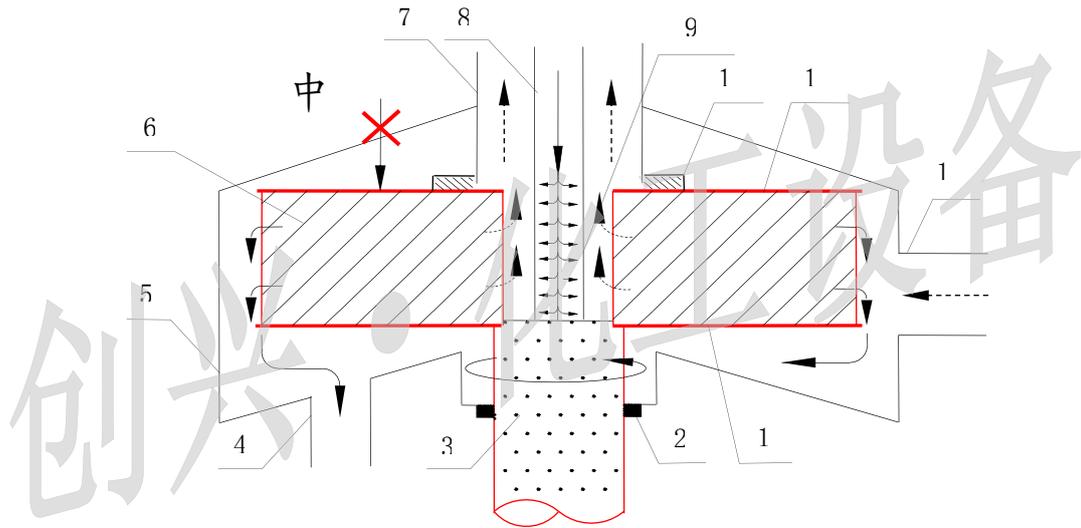
郝靖国在Case Western Reserve大学Gardener教授的指导下进行了旋转填料床脱除聚苯乙烯中残留单体的研究。

英国Newcastle大学的Colin Ramshaw教授领导的小组，多年一直致力于海水脱氧的研究。

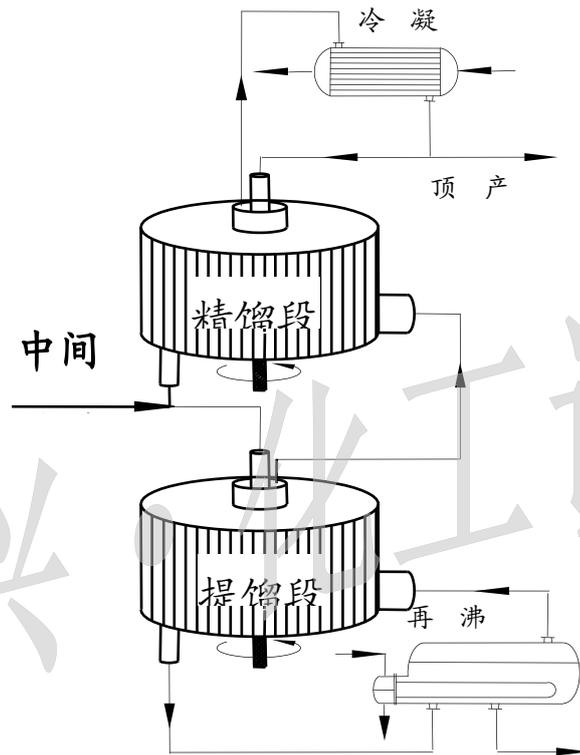
Dow Chemical公司于1999年开发了以旋转填料床制备次氯酸的工艺。

另外，国外对超重力技术的应用研究主要在下述方面：(1) 蒸馏、精馏；(2) 环保中的除尘、除雾，烟气中 SO_2 及有害气体的去除，液—液分离，液—固分离；(3) 吸收，对天然气的干燥、脱碳、脱硫，对 CO_2 的吸收；(4) 解吸，从受污染的地下水中吹出芳烃、化学热（吸收解吸）；(5) 旋转电化学反应器及燃料电池（快速去除气泡，降低超电压）；(6) 旋转聚合反应器；(7) 旋转盘换热器、蒸发器；(8) 聚合物脱除挥发物；(9) 生物氧化反应过程的强化，（传统的生化反应在发酵罐中进行）

结构示意图：



1-下盖板 2-下动 3-转轴 4-液体出口 5-壳体
6-转子 7-气体出口 8-液体进口 9-液体分布器



国内对于超重力技术的应用研究起步相对较晚,但也取得了显著的成果,主要应用在油田注水脱氧、制备纳米材料、强化除尘过程、强化生化反应过程和精馏等方面。在1985年以前对超重力工程技术研究基本属于空白。

1983年汪家鼎院士就在国内化学工程会议上介绍了ICI所开发的这项新技术的情况。

1984年，北京化工大学与美国Case Western Reserve大学就超重力工程技术的研究开发确定了合作意向

1988年北京化工大学郑冲教授与美国Case Western Reserve大学合作，开始进行旋转填料床的应用。得到化工部和国家科委的高度重视和大力支持，经论证，被列为国家八九年度和“八五”重点科技攻关项目，也得到了中国自然科学基金委对这项高新技术的基础研究的支持。

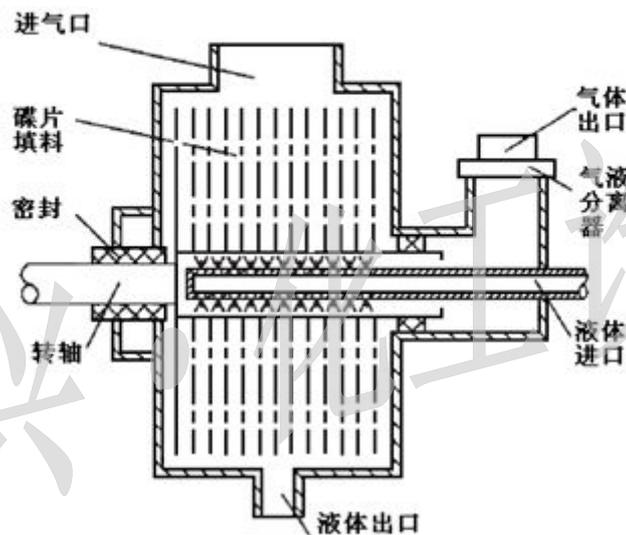
1990年在北京化工大学建成我国第一个超重力工程技术研究中心并开展了一系列的创新性研究工作，多年来，在超重力技术的基础和应用研究方面取得了多项国家专利。同时国内其它如浙江工业大学、华南理工大学、天津大学等高校也对该技术相继进行了开发研究，并取得了显著的成效。

各所高校及研究机构流体力学、传质理论、微观混合、非均相混合物的分离、传热、精馏、吸收、解吸、萃取等典型单元操作以及反应过程在内的多个化工过程进行了基础理论和应用研究。其中包括以下几个方面：

氨氮废水处理、锅炉水脱氧、脱硫除尘研究、生物氧化反应、精馏过程、萃取过程、液膜分离、臭氧氧化、脱除水中有机物、制备纳米粉体、净化硝烟、制备纳米有机 β -Cu火箭推进剂燃烧催化剂、臭氧法处理TNT红水等。

在对超重力技术的不断的研究探索中，出现了许多结构形式。其中具有代表性的有以下几种：

碟片填料式



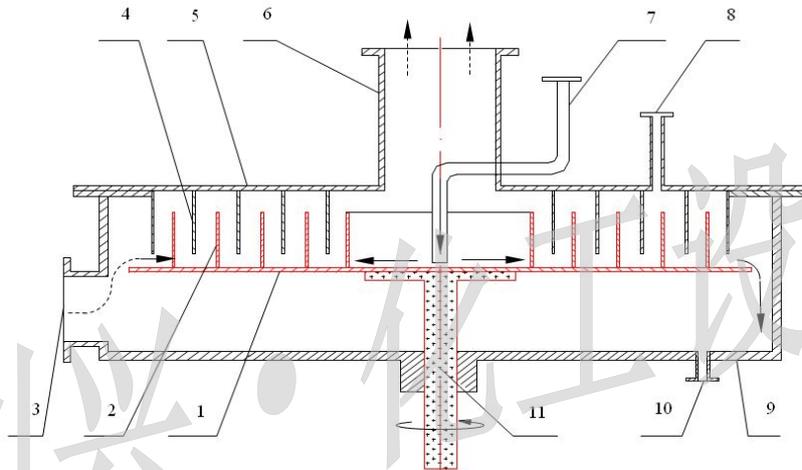


螺旋板式

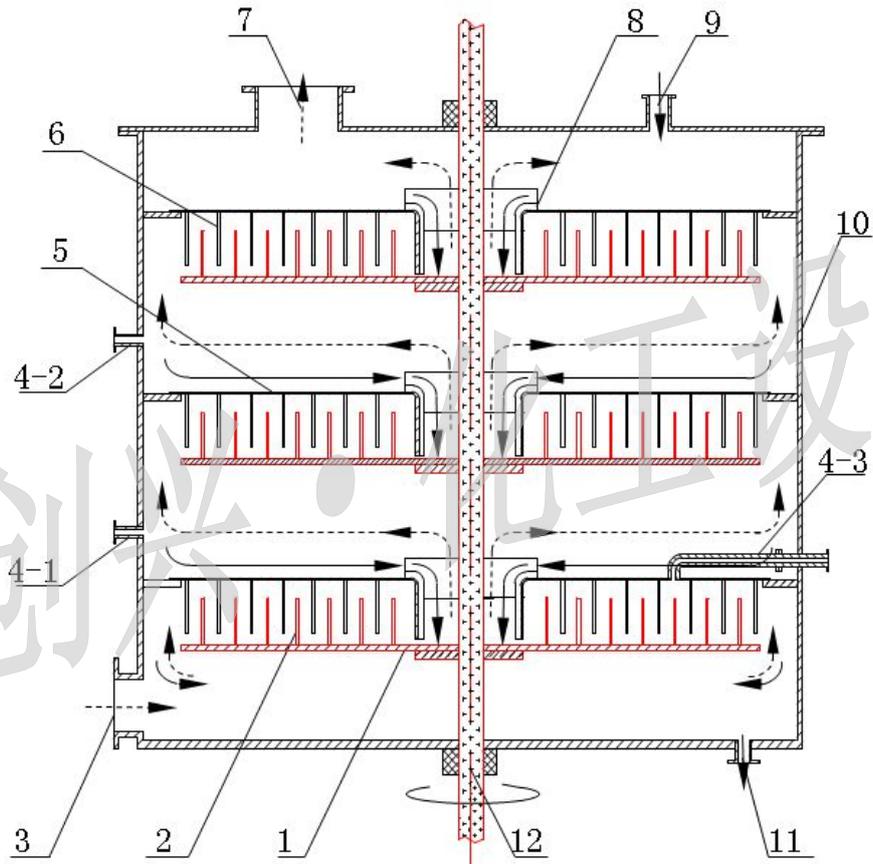
2001年浙江工业大学计建炳 等教授申请了名为折流式超重力场旋转床装置的专利,于2004年11月份得到授权。在超重力工程技术在精馏方面的应用推向了一个新的高度;而后浙江工业大学逐渐申请了数个发明专利和实用新型专利。

公司产品超重力旋转精馏机就是基于该发明改进后的产品,并用于有2项实用新型专利,与3项发明专利(申请中)。

结构示意图:



1-动盘 2-动折流圈 3-气体进口 4-静折流圈 5-静盘 6-气体出口 7-液体进口 8-中间进料 9-壳体 10-液体出口 11-转轴



1-动盘 2-动折流圈 3-气体进口 4-1, 2, 3-液体进口 5-静盘 6-静折流圈
7-气体出口 8-导流管 9-回流管 10-壳体 11-液体出口 12-转轴