



浆态床过氧化氢生产技术

潘智勇, 高国华, 杨克勇, 宗保宁*

中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院, 北京 100083

*通讯作者, E-mail: zongbn.ripp@sinopec.com

收稿日期: 2014-10-16; 接受日期: 2014-11-10; 网络版发表日期: 2015-03-12

doi: 10.1360/N032014-00286

摘要 蒽醌法是当今世界上应用最广泛的过氧化氢生产方法. 本文综述了国内外蒽醌法过氧化氢生产技术的研究及发展, 简单介绍了以中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院为主导研发的浆态床过氧化氢生产技术的中试情况, 指出了流化床氢化工艺取代固定床将是国内过氧化氢生产技术的发展方向及重大突破.

关键词
浆态床
过氧化氢
生产技术

1 引言

过氧化氢又名双氧水, 是世界主要的基础化学产品之一. 作为一种氧化剂、漂白剂、消毒剂、聚合物引发剂和交联剂, 它广泛应用于造纸、纺织、化学品合成、军工、电子、食品加工、医药、化妆品、环境保护、冶金等诸多领域. 由于过氧化氢在全部 pH 范围内都具有很强的氧化性, 且可用活性氧原子质量占其分子质量的 47.1%^[1], 远高于其他工业常用的氧化剂; 最为重要的是, 过氧化氢分解后最终产物是水和氧气, 对环境无二次污染, 因此, 过氧化氢被誉为一种典型的“绿色环保”化学品. 多年来, 我国市场上过氧化氢的消费量一直呈逐年增加的走势, 且近年来增幅不断加大. 2000 年我国市场上过氧化氢的消费量为 25 万吨, 2003 年达到 50 万吨, 翻了一番. 2007 年消费量达到 85 万吨, 2009 年消费量又增至 115 万吨. 在 2000~2009 年的 10 年间, 我国过氧化氢的消费量年均增长率达到近 20%. 2010 年, 我国过氧化氢的总产能已经达到约 150 万吨(折合 100%计), 产量约为 120 万吨, 产能和产量均跃居全球第一. 预计未来数年, 我国过氧化氢的生产和消费将进入一个稳步发展的良性循环阶段, 生产能力、产量和市场消费量仍将不断增加, 生产也会逐步向优势企业集中.

生产过氧化氢通常有电解法、蒽醌法、异丙醇法以及趋于工业化的氧阴极还原法^[2]和氢氧直接合成法^[3~7]等. 另外还有一些研究中的生产方法, 如钯催化氧气和乙醇合成法, 丁醇氧化法, 钯催化一氧化碳、氧气和水合成法和 *N*-羟基-苯邻二甲酰亚胺催化氧化醇类合成法等. 其中, 蒽醌法由于具有能耗低、成本低、装置便于大型化等优点成为目前过氧化氢生产中占绝对优势的方法. 据统计, 目前占全世界总产量 95%及国内总产量 99%的过氧化氢都采用蒽醌法生产.

蒽醌法生产过氧化氢是由德国的 IG 法本公司在 20 世纪 40 年代实现工业化的, 在随后的半个世纪以来, 基于蒽醌法建立的工厂均延续了最初的技术理念, 主要包括 4 个工序: 蒽醌加氢、氢化蒽醌氧化、 H_2O_2 萃取以及工作液纯化循环. 蒽醌法氢化及氧化过程中发生的主要反应如图 1 所示. 在催化剂(负载 Pd 或 Pt 催化剂)存在下, 首先将溶于有机溶剂(也称工作液)中的蒽醌(AQ)通过加氢反应转化成蒽氢醌(AHQ). 然后将 AHQ 与加氢催化剂分离, 再由空气氧化成 AQ 并生成同摩尔量的 H_2O_2 . AHQ 的氧化过程可在没有催化剂的情况下自动完成, 生成的 H_2O_2 溶解在工作液中, 浓度较低, 只有 0.8 wt%~1.9 wt%, 必须经过萃取才能得到 H_2O_2 粗产品. 在萃取过程中,

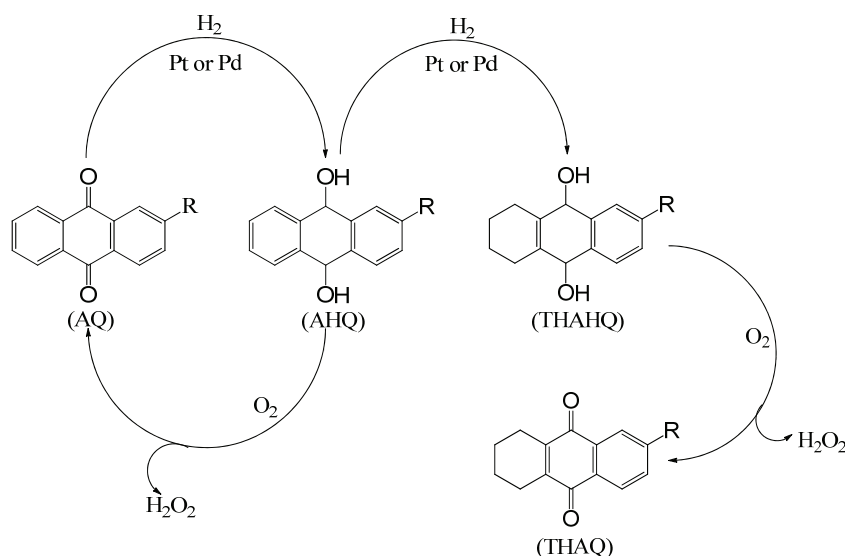


图1 蒽醌法合成过氧化氢的反应过程

由于相平衡关系, H₂O₂ 粗产品中不可避免地含有有机污染物等杂质, 因此, H₂O₂ 粗产品要经过相应提纯操作才能满足纯度要求。另外, 蒽醌在加氢过程中不可避免地会出现过度加氢, 将造成蒽醌降解, 影响生产, 所以蒽醌法中的有机工作液也必须经过净化处理才能循环使用^[8,9]。

蒽醌法是目前过氧化氢生产工业效率最高、经济性和环保性最好的方法, 生产出的过氧化氢浓度和质量较高。在更先进的生产过氧化氢的技术出现之前, 蒽醌法仍将是今后一段时期生产过氧化氢最普遍的一种方法。在蒽醌法生产过程中, 蒽醌加氢是整个生产过程中的关键步骤, 直接影响过氧化氢的收率和设备的生产效率。许多研究者针对加氢过程中的催化剂、溶剂和工艺作了大量研发工作, 世界上过氧化氢产量最大的几家公司中也都形成了自己独特的生产技术和拥有配套的生产装置(表1)^[10]。

2 国内第一代蒽醌法过氧化氢生产技术

我国蒽醌法生产过氧化氢技术的研究工作始于1958年, 最初是根据德国IG法本公司的方法进行探索研究。由于当时条件所限, 采用间歇合成工艺未能获得圆满结果。1961年, 根据国外蒽醌法合成过氧化氢的有关资料, 重新开展了研究工作, 在实验室的模型装置中掌握了蒽醌法连续合成过氧化氢的工艺条件、操作方法、分析方法以及所需各种触媒的制备方

法。1964~1966年完成了7吨/年规模的扩大试验, 得到了连续生产的满意结果, 为实现工业化生产奠定了基础。根据这个研究结果, 1971年首先在北京氧气厂建成投产了一套300吨/年的生产装置, 标志我国第一代过氧化氢生产技术的诞生。1976年以后, 兰州助剂厂、青岛化纤材料厂等8个厂相继建成300~500吨/年的过氧化氢生产装置。吉林化学工业公司试剂厂利用原为遵义碱厂设计制造的2000吨/年的生产装置, 在黎明化工研究院的指导下, 1977年改建并投产了当时全国最大的蒽醌法生产过氧化氢装置^[11]。

国内第一代过氧化氢生产技术以镍催化剂和搅拌釜氢化工艺为主要特点, 釜内装有搅拌器和多根袖筒过滤器, 工作液连续进入釜内, 氢化后连续经过过滤器流出, 催化剂则阻留于釜内。镍催化剂则主要使用骨架镍(Raney Ni), 是由铝镍合金粉经碱液处理和芳烃脱水后制得, 具有较高的活性和选择性。但这类催化剂遇空气易自燃、对循环工作液中的痕量O₂和H₂O₂敏感、极易中毒以及失效后难于再生, 且相应氢化器结构复杂, 极大限制了镍催化剂的应用。目前, 第一代技术基本已被更为先进的以钨为催化剂的固定床工艺所取代。

3 国内第二代蒽醌法过氧化氢生产技术

国内20世纪80年代中期以前, 过氧化氢的生产主要以镍催化剂搅拌釜氢化蒽醌法工艺为主。随

表 1 国外主要公司蒽醌法工艺特点^{a)}

公司	工作液组成	氢化催化剂及氢化方式
FMC	EAQ+H ₄ EAQ+Ar+TOP	Pd/Al ₂ O ₃ (粒状); 固定床
Solvay	EAQ+H ₄ EAQ+Ar+MCA	Pd/浮石(粉状); 流化床
Arkema	EAQ+H ₄ EAQ+Ar+MCA	Pd/浮石(粉状); 流化床
Degussa	EAQ+H ₄ EAQ+Ar+TOP	钨黑(粉状); 盘管管式流化反应器
MGC	AAQ+Ar+DIBC (H ₄ AAQ)	Pd/Al ₂ O ₃ (粉状); 流化床
Akzo Nobel	EAQ+H ₄ EAQ+Ar+TOP	整体式(蜂窝状)钨催化剂; 固定床

a) EAQ=2-乙基蒽醌; H₄EAQ=四氢-2-乙基蒽醌; Ar=芳烃; TOP=磷酸三辛酯; MCA=醋酸甲基环己酯; AAQ=戊基蒽醌; DIBC=二异丁基甲醇

着生产能力的不断增强,与搅拌釜工艺相比,以 Pd 为催化剂的固定床工艺逐渐显示出其优越性.该工艺氢化设备结构简单、装置生产能力大、生产过程中不需经常补加催化剂、安全性能好和操作方便,且借助于计算机集散控制技术,可大大提高装置的安全性能.进入 20 世纪 90 年代以来,随着黎明化工研究院开发成功的钨催化剂固定床氢化蒽醌法生产过氧化氢工业装置的普及,第一代搅拌釜蒽醌加氢工艺逐渐被淘汰.目前国内已投产的过氧化氢生产装置约 80 套,基本均采用以钨催化剂固定床氢化为特点的蒽醌法工艺,且多由黎明化工研究院进行技术转让、工程设计和指导投产,并配套提供生产所需的专用钨催化剂.

经过多年的发展,固定床蒽醌法工艺技术已趋成熟,但国内外厂商仍在对工艺的个别技术环节进行研究和改进,具体的改进措施主要包括:(1)对现用的钨催化剂固定床氢化的蒽醌法工艺进行优化、改进和提高(包括催化剂性能提高、工作液中蒽醌和溶剂优选优配等),提高单位循环工作液生产过氧化氢的能力,降低工作液循环量,提高萃取所得产品浓度;(2)加强工程研究,优化工程设计,提高设备生产效率,缩小设备尺寸,降低装置中工作液总持有量;(3)提高各工序运转收率,提高装置运行自动化水平,提高操作安全性,降低原料、能源消耗,降低生产成本,减少事故风险.

中国石化集团抚顺石油化工研究院^[12]针对某炼厂 12 万吨/年(27.5%双氧水)蒽醌法过氧化氢生产装置存在的产品浓度低、萃取液残留量高和碱耗量大等问题,对该装置的氢化、氧化、萃取和碱处理工序中的关键设备和内构件进行了优化和改造.改造后,过氧化氢产品质量分数由改造前的 20%~23%提升至≥

27.5%,每年可增产纯过氧化氢 8500 吨,折过氧化氢产品 3.1 万吨,碱耗量降低 4800 吨,显著增加了企业效益.此外,改造后萃取液中过氧化氢残留量低于 0.15 g/L,大大降低了装置的安全隐患,使装置能够安全稳定地运行.

黎明化工研究院^[13]在蒽醌法工艺全流程模拟装置上,采用含四丁基脒工作液、富氧空气在筛板氧化塔氧化及带聚凝板筛板塔萃取等技术,对蒽醌法氧化、萃取工艺过程进行了强化研究.结果显示,氧化塔 H₂O₂ 生产能力提高至 32 kg/(m³ h);萃取液中过氧化氢质量分数可达 50%.与空气鼓泡塔氧化相比,采用筛板塔和富氧空气进行氧化,均可提高氧化塔生产能力;在萃取塔内添加聚凝板,可增强萃取效果.

近期,我国过氧化氢技术研发与工业化取得重大成果.采用由抚顺石油化工研究院与湖南兴鹏化工科技有限公司、上海宸鹏化工科技有限公司共同开发的固定床蒽醌法生产过氧化氢成套新工艺技术,在广西壮族自治区百色市田东县石化工业园建设的 4 万吨/年(40%双氧水)工业化示范装置一次开车成功.装置 72 h 标定结果表明,工作液蒽醌质量浓度 180 g/L、氢化效率 10 g/L,一次产品质量分数 42%、萃取液中过氧化氢质量浓度平均为 0.14 g/L,产品质量达标,各项技术指标均达到国际同类技术水平.新装置工艺与国内现有装置的工艺相比,在同样工作液流量下,装置产能可提高 30%;一次产品质量分数提高 7%;催化剂用量是原工艺的 1/3,减少催化剂投资 1/2;工作液反应载体溶解度增加,单位体积工作液生产效率提高 35%;同规模主生产装置设备管路投资减少 20%;氧化反应时间缩短、萃取效率提高,可产质量分数大于 40%的产品;产品能耗降低 15%、综合成本可下降 50 元/吨(按 27.5%产品计).

4 国外蒽醌法过氧化氢生产技术

固定床氢化工艺虽操作简单、催化剂不用分离,但也存在明显缺陷.主要表现在:(1)蒽醌加氢反应是放热过程,固定床床层传热性能较差,内部易形成局部热点或飞温,床层内部反应不均匀,温度过高区域容易引起工作液降解,从而造成反应选择性及产品质量差,为后续过程处理及装置大型化带来问题;(2)固定床不能使用细颗粒催化剂,催化剂活性内表面得不到充分利用,造成催化剂利用效率低.更为重要的是,氢化反应受传热传质限制,在固定床蒽醌加氢实际生产过程中,为了避免工作液过度加氢,一般会将蒽醌氢化度和氢效控制在合理范围.以目前固定床典型工艺为例,120 g/L的有效蒽醌完全氢化,理论计算氢效可以达17 g/L,但由于受到上述因素的影响,工厂很难提高到12 g/L以上.为了尽量减少工作液的降解产生,往往将氢效控制在5~8 g/L,蒽醌氢化度则控制在40%~50%,从而增加了工作液的循环量,提高了能耗及生产成本.

目前,国外只有少量规模较小的企业仍采用固定床.非固定床氢化反应器是近年来蒽醌氢化反应器开发的热点,尤其是流化床反应器因具有更高的收率及加氢选择性,反应器内传质良好,传热均匀,并且催化剂易于更换,特别适合于大规模生产的特点,受到业界的广泛关注.国外主要化工企业,如DuPont, Solvay, Akzo Nobel, MGC, FMC, Total, Degussa, BASF等公司,近几年建成的大型过氧化氢生产装置中,均采用流化床作为氢化反应器,采用Pd作为催化剂活性组分.

Degussa公司^[14]的氢化工艺采用管式悬浮氢化器,反应器成迂回管体系,水平管和垂直管之间由弯头连接,各段管具有相同的通称直径.管外有套管供加热或冷却用,氢化就在该反应器中进行,工作液在其中的流速大于3 m/s,工作温度为100℃左右,绝对压力为15 bar.催化剂为钯黑,工作液与H₂进入氢化器之前,先经一个文丘里混合器预混,可明显提高生产能力;催化剂随着工作液一起连续流动,工作液与氢气进行反应,反应后经过一个分离器,将催化剂与氢化液进行初步的分离;分离后还需使用专用的氢化液过滤器将氢化液与催化剂再次分离,对含催化剂的氢化液过滤要求很严格,否则损失大,易产生事故;氢化效率为12 g/L.

BASF公司^[15]提出了3种鼓泡床应用于蒽醌悬浮氢化的方案,采用特定的列管式鼓泡床反应器,反应器内设有带小孔或狭缝的气体分散器.为增强传质效果,反应器内放置了填料.鼓泡床工艺除能实现间歇、连续2种操作外,还有氢化效率高、时空收率稳定等优点.但是,该工艺在一定程度上降低了催化剂的寿命,且工作载体损失率较高.这可能是因为催化剂周围的滞液量过大的缘故.

Solvay Interlox、Atofina和MGC公司的氢化工艺也是采用流化床,为了保证流化床的正常运转,采用的催化剂多为粉状,如Solvay Interlox和Atofina采用粉状2%Pd/Al₂O₃-SiO₂-NaO₂作催化剂;MGC使用的催化剂则为(0.5%~2%)Pd/Al₂O₃.由于这些催化剂为粉状,细小的粒子能够有效消除内扩散阻力,充分发挥催化剂的效能,因而这种催化剂在整个氢化过程中利用率高;氢化效率高,加之萃取时H₂O₂分配系数大,萃取产品浓度高,质量分数高达40%;氢化降解物少,并且不含酸碱中和的无机盐,有利于进一步生产高纯过氧化氢;装置开始运转时一次投入催化剂量少,采用陆续补加,消耗额低,运行费用低.

5 中国石化浆态床蒽醌生产过氧化氢技术

从国外大公司大型流化床工艺多年运营的情况分析,流化床工艺在安全生产、物料消耗、产品质量等方面均远优于国内固定床技术,是蒽醌法过氧化氢生产中的突破性进展.

中国还没有开发出流化床过氧化氢生产成套技术.1997年,黎明化工研究院在1500吨/年装置上进行过流化床的中试研究.采用EAQ为载体,重芳烃和TOP为溶剂的工作溶液,德国进口的粉末催化剂,美国Pall公司的过滤器,氢化效率可达到9 g/L以上,运转了1年多时间,后因种种原因而停止.

目前,国内已开工或计划开工的流化床工艺都是国外转让的.例如,上海焦化厂是引进法国Total公司旗下阿克玛公司的技术;江苏菱苏过氧化物有限公司引进的是MGC公司的技术;近期,韩国P&ID公司也与浙江、山东等地签订了4个过氧化氢产能为10万吨/年的技术转让合同.值得一提的是,2013年底,德国赢创工业集团在吉林市建成国内最大的流化床过氧化氢生产装置并顺利开工,生产能力为23万吨/年(100%双氧水),采用流化床氢化,以AAQ为

载体, 重芳烃和 DIBC 为溶剂. AAQ 溶解度大, 所以单位体积工作液的过氧化氢产量高, 氢化效率可达 15 g/L, 系统所用的工作液量少, 一次性投资低, 具有很强的市场竞争力.

与此相反, 在大规模进入国内过氧化氢市场的同时, 国外大公司却严格限制流化床技术的转让, 严重制约了我国过氧化氢生产技术的进步, 同时也严重制约中国石化己内酰胺和环氧丙烷等相关行业的发展. 为打破技术封锁, 满足绿色低碳发展战略需求, 加快中国石化在化工领域的发展速度, 提高企业竞争力, 必须组织国内优势单位合作攻关, 集全系统之力, 自主开发新一代过氧化氢生产技术.

长期以来, 中国石油化工科学研究院(石科院)致力于蒽醌加氢催化剂的研发及改进工作^[16~19]. 2013 年, 以石科院为主导研发的浆态床蒽醌法生产过氧化氢中试装置在石家庄炼化顺利开工(图 2), 该中试装置的氢化部分采用浆态床反应器、自主研发的高效 Pd 基细颗粒催化剂、高产能工作液, 配合优化设计的固液分离、氧化及萃取工艺, 是一种具有完全自主知识产权的新型工艺. 实验结果表明, 新工艺氢化效率可达 12~13 g/L, 最高 14.3 g/L; 氧化效率 10~12 g/L, 氧化收率>99%; 萃余<0.3 g/L, 产品质量为优. 中试结束后卸出的催化剂颗粒完整, 粒度分布基本保持不变. 载体水热稳定性好, 使用过程结构没有发生明显变化. 说明该催化剂机械强度高、耐磨性能好, 能够满足浆态床使用要求. 在整个中试过程中, 还重点



图 2 双氧水生产中试实验装置

针对氢化系统的固液分离、工艺参数影响规律、浆液循环等问题, 以及氧化和萃取工序的部分工艺参数影响规律进行了详细考察, 取得了令人满意的结果, 这些实验数据的取得为日后大规模蒽醌法流化床氢化工艺的设计奠定了基础.

新工艺采用浆态床反应器, 具有优异的传质、传热效率; 催化剂粒径小, 完全克服了固定床反应器在规模稍大时存在的偏流、沟流、触媒板结等缺点, 氢化效率可长期稳定在 11 g/L 以上; 浆态床工艺副反应少, 氢化降解物大幅度减少, 极大地减轻后续降解物再生负担; 去除碳酸钾后处理工序, 全酸性反应环境, 本质上消除了过氧化氢因碱性问题在设备内分解而发生安全事故的重要安全隐患; 可选择多种工作液配方, 既可用于老装置提能改造, 保护前期投资, 也可完全采用新型配方, 实现高氢效(14~16 g/L); 产品浓度高且有机碳、不挥发物低, 有利于提高产品档次, 可生产电子级产品.

2014 年, 依据中试结果开发的 2 万吨/年(100%)浆态床生产高浓度过氧化氢工业示范装置工艺包, 已经通过了中国石化集团组织的技术审查. 目前, 中国石油化工股份有限公司巴陵分公司现有二水装置改造的环评以及工业设计也已展开.

6 结论

随着我国纺织、造纸、环保、电子电器、化工等行业不断发展, 为过氧化氢在这些行业的消费提供了无限的商机和广阔的发展空间. 国外著名的过氧化氢生产企业看好我国过氧化氢市场, 纷纷在我国投资建厂或提供技术及设备, 促进了我国过氧化氢工业的发展. 20 世纪 90 年代以来, 我国过氧化氢工业以惊人的速度发展, 生产规模逐步向大型化发展, 生产技术不断提高. 目前我国过氧化氢的产能、产量及消费量均跃居世界第一, 产能超过一直雄居全球榜首的美国近 1 倍. 与此相反, 我国过氧化氢工业生产技术水平远落后于国外大公司, 并且存在产品规格结构单一、应用领域偏窄等问题. 中国石油化工有限公司抓住机遇, 联合国内优势研发单位, 开发自主知识产权的浆态床蒽醌法生产过氧化氢成套技术, 引领国内过氧化氢生产技术的升级换代, 具有显著的社会和经济效益.

参考文献

- 1 Strukul G. *Catalytic Oxidations with Hydrogen Peroxide as Oxidant*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992
- 2 Foller PC, Bombard RT. Processes for the production of mixtures of caustic soda and hydrogen peroxide via the reduction of oxygen. *J Appl Electrochem*, 1995, 25: 613–627
- 3 Chen AH, Zhu QJ, Zhao YB, Tastumi Y, Iyoda T. Novel catalysts of Au/SiO₂ hybrid nanorod arrays for the direct formation of hydrogen peroxide. *Part Part Syst Char*, 2013, 30: 489–493
- 4 Edwards JK, Solsona BE, Landon P, Carley AF, Herzing A, Kiely CJ, Hutchings GJ. Direct synthesis of hydrogen peroxide from H₂ and O₂ using TiO₂-supported Au-Pd catalysts. *J Catal*, 2005, 236: 69–79
- 5 Pashkova A, Dittmeyer R, Kaltenborn N. Experimental study of porous tubular catalytic membranes for direct synthesis of hydrogen peroxide. *Chem Eng J*, 2010, 165: 924–933
- 6 Eni SPA. Process for the direct synthesis of hydrogen peroxide. US Patent, 6630118, 2003-10-7
- 7 Eni SPA. Catalyst and process for the direct synthesis of hydrogen peroxide. US Patent, 7122501, 2006-10-17
- 8 杨鸣. 高氧浓度下氢氧等离子体直接合成过氧化氢. 硕士学位论文. 大连: 大连理工大学, 2010. 3–4
- 9 Chanchal S. Direct synthesis of hydrogen peroxide from hydrogen and oxygen: an overview of recent developments in the process. *Appl Catal A*, 2008, 350: 133–149
- 10 胡长城. 国内外过氧化氢生产、研发现状及发展. 化学推进剂及高分子材料, 2006, 4: 6–10
- 11 姚冬龄. 我国蒽醌法生产双氧水工艺技术发展. 黎明化工, 1992, 4: 19–24
- 12 杨秀娜, 卿光宗, 付骥. 蒽醌法双氧水生产装置的优化改造. 无机盐工业, 2013, 45: 35–49
- 13 洪焱根, 郭菊荣, 寇志豪, 方贤深. 蒽醌法制 H₂O₂ 工艺过程强化. 化学推进剂与高分子材料, 2008, 6: 50–51
- 14 Degussa Aktiengesellschaft. Continuous process for the production of hydrogen peroxide according to the anthraquinone process. US Patent, 4428923, 1984-01-31
- 15 BASF AG. Verfahren zur Suspensionshydrierung einer Anthrachinon-Verbindung in einem speziellen Reaktor zur Herstellung von Wasserstoffperoxid. DE Patent, 19808385, 1999-09-02
- 16 中国石油化工股份有限公司, 中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院. 一种烷基蒽醌加氢方法. 中国专利, 1616345A, 2005-05-18
- 17 Hu HR, Xie FZ, Pei Y, Qiao MH, Yan SR, He HY, Fan KN, Li HX, Zong BN, Zhang XX. Skeletal Ni catalysts prepared from Ni-Al alloys rapidly quenched at different rates: texture, structure and catalytic performance in chemoselective hydrogenation of 2-ethylanthraquinone. *J Catal*, 2006, 237: 143–151
- 18 中国石油化工股份有限公司, 中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院. 一种磁稳定床烷基蒽醌加氢方法. 中国专利, 1690035A, 2005-11-02
- 19 中国石油化工股份有限公司, 中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院. 一种负载贵金属的加氢催化剂. 中国专利, 1541766A, 2004-11-03

H₂O₂ production technology with slurry reactor

Zhiyong Pan, Guohua Gao, Keyong Yang, Baoning Zong*

Research Institute of Petroleum Processing, Sinopec, Beijing 100083, China

*Corresponding author (email: zongbn.ripp@sinopec.com)

Abstract: Hydrogen peroxide is mainly produced by anthraquinone method in the world. The research progress and the development of anthraquinone method is summarized. The production technology using slurry reactor developed by Sinopec Research Institute of Petroleum Processing (RIPP) is briefly introduced. In China, the replacing of fixed bed method by fluidized bed method is a developing trend and the major breakthrough for the production technology of hydrogen peroxide.

Keywords: slurry reactor, hydrogen peroxide, production technology