

《21 世纪世界化学工业发展趋势及对策》

(下册)

中化国际咨询公司

• 北 京 •

2000 年 3 月

1486

目 录

21 世纪世界化学工业技术发展趋势	课题组(1)
21 世纪以煤和天然气为原料的 C ₁ 化学	孟宪申(13)
21 世纪生物化工发展趋势及对策	王 韧(22)
21 世纪世界化工贸易发展趋势及对策	李发根(29)
、 21 世纪工业污染的预防、管理与末端治理	杨再鹏 白杰(40)
21 世纪化工标准化发展趋势及对策	吕绍杰(45)
21 世纪染料工业发展趋势及对策	史献平(54)
21 世纪涂料工业发展趋势及对策	曲 颖(65)
21 世纪医药工业发展趋势及对化学品的需求	伍桂松(73)
21 世纪食用化学品工业发展趋势及对策	吕绍杰(85)
21 世纪饲料添加剂工业发展趋势及对策	韩秋燕(93)
21 世纪合成胶粘剂工业发展趋势与对策	张 方(100)
21 世纪塑料加工助剂发展趋势及对策	张志新(108)
21 世纪新型聚酯材料发展趋势	刘延伟(115)
21 世纪化学工业环境保护现状与发展战略	
.....	杨文良 毛育华 孙建伟(122)
21 世纪的塔器分离技术	李好管(137)

21 世纪世界化学工业技术发展趋势

课题组

1 世界化学工业发展趋势

当前世界化学工业的发展具有如下特点：

- 发达国家大宗化工产品市场已趋于成熟，但从世界范围来讲，由于人口增加，粮食需要增产，以化肥和乙烯为代表的大宗化学品仍将有较大的发展空间，但世界性的技术竞争和市场竞争更为激烈；

- 跨国公司的技术垄断、市场垄断更为明显。近些年来、国际上名列前茅的大型化工公司为实现垄断，纷纷实行资产重组，强化其自身的市场优势和技术优势。

- 化工产品更加精细化，系列化，专业化，功能化，产品结构在不断调整。如美国、德国、日本 1980 年化工的精细化率为 50%~53%，1990 年上升至 55%~63%，预计 2000 年将继续上升至 60%~65%；

- 化工装置向大型化发展，技术和管理向高效能、低消耗、低污染方向发展；特别是在通用化学品领域，由于竞争剧烈，生产装置规模都在不断扩大，以期最大程度地减少费用，提高盈利能力；

- 第三世界特别是亚洲地区化工产品的需求仍呈现出继续增长势头，这一地区已成为各国化工公司关注的投资热点。目前发达国家的化学工业占世界化学工业的 60%以上，但其人口仅占世界人口的 12%，而发展中国家的化学工业占世界化学工业的比重合计尚不足 40%。发展中国家化工产品具有较大的发展潜力。

21 世纪已经来临。人类社会经过资源经济时代的发展，将逐步迈向知识经济的新时代，科学技术将成为经济发展的决定因素，世界经济结构将从农业经济、工业经济向高技术经济发展，资源配置将从劳力资源经济、自然资源经济向智力资源经济转变。与目前以传统工业为产业支柱、以稀缺自然资源为主要依托的传统经济形式不同，知识经济将以高技术产业为第一产业，以智力资源为主要依托，是可持续发展的经济。21 世纪化学工业将面临更强大的挑战。在改变化学工业发展前景的推动力中，起主要作用的主要是以下几个方面：

- 市场全球化的进程不断加快，化学工业面临的国际竞争将日趋激烈，化工企业必须以提高国际竞争力为目标；

- 世界对环境保护日益重视，要求化学工业提高环境行为的呼声越来越

高;

- 金融市场需要提高利润和资金增值率,提高盈利能力是化学工业与其它行业竞争的基本保证;

- 用户对化工产品的数量、质量、性能及其它方面的期望值越来越高,化学工业必须全方位满足用户需要。

进入知识经济时代的世界化学工业,将有如下特点:

1.1 坚持可持续发展的战略,更加注重对环境的影响

未来的化学工业,一方面将从技术上减少和消除对大气、土地和水域的污染,从工艺改革、品种更替和环境控制上解决全球污染和资源短缺的问题;另一方面,将全面贯彻化学品全生命期的安全方针,实行化学品全生命期的安全评价,改善售后服务,保证化学产品从原料、生产、加工、贮运、销售、使用和废弃物处理各环节中对人身和环境的安全。产品开发中提倡“少就是多”的新概念,意即化学品用量越少越好,而其效果却要越大越好;原料能源消耗越少越好,生产效率越高越好。只有这样,才能体现可持续发展的战略方针。

1.2 高新技术的影响日益深刻

化学工业行业多、品种多、工艺技术更多,各有其发展前景。但从整体来看,化工生产可概括为预处理、化学反应和分离精制三大部分。化工生产工艺的核心是化学反应,即各种单元工艺,其核心技术是催化。预处理和分离精制的核心是单元操作,亦即化学工程。化学工业在新的形势下要求处于化工技术核心地位的催化技术和化学工程都必须用跨学科的战略进行多学科研究。近来的一些重大成就都与科学研究中心“横向思维”有关。比如应用计算化学、材料科学和非均相催化等几个学科创造了提高选择性的形状选择性催化剂,将催化与加工工艺结合起来开发催化蒸馏、催化膜等。而化学工程为适应需要将进入多方位、大规模和多目的的研究开发时代,要解决的问题同时在很宽广的时间和空间跨度发生,从毫微秒级经分子振动到世纪级的污染源在环境中的降解和破坏。不同的时间和空间跨度构成各种“规模”,需要跨学科的知识。

与此同时,随着高技术发展,在一些高技术界面上又为化学工业提供了技术突破的机遇。如新材料科学与生物技术的结合,可能制出仿生材料,推出生物化学工艺(如分离和精制)以及生化材料等;生物技术与电子工程结合,可开发蛋白质工艺、膜利用技术等;新材料科学与电子工程结合,将开发各种控制精细分子和原子排列结构的材料技术,光反应工艺技术等,制造出在一些极限环境条件下应用的功能材料,为传统的化学工业增添新的内容。

1.3 适应经济全球化的发展形势

自 90 年代以来,世界经济呈现出一体化的新趋势。世界经济一体化的基础是经济体制市场化已经基本形成。世界经济正从主要依靠资源的工业经济

向主要依靠智力的知识经济转变。化学工业的发展必须适应这种大环境的变化。当前化学工业结构变革的一个特点就是全球化。化工公司不仅在性质上产生结构性变化,而且一个国家的公司在世界各地兴建自己的化学工业,现代化的先进技术与廉价的原料组合形成的优势,在今后相当长的时期内仍将是化工发展的一个趋势。尤其是为了节省运输费用,一些大宗通用性化工产品将会就地设厂生产,从全球的角度来考虑资源的优化配置。无论是区域贸易还是全球自由贸易,市场竞争将很激烈,由于种种贸易壁垒和形形色色保护主义的存在,提高国际竞争力将是各国发展化学工业考虑的关键因素。在国内市场能否与进口的外国商品抗衡,在国际市场上能否开拓并占有一定份额,在技术方面能否具有与竞争对手进行技术交换的能力:这将是新世纪化工企业能否生存和发展的关键。

1.4 技术创新成为发展的动力

化学工业的国际竞争能力包括价格竞争力和非价格竞争力两方面的内容,实际上是指成本优势和质量、性能及服务的优势。除了资源因素(原料和劳动力等)外,主要是技术开发能力和经营管理能力。对于像化学工业这样技术密集型的产业来说,技术创新是取得优势的关键,不论采取技术领先战略还是采取技术追随战略,都可以通过技术创新取得成本优势和在质量、性能及服务上别具一格的优势。技术创新将成为提高国际竞争力的主要手段。

化学工业的研究开发投入在不断增加。各化工公司的研究和开发资金占其同年销售额的比例平均保持在3%~5%,精细化学品公司则高达10%左右。为了提高研究开发效率,在化学工业调整重组中,研究开发工作也在进行巨大的变革。从世界范围来看,以通用化学品生产为主的公司,其研究开发的优势和重点是开发,即通过工艺过程开发,不断革新工艺,降低生产成本。其中,催化剂的研究和开发是核心。而专用化学品公司的研究开发工作是以研究为中心,即通过研究和发明开发新的具有附加值优势的产品。应用研究常是研究开发的重点。

1.5 强化经营管理,提高效益

化学工业属过程工业和加工工业,它与原材料供应者和产品用户有着十分密切的关系。在市场经济下,产品要成为商品发挥效益,就要掌握供方和需方信息,制定相应计划,组织实施,及时供货,取得较高的效益。而在全球化经营的前提下,还需考虑充分运用国内外两种资源和两个市场,求得降低成本,优化资源配置。因此,有必要推行加强供应链管理方法,研究供应、生产和使用各环节的关系,加强供应商、生产者和用户间的接合部工作。

综上所述,历史悠久的化学工业在新世纪知识经济时代仍具有活力。但是它的内涵和发展模式将发生变革。

2 化学工业技术发展动态和趋势

进入 90 年代,世界化工技术发展速度进一步加快,并呈现出地区性梯级发展的特点。在发达国家石油化工已经进入成熟期,生物技术、新材料、新能源技术进入成长期的同时,一些发展中国家石油化工正处于生命力旺盛的成长期。目前,初级化工产品、大宗石化产品及传统化工产品正在向拥有广阔市场、丰富原料和廉价劳动力的发展中国家转移。因此,在技术发展方面,发达国家进一步加大了研究开发投入,以技术创新和领先作为发展的主线。发展中国家也在加快用先进技术改造传统化工生产技术的步伐,而更多地采用引进西方先进技术的方式,建设先进的化工生产装置。

2.1 总体技术发展趋势

世界经济的急剧动荡和地球环境的急剧恶化,使得作为基础产业的高能耗、高污染的化学工业承受着越来越大的压力。另一方面,虽然发达国家的大宗化工产品已趋饱和,但从世界范围来讲,由于人口增加,粮食需要增产,所以化肥仍需发展。由于资源紧张,化学工业一方面要节约资源,另一方面要创造出更多性能优异的物质与材料,以适应人类社会发展的需要。由于环境污染日趋严重,化学工业既要减少或消除它本身对环境造成的污染,又要为解决环境污染问题作出贡献。由于生活水平和质量的提高及人口老龄化,人们对营养与健康亦越来越重视。因此,新世纪的化学工业将是机遇与挑战并存。具体到国家和企业,提高化学工业的国际竞争力是关键。有鉴于此,世界各国都在积极推行技术开发战略,制定化工技术长期发展规划,确定化工技术发展方向。

美国化学学会、美国化学工程师学会、美国化学制造商协会、美国化学研究会和美国合成化学品制造商协会,在白宫科技政策办公室的支持下,组织 200 名专家进行了长达两年多的研究,于 1996 年 12 月提出《美国化学工业 2020 年技术发展设想》,对世界化学工业发展做了全面分析,提出了美国化工技术发展战略和重点,成为美国化学工业发展的指导性文件。法国早在 1993 年年底就组织了 200 名各行业的专家,经过 18 个月的研究,提出了 105 项跨世纪的关键技术。日本化学工业协会 1997 年 6 月经过全国范围内的调查,汇总提出了《化学产业技术开发远景》报告。该报告分析了化学工业的形势,提出了化学产业今后技术开发的重点,并讨论了科研开发体制等一系列问题。归纳起来,今后化学工业技术开发发展方向主要集中在以下几个方面:

- 在基本原材料生产领域,首要任务是从根本上改进生产工艺,以节约资源和能源、收缩工程和改善环境。

- 在化学品深加工领域,要建立具有国际竞争力的化工生产体系,在世界范围内为顾客提供服务。

- 重视化学工业对环境的影响,保护和发展地球环境。

目前,世界化学工业技术创新的主要方向:一是对现有生产技术进行进一步完善和改进,目标是减少投资,降低生产成本,增加品种,提高产品收率和质量。如通过催化剂改进技术对现有一些装置进行适当改造,降低催化剂消耗,减少副产品,提高收率,达到降低成本的目的。这方面的技术进步,仍有很大的潜力。二是开发新技术,开发绿色技术和清洁工艺,改变原料路线,使之适应成本及环保的更高要求。如非光气法碳酸二甲酯、丁二烯法己内酰胺、苯法苯酚、乙烯一步法醋酸、乙烯-甲醛法甲基丙烯酸甲酯、丁烷直接生产四氢呋喃、丙烷直接氨氧化生产丙烯腈、高碳烯烃或丙烯以及丁烷环化生产芳烃、丁二烯生产苯乙烯等技术,在成本及“三废”排放量等方面都有较大的优势,因此会在新的世纪得到广泛的关注。三是开发新产品,特别是精细化工产品,以满足相关行业发展的要求。新产品开发的主要方向集中在生物技术、基因工程、蛋白工程、生命技术、新型功能性材料、信息产业用化学品、催化技术、新型环保技术等方面,并开发更多的深加工产品和用于各行各业的专用化学品。

与此同时,发展中国家更加重视装置的大型化和利用廉价原料、缩短工艺路线、缩短建设工期、减少建设资金等方面的技术,以便能明显降低成本,提高竞争能力。

进入 21 世纪,世界化工技术将更加重视可持续发展。可持续发展战略是全球经济发展的热点,化学工业在可持续发展战略中肩负有重要的责任。化学工业不仅是能源消耗大、废弃物量大的产业部门,也是技术创新快,发展潜力大的产业。因此,世界各国化学工业的发展都将可持续发展作为目标,并且特别重视环保和安全技术,在策略上逐渐从“末端处理”转变为“预防污染”。世界化工环保方面主要有以下几方面特点:

- 严格环保法规;
- 采用减少污染的技术,减少废弃物总量;
- 开发清洁生产工艺;
- 发展环境相容产品,全周期考虑产品对环境的影响;
- 加大环保投入,一些发达国家化工公司将 4%~5% 营业额用于发展清洁生产 and 环保方面;
- 发展环保产业,提供环保技术和环保用品。

总之,21 世纪世界化工技术的发展,将以提高国际竞争力为主题,以提供全方位服务为方向,将在化工原料、化工环保、化工材料、化工服务领域等诸多方面有革命性的进展。

2.2 关键技术发展趋势

任何一个国家的资源都是有限的。面对国际竞争日益加剧的形势,必须选择那些对经济增长至关重要的关键技术予以优先发展、推广和应用。多年来,

日本、法国、美国、韩国、英国、澳大利亚等国家对此都非常重视,由政府组织开展了技术发展预测或关键技术选择工作。进入 21 世世的化学工业,将更加注重化工技术的开发和研究,其中,关键技术主要集中在新催化技术、新分离技术、生物技术、新材料技术及计算机应用技术等几个方面。

2.2.1 新催化技术

催化技术在现代化工发展中起着重要的作用。据统计,目前 60% 的化工产品和 90% 的化工工艺都离不开催化反应。传统的催化过程主要用于石油炼制、化工过程和防止公害三大领域。而今天的催化技术则已经渗透到化工生产的各个领域,在节省资源和能源、原料路线转换以及环境保护等方面发挥着越来越重要的作用。目前,催化技术在化工生产中的应用越来越广泛,生物催化技术的应用也在不断增长。今后世界催化技术的发展方向主要集中在以下几个方面:

- 进一步提高催化反应的收率和催化剂的选择性,以进一步降低化学工业“三废”排放量,降低物耗和能耗,并促进新型廉价原料的使用。
- 加强对催化剂结构/功能研究,通过对催化剂的结构设计来提高催化反应的可预测性,以缩短催化剂的开发周期,并最终降低化工产品成本。
- 开发新的催化剂使用和回收工艺,以最大限度地减少催化剂的补充量
- 进一步改进催化反应器的设计,以取得化学反应中传质与催化的完美结合,降低设备投资和操作费用。
- 开发新的催化剂和加强对老催化剂的改进,进一步提高化学品的性能,增加产品品种和品级。

2.2.2 新分离技术

传统工业生产中的分离过程主要采用蒸馏、萃取、结晶等技术。这些技术要求的设备往往很庞大,能耗高,有时还达不到高纯度。新的化工分离技术是在减少设备投资、降低能耗和实现高纯度分离等方面进行研究和开发。近些年来,膜分离技术、超临界流体分离技术、分子蒸馏等已取得一定的进展。其中膜分离技术被称为 20 世纪末 21 世纪初最有发展前途的高新技术之一。超临界萃取技术也是近年兴起的一种新型分离技术,它是利用物质在临界点附近发生显著变化的特性进行物质的分离提取,不仅适用于提取和分离难挥发和热敏性物质,而且对于进一步开发利用能源、保护环境等都具有潜在的重要意义。另外,世界研究开发的重点分离技术还有超重力场分离技术、精细和催化蒸馏技术。

目前全球已有 30 多个国家和地区的 2000 多个科研机构从事膜技术研究和应用开发,已形成了一个较为完整的边缘学科的新型产业,并正逐步有针对性地替代一些传统分离净化工艺,而且朝反应一分离耦合、集成分离技术等方面

发展。其技术开发重点是:对膜分离过程传质机理的研究及相应数学模型的建立、新型高效的高分子及复合膜材料的研制及生产工艺、膜的污染及清洗等。

2.2.3 生物技术

生物过程与生物技术的应用对新世纪的化学工业至关重要。现代生物技术与化学合成方法相比有诸多优点:反应条件温和、选择性强、应用广泛、可利用再生资源作原料、对环境影响小。现代生物技术的发展将对化学工业的发展产生重大影响。化工生物技术发展的两大重点:

一是提高生物催化剂的性能:从尚未开发的或新发现的微生物门类中分离出新酶;强化已知酶的被作用特性和活性;运用分子生物学有目标的分子演变技术,提高生物催化剂的环境耐受性;按照酶代谢途径使生产催化剂能完成多重的合成步骤,廉价高效地制造新化合物。

二是改进生物化学加工工艺:对组合的生物学和化学过程进行在线测量;生物反应的高效、完全、连续操作技术、生物和化学操作的接合技术、有效的分离和反应器设计等。

2.2.4 新材料技术

20世纪化工合成材料的迅速发展,不仅对取代金属、木材、玻璃及天然纤维等传统材料起到重要的作用,而且也对航天、汽车、电子、能源等工业做出了重要贡献。当今世界主要工业发达国家都把新材料的研究和开发作为推动科技进步、培植新经济增长点的一个重点。随着化学、物理、生物等基础学科理论的发展、完善及交互融合,材料科学不断吸取各学科的新成果,取得突飞猛进的发展。新的功能聚合物、复合材料、导电高分子、超微细粉体、可降解塑料、精密陶瓷、液晶、纳米材料等都属于化工新的材料开发的重要内容。采用跨部门、跨学科的合作研究具有实用性的新材料加工技术是当前较引人注目的方法,同时人们已开始研究采用生物技术制取功能高分子材料,如用酶促合成聚酚、聚芳香胺类化合物、聚吡咯衍生物等。有人预言生物技术与材料科学的结合是具有划时代意义的。世界材料技术的发展主要集中在以下几个方面:

材料性能预测:通过宏观手段在分子水平预测材料性能;缩短开发具有预期性能新材料的周期,并大幅减少开发费用;运用天然和其它可再生资源制造有预期性能材料的新方法。

可精确控制材料结构的合成技术:开发出既能在纳米水平到宏观水平精密控制材料结构,又比较经济的合成、加工、制造技术,例如分子自组装、网络状合成、仿生合成、材料催化等。

提高材料性能:针对不同应用领域,寻求改进和开发新的提高材料功能和性能的方法。

新添加剂技术:开发阶跃式改进材料体系性能的路线。如开发新的无毒添

加剂和耐高温添加剂等。

开发高分子材料生产、再生和分解一体化的工艺技术。

2.2.5 计算机应用技术

20 世纪末信息技术的迅猛发展使人类朝着所谓“信息”社会迈出了一大步。在化学工业中,数据转换为信息及其应用、管理、传输和存储的途径,对提高竞争力具有关键作用。世界各大化工公司无论在工艺设计和产品开发、还是在企业和市场管理中,都应用了现代化信息系统。随着各种结构型数据库的建立,互联网络的发展,会越来越多地共同利用数据库。跨国化工公司运用信息技术在全世界用户、供应商及公司雇员间建立界面接口,使原料来源、产品制造和商品销售等方面产生根本性变革,以适应全球化经营(即在全球各地进行实时运作),对提高生产率、降低成本和风险都会作出贡献。

总的说来,化学工业中计算机的应用领域将越来越广泛(从分子模型到过程模拟和过程控制)。对化学工业至关重要的计算机应用技术主要有:计算分子科学;计算流体力学;过程模型;模拟;操作优化和控制;化工生产全过程的计算机管理等。21 世纪计算机化工应用技术的发展方向是达到计算机应用工具和化学工业的完美结合,使计算机不仅能对分子结构、化学合成和化工工艺进行模拟,而且能对多点的、多产物的国际性环境进行模拟,并将计算机系统的大规模集成化与计算机的人工智能化相结合,使人工智能咨询系统在整个化工企业的综合管理中发挥重要作用。

3 世界化学工业重点行业及产品技术发展方向

化学工业包括许多行业,其基本内容、技术发展水平、产品应用各不同。因此,面向 21 世纪的化学工业,其不同领域的技术研究和开发方向将有很大的不同。

3.1 基本化学品

基本化学品主要是指以石油化工为代表的有机化工和以化肥、“三酸两碱”为代表的无机化工。它们是化学工业的基础,其共同特点就是资金密集,竞争的主要方式是成本竞争。因此,提高竞争力的主要途径是通过工艺革新降低投资、物耗和能耗来降低成本。今后 10 年,基本化学品生产领域技术革新的重点是:

- 开发新的廉价原料(如以天然气代替石脑油);
- 开发高效和高选择的催化剂;
- 开新的分离技术和新的反应/分离过程;
- 开发超临界流体的反应技术;
- 从全过程考虑以系统方式完善生产技术。

具体研究与开发内容如表 1 所列。

表 1 基本化学品生产领域技术开发内容

领域	主要内容
资源和能源	有效利用可再生资源,主要是生物资源和海洋资源 低成本的制氢和制氧技术
烷烃的利用	天然气的利用技术,如:甲烷制乙烯和甲醇技术,乙烷或甲烷制乙二醇技术,丙烷制丙烯腈和丙烯酸技术,丙烷制丙烯技术 CO 的分离和化工利用技术
催化剂	催化剂的精确设计技术、反应/分离型的多功能催化剂 高效、高选择性、长寿命固态催化剂 更温和反应条件催化剂
生产工艺	无副产品的生产工艺如新的环己醇、丙烯腈生产工艺 单一化学和光学结构产品的生产工艺 化学品直接合成工艺,如苯酚、PO、苯胺等的直接合成 生物合成、超临界合成、超声波合成技术 脱硫技术 新的无机合成技术 石脑油裂解新工艺 烧碱生产用高度而腐蚀阴离子交换膜和气体扩散电极 氯回收以及以氯化氢为原料生产氯的工艺技术 选择性的有机氯化工艺以及不用氯的有机合成方法
环境保护	废气净化技术 CO ₂ 的固定、回收和利用 发展环境相容化工产品

3.2 合成材料

半个多世纪以来,合成材料生产一直保持高速发展的态势。从第一代 Ziegler-Natta 催化技术到第二代 Mg 载体催化技术,一般认为合成材料的技术开发已达到成熟的顶点。然而,金属茂催化技术的出现,使得世界合成材料领域的技术革新掀起了新的浪潮。新世纪合成材料工业的技术开发将集中在以下几个方面:

- 具有超高性能基础材料、信息组件材料、生物兼容和生物模仿材料;
- 精确控制高分子材料结构的聚合方法;
- 在分子和原子水平的材料结构分析、评估和设计技术;
- 环保技术,如废旧塑料回收技术和可降解塑料等。

具体研究与开发内容如表 2 所列。

表 2 合成材料生产技术开发内容

领域	主要内容
新型材料	主要有超导材料、导电材料、超绝缘材料、磁性材料等 生物兼容和生物模仿材料 材料的精确聚合和设计材料 复合材料
催化剂	能控制分子结构的催化剂 高效率、高产率和选择性催化剂
聚合技术	无溶剂连续聚合工艺 清洁聚合 超临界、超谢压聚合技术
生产技术	无人工石以及计算机利用技术 多品级的小量制造技术
环保技术	回收技术(单体回收、可逆聚合/解聚,热固性树脂回收) 可降解塑料,生产降解的热固性树脂等

3.3 精细化工产品

精细化工产品是指具有多样品级和小批量生产,同时具有高附加值的化学品,主要包括涂料、染料、助剂、颜料、催化剂、无机精细化学品和新领域精细化学品。新世纪的精细化工产品属于社会需求多样化、且价值观经常变幻的行业范围。这一领域的技术竞争将异常激烈,要求高水平的研究和开发。科研和开发重点是:

- 开发在使用和处理过程中不会引起环境污染的精细化学品;
- 用于废物处理和清洁环境的催化剂;
- 开发无害于环境的化工过程如生物技术;

研究开发主要内容列于表 3。

表 3

领域	主要内容
环境友好产品	无溶剂、无重金属、高耐久性低养护温度功能性涂料 可生物降解润滑剂 用于清除废料/废气的催化剂 环境友好型橡塑助剂,以减少制品焚烧/处理时的环境污染, 如采用无重金属颜料、减少卤素添加剂的使用 防超热/高耐久性润滑剂 新型、高效、高选择性催化剂
产品高性能化和 精细化	超高温或烧结原件等所需的复合材料 功能性的无机生物模仿材料 高性能、高动作性能、质轻的复合陶瓷 用于渗透蒸发的分离膜
基础理论和方法	进一步阐明橡塑产品燃烧机理以及橡塑助剂的影响 开发陶瓷的非破坏性检测方法 开发无机固体表面的分析方法 生物面造化学品的过程
其它	利用微生物回收重金属和贵金属 用于生产新能源的催化剂 生物模仿材料、人造器官 保健食品、人造食品、食物防腐剂 and 脱臭剂等

3.4 医药和农药

在世界化学工业定论中,制药工业也属化学工业的范畴。随着世界人口中老龄化进程的进一步加快,新世纪将是老龄化的世纪。在这种情况下,化学工业将不仅仅在药品生产方面,而且在诊断系统、治疗材料、保健品生产等等许多方面做出贡献。新世纪医药工业与化学工业有关的研究开发课题是:

- 开发新的药品设计方法;
- 致病机理的基础研究;
- 开发有效的药品筛选方法;
- 开发新的生物合成和有机合成方法。

在农药生产领域,主要着力于解决全球性粮食问题以及环境相容的农药产品,要开发出能改进植物种类、生物控制方法以及利用生物技术创制新农药。

同时,不论是医药生产领域,或是农药生产领域,都要加强对基础技术(主要包括计算机化学、生物和分子科学领域的数据库,以及各种新的分析方法)的研究。

世界医药和农药领域研究开发的主要内容如表 4 所列。

表 4 医药和农药生产技术开发内容

领域	主要内容
成人、衰老、及难 控制疾病	阐明致病机理 人口老龄化的基础研究 新的治疗药物 人类、微生物、植物的基因序列分析
基因组	基因功能的分析和评价 阐明基因表达的抑制机理
药品和农药的筛选	利用组合化学原理开发新的合成方法 高效率高通量的筛选办法
活性物质	高效率设计新的生物流行性物质
手性化合物	开发新的立体定向合成技术 利用酶催化剂以及新的复合催化剂合成手性化合物
医用材料	开发信息的体壁感觉技术 生物兼容材料
农药	环境相容性好的农用化学品,如低剂量、无药害化学品转基因 抗病抗虫抗除草剂作用 利用生物技术防治病虫害

21 世纪以煤和天然气为原料的 C₁ 化学

孟宪申

前言

最近世界原油价格急速上涨,目前已达 20 美元/桶。影响原油价格的因素很复杂。对今后原油价格的走向,各国看法也不尽相同。但从能源后备资源分析,煤及天然气均较石油丰富,世界油气储量比已从 70 年代的 2.55:1 降至目前的 1:1。而天然气(包括油田气)的产量为油当量的 1/2。因此,未来一段时间,天然气将成为世界能源的重要支柱之一。天然气是清淨能源,热值高,易燃烧,污染少,是优质的民用和工业燃料,也是生产合成气的理想原料。当天然气价格适宜时,以天然气为原料生产化工产品,建设投资省,具有很强的竞争能力。以合成氨为例,使用天然气为原料的氨产量约占世界总产量的 70%;美国和前苏联两大天然气生产国以天然气为原料的合成氨和甲醇约占其本国总产量的 90%以上。我国与世界情况略有不同,天然气价格高,比中东高出 4 至 8 倍,约为美国的 1.2 至 1.5 倍,而其产量则仅为美国的约 1/20,原苏联的约 1/30,因此在利用和开采上都受到一定限制。我国煤炭资源较丰富,且煤炭产地价格便宜,如山西、内蒙、陕西几大煤炭基地,同等热值的煤价仅为世界煤价的 1/3。因此,在一次能源中,煤炭一直占 70%以上。但煤炭直接燃烧污染严重,用于生产合成气时建设投资高,因此在发展上也受到一定制约。众所周知, C₁ 化学的起始原料为富含一氧化碳和氢气的合成气。以天然气和煤为原料都能生产富含一氧化碳和氢气的合成气。所不同的是,以天然气为原料生产的合成气含有较高的氢气;而以煤为原料生产的合成气则含有较高的碳。

下面,笔者拟就 21 世纪世界以煤和天然气为原料的 C₁ 化学的发展趋势作一些阐述,并对我国 C₁ 化学的发展提一些建议。

1 国内外发展趋势

1.1 合成氨生产

1.1.1 以煤为原料的合成气生产 煤炭气化已有 150 多年的历史,气化方法达 70~80 种。开发新一代煤炭气化技术,不仅是经济、合理、有效地利用煤炭资源的重要途径,也是今后发展煤化工的基础。

综合分析各国煤炭气化技术的特点,其发展趋势是:

- (1)增大气化炉的断面,以提高其产量;
- (2)提高气化炉的气化温度和压力,以增加空时收率,降低合成压缩费用;

(3)采用粉煤气化,以降低对煤质的要求,以适应现代化采煤细煤产率较高的趋势;

(4)研制气化新工艺和气化炉新结构,以减少基本建设投资和操作费用。

符合上述要求的现代气化炉主要有以粉煤添加催化剂的水煤浆为原料的德士古气化炉和两段陶氏气化炉;其最大单炉日投煤量已达 3 000~4 000t。我国引进软件包和关键设备而大部分设备则立足于国内配套建设的日最大投煤量为 450~800t 煤的德士古气化炉,已分别在山东和上海投产,运转情况良好;前者限于老厂净化设备,气化压力约为 2.0MPa,后者操作压力为 4.0 MPa。另外,在陕西渭河化肥厂全套引进的内径 10 英尺、气化压力 6.4MPa 的气化炉也已顺利投产。已实行工业化生产的以干粉煤为原料的 GSP 炉和谢尔公司开发的 SCQP 炉制成的粗合成气有效成份高($\text{CO} + \text{H}_2$ 超过 95%),冷效率高,不需要特殊耐火材料。但与以水煤浆为原料的气化炉相比,尚缺乏长期运转经验,而且其煤粉输送系统较复杂,阀门磨损问题尚待进一步完善,当前其引进费用也偏高。

上述四种炉型均适合于生产合成气,并且处于世界领先地位,用户可依据引进费用、煤种情况,经过经济比较加以选择。另外,国内正在自行开发多喷嘴水煤浆气化炉,技术及设备均立足于国内,将大大节省制造费用,其炉膛利用效率也比传统的德士古气化炉高,是很有发展前途的,它的开发成功,将会进一步促进我国煤气化工业的发展。

1.1.2 以天然气为原料的合成气生产 目前已实现工业化的以天然气为原料生产合成气技术有部分氧化法和蒸汽转化法。部分氧化法需要使用纯氧为气化剂,目前已较少采用。蒸汽转化法又有一段蒸汽转化法,加热型两段蒸汽转化法和换热式两段转化法之分。一段转化法由于流程短,投资省,应用最广泛。加热型两段转化法第一段用蒸汽转化,第二段用纯氧或富氧作气化剂,但用于制氨时可用空气替代纯氧作气化剂,同时又可减少一段炉的负荷,节省高镍合金钢,故广泛采用于制氨。换热式两段转化工艺最有发展前途。其二段转化炉出口高温气体热量供一段炉所需的热量,故可大幅度减少燃料天然气的热用量,存在的问题是副产蒸汽量减少。但从节能的角度来看,这种方法最有竞争能力,是今后大型装置的主要发展方向。

用天然气两段转化制合成气,含氢量高但碳量不足,因此一段转化炉采用副产的二氧化碳作为气化剂来增碳,不仅可改善合成氨的氢碳比,同时减少了工厂二氧化碳的排放,因此也是值得推广的一种工艺技术。

1.2 甲醇及含氧化合物的生产

1.2.1 甲醇 甲醇是一种重要的基本有机原料,也是 C_1 化学的起始化合物,

在基本有机原料中,甲醇仅次于乙烯、丙烯和苯而居第四位

甲醇合成目前普遍采用帝国化学公司(ICI)和德国鲁奇(Lurgi)的工艺。由合成气合成甲醇,已有多年的工业化实践,技术上已臻成熟,能量利用效率已接近工艺本身可以达到的最佳化程度。尽管如此,由于一些固有问题的约束,当前的甲醇合成仍然是一个能耗较高的工艺过程,仍有改进的必要。这些固有问题主要是:(1)造气过程能耗高,投资大;(2)受合成过程热力学的控制,对于甲醇合成从化学平衡来看低温是有利的,但是传统的催化剂需要在较高温度下进行,因此单程转化率低,大量未转化的合成气需要循环,使操作费用相当昂贵;(3)甲醇合成过程反应热的移出及利用尚有赖于反应工程学的问题妥善解决;(4)传统的催化剂对硫过分敏感,增大了合成气脱硫的费用。

为了降低造气费用,国外正在研究甲烷(或天然气)直接氧化制甲醇及甲醛。加拿大、前苏联、日本都在研究,但均停留在小试阶段,目前尚无法与间接法竞争,估计实现工业化还需经过一段相当长时间的工作。

在甲醇合成反应器和催化剂方面的研究工作也取得了一些突破,较有成效的有:

(1) Davy McKee 合成新工艺

这种工艺的特点是使用了耐硫催化剂,采用管式低温合成塔,比传统合成塔大大提高了空速。

(2) 浆态合成甲醇反应器

早在 70 年代中期,美国化学系统公司即开始了浆态相合成甲醇的研究,通过 5~8t/d 的中试装置,成功地实现了连续运转,已进入了实用化阶段。该反应器有效地改善了合成过程的传热,使反应基本上在等温下操作,合成原料气通过新设计的环形气体分布器进入反应器,在保持高浓度催化剂浆液悬浮的同时,又保持了紧密的气/液接触,改进了传质。在温度 250℃, 50atm 下采用内部换热,无浆液外循环方式,空速 11 000L/h·kg 情况下,出口甲醇浓度为 7%~8%,每小时每公斤催化剂甲醇产率可达 0.96kg。但浆态操作因催化剂均匀悬浮在液相介质中,其中毒机会是均匀的,因而对原料气杂质含量要求很严格,原料气中总硫含量要求低于 0.06×10^{-6} , HCl、 $\text{Fe}(\text{CO})_5$ 及 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 要求低于 0.01×10^{-6} , 美国空气液化公司将与达科气化公司合作,在大平原煤气化厂建造一套日产 500t 的浆态床甲醇合成工业示范装置,项目预算约 2.14 亿美元。

(3) 气-固-固滴流反应器

气-固-固滴流流动反应器(gas-solid-solid trickle flow reactor 简称 GSSTFR)是一种新型反应系统。它集催化剂的催化作用和吸附剂的吸附作用