

生物质高压液化生物油的研究进展

孙培勤, 臧哲学, 孙绍晖, 陈俊武
(郑州大学化工学院, 河南 郑州 450001)

摘要:介绍了不同原料、溶剂、催化剂等各种工况条件下高压液化工艺中制得的生物油组成研究成果和分离方法, 以及高压水热法制备生物油的工业化研究进展。

关键词:生物质; 液化; 生物油; 成分

中图分类号: TK6

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2008)03-0022-05

Progress in bio-oil from liquefaction of biomass

SUN Pei-qin, ZANG Zhe-xue, SUN Shao-hui, CHEN Jun-wu

(School of Chemical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: In this paper, the technologies for bio-oil separation are introduced, and the latest research about effects of various conditions on the bio-oil composition, such as different biomass types, solvents, catalysts, *ect.*, in the high pressure liquefaction process are summarized. Finally, the industrial progress in liquefaction of biomass to bio-oil by the high-pressure hydrothermal treatment of wood biomass is introduced.

Key words: biomass; liquefaction; bio-oil; component

生物质能是唯一可转化为液体燃料的可再生能源^[1]。在当今我国经济快速发展和对石油进口依存度不断提高的背景下, 研究把固体的生物质规模化转化为液体运输燃料的技术对我国的可持续发展具有重要的战略意义。生物质的液化技术主要有快速热裂解、间接液化、生物转化和直接液化。其中生物质直接液化是生物质和溶剂在反应温度为 200 ~ 400℃、反应压力为 5 ~ 25 MPa、反应时间为 2 min 至数小时的条件下, 通过一系列化学物理作用将其转变为含氧的有机小分子^[2], 可以通俗地称为“生物质炼制”, 但和石油加工过程又有很大区别。因为生物质和石油在分子质量、化学组成等理化性质上有很大不同, 由纤维木质素等组成的生物质分子中除了碳和氢元素外, 还含有质量分数为 35% ~ 48% 的氧元素, 氧和碳、氢元素一起构成大量的糖苷键、醚、醇键和氢键, 在液化时氧的活泼性较强, 使得生物质中的各类碳氧键既容易断裂, 形成的含氧碎片又容易参与二次反应, 因此降解产物具有复杂性、多样性, 反应关系错综复杂, 生物油中往往有上百种酸、醛、酮、酚、呋喃等各种结构的含氧化合物, 造成产物的收集和定性、定量分析困难, 增加了液化反应的研究难度。

正是由于生物质的化学组成的特点, 现有的生物质液化工艺都不能直接获取可供使用的运输燃料油, 需要通过脱水、萃取、蒸馏等分离操作才能得到

生物质原油 (Bio-oil), 必要时还需要进一步精炼。本文着重介绍了生物质高压液化工艺中制得的生物质原油分离提纯方法的研究进展, 以及产物的化学结构、组成的最新研究成果。

1 生物油的分离

高压液化的溶剂通常采用有机溶剂和水。有机溶剂条件下, 高压液化生物油的分离见文献[3-7]。其中 Küçük^[7]将超临界丙酮等有机溶剂条件下的液化产物脱除有机溶剂后, 加入 200 mL 水, 先后用苯和乙醚多次萃取。浓缩萃取液后得生物油。以水为溶剂的高压液化更具有工业化前景, 制备的生物油通常按图 1 所示的流程加以分离提纯。

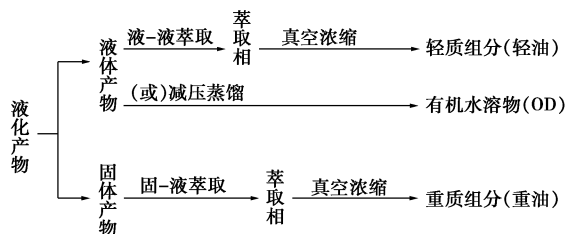


图 1 生物油的分离提纯流程

1.1 液-液萃取

生物质高压液化产物的轻质组分与水相溶, 通常选用苯、甲苯、乙醚、乙酸乙酯等萃取剂萃取。具

体操作是:先过滤,实现高压液化固体产物和液体产物的分离;再根据液体量选择一定体积的萃取剂数次萃取,直至萃取液颜色接近无色;最后将萃取液真空浓缩,得到轻质生物油。溶剂萃取是研究者常用的方法,而且萃取后得到的轻质生物油几乎不含水分,便于分析。此方法简单易行,不需要复杂的仪器设备和工艺条件。

20世纪70年代初,美国匹兹堡能源研究中心(American Pittsburgh Energy Research Centre)的 Appell 等^[8]对生物质液化进行了大量开创性研究,成为了这一研究领域的先行者。他们以苯为萃取剂萃取木屑等多种液化生物质,所得液体产物——生物质粗油的产率为40%~60%。Selhan 等^[9]分别使用乙醚和乙酸乙酯作为萃取剂萃取松木屑,在反应温度280℃、停留时间15 min条件下,在200 mL高压釜中将经水热液化的液体产物减压浓缩萃取液后,分别得到2种油。当以K₂CO₃为催化剂时,木屑转化率高达96%,轻质生物油的得率可达16.7%。Melek^[10]对白杨木在蚁酸条件下的催化液化产品用氯仿-乙醇混合溶剂反复萃取至无色。萃取液于60℃下旋转真空蒸发浓缩后获得生物油。当温度为350℃、停留时间为30 min时,总油的产率达49.4%。

1.2 减压蒸馏

对于液-液萃取,其不足之处在于不能完全提取液体产物中的轻质组分,而且大多数萃取剂具有毒性。因此也有学者^[11]采用减压蒸馏的方法脱除水分得到有机水溶物,该方法操作简单,比较经济。但对于有催化剂条件下的液化分离,有机水溶物不可避免地存在催化剂残留杂质,同时也会造成易挥发性组分损失。

1.3 固-液萃取

选用丙酮溶剂提取生物质高压液化产物的重质组分,效果比较理想。Minowa 等^[12]将多种生物质在300 mL高压釜中,在反应温度300℃、停留时间为30 min时得到的液化产物经过滤,得到有机水溶物和水不溶物。用丙酮提取水不溶物,重油的产率为22%~32%。Qu 等^[13]采用与文献^[12]相同的方法,以丙酮为溶剂得到黑色黏稠油状物,在温度320℃、原料8 g、水100 mL、停留时间为10 min时,重油的产率达24%。

2 生物油的成分研究

2.1 纤维素

现有的研究成果认为,纤维素在水中的降解是

复杂的竞争和连串反应机理,大致遵循以下路线:纤维素水解生成低聚糖,低聚糖进一步降解为葡萄糖,葡萄糖脱水生成5-羟甲基糠醛,5-羟甲基糠醛再通过开环、脱水反应生成糠醛或酸类物质。纤维素水解的主要产物随温度、催化剂、压力的不同而有变化。

庄新姝等^[14]以定量滤纸模拟纤维素水解,研究纤维素超低酸水解,目标产物是尽可能高的还原糖产率。研究表明,纤维素超低酸水解的最佳工况为:0.05% (质量分数) H₂SO₄、5%的固体浓度在215℃、4 MPa下反应35 min,在此工况下可获得46.55%的还原糖转化率和55.07%的纤维素转化率。通过高效液相色谱(HPLC)和KS-802糖柱对产物中糖的种类进行了划分,以气相色谱-质谱(GC-MS)对副产物进行定性。发现纤维素超低酸水解主要生成纤维四糖、三糖和二糖等低聚糖和葡萄糖及果糖,反应副产物有糠醛、5-羟甲基糠醛、乙酰丙酸及一些小分子酮、醛类和酸类极性化合物。朱道飞^[15]在温度为340~420℃、压力为30~40 MPa的实验条件下,对亚临界和超临界水中纤维素液化进行了实验研究,液化产物经GC-MS分析,得到其主要成分是糠醛、5-羟甲基糠醛和一些含甲基、羟基、羟甲基等官能团的酮类、苯酚类化合物。Srokol 等^[16]直接以单糖(D-葡萄糖)为原料,研究了生物质中纤维素水热反应生成葡萄糖后的进一步反应,发现50 mmol/L单糖在340℃、27.5 MPa下反应25~204 s,产物中主要有5-羟甲基糠醛、糠醛、乙醇醛、乙酸、乙二酸及其他少量的小分子醛、酮、酸等。

2.2 木质素

木质素由愈创木酚基型、紫丁香酚基型、对丙酚基型3种结构单元组成,这些结构单元中含有大量的烷氧基团,在高温条件下易发生断裂。在超临界水条件下,木质素首先经水解和脱烷基作用生成甲醛和一些低分子质量的碎片,主要包括苯酚、愈创木酚、邻苯二酚、紫丁香酚等组分。甲醛与这些活性碎片进一步发生交联,生成大分子化合物。由于木质素本身的化学结构性质,其液化的主要产物是苯酚及其衍生物。

Saisu 等^[17]发现,木质素超临界水条件下的液化油中含有8种单环苯酚类水解产物,分别是紫丁香酚、乙基紫丁香酚、甲基紫丁香酚、愈创木酚、甲基愈创木酚、乙酰基愈创木酚、邻苯二酚、甲氧基邻苯二酚。Funazukuri 等^[18]在间歇式管式反应釜中研究了磺酸木质素在超临界和亚临界水中的液化。结果表

明,原料在氩气氛中分解,在400℃时获得较高的油产率,并且油产率受温度、时间及水密度的影响。核磁共振氢谱分析显示:生物油在短时间即可生成,生物油中甲氧基团含量相对较高,从侧面印证了 Saisu 的研究。Fang 等^[19]研究了木质素在超临界水(600℃)及超临界苯酚水溶液(400℃)中的液化,液化产物油的红外光谱分析显示,在1378 cm⁻¹和2800~3200 cm⁻¹处有宽而强的吸收,说明油中可能含有较多的C—O—C、CH₃—O和O—H等基团。Afifi 等^[20]为考察生物质、泥煤中芳香醚键与供氢溶剂的反应,直接选用木质素的基本结构单元愈创木酚为原料,研究了其在供氢溶剂四氢化萘中的催化液化,当原料与溶剂比较小时,主要液化产物是苯邻二酚。当催化剂(Fe, Ru)用量增加时,次要产物苯酚量随之增加。

2.3 半纤维素

半纤维素是由五碳糖组成的复杂聚合物,聚合度低于纤维素,相比于纤维素更易发生水解,木聚糖是半纤维素的主要成分,半纤维素水解主要产物是木糖和葡萄糖、甘露糖等多种单糖及其低聚糖的混合物。木糖在高温条件下通过脱水、脱羧基、脱乙酰基、脱甲氧基生成多种小分子化合物。Choi 和 Mathews^[21]研究发现,木聚糖在132℃条件下用质量分数2%的硫酸溶液处理40 min,木聚糖即可完全水解成木糖。Demirbas^[22]研究了木聚糖的高温降解,几种主要产物是水、甲醇、甲酸、乙酸、羟基丙酮、1-羟基-2-丁酮和丙酸。

2.4 生物质

生物质高压液化过程主要是纤维素、半纤维素和木质素这三大组分的解聚和脱氧。纤维素、半纤维素和木质素被降解成低聚体,低聚体再经脱羟基、脱羧基、脱水或脱氧而形成小分子化合物。小分子化合物一经形成,就可以通过缩合、环化、聚合等二次反应而生成新的化合物^[2]。研究发现,原料类型、催化剂、溶剂、温度等因素对最终产物的组成都有重要影响。

2.4.1 原料及其成分协同作用对产物的影响

原料不同,生物油组分差别很大。Selhan 等^[23]对松木屑、米壳、纤维素、木质素4种原料在280℃下反应15 min,对制备的高压水热解液化生物油(乙醚萃取物)进行了GC/MS分析。结果表明,木质素、纤维素液化油组成与米壳、松木屑液化油组成相比相对简单。纤维素液化油的主要成分是2-呋喃草醛、5-甲基-2-呋喃草醛、丙酸。木质素液化油的主要

成分是甲氧基苯酚、邻苯二酚和4-甲基邻苯二酚。纤维素液化时只有少量的苯酚生成,木质素液化时只有少量的丙酸生成。而木屑和米壳液化油基本上具有上述2种液化油成分的同时又增加了其他成分,说明它们液化反应的复杂性。

Hosoya 等^[24]研究了纤维素、木质素在800℃时热裂解气化的交互作用。实验发现,纤维素和木质素存在明显的协同作用,木质素抑制纤维素降解产物左旋葡萄糖的热聚合,降低焦炭产量的同时促进纤维素生成小分子化合物;纤维素阻止木质素形成焦炭的同时促进了木质素形成其衍生物,即愈创木酚、4-甲基愈创木酚和4-乙基愈创木酚。纤维素和半纤维素之间交互作用不显著。

2.4.2 催化剂、溶剂对产物的影响

催化剂能抑制结焦,提高生物油的产率,同时也会使产品的组成发生变化。溶剂的作用是分散生物质并参与反应稳定液化中间产物,一些溶剂甚至起到供氢加成的作用,改变了生物油的组成,也改善了生物油的品质。

Selhan 等^[23]考察了碱类催化剂NaOH、Na₂CO₃、KOH和K₂CO₃对松木屑在280℃、反应15 min条件下制备的生物油组分分布的影响。结果表明,催化能力大小顺序为:K₂CO₃ > KOH > Na₂CO₃ > NaOH。在无催化剂条件下高压水热反应主要生成4-甲基苯酚、2-甲氧基苯酚、2-呋喃草醛、4-羟基-3-甲氧基苯乙酸、2-呋喃草醛。在催化剂存在条件下,主要生成2-甲氧基苯酚、4-甲基-2-甲氧基苯酚、4-乙基-2-甲氧基苯酚、乙酸,其中苯二酚的衍生物、2-呋喃草醛可能在碱催化剂条件下进一步分解生成乙酸。Wang 等^[25]在250 mL的高压反应釜中对木屑进行液化研究。在反应温度300℃、合成气初压2 MPa、反应时间30 min时,考察溶剂对木屑液化油的影响:当以四氢萘为溶剂时,液化油中含有较多的碳氢化合物和较少的酯和烯烃,原因是供氢剂四氢萘参与了反应,有利于酯转化为酸或碳氢化合物,烯烃键加成转化为烷烃键。Zhang 等^[26]研究了甘蔗渣在乙二醇溶剂中的酸催化液化。在反应温度190℃、甘蔗渣10 g、乙二醇100~120 g、97%(质量分数)硫酸用量1.5~5.0 g时,产物由水溶性组分、丙酮可溶解物和残留物3部分组成。傅里叶变换-红外(FT-IR)、GC/MS、HPLC分析结果表明,水溶性组分由乙二醇及其衍生物、糖类、酸类、醇类、酚类、醛类和酮类组成。Yuan 等^[27]研究了稻草在醇-水混合溶剂下的液化,当温度为300℃、异丙醇与水体积比为5:

5、反应时间 3 min 的条件下得到的生物油产率为 39.7%,生物油的高位热值为 30.75 MJ/kg。生物油是由酚类、酯类和醛类组成的复杂混合物,主要的成分可能是一种酚类衍生物 $C_{15}H_{24}O$ 。

2.4.3 温度对产物的影响

生物质水热液化是水解和缩合的竞争反应,随着温度的升高,缩合加剧形成结焦,同时气体的生成量也会增加,温度升高增加了氢气和脂肪烃气体的生成量^[28],从元素平衡的角度来讲,温度在一定程度上会影响生物油的元素组成。文献[10,13,29]的研究结果表明,生物油的碳含量随温度升高而增加,氧含量随温度的升高而下降,各温度条件下氢含量较为接近,但相比于原料都有所降低。

Qian 等^[30]对木质生物质在 280~420℃ 碳酸钠溶液中的直接催化液化产物进行了研究。结果表明,在 380℃ 下重油的产率最高,可达 53.3%,碳、氢、氧质量分数分别为 76.2%、5.4% 和 18.3%,相比于生物质原料,生物油碳含量明显提高,氧含量和氢含量显著降低。FT-IR 和 GC/MS 分析结果表明,木质生物质的液化可以分为 2 个阶段,即纤维素类和木质素类的液化,最终液化产物是含有烃、醛、酮、酚和酯等各类化合物的复杂混合物。Wang 等^[31]研究了豆秆、玉米秆、棉花秆和麦秆 4 种生物质在 350℃ 下的直接液化,实验发现,4 种生物质的直接液化油含氧质量分数为 5.5%~8.6%,氢碳比为 1.5%~1.9%。符合生物石油的标准。

3 工业化研究进展

经济的快速发展和石油资源的供求矛盾,迫使人们寻求石油的可替代品。生物质资源储量丰富,并且是唯一可以转化为液体运输燃料的固体可再生能源。各国都在努力设计开发生物质高压液化的工业装置。德国联邦森林和林产品研究中心(German Federal Forest and Forest Products Research Center)开发了一步法催化加氢液化技术^[32],其试验在由 3 个 1 L 的高压釜组成的系统内进行,它们分别被作为反应器、热分离器和冷却器,以此来模拟一个连续的液化过程。生物质粒子与催化剂、循环油混合。反应在氢压 20 MPa 和 380℃ 下进行约 15 min。进入气相的液体产品在热分离气中快速蒸馏,塔底重油用作循环油。其余液体产物冷却到室温后得到一个沸程在 60~360℃ 的油品,其中 99% 为正己烷可溶物,氧质量分数约为 12%。荷兰代夫特科技大学(Delft University of Technology)物理化学和热力学研究中心

Wei 等^[33]也提出了一步法加氢工艺,该工艺由供料系统、反应系统、分离系统、加氢精制系统和热交换系统 5 部分组成。产品的具体分离流程为:液化产品经高压分离器(180℃,10 MPa)分离油相和水相,油相进入闪蒸器(230℃,0.01 MPa)实现重油和轻油的分离,轻油在低压分离器(150℃,0.1 MPa)中冷凝,经加氢精制可制备成运输燃料,这种以水为溶剂一步法制备生物油的工艺称作 HTU(Hydrothermal upgrading)过程。Zhong 等^[34]对该过程进行了评价,认为生物质中的氧大部分以 CO_2 的形式脱除,制备的生物油能量密度可以和化石燃料相媲美。虽然生物质高压液化的工业化实现还存在一定的经济和技术困难,但这些生物质一步法制备分离生物油取得的成果令人鼓舞。

参考文献

- [1] 严陆光,陈俊武.中国能源可持续发展若干重大问题研究[M].北京:科学出版社,2007.
- [2] 姜洪涛,李会泉,张懿.生物质高压液化制生物原油研究进展[J].化工进展,2006,25(1):8-15.
- [3] Lee S H, Ohkita T. Rapid wood liquefaction by supercritical phenol[J]. Wood Sci Technol, 2003, 37: 29-38.
- [4] Miller J E, Evans L, Littlewolf A, et al. Batch microreactor studies of lignin and lignin model compound depolymerization by bases in alcohol solvents[J]. Fuel, 1999, 78: 1363-1366.
- [5] Zhang T, Zhou Y J, Liu D H, et al. Qualitative analysis of products formed during the acid catalyzed liquefaction of bagasse in ethylene glycol[J]. Bioresource Technology, 2007, 98: 1454-1459.
- [6] Mustafa C, Mehmet M. Liquid products from *Verbascum* stalk by supercritical fluid extraction[J]. Energy Conversion & Management, 2001, 42: 125-130.
- [7] Küçük E M. Liquefaction of sunflower stalk by using supercritical[J]. Energy Conversion & Management, 1998, 39: 1203-1206.
- [8] Appell H R, Fu Y C, Frideman S, et al. Converting organic wastes to oil[J]. Agri Eng, 1972, 53(3): 17-19.
- [9] Selhan K, Thallada B, Akinori M, et al. Low-temperature catalytic hydrothermal treatment of wood biomass: Analysis of liquid products[J]. Chemical Engineering Journal, 2005, 108: 127-137.
- [10] Melek Y, Dursun P. Poplar wood-water slurry liquefaction in the presence of formic acid catalyst[J]. Energy Conversion and Management, 2004, 45(17): 2687-2696.
- [11] 于树峰,仲崇立.农作物废弃物液化的实验研究[J].燃料化学学报, 2005, 33(2): 205-210.
- [12] Minowa T, Kondo T, Sudirjo S T. Thermochemical liquefaction of Indonesian biomass residues[J]. Biomass and Bioenergy, 1998, 14(5/6): 517-524.
- [13] Qu Y X, Wei X M, Zhong C L. Experimental study on the direct liquefaction of *Cunninghamia lanceolata* in water[J]. Energy, 2003, 28(7): 597-606.

- [14] 庄新妹,王树荣,袁振宏,等.纤维素超低酸水解产物的分析[J].农业工程学报,2007,23(2):177-182.
- [15] 朱道飞,王华,包桂蓉.纤维素亚临界和超临界水液化实验研究[J].能源工程,2004(5):6-10.
- [16] Srokol Z, Bouche A G, Estrik A V. Hydrothermal upgrading of biomass to biofuel: Studies on some monosaccharide model compounds[J]. Carbohydrate Research, 2004, 339: 1717-1726.
- [17] Saisun M, Sato T, Watanabe M, et al. Conversion of lignin with supercritical water-phenol mixtures[J]. Energy Fuel, 2003, 17: 922-928.
- [18] Funazukuri T, Wakao N, Smith J M. Liquefaction of lignin sulphonate with subcritical and supercritical water[J]. Fuel, 1990, 69: 349-353.
- [19] Fang Z, Sato T, Smith R L, et al. Reaction chemistry and phase behavior of lignin in high-temperature and supercritical water[J]. Bioresource Technology, 2007, 98: 1-7.
- [20] Afifi I, Chornet E, Thring R W, et al. The aryl ether bond reactions with H-donorsolvents: Guaiacol and tetralin in the presence of catalysts[J]. Fuel, 1996, 75(4): 509-516.
- [21] Choi C H, Mathews A P. Two-step acid hydrolysis process kinetics in the saccharification of low-grade biomass: 1. Experimental studies on the formation and degradation of sugars[J]. Bioresource Technology, 1996, 58: 101-106.
- [22] Demirbas A. The influence of temperature on the yields of compounds existing in bio-oils obtained from biomass samples via pyrolysis[J]. Fuel Processing Technology, 2007, 88: 591-597.
- [23] Selhan K, Thallada B, Akinori M, et al. Comparative studies of oil compositions produced from sawdust, rice husk, lignin and cellulose by hydrothermal treatment[J]. Fuel, 2005, 84: 875-884.
- [24] Hosoya T, Kawamoto H, Saka S. Cellulose-hemicellulose and cellulose-lignin interactions in wood pyrolysis at gasification temperature[J]. J Anal Appl Pyrolysis, 2007, 80: 118-125.
- [25] Wang G, Li W, Li B Q, et al. Direct liquefaction of sawdust under syn-gas[J]. Fuel, 2007, 86: 1587-1593.
- [26] Zhang T, Zhou Y J, Liu D H, et al. Qualitative analysis of products formed during the acid catalyzed liquefaction of bagasse in ethylene glycol[J]. Bioresource Technology, 2007, 98: 1454-1459.
- [27] Yuan X Z, Li H, Zeng G M, et al. Sub- and supercritical liquefaction of rice straw in the presence of ethanol-water and 2-propanol-water mixture[J]. Energy, 2007, 32: 2081-2088.
- [28] 杨勇,谢建军.煤与生物质制氢工艺评述[J].现代化工,2006,26(9):16-20.
- [29] Song C C, Hu H Q, Zhu S W, et al. Nonisothermal catalytic liquefaction of corn stalk in subcritical and supercritical water[J]. Energy & Fuels, 2004, 18: 90-96.
- [30] Qian Y J, Zuo C J, He J H. Structural analysis of bio-oils from sub- and supercritical water liquefaction of woody biomass[J]. Energy, 2007, 32: 196-202.
- [31] Wang C, Pan J X, Li J H, et al. Comparative studies of products produced from four different biomass samples via deoxy-liquefaction[J]. Bioresource Technology, 2007, 98: 1-9.
- [32] 秦特夫.生物质热裂解和化学液化制燃料油技术现状及展望[J].生物质化学工程,2006,40:78-85.
- [33] Wei F, van der Kooi H J. Biomass conversions in subcritical and supercritical water: Driving force, phase equilibria, and thermodynamic analysis[J]. Chemical Engineering and Processing, 2004, 43: 1459-1467.
- [34] Zhong C L, Peters C J, Swaan A J. Thermodynamic modeling of biomass conversion processes fluid phase equilibria[J]. Fluid Phase Equilibria, 2002, 194/195/196/197: 805-815. ■

沙特基础工业公司与中石化签署框架协议

双方考虑组建各占 50% 股份的合资企业

拟建立的合资企业将在天津成立年产 100 万 t 的乙烯生产线

中国石油化工股份有限公司(中石化)和沙特基础工业公司(SABIC)于 2008 年 1 月 31 日在北京签署框架协议,迈出了建立合资企业的第一步。

这个双方各占 50% 股份的合资企业将投资于 1 个 100 万 t/a 的乙烯衍生物生产线(60 万 t 聚乙烯和 40 万 t 乙二醇)。该生产线将设在天津,其生产乙烯的全部原料将来自中石化全资子公司天津石油化工公司拥有的乙烯裂解装置。项目投资总额将达约 17 亿美元,该生产线计划于 2009 年 9 月竣工。

该框架协议由沙特基础工业公司董事长萨乌德·本·萨那延阿尔-萨乌德亲王殿下和中石化董事长苏树林在北京签署。萨乌德亲王表示:“这个新的合资企业将进一步加强我公司与中石化之间的关系,也是沙特基础工业公司在中

国的第一家合资企业。我们希望将来在中国这个重要的市场拥有更多的合资企业,同时更好的发展与中石化的关系”。

沙特基础工业公司与中石化有着紧密的合作关系。中石化的中国工程师正在帮助沙特基础工业公司位于沙特延布的子公司——沙特延布国家石化公司建设一个世界规模的聚烯烃生产线。

公司副董事长及首席执行官穆罕默德·阿尔-马迪表示:“中国对于沙特基础工业公司全球战略而言是一个重要的市场。这个框架协议是我们实现在亚洲建立生产中心这个目标过程中的一个重要里程碑。天津的生产线将服务于世界上增长最快的市场,也是沙特基础工业公司实现在 2020 年成为全球顶级石化企业这一战略目标的一个重要组成部分”。(姚冀方)