

21世纪油气工业发展刍议

陈俊武

(中国石化集团洛阳石油化工工程公司, 洛阳 471003)

[摘要] 文章从世界能源消费不断增长的社会发展需求出发, 考虑日益苛刻的环境保护政策和举世关心的可持续发展的战略方针, 结合今后科学技术的进展, 分别从产品需求和资源供应、产品规格和环境保护、非常规石油进入角色及天然气前景引人瞩目四个专题进行论述, 对21世纪的以石油和天然气为代表的非再生能源工业形势做了初步展望。

[关键词] 21世纪; 石油; 天然气; 油气工业

当21世纪即将到来的时候, 不同学科领域的学者和不同行业的专家纷纷发表文章, 阐述对下个世纪学科和行业发展的看法。有的谈到近期(今后5年)的规划, 有的涉及长远(10至20年)的设想。这方面的论述和所引用的资料诸多重复, 很多情况读者业已熟悉, 因此笔者不拟再次叙述, 而打算把内容扩展到更广的时空范围, 即延伸到整个21世纪, 以便使读者拓宽视野, 预见未来。由于科技进步异常迅速, 社会发展与变革步伐加快, 科学合理的预测难度极大, 况且有关资料十分缺乏, 只得借助个人畅想和管窥, 希望交流并指正!

1 产品需求和资源供应的矛盾

石油和天然气构成当前世界能源消费的主要组成部分, 20世纪末它们占有接近三分之二的份额。从20世纪初期汽车工业迅猛发展以来, 迄今全世界6亿多辆汽车年消费1.1 Gt以上汽油和柴油, 发达国家平均每人每年乘车行驶约10 000 km。而20世纪中期随着喷气式飞机出现而兴起的民航运输高潮, 使数万架客机年耗煤油150 Mt, 发达国家现在平均每人每年乘机飞行2000 km。预测2050年发达国家人均乘车、船、机里程达到43500 km, 届时世界人均达10500 km^[1]。世界用于运输方面

的油料总消耗已接近石油产品的一半。20世纪中期开始以生产合成材料为代表的石油化学工业很快地取代了煤化工, 它消耗了约十分之一的石油原料。人们一刻也离不开石油已成为众所周知的事实。但在石油的占有和消费上存在很不公平的状况: 发达国家每年人均消费2~3 t, 而发展中国家不到0.3 t, 若全世界都达到当前发达国家耗油水平, 那么原油年供应量将达15 Gt之多! 显然这是不能实现的。为此需要节约消费, 合理用油。

从整体能源需求考虑, 21世纪仍将保持不断增长的趋势。如按年增长速度2%计算^[2], 全世界能耗将从20世纪末的9 Gt增至2020年的15 Gt、2050年的25 Gt。考虑节能因素, 下世纪末可能为40~50 Gt, 届时世界人均消费量可达目前发达国家水平。

由于资源的限制和技术进步的影响, 21世纪能源结构将逐步发生变化, 大致分为三个阶段: 第一阶段石油供应量持续增长, 2020年至2030年常规石油产量4.5~5.5 Gt达到峰值, 此后非常规石油弥补常规石油的递减, 同时天然气产量以高于石油产量变化的速度增加; 第二阶段以2040年天然气产量(折合油当量)超过石油为标志, 宣告天然气时代的来临, 此后延续到2080—2090年天然气

产量出现 10~12 Gt 的峰值,在此期间核裂变能利用逐步高效化,核聚变能初步实现商业应用,可再生能源与非再生能源的竞争力加强;第三阶段从 2070 年到 21 世纪末,非再生能源除煤炭外逐渐枯竭,核能和可再生能源占有份额逐渐加大。

21 世纪内常规石油资源将动用 300~380 Gt,其中目前已探明的剩余可采储量约 140 Gt,待今后发现的 60~100 Gt,通过采用新技术提高采收率增加 100~130 Gt^[3]。非常规石油资源(油砂、油母页岩和重质油)地质储量很大,但前两种含油或含沥青在 5% 以上且埋深较浅者不到 10%,后一种在低成本时采出率也不到 10%,若转化为合成原油(SCO)则最终收率更低。因此当 21 世纪中后期大规模开采时,视那时的经济因素以及技术进步程度决定可动用的资源量,乐观的估计 21 世纪共采出非常规石油 200 Gt,高峰值在 2080—2090 年,生产 6~8 Gt(保守的估计是 1 Gt^[4])。

以上数据倾向于美国能源情报局(EIA)的乐观观点并参考了世界能源委员会(WEC)出版的全球能源展望资料^[5],而悲观的预测可举 1997 年末 Campbell 发表的数据^[6,7],他用各主要产油区的产量—时间驼峰曲线判断,常规石油的产量高峰期是 2010 年的 4 Gt,到 2050 年常规和非常规石油总产只 1 Gt, Mabro 也预测 2050 年产量将降至 1950 年的水平^[4]。如他们的预测不幸言中,那么石油为主的能源时代将提前 20 年结束,全世界将面临能源可持续发展的严重挑战,经济发展速度将被迫放慢,对发展中国家十分不利!

2 环境保护对产品规格和生产工艺的促进

80 年代以来,由于工业迅速发展给局部环境以至全球环境带来的危害日益显著,发达国家率先制定了对工业废水、废气和废渣的强制性排放标准,从而促进了各国对环保技术的重视,带动了环保工业的创建与发展。90 年代以后,随着城乡汽车运输量的不断增加,汽车尾气中挥发性有机物、毒物和导致光化学烟雾的物质浓度和数量给居民生活环境和身体健康产生严重影响。寻本求源,人们终于发现了首先是汽车燃料——汽油和柴油的化学组成和物理性质不够理想,其次是发动机的燃烧控制手段和尾气处理设备不够完善。于是针对发动机燃料规格提出新的标准,名为环境友好产品或清洁燃料,

美国将符合新规格的汽油称为新配方汽油,其他国家也纷纷效法,从而引发了清洁燃料的热门话题。

尽管各国的清洁燃料规格不同,分阶段实施的进度各异,但总的趋势是在 21 世纪的前几年达到较高的指标。对于汽油和柴油都要严格限制硫含量、芳烃含量,对汽油还要限制苯含量与烯烃含量,对柴油要限制多环芳烃含量。专家预测 2050 年以后可能只剩下由烷烃(异构为主)、环烷烃和少量单环芳烃构成的纯烃组分才是理想的清洁发动机燃料。无疑大宗生产这种近乎石油化学品的燃料会大大提高生产成本,理所当然会引起生产者的不满,也会引起更多的争议,甚至消费者难以接受。然而这毕竟是事关人类健康的重大课题,只要考虑周全,在经济上付出代价是必要的。应指出我国在这方面刚刚起步,今年环保部门提出的清洁燃料标准与世界水平相比限制还较宽松,以后将逐步严格。基于我国汽油和柴油构成的具体情况,炼油厂必须采取一系列技术改造措施。

在常规汽油和柴油之外,多种替代燃料应运而生,例如车用液化石油气、压缩天然气、醇类燃料和二甲醚等。除个别来源于生物物质外,它们都属于烃类产品,必须从石油或天然气制取。它们的应用有局限性,只能在一定范围内推广,难以全面取代。

不妨展望到 21 世纪 20 至 30 年代,那时车用内燃机可能遇到电动机的强力竞争。很久以来人们就致力于电动汽车(EV)的开发,核心是解决大容量长效蓄电池和快速充电的课题,取得了一定进展,也在某些国家和地方政府支持下得到推广。但是 EV 的综合性能在可预见的将来很难与内燃机抗衡。在环保意义上美国有人认为 EV 起的作用只是污染转移,把汽车尾气排放转移到发电厂的烟囱上了(美国发电燃料结构中煤炭比例较大)。

较有前景的是燃料电池汽车(FCV),它使用纯氢或含氢气体为燃料。效率高、单位功率重量较轻的燃料电池已发展到第五代,FCV 的样车已经问世,但离经济性和实用性还有距离,要继续付出努力。氢气成本是推广 FCV 的又一关键。使用烃原料制氢,然后液化、储存、运输的成本高昂,又存在安全问题,用特种材料吸附和脱附的技术正待开发。过渡时期(下世纪 20 年代)将在汽车上安装微型制氢装置,仍用烃原料或甲醇制含氢气体。美国已考虑在大型客车上装高压(25 MPa)氢罐,一次充入 50 kg 可行驶 400 km,加氢站把液氢在

压力下汽化充气^[8]。

21世纪后期, 真正意义的氢燃料, 即用太阳能直接分解水制氢工艺生产的廉价氢可能登场, 如果这项高难度课题能够攻克, 这种可再生的理想能源将成为22世纪的主要运输燃料, 而重氢则成为核聚变发电的燃料。

3 非常规石油进入角色

世界非常规石油资源远较常规石油资源丰富, 但开采成本较高。而且其原始状态(超重质油、油母、沥青等)多为氢碳比低、并含硫、氮化合物的重质烃, 加工费用也大。资料表明, 在超过1400 Gt的总地质资源量中, 采出成本20~40美元/桶(1995年价)的可采资源约170~830 Gt。以上价位在当前尚难与常规石油竞争, 到2030年以后, 常规石油产量越过峰值走向低谷, 油价将成倍上升, 届时非常规石油的竞争力将逐渐处于优势。目前掌握的热采重质原油技术、热水溶出油砂沥青技术以及油母页岩低温干馏技术还会取得新的进展, 上述日期可能提前。从动态角度推测, 两类石油的更迭进程将长达半个世纪。

当前非常规原油的就地初步加工旨在降低原油粘度以便于外运(船运或管道)。可采用传统的减粘工艺或添加稀释剂的方法; 前者装置投资较大, 后者要铺设专门管线以及增加稀释剂回收费用。如果最终只做燃料使用, 委内瑞拉采用加水乳化法制成奥利乳化油(Orimulsion)已作为商品销售, 但其硫含量制约了广泛应用。近年新开发的油溶性两元催化剂水分解转化重油技术(Aquaconversion)^[9]的转化深度优于传统的减粘法, 可望今后获得应用。关于油砂沥青的加工, 加拿大已有20多年的工业化经验, 先后选择了焦化工艺与沸腾床加氢裂化工艺为主的加工手段, 生产的合成原油(SCO)质量好, 大部管输到美国北方炼油厂加工。存在问题是SCO成本偏高, 当国际市场油价走低时出现亏损。Syncrude公司1997年生产SCO的成本每桶为13美元, 将争取到2007年降到7美元。页岩原油的加工工艺以加氢路线较好, 所生成的合成原油馏分轻、质量优, 核心问题仍是原油成本过高(估计目前每桶50美元^[4])。

附带谈谈重质油品的“深度加工”或“轻质化”问题, 它是随着轻质原油的资源日趋减少, 商品原油逐渐重质化和劣质化的形势提出的, 已被人

们议论了近30年。这期间很多工程公司、专利商和学者陆续发表了具体的加工流程并进行技术经济对比。方案包括几种脱碳工艺和加氢工艺的组合, 彼此大同小异, 对比结果一般是加氢方案比脱碳方案略具优势, 两者合理的组合更佳。但按清洁生产技术制造清洁燃料的深度加工工厂需要巨额投资, 合理的投资回报率与轻重质原油和轻重质产品的差价密切相关, 后者又与国际市场油价息息相关。影响市场油价的不确定因素过多, 过去的预测不乏失误的先例, 因此投资者往往举棋不定。但由于21世纪石油供需矛盾的深化, 发展深度加工是必然的选择。

4 天然气前景引人瞩目

世界天然气资源十分丰富, 由于勘探技术提高和开发成本降低, 天然气价格下降趋势明显, 产量与年俱增, 在能源供应中比重逐步上升, 目前接近四分之一, 折合原油的五分之三。预测2040年天然气比重将超过原油, 年产将达6.5 Gt(油当量, 下同), 2050年常规天然气产量达到8.3 Gt峰值。此后非常规天然气发展加快, 2090年两者合计生产近12 Gt^[5]。下世纪内预计采出约800 Gt, 其中常规天然气目前已探明剩余可采储量146 Gt, 待下世纪发现130~300 Gt, 其余为非常规天然气。以上某些数字虽属乐观的估计, 比相对保守的数字高很多, 但无论如何表明了我们即将进入天然气为主的能源时代。

天然气在化石燃料中是一种最清洁的能源, 目前大部分直接做为燃料(发电厂、工业炉或民用), 少量做为化工原料(制造合成氨、甲醇、甲醛、醋酸等)。下世纪当原油价格因资源不足而上涨, 和天然气的比价拉大时, 天然气转化为油品的“气变油”(GTL)工艺将得到推广。现在已工业化的GTL技术包括Exxon和Shell公司的, 即将工业化的有Sasol、Syntroleum等公司的^[10,11]。它们均从造合成气开始, 用费-托(F-T)法选择性合成C₅~C₂₂烷烃, 再加氢异构裂化为石脑油、煤油、柴油等无硫、氮杂质的超清洁产品, 石脑油为优良裂解原料、煤油为洗涤剂原料、柴油的十六烷值可达70, 还可生产优质石蜡和高粘度指数的润滑油基础油。GTL工艺的经济竞争性还依赖于进一步改进技术以降低工程投资, 已成为专利商奋斗的目标。

天然气经甲醇、二甲醚转化为乙烯和丙烯的

MTO 工艺基本具备工业化条件, 开辟了天然气化工取代石油化工的路线, 核心问题是天然气与石油油的比价需进一步降低, 促使 21 世纪中期大规模应用成为现实。

非常规天然气有煤层气 (CBM)、深层气、致密岩气、富有机质页岩气以及天然气水合物等, 比较易于开采的是埋深 1 km 以内的煤层气, 美国已有多年开采经验, 我国正在着手开发。至于埋藏于北方冻土地带和近海深处的天然气水合物总储量达 15 Tt^[12] (由于勘探深度不够, 只列举一个粗略的数据), 超过其他化石燃料资源一倍, 是一笔巨大的潜在能源与化工资源, 只是开采的技术难度很大, 应努力争取在 21 世纪中期开发成功。

将煤炭气化使之转化为合成气、甲醇和汽油、柴油等液体燃料的技术早已开发成功, 在一定程度上得到工业应用。但由于经济指标因素, 目前难以普遍推广。今后随着技术的进一步改进, 天然气和原油价格的进一步提高, 必将逐步扩大应用范围, 届时人们将可利用尚十分丰富的剩余煤炭资源, 实现部分煤炭资源向油气资源的转化。

至于在某些方面能够取代烃类燃料的其它多种能源, 如核能、风能、潮汐能, 地热能等可再生能源以及电力第二次能源, 因涉及内容很多, 不列入本文讨论范围。

参考文献

[1] Schafer A, Victor D G. Global passenger travel: im-

plications for carbon dioxide emissions [J]. Energy 1999, 24 (8): 657~679

[2] 王勇, 任绪法. 国际能源展望——IEO.099 介绍 [J]. 国际石油经济, 1999, 4 (7): 45~47

[3] 野本其介. 本当はどれだけある世界の石油資源—埋藏量の現状と未来について [J]. Petrotech, 1999, 22 (7): 531~537.

[4] 胡征钦. 21 世纪的世界石油工业 [J]. 世界石油工业, 1999, 6 (1): 1~5

[5] World Energy Committee. International Energy Outlook 1999

[6] Campbell C J. Depletion patterns show change due for production of conventional oil [J]. Oil & Gas J., 1997, 95 (52): 33~37

[7] 韩福民, 贾随良, 皇甫焯. 21 世纪世界石油供给需求预测 [J]. 世界石油工业, 1999, 6 (3): 5~10

[8] Raman V. Chicago develops commercial bus fleet [J]. Oil & Gas J., 1999, 97 [28]: 54~55

[9] Houde E J, Thompson G, Marzin R, et al. The AQUACONVERSION process—A new approach to residue processing [A]. NPRA Annual Meeting, paper AM-98-09 [C], San Antonio, USA, 1998

[10] 相宏伟, 钟炳. 天然气制取液体燃料工艺技术进展 [J]. 化学进展, 1999, 11 (4): 385~393

[11] Ashworth J C. Emerging gas to liquid processes [J]. Hydrocarbon Asia, 1998, 8 (7): 46~60

[12] 内田隆. 未来の天然ガス資源メタンハイドロレイト [J]. Petrotech, 1999, 22 (6): 450~457

An Opinion on the Development of Oil and Gas Industry in the 21st Century

Chen Junwu

(Luoyang Petrochemical Engineering Company, SINOPEC, Luoyang 471003, P. R. China)

[Abstract] The speed of international social-economic development closely depends upon the growth of world energy consumption, which in turn has to meet the stringent environmental protection policy that controls the total amount of greenhouse gas released to the atmosphere in the burning of fuel. In order to achieve the sustainable development of all nations, it is advisable to give an outlook to the future situation of world oil and gas industry as the representatives of the non-regenerable energy resources. This paper presents an opinion on the future development of oil and gas industry based on limited data published in literature together with controversial forecasts by different authors and covers four subjects: (1) the demand and supply of oil and gas in the new century; (2) the specifications of oil products to meet the environmental regulations; (3) the role of unconventional oil in the energy industry and (4) the brilliant future of natural gas.

[Key words] 21st century; petroleum; natural gas; oil and gas industry