

The Viewpoint of Developing Low-Carbon Energy in China

Jinxing Wu, Junchao Li, Yankai Pan

Zheng Zhou University Research Centre of Energy Saving Technology, Zheng Zhou, China

Email: wujx@zzu.edu.cn

Abstract: The structure of energy is single in China. Coal is the main source of energy. But, because of its irrational utilize, it has given rise to a set of environmental and social issues. This paper analyzes the shortcomings in the traditional uses of coal, and describes the Poly-generation technology which mainly uses in producing the oil, chemical production and fuel. In addition, it also elaborates the advice and countermeasures about introduced into technology and independently developed technology, resource distribution and industrial distribution, government guide and enterprise integration.

Keywords: poly-generation; coal chemical industry; coal; low-carbon

我国高碳能源低碳化的发展思索

吴金星, 李俊超, 潘彦凯

郑州大学节能技术研究中心, 郑州, 中国, 450001

Email: wujx@zzu.edu.cn

摘要: 我国能源结构单一, 煤炭是主要的能源来源。但煤炭的不合理利用已经引发了一系列环境和社会问题。本文分析了煤炭传统利用方式的不足; 介绍了以生产油品、化工产品和燃料为主的多联产技术; 阐述了关于引进吸收与自主研发技术、资源分布与产业布局以及政府引导与企业整合等多方面的建议 and 对策。

关键字: 多联产; 煤化工; 煤炭; 低碳化

1 引言

全球经济的快速发展, 为全球气候带来了严峻的挑战, 温室气体的大量排放导致全球灾难性气候屡屡出现, 严重危害到人类的生存和健康安全。化石能源的大量消耗是导致空气中温室气体浓度增加的主要原因, 亦是全球气候变暖的主要诱因。对于如何实现高碳能源的低碳化, 目前来说, 主要有两种观点: 一种是寻找和开发新型可再生能源, 替代现有高碳能源, 另一种就是发展先进的洁净技术, 降低碳排放。对于我国而言, 我国目前正处于工业化中期发展阶段, 化石能源不仅占主导地位, 而且是以高碳的煤炭能源为主, 煤占一次能源消费的比重长期在 70% 左右徘徊, 且在可预见的未来仍将以煤炭为主^[1]。而对于发展可再生替代能源, 限于目前技术限制为期尚远。煤炭对于中国来说, 一方面煤炭是中国能源的主要供给者,

另一方面也是影响气候的主要危害者。因此, 如何在煤炭利用方面, 发展高碳能源的低碳化, 显得尤为迫切。针对这一问题, 本文将重点阐述多联产煤化工在高碳能源低碳化中的显著作用。

2 煤炭资源在传统应用方式中存在的问题

煤炭应用在我国化工领域的传统方式是通过直接燃烧获得热量, 而这种热量的获得方式是以能源的低利用率和对环境的高污染为代价的, 不符合目前形势下的节能减排理念。

2.1 煤炭的不合理利用严重破坏环境

长久以来, 煤炭的不合理利用所产生的有害气体直接排入大气, 造成了气温升高、酸雨加剧的事实, 已是目共睹。据统计, 煤炭燃烧排放的污染物在污染物排放总量中的比例分别是: CO₂ 为 90%、烟尘为 70%、氮氧化物为 67%、CO₂ 为 70%^[2]。SO₂ 和氮氧化

物造成的酸雨范围还在进一步扩大,对建筑物造成了严重的腐蚀。随着经济的发展,我国 SO_2 排放量将跃居世界第一。中国已经提出了控制温室气体排放的行动目标,到 2020 年,单位 GDP 的 CO_2 排放量比 2005 年下降 40%~45%。煤炭领域是我国实现 CO_2 减排目标的关键所在,我国 CO_2 减排任重而道远。空气中,煤炭燃烧排放的烟尘被人们吸入体内,易引起系列呼吸道和肺部疾病。除此之外,一些重金属(汞、砷等)污染也对环境造成了严重的危害,按照汞在空气中的年均值和平均沉降值,我国已成为世界上汞污染最严重的地区之一。2003 年我国大气汞污染物排放量约为 623t(欧洲、美国分别为 239.3t、118.6t),其中由燃煤排放的汞为 256.7t,占总排放量的 41%^[2]。煤炭燃烧的污染物排放已对环境造成了严重的危害。

2.2 煤炭利用率低,利用方式过于简单

在电力生产方面,据有关统计,2007 年我国煤电比例为 78%,水电 20.4%,核电 1.2%,风电及其它新能源占 0.7%,是世界上为数不多以煤炭作为一次主发电能源的国家。从煤炭消费量看,主要集中在电力、钢铁、建材和化工行业。2007 年,我国煤炭消费量中工业消费量为 24.5 亿 t,占消费总量 95%。工业消费量中电力用煤用量最大,占 56%,钢铁用煤(含钢铁炼焦)占 17%,而化工用煤 1 亿 t 左右,占 5%。近年来,我国火电的快速扩张进一步加剧了煤炭资源利用的不合理性。2008 年全国电力装机容量近 8 亿 kw,其中火电占 76%我国燃煤发电机组参数主要以亚临界为主,利用效率不高,火电机组平均效率约 38%,民用燃煤综合效率一般仅 15%左右。据统计,由于我国化工产业技术落后,能源消耗的 26%用于出口,以量取胜的粗放型贸易增长模式占有相当比例,贸易顺差的同时,承受“资源环境逆差”,相当于发展了经济,进口了污染。

2.3 能源结构不合理,矛盾性突出

据统计,我国的煤炭资源可以保证开采上百年。我国能源探明储量中,煤炭占 94%,石油占 5.4%,天然气占 0.6%,这种“富煤贫油少气”的能源资源特点,决定了我国能源生产与消费以煤为主的格局将长期占主导地位。因此在能源消耗中,我国煤炭比例较高。一次商品能源消耗结构中,世界平均水平为煤炭占 26.2%,而我国高达 70%以上。不合理的能源结构造

成我国煤炭资源过度开采,其直接燃烧成了我国大气污染严重的主要原因。目前,我国 SO_2 排放量已居世界第一; CO_2 排放量已居世界第二。

2.4 我国煤化工技术水平较低

我国煤化工发展速度相对较慢,同世界先进水平相比,我国的煤焦油工业较落后,主要表现为设备加工能力小,工艺水平低,产品品种少,能耗高,环境污染严重等。代表煤化工技术水平的煤气化技术也落后于一些发达国家。我国是一个农业大国,合成氨产量居世界第一,无烟煤或焦炭合成氨的生产能力约占全国合成氨生产能力的 65%左右,但它们生产工艺落后,能耗高,污染严重。我国甲醇的现有生产能力为 300 万 t/a,其中规模最大的装置有上海太平洋集团公司以煤为原料的生产装置,年产 20 万 t 甲醇;齐鲁石化公司第二化肥厂引进的 10 万 t/a 生产装置。其余的装置年生产能力为几千吨到几万吨不等,且技术落后、规模小、能耗高^[7]。可见,在我国以煤炭为基础的煤化工技术整体较低,亟待有效的提高。

3 多联产煤化工是高碳能源低碳化的有效途径

3.1 多联产煤化工简介

20 世纪 70 年代以后化工企业走上大型化的道路,形成了多种产品的联合企业,节电节能、能量综合应用是企业的主流。例如,20 世纪 90 年代建立的某化肥厂,在设计的时候就已经开始采用燃气轮机带动压缩机,应用大量蒸汽透平机泵,尽量作到企业内的电能平衡。

合成氨联产甲醇工艺(简称“联醇”工艺)是 20 世纪 60 年代我国开发的具有自主知识产权的新工艺。当时国内小化肥的联醇改造,在合成氨的装置上,以合成氨生产中需要清除的 CO 、 CO_2 及原料气中 H_2 为原料,合成有较高经济价值的甲醇。主要的做法是先将合成气经过甲醇反应器,有一部分合成气转化成甲醇,然后合成气不循环,再转化为氢气,制取氨。现在的多联产采纳了这个思想。如果继续调整工艺配置,将转化为甲醇后的合成气用于燃气发电,就是我国最初形式的多联产^[3]。由此可见,多联产不是新的概念,是化工联合企业进一步走上新的台阶的举措。

多联产煤化工系统是指利用从单一的煤气化装置

中产生的合成气,来进行跨行业、跨部门的联合生产,以得到多种具有高附加值的化工产品(如甲醇、醋酸、醋酸乙烯等)、液体和气体燃料(如 F-T 合成燃料、城市煤气、人工天然气等)、其他工业气体(如 CO₂、H₂、CO 等),以及充分利用工艺过程的热并进行发电的能源系统^[3]。

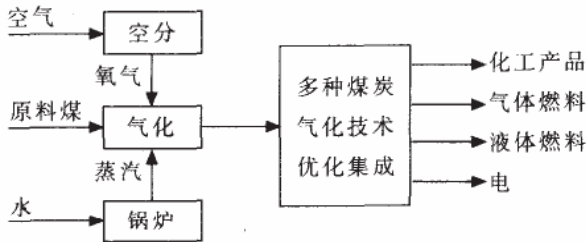


Figure 1.the diagrammatic sketch of joint coal chemical
图 1 多联产煤化工流程示意图

3.2 多联产煤化工工艺与产品

目前多联产煤化工系统可根据不同的分类依据,产生多种分类方法。根据不同的产品取向,可分为以油品为主的煤化电多联产、以生产二甲醚和甲醇等化工产品为主的煤化电多联产和以燃料为主的煤化电多联产^[9]。多联产煤化工不仅克服了传统化工用煤向环境排放有害污染物,造成环境破坏的缺点,而且充分利用了煤炭资源,提高了煤的利用率,实现了经济的最大化。

3.2.1 以油品为主的煤化电多联产

以油品为主的煤化电多联产技术,主要是通过特定的设备和工艺,以煤炭为基础,提取煤炭中的焦油成分,同时回收煤炭中的其他有用成分,制成洁净煤气用于发电,充分的提高了煤炭的利用率,也减少了环境污染。其工艺流程如下:入炉煤被气化生产成中热值煤气,经过除尘器除尘,进入电捕焦油器,捕捉煤气中的焦油,收集所需的油产品,同时也捕捉煤气中的灰尘和水分。经过除尘和捕焦油后的煤气经过冷却再进入脱硫装置,生成单质硫(即硫磺),经脱硫后成为洁净的煤气,送入燃气轮机燃烧做功发电。燃气轮机排出的高温烟气,进入余热锅炉加热给水,产生过热蒸汽进入蒸汽轮机发电并供热^[4]。这个过程中,煤气燃烧较为充分,生成浓度较大的 CO₂,便于回收作为生产尿素等产品的原料。

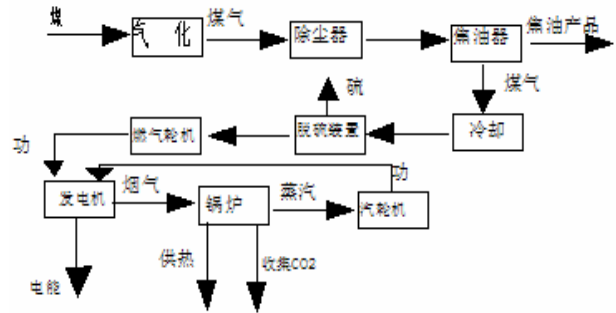
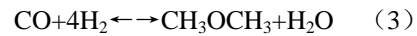
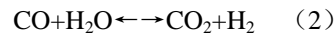
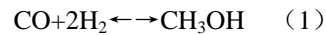


Figure 2.the diagrammatic sketch of oil delivery
图 2 油品生产流程示意图

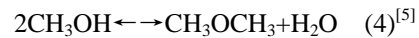
3.2.2 以生产二甲醚和甲醇等化工产品为主的煤化电多联产

对于这种煤化电多联产系统,我们就以生产二甲醚(DME)为例。二甲醚的生产可以和发电装置以多种方式整合。本文的二甲醚生产采用先合成甲醇再合成二甲醚的两步法。在反应器中主要发生以下反应:



反应 1 是生产的关键反应,生成甲醇,反应 2 和 3 是副反应。对于富碳的煤基合成气,反应 2 能够给反应 1 提供 H₂,对调整反应器内部的碳氢比有一定作用。

DME 的生产主要以甲醇气相脱水为主,反应方程式如下:



分产时,空气被分离出氮气之后,煤和氧气合成 CO 和 CO₂,冷却后进入净化系统中捕捉硫和大部分 CO₂,CO 与 H₂ 反应生成甲醇,通过调节 H₂ 比例,CO₂ 继续与 H₂ 反应生成 CO,然后合成甲醇,并放出热供给系统,DME 和水作为最终产物。冷却所得能量用于加热蒸汽,推动汽轮机,生产电能,在这个过程中,该系统实现了高碳能源低碳化的要求。

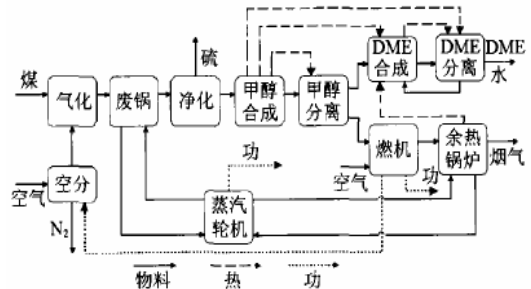


Figure 3.the diagrammatic sketch of DME delivery
图 3 DME 生产流程示意图

3.2.3 以燃料为主的煤化电多联产

以燃料为主的煤化电多联产系统的常见产品是煤气，下面就论述一下以生产煤气为主的多联产系统。这种系统是以煤炭为原料，把多种煤炭转化技术有机集成在一起组成煤炭利用系统，煤炭经热解或气化产生煤气，煤气生产工艺产生的半焦作为燃料燃烧产生蒸汽用于发电，从而实现煤的高效洁净利用。系统通过对多种煤炭转化技术的优化集成，可实现煤炭资源热解、气化和燃烧的分级利用，提高能源利用率，实现废物利用，降低污染物排放，减少环境污染^[6]。同时该系统对煤种的适应性很强，可充分利用多样性的煤炭资源，是适合中国国情的煤炭综合利用技术，对中国能源实现可持续发展具有特殊的重要意义。

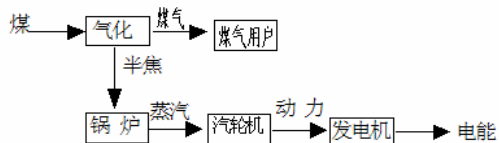


Figure 4.the diagrammatic sketch of gas delivery
图 4 煤气生产流程示意图

3.3 多联产煤化工的特点

多联产煤化工实际上是建立在传统煤化工基础上的一门化工技术，它是新型煤化工的发展方式之一。但它不仅包含了传统煤化工的一些传统优势，并且还克服了传统煤化工产业中的不足。与传统煤化工相比，多联产煤化工主要有以下特点。

3.3.1 以清洁能源为主要产品

多联产煤化工以生产洁净能源和可替代石油化工产品为主，如柴油、汽油、航空煤油、液化石油气、乙烯原料、丙烯原料、替代燃料(甲醇、二甲醚)、电力、热力等以及煤化工独具优势的特有化工产品，如芳香烃类产品等。

3.3.2 实现了工业一体化及高新技术优化集成

多联产煤化工是未来中国能源技术发展的战略方向，紧密依托于煤炭资源的开发，并与其它能源、化工技术结合，形成煤炭-能源化工一体化的新兴产业。多联产煤化工根据煤质特点及目标产品不同，采用不同煤转化高新技术，并在能源梯级利用、产品结构方面对工艺优化集成，提高整体经济效益。

3.3.3 建设大型企业和产业基地，增强了产业竞争力

多联产煤化工发展将以建设大型企业为主，包括采用大型反应器和建设大型现代化单元工厂。在建设大型企业的基础上，形成多联产煤化工产业基地及基地群，大大的增强了企业的资金和技术优势，为扩大企业规模、深化产品链条，提供了重要条件。使煤化工多联产行业成为国内重要的能源化工基地和区域经济发展的支柱。

3.3.4 有效利用了煤炭资源

多联产煤化工注重煤的洁净、高效利用。在一个工厂用不同的技术加工不同煤种并使各种技术得到集成和互补，使各种煤炭达到物尽其用，充分发挥煤种、煤质特点，实现不同质量煤炭资源的合理、有效利用。多联产煤化工强化对副产煤气、合成尾气、煤气化及燃烧灰渣等废物和余能的利用，提高了煤炭利用效率。

3.3.5 实现了经济效益最大化

通过建设或者联合大型工厂，应用高新技术，发挥资源与价格优势，资源优化配置，技术优化集成，资源、能源的高效合理利用等措施，一定程度上减少工程建设的资金投入，降低生产运行成本，提高了生产效率，实现了综合经济效益的最大化。

3.3.6 满足了环境友好的要求

在多联产煤化工的整个产业链中，通过各项技术对资源的充分利用及污染的集中治理，达到了减少污染物排放的目的，很大程度上缓解了工业生产对环境造成的压力，满足了建设环境友好型社会的要求。

3.3.7 人力资源得到了很好的发挥

通过多联产煤化工产业建设，带动煤炭开采业及其加工业、运输业、建筑业、装备制造业、服务业等产业的发展，对缓解我国巨大的就业压力具有重大的推动作用，充分发挥了我国人力资源丰富的优势^[8]。

4. 多联产煤化工的产业发展

多联产煤化工是高碳能源低碳化的有效途径之一，是循环经济和可持续发展的要求。但要作为产业的发展，就不是简单的“东拼西凑”。要站在规划全局的高度，本着节能、环保、经济、高效的理念，稳步有序的发展多联产煤化工产业。

4.1 真正做到引进吸收与自主研发相结合

多联产煤化工是一项涉及多行业、多学科的系统工程，涉及到多项高新技术。单走自主研发之路有两

点受到限制：一是实力上难以支撑，二是时间上难解燃眉之急^[10]。为了满足各方面要求，又达到最好的效果，我们要勇于“走出去，引进来”。别人走过的弯路，我们可以不走或者少走，可以达到较好的效果。比如，日本、美国在相关领域有较强的优势，我们可以根据自身情况，适当的借鉴学习。同时要注重自主研发，因为很多顶尖技术难免会受制于人。因此要将引进吸收与自主研发相结合，加快具有自主知识产权的技术研发，争取早日达到世界领先水平。

4.2 有效做到资源分布与产业布局相结合

煤炭是多联产煤化工产业的基础保障问题，前面已经谈到我国煤炭分布呈现“西多东少，北丰南寡”的问题，要客观的分析煤炭分布情况，因地制宜的发展多联产煤化工产业，避免不计代价的盲目开发和发展的。同时，多联产煤化工的发展还要有充足的水源保障，在发展产业的初期要充分的考虑到环境的承受能力，保障人民生活不受影响，自然环境不受破坏。交通资源也是该产业必须考虑的资源之一，大型多联产煤化工基地的建设需要配套交通运输设施，用于产品和原料的物流运输，尤其是有液体产品时，运输设施条件要求更加苛刻。目前铁路运输压力较大，公路运输成本较高，我们要因地制宜，将交通运输成本作为煤化工项目建设的重要因素加以考虑。

4.3 切实做到政府引导与企业整合相结合

我国煤化工企业发展水平参差不齐，并非任何一个企业都有能力参与其中。国家要出台有关政策，规定发展该产业的技术经济门槛，减少企业的风险投资和冒险投资。对于适合发展的企业，政府要积极引导，给予一定的政策经济支持，调动他们投资的热情和积极性。同时，对适合联合发展的一些企业，也要给予一定的帮助，减少资源的无谓浪费。在环境保护方面，国家要对适合发展该产业的地区进行充分评估，在确定其资源等条件的基础上，确定产业的发展规模，最大限度的实现经济发展和环境保护的最大化，正确发展人与自然的友好关系。

4.4 努力做到发展多联产煤化工与实施大集团联合战略相结合

多联产煤化工技术和产业的发展涉及煤炭、化工、石油、电力等多个工业领域，建设投资大，高新技术密集，因此需要结合目前实施的煤炭工业大集团战略，

走联合发展、集团化发展的道路。这样可以有效的减少产业建设中不必要的投资，提高效率。按地域或产业链组建联合大集团是切实可行的发展模式，如目前有的项目以大型煤炭企业、地方煤炭企业和石油化工企业的联合为项目主体；也有的地区考虑能源产业的特点，以资金筹措为目的，充分发挥地区有资金实力企业的组合优势。引进外资或中外合作也是发展多联产煤化工可利用的方式。在产业联合初期，要对产业联合的发展前景和可行性有充分评估，最大程度上避免盲目联合和泛滥联合，将产业联合风险降到最低。

总之，我国发展多联产煤化工产业要因地制宜，在产业规划过程中，要充分考虑当地资源、环境、交通、经济、政策等诸方面问题。学习世界的先进经验和科技，注重自身技术和产品研发，充分挖掘资源潜力，形成多元化的产品链条，增强自身发展能力和发展后劲。在发展重点上，要适应市场需求，创造优质名牌产品，增强市场竞争能力，坚定不移的走具有中国特色的新型工业化之路，更好的确立多联产煤化工在世界化工行业中的地位和作用。

5 结束语

发展多联产煤化工技术，建设多联产煤化工产业对延伸传统煤化工产业链，改善煤炭利用现状，具有重要作用，是煤化工产业走新型工业化道路的重要发展方向。

高碳能源低碳化利用的基本要求是高效率、低排放、少污染。随着经济的持续发展和人类节能环保意识的进一步增强，高碳能源低碳化必将成为化工产业的主要发展方向，而以节能环保、循环利用的多联产煤化工技术也将成为人们关注的焦点。发展多联产煤化工产业，对进一步构建可持续发展型社会，对我国传统煤炭化工行业产业结构的升级、改造乃至我国整体的能源战略结构的调整具有十分重要的战略意义。

References (参考文献)

- [1] Gong Guoqiang, the low-carbon utilization of higher carbon energy, shanxi economic daily, 2009, (1)
巩国强, 国新能源破题高碳能源低碳化利用, 山西经济日报, 2009, (1).
- [2] Zhou Xueshuang, Dong Li, Zhao Qiuyue, Zheng Shaoqing, the environmental thinking of low-carbon use, China Population, Resources and Environment, 2010, 20(5), P12-16.
周学双, 董莉, 赵秋月, 郑绍青, 中国高碳资源低碳化利用的环保思索, 中国人口资源与环境, 2010, 20 (5), P12-16.

- [3] Tang Hongqing, Polygeneration Projects in Progress ,Coal Chemical Industry,2006,(4),P1-6.
唐宏青, 发展中的现代煤化工多联产, 煤化工, 2006, (4), P1-6.
- [4] Chen Congliang, Yuan Longjun, the feature and utility of heat electricity oil,Coal Engineering,2008,(11),P12-13.
陈崇亮, 袁龙军, 整体煤气化联合循环热电油多联产工艺技术特点与应用, 煤炭工程, 2008, (11), P12-13
- [5] Chen Bin,Gao Lin,Jin Hongguang, the study of DME/power cogeneration system, Journal of Engineering Thermophysics,2004,25(5),P741-744.
陈斌, 高林, 金红光, 二甲醚/动力多联产系统初步研究, 工程热物理学报, 2004, 25 (5), P741-744.
- [6] Yu Wenyan,Wang Rong, the research of heat electricity gas cogeneration,clean coal technology,2006,(4),P9-11.
于文艳, 王荣, 热—电—煤气 “三联产” 技术研究, 洁净煤技术, 2006, (4), P9-11.
- [7] Liang Guiling,the thinks about the technic of coal chemical,Modern Economic Information, 2009,(20),P215-216.
梁桂玲, 关于我国煤化工产业技术路线的思考, 现代经济信息, 2009, (20), P215-216.
- [8] Du Minghua,Xu Zhengang,Guo Zhi,Coal chemical sector of new type to push coal-energy chemical industry,China Coal,2003,(6),P45-47.
杜铭华, 徐振刚, 郭治, 发展新型煤化工建设煤炭能源化工产业, 中国煤炭, 2003, (6), P45-47.
- [9] Bian Shutian,Summary on New Industrial Chain of Coal Chemical Industry,Sci-Tech Information Development & Economy,2007,(36),P264-265.
边书田, 新型煤化工产业链简述, 科技情报开发与经济, 2007, (36), P264-265.
- [10] Xu Zhengang,Du Minghua,Advance Coal Chemical Industry and Its Development in China,Coal Chemical Industry,2003,(6),P4-8.
徐振刚, 杜铭华, 新型煤化工及其在我国的发展, 煤化工, 2003, (6), P4-8.