

褐煤制聚丙烯和低阶烟煤制聚丙烯的经济性比较研究

钱 卫

(中国神华煤制油化工有限公司,北京 100011)

摘要:根据目前已公布的技术经济数据进行推算,对褐煤制聚丙烯项目和低阶烟煤制聚丙烯项目的经济性进行了分析和比较,并对褐煤制聚丙烯面临的技术风险进行了分析,结果表明,褐煤制聚丙烯项目的各项经济指标和低阶烟煤制聚丙烯项目相差不多,但是褐煤气化技术将面临巨大的技术风险。因此,在没有特别明显的经济性优势的情况下,选择以褐煤为原料生产聚丙烯并不合适;在拥有自有煤矿并实现煤炭就地转化的基础上,选择低阶烟煤为原料生产聚丙烯无论在经济性上还是技术上都更具有可行性。

关键词:褐煤;低阶烟煤;MTP;经济性比较;技术风险

中图分类号:TQ08

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2014)12-0008-04

Economic comparison of lignite and low rank bituminous coal to polypropylene

QIAN Wei

(China Shenhua Coal to Liquid and Chemical Co., Ltd., Beijing 100011, China)

Abstract: According to the currently published technical and economic data, the economy of lignite to polypropylene project and low rank bituminous coal to polypropylene is analyzed and compared. The technical risk of lignite to polypropylene is analyzed. The results show that there is only very slight difference of economic indicators between lignite to polypropylene project and low rank bituminous coal to polypropylene. However, lignite gasification technology will face a huge technical risk. Therefore, in the case of absence of special obvious economic advantage, it is not appropriate to choose lignite as raw material to produce polypropylene. Based on possessing coal mine and realizing local transforming of coal, choosing low rank bituminous coal as raw material to produce polypropylene is more feasible in economy and technology.

Key words: lignite; low rank bituminous coal; MTP; economical comparison; technical risks

我国油气资源稀少,原油价格一直居高不下,但是我国拥有丰富的煤炭资源,煤炭价格非常低廉,因此,和石脑油裂解制丙烯相比,煤制丙烯具有产品成本低、经济效益好、抗市场风险能力强等优势^[1-2]。我国煤炭品种齐全,低变质程度的烟煤(以下简称低阶烟煤)由于气化性能好、热值高、价格相对较低,成为煤制聚丙烯的主要原料^[1]。然而目前有学者或新闻媒体提出以褐煤为原料生产聚丙烯经济效益将更加可观。赞成该观点的学者认为,褐煤是价格最便宜的煤种,如果就地利用褐煤生产聚丙烯,将大幅度降低原料成本,提高项目的经济效益^[3-4]。然而,当前以褐煤为原料生产聚丙烯还存在诸多技术难题,项目投资大,煤耗、能耗高,迄今还没有专家学者真正研究、比较过褐煤制聚丙烯和低阶烟煤制聚丙烯的经济性。因此,在假设褐煤制聚丙烯技术上可行的基础上,对比、分析褐煤制聚丙烯和低阶烟煤制聚丙烯的经济性具有重要的现实意义。

本文中根据目前已公布的技术经济数据进行推算,对褐煤制聚丙烯项目和长焰煤制聚丙烯项目进

行了经济性分析,通过对比来研究哪种煤更适合作为煤制聚丙烯项目的原料,以期能为计划投资建设煤制聚丙烯项目的企业提供指导性意见。

1 项目概况

本文中比较了2个技术路线相同,生产规模相近,但煤源不同的煤制聚丙烯项目。这2个项目均地处我国煤炭资源丰富的西北地区,均属于煤炭坑口就地加工转化。这2个项目主要经济技术指标均是根据目前已公布的技术经济数据推算的。一个项目总投资约178亿元,以优质长焰煤(典型的低变质程度的烟煤)为原料,年产50万t聚丙烯、18万t汽油,以及液化气、硫磺等副产品,该项目简称为项目A;另一项目总投资约185亿元,以劣质褐煤为原料,年产46万t聚丙烯、13万t汽油,以及甲醇、液化气、硫磺等副产品,该项目简称为项目B。通过比较这2个项目的经济性来分析煤制聚丙烯项目是使用劣质褐煤还是使用低变质程度的烟煤作为原料项目的经济效益更好。

2 项目经济性比较

2.1 项目用煤的煤质和价格比较

项目 A 和项目 B 最大区别在于原料煤和燃料煤的煤质不同,因此煤价也相差较大。项目 A 和项目 B 用煤的煤质和价格对比如表 1 所示。

表 1 原料煤和燃料煤的煤质和价格对比

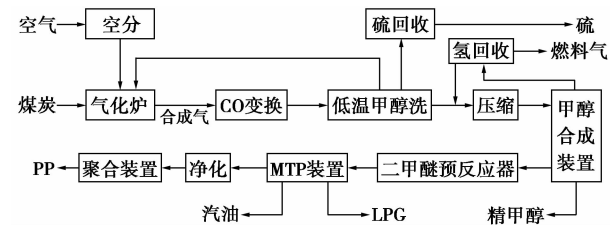
项目	工业分析(质量分数)/%				热值/ (kJ· kg ⁻¹)	采购价格 (含税)/ (元·t ⁻¹)
	M _{ad}	A _d	V _{daf}	FC _{daf}		
项目 A 的原料 煤、燃料煤	10.02	6.98	31.86	68.14	26000	200
项目 B 的原料 煤、燃料煤	15.00	15.76	46.91	53.09	13400	100

注:表中工业分析数据为质量分数, M_{ad} 为空气干燥基水分含量, A_d 为干燥基灰分含量, V_{daf} 为干燥无灰基挥发分含量, FC_{daf} 为干燥无灰基固定碳含量。

项目 A 采用长焰煤,而项目 B 采用褐煤,由表 1 可见,项目 A 用煤的空气干燥基水分、干燥基灰分和干燥无灰基挥发分含量均明显小于项目 B 用煤,干燥无灰基固定碳含量明显大于项目 B 用煤,而项目 A 用煤的热值比项目 B 用煤高近 1 倍,所以项目 A 的煤质明显好于项目 B,相应地项目 A 的煤炭采购价格也高出项目 B 1 倍。

2.2 工艺、设备和总投资比较

2 个项目的技术路线基本一致,核心技术均采用 Lurgi 公司的固定床甲醇制丙烯技术(MTP 工艺)。2 个项目都是先将煤气化制得合成气,合成气经过变换、净化以后生产甲醇,甲醇经二甲醚制得丙烯,净化以后经过聚合装置生产聚丙烯(如图 1 所示)。



注:项目 A 和项目 B 的甲醇设计生产能力相同,但是项目 B 一部分粗甲醇经过精制生产精甲醇,没有进入 MTP 装置,而项目 A 所有粗甲醇均进入 MTP 装置生产聚丙烯,因此项目 A 的聚丙烯产能比项目 B 多 4 万 t/a。

图 1 煤制聚丙烯的技术路线图

为了适应各自的煤种,2 个项目采用了不同的气化工艺,对应的一些配套设施也有所不同,另外烯

烃聚合装置也有所不同,所以项目的总投资有所差异。2 个项目的主要工艺设备和总投资对比如表 2 所示。

表 2 主要工艺设备和总投资对比

	项目 A		项目 B	
	工艺名称	技术专利商	工艺名称	技术专利商
干燥装置	—	—	褐煤干燥	自有技术
空分装置	空分	液化空气	空分	杭氧
气化装置	GSP	西门子	SCGP	Shell
变换装置	耐硫变换	Lurgi	耐硫变换	五环科技
净化装置	低温甲醇洗	Lurgi	低温甲醇洗	Lurgi
硫回收装置	OxyClaus + LTGT	Lurgi	OxyClaus + LTGT	Lurgi
甲醇合成装置	低压甲醇 合成	Lurgi	低压甲醇 合成	Lurgi
甲醇制丙烯装置	MTP	Lurgi	MTP	Lurgi
聚丙烯装置	Novolen PP	Lummus	Unipol PP	Univation
项目总投资	178.11		184.87	

由于项目 B 所用的褐煤的含水量大、灰分含量高、成浆性差、热值低、腐蚀性强、气化性能差,综合目前已有的气化技术,只有选择投资更高的 Shell 干粉气流床气化炉才能较好地消化褐煤^[1],同时,为了使褐煤含水量符合 shell 气化炉的要求,还要加装褐煤干燥装置;而项目 A 所用的长焰煤含水量低、灰分少、热值高、气化性能好,可以选择投资较低的 GSP 气化炉,并且不用安装干燥装置。因此,项目 A 即便在空分装置和变换装置上选用了投资较高的外商专利技术,总投资依然比项目 B 节省了 6.76 亿元。

2.3 产品方案比较

由于煤种不同,设备和技术路线略有不同,所以

表 3 产品方案对比

产品名称	项目 A 设计产能/ (万 t·a ⁻¹)	项目 B 设计产能/ (万 t·a ⁻¹)	价格(含税)/ (元·t ⁻¹)
聚丙烯	50	46	11233
汽油	18	13	8863
LPG	4	6.5	5896
甲醇	0	24	2216
硫磺	1.5	2.5	984

注:由于 2 个项目均地处西北地区,因此,产品价格均选取金银岛网站公布的西北地区石化企业的出厂价。其中,聚丙烯产品的价格取兰州石化相同牌号产品(T30S,拉丝料)近 1 年(2013 年 6 月 7 日至 2014 年 6 月 7 日,下同)平均出厂价,汽油的价格取延安炼厂近 1 年 93# 汽油出厂价,LPG 的价格取宁夏石化近 1 年液化气的平均价格,甲醇的价格取内蒙古金家诚泰近 1 年甲醇平均出厂价,硫磺的价格取兰州石化近 1 年硫磺的平均出厂价。

2 个项目的产品方案也略有差异。2 个项目的产品方案对比如表 3 所示。

由表 3 可见,尽管项目 A 和项目 B 的具体产品设计产能略有不同,但整体产品方案是相近的:假设项目所有产品均顺利达产,按表 3 所示的产品价格列表计算,2 个项目的年营业收入总额相差不大。

2.4 主要消耗比较

2 个项目主要消耗对比如表 4 所示。

表 4 主要消耗对比

	项目 A		项目 B	
	数量/ (万 t·a ⁻¹)	价格/ (元·t ⁻¹)	数量/ (万 t·a ⁻¹)	价格/ (元·t ⁻¹)
原料煤	292	200	412	100
燃料煤	238	200	398	100
新鲜水	2960	3.75	1920	4.00

注:由于煤炭来自企业自有煤矿,所以该煤价为项目的内部采购价,水价取自中国水网,其中项目 B 地处缺水地区,故水价格高于项目 A。

由于项目 B 所用的褐煤 C、H 含量低,热值低,

表 5 项目 A 和项目 B 的综合经济指标对比

名称	项目 A		项目 B		
	数额	备注	数额	备注	
总投资/万元	1781136		1848736		
其中:建设投资/万元	1642000		1707000		
销售收入/万元	629408	年均	612711	年均	
总成本/万元	344212	年均	327239	年均	
利润总额/万元	174065	年均	181830	年均	
税后利润/万元	130549	年均	136373	年均	
投资利润率/%	16.01		15.44		
投资利润率/%	9.77		9.84		
成本利润率/%	50.57		55.56		
银行贷款偿还期/a	9.87	含 3 年建设期	9.84	含 3 年建设期	
全部投资	所得税后	所得税前	所得税后	所得税前	
净现值/万元	14648	216789	18057	229523	折现率 = 12%
财务净现值比率/%	0.99	14.72	1.18	15.01	
财务内部收益率/%	12.16	14.30	12.19	14.34	
投资回收期/a					
静态	8.89	8.32	8.88	8.30	含 3 年建设期
动态	16.74	13.68	16.69	13.62	含 3 年建设期
盈亏平衡点/%	63.87		63.67		

由表 5 可见,项目 A 的税后利润 13.05 亿元,项目 B 的税后利润 13.64 亿元;项目 A 的投资利润率 9.77%,项目 B 的投资利润率 9.84%;项目 A 年均

所以项目 B 的原料煤和燃料煤的用量均远超过项目 A,但是用水量要远少于项目 A。除上述 3 个最主要的原料消耗以外,项目还有催化剂和其他化学品消耗。另外,由于 2 个项目均建设了自备电厂,在自备电厂达到设计能力的情况下,基本不需要外购电。

2.5 项目经济效益比较

为了统一标准,这 2 个项目的计算期限均为 17 年,其中 3 年建设期,14 年生产期,投产以后第一年的生产负荷为 80%,第二年及以后的生产负荷均达到 100%。

资金筹措方面,建设投资(含可抵扣增值税)的 30% 由企业作为资本金自筹,其余 70% 和建设期利息按银行贷款考虑,流动资金的 30% 由企业自筹,其余的 70% 按银行贷款计算。

假设项目 A 和项目 B 均能顺利达产(实际中项目 B 技术难度高,达产难度更大),以上述数据为依据,对项目 A 和项目 B 进行了财务分析。项目 A 和项目 B 的综合经济指标对比如表 5 所示。

总成本 34.42 亿元,项目 B 年均总成本 32.72 亿元;项目 A 的税后内部收益率 12.16%,项目 B 税后内部收益率 12.19%;项目 A 盈亏平衡点 63.87%,项

目 B 盈亏平衡点 63.67%, 总之, 项目 B 的主要经济指标要略好于项目 A, 但整体来看, 项目 B 的经济效益和项目 A 相差不大。

由此可见, 尽管项目 B 使用价格低廉的褐煤作为原料, 但是最终经济效益并没有明显好于使用价格相对较高的低阶烟煤为原料的项目 A。分析原因, 尽管项目 B 的煤价较低, 但是技术要求高, 投资要高于项目 A; 同时由于褐煤 C、H 含量低, 热值低, 所以项目 B 的煤耗明显高于项目 A; 另外, 褐煤水分含量高, 灰分含量也高, 综合能效要低于低阶烟煤。综合上述各种因素, 最终导致项目 B 的效益和项目 A 相差不大。

上述经济分析是假设项目 B 利用概算投资一次投产成功的基础上做出的。但是事实上, 使用褐煤作为原料和使用低阶烟煤作为原料所面临的技术风险是截然不同的, 褐煤的加工利用一直是一个世界性难题, 在实际投产以后, 项目 B 很可能为了保证项目正常运行要追加更大的投资, 而项目 A 的投资超概算的数额应该不大, 这样, 项目 B 的经济效益将更加充满了变数。为了验证项目投资超概算的几率高于项目 A, 下面将详细分析、比较项目 A 和项目 B 所面临的技术风险。

3 技术风险比较

煤炭气化是现代煤化工的龙头^[5]。大多数现代煤化工工艺都是利用气化炉把煤变成合成气才能合成不同种类的化工品的。随着煤化工技术的不断进步, 煤气化技术也呈现出多元化的发展趋势。但是, 迄今为止还没有一种气化炉能够气化所有的煤种, 不同的气化技术对原料煤的组成和特性的要求也各不相同^[6-7]。一般而言, 低阶烟煤(如长焰煤、不黏煤、弱黏煤和气煤等)挥发分含量高, 气化活性好, 灰分和水分含量低, 热值高, 成浆性好, 是大多数气流床气化炉的最佳原料, 目前运行稳定的现代煤化工项目均采用低阶烟煤作为原料。然而, 褐煤由于变质程度太低, 所以灰分和水分含量大, 热值低, 易氧化和自燃, 至今还没有成熟的气化技术能够很好地消化褐煤^[7]。褐煤气化可能面临以下技术风险^[1]。

(1) 褐煤的机械强度低, 热稳定性差, 如果采用固定床气化(Lurgi 炉、BGL 炉等), 褐煤会破碎成小块或煤粉, 堵塞床层缝隙, 增大气流阻力, 降低气化效率, 煤气中也容易夹杂煤粉, 增大煤气净化的难度, 同时固定床气化炉的气化能力较小, 产出的煤气

中有效组分(CO + H₂)含量较低, 但 CH₄ 含量高, 因此只适用于煤制天然气(SNG)工艺, 并不适用于煤制烯烃(MTO 和 MTP)工艺。

(2) 褐煤内水含量高, 灰分含量大, 因此成浆性极差, 可磨性也很差。如果利用水煤浆气化(GE 炉等), 需要把高出的水分干燥, 再磨成很细的煤粉, 然后制成浓度不高的水煤浆, 显然在技术和经济上均不合适。

(3) 在利用干燥煤粉气流床气化炉(Shell 炉和 GSP 炉)气化褐煤时, 过高的水分含量会增加气化过程中热能和氧气的消耗, 降低系统能效, 同时不利于干燥煤粉的输送, 过低的热值也会影响气化效果。因此, 褐煤在入炉前必须先进行干燥处理。

(4) 褐煤中过高的灰分含量不仅会增加气化过程中热能和氧气的消耗, 而且煤灰中氯、硫元素还会对气化炉产生腐蚀, 危害气化炉的安全运行。

综上所述, 在 MTP 和 MTO 工艺中, 利用干燥煤粉气流床气化炉气化褐煤有可能取得较好的效果。可是和 Shell 炉相比, 目前国内还没有利用 GSP 炉气化褐煤的工业示范, GSP 炉用于气化优质原料比较有把握, 气化褐煤无疑面临更大的技术风险。因此, 只有选用投资最高的 Shell 炉气化褐煤才有可能取得较好的气化效果, 但依然存在很大的技术风险。目前国内已建的和在建的以褐煤为原料的现代煤化工项目, 煤炭气化环节均出现过严重的技术问题, 以至于影响整个项目的投产, 甚至使已投产的项目频频非计划停车, 造成巨大的经济损失。为了实现装置“安、稳、长、满、优”的运行, 企业不得不继续追加资金进行技术改造, 从而大幅度地增加了项目投资, 项目的整体经济效益也就大打折扣。由此可见, 和低阶烟煤相比, 以褐煤为原料的煤化工项目面临很大的技术风险和不确定性。

4 结论

经过财务测算可知, 以褐煤为原料的煤制聚丙烯项目技术难度大, 投资高, 煤质太差导致吨产品的煤耗高、综合能效低, 因此, 尽管褐煤价格很低, 但是褐煤制聚丙烯的经济性和低阶烟煤制聚丙烯的经济性相差不大。然而, 目前褐煤综合利用技术还不成熟, 褐煤制聚丙烯项目将面临很大的技术风险和不确定性, 在没有特别明显的经济性优势的情况下, 选择以褐煤为原料生产聚丙烯并不合适; 在拥有自有煤矿并实现煤炭就地转化的基础上, 选择低阶烟煤

(下转第 13 页)

表1 部分煤气化技术应用情况

煤气化方法	气化压力/MPa	气化温度/℃	单炉投煤量/(t·d ⁻¹)	CO + H ₂ 体积分数/%	氧气耗/(m ³ ·t ⁻¹)	厂数
SHELL 干粉煤	2.0,4.0	1400 ~ 1700	2 500	90 ~ 94	330 ~ 360	15
GSP 干粉煤	2.0,4.0	≤2000	720 ~ 2 000	90 ~ 94	330 ~ 360	1
HT-L 干粉煤	4.0	1300 ~ 1990	1000 ~ 2000	90 ~ 92	300 ~ 325	5
多喷嘴水煤浆	4.0,6.5	1250 ~ 1600	750 ~ 2 000	83 ~ 86	330 ~ 380	10
单喷嘴多元料浆	1.3,4.0,6.5	1400	750 ~ 1800	80 ~ 86	357 ~ 420	8
水煤浆水冷壁	4.0	1500	750	≥80	390 ~ 400	1

1.2 粉煤成型技术

随煤矿大型采煤机械的使用及运输装卸过程中煤的破碎,产生了大量的粉煤(高达60%~70%)^[9]。粉煤燃烧效率低且污染严重,另一方面粉煤价格较块煤低很多,因此粉煤成型技术是节能减排的必然趋势。

我国成功应用的粉煤成型技术主要有石灰碳化煤球、黏土煤球、腐植酸煤棒(或煤球)及复合黏结剂成型技术,其中腐植酸煤棒(或煤球)成型技术已在湖北、湖南等地广泛应用。从企业使用情况看,取得了如下效益^[10]:①原料煤成本较块煤降低20%~25%;②提高热效率,节约煤炭用量约30%;③烟尘排放量减排71%~89%,SO₂减排50%~60%。

黏结剂的选择是粉煤成型技术的关键。有机-无机复合黏结剂结合了有机黏结剂结合性能好和无机黏结剂价格低的优点,制备的型煤在可燃性、热稳定性等方面明显高于有机、无机黏结剂,备受企业及科研工作者的青睐,因此复合黏结剂必然成为粉煤成型技术发展的趋势。

(上接第11页)

为原料生产聚丙烯无论在经济性上还是技术上都具有可行性。此外,褐煤是最年轻的煤种,在煤化作用下会经烟煤转变为无烟煤。相比褐煤,烟煤和无烟煤是能源利用率更高、更清洁的优质煤种。因此,为了避免浪费资源、污染环境,建议我国在没有寻求到特别合适的褐煤加工利用途径的时候,尽可能地保护褐煤资源,待今后条件成熟或褐煤经一定地质年代转变为优质煤种以后再大规模地开发利用。

参考文献

[1] 唐宏青. 现代煤化工新技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 1-44.

1.3 造气炉机电一体化,不停炉自动加煤、自动出渣(或灰)技术

目前大部分企业造气炉加煤方法已从手动改为自动,但出渣(或灰)仍然采用停炉手动下灰门操作,造成易漏煤气、环境污染严重、生产能力受限等一系列问题。

为此,河北德隆科技、河北长江液压机电、湖北三盟机械制造有限公司研制了机电一体化不停炉下灰装置和不停炉液压排渣机,并在湖北新洋丰、山西兰花科创、山西晋丰高平等几十家企业试用成功。其中湖北新洋丰合成氨厂以较低的成本创新了自动下灰技术,该技术在安全、环保、节能减排、降低工人劳动强度等方面具有显著效益。该技术使造气炉不停炉连续造气成为事实,是固定床间歇造气向节能减排方向提升的新手段。

虽然该技术已试用成功,但能成功应用该技术的企业并不多。主要是由于各企业的生产设备及工艺不同,在改造时面临的问题不同,导致改造后的效果不同。因此企业应该借鉴相关设备技改经验,制定合理技改方案,更好地发挥该技术节能减排潜力。

[2] Lu Xin, Yu Zhufeng, Wu Lixin, et al. Policy study on development and utilization of clean coal technology in China[J]. Fuel Processing Technology, 2008, 89: 475-484.

[3] 温吉洋, 矫岫琴. 褐煤地区煤化工产业发展模式探索[J]. 煤质技术, 2006, (6): 44-45.

[4] 陈继军, 孙鹏. 劣质煤现阶段是否要大规模开发引发争议——褐煤, 该如何利用? [J]. 中国石油和化工, 2013, (11): 30-33.

[5] Stiegel G J, Maxwell R C. Gasification technology: The path to clean, affordable energy in the 21st century[J]. Fuel Processing Technology, 2001, 71: 79-97.

[6] Collot Anne-Gaëlle. Matching gasification technologies to coal properties[J]. International Journal of Coal Geology, 2006, 65: 191-212.

[7] 钱卫, 解强, 杨晓光, 等. 热解条件对气化水焦浆用半焦性质的影响[J]. 中国煤炭, 2012, 38(7): 72-76. ■