

电石法/乙烯法生产聚氯乙烯 技术经济分析、建议和展望

薛祖源

(中国天辰工程有限公司, 天津 300400)

摘要:介绍了电石乙炔法和乙烯氧氯化法 2 种原料路线生产聚氯乙烯(PVC)的工艺技术,对 2 种路线的工艺技术进行了分析和对比。提出必须执行产业政策淘汰落后产能;PVC 要向高端产品方向发展;优化 PVC 行业结构;加强节能减排工作;延伸 PVC 企业的产业链。对我国 PVC 行业的发展进行了展望。

关键词:聚氯乙烯;生产技术;树脂;塑料;二氯乙烷;氯乙烯单体

中图分类号:TQ325.3

文献标识码:C

文章编号:0253-4320(2009)12-0012-08

Techno-commercial evaluation, advice and outlook of PVC production by two process routes using carbide/ethylene as raw materials

XUE Zu-yuan

(Tianchen Engineering Corporation, Ltd., Tianjin 300400, China)

Abstract: Two process routes using carbide/ethylene as raw materials for domestic PVC production are introduced, and the analysis and the comparison of the two are made. It's pointed out that these things must be done: to abandon the outdated processes of production, develop high-end PVC products, optimize the PVC industrial structure, strengthen energy-saving and emission-reducing, and expand the industrial chains of PVC enterprises. The future outlook of PVC industry in China is also previewed.

Key words: polyvinyl chloride; production technology; resin; plastics; ethylene dichloride; vinyl chloride monomer

目前,我国聚氯乙烯(PVC)的生产方法主要为乙烯氧氯化法和电石乙炔法。截至 2008 年底我国 PVC 总年产能已达 1 581.1 万 t/a,而乙烯法产能仅占总产能约 25%(含利用进口二氯乙烷作原料等在内),电石乙炔法产能则达 75%。这是因我国缺油,而得天独厚的煤炭、石灰石资源为电石原料的供应提供了保障,电石乙炔法 PVC 经过近几年的发展和改进,工艺技术日趋成熟。前些年我国中西部地区因拥有丰富煤、石灰石资源,为满足市场需要及受投资者利益的驱使电石乙炔法生产 PVC 一哄而起。而近期有的企业则因原油价格一度回落而改为用乙烯法来生产 PVC,致使利用电石乙炔法生产 PVC 的企业目前失去价格优势。

长期以来,电石乙炔法 PVC 产生大量电石渣和废水,除了增加生产成本外,还会对环境造成严重的影响。随着人们环境保护意识的不断增强和国家环境保护法规的日益严格,综合利用和环保治理将是电石乙炔法 PVC 企业必须考虑的问题,也是这些企业可持续发展的关键所在。

据中国石油和化学工业协会负责人近日宣称,现国内用于生产 PVC 的电石产能已过剩近半,PVC 开工率仅为 51.1%,为此国家在“十一五”期间已明令淘汰及关闭低水平、污染严重的电石企业,产能约 200 多万 t/a。乙烯法则是世界公认的节能环保型先进生产路线,现国内几套乙烯法 PVC 生产装置开工率达 90%以上,我国在今后应努力创造条件调整原料结构来加快乙烯法生产 PVC 的产能比例。

1 两种原料路线生产 PVC 的工艺技术述评分析^[1-2]

1.1 两种原料路线氯乙烯生产工艺技术评析

1.1.1 电石乙炔法工艺简介

该方法是在氯化汞催化剂存在下,由乙炔与氯化氢加成,直接合成氯乙烯(VCM),然后经聚合制得聚氯乙烯。其生产过程可分为乙炔制备和净化,氯乙烯合成、产品精制及氯乙烯聚合。这一制法工艺和设备较简单,投资低,收率高;但能耗大,原料成本高,催化剂汞盐毒性大,故受环境保护等所制约。

不久前内蒙古海吉氯碱化工公司从荷兰约翰·布朗公司引进电石乙炔法生产 VCM 新工艺技术和设备(固定床),该装置的设计规模为 64 000 t/a,采用电石乙炔法,由国内完成工程设计,已顺利投产。

VCM 合成用的固定床反应器分为主反应器和循环反应器,为两段带压反应工艺,其空间流速大,时空得率高,超过国内现有转化器 1 倍以上。因而单台反应器的生产强度,为国内 Φ 2 400 mm 反应器的数倍,占地面积小,投资省。以年产 6 万 t PVC 装置为例,仅需反应器 8 台,其中主反应器 6 台(一台为备用),循环反应器 2 台。

该法采用高强度的活性炭、高活性的氯化汞及添加剂为催化剂,合成转化率高达 99% 以上,寿命较长,损耗少,使用寿命高达 30 000 h。

合成反应过程中放出的热量采用庚烷(沸点为 98.4℃)循环冷却散热,反应温度易控制。该反应相当平稳,副反应少,消耗低,因此值得国内电石乙炔法生产 PVC 企业的借鉴。

1.1.2 乙烯氧氯化法制取氯乙烯工艺

目前,国内比较流行的乙烯氧氯化法生产 VCM 工艺由 8 个单元组成,即乙烯直接氯化、乙烯氧氯化、二氯乙烷(EDC)精馏、EDC 裂解、HCl 加氢脱炔、VCM 精制、废水处理和焚烧。

乙烯氯化分为低温法(50℃)、中温法(90℃)及高温法(120℃),上海氯碱化工股份有限公司已引进德国的高温氯化法,其反应温度 200~230℃,压力 0.2~1.0 MPa,该反应器有固定床及流化床 2 种。

乙烯氧氯化法的主要优点是利用二氯乙烷热裂解所产生的氯化氢作为氯化剂,从而使氯得到了完全利用。

由于电石乙炔法较简单,而乙烯法流程较长,因此投资大,但后者的氯可完全利用,“三废”均可处理而不排出。关于氯乙烯单体聚合生产 PVC 树脂可有 4 种聚合方法,即悬浮聚合、本体聚合、溶液聚合及乳液聚合。而国内 90% PVC 树脂生产均是采用悬浮法生产,因其生产过程简单又便于控制及大规模生产,产品适应性强。

最近国家发改委提出的 PVC 生产装置发展入门门槛的规定和限制,凡新建、改扩建电石法 PVC,电石消耗 1 t PVC 应小于 1 420 kg(按折标 300 L/kg 计算),而且必须要有电石渣回收及综合利用措施(当采用干法乙炔,则处理干渣较易),并禁止将电石渣堆存或填埋。对于新建乙烯氧氯化法 PVC 装置每吨 PVC 乙烯消耗应低于 480 kg。

该法折算成每吨 VCM 需要原料乙烯 0.45 t 及氯气 1.06 t。

1.2 原料来源及运输条件评析

电石乙炔法的起始原料为煤炭、石灰石,这些均可由国内供给。由于我国中西部地区(如内蒙、宁夏、新疆、陕西、山西、河南等地)有丰富的煤炭、石灰石资源,加之又有丰富价廉的电力资源(尤其是水电),所以促使该地区在 2008 年前大力发展电石法 PVC。

而乙烯法的原料往往需建设大型裂解装置(一般产能在 60 万~100 万 t/a 或以上)及下游一系列石化加工配套装置,因此所需建设投资巨大,往往要几百亿元或更多,有些可能还需要引进一定关键设备及材料。目前国内几大裂解装置一般均位于沿海,所用原油或石脑油都要从海外借助远洋油轮运来,所以它都要求沿海、沿大江有码头来接卸原料。目前国家已在若干处建石油储备库以防海运受阻而影响大型乙烯装置生产。而且该法要求下游装置亦要能较好匹配生产,以确保整体生产效益。所以乙烯法依赖性较强,要受油价的波动影响,因此有一定风险。目前有少数沿海 PVC 生产企业利用油价曾一度大跌而改用乙烯法路线、直接进口乙烯或二氯乙烷甚至氯乙烯以代替暂无价格优势的电石法工艺,当然这也需要有接卸码头及储存、安全等措施。

乙烯法生产 PVC 的产品质量一般比电石法好,但随着电石法生产氯乙烯工艺技术的不断进步,产品质量也能达到 PVC 优良及食品级的需要。

乙烯法生产 PVC 尚不具备长期成本优势,两法各有利弊,结合我国国情 2 种方法将在较长时期内呈现共同发展的局面。

1.3 2 种原料路线所得 VCM 产品的质量指标对比及杂质影响分析^[1]

现国内电石乙炔法路线生产 PVC 厂家的实际使用的单体氯乙烯质量指标如表 1。

表 1 国内电石乙炔法生产 PVC 单体氯乙烯质量指标

名称	相对分子质量	沸点/℃	精 VCM 中的质量分数/%	控制值
氯乙烯	62.5	-13.9	99.9	≥99.9%
乙炔	26.0	-83.4	0.0005	≤0.0005
乙醛	44.05	20	0.0005	≤0.0005
1,1-二氯乙烷	99	57.4	0.005	≤0.0031
酸(以 HCl 计)			0.0001	≤0.0001
氯甲烷	50.5	-23.76	0.001	≤0.008

续表

名称	相对分子质量	沸点/℃	精 VCM 中的质量分数/%	控制值
1,2-二氯乙烷	99	32	无	—
1-己烯	84		无	—
三氯乙烯	131.5	86.7	无	—
氯丁二烯	90.5	59.4	—	—

国内上海氯碱化工股份有限公司、山东齐鲁乙烯化工股份有限公司乙烯法制备的 VCM 单体指标如表 2。

表 2 上海氯碱化工股份有限公司、山东齐鲁乙烯化工股份有限公司乙烯法制备的 VCM 单体的规格

检测项目	设计值
纯度/%	≥99.98
色度	无色
外观	清洁无悬浮物
乙炔质量浓度/mg·L ⁻¹	≤2
乙烯质量浓度/mg·L ⁻¹	≤2
丙烯质量浓度/mg·L ⁻¹	≤4
丁烯质量浓度/mg·L ⁻¹	≤1
丁二烯质量浓度/mg·L ⁻¹	≤7
乙烯基乙炔质量浓度/mg·L ⁻¹	≤4
丁烷质量浓度/mg·L ⁻¹	≤1
氯甲烷质量浓度/mg·L ⁻¹	≤80
氯乙烷质量浓度/mg·L ⁻¹	≤20
二氯化物质量浓度/mg·L ⁻¹	≤10
乙醛质量浓度/mg·L ⁻¹	≤3
含水量/mg·L ⁻¹	≤100
铁质量浓度/mg·L ⁻¹	≤0.5
酸(HCl)值质量浓度/mg·L ⁻¹	≤1
不挥发物质量浓度/mg·L ⁻¹	≤50

电石法氯乙烯中含水量 $\leq 500 \times 10^{-6} \sim 600 \times 10^{-6}$, 较乙烯法氯乙烯含水量 $\leq 100 \times 10^{-6}$ 高出 4~5 倍, 前者对生产 PVC 高质量产品有一定难度。但目前电石法 VCM 生产工艺中, 设有预过滤器及聚结器串联一起使用可使氯乙烯单体残余含水量 $\leq 80 \times 10^{-6}$, 该工艺已在新疆华泰 40 万 t/a 氯碱树脂项目及陕西北元化工 50 万 t/a 氯碱树脂项目设计中采用, 获得很好效果^[3]。

从表 1 及表 2 中看出单体氯乙烯中的杂质种类较多, 2 种原料路线所得的氯乙烯中所含杂质种类各不相同。而乙烯法 VCM 含杂质种类比电石法 VCM 稍多一些。

如 VCM 中存在微量乙炔及乙烯基乙炔等炔类杂质对 PVC 的热稳定性有不良的影响, 成为降解脱 HCl 的薄弱环节。

当乙炔含量过高时, 在乙醛和铁的协同作用下, 会降低 PVC 的热稳定性, 因而国外一些公司限制乙炔量小于 0.5 mg/kg, 含铁量小于 0.2 mg/kg。

电石法氯乙烯中乙炔量比乙烯氯化法为多, 如乙炔与乙烯基乙炔合起来则后者稍比前者多些, 据实际分析两法中的乙炔含量对聚合诱导期及聚合度没有什么影响。

一般高沸物含量较高时会显著影响 PVC 的聚合度和反应速度, 另高沸物还会影响黏釜和“鱼眼”等质量指标, 故工业生产中一般控制单体中高沸物含量在 100 mg/kg 以下, 所谓高沸物即为 1,1-二氯乙烷、1,2-二氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、乙醛等。

单体中铁质的存在一是会延长聚合诱导期, 减慢反应速度; 二是使树脂热稳定性变差、产品带色。另外二价铁(Fe²⁺)会与有机过氧化物引发剂反应, 额外消耗一部分引发剂, 延长聚合时间。为了要控制单体中的铁含量, 一方面应注意 VCM 中含酸量和水分, 另一方面输送单体的管道与贮存设备宜选用不锈钢、搪瓷等材质。

乙烯法聚氯乙烯在质量上一般认为优于电石法聚氯乙烯。如年产能力 60 万 t/a 的齐鲁石化公司乙烯法 PVC, 曾在 2007 年“中国名牌”专家评审中得到与会专家广泛认可, 并以同行业总分第一的优异成绩一举夺得 2007 年“中国名牌”的称号。

1.4 环境保护^[1]

电石法如采用干法乙炔则电石渣利用较易, 但目前国内多半采用湿法, 湿法将产生大量电石渣浆, 造成较大污染, 必须增加投资进行有效处理。而当前国外用的比较普遍的是干法乙炔发生器, 国内已开发了几种类型(立式和卧式)的干法乙炔发生器, 该发生器排出的渣为含水约 10% 或更低的副产物 [Ca(OH)₂ 以干粉状排除], 可基本上避免乙炔生产废水的排放。因此建议国内 PVC 生产企业今后应采用此技术, 因该法所排出的电石灰易于综合利用, 而且发生器产气能力大。干法乙炔发生器的开发应用并进一步大型化, 将对减少或消除电石渣废水排放和电石渣的综合利用起到巨大作用, 也将促进电

石乙炔法 PVC 的发展。

电石乙炔法生产 VCM 一般是用含 HgCl_2 活性炭为催化剂, HgCl_2 质量分数为 10% ~ 12%, 而催化剂中的 HgCl_2 有 60% 以上是在反应过程中流失, 虽然现已开发运用低汞催化剂, 但仍要考虑降低汞消耗和汞污染, 这是今后电石法 PVC 行业能否可持续发展健康发展的关键环节。

目前石家庄科创助剂有限公司已在低汞催化剂的开发方面取得了较大进展, 含 HgCl_2 仅为 5.0% ~ 6.0%, 且使用的综合性能还优于普通的高汞催化剂。新疆天业集团公司自 2007 年已开始使用该低汞催化剂, 总体使用情况良好。由于无汞催化剂的开发应用尚需时日, 因此当前应严格工艺操作, 尽可能减少生产过程中汞的流失, 如对原料气体纯度配比以及合成反应器的操作控制因素等。要做好对流失汞的管理及对流失汞的有效回收工作。

对精馏尾气, 现国内大部分工厂企业未予回收而直接排空。这不仅造成大气污染, 同时也增大消耗, 可采用物理吸附法来回收。

乙烯氧氯化法生产 VCM 设有专门处理副产物、废弃物的设施。

副产物主要有: ①轻组分。主要由氯乙烷、氯仿、 CCl_4 等组成, 其近似产率 8 kg/t(VCM); ②重组分。主要由 1,1,2-三氯乙烷, 二氯乙烷和少量 C_4 氯化物组成; ③焦油。主要是 C_4 的多氯化物, 重组分及焦油的近似产率为 18 kg/t。

这些有机氯化物送往焚烧单元去焚烧以回收 HCl 废弃物, 主要有: ①工艺废水, 近似数量 1 t VCM 0.3 t, 其中包括约 4.4% 无机盐和少量有机物, 可以被生化处理到较低的 COD 后排放; ②从焚烧单元来的液体废弃物, 1 t VCM 约 0.1 t 含约 4% 无机盐, 它与上边的工艺废水一同送往生化处理。

废气: 所有工艺装置来的气体废弃物, 约 720 m^3/h , 其绝大部分为 N_2 (93%), 其余为 CO_2 、 CO 、 HCl 、 O_2 等及少量有机氯化物, 均送焚烧单元。

乙烯法均为引进技术及设备, 对“三废”均予以处理, 所以从环境保护角度来讲, 乙烯法优于电石乙炔法。

1.5 2种原料路线 PVC 产品成本估算分析

电石乙炔法路线所用原料及电力均由国内供给, 一般不会受国际市场冲击, 取决国内市场情况, 但乙烯法 PVC 的产品利润则与油价关系密切。

2009 年年初, 由于国际原油价格很低, 使乙烯法 PVC 企业没有原料价格压力, 致使电石乙炔法

PVC 企业一度失去价格优势。

随着原油价格不断攀升, 乙烯法 PVC 的原材料价格一路上扬, 2009 年 7 月上旬乙烯到岸价格已从年初的 580 ~ 630 美元/t 上涨到目前的 970 ~ 1 010 美元/t, 而氯乙烯已从 400 ~ 500 美元/t 上涨到 700 美元/t。据中国石化集团公司经济技术研究院的专家判断, 国际油价短期内有可能冲至 75 美元/桶, 年底有可能冲到 80 ~ 85 美元/桶。

电石法 PVC 的特点是电耗较高, 电耗在 450 ~ 500 kWh/t, 其他如包装费、化学助剂、管理人员费用等因生产厂家和生产规模不同而不尽相同。现以电石价格为 3 200 元/t(从厂外购进)为准来计算(如电石系企业内部供应则计算成本时应比 3 200 元/t 为低)。

按估算一般电石乙炔法 PVC 成本为 6 120 ~ 6 453 元/t。由于各企业工艺水平和电石采购成本相差较大, 一些规模大、管理水平较高的企业生产 PVC 的电石单耗可以控制在 1.4 t 左右。我国西部拥有资源优势的一些大型企业, PVC 的生产成本大约在 5 600 元/t。现国内 PVC 的价格为 6 350 ~ 6 450 元/t, 这样我国部分电石法 PVC 企业仍有一些利润空间, 尤其西北地区利润空间仍较高。

从乙烯法工艺来分析, 影响该法 PVC 生产成本的主要因素是原料氯乙烯消耗量、耗电量、加工助剂及管理人员的费用等。

氯乙烯单体的价格很大程度上决定乙烯法生产 PVC 的成本, 而我国各乙烯法 PVC 企业原料来源不同, 成本差异较大, 如台塑宁波、天津 LG 等由国外母公司直供氯乙烯单体, 生产成本相对较低, 齐鲁石化则是原油石化一体化装置供给, 成本会更低。

不管怎样, 油价的涨落将影响乙烯法 PVC 的成本, 因此在对乙烯法 PVC 成本核算上, 以氯乙烯为起始原料计算较为合理。乙烯法生产 1 t PVC 成本计算见表 3。

表 3 乙烯法生产 1 t PVC 成本的估算

项目	消耗量	价格/ 元	成本估算 ^① / 元·t ⁻¹	成本估算 ^② / 元·t ⁻¹
氯乙烯	1025 kg	4600	4900.5 ~ 5040.5	5250.56
软水	5 m ³	10	10	10
PVA 分散剂	2.25 kg	100	100	100
引发剂				
热稳定剂				
循环水	180 ~ 190 m ³ /t	40	40	40
蒸汽	1.2 ~ 1.3 t/t	80	80	80

项目	消耗量	续表		
		价格/ 元	成本估算 ^① / 元·t ⁻¹	成本估算 ^② / 元·t ⁻¹
电	420 ~ 440 kWh/t	220	220	220
氮	40 m ³	100	100	100
包装材料		70	70	70
设备折旧及 管理费用		600	600	600
总计		5820	6120.5 ~ 6260.5	6470.56

注:①当 VCM 为 700 ~ 720 美元/t 即 4781 ~ 4917.6 元/t;②当 VCM 为 750 美元/t 即 5122.5 元/t。

当 VCM 涨至 750 美元/t 时,同时电石法按企业内部价 3 000 元/t,届时乙烯法 PVC 成本为 6 470.56 元/t,而电石法为 6 143.5 元/t,差价 327.06。

故当 VCM 价格为 720 美元以上时,已显出电石

法成本略有一些优势,当油价及 VCM 再继续上涨,则乙烯法在成本上将完全失去优势。

今后乙烯法的成本将因油价伴随世界金融及美元的变化而波动,因此当前乙烯法生产成本存在不确定性。总之,我国石油资源不足,原油自给率只有 45% 左右,乙烯法 PVC 原料有依赖国外进口的风险。比如进口氯乙烯单体被日本商社所控制,近来已开始出现产品价格上涨现象,从而压缩了我国企业的利润空间。由此可见,我国电石法 PVC 和乙烯法 PVC 并存的局面还将长期延续下去。

2 2 种原料路线生产氯乙烯及 PVC 综合比较^[1-5]

现将 2 种不同原料路线生产 VCM 及 PVC 的综合对比见表 4。

表 4 2 种不同原料路线生产 VCM 及 PVC 综合对比

综合对比项目	电石法路线	乙烯法路线	说明
主要原料电石 或乙烯	电石(按发气量 300 L/kg) 实际消耗 1.4 ~ 1.5 t/t 氯化氢 0.80 ~ 0.83 t/t 原料易得(国内供)供应有保障	乙烯 0.459 ~ 0.50 t/t 氯 0.61 ~ 0.63 t/t 氧 136 kg/t	①电石可外购,如企业内自产,则 PVC 成本会低。 ②乙烯为进口,价格会受外商制约,如自产则 PVC 成本会低,但原油或石脑油要进口,将随世界油价变化而波动
工厂地理位置	宜建在邻近电石生产供应地,通过公路、铁路运入工厂或在中西部地区自建电石装置,可经厂区输送设施直接送入乙炔工序	由于所用原油或石脑油需进口,因此工厂应建在沿海或沿大江设有码头储运设施,便于原料接卸,如要进口乙烯、EDC、VCM 均要靠码头接卸,并有中间储罐	
所用 VCM 产 品质量	该法所得 VCM 中含水量 $\leq 500 \times 10^{-6}$,如工艺过程中采用预过滤器串联聚结器(Coalescer)代替传统水分离器及固碱干燥亦可使 VCM 含水量降至 100×10^{-6} 以下,该工艺已有成功实例	该法 VCM 含水量 $\leq 100 \times 10^{-6}$,故一般质量优于电石法 VCM 产品,但所含杂质炔烃合起来会比电石法 VCM 稍高些	
工艺过程及 生产控制	由干法乙炔发生、清净,氯乙烯合成水洗碱洗,预冷压缩,粗馏及精馏、悬浮聚合、离心分离、干燥包装等工序所组成,如采用湿法乙炔,尚有电石渣回收利用(如作水泥等设施)。生产控制新建的装置,宜采用 DCS 集中控制	由乙烯直接氯化,乙烯氧氯化、EDC 精馏、EDC 裂解、HCl 加氢脱炔, VCM 精制,废水处理,焚烧废弃物,悬浮聚合,离心分离、干燥,包装等工序组成。生产控制水平较先进,采用 DCS 等集中控制	乙烯法生产过程比电石法较复杂,设备多,因此投资会增加
工艺特点	该法工艺及设备较简单,投资少,收率高,但能耗大。该法尚可与石油烃裂解后所得的乙炔和乙烯混合气为原料与 HCl 一起进行 VCM 合成称为烯炔法	如氧氯化采用流化床反应器适宜大规模生产,而反应器结构(内有换热器)较复杂,催化剂易磨损。EDC 裂解后产生 HCl 要经加氢脱炔后再作为氯化剂循环,从而使氯得到完全利用	
副产物	1,1-二氯乙烯(约 1%),也有少量乙烯基乙炔,二氯乙烯等	蒸馏高沸物、低沸物等,“三废”均送焚烧、废水处理、废气吸附等处理,因此可称绿色环保工艺	

续表

综合对比项目	电石法路线	乙烯法路线	说明
收率	乙炔转化率 99% 氯乙烯收率 95% 以上	乙烯氯化转化率及选择性可达 99% 左右。 二氯乙烯选择性可达 98% 以上	
公用工程消耗	电 450 ~ 500 kWh/t 蒸汽 1.65 ~ 1.70 t/t 新鲜水 20 m ³ /t	电 420 ~ 440 kW·h/t 蒸汽 1.2 ~ 1.3 t/t 循环水 180 ~ 190 m ³ /t 氮 40 m ³ /t	
环保	乙炔工段前当电石破碎要注意除去粉尘,乙炔发生采用干法则电石渣利用较易,采用湿法则有大量电石渣,废水处理麻烦,造成污染。 氯乙烯生产采用含汞催化剂,受环保要求限制	生产所用原料、中间产品等易燃易爆,且要相应中间贮存设施。对消防安全等要求高,所产生的高低沸物、废水均送焚烧及废水处理,符合环保要求	
产品成本	当原油每桶超过 75 美元或氯乙烯价格超过 720 美元/t 时,则两法的成本基本接近或电石法稍低些,当油价低于 50 美元/桶,则乙烯法显出有成本优势	乙烯法流程长,设备多,如引进设备材料,乙烯法较电石法投资更大。由于近些年设备、材料价格上涨,工厂投资不便以绝对数字来表示,而只能以百分比来做对比	
工厂投资百分比 对比/%(按 20 万 t/a PVC)	100	150 ~ 160	

3 建议与展望

3.1 建议

两法对比,显见乙烯法 PVC 是当前世界公认的节能环保型先进生产路线,故国际发达国家普遍采用乙烯法,但要与氯碱生产相结合。我国在生产原料路线上应尽可能加以调整,来提高乙烯法占 PVC 总产能的比例。当然按国内目前资源状况,电石法仍将继续存在,但电石法生产 PVC 企业必须采用先进技术,重视节能减排,提升现有及新建的装置的技术水平^[6]。

为此笔者提出以下几点初步建议:

(1)据我国石油和化学工业协会(2009年8月19日)发布7月份行业形势分析报告指出,部分化工产品产能过剩问题不但不能解决,还将进一步加剧过剩。其中电石法 PVC 在 20 世纪 90 年代中期,产能仅有 130 万 t/a,而进入 2000 年后规模扩张十分迅速,2006 年已超过 810 万 t/a,到 2008 年已超过 1 050 万 t/a。2009 年以来,尽管国际原油价格不断提高,加大了乙烯法 PVC 的制造成本,但当今电石法 PVC 行情依然低迷,其根本原因是产能过剩。在国务院发布《石化产业调整和振兴规划》后,就有 2 个省各规划了 300 万 t/a PVC,另有 2 个省各规划了 200 万 t/a。这种局面如任其发展将使 PVC 产能过

剩更为加剧。为此建议上级有关部门要加强宏观调控,必要时加以行政干预。

要严格执行产业政策淘汰落后产能,一是要严格执行国家产业政策,如国家发展和改革委员会已明确规定不再审批焦炭、电石和甲醇项目。但有的省市为了发展地方经济和相互攀比,近几年还有较多地方违规审批了一批项目,致使 PVC 产能严重过剩。二是坚决淘汰落后产能,如果不下决心淘汰落后产能,将会进一步加剧产能过剩。目前经济形势已发生重大变化,企业要保持清醒头脑。对于有实力的 PVC 企业,在市场需求降低时期,应抓紧提高产品质量,实现技术创新和节能降耗。鼓励上新产品、新技术。三是建议国家建立退出机制并和各级地方政府鼓励企业转产和落后产能的退出,鼓励大型企业兼并重组,对工艺水平落后的装置进行改造,实现产业升级。

(2)对现有几个乙烯法生产 PVC 企业要设法降低主原料乙烯的消耗并进一步挖潜来增产 PVC,并向高端 PVC 产品方向发展,这样才能提高国际竞争力及满足出口需求。这样还可避免与电石法 PVC 的中低档产品相抵消或竞争,使这 2 种原料路线各自扬长避短,发挥各自优势和特色。

不久前齐鲁氯碱厂为了适应当前的经济形势,调整了该厂乙烯法 PVC 的品种结构,以转产生产

高档新牌号产品。其新生产的 QS-800F 是一种高透明 PVC, 主要应用于包装片材、磁卡等领域, 盈利能力较强, 并且在性能上可进一步与电石法 PVC 拉开距离, 这些产品国内现主要要依靠进口。2008 年该厂生产的 3 000 t QS-800F 投入市场后, 深受用户欢迎。

(3) 近几年国内将建成几套大型乙烯工程, 如天津、宁波镇海等项目, 这就为我国日后 PVC 生产改变原料路线创造了条件。为此, 这些乙烯工程, 凡有条件的应尽可能为临近氯碱企业提供多余的乙烯来作为 PVC 生产原料。如天津百万吨乙烯建成后除可满足 PE、EO 生产外, 要尽可能为渤海化工股份有限公司大沽化工厂, 甚至天津化工厂提供乙烯作生产 PVC 的原料, 镇海乙烯工程也邻近烧碱工厂, 有条件的也可考虑以乙烯法来生产 PVC。

有的乙烯工程邻近氯资源还可考虑提供 EDC 或 VCM 作为单体商品, 给其他 PVC 生产企业提供原料。这样一方面还可满足国内当前和今后一段时间进口 VCM/EDC 生产 PVC 企业的需求, 并避免国内企业受国外厂家的制约; 另一方面亦可供国内具有一定规模的电石法 PVC 树脂装置, 改变原料路线以加速我国 PVC 树脂原料路线的转换进程, 使我国 PVC 行业结构逐步得到优化, 并增强在国际市场上的竞争力。

(4) 现有电石法 PVC, 今后仍将长期存在, 但必须要在节能减排上下功夫, 搞好资源综合利用, 降低生产成本, 提高经济效益, 并要采用各种新工艺、新设备使企业上水平。这是电石企业及电石法 PVC 企业可持续发展的必经之路。如采用密闭电石炉和炉气综合利用, 是企业节能减排, 资源综合利用, 发展循环经济的重要举措, 当然国家对密闭电石炉要在资金及电力价格上给予扶持。

如陕西榆电阳光化工有限公司新建 2 台 2.1 万 kV·A 密闭电石炉和 1 台 6 000 kW 发电机组, 2 台炉所产生的尾气(余热锅炉蒸汽技术)可满足发电机组需求, 电石炉尾气日发电量可达 12 万 kWh, 按 0.2 元/kWh 上网销售计, 日可创收 2.4 万元, 年发电收入可达 700 多万元。宁夏大地冶金化工有限公司投资 1.8 亿元的 2 台 3.15 万 kVA 密闭电石炉, 其尾气(利用其中的 CO 和 H₂)制 6 万 t/a 合成氨项目, 是国家发改委批准的国内首套示范装置, 该装置年可节约标准煤 10 万余 t, 可增销售收入 1.5 亿元, 可获国家财政补贴 2 500 万元, 仅尾气一项就可创收 1.75

亿元。

今后凡有新建、搬迁和改扩建电石法 PVC 企业必须严格按氯碱行业准入条件要求进行, 同时政府监管部门必须严格把关和监督检查。

中西部地区尤其西部地区, 应充分利用地域资源、能源及市场优势, 新建和改扩建一定的电石法 PVC 产能, 但必须达到经济规模, 并且是上水平, 采用新工艺、新技术及新设备。目前 PVC 产业发展趋势是朝着高度集中和装置大型化发展。采用干法乙炔既能提高乙炔收率, 耗水量仅为湿法的 1/10, 所产电石渣可直接用于制砖、制水泥等建筑材料。今后凡新建或改扩建电石法 PVC 装置, 1 t PVC 要求电石消耗应小于 1 420 kg^[3-5,7]。

(5) PVC 企业发展不仅要有一定规模, 而且要转向上下游的一体化来延伸产业链, 才能获利得以生存^[8,9]。

从目前生产情况看电石企业规模再大抵御市场风险能力也有限, 但可与上游的电力、煤炭, 下游的 PVC、醋酸乙烯等联合重组, 实现大闭路循环, 或者建设上下游一体化项目, 通过产业链的延伸, 增加产品附加值和企业抗风险能力。这是电石行业今后发展的方向, 也是电石行业应对金融危机实现可持续发展的必由之路。

如新疆天业集团由于做到了原料自给, 抗风险能力大大增强, 效益良好; 宁夏英特里化工公司等由于做到上下游一体化, 企业虽遭受金融危机的冲击, 但由于一体化产业链, 实现“三废”的资源化、综合利用, 从而大大降低了生产成本, 增强了产品市场竞争力和企业抗风险能力。以新疆集团为例, 目前它已拥有白灰、电石、PVC、自备电厂以及节水灌溉器材等上下游产业化项目, 另外正在建设的兰炭项目投产后, 该公司即可形成完整的循环经济产业链。通过循环经济产业链, 不仅可以实现能量的梯级利用, 还能真正实现“三废”的零排放。尾气发电降低的成本, 白灰、兰炭配套生产所节约的采购和运输费用, “三废”综合利用与零排放和节能减排的效益, 合计可使电石成本降低 400 元/t 以上。最近天业集团还自主研发出先进的乙炔干法工艺和建成了年产 120 万 t 电石渣水泥装置、年产 1 亿 t 块粉煤灰制砖项目, 原料基地的建设使天业集团的原料成本大幅降低, 他们不仅是走规模化而且是走上下游一体化的路子, 这将给国内今后发展 PVC 产业提供了很好的借鉴。

3.2 展望

(1)由于我国有14亿多人口,随着人民生活水平的不断提高,将需要更多的商品,据业内人士称,发达国家人均年消费洁净PVC在15~25 kg,而我国仅6~7 kg(不包括回收利用的数量在内)。所以从长远看我国PVC发展潜力很大。

另据国内CMAI负责人在其公司业务会上介绍国内总的经济及进出口状况时说,国家正投入一揽子4万亿资金(折合5850亿美元)来进行基础设施及住房建筑方面的建设,来保增长,促内需,并在日后将以150亿美元直接用于提升炼油及新建石化企业,所以国内塑料行业在2008年的需求暴跌下,预计2009年下半年将开始逐步复苏。这主要由于基础设施,住房建筑等项目在经济刺激一揽子计划的推动下,将会有助于形成一些新的需求,当然作为制成品消费出口目前仍不景气直到明年才有起色。因此该负责人称大量需求复苏将在2011年。

国家已采取扩内需保增长等一系列政策措施来刺激、推动和复苏市场,已初见成效。如最近国内房地产市场的全面活跃,已对塑钢门窗、管材等主要PVC制品需求正开始出现较大幅度增长的趋势,将使化学建材业得以迅速复苏和发展。目前不少国内城市已明文规定凡新建及改扩建工程,必须使用PVC排水管和雨水管,以代钢铁。并鼓励使用塑料门窗而不是铝合金门窗,以节省北方冬季采暖能源。房地产市场回暖将带动PVC需求回升,因此我国PVC产业仍将前景光明。

(2)鉴于我国资源是多煤、少气、缺油的状况,虽然乙烯法PVC质量一般优于电石法,但乙烯法所用原油要依赖进口来解决,存在一定风险。因此从长远看,我国进一步发展PVC,还是要在煤上做文章。

近来采用等离子体法进行煤转化制取乙炔,已获得一系列突破,即利用等离子体炬产生平均温度

达5000℃的氢等离子体,然后向其中喷入煤粉,可直接产生乙炔、氢、CO等混合气,再将混合气体经分离提浓后,可得到高质量乙炔。目前中试技术已通过鉴定。现太原理工大学建立了我国首套具有知识产权的等离子体煤制乙炔试验装置,而世界功率最大的等离子体裂解煤制乙炔实验装置也在中国科学院建成。

据中国工程院院士金涌介绍,从原理上讲,等离子体煤制乙炔技术可摆脱石灰石介入,不用熔融石灰石,按计算结果来看,可降低能耗30%~35%,所以它比电石法可降低能耗30%~35%,尽管还不是非常省能,但还是可接受的技术,同时该技术不产生废渣、废水和废气,是一项清洁技术。乙炔生产将有望告别传统的电石法而用等离子体法的乙炔来制PVC,这将是大有可为,前景十分喜人。

参考文献

- [1] 邴涓林,黄志明.聚氯乙烯工艺技术[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [2] 魏文德.有机化工原料大全:氯乙烯[M].北京:化学工业出版社,1991:577-596.
- [3] Cusack R. Rethink your liquid-liquid separation A fresh look investing general principles in designing process coalescer[J]. Hydrocarbon Processing, 2009(6): 53-60.
- [4] 张民,郎需霞,梁锡伟,等.乙炔法氯乙烯低汞触媒应用进展[J].中国氯碱,2009(5):16-19,45.
- [5] PVC离心母液回用及生化处理技术[J].中国氯碱,2009(1):36-39.
- [6] 中国氯碱工业协会.中国烧碱和聚氯乙烯行业发展现状及2009年技术工作重点[J].中国氯碱,2009(1):1-5.
- [7] 刘全云.国电英力特:打造现代煤化工产业链[N].中国化工报,2009-04-17(6).
- [8] China: New domestic capacity to shrink some petrochem imports: Product outlook[J]. Hydrocarbon Processing, 2009(5): 15.
- [9] 煤制乙炔可以变魔鬼为天使:中国工程院院士金涌访谈[N].中国化工报,2009-05-15(7). ■

您想了解粉体加工技术及相关行业信息吗?

请浏览 **中国粉体工业信息网** www.chinapowder.cn

粉碎 分级 纳米颗粒制备 混合 分散 改性 造粒 干燥 烧结 散料输送 储存 粉体检测 粉尘爆炸控制等

010-62772725 62772135(Fax)

清华大学材料系逸夫技术科学楼2713室