

石油暨石化產業科技學術合作

八十九年度期末報告

計畫名稱： 乙烯產品回收分離系統
之可用能經濟分析

計劃編號： NSC 89-CPC-7-032-002

執行期間： 89年7月1日至90年6月30日

委託單位： 中國石油股份有限公司

計畫主持人： 張煖

協同主持人： 韓光榮

執行單位： 淡江大學

中華民國九十年六月

中文摘要

本計畫針對中油公司五輕廠之產品回收與分離系統進行可用能分析與可用能經濟分析，提供以熱經濟(Thermoeconomic，結合熱力與經濟分析)理論為基礎之分析結果，作為研訂製程能效提升決策(Decision Making)之重要依據。

整體製程(不含冷凍系統)、乙烯冷凍系統與丙烯冷凍系統之可用能損失分別為 2.22×10^7 kcal/hr、 1.16×10^6 kcal/hr 與 7.33×10^6 kcal/hr。就各段製程而言，可用能損失較高者依序為壓縮段、C2 分離塔、去乙烷塔與去甲烷段。主產品乙烯之單位可用能成本與單位可用能經濟成本分別為 1.268 與 75.5 US\$/Mkcal (不含設備成本)及 1150US\$/Mkcal (含設備成本)，顯示設備成本有相當大影響。進出物流成本增加程度較大者依序分別為去丁烷塔、C2 分離塔、壓縮段與去丙烷塔(不含設備成本)，納入設備成本分析結果，則為去丙烷塔與 C2 分離塔。

就可用能損失而言，應優先考慮改善之所在為壓縮段、C2 分離塔、去乙烷塔與去甲烷段。就僅考慮能源成本之可用能經濟成本而言，應優先考慮改善之所在為去丁烷塔、C2 分離塔、壓縮段與去丙烷塔。就同時考慮能源與設備成本之可用能經濟成本而言，應優先考慮改善之所在為去丙烷塔與 C2 分離塔。

本研究為深入探討 C2 分離塔之可用能損失特性與分佈，進行了該塔之全塔可用能損失特性分析，本質性與非本質性可用能損失分別為 1.4259×10^6 kcal/h 與 8.282×10^5 kcal/h，分別佔總可用能損失之 63.3% 與 36.7%。因此對此塔而言，結構性設計與輸送現象速率之改善均應受到重視。可用能損失分佈圖則顯示主要之損失發生在進料板與中間再沸器之間，因此可考慮調整進料之條件，例如進塔前加裝熱交換器以調整進料溫度，或調整進料板位置，亦可針對此段塔調整塔板之設計。

關鍵詞: 可用能分析、可用能經濟分析、乙烯製程、可用能損失

Abstract

This project conducts the exergy and exergoeconomic analysis for the product recovery and purification process of the No. 5 Cracker of China Petrochemical Corp. (CPC). The objective is to provide information thermoeconomic analysis results for decision-makings on energy efficiency improvements.

The exergy losses of the overall process (excluding refrigeration system), ethylene refrigeration system, and propylene refrigeration system are 2.22×10^7 kcal/hr, 1.16×10^6 kcal/hr, and 7.33×10^6 kcal/hr, respectively. The sections showing higher exergy losses are compressor, C2 splitter, de-ethanization and de-methanization sections. The exergetic cost and thermoeconomic costs of the major product, ethylene, are 1.268 and 75.5 US\$/Mkcal (consider energy cost only) and 1150US\$/Mkcal (consider both energy and equipment costs). Comparing the thermoeconomic costs between the input and output streams of each section can indicate the impact of this section in causing the increase of the costs. The de-butanization, C2 splitter, compression and de-propanization sections exerts higher raises in the costs when only energy costs are considered, however, the de-propanization and C2 splitter sections show higher raises when both energy costs and equipment costs are considered.

In summary, based on the results from exergy loss analysis, the sections should be given higher priorities for improvements are compression, C2 splitter, de-ethanization and de-methanization sections. Based on the thermoconomic costs considering only energy costs, the

priorities are de-butanization, C2 splitter, compression and de-propanization sections. However, for the thermo-economic costs considering both energy costs and equipment cost, the priorities are de-propanization and C2 splitter sections. All three types of analysis suggest the C2 splitter section to be focused for improvement.

This project further conducts the analysis for the characteristics of the exergy losses in the C2 splitter column. The overall column intrinsic exergy loss and extrinsic exergy loss of the column are 1.4259×10^6 kcal/h and 8.282×10^5 kcal/h, account for 63.3% and 36.7% of the total exergy loss, respectively. Therefore, both the configuration design modification and transport phenomena rate limitation improvements are important for this column. Besides, according to the exergy loss profiles of this column, the major loss falls in the column section between the feed stage and inter-reboiler stage. The analysis therefore suggests that, for this specific column section, feed stream temperature adjustment by heat exchanger, adjustment of feed location, and modifications on the plate design are all possible alternatives for improvement.

Key words: exergy loss, exergy analysis, exergoeconomic analysis, ethylene process

目 錄

中文摘要.....	ii
英文摘要.....	iv
壹. 前言.....	1
貳. 計畫目標.....	4
參. 研究方法與步驟.....	6
肆. 研究成果.....	8
伍. 結論與建議.....	49
參考文獻.....	51
附錄一. 物流狀態資料.....	54
附錄二. 設備成本.....	63
附錄三. 公用設施之成本.....	74
附錄四. 各物流的單位可用能成本與單位可用能經濟 成本	75
誌謝.....	84

表 目 錄

表一.各塔之模擬輸入條件值.....	34
表二.各塔之冷凝汽、中間再沸器與再沸器熱負荷模擬結果與 原始設計值之比較.....	36
表三.裂解氣體壓縮段之各單元設備之可用能損失與可用能 效率.....	37
表四.去甲烷進氣處理段之各單元設備之可用能損失與可用 能效率.....	38
表五.去甲烷段之各單元設備之可用能損失與可用能效 率.....	39
表六.去乙烷與 C2 分離段之各單元設備之可用能損失與可用 能效率.....	39
表七.去丙烷與去丁烷段之各單元設備之可用能損失與可用 能效率.....	40
表八.C3 分離段之各單元設備之可用能損失與可用能效 率.....	40
表九.乙烯冷凍系統之各單元設備之可用能損失與可用能效 率.....	41
表十.丙烯冷凍系統之各單元設備之可用能損失與可用能效	

率.....	42
表十一.各段製程與冷凍系統之可用能損失.....	44
表十二.產品之單位可用能成本與單位可用能經濟成本.....	45
表十三(一).乙烯冷凍系統各階冷媒之成本(含設備成本).....	46
表十三(二).乙烯冷凍系統各階冷媒之成本(不含設備成本).....	46
表十三(三).丙烯冷凍系統各階冷媒之成本(含設備成本).....	47
表十三(四).丙烯冷凍系統各階冷媒之成本(不含設備成本).....	47
表十四. C2 分離塔之全塔本質性可用能損失與總可用能損失.....	48
附錄一-一.裂解氣體壓縮段之各物流狀態.....	54
附錄一-二.去甲烷進氣處理段之各物流狀態.....	55
附錄一-三.去甲烷段之各物流狀態.....	57
附錄一-四.去乙烷與 C2 分離段之各物流狀態.....	58
附錄一-五.去丙烷與去丁烷段之各物流狀態.....	58

附錄一-六.C3 分離段之各物流狀態.....	59
附錄一-七.乙烯冷凍系統之各物流狀態.....	60
附錄一-八.丙烯冷凍系統之各物流狀態.....	61
附錄二-一.裂解氣體壓縮段之設備成本.....	63
附錄二-二.去甲烷進氣處理段之設備成本.....	64
附錄二-三.去甲烷段之設備成本.....	67
附錄二-四.去乙烷與 C2 分離段之設備成本.....	68
附錄二-五.去丙烷與去丁烷段之設備成本.....	69
附錄二-六.C3 分離段之設備成本.....	70
附錄二-七.乙烯冷凍系統之設備成本.....	71
附錄二-八.丙烯冷凍系統之設備成本.....	72
附錄三.公用設施之成本.....	74
附錄四-一.裂解氣體壓縮段之各物流的單位可用能成本(exc) 與單位可用能經濟成本(tec).....	74
附錄四-二.去甲烷進氣處理段之各物流的單位可用能成本 (exc)與單位可用能經濟成本(tec).....	76
附錄四-三.去甲烷段流之各物流的單位可用能成本(exc)與單 位可用能經濟成本(tec).....	78
附錄四-四.去乙烷與 C2 分離段之各物流的單位可用能成本	

(exc)與單位可用能經濟成本(tec).....	79
附錄四-五.去丙烷與去丁烷段之各物流的單位可用能成本 (exc)與單位可用能經濟成本(tec).....	79
附錄四-六. C3 分離段之各物流的單位可用能成本(exc)與單 位可用能經濟成本(tec).....	80
附錄四-七. 乙烯冷凍系統之各物流的單位可用能成本(exc)與 單位可用能經濟成本(tec).....	81
附錄四-八. 丙烯冷凍系統之各物流的單位可用能成本(exc)與 單位可用能經濟成本(tec).....	82

圖 目 錄

圖一. 一個穩態開放系統.....	17
圖二. 裂解氣體壓縮段流程.....	18
圖三. 去甲烷進氣處理段流程.....	19
圖四. 去甲烷段流程.....	20
圖五. 去乙烷與 C2 分離段流程.....	21
圖六. 去丙烷與去丁烷段流程.....	22
圖七. C3 分離段流程.....	23
圖八. 乙烯冷凍系統.....	24
圖九. 丙烯冷凍系統.....	25
圖十. 可用能分析與可用能經濟分析流程.....	26
圖十一. 各段製程之進出物流的單位可用能經濟成本(不含 設備成本).....	27
圖十二. 各段製程之進出物流的單位可用能經濟成本(含設 備成本).....	28
圖十三. 乙烯冷凍系統各階冷媒之可用能經濟成本	
(a)不含設備成本.....	29
(b)含設備成本.....	30

圖十四. 丙烯冷凍系統各階冷媒之可用能經濟成本

(a)不含設備成本..... 31

(b)含設備成本..... 32

圖十五. C2 分離塔之可用能損失分佈曲線..... 33

壹. 前 言

溫室氣體之管制已在 1997 年京都會議之後成為各國必須重視之課題，以我國政府在 1998 年五月之全國能源會議之後，亦已訂定行動方案，其中包括要求主要能耗產業，如石化業，提出自願減量方案，並積極研擬各類產品之能耗指標。政府規劃之能源節約率為每年 1.2%，相當於目前之三倍；且自目前至 2010 年總節能率目標為 16%，至 2020 年須達 28%。此等高節能率將嚴厲考驗各工廠之技術與競爭力。就積極因應政府行動方案之層面而言，各廠必須確實分析、評估其製程特性，包括新舊程度，與可能改善方案之技術與經濟可行性，據以提出自願性能耗改善目標，並配合政府訂定出可行之能耗指標。因此如何提供一套可以發現製程改善所在與可改善程度之正確方法，實為重要關鍵。可用能分析與可用能經濟分析即為有效方法。

可用能分析(Availability or Exergy Analysis)係結合熱力學第一與第二定律之分析方法，藉以探討能源系統或生產製程之可用能效率，由於係以一致之基準量化決定可利用之能源，可分析系統之真正能源效率。可用能分析並可與成本經濟分析結合成為可用能經濟分析(Thermoeconomic or Exergoeconomic Analysis)，將系統之操作與投資成本納入考量，分析系統中各物流之可用能成本，進而提供探討兼具

能源與經濟效益之設計所需資訊。部份可用能相關之研究與應用請參考文獻 1-4。為探討可用能觀念與化工製程設計之關聯，張煖[5]建立了一個製程設計之架構(Design Framework)，並詳細探討在各設計步驟(Design Step)中，可用能分析之應用性，同時亦發現可用能經濟分析確可提供較一般成本分析更多之資訊以利製程之改善。Guallar and Valero[6]發展了系統化之可用能成本分析理論(Exergetic Cost Theory, ECT)，藉由建立系統矩陣，Incident Matrix，得以指定各物流之可用能成本(Exergetic Cost)。可用能之觀念與應用在國內尚待推廣，本計畫研究人員曾進行以下兩項能源會研究計畫[7-8]: (1)應用可用能分析台灣地區之能源使用狀況，(2)火力電廠之能源效率分析。另，中油公司曾針對桃廠煉油製程進行了可用能分析[9]。在可用能成本分析方面，張煖與韓光榮[10]曾應用可用能觀念進行一座大型汽電共生系統，發電量 292MW 與蒸汽供應量 800 公噸/小時，之可用能分析與可用能經濟分析。此外，張煖[11]在國科會專題研究計畫-石油腦裂解廠之可用能經濟分析中，利用 Lincoff[12]所建立之製程設計教學個案問題-136.5 萬噸/年之石油腦熱裂廠作為分析對象，進行可用能經濟分析在石化製程之分析方法與應用性探討。

輕油裂解廠為生產主要產品乙烯，須將原料，如石油腦