

國立政治大學經濟學系

碩士學位論文

探討跨原油市場與國際金融市場間之外溢效果-運用

GARCH-MIDAS 模型

Exploring the spillover effect across crude oil market and international  
financial markets — Empirical evidence from GARCH-MIDAS analysis

指導教授：林 靖 博士

蕭明福 博士

研究生：黃毅鵬 撰

中華民國 一一零 年 六 月

## 謝辭

時光飛逝，兩年的碩士班生涯即將結束，回首這兩年在政大校園學習的點滴至今仍歷歷在目。還記得當時剛進入經濟所就讀，對於接下來碩士班生活心中充滿興奮。在政大經濟所認識到許多優秀的同學，也結交到許多朋友，在他們旁邊學習，讓我不斷精進自己，不論學業上亦或是待人處事上更加圓融。很感謝政大經濟所的同學這一路上幫助，在唸書、撰寫論文苦悶之餘能夠一同玩樂，讓我碩士班求學之路能夠如此平順且精彩。現在回想起來，我實在倍感幸運，也是我一生中珍貴的回憶。美中不足的是，今年畢業典禮由於疫情影響而改為線上觀禮，無法到校與同學以及家人共襄盛舉，心中難免留下一點遺憾。期待未來再相聚之時，也讓我更珍惜當下與家人、朋友相聚的時光。

學術上非常感謝我的指導教授林靖老師與蕭明福老師，不辭辛勞地指導我的論文，給予我撰寫論文上的方向與建議。特別感謝林靖老師，我在碩一下修習林靖老師的課，對於航運金融領域與投資方面產生出興趣，決定我往後論文的研究方向。這兩年跟在林靖老師旁邊學習，不只是學到學術上的專業、投資實務上的經驗，還有處事上的道理與態度，在未來進入職場上必定受用無窮，也是我持續自我成長的養分。撰寫論文的過程中並不容易，當中經過無數次的討論與思考，非常感謝臺北大學國企所與政大經濟所實驗室的所有同學們一路支持與鼓勵，我才能順利完成本篇論文，讓我嘗到這辛苦得來的甜美果實。

家人是我最溫暖的避風港，真的很感謝父母對於我的想法與決定相當尊重，讓我無後顧之憂地盡情做自己想完成的事。父母在我身上付出許多，從不求回報。但我知道，我一定會成長茁壯，未來換我當你們的避風港。

黃毅鵬 謹誌於

國立政治大學經濟學系研究所

中華民國 一一零 年 六 月

## 摘要

原油為石化產業基礎原料，原油價格波動反映全球經濟活動，受到各國政府與投資人關心。不論是各國政府制定能源政策亦或是民生經濟政策方面皆為重要的參考準則，投資人則注重在對原油價格波動的避險投資策略。目前，全球接連面臨美中貿易戰與 COVID-19 疫情，COVID-19 疫情期間油價波動劇烈，更加深本研究對原油價格波動之探討。本研究運用 GARCH-MIDAS 模型實證分析 2016 年 1 月 4 日至 2021 年 2 月 26 日跨原油市場與國際金融市場間之外溢效果，全樣本期間涵蓋美中貿易戰與 COVID-19 疫情兩個經濟事件。原油市場以西德州原油期貨為研究變數，國際金融市場分為航運金融市場、農產品市場、外匯市場、成品油市場、生質燃料市場與塑膠原料市場，作為對原油市場長期波動外溢效果之傳遞市場。實證顯示航運金融市場、外匯市場、成品油市場、生質燃料市場、塑膠原料市場在美中貿易戰延伸 COVID-19 期間顯著，說明經濟事件發生時，這些市場變數的已實現波動率能夠預測長期西德州原油期貨波動率。農產品市場在過去 12 個月 COVID-19 疫情期間顯著，說明全球疫情產生糧食衝擊外溢至原油市場。塑膠原料市場變數在所有樣本內皆顯著對原油市場產生外溢效果，說明石化中下游產業的動盪會對於原油市場價格波動影響。近年來，在中國石化產業的強大基礎下，發展出許多衍生性金融商品。在過去研究文獻中較少探討到塑膠商品期貨與原油價格波動之間的關係。藉由本研究發現，提供未來原油相關研究更深入探討石化產業鏈中下游的研究缺口。

關鍵字：GARCH-MIDAS、美中貿易戰、COVID-19、外溢效果、長期波動性、西德州原油

## Abstract

Crude oil is the raw material for petrochemical industry. The fluctuation of oil price is concerned by governments and investors. It reflects on global economic activities. So far, the world has encountered the US-China trade war and the COVID-19 pandemic one after another. Due to oil price volatile greatly during the COVID-19 pandemic, it deepens the purpose of exploring oil price volatility in this study. This paper applied the GARCH-MIDAS model to explore the spillover effect across crude oil market and international financial markets from January 4, 2016 to February 26, 2021. The full sample covered two economic events of the U.S-China trade war and the COVID-19 pandemic. The international financial markets consist of freight market, agricultural product market, foreign exchange market, refined oil market, biofuel market and plastic market in this research. The results reveal that freight market, foreign exchange market, refined oil market, biofuel market and plastic market are significant during the U.S-China trade war and COVID-19 pandemic. It indicates that the realized volatility of these market's variables can predict WTI futures volatility in the long term when economic events occurred. Agricultural product market had significant influence on oil market during the COVID-19 pandemic in the last 12 months. It shows that global pandemic caused food shocks and transmitted volatility to crude oil market. Plastic market significantly transmitted volatility to crude oil market in all samples, indicating that the shock of the midstream and downstream of the petrochemical industry had an impact on crude oil market. Recently, many financial derivatives about petrochemical industry have been launched in China. The relationship between plastic commodity futures and crude oil market is less discussed in previous literatures. Finally, this study further provides the research gap to explore the middle and lower reaches of the petrochemical industry chain about oil-related research.

Keywords: GARCH-MIDAS 、 U.S-China trade war 、 COVID-19 、 spillover effect 、  
long-term volatility 、 WTI



# 目錄

第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機.....	1
第二節 研究目的.....	3
第三節 研究流程.....	6
第四節 研究架構.....	7
第二章 文獻回顧.....	8
第一節 非能源金融市場之文獻回顧.....	8
第二節 石化相關產品市場之文獻回顧.....	14
第三節 GARCH-MIDAS 模型之文獻回顧.....	18
第三章 研究方法.....	22
第一節 資料蒐集.....	22
第二節 時間序列相關檢定.....	30
第三節 GARCH-MIDAS 實證模型.....	33
第四節 研究假說.....	35
第四章 實證結果.....	39
第一節 資料敘述性統計.....	39
第二節 定態分析與條件異質變異檢定.....	42
第三節 GARCH-MIDAS 模型實證結果-全樣本時期.....	45
第四節 GARCH-MIDAS 模型實證結果-子樣本時期.....	49
第五章 結論與建議.....	58
第一節 研究發現與經濟意涵.....	58
第二節 研究限制與未來建議.....	62
參考文獻.....	63
附錄.....	70

## 表次

表 3-1 樣本資料期間與發生事件 .....	23
表 3-2 全樣本時期各變數對 WTI 外溢效果之假說 .....	36
表 3-3 美中貿戰前各變數對 WTI 外溢效果之假說 .....	37
表 3-4 美中貿戰至 COVID-19 各變數對 WTI 外溢效果之假說 .....	38
表 4-1 變數原始資料之敘述統計量 .....	40
表 4-2 變數報酬率之敘述統計量 .....	41
表 4-3 變數報酬率之單根檢定結果 .....	43
表 4-4 變數報酬率之 Q 檢定與 LM 檢定結果 .....	44
表 4-5 全樣本時期各變數對 WTI 之 GARCH-MIDAS 結果 .....	47
表 4-6 全樣本時期各變數對 WTI 外溢效果之檢定結果 .....	48
表 4-7 美中貿戰前各變數對 WTI 之 GARCH-MIDAS 結果 .....	52
表 4-8 美中貿戰至 COVID-19 各變數對 WTI 之 GARCH-MIDAS 結果(K=24)....	53
表 4-9 美中貿戰至 COVID-19 各變數對 WTI 之 GARCH-MIDAS 結果(K=12)....	54
表 4-10 美中貿戰前各變數對 WTI 外溢效果之檢定結果 .....	55
表 4-11 美中貿戰至 COVID-19 各變數對 WTI 外溢效果之檢定結果(K=24) .....	56
表 4-12 美中貿戰至 COVID-19 各變數對 WTI 外溢效果之檢定結果(K=12) .....	57



## 圖次

圖 1-1 研究流程圖 .....	6
附圖 4-1-1 西德州原油期貨價格趨勢圖 .....	70
附圖 4-2-1 西德州原油期貨報酬率波動圖 .....	70
附圖 4-1-2 波羅的海乾散貨運價指數趨勢圖 .....	71
附圖 4-2-2 波羅的海乾散貨運價指數報酬率波動圖 .....	71
附圖 4-1-3 波羅的海原油油輪運價指數趨勢圖 .....	72
附圖 4-2-3 波羅的海原油油輪運價指數報酬率波動圖 .....	72
附圖 4-1-4 波羅的海成品油油輪運價指數趨勢圖 .....	73
附圖 4-2-4 波羅的海成品油油輪運價指數報酬率波動圖 .....	73
附圖 4-1-5 黃豆期貨價格趨勢圖 .....	74
附圖 4-2-5 黃豆期貨報酬率波動圖 .....	74
附圖 4-1-6 美元指數期貨價格趨勢圖 .....	75
附圖 4-2-6 美元指數期貨報酬率波動圖 .....	75
附圖 4-1-7 天然氣期貨價格趨勢圖 .....	76
附圖 4-2-7 天然氣期貨報酬率波動圖 .....	76
附圖 4-1-8 熱燃油期貨價格趨勢圖 .....	77
附圖 4-2-8 熱燃油期貨報酬率波動圖 .....	77
附圖 4-1-9 乙醇期貨價格趨勢圖 .....	78
附圖 4-2-9 乙醇期貨報酬率波動圖 .....	78
附圖 4-1-10 對苯二甲酸期貨價格趨勢圖 .....	79
附圖 4-2-10 對苯二甲酸期貨報酬率波動圖 .....	79
附圖 4-1-11 聚氯乙稀期貨價格趨勢圖 .....	80
附圖 4-2-11 聚氯乙稀期貨報酬率波動圖 .....	80
附圖 4-1-12 線性低密度聚乙烯期貨價格趨勢圖 .....	81



附圖 4-2-12 線性低密度聚乙烯期貨報酬率波動圖 .....81

附圖 4-1-13 聚丙烯期貨價格趨勢圖 .....82

附圖 4-2-13 聚丙烯期貨報酬率波動圖 .....82



# 第一章 緒論

## 第一節 研究動機

時至今日，全球經濟活動在接連經歷美中貿易戰(U.S-China trade war)與新冠肺炎(COVID-19)的衝擊之下，全球景氣籠罩在一片低迷當中。美中貿易戰起因於美國控訴中國對於美國特定產業竊取智慧財產權，轉讓美國企業核心技術的不當貿易行為，嚴重威脅到美國國家安全。依據美國 1974 年貿易法的第 301 條，2018 年 3 月 22 日，時任美國總統川普(Donald Trump)簽署對中國採取經濟制裁的備忘錄。2018 年 4 月 4 日，美國列出對中國生產的通訊、電子等商品加徵 25% 關稅清單，總金額約 500 億美元。中國也不甘示弱做出反制裁策略，列出對美國進口的黃豆等農產品、化工產品、能源相關產品、汽車等商品追加 25% 關稅，規模達 500 億元，於 7 月 6 日正式實施。美國在 7 月 10 日追加對中國的農產品、化工產品、紡織品、鋼鐵等總值 2000 億美元的商品加課 10% 關稅。自此，美國與中國雙方針對清單商品進行一系列的報復性加稅行動，甚至繼續擴大商品清單，演變為美中貿易戰持續性的激烈發展。

新冠肺炎(COVID-19)自 2019 年 12 月底於中國武漢爆發以來，短短幾週疫情迅速從中國蔓延至全世界。COVID-19 具有高度傳染性，世界各國疫情嚴峻的城市採取封城、停工、隔離等防疫禁令來防堵疫情持續擴散。全球經濟活動開始停滯，全球航空班次大幅縮減，連帶減少航空業對原油的需求。航運業受全球對原物料需求有限而造成停擺，甚至有乾散裝貨輪與油輪在海上漂流無法靠港卸貨的現象。製造業因停工而出現供應鏈斷鏈的情況，重挫整個產業鏈的發展，疫情導致全球恐慌情緒與消費緊縮，失業率也跟著上升。疫情重災區從一開始的亞洲、歐洲到美國與南美洲，再到近期印度面臨醫療資源崩潰邊緣。COVID-19 病毒不斷變異，從第一波的新冠病毒到 2020 年底第二波的英國、南非變種病毒再演變至 2021 年初第三波的印度變種病毒，疫情何時能獲得緩解仍然是未知數，

更不時傳出施打疫苗後仍發生感染的案例。對比 2002 年 SARS 疫情侷限在亞洲地區，COVID-19 是全球性疫情所衍生出的經濟災難，COVID-19 疫情期間國際金融市場間無一倖免，美國股市在 2020 年 3 月份創下 4 次熔断的歷史紀錄，西德州原油期貨(West Texas Intermediate, WTI)更在 4 月 20 日出現負油價的現象，顯示對全球經濟的不確定性，全球經濟面臨自 2008 年金融海嘯以來最大的衰退風險。

在面對美中貿易戰與 COVID-19 等經濟事件不確定性時，投資人相當關心如何避險。大宗商品期貨市場一直是投資人避險策略的重要資產，大宗商品期貨市場包含能源、金屬、貴金屬以及農產品。商品期貨合約是指買賣雙方之間的協議，即在未來的特定日期，根據合約訂定的商品價格和交易位置，買賣給定的商品數量，主要為減少不必要風險的避險工具。Gorton & Rouwenhorst (2006)說明投資商品期貨的收益具有與美國股市相同收益，但波動性小於股票收益；與股票和債券的收益負相關，並與通貨膨脹呈正相關。Chong & Miffre (2010)指出從避險和投機的角度來看，投資商品期貨提供分散投資組合的風險，被視為有利的替代資產。Junttila et al. (2018)提到商品期貨被視為替代資產，許多機構投資人像是養老基金、避險基金及保險公司將商品期貨加入投資組合中。根據 2000 年初大宗商品的投資組合多元化收益以及股票和債券表現不佳的結果，機構投資人和避險基金已成為商品期貨市場的主要參與者之一。

原油價格常被視為全球經濟活動的指標，西德州原油期貨代表原油市場的能源期貨商品，期貨商品與未來市場不確定性之間具有高度連結，西德州原油期貨價格顯示投資人對於未來原油市場前景的看法，當原油市場前景不被看好時，像是 COVID-19 期間西德州原油期貨一度跌落至每桶-37.63 美元，2008 年金融風暴時，原油價格也曾發生過暴跌的現象。對於研究原油市場的價格波動在學術上一直受到歡迎，本研究將繼續深入探討潛在影響長期西德州原油期貨價格波動之國際金融市場變數，試圖找出過去文獻並未考量到的因素，作為未來投資人在發生相關經濟事件時的避險參考。

## 第二節 研究目的

原油是世界上主要的能源之一，佔全球能源需求 32%。在 2030 年前，原油將持續供應全球能源需求 30% (International Energy Agency, 2018)。原油作為發展各項產業最重要的初級原料，原油價格一般反映在生產成本上，進而影響全球經濟活動。目前來看，美國為全球原油出口大國，中國為全球最大原油進口國，作為全世界兩大產品製造國，原油價格波動容易受到這兩大製造國供需的影響。

原油價格波動與國際金融市場之間的關連性密不可分，在航運金融市場方面，海運為全世界貨物運輸往來的主要途徑，佔全球總貿易量比重 90%。其中，乾散貨輪運輸佔 40%，油輪運輸佔 38%，集裝箱貨輪運輸佔 22% (UNCTAD, 2018)。乾散貨輪負責運輸工業生產的煤、鐵礦砂、磷礦石等原料，以及民生所需的穀物等大宗商品。乾散裝貨輪無固定航線與船期的特徵，相較於集裝箱貨輪，屬於不定期航運(Tramp Shipping)。波羅的海乾散貨運價指數(Baltic Dry Index, BDI) 代表全球對原物料需求的重要訊號，一般被視為全球景氣循環的領先指標。油輪市場分為原油油輪與成品油油輪，負責運輸原油與精煉後的成品油，與乾散裝貨輪一樣為不定期航運，油輪運價代表當前全球對油品的供需。因此，在探討油輪運價時，將波羅的海原油油輪運價指數(Baltic Dirty Tanker Index, BDTI)與波羅的海成品油油輪運價指數(Baltic Clean Tanker Index, BCTI)放入本研究中有其必要性。一般而言，原油價格會反映在油輪運價上，為原油市場對油輪市場的單向外溢波動關係。本研究將探討是否存在潛在反向油輪市場對原油市場的外溢效果關係。農產品市場方面，全球經濟成長會帶動對農產品的需求。原油價格上漲也會增加農業必要的投入成本，像是化學肥料。外匯市場方面，國際原油市場以美元作為計價單位，原油價格與美元匯率具有高度相關性。

原油經過石化產業上游端的煉油廠精煉過程而得天然氣、汽油、柴油、熱燃油等成品油。原油價格與成品油價格之間存在高相關性，成品油的需求也代表著對原油的需求，其中天然氣、熱燃油需求量受到季節效應影響。另一方面，環保

意識逐漸興起，各國政府推出提升生質燃料使用的能源政策，逐步降低交通運輸工具對無鉛汽油的使用量。乙醇作為主要的生質燃料，乙醇與原油間的研究成了政策制定者的一大重點。本研究將繼續探討生質燃料市場與原油市場之間的外溢波動關係。近年來，中國石化產業中、下游端產值位於全球居高不下的位置。中國為全球最大塑膠產品製造國，並且將塑膠原料發展成衍生性金融商品在期貨商品市場上交易。聚氯乙炔、線性低密度聚乙烯、聚丙烯為最主要的塑膠原料，聚對苯二甲酸為聚酯纖維的原料，皆屬於石化產業下游終端產品的核心原料。原油為塑膠原料的初始原料，原油價格波動會造成塑膠原料價格波動。然而，在產業鏈生產過程中，塑膠原料價格也會反映出工業與民生方面的需求。過去在研究跨市場間外溢效果相關文獻中，較少考慮到中國塑膠原料市場與原油市場之間的關聯性，本研究因而想探究中國塑膠原料市場對原油市場是否具有外溢效果。

GARCH-MIDAS 模型在學術上仍屬於新奇的研究方法，對比傳統 GARCH 模型具有較好的波動預測能力，本研究將採用 GARCH-MIDAS 模型作為研究方法，研究原油市場價格波動，以西德州原油期貨為研究對象，探討美中貿易戰前後與 COVID-19 期間，長期西德州原油期貨價格波動是否受到國際金融市場間之外溢效果影響。

本研究主要目的為：

1. 探討跨原油市場與國際金融市場間之外溢效果，將國際金融市場分為航運金融市場、外匯市場、農產品及生質燃料市場、成品油市場、塑膠原料市場。
2. 研究中國石化產業的衍生性金融商品市場對原油市場波動度之外溢效果，並提供中國塑膠原料期貨市場的對苯二甲酸期貨、聚氯乙炔期貨、線性低密度聚乙烯期貨與聚丙烯期貨對原油市場價格之外溢效果作為研究缺口，特別是中國為世界最大的石化產業生產國，容易忽略中國石化產業中下游產品的需求面也可能對原油市場造成衝擊。
3. 採用 GARCH-MIDAS 模型實證在美中貿易戰前與美中貿易戰延伸至 COVID-19 疫情期間，國際金融市場變數對長期西德州原油期貨波動度影響。

4. 根據本研究之結果，能夠了解國際金融市場對原油市場的外溢波動大小，提供投資人在未來制定投資策略的參考依據。





### 第三節 研究流程

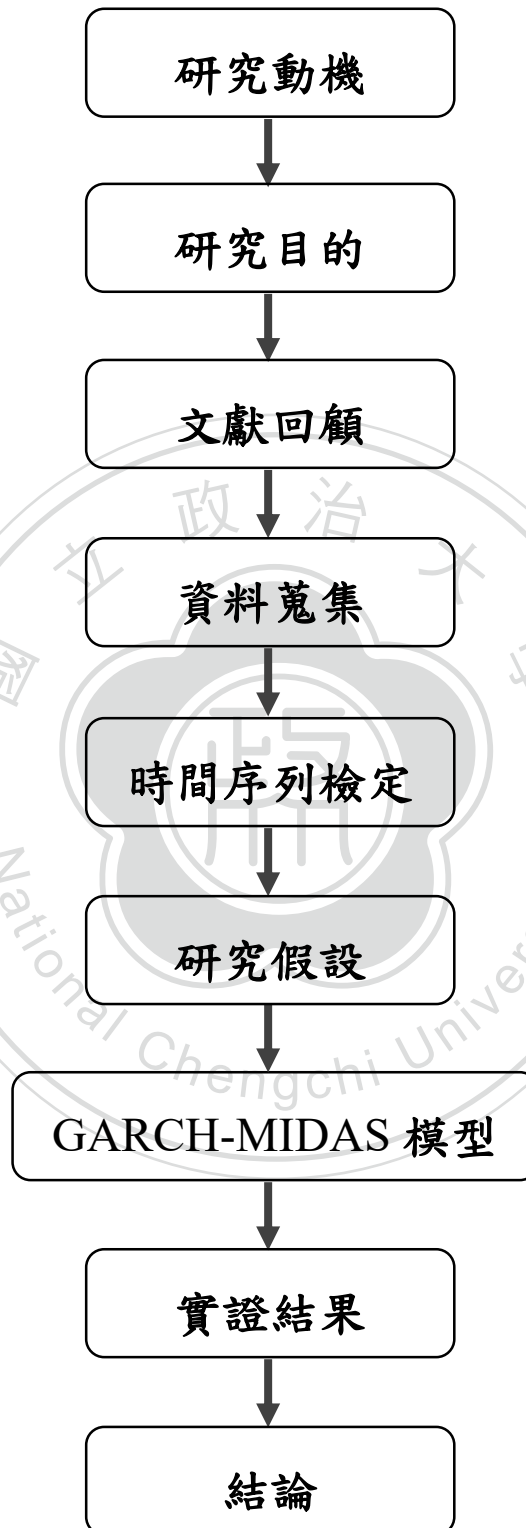


圖 1-1 研究流程圖



## 第四節 研究架構

本研究架構共分為五個章節，第一章為緒論，解釋本研究對於原油市場與國際金融市場間跨市場關連之研究動機與目的，並建立本文之研究流程與研究架構。第二章為文獻回顧，透過回顧過去原油市場與國際金融市場之間的相關研究文獻，探討影響長期原油市場西德州原油期貨價格波動之可能研究變數。第三章為研究方法，根據文獻回顧挑選出國際金融市場的研究變數並加以描述，方法論採用近年來學術上較為新穎的 GARCH-MIDAS 模型進行實證分析，在本章的最後對於研究變數是否會影響長期西德州原油期貨價格波動提出研究假說。第四章為實證結果，將全樣本期間、美中貿易戰前與美中貿易戰延伸 COVID-19 疫情期間之 GARCH-MIDAS 模型實證結果彙整並說明。最後第五章為結論與建議，根據實證結果闡述本研究之發現與經濟意涵，說明本研究過程所面臨到的限制與缺失，對未來相關研究提出可能的改善建議。

## 第二章 文獻回顧

本研究為探討影響長期西德州原油期貨月波動的國際金融市場變數，本章藉由回顧過去原油市場與國際金融市場之間的跨市場相關研究文獻，探討國際金融市場適合的研究變數。本章總共分為三節，第一節為非能源金融市場之文獻回顧，非能源金融市場包括航運金融市場、農產品及生質燃料市場與外匯市場。第二節為石化相關產品市場之文獻回顧，石化相關產品市場包括石化成品油市場及石化塑膠原料市場。最後，第三節為實證模型 GARCH-MIDAS 模型之文獻回顧。

### 第一節 非能源金融市場之文獻回顧

#### 一、航運金融市場文獻

Alizadeh & Nomikos (2009)根據運輸商品類型、商品尺寸、路線、裝卸載港口設施來決定租用某種船舶類型進行航運。Kavussanos & Visvikis (2006)依照運輸貨物和船舶類型可將航運市場細分為不同的子市場。原油市場和油輪市場息息相關，油輪運輸是全球原油和成品油主要運輸方法，在能源供應鏈中扮演至關重要的角色。油輪市場分為原油油輪(Dirty Oil Tanker)和成品油油輪(Clean Oil Tanker)兩種，原油油輪負責運送尚未提煉的原油，成品油油輪負責運送經原油煉製而成的汽油、柴油、熱燃油等油品。油輪運價顯示當時全球對油品供需的指標，油輪運價在歷史上經歷多次明顯的波動和震盪，大部分原因是對原油需求不確定性和供應調整落後所導致(Adland & Cullinane, 2006; Li et al., 2014)。Alizadeh et al. (2004,2015)研究表示油輪市場容易受到國際原油和原油產品價格波及，進而影響油輪航運淨利潤和現金流。Poulakidas & Joutz (2009)研究原油價格、原油庫存和油輪運價之間領先落後和因果關係，發現對油輪的需求來自對原油的需求，油輪運價與油價高度相關。自 2008 年金融海嘯明顯衝擊航運市場，原油價格和油輪運價波動性的分析引起更多關注。Chen et al. (2017)採用 Multifractal Detrended Cross-Correlation Analysis(MF-DCCA)模型研究西德州原油和波羅的海油輪運價

指數之間相關性，實證發現短期的相關性高於長期。乾散貨航運市場更是判斷全球景氣循環不可或缺的因素。波羅的海乾散貨運價指數具有全球經濟活動領先指標特性，可以反映全球對鐵礦砂、煤碳、穀物、木材和鋼鐵等原物料的需求。Wang et al. (2017)以波羅的海乾散貨運價指數建構實質全球經濟活動(Real Global Economic Activity, REA) (Killian, 2009)，實證預測西德州原油現貨價格。Ruan et al. (2016)運用相關性統計檢定和 MF-DCCA 模型，發現波羅的海乾散貨運價指數和原油價格之間具有顯著多重分形特性。Lin & Chang (2020)研究美中貿易戰前後跨市場對美國石油指數基金(United States Oil Fund, USO)與貝萊德世界能源基金(BlackRock World Energy Fund A2, BGF)波動傳遞，將波羅的海乾散貨運價指數作為航運金融市場的傳導因子。

跨航運市場之間的波動度外溢一直是航運金融市場參與者(船東、租船人、船舶租賃金融機構與投資人)特別關心。Drobtz et al. (2010)認為波動度為一種風險衡量，跨市場間外溢效果對風險趨避的投資人來說是負面影響。Kavussanos & Nomikos (1999)表示透過了解航運市場間外溢波動性，對於投資組合多樣化、避險策略、預測航運價指數、提高航運衍生性商品的定價效率具有重要意義。Chen et al. (2010)以雙變量 ECM-GARCH 模型研究 1999-2008 年間航運指數的日資料，發現海岬型(Capesize) 和巴拿馬極限型(Panamax) 市場間有連動(Co-Movement)效果。Drobtz et al. (2012)利用 1999-2011 年間航運指數的日資料，發現乾散貨航運指數和油輪指數皆隨時間產生波動。Tsouknidis (2016)藉由 DCC-MGARCH 模型和外溢指標(Diebold & Yilmaz, 2009,2012)，研究乾散貨航運和油輪航運之間動態外溢波動性，發現跨航運市場間存在大幅度隨時間變化的外溢波動，在全球金融危機期間外溢效應更為強烈。

## 二、農產品及生質燃料市場文獻

在面臨如美中貿易戰、COVID-19 疫情等不確定性的衝擊下，導致商品市場波動，更強化投資人對商品市場的波動避險目的。經濟不確定性對於商品市場衝

擊的文獻研究，Bakas & Triantafyllou (2018)以向量自我迴歸模型(Vector Autoregression, VAR)估計美國經濟不確定性對商品價格波動效應，發現潛在的不確定性衝擊相較可觀察到的經濟不確定性，對商品價格波動影響最大。實證顯示潛在的總體經濟和金融不確定性導致 S&P GSCI 全球商品指數及商品期貨波動持續增加，能源市場對比農產品、金屬市場影響較大。Bakas & Triantafyllou (2020)以 VAR 模型研究全球流行性疾病所產生經濟不確定性對 S&P GSCI 全球商品指數、原油指數、黃金指數波動影響，實證顯示流行病產生的不確定性對商品市場和原油市場的波動有負面衝擊，特別是原油市場較為嚴重；對黃金市場反而是正向影響。Prokopczuk et al. (2019)發現商品市場的波動性與總體經濟和金融的不確定性密切相關，尤其是在經濟衰退期間。Kang et al. (2017)採用多變量 DECO-GARCH 模型和外溢指標(Diebold & Yilmaz, 2009,2012)，研究 2002-2016 年間黃金、白銀、西德州原油、玉米、小麥和稻米，六種商品期貨市場間外溢效果。研究期間經歷金融風暴和歐債危機，實證發現黃金和白銀在金融事件期間傳遞外溢效果至其餘四個期貨市場，作者分析貴金屬和其他商品期貨市場之間的最佳投資組合權重和隨時變化的避險比率，以減少投資風險。Algieri & Leccadito (2017)運用條件風險值( $\Delta\text{CoVaR}$ )研究商品市場對整個經濟以及跨市場的風險傳導，實證顯示原油市場比金屬和農產品市場貢獻更大的風險傳導，同時發現能源對農產品市場的外溢性，且原油在影響農產品市場方面也比生質燃料來得重要。

原油價格與全球經濟活動關聯緊密，經濟成長會帶動對農產品的需求。然而，原油價格上漲也會增加農業必要的投入成本，例如化學肥料，反而增加農產品的生產成本。原油與農產品之間的動態關係也影響著替代能源的成本，由農產品當作原料生產的生質燃料，像是乙醇和生質柴油。Du et al. (2011)研究 1998-2009 年間西德州原油期貨、玉米期貨和小麥期貨週資料，發現 2006 年秋季後三者間存在外溢效果，可以解釋為乙醇生產導致原油市場、玉米市場及小麥市場具有相互依賴性。Mitchel (2008)研究自 2002 年以來國際間食品價格快速上漲的背後原因，估計各種因素的貢獻，例如由糧食與油菜籽生產的生質燃料增量、美元疲軟以及



能源價格提高所導致的糧食生產成本增加。研究發現全球小麥和玉米庫存明顯減少，油菜籽價格增加三倍，最重要的因素是美國和歐盟的生質燃料產量大幅增加。

1970 年代石油危機之後，各國研究發現生質燃料有可能替代運輸中使用的石化燃料且氣候變遷與環保議題的抬頭，在全球受到越來越多的關注。近二十年來，許多國家宣布對生質燃料計劃的承諾，以減少溫室氣體排放及對石化燃料的依賴。

能源政策制定對於推動生質燃料有相當程度的貢獻，美國在 1979 年制定《能源安全法》(Energy Security Act)建立聯邦乙醇稅收激勵措施，減少對外國石油的依賴。隨著 1990 年清淨空氣法修正案(Clean Air Act Amendments, CAAA)通過，提高對燃料乙醇的需求，該修正案確定在冬季月份美國特定地區重配製汽油(Reformulated Gasoline, RFG)和含氧燃料添加劑的要求，減少一氧化碳排放量。最常見的兩種燃料添加劑為甲基第三丁基醚(Methyl Tert-Butyl Ether, MTBE)和乙醇，MTBE 會造成環境汙染且對人體有致癌風險等問題，導致許多州禁止使用，因此乙醇成為 RFG 氧化劑的選擇。2005 年的《能源政策法案》(Energy Policy Act, EPAct)更要求石油公司對 MTBE 管線運輸洩漏負責，是提升乙醇需求的關鍵法案之一。

McPhail (2011) 針對全球原油、美國汽油和美國乙醇市場採用聯合結構向量自我迴歸模型(Structural Vector Autoregression, SVAR)，研究美國乙醇市場對全球原油市場是否有影響。研究發現，政策驅使乙醇需求的增加會導致實際原油價格出現顯著的下降，而乙醇供應的增加不會對實際石油價格產生顯著影響，在解釋原油和美國汽油的實際價格波動時，乙醇需求衝擊比乙醇供應衝擊更為重要。在美國於 2005 年頒布可再生燃料標準之後，石化燃料與農產品價格之間的變化發生了重大變化。Serletis & Xu (2019)以 VEC-GARCH-in-Mean 和 BEKK 模型研究原油市場與主要生質燃料原料市場包含玉米、黃豆與糖之間的平均值和外溢波動。發現原油市場和生質燃料原料市場之間具有緊密關聯性，乙醇授權透過外溢波動的方式加強市場間的連結。Chiu et al. (2016)運用 VAR 和 VECM 研究 1986-2015 年 WTI、乙醇和玉米現貨之間的月資料，發現三者之間的長期因果關係取決於原

油價格水準。實證顯示玉米價格是由乙醇價格所驅使，直到 2005 年玉米價格才對乙醇價格產生影響。另外，在研究期間內原油價格與乙醇價格一直存在單向因果關係。在 1987 年至 2011 年期間，美國的乙醇消費量每增加 1%，使得原油價格下降 6.08%，表示乙醇產量的發展是控制原油價格通貨膨脹的一種方式。將玉米做為乙醇的生產原料，許多專家認為會對玉米價格造成不利的影響。Demirer et al. (2012) 研究乙醇期貨在芝加哥期貨交易所上市對玉米現貨、期貨的影響，發現具有明顯的上市效應。顯示乙醇期貨上市對玉米價格和波動皆產生正向影響，特別是現貨和較短到期的期貨合約。Chang & Su (2010) 研究原油上漲或下跌期間是否會產生生質能源的經濟替代性，採用雙變數 EGARCH 模型實證發現原油價格上漲期間會發生替代效果，原油期貨對玉米和黃豆期貨產生顯著的外溢效果，代表糧食價格上漲來自於消費更多生質燃料。

### 三、外匯市場文獻

國際原油市場是以美元為貨幣計價單位，美元匯率的波動將直接影響原油輸出國。因此，原油價格與美元匯率具有高度相關性。Ding & Vo (2012) 表示當美元貶值時，原油出口國將會減少供給以提高油價，穩定其美元計價出口收入對歐元計價進口商品的購買力。在需求方面，美元貶值使其他國家的消費者以當地貨幣計算的原油價格變得便宜，從而增加原油需求。供給減少和需求增加，這兩種影響都會導致以美元計價的原油價格上漲。Wang & Chueh (2013) 表示當美元前景黯淡時，很大一部分的資金流向原油市場並推高油價。相反地，大量資本從原油市場流出，美元的波動則會相當明顯。只要國際原油市場的計價和結算貨幣是美元，此種關聯性將持續存在。Zhang et al. (2008) 實證發現原油市場與外匯市場之間存在長期均衡共整合關係，顯示原油價格波動的重要原因。Mo et al. (2018) 運用 DCC-MGARCH 模型證實長期黃金市場、美元市場、原油市場具隨時變化的關聯性，黃金與原油間為正向動態關係；原油與美元間為負向動態關係。並利用非線性不對稱因果關係法 (Krystou-Labys Non-Linear Asymmetric Granger

Causality)研究金融海嘯後，三個市場間的短期關係，發現黃金對美元以及美元對原油存在正向非線性因果關係；美元對黃金呈現負向非線性因果關係。Salisu & Mobolaji (2013)使用 VAR-GARCH 模型研究原油市場與奈及利亞對美元匯率之間的波動傳遞，發現金融危機期間兩市場存在結構破壞。Lin et al. (2016)使用小波分析(Wavelet Analysis)來探討美元是否可以驅動原油價格和黃金價格。將原油對美元與黃金對美元之間的成對關係分解為短期和長期部分，實證顯示成對關係在長期變得較弱，而 1990 年代初之後的短期關聯性較高。Reboredo et al. (2014)採用去趨勢互相關分析法(Detrended Cross-Correlation Analysis, DCCA)研究原油與美元匯率之間的關係，發現原油價格與匯率的相關性始終為負且微弱。在全球金融危機之後，原油和美元之間的負向相互依存性一直持續上升。Chang et al. (2013)研究了 2007 年至 2011 年間原油價格、黃金價格以及新臺幣對美元匯率的相關性，文中運用 Johansen 共整合檢定、VAR 模型、Granger 因果檢驗、衝擊反應分析和變異數分解法實證三個變數的交互關係。Uddin et al. (2013)以小波分析研究油價與日幣對美元匯率之間關係，發現原油價格和匯率之間關係強度會隨著時間不斷變化，建議日本央行需要控制匯率應在制定匯率政策的同時適當重視油價衝擊。



## 第二節 石化相關產品市場之文獻回顧

### 一、石化成品油市場文獻

原油與成品油之間的價格代表石化產業的核心，原油為世界上重要的能源之一。然而，人們並不會直接使用原油，必須透過煉油廠分餾過程得到天然氣，精煉製成汽油、柴油、熱燃油等能源商品，方便日常生活中運用。近年來，美國頁岩油開採量持續上揚，天然氣常蘊藏在岩層之中，也能透過開採原油過程中所取得，屬於開採原油之副產物。能源價格由需求和供給因素所決定，天氣在能源市場需求方面扮演重要的角色。在寒冷的冬季人們對原油和熱燃油的需求增加，進而導致價格波動加劇。一般而言，在低於冬季常年氣溫或高於夏季常年氣溫，會增加天然氣需求並推高價格，從而導致天然氣價格波動。Suenaga et al. (2008)研究發現天然氣期貨價格波動存在到期日效應及強烈季節性差異，冬季期貨契約的波動性高於春季和夏季，與美國季節性天然氣儲存理論一致。對於避險投資人來說，應將期貨契約至少訂定 3 個月到期，以避免近月契約交割的高波動性。Suenaga & Smith (2011)研究紐約商品期貨交易所的原油期貨、汽油期貨與天然氣期貨的價格動態波動與季節效果，發現熱燃油期貨在 12 月至 3 月有較大的波動度。顯示出天氣對於天然氣及熱燃油期貨價格高波動的影響。

全球經濟事件的衝擊也會影響原油的供給和需求，導致能源價格的波動。Ye et al. (2002)表示由於連續兩年的暖冬氣候和亞洲金融風暴的影響，至 1998 年底時，原油現貨價格甚至跌落至每桶 10 元美金的水準。1999 年 3 月，OPEC 同意將原油減產至低於需求的產量，於是在 2000 年 3 月原油現貨回到超過每桶 30 元美金價格。Lee & Zyren (2007)發現由於 OPEC 新的產量政策，增加原油和熱燃油期貨的波動。Karali & Ramirez (2014)以多變量 GARCH-BEKK 模型實證發現 1994 年至 2011 年間西德州原油期貨和天然氣期貨之間以及天然氣期貨和熱燃油期貨之間存在雙向波動外溢效果，當重大政治、金融和自然事件發生導致原油價格波動加劇。Jadidzadeh & Serletis (2017)運用結構化 VAR 模型分解全球原油市

場的需求和供應衝擊，研究 1976 年 1 月至 2012 年 12 月全球原油供需衝擊對美國天然氣實際價格的影響，顯示天然氣實際價格中近 45% 的變化可以歸因於全球原油市場結構性的供需衝擊。

煉油廠屬於整個石化產業最重要的上游端，煉油廠將含硫量較高的原油透過裂解加工成下游產業所需要的原料產品。煉油廠的財務狀況很大一部分取決於其煉油邊際利潤或煉油產品像是汽油、熱燃油的價格與原油成本的差額。原油價格劇烈波動以及相關的煉油產品價格波動增加，導致煉油廠的生產和營運面臨很高的風險，煉油廠可能會利用原油、汽油、熱燃油期貨來對沖不利的價格波動所帶來的風險。Ji & Fan (2011) 說明對於煉油廠而言，原油和成品油市場的高波動性，使得期貨市場的交易風險一直增加，並且運用 DCC-ECM-MVGARCH 模型研究多產品避險策略可以有效地避免原油和成品油市場的雙重波動風險。Sukcharoen & Leatham (2017) 採用 Vine Copula 模型估計多產品避險比率以極小化煉油廠的下方風險(Downside Risk)，實證發現 D-Vine Copula 模型對於精煉廠管理下方風險為較好且安全的選擇。

原油與成品油之間的價格波動與相關性在學術與實務上常被視為總體經濟模型、選擇權定價模型、投資組合多樣化建立、避險與風險管理操作的關鍵指標。近年來，原油價格的波動已經被政策決定者及市場投資人特別關心，至今已有許多文獻對原油避險議題上加以探究(Alizadeh et al., 2008; Chang et al., 2010,2011; Lee, 2010; Wang & Wu, 2013)。Chang et al. (2010,2011) 運用 MGARCH 模型研究原油及成品油間的外溢效果與連動效果。Pan et al. (2014) 調查 1987 至 2012 年間原油、汽油、熱燃油現貨和期貨的週資料，運用 RS-ADCC-GARCH 模型實證發現熱燃油相較汽油對原油具有較好的避險效果。Vacha & Barunik (2012) 採用小波分析與 DCC-GARCH 模型研究 1993 年至 2010 年不同時間頻率的原油期貨、天然氣期貨、熱燃油期貨及汽油期貨間動態相關性，發現熱燃油、汽油及原油具有強烈連動關係。Ewing et al. (2002) 研究原油市場及天然氣市場間波動傳遞，發現天然氣收益的波動要比原油收益的波動較為持續。顯示天然氣投資者有更多反應

時間面對天然氣波動變化，有較大獲利機會；當前原油波動受到過去自身和天然氣波動影響，天然氣波動則受到未預期事件影響，像是供應中斷和庫存變化等，投資人可透過這些資訊進行決策。Niu & Wang (2017) 引入存續時間(Duration Time) 的概念，研究紐約商品交易所原油、天然氣、熱燃油及丙烷現貨、期貨的日報酬率波動。Atil et al. (2014) 採用非線性自我迴歸分配遞延模型(Non-Linear Autoregressive Distributed Lag, NARDL) 研究 1997 年 1 月至 2012 年 9 月間原油價格對汽油及天然氣現貨價格的傳遞關係，發現原油價格不對稱效果在短期汽油價格、長期天然氣價格可被觀察到，且負向原油衝擊影響較大。

## 二、石化塑膠原料市場文獻

石化產業上游端的煉油廠將輕油裂解後可得到乙烯、丙烯、芳香烴等化學產物，中游端透過聚合、加成等化學反應可以產出聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、對苯二甲酸等下游端高科技、塑膠、紡織產業終端產品的單體原料。

過去的研究文獻主要聚焦在原油與成品油價格間的動態關係，較少對石化塑膠原料價格進行實證探討。Masih et al. (2010) 研究發現西德州原油與區域性乙烯現貨價格間存在共整合關係。Jiang et al. (2015) 研究美國生質政策改變促使西德州原油期貨、玉米期貨和高密度聚乙烯(High-Density Polyethylene, HDPE) 現貨價格間外溢波動，藉由向量誤差修正模型(Vector Error Correction Model, VECM) 實證發現玉米期貨和塑膠市場具有顯著雙向外溢傳遞關係，在長期塑膠價格和玉米期貨有連動現象。同時顯示 2007 年能源獨立安全法案 (Energy Independence and Security Act of 2007) 頒布後，強化玉米期貨和原油期貨市場之間的關聯。

原油價格波動影響著石化產業的生產成本，企業的營運表現則反映在公司股價上，Gu et al. (2020) 運用 VAR-DCC-GARCH 模型研究 2010 年至 2018 年間布蘭特原油價格、高密度聚乙烯(HDPE)、聚對苯二甲酸乙二酯(Polyethylene Terephthalate, PET) 和聚丙烯(Polypropylene, PP) 三種中國常見的再生塑膠及中國塑膠類股指數之間隨時間變化的連動關係。實證顯示原油報酬率對再生塑膠價格

報酬率不顯著，可歸因於原油並非再生塑料的原生材料。原油報酬率與中國塑膠類股報酬率為顯著雙向效果。原油為塑膠產品最重要的原生材料，原油價格的波動會對中國塑膠產業相關投資造成明顯影響。



### 第三節 GARCH-MIDAS 模型之文獻回顧

#### 一、GARCH-MIDAS 模型發展

傳統時間序列模型一般假設殘差項條件變異數為常數，即殘差項之條件變異數不會隨者時間改變而產生變化。然而，在金融資產時間序列模型當中，時常可以觀察到條件變異數隨著時間變化而變化，波動具有持續性，呈現群聚現象 (Volatility Clustering)，且實證分配為高狹峰以及厚尾特徵。Engle (1982) 提出自我迴歸條件異質變異模型 (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Model, ARCH) 解決過去金融資產時間序列波動特性的問題。Bollerslev (1986) 將 ARCH 擴充為一般化 ARCH 模型 (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, GARCH) 使本期之條件變異數除了受到落後  $p$  期的殘差項平方影響，且受到落後  $q$  期條件變異數的影響，ARCH( $p$ ) 模型則轉變為 GARCH( $p, q$ ) 模型，解決 ARCH 模型估計參數過多的問題。

GARCH 模型如下：

$$\varepsilon_t = v_t \sqrt{h_t} \quad (1)$$

$$h_t = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} \quad (2)$$

其中  $v_t \sim iid N(0,1)$ ， $h_t$  為條件變異數， $\varepsilon_t$  為殘差項，且  $\forall i > 0$ ， $v_t$  與  $\varepsilon_{t-i}$  為獨立。

GARCH 模型的條件變異數為過去殘差平方項以及落後期數條件變異數組成的線性函數，殘差項的正負符號對條件變異數並無影響，無法完整呈現當受到正向衝擊和負向衝擊時所造成不同程度的波動差異，降低波動預測的能力。為改善殘差項正負號產生的不對稱效果 (Asymmetry Effect) 或槓桿效果 (Leverage Effect)，



Nelson (1991) EGARCH 模型、Glosten & Jaganathan (1993) GJR-GARCH 模型以及 Zakoian (1994) Threshold GARCH 模型皆試圖解決殘差項不對稱效果的問題。但是，這些類型的 GARCH 模型皆假設條件變異數為固定，其假設在高頻率變數資料實證分析上並不適當，沒有考量將條件變異數分解為短期與長期部分。Engle & Lee (1999)提出 CGARCH 模型，能夠捕捉到短期和長期持續受到衝擊影響的波動效果，短期波動受到一般消息面影響，長期波動衝擊則由經濟面的總體經濟變數影響。Engle & Rangel (2008)提出 Spline-GARCH 模型，模型允許長期條件變異數隨時間變化。然而，不論是 CGARCH 模型或是 Spline-GARCH 模型皆無法採用不同頻率的變數資料進行實證。為解決變數資料頻率不一致的問題，Engle et al. (2013)提出 GARCH-MIDAS 模型。GARCH-MIDAS 模型將波動性分為短期波動與長期波動兩個部分，高頻率變數資料的短期波動由 GARCH 模型捕捉 (Bollerslev, 1986)；低頻率變數資料的長期波動由混合頻率數據抽樣迴歸模型建立 (Ghysels et al., 2005)。

## 二、 GARCH-MIDAS 模型文獻

目前 GARCH-MIDAS 模型在研究高頻率變數資料的波動率和低頻率的總體經濟變數之間連結方面仍為較新穎的實證方法，模型用以解決過去實證上面對變數資料頻率不同所產生的困境，在近期的學術文獻方法論常看到此模型的應用。

Ghysels et al. (2005)最早提出混合數據抽樣(Mixed Data Sampling, MIDAS)新的估計方法，利用過去日資料報酬平方預測月波動度，發現股票市場的風險與收益之間存在顯著的正向關係。Engle et al. (2013)研究股票市場的波動性與總體經濟活動之間關聯性，發現使用低頻率變數資料能提升高頻率變數資料的波動預測能力，有了後續 GARCH-MIDAS 模型相關實證。

Asgharian et al. (2013)實證表示在 GARCH-MIDAS 模型中所包含的低頻總體經濟訊息確實可以提高模型的預測能力，此模型有助於判斷景氣循環。Girardin & Joyeux (2013)藉由 GARCH-MIDAS 模型研究交易量和經濟基本面對中國股市

長期波動的影響，發現中國 A 股市場在 2001 年底加入 WTO 之前就出現投機性。從那之後，總體經濟基本面顯示出越來越重要的作用，尤其是消費者物價指數 (Consumer Price Index, CPI) 通貨膨脹，而交易量對 A 股指數的影響消失。自 2001 年向國內投資者開放以來，B 股市場一直表現出投機性，但是中國股市長期波動與實際經濟活動脫節。Conrad & Loch (2015) 以 GARCH-MIDAS 模型去預期波動度風險溢酬，有效隔離基本面不確定性作為驅動波動度風險溢價的因素，實證顯示模型對美國未來的股票市場報酬具有強大的預測能力。Asgharian et al. (2015) 研究 1986 第一季至 2014 第二季 S&P500 指數期貨與 10 年期美國國庫債期貨的日報酬，並建構總體經濟不確定指標 (Macroeconomic Uncertainty Index, MUI) (Bali et al., 2014)，藉由 GARCH-MIDAS 模型實證顯示長期股票和債券的波動性以及長期股票-債券的相關性取決於總體經濟的不確定性，發現當總體經濟不確定性很高時，與安全性轉移 (Flight-to-Quality) 現象一致。Wei et al. (2018) 運用非線性 Granger 因果關係檢定及 GARCH-MIDAS 模型研究熱錢對中國股市收益和波動的影響，計算中國每月熱錢流量並以上海證券交易所綜合股價指數 (Shanghai Stock Exchange Composite Index, SSECI) 代表中國整體股市表現。實證顯示熱錢成長率和中國股市報酬並無因果關係，然而熱錢對中國股市的長期波動具有重大的正向影響，熱錢造成長期波動與中國股市總波動之間的相關性是隨時間變化的，表示股市的巨大波動並不一定總是由國際投機資本流動所引起。Conrad et al. (2018) 運用 GARCH-MIDAS 模型研究長期比特幣的波動率，發現 S&P 500 指數已實現波動率對長期比特幣波動率存在顯著負向效果，並與波羅的海乾散貨運價指數具有強烈正向關係，顯示比特幣波動與全球經濟活動連結。Wang et al. (2020) 研究不對稱效果與極端波動效果在短期和長期對 S&P 500 指數波動的影響，樣本內資料顯示極端衝擊對 S&P500 指數波動性有重大影響，且波動性在長期和短期內受不對稱效果的影響要大於極端波動效果的影響。根據損失函數 (Loss Function) 處理預測誤差的樣本外資料，顯示具不對稱效果的 GARCH-MIDAS 模型明顯優於現有模型。此外，短期波動成分加入不對稱和極端波動效果有效改善



模型預測能力。Fang et al. (2020)以 GARCH-MIDAS 模型研究 1969 第一季至 2018 第四季 S&P500 指數日報酬和美國總體及財務指標季資料，並採用 Adaptive-Lasso 法選出新屋開工率(Housing Starts)、違約利差(Default Spread)和已實現波動率(Realized Volatility)為對長期股市波動性影響較大的變數，樣本外預測顯示變數的選擇顯著提高 GARCH-MIDAS 模型對長期股市波動的預測能力。Zhou et al. (2020)探討中國與美國相對經濟政策不確定性對人民幣對美元匯率的波動影響，以中美經濟政策不確定指數(Economic Policy Uncertainty, EPU)比重當作指標，運用 GARCH-MIDAS 模型與傳統 GARCH 模型(GARCH、EGARCH、TGARCH 及 PGARCH)比較樣本外的波動預測能力，發現中美 EPU 比重對長期人民幣對美元匯率存在正向波動影響。並根據損失函數結果(MSE、MAE、HMSE、HMAE 及 QLIKE)評估 GARCH-MIDAS 模型預測波動準確性，發現 GARCH-MIDAS 模型預測表現優於傳統 GARCH 模型。

## 第三章 研究方法

本章承接前一章文獻回顧提到的國際金融市場及實證模型進行研究方法之設計，本章總共分為四節，第一節為資料蒐集，目的在於挑選國際金融市場對長期西德州原油期貨月波動的影響的潛在研究變數；第二節為時間序列相關檢定，介紹本文實證分析前所須使用計量檢定方法，包括單根檢定、殘差項自我相關檢定與條件異質變異檢定；第三節介紹本文研究實證模型 GARCH-MIDAS 模型，第四節則對國際金融市場研究變數是否會影響長期西德州原油期貨波動提出研究假說。

### 第一節 資料蒐集

本文研究變數挑選自航運金融市場、農產品期貨市場、外匯期貨市場、成品油期貨市場、生質燃料期貨市場、塑膠原料期貨市場，六個國際金融市場，作為對原油市場產生長期波動外溢效果的影響變數。本研究將以西德州原油期貨(WTI)為被解釋變數，代表原油市場的價格波動。國際金融市場之解釋變數依序描述，航運金融市場代表為波羅的海乾散貨運價指數(BDI)、波羅的海原油油輪運價指數(BDTI)及波羅的海成品油油輪運價指數(BCTI)，農產品期貨市場代表為黃豆期貨(SOY)，外匯期貨市場代表為美元指數期貨(DX)、成品油期貨市場代表為天然氣期貨(NG)、熱燃油期貨(HO)，生質燃料期貨市場代表為乙醇期貨(ET)，塑膠原料期貨市場代表為對苯二甲酸期貨(PTA)、聚氯乙烯期貨(PVC)、線性低密度聚乙烯期貨(LLDPE)及聚丙烯期貨(PP)，總共 13 個變數。本研究的航運金融市場變數資料取得來自 Datastream 資料庫，塑膠原料期貨市場變數資料取得來自 Wind 資料庫，其餘變數資料皆取自於 Bloomberg 資料庫。變數資料全樣本期間選擇自 2016 年 1 月 4 日至 2021 年 2 月 26 日的每日收盤資料，資料缺失值透過內插法解決，並將所有變數以一階對數差分處理，計算變數資料的每日報酬率表示於式(3)，共有 1440 筆數據。 $r_t$ 表示 $t$ 期的變數報酬率， $P_t$ 表示 $t$ 期的變數價格水

準。

$$r_t = \ln(P_t/P_{t-1}) \times 100 \quad (3)$$

美中貿易戰與 COVID-19 疫情為近年來至關重要的經濟事件，本研究為探討美中貿易戰時期延伸至 COVID-19 疫情，國際金融市場變數對西德州原油期貨價格波動的影響，將樣本區分為三個時期，全樣本時期、美中貿易戰前時期、以及美中貿易戰延伸 COVID-19 期間。本研究參考 Ma et al. (2020)、Xu & Lien (2020) 與 Ji et al. (2019) 的文獻，將美中貿易戰前後時間分界點訂於 2018 年 4 月 2 日，便於計算研究變數的月波動度，進行 GARCH-MIDAS 模型實證分析。全樣本期間為 2016 年 1 月 4 日至 2021 年 2 月 26 日，總共 1441 筆數據。美中貿易戰前期自 2016 年 1 月 4 日至 2018 年 3 月 29 日，總共 597 筆數據。美中貿易戰延伸 COVID-19 期間自 2018 年 4 月 2 日至 2021 年 2 月 26 日，總共 844 筆數據，樣本資料期間內事件整理於表 3-1 中。

表 3-1 樣本資料期間與發生事件

期間	樣本數	起始日	結束日	事件
全樣本時期	1441	2016/1/4	2021/2/26	
美中貿易戰前	597	2016/1/4	2018/3/29	美國總統川普簽署總統備忘錄，回應中國對美國智慧財產權侵犯
美中貿易戰延伸 COVID-19 期間	844	2018/4/2	2021/2/26	美中貿易戰互徵商品進口關稅、COVID-19 疫情爆發

最後在本節末分別針對研究變數進一步介紹，依序為西德州原油期貨(WTI)、波羅的海乾散貨運價指數(BDI)、波羅的海原油油輪運價指數(BDTI)、波羅的海成品油油輪運價指數(BCTI)、黃豆期貨(SOY)、美元指數期貨(DX)、天然氣期貨(NG)、熱燃油期貨(HO)、乙醇期貨(ET)、對苯二甲酸期貨(PTA)、聚氯乙烯期貨(PVC)、線性低密度聚乙烯期貨(LLDPE)及聚丙烯期貨(PP)，在之後第四章實證結果將按照本節變數代號稱之。

### 一、西德州原油期貨(West Texas Intermediate, WTI)

原油為全球交易最活躍的實體商品，交易人與投資人對於原油期貨的持倉量主要受全球經濟影響。西德州原油期貨自 1983 年於紐約商品期貨交易所(New York Mercantile Exchange, NYMEX)掛牌交易，目前西德州原油為世界上交易量最大的商品期貨，用於分析原油市場價格波動具有參考性。西德州原油交割地為美國奧克拉荷馬州的庫欣(Cushing)，原油透過管線運輸於此地。西德州原油產於美國德州與中西部地區，主要負責供應美國國內的用量，西德州原油價格會受到美國原油供需與管線運輸條件的影響。西德州原油對比布蘭特原油(Brent Crude Oil)屬於較輕質、品質較好的原油，含硫量僅為 0.2%，適合用於提煉相關成品油。

### 二、波羅的海乾散貨運價指數(Baltic Dry Index, BDI)

波羅的海交易所(Baltic Exchange)自 1999 年發布波羅的海乾散貨運價指數 BDI，取代過去以波羅的海運費指數(Baltic Freight Index, BFI)衡量國際航運市場運費變動。波羅的海乾散貨運價指數是由波羅的海海岬型指數(Baltic Capesize Index, BCI)、波羅的海巴拿馬極限型指數(Baltic Panamax Index, BPI)、波羅的海超輕便極限型指數(Baltic Supramax Index, BSI)與波羅的海輕便型指數(Baltic Handysize Index, BHSI)加權計算而得。而 BCI、BPI、BSI 與 BHSI 指數代表在簽訂運送契約當下各市場的參考運價，衡量各船型其航行不同路線與載運不同乾散裝貨時的平均日運價。各船型特色為：海岬型(Capesize) 載重可達 8 萬噸以上，船

型過於龐大無法通過巴拿馬運河，須行經非洲好望角而得名。巴拿馬極限型(Panamax)載重達 5 至 8 萬噸，為通過巴拿馬運河之最大船型而得名。超輕便極限型(Supramax)載重達 4 至 5 萬噸，輕便型(Handysize)載重則為 4 萬噸以下，皆作區域性運輸使用。四種船型主要運送的商品為煤炭、鐵礦砂、穀物、水泥、鋼鐵、化學肥料等工業與民生所需的基本原物料，BDI 指數代表乾散裝航運市場景氣的參考依據。

### 三、波羅的海原油油輪運價指數(Baltic Dirty Tanker Index, BDTI)

波羅的海交易所(Baltic Exchange)於 2001 年將波羅的海國際油輪運費指數(Baltic International Tanker Routes, BITR)拆分為波羅的海原油油輪運價指數與波羅的海成品油油輪運價指數，BDTI 指數為 4 種油輪船型包括 7 條主要航線在簽訂運送契約當下各油輪船型市場的參考運價。

### 四、波羅的海成品油油輪運價指數(Baltic Clean Tanker Index, BCTI)

波羅的海交易所(Baltic Exchange)於 2001 年將波羅的海成品油油輪運價指數 BCTI 細分出來，BCTI 指數為 3 種油輪船型包括 5 條主要航線在簽訂運送契約當下各油輪船型市場的參考運價。

### 五、黃豆期貨(Soybean, SOY)

黃豆期貨於芝加哥期貨交易所上市(Chicago Board of Trade, CBOT)交易，黃豆為農產品市場相當具有指標性的商品，主要為全球畜牧業的飼料與民生食品。中國為世界最大黃豆進口國，且需求量逐年上揚。在美中貿易戰時，中國曾對美國進口的黃豆加重關稅，打擊美國黃豆供給，威脅美國的農業發展作為談判的利器。美國與巴西為黃豆生產前兩大國，巴西擁有生產成本較低的優勢，近幾年巴西已超越美國，成為世界最大生產國與出口國。目前而言，芝加哥期貨交易所黃豆期貨為國際黃豆期貨的參考指標。

### 六、美元指數期貨(U.S Dollar Index, DX)



美元指數期貨於美國洲際期貨交易所(Intercontinental Exchange, ICE)上市，美元指數為衡量美元在國際外匯市場匯率變化的綜合指標，由六種國際主要貨幣對美元匯率的加權平均計算而得，六種主要貨幣其權重分別為歐元(EUR) 57.6%、日圓(JPY) 13.6%、英鎊(GBP) 11.9%、加幣(CAD) 9.1%、瑞典克朗(SEK) 4.2%及瑞士法郎(CHF) 3.6%，美元指數的漲跌代表美元與國際主要貨幣的升值與貶值關係。

## 七、天然氣期貨(Natural Gas, NG)

天然氣期貨 1990 年在紐約商品期貨交易所(NYMEX)上市交易，為全球規模最大的天然氣期貨合約，交割地點為美國路易斯安那州亨利港(Henry Hub)。亨利港為多條天然氣管線交會處，並具備物流基礎設施，方便將天然氣運送至主要消費市場。天然氣透過高壓低溫形成液化天然氣，再經由液化天然氣冷凍船運至各國。美國天然氣產量自 2011 年持續上升，90%的產量增加來自美國頁岩區。天然氣為全球第三大能源來源，僅次於原油與煤炭。天然氣主要用途為工業發電、化學工業、住宅與商業用燃料，天然氣需求會受到全球經濟、季節因素、替代燃料價格的影響。

## 八、熱燃油期貨(Heating Oil, HO)

熱燃油期貨 1978 年在紐約商品期貨交易所(NYMEX)上市交易，熱燃油僅次於汽油為第二大成品油，交割地點為美國紐約港。熱燃油又稱為 2 號燃料油，原油提煉汽油之後再接續提煉的能源產品，主要作為燃料，在北美地區常用作冬季暖氣之來源。熱燃油價格常受到原油供需、全球經濟、工業發展、季節因素、提煉技術等影響。

## 九、乙醇期貨(Ethanol, ET)

乙醇期貨於芝加哥期貨交易所上市(CBOT)交易，乙醇為全球常見的生質燃料，屬於再生能源的一種。燃料乙醇是以甘蔗、玉米、油菜等食用植物所含脂類化合物(Lipids)或碳水化合物(Carbohydrates)為原料製得。根據美國能源資訊管理局

(Energy Information Administration, EIA)資料指出，目前全球前兩大乙醇生產國分別為美國和巴西，美國生產乙醇的原料為玉米，巴西則以甘蔗為原料。各國生質燃料政策一般規定在汽油、柴油中添加一定比例的乙醇，如 E10 表示 10%的乙醇與 90%汽油混合之燃油。美國在 2005 年公布《能源政策法案》，要求行政部門在 2006 至 2012 年逐年將再生燃油產量增加至 75 億加侖，之後更提高再生燃料標準至 2022 年的 360 億加侖，顯示生質燃料的重要性不斷上揚，確保各國能源安全性，減少對汽油的過度依賴性。

#### 十、對苯二甲酸期貨(Pure Terephthalic Acid, PTA)

對苯二甲酸化學式為  $C_6H_4(COOH)_2$ ，常溫常壓下呈現白色晶體或粉末狀，無毒、易燃。對苯二甲酸是原油的下游產品，以二甲苯為原料，醋酸為溶劑，在催化劑作用與氧氣環境下生成粗對本二甲酸。將粗對本二甲酸加氫精製去除對羧基苯甲醛等雜質，再經過結晶、過濾、洗滌、乾燥，製成純對苯二甲酸。純對苯二甲酸常和乙二醇合成聚對苯二甲酸乙二酯(PET)，用於生產聚酯纖維，應用於電子、化學纖維、輕工業等。聚對苯二甲酸乙二酯分為聚酯纖維、聚酯薄膜、瓶用酯粒。純對苯二甲酸的下游延伸產品主要為聚酯纖維，屬於化學纖維中的合成纖維。中國鄭州商品交易所(Zhengzhou Commodity Exchange, ZCE)於 2006 年 12 月 18 日將對苯二甲酸期貨合約上市交易，為國際上首先推出對苯二甲酸期貨合約的國家。

#### 十一、聚氯乙烯期貨(Polyvinyl Chloride, PVC)

聚氯乙烯化學式為  $(C_2H_3Cl)_n$ ，是原油的下游產品，常溫常壓下呈無毒、無味的白色粒狀，經由氯乙烯加成聚合而成的高分子材料。聚氯乙烯屬於合成塑膠，具不易受酸、鹼腐蝕的特性，阻燃性良好，常應用於防火材料，但加熱達  $150^{\circ}C$  以上會釋放氯氣、氯化氫等有毒氣體。聚氯乙烯常被廣泛使用於電線電纜、塑膠管線材料、玩具、薄膜、醫療用品等。聚氯乙烯期貨於中國大連商品交易所(Dalian Commodity Exchange, DCE)上市交易，根據大連商品交易所資料顯示，目前中國



為全世界最大聚氯乙炔生產國與消費國，2019年中國聚氯乙炔產量2011萬公噸，消費量則為2031萬公噸。聚氯乙炔在全世界塑膠消費量排名第三，僅次於聚乙烯與聚丙烯。中國在生產聚氯乙炔以電石法為主、乙炔法為輔，電石法仰賴火力發電，煤炭價格會影響聚氯乙炔產量，乙炔法則受到原油價格影響。全球景氣拉升對塑膠相關製品需求，也會反映在聚氯乙炔價格上。

## 十二、線性低密度聚乙烯期貨 (Linear Low Density Polyethylene, LLDPE)

線性低密度聚乙烯為常溫常壓下呈無毒、無味的白色粒狀，經由乙炔聚合而成，具有優異的抗張力、抗穿刺、易拉伸的能力，常應用於製造薄膜、電纜、管線材料、民生用品、塑膠袋等。中國大連商品交易所(DCE)自2007年將線性低密度聚乙烯期貨上市交易，提供塑膠相關企業避險的商品，根據大連商品交易所資料指出，中國為全球最大的聚乙烯進口國與消費國。聚乙烯分為線性低密度聚乙烯(LLDPE)、低密度聚乙烯(LDPE)及高密度聚乙烯(HDPE)，2019年全球線性低密度聚乙烯產量4082萬公噸，佔聚乙烯產量33.62%，中國消費量為1255萬公噸。線性低密度聚乙烯為塑膠原料市場最具指標性的商品，受原油價格波動、替代產品低密度聚乙烯、下游需求變化與全球景氣的影響。

## 十三、聚丙烯期貨(Polypropylene, PP)

聚丙烯為熱塑性聚合物，化學式為 $(C_3H_6)_n$ ，與聚氯乙炔、聚乙烯同屬於常見的合成塑膠，也是石化產業下游產品。外觀呈現白色粒狀且無味無毒。聚丙烯晶體結構完整，熔點較高，具有耐高溫、易加工、抗衝擊強、良好絕緣體的特性。與聚乙烯相比，聚丙烯的耐酸鹼及有機溶劑腐蝕性、抗張力、剛性、透明性較為優異，但是耐低溫能力較差。聚丙烯主要應用於高分子材料，常見於高透明性射出產品、高速高透明雙向延伸膜、合成纖維丙綸、管線材料、塑膠等製品。2014年聚丙烯期貨開始在中國大連商品交易所(DCE)上市交易，根據大連商品交易所資料指出，中國為全球最大的聚丙烯生產國之一，2019年聚丙烯產量2234.8萬

公噸，佔全球總產量31.2%，同時中國為全球最大聚丙烯消費國，消費量達2549.56萬公噸，佔全球聚丙烯消費量35.9%，顯示中國對聚丙烯的重要性。



## 第二節 時間序列相關檢定

### 一、單根檢定(Unit Root Test)

將資料蒐集完後，必須先確定資料是否為定態(Stationary)，才能進一步利用 GARCH-MIDAS 模型進行實證分析。時間序列資料分為定態資料與非定態資料，定態資料表示當受到一個外生衝擊時只會產生短暫的影響，長期會隨著時間回到均衡水準。非定態資料則相反，可以觀察到平均數或變異數因時而變。若時間序列資料是非定態資料，則需要透過差分方法使資料具有定態性質。本研究將以 ADF 與 PP 單根檢定法判斷資料的特性。

#### ADF 單根檢定法

Dickey & Fuller (1979)提出 Dickey-Fuller(DF)單根檢定法，DF 檢定以一階自我相關 AR(1)模型檢定其係數是否為 1，假設殘差項為獨立且同質變異。若落後期數超過 1 期，殘差項會發生自我相關的現象，違反白噪音(White Noise)假設。Said & Dickey (1984)提出 Augmented Dickey-Fuller (ADF)檢定法，改以 AR(P)模型進行檢定，解決殘差項可能存在序列相關的問題。

考慮模型可能具有截距項和時間趨勢項，ADF 單根檢定過程如下：

無截距項與時間趨勢項

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4)$$

有截距項但不包含時間趨勢項

$$\Delta y_t = a_0 + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (5)$$

有截距項與時間趨勢項

$$\Delta y_t = a_0 + a_1 t + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (6)$$

其中  $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$ ， $a_0$  為截距項， $t$  為時間趨勢， $p-1$  為差分項落後期數，

$\varepsilon_t$ 為誤差項。模型在檢定 $y_{t-1}$ 的係數 $\delta$ 是否為零，即虛無假設  $H_0: \delta = 0$ 。若不拒絕  $H_0$ ，表示序列有單根，資料為非定態，則需要將資料重複做一階差分直到資料呈現定態為止。

## PP 單根檢定法

Phillips & Perron (1987)對於 ADF 模型殘差項分配提出更寬鬆的假設，利用函數化中央極限定理無母數法(Non-Parameter)假設殘差項具有自我相關與異質變異的特性，修正了 ADF 單根檢定必須為殘差項服從同質變異的假設，表示當殘差項存在自我相關與異質變異時，可以透過 PP 單根檢定序列具有單根的問題。

考慮模型可能具有截距項和時間趨勢項，PP 單根檢定過程如下：

無截距項與時間趨勢項

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (7)$$

有截距項但不包含時間趨勢項

$$\Delta y_t = a_0 + \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

有截距項與時間趨勢項

$$\Delta y_t = a_0 + \delta y_{t-1} + a_1 \left( t - \frac{1}{2} T \right) + \varepsilon_t \quad (9)$$

其中 $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$ ， $a_0$ 為截距項， $T$ 為樣本數， $t$ 為時間趨勢， $p - 1$ 為差分項落後期數， $\varepsilon_t$ 為殘差項。PP 檢定虛無假設與 ADF 檢定相同，模型檢定 $y_{t-1}$ 的係數 $\delta$ 是否為零，即虛無假設  $H_0: \delta = 0$ 。若無法拒絕虛無假設，代表序列有單根，資料非定態。

## 二、殘差項自我相關檢定(Residual Autocorrelation Test)

模型參數估計完後須檢查殘差項是否存在序列自我相關，來判斷模型適配性。本研究藉由 Ljung & Box (1978) 提出 Ljung-Box 的 Q 檢定統計量，檢定殘差項落後  $\rho$  期是否存在序列自我相關。

$$\varepsilon_t = \alpha_0 + \alpha_1\varepsilon_{t-1} + \alpha_2\varepsilon_{t-2} + \cdots + \alpha_\rho\varepsilon_{t-\rho} + u_t \quad (10)$$

Ljung-Box 的 Q 檢定統計量如下：

$$Q = T(T+2) \frac{\sum_{i=1}^{\rho} \varepsilon_t \varepsilon_{t-i}}{T-i} \sim \chi^2(\rho) \quad (11)$$

其中  $T$  為樣本數， $\varepsilon_t$  為殘差項， $\rho$  為落後期數。Q 檢定殘差項  $\rho$  期間是否有自我相關特性，Q 檢定的虛無假設  $H_0: \alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \cdots = \alpha_\rho = 0$ 。若拒絕  $H_0$  表示殘差項落後  $\rho$  期存在自我相關，模型配適不合適。

### 三、條件異質變異檢定(Heteroscedasticity Test)

Engle (1982) 提出自我迴歸條件異質變異(ARCH)模型，有效解決迴歸殘差項須服從白噪音的限制。ARCH(q) 模型代表條件變異數為動態，會受到過去  $q$  期殘差平方項所影響。

$$\varepsilon_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1\varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2\varepsilon_{t-2}^2 + \cdots + \alpha_q\varepsilon_{t-q}^2 + u_t \quad (12)$$

$$LM = T \times R^2 \sim \chi^2(q) \quad (13)$$

ARCH(q) 模型以 LM (Lagrange Multiplier) 檢定判斷模型是否存在異質變異現象，其中  $R^2$  為判定係數， $T$  為樣本數。LM 檢定的虛無假設  $H_0: \alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \cdots = \alpha_q = 0$ ，若不拒絕  $H_0$ ，表示前  $q$  期殘差平方項的水準並不影響本期，模型為同質變異。反之，則代表為異質變異。



### 第三節 GARCH-MIDAS 實證模型

本研究採用 Engle et al. (2013)提出的 GARCH-MIDAS 模型進行實證分析，此模型將條件變異數方程式分為短期部分(Short-Run Component)與長期部分(Long-Run Component)。短期部分捕捉每日西德州原油期貨報酬率波動(高頻率變數資料)，長期部分在回顧過去 GARCH-MIDAS 模型文獻時，常以總體經濟變數的月資料、季資料水準做實證分析(低頻率變數資料)。本研究為探討國際金融市場解釋變數的已實現月波動度運用 GARCH-MIDAS 模型，是否具有顯著預測長期西德州原油期貨日報酬波動的能力，將國際金融市場解釋變數日資料調整為已實現月波動度以配適 GARCH-MIDAS 模型下變數資料不同頻率的模型架構。同時，代表著期貨商品市場月結算的合約特性，在投資意義上表示國際金融市場的不確定性是否對原油市場產生外溢波動影響。本研究建構 GARCH-MIDAS 模型如下：

$$r_{i,t} - E_{i-1,t}(r_{i,t}) = \sqrt{g_{i,t}\tau_t}\varepsilon_{i,t}, \forall i = 1, 2, 3 \dots N_t \quad (14)$$

$$\varepsilon_{i,t} | \Gamma_{i-1,t} \sim N(0,1) \quad (15)$$

模型設定 $r_{i,t}$ 為第 $t$ 月第 $i$ 天的日報酬率，本研究 $r_{i,t}$ 代表西德州原油期貨日報酬率，即 $r_{i,t} = \ln(P_{i,t}/P_{i-1,t}) \times 100$ 。其中 $N_t$ 代表月份 $t$ 的交易日數； $E_{i-1,t}(\ )$ 表示給定時間 $i-1$ 的條件期望值； $\Gamma_{i-1,t}$ 定義為在第 $t$ 月第 $i-1$ 天的資訊集合。同時本研究假設西德州原油期貨每日預期報酬率為固定常數 $\mu$ ，即 $E_{i-1,t}(\ ) = \mu$ ，故可將式(14)改寫為：

$$r_{i,t} - \mu = \sqrt{g_{i,t}\tau_t}\varepsilon_{i,t}, \forall i = 1, 2, 3 \dots N_t \quad (16)$$

因此，條件變異數方程式可分解為解釋每日波動的短期部分 $g_{i,t}$ 以及長期部分 $\tau_t$ ，

並且設定 $g_{i,t}$ 服從 GARCH(1,1)模型；長期部分 $\tau_t$ 為 MIDAS 迴歸捕捉到各市場解釋變數的已實現波動率，並由式(18)設定在 $t-1$ 期的期望值決定。本研究 GARCH MIDAS 模型採用固定視窗法(Fixed-Window)代表長期部分 $\tau_t$ 在時間 $t$ 月份內不會改變。

$$g_{i,t} = (1 - \alpha - \beta) + \alpha \frac{(r_{i,t} - \mu)^2}{\tau_t} + \beta g_{i-1,t} \quad , \alpha > 0 , \beta \geq 0 , \alpha + \beta < 1 \quad (17)$$

$$E_{t-1}[(r_{i,t} - \mu)^2] = \tau_t E_{t-1}(g_{i,t}) = \tau_t \quad (18)$$

$$\tau_t = m + \theta \sum_{k=1}^K \psi_k(\omega_1, \omega_2) X_{t-k} \quad , \psi_k \geq 0 , k = 1, 2, \dots, K \quad (19)$$

式(19)中， $X$ 為國際金融市場解釋變數的已實現月波動率， $k$ 為滯後期數， $X_{t-k}$ 定義為相對 $t$ 期滯後 $k$ 期時的波動率， $K$ 為最大滯後期數，通常 $K$ 值由最大概似函數(Likelihood Function)或最適貝氏資訊準則(Bayesian Information Criterion, BIC)所決定。參數 $\theta$ 用來衡量解釋變數對西德州原油期貨長期波動性的效果。 $\psi_k(\omega_1, \omega_2)$ 函數定義為 MIDAS 迴歸篩選的加權方案， $\psi_k(\omega_1, \omega_2)$ 權數總和為 1。Engle et al. (2013)對於加權函數提出 Beta 和指數型兩種滯後結構加權方案，Ghysels et al. (2007)表示 Beta 多項式更具彈性，常用於納入各種滯後結構，故本研究以 Beta 函數為加權方案，如式(20)所示。一般將 $\omega_1$ 假設為 1，此時 $\psi_k$ 為 $\omega_2$ 的單調遞減函數，函數只受到 $\omega_2$ 控制以方便參數估計。

$$\psi_k(\omega_1, \omega_2) = \frac{\binom{k}{K}^{\omega_1-1} (1-k/K)^{\omega_2-1}}{\sum_{j=1}^K \binom{j}{K}^{\omega_1-1} (1-j/K)^{\omega_2-1}} \quad , k = 1, 2 \dots K \quad (20)$$

## 第四節 研究假說

根據文獻回顧提到原油市場與國際金融市場之間的相關研究，本研究為探討美中貿易戰延伸至 COVID-19 期間國際金融市場變數月波動對長期西德州原油期貨的波動外溢效果，運用 GARCH-MIDAS 模型進行實證分析。本節針對研究內容提出以下研究假說，表 3-2 顯示全樣本時期國際金融市場變數對西德州原油期貨外溢效果之假說，表 3-3 顯示美中貿易戰前國際金融市場變數對西德州原油期貨外溢效果之假說，表 3-4 顯示美中貿易戰延伸至 COVID-19 期間國際金融市場變數對西德州原油期貨外溢效果之假說。



表 3-2 全樣本時期各變數對 WTI 外溢效果之假說

Hypothesis 1.1 ( $H_0$ 1.1)	全樣本時期波羅的海乾散貨運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 1.2 ( $H_0$ 1.2)	全樣本時期波羅的海原油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 1.3 ( $H_0$ 1.3)	全樣本時期波羅的海成品油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 1.4 ( $H_0$ 1.4)	全樣本時期黃豆期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 1.5 ( $H_0$ 1.5)	全樣本時期美元指數期貨月波動對長期西德州原油波動期貨不存在外溢效果
Hypothesis 1.6 ( $H_0$ 1.6)	全樣本時期天然氣期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 1.7 ( $H_0$ 1.7)	全樣本時期熱燃油期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 1.8 ( $H_0$ 1.8)	全樣本時期乙醇期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 1.9 ( $H_0$ 1.9)	全樣本時期對苯二甲酸期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 1.10 ( $H_0$ 1.10)	全樣本時期聚氯乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 1.11 ( $H_0$ 1.11)	全樣本時期線性低密度聚乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 1.12 ( $H_0$ 1.12)	全樣本時期聚丙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果

表 3-3 美中貿易戰前各變數對 WTI 外溢效果之假說

Hypothesis 2.1 ( $H_0$ 2.1)	美中貿易戰前波羅的海乾散貨運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 2.2 ( $H_0$ 2.2)	美中貿易戰前波羅的海原油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 2.3 ( $H_0$ 2.3)	美中貿易戰前波羅的海成品油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 2.4 ( $H_0$ 2.4)	美中貿易戰前黃豆期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 2.5 ( $H_0$ 2.5)	美中貿易戰前美元指數期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 2.6 ( $H_0$ 2.6)	美中貿易戰前天然氣期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 2.7 ( $H_0$ 2.7)	美中貿易戰前熱燃油期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 2.8 ( $H_0$ 2.8)	美中貿易戰前乙醇期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 2.9 ( $H_0$ 2.9)	美中貿易戰前對苯二甲酸期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 2.10 ( $H_0$ 2.10)	美中貿易戰前聚氯乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 2.11 ( $H_0$ 2.11)	美中貿易戰前線性低密度聚乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 2.12 ( $H_0$ 2.12)	美中貿易戰前聚丙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果



表 3-4 美中貿易戰至 COVID-19 各變數對 WTI 外溢效果之假說

Hypothesis 3.1 ( $H_0$ 3.1)	美中貿易戰延伸 COVID-19 期間波羅的海乾散貨運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 3.2 ( $H_0$ 3.2)	美中貿易戰延伸 COVID-19 期間波羅的海原油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 3.3 ( $H_0$ 3.3)	美中貿易戰延伸 COVID-19 期間波羅的海成品油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 3.4 ( $H_0$ 3.4)	美中貿易戰延伸 COVID-19 期間黃豆期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 3.5 ( $H_0$ 3.5)	美中貿易戰延伸 COVID-19 期間美元指數期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 3.6 ( $H_0$ 3.6)	美中貿易戰延伸 COVID-19 期間天然氣期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 3.7 ( $H_0$ 3.7)	美中貿易戰延伸 COVID-19 期間熱燃油期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 3.8 ( $H_0$ 3.8)	美中貿易戰延伸 COVID-19 期間乙醇期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 3.9 ( $H_0$ 3.9)	美中貿易戰延伸 COVID-19 期間對苯二甲酸期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 3.10 ( $H_0$ 3.10)	美中貿易戰延伸 COVID-19 期間聚氯乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 3.11 ( $H_0$ 3.11)	美中貿易戰延伸 COVID-19 期間線性低密度聚乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
Hypothesis 3.12 ( $H_0$ 3.12)	美中貿易戰延伸 COVID-19 期間聚丙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果

## 第四章 實證結果

本章承接前一章研究方法之設計，敘述本研究之實證結果，總共分為四節。第一節為資料敘述性統計，第二節為定態分析與條件異質變異檢定，第三節為全樣本時期 GARCH-MIDAS 之實證結果，第四節為子樣本時期 GARCH-MIDAS 之實證結果。

### 第一節 資料敘述性統計

本節將闡述變數資料之敘述性統計，附圖 4-1-1 至附圖 4-1-13 顯示全樣本期間各研究變數價格之趨勢圖，附圖 4-2-1 至附圖 4-2-13 顯示全樣本期間各研究變數報酬率之波動圖(詳見附錄)。

各研究變數每日收盤價格與每日報酬率之敘述統計量結果整理於表 4-1 與表 4-2 中。表 4-1 結果顯示未經一階對數差分處理的原始價格水準，較特別的是 WTI 的最小值出現負值(-37.63)，西德州原油期貨於 2020 年 4 月 20 日發生負油價的收盤價格。偏態係數代表樣本偏離常態分配的程度。偏態係數為零，樣本呈現常態分配；偏態係數大於零，樣本呈現右尾分配；偏態係數小於零，樣本呈現左尾分配。可以觀察 BDI、BDTI、BCTI、SOY、NG 與 PTA 為右尾分配，其餘變數為左尾分配。峰態係數以 3 為衡量標準代表樣本與常態分配峰態的差異，除 BDI、DX、HO 與 LLDPE 外，其餘變數皆為高峽峰，Jarque-Bera 檢定結果可確定所有變數的殘差項在 1% 顯著水準之下皆不服從常態分配的假設。

表 4-2 結果得知 $\Delta$ BDTI、 $\Delta$ BCTI、 $\Delta$ DX 及 $\Delta$ LLDPE 的平均數為負值，其餘變數皆為正值。由標準差可以觀察到 $\Delta$ WTI 具有較大的波動性(3.481)，其次為 $\Delta$ NG(2.997)， $\Delta$ DX 波動性則較小(0.382)。此外，最大值與最小值顯示出各變數每日報酬率漲跌幅度的極端值。以 $\Delta$ BCTI 為例，每日報酬率漲跌幅範圍從最小值-21.167 至最大值 36.497。由偏態係數知  $\Delta$ WTI、 $\Delta$ SOY、 $\Delta$ HO、 $\Delta$ ET、 $\Delta$ PTA 與 $\Delta$ LLDPE 為左尾分配，其餘變數為右尾分配。峰態係數結果顯示出所有變數報酬

率的峰態值皆大於 3，樣本呈現高峽峰，符合一般資產報酬時間序列模型的特徵，同時根據 Jarque-Bera 檢定結果確定所有變數的報酬率在 1% 顯著水準之下並不服從常態分配。

表 4-1 變數原始資料之敘述統計量

變數	樣本數	最小值	最大值	平均數	標準差	偏態	峰態	JB
WTI	1441	-37.63	76.41	50.922	11.515	-0.712	5.529	505.9***
BDI	1441	290	2518	1137.095	450.846	0.255	2.567	26.92***
BDTI	1441	403	1958	775.710	250.501	1.309	5.196	701.2***
BCTI	1441	309	2190	575.721	189.805	3.544	25.673	34000***
SOY	1441	803.5	1430	964.033	113.221	1.828	7.076	1800***
DX	1441	88.505	103.605	95.766	3.104	-0.140	2.619	13.39***
NG	1441	1.482	4.837	2.640	0.534	0.249	3.796	53***
HO	1441	0.610	2.437	1.651	0.373	-0.287	2.214	56.94***
ET	1441	0.82	1.753	1.406	0.150	-0.767	4.367	253.9***
PTA	1441	3052	9266	5043.298	1137.25	0.759	4.112	212.9***
PVC	1441	4345	8785	6475.877	736.333	-0.422	3.168	44.54***
LLDPE	1441	5455	10855	8480.659	1130.606	-0.348	2.161	71.38***
PP	1441	5874	11168	8385.974	997.428	-0.092	3.349	9.359***

備註：表格內數字為變數原始資料之敘述統計量結果，計算期間為全樣本期間 2016 年 1 月 4 日至 2021 年 2 月 26 日，Jarque-Bera 檢定變數殘差項是否服從常態分配的假設。

\*表示在 10% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*表示在 5% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*\*表示在 1% 顯著水準之下拒絕虛無假設

表 4-2 變數報酬率之敘述統計量

變數	樣本數	最小值	最大值	平均數	標準差	偏態	峰態	JB( $\times 10^3$ )
$\Delta$ WTI	1440	-60.168	31.963	0.036	3.481	-3.366	82.720	380***
$\Delta$ BDI	1440	-11.047	20.337	0.088	2.724	0.722	8.683	2.06***
$\Delta$ BDTI	1440	-21.578	22.031	-0.032	2.379	1.217	30.484	46***
$\Delta$ BCTI	1440	-21.167	36.497	-0.019	2.799	3.135	44.086	100***
$\Delta$ SOY	1440	-4.907	5.496	0.035	1.068	-0.047	5.814	0.476***
$\Delta$ DX	1440	-1.623	2.165	-0.006	0.382	0.186	5.512	0.039***
$\Delta$ NG	1440	-18.055	19.798	0.012	2.997	0.333	8.250	1.68***
$\Delta$ HO	1440	-27.428	10.946	0.035	2.232	-1.435	24.153	27***
$\Delta$ ET	1440	-11.553	8.023	0.015	1.722	-0.682	10.654	3.63***
$\Delta$ PTA	1440	-10.491	4.898	0.007	1.338	-0.862	11.066	4.08***
$\Delta$ PVC	1440	-21.497	27.952	0.039	2.063	1.983	52.381	150***
$\Delta$ LLDPE	1440	-13.649	11.897	-0.001	1.509	-0.582	26.012	32***
$\Delta$ PP	1440	-20.918	11.870	0.027	1.884	-1.386	27.153	35***

備註：表格內數字為變數報酬率之敘述統計量結果，計算期間為全樣本時期 2016 年 1 月 4 日至 2021 年 2 月 26 日， $\Delta$ 表示為變數之報酬率，Jarque-Bera 檢定變數殘差項是否服從常態分配的假設。

\*表示在 10% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*表示在 5% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*\*表示在 1% 顯著水準之下拒絕虛無假設

## 第二節 定態分析與條件異質變異檢定

本節將研究變數資料蒐集之後，按照本文 3.2 節時間序列模型相關計量檢定流程進行操作，分別進行單根檢定、殘差項自我相關檢定與條件異質變異檢定，檢定結果整理於表 4-3 與表 4-4 中。

表 4-3 中 ADF 與 PP 單根檢定結果顯示經過一階對數差分處理後的變數報酬率皆在 1% 顯著水準之下皆拒絕虛無假設，代表序列並不存在單根，確定所有變數報酬率皆呈現定態。

表 4-4 為殘差項自我相關檢定與條件異質變異檢定的檢定結果，Ljung-Box 的 Q 檢定判斷本研究之被解釋變數 $\Delta WTI$ 的殘差項在落後 5 期與 10 期皆具有顯著的自我相關特性，ARCH-LM 檢定可以確定 $\Delta WTI$ 的殘差平方項存在條件異質變異效果，能夠進行後續 GARCH-MIDAS 模型的實證分析。





表 4-3 變數報酬率之單根檢定結果

	ADF	PP
$\Delta$ WTI	-41.441***	-41.565***
$\Delta$ BDI	-17.902***	-17.897***
$\Delta$ BDTI	-22.461***	-23.189***
$\Delta$ BCTI	-21.795***	-22.517***
$\Delta$ SOY	-38.131***	-38.134***
$\Delta$ DX	-36.089***	-36.097***
$\Delta$ NG	-38.052***	-38.186***
$\Delta$ HO	-39.871***	-39.838***
$\Delta$ ET	-37.684***	-37.730***
$\Delta$ PTA	-32.652***	-32.988***
$\Delta$ PVC	-36.543***	-36.534***
$\Delta$ LLDPE	-37.135***	-37.170***
$\Delta$ PP	-36.829***	-36.851***

備註：表格內數字代表變數報酬率之 ADF 與 PP 單根檢定統計量結果， $\Delta$ 表示為變數之報酬率。

\*表示在 10% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*表示在 5% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*\*表示在 1% 顯著水準之下拒絕虛無假設

表 4-4 變數報酬率之 Q 檢定與 LM 檢定結果

	Q(5)	Q(10)	ARCH(5)	ARCH(10)
△WTI	79.089***	117.575***	164.301***	210.120***
△BDI	958.555***	1062.286***	262.806***	262.839***
△BDTI	582.615***	616.926***	99.593***	111.299***
△BCTI	612.466***	628.297***	224.498***	232.225***
△SOY	1.686	8.366	40.696***	59.408***
△DX	9.544*	35.445***	111.268***	146.949***
△NG	14.817**	16.349*	52.423***	82.031***
△HO	12.091**	27.762***	67.028***	91.659***
△ET	8.535	13.744	53.139***	142.770***
△PTA	43.195***	49.095***	130.465***	141.190***
△PVC	7.334	16.571*	11.144**	16.627*
△LLDPE	4.731	14.525	7.694	10.889
△PP	7.618	14.949	1.415	10.047

備註：表格內數字代表 Ljung-Box Q 檢定與 ARCH-LM 檢定統計量結果，分別檢定變數報酬率的殘差項是否存在自我相關和條件異質變異效果，落後期數標示於括號()內。

\*表示在 10% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*表示在 5% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*\*表示在 1% 顯著水準之下拒絕虛無假設

### 第三節 GARCH-MIDAS 模型實證結果-全樣本時期

本研究運用 GARCH-MIDAS 模型探討長期西德州原油期貨日報酬波動在全樣本時期、美中貿易戰前以及美中貿易戰延伸 COVID-19 期間是否受到國際金融市場變數月波動的外溢效果影響。本節闡述全樣本時期 GARCH-MIDAS 模型實證結果，全樣本時期按照 Conrad & Loch (2015)將最大滯後期數 K 值設定為 3 個 MIDAS 滯後年即 36 個月(K=36)，表 4-5 顯示全樣本時期模型參數的估計結果。同時，本研究將西德州原油期貨 GARCH(1,1) 模型結果放入表 4-5 中一併討論。

首先，根據 GARCH(1,1) 模型結果顯示全樣本時期西德州原油期貨在 1%顯著水準下 $\alpha$ 值與 $\beta$ 值皆顯著，滿足 $\alpha + \beta < 1$ 的條件，保證共變異數矩陣穩定。 $\alpha$ 值代表西德州原油期貨波動顯著受到前一期殘差平方項即外生衝擊影響， $\beta$ 值代表受到前一期自身波動影響， $\beta$ 值為 0.822，表現出高程度的波動持續性。根據 GARCH-MIDAS 模型結果可以觀察到所有解釋變數在 5%顯著水準下估計參數 $\alpha, \beta$ 值皆顯著， $\beta$ 值表示短期波動具有高度持續性。滿足 $\alpha + \beta < 1$ 的條件，保證共變異數矩陣穩定。所有解釋變數的 BIC 值皆小於 GARCH(1,1)模型的 BIC 值(6373.66)，顯示 GARCH-MIDAS 模型優於 GARCH(1,1) 模型。GARCH-MIDAS 模型研究各解釋變數對西德州原油期貨之間一對一波動外溢關係，長期分量的斜率 $\theta$ 值為本模型至關重要的估計參數，代表國際金融市場變數已實現月波動對於長期西德州原油期貨日報酬外溢波動方向及大小的衡量指標。

藉由 GARCH-MIDAS 模型的 $\theta$ 值發現全樣本時期，波羅的海原油油輪運價指數、美元指數期貨、天然氣期貨、對苯二甲酸期貨、聚氯乙烯期貨、線性低密度聚乙烯期貨和聚丙烯期貨月波動會明顯影響長期西德州原油期貨日報酬波動。波羅的海原油油輪運價指數、天然氣期貨與聚丙烯期貨在 10%顯著水準之下顯著，美元指數期貨與聚氯乙烯期貨在 5%顯著水準之下顯著，對苯二甲酸期貨與線性低密度聚乙烯期貨在 1%顯著水準之下顯著，其他變數則並不顯著。波羅的海原油油輪運價指數、美元指數期貨、對苯二甲酸期貨與聚氯乙烯期貨的 $\theta$ 估計係數

為正值，意味著當波羅的海原油油輪運價指數、美元指數期貨、對苯二甲酸期貨與聚氯乙烯期貨月波動增加時，會明顯增加長期西德州原油期貨日報酬波動，代表正向波動外溢關係。其中，美元指數期貨與對苯二甲酸期貨的 $\theta$ 值較大，分別為 0.672 及 0.581，顯示全樣本時期美元指數期貨與對苯二甲酸期貨月波動對長期西德州原油期貨日報酬波動的外溢效果較劇烈。

天然氣期貨、線性低密度聚乙烯期貨與聚丙烯期貨的 $\theta$ 估計係數為負值，意味著當天然氣期貨、線性低密度聚乙烯期貨與聚丙烯期貨月波動增加時，會明顯減少長期西德州原油期貨日報酬波動，代表負向波動外溢關係。線性低密度聚乙烯期貨的 $\theta$ 值為-1.941，顯示在全樣本時期線性低密度聚乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨日報酬波動的負向外溢效果較劇烈。

最後，本研究針對 3.4 節研究假說進行檢定並彙整，表 4-6 中顯示全樣本時期國際金融市場變數對西德州原油期貨外溢效果之檢定結果。



表 4-5 全樣本時期各變數對 WTI 之 GARCH-MIDAS 結果

變數	$\mu$	$\alpha$	$\beta$	m	$\theta$	$\omega_2$	BIC	LLH
GARCH(1,1)	0.085* (0.050)	0.154*** (0.034)	0.822*** (0.035)				6373.660	-3172.280
BDI	0.174* (0.091)	0.119*** (0.000)	0.864*** (0.000)	2.510*** (0.521)	-0.006 (0.006)	20.566 (25.080)	3244.222	-1602.603
BDTI	0.166* (0.098)	0.112*** (0.002)	0.869*** (0.002)	1.808*** (0.359)	0.006* (0.003)	40.197*** (21.005)	3212.831	-1586.907
BCTI	0.196** (0.137)	0.077*** (0.020)	0.922*** (0.023)	0.056 (1.614)	-0.053 (0.048)	2.599 (2.602)	3124.814	-1542.995
SOY	0.189 (0.100)	0.124*** (0.004)	0.858*** (0.009)	5.099* (3.032)	-0.597 (0.621)	1.000 (0.696)	3139.364	-1550.270
DX	0.199 (0.159)	0.101*** (0.029)	0.898*** (0.033)	-1.377** (1.913)	0.672** (0.339)	59.078 (39.997)	3100.668	-1530.922
NG	0.172** (0.087)	0.123*** (0.013)	0.861*** (0.001)	3.338*** (1.004)	-0.020* (0.010)	13.210*** (2.967)	3127.112	-1544.144
HO	0.197 (0.146)	0.087** (0.036)	0.912*** (0.079)	-0.228 (3.583)	-0.013 (0.121)	2.955 (27.551)	3142.172	-1551.673
ET	0.183* (0.095)	0.124*** (0.001)	0.858*** (0.0004)	2.407*** (0.769)	-0.013 (0.042)	1.386*** (0.236)	3246.499	-1603.741
PTA	0.204* (0.111)	0.101*** (0.005)	0.881*** (0.000)	-5.100*** (0.513)	0.581*** (0.026)	3.118*** (1.170)	3099.540	-1530.358
PVC	0.191** (0.095)	0.128*** (0.001)	0.854*** (0.001)	0.503 (0.851)	0.131** (0.066)	6.255*** (0.785)	3135.000	-1548.088
LLDPE	0.202** (0.092)	0.100*** (0.002)	0.889*** (0.001)	22.823*** (4.439)	-1.941*** (0.412)	1.018*** (0.102)	3099.003	-1530.089
PP	0.174* (0.097)	0.124*** (0.015)	0.862*** (0.001)	5.446** (2.197)	-0.179* (0.098)	2.599*** (0.835)	3133.899	-1547.537

備註：表格為全樣本時期 GARCH-MIDAS 模型結果，設定最大滯後期為 3 個 MIDAS 年(K=36)，表格內數字顯示解釋變數之模型參數估計值，標準誤 HAC 顯示於括號()內。

\*表示在 10% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*表示在 5% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*\*表示在 1% 顯著水準之下拒絕虛無假設



表 4-6 全樣本時期各變數對 WTI 外溢效果之檢定結果

BDI	不拒絕虛無假設 $H_0$ 1.1，顯示波羅的海乾散貨運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
BDTI	拒絕虛無假設 $H_0$ 1.2，顯示在 10%顯著水準下，波羅的海原油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
BCTI	不拒絕虛無假設 $H_0$ 1.3，顯示波羅的海成品油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
SOY	不拒絕虛無假設 $H_0$ 1.4，顯示黃豆期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
DX	拒絕虛無假設 $H_0$ 1.5，顯示在 5%顯著水準下，美元指數期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
NG	拒絕虛無假設 $H_0$ 1.6，顯示在 10%顯著水準下，天然氣期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
HO	不拒絕虛無假設 $H_0$ 1.7，顯示熱燃油期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
ET	不拒絕虛無假設 $H_0$ 1.8，顯示乙醇期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
PTA	拒絕虛無假設 $H_0$ 1.9，顯示在 1%顯著水準下，對苯二甲酸期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
PVC	拒絕虛無假設 $H_0$ 1.10，顯示在 5%顯著水準下，聚氯乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
LLDPE	拒絕虛無假設 $H_0$ 1.11，顯示在 1%顯著水準下，線性低密度聚乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
PP	拒絕虛無假設 $H_0$ 1.12，顯示在 10%顯著水準下，聚丙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果

#### 第四節 GARCH-MIDAS 模型實證結果-子樣本時期

本節接續闡述美中貿易戰前與美中貿易戰延伸 COVID-19 期間 GARCH-MIDAS 模型實證結果，美中貿易戰前與美中貿易戰延伸 COVID-19 期間之最大滯後期數 K 值設定為 2 個 MIDAS 滯後年即 24 個月(K=24)。表 4-7 與表 4-8 分別代表美中貿易戰前和美中貿易戰延伸 COVID-19 期間的模型參數估計結果，同樣將西德州原油期貨 GARCH (1,1) 模型結果放入表 4-7 與表 4-8 中討論。

表 4-7 顯示美中貿易戰前實證結果，GARCH (1,1)模型結果說明在 1%顯著水準下僅有 $\beta$ 值顯著， $\beta$ 值為 0.944，西德州原油期貨僅受到過去自身波動的影響，具強烈波動記憶性與持續性。 $\alpha$ 值不顯著，表示在美中貿易戰前受消息面的外生衝擊影響並不明顯。GARCH-MIDAS 模型結果說明所有變數的 $\alpha$ 值皆不顯著，與 GARCH (1,1)模型結果一致。 $\beta$ 值僅有波羅的海成品油油輪運價指數、天然氣期貨、熱燃油期貨、聚氯乙烯期貨和線性低密度聚乙烯期貨在 1%顯著水準下顯著。觀察 $\theta$ 估計值，發現長期西德州原油期貨日報酬波動在美中貿易戰前僅受到天然氣期貨、熱燃油期貨和線性低密度聚乙烯期貨顯著外溢波動影響，其餘變數則不顯著，表示在美中貿易戰前這段期間 GARCH-MIDAS 模型捕捉到的大部分變數對西德州原油期貨外溢波動並不明顯，少數像熱燃油期貨與線性低密度聚乙烯期貨對西德州原油期貨外溢波動較為明顯。

表 4-8 顯示美中貿易戰延伸 COVID-19 期間(K=24)之實證結果，GARCH (1,1)模型結果說明在 1%顯著水準下 $\alpha$ 值與 $\beta$ 值皆顯著，代表西德州原油期貨具有 GARCH 效果，存在短期強烈波動群聚現象，根據 BIC 值判斷 GARCH-MIDAS 模型明顯優於 GARCH (1,1)模型。相較於美中貿易戰前，GARCH-MIDAS 模型結果發現美中貿易戰延伸 COVID-19 期間(K=24)，波羅的海乾散貨運價指數、波羅的海原油油輪運價指數、波羅的海成品油油輪運價指數、美元指數期貨、天然氣期貨、熱燃油期貨、乙醇期貨、對苯二甲酸期貨、聚氯乙烯期貨、線性低密度聚乙烯期貨與聚丙烯期貨月波動明顯對長期西德州原油期貨日報酬波動產生外

溢效果。其中，聚氯乙炔期貨在 5%顯著水準下顯著，聚丙烯期貨在 10%顯著水準下顯著，其餘變數則在 1%顯著水準下顯著。在這段期間，黃豆期貨對西德州原油期貨並沒有明顯波動外溢效果。所有變數皆滿足 $\alpha + \beta < 1$ 的條件，保證共變異數矩陣穩定。 $\beta$ 值在 1%顯著水準顯著，表示存在短期強烈波動持續性。更進一步分析 $\theta$ 值係數得知在美中貿易戰延伸 COVID-19 期間(K=24)，當波羅的海原油油輪運價指數、美元指數期貨、天然氣期貨、對苯二甲酸期貨、聚氯乙炔期貨與線性低密度聚乙烯期貨月波動增加時會明顯增加長期西德州原油期貨日報酬波動，代表正向波動外溢關係，美元指數期貨對長期西德州原油期貨波動的外溢效果最為劇烈(1.618)。同理，當波羅的海乾散貨運價指數、波羅的海成品油油輪運價指數、熱燃油期貨、乙醇期貨與聚丙烯期貨月波動增加時會明顯減少長期西德州原油期貨日報酬波動，代表負向波動外溢關係，聚丙烯期貨對長期西德州原油期貨存在較劇烈的負向外溢波動效果(-0.286)。

本研究想探討過去 12 個月正值 COVID-19 疫情擴散至全世界期間，國際金融市場變數對於長期西德州原油期貨日報酬波動的影響，按照 Lin & Chang (2020) 將美中貿易戰延伸 COVID-19 期間子樣本的最大滯後期數 K 值設定為 1 個 MIDAS 滯後年即 12 個月(K=12)進行分析，實證結果整理在表 4-9 中。

表 4-9 顯示美中貿易戰延伸 COVID-19 期間(K=12)之實證結果，除天然氣期貨外，所有變數的 $\alpha$ 值與 $\beta$ 值皆在 1%顯著水準下顯著，短期具有強烈波動持續性，且滿足 $\alpha + \beta < 1$ 的條件，保證共變異數矩陣穩定。根據 $\theta$ 值係數發現，波羅的海乾散貨運價指數、波羅的海原油油輪運價指數、波羅的海成品油油輪運價指數、黃豆期貨、美元指數期貨、熱燃油期貨、乙醇期貨、對苯二甲酸期貨、聚氯乙炔期貨、線性低密度聚乙烯期貨與聚丙烯期貨月波動顯著影響長期西德州原油期貨日報酬波動。波羅的海成品油油輪運價指數、美元指數期貨與對苯二甲酸期貨在 1%顯著水準下顯著，波羅的海乾散貨運價指數與聚氯乙炔期貨在 5%顯著水準下顯著，波羅的海原油油輪運價指數、黃豆期貨、熱燃油期貨、乙醇期貨、線性低密度聚乙烯期貨與聚丙烯期貨則在 10%顯著水準下顯著。黃豆期貨在過去 12 個

月 COVID-19 疫情爆發時才顯著影響長期西德州原油期貨日報酬波動。然而，天然氣期貨在這段期間外溢效果並不顯著。 $\theta$ 值係數說明，當波羅的海原油油輪運價指數、黃豆期貨、美元指數期貨、乙醇期貨、對苯二甲酸期貨、聚氯乙烯期貨與聚丙烯期貨月波動增加時會明顯增加長期西德州原油期貨日報酬波動，代表正向波動外溢關係，美元指數期貨存在較劇烈的外溢波動效果(1.281)。同理，當波羅的海乾散貨運價指數、波羅的海成品油油輪運價指數、熱燃油期貨與線性低密度聚乙烯期貨月波動增加時會明顯減少長期西德州原油期貨日報酬波動，代表負向波動外溢關係。

在子樣本中，各市場變數估計參數 $\theta$ 值的正負值變化也是本研究值得探討的重點。以美中貿易戰前與美中貿易戰延伸 COVID-19 期間(K=24)做對比，能夠發現線性低密度聚乙烯期貨在兩時期 $\theta$ 值係數由-0.805 轉變至 0.783，表示兩時期線性低密度聚乙烯期貨風險不確定性愈強烈，皆會帶動西德州原油期貨價格波動但外溢效果相反。然而，在美中貿易戰延伸 COVID-19 期間(K=24)及(K=12)之結果發現，線性低密度聚乙烯期貨 $\theta$ 值係數由 0.783 轉變至-0.165，再次對西德州原油期貨產生負向外溢波動效果。同理，乙醇期貨與聚丙烯期貨也出現 $\theta$ 值係數正負值變化的現象。乙醇期貨 $\theta$ 值係數由-0.278 轉變至 0.026，聚丙烯期貨 $\theta$ 值係數由-0.286 轉變至 0.046，代表兩個子樣本之乙醇期貨與聚丙烯期貨風險不確定性愈強烈，皆會帶動西德州原油期貨價格波動但外溢效果相反。

最後，本研究針對 3.4 節研究假說進行檢定並彙整，表 4-10 至表 4-12 中顯示美中貿易戰前、美中貿易戰延伸 COVID-19 期間各變數對西德州原油期貨外溢效果之檢定結果。

表 4-7 美中貿易戰前各變數對 WTI 之 GARCH-MIDAS 結果

變數	$\mu$	$\alpha$	$\beta$	m	$\theta$	$\omega_2$	BIC	LLH
GARCH(1,1)	0.097 (0.071)	0.055 (0.064)	0.944*** (0.085)				2535.200	-1254.820
BDI	0.166 (0.189)	0.000 (0.120)	0.360 (0.243)	-1.269 (1.416)	0.083 (0.064)	5.334*** (1.046)	260.488	-117.542
BDTI	0.180 (0.180)	0.000 (0.144)	0.350 (0.287)	-0.388 (0.709)	0.064 (0.048)	5.290*** (1.148)	264.304	-117.333
BCTI	0.133 (0.206)	0.000 (0.152)	0.964*** (0.077)	0.262 (15.113)	-0.051 (0.472)	3.161 (12.077)	265.751	-118.056
SOY	0.170 (0.200)	0.000 (0.202)	0.339 (0.275)	2.658 (3.036)	-0.617 (0.874)	12.193*** (6.145)	264.395	-117.378
DX	0.152 (0.275)	0.000 (0.541)	0.474 (0.760)	-1.480 (4.352)	2.988 (7.924)	27.131 (17.310)	263.225	-116.793
NG	0.239 (0.164)	0.000 (0.134)	0.820*** (0.130)	-2.587** (1.290)	0.091** (0.040)	4.956*** (1.013)	260.787	-117.691
HO	0.205 (0.172)	0.000 (0.143)	0.834*** (0.108)	6.145*** (1.741)	-0.418*** (0.046)	1.556*** (0.549)	263.766	-119.181
ET	0.174 (0.193)	0.000 (0.155)	0.343 (0.243)	2.950 (7.544)	-0.307 (0.970)	3.264*** (0.394)	265.612	-117.987
PTA	0.170 (0.189)	0.000 (0.169)	0.351 (0.283)	3.274 (2.743)	-0.589 (0.579)	11.461** (5.163)	264.210	-117.256
PVC	0.134 (0.175)	0.000 (0.118)	0.980*** (0.070)	0.303 (6.203)	-0.054 (0.200)	3.644*** (0.165)	264.351	-117.356
LLDPE	0.202 (0.138)	0.000 (0.101)	0.799*** (0.112)	7.797*** (2.693)	-0.805*** (0.292)	1.697*** (0.471)	260.453	-117.524
PP	0.175 (0.185)	0.000 (0.100)	0.330 (0.267)	0.713 (0.839)	-0.008 (0.044)	1.000 (2.616)	266.811	-118.586

備註:表格為美中貿易戰前 GARCH-MIDAS 模型結果，設定最大滯後期為 2 個 MIDAS 年(K=24)，表格內數字顯示解釋變數之模型參數估計值，標準誤 HAC 顯示於括號()內。

\*表示在 10% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*表示在 5% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*\*表示在 1% 顯著水準之下拒絕虛無假



表 4-8 美中貿戰至 COVID-19 各變數對 WTI 之 GARCH-MIDAS 結果(K=24)

變數	$\mu$	$\alpha$	$\beta$	m	$\theta$	$\omega_2$	BIC	LLH
GARCH(1,1)	0.065 (0.069)	0.184*** (0.050)	0.796*** (0.045)				3853.050	-1913.050
BDI	0.279** (0.113)	0.080 (0.067)	0.878*** (0.029)	8.568*** (2.474)	-0.117*** (0.037)	1.784*** (0.281)	1419.643	-692.833
BDTI	0.251** (0.107)	0.091*** (0.003)	0.894*** (0.003)	1.803*** (0.236)	0.008*** (0.002)	3.140** (3.705)	1415.199	-690.611
BCTI	0.268** (0.114)	0.052* (0.027)	0.913*** (0.025)	5.864*** (1.390)	-0.069*** (0.025)	1.078*** (0.370)	1403.580	-684.801
SOY	0.248** (0.112)	0.146*** (0.0002)	0.853*** (0.0002)	1.388 (4.505)	0.687 (0.927)	1.541** (0.751)	1422.895	-694.458
DX	0.187 (0.116)	0.278 (0.228)	0.650*** (0.205)	1.193 (1.031)	1.618*** (0.368)	21.235*** (5.898)	1412.452	-689.237
NG	0.316*** (0.114)	0.017 (0.068)	0.909*** (0.066)	0.255** (0.429)	0.011*** (0.004)	2.585* (2.533)	1424.310	-695.166
HO	0.267** (0.113)	0.047* (0.025)	0.920*** (0.023)	6.394*** (1.456)	-0.026*** (0.009)	1.419*** (0.437)	1398.815	-682.419
ET	0.289*** (0.120)	0.081*** (0.022)	0.890*** (0.005)	10.386*** (2.896)	-0.278*** (0.078)	2.668*** (0.475)	1402.385	-684.204
PTA	0.272** (0.124)	0.041 (0.026)	0.929*** (0.031)	0.395 (0.468)	0.108*** (0.028)	21.491*** (4.494)	1409.485	-687.754
PVC	0.285** (0.111)	0.138*** (0.000)	0.861*** (0.0006)	-5.206 (1.925)	0.852** (0.338)	2.810*** (0.968)	1410.148	-688.085
LLDPE	0.254** (0.115)	0.147*** (0.0006)	0.850*** (0.000)	-4.393 (3.416)	0.783*** (0.290)	1.000*** (0.168)	1416.732	-691.377
PP	0.261** (0.120)	0.144*** (0.0001)	0.856*** (0.0008)	9.940*** (2.898)	-0.286* (0.167)	2.730* (1.463)	1415.243	-690.633

備註:表格為美中貿易戰延伸至 COVID-19 期間 GARCH-MIDAS 模型結果,設定最大滯後期為 2 個 MIDAS 年(K=24),表格內數字顯示解釋變數之模型參數估計值,標準誤 HAC 顯示於括號()內。

\*表示在 10% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*表示在 5% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*\*表示在 1% 顯著水準之下拒絕虛無假設



表 4-9 美中貿易戰至 COVID-19 各變數對 WTI 之 GARCH-MIDAS 結果(K=12)

變數	$\mu$	$\alpha$	$\beta$	m	$\theta$	$\omega_2$	BIC	LLH
GARCH(1,1)	0.065 (0.069)	0.184*** (0.050)	0.796*** (0.045)				3853.050	-1913.050
BDI	0.165 (0.150)	0.092*** (0.020)	0.907*** (0.024)	-0.506 (0.836)	-0.027** (0.013)	2.463*** (0.494)	3044.283	-1502.843
BDTI	0.141*** (0.123)	0.120*** (0.014)	0.854*** (0.013)	1.660*** (0.461)	0.007* (0.004)	12.547*** (9.553)	2869.736	-1415.779
BCTI	0.161 (0.169)	0.087*** (0.023)	0.914*** (0.027)	-1.386** (0.619)	-0.018*** (0.007)	2.664*** (0.775)	2871.125	-1416.473
SOY	0.137 (0.119)	0.124*** (0.015)	0.856*** (0.083)	1.561 (1.263)	0.097* (0.055)	74.847** (32.703)	2899.340	-1430.581
DX	0.145 (0.117)	0.208*** (0.081)	0.688*** (0.019)	1.360*** (0.480)	1.281*** (0.316)	14.568*** (4.079)	2839.525	-1400.674
NG	0.145 (0.186)	0.093 (0.023)	0.906*** (0.025)	-0.148 (2.184)	-0.026 (0.027)	2.418*** (0.698)	2899.762	-1430.792
HO	0.152 (0.173)	0.092*** (0.021)	0.907*** (0.025)	-1.594** (0.657)	-0.005* (0.003)	2.143** (0.858)	2889.492	-1425.657
ET	0.116 (0.124)	0.120*** (0.005)	0.856*** (0.027)	1.275 (0.894)	0.026* (0.016)	10.957*** (9.487)	2876.362	-1419.092
PTA	0.087 (0.096)	0.114*** (0.038)	0.615*** (0.203)	0.453** (0.206)	0.127*** (0.019)	14.640*** (2.683)	2774.023	-1367.923
PVC	0.186* (0.107)	0.146*** (0.001)	0.834*** (0.001)	-0.510 (1.317)	0.201** (0.094)	1.805*** (0.278)	2967.686	-1464.647
LLDPE	0.170 (0.159)	0.105*** (0.023)	0.894*** (0.030)	0.013 (2.470)	-0.165* (0.099)	1.270 (0.836)	3042.919	-1502.161
PP	0.184* (0.109)	0.116*** (0.004)	0.865*** (0.034)	1.464 (0.917)	0.046* (0.028)	9.857*** (2.020)	2807.719	-1384.881

備註:表格為美中貿易戰延伸 COVID-19 期間 GARCH-MIDAS 模型結果，設定最大滯後期為 1 個 MIDAS 年(K=12)，表格內數字顯示解釋變數之模型參數估計值，標準誤 HAC 顯示於括號()內。

\*表示在 10% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*表示在 5% 顯著水準之下拒絕虛無假設

\*\*\*表示在 1% 顯著水準之下拒絕虛無假設

表 4-10 美中貿戰前各變數對 WTI 外溢效果之檢定結果

BDI	不拒絕虛無假設 $H_0$ 2.1，顯示波羅的海乾散貨運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
BDTI	不拒絕虛無假設 $H_0$ 2.2，顯示波羅的海原油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
BCTI	不拒絕虛無假設 $H_0$ 2.3，顯示波羅的海成品油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
SOY	不拒絕虛無假設 $H_0$ 2.4，顯示黃豆期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
DX	不拒絕虛無假設 $H_0$ 2.5，顯示美元指數期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
NG	拒絕虛無假設 $H_0$ 2.6，顯示在 5%顯著水準下，天然氣期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
HO	拒絕虛無假設 $H_0$ 2.7，顯示在 1%顯著水準下，熱燃油期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
ET	不拒絕虛無假設 $H_0$ 2.8，顯示乙醇期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
PTA	不拒絕虛無假設 $H_0$ 2.9，顯示對苯二甲酸期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
PVC	不拒絕虛無假設 $H_0$ 2.10，顯示聚氯乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
LLDPE	拒絕虛無假設 $H_0$ 2.11，顯示在 1%顯著水準下，線性低密度聚乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
PP	不拒絕虛無假設 $H_0$ 2.12，顯示聚丙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果

表 4-11 美中貿戰至 COVID-19 各變數對 WTI 外溢效果之檢定結果(K=24)

BDI	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.1，顯示在 1%顯著水準下，波羅的海乾散貨運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
BDTI	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.2，顯示在 1%顯著水準下，波羅的海原油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
BCTI	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.3，顯示在 1%顯著水準下，波羅的海成品油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
SOY	不拒絕虛無假設 $H_0$ 3.4，顯示黃豆期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
DX	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.5，顯示在 1%顯著水準下，美元指數期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
NG	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.6，顯示在 1%顯著水準下，天然氣期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
HO	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.7，顯示在 1%顯著水準下，熱燃油期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
ET	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.8，顯示在 1%顯著水準下，乙醇期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
PTA	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.9，顯示在 1%顯著水準下，對苯二甲酸期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
PVC	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.10，顯示在 5%顯著水準下，聚氯乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
LLDPE	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.11，顯示在 1%顯著水準下，線性低密度聚乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
PP	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.12，顯示在 10%顯著水準下，聚丙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果

表 4-12 美中貿戰至 COVID-19 各變數對 WTI 外溢效果之檢定結果(K=12)

BDI	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.1，顯示在 5%顯著水準下，波羅的海乾散貨運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
BDTI	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.2，顯示在 10%顯著水準下，波羅的海原油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
BCTI	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.3，顯示在 1%顯著水準下，波羅的海成品油油輪運價指數月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
SOY	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.4，顯示在 10%顯著水準下，黃豆期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
DX	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.5，顯示在 1%顯著水準下，美元指數期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
NG	不拒絕虛無假設 $H_0$ 3.6，顯示天然氣期貨月波動對長期西德州原油期貨波動不存在外溢效果
HO	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.7，顯示在 10%顯著水準下，熱燃油期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
ET	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.8，顯示在 10%顯著水準下，乙醇期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
PTA	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.9，顯示在 1%顯著水準下，對苯二甲酸期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
PVC	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.10，顯示在 5%顯著水準下，聚氯乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
LLDPE	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.11，顯示在 10%顯著水準下，線性低密度聚乙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果
PP	拒絕虛無假設 $H_0$ 3.12，顯示在 10%顯著水準下，聚丙烯期貨月波動對長期西德州原油期貨波動存在外溢效果

## 第五章 結論與建議

本章將對於本研究內容進行總結，共分為兩節。第一節論述由學術上新穎的 GARCH-MIDAS 模型實證結果得到之研究發現與經濟意涵，第二節說明本研究過程中面臨到之研究限制並針對研究內容提出未來相關研究之建議。

### 第一節 研究發現與經濟意涵

本研究運用 GARCH-MIDAS 模型探討長期西德州原油期貨日報酬波動在全樣本時期、美中貿易戰前以及美中貿易戰期間是否受到國際金融市場變數月波動外溢效果影響。國際金融市場分為航運金融市場、農產品市場、外匯市場、成品油市場、生質燃料市場、塑膠原料市場，六個國際金融市場。隨著 COVID-19 疫情蔓延嚴重衝擊到全世界經濟活動，屬於近期相當重要的經濟事件，本研究美中貿易戰期間子樣本延伸探討 COVID-19 疫情對原油市場的衝擊。

全樣本時期西德州原油期貨受到波羅的海原油油輪運價指數、美元指數期貨、天然氣期貨、對苯二甲酸期貨、聚氯乙烯期貨、線性低密度聚乙烯期貨與聚丙烯期貨月波動外溢效果影響。美中貿易戰前，西德州原油期貨僅受到成品油市場的天然氣期貨、熱燃油期貨以及塑膠原料市場的線性低密度聚乙烯期貨月波動外溢效果影響。美中貿易戰延伸 COVID-19 期間(K=24)，各市場變數月波動皆顯著影響西德州原油波動，僅黃豆期貨在這段期間不顯著。美中貿易戰延伸 COVID-19 期間(K=12)，各市場變數月波動皆顯著影響西德州原油波動，僅天然氣期貨在這段期間不顯著。

航運金融市場的原油油輪市場，負責運輸原油至全世界。波羅的海原油油輪運價指數為簽訂運送契約當下各油輪船型其航行不同路線的參考運價，屬於現貨價格概念。Li et al. (2014)發現油輪運價在歷史上經歷多次明顯的波動和震盪，大部分原因是對原油需求的不確定性所導致。因此，當波羅的海原油油輪運價指數發生劇烈波動時，表示原油油輪市場對當時原油需求高度不確定性，原油市場不確定性連帶會影響原油期貨商品上。波羅的海原油油輪運價指數在全樣本時期、



美中貿易戰延伸 COVID-19 期間顯著，可以解釋首先原油市場波動外溢傳導至原油油輪市場，波羅的海原油油輪運價指數月波動進一步對下個月西德州原油期貨產生外溢波動效果，但整體來看波動影響程度有限。過去文獻結果多為原油市場對原油油輪市場的傳遞關係，本研究發現波羅的海原油油輪運價指數對長期西德州原油期貨也具有波動外溢效果。結合之前文獻的研究結果，可知原油市場對原油油輪市場相較於原油油輪市場對原油市場波動傳遞程度較大。

同樣地，成品油價格波動會反映在波羅的海成品油油輪運價指數波動上，顯示全球對成品油需求。原油為提煉成品油的初始原料，原油價格與成品油價格會產生連動關係，進而影響成品油油輪市場，屬於單向傳遞特性。Vacha & Barunik (2012)發現熱燃油與原油長期存在強烈連動關係，本研究發現在美中貿易戰延伸 COVID-19 期間，熱燃油期貨對長期西德州原油期貨產生明顯負向波動外溢效果，在波羅的海成品油油輪運價指數同樣可以觀察到此效果。說明發生經濟事件時，熱燃油期貨與西德州原油期貨之間具有避險效果。

Karali & Ramirez (2014)發現 1994 年至 2011 年間西德州原油期貨與天然氣期貨之間存在雙向波動外溢效果，本研究發現在 2016-2021 年間天然氣期貨對西德州原油期貨仍存在外溢效果，並發現天然氣期貨與西德州原油期貨在此期間內波動大小呈現負向關係，顯示兩者長期來看具備避險商品的投資特性。

航運金融市場的乾散裝運價指數在美中貿易戰延伸 COVID-19 期間(K=24)及(K=12)皆顯著，表示乾散裝航運市場在這兩個子樣本時期皆對原油市場產生波動外溢效果。美中貿易戰期間，美國與中國針對雙方出口的產品進行加徵關稅措施，其中美國 232 措施對於進口至美國的鋼鐵加稅 25%，中國對於美國農產品加稅 25%，屬於乾散裝航運市場負責運輸品項，後續雙方再針對多項產品實施報復性徵稅。根據 Tsouknidis (2016)研究結果，本研究認為在美中貿易戰延伸 COVID-19 期間，原油油輪市場與乾散裝航運市場之間可能存在動態外溢效果，進而影響西德州原油期貨波動。乾散裝航運市場對於原油市場外溢波動負向效果與成品油油輪市場一致，而原油油輪市場與原油市場之間直接運輸關連性會呈現外溢



波動正向效果。Wang et al. (2017)將波羅的海乾散貨運價指數建構實質全球經濟活動指標，表示乾散裝航運市場對於原油市場影響取決於全球景氣對乾散裝航運市場的衝擊。當發生經濟事件時，此種間接關連性導致的外溢波動負向效果，可做為未來評估西德州原油期貨波動大小的依據。Lin & Chang (2020)發現波羅的海乾散貨運價指數對美國石油指數基金與貝萊德世界能源基金 A2 呈現外溢波動正向效果，結合本研究發現，說明在經濟事件期間西德州原油期貨與美國石油指數基金與貝萊德世界能源基金 A2 可能具備投資避險特性。

農產品市場的黃豆為美中貿易戰受到經濟制裁的商品，但在美中貿易戰延伸 COVID-19 期間(K=24)卻不顯著，而在美中貿易戰延伸 COVID-19 期間(K=12)顯著。說明過去 12 個月 COVID-19 疫情迅速蔓延全球，各國採取停工、封城來圍堵疫情擴大，影響全球糧食的布局。全球疫情對糧食衝擊面外溢到原油市場。疫情帶來全球經濟衝擊與過去區域性經濟衝擊原因大不相同，美中貿易戰期間相較之下主要為兩國之間的貿易限制，黃豆影響原油的波動能力並不明顯。原油價格波動會連動到農業生產成本的化學肥料上，提高農產品的生產成本。Algieri & Leccadito (2017)表示原油對農產品市場的外溢性，原油市場比農產品市場貢獻更大的風險傳導。因此，本研究認為在全樣本時期、美中貿易戰前應為原油對農產品黃豆的單向外溢傳遞關係。

生質燃料市場的乙醇期貨在美中貿易戰延伸 COVID-19 期間(K=24)及(K=12)皆顯著，但兩個子樣本期間對西德州原油期貨外溢波動呈現相反效果。美中貿易戰期間，美國農產品被加徵關稅，當乙醇期貨的風險不確定性提高，傳遞至西德州原油期貨波動反而減少，表示對全球原油供需衝擊有限，原油市場相對於生質燃料市場具有避險效果。在過去 12 個月 COVID-19 疫情爆發時，乙醇期貨傳遞至西德州原油期貨正向外溢波動，說明疫情對於全球能源市場同步造成衝擊。

外匯市場方面，國際原油市場以美元計價，為原油價格波動的重要原因。Zhang et al. (2008)說明原油市場與外匯市場之間存在長期均衡共整合關係，本研究認為美元指數期貨顯著影響西德州原油期貨結果合理，外匯市場的美元指數期

貨波動時，會傳遞外溢效果至原油市場的西德州原油期貨產生連動趨勢。本研究發現美元指數期貨對西德州原油期貨具有正向波動外溢效果，表示當前美元強弱走勢不確定性提高，連帶造成未來西德州原油期貨波動性增加。在經濟事件發生時，西德州原油期貨波動的程度更加劇烈。

塑膠原料市場的對苯二甲酸期貨、聚氯乙烯期貨、線性低密度聚乙烯期貨與聚丙烯期貨在全樣本時期、美中貿易戰延伸 COVID-19 期間顯著，說明塑膠原料市場對原油市場存在波動外溢效果。長期來看，塑膠原料市場為石化產業中相當重要的一環，反映全球製造業對塑膠相關製品整體需求，對於未來原油市場的波動是明顯的，表示全球製造業景氣會影響原油進口國的用油策略。美中貿易戰期間，美國針對中國塑膠產品、化學品與紡織品徵稅，衝擊到塑膠原料市場。各時期塑膠原料市場對西德州原油期貨外溢波動程度，主要與當時對何種塑膠原料的終端產品造成衝擊。Masih et al. (2010)發現西德州原油與區域性乙烯現貨價格間存在共整合關係，本研究進一步發現經過聚合的線性低密度聚乙烯期貨與西德州原油期貨之間存在波動外溢效果。全樣本期間，線性低密度聚乙烯期貨與西德州原油期貨之間存在強烈負向外溢波動特性。長時間來說，線性低密度聚乙烯期貨為塑膠原料市場對原油市場重要的避險指標。

## 第二節 研究限制與未來建議

本研究過程受到資料蒐集限制，國際金融市場的變數資料有時候會發生開盤日不一致的情況，特別是研究變數多為美國與中國的商品期貨資料，導致某段期間資料會存在有缺失值的問題，必須將資料調整為開盤日一致的數據才能進行實證分析，容易會有偏誤的問題產生。COVID-19 疫情為目前正在發生中的經濟事件，子樣本蒐集期間因而受到限制，未來可以持續探討 COVID-19 疫情的影響，子樣本期間也會較為完整。

本研究探討跨原油市場與國際金融市場間之外溢效果，國際金融市場挑選與原油市場相關性高的市場進行實證分析。原油為石化產業的初始原料，本研究認為石化產業鏈上至下游端屬於相當重要且複雜的一塊，牽涉到許多製造業的關鍵原料。在本研究中石化產業端對於原油價格波動影響僅為其中的冰山一角，未來相關研究想繼續在石化產業對原油市場上鑽研，建議可以將石化產業上至下游再細分成不同的子市場加以深入探討，也可從循環經濟的角度去探討可回收塑膠市場對石化產業的影響。此外，電動車為當前各國積極研發的替代能源車輛，試圖減少對石化能源的依賴性。特斯拉(Tesla)為全球電動車龍頭公司，未來可以考慮將特斯拉公司股價加入替代能源市場當研究變數。在方法論上，目前 GARCH-MIDAS 模型在學術上仍為新穎的方法論，本研究認為可以持續在此實證模型上多加著墨。

本研究內容上或許有不足的地方，未來相關研究上若有幸以本研究作為參考，期許藉由本研究結果可以提供學術上一些研究貢獻或研究方向，進而改善本研究可能存在之缺口。

## 參考文獻

- Adland, R., & Cullinane, K. (2006). The non-linear dynamics of spot freight rates in tanker markets. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 42(3), 211-224.
- Algieri, B., & Leccadito, A. (2017). Assessing contagion risk from energy and non-energy commodity markets. *Energy Economics*, 62, 312-322.
- Alizadeh, A., & Nomikos, N. (2009). *Shipping derivatives and risk management*. Springer.
- Alizadeh, A. H., & Nomikos, N. K. (2004). Cost of carry, causality and arbitrage between oil futures and tanker freight markets. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40(4), 297-316.
- Alizadeh, A. H., Huang, C. Y., & van Dellen, S. (2015). A regime switching approach for hedging tanker shipping freight rates. *Energy Economics*, 49, 44-59.
- Alizadeh, A. H., Nomikos, N. K., & Pouliasis, P. K. (2008). A Markov regime switching approach for hedging energy commodities. *Journal of Banking & Finance*, 32(9), 1970-1983.
- Asgharian, H., Hou, A. J., & Javed, F. (2013). The importance of the macroeconomic variables in forecasting stock return variance: A GARCH-MIDAS approach. *Journal of Forecasting*, 32(7), 600-612.
- Asgharian, H., Christiansen, C., & Hou, A. J. (2015). Effects of macroeconomic uncertainty on the stock and bond markets. *Finance Research Letters*, 13, 10-16.
- Atil, A., Lahiani, A., & Nguyen, D. K. (2014). Asymmetric and nonlinear pass-through of crude oil prices to gasoline and natural gas prices. *Energy Policy*, 65, 567-573.
- Bakas, D., & Triantafyllou, A. (2018). The impact of uncertainty shocks on the volatility of commodity prices. *Journal of International Money and Finance*, 87, 96-111.
- Bakas, D., & Triantafyllou, A. (2020). Commodity price volatility and the economic uncertainty of pandemics. *Economics Letters*, 193, 109283.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of econometrics*, 31(3), 307-327.
- Chang, C. L., McAleer, M., & Tansuchat, R. (2010). Analyzing and forecasting volatility spillovers, asymmetries and hedging in major oil markets. *Energy Economics*, 32(6), 1445-1455.
- Chang, C. L., McAleer, M., & Tansuchat, R. (2011). Crude oil hedging strategies using dynamic multivariate GARCH. *Energy Economics*, 33(5), 912-923.

- Chang, H. F., Huang, L. C., & Chin, M. C. (2013). Interactive relationships between crude oil prices, gold prices, and the NT–US dollar exchange rate—A Taiwan study. *Energy policy*, *63*, 441-448.
- Chang, T. H., & Su, H. M. (2010). The substitutive effect of biofuels on fossil fuels in the lower and higher crude oil price periods. *Energy*, *35*(7), 2807-2813.
- Chen, F., Miao, Y., Tian, K., Ding, X., & Li, T. (2017). Multifractal cross-correlations between crude oil and tanker freight rate. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *474*, 344-354.
- Chen, S., Meersman, H., & Van de Voorde, E. (2010). Dynamic interrelationships in returns and volatilities between Capesize and Panamax markets. *Maritime Economics & Logistics*, *12*(1), 65-90.
- Chiu, F. P., Hsu, C. S., Ho, A., & Chen, C. C. (2016). Modeling the price relationships between crude oil, energy crops and biofuels. *Energy*, *109*, 845-857.
- Chong, J., & Miffre, J. (2010). Conditional return correlations between commodity futures and traditional assets. *Journal of Alternative Investments*, *12*(3), 61-75.
- Conrad, C., Custovic, A., & Ghysels, E. (2018). Long-and short-term cryptocurrency volatility components: A GARCH-MIDAS analysis. *Journal of Risk and Financial Management*, *11*(2), 23.
- Conrad, C., & Loch, K. (2015). The variance risk premium and fundamental uncertainty. *Economics Letters*, *132*, 56-60.
- Demirer, R., Kutan, A. M., & Shen, F. (2012). The effect of ethanol listing on corn prices: Evidence from spot and futures markets. *Energy economics*, *34*(5), 1400-1406.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, *74*(366a), 427-431.
- Diebold, F. X., & Yilmaz, K. (2009). Measuring financial asset return and volatility spillovers, with application to global equity markets. *The Economic Journal*, *119*(534), 158-171.
- Diebold, F. X., & Yilmaz, K. (2012). Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers. *International Journal of forecasting*, *28*(1), 57-66.
- Ding, L., & Vo, M. (2012). Exchange rates and oil prices: A multivariate stochastic volatility analysis. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, *52*(1), 15-37.
- Drobtz, W., Richter, T., & Wambach, M. (2012). Dynamics of time-varying volatility in the dry bulk and tanker freight markets. *Applied financial economics*, *22*(16), 1367-1384.



- Drobetz, W., Schilling, D., & Tegtmeier, L. (2010). Common risk factors in the returns of shipping stocks. *Maritime Policy & Management*, 37(2), 93-120.
- Du, X., Cindy, L. Y., & Hayes, D. J. (2011). Speculation and volatility spillover in the crude oil and agricultural commodity markets: A Bayesian analysis. *Energy Economics*, 33(3), 497-503.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 987-1007.
- Engle, R. F., Ghysels, E., & Sohn, B. (2013). Stock market volatility and macroeconomic fundamentals. *Review of Economics and Statistics*, 95(3), 776-797.
- Engle, R. F., & Rangel, J. G. (2008). The spline-GARCH model for low-frequency volatility and its global macroeconomic causes. *The review of financial studies*, 21(3), 1187-1222.
- Ewing, B. T., Malik, F., & Ozfidan, O. (2002). Volatility transmission in the oil and natural gas markets. *Energy Economics*, 24(6), 525-538.
- Fang, T., Lee, T. H., & Su, Z. (2020). Predicting the long-term stock market volatility: A GARCH-MIDAS model with variable selection. *Journal of Empirical Finance*, 58, 36-49.
- Ghysels, E., Santa-Clara, P., & Valkanov, R. (2005). There is a risk-return trade-off after all. *Journal of Financial Economics*, 76(3), 509-548.
- Ghysels, E., Sinko, A., & Valkanov, R. (2007). MIDAS regressions: Further results and new directions. *Econometric reviews*, 26(1), 53-90.
- Girardin, E., & Joyeux, R. (2013). Macro fundamentals as a source of stock market volatility in China: A GARCH-MIDAS approach. *Economic Modelling*, 34, 59-68.
- Glosten, L. R., Jagannathan, R., & Runkle, D. E. (1993). On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. *The journal of finance*, 48(5), 1779-1801.
- Gorton, G., & Rouwenhorst, K. G. (2006). Facts and fantasies about commodity futures. *Financial Analysts Journal*, 62(2), 47-68.
- Gu, F., Wang, J., Guo, J., & Fan, Y. (2020). Dynamic linkages between international oil price, plastic stock index and recycle plastic markets in China. *International Review of Economics & Finance*, 68, 167-179.
- Jadidzadeh, A., & Serletis, A. (2017). How does the US natural gas market react to demand and supply shocks in the crude oil market?. *Energy Economics*, 63, 66-74.
- Ji, Q., & Fan, Y. (2011). A dynamic hedging approach for refineries in multiproduct oil



- markets. *Energy*, 36(2), 881-887.
- Ji, Q., Zhang, X., & Zhu, Y. (2020). Multifractal analysis of the impact of US–China trade friction on US and China soy futures markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 542, 123222.
- Jiang, J., Marsh, T. L., & Tozer, P. R. (2015). Policy induced price volatility transmission: Linking the US crude oil, corn and plastics markets. *Energy economics*, 52, 217-227.
- Junttila, J., Pesonen, J., & Raatikainen, J. (2018). Commodity market based hedging against stock market risk in times of financial crisis: The case of crude oil and gold. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 56, 255-280.
- Kang, S. H., McIver, R., & Yoon, S. M. (2017). Dynamic spillover effects among crude oil, precious metal, and agricultural commodity futures markets. *Energy Economics*, 62, 19-32.
- Karali, B., & Ramirez, O. A. (2014). Macro determinants of volatility and volatility spillover in energy markets. *Energy Economics*, 46, 413-421.
- Kavussanos, M. G., & Visvikis, I. D. (2006). Shipping freight derivatives: a survey of recent evidence. *Maritime Policy & Management*, 33(3), 233-255.
- Kavussanos, M. G., & Nomikos, N. K. (1999). The forward pricing function of the shipping freight futures market. *Journal of Futures Markets: Futures, Options, and Other Derivative Products*, 19(3), 353-376.
- Kilian, L. (2009). Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market. *American Economic Review*, 99(3), 1053-69.
- Lee, T. K., & Zyren, J. (2007). Volatility relationship between crude oil and petroleum products. *Atlantic Economic Journal*, 35(1), 97-112.
- Lee, Y. H., Hu, H. N., & Chiou, J. S. (2010). Jump dynamics with structural breaks for crude oil prices. *Energy Economics*, 32(2), 343-350.
- Li, K. X., Qi, G., Shi, W., Yang, Z., Bang, H. S., Woo, S. H., & Yip, T. L. (2014). Spillover effects and dynamic correlations between spot and forward tanker freight markets. *Maritime Policy & Management*, 41(7), 683-696.
- Lin, A. J., & Chang, H. Y. (2020). Volatility transmission from equity, bulk shipping, and commodity markets to oil ETF and energy fund—A GARCH-MIDAS model. *Mathematics*, 8(9), 1534.
- Lin, F. L., Chen, Y. F., & Yang, S. Y. (2016). Does the value of US dollar matter with the price of oil and gold? A dynamic analysis from time–frequency space. *International Review of Economics & Finance*, 43, 59-71.
- Ljung, G. M., & Box, G. E. (1978). On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika*, 65(2), 297-303.

- Ma, Y., Duan, Q., & Wu, H. (2021). Does a stock's name affect its return? Evidence from the Chinese stock market during the China–US trade conflict. *Finance Research Letters*, 40, 101733.
- Masih, M., Algahtani, I., & De Mello, L. (2010). Price dynamics of crude oil and the regional ethylene markets. *Energy Economics*, 32(6), 1435-1444.
- McPhail, L. L. (2011). Assessing the impact of US ethanol on fossil fuel markets: A structural VAR approach. *Energy Economics*, 33(6), 1177-1185.
- Mitchell, D. (2008). A note on rising food prices. *World bank policy research working paper*, (4682).
- Mo, B., Nie, H., & Jiang, Y. (2018). Dynamic linkages among the gold market, US dollar and crude oil market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 491, 984-994.
- Nelson, D. B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 347-370.
- Niu, H., & Wang, J. (2017). Return volatility duration analysis of NYMEX energy futures and spot. *Energy*, 140, 837-849.
- Pan, Z., Wang, Y., & Yang, L. (2014). Hedging crude oil using refined product: A regime switching asymmetric DCC approach. *Energy economics*, 46, 472-484.
- Perron, P., & Phillips, P. C. (1987). Does GNP have a unit root?: A re-evaluation. *Economics Letters*, 23(2), 139-145.
- Poulakidas, A., & Joutz, F. (2009). Exploring the link between oil prices and tanker rates. *Maritime Policy & Management*, 36(3), 215-233.
- Prokopczuk, M., Stancu, A., & Symeonidis, L. (2019). The economic drivers of commodity market volatility. *Journal of International Money and Finance*, 98, 102063.
- Reboredo, J. C., Rivera-Castro, M. A., & Zebende, G. F. (2014). Oil and US dollar exchange rate dependence: A detrended cross-correlation approach. *Energy Economics*, 42, 132-139.
- Ruan, Q., Wang, Y., Lu, X., & Qin, J. (2016). Cross-correlations between Baltic Dry Index and crude oil prices. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 453, 278-289.
- Said, S. E., & Dickey, D. A. (1984). Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order. *Biometrika*, 71(3), 599-607.
- Salisu, A. A., & Mobolaji, H. (2013). Modeling returns and volatility transmission between oil price and US-Nigeria exchange rate. *Energy Economics*, 39, 169-176.
- Serletis, A., & Xu, L. (2019). The ethanol mandate and crude oil and biofuel agricultural commodity price dynamics. *Journal of Commodity Markets*, 15, 100068.

- Suenaga, H., & Smith, A. (2011). Volatility dynamics and seasonality in energy prices: Implications for crack-spread price risk. *The Energy Journal*, 32(3).
- Suenaga, H., Smith, A., & Williams, J. (2008). Volatility dynamics of NYMEX natural gas futures prices. *Journal of Futures Markets: Futures, Options, and Other Derivative Products*, 28(5), 438-463.
- Sukcharoen, K., & Leatham, D. J. (2017). Hedging downside risk of oil refineries: A vine copula approach. *Energy Economics*, 66, 493-507.
- Tsouknidis, D. A. (2016). Dynamic volatility spillovers across shipping freight markets. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 91, 90-111.
- Uddin, G. S., Tiwari, A. K., Arouri, M., & Teulon, F. (2013). On the relationship between oil price and exchange rates: A wavelet analysis. *Economic Modelling*, 35, 502-507.
- Vacha, L., & Barunik, J. (2012). Co-movement of energy commodities revisited: Evidence from wavelet coherence analysis. *Energy Economics*, 34(1), 241-247.
- Wang, L., Ma, F., Liu, J., & Yang, L. (2020). Forecasting stock price volatility: New evidence from the GARCH-MIDAS model. *International Journal of Forecasting*, 36(2), 684-694.
- Wang, Y., Liu, L., & Wu, C. (2017). Forecasting the real prices of crude oil using forecast combinations over time-varying parameter models. *Energy Economics*, 66, 337-348.
- Wang, Y. S., & Chueh, Y. L. (2013). Dynamic transmission effects between the interest rate, the US dollar, and gold and crude oil prices. *Economic Modelling*, 30, 792-798.
- Wang, Y., & Wu, C. (2013). Efficiency of crude oil futures markets: new evidence from multifractal detrending moving average analysis. *Computational Economics*, 42(4), 393-414.
- Wei, Y., Yu, Q., Liu, J., & Cao, Y. (2018). Hot money and China's stock market volatility: Further evidence using the GARCH-MIDAS model. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 492, 923-930.
- Xu, Y., & Lien, D. (2020). Dynamic exchange rate dependences: The effect of the US-China trade war. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 68, 101238.
- Ye, M., Zyren, J., & Shore, J. (2002). Forecasting crude oil spot price using OECD petroleum inventory levels. *International Advances in Economic Research*, 8(4), 324-333.
- Yue-Jun Zhang , Ying Fan , Hsien-Tang Tsai , Yi-Ming Wei. (2008). Spillover effect of

US dollar exchange rate on oil prices. *Journal of Policy Modeling* , 30 , 973-991.

Zakoian, J. M. (1994). Threshold heteroskedastic models. *Journal of Economic Dynamics and control*, 18(5), 931-955.

Zhang, Y. J., Fan, Y., Tsai, H. T., & Wei, Y. M. (2008). Spillover effect of US dollar exchange rate on oil prices. *Journal of Policy modeling*, 30(6), 973-991.

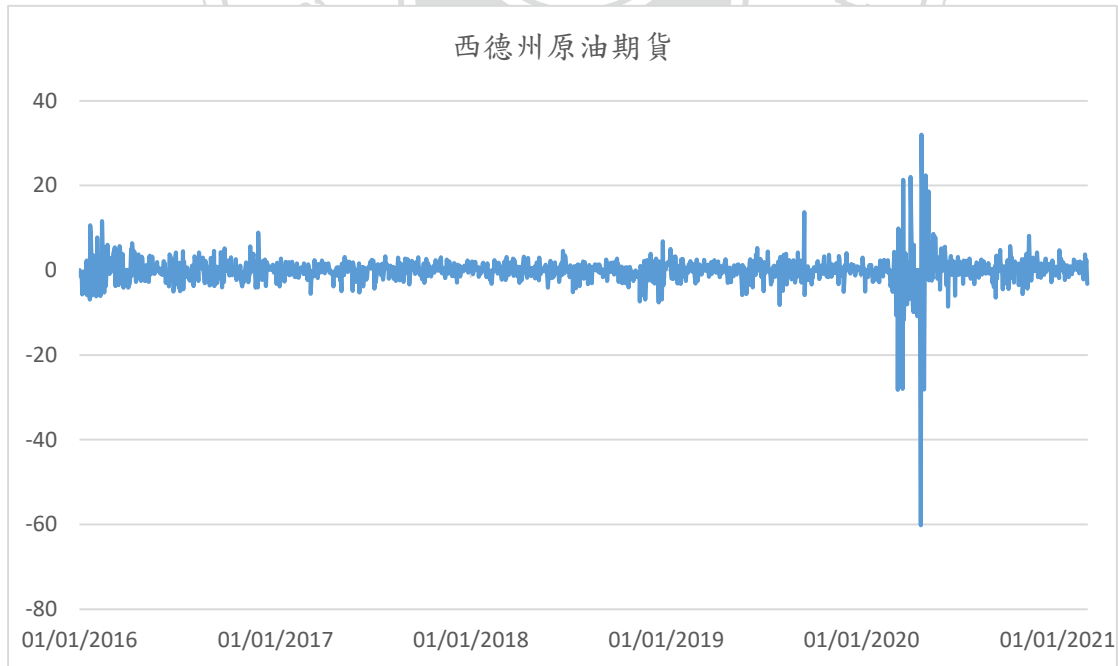
Zhou, Z., Fu, Z., Jiang, Y., Zeng, X., & Lin, L. (2020). Can economic policy uncertainty predict exchange rate volatility? New evidence from the GARCH-MIDAS model. *Finance Research Letters*, 34, 10125



# 附錄



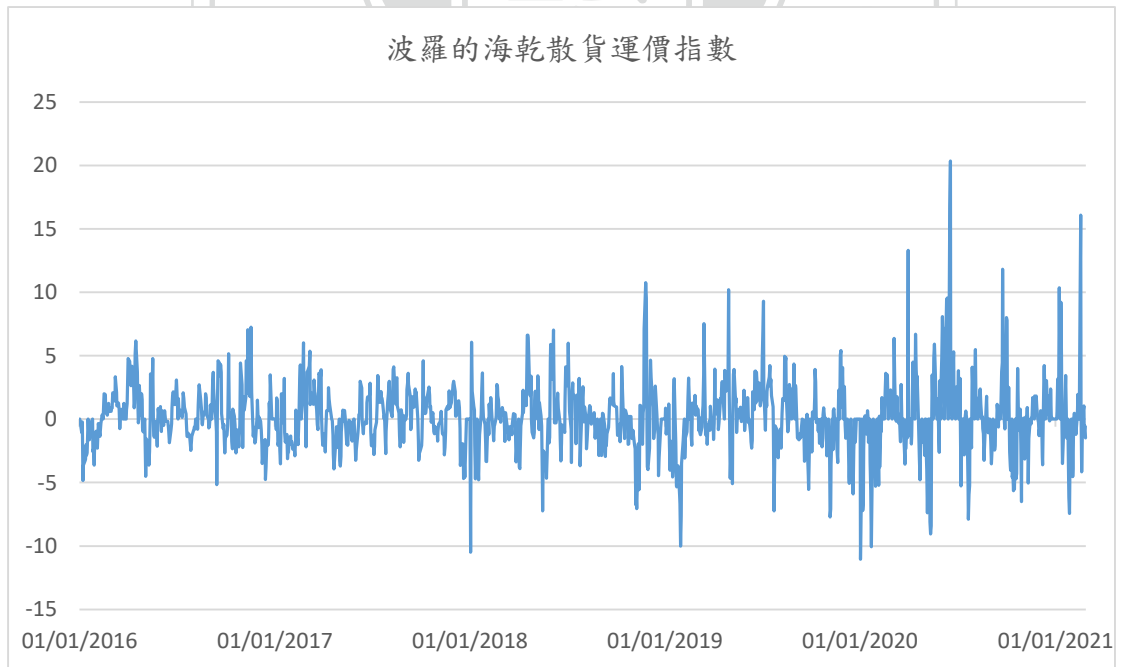
附圖 4-1-1 西德州原油期貨價格趨勢圖



附圖 4-2-1 西德州原油期貨報酬率波動圖



附圖 4-1-2 波羅的海乾散貨運價指數趨勢圖

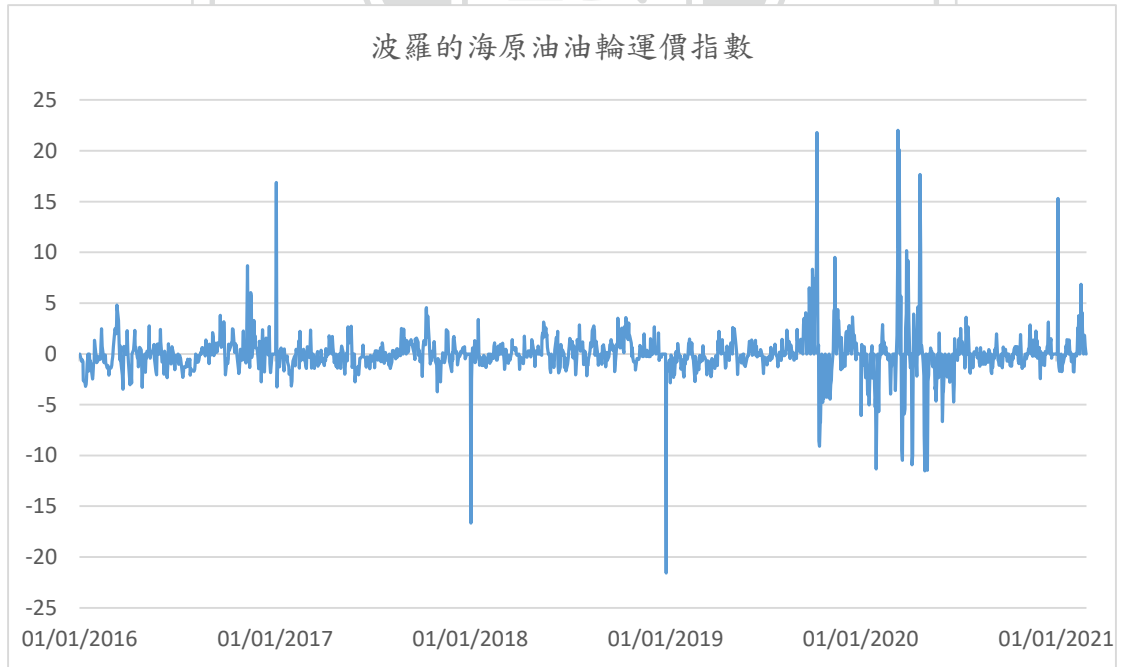


附圖 4-2-2 波羅的海乾散貨運價指數報酬率波動圖





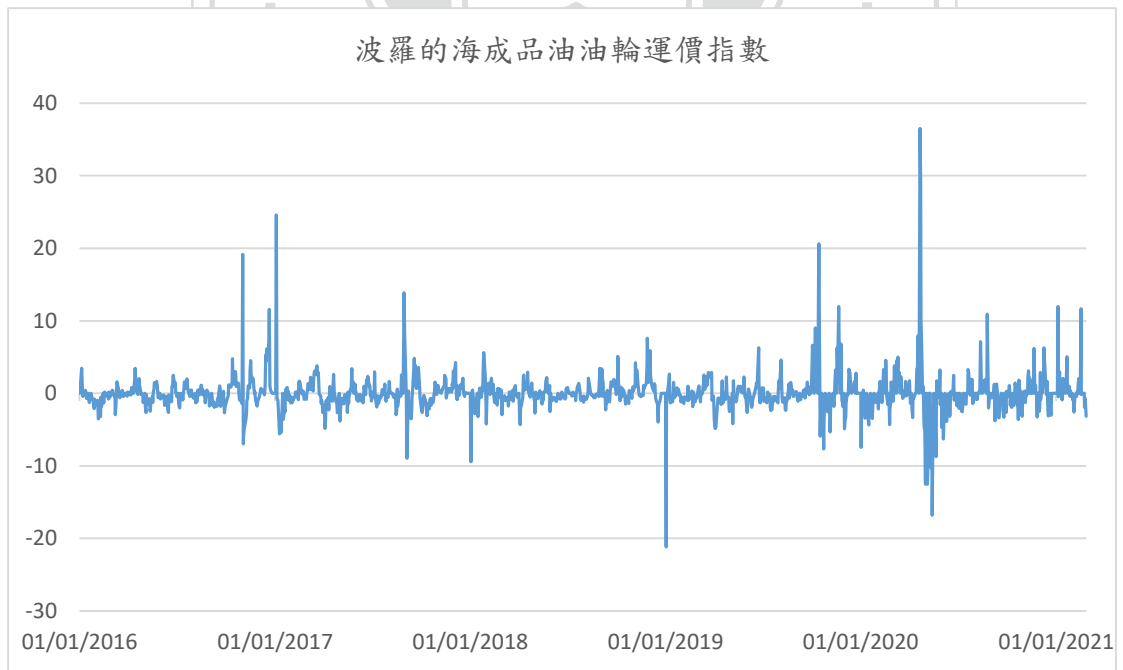
附圖 4-1-3 波羅的海原油油輪運價指數趨勢圖



附圖 4-2-3 波羅的海原油油輪運價指數報酬率波動圖



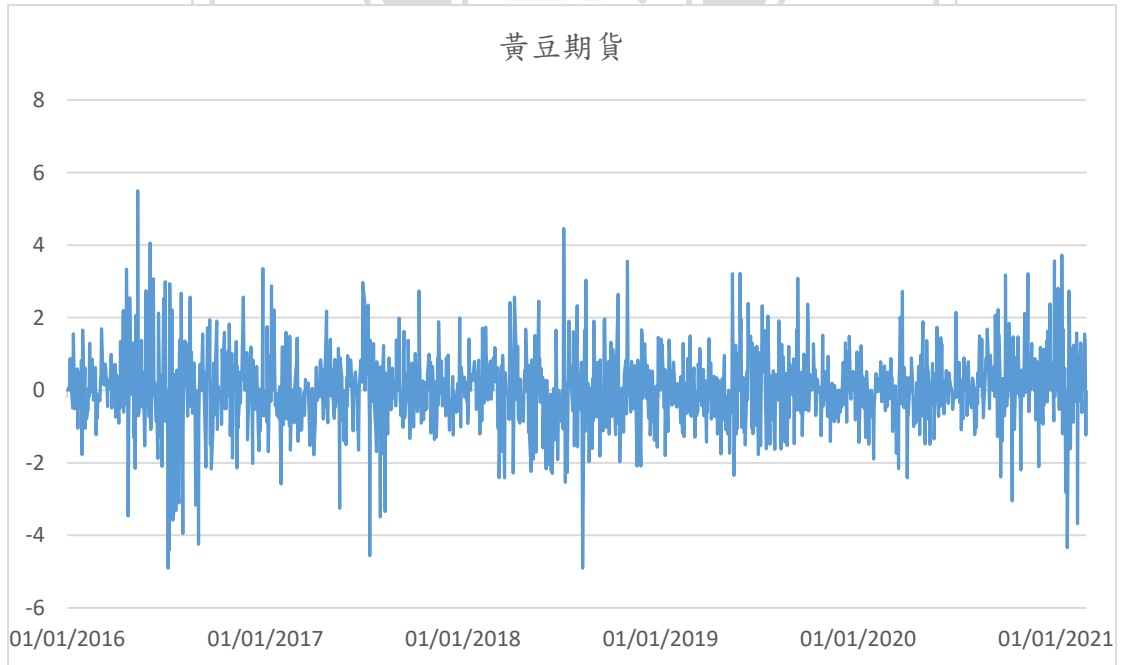
附圖 4-1-4 波羅的海成品油油輪運價指數趨勢圖



附圖 4-2-4 波羅的海成品油油輪運價指數報酬率波動圖



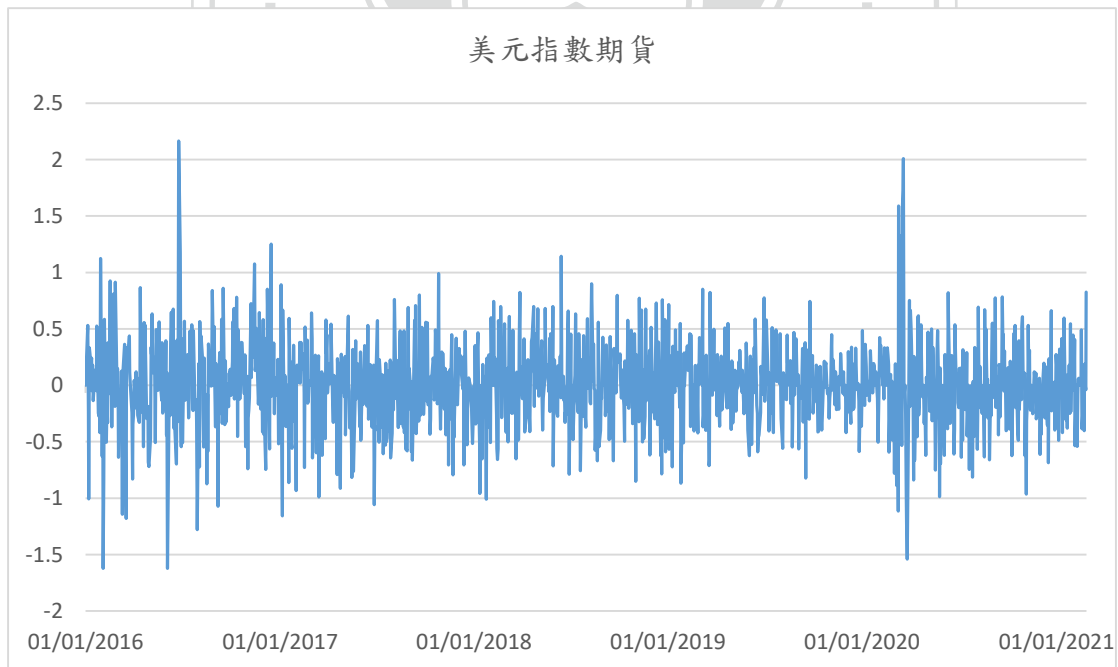
附圖 4-1-5 黃豆期貨價格趨勢圖



附圖 4-2-5 黃豆期貨報酬率波動圖



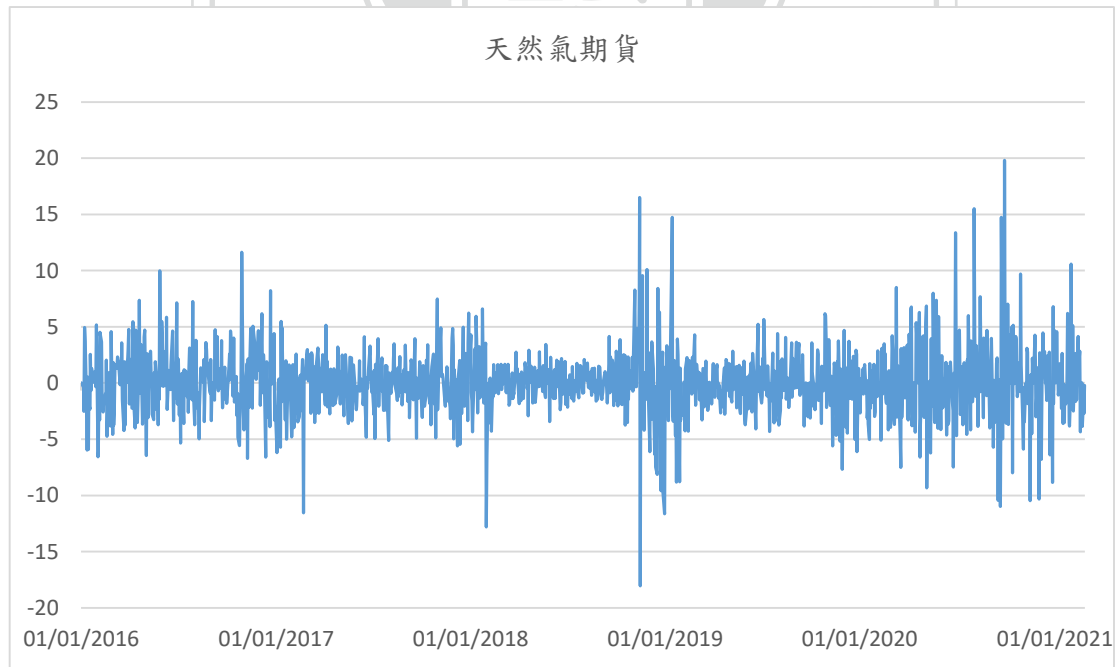
附圖 4-1-6 美元指數期貨價格趨勢圖



附圖 4-2-6 美元指數期貨報酬率波動圖



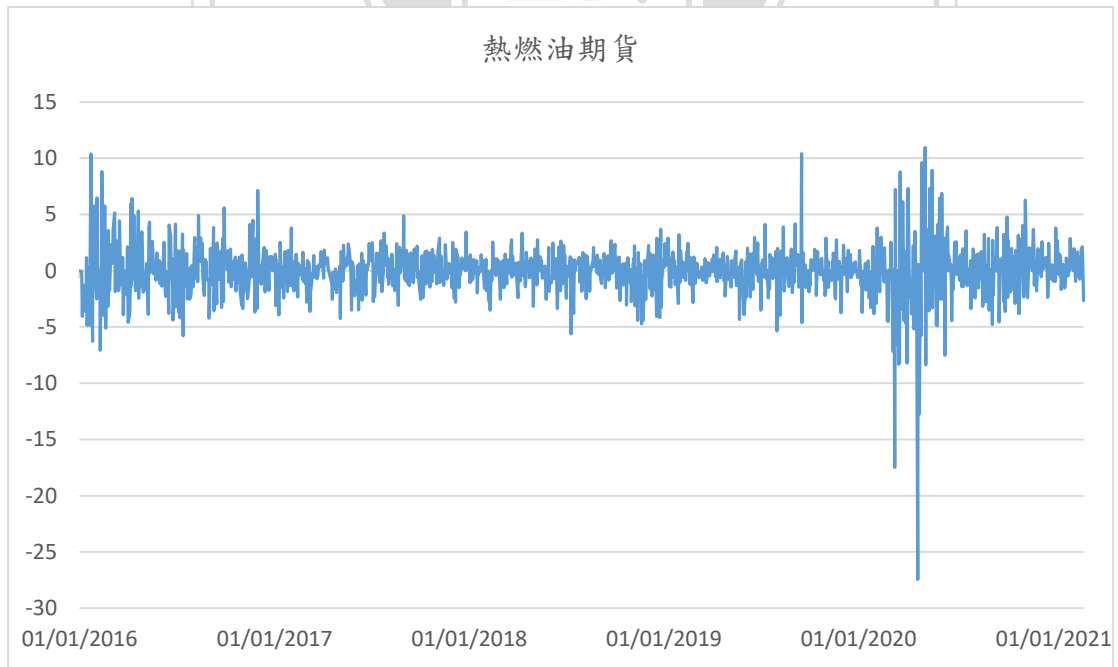
附圖 4-1-7 天然氣期貨價格趨勢圖



附圖 4-2-7 天然氣期貨報酬率波動圖



附圖 4-1-8 熱燃油期貨價格趨勢圖

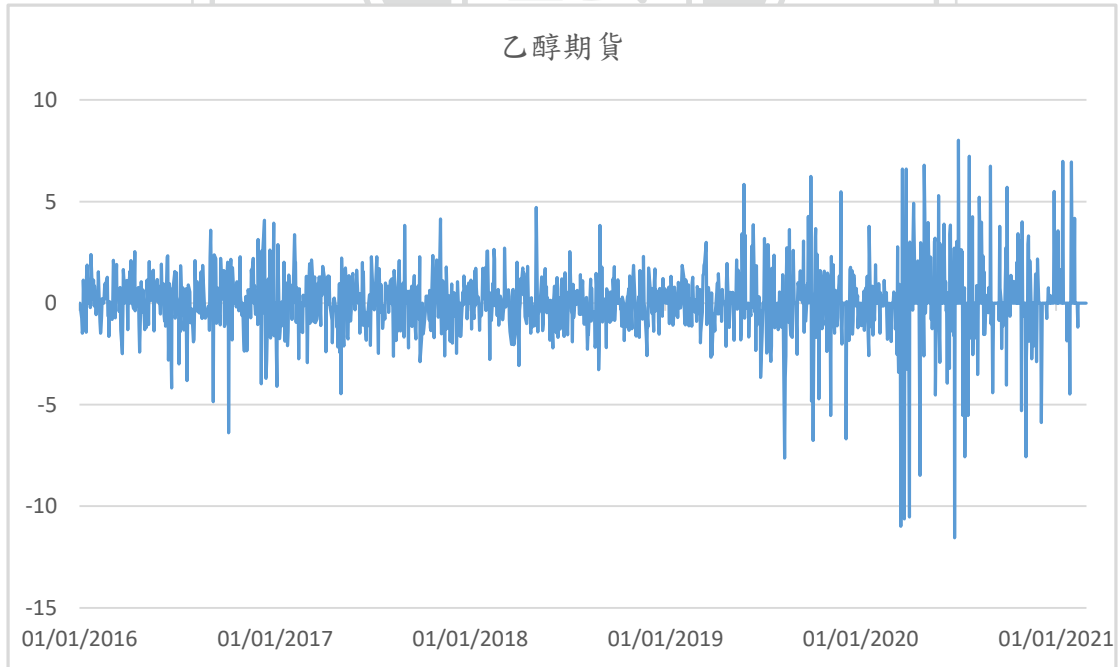


附圖 4-2-8 熱燃油期貨報酬率波動圖





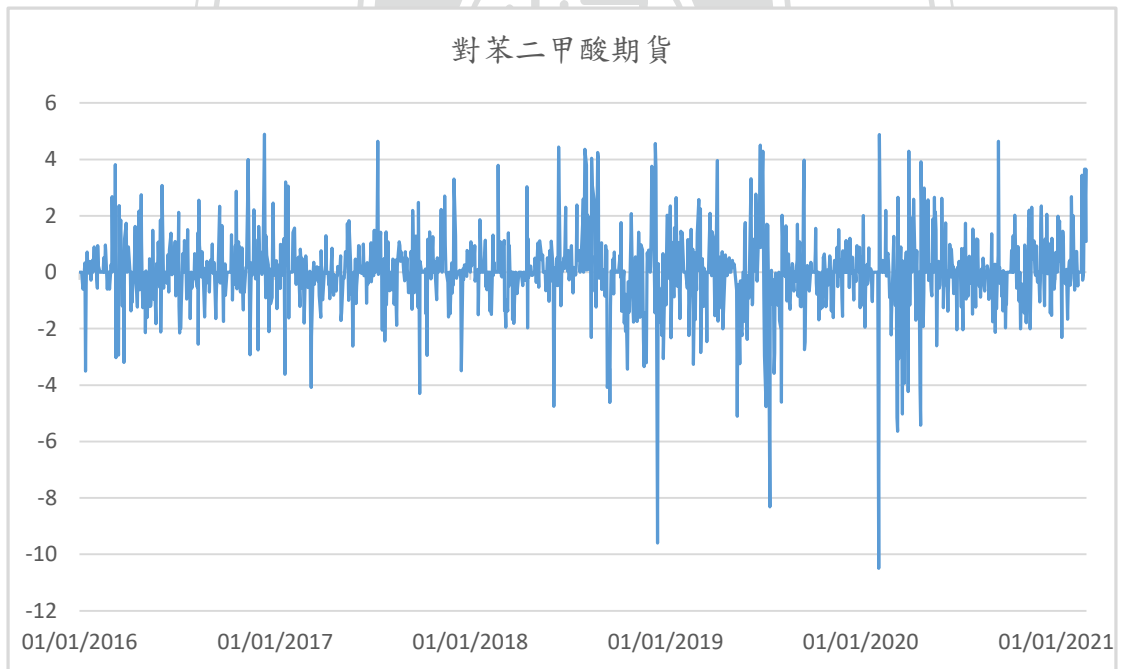
附圖 4-1-9 乙醇期貨價格趨勢圖



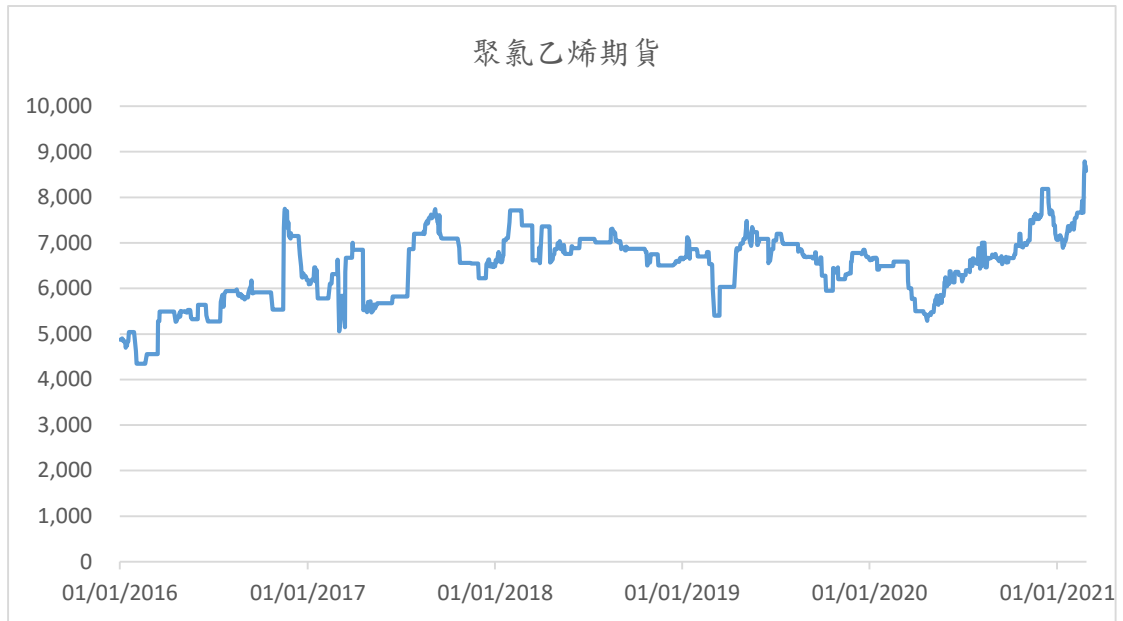
附圖 4-2-9 乙醇期貨報酬率波動圖



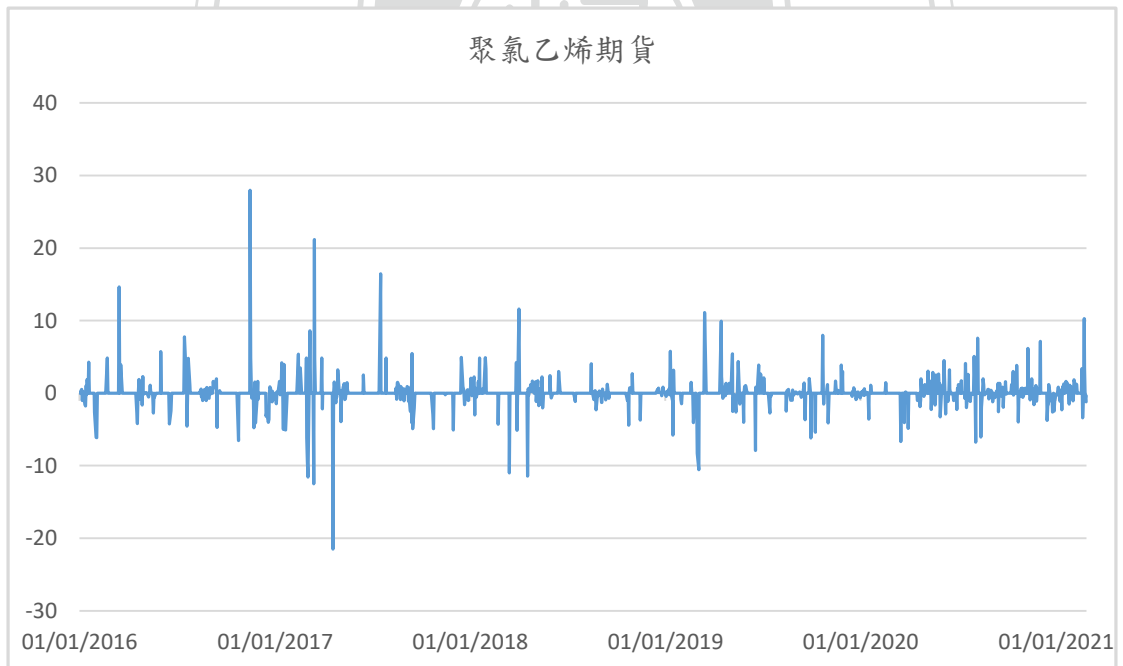
附圖 4-1-10 對苯二甲酸期貨價格趨勢圖



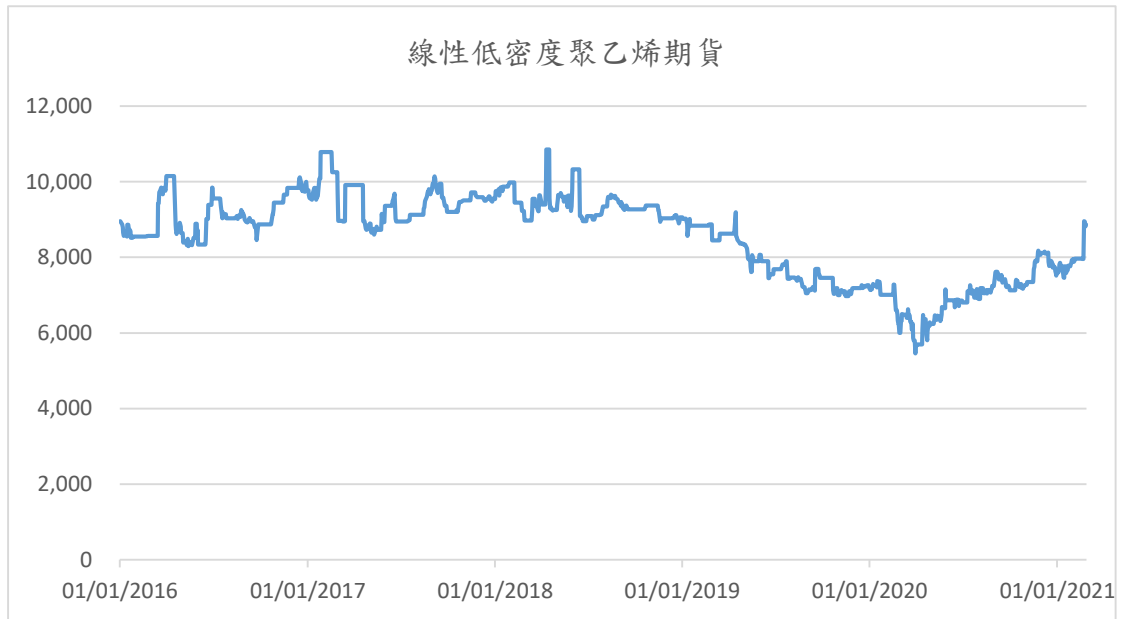
附圖 4-2-10 對苯二甲酸期貨報酬率波動圖



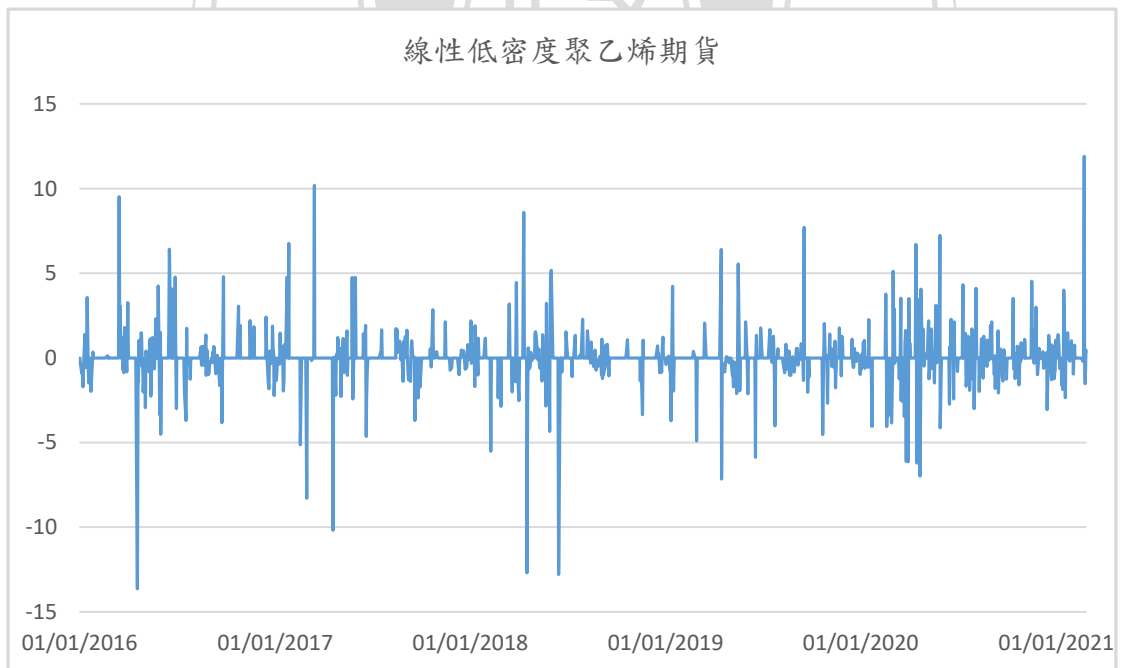
附圖 4-1-11 聚氯乙稀期貨價格趨勢圖



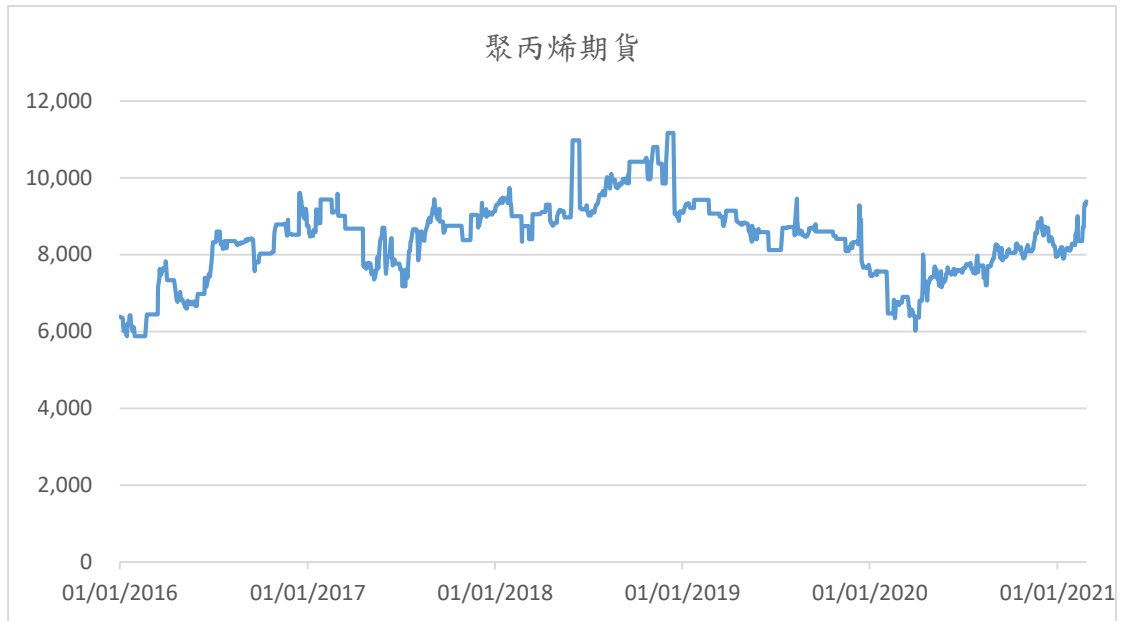
附圖 4-2-11 聚氯乙稀期貨報酬率波動圖



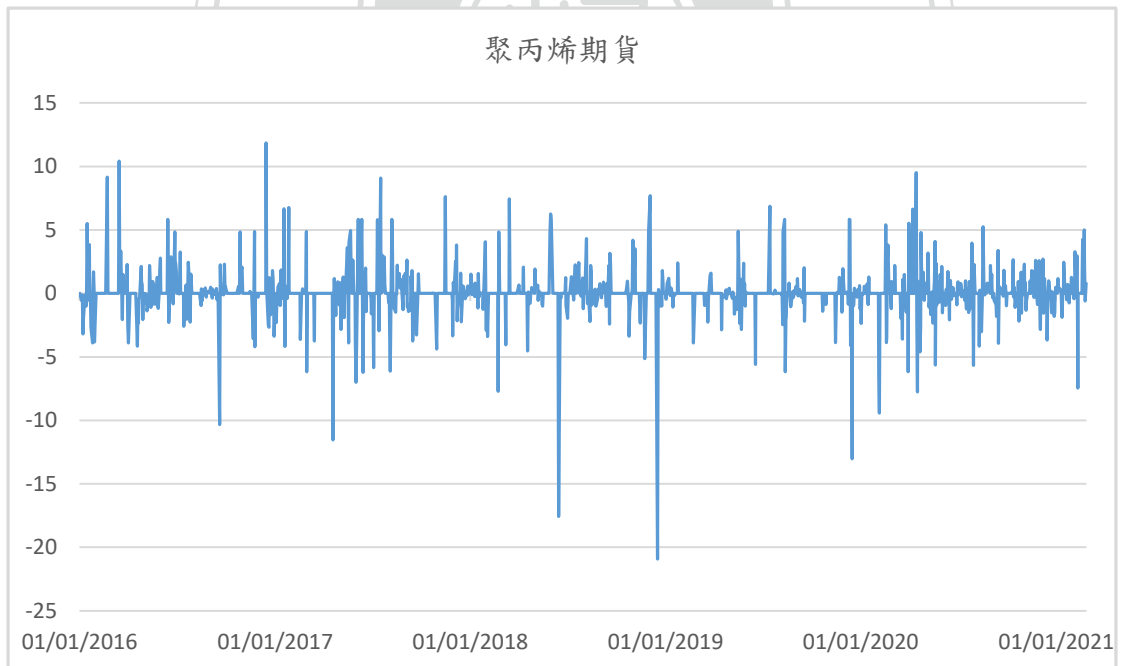
附圖 4-1-12 線性低密度聚乙烯期貨價格趨勢圖



附圖 4-2-12 線性低密度聚乙烯期貨報酬率波動圖



附圖 4-1-13 聚丙烯期貨價格趨勢圖



附圖 4-2-13 聚丙烯期貨報酬率波動圖