[附錄2相對糧價整合趨勢的熱圖分析](#_Toc207223090)

[1資料說明 1](#_Toc207223091)

[2市場整合的指標 2](#_Toc207223092)

[3市場整合之實證 4](#_Toc207223093)

[4熱圖分析：市場整合趨勢的差異度 5](#_Toc207223094)

[5珠江水系的府州熱圖 7](#_Toc207223095)

[6非珠江水系的府州熱圖 9](#_Toc207223096)

## 附錄2相對糧價整合趨勢的熱圖分析

## 1資料說明

珠江水系的主要流域包含雲南、貴州、廣西、廣東，但雲南境內河段較不利航運。《清代糧價資料庫》中，貴州、廣西、廣東的主要糧食品項相同（上米、中米、下米），糧價較有跨省可比性。本附錄選取乾隆年間，廣東、廣西、貴州中米價格較完整的33個府（直隸州、廳）作為分析數據。

水運是米糧跨境運輸最主要的管道，要評估珠江水系對糧價結構的影響，我們把33個府州分為2組：(1)有珠江水系流過轄地或邊界的21個府州[[1]](#footnote-1)。(2)珠江水系未流經的12個府州。[[2]](#footnote-2)我們將這兩群組內的各府州兩兩配對，計算每個配對的中米相對價格。中米價格有兩類：最高價與最低價。表1顯示主要的敘述統計量。

表1 糧價樣本資料的敘述統計量

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 貴州 | | 廣西 | | 廣東 | |
|  | 最高價 | 最低價 | 最高價 | 最低價 | 最高價 | 最低價 |
|  | (1)珠江水系的府州 | | | | | |
| 府州數 | 6 | 6 | 9 | 9 | 6 | 6 |
| 最大值(分) | 370 | 216 | 504 | 478 | 371 | 298 |
| 最小值(分) | 65 | 37 | 74 | 16 | 75 | 72 |
| 平均值(分) | 113.77 | 73.79 | 150.26 | 125.54 | 198.81 | 148.95 |
| 標準差(分) | 24.82 | 23.66 | 53.00 | 51.33 | 42.66 | 30.15 |
| 樣本數 | 10,702 | 10,702 | 16,717 | 16,717 | 10,790 | 10,790 |
|  | (2)非珠江水系的府州 | | | | | |
| 府州數 | 7 | 7 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 最大值(分) | 332 | 300 | 422 | 420 | 291 | 277 |
| 最小值(分) | 57 | 36 | 55 | 46 | 83 | 66 |
| 平均值(分) | 105.60 | 90.49 | 133.46 | 118.07 | 171.15 | 144.61 |
| 標準差(分) | 20.88 | 20.19 | 43.96 | 43.32 | 28.51 | 30.23 |
| 樣本數 | 12,498 | 12,498 | 3,712 | 3,712 | 5,392 | 5,392 |

來源：《清代糧價資料庫》，中央研究院近代史研究所。

說明：1分 = 0.01銀兩。

## 2市場整合的指標

完美假設下的市場整合，需符合兩個條件(Giovanni 2011)：(1)均衡情形下市場的價格齊一；(2)當價格出現差異，會引發套利交易迅速調整差距，恢復價格齊一的均衡。但實務上各地都有運輸成本與交易成本的差異，所以條件(1)不可能成立。因此退而求其次，衡量市場整合較可行的方法是：不同市場間的價格是否會收斂。

如何以量化統計指標，顯示市場的整合過程？通常以在同一個時間點，市場相對價格的離散度為指標。例如Engle and Rogers (1996) 選取美國4個核心城市與加拿大9個城市組成的78個組合(13(13-1)/2 = 78)，以14種商品的相對價格做為樣本點，組合出1,092個樣本點。再以標準差做為被解釋變數進行迴歸，分析影響市場整合的各種因素。

本文的差異點是：採取個體視角，檢視每組府州配對的市場整合統計量。這樣就可以把原本在總體分析中，看不到的「區域內的整合度差異」顯現出來。接下來，再從這些市場組合與各地域的交錯關係，分析珠江水系在不同地區，影響市場整合的效果差異。

首先，我們參考Engle and Rogers (1994)、Giovanni (2011)、Studer (2008)衡量市場離散度的統計量，用「相對價格標準差」來衡量市場的整合度。依據Giovanni (2011)，以 代表兩個府州在第期的糧價，第府州對第府州的「相對價格標準差」可寫為：

(1)

《清代糧價資料庫》的數據，以府（直隸廳、州）為主（因無縣級數據），這是清代各省奏報糧價清單的基本格式。將兩個府州組成一組配對，每組糧價的數據依(1)式，計算相對價格的標準差。越大，表示相對價格的波動越劇烈，市場整合程度就越低。市場越接近完全整合，的變化越穩定，的數值就越小。

在時間點時，因為只有單一的數值，就無法計算標準差。本文採用移動窗口（moving window）法來產生足夠的樣本點，用以計算每個月的標準差（見Studer 2008、Zivot and Wang 2003）。以桂林府與廣州府配對的中米最高價為例：將移動窗口定為十年，第一組移動窗口以乾隆元年正月到乾隆十年十二月，共計123個月[[3]](#footnote-3)。

期間所有月份的數據（只有62個資料點），計算出相對糧價的標準差為0.1746，將其定義為：移動窗口中點（乾隆五年十二月）的標準差。接下來，將窗口的起始月與結束月分別往前移動一個月(乾隆元年二月與十一年正月)，計算出新區間的標準差為0.1745，以此作為乾隆六年正月的相對糧價標準差。餘此類推，即可估算所有年月的相對糧價標準差。

圖1是桂林府與廣州府中米（最高價）的相對價格。圖2是中米最高價的「相對價格移動標準差」。圖2顯示乾隆期間，兩府中米相對價格的標準差，呈現穩定下降趨勢，從乾隆五年十二月的0.1746，降到乾隆五十九年十月的0.0247。嘉慶期間標準差變化趨勢變大，主要與嘉慶九年、十四年的兩次相對價格下降有關。自道光起，標準差穩定維持在0.05以下，但之後又出現大幅變動。

圖1 廣西桂林府-廣東廣州府中米最高價的相對價格



圖2 廣西桂林府-廣東廣州府的中米最高價相對價格移動標準差



為何標準差會大幅起伏？對照圖1相對價格的變化可知：圖2起伏較大的時間點，都是相對價格突然大幅變化，所造成的遞延效果[[4]](#footnote-4)。例如，桂林府中米從咸豐六年九月到咸豐七年七月，每石維持在1兩3錢5分左右。同一期間廣州府的數據雖有部分缺漏，但中米從2兩4錢1分漲到3兩5錢6分（漲幅48％）。桂林對廣州中米相對價格的對數值，因而從-0.5795驟降為-0.9623，標準差也從小於0.05高升到0.14。

類似的狀況出現光緒十二年五月。桂林糧價從四月的1兩7錢2分，突然上漲到3兩1錢2分（漲幅81％），超越廣州。桂林與廣州的相對價格，因而從小於1（對數值-0.3938）轉為大於1（0.2017）。標準差大幅提高到0.2以上，之後再下降至當移動窗口不再包含光緒十二年五月為止（即光緒十七年五月）。可見嘉慶以後標準差的起伏，與相對價格的突然跳動密切關聯。這些特殊的離異值，無法用來說明市場整合的變化。

乾隆年間的相對價格標準差，明顯存在下降趨勢（圖1、2），顯示貴州和廣州的糧價趨於整合化，這種趨勢在其他配對的府州也普遍可見。以下將以統計量化分析，進一步探討個別府州的整合情況。

## 3市場整合之實證

以中米的最高價和最低價來分析，本文的圖1和圖2顯示，乾隆時期各府州的差異變化，與嘉慶至宣統期間的變化，型態上明顯不同：不僅價差變動減少，甚至從道光起，各府州最高與最低的價差竟然長期固定。顯然各省督撫向朝廷奏報的糧價，可能只是從上月的最高與最低價，直接做等幅加減，而不是實際訪查的市價。若運用道光之後的低品質數據，來評估市場整合趨勢，得到的結論必定可疑。因此以下只用乾隆年間數據分析整合度。

用相對價格標準差，做為市場整合的指標，可以從兩角度來觀察：(1)靜態是指在某一個時間點，市場整合的絕對程度；(2)動態則是一段期間內，市場整合的變化趨勢：是越來越高或越來越低？綜合靜態與動態觀察，比較能理解糧價整合過程，其實具有各種特色。

以下介紹分析府州與府州配對時，糧價整合變化的迴歸模型。依據(1) 式，表示珠江水系的府州（或非珠江水系的府州）， 兩個府州相對糧價對的標準差。要估計是否隨時間而遞減，需以對第期的趨勢對數值()迴歸，可表示為

(2)

為獨立且無序列相關的誤差項。以最小平方法估計(2)式，可估得截距與趨勢項係數。的意義，相當於所有相對價格標準差樣本數據的平均值，可視為「衡量第期整合度的靜態指標」。代表從到期，相對價格標準差的變化幅度，可視為「市場整合度變化的動態指標」。珠江水系內所有的府州配對，均可估計(2)式的與。比較不同配對的係數估計，可判斷哪些府州間的整合已相對成熟，以及哪些府州在哪段期間，整合的趨勢較顯著。

## 4熱圖分析：市場整合趨勢的差異度

珠江水系流經貴州、廣西、廣東的21個府州，兩兩配對會得到210個組合。每組配對都可透過珠江水系的河流相互銜接，促進府州間的糧價整合。各府州之間遠近不一，以直線距離來看，最近的是廣西思恩府與南寧府（相距70公里），最遠的是貴州大定府與廣東惠州府（相距995公里）[[5]](#footnote-5)。距離差異度這麼大，各府州的糧市整合度必然不一。我們用估算的210組數，完整檢視各府州在乾隆時期的糧市整合度變化。

210組配對都會有一條對應的迴歸方程式，可得出一項估計值。以下介紹如何使用熱圖（heat map），依三省各府州的地理位置，呈現各組配對的係數。從估計結果的整合趨勢，就可以呈現各區域的糧價關聯度。

圖3舉例說明值如何對應到熱圖的色階。我們先觀察的最大值與最小值，設定出值的高低區間。接下來依值大小，用不同色階的顏色來顯示，負值越大顏色越深。我們把負值的下限(-0.15)設定為最深色，表示糧價整合效果最明顯。本文4個熱圖的值區間，統一設定在(-0.15, 0.05)，以下說明熱圖如何產生。

圖3 估計值如何對應熱圖的色階（舉例）

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 字型, 數字 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

首先，21個府州有210組配對，以中米最高價的相對價格數列，透過(2)式迴歸模型估算係數，如圖3第2欄。其次，將估計值對照圖3的圖例，選出該數值所對應的色階[[6]](#footnote-6)（如圖3第3欄），填入上三角矩陣中對應的位置。例如，廣東廣州府與羅定直隸州配對的係數為-0.0384，與圖例對照後，將第3欄所示的顏色，填入熱圖1「廣州府-羅定直隸州」的對應格位。依此方式做完210個值對應的上三角矩陣。這個熱圖1就可以判讀，不同區域間的糧價整合趨勢。

## 5珠江水系的府州熱圖

從熱圖1顏色的分布觀察，最值得注意之處是：貴州與廣東兩省配對的右上角，顏色最深最明顯。如果排除位置較邊陲，整合趨勢較不明顯的廣東連州直隸州，其餘配對組合的值都介於(-0.1331,-0.0611)，也都明顯高出其他區域。這表示貴州與廣東各府州之間，市場的整合趨勢較明顯。貴州與廣東在三省中距離最遠，這項結果顯示珠江水系的市場整合效果，在府州間的距離越遠時越明顯。這和高鐵開通後的效果類似：距離越遠越省時間（邊際貢獻度高），高鐵對鄰近城市的邊際貢獻度反而較低。

鄰近的區域，如貴州與廣西各府州、廣西與廣東各府州，以及各省內的府州之間，整合度趨勢反而不如貴州與廣東的組合明顯。再如廣西泗城、慶遠較接近貴州，與廣東各府州相對較遠，但較遠的府州整合趨勢卻相對明顯。廣西梧州府位置較接近廣東，與貴州各府州距離較遠，但較遠者之間的配對顏色卻較深。這些結果大致符合「高鐵開通效應」：府州配對的距離越遠，整合趨勢越明顯。[[7]](#footnote-7)

熱圖1 相對價格標準差趨勢項係數的熱區圖

（珠江水系府州的中米最高價）



接下來以「中米最低價相對價格標準差」估算的值製作熱圖2。熱圖2的分布樣態，還是以貴州與廣東各府州的整合趨勢最明顯，相鄰近地區的整合趨勢相對較弱。值得注意的是，除了廣西慶遠府與廣東連州直隸州，廣西、廣東各府州的值都介於(-0.1052, -0.0629)，整合趨勢相對明顯。但貴州各府州之間整合趨勢較弱，值區間為(-0.0864, -0.0451)。從地理位置看，廣西慶遠府鄰接貴州都勻府與黎平府。在廣西各府中，慶遠府距離廣東相對較遠，整合趨勢反而更明顯。整體而言，熱圖2的顏色大多比熱圖1淺淡，這一點在貴州與廣東之間尤其明顯。由此可判斷，中米最低價的整合趨勢，不如中米最高價的整合趨勢明顯。

熱圖2相對價格標準差趨勢項係數的熱區圖

（珠江水系府州的中米最低價）



## 6非珠江水系的府州熱圖

非珠江水系共有12個府州，可兩兩配對出66組「中米最高價相對價格」，據此可算得值繪製熱圖3。熱圖3顯示貴州的各府州之間，以及廣東南雄直隸州、廉州府與其他非珠江水系府州，幾乎都顯現白色，表示整合趨勢較緩。廣西鎮安府與其他廣東、貴州各府州的值，除廉州府(-0.0514)較小，其餘介於(-0.1330, -0.0694)。

其中以郁林直隸州的負值最大(-1.330)。鎮安府有區域性河流（郁江上游的右江）經過，但它和沒有珠江水系航運之利的府州，為何有較強的整合趨勢？從糧價資料與地圖資訊上，似乎找不到答案。此外，廣東瓊州府（今海南島）與貴州、廣西各府州的值介於(-0.1088, -0.0566)，整合趨勢較明顯。瓊州府有米糧運輸路線可通廣東[[8]](#footnote-8)，為何能與非珠江水系的府州有明顯整合現象，具體原因不明。

熱圖3 相對價格標準差趨勢項係數的熱區圖

（非珠江水系府州的中米最高價）



熱圖4是非珠江水系諸府州，中米最低價的整合情況。瓊州府與各府州的值介於(-0.1004,-0.0411)，表示整合趨勢相互接近。其餘區域整體而言，熱圖4的顏色大致比熱圖3低。表示中米的最低價，在非珠江水系府州間的整合趨勢，比不上中米最高價的整合度。

熱圖4 相對價格標準差趨勢項係數的熱區圖

（非珠江水系府州的中米最低價）



從熱圖3、4可看出，珠江水系的市場整合趨勢，在各地域間的強弱度不同，大致可歸納出幾點。首先，在珠江水系內的府州，相距較遠的府州之間整合趨勢較明顯。這表示珠江水系的航運便利，對長程運輸帶來效益，明顯大於相互鄰近的地區。其次，距離相近的水系內府州，整合度反而較不明顯。可能是相鄰地區在乾隆初期，市場整合度已較成熟，水系運輸（高鐵通車）的助益較不顯著。再者，非水系內的府州，市場整合較少受珠江之惠。部分地區仍有例外，個別的原因需要更多史料才能理解。

最後要總結地說明，這4張熱圖和附錄4（珠江水系各府州配對，相對價格移動的標準差）、附錄6（非珠江水系各府州配對，相對價格移動的標準差），三者之間有何相互關聯？附錄4有210張圖片、附錄6有66張。這276張圖是33個府州各自的實況，是完整、可直覺理解的事實，但因數量龐大，不易看出結構性的內在特點。

透過第(2)式迴歸算得的值，就可以把這276張圖，轉繪製成4張一目了然的熱圖：一方面把276組迴歸內，最精要的資訊簡潔地顯示在4張熱圖；另一方面，可以依照地理位置，看出各地區糧市整合度的高低差別，以及不同年代的變化趨勢。換言之，熱圖是一種把複雜訊息濃縮，化為簡要形式的呈現。若能看懂熱圖，回頭看附錄4、6，就更明白這些複雜圖形的內在共通性。

參考文獻

Cheung, Terry, Shaowen Luo and Kwok Ping Tsang (2022): “Letting old data speak: local cultural traits in Qing China grain prices”, working paper.

Engel, Charles and John Rogers (1996): “How wide is the border?”, *American Economic Review*, 86(5):1112-1125.

Federico, Giovanni (2011): “When did European markets integrate?”, *European Review of Economic History*, 15(1):93-126.

Gu, Yanfeng and James Kung (2021): “Malthus goes to China: the effect of ‘positive check’ on grain market development”, *Journal of Economic History*, 81(4):1137-72.

Hao, Yu., Yuanzhe Li and John Nye (2022): “Wiring China: the impact of telegraph construction on grain market integration in late imperial China, 1870–1911”, *Economic History Review*, 75(3):857-880.

Jacks, David (2005): “Intra-and international commodity market integration in the Atlantic economy, 1800-1913”, *Explorations in Economic History*, 42(3):381-413.

Keller, Wolfgang, Carlo Shiue and Xin Wang (2021): “Capital markets in China and Britain, 1770-1860: Evidence from grain prices”, *American Economic Journal: Applied Economics*, 13(3):31-64.

Marks, Robert (1991): “Rice prices, food supply, and market structure in eighteenth-century South China”, *Late Imperial China*, 12(2):64-116.

Studer, Roman (2008): “India and the Great divergence: assessing the efficiency of grain markets in eighteenth- and nineteenth-century India”, *Journal of Economic History*, 68(2):393-437.

Zivot, Eric and Jiahui Wang (2003): *Modelling Financial Time Series with S-Plus*, New York: Springer.

1. 貴州大定、安順、貴陽、興義、都勻、黎平6個府。廣西平樂、泗城、柳州、思恩、南寧、桂林、梧州、潯州、慶遠9個府。廣東惠州、韶州府、肇慶、廣州4個府，連州、羅定2個直隸州。 [↑](#footnote-ref-1)
2. 貴州石阡、思州、思南、銅仁、遵義、鎮遠6個府、平越直隸州。廣西鎮安府、郁林直隸州2個。廣東廉州、瓊州2個府、南雄直隸州。 [↑](#footnote-ref-2)
3. 陰曆每隔數年就會出現閏月，不同起始月的十年總月份數目，與乾隆元年至十年的123個月會略有落差。但總差異不超過3個月，影響有限。移動窗口因而統一訂為123個月，不因閏月變化而調整。 [↑](#footnote-ref-3)
4. 移動標準差的變動，會因移動窗口而產生遞延性。換言之，當某一時間點出現突然轉折，導致移動標準差變大，往後與往前62個月的移動窗口，都會包含此轉折點。因此移動標準差不會立刻恢復穩定，而是在轉折點隨時間脫離移動窗口後，移動標準差才會回歸常態。 [↑](#footnote-ref-4)
5. 依CHGIS (2016): *1820 Layers UTF8 Encoding* (Version V1), Harvard Dataverse, https://doi.org/doi:10.7910/DVN/ST5KKM，以地理資訊軟體QGIS的distance matrix工具估算。 [↑](#footnote-ref-5)
6. 本文採用套裝軟體Microsoft Excel「條件式格式設定」的功能製作熱圖。 [↑](#footnote-ref-6)
7. 代表動態整合趨勢，而非靜態整合程度。換言之，如果是原來已整合度較高的市場，相對價格標準差已經穩定。這些地區的值若較小，並不表示整合程度低。這也說明為何相互鄰近的府州，通常值較小。 [↑](#footnote-ref-7)
8. 瓊州府自雍正年間與廣東已有米糧交易。見《皇清奏議》卷32，鄂彌達：《敬籌要地倉貯以備民食疏》：「瓊州府商販糴谷者，凡至雷州，均“舟集徐聞、海口”；赴高州，“船泊吳邑限門”」。 [↑](#footnote-ref-8)