[**附錄2 相對糧價整合趨勢之熱圖分析**](#_Toc206803125)

[資料說明 1](#_Toc206803126)

[市場整合的指標 2](#_Toc206803127)

[市場整合之實證 4](#_Toc206803128)

[市場整合趨勢差異熱圖分析 5](#_Toc206803129)

[熱圖分析之說明 5](#_Toc206803130)

[珠江水系府熱圖 6](#_Toc206803131)

[非珠江水系府熱圖 8](#_Toc206803132)

# **附錄2 相對糧價整合趨勢之熱圖分析**

## 資料說明

珠江水系流域範圍主要包含雲南、貴州、廣西與廣東四省，其中雲南境內河段較不利航運，加上《清代糧價資料庫》中，貴州、廣西與廣東之主要糧食品項一致(上米、中米與下米)，糧價較具跨省可比較性，故本文選取乾隆年間廣東、廣西與貴州三省各府中米價格資料較完整之33個府(直隸州、廳) 進行實證分析。

水運在乾隆年間是米糧跨境運輸最主要交通工具，為了解珠江水系航運對於糧價結構之影響，本文根據表 所列之珠江水系幹支流列表，將33府區分為珠江水系流經其轄地或邊界之21個「珠江水系府」(貴州大定、安順、貴陽、興義、都勻與ㄧ黎平六個府，廣西平樂、泗城、柳州、思恩、南寧、桂林、梧州、潯州與慶遠九個府，廣東惠州、韶州府、肇慶、廣州四府，與連州、羅定兩直隸州)，以及其他珠江水系未流經的12個「非珠江水系府」(貴州石阡、思州、思南、銅仁、遵義、鎮遠六個府及平越直隸州，廣西鎮安府與郁林直隸州，廣東廉州、瓊州兩個府與南雄直隸州)，分別將兩群組之各府兩兩配對，即可以每組配對兩個府之中米價格，計算相對價格。中米價格包括最高價與最低價，所有資料的樣本點數與主要敘述統計量如表1所示。

**表1 糧價樣本資料敘述統計量**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 貴州 | | 廣西 | | 貴州 | |
|  | 最高價 | 最低價 | 最高價 | 最低價 | 最高價 | 最低價 |
|  | 珠江水系府 | | | | | |
| 府(直隸廳州)個數 | 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 |
|  | 非珠江水系府 | | | | | |
| 府(直隸廳州)個數 | 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 |

資料來源：《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。

## 市場整合的指標

Giovanni (2011)指出，完美假設下的市場整合符合兩個條件：(1)均衡情形下市場價格齊一；(2)當價格出現差異，立即引發市場間套利交易，迅速調整差距，回復到價格齊一的均衡，也就是滿足條件(1)。但實際上因運輸成本、交易成本等因素存在環境下，條件(1)不可能成立，因此衡量市場整合較可行的方法是：不同市場價格是否存有收斂關係(convergence)，換言之，兩個市場價格存在穩定關係，可做為市場整合的驗證條件。

如何以量化統計指標代表市場整合程度？過去文獻大多採用在相同時間點，橫跨不同產品或市場相對價格整體的離散程度(dispersion)指標，例如Engle and Rogers (1995) 選取美國4個核心城市與加拿大9個城市組成的78種組合(13(13-1)/2 = 78)下，14種商品相對價格做為樣本點，就可以組合出1,092個不同市場組合的樣本點，以標準差做為被解釋變數進行迴歸，以分析影響市場整合的因素。

這種將不同地區交易配對，以單一迴歸式估計，分析整體市場整合因素計量方法，其分析結果受限於選擇的解釋變數(大多是虛擬變數)，不一定能充分反映不同地域因素造成的整合差異。本文與過去文獻作法不同的地方在於：採取個體視角，檢視每一組配對府的市場整合統計量，把從總體分析結果中看不到的區域內的整合程度差異顯現出來，從這些市場組合與珠江水系在地域上的交錯關係，分析水系在不同地區影響市場整合效果的差異。

首先我們參考Studer (2008)、 Giovanni (2011)、 Engles and Roger (1994)等衡量市場離散(volitality)程度的統計量，採用「相對價格標準差」來衡量市場整合程度：假設 代表兩個府第期之糧價，第府對第府之相對價格標準差可表示為 (Giovanni, 2011)

(1)

《清代糧價資料庫》糧價資料最基本的行政區單位是府(直隸廳、州)，這是源自清代律定各省奏報糧價清單格式。將兩個府組成一組配對，每一組織糧價資料可以依照(1)式計算相對價格標準差。當越大，代表相對價格波動越劇烈，市場整合程度越低；反之，當市場越接近完全整合時，變化趨於穩定，數值相對較小。

因為時間點 只有單一 數值，無法計算標準差，因此本文採用移動窗口(moving window)方法產生足夠樣本點，以計算每個月的標準差(Studer 2008，Zivot and Wang 2003)。以廣西桂林府與廣東廣州府配對之中米最高價為例：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[[1]](#footnote-1)期間所有月資料(實際上只有62個資料點)產生之相對糧價，計算出標準差為0.1746，將其定義為移動窗口中點(乾隆五年十二月)的標準差；再將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)，計算新區間的標準差0.1746，即為乾隆六年正月之相對糧價標準差，餘此類推，即可估算每個各年月之相對糧價標準差。

圖1、2分別為桂林府與廣州府相對價格與其標準差的時間序列圖，圖2顯示，乾隆期間兩府中米最高價相對價格標準差呈現穩定下降趨勢，從乾隆五年十二月之0.1746，降至乾隆五十九年十月0.0247；在嘉慶期間，標準差變化趨勢變大，主要與嘉慶九年、十四年兩次相對價格下降有關；自道光起，標準差大多穩定維持在0.05以下，但部分時間又突然出現大幅變動。

為何出現這些標準差大幅起伏的現象？對照圖1相對價格的變化可知，圖2中起伏較大的時間點，都是因為相對價格突然大幅變化的遞延效果[[2]](#footnote-2)，例如，桂林府中米從咸豐六年九月到咸豐七年七月，每石均維持在1兩3錢5分左右，同一期間廣州府資料雖有部分缺漏，但中米卻從2兩4錢1分漲到3兩5錢6分，上漲幅度達48％，桂林對廣州之中米相對價格因而從-0.5795驟降為-0.9623，標準差也就因而從不到0.05一舉上升到0.14。類似的狀況也出現光緒十二年五月，桂林糧價突然一舉從四月1兩7錢2分上漲到3兩1錢2分，並一舉超越廣州，桂林廣州之相對價格也由小於1(對數值-0.3938)轉為大於1(0.2017)，標準差大幅提高到0.2以上高點，之後再下降至移動窗口不再包含光緒十二年五月為止。因此，嘉慶以後標準差大幅起伏的現象，與相對價格突然性的跳動有明顯關聯，這些離異值造成的結果，無法代表市場整合的變化。

綜合以上結果，在乾隆年間，以桂林府與廣州府例子而言，相對價格標準差明顯存有下降趨勢，顯示兩個府的糧價有趨向整合的情形。這種趨勢在其他配對府中也可普遍見到。因此，以下將以量化分析的方法，進一步深入探討個別府整合情況

。

圖1 廣西桂林府-廣東廣州府中米最高價相對價格



圖2 廣西桂林府-廣東廣州府中米最高價相對價格移動標準差



## 市場整合之實證

根據前節以中米最高價最低價差異分析，從嘉慶至宣統，各府最高與最低價之價差，與乾隆時期變化已有明顯不同，不僅價差變動減少，甚至從道光起，各府最高與最低價差長期維持固定，顯然督撫向朝廷奏報糧價，可能只是從上月最高最低價資料略做等幅加減，並非完全是真實訪查市場的價格，如此資料品質用於評估市場整合趨勢，結論可信度存疑。因此，以下本文以乾隆年間資料進行市場整合分析。

以相對價格標準差做為市場整合之量化指標，可以從靜態 (static) 與動態兩角度來觀察市場整合，靜態是指在某一個時間點市場整合的絕對程度，可以當時相對價格標準差衡量；動態 (dynamic) 角度則是代表一段期間內市場整合隨時間變化之趨勢，換言之，整合程度究竟是越來越高還是越來越低？綜合靜態與動態的觀察，才能完整了解糧價市場整合之發展。

以下介紹分析每一個府與府配對糧價整合採用的迴歸模型。依據 (1) 式，表示珠江水系府(非珠江水系府) 兩個府相對糧價對數值之標準差，為估計是否隨時間而遞減，將其對第期之趨勢對數值 ()迴歸，方程式可表示為

(2)

為獨立且無序列相關之誤差項。以一般使用之最小平方法估計 (2) 式，即得到估計截距與趨勢項係數，其中為起始點的相對價格標準差，若從統計學最小平方法的估計式來看，近似於移動窗口中間時點之相對價格標準差，可視為衡量第期市場整合程度的靜態指標；代表當時間從第期到第期，相對價格標準差之變化幅度，可做為市場整合程度變化的動態指標。所有府與府的配對，均可估計 (2) 式的與，透過比較不同配對的係數估計結果，分析那些市場整合已經相對成熟，以及那些市場在某一段期間內，市場整合之趨勢較顯著。

## 市場整合趨勢差異熱圖分析

珠江水系共流經21個府，將這些府兩兩配對，可得不重覆的210組配對，每一組配對都可透過珠江水系之河流銜接進行米糧運輸，這應有助於促進兩個府間之市場整合。但貴州到廣東，珠江水系府間之距離遠近不一，從最近距離的廣西思恩府與南寧府相距70公里，到最遠貴州大定府與廣東惠州府相距995公里[[3]](#footnote-3)，如此大的地理距離差異，整合程度必然有所不同。因此我們將以210組估得之數，完整檢視水系不同地區市場整合的動態之差異。

### 熱圖分析之說明

由於珠江水系210組配對都有一條對應的迴歸方程式估計結果，為有系統地表達整合程度與地理區域的關聯，以下介紹本文如何使用熱圖(heat map)，按照各省地理位置之區分，呈現各組配對整合趨勢係數的估計結果。

圖3舉例說明估計結果如何對應到熱圖的色階資料。首先我們參考所有估計結果的最大值與最小值，設定為值區間，並依數值大小對應區間中的位置，以不同色階的顏色表示。為凸顯整合趨勢明顯的配對，我們把負值下限(-0.15)設定為最深色，負值越大顏色相對越深，所以在熱圖中顏色最深的區域，代表整合趨勢最明顯。此外，為確保不同價格(最高價與最低價)與不同地理特徵(珠江水系府與非珠江水系府)的熱圖具相互可比較性，故本文所有熱圖，圖例採用值區間範圍均為(-0.15, 0.05)。

根據上述圖例設定，圖3以珠江水系府為例說明熱圖如何產生。首先以210組配對府之中米最高價之相對價格數列，透過(2)式迴歸模型估得係數，其次，將估計值對照圖例，對應出該數值所代表之顏色[[4]](#footnote-4)，再將其填入縱橫項目由各府組成的上三角矩陣中對應之位置。例如，廣東廣州府與羅定直隸州這一組配對估得之係數為-0.0384，與圖例對照後，將「對應色階」這一欄所示顏色，填入熱圖1「廣州府-羅定直隸州」之對應格位，將210個迴歸值對應之顏色，即可將上三角矩陣填滿如圖1所示。珠江水系之最低價，以及非珠江水系等資料，都可以依照相同產生熱圖，展現在不同地理區域間，市場整合趨勢的圖像。

**圖3 估計值對應熱圖色階之釋例**



### 珠江水系府熱圖

熱圖1為210組珠江水系府配對，以中米最高價相對價格標準差估得之係數熱圖。圖中任何兩個府之配對，必然可找出珠江水系幹支流銜接兩府的河運航道。因此可以觀察水運路線與兩府距離等地理元素，對市場整合之影響。

從熱圖1顏色分布觀察，最值得注意處為貴州與廣東兩省配對府的右上角，顏色明顯最深，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，其餘配對組合之值介於(-0.1331,-0.0611)，明顯高出其他區域，代表貴州與廣東各府間市場整合趨勢較明顯。因為貴州與廣東是三省中距離最遠的兩省，此一結果顯示，珠江水系航運對距離較遠的市場整合效果較明顯。

其他位置鄰近的區域，如貴州與廣西各府、廣西與廣東各府，以及各省內不同府之間，市場整合趨勢程度都不如貴州與廣東組合來得明顯。但其中有少數例外，如廣西泗城、慶遠府兩府接近貴州，與廣東各府距離相對較遠，整合趨勢相對明顯；而廣西梧州府位置較接近廣東，與貴州各府距離較遠，但兩者間配對顏色也相對較深，這些結果都大致符合珠江水系府配對距離較遠，整合趨勢越明顯的現象。

值得進一步說明的是，代表動態整合趨勢，並非絕對靜態之整合程度，換言之，如果是原來就屬於整合已趨成熟的市場，相對價格標準差可能已經穩定，此時若係數較小，並不能代表市場整合程度低。這也可以說明為何鄰近的府，通常係數會較小。

**熱圖1 相對價格標準差趨勢項係數熱區圖**

**珠江水系府中米最高價**



熱圖2是以中米最低價相對價格標準差估得值製作之熱圖，圖中各配對在三省中分布的樣態，大致與最高價估計結果之圖3相似，仍然以貴州與廣東各府整合程度趨勢仍最為明顯，鄰近地區整合趨勢相對較小。但值得注意的是，慶遠府與廣東連州直隸州以外的廣西和廣東各府，值介於(-0.1052, -0.0629)區間內，整合趨勢相對明顯，但與貴州各府整合趨勢相對較弱(值係數區間為(-0.0864, -0.0451))，從地理位置看，慶遠府鄰接貴州都勻與黎平府，在廣西各府中距離廣東相對較遠，這與熱圖1結果顯現距離較遠，整合趨勢越明顯的現象相符。另外，從整體觀察，熱圖2顏色大多略不如熱圖1深，尤其在貴州與廣東間差距更明顯，可能也顯示中米最低價的整合趨勢，不如最高價明顯。

**熱圖2相對價格移動標準差趨勢項係數熱區圖**

**珠江水系府中米最低價**



### 非珠江水系府熱圖

熱圖3為12個非珠江水系府交互配對66組中米最高價相對價格估得之值熱圖，這些府之間不存在珠江水系之航運連接。圖中顯示，貴州各府之間，及廣東南雄直隸州與廉州府與其他非珠江水系府，幾乎都是代表整合趨勢較緩的白色；廣西鎮安府與其他廣東、貴州各府值，除較小的廉州府(-0.0514)外，其餘介於(-0.1330, -0.0694)之區間，其中又以郁林直隸州負值-1.330最大，雖然鎮安府有區域性河流(郁江上游的右江)經過，但它如何跟其他沒有珠江水系航運之利的府有較強的整合趨勢，從糧價資料與地圖資訊似乎無法找到答案。此外，廣東瓊州府(今海南島)與貴州、廣西各府之值介於(-0.1088, -0.0566)之間，也有相對較明顯的整合趨勢，雖然瓊州府也有米糧運輸路線可通廣東[[5]](#footnote-5)，但為何能與沒有珠江水系直通的非水系府有整合現象，原因需要更多的史料證實。

熱圖4為非珠江水系府中米最低價整合情況，除了瓊州府與其他各府的值介於(-0.1004,-0.0411)整合趨勢接近外，其餘區域整體而言，熱圖4中的顏色大致較熱圖3為低。代表最低價在非珠江水系府間整合趨勢不如最高價來的強。

**熱圖3 相對價格移動標準差趨勢項係數熱區圖**

**非珠江水系府中米最高價**



**熱圖4 相對價格移動標準差趨勢項係數熱區圖**

**非珠江水系府中米最低價**



從上面熱圖結果可發現，珠江水系的市場整合趨勢，地域間程度有所不同，但可大致歸納幾點結果。首先，在珠江水系府，距離較遠的府之間，整合趨勢相對較明顯，這似乎反映珠江水系的航運便利，對於長程運輸帶來便利性與效益大於短程，因此對糧食市場整合的效果也較明顯；其次，距離相近的水系府，整合相對較不明顯，可能與這些地區在乾隆初期市場整合已相對成熟，因此水系運輸對整合趨勢影響也較不顯著；再者，從非水系的府結果觀察，其市場整合受惠於珠江水系助益的程度較不明顯，但部分地區仍有較為顯著的整合趨勢，原因或需要發掘更多的史料才能佐證。

參考文獻

中央研究院近代史研究所, 《清代糧價資料庫》。

CHGIS (2016):1820 Layers UTF8 Encoding (Version V1), Harvard Dataverse, https://doi.org/doi:10.7910/DVN/ST5KKM

Engel, C., & Rogers, J. H. (1996): “How Wide Is the Border?”, *The American Economic Review*, 86(5), 1112–1125.

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

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

Roman , Studer (2008):”India and the Great Divergence- Assessing the Efficiency of Grain Markets in Eighteenth- and Nineteenth-Century India”, *The Journal of Economic History*, 68(2).

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

1. 清朝使用之陰曆因每隔數年就會出現閏月，因此不一樣起始月之十年月份數，可能與乾隆元年至十年的123個月略有落差，但因閏月造成十年總月份數差異不超過3個月，影響有限，故移動窗口統一訂為123個月，不隨閏月變化而做調整。 [↑](#footnote-ref-1)
2. 移動標準差變動因移動窗口而存有遞延性。換言之，當某一時間點出現突然轉折導致移動標準差變大，往前123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回復穩定，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-2)
3. 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之”distance matrix”工具估算。 [↑](#footnote-ref-3)
4. 本文採用套裝軟體Microsoft excel之「條件式格式設定」的功能製作熱圖。 [↑](#footnote-ref-4)
5. 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”」。(待確認皇清奏議原文) [↑](#footnote-ref-5)