

健康有價

珠江三角洲船舶排放管制方案

2012年9月

思匯政策研究所

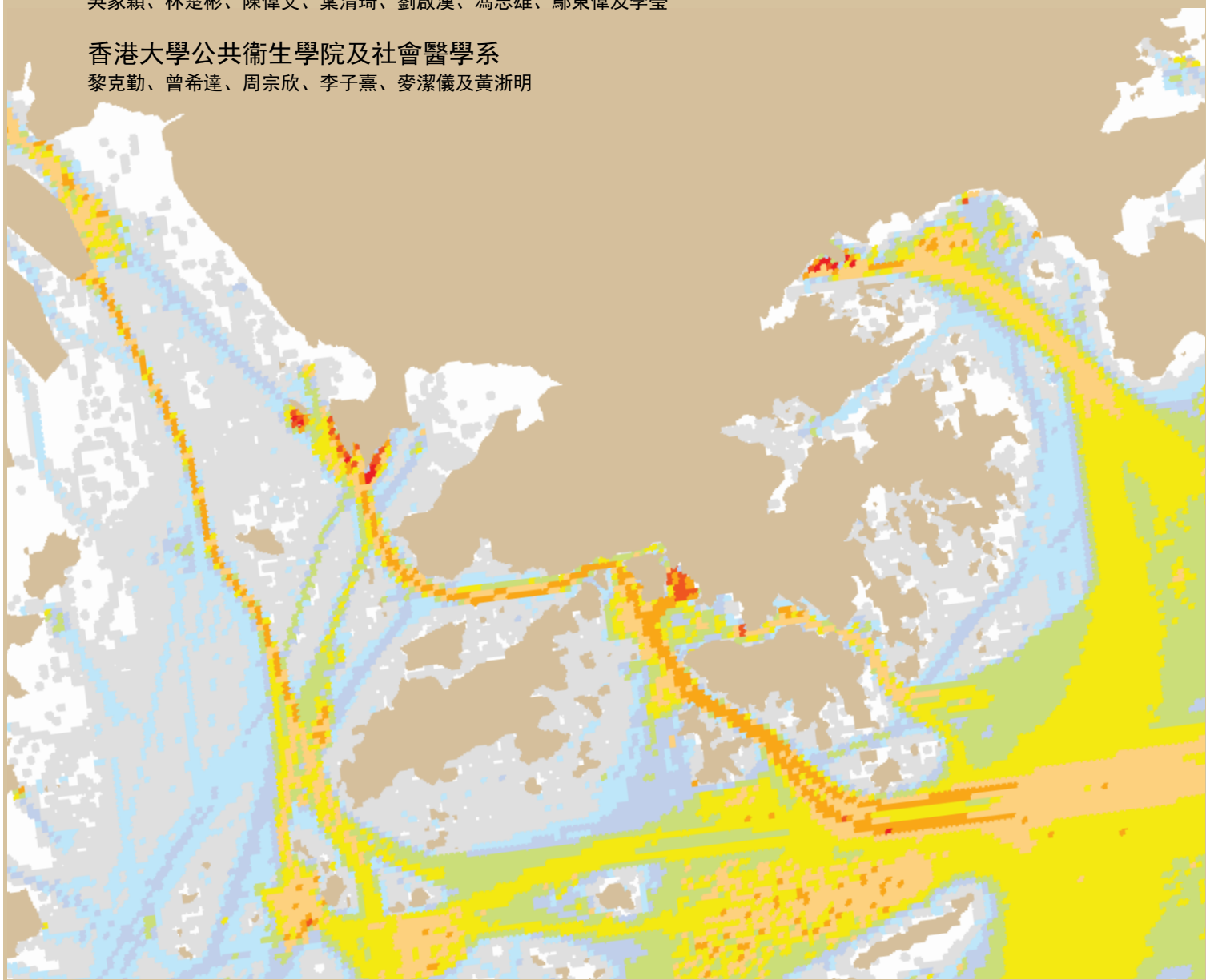
吳敏

香港科技大學霍英東研究院大氣研究中心

吳家穎、林楚彬、陳偉文、葉清琦、劉啟漢、馮志雄、鄔東偉及李瑩

香港大學公共衛生學院及社會醫學系

黎克勤、曾希達、周宗欣、李子熹、麥潔儀及黃浙明



機構簡介

思匯政策研究所、香港科技大學（科大）霍英東研究院大氣研究中心，以及香港大學（港大）公共衛生學院及社會醫學系共同出版此報告。兩所大學負責進行原創研究及科學分析，而思匯政策研究所則加入政策倡議。

思匯政策研究所

思匯政策研究所成立於2000年10月，是香港一所獨立非牟利的公共政策研究組織，致力進行研究及持份者參與項目，以支持基於實證及公眾利益的政策。思匯政策研究所對空氣質素、能源、城市規劃、氣候變化、自然保育、水資源、管治、政制發展、平等機會、貧窮及婦女等課題的研究擁有豐富經驗。

香港科技大學霍英東研究院大氣研究中心

科大霍英東研究院大氣研究中心旨在通過確定與珠江三角洲（珠三角）周圍大城市空氣污染有關的基本問題和科學論點，支持和協助整個地區建立起有效的區域空氣質量管理策略和控制措施。中心確立的六個主要研究領域包括：（1）在香港和珠三角地區進行更深入的污染物成份分譜監測；（2）更深入地了解影響本地區空氣污染的空氣動力學和化學過程；（3）系統地獲得並有規律地更新香港和珠三角地區污染物排放清單；（4）建立一套可以預測空氣污染物對不同控制措施的反應的先進空氣質量模型系統；（5）建立一套全面的模型系統，以預測空氣污染物在不同控制措施下相應的健康威脅緩解、能見度的改善和經濟成本效益；以及（6）開展更多全面的教育和戶外拓展計劃，使持份者及公眾對環保問題有更深刻的認識。

香港大學公共衛生學院及社會醫學系

港大社會醫學系在多個範疇上，一直為豐富國際文獻和保障本地居民健康作出貢獻。這些範疇包括：監控吸煙及控煙主張、傳染病、環境空氣污染、衛生服務研究和衛生經濟、精神科腫瘤分析學和乳腺癌的研究，以及醫療教育。本學系對於研究空氣污染帶來健康影響所造成的經濟損失，特別是在香港及珠三角地區的情況，具有豐富的研究經驗。

作者簡介

思匯政策研究所環境策略主管吳敏

吳敏於2008年6月加入思匯政策研究所，負責管理空氣污染、保護生物多樣性和相關治理問題的研究以及持份者參與項目。近期工作包括為新一屆政府起草自然保育和空氣污染的政策建議。

思匯政策研究所運輸及可持續發展研究主管吳家穎

吳家穎現任思匯政策研究所運輸及可持續發展研究主管。他曾任科大霍英東研究院大氣研究中心及科大環境研究所訪問學者。近年，吳家穎帶領研究團隊進行多項有關香港及珠三角船舶污染估算及管控的研究，包括受香港特區政府環境保護署委託進行的船舶排放清單研究。

港大助理教授（研究）黎克勤

黎克勤博士是港大公共衛生學院講師。他在多個研究項目中擔任主要研究員，包括香港空氣質素指標標準和設置的評估分析。黎克勤博士是達理指數（www.hedleyindex.sph.hku.hk）的學術項目經理。

科大研究助理林楚彬

林楚彬在2005年獲得科大環境科學課程理學碩士學位。自碩士畢業後，林楚彬就職於科大環境部，研究興趣包括清潔能源和可再生能源的利用、排放清單的編制以及環境影響評價。在過去幾年，他致力於粵港兩地船舶排放清單編制的研究工作，以及潛在減排措施的分析工作。

科大兼任助理教授陳偉文

陳偉文博士從事地理信息系統（GIS）、地球物理和遙感的研究和開發。他在科大擔任兼任助理教授，任教地理信息系統課程。

科大研究助理葉清琦

葉清琦是2007年度香港理工大學土地測量及地理資訊系的學士畢業生，並在2009年於科大取得環境科學碩士學位。畢業後，葉清琦在科大環境學系擔任研究助理一職，主要負責處理地理資料及提供電腦技術支援。

科大副教授劉啟漢

劉啟漢教授現職科大環境學部和土木及環境工程學系副教授，並為科大霍英東研究院大氣研究中心主任。他的主要研究範疇包括：大氣數據分析、數值大氣及環境模擬、區域及城市空氣污染、天氣和氣候研究、衛星遙感技術及環境教育等。劉啟漢教授曾發表多篇有關大氣及環境科學的國際論文。

科大教授馮志雄

馮志雄教授為科大環境學部及數學系教授和博士生導師，主要研究方向是空氣污染的數值模擬及其應用，目前從事氣象條件和空氣污染在城市和沿海區域（如香港和珠三角地區）的數值模擬及相互作用的科研工作。近年，其科研團隊重點研究了珠三角地區城市化對大氣環境的影響，其研究顯示該地區的海陸風環流造就了嚴重空氣污染情況的出現。

科大博士生鄔東偉

鄔東偉是科大環境學部博士生，主要從事區域空氣污染的分析 and 數值模擬，目前主要研究顆粒物的形成和特徵，以及城市間的相互傳輸過程，比如香港和相鄰的珠三角地區城市群的相互作用而引起的高污染情況。除此之外，利用數值模擬對大氣污染物進行源解析也是其研究方向之一。

科大博士後研究員李瑩

李瑩博士目前是科大環境學部的博士後研究員。她於2006年獲得北京大學大氣物理與大氣環境科學碩士學位，2011年獲得科大大氣環境科學博士學位。李瑩的研究興趣和領域包括：大氣氣象與大氣污染的關係、大氣污染數據採集、大氣污染數值模擬、衛星數據及地面觀測數據分析，以及大氣污染源研究及有效控制污染策略的開發等。

港大研究助理曾希達

曾希達於2011年以二噁英環境毒理對人類生殖系統的研究取得港大婦產科學系哲學碩士學位，其後加入社會醫學系。她目前的研究工作包括空氣污染的健康影響評估。

港大高級研究助理周宗欣

周宗欣於2001年加入社會醫學系，並於2011年取得 Pompeu Fabra 大學衛生經濟及藥物經濟的國際碩士學位。她目前的研究主要是香港慢性疾病管理計劃的成本效益。

港大李子熹

李子熹於2008年加入社會醫學系。他的主要研究興趣為衛生經濟及推廣，她目前的研究為香港慢性疾病管理計劃的成本效益。

港大教授麥潔儀

麥潔儀教授的主要研究興趣在透過流行病學和經濟技術的應用，回應有關衛生保健的問題。自1994年加入港大社會醫學系後，麥教授成立了衛生服務研究小組，統籌學系在衛生服務研究、經濟及信息學方面的工作。

港大副教授黃浙明

黃浙明博士是社會醫學系環境衛生研究組主管，負責環境衛生研究和教學。他一直是多個空氣污染、流感和熱應力對健康影響區域合作研究的協調員和主要研究者。

前言及鳴謝

這份報告是思匯政策研究所持續近七年工作的成果。我們在2005年首次對航運和港口相關的排放產生興趣，是由於當時美國有研究顯示其對公眾健康帶來巨大的負面影響。鑑於香港以及其他亞洲港口城市人口密度較高，我們認為此議題有急切研究的需要。

最初，我們動用一己資源，探討北美和歐洲的港口如何入手處理船舶排放。其後思匯政策研究所兩次取得Millipede Foundation的資助，以促進廣泛參與，當中包括航運公司、船主、小型船隻營運商和碼頭經理，最終促成在2010年由航運界自願推行的《乘風約章》。該約章自2011年1月起生效，為期兩年。

我們亦感到欣慰的是，環境保護署委託科大編香港製船舶的排放清單，這顯示香港特區政府認為此問題值得關注。思匯政策研究所亦藉此向洛克菲勒兄弟基金會籌款，以評估珠三角的航運排放。因此，由環境保護署和洛克菲勒兄弟基金會資助的報告向決策者和公眾提供了全面的資訊，有助推進未來發展路向。

我們非常感謝前環境局局長邱騰華，鼓勵繼續進行這項研究工作以及他對《乘風約章》的支持。我們亦感謝環境保護署負責船舶排放的專門人員的支持。另外，對海事處人員的長期支持我們也表示謝意。我們特別要感謝航運公司和船主，就促進整個珠三角的船舶排放管制的持續關注。我們更必須感謝科大及港大的研究夥伴，並對他們堅實的研究工作表示由衷的敬佩。透過與兩所大學合作，思匯政策研究所才能夠提供紮實的、以實證為基礎的政策分析和建議。

沒有資助者的支持，我們實在無法維持這項長期且繁重的工作。就此報告的出版，我們最為感謝洛克菲勒兄弟基金會。此外，來自Millipede Foundation的撥款，以及ADM Capital Foundation每年慷慨資助我們的空氣質素項目，思匯政策研究所才能在此領域持續進行多年的研究工作。

我非常感謝思匯政策研究所的綠色航運和港口研究團隊，包括：吳敏的領導工作使報告順利出版，吳家穎在科大進行創新研究後，再次回到我們的團隊當中，以及高慧嘉促成多輪各方參與的活動。此外，黃潔文為報告進行排版及設計，雷奕思提供了中譯版本。

行政總監
陸恭蕙

2012年8月

目錄

| | |
|---|----|
| 行政摘要 | 7 |
| 1. 導言 | 8 |
| 1.1 背景 | |
| 1.2 研究結果 | |
| 1.3 合作研究 | |
| 2. 問題評估 | 12 |
| 2.1 2008年遠洋船排放清單 | |
| 2.2 主要排放者 | |
| 2.3 危害最大的操作模式 | |
| 2.4 污染物擴散 | |
| 2.5 船舶排放對公眾健康的影響 | |
| 3. 管制方案 | 16 |
| 3.1 管制方案一： 在香港水域停泊時轉用0.5%含硫量燃油 | |
| 3.2 管制方案二： 在香港水域內轉用0.1%含硫量燃油 | |
| 3.3 管制方案三： 排放控制區—香港100海里內轉用含硫量為0.1%的燃料 (遠洋船、內河船及本地船隻) | |
| 3.4 管制方案四： 遠洋船在香港水域內船速限於12海里 | |
| 4. 結論 | 22 |
| 附錄 | |
| 1. 摘自《共建優質生活圈專項規劃》 有關船舶污染的建議 | 23 |
| 2. 香港水域內、外遠洋船舶排放 | 24 |
| 3. 郵輪二氧化硫排放分佈 | 26 |
| 註釋 | 27 |

行政摘要

管制珠三角船舶排放

珠三角共享同一個氣域，但在空氣質素管制方面卻有不同的行政和法律措施。香港、廣東和澳門政府於2012年6月發布的《共建優質生活圈專項規劃》，提出了減少整個珠三角地區船舶排放的合作策略。

為達成此策略的種種目標，這份報告為區內決策者提供了相關數據及實證，亦集中探討如何監管主要的船舶排放來源——即遠洋船的有毒廢氣排放。研究結果表明，目前來自船舶的二氧化硫排放量，造成珠三角地區每年519個提前死亡個案。如果排放控制區強制船舶使用低硫燃料，將可減少這些死亡個案達91%。報告所提出的另外三個管制方案雖然效果沒那麼全面，亦可減少遠洋船排放量及相關的公眾健康影響達41%至62%，決策者可考慮引進這些措施，作為設立珠三角排放控制區的中途方案。

1 導言

1.1 背景

珠三角水域位居世界最繁忙水域之一

在珠三角，香港、澳門和廣東九個地級市住有約3,600萬人¹。全球十大最繁忙貨櫃港口中，有三個位處該區，每年處理約5,000萬個標準貨櫃²，佔全球貨櫃吞吐量的10%，令珠三角水域位居世界最繁忙水域之一。

珠三角沒有制定船舶燃油的規定

在歐洲和北美按《國際防止船舶造成污染公約》附件六設立的排放控制區，對船舶在特定範圍內可使用的燃油質素訂立了嚴格的標準；但在珠三角則沒有類似的規定。在珠三角的船隻（包括在其他地方使用清潔燃料的船隻）為求將成本降到最低，會使用更污染的重油，因而大量排放更多有害氣體。

區域合作規劃

珠三角共享同一個氣域，但在空氣質素管制方面卻有不同的行政和法律措施。香港、廣東和澳門政府同意按2012年6月發布的《共建優質生活圈專項規劃》（見附錄1）³，共同減少船舶排放。該規劃要求制定排放清單，就不同管制方案進行成本和效益分析，並就引入更嚴格的燃料標準和暫定的排放控制區制定計劃。

私營機構領導
《乘風約章》

私人航運公司已在該區帶領減排。2010年11月，18條航線與思匯政策研究所共同訂立了《乘風約章》⁴，同意兩年內在香停泊時自願使用含硫量 0.5%或以下的燃油⁵。這將帶來顯著改善，因為現時船隻使用的燃油含硫量一般為2.8%至3.5%。香港特區政府於2011年12月開始就管制船舶廢氣的建議諮詢立法會議員及航運業界⁶。

環保署已為香港制定清單

《乘風約章》的一個主要訴求是，珠三角各區政府應規範整個地區的燃料標準。為實施相關監管，決策者必須備有船舶排放清單，以制定並為新的管制或獎勵措施提供理據。香港已完成相關工作^{7、8}，但類似的工作尚未推展至整個珠三角地區。

本報告以新的珠三角船舶排放清單支持政府監管工作

本報告為評估整個珠三角地區的遠洋船排放，踏出了重要的一步。本報告旨在提供數據，以支持各司法管轄區制定監管法則，最終期望將整個珠三角地區設定為排放控制區。

1.2 研究結果

四個管制方案

這項研究為決策者提供了指引，就四個不同管制方案的影響進行了評估。這包括就停泊時使用的燃料訂下更嚴格的標準（含硫量上限0.5%），為香港水域及100海里內的船隻設定排放控制區水平的燃料標準（含硫量上限0.1%），以及對香港水域內的船隻實施航速限制。後者將減少所有污染物達8.5%至15%，並且不需任何成本，因為船舶慢駛將會使用較少燃料。（圖1）

這些詳細資料將有助航運界和政府更了解當前遠洋船航行的影響，並可合理地決定採用最合適的減排方案。

圖1：四個船舶管制方案在香港水域內和100海里內的可能達至的排放減幅（噸及基線百份比）

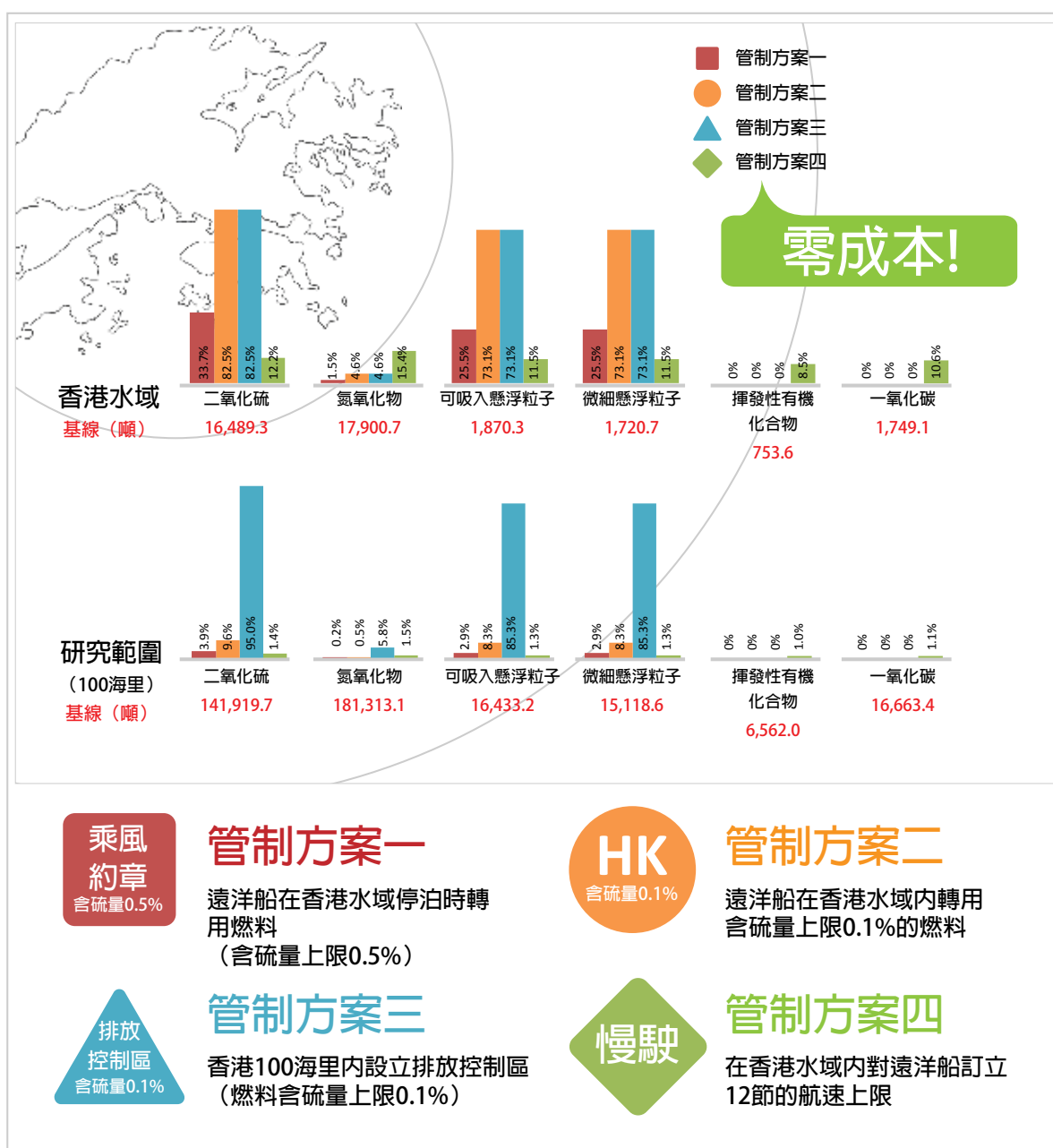
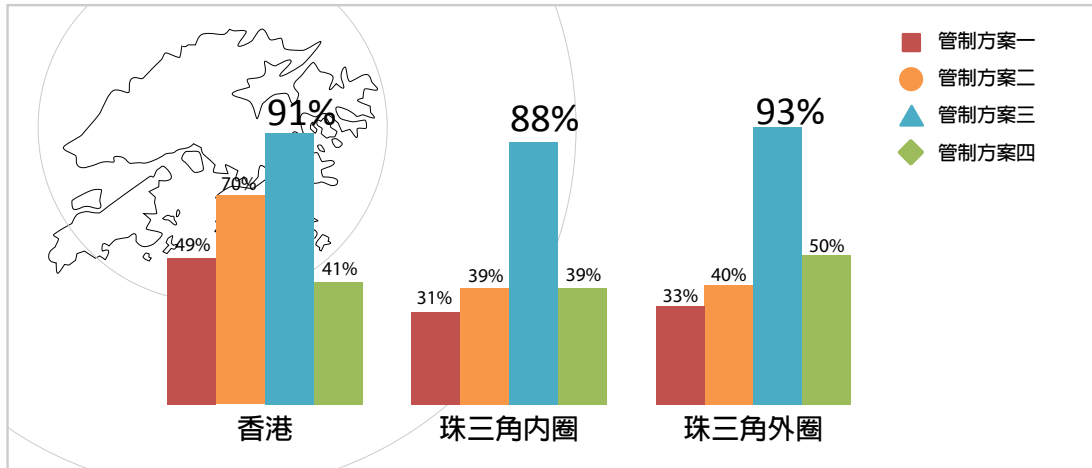


圖2：不同管制方案下可降低的額外死亡率（改善比例）



排放控制區減少91%死亡個案

這份報告最重要的價值在於向決策者表明，如果在珠三角水域及香港100海里內設立排放控制區，遠洋船的二氧化硫排放量及相關公眾健康影響可以減少高達91%。（圖2）

香港首當其衝受影響

報告亦顯示，香港市民承受了74%的船舶污染的影響，儘管香港處理的貨櫃吞吐佔珠三角總吞吐量不足50%，這是因為絕大多數停靠深圳蛇口和鹽田兩個港口的船隻也會途經香港水域，並在途中排放以噸計的污染物。因此，香港市民亦會因減排措施而享受到相應比例的好處。

經驗證的低成本解決方案

要大幅減少相關排放對健康的影響，並不需要開發新技術或創新的管制措施，只要求現有船舶按已廣泛推行的操作條件使用更清潔的燃料。這是相對低廉的方法，而成本可以亦應該根據「污染者自付」原則由托運人共同。

確定主要污染者和對公眾健康的影響

這份報告涵蓋的內容並不只於此，它準確地分析了污染最嚴重的船舶類型、其排放地點和擴散方式，例如指出遠洋客輪的具體排放量，並首次指出二氧化硫排放對珠三角不同地級市和地區居民的健康影響，以及來自船舶的二氧化硫排放對比其他來源的相對影響性（見章節2.4）。

珠三角設立排放控制區的路線圖

決策者可以只處理特定議題，如減少遠洋客輪帶來的影響，但更期望他們以這些數據制定多階段的方案，促使所有遠洋船的排放量逐步減少。首先可以管制在各司法管轄區停泊時的排放量，繼而僅在中國水域引入低排放區。最理想的情況是，在此報告的協助下制定「跳躍式」方案，即在珠三角設立國際海事組織認可的排放控制區，以大幅減少遠洋船排放和相關公眾健康影響。

1.3 合作研究

跨學科合作

這些研究結果來自思匯政策研究所、科大霍英東研究院大氣研究中心和港大公共衛生學院的開創性研究。

科大 - 首個珠三角以「動力法」為基礎的清單

科大編制了首個以「動力法」為基礎、涵蓋整個珠三角的遠洋船排放清單，為研究奠定了基礎。此清單考慮了更多的變數，因此，比傳統以燃料法計算的清單更為準確。科大還根據在珠三角各地級市的遠洋船所排放的主要污染物濃度，繪製了污染物擴散圖。

港大 - 首個公眾健康影響評估

港大按這些資料以及區內健康數據，為遠洋船排放對珠三角各地級市、香港和澳門的人口健康影響進行首個評估。

本報告並未羅列支持這些研究結果的複雜算式和模型。然而，科大及港大已分別發表更富代表性的學術論文，列明技術細節、來源和假設，以支持本文結論的準確性。如需進一步資料可參考以下論文：

- 吳家穎、林楚彬、陳偉文、葉清琦、劉啟漢、馮志雄、鄔東偉及李瑩 (2012年)，《香港和珠江三角洲的船舶黑煙排放最後報告》，科大霍英東研究院大氣研究中心。(只有英文版)
- 黎克勤、曾希達、周宗欣、李子熹、麥潔儀及黃浙明 (2012年)，《Health Impact Assessment of Measures to Reduce Marine Shipping Emissions》，港大公共衛生學院及社會醫學系。(只有英文版)

2 問題評估

2.1 2008年遠洋船排放清單

2008年珠三角遠洋船
排放清單

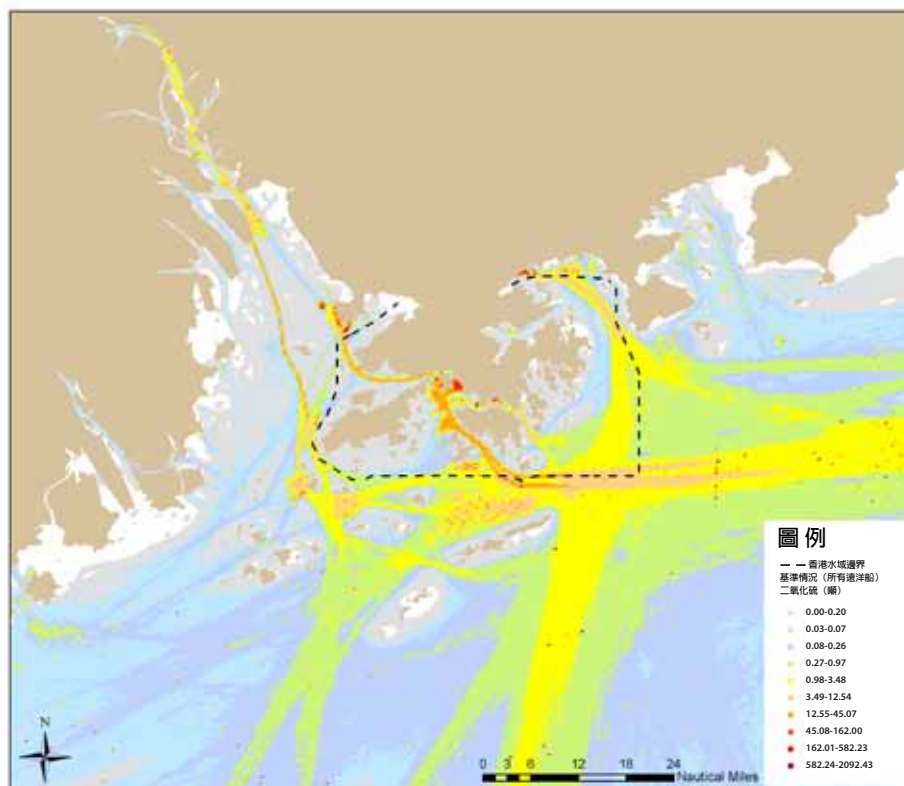
遠洋船在珠三角地區的排放情況，是根據在2008年監察約五萬隻停靠或駛經香港水域的船隻活動而作出估計的。⁹六種污染物按船舶類型和操作模式進行了評估和分類。遠洋船在香港水域外但在香港100海里內的排放量也被估算出來（見附錄2）。

基準地圖

圖3顯示，遠洋船排放二氧化硫的位置大致為港口和停泊地點（紅色）、最為廣泛使用的航道，以及船隻進出珠三角的主要進口航道。由於遠洋船排放的二氧化硫有其獨特標記，易於識別，因此二氧化硫可作為排放指標。反之，其他污染物一旦被排出便不能直接歸因於特定源頭。

按船舶類型和操作模式細分這些排放量，可使決策者了解哪種船舶和操作模式需為產生最多污染物負責，有助於制定最有效的減排策略。

圖3. 2008年遠洋船二氧化硫排放依500米清晰度顯示的空間分佈圖¹⁰

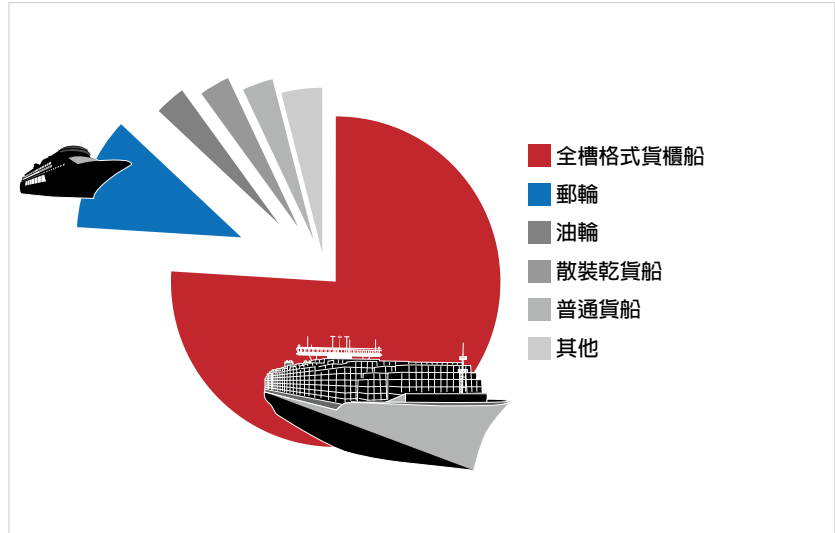


2.2 主要排放者

依船隻類型分類

在香港水域內、外的總排放量有75%至80%來自貨櫃船 (圖4)。其他主要排放者包括郵輪。由於郵輪清楚使用特定航道 (附錄3)，故能顯示其對珠三角不同地點的特定影響。

圖4. 依船隻類型的遠洋船二氧化硫排放

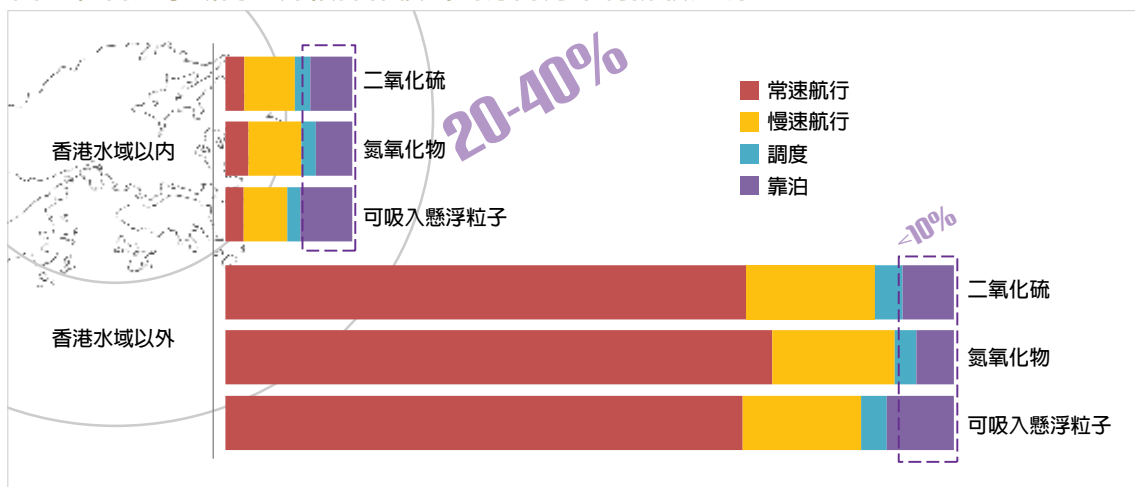


2.3 危害最大的操作模式

依操作模式分類

圖5顯示不同操作模式產生不同的總排放量比例。雖然在香港水域外的排放量比水域內的高出約六倍，但一個重要的考慮因素是，越接近人口的排放越有害，因為他們無可避免地會吸入這些污染物。這意味遠洋船停泊時相對溫和的排放量——在香港佔20-40%；在珠三角佔少於10%——所帶來的負面健康影響實際上卻是不成比例的高，因此減排措施所帶來的公共健康效益，將比此圖表初步示的更為顯著。

圖5. 在香港水域內、外依操作模式劃分的污染物排放比例



2.4 污染物擴散

污染物擴散

排出的污染物不一定會在排放位置被人體吸入。一個重要的考慮因素是，越接近源頭，污染物的濃度越高。圖6是按地級市劃分的珠三角地圖。簡言之，越接近香港及深圳港口和航道的地級市，越受船舶排放的影響。相反，地級市越是遠離港口和的航道，受到的影響越少（圖7、圖8）。

圖6. 健康影響匯報區域分類

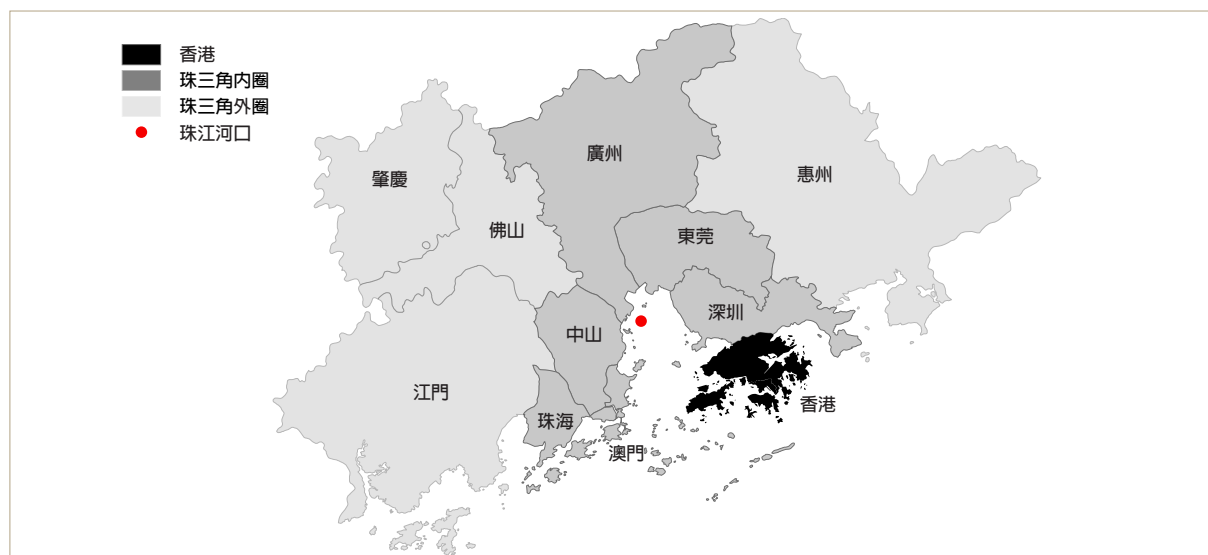
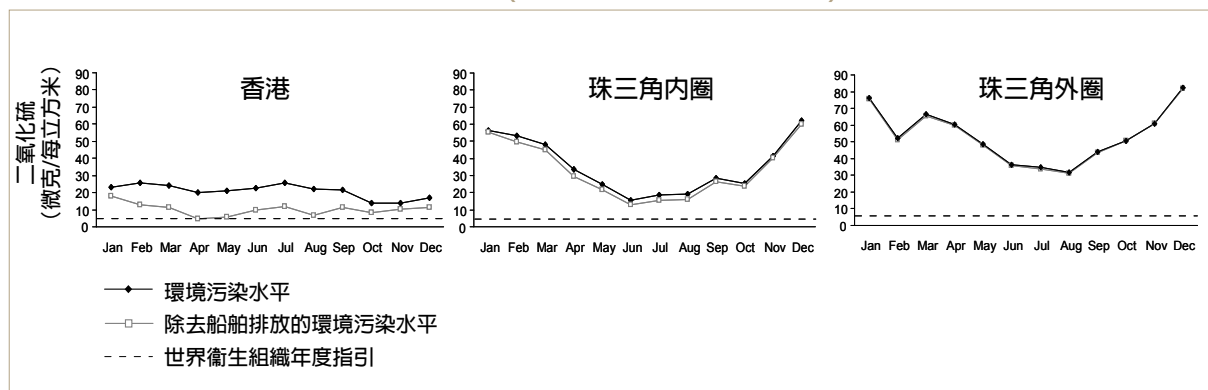


圖7：2008年每月平均二氧化硫濃度（包括和不包括船舶排放）¹¹

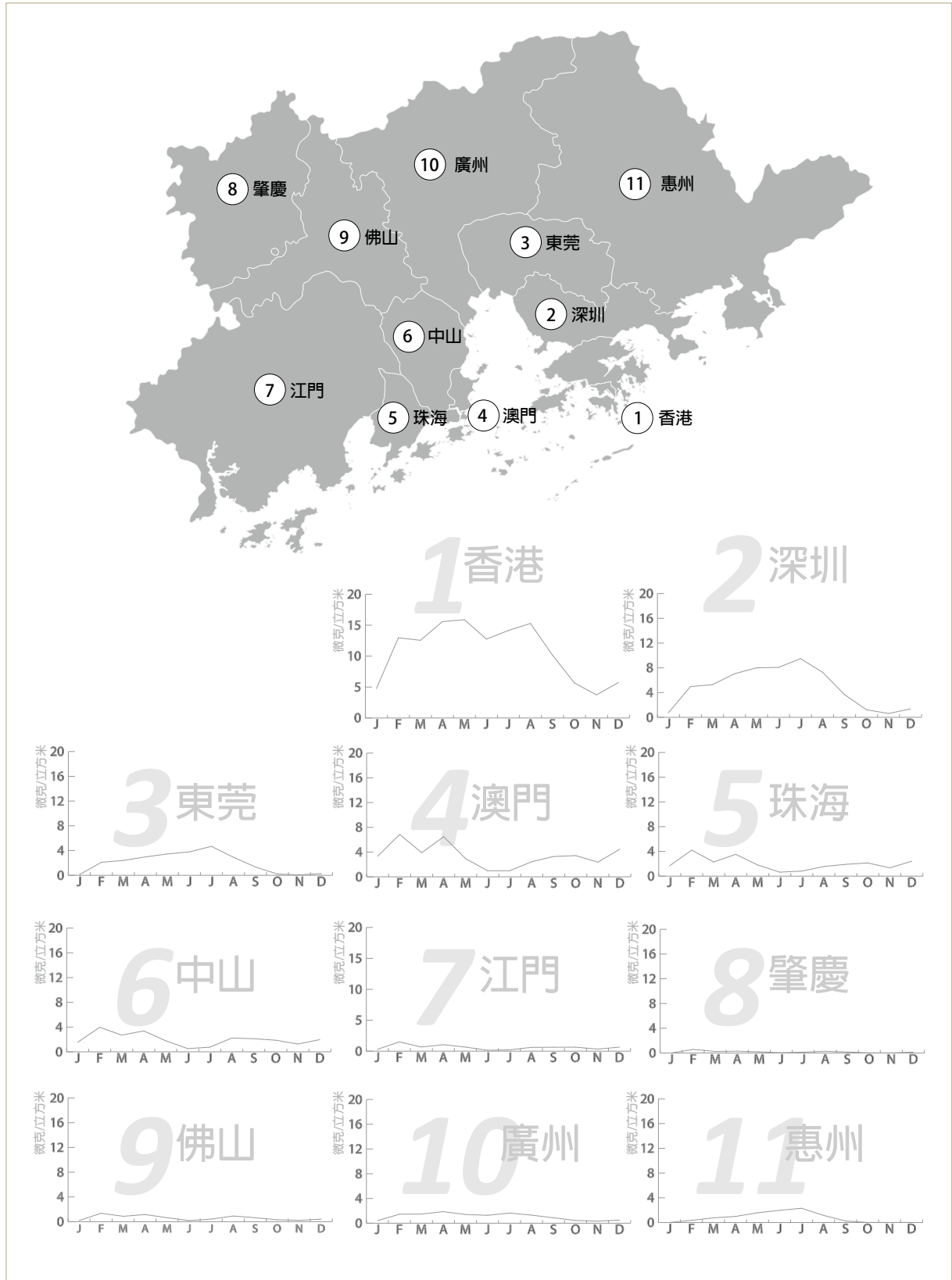


2.5 船舶排放對公眾健康的影響

每年519個可避免死亡個案

每年約有519個提前死亡個案可直接歸因於珠三角地區的遠洋船二氧化硫排放。其中大部份為香港居民（385個可避免死亡個案）和沿海地級市居民（93個可避免死亡個案）。由於船舶污染的影響隨著遠離主要港口而下降，因此，遠離珠江口的地級市（42個可避免死亡個案）幾乎不受影響。以上數字乃根據整個地級市的平均濃度計算，但可以肯定的是，那些居住在最接近港口、碇泊區和航道的市民必定首當其衝受到最大的影響，因為那些地方的污染物濃度是最高的。（圖8）

圖 8：2008年按地級劃分每月平均二氧化硫濃度（微克/立方米）



3 管制方案

珠三角對遠洋船的管制

本節評估四個在珠三角地區管制遠洋船排放的方案。上一章節中，圖 8 是一連串證據中至關重要的一環：它顯示來自船舶的二氧化硫如何在該地區擴散。污染物濃度為評估公眾健康影響提供了重要數據。此外，圖 8 亦顯示污染物濃度的季節變化，船排放的影響如何隨與源頭的距離增加而減少，以及管制方案的有效性。

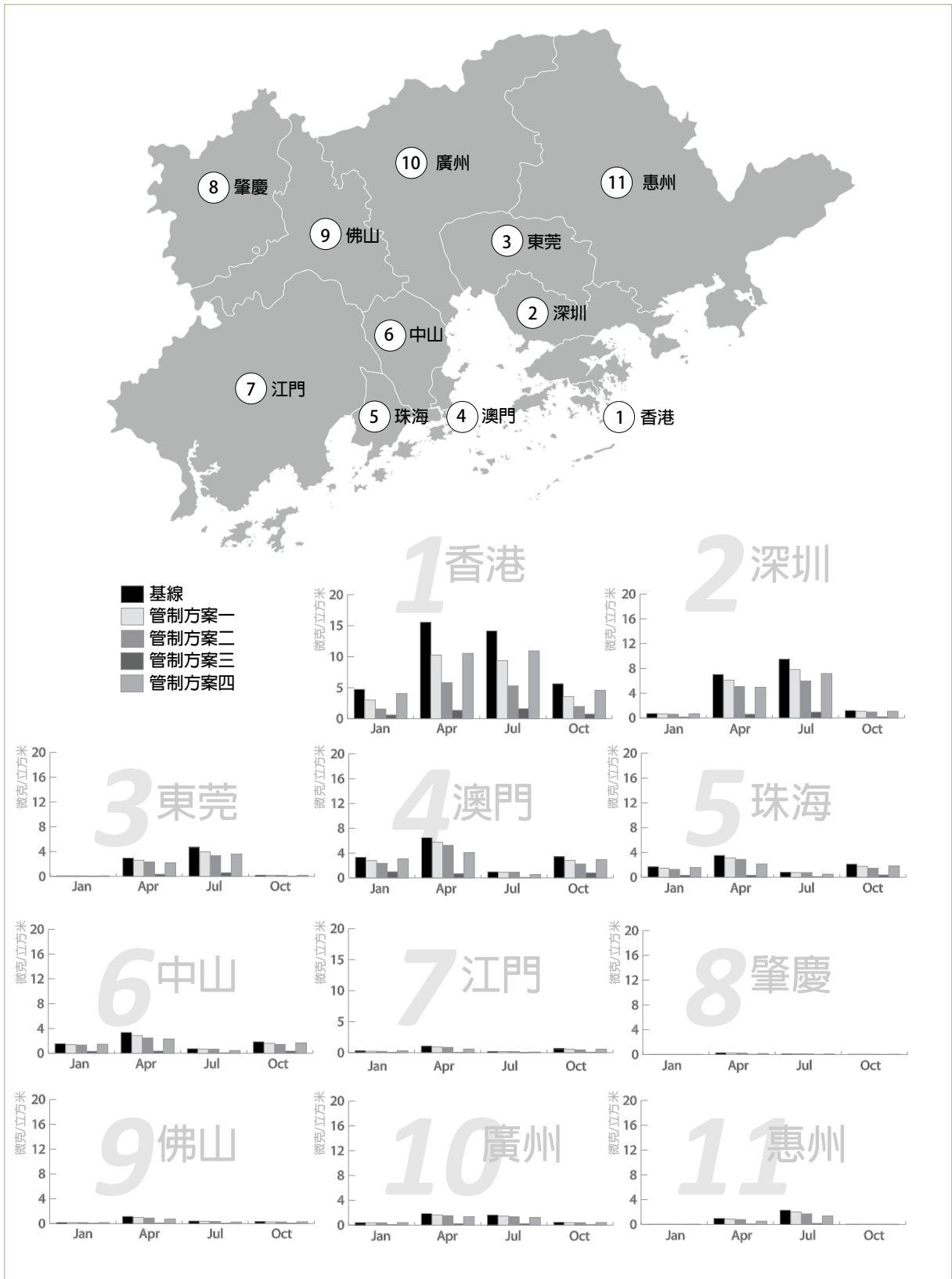
結果摘要

以下每一個管制方案皆附有一幅地圖，方便讀者與圖 3（頁 12）的基線排放比船舶排放的位置和濃度變化。此外，亦有一段簡段文字描述遠洋船二氧化硫排放量相關的死亡率下降程度。表 1 和圖 9 總結了這些管制方案的結果總，方便讀者理解減少船舶污染物和可量度的公眾健康改善結果之間的聯繫。

表 1：四個船舶管制方案在香港水域內和 100 海里內對健康影響的潛在減幅（可避免死亡個案及百份比減幅）

| | | 香港 | 珠三角內圈 | 珠三角外圈 |
|------------------------|-------------------------------|-----------|----------|----------|
| 每年死亡個案（所有原因及年齡） | | 39,799 | 67,070 | 86,041 |
| 因船舶排放二氧化硫造成的額外死亡 | | 385 | 93 | 42 |
| 四個船舶排放管制方案下的額外死亡（改善比例） | | | | |
| 管制方案一 | 在香港水域停泊時轉用燃料（含硫量上限 0.5%） | 197 (49%) | 64 (31%) | 28 (33%) |
| 管制方案二 | 在香港水域內燃料含硫量上限 0.1% | 114 (70%) | 57 (39%) | 25 (40%) |
| 管制方案三 | 香港 100 海里內設立排放控制區（含硫量上限 0.1%） | 33 (91%) | 11 (88%) | 3 (93%) |
| 管制方案四 | 在香港水域內慢速航行 | 229 (41%) | 57 (39%) | 21 (50%) |

圖9：按不同管制方案比較2008年珠三角地區季節性二氧化硫濃度（微克/立方米）



3.1 管制方案一： 遠洋船在香港水域停泊時轉用0.5% 含硫量燃油

此管制措施與《乘風約章》一致，但《乘風約章》讓船舶自願在停泊時轉換燃料，此方案卻是強制性的。遠洋船停泊時其輔助發動機和鍋爐必須使用不高於0.5%含硫量¹²的燃料。減排主要會在葵涌貨櫃碼頭、海運碼頭及以下碇泊區實現：（圖10a）

1. 九龍灣（主要由郵輪使用）
2. 青衣南部和西部的燃料裝卸設施
3. 西面錨地
4. 南丫島北部錨地
5. 南丫島南部錨地

圖10a：在香港停泊時轉用0.5%含硫量燃油後的遠洋船二氧化硫排放量¹³

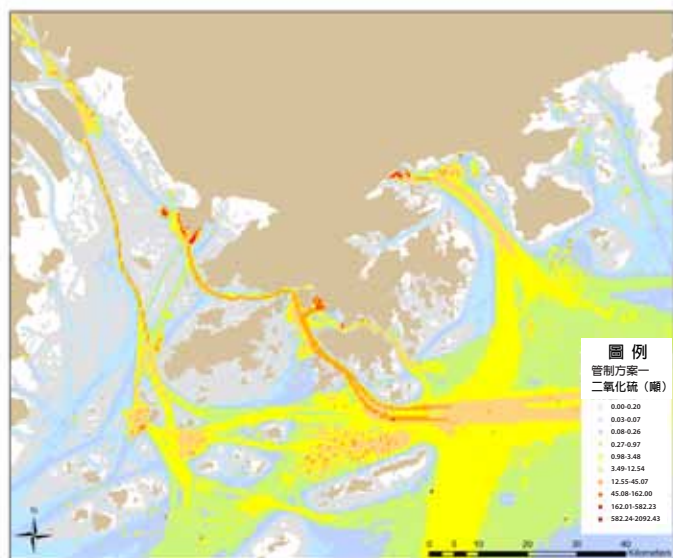
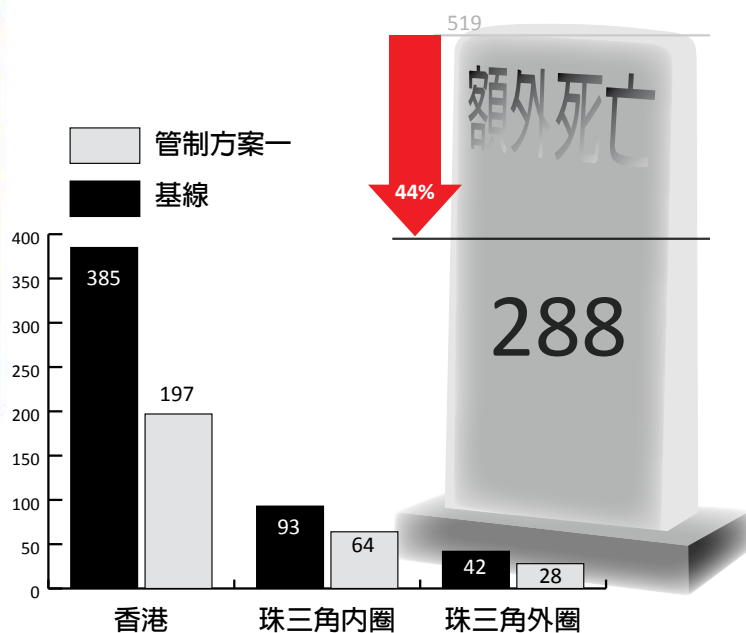


圖10b：在香港停泊時轉用0.5%含硫量燃油前、後的總額外死亡人數



結果：

儘管這項方案的實施範圍有限，但預計仍可在香港減少33%遠洋船二氧化硫排放量，以及約25%的粒子。預期由遠洋船排放引起的可避免死亡個案，在香港由385個減少至197個，在珠三角內圈由93個減少到64個，而珠三角外圈則由42個減至28個，整體個案數目由519個減至288個。此方案之所以有效，主要是因為在靠近市民聚居地的港口和碇泊區進行減排，尤其是在葵青區及維多利亞港附近。

3.2 管制方案二： 遠洋船在香港水域內轉用0.1%含硫 量燃油

第二個管制方案要求所有遠洋船在香港水域內轉用0.1%低硫燃料。遠洋船在駛近香港前便應開始為有關設備轉換燃料，並只能在離開香港水域後才可轉用原有燃料。地圖顯示港口、碇泊區和航道（尤其是在香港東部水域）的船舶排放量將顯著減少（再沒有紅色或橙色的「熱點」）。（圖11a）

圖11a：遠洋船在香港水域內轉用0.1%含硫量燃油後的二氧化硫排放量¹⁴

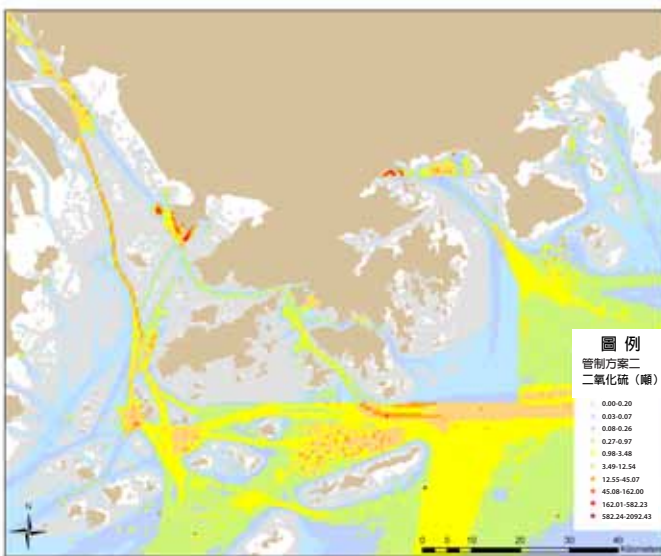
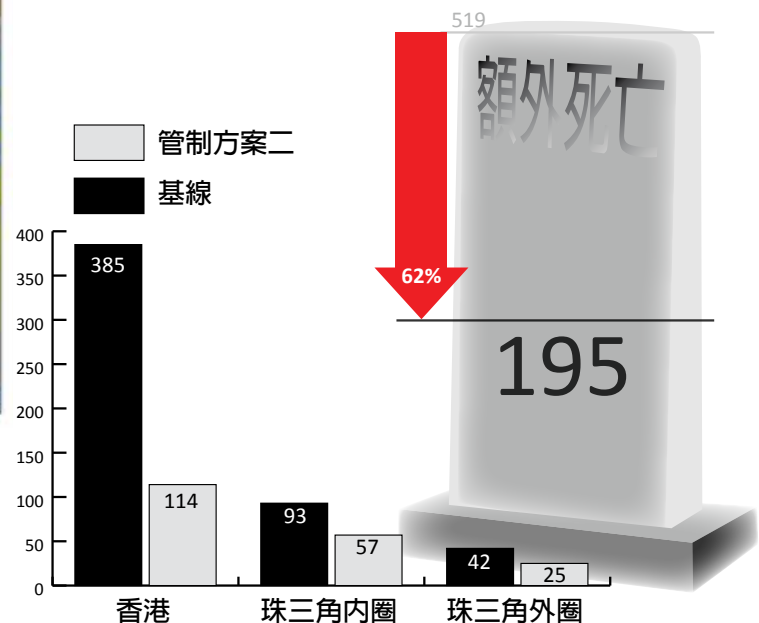


圖11b：遠洋船在香港水域內轉用0.1%含硫量燃油前、後的總額外死亡人數



結果：

這更全面的方案將減少遠洋船在香港水域內82.5%的二氧化硫排放量，而在整個珠三角將減少9.6%；粒子排放量在香港水域將下降73.1%，在整個珠三角則下降7.1%。有關減排將使因船舶排放引起的可避免死亡個案，在香港由385個減至114個，在珠三角內圈由93個減至57個，而在珠三角外圈則由42個減少至25個。（圖11b）

3.3 管制方案三： 排放控制區—香港100海里內轉用 含硫量為0.1%的燃料 (遠洋船、內河船及本地船隻)

在覆蓋整個珠三角至香港100海里內的排放控制區內轉用0.1%低硫燃料¹⁵。的方案中，將包括遠洋船、內河船和本地船隻。圖12a清晰顯示在排放控制區實施後生效，船舶排放的減少幅度。

圖12a：在香港100海里內實施排放控制區後所有船隻的二氧化硫排放量¹⁶

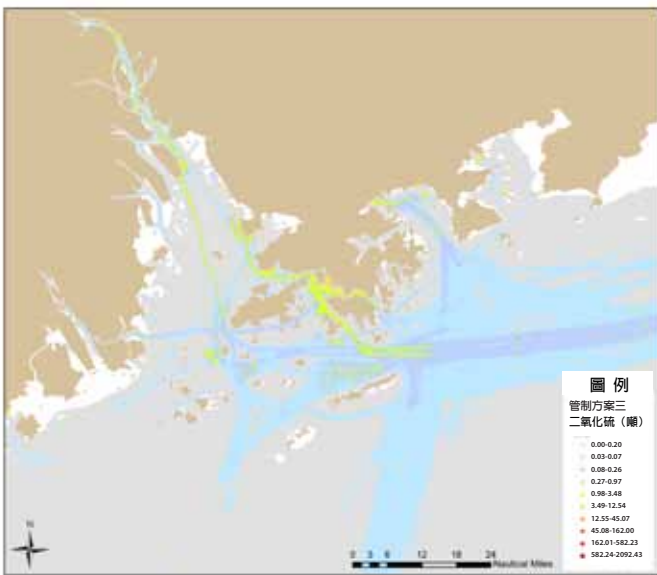
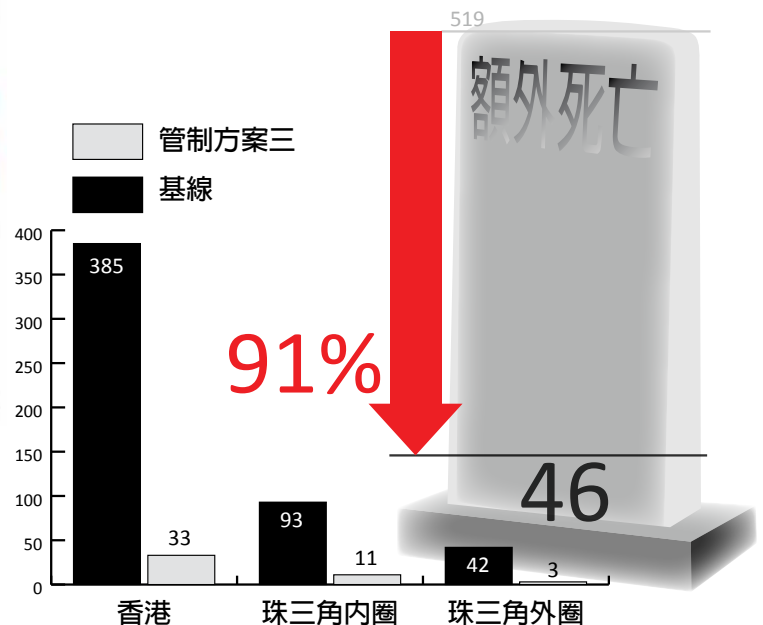


圖12b：在香港100海里內實施排放控制區前、後的總額外死亡人數



結果：

引入排放控制區將減少遠洋船在香港水域82.5%的二氧化硫排放量，而在整個珠三角則減少95%。粒子排放量在香港水域將下降73.1%，在整個珠三角則下降85.3%。相關減排促使因船舶排放造成的可避免死亡個案，在香港由385個減至33個，在珠三角內圈由93個減至11個，在珠三角外圈則由42個減至3個。(圖12b)

3.4 管制方案四： 遠洋船在香港水域內船速限於12節

此方案的重點在於改善燃油效率而非燃油質素。在此方案下，所有遠洋船均需把船速限於12節。慢船速可降低燃油消耗及排放量。船速限制已在維多利亞港及東博寮海峽生效。但本港東北面近大鵬灣及鹽田一帶，以及馬灣航道和龍鼓水道，現時均未有實施船速限制。圖13a顯示船速限制方案可能帶來的影響。同樣，香港南部近蒲台島一帶和本港水域東南面的船舶排放量也將減少。

圖13a：遠洋船在香港水域內限速12節後的二氧化硫排放量¹⁷

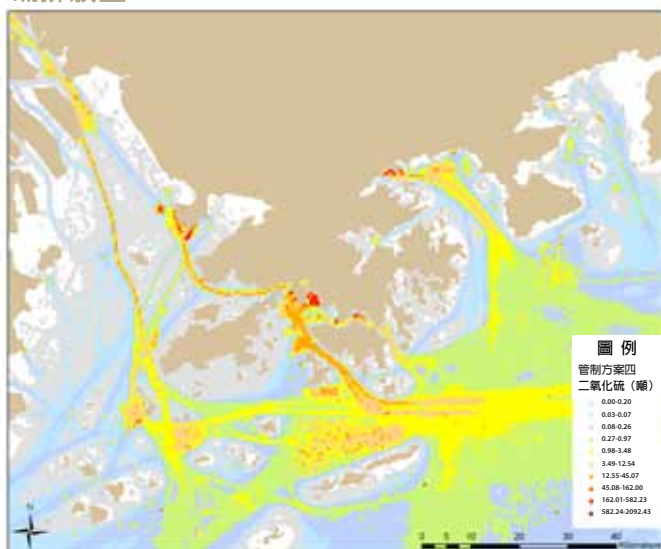
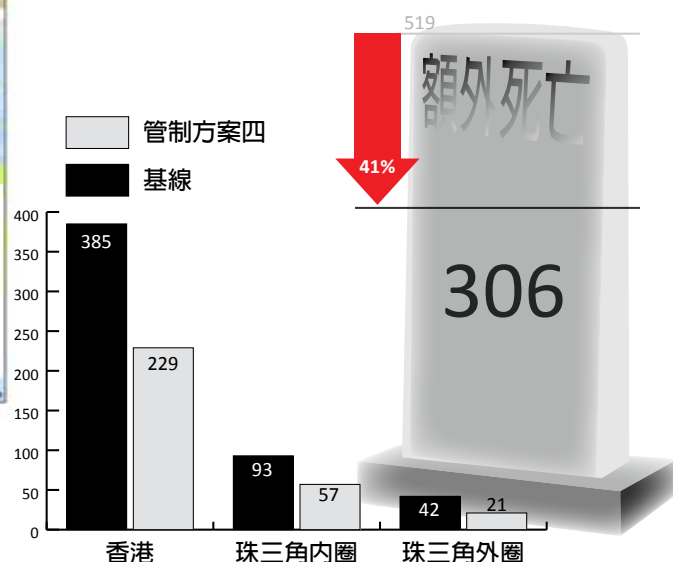


圖13b：遠洋船在香港水域內限速12節前、後的總額外死亡人數



結果：

減速航行是唯一可減少所有六種污染物的方法。表2顯示船舶排放量減少的比例。相關減排促使因船舶排放造成的可避免死亡個案，在香港由385個減至229個，在珠三角內圈由93個減至57個，而在珠三角外圈則由42個減至21個¹⁸。

表2：於香港水域減速航行 (12節) 之排放減少百分比 (2008年數據)

| | SO ₂ | NO _x | PM ₁₀ | PM _{2.5} | VOC | CO |
|-------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|------|-------|
| 香港水域 | 12.2% | 15.4% | 11.5% | 11.5% | 8.5% | 10.6% |
| 100海里 | 1.4% | 1.5% | 1.3% | 1.3% | 1.0% | 1.1% |

4 結論

機會

負責處理珠三角船舶排放的官員，在制定管制方案上可說是處於令人稱羨的位置，因為無論是航運界、北京的政策領導人以及珠三角三地政府皆積極要求制定管制方案。然而，目前區內並沒有任何管制船用燃油質素的措施。

實證

本文的研究結果清楚地表明，燃料轉換和慢駛會帶來可量度的空氣質素和公眾健康改善結果。現在電廠的二氧化硫排放量已受管制，而船舶排放是香港最大的單一二氧化硫來源，並且排放量仍在上升。

香港必須帶頭

船舶的排放直接影響香港的公共健康，因此，假如實踐各項管制措施，得益最多的亦將必是香港。香港也可以透過利用這些新數據，闡述引進更嚴格二氧化硫空氣質素指標的必要性。香港具備多方面條件和責任，繼續帶頭制定整個珠三角的控排路線圖。

管制的法律機制

根據《空氣污染管制條例》第43條¹⁹，在香港負責管制燃料質素的是環境局局長：

(1) 為施行本條例，局長在向環境諮詢委員會作出諮詢後，可藉規例就以下事項作出規定—

(p) 指明規例適用的燃料種類，或可能放出空氣污染物的任何種類其他物料(包括用於推進任何船隻、汽車、鐵路機車或飛機的燃料或其他物料)，以及有關裝置的種類(包括任何火爐或用於推進任何船隻、汽車、鐵路機車或飛機的引擎)；

國家發展和改革委員會已經表明根據《共建優質生活圈專項規劃》尋求創新的跨境解決方案，改善居民生活質素²⁰。香港如起牽頭作用，將可向各方發出一個強烈的信息，表示香港作為環境管理方面的創新者和領導者，可為珠三角地區作出更多貢獻。

泛珠三角的決策者也可發揮作用

當市民對環境質素的期望不斷上升，污染者如想擴大業務或甚至只是期望留在業界，亦越來越被要求減少其對環境的影響。因此，在珠三角地區的決策者，將可因支持制定中國首個船舶排放管制方案而得益。

持續討論的需要

然而，即使存在這些推動力，在多個司法管轄區制定聯合監管框架仍將非常複雜。雖然持份者可能達成原則性協議，但管制過程中必然需要制定的可操作細節，可能需要透過精心設計和管理的參與過程，才可馬到功成。「一國兩制」原則的敏感性只會使此工作更富挑戰性。但是制定一個可用於解決其他跨境環境問題的框架，其價值將遠遠超出船舶減排單一項工作。

附錄1

摘自《共建優質生活圈專項規劃》²¹有關船舶污染的建議。

(4) 合作研究控制大珠三角海域大氣污染

- ① 建議三地共同開展控制大珠三角海域大氣污染的基礎研究，研究編制海域範圍內的船舶大氣污染物的排放清單，以推算2012至2020年的船舶大氣污染物排放量。
- ② 研究制定減排合作行動計劃。合作建議包括：
 - 參考《國際防止船舶造成污染公約》附件VI的規定處理船舶污染的問題，綜合考慮技術可行性、減排效益和成本效益，共同制定船舶有害污染物排放的減排目標以及船隻油品標準，亦積極鼓勵其它能達到相若減排效益的方案，從而進一步加強管制船隻的排放量；
 - 限制船舶廢氣污染物的排放，包括新建成船舶柴油機引擎氮氧化物的排放必須與造機、造船、航運的發展保持同步；
 - 研究鼓勵進入港口的車輛需使用更潔淨的燃料，對非道路移動機械（NRMMs）如起重機、履帶車和移動發電機等污染源實施管制，優化運輸模式，以減少港口周邊的廢氣；
 - 研究採用更清潔的能源，讓停泊在大珠三角港口的郵輪及遠洋船舶獲得電能；
 - 研究要求在大珠三角港口停泊的遠洋船舶，使用岸上供電系統供電或用低硫燃料；
 - 提供誘因，鼓勵更多遠洋船在停泊香港水域時改用清潔燃料；及
 - 探討研究在大珠三角海域建立“排放控制區”。

附錄2

香港水域內、外遠洋船舶排放

表A2-1：2008年依船隻類型在香港水域內的遠洋船排放 (噸)²²

| 船隻類型 | 二氧化硫 | 氮氧化物 | 可吸入懸浮粒子 | 微細懸浮粒子 | 揮發性有機化合物 | 一氧化碳 |
|----------|----------|----------|---------|---------|----------|---------|
| 化學品運載船 | 71.5 | 69.2 | 7.7 | 7.1 | 2.7 | 6.1 |
| 普通貨船 | 386.0 | 404.3 | 43.9 | 40.4 | 15.3 | 34.8 |
| 郵船/渡輪 | 1,853.2 | 1,894.4 | 205.2 | 188.8 | 66.3 | 154.7 |
| 散裝乾貨船 | 513.4 | 498.9 | 53.9 | 49.6 | 19.1 | 44.3 |
| 漁船/魚類加工船 | 0.8 | 2.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| 全槽格式貨櫃船 | 12,568.2 | 14,113.9 | 1,449.4 | 1,333.5 | 616.4 | 1,431.5 |
| 液化氣體運載船 | 64.8 | 58.2 | 6.9 | 6.4 | 2.1 | 4.7 |
| 駁船/躉船/貨艇 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 油輪 | 537.8 | 354.3 | 45.4 | 41.7 | 13.4 | 31.8 |
| 遊樂船舶 | 4.1 | 4.1 | 0.5 | 0.4 | 0.1 | 0.3 |
| 滾裝卸式船 | 112.2 | 128.0 | 13.1 | 12.1 | 4.7 | 10.9 |
| 半貨櫃船 | 8.6 | 8.3 | 1.0 | 0.9 | 0.4 | 0.8 |
| 拖船 | 144.3 | 146.2 | 17.3 | 15.9 | 5.4 | 11.8 |
| 其他 | 224.4 | 218.5 | 25.9 | 23.8 | 7.6 | 17.1 |
| 總額 | 16,489.3 | 17,900.7 | 1,870.3 | 1,720.7 | 753.6 | 1,749.1 |

表A2-2：2008年依船隻類型在香港水域外但在研究範圍內的遠洋船排放 (噸)²³

| 船隻類型 | 二氧化硫 | 氮氧化物 | 可吸入懸浮粒子 | 微細懸浮粒子 | 揮發性有機化合物 | 一氧化碳 |
|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| 化學品運載船 | 1,243.0 | 1,424.6 | 149.1 | 137.2 | 56.3 | 126.2 |
| 普通貨船 | 3,679.7 | 4,481.4 | 453.0 | 416.8 | 170.9 | 384.9 |
| 郵船/渡輪 | 1,832.1 | 1,959.7 | 218.3 | 200.8 | 75.6 | 166.0 |
| 散裝乾貨船 | 7,140.2 | 9,170.4 | 871.7 | 802.0 | 344.7 | 786.8 |
| 漁船/魚類加工船 | 7.7 | 22.2 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 1.9 |
| 全槽格式貨櫃船 | 100,910.8 | 134,527.5 | 11,688.4 | 10,753.4 | 4,729.4 | 12,410.8 |
| 液化氣體運載船 | 538.2 | 508.0 | 59.8 | 55.0 | 18.3 | 40.8 |
| 駁船/躉船/貨艇 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 油輪 | 6,252.7 | 6,611.3 | 653.9 | 601.5 | 242.2 | 599.5 |
| 遊樂船舶 | 0.3 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 滾裝卸式船 | 1,183.3 | 1,542.0 | 151.3 | 139.2 | 59.8 | 134.4 |
| 半貨櫃船 | 438.0 | 578.5 | 45.2 | 41.6 | 18.0 | 55.7 |
| 拖船 | 454.6 | 476.3 | 55.0 | 50.6 | 17.1 | 38.3 |
| 其他 | 1,749.7 | 2,110.3 | 216.2 | 198.9 | 75.4 | 169.2 |
| 總額 | 125,430.4 | 163,412.4 | 14,563.0 | 13,397.9 | 5,808.4 | 14,914.3 |

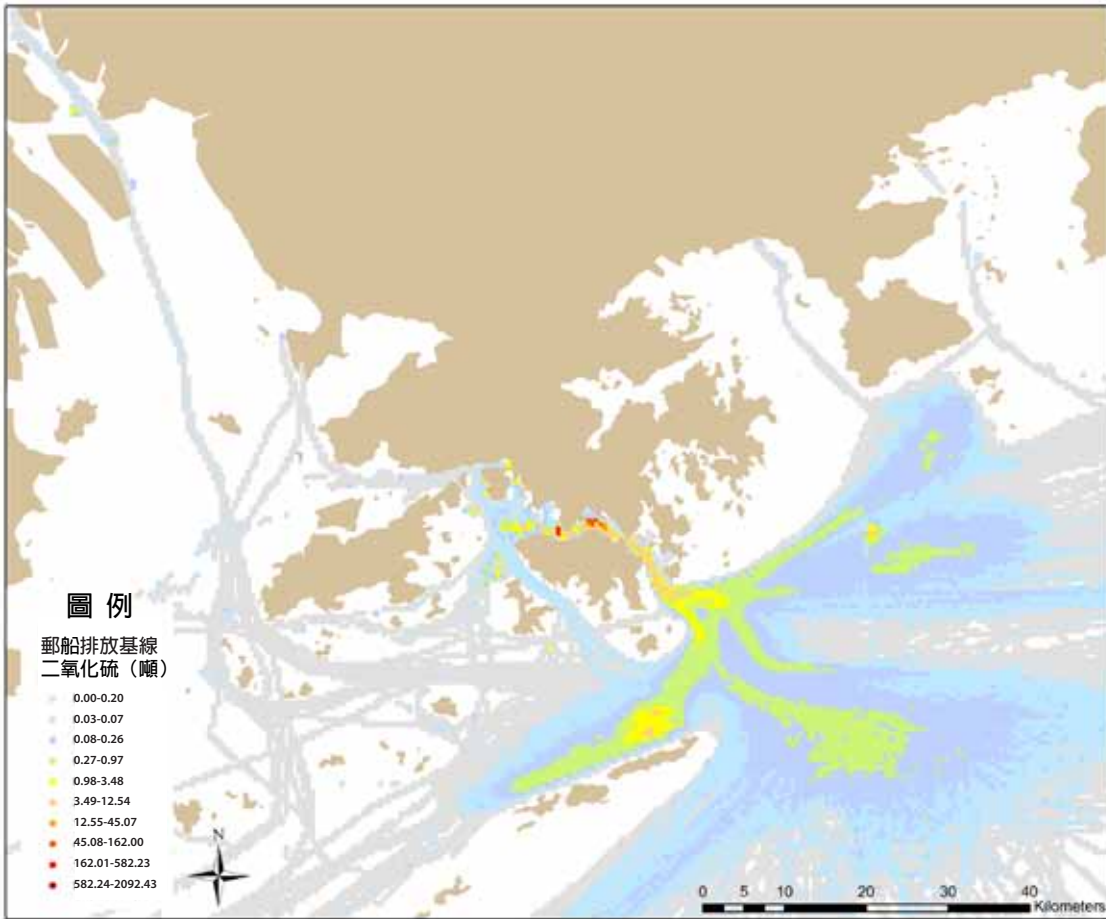
表A2-3：香港水域和100海里範圍內的船排在不同管制方案下的排放量
(噸及與基線相比的差距百分比)²⁴

| 管制方案 | 二氧化硫 | 氮氧化物 | 可吸入 懸浮粒子 | 微細 懸浮粒子 | 揮發性有機 化合物 | 一氧化碳 |
|-----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 香港水域 | | | | | | |
| 基線 | 16,489.3 | 17,900.7 | 1,870.3 | 1,720.7 | 753.6 | 1,749.1 |
| 管制方案一 | 10,940.4 (33.7%) | 17,623.8 (1.5%) | 1,393.4 (25.5%) | 1,281.9 (25.5%) | 753.6 (0.0%) | 1,749.1 (0.0%) |
| 管制方案二 | 2,880.0 (82.5%) | 17,071.6 (4.6%) | 502.8 (73.1%) | 462.6 (73.1%) | 753.6 (0.0%) | 1,749.1 (0.0%) |
| 管制方案三 | 2,880.0 (82.5%) | 17,071.6 (4.6%) | 502.8 (73.1%) | 462.6 (73.1%) | 753.6 (0.0%) | 1,749.1 (0.0%) |
| 管制方案四 | 14,484.4 (12.2%) | 15,139.1 (15.4%) | 1,655.8 (11.5%) | 1,523.3 (11.5%) | 689.8 (8.5%) | 1,563.3 (10.6%) |
| 研究範圍 (100海里) | | | | | | |
| 基線 | 141,919.7 | 181,313.1 | 16,433.2 | 15,118.6 | 6,562.0 | 16,663.4 |
| 管制方案一 | 136,370.8 (3.9%) | 181,036.2 (0.2%) | 15,956.3 (2.9%) | 14,679.8 (2.9%) | 6,562.0 (0.0%) | 16,663.4 (0.0%) |
| 管制方案二 | 128,310.4 (9.6%) | 180,484.0 (0.5%) | 15,065.8 (8.3%) | 13,860.5 (8.3%) | 6,562.0 (0.0%) | 16,663.4 (0.0%) |
| 管制方案三 | 7,141.8 (95.0%) | 170,712.3 (5.8%) | 2,413.2 (85.3%) | 2,220.2 (85.3%) | 6,562.0 (0.0%) | 16,663.4 (0.0%) |
| 管制方案四 | 139,914.8 (1.4%) | 178,551.4 (1.5%) | 16,218.7 (1.3%) | 14,921.2 (1.3%) | 6,498.2 (1.0%) | 16,477.6 (1.1%) |

附錄3

郵輪二氧化硫排放分佈

圖A3-1：2008年郵輪二氧化硫排放依500米清晰度顯示的空間分佈圖²⁵



註釋

1. 黎克勤、曾希達、周宗欣、李子熹、麥潔儀及黃浙明·《Health Impact Assessment of Measures to Reduce Marine Shipping Emissions》·2012年·港大公共衛生學院社會醫學系。
2. 香港海事處·「世界貨櫃港口的排列」·2011年·www.mardep.gov.hk/hk/publication/pdf/portstat_2_y_b5c.pdf；聯合國貿易和發展會議·《2011年海運回顧》·2011年·瀏覽日期：2012年8月15日。
3. 香港環境局、廣東省住房和城鄉建設廳及澳門運輸工務司·《共建優質生活圈專項規劃》·2012年6月·http://www.epd.gov.hk/epd/tc_chi/resources_pub/publications/files/qla_plan_chi.pdf·瀏覽日期：2012年9月10日。
4. 思匯政策研究所·《乘風約章》·2011年1月·www.civic-exchange.org/wp/fair-winds-charter·瀏覽日期：2012年9月5日。
5. 燃料中硫的比例直接與二氧化硫和微細懸浮粒子的排放量相關·兩者皆已經被世界衛生組織確定為對公眾健康有害。
6. 立法會環境事務委員會·《管制船舶排放廢氣》·2011年12月21日·<http://www.legco.gov.hk/yr11-12/chinese/panels/ea/papers/ea1221cb1-625-3-c.pdf>·瀏覽日期：2012年9月10日。
7. 吳家穎、林楚彬、陳偉文、葉清琦、劉啟漢、馮志雄、鄔東偉及李瑩·《香港和珠江三角洲的船舶黑煙排放最後報告》·2012年·科大霍英東研究院大氣研究中心。
8. 吳家穎等·印刷中·《Atmospheric Environment》2012年·「Policy change driven by an AIS-assisted marine emission inventory in Hong Kong and the Pearl River Delta」·<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.07.070>·瀏覽日期：2012年9月10日。(只有英文版)
9. 海事處·《香港港口統計年報2008》·2009年·http://www.mardep.gov.hk/en/publication/pdf/portstat_ast_2008.pdf·瀏覽日期：2012年8月16日。
10. 註8。
11. 註1。
12. 部份參與了《乘風約章》的船隻使用含硫量只有0.1%的燃料。
13. 註8。
14. 同上。
15. 為了證明實施排放控制區的全面影響·除遠洋船排放量外亦加入可以由海事處的雷達系統監察的內河船和本地船隻排放量。由於較小的船隻沒有AIS系統而不能被監察·因此地圖所示的排放量是被低估的。
16. 註8。
17. 同上。
18. 由於只計算二氧化硫排放量對公眾健康的影響·此推算因此是被低估的。
19. 香港法例第311章《空氣污染管制條例》·[http://www.legislation.gov.hk/blis_pdf.nsf/6799165D2FEE3FA94825755E0033E532/6B4F4DCB57317BDE482575EE005BCA42/\\$FILE/CAP_311_cb5.pdf](http://www.legislation.gov.hk/blis_pdf.nsf/6799165D2FEE3FA94825755E0033E532/6B4F4DCB57317BDE482575EE005BCA42/$FILE/CAP_311_cb5.pdf)·瀏覽日期：2012年9月6日。
20. 國家發展和改革委員會·《珠江三角洲地區改革發展規劃綱要(2008-2020年)》·2008年12月·<http://www.gdep.gov.cn/hbgh/ghjh/ghjh/201008/P020100804604719020540.pdf>·瀏覽日期：2012年9月10日。
21. 註3。
22. 註8。
23. 同上。
24. 同上。
25. 同上。

© 思匯政策研究所 2012年9月
本報告發表的意見僅代表作者的看法，並不一定代表思匯政策研究所的立場。