加州空氣資源局

在持續增長的經濟體系中改善空氣質素：給香港及珠江三角洲上寶貴的一課

2012年2月

林恩・克里

思匯 CIVIC EXCHANGE

關於思匯政策研究所

思匯政策研究所是以香港為基地的非牟利公共政策智庫，成立於 2000 年 10 月。它是個獨立組織，能接觸政策制定者、政府官員、企業、媒體和非政府組織—跨越多個部門和國界。思匯政策研究所對空氣質素、能源、水、城市規劃、自然保護和氣候變化研究，以及經濟和管治問題都有深厚的經驗。

作者簡介

林恩•克里是洛杉磯的一位獨立環境顧問。她曾以個別項目的性質為自然資源保護委員會工作。此外，她也在香港、北京和台北住過 25 年以上，並促成了各種刊物的誕生，包括 由經濟學人集團出版的「CFO 亞洲」、「商業周刊」和由台北的美國商會發行的「TOPIC」月刊。

目錄

關於思匯政策研究所 1
作者簡介 1
序言 3

1. 簡介：加州空氣資源局 (CARB) 4
2. 結構和功能 5
3. 資金來源 8
4. 法規的執行 8
5. 加州排放控制計劃的十大里程碑 9
6. CARB 成功的原因 10
7. 加州大氣流域 12
8. 加州和州級環境空氣質素標準 13
9. CARB 的未來和挑戰 14

附錄 1： 排放源 15
附錄 2： 臭氧 17
附錄 3： 顆粒物，包括直徑小於 10 微米的顆粒物 (PM_{10})
和直徑小於 2.5 微米的顆粒物 ($PM_{2.5}$) 22
附錄 4： 二氧化硫 25
附錄 5： 有毒空氣污染物 (TAC) 的排放量 27
附錄 6： 關於主要污染物對健康帶來的影響的研究 29

註釋 31

序言

在 2007 年，思匯政策研究所發表了題為「給香港上寶貴的一課：倫敦和洛杉磯的空氣質素管理經驗」一份報告，研究在減少空氣污染方面取得顯著成就的這兩個城市的最佳實踐。即使多方同心努力，香港在解決空氣污染問題方面的進展甚微，讓該問題繼續威脅公眾健康。做更多工作的需要日益增加。該市更廣泛的經濟發展正越來越受制於香港遲遲未能有效控制污染，這點可從公眾決心反對港珠澳大橋和機場擬建的第三條跑道可見一斑。

令人鼓舞的是，中央人民政府把珠江三角洲 (珠三角) 重新想像為優質生活圈的計劃旨在以一種對環境更負責任的方式重新調整該區的發展重點。從 2008 年底起發表的各份諮詢文件都要求試點研究，並把全球最佳實踐考慮套用於珠三角。

一個有用的例子是洛杉磯和加州空氣資源局，簡稱為 CARB，作用是美國的全國空氣質素調節機制。雖然當地的人口、工業和路面車輛都大幅增長，但 CARB 在控制和減少加州的污染仍然非常成功。事實上，基於 CARB 的長期成就，它所提出的倡議對塑造美國州級空氣政策和包括歐盟在內的其他司法管轄區空氣政策的未來發展方向，均帶來巨大影響力。

本報告分為兩個部分。首部分列出使 CARB 如此成功的關鍵要素，第二部分則是一個小型案例研究的樣本，顯示 CARB 採取多元化的措施以解決空氣污染的各類威脅和來源。本報告包括上述兩項，讓香港和珠三角地區的官員都能輕易了解一個行之有效的方法，對於嚴重威脅香港和珠三角人口健康的空氣污染可能有助帶來顯著效益。

思匯政策研究所非常感謝林恩•克里撰寫加州空氣資源局簡介，也謹此向以下各方致謝：ADM 資本基金會協助我們的整體空氣質素研究、吳敏協助項目管理工作，和黃潔文為本報告排版。

思匯政策研究所行政總監
陸恭蕙

2012 年 2 月

1. 簡介：加州空氣資源局 (CARB)

加州是在美國似乎已擁有一切的一個州，包括好萊塢的星光、矽谷資訊科技的巨頭，以至「名列前茅」的體育隊伍和多間優秀大學。然而，即使該市有不少壯麗的山脈、沙灘和紅木樹林，該個州也因為另一個特徵著名 - 它的空氣污染是全美最嚴重之一，而且不僅限於洛杉磯市。加州差不多全年都處於夏季，氣溫高，有大量山脈山谷，人口也多，使空氣污染在數十年來一直是個嚴重問題。事實上，根據美國肺臟協會，全美臭氧污染最高水平的十大城市和全年均出現污染顆粒物的十大城市中，加州分別佔八個和五個。[1]

> CARB 資訊主任 Dimitri Stanich 稱：「根據負責改善加州空氣質素的規管機構，在三四十年代，洛杉磯的煙霧濃重得使人連街尾也看不到。加州是全美空氣污染問題最嚴重的一個州。主要工業並是不是唯一的空氣污染來源。該州有大量山谷，熱能都被困於洛杉磯、三藩市和聖地牙哥各個山谷的溫度反演中，造成低處 (低海拔) 的煙霧。」

由於污染的規模甚大，該州已著手制訂全國一些最嚴厲的空氣質素標準，針對車輛、工廠、船舶和消費品；該州也有全國部分最嚴格的車輛廢氣排放標準。

CARB是制訂這些標準的監管機構。它是個高度自治並以科學為主導的機構，其董事會有 11 位成員，包括與各種空氣質素領域相關的專家。它標列的使命是：「透過有效和高效率地減少空氣污染物，促進和保護公眾健康、福利和生態資源，同時確認並考慮此舉對該州經濟的影響。」[2]

第二次世界大戰後，加州開始出現城市擴張，越來越多人移居該州、建造房屋和工廠、購買車輛和貨車，並以前所未有的速度興建大量高速公路。該州的人口從 1950 年的 1,100 萬飆升至 2010 年約 3,700 萬，而登記的車輛數目則在同一時期從 450 萬輛急升近 8 倍到 3,500 萬輛 [3]。

為了應付人口和車輛的驚人增長，加州先後通過越來越嚴格的法律，以遏制空氣污染。該項立法最終奠定 CARB 成立的基礎。今天，該機構是個空氣質素監管重地，在全美和世界各地深受尊重。

2. 結構和功能

2.1. 與聯邦與州政府的關係

加州空氣資源局 (CARB) 是個獨立的州立機構，根據「清潔空氣法」的條款直接向美國環境保護局 (環保局) 報告。該法案確認加州嚴重的污染問題，並讓該州從聯邦法獲得豁免，使其能自行制定更嚴格的規定。根據該法案，美國環保局負責評審 CARB 的建議，通常會批出豁免。

CARB 新聞辦公室 John Swanton 稱：「我們的法規是加州所採用部分影響最深遠的法規，並成為在任何司法管轄區會採納的一些模型，以減少來自特定行業和業務流程的廢氣排放。」

相對於 CARB 與美國環保局更正統而定義明確的關係，它與加州環保局 (CalEPA) 州級支局的關係較為非正式，因為 CARB 並不直接匯報於 CalEPA。雖然 CalEPA 在州政府架構處於內閣級位置，也向加州州長報告，但它卻沒有法定權力規管 CARB 或任何其他州級機構。

CARB 新聞辦公室 John Swanton 稱：「加州環保局並沒有法律權力監督 CARB 做什麼。加州環保局是個傘式組織，功能是改善各項環境活動的協調。雖然它的工作可能右左 CARB，但正式的監督過程卻不存在。加州環保局協調各個流程，讓它們的運作更理想，尋找共通點，並集中行政任務。」

CalEPA 的職責主要限於規管和協調像 CARB、規管水質、農藥、有害物質或其他領域等不同組織的眾多環保活動。然而，CalEPA 非正式地對 CARB 的倡議保持了解。

然而，與其他州級機構不同的是，CARB 必須符合州級監管法律和加州環境品質法，而該法案決定一項提案或項目在環境影響評估後能否實施。

雖然 CARB 的行政運作就像其他州級機構一樣，但其權力不僅來自聯邦政府的支持，也來自於 1967 年由當時州長朗奴列根簽署的 Mulford-Carrell 法。隨著這項法案獲得通過，加州法例正式成立 CARB，並向它賦予法定權力執行法規。

2.2 全國和國際影響

雖然 CARB 只是個州級機構，其影響力卻可在全國感受到。它在 50 個州之中是獨一無二的。雖然其他州都各有空氣質素管理機構，但除了 CARB 之外沒有一個有能力自行採納該州的空氣污染控制措施。加州是唯一一個可以自行制訂和執行嚴格空氣質素標準的一個州，這點也確認該州幾十年來以自訂法規遏制空氣污染的努力，而該等法規在聯邦清潔空氣法在 1970 年通過時已生效。

除了支持加州本身的空氣污染控制法規外，「清潔空氣法」在其他州權力採納聯邦或加州法律以減少廢氣排放時，也同時擴大了加州的影響力。選擇加州更嚴格規定的其他州包括部分位於美國東北部的州和在西岸的華盛頓州及俄勒岡州。事實上，許多向加州取經的其他州甚至施壓希望能提早讓有關措施早點落實。在 CARB 已執行的各個措施之中，備受高度優先選擇的是涉及車輛的措施。該機構已向汽車製造商施壓，他們所設計的車輛必須能通過加州更嚴格的標準，而汽車製造商也照做，因為他們明知其他州都將採納加州較為嚴格的要求。

此外，有類似排放源的其他城市和國家，包括澳州、日本和歐盟，都密切監察 CARB 的政策及其成果。CARB 的官員都明白其他人一直密切關注加州如何制訂法規，以及該機構所經歷的過程所帶來的影響和利益。

2.3 董事會

CARB的董事會成員由州長委任，並獲州級眾議院同意任命，出任時期隨州長酌情決定。[4] 董事會成員必須符合法律要求的規定：五位成員必須從當地空氣品質管理局的董事會作出選擇：舊金山灣區、大洛杉磯地區、聖華昆谷、聖地牙哥，和一位代表該州任何其他地區的成員。有三位成員由州長從不同領域委任，包括醫療、化學、物理、氣象、工程、商界和法律任命。餘下的兩位則是市民。

州長也須任命一位主席。主席是董事會唯一的全職僱員，其餘 10 位成員都是兼職，而董事會會議每月在加州各地舉行。[5] 所有會議均向公眾開放，其高透明程度則使有興趣的各方自由發表評論和觀察所得。

現時由 11 人組成的董事會是經過多年的發展後從原來的七位成員演化而成的，它的運作有相當程度的自主權，但也在亟需解決的具體問題上與州級法例互相配合。

CARB 的總部位於薩克拉門托，有 1,200 名員工，包括科學家、工程師、律師、政策專家和其他專業人士。CARB 還在洛杉磯市郊埃爾蒙地運作一個汽車檢測和分析實驗室。

2.4 與空氣品質管理局的關係

CARB監督加州的 35 個本地和區域空氣品質管理局的活動。這些地區監管工業污染源。他們簽發許可證、制訂當地計劃以達到健康的空氣質素，並確保各界工業符合空氣質素的規定。[6] 上述 35 個空氣污染控制區中有五個涵蓋加州人口的 80%-90%。[7] 這些區是南岸 [8]、聖地牙哥、薩克拉門托、舊金山灣區和聖華昆谷空氣品質管理局。

CARB 把其污染物的監管分為兩個基本類別：流動污染源和固定來源。CARB 主要負責定義車輛、天然氣和消費品的廢氣排放標準，而空氣品質管理局則規範固定污染源，如工廠、乾洗店、油站、麵包店、煉油廠和發電廠。

每個空氣品質管理局均有權建立各自的董事會和訂立自己的一些標準，其中一部分，像南岸 [9] 和灣區空氣品質管理局，則會訂立比CARB或其他管理局更嚴格的規定，因為不同本地、氣象和地形等條件各異。雖然每個空氣品質管理局自行設計在其區內固定污染源的獨立減排計劃，但各管理局仍會先與CARB協調有關計劃，然後才把計劃提交予該機構。雖然各管理局必須制訂自己的計劃，但這些計劃必須能配合CARB的計劃。即使CARB保留各區的監管權，但各區仍負責落實控制措施的日常職責。

CARB 資訊主任 Dimitri Stanich 稱：「CARB 決定空氣品質管理局的計劃夠不夠嚴格或有效。如果我們認為某個計劃需要更多工作，我們可以將之發還，但通常我們並不需要這樣做，因為我們與空氣品質管理局通力合作。」

流程的下一步，是 CARB 把空氣品質管理局計劃納入到州實施計劃 (SIP)，詳列每個區域將如何實現和維持全國環境空氣質素標準。然後，州實施計劃會提交予聯邦環保局審批。

CARB 新聞辦公室 John Swanton 稱：「地方計劃是由聯邦法律決定的結構之一部分。根據美國的情況，局部控制是非常重要的。聯邦法律為本地控制而設，而各區則落實本地控制的作用。」

3. 資金來源

CARB 的資金支持對其成就是個關鍵因素。CARB 董事會成員 Daniel Sperling 加州大學戴維斯分校交通運輸研究所所長稱：「CARB 擁有做得好所需的資源和能力。一個機構必須有專門的資金流，該機構需要一個堅實的財政基礎，讓它不會捲入政治鬥爭之中。」

CARB的大部分資金來自一個監管、牌照和車輛登記費、許可證、罰款、投資，和獲選民批准的國債資金系統。[10] 它不會從財產稅獲得金錢。每個空氣品質管理局都各有自己的系統募款。[11]

4. 法規的執行

CARB 的法規屬於該州的健康和安全守則，並列於一本名為「加州空氣污染控制法」的手冊中。未能遵守這些規定的處分各有明確規定。美國加州南岸空氣品質管理局的 Anupom Ganguli 博士稱：「通常產生污染的人不會因此受害。你需要強而有力的政策和強硬執法以清潔空氣。公平公正的政策和執法缺一不可，你不能只要其中一個而捨棄另一個。東拼西湊的政策是行不通的。」

CARB 為違反法規的人列出一個處分和罰款的層次結構，包括首次違反、多次違反和故意再犯。會造成污染的產品 (這些可以包括車輛製冷劑到燃油廢氣排放控制系統) 的分銷商和製造商都須負責確保他們的產品滿足加州的空氣質素標準，並在不遵守標準時可面臨罰款。

CARB 的職員會調查製造商是否符合規定，或是故意逃避法律。大多數違法的公司都是無意犯案。他們往往會與該機構達成一個財務和解，並採取步驟糾正其做法。

然而，有些個案會告上法院。有時企業在法院審案會較便宜，他們希望法院的判罰比CARB規定的罰款較低。[12] 設計加州系統的宗旨是制訂一個公平的競爭環境，以促進清潔的空氣，而不是鼓勵公司違規被罰，而不少企業也經常告發不合規的競爭對手。來自這些罰款的資金有助資助由CARB進行的測試和研究。[13]

5. 加州排放控制計劃的十大里程碑

1	**1975**	CARB的汽車排放控制計劃把催化轉化器作為計劃的一部分推出。催化轉換器是專為減少車輛廢氣排放而設計的污染控制裝置。自 1979 年起，所有在加州出售的車輛均必須安裝催化轉化器。[14]
2	**1976**	CARB限制汽油中的鉛含量。在此舉生效後，當地於 1992 年實施清潔燃油。[15]
3	**1984**	加州的廢氣排放檢測計劃落實，每兩年定期識別和維修在車輛和輕型貨車上效能欠佳的排放控制系統。在 1998 年，CARB實施經改良的廢氣排放檢測計劃二期。[16]
4	**1990**	CARB執行低排放車輛 (LEV)計劃的第一階段，要求製造商 1994 年至 2003 年的新客運車輛上安裝排放控制裝置。[17] CARB收緊低排放車輛二期 (在 2010 年結束) 的廢氣排放標準，並尋求使他們更加嚴格，成為低排放車輛三期。
5	**1999**	CARB採用消費者規則，以削減來自 2,500 種家居消費品，並會形成煙霧的排放和揮發性有機化合物 (VOC)，有關產品包括指甲油和玻璃清潔劑。[18] 在 2010 年，加州法規成功進一步削減來自 11 個產品類別的空氣污染，包括噴霧殺蟲劑、家居和專業產品。[19]
6	**2000**	CARB落實柴油風險減量計劃，以期在 2020 年前減低柴油顆粒物濃度 85%。[20] 此舉要求眾多步驟，包括 採納新的柴油標準，並在 2003 年削減硫含量 95%。
7	**2001**	以修訂要求堅持零排放規定。汽車製造商必須在 2003 年開始生產 4,450 - 15,450 部零排放車輛。[21]
	2008	CARB採納零排放車輛規則，該規則將在 2012 年前確保路上有 65,000 部更清潔的低污染車輛。[22]
8	**2005**	CARB要求重型柴油貨車的引擎製造商必須在 2010 年開始在安裝車上診斷系統。[23] 一旦車輛有問題，儀表板上的燈即會自動亮起。
9	**2007**	CARB採納多項法規，以降低複合木製品 (包括夾板、碎木板和纖維板) 的甲醛釋放量的。[24]
10	**2007 | 2008**	貨車 (包括港口貨車)、越野車、農用車和建築工程車都必須升級，以達到排放標準。CARB採納兩個關鍵法規，以清理該州估計約一百萬部柴油貨車所排放的有害氣體。上述其中項法規要求車輛安裝柴油車廢氣過濾器或更換引擎，另一項法規則要求安裝節省柴油的輪胎和符合空氣動力學的裝置。[25]
	2008	CARB規定使用含硫量較低的燃料，預期將每天消除來自遠洋輪船的 15 噸柴油車廢氣，此舉是全球最嚴格的海洋法規之一。[26]

6. CARB 成功的原因

CARB改善空氣質素的驕人成績有賴多個因素。州政府和聯邦政府是支持加州令人刮目相看的成就的基礎。在該機構成立之前，加州與遏止空氣污染的戰鬥已有幾十年的經驗。到 1963 年，加州從聯邦政府獲得協助，當時美國國會制定了「清潔空氣法案」，其中規定空氣質素標準必須以科學研究為基礎。[27]

加州在 1967 年達到了一個關鍵的轉折點，當時州長朗奴列根簽署了 Mulford-Carrell 法，正式成立 CARB，並向它賦予法定權力執行空氣控制法規。同年，聯邦政府修訂了 1963 年「清潔空氣法案」和空氣品質法。根據空氣污染的氣象和地形因素，該機構制定了一個用於定義「空氣質素控制地區」的框架。

到 1970 年，為了回應公眾壓力，聯邦政府積極收緊空氣質素的規管，並頒布了超越以往空氣品質法的「清潔空氣法」。1970 年的「清潔空氣法」確立了美國控制空氣污染的基本計劃。它也賦予加州權力，自行制定和執行該州的新車排放標準，條件是這些標準必須至少比聯邦政府的更嚴格。此外，該法案允許其他州採用加州較嚴格的標準。

CARB 還從加州各位地區領導人的遠見受益，其中不拘政治派別的多位領導者都同樣了解清新空氣的需要。美國加州南岸空氣品質管理局的 Anupom Ganguli 博士稱：「他們說他們對潔淨空氣的遠見和政府及業界所作出犧牲，都旨在改善空氣。有關各方為設立空氣品質地區所展示的遠見和領導力，以及汽車空氣污染的管制，都帶來了重大影響。」

在 1947 年，當時州長厄爾華倫簽署了「空氣污染法」，授權在加州每一個縣郡都設立空氣污染控制區，其中洛杉磯在全國首先建立這種控制區。[28]

藉著CARB紮實的科學數據，它在成立初期早已贏得公眾和業界的廣泛尊重。它的第一任主席是自加州理工學院的荷蘭裔科學家 Arie J. Haagen-Smit 博士，他提出煙霧是由光化學造成的重大發現。當來自汽車和工業設施的廢氣 (氮氧化物和碳氫化合物) 與陽光產生反應後，便會造成臭氧或煙霧。Haagen-Smit 博士認為這點對公眾健康和經濟為害甚深。他也明白到，只要減少空氣污染，便可能減少空氣污染對公眾健康和農業的影響。CARB表示，該機構認為這個突破是今日全美空氣標準所依賴的重大基石。[29]

的確，今天所有的決策和法規都是基於一些能表明直接公共健康和經濟效益的實質研究數據和經濟分析。這些證據有助推動州政府和聯邦政府的民選官員提供適切的工具和資金，以落實措施改善空氣質素。

CARB的成功也源於其相對的政治獨立性，部分原因來自其董事會的成員選擇過程。加州法律規定州長須從個別科學學科委任CARB董事成員，而州級眾議院也必須確認這些成員。此舉可防止州長作出基於黨派或政治動機的任命。[30]

CARB 還成功地吸引了優秀的職員，結合對科學的深入了解和專家級的決策力，其職員包括專業人士，有科學家、工程師、經濟學家、律師和政策制定者等等。加州運輸和空氣行動行動主席、環境防衛基金會 Kathryn Phillips 稱：「CARB 知道如何把科學和政策結合，並使兩者工作無間。該機構喜獲不少高素質的人為它效力。他們真的有不少政策和科學家明星致力做正確的事。事實上，該機構的政策專家一直表現出精明時機感，知道什麼時候要實施新的法規，並避免捲入政治風波。CARB 還從交叉培訓獲益，其中有些科學家和工程師投身成為決策者，進一步增加該機構對各種事宜的認識深度。」

憑藉其對科學的不懈重視，CARB是一個以到期日和里程碑為導向的機構。多年以來，各項法規一直為加州提供清晰的路線圖，以實現清新空氣的目標和CARB針對流動污染源所進取的減排措施，因為這些污染源對車輛和貨車排放都產生重大影響。[31]

此外，執行CARB訂立的規定是它大獲成功的另一重要因素。如出現違例違規，它會判處巨額罰款。[32] CARB來自罰款的收入有助資助該機構大部分的減排技術測試和研究。自然資源保護委員會 (NRDC) 高級律師 David Pettit稱：「CARB紮實的財政基礎是其成功關鍵，因為它的預算夠大，足以聘請國家部分最優秀的科學家。」

雖然 CARB 的職員質素甚高，但專業僱員的數量卻有限，特別是考慮到 CARB 大型的工作範圍和深度。CARB 向大學撥出津貼，然後基於這些資助研究的結果執行政策。加州帕薩迪納噴射推進實驗室地球大氣科學組副總經理，Annmarie Eldering 博士稱：「通過向大學發出資助，CARB 可以低得多的資金獲得不少高質素的空氣質素研究。」

最後，CARB 也因其運作式式深獲公眾支持。它是一個透明度高的組織，有涉及各方參與的文化，其職員也會與業界、非政府組織和各利益相關者作出互動。CARB 不時舉辦研討會和路演、諮詢汽車製造商和其他利益相關者，也舉辦不少公眾宣傳。在 CARB 實施法規前，建議書須先通個一個過程，其中包括徵求公眾意見和提議，也會與職員安排聽證會，以考慮對修改建議書的意見。

加州大學戴維斯分校交通運輸研究所所長暨 CARB 董事會成員 Daniel Sperling 稱：「即使各方的關係緊張，但 CARB 仍深受尊重，因為他們的確嘗試與各方接觸。它有一種特別的文化，樂於試行各種想法、嘗試考慮不同的建議和策略，並徵求各方作出提議。」

7. 加州大氣流域

基於多種不同的氣候、物理特性和排放源，改善空氣質素是十分繁複的任務。在一個地區做得到並不表示在另一個地方行之有效。為了更好地管理空氣質素的問題，加州把境內劃分為 15 個大氣流域。[33]

一個大氣流域在其指定範圍內一般都有類似的氣象和地理條件。通常大氣流域的邊界遵循政治邊界線，定義同時包括污染源區和受體區。然而，大氣質素可以自由從一個流域移到另一個，因為像臭氧及其前體顆粒物等污染物，均可飄過大氣流域邊界。[34]視乎大氣流域的大小，每個大氣流域可以涵蓋 1 至 11 個縣郡，也可由一個或多個空氣品質管理局監管。如果一個大氣流域跨越多個空氣品質管理局，CARB將與邊界的雙方機構合作。

資料來源：加州空氣資源局，*加州污染排放和空氣質量年鑑*，2009 年版 (p.1-15)。

8. 加州和州級環境空氣質素標準

對於大多數污染物，加州的標準比很多國家級標準更嚴格。[35]一般來說，空氣質素標準以每空氣單位的污染物量作出衡量。[36]

國立、州立和地方機構在過去三十年來已實施了許多控制措施以改善空氣質素。期間各種標準隨著污染物的來源有異不斷演變。CARB 會就個別個案定期審定標準，以確定該標準是否仍然足以保障公眾健康。沒有任何污染物具有固定的時限以審定標準。反之，審定標準的決定視乎最先進的健康研究和有否需要實現減排，而不是要符合該州整體的實施計劃。

此外，該局可以在經濟困難時調整嚴格標準。如果符合某個排放標準的原因是因為經濟增長放緩而不使用某特類設備或車輛，因此不產生某種污染物，CARB 可以修訂標準，以減輕業界的負擔。

加州整體排放趨勢 (年平均值：噸/每天)										
Pollutant	**1975**	**1980**	**1985**	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2015**	**2020**
NOx	4,886	4,898	4,744	4,940	4,387	3,972	3,513	2,981	2,476	2,173
ROG	7,058	6,566	5,990	4,733	383	3,141	2,455	2,127	1,993	1,950
PM_{10}	1,857	1,889	1,971	2,215	2,112	2,174	2,134	2,139	2,202	2,275
$PM_{2.5}$	713	687	685	751	686	693	686	682	690	707
SOx	1,277	953	534	511	303	297	301	294	337	394
CO	42,175	37,958	35,270	30,084	22,405	17,203	13,127	10,543	9,134	8,369

資料來源：加州空氣資源局，*加州污染排放和空氣質量年鑑*，2009 年版。

9. CARB 的未來和挑戰

雖然 CARB 非常重視科研，但它有時仍被捲入政治旋渦。在經濟衰退期間，它曾在調節新法規時面臨嚴峻的政治壓力，因為該等法規在疲弱的經濟環境下實施時被認為代價過高。自然資源保護委員會高級律師 David Pettit 稱：「CARB 的任務並不是要處理經濟問題，而是要清潔空氣。在適當時與業界對抗是很重要的。事實上，業界不時希望政府告訴 CARB 退後一步。有時候，我們更發現 CARB 會推遲實施某些法規，而部分原因是當時的經濟狀況。然而，CARB 並沒有完全屈服。在經濟艱難時，很難黑白分明。」

在另一項還在進行中的個案中，CARB被環境正義團體糾纏於法律挑戰中。雖然CARB在打擊空氣污染方面是全球領導者，但一位加州法官下令該機構推遲實施早於 2006 年通過的氣候變化法例，而該法例會減少溫室氣體排放。[37] 環境正義團體起訴CARB，認為他們在經濟領域較低的選區會受害，因為當地污染者只要支付津貼便可，而不是真正減少污染。法官的裁定指出，對於向污染者根據一個預定的最高罰額發出許可證，繼而容許污染者因應需要作出交易的「上限與交易政策」，CARB未能為其替代方法作出足份評估。[38]該案正在州立法院上訴。CARB和正義團體曾試圖庭外和解，但最終未能達成協議。[39]

「然而，即使經濟環境困難，該機構卻沒有停滯不前。當CARB只以制訂空氣質素標準作為重點時，它的作用繼續隨著時代演進。現在，CARB越來越注重氣候變化、溫室氣體和其他影響更廣泛經濟的問題。」儘管有這些未來挑戰，CARB卻已成功提高了公眾對清潔空氣之重要性的理解，而且當地空氣水平是在這 50-60 年間最清潔的。[40]

附錄

本附錄將評審五大污染物，突出 CARB 採取不同方法達致削減各污染物的成就。這五個小型個案研究將顯示 CARB 如何逐步在有需要時收緊標準，並如何隨著科技進展採取這些標準。為附錄作結的是兩份甚具影響力的研究論文摘要，討論空氣污染對人體健康的為害。

附錄 1：排放源

1a 標準污染物

CARB針對削減七個關鍵污染物的排放量。這些污染物在全美各地均非常普遍，以致美國環保局必須訂立全國衛生標準，其中包括這些污染物的特點、潛在健康影響和對福利制度的影響。[41] 這七個污染物之中，本報告審定其中五個化合物：臭氧、顆粒物 (PM_{10}) 和細顆粒物 ($PM_{2.5}$)、二氧化氮 (NO_2)，以及二氧化硫 (SO_2)。本報告還討論與這些標準相關的污染物的排放量，包括活性有機氣體 (ROG，這是一種活性碳氫化合物)、氮氧化物 (NOx)，和硫氧化物 (SOx)。[42]

雖然像一氧化碳等污染物經直接排放，但另一些則會從前體物排放量在大氣中形成；臭氧就是這個過程的一個例子。活性有機氣體和氮氧化物在陽光下進行反應時，臭氧隨即在大氣中形成。[43] 顆粒物，其中包括PM_{10} 和$PM_{2.5}$，是一種複雜的污染物，既可以直接排放在大氣中，也可以從前體物排放量在大氣中形成。顆粒物的前體物包括氮氧化物、活性有機氣體、硫氧化物和氨 (NH_3)。[44] 直接排放的顆粒物例子包括粉塵和煙塵。現在，除了臭氧和顆粒物外，整個加州都符合州級和全國對所有其他關鍵污染物的標準。[45]

1b 有毒空氣污染物

除了這些標準污染物外，加州也指定了 200 種化合物作為有毒空氣污染物 (TAC)。[46] 其中，CARB密切監測會對加州帶來已知最大健康風險的十個有毒空氣污染物。[47] 除了十個選定的有毒空氣污染物外，CARB還追蹤被認為是帶來重大健康風險的二噁英。然而，本報告會討論最重要的一種，即柴油顆粒物，因為它帶來的健康風險比其他九個化合物的總量還要高。[48]

1c 按類別

加州有許多空氣污染源。為了估計污染源和污染量，CARB與當地空氣地區和行業合作，保持一份加州排放源清單。[49] 所有污染源被分為四個主要排放類別：固定、大面積、流動和天然來源。

固定污染源排放量是基於由設施營運商和當地空氣地區所作出的估計。[50]大面積的排放量由CARB和當地空氣地區職員作出估計。大面積的污染源可能是個別小型污染源，如住宅壁爐，或

是廣泛分佈而且並不限於單一位置的污染源，如消費品和未用柏油道路的灰塵。[51] 流動污染源排放量由CARB職員與當地空氣地區和其他政府機構的協助下作出估計。流動污染源包括越野車、貨車、公交巴士、船艇、越野休閒車、飛機和火車。天然污染源也是由CARB和空氣地區作出估計，包括生物和地質生成的碳氫化合物、自然風吹灰塵和山火。[52]

附錄 2：臭氧

2a 臭氧的來源和特點

臭氧是無色的氣體，在環境水平無臭，是城市煙霧的主要組成部分。它不會作為污染物直接排放，是種強力的氧化劑，其強度足以與家用漂白劑相比，經接觸後可以殺死肺細胞。它可以發出刺激性氣味，有時更會在被雷擊後或在放電檢測時偵測到。[53]

氣象對臭氧的形成也起著重要的作用。在一般情況下，停滯而不流通的空氣、和暖的氣候和晴朗無雲的天空，都為臭氧的形成提供最佳條件。因此，夏季通常是臭氧的高峰季節。

2b 臭氧水平和標準

雖然臭氧水平在過去幾十年來已顯著下降，但它仍是加州一大挑戰。即使加州已採取不少積極進取的排放控制措施，但在加州 15 個大氣流域中，有 11 個大氣流域的最高 1 小時和 8 小時臭氧濃度量仍超過州級標準。[54] 該兩個標準在 2007 年時約是州級標準的兩倍左右。[55]

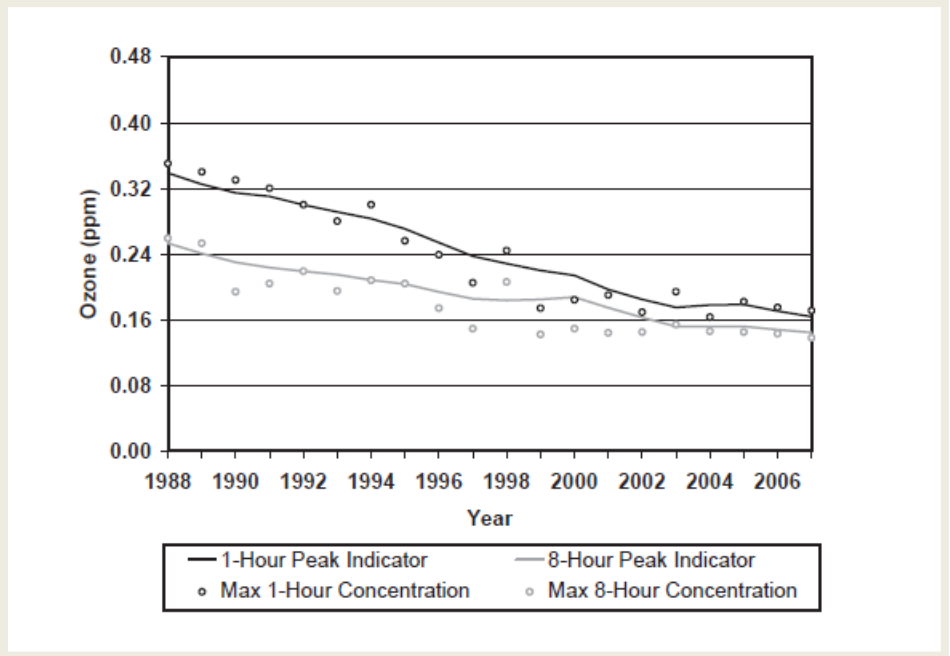
CARB的 8 小時臭氧標準經特別設計，以保障公眾在一天時間內暴露於不利健康的臭氧濃度對健康所帶來的影響。[56] 加州的 1 小時的標準旨在保護公眾避免急性暴露於露升的短期臭氧濃度。

加州的 8 小時臭氧標準是 0.070 ppm，也是全美最保障健康的臭氧標準。[57]

這些標準意味著加州的臭氧水平在過去 20 年來已大幅改善，即使該段期間的人口和車輛均顯著增長。[58]這個在整個加州可見的趨勢表示，8 小時和 1 小時的高峰臭氧指標從 1988 年至 2007 年分別下降超過 42%和超過 49%。

在聯邦層面，美國環保局於 2008 年完成了一份健康研究審查，得出的結論是 0.08 ppm的全國臭氧標準未能充分保障人體健康。[59] 隨後，政府把新標準收緊到 0.075 ppm。[60] 這個新標準將奠基於加州目前的努力。

加州整體臭氧排放趨勢



資料來源：加州空氣資源局，*加州污染排放和空氣質量年鑑*，2009 年版 (P.3-7)。

2c 臭氧—採取的控制措施

從 1988 年至 2007 年，加州的人口增長達 33%，每日車輛行車里數上升超過 46%。[61] 汽車是臭氧前體排放量的最大來源，能減少其排放量將繼續成為加州控制臭氧工作的基石。[62] 新車輛必須符合CARB的低排放車輛標準，所帶來的煙霧形成排放量比 1970 年代生產的汽車排放量少約 95%。[63]

加州也將繼續實施一套全面的新方案，其中將包括新的排放控制標準和創新的激勵方案，以加快對清潔空氣技術的研究和減少貨物流動形成的排放量。[64] CARB也解決臭氧排放量的問題，方式是透過訂立氮氧化物前體的標準。氮氧化物前體是會在陽光下發生反應並形成臭氧的其中一種化合物。

2d 臭氧的前體—氮氧化物 (來源、標準和採取的控制措施)

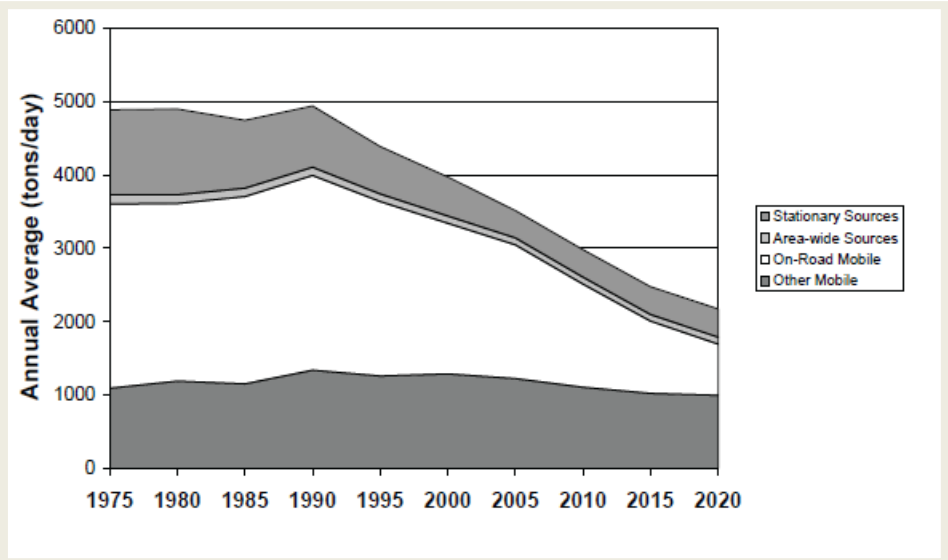
氮氧化物—這是氮和氧的一類氣態化合物，其中許多都有助形成臭氧、PM_{10} 和 $PM_{2.5}$。

大多數的氮氧化物是由燃料燃燒產生。流動污染源約佔全加州總氮氧化物排放量的 85%。[65] 路面汽車的氮氧化物排放標準在 1971 年推出，期後有日益嚴格標準和引入三元催化轉換器。這些標準使路面汽野造成的氮氧化物排放量自 1990 年到 2000 年間下降 23%。[66] CARB預料氮氧化物排放量在 2000 年至 2020 年之間將減少達 66%。[67] 這種持續下降的趨勢是基於新車在逐步引入路面時能符合更嚴格的排放標準，而且所有車輛都使用燃燒較清潔的汽油和柴油或替代燃料。[68]

固定污染源氮氧化物的排放量也在 1980 年至 2005 年間下降了 68%。[69] 這跌幅的主因是從燃油轉換到天然氣，以及固定污染源的鍋爐和催化轉換器實施燃燒控制。[70]

其他流動類別的氮氧化物總排放量也從 1990 年至 2020 年減少，其中非路面設備的跌幅最大。[71] 然而，船舶的排放量卻有所上升，反映航運活動增加。

加州整體氮氧化物排放趨勢

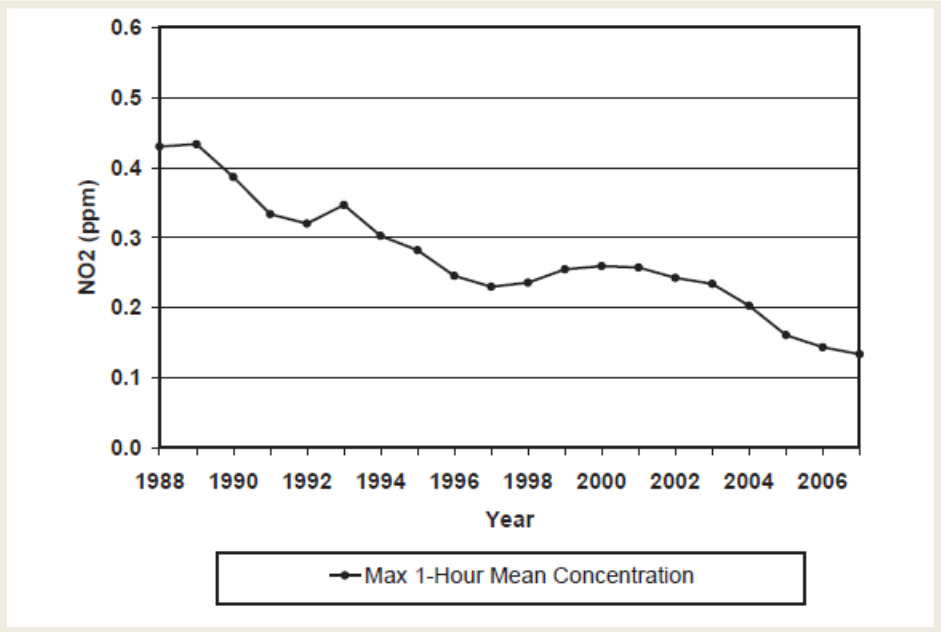


資料來源：加州空氣資源局，*加州污染排放和空氣質量年鑑*，2009 年版 (p.3-20)。

2e 臭氧的前體—二氧化氮 (來源、減少排放量的發展趨勢和採取的控制措施)

二氧化氮—是無色無味的氣體，可導致肺部損傷和呼吸道感染。它是氮氧化物的一個組成部分，在大氣中出現即表示有氮氧化物排放量。這是燃燒過程的副產品。[72] 自 1988 年來，二氧化氮濃度的最大幅下降超過 76%，主因是流動和固定污染源都採取更嚴格的控制。[73] 雖然實施許多這些措施的目的是要減少臭氧，但這些措施也有利控制二氧化氮。[74] 加州的所有地區全都達到州級和全國的二氧化氮標準。[75]

加州整體二氧化氮排放趨勢



資料來源：加州空氣資源局，*加州污染排放和空氣質量年鑑*，2009 年版 (p.3-21)。

2f 臭氧和二氧化氮的健康風險

臭氧的健康風險

暴露於這種污染物可損害呼吸道組織，引至發炎和刺激，也可導致咳嗽、胸悶和使哮喘症狀惡化。[76] 由於戶外是臭氧濃度最高的地方，所以對於在戶外做運動和工作的兒童、青少年和成人來說，這種污染物對他們的危害帶來最大風險。[77]

二氧化氮的健康風險

暴露於二氧化氮會有短期健康風險，而短期可指 30 分鐘至 24 小時不等。[78] 不良健康影響包括哮喘症狀惡化，以及呼吸系統疾病和症狀惡化。[79] 與短期暴露相關的後果包括醫院接診個案增加，尤其是兒童、哮喘病患者和老人。[80]

二氧化氮在室內活動成為越來越引人關注的健康問題，因為一般人大把大部分時間花在室內。[81] 這種化合物的室內污染源包括燃氣用具和不設排氣管的加熱系統。

2g 臭氧的前體—活性有機氣體 (ROG)

活性有機氣體 (ROG)—是會產生光化學反應的揮發性有機化合物 (VOC)，有助形成臭氧。

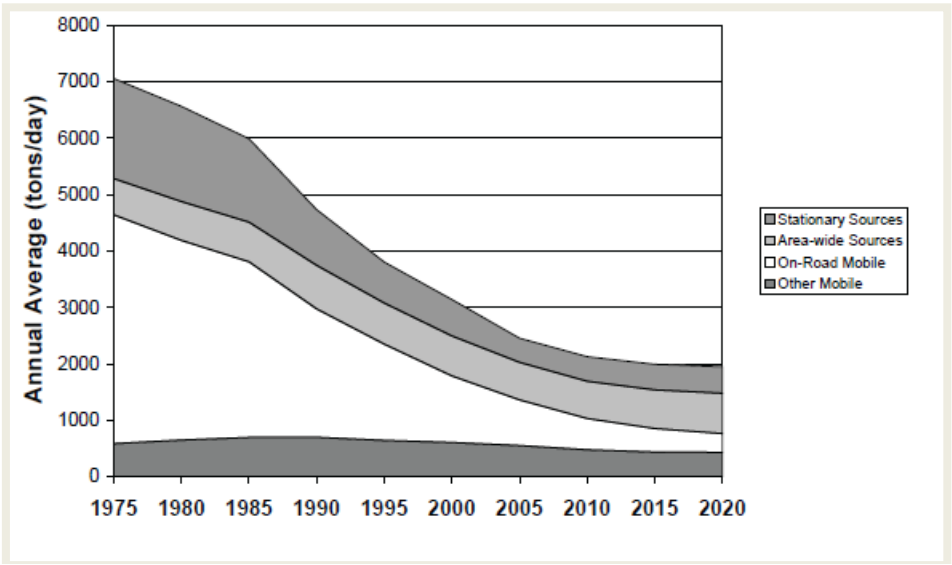
活性有機氣體主要來自不完全的燃料燃燒，以及化學溶劑和燃料蒸發。[82] 路面流動污染源是加州整體排放的最大來源，[83] 固定污染源包括使用各類溶劑的流程，如乾洗、除油、塗料，以及與石油相關的過程，如石油煉製和營銷。由石油營銷造成的活性有機氣體是蒸發排放，與以下活動相關：海運裝載和卸載燃料、汽油貨櫃和配發汽油。[84] 涵蓋大片面積的活性有機氣體污染源包括消費品、殺蟲劑、噴霧劑和建築塗料、瀝青、鋪路材料、屋頂、農業以及其他蒸發排放。[85]

2h 活性有機氣體的減排趨勢和採取的控制措施

預計活性有機氣體排放量將在 1975 年至 2020 年間減少 72%以上，主因是CARB的路面汽車廢氣排放控制計劃。[86] 這個計劃包括使用改良的蒸發排放控制系統、電腦化燃油噴射、設計旨在符合日益嚴格的加州排放標準的引擎管理系統、較清潔的汽油，和廢氣排放檢測計劃。[87]

CARB預料來自其他流動污染源的活性有機氣體排放量將在 1990 年至 2020 年之間下降，因為它實施更嚴格的排放標準。[88] 涵蓋大面積污染源的蒸氣回收計劃，如油站、大型植物和其他燃料分銷業務，也導致排放量顯著減少。[89] 其他持續進行的計劃都旨在減少由塗料、消費品、清潔溶劑、脫脂溶劑和其他在加州使用的物質所造成的活性有機氣體排放量。[90]

加州整體活性有機氣體 (ROG) 排放趨勢



資料來源：加州空氣資源局，*加州污染排放和空氣質量年鑑*，2009 年版 (p.3-5)。

附錄 3：顆粒物，包括直徑小於 10 微米的顆粒物 (PM_{10}) 和直徑小於 2.5 微米的顆粒物 ($PM_{2.5}$)

3a 特質—大小和化學成分不等的顆粒和液滴混合物。

所有直徑小於 10 微米的顆粒物 (PM_{10})都是有害的。[91] 相比之下，人類頭髮的直徑約 50 至 100 微米。[92] PM_{10} 還包括更幼細的顆粒物，直徑小於 2.5 微米。

3b 來源

一般情況下，燃燒過程會排放並形成幼細顆粒物，而來自塵源的顆粒物大多屬於較粗糙的範圍。燃燒來源包括貨車、客運車輛、非路面備、工業過程、住宅燒柴、森林/農用燃燒。[93] 塵源包括用柏油和未用柏油的道路、建築、採礦和農業活動。氨的來源包括畜牧業、施肥和機動車輛。[94]

3c PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的標準

CARB在 1982 年通過 24 小時平均和每年平均的PM_{10} 標準。[95] 此舉比美國環保局在 1987 年決定為PM_{10} 採用全國環境空氣質素標準早了五年。然而，加州的 PM_{10} 標準帶來更多的健康保障。[96]

在 2002 年 6 月，CARB再次調低了全國PM_{10} 的每年標準，從每立方米 30 微克改為每立方米 20 微克。該局也新訂出每立方米 12 微克的年度$PM_{2.5}$ 標準。[97]

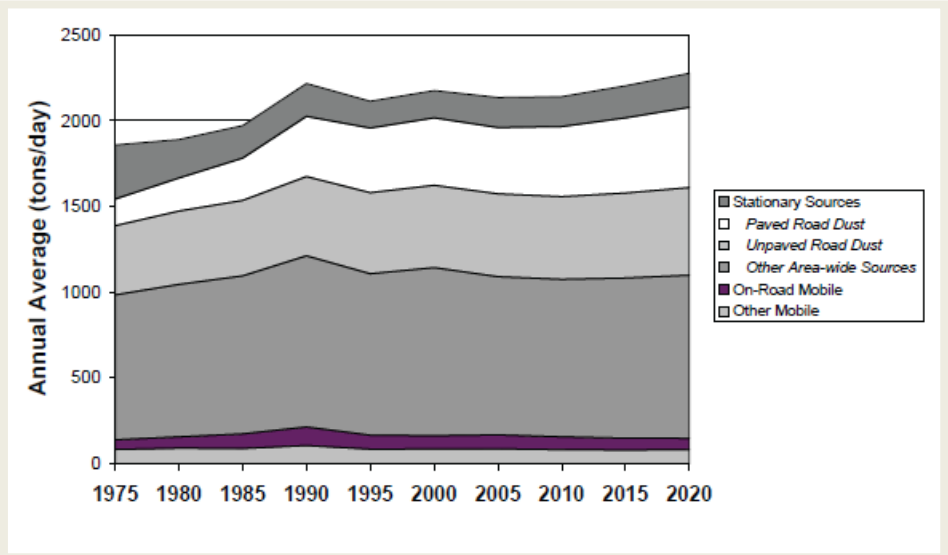
2006 年，美國環保局加強了 24 小時$PM_{2.5}$ 的標準， 從 1997 年的每立方米 65 微克改為 35 微克。[98]

3d 直徑小於 10 微米的顆粒物 (PM_{10}) — 排放量增加及採取的控制措施

雖然PM_{10} 的標準不斷加強，但 1975 年至 1990 年間的排放量卻不斷增加。在 1975 年至 2000 年間，柏油路造成的排放量和灰塵增加了一倍以上。未用柏油道路的粉塵排放量在同期也普遍上升。[99] 柏油路和未用柏油道路上的灰塵排放量增長，是在路面行駛的車輛流量增加所致。[100]

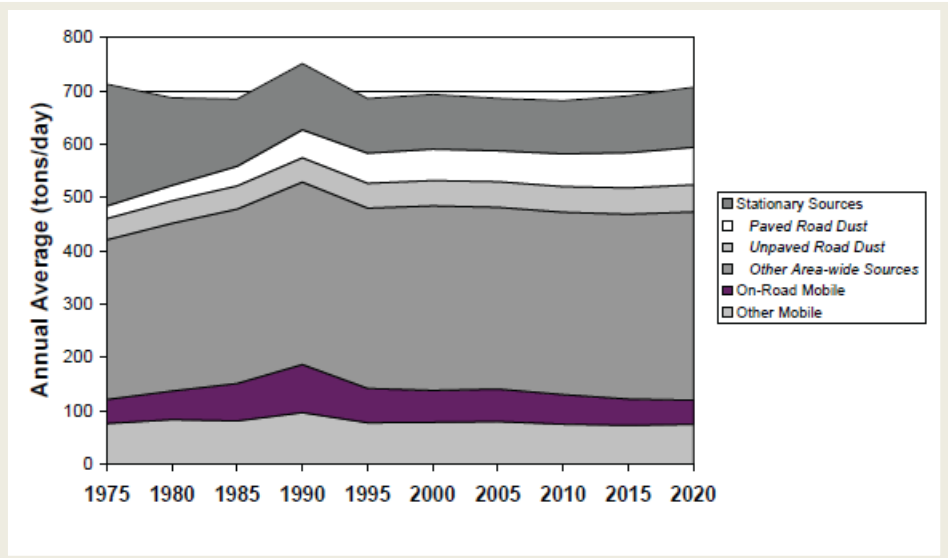
同時，柴油流動污染源產生的廢氣排放量從 1990 年至 2000 年下降了 38%，原因是更嚴格的排放標準和引入燃燒更清潔的燃料。[101] 固定污染源PM_{10} 的排放量預料將在未來因為工業增長略為增加。[102]

加州整體 PM_{10} 排放趨勢



資料來源：加州空氣資源局，*加州污染排放和空氣質量年鑑*，2009 年版 (p.3-12)。

加州整體 $PM_{2.5}$ 排放趨勢



資料來源：加州空氣資源局，*加州污染排放和空氣質量年鑑*，2009 年版 (p.3-13)。

3e $PM_{2.5}$-- 排放量增加和採取的控制措施

$PM_{2.5}$ 排放量從 1975 年至 1980 年因為固定污染源排放量減少而隨之下降。[103] 排放量在 1980 年至 1990 年略有上升，在 2010 年保持穩定，並預計在 2010 年後出現增加。與PM_{10} 一樣，柏油路的粉塵排放量在 1975 年至 2000 年之間增幅超過一倍，在同一預測期間，未用柏油道路的粉塵排放量也有所增加。[104] 未用柏油道路和柏油路的粉塵排放量增加都是因為交通較繁重。[105]

固定污染源的$PM_{2.5}$ 排放量預計會在未來因為工業增長略增。[106]

CARB已制訂超過 100 個控制措施的清單，以減少來自廣泛流動和固定污染源的顆粒物排放量。[107] 這些措施包括住宅燒柴和戶外燃燒木材、柏油路和未用柏油的道路、建築、像鍋爐和加熱器等燃燒來源、溶劑和塗料，以及產品製造。

3f 顆粒物研究

鑑於CARB預料加州的PM_{10} 和$PM_{2.5}$ 排放量將會增加，而加州超過 99%人口最少在一年某段期間內生活在違反州級PM_{10} 標準的大氣流域，[108] CARB 和環保局的多位科學家到正積極研究測量微粒濃度的替代方法。他們正研究以重質 (質素) 或重量 (數量) 的方式來衡量顆粒物對健康帶來的影響。幼細顆粒物的量不大，但特別有害健康，因為它們能深入滲透人體肺部和循環系統。目前，美國汽車廢氣的顆粒物排放量以量為基礎，而歐洲則以顆粒物總數來測量。[109]

CARB 資訊主任 Dimitri Stanich 稱：「CARB 目前尚無計劃更新現有的標準。然而，如果研究這個問題的各位科學家認為此舉將對公眾健康有利，而採用另一種方法也合符邏輯，那麼，根據科學證據，該機構將作出有關建議。在落實之前，該機構將採集大量證據，並建立充份理據。這並不能一蹴而就。這是個非常民主的過程，需時約一年。」

如果 CARB 要朝這個方向走，該機構將按照其標準程序運作。他們須先收集數據、舉辦研討會，並從所有選區徵詢意見，然後才為董事會撰寫最後報告。然後，CARB 董事會或會批准或否決建議，或要求進行更多研究。

3g 健康風險 (PM_{10} 和 $PM_{2.5}$)

暴露於顆粒物會加重呼吸系統疾病，甚至可能使原患心臟病和肺病的病人過早死亡。[110] $PM_{2.5}$ 比 PM_{10} 造成更大的健康風險，因為前者的粒子可在肺部深處沉積，也含有對人體健康特別有害的物質。[111] 暴露於$PM_{2.5}$ 已確實與心臟病患者前往急症室就診和住院相關。[112] 長期暴露$PM_{2.5}$ 可能會損害兒童的肺功能和成長、帶來呼吸道症狀，甚至導致哮喘形成。[113] 短期暴露PM_{10} 可能引起肺部發炎、咳嗽、呼吸急促及吸入性胸痛。研究也指出心臟病患者死亡與顆粒物濃度高多翻出現有關。[114]

附錄 4：二氧化硫

二氧化硫—是氣味強烈的無色氣體，在燃燒化石燃料時形成。

4a 來源

使用高含硫量的煤或石油的發電廠可以是個主要來源。

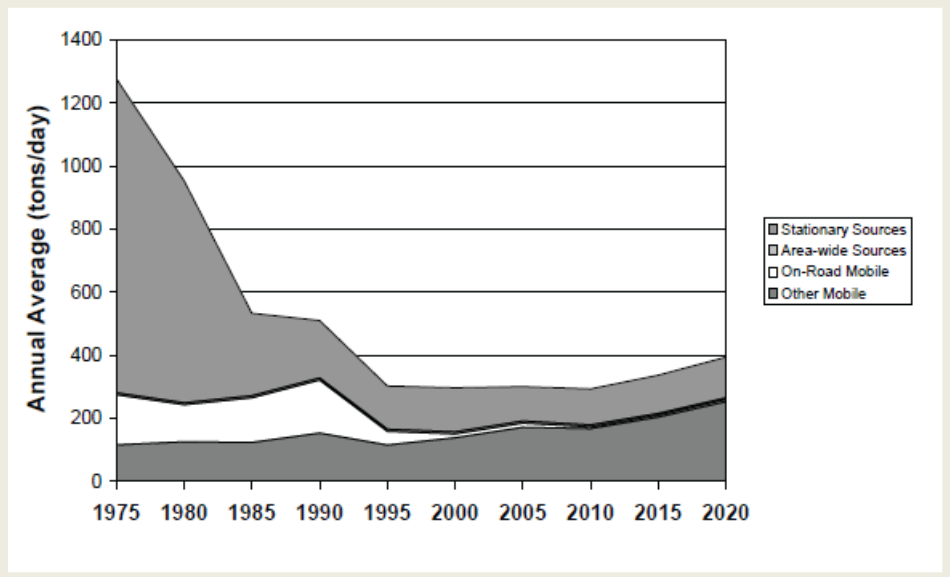
4b 二氧化硫和硫氧化物—排放量減少和採取的控制措施

硫氧化物 (SOx) 的一個主要成分是二氧化硫 (SO_2)。硫氧化物的排放量從 1975 年至 2005 年暴跌 76%。[115] 固定污染源的二氧化硫排放量在 1975 年至 2005 年間減少，主因是經改良的工業污染源控制，而且發電和工業鍋爐也從燃油轉換為天然氣。[116] 由於路面和非路面汽油和柴油引擎所用燃料的硫含量較低，故此有助減低硫氧化物的排放量。[117]

自 2006 年開始，CARB還頒布法規減少商業船隻 (如拖船和漁船) 所用燃料的硫含量。[118]

然而，預料硫氧化物排放量將因為航運活動增長而增加，特別是使用含硫量高燃料的遠洋船。[119] CARB最近通過的法規便規管用於船隻輔助引擎的燃料，以助於扭轉上述趨勢。[120]

加州整體硫氧化物 (SO_x) 排放趨勢



資料來源：加州空氣資源局，*加州污染排放和空氣質量年鑑*，2009 年版 (p.3-19)。

4c 健康風險—二氧化硫

從 5 分鐘到 24 小時的短期暴露可導致不良的呼吸道影響，包括咳嗽、吸入性胸痛、運動時呼吸困難，以及更多哮喘症狀。[121] 目前已有研究顯示短期暴露二氧化硫和基於呼吸疾病增加前往急症室部門和住院數字相關。[122]

附錄 5：有毒空氣污染物 (TAC) 的排放量

加州指定了 200 種化合物作為有毒空氣污染物 (TAC)，[123] 本報告只討論柴油微粒物質，因為它構成加州最大的健康風險。

5a 健康風險

CARB 會同時以個別個案和整體形式評估有毒空氣污染物的健康風險，其中特別注重癌症風險。[124] 對於有毒空氣污染物的健康風險，CARB的顯示方式是在 70 年期間內，每一百萬人有多少個額外癌症病例。[125]

5b 柴油顆粒物

柴油顆粒物位居有毒空氣污染物名單的首位，它是一種致癌物質，大多數研究人員也相信它造成大部分的健康風險，因為廢氣中的顆粒物帶有大量有害的有機化合物和金屬。[126]

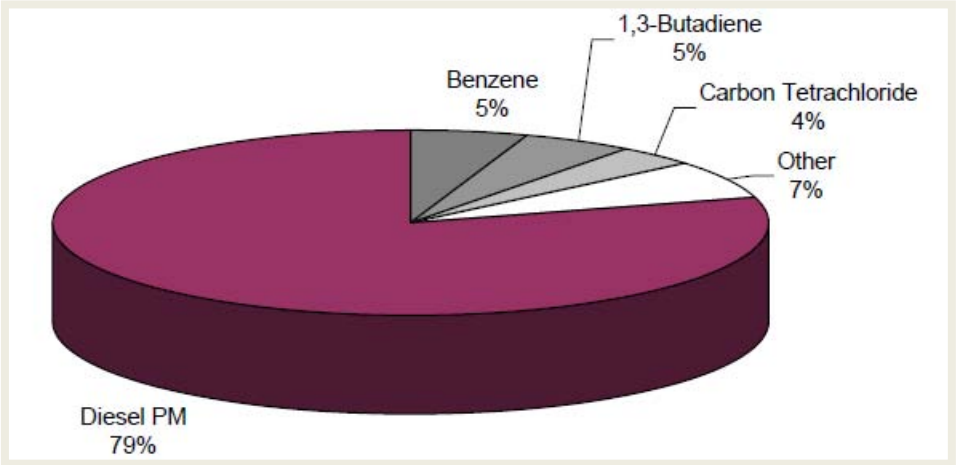
來源：路面上以柴油為燃料的車輛佔全加州總額約 60%，另有 60%歸因於其他流動污染源，包括建築和採礦設備、農用設備和冷藏運輸設備。[127]

健康風險：雖然目前沒有常規方法監測柴油顆粒物的環境濃度，因為把這種污染物獨立監深測的技術仍未存在，但排放量和模擬環境濃度均表示，柴油顆粒物的健康風險比所有其他有毒空氣污染物的總量更高，這點對加州市民造成最重大風險。[128] CARB估計，十大室外空氣有毒物質為整個加州帶來的已知癌症風險中有 79%歸因於柴油顆粒物。[129]

預測排放量減少和控制措施：2000 年的估計數字顯示自 1990 年來出現 40%減幅，濃度為每立方米 1.8 微克，而相關健康風險則為每百萬人 540 個額外癌症病例。柴油風險削減計劃被預期能在 2020 年前減低濃度達 85%。[130] 如果不實施該計劃，估計濃度只會在 2020 年自 2000 年的水平下降 33%。[131]

然而，該計劃的關鍵要素是透過為引擎加裝排放控制裝置清理現有的引擎、為新的柴油引擎採用嚴格的標準、並減低柴油中的硫含量，以保護在柴油引擎中引入新型先進技術的排放控制裝置。[132] 此外，CARB加州空氣資源，不斷推廣使用替代燃料和電氣化。[133]

2007 年加州整體健康風險



柴油顆粒物的數據反映 2000 年；四氯化碳反映 2003 年：「其他」只包括：乙醛、甲醛、對二氯苯、六價鉻、四氯乙烯和二氯甲烷。這個圓形圖是根據十大有毒空氣物質環境監測的結果。在 2007 年，基於為期 70 年的一生攝取量，整個加州每百萬人有 680 個額外癌症病例。

資料來源：加州空氣資源局，*加州污染排放和空氣質量年鑑*，2009 年版 (p.5-5)。

附錄 6：關於主要污染物對健康帶來的影響的研究

數以千計的研究已經證實惡劣空氣質素所帶來的損害性質和程度。本報告在此列出幾個重點：

6a CARB 管理生效的研究計劃，其中涉及與空氣污染相關的健康影響

CARB有一個仍然生效的研究計劃，探討與暴露於空氣污染相關的健康影響，特別針對可能對空氣污染影響更敏感的組別，如兒童和老人。[134] 該機構在八個不同方面進行研究，分別是兒童健康、兒童暴露、哮喘/呼吸系統健康、心血管健康、室內衛生、顆粒物對健康的影響、免疫後果和暴露，以及社區健康。

6b 兒童健康研究顯示，空氣污染和呼吸系統疾病之間有明顯關係

關於空氣污染對人體健康影響的其中一個最全面的研究，是由南加州領導的兒童健康研究。該個大型而長期的研究在 1992 年開始，探討慢性空氣污染暴露對生活在南加州兒童所來的健康影響。該研究記錄遍佈 12 個社區中約 5,500 名當時約 10 歲的兒童，直到他們長至 18 歲為止。這項工作是個廣泛彙編，記錄跨越超過十年的社區環境空氣污染措施和與肺功能、成長、哮喘、支氣管炎和急性呼吸系統疾病相關的健康後果。[135]

研究人員調查了以下四種污染物對健康 (特別是慢性呼吸系統疾病) 的影響：臭氧、二氧化氮、酸性蒸汽和顆粒物 (PM_{10} 和$PM_{2.5}$)。在研究後期，一氧化碳和其他氮氧化物和超幼細顆粒物 (直徑小於 1 微米的顆粒物) 也初加入研究中。[136]

該份研究基於其涵蓋時間長而甚具里程碑意義，帶來了數個顯著成果：

- 兒童如暴露在高水平的顆粒物、二氧化氮、酸性蒸氣和元素碳，當他們長至 18 歲時，其肺功能顯著較低，因為肺部在 18 歲時幾近成熟，而肺功能衰竭未必可以逆轉。[137]
- 兒童如暴露在目前的空氣污染水平，他們在暴露於酸水氣、臭氧、二氧化氮和顆粒物時，其肺部成長和發展會顯著降低。[138]
- 生活在臭氧高濃度社區的兒童如積極參與三個或以上體育活動，他們會比不參與體育運動的更易患上哮喘 [139]
- 對於生活在二氧化氮、顆粒物和酸蒸氣濃度高社區的兒童，其肺部發展和成長均較慢，其肺部流通空氣的能力也較差。[140] 減差的肺部發育可能在成年時導致慢性呼吸系統疾病。
- 臭氧水平較高的日數會使基於呼吸系統疾病缺課明顯較高、哮喘發病率更多和出生體重較低。[141] 患有哮喘的兒童如暴露於較高濃度的顆粒物，他們會更易患上支氣管炎。[142]

6c CARB 研究報告表示 $PM_{2.5}$ 每年導致 9200 人過早死亡

根據最近的環保局方法，CARB一份在 2010 年出版的報告表示每年約有 9,200 人死因是他們暴露於加州空氣中的幼細微粒污染。[143] CARB所作的研究發現是基於由美國環保局進行的科學評估。這些評估被要求進行，以作為聯邦機構每五年定期審定$PM_{2.5}$ 的全國環境空氣質素標準的一部分。[144] 美國環保局作結表示，暴露於$PM_{2.5}$ 與過早死亡有因果聯繫 [145]，這是最高水平的科學確定性。

在美國環保局進行審定後，有另一項相關的風險評估報告，估計因為暴露於$PM_{2.5}$ 在全國造成的過早死亡。這些估計是根據一項涉及 50 萬人和 116 個美國城市，包括洛杉磯和弗雷斯諾的研究。[146]

CARB 把相同的環保局方法以針對加州的具體數據應用到整個州，以估計與這種污染相關的過早死亡人數。

註釋

[1] 美國肺臟協會，「污染最嚴重的城市」“Most Polluted Cities” http://www.stateoftheair.org/2011/city-rankings/most-polluted-cities.html

[2] 加州空氣資源局，「ARB 的使命和目標」“ARB Mission and Goals” http://www.arb.ca.gov/html/mission.htm.

[3] 個人通訊，CARB M & L 組 Haagen-Smit 實驗室的空氣污染專家 Antonio Miguel 博士

[4] 加州空氣資源局，「空氣資源委員會的成員」http://www.arb.ca.gov/board/about.htm

[5] 同上。

[6] 加州空氣資源局，「加州空氣資源局簡史」“Brief History of Air Resources Board” http://www.arb.ca.gov/knowzone/history.htm

[7] 個人通訊。南岸空氣品質管理局助理副總裁 Anupom Ganguli 博士

[8] 作為加州最大的空氣品質管理局，美國加州南岸空氣品質管理局是政府機構，負責在洛杉磯、奧蘭治縣、以及里弗賽德縣和聖貝納迪諾縣部分地區的空氣污染控制。它涵蓋了該州人口的 40%，差不多共 17 萬人。

[9] 美國加州南岸空氣品質管理局的董事會有 13 名成員，其中 10 人是由當地各縣和市議會官員選出的官員。其餘三位會由州選官員 (即州長、州議會議長和由州級眾議院法規委員會) 委任。

[10] 州長的 2011-12 年度財政預算案，「整個航空資源的預算」 http://www.ebudget.ca.gov/StateAgencyBudgets/3890/3900/department.html.

[11] 南岸預算的一大部分來自嚴重污染企業繳付的罰款，其中最大的污染者須繳付最大部分資金資助空氣污染控制。 (www.aqmd.gov/finn/financialinformation.htm) 企業必須為許可證每年繳費。
該區收入中約 73%d 來自一個收費體制，包括評估費、每年營運費、排放費、罰款/和解/投資制，以及聽證委員會收費。
該區收入中約 27%來自聯邦政府撥款、CARB，和州級汽車費。
雖然南岸側重於固定污染源造成的排放，但車輛仍佔該區污染問題超過三分之二。
(www.aqmd.gov/finn/financialinformation.htm) 自 1991 年開始，美國加州南岸空氣品質管理局為該區的車輛登記費增加了一項附加費，以助資助空氣污染控制力度。該附加費包括每部車 4 美元的州立收費，以及額外每部車 1 美元的全區收費。美國加州南岸空氣品質管理局使用 4 美元收費的一部分，用於促進共乘計劃、研發清潔燃料，並資助不同計劃減低汽車廢氣排放。

[12] 同上。

[13] 個人通訊。CARB 資訊主任 Dimitri Stanich

[14] 「加州空氣質素歷史的關鍵事件」 “Key Events in the History of Air Quality in California” http://www.arb.ca.gov/html/brochure/history.htm, 個人通訊，CARB 資訊主任 Dimitri Stanich

[15] 加州空氣資源局，「加州空氣質素歷史的關鍵事件」 “Key Events in the History of Air Quality in California” http://www.arb.ca.gov/html/brochure/history.htm

[16] 加州空氣資源局，「加州廢氣控制計劃的里程碑」“Milestones in California’s Emission Control Program”， 加州污染排放和空氣質量年鑑，2009 年版，第 1-41 頁。

[17] 同上。

[18] 加州空氣資源局，「加州空氣質素歷史的關鍵事件」 “Key Events in the History of Air Quality in California” http://www.arb.ca.gov/html/brochure/history.htm

[19] 同上。

[20] 加州空氣資源局，「第五章：有毒空氣污染物排放、空氣質素和健康風險」 “Chap. 5: Toxic Air Contaminant Emissions, Air Quality, and Health Risk”，加州污染排放和空氣質量年鑑，2009 年版，第 5-45 頁。

[21] 加州空氣資源局，「加州空氣質素歷史的關鍵事件」 “Key Events in the History of Air Quality in California”, http://www.arb.ca.gov/html/brochure/history.htm

[22] 同上。

[23] 同上。

[24] 同上。

[25] 加州空氣資源局，「加州空氣質素歷史的關鍵事件」“Key Events in the History of Air Quality in California” http://www.arb.ca.gov/html/brochure/history.htm

[26] 同上。

[27] 同上。

[28] 加州空氣資源局，「加州空氣質素歷史的關鍵事件」“Key Events in the History of Air Quality in California” http://www.arb.ca.gov/html/brochure/history.htm

[29] 加州空氣資源局，「加州空氣資源局簡史」“Brief History of Air Resources Board” http://www.arb.ca.gov/knowzone/history.htm

[30] 個人通訊。自然資源保護理事會高級律師 David Pettit

[31] 個人通訊。美國加州南岸空氣品質管理局的 Anupom Ganguli 博士

[32] 個人通訊。美國加州埃爾蒙地 CARB Haagen-Smit 實驗室的加州空氣污染專家 Antonio Miguel 博士

[33] 同上。第 1-15 頁。

[34] 同上。

[35] 同上，第 1-18 頁。

[36] 同上，第 1-19 頁。

[37] Barringer, Felicity,「加州法官叫停氣候變化法」“California Judge Calls Time Out for Climate Change Law” http://green.blogs.nytimes.com/2011/03/22/california-judge-calls-time-out-for-climate-change-law/?ref=californiaairresources

[38] 同上。

[39] 個人通訊。自然資源保護理事會高級律師 David Pettit

[40] 個人通訊。CARB 資訊主任 Dimitri Stanich

[41] 南岸空氣品質管理局，「空氣質量」“Air Quality”，財豬年度 2010-2011 年的預算和工作計劃 www.aqmd.gov/finn/pdf/finalbudget1011.pdf 第 11 頁。

[42] 加州空氣資源局，「第 1 章：簡介」“Chapter 1: Introduction” ，加州污染排放和空氣質量年鑑，2009 年版，第 1-12 頁。

[43] 同上。

[44] 同上。

[45] 加州空氣資源局，「第 1 章：簡介」“Chapter 1: Introduction” ，加州污染排放和空氣質量年鑑，2009 年版，第 1-5 頁。

[46] 同上，第 5-2 頁。

[47] 同上。

[48] 同上，第 1-12 頁。

[49] 同上。

[50] 同上。

[51] 同上。

[52] 同上。

[53] 同上，第 1-19 頁。

[54] 同上，第 2-16 頁。

[55] 同上，第 1-7 頁。

[56] 同上，

[57] 同上，

[58] 同上，第 3-7 頁。

[59] 同上。

[60] 同上。

[61] 同上。

[62] 同上。

[63] 同上。

[64] 同上，第 3-7 頁。

[65] 同上，第 2-12 頁。

[66] 同上，第 3-4 頁。

[67] 同上。

[68] 同上。

[69] 同上。

[70] 同上。

[71] 同上。

[72] 同上，第 3-20 頁。

[73] 同上，第 3-21 頁。

[74] 同上。

[75] 同上。

[76] 加州空氣資源局，「關於臭氧和健康的事實」“Facts about Ozone and Health” www.arb.ca.gov/research/aaqs/caaqs/ozone/ozone-fs.pdf 第 1 頁。

[77] 同上。

[78] 加州空氣資源局，「200 種排放及影響：202.5 二氧化氮」“200 Emissions and Effects: 202.5 Nitrogen Dioxide” http://www.arb.ca.gov/cap/manuals/cntrldev/emissions_effects/200emission.htm#no2.

[79] 同上。

[80] 同上。

[81] 同上。

[82] 加州空氣資源局，「目前的排放量和空氣質素—標準污染物」“Current Emissions and Air Quality—Criteria Pollutants”，加州污染排放和空氣質量年鑑，2009 年版，第 2-12 頁。

[83] 同上。

[84] 營銷指由零售商到消費者的分銷和傳輸。

[85] 加州空氣資源局，「目前的排放量和空氣質素—標準污染物」“Current Emissions and Air Quality—Criteria Pollutants”，加州污染排放和空氣質量年鑑，2009 年版，第 2-12 頁。

[86] 同上，第 3-5 頁。

[87] 同上。

[88] 同上。

[89] 同上。

[90] 同上。

[91] 加州空氣資源局，「第 1 章：引言」加州污染排放和空氣質量年鑑，2009 年版，第 1-21 頁。

[92] 同上。

[93] 同上，第 2-19 頁。

[94] 同上。

[95] 同上。

[96] 同上。

[97] 同上，第 2-20 頁。

[98] 同上。

[99] 同上，第 3-12 頁。

[100] 同上。

[101] 同上。

[102] 同上。

[103] 同上，第 3-13 頁。

[104] 同上。

[105] 同上。

[106] 同上。

[107] 加州空氣資源局，「SB 656 概況，減少加州的顆粒物」“Fact Sheet on SB 656, Reducing Particulate Matter in California” http://www.arb.ca.gov/pm/pmmeasures/pmmeasures.htm

[108] 同上，第 3-14 頁。

[109] 個人通訊。CARB 空氣質素數據科主管 Karen Magliano

[110] 同上，第 1-20 頁。

[111] 同上。

[112] 同上。

[113] 加州空氣資源局，「200 種排放及影響：202.2 顆粒物，對健康的影響」“200 Emissions and Effects: 202.2 Particulate Matter, Health Effects” http://www.arb.ca.gov/cap/manuals/cntrldev/emissions_effects/200emission.htm#no2.

[114] 同上。

[115] 加州空氣資源局，「第 3 章：全州的發展趨勢和預測—標準污染物」“Chapter 3: Statewide Trends and Forecasts—Criteria Pollutants” 加州污染排放和空氣質量年鑑，2009 年版，第 3-19 頁。

[116] 同上，第 3-19 頁。

[117] 同上。

[118] 同上。

[119] 同上。

[120] 同上。

[121] 加州空氣資源局，「200 種排放及影響：202.6 二氧化硫」 “200 Emissions and Effects: 202.6 Sulphur Dioxide” http://www.arb.ca.gov/cap/manuals/cntrldev/emissions_effects/200emission.htm#so2.

[122] 同上。

[123] 同上，第 5-2 頁。

[124] 同上。

[125] 同上，第 5-3 頁。

[126] 同上，第 5-42 頁。

[127] 同上，第 5-44 頁。

[128] 同上。

[129] 同上。

[130] 同上，第 5-45 頁。

[131] 同上。

[132] 同上。

[133] 同上。

[134] 加州空氣資源局，「空氣污染對健康的影響」 “Health Effects of Air Pollution” http://www.arb.ca.gov/research/health/health.htm.

[135] 加州空氣資源局，「兒童健康研究概述」“Overview of the Children’s Health Study” http://www.arb.ca.gov/research/chs/over.htm.

[136] 同上。

[137] 加州空氣資源局，「兒童健康研究概述—結果和結論 」 “Overview of the Children’s Health Study—Results and Conclusions”http://www.arb.ca.gov/research/chs/over.htm.

[138] 同上。

[139] 同上。

[140] 同上。

[141] 同上。

[142] 同上。

[143] 加州空氣資源局，「在加州與幼細顆粒物污染物($PM_{2.5}$) 相關過早死亡的估計，採用的方法來自美國環境保護局」 “Estimate of Premature Deaths Associated with Fine Particle Pollution in California Using a U.S. Environmental Protection Agency Methodology” http://www.arb.ca.gov/research/health/pm-mort/pm-report_2010.pdf 第 1 頁。

[144] 加州空氣資源局，「幼細顆粒物和空氣污染每年導致加州 9,000 個過早死亡案例」 “Fine Particle Air Pollution Responsible for 9,000 Premature Deaths in California Each Year” http://www.arb.ca.gov/newsrel/newsrelease.php?id=149.

[145] 註釋 143。

[146] 同上。

© 思匯政策研究所　2012年2月
在本報告發表的意見是作者的意見，並不一定代表思匯政策研究所的意見。

思匯 CIVIC EXCHANGE
香港中環雲咸街六十九號賀善尼大廈七零一室
電話 (852) 2893 0213 | 傳真 (852) 3105 9713 | www.civic-exchange.org