

# Properties of Road Dust and Effect of Sweeping in Yunlin Country

陳宣佑、葉啟輝

E-mail: 359022@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

This research discusses the properties of road dust and the effectiveness of sweeping in Yunlin county, as to understand the effects of different factors in the concentration of atmospheric suspended particles as well as road dust loading. For the purpose of analysing road dust loading, the Yunlin region is separated into downtown and the banks of Zhuoshui Creek, while taking samples between August, 2010 and February, 2011 in order to distinguish the effects between monsoon season and non-monsoon season. Regarding fugitive dust, atmospheric suspended particles are collected from Douliu Baseball Field and from roads surrounding the National Yunlin University of Science and Technology. The effects of different factors in fugitive dust are analysed, and the collected samples are further analysed through the ICP-AES for 12 metal elements, whose results are used to investigate the properties of road dust. The research concludes that: (1) Whether in urban area or countryside, gravel accounts for most of the diameter distribution of road dust in Yunlin region, but in countryside there are higher proportion of dirt and silt, indicating that the fugitive dust from the banks of Zhuoshui Creek might affect the proportion in countryside ; (2) Road dust loading as well as the mean concentrations of TSP and PM10 are all higher during monsoon season than non-monsoon season; (3) Irrespective of site collected or season, the metal components analysed from the samples of road dust loading and atmospheric suspended particles are all similar, with Al, Ca, Fe, K, Na, Mg as the higher proportion of metal components.

Keywords : road dust、atmospheric suspended particle、road dust loading、sweeping

## Table of Contents

目錄 封面內頁 簽名頁 中文摘要 iii 英文摘要 iv 誌謝 v 目錄 vi 圖目錄 x 表目錄 xiii 第一章 前言 1 1.1 研究緣起 1 1.2 研究目的及內容 2 第二章 文獻回顧 4 2.1 空氣品質 4 2.1.1 研究區域背景 4 2.1.2 雲林縣空品監測站 5 2.1.3 空品不良日分析 7 2.1.4 粒狀物對人體及環境之危害 9 2.2 揚塵起因 11 2.3 揚塵成分 13 2.4 街塵來源 14 2.5 道路分級方式 16 2.6 掃街方式 18 2.7 相關研究 23 2.7.1 街塵 23 2.7.2 懸浮微粒 25 2.7.3 街塵成分 25 2.7.4 揚塵成分 26 2.7.5 洗掃街成效 28 第三章 研究方法 36 3.1 儀器及器材 39 3.1.1 街塵採樣 39 3.1.2 揚塵採樣 40 3.1.3 金屬元素分析 45 3.2 研究設計 45 3.3 採樣步驟 46 3.3.1 街塵負荷採樣步驟 46 3.3.2 TSP及PM10採樣步驟 48 3.4 實驗分析步驟 48 3.4.1 街塵負荷粒徑分析 48 3.4.2 無機元素分析 49 第四章 結果與討論 53 4.1 街塵物理性質 53 4.1.1 街塵負荷 53 4.1.2 街塵負荷隨時間的變化 55 4.1.3 街塵粒徑分佈 56 4.1.4 街塵粒徑間相關性 61 4.1.5 季節對街塵之影響 62 4.1.6 區域與街塵之相關性 63 4.2 懸浮微粒物理性質 64 4.2.1 各粒徑之懸浮微粒濃度 64 4.2.2 懸浮微粒粒徑間相關性 66 4.2.3 PM10與車流量之關係 69 4.2.4 懸浮微粒濃度與季節之關係 72 4.2.5 懸浮微粒濃度與區域之關係 73 4.2.6 街塵坭土含量與PM10濃度之關係 74 4.3 街塵金屬成分分析 75 4.3.1 區域對街塵金屬成分之影響 76 4.3.2 季節對街塵金屬成分之影響 77 4.3.3 不同粒徑街塵的金屬成分特性 78 4.4 懸浮微粒金屬成分 79 4.4.1 不同粒徑懸浮微粒的金屬成分特性 80 4.4.2 區域對懸浮微粒成分之影響 81 4.4.3 街塵與懸浮微粒成分之關係 82 4.5 掃街影響 83 4.5.1 街塵粒徑對掃街成效之影響 83 4.5.2 掃街對懸浮微粒濃度之影響 85 4.5.3 掃街對懸浮微粒金屬成分之影響 88 第五章 結論與建議 90 5.1 結論 90 5.2 建議 91 參考文獻 93 圖目錄 圖 1.1.1 研究流程 3 圖 2.1.1 雲林站空氣品質監測站分佈 6 圖 2.1.2 雲林縣監測站PM10歷年監測平均 8 圖 2.4.1 都會區道路街塵沉積及移除之可能路徑 15 圖 2.6.1 掃帚式掃街車 19 圖 2.6.2 循環式真空式掃街車 20 圖 2.6.3 非循環式真空式掃街車 21 圖 2.6.4 掃街車掃街狀況 22 圖 3.1.1 雲林縣街塵採樣點 37 圖 3.1.2 研究架構 38 圖 3.1.3 負壓式吸塵器吸塵效率 40 圖 3.1.4 Osiris懸浮微粒採樣器 44 圖 3.1.5 光散射示意圖 44 圖 3.3.1 街塵負荷採樣位置及範圍 47 圖 3.3.2 街塵實際採樣狀況 47 圖 3.4.1 熱酸萃取流程 51 圖 4.1.1 市區及郊區綜合之街塵負荷 54 圖 4.1.2 市區及郊區三分法之街塵負荷量 55 圖 4.1.3 街塵負荷隨時間增量之趨勢 56 圖 4.1.4 市區街塵粒徑分佈 59 圖 4.1.5 郊區街塵粒徑分佈 60 圖 4.1.6 礫石與塵土之線性關係 61 圖 4.1.7 塵土與坭土之線性關係 62 圖 4.1.8 季節與粒徑之關係 63 圖 4.1.9 區域與粒徑之關係 64 圖 4.2.1 八月份懸浮微粒平均值 65 圖 4.2.2 十月份懸浮微粒平均值 66 圖 4.2.3 八月份TSP與PM10之粒徑相關性 68 圖 4.2.4 八月份PM10與PM2.5之粒徑相關性 68 圖 4.2.5 八月份雲科大門口車流量與PM10之關係 69 圖 4.2.6 八月份棒球場車流量與PM10之關係 70 圖 4.2.7 十月份雲科大門口車流量與PM10之關係 71 圖 4.2.8 十月份棒球場車流量與PM10之關係 71 圖 4.2.9 季節與濃度之關係 72 圖 4.2.10 區域與濃度之關係 74 圖 4.2.11 PM10與坭土之線性關係 75 圖 4.3.1 街塵之金屬成分 76 圖 4.3.2 市區及郊區成分之比較 77 圖 4.3.3 季節對街塵金屬成分之差異 78 圖 4.3.4 粒徑對街塵金屬成分之差異 79 圖 4.4.1 TSP懸浮微粒之金屬成分 80 圖 4.4.2 粒徑對懸浮微粒金屬成分之差異 81 圖 4.4.3 區域與成分之關係 82 圖 4.4.4 街塵與懸浮微粒成分之關係 83 圖 4.5.1 八月街塵掃街效率 84 圖 4.5.2 十月街塵掃街效率 85 圖 4.5.3 八月懸浮微粒掃街效率 86
--

圖 4.5.4 十月懸浮微粒掃街效率 87 圖 4.5.5 雲科大掃前掃後金屬成分差異 88 圖 4.5.6 棒球場掃前後金屬成分差異 89 表目錄  
表 2.1.1 雲林縣空氣品質測站PSI>100日數分析 7 表 2.1.2 粒狀污染物於人體呼吸系統分佈特性表 11 表 2.5.1 道路髒污分級  
標準 17 表 2.6.1 掃街車規格表 22 表 2.7.1 街塵負荷量與平均粒徑分佈 23 表 2.7.2 國內外相關文獻彙整 31 表 4.1.1 市區街塵  
粒徑 58 表 4.1.2 郊區街塵粒徑 58 表 4.2.1 國內相關研究比較 67 表 4.2.2 斗六測站PM10當日逐時記錄 73

## REFERENCES

- 參考文獻 1.中央氣象局, <http://www.cwb.gov.tw>. 2.王竹方, 1998, 台灣地區懸浮微粒污染源排放調查分析與防治策略研擬。行政院國家科學委員會報告, EPA-86-FA42-09-19. 3.王竹方、蔣本基、李崇德, 2002, 以多種化學分析技術探討都會型氣膠(PM2.5)物化特性之研究。清華大學原子科學系, 行政院國家科學委員會報告, 91-EPA-Z-007-002. 4.王怡方, 1996, 台灣林園、三重與麥寮三地區大氣懸浮微粒特性及其來源之探討。台灣大學公共衛生研究所, 碩士論文。 5.行政院環境保護署, 1988, 空氣污染防治對策方針之測定研究。 6.行政院環境保護署, 1995, 現行道路髒污分級準則。 7.行政院環境保護署, 2001, 街道揚塵洗掃作業執行手冊。 8.行政院環境保護署, 2009, 雲林縣98年度加強街道揚塵洗掃計畫。 9.行政院環境保護署, <http://www.epa.gov.tw>. 10.余泰毅, 2003, 街道揚塵洗掃成效評估與空氣污染改善之效益研究。蘭陽技術學院環境工程研究所, 行政院國家科學委員會報告, NSC91-EPA-Z-267-001. 11.周俊利, 2008, 道路洗掃對路旁大氣微粒濃度之影響。屏東科技大學環境工程研究所, 碩士論文。 12.周毅, 洪明瑞, 林登峰, 游振棋, 彭根隆共譯, 1990, 土壤力學與基礎工程, Das原著。 13.林韋仁, 2008, 大氣微粒上不同型態金屬組成特性探討。屏東科技大學環境工程與科學系, 碩士論文。 14.林煜棋, 1999, 鋪面道路車行揚塵特性與排放係數之建立。中興大學環境工程研究所, 碩士論文。 15.洪崇軒, 2003, 街道揚塵洗掃對鄰近空氣品質改善效益之評估。高雄第一科技大學環境工程系, 行政院國家科學委員會報告, NSC91-EPA-Z-327-001. 16.高滄志, 2006, 濁水溪南岸之季風懸浮微粒來源追蹤及空氣品質影響研究。大葉大學環境工程研究所, 碩士論文。 17.許立勳, 1999, 營建工地逸散性粒狀物排放係數推估與探討。成功大學環境工程研究所, 碩士論文。 18.陳昌熒, 2005, 交通空氣品質監測站污染特性探討及改善策略研擬-以苗栗公館測站為例。中山大學環境工程研究所, 碩士論文。 19.陳康興, 2006, 高屏地區大氣細微粒PM2.5化學組成特性時空變化調查分析、來源模擬及成因探討研究。中山大學環境工程研究所, 行政院國家科學委員會報告, NSC94-EPA-Z-110-001. 20.雲林縣政府, <http://www.yunlin.gov.tw>. 21.雲林縣環保局, <http://www.ylepb.gov.tw/index-m3.asp>. 22.黃志賢, 2000, 逸散性粒狀物控制效率及其應用於管制策略之研究。台北科技大學土木與防災研究所, 碩士論文。 23.黃慕欣, 1996, 台灣三重、麥寮與林園三地區大氣中懸浮微粒及微粒源化學組成之探討。台灣大學公共衛生學研究所, 碩士論文。 24.楊奇儒, 1994, 積塵再捲揚作用對地面附近大氣粒狀物濃度之影響。成功大學環境工程研究所, 碩士論文。 25.楊宗盛, 1998, 台北都會區懸浮微粒特性及來源之探討。台灣大學環境工程研究所, 碩士論文。 26.劉淑芬, 2004, 彰化縣街塵特性探討。大葉大學環境工程研究所, 碩士論文。 27.蔡怡君, 2008, 不同地區懸浮微粒成分特徵之觀測與模擬分析研究。雲林科技大學環境與安全工程研究所, 碩士論文。 28.蔡春進, 江志峰, 繆敦耀, 彭世邦, 1997, 都會區路面揚塵之量測研究。環保署計畫書報告, EPA-86-FA42-09-90. 29.蔡素芬, 1999, 台灣地區道路塵粒特性之研究。清華大學原子科學研究所, 碩士論文。 30.鄭夙雯, 2002, 洗街車洗塵效率影響參數探討與洗塵模式建立。中山大學環境工程研究所, 碩士論文。 31.鄭曼婷, 林煜棋, 邱嘉斌, 王竹方, 郭崇義, 2000, 2000年大陸沙塵暴過境中部地區大氣懸浮微粒之化學成分分析。第十七屆空氣污染控制技術研討會論文集。 32.盧俊中, 2006, 提昇洗掃街車對空氣中PM10防治效率之研究。台北科技大學環境工程研究所, 碩士論文。 33.Akhter M.S., Madany I.M., 1993, Metals in street and house dust in Bahrain, *Water, Air and Soil Pollution*, 66, 111 – 119. 34.Amato F., Querol X., Alastuey A., Pandolfi M., Moreno T., Gracia J., Rodriguez P., 2009, Evaluating urban PM10 pollution benefit induced by street cleaning activities, *Atmospheric Environment*, 43, 4472 – 4480. 35.Amato F., Nava S., Lucarelli F., Querol X., Alastuey A., Baldasano J.M., Pandolfi M., 2010, A comprehensive assessment of PM emissions from paved roads: real-world emission factors and intense street cleaning trials, *Science of the Total Environment*, 408, 4309 – 4318. 36.Amato F., Querol X., Johansson C., Nagl C., Alastuey A., 2010, A review on the effectiveness of street sweeping, washing and dust suppressants as urban PM control methods, *Science of the Total Environment*, 408, 3070 – 3084. 37.Axetell K., Zell J., 1977, Control of restrained dust from paved streets, EPA-907/9-77-007, U.S. EPA, Region, Kansas City, MO. 38.Finlaysin-Pitts B., Pitts J., 1986, *Atmospheric Chemistry: Fundamental and Experimental Techniques*, Wiley-Interscience Publication. 39.Karanasiou A., Moreno T., Amato F., Lumbreras J., Narros A., Borge R., Tobias A., Boldo E., Linares C., Pey J., Reche C., Alastuey A., Querol X., 2010, Road dust contribution to PM levels - Evaluation of the effectiveness of street washing activities by means of Positive Matrix Factorization, *Atmospheric Environment*, 45, 2193 – 2201. 40.Lin C.C., Chen S.J., Huang K.L., Hwang W.I., Chang-Chine G. P., Lin W. Y., 2005, Characteristics of metals in nano/ultrafine/fine/coarse particles collected beside a heavily trafficked road, *Environ. Sci. Technol.*, 39, 8113 – 8122. 41.Ntziachristos L., Ning Z., Geller M.D., Sheesley R.J., Schauer J.J., Sioutas C., 2007, Ultrafine and nanoparticle trace element compositions near a major freeway with a high heavy-duty diesel fraction, *Atmos. Environ.*, 41, 5684 – 5696. 42.Srivastava A., Gupta S., Jain V.K., 2008, Source apportionment of total suspended particulate matter in coarse and fine size ranges over Delhi, *Aerosol and Air Quality Research*, 8, 188 – 200. 43.Tsou C., Fang W., 2000, The effect of residual stresses on the deformation of semi-circular micromachined beams, *J. Micromech. Microeng.*, 10, 34 – 41. 44.U.S. EPA, 1993, Emission Factors Documentation, AP-42, Section 13.2.1, 1993.