

Assessment and Modeling of Street Washing and Sweeping Performance of Nantou County

許順興、李清華, 方信雄

E-mail: 363556@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

There are many river sand dredging projects and dredging sand washing plants exist in Nantou county. These activities cause dust pollution problem to road and air of Nantou county. Thus, Nantou county have spent a lot of budget in the street washing and sweeping project to clean the road dust in recent years. In order to understand the relationship between the street washing and road dust minimization, this study investigated the road dust removal efficiencies under different street washing plans. Also a model of predicting the road dust removal efficiencies for different street washing plans are proposed in this study. The result of this study shows that a total of 707,729 km of street was cleaned by street washing projects from 2005 to 2011 in Nantou county. It is estimated that a cumulative TSP reduction of 4,845 tons and PM10 reductions of 912.8 tons were achieved during this street washing period. The average annual budget spent in the street washing project is NT\$ 2,942,500, while the TSP unit reduction cost is 4.46 NT/kg and the PM10 unit reductions cost is 23.7 NT/kg. The results of this study also reveals that the average TSP reduction rate for four different street washing plans (i.e., washing follows by sweeping, Sweeping follows by washing, washing only and sweeping only) is 31.4%, 31.8%, 23.6% and 29.1% respectively, and the road dust reduction rate is 78.1%, 71.8%, 37.8%, and 36.7% respectively. The aforementioned results indicates that among the four different street washing plans, washing follows by sweeping plan can achieve a best road dust removal efficiency. By using a non-linear regression method, the models for TSP reduction rate and road dust reduction rate under washing follows by sweeping plan are proposed as follows: TSP reduction rate=8.007 × (relative car number)-0.024 × (wind speed)-0.431 × humidity 0.414 × temperature-0.107 Road dust reduction rate =12.260 × (relative car number)0.029 × (wind speed)0.137 × humidity 0.436 × temperature -0.062

Keywords : Washing、Sweeping、 Total suspended particulates、 Road dust、 Reduction rate、 Model

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 中文摘要 iii	ABSTRACT iv	誌謝 vi	目錄 vii	圖目錄 x	表目錄 xi
第一章前言 1	1.1研究動機 1	1.2研究目的 3			
第二章文獻回顧 4	2.1空氣品質規範與監測站 4	2.2 街道洗掃作業方式與成效評估之介紹 6	2.2.1 洗掃街作業方式介紹 6	2.2.2 洗掃作業成效評估方式 7	2.3 街塵負荷之介紹與採樣 8
2.4 TSP之介紹與採樣 9	2.5 非線性迴歸模式介紹 10				
第三章研究方法與實施內容 19	3.1 南投縣環境背景資料與相關研究之比較 19	3.2 街道洗掃作業方式與步驟 19	3.3 洗掃作業成效評估 20	3.4 街道揚塵採樣與分析 21	3.4.1街塵負荷檢測 22
3.4.2 TSP檢測 22	3.5 街道揚塵削減率模式建立 23				
第四章研究結果 36	4.1 歷年洗掃作業成果說明 36	4.2南投縣歷年洗掃作業之TSP與PM10減量成效探討 40	4.3南投縣歷年街道洗掃作業成本評估 42	4.4 南投縣歷年洗掃作業街道揚塵削減率成效探討 43	4.4.1 先洗後掃之TSP與街塵負荷削減率分析與討論 43
4.4.2先掃後洗之TSP與街塵負荷削減率分析與討論 44	4.4.3 洗街之TSP與街塵負荷削減率分析與討論 45	4.4.4 掃街之TSP與街塵負荷削減率分析與討論 46	4.4.5 不同洗掃作業成效之綜合比較分析 47	4.5 街道揚塵削減率模式之建立 48	4.5.1 先洗後掃TSP削減率模式之建立 48
4.5.2 先掃後洗TSP削減率模式之建立 51	4.5.3 洗街TSP削減率模式之建立 54	4.5.4 掃街TSP削減率模式之建立 57	4.5.5 先洗後掃街塵負荷削減率模式之建立 59	4.5.6 先掃後洗街塵負荷削減率模式之建立 63	4.5.7 洗街街塵負荷削減率模式之建立 66
4.5.8 掃街街塵負荷削減率模式之建立 68					
第五章結論與建議 112	5.1 結論 113	5.2 建議 115			
參考文獻 116					
圖目錄 圖2-1 南投縣三處空品監測站位置 17	圖2-2 歷年南投縣人工測站監測結果平均月變化圖 18	圖3-1本研究之規畫流程圖 26	圖3-2 南投縣洗掃作業所採用之真空非循環式掃街車 27	圖3-3 南投縣洗掃作業所採用之洗街車 27	圖3-4 南投縣洗掃作業所使用之TSP高量採樣器 28
圖3-5 第一型街塵負荷採樣位置及範圍示意圖 29	圖3-6 第二型街塵負荷採樣位置及範圍示意圖 30	圖3-7 第三型街塵負荷採樣位置及範圍示意圖 31	圖3-8 第四型街塵負荷採樣位置及範圍示意圖 32	圖4-1先洗後掃TSP實際削減率與公式4.3預測值之比較圖 105	圖4-2先洗後掃街塵負荷實際削減率與公式4.19預測值之比較圖 106
圖4-3先掃後洗TSP實際削減率與公式4.7預測值之比較圖 107	圖4-4先掃後洗街塵負荷實際削減率與公式4.27預測值之比較圖 108	圖4-5洗街TSP實際削減率與公式4.12預測值之比較圖 109	圖4-6洗街街塵負荷實際削減率與公式4.28預測值之比較圖 110	圖4-7掃街TSP實際削減率與公式4.16預測值之比較圖 111	圖4-8掃街街塵負荷實際削減率與公式4.32預測值之比較圖 112
表目錄 表2-1 我國空氣品質標準研判準則 11	表2-2 空氣污染指標 (PSI) 與污染物濃度對照表 12	表2-3 空氣污染指標值對人體健康之影響分類表 12	表2 4 南投縣三處空品監測站資料 13	表2 5 南投縣污染排放貢獻統計表 13	表2 6洗街車建議操作參數 14
表2 7掃街車建議操作參數 14	表2-8直接目視評估法 15	表2-9髒污因子判定方式記錄表 16	表3-1 南投縣洗掃作業所使用之掃街車性能規格 33	表3-2 南投縣洗掃作業所使用之洗街車性能規格 34	表3-3 本研究預計使用之洗掃作業成效評估表 35
表4-1					

南投縣94~100年委託洗掃計畫基本資料 72 表4-2南投縣環保局94年度之洗掃街作業統計表 72 表4-3南投縣環保局95年度之洗掃街作業統計表 73 表4-4南投縣環保局96年度之洗掃街作業統計表 73 表4-5南投縣環保局97年度之洗掃街作業統計表 74 表4-6南投縣環保局98年度之洗掃街作業統計表 74 表4-7南投縣環保局99年度之洗掃街作業統計表 75 表4-8南投縣環保局100年度之洗掃街作業統計表 75 表4-9南投縣94~100年洗掃街綜合管理計畫單位成本估算 76 表4-10南投縣94年~100年先洗後掃作業前後TSP與街塵負荷檢測結果 77 表4-10南投縣94年~100年先洗後掃作業前後TSP與街塵負荷檢測結果(續) 78 表4-10南投縣94年~100年先洗後掃作業前後TSP與街塵負荷檢測結果(續) 79 表4-11南投縣94年~100年先掃後洗作業前後TSP與街塵負荷檢測結果 80 表4-11南投縣94年~100年先掃後洗作業前後TSP與街塵負荷檢測結果(續) 81 表4-12南投縣94年~100年洗街作業之TSP與街塵負荷檢測結果與削減率 82 表4-13南投縣94年~100年掃街作業前後TSP與街塵負荷檢測結果 83 表4-14南投縣94年~100年四種作業方式平均削減率 84 表4-15先洗後掃實際削減率與模式預測削減率之比較 85 表4-15先洗後掃實際削減率與模式預測削減率之比較(續) 86 表4-15先洗後掃實際削減率與模式預測削減率之比較(續) 87 表4-15先洗後掃實際削減率與模式預測削減率之比較(續) 88 表4-16先掃後洗實際削減率與模式預測削減率之比較 89 表4-16先掃後洗實際削減率與模式預測削減率之比較(續) 90 表4-17洗街實際削減率與模式預測削減率之比較(續) 92 表4-18掃街實際削減率與模式預測削減率之比較 93 表4-18掃街實際削減率與模式預測削減率之比較(續) 94 表4-19先洗後掃之非線性迴歸常數值(公式3.6、3.10) 95 表4-20先掃後洗之非線性迴歸常數值(公式3.6、3.10) 95 表4-21洗街之非線性迴歸常數值(公式3.6、3.10) 96 表4-22掃街之非線性迴歸常數值(公式3.6、3.10) 96 表4-23先洗後掃之非線性迴歸常數值(公式3.7、3.11) 97 表4-24先掃後洗之非線性迴歸常數值(公式3.7、3.11) 97 表4-25洗街之非線性迴歸常數值(公式3.7、3.11) 98 表4-26掃街之非線性迴歸常數值(公式3.7、3.11) 98 表4-27先洗後掃之非線性迴歸常數值(公式3.8、3.12) 99 表4-28先掃後洗之非線性迴歸常數值(公式3.8、3.12) 99 表4-29洗街之非線性迴歸常數值(公式3.8、3.12) 100 表4-30掃街之非線性迴歸常數值(公式3.8、3.12) 100 表4-31先洗後掃之非線性迴歸常數值(公式3.9、3.13) 101 表4-32先掃後洗之非線性迴歸常數值(公式3.9、3.13) 101 表4-33洗街之非線性迴歸常數值(公式3.9、3.13) 102 表4-34掃街之非線性迴歸常數值(公式3.9、3.13) 102 表4-35先洗後掃TSP削減率與街塵負荷削減率各模式之MSD 103 表4-36先掃後洗TSP削減率與街塵負荷削減率各模式之MSD 103 表4-37洗街TSP削減率與街塵負荷削減率各模式之MSD 104 表4-38掃街TSP削減率與街塵負荷削減率各模式之MSD 104

REFERENCES

- 1.行政院環保署, 空氣品質改善資訊網, 2012年4月。(<http://air.epa.gov.tw/Public/Main.aspx>)
- 2.行政院環保署, 空氣品質監測網, 2012年4月。(<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/b0206.aspx>)
- 3.行政院環保署, 空氣污染指標, 2012年4月。(<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/b0201.aspx>)
- 4.行政院環保署, 空氣污染排放量查詢系統, 2012年4月 (http://ivy2.epa.gov.tw/air-ei/new_main2-0.htm)
- 5.行政院環保署「街道揚塵洗掃作業執行手冊」(100.1.17)。
- 6.行政院環保署「街道揚塵洗掃作業執行手冊」(100.1.17)、「2011年地球環境季」洗街示範觀摩會。
- 7.空氣檢測方法, 行政院環保署環檢所, 84年。
- 8.南投縣環保局, 2012年4月。
- 9.Akhter M.S. and Madany I.M. "Metals in Street and House Dust in Bahrain" Water, Air and Soil Pollution. 66, pp.111-119, 1993.
- 10.行政院環保署, 街道揚塵洗掃作業執行手冊, 2011年1月。
- 11.徐清郎, 迴歸分析, 2007年。(<http://www.acad.takming.edu.tw/creativity/%E5%89%B5%E6%84%8F%E6%95%99%E6%9D%90/%E7%B5%B1%E8%A8%88%E5%AD%B8%E5%89%B5%E6%84%8F%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E6%95%99%E6%9D%90/%E7%B5%B1%E8%A8%88%E6%95%99%E6%9D%90/%E8%BF%B4%E6%AD%B8%E5%88%86%E6%9E%90.pdf>)
- 12.非線性回歸預測法/非線性回歸分析2011年7月19日, (<http://wiki.mbalib.com/zh-tw/%E9%9D%9E%E7%BA%BF%E6%80%A7%E5%9B%9E%E5%BD%92%E9%A2%84%E6%B5%8B%E6%B3%95#.E5.B8.B8.E8.A7.81.E7.9A.84.E9.9D.9E.E7.BA.BF.E6.80.A7.E5.87.BD.E6.95.B0.E5.BD.A2.E5.BC.8F>)
- 13.行政院環境保護署, 中華民國空氣品質監測報告九十五年報, 2006年。
- 14.行政院環境保護署, 空氣污染物排放清冊更新管理及空氣品質損量推估計畫期末報告, 2006年。
- 15.陳冠志, 南高屏地區PM10懸浮微粒污染來源之探討, 碩士論文, 國立成功大學環境工程學研究所, 1997年。
- 16.行政院環境保護署, 逸散污染源粒狀污染物管制推動及檢討計畫期末報告2006年。
- 17.行政院環境保護署, 中華民國空氣品質監測報告九十四年報, 2005年。
- 18.行政院環境保護署, 空氣污染物排放清冊更新管理及空氣品質損量推估計畫期末報告, 2006年。
- 19.黃志賢, 逸散性粒狀物控制效率及其運用於管制策略之研究, 碩士論文, 國立臺北科技大學土木與防災技術研究所, 2000年。
- 20.行政院環境保護署, 94年度各縣市執行空氣品質改善維護計畫之成效彙整分析及協助考評工作推動計畫期末報告, 2005年。
- 21.繆敦耀, 逸散性揚塵之排放係數與控制效率量測研究, 碩士論文, 國立交通大學環境工程所, 2000年。
- 22.行政院環境保護署, 逸散污染源粒狀污染物管制計畫, 2009年。
- 23.行政院環境保護署, 空氣污染物排放量清冊更新管理及空氣品質折耗量推估, 2009年。
- 24.陳宣佑, 雲林縣街塵特性及掃街成效評估, 大葉大學碩士論文, 2012年。
- 25.南投縣環保局, 94年度街道揚塵洗掃綜合管理計畫-期末報告, 2005年。
- 26.南投縣環保局, 95年度街道揚塵洗掃綜合管理計畫-期末報告, 2006年。
- 27.南投縣環保局, 96年度街道揚塵洗掃綜合管理計畫-期末報告, 2007年。
- 28.南投縣環保局, 97年度街道揚塵洗掃綜合管理計畫-期末報告, 2008年。
- 29.南投縣環保局, 98年度街道揚塵洗掃綜合管理計畫-期末報告, 2009年。
- 30.南投縣環保局, 99年度街道揚塵洗掃綜合管理計畫-期末報告, 2010年。
- 31.南投縣環保局, 100年度街道揚塵洗掃綜合管理計畫-期末報告, 2011年。
- 32.Samuel L. Baker, Non-Linear Regression, 2008.
- 33.南投縣環保局, 86年度南投縣裸露地之面積及粒狀物逸散量調查估算, 1998年。