

可持續發展的公路建造：

向運輸項目實施清潔柴油控制計劃

栢誠美國紐約市分公司

Guido Schattaneck 著 (Schattaneck@pbworld.com)

栢誠的兩個主要公路建造項目證明了柴油車輛設備改進計劃對公路建造的可持續發展是很重要的，因為它們降低了污染物的排放量和可見的煙氣，並且控制臭味。作者在本文討論了這些項目所選用的技術，實施的步驟，成本/排放效益的估算，和所汲取到的教訓。

柴油引擎的好處是可靠、省油、耐用，而且容易修理，運作成本低廉。但是它們從靜止狀態加速時會產生大量的顆粒物質和氮氧化物（NO_x）。目前的估算顯示，在美國東北部，這些引擎的排放量佔所有車輛及機器總氮氧化物排放量的 33%，和懸浮粒子（PM₁₀）排放量的 80%。

由於在 1996 年之前沒有任何關於工程設備污染物排放量的管制，所以建築工程採用的柴油發動機，往往比較同等的汽車引擎製造更多污染。因此，減少這些污染物的排放有潛力改善地區的空氣質量，對於那些在建築工地附近生活或工作的人更有顯著的效益。在 2004 年 5 月通過的美國環境保護局「清潔空氣—非道路使用柴油」法例是一個重要的進程。但是一般估計需要 20 年左右的時間，才能把現時工程用的舊式柴油機全部改為硬性規定的新型清潔柴油機。

降低排放量的技術

栢誠在建造下列兩個大型項目時制訂了柴油機改進/清潔燃料計劃：

- 麻省波士頓市的 Central Artery 中央幹道/隧道項目（簡稱 CA/T），由栢誠與 Bechtel 公司合資擔任管理顧問。
- 南康涅狄格州的 I-95 州際公路 New Haven 海港走廊改善計劃（簡稱 I-95 NHHC），由栢誠擔任施工進度經理。

這些計劃開始時會著重減低排放量，直到 5 至 10 年後較清潔的燃料與機器成為標準的製造步驟一部分為止。最常用的技術可分為三類：

- **燃料改進**，包括合成柴油，水乳化柴油，生化柴油，和含硫量特低的柴油。
- **機器設計/燃料改進**，包括排氣的再循環，二甲醚，與天然氣。

- **後處理/添加的污染控制措施**，包括氧化催化劑，柴油微粒過濾器，稀燃催化劑，和選擇性的減少催化措施。

由於這兩個項目的設計與施工都已進入後期，因此計劃可以聚焦於增加一些控制污染的措施和選擇較清潔的柴油燃料。

CA/T 柴油設備改進計劃

CA/T 項目的建造期超越 15 年，往往有數以百計的柴油驅動建築機械在同時運作。建築工程於 1992 年啓動。在 1998 年，栢誠與麻省環境保護部（簡稱 MDEP）以及東北各州綜合空氣使用管理組織（Northeast States for Coordinated Air Use Management，簡稱 NESCAUM）共同實施了一項柴油設備改進計劃，採用氧化催化劑來減少非路面建築設備的污染物排放量。

這項最初只屬試驗性質的計劃，後來被擴大至包括餘下 20 多項合同中所有非路面的建築設備。這個計劃最終改進了 100 台以上的柴油驅動建築機械設備。我們也檢驗了一種與常規柴油相比，能降低氮氧化合物和黑煙的乳化柴油燃料。

氧化催化劑能夠通過氧化柴油污染物，如顆粒物質，碳氫化合物和一氧化碳，使之變為危害較少的排放物，例如水和二氧化碳。在比較過柴油顆粒過濾器和氧化催化劑後，我們選擇了後者，理由如下：

- 能減少較多柴油臭味中的碳氫化合物，以及一氧化碳與顆粒物質 PM₁₀
- 便於安裝及維修
- 成本較低（每台氧化催化劑設備約值 2,500 美元，而每台柴油顆粒過濾器約為 10,000 美元）

氧化催化劑是目前受環境保護署（簡稱 EPA）認可的技術中最被廣泛應用的。該技術已受肯定，到目前為止已被超過 100 萬輛公路車輛採用。不過將這技術應用於建築機械則不常見。

根據 EPA 認可的資料，我們預計氧化催化劑可以令重型機械的污染排放量達到以下目標：降低顆粒物質 20% 以上，降低一氧化碳 40% 以上，和降低碳氫化合物 50% 以上。在評估過 88 台在 2000 年改進的設備後，我們發現污染物的排放減少量為（每日）：一氧化碳 90 公斤，碳氫化合物 30 公斤，和顆粒物質（PM₁₀）7.4 公斤。

CA/T 項目還探討了進一步降低柴油排放物的可能性，用較清潔的燃料取代柴油。LUBRIZOL 公司生產了一種只會排放少量氮氧化合物的混合柴油燃料，品牌為 PuriNOx™。它含有柴油燃料和水，以及一種能令乳狀混合物保持穩定性的添加劑。在項目中試驗後顯示氮氧化物減少了 10% 至 30%，而顆粒物質則降低了 10% 至 50%。此外我們也在 CA/T 的其中一項合同中進行了試驗：一台 Caterpillar 挖土機在使用 PuriNOx™ 三星期後，與二號柴油燃料相比氮氧化物降低了 30%，煙氣降低達 96%。很可惜，由於財務預算的考慮 PuriNOx™ 最終沒有被採用。

I-95 NHHC 柴油排放量控制計劃

改進全長 11.5 公里的 I-95 NHHC 需要 10 年以上的時間才能完成。在此期間將會有超過 200 台的柴油驅動建築機械進行運作。在這個柴油車輛排放物控制計劃中，我們考慮了下列 4 種減少排放物的技術：

- 兩種柴油機改進技術（氧化催化劑與四向催化劑）
- 兩種較清潔的燃料（生物柴油 B-20 混合劑與 PuriNOx™）

因為這是為康涅狄格州運輸部進行的自願和試驗計劃，所以我們決定採用最被廣泛接受和耗資最少的降低排放物方案。由於部分設備不會被長期應用於這項工程，選擇氧化催化劑和 PuriNOx™ 能夠為承包商提供較多的靈活性。

根據對最佳排放效益（功率、運行小時與燃料耗量的函數）與實際施工現場的情況兩者的評估：

- 所有符合下列條件的柴油驅動建築機械必須裝設排放控制設備與/或使用清潔燃料：（1）功率等於或超過 60 馬力，（2）已經在項目中工作 30 天以上，或被合同指定將會在項目中工作 30 天以上。
- 只會被短期應用於這項工程的小型設備與專用設備可獲豁免改造。

到 2004 年中期，已經有超過 60 台建築機械被改進為使用氧化催化劑。（見圖 1）



圖 1 I-95 NHHC 項目中改用氧化催化劑的建築機械

這類計劃是降低柴油污染排放量和臭味的節省成本的好方法。氧化催化劑的成本，大概只佔改造建築機械總成本的 1%。

推行計劃的另一個可取之處是創立了一個定期會面的空氣質量工作組，最終成功說服各方採用這項計劃。很關鍵的一點是在項目的早期已經讓各方清楚瞭解該計劃的效益與成本，費用由誰負擔，以及如何將這個概念轉化為技術規格說明及招標文件的一部分。

【 完 】

Guido Schattaneck 是栢誠的高級環境工程師和首席資深技術主任工程師，在 1983 年加入栢誠。他在主要基礎設施項目的環境評估方面有廣泛的國際經驗，包括曾負責南美洲幾項基礎設施項目的環境審慎調查。他曾擔任的環境評估工作包括空氣質量分析，建築物影響評估，水質影響，和清潔柴油創議。Guido 是「運輸研究理事會」與「空氣及污水管理協會」內空氣品質小組的委任成員，也曾經是美國環境保護署的技術顧問，協助制訂 1992 年的流動源頭排放量模型導則。他從 1988 年開始擔任波士頓中央幹道（CA/T）工程的技術顧問。

相關網站：

- 康涅狄格州 I-95 州際公路 New Haven 海港走廊改善計劃:
www.i95newhaven.com
- 污染排放控制系統製造商協會
www.meca.org
- 麻省收費高速公路管理局中央幹道/隧道項目
<http://www.masspike.com/bigdig/index.html>
- 美國環境保護署柴油車輛設備自願改進計劃
www.epa.gov/otaq/retrofit/
- 柴油技術討論會改進技術錦囊
<http://www.dieselforum.org/retrofit-tool-kit-homepage/>