

機械工廠之噪音整治

林俊廷* 林能宗* 呂千充* 徐茂濱**

摘要

本噪音整治計劃主要針對某機械工廠所產生的各項噪音源，先做量測、分析、及評比，然後辨別出影響其廠外噪音的各主要噪音源。再進一步改善其產生噪音的機構，或截斷其噪音傳遞路徑，以達到降低工廠外噪音總值的目的。

此計劃之對象工廠，主要是用沖壓及滾壓的方式來生產金屬滑軌。其廠房內之主要噪音源包括龍門沖床、油壓沖床、烤漆噴房及料片的撞擊。降低噪音量的方法包括振動的阻絕、機器損壞零件之更換、隔音及吸音材料之架設，以及生產線上作業方式之改良。預期降低的噪音目標值為 3 dB。

【關鍵詞】

1.噪音 2.振動 3.防治 4.量測 5.隔音 6.工廠

* 國立臺灣工業技術學院機械系 四年級學生

** 國立臺灣工業技術學院機械系 副教授

Noise Reduction of a Mechanical Production Plant

Chun-Tin Lin* Nung-Chung Lin* Chien-Chung Lu* Maupin Hsu**

Abstract

The procedure used in this project to reduce the industrial noise generated by a mechanical production plant was to measure noise, analyze data, and then identify its major noise sources which caused noise pollution to the community. Afterwards, methods were used either to lessen the noise sources or to cut the transmission paths of air-borne or structure-borne noise in order to lower the total noise level measured outside of the plant.

The production plant studied in this case uses hydraulic presses to produce metal sliding rails. Its major sources of noise include hydraulic presses, production line of panting, and the impacts of sliding rails. Improvement plans include the isolation of vibrations, in-time replacement of ill-conditioned machine parts, installation of sound barriers and sound absorption materials, and operation change of parts handling on production lines. The anticipated target value for noise reduction is 3 dB.

【Keywords】

1.noise control 2.vibration 3.reduction 4.measurements 5.sound insulation 6.plant

* Senior students, Department of Mechanical Engineering, National Taiwan Institute of Technology.

** Associate professor, Department of Mechanical Engineering, National Taiwan Institute of Technology.

一、前言

國內近幾年來人口密度的成長快速，工業發展蓬勃，但因國內土地無法同時應付兩者的需求，致使許多住宅區和工業區毗鄰而居，因此工廠噪音嚴重影響到住宅區居民的生活品質。另一方面，工廠噪音對於廠內，作業員的工身心健康和工作效率都有極大的不良影響。因此，工廠噪音之降低除了業界因受到環保署及勞委會法規之壓力外，也因環保意識覺醒而日漸獲得各方之重視。產業界即使有整治工廠噪音之意，但其本身往往欠缺噪音污染防治之技術，所以亟需外在的專業技術輔導與協助。

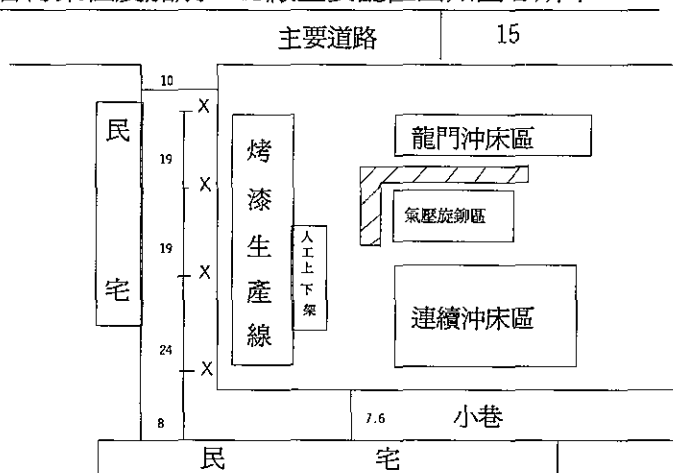
緣此，我們這次協助的對象是一家機械板金沖壓工廠，其主要產品是抽屜用的滑軌。該廠創立於民國70年，建廠之初，廠房周圍還都是農田，所以並未考慮到噪音污染防治的問題。但由於從民國82年起，其四周陸續建起民宅，故該廠作業時所發出的噪音，已引起附近居民生活的不滿，因而常向廠方抗議，並向相關檢舉。然經由環保人員實地量測檢查，該廠目前生產作業時產生的噪音量為68分貝，並未超過環保法規中70分貝的規定。該廠本身一來想減低噪音污染以便敦親睦鄰，二來，近期內為了增加產量，將增加二部 200噸和一部300噸的油壓龍門沖床，屆時工廠的噪音量極可能會超過環保法規之噪音標準，而面臨勒令停工或被迫遷廠的命運。所以該廠目前迫切並希望以最經濟有效的方法來解決其噪音污染的問題。

二、工廠現況

該工廠之生產流程如下：

金屬板條進料 → 滾壓成形 → 人工上架 → 塗裝烤漆 → 人工下架
→ 鉚合滑輪 → 包裝 → 出廠

主要生產設備有連續沖床多部，烤漆生產線（包括酸洗、烘乾、塗裝及烤漆）、氣壓旋鉚機等。另外廠方將於近期內增加三部龍門沖床，惟目前仍在試車中，預料正式加入生產後，將使噪音污染程度加劇。工廠主要配置圖如圖 1 所示。



註： x 為量測點

單位：公尺

圖 1 工廠配置及民宅之相關位置圖

三、 噪音調查分析

1 噪音防治流程

本次計畫的整治過程，如下所述：(其流程圖可參見圖2)

1. 聯絡廠方，聽取廠方簡報，標定工廠中可能產生高音量噪音之機器。
2. 量測及繪製工廠平面圖，以及工廠與住宅之相關位置圖。訪問居民了解噪音污染的情況。
3. 持噪音計在標定機器半徑約1.5m高度1m繞行一圈，找出高噪音值之位置，然後使用頻譜分析儀量取1/3八音度頻帶頻譜(1/3-octave band spectrum)。其取樣時間為30秒。取樣時應將量測地點與高度一併記錄。
4. 持噪音住宅前行走一趟，找出各高音量噪音的位置，然後使用頻譜分析儀量取八音度頻帶頻譜。其取樣時間為30秒，取樣時也應距工廠6.5m，高度1.5m，交通狀況一併記錄。
5. 對變動性衝擊噪音取其最大峰值(Maximum Peak)。
6. 量測前後均應對噪音計和頻譜分析儀做校正。
7. 背景噪音之修正：
 - a. 背景噪音之最小與最大值此二值之差異，即為交通噪音的影響。
 - b. 對交通背景之噪音評估於工廠完全停工時，使用二個麥克風，一個架設在馬路邊，另一個架設在民宅前，同時量得交通噪音，找出此二交通噪音值之對應關係。這樣即可在每次量測工廠噪音時扣除交通噪音之影響。

2 噪音分析

依據數次實地勘察與量測的結果，經分析比對，得知此工廠目前的主要噪音源為連續沖床、人工上下架作業區、烤漆生產線以及氣壓旋鉚機。詳細說明如下：

(1) 連續沖床

在連續沖床的作業區中，由量得之噪音頻譜（見圖3）得知在2000-16K Hz之高頻部份，有較大的噪音值，其總音量高達98 dB(A)。為了確定這些沖床對住宅區的影響，將連續沖床區單獨操作時之噪音與工廠完全停工之背景噪音相比對。由圖4中可發現在低頻（25-250 Hz）及高頻（1K-16k Hz）之間，連續沖床之運轉會造成較高的音量。低頻部份是因廠方自行將沖床之動力及油壓系統增大，致使機台在工作中振動劇烈，發出巨大噪音。高頻部份則是因為當高壓氣體洩放時，未加裝消音頭所致。

從圖4中可看出二頻譜曲線在高頻部份的差異較大，因此，若能將高頻部份的差異消除，可使總音量由55.1 dB(A)降低2 dB。至於低頻部份對總音量之影響小於 1 dB，暫不加以討論。

(2) 人工上下架作業區

人工上下架噪音之產生，主要是由於作業員在趕工期間將料片從高處拋下，撞擊其它料片而產生的高頻噪音，如圖 5 所示，其總音量高達 90.8 dB(A)。因其為間歇性噪音，所以當以較長時間之平均值來表示時，其所顯示出的分貝值會低估這項噪音實際上對環境所造成的影響。又因為此區所產生之噪音均為高頻音，易被石棉瓦牆等物所阻隔，故對週界噪音值的影響不大。為其對廠內作業員，在長時間的工作下，仍會造成嚴重的傷害，故仍須加以改善。

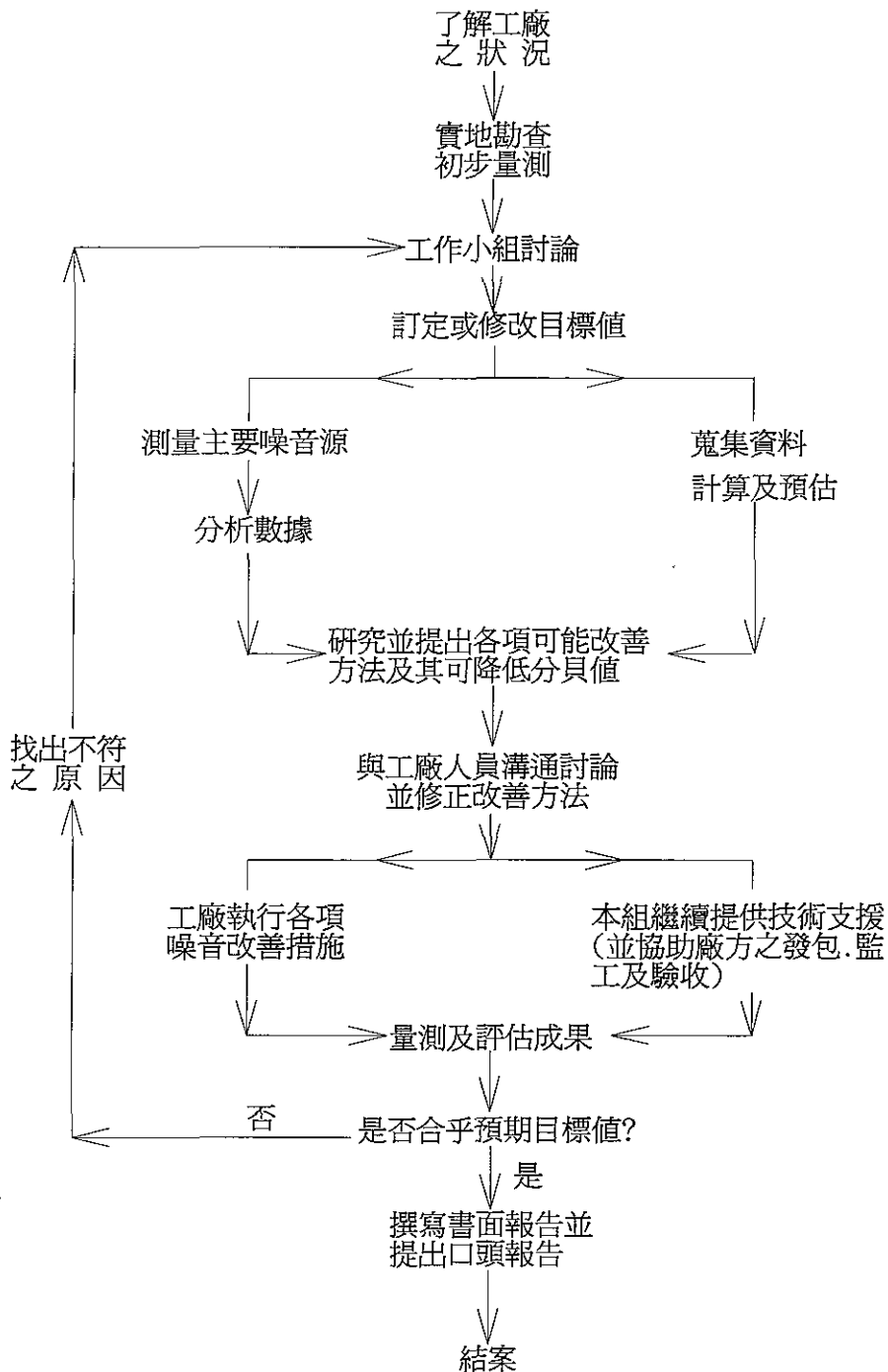


圖2 工廠噪音整治計劃流程

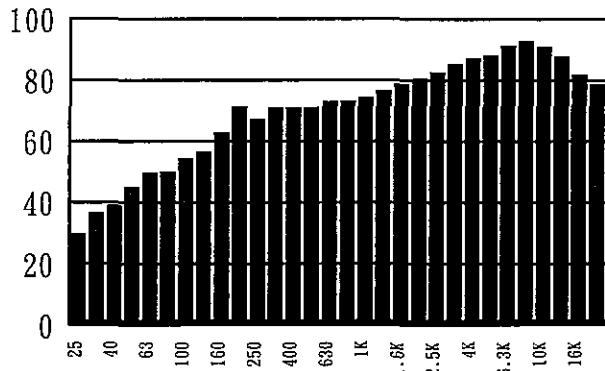


圖3 連續沖床之1/3八音度頻帶頻譜

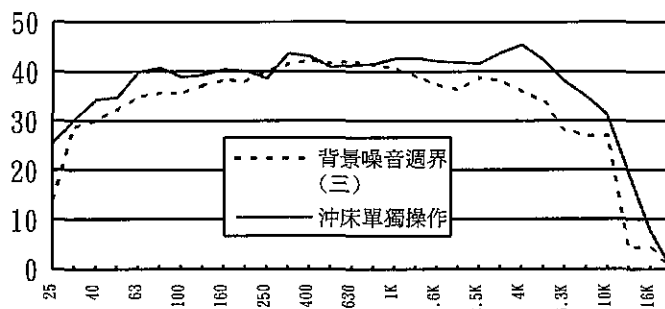


圖4 沖床單獨操作與背景噪音周界(三)之比較

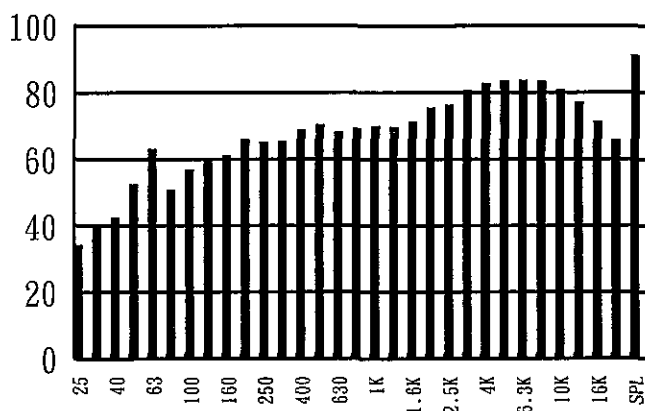


圖5 人工上下架之1/3八音度頻帶頻譜

(3) 烤漆生產線

本生產線採半自動化作業方式，除成品之上架與下架需由人工操作外，其似諸如酸洗、烘乾、噴漆、加熱烘烤等程序均由自動循環生產線所完成。由於此工作區與住宅區僅有一牆之隔，故對住戶的影響極大。可由下圖清楚得知：（見圖 6）

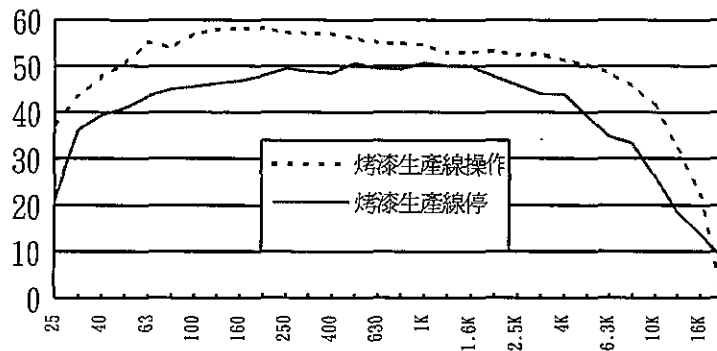


圖 6 烤漆生產線操作與停止之比較

上圖中，虛線為生產線在操作中的狀況(69.1 dB(A))，實線表生產線停止後狀況(63 dB(A))，二者間之差值即是此生產線產生的噪音。研判這項噪音是由下列各項機器設備所產生的：

- 粉塵回收系統（含 4 個大型風扇及馬達）
- 噴漆之噴槍
- 各型馬達（酸洗、噴水、鼓風、烘乾）
- 噴漆粉送料箱中之振動裝置產生的激振，會經由地面傳入住宅，造成住宅內門窗劇烈振動，引起低頻噪音
- 石棉瓦外牆因受到上述各機器設備所傳來的振動，因而產生低頻噪音

由於烤漆生產線與住宅區，僅一牆之隔，所以烤漆生產線所發出之任何高、低頻噪音，對住宅區都很大的影響。所以我們由圖6中知，烤漆生產線操作時與停止時，二者間之噪音值相差有 6 dB 之鉅。

(4) 氣壓旋鉚機

氣壓旋鉚機之功能，乃將塑膠滑輪鉚接在軌條上。其作業程序為作業員將軌條置於轉盤上，鉚釘和滑輪分別受料筒振動自動進料，然後衝頭下壓完成鉚接動作。此機器產生噪音的原因有下列三點：

- A. 鉚釘（或滑輪）自動送料機是利用高頻率振動來運送鉚釘（或滑輪）。當鉚釘受到激振而移動，鉚釘（或滑輪）相互間的推擠碰撞以及鉚釘（或滑輪）與筒壁間的碰撞會產生極高頻（2000-16kHz）之噪音。
- B. 衝頭作動行程完成時，其洩放出的高壓氣體也會產生高頻噪音。
- C. 作業員將加工完成後之軌條置於搬運車時，軌條會由於落差而與搬運車內軌條碰撞，而產生尖銳、高頻（2k -12.5k Hz）之撞擊噪音。

以上之三個原因產生的都是高頻噪音，其頻譜如圖7 所示。由於高頻音具方向性，故較易受到廠房內外牆之阻隔。所以在廠外已量測不到氣壓旋鉚機所產生的噪音。但其對廠內作業

員有很嚴重的影響，其所產生之最大峰值(Maximum peak)，在作業員之耳朵位置更可高達 106 dB(A)。

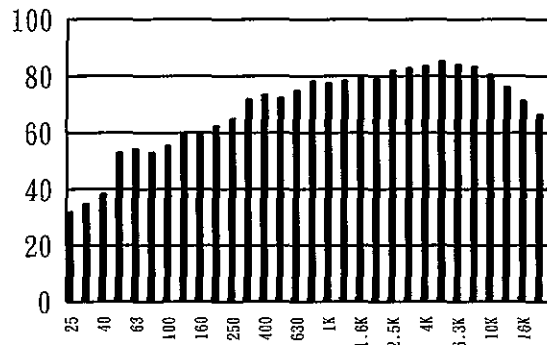


圖7 氣壓旋鉚機之1/3八音度頻帶頻譜

四、建議改善計劃

針對該廠的噪音問題，須從各主要噪音源著手改善，才能有顯著效果。各改善建議計劃如下：

1 連續沖床

對於高壓氣體洩放時所引起之噪音，可於各洩放口加裝消音頭，或將各洩放口聯結成一總洩放口，並在總洩放口加裝消音箱（見圖8），此二法均能有效降低高壓氣體洩放之噪音值。

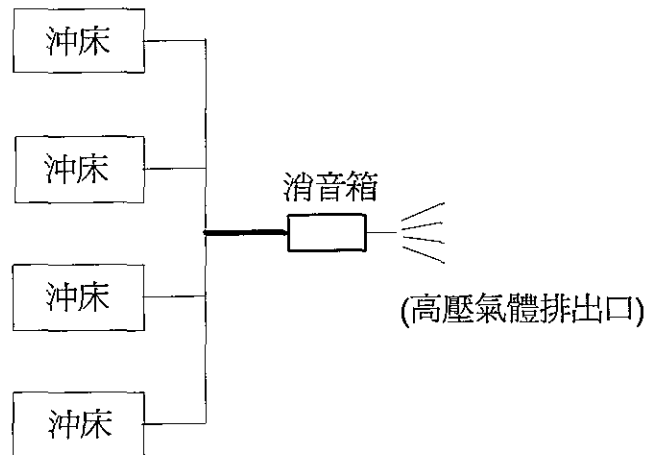


圖8 各高壓氣體排放口聯接統一排放

2 人工上下架作業區

本區的噪音量大小，與料片落下的落差有關，可分為二方面來討論：

- (1) 人工上下架：可升高工作檯面以減少工作檯與料片在烤漆輸送帶間的距離，如此不但作業員因易於操作而提高工作效率，同時會減少料片拋下到檯面的落差。若能在檯面上加裝軟性材料（如橡膠），以減少撞擊聲。
- (2) 搬運車：在搬運車的底部，加裝適當的彈簧，此時即使料片在車中之數量多寡有異，但料片上層之高度將始終保持於一適當位置，如此可減少料片落下時的落差。

上述二種方法均極易施行，能在短時間內達到改善噪音之成效。

另外可將現有之固定工作台，改用輸送帶來代替，配合搬運車的緩墜或等高度裝置（見圖9），可有效降低料片之撞擊聲，同時可增加作業員的工作效率。惟此法之執行較費時長而且花費較多。

對於作業員工，若其曝露之工作環境噪音仍超過80 dB(A)，則必須由廠方要求員工採用個人聽力防護器具，如耳罩、耳塞以維護作業員工的健康。

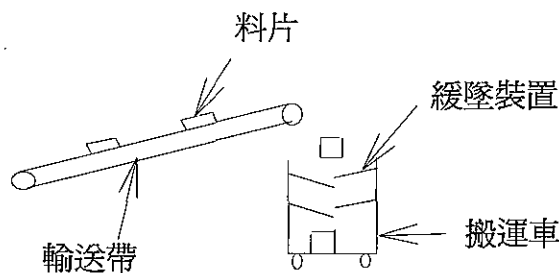


圖9 搬運車改善示意圖

3 烤漆生產線

此生產線之各細部噪音仍有待再做進一步分析後，才能確定其各自對總噪音的影響程度。對於振動與噪音傳遞路徑之阻隔，其一般改善方式如下：

- (1) 對於由振動而引起之噪音，必須截斷其於振動傳遞路徑。在振動傳遞路徑中加裝避振系統，例如各型馬達之振動、噴漆粉送料箱中振動、粉塵回收系統、石棉瓦牆振動均可用此方法改善。
- (2) 噪音會由廠房石棉瓦外牆與屋頂間之空隙洩漏至廠外，所以，需以隔音材料將此空隙密封，即可有效降低洩漏至廠外之噪音。另外，石棉瓦牆上之玻璃窗戶，其隔音效率遠遜於石棉瓦，建議將其取消，並以石棉浪板代替。由圖9中可看出烤漆線作業時所產生的高頻噪音(2500 Hz-10k Hz)，可於石棉瓦外牆之內側加裝甘蔗板牆，而更進一步將其消滅。
- (3) 烤漆生產線對住宅區的噪音污染，不管高頻、低頻都會對住宅區造成噪音污染，所

以如果能把烤漆生產線移至遠離住宅區的位置(見圖 1)，就可降低工廠噪音對住宅區的污染。

4 氣壓旋鉚機

(1) 振動送料機構：

由圖7可中看出氣壓旋鉚機的高噪音量頻率區約在2000 Hz至12.5 k Hz間。故可於機器外圍加裝遮音罩，並在罩內襯以吸音材料，吸收高頻音使之減弱。如此預期可將作業員所聽到的連續性噪音從 94 dB(A)降至80 dB(A)。

(2) 高壓洩放氣體噪音：

每部機器之高壓氣體排放口中加裝消音器，或用管線連接各機之排放口，然後使用一消音箱(如圖8)來減弱排放出間歇性高頻噪音。預期可將高壓氣體之洩放噪音降低 5至10 dB。

(3) 軌條互相撞擊之尖銳噪音：

若能提高搬運車上軌條之上層面，減少軌條加工平檯與搬運車間之落差，則使軌條間之撞擊程度減少，其改善之詳情如同人工上下架之改善部份，如此則可降低本部份噪音量。

五、 討論

一般而言，板金沖壓工廠會產生較嚴重的噪音污染。因為零件之加工生產，係以各型沖床為主，在正常操作下，沖壓時一定會產生極高音量的噪音。

但在本計劃之整治中，我們發現事實上有部份噪音之產生是由於不正當使用機器所產生。對於這一部份之噪音，業者應先著手更正，則噪音量自然會降低。在本案例中機器之不正當使用情形有：

1. 連續沖床(或氣壓旋鉚機)之高壓氣體排放口，因未裝消音器而產生高頻噪音。
2. 為增加連續沖床中油壓系統的出力，而自行加大馬達及油壓缸，以致造成沖床之異常激振，因而發出巨大響聲。
3. 烤漆線之酸洗馬達之軸承已磨損而未加以更新，導致機械運轉時產生高頻噪音。

另外，不當之作業方式也會造成額外的噪音問題。在本案例中，作業員在取放軌條時常因趕工而重放軌條，造成軌條因相互碰撞產生極尖銳的高頻撞擊噪音。至於各項機器在正常運作中所產生的噪音，則有：

1. 連續沖床於料片沖壓成型時會產生此沖壓噪音。
2. 烤漆噴房之振料裝置，會在振料時產生相當大的振動，此振動會引發鄰近任何機器、

板牆及房舍之振動，因而產生低頻噪音。

3. 粉塵回收系統中，風扇與馬達在運轉時會產生 63 Hz 的高峰噪音。

由以上所述可知，一般而言業者即使在不具備特殊的儀器或量測分析技術的情況下，若能注意維持機器之正常運作以及改良不當之作業程序，就能自行消彌許多產生噪音的原因，這種做法是既省錢又有效的。

至於整治正常操作情況下所產生的噪音，通常就需要較專門的儀器及技術來診斷並改善，其所耗費的成本與時間也較多。

六、 結論與建議

本噪音整治之對象工廠為國內典型的一家中小型機械生產工廠，因無法座落於特定工業區內，而與四周後來興建的住宅區毗鄰，造成工廠噪音騷擾民宅的困境。

在對本實務案例診斷分析後，我們提出以下的改善建議：

1. 工廠本身應先著重維修各機器設備，使其不致於產生異於正常操作情況下的額外噪音，若自行改裝各項機器也應預先考慮其噪音增加之可能性。
2. 在人工作業過程中(譬如料片之上下烘烤架)，若有顯見的噪音發生，應自行設法或委託專家改善其作業方式。
3. 對於各生產機器設備在正常運作時所產生的各項噪音，宜尋求專業的技術人員來協助其降低噪音。各項整治的方法包括找出各主要噪音源，然後分別對其進行音源減弱或是截斷空氣傳音(加裝隔音板牆及吸音材料)與結構傳音(加裝防振系統)的路徑。

七、 參考文獻

1. 張柏成、吳志超，"工業噪音與防制"，中國技術服務社，1988。
2. Harold Lord, W. S. Gatley, H.A. Evensen, "Noise Control for Engineers," R.E. Krieger Publishing Co., 1980。
3. 張錦松、韓光榮，"噪音振動控制"，高立圖書，1993。
4. 白明憲、游昭平，"工業噪音診斷與防治"，中國機械工程學會第10屆學術研討會論文集，pp. 405-414，1993。