

廠房泵浦與水刀機周邊噪音環境之量測與評估

Environmental Noise Measurement and Evaluation of Factory with Pumps and Water Jet Cutting Machines

王栢村¹、丁國基²、陳志銘³

¹ 國立屏東科技大學 機械工程系 教授

² 國立屏東科技大學 機械工程系 研究生

³ 台灣產業服務基金會 綠色技術發展中心 工程師

摘要

本文對某公司廠房泵浦與水刀機於不同作業狀態下進行噪音量測與音場環境評估。首先對量測現場週邊音源環境做一勘查，並進行量測之規劃，以期了解泵浦與水刀機作業時週邊環境噪音特性，以精密噪音計量測 1/3 八音頻帶頻譜以作後續分析評估，探討泵浦與水刀機於單一噪音源、多重噪音源以及不同廠房位置等不同作業狀態下之噪音量測與分析。結果顯示該廠房之噪音主要來自泵浦之影響，且泵浦鄰近區域可高達 90~97dBA，尤其以 250Hz、500Hz、630Hz 三個低頻頻帶之影響最大，而水刀機之高噪音音頻特性主要在高頻頻帶，而單獨運轉時之週邊噪音值約 80dBA，根據噪音量測與分析評估，本文也提出對該廠區之噪音改善建議。本文揭櫫噪音量測規劃與方法可應用於爾後相關噪音環境量測參考。

關鍵字：泵浦、水刀機、噪音量測、音場環境評估

Abstract

This work aims to measure and evaluate the noise environmental of the factory with several pumps and water jet cutting machines (WJCMs). First, we investigate the major noise of the factory and build up the measurement plan so as to understand the noise effect of pumps and WJCMs. in operating conditions. A real time precision sound level meter is used to record the one-third octave band spectra. Different operational conditions, including single noise source, multi-source and different locations, are studied, respectively. Results show that the major factory noise comes from pumps. The pump noise can be up to 90-94 dBA, and the most noise contributions in one-third octave bands are 250Hz, 500Hz and 630Hz. The WJCMs' noise levels are about 80 dBA and reveal higher sound pressure levels in high frequency bands. This work also provides the noise improvement recommendation according to this study. This paper lays out the noise measurement planning and analysis procedures and beneficial to other factory environmental noise evaluation.

Keywords : pump, water jet cutting machine, noise measurement, factory noise evaluation

壹、前言

在科技日益越新的現代，工作環境噪音是現代工業不可忽視問題，由於作業人員長時間於吵雜環境下工作往往會造成身心及健康危害，因此工業環境噪音改善為目前所相當重視的課題之一。

賴等人[1]則對故宮博物院正館、台灣文學館大廳以及台南市政府入口大廳進行空間餘響時間、背景噪音控制與耦合空間對大廳音響性能之影響，由量測結果發現三者之餘響時間皆有過高之虞導致聲音清晰度欠佳，並對此現象建議未來應對耦合空間之吸音性能內入考量以避免顫動回音現象發生。鄭等人[2]進行國內 150 台營建工地常見之施工機具噪音量測，於現場量測時參照 ISO 相關聲功率標準規定，同時計算出麥克風量測面之參考點座標位置，由量測結果得知由於國內大多數施工機具為國外舊品輸入導致機具噪音源噪音過大仍有改善空間。謝[3]探討 18 個台灣地區演藝廳空調噪音，其結果發現當空調開啟時噪音值平均增加 14dB 原因為、出風口風量、形式、配置不當以及日常維護不確實使得出風口風速過高所致。王等人[4]對巴士車廂內噪音進行檢測，分別對定速、上坡、下坡、加速/減速以及不同引擎轉速於靜止等不同狀態以瞬時頻譜分析儀得到 1/3 八音頻譜值再進一步套入室內噪音評估進行評估，結果顯示巴士車廂經隔音後可有效將噪音值降低，而所建立巴士車廂噪音量測程序更可應用於爾後噪音品質改善工作。

而本文目的在於建立一套環境噪音量測之方法及步驟並透過廠房噪音源量測以評估噪音特性並對其給予改善建議。

貳、噪音環境概況與量測規劃及方法

為進行廠房內之環境噪音量測與頻估，首先需了解廠房之設備概況，圖 1 為廠房之泵浦與水刀機位置分佈圖，其中有 6 台泵浦位於廠房之內部牆面，12 部水刀機平均分佈於廠房內，各泵浦之間相隔約 1 公尺，一般正常作業下開啟 1、4、5 號泵浦，一台泵浦可提供 4 部水刀機之運作，經觀察廠房後初步推斷噪音由泵浦與水刀機於作業狀態下所產生，因此將對泵浦與水刀機於不同狀態、距離音源標的物，以 1 公尺為原則下進行噪音量測與分析。

量測時以精密噪音計作為量測儀器，麥克風架設高度 1.5m 約一般人耳高度，時間常數設為 Fast，量測時間取 30 秒，對廠房內於不同作業狀態下之泵浦與水刀機週邊環境，進行噪音量測，量得 1/3 八音頻帶頻譜、均能音壓位準(L_{eq})以及統計音壓位準(L_N)之噪音特性。表 1 為量測點週邊噪音環境狀態表其中第 1、14、16 點為不成功量測數據，對廠房內泵浦與水刀機之作業狀態可分別對泵浦與水刀機規劃出以下之量測規劃：

1. 泵浦噪音量測與評估：首先對 1、4、5 號泵浦於正常作業狀態下，量測週邊噪音再進一步量測 4、5 號泵浦無負荷狀態下，不同距離之噪音特性，以期了解泵浦有無負荷及不同距離噪音特性之差異。
2. 水刀機噪音量測與評估：由於水刀機作業時泵浦為負荷之狀態，因此分別量測離泵浦較近之 7 號水刀機與距離較遠之 9 號水刀機週邊之噪音特性，以了解泵浦對水刀機噪音之交互影響程度。同時也對水刀機隔音窗隔音效果進行量測與評估。另一方面欲得知水刀機作業狀態下開啟數量多寡對廠房噪音環境影響，因而將機密噪音計固定於相同位置以量測不同數量水刀機作業時之環境噪音特性。

參、結果與討論

依據前節對廠房噪音環境狀態，以及所規劃之噪音量測結果，彙整表 2-7，各表區呈現三個區塊，包括：量測點位置示意圖與噪音源狀態，各量測點之 1/3 八音頻帶頻譜圖， L_{eq} 及 L_N (包括 L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} 以及 L_{95}) 分別有 dB 及 dBA 值，即有無 A-加權之噪音值。

表 2 為量測點 2-7，以及 18-19，分別對泵浦 4、5 以及泵浦 1 之週邊噪音量結果，討論如下：

1. 以泵浦對應相對位置來看，泵浦 5 在量測點 3 及 7 分別為 96.6dBA 及 94.5 dBA，而泵浦 4 在量測點 4 為 90.4dBA，泵浦 1 在量測點 18 為 89.3dBA，可判斷單一泵浦之噪音源達 90dB 以上，又噪音量以泵浦 5 最高，而泵浦 4 與泵浦 1 相近。
2. 由統計音壓位準值 L_5 - L_{95} ，可發現其差異值在 3~5dB，顯示出泵浦為噪音變動不大之穩定噪音源，僅量測點 6、7 因靠近水刀機之影響下有 6~7dB 之較大差異。
3. 表 2 各量測點之 1/3 八音頻帶頻譜圖，可看出泵浦之共同噪音特性，在 250Hz、500Hz 及 630Hz 三個低頻頻帶之噪音值最高，又以 500Hz 最高，以量測點 3 為例，在 500Hz 頻帶高達 99dB。

表 3 為單獨泵浦 5 啟動，無水刀機開啟無負荷狀態下之週邊噪音量測結果討論如下：

1. 由量測點 20、21、22 得知，其噪音值為 80~81.5dB， L_5 - L_{95} 在 2-4dB，再次顯示出泵浦為穩定噪音源，在無水刀機負荷時，噪音值少了約 10dB。
2. 再由泵浦 5 三個側面之噪音值比較，以第 25 點 77.3dBA 最低，表示泵浦安裝方向得宜，可減少噪音值之音量。
3. 在無負荷時，泵浦之最高音量發生在 250Hz，以第 20 量測點為例，其值為 78dB，比起有負荷時之 500Hz，9dB，低了許多。

表 4 為單一泵浦 5 在不同距離之週邊噪音量測結果討論如下：

1. 第 35、36 量測點與泵浦距離相近，噪音值均為 90dBA，故可判斷單一泵浦之造音量約 90dBA，此與表 2 之量測點 2 為 93.3dBA 特性吻合，因為泵浦 4、5 開啟 $90+90=93$ dBA。
2. 量測點 36、37、38，分別為固定噪音源量測距離加倍，一般而言在理想狀態下，當量測距離加倍時噪音值會下降 3dB 左右，量測點 36、37 吻合此現象而 37、38 則相差 6dB，推測原因為第 37 量測點四周皆為水刀機導致背景噪音大導致量測結果相差 6dB。
3. 由量測點 35、36 仍可看出各頻帶直以 250Hz、500Hz、630Hz 較高，而 500Hz 最高，在 38 距離最遠且靠近水刀機，因此與 35、36 之峰值相較下較不顯著。

表 5 為 9 號水刀機運轉中之週邊噪音量測結果討論如下：

1. 量測點 26、27 為水刀機隔音窗之開/關之比較，分別為 88.7 及 83.1dBA，顯示隔音窗之隔因效果達到 5.6dBA。
2. 在比較 26、27 之 1/3 八音頻帶頻譜圖，於高頻頻帶 1000Hz 以上有 2-10dB 左右之隔音效果，而在 500Hz 以下則幾乎看不出有隔音效果。
3. 由 1/3 八音頻帶頻譜圖可看出水刀機主要為高頻率之噪音，隔音窗可有效阻絕高頻率噪音，由於 9 號水刀機距離泵浦較遠，由 27~30 得知水刀機週邊噪音值約 80~84dB，又以前後之噪音值最高。
4. 又由統計音壓位準 L_5 - L_{95} ，前後差異在 3、4dBA，而左右僅 2dBA，顯示出水刀機也是穩定噪音源。

表 6 為以 7 號水刀機為量測標的，週邊多部水刀機同時運轉，泵浦 1、4、5 全開之狀態，討論如下：

1. 由量測點 8~15 分別為水刀機四周之噪音值，都在 88dBA 左右，比起表 5 單獨 9 號水刀機明顯高許多，此乃週邊多部水刀機全開且 7 號水刀機靠近泵浦之故。
2. 以廠房位置來看 7 號水刀機大約位於此廠房之中心位置，其週邊噪音值達 88dBA，已接近勞工安全噪音暴露量管制標準 90dBA，且大於 85dBA，因此作業員必須施以噪音防護具措施。
3. 15、17 分別為開/關隔音窗之比較，可看出僅 2、3dBA 差異，比表 5 之 9 號水刀機隔音效果 6dBA 明顯低，乃因為週邊噪音大，導致隔音效果不顯著。
4. 由各點之 1/3 八音頻帶頻譜圖，可看出 250Hz、500Hz、630Hz 仍為高噪音之頻帶，顯示泵浦之噪音影響甚大。

表 7 為固定量測位置逐步由 1 部水刀機運轉增加至 4 部水刀機狀態下量測結果，討論如下：

1. 第 38、39 為 7 號水刀機關/開時之比較，其噪音值分別為 81.7 及 83.8dBA，相差 2.2dB，第 40 為 86dBA 為加上 8 號水刀機開啟之狀態較 39 增加 2.2dBA，因此可進一步由分貝增加曲線圖推測出 7 號水刀機噪音值為 $81.7-2.2=79.5$ dBA，8 號水刀機為 $83.6-2.2=81.4$ dBA，而此結果與表 5，9 號水刀機之量測結果值 80dBA 相吻合。
2. 41 為加入 5、6 號水刀機，由於量測點距離水刀機較遠，僅為增 0.3dBA，故可推斷水刀機噪音影響隨距離之衰減較大，乃因為高頻率之噪音特性。
3. 由各點 1/3 八音頻帶頻譜圖，仍可看出 250Hz、500Hz、630Hz 頻帶之高噪音值，顯示出泵浦噪音之影響，乃因低頻有較強之遠距離傳播效果。

結合以上量測分析評估，可歸納出以下幾點：

1. 單一泵浦主要噪音值達 90dBA，多部以及週邊背景噪音影響下可達 97dBA。
2. 泵浦主要高噪音來自 250Hz、500Hz、630Hz 三個低頻頻帶，此為主要防制之目標頻率。
3. 水刀機單部噪音值約為 80dBA 左右，而隔音窗關閉後有 6dBA 之隔音效果。
4. 愈靠近泵浦噪音愈大，在正常全運轉下，於廠房中心區域約 88dBA，因此作業員必須有防護措施。

肆、結論

本文對廠房進行不同作業狀態噪音量測由量測結果及分析，針對此廠房之噪音環境測試，提出以下噪音防護措施：

1. 於泵浦在散熱無虞之考慮下，可施以隔間措施以有效阻隔泵浦噪音的擴散。
2. 在隔音材料選擇需特別注意，250Hz、500Hz、630Hz 三個低頻頻帶之隔音效果。
3. 由水刀機隔音窗，了解開關對鄰近之作業員有降低 6dBA 之隔音效果。
4. 在未對噪音環境改善前，在此廠房之作業員必須強制配戴噪音防護具。

伍、參考文獻

1. 賴榮平，劉鎧華，江仲傑，江禹興，2006，「公共建築大廳音響特性分析研究」，中華民國音響學會第十九屆學術研討會論文集，台南，第 146-152 頁。
2. 鄭乙任，王聰貴，張月珠，2003，「國內營建工程施工機具噪音量現況調查」，中華民國

音響學會第十六屆學術研討會論文集，台北，第 243-249 頁。

3. 謝育穎，「台灣地區演藝廳空調噪音特性分析」，中華民國音響學會第十六屆學術研討會論文集，台北，第 238-242 頁。
4. 王栢村，林鴻裕，李俊賢，李建興，2006，「巴士車廂內之噪音檢測與評估」，中華民國音響學會第十九屆學術研討會論文集，台南，第 245-250 頁。

表 1、量測點狀態

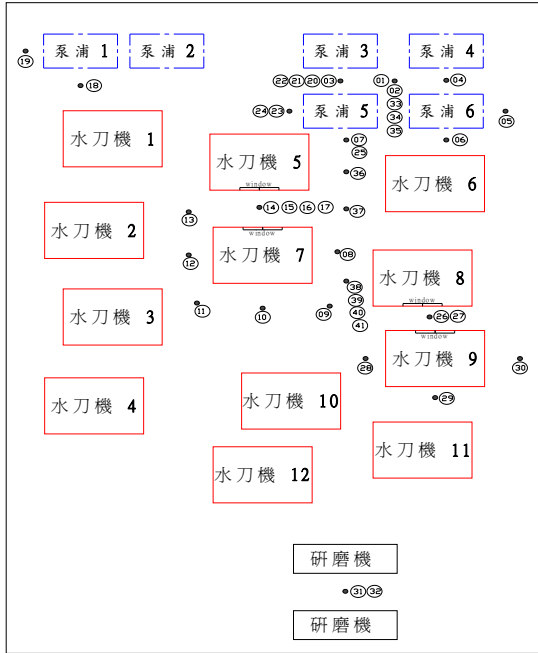
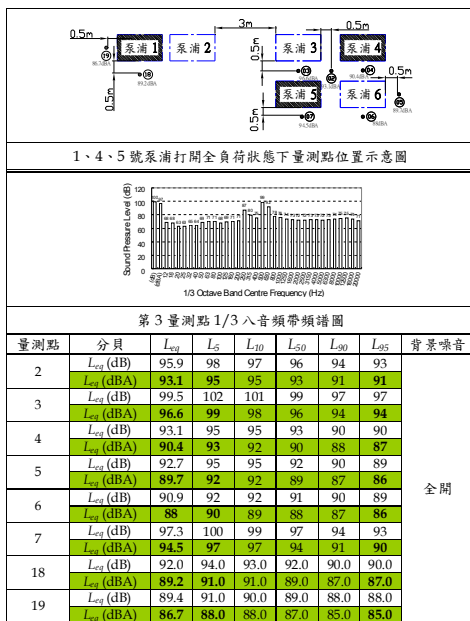


圖 1、泵浦與水刀機位置分佈圖

表 2、泵浦 1、4、5 周邊噪音狀態



| 量測點 | 噪音源 | | 量測距離(m) | 備註 |
|-----|----------------|-------|----------------|--|
| | 水刀機 | 泵浦編號 | | |
| 1 | | | | |
| 2 | all | 1、4、5 | 0.5 | 測試標的物： 泵浦1、4、5 |
| 3 | all | 1、4、5 | 0.5 | |
| 4 | all | 1、4、5 | 0.5 | |
| 5 | all | 1、4、5 | 0.5 | |
| 6 | all | 1、4、5 | 0.5 | |
| 7 | all | 1、4、5 | 0.5 | |
| 8 | 7號水刀機 | 1、4、5 | 0.5 | |
| 9 | 7號水刀機 | 1、4、5 | 1 | 測試標的物： 7號水刀機噪音量測 第15點隔音窗Open 第17點隔音窗Close |
| 10 | 7號水刀機 | 1、4、5 | 1 | |
| 11 | 7號水刀機 | 1、4、5 | 1 | |
| 12 | 7號水刀機 | 1、4、5 | 1 | |
| 13 | 7號水刀機 | 1、4、5 | 0.5 | |
| 14 | | | | |
| 15 | 7號水刀機 | 1、4、5 | 0.5 | |
| 16 | | | | |
| 17 | 7號水刀機 | 1、4、5 | 0.5 | 測試標的物： 泵浦1 |
| 18 | all | 1、4、5 | 0.5 | |
| 19 | all | 1、4、5 | 0.5 | |
| 20 | 無 | 5 | 0.5 | 測試標的物： 泵浦5 |
| 21 | 無 | 5 | 0.5 | |
| 22 | 無 | 5 | 0.5 | |
| 23 | 無 | 5 | 0.5 | |
| 24 | 無 | 5 | 0.5 | |
| 25 | 無 | 5 | 0.5 | |
| 26 | 9號水刀機 | 5 | 0.5 | 測試標的物： 泵浦5、9號水刀機 第26點隔音窗Open 第27點隔音窗Close |
| 27 | 9號水刀機 | 5 | 0.5 | |
| 28 | 9號水刀機 | 5 | 0.5 | |
| 29 | 9號水刀機 | 5 | 0.5 | |
| 30 | 9號水刀機 | 5 | 0.5 | |
| 31 | 研磨成型機 | 5 | 0.5 | 測試標的物： 研磨成型機 |
| 32 | 研磨成型機 | 5 | 0.5 | |
| 33 | 9號水刀機 | 5 | 距離泵浦5 0.5公尺 | 測試標的物： 泵浦5 |
| 34 | 9號水刀機 | 5 | 距離泵浦5 0.5公尺 | |
| 35 | 9號水刀機 | 5 | 距離泵浦5 0.5公尺 | 測試標的物： 泵浦5 |
| 36 | 9號水刀機 | 5 | 距離泵浦5 1公尺 | |
| 37 | 9號水刀機 | 5 | 距離泵浦5 2公尺 | |
| 38 | 9號水刀機 | 5 | 距離泵浦5 4公尺 | 測試標的物： 泵浦5 水刀機5、6、7、8 |
| 39 | 右邊1部 水刀機8 | 5 | 距離泵浦5 4公尺 | |
| 40 | 左右2部 水刀機7、8 | 5 | 距離泵浦5 4公尺 | |
| 41 | 4部 水刀機5~8 | 5 | 距離泵浦5 4公尺 | |

表 3、泵浦 5 無負荷週邊噪音狀態

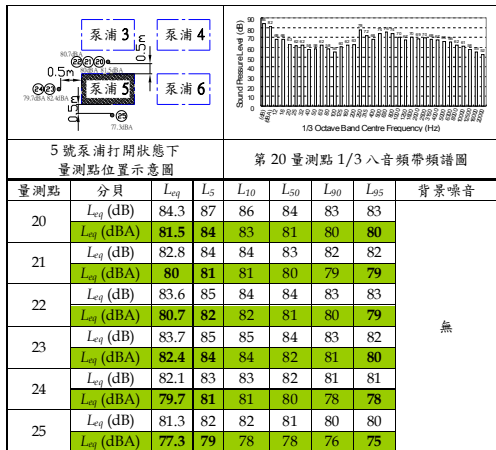


表 6、水刀機 7 號周圍狀態

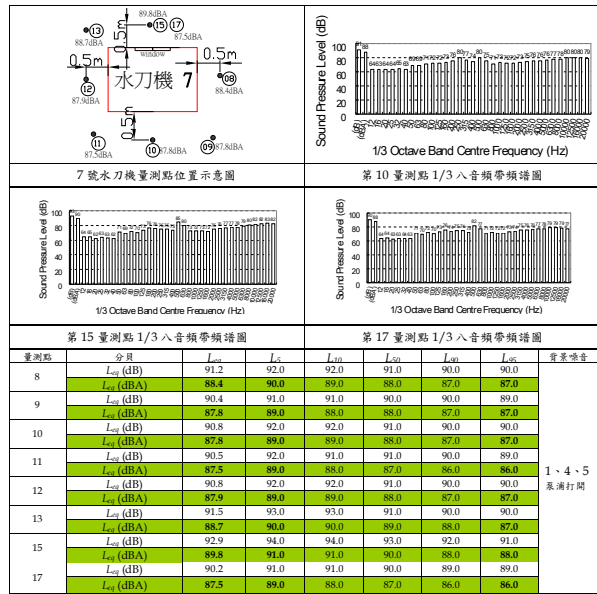


表 4、相同噪音源(泵浦 4、5)不同距離噪音狀態

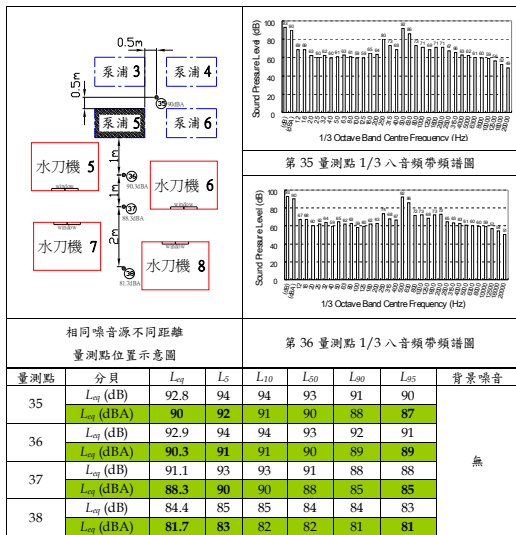


表 7、相同距離不同水刀機噪音源

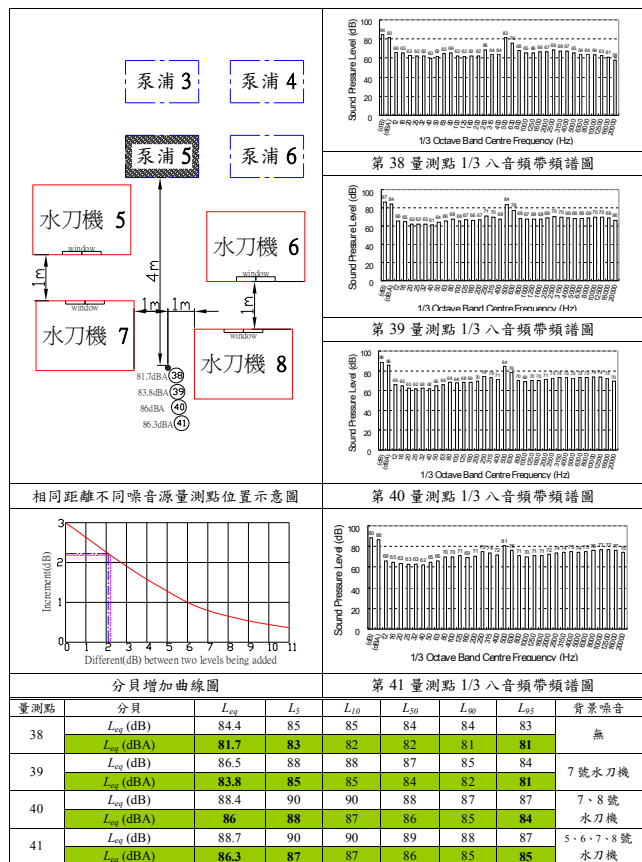


表 5、水刀機 9 號周圍狀態

