



噪音 原理及控制

蘇德勝 編著

臺隆書店



噪音 原理及控制

蘇德勝 編著

陳秀卿、張添晉、蔡朋枝 合編

臺隆書店



噪音原理及控制

中華民國一〇二年五月三十日初版發行

編 著 蘇德勝 封面設計 羅美雪

發行所 **臺隆書店** 發行人 張瑞徹 台北市衡陽路 79 號

登記證 行政院新聞局局版臺業字第〇九八三號

郵 購 郵撥帳號：0012935-3 號 臺隆書店帳戶收

電 話 二三一一三九一四・二三三一〇七二三號 傳真：二三〇七一六六六號

有著作權・不得翻印

序

噪音控制無論在環境保護或工業衛生領域上均極重要，在今日環保、勞工意識普遍覺醒的時代，政府行政部門，公民營事業單位等如何加強噪音防治工作，以維護生活環境品質及勞工健康已更形重要。作者鑑於國內有關噪音原理及控制之中文書籍缺乏，乃彙集國內成功大學、中興大學及中央大學有關噪音控制之上課資料，及參考多位國內外學者著作編寫本書，以做為國內大專以上環境工程、環境科學、職業安全衛生、公共衛生、土木工程、建築工程、機械工程等科系教科書，並做為噪音控制實務工作者之參考。

全書內容分為八章，各科系授課時可衡量授課時數及學生程度，擷取部分章節講授。本書第一章闡述噪音、聲音特性與基本物理學，以做為學習噪音控制工程的基礎；第二章描述噪音的類別與特性，使初學者能略窺國內噪音危害現況；第三章針對噪音對人類的影響提出探討，並藉此強調噪音控制的重要；第四章先介紹有關噪音管制指標，再配合國內噪音有關法規加以說明，使讀者能瞭解我國法令規定及今後噪音控制的方向；第五章則專門介紹噪音測定儀器，用以說明噪音測定儀器的構造原理及種類；第六章描述噪音測定的方法，以教導初學者及從業人員如何實施噪音測定；第七章介紹各種噪音控制基本原理及方法，並於第八章以各種實例加以闡述，冀使噪音控制原理與實務相配合，以達到學以致用之目的。

本書之編撰過程曾參考國內外先進有關著作甚多，台灣必凱公司陳又生先生同意提供圖表及寶貴資料，除詳列於各章參考文獻外，在此謹向諸位作者致上最深的謝意。陳秀卿女士，張添晉先生及蔡朋枝先生共同編輯，陳瀛州先生、羅美雪小姐，林芳貞小姐協助校對及繪圖，備極

辛勞，並表謝忱。本書編寫內容雖經編者多次增補以力求完美，於民國80年9月初版發行，102年5月重新修正更新，然因匆促付梓，疏漏必多，尚祈國內先進惠予指正，俾便再版時修訂補充。

蘇德勝 謹識

2013年5月

目次

序

第一章 噪音與聲音之基本物理學

1-1 噪音的定義	1
1-2 聲音的特性	2
1-3 聲波隨時間與空間的變化	10
1-4 聲波的波動方程式	13
1-5 影響聲音傳播的因子	15
1-6 聲音功率、聲音強度及聲音壓力	23
1-7 聲音位準	27

第二章 噪音的類別與特性

2-1 工業噪音	51
2-2 交通噪音	60
2-3 營建工程噪音	75
2-4 其他噪音	76
2-5 環境噪音綜合特性	77

第三章 噪音的影響

3-1 噪音對人體的影響	83
3-2 耳朵的構造與功能	85
3-3 噪音引起的聽力損失	90
3-4 聽力測定與聽力損失指標	92
3-5 噪音對其他生理的影響	100
3-6 噪音對說話的干擾	103
3-7 人耳對聲音的響度反應	108
3-8 噪音造成的騷擾—吵鬧度	114

第四章 噪音指標與管制法規

4-1 噪音指標	121
4-2 環境噪音管制法規	156
4-3 工業噪音管制法規	163

第五章 噪音之量測儀器

5-1 噪音計之種類	177
5-2 噪音計之構造	182
5-3 噪音測定輔助儀器	195
5-4 頻率分析器	202

第六章 噪音測定步驟與方法

6-1 噪音測定步驟	217
6-2 噪音測定方法—依噪音特性分類	218
6-3 噪音測定方法—依測定對象分類	222
6-4 噪音測定點之選定	241
6-5 其他噪音測定注意事項	248

第七章 噪音控制原理

7-1 噪音控制基本原理	255
7-2 噪音源與振動源之控制原理	270
7-3 噪音傳播路徑之控制原理	286
7-4 噪音接受者之保護	325

第八章 噪音控制實務

8-1 噪音管制策略及改善計畫	339
8-2 噪音源之控制	340
8-3 噪音傳送途徑之控制	378
8-4 接受者之改善	396

8-5	道路交通噪音之防止	407
8-6	航空噪音之管制對策	419
8-7	建築物噪音之防止對策	422

附錄

附錄一	基本名詞意義彙編	437
附錄二	噪音管制法	447
附錄三	噪音管制法施行細則	457
附錄四	噪音管制區劃定作業準則	465
附錄五	噪音管制標準	469
附錄六	環境音量標準	479
附錄七	機動車輛噪音管制標準	483
附錄八	陸上運輸系統噪音管制標準	487
附錄九	民用航空器噪音管制標準	493
附錄十	機場周圍地區航空噪音防制辦法	501
附錄十一	國營航空站噪音防制費分配及使用辦法	511
附錄十二	勞工安全衛生設施規則（噪音與振動）	519

【圖・目次】

圖1-1	波的型式 (a) 橫波 (b) 縱波	2
圖1-2	在一週期內質點之移動情形	3
圖1-3	在標準狀態下，空氣介質中聲音之波長與頻率之關係	4
圖1-4	活塞作用產生縱波	9
圖1-5	在空間某點其音壓隨時間之變化圖	11
圖1-6	在固定時間時，音壓與位置之關係	11
圖1-7	聲波的平面反射情形	16
圖1-8	聲波在彎曲表面之反射情形	16
圖1-9	聲音與距離衰減關係	17
圖1-10	一經設計而得之室內擴散音場	18
圖1-11	聲音在上風及下風帶之傳播情形	19
圖1-12	聲音受風向、風速、地面折射之影響情形	19
圖1-13	大氣溫度變化類型	20
圖1-14	聲音在大氣中之折射情形	20
圖1-15	聲波波前的產生法	21
圖1-16	低頻音之繞射情形	22
圖1-17	高頻音之繞射情形	22
圖1-18	音壓瞬時值與音壓實效值	24
圖1-19	常見聲音之音壓及其分貝值	29
圖1-20	人耳可聽聞的音頻與音壓範圍	30
圖1-21	C_f 值為溫度與壓力之函數	34
圖1-22	噪音相加曲線	36
圖1-23	噪音相減曲線	36
圖1-24	點音源之上視圖	40
圖1-25	點音源之傳播情形	40

圖1-26	線音源之傳播情形	41
圖1-27	長管中聲音之傳播	42
圖2-1	主要工業機械的噪音量	54
圖2-2	噪音之類型	55
圖2-3	抽樣工廠噪音頻率特性曲線	56
圖2-4	舊式梭織機	57
圖2-5	氣織機	58
圖2-6	紡織工廠廠房一隅	58
圖2-7	工業噪音的主要類型	59
圖2-8	汽車噪音來源	61
圖2-9	柴油汽車噪音來源	61
圖2-10	機車噪音來源	62
圖2-11	各型輪胎不同速度與不同路面材料所產生之噪音比較	64
圖2-12	高架隔音牆示意圖	68
圖2-13	防音鋼軌示意圖	69
圖2-14	飛機架構圖	70
圖2-15	民用航空器起飛與降落噪音量	70
圖2-16	飛機之壓縮機及風扇噪音	71
圖2-17	飛機之渦輪引擎圖	72
圖2-18	物體運動速度與音速之關係示意圖	73
圖2-19	飛機所生音爆影響範圍	73
圖2-20	飛機所生音爆影響區域模擬圖	74
圖2-21	主要聲音之頻率範圍	77
圖3-1	人耳的構造	85
圖3-2	耳蝸的縱切面圖	86
圖3-3	聲波在耳內之傳動過程	88

圖3-4	基底膜之頻率反應特性圖	89
圖3-5	正常與受損的科氏器	90
圖3-6	織布工人之聽力損失	92
圖3-7	聽力測定室與自動聽力測定器	94
圖3-8	聽力圖	95
圖3-9	噪音對人體之影響	101
圖3-10	妨害音為純音的聲音遮蔽情形	104
圖3-11	妨害音為頻帶音的聲音遮蔽情形	105
圖3-12	語言交談品質為背景噪音及距離之函數	107
圖3-13	自由音場中純音之雙耳聽覺等響度曲線	108
圖3-14	等響度指標曲線	110
圖3-15	等吵鬧曲線	114
圖4-1	噪音發生時間累積分佈示意圖	124
圖4-2	噪音對語言交談之遮蔽效應	127
圖4-3	噪音定規曲線	128
圖4-4	優先噪音定規曲線	129
圖4-5	噪音率定曲線 (NRC)	131
圖4-6	飛機噪音純音校正圖	136
圖4-7	LTPN (TPNL) 隨時間之變化圖	137
圖4-8	機場附近 NEF 等噪音曲線圖	139
圖4-9	NNI 與噪音吵鬧程度間之關係	142
圖4-10	倫敦機場於1984年預測1990年之 NNI 等噪音曲線圖	142
圖4-11	各頻帶之響度與 SPL 關係	153
圖4-12	噪與啞之關係	154
圖4-13	容許衝擊次數	168
圖4-14	日本噪音容許基準	169

圖5-1	噪音劑量計 (Dosimeter) 與一般噪音計 (SLM)	179
圖5-2-a	噪音計內部構造示意圖	182
圖5-2-b	BK 普通噪音計與積分型噪音計	183
圖5-2-c	SVANTEK 積分型噪音計	183
圖5-3	微音器尺寸大小對靈敏度之回應	185
圖5-4	空氣電容式微音器	186
圖5-5	永久電極電容式微音器	187
圖5-6	壓電式微音器	187
圖5-7	電動線圈微音器	188
圖5-8	一英吋電容式微音器於不同入射角度之相對回應	189
圖5-9	微音器在自由音場使用時之角度	190
圖5-10	一英吋微音器對垂直、平行及隨意入射音之頻率相對 回應曲線	191
圖5-11-a	各種特性之權衡電網	193
圖5-11-b	A 及 C 權衡電網圖	193
圖5-11-c	G 權衡電網圖	194
圖5-12	活塞式及電功率轉換式聲音校正器操作示意圖	196
圖5-13	1/2" 微音器在有無防風罩之下風速與噪音量之關係	197
圖5-14	噪音計加裝除濕器及防止鳥踏之針狀物	198
圖5-15	延長線在各頻率下之噪音回應量	199
圖5-16	噪音紀錄器	200
圖5-17	錄音機	200
圖5-18	噪音統計處理器	201
圖5-19	真時分析器	201
圖5-20	理想濾波器與實際濾波器之特性	202
圖5-21	八音階頻帶分析器	208

圖5-22	頻率分析器之組成	208
圖5-23	頻率分析測量系統	209
圖5-24	1/3八音階頻率分析器及其記錄型式	210
圖5-25	經頻率分析之噪音位準記錄圖	210
圖5-26	噪音分析結果之整理	211
圖6-1	噪音測定例之測定格式紀錄紙	219
圖6-2	噪音測定例之累積分布曲線	220
圖6-3	測定噪音時，噪音計和測量人員之位置關係圖	222
圖6-4	測定聲音功率位準之麥克風裝備	224
圖6-5	微音器於固定點測試方式（上圖）及旋轉式測定方式（下圖）	224
圖6-6-a	無回響室	225
圖6-6-b	室吸收與環境校正係數	226
圖6-7	空壓機噪音及振動之頻譜分析	227
圖6-8	排版印刷業輪轉印機之頻譜分析	228
圖6-9	國際標準組織建議之單一車輛噪音測定示意圖	230
圖6-10	可攜帶式交通噪音測定儀器組	231
圖6-11	標準交通噪音歷程圖	231
圖6-12	Gothersgade 市之十分鐘交通噪音機率分佈圖	232
圖6-13	Gothersgade 市十分鐘交通噪音累積機率分佈圖	233
圖6-14	數字型列表機之紀錄結果	233
圖6-15	加入頻譜分析器之交通噪音測定儀器組合	234
圖6-16	1/3八音階頻帶之交通噪音頻譜分析圖	234
圖6-17	單一交通事件紀錄圖示	235
圖6-18	辦公室噪音測定儀器組合	236
圖6-19	辦公室噪音歷程圖	236

圖6-20	辦公室噪音統計分析圖	237
圖6-21	以 NRC 曲線分析辦公室噪音在通風系統設置前後之 噪音變化情形	237
圖6-22	道路施工（整地、填方、夯實）之噪音歷程圖	238
圖6-23	典型之營建工程噪音歷程圖	239
圖6-24	航空器噪音測定儀器及紀錄器	240
圖6-25	麥克風及其附件之詳圖	240
圖6-26	桃園國際機場等噪音線圖	241
圖6-27	室內噪音之測定位置圖	242
圖6-28	作業場所測定點之選擇方法	243
圖6-29	量測機械噪音時噪音計測定點位置圖	244
圖6-30	機場飛機起降時噪音之測定點	245
圖6-31	著地與起飛時，不同重量飛機之容許噪音量（EPNL）	246
圖6-32	風所產生之噪音位準與風速之關係圖	249
圖7-1	（左）寬頻音源之頻譜分佈（右）寬頻音源具有純音成分之 頻譜分佈	256
圖7-2	（左）複音源（音源 A + 音源 B）（右）單一音源（音源 A）	256
圖7-3	（左）噪音頻譜（右）振動加速度頻譜	257
圖7-4	個別音源的重要性	258
圖7-5	應用於音源、途徑、接受者之噪音控制程序	259
圖7-6	噪音防制原理：應用於機械噪音控制原理	261
圖7-7	直接聲音、反射聲音之示意圖	262
圖7-8	聲音分貝值與等效距離 $r/\sqrt{Q_0}$ 之關係	263
圖7-9	在吸音場所反射音分貝減少情形	274
圖7-10	吸音材料與音屏材料的吸音與透過損失特性	266
圖7-11	側面途徑對音屏的影響	267

圖 7-12	開口對傳送損失的影響	269
圖 7-13	運用被動式振動隔絕方式以減少能量傳遞	270
圖 7-14-a	主動式噪音控制的系統架構	271
圖 7-14-b	運用主動式控制消音管的示意圖	271
圖 7-14-c	振動阻尼的處理方式 (a) 表面層阻尼 (b) 抑制層阻尼	273
圖 7-15	阻尼之處理效果與溫度、頻率及厚度之關係	274
圖 7-16	振動隔離之裝置	275
圖 7-17	防振材料安裝的三模式	276
圖 7-18	當外力施於彈簧——阻尼系統所造成的影響	277
圖 7-19	在各種外力頻率下，振動傳達率、靜偏移之關係圖	278
圖 7-20-a	有阻尼材料之振動傳達率	280
圖 7-20-b	壓電式加速度計原理	282
圖 7-20-c	全身振動方向的座標系統	283
圖 7-20-d	局部振動的方向座標系統	283
圖 7-20-e	防振手套	284
圖 7-20-f	人體振動隔絕系統及共振頻率	285
圖 7-21	入射音 (I_i)、反射音 (I_r)、吸音 (I_a) 及穿透音 (I_t) 之 示意圖	286
圖 7-22	隨意入射吸音率的測定方法	290
圖 7-23	多孔質材料的吸音特性	291
圖 7-24	開版孔吸音構造	292
圖 7-25	開版孔構造的吸音特性	293
圖 7-26	板狀吸音構造	294
圖 7-27	板狀吸音構造的吸音特性	294
圖 7-28	透過損失的測定方法	298
圖 7-29-a	穿透等級曲線	301

圖 7-29-b 各種不同構造之遮音材質其透過損失變化示意圖	303
圖 7-30 板的符合效應	304
圖 7-31-a 均質板之透過損失特性	305
圖 7-31-b 單層結構物的透過損失例	305
圖 7-32-a 中空板之透過損失特性	306
圖 7-32-b 中空結構之透過損失例	307
圖 7-33-a 三明治板構造之透過損失特性	309
圖 7-33-b 夾心板材質及其透過損失例	310
圖 7-34 各種不同材料組合及其隔音效果	311
圖 7-35 單一音源不同遮音方法之效果	312
圖 7-36 各種不同組合引起之聲音衰減	313
圖 7-37 隔音牆音源與接受者相對位置示意圖	315
圖 7-38-a 不同隔音牆高度的噪音之衰減值	316
圖 7-38-b 距音源不同距離之噪音衰減值	316
圖 7-38-c 由傳遞途徑差值及頻率之關係求噪音衰減值	317
圖 7-38-d 不同 Fresnel 數之噪音衰減值	317
圖 7-39 防音牆對噪音的衰減值	318
圖 7-40 接受者或道路提高情形時，A 權 L10 噪音衰減值與 δ 之關係	319
圖 7-41 在平坦無風處 A 權 L10 噪音衰減值與 δ 之關係	319
圖 7-42 垂直及傾斜地塹之聲音傳播情形	320
圖 7-43 各種防音狀況之視距 (Line-of-sight)，障礙截距 (Break) 及 噪音位置 (position) 之示意圖	321
圖 7-44 障礙物造成 A 權交通噪音衰減值之圖解法	322
圖 7-45-a 作業場所噪音等噪音曲線	327
圖 7-45-b 噪音場所之標示	327
圖 7-45-c 勞工聽力特殊體格及健康檢查結果評估流程圖	328

圖7-45-d	聽力保護計畫要項相互關係圖	329
圖7-46	各種防護具之保護值	332
圖7-47	聽力防護具	335
圖8-1	作業場所噪音改善計畫	341
圖8-2	減低噪音之原理	342
圖8-3	減少不平衡力	343
圖8-4	振動絕緣底座沉陷不同產生搖滾力	343
圖8-5	壓力平衡方法實例	344
圖8-6	壓力平衡原理	344
圖8-7	減少撞擊噪音之原理	345
圖8-8	減少撞擊噪音之實例	346
圖8-9	減少衝擊輸送方法	347
圖8-10	打樁作業之改善	348
圖8-11	鑿岩機之改善	349
圖8-12	切斷紙片方法之改善	350
圖8-13	降低噪音頻率之應用例	351
圖8-14	火車產生的高頻與低頻噪音	351
圖8-15	打孔機之作業方法改善例	352
圖8-16	減少驅動面積應用例	353
圖8-17	稠密穿孔板之應用例	354
圖8-18	狹長板面減音之應用例	355
圖8-19	風扇噪音之改善例	356
圖8-20	減少風產生規則渦流原理	357
圖8-21	減少煙囪亂流例	358
圖8-22	減少導管亂流原理	359
圖8-23	減少導管亂流應用例	359