109年度研究計畫　ILOSH109-H301

工作場所全身及局部振動風險管理之研究

The Study of Risk Management for Whole-body Vibration and Hand-arm Vibration in Occupational Fields

ILOSH

勞動部勞動及職業安全衛生研究所
INSTITUTE OF LABOR, OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, MINISTRY OF LABOR

ILOSH109-H301

工作場所全身及局部振動風險管理之研究

The Study of Risk Management for Whole-body Vibration and Hand-arm Vibration in Occupational Fields

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

ILOSH109-H301

工作場所全身及局部振動風險管理之研究

The Study of Risk Management for Whole-body Vibration and Hand-arm Vibration on Occupational Fields

研究主持人：李昆哲、陳協慶
計畫主辦單位：勞動部勞動及職業安全衛生研究所
研究期間：中華民國 **109** 年 **04** 月 **13** 日至 **109** 年 **10** 月 **30** 日

本研究報告公開予各單位參考
惟不代表勞動部政策立場

勞動部勞動及職業安全衛生研究所
中華民國 **110** 年 **6** 月

摘　要

我國現行職業安全衛生設施規則第 301 條對於全身振動之法令規範係源自於 ISO 2631-1 (1985)之暴露限制，職業安全衛生設施規則第 302 條對於局部振動之法令規範係源自於 ISO 5349 (1986)之暴露限制，其法令規範內容除了在應用上受到某些限制外，與當前先進國家所制訂及引用之規範已有若干差距。本研究目的在於蒐集各國家當前對於全身以及局部振動暴露之相關法規文獻、國際標準等資料，比較其與我國現行法令規範對不同振動類型之健康危害評估以及容許暴露時間之差異。

本研究蒐集整理美國、澳大利亞、加拿大、日本、英國、德國、法國、芬蘭、波蘭等幾個國家，當前全身及局部振動暴露的政府法令規範，以及與其相關的 ISO 標準及歐盟指令。結果顯示我國目前相關的法令規範(職業安全與衛生設施執行規則第 301 條和第 302 條)係源自 1990 年之前的國際標準，與現行歐美等國的法令規範已有明顯差異，且直接影響到我國全身與局部振動危害管理的落實與執行，故建議有必要進行修訂以符合現今的國際標準。

本研究蒐集國內相關文獻之全身與局部振動測量數據，並彙整各法令規範之使用情形，建議可參考歐盟 Directive 2002/44/EC 振動暴露相關條文，提出我國現行職業安全衛生設施規則相關法令規範之修正建議，應可讓具有振動危害暴露的作業較容易被檢測出來，且易於換算容許暴露時間，以符合國際上振動暴露危害預防管理之趨勢，保護勞工安全與健康。

關鍵字：肌肉骨骼傷病、全身振動、局部振動

Abstract

The present occupational safety and health laws and regulations of whole-body vibration (WBV) and hand-arm vibration (HAV) originated from the exposure limit of ISO 2631-1 published in 1985 and ISO 5349 published in 1986, respectively. These laws and regulations have some limitations in their applications and are different from current standards adopted by well developed countries. The goal of this study is to collect the relevant regulations, research documents, and international standards about the exposure of whole-body vibration and hand-arm vibration in various countries. The collected information will be used in comparing the difference between the health hazard assessment of different types of vibration and the allowable exposure time with the current Taiwan's laws and regulations.

This study collects and organizes the current government regulations for whole-body and hand-arm vibration exposures, as well as the relevant ISO standards or EU directives in several countries including the United States, Australia, Canada, Japan, the United Kingdom, Germany, France, Finland, and Poland. The current laws and regulations of whole-body vibration and hand-arm vibration(Regulations for the Occupational Safety and Health Equipments and Measures Clause 301 and 302) in Taiwan, are dated back to the international standard before 1990 and need to be amended for modern international standards.

This study collects the whole-body and hand-arm vibration measurements from relevant domestic literatures, and summarizes the usable conditions and the use related codes. It is recommended to refer to the relevant provisions of the EU Directive 2002/44/EC on vibration exposure, and propose amendments to the relevant laws and regulations of current occupational safety and health in Taiwan. The revised recommendations should make it easier to detect operations with vibration hazard exposure, and easily convert the allowable exposure time, so as to comply with the international trend of prevention and management of vibration exposure hazards, and to protect labor safety and health.

Keyword：Musculoskeletal disorders, Whole-body vibration, Hand-arm vibration

目次

摘　要 i
Abstract ii
目次 iii
圖目次 v
表目次 vii
第一章 研究背景 1
　第一節 前言 1
　第二節 研究目的 4
第二章 文獻探討 6
　第一節 國際標準組織(ISO)全身振動規範 6
　第二節 歐盟(EU)全身振動規範 21
　第三節 我國與各國全身振動法規之比較 22
　第四節 國際上局部振露規範 26
　第五節 我國與各國局部振動法規之比較 29
　第六節 振動測量規範 31
第三章 我國職場振動暴露調查 35
　第一節 全身振動暴露 35
　第二節 局部振動暴露 41
第四章 我國現行振動暴露規範修訂之探討 46
　第一節 全身振動暴露規範修訂之可行性 46
　第二節 局部振動暴露規範修訂之可行性 47
第五章 結論與建議 49
　第一節 結論 49
　第二節 建議 50
後記 51
參考文獻 52
附錄一　符號與專有名詞 60

附錄二　國內全身振動暴露資料彙整 62
附錄三　國內局部振動暴露資料彙整 82

圖目次

圖 1　全身性振動方向於坐姿、站姿、與躺姿下之定義 (資料來源：ISO 2631)..... 6
圖 2　全身性振動方向及位置定義(a)坐姿 (b)站姿 (斜躺省略，資料來源：ISO 2631-1:1997) 7
圖 3　ISO 2631-1:1997 之 W_d(---)與 W_k(—)頻率加權函數..... 8
圖 4　(a) 原 ISO 2631-1:1997 對健康警戒區域之標示；(b) ISO 2631-1:2010(修正)對 ISO 2631-1:1997 健康警戒區域之修正[圖中上、下虛線(1)及實線(2)分別為 RMS 及 VDV 的 EL 與 AL，上下線之間為健康危害警戒區域](資料來源：ISO 2631-1: 2010 (修正)) 10
圖 5　ISO 2631-5:2004 預測 x, y 軸脊椎加速度之線性質量-彈簧模型..... 12
圖 6　ISO 2631-5:2004 預測 z 軸脊椎加速度之循環式類神經網路模型 13
圖 7　ISO 2631-5:2018 判別/選擇評估方法的流程圖(資料來源：ISO 2631-5:2018) 16
圖 8　含公差帶的座椅對脊柱傳遞功能的頻率響應(Y1：強度，Y2：相位(單位：rad)；資料來源：ISO 2631-5:2018) 17
圖 9　分析軟體使用之坐姿角度定義與 5 種角度分群(資料來源：ISO 2631-5:2018)..... 19
圖 10　ACGIH TLV 與 ANSI S3.34：1986 之手-臂振動頻率加權特性(實線)與容忍範圍(虛線)。(資料來源：ACGIH:2012)..... 27
圖 11　局部振動日容許暴露時間(分)與加速度(m/s^2)之關係。(資料來源：ACGIH:2015)..... 28
圖 12　職業安全衛生設施規則第 302(直線；下：AL，上：EL)與 Directive-2002/44/EC 標準(曲線；下：AL，上：EL)及日本容許濃度限制(虛線：EL)之比較..... 31
圖 13　局部振動測量方向定義(資料來源：ISO 5349:2001)..... 33
圖 14　振動測量常見之加速度計安置方式..... 33
圖 15　1/3 八音度頻帶分析與 ISO 2631 暴露時間標準 34
圖 16　機車駕駛振動暴露採用不同振動規範之比較(資料來源：潘儀聰(2009))..... 39
圖 17　垃圾車及資源回收車駕駛振動暴露採用不同振動規範之比較(資料來源：盧

士一、張銘坤(2007)) 39
圖 18　堆高機駕駛振動暴露採用不同振動規範之比較(資料來源：盧士一(2002)).. 39
圖 19　卡車駕駛振動暴露採用不同振動規範之比較(資料來源：盧士一、胡世明、劉玉文、何先聰(2003)) 40
圖 20　工程車輛駕駛振動暴露採用不同振動規範之比較(資料來源：潘儀聰(2009)) 40
圖 21　國內局部振動暴露採用不同振動規範計算容許暴露時間(小時)之比較(N=127) 45

表目次

表 1　ISO 2631-1:1997 對不同方向與位置所測得加速度之頻率加權網選用指引(資料來源：ISO 2631-1:1997)..... 8
表 2　不同 ISO 全身振動規範比較..... 21
表 3　當前各國全身振動規範一覽表..... 23
表 4　職業安全衛生設施規則第 301 (a)垂直 (b)水平 方向全身振動容許暴露最大加速度值(m/s^2) (資料來源：全國法規資料庫)..... 24
表 5　ACGIH TLVs and BEIs (a)垂直 (b)水平 方向全身振動暴露最大加速度值(m/s^2) (資料來源：ACGIH:2015)..... 25
表 6　ACGIH TLVs and BEIs 全身振動暴露最大加速度值(m/s^2) (資料來源：ACGIH:2016)..... 25
表 7　ACGIH 在 x, y, z 方向上手-臂振動之 TLV(資料來源：ACGIH:2012)..... 27
表 8　當前各國局部振動規範彙整..... 30
表 9　國內全身振動暴露相關文獻彙整(2002～2020)..... 35
表 10　前期研究採用不同振動規範之比較：各車種於不同容許暴露時間(小時)之車輛數統計..... 38
表 11　國內局部振動暴露相關文獻彙整(1996～2017)..... 41
表 12　前期研究資料採用不同振動規範計算容許暴露時間(小時)之差異(N=127)... 43
表 13　前期研究各工具類型之振動暴露風險(N=127)..... 44
表 14　前期研究資料採用不同振動規範之容許暴露時間(小時)之比較(N=127)..... 44

第一章　研究背景

第一節　前言

工作人員常因使用機械或大型車輛協助進行各項作業，導致人體暴露在機械運轉或車輛行駛所產生的振動環境中，進而使健康遭受不同程度的威脅。許多研究曾指出，長時間職業性暴露於高強度的全身性振動，會增加脊椎及相連結神經系統病變的風險[1-13]；此外，肩頸、胃腸系統、女性生殖器官、周邊血管、以及耳蝸-前庭系統亦可能有較低的機率會受到全身振動(whole-body vibration, WBV)的影響[3,8,11,12]。流行病學調查指出，駕駛非行駛於平面道路之車輛、工程車輛及機械、公車、直昇機之駕駛員相較於非 WBV 之族群，有較高的下背痛危害風險[5,12]；根據估計，在美國、加拿大及某些歐洲國家的勞工中，約有 4%-7%暴露於有危害性的 WBV 下。然而，除了下背痛以外，WBV 所引起器官病變之流行病學研究仍屬薄弱[14]。

過去的研究指出，長時間暴露於高振動的環境下，人體脊椎與器官系統會因車輛振動而產生共振，對脊椎骨、末梢神經系統產生危害，造成脊柱退化、椎間盤突出、下背痛與坐骨神經痛等疾病[2,7,9,10,13]。而堆高機、挖土機、牽引機、砂石或垃圾車等工程用車輛、林業及採礦等特殊機械車輛，以及重型振動機器所造成之全身性振動暴露，皆曾有研究指出會對人員造成身體上的不適，還可能減少工作表現和警覺性[15]。根據本所先前之研究報告「受雇者工作環境安全衛生狀況認知調查」，發現有全身振動暴露的作業人數約佔 28%~53.2%，其中以土石採取、營造、運輸及倉儲業的比例較高，且有相當多人抱怨受到全身振動危害的困擾[16]。

下背痛、坐骨神經痛、腰椎系統提早退化、以及椎間盤突出是職業駕駛中最常見的肌肉骨骼危害[5,17-22]。Kelsey 指出卡車司機罹患椎間盤突出的機率高出一般人 4 倍[17]；Rossignol 等人由 X 光片發現 70%的牽引機駕駛有腰椎提早退化的情形[19]。但是 WBV 對下背傷害之病理機轉至今仍不明確，由於車輛駕駛並非僅僅暴露於危害性的 WBV，而往往是同時暴露於多種影響脊椎系統的人因工程危害因子下，例如：長時間維持侷限的坐姿、脊椎前彎或扭曲，甚至於從事物料搬運及重物抬舉等已知會加重下背負荷之工作。除此之外，個人(年齡、體型、抽煙習慣、遺傳因素)、社會心理、背

傷經歷等因素，被認為是下背痛的重要預測因子[12,14,23,24]。

根據研究估計，我國有 10~30%的勞工使用振動手工具，其所引起的職業危害，輕為手指或其他身體部位的骨骼肌肉麻痛症狀，重則導致振動白指病(vibration white fingers, VWF)、腕道症候群(carpal tunnel syndrome, CTD)等疾病[25]。而常見造成作業人員手-手臂振動問題之工具，包括：各類型動力鑽、鑿、鎚、研磨機、碎石機、拋光機、打蠟機、鏈鋸機、鉚釘槍等。

美國每年即有超過百萬的勞工因操作汽油動力鏈鋸機或不同之氣動與電動振動手工具，而暴露於手-手臂振動危害之下[26,27]。在 1960 至 1970 年代的一些早期流行病研究即指出，使用鏈鋸機從事伐木之工人手部所承受之振動加速度，在經頻率加權後其平均值(root mean square, RMS)仍高達 10~25m/s^2，且該族群有高達 40%~90%振動白指病之盛行率[28]；直到 1980 至 1990 年代之研究方顯示，因抗振鏈鋸之使用與暴露時間之控制，逐漸地降低該族群振動白指病之盛行率。類似的情形亦發生於其他行業中，根據研究，振動白指病盛行率與 8 小時頻率加權後之加速度等量能量，或是作業人員工作年資有正向的線性關係。Bovenzi 等人研究使用鏈鋸之伐木工人罹患手臂肩頸傷害的情形，發現其腕道症候群之盛行率與振動暴露劑量(dose)有明顯的關係，且振動暴露會影響人員之關節活動度，研究亦發現使用振動手工具不僅會造成機械性的壓力，同時還會產生高生理負荷、受限制的操作姿勢、以及高抓握施力的情形[28]。

手-手臂之振動暴露合併長年於低溫的環境下工作，會導致永久性手部及手指的傷害，俗稱職業性雷諾氏現象(Raynaud Phenomenon)、振動白指病或手-臂振動症候群(hand-arm vibration syndrome, HAVS)[29]，該類型疾病特徵包括：因低溫引起之白指疼痛、手指失去觸覺及敏捷性，以及失去對疼痛及溫度的感覺，這種情況通常是因為暴露於振動下而導致手指血管閉塞所引起[30]。

最常見因振動所引起之 HAVS 是雷諾氏症候群(secondary Raynaud’s syndrome)。一個罹患 HAVS 之工作者會經歷種種周邊神經病變，包括：麻痺、周邊循環阻塞、肌肉無力、握力降低及中樞神經系統問題，這種症狀可能維持數個月到數年之久，在早期診斷發現後仍可治療，一旦超過某個程度便會成為永久性的傷害[31]。這種疾病對雇主及勞工而言，皆須付出相當的代價。在某些情形下，勞工必須忍受疾病所引起的疼痛、

功能喪失、及種種心理層面的問題，而雇主則需承擔額外的醫療及補償費用，甚至面對員工流失、士氣低落、乃至產能降低的損失[32]。

根據研究顯示，人體對振動暴露的反應受到許多因素的影響。其中與人體相關之因素包括：(1)振動的頻率、強度、與方向；(2)人體承受振動的部位；(3)人體與振動源之作用情形；(4)衣著及儀器之影響；(5)體型(身高、體重)；(6)身體姿勢與緊繃程度[33]。而與使用者及工具介面相關之因子包括：(1)工具設計(例如：形式、狀況、維護、加速度、頻率分佈等)；(2)手部對工具之施力大小；(3)手部與振動工具直接接觸的部位；(4)手與工具表面之接觸面積；(5)工作狀況(例如：工作週期、工作動機等)；(6)使用手工具之年資；(7)氣候條件；(8)身體、手部、手臂操作姿勢與方向[34,35]。

國際標準組織(International Standard Organization, ISO)及歐盟 EN 法規將振動暴露對人體健康影響的規範分為「全身振動」(whole-body vibration, WBV)與「局部振動」(hand-arm vibration, HAV)兩大類，而不同國家的相關法令則依循所屬組織(非歐盟 ISO 組織或歐盟 EN)的規範分別制訂，然而因 ISO 與 EN 之間在世界貿易組織(World Trade Organization, WTO)架構下有維也納協定，所以彼此間所制訂的規範會儘量一致。這類與人體健康危害有關的規範，除了會隨新工具及流行病研究之發展而更改替換之外，各國的國家法規訂定會根據其組織(ISO/EN)所訂規範依其產業及國情進行調整。

我國現行職業安全衛生設施規則 301 條對於全身振動之法令規範係源自於早期 ISO 2631-1:1985 之暴露限制，職業安全衛生設施規則 302 條對於局部振動之法令規範係源自於 ISO 5349 :1986 之暴露限制，規範內容除了在應用上受到某些限制外，與當前歐美國家所制訂及引用之規範已有若干差距。本研究蒐集各國家當前對於全身以及局部振動暴露之相關法規文獻、國際標準等資料，比較其與我國法令規範對不同類型振動之健康危害評估以及容許暴露時間之差異。研究將合併文獻調查之振動評估量化數據，探討各規範之適用範圍與適用性，進而召集專家會同提出現行職業安全衛生設施規則相關法令規範之修正建議。

第二節　研究目的

本研究目的係分析及研議我國現行有關全身及局部振動暴露規範之現況，針對國內、外對於全身及局部振動暴露之相關法令規範、標準及文獻進行資料蒐集與分析，並提出修正建議。本研究之執行內容說明如下：

一、 蒐集國內、外對於全身以及局部振動暴露之相關規範、量測標準及文獻

蒐集當前世界貿易組織 WTO 以及歐盟之全身以及局部振動暴露相關量測標準與規範，以及 WTO 主要會員國(美國、日本、澳洲等)與歐盟主要會員國(英國、德國、法國等)各國之現行法規及文獻。

二、 分析國內職場全身振動暴露、測量與評估技術及相關規範之概況

透過文獻資料檢索，蒐集歷年與我國職場全身振動暴露及危害相關之研究報告與論文，彙總分析各研究之對象(例如：車種、人員、作業型式等)、所使用之評估方法(例如：量測設備、時程、法規依據等)、以及測量結果。

三、 分析國內職場局部振動暴露、測量與評估技術及相關規範之概況

透過文獻資料檢索，蒐集歷年與我國職場局部振動暴露及危害相關之研究報告與論文，彙總分析各研究之對象(例如：手工具、人員、作業型式等)、所使用之評估方法(例如：量測設備、時程、法規依據等)、以及測量結果。

四、分析比較國內、外對於全身振動暴露之相關規範，並提出對於國內現行全身振動暴露規範之修正建議

彙整當前各國之全身振動暴露規範，分析比較各國與目前我國現行全身振動暴露法令規範(職業安全衛生設施規則第 301 條)之差異。並由文獻報告中所記載之量化數據，討論不同規範在不同類型車種及作業條件下對全身振動所引起之健康危害判定之影響。

由於不同規範對於特定振動之健康危害評估結果可能不同，因此本研究將彙整有跨不同量測規範之研究，將其量化數據依振動指標(RMS、VDV 等)分類為數

個群組，逐一討論各群組使用不同規範評估所得結果之差異，以比較不同規範之適用性與適用範圍/對象。

五、 分析比較國內、外對於局部振動暴露之相關規範，並提出對於國內現行局部振動暴露規範之修正建議

彙整當前各國之全身振動暴露規範，分析比較各國與目前我國現行局部振動暴露法令規範(職業安全衛生設施規則第 302 條)之差異。並由文獻報告中所記載之量化數據，討論不同規範在不同手工具及作業條件下對局部振動所引起之健康危害判定之影響。

由於不同規範對於特定振動之健康危害評估結果可能不同，因此本研究將彙整不同量測規範之研究，討論各群組使用不同規範評估所得結果之差異，以比較不同規範之適用性與適用範圍/對象。

第二章　文獻探討

第一節　國際標準組織(ISO)全身振動規範

一、ISO 2631:1985、ISO 2631-1:1997 與 ISO 2631-1:2010(修正)規範

國際標準組織(International Standard Organization, ISO)於 1974 年訂定了「全身振動的暴露評估指引 ISO 2631」，定義全身振動之方向(圖 1)與評估方法，早期評估全身振動對人體健康的影響主要可分為 ISO 2631-1:1985，ISO 2631-1:1997 兩個版本，ISO 2631-1:2010(修正)則是針對 ISO 2631-1:1997 規範進行小部分的修改與補充。

ISO 2631-1:1985 之規範採用均方根加速度(root mean square acceleration, RMS)，以及兩個定義於 1~80 Hz 之間，以直線所表示之頻率-加速度對數函數作為頻率加權的基礎，並根據振動加速度 1/3 八音度(1/3 octave)頻率分析之強度分佈，比對頻率加權網來提出振動暴露的時間限制。我國目前職業安全衛生設施規則第 301 條對於全身振動暴露之法令規範，與 2015 之前的美國政府工業衛生專家會議(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)的閾值(threshold limited value, TLV)皆是參考 ISO 2631-1:1985 與 ANSI S3.18:1979 之規範所制訂(後敘於表 4)。

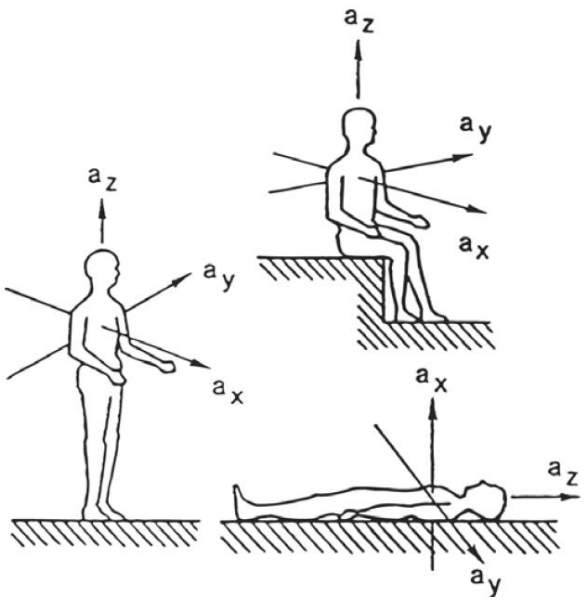


圖 1　全身性振動方向於坐姿、站姿、與躺姿下之定義 (資料來源：ISO 2631)

由於 ISO 2631-1:1985 所考慮的頻帶僅限於 1~80 Hz 之間，不能符合實際振動評估之需求，因此 ISO 於 1997 年訂定 ISO 2631-1:1997 擴充原先之頻率加權範圍，採用頻率加權後加速度(frequency-weighted acceleration)的 RMS 值作為全身振動的基本評估方式，並進一步將頻率加權分為 W_k、W_d、W_f、W_c、W_e、W_j 等 6 種，分別用來考慮不同方向加速度頻率對人體健康(health)、舒適(comfort)、感覺(perception)、以及暈車、暈船等(motion sickness)所造成之影響。ISO 2631-1:1997 對不同方向與位置(圖 2)所測得加速度加權函數之選用所訂定的規範如表 1 所示，其中與健康指引直接相關的為 W_k 與 W_d 頻率加權函數(圖 3)。RMS 之計算如公式(1)所示，其中 $a_w(t)$ 為加權後之加速度，單位為 m/s^2；T 為測量時間間隔，以秒為單位。

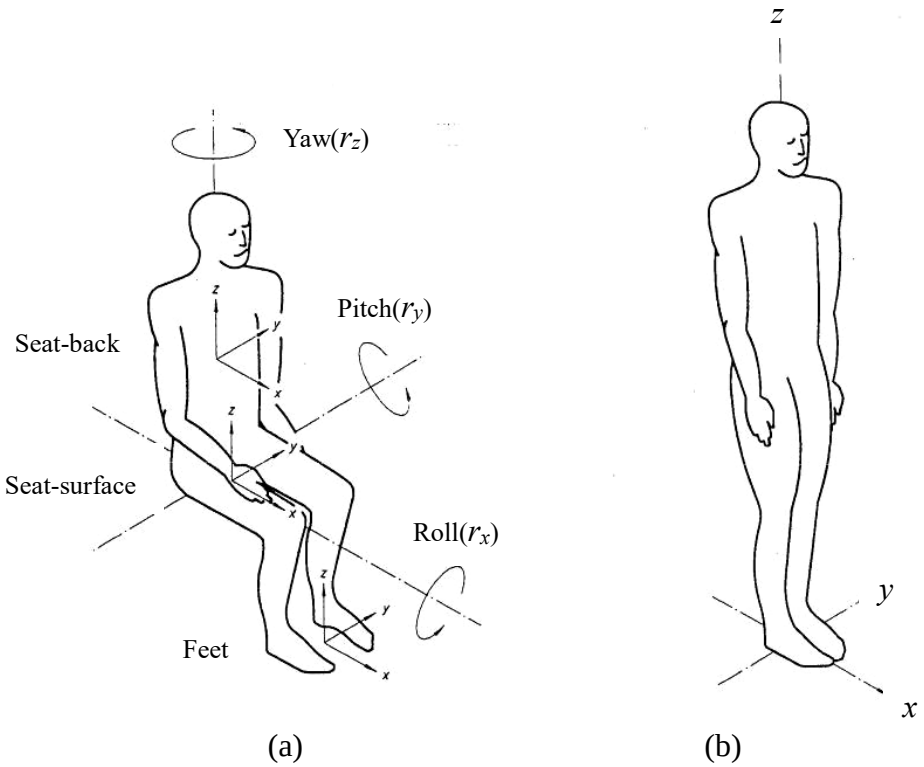


圖 2　全身性振動方向及位置定義(a)坐姿 (b)站姿 (斜躺省略，資料來源：ISO 2631-1:1997[36])

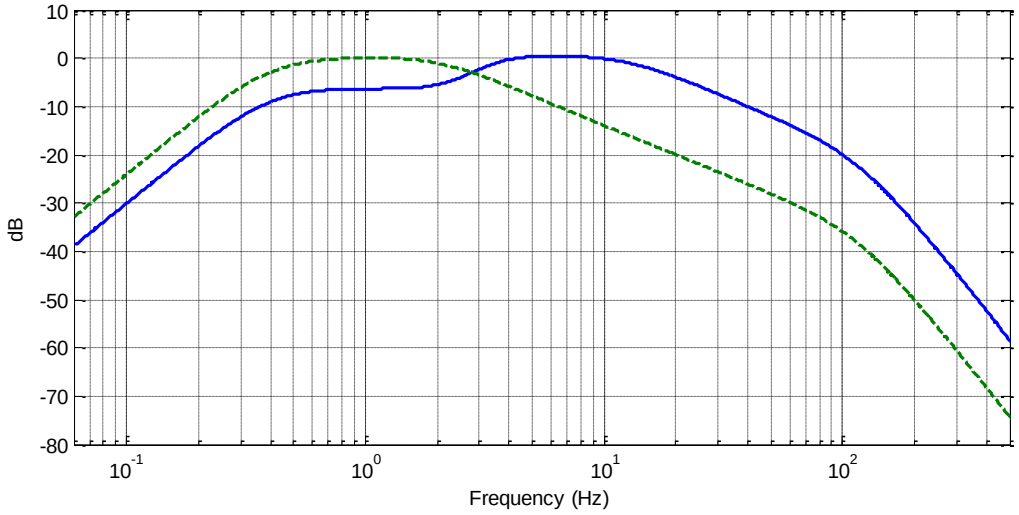


圖 3　ISO 2631-1:1997 之 W_d(---)與 W_k(—)頻率加權函數

$$RMS = \left[\frac{1}{T}\int_0^T a_w^2\,(t)dt\right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{.....} \quad (1)$$

表 1　ISO 2631-1:1997 對不同方向與位置所測得加速度之頻率加權網選用指引(資料來源：ISO 2631-1:1997[36])

頻率加權	健康	舒適	感覺	暈車、船、機
W_k	z 軸，椅面	z 軸，椅面 z 軸,站姿/垂直斜躺 x, y, z 軸，坐姿足底	z 軸，椅面 z 軸，站姿/垂直斜躺	—
W_d	x 軸，椅面 y 軸，椅面	x, y 軸，椅面 x, y 軸，站姿/垂直斜躺(頭除外) y,z 軸，座椅靠背	x, y 軸，椅面 x, y 軸，站姿/垂直斜躺(頭除外)	—
W_f	—	—	—	垂直
W_c	x 軸，座椅靠背	x 軸，座椅靠背	x 軸，座椅靠背	—
W_e	—	r_x, r_y, r_z，椅面	r_x, r_y, r_z，椅面	—
W_j	—	垂直斜躺(頭部)	垂直斜躺(頭部)	—

當振動中存在過大的峰值因數(crest factor, CF)或有偶發的衝擊振動時，單純採用 RMS 往往會低估振動對人體健康的影響。因此，ISO 2631-1:1997 建議在 CF > 9 的情況下，應額外考慮採用移動均方根值(running RMS)或四次的振動暴量(4th power vibration dose value, VDV)進行評估，尤其是當移動均方根之最大值(maximum transient vibration value, MTVV)與 RMS 之比值超過 1.5，或 VDV 與 RMS*$T^{1/4}$ 之比值超過 1.75 時(T 為暴露時間)，採用 MTVV、VDV 或其他的評估方式便益形重要。其中 VDV 之計算如公式(2)所示，其中 $a_w(t)$ 為加權後之加速度，單位為 m/s^2；T 為測量時間間隔，單位為秒，VDV 之單位為 $m/s^{1.75}$。

$$VDV = \left[\int_0^T a_w^4\,(t)dt\right]^{\frac{1}{4}} \text{.....} (2)$$

ISO 2631-1:1997 採用能量之概念訂定每日振動暴露的健康警戒區域(health guidance caution zone)，其所建議之日等量 VDV_d 健康警戒區域介於 8.5~17 $m/s^{1.75}$(Action limit: 8.5 $m/s^{1.75}$；Exposure limit: 17 $m/s^{1.75}$)，依此推算 RMS 之健康警戒區大約介於 0.45~0.9 m/s^2，這種方式允許評估人員針對每一定義方向之振動加速度，分別計算頻率加權之 RMS 及 VDV 值，並分別依據健康警戒區域所訂定的暴露限制求算每日的容許暴露時間。

然而，最初 ISO 2631-1:1997 對健康警戒區域的 RMS 所定義的標準不夠明確(圖 4a)，因此，在 2010 年提出修訂，更清楚地定義 RMS 健康警戒區域(圖 4b 中兩條虛線)在≤10 分鐘時分別為 3 與 6 m/s^2，在 24 小時處分別為 0.25 與 0.5 m/s^2。因此，根據這項最新的修正推算，ISO 2631-1:1997 之 2010 第一版修正對 RMS 八小時平均值之行動位準值(action limit, AL)及暴露限制值(exposure limit, EL)分別應該設定為 0.43 與 0.87 m/s^2。ISO 2631-1:2010 並將不同方向的暴露給於不同權重 k_l (k=1.4 當 l=x, y 方向；k=1 當 l=z 方向)，於是在各振動方向的 RMS 與 VDV 的計算方式分別修改為公式(3)與公式(4)：

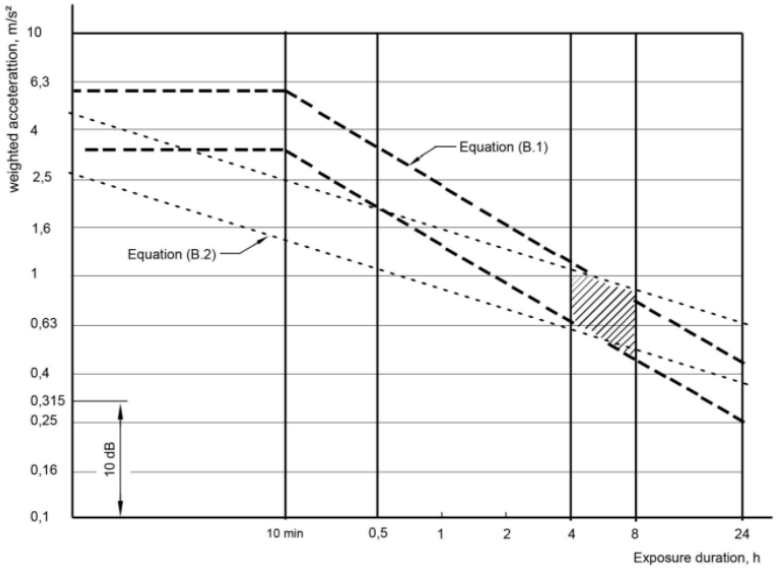
$$RMS = k_l\left[\frac{1}{T}\int_0^T a_{wl}^2\,(t)dt\right]^{\frac{1}{2}} \text{.....} (3)$$

$$VDV = k_l\left[\int_0^T a_{wl}^4\,(t)dt\right]^{\frac{1}{4}} \text{.....} (4)$$

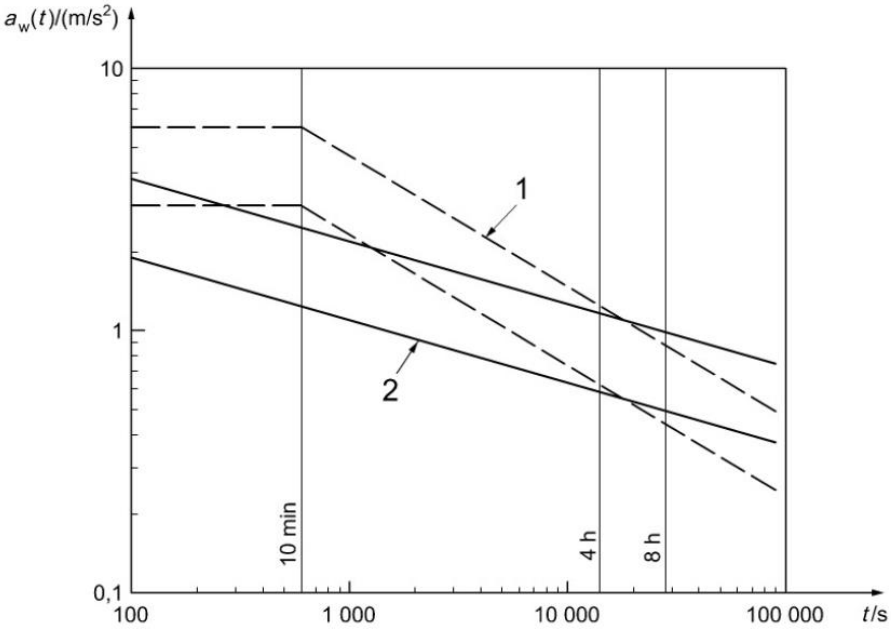
而 RMS 各振動方向的八小時日暴 $a_{wl}(8)$之計算方式如公式(5)，其中 a_{wlj} 為在 l 方

向 T_j 時間內的頻率加權壓速度。

$$a_{wl}(8) = \left[\frac{1}{8}\sum a_{wlj}^2 \cdot T_j\right]^{\frac{1}{2}} \text{.....} (5)$$



(a)



(b)

圖 4　(a) 原 ISO 2631-1:1997 對健康警戒區域之標示；(b) ISO 2631-1:2010(修正)對 ISO 2631-1:1997 健康警戒區域之修正[圖中上、下虛線(1)及實線(2)分別為 RMS 及 VDV 的 EL 與 AL，上下線之間為健康危害警戒區域](資料來源：ISO 2631-1: 2010 (修正)[37])

歸納起來，ISO 2631-1:1997 的基本評估方法是採用頻率加權後加速度的 RMS 值作為評估指標，主要應用於評估暴露在不具有嚴重衝擊之持續性振動對人體健康之危害。ISO 2631-1:1997 建議單次的衝擊事件可以利用移動均方根值(running RMS)的方法計算最大暫態振動值(MTVV)進行分析，然而，並未對於這種分析所得結果提供有關健康危害之判定方法。而 VDV 評估方法採用頻率加權後加速度的 4 次方振動暴量值，對於具有衝擊性振動之敏感度比 RMS 方法更佳。

二、ISO 2631-5:2004 與 ISO 2631-5:2018 規範

ISO 2631-5 主要是針對具有連續衝擊振動暴露之對象所開發之評估規範，例如：軍用越野裝甲車、越野機車、直昇機、水上快艇等載具之駕駛或乘員。其先後共有 2004 及 2018 兩個版本[38,39]，兩個版本之規範雖然都採用靜態壓應力劑量 Se(static compression dose)作為評估指標，但兩者之間所採用的評估方法及模型有極大的差異。

ISO 2631-1:2010(修正)除了建議在加速度的峰值因數(crest factor) >9 時使用上述 ISO 2631-1:1997 的 VDV 與 MTVV 的評估方法之外，還建議採納 ISO 2631-5 的方法。然而原先 2004 年出版的 ISO 2631-5 規範到 2018 年做了非常大弧度的改變，於是在 ISO 2631-1:2010(修正)中所提到的 ISO 2631-5 到底是指 ISO 2631-5:2004 或 ISO 2631-5:2018 變得不明確；同樣地，2020 年最新版 ACGIH 的 TLV 亦加註了未來對全身振動暴露規範的修改方向(Notice of intended change-whole-body vibration)，其中也指出當振動暴露的加速度峰值超過 9.81 m/s^2 時應考慮使用 ISO 2631-5 指引[40]。雖然目前所提到引用 ISO 2631-5 規範的法規或指引都沒有清楚說明所指是 ISO 2631-5:2004 或 ISO 2631-5:2018，但可以確定的是隨著研究對於衝擊性振動對人所產生的健康危害影響的瞭解，未來各國採納 ISO 2631-5 規範的趨勢會逐漸明朗。以下將分二小節分別簡介 ISO 2631-5:2004 與 ISO 2631-5:2018 規範之內容。

(一) ISO 2631-5:2004 規範

ISO 2631-5:2004 規範的建立緣起於美國陸軍對健康危害評估的一系列研究計畫，經過多年研究，由執行研究合約之英國哥倫比亞研究所(British Columbia Research Institute，BCRI)向 ISO 提出對 2631-1 之修正案[41]，並於 2003 年底 ISO 2631-5 草

案獲得通過。BCRI 建議應將多次衝擊對坐姿人員所引起的振動危害評估納入以下 4 項評估：(1)以生物動力學模型(biodynamic model)預測脊椎之加速度、(2)使用迴歸模型預估 L4/L5 椎間盤之壓應力峰值、(3)對壓應力峰值建立以疲勞為基礎的模型來量化多次衝擊所產生的累積效應、(4)依常態分佈人口，建立與累積劑量相關之脊椎傷害機率模型(spinal injury probability model)。

ISO 2631-5:2004 規範中採用兩種生物動力學模型[41]，第一種為一個自由度之線性質量-彈簧振動系統(圖 5)，具有 2.125 Hz 之自然頻率 f_n 與 0.22 之臨界阻尼係數 ζ(critical damping ratio)，用來預測座椅面水平(x, y)方向衝擊性加速度對坐姿人員之脊椎響應。該模型之運動方程式可表示為：

$$a_{lk}(t) = 2\zeta\omega_n(v_{sk} - v_{lk}) + \omega_n^2(s_{sk} - s_{lk}) \quad \text{.....} (6)$$

公式(6)中 $\omega_n = 2\pi f_n = 13.35\ s^{-1}$；$k$ 代表 x 或 y； s_{sk} 及 s_{lk} 分別代表座椅及脊椎位移之時間函數； v_{sk} 及 v_{lk} 則分別代表座椅及脊椎速度之時間函數。

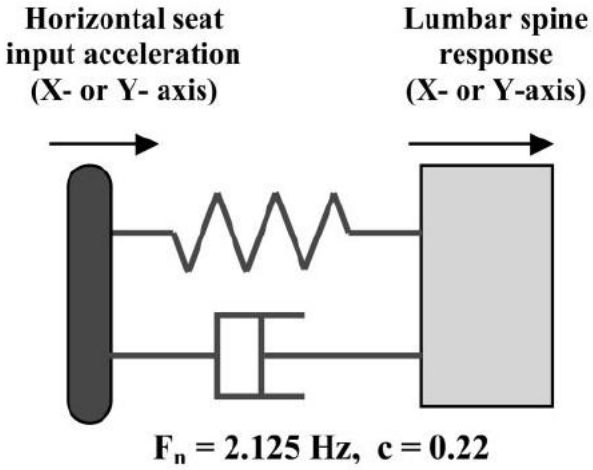


圖 5　ISO 2631-5:2004 預測 x, y 軸脊椎加速度之線性質量-彈簧模型[41]

第二種生物動力學模型為非線性的循環式類神經網路(recurrent neural network)模型(圖 6)，用來預測座椅面垂直(z)方向衝擊性加速度對坐姿人員之脊椎響應。ISO 2631-5:2004 兩種生物動力學模型所使用的參數是由實驗研究所獲得之資料，其數學模型、計算方法及範例程式(Matlab)皆詳載於 ISO 2631-5:2004 及其附錄中。

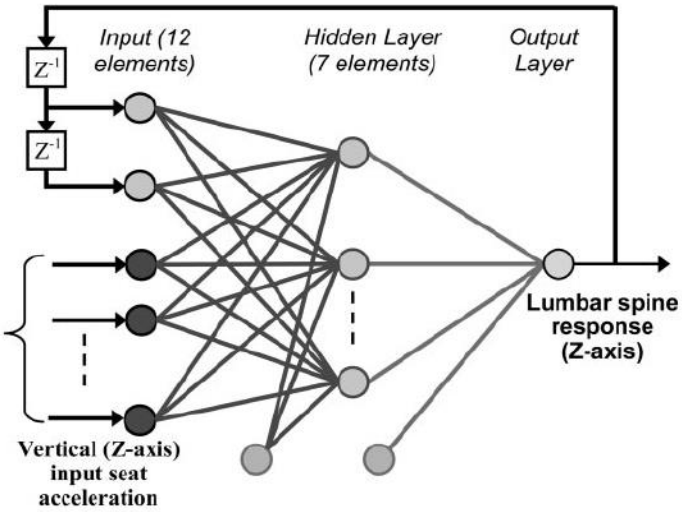


圖 6　ISO 2631-5:2004 預測 z 軸脊椎加速度之循環式類神經網路模型[41]

ISO 2631-5:2004 規範建議對於具有多次衝擊之振動採用日等量靜態壓應力劑量 S_{ed} (daily equivalent static compression dose)及風險係數 R(Risk factor)來評估對健康的危害。規範以坐墊量測所得之加速度，分別依其方向應用上述生物動力學模型來推估脊椎之加速度，並以脊椎加速度之峰值分別計算 x、y、z 振動方向之加速度暴(劑)量(acceleration dose)，再進一步依每日之振動暴露時間換算為日加速度暴量(daily acceleration dose)。加速度日暴量因與壓應力峰值有線性關係，可整合 x、y、z 三個振動方向之日暴量來推估脊椎之等效靜態壓應力 S_e(equivalent static compressive stress)及日等量靜態壓應力劑量 S_{ed}(daily equivalent static compression dose)，並進一步使用 S_{ed} 來計算對健康危害之風險係數 R。加速度暴量的計算方法如公式(7)所示，其中 A_{ik} 為第 i 個脊椎加速度響應之峰值(兩相鄰之過零點區間中之加速度峰值)，k = x, y 或 z。在 x, y 方向之脊椎加速度響應同時考慮正、負向之峰值，而 z 方向之脊椎加速度響應僅考慮正向(脊椎壓縮方向)之峰值。等量靜態壓應力 S_e 及日等量靜態壓力 S_{ed} 之計算方法分別如公式(8)、(9)所示，公式中之 T、T_d 為分別為 S_e 之測量時間與每日振動暴露，S_e 之單位為 MPa。

$$D_k = \left[\sum_i A_{ik}^6 \right]^{1/6} \quad \text{.....} (7)$$

$$S_e = \left[(0.015 D_x)^6 + (0.035 D_y)^6 + (0.032 D_z)^6 \right]^{1/6} \quad \text{.....} (8)$$

$$S_{ed} = S_e \cdot \left(\frac{T_d}{T}\right)^{1/6} \quad \text{.....} (9)$$

$$R = \left[\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{S_{ed} \cdot N^{1/6}}{S_{uj} - c}\right)^6\right]^{1/6} \quad \text{.....} (10)$$

$$S_{uj} = 6.75 - 0.066(b + j) \quad \text{.....} (11)$$

公式(10)的 N 代表一年所暴露的天數，j 為年的計數, n 為暴露的年數, c 代表重力下的靜態應力常數，公式(11)中 S_{uj} 則是年齡(b+j)歲者的最大脊椎強度，其中 b 代表開始暴露的年齡。

ISO 2631-5:2004 建議當 R<0.8 時代表健康危害的機率低，而 R >1.2 代表健康危害的機率高；同樣地說法，當 S_{ed} < 0.5 MPa 時代表健康危害的機率低，S_{ed} > 0.8 MPa 時代表健康危害的機率高。

然而，ISO 2631-1:1997 與 ISO 2631-5:2004 兩規範往往會因評估對象承受不同程度的衝擊性振動，而產生不同等級的危害評估結果。例如：Alem 曾同時採用 ISO 2631-1:1997 與 ISO 2631-5:2004 對超過 1000 筆各式軍用運輸工具的振動資料進行分析，在剔除 90% RMS 與 S_{ed} 同屬低危害分級(severity category)的資料之後，找出 RMS 與 S_{ed} 危害分級有明顯差異的資料，並經目視檢查確認該類型資料含有多次衝擊訊號[41]。Khorshid 等人研究不同車種以不同速度通過數種地面隆起物(speed control hump)時，所產生之衝擊性全身振動影響[42]，該研究以類似於 ISO 2631-1 的 BS 6841:1987 規範計算 VDV 值達到 15 $m/s^{1.75}$ 之可通過次數，並與 ISO 2631-5 規範計算 S_{ed} 值低於 0.8 MPa 之可通過次數進行比較。結果在中低車速時(<60 km/hr)，BS 6841:1987 規範較為保守，而在中高車速時(60～80 km/hr)，ISO 2631-5 規範較為保守，顯示 ISO 2631-5:2004 規範對於具有高衝擊性的振動較為敏感。

由於先前未有規範訂定 ISO 2631-1:1997 與 ISO 2631-5:2004 兩規範的使用時機，因此對於具有多種複雜加速度特性之振動分析，在無法區隔與選擇適當的評估方式下，專家建議應同時進行 ISO 2631-1:1997 與 ISO 2631-5:2004 所建議之分析，並透過評估結果比較來判定對人員之健康危害程度[41,42]。

(二) ISO 2631-5:2018 規範

2018 年 ISO 2631-5 做了極大幅度的修改。該規範所描述的評估方法是基於身體狀況良好且無脊柱病理證據的個體，其椎骨終板(硬組織)的預測生物力學反應，惟 ISO 2631-5:2018 所描述的風險評估方法和相關生物力學模型尚未得到系統性流行病學的驗證。與前一版 ISO 2631-5:2004 最大的不同在於 ISO 2631-5:2018 僅考慮多次衝擊對椎骨終板所產生之壓縮負荷(compressive load)，以評估對腰椎產生不利健康影響的風險。ISO 2631-5:2018 可用於評估在 0.01～80 Hz 測量頻寬內，於坐骨結節下方所測得未加權垂直加速度峰值高達 137.3 m/ s^2(14 g)的情況。

ISO 2631-5:2018 所考慮的暴露條件與 ISO 2631-1:1997 中所述的全身振動基本評估條件不同，必須先區分兩種暴露方式：

1. 首先，人們發現軍用越野車或高速船等典型的「嚴酷條件」(severe condition)，而這些嚴酷條件主要受到 z 軸加速度的支配，過程可能包含自由落體的期間，使受測者因暴露而失去與座椅表面的接觸。這種條件的評估方式採用 ISO 2631-5:2018 於附件 C 和 D 中的說明。其測量上的要求(頻帶寬，信號調節)與 ISO 2631-1:1997 不同，並且因為此種狀況在 z 方向上的振動占主導地位，所以不考慮 x 和 y 方向振動對脊柱壓縮力的影響。
2. 其次，2631-5：2018 也涵蓋了「次嚴酷條件」(less severe condition)，亦即沒有自由落體事件，並且在整個測量過程中受試者都保持坐姿。例如：在工業環境中牽引機、林業機械、移動式土方機械行駛在不平的地面(越野、坑洼、頻繁穿越鐵軌等)上。這種條件的危害評估採用 ISO 2631-5:2018 於附件 A 和 E 中的方法，其測量要求與 ISO 2631-1:1997 中規範的未加權加速時間序列相同。

ISO 2631-5:2018 建議先確認以下兩個問題來選擇適用的評估方法(圖 7)：

1. 駕駛員是否會失去與座椅的接觸(或者在沒有約束系統的情況下，駕駛員會失去接觸)？
2. 暴露過程是否包含自由落體期？

如果任一問題的答案為是，則必須使用第 5 條規範以及附件 C 和 D 的方法。如果仍有疑問，可採用第 5 條規範或附件 A(選擇的可能性更高)中所述的方法，測量具代表性的暴露並對這些定量數據進行檢核，將 z 方向上所測得的時間序列經過 ISO 2631-1 中所述的頻帶濾波後，如果加速度未超過 9.81 m/s^2，則使用 ISO 2631-5:2018 附件 A 和 E 的評估方法，反之，若加速度峰值超過 9.81 m/s^2，則適用第 5 條規範之分析以及附錄 C 和 D 的風險評估方法。

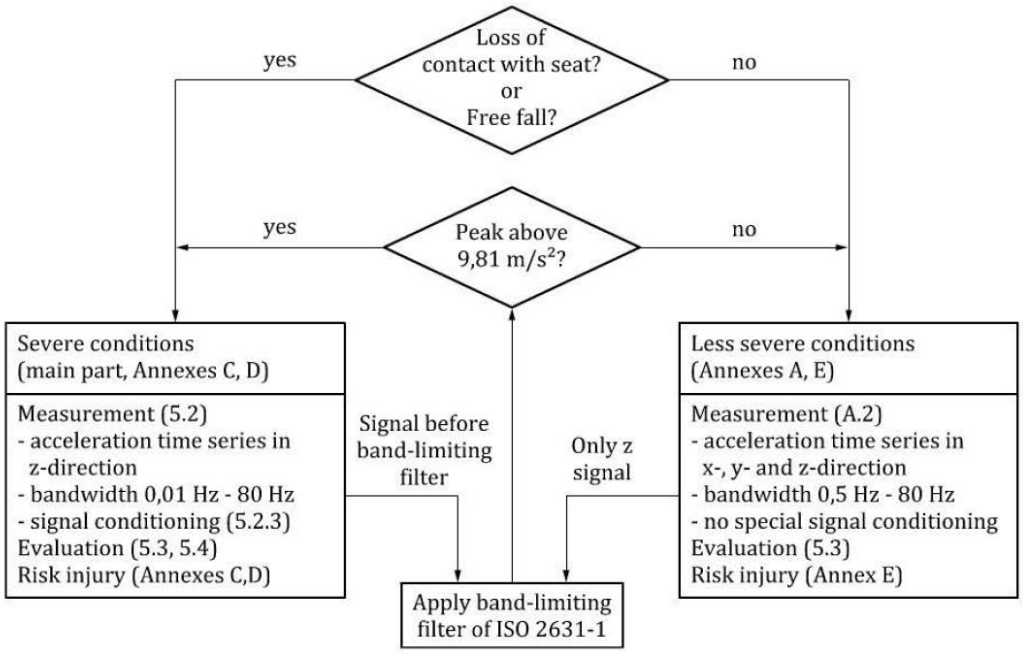


圖 7　ISO 2631-5:2018 判別/選擇評估方法的流程圖(資料來源：ISO 2631-5:2018[39])

由於 ISO 2631-5:2018 考量到受測者因衝擊性振動而失去與座椅表面的接觸，因此測量設備除了席盤加速度計等設備需滿足 ISO 2631-1:1997 所述之外，還額外需要接觸開關、錄影記錄或其它可供辨識臀部離席的狀況。除此之外，根據使用的抗混疊(anti-aliasing)方法，可能需要每秒 256 或更高的採樣率。

1. 「嚴酷條件」分析

在「嚴酷條件」下，ISO 2631-5:2018 建議振動測量需要進行信號調理(signal conditioning)。首先檢查加速度信號的符號(正、負)是否正確(亦即向上加速度為正)，因為分析方法與壓縮脊柱負荷有關。其次必須消除座墊上的加速度計席盤與受測對象之間沒有接觸時(臀部離席)的信號。如果是以較高的頻率擷取數據之

後必須重新採樣(resample)以進行分析，此時必須檢查是否使用了適當的抗混疊濾波。所測得的加速度應進行偏移校正，以使在靜止不動的加速度計(或不對稱信號)下記錄的加速度為(0±0.1)m/s^2。如果分析了在記錄開始或結束時加速度計處於運動狀態的時間序列，在應用頻帶限制濾波器之前應採用訊號衰減的方式處理，例如：在幾秒鐘內施加餘弦錐度來逐漸減小信號。最後，使用截止頻率為 0.01 Hz 的二階 Butterworth 高通濾波器和截止頻率為 80 Hz 的四階 Butterworth 低通濾波器，以將偏移校正後的加速度測量值限制在 0.01 Hz 和 80 Hz 的頻帶內，而非使用 ISO 2631-1 中定義的頻帶限制和加權濾波器。

調理過之加速度訊號採用轉換函數來推算脊柱的響應加速度。座椅和脊柱之間的頻率響應採用一個複數零和六個複數極點公式的轉換函數，其頻率響應及相位如圖 8 所示。

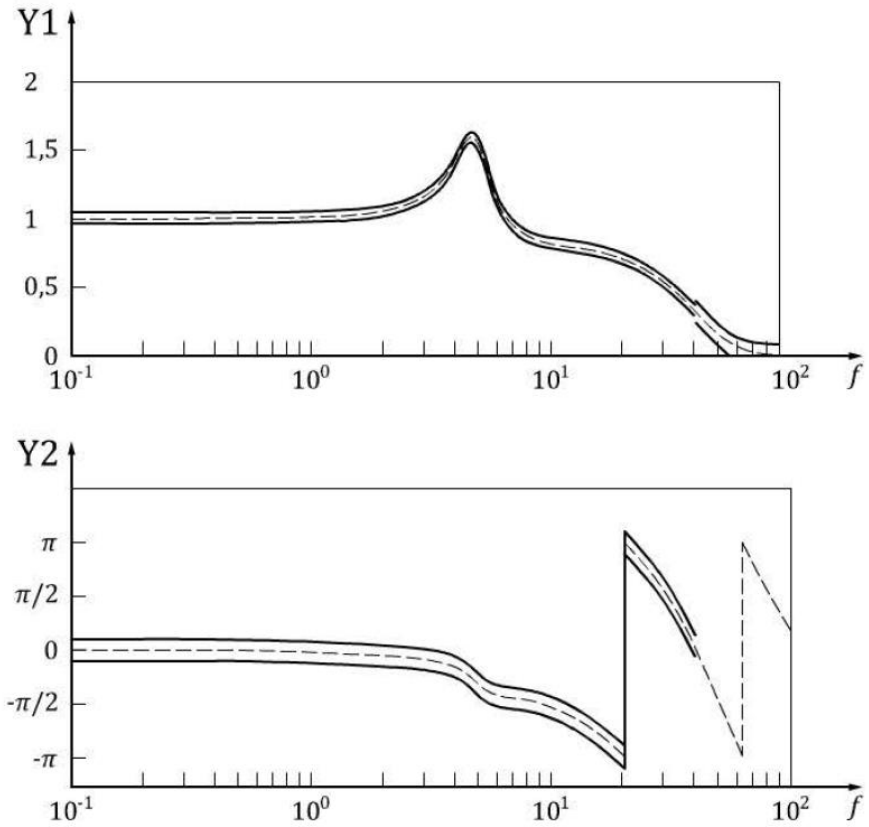


圖 8　含公差帶的座椅對脊柱傳遞功能的頻率響應(Y1：強度，Y2：相位(單位：rad)；資料來源：ISO 2631-5:2018[39])

垂直方向上的加速度劑量 D_z(以 m/s^2 為單位)定義為公式(12)，其中 $A_{z,i}$ 是響應加速度 $A_z(t)$的第 i 個脊椎加速度響應之峰值(兩相鄰之過零點區間中之加速度峰值)。每日劑量 D_{zd}(以 m/s^2 為單位)使用公式(13)計算，其中 t_d 是每日暴露的時間，t_m 是測量獲得 D_z 的時間。當每日振動暴露包括兩個或多個不同幅度的周期時，可以將總每日暴露的加速度劑量採用公式(14)計算，其中 $D_{z,j}$ 是狀況(時間區段)j 下的加速度劑量，$t_{d,j}$ 是每日 j 狀況暴露的時間，$t_{m,j}$ 是測量 j 狀況獲得 $D_{z,j}$ 的時間。

$$D_z = 1.07\left(\sum_i A_{z,i}^6\right)^{1/6} \quad \text{.....} (12)$$

$$D_{zd} = D_z\left(\frac{t_d}{t_m}\right)^{\frac{1}{6}} \quad \text{.....} (13)$$

$$D_{zd} = \left(\sum_j D_{z,j}^6 \frac{t_{d,j}}{t_{m,j}}\right)^{\frac{1}{6}} \quad \text{.....} (14)$$

ISO 2631-5:2018 於附錄 C 說明在計算出平均每日暴露時間的加速度劑量 D_{zd} 之後，將 D_{zd} 乘以 m_z 得到每日壓縮劑量 S_d(公式(15)，單位 MPa)，其中 m_z 代表骨盆上方承受的質量除以脊柱終板面積。。

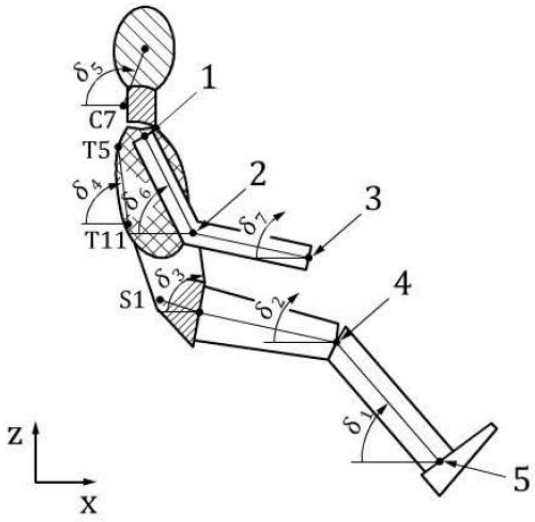
$$S_d = m_z D_{zd} \quad \text{.....} (15)$$

2. 「次嚴酷條件」分析

在「次嚴酷條件」下，ISO 2631-5:2018 附錄 A 建議將採集之加速度時間序列，借助生物力學模型的傳遞函數來計算兩個椎骨之間的壓力，而這些傳遞函數包含在計算軟體中，該軟體可從網站 http://standards.iso.org/iso/2631/-5/ed-2 取得。必須在軟體的輸入文件中指定測量的加速度時間序列的數據檔案路徑。如果沒有可用的靠背測量值，可以使用座椅表面的測量值代替。腳和手的暴露程度是以座椅安裝點或機艙地板上進行的一次測量。如果僅有座椅表面的數據可用，則將其用於座椅和靠背，其他測量點將設定為 0 m/s^2。除此之外，該模型需要輸入暴露者的姿勢(圖 9)、體重和身高(BMI)，並須提供其終生暴露歷史記錄。

分析軟體計算出頻域之壓縮力(compression-decompression forces)之後，再

經逆富利葉轉換為時域之壓縮力 C_{dyn}，並據此計算一天的壓縮劑量值S_d^A。每次暴露的壓縮劑量 S^A(MPa)定義為作用在椎骨終板 B 面積(mm^2)上的峰值壓縮力 $C_{dyn,i}$(N)的總和(公式(16))。根據過去的文獻數據，椎體終板面積已合併到軟體中，椎骨終板 B 的平均值為 T12/L1：460 mm^2，L1/L2：1520 mm^2，L2/L3：1580 mm^2，L3/L4：1590 mm^2，L4/LS：1600 mm^2，L5/S1：1550 mm^2。若為了估計對健康的影響，考慮一天中 j 次暴露的腰椎的等效每日壓縮劑量S_d^A(MPa)可採用公式(17)計算，其中S_j^A是狀況(時間區段)j 下的動態壓縮應力，$t_{d,j}$ 是每日 j 狀況暴露的時間，$t_{m,j}$ 是測量 j 狀況獲得 $D_{z,j}$ 的時間。



Angles in degrees

Model/posture group	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6	δ_7
Group 1	72,0	7,3	18,0	92,7	129,3	48,7	-6,0
Group 2	68,0	11,8	18,0	89,5	119,5	43,7	25,5
Group 3	64,0	2,0	18,0	100,0	125,5	75,4	6,1
Group 4	75,5	8,0	18,0	89,7	121,7	75,8	9,3
Group 5	84,7	7,9	18,0	93,2	122,0	76,9	13,0
NOTE See Figure A.1.							

圖 9　分析軟體使用之坐姿角度定義與 5 種角度分群(資料來源：ISO 2631-5:2018[39])

$$S^A = \left[\sum_i \left(\frac{C_{dyn,i}}{B}\right)^6\right]^{\frac{1}{6}} \quad \text{.....} (16)$$

$$S_d^A = \left(\sum_j (S_j^A)^6 \frac{t_{d,j}}{t_{m,j}}\right)^{\frac{1}{6}} \quad \text{.....} (17)$$

3. 健康危害風險評估

根據「嚴酷條件」或「次嚴酷條件」分析獲得每日壓縮劑量之後，分別使用 ISO 2631-5:2018 附錄 C 與附錄 E 之公式推算傷害風險(應力變量)R。R 可以用於評估與人體響應加速度劑量相關的不良健康影響，其計算應逐年考慮暴露時間的增加與年齡的增長(或強度的降低)。

三、歷年 ISO 全身振動規範比較

ISO 全身振動有關的標準可以根據其評估指標與方法區分為 4 類(如表 2 所示)，目前歐盟、美國、加拿大、日本、澳洲等國皆採用以 ISO 2631-1：1997, 2001(修正)版本為基礎的測量評估規範，該規範的操作除了比起早期 ISO 2631：1985 版本簡易之外，另外增加 VDV 的指標，可對具有衝擊性的振動評估更客觀。

ISO 2631-5 的發展完全是針對評估具有連續性衝擊的振動需要，而 2004 的版本又與 2018 有完全不同的評估內容；ISO 2631-5 分析軟體之操作方式與流程又比 ISO 2631-1：1997 複雜許多，其所使用之評估指標亦與 ISO 2631-1 有極大差異，至今仍未見有任何國家將 ISO 2631-5 入法。

表 2　不同 ISO 全身振動規範比較

ISO 標準 (應用型態)	評估指標(單位)	加速度頻率加權/轉換函數	(日)暴露限制	附註
2631:1985 (連續型振動)	RMS (m/s^2)	無	以加速度 1/3 octave 頻率圖/表呈現時間限制	分 x,y 與 z 方向(表 5)
2631-1:1997, 2010(修正) (連續型及衝擊振動)	RMS (m/s^2) VDV ($m/s^{1.75}$)	Wd (x, y 方向); Wk (z 方向)	AL: $RMS_{(8)}$ = 0.43 EL: $RMS_{(8)}$ = 0.87 AL: $VDV_{(d)}$ = 8.5 EL: $VDV_{(d)}$ = 17	考慮主要振動(最大方向)
2631-5:2004 (多次衝擊型振動)	S_e (MPa) R	生物力學模型(x, y 方向);類神經模型(z 方向)	AL: $S_{e(d)}$ = 0.5 EL: $S_{e(d)}$ = 0.8	合併三軸劑量
2631-5:2018 (多次衝擊型振動)	嚴酷條件:S_d (MPa) 次嚴酷條件:S_d^A (MPa)	嚴酷條件:採 z 方向轉換函數 次嚴酷條件:使用分析軟體計算出頻域之壓縮力	使用 S_d 或S_d^A分別以公式推算傷害風險(應力變量)R	信號調理詳見內文。

第二節　歐盟(EU)全身振動規範

現今歐盟 Physical Agents Directive 於 2002 年頒佈 Directive 2002/44/EC 振動暴露規範，並於 2005 年 7 月成為所屬會員國遵守的法令。該規範於附件 B 明訂對於全身振動測量採用與 ISO 2631-1:1997 相同的標準，以 RMS 作為人體健康之危害主要評估，並將 VDV 列為其替代方法。然而，有別於 ISO 2631-1:1997 所定義之健康危害警戒區域，Directive 2002/44/EC 規範分別採用 0.5 及 1.15 m/s^2 作為 RMS 日平均的行動位準值及暴露限制值，並建議分別採用 9.1 及 21 $m/s^{1.75}$ 作為 VDV 的 AL 及 EL[43]。歐盟會員國必須依據上述 Directive 2002/44/EC 規範所訂定的最低標準(minimum requirements)來制訂各國相關的法令。

第三節　我國與各國全身振動法規之比較

本研究將所收集到各國當前的全身振動法規彙整於表 3[44-57]。屬於歐盟的國家(例如：德國(German Standard. VDI 2057 part 1 & 2)、法國(Decree No 2005-746)、芬蘭(VNa 48/2005 Decree))都需遵循 Directive 2002/44/EC 之規範，因循 ISO 2631:1997 規範之評估方式，並採用 $RMS_{(8)}$ AL=0.5 m/s^2, EL=1.15 m/s^2；VDV_d AL=9.1 $m/s^{1.75}$, EL=21 $m/s^{1.75}$ 當作最低標準，但部分國家可能會增列其它的規範項目。例如：德國在職業危害(風險)認定上把 z 方向 $RMS_{(8)}$的 AL 及 EL 分別從 0.5 m/s^2 與 1.15 m/s^2 調降為 0.45 m/s^2 與 0.8 m/s^2；芬蘭則額外增列加速度的最大值不得超過 7 m/s^2；而英國(UK Statutory Instruments 2005 No.1093)所採用之 $RMS_{(8)}$規範雖然並無不同，但未見其明確指出 VDV 的使用。波蘭是規範較特殊的國家，直到 2014 年其國家規範仍採用三軸合成加速度為指標，一般規定成人一日 8 小時均值需低於 0.8 m/s^2，少於 30 分鐘之短時暴露值需低於 3.2 m/s^2；16 至 18 歲之年輕族群一日 8 小時均值需低於 0.19 m/s^2，少於 30 分鐘之短時暴露值則需低於 0.76 m/s^2；此外，懷孕婦女則禁止暴露(Dziennik Ustaw 2014, No 817)。

屬於 WTO 組織中的其它國家目前亦遵循 ISO 2631-1:1997 與 ISO 2631-1:2010(修正)規範，例如：澳洲(AS 2670.1-2001)與加拿大(Canada National Law, 1990)採用與美國 ACGIH 現行相同之暴露標準($RMS_{(8)}$ AL=0.43 m/s^2, EL=0.87 m/s^2；VDV_d AL=8.5 $m/s^{1.75}$, EL=17 $m/s^{1.75}$)。相較之下，日本雖使用 ISO 2631-1:1997 作為測量評估方法(JIS B 7760-1:2004; JIS B 7760-2:2004)，但其另行採用日本産業衛生學會所訂定之暴露標準(日本産業衛生学会, 2019)，以三軸合成加速度(a_w)為指標，訂定 0.35 m/s^2 為 8 小時日暴均值上限；其三軸合成加速度與容許暴露時間的計算分別採用公式(18)與(19)。

$$a_w = \sqrt{1.4a_{wx}^2 + 1.4a_{wy}^2 + a_{wz}^2} \quad \text{.....} (18)$$

$$T(\text{小時}) = 0.98/a_w^2 \quad \text{.....} (19)$$

表 3　當前各國全身振動規範一覽表[44-57]

Standard followed	National Act	Year	RMS_AL	RMS_EL	VDV_AL	VDV_EL
Directive 2002/44/EC		2002	0.5 m/s^2 (for x, y, z)	1.15 m/s^2 (for x, y) 0.8m/s^2 (for z)	9.1 $m/s^{1.75}$	21 $m/s^{1.75}$
德國	VDI 2057-1 S.22	2017	0.5 m/s^2 + 0.45 m/s^2 (for z)	1.15 m/s^2 +0.8 m/s^2 (for z)	9.1 $m/s^{1.75}$	21 $m/s^{1.75}$
法國	Decree No 2005-746	2011	0.5 m/s^2	1.15 m/s^2	9.1 $m/s^{1.75}$	21 $m/s^{1.75}$
英國	BS ISO 2631-1,4; UK Statutory Instruments	2008	0.5 m/s^2	1.15 m/s^2		
芬蘭	VNa 48/2005 Decree	2016	0.5 m/s^2	1.15 m/s^2　7(max)	9.1 $m/s^{1.75}$	21 $m/s^{1.75}$
波蘭	Dziennik Ustaw 2014, No 817	2014	Asum(8) <0.8 m/s^2 + 3.2(short<30min) pregnant women is prohibited; A(8)=0.19 m/s^2 + 0.76(short<30min) for 16-18 yrs.		NA	NA
ISO 2631-1:1997 ISO 8041:2003, 2017		1997	0.45 m/s^2 (for x, y, z)	0.9 m/s^2 (for x, y) 0.8m/s^2 (for z)	8.5 $m/s^{1.75}$	17 $m/s^{1.75}$
ISO2631-1: 2010(修正) ISO 8041:2003, 2017		2010	0.43 m/s^2	0.87 m/s^2	8.5 $m/s^{1.75}$	17 $m/s^{1.75}$
日本	JIS B 7760-1,2:2004 許容濃度等の勧告	2019		Asum(8) = 0.35 m/s^2	NA	NA
澳洲	AS 2670.1-2001 (R2016)	2016	0.43 m/s^2	0.87 m/s^2	8.5 $m/s^{1.75}$	17 $m/s^{1.75}$
加拿大	ACGIH(2018)	2018	0.43 m/s^2	0.87 m/s^2	8.5 $m/s^{1.75}$	17 $m/s^{1.75}$
美國	ASA S2.72-2002/Part1 ACGIH(2016~)	2020	0.43 m/s^2	0.87 m/s^2	8.5 $m/s^{1.75}$	17 $m/s^{1.75}$
ISO2631-1:1985			1/3 Oct band limit chart		NA	
中華民國	職業安全衛生設施規則第 301 條	2001~	1/3 Oct band limit chart		NA	

雖然 WTO 及歐盟各國所訂定的標準值(AL 及 EL)稍有不同，但大多國家目前依循的標準皆是以 ISO 2631-1:1997 的評估指標與方法為基礎，而 1990 年以前的標準大多已被各國下架；雖然當前也有更新的 ISO 2631-5:2004, 2018 相關規範出版，但仍未見有國家法令將其納入。相較之下，我國現行職業安全衛生設施規則第 301 條所使用之評估方法與判定標準已顯得過時。

我國現行職業安全衛生設施規則第 301 條全身振動暴露法令規範，規定雇主僱用勞工從事振動作業，應使勞工每天全身振動暴露時間，依據垂直及水平振動 1/3 八音度頻帶中心頻率(單位為赫、Hz)之加速度(單位為每平方秒公尺、m/s^2)，分別不得超過表 4 所列之容許時間。而美國職業安全衛生署(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)則建議參照美國政府工業衛生師協會(ACGIH)及美國國家職業安全衛生研究所(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)所訂定之暴露容許規範，因

此直到 2015 年基本上仍採用 ISO 2631-1:1985 的規範，但因其採用「疲勞-降低效率」境界作為標準，是我國現行標準「暴露限制」境界容許強度的 1/2(表 5)，因此，會比我國職業安全衛生設施規則第 301 條來得嚴格。此外，ACGIH 曾於 2002 年指出該 ANSI/ISO 標準並不適用於具有衝擊性振動之環境，因此，美國於 2002 先將其 ANSI S3.18-2002 法案參照 ISO 2631-1:1997 修改為 ANSI S2.72-2002/Part 1，ACGIH 也終於在 2016 年修訂全身振動規範，改採用 ISO2631-1:1997 及 ISO2631-1:2010(修正)的測量方法與評估標準，並建議具有高峰值因數(Crest Factor≧9)之振動應將 VDV 納為衡量指標之一(表 6)。相較於各國現行法規，我國職業安全衛生設施規則第 301 條的法令規範顯得已有些不合時宜。

表 4　職業安全衛生設施規則第 301 (a)垂直 (b)水平 方向全身振動容許暴露最大加速度值(m/s^2) (資料來源：全國法規資料庫)

(a)

容許時間 / 加速度 m／s² / 1/3 八音度頻帶中心頻率 Hz	8 小時	4 小時	2.5 小時	1 小時	25 分	16 分	1 分
1.0	1.26	2.12	2.80	4.72	7.10	8.50	11.20
1.25	1.12	1.90	2.52	4.24	6.30	7.50	10.00
1.6	1.00	1.70	2.24	3.80	5.60	6.70	9.00
2.0	0.90	1.50	2.00	3.40	5.00	6.00	8.00
2.5	0.80	1.34	1.80	3.00	4.48	5.28	7.10
3.15	0.710	1.20	1.60	2.64	4.00	4.70	6.30
4.0	0.630	1.06	1.42	2.36	3.60	4.24	5.60
5.0	0.630	1.06	1.42	2.36	3.60	4.24	5.60
6.3	0.630	1.06	1.42	2.36	3.60	4.24	5.60
8.0	0.630	1.06	1.42	2.36	3.60	4.24	5.60
10.0	0.80	1.34	1.80	3.00	4.48	5.30	7.10
12.5	1.00	1.70	2.24	3.80	5.60	6.70	9.00
16.0	1.26	2.12	2.80	4.72	7.10	8.50	11.20
20.0	1.60	2.64	3.60	6.00	9.00	10.60	14.20
25.0	2.00	3.40	4.48	7.50	11.20	13.40	18.00
31.5	2.50	4.24	5.60	9.50	14.20	17.00	22.4
40.0	3.20	5.30	7.10	12.00	18.00	21.2	28.0
50.0	4.00	6.70	9.00	15.00	22.4	26.4	36.0
62.0	5.00	8.50	11.20	19.00	28.0	34.0	44.8
80.0	6.30	10.60	14.20	22.16	36.0	42.4	54.0

(b)

容許時間 / 加速度 m／s² / 1/3 八音度頻帶中心頻率 Hz	8 小時	4 小時	2.5 小時	1 小時	25 分	16 分	1 分
1.0	0.448	0.710	1.00	1.70	2.50	3.00	4.0
1.25	0.448	0.710	1.00	1.70	2.50	3.00	4.0
1.6	0.448	0.710	1.00	1.70	2.50	3.00	4.0
2.0	0.448	0.710	1.00	1.70	2.50	3.00	4.0
2.5	0.560	0.900	1.26	2.12	3.2	3.8	2.0
3.15	0.710	1.120	1.6	2.64	4.0	4.72	6.30
4.0	0.900	1.420	2.0	3.40	5.0	6.0	8.0
5.0	1.120	1.800	2.50	4.24	6.30	7.50	10.0
6.3	1.420	2.24	3.2	5.2	8.0	9.50	12.6
8.0	1.800	2.80	4.0	6.70	10.0	12.0	16.6
10.0	2.24	3.60	5.0	8.50	12.6	15.0	20
12.5	2.80	4.48	6.30	10.60	16.0	19.0	25.0
16.0	3.60	5.60	8.0	13.40	20	23.6	32
20.0	4.48	7.10	10.0	17.0	25.0	30	40
25.0	5.60	9.00	12.6	21.2	32	38	50
31.5	7.10	11.20	16.0	26.4	40	47.2	63.0
40.0	9.00	14.20	20.0	34.0	50	60	80
50.0	11.20	18.0	25.0	42.4	63.0	75	100
62.0	14.20	22.4	32.0	53.0	80	91.4	126
80.0	18.00	28.0	40	67.0	100	120	160

表 5　ACGIH TLVs and BEIs (a)垂直 (b)水平 方向全身振動暴露最大加速度值(m/s^2)

(資料來源：ACGIH:2015[58])

(a)

Frequency Hz	Acceleration, m/s^2 Exposure times 24 h	16 h	8 h	4 h	2.5 h	1 h	25 min	16 min	1 min
1.0	0.280	0.383	0.63	1.06	1.40	2.36	3.55	4.25	5.60
1.25	0.250	0.338	0.56	0.95	1.26	2.12	3.15	3.75	5.00
1.6	0.224	0.302	0.50	0.85	1.12	1.90	2.80	3.35	4.50
2.0	0.200	0.270	0.45	0.75	1.00	1.70	2.50	3.00	4.00
2.5	0.180	0.239	0.40	0.67	0.90	1.50	2.24	2.65	3.55
3.15	0.160	0.212	0.355	0.60	0.80	1.32	2.00	2.35	3.15
4.0	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
5.0	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
6.3	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
8.0	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
10.0	0.180	0.239	0.40	0.67	0.90	1.50	2.24	2.65	3.55
12.5	0.224	0.302	0.50	0.85	1.12	1.90	2.80	3.35	4.50
16.0	0.280	0.383	0.63	1.06	1.40	2.36	3.55	4.25	5.60
20.0	0.355	0.477	0.80	1.32	1.80	3.00	4.50	5.30	7.10
25.0	0.450	0.605	1.0	1.70	2.24	3.75	5.60	6.70	9.00
31.5	0.560	0.765	1.25	2.12	2.80	4.75	7.10	8.50	11.2
40.0	0.710	0.955	1.60	2.65	3.55	6.00	9.00	10.6	14.0
50.0	0.900	1.19	2.0	3.35	4.50	7.50	11.2	13.2	18.0
63.0	1.120	1.53	2.5	4.25	5.60	9.50	14.0	17.0	22.4
80.0	1.400	1.91	3.15	5.30	7.10	11.8	18.0	21.2	28.0

(b)

Frequency Hz	Acceleration, m/s^2 Exposure times 24 h	16 h	8 h	4 h	2.5 h	1 h	25 min	16 min	1 min
1.0	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.0
1.25	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.0
1.6	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.0
2.0	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.0
2.5	0.125	0.171	0.280	0.450	0.63	1.06	1.6	1.9	2.5
3.15	0.160	0.212	0.355	0.560	0.8	1.32	2.0	2.36	3.15
4.0	0.200	0.270	0.450	0.710	1.0	1.70	2.5	3.0	4.0
5.0	0.250	0.338	0.560	0.900	1.25	2.12	3.15	3.75	5.0
6.3	0.315	0.428	0.710	1.12	1.6	2.65	4.0	4.75	6.3
8.0	0.40	0.54	0.900	1.40	2.0	3.35	5.0	6.0	8.0
10.0	0.50	0.675	1.12	1.80	2.5	4.25	6.3	7.5	10.0
12.5	0.63	0.855	1.40	2.24	3.15	5.30	8.0	9.5	12.5
16.0	0.80	1.06	1.80	2.80	4.0	6.70	10.0	11.8	16.0
20.0	1.00	1.35	2.24	3.55	5.0	8.5	12.5	15.0	20.0
25.0	1.25	1.71	2.80	4.50	6.3	10.6	15.0	19.0	25.0
31.5	1.60	2.12	3.55	5.60	8.0	13.2	20.0	23.6	31.5
40.0	2.00	2.70	4.50	7.10	10.0	17.0	25.0	30.0	40.0
50.0	2.50	3.38	5.60	9.00	12.5	21.2	31.5	37.5	50.0
63.0	3.15	4.28	7.10	11.2	16.0	26.5	40.0	45.7	63.0
80.0	4.00	5.4	9.00	14.0	20.0	33.5	50.0	60.0	80.0

表 6　ACGIH TLVs and BEIs 全身振動暴露最大加速度值(m/s^2) (資料來源：ACGIH:2016[59])

Duration (Hours)	TLV® (ISO Upper Boundary)	AL (ISO Lower Boundary)
0.1667	6.0000	3.0000
0.5000	3.4644	1.7322
1.0000	2.4497	1.2249
2.0000	1.7322	0.8661
4.0000	1.2249	0.6124
8.0000	0.8661	0.4331
24.0000	0.5000	0.2500

第四節　國際上局部振露規範

早期國際對於局部振動綜合症(Hand-arm vibration syndrome, HAVS)的防制仍然沒有單一的標準，例如：在美國有三種標準[60]，包括：美國政府工業衛生師協會(ACGIH)1984 年所提出之閾限值(Threshold Limit Value, TLV)[61]，美國國家標準局(American National Standards Institute, ANSI)1986 年提出之 ANSI S3.34[62]，以及美國國家職業安全衛生研究所(NIOSH)1989 年所制訂之 HAVS 標準[31]。其中，ACGIH 所擬之 TLV(表 7)單日暴露容許限值所採用圖 10 所示之頻率加權，經加權後任何一個方向(x, y, z)之加速度值若超過 TLV 即視為違反 ACGIH 之標準，而 ANSI 之標準也採用類似的方式。

相反地，NIOSH 建議勿採用頻率加權的方式作為 HAVS 之防制基礎，且建議振動量測的範圍應達到 5000 Hz。此種概念乃假設振動暴露對生理疾病的影響程度與加速度之強度成正比，但與頻率之特性無關[63]。除此之外，亦有部分學者認為手部對振動能量吸收之多寡，與振動疾病間有密切的關係。由於不同之標準對於振動頻率之影響程度有不同之看法，因此專家學者建議應同時考量頻率加權與未加權之結果，並配合進行 HAVS 有關之健康監測，以達到防範職病發生的目標。

雖然國際標準組織(ISO)於 1986 年已經發展出有關 HAV 之規範 ISO/DIS 5349，但經過多年仍然因為其對加速度所採用之頻率加權方式受到質疑而推遲，該加權網是依據 ISO 8041:1985 對 6~16Hz 採用 0dB 加權，對 16~1250Hz 之頻率採每八頻帶 6dB 之衰減值。對於振動暴量的評估標準 ISO 亦建立於單日暴露量，惟 ISO 5349:1986 當時所建議日暴露量是以 4 小時頻率加權等能量加速度值來代表，對於非 4 小時之工作暴露，則以換算方式將其暴露量換算為 4 小時。

表 7　ACGIH 在 x, y, z 方向上手-臂振動之 TLV(資料來源：ACGIH:2012[64])

Total Daily Exposure Duration☆	Values of the Dominant,★ Frequency-Weighted, rms, Component Acceleration Which Shall not be Exceeded a_K,($a_{K_{eq}}$)	
	m/s^2	g^{Δ}
4 hours and less than 8	4	0.40
2 hours and less than 4	6	0.61
1 hour and less than 2	8	0.81
less than 1 hour	12	1.22

☆The total time vibration enters the hand per day, whether continuously or intermittently.

★Usually one axis of vibration is dominant over the remaining two axes. If one or more vibration axes exceeds the Total Daily Exposure, then the TLV® has been exceeded.

$g^{\Delta} = 9.81\ m/s^2$.

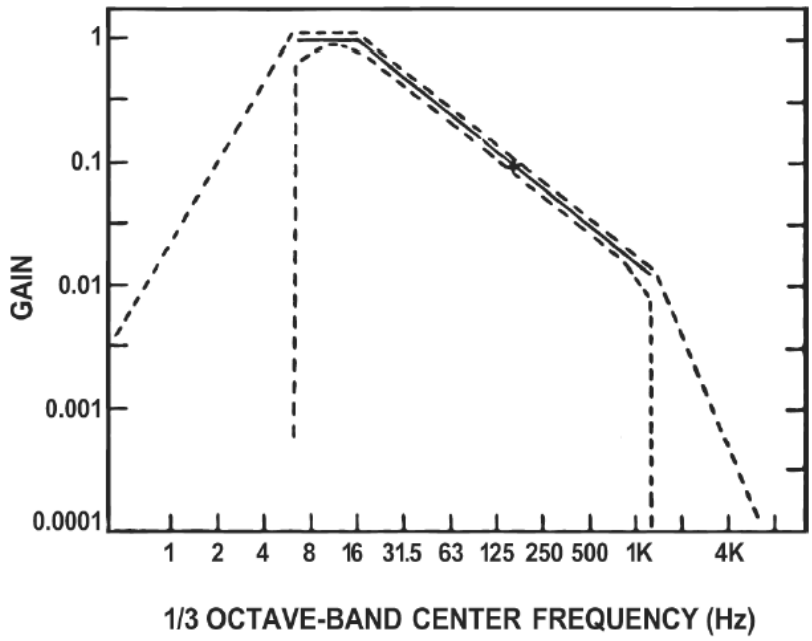


圖 10　ACGIH TLV 與 ANSI S3.34：1986 之手-臂振動頻率加權特性(實線)與容忍範圍(虛線)。(資料來源：ACGIH:2012[64])

在 1987 年 ISO 5349：1987 與 ANSI S3.34 發佈之後，微型和超微型加速度計與振動測量和分析儀器，以及醫學診斷和評估方法有了重大的改進。ISO 5349 於 2001 進行改版，而歐盟議會於 2002 年發布了「歐盟人類振動指令」Directive-2002/44 / EC，該指令規定局部振動 8 小時日暴露 AL(daily exposure action value, DEAV)為 2.5 m/s^2，8 小

時日暴露極限值 EL(daily exposure limit value, DELV)為 5.0 m/s^2。而 8 小時日暴露值 A(8)之計算方式採公式(20)、(21)計算，其中a_{hv}為三軸加速度個別頻率加權後之合成(公式(18))，T_v為工作者每日實際的暴露時間(小時)。

$$A(8) = a_{hv}\left(\frac{T_v}{8}\right)^{1/2} \quad (20)$$

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \quad (21)$$

而美國 ANSI 工作組也於 2006 年開發了 ANSI S3.34 的修訂版，發佈為 ANSI S2.70-2006.2，該標準符合 ISO 5349:2001 第 1 部分和第 2 部分的標準[65,66]，並具有振動評估準則，該標準已被美國政府部門、研究機構以及工業界普遍接受[67]，於是在 2015 之後的 ACGIH TLV 也比照修改，將表 7 所列的日容許暴露時間(小時)採用公式(22)計算，或參考圖 11。但因 ISO 5349-1: 2001 之振動頻率加權特性仍與之前 ISO 5349-1: 1986 標準相同，因此諸多局部振動規範所採用之頻率加權並無修改。

$$t_{exp} = 8h\left(\frac{5\ m/s^2}{a_{measured}}\right)^2 \quad (22)$$

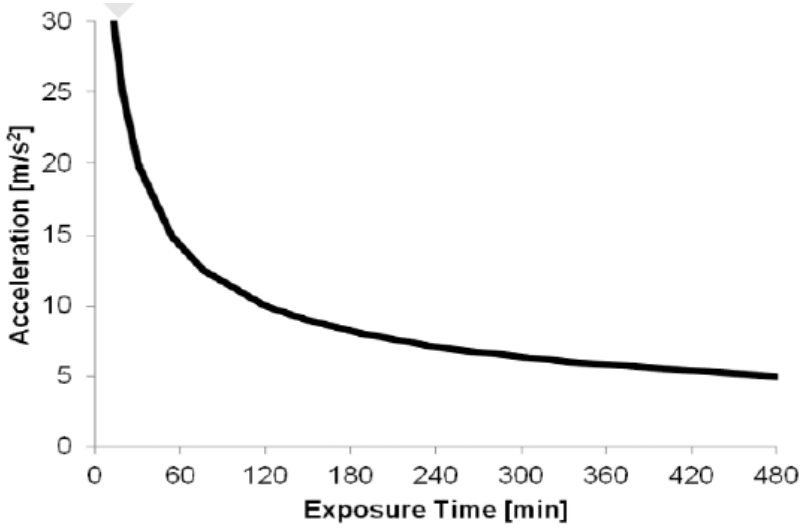


圖 11　局部振動日容許暴露時間(分)與加速度(m/s^2)之關係。(資料來源：ACGIH:2015[58])

第五節　我國與各國局部振動法規之比較

當前各國之局部振動暴露規範彙整如表 8 所示[68-75]。美國、加拿大(遵循 ACGIH TLV)、澳洲等 WTO 國家與歐盟會員國(德國、法國、芬蘭)以及英國皆採用 ISO 5349:2001 及 Directive-2002/44/EC 之標準，分別使用 2.5 m/s^2 與 5.0 m/s^2 作為日暴露的 AL 及 EL(表 8)。日本雖使用 ISO 5349:2001 作為測量評估方法(JIS B 7761-1, 2, 3:2004[76-78])，但其另行採用日本產業衛生學會所訂定之暴露標準，以三軸合成加速度(a_{hv})為指標，訂定 2.8 m/s^2 為 8 小時日暴均值上限；其三軸合成加速度與容許暴露時間的計算分別採用公式(23)與公式(24)。

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \quad \text{.....} (23)$$

$$T(\text{分}) = 3763/a_{hv}^2 \quad \text{.....} (24)$$

芬蘭的規範除了遵循歐盟 Directive-2002/44/EC 之標準外，另外有最大加速度不得超過 35 m/s^2 的規定。相較之下，波蘭是規範較特殊的國家，直到 2014 年，其國家規範仍採用三軸合成加速度為指標，一般規定成人一日 8 小時均值需低於 2.8 m/s^2，少於 30 分鐘之短時間暴露值需低於 11.2 m/s^2。

表 8　當前各國局部振動規範彙整[68-78]

Standard followed	National Act	Year	RMS_AL	RMS_EL
Directive 2002/44/EC		2002	2.5 m/s^2	5 m/s^2
德國	VDI 2057-2	2016	2.5 m/s^2	5 m/s^2
法國	Decree No 2005-746	2005	2.5 m/s^2	5 m/s^2
英國	BS EN ISO 5349-1,2:2001; UK Statutory Instruments	2005	2.5 m/s^2	5 m/s^2
芬蘭	VNa 48/2005 Decree	2008	2.5 m/s^2	5 m/s^2 + (max) 35 m/s^2
波蘭	Dziennik Ustaw 2014, No 817	2014	$A_{sum}(8) < 2.8$ m/s^2 11.2 m/s^2 (short-term<30min)	
ISO5349-1,2: 2001				
日本	JIS B 7761-1,2:2004；JIS B 7761-3:2007 (ISO 5349-1:2001);產業衛生學會許容濃度等の勧告	2019	$A_{sum}(8) < 2.8$ m/s^2	
澳洲	AS ISO 5349.1,2-2013 (ISO 5349:2001)	2016	2.5 m/s^2	5 m/s^2
加拿大	Occupational Health and Safety Act ACGIH(2018)	2018	2.5 m/s^2	5 m/s^2
美國	ASA S2.7:2006 ACGIH TLV (2016~)	2020	2.5 m/s^2	5 m/s^2
ISO2631-1:1985			每日容許暴露時間	
中華民國	職業安全衛生設施規則第 302 條 ANSI S3.34-1986; ACGIH TLV（～2015）	2001~	四～八小時：4 m/s^2 二～四小時：6 m/s^2 一～二小時：8 m/s^2 <一小時　　：12 m/s^2	

我國現行職業安全衛生設施規則第 302 條的局部振動暴露法令規範，可追溯至 2001 年之前，該法令規範規定雇主僱用勞工從事局部振動作業，應使勞工使用防振把手等之防振設備外，並應使勞工每日振動暴露時間不超過表 7 所規定之時間。其所採用之標準與早期美國 ANSI S3.34 標準及 2015 年之前的 ACGIH TLV 標準(表 7)相同，至今仍未修訂。

圖 12 為我國職業安全衛生設施規則 302 條標準與歐美主要國家現行標準之比較，從圖上顯示可知，在同一個暴露等級(振動強度)之下，302 條的限制考慮頻率加權後最大振動方向的 RMS 加速度所容許的日暴時間較短且沒有連續性，而日本採用三軸合成加速度為指標且低於 302 條的 EL(上方直線)，其限制看來是目前各國之中最嚴格的規範。

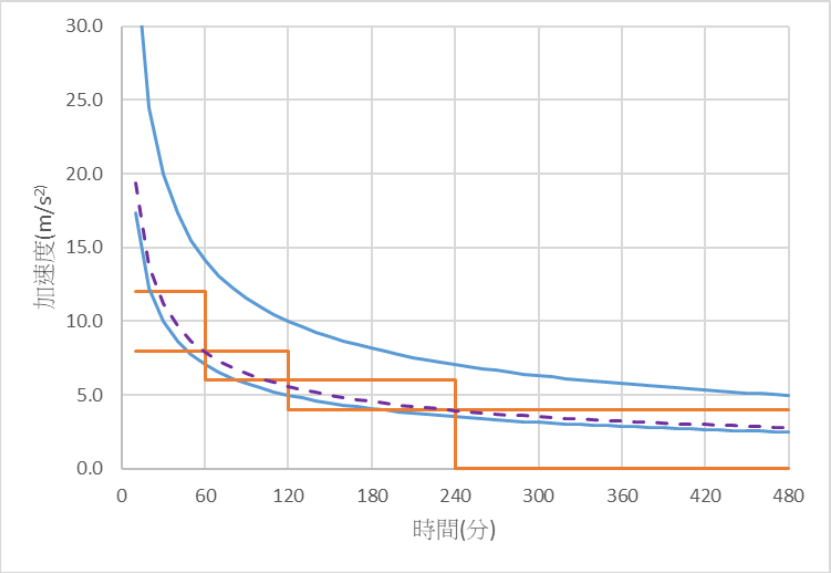


圖 12　職業安全衛生設施規則第 302(直線；下：AL，上：EL)與 Directive-2002/44/EC 標準(曲線；下：AL，上：EL)及日本容許濃度限制(虛線：EL)之比較

雖然目前各國在 AL 及 EL 的規定值稍有不同，WTO 及歐盟主要會員國目前的測量評估標準仍採用 ISO 8041:2003 之測量方式與儀器規範，以及 ISO 5349:2001 的評估指標與方法。相較之下，我國現行職業安全衛生設施規則第 302 條所使用之評估方法與判定標準則源自於較早期之規範。

第六節　振動測量規範

ISO 2631-1 及 ISO 2631-5 所建議的測量評估標準採用 ISO 8041:2003 所訂定之儀器規範與測量方式。ISO 8041-1 規定了用於測量振動值的儀器性能、規格、測量方式和誤差限制等細節，其內容包含：評估人對振動響應所需之相關工程資訊。ISO 8041-1:2017 是目前最新的版本，內容包括：模式評估或驗證、定期驗證和現場檢查以及用於現場檢查的振動校準等規範[79]。文件中所指定的振動儀器可以是獨立的儀器、組合式儀器，或以電腦作為資料採集和分析的系統。文件所規範的振動儀器可用於測量一種或多種應用的振動，並詳細提供人體振動相關測量分析所使用之頻率加權轉換函數之設計與參數，例如：

-手動傳遞的振動(參見 ISO 5349-1)；

-全身振動(參見 ISO 2631-1，ISO 2631-2 和 ISO 2631-4)；

-低頻全身振動，頻率範圍為 0.1 Hz 至 0.5 Hz(參閱 ISO 2631-1)。

歐盟現今 Directive 2002/44/EC 振動暴露規範於其附錄 A 及附錄 B 分別定義局部與全身振動之評估，採用 ISO 5349:2001 與 ISO 2631-1:1997 所定義之方法，換言之，也即是直接採納了 ISO 8041-1 對於振動儀器規格等所定義之規範。

ISO 10326-1:2016 規定了於實驗室測試汽車座椅傳遞到乘員的振動的基本要求[80]，這些測量和分析方法可以讓來自不同實驗室測試相當座椅的結果互相比較，這份文件規範測試方法、儀器需求、測量評估方法以及報告測試結果的方式。ISO 10326-1:2016 適用於特定的實驗室座椅測試，該測試可評估任何類型的越野車輛或載具座椅所傳遞給乘員的振動。此規範所載細節關連到 ISO 2631-5:2004, 2018 之人體振動評估。

量測局部振動之加速度的一般測量方式乃根據振動方向之定義(圖 13)，透過握持或固定於手部與振動工具握把間(圖 14)或安置於手部上之加速度計，來獲得代表加速度強度之電壓訊號，此種用途之加速度計必須輕小，以避免產生共振現象。加速度之輸出訊號需經由放大裝置進行初級放大，放大訊號經過硬體濾波後可透過記錄設備加以記錄作為後續分析之用，或將訊號通過頻率加權電路後，經後級放大以各類之顯示裝置直接顯示或輸出。為因應不同之振動量測目的與狀況，應搭配記錄設備之訊號擷取頻率而採用不同之濾波器，例如：當採用 10k Hz 之擷取頻率時，需應用 5k Hz 以下之低通濾波電路，以避免高頻雜訊因取樣而混入低頻訊號中。

長時間振動資料之擷取往往因取樣頻率高，無法及時進行大量且複雜的分析處理，多數的市售產品採用兩種基本的處理方式：一種方式是先以電子儲存裝置進行量測訊號之記錄，後續再以軟體對記錄資料進行較複雜之運算與分析，惟以此種方式所記錄之資料往往趨於龐大；另一種方式是以固定時間間隔進行取樣，並將資料經由頻率加權網加權放大後，進行較簡單之參數運算，再將結果以不同方式記錄或顯示，雖然此種設備具有較高之可攜性，但此種方式所記錄之資料則因經過特定的方式處理，已喪失原有訊號中所含的部分資訊。

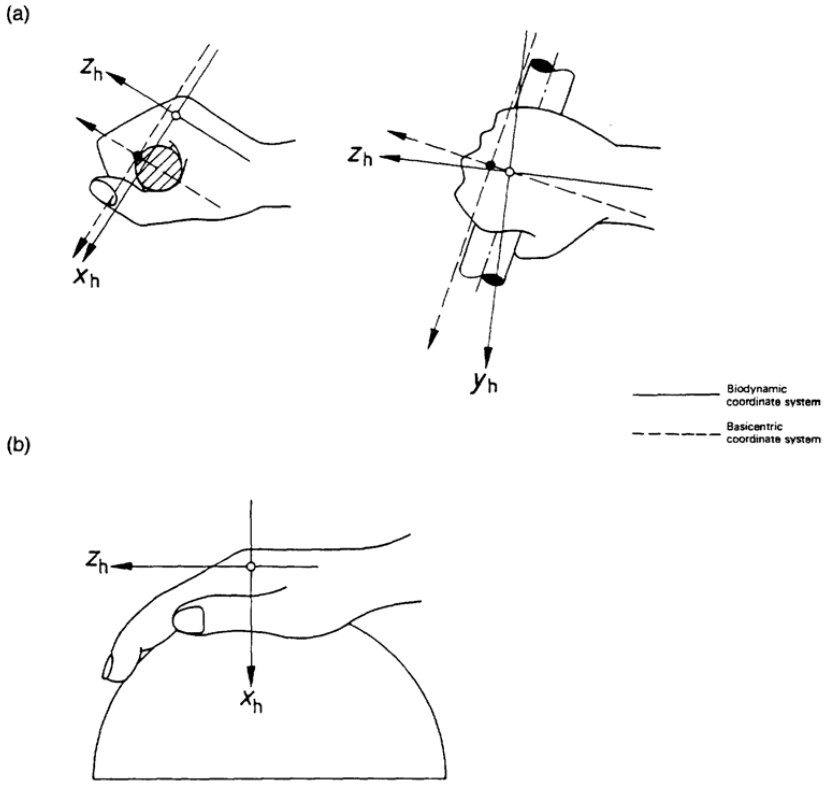


圖 13　局部振動測量方向定義(資料來源：ISO 5349:2001)

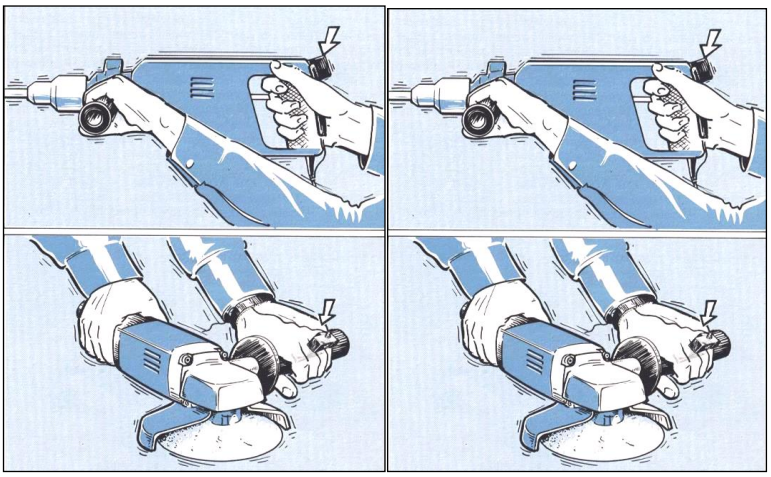


圖 14　振動測量常見之加速度計安置方式[81]

在振動分析中，常見用來代表振動特性之特徵值包括：加速度峰值(peak value)、均方根值(Root Mean Square value, RMS value)、等量加速度值(equivalent acceleration value, aeq(m/s^2))、等量加速度位準(equivalent acceleration level, Leq (decibels))、與峰值因數(crest factor)等[81]。

早期全身振動的研究中，包括職業安全衛生設施規則第 301 條法令規範，皆採用

未經頻率加權之 1/3 八音度頻帶分析，然後再合併顯示或逐一比對各 1/3 八音度頻帶加速度強度與容許暴露時間的標準(圖 15、表 2)，用以判定危害較高之振動頻率，並提供工作暴露日容許時間之建議值。目前由於測量儀器的進步，大量儲存數據或即時處理(濾波、加權)資料都成為可行，因此已將過去繁雜的分析處理方式簡化為單一指標，例如：RMS、VDV、Se 等，使得調查與研究之間的比較變得可行。

隨著儀器設備的老舊汰換以及分析軟硬體的更新，未來支援現行職業安全衛生設施規則第 301 條、第 302 條法令規範之分析工具必然減少，此規範的實際應用性也必然會逐漸受到限制。

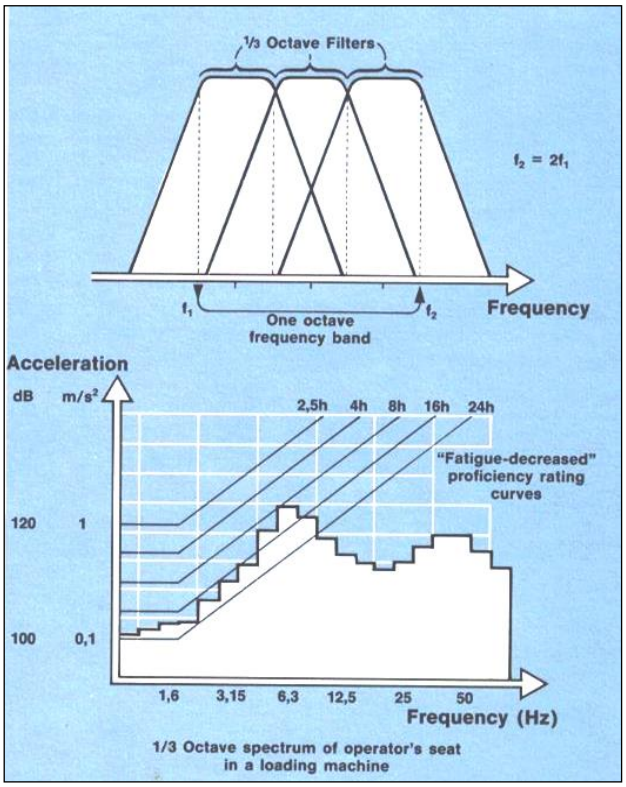


圖 15　1/3 八音度頻帶分析與 ISO 2631 暴露時間標準[81]

第三章　我國職場振動暴露調查

本研究透過文獻資料檢索，蒐集歷年與我國職場全身及局部振動暴露及危害相關之研究報告與論文，彙總分析各研究之對象(車種/工具、人員、作業型式等)、所使用之評估方法(量測設備、時程、法規依據等)、以及測量結果。

第一節　全身振動暴露

本研究蒐集 2000 年後之國內文獻，盡可能找到有詳細記載全身振動測量資料的文獻或研究報告，共獲得 1 篇期刊論文、5 篇研究報告、8 篇碩博士論文以及 11 篇個案評估報告[82-96](表 9)，所涵蓋的車輛包括：各種類型營建工程車輛、運輸車輛、乃至 125cc 的機車。各評估車種之詳細作業條件、測量結果(總計 375 筆)與儀器規格彙整於附錄一。

表 9　國內全身振動暴露相關文獻彙整(2002～2020)

[文獻編號] 作者(年)	車種(數量)	評估規範
[82] 劉玉文(2002)	曳引拖車(13)	● ISO 2631-1-1985
[83] 盧士一(2002)	堆高機(19)	● ISO 2631-1-1985 ● ISO 2631-1:1997
[84] 盧士一、胡世明、劉玉文、何先聰(2003)	卡車(12)、其它(7)	● ISO 2631-1-1985 ● ISO 2631-1:1997
[85] 盧士一(2004)	營建機械大型怪手(7)、鏟土機(4)、膠輪/鐵輪壓路機(8)、瀝青鋪裝機(2)、混凝土夾碎機(3)、其它(2)	● ISO 2631-1-1985
[86] 葉青宗(2005)	油罐車(16)	● ISO 2631-1:1985 ● 職業安全衛生設施規則 301 條
[87] 李承憲(2006)	垃圾車(30) 、資源回收車(6)	● ISO 2631-1:1985
[88] 盧士一、張銘坤(2007)	垃圾車(14)、資源回收車(9)	● ISO 2631-1-1985 ● ISO 2631-1:1997
[89] 黃鴻文(2008)	砂石車(10)	● ISO 2631-1:1985
[90] 潘儀聰(2009)	各型鏟土機(27)、砂石車(3)、客	● ISO 2631-1-1985

表 9　國內全身振動暴露相關文獻彙整(2002～2020)

[文獻編號] 作者(年)	車種(數量)	評估規範
	運(2)、水泥預拌車(12)、壓路機(2)、機車(90)	● ISO 2631-1:1997 ● ISO 2631-5:2004
[91] 何坤鑫(2009)	營建業挖掘機 4 項工程(11)	● ISO 2631-1-1985 ● ISO 2631-1:1997 ● ISO 2631-5:2004
[92] 魏子明(2009)	營建業砂石車(3)、混凝土預拌車(23)	● ISO 2631-1-1985 ● ISO 2631-1:1997 ● ISO 2631-5:2004
[96] 劉永平(2010)	計程車(1)	● ISO 2631-1:1997 ● ISO 2631-5:2004
[93] 潘儀聰(2012)	垃圾卡車(20)	● ISO 2631-1:1997 ● ISO 2631-5:2004
[94] 賴志韋(2013)	聯結車(22)	● ISO 2631-1:1997 ● ISO 2631-5:2004
[96] 劉永平、陳協慶(2013)	自強號(1)	● ISO 2631-1:1997 ● ISO 2631-5:2004
[96] 劉永平、陳協慶(2013)	貨運運貨機車(1)	● ISO 2631-1:1997 ● ISO 2631-5:2004
[96] 劉永平、陳協慶(2013)	貨運貨車(1)	● ISO 2631-1:1997 ● ISO 2631-5:2004
[96] 劉永平、陳協慶(2015)	吊車(3)	● ISO 2631-1:1997 ● ISO 2631-5:2004
[95] 蔡承穎(2016)	小客車(8)	● ISO 2631-1:1997
[96] 唐進勝(2017)	聯結車(2)、堆高機(1)	● ISO 2631-1:1997
[96] 王奕迪(2017)	聯結車(1)	● ISO 2631-1:1997
[96] 唐進勝、李姿瑩(2017)	聯結車(1)	● ISO 2631-1:1997
[96] 王奕迪 (2017)	聯結車(1)	● ISO 2631-1:1997
[96] 王奕迪、唐進勝(2017)	聯結車(1)	● ISO 2631-1:1997
[96] 劉永平、陳協慶(2020)	聯結車(1)	● ISO 2631-1:1997 ● ISO 2631-5:2004

一、全身振動規範使用情形

根據國內文獻記載，2009 年之前的評估大多同時採用 ISO 2631:1985 與 ISO 2631-1:1997 規範，但至 2009 年之後的評估則多採用 ISO 2631-1:1997 與 ISO 2631-5:2004 規範。而在 2010 年之後的文獻則未見有評估報告採用 ISO 2631:1985 或我國現行職業安全衛生設施規則第 301 條的情形，這可能與目前測量儀器及分析軟體的支援程度有關。

使用 ISO 2631-5:2004 規範的文獻，多集中於本所以及相關研究團體過去之研究報告，並未見國內其他研究團體採用，因此後續不特別針對採用 ISO 2631-5:2004 規範的評估結果進行引述或討論。

二、不同規範容許時間之比較

採用不同規範評估的振動暴露容許時間或危害風險也可能會有差異。若採用 ISO 2631-1:1997 規範且同時提供 RMS 及 VDV 兩種測量結果，一般建議採用容許暴露時間較短(保守)的結果，相較之下，通常都是 VDV 的評估結果比 RMS 保守。

本研究根據文獻所載資料，將單台車輛同時採用 ISO 2631:1985 及 ISO 2631-1:1997 規範進行評估，且同一車種測量數量超過 10 台次並有提供容許暴露時間之資料，分別依據其所測量之規範，計算其容許暴露時間 ≤1 小時、≤2 小時、≤4 小時、≤8 小時、與 >8 小時之次數，以茲比較分析(如表 10 所示)。

由表 10 之資料可以看出，採用 ISO 2631-1:1997 規範評估之結果多半會比 ISO 2631:1985 規範的評估結果來的保守，尤其是對於具有衝擊性振動暴露的車種。舉例來說，表 10 中文獻編號 90 的 90 台機車振動暴露，採用 ISO 2631:1985 規範的容許振動日暴露時間皆超過 8 小時，但是採用 ISO 2631-1:1997 及 ISO 2631-5:2004 規範的容許振動日暴露時間即明顯地減少；而其它車種也有類似的情形，但整體差異並不如機車明顯。

三、修改規範之影響

由於新的振動暴露規範(例如：ISO 2631-1:1997 及 ISO 2631-5:2004, 2018)考量衝擊性振動對人體健康的不良影響，因此，會對具有衝擊性的振動暴露較「敏感」，例如：

騎乘 125 cc 以下的機車(圖 16)。同樣以垃圾車司機的振動暴露來看，早期垃圾車司機的振動暴露採用 ISO 2631-1:1997 的容許振動日暴露時間，就會比採用 ISO 2631:1985 規範的容許振動日暴露時間短(如表 10，[88]中之資料)，主要在於其行駛掩埋場不平坦路面會具有較高的衝擊性振動暴露(圖 17)；相較之下，後期行駛市區平面道路及往返焚化爐的垃圾車司機振動暴露，採用 ISO 2631-1:1997 的容許振動日暴露時間就都超過 8 小時(如表 10，[93]中之資料)。根據這個結果來研判，未來若朝向新的趨勢(ISO 2631-1:1997, ISO 2631-1:2010(修正))修改我國現行職業安全衛生設施規則 301 條，可以讓具有衝擊性振動危害暴露的作業(尤其是運行於不平坦路面的作業)較容易被偵檢出來，但對於一般行駛於平面鋪設道路的四輪以上車輛評估結果可能不會有太大之影響，例如：堆高機(圖 18)、卡車(圖 19)、或一般工程車輛(圖 20)。

表 10　前期研究採用不同振動規範之比較：各車種於不同容許暴露時間(小時)之車輛數統計

文獻編號（年）	車種	測量總數(N)	振動規範														
			ISO 2631:1985					ISO 2631-1:1997					ISO 2631-5: 2004				
			≤1 hr	≤2 hr	≤4 hr	≤8 hr	>8 hr	≤1 hr	≤2 hr	≤4 hr	≤8 hr	>8 hr	≤1 hr	≤2 hr	≤4 hr	≤8 hr	>8 hr
82 (2002)	曳引拖車	13	7	2	0	2	2										
83 (2002)	堆高機	19	1	5	0	1	12	4	2	0	1	12					
84 (2003)	卡車	19	9	5	1	4	0	16	0	2	1	0					
88 (2007)	垃圾車、資源回收車	23	2	2	1	3	15	3	2	10	6	2					
90 (2009)	工程車	49	0	2	4	7	25	1	2	1	10	24	8	6	1	6	28
90 (2009)	機車	90	0	0	0	0	90	4	35	22	26	3	29	21	9	16	15
93 (2012)	垃圾卡車	20						0	0	0	0	20	0	0	1	1	18
94 (2013)	聯結車	22						0	0	0	0	22	0	3	4	3	12

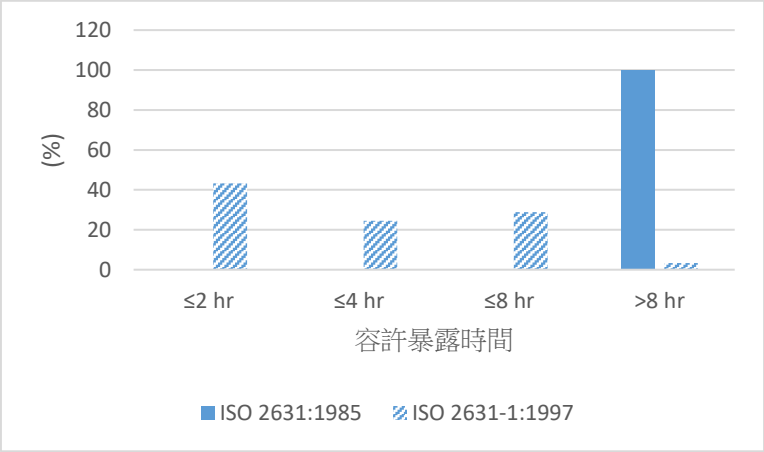


圖 16　機車駕駛振動暴露採用不同振動規範之比較(資料來源：[90] 潘儀聰(2009))

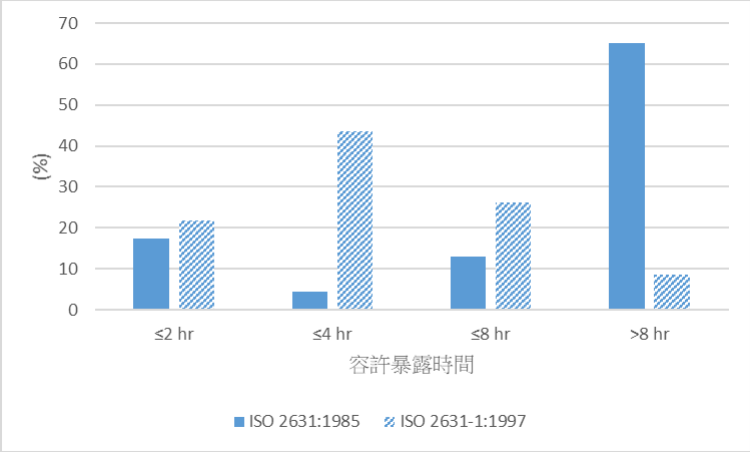


圖 17　垃圾車及資源回收車駕駛振動暴露採用不同振動規範之比較(資料來源：[88] 盧士一、張銘坤 (2007))

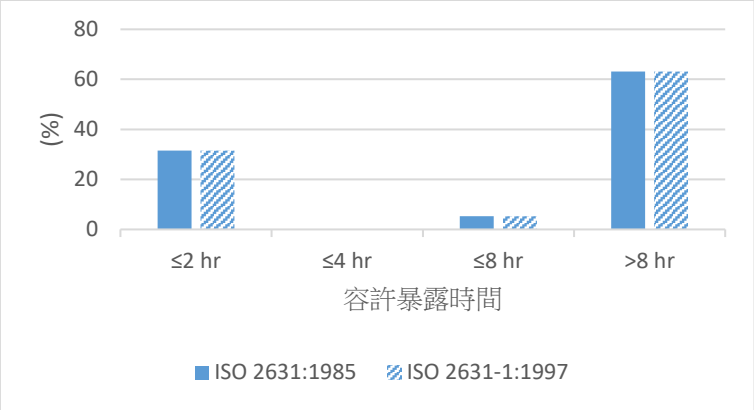


圖 18　堆高機駕駛振動暴露採用不同振動規範之比較(資料來源：[83] 盧士一 (2002))

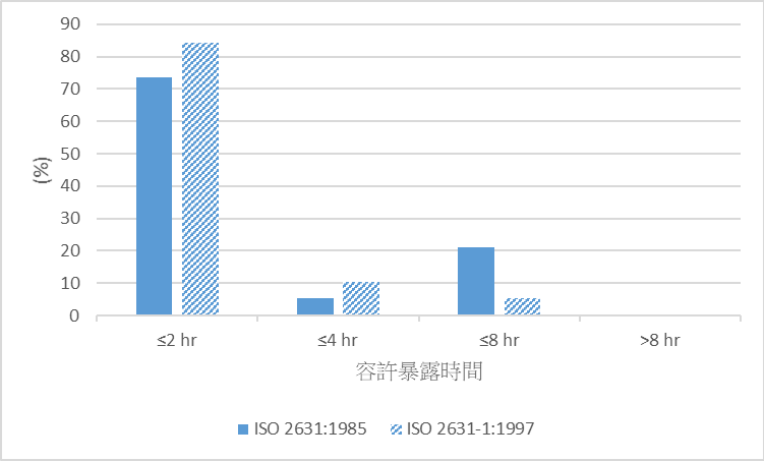


圖 19　卡車駕駛振動暴露採用不同振動規範之比較(資料來源：[84] 盧士一、胡世明、劉玉文、何先聰 (2003))

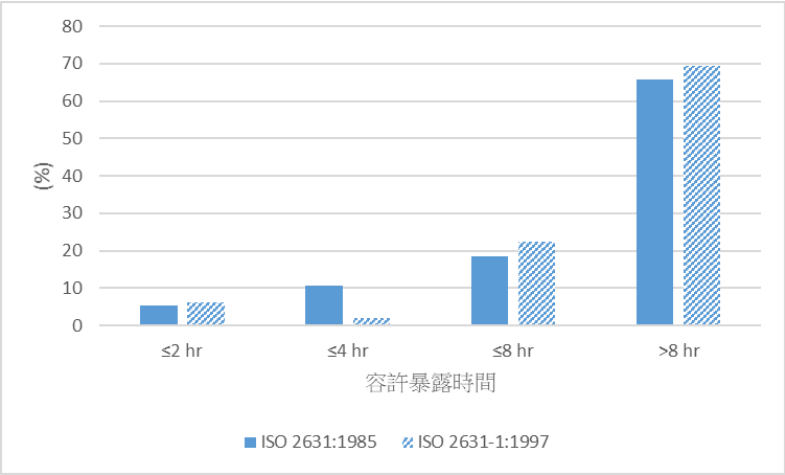


圖 20　工程車輛駕駛振動暴露採用不同振動規範之比較(資料來源：[90] 潘儀聰 (2009))

第二節　局部振動暴露

本研究蒐集近年之國內文獻，盡可能找到有詳細記載局部振動測量資料的文獻或研究報告，共獲得 4 篇期刊論文、2 篇碩士論文以及 5 篇研究成果報告[97-107](表 11)，所評估之工具，包括：振動鑽、研模機、混凝土破壞機、電動槌、電動起子、鏈鋸等手工具以及各種機車與割草機把手的振動暴露。各評估工具之型號、測量結果(總計 252 筆)與儀器規格彙整於附錄二。

表 11　國內局部振動暴露相關文獻彙整(1996～2017)

[文獻編號] 作者(年)	工具(數量)	評估規範
[97] 何先聰、劉紹興、劉玉文 (1996)	氣動手工具(5)，振動手工具(3)，研模機具(7)，混凝土破壞機與割草機(3)，電動起子及鏈鋸(4)	● ISO 5349:1986(E)
[98] 吳昭誠 (1996)	鐵路砸道機(4 平均)	● ISO5349-1 ● 職業安全衛生設施規則第 302 條
[99] 何先聰、胡世明 (2005)	振動電鑽(22)	● ISO 5349:2001 ● 職業安全衛生設施規則第 302 條
[100] 胡世明、劉玉文、何先聰、黃靖茹 (2006)	鏈鋸(11)	● ISO 5349:2001 ● 職業安全衛生設施規則第 302 條
[101] 黃靖茹(2008)	營造業手動力工具作業(6)	● ISO 5349:2001 ● 職業安全衛生設施規則第 302 條
[102] 胡世明、何先聰、劉玉文、黃靖茹、吳曉玲 (2009)	輕型、排檔、重型機車把手：20 km/hr 產業道路 (25)、柏油路(25)、40 km/hr 柏油路(25)、60 km/hr 柏油路(25)	● ISO 5349:2001 ● 職業安全衛生設施規則第 302 條
[103] 何先聰(2009)	氣動鑿子(8)、混凝土破壞機(6)	● ISO 5349:2001 ● 職業安全衛生設施規則第 302 條
[104] 何先聰(2010)	氣動槌(1)、混凝土破壞機(3)、電動槌鑽(3)	● ISO 5349:2001 ● 職業安全衛生設施規則第 302 條

表 11　國內局部振動暴露相關文獻彙整(1996～2017)

[文獻編號] 作者(年)	工具(數量)	評估規範
[105] 張銘坤、李毓豐 (2010)	割草機(5 款)*(徒手、棉布手套、避振片、自行車手套、防震手套)	● ISO 5349:2001 ● 職業安全衛生設施規則第 302 條
[106] 葉仲基、張振岳、林桂儀 (2012)	割草機(4 款)	● ISO 5349:2001
[107] 陳志勇、莊坤遠 (2017)	電動槌(16)裝潢拆除作業	● ISO 5349:2001 ● 職業安全衛生設施規則第 302 條

四、局部振動規範使用情形

相較於國內全身振動研究，局部振動的研究明顯少很多。所有手工具的振動測量皆採用 ISO 5349 規範，惟早期的評估採用 ISO 5349:1986 之版本，2005 年之後所見之測量皆採用 ISO 5349:2001，其中若有提供容許暴露時間者都是參照我國現行職業安全衛生設施規則第 302 條之法令規範。

五、不同版本規範之比較

從國內所蒐集到的資料來看，雖然早期與近期在局部振動暴露測量所採用的規範有些許差異，但 ISO 5349:1986 與 ISO 5349:2001 規範之頻率加權並無改變。新舊規範之間的差異主要在於因應量測記錄設備的進步，將傳統逐一計算各 1/3 八頻帶 RMS 的處理方式，改成使用連續型電子加權而計算單一加權後的 RMS 值，因此方便只針對加權後最顯著的振動軸向設定日暴露的 AL 及 EL 限制即可。而目前各國在這方面的規範相當一致，分別使用 2.5 m/s^2 與 5.0 m/s^2 作為 8 小時日暴露的 AL 及 EL。因此，採用 ISO 5349:2001 的規範有利於相關軟硬體設備的更新與取得，並可符合當前各國之標準。

本研究將所蒐集到的資料剔除非振動手工具(如[99]及[105]中之資料)、非單一機具測量(如[106]中之資料)以及 2 筆機車手把振動之資料後，將其餘 127 筆數據分別以現行職業安全衛生設施規則第 302 條之法令規範及 ISO 5349:2001 進行評估。若原始數據含有 3 個軸向的振動值，則先採用其中最大者，套用職業安全衛生設施規則第 302 條

法令規範計算容許暴露時間；文獻若僅有三軸加權加速度之合併值，則以合併值套用職業安全衛生設施規則第 302 條法令規範計算。而使用 ISO 5349:2001 之評估則統一以三軸加權加速度之合併值計算容許暴露時間。所得結果將容許暴露時間依職業安全衛生設施規則第 302 條所訂定之<1、<2、<4、<8、及>8 小時進行整理(表 12)，以便統計比較。

分析結果顯示，在 127 筆資料中，除了 30 筆(24%)在兩種規範下容許時間皆小於 1 小時屬於同一等級之外，其餘皆為以職業安全衛生設施規則第 302 條所規定的容許時間較短，且相差至少一級以上(表 12)。例如：職業安全衛生設施規則第 302 條所判定容許時間小於 2 小時之資料共有 13 筆，而該 13 筆振動值若以 ISO 5349:2001 評估則有 7 筆之容許時間小於 4 小時，有 6 筆小於 8 小時。

表 12　前期研究資料採用不同振動規範計算容許暴露時間(小時)之差異(N=127)

		設施規則第 302 條				
		<1 hr	<2 hr	<4 hr	<8 hr	總計
ISO5349:2001	<1 hr	30				30
	<2 hr	30	*			30
	<4 hr	23	7	*		30
	<8 hr		6	6	*	12
	>8 hr			6	19	25
總計		83	13	12	19	127

六、振動工具暴露危害風險

本研究進一步將表 12 中以職業安全衛生設施規則第 302 條及 ISO 5349:2001 規範評估，兩者的容許暴露時間皆<1 小時之 30 筆資料歸類為高風險，並將職業安全衛生設施規則第 302 條的容許暴露時間<8 小時且 ISO 5349:2001 容許暴露時間>8 小時之 19 筆資料歸類為低風險，其餘 78 筆資料歸類為中風險，所得各類工具之風險分布如表 13 所示。分析結果顯示，砸道機、氣動板手、氣動槌/鑿子等工具有較高的振動危害風險比例；但因本研究中所收集到的低風險工具數量偏低，故尚不適合對其工具類型下任何結論。

表 13　前期研究各工具類型之振動暴露風險(N=127)

機具	低 (N, %)		中 (N, %)		高 (N, %)		總計
路面/鐵道砸道機	0	0%	1	20%	4	80%	5
氣動板手	0	0%	1	50%	1	50%	2
氣動槌/鑿子	1	10%	4	40%	5	50%	10
鑽孔緊固/電鑽	2	29%	2	29%	3	43%	7
鏈鋸	0	0%	9	75%	3	25%	12
電動槌鑽	3	9%	23	68%	8	24%	34
木工砂光機	0	0%	4	80%	1	20%	5
混凝土破壞機	0	0%	10	83%	2	17%	12
電動槌	0	0%	14	88%	2	13%	16
各類研磨機	2	20%	7	70%	1	10%	10
折邊機	0	0%	1	100%	0	0%	1
石工切割/圓鋸機	2	67%	1	33%	0	0%	3
氣動起子	2	67%	1	33%	0	0%	3
木工線鋸機	3	100%	0	0%	0	0%	3
木工修邊機	1	100%	0	0%	0	0%	1
水泥攪拌機	1	100%	0	0%	0	0%	1
打包機	1	100%	0	0%	0	0%	1
割草機	1	100%	0	0%	0	0%	1
總計	19		78		30		127

七、修改現行規範之影響

由分析結果顯示，現行職業安全衛生設施規則第 302 條之法令規範比 ISO 5349:2001 更嚴格。有 65%的容許時間被限制低於 1 小時，75%被限制低於 2 小時；相較之下，採用 ISO 5349:2001 規範只有 24%的容許時間被限制低於 1 小時，48%被限制低於 2 小時(表 14、圖 21)。並且依據職業安全衛生設施規則第 302 條之法令規範，所有局部振動暴露之每日容許時間皆須低於 8 小時，但採用 ISO 5349:2001 時，依據公式(22)之計算，仍有二成的比例每日的容許時間超過 8 小時。

有鑑於現行職業安全衛生設施規則第 302 條法令規範之限制相形嚴格，因此，調整我國現行法令規範對於局部振動暴露之管制應當不至於造成明顯之衝擊。

表 14　前期研究資料採用不同振動規範之容許暴露時間(小時)之比較(N=127)

容許時間 / 規範名稱	<1 hr	<2 hr	<4 hr	<8 hr	>8 hr
職業安全衛生設施規則第 302 條	65.4%	10.2%	9.4%	15.0%	0.0%
ISO 5349:2001	23.6%	23.6%	23.6%	9.4%	19.7%

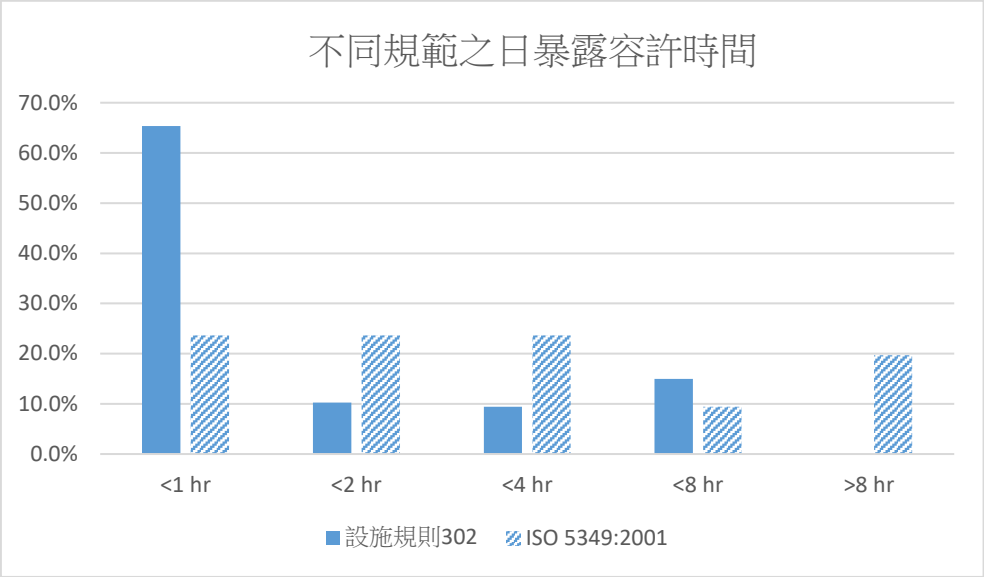


圖 21　國內局部振動暴露採用不同振動規範計算容許暴露時間(小時)之比較(N=127)

第四章　我國現行振動暴露規範修訂之探討

第一節　全身振動暴露規範修訂之可行性

根據前述章節的資料蒐集與整理，對於修改我國現行職業安全衛生設施規則第 301 條全身振動暴露法令規範，可歸納出以下幾點理由及方向：

一、 目前歐美等國家對全身振動之評估係以 ISO 2631-1:1997、ISO 2631-1:2010(修正)規範為主，因此，目前的測量設備規格及分析軟體參數主要是支援上述規範。

二、 ISO 2631-1:1997、ISO 2631-1:2010(修正)規範兼具評估連續性振動(RMS)與具有衝擊性振動(VDV)的評估指標，相較於目前我國現行的規範，可更廣泛涵蓋各類型振動的評估需求。而對於一般行駛於平面鋪設道路的四輪以上車輛，其評估結果可能不會有太大之影響。

三、 而有關 ISO 2631-5 之評估結果，其主要是應用於評估具有連續性衝擊振動暴露的特殊狀況，且目前仍未見有國家將 ISO 2631-5:2004 或 ISO 2631-5:2018 納入該國法令規範，故仍以涵蓋面及應用面較廣的 ISO 2631-1:1997, 2010(修正)作為相關法令規範修訂之參考。

四、 鑑於職業安全衛生設施規則法條之敘述方式，若要以 ISO 2631-1:1997、ISO 2631-1:2010(修正)規範進行修改，建議可採用 Directive 2002/44/EC 振動暴露規範的敘述方式，惟日暴露的 AL 及 EL 限制應考量採納 Directive 2002/44/EC 的規定、美國 ACGIH 或其它的規定。

基於上述理由，參考 Directive 2002/44/EC 局部振動暴露相關條文，建議可將我國全身振動暴露法令規範(職業安全衛生設施規則第 301 條第一項)內容修正為：

雇主僱用勞工從事振動作業，應使勞工每天全身振動暴露符合下列規定：

1. 標準化為每日八小時之日暴露限制(EL)之均方根值(RMS)為 1.15 m/s^2 或振動劑量值(VDV)為 21 $m/s^{1,75}$。
2. 標準化為每日八小時之日暴露處置界限(AL)之均方根值(RMS)為 0.5 m/s^2 或振動劑量值(VDV)為 9.1 $m/s^{1,75}$。

第二節　局部振動暴露規範修訂之可行性

根據前述章節的資料蒐集與整理，對於修改我國現行職業安全衛生設施規則第 302 條局部振動暴露法令規範，可歸納出以下幾點理由及方向：

一、 目前歐美等國家對局部振動之評估係以 ISO 5349-1:2001 規範為主，因此，現階段的測量設備規格及分析軟體參數主要是支援此規範，且方便只針對加權後最顯著的振動軸向設定日暴露的 AL 及 EL 限制。

二、 由分析結果顯示，採用我國現行職業安全衛生設施規則第 302 條之法令規範有 65%的容許時間被限制低於 1 小時，75%被限制低於 2 小時；相較之下，採用 ISO 5349:2001 規範只有 24%的容許時間被限制低於 1 小時，48%被限制低於 2 小時。並且依據職業安全衛生設施規則第 302 條之法令規範，所有局部振動暴露之每日容許時間皆須低於 8 小時，但採用 ISO 5349:2001 時，仍有二成的比例其每日的容許時間超過 8 小時。有鑑於現行職業安全衛生設施規則第 302 條法令規範之限制相形嚴格，因此，調整我國現行法令規範為 ISO 5349-1:2001 規範，除了易於換算容許暴露時間及進行操作外，對於局部振動暴露之管制應當不至於造成明顯之衝擊。

三、 鑑於職業安全衛生設施規則法條之敘述方式，若要以 ISO 5349-1:2001 規範進行修改，建議可採用 Directive 2002/44/EC 振動暴露規範的敘述方式，並將局部振動日暴露 AL 設為 2.5 m/s^2，日暴露極限值 EL 設為 5.0 m/s^2。

基於上述理由，參考 Directive 2002/44/EC 局部振動暴露相關條文，建議可將我國局部振動暴露法令規範(職業安全衛生設施規則第 302 條第一項)內容修正為：

雇主僱用勞工從事局部振動作業，應使勞工使用防振把手等之防振設備外，並應使勞工每日振動暴露符合下列規定：

1. 標準化為每日八小時之日暴露限制(EL)之均方根值(RMS)為 5 m/s^2。
2. 標準化為每日八小時之日暴露處置界限(AL)之均方根值(RMS)為 2.5 m/s^2。

根據上述之內容，我國現行振動相關法令規範的修訂確實有其必要，因為相關法

令規範直接影響到我國全身與局部振動危害管理的落實與執行，以及相關職業疾病的認定標準。現階段如未進行相關法令規範修訂，使其符合現況(儀器設備支援、國際標準認定)，後續將難以提供較適切的施行依據及制訂相關指引。

第五章　結論與建議

本研究所完成之具體成果主要包括：1.收集整理目前與全身以及局部振動暴露相關之國際標準以及各國法令規範，分析比較其內容與我國現行法令規範之差異；2.蒐集國內相關文獻，透過檢索歷年與我國職場全身及局部振動暴露危害相關之研究報告與論文，彙總分析各研究對象(車種/工具、人員、作業型式等)之振動暴露測量結果，以及所使用之評估方法(量測設備、時程、法規依據等)，進而推估相關法令規範修訂可能造成之影響。

第一節　結論

一、雖然目前各國對於全身振動暴露之法令規範因其所屬組織及國情的不同而稍有差異，但其主要仍係以 ISO 2631-1:1997 的評估指標與方法為基礎。而我國現行職業安全衛生設施規則第 301 條對於全身振動之法令規範係源自於早期 ISO 2631-1:1985 之版本，所使用之評估方法與判定標準與當前其他國家之法令規範已有若干差距。

二、ISO 2631-1:1997 為考量衝擊性振動對人體健康的不良影響，因此，若朝向此趨勢(ISO 2631-1:1997, ISO 2631-1:2010(修正))來修訂我國現行職業安全衛生設施規則第 301 條，應可以讓具有衝擊性振動危害暴露的作業較容易被檢測出來，但對於一般行駛於平面鋪設道路的四輪以上車輛，其評估結果可能不會有太大之影響。

三、我國現行職業安全衛生設施規則第 302 條對於局部振動之法令規範係源自於 ISO 5349:1986 之暴露限制，而目前歐美等各國對局部振動之評估係以 ISO 5349-1:2001 規範為主，雖然有些許差異，但 ISO 5349:1986 與 ISO 5349:2001 規範之頻率加權並無改變。新舊規範之間的差異主要在於因應量測記錄設備的進步，方便只針對加權後最顯著的振動軸向設定日暴露的 AL 及 EL 限制。

四、有鑑於現行職業安全衛生設施規則第 302 條法令規範之限制相形嚴格，因此，調整我國現行法令規範為 ISO 5349-1:2001 規範，除了易於換算容許暴露時間及進行操作外，對於局部振動暴露之管制應當不至於造成明顯之衝擊。

第二節　建議

一、歐盟於 2002 年頒佈 Directive 2002/44/EC 振動暴露規範，其全身振動規範比 ISO 2631-1:1997, 2010(修正)建議的標準略微寬鬆，惟其是歐盟會員國法律必須遵守的最低標準。相較之下，美國 ACGIH 則採用 ISO 2631-1:1997, 2010(修正)的建議值，考量其僅為建議值而不具法律強制性，因此，建議可參考 Directive 2002/44/EC 標準進行相關法令規範之修訂較為適切。

二、本研究彙整分析我國近年全身振動相關的研究資料，推測我國現行職業安全衛生設施規則第 301 條修訂後納入 ISO 2631-1:1997 之 VDV 指標能夠讓國內具有衝擊性振動的載具(例如：機車、特殊軍用或工程車輛/載具)有較合理的風險評估。

三、對於局部振動規範的修訂，由於主要歐美國家採用的標準皆相同，因此，建議若以 ISO 5349-1:2001 規範為基礎進行修訂，可參考 Directive 2002/44/EC 規範對於局部振動暴露的相關條文敘述方式進行我國相關法令規範之修訂。

四、根據過往職業病案例顯示，局部振動所引起之上肢肌肉骨骼病變常見於我國的金屬加工業，其成因可能與研磨機具的振動有關，因此若是操作屬於高風險之振動工具或與研磨機具有相似振動暴露風險的其它局部振動機具必然也潛藏引發職業性肌肉骨骼疾病之可能性，故落實產業界的局部振動暴露管理實不能掉以輕心。

五、振動暴露危害的評估涉及儀器規格、施測/採樣方法、計算方式等詳細的內容，並不適合直接置於法令規範中，建議未來相關法令規範修訂之後應該儘速制訂相關指引。指引內容除了包含上述內容之外，也應對於雇主如何進行振動危害管制、個人防護具使用以及振動機具管理等項目加以說明。

後記

本研究計畫主持人為李副研究員昆哲，並由蕭助理研究員百淳共同參與。

另外感謝中華民國人因工程學會陳教授協慶、劉博士永平；中山醫學大學附設醫院陳醫師俊傑協助辦理。

參考文獻

[1] Wilder DG, Woodworth BB, Frymoyer JW, Pope MH: Vibration and the human spine. Spine 1982; 7:243-54.

[2] Frymoyer JW, Newberg A, Pope MH, Wilder DG, Clements J, et al.: Spine radiographs in patients with low-back pain. An epidemiology study in men. Journal of Bone & Joint Surgery (Am) 1984; 66:1048-1055.

[3] Seidel H, Heide R: Long-term effects of whole-body vibration: A critical survey of the literature. Int Arch Occup Environ Health 1986; 58:1-26.

[4] Dupuis H, Zerlett G: Whole bodyvibrafion and disorders of the spine. Int Arch Occup Environ Health 1987; 59:323-336.

[5] Hulshof CTJ, Veldhnijzen van Zanten OBA: Whole-body vibration and low back pain– A review of epidemiological studies. Int Arch Occup Environ Health 1987; 59:205-220.

[6] Heliovaara M: Occupation and risk of herniated lumbar intervertebral disc or sciatica leading to hospitalization. J Chronic Diseases 1987; 40:259-64.

[7] Bovenzi M, Zadini A: Self-reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole-body vibration. Spine 1992; 17:1048-59.

[8] Griffin MJ: Handbook of Human Vibration. London, Academic Press, 1990.

[9] Griffin MJ: A comparison of standardized methods for predicting the hazards of whole-body vibration and repeated shocks. J Sound and Vibration 1998; 215:883-914.

[10] Boshuizen HC, Bongers PM, Hulshof CT: Self-reported back pain in fork-lift truck and freight-container tractor drivers exposed to whole-body vibration. Spine 1992; 17: 59-65.

[11] Seidel H: Selected health risks caused by long-term, whole-body vibration. Am J Ind Med 1993; 23:589-604.

[12] Wikström BO, Kjellberg A, Landström U: Health effects of long-term occupational exposure to whole-body vibration: A review. Int J Ind Erg 1994; 14:273-292.

[13] Hulshof CTJ, Van Der Laan G, Braam ITJ, and Verbeek JHAM: The fate of Mrs. Robinson: Criteria for recognition of whole-body vibration injury as an occupational disease. Journal of Sound and Vibration 2002; 253 Suppl 1:185-194.

[14] Bovenzi M: Low back pain disorders and exposure to whole-body vibration in the workplace. Seminars in Perinatology 1996; 21:38-53.

[15] Wasserman, D., Wilder, D., and Pope, M., Whole-body vibration and occupational work hardening. JOEM. 1997; 39 Suppl 5: 403-407.

[16] 戴基福、楊瑞鍾、葉文裕，受雇者工作環境安全衛生狀況調查，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所；2002。

[17] Kelsey JL, Hardy RJ. Driving of motor vehicles as a risk factor for acute herniated lumbar intervertebral disc. Am Epidemiol 1975; 102:63-73.

[18] Backman AL, Jarvinen E. Turnover of professional drivers. Scand J Work Environ Health. 1983; 9:36-41.

[19] Rossignol M, Suissa S, Abenhaim L: Working disability due to occupational back pain: three year follow up of 2300 compensated workers in Quebec. J Occup Med 1988; 30:502-5.

[20] Netterstrom B, Juel K. Low back trouble among urban bus drivers in Denmark. Scand J Soc Med 1989; 17 Suppl 2:203-6.

[21] Hildebrandt V: Back pain in working populations. Ergonomics 1995; 38:1283-98.

[22] Bovenzi B, Hulshof CTJ: An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986-1997). Int Arch Occup Environ Health. 1999; 72:351-365.

[23] Riihimäki H: Low back pain, its origin and risk indicators. Scand J Work Environ Health 1991; 17:81-90.

[24] Bongers PM, de Winter CR, Kompier MAJ, et al: Psychosocial factors at work and musculoskeletal disease. Scand J Work Environ Health 1993; 19:297-312.

[25] 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，職業性手臂振動症候群預防手冊；2008。

[26] Wasserman, DE, Badger, D, .Doyle, TE, Margolies, L. Industrial Vibration- An overview. J Am Soc Safety Eng. 1974; 19: 38-43.

[27] National Institute for Occupational Safety and Health. Current intelligence bulletin #38: Vibration syndrome. Cincinnati, OH. : DHHS/NIOSH; 1983. Pub. No.83-110.

[28] Bovenzi, M, Franzinelli, A, Mancini, R, Cannavá, MG, et al. Dose-response relation for vascular disorders induced by vibration in the fingers of forestry workers. Occup. Environ. Med. 1995; 57, 422-430.

[29] Wasserman, DE. An overview of occupational whole-body and hand-arm vibration. Appl. Occup. Environ. Hyg. 1996; 11 Suppl 4: 266-270.

[30] Pelmear, P, Taylor, W, Wasserman, D. Hand-arm vibration: A comprehensive guide for occupational health professionals. New York, Van Nostrand-Reinhold; 1992.

[31] National Institute of Occupational Safety and Health. Criteria for a recommendation standard: Occupational exposure to hand-arm vibration. Cincinnati, OH. : DHHS/NIOSH; 1989. Pub. No.89-106.

[32] Williams, R, Westmorland, M. Occupational cumulative trauma disorders of the upper extremity. Am. J. Occup 1993; 48: 411-420.

[33] Bovenzi, M, Zadini, A, Franzinelli, A, Borgogni, F. Occupational musculoskeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration. Ergonomics 1991; 24: 547-562.

[34] Griffin, MJ. Measurement, evaluation, and assessment of occupational exposures to hand-transmitted vibration. Occup. Environ. Med. 1997; 54, 73-89.

[35] Griffin, MJ. Evaluation of the effectiveness of gloves in reducing the hazards of hand-transmitted vibration. Occup. Environ. Med. 1998; 55, 340-348.

[36] International Organization for Standardization. ISO2631-1. Mechanical vibration ans shock– evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 1: General requirements. Geneva: ISO; 1997.

[37] International Organization for Standardization. ISO2631-1 Amendment 1. Mechanical vibration ans shock– evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 1: General requirements. Geneva: ISO; 2010.

[38] International Organization for Standardization. ISO2631-5. Mechanical vibration ans shock– evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks. Geneva: ISO; 2004.

[39] International Organization for Standardization. ISO2631-5. Mechanical vibration ans shock– evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks. Geneva: ISO; 2018.

[40] ACGIH® Threshold Limit Values (TLVs®) and Biological Exposure Indices (BEIs®), American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2020.

[41] Alem N: Application of the new ISO 2631-5 to health hazard assessment of repeated shocks in U.S. army vehicles. Industrial Health 2005; 43:403-412.

[42] Khorshid E, Alkalby F, Kamal H.: Measurement of whole-body vibration exposure from speed control humps. J Sound and Vibration. 2007; 304:640-659.

[43] Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration), Official Journal of the European Communities, L177; 2002.

[44] German Standard. VDI 2057 part 1. Human exposure to mechanical vibrations - Whole-body vibration. Verein Deutscher Ingenieure; 2017.

[45] German Standard. VDI 2057 part 2. Human exposure to mechanical vibrations - Hand-arm vibration; 2016.

[46] Decree No 2005-746. Relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus aux vibrations mécaniques et modifiant le code du travail. Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement, Journal Officiel De La République Française, 4 July 2005.

[47] Finland Government Decree 48/2005. Työntekijöiden suojelemisesta tärinästä iheutuvilta vaaroilta (protection of workers from the risks related to vibration); 2005.

[48] UK Statutory Instruments 2005 No. 1093 Health and Safety. The Control of Vibration at Work Regulations 2005.

[49] Dziennik Ustaw Nr 817. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Ministra Pracy I Polityki Społecznej, z dnia 6 czerwca 2014 r.

[50] Australian Standard. AS 2670.1-2001 (ISO 2631-1:1997). Evaluation of human exposure to wholebody vibration- Part 1: General requirements (Incorporating Amendment No. 1), Reconfirmed 2016.

[51] Canada National Law. Occupational Health and Safety Act, R.S.O. 1990, c. O.1. https://www.ontario.ca/page/law-and-safety

[52] American National Standard. ANSI/ASA S3.18- 2002 (ISO 2631-1:1997). Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements, Reaffirmed 2018 by ANSI.

[53] American National Standard. ANSI/ASA S2.72 part 1- 2002 (ISO 2631-1:1997). Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements, Reaffirmed 2018 by ANSI.

[54] British Standard. Human response to vibration- Measuring nstrument- Part 1: General purpose vibration meters;2017.

[55] Japanese Standard. JIS B 7760-1:2004. 全身振動－第１部：測定装置. Japanese Standards Association; 2004.

[56] Japanese Standard. JIS B 7760-2_2004 全身振動－第２部：測定方法及び評価に関する基本的要求. Japanese Standards Association; 2004.

[57] 日本産業衛生学会. 許容濃度等の勧告 2019. 産業衛生雑誌 2019; 61(5)：170-202.

[58] ACGIH® Threshold Limit Values (TLVs®) and Biological Exposure Indices (BEIs®), American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2015.

[59] ACGIH® Threshold Limit Values (TLVs®) and Biological Exposure Indices (BEIs®), American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2016.

[60] Wasserman, D. Human vibration standards. Sound Vibration. 1991; 25: 30-32.

[61] American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Threshold limit values for chemical substances and physical agents: TLV for exposure to hand-arm vibration. Cincinnati, OH. : ACGIH; 1984-1996.

[62] American National Standards Institute: S3.34: Guide for the measurement and evaluation of human exposure to vibration transmitted to the hand. New York : ANSI. 1986.

[63] Pelmear, P, Leong, D, Taylor, W, Fung, D. Measurement of vibration of hand-held tools: Weighted or unweighted? J. Occup. Med. 1989; 31: 902-908.

[64] ACGIH® Threshold Limit Values (TLVs®) and Biological Exposure Indices (BEIs®), American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2012.

[65] ISO 5349 (2001), Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements. International Organization for Standardization; 2001.

[66] ISO 5349 (2001), Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace. International Organization for Standardization; 2001.

[67] Reynolds DD, 2006. Revision of ANSI S3.34 (2.70-2006) – Guide for the measurement and evaluation of human exposure to vibration transmitted to the hand - Introduction. Proceedings of the First American Conference on Human Vibration; 2016.

[68] American National Standard. ASA S2.70-2006. Guide for the Measurement and Evaluation of Human Exposure to Vibration Transmitted to the Hand; 2006. (Reaffirmed by ANSI June 17, 2016)

[69] Australian Standard. AS ISO 5349-1:2013. Mechanical vibration- Measuretnent and evaluation of hutnan exposure to hand-transtnitted vibration- Part 1: General requirements; 2013.

[70] Australian Standard. AS ISO 5349-2:2015. Mechanical vibration- Measuretnent and evaluation of hutnan exposure to hand-transtnitted vibration- Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace; 2015.

[71] British Standard. BS EN ISO 5349-1:2001. Mechanical vibration- Measuretnent and evaluation of hutnan exposure to hand-transtnitted vibration- Part 1: General requirements; 2001.

[72] British Standards Institution. Measurement and evaluation of human exposure to wholebody mechanical vibration and repeated shock. BS 6841. London: British Standards Institution; 1987.

[73] British Standard. BS EN ISO 5349-2:2001 +A1:2015. Mechanical vibration- Measuretnent and evaluation of hutnan exposure to hand-transtnitted vibration- Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace; 2015.

[74] UK Health and Safety Executive. Hand-arm vibration- The Control of Vibration at Work Regulations 2005- Guidance on Regulations. The Stationery Office, UK; 2005.

[75] Marion Burgess, Implementation and Effectiveness of the European Directive Relating To Vibration in the Workplace. Safe Work Australia; 2012.

[76] Japanese Standard. JIS B 7761-1_2004 手腕系振動－第 1 部：測定装置 Japanese Standards Association; 2004.

[77] Japanese Standard. JIS B 7761-2_2004 手腕系振動－第 2 部：作業場における実務的測定方法. Japanese Standards Association; 2004.

[78] Japanese Standard. JIS B 7761-3_2007 手腕系振動－第 3 部：測定及び評価に関する一般要求事項. Japanese Standards Association; 2007.

[79] International Organization for Standardization. ISO8041-1. Human-response vibrating measuring instrumentation. Geneva: ISO; 2017.

[80] International Organization for Standardization. ISO 10326-1:2016 Mechanical vibration - Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration - Part 1: Basic requirements. Geneva: ISO; 2017.

[81] Brüel & Kjær, Human vibration booklet, Denmark; 1988.

[82] 劉玉文、葉文裕、盧士一，拖車司機振動暴露調查，勞工安全衛生研究季刊，2002；4(10)：304-314。

[83] 盧士一，堆高機駕駛人員全身振動調查與對策，勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2002。

[84] 盧士一、胡世明、劉玉文、何先聰，常用國際規範對全身振動評估之差異研究，勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2003。

[85] 盧士一，營建機械駕駛之全身振動，勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2004。

[86] 葉青宗，國內砂石車駕駛員之振動危害與健康風險評估，國立雲林科技大學環境與安全工程系碩士論文，2005。

[87] 李承憲，垃圾車駕駛員之全身振動量測與評估，國立雲林科技大學環境與安全工程系碩士論文，2006。

[88] 盧士一、張銘坤，垃圾車駕駛人員之全性振動暴露評估研究，勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2007。

[89] 黃鴻文，國內砂石車駕駛員震動危害與健康風險評估，國立雲林科技大學環境與安全工程系碩士論文，2008。

[90] 潘儀聰，勞工安全設施規則振動暴露方法與 ISO 2631 規範比較研究。勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2009。

[91] 何坤鑫，營建業挖掘機操作人員所受全身性振動之調查，朝陽科技大學碩士論文，2009。

[92] 魏子明，營建業運輸車輛駕駛人員之全身性振動暴露調查，朝陽科技大學碩士論文，2009。

[93] 潘儀聰，工程車輛全身振動暴露危害評估，中華大學博士論文，2012。
[94] 賴志韋，聯結車駕駛全身性振動暴露評估，國立台北科技大學碩士論文，2013。
[95] 蔡承穎，間歇性全身振動的職業暴露評估：以小客車職業駕駛為例，國立高雄第一科技大學碩士論文，2016。
[96] 全身振動測量資料庫，中山醫學大學附設醫院職業傷病防治中心 http://www.csh.org.tw/into/odc/basis/basis_14.htm
[97] 何先聰、劉紹興、劉玉文，重覆性職業傷病監視研究：手－手臂振動作業暴露。勞動部勞動及職業安全衛生研究所；1996。
[98] 吳昭誠，鐵路道工人操作砸道機之手-手臂振動危害之研究。私立中國文化大學勞工研究所碩士論文；1996。
[99] 何先聰、胡世明，送貨勞工暴露於機械腳踏車之振動危害研究。嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告；2005。
[100] 胡世明、劉玉文、何先聰、黃靖茹，林務工人之手－手臂振動量測與其危害評估。嘉南學報 2006；32：159-169。
[101] 黃靖茹，營造業從業人員手－手臂振動暴露量之評估與相關職業傷害之調查。嘉南藥理科技大學環境工程與科學系碩士論文；2008。
[102] 胡世明、何先聰、劉玉文、黃靖茹、吳曉玲，國內常用之電動錘鑽手-手臂振動量評估。嘉南學報(科技類)2009；35：329-337。
[103] 何先聰，勞工手-手臂振動暴露危害之控制(第二年)。國科會研究計畫成果報告；2009。
[104] 何先聰，勞工手-手臂振動暴露危害之控制。國科會研究計畫成果期末報告；2010。
[105] 張銘坤、李毓豐，汽油引擎割草機作手-手臂動之評估。中華民國振動與噪音工程學會論文集 2010；283-292。
[106] 葉仲基、張振岳、林桂儀，揹負式割草機把手振動之調查研究。勞工安全衛生研究季刊 2012；20(4)：443-451。
[107] 陳志勇、莊坤遠，室內裝修拆除作業勞工之職業衛生危害暴露調查。勞動部勞動及職業安全衛生研究所；2017。

附錄一　符號與專有名詞

名稱	定義	單位
全身振動 (Whole-body vibration, WBV)	是指任何頻率的振動(機械振盪)傳遞到人體時使用的通用術語，泛指人類因與機械振動狀態的接觸表面而遭受之振動。勞工工作，立姿時振動經由腳、坐姿時經由臀部，臥姿時經由支持的物體傳到整個人體，全身振動的加權頻率範圍在 0.5~80Hz。	ND
局部振動 (Hand-arm vibration, HAV)	又稱為手-手臂振動，是從工作過程傳遞到工人手和手臂的振動。這可能是由於操作手持式電動工具、手持設備或握持機器正在加工的材料引起時，振動能量將以波動型式，藉由固體介質從振動源傳遞操作者的手及手臂系統甚全身。局部振動的加權頻率範圍在 5~1500Hz。	ND
1/3 八音度頻帶 (1/3 Octave band)	在一個連續分佈之振動波或聲波之中，將其頻率劃分為多個頻帶，各頻帶之上限頻率與下限頻率的比值為 $2^{1/3}$。	ND
減低舒適境界	勞工暴露於全身振動環境，振動量暴露超過此境界被認為會引起工作環境不舒適，例如：會使吃飯、讀書、或寫字感覺困難。	ND
疲勞－降低效率境界	勞工暴露於全身振動環境，振動量暴露超過此境界被認為會引起工作效率降低，例如：會使開車者疲勞導致精神不集中。	ND
行動(處置)限制 (Action limit, AL)	振動暴露的參考值，振動暴露高於此值則個人的健康危害風險會隨之增加。	ND
暴露限制 (Expoure limit, EL)	振動暴露的參考值，振動暴露高於此值則對大多數人都有明顯的健康危害風險。	ND
加速度均方根值 (Root mean square, RMS)	ISO 2631-1:1985, ISO 2631-1:1997 規範中所定義之振動暴露指標。是將測定時間內瞬間加速度平方和的平均值再開平方所得的值。	m/s^2
最大值移動均方根值 (maximum transient vibration value, MTVV)	ISO 8041-1:2017 規範中定義為移動 r.m.s.的最大值，採用積分時間為 1 秒時的振動加速度值計算。	m/s^2

振動劑量值 (Vibration dose value, VDV)	ISO 2631-1:1997, ISO 2631-1:2010(修正)規範中所定義之振動暴露劑量指標。評估勞工暴露於全身振動環境之劑量高低，是以各時段的加權均方根加速度值的四次方與其暴露時間的乘積總和(或積分值)後再開根號四次方的結果。以 VDV 建立之健康警戒區域日暴量介於 8.5~17 $m/s^{1.75}$。	$m/s^{1.75}$
等效靜態壓應力 (Equivalent static compressive stress (S_e))	ISO 2631-5:2004 規範中所定義之振動暴露劑量指標。當 S_e 的日暴露 $S_{ed} < 0.5$ MPa 時代表健康危害的機率低，$S_{ed} > 0.8$ MPa 時則代表健康危害的機率高。	MPa
等效每日壓縮劑量 (S_d^A)	ISO 2631-5:2018 規範中所定義之振動暴露劑量指標。	MPa
振動峰值係數 (Crest factor, CF)	加權峰值加速度(weighted peak acceleration)與加權均方根加速度(weighted rms acceleration)的比值。當振動峰值係數大於 9 的情形，則應採用振動劑量值(vibration dose value, VDV)方法進行全身振動危害評估。	ND
風險係數 R (Risk factor)	ISO 2631-5 規範中所定義之健康風險係數，當 $R > 1.2$ 時代表健康危害的機率高。	ND

附錄二　國內全身振動暴露資料彙整

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
1	曳引拖車	一高南下(新營-仁德)	0.47(Z)				4.5				劉玉文(2002)	席座式檢波器 振動分析器 振幅放大器 1/3 八音度頻譜分析儀 振動波記錄器 電源供應器	ISO 2631-1:1985 勞工安全衛生設施規劃 301 條
2	曳引拖車	一高南下(台南-高雄)	0.44(Z)				6.5						
3	曳引拖車	一高北上(高雄-台南)	0.41(Z)				10						
4	曳引拖車	一高南下含連結道路(路竹-高雄)	2.02(Z)				0.5						
5	曳引拖車	一高北上含連結道路(高雄-路竹)	2.19(Z)				0.5						
6	曳引拖車	一高南下(苗栗-台南)	4.9(Z)				<0.5						
7	曳引拖車	一高南下(苗栗-高雄)	0.35(Z)				8.5						
8	曳引拖車	一高北上(高雄-苗栗)	4.9(Z)				<0.5						
9	曳引拖車	一高北上(高雄-苗栗)	4.22(Z)				<0.5						
10	曳引拖車	一高南下(基隆-新竹)	4.52(Z)				<0.5						
11	曳引拖車	一高南下(基隆-新竹)	4.07(Z)				<0.5						
12	曳引拖車	一高北上(竹東-基隆)	4.73(Z)				<0.5						
13	曳引拖車	一高北上(竹東-基隆)	4.07(Z)				<0.5						
14	鏟土機	南二高	1.93(Y)	3.17(Y)			0.72	0.5			盧士一(2003)	一般檢波器(RION PV-83A) 席座式檢波器(RION PV-62) 振動分析器(RION VM-51 RION VM-52)	ISO 2631-1:1997 勞工安全衛生設施規劃 301 條
15	砂石車	南二高	1.1(Z)	1.22(Z)			4.34	3.35					
16	堆高機		0.39(X)	0.59(X)			17.77	14.33					
17	堆高機		0.23(Z)	0.66(Z)			>24	11.45					
18	堆高機		0.13(X)	0.56(Z)			>24	15.5					
19	堆高機		0.45(Z)	0.73(Z)			>24	9.13					

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
20	堆高機		0.27(X)	0.74(Z)			>24	8.86					
21	堆高機		0.33(Z)	0.71(Z)			>24	9.84					
22	堆高機		0.54(Z)	1.0(Z)			6.9	4.95					
23	堆高機		0.23(Z)	0.76(Z)			>24	8.41					
24	堆高機		1.07(X)	1.89(X)			2.34	1.37					
25	堆高機		3(Z)	0.21(Z)			0.58	0.84					
26	堆高機		1.53(Z)	1.57(Z)			2.24	1.99					
27	堆高機		0.09(Z)	0.57(Z)			>24	15.24					
28	堆高機		2.17(Z)	2.9(Z)			1.11	0.58					
29	堆高機		0.07(Z)	0.3(Z)			>24	>24					
30	堆高機		1.53(Z)	3.17(Z)			2.23	0.49					
31	堆高機		0.14(Z)	0.45(Z)			>24	23.79					
32	堆高機		1.57(Z)	2.65(Z)			2.13	0.7					
33	堆高機		0.11(Y)	0.19(Z)			>24	>24					
34	堆高機		0.43(Z)	0.48(Z)			>24	21.59					
35	卡車(18 噸)	台南站-安平站	1.93(Z)	3.56(Z)			1.41	0.4					
36	卡車(15 噸)	台南站-安開元站	2.0(Z)	3.88(Z)			1.31	0.33					
37	卡車(15 噸)	台南站-中華東路	2.58(Z)	4.6(Z)			0.79	0.24					
38	卡車(15 噸)	台南站-府前路	2.29(Z)	4.34(Z)			3.15	0.27					
39	卡車(18 噸)	台南站-安平站	1.95(Z)	3.78(Z)			1.37	0.35					
40	卡車(16 噸)	台南站-成功區	2.83(Z)	4.93(Z)			0.65	0.21					
41	卡車(40 噸)	基隆交流道-高雄	2.41(Z)	3.95(Z)			0.9	0.32					

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
42	卡車(40 噸)	高雄-台南-基隆	3.02(Z)	4.73(Z)			0.57	0.23					
43	卡車(40 噸)	台南站-安平區	1.93(Z)	3.66(Z)			1.41	0.76					
44	卡車(40 噸)	台南站-開元路	2.0(Z)	3.88(Z)			1.31	0.33					
45	卡車(40 噸)	台南站-中華東路	2.58(Z)	4.6(Z)			0.79	0.24					
46	卡車(40 噸)	台南站-府前路	2.29(Z)	4.34(Z)			1	0.27					
47	混凝土拌合車	南二高	2.75(X)	5.32(X)			0.35	0.18					
48	膠輪壓路機	南灣	2.5(Y)	3.85(Y)			0.43	0.34					
49	鐵輪壓路機	南二高	1(Y)	2.59(Y)			5.23	0.75					
50	平路機	台南科技工業區	0.85(Z)	1.1(Z)			7.3	4.13					
51	道路鋪裝機	台南科技工業區	0.6(X)	1.13(X)			7.4	3.94					
52	大型怪手	工地-行走狀態	3.79(X)								盧士一(2004)	一般檢波器(RION PV-83A) 席座式檢波器(RION PV-62) 振動分析器(RION VM-51、RION VM-52) 振幅放大器(RION XV-20B) 1/3 八度音頻譜分析儀(RION SA-27) 振動波紀錄器(SONY PC204AX)、電源供應器	勞工安全衛生設施規劃 301 條 ISO 2631-1:1985
53	大型怪手	工地-待機狀態	0.31(Z)										
54	大型怪手	工地-挖掘狀態	0.61(Y)										
55	大型怪手	工地-旋轉狀態	0.71(Y)										
56	小型怪手	工地-行走狀態	0.32(X)										
57	小型怪手	工地-待機狀態	0.21(Y)										
58	小型怪手	工地-挖掘狀態	0.17(Z)										
59	鏟土機(山貓)	工地-行走狀態	0.54(Z)										
60	鏟土機(山貓)	工地-待機狀態	0.17(Y)										
61	鏟土機(山貓)	工地-鏟土狀態	0.51(Z)										

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
62	鏟土機(山貓)	工地-平土狀態	0.35(X)										
63	砂石車(7 輛均能值)	碎石道路	0.88(Y)										
64	混凝土拌合車(12 輛均能值)	柏油路面	0.52(Z)										
65	膠輪壓路機	前進夯實狀態	0.43(Z)										
66	膠輪壓路機	後退夯實狀態	0.42(Z)										
67	膠輪壓路機	待機狀態	0.16(Y)										
68	鐵輪壓路機	待機狀態	0.12(Z)										
69	鐵輪壓路機	前進高壓振狀態	2.05(X)										
70	鐵輪壓路機	前進壓路狀態	0.4(Z)										
71	鐵輪壓路機	後退高壓振狀態	3.13(Y)										
72	鐵輪壓路機	後退壓路狀態	0.74(Y)										
73	瀝青鋪裝機	待機狀態	0.14(X)										
74	瀝青鋪裝機	鋪路狀態	0.92(Z)										
75	混凝土夾碎機(大鋼牙)	待機狀態	0.41(X)										
76	混凝土夾碎機(大鋼牙)	夾碎狀態	1.00(X)										
77	混凝土破壞機	打碎狀態	12.50(Z)										

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
78	油罐車	負載/省道 17		1.77(Z)							葉青宗 (2005)	SVAN 948 四通道分析儀 三軸向全身用加速度規 單軸向加速規 SVAN 948 分析軟體	ISO 2631-1:1985 勞工安全衛生設施規劃 301 條
79	油罐車	負載/省道 17		1.74(Z)									
80	油罐車	負載/快速道路 61		2(Z)									
81	油罐車	負載/快速道路 61		2.26(Z)									
82	油罐車	負載/國道 1		1.56(Z)									
83	油罐車	負載/國道 1		1.75(Z)									
84	油罐車	負載/縣道 154		1.09(Z)									
85	油罐車	負載/省道 1		1.06(Z)									
86	油罐車	空載/省道 17		1.52(Z)									
87	油罐車	空載/省道 17		1.69(Z)									
88	油罐車	空載/快速道路 61		1.87(Z)									
89	油罐車	空載/快速道路 61		2.09(Z)									
90	油罐車	空載/國道 1		1.38(Z)									
91	油罐車	空載/國道 1		1.37(Z)									
92	油罐車	空載/縣道 154		1.08(Z)									
93	油罐車	空載/省道 1		1.05(Z)									
94	垃圾車	垃圾車		0.78	3.7(Z)						李承憲 (2006)	SVAN 948 四通道分析儀 三軸向全身振動用加速度規(含席盤 SV 39A) SV 3023A1 單軸向加速規 WR 786LBV	ISO 2631-1:1985
95	垃圾車	垃圾車		1.25	12.14(X)								
96	垃圾車	垃圾車		0.92	2.27(X)								
97	資源回收車	資源回收車		1.22	2.97(Z)								
98	資源回收車	資源回收車		2.37	2.29(X)								
99	資源回收車	資源回收車		0.89	1.92(Z)								

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
100	垃圾車	負載(2.5 公噸以上)		0.42(X)									
101	垃圾車			0.79(Z)									
102	垃圾車			1.01(Z)									
103	垃圾車			1.21(Z)									
104	垃圾車			1.33(Z)									
105	垃圾車			1.25(Z)									
106	垃圾車			1.62(Z)									
107	垃圾車	負載(2.5 公噸以上)		3.3(Z)									
108	垃圾車			0.86(Z)									
109	垃圾車			1.56(Y)									
110	垃圾車			0.84(Z)									
111	垃圾車			1.5(Z)									
112	垃圾車			1(Z)									
113	垃圾車			1.21(Z)									
114	垃圾車	負載(2.5 公噸以上)		1.32(Z)									
115	垃圾車			0.8(Z)									
116	垃圾車			0.9(Z)									
117	垃圾車			1.3(Z)									
118	垃圾車			1.27(Z)									
119	垃圾車			1.05(Z)									
120	垃圾車			1.48(Z)									
121	垃圾車	負載(2.5 公噸以下)		0.87(Z)									

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
122	垃圾車			0.92(Z)									
123	垃圾車			1.03(Z)									
124	垃圾車	負載(2.5 公噸以下)		0.58(Z)									
125	垃圾車			0.38(Z)									
126	垃圾車			0.42(Z)									
127	垃圾車	負載(2.5 公噸以下)		1.03(Z)									
128	垃圾車			1.06(Z)									
129	垃圾車			1.06(Z)									
130	垃圾車	柏油路面	0.73(Z)	1.36(Z)			9.7	2.8			盧士一 (2007)	SVAN 948 四通道分析儀、三向全身用加速度規(含席盤 SV 39A) SV 3023A1 單向加速度規 WR 786LBV、SVAN 948 分析軟體 大約 4 小時	勞工安全衛生設施規劃 301 條 ISO 2631-1-1985 ISO 2631-1:1997
131	垃圾車	柏油路面	0.93(Z)	1.58(Z)			6	2.1					
132	垃圾車	柏油路面	0.65(Z)	1.32(Z)			12.3	3					
133	垃圾車	柏油路面	0.74(Z)	1.40(Z)			9.6	2.7					
134	垃圾車	柏油路面	0.50(Z)	1.23(Z)			20.9	3.4					
135	垃圾車	柏油路面	0.50(Z)	1.19(Z)			21.3	3.7					
136	垃圾車	柏油路面	0.58(Z)	0.78(Z)			8	8.5					
137	垃圾車	柏油路面	0.59(Z)	1.22(Z)			15.1	3.5					
138	垃圾車	柏油路面	1.52(X)	1.85(X)			1.2	1.5					
139	垃圾車	柏油路面	0.47(X)	1.01(Z)			12.1	5.1					
140	垃圾車	柏油路面	0.49(Z)	0.98(Z)			22	5.4					
141	垃圾車	柏油路面	2.72(X)	4.00(X)			0.4	0.3					
142	垃圾車	柏油路面	0.73(X)	0.82(X)			5	7.7					
143	垃圾車	柏油路面	1.32(Z)	2.25(Z)			3	1					

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
144	資源回收車	柏油路面	1.1(X)	1.25(X)			2.2	3.4					
145	資源回收車	柏油路面	1.89(X)	2.70(X)			0.7	0.7					
146	資源回收車	柏油路面	0.57(Z)	0.83(Z)			8.3	7.6					
147	資源回收車	柏油路面	0.32(Z)	0.70(Z)			>24	10.5					
148	資源回收車	柏油路面	0.64(Z)	1.19(Z)			12.8	3.7					
149	資源回收車	柏油路面	0.35(Z)	0.81(Z)			>24	7.9					
150	資源回收車	柏油路面	0.60(Z)	1.15(Z)			14.7	4					
151	資源回收車	柏油路面	0.68(Z)	1.24(Z)			11.4	3.4					
152	資源回收車	柏油路面	0.35(Z)	0.82(Z)			>24	7.7					
153	砂石車(卡車式)			7.44	5.91(X)			<6			黃鴻文 (2008)	SVAN 948 四通道分析儀 三軸向全身用加速度規 SV 39A 型 單軸向加速度 KISTLER 8772A50 型 SVAN 948 分析軟體	ISO 2631-1:1985
154	砂石車(連結式/六輪)			1.56	3.19(Z)			<6					
155	砂石車(連結式/六輪)			1.584	5.39(X)			<6					
156	砂石車(連結式/六輪)			2.06	5.37(Y)			<6					
157	砂石車(連結式/六輪)			1.58	7.69(Y)			<6					
158	砂石車(連結式/六輪)			1.73	3.28(Z)			<6					
159	砂石車(連結式/六輪)			1.45	1.68(X)			<6					
160	砂石車(連結式/六輪)			1.04	3.59(Z)			<6					

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
161	砂石車(連結式/六輪)			1.384	3.15(Y)			<6					
162	砂石車(連結式/十輪)			1.511	3.41(Y)			<6					
163	大型推土機	營建	1.524	0.488(Z)	15.149	1.088	3.88	>24	12.687	1.262	潘儀聰(2009)	可攜式資料紀錄器 三通道 ICP 加速度訊號放大器 三 ICP 加速度席盤(Model 356B40, triaxial ICP seat pad) 校正器(Model 394C06) Viewlog 軟體 1 小時	ISO 2631-1:1997 ISO 2631-5:2004 勞工安全衛生設施規劃 301 條
164	大挖土機	營建	0.338	0.467(Z)	10.748	0.59	>24	>24	>24	>24			
165	大挖土機	營建-白	0.308	0.792(Z)	30.679	2.84	>24	10.341	0.754	0.004			
166	小挖土機	營建-黑	0.929	0.642(Z)	15.218	0.679	6.91	15.731	12.457	21.377			
167	山貓	朝陽	0.519	0.692(Z)	18.342	0.963	>24	13.528	5.904	2.636			
168	山貓	嘉義道路	0.784	0.934(Z)	27.671	1.239	12.797	7.434	1.14	0.579			
169	山貓	環中	0.723	0.821(Z)	18.627	1.025	14.788	9.608	5.551	1.812			
170	打樁機	打樁	0.455	0.156(Z)	3.887	0.139	>24	>24	>24	>24			
171	打樁機	打樁	0.178	0.142(Z)	4.178	0.23	>24	>24	>24	>24			
172	挖土機	45 型-1	0.311	0.401(Z)	9.855	0.479	>24	>24	>24	>24			
173	挖土機	45 型-2	0.246	0.453(Z)	12.833	0.738	>24	>24	>24	12.983			
174	挖土機	大里營建	0.215	0.239(Z)	7.19	0.445	>24	>24	>24	>24			
175	挖土機	打樁	0.415	0.500(Z)	10.741	0.398	>24	>24	>24	>24			
176	挖土機	建材吊掛及溝渠挖掘		0.585(Z)	12.704	0.883		>24	>24	4.412			
177	挖土機	挖掘及鋪設水泥管		0.814(Z)	13.335	0.723		15.964	21.133	14.707			
178	挖土機	乾溪	0.412	0.434(Z)	11.364	0.669	>24	>24	>24	23.47			
179	挖土機	排水溝	0.248	0.303(Z)	7.059	0.316	>24	>24	>24	>24			
180	挖土機	堤防工程	0.521	0.460(Z)	11.462	0.495	>24	>24	>24	>24			
181	挖土機	朝陽鑽地	0.345	0.528(Z)	20.038	1.433	>24	23.265	4.144	0.242			
182	挖土機	植樹	3.344	0.287(Z)	10.468	0.437	1.192	>24	>24	>24			
183	挖土機	港尾路	0.288	0.516(Z)	15.341	0.863	>24	>24	12.063	5.067			
184	挖土機	敲圍牆	0.337	0.499(Z)	15.571	1.281	>24	>24	11.366	0.474			
185	挖土機	福新橋	0.26	0.321(Z)	11.825	0.485	>24	>24	>24	>24			
186	挖土機	營建	0.45	0.492(Z)	17.263	1.191	>24	>24	7.524	0.734			

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
187	挖土機	鯉魚橋		0.422(Z)	14.267	0.63		>24	16.125	>24			
188	挖土機	鯉魚橋		0.589(Z)	18.843	1.117		18.7	5.301	1.079			
189	挖土機	霧峰寬頻	0.207	0.281(Z)	9.28	0.607	>24	>24	>24	>24			
190	砂石車	堤防工程	0.548	0.462(Z)	11.316	0.506	>24	>24	>24	>24			
191	砂石車	營建	0.372	0.562(Z)	15.627	0.813	21.473	20.511	11.205	7.25			
192	砂石車	鯉魚橋		0.561(Z)	14.169	0.658		20.587	16.579	>24			
193	堆高機	大里工業區堆疊貨櫃		0.451(Z)	13.009	0.561		>24	23.329	>24			
194	堆高機	大里工業區堆疊貨櫃		0.423(Z)	12.711	0.54		>24	>24	>24			
195	新竹客運	中壢 1	0.582	0.651(Z)	13.455	0.445	>24	15.313	20.39	>24			
196	新竹客運	中壢 2	0.579	0.526(Z)	12.039	0.466	>24	23.452	>24	>24			
197	預拌車	540 空車	0.656	0.680(Z)	14.281	0.675			16.064	22.172			
198	預拌車	540 載料	1.274	0.624(Z)	14.743	0.895			14.143	4.08			
199	預拌車	570 空車	5.241	0.889(Z)	20.849	1.437			4.076	2.397			
200	預拌車	5V 空車	0.926	1.000(Z)	20.121	0.978			4.401	6.187			
201	預拌車	5V 載料	1.279	0.980(Z)	19.739	0.835	14.788	9.608	5.551	1.812			
202	預拌車	897 空車	0.937	0.941(Z)	19.353	1.15	12.905	7.311	4.763	0.905			
203	預拌車	897 載料	1.408	0.731(Z)	20.082	1.357	3.389	12.136	4.109	0.336			
204	預拌車	949 空車	2.647	0.583(Z)	14.433	0.758	1.179	19.086	15.398	11.02			
205	預拌車	949 載料	0.601	0.631(Z)	14.303	0.642	20.603	16.262	15.967	>24			
206	預拌車	空車	1.367	1.169(Z)	26.27	1.239	6.79	4.745	1.403	0.578			
207	預拌車	空車	1.19	0.696(Z)	14.446	0.579	4.566	13.361	15.343	>24			
208	預拌車	載料	0.751	0.695(Z)	17.455	0.99	14.169	13.408	7.198	2.221			
209	鋪路機	嘉義道路	0.16	0.254(Z)	6.827	0.383	>24	>24	>24	>24			
210	壓路機	嘉義 2	0.304	0.492(Z)	11.177	0.523	>24	>24	>24	>24			
211	壓路機	嘉義道路	0.261	0.397(Z)	20.35	0.868	>24	>24	3.896	4.897			
212	三陽機車 125cc	台中市區	0.713	0.838	23.093	0.821	>24	9.22	2.349	6.863			
213	三陽機車 125cc	台中市區	0.634	0.774	22.319	1.094	>24	10.824	2.693	1.223			

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
214	三陽機車 125cc	台中市區	0.777	0.873	25.286	1.162	22.809	8.506	1.634	0.851			
215	三陽機車 125cc	台中市區	0.639	0.808	23.782	0.919	>24	9.926	2.089	3.488			
216	三陽機車 125cc	台中市區	0.664	0.845	23.885	1.415	>24	9.082	2.053	0.261			
217	光陽機車 125cc	台中市區	0.737	0.856	26.496	1.974	23.911	8.84	1.356	0.035			
218	光陽機車 125cc	台中市區	0.732	0.85	24.837	1.658	22.109	8.978	1.756	0.101			
219	光陽機車 125cc	台中市區	0.835	1.058	30.087	1.428	21.966	5.784	0.815	0.247			
220	山葉機車 125cc	台中市區	0.74	0.887	23.774	0.973	>24	8.243	2.092	2.477			
221	山葉機車 125cc	台中市區	0.693	0.847	22.942	0.938	>24	9.04	2.412	3.078			
222	光陽機車 125cc	台中市區	0.624	0.672	18.914	0.967	>24	14.358	5.221	2.568			
223	光陽機車 125cc	台中市區	0.69	0.718	19.329	1.009	>24	12.554	4.787	1.989			
224	三陽機車 125cc	台中市區	0.631	0.625	18.018	0.879	22.091	16.568	6.339	4.556			
225	三陽機車 125cc	台中市區	0.679	0.696	19.656	1.042	17.96	13.386	4.476	1.641			
226	三陽機車 90/100cc	台中市區	0.707	0.854	23.57	1.746	>24	8.876	2.165	0.074			
227	三陽機車 90/100cc	台中市區	0.798	0.902	24.407	1.471	21.164	7.959	1.883	0.207			
228	光陽機車 125cc	台中市區	0.884	1.108	34.573	2.194	19.796	5.277	0.468	0.019			

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
229	光陽機車 125cc	台中市區	0.811	0.943	28.556	2.086	23.149	7.288	1.005	0.025			
230	光陽機車 125cc	台中市區	0.913	1.088	30.046	1.221	19.751	5.479	0.82	0.632			
231	三陽機車 125cc	台中市區	0.829	0.886	25.701	1.096	21.675	8.249	1.531	1.211			
232	三陽機車 125cc	台中市區	0.68	0.793	22.113	0.873	>24	10.295	2.795	4.731			
233	光陽機車 125cc	台中市區	0.574	0.67	20.567	0.936	>24	14.429	3.734	3.11			
234	三陽機車 90/100cc	台中市區	0.796	0.852	23.62	1.415	21.045	8.928	2.147	0.262			
235	山葉機車 125cc	台中市區	0.736	0.941	26.365	1.117	21.461	7.321	1.383	1.08			
236	山葉機車 125cc	台中市區	0.747	0.911	26.404	1.104	19.643	7.811	1.375	1.158			
237	光陽機車 125cc	台中市區	0.726	0.733	21.661	1.313	17.862	12.071	3.035	0.41			
238	光陽機車 125cc	台中市區	0.713	0.838	21.419	1.396	18.877	9.224	3.175	0.284			
239	光陽機車 90/100cc	台中市區	0.73	0.856	24.384	1.127	>24	8.835	1.89	1.025			
240	光陽機車 125cc	台中市區	0.561	0.673	18.806	0.724	>24	14.324	5.342	14.567			
241	光陽機車 125cc	台中市區	0.664	0.753	20.948	0.792	>24	11.431	3.47	8.512			
242	山葉機車 50cc	台中市區	0.771	0.948	25.12	0.86	>24	7.214	1.678	5.201			
243	山葉機車 50cc	台中市區	0.846	1.02	26.396	0.946	20.136	6.231	1.376	2.929			

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
244	三陽機車 125cc	台中市區	0.538	0.669	19.27	0.818	40.642	14.476	4.845	7.015			
245	三陽機車 125cc	台中市區	0.722	0.803	20.421	0.782	>24	10.05	3.842	9.176			
246	三陽機車 125cc	台中市區	0.805	0.975	25.515	1.255	22.926	6.816	1.577	0.538			
247	光陽機車 125cc	台中市區	0.751	0.924	28.267	1.377	23.074	7.592	1.047	0.307			
248	光陽機車 125cc	台中市區	0.893	1.06	33.196	1.473	16.669	5.772	0.55	0.205			
249	三陽機車 125cc	台中市區	0.605	0.771	23.279	1.107	>24	10.889	2.275	1.137			
250	三陽機車 125cc	台中市區	0.614	0.729	21.36	0.856	>24	12.185	3.21	5.329			
251	光陽機車 125cc	台中市區	0.638	0.754	20.59	0.815	>24	11.408	3.718	7.178			
252	光陽機車 125cc	台中市區	0.685	0.816	22.656	1.201	>24	9.727	2.536	0.698			
253	光陽機車 125cc	台中市區	0.616	0.706	18.891	0.775	>24	13.008	5.246	9.672			
254	光陽機車 125cc	台中市區	0.646	0.693	18.055	0.646	>24	13.481	6.288	>24			
255	山葉機車 50cc	台中市區	0.776	0.893	24.02	1.281	19.732	8.118	2.007	0.474			
256	山葉機車 50cc	台中市區	0.706	0.896	24.518	1.172	>24	8.067	1.849	0.808			
257	三陽機車 125cc	台中市區	0.661	0.751	21.146	1.004	>24	11.481	3.342	2.042			
258	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.648	0.725	20.793	0.985	>24	12.325	3.575	2.292			

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
259	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.614	0.731	18.214	0.917	>24	12.121	6.072	3.525			
260	三陽機車 90/100cc	台中市區	0.629	0.714	19.526	0.87	>24	12.701	4.596	4.82			
261	三陽機車 90/100cc	台中市區	0.572	0.632	18.205	0.963	>24	16.216	6.083	2.632			
262	三陽機車 90/100cc	台中市區	0.478	0.559	16.841	0.778	>24	20.724	8.306	9.487			
263	三陽機車 90/100cc	台中市區	0.582	0.65	18.222	0.812	>24	15.358	6.061	7.326			
264	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.721	0.888	22.546	1.555	>24	8.223	2.586	0.148			
265	三陽機車 125cc	台中市區	0.48	0.59	16.498	0.696	>24	18.631	9.02	18.437			
266	三陽機車 125cc	台中市區	0.552	0.659	17.525	0.675	>24	14.941	7.084	22.181			
267	三陽機車 90/100cc	台中市區	0.572	0.677	19.458	0.791	>24	14.154	4.662	8.553			
268	三陽機車 90/100cc	台中市區	0.809	0.917	28.369	1.562	23.824	7.709	1.032	0.145			
269	三陽機車 125cc	台中市區	0.707	0.895	26.786	1.258	>24	8.082	1.298	0.528			
270	三陽機車 125cc	台中市區	0.769	0.897	24.071	0.94	>24	8.054	1.99	3.043			
271	光陽機車 90/100cc	台中市區	0.643	0.759	20.775	0.894	>24	11.253	3.587	4.105			
272	光陽機車 90/100cc	台中市區	0.587	0.728	19.662	0.884	>24	12.21	4.471	4.388			
273	三陽機車 125cc	台中市區	0.612	0.696	17.815	0.794	>24	13.389	6.633	8.338			

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
274	三陽機車 125cc	台中市區	0.626	0.701	17.995	0.696	23.287	13.181	6.372	18.527			
275	三陽機車 125cc	台中市區	0.667	0.728	20.531	1.081	>24	12.229	3.76	1.318			
276	三陽機車 125cc	台中市區	0.612	0.687	18.751	1.079	>24	13.742	5.405	1.33			
277	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.708	0.918	24.903	0.947	>24	7.695	1.737	2.904			
278	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.71	0.83	22.891	1.061	>24	9.407	2.433	1.471			
279	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.742	0.795	21.58	1.053	>24	10.265	3.081	1.54			
280	三陽機車 125cc	台中市區	0.5	0.628	17.432	0.74	>24	16.451	7.236	12.726			
281	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.803	0.907	25.079	1.198	23.884	7.869	1.689	0.708			
282	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.703	0.801	21.613	0.878	>24	10.088	3.062	4.591			
283	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.811	0.904	26.365	1.437	19.819	7.937	1.383	0.238			
284	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.691	0.803	20.66	0.799	23.91	10.044	3.667	8.063			
285	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.788	0.949	26.045	1.093	20.921	7.198	1.452	1.228			
286	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.624	0.766	19.958	1.237	>24	11.042	4.211	0.585			
287	光陽機車 125cc	台中市區	0.588	0.697	19.292	1.084	>24	13.33	4.823	1.293			
288	光陽機車 125cc	台中市區	0.632	0.66	18.048	1.064	>24	14.893	6.298	1.445			

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
289	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.804	0.911	26.38	1.234	13.331	7.8	1.38	0.593			
290	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.761	0.855	23.048	1.569	12.449	8.863	2.368	0.141			
291	三陽機車 125cc	台中市區	0.699	0.766	21.761	0.983	21.537	11.042	2.98	2.318			
292	三陽機車 125cc	台中市區	0.781	0.8	22.485	0.815	18.035	10.118	2.614	7.179			
293	三陽機車 90/100cc	台中市區	0.616	0.733	19.808	0.977	>24	12.045	4.341	2.418			
294	光陽機車 90/100cc	台中市區	0.543	0.686	18.334	0.635	>24	13.77	5.914	>24			
295	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.629	0.808	21.472	0.828	>24	9.921	3.143	6.513			
296	光陽機車 90/100cc	台中市區	0.676	0.823	27.085	2.607	>24	9.572	1.242	0.007			
297	光陽機車 90/100cc	台中市區	0.636	0.712	18.626	1.09	>24	12.794	5.552	1.252			
298	山葉機車 90/100cc	台中市區	0.645	0.813	20.502	0.851	>24	9.797	3.782	5.52			
299	機車 125cc	台中市區	0.486	0.558	27.75	2.49	>24	20.778	1.127	0.009			
300	機車 125cc	台中市區	0.524	0.609	16.162	0.678	>24	17.464	9.792	21.608			
301	機車 125cc	台中市區	0.61	0.663	18.357	0.874	>24	14.729	5.884	4.7			
302	挖土機(11 輛平均值)	道路工程	0.409(Z)	0.497(Z)	8.799(Z)	0.981	>24	22.982	10.177	3.499	何坤鑫 (2009)	三 ICP 加速度席盤 (356B40, Larson Davis Inc.,USA) 加速度校正器 (394C06, PCB	ISO 2631-1:1985 ISO 2631-1-1997 ISO 2631-5:2004
303	挖土機(11 輛平均值)	河川工程	0.461(Z)	0.537(Z)	9.301(Z)	1.211	>24	23.999	11.81	7.636			
304	挖土機(11 輛平均值)	土方挖掘	0.428(Z)	0.492(Z)	8.846(Z)	1.175	>24	>24	17.365	7.502			

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
305	挖土機(11輛平均值)	土方搬移	0.425(Z)	0.475(Z)	7.582(Z)	0.797	>24	30.463	13.978	7.518		Piezotronic Inc., USA) 加速度放大器、多通道資料記錄器、攝影機	
306	砂石車(3 台平均值)	載貨		0.684	14.102	0.61					魏子明(2009)	三 ICP 加速度席盤(356B40, Larson Davis Inc.,USA) 加速度校正器(394C06, PCB Piezotronic Inc., USA) 加速度放大器、多通道資料記錄器、攝影機、互動式分析軟體 Viewlog 5 小時(9:30-11:30 13:30-16:30)	ISO 2631-1:1997 ISO 2631-5:2004
307	砂石車(3 台平均值)	空車		0.576	11.957	0.49							
308	砂石車(4 台平均值)	場內		0.514	13.245	0.69							
309	混凝土預拌車(23 台平均值)	載貨		0.588	13.041	0.664							
310	混凝土預拌車(23 台平均值)	空車		0.831	18.518	0.961							
311	計程車			0.188	7.327	0.636		>24	>24	>24	劉永平(2010)	中山附醫資料庫(評估報告)	
312	垃圾卡車	台中市區		0.418	11.445	0.63		>24	>24	>24		三 ICP 加速 度席盤（model 356B40） 校正器（model 394C06） model 480B21 三通道訊號放大器 可攜式資料記錄器 Viewlog 軟體 1 小時	
313	垃圾卡車	台中市區		0.52	12.031	0.52		24	>24	>24			
314	垃圾卡車	台中市區		0.363	11.066	0.694		>24	>24	17.7			
315	垃圾卡車	台中市區		0.397	9.646	0.553		>24	>24	>24			
316	垃圾卡車	台中市區		0.432	11.465	0.552		>24	>24	>24			
317	垃圾卡車	台中市區		0.343	9.609	0.418		>24	>24	>24			
318	垃圾卡車	台中市區		0.468	15.699	0.836		>24	11.3	6.3			
319	垃圾卡車	台中市區		0.516	14.412	0.913		>24	13.3	3.1			
320	垃圾卡車	台中市區		0.35	9.902	0.51		>24	>24	>24			
321	垃圾卡車	台中市區		0.349	9.469	0.497		>24	>24	>24			

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
322	垃圾卡車	台中市區		0.312	9.714	0.419		>24	>24	>24	潘儀聰 (2012)		ISO 2631-1:1997 ISO 2631-5:2004
323	垃圾卡車	台中市區		0.331	10.069	0.558		>24	>24	>24			
324	垃圾卡車	台中市區		0.57	12.677	0.567		20	21.2	>24			
325	垃圾卡車	台中市區		0.452	11.703	0.633		>24	>24	>24			
326	垃圾卡車	台中市區		0.352	10.016	0.441		>24	>24	>24			
327	垃圾卡車	台中市區		0.429	11.626	0.75		>24	>24	10.6			
328	垃圾卡車	台中市區		0.289	8.699	0.533		>24	>24	>24			
329	垃圾卡車	台中市區		0.349	10.756	0.708		>24	>24	15.9			
330	垃圾卡車	台中市區		0.559	14.841	0.579		20.8	13.4	>24			
331	垃圾卡車	台中市區		0.6	15.447	0.769		18	10.5	9.1			
332	聯結車	晶圓		0.4	12.146	0.971		24	24	2.5	賴志韋 (2013)	三加速度席盤(356B, Larson Davis Inc.,USA) 手持式校正器 (394C06 PCB Piezotronics Inc., USA) 可攜式資料紀錄器 無線訊號發射器 行車紀錄器	ISO 2631-1:1997 ISO 2631-5:2004
333	聯結車	晶圓		0.532	12.947	0.674		22.9	23.8	22.4			
334	聯結車	內陸		0.384	10.065	0.707		24	24	17			
335	聯結車	內陸		0.49	11.569	0.777		24	24	9.5			
336	聯結車	內陸		0.609	12.647	0.596		17	24	24			
337	聯結車	內陸		0.329	7.368	0.424		24	24	24			
338	聯結車	內陸		0.488	13.346	0.8		24	24	7.9			
339	聯結車	廠內理貨		0.427	12.751	0.914		24	24	3.6			
340	聯結車	廠內理貨		0.451	13.178	0.841		24	22.2	5.9			
341	聯結車	廠內理貨		0.485	12.94	0.866		24	24	5			
342	聯結車	廠內理貨		0.195	7.673	0.86		24	24	5.2			
343	聯結車	高壓特化		0.33	8.641	1.056		24	24	1.52			
344	聯結車	高壓特化		0.231	7.683	0.605		24	24	24			
345	聯結車	可塑劑 DOP		0.374	8.674	0.979		24	24	2.38			
346	聯結車	可塑劑 DOP		0.276	6.82	0.892		24	24	4.15			
347	聯結車	可塑劑 DOP		0.389	8.208	0.721		24	24	24			
348	聯結車	可塑劑 DOP		0.423	10.303	0.544		24	24	24			
349	聯結車	可塑劑 DOP		0.352	7.991	0.65		24	24	24			
350	聯結車	燃料油		0.338	9.515	0.898		24	24	4			

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
351	聯結車	燃料油		0.288	7.203	0.6		24	24	24			
352	聯結車	燃料油		0.3	7.44	0.441		24	24	24			
353	聯結車	燃料油		0.266	7.794	0.632		24	24	24			
354	自強號	七堵-台中		0.220(Y)	5.300(X)	0.3		24	24	24	劉永平(2013)	中山附醫資料庫(評估報告)	ISO 2631-1:1997; ISO2631-5:2004
355	運貨機車(光陽 125)	台中市區		0.395	11.253	0.677		24	23.5	12.3	劉永平(2013)	中山附醫資料庫(評估報告)	
356	貨車(3.5 噸)	台中市區		0.195	6.353	0.328		24	24	24	劉永平(2013)	中山附醫資料庫(評估報告)	
357	吊車	行車(台中市區)		0.349	6.451	0.352		24	24	24	劉永平(2015)	中山附醫資料庫(評估報告)	
358	吊車	吊掛		0.067	2.647	0.183		24	24	24			
359	吊車	行車(台中市區)		0.408	5.109	0.224		24	24	24			
360	小客車			0.268(Z)	5.702			>24	>24		蔡承穎(2016)	SV 106 人體振動量測分析儀 Svantech SV 106 (Svantek Sp., Warsaw,Poland) SV 38V 加速度盤 8 小時	ISO 2631-1:1997
361	小客車			0.276(Z)	5.925			>24	>24				
362	小客車			0.267(Z)	7.021			>24	>24				
363	小客車			0.261(Z)	6.138			>24	>24				
364	小客車			0.196(Z)	5.236			>24	>24				
365	小客車			0.246(Z)	6.002			>24	>24				
366	小客車			0.234(Z)	8.778			>24	>24				
367	小客車			0.213(Z)	8.287			>24	>24				
368	聯結車	林口交流道→國道一號→新竹中華科技大學		0.550(Z)	7.24(Z)			21.42	>24		唐進勝(2017)	SVANTEK 振動計(SV 106)、連接坐墊式加速器度感測器 SV 38V (250 mins)	ISO 2631-1:1997
369	聯結車	往返司機之工廠與橫山車站附近的亞洲水泥廠		0.579(Z)	6.40(Z)			19.33	23.23				
370	堆高機	水泥兼碎石子路面		0.963(Z)	10.94(Z)			6.99	2.24			SVANTEK 振動計(SV 106)、連接坐墊式加速器度感測器 SV 38V (72+23+28 mins)	ISO 2631-1:1997

編號	車種	進行作業/行駛路段	振動強度/8 小時暴露量				容許暴露時間(小時)				作者	量測設備及時間	法規依據
			本國	ISO(1997)		2004	本國	ISO(1997)		2004			
			RMS	RMS	$VDV_{(8)}$	$Se_{(8)}$	RMS	RMS	VDV	Se			
			(m/s^2)	(m/s^2)	($m/s^{1.75}$)	(MPa)							
371	聯結車	台 61 縣		0.818(Z)	9.047(Z)			9.68	5.82		王奕迪 (2017)	SVANTEK SV 105 (28 mins)	ISO 2631-1:1997
372	聯結車	林口交流道→台中港→林口交流道		0.371(Z)	6.80(Z)			>24	18.23		唐進勝、李姿瑩 (2017)	SVANTEK 振動計 (SV 106)、連接坐墊式加速器度感測器 SV 38V (250 mins)	ISO 2631-1:1997
373	聯結車	南青路-大園-濱海公路		0.493(Z)	5.85(Z)			>24	>24		王奕迪 (2017)	SVANTEK SV 105 (51 mins)	ISO 2631-1:1997
374	聯結車	林口地磅站→國道一號→基隆港		0.481(Z)	5.19(Z)			>24	>24		王奕迪、唐進勝 (2017)	SVANTEK 振動計 (SV 106)、連接坐墊式加速器度感測器 SV 38V (59 mins)	ISO 2631-1:1997
375	聯結車	山區道路→台 74 快速→快關交流道→國 3→彰化系統→國 1→北斗匝道→平面道路		0.562(Z)	9.22(Z)	0.511		20	24	24	劉永平 (2020)	中山附醫資料庫(評估報告)	ISO 2631-1:1997; ISO2631-5:2004

附錄三　國內局部振動暴露資料彙整

編號	類型	廠牌型號/作業模式	X 軸 (m/s^2)	Y 軸 (m/s^2)	Z 軸 (m/s^2)	三軸之加權加速度	容許暴露時間	暴露量	Dy	作者	量測工具	法規依據
1	小型氣動板手	氣動手工具	8.27	4.68	2.22					何先聰 (1996)	日本 RION 公司-振動測定儀(型號 VM-19) RION 公司-1/3 八音度頻帶實時間分析儀(SA-27 型) TEAC 公司- R-61D 機型錄音座	ISO-5349:1986(E)
2	大型氣動板手		23.87	15.76	17.27							
3	折邊機		3.89	2.15	1.52							
4	氣錘		10.22	4.02	2.61							
5	打包機		1.95	0.92	1.68							
6	氣動起子		0.85	0.11	1							
7	砸道機	振動手工具	14.93	10.44	9.8							
8	125 cc郵務機車		7.62	10.14	14.8							
9	89 cc郵務機車		4.1	5.5	5.15							
10	懸臂式研磨機	研模機具	2.47	4.46	0.24							
11	大型研磨機		4.22	1.1	0.9							
12	汽車廠研磨機		4.32	0.25	0.29							
13	小型研磨機		4.47	1.49	1.06							
14	細桿研磨機		3.18	1.73	0.82							
15	平台式研磨機		11.69	8.09	0.27							
16	修邊研磨機		4.64	3.77	0.79							
17	大型破壞機	混凝土破壞機與割草機	3.96	27.77	2.18							
18	中型破壞機		7.24	1.24	1.19							
19	電鑽		30.3	20.62	6.4							
20	割草機		1.01	0.68	1.53							
21	鏈鋸	電動起子及鏈鋸	19.95	5.62	79.43							
22	大型電動起子		6.23	2.32	1.63							

編號	類型	廠牌型號/作業模式	X 軸 (m/s^2)	Y 軸 (m/s^2)	Z 軸 (m/s^2)	三軸之加權加速度	容許暴露時間	暴露量	Dy	作者	量測工具	法規依據
23	小型電動起子		0.72	0.61	1.18							
24	鐵路砸道機(以工務段班分組)	14 台平均值				12.6	<1			吳昭誠 (1996)	日本 RION-振動測定儀(型號 VM-19) RION-1/3 八音度頻帶實時間分析儀 (SA-27 型) TEAC- R-61D 機型錄音座 檢波器(PV-93T)	ISO5349-1 職業安全衛生設施規則第 302 條
25		8 台平均值				16.7						
26		8 台平均值				44.2						
27		10 台平均值				14.8						
28	三爪	AEG(SBE 550R)				14.39	<1	5.61	5.12	胡世明 (2009)	三軸向虛擬儀表式 1/3 八音幅頻帶頻譜分析器 NI USB-9233 動態訊號擷取模組 Lutron Fg-20kg 拉力計量	ISO 5349-1:2001 勞工安全衛生設施規則第 302 條
29	三爪	BOSCH(GSB 16 RE)				13.29	<1	6.65	4.27			
30	三爪	HITACH(V-14)				14.84	<1	7.42	3.8			
31	三爪	Metabo(KHE28)				6.04	<4	3.02	9.85			
32	三爪	RYOBI(PD-196 VR)				19.6	<1	9.8	2.83			
33	四溝	Black&Decker (PROFESSTION AL P80-20)				10.22	<2	5.11	5.64			
34	四溝	BOSCH(GBH 2 SE)				10.73	<1	5.37	5.36			
35	四溝	BOSCH(GBH 2 SR)				11.25	<1	5.63	5.1			
36	四溝	BOSCH(GBH 2-22 RE)				9.97	<2	4.99	5.79			
37	四溝	BOSCH (GBH 2-26DRE)				10.16	<2	5.08	5.68			
38	四溝	HILTI (TE2)				7.45	<4	3.73	7.89			
39	四溝	HILTI (TE5)				9.16	<2	4.58	6.34			
40	四溝	HILTI (TE 6-S)				8.63	<2	4.32	6.75			
41	四溝	HILTI (TE22)				8.32	<2	4.16	7.02			
42	四溝	HITACH (DH 24 PB2)				12.9	<1	6.45	4.41			
43	四溝	HITACH (DH 22 VB)				10.67	<1	5.34	5.39			

編號	類型	廠牌型號/作業模式	X 軸 (m/s^2)	Y 軸 (m/s^2)	Z 軸 (m/s^2)	三軸之加權加速度	容許暴露時間	暴露量	Dy	作者	量測工具	法規依據
44	四溝	LONIN (ZIA 2-24 DSR)				7.73	<4	3.87	7.59			
45	四溝	MAKITA(HR 2400)				13.82	<1	6.91	4.1			
46	四溝	MAKITA(HR 2410)				12.97	<1	6.49	4.38			
47	四溝	MAKITA(HR 2430)				15.51	<1	7.76	3.63			
48	四溝	MAKITA(M-814K SP)				13.05	<1	6.53	4.35			
49	四溝	RYOBI(Ed-262 VR)				12.21	<1	6.11	4.67			
50	新排檔車	產業道路時速 20km/hr	0.44	0.04	0.88					何先聰 (2005)	RION VM19 手-手臂振動測定器 RION PV-93 檢波器 RION VM-52 全身振 動測定器 RION PV-62 蓆座型檢波器 RION XV20B 信號前置放大器 RION SA-27 實時間 頻譜分析儀分析 SONY PC204AX 資料記錄器	ISO2631 ISO5349 與勞工安全衛生設施規則第301、302 條
51			0.41	0.4	0.77							
52			0.57	0.18	0.83							
53	舊排檔車		0.45	0.39	0.73							
54			0.3	0.23	0.82							
55			0.41	0.39	0.85							
56			0.32	0.49	0.85							
57	新排檔車	柏油路時速 20km/hr	0.17	0.15	0.3							
58			0.22	0.16	0.37							
59			0.16	0.07	0.28							
60	舊排檔車		0.15	0.11	0.29							
61			0.17	0.1	0.29							
62			0.14	0.18	0.27							
63			0.19	0.13	0.3							
64	新排檔車	柏油路時速 40km/hr	0.23	0.18	0.43							
65			0.28	0.2	0.47							
66			0.22	0.1	0.44							
67	舊排檔車		0.2	0.17	0.58							

編號	類型	廠牌型號/作業模式	X 軸 (m/s^2)	Y 軸 (m/s^2)	Z 軸 (m/s^2)	三軸之加權加速度	容許暴露時間	暴露量	Dy	作者	量測工具	法規依據
68			0.19	0.11	0.39							
69			0.16	0.2	0.42							
70			0.25	0.17	0.43							
71	新排檔車	柏油路時速 60km/hr	0.2	0.2	0.47							
72			0.22	0.25	0.47							
73			0.25	0.14	0.47							
74	舊排檔車		0.2	0.24	0.62							
75			0.27	0.15	0.54							
76			0.2	0.3	0.6							
77			0.2	0.24	0.43							
78	新重型機車	產業道路時速 20km/hr	0.54	0.22	1.03							
79			0.32	0.14	0.61							
80			0.43	0.17	0.64							
81			0.51	0.08	0.86							
82			0.43	0.16	0.55							
83	舊重型機車		0.48	0.18	0.81							
84			0.56	0.19	0.61							
85			0.73	0.29	1.13							
86			0.58	0.21	0.94							
87			0.16	0.68	1.31							
88			0.18	0.67	1.19							
89			0.18	0.74	1.16							
90	新重型機車	柏油路時速 20km/hr	0.21	0.12	0.36							
91			0.11	0.05	0.33							

編號	類型	廠牌型號/作業模式	X 軸 (m/s^2)	Y 軸 (m/s^2)	Z 軸 (m/s^2)	三軸之加權加速度	容許暴露時間	暴露量	Dy	作者	量測工具	法規依據
92			0.13	0.09	0.32							
93			0.15	0.1	0.31							
94			0.15	0.09	0.3							
95			0.22	0.07	0.38							
96			0.68	0.09	0.26							
97			0.69	0.15	1.02							
98	舊重型機車		0.28	0.35	0.56							
99			0.05	0.22	0.4							
100			0.08	0.49	0.34							
101			0.04	0.19	0.3							
102			0.2	0.11	0.38							
103			0.16	0.07	0.35							
104	新重型機車		0.18	0.11	0.33							
105			0.24	0.09	0.44							
106			0.16	0.1	0.36							
107			0.31	0.1	0.36							
108		柏油路時速 40km/hr	0.34	0.09	0.46							
109			0.3	0.14	0.51							
110	舊重型機車		0.3	0.14	0.49							
111			0.07	0.22	0.5							
112			0.12	0.2	0.49							
113			0.08	0.21	0.42							
114	新重型機車	柏油路時速 60km/hr	0.23	0.16	0.69							
115			0.22	0.1	0.4							

編號	類型	廠牌型號/作業模式	X 軸 (m/s^2)	Y 軸 (m/s^2)	Z 軸 (m/s^2)	三軸之加權加速度	容許暴露時間	暴露量	Dy	作者	量測工具	法規依據
116			0.21	0.15	0.41							
117			0.42	0.16	0.56							
118			0.18	0.21	0.48							
119	舊重型機車		0.29	0.1	0.49							
120			1.16	0.32	0.59							
121			0.37	0.19	0.74							
122			0.14	0.25	0.51							
123			0.09	0.26	0.8							
124			0.11	0.23	0.69							
125			0.1	0.26	0.67							
126	舊輕型車	產業道路時速 20km/hr	0.57	0.21	0.92							
127			0.47	0.16	0.95							
128			0.37	0.25	0.87							
129			0.31	0.77	1.21							
130	舊輕型車	柏油路時速 20km/hr	0.2	0.08	0.34							
131			0.15	0.05	0.37							
132			0.12	0.1	0.45							
133			0.16	0.19	0.31							
134	舊輕型車	柏油路時速 40km/hr	0.22	0.1	0.48							
135			0.22	0.08	0.39							
136			0.15	0.1	0.35							
137			0.12	0.22	0.5							
138	舊輕型車	柏油路時速 60km/hr	0.35	0.13	0.9							
139			0.35	0.1	0.66							

編號	類型	廠牌型號/作業模式	X 軸 (m/s^2)	Y 軸 (m/s^2)	Z 軸 (m/s^2)	三軸之加權加速度	容許暴露時間	暴露量	Dy	作者	量測工具	法規依據
140			0.22	0.14	0.53							
141			0.3	0.33	0.77							
142	石工鑽孔/電動槌鑽	混凝土柱/打擊/6.0mm 鑽頭				17.15	1	10.98	2.51	黃靖茹 (2008)	三軸加速度規 (Dytran 3143D) 虛擬圖控制套裝軟體 LabView 7.4 及 Sound&Vibration Tools Kit 推拉力計 Lutron FG-20KG	ISO 5349:2001
143		混凝土柱/旋轉/6.0mm 鑽頭				2.76	8	1.77	17.4			
144		混凝土柱/打擊/8.0mm 鑽頭				13.01	1	8.33	3.36			
145		混凝土柱/旋轉/8.0mm 鑽頭				2.19	8	1.4	22.24			
146		混凝土柱/打擊/9.5mm 鑽頭				8.60	2	5.51	5.21			
147		混凝土柱/旋轉/9.5mm 鑽頭				19.27	超過勞工安全衛生法規定	12.34	2.22			
148		混凝土柱/打擊 /12.7mm 鑽頭				22.64		14.5	1.87			
149		混凝土柱/旋轉 /12.7mm 鑽頭				6.96	4	4.46	6.52			
150	石工鑽孔/混凝土破壞機	混凝土柱				16.80	1	10.76	2.56			
151	鑽孔緊固/電鑽	混凝土柱				2.77	8	1.77	17.35			
152						18.87	超過勞工安全衛生法規定	12.08	2.27			
153						0.88	8	0.57	58.17			
154						7.50	4	4.8	6.03			
155						15.29	超過勞工安全衛生法	9.79	2.83			

編號	類型	廠牌型號/作業模式	X 軸 (m/s^2)	Y 軸 (m/s^2)	Z 軸 (m/s^2)	三軸之加權加速度	容許暴露時間	暴露量	Dy	作者	量測工具	法規依據
							規定					
156						15.29	1	9.79	2.83			
157						12.18	1	7.8	3.6			
158	石工切割/圓鋸機	木板				4.28	8	2.74	10.91			
159		磁磚				2.94	8	1.88	16.27			
160		磁磚				2.53	8	1.62	19.07			
161	木工切割/砂光機	紗布帶磨光機				12.34	1	7.9	3.55			
162		40 號砂紙				5.99	4	3.83	7.65			
163		400 號砂紙				5.98	4	3.83	7.67			
164		1000 號砂紙				4.19	8	2.68	11.17			
165	木工切割/線鋸機	1 號鋸子				3.29	8	2.11	14.44			
166		2 號鋸子				3.27	8	2.1	14.52			
167		3 號鋸子				3.25	8	2.08	14.64			
168	木工切科/修邊機	木板				2.38	8	1.52	20.37			
169	木工切割/砂光機	紗布帶磨光機				17.73	超過勞工安全衛生法規定	11.35	2.42			
170	研削研磨/研磨機	鋼條				2.44	8	1.56	19.82			
171						5.08	4	3.25	9.12			
172						5.34	4	3.42	8.64			
173	攪拌混和/水泥攪拌機	混凝土攪拌				0.72	8	0.46	72.41			
174	氣動鑿子	AT-2015/R				49.9	超出我國規範	24.95(per 2 hrs)	1.05	何先聰 (2009)	Kistler 8921 型振動校正器校 正振動量測儀器 LabView 7.1 NI USB-9233 動態訊號擷取模組	ISO 5349-1/2001 職業安全衛生設施規則第 302 條
175		AT-2027/R				9.27	<2	4.64	6.26			
176		AT-2028R				49.33	超出我國規範	24.66	1.06			
177		AT-2031R				8.99	<2	4.5	6.46			
178		AT-2032R				8.92	<2	4.46	6.52			

編號	類型	廠牌型號/作業模式	X 軸 (m/s^2)	Y 軸 (m/s^2)	Z 軸 (m/s^2)	三軸之加權加速度	容許暴露時間	暴露量	Dy	作者	量測工具	法規依據
179		AT-2036R				70.4	超出我國規範	35.2	0.73			
180		AT-2037/R				14.55	<2	7.27	3.88			
181		HITACHI H41				14.6	超出我國規範	4.03	7.26			
182	混凝土破壞機	HITACHI H41SA				11.07	<1	3.94	7.43			
183		HITACHI H55				11.78	<1	4.57	6.35			
184		HITACHI PH65A				9.12	<1	3.08	9.64			
185		HONN				12.68	超出我國規範	4.69	6.18			
186		MAKITA H0810				12.15	超出我國規範	4.44	6.54			
187		MAKITA HT0800				10.86	<1	3.14	9.44			
188	氣動槌	PUMA AT2680				1.7(63Hz)				何先聰 (2010)	KISTLER 8728A500 型單軸相加速規 虛擬套裝軟體 LabView7.1	ISO 5349:2001 ISO 10819 ISO 8662
189	混凝土破壞機	HITACHI H14				5.96(50Hz)						
190		MAKITA HM0810T				9.93(125Hz)						
191		MAKITA HM0810				9.73(50Hz)						
192	電動槌鑽	HITACHI V14				10.44(50Hz)						
193		HINTL TE5				2.65(160Hz)						
194		BOSCH GBH2SR				6.44(80Hz)						
195	背負式割草機(牛筋繩)	徒手	0.347	0.654	0.468	0.876						
196		棉布手套	0/272	0.542	0.228	0.647						
197		避振片	0.441	0.373	0.236	0.624						
198		自行車手套	0.221	0.398	0.36	0.58						
199		防震手套	0.332	0.382	0.276	0.577						
200		徒手	0.248	0.293	0.194	0.43						

編號	類型	廠牌型號/作業模式	X 軸 (m/s^2)	Y 軸 (m/s^2)	Z 軸 (m/s^2)	三軸之加權加速度	容許暴露時間	暴露量	Dy	作者	量測工具	法規依據
201	背負式割草機(刀片)	棉布手套	0.188	0.21	0.19	0.34				張銘坤 (2010)	SVAN 948 四通道分析儀 三軸向手-手臂振動用加速規 DYTRAN 3023M2 型 單軸向加速 KISTLER 8772A50 型 SVAN 948 分析軟體 個人電腦	ISO 5349:2001 ISO 5349-1:2001 我國勞工安全衛生設施規則第 302 條
202		避振片	0.103	0.181	0.141	0.251						
203		自行車手套	0.105	0.142	0.116	0.212						
204		防震手套	0.084	0.118	0.096	0.173						
205	側背式割草機(牛筋繩)	徒手	0.443	0.406	0.497	0.78						
206		棉布手套	0.384	0.365	0.5	0.728						
207		避振片	0.3	0.456	0.125	0.56						
208		自行車手套	0.318	0.447	0.406	0.682						
209		防震手套	0.221	0.307	0.382	0.537						
210	側背式割草機(刀片)	徒手	0.606	0.845	0.493	1.152						
211		棉布手套	0.52	0.713	0.661	1.103						
212		避振片	0.541	0.847	0.567	1.108						
213		自行車手套	0.474	0.856	0.417	1.064						
214		防震手套	0.334	0.595	0.454	0.82						
215	推式割草機	徒手	0.92	0.501	0.662	1.238						
216		棉布手套	0.684	0.4	0.74	1.084						
217		避振片	0.737	0.473	0.647	1.089						
218		自行車手套	0.592	0.424	0.946	1.194						
219		防震手套	0.655	0.438	0.579	0.978						
220	軟管式尼龍繩割草機					1.926~22.582				葉仲基 (2012)	手腕換能器(SV51) 電源供應器及耦合器 引擎轉速計 示波器 動態紀錄器	ISO 5349
221	軟管式二片刀割草機					1.492~39.459						
222	硬管式尼龍繩割草機	右手				6.362~10.561						
223		左手				5.914~17.187						

編號	類型	廠牌型號/作業模式	X 軸 (m/s^2)	Y 軸 (m/s^2)	Z 軸 (m/s^2)	三軸之加權加速度	容許暴露時間	暴露量	Dy	作者	量測工具	法規依據
224	硬管式二片刀割草機	右手				5.613~25.306					頻譜分析儀、振盪器	
225		左手				3.665~32.097						
226	鏈鋸	KOMATSU G561	6.52			8.88	<2	6.28	4.54	胡世明 (2006)	檢波器(RION PV-93) 振動分析器(RION VM-19A) 振動波記錄器(SONY PC204AX) 1/3 八音度頻譜分析儀(RION SA-27) 電源供應器 轉速測定器	建議之採樣方法：ISO7505-1986 (13)、DIN 45675-1987 (14) 規範評估方法：ISO5349-2001(15)
227	鏈鋸	STIHL 038	7.9			11.74	<2	8.3	3.37			
228	鏈鋸	STIHL 009		10.2		13.42	<1	9.49	2.93			
229	鏈鋸	KOMATSU G410		5.38		8.79	<4	6.22	4.59			
230	鏈鋸	TANAKA ECS-655		9.25		13.42	<1	9.49	2.93			
231	鏈鋸	TANAKA ECS-3500		5.43		7.61	<4	5.38	5.34			
232	鏈鋸	KOMATSU G380			5.38	7.71	<4	5.45	5.27			
233	鏈鋸	STIHK 044			12.01	16.18	<1	11.44	2.4			
234	鏈鋸	KOMATSU G300			9.39	12.69	<1	8.97	3.11			
235	鏈鋸	TANAKA ECS-3350C			11.26	14.84	<1	10.49	2.63			
236	鏈鋸	TANAKA ECS-3300C			10.49	13.99	<1	9.89	2.8			
237	電動槌	HITACHI PH65A 大理石地磚打除(3'45")	4.35	5.9	4.98		<4			陳志勇 (2017)	SVANTEK 公司四頻道噪音振動測儀(FOUR CHANNELS SOUND & VIBRATIONLEVEL METER & ANALYSER) 型號 SVAN 958	ISO5349-1 職業安全衛生設施規則第 302 條
238	電動槌	JEPSON 2741M 混凝土牆面穿孔(12'39")	5.64	6.1	5.99		<2					
239	電動槌	JEPSON 2741M 混凝土牆表面剔除(3'42")	3.92	5.16	6.49		<2					
240	電動槌	HITACHI H41 混凝土地面打除(2'14")	4.36	5.25	4.97		<4					
241	電動槌	HITACHI H41 混凝土地面打除(14'30")	4.8	7.46	3.93		<2					
242	電動槌	HITACHI H41 混凝土牆面鑿溝(9'8")	5.15	5.22	4.05		<4					
243	電動槌	HITACHI H41 磨石子地面打除(1'22")	4.85	7.88	6.1		<2					

編號	類型	廠牌型號/作業模式	X 軸 (m/s^2)	Y 軸 (m/s^2)	Z 軸 (m/s^2)	三軸之加權加速度	容許暴露時間	暴露量	Dy	作者	量測工具	法規依據
244	電動槌	HITACHI PH65A 磨石子地面打除(3'41")	24.98	32.96	16.67		應加以檢修					
245	電動槌	HITACHI H41 磨石子地面打除(4'16")	8.26	9.13	5.41		<1					
246	電動槌	HITACHI H41 浴廁地面磁磚打除(5'41")	8.92	10.95	6.26		<1					
247	電動槌	Bosch GST 75BE 線鋸機拆除木製吧檯(5'18")	3.36	3.98	3.59		<8					
248	電動槌	HITACHI H41 混凝土地面打除(3'14")	6.14	4.98	5.86		<2					
249	電動槌	HITACHI H41 混凝土地面打除(2'59")	4.38	7.86	4.33		<2					
250	電動槌	HITACHI PH65A 右手機身後握柄(3'59")	5.51	6.71	4.88		<2					
251	電動槌	HITACHI PH65A 機身中間扶把(2'9")	5.32	6.73	4.94		<2					
252	電動槌	HITACHI H41 型 混凝土地面修飾(1'21")	4.54	3.7	4.07		<4					

國家圖書館出版品預行編目資料

工作場所全身及局部振動風險管理之研究 = The study of risk management for whole-body vibration and hand-arm vibration in occupational fields/李昆哲, 陳協慶著. -- 1 版. -- 新北市 : 勞動部勞動及職業安全衛生研究所, 民 110.06

面 ; 公分
ISBN 978-986-5466-39-8(平裝)

1.職業災害 2.勞工安全

555.56 110005656

工作場所全身及局部振動風險管理之研究
著（編、譯）者：李昆哲、陳協慶

出版機關：勞動部勞動及職業安全衛生研究所
22143 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號
電話：02-26607600 http://www.ilosh.gov.tw/
出版年月：中華民國 110 年 6 月
版（刷）次：1 版 1 刷
定價： 350 元
展售處：
五南文化廣場
台中市中區中山路 6 號
電話：04-22260330

國家書店松江門市
台北市松江路 209 號 1 樓
電話:02-25180207

- 本書同時登載於本所網站之「研究成果／各年度研究報告」，網址為：https://laws.ilosh.gov.tw/ioshcustom/static-page/page-01#content
- 授權部分引用及教學目的使用之公開播放與口述，並請注意需註明資料來源；有關重製、公開傳輸、全文引用、編輯改作、具有營利目的公開播放行為需取得本所同意或書面授權。

GPN: 1011000504
ISBN: 9789865466398

勞動部勞動及職業安全衛生研究所
INSTITUTE OF LABOR, OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, MINISTRY OF LABOR

221新北市汐止區
橫科路407巷99號
TEL 02-26607600
FAX 02-26607732

www.ilosh.gov.tw

ISBN 978-986-5466-39-8
00350
9 789865 466398
GPN : 1011000504 定價:新台幣350元