海洋委員會海洋保育署
OCEAN CONSERVATION ADMINISTRATION,
OCEAN AFFAIRS COUNCIL

水下噪音指引

115 年 12 月

水下噪音指引

一、 為減緩海域開發所產生之水下噪音對水中生物所造成的影響，特訂定水下噪音指引（下稱本指引）。

二、 本指引適用於我國海域從事海事工程、離岸風場等開發或是探測行為之水下噪音測量，以掌握水下噪音變化趨勢，預防鯨豚、海龜等海洋生物受到水下噪音影響。

三、 名詞定義

(一) 人為水下噪音（Anthropogenic underwater noise）：泛指人為活動所產生的各種聲音，並在海洋中傳播，如海事工程的打樁、浚挖、鑽掘，及探測用的海床震測、聲納，以及船舶螺旋槳等交通運輸工具所產生之噪音等，稱為人為水下噪音。

(二) 脈衝噪音（Impulsive noise）：具有瞬間、短暫（少於 1 秒）、寬頻帶、高峰值聲壓、快速上升和衰減時間等特徵的水下噪音。

(三) 爆破音（Explosive sound）：由水下爆炸（如爆破作業、未爆彈引爆等）瞬間釋放大量能量所產生，具有極高峰值聲壓與極短上升時間之脈衝噪音。

(四) 非脈衝噪音（Non-impulsive noise）：不具有快速上升和衰減時間、高峰值聲壓等特徵的水下噪音，可能是連續性或間歇性。

(五) 連續性聲音（Continuous sound）：持續性的聲音，並在整個觀察期間的聲壓值始終高於環境背景噪音值。

(六) 間歇性聲音（Intermittent sound）：斷斷續續或突發性並有靜音期分隔之聲音，通常具有規則性突發聲音和靜音期的性質。

連續性聲音示意圖　　間歇性聲音示意圖



(七) 聲壓級（Sound pressure level；以 SPL 或 L_{p}表示）：量度聲音強度之物理參數，以分貝（decibel, dB）為單位，L_{p} 定義公式如下：

$$L_{\mathrm{p}} = 20\log_{10}\left(\frac{p_{\mathrm{rms}}}{p_0}\right), \mathrm{dB\ re\ 1}\ \mu\mathrm{Pa} \quad (1)$$

其中，p_{rms} 為均方根聲壓，p_0 為參考聲壓，在水中 $p_0 = 1\ \mu\mathrm{Pa}$。

(八) 峰值聲壓級（Peak sound pressure level；以 L_{pk} 表示）：為量測過程中最大之聲壓級，L_{pk} 定義公式如下：

$$L_{\mathrm{pk}} = 20\log_{10}\left(\frac{p_{\mathrm{peak}}}{p_0}\right), \mathrm{dB\ re\ 1}\ \mu\mathrm{Pa} \quad (2)$$

其中，p_{peak} 是指聲壓絕對值的最大值。

(九) 聲曝級（Sound exposure level；以 SEL 或 $L_{\mathrm{E,T}}$ 表示）：為事件聲音在持續 T 時間內總能量之 dB 值，$L_{\mathrm{E,T}}$ 定義公式如下：

$$L_{\mathrm{E,T}} = 10\log_{10}\left(\frac{1}{E_0}\int_0^T p^2(t)\,\mathrm{d}t\right), \mathrm{dB\ re\ 1}\ \mu\mathrm{Pa^2s} \quad (3)$$

其中，$p(t)$ 為聲壓時序，參考聲曝值 $E_0 = T_0 p_0^2$ 為 $1\ \mu\mathrm{Pa^2s}$。

(十) 加權聲曝級（Weighted sound exposure level；以 $L_{\mathrm{E,W,T}}$ 表示）：考量海洋生物聽覺對不同頻率之感知，量測的聲音通常以加權函數給予權重後再進行能量加總，$L_{\mathrm{E,W,T}}$ 定義如下：

$$L_{\mathrm{E,W,T}} = 10\log_{10}\left(\frac{\sum_{n=0}^{N}\int_0^{f_s/2} W(f)\,P_n(f)\,df}{E_0}\right), \mathrm{dB\ re\ 1}\ \mu\mathrm{Pa^2s} \quad (4)$$

其中，$W(f)$ 是聽覺頻率加權函數，$P_n(f)$ 是聲壓時序在第 n 個區段的功率譜，f_s 為取樣頻率。持續時間 T 的聲壓時序等分成 N 個區段，每個區段時長為 t。本指引所考量之海洋動物聽覺頻域加權函數見公式（5）。

$$W(f) = C + 10\log_{10}\left\{\frac{(f/f_1)^{2a}}{[1+(f/f_1)^2]^a[1+(f/f_2)^2]^b}\right\}, \mathrm{dB} \quad (5)$$

(十一) 暫時性聽力衰減（Temporary Threshold Shift, TTS）：暫時性聽力衰減是一種短期的、可逆的聽力損傷，由暴露於高音量或有害聲音環境所引起，但在一段時間後可以恢復正常。

(十二) 聽力損傷（Auditory Injury, AUD INJ）：聽覺系統的任何損傷。

四、 測量方法

本指引水下噪音測量方法採用環境部公布之水下噪音測量方法 NIEA P210.22B（環境部，2025）。

五、 水下打樁聲閾值

量測頻率範圍至少涵蓋 20 Hz～20 kHz，適用於離岸風場打樁及近岸海事工程打樁作業；打樁作業須全程量測水下噪音，且量測結果應符合以下所訂之閾值，以降低鯨豚聽力損傷之風險。在打樁過程中，於距打樁中心點或基礎中心點 750 公尺處，單次打樁所發出之水下聲曝級（未加權）SEL，其 95%監測數據不得逾 160 dB，且峰值聲壓級不得逾 190 dB（如表 1）；其中 SEL 之計算方法如 NIEA P210.22B 所示。若打樁產生之混響時間過長，致聲音脈衝持續時間大於打樁間隔時間、造成連續性聲音脈衝重疊，此情況下聲曝級改以 30 秒平均值計算。此外，若採振動式打樁，每秒打樁次數約為 10～20 次，則建議計算每秒之平均能量（相當於 1 秒鐘之聲曝級）。

六、 人為水下非脈衝噪音及爆破音參考聲閾值（NMFS, 2024）

人為水下非脈衝噪音及爆破音之量測方法仍採用 NIEA P210.22B，但水下麥克風之量測頻率範圍，針對鯨豚類至少須涵蓋 7 Hz～165 kHz，海龜類至少須涵蓋 20 Hz～1 kHz。臺灣有紀錄之鯨豚物種發聲行為及其頻率範圍如附表 1。針對鯨豚及海龜等保育類生物，人為水下噪音（除前述打樁作業外）之 TTS、AUD INJ 及行為干擾參考聲閾值如表 2。各類海洋生物之聽覺加權函數由公式（4）計算，其相關參數定義於表 3，函數圖形如圖 1。

表 1 水下打樁聲閾值

水下打樁噪音閾值	管制值
單次打樁 SEL	不得大於 160 dB
峰值聲壓級	不得大於 190 dB

表 2 鯨豚、海龜聽力影響及行為干擾之起始閾值表（DoN, 2017; NMFS, 2024, 2025）

音源分組	非脈衝噪音		脈衝噪音				多次爆破音
聽損等級 / 物種分類	**TTS**	**AUD INJ**	**TTS**		**AUD INJ**		行為干擾
	加權聲曝級	加權聲曝級	加權聲曝級	峰值聲壓級	加權聲曝級	峰值聲壓級	加權聲曝級
低頻（LF）鯨目（鬚鯨科）	$L_{E,LF,24h}$ 177 dB	$L_{E,LF,24h}$ 197 dB	$L_{E,LF,24h}$ 168 dB	L_{pk} 216 dB	$L_{E,LF,24h}$ 183 dB	L_{pk} 222 dB	$L_{E,LF,24h}$ 163 dB
高頻（HF）鯨目（白海豚、海豚科、喙鯨科等）	$L_{E,HF,24h}$ 181 dB	$L_{E,HF,24h}$ 201 dB	$L_{E,HF,24h}$ 178 dB	L_{pk} 224 dB	$L_{E,HF,24h}$ 193 dB	L_{pk} 230 dB	$L_{E,HF,24h}$ 173 dB
超高頻（VHF）鯨目（小抹香鯨科、鼠海豚科等）	$L_{E,VHF,24h}$ 161 dB	$L_{E,VHF,24h}$ 181 dB	$L_{E,VHF,24h}$ 144 dB	L_{pk} 196 dB	$L_{E,VHF,24h}$ 159 dB	L_{pk} 202 dB	$L_{E,VHF,24h}$ 139 dB
海龜（TU）	$L_{E,TU,24h}$ 200 dB	$L_{E,TU,24h}$ 220 dB	$L_{E,TU,24h}$ 189 dB	L_{pk} 226 dB	$L_{E,TU,24h}$ 204 dB	L_{pk} 232 dB	

說明：

1. $L_{E,LF/HF/VHF/TU,24h}$ 為加權累積 24 小時聲曝級，參考聲曝值為 1 μPa^2s。
2. 下標 LF、HF 及 VHF 分別表示採用低頻、高頻及超高頻鯨目之聽覺頻率加權函數，TU 則表示海龜之加權函數。

表 3 鯨豚及海龜聽覺頻率加權函數$W(f)$相關參數表

參數 / 物種分類	a	b	f_1（kHz）	f_2（kHz）	C（dB）
低頻（LF）鯨目	0.99	5	0.168	26.6	0.12
高頻（HF）鯨目	1.55	5	1.73	129	0.32
超高頻（VHF）鯨目	2.23	5	5.93	186	0.91
海龜（TU）	1.4	2	0.077	0.44	2.35

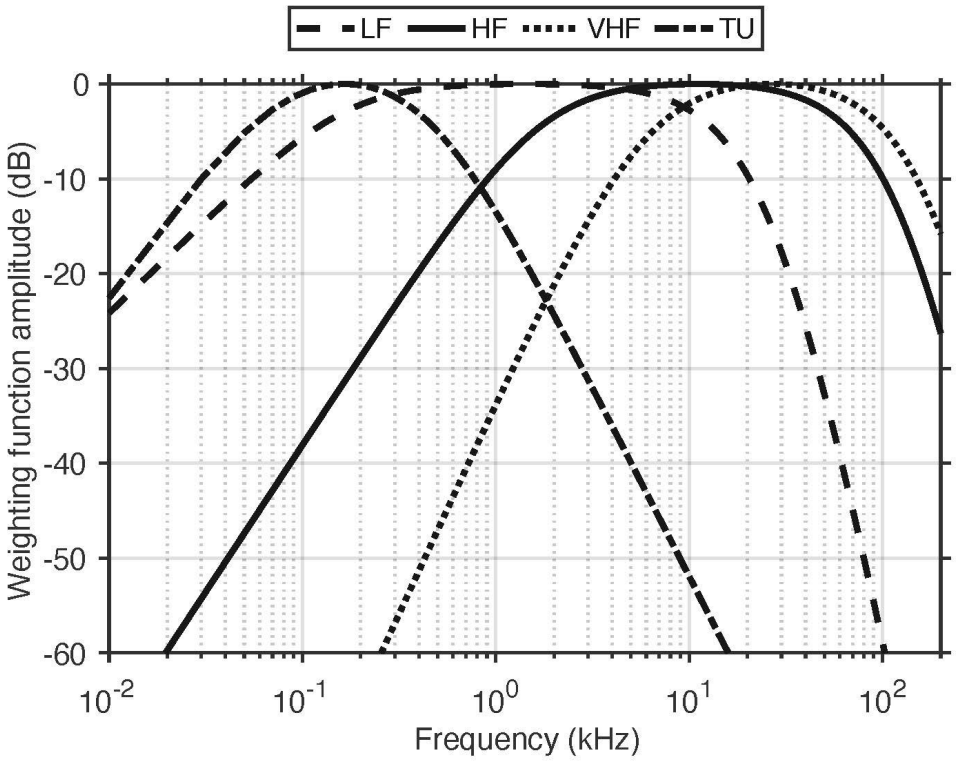


圖 1 鯨豚及海龜聽覺之加權函數（DoN, 2017; NMFS, 2024）

七、 減噪措施參考原則

(一) 減少噪音源的能量

透過撞槌設計與樁體基礎可以減少打樁源頭的噪音，目前多以振動式或液壓式撞槌取代傳統的撞擊式撞槌。

(二) 阻隔噪音能量的傳遞

減噪系統主要利用聲音在不同介質中的傳播特性，讓噪音在接觸不同介質（如氣泡、氣球）時產生反射、散射與吸收效應，進而達到能量衰減之目的，可行方式利用套筒（Casing）、氣泡幕（Bubble curtain）、水聲阻尼器（Hydro sound dampers）等（Koschinski & Lüdemann, 2013）。其中氣泡幕為打樁時最普遍使用的減噪裝置，由於方法簡單與低成本，但海流強勁的海域則不適用。水聲阻尼器的優點為不會隨強勁的海流而降低其減噪的能力。

(三) 防止動物靠近打樁位置

為防止動物靠近打樁位置，常見做法有劃設施工警戒區（Mitigation zone）、設置海洋哺乳動物觀察員（MMO）或被動式聲學監測（Passive Acoustic Monitoring, PAM）、季節性限制打樁活動、實施緩啟動（Soft-start）及聲學驅離裝置（Acoustic Deterrent Devices, ADD）等（Verfuss et al., 2016）。

在使用聲學驅離裝置時應留意，須依照不同物種的聽力頻率挑選合適的裝置，否則可能會造成非目標物種的傷害（Johnston, 2002; Morton & Symonds, 2002）。另外，長時間的使用聲學驅離裝置容易讓鯨豚習慣而使驅趕效果降低，尤其是當環境食物量充足時，動物可能還是會選擇停留在警戒區內（Brandt et al., 2011）。

附表 1 臺灣有紀錄鯨豚物種之發聲行為以及其頻率範圍

科別	中文俗名	學名	保育*等級	發聲類型（頻率範圍）	參考文獻
鼠海豚科	寬脊露脊鼠海豚	*Neophocaena phocaenoides*	I	搭聲（峰值頻率：87–145 kHz，最高可達 200 kHz）	Goold & Jefferson, 2002; Li et al., 2005
	窄脊露脊鼠海豚	*Neophocaena asiaeorientalis*	II	搭聲（峰值頻率：123–141 kHz）	Song et al., 2017
海豚科	中華白海豚	*Sousa chinensis*	I	哨叫聲（3–11 kHz） 搭聲（20–110 kHz）	Dong et al., 2019; Fang et al., 2015; Lin et al., 2013; Sims et al., 2012; Van Parijs & Corkeron, 2001; 林子皓，2013
	熱帶斑海豚	*Stenella attenuata*	II	哨叫聲（2–23 kHz） 搭聲（40–130 kHz）	Au & Herzing, 2003; Erbe et al., 2017; Silva et al., 2016
	條紋海豚	*Stenella coeruleoalba*	II	哨叫聲（1–31 kHz）	Erbe et al., 2017; Papale et al., 2013
	長吻飛旋海豚	*Stenella longirostris*	II	哨叫聲（9.7–17.9 kHz） 搭聲（10–130 kHz）	Lammers et al., 2003; Lammers et al., 2004
	弗氏海豚	*Lagenodelphis hosei*	II	哨叫聲（6.6–23.5 kHz）	Oswald et al., 2007
	糙齒海豚	*Steno bredanensis*	II	哨叫聲（2.24–13.94 kHz） 搭聲（10–90 kHz）	Oswald et al., 2003; Seabra de Lima et al., 2012
	印太瓶鼻海豚	*Tursiops aduncus*	II	哨叫聲（0.3–39 kHz） 搭聲（33–150 kHz）	Erbe et al., 2017; Tietz & Tayler, 1964; Wahlberg et al., 2011
	真瓶鼻海豚	*Tursiops truncatus*	II		
	長吻真海豚	*Delphinus capensis*	II	哨叫聲（3.56–23.51 kHz） 搭聲（23–160 kHz）	Ansmann et al., 2007; Au, 2004; Erbe et al., 2017
	短吻真海豚	*Delphinus delphis*	II		
	小虎鯨	*Feresa attenuata*	II	哨叫聲（5–10 kHz） 搭聲（10–150 kHz）	Erbe et al., 2017
	瓜頭鯨	*Peponocephala electra*	II	哨叫聲（0.89–24.5 kHz） 搭聲（0.5–40 kHz）	Erbe et al., 2017

* I: 表示瀕臨絕種野生動物；II: 表示珍貴稀有野生動物。

科別	中文俗名	學名	保育*等級	發聲類型（頻率範圍）	參考文獻
海豚科	虎鯨	*Orcinus orca*	II	哨叫聲（50–270 Hz） 搭聲（10–110 kHz）	Erbe et al., 2017
	短肢領航鯨	*Globicephala macrorhynchus*	II	哨叫聲（1–20 kHz） 搭聲（1–30 kHz）	Erbe et al., 2017
	偽虎鯨	*Pseudorca crassidens*	II	哨叫聲（5–8 kHz） 搭聲（0.5–40 kHz）	Erbe et al., 2017
	瑞氏海豚	*Grampus griseus*	II	哨叫聲（0.01–22 kHz） 搭聲（10–140 kHz）	Erbe et al., 2017; Soldevilla et al., 2008
喙鯨科	柏氏中喙鯨	*Mesoplodon densirostris*	II	搭聲（2–80 kHz）	Baumann-Pickering et al., 2013
	銀杏齒中喙鯨	*Mesoplodon ginkgodens*	II	-	資料缺乏
	朗氏喙鯨	*Indopacetus pacificus*	II	搭聲（9–60 kHz）	Baumann-Pickering et al., 2013; Rankin et al., 2011
	柯氏喙鯨	*Ziphius cavirostris*	II	搭聲（13–64 kHz）	Baumann-Pickering et al., 2013
抹香鯨科	抹香鯨	*Physeter macrocephalus*	I	搭聲（100 Hz–30 kHz）	Rhinelander & Dawson, 2004
灰鯨科	灰鯨	*Eschrichtius robustus*	I	搭聲（45–4520 Hz） 哨叫聲（12.5–1000 Hz）	Crane & Lashkari, 1996
小抹香鯨科	小抹香鯨	*Kogia breviceps*	II	搭聲（60–200 kHz）	Erbe et al., 2017
	侏儒抹香鯨	*Kogia sima*	II	搭聲（100–180 kHz，峰值頻率：127–129 kHz）	Malinka et al., 2021; Merkens et al., 2018
鬚鯨科	小鬚鯨	*Balaenoptera acutorostrata*	I	搭聲（10–800 Hz）	Erbe et al., 2017; Mellinger et al., 2000
	塞鯨	*Balaenoptera borealis*	I	哨叫聲（34–83 Hz）	Baumgartner et al., 2008; Tremblay et al., 2019

科別	中文俗名	學名	保育*等級	發聲類型（頻率範圍）	參考文獻
	布氏鯨	*Balaenoptera edeni*	I	哨叫聲（8–430 Hz） 搭聲（90–900 Hz）	Edds et al., 1993; Erbe et al., 2017
鬚鯨科	藍鯨	*Balaenoptera musculus*	I	哨叫聲（14–300 Hz）	Erbe et al., 2017
	大村鯨	*Balaenoptera omurai*	I	哨叫聲（15–60 Hz）	Erbe et al., 2017
	長鬚鯨	*Balaenoptera physalus*	I	哨叫聲（15–310 Hz）	Erbe et al., 2017
	大翅鯨	*Megaptera novaeangliae*	I	哨叫聲（20 Hz–24 kHz） 搭聲（峰值頻率：800–1700 Hz）	Erbe et al., 2017; Stimpert et al., 2007

參考文獻

林子皓（2013）。*應用被動式聲學監測臺灣西海岸中華白海豚行為生態與棲地利用*（博士論文）。國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所，台北市

環境部（2025 年 2 月 15 日）。*水下噪音測量方法（NIEA P210.22B）*，環部授研字第 1135114106 號公告

Ansmann, I. C., Goold, J. C., Evans, P. G., Simmonds, M., & Keith, S. G. (2007). Variation in the whistle characteristics of short-beaked common dolphins, *Delphinus delphis*, at two locations around the British Isles. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, *87*(1), 19–26.

Au, W. W. L. (2004). Echolocation signals of wild dolphins. *Acoustical Physics*, *50*(4), 454–462.

Au, W. W., & Herzing, D. L. (2003). Echolocation signals of wild Atlantic spotted dolphin (*Stenella frontalis*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, *113*(1), 598–604.

Baumann-Pickering, S., McDonald, M. A., Simonis, A. E., Solsona Berga, A., Merkens, K. P., Oleson, E. M., Roch, M. A., Wiggins, S. M., Rankin, S., Yack, T. M., & Hildebrand, J. A. (2013). Species-specific beaked whale echolocation signals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *134*(3), 2293–2301.

Baumgartner, M. F., Van Parijs, S. M., Wenzel, F. W., Tremblay, C. J., Carter Esch, H., & Warde, A. M. (2008). Low frequency vocalizations attributed to sei whales (*Balaenoptera borealis*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, *124*(2), 1339–1349.

Brandt, M. J., Diederichs, A., Betke, K., & Nehls, G. (2011). Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. *Marine Ecology Progress Series, 421,* 205–216.

Crane, N. L., & Lashkari, K. (1996). Sound production of gray whales, *Eschrichtius robustus*, along their migration route: A new approach to signal analysis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *100*(3), 1878–1886.

Department of the Navy (DoN). (2017). *Technical Report: Criteria and Thresholds for U.S. Navy Acoustic and Explosive Effects Analysis (Phase III)*. San Diego, California: SSC Pacific.

Dong, L., Caruso, F., Lin, M., Liu, M., Gong, Z., Dong, J., Cang, S., & Li, S. (2019). Whistles emitted by Indo-Pacific humpback dolphins *(Sousa chinensis)* in Zhanjiang waters, China. *The Journal of the Acoustical Society of America, 145(6),* 3289–3298.

Edds, P. L., Odell, D. K., & Tershy, B. R. (1993). Vocalizations of a captive juvenile and free-ranging adult-calf pairs of Bryde's whales, *Balaenoptera edeni*. *Marine Mammal Science*, *9*(3), 269–284.

Erbe, C., Dunlop, R., Jenner, K. C. S., Jenner, M. N., McCauley, R. D., Parnum, I., Parsons, M., Rogers, T., & Salgado-Kent, C. (2017). Review of underwater and in-air sounds emitted by Australian and Antarctic marine mammals. *Acoustics Australia*, *45*(2), 179–241.

Fang, L., Li, S., Wang, K., Wang, Z., Shi, W., & Wang, D. (2015). Echolocation signals of free-ranging Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in Sanniang Bay, China. *The Journal of the Acoustical Society of America, 138*(3)*,* 1346–1352.

Goold, J. C., & Jefferson, T. A. (2002). Acoustic signals from free-ranging finless porpoises *(Neophocaena phocaenoides)* in the waters around Hong Kong. *Raffles Bulletin of Zoology, 50,* 131–140.

Johnston, D. W. (2002). The effect of acoustic harassment devices on harbour porpoises *(Phocoena phocoena*) in the Bay of Fundy, Canada. *Biological Conservation, 108(1)*, 113–118.

Koschinski, S., & Lüdemann, K. (2013). *Development of noise mitigation measures in offshore wind farm construction.* Commissioned by the Federal Agency for Nature Conservation, 1–102.

Lammers, M. O., Au, W. W., & Herzing, D. L. (2003). The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *114*(3), 1629–1639.

Lammers, M. O., Au, W. W. L., Aubauer, R., & Nachtigall, P. E. (2004). A comparative analysis of the pulsed emissions of free-ranging Hawaiian spinner dolphins (*Stenella longirostris*). *Echolocation in bats and dolphins*, 414–419.

Li, S., Wang, K., Wang, D., & Akamatsu, T. (2005). Echolocation signals of the free-ranging Yangtze finless porpoise *(Neophocaena phocaenoides asiaeorientalis). The Journal of the Acoustical Society of America, 117(5),* 3288–3296.

Lin, T. H., Akamatsu, T., & Chou, L. S. (2013). Tidal influences on the habitat use of Indo-Pacific humpback dolphins in an estuary. *Marine Biology*, *160*(6), 1353–1363.

Malinka, C. E., Tønnesen, P., Dunn, C. A., Claridge, D. E., Gridley, T., Elwen, S. H., & Teglberg Madsen, P. (2021). Echolocation click parameters and biosonar behaviour of the dwarf sperm whale (*Kogia sima*). *Journal of Experimental Biology*, *224*(6), jeb240689.

Mellinger, D. K., Carson, C. D., & Clark, C. W. (2000). Characteristics of minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) pulse trains recorded near Puerto Rico. *Marine Mammal Science*, *16*(4), 739–756.

Merkens, K., Mann, D., Janik, V. M., Claridge, D., Hill, M., & Oleson, E. (2018). Clicks of dwarf sperm whales (*Kogia sima*). *Marine Mammal Science*, *34*(4), 963–978.

Morton, A. B., & Symonds, H. K. (2002). Displacement of *Orcinus orca* (L.) by high amplitude sound in British Columbia, Canada. *ICES Journal of Marine Science, 59(1)*, 71–80.

National Marine Fisheries Service (NMFS). (2024). *2024 Update to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 3.0): Underwater and In-Air Criteria for Onset of Auditory Injury and Temporary Threshold Shifts.* U.S. Department of Commerce, NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-71.

National Marine Fisheries Service (NMFS). (2025). *Summary of Recommended Marine Mammal Protection Act Acoustic Thresholds.*

Oswald, J. N., Barlow, J., & Norris, T. F. (2003). Acoustic identification of nine delphinid species in the eastern tropical Pacific Ocean. *Marine Mammal Science*, *19*(1), 20–37.

Oswald, J. N., Rankin, S., & Barlow, J. (2007). First description of whistles of Pacific Fraser's dolphins *Lagenodelphis hosei*. *Bioacoustics*, *16*(2), 99–111.

Papale, E., Azzolin, M., Cascao, I., Gannier, A., Lammers, M. O., Martin, V. M., Oswald, J., Perez-Gil, M., Prieto, R., Silva, M. A., & Giacoma, C. (2013). Geographic variability in the acoustic parameters of striped dolphin's (*Stenella coeruleoalba*) whistles. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *133*(2), 1126–1134.

Rankin, S., Baumann-Pickering, S., Yack, T., & Barlow, J. (2011). Description of sounds recorded from Longman's beaked whale, *Indopacetus pacificus*. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *130*(5), EL339–EL344.

Rhinelander, M. Q., & Dawson, S. M. (2004). Measuring sperm whales from their clicks: Stability of interpulse intervals and validation that they indicate whale length. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *115*(4), 1826–1831.

Seabra de Lima, I. M., de Andrade, L. G., Ramos de Carvalho, R., Lailson-Brito, J., & de Freitas Azevedo, A. (2012). Characteristics of whistles from rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) in Rio de Janeiro coast, southeastern Brazil. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *131*(5), 4173–4181.

Silva, T. L., Mooney, T. A., Sayigh, L. S., Tyack, P. L., Baird, R. W., & Oswald, J. N. (2016). Whistle characteristics and daytime dive behavior in pantropical spotted dolphins (*Stenella attenuata*) in Hawai'i measured using digital acoustic recording tags (DTAGs). *The Journal of the Acoustical Society of America*, *140*(1), 421–429.

Sims, P. Q., Vaughn, R., Hung, S. K., & Würsig, B. (2012). Sounds of Indo-Pacific humpback dolphins *(Sousa chinensis)* in West Hong Kong: A preliminary description. *The Journal of the Acoustical Society of America, 131(1),* EL48–EL53.

Soldevilla, M. S., Henderson, E. E., Campbell, G. S., Wiggins, S. M., Hildebrand, J. A., & Roch, M. A. (2008). Classification of Risso's and Pacific white-sided dolphins using spectral properties of echolocation clicks. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *124*(1), 609–624.

Song, Z., Zhang, Y., Wang, X., Wei, C., Wu, F., & Miao, X. (2017). Vocalizations of a wild finless porpoise *(Neophocaena asiaeorientalis sunameri)* in the western coast of the Taiwan Strait, China. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy, 11(1),* 45–52.

Stimpert, A. K., Wiley, D. N., Au, W. W., Johnson, M. P., & Arsenault, R. (2007). 'Megapclicks': acoustic click trains and buzzes produced during night-time foraging of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Biology Letters*, *3*(5), 467–470.

Tietz, R. M., & Tayler, C. K. (1964). Dolphin talk. *Scientific South Africa*, *1*, 385–390.

Tremblay, C. J., Van Parijs, S. M., & Cholewiak, D. (2019). 50 to 30-Hz triplet and singlet down sweep vocalizations produced by sei whales (*Balaenoptera borealis*) in the western North Atlantic Ocean. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *145*(6), 3351–3358.

Van Parijs, S. M., & Corkeron, P. J. (2001). Vocalizations and behaviour of Pacific humpback dolphins *Sousa chinensis*. *Ethology*, *107*(8), 701–716.

Verfuss, U. K., Sparling, C. E., Arnot, C., Judd, A., & Coyle, M. (2016). Review of offshore wind farm impact monitoring and mitigation with regard to marine mammals. *The Effects of Noise on Aquatic Life II*, 1175–1182.

Wahlberg, M., Jensen, F. H., Aguilar Soto, N., Beedholm, K., Bejder, L., Oliveira, C., Rasmussen, M., Simon, M., Villadsgaard, A., & Madsen, P. T. (2011). Source parameters of echolocation clicks from wild bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus* and *Tursiops truncatus*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, *130*(4), 2263–2274.

水下噪音測量方法

中華民國 113 年 11 月 11 日環部授研字第 1135114106 號公告
自中華民國 114 年 2 月 15 日生效
NIEA P210.22B

一、 方法概要

本方法係使用符合國際標準組織 (International organization for standardization) ISO 18406 之水下噪音測量系統及使用符合國際電工協會 (International electrotechnical commission) IEC 61260-1 規範之倍頻帶 (Octave band) 濾波器的資料處理系統，進行水下噪音測量。

二、 適用範圍

適用於離岸風力發電設施開發中所產生之水下噪音測量。

三、 干擾

（一）水下噪音之測量會受到海流、船舶噪音、電子雜訊或機械噪音等之影響。

（二）水下麥克風直接受到海流影響，因渦流作用而產生的聲音（稱為雜音），會影響測量值。

（三）測量水下噪音時可能會受到以下機械噪音 (Mechanical noise) 干擾：

1. 水面下的碎片或沉積物。
2. 浮游生物磨擦麥克風之噪音。
3. 水下麥克風和纜繩相互摩擦。
4. 任何繫泊系統部件相互碰撞都會有機會產生噪音，水下麥克風都會接收到這些噪音。其中繫泊設備中的金屬部件（例如：鍊條）更有機會產生噪音。

四、 儀器與設備

（一）整體測量系統：至少須包含水下麥克風、訊號放大器、濾波器、資料儲存設備、訊號延長線及相關連接器等，此系統可以包含各單項，亦可為一整合自錄系統。另系統靈敏度 (Sensitivity) 範圍建議至少介於 -165 dB re 1V/μPa 至 -210 dB re 1V/μPa。

（二）水下麥克風 (Hydrophone)：接收水下聲音之感測設備，內有壓電式材料可將聲波轉換成電子訊號，測量水下噪音時應選擇適當之感應器，其頻率範圍應至少包含 20 Hz 至 20 kHz，其靈

敏度（含麥克風前置放大器）在此頻率範圍內其偏差應小於 2 dB 且應具無指向性響應 (Omnidirectional response)。在測量打樁之水下噪音時，麥克風之動態範圍需至少 60 dB 以上且可涵蓋測量時最大預估音壓。

（三）訊號放大器：放大水下麥克風訊號用，具有可選擇之增益 (Gain)。

（四）1/3 八音度頻帶濾波器：須符合 IEC 61260-1，可用於過濾訊號。

（五）聲音校正器 (Sound calibrator)：校正器原理須為空氣活塞式 (Air-pistonphone)，須符合 IEC 60942 1 型 (Class 1) 或我國國家標準 CNS 13331 1 級之規定。

（六）數位儲存設備：具類比數位轉換器 (Analogue to digital converter, ADC) 功能並將資料儲存於電腦硬碟或快閃記憶體 (Flash memory) 中，其儲存方式應為無損 (Lossless)，可使用 Windows PCM WAV 格式儲存資料或同級品。

（七）水下噪音資料處理系統：測量系統需具備符合 IEC 61260-1 所規範之頻帶濾波器，以原始數據資料進行處理。

（八）靜態部署平台：水下噪音測量系統部署方式可為船舶系統、底部固定之浮標系統以及底部固定之聲學釋放 (Acoustic release) 或其他適當方式/裝置，如附圖：

（九）水面浮標 (Surface buoy)（選擇性）：水面上浮標，提供水下測量系統浮力之裝置。

（十）懸吊裝置（選擇性）：連接水下測量設備與浮標之裝置。

（十一）壓載體：使水下測量設備往水底沉降之設備。

（十二）聲學釋放裝置器（選擇性）：使用聲音釋放方式，使置於水下的紀錄系統浮至水面，以利回收。

（十三）防流體噪音罩（選擇性）：可避免水下麥克風受水流影響產生流體噪音的元件。

（十四）風速計：可測量至 0.1 m/s 且測量範圍需涵蓋現場風速。

（十五）測深儀：量測海床至海水表面之深度，其準確度可在 ±1 m 內檢視儀器型錄可符合。

（十六）全球導航衛星系統 (Global navigation satellite system, GNSS) 定位器：可記錄監測點位置，其準確度小於 1 m。

五、 測量方法

（一）水下噪音測量系統參數設定及測量指標

1. 動態範圍：需包含待測音源之變化範圍。

2. 時間加權 (Time-weighting)：慢特性 (Slow) 或快特性 (Fast) 或衝擊性 (Impulse)，視需要選擇。

3. 頻率範圍 (Frequency range)：至少 20 Hz 至 20 kHz

4. 測量指標：

(1) 均能音量：

均能音量：指特定時間內所測得音量之能量平均值。20 Hz 至 20 kHz 之均能音量以 L_{eq}（單位為 dB）表示：

$$L_{eq,T}=10*\log\frac{1}{T}\int_0^T\left(\frac{P_t}{P_0}\right)^2 dt$$

T：測量時間，單位為 s

P_t：測量音壓，單位為 Pascals, Pa

P_0：基準音壓為 1 μPa

(2) 單一敲擊聲曝值 (Single strike sound exposure level, SELss, L_E)

A. 對於衝擊式打樁，可由下式定義單一敲擊聲曝值 L_E 在頻率域（註1）計算公式（單位為 dB）如下，亦可依據實際需要調整不同時距，例如以每秒計算 SEL 值亦謂每秒之均能音量：

$$L_E=10*\log\int_{T1}^{T2}\left(\frac{P_t}{P_0}\right)^2 dt$$

T_1：脈衝訊號起始時間，單位為 s

T_2：脈衝訊號結束時間，單位為 s

P_t：測量音壓，單位為 Pa

P_0 ：基準音壓為 1 μPa

B. 單一敲擊聲曝值，在時間域計算公式（單位為 dB）：

$$L_E = 10 * \log\left(\frac{E_{100}}{E_{ref}}\right)$$

$$E_{100} = \frac{1}{f_s}\sum_{t_0 f_s}^{t_{100} f_s}\left\{\left\{p^2(t_i)\right\}\right.$$

E_{ref}：基準值為 1 μPa^{2}s

$p(t_i)$：音壓的時間域序列

f_s：取樣頻率 (Sampling rate)

t_0：脈衝訊號起始時間，單位為 s

t_{100}：脈衝訊號結束時間，單位為 s

(3) 因為水下噪音環境較容易迴響，因此聲音脈衝持續時間可能會大於打樁的間隔時間，將導致連續聲音脈衝重疊。在這種情況，聲音脈衝序列平均 SELss 值，可以對整個脈衝序列進行積分並除以聲音脈衝數（打樁次數）來獲得，應以每 30 s 計算平均 SELss 值以 $L_{E\,(30s)}$ 表示，如下式（單位為 dB），亦可依據實際監測需要設定不同時距，例如以每 10 s 計算 SEL 值則以 $L_{E\,(10s)}$ 表示。

$$L_{E(30s)} = 10 * \log \int_{0s}^{30s} \frac{\left(\frac{P_t}{P_0}\right)^2}{N} dt$$

其中 N 為 30 s 內的打樁次數

(4) 峰值音壓位準 (Peak sound level, L_{peak})（單位為 dB）：

$$L_{peak}=20*\log\left(\frac{P_{peak}}{P_0}\right)$$

其中 P_{peak} 為某時間內（例如 30 s）最大正或負之音壓振幅值，$P_{peak}: \max|P_t|$

(5) 百分率音壓位準 (Percentile level)（單位為 dB）：顯示測量噪音期間 x % 比例時間，其 $L_{eq,T}$ 噪音值大於或等於該位準。

A. $L_{90,5s}$ ：超過總測量週期 90 % 資料的測量值（L_{90}，每 5 s 為一單位）

B. $L_{50,5s}$ ：超過總測量週期 50 % 資料的測量值（L_{50}，每 5 s 為一單位）

C. $L_{5,5s}$ ：超過總測量週期 5 % 資料的測量值（L_5，每 5 s 為一單位）

(6) 累積聲曝值 (Cumulative sound exposure level, SEL_{cum}, $L_{E\,cum}$)：某一固定時距內單一敲擊聲曝值之總和，公式如下：

$$L_{E\ cum}=10*\log\left(\frac{E_{cum}}{E_0}\right)$$

$$E_{cum}=\sum_{n=1}^{N} E_n$$

E_n：為單一敲擊聲曝值

E_0：為聲音暴露參考值（亦稱基準值）($1\mu Pa^2s$)

N：單一敲擊脈衝次數

（二）測量時機、選點原則及測量指標：施工期間水下噪音之測量地點、時機及測量指標依下列原則辦理，而施工前水下背景噪音測量及營運期間水下噪音測量請參考（註2）、（註3）。

1. 施工期間水下噪音測量：

(1) 在進行打樁工程時，水下噪音的海上測量應至少在一處位置進行之且每處建議放置一個水下麥克風，距離打樁 750 m 的地點，須測量批次打樁程序，打樁地點與測量位置的實際範圍應於測量結果中陳述。

(2) 量測背景噪音期間，設備儀器之訊雜比 (Singal-to-noise ratio, SNR) 需量測且記錄。

(3) 施工期間測量所使用之指標為 $L_{E(30s)}$ 並記錄 L_{peak}，測量時間至少 1 小時，而測量點之背景噪音（L_{eq}，單位為 dB）在打樁前或後進行測量，測量時間至少為 2 分鐘以上。為確認測量無背景噪音干擾，$L_{E(30s)}$ 必須比背景噪音高出 10 dB 以上。若小於等於 10 dB 且大於等於 3 dB 依據以下公式修正。

$$L_{E(30s)}=10*\log\left(10^{SPL/10}-10^{L_{bg}/10}\right)-10*\log\left(\frac{nT_0}{T}\right)$$

SPL：30 s 之均能音量

L_{bg}：背景音量

T ：測量時間，單位為 s（此例為 30 s）

T_o：1 s

n：30 s 內的打樁次數

如欲測水下噪音以均能音量表示，其背景音量修正公式如下：

$$L=10\log\left(10^{0.1L_1}-10^{0.1L_2}\right)$$

L：欲測水下噪音之噪音值，單位為 dB

L_1：受測噪音（整體音量）之噪音值

L_2：背景音量之噪音值

2. 測量深度：水下麥克風需置於當地水深一半至高於海床 2 m 之間測量。

（三）監測水下噪音並判斷打樁水下噪音是否符合環境影響評估閾值及相關承諾值，可引用本方法中各項測量指標及公式予以計算而得。

（四）測量注意事項

1. 測量儀器架設：在架設測量儀器與設備時，須排除下列之各項噪音干擾。

   (1) 流體噪音 (Flow noise)：流體在纜繩或水下麥克風周圍流動時都會產生湍流壓力波動，這些波動會被水下麥克風測量到，可使用防流體噪音罩俾降低干擾。

   (2) 纜索甩動 (Cable strum)：纜索位於水面下受到水流產生之渦流的作用而振動時，並產生低頻雜訊，纜索須加裝降低渦流強度的裝置（如機械式整流罩或適當裝置）降低振動。

   (3) 波浪起伏 (Surface heave)：使用固定於海床上的量測系統加以解決。如由船上部署儀器，則可以使用彈性懸吊裝置，降低麥克風上下運動幅度，進而降低此干擾；或是使用濾波器過濾波浪起伏所引發之靜水壓變化訊號（此訊號頻率約在 5 Hz 以下）。任何從海面部署的系統，例如該系統附著在浮標或船隻上的系統，都有可能受到波浪或長浪之影響。儘管浮標或船隻會隨著海面的移動，懸浮在水中的水下麥克風可能無法隨著水面運動，使水下麥克風的深度產生變化，從而水下麥克風將收到非常低頻率的靜水壓力波動。

   (4) 船舶噪音 (Vessel noise)：（視需要）須關閉引擎、發動機等相關機器，船員不要製造噪音，測量系統須由電池供電。

   (5) 波浪拍打 (Wave slap) 船體噪音：將船頭對準波浪行進方向，可降低波浪拍擊聲。

   (6) 電路雜訊 (Electrical noise)：測量系統由船舶進行部署時，須關閉船舶上的發電機以避免電路雜訊干擾，測量儀器直接由電池供電。

2. 水下噪音測量系統動態範圍 (Dynamic range) 設定，應涵蓋待測音源之音量，以避免過載影響測量準確性。

3. 水下噪音測量設備如外接電源時，需確認供應電源之電壓是否正確；另如測量系統使用電池亦先確認電池容量，避免測量期間斷電或因電池容量不足影響水下噪音之擷取。

4. 水下噪音現場測量：

(1) 測量過程中，測量設備宜固定且做好各項雜訊抑制，以免測量期間接收到之訊號受影響。

(2) 測量前後需以整體設備（訊號延長線連接水下麥克風與測量系統）於測量前、後執行外部音壓確認，其整體設備不可進行任何調整，結果符合七、品質管制（一）後不可再分（拆）離任何設備。

(3) 測量水下噪音時，需取得或記錄事件發生之時間，以利擷取數據並計算單一事件音量（聲曝值）與最大音量音壓位準。

(4) 其他：須使用錄音方式配合原始數據之擷取來決定事件音量，須與國家標準時間對時。

5. 現場測量完畢後以聲音校正器進行水下麥克風（整體設備）確認，水下麥克風不可進行任何調整，其校正結果應符合七、品質管制（一）要求並且記錄。

（五）數據處理：須呈現各指標（單一敲擊聲曝值及最大音壓位準等）計算結果（註5），相關紀錄保存備查。

六、 結果處理

測量報告至少須包含下列各項（註6）：

（一）一般要求：

1. 測量日期、測量時間。

2. 測量期間之氣象狀態（風速、風向、氣溫、大氣壓力、相對濕度及最近降雨日期）。

3. 測量位置（測量地點及水下麥克風深度、GNSS 座標等）與音源相對位置（GNSS 座標）及距離。

4. 測量方法、測量設備（含聲音校正器）廠牌、型號、序號、數據顯示時距及其校正紀錄與校正有效期限、監測設備設定靈敏度、確認水下麥克風整體測量系統相關係數、與麥克風量測頻率範圍等。

5. 測量結果：計算水下噪音指標。

6. 測量期間之水下噪音（含聲音校正器確認值）、風速等之原始數據（含水下噪音錄音資料）須存檔備查。
7. 其他（特殊音源之特性及其隨時間變化性、可能影響測量結果之因素等）。

（二）基樁尺寸：如可取得相關資訊一併檢附以下資料。

1. 基樁的標識符號和位置。
2. 基樁尺寸。
3. 海床類型（使用 Folk 沉積物分類，並說明其種類）。
4. 基樁位置的水深。
5. 敲擊錘型號和系統（例如：使用緩衝墊的 S-1800 液壓錘）。
6. 每次錘擊能量的歷史紀錄，包括緩 (Soft) 啟動期間。
7. 任何減輕干擾噪音系統的描述，包括任何可能降低噪音之資訊（例如應用氣泡幕等）。
8. 基礎類型，例如單樁或是三腳架式基座。
9. 樁體材料類型（如鋼筋、混凝土等）。
10. 海床打樁深（低於海床底部的深度）。
11. 樁體材料特性。
12. 打樁位置底層沈積物 (Sub-bottom layers) 堆積形式。
13. 測量地點海床地質狀況。
14. 測量位置的水深和打樁過程中水深的潮汐變化。
15. 測量期間，測量船的操作條件。

（三）儀器佈設：須記錄以下關於儀器配置的資訊。

1. 測量系統描述（包括截取系統類型、頻帶寬、系統自身噪音、動態範圍、採樣頻率及使用濾波器等）。
2. 懸吊裝置說明/圖示和平台說明（船舶、浮標、底部安裝等）。
3. 水下麥克風深度。
4. 水下麥克風指向性/原廠宣稱靈敏度。
5. 校正內容（可溯源至國家標準實驗室，包括日期和報告）。
6. 實際之測量設備連接配置（示意）圖或照片。

七、 品質管制

（一）至少於測量前、後使用聲音校正器設定至少一個頻率（250 Hz 或其他適合頻率），確認水下麥克風整體測量系統之顯示值與確認值（聲音校正器產生音壓），其差值之絕對值不得大於 0.7 dB（註 7）。

（二）水下噪音監測設備確認期限為 2 年，須整套（與現場監測水下噪音設備一致）送國內外可追溯至國家測量標準實驗室進行確認，其差值之絕對值不得大於 1.0 dB。經確認合格之設備若拆換零（組）件，應重新進行確認並符合規定。

（三）聲音校正器須送可追溯至國家測量標準的實驗室進行確認，確認期限為 1 年，聲音校正器確認結果應符合 CNS 13331 所指定之 1 級校正器的要求，即所產生實際音壓位準與對應標稱值 (Nominal) 差值之絕對值不得大於 0.3 dB。

（四）配備 1/3 八音度頻帶濾波器，需每 2 年送國內外可追溯至國家測量標準的實驗室，進行濾波器測試並符合 IEC 61260-1 Class 2。另外現場監測打樁所產生噪音，須符合上述濾波器測試報告內線性工作範圍標稱測量值之範圍。

八、 檢測相關條件註記

略。

九、 參考資料

（一）ISO, International standards. Underwater acoustics - measurement of radiated underwater sound from percussive pile driving. ISO 18406, 2017.

（二）Investigation of the impacts of offshore wind turbines on the marine environment(StUK4),2013.

（三）BSH, Offshore wind farms: Measuring instruction for underwater sound monitoring, 2011.

（四）IEC, Electroacoustics - octave-band and fractional-octave-band filters, IEC 61260-1, 2014.

（五）Danish energy agency, guideline for underwater noise, installation of impact or vibratory driven piles, 2022.

（六）海洋委員會，水下噪音指引，中華民國 112 年 12 月。

（七）行政院環保署環境檢驗所，環境噪音測量方法 (NIEA P201.96C)，中華民國 105 年。

（八）行政院環保署環境檢驗所，陸上運輸系統噪音測量方法(NIEA P206.90B)，中華民國 103 年。

註 1：噪音訊號一般可經由快速傅利葉轉換 (Fast fourier transform, FFT)的運作及轉換成頻率領域之頻譜，而此訊號通常是由不同頻率組成（可稱為窄頻分析），或經由 IEC 61260-1 所定義帶通濾波器(Bandpass filter)，將訊號過濾後得到頻譜圖（有 1/1、1/3、1/n Octave 等），這樣的頻譜圖稱之倍頻帶頻譜 (Octave band spectrum)，其所組成圖形以頻率為 X 軸，音壓位準經均方根值(Root mean square, RMS)計算為 Y 軸，謂之頻率域。如以時間為 X 軸，音壓位準為 Y 軸，謂之時間域。

註 2：施工前水下背景噪音測量：

一、須於以下三處進行測量。在離岸設施設置計畫區內至少一處，離計畫區最近的自然保護區一處，以及距打樁點 5,000 公尺一處，共至少三處。

二、施工前水下背景噪音測量時機，建議對應於海況（Sea state）1（無降雨）和風力發電設施為“中度”和“額定容量”的功率輸出範圍相對應之 3 種風級（蒲福標準(Beaufort Scale)）進行（註 4），每個風級至少需要測量 3 個小時，使用之量測指標為 $L_{eq,5s}$、$L_{90,5s}$、$L_{50,5s}$、$L_{5,5s}$。

註 3：營運期間水下噪音測量：

一、測量營運期間各個風力發電設施之水下噪音，建議在距聲源約 100 公尺處，並在風力發電場址範圍中心點進行測量，和在距風力發電設施場址範圍外，且距 1,000 m 的地方和最近的海洋自然保護區內進行測量（該區距風力發電設施不超過 5 公里）。如附近沒有自然保護區，必須在距風力發電設施 5 公里的地方進行噪音的測量。

二、營運期間量測時機建議對應於風機的“低度”、“中度”和“額定容量”的功率輸出範圍進行測量，每個等級至少需要測量三個小時。水下背景噪音測量使用之指標為 $L_{eq,5s}$、$L_{5,5s}$。

註 4：蒲福風級定義如下：

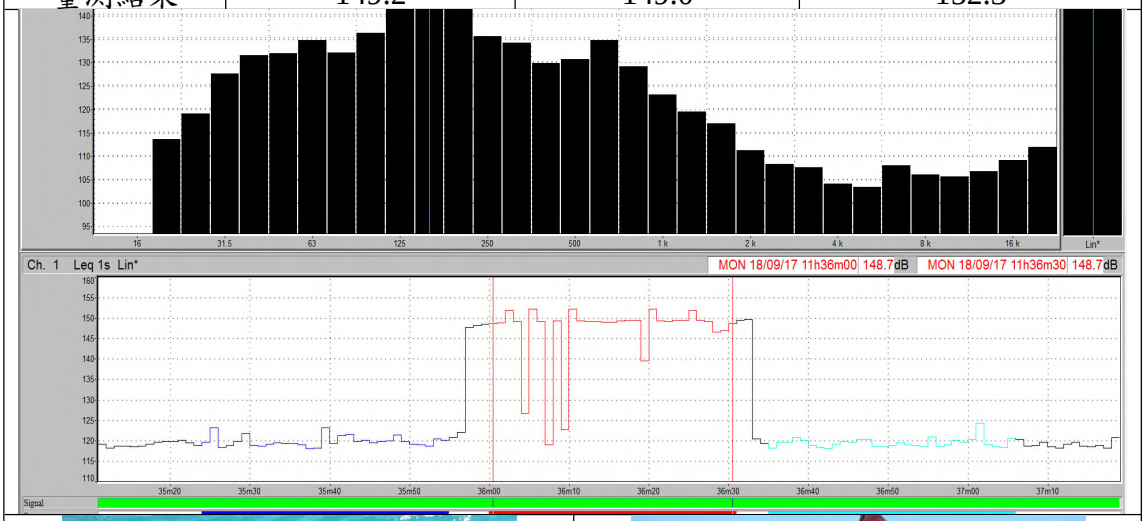
蒲福風級	風之稱謂	一般敘述	公尺每秒 m/s	浪高 (m)	節(knots)
0	無風 calm	海面如鏡 Sea like a mirror	不足 0.3	0	不足 1

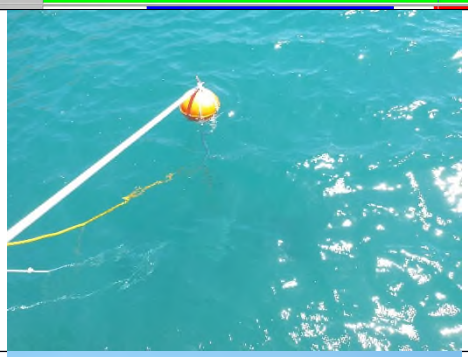
1	軟風 light air	僅煙能表示風向，但不能轉動風標。	0.3-1.5	0-0.2	1-3
2	輕風 light breeze	人面感覺有風，樹葉搖動，普通之風標轉動。	1.6-3.3	0.2-0.5	4-7
3	微風 gentle breeze	樹葉及小枝搖動不息，旌旗飄展。	3.4-5.4	0.5-1.0	8-12
4	和風 moderate breeze	塵土及碎紙被風吹揚，樹之分枝搖動。	5.5-7.9	1-2	13-16
5	清風 fresh breeze	有葉之小樹開始搖擺。	8.0-10.7	2-3	17-21
6	強風 strong breeze	樹之木枝搖動，電線發出呼呼嘯聲，張傘困難。	10.8-13.8	3-4	22-27
7	疾風 near gale	全樹搖動，逆風行走感困難。	13.9-17.1	4-5.5	28-33
8	大風 gale	小樹枝被吹折，步行不能前進。	17.2-20.7	5.5-7.5	34-40
9	烈風 strong gale	建築物有損壞，煙囪被吹倒。	20.8-24.4	7-10	41-47
10	狂風 storm	樹被風拔起，建築物有相當破壞。	24.5-28.4	9-12.5	48-55
11	暴風 violent storm	極少見，如出現必有重大災害。	28.5-32.6	11.5-16	56-63
12	颶風 hurricane	-	32.7-36.9	≧14	64-71

註 5：如需要可以進行訊號的窄頻分析 (Narrow band frequency analysis)，其中頻率解析度 (Frequency resolution)應小於 2 Hz 亦記錄相關分析條件（如頻寬、頻窗、解析點數等）。

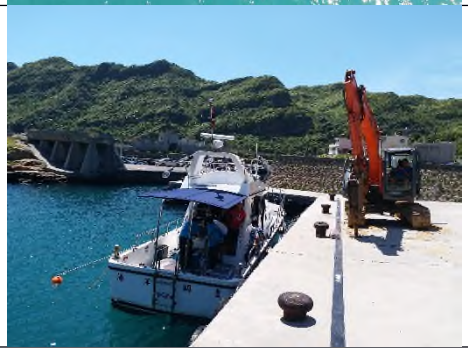
註 6：水下噪音測量分析結果（參考範例）

測點位置	基隆望海巷港口 --------		
量測日期	2018/9/17 11:34 至 2018/9/17 11:37		
量測頻率範圍	20 Hz 至 20 kHz		
取樣時間	1 s		
時間加權	Slow（視需要）		
量測單位	dB（re 1 μPa）	30s 內打樁次數	32 次
量測時間	30 秒平均值 $L_{eq,30s}$	單一敲擊聲曝值 $L_{E(30s)}$	峰值音壓位準 L_{peak}
量測結果	149.2	149.0	152.3











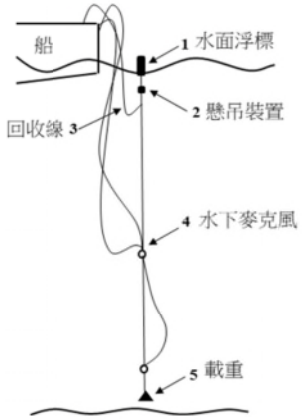
水下噪音現場測試紀錄表（施工前的背景測量）

水下噪音現場測試紀錄表（參考範例）

專案編號	--------	行程代碼	------	測點編號	------
量測日期	107 年 09 月 17 日 11 時 02 分至 107 年 09 月 17 日 11 時 49 分				
測點地點	基隆望海巷港口-------	海床地質狀況	沙地	檢測人員	陳○○
氣象條件：即時最大風速 6.0 m/s ；風速計高度(船上) 1.2 m；蒲福風級 1 級；最近降雨日期：107 年 9 月 16 日					
動特性：☑ S（視需要），取樣時距 1 s					
☑聲音校正器: 250Hz 165.9 dB； 量測前呈現值 165.9 dB；量測後呈現值 165.9 dB					
※水下麥克風顯示值與確認值（聲音校正器）差值之絕對值不得大於 0.7dB。					
☑海況 1(無降雨);相對應蒲福風級 1 級 □風機”中等”的功率輸出範圍;相對應蒲福風級 3 級 □風機”額定容量”的功率輸出範圍;相 對應蒲福風級 6 級					
GPS 座標：X： 121°.48.105 Y： 25°.08.184 ；水下麥克風深度：4.5 m；水深： 6 m；流速： - m/s；流向： -					

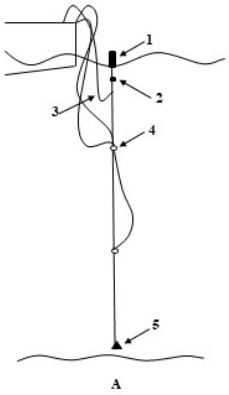
儀器廠牌	型號	序號	備註
分析儀 01dB	dB4	☑00703101	
水下麥克風 G.R.A.S	10CT	☑2140495	指向性:無指向性(Omni) 宣稱靈敏度: ±2 dB 頻率範圍:1 Hz 至 170 kHz
放大器 G.R.A.S	12CB	☑020131-G05	
聲音校正器 B&K	4229	☑2043477	
風速計 DAVIS	VS7	☑11020	

測量系統描述: 1.採集系統類型:分析儀；2.頻率範圍:10 Hz 至 20 kHz；3.動態範圍:90 dB；4.採樣頻率 51.2 kHz
水下麥克風懸吊系統說明:
量測部署方法: ☑船舶系統；□底部錨定之水下浮標系統；□聲學釋放裝置方式；□其他（描述）
☑船頭對準波浪行進方向；☑關閉船舶上的發電機及機器
量測部署示意圖：



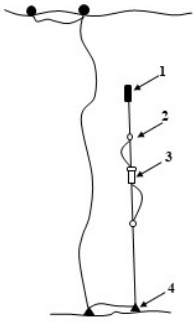
其他(特殊音源之特性及其隨時間變化性、可能影響測量結果之因素等): ---

註 7：依據原廠技術手冊如須使用耦合器 (Coupler)搭配聲音校正器進行確認水下麥克風性能，須合併送測試俾確認其準確性。



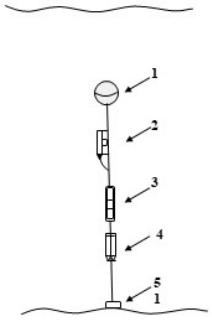
A

船舶系統
1.水面浮標
2.懸吊裝置
3.回收線
4.水下麥克風
5.載重



B

底部固定之浮標系統
1.水面下浮標
2.水下麥克風
3.紀錄器
4.底錨



C

底部固定之聲學釋放裝置
1.水面下浮標
2.水下麥克風
3.紀錄器
4.聲學釋放裝置
5.載重

附圖、靜態部署平台