

## 淺談降噪技術於潛艦之應用

黃律惟、張志瑋

### 壹、前言

戰場環境瞬息萬變，各項細節將會影響作戰結果，因此在軍艦構型設計之初，即須將各種可能影響因素納入考量規劃，舉凡艦艇尺寸、負載馬力、噸位吃水、裝備需求、環境規範等均為其中一環，俟妥善規劃後進入正式建造階段。

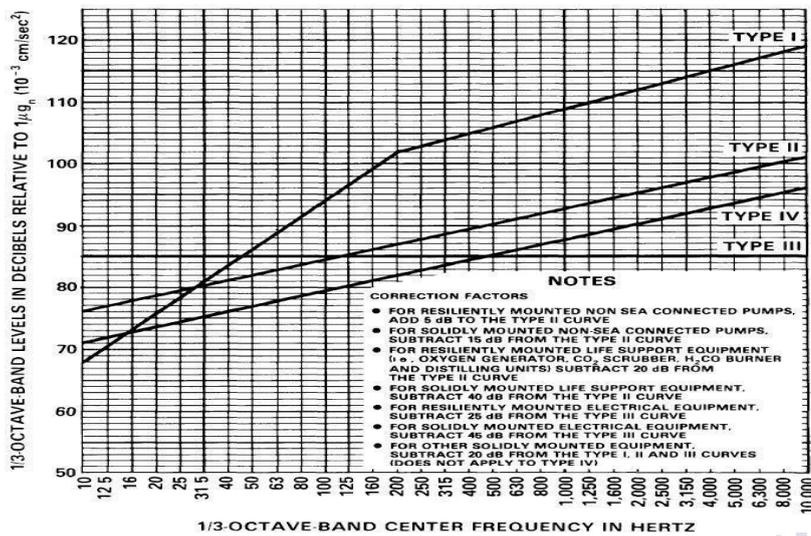
隨著造艦技術日新月異，現今艦艇設計已變得更加複雜，在現代海戰中，艦艇噪音技術儼然成為不可忽視議題，因為艦艇的噪音不僅會影響隱蔽性和偵測能力，亦會影響艦艇間通訊效能，對於潛艦更是如此，潛艦於作戰時無法浮出水面，僅能以聲波判斷敵我，同時盡最大可能減少自身噪音，以避免遭敵方查獲，是以了解噪音特性更是潛艦單位必修的課題之一，以下即從噪音特性及各國潛艦降噪技術兩個層面各別實施說明。

### 貳、噪音特性

裝備噪音主要分為空氣噪音 (Air-Borne Noise) 及結構噪音 (Structure-Borne Noise) 兩大類，簡易說明如下：

空氣噪音係裝備運轉經由空氣介質傳至人耳之聲音，因人耳對於低頻段與高頻段的噪音耐受程度不同，故將空氣噪音頻譜經由 A 加權 (A-weighted, 在人耳聽力範圍 20Hz~20kHz 內加權) 計算後得出一噪音值 (dB(A))，此聲音更能貼近人耳聽覺的反應。

結構噪音則是裝備運轉之振動量級（振動加速度值），結構噪音將藉由裝備傳遞至減震墊再到裝備基座，最後傳遞至船體結構並藉由船殼振動傳至艦外。結構噪音大多為低頻噪音，具波長長、難以抵消及遞減慢等特點，又因水中聲速傳遞效果快且遠，若裝備產生大量結構噪音傳遞至艦外，將大幅提升被遠處敵艦聲納偵測機率，暴露本艦位置及聲紋頻譜，使得匿蹤性能下降，尤其對於潛艦而言，更要確保裝備滿足 740-2 的要求，其相對應規範如圖一所示：



圖一：MIL-STD-740-2 之結構噪音規範

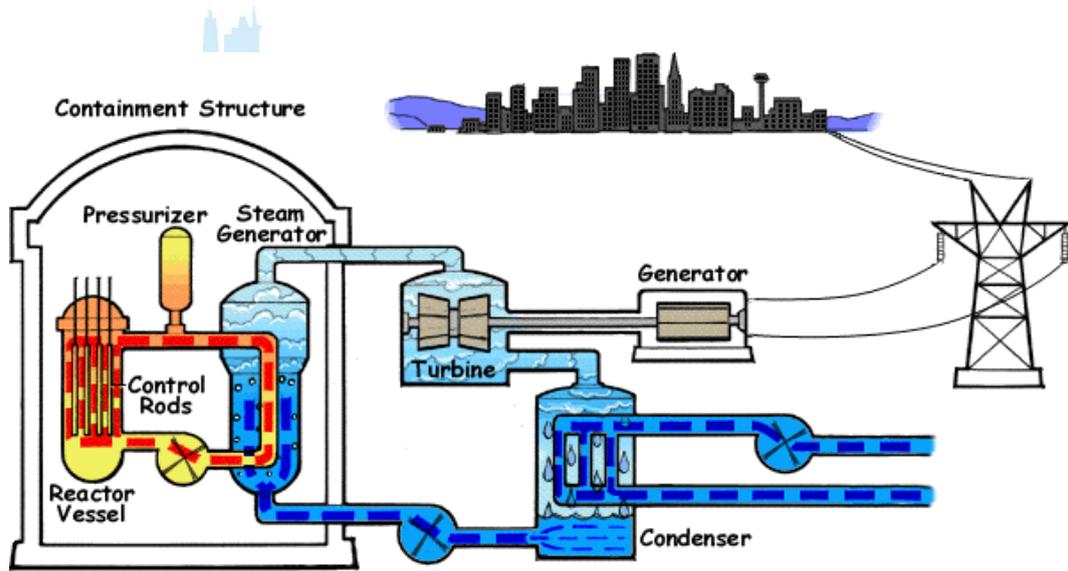
## 參、各國潛艦降噪技術

前言已有述明，噪音對於潛艦影響非常顯著，因此世界各國均極力於潛艦的降噪技術精進，接續則讓我們一同探討各國潛艦在裝備及艦艇設計上降噪技術的應用：

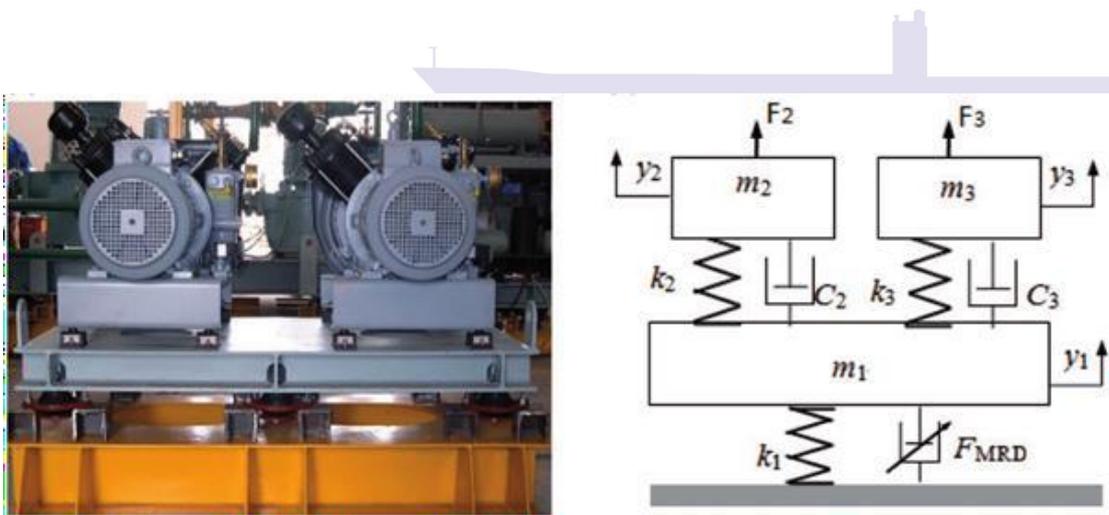
### 一、美國

自 1959 年起，美國不斷致力於研發自然循環壓水堆反應堆(圖二)，並成功研發出 S5G、S6G、S8G 和 S9G 型號，透過持續的技術研究，反應堆功率提高、噪音得到顯著降低，為了精進技術，美國吸收借鑑其他國家的技術成果，如從英國海軍學習浮筏減震技術

(圖三)，並在潛艦上不斷改進，最終成功採用整體浮筏技術和模塊化設計，極大地降低了潛艦的機械噪音，美國正在研究無軸推進技術、艇外武器存儲與發射技術以及簡化 HM&E 基礎結構等技術未來的攻擊型核潛艦將採用核動力-電力推進方式，取消減速齒輪裝置和推進軸系，並減小艇體尺寸，從而進一步提高潛艦的聲隱身能力。



圖二：壓水反應爐原理示意圖



圖三：潛艦減震降噪技術之減震浮筏示意圖

## 二、俄羅斯

俄羅斯採用了各種減震和消聲技術，以提升核潛艦自然循環能力並降低潛艦噪音，還制定了潛艦振動和噪音檢查方法，並在不同的時期制定了各種不同的振動和聲學標準，使得潛艦在聲隱身方面取得了很大進展，北風之神級彈道飛彈核潛艦(圖四)和亞森級攻擊型核潛艦的聲隱身能力已經接近美國核潛艦的水平。



圖四：俄羅斯北風之神級潛艦

## 三、英國

英國在 1960 年代末，成立了降噪和振動工程部門，專門研究如何提升降噪技術，這使得英國在這方面成為領先國家，從 1980 年代後期開始，英國在「快速」級攻擊型核潛艦的大修和改裝時，開始於「特拉法爾加」級攻擊型核潛艦上改進了纏繞方法並安裝了更牢固的消聲瓦，而最新的「機敏」級攻擊型核潛艦也配備了最新研發的消聲瓦，英國的「特拉法爾加」級(圖五)第三艘潛艦「不懈」

號，在 1985 年 10 月服役時率先採用泵噴射推進器，以獲得更好的降噪效果，這項技術後來被美國、法國和俄羅斯等國家借鑑，在他們自己的潛艦上也裝備了減震浮筏和泵噴射推進器。



圖五：英國特拉法爾加級潛艦

#### 四、法國

法國一直注重自主研發，在潛艦聲隱身技術方面持續提高，從 20 世紀 70 年代開始，法國海軍就開始研究自然循環壓水堆裝置，經過了 20 多年的研發，「紅寶石」級攻擊型核潛艦裝備了自然循環壓水堆裝置，該裝置的自然循環能力強，能夠在中低功率工況下減少機械噪音，法國還在「紅寶石」級潛艦上首次採用了綜合電力系統，大幅降低了潛艦的噪音，法國更學習其他國家的經驗，安裝減震浮筏、敷設消聲瓦，並光順艇體外形，最新的「凱旋」級（圖六）彈道飛彈核潛艦採用了泵噴射推進器，提高了潛艦隱身能力。



圖六：法國凱旋級彈道導彈核潛艇

## 五、德國

德國在潛艦的設計方面，針對機械設備進行了減震降噪的改良，運用國際上已被廣泛應用的減震浮筏並加以改進，同時也致力於消除潛艦的機械噪音，透過研究消聲瓦和艇體外形的設計，成功大幅降低水動力噪音，新型潛艦配備了 7 葉大側斜低噪音螺旋槳，成功地減少推進器噪音，並且研發出燃料電池 AIP 系統，不僅能延長潛艦的潛航時間，還能進一步降低潛艦噪音，提升其隱蔽性。

## 肆、結論

我國「國艦國造」及「潛艦國造」政策均如火如荼地執行中，降噪技術勢必也會成為我們必須克服的議題之一，相信在國內各產、官、學的積極合作下，我們勢必能夠克服重重難關，打造出專屬於我們的海上新戰力！