

第五届船舶水噪声学术讨论会

论文集



中国造船工程学会船舶力学委员会水噪声学组

1993.11

B. 水下噪声

- B1. 舰艇噪声源贡献和降噪效果的估计
- B2. 噪声测量中谱分析随机误差的估计
- B3. 舰船辐射噪声线谱测量中有关问题的探讨
- B4. 用缓冲板减小船舶尾振的试验
- B5. 螺旋桨整流壳帽降低水下噪声试验研究
- B6. 无空化船舶螺旋桨负荷噪声研究
- B7. 阻尼涂料消除螺旋桨噪音试验研究
- B8. 船辐射噪声幅度调制的相位信息和信号重构
- B9. 舰艇噪声低频线谱分析
- B10. 舰艇水下排气噪声治理
- B11. 潜标式水下噪声测量系统
- B12. 空泡水筒模型桨全模拟条件下水动力噪声试验研究
- B13. 水下目标低频线谱在长线阵上的时空特性分析
- B14. 气垫船辐射噪声分析
- B15. 低频弱信号实船辐射噪声的现场采集处理与显示
- B16. 舰船辐射噪声主要噪声源及其贡献分析研究
- B17. 潜艇指挥台围壳水噪声机理
- B18. 应用多输入模型分析实艇噪声
- B19. 舰船辐射噪声测试—水下导航、测距自动化的研究
- B20. 潜艇特征线谱的判定
- B21. 抑制声呐部位螺旋桨自噪声成分的一种方案
- B22. 两栖坦克水下噪声
- B23. 涂覆层降低流噪声的应用研究
- B24. 噪声目标识别的专家系统
- B25. 水下目标辐射噪声线谱模糊集模式识别方法
- B26. 某型鱼雷水下辐射噪声谱线机理初析
- B27. 鱼雷噪声与振动内侧系统简介
- B28. 海洋环境噪声的AR模型与仿真
- 张宝成 徐雪仙
- 徐雪仙 张宝成 张向晖
- 阎福旺 宋铭勋
- 郝云巍 钟代辉 杨本坤
- 赵欣然 马骋 缪旭弘
- 朱锡清 包军 吴武生 史小军
- 张升明 潘旭初 吴幼华
- 侯世涛 兰恭华 林颀永 于杰
- 任 锐 吴国清
- 林建恒 蒋国健 韩有泉
- 张文光 王虹斌
- 张双荣 陈耀明 解宝兴
- 赵志强 杜支前
- 钱德兴
- 王茂法 王广恩 胡益群
- 邹明达 刘密山
- 刘文帅 刘铭克 陈宗歧
- 孙玉兰 陈宗歧
- 刘铭克 陈宗歧
- 马忠诚 余珍 陈宗歧 于风
- 吴胜权 冯世芳 孙玉兰
- 蒋国健 韩有泉 林建恒
- 徐钦善
- 蒋国健 杨文胜 侯小侠
- 肖今新 吴志江
- 俞孟萨 袁昌华 吴永兴
- 徐新发
- 李训浩
- 吴冠君 张殿云 韩有泉
- 阎福旺
- 马徐琨 崔国平
- 鱼雷降噪课题组
- 肖国有 王正垠 李泳 孙风玲

张辉 吴国清

胡拥军 陈克勤 俞孟萨

马忠诚 于风 陈宗歧

汪慧敏 庄宏兴 柳康宁

方开翔

何祚鏞

汤渭霖

E2-2 湍流边界压力起伏的波数—频率谱分析和测量

DV83/05

[illegible]

1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 26

CHEN, J. AND J. H. WU. 1993. The effects of temperature and salinity on the growth and survival of the Chinese bay anchovy, *Anchoa mitchilli* (Pisces: Engraulidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 167:111-124.

舰艇噪声源贡献和降噪效果的估计

702所 张宝成 徐露仙

1 引言

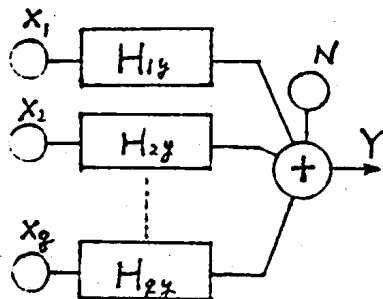
鉴于舰艇水下噪声(辐射噪声和声呐寻流罩自噪声)的重要性,舰艇减震降噪研究得到了发展。舰艇航行中对水下噪声有贡献的源极多。在实施降噪方案前和后均需对各噪声源的贡献作测量分析及估计各降噪措施的实际效果。各噪声源(含振动源)对水下噪声的贡献含义有:1 对何处; 2 何频段; 3 源如何传递到输出处一传递函数; 4 表征源的强度; 5 各源间相关性; 6 输出处场结构。

过去沿用的分析各噪声源对输出的贡献仅测量源处自谱和输出处自谱进行定性分析,该方法未考虑各源到输出处传递函数不同的影响。

本文在考虑传递函数后计算输出处各噪声源的贡献,及对进行降噪处理后在输出处的降噪效果,给出计算例子。

2 基本考虑

各噪声源对输出的影响以图1说明,图中各量均在频域, X_i 和 H_{iy} ($i=1, 2, \dots, q$)分别为源输入和传递函数, Y 和 N 分别为输出和附加噪声(含未考虑进的噪声源贡献)。显然输出的自谱为



$$S_{yy} = \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^q H_{iy}^* H_{jy} S_{ii} + S_{nn} \quad (1)$$

如果将 X_i 正交化,即将(1)式化为二次标准式,

有

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^q |L_{iy}|^2 S_{ii} \cdot 12 \dots (i-1) + S_{nn} \quad (2)$$

图1 源—输出框图

$|S_{ii} \cdot 12 \dots (i-1)|$ 为 i 源扣去与 $1, 2, \dots, (i-1)$ 源相关成分后剩余的自谱—一阶条件自谱。(1)式各源的贡献中含有源间相关分量,(2)式中各源分量贡献为 $|L_{iy}|^2 S_{ii} \cdot 12 \dots (i-1)$ 。当然 q 个源中任意源均可选为第1源,有其相应的贡献。通过 S_{ij}, S_{iy} ($i, j=1, 2, \dots, q$)的正则方程可以估计出 H_{iy}, L_{iy} ,多重相干函数。

$$Y_{xy} = 1 - S_{nn}/S_{yy} \quad (3)$$

以及各源分量的贡献及剩余噪声。

3 计算例子

表1给出计算结果, $q=4$,源相互独立,AMP/phase为给定的 S_{ij} 和 S_{iy} 矩阵(幅相形式),W-REAL-IMAGE为最后得到的能导出各种有用量的矩阵, X_i -power为按(2)式计算的各源贡献,W(5,5)为剩余噪声。 H_{iy} 以实/虚形式给出。由表中可以看出

a各源在 S_{yy} 中贡献不是正比各源自谱, S_{11} 比 S_{44} 小, 但1源对Y的贡献比4源大, 它主要取决于 $|S_{iy}|^2/S_{ii}$ 。

表1

AMP/PHASE				
1.00/ 0	0.00/ 0	0.00/ 0	0.00/ 0	2.50/ 0
0.00/ 0	1.00/ 0	0.00/ 0	0.00/ 0	1.50/ 20
0.00/ 0	0.00/ 0	3.00/ 0	0.00/ 0	1.00/ 30
0.00/ 0	0.00/ 0	0.00/ 0	5.00/ 0	2.00/ 30
2.50/ 0	1.50/-20	1.00/-30	2.00/-30	10.00/ 0
W-REAL/IMAGE				
1.00/j 0.00	0.00/j 0.00	0.00/j 0.00	0.00/j 0.00	2.50/j 0.00
	1.00/j 0.00	0.00/j 0.00	0.00/j 0.00	1.40/j 0.51
		3.00/j 0.00	0.00/j 0.00	0.86/j 0.50
			5.00/j 0.00	1.73/j 1.00
				0.36/j 0.00
Xi-power				
6.25000	2.24999	0.33333	0.80000	
Xi-power/Ypower				
0.62500	0.22499	0.83333	0.08000	
Multicoherence= 0.96333				
CONTRIBUTION AS 1st SOURCE FOR EACH SOURCES				
6.2500	2.2499	0.3333	0.8000	0.3666
H _{iy}				
2.500/ 0.000	1.409/ 0.513	0.288/ 0.166	0.346/ 0.200	
SYT= 6.87499	S ₁₁ (1,1)= 0.50000		DSYT= 1.6248	
SYT= 8.87500	S ₁ (2,2)= 0.50000		DSYT= 0.5148	
SYT= 9.83333	S ₁ (3,3)= 1.50000		DSYT= 0.0748	
SYT= 9.59999	S ₁ (4,4)= 2.50000		DSYT= 0.1748	

b各源在 S_{yy} 中贡献与传输函数 H_{iy} 有关, $|H_{ii}|$ 远大于 $|H_{ii}|$, 这与a的结论相应。

c表中附加噪声为0.3666, 它与各项 X_i -power之和恰为 $S_{yy}(=10)$, 在源相干条也成立。而每一源作为第一源的贡献与附加噪声之和一般不等于 S_{yy} , 仅在各源相立时才成立。

d多重相干函数为0.9633。

如果 H_{iy} 保持不变, S_{ii} 中每一项轮流下降为 $S_{ii}/2$, 按(1)式计算 S'_{yy} (每次计算后 S_{ii} 复原)。在表1下部打印 S'_{yy} , $S_{ii}/2$ 及 $DSY=10\log(S_{yy}/S'_{yy})$ 。各源均下降3dB。 DSY 为各源在Y处的下降dB值(降噪效果)。由数据看出, 源处下降3dB, 而 DSY 是不等的, 第3源 DSY 最小, 第1源 DSY 最大, 均小于3dB。

在各噪声源存在相干时, 情况会复杂些。

参考文献。

- 1 关肇直等编著, 信号分析与处理, 科学出版社, 1986。
- 2 杨维权等编著, 多元统计分析, 高等教育出版社。

噪声测量中谱分析随机误差的估计

徐雪仙 张宝成 张向晖

摘要 本文给出了噪声谱分析随机误差的推导方法, 由于对随机过程处理的平均次数有限引起的随机误差在实际测量中成为主要误差源。在68%置信度下, 随机误差为 $\pm 4.34/\sqrt{Nd}$ (dB), Nd 为平均次数。分析表明, 对给定要求的随机误差, 选取合适的平均次数是重要的。

1 引言

噪声谱分析的测量不同于有规信号的测量, 因噪声属随机过程, 对随机过程作有限时间的处理其输出仍是随机量, 如噪声谱分析的输出为一个平均直流量附加一个随机起伏量, 这随机起伏量有一个均方根值——随机误差, 它与平均量及平均时间 (或平均次数) 有关。对测量结果的不确定度还与置信度有关。

在GJB 273、GJB 274噪声测量标准中, 有“频谱分析误差, 在20~20000 Hz频段进行谱分析, 平均时间取8 s, 分析误差小于 ± 1.0 dB”, 这里频谱分析误差有噪声测量的随机误差含义, 但是分析误差与平均时间关系 (或平均次数) 未涉及, 没有置信度作为相应误差的标准。

噪声谱分析中所用B & K仪器误差可列出如下数据: 衰减器线性度0.1 dB; 频率响应误差 ± 0.1 dB; 幅值测量的稳定性0.1 dB, 所以测量仪器误差在0.2 dB左右。而水听器是用测量仪表校准的, 其测量误差也在0.2 dB左右; 还有水听器频响不平, 如对测量数据不作频率校正, 一般在高频端误差在1 dB左右, 在低频端极小。这些误差均是系统误差 (固定偏差)。它对有规信号和随机信号测量时均存在。此外对随机信号作谱分析时还有随机误差, 处理不当, 随机误差会大于上述系统误差。

在研究水动力噪声及测定降噪措施的降噪效果时, 噪声谱分析估计的随机误差性质及与其它量关系的理解有重要意义。

本文旨在介绍和分析噪声谱分析估计中的随机误差, 它与测量的均值和平均次数有关, 随机误差导致的不确定度还与置信度有关。

2 自谱和互谱的估计

如信号 $x(t)$ 和 $y(t)$ 有均值为零。于是瞬时自谱和互谱为:

$$\begin{aligned}\tilde{S}_{xx,i}(1\Delta f) &= X_i^*(1\Delta f) X_i(1\Delta f) \\ \tilde{S}_{yy,i}(1\Delta f) &= Y_i^*(1\Delta f) Y_i(1\Delta f) \\ \tilde{S}_{xy,i}(1\Delta f) &= X_i^*(1\Delta f) Y_i(1\Delta f)\end{aligned}\quad (1)$$

其中“ * ”表示复共轭。对瞬时谱作 Nd 次平均, 有

$$\begin{aligned}\tilde{S}_{xx}(1\Delta f) &= \frac{1}{Nd} \sum_{i=1}^{Nd} S_{xx,i}(1\Delta f) \\ \tilde{S}_{yy}(1\Delta f) &= \frac{1}{Nd} \sum_{i=1}^{Nd} S_{yy,i}(1\Delta f) \\ \tilde{S}_{xy}(1\Delta f) &= \frac{1}{Nd} \sum_{i=1}^{Nd} S_{xy,i}(1\Delta f)\end{aligned}\quad (2)$$

上面“ $\sim$ ”表示是估计。由于 T 够长, 可以认为不同的 i 的数据 $\tilde{S}_{xx,i}(1\Delta f)$ 相互独立。现在要对(2)式求其平均值和均方差值, 为此先对(1)式作计算。 E 为系综平均算子, 相当平均次数无限, 对(1)式作计算, 现设 $X(t)$ 和 $Y(t)$ 为有限带宽白噪声, 且遵从多维高斯分布。事实上只要 Δf 足够小, 这些假设均成立。引用S.O.Rice的关系式如下:

$$\begin{aligned} E \{ X_i (1 \Delta f) X_j (1 \Delta f) \} &= \delta_{ij} \delta_{lk} S_{xx} (1 \Delta f) \\ E \{ Y_i (k \Delta f) Y_j (1 \Delta f) \} &= \delta_{ij} \delta_{lk} S_{yy} (1 \Delta f) \\ E \{ X_i (1 \Delta f) Y_j (1 \Delta f) \} &= \delta_{ij} \delta_{lk} S_{xy} (1 \Delta f) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & i=j \\ 0 & i \neq j \end{cases}$$

为计算(1)式的均方差涉及四阶矩的运算,为此应用多维高斯分布的一个结果,经计算得 $\tilde{S}_{xx}$ 的均值为 S_{xx} ,均方差为 S_{xx}^2/Nd ,其归一随机误差 ϵ 为:

$$\epsilon(\tilde{S}_{xx}) = \frac{\sigma(\tilde{S}_{xx})}{S_{xx}} = 1/\sqrt{Nd} \quad (4)$$

$\tilde{S}_{xx}$ 在足够小时,如 $\epsilon < 0.10$,可以认为 $\tilde{S}_{xx}$ 服从高斯分布,因此利用

$$A = \int_{\tilde{S}_{xx}(1-\Delta)}^{\tilde{S}_{xx}(1+\Delta)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\tilde{S}_{xx})^2}{2\sigma^2}} dx \quad (5)$$

可以估计出 $\tilde{S}_{xx}$ 在下列范围中

$$S_{xx}(1-\Delta) \leq \tilde{S}_{xx} \leq S_{xx}(1+\Delta) \quad (6)$$

的概率 A , A 称为置信度,对不同的置信度有不同的 Δ 值,从 Δ 求 A 或从 A 求 Δ 可由数表手册查出。

(5)式是一超越方程。当置信度 $A=0.68$ 时, $\Delta = \epsilon(S_{xx}) = 1/\sqrt{Nd}$;当 $A=0.95$ 时, $\Delta = 2/\sqrt{Nd}$;当 $A=0.99$ 时, $\Delta = 3/\sqrt{Nd}$ 。

如以dB计,对68%置信度的自谱测量随机误差为:

$$\epsilon = \pm 4.34/\sqrt{Nd} \quad (\text{dB}) \quad (7)$$

对互谱模的测量随机误差为

$$\epsilon_r = \pm 4.34/r_{xy}\sqrt{Nd} \quad (\text{dB}) \quad (8)$$

自谱测量的随机误差与频率无关(以dB计),而互谱模测量的随机误差除与平均次数有关,还与相干函数有关。

3. 结论

噪声谱分析由于平均次数有限(或平均时间有限)引起的随机误差,以dB计为

$$\epsilon_r = \pm n 4.34/\sqrt{Nd} \quad (\text{dB})$$

其中 Nd 为平均次数, n 与置信度有关,对68%置信度, $n=1$;对95%置信度, $n=2$;对99%置信度, $n=3$ 。

对互谱的随机误差 $\epsilon_r = \pm n 4.34/r_{xy}\sqrt{Nd} \quad (\text{dB})$

为减小测量的随机误差,应增加平均次数 Nd 。

参考文献:

1. S.O. Rice, "Mathematical analysis of random noise", Bell System Technical Journal, 23, 282-332; 24, 46-156. 信息论理论基础, 上海市科学技术编译馆, 1965。
2. 数表手册, 人民教育出版社, (1979)。
3. A.V. 奥本海姆, R.W. 谢弗, "数字信号处理", 科学出版社, 1982。
4. A. Papoulis, Signal analysis, MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1977。

舰船辐射噪声线谱测量中有关问题的探讨

海军装备论证研究中心 阎福旺 中船总系统工程部 宋铭勋

1、引言

舰船辐射噪声线谱是良好的水下声源。近些年来随着舰船降噪技术的发展,虽然使舰船辐射噪声的连续谱大大降低,但线谱部分的降噪效果并不显著。因此,利用目标的线谱来实施探测与识别,已成为近年来广泛关注的问题。由于线谱是低频范围的,在水中能量传输时会有较小的损失,因此,利用线谱可大大提高探测距离。基于以上两点,对舰船辐射噪声的线谱研究已得到各国的十分重视。线谱测量所得到的数据是线谱研究的基础,如何对线谱进行正确的测量成为十分重要的问题。为了作到对线谱正确测量,涉及到测量方法、数据处理方法和线谱的有关概念。

2、线谱的有关概念

在有关的文献中曾指出线谱是频率上离散的谱,光这样描述是不尽完善的。因为它没有说明谱线的宽窄与高低。谱线的宽窄涉及到线的粗细;谱线的高低涉及到与周围的比较。为了便于数据处理中的归一,分析谱的宽度取 1HZ 为宜,但这并不意味着谱线的实际宽度就 1HZ。谱线的高低限定涉及到目标线谱的固有特性和实际使用的要求。由于声纳检测和鱼雷声制导的要求不同,线谱的高低限定要求也并不统一。为了与实际需要相一致,对鱼雷而言,因检测距离近,可要求线谱高于周围的谱级 6 分贝;但对舰船而言,因检测距离较远,可要求线谱高于周围的谱级 10 分贝。

3、线谱测量方法

在常见的测量方法中,大多是让舰船航行通过远处的固定测量水听器或水听器阵。示意图如下:



上述的测量方法,基本上适用线谱测量。但由于要判断出确实是测到线谱了,而不是测量中的信号起伏,需要用较长时间记录舰船通过水听器阵时信号,以便使舰船的振动状态能稳定地产生出来,测量系统能记录下舰船稳态的辐射噪声。

测量环境的保障是线谱测量中的重要环节。在一般的噪声测量中,只要求周围无其它船只,信噪比在 6dB 以上时便可。线谱测量的要求应更严格。在线谱的测量环境中,应避开生物噪声的影响,因为生物噪声分布在低频段,对线谱的判定有影响。在几十赫兹以下的频段中,在某些海区生物大合唱的现象表现得较严重,谱级较高,直接影响线谱的测量结果。

4、测量数据的处理

在测量数据的处理中,首先遇到的问题就是分析样本的长度。在测量过程中,

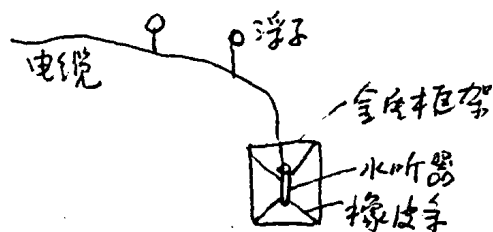
为了使测到的数据能充分反映出是潜艇辐射噪声线谱的稳定结果,用较长时间记录了舰船每次通过水听器的信号。在数据处理中应充分考虑这种情况,先取的信号样本应充分长,便于确认分析得到的是稳定的线谱信号,而不是信号的起伏干扰。

5、线谱传输特性的考虑

在线谱测量中,为了保证远程测量,加之线谱能量较强,所以测量时目标与测量水听器或水听器阵的距离可允许比过去进行的辐射噪声测量中所用的距离要远。因此,线谱在远距离上的传输特性直接影响目标线谱数据的采集。线谱传输特性的研究是一个专门的课题,该项研究需要提供线谱的传输规律,以便线谱测量中数据处理时的归一化处理。

6、测量装置的低频隔振处理

按照本文“3”中的测量方法实施线谱测量时,测量装置的低频隔振问题应给以充分地注意。测量装置包括水听器、电缆、浮子、水听器安装支架等,测量时由于水听器、电缆及浮子等的抖动会带来低频激振,低频激振被水听器接收后与目标的线谱信号叠加,使线谱测量的结果失真。为了避开水听器、电缆及浮子等的抖动带来的低频激振的影响,需要在相应的环节上采取抗流减噪的隔振措施。在结构上要借鉴海洋环境噪声测量中所采用的抗流减噪措施。抗流减噪措施的示意图如下:



所用的水听器自由场电压灵敏度不低于 $185\text{dB}(0\text{dB}-1\mu\text{Pa})$,频响的不均匀性小于 $\pm 1.5\text{dB}$,指向性图比理想的全向指向性图的偏差小于 $\pm 1.5\text{dB}$,垂直指向性在 -3dB 波束宽度内应大于 60° ,等效噪声声压谱级低于 WENZ 谱级低限,水下系统结构在线谱测量频段内、海流为 1 节时,由于水流等因素引起的附加噪声应低于 WENZ 零级海洋环境噪声线。

参考资料

1. GJB273—87《舰船水下辐射噪声测量方法》
2. GJB692—89《海洋环境噪声测量规程》

用缓冲板减小船舶尾振的试验

郝云巍 钟代辉 杨本坤

(海军装备论证中心舰船所)

一些船舶航行中出现的剧烈尾振,严重影响着人员的健康和装备的使用。研究表明:船舶尾振与螺旋桨激振力密切相关;船尾的不均匀伴流场和变空泡的产生是激振力剧增的关键。根据这一理论,在尾部和螺旋桨形式已定的船舶的螺旋桨上方,用缓冲板储存和耗散螺旋桨激振力,对减小尾振有明显效果。

缓冲减振机理研究 在非均匀伴流场中,随着螺旋桨转速增加,负荷加大,桨叶在进入高伴流区时将产生空泡,而在离开高伴流区时,空泡迅速溃灭。这种变体积分空泡的产生,一方面使各点脉动压力增大,同时也使各点脉动压力相位趋于一致;另一方面,空泡迅速溃灭,形成高幅压力波,由于空泡诱导脉动压力在螺旋桨脉动压力中占主要部分,因而船体在受到螺旋桨表面力作用时,明显地表现受冲击作用。图1是空泡筒中模型桨在非均匀流中的试验结果,其中1)是不产生空泡时的脉动压力波形,信号基本上呈正弦形;2)为在伴流峰附近开始出现空泡的信号,阴影部分附加压力是由于空泡溃灭所引起的;3)为叶剖面离开伴流峰区域时出现明显的空泡溃灭,从而在压力信号上除出现压力小山,还出现一个峰值很大的尖峰。可以认为,只要螺旋桨产生变体积分空泡,螺旋桨上方船体就要受到表面力冲击作用,而且这种冲击力幅值较之表面力平均值要大得多。

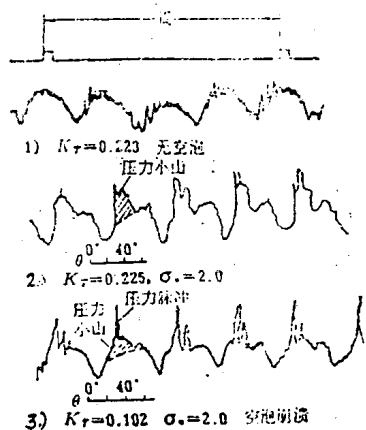


图1. 空泡筒中模型桨在非均匀流中的试验结果

以某型护卫舰为例,经验估算在双进三以上工况,螺旋桨将产生大量的变体积分空泡,导致船体受表面力作用时为冲击作用。该型舰双进三以上工况航行时,尾部发出清脆的敲击声,就是这种冲击力作用于尾壳体发出

的。显然，缓冲该冲击力将会有效地减小对舰尾壳体的激励，从而减小其振动。

缓冲材料研制 对冲击的隔离与减小振动是不同的，其区别在于后者主要处理稳态现象，振幅较小，前者主要处理过渡现象，振幅较大，作用时间短。因此，在用阻尼进行减振时主要是利用阻尼材料拉压剪切变形来消耗振动能量，因而要求阻尼材料要有较高的损耗因子，为此往往采用约束阻尼结构。而对冲击进行缓冲时，主要作用是在受冲击时尽可能多地储存冲击作用的能量，冲击结束后将此能量尽可能地转化为热量而耗掉，其余则以系统作自由衰减振动而释放出来，故缓冲实际是一个储能耗能装置，通过它使尖锐的冲击波以较缓和的形式作用在振动对象上。缓冲对由冲击引起的振动加速度的影响关系大致如图2所示。

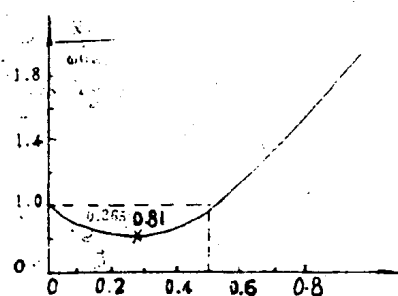


图2

由图2可见缓冲材料的选择十分重要。选择的好，可以降低物体受冲击后振动响应加速度幅值，起到缓冲减振的效果，选择得不好，反而会增大振动响应加速度。

经过一年多的试验研究，研制出了储能与耗能能力较高的ZTHC-1型耐海水缓冲材料。对该材料进行实验室测试表明：粘贴10mm、20mm、30mm缓冲材料后，冲击力幅值分别下降9.4dB、10.3dB、11.01dB，响应加速度分别下降9.03dB、10.95dB、12.24dB。

实船应用试验 针对某型护卫舰尾部结构和航行实践，经计算、试验和论证，确定了缓冲材料在实船上应用的形状、面积、厚度和粘贴位置，由船厂设计其固定方式并完成施工。船坞及海上多次测试结果表明：静态锤击激励方法测量，各测点均获得9.5dB以上的减振效果；海上航行测试表明，各测点加速度响应下降26%~60%以上，舱室噪声下降6dB。居住在五、六兵舱的指战员也普遍反映，基本上消除了“耳朵震得嗡嗡响”“两腿发麻”等“难以忍受”的振动现象了。

经过专家鉴定和改进设计评议，该项试验结果已准备进一步应用。

参考文献：略

螺旋桨整流毂帽降低水下噪声试验研究

海军装备论证研究中心 赵欣然 马 骋 缪旭弘

一、概述

螺旋桨整流毂帽是国际上八十年代后期发展起来的一种先进的船舶节能降噪技术,是在螺旋桨的毂帽上安装几个具有一定角度的小叶片并随同桨一起旋转的装置。(图一)。这种装置可以消除桨转动时产生的毂涡,从而降低了桨的噪声,同时回收由毂涡引起的能量损失,使桨的扭矩下降,推力增加,从而提高了螺旋桨的效率。

该装置将节能与降噪巧妙地结合在一起,加之结构简单,工程量小,费用低,因而受到造船及航运界的欢迎,日本已在九十余艘船舶上安装使用,根据各类船舶的海上试验证明,整流毂帽可节能4%以上,其降噪性能在军用舰艇及某些特种船上有广泛应用,国外潜艇已有应用。

二、整流毂帽降噪节能原理

螺旋桨噪声是船舶主要的水下噪声源,螺旋桨噪声中以空泡噪声为主,桨的空泡分为梢涡空泡、毂涡空泡和叶片空泡三种,一般情况下,随航速增大,首先出现毂涡空泡。毂涡空泡是由于根部叶片与水流相互作用而在桨后形成强烈的旋转水流,在旋转中心处形成极低压而使水空化,成为空泡噪声,整流毂帽的叶片以适当角度与水流相遇后,可以消除水流的旋转作用而使毂涡空泡消失。

安装整流毂帽的桨毂附近水流流动大体上如图2所示,毂帽叶片受到的作用力与桨叶受到的作用力方向相反,因而在总体上使桨的扭矩减轻;另外由于毂帽叶片与桨叶根部的相互干扰作用以及毂涡消除使桨的阻力下降等原因,使螺旋桨总的推力增加,从而起到节能效果。

三、模型试验研究

试验在上海交通大学空泡水筒试验室进行,试验目的是针对某船导管桨降低其螺旋桨噪声及提高推进效率。桨模主要参数是:直径 $D=0.240\text{m}$,螺距比 $P/D=0.805$,叶数 $Z=4$,盘面比 $A/A_d=0.663$,毂径比 $d/D=0.20$,材料为白合金。

整流毂帽由黄铜制成,叶片为1mm厚铜板,为研究整流毂帽主要参数对降噪节能的影响,共制作了7个毂帽,参数变化是:改变叶片直径,其与桨径的比值为:0.22, 0.25, 0.27;改变叶片的安装角,取 55° , 62° , 70° , 90° ;小叶形状为对称和非对称型两种。

试验内容如下:

1. 桨模加原毂帽和桨模加7种整流毂帽在均匀流场中的大气性能试验,分析整流毂帽对桨效率的影响。

2. 桨模加原毂帽和桨模加7种整流毂帽在均匀流场中指定工况和空泡数下的噪声试验,分析整流毂帽对桨噪声的影响。

水听器装在桨模一倒水筒壁上,外接BK2010分析仪,并由BK2307记录仪记录,噪声测试频段为1K-20KHz。

四、试验结果及讨论

噪声试验结果以记录仪记录的总声级和谱曲线表示,桨性能试验结果以KT、 K_0 、 $\eta_p=f(J)$ 曲线表示,式中KT为推力系数, K_0 为扭矩系数, η_p 为桨效率, J 为进速系数。

对试验结果进行分析,初步得到以下结论:

1. 在指定工况及空泡数下,原桨的毂涡强度大,既粗又长,加装各整流毂帽方案后,毂涡基本消失或全部消失,图3表示了原桨毂帽和加装6#毂帽后毂涡消失的照片。

2. 从噪声测试结果来看, 各毂帽方案均有一定的降噪效果, 在进速系数 $J = 0.350$, 空泡数 $\sigma_v = 60$ 时, 各方案总声级下降 $0.5 \sim 3.0 \text{ dB}$, 其中 6# 方案降噪效果较好, 在 $1 \text{ K} \sim 5 \text{ KHZ}$, 下降 $5.5 \sim 12.0 \text{ dB}$, $5 \text{ K} \sim 20 \text{ KHZ}$, 下降 $6 \sim 11 \text{ dB}$ 。图 4、图 5 为原桨和加装 6# 毂帽总声级和谱曲线。

3. 从试验结果来看, 整流毂帽能消除毂涡, 但对梢涡似乎没有影响。因此当螺旋桨出现梢涡后总声级变化不大。

4. 整流毂帽节能作用较明显, 除 8# 方案外, 各方案提高桨的效率 $1.71 \sim 5.35\%$, 其中 1# 毂帽效率提高 5.35% 。

整流毂帽是一项结构简单, 节能降噪效果明显, 改装简便, 投资少的新技术, 在我国已开始推广应用。

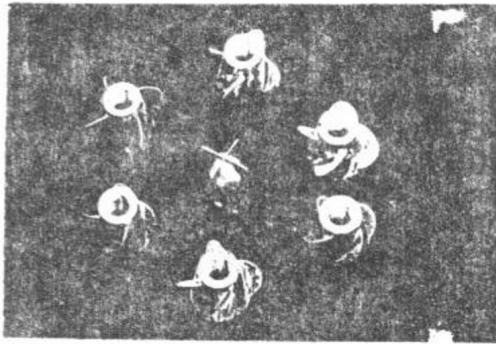


图 1 某船整流毂帽模型

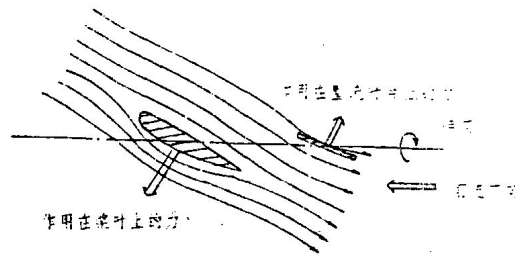


图 2 整流毂帽节能机理

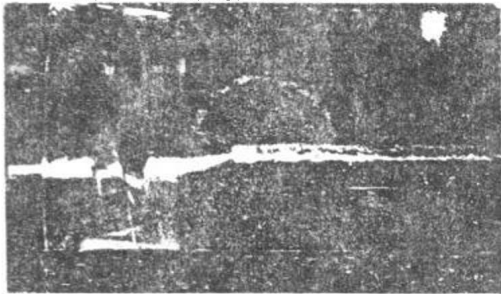


图 3 原毂帽与 6# 毂帽毂涡对比

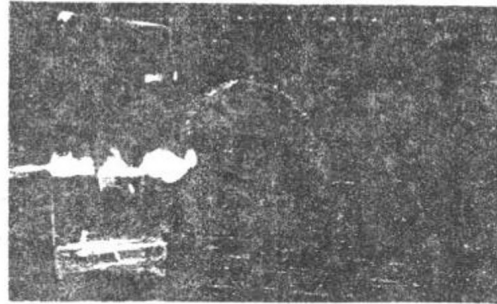


图 5 6# 毂帽噪声谱曲线

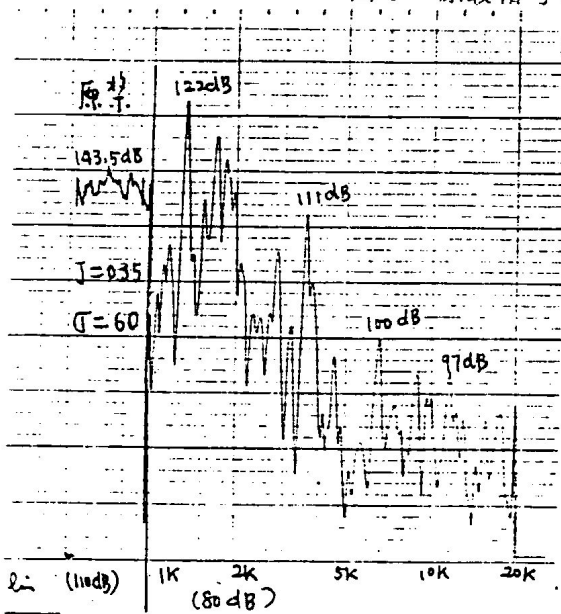
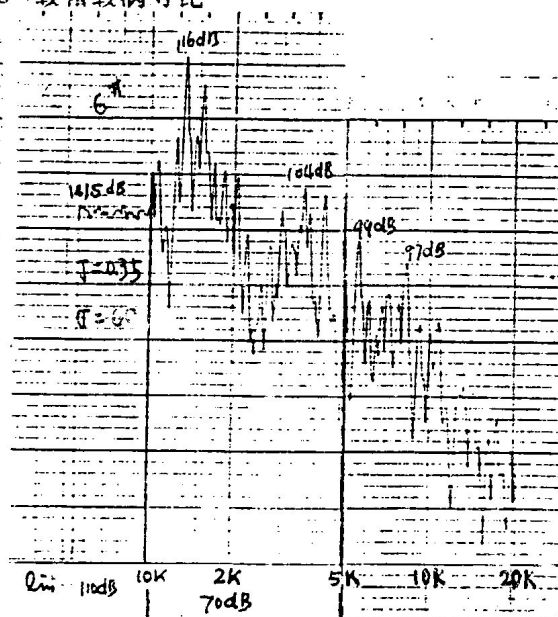


图 4 原毂帽噪声谱曲线



无空化船舶螺旋桨负荷噪声研究

朱锡清 包军 吴武生 史小军

(中国船舶科学研究中心 江苏省无锡市116信箱 214082)

(一) 引言

螺旋桨噪声是船舶主要噪声源之一[1]。通常情况下,船舶螺旋桨工作在船后的非均匀体流场中,螺旋桨负荷噪声是无空化情况下螺旋桨噪声的主要部分。从目前国内外的研究状况来看,航空螺旋桨负荷噪声研究得较多(特别是定常负荷噪声),缺乏的是船舶螺旋桨负荷噪声的研究。

本文用频域法推导出螺旋桨非定常负荷噪声的远场表达式,用非定常升力面理论分析非均匀流场中螺旋桨的水动力特性。我们编制了螺旋桨非定常负荷噪声的预报程序,通过几个实桨的负荷噪声计算例子,分析了螺旋桨负荷噪声特性、体流场及螺旋桨工况对负荷噪声的影响情况。

(二) 螺旋桨非定常负荷噪声分析

由于船后螺旋桨与船体之间的相互作用,进入桨盘面的水流是非均匀的,这样螺旋桨就产生了非定常负荷,相应地辐射出非定常负荷噪声。根据Goldstein声相似原理,引进D. B. Hanson的螺旋桨理论[2],我们通过Fourier分析方法得到螺旋桨负荷噪声的远场表达式:

$$P(\vec{r}, t) = \frac{-i\rho_0 C_0^2 B \sin\theta}{8\pi(r/D)(1-M_\infty \cos\theta)} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \exp\{i[(mB - \omega k) \times (\phi - \pi/2 - \phi_0) - \left(\frac{mB\Omega}{1-M_\infty \cos\theta}\right)\left(\frac{R_0}{C_0} - t\right)]\} \\ \int_{-\infty}^{\infty} M_z^2 \exp\{i[\phi_z^{(1)} - \phi_z^{(0)}]\} \left[K_{\gamma_{m,n}}\left(\frac{C_{\text{cut}}}{2}\right) \Psi_{\text{cut}}(K_{\text{cut}})\right] \\ \int_{m=-\infty}^{\infty} (mBZ_0 M_\infty \sin\theta / (1-M_\infty \cos\theta)) dZ_0$$

这里:整数 m 代表流场非均匀性的阶数。本文符号的定义同[2]。从(1)式我们可以看出:螺旋桨负荷噪声是由一系列线谱分量组成的,第 m 阶线谱的频率为: $f_m = mB\Omega / (1 - M_\infty \cos\theta)$

在预报具体螺旋桨的负荷噪声时,作为声源项的螺旋桨非定常负荷应首先求出。本文应用非定常升力面理论求解螺旋桨的水动力特性(具体原理、方法请见[3])。

(三) 数值分析和计算实例

根据上述分析,我们编制了螺旋桨负荷噪声预报程序。程序中,我们应用Filon积分法避免了振荡型被积函数引起的计算误差。我们用于计算的螺旋桨有四只:AU5-50、P251、P253和P255,它们的叶数分别为5、5、7和7,直径都是0.25米,螺距比分别为1.0、0.9、0.88和1.06。

1. 螺旋桨非定常负荷噪声频谱及方向特性

图1是本文计算所用的非均匀体流分布图。我们让P251、P253、P255这三只桨都工作在一体流中。图2至图4是上述三只桨的负荷噪声频谱图(桨轴上 $\theta=0^\circ$,桨盘面内 $\theta=90^\circ$)。它们都是离散谱的形式。图5是三只桨的非定常负荷总噪声级(OASPL)的方向性图。从总体上讲,它们都是顺着船航行方向呈“8”字形(附带一些旁瓣)。这方向性图说明船舶螺旋桨非定常负荷噪声在桨轴附近较大,而在桨盘面附近较小。

2. 非均匀体流对船舶螺旋桨负荷噪声的影响

我们计算了同一螺旋桨在均匀流场和非均匀流场两种条件下产生的负荷噪声值,发现在桨叶数较少(如小于1)的情况下,螺旋桨的定常负荷噪声相对于其非定常负荷噪声来说是可以忽略不计的。这是和航空螺旋桨不同的方面。在研究非均匀体流对船舶螺旋桨负荷噪声的影响情况时,我们假设理论体流为: $W_\infty(r, \theta) = W_{\infty 0} + A_1 \cos(j\theta)$,

($i=1, 2, 3, 4, 5, 6, j=1, 2, 3, A_1 \sim A_6$ 分别为 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, $W_{\infty 0}=0.30$)

我们让桨AU 5-50工作在上述体流场中。图6为AU 5-50桨总负荷噪声级随体流幅值的变化情况图。我们可以看出:对于同一幅值体流,噪声级随体流阶数的增大而增大。

3. 螺旋桨工况对其非定常负荷噪声的影响

图7、8为三只桨(P251、P253、P255)在保持进速系数不变的条件(观察点位置分别在桨轴上和偏离桨轴 30°)。其负荷总噪声级随航速 V 的变化情况。从图我们可以看出:随着航速的增加,负荷噪声级也增加,增加的速率随场点位置的不同而不同。同时对三只不同的桨来说也是不同的。比较结果我们可以知道: P255桨的噪声性能要优于其它两桨。

(四) 结论与展望

通过上述理论分析和数值计算,我们可以得到以下一些结论:

1. 本文首次将声学理论和螺旋桨非定常升力面理论结合起来预报在非均匀流场中船舶螺旋桨的负荷噪声(无空化情况),本文方法对螺旋桨噪声的预报及低噪声螺旋桨的设计具有实际意义。

2. 螺旋桨负荷噪声在桨轴附近较大,在桨盘面附近较小,因此实际测量桨的负荷噪声时,要注意测试设备的

安装位置。

3. 非均匀体流对螺旋桨负荷噪声影响很大, 它使负荷噪声在量上有显著的增加。实际中要注意船尾形状的设计, 避免产生过大体流; 同时要防止桨叶数与船尾主要体流阶数的配合。

4. 一般地, 船舶螺旋桨定常负荷噪声可以忽略不计。

本文是“螺旋桨噪声特征研究”互作的初步。展望今后, 我们要在螺旋桨几何设计参数对桨负荷噪声的影响作用方面做进一步互作, 还要完善上述船舶螺旋桨负荷噪声的预报程序, 使之成为一软件包, 应用于实艇螺旋桨。

(四) 主要参考文献

- [1] R. J. Urick 著, 洪中 译: 《水声学原理》, 哈尔滨船舶工程学院出版社, 1990.
- [2] D. B. Hanson, Compressible Helicoidal Surface Theory for Propeller Aerodynamics and Noise, AIAA Journal, Vol. 21, No. 6, 1983.
- [3] 董世汤: 《船舶螺旋桨理论》, 上海交通大学出版社, 1985.

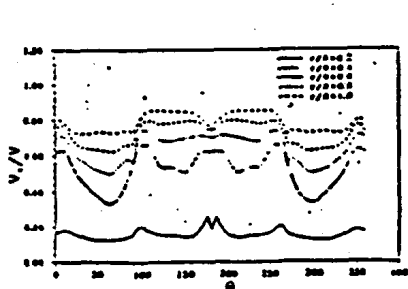


Figure 1 Wake Distribution in the Disk Plane

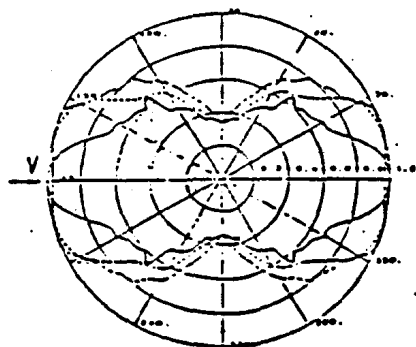
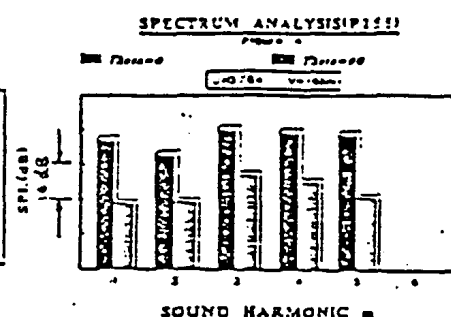
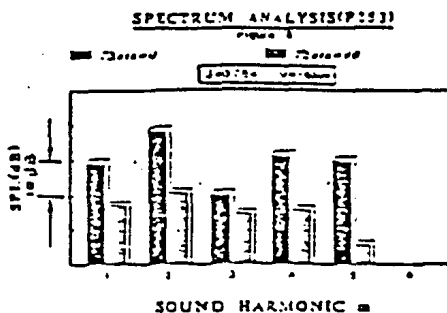
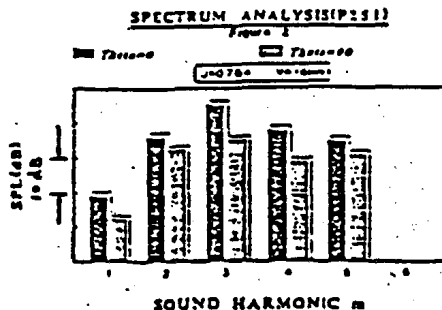
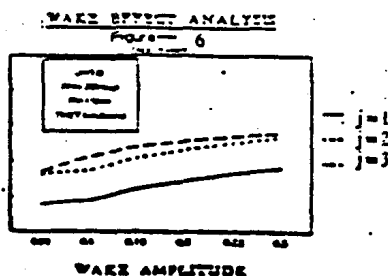
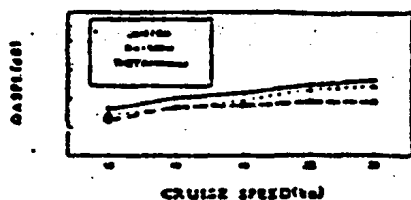
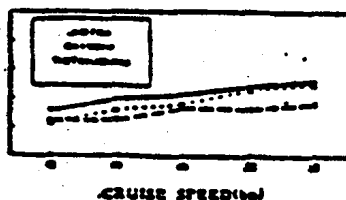


Figure 5. Direction Pattern $V=12$ kn
--- P251 --- P253 --- P255

CRUISE SPEED'S EFFECT ON GASPL
Figure 7
--- P251 --- P253 --- P255



CRUISE SPEED'S EFFECT ON GASPL
Figure 8
--- P251 --- P253 --- P255



阻尼涂料消除螺旋桨唱音试验研究

张升明、潘旭初、吴幼华、侯世涛、兰恭华、林颐永、于杰
(中国船舶科学研究中心, 江苏无锡市116信箱, 邮编214082)

摘 要

本文研究了用阻尼涂料消除螺旋桨唱音的机理及方法, 对研究螺旋桨唱音及控制, 提供了一种可行的途径。

所谓唱音, 就是螺旋桨叶片自身的某阶固有频率同叶片随边的涡发放频率相一致时, 叶片产生强烈的共振并发出尖锐的单频声。

消除螺旋桨唱音, 在工程上不是一很容易的事, 往往难以消除彻底。消除唱音的方法有常用几种, 如切削叶片随边厚度、阻尼处理、高阻尼合金制造螺旋桨等。本文进行的是用阻尼涂料消除螺旋桨唱音研究。

本文用阻尼涂料消除螺旋桨唱音的技术途径是: (1) 叶片阻尼处理, 增加阻尼抑制叶片振动幅值, (2) 借助涂在叶片随边的阻尼涂料, 进行抗唱随边设计。因此本课题需要解决两个关键技术问题: (1) 是适合于螺旋桨用的高粘结强度阻尼涂料, 螺旋桨高速运转时阻尼涂料不脱落, (2) 是阻尼涂料处理在螺旋桨叶片上, 既要消除螺旋桨唱音, 同时又不能影响螺旋桨的水动力性能。

围绕这两个关键技术问题, 本文进行了如下几方面的研究工作: a. 螺旋桨专用阻尼涂料的研制, 目前国内现有的阻尼材料其粘结强度达不到要求, 必须进行新产品的研制, 对新研制的产品, 通过螺旋桨水下高速运转(叶梢速度 $V=60.7\text{m/s}$) 10^7 转后, 无任何脱落现象, 证实了新研制涂料的高粘结性能, 同时, 还进行了阻尼涂料的耐海水腐蚀及防污能力、耐温变能力、阻尼性能等试验。b. 螺旋桨水下激振试验, 测定叶片的固有频率, 其目的—是找出唱音发生的频率范围, 二是为消除唱音的阻尼设计方案提供数据。c. 水筒内螺旋桨唱音模拟及消除试验, 首先将唱音模拟出来, 然后将按设计方案阻尼处理好后的螺旋桨在水筒进行试验, 试验结果表明, 该设计方案完全消除了螺旋桨唱音, 并且不影响水动力性能。

综上所述, 本课题完成了高粘结强度螺旋桨专用阻尼涂料研制, 阻尼设计方案既能有效地消除螺旋桨唱音, 且不影响水动力性能。为消除螺旋桨唱音提供了一种切实可行的办法, 具有较高的使用价值。此外, 本课题研制的阻尼涂料还适用于水电站的水轮机叶片上、螺旋桨模型线型修正、零部件缺陷修补等。

图1, 图2, 图3, 图4, 给出了一些试验研究装置及结果曲线。

参考文献:

1. D. Ross, Mechanics of Underwater Noise, Pergamon Press Inc. 1976
2. 张升明, 阻尼涂料在螺旋桨降噪中的应用研究, 中国船舶科学研究中心研究报告1991。

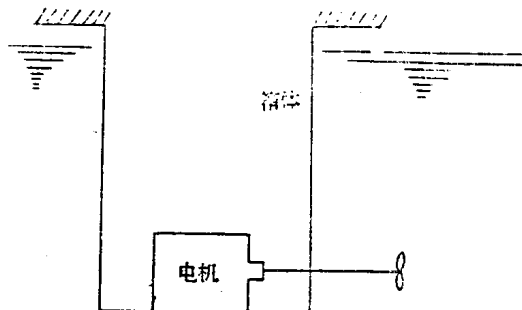


图1. 阻尼涂料粘结强度冲刷实验装置

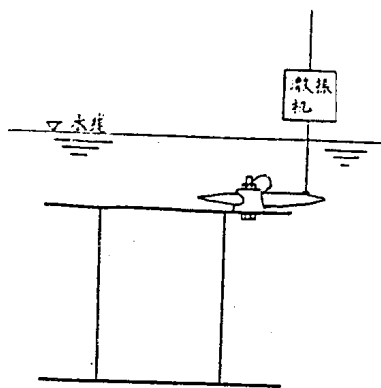


图2. 螺旋桨水下激振实验安装

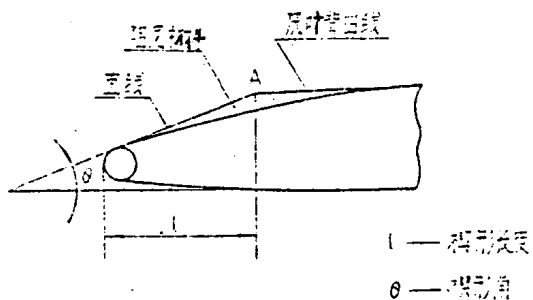


图3. 螺旋桨阻尼处理并加工成楔形抗阻陡边

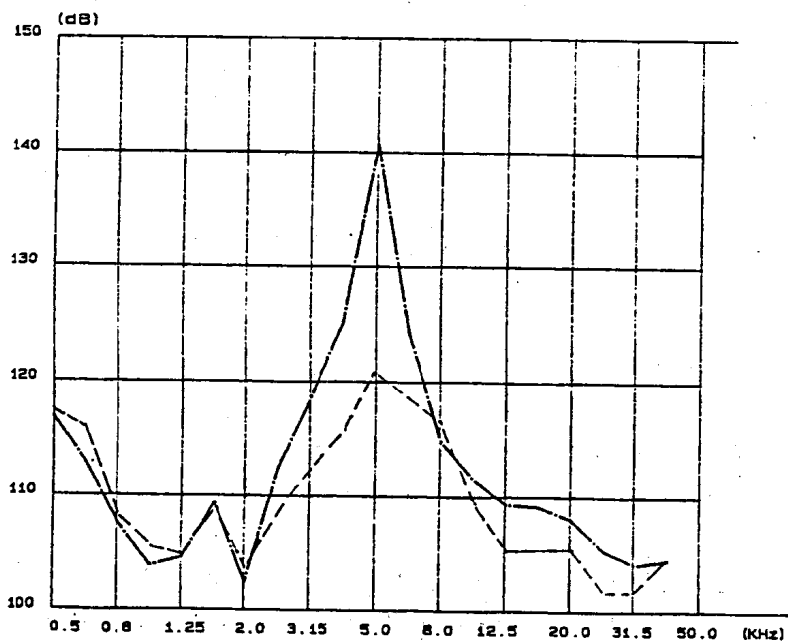


图4. 螺旋桨阻尼处理前后声谱比较示例