

船用发动机噪音

[苏联] В. И. 津欽科著



国防工业出版社

53.111
363
斗

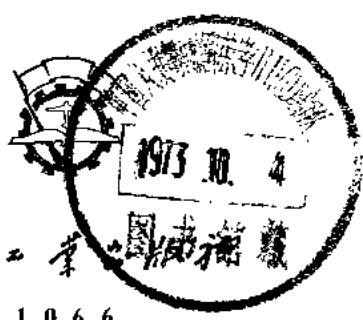
D66-56

船用发动机噪音

[苏联] B. И. 津 欽 科 著

李 祖 华 译

張 灝 校



国防工业出版社

1966

4003928

ШУМ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

〔苏联〕В. И. Зяченко

СУПРОМГИЗ

1957

*

船用发动机噪音

李祖华译

张灏校

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张8¹/₄ 211千字

1966年6月第一版 1966年6月第一次印刷 印数：0,001—1,170册

统一书号：15034·1138 定价：(科六)1.20元

出版者的話

近年来，随着船舶內燃机朝着大功率和高轉速的方向发展，振动噪音的控制問題就愈来愈成为需要解决的迫切問題了。

在有高速发动机的机艙中，噪音級經常超过 110~115 呔，这就使輪机操作人员的工作非常困难，甚至破坏安全航行的条件，妨碍船只的正常运行。机件和仪器在长期强烈振动下会发生疲劳現象而损坏，工作人員在振动和噪音的作用下会使身体健康受到严重影响，因此有效的消滅发动机的噪音已成为科技人員共同关心的研究課題之一。

本书针对上述船舶生产、設計、使用部門所关心的噪音問題着重介紹了船用压燃式发动机噪音的主要来源，确定影响发动机噪音的因素，提出計算发动机噪音級和噪音頻率成分的近似公式，以及在內燃机船上消滅噪音的主要方法。书中援引了国外造船业所用消音裝置的計算方法及其結構。

本书可供船用发动机設計、制造以及使用的技術人員閱讀。书中所引用的許多資料对一般內燃机制造、使用的技術人員也是有益的。

本书譯稿曾采納了張宣城和陈雅峰两同志的許多宝贵建議，全书并經張灝同志校訂。



原 序

在現代船舶上由于采用高速强载压燃式发动机(压燃机),这就大大地增高了內燃机船机艙內的噪音級。高度噪音对船员的生理器官会产生有害的影响,使他們很快疲倦,降低其工作能力,并間接地扩大了个别机械和整个船只发生事故的可能性。降低船上机艙和住艙內由于发动机所造成的噪音級是造船和发动机制造工业部門工作人員所面临的最迫切的任务之一。

本书的目的是为了帮助解决降低船用压燃式发动机工作时所产生的噪音問題。

由于消滅船用发动机噪音只有在弄清噪音形成过程的物理实质才能卓有成效的进行,故本书引用了許多理論和实验数据,以求闡明船用发动机噪音的形成实质及其消滅方法。

第一章中引出了船上噪音級的測量数据,介紹了內燃机船上噪音的主要来源以及噪音的消滅措施;叙述了測量噪音的方法,并对整个机艙和发动机部分的噪音給予評定。

第二、三、四章闡述了发动机噪音的主要来源,分析了增压器和发动机进气系統的噪音、燃烧过程和噴油系統的噪音以及曲柄-连杆机构的撞击噪音等。

第五、六、七章介紹了消音装置,如进排气消音器、隔音罩、隔音室、减振器、弹性隔音套管和联轴节等的計算方法和典型結構。

书中引用的資料主要是以作者在苏联中央海运科学研究所所领导的研究工作的成果为依据。书中也广泛地反映了国内外消滅船舶噪音的經驗。

书中所涉及的許多問題無論从理論上和实践上都需要进一步探討和研究。但作者希望本书提供的資料对研究消滅压燃式发动机噪音的設計師和工程技術人員能有所裨益。

作 者

目 录

出版者的話	3
原序	4
第一章 內燃机船噪音的来源及其測量方法	7
§ 1 內燃机船的噪音級	7
§ 2 噪音和振動对船口的影响。噪音和振動的 标准	15
§ 3 內燃机船噪音和振動的 来源	20
§ 4 机艙噪音級的 評定	36
§ 5 艙室的影响	42
§ 6 发动机噪音和振動的測量仪器及測量 方法	45
第二章 压燃式发动机的空气动力噪音	53
§ 7 空气动力噪音的 分类	53
§ 8 活塞式扫气泵的 噪音	59
§ 9 轉子式增压器的 噪音	67
§ 10 离心式增压器的噪音	73
§ 11 四冲程无增压发动机进气系統的噪音	76
§ 12 排气噪音	79
第三章 燃燒过程的噪音	89
§ 13 压燃机气缸內燃料燃燒过程噪音产生原因的簡要分析	89
§ 14 作为噪音来源之一的燃燒过程噪音的定量估計	98
§ 15 5IA3-204 (4/1 10.8/12.7) 型二冲程高速发动机 燃燒过程的噪音	101
§ 16 3/16 (6V 15/18) 型高速四冲程发动机燃燒过程的噪音	108
§ 17 低速压燃机燃燒过程的噪音	116
§ 18 燃燒过程噪音級的計算	124
§ 19 降低燃燒过程噪音的措施	128
第四章 压燃式发动机的机械噪音	133
§ 20 曲柄-联杆机构的撞击 噪音	133
§ 21 活塞的撞击方程	137

§ 22	活塞撞击噪音的实验研究	143
§ 23	采用偏置型曲柄-连杆机构以降低机械噪音	153
§ 24	发动机振动图的分析	156
§ 25	喷油系统的噪音	159
§ 26	发动机在基座上的低频振动噪音	162
§ 27	发动机转速及缸数对噪音的影响	165
§ 28	发动机噪音级的计算	167
第五章	进、排气噪音消音器	173
§ 29	消音器的分类	173
§ 30	冲动式消音器	173
§ 31	反动式消音器	176
§ 32	反动式消音器的试验结果	179
§ 33	进气噪音消音器的结构	187
§ 34	将进气接管伸出甲板以降低噪音	195
§ 35	排气消音器的结构	197
§ 36	特殊的排气消音器	199
§ 37	消音器的试验方法	202
第六章	发动机空气噪音的降低	205
§ 38	用吸音材料蒙覆舱壁以降低机舱内的噪音	205
§ 39	用隔音罩和围壁消减发动机的噪音	210
§ 40	声学材料	216
第七章	消减主机和辅机所引起的结构噪音	224
§ 41	引起发动机在基座上产生振动的不平衡力和力矩	224
§ 42	船舶发动机的几种减振规则	229
§ 43	减振器的结构	236
§ 44	减振发动机自振频率的计算	244
§ 45	连接发动机的各种管路的减振。发动机与螺旋桨轴之间的 弹性联轴节	250
参考文献		256
附录1~5		259

第 一 章

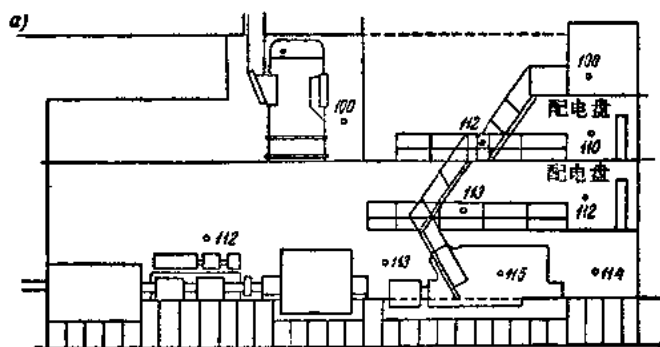
內燃机船噪音的来源及其测量方法

§ 1 內燃机船的噪音級

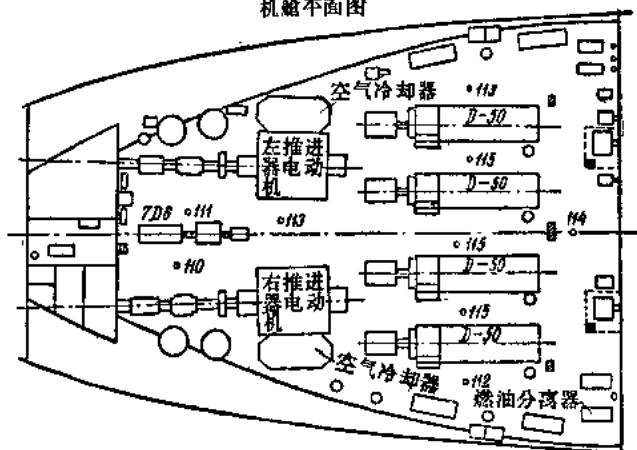
現代內燃机船愈来愈多地采用高速强載压燃式发动机（压燃机）作动力装置，这些发动机就成为强烈噪音的来源。因此近来內燃机船上的噪音級急剧地增高了，机艙內已达 110~120 分貝。在沒有考虑专门消音措施的船上，布置在机艙附近的船員住艙，噪音也达 80~95 分貝。如果以 60 分貝作为住室噪音容許值的话，这已超出了住室的标准（超出值为生理上能感觉到的声响的 7~15 倍）。

图 1 所示为排水量 13500 吨的同型（按船体）船“普罗芬捷林”号和“阿吉·阿斯兰諾夫將軍”号上測得的噪音值。前者装有三台 6 ДКР 54/90 型低速发动机，当 $n = 110$ 转/分时， $N_e = 1280$ 有效馬力；后者装有四台 6 ЧН 31.8/33 (Л 50) 型高速发动机， $n = 740$ 转/分时， $N_e = 900$ 有效馬力。在这二只船上均未考虑任何消音措施。如果說在“普罗芬捷林”号船上机艙內的平均噪音級为 103 分貝，船員在这种噪音下的工作条件可以认为是能过得去的话；那么在平均噪音級为 113 分貝的“阿吉·阿斯兰諾夫將軍”号柴油-电动船上，就使船員的工作条件大大恶化。在与机艙邻接的住艙內噪音級与許多因素有关。例如从上面的比較数据中即可看出，机艙內噪音級的变化并未引起住艙內噪音級的相应增加。譬如，尽管“阿吉·阿斯兰諾夫將軍”号柴油-电动船机艙內的平均噪音級比“普罗芬捷林”号船高 10~12 分貝，但在住艙內的噪音前者比后者只高 4~6 分貝。

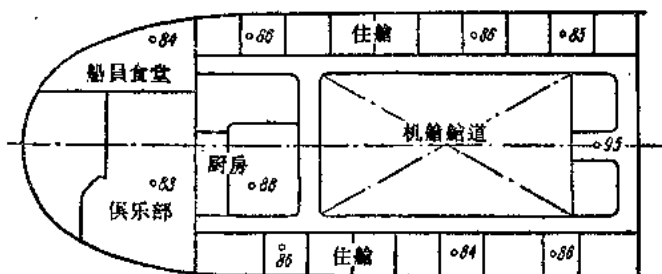
就其他因素而言，住艙內噪音的强度最終决定于船的吨位，



机舱平面图



主甲板机舱室平面图



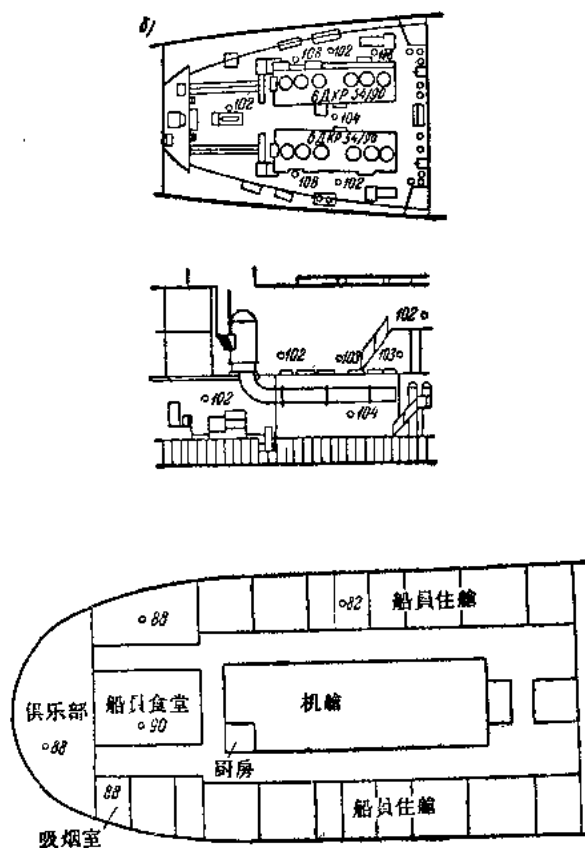


图1 船上噪音级测量结果

α —“阿吉·阿斯兰诺夫将军”号； δ —“普罗芬捷林”号。

即船的尺度越小，船員住艙的布置就越靠近噪音音源。图 2 所示为排水量 2350 吨的内燃机船“卡弗尔·馬美道夫”号的噪音級测量数据。該船的动力装置为二台中速柴油机，每台 $N_e=700$ 有效馬力， $n=300$ 转/分。船上机艙內的噪音級是相当高的， $L_{ep}=110$ 分貝，但比柴油-电动船“阿吉·阿斯兰諾夫將軍”号机艙內的要低。可是“卡弗尔·馬美道夫”号住艙內的噪音并不低，达 90~94 分貝，較前者高出 9~10 分貝。

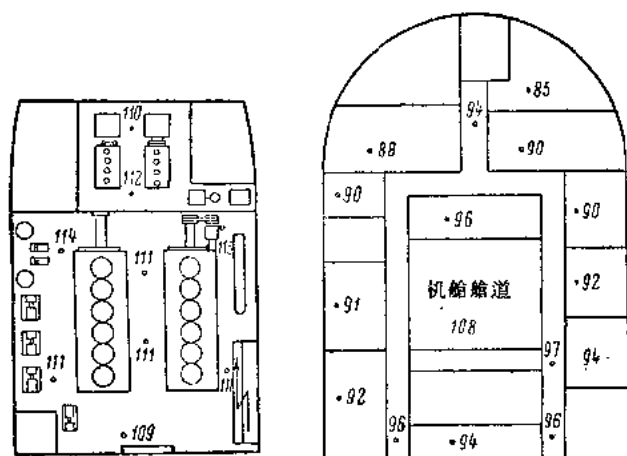


图 2 内燃机干货船“卡弗尔·馬美道夫”号
噪音級的测量数据

如所周知，噪音的不愉快感不仅取决于噪音的强度，而且也与其频率組成有关。高速压燃机傳遞到机艙和住艙內的噪音，频率是比較高的。因此，在裝置低速发动机的內燃机船上，尽管其噪音級有时达到很高的数值，但由于它們是低頻的，故其危害程度比裝高速发动机內燃机船上的要小一些。

噪音的强度和频率組成关系到語言及音响信号的可聞性和清晰度。根据苏联船舶登記局規則，在船舶机艙內的任何位置上在任何情况下都应保証听到由駕駛台发給操纵部位的音响信号 [32]。表 1 所示为列宁格勒劳动保护研究所和中央海运科学研究

表 1

船舶名称及发动机牌号	每台发 动机额 定功率 (有效马力)	转 速 (转/分)①	发动机 附近的 噪音级 (分贝)	语言和音响 信号可闻度
破冰船“别劳乌索夫船长”号				
六台主机“符亚尔特西里雅-帕里雅尔”(K58M)	1625	325	109	不 好
四台辅机“帕里雅尔”	300	550	106	不 好
油船“奥列格·柯谢沃依”号				
二台主机3ЛР30/50	800	280	109	不 好
四台辅机7Л6	150	1500	116	完全听不到
内燃机客船“弗·契卡洛夫”号				
三台主机“布卡乌·沃勒弗”	400	275	102	满 意
四台辅机“布卡乌·沃勒弗”	100	750	107	不 好
内燃机船“老布尔什维克”号				
一台主机 4S68(改型)	2200	105	103	满 意
二台辅机 2PK30	100	300	97	满 意
柴油-电动船“阿吉·阿斯兰诺夫将军”号				
四台主机 1150	900	740	115	很 不好
一台辅机 7Л6	150	1500	115	很 不好
油船“列宁格勒”号				
二台主机 8ЛР43/61	2000	250	110	很 不好
二台辅机 4ЛР30/53	400	330	108	很 不好
内燃机船“卡弗尔·马美道夫”号				
二台主机 6ЛР37.5/55	700	300	110	很 不好
二台辅机 4Л17.5/26	90	600	111	很 不好
油船“普罗芬捷林”号				
二台主机 KZ54/90	1280	110	103	满 意
二台辅机 3BK43	165	350	104	满 意
内燃机船“顿河”号				
一台主机“阔茨·因德拉希克”	400	800	113	很 不好
二台辅机“阔茨·因德拉希克”	48	1000	109	很 不好
柴油-电动船“契阿图旦”号				
四台主机“阔茨·因德拉希克”	400	750	111	很 不好
二台辅机“同上”	48	1000	107	很 不好
内燃机船“沙比尔”号				
二台主机 6ЛР30/50	600	300	107	不 好
二台辅机 7Л6 (装在隔音罩内)	150	1500	100	好

(續)

船舶名称及发动机牌号	每台发 动机额 定功率 (有效馬力)	轉 速 (轉/分)①	发动机 附近的 噪音級 (分貝)	語音和音响 信号可聞度
“沙比尔”型內燃机船“柯楚別依”号				
二台輔机 7Л6 (不裝隔音罩)	150	1500	111	很 不 好
柴油-电动船“俄罗斯”号				
五台主机“MAH”	3000	250	106	不 好
一台輔机“MAH”	2000	250	106	不 好
內燃机船“格魯吉亞”号				
二台主机“B&W”	3420	125	96	好
二台輔机“阿兰”	660	275	98	滿 意
內燃机船“胜利”号				
二台主机 8 S 68	3600	90	96	滿 意
二台輔机“恩杰尔·帕萊斯”	200	450	96	滿 意
柴油 电动船“蓮娜”号				
四台主机“苏尔寿”(SMH42)	2050	360	110	很 不 好
三台輔机“苏尔寿”	340	428	104	不 好
內燃机船“萊依柯姆沃德”号				
一台輔机 2BK30	43	350	99	好
一台輔机 4У13/18	80	1500	116	完全听不到
內燃机船“尤皮捷尔”号				
一台主机“苯茨”	200	330	105	不 好
一台輔机“舍波尔德”	25	1000	106	不 好
內燃机船“列夫·托尔斯泰”号				
一台主机“維尔柯斯普尔”号	1700	275	110	很 不 好
四台輔机“拉·美烏茲·江斯”	100	850	105	不 好
一台輔机“拉·美烏茲·江斯”	30	750	96	好
汽艇 MK19号				
一台主机“卡敏斯”	120	1500	110	很 不 好
汽艇 MK20号				
一台主机 3Л6	150	1500	116	完全听不到
汽艇“莫斯科人”号, M29				
一台主机 3Л6	150	1500	115	很 不 好
汽艇“別尔高罗德”号				
二台主机 4У13/18	80	1400	118	完全听不到
汽艇“日出”号				
二台主机 3Л6	125	1350	110	完全听不到

(續)

船舶名称及发动机牌号	每台发 动机额 定功率 (有效馬力)	轉 速 (轉/分)①	发动机 附近的 噪音級 (分貝)	語言和音响 信号可聞度
汽艇“黎明”号和“曙光”号 动力装置与“日出”号相同, 但机 艙壁蒙吸音材料	125	1350	107	很 不 好
汽艇“索契人”号 一台主机 3Л12	250	1350	110	完全听不到
汽艇“热姆丘任納”号 动力装置与“索契人”号同, 但 发动机上面用輕质机罩蒙盖	250	1350	104	滿 意
內燃机船“門捷列夫”号(德国建造) 二台主机 3Л6, 机艙用薄鋁屑覆 面, 覆层厚4厘米, 上蒙1厘米 厚的波紋塑料板	145	1400	104	不 好
內燃机船“米丘林”号 二台主机“弗尔宾克斯·莫尔澤”	1750	300	107	不 好
挖泥船“涅瓦-1”号 二台主机“布卡島·沃勒弗”	300	500	108	不 好
一台輔机 型号同上	100	750	106	不 好
二台輔机 AMO40PS	40	1500	104	不 好
內燃机船“阿拉拉特”号 二台主机“MAH”(M6V40/46)	1400	475	112	很 不 好
二台輔机 6B17	140	750	100	滿 意
內燃机船“別道威”号 一台主机“华盛顿”	500	325	106	不 好
一台輔机 2У 10.5/13	20	1500	107	不 好
內燃机客船“德里曼”号 二台主机	360	195	106	不 好
二台輔机	90	600	107	不 好
內燃机船“烏捷斯”号 二台主机“柯柏·貝士梅”	400	325/290	103	不 好
一台輔机 7Л6	125	1350	110	很 不 好
輪船“彼得大帝”号 二台主机蒸汽机“卡姆巴溫德”	1680	98	96	好
二台汽轮机“包烏埃爾·瓦赫”	620	4120	105	不 好
輪船“鄂木斯克”号 一台主机, 帶变速箱的汽輪机 “德热涅拉尔电工”	2500	—	92	好

船舶名称及发动机牌号	每台发动机额定功率 (有效馬力)	轉速 (轉/分)①	发动机附近的 噪音級 (分貝)	語言和音响 信号可聞度
輪船“罗达”号				
一台主机, 蒸汽机“卡姆巴温德”	350	200	78	好
一台輔机-蒸汽发电机	10	350	77	好

① 发动机的轉速系指测量噪音时的轉数。

所在各种船上测得的噪音級数据。表中最后的一栏是对机舱内語言可聞度的评价。由表可见, 几乎70%的船只信号可聞度是不好的。而有些船上信号和語言的可聞度或者很不好或者完全听不到。这些船只沒有达到船舶登記局的要求。为了进行比较起见, 表中同时列出在几艘輪船上测取的噪音数据。輪船机舱內的噪音級为77~78分貝。語言可聞度当然是很好的。在装汽輪机的机舱內的噪音級接近于 $n \approx 100$ 轉/分的低速压燃机的噪音級。

用吸音材料蒙覆机舱的墙壁(如汽艇“黎明”号和“曙光”号)能使机舱內的噪音級得到某些降低。

图3以曲线图形式示出机舱內和布置在机舱附近艙室內噪音級的变化情况[44]。虽然所引曲线有某些

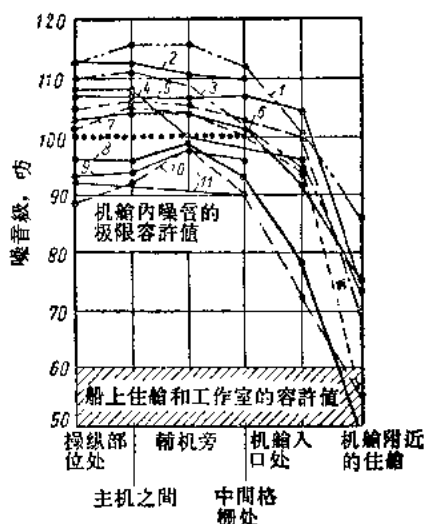


图3 內燃机船与汽輪机船机舱和住艙內噪音級的比較

1—柴油-电动机“阿古·阿斯兰諾夫將軍”号; 2—內燃机船“頓河”号; 3—油船“列宁格勒”号; 4—內燃机船“阿拉拉特”号; 5—內燃机船“米丘林”号; 6—內燃机船“沙比尔”号; 7—柴油-电动机“俄罗斯”号; 8—內燃机船“格魯吉亞”号; 9—內燃机船“胜利”号; 10—輪船“彼得大帝”号; 11—輪船“那木斯克”号。

假設性，因为参与比較の船只在构造和用途方面都是不同的，但从中仍可看出一些問題，即大多数船只机艙內的噪音都超过 100 分貝，但在装有低速压燃机、蒸汽机和汽輪机的船上，噪音級却未超过 100 分貝。布置在机艙附近住艙內的噪音級，随船型不同稍有差別，但仍在 70~90 分貝范圍內。但客船-柴油-电动船“俄罗斯”号、內燃机船“胜利”号和輪船“彼得大帝”号除外。这些船的住艙內均采用了隔音措施。柴油-电动船“俄罗斯”号的隔音效果尤其良好，船上的船員住艙和旅客住艙都作了很好的隔音处理。因此，該船机艙附近住艙內的噪音級比其他船只低 15~20 分貝。

§ 2 噪音和振动对船員的影响。噪音和振动的标准

目前已可肯定，强烈和持續的噪音对人体全部器官都会产生有害影响，即能引起对人們的刺激作用，加速疲倦，减弱視力，阻滯消化，松弛注意力等等。强烈噪音还会导致不幸事故的增加和劳动生产率的降低，在某些情况下降低达 40~60% [44]。

不同频率和强度的声音对人的影响用“等响度”及“等不愉快”曲綫表示(图 4)。在“频率—声级”座标上繪出的等响度曲綫組成一个为人們所感觉到的，作为等响度的噪音級数值。等不愉快曲綫組成一个不同频率下的，为人們所感觉到的，作为等不愉快的噪音級数

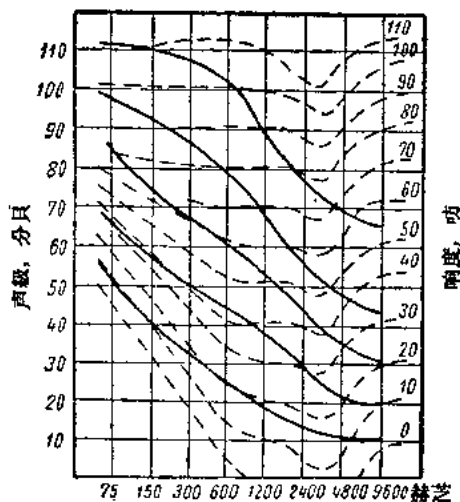


图 4

---等响度曲綫;
——等不愉快曲綫。

值。例如，频率为 75 赫芝的 98 分貝上的声音与频率为 1200 赫芝的 53 分貝上的声音同样皆屬不愉快的范畴。

因此必須指出，在許多情況下，虽然发动机的噪音級相同，但人們的感觉却是不同的。以图 5 为例，該图所繪为广泛使用的苏式 6ДР30/50 型发动机 ($N_e=600$ 有效馬力， $n=300$ 轉/分) 及 3Д6 型发动机 (6Ч 15/18; $N_e=150$ 有效馬力， $n=1500$ 轉/分) 的噪音頻譜。如果說 6ДР 30/50 的噪音在 50~75 赫芝內具有最大值，并随着频率的增高其組成部分的强度急剧下降，則 3Д6 的最大噪音組成部分却在 500~3000 赫芝之間，这就使此型发动机的噪音具有明显的不愉快感。但 Д 和 ДР 30/50 系列发动机的噪音对于操作人员却是較易忍受的。下面給出在其频率內开始产生疲倦作用的不同频率的声强級值[15]。

频率 (赫芝)	声級 (分貝)
64~1024	80 以上
2048~4000	80
5000~6000	60
7000	40

制定噪音級允許值的标准应当以医学 (或卫生) 原則和技术原則为依据。前者是从噪音对人体的有害影响考虑，而后者是从技术上降低噪音的实际可能性考虑的。根据上述原則确定减弱噪音的必需和可能的程度。由于現阶段各技术领域中的科学发展不同，降低噪音的实际可能性也各有差异。首先为工业和运输业各部門規定单独适用的容許噪音級是很自然的。以图 6 噪音标准为例，該标准就是为英国航空工程制定的噪音标准。从中可以看出，如果对飞机座艙采用适当的隔音措施，将其噪音級降低到医学規定的級数值以下在技术上是可能的。图中同时繪出內燃机船机艙內的典型噪音頻譜。文献[73]的作者的結論是：机艙內噪音級达到 95 分貝、住艙內达到 60 分貝的情況下，对海洋內燃机船來說是完全可以接受的。