

船舶中速柴油机的管理

苏·盖·波立沙科夫
苏·盖·波立沙科夫 著
陈·雅·博 明 陈·雅·博 柯 合著

张葆华 濮龙根 译



人民交通出版社

1' 664.12'

353

335239

船舶中速柴油机的管理

CHUANBO ZHONGSUCHAIYOUJI DE GUANLI

〔苏〕 瓦·费·波立沙科夫 乌·伊·巴甫连柯 合著
尤·雅·傅 明

张葆华 濮龙根 译



人民交通出版社



船舶中速柴油机的管理

瓦·费·波立沙科夫 乌·伊·巴甫连柯 合著
〔苏〕 尤·雅·傅 明

张葆华 魏龙根 译

人民交通出版社出版发行

（北京和平里东街10号）

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本：850×1168 1/32 印张：8.625 字数：165千

内 容 提 要

本书以实船运行中和研究室试验中实测的数据为基础,并参考国外有关资料,列举船舶中速柴油机各项经济-技术指标及工作过程和燃油喷射的运转特性,说明热负荷和机械负荷对发动机主要零部件工作可靠性和强度的影响,介绍工作中故障的发生原因和排除方法,叙述船舶中速柴油机工况的优化和燃用重油时技术管理的特点。

本书供海、河运输船队和渔船船队的轮机管理人员和从事船舶机务工作的工程技术人员阅读。本书还可供轮机管理专业和船舶机械修造专业学生用作教学参考书。

DVSS/01



译 者 的 话

瓦·费·波立沙科夫等所著《船舶中速柴油机的管理》一书，是以苏联船队管理中速柴油机的经验和苏联各有关研究所对船舶中速柴油机进行专题研究的结果为基础，参考了国外有关资料，对船舶中速柴油机运行中一些主要问题作了说明、分析，并提出一些建设性的意见。这是一本有独创风格的技术专题著作。它不仅对提高船舶中速柴油机的管理水平有用，同时为制造和改进国产船舶中速柴油机提供有益的经验丰富的资料。

他山之石，可以攻玉。我们认为，苏联在引进生产船舶中速柴油机专利后，这种积极学习、消化和掌握核心问题的做法很值得我们借鉴。随着我国船队中中速柴油机船的不断增多，对于这种发动机的管理显得愈来愈重要。我们翻译这本书的目的是：向我国各远洋运输公司、海运局和航运公司的轮机管理人员以及从事船舶机务工作的工程技术人员，详细介绍国外一些典型的船舶中速柴油机的性能及在实船运行中和研究室试验中实测的各种参数；说明并分析船舶中速柴油机运行管理中一些主要问题——热负荷和机械负荷对发动机主要零部件工作可靠性和强度的影响，在工作中故障的发生原因和排除方法，船舶中速柴油机的工况优化和燃用重油时技术管理的特点。熟悉这些内容就能促使我们更快、更好地掌握船舶中速柴油机的管理，将我们的管理水平提高一步。实现这个目标，就是对我们的劳动最有力的肯定。

本书第一章至第三章由濮龙根翻译，第四章至第七章由张葆华翻译，全书由张葆华统校定稿。为了使问题叙述确切和通顺，我们在翻译时对原书中有些内容作了修改。由于水平所限，在翻译中难免有不当之处，恳请读者批评指正。

译 者

志于上海海运学院 1985年8月

前 言

在大多数海洋运输船舶上，中速柴油机是发电机组原动机的基本型式。近年来，中速柴油机愈来愈多地在海洋运输船舶上用作主机，特别是在客船和要求机舱高度低的船舶上（例如滚装船）。此外，中速柴油机通常应用在内河运输船舶和渔船船队作为主机。中速柴油机在海洋运输船舶上应用范围日益扩大，主要是由于：中速柴油机与其它型式的柴油机相比，具有不少明显的优点：中速柴油机已经顺利地解决了燃用低质燃料的问题；提高了发动机使用寿命；中速柴油机的燃油消耗率已经降低到较佳型号的低速柴油机的水平。

目前在海洋运输船舶上，已经积累了大量有关中速柴油机运行管理的经验，不仅证实了中速柴油机的优点方面，同时也发现了它的不足之处。认真总结这些经验和教训，必然会引起轮机管理人员极大的兴趣，从而有助于更正确地管理中速柴油机。诚然，在总结运行管理的经验时，也需要简明地分析提高柴油机运转性能的结构措施。这样，才能促进中速柴油机技术管理质量的提高。

单缸功率大的中速柴油机的典型代表是法国热机研究协会—皮尔斯蒂克公司生产的中速柴油机。它们安装在苏联船队的各种船舶上，例如：“白俄罗斯”、“德米特里·肖斯塔科维奇”、“敖德萨”型客船，“图波列夫院士”型滚装船，“尤利斯·伏契克”型载驳船，“娜塔莉亚·柯甫莎娃”、“坎达拉克海湾”型鱼类食品加工船和“黑海”型工程船。随着我国按照购买的生产专利，掌握这种中速柴油机的生产后，它们将更为广泛地应用在我国船队中。因此，有关中速柴油机的运转特性问题应该予以重视。

现代柴油机制造工业的发展倾向是，要尽一切可能转向燃用低质燃料。现在中速柴油机在燃用发动机燃油方面已经积累了不少经验，因此有必要了解中速柴油机燃用重油时燃油准备的特点和中速柴油机将来可能燃用的新型燃料。

安装在新建船舶上作为主机的中速柴油机，都是将发出的功率传递给可调螺距螺旋桨，在这种情况下，运行工况优化就是一个很重要的问题。

作者编写本书的目的是，在我国船队已经积累的经验、专题研究的结果和国内外文献资料的基础上，清楚地阐明上列有关中速柴油机运行管理中的主要问题。

目 录

前 言	1
第 1 章 主辅柴油机技术管理的特点	1
§1-1 柴油机的运转特性	1
§1-2 柴油机主要部件的结构特点和可靠性	18
§1-3 中速柴油机的发展前景	41
第 2 章 燃烧过程和燃油喷射的运转特性, 燃用重油时 技术管理的特点	46
§2-1 在推进特性和负荷特性工况下柴油机的性能	46
§2-2 燃用重油时柴油机燃油系统的特点	56
§2-3 柴油机燃用不同燃料作对比试验的结果	59
§2-4 柴油机燃用重油时技术管理的特点	64
第 3 章 柴油机主要零部件在工作中的磨损和故障	76
§3-1 柴油机主要零部件的故障	76
§3-2 喷油设备主要部件的磨损对柴油机工作的影响	81
§3-3 柴油机主要零件的磨损	88
第 4 章 主柴油机和可调螺距螺旋桨的工况优化	97
§4-1 主柴油机和可调螺距螺旋桨的操纵自动化	97
§4-2 主柴油机功率的确定和负荷的均匀分配	114
§4-3 在给定航速下主柴油机和可调螺距螺旋桨最佳 工况的选定	121
§4-4 中速柴油机的起动和转入全功率工况	133
§4-5 运行因素对中速柴油机工作的影响	137
第 5 章 中速筒状活塞式柴油机中燃油和滑油的选择和 使用	140
§5-1 燃油和滑油使用中的主要问题	140

§5-2	燃油和滑油的选择.....	146
§5-3	柴油机装置中使用新型燃料的技术可能性估计.....	149
第6章	燃油的结构状态及其对柴油机装置工作的影响.....	153
§6-1	燃油的结构状态.....	153
§6-2	燃油的结构状态对形成沉淀的影响.....	159
§6-3	燃油与喷油设备零件相互作用的过程.....	162
§6-4	燃油的结构状态对燃油雾化和细微油滴蒸发的 影响.....	171
第7章	燃油在柴油机中燃烧的准备.....	181
§7-1	燃油准备的主要任务和准备方法的选择.....	181
§7-2	燃油的化学-动力加工处理	183
§7-3	燃油掺水改善燃烧.....	190
§7-4	燃油的综合净化处理.....	194
§7-5	船舶柴油机装置通用的燃油准备系统.....	196
	参考文献一览表.....	200

第1章 主辅柴油机技术

管理的特点

§1-1 柴油机的运转特性

要求发动机外形尺寸小，特别是高度尺寸小的各种船舶的建造，促使1975~1980年间中速柴油机生产得到蓬勃的发展。表1-1中列出的数字可以证明这一点。表中列举了船舶低速柴油机动力装置和中速柴油机动力装置及汽轮机和燃气轮机动力装置的总功率。在中速柴油机一栏内，也包括了船舶高速柴油机动力装置。在1976年，除上述船舶动力装置外，有一艘船安装了功率为3235kW的往复式蒸汽机。在1978~1980年间建造的海船中，将近一半采用中速柴油机动力装置。在1978年，用中速柴油机（简称中速机）的新船数量明显增长：它比1977年增加了47%；装船的中速机总功率比1977年增加了63%。中速机船舶的数量及其总功率的增长，主要是由于淘汰了往复式蒸汽机动力装置。

世界上生产中速机的各主要公司的产量见表1-2。法国热机研究协会-皮尔斯蒂克（SEMT-Pielstick）公司的中速机产量最大，占整个中速机功率的30~40%。曼恩（MAN——联邦德国）、马克（Mak——联邦德国）和苏尔寿（Sulzer——瑞士）公司也生产了大量的中速机。在表中所列的时期内，这四家公司中速机年产量的总和可达世界中速机总产量的57~71%。

中速机的主要参数列于表1-3中，其中海马（Seahorse）和UEV42/56C型柴油机是二冲程，其余都是四冲程。除了曼恩型和海马型柴油机采用定压增压以外，其它发动机都采用脉冲增压。柴油机使用重油，而且大部分是运动粘度（在50℃时）达到

表1-1

船舶动力装置功率及建造吨位为2 000t和2 000t以上船舶的数量

动力装置的类型	总功率, kW					占世界产量的百分数				
	船舶数量					1976	1977	1978	1979	1980
	1976	1977	1978	1979	1980					
低速柴油机	$\frac{5991853}{592}$	$\frac{5913939}{580}$	$\frac{5328320}{534}$	$\frac{4170131}{432}$	$\frac{4202474}{450}$	$\frac{55.03}{55.64}$	$\frac{63.72}{57.36}$	$\frac{57.78}{48.99}$	$\frac{63.14}{50.52}$	$\frac{58.45}{47.6}$
中速柴油机	$\frac{1862070}{355}$	$\frac{1848444}{376}$	$\frac{3018979}{522}$	$\frac{2033444}{409}$	$\frac{2376597}{474}$	$\frac{17.10}{33.36}$	$\frac{19.92}{37.19}$	$\frac{32.74}{47.89}$	$\frac{39.79}{47.84}$	$\frac{33.06}{50.1}$
汽轮机装置	$\frac{2951337}{112}$	$\frac{1381485}{50}$	$\frac{858327}{32}$	$\frac{400994}{14}$	$\frac{610538}{22}$	$\frac{27.10}{10.63}$	$\frac{14.88}{4.95}$	$\frac{9.31}{2.94}$	$\frac{6.07}{1.64}$	$\frac{8.49}{2.3}$
燃气轮机装置	$\frac{83325}{4}$	$\frac{137318}{5}$	$\frac{15375}{2}$	—	—	$\frac{0.77}{0.88}$	$\frac{1.48}{0.50}$	$\frac{0.17}{0.18}$	—	—
总计	$\frac{10588585}{1064}$	$\frac{9281186}{1011}$	$\frac{9221002}{1090}$	$\frac{6604569}{855}$	$\frac{7189609}{946}$	$\frac{100}{99.91}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$

安装在载重量为2 000t和2 000t以上海船上的中速柴油机产量

表1-2

公 司	累 计 功 率, kW						中速柴油机占世界产量的百分数					
	1976	1977	1978	1979	1980		1976	1977	1978	1979	1980	
“热机研究协会- 比尔斯蒂克”	582 199	550 891	1 077 271	845 965	795 045		31.27	29.80	35.68	41.60	33.45	
“曼恩”	270 664	447 275	562 263	265 607	455 928		14.54	24.20	18.62	13.06	19.18	
“马克”	148 594	150 199	291 802	186 262	178 784		7.98	8.61	9.67	9.16	7.52	
“苏尔寿”	71 581	74 050	225 754	111 822	139 039		3.85	4.01	7.48	5.50	5.85	
“三菱”	132 884	70 314	97 557	—	765		7.13	3.80	3.23	—	0.03	
“柏玛斯特-韦恩 (B & W)”	103 102	86 333	65 276	43 138	44 748		5.54	4.67	2.18	2.12	1.88	
“曼雅斯特大型柴油机厂 (GMT)”	49 881	51 338	157 103	62 709	104 036		5.36	2.78	5.20	3.08	4.38	
“道依茨”	97 564	112 031	63 865	82 170	119 705		5.24	6.06	2.11	4.04	5.04	
“斯比克-韦克斯普 (SWL)”	86 090	66 268	72 594	63 212	71 741		4.62	3.59	2.40	3.11	3.02	
“阪神”	25 669	29 935	98 902	45 748	104 000		1.38	1.62	3.28	2.25	4.37	

各种大功率中速柴

参数及其计量单位	符 号	柴 油 机 的 参 数 值		
		U 50 “赤阪”	S-U28LU “B&W”, “阿尔法”	S-U50HU “B&W”
单缸功率, kW(最大持续功率)	$N_{e.m}$	613	195	625
转速, r/min	n	340	775	465
缸径/活塞冲程, mm	D/S	500/620	280/320	500/540
活塞平均速度, m/s	C_m	7.03	8.27	8.37
气 缸 数	i	6, 8, 9—P	12~18—B	6, 8, 9—P 12, 16, 18—B
平均有效压力, MPa	p_e	1.78	1.53	1.52
最大燃烧压力, MPa	p_z	—	10.3	10.3
压缩终点压力, MPa	p_a	7.1	6.9	7.4
增压压力, MPa	p_k	0.147	0.152	—
耗气率, kg/(kW·h)	G_B	7.9	8.2	8.2
燃油有效消耗率, g/(kW·h)	g_e	207	220	214
滑油消耗率, g/(kW·h)	g_o	1.4+1.1	1.4	—
柴油机的有效效率, %	η_e	41.5	39.1	40.3
柴油机的机械效率, %	η_m	93.8	—	—
涡轮前燃气温度, °C	t_g	520	600	—
涡轮出口处燃气温度, °C	t'_g	400	375	390~420
冷却水温度, 进口/出口, °C	t_n	55/65	60/75	60/70
单位功率质量, kg/kW	m_n	24.5	11.2~9.4	21.8~18.0
功率饱和度, kW/m	N_e/L	898	1102	2067
柴油机高度, mm	H	4535	2930	5155

油机的主要参数

表1-3

柴 油 机 的 参 数 值					
BVM540	“海马”	A420	A550	6LUS54	M453
“道依茨”	“道克斯福特”	“GMT”	“GMT”	“阪神”	“马克”
405	1839	460	883	675	294
600	300	500	430	230	600
370/400	580/1250	420/500	550/590	540/850	320/420
8.00	8.8和4.2	8.33	8.46	6.52	8.40
6,8,9—P	4.7—P	6,8,9,10—P	6~10—P	6—P	6,8,9—P
12,16—B	—	12~20—B	12~20—B	—	12,16—B
1.88	1.08	1.59	1.76	1.81	1.71
12.8	10.4	9.8	11.2	—	11.3
9.1	5.4	6.9	7.4	8.1	8.3
0.206	0.137	0.147	0.177	0.157	0.177
—	9.8	8.3	8.0	8.2	8.9
207	215	207	207	215	208
1.4	0.1+0.8	1.4	1.6	1.4+0.7	1.8
41.5	40.0	41.5	41.5	40.0	41.3
89	91.5	85	85	92.5	—
—	440	525	560	490	525
410	335	410	420	350	375
70/80	72/79	65/75	55/60	55/65	—
12.0~9.2	25.2~23.8	17.8~14.6	20.8~16.9	24.8	12.0~10.5
2149	1673	1632	2339	1088	1176
4089	8034	5480	5480	5106	3725

参数及其计量单位	符 号	柴 油 机 的 参 数 值		
		M552AK “马克”	M601 “马克”	L-V32/36 “曼恩”
单缸功率, kW(最大持续功率)	$N_{\text{单}}$	552	919	368
转速, r/min	n	480	425	750
缸径/活塞冲程, mm	D/S	450/520	580/600	320/360
活塞平均速度, m/s	C_m	8.32	8.50	9.00
气 缸 数	i	6, 8, 9—P 12~16—B	6, 8, 9—P —	6, 8, 9—P 12~18—B
平均有效压力, MPa	p_e	1.67	1.64	2.03
最大燃烧压力, MPa	p_b	10.6	11.6	13.5
压缩终点压力, MPa	p_c	7.7	7.7	10.5
增压压力, MPa	p_s	0.160	0.182	0.255
耗气率, kg/(kW·h)	G_g	8.0	8.2	—
燃油有效消耗率, g/(kW·h)	g_e	205	204	209
滑油消耗率, g/(kW·h)	g_o	2.0	1.4+0.8	1.6
柴油机的有效效率, %	η_e	41.7	42.3	41.0
柴油机的机械效率, %	η_m	91.5	90.7	—
涡轮前燃气温度, °C	t_r	500	520	—
涡轮出口处燃气温度, °C	t'_r	365	375	—
冷却水温度, 进口/出口, °C	t_c	68/75	68/75	—
单位功率质量, kg/kW	m_u	16.0~15.5	19.0~17.5	12.2~9.8
功率饱和度, kW/m	N_s/L	1 442	1 387	1 523
柴油机高度, mm	H	5 420	5 243	3 750

续上表

柴 油 机 的 参 数 值					
L-V40/54A	L-V40/45	L-V52/55A	V65/65	Z40/48	K-KV
“曼恩”	“曼恩”	“曼恩”	“曼恩- 苏尔寿”	“苏尔寿”	“米尔列斯”
460	550	776	1 324	552	447
450	600	450	400	600	608
400/540	400/450	520/550	650/650	400/480	381/457
8.10	9.00	8.25	8.67	9.60	9.26
6~9-P	6,8,9-P	6~9-P	—	6,8-P	6,8-P
10~18-B	12~18-B	10~18-B	12~18-B	12,16,18-B	12,16-B
1.81	1.95	1.74	1.84	1.82	1.73
12.3	14.0	12.0	12.3	12.8	11.8
8.8	10.0	8.0	7.8	8.3	—
0.191	0.250	0.211	0.216	0.211	0.180
8.0	7.6	7.9	7.8	8.2	8.0
208	207	197	203	212	211
1.8	1.5	1.4	1.4	1.2	1.4
41.3	41.6	43.8	42.5	40.5	40.8
—	—	—	—	88	92
—	—	—	—	525	565
390	340	350	360	365	400
70/80	70/80	70/80	66/72	61/70	71/82
21.8~15.8	15.1~11.6	18.0~14.3	23.3~21.4	15.1~12.0	15.4~14.1
1 564	1 809	2 407	2 924	1 809	1 632
2 785	4 800	4 160	5 780	4 660	3 882

参数及其计量单位	符 号	柴 油 机 的 参 数 值		
		UEV42/56C	L-V42M	V60M
		“三菱”	“三井”	“三井”
单缸功率, kW(最大持续功率)	$N_{e, n}$	478	552	1103
转速, r/min	n	380	530	370
缸径/活塞冲程, mm	D/S	420/560	420/450	600/640
活塞平均速度, m/s	C_m	7.09	7.95	7.89
气 缸 数	i	—	6, 7, 8, 9—P	—
		12, 18—B	10~18—B	9~18—B
平均有效压力, MPa	p_e	0.97	2.00	1.98
最大燃烧压力, MPa	p_b	8.3	12.8	12.8
压缩终点压力, MPa	p_c	6.4	8.8	8.8
增压压力, MPa	p_h	0.103	0.196	0.196
耗气率, kg/(kW·h)	G_B	10.9	8.3	8.3
燃油有效消耗率, g/(kW·h)	g_e	218	208	208
滑油消耗率, g/(kW·h)	g_u	0.7+1.1	1.4	0.4+0.7
柴油机的有效效率, %	η_e	39.8	41.5	41.5
柴油机的机械效率, %	η_m	90	90	90
涡轮前燃气温度, °C	t_r	450	510	510
涡轮出口处燃气温度, °C	t'_r	320	360	360
冷却水温度, 进口/出口, °C	t_c	50/59	60/70	60/70
单位功率质量, kg/kW	m_e	16.5~15.6	15.8~11.7	24.2~19.2
功率饱和度 kW/m	N_e/L	1686	1945	2720
柴油机高度, mm	H	4710	3890	4500