

內燃机船舶动力裝置的 热工試驗

A. A. 波波夫著

徐天麟譯

人民交通出版社

內燃机船舶动力裝置的 热工試驗

А. А. 波波夫著

徐天麟譯

人民交通出版社

对各种內燃机船舶进行热工試驗，可以决定其效率和經濟性指标，确定其登記性能和最好的运轉条件。本書介紹了在船上进行动力裝置热工試驗的方法，包括热工試驗的种类及其任务、測驗对象和热工試驗的仪器、試驗的准备、組織和进行，試驗結果的整理等。为船舶机务工作人員重要参考書籍。

統一書号:15044·6073-京· /

內燃机船舶动力裝置的 热工試驗

А. А. ПОПОВ

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ
СИЛОВЫХ УСТАНОВОК
ТЕПЛОХОДОВ И ГАЗОХОДОВ
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА РЕЧНОГО ФЛОТА СССР
МОСКВА 1952

本書根据苏联河运出版社1952年莫斯科俄文版本譯出

徐天麟譯

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

新華書店發行

公私合营慈成印刷工廠印刷

1956年9月北京第一版

1956年9月北京第一次印刷

开本: 787×1092 $\frac{1}{4}$

印張: 5 $\frac{1}{4}$ 張, 插頁1頁

全書: 117,000字

印数: 1—2,300册

定价(10): 0.75元

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号)

目 錄

序 言

本書所採用的字母符號

第一章 热工試驗的种类及其任务

概論.....	5
調整試驗.....	8
監督試驗.....	8
登記試驗.....	9
專門性热工試驗.....	9
輔机試驗.....	11

第二章 測量对象以及热工試驗的仪器

概論.....	12
時間的測量.....	13
發动机轉速的測量.....	14
內燃机功率的測量.....	23
A. 彈簧式示功仪.....	31
B. 示功仪的傳动.....	36
B. 風动电力指示仪.....	42
Г. 平均示功压力計.....	45
Д. 在船舶推進軸上决定平均轉矩的仪器.....	45

最大压力的测量.....	47
燃、潤料消耗的测量.....	49
A. 液体燃料的消耗量.....	49
B. 固体燃料的消耗量.....	56
B. 潤滑油的消耗量.....	57
压力的测量.....	59
温度的测量.....	64
烟气分析及空气过量系数的决定.....	72
煤气机和汽油机点火时刻的决定.....	77

第三章 試驗的准备和組織

試驗的对象及其特征.....	79
試驗的准备.....	80
試驗的計劃.....	82
热工隊的工作組織和职责分工.....	84
观测記錄表和試驗記錄表的格式.....	87

第四章 热工試驗的進行

主、輔助动力裝置的試驗条件.....	104
試行試驗.....	111
試驗状态的規定.....	113
测量次数的多寡和测量時間的長短.....	117
試驗的核对計算和曲綫監督.....	121
進行各种测量的方法.....	123

第五章 試驗結果的整理

概論.....	128
---------	-----

主要量的計算	129
A. 決定示功功率及有效功率	129
B. 計算燃料及潤滑油的消耗量	137
B. 計算調速器的不均勻度	138
煙氣分析資料的整理	139
測量的準確度和誤差	145
示功誤差	150
A. 由於示功傳動的誤差	150
B. 由於繩索變形的誤差	150
B. 由於氣道的誤差	151
Г. 示功儀記錄機構的誤差	151
Д. 示功儀彈簧的誤差	152
煙氣分析中的誤差	152
換算測量資料為標準狀況	153
試驗結果的圖示法	154
試驗報告	157

序 言

正確地組織和進行對於油機船舶和煤氣機船舶的熱工試驗，在決定其效率和經濟性的指標上具有重大的作用，同時通過試驗還能及時查明和排除運轉中的缺陷，因而得以保持船隊的可靠的技術狀態。

鑒於內河船隊近來增添了許多油機船舶和煤氣機船舶，並且如何來確定它們的登記性能和最好的運轉條件已屬當務之急，因此，對於這一類船舶進行熱工試驗就具有特別重要的意義。

目前關於在試驗架上試驗內燃機的問題已經有許多文獻作了詳細闡述，但是關於在船上試驗內燃機的指導書籍卻極稀少，儘管在這方面的試驗有許多專門的特點。著者切望本書的出版將稍能彌補這類文獻的不足情況。

由於篇幅所限，本書不能詳細研討在試驗中要用到的各種儀表和設備，以及對於船舶內燃機進行台架試驗的方法。

本書所用的名詞均為 ГОСТ^① 2674-44 所推薦的內燃機名詞，字母符號則採納 ГОСТ 3200-46 的規定。對於未為此 ГОСТ 所規定的量，則採納關於汽車拖拉機發動機試驗方法的 ГОСТ 491-41 的規定，以及近來發表的關於內燃機的論著中所流行採用的符號。

① ГОСТ 是全蘇國家標準的俄文縮寫，原文為：Государственный Общесоюзный Стандарт——譯注。

在介紹試驗狀態，測量對象及其數量時，著者力求遵循試驗船舶內燃機的近代標準，因為試驗這些發動機的某些現行的方法和標準已嫌陳舊，並且在最近的將來即將修訂。

著者在此謹向工程師K.H.西姆科表示謝忱，感謝他在校閱手稿中所提出的許多寶貴意見。對於一切旨在改進本書的批評和意見，著者亦將衷心感謝。

著 者

本書所採用的字母符號

n_n	發動機曲軸的公稱轉數， 轉/分	p_{ϕ}	封閉式噴油嘴的開啓壓力， 公斤/平方公分
$n_{\text{макс}}$	曲軸的最高轉數，轉/分	p_{mc}	噴油時的油壓力，公斤/平方公分
$n_{\text{мин}}$	負荷時曲軸的最低穩定轉數，轉/分	p_m	噴油泵前的油壓力，公斤/平方公分
n'_x	無負荷運轉時的最低轉數， 轉/分	p_M	發動機潤滑系統的潤滑油壓力，公斤/平方公分
n_K	凸輪軸轉數，轉/分	p_B	發動機冷卻系統的冷卻水壓力，公斤/平方公分
c_m	活塞平均速度，公尺/秒	N_{en}	發動機的公稱有效功率，馬力
p_i	循環的平均示功壓力，公斤/平方公分	$N_{e \text{ макс}}$	發動機的最大功率，馬力
p_{τ}	按照時間的平均示功壓力	N_e^{θ}	總有效功率，馬力
$p'_{e \text{ макс}}$	最大平均有效壓力，公斤/平方公分	N_e^u	淨有效功率，馬力
p_{mp}	平均摩擦壓力，公斤/平方公分	P_i	發電機繞組接頭上的功率， 瓩
p_{oc}	進氣壓力，公斤/平方公分	N_{mp}	發動機的摩擦功率，馬力
p_{en}	排氣壓力（背壓力），公斤/平方公分	N_i	相當於通風損失的功率，馬力
$p_{cж}$	壓縮終點壓力，公斤/平方公分	N_{θ}	為輔機所消耗的功率，馬力
$p_{цк}$	循環的最大壓力，公斤/平方公分	N_i	示功功率，馬力
p_K	增壓（過給）壓力，公斤/平方公分	N_{e3}	正常運轉的有效功率，馬力
p_s	掃氣壓力，公斤/平方公分	N_{np}	發動機的換算功率，馬力
		M_K	發動機軸的轉矩，公尺公斤
		G_m	燃料的每小時消耗量，公斤

$G_{\min}$	/小时 最小功率时燃料的每小时消耗量, 公斤/小时	G_a	卡/公斤 空气消耗量 (以重量为單位), 公斤
G_{mx}	無負荷运转时燃料的每小时消耗量, 公斤/小时	V_a	空气消耗量 (以体积为單位), 立方公尺
$G_{\text{平均}}$	平均运转时燃料的每小时消耗量, 公斤/小时	G_M	潤滑油消耗量, 公斤/小时
G_{np}	燃料的每小时换算消耗量, 公斤/小时	G_B	冷却水消耗量, 公斤/小时
g_i	燃料的示功單位消耗量, 克/馬力小时	g_M	潤滑油的單位消耗量,
g_e	燃料的有效單位消耗量, 克/馬力小时	t_{BC}	发动机的進气溫度, °C
g_{en}	公称功率时燃料的單位消耗量, 克/馬力小时	t'_B	進发动机时的冷却水溫度, °C
g_{ei}	$P_{\text{е max}}$ 时燃料的單位消耗量, 克/馬力小时	t''_B	出发动机时的冷却水溫度, °C
$g_{e \text{ мин}}$	燃料的最小單位消耗量, 克/馬力小时	t_M	发动机的潤滑油溫度, °C
g'_x	無負荷运转时燃料的假定單位消耗量, 克/馬力小时	t_l	发动机的廢气溫度, °C
S'	噴油嘴的噴出的油束長度, 公分	t_{li}	出煤气發生爐时的煤气溫度, °C
α	空气过量系数	t_d	蒸汽空气鼓風的溫度, °C
ω	空气利用系数	t_{CM}	混合气的溫度, °C
η_H	发动机的進气系数	t_0	四周的空气溫度, °C
η_{MAC}	燃料系統的供給系数	B	大气压力, 公厘水銀柱
η_M	机械效率	h_i	煤气發生爐后的稀薄度, 公厘水柱
η_B	消耗于輔机的功率系数	h_{CM}	混合器前的稀薄度, 公厘水柱
η_l	发电机效率	h_K	爐柵下的稀薄度, 公厘水柱
$\eta_{\text{эд}}$	电动机效率	h_{CK}	洗滌器后的稀薄度, 公厘水柱
k_{CM}	混合系数	h_d	抽烟器后的稀薄度, 公厘水柱
a	发动机的冲程系数	h_{BC}	進气总管內的稀薄度, 公厘水柱
v_{CK}	压缩空間的容積, 立方公分	$\Delta g'$	每一循环中噴入气缸的油量, 毫克/循环
V_s	发动机全部气缸的工作容積, 公升	Δg	噴入 1 公升气缸工作容積的油量, 毫克/公升
Q_H^p	燃料工質的低位發热量, 大	γ_T	燃料比重, 公斤/立方公分

第一章 热工試驗的種類及其任務

概 論

油机船舶和煤气机船舶动力裝置的热工試驗有好几种，其任务和目的各不相同。对船舶动力裝置進行試驗的基本任务在于確定其效率和經濟性(即其所發生的功率和所消耗的燃料)，以及裝置各部分的損失。此外，热工試驗的任务还在于監督热的利用，因为在許多情形之下，除了要確定直接为取得發動机的机械功而耗費的热量以外，还須適当地規定合理利用廢热的可能性，將廢热利用于船上其他的一些需要，并在数量上來評价这一份被利用的热。最后，由于進行了热工試驗，还可確定采取了現代化措施以后的效果，或者獲得关于动力裝置在運轉中尙存缺陷的調查資料。

与陸上固定使用的內燃机或陸上運輸用的內燃机的試驗不同，船舶动力裝置的試驗有許多專門的特点。試驗船舶主机时，推進器有很大的影响，因为它决定着主机的負荷。所以热工試驗的基本任务之一便是確定动力裝置和推進器是否互相適應，也就是推進器選擇得是否正確。这無論从提高主机功率的利用效率，或从提高船舶的推進質量、航行速度和牽引力的观点來看，都有重大的意义。若未計及推進器的影响，則热工試驗的目的就沒有达到。对油机船舶或煤气机船舶的动力裝置進行热工試驗时，还必須考慮船舶的工作条件（其吃水、速度、拖載量等等）。这一点也很重要，因此必須將主机的試驗与船舶

本身的試驗聯繫起來。這一切都是航運局熱工隊的職責。

對成批建造的新船進行熱工試驗有很重大的意義。這種試驗的目的是要決定頭幾艘船舶及其動力裝置的主要參數。此時熱工隊的作用特別重要，因為要在這種試驗的基礎上來建立實際指標與設計指標之間的一致性，並使船舶的登記資料趨於準確。

頭幾艘船舶的試驗資料對於評定推進器選擇得是否正確非常重要。此外，這種試驗還須周詳檢查主機的工作能力。如果主機具有新結構或屬於新類型，則這種試驗尤其重要。

按照熱工試驗的任務分類，有下面幾種：

1. 調查試驗——檢查動力裝置運轉的正確性，即檢查幾項主要調整的正確性，或選擇最好的調整。

2. 監督試驗——在航期間進行，檢查動力裝置的效率和經濟性的幾項主要指標，以及經過定期的登記試驗以來的狀態。

3. 登記試驗——專門決定船舶在各種運動狀態和負荷狀態時，其動力裝置的效率和經濟性。

4. 專門試驗——在這裡首先就是指平衡試驗。

按照試驗期的長短以及測量工作的多寡，上述各種試驗皆可再分為完全的及簡縮的兩種。以監督試驗為例：如果對全部動力裝置，連主機帶輔機皆進行試驗，則稱為完全的監督試驗；如果僅僅對主機內燃機或輔機內燃機或煤氣機船舶的煤氣發生爐進行試驗，則稱為簡縮的監督試驗。

船舶動力裝置的熱工試驗通常分兩個階段進行：系纜階段及航行階段。

其所以要將試驗分成系纜和航行兩個階段是因為：一方面，在交出船舶以前，必須仔細檢查動力裝置中的一切機器和系統；另一方面，還要求獲得船舶的營運牽引性能。主機的運

轉狀態正是根据这些要求而制定的。

在系纜試驗中要確定船舶靜止不動時（即對於水的速度等於零時）主機的參數。進行系纜試驗時，也要檢查一切輔機的運轉，無論是機艙內的輔機或是甲板上的輔機，都要加以檢查。在這種情況下，並不測量牽引力。

除上述以外，對於拖輪還必須獲得它在一切營運狀態下的性能，這一點須力求精確。此時便要測量拖鉤牽引力。在這種系纜試驗中，對於主機的熱工試驗，必須精確地決定出消耗於推進器的功率。

航行試驗的目的是要檢查主機和船體在一起形成整體後，在各種運動狀態下運轉的技術指標。在這種試驗的基礎上可以獲得為規定船舶營運技術性能所必需的一些試驗資料。如果是拖輪，則要確定拖鉤牽引力的變化，以及決定於船舶運動速度的推進器轉數和主機功率的變化。如果是客貨輪，則其航行時的營運技術性能應當是在各種吃水和不同的航道條件下決定於航行速度的功率的變化。

簡縮的航行試驗只是試驗某一種拖載量（如果是拖輪）或者某一種吃水（如果是客貨輪）。

凡是在順序變更着的，並且其結果必然使船舶運動速度也順序變更的運轉狀態下（指船舶負荷或主機轉速）所進行的試驗，稱為遞變試驗。

一切熱工試驗，不論是系纜試驗或是航行試驗都應當是遞變的。以確定營運技術性能（即登記性能）為目的的試驗，自然也應當是遞變的。但是前者與後者相比，在試驗的深刻程度上和工作量上，却應當有所不同。

除了監督試驗以外，所有其它各種試驗都應當包括系纜試驗和航行試驗，並視為其不可缺少的部分。

如果船舶有多座主机裝置，則在航行試驗時，還須在一座主机運轉的條件下進行試驗。

調 整 試 驗

這種試驗的目的首先是檢查船舶內燃機的調整，或者當變更了發動機的運轉規程時，則是選擇最好的調整。

在調整試驗中，有時也有必要對發動機整體中的個別部分進行試驗，例如電氣設備、噴油泵、噴油嘴等等。

進行調整試驗時，也要檢查動力裝置中一切機構和系統的工作。

每當變更發動機正常的運轉規程或燃料規格時，則必須進行調整性的熱工試驗。例如在汽油機或煤氣機里，要找出最好的點火提早角度，在柴油機里，則要找出最好的噴油開始角度。此外，還須對各氣缸進行均勻分布負荷的調整，對汽油機中燃料汽化後混合氣質量調整，或者對煤氣發生爐中蒸汽、空氣鼓風的調整等等。

每艘船舶，當其發動機經過了大修以後，必須對它進行系纜試驗和航行試驗，而調整性熱工試驗通常是在系纜試驗中進行。

無論進行那一種專門試驗，在試驗以前或在試驗同時，都應當對動力裝置進行調整試驗。

監 督 試 驗

對船舶內燃機進行監督性熱工試驗的目的是要在船舶營運期間，對動力裝置運轉的可靠性和穩定性以及發動機的運轉狀態進行監督。在這種試驗中要確定發動機在營運條件下的效率和經濟性，並以登記證書上的各項資料來檢查動力裝置的工作

指标。進行这种試驗以前。必須檢查發动机及其联动機構的調整狀態。在監督試驗的基礎上可以查明动力裝置及推進器在運轉中的缺陷，从而采取措施予以排除。根据監督試驗的資料还可以校核主、輔發动机及煤气發生爐的燃料消耗标准。

在監督試驗中，与試驗主机同时，尚应測量船舶的航速，如系拖輪，則还应測量其拖鈎牽引力。在船舶營運期間，監督試驗是最普通最經常的一种試驗。每艘船舶在兩個航次中所应進行監督試驗的次數不得少于一次。進行監督試驗并不需要船舶停止營運，因此航运局完全可以定出对一切船舶進行这种試驗的確切計劃來。

登 記 試 驗

这种試驗的目的是要在船舶处于各种不同的运动狀態及負荷狀態时，確定主机內燃机的效率和經濟性。例如对于客貨輪或貨輪，須在兩三種吃水和几种主机轉速下確定其效率和經濟性的指标；而对于拖輪，則僅須在主机的几种轉速及不同的外部負荷（用兩三種拖載量以及系纜和空航來表征的情況下來確定这些指标。由于進行了这种試驗的結果，便可規定为計劃使用船舶及計劃使用燃料所必需的、而且也是最好的船舶營運指标。

每一艘新加入航运局船隊或区航运管理局的船舶都应当經過登記性的熱工試驗。这种試驗有时也称为熱工动力試驗。

專門性熱工試驗

專門性熱工試驗的种类極其众多，其任务系由許多營運条件或科学研究的要求所决定。談起專門性熱工試驗，就应当提到油机船舶或煤气机船舶动力裝置的完全平衡試驗，其目的是

要精確地決定熱損失的分布，要查明當主機在額定營運狀態下運轉時的熱利用性質。此外，對於成批建造的新船中頭幾艘船舶的交接試驗也應當是專門試驗。這種試驗須會同造船企業一起進行，目的是要查明船體——推進器——發動機整體的工作。如果在成批的同型船舶里更換了主機，或當動力裝置作了現代化的改建以後，按照專門的計劃對船舶進行試驗，也是十分必要的。通常，一切專門試驗都是規則的和遞變的。專門試驗的工作量比起其它各種試驗來，總是要大些，計劃的編制也應當早些。

在專門試驗中，還須提到主機內燃機的交接試驗。這種試驗應當在船上按照已頒行的國家標準進行。此時，須對所有的主機連同為其服務的輔機一起進行系纜試驗。同樣，對於應付緊急情況的後備機器亦應進行這種試驗。

凡主機功率大於 200 馬力，則專門性交接試驗尚須於航行中在船上進行。如果主機功率在 120 到 200 馬力之間，則交接試驗的工作量可以簡縮一些。對於功率小於 120 馬力的發動機，例如如果沒有抱有某種科學的目的，或者選擇推進器參數等等特殊要求，則專門性的航行交接試驗並不必要。

如果在專門試驗的過程中，動力裝置的發動機曾作過拆卸檢查，則該船舶應當在滿載狀態下進行為時二小時的檢查試驗。

在內燃機的專門性熱工試驗中，最後還應提到台架試驗。進行這種試驗的目的是要檢查發動機運轉時的保證指標，同時還要取下各項特性（外部特性、負荷特性等等），並編制熱平衡表。因為內燃機的台架試驗對船舶動力裝置的試驗來說，僅具間接意義，而且航運局熱工隊通常並不進行這種試驗，因此本書不加以介紹。

輔 机 試 驗

船舶輔机內燃机大都用作船舶發電机的原动机。机艙內各种輔机的电动机，生活上的一些电气設備和照明設備等皆由發電机供电。直接用內燃机傳动船舶輔机的情形極少。

对船舶發電机的輔机內燃机進行試驗并不困难。从監督仪表上的讀数便能很容易地决定發动机的功率。此外，还只需要决定各种負荷下的燃料消耗。

如果內燃机直接与某种輔机（例如压縮机、卷揚机等）直接相連，則应当在它工作时，在各种操作情況下决定其燃料消耗。

