



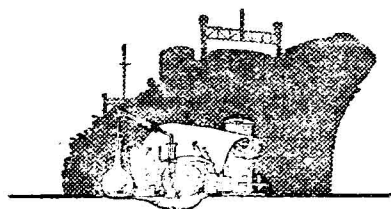
潤滑劑及其在 內河船舶中的应用

M. C. 达維多夫著
林 彬 孙鶴鳴譯

人民交通出版社

潤滑劑及其在 內河船舶中的应用

M. C. 达維多夫著
林 彬 孙鶴鳴譯



人民交通出版社

本書敘述有關潤滑劑及其在船舶上運用的幾個問題：潤滑與摩擦的基本概念、潤滑劑的製造方法、各種特性及其測定；蘇聯潤滑劑的分類、品種、規格及適用範圍；廢油的還原方法和設備，潤滑劑的儲存管理和保安；潤滑劑在船舶各種機器上的消耗定額及計算方法等。適合航運輪機人員、潤滑劑管理人員學習之用。

統一書號：15044·6091—京

潤滑劑及其在內河船舶中的應用

М. С. ДАВЫДОВ

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

НА РЕЧНОМ ФЛОТЕ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

МОСКВА—1953

本書根據蘇聯河運出版社1953年莫斯科俄文版本譯出

林 彬 孫鶴鳴譯

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

新 華 書 店 發 行

公私合營慈成印刷工廠印刷

1957年2月北京第一版 1957年2月北京第一次印刷

開本：850×1168¹/₃₂ 印張：5³/₄張 插頁3頁

全書：150,000字 印數：1—1,600冊

定價(10)：1.10元

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號)

目 录

序 言

第一章 关于摩擦、石油及潤滑剂制造等的概念

1. 摩擦及其分类	5
2. 液体摩擦	8
3. 潤滑的方法	11
4. 潤滑剂	15
5. 石油及其提煉	16
6. 石油类潤滑油及稠質潤滑脂	21

第二章 潤滑剂的主要特性及其測定方法

1. 黏度	24
2. 潤滑性	30
3. 比重和密度	31
4. 水份	32
5. 机械杂质	33
6. 閃点及着火点	34
7. 凝固点	35
8. 結焦性及炭渣值	36
9. 灰份	37
10. 水溶性酸及鹼	37
11. 苛性鈉試驗	38
12. 酸度及酸值	38
13. 潤滑油的氧化性和安定性	38

14. 乳化作用·····	39
15. 色澤·····	39
16. 潤滑脂的稠度和穿入度·····	40
17. 潤滑脂的滴点·····	41
18. 潤滑脂中的水份和机械雜質·····	42
19. 潤滑脂中的游离酸、游离鹼和游离脂肪質·····	42
20. 潤滑脂的腐蝕作用·····	43
21. 潤滑脂的安定性·····	43
22. 潤滑剂品質的油漬評定法·····	44
23. 評定稠質潤滑脂品質的簡單方法·····	44
24. 潤滑剂的添加剂·····	45

第三章 潤滑剂的种类及其用途

1. 工業用潤滑油·····	49
2. 內燃机用潤滑油·····	52
3. 蒸汽机用潤滑油·····	59
4. 車軸油·····	62
5. 汽輪机油·····	63
6. 壓縮机油·····	64
7. 特种用途的潤滑油·····	65
8. 潤滑兼冷却液·····	66
9. 稠質潤滑脂·····	67
10. 潤滑剂的代用·····	72

第四章 潤滑剂的消耗定額

1. 确定潤滑平面时潤滑剂消耗定額的主要条件·····	77
2. 軸承潤滑油消耗定額·····	78
3. 蒸汽机潤滑油消耗定額·····	80
4. 內燃机潤滑油消耗定額·····	81
5. 壓縮机潤滑油消耗定額·····	83

6. 泵、鼓風机及电动机潤滑油消耗定額	84
7. 蒸汽机船舶潤滑剂消耗定額	86
8. 內燃机船舶潤滑剂消耗定額	90
9. 挖泥船潤滑剂消耗定額	92
10. 潤滑剂需要量的決定	94

第五章 潤滑油的失效和还原

1. 潤滑油質量的变化与其工作条件的关系	97
2. 廢油的收集和貯存的組織	101
3. 潤滑油的再生方法	105
4. 潤滑油的再生設備	119

第六章 倉庫業務

1. 潤滑剂倉庫	131
2. 泵和管道	142
3. 運輸工具	152
4. 石油产品的運輸及收取的一些規則	156
5. 潤滑剂的損耗	159
6. 潤滑油的加热和澄清	164
7. 潤滑剂試样的选取	166
8. 測量仪器与度量表格	170
9. 技术保安	180
10. 倉庫中潤滑剂的記賬	182

序 言

潤滑剂的合理使用，大大地促进了河运工作正确的选择潤滑剂和規定其消耗制度可减少摩擦部分的磨耗，並延長机构的使用期限，这样便能使机构运用得更加完善，减少修理費用，以及降低燃料消耗。

随着布尔拉考夫式的管理船舶方法的发展，加强了对机构的潤滑及潤滑剂的利用方面的注意。它对船舶机构技术状况的改善有重大的影响，並使其修理次数可以由二、三年一次来代替以往所奉行的岁修。因此，便在航运中挖掘出了新的潛力。

在个别船上，潤滑剂的成本达到其总营运費用的8~10%，因此，对最宝贵的石油制品的潤滑剂加以小心使用，妥为保存及运输，便能节省购买这些材料的資金。

在河运工作人员所期待着的这本与潤滑剂使用有关的書中，提供了有关摩擦、潤滑及潤滑剂制造等的概念，敘述了关于其种类、特性的基本知識，並列举了一些消耗定額的資料。

書中对廢油的还原及倉庫業務的問題給了大量的篇幅。

对于有关潤滑剂的各种問題，書中的敘述可能尚有缺点，作者將感謝那些給予指示的讀者們。

第一章 关于摩擦、石油及潤滑剂

制造等的概念

1. 摩擦及其分类

一切运动着的物体，假如沒有任何力促使其运动繼續的話，很明显的，运动便要漸漸停止的。运动的停止，是由于阻力所致，这个阻力是由运动物体的表面或介質給予运动物体的。

这个現象称为摩擦，而运动的阻力称为摩擦力。

物体的表面，無論它經過怎样仔細的加工，总是有些不平的——凸峰和凹谷。这些不平可能为肉眼所不能察觉；表面粗糙度往往不能用手摸出，但是在放大鏡或显微鏡下，它能够显出如图 1 內的种种表面。

当一个物体与另外一个物体相接触时，一个表面上的許多凸峰便与另一个表面上的凸峰互相擦摩，要使这些物体开始运动或繼續維持运动，必須加上一些力。接触表面加工得愈光潔，那末不平度便愈小，因而摩擦力也就愈小；反过来講，表面加工得愈粗糙，摩擦力也就愈大。

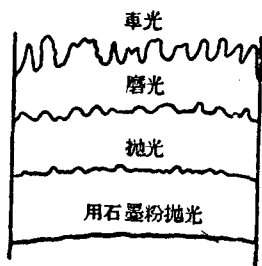


圖 1

我們也要指出，兩摩擦表面的原子和分子等之間，是有附着力的。即使是很好的加工表面，它們仍然要产生摩擦的。

一个物体可能是滑动地沿着另外一个物体移动，或者是滚动着的移动。

滑动时，一物体表面上的每一点相继地与另一物体表面上不同的各点相接触。例如活塞沿着汽缸壁滑动，推进轴轴颈沿着轴承襯套滑动，桿在垫料箱中的垫料上滑动等等。

滚动时，一物体表面上的点，只与另一物体表面上的某一点相接触。滚动的例子像車輪在軌道或道路上轉动，軸頸在滾珠軸承上运动等等。

按照上述，滑动摩擦和滚动摩擦是有区别的。

滑动摩擦力，等于摩擦物体相互間压紧着的力和摩擦系数的乘积。

$$F_c = k_c P_c,$$

式中：

F_c ——滑动摩擦力，公斤；

P_c ——二摩擦物体相互間的压紧力，公斤；

k_c ——滑动摩擦系数。

从無數次的实验中确定了，滑动摩擦系数是决定于摩擦材料的种类和摩擦表面的加工状况。摩擦表面接触面积的大小及其运动速度同样影响滑动摩擦系数，但並不显著，可以忽略不計。

不难肯定，摩擦力永远是与推动物体的力的方向相反。同时，在靜止状态时，摩擦力可能是任何数量，但决不会超过刚开始运动这一瞬时的摩擦力数值。

由此可見，靜摩擦系数大于滑动（运动时）摩擦系数。

在实际运用中，摩擦系数常利用一些平均值，在很多手册中，載有不同材料在不同状态下和表面加工时的摩擦系数（表1）。

在滚动时引起阻力（即滚动摩擦）的原因，与引起滑动阻力（即滑动摩擦）的原因相比較，是完全不同的。用各种直徑的滾子（滾珠及滾柱）以及各种材料的滾子和平板所做的实验，指出了滚动摩擦力是决定于滾子及平板的材料，滾子的半徑，以及滾子压在平板上的力的大小等等。其关系可表示如下：

$$F_k = \frac{k_k P_k}{R},$$

式中:

F_k ——滚动摩擦力, 公斤;

P_k ——滚子压在平板上的力, 公斤;

R ——滚子半径, 公分;

k_k ——滚动摩擦系数, 公分。

从上面的公式中可以看出, 滚动摩擦力是与滚子压在平板上的力成正比, 而与滚子的半径成反比。这就是说, 滚子压在平板上的力增大几倍或滚子半径减小几倍, 滚动摩擦力也增加几倍。

滚动摩擦系数主要地是与物体的弹性和硬度有关系, 而与其表面的粗糙度无关。物体愈硬, 那末滚动时的阻力愈小, 也就是说其滚动摩擦系数愈小。正如实验中所显示的, 滚动摩擦系数与滚动速度无关, 因此, 在刚要开始运动时的与已在运动中的滚动摩擦力, 可以认为是相等的。

下面列举几种材料的滚动摩擦系数的数值 (单位: 公分)。

鑄鉄与鑄鉄.....	0.005
木材与木材.....	0.05~0.15
橡膠輪胎与硬路.....	0.24
橡膠輪胎与草地.....	1~1.5
軸承与其中的鋼滾珠和滾柱.....	0.0005~0.001

滚动摩擦力大大地小于滑动摩擦力。这就说明了, 譬如, 为什么滚动一个圆桶要比拖着它前进轻易好多倍的原因。

当一个物体沿着另一个物体滑动时, 可能有二种完全不同的摩擦形式发生, 各依循着不同的规律。

假使二物体是直接接触的, 亦即其间没有任何中间层, 那末便出现如上述的干摩擦。假使二摩擦物体的表面间是间隔着润滑油层而并不直接接触, 那末便发生所谓液体摩擦。

也发现有摩擦的中间形式: 半干摩擦, 此时润滑油层只存在于摩擦表面的不多的部分上, 亦即干摩擦佔大部分; 並且还有半液体摩擦, 此时摩擦表面的某些不多的部分未被润滑油层分开, 亦即液体摩擦佔大部分。

除掉上述的摩擦形式以外, 滑动时有一种所谓界限摩擦。界

限摩擦是在摩擦表面間有着一定完整的極薄的潤滑油層——界限薄膜。这种薄膜是由于滑动的表面与潤滑剂相互接触时的分子吸引力的作用所形成。

在某些情況下，摩擦是一种有利的現象，例如，假使在人的鞋底与土地或道路間沒有摩擦，那末他將不能行走；很多机器和设备的工作，主要是依靠着利用摩擦力的（皮帶和摩擦傳动、各种夾头、卡盤、制动器等等）。但是在很多情況下摩擦是一种有害的現象。首先，要克服摩擦，就要白白地消耗大量的功，也就是說要消耗必需的燃料来做到这一点。要克服活塞式（往复式）發动机零件間的摩擦，可能要消耗發动机汽缸中所發出全部能量的25%。假使將該發动机所帶动的各机器、机床和傳动裝置等总起来計算一下，則燃料在克服摩擦方面的总消耗量可能达到所耗用燃料的80%。这样，只有五分之一燃料的能量是被有效地利用的。

此外，摩擦的結果，使摩擦物体的表面相互磨損並擦伤，因此摩擦零件便喪失其原来的尺寸，而發生噪音，撞击、歪斜等現象。

过度的摩擦將导致摩擦零件發生过热，在工作中引起各种缺陷，有时且發生事故（巴氏合金襯垫的熔化，由于零件發热膨脹而引起的咬住和断裂等等）。由于这个緣故，机器必需修理，不得不將它停放很多時間，並且在修理中要耗費大量資金。

要消除干摩擦的不良后果，可在摩擦表面間加入潤滑層，亦即將它轉变成液体摩擦。

2. 液体摩擦

圖2中所繪的示意圖，表示了液体摩擦的實質亦即經過良好潤滑物体摩擦的實質。細斜綫划成的陰影表示固定物体的表面。物体1与固定物体以厚度为 h 的液体層隔离，並以速度 v 运动着，像浮行在这液体層上似的。液体微粒与二物体中每一个物体的微

粒間的附着力，应大于液体本身微粒間的凝聚力，也就是說用作为潤滑剂的液体，应把摩擦物体潤湿。

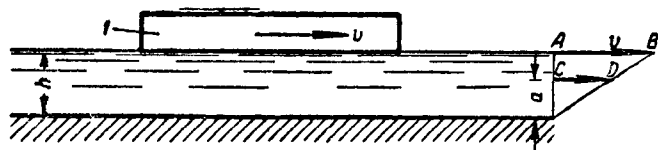


圖 2

因此，直接与兩物体表面接界的液体微粒，是黏附在物体表面上；此时，与固定物体的表面相接界的液体層，停留不动，而与运动物体的表面相接界的液体層，同运动物体一起以速度 v 运动。液体的中間諸層，由于液体微粒間的凝聚力，一个將一个地帶动。各層的运动速度，与它离固定物体表面的距离成正比地增加。圖 2 中，右端指出了各液体層厚度处的速度。箭头 AB 表示速度 v ，物体 1 和黏附在其上的最頂上的液体層就以这速度运动；箭头 CD 表示距离固定物体表面 a 处的液層的运动速度。

諸液体層，各以不同的速度运动，互相摩擦着。这种摩擦称为液体的內摩擦，並决定于液体的黏度，亦即其微粒間的凝聚力。

从上面所講的可以得出，液体摩擦的性質根本上与干摩擦的性質不同，所以干摩擦的定律和液体摩擦的定律，彼此是根本不同的。

很多优秀的俄罗斯科学家：彼得洛夫、茹柯夫斯基、察普雷金等，都曾致力于液体摩擦現象的研究。在作出液体摩擦的理論和定出液体摩擦的定律方面，俄罗斯科学家們是站在优先地位，这些理論和定律对一切技术部門都有巨大的意义。

在 1883 年彼得洛夫教授簡潔地敘述了液体摩擦的基本定律。这定律可用下面的公式表示：

$$F = \frac{\eta v s}{h},$$

式中：

F ——液体摩擦力，公斤；

η ——內摩擦系数或动力黏度，公斤·秒/平方公尺；

v ——摩擦表面的移动速度，公尺/秒；

s ——摩擦表面的面积，平方公尺；

h ——潤滑油層的厚度，公尺。

从研究这个公式中，可以得出下列几个結論，这些結論确定了液体摩擦定律的基本原理。

液体摩擦力与潤滑液体的黏度成正比 它說明了当液体的黏度（亦即其微粒的凝聚力）增加时，为了使一液体層与另一液体層相对的移动必須增加大量的力。

液体摩擦力与运动速度成正比 这是由于运动物体移动速度的增加，夾在二物体間的潤滑油層也將移动得較快，其結果便使移动的阻力也增加。

液体摩擦力与摩擦表面的接触面积成正比 实际上，摩擦力是由一液体層的微粒与另一液体層的微粒間的凝聚力所决定的，那末这个力便應該是与液体層的面积成正比。

液体摩擦力与液体層厚度成反比 这是由于当介于二摩擦表面的整个液体層的厚度增加时，其組成的基本層間相互的移动縮小。

潤滑油層的厚度决定于各种条件。最好是有較厚的油層，因为此時的摩擦力將較小。但是由于許多不同的原因，有时必須減小油層厚度，例如当潤滑油黏度不够或單位压力很大时，为了防止潤滑油从間隙中漏出不得不这样做。自动潤滑与人工潤滑相比，可允許具有較小的油層厚度，因为在人工潤滑的情況下，很可能加油失調，因而會更快地破坏液体摩擦的条件。摩擦表面加工得愈好，其上的凸峰愈少，那末油層厚度可以愈小。在任何情況下，油層厚度不应小于兩個摩擦表面上最大凸峰高度的总和，否則該二凸峰將互相接触，破坏了潤滑油層的完整性。

表面加工的程度影响了潤滑油層的厚度，同时也影响到液体的摩擦系数。摩擦表面的材料同样也是影响液体摩擦的条件，因为並不是所有的金屬都能同样有效地被潤湿的（能潤湿得較好的

材料是青銅、巴氏合金等)。

表 1 中所列者为干摩擦及液体摩擦时几种材料的摩擦系数。

表 1

材 料	干摩擦时的摩擦系数	液体摩擦时的摩擦系数
鋼与鉄	0.10	0.009
鉄与鑄鉄或青銅	0.16	0.01
金屬与木材	0.20~0.50	0.02~0.08
木材与木材	0.20~0.40	0.04~0.16
皮革与金屬	0.25	0.12

从上表中可以看出，液体摩擦系数能小于干摩擦者好多倍。这就証实了，借液体来保証减少摩擦的动力损耗的方法，是有效的。

从磨損的意义来講，用液体摩擦来代替干摩擦也一样地有着很大的价值。大家知道，許多在良好液体潤滑条件下工作的零件，能好几年不出現任何显著的磨損。

3. 潤 滑 的 方 法

假使二个硬的摩擦表面以任何力相互压紧时，那末这个力便要尽量压出包含在二表面間的潤滑液体。因此，为了要使表面之一能“浮起”在液層上，必須將潤滑層的液体处在某种压力之下。

讓我們来观察一下一般軸承中所發生的現象。在圖 3a 中，細斜綫划成的陰影表示軸承的表面，其中有着旋轉軸的軸頸。軸頸的直徑稍小于軸承的直徑，因而在軸頸与軸承間便形成一些間隙。設力 P （例如本身的重力）作用在軸頸上，將軸頸压住在軸承上。

假使軸並不轉动，那末力 P 要將潤滑剂自軸頸下压出，而軸頸表面便支住在軸承表面上，于是二表面將在点 M 处互相接触。离該点之二側，構成逐漸放大的“楔形”間隙，其中充滿着潤滑液体。

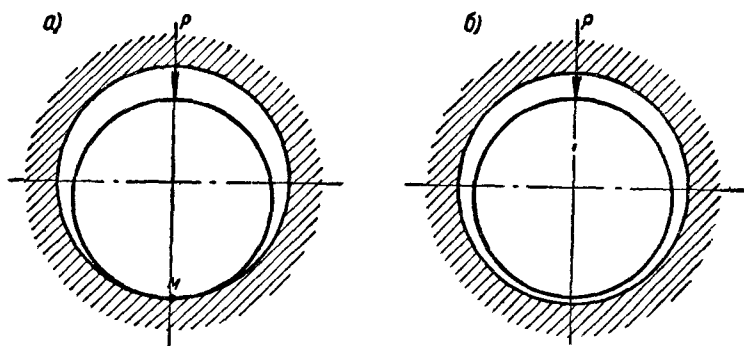


圖 3

开始旋轉后的最初一个時間，軸頸与軸承間尚沒有純粹的液体摩擦。在运动开始时將出現半液体或半干摩擦，但繼續运动时，摩擦便將成为另一种性質了。

旋轉的軸頸表面將黏着在其上的潤滑油微粒帶入“楔形”間隙內，因而在最窄的間隙处發生一种独特的液体增压現象。潤滑油进入这逐渐变窄的間隙中时，虽然有着黏力的阻碍，仍要力圖流溢。同时，在“楔形”間隙的最窄处，由于增压的緣故而产生高的压力，超过了黏力；这样，集中在間隙中的液体，有可能自其中流出。除此之外，楔形間隙中的潤滑油压力，也作用在軸頸上，且如果这压力以及这压力作用在軸頸的表面积显现为足够大，而与軸頸压在軸承上的力 P 相平衡时，那末軸頸就会“浮起”，並且它与軸承間形成了一完整的保証液体摩擦的潤滑油層（圖36）。

在二个平的表面相对地滑动时，假使这二表面彼此並不平行，而是形成了一个不大的角度（圖4），就是其間形成一“楔形”間



圖 4

隙，那末在其間便可获得潤滑油層。当沿着速度 v 的方向运动时，潤滑液体將被逐入漸窄的間隙中，因而使压力增加，平板便像滑艇浮在水面一样地

浮起。這種現象，舉個例說，可在沿導板滑動的滑板表面的潤滑中發生。

因此，若在有楔形間隙的時候（這間隙中形成有支承的潤滑油層），摩擦表面的不斷自動潤滑，可能使運動物體保持在懸浮狀態。否則，要保證液體摩擦，必須用專門裝置把潤滑油在壓力下送入。

在近代的機器和機構中，利用了各種極不同的潤滑方法和潤滑裝置。現在來談談其中的幾個主要的。

假使每一個摩擦零件都用它自己的潤滑裝置來潤滑，那末便稱為獨立式潤滑；假使是只有一個总的潤滑裝置將潤滑油送到很多摩擦零件上，那末便稱為集中式潤滑。

供油到摩擦零件可以繼續地或定期地亦即分批地（所謂點滴潤滑）進行。潤滑油可強制地即是加壓力地或用其他方法送入。在使用厚質潤滑油時，壓力潤滑是特別需要的。有各種不同構造的潤滑器和泵可以用來達到壓力潤滑。

假使不採用強制潤滑，那末就要用其他裝置來供給潤滑油。例如，採用油芯，從專用的潤滑油容器中汲取油，沿油芯一滴一滴地落到摩擦表面。也可以不用油芯而用能大量送油的氈襯或氈墊來作同樣的用途。同時也常常利用一羣或一只自流式油杯，潤滑油在本身重量下流出。很多情況下，摩擦零件（例如減速齒輪）是處於充滿了潤滑油的封閉的殼中的，其中形成了一個油池，以保證大量潤滑。也可採用所謂油環潤滑，以及其他很多種潤滑系統和潤滑裝置。

落到摩擦零件上的潤滑油，在摩擦表面間的間隙中逗留一些時期後，便自間隙中流掉。假使潤滑油是完全流掉的，而且不再重新落到這摩擦零件上，那末這個潤滑系統便叫做流動式的。假使總是這一些油自動地和屢次地落到同一個零件上，那末這個潤滑系統便叫做循環式的。

某些軸承中，設有潤滑油槽，以保證潤滑油均勻地分佈在整個摩擦表面積上。但是這種油槽只適用於在半液體摩擦條件下工

作的軸承，在其他情況中，油槽要破壞潤滑油層的完整性。

大部分新式發動機中採用混合式潤滑系統，這種系統中，對於發動機的曲拐軸承、定時凸輪軸以及其他不受熱的機件，潤滑油是在壓力下，經過特備的鑽孔或沿油路送去的；而對於汽缸壁、活塞及其他部分，是由飞溅法供給潤滑油的。飞溅法是由連桿末端浸入發動機曲拐軸箱內，而箱內盛儲着潤滑油，在曲拐軸旋轉時將油濺潑至汽缸壁上所造成的。

潤滑方法和潤滑系統，是依靠被潤滑表面的特征和很多其他因素來選擇的。

河運內燃機船舶主機的潤滑，往往為壓力循環式系統，如圖5所示。在這圖中，繪有6BK-43型發動機潤滑的主要示意圖；其中：1——發動機；2——中間隔以過濾網的沉淀器；3——齒輪式油泵；4——濾清器（一對），串聯在油路中；5——冷卻潤滑油的冷卻器。

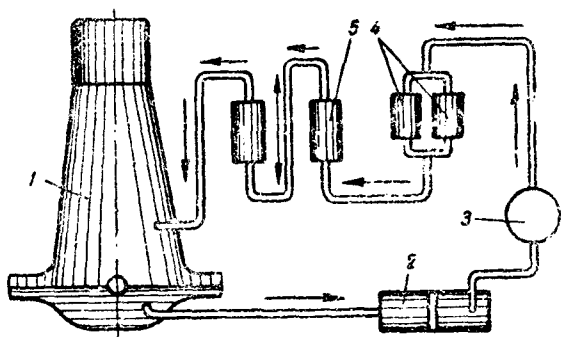


圖 5

在蒸汽機船舶中，蒸汽機和絕大多數的輔機、明輪推進器等，有着流動式潤滑系統，其中一般是採用各種不同裝置的獨立式潤滑設備。這一類設備中有用來潤滑曲拐軸承、推進器軸偏心輪及偏心外輪的帽罩式油杯（譯者注：此處所指推進器系指明輪船舶），用來潤滑機架軸承和推力軸承的油芯式油杯，各種系統的潤滑器，以及用來潤滑汽缸內部空間的柱塞式油泵。