

船用蒸汽机的润滑

胡恩如編著



人民交通出版社

統一書号:15044·6103-京

船用蒸汽机的潤滑

胡恩如編著

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

新华書店發行

公私合营慈成印刷工厂印刷

1957年4月北京第一版 1957年4月北京第一次印刷

开本:787×1092 1/32 印張:1号張

全書:37,000字

印數:1700册

定价(9):0.19元

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六号)

U664.112
H56

一 概說	3
1. 潤滑的意義	4
2. 潤滑油的作用	6
3. 潤滑的方法	9
二 潤滑油的性狀	11
1. 粘度	13
2. 碳渣值和灰份	16
3. 閃火點和燃燒點	16
4. 酸值	17
5. 水溶性酸和鹼	18
6. 水份和機械夾雜物	18
7. 傾點和凝固點	19
8. 比重	19
9. 油粘性	19
10. 腐蝕性	20
11. 乳化值——抗乳化速度	20
12. 安定度	21
三 蒸汽機的潤滑	22
1. 蒸汽機的潤滑系統	22

1. 内部潤滑系統.....	22
2. 外部潤滑系統.....	25
2. 汽缸的潤滑.....	29
1. 汽缸的潤滑条件.....	29
2. 汽缸油的技术条件.....	30
3. 蒸汽机运动部件的潤滑.....	34
1. 蒸汽机运动部件的潤滑条件.....	34
2. 船用机油(調水油)的技术条件.....	38
3. 机器油的技术条件.....	40
4. 車用机油(馬达油)的技术条件.....	40
4. 蒸汽机乏汽透平的潤滑.....	42
1. 蒸汽机乏汽透平的潤滑条件.....	42
2. 30号透平油的技术条件.....	44
5. 推力軸承和傳动軸系的潤滑.....	45
1. 推力軸承的潤滑.....	45
2. 中間軸承的潤滑.....	46
3. 艀軸套筒的潤滑.....	46
4. 軸用油(地軸油)的技术条件.....	47
四 潤滑油的廢旧化	48
結尾語	51

一 概說	3
1. 潤滑的意義	4
2. 潤滑油的作用	6
3. 潤滑的方法	9
二 潤滑油的性狀	11
1. 粘度	13
2. 碳渣值和灰份	16
3. 閃火點和燃燒點	16
4. 酸值	17
5. 水溶性酸和鹼	18
6. 水份和機械夾雜物	18
7. 傾點和凝固點	19
8. 比重	19
9. 油粘性	19
10. 腐蝕性	20
11. 乳化值——抗乳化速度	20
12. 安定度	21
三 蒸汽機的潤滑	22
1. 蒸汽機的潤滑系統	22

1. 内部潤滑系統.....	22
2. 外部潤滑系統.....	25
2. 汽缸的潤滑.....	29
1. 汽缸的潤滑条件.....	29
2. 汽缸油的技术条件.....	30
3. 蒸汽机运动部件的潤滑.....	34
1. 蒸汽机运动部件的潤滑条件.....	34
2. 船用机油(調水油)的技术条件.....	38
3. 机器油的技术条件.....	40
4. 車用机油(馬达油)的技术条件.....	40
4. 蒸汽机乏汽透平的潤滑.....	42
1. 蒸汽机乏汽透平的潤滑条件.....	42
2. 30号透平油的技术条件.....	44
5. 推力軸承和傳动軸系的潤滑.....	45
1. 推力軸承的潤滑.....	45
2. 中間軸承的潤滑.....	46
3. 艏軸套筒的潤滑.....	46
4. 軸用油(地軸油)的技术条件.....	47
四 潤滑油的廢旧化.....	48
結尾語.....	51

一 概 說

蒸汽机是輪船上最早采用的动力机械。自从世界上第一艘蒸汽机船舶出世以后，到现在已經有一百五十多年了。在最近几十年中，我們知道在輪船上采用了汽輪机(透平)和內燃机作为动力机械，不論在效率上或技术性能上都超过了蒸汽机；因此，蒸汽机显得已經落后的船舶动力机械了。但事实上，并不完全是如此，虽然它有很多的缺点，但从它在目前的使用价值上来看，也还有許多优点：第一、它可以使用价格低廉的固体燃料(烟煤)，或低品質的液体燃料(燃料油)。第二、操作管理比較簡單，运轉时也比較安全可靠。第三、启动轉矩比較大，倒順車轉向也比較快，使用上很灵活。第四、2500匹馬力以下的中小型蒸汽机和汽輪机比較起来可以得到相当高的效率(汽輪机在2500匹馬力以上效率比較高)。

正因为如此，所以在我国、苏联以及資本主义国家的河、湖运输船舶中，仍旧有繼續采用蒸汽机的，同时，在制造出来的新型蒸汽机中，在技术性能上已进行了許多改进，提高了它的效率和經濟性，減輕了重量，縮小了体积，不論在性能上或結構上，都显得更完善了。

我們現有的蒸汽机船舶，一部分已經很老、很旧的了、但是还要利用它来給国家担負更多的运输任务，所以我們應該更好地、更細心地使用，对机器有計劃地进行預防檢查，及时地加以保养修理，这是十分重要的。尤其在管理工作中，跟延長机器寿命和增加机器效率关系最大的，要算是潤滑問題了。机

器有了良好的潤滑，才能減少機械損失，減少機器零件的磨損，延長它的使用壽命。

對於蒸汽機的潤滑，許多船員具有很豐富的實際經驗，也用過許多牌號的潤滑油，但由於在舊社會中沒有學習的機會，只知道什麼牌子的，什麼號碼的油好用，而對潤滑油的性質，機器的潤滑條件和為什麼好用的道理，卻不大清楚，因此，船員們應該很快地掌握這一項技術的基本知識，逐漸把實際經驗提高到理論上來，這不僅可以使潤滑油得到合理使用，而且對機器磨損的減少，延長船舶的使用壽命，也可得到保證，這對祖國正在進行着的社會主義經濟建設是有巨大意義的。

在下面我們簡略地介紹船用蒸汽機的潤滑，潤滑油的性質和功用，以及它的工作條件等方面的基本常識、以供同志們在學習中的參考。

1. 潤滑的意義

凡是兩個物體的表面互相接觸並且運動時，就會產生一種阻止運動的力，這種現象，我們叫做摩擦。通常在我們日常生活中很容易體會到這種現象的。車子在地面上行駛，車輪就和地面摩擦，飛機在天空飛行，機身就和空氣發生摩擦，輪船在水裡航行，船體也和水發生摩擦。

由於摩擦所產生的阻力叫做摩擦力，摩擦力的大小，決定於兩個物體表面的光滑程度，接觸面所承受著的壓力和相對運動的速度等等。

在某種情況下、摩擦對我們來說是有利的，譬如說，如果沒有鞋底和地面間的摩擦，人們就走不了路。如果沒有摩擦，火車在鐵道上也行動不了。但在機器的運轉中，摩擦就變成十分有害的現象了。例如軸在軸承中轉動時產生了很大的摩擦

力，不仅要有很大一部分功率消耗在克服摩擦阻力上，而且还会产生发热现象，摩擦力愈大，发热现象也就愈严重；这就很容易破坏金属的性能，使机件损坏，也可能使全部机器成为废物。由此可见，为了要保证机器的安全和经济运转，就必须想办法把摩擦减小到最低的限度。下面再简略谈一下有几种摩擦。

摩擦的种类很多，总的可以分为静摩擦和动摩擦。静摩擦是指物体从静止状态，开始移动时的阻力。动摩擦是开始移动后保持运动状态中所产生的阻力。

动摩擦又分成两类，一类是滚动摩擦，是两个机件互相滚动所引起的摩擦；例如滚珠轴承内，滚珠在它的座圈内滚动所产生的摩擦，就是滚动摩擦。另一类是滑动摩擦，是两个接触表面互相滑动所引起的摩擦，例如蒸汽机的十字头的滑板在导板内滑动，轴在轴承中转动，以及其他滑动部分的摩擦都属于滑动摩擦。

滑动摩擦又可分成干摩擦，液体摩擦，半液体摩擦三种现象。当两个物体表面中间，没有涂抹任何润滑剂，在运动时所发生的摩擦叫做干摩擦。干摩擦会使摩擦表面引起严重的磨损和发热现象。如果在两个摩擦表面上涂上一层润滑油，情况便会改善多了，这时，两个摩擦物体的接触面中间，为一层润滑油膜所隔开，当运动的时候，便不再是一个物体的表面和另一物体的表面直接接触，而是油层间的摩擦了。这种摩擦叫做液体摩擦。这种润滑油层的建立，我们又叫做液体润滑。

半液体摩擦是产生在润滑油量供给不足时；或限于条件不能建立连续的润滑油层时；或部分油层将破坏时；两个接触表面中间，只有部分能被油层所隔离，或者是将要开始互相接触，产生干摩擦，这时两个表面间所产生的摩擦叫做半液体摩

擦。处在这种情况下的潤滑，叫做半液体潤滑。蒸汽机有很多摩擦部件不能达到完全的液体潤滑；例如，十字头滑板和导板之間，活塞和汽缸壁之間，以及汽閥，汽閥杆等在一般操作条件下都是只能达到半液体潤滑，这是我們應該加以注意的。

摩擦力的大小，随着运动的形式和潤滑的条件而改变，摩擦的数量特性是用摩擦系数来表示的。下面所列的就是各种摩擦的摩擦系数范围：

摩擦的条件	摩擦系数
乾摩擦	0.1~0.5 或更高
半液体摩擦	0.01~0.1
液体摩擦	0.001~0.01
鋼滾摩擦	0.002~0.007
鋼珠摩擦	0.001~0.003

摩擦系数愈小，消耗在摩擦上的功率损失也愈少，而那个摩擦部位的操作条件也会愈好。粗糙表面的摩擦系数大于光滑表面的摩擦系数；坚硬的光滑表面的摩擦系数小于柔软和粗糙表面的摩擦系数。質料相同的材料互相滑动时所发生的摩擦力比較質料不相同的材料互相滑动时所发生的摩擦力要大些；所以在机器中的摩擦部件都是尽量采用不同的金屬来制造的，例如軸是鋼質，而軸承是采用鉛合金，就是这个道理。

以上所說的，就是潤滑对减少摩擦的意义，它不仅减少了消耗在摩擦阻力上的功率损失，同时还能对摩擦表面起着冷却作用，减少零件上的受热現象。

2. 潤滑油的作用

当軸在軸承中轉动时，粘附在軸的表面上上的潤滑油分子，便会很自然地吸着鄰近的潤滑油分子一起轉动，將油从間隙較

大的部分排挤到窄小的部分，因而产生了压力，形成了楔形的油层，轴在轴承中被油层稍稍的抬起，中间隔着一层坚强的油膜；此时，轴和轴承的表面就不是直接接触了。从图 1 中可以看出：

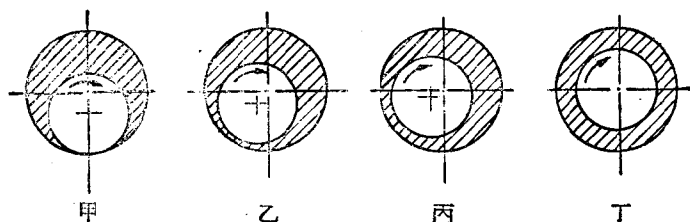


图 1. 轴在各种不同的转速时在轴承中的位置

图 1 甲是指轴在静止不动时的状态，因为轴是有重量的，在静止时，轴的下面总是压在轴承上，而且在那里不应有间隙，所有轴和轴承中间间隙都留在轴的上面。（为了便于了解，所以把间隙画得很大，事实上并没有这么大。）图 1 乙是当轴开始转动而速度不大时，轴在油楔压力的作用下略为抬高，一层薄薄的油层围绕在轴和轴承的表面上。图 1 丙，是指转速较大时，油楔的压力增高，将轴从轴承中抬起较高的位置，在它的四周建立了较厚的油层。图 1 丁，是指转速很高时，油楔的压力更大，轴颈即在轴承中处于四周围绕油层的中心地位，这也是理想中最完善的润滑油层。

由此可见，轴的转速愈大，它所吸着邻近的润滑油也就愈多，所形成的油楔压力也愈大，轴和轴承间所建立的油层也就愈厚。此外，润滑油的粘度是有高低的，粘度愈高，由于油分子是随着油的粘度的增高而更加相互结合，所以在转动时它所带动的油分子颗粒也就愈多，以致形成的油楔压力也愈大，它

所能承負的載荷也愈大。因此，可以總結這一點，把油的粘度增高，或者把轉速加快一點，都对潤滑的效能有很大幫助的。所以對於轉速較快的軸系，為了避免粘度高的潤滑油消耗在摩擦阻力的功率損失，可以採用粘度較低的潤滑油。而在低速和不能建立足夠油層的機器是應採用粘度較高的潤滑油。

現再將潤滑油的粘度和工作條件的關係略述如下。

- 1) 速度低的应用粘度高的潤滑油，速度增加時，粘度可以隨之減低；
- 2) 摩擦表面所承受的負荷壓力大的应用厚質油，小的可以应用薄一點的潤滑油；
- 3) 潤滑油的粘度隨溫度的變化很大，溫度高的应用厚質的，低的应用薄一點的潤滑油；
- 4) 凡接觸面粗糙的应用厚質的潤滑油以避免二接觸面易于直接接觸；
- 5) 用強力循環潤滑系統中可以应用粘度低的；采用人工或滴油潤滑的应用粘度較高的潤滑油。

在船用蒸汽機中，由於在結構型式上和潤滑油系統上的不同，所用的潤滑油的工作條件也有不同。例如，使用飽和蒸汽的蒸汽機，對汽缸的潤滑並不十分著重，有的甚至可以不必注給潤滑油，而在使用過熱蒸汽，尤其是使用高蒸汽參數的蒸汽機，由於它受著蒸汽乾燥，溫度很高等條件的限制，所以汽缸和汽閥中的潤滑就十分重要了，並要求品質優良的潤滑油。此外，在滑潤系統上，有開式和閉式兩種，開式的是採用滴油或油索法，一般都是採用油粘性比較強的船用機油，它是由礦油和植物油混合製成，我們通常叫做調水油，它的特性是適合各摩擦部分當遇到凝結水時，能和潤滑油起著乳化作用，保持它的潤滑效能。但在閉式潤滑系統中，它是採用壓力循環法，蒸

汽机中所有运动部件都是封闭的，遇到水的机会很少，各部件都是用油管或油路借压力来供应润滑油的，它就应该采用低粘度的纯矿油；还应避免油的乳化。一旦用错了，就会引起轴承的腐蚀，阻塞油路，破坏正常润滑的现象，这些问题后面还要讲到。

3. 润滑的方法

在摩擦表面中间施送润滑油的方法大体上可以分为下列五种。在实际使用当中有单独使用的，也有混合使用的，在蒸汽机船舶中，除了飞溅法很少使用外，其余四种都是目前所采用的。

1. 重力法——

这是最简单的润滑方法，是利用重力的作用，使润滑油通过一个可调节的针状阀滴到摩擦表面上去，图2就是属于重力法的明视滴油器。在轴承上常被采用。图3，是另外一种叫双栓滴油器，中小型蒸汽机的汽缸润滑常采用这种滴油

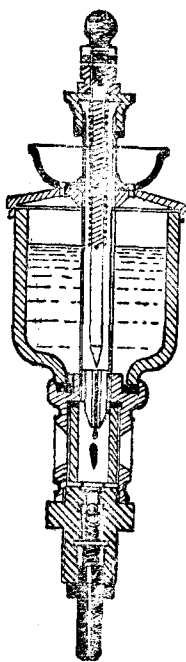


图2. 明视滴油器

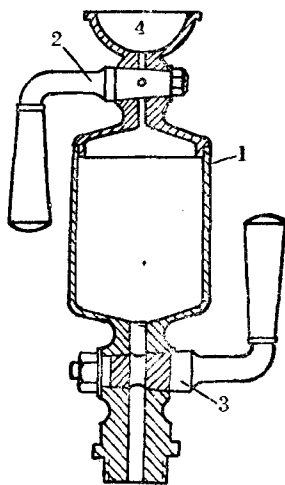


图3. 双栓滴油器

器，定期加給一定量的潤滑油，圖中1是油杯，2、3是油栓，4是供油口，使用時，打開栓2，油杯中充滿了新鮮油后

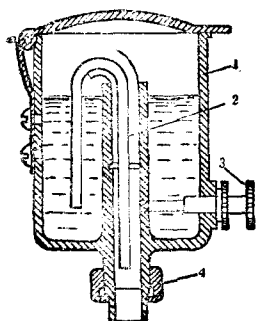


圖4. 毛細管作用法

- 1-注油器本体
- 2-油塞
- 3-不用油塞時的加油螺絲
- 4-注油器的固定螺母

，將栓2关上，又打開栓3，當汽缸中蒸汽進入油杯的潤滑油中，使上下壓力和等時，油杯中的潤滑油依靠重力作用，慢慢地流入汽缸壁上部的周圍。

2. 毛細管作用法——採用棉紗或燈心的一端浸入油內，另一端通到須要潤滑機件的油道中，利用毛細管的虹吸作用將潤滑油吸送到機件上去，目前我們現有蒸汽機中的主軸承潤滑大都採用這種潤滑方法。

3. 油環潤滑法——這種潤滑法是利用油環的轉動和潤滑油的粘性，把油沾帶到軸承的上部，通過軸承上的油槽再把油流布到軸承內担任潤滑，用過以后又流回到下面儲油器內繼續使用，為了使軸承中能从油環上得到較多的油量，另裝設有一個刮油器，如圖5所示。這種潤滑器適合使用于底半部負荷的水平軸承；在蒸汽機船舶中很多中間地軸的軸承都採用這種油環潤滑法。

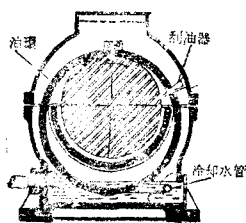


圖5. 油環潤滑器

4. 沾濺法——這種潤滑法也是利用油的粘性，由一機件在轉動時沾着少量的潤滑油飛濺到其他機件上，例如小型內燃機的汽缸潤滑是採用這種潤滑法。

5. 壓送法——這種潤滑法是用潤滑油泵來壓送潤滑油

的，以油管或油路將油送到摩擦部件上去不断的循环使用，所以又叫做循环潤滑法。許多新式的蒸汽机都是采用这种潤滑方法。詳細內容，我們在下一节的蒸汽机潤滑系統中來說明。

二 潤滑油的性狀

潤滑油的主要原料是矿油和动植物油，它的种类很多，品質和性能也有很大的区别。但从它所使用原料上来看，可以分为純矿物油和矿植物混合油兩種，矿物油的用途很广，絕大多數的潤滑油都是采用純矿油煉制的，只有少数的由于在工作条件上的需要，譬如蒸汽机上用的船用机油（俗称調水油），就是采用混合油。

矿物油，是从石油中在高温时將汽油、煤油、柴油等蒸餾出来以后所余下来的稠質油分，是多种的碳氢化合物，在各个不同地区生产出来的石油，由于碳氢化合物的結構不同，制煉出来的潤滑油，它的性質和成分也各不相同。此外，在原油中含有适合潤滑油粘度範圍的重質油分，当蒸餾温度越高，煉出的潤滑油粘度也愈高，餾出温度愈低粘度也就愈低。

这些从蒸餾以后余下来的油中还含有不同成分的石蜡、土瀝青和其他有害的雜質；所以必須經過許多方法来加以煉制，才能适合应用。煉制的方法和步驟很多，过程也很复杂，若能得到多次的精制处理，它的品質就愈好。品質低劣的适合一般机械的潤滑油，为了降低加工成本，就不予精工煉制。譬如我們都知道的“紅車油”，它是石油在直接蒸餾后的余油，粘度有中等的和厚的。在煉制时仅經過洗滌和除去少量的有害雜質后

并不經過濾、漂白处理的產品。因此，品質不能算好，是一种中等的潤滑油，价格比較便宜，适合一般低速机械使用。又因为它是紅顏色，所以叫它做“紅車油”，这并不能表示它的品質，它和現在常用的机械油，机器油是一样的东西。在蒸汽机中常采用这种潤滑油。

現在再談一下混合油，混合油是用矿物油和动植物油混合煉制的潤滑油，它所混合的成分和采用动植物油的种类是按实际需要来决定的。蒸汽机中所用的船用机油（俗称調水油）就是矿物油和植物油（如菜油）的混合油，植物油的含量約在20%~30%左右。它所采用植物油混合使用的目的，主要是增加潤滑油的油粘性^①和它的油膜稳定性。我們知道，在开式蒸汽机中，各摩擦部件經常会遇到漏蒸汽和水分，如果用了純矿油，因为它对水的亲和力很小，油粘性比較差，潤滑油膜很容易被汽水冲走；而植物油却具有这种特性，对金屬的附着能力很强，遇到汽水以后，能够和汽水化合而成乳化油液，粘附在金屬表面上，不容易被汽水冲走，因而增强了潤滑油膜的稳定性。既然如此，我們为什么不把这种油完全采用植物油来煉制，而仅占有20%~30%呢？主要原因是因为植物油是属于人們的食油，产量也不多，价格又比矿油高，同时植物油也有許多缺点，它容易在高温时起热分解氧化作用，产生炭膠質物容易堵塞油路；它含有多量的脂肪酸能腐蝕金屬等等。所以只需以适当的植物油量混合在内能适合应用就可以了。我国在抗战时期，因为矿油来源缺乏，曾經采用植物油来煉制潤滑油，虽然当时是起了很大的作用，但还是不很經濟和实用的。

下面再把蒸汽机潤滑油的各种性能名称和意义作簡略的解釋。

① 油粘性的意义在第二节第九項內說明。

1. 粘 度

油的粘度是表示油在力的影响下分子移动时发生的阻力来阻止流动的性质。粘度和流度成反比例，粘度高的油就不容易流动，容易流动的油，它的粘度就要低些。

粘度的高低，有的叫厚薄，它是用各种粘度单位来表示，有动力粘度，运动粘度和相对粘度。

1. 动力粘度——在面积为1平方公分的两层液面，相距1公分，以1公分/秒的速度相对移动时，液体所产生的阻力，叫做动力粘度，它的单位叫做“泊”，在温度 t 时的动力粘度以符号 η_t 表示。

2. 运动粘度——运动粘度是以动力粘度和同一温度下液体密度的比值，它的单位叫做“沱”，在温度 t 时的运动粘度以 V_t 来表示。

$$V_t = \frac{\text{动力粘度 } \eta_t}{\text{液体的密度 } d_t}$$

$$\text{在 } 50^{\circ}\text{C 时 } V_{50} = \frac{\eta_{50}}{d_{50}}。$$

以上两种粘度适用于审查和研究工作，在工业上常用的就是下列的相对粘度。

3. 相对粘度——相对粘度，又叫条件粘度；它是采用各种不同的粘度计来测定的，在工业中一般采用的有下面三种。

1) 恩格勒粘度——在我国苏联等国家都采用这种恩格勒粘度，它是以200毫升的试油，在指定温度下从恩格勒粘度计中流出的时间（秒数）与同体积蒸馏水在 20°C 流出的时间（秒数，一般在50~53秒左右）的比值。在温度 t 时的恩格勒粘