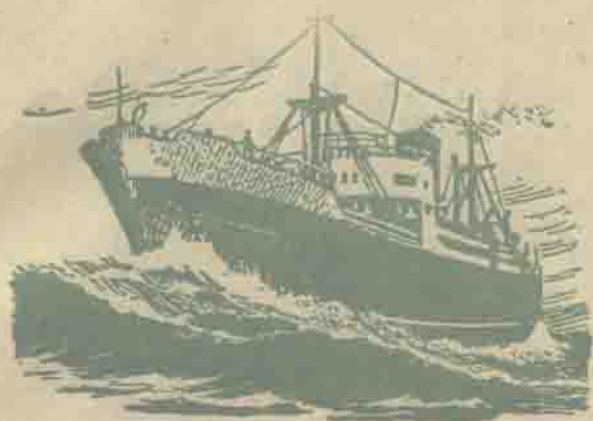




船舶机构的磨耗

工程副博士 C. A. 斯米尔諾夫著
鄒祖芳譯

人民交通出版社

船舶机构的磨耗

工程副博士 C. A. 斯米尔諾夫著
鄒 祖 芳 譯

人民交通出版社

本書編写的目的主要是帮助輪机人員和修船厂的工作人員提高船舶机构技术使用的水平。对于船舶活塞式主机中二个最重要的机組——机軸組与汽缸活塞組的間隙及磨耗，亦有詳尽論述。

統一書号：15044·6095-京

船舶机构的磨耗

С.А СМІРНОВ

ИЗНОСЫ СУДОВЫХ

МЕХАНИЗМОВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО

МИНИСТЕРСТВА РЕЧНОГО ФЛОТА СССР

ЛЕНИНГРАД 1953 МОСКВА

本書根据苏联河运出版社1953年莫斯科-列宁格勒俄文版本譯出

鄒祖芳譯

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厂印刷

1957年3月北京第一版 1957年3月北京第一次印刷

开本：787×1092 1/32 印張：5 1/4 張

全書：100,000字 印数：1~1600册

定价(10)：0.75元

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六号)

目 录

序言	2
第一章 “研究船舶机构磨耗”的问题的提出	4
第一节 研究磨耗的目的, 修理的分类, 定义及术语	4
第二节 零件及集合体的几何特性在研究磨耗中的作用 零件表面的显微几何特性和肉眼几何特性	23
第三节 研究船舶机构磨耗的首要任务	34
第二章 船舶主机的间隙及磨耗	38
第四节 机轴组的间隙及磨耗	38
第五节 汽缸活塞组的间隙及磨耗	115
附录 I ПМ 5 型及 ПМ 6 型机器主要零件的预定使用期限及 修理间隔表	
附录 II 3Д6 型发动机的主要组合件及零件的修理计划表	

序 言

十九次党代表大会关于發展苏联的第五个五年計劃（1951～1955年）所作的指令中，規定到1955年时，內河的貨运將比1950年增加75～80%；內河客輪的生产量將比1950年增加1.6倍。

为了順利地解决十九次党代表大会所賦予內河航运的任务，除了数量的增加外，还必須提高船舶技术使用的質量，尤其是船舶动力設備技术使用的質量。

机器的使用，通称为技术使用；它和机器的制造相比较时，則表现出較低的技术水平。其原因一方面固然是由于在资本主义社会不可能有系統化的观察、研究和总结的条件；另一方面也因为机器和設備的技术使用，比起其制造来，更为复杂，更須持久。

在社会主义社会，对于机器和机构的使用和修理，已具有建立科学基础的一切条件。只有在研究机器及設備磨耗的結果的基础上，規定出机器各个零件和組合件的修理間隔和使用期限的磨耗标准，此一問題方可解决。有了磨耗标准，就能对机器的技术状态建立数值上的鑑定，从而能正确地使用机器並有根据地进行修理。

整个說来，此問題尚未完全解决，但是为了解决它，苏联科学院机器学研究院及若干使用机器的主管机关，对此作了長期的研究。在內河航运方面，对于船舶机构技术使用的改善，也做了巨大的工作。

这本小册子的目的，就是要帮助轮机人员和修船厂工作人员来提高船舶机构技术使用的水平。第一章將論述若干有关机器（特别是船舶机器）技术使用的原理，以闡明問題。第二章則研究船舶活塞式主机中二个最重要机組——机軸組及汽缸活塞組的間隙及磨耗。

作 者

第一章 “研究船舶機構磨耗”的 問題的提出

第一节 研究磨耗的目的，修理 的分类，定义及術語

任何机器、联动机和整个設備，在時間上可分为下列三个时期：1) 設計，2) 制造，3) 使用。

前面两个时期虽較第3时期为短，但具有一定的科学基础，並表现出較高的技术水平。第3时期即使用时期，以時間而論，是最長的时期，但至今几乎还没有科学基础；因而其技术水平不免相形見绌。其原因实由于机器在实际应用的条件下，对其摩擦、磨耗及潤滑的重大而非常复杂的問題，尙少研究，故缺乏关于零件及組合件的磨耗量、使用时期及修理間隔等科学的，有根据的标准的資料。

在这种情况下，不可能对于在使用中的機構就其养护和管理的工作进行有根据的和細致的評價；同时也妨碍了科学地、有根据地組織机器修理，尤其是船舶机器修理。显然，不論是新造的机器（即使是头等的），或是在用使中的机器，均無根据来規定各个零件或組合件能使用多久，以及其修理間隔应为多長。从組織机器修理的观点来看，或者从經濟的观点来看，一部机器的零件及組合件的修理間隔和使用期限如何方为最

好，也是不清楚的。假使不能回答這個問題，我們便沒有根據來確定究竟要修什麼和什麼時候修，要換什麼和什麼時候換；因而必須準備一些什麼配件，在什麼時候準備和準備多少；因此要想對於動力機器，工具機器，傳動聯動機以及其他設備建立一種計劃養護修理制度，不能不感到困難。

列寧說：“勞動生產率，歸根到底是保證新社會制度勝利的最重要最主要的條件”^①。假使不採用各種不同的、質量上愈益完善、數量上日益增加的機器，勞動生產率的提高是不可能的。在生產過程中所採用的機器數量既日益增加，就必然聯想到在其技術使用上需要建立科學的基礎。

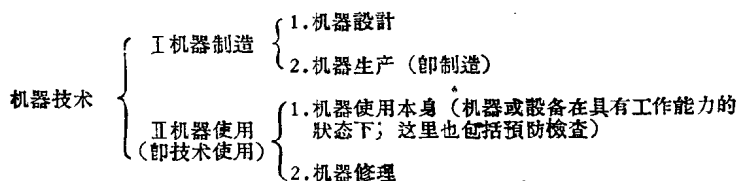
作為技術使用中主要組成部分的機器修理，直到現在，幾乎還是用家庭生產方式進行，大大地浪費了人民的資金。在全蘇第二屆機器摩擦和磨耗會議上，E. A. 楚達柯夫院士說：“約略計算起來，在蘇聯有一百萬以上的工人從事於有關機器磨耗的修理。由此可知，只要稍稍減少磨耗，便可以解放出巨大數量的勞動力；同時可以減少配件的需要量；這些配件每年消耗達數十萬噸金屬，費用達數十億盧布”^②。

從這幾句話中可知：機器的耐磨性不足，則其使用費用會顯著增加。此外，機器的磨耗還減少了它的精度，這在某些生產部門是不能允許的。磨耗也降低了生產率 and 經濟性。由於過份摩擦的結果，使機器磨耗劇烈起來，因此減低了機械效率，表現出能量的損失。在全蘇第一屆摩擦和磨耗會議上，B. A. 楚達柯夫院士說起在個別部門中（例如在紡織機中），由於磨耗而損失的能量達到全部損失的85%。

一般機器技術和船舶機器技術可用下表表示：

① 原文列寧全集 29 卷，394 頁。

② 蘇聯科學院 1951 年版，“機器的摩擦及磨耗”第四卷，第五頁。

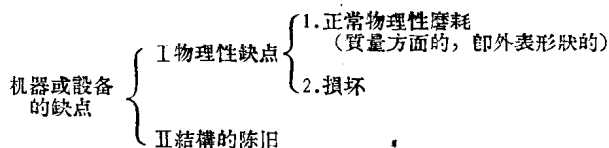


机器制造, 包括机器的設計和生产, 已有一定的科学基础。

如前所述, 机器使用, 包括使用本身和修理, 至今几乎尚無科学基础。更为遺憾的是这一个問題極少引起人們的注意。試看金屬的冷加工, 特別是金屬的高速切削加工, 这是一种最昂貴的加工方法, 在不久的將來很可能会被别的加工方法所代替(用尺寸准确的毛坯, 其加工余量極小), 尚有数百个实验室, 成千上万的科学家, 生产工作者从事于其研究。机器存在一天, 机器的使用及修理 (或至少是进行預防檢查用配件来替换) 亦必然存在。但此問題竟全然未为科学工作者所注意, 或者注意得極不够。此外, 在实验条件下所得到的若干关于“基本对”的結果, 几乎完全不能推广应用到实在的机器中去。

机器使用本身为專門的題目, 此处暫不討論。茲先研究有关机器修理的若干問題。要想为机器修理的組織建立科学基础, 必先确定修理的分类, 給予基本的定义, 並規定出有根据的术语。

机器及其零件的修理, 包括旨在排除缺点或具有特定目的的工作机器或設備的缺点, 可以下表来分析:

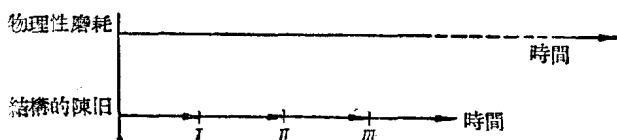


正常物理性磨耗是机器正常工作后的結果，这是因为某些物理方面無可避免的因素，經常或週期地作用所致：如摩擦、腐蝕、浸蝕、彈性变形及塑性变形等等。此等磨耗在数量上各有不同，並可採用适当的結構上，工艺上和使用上的方法来逐步減少，但决不可能全部免除；因为引起磨耗的因素是不可能消除的。以質量而論（即外形所見），它們是具有一定的特性的；在大多数場合下，是可以預見的，这种磨耗按其性質來說，是可以加以計劃的。

机器或其个别零件及組合件的損坏系由于脱离了或違反了結構上、工艺上，及使用上的諸性質所致。故損坏不能加以計劃。

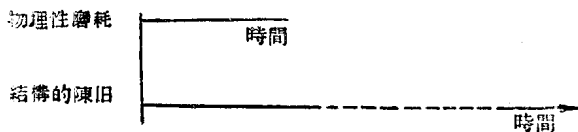
机器或設備結構的陈旧，从較完善的或根本改善的机器出現时开始。当然，新的較完善的机器或設備具有較好的或較高的生产特性。物理性磨耗的时期与机器或設備的陈旧，不能常相符合。茲举数例于下：

例 1：旧式船用蒸汽机



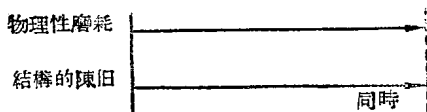
如圖所示，机器的物理性磨耗發生得並不快（若干机器已經用过了七十年，而仍然处于优良的物理狀況之下），但在同时期內，它在結構上已陈旧过几次，因而需要现代化：Ⅰ——由于蒸汽压力过低而陈旧；Ⅱ——由于蒸汽状态而陈旧（原为饱和蒸汽而非过热蒸汽）；Ⅲ——由于循环而陈旧，大大的超过了物理性磨耗。

例 2：現代航空發動機



在此場合，物理性磨耗進行相當迅速（有一定的較短的發動機壽命），而結構的陳旧相對來說卻比較遲緩（指發動機從裝配上拆除），此處物理性磨耗大大超過了結構的陳旧。

例 3：假設一種理想的情況，其時機器的物理性磨耗的時間和它結構的陳旧符合一致。即機器用到最后時，物理性磨耗既到了極限，而且其結構亦完全陳旧。這可用下圖來表示：



按照極需排除的缺點和失常的來源，以及所施行的船舶修理工作（在機構部分）的既定目的，船舶修理可分為五大類：

- 1) 計劃養護修理；
- 2) 現代化；
- 3) 事故修理；
- 4) 改建修理；
- 5) 恢復修理。

以上五種修理原則上（質量上）互不相同，即其所以需要修理的原因，是有所區別的。例如汽缸的搪鏟，在計劃養護修理和事故修理二種情形下，技術上毫無不同；但在計劃養護修

理，是由比較長期的正常物理性磨耗所引起；而在事故修理，則是由于損壞，亦即由于事故所引起，由于某種偏差或破壞力量的作用，汽缸被“咬住”。在此五大類修理中，每種又可根據各種不同的條件，再分成若干類的修理。但此等修理只是數量上的而不是質量上的分別，故非原則上的分類。

1) 計劃養護修理（或其他的計劃性修理）：目的是要排除、減少及防止正常物理性的磨耗。這一類的修理是最主要的，最經常的，在船舶修理工作量百分比中佔絕大多數的一種。

2) 現代化：目的是要排除或減少機器或設備在結構上的陳舊性，因而亦在改善登記的（使用的）特性。物理性的磨耗和結構的陳舊愈相適應，則現代化在船舶修理總量中所佔之百分比愈少。

3) 事故修理：目的是要排除損壞及折裂。隨着科學和技術的發展，亦即隨着機器不論在生產時或使用时均有了更有效更可靠的檢驗方法，並隨着生產紀律的加強，事故修理在船舶修理總量中所佔的比重，將次第減少，原則上應使它等於零。

4) 改建修理：為經濟要求所引起，例如客船改裝為干貨船等等。

5) 恢復修理：目的是要排除災患的後果，例如，火災船舶沉沒等等。此類修理帶有偶然的性質（戰時或戰爭剛結束時，或重大事故之後），理應逐漸減少其佔船舶修理總量中所佔之百分比。

由此可知：只有第一種修理，即是計劃養護修理是主要的修理。此類修理又分成三個小類：a) 小修，б) 中修，в) 大修。先進的輪機師在布爾拉考夫方法的基礎上來使用機械，拒絕由工廠施行小修，而自上次中修一直航行到下次中修或到

最近一次大修。

某些国家中，只规定了二种修理即：a) 中修，b) 小修，而無大修。

最近十五年以至二十年来，有各种修理分类法的方案提出（有4种、6种以及12种小类的分类方法）；此等分类部分是根据經驗和傳統，部分是根据若干統計資料而建議的，但均缺乏充分的科学基础。

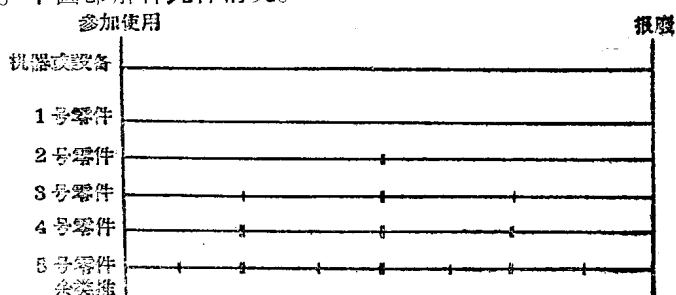
我們可按下面的方法来确定修理类别的数目和性質，以及其順序。

現在，当設計机器时，总要进行强度計算；至于磨耗計算（即根据一定的修理間隔及使用期限），則由于缺乏計算标准几乎不予进行。仅有一些关于加热和潤滑油不被挤出（一定的單位压力）的尺寸限制，其根据亦欠充足。

一个理想的机器，在强度計算方面，假使零件各部均能承受在某种工作条件、材料种类、变形种类及零件职能的情况下所允許的应力，則可称为“等强度原則”。同样，此机器在磨耗計算方面，假使各个零件及組合件的使用期限等于整个机器的使用期限，則为“等磨耗性”；假使机器的使用期限等于各个零件及組合件的使用时期及修理間隔的数倍，則为“倍磨耗性”；可总称为“等磨耗性及倍磨耗性原則”。很可能在若干生产（尤其是不間断的生产）部門中，将会合理地創造出一些等磨耗性的机器，就是說此等机器不需要修理；当其主要的組合件磨耗后，即用新的机器来代替。

但在其它的情况下，此种等磨耗性原則，不論从結構观点或經濟观点看来，都是不合理的。此种机器应在等磨耗性及倍磨耗性原則的基础上来設計，亦即在它里面的某些零件及組合件在整个机器的使用期限中可以不必要更換，也不必修理；而另

一些零件則需要更換或受到一次、二次、三次或四次等的修理。下圖即解釋此種情況。



圖中第一橫綫表示機器或設備的使用期限。1 号零件和機器或設備是等磨耗性的，因此不需修理，亦不需更換。2 号零件在機器或設備的使用期限內需要更換一次（用二根短的豎綫表示），故此零件，以使用期限而論，它的倍數是 2。3 号零件在機器或設備的使用期限內將被更換一次（以雙短豎綫表示），而在更換前已被修理一次（以單短豎綫表示），故此零件，以使用期限而論，它的倍數等於 2；但以修理間隔而論，它的倍數等於 4。4 号零件的倍數，以使用期限而論等於 4。5 号零件以使用期限而論等於 4，但以修理間隔而論，則等於 8。

當“等磨耗性及倍磨耗性原則”和“等強度原則”同時實行時，則早在機器設計之時，就可定出修理計劃表。已在使用中的機器或設備，也同樣可以定出修理計劃表。

被設計的機器或設備的使用期限（以年數、航期或小時數表示），應在技術和經濟的基礎中予以制定。這是非常艱難的任務，但是必須予以解決。即使是近似的數值也好，只要在实际應用中有足夠的正確性即可。我們應當這樣規定機器或設備的說明使用期限，即使其物理性磨耗只是在機器的結構陳旧得相當大的時候開始。當然，要想使機器的各部零件同時完全磨

耗，並且機器的結構也同時全部陳舊，這在實際上是很难設想的。但是，假如我們只取主要的，有限的零件（如在內燃機或蒸汽機中之曲拐軸及汽缸），以及機器的主要技術經濟指標（如燃料的消耗量，效率，單位重量，管理的價值和便利，使用費用等）作為基礎，則我們可以得出這樣一個機器的總的使用期限，其主要零件的物理性磨耗和整個機械結構的陳舊，約略相符合一致。當然，實踐可能將設計的假定逐漸修正，但假使我們力圖在設計之初，即預定機械的總的使用時期，也必能逐漸接近真理。

至于已在应用中的机器或設備，关于總的使用期限問題的解决已不甚重要。在這方面，当編制修理計劃表時，重要的是要按各个零件及組合件的局部使用期限及修理間隔來確定倍数，以保證為組織機器修理，創立科學的、有根據的制度。

举例來說，假使出于技術和經濟的考慮，規定一部已知機器的總的使用期限為24年。為了符合等磨耗性及倍磨耗性原則，組成它的零件及組合件，其使用期限及修理間隔應合乎下列諸數字：1、2、3、4、6、8、12、24年

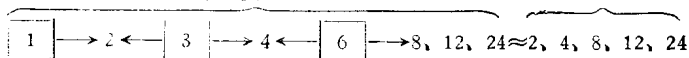
用1、2、3、4、6、8及12表示使用期限及修理間隔的零件及組合件，就是倍磨耗性的；因為表示機器的總的使用期限的數字24是此等數字的倍数。用24來表示使用期限及修理間隔的零件及組合件，就整部機器而言，是等磨耗性的。

現在就容易為此已知機器作出修理計劃表：

使用年數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
修理分類	I	II	III	IV	I	V	I	VI	III	II	I	VII
使用年數	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
修理分類	I	II	III	VI	I	V	I	IV	III	II	I	報廢

可知共有七种修理分类。但假如我們从此一系列数字中取消若干数字，則修理分类的数目即可减少。例如，我們若將使用期限或修理間隔原为一年的零件及組合件，从結構方面和工艺方面予以加强，使它提高为二年；又將使用期限或修理間隔原为三年的零件及組合件，从結構方面和工艺方面予以加强，使之提高为四年；或予以減弱，使减少为二年。則使用期限及修理間隔的数目即將减少

余 类 推：



按此可作成修理計劃表如下：

使用年数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
修理分类	—	I	—	II	—	I	—	III	—	I	—	IV

使用年数	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
修理分类	—	I	—	III	—	I	—	II	—	I	—	报废

此处修理分类已非前述的七种，而为下面的四种：

I. 修理或更換使用期限（或修理間隔）为二年的零件及組合件；

II. 修理或更換使用期限（或修理間隔）为二年及四年的零件及組合件；

III. 修理或更換使用期限（或修理間隔）为二年、四年及八年的零件及組合件；

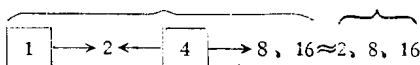
IV. 修理或更換使用期限（或修理間隔）为二年、四年及十二年的零件及組合件。

茲再舉第二例：若出于技术和經濟的考虑，規定机器的总的
使用期限為16年。則依照等磨耗性及倍磨耗性原則，組成它的
零件及組合件應採用具有下列諸數字的使用期限 及修理 間隔，
即：1、2、4、8及16年。

對此機器可作出下面的修理計劃表：

使用年數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
修理分類	I	II	I	III	I	II	I	IV	I	II	I	III	I	II	I	報廢

若按前例的方法，從此數字列中除去1及4兩個數字，則
可得出下面新的數列：



按此可作成下面的修理計劃表：

使用年數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
修理分類	—	I	—	I	—	I	—	II	—	I	—	I	—	I	—	報廢

此處已從前表的四種修理分類減少為二種修理分類，即：

I. 修理或更換使用期限（或修理間隔）為二年的零件及組合件；

II. 修理或更換使用期限（或修理間隔）為二年及八年的零件及組合件。

如此，我們可從等磨耗性及倍磨耗性原則，得出修理分類的數目、性質及順序。有了預料和支配各個零件及組合件。使用期限的能力，便可將機器設計的水平提高一步；並可為修理部門（特別是船舶機器修理部門）的組織奠定科學的基礎。修理計劃表能供給我們在計劃養護修理（不論何種制度）中所需