

043230

8737

YGL

庫吉耳著

汽車及其機構
試驗方法

第五冊



機械工業出版社

汽車及其機構試驗方法

第五冊

汽車滾動軸承

庫吉耳著

天拔譯



機械工業出版社

1958

出版者的話

本書是苏联国立机器制造書籍出版社 (Машгиз) 出版「汽車及其機構試驗方法」的第五冊——汽車滾動軸承。第一冊——汽車离合器已出版；另外还选定了这部書的第四、六、七冊，它們也將陸續翻譯出版，这几冊的內容分別為汽車的轉向機構、制動機構以及動力性能和經濟性的試驗。其他分冊因為尚未見到原文版，故暫不列入。

本書內容是关于在實驗室和道路試驗的條件下試驗汽車离合器、變速箱、驅動橋、車輪、轉向系、轉向節銷以及懸挂系鉸鏈中的滾動軸承的基本知識。書中敘述了專用的和萬能的試驗台及裝置，介紹了关于汽車工作狀況和軸承試驗方式的資料，并指出怎樣在試驗時檢查軸承的尺寸及其狀態。

本書系供汽車拖拉機工業及滾動軸承工業各工廠和科學研究機構中的工程技術人員以及高等學校的教師們參考之用。

苏联 P. B. Кутель 著 'Методы испытания автомобиля и его механизмов выпуск 5 подшипники качения автомобилей' (Машгиз 1953 年第一版)

*

*

*

NO. 1527

1958 年 4 月第一版 1958 年 4 月第一版第一次印刷

850 × 1168 $\frac{1}{32}$ 字數 133 千字 印張 5 $\frac{8}{16}$ 插頁 1 0,001—1,500 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號 定價(10) 1.00 元

目 次

原序	5
1 汽車軸承的性質和特點	7
2 汽車軸承的試驗種類	12
試驗分類	12
各種試驗的簡要特性及其應用範圍	13
3 汽車軸承的試驗方式	16
使用負荷的分類	16
軸承按工作性質和損壞形式的分類	18
試驗方式的分類	21
疲勞和磨損試驗的方式	23
汽車的工作狀況	28
計算和使用的結果與工作狀況的關係	40
4 試驗時軸承尺寸和狀態的檢查	43
總則	43
軸承中的游隙	44
裝配高度	48
噪音和旋轉靈活性	49
工作表面的狀態	53
確定軸承損壞的開始，廢品標志	58
5 在萬能試驗台和夾具中測定軸承的使用壽命	61
6 在專用試驗台和夾具中測定軸承的使用壽命	79
离合器軸承的試驗	79
變速箱軸承的試驗	86
萬向節軸承的試驗	100
驅動橋軸承的試驗	105
車輪軸承的試驗	115
轉向系軸承的試驗	124
轉向節銷和懸挂鉸鏈中軸承的試驗	129

7 在汽車行駛和道路試驗時測定軸承的使用壽命	136
8 軸承剛性的研究	147
9 軸承內部摩擦的試驗	156
附录1 車輪軸承的調整数据	164
附录2 驅動橋軸承的調整数据	166
附录3	170
参考文献	171

原 序

第十九次党代表大会在对 1951~1955 年發展苏联国民經济的第五个五年計劃所作的指示中指出：設計新机器时，必須在改善質量的同时减低机器的重量。这个指示对汽車工業也完全适用。在大量生产的条件下，实现这一指示將取得巨大的国民經济效果，这不仅表現在材料的節約上，而且表現在汽車使用經濟性的提高上，这一經濟性是由汽車中各总成的使用寿命和耐久性的提高而决定的。

最现代化的汽車結構，可以在試驗研究工作和全面試驗整輛汽車及其各个总成与機構的基础上創造出来。因此，同时也为了統一各种試驗方法，苏联汽車与發动机研究所（HAMH）的汽車專業實驗室和苏联科学院机械研究院的汽車實驗室一起，对現有的汽車及其機構的試驗方法进行整理，总结經驗和互相評比的工作，以便选出并建議采用最合理的方法。这一工作的成果以成套性的文集形式出版。

这一册是講滚动軸承的試驗。滚动軸承几乎是近代汽車所有总成中最重要的重要组成部分之一，在很大程度上它不仅决定这些总成的使用寿命和可靠性，而且影响其外廓尺寸和重量。

書中提出了滚动軸承按其工作特性和損坏情况的分类方法；介紹了关于汽車使用时的工作情况，关于軸承的磨損和疲劳試驗方法，关于軸承的剛性試驗以及軸承內部的摩擦試驗等知識。

書中所研究的軸承試驗方法，只是在汽車工厂和研究院中实际上已采用并應該采用的一些方法。对于与提高軸承使用寿命有关的諸問題的研究，予以極大的注意，而对于在試驗台上試驗軸承，这主要是在軸承工業的實驗室中应用，則只作簡短的介绍。

本書曾在有汽車和軸承工業專家参加的會議上討論过；專家

們的意見已在書中予以考慮。如尚有意見和願望，請直接函告莫斯科第三雅考夫斯基街第一區蘇聯國立機器製造書籍出版社。

科學院院士邱達可夫 (Е. А. Чудаков)

1 汽車軸承的性質和特點

滾動軸承最重要的性質是：

使用壽命（耐久性），以軸承在一定負荷下到發現損壞或有必要更換時為止的轉數或工作小時數表示；

剛性，以套圈之一在負荷下與另一套圈的相對位移值表示；

迴轉阻力，以軸承內部在一定轉速和負荷下的摩擦係數或摩擦力矩表示。

這些基本性質的意義視裝置軸承的地位而定。對汽車軸承來說，具有最重要意義的是前兩個性質，其中一定的使用壽命是對所有軸承的共同要求；而剛性只是對某些部件上軸承的要求，在這些部件上，與軸承連接在一起的零件在負荷下而發生的相對位移是有限制的。

正確地選擇軸承和支座的構造，可以使摩擦不致十分巨大，因此研究汽車軸承的摩擦數值並不具有首要的意義，除非軸承的質量或其預先過盈是按摩擦大小來決定的。

在汽車上，軸承因強度不夠而損壞的情況是極少的，因此，只有在極個別的情況下才檢驗和研究軸承的強度；要是軸承的尺寸選擇得當，軸承的損壞一般是由於裝配工作或者軸承本身、或者部件的結構有某種缺陷而引起。

任何型式滾動軸承的基本性質——在相應負荷和轉數下的一定的使用壽命——都是與許許多多變化的因素有關的，這些因素可以分為兩類。

下列第一類因素是與軸承的材料、制造工艺和精度有關的。

1. 金屬的組織和硬度，滾動表面上非金屬夾雜物的數量和分布情況。

2. 在機械加工和熱處理過程中發生在金屬表面上的應力的

大小和性質。

3. 滾動表面和滑動表面的加工光潔度。
4. 在一個軸承中，各滾動體大小的差異。
5. 形成套圈和滾子的滾動表面的基綫與直綫的偏差度。
6. 滾動表面對軸承迴轉中心綫的相對位置的準確度。
7. 球和滾子以及其與套圈滾動表面相接觸的幾何形狀的正確性。
8. 原始的徑向和軸向游隙數值（在不能調整的軸承上）。
9. 保持架的制造精度及其所用材料的性質。
10. 軸承裝置表面的橢圓度和錐度，以及其對軸承迴轉軸心綫的相對位置的準確度。

下列第二類因素是與軸承的工作條件有關的。

1. 軸頸、軸承座孔和軸承套杯配合表面對軸承迴轉軸心綫的相對位置的準確度。
2. 軸、軸承座和蓋的剛度。
3. 軸頸和軸承座孔的橢圓度和錐度。
4. 軸承在軸上及座中的配合性質。
5. 不能調整的軸承裝在軸上和座中之後的徑向和軸向游隙（或過盈）。可調整的軸承在部件調整後的游隙（或過盈）。軸承在工作中因磨損而形成的游隙的增大。
6. 與軸承一起旋轉的零件的平衡準確度。
7. 潤滑剂的性質及其數量，潤滑剂的純淨度，對機構中其他零件的磨損產物落入軸承中的防護程度。
8. 軸承散熱的強度。

所有上述第一類因素和部分第二類因素都可以用軸承本身以及與其相配合的零件的制造公差來限制。然而有時由於採用了不夠嚴格的公差或離開了規定的極限，軸承金屬材料的不一致和熱處理的不能保持一致，即使在允許的微小範圍內的尺寸變化，以及互相配合零件實際尺寸的各種不同的結合，都會使軸承的試驗

結果有極大的分歧。

在軸承工業創始初期，同一型式軸承在試驗台上用完全相同的條件進行試驗，其最短與最長的使用壽命比例是 1:1000。到 1918 年這一比例約等於 1:400，如今在大多數情況下，對高質量的球軸承的這個比例是 1:40，對圓錐滾子軸承是 1:20，將來在軸承生產工藝進一步發展之後，這一比例還可以再下降。

這種分歧，一般是因疲勞而損壞的零件的特點，特別為工作表面受到巨大的局部應力作用的軸承所固有，因此，金屬材料性能的不一致、滾動表面的局部缺陷、零件形狀的不正確以及其他個別特點都對疲勞強度有十分巨大的影響。軸承試驗結果的這種分歧的大小是軸承均勻性的指標，也就是標志產品質量的最重要特性之一。

前面列舉的每一因素對軸承使用壽命的影響是各不相同的，而且與試驗的情況有關。例如，表面缺陷和非金屬夾雜物在大負荷時有很大的影響，而軸承零件外形的不準確及其與迴轉中心線的相對位置的不正在高速時特別有影響等等。

從數量上來估量某個因素的影響大小是十分困難的，雖然已經這樣嘗試過，但所得到的數字沒有重大的價值。試驗者的任務在於在試驗時最大限度地除去變動因素的數目或尽可能地減弱它們的影響。根據這樣的任務，前述各因素可以分成：a) 全部或部分地與試驗者有關的；b) 與試驗者無關的。

受軸承製造特性影響的第二類因素是與試驗者無關的。只需在試驗前証實用作試驗的軸承樣品完全符合國家標準或專門技術條件的要求，並且測量和記錄其所有的必要參數[●]，以便尽可能準確地了解樣品的個別特性。

第一類因素是與試驗者有關的，同時應當區分開下列兩種情況。

1. 軸承不在汽車總成中而在萬能試驗台和夾具上單獨地試

● 參看第四類[試驗時軸承尺寸和狀態的檢查]。

驗。这时，必須保證試驗台的主要元件有这样高的制造精度并这样的选择它的結構，使得像軸和座的剛度不够、軸頸和座孔的橢圓度、錐度和不同心度、与軸承配合的零件的平衡准确程度等等的影响可以变成最小。此外，对整批的試驗軸承來說，这些因素的影响应大致地保持不变。

2. 軸承与汽車总成装在一起試驗。这时，試驗者要选择安装軸承的总成，而这一选择又与当前試驗的任务有关。

試举若干例子。

为了明确軸承在可能最坏的条件下的情况，應該选择出由誤差最大的零件（在規定的公差範圍內）在最不好地組合条件下組合的总成。

为了明确軸承在一般条件下的工作質量，應該选择这样的总成，它的零件或是用中等誤差（在公差範圍內）或是用最常見的誤差制造的。对不同軸承进行比較試驗时，必須尽可能消除外来附屬因素的影响并选择这样的总成，它的零件离开名义尺寸的誤差最小。为了明确总成上某种缺陷对軸承工作的影响，應該选择具有这种缺陷的总成；而其他方面的誤差在这时通常應該是中等的或是最小的。

把大量的軸承裝在同一个总成上进行試驗常常是不可能的，因为在試驗过程中，与軸承配合的零件是要磨損并损坏的。因此，試驗軸承时應該有許多同样的总成，視其磨損程度而替换。对于一种試驗，應該选择尽可能具有同样的本身个别特性的汽車总成，小心地測量并在試驗报告中記錄每一总成的全部特点。

前面所述的試驗結果的巨大分歧决定了試驗的規模。

不在汽車的总成中，而在万能試驗台上單獨地进行測定軸承使用寿命的試驗时，被試驗样品的数量一般应不少于 30 个。

軸承与汽車上总成装在一起进行試驗以測定其使用寿命时，常常可以根据較少次数的試驗来做出必要的結論。例如，在某些被試驗的总成中，当与軸承相配合的最重要的零件损坏之后，軸

承仍保持着良好的状态，那末这些轴承可以被认为是合格的。反之，要是即使在部分被试验的总成中，轴承比总成中的主要零件损坏得早，那就表示轴承必须加强。

如果需要确定轴承与总成装在一起的平均使用寿命，在同样条件下进行试验的样品数量在理论上应该比在万能试验台上试验时更多一些，因为当轴承装在汽车总成上工作时，使试验结果分歧的因素是加多了。然而在实际上，试验结果的分歧可能不增大，因为由于轴和盖的刚度不足（在负荷增大的作用下试验），轴承的使用寿命与其在万能试验台上试验时相比是下降的，这就使得各使用寿命的数值相近。

载重汽车变速箱在第一档和在第一根轴上的扭矩等于发动机最大扭矩的110%时的试验结果可以说明上面这一点。中间轴（用第一档时负荷最大的轴）的18个后轴承的使用寿命用小时表示如下[⊙]：40；43；43；49；54；54；54.5；56；64；75；81；101；107；147；149.5；294；311；421。因此试验结果的分歧程度约1:10，但对18种轴承中的15种轴承来说，这一分歧总共不过1:3.8。

⊙ 试验结果按使用寿命的增长次序而列。

2 汽車軸承的試驗種類

試驗分類

滾動軸承的試驗有各種不同的方法，根據研究的性質和任務，所用的設備、軸承在汽車部件中的工作特點以及根據軸承的那些在某一研究中應最完全地暴露的特性而定。

按研究的性質和試驗所用的設備，汽車軸承的試驗分類可以有下列幾種：

1. 軸承元件的實驗室試驗。
2. 軸承不在汽車的總成中而單獨地在萬能[●]試驗台和夾具中的實驗室試驗。
3. 軸承與汽車零件或總成裝在一起的實驗室試驗——用專門的試驗台和夾具。
4. 軸承在使用過程中以及在汽車道路試驗時間內的試驗。

若按試驗的目的和評價結果的方法來分類，可以分成比較性的和檢查性的試驗。

比較試驗用來比較不同型式及尺寸或同一型式而用不同方法制成的軸承的使用壽命和其他性質。

檢查試驗是為了確定被試驗的軸承是否適合於設計的汽車總成、為了決定軸承的特點以及在其裝置的總成中工作時的使用壽命，為了明確與機構中其他零件的損壞順序相比較的軸承的損壞順序。

若按汽車軸承的被研究的性質來分類，可以分成下列各組：

-
- 試驗台的「萬能性」應理解成為這樣的意義，它是用來試驗一定型式的軸承而與該軸承屬於那一部分汽車總成無關。在這種情況下，有時也採用「試驗通用軸承的試驗台」這一名稱。

1. 決定軸承使用壽命的試驗（這裡包括因疲勞、磨損或其他原因而損壞之前的試驗）。
2. 軸承剛性的試驗。
3. 軸承中摩擦的研究。
4. 採用各種不同潤滑劑時對軸承工作的研究●。

各種試驗的簡要特性及其應用範圍

軸承元件的實驗室試驗通常是為了研究球或滾子與軸承的外圈或內圈的相互作用。只研究軸承的這兩個元件的工作情況的優點在於消除部分變化因素對試驗結果的影響，使有可能比較容易地去深入研究軸承在工作中的過程。而且這些過程在某些情況下還可以以這樣的方式再出現，使其易於觀察和有可能按所希望的方向調整其過程。

軸承元件實驗室試驗的應用範圍只限於在軸承工業研究院和實驗室中所進行的專門性的試驗工作；而建議在汽車工廠實驗室中進行軸承元件的實驗性研究是不適當的。

軸承單獨地不連汽車總成的實驗室試驗是在軸承工業的實驗室中系統地和大規模地在萬能試驗台上進行，但在許多情況下，在汽車工廠的實驗室中也以不大的規模進行，其目的是：

- 1) 抽查軸承質量；
- 2) 深入研究作為汽車中薄弱環節的軸承的工作情況；
- 3) 決定在重新設計過的總成上的重要軸承的使用壽命。

軸承使用壽命的研究應用得最為廣泛，做出了許多不同的試驗台，使大量軸承能在穩定的條件下同時和連續地試驗。

軸承與汽車總成裝在一起的實驗室試驗（或在可以使總成工作條件近似地再現的專用夾具中）主要是在汽車工業的實驗室中進行，而很少在軸承工業的實驗室中進行。在多數的情況下，這

● 其他兩種試驗——軸承噪音的深入研究和極限轉速的決定——在汽車工業中一般是不進行的。

种試驗是在研究整个总成工作的过程中进行的，但也常常做轴承部件的專門試驗，以便于了解轴承在一定的条件下是怎样工作的，或决定早期损坏的原因和性質。

比較最后两种試驗时，應該注意轴承在試驗台上不在汽車总成中而单独地进行試驗时，如試驗台的構造适合于相应的試驗条件，可以使观察容易并可以把影响試驗結果的变化的使用因素的数量和作用减到最小；因此試驗結果的分歧就縮小了。

当轴承与汽車总成装在一起試驗时（或与总成中裝置轴承的那一部分），同时进行試驗的轴承数量要减少很多。可是这时这一总成的个别特性会影响試驗的結果，因此試驗結果的分歧可能增大，而且很难比較在不同总成中被試驗轴承的特性；此外，在許多情況下，轴承的观察也比較困难。不过当轴承与总成在一起試驗时，轴承的工作条件（負荷的性質和数值，潤滑和散热的情况，互相配合零件的影响等等）比在万能式試驗台上試驗时更近似于轴承在汽車行駛时的工作条件。

因此，这时的試驗結果較便于与使用数据相比較。此外，在試驗整个总成时，轴承的工作可以与机构中其他零件的工作相比較，可以看出轴承在强度条件和总成的修理寿命方面是否合适。

最后两种試驗的上述特点决定了它們的主要应用范围。

在用来試驗一定型式轴承的万能試驗台上和夾具中（与轴承属于那一部分汽車总成无关），适宜于进行轴承的比較試驗。

在以汽車总成（或总成中的轴承部件）为構成元件的專用試驗台上和夾具中，适宜于进行檢查試驗。轴承与汽車总成装一起来进行比較試驗也是可能的，但比較昂貴和困难，因为在比較本身特性或多或少是相同的轴承时，为了获得明显的結果，需要大量的試驗（这是由于以下的原因：第一，試驗結果的分歧程度；第二，与总成装在一起时，总共只試驗一、二个轴承）。

轴承在使用过程中以及在汽車道路試驗時間內的試驗是观察轴承在一定的使用条件下的工作情况并记录其损坏的类型、原因

和時間。從這些觀察的結果中可以獲得非常寶貴的知識，尤其是觀察了很多的汽車的話。由於大量的汽車行駛在試驗者的視野之外，一般不可能把引起某種損壞的全部情況都弄清楚，這並不錯，但大量的觀察可以在一定限度內彌補缺乏關於損壞情況的詳細知識這一缺陷。

很自然的會發生試驗價值的比較問題，一方面是實驗室試驗，另一方面是使用和道路試驗。

滾動軸承的實驗室試驗是檢查其製造質量的唯一有效的方法。

軸承與汽車上相應總成裝在一起的實驗室試驗是檢查支承部件的結構和檢查選擇軸承的正確性的最重要的方法。

在使用試驗時可以獲得極為寶貴的知識，但使用試驗不能代替實驗室的研究，因為在對近代汽車軸承所要求的使用壽命 80,000~160,000 公里或更多以及在汽車每年平均行駛 20,000~40,000 公里的情況下，要得到足夠的使用資料，一般需要好幾年。而且就在設計新汽車或其總成時，實驗室試驗常常是及時地用試驗方法檢查結構的唯一可能的方式。

製造得正確的軸承的剛性和強度決定於它的結構：套圈的形狀和尺寸，滾動體的數量和尺寸等。因此對一定型式和尺寸的軸承來說，這些特性多少是固定的，不需要對這些特性進行多次的試驗。軸承內部的摩擦是一個變化的數值，它與製造質量有關。軸承的使用壽命也是一個變化的數值，它與上面列舉的許多因素有關，因此需要經常和長期的試驗。這類試驗對汽車來說具有特殊的意義，因為滾動軸承是汽車上唯一的，多年以來各處都是以疲勞強度來計算的零件，而且設計師能較早地算出近似的使用壽命的小時數。

近年來，汽車上其他重要零件（齒輪、半軸、彈簧、轉向節銷等）的計算方式也循這個方向發展，它們也是由於疲勞而引起損壞。在研究汽車軸承的使用壽命特別是在比較實際的和計算的使用壽命中所積累起來的經驗，也可以部分地用到其他零件上去。

3 汽車軸承的試驗方式

使用負荷的分類

引起汽車零件一切主要的損壞種類的負荷，大致可分成三類：

1) 中級和輕級的使用負荷； 2) 重級的使用負荷； 3) 最大的偶然負荷。

傳力機構中的中級和輕級的使用負荷是大部分常用汽車在其大半的使用壽命期中，在最普遍的使用條件下所常有的，它的特點是當汽車主要在變速箱的高檔行駛時利用了發動機最大扭矩的20~60%。

汽車行走部分零件(車架、車廂、懸挂、車輪、驅動橋殼)當汽車在良好的堅硬路面的道路上以及在干燥平整的土路上行駛時，具有中級和輕級負荷。

傳力機構的重級使用負荷發生在利用了大部分的發動機的最大扭矩并降低變速箱中的變速檔時；最大的力是以它可以用来使車輪與路面嚙合的力為限。

汽車行走部分的重負荷是發生在當汽車行駛于潮濕而多轍的土路和雪路上、多坑的村道上、路面損壞了的道路上、巨大石塊的石路上，這時汽車常常受到沖擊，沖擊力比靜負荷大50%~150%。

最大的偶然負荷是發生在例如猛烈的接合離合器或在離合器未分離時猛烈的制動汽車時，這時傳力機構受着飛輪慣性力矩所產生的負荷。這一力矩，根據E. A. 邱達可夫院士的資料[33]，可以比發動機最大扭矩大7~8倍。

急劇的轉彎可以作為車輪軸承負荷的另一個例子。

負荷的特性與因此而產生的損壞的主要形式之間的近似關