

船舶小叢書

船用柴油机的修理与安装

吳家驥 編著 金庆驥 校

6

人民交通出版社

船舶小叢書
船用柴油機的修理與安裝

吳家驥編著 金慶驥校

人民交通出版社

本書簡明扼要地分析了筒型活塞船用柴油機各主要零件和部件損壞的現象和原因，敘述其修理、裝配、檢驗的先進方法及有關措施，並介紹了合理改進的工夾具和檢驗標準。書中對於曲軸的修理和安放的操作規程、連杆螺釘的檢驗、燃油裝置的調整及正時的程序等重要問題引述特詳。

可作為輪機工人、柴油機修理和使用人員的實用讀物。

船用柴油機的修理與安裝

吳家驥編著 金慶驥校

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

新華書店北京發行所發行 全國新華書店經售

人民交通出版社印刷廠印刷

*

1955年9月上海第一版 1965年3月北京第8次印刷

開本：787×1092_{1/32} 印張：1¹/₈張

全書：35,000字 印數：16,691—23,240冊

統一書號：15044·6043

定價(科四)：0.18元

目 錄

一	修理的準備工作.....	1
二	曲 軸.....	3
三	活塞連桿組件.....	13
四	軸 承.....	22
五	各重要零件的修理與安裝.....	26
六	燃油裝置.....	33
七	正 時.....	40
八	引擎大修後的總裝配.....	43

一 修理的準備工作

定期檢查和計劃（預防性的）修理是引擎工作壽命和安全運轉的重要關鍵。修理工作可分臨時修理、中修和大修三種。臨時修理是船舶在航行期間由輪機人員定期執行，其工作範圍包括：更換曲軸箱內潤滑油、水泵填料、活塞環；清理濾油器、空氣濾清器、噴嘴油孔；調整配氣機構公隙；檢查各重要螺柱、螺母的緊固程度；測量連桿螺釘永久伸長變形；檢查並調節各軸承油隙、嚙合齒輪的公隙及研磨氣閥等工作。中修工作範圍包括：檢查和更換活塞、連桿、軸承、缸套、氣缸頭、氣閥等零件；清洗和檢查各泵、清除冷却器及冷却水套內的水垢；檢視主軸承的沉落和磨損情況；量測曲軸軸頸，但並不吊起曲軸。大修時引擎長期停止工作，把它由基座拆下，運到車間進行檢查、修配或更換各損壞和磨耗的零件、組件。通常包括更換或搪製缸套，修磨曲軸軸頸，重澆軸承，修理凸輪、齒輪、燃油泵、噴油器和調速器等工作。大修後應恢復引擎原有的工作能力。此外，尚有零件遭受意外損壞的事故修理。

定期檢查的周期和個別零件的更換期視引擎的構造、運轉情況、保養制度、所用燃料和滑油的品質及零件的材料、個別零件工作情況而定。通常，船用柴油機經過 8,000~15,000 工作小時後應進行大修，經過 1,000~2,500 工作小時後應進行檢查，輕型高速引擎在 500~1,000 工作小時後即需檢查和調整。

某些易於磨損和發生故障的零件，在航行時需帶有備件以便更換。備件包括：缸套、活塞各一只，活塞環數套，噴油器數隻，裝好各零件的氣缸頭一只，曲柄軸承、連桿螺釘及活塞銷軸承各一付。高速引擎則尚須備帶連桿總成一套以應急用。

大修時拆卸引擎前的準備項目：

- 1) 起重設備，如吊車、葫蘆、千斤頂、鈎環及繩索等；
- 2) 安放笨重零件的墊木、支架，放置零件的台架，以及清洗零件的容器等；
- 3) 拆卸的工具、檢驗的量具、零件標籤、零件損壞情況表、測量記錄表格；
- 4) 畫綫工具，以便在某些零件的相對位置上做出對定綫，便於裝配：如連桿螺釘和螺母、配氣機構齒輪的輪齒嚙合位置：有時尚應準備打號碼的工具，以免零件混淆；
- 5) 特種工具用以測量曲軸臂距差、測量曲軸中心綫位置、測量壓縮室高度。

拆卸時首先把機艙間打掃乾淨，將引擎曲軸箱及油管内滑油和缸套內冷却水放出後，開始拆下機壳外的各管系、各泵、操縱構件、傳動裝置等整套組件。隨後拆除氣缸頭上零件和配氣構件；這時應量出凸輪與推桿上滾輪間之公隙，以便重裝。然後吊起氣缸頭、活塞連桿組件、氣缸體和機身。最後吊起曲軸，用撐板保護曲拐臂，並包裹軸頸以免擦傷。

檢查前各零件應仔細地清除污垢、積碳、水垢等，通常用火油、汽油、含3~7.5%的四氯化碳溶液或含3~5%的純鹼和肥皂的熱水（60~80°C）作清洗劑；對於有色金屬可採用含下列成份的溶液清洗：

亞硝酸鈉	0.1 ~ 0.15%
純鹼	0.2 ~ 0.25%

水玻璃

0.15~0.25%

水 (40~50°C)

餘量

活塞及氣缸頭上的積炭可用鋁、銅或橡木刮刀刮淨。當活塞環在活塞槽內被碳渣結牢時可將活塞浸在火油和沒食子酸混合溶液中，24 小時後可將活塞環完好無損地取下。零件洗滌拭乾後，仔細檢查其損壞和磨損情形並錄下測量結果，按引擎說明書中資料，決定該零件之報廢或修復，並填寫損壞情況表以便估計修理工作的進程。

二 曲 軸

曲軸經長期運轉後可能發生下列磨損現象：

- 1) 由於早期着火、爆燃，使活塞在上死點前承受過大的壓力（燃燒壓力和壓縮壓力），軸頸變成橢圓形；
- 2) 曲柄轉動時曲柄軸頸上的負荷不均，致使曲柄軸頸成橢圓形；
- 3) 活塞連桿組件走歪，作用在曲柄軸頸全長上的壓力不平均，致使軸頸變成退拔形；
- 4) 滑油中帶有硬粒和雜質，使軸頸工作面起綫或成退拔形；
- 5) 軸頸成橢圓後，使軸承遭受衝擊負荷，白合金沿冷卻槽擠出而形成裂紋、麻點或白合金脫落。結果大部分潤滑油漏出（在壓力潤滑的情況下更為顯著），不但使軸承磨損更快、軸承燒壞，且輸送至活塞銷軸承的滑油不足而引起活塞銷或氣缸套過早地磨損；甚至使軸頸或連桿螺栓因過度受力而折斷；
- 6) 因軸頸退拔度太大而產生敲擊聲和震動，並加速推力

軸承的軸向磨損。

軸頸的磨損影響到全部主動件的工作，故經4,500~5,000工作小時後必須檢查各軸頸的橢圓度和退拔度。檢驗軸頸橢圓度時，可用卡規與塞片或測微卡規在各軸頸互相垂直的平面上（水平面和垂直平面），於距軸頸圓角5~10公厘的兩端及中部量測，並將量測結果記錄下來。如主軸頸的橢圓度超過其直徑的 $\frac{1}{1,250}$ ，在曲柄軸頸上超過 $\frac{1}{1,000}$ 時，或軸頸上的退拔度超過其容許橢圓度的1.5倍時，必需修整。表1是軸頸允許的最大磨損量。

曲軸軸頸最大容許磨損量(公厘) 表1

軸 頸 (公厘)	主 軸 頸 橢圓度及退拔度	曲 柄 軸 頸 橢圓度及退拔度
150以內	0.15	0.16
151~175	0.16	0.18
176~200	0.18	0.20
201~225	0.20	0.22
226~250	0.22	0.24
251~275	0.24	0.26
276~300	0.26	0.28
301~325	0.28	0.30
326~350	0.30	0.32
351~375	0.32	0.34
376~400	0.34	0.36

退拔度可用金屬薄帶箍在軸頸兩端，量取其圓周長，再將量測之兩圓周長差數，除以3.14，即得兩端的直徑差（圖1）。

曲軸各主軸頸中心綫對曲軸中心綫的擺差也應當檢驗。通常輕型高速引擎其主軸頸對曲軸中心綫允許的最大擺差在0.04公厘以內，中型和重型

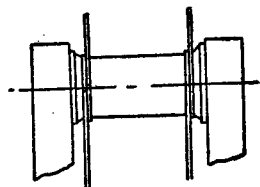


圖1 量測軸頸退拔度

的引擎則不得超過 0.06 公厘。量測最好在兩頂尖上進行，配有中心架或元寶鐵的設備，曲柄間不用撐板，用千分表檢驗。檢驗時如果主軸頸是擱在二個以上的支承上，則千分表的讀數是會有誤差的。因為曲軸在幾個支承面上轉動時，擱在支承面上的軸頸如有偏心率或彎曲，則軸頸下的支承面轉動時，就不可能經常接觸，如圖 2 所示，第三支承上軸頸的擺差，量出來的必然要比實際的小些，而且如果第三軸頸有偏心或彎曲時，也會改變第二支承上軸頸的讀數。所以在量測第三支承上軸頸的擺差時，軸頸下面的支承應當移開。

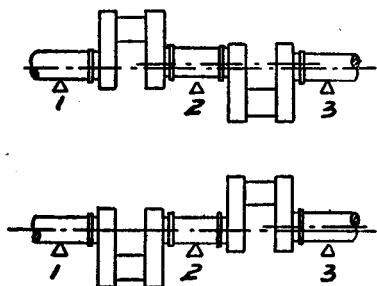


圖 2 量測曲軸不正確的情形

軸頸橢圓度在 0.25 公厘以內，可用手銼修整；如大型引擎（1,000 匹馬力以上）的笨重曲軸，運往車間不方便時，橢圓度超出上述數字，也可就地用銼修整。用手銼修圓軸頸，應由熟練的技工擔任，且要在軸承中用色油同時檢驗，以便及時

發覺該軸頸中心綫對曲軸中心綫不同心的誤差。故一般是在磨床上、車床上或用移動式的修磨工具來做。軸頸修圓後應用極細的砂布再塗上一層滑油來打光。也可採用圖 3 硬木製的夾箍套在軸頸上研磨。夾箍分界處留 3 ~ 5 公厘的公隙，其內圓上

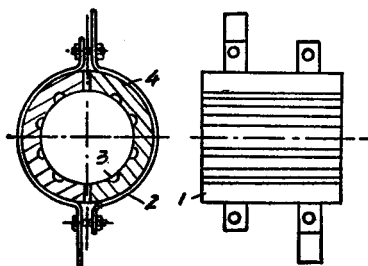


圖 3 研磨軸頸的工具

有縱向的半圓槽，槽內澆鉛。研磨時以研磨料塞入澆鉛處，以保證研磨均勻。如軸頸的橢圓度、刮花、起綫不大的話，最好只用夾箍來研磨。如磨損太大，可在軸頸外圓上鍍鉻（0.2~0.3公厘厚）或噴鍍一層1~1.5公厘厚的司太立合金（鈷鉻鎢鉍合金）再行磨製到原尺寸。在車床上車圓時，曲軸兩端放在車床頂尖上，中間用牌樓頂住，各曲柄扇子板間用撐板撐住，調整臂距差使在容許範圍內，再行車製。這時也可檢驗曲柄軸頸中心綫與曲軸中心綫的平行性，其不平行度每公尺不得超過0.15公厘。

在許多場合下，曲軸的折斷並非立即發生，通常在扇子板寬面上或曲柄圓角處出現細微的裂紋，隨後逐漸深入，並沿表面擴大。因此折斷面往往是有不同色調的痕跡。曲軸裂紋或折斷的原因如下：

1) 各缸負荷相差太大，曲柄所受的扭力矩不能平衡，引起強烈的扭轉；

2) 引擎在危險（臨界）轉速下運轉，因共振現象而產生強烈的扭轉振動，曲軸中應力大增；

3) 某個主軸承發生熔壞、磨損、或沉落現象，或由於載重引起船體的變形而造成曲軸中心綫彎曲的彈性變形，結果使扇子板或圓角等應力集中處受到額外的彎曲力，而超過材料的疲乏限度；

4) 曲軸安放或各主軸承研配工作不正確，使曲軸中心綫下沉；

5) 在軸頸橢圓度太大，軸承中油隙太大的情況下，軸頸受到突然增加的壓力（如開車時某缸燃油積貯太多或噴油過早等原因）；

6) 活塞在缸套內咬死，引擎猛然停止；

7) 引擎不及時或定期修理，及修理不善。

所以在修理時必須仔細檢驗曲軸中心綫彎曲的程度和各應力集中處有無裂紋。檢驗裂紋時把曲軸用火油洗淨並拭乾，在各可疑的地方塗上攪了白粉的溶液。當白粉乾後，用噴燈將曲軸稍微加熱。如有裂紋則在白粉表面上會出現黑絲。如要測定裂紋是否深入，可在裂紋附近塗刷紅丹或油灰，浸在火油中數小時，然後用破布拭乾，將一片白淨的捲烟紙鋪在裂紋上，用鉛錘敲打裂紋附近的軸頸。如果裂紋很深，則捲烟紙會沾上滲出的油印。當軸頸受高熱或軸瓦熔壞後一定要作上述的檢驗。

曲軸中心綫的沉落可用橋規放在底座精鉋面上，量測橋規下凸塊和各主軸頸間的距離，並與引擎日記本上從前的記錄相比較。如果量出的距離增加，即說明軸頸和軸承下沉。在一主軸頸上量度次數不得少於兩次，並把量度的數字和曲柄的位置記錄在引擎日記本中。

另外，也可由臂距差來測定。曲柄轉在兩對徑位置時，在曲臂盡可能遠離曲柄軸頸中心綫的兩點間所量出的距離差數，稱為臂距差。臂距差的存在說明曲軸中心綫有彎曲現象。如圖 4 所示，當曲柄在上死點時，曲臂間的距離比曲柄在下死點時較大，即表明軸承 1 比軸承 2 要高些。量測是

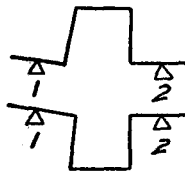


圖 4

以內徑測微量柱或以量度臂距差的千分表（見圖 5）在曲柄轉動至四個位置上（ 0° 、 90° 、 180° 、 270° ）進行。如果曲軸上已裝連桿傳動裝置，則曲柄可擺在上死點和下死點前後 15° 左右，以免連桿妨礙量測。

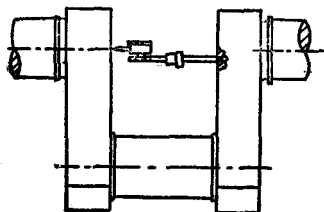


圖 5 用千分表量測臂距差

臂距差的容許值是按負荷和活塞行程來決定。一般容許值是按下列經驗公式決定：

$$0.00015 S + 0.015 \text{ (公厘)}$$

式中 S 是活塞衝程 (公厘)。如臂距差數超過上式一倍，即 $0.0003 S + 0.030$ 公厘，則曲軸應重新安放，引擎不得再行使用。引擎使用、安裝、修理時臂距差允許範圍如下表：

表2(附注見第48頁)

安裝新引擎，安放不帶活塞連桿及飛輪的曲軸在軸承上時	$\frac{1}{12} \cdot \frac{S}{1,000}$
安裝修理的引擎，或安放帶有活塞連桿及飛輪的曲軸	$\frac{1}{10} \cdot \frac{S}{1,000}$
引擎安全使用的允許值	$\frac{1}{6} \cdot \frac{S}{1,000}$
引擎禁止使用的數值	$\frac{1}{3} \cdot \frac{S}{1,000}$

用橋規量測曲軸的沉落和臂距差檢驗的結果，最好記錄在一張表明曲軸和主軸承情況表內。如果兩種所得的量度互相矛盾，即表示引擎的底座變形。若量測臂距差時，在除去活塞連桿後量度發生急劇變化，這便說明各軸頸與主軸承貼附不夠緊密。

曲軸中心綫下沉情形在檢驗臂距差和用橋規量測後，順序取出主軸承下軸瓦，檢驗其中部厚度和磨損程度，根據量度的記錄而決定哪一個軸承須重澆白合金和須刮研。軸承刮研後，將主軸頸塗以色油，將曲軸安放原位，並轉動幾次以檢驗它和軸承的貼附情形，用調整主軸承高低的辦法，使臂距差的變化限於容許範圍內。若不需重澆軸承，且曲軸中心綫與中間軸等軸系中心綫無嚴重的歪斜時，可不必將曲軸吊起矯正曲軸中心綫。

上面所說的曲軸中心綫彎曲是指曲軸安放在高低不平的主

軸承上時，由於曲軸本身重量和活塞連桿等機件重量所產生的彈性變形現象。如曲軸中心綫有永久的彎曲變形時，則應進行校直。碳素鋼和低合金鋼的曲軸可在車床上用頂尖和牌樓頂住；在彎曲程度最大的地方，用千斤頂校直，同時在附近用噴燈加熱，使曲軸中心綫下垂度不超過 0.25~0.5 公厘。然後回火到 600~650°C。

有時也採用加熱法校直，使彎曲處凸起部分的軋絲在局部急劇地加熱時縮短。因為附近冷的和受熱較少處的軋絲阻止它伸長的緣故。校直時將曲軸彎曲的凸起處朝上放置，除沿軸向 0.12D 和圓周上 0.3 D (D——校直處直徑) 的長方形以外，都用耐火材料遮蓋起來以保證能局部加熱。然後用 #5 或 #6 噴嘴的乙炔焰在極短時間內很快地把它加熱到 500~550°C (約暗紅色)。加熱的時間見下表：

表 3

校直處直徑(公厘)	曲 軸 彎 曲 度 (公厘)					
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
150	1 分鐘	2 分鐘	4.5分鐘	6.5分鐘	8 分鐘	9 分鐘
200	2 分鐘	3 分鐘	6 分鐘	8 分鐘	10 分鐘	12 分鐘
250	3.5分鐘	5.5分鐘	8 分鐘	10 分鐘	12 分鐘	15 分鐘

加熱時氧氣的壓力及噴嘴來回移動的距離和速度須保持不變，使長方形內的軋絲受熱均勻。為避免淬硬現象，火焰噴過後應立刻用石棉包裹起來，經 10~15 分鐘後再讓它自己冷卻。當加熱時曲軸的彎曲度會變大，但冷後就變直了。通常要加熱數次，直到在加熱的反面有 0.04 公厘的彎曲度 (與原來的彎曲方向相反) 為止。這種相反的彎曲度在退火後或曲軸工作時是會消除的。校直後在校直附近的全部圓周上用噴嘴慢慢加熱到

150°C，（加熱速度每小時約 150°~200°C）並保持這溫度 1 小時，然後用石棉蓋住，待冷到 50°~70°C 後取下。

曲柄如有扭曲現象，可用水平儀或量角器沿縱向放在扇形板上，檢查每個曲柄相互間的歪斜程度。不超過 10° 時，一般可將曲軸燒透後校直。在 7~8° 以內時調整相當的凸輪角度即可。曲柄有扭歪現象時，必須仔細檢查曲軸的彎曲度和有無裂紋。

運送曲軸到船上安放時，曲柄撐擋間應嵌入撐板，曲柄軸頸應有護板以免碰傷。各油孔均應塞住。運到船上機艙後擱在木架上。這時底座主軸承座中心綫已校驗，各軸承座均應與其下軸瓦研配過。下軸瓦白合金面最好預先按假軸來研配，這樣可減少安放時吊起和放下曲軸的次數，縮短曲軸安放的時間和加速研刮軸瓦的勞動周期，而且假軸剛性好彈性變形小，使主軸承中心綫更準。假軸可澆鑄或焊接製成。長度只要能跨過三、四擋軸承即可，假軸直徑可按曲軸修理後尺寸再加規定的油隙磨製。安放曲軸大約可分三部進行：1) 放下曲軸，使軸頸圓角吻合，這時可塗一層色油在軸頸圓角處，稍行刮配，不必轉動曲軸；2) 檢驗曲軸與底座水平的和垂直的相對位置，並刮配軸瓦使它與軸頸貼靠均勻，同時也與底座上平面平行；3) 量測臂距差後，精刮下軸瓦使曲軸安放在同一高度的軸瓦上，並調整油隙。

安放曲軸的詳細操作過程如下：

- 1) 將主軸承下軸瓦按軸承座畫綫；
- 2) 除去曲軸上的防護物，取出油孔上的木塞，用破布拭淨各軸頸，用壓縮空氣吹清油孔；
- 3) 拭淨並用壓縮空氣吹清主軸承座和滑油管路；
- 4) 按標記將主軸承下軸瓦在主軸承座上刮配；

5) 用木支柱把下軸瓦固定在主軸承座上(圖6);

6) 安裝水壓起動機或電動吊車,用繩索或鋼索繫在曲柄軸頸上;

7) 用壓縮空氣吹清主軸頸與主軸承下軸瓦,在軸頸上塗一薄層色油;

8) 將曲軸小心地吊起,放在底座上的木墊上,保持曲軸與主軸承座中心綫的平行,將曲軸放在主軸承內;每次曲軸吊起及放下時,須逐漸添減木墊,使木墊與曲軸間的距離小於50公厘;

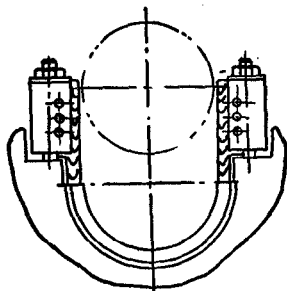


圖 6

9) 除去曲軸上的繩索;

10) 在曲軸上安裝轉動曲軸的夾具,並與盤車機構相連,小型引擎則在曲軸法蘭盤孔內插入螺栓,在螺栓間塞入撬棒,轉動曲軸一兩轉;

11) 在水平方向和垂直方向檢驗曲軸中心綫與底座中心綫的平行度(用橋規和內徑測微量柱)將結果記錄下來;

12) 重複第6項操作;

13) 將曲軸吊起放在木架上;

14) 按第11項操作的測量結果,刮研下軸瓦;

15) 清除軸瓦上殘屑及油漬,再在軸頸上塗色油;

16) 重複第6~15項操作,直到各軸頸在相當的下軸瓦半圓%弧長面上,每平方公分內沾3~5點油斑為止;

17) 重複第7~10項操作;

18) 拆去曲柄上的撐板,在扇子板內側面上畫出中心孔,並冲眼以備安裝千分表。中心孔與曲柄軸頸中心綫的距離 = $\frac{1}{2}$

(主軸直徑+活塞衝程)。在曲柄扇子板間安裝量測臂距差的千分表；

19) 轉動曲軸，每轉 90° 時用千分表量測臂距差，把結果記錄下來；

20) 各曲柄臂距差量測後，取出千分表再裝上撐板；

21) 檢查主軸承端面與主軸頸間的公隙，通常推力軸承與軸頸圓角間的公隙約 $0.1 \sim 0.15$ 公厘，其他軸承在靠推力軸承側的軸向公隙，是該軸承至推力軸承距離每公尺 0.8 公厘；

22) 重複第13項操作；

23) 按臂距差測量的結果，刮配下軸瓦沾色油的白合金；

24) 重複第15~22項操作，直到臂距差和曲軸中心綫位置在容許範圍內。通常軸徑小於 300 公厘時允許在 0.04 公厘以內，大於 300 時則在 0.05 公厘以內。同時各軸瓦在其半圓%弧長面上每平方公分內至少沾 3 點油斑；

25) 向檢驗科和輪機員及驗船師交工（呈請檢驗）；

26) 拿開固定下軸瓦的木支柱；

27) 將主軸承上軸瓦裝在主軸承座內的主軸頸上，量測上下軸承接合面間的公隙，拆下上軸瓦，按量測的結果備製一組墊片；

28) 在主軸頸上塗一薄層色油；

29) 裝上備製的墊片，將上軸瓦及軸承蓋裝上，旋緊螺母並記下螺母位置；

30) 轉曲軸一轉；

31) 拆下軸承蓋，取出上軸瓦，刮研上軸瓦上沾有色油的金屬；

32) 重複第27~30項操作，直至上軸瓦半圓周%弧長表面上每平方公分內沾 1 點油斑為止；

33) 在每組軸承的墊片內，增加一片厚度等於軸承油隙的墊片，拭淨主軸頸，在它上面放三根約 $\Phi 0.5$ 公厘鉛絲，裝好上軸瓦及軸承蓋，記下螺母位置；

34) 拆下軸承蓋及上軸瓦，量測壓扁鉛絲的厚度，記錄結果在表內；

35) 重複第 33、34 項操作，使油隙符合規定，各軸承油隙相差不得大於 0.05 公厘；

36) 取下各軸承墊片並標明記號；

37) 將曲軸從底座上吊起，放在木架上；

38) 將曲軸仔細地拭清，並塗潤滑油；

39) 重複第 8、9 項操作；

40) 裝好上軸瓦和軸承蓋，旋緊螺母到第 33 項操作的位置，拆去曲柄上的撐板；

41) 塞住曲柄軸頸上所有的油孔，以 5 個大氣壓的壓力試驗曲軸的油路；

42) 將軸承圓角處遮蓋，以免塵埃進入。

三 活塞連桿組件

1. 活 塞 銷

引擎運轉時，活塞銷只以很小的角度在連桿小頭軸承中擺動，結果活塞銷很容易變成橢圓形。一般說來，如在裝配後，銷子在連桿小頭軸承中可自由地左右轉動 18° ，且油隙符合規定，則可繼續使用。在距銷子兩端約 $\frac{1}{8}$ 處與銷子中心綫垂直的兩平面內，用分厘卡檢查其最大和最小的直徑以決定其橢圓