

電業工人
學習文選

11



屠秉鐸編著

汽輪發電機軸承的 安裝與檢修

電力工業出版社

前 言

汽輪發電機的軸承，有支持軸承和推力軸承兩種。支持軸承是一套環狀的機件，固定在軸承座內，用它來托住轉子的軸頸；使轉子在轉動時，與固定部分保持一定的輻向間隙，不至於相擦。推力軸承有好幾種不同的形狀，通常有：與支持軸承組成在一起的，或者是單獨地固定在一个軸承座內的。推力軸承是用來支持軸上的推力盤，使汽輪機轉子在汽缸內，或者發電機轉子在靜子內，都能維持一定的軸向位置。

汽輪發電機的出力很大，轉速很高。普通中、小型的機組都是3000轉/分或3000轉/分以上，也有高達8000~10000轉/分的，只有特大型的或少數特殊機組才是1500或1800轉/分。汽輪發電機的輻向和軸向間隙都很小，有些小容量機組最小的油檔輻向間隙只有0.1~0.25公厘。因此，支持軸承和推力軸承工作的可靠與否，都直接關係着機組的安全運行。所以，汽輪發電機的軸承，不但在設計和製造時各種技術條件要求很高，就是在檢修和安裝時，施工操作上的技術要求也是很高的。

汽輪發電機在運行中，因為軸承不正常而被迫停機；或者軸承發生了熔毀事故，使機組本體受到損傷；這些情形也是不少的。軸承工作不正常和發生事故的原因，有些是由於潤滑油系統發生故障；有些是由於汽輪機的蒸汽工作情況失常；也有少數的是與發電機的負荷變化或汽輪機的某些部件的安裝不當有關。但是，多數的軸承事故，都是因為軸承本身有缺陷而發生的。也就是說：是由於軸承檢修和安裝工作的缺點而發生的（一般說來，由於製造廠的設計和製造的缺陷而引起軸承發生事故的情況，是很少的）。

因此，在本文選里，將着重介紹汽輪發電機軸承的檢修和安裝施工方法，詳細地說明施工操作工藝方面的步驟和要點，以及這些施工要點的簡單原理；供檢修和安裝汽輪發電機的工人同志們參考。

目 录

前 言

第一章 支持轴承的安裝和檢修	3
第一节 支持轴承的構造	3
第二节 支持轴承的安裝	9
第三节 支持轴承的事故和檢修	23
第二章 推力轴承的安裝和檢修	39
第一节 推力轴承的構造	39
第二节 推力轴承的安裝	53
第三节 推力轴承的事故和檢修	61

第一章 支持軸承的安裝和檢修

第一节 支持軸承的構造

支持軸承，通常都是由軸承和軸承座兩個主要部分構成。軸承分為上下兩半，形狀很象蓋房屋用的瓦塊；因此，通常又叫做軸瓦。上一半叫做上瓦，下一半叫做下瓦。下瓦放在軸承座（通常叫做瓦座）里，凹面向上，用它承托汽輪發電機的轉子；上瓦的凹面向下，與下瓦扣合在一起，在上瓦上面再壓上軸承蓋（通常叫做瓦蓋），用接合螺絲使軸承蓋緊固地和軸承座連結在一起。這樣上下兩塊軸瓦就緊密地組成一個圓筒，汽輪發電機轉子的軸頸就在這個圓筒中旋轉（參看圖2和圖3）。

有些軸承在軸承和軸承座之間，還裝有環形的襯墊，襯墊分成上下兩半。因為這種襯墊是用來枕托軸瓦的，所以也叫做瓦枕（參看圖1）。

少數汽輪機製造廠出品的軸承，在瓦枕內還有若干層做成一整圓的鋼皮，每一層厚約1公厘。如瑞士BBC廠出品的一部分汽輪發電機的第三軸承（即發電機的前軸承），就有這種薄鋼皮。在一般的支持軸承中，這種構造是很少見的。

支持軸承必須具備下面幾個條件，才能可靠地工作：

（1）承托轉子軸頸的軸承里層，要易于加工；加工後表面要光滑，保證摩擦很小，並與軸頸的表面接觸良好，負荷能均勻地分布在軸承的承力面上；

(2) 製造軸承的材料必須較硬適當，並且具有一定的潤滑和散熱的性能；在軸承上負荷發生變化時，不致咬住軸頸，使軸頸受傷；

(3) 軸承的材料必須具有足夠的機械強度，能承受轉子旋轉時所產生的全部動靜負荷，以及當汽輪發電機負荷發生變化時作用於軸承上的衝擊力；

(4) 軸承材料應具有適當的耐磨性能，也就是磨耗率必須較低；

(5) 檢修軸承時，容易更換或容易重新澆鑄；

(6) 軸承內應具有適當的油路、間隙和緊力；

(7) 選用適當的潤滑油，潤滑油對軸承和軸頸必須沒有腐蝕作用。

汽輪發電機的軸承，都是在生鐵鑄成或鍛鋼鍛成的軸承胎內澆鑄一層烏金而成的。為了使烏金與軸承胎緊密牢固地結合，軸承胎的內沿都預先旋有若干道鳩尾形的溝槽（如圖 1 所示），使烏金澆鑄在軸承胎內後，咬住鳩尾形溝槽的邊緣，不易與軸承胎分離。

烏金是一種由錫、鉛、銅、銻等金屬熔鑄而成的合金。也叫做巴氏合金或白氏合金，這種合金是專作澆鑄軸承用的。

支持軸承按軸承胎的外形和構造，通常可分為三種：

1. 球形軸承（圖 1）；
2. 可調整的圓柱形軸承（圖 2）；
3. 不可調整的圓柱形軸承（圖 3）。

球形軸承的球形支持面，在軸承座內能隨着輪軸的撓度自動調整；當汽輪發電機在運行時，球形軸承能隨着輪軸撓

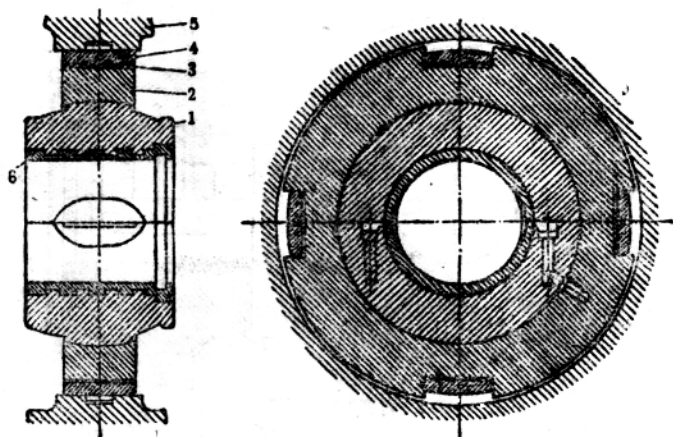


圖 1 球形軸承

1—軸承；2—瓦枕；3—調整墊片；4—壓板；5—軸承座和蓋；
6—烏金層。

度的变化自动調整中心；这样，就保证了軸承的最可靠的运行情况。由于这个特点，球形軸承被广泛地应用在汽輪發電机上；但这种軸承的尺寸，比后两种軸承要大些，也比较重些。这种軸承的球面，以及和它相吻合的瓦枕或軸承座的凹面要配合很恰当；因此，制造球面軸承的工艺过程比后两种軸承要复杂一些，成本也要高一些。

可調整的圓柱形軸承(圖 2)，在汽輪發電机上也被广泛应用。在这种軸承的底部中央和下半部左右兩側有三塊壓板 3；壓板和軸承胎之間，压着几片薄鋼片做的調整墊片 2，改变这些墊片的厚度，即可以精确地調整軸承的中心位置。上半部軸承的兩側或頂部中央，也有同样的調整墊片和壓板，可以用来調整軸承的紧力。軸承盖和軸承座就紧紧扼住

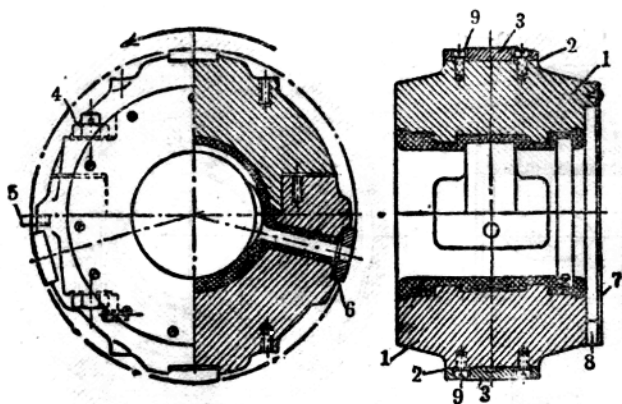


圖 2 可調整的圓柱形軸承

1—軸承；2—調整墊片；3—壓板；4—接合螺絲；5—制動墊；
6—節流板；7—油檔；8—洩油孔；9—埋頭螺絲。

壓板和墊片，使軸承準確而牢固地安裝在一定的位置上。

瓦枕的四周，通常也裝有壓板和調整墊片，用來調整中心和緊力。

不可調整的圓柱形軸承的構造簡單，尺寸和重量也比較小。可是，這種軸承沒有一點調整余地，需要調整軸承中心時，必須移動軸承座，或修刮烏金；需要調整緊力時，必須研刮軸承蓋的水平接合面。因此，這種型式的軸承，在汽輪發電機上應用不多。

目前蘇聯援助我國的許多單汽缸軸流式直連汽輪發電機，它的四個主支持軸承是這樣配置的：第一軸承（即汽輪機的前端軸承）和推力軸承組合在一起，組成一套綜合式支持-推力軸承，這個軸承是球形的；並且有可以調整中心和緊力的上下瓦枕；汽輪機後端的第二軸承和發電機前端的第三軸承，是可調整的圓柱形軸承；發電機後端的第四軸承是

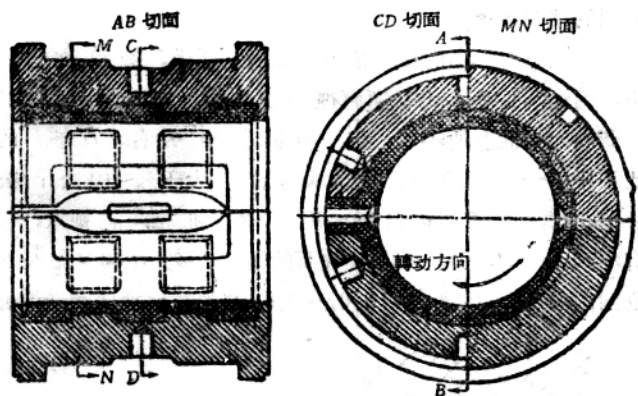


圖 3 不可調整中心的圓柱形軸承

球形軸承；檢修時，第四軸承需要調整的情況很少，因此，第四軸承直接放在軸承座的凹形球面里，而不再加瓦枕和調整裝置了。

軸承潤滑油引進軸承座以後，經過節流板 6 (圖 2)，再進入軸頸與烏金的摩擦面之間。節流板孔徑，根據軸承的工作條件、耗油量以及油系統的油壓來決定。潤滑油進入軸承以後的流動方向，因為各製造廠出品的軸承油路和轉子旋轉方向不同，因此，也都不一樣。

在軸承內工作過的热油，從軸承內沿軸向壓出；有時在軸承的兩端裝置油檔 7 (圖 2)。發電機后端第四軸承的兩端，一般都裝有油檔。直連式機組的第二、第三軸承，僅軸承座的外側才有油檔。油檔和軸頸之間的間隙不大，大部分由軸承內壓出來的油都被油檔擋住，經軸承下部的洩油孔 8 (圖 2) 瀉入軸承座內。這樣，潤滑油就不會濺漏到軸承蓋的外面來。為了更可靠地保證這一點，在軸承座外沿還有几道

类似的档油溝槽。

下轴承与轴颈的接触情况，如图4所示。接触角的大小，随轴承长度 L 与轴颈直径 D 之比值，以及轴承上设计负荷的大小而有所不同，但一般都在 60° 左右。 L 与 D 的比小于 $1 \sim 0.8$ 以下者，或轴承的负荷大于 $8 \sim 10$ 公斤/公分² 以上者，也可能达到 $75 \sim 90^\circ$ 。个别机组的前轴承，也有小到 $45 \sim 30^\circ$ 的。轴承接触面的两端靠外沿 $10 \sim 20$ 公厘范围内的乌金，应刮去约 $0.02 \sim 0.03$ 公厘，以便使润滑油能

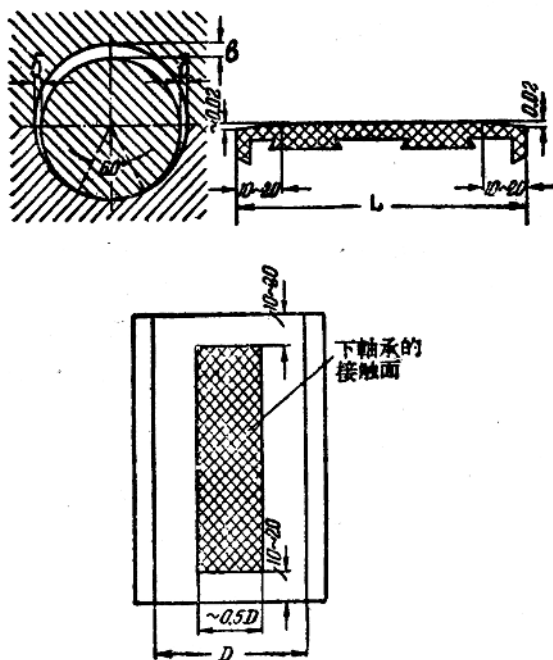


圖 4 · 轴承与轴颈的接触

由軸承內順利地流出來。

車旋軸承烏金窪窩的方法，有圓筒形車法和橢圓形車法兩種。圓筒形軸承窪窩的側面間隙 δ (圖 4)，約為頂部間隙 σ 的一半，即 $\delta = \frac{1}{2}\sigma$ 。橢圓形軸承窪窩的側面間隙 δ 約為頂部間隙 σ 的一倍，即 $\delta = 2\sigma$ 。

車制圓筒形軸承窪窩的工藝過程比較簡單，這種軸承的潤滑油消耗量比較少，因此，較為經濟。此外，由於它的頂部間隙較大，對汽輪發電機的安全運行來說，是較為可靠的。圓筒形軸承頂部的間隙，可達軸徑的 $0.0015 \sim 0.0035$ 。因此，軸徑在 200 公厘以下的中小型機組，多採用圓筒形軸承。圓筒形軸承窪窩的側面間隙小，軸頸在軸承中轉動時摩擦力較大；因此，軸承上的負荷也較大，在起動和低速運轉時，容易因進油困難而發生振動。

橢圓形軸承窪窩的側面間隙較大，需要的潤滑油量也較多；但橢圓形軸承窪窩能夠消除一部分由於局部進汽^①等原因所引起的轉子上的不平衡力。運行時，在橢圓形軸承窪窩內，上下軸承的烏金表面都有油膜；因此，對頂部間隙的要求要精確一些。一般來說，軸徑大於 200 公厘的大型機組，多採用橢圓形軸承窪窩。

第二節 支持軸承的安裝

安裝支持軸承的步驟和方法如下：

① 局部進汽是指汽輪機的第一級噴嘴，或抽汽室後的調整段噴嘴，分布不成一個整圓，或不接近於一個整圓；當蒸汽進入汽缸時，葉輪上只有一部分汽葉受到蒸汽沖擊。或者，差不多一整圓上都有噴霧，每一個調整汽門控制一組噴嘴；當有一個或一個以上的汽門尚未開啓時，葉輪上也只有一部分汽葉受到蒸汽沖擊，也是局部進汽。

(1)在軸承座內安裝軸承之前，先要將軸承座里的灰砂、油污、鉄渣等雜物，清理干淨，保證軸承座的進出油道暢通。安裝新機時，在上述的清理工作完畢後，還要對軸承座的進油道進行水压試驗，以檢查進油道澆鑄情況是否良好。如果進油道中有砂眼，在運行時就會因漏油而減少進入軸承的油量。水压試驗的壓力為3公斤/公分²。此外，還要檢查軸承座底部是否漏油。檢查方法是在軸承座底部的回油室內灌煤油到回油管的下口為止；灌好煤油後靜置24小時，若沒有滲漏現象，才能安裝。因為軸承座底部回油室如果漏油，在新機投入運行以後，漏出的油勢必滲入軸承座底部的洋灰內，這將迅速敗壞混凝土，危害機組的整個基礎。這項灌煤油試漏的工作，對直接澆灌在基礎內的軸承座，尤其重要。

(2)清除掉軸承上的污垢、鉄屑、灰砂等物以後，再用煤油仔細地把它清洗干淨，並且擦干。

(3)用6~10倍的放大鏡仔細地觀察軸承的烏金表面，檢查有無傷痕、裂紋、溝道、砂眼或剝落現象。

(4)檢查烏金與軸承胎的接合是否緊密。此項檢查工作，可用0.03~0.04公厘的塞尺在烏金與軸承胎之間的接口綫上探塞，若塞不進，就算合格。也可把軸承放在80~90°C的熱透平油內浸煮1~2小時；或者放在煤油內浸24小時；然後取出，把油擦干淨，再用力沿烏金與軸承胎的接口綫上，一段一段地擠壓；假如在接口綫上能擠出油液，那就是脫胎的證明。另外，還可以把上下兩個半軸承分開，自由地放着，使接合面朝上，用小鎚在烏金面上輕敲，細聽它發出的聲音。假如清脆悅耳，證明烏金與軸承胎結合緊密；假若發

出濁啞的聲音，就証明它們結合不良。

(5) 确信軸承的烏金澆鑄良好以後，就可在軸承座的窪窩內輕勻地抹一層紅丹油，將下軸承放入，左右撤動軸承，進行研磨。然後取出下軸承，根據研磨的印跡分布情況，察看下軸承上的壓板與軸承座窪窩的接觸情況。假如接觸不良，應該根據汽輪機轉子對汽缸的中心位置，調整壓板下的墊片厚度，然後修刮壓板。對發電機的軸承，只要轉子對軸承座的油檔窪窩中心大致正確，就可修刮壓板。

下軸承與軸承座窪窩的接觸情況，應該修刮到 $0.03 \sim 0.05$ 公厘的塞尺塞不進，壓板應有 85% 以上的面積吃力，才算合格。

在轉子尚未放進軸承以前，下軸承底部的壓板與軸承座之間應預留 $0.03 \sim 0.07$ 公厘的間隙，如圖 5 所示。轉子放進軸承以後，下軸承將發生少許變形，使這個間隙消失，底部中間的壓板能切實地坐落在軸承座內；同時，軸承兩側的壓板，也不致因軸承兩側翹起而與軸承座間發生間隙。這樣就能保證三塊壓板上受力均勻。這個間隙，可在下軸承與軸承座的窪窩研好以後，由中間那塊壓板的調整墊片里減去 $0.03 \sim 0.07$ 公厘來獲得。

軸承外如有瓦枕，應先將瓦枕與軸承座研好，再檢查軸承與瓦枕間的接觸情況；必要時也應該加以修正。球形軸承與瓦枕間的接觸要求，和上述軸承與軸承

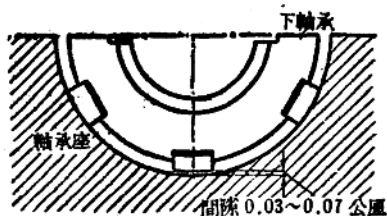


圖 5 軸承墊片的調整

座的接觸要求相同。軸承球面的修正，可用刮刀修刮，或用凡而砂研磨，研磨時用上下瓦枕扼緊軸承，再用一木橫穿在軸承內撬動軸承來進行研磨。

壓住壓板的埋頭螺絲 9 (圖2)，埋入壓板表面以下約0.2~0.3公厘。墊片最好採用含碳0.05~0.15%的優質碳素鋼皮(約相當於前重工業部的* 10鋼)，不許用銅皮或紙片代替。墊片最好不超過三片，每片厚度應不大於0.5公厘。

(6)將下軸承放在和它相配合的軸頸上，沿着軸頸來回轉動一個不大的角度，使下軸承的烏金承力面與軸頸相摩擦；然後將下軸承取下，根據摩擦的痕跡進行修刮。軸頸事先必須經過檢查，如有毛刺、傷紋，應用細油石打磨光滑。

這樣的檢查和修刮工作，通常分為兩個步驟進行：為了工作方便和節省工作時間，第一步先將轉子放在台架上，使軸頸伸出在台架外面，在台架上進行初步的修刮。俟烏金承力面大致修刮準確以後，再將下軸承放在軸承座內，把轉子吊入軸承，盤動轉子；然後用吊軸器(通常叫做鉄馬)稍稍抬起轉子，將下軸承翻出檢查；根據轉子對於汽缸的中心的位臵以及烏金面與軸頸的接觸情況，進行精細的修刮。

進行這項工作時，最好不要在軸頸上塗抹紅丹油，下軸承應該放在擦干淨了的軸頸上干研。這樣，可以得到比較精確的結果。

經過修刮後，下軸承的烏金在軸向的全長上應完全與軸頸相接觸，接觸面的寬度一般約為半圓周的1/3，也就是接觸角約為60°。最後在軸向的兩端外側10~20公厘的範圍內，刮成約為0.02~0.03公厘的小斜坡，如圖4所示。

軸承烏金的接觸面，要均勻地在每平方公分的面積內有

鱗狀的研磨接觸點3~4處。除了與軸頸相接觸的1/3圓周的烏金以外，兩側上部烏金也應仔細地修刮，使軸頸與軸承的兩側有一定的間隙，兩側的烏金表面要形成一段連續的圓形曲綫，以便運轉時能順利地形成油膜。

下軸承兩側的間隙用塞尺來檢查。測量時，逐次以較薄的塞尺插入間隙內探測，並記下不同厚度的塞尺所插入的深度，以檢查間隙是否逐漸縮小。

軸承座，下軸承與軸頸安裝妥善以後，每個軸承座上都要架上各自的橋規，測出軸頸與橋規凸緣間的間隙，如圖6所示的間隙 a ，並作出記錄。記錄時，除了記下各個 a 值之外，還要準確地註明橋規兩腿放在軸承座或下軸承上的位置，以及測量時軸承、軸頸和橋規的溫度；日後根據這些記錄，可以研究烏金的磨損以及軸承下沉的情況。

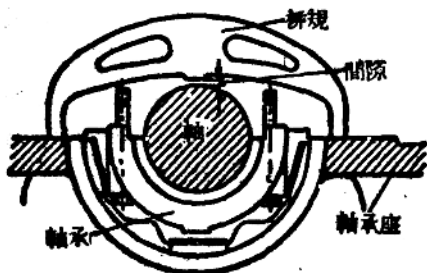


圖6 橋規測量軸頸的位置

修刮下軸承時，要經常升降軸頸，翻出與放進下軸承。由軸承座中取出下軸承的方法，如圖7所示。先用吊軸器將軸抬起0.2~0.3公厘（如機組已經封閉，抬起的高度應不大於機組內部最小的軸封間隙），再沿箭頭方向抬起撬槓，軸承即沿軸頸滑動，慢慢翻出。取出軸承時，要注意撬槓不要碰傷

軸頸或軸承的烏金。為了安全起見，可在撬槓和軸頸間墊一片石棉紙。放進軸承時，先把軸承復在軸頸上，一放手，軸承就很快地滑入軸承座內。工作時，工作人員的手不能伸在軸承附近；因軸承翻滑得很快，有切斷手指的危險，這一點應特別注意。

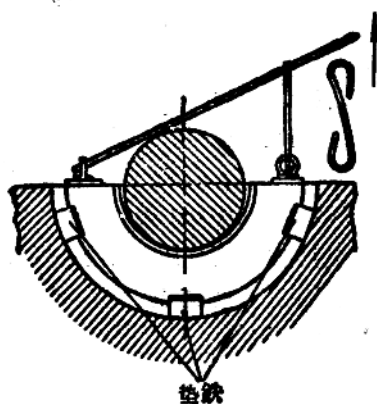


圖 7 取出下軸承

(7)在調整下軸承時，還要檢查進油孔上是否有節流墊(參看圖2)；假使是新機，還要檢查軸承座上的輸油口是否對准了軸承上的進油孔。有些機器，由於製造時的疏忽，軸承座的輸油口與軸承的進油孔，部分的或者全部未對准，在安裝新機時要注意檢查。節流墊也有

不裝在軸承上，而是裝在軸承座進油道進口油管上的，必須注意在接油管時不要忘記裝上節流墊。

節流墊孔眼的大小，除了與軸承本身有關之外，還與整個潤滑油系統內油量的分配情況有關；因此，在安裝節流墊時，應該仔細核對圖紙所標示的孔徑或技術資料上規定的尺寸，以免裝錯。

表1所列為ЛМЗ廠出品中的四種中壓汽輪機軸承上節流墊孔徑的尺寸(公厘)。

(8)本來在下軸承安裝完畢以後，就可以開始調整上軸

表 1

軸 承 名 稱		汽 輪 機 型 式			
		АПР-12-1	AK-25-1	AT-25-1	AK-50-1
高压轉子	推力軸承非工作面	無 節 流 墊		15	6.5
	推力軸承工作面	22	22	19	10
	前軸承	10	9.5	10	6.5
	后軸承	11	11	13	8
低压轉子	推力軸承非工作面	—	12.7	14	14.5
	推力軸承工作面	—	—	—	20.1
	前軸承	—	22	24	16
	后軸承	—	14	13	19
發電機的前軸承		—	20.5	19	—

承，以確定上軸承窩的頂部間隙。但是，為了配合汽輪發電機本體的安裝工作，汽輪機的軸承頂部間隙都是在轉子對汽封窩找正以後才進行修整；發電機上軸承的頂部間隙，則要在靠背輪中心調整完畢以後再進行修整。

檢查上軸承頂部間隙的方法，是在軸頸上適當的地方，置幾段 50~70 公厘長、直徑約 1.0~1.5 公厘的保險絲（即 10 安培的保險絲）；與這些位置相對應的下軸承水平接合面上，也放好這樣的保險絲；

合上上軸承，並且擰緊水平結合螺絲，把保險絲壓扁；

然後松去螺絲，取走上軸承，用外徑分厘卡測出全部壓扁了的保險絲的厚度，就

單位:1/100 公厘

52 53 51

平均 52

76 78 77

平均 77

56 54 52

平均 54

圖 8 軸承頂部間隙舉例

支持軸承一般的允許間隙(公厘)

表 2

	圓筒形軸承窪窩		橢圓形軸承窪窩	
	一般公式	實 值	一般公式	實 值
頂 部 間 隙	δ	$0.002D$	δ	$0.001D$
側 方 間 隙	$\delta = \frac{\sigma}{2}$	$0.001D$	$\delta = 2\sigma$	$0.002D$

註 1: 一般的 BBC 汽輪機軸承, 大都按本表所列的橢圓形軸承窪窩旋制。

註 2: 為了照顧軸頸在工作時的膨脹, 高壓側軸承的間隙須略為放大。

註 3: 本表來自電力部北京基建局 1955 年 4 月的“汽輪機檢修質量驗收標準”。

註 4: δ , σ 和 D 的代表意義參看圖 4。

一般支持軸承的允許間隙(公厘)

表 3

軸頸直徑 (公厘)	用偏心法旋成				用加墊法旋成			
	間 隙 δ		間 隙 σ		間 隙 δ		間 隙 σ	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
50	0.15	0.25	0.10	0.15	0.10	0.15	0.15	0.20
100	0.20	0.30	0.10	0.20	0.10	0.15	0.20	0.25
150	0.30	0.40	0.15	0.25	0.20	0.25	0.30	0.40
200	0.40	0.55	0.20	0.30	0.20	0.30	0.35	0.45
250	0.50	0.65	0.25	0.35	0.25	0.35	0.45	0.55
300	0.60	0.75	0.30	0.40	0.30	0.45	0.55	0.62
350	0.70	0.85	0.35	0.45	0.35	0.50	0.62	0.72

註 1: “用加墊法旋成”欄內所列數字為蘇聯 ЛМЗ 廠的汽輪機軸承間隙標準, 但軸徑 50 公厘的 δ 最大值为 0.12。

註 2: 側面間隙 δ 塞進 20~40 公厘。

註 3: 本表來自電力部北京基建局 1955 年 4 月的“汽輪機檢修安裝質量驗收標準”。

註 4: δ 與 σ 的代表意義與表 2 同。