

機 械 原 件

軸 承

蔡澤高 尉遲斌編譯

孫 成 璠 校

龍 門 聯 合 書 局 出 版

機 械 原 件

軸 承

基本原 理、設 計、計 算 及 應 用

德 國 諾 切 爾 教 授 名 著

(F. Rötcher Maschinenelemente)

蔡 澤 高

尉 達 斌 編 譯

藏 書 章

龍 門 聯 合 書 局 出 版

軸 承

蔡澤高 尉遲斌編譯

孫 成 璠 校

★版權所有★

龍門聯合書局出版

上海南京東路61號101室

中國圖書發行公司總經售

中和印刷廠印刷

上海淮安路727弄30號

1953年9月初版

1954年1月再版 印數3201-4700冊

新定價 ¥ 9,500

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

序

諾切爾教授之機械原件一書 (F. Rötcher. Die Maschinenelemente) 乃世界工程界、學術界中之一大貢獻，我國各大工廠各大學校均採用該書為主要參攷書籍或教材。

軸承係其中第廿一編，譯者試圖全譯是書，惟以限於時間和精力故分編着手，每譯完一編即出一單行本；該書共計廿九編。譯者除將其中鉚釘、螺絲、鋼楔已譯竣付印外，將陸續編譯者為軸樞，鋼管，機械材料等。

本書共分兩編五章廿四節，譯者以諾切爾原著為藍本，參照業師張象賢教授之筆記講義，復以赫德爾工程設計與計算 (Haeder: Konstruieren und Rechnen) 中之軸承構造及尺寸加以補充，又蒐集芬代生之最新機械原件 (Findelsen: Neu Zeitliche Maschinenelemente) 中之斜力軸承等之計算。全書約十五萬字，舉凡軸承之基本原理、設計、計算與應用等，包羅甚廣。

本書所用符號；均按原著的符號；譯者不敢有所變動；如數字間或公式中的 (·) 均表示乘號；(,) 均表示小數點，(÷) 均表示至的意思，如 $300 \div 400$ 即表示 300 至 400。

本書理論與實用并重，譯者力圖保持原著精華，復又顧及能使是書廣泛採用起見，故先按醒目之編制，繼採通俗之譯寫，惟以譯者才疏學淺，內中錯誤在所難免，敬望讀者惠予指正。

編譯者。 1951, 5. 於上海。

緒 論

軸承的分類和製造時應注意的事項：

軸承的用途是在承受和支持軸樞。依據各種不同的承受方式，可以把軸承分成三種：(1)滑動軸承，(2)滾動軸承，(3)刀口軸承。滑動軸承的特點是軸樞的全部或一部份包在軸承中間，在運轉時，軸樞和軸承各有一部份彼此作相對的滑動。滾動軸承就不是這樣了，它是在軸樞和軸承之間另外安置一種可以滾動的中間物，利用這中間物就可以產生很小的滾動摩擦來代替滑動摩擦，當然效率就跟着提高了。至於刀口軸承比較特殊一點，它的承受面是很狹的刀口形，運動阻力非常小，這種軸承應用在作搖擺和傾側運動時。

依照軸樞的主要種類又可以把軸承分成這樣兩類：(1)正力軸承。(2)推力軸承。這兩種軸承主要的區別是受力的情形不同，正力軸承受力的方向與轉動軸垂直；推力軸承受力的方向却和轉動軸的方向一致。

在製造軸承時，下面幾點應該注意到：

(1)選用尺寸時要注意照這種尺寸所裁成的材料，它所具有的強度是否足夠，同時對於非常有害的變形和搖動也應該盡量避免；因此，軸承每一部份的結構都要能經常保持堅強。還有散熱情況也要注意，假若負荷很高而又不利用任何人工冷卻法，那末必須有夠大的有效散熱表面來散發因摩擦而產生的摩擦熱。

軸承的形狀依照軸樞或軸的尺寸來決定，而軸樞和軸通常都是在設計軸承以前就決定好了的，關於它們的計算可參攷機械原件書中的軸樞一章。

(2)軸瓦應就其整個寬度配合得很好的裝配到軸承上，並利用調整性能以保證軸瓦裝置的安全。

(3)材料要選用得適當，軸瓦的材料可以比軸樞的材料軟些，這樣可以只使軸瓦發生磨損而不會損及軸樞，因為更換一個軸瓦是比較更換一個軸樞容易得多。

(4)軸瓦發生磨損後，要能在主要的受力方向加以調整，或者乾脆更換一個新的軸瓦。在調整或更換軸瓦時要使軸保持在原來的位置上，同時軸瓦的接縫不要恰好放在受力的地方。

(5)要得到安全的運轉必須具備有良好的潤滑效能，這一點要依靠潤滑劑的充分和分佈的正確來得到。

(6)用過了潤滑劑，流出後可以收集起來再加應用，這樣不但節省了潤滑劑，並且能保持軸承四週的清潔和保護底座不會被油污損。

(7)軸承的管理要簡單方便，另件越多，管理越難，同時每個另件裝置的位置也不容易準確，尤其像拚合式的軸瓦，調整的時候更會感覺麻煩的。潤滑劑要能從外面檢視和探測，並且要在軸運轉時也能夠檢視；還有當軸承的負荷很高時，轉動面的溫度也必須能用溫度計來測定。

(8)軸承的用途很廣，可以大量生產，以減低製造的價值。製造時可採用一種相同的類型，只消在直徑和長度方面劃分出等級來，然後根據製造標準規定出幾種尺寸來大量生產。

目 錄

緒 論

第一編 滑動軸承

第一章 正力滑動軸承	1
第一節 概論	1
第二節 軸瓦	4
I. 軸承材料	5
II. 軸瓦的構造	9
第三節 軸承的潤滑	11
I. 黃油潤滑	11
II. 機油潤滑	14
III. 潤滑劑在軸瓦內的分佈	22
IV. 潤滑油的截留	30
第四節 軸瓦的可動性和可調整性	34
第五節 軸瓦的施工	39
第六節 軸承座, 軸承蓋, 軸承螺絲	40
第七節 正力軸承的製造標準	43
第八節 結構與計算舉例	46
I. 標準立式軸承之結構與計算	46
II. 聯動裝置軸承	53
III. 軸承的支撐	59
IV. 軸承構造實例	66
第九節 計算舉例	74
第二章 滑動支座軸承	78

第二編 滾動軸承

概說.....	83
第一章 鋼球軸承.....	83
第一節 鋼球軸承的種類及其基本原理.....	83
I. 鋼球軸承的種類.....	83
II. 鋼球軸承的基本原理.....	84
第二節 鋼球軸承的計算.....	86
I. 概說.....	86
II. 鋼球直徑與破裂負荷以及裂紋負荷的關係.....	86
III. 接觸面與負荷的關係.....	87
IV. 接觸面間表面壓力的計算.....	87
V. 鋼球許可負荷的計算.....	88
VI. 球槽曲率半徑的計算.....	89
VII. 鋼球軸承總負荷的計算.....	90
1. 推力軸承總負荷的計算.....	90
2. 正力軸承總負荷的計算.....	91
VIII. 許可單位負荷 k 值的選取.....	93
1. 與鋼球及鋼環的材料以及接觸(球與球槽)情況的 關係.....	93
2. 與轉動速度的關係.....	93
3. 與承受衝擊負荷的關係.....	94
4. 與製造精確程度的關係.....	94
第三節 鋼球軸承的製造.....	94
I. 材料的選擇.....	94
II. 鋼球的製造.....	95
III. 鋼環的製造.....	95
IV. 球籠的製造.....	95

1. 球籠的概念和它的重要性	95
2. 球籠的材料	96
3. 正力軸承球籠的製造	96
4. 推力軸承球籠的製造	97
第四節 鋼球軸承的形狀	97
I. 正力軸承	97
1. 肩緣式鋼球軸承	98
2. 鋼環上有月牙狀縫口的正力軸承	98
3. 擺動式鋼球軸承	99
4. 單排與雙排鋼球的普通鋼球軸承	99
5. 雙排鋼球並且具有調整環的正力軸承	100
II. 推力軸承	101
第五節 標準化的鋼球軸承	103
I. 概說	103
II. 標準正力軸承的分類	104
III. 正力軸承的標記法	105
IV. 正力軸承的標準數值表	105
V. 推力軸承的標準數值表	107
第六節 鋼球軸承的設計	110
I. 鋼球數目的選擇	110
II. 鋼環切面尺寸的確定	112
III. 鋼球大小的選擇	112
IV. 設計時的標準	112
V. 設計舉例	113
第七節 鋼球轉動時所產生的離心力以及這離心力的影響	114
I. 離心力	114
II. 正力軸承上的離心力及其影響	115
III. 推力軸承上的離心力及其影響	116

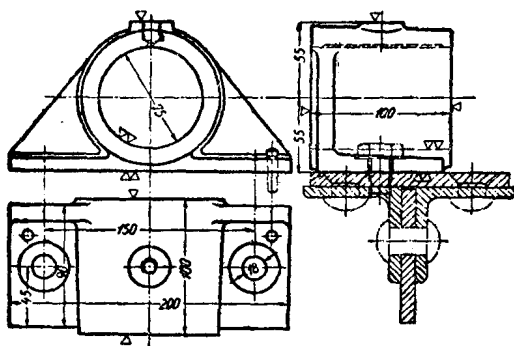
第八節 鋼球軸承的應用舉例·····	117
第二章 滾子軸承·····	120
第一節 滾子軸承的基本原理·····	120
第二節 滾子軸承的計算·····	121
I. 負荷能力的計算·····	121
II. f_0 值的選取·····	122
第三節 滾子軸承的結構以及其應用的舉例·····	124
第四節 斜力軸承的計算以及其尺寸的選取·····	128
I. 負荷能力與壽命值的計算·····	128
II. 尺寸的選取·····	130
第五節 滾針軸承尺寸的選取·····	131
第三章 刀口軸承·····	135
第一節 概說·····	135
第二節 刀口軸承的計算·····	136

第一編 滑動軸承

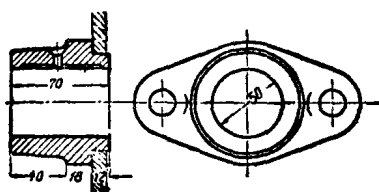
第一章 正力滑動軸承

第一節 概論

第1圖和第2圖是兩個簡單的正力軸承，一個是眼形軸承，一個是凸緣軸承，製造材料為鑄鐵。這種軸承的裝置法是把它沿軸的方向套



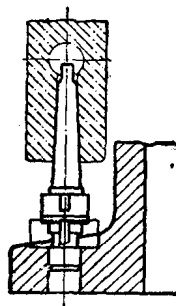
第1圖 眼形軸承



第2圖 凸緣軸承

以後把模型從大的一端取出。底板上為放置螺絲頭而開的眼可以不必在鑄型上做出，等鑄件澆好以後用第3圖所示的鑽刀鑽成。第2圖所示的凸

在軸樞或軸上，然後用鉚釘或螺絲連接在機件或支架上。在做鑄模時應該考慮到如何能把模型從沙型中取出，因此，軸承孔和底板的模型一端要做得大一點，再向另一端漸漸的小下去，這樣就可以在沙型做好



第3圖 鑽刀

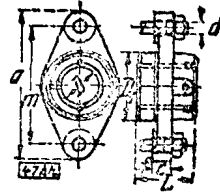
緣軸承，它的一端有一個凸出的轂，把這個凸出的轂嵌進一塊平板中而稍微露出一段來，使它的頂端可以當作軸緣和軸肩等的轉動表面，如像曲

拐和手搖式起重機上第一個聯動軸的軸承等都是這一類的。

凸緣軸承有用兩個螺絲和四個螺絲的兩種，它的尺寸標準在 DIN 502 和 503 上有規定；眼形軸承的標準見 DIN 504，現在都抄列於下以備選用。

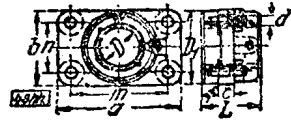
第1表 凸緣軸承的尺寸。單位 mm (由 DIN 502)

軸的直徑 D	殼			凸 緣		連結螺絲	
	直徑 D ₁	長度 L	伸出 長度 f	長度 a	厚度 c	距離 m	直徑 d
25 及 30	65	60	20	155	20	120	1/2"
35 及 40	80	70	20	180	25	140	5/8"
45 及 50	90	80	20	210	30	160	3/4"
55 及 60	110	90	25	240	30	190	3/4"
70	130	100	25	275	35	220	7/8"



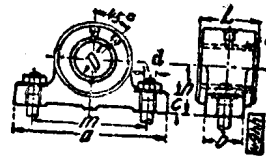
第2表 凸緣軸承的尺寸。單位 mm (由 DIN 503)

軸的直徑	殼			凸 緣			連結螺絲		
	直徑	長度	伸出長度	長度	寬度	厚度	距 離		直徑
	D ₁	L	f	a	b	c	m	n	d
35 及 40	80	70	20	145	85	20	110	50	1/2"
45 及 50	100	80	20	170	100		130	60	5/8"
55 及 60	120	90	25	190	120	25	150	80	
70	140	100	25	220	150		170	100	
80	160	100	30	240	170	30	190	120	3/4"
90	180	120	30	260	190		210	140	
100 及 110	200	120	40	285	215	35	230	160	7/8"
125	230	140	40	310	240	40	250	180	1"
140	260	160	40	330	270	40	270	210	
160 及 180	290	180	40	365	305	45	300	240	1 1/8"

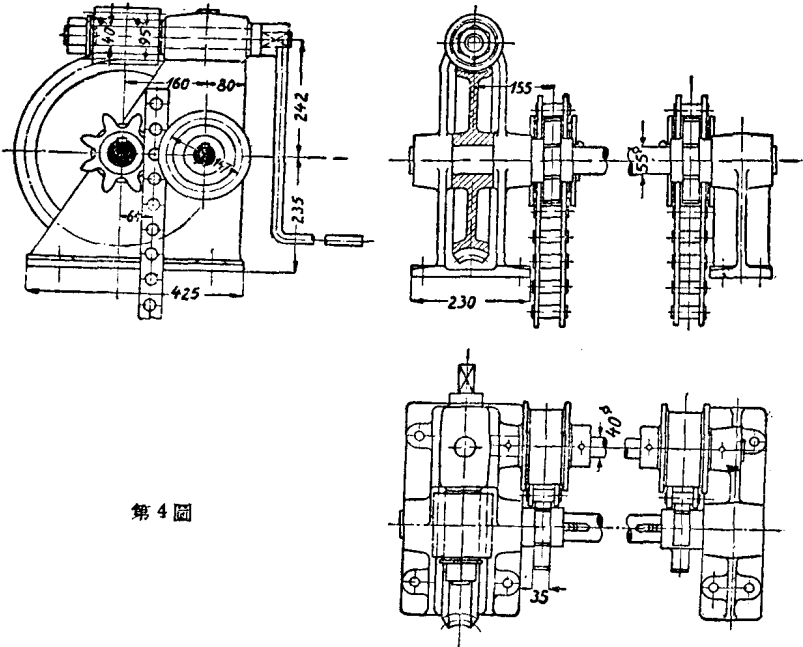


第3表 眼形軸承的尺寸。單位 mm (由 DIN 504)

軸的直徑 D	軸 承		底 板			連結螺絲	
	高度 h	長度 L	長度 a	寬度 b	厚度 c	距離 m	直徑 d
25	50	60	160	45	25	120	1/2"
30							
35							
40	60	70	190	50	30	140	5/8"
45							
50	70	80	220	55	35	160	3/4"
55							
60	80	90	240	60	35	180	3/4"
70							
80	90	100	270	70	45	210	7/8"
90							
100	100	100	300	80	45	240	7/8"
110							
125	110	120	360	100	50	300	1"
140							
	120	140	410	100	55	330	1 1/8"
	130	160	440	100	60	360	1 1/4"



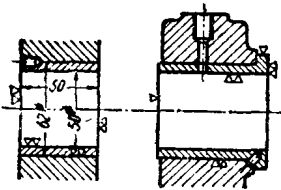
通常當軸樞所承受的負荷很小時，或者不大重要的軸樞，可以直接在鑄成的支架上鑄製一孔，而將這孔就當作軸承來應用，如圖 4 所示的



第 4 圖

一個就是實例。假若支架的材料不適合時，可以加裝一個襯套到上面去；襯套是用黃銅、青銅、鑄鐵或鋼製成，它可以分成兩類：一種是可以不拆下

來的，用重打入座，一種是當機件拆卸時須要拆下來的，用輕打入座來裝配，並且還要用銷釘，平鍵等來固定它以免其被軸帶動，因而使油眼錯開妨礙潤滑作用。



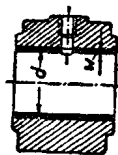
第 5, 6 圖 襯套

青銅及黃銅的襯套遇溫度強大變化時容易鬆動，因為它比鐵的脹性大，慢慢的會把座孔脹大。

第 5 圖所示的襯套又可以分為兩種：一種薄壁的，一種厚壁的。在 D 146 和 DIN 147 上可查到這兩類襯套的直徑和厚度的標準尺寸，現在抄在後面以供選用。

第 4 表 薄壁襯套的尺寸。單位 mm (根據 DIN 146)

鑄鐵 軸瓦	d=10÷16 17÷35 36÷44 48÷120 125÷195 200÷250												
	W=	3	3,5	4	5	7,5	10						
黃銅 軸瓦	d=22 24 26 32 33 34 45 46 92 98 190 195												
	W=	4	4	4	4	4	4	3,5	4,5	6,5	6	10	7,5



第 5 表 厚壁襯套的尺寸。單位 mm (根據 DIN 147)

鑄鐵 軸瓦	d=10÷15 16÷21 22÷45 46÷50 52÷65 68 70÷120 125÷180 185÷195											
	W=	4	4,5	5	6	6,5	7	7,5	10	12,5		
黃銅 軸瓦	d=20 27 33 44 58 60 72 78 82 88 92 98											
	W=	5	4,5	4,5	5,5	6	6	6,5	7	8	8,5	9 8,5

有兩點須要補充說明一下：這表所列的直徑是根據 DIN 3 規定的標準列出。襯套長度和內徑的比率，最小的採用 1:1，最大的為 3:1，若內徑相當大時常採用 2:1。至於襯套的長度在選用時尺寸是這樣規定的：在 50 mm 以內每 5 mm 為一級，超過 50 mm 至 100 mm 每 10 mm 為一級，超過 100 mm 至 200 mm 每 20 mm 為一級，超過 200 mm 至 300 mm 每 25 mm 為一級，以後是 330, 360, 400 又各為一級，如此的使相鄰的兩種長度相差為一級而不取零數，這樣就比較近於標準化了。

軸承可分成若干部分，這幾部分是：可調換的軸瓦，軸承座，軸承蓋以及連結螺絲。這樣的好處，第一可以使軸的安裝方便，第二當發生磨損後可以另換一部分上去，不必整個更換，這樣比較經濟。

至於軸承支座的種類在後面再討論。

第二節 軸瓦

要使軸能得到良好的運轉，必須用最合適的材料製造軸瓦，同時軸瓦要能與軸樞完全配合，而且軸瓦的滑動面也要非常均勻和光滑，這樣可以使負荷壓力分配得當，並且能減低摩擦阻力。軸瓦滑動面的加工

一般是車製、鑽製和磨成，其餘的軸瓦表面加工也採用這幾種施工法，總之要用最經濟的製造法獲得準確的配合，以及使軸瓦與軸承座彼此的中心線互相吻合。軸瓦在安裝妥當後應有安全裝置以保持其位置不變，同時在運轉時潤滑劑的輸入、流出和分佈等也應該週密的考慮到。

I. 軸承材料

軸承材料有鑄鐵、青銅、黃銅、紅銅(Rotguß)、白合金(Weissmetall)等。

鑄鐵價格低廉，這種材料，可以用來製造裝配在轉速很慢或不常轉動的軸樞上的軸瓦。簡型起重機上搖桿的軸承也可以用鑄鐵製成，因為在這種機構上，磨損問題可以不重視，所以材料不必選用太好的。這種軸承的負荷壓力可以到達 $p = 25-30 \text{ kg/cm}^2$ ，若速度低，甚至於可以高到 50 kg/cm^2 。

鑄鐵還有一個很大的用場是在聯動機構上，如像席勒式軸承(Sellerslager)在負荷壓力很低， p 只有 3—6，最多 10 kg/cm^2 ，即使轉速很高時，應用鑄鐵做材料也是非常好的。

青銅質地堅固、緊密、平滑，但價格比較昂貴，適於製造尺寸小、負荷表面壓力高達 $40-60 \text{ kg/cm}^2$ 的軸瓦，對於受衝擊負荷的機構也很適合。最好的青銅，其合金成分為：銅 83%，錫 17%；或者含銅 82%，錫 16% 和鋅 2%。還有一種磷青銅是在鑄造之前加入 0.5—1% 磷到合金內去，可以使合金純淨，鑄成後並無多少磷質在內，這也是一種很好的軸承材料。

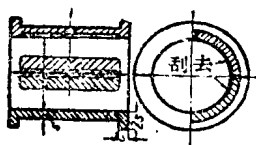
此外還有黃銅、紅銅也可以用作軸承材料，價格較低，但性能不及青銅。

軸瓦厚度如第 7 圖所示(其中 s 為軸瓦厚度，瓦緣厚度為 $2s$)：

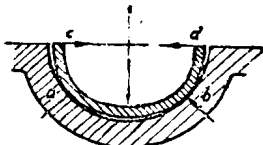
$$s = 0,05 d + 5 \text{ 至 } 0,07 d + 5 \text{ mm}$$

在應用上面所說的材料來製造軸瓦時，有一點必須注意到，假若軸瓦是由兩半部拼合而成的，那末由於這幾種材料的熱膨脹率比較鐵的熱膨脹率大得多的緣故，它的兩端會發生向內收縮而把軸嚙住的現象；

也可以這樣來解釋：譬如有一個青銅軸瓦原來裝在軸承上時是很配合



第7圖 黃銅軸瓦



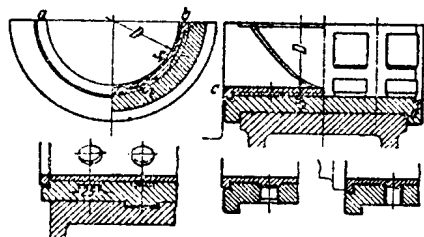
第8圖 黃銅軸瓦

的，現在把它取出，然後加熱，這時候這個軸瓦就不能像原來一樣能很好的配合進軸承，如果強迫的安裝進去，就會發生第8圖所示的現象，軸瓦在 a, b 兩點緊壓住軸承座，同時在 c, d 兩點向內收縮而壓在軸上。軸樞在運轉時由於滑動面的摩擦使軸瓦的溫度升高超過軸承座，這種情形和上面所說的相仿，軸瓦會在 c, d 兩處將軸嚙住，雖然是鋼軸也常會被堅硬的青銅軸瓦磨損。避免這種情形發生，可以照第7圖所示在這兩處先刮去一部分，但要注意不可因此引起漏油現象。

白合金是製造軸承的一個很重要的材料。當軸樞的圓周速度越大時，白合金的使用價值也越高，但在受衝擊負荷的機構上，白合金是不合宜的，故用青銅代替。

白合金本身的強度和抵抗性能較差，只能用來附加在鑄鐵、鑄鋼、青銅、黃銅等軸瓦的滑動面上，有時也應用在軸承座或軸承蓋上。

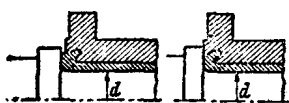
軸瓦裝到軸承座上的方法如第9至13圖所示：第9圖和第10圖是用縱向和橫向的燕尾槽將白合金嵌在軸瓦上，或者用圓槽（第11圖），



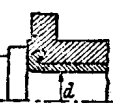
第9-13圖 白合金固定在軸瓦上的方法

或者鑽孔用螺絲固定住（第12與第13圖），這樣可以使白合金和軸瓦緊接在一起；同時爲了避免白合金在縱向和橫向移動，還得在軸瓦的兩邊緣 a, b 處和兩端 c, d 處開一個角槽將白合金固定住，如第9與第10圖所示。

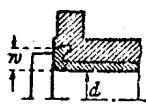
軸在轉動時，軸緣要在軸瓦的兩端表面上滑動，使軸瓦與軸緣受到



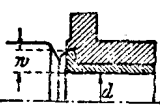
第 14 圖



第 15 圖(錯)



第 16 圖



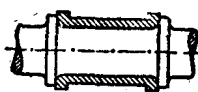
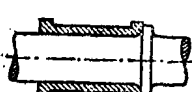
第 17 圖(對)

磨損，避免的方法是在裝置白合金時應使白合金比軸瓦稍長一點，使其超出軸瓦的兩端，如第 14 圖所示；或者是寬度比軸緣的寬度大一點，如第 16 與第 17 圖所示。第 15 圖所表示的構造中，軸緣不但和軸瓦接觸，並且和白合金接觸，這樣使軸緣同時在兩種不同的金屬上滑動，很容易刻劃出槽紋，這種方法是錯誤的。

第 16 與第 17 圖中所示的 W 的值，是根據軸緣或澆油環的尺寸計算得出，通常應用的公式為：

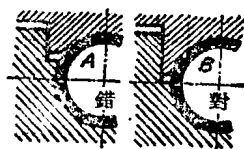
$$W = 0.1 d + 10 \text{ mm.}$$

白合金兩端邊緣和軸緣的轉角處要做成圓角，如第 18 與第 19 圖所示，這個圓角的半徑，軸承上的比軸樞上的略大。

第 18 圖
兩側做成圓角第 19 圖
一側做成圓角

第 20 圖

在運轉時，摩擦熱可能使軸瓦伸長一點，因此在軸瓦與軸緣之間應該預留一個縫隙 s ，如第 20 圖所示，以避免軸瓦與軸緣之間發生摩擦以致軸瓦將軸緣刮壞。縫隙 s 的大小通常為 0.2—0.8 mm。



第 21 圖

在製造時對於裝置軸瓦如何才方便的問題，也應該週密的注意到，像第 21 圖中的 A ，軸瓦被軸承座的下部軋住，無法取脫，所以不對，應該如 B 所示的方法製造。

白合金的厚度 S_1 (如第 9 圖所示)，當燕尾槽深度為 2—5 mm 時；

$$S_1 = 0.02 d + 2 \text{ mm 至 } 0.03 d + 3 \text{ mm.} \quad (1)$$