

軋鋼設備的軸承

Б.В. 崔普金 等著

費 开 夏 汪 珊 譯

冶金工業出版社

本書內容包括了關於滾動軸承、液體摩擦軸承、非金屬軸承的基本知識，以及關於它們的潤滑和密封裝置的基本知識。書中列舉了選擇軸承所需要的資料，列舉了應用於各種條件下的合理的滾動軸承裝置，以及工作機架、減速機和軋鋼機軋道的軸承部件的構造。

本書供機器設計和使用部門的工程師，技術員閱讀。

Б. В. ЦЫПКИН, Л. Я. АЛЬШИЦ, А. Д. ТОМАШОВ
ПОДШИПНИКОВЫЕ УЗЛЫ ПРОКАТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
МАШГИЗ (Москва--1954)

軋鋼設備的軸承

費開夏 汪 珊 譯

編輯：葉建林 設計：趙香苓、魯芝芳 校對：楊德昭

1958年4月第一版 1959年4月北京第三次印刷 1,500冊（累計5,400冊）

850×1168•1/32•120,200字•印張9 $\frac{12}{32}$ •定價1.20元

北京五三五工廠印

新華書店發行

書號0803

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

目 录

序言.....	(4)
第一章 滚动轴承按其工作条件装置的原则.....	(6)
第二章 滚球-滚子轴承的选择	(97)
第三章 减速机部件中的滚动轴承装置.....	(110)
第四章 工作机架轧辊支承部分的滚动轴承装置.....	(149)
第五章 轧钢机辊道支承部分典型的滚动轴承装置	(177)
第六章 滚动轴承的配合.....	(199)
第七章 滚动轴承的润滑和密封装置.....	(210)
第八章 非金属材料轴承.....	(240)
第九章 液体摩擦轴承.....	(278)
附 录 全苏标准一览表.....	(298)
参考文献.....	(300)

序 言

党的第十九次代表大会关于 1951—1955 年苏联发展国民經济第五个五年计划的指示中提出了一项任务：在提高出产机器的質量的同时，要減輕机器的重量。

正确地選擇軸承和正确地設計各种机器的軸承部件，对执行这项任务有着重要的现实意义。因为这样做，不仅密切关系到机器的重量和价值，同时也关系到机器質量的好坏。

合理地設計軸承部件这个問題之所以重要，还因为：支承部份設計得好，还能大大地提高軸承的使用寿命，因而能减少国民經济中軸承的消耗。

在日常實踐中，有很多方法可用来解决支承部分的設計問題，但是对軸承工作条件的特征，对現有構造类似的机器上采用該种軸承的經驗和軸承的操作經驗往往缺乏考虑。

設計各种设备的設計師們在選擇最合理的軸承类型和軸承部件結構方案、選擇軸承用潤滑油种类和給油系統时，常常感到有些困难。对于某一机器部件，应選擇滚动軸承，还是選擇滑动軸承这个問題，不是能經常正确解决的。

近年来，随着塑料压制軸承的推广，做軸承用的主要材料已不再局限于耐磨金屬了。采用塑料軸承能节省大量的有色金屬和潤滑油，並且在很多的情况下还能改善机械的工作。

但是，在工業上推广非金屬材料軸承还有一定的阻碍，因为目前还缺乏介紹这个問題的足够的技术書籍。

大家知道，液体摩擦軸承越来越广泛地采用在高速重載的支承部件中、尤其是采用在軋鋼机工作机架軋輥的支承部件中，但是就是对此种軸承出版界也介紹得很不够。

在已出版的書籍中，对于設計軸的支承部件时采用滚动軸承的广泛經驗，以及在各种不同工作条件下应用滚动軸承正确裝置的基本原則，都还没有專門的作品来介紹。

儘管如此，設計師們終究是应当熟諳採用軸承的技術的，以便在設計機械過程中成功地運用這種技術。

寫這本書的目的，是試圖介紹一下有關軸承部件設計和使用的一些基本問題（主要是軋鋼設備上的），盡力使其對設計師們有一些幫助。

書中詳述了關於軸承應用上各方面的基本原理，不僅對軋鋼設備，對其他各種設備也都有直接的關係。因此，本書也可作為其他機械製造部門廣大設計人員和使用人員的參考資料。

本書第一、第二、第五、第六各章由工程師 Б.Б. 崔普金執筆，第三、第七、第八、第九各章由技術科學副博士 И.Я. 阿里西茨執筆，而第四章則是工程師 А.П. 托馬紹夫所寫的。

第一章

滚动轴承按其工作条件装置的原则

冶金工厂中设备运转的实际情况说明：个别机械不能长期工作，在很多情况下是由于轴承部件构造不佳造成的。

选择最为合理的滚动轴承，以及设计轴承部件，使其适用于设计对象的工作条件这个问题，往往就越出一般设计师的职责范围之外了。

本书的这一部份是帮助设计师们去选择最为恰当的方案，使其所设计的机器部件中的轴承装置适合于机器的结构、用途和操作条件。

单列径向滚球轴承

单列径向滚球轴承由于其通用性，故在现代机械制造业中应用最为广泛。这种轴承是不可拆卸的组合物。它既能承受径向载荷，又能承受双向的轴向载荷。单列径向滚球轴承和别种轴承相比，可以在比较更高的转速下工作，它能在轴向上将轴很好的固定，也能用来作为「游动」支点。在纯轴向载荷下而转速较高时，采用这种轴承比用止推轴承更为有效。因为这时若采用止推轴承，由于转速高，滚球的离心力会产生所谓廻轉仪力矩，结果使轴承使用不长时间后就坏了。

单列径向滚球轴承容许承受的轴向载荷 A 约为其径向承载能力 Q 的 70%。在轴承同时承受径向和轴向载荷时，能承受的轴向载荷之值为径向承载能力未使用部份的 70%，确定 A 的公式如下：

$$A = 0.7(Q - R),$$

式中 Q ——与规定的工作制度相应的、轴承的全部径向承载能力；

R ——实际作用于轴承上的徑向載荷。

如果軸向載荷不超过 $0.2R$ ，則可以忽略不計，而只对于徑向載荷进行計算。

虽然單列徑向滾球轴承按原理說是非自动調位的，但是和滾子轴承相比，它对軸或机座中心綫的偏斜並不太敏感。單列徑向滾球轴承的徑向間隙加大时，就增加了轴承的軸向承載能力，因此在个别情况下單列徑向滾球轴承可以作爲徑向——止推轴承^①。

和別种类型的轴承相比，單列徑向滾球轴承的摩擦系数最小。單列徑向滾球轴承除了具有上述这些优点之外，它的价格又最为便宜，所以在設計載荷較小的机械时，应当首先考虑采用这种轴承。

合理使用單列徑向滾球轴承的条件之一，就是要正确地將轴承裝置在所設計的机器部件中。下面列举在轴承的工作条件下裝置轴承的一些典型例子。

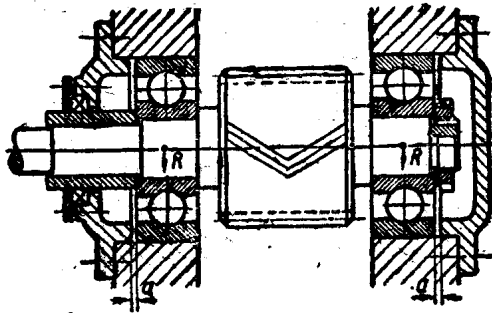


圖 1 [游动] 的單列徑向滾球轴承在机座貫穿鑽孔內的裝置

在轴承上作用的仅是徑向載荷。圖 1 表示仅受徑向載荷的單列徑向滾球轴承的裝置。軸的軸向位置为人字齿輪所固定，而入字齿輪的位置已由与它咬合的另一齿輪的位置所确定。为使齿輪

① 关于在軸向載荷作用下，同时將轴承中的徑向間隙考虑在內时轴承的使用寿命問題，可參看 P. Л. 白澤里曼和 B. B. 崔普金合著的 [滚动轴承] 手册一書，1951 年國立机構制造科技出版社版，第 279 頁。

能自动調位到所要求的位置，軸承裝在机座的貫穿鏤孔內，且能隨着齒輪軸的串動而沿軸向自由地移動。為此，軸承与机座的配合是帶間隙的，与軸的配合則帶公盈的，軸承在軸綫方向是被牢平地緊固住。軸承的軸端緊固是利用軸端的螺帽和防松花墊來實現的，有了花墊能防止螺帽自动松扣。花墊的外齒能扳倒而嵌入螺帽的扳口內，而其內齒則嵌在軸上的槽內。

在側蓋和軸承之間應留足夠的間隙 a ，以避免它們在工作過程中互相接觸。

軸承仅受徑向載荷的另一種类型的裝置見圖 2。由于右面那個軸承被緊固在鑲入凹槽的止推環 1 和机座外側蓋之間，使軸承和机座間相對位置得以固定。在止推環和軸承之間裝有內蓋 2，使軸承和外界隔離，而在其周圍形成一空間，以容納潤滑用的干油。

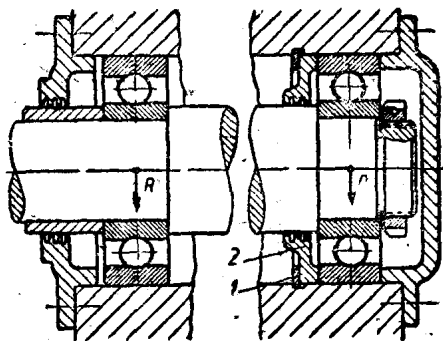


圖 2 單列徑向滾球軸承在机座貫穿鏤孔內的裝置

左面的軸承在軸向是完全自由地安裝于机座中的。當溫度變化而軸的長度變更時，它能左右「游動」。

在軸承上作用的是不大的徑向和軸向載荷。為了能承受徑向載荷，而又能承受不大的反復軸向載荷，軸承可以像圖 3 中所示那樣裝置在軸上和机座內。當支點間距離較小，而机座鏤孔是貫穿的，軸承可裝置成支撐式 (враспор) 的，但留一軸向間隙 a ，

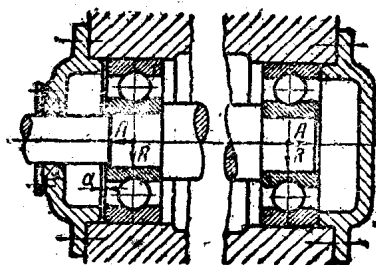
以抵消可能發生的因熱膨脹而產生軸的伸長，免除軸承在兩側蓋間擠住的危險（圖3）。所留間隙的大小為：

$$a \approx 12 \times 10^{-6} \cdot l \cdot t + 0.1 \text{ (公厘)}, \quad (1)$$

式中 l —— 支點間距離（公厘）；

t —— 可能產生的軸受熱前后的溫度差（°C）。

圖3 徑向滾
球軸承在機座貫
穿鑄孔內支撐式
裝置



軸承在軸端的裝置是支撐式的時候，就沒有必要在機座上或軸上再有什麼軸向緊固裝置。

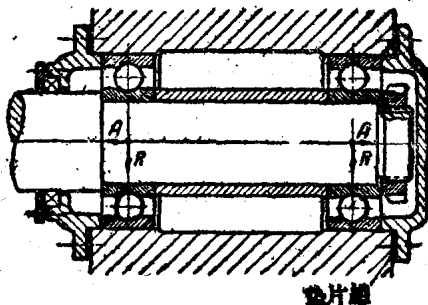


圖4 徑向單
列滾球軸承用調
整墊片的支撐式
裝置

如果軸沿軸線方向的位置必須嚴格固定，間隙極為微小或者有不大的軸向公差，那末軸承應按支撐式安裝在與它們緊貼的兩側蓋之間，不過要有調整墊片（圖4）。利用定距軸套和帶防松花墊的螺帽把軸承緊固在軸上。為了避免軸承偏斜，兩側蓋的端面和定距軸套的端面應垂直於軸的縱中心綫。

使軸在貫穿的鏜孔內沿軸綫方向定位，也可以用把一個軸承固定在機座上的方法來保證；此時另一支點上的軸承應當能自由地「游動」，使其在部件裝配時或軸受熱膨脹時都能自動調整軸向位置。

圖 5 所示的裝置是兩個軸承都被牢牢緊固在軸上，其中之一還被夾緊在機座的凸肩和無孔側蓋之間。機座內部的異形套筒是用來形成留存潤滑油的空間。這種裝置的缺點是在機座內有凸肩，在加工時為保證兩個軸承配合面中心綫一致而要一次裝刀和一次裝卡工件，鏜這樣的孔就增加了困難。

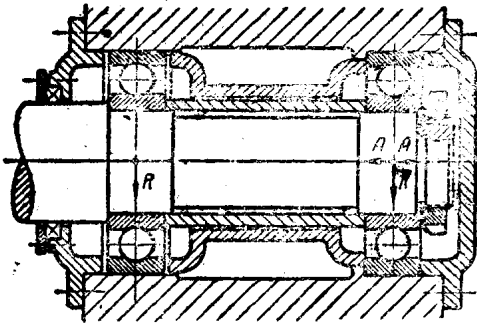


圖 5 單列徑向滾球軸承在同一機座內帶有異形套筒的裝置。

把一個軸承緊固在機座中也可以利用乙字截面的變徑套筒，如圖 6 所示。一個軸承用螺帽緊固在軸的一端，因而不僅能承受徑向載荷，還能承受反復的軸向載荷。左面支點的另一個軸承也裝在一套筒內，可使軸承無阻地沿軸綫方向自動調位，採用此套筒時也能在兩個支點上採用尺寸相同的軸承。為了避免軸承從軸上脫下來，應當用螺帽和支撐軸套（第一種方式）或者利用嵌入軸上凹槽內的彈性鎖環（第二種方式）把軸承緊固在軸上。

由於考慮到安裝的順序，就是說在軸上兩軸承之間安裝着比軸承外徑更大的零件時，往往採用上述類型的變徑套筒的裝置。

上述這種軸承裝置，可以利用在乙形套筒的法蘭和機座端部之間墊調整墊片的方法，來調整軸和機座間的軸向相對位置。

軸在機座貫穿鏜孔內的軸向固定還可以利用在外圈上帶止推擋環的軸承，如圖 7 所示。採用這種軸承時，可以不必應用變徑套筒，也略能減少機座鏜孔的長度。左支承部份的軸承在軸線方向是自由的，所以只能承受徑向載荷。而右面的軸承則除了徑向載荷

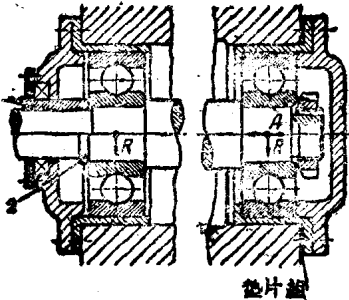


圖 6 單列徑向滾球軸承利用帶法蘭的套筒在機座貫穿鏜孔內的裝置
1—第一種固定方式；2—第二種固定方式

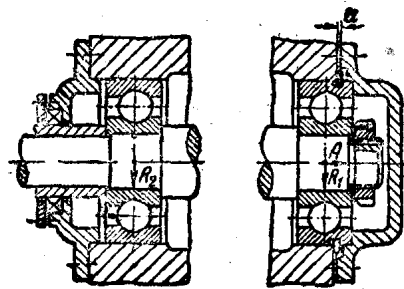


圖 7 在外圈上帶有止推擋環的單列徑向滾球軸承在機座貫穿鏜孔內的裝置

之外，還能承受主要作用在軸承蓋方向的軸向載荷。僅允許有極為微小的軸向力向另一方向作用。軸承在機座中的緊固是利用專門的側蓋，在其端面 and 機座之間留有不大的間隙 a ，以保證軸向載荷能直接傳到側蓋上。這種軸承的止推擋環和溝槽的尺寸載于 $\Gamma OCT\ 2893-45$ 中。

當機座旋轉的情況下，在軸承上作用的主要是徑向載荷。單列徑向滾球軸承往往也用在軸不旋轉而機座迴轉的支點中（如導軌、皮帶運輸機、轉筒、空轉皮帶輪、滑車、輕型小車和車廂的輪軸，輕型橋式吊車的走行輪等等）。在此種支點中的軸承裝置的例子見圖 8—10。

在這種情況下，軸承在機座內不論徑向或軸向都是固定着，同時機座的配合面一般按 H 級配合座加工，而軸上的配合面則按 C 級配合座加工。

在圖 3 上所示的是在機座貫穿鏜孔內的軸承裝置。每一個軸承都被夾緊在內、外蓋之間，所以它們之間是相互隔絕的。擋住內

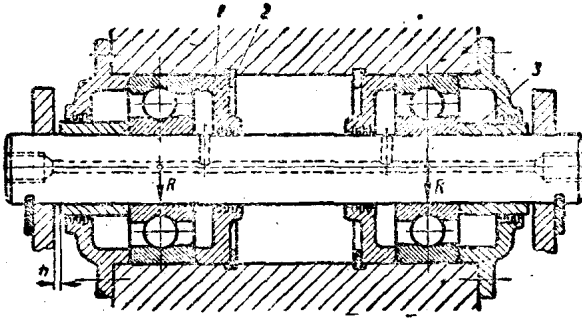


圖 8 当机座旋轉的情况下，徑向滾球軸承在公用的鑿孔內的裝置

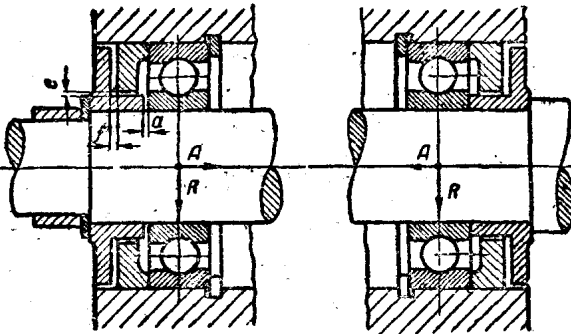


圖 9 單列徑向滾球軸承应用開口式止推環在机座貫穿鑿孔內的裝置

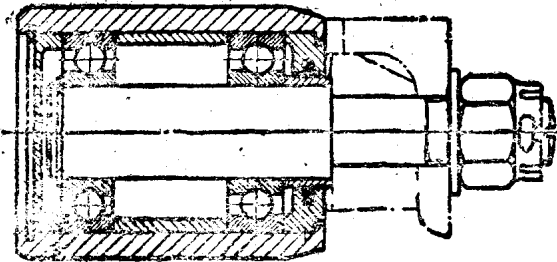


圖 10 單列徑向滾球軸承在旋轉軸內的裝置

蓋1的是開口的彈性止推環2，它安裝在機座內相當的圓凹溝內。軸承在不旋轉的軸上是用長軸套3來固定的，當軸受熱膨脹和軸向安裝尺寸不太合適時，這長軸套和軸承一起在軸向間隙 h 範圍內有可能沿着軸移動。軸承用的潤滑油是預加的，並能通過軸內的油孔往里給油。

在旋轉的機座中相類似的軸承裝置見圖9。這種裝置沒有外蓋，而用異形環來代替。這種環壓合在軸上和機座中，形成曲折密封裝置，既能防止漏油，又能防止外面的雜物進到軸承里去。

間隙 a 的大小，按公式(1)求得。而曲折密封裝置內的軸向間隙則按 $f=5e$ 的關係求得；其徑向間隙 c 的數值如下：

軸的直徑(公厘).....	10—45	50—80	85—110	120—180
徑向間隙 c (公厘).....	0.2	0.3	0.4	0.5

作用在軸承上的是中等徑向載荷和不大的軸向載荷。為了增加支點的徑向承載能力，有時在其中裝置一對單列徑向滾球軸承。當要求軸對於機座有嚴格的軸向定位時，成對軸承的中間在軸頸上可加一間隔環1(圖11，左支承部分)，使兩個軸承之間有間隙，以便按軸承磨損程度用內螺母2稍微緊固一下軸承。外蓋壓在螺母上以防止螺母自動松扣。成對軸承組這樣安裝時，右支承部份上的軸承应当在機座內有沿軸線方向自由移動的可能，但是往右移動被限制在間隙 a 範圍內(約0.7公厘)此間隙值同時也防止軸承從軸頸上脫下來的可能。

如果容許軸有某些軸向串動和允許兩個支承部分都承受很大的徑向載荷時，則軸承可以按圖12和13裝置。在這兩種情況下，軸承在軸上都是軸向緊固的，而在機座內則僅有左支點是固定的。

在右支承部分中(圖12)裝置了徑向滾子軸承，其內圈帶有單肩緣，外圈帶有雙肩緣。外圈在機座內軸向移動的可能性，往左被內圈的肩緣所限制，而往右被軸承蓋那面等於0.5—1公厘的間隙所限制。留這個間隙也是為了補償軸受熱延伸和使外圈與滾子一起對於內圈能以自動調位。

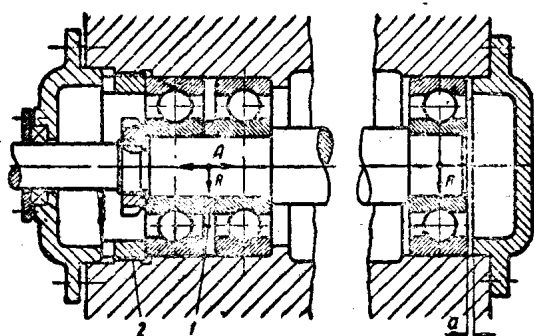


圖 11 成對徑向單列滾球軸承可用內螺母調整的裝置

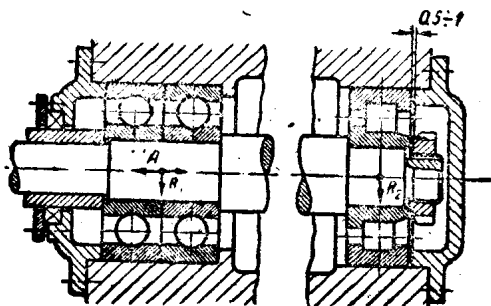


圖 12 成對徑向滾球軸承與徑向滾子軸承的組合裝置

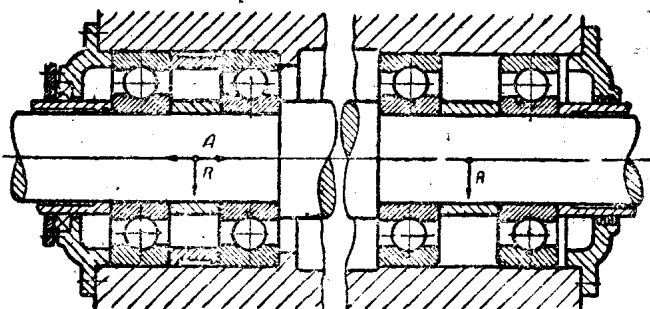


圖 13 成對組合的單列徑向滾球軸承在支承部分中的裝置

圖 14 和 15 所示的是成對組合的軸承在固定軸上的裝置。因為軸承座是旋轉的，所以軸承在其中的裝配帶有公盈，而在固定軸上的裝配則帶有相當於 C 級配合座的不大的間隙。利用剖分擋環緊固在軸上的軸承（圖 14）不能承受軸向載荷。

圖 15 所示的支承部份中，軸端的軸承裝置在變徑法蘭軸套上，並用螺帽將它緊固在軸頸上。因此旋轉輪對於軸的軸向串動大小僅限於被緊固好的軸承中的串動值。

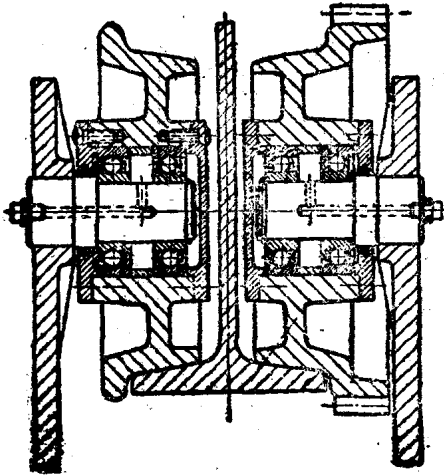


圖 14 成對徑向滾球軸承在吊車走行輪中的裝置

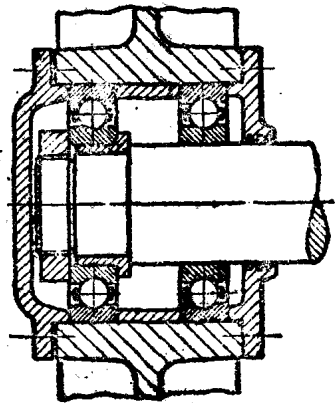


圖 15 兩個徑向滾球軸承在旋轉輪中的裝置

成對組合起來的單列滾球軸承，成功地應用在能力小的滑車組和起重機滑輪的輪轂中（圖 16）。繩輪組對於固定軸的軸向定位，是利用嵌入輪轂中的剖分止推擋環來實現的。

為了防止軸承中進入灰塵、蒸汽、污物等，應當安裝帶有保護圈的軸承。也可以把保護圈壓入輪轂兩邊或用螺釘將它撐在輪轂端面上。

對於承載較大的滑輪來說，可以把每個輪中的滾球軸承換成兩個短圓柱滾子軸承，軸承的內圈帶單肩緣，在每一對相鄰軸承之間在軸上加一間隔環。為使軸承能正常地工作，止推擋環的厚度必須比間隔環厚度小 0.5—1 公厘。

直立軸上的軸承裝置。有的部件由于構造关系或由于軸的轉速太高而不宜采用止推滾球軸承時，單列徑向滾球軸承却能在其中很好地工作。徑向滾球軸承裝置的例子見圖 17—19。在這種情況下，一個軸承被緊固在軸上和機座中，承受全部軸向載荷和機件本身的重量。在轉速較低時，軸承可以用預加干油潤滑，並用曲折密封裝置保持潤滑油于其內部（圖 17）。

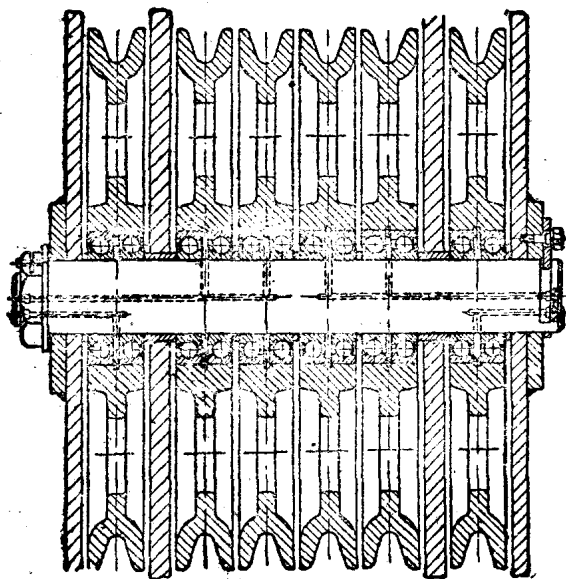


圖 16 徑向單列滾球軸承在能力小的滑車組和起重機滑輪上的裝置

轉速高時軸承應當用稀油潤滑。往直立軸的軸承給稀油最好的方法見圖 18。潤滑油被裝在下面的甩油輪 1 壓出，經管 2 和過濾器 3，成滴地流到上部軸承上。通過上部軸承後再經管 4 流到下部軸承上，然後回到最下面的油池中。

圖 19 所示的高速直立軸上軸承的給油裝置也是很好的。上下每個軸承下面都安有一個貯油池；並注入稀油。有一緊配合在軸上並與軸共轉的甩油杯浸在油中。甩油杯的內表面是錐形的，

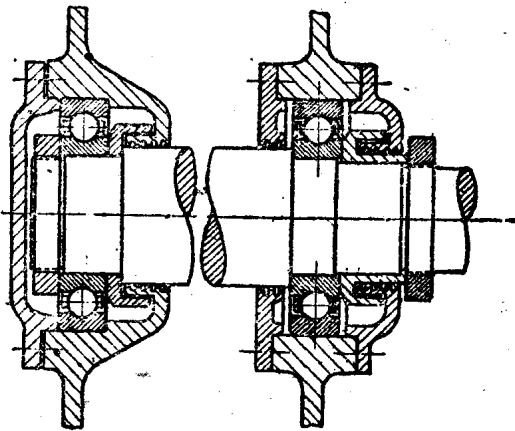


圖 17 徑向滾球軸承在
直立軸上的裝置

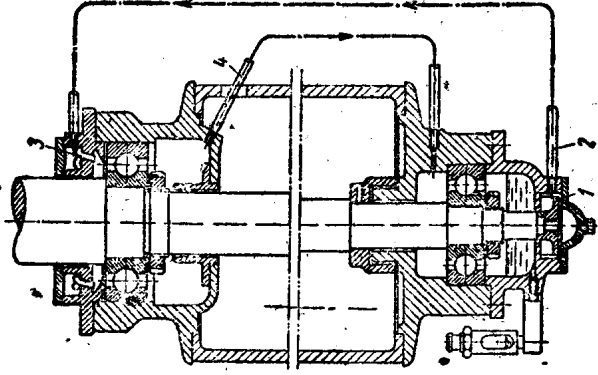


圖 18 徑向滾球軸承在直立軸上，
並用自動循環稀油潤滑系統的裝置

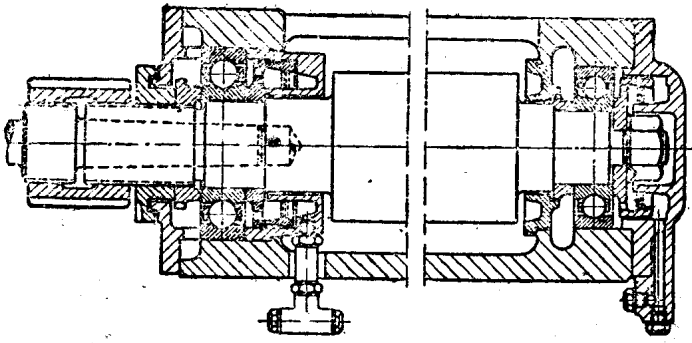


圖 19 徑向滾球軸承在高速直立
軸上並用單獨油池式潤滑的裝置