

轧 辊 轴 承

(上 册)

机 械 工 业 部
洛 阳 轴 承 研 究 所

一 九 八 三

说 明

本书是根据79年轴承行业情报工作会议的决定而编写的。全书十五节，介绍了国外轧辊轴承的现况，并论述了轧辊轴承设计、应用、维护、检查等方面的有关问题。由于水平有限，错误之处，敬希指正。

在编写过程中，承蒙洛轴詹朝举、聂森根、李友勋、白鹤声、范廷贤、高碧玉、习金香等同志鼎力赐助，谨此致谢。

目 录

一、轧辊轴承发展经过	1
二、国外轧辊轴承概况	7
(2.1) 轴承的型式和特性	7
(2.2) 国外主要轴承公司的轧辊轴承	15
三、轧辊轴承的应用	47
(3.1) 一般应用技术	47
(3.2) 应用实况	54
四、热连轧工作辊轴承	
(4.1) 辊颈与轴承内径的磨损	106
(4.2) 外滚道的疲劳剥落	108
(4.3) 交叉轧辊的影响	113
(4.4) 轴承箱维修不良的影响	119
(4.5) 辊颈维修不良的影响	122
(4.6) 密封不良的影响	125
五、轧辊轴承的烧粘	
(5.1) 烧粘发生的过程	127
(5.2) 烧粘的二次现象	131
(5.3) 轧辊轴承的烧粘实例	132

(5.4) 防止烧粘的措施.....	136
(5.5) 出现烧粘的对策.....	139
(5.6) 轴承滚动面的烧粘.....	140
六、圆锥孔四列圆锥滚子轴承	
(6.1) TQOT 与 TQIT 轴承的比较.....	142
(6.2) 四列圆柱滚子轴承与 TQIT 轴承的比较.....	145
七、冷轧机支持辊轴承	
(7.1) 使用情况分析.....	155
(7.2) 滚子轴承的采用.....	156
(7.3) 滚动轴承与油膜轴承.....	163
(7.4) 对滚动轴承的考察.....	168
八、轧辊轴承用钢材	
(8.1) 渗碳轴承钢.....	179
(8.2) 轴承的疲劳分析.....	199

一、轧辊轴承发展经过

现在世界各国都在广泛采用滚动轴承作为轧辊轴承，其发展经过，总的来说，分为下述几个阶段：

1. 开始采用由合成树脂制成的滑动轴承，并用水进行润滑。
2. 用油润滑，由铜合金制造的滑动轴承。
3. 用油脂润滑的滚动轴承。
4. 油膜轴承。
5. 用油雾润滑的滚动轴承。
6. 强制循环给油润滑的滚动轴承。

在滚动轴承开始应用于轧辊以取代原来的滑动轴承时，其最大的优点在于摩擦系数小，所需驱动功率较小和运转精度较高。当时用于辊颈上的滚动轴承，是一种没有内圈的圆柱滚子轴承，滚子在经过淬火后直接套装于轧辊的辊颈上滚动。滚子本身带支梢，装入保持架内，保持架的两侧只用三个过梁连结成一起。

随后轧制速度渐次提高，较高的轧制速度，对轴承就有更高的要求，因而就出现采用两套双列球面滚子轴承，并列安装于同一个辊颈之上，内圈以松配合与辊颈相配。当时这种以松配合装配的轴承所能承受的最大轧制速度约为 $600\text{ M}/\text{min}$ 。

但是，即使速度不太高，内圈用紧配合与辊颈相配，总胜于用松配合。因而就有必要：或则采用分离式轴承（如圆柱滚子轴承）

把内圈紧配合于辊颈，或则采用不分离式轴承，其内圈与辊颈做成锥度配合。这两种设计，当时都有人采用。采用内孔与辊颈成锥度配合时，出现有两种方式：①每一辊颈装两套圆锥孔双列球面滚子轴承，其靠近辊体的那一套轴承，内圈锥孔与锥形辊颈直接配合，靠外侧的那一套轴承，其内孔是圆柱形的，通过带锥度内孔的过渡套筒与锥形辊颈相配。②装在同一辊颈上的两套圆柱孔双列球面滚子轴承，利用同一个圆锥内孔的套筒，紧配合于锥形辊颈上。同时这种锥度配合的办法，也应用到圆锥滚子轴承，把双列或四列圆锥滚子轴承，做成锥形内孔，紧配合于锥形辊颈上。

对于不分离式轴承，如球面滚子和圆锥滚子轴承，采用锥孔配合时，装和卸都要增添不少困难。这些困难，若能采用液压方法，可予解决。但在加工时，对锥颈必须比圆柱颈允许更大的公差。这样一来，就会出现两种不良结果：①滚子轴承套圈的配合座不规则②轴承中几列滚子的径向游隙不均等。若轴承套圈推合装入锥形辊颈太深，那就甚至会把轴承的径向游隙减缩到允许极限以下。此外还会由于安装不当造成：①调整不正确；②各列滚子径向游隙控制不良等危险。

因而，就出现采用圆柱孔圆柱滚子轴承的装置。把内圈与辊颈作紧配合，并通过对辊颈加工公差的严格控制，使轴承的径向游隙控制在规定范围之内，从而就可避免由于安装而出现的各种不合适

现象，，对于辊颈轴承的装置容积，又可得到最合适的利用，安装轴承箱也简便。对于内圈的紧配合，则采用加热装置；对于拆卸内圈，可采用液压办法，或用感应加热法。

圆柱滚子轴承，能承受径向负荷，所以，用于低速或中速轧制时，应配装推力圆柱滚子轴承，（若情况允许时，则配装以推力球轴承），以最小的轴向游隙来承受推力负荷。当轧制速度高时，则配装以双列向心推力球轴承，这种轴承也可使轧辊得到紧密的轴向引导，并可用来承受小量的或中量的轴向负荷。若所需承受的轴向力很小时，则可用向心球轴承或四点接触球轴承，以代替推力球轴承。对于工作繁重的开坯机。要求运转精度高的带材冷轧机和热轧机，平整机，以及小型面的型钢和线材轧机列，其终轧速度高达30米/秒以上者，则多采用四列圆柱滚子轴承。

SKF是世界上著名的轴承公司，SKF轧辊轴承的发展，对世界上轧辊轴承的发展经过，具有很大的影响。早在1922年，SKF就在他自己的Horfors Bruk 钢厂内的一台线材轧机上开始试用球面滚子轴承作为轧辊轴承，而这种球面滚子轴承是在几年前刚由该公司发明创造出来的。试用结果非常有效。于是，又在该厂的初轧机上，采用双列球面滚子轴承，作再次试用。试用结果也很成功。由此证明滚子轴承十分适合于用作轧辊轴承。此后，SKF继续研究试验、积累经验；一部分是来自本公司钢厂实际使

用的经验，另一部分是世界各地装用SKF轧辊轴承的10000多台轧机的实际使用经验。再根据轧机本身的发展，SKF对其所产的轧辊轴承，不断改进从而发展到该公司目前的标准系列轧辊轴承。由此可见，SKF所产的双列球面滚子轧辊轴承，是有其自身的历史条件的。特别是50年代初，SKF更发展了专用作轧辊轴承的240和241系列，于是SKF的双列球面滚子轴承，得到进一步推广使用。

至于日本轧辊轴承的发展经过，开始阶段主要靠引进国外轧机其所用轧辊轴承，自然按轧机出产地的惯例来选用。于1930年左右，日本从德国引进Demag和Krupp公司的轧机，那是日本最早引进的轧机，当时都采用SKF的双列球面滚子轴承，其内、外圈均为整体，内径与辊颈成松配合。约在1938~1940之间又从美国引进连续四辊轧机，系美国V·E和Mesta公司产品其中V·E·热连轧的轧辊，则采用SKF的双列球面滚子轴承，而Mesta冷连轧的轧辊，则用Timken的四列圆锥轴承。其后到1945年，二次大战结束，日本又再从美国大量引进轧机。这些轧机都是采用Timken四列圆锥滚子轴承的。在1955年左右，又从西德Siemag引进线材轧机（速度25~30M/Sec）那些轧机的轧辊轴承都采用四列圆柱滚子轴承与向心推力球轴承的组合结构，并从瑞典Morgardshammar引进特殊线材用的多品

种小批量连轧机列，其轧辊轴承，则采用SKF的双列球面滚子轴承。

总的来说，1938年以前，日本的轧辊轴承全是进口的，而且主要是从SKF进口的。约在1942年左右，日本开始仿照SKF的型式，自行制造轧辊轴承，但当时对于采用SKF的双列球面滚子轴承是否合适，由于缺乏经验，自己无从判断。约从1947年开始，日本制造业回复，于是其轧辊轴承也就渐次发展起来，从此以后，逐步发展到现在，日本轧机已经全部采用其国产轴承并且出口国外，进行国际竞争。

如上所述，日本从德国进口的轧机，大多数采用双列球面滚子轴承，从美国进口的轧机，则多数采用四列圆锥滚子轴承。之所以如此，是因欧洲方面轴承工业SKF占主要地位，而SKF就是双列球面滚子轴承的创始者。而在美国，Timken占轴承行业的主要地位，它又是圆锥滚子轴承的创造者。目前日本工作辊轴承多采用四列圆锥滚子轴承，支持辊轴承则大量采用四列圆柱滚子轴承，至于其原有轧机大多数也按此进行改造。

综上所述，可见各国轧辊轴承的发展，各有不同，正因如此，所以各国目前对轧辊轴承的选用，不尽相同。

我国轧辊轴承的发展，为时尚短。国内的轧机，除原有者外，近年来新引进不少国外轧机，其所用的轧辊轴承，与我国原有轧辊

轴承的型式和规格，多不一样。很有必要把国产轧辊轴承，尽快标准化、系列化起来，以满足当前国内钢铁工业的需要。

二、 国外轧辊轴承概况

对于轧钢机中的支承，各国都在广泛采用滚动轴承。特别是轧辊的支承更是如此。除轧辊外，轧机的凿轮机座，减速机转轴，卷取机，工作辊道以及炼钢转炉的耳轴和连续铸造中的工作辊道等，也都在广泛使用滚动轴承。为此，各国轴承厂家都在大力发展各种型式、系列的轧机轴承，以满足钢铁工业的需求。

国外轧机轴承的制造厂家很多，轴承的型式系列也很多。本节仅就国外一些主要轴承厂家所产的常用轧机轴承，简述于下（着重于轧辊轴承方面）。

（2·1） 轴承的型式和特性

一般来说，轧机用滚动轴承主要有下列几种型式。

A. 四列圆锥滚子轴承

四列圆锥滚子轴承是主要的轧辊轴承之一。它有圆柱形内孔和圆锥形内孔两种。前者通称为TQO型，由两个双列内圈，三个外圈（两个单列和一个双列），以及内外隔圈和滚子、保持架等组成，参阅图（2·1A）。它可同时承受径向和轴向负荷。常用于四辊热轧机和冷轧机的工作辊，以及开坯机，钢梁轧机等的工作辊。由于要求装卸方便，通常与辊颈成松配合。

至于锥内孔的四列圆锥滚子轴承，是在TQO型轴承的基础上发展起来的。有TQOT，TQITI和TQITIS等型式系列。

其后 TimKen 发展了 TQITS 和 TQITSE 型，其中 TQOT 是最早的型式，参阅图 (2.1AA)。由于内孔有锥度，便可与辊颈成紧配合，因而可避免内孔与辊颈表面间的“爬行”。它与辊颈装配时的装入量，由垫圈的宽度来调整。拆卸时一般采用液压装置。目前，有些厂家把它用作高速高精度的轧辊轴承，但与 TQO 型轴承相比 它在使用上比较复杂，制造也比较困难。



图 (2.1A) TQO

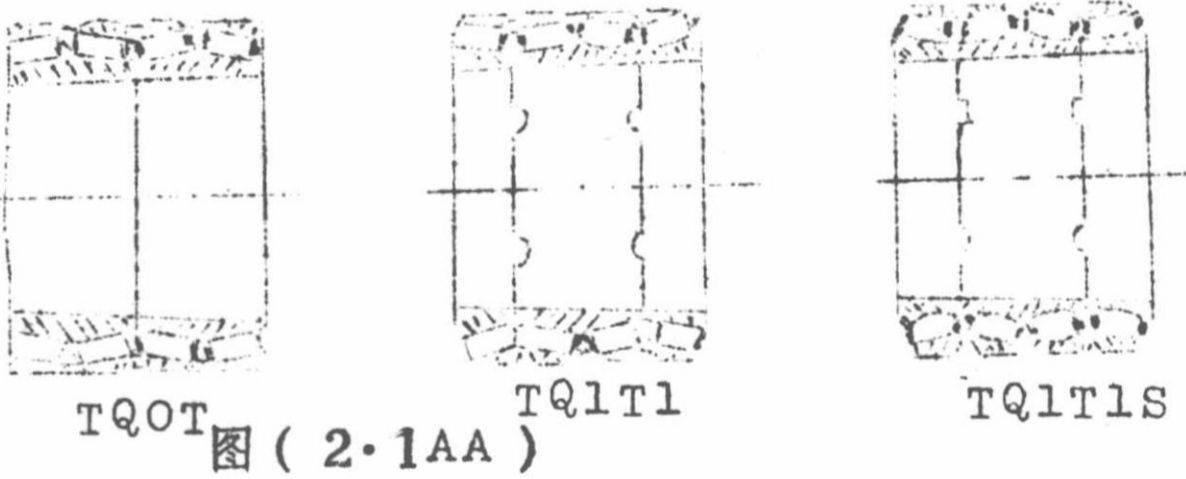


图 (2.1AA)

B、四列圆柱滚子轴承

四列圆柱滚子轴承用作轧辊轴承已有近 30 年的历史。它的结构型式有多种：有由两个带挡边的外圈和一个内圈；或者两个带挡边的外圈和两个内圈；或者两个外圈，两个内圈和隔离圈等所组成，图 (2.1B) 所示仅是其中的一种型式。这种轴承的高度不大，对一定的辊体直径来说，它能容纳最大的辊颈直径。正因如此，在设

计上能装置较大直径的滚子，从而提高轴承的额定负荷。

这种轴承只能承受径向负荷，必须同时配以其他轴向轴承来承受轴向负荷。不过这不能认为是四列圆柱滚子的缺点^(1 1)，因这样的装置，可充分利用圆柱滚子轴承径向负荷能力的特性，以适应较重的径向负荷。而其他同时承受径向和轴向负荷的轴承，就没有这样的特性。

四列圆柱滚子轴承的内滚道是圆柱形的，带滚子的外圈与内圈很容易分开。当内孔与辊颈紧配合时，装卸也比较容易。而且可避免内孔与辊颈表面间的相对滑动

由于滚子和滚道都是呈圆柱形，故可获得较高的加工精度，加以轴承的本身摩擦比其他型式的滚子轴承为低，故四列圆柱滚子轴承特别适用于要求高速和高精度的轧辊，如线材轧机、型材轧机、薄板冷轧机等。也有用作高速四辊带材轧机工作辊轴承的。

四列圆柱滚子轴承，也有圆柱形内孔和圆锥形内孔两种。



图(2·1B)

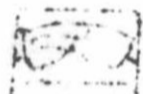
C、双列球面滚子轴承

双列球面滚子轴承，可同时承受径向和轴向负荷(参阅图2·1C)，由于其外滚道的曲率中心与轴承本身的中心是一致的，

所以具有自动调心的特性，因而，适用于转轴会出现挠曲或偏斜的场合，也可在有一定永久性偏斜的情况下使用。这种轴承的结构特性，它承受径向负荷能力较大，故一些轧制速度不太高的线材轧机、棒材轧机、以及中等型面的型钢轧机的轧辊，也都使用这种轴承。一般来说，每一辊颈安装以同样的双列球面滚子轴承时，可简化其设计结构。但在轴向力特别大的情况下常常还要附加轴向轴承。

此外，轧机的减速器，凿轮机座工作辊道，炼钢转炉的耳轴等，也都广泛采用双列球面滚子轴承。

双列球面滚子轴承，有圆柱形内孔和锥形内孔两种。从结构上来说，有内圈带挡边，采用鼓形滚子的，也有内圈无挡边，采用对称球面滚子的（C型轴承）。



图(2·1C)

D、双列圆锥滚子轴承

双列圆锥滚子轴承，有外向双列圆锥滚子轴承，和内向双列圆锥滚子轴承两类。

1. 外向双列圆锥滚子轴承

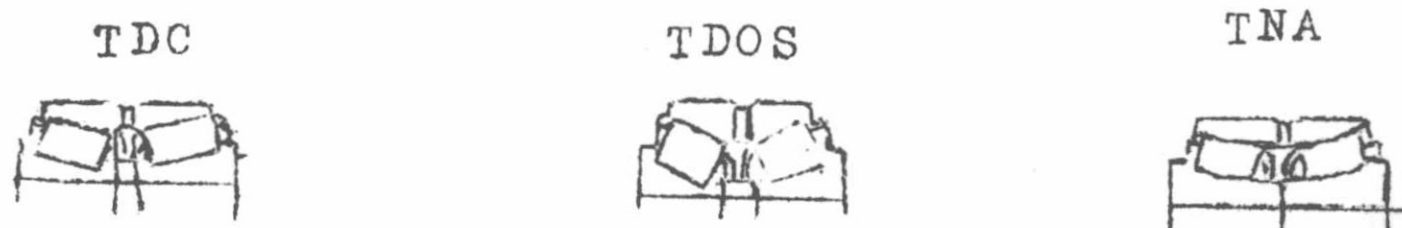
这种轴承有TDO，TDOS，和TNA三种型式（参阅图2·1D）

TDO和TDOS外向双列圆锥滚子轴承，都由一个双列外圈，两个单列内圈，和内隔圈（TNA无隔圈），以及保持架和滚子所

组成。利用内隔圈来调整间隙。由于它可同时承受径向和轴向负荷，因而可作为固定端辊颈轴承使用。不过，TDOS轴承的接触角很大，其所能承受的轴向负荷可比径向负荷大得多。同时，由于轧辊的伸缩，可使外圈在轴承箱内孔中滑动，因而，这些轴承也都可用作浮动端的轴承。TDO型轴承的性能和两个单列圆锥滚子轴承背靠背安装的性能是一样的，但这些双列圆锥滚子轴承的零件数量减少，装卸也较容易，且其刚性很好，故多用于承受交变负荷的场合如减速机、卷取机等。至于TNA型轴承，则常用于中等和重负荷的蜗轮减速器中，作为蜗轮轴或传动轴的轴向轴承。此外，TNA型轴承，由于没有隔离圈，轴承间隙在制造中确定之后，便无从再次调整。

2 内向双列圆锥滚子轴承

内向双列圆锥滚子轴承，有TDI型和TDIS型（参阅图2·1E）它们都有外隔圈，可调整轴承间隙。这些轴承，多用于中等负荷的轧辊支承，也有用于减速机作支承的。不过，TDIS型轴承的接触角比较大，故多用于轴向负荷比径向负荷大得多的场合，也有用于只承受轴向负荷的场合。



图(2·1D)



图 (2·1E)

E、森吉米尔轧机轴承

图 (2·1F) 是森吉米尔 (Sendzimir) 薄板轧机上的支持辊轴承^[8]。轴承本身的外圈就直接担负着支持辊的任务，所以其外圈的厚度比普通轴承外圈厚度大得多。厚的外圈可以具有更大的负荷能力，和更长的寿命。同时，轴承的接触几何形态 (Contact geometry) 不会受到作用于轴承上的高负荷影响。由于森吉米尔轧机的负荷重，精度要求高。故这种轴承在设计上要尽可能提高其额定负荷。并且，制造精度也必须很高。

目前，森吉米尔薄板轧机支持辊轴承有^[16]：圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承、球面滚子轴承和滚针轴承等型式，但以圆柱滚子轴承为最普通。圆柱滚子轴承中，也根据轧机的型式和大小，有双列或三列之分。因不管那种圆柱滚子轴承，都只能承受径向负荷，故必须附加承受轴向负荷的装置。目前有的配上用合成树脂制造的轴向止推环，以承受轴向负荷。

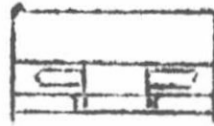


图 (2·1F)

F、推力滚子轴承

有推力圆柱滚子轴承，和推力圆锥滚子轴承两种型式颇多。图(2·1G)，(2·1H)，和(2·1L)所示是比较常用的型式。

图(2·1G)和(2·1H)所示的双向推力圆锥滚子和圆柱滚子轴承，都是配合四列圆柱滚子轴承，用以承受轴向负荷的。其中双向推力圆锥滚子轴承最适合于中等转速，且轴向负荷大的场合。双向推力圆柱滚子轴承，则多用于中等轴向负荷，且轧制速度较低场合，它的优点是结构简单。两者都在紧圈和活圈之间装有隔离圈，变更该圈的厚度可以调整轴承的间隙。由于其间隙调整比较简单，因而装卸比较方便。

这两种双向推力滚子轴承，多用于开坯机和厚板轧机等轴向负荷比较大，轧制速度不高的场合。

图(2·1L)所示的推力圆锥滚子轴承，也有几种结构。它们的内外滚道面与滚子滚动面母线的延长线，都与轴承中心线相交于一点。结构上也比较简单。若在低速高负荷的场合使用时，可不用保持架。这就能增多滚子数量，从而提高轴承负荷能力和增长轴承寿命。这些轴承多用于轧机上的压下装置，和穿孔机的轴向零件等。



图(2·1L)