

回转支承

徐立民 陈卓 编著

HUIZHUANZHICHENG



33.33

责任编辑：杨家骝

封面设计：贺国健

回转支承

徐立民 陈卓 编著

安徽科学技术出版社出版

(合肥市金寨路283号)

新华书店经销 安徽新华印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/16 印张：14.75 字数：356,000

1988年12月第1版 1988年12月第1次印刷

印数：00,001—1,500

ISBN7—5337—0151—8/T·15 定价：4.15元

前 言

回转支承是近三十年发展起来的一种新型机器部件，已广泛应用于机器制造的各个领域。它也可以说是特大型的滚动轴承，但和一般的滚动轴承比较起来，又有很多特殊的地方。

这种部件虽然应用十分广泛，但是到目前为止，尚未见到对它进行全面阐述的书籍。多年来，作者由于工作需要，对回转支承作了较长时间的研究，发表过一些文章。为了向有关人员提供一本较为实用的技术参考书，作者根据自己的研究成果和其它有关文献，编成此书，作为填补这一空白的尝试，也可以说抛砖引玉吧。

本书对回转支承的结构，理论基础，设计计算，材料和技术要求，制造、安装、使用和维护等，进行了全面的阐述，并专门讨论了回转支承所用的连接螺栓。

近年来，微型计算机的应用日趋普及，所以书中列出了作者编制的微型计算机程序。该程序已得到充分验证，利用这一程序可以大大方便设计计算工作。

徐立民 陈 卓

目 录

第一章 概述	1
第二章 回转支承的型式与结构	6
第一节 回转支承的布置型式	6
第二节 滚动体的装填方式	21
第三节 保持器与隔离体	23
第四节 密封装置	25
第五节 连接型式	28
第六节 齿圈型式	29
第七节 润滑孔	30
第三章 外负荷的确定	32
第四章 回转支承的设计计算	36
第一节 接触应力与变形	36
第二节 额定静负荷容量	47
第三节 简化计算法	50
第四节 当量轴向负荷计算公式的推导	54
第五节 滚动体上的最大正压力和安全系数	69
第六节 用 K_p 系数图求滚动体上的最大正压力	74
第七节 上、下参数非对称型回转支承的计算	78
第八节 考虑轴向间隙或预紧过盈量的计算	84
第九节 回转支承的微型机计算程序	100
第十节 图解计算法	106
第十一节 滚球式钢丝滚道回转支承的近似计算	115
第十二节 滚动体相互尺寸差对承载能力的影响	117
第十三节 交叉滚柱式回转支承的弦弧干涉	119
第十四节 承载能力线图	122
第五章 回转摩擦阻力矩的计算	126
第一节 负荷 G_p 和 M 在滚动体上产生的正压力之和	126
第二节 负荷 H_p 在滚动体上产生的正压力之和	128
第三节 当 $t = 1$ 时正压力之和的求法	130
第六章 连接螺栓的设计计算	133
第一节 求最大工作外负荷	133
第二节 单个螺栓的强度计算	137
第三节 径向负荷的验算	142
第四节 设计、安装和使用中的几个问题	144
第七章 材质和制造	148

第一节 齿圈和滚圈的材质	148
第二节 齿圈和滚圈毛坯的加工	150
第三节 齿圈和滚圈的机械加工	155
第四节 滚道和轮齿的表面淬火	166
第五节 回转支承中的滚动体	194
第八章 回转支承的精度、装配及试验	199
第一节 对表面光洁度和精度的要求	199
第二节 装配	202
第三节 试验与测量	205
第九章 安装、维护及其它	213
第一节 安装	213
第二节 检查、维护及润滑	222
第三节 对辅助工作的要求	224
第四节 滚道和滚动体损伤的分析	225
参考文献	227

第一章 概 述

回转支承装置是近30年来发展起来的新型机器部件，它已从用于挖掘机和起重机，逐渐发展到用于其它机械。

回转支承装置近乎特大型的滚动轴承。图1-1为双排球式回转支承的结构简图。图1-2反映了回转支承在履带式液压挖掘机上的应用情况，它将机器的上部和下部连接起来，用以支承上部的重量和工作负荷，并使上部能相对于下部旋转。

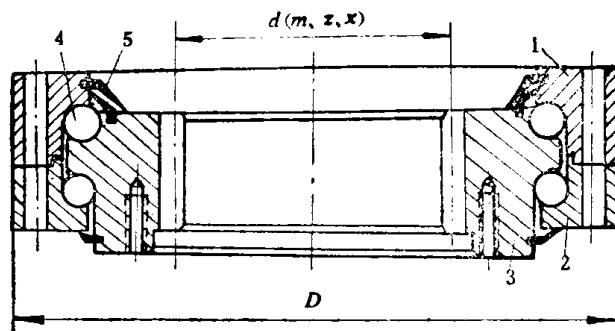


图1-1 双排球式回转支承

1.外滚圈(上); 2.外滚圈(下); 3.内滚圈(带内齿); 4.滚动体(钢球); 5.密封

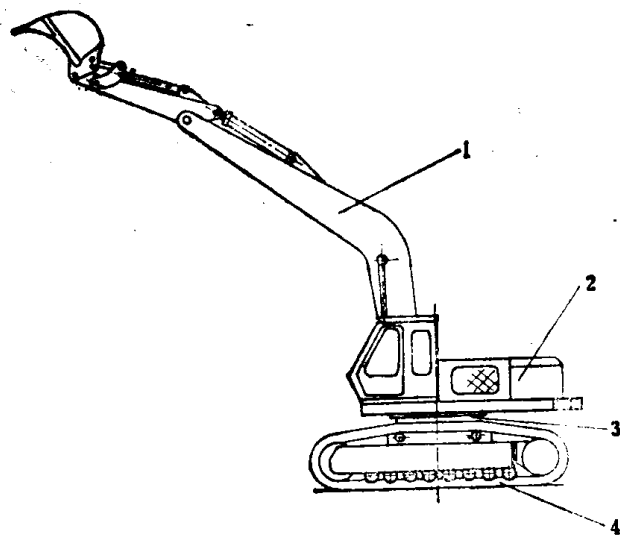


图1-2 装在挖掘机上的回转支承

1.工作装置; 2.上部; 3.回转支承; 4.下部

回转支承的应用范围很广，主要用于起重机械(汽车起重机、塔式起重机等)、工程机械(挖掘机、装载机等)、运输机械、材料加工机械、冶金机械、食品加工机械，以及军事装备(坦克、高炮、雷达、火箭发射台等)、医疗机械、科研设备等。

回转支承和普通轴承一样，都有滚动体和带滚道的滚圈。但是，它与普通滚动轴承相比，

又有很多差异，主要的有以下几点：

(1) 回转支承的尺寸都大，其直径通常在0.4~10米，有的竟达40米。

(2) 回转支承一般都要承受几个方面的负荷，不仅要承受轴向力、径向力，还要承受较大的倾翻力矩。因此，一套回转支承往往起几套普通滚动轴承的作用。

(3) 回转支承的运转速度很低，通常在10转/分以下。此外，在多数场合下，回转支承不作连续回转，而仅仅在一定角度内往返旋转，相当于所谓“摆动轴承”。

(4) 在制造工艺、材料及热处理等方面，回转支承与滚动轴承有很大差别。

(5) 通常，回转支承上带有旋转驱动用的齿圈以及防尘用的密封装置。

(6) 回转支承的尺寸很大，不象普通轴承那样套在心轴上并装在轴承箱内，而是采用螺钉将其紧固在上、下支座上。

过去，在起重机、挖掘机等机器中，主要采用柱式(中心枢轴式)回转支承，如转柱式回转支承(图1-3)、定柱式回转支承(图1-4)和转盘式回转支承。转盘式回转支承又有少支点滚

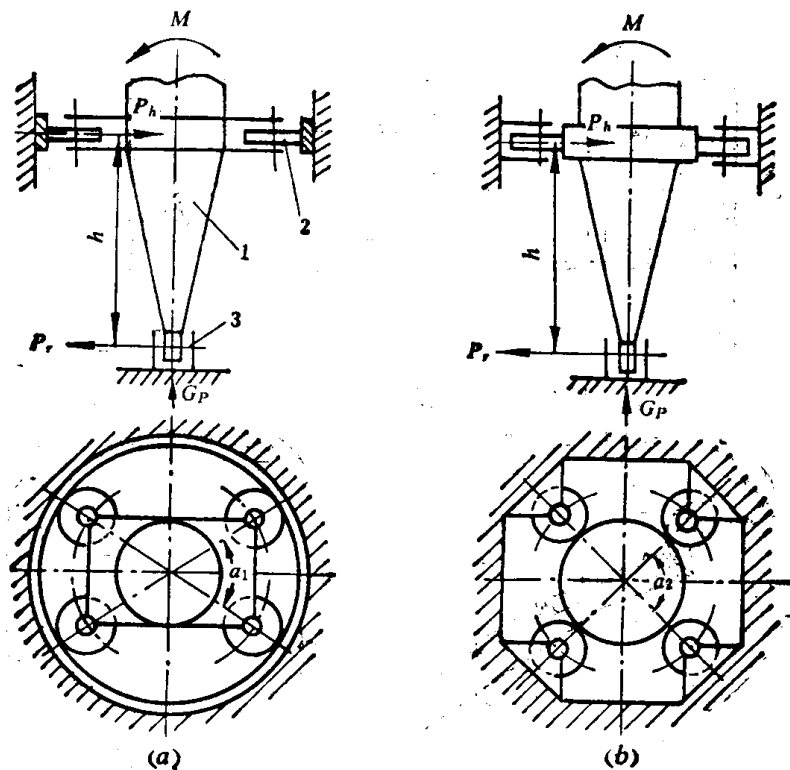


图1-3 转柱式回转支承简图

(a) 滚道不动，滚轮沿滚道转动；(b) 滚道回转带动滚轮自转

1. 中心枢轴；2. 滚轮；3. 下支座

轮式(图1-5)和多支点滚子夹套式(图1-6)。前者又称钩滚式，后者又称多滚式。目前这些装置已逐渐被滚动轴承式回转支承所取代。与过去的回转支承相比，后者主要有下述优点：

(1) 运转轻便灵活，回转阻力小；

(2) 结构紧凑，外形尺寸(主要是高度)小；

(3) 维护方便，使用寿命长；

(4) 由齿圈、密封和螺钉等组成，安装方便，又便于专业化集中生产；

(5) 无中心枢轴，中部空间可安装其它部件。

图1-7(a)所示为一台门座式起重机用的转柱式回转支承。该装置的下支座采用一个圆环

滚子轴承和一个球面滚子轴承，以便承受轴向力和径向力〔图1-7(b)〕，或只采用一个向心推

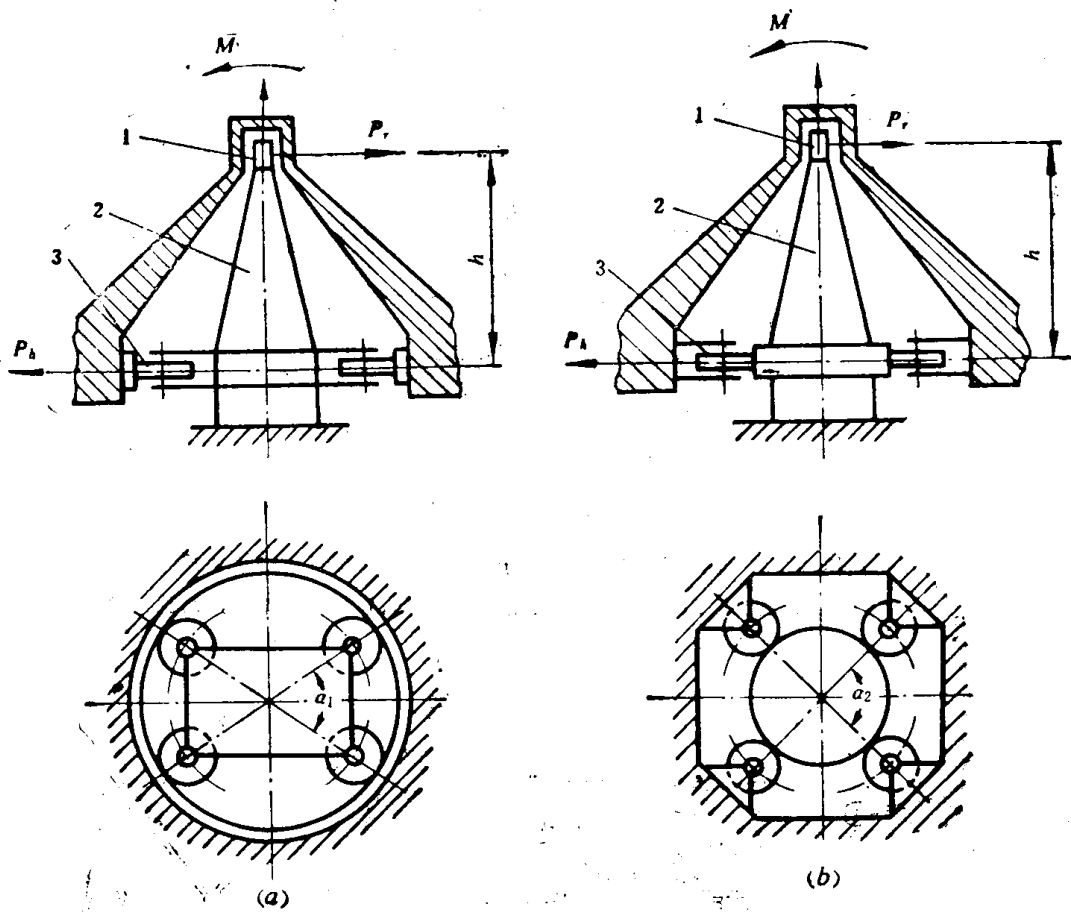


图1-4 定柱式回转支承简图

(a) 滚道不动，滚轮沿滚道作行星运动；(b) 滚道回转带动滚轮自转

1. 上支座；2. 中心枢轴；3. 滚轮

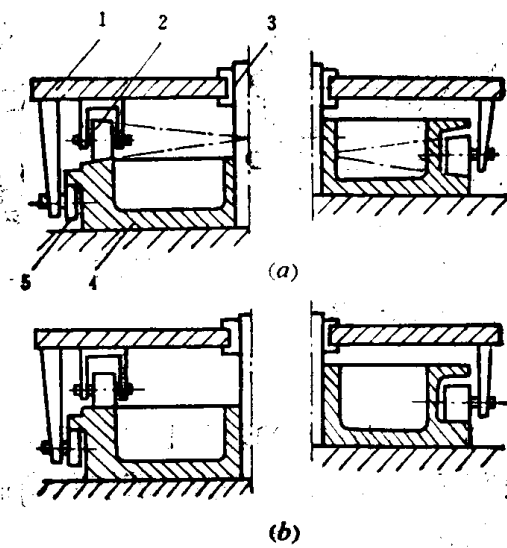


图1-5 少支点滚轮式回转支承简图

1. 转盘；2. 滚轮；3. 中心枢轴；4. 轨道；5. 反滚轮

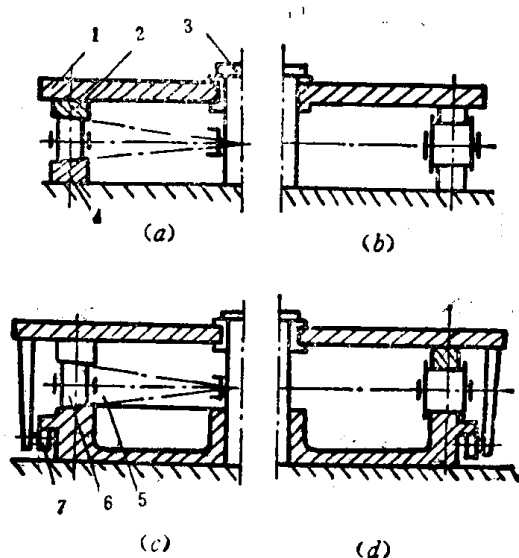


图1-6 多支点滚子夹套式回转支承简图

(a)滚锥式；(b)滚柱式；(c)带反滚子滚锥式；(d)带反滚子滚柱式

1.转盘；2.回转轨道；3.中心枢轴；4.固定轨道；5.拉杆；6.滚子；7.反滚轮

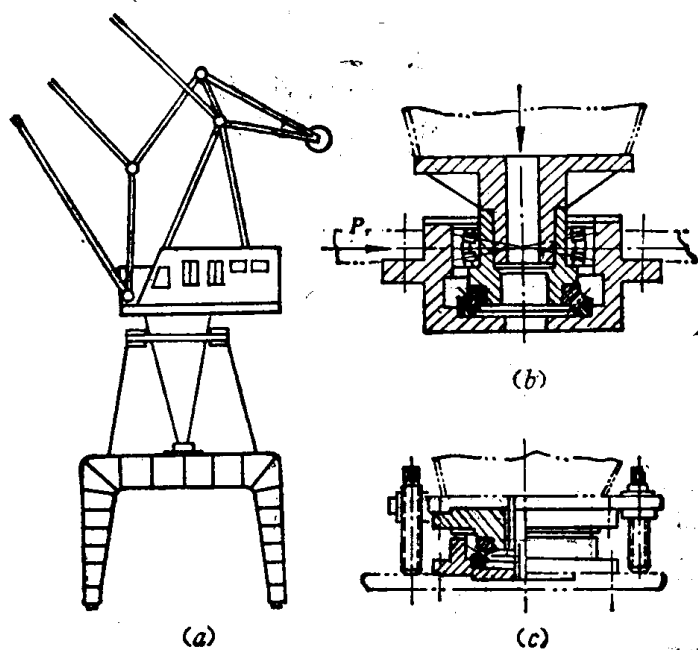


图1-7 中央枢轴门座起重机

(a)转柱式回转支承；(b)带有两种滚子轴承

的下支座；(c)仅带一只轴承的下支座

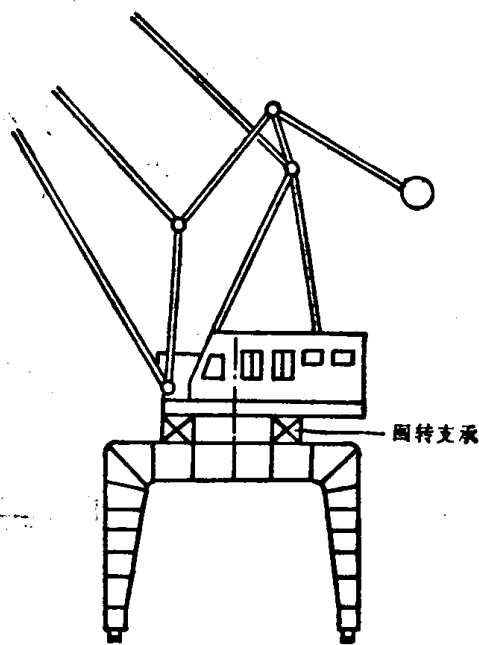


图1-8 采用轴承式回转支承的门座起重机

力轴承来同时承受轴向力和径向力[图1-7(c)]。而上支座相当于一个大的径向轴承，一般采用一定数量的水平滚轮，以便承受上支座的水平力。若该回转部分采用轴承式回转支承（图1-8），能显著降低整机重心和成本。

我国从六十年代初期，就开始在挖掘机和起重机上应用轴承式回转支承。当时，合肥矿山机器厂生产的W₁-06型及W₃-06型挖掘机，采用了外径为1600毫米的双排球式回转支承；北京起重机厂生产的16吨轮胎式起重机也采用了双排球式回转支承。此后，国内各种旋转起重机、挖掘机、堆取料机中的新产品，绝大多数均采用轴承式回转支承。目前，国内已经

生产外径达16米的轴承式回转支承(以下简称回转支承),用于堆取料机。六十年代末,交叉滚柱式回转支承在国内也逐渐获得了广泛的应用。近年来,国内已开始设计和制造三排滚柱式、三排滚锥式回转支承。过去,我国成批生产主机的工厂,回转支承大多自行制造,毛坯由轮箍厂轧制;主机产量少的单位,回转支承多由外购解决。洛阳轴承厂、徐州轴承厂和马鞍山回转支承厂现在都进行回转支承专业化生产。

国外,回转支承大多由轴承公司进行专业化生产,各公司都有自己的型式、尺寸系列。主要生产公司有:联邦德国的罗特爱德(ROTHERDE)公司和FAG公司,法国的RKS公司,英国的泰珀雷克斯(TAPEREX)公司,日本的不二越、NSK、KOYO公司以及美国、苏联、民主德国的一些公司和工厂。联邦德国的罗特爱德公司是最著名的公司,可生产直径0.35~40米回转支承,年产54000套,且品种多、规格全。SKF公司是欧洲较大的工业集团,也是世界上最早成立的技术最先进的轴承制造公司,在英国、法国、联邦德国、意大利都有分公司,在荷兰设有现代化综合实验中心,其总公司设在瑞典。它设在法国的分公司——RKS公司成立于1932年,有职工330人,主要产品有交叉滚柱式、单排四点接触球式和双排滚柱式回转支承,产品直径为0.5~5米,年产1600多套。英国的泰珀雷克斯公司也有近30年的历史,目前有职工110人,只生产交叉滚锥式回转支承,产品直径为0.5~3米,年产2500套。其中60%为国内主机配套,其余出口到美国、中东等国家和地区。该产品采用纯滚动形式,阻力较小,但加工较复杂。



回转支承的滚动体有球、圆柱滚子、圆锥滚子、球面滚子、交叉滚柱等。交叉滚柱式回转支承的滚动体为交叉滚柱,其滚动体与内外圈接触为线接触,接触面积大,承载能力高,且滚动阻力小,使用寿命长。交叉滚柱式回转支承的滚动体为交叉滚柱,其滚动体与内外圈接触为线接触,接触面积大,承载能力高,且滚动阻力小,使用寿命长。交叉滚柱式回转支承的滚动体为交叉滚柱,其滚动体与内外圈接触为线接触,接触面积大,承载能力高,且滚动阻力小,使用寿命长。

第二章 回转支承的型式与结构

第一节 回转支承的布置型式

为了适应不同的使用要求，回转支承的结构型式很多。这些型式各有特点，概括起来，可以根据滚动体的类型，划分为点接触式和线接触式两大类。点接触式的滚动体为滚球，如图2-1所示。滚道的断面形状为圆弧形，支承的接触角 γ 为滚球的传力方向与回转支承径向平面之间的交角。名义上为点接触，实际上承受负荷以后变为面接触，滚球在滚道上并非纯滚动，也有部分滑动，如图2-2所示。 A 是纯滚动点，“2”所对应的面积为两个“1”所对应的面积之和， AA 之间向前滑动， AA 以外向后滑动。线接触式的滚动体为圆柱形或圆锥滚子，滚道断面为直线形。在平面及锥面滚道中，圆柱形滚柱工作时有滑动现象，圆锥形滚子则基本上没有滑动。点接触式回转支承有如下几个特点：

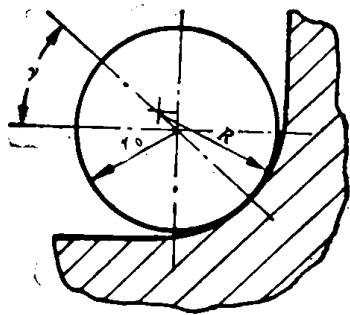


图2-1 滚球与滚道断面

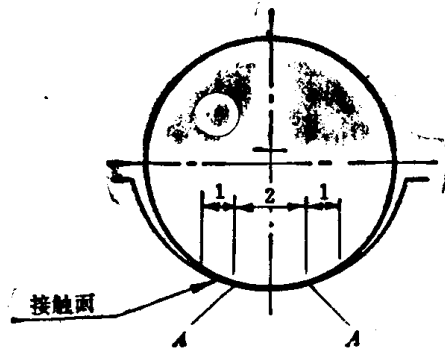


图2-2 滚球与滚道的接触

(1)滚动体和滚道之间名义上为点接触(而实际上受负荷后变为面接触，但接触面仍较小)，回转阻力较小；

(2)滚道的制造误差、安装间隙、滚圈及座架的弹性变形对接触条件的影响较少，故上述各点对承载能力的敏感性较小；

(3)它的最大接触应力高于线接触，故其动承载能力低于线接触；

(4)滚道断面为曲线形，加工及磨削略为困难一些。

线接触的特点则正好与上述相反。它的接触应力较低，承载能力较高，但对间隙、安装精度及座架刚性有较高的要求，座架须有较好的抗弯及抗扭刚性，否则将造成边缘接触。在座架刚性不足的情况下，往往选用点接触式回转支承。另一方面，线接触式由于在接触处产生的弹性压缩变形比点接触式为小，故在倾翻力矩的作用下，滚圈的相对倾斜角较小，即回转支承具有较大的刚度。特别是多排滚柱式回转支承的刚度最大，这对某些要求精确定位的设备，以及塔架下部旋转的塔式起重机等类机械说来，是有很大大意义的。

以下分别介绍目前使用的各种回转支承的结构型式。

一、推力深沟滚球式回转支承

这种支承如图2-3所示。它只能承受中心轴向负荷，或少量因主机自重而引起的偏心轴向负荷。通常，轴向负荷的相对偏心度应在下式的范围内：

$$\frac{2e}{D} = \frac{2M}{DG_P} < 0.3$$

式中 e ——轴向力的偏心距， $e = M/G_P$ ；
 D ——滚动体分布圆直径；
 M ——倾翻力矩；
 G_P ——轴向负荷

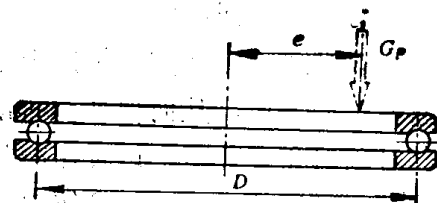


图2-3 推力深沟式回转支承

这种支承的接触角 γ ，即滚动体的传力方向与回转支承径向平面之间的交角为 90° 。滚球在滚道内运转，滚道的曲率半径约比滚球半径大10%。所以这种支承的径向运转精度不甚高，不适于承受径向力，只能容许轻微的径向力，合力不得偏离支承的旋转轴线 10° 以上。

二、推力向心滚球式回转支承

为了改善推力深沟式回转支承的径向运转精度，将压力角 γ 改成小于 90° ，如图2-4，构成推力向心式。它能比推力深沟式承受较大的径向力。通过压力角的变化，可使允许承受的径向力和轴向力之间的比例改变，但此角度不应小于 70° 。如径向力增大，则不要继续缩小压力角，而应采用其他的结构型式为宜。这种支承的其他特点与推力深沟式相似。

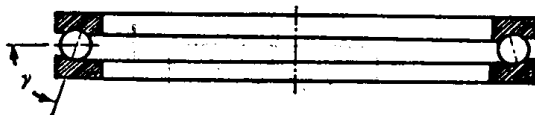


图2-4 推力向心滚球式回转支承

三、双排滚球式回转支承

双排滚球式回转支承(图2-5)主要是由上、下双排滚球，内、外滚圈，隔离体和润滑及密封装置所组成。为了使支承在向主机上安装以前，能够成为一个完整的组件，需要在圆周上配备几个使上、下滚圈相互接合起来的连接螺钉。为了调整支承的轴向间隙，往往在上、下滚圈之间装有调整垫片；也有不装调整垫片，而在装配时通过配磨端面来确定间隙。由于有上、下两排滚球，故此种支承可同时承受径向力、轴向力和倾翻力矩。为了适应径向力、轴向力(包括倾翻力矩)之间的不同比例，压力角 γ 可制成从很小的角度直到接近 90° 不等。这种支承，又分为等径双排球式(图2-6)和异径双排球式(图2-5)两种。由于这种支承多数是在

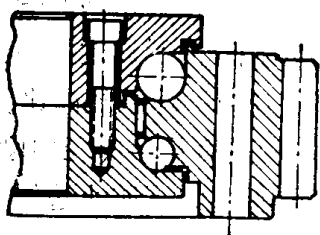


图2-5 双排异径球式回转支承

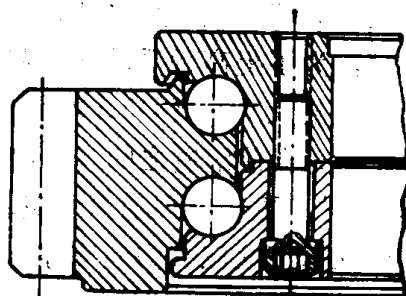


图2-6 双排等径球式回转支承

轴向力和倾翻力矩同时作用下工作，故其中一排(承受主要推力负荷的一排)滚球上所受的负荷大于另一排(承受反向推力负荷的一排)。此外，当滚球的分布圆直径相同时，每排滚球的总承载能力与所选用的滚球直径成正比。因此，在支承断面高度相同的情况下同时承受轴向力和倾翻力矩时，异径双排球式能更好地利用断面尺寸。但是，等径双排球式，由于上、下两排球的直径相同，滚道断面一样，制造比较方便，并且更符合标准化的要求。有的制造厂，将等径双排球式回转支承做成上下完全对称的外形，在主机中间修理时，可将支承的上下方向翻转过来使用，从而保证两排滚球受负荷的机会均等，以延长使用寿命。双排球式回转支承，对制造和安装精度以及座架的轴向和径向变形的敏感性最小，不易发生滚动体与滚道边缘接触，可以选用较大的 D/d_0 比值(d_0 为滚动体直径)。

四、四点接触单排球式回转支承

这种支承的结构如图2-7所示。它具有一排滚球，滚球之间有单个隔离体。内、外滚圈多数做成整体式，通过装填孔来装入滚球(见本章第二节)，如图2-8(b)所示；但也有将内或外滚圈做成可分的，如图2-8(a)所示。带有装填孔的整体式滚圈成本低，而且刚性较强。可分式滚圈可用垫片或配磨端面的方法来控制支承的轴向间隙；整体式滚圈则靠选配来控制支承的轴向间隙。

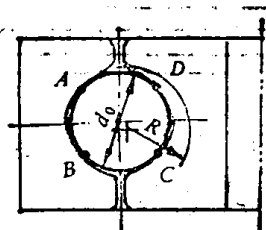


图2-7 四点接触式单排球式回转支承断面

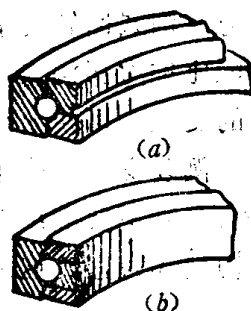


图2-8 整体式和可分式滚圈

(a)可分式；(b)整体式

从图2-7可以看出，在内、外滚圈上各有两条滚道(共计四条滚道)。每个滚圈上的两条滚道，是由两段圆弧构成的。其中心并不重合，从而构成接触点和接触角。这种支承能承受径向力、轴向力和倾翻力矩。在纯轴向负荷下，其工作情况和单排推力向心球式支承一样，即每个滚球只接触内、外圈上的一条滚道。外负荷的径向力如超过一定值，滚球与四条滚道则同时接触。在承受纯轴向负荷时，滚球围绕着与两接触点连线相垂直的轴线旋转；在承受纯径向负荷时，则围绕着几乎平行于回转支承中心线的轴线旋转。滚球应尽可能与每一滚圈在一处接触，因为接触点多的话，不可避免会出现磨损和较大的摩擦损耗。所以这种支承主要用于轴向负荷为主，倾翻力矩较大之处。在国外某些公司生产的这种支承中，滚球和滚道的接触角 γ 往往取 45° 。为了提高承受轴向负荷的能力，也可取较大的接触角($60^\circ \sim 70^\circ$)。但要注意防止出现边缘受载〔图9-1(a)〕。在轴向力或倾翻力矩作用下，由于通过接触角传递轴向载荷，产生的反作用力会使滚道之间有分离的倾向。当滚道直径与滚球直径的比值 D/d_0 很大或初始接触角 γ 较大时，更易出现边缘受载。因此要求座架结构具有足够的径向刚性，并且安装在座架上的回转支承滚圈应有侧向支撑，以防止滚圈径向变形。为了防止边缘受载，滚道直径与滚球直径的比值 D/d_0 不宜取得太大。联邦德国罗特爱德公司标准系列的四点接触单排球式支承，该比值在30~56之间。

表2-1 滚球与滚道直径的关系

D	500~800	801~1250	1251~1600	1601~2000	2001~2800	2801~4000
d_0	20	25	32	40	50	65

表2-1为推荐选用的滚道直径与滚球直径对应的数值(mm)。

联邦德国罗特爱德公司采用不对称接触角(图2-9),将承受主要轴向力的那一面滚道的接触角 γ_1 做得较大,而将承受反向轴向力的那一面滚道的接触角 γ_2 做得较小,以利于提高在轴向力和倾翻力矩同时作用时的承载能力。

双排滚球式及四点接触单排球式回转支承的滚球与滚道的曲率比(图2-1)通常取

$$S = \frac{d_0}{2R} \approx 0.06$$

式中 R ——滚道断面曲率半径

在倾翻力矩的作用下,回转支承的一侧滚球承受向上的轴向力,另一侧的滚球承受向下的轴向力。双排球式支承在轴向力和倾翻力矩的作用下,大约只有一半滚球承受负荷,而在四点接触单排球式支承中,则几乎全部滚球均承受负荷。这种支承用一排滚球起到了双排球式支承中的两排滚球的作用,因此在承受相同负荷的条件下,其断面尺寸较小,重量较轻。在保持同样断面尺寸的条件下,这种支承可容纳直径较大的滚球,故可提高承载能力。因此,它是一种轻便的、具有较高承载能力的支承型式,在国外应用较广。这种支承的不足之处,是由于构造上的原因,初始接触角不能做得太大,同时为了避免边缘接触,对径向刚性的要求要比双排球式高。

四点接触单排球式支承,由于存在着间隙,在轴向力和倾翻力矩同时作用时,滚球通过接触角传递轴向载荷,在承受主要轴向力的滚球一侧,滚圈在间隙范围内相互分离,从而使这一侧的接触角 γ 变大(图2-10);而承受反向轴向力的一侧,滚圈则相互靠拢,从而使这一侧的接触角 γ 变小。此外,由于滚圈与滚道接触处的弹性变形,滚圈产生轴向位移。轴向位移越大,接触角越大(图2-11)。故这种支承在承受负荷时,能自动调整接触角,以适应负荷情况,

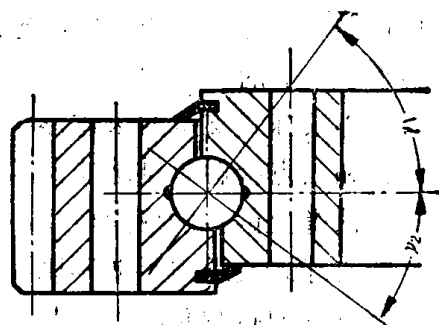


图2-9 不对称接触角单排球式回转支承

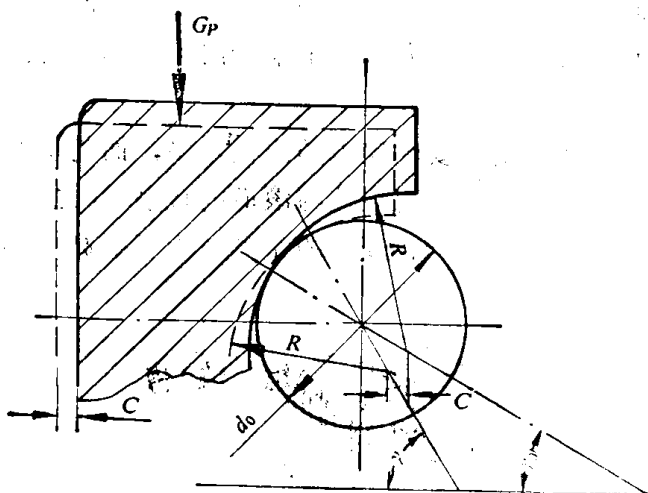


图2-10 受力侧滚圈径向分离时接触角的变化

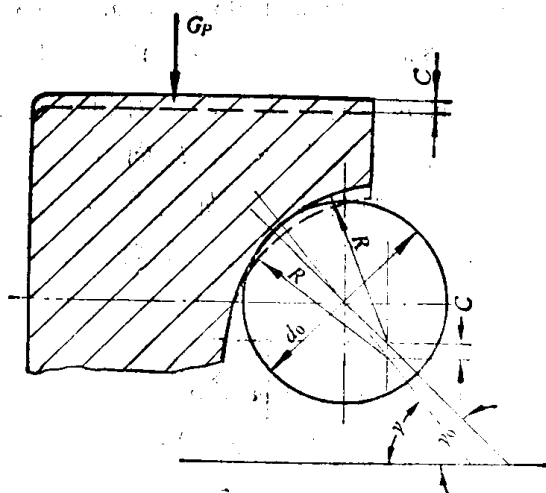


图2-11 滚圈轴向位移时接触角的变化

降低最大接触应力。

五、向心滚球式回转支承

这种支承(图2-12)也只是一排滚球,但它在很深的圆弧形滚道内滚动。它的高度小、重量轻,很容易制造。它由于其滚球在两个滚圈内受凸肩引导,故不仅能承受很大的轴向力和径向力,而且也能承受倾翻力矩。向心球式支承的接触角 γ 仅略小于一般的双排球式和四点接触单排球式支承,所以其承载能力也不亚于这两种支承。



图2-12 向心球式回转支承

向心滚球式支承的滚道形状很容易加工,可以选择很高的曲率比, $d_0/(2R)$ 可达0.98(双排球式和四点接触单排球式支承的 $d_0/(2R)$ 通常为0.96),故与其它接触角相同的支承相比,滚球和滚道上的接触应力较低。

向心球式支承由于曲率比和间隙之间相互协调,故具有良好的接触角。这一角度在低负荷范围内的变化大于在高负荷范围内。因此,冲击力得以缓解。这对于回转支承说来很重要,因移动式的机械需经常承受冲击性的振动和力矩。支承的间隙、曲率比及接触角的关系如图2-13所示,在无应力接触和滚圈纯轴向位移下取得的初始接触角 γ_0 可按下列式计算:

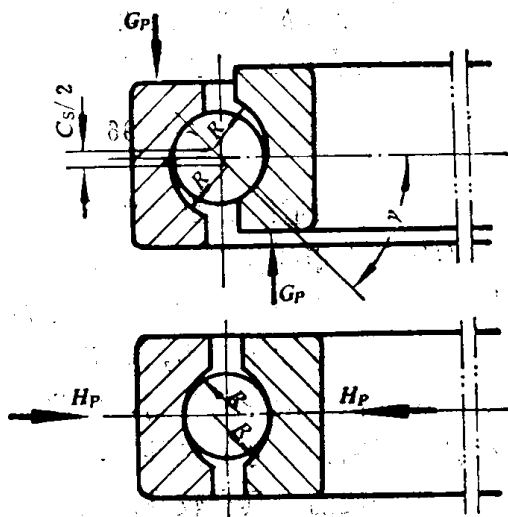


图2-13 在径向负荷或轴向负荷作用时接触角的改变

$$\sin \gamma_0 = \frac{C_s}{4(R - r_0)} \quad (2-1)$$

式中 C_s ——支承的轴向间隙;
 r_0 ——滚球半径

在轴向负荷作用下,由于接触处的弹性变形,滚圈的轴向位移会增大,故在负荷下出现的接触角 γ 显著大于 γ_0 。若初始接触角 γ_0 为 $20^\circ \sim 30^\circ$,负荷下压力角则可能会增大 $5^\circ \sim 10^\circ$ 。在纯径向负荷作用时,接触角 $\gamma = 0^\circ$ 。

六、交叉滚柱式回转支承

交叉滚柱式回转支承的断面如图2-14所示。它和四点接触球式支承相似,只有一排滚动体,但滚动体为短圆柱形滚柱;相邻滚柱的轴线成 90° 交叉排列(图2-15);内、外滚圈各有两条滚道,滚道断面为直线形。其中一半滚柱承受向下的轴向力,一半承受向上的轴向力。故这种支承能承受径向力、轴向力和倾翻力矩。

为了提高承受某一方向轴向力的能力,有时将承受主要轴向力的滚柱增多,而将承受反向轴向力的滚柱减少,例如组成2:1交叉排列等等。两个方向滚柱与滚道的接触角之和为 90° ,即 γ_1 与 γ_2 之和为 90° ,通常 γ_1 与 γ_2 均取 45° 。某些国家(如苏联)的系列,为了提高在偏心

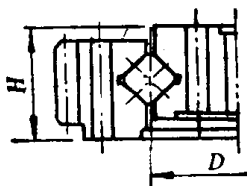


图2-14 交叉滚柱式回转支承断面

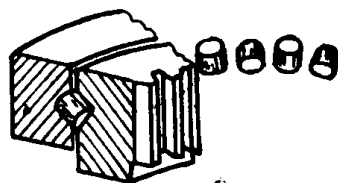


图2-15 交叉滚柱式回转支承

轴向负荷下的承载能力，两个方向滚柱的接触角取不等的角度(γ_1 为 55° ， γ_2 为 35°)。等分接触角的制造工艺性较好，而不等分接触角则能在某种程度上提高承载能力。

通常滚柱的长度应较其直径短 $0.5\sim 1$ 毫米。圆柱形滚柱在滚动时，有少量的滑动存在。为使此滑动不致过大，滚道与滚柱直径之比 D/d_0 宜在35以上。但国内外实际制造的有些尺寸较小的支承，此比例有小到27的，使用情况也还良好；甚至有个别转速较小的支承，此比例小到25。交叉滚柱式支承的滚柱，可以带保持器或隔离体，也可不带保持器或隔离体。国外在工程机械中所用的交叉滚柱支承，多数不带保持器或隔离体。交叉滚柱支承多数将内或外滚圈做成上、下可分的，以便于安装滚动体和调整轴向间隙。但也有将两个滚圈均做成整体式的(图2-15)，而象四点接触球式支承那样，利用在内或外圈上的径向装填孔来充填滚动体，利用选配来调整轴向间隙。整体式滚圈的优点是结构简单，滚圈刚性好。滚柱排满以后，圆周方向通常也需要有些间隙，各滚柱间的总间隙在圆周方向通常取为 $0.5d_0$ 左右。

七、双排交叉滚柱式回转支承

苏联建筑及筑路机器研究所创造出一种两排滚动体同时工作的交叉滚柱式回转支承(图2-16)，用于KBK-250重型塔式起重机。这种支承的外圈1和内圈4各有两条滚道，外圈通过螺栓固定在起重机的底架上。中部滚圈由上、下两个环形零件2和3所组成，它们用螺钉相互固定并与起重机的转台相连接。中部滚圈上的滚道按螺钉孔轴线对称布置。在中部滚圈和内、外滚圈之间，形成两条矩形断面的同心环形空腔。在这两条空腔中，交叉地放置着圆柱形滚柱。每一方向的轴向力，均由两排滚柱同时承受。为了提高主要受力方向的承载能力，两排滚柱均采用 55° 和 35° 不等分接触角。利用安装在上、下环2和3之间的金属垫片可调整轴向间隙。在结构的上端，有迷宫式或摩擦式橡皮密封。由于支承下端面与起重机底架之间形成封闭空腔，故下端不需密封装置。

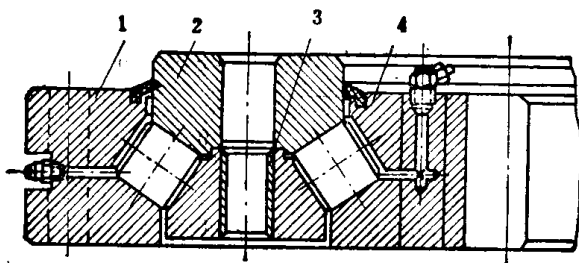


图2-16 双排交叉滚柱式回转支承

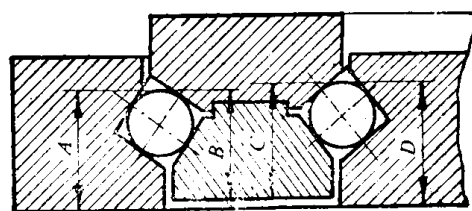


图2-17 尺寸检查简图

为了保证两排滚柱上负荷的均一性，必须检查尺寸 A 、 B 、 C 、 D (图2-17)，此时应满足如下要求：

$$A - B = D - C \pm 0.05(\text{mm})$$

最后制造的一个环形零件可能是内滚圈或外滚圈，它的尺寸 D 应按照其他三个零件尺寸测量的结果来确定。经验表明，上述要求在检查和制造方面并不困难。

回转支承安装在经过机械加工的座架表面上。内、外滚圈下面的座架安装表面，应处于同一平面上。回转支承零件及座架配合表面的加工误差，在外负荷作用下，由各滚圈的相互位移来补偿。试验证明，这种位移可保证两排滚柱同时受载。KBK-250塔式起重机回转支承的初始轴向间隙值，外排取为0.35毫米，内排取为0.2毫米。而同样尺寸的单排交叉滚柱式回转支承的轴向间隙通常为0.15毫米。在工作中对内、外圈紧固螺栓上的负荷用应变仪进行

测定证明了两排滚动体上负荷分布的正确性。

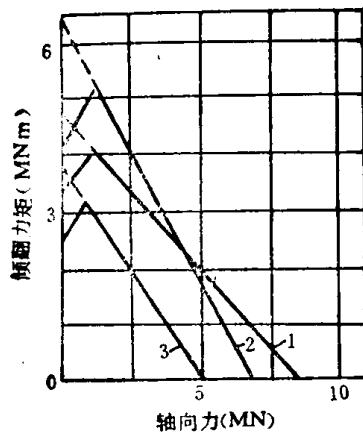


图2-18 回转支承承载能力线图

1. 双排式；2. 08号单排回转支承；3. 07号单排回转支承

图2-18列出了这种回转支承和苏联 OH2201-62-67标准系列单排交叉滚柱式08和07号回转支承(《工程机械》1974年第2期)的承载能力线图，它们是按许用接触应力为1700兆帕计算得到的。

表2-2列出了承受纯倾翻力矩时不同型式回转支承的单位金属消耗量指标。从表中可以看出，双排交叉滚柱式回转支承的单位金属消耗量约比尺寸相近的单排式回转支承低33%左右。

表2-2 双排和单排交叉滚柱回转支承金属消耗量的比较

回转支承型式	外径 (mm)	重量 (kg)	许用倾翻力矩 M_{max} (kNm)	单位金属消耗量 W/M_{max}	
				kg/kNm	%
双排交叉滚柱式	2500	2100	4800	0.437	100
单排交叉滚柱式08号	3150	3700	6400	0.578	132
单排交叉滚柱式07号	2650	2200	3750	0.589	134

表2-3列出了不同类型回转支承工作时回转摩擦阻力矩的实测数据。表中的当量摩擦系数 μ_d 是按下式得到的：

$$M_f = \frac{\mu_d}{2\sin\gamma} (4M + G_p \cdot D)$$

式中 M_f ——回转摩擦阻力矩(Nm)；
 M ——回转支承所受的倾翻力矩(Nm)；
 G_p ——回转支承所受的轴向负荷(N)；
 γ ——滚动体与滚道的接触角；
 D ——滚柱中心分布圆直径(m)