

轴承行业职业培训系列教材

轴承装配工艺

中国轴承工业协会
人力资源职工教育工作委员会 统编

河南人民出版社

绪 论

作为精密的机械基础件,滚动轴承是一种通用性很强、标准化程度很高的旋转支承元件,其对主机性能和使用寿命的影响非常关键和重要。滚动轴承的结构多种多样,其应用覆盖了从军事到民用的各行各业,不管是从航天飞机、火箭发射塔,还是从地下钻井、人力车,都能看到轴承的作用。

在各种类型滚动轴承的生产过程中,装配是最后的重要环节。由于轴承结构的多样性,轴承的装配方式也多样化,但基本的过程还是把合格的轴承零件组装为成品,达到预期的要求,使轴承的性能得到保证。轴承的装配过程从零件清洗、尺寸分选开始,经过合套、检验,到涂油、包装结束,经过的工序并不简单,对操作人员的素质要求也较高。装配水平的高低,代表了一个企业轴承生产加工水平的高低,也代表了轴承品质的高低。

随着装备制造业的发展,轴承装配水平的发展也日新月异,装配机械化、自动化程度逐步提高,有些装配线已实现了无人操作。轴承零件磨加工水平的提高,给装配带来了便利,有些原来不能随意互换组装的零件,现在可以不用分选而直接组装,原来成品精度达不到的关键轴承,现在也可以装配了。

近二十年来,我国轴承工业的发展突飞猛进,大量高品质的轴承出口,举世瞩目。国内已具备由培训各种人才的学校、科研单位和各类轴承生产企业组成的较完善的科研、学术与加工体系,在发展品种、追求个性、提高质量、增加产量、改进工艺、节材降耗等方面取得了显著成效。通过自行设计、制造装配自动线或自动操作的机台,通过引进国外先进的全自动轴承装配线和技术,我国轴承装配技术水平不断走向新的高度。

但是我们必须看到,随着轴承品种和产量的发展,必然要求更多、更新的装配技术和装备与之相适应。不断提高装配自动化程度,逐步实现大批量产品的全自动化,坚持不懈地提高我国的轴承装配技术水平,提高轴承的装配质量和装配效率,仍是摆在我们面前的一项长期而艰巨的任务。

目前国内的轴承制造企业多种体制并存,轴承装配的装备水平各有差异,装配人员的水平高低不一,对轴承装配的要求也不尽相同。但即便如此,轴承装配的基本原理、基本问题的分析还是相通的。有鉴于此,本书从轴承装配的基本知识出发,结合理论和实践,阐述轴承装配的基本要求、工艺过程、检测方法、最优配套原理、随机装配原理,并介绍了各类轴承的性能、结构几何关系、装配过程、配套计算方法、工作经验、技术质量分析、装配的装备和新的装配技术等内容。

本书作为培训装配工人的教材,为使其尽快掌握本工种的基础理论和操作技能,提高装配

技术,保质保量地完成生产任务,进而精益求精、持续改进装配工艺和装备奠定基础。本书包含的内容方方面面,难度有深有浅,装配人员根据不同需要和工作的重点,可以对其有所选择地掌握。对从事轴承装配技术的有关人员也可作为一本参考书,为提高我国的轴承装配技术水平做出贡献。

上 篇

第 1 章 轴承装配基本知识

滚动轴承的装配是轴承加工当中的重要环节。轴承装配就是通过将轴承各零件按照一定的方法、步骤组装在一起,从而使其达到预期的目的,发挥应有性能的工艺过程。轴承的装配并不简单,有精度的要求,有游隙和预加载荷的要求,有清洁度的要求,也有振动和噪声的要求等等。

本章将从滚动轴承装配的意义、基本概念及常用术语的介绍入手,对轴承装配的一般过程和要求,轴承装配的选配原理,以及轴承装配过程中的安全生产和操作注意事项进行阐述,使读者对滚动轴承装配的知识有一个基本了解。

§ 1 - 1 滚动轴承装配概述

一、滚动轴承装配的意义

滚动轴承是一种通用性很强、标准化程度很高的机械基础件。由于各种机械有着不同的工作条件,对滚动轴承在载荷能力、结构和使用性能等方面都提出了各种不同的要求,因此滚动轴承有各式各样的结构型式来满足各种使用场合的需要。依据轴承承受的主要载荷的方向不同,可以将轴承大体上分为向心轴承和推力轴承。向心轴承包括深沟球轴承、调心球轴承、圆柱滚子轴承、调心滚子轴承、角接触球轴承、圆锥滚子轴承等几大类结构,推力轴承包括推力滚子轴承、推力球轴承等类型,图 1 - 1 所示为滚动轴承常见的结构型式。

在各种类型滚动轴承的生产中,从套圈的毛坯制造到全部零件加工完毕,大约有上百道工序,而轴承的装配则是其中最后的关键工序。滚动轴承装配虽然不像其他机械装配那样复杂,但由于轴承往往起到重要的传动和支撑作用,轴承运转的好坏直接影响到设备安装使用的性能,而完美的轴承装配又能在各前工序合格加工的基础上,将轴承零件组装起来,使轴承应有的性能得到最佳的发挥,这就是轴承装配的重要性。如果装配工作不认真细致,将影响到轴承的产品质量和性能。轴承是精密的机械零部件,装配时要求较高的作业环境和作业规范,要求在清洁、恒温的环境下有条不紊地工作。轴承生产是高效率、高精度的机械加工,零件需要经过长时间、多工序才能够达到相当高的尺寸精度、旋转精度和表面粗糙度,以满足标准和使用

的各项性能要求。要保证轴承零件的加工精度不被破坏,这就要求装配轴承不仅要文明生产,而且全部装配过程应是在一定的工艺规程下进行。在滚动轴承装配过程中,还有很多专门技术和配套计算,这就要求装配工人要具备相当的计算能力和一定的熟练程度,才能够满足轴承装配工作的需要。

由于滚动轴承的性能优越,用途十分广泛,为保证在不同场合、不同用途中都能够得到充分的使用,滚动轴承种类也是多种多样的。而不同种类的轴承,其装配的技术要求与装配方法各不相同,这些标准的要求和用户特定使用场合下的个性化要求都已转化为装配操作的作业文件。装配工人除了了解作业环境、轴承测量、轴承装配的基本要求外,还要依据作业文件的规定熟练掌握实际轴承装配的专项操作技能,更高层次的人员还要了解所装配轴承的性能。

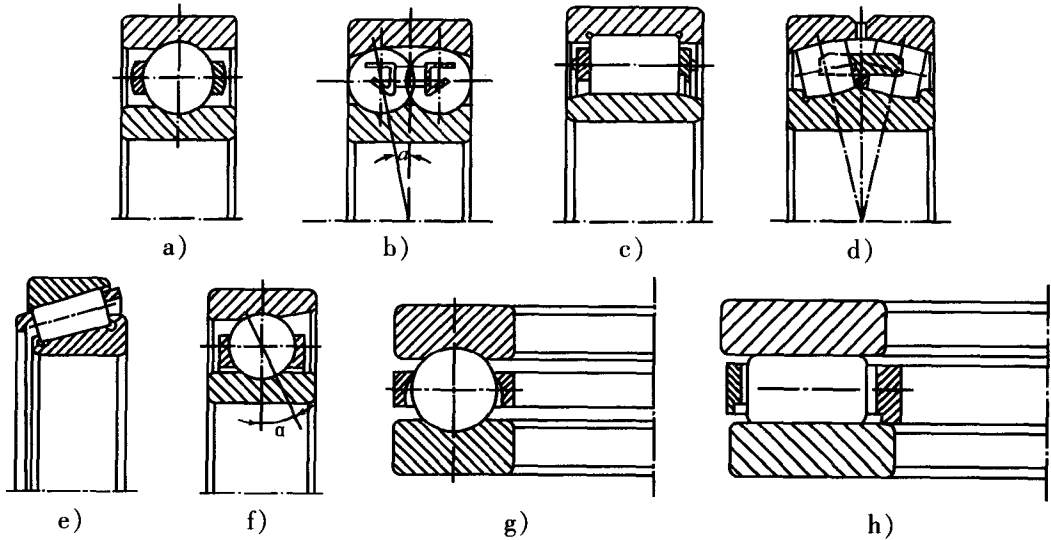


图 1-1 滚动轴承常见的结构型式

- a) 深沟球轴承 b) 调心球轴承 c) 圆柱滚子轴承 d) 调心滚子轴承
e) 圆锥滚子轴承 f) 角接触球轴承 g) 推力球轴承 h) 推力滚子轴承

综上所述,滚动轴承装配的实质就是通过一定的方法和步骤,将经过精密机械加工过的、满足轴承零件工序间技术条件要求的合格轴承零件,组装成轴承成品的工艺过程,并且达到作业文件规定的技术要求。滚动轴承是具有独立特性的旋转标准零部件,在不同的机械设备中起着举足轻重的作用,而轴承的这些特性经过装配过程才加以组合形成,因此轴承装配至关重要。

二、滚动轴承装配的基本概念及术语

成套轴承的有关概念和术语如下:

1. 径向游隙 G_r

在不同的角度方向,不承受任何外载荷,一个套圈相对另一个套圈从一个径向偏心极限位置移到相反的极限位置的径向距离的算术平均值。

2. 理论径向游隙

外圈滚道接触直径减去内圈滚道接触直径再减去两倍滚动体直径。

3. 轴向游隙 G_a

不承受任何外载荷,一个套圈相对另一个套圈从一个轴向极限位置移到相反的极限位置

的轴向距离的算术平均值。

4. 公称接触角 α

垂直于轴承轴心线的平面(径向平面)与经过轴承套圈或垫圈传递给滚动体的合力作用线(公称作用线)之间的夹角。

5. 滚动体组内(外)径 $F_w(E_w)$

所有滚动体的内(外)接理论圆柱体的直径。

6. 轴承的公称宽度(向心轴承) B 、 C 或 T

限定轴承宽度的两套圈理论端面间的距离。

7. 轴承实际宽度(圆锥滚子轴承) T_s

轴承轴线与限定轴承宽度的套圈实际端面两切平面交点间的距离。

8. 轴承实际宽度偏差(向心轴承) Δ_{Ts}

轴承实际宽度与轴承公称宽度之差。 $\Delta_{Ts} = T_s - T$ 。

9. 轴承公称高度(推力轴承) T

限定轴承高度的两垫圈理论背面间的距离。

10. 轴承实际高度(推力轴承) T_s

轴承轴线与限定轴承高度的垫圈实际背面两切平面交点间的距离。

11. 轴承实际高度偏差(推力轴承) Δ_{Ts}

轴承实际高度与轴承公称高度之差。 $\Delta_{Ts} = T_s - T$ 。

12. 内组件公称有效宽度(圆锥滚子轴承) T_1

内组件理论背面与标准外圈理论基准端面间距离。

13. 内组件实际有效宽度(圆锥滚子轴承) T_{1s}

内组件轴线与内组件实际背面切平面和标准外圈基准端面切平面交点间的距离。

14. 内组件实际有效宽度偏差(圆锥滚子轴承) Δ_{T1s}

内组件实际有效宽度与内组件公称有效宽度之差。 $\Delta_{T1s} = T_{1s} - T_1$ 。

15. 外圈公称有效宽度(圆锥滚子轴承) T_2

外圈理论背面与标准内组件理论基准端面间距离。

16. 外圈实际有效宽度(圆锥滚子轴承) T_{2s}

外圈轴线与外圈实际背面切平面和标准外圈基准端面切平面交点间的距离。

17. 外圈实际有效宽度偏差(圆锥滚子轴承) Δ_{T2s}

外圈实际有效宽度与外圈公称有效宽度之差。 $\Delta_{T2s} = T_{2s} - T_2$ 。

18. 成套轴承内圈径向跳动 K_{ia}

内圈在不同的角位置时,内孔表面相对外圈一固定点间的最大与最小径向距离之差。在点的角位置或在其附近两边,滚动体应与内、外圈滚道以及圆锥滚子轴承内圈大挡边接触,即轴承零件处于正常的相对位置。

19. 成套轴承外圈径向跳动 K_{oa}

外圈在不同的角位置时,外径表面相对内圈一固定点间的最大与最小径向距离之差。在点的角位置或在其附近两边,滚动体应与内、外圈滚道以及圆锥滚子轴承内圈大挡边接触,即轴承零件处于正常的相对位置。

20. 成套轴承内圈轴向跳动 S_{ia}

内圈在不同的角位置时,在距内圈轴线的径向距离等于内圈滚道接触直径一半处,内圈基

准端面相对外圈一固定点间的最大与最小轴向距离之差。内、外圈滚道以及圆锥滚子轴承内圈大挡边应与所有滚动体接触。

21. 成套轴承外圈轴向跳动 S_{ea}

外圈在不同的角位置时,在距外圈轴线的径向距离等于外圈滚道接触直径一半处,外圈基端面相对内圈一固定点间的最大与最小轴向距离之差。内、外圈滚道以及圆锥滚子轴承内圈大挡边应与所有滚动体接触。

上述1~3为轴承内部游隙,4为轴承的内部尺寸,5~17为轴承的外形尺寸,18~21为轴承的旋转精度,零件的尺寸及形位公差不再列举。

§ 1-2 轴承装配的一般过程和要求

一、轴承装配的主要特点和一般过程

一般认为滚动轴承是由六部分组成:外圈(座圈)、内圈(轴圈)、滚动体、保持架、密封和润滑。滚动轴承的装配,基本分为三个步骤:第一步是将内圈、外圈和滚动体进行选配,保证它们之间的某种配合关系,如保证轴承应具有一定的游隙值或公称宽度符合一定的公差要求等;第二步是组装保持架,或铆接,或使保持架产生某种塑性变形,以便把滚动体分置在轴承的套圈内,使其旋转灵活且不至于散落,以利于滚动轴承能够在各种机械中的安装和使用;第三步是注脂和加装密封装置。当然,类似于无保持架轴承等情况,第二、三步可以没有。

轴承的径向游隙和公称宽度是成套轴承的重要参数,影响滚动轴承径向游隙或公称宽度公差的主要因素有内、外套圈滚道的直径偏差及滚动体的直径偏差等。在我国,滚动轴承的径向游隙值及公称宽度的公差值已经大部分标准化,并规定在相应的国家标准和行业标准中。以中小型深沟球轴承为例,其径向游隙公差范围为0.01~0.02mm,在我国目前滚动轴承成批生产的情况下,其轴承零件工作表面精加工的经济精度的误差范围多在0.01~0.03mm。这样的制造误差决定了滚动轴承的装配不能像一般机械装配那样进行随意装配,必须独辟蹊径,为此滚动轴承装配中采用了选配的方法,这也说明装配能力和水平与磨加工的水平是密切相关的。所谓选配,即滚动轴承选择配套的过程,就是将内、外套圈的滚道直径尺寸控制在其公差范围以内,再按照一定的尺寸差分为若干组,利用滚动体的直径尺寸分组公差,将相应的内、外套圈及滚动体相互选择配合,以达到规定的游隙或公称宽度的公差值要求。滚动体的直径尺寸分组差按照有关标准的规定,已经在其制造车间经过分选机分选好,或者直接采购拿来使用。

在轴承的游隙值经过选配符合规定要求之后,即可进行轴承的装配。一般轴承的装配过程,就是利用保持架将滚动体予以限制,使滚动体既能够灵活转动,又不至于过分集中或散落,从而使轴承成为一个部件。保持架的装配方法根据种类也不尽相同,一般需要采用相应的工具或模具,并借助压力机、电铆机、气压机、电焊机等设备,进行铆接、弯爪、压印、锁口、焊接等操作过程。

在轴承的整个装配过程中或装配后,还伴随有大量的检验过程要进行。其中,有些是对轴承装配工序质量的检验,有些是对轴承成品质量指标的检验,这些检验是十分必要和严格的。

经过成品检验合格后的轴承,才能够涂油、包装出厂。对于成品轴承的涂油、包装工序,则可因地制宜,各有所长。例如,在机械化程度较高的装配车间或生产线上,涂油、包装过程一般

也是自动进行的,其质量较好,生产效率很高。在生产条件一般的中、小批量的装配车间中,也已经实现了机械化的清洗和涂油过程。但在条件较差的小批量生产厂及某些小厂,涂油、包装则还处于手工劳动的阶段。

经过检验合格后的内圈、外圈、滚动体和保持架,进入轴承装配车间进行装配,无密封轴承装配生产的主要过程如下:

零件退磁、清洗→内、外圈滚道尺寸及滚动体直径尺寸进行分组选别→合套→组装保持架→成品检验→退磁、清洗→涂油、包装、入成品库。

二、轴承装配的质量指标和基本要求

轴承装配的质量指标主要有:通用要求、精度公差、游隙值、振动与噪声、注脂量等。轴承装配的基本要求是:在保证装配质量指标的前提下,使合套率最高。

1. 轴承通用要求

轴承通用要求包括:残磁、表面质量、清洁度、旋转灵活性、包装等。其中表面质量,包括标志、美观、粗糙度等,不允许有磕碰伤、裂纹、压伤、黑皮、毛刺、锈蚀等现象。旋转灵活性,指经过合套装配后的成品轴承,转动起来应没有卡死、卡滞、骤停等不良现象。

2. 精度公差

精度公差包括外形尺寸公差、形位公差和旋转精度公差。尺寸公差、形位公差和旋转精度公差是指轴承装配成成品后,成品轴承的内径、内圈宽度、外径、外圈宽度、公称宽度、径向跳动、轴向跳动等技术参数,它是轴承性能的直接表现形式。滚动轴承尺寸公差、形位公差和旋转精度已经被列为国家标准或行业标准,经过了科学分析和实际验证,这些参数的大小直接影响主机的安装和使用精度。国家标准规定,轴承精度从低到高分为:P0、P6、P5、P4 和 P2 级。不同工况下选不同精度等级的轴承,而相应精度等级的轴承应满足国家标准或行业标准规定的相应精度技术参数要求。

3. 轴承游隙

轴承游隙依据测量方向的不同分为轴向游隙和径向游隙。径向游隙是轴承内圈、外圈和滚动体组配的依据,是国家标准等规定中重要的技术质量要求项目,也是重要的检查项目。从轴承应用角度来说,游隙也是重要的技术指标之一,轴承能否获得满意的性能,很大程度决定于其径向游隙。从轴承的设计和使用方面可以将游隙分为:设计游隙、原始游隙、安装游隙和工作游隙。

轴承装配后达到的游隙是原始游隙,在主机安装后游隙又有变化,称为安装游隙(或叫配合游隙),而轴承在实际运转过程中的游隙称为工作游隙。轴承工作时,温升使内、外圈温差变化,会使安装游隙减少,同时,负荷作用使滚动体和套圈产生弹性变形,又会增大游隙。一般情况下工作游隙略大于安装游隙,为了得到最满意的工作性能,应选择适宜的工作游隙。

轴承通过一定量的负游隙的要求,可以使轴承具有一定的预紧载荷,目的是提高轴承的刚性,也可提高轴承的使用寿命。当预加载荷超过最佳范围的上限时,轴承刚性递增不大,而摩擦和发热却急剧增加,轴承寿命急剧下降。当游隙过大时,承受载荷的滚动体数量较少,滚动体承受的最大载荷较大,轴承寿命也会降低。图 1-2 示意出轴承寿命与游隙的关系。

游隙的选择,除应考虑轴承的工作条件(如载荷、转速、温度等)和轴承使用性能要求(如振动和噪声、摩擦力矩、旋转精度等)外,还要考虑轴承安装后游隙的收缩量、工作温差对游隙的影响。轴承原始的径向游隙已经被列为国际和国家标准,经过科学计算和实际验证,其数值

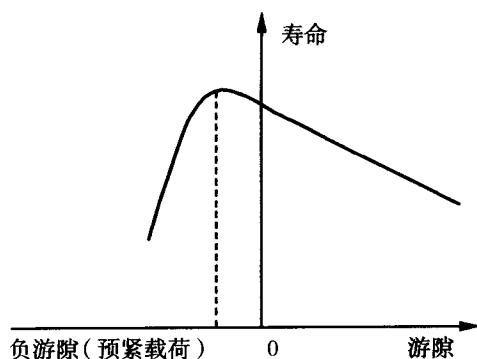


图 1-2 轴承寿命与游隙的关系

大小与轴承的工作性能和寿命长短密切相关。依据轴承使用场合的需要,径向游隙在不同的尺寸段、不同的组别有不同游隙值,国家标准中规定各类轴承的径向游隙值从小到大有 C2、C0、C3、C4、C5 组游隙。

游隙的组配要真实、可靠,除了保证各零件清洁和充分恒温、准确地进行尺寸分选外,还要积累经验,减少各种误差的影响。

4. 轴承的振动与噪声

滚动轴承的振动和噪声主要来源于轴承制造方面的原因,滚动体与内圈、外圈滚道表面几何形状误差等,其中滚道波纹度的影响最大,其次是圆度和表面粗糙度。在滚动体和内、外圈三者中,滚动体的滚动表面的几何精度对轴承振动和噪声影响最大。对于深沟球轴承,沟曲率半径大小决定了球与沟道的密合程度,也对振动和噪音有影响。轴承的振动和噪声直接影响着主机的使用性能,是中小型轴承及微型轴承重要的常规质量指标之一,也是某些特定场合大型、特大型轴承的特殊要求。

滚动轴承振动可以分别利用振动的加速度值和振动速度值来评价,测量轴承振动加速度值和速度值时,要求轴承的内圈以一定的转动速度转动,外圈不旋转,并施加一定的径向或轴向载荷进行检测。轴承振动速度值的被测物理量是在低频(50 ~ 300Hz)、中频(300 ~ 1 800Hz)、高频(1 800 ~ 10 000Hz)三个频带下轴承外圈的径向振动速度,单位为 $\mu\text{m/s(RMS)}$,分成 V、V1、V2、V3、V4 等几个组别,组别越大,要求振动速度值越小。轴承的振动加速度值以加速度级来评定,单位为分贝(dB),分成 Z、Z1、Z2、Z3、Z4 等几个组别,组别越大,要求振动加速度级数值越小。零分贝相当于地球重力加速度值 g 的千分之一,分贝数的计算公式为:

$$L = 20 \lg \frac{a}{a_0} \quad (1-1)$$

式中 L ——振动加速度级,单位为分贝(dB);

a ——某一频率范围内的轴承振动加速度均方根值或振动加速度峰值,单位为 m/s^2 ;

a_0 ——参考加速度值,其值为 $0.001g$,即 $9.81 \times 10^{-3} \text{m/s}^2$ 。

轴承的振动值(加速度和速度)应符合行业标准等的规定。Z 组和 V 组是对通用轴承的基本要求,轴承上不标记振动值代号,其余各组别在轴承基本代号后要标注。轴承噪声通过噪声检测仪进行检测,有的通过人耳进行辨别,目前还没有统一的标准。表 1-1 ~ 表 1-5 列出了深沟球轴承、圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承中部分尺寸段的单个轴承振动加速度级和速度值机械行业的限值规定。

表 1-1 深沟球轴承振动加速度级限值

单位:分贝 (dB)

轴承公称 内径 d /mm	直径系列(0)				直径系列(2)					直径系列(3)				
	Z	Z1	Z2	Z3	Z	Z1	Z2	Z3	Z4	Z	Z1	Z2	Z3	Z4
5	37	36	34	30	38	37	34	32	—	39	37	35	33	—
10	43	42	38	33	44	42	39	35	30	46	44	40	37	32
15	45	44	40	35	46	44	41	36	31	48	46	42	38	33
20	47	45	41	36	48	46	42	38	33	50	48	43	39	34
25	48	46	42	38	49	47	43	40	36	51	49	44	41	37
30	49	47	43	39	50	48	44	41	37	52	50	45	42	38
35	51	49	45	41	52	50	46	43	39	54	52	47	44	40
40	53	51	46	42	54	52	47	44	40	56	54	49	45	41
45	55	53	48	45	56	54	49	46	43	58	56	51	47	44
50	57	54	50	47	58	55	51	48	45	60	57	53	49	46
55	59	56	52	49	60	57	53	50	47	62	59	54	51	48
60	61	58	54	51	62	59	54	51	48	64	61	56	53	50
70	50	49	47	—	51	50	48	43	—	52	51	49	44	—
80	52	51	49	—	53	52	50	45	—	54	53	51	46	—
90	54	53	52	—	56	55	53	48	—	58	57	54	49	—
100	58	57	56	—	60	59	57	52	—	62	61	58	53	—
110	62	61	60	—	64	63	61	56	—	66	65	62	57	—
120	64	63	62	—	66	65	63	58	—	68	67	64	59	—

表 1-2 深沟球轴承振动速度限值

单位: $\mu\text{m/s}$

轴承公称 内径 d /mm	V			V1			V2			V3			V4		
	低频	中频	高频	低频	中频	高频	低频	中频	高频	低频	中频	高频	低频	中频	高频
5	110	72	60	74	48	40	58	36	30	35	21	18	32	11	11
10	160	120	100	120	80	70	90	60	50	55	35	30	45	14	15
15	210	150	120	150	100	85	110	78	60	65	46	35	52	18	18
20	260	190	150	180	125	100	130	100	75	80	60	45	60	25	25
25	260	190	150	180	125	100	130	100	75	80	60	45	60	30	32
30	300	240	190	200	150	130	150	120	100	90	75	60	70	35	40
35	300	240	190	200	150	130	150	120	100	90	75	60	70	42	45
40	360	300	260	240	180	160	180	150	130	110	90	80	82	50	50
45	360	300	260	240	180	160	180	150	130	110	90	80	82	60	60
50	420	320	320	280	200	200	210	160	160	125	100	100	95	70	70
55	420	360	360	280	220	200	210	180	180	125	110	110	95	70	70
60	480	360	440	320	220	240	240	180	200	145	110	130	100	80	80
70	360	310	460	200	180	280	150	120	200	110	90	135	58	58	58
80	420	360	540	240	210	320	180	120	240	130	110	160	65	65	100
90	480	420	600	290	250	370	210	180	270	145	125	180	75	75	115
100	560	490	670	340	300	420	250	215	310	170	145	200	88	88	135
110	640	570	750	400	350	480	290	260	350	190	175	225	100	100	160
120	640	570	750	400	350	480	290	260	350	190	175	225	100	100	160

表 1-3 圆柱滚子轴承振动速度限值

单位: $\mu\text{m/s}$

轴承公称 内径 d/mm	V			V1			V2			V3		
	低频	中频	高频	低频	中频	高频	低频	中频	高频	低频	中频	高频
15	340	420	420	260	310	310	200	190	190	140	100	100
20	370	460	460	290	350	350	230	220	220	160	110	110
25	420	530	530	330	400	400	260	260	260	180	130	130
30	420	530	530	330	400	400	260	260	260	180	130	130
35	490	610	610	380	470	470	300	300	300	210	150	150
40	490	610	610	380	470	470	300	300	300	210	150	150
45	570	690	690	430	540	540	340	340	340	240	170	170
50	570	690	690	430	540	540	340	340	340	240	170	170
55	650	780	780	500	610	610	400	380	380	280	190	190
60	650	780	780	500	610	610	400	380	380	280	190	190
70	470	560	560	350	430	430	290	270	270	200	140	140
80	530	630	630	410	500	500	330	300	300	230	160	160
90	610	710	710	460	570	570	370	350	350	260	180	180
100	690	800	800	540	650	650	430	400	400	300	210	210
110	780	920	920	630	740	740	500	470	470	350	240	240
120	780	920	920	630	740	740	500	470	470	350	240	240

表 1-4 圆锥滚子轴承振动加速度级限值

单位: 分贝 (dB)

轴承公称 内径 d/mm	30200、32200 系列			30300、32300 系列		
	Z	Z1	Z2	Z	Z1	Z2
15	—	—	—	56	54	50
17	56	54	50	58	56	52
20	57	55	51	61	58	53
25	58	56	52	64	61	56
30	59	56	52	67	64	59
35	61	58	53	68	65	60
40	63	60	55	69	66	61
45	65	62	57	69	66	61
50	67	64	59	71	68	63
55	69	66	61	74	71	66
60	71	68	63	77	74	69

表 1-5 圆锥滚子轴承振动速度限值

单位: $\mu\text{m/s}$

轴承公称 内径 d/mm	V			V1			V2			V3		
	低频	中频	高频	低频	中频	高频	低频	中频	高频	低频	中频	高频
15	310	500	500	220	360	360	150	220	220	100	100	100
17	330	550	550	240	400	400	170	240	240	110	110	110
20	330	550	550	240	400	400	170	240	240	110	110	110
25	360	590	600	280	440	450	210	280	280	120	140	130
30	360	590	600	280	440	450	210	280	280	120	140	130
35	400	640	670	320	480	500	250	320	300	150	180	160
40	440	690	740	360	530	560	280	350	320	170	210	190
45	440	690	740	360	530	560	280	350	320	170	210	190
50	480	750	810	400	600	620	320	400	360	220	260	240
55	480	750	810	400	600	680	320	400	360	220	260	240
60	530	850	1 000	450	680	760	370	460	420	300	330	300

5. 注脂量

轴承有向单元化发展的趋势,轴承单元带有密封装置,并预先加注轴承润滑脂。注脂量依据轴承内部有效运转空间而定,注脂量少不能保证润滑,注脂量过多,易造成轴承运转后油脂溢出和轴承发热。

§ 1-3 轴承装配过程的选配原理

滚动轴承装配的主要任务是将内圈、外圈和滚动体进行尺寸分选,通过选配以保证装配后具有满足要求的径向游隙或宽度。滚动轴承装配过程中的一个主要工序是选配合套工序,首先要将套圈滚道直径尺寸选别分组,然后将各种组别的内圈、外圈及滚动体按轴承要求的游隙或宽度公差配合起来成为“一套”轴承。

在轴承套圈的加工过程中,由于种种原因,会使滚道尺寸过于分散或公差带中心偏移,甚至于会超出公差带的范围,这些问题都会降低配套率。为此,在配套前,应对库存轴承套圈进行初选,掌握其滚道尺寸的情况,并根据滚动体的尺寸情况,及时向磨工作业区提出配套零件(内圈或外圈)加工公差的订制单。磨工作业区在接到公差订制单后,应严格按照订制公差尺寸进行加工。这样,就可以提高轴承装配的配套率。

选别分组就是逐个测量配套套圈的滚道直径的实际尺寸偏差,以相近的偏差尺寸为一组,而把一批零件分为若干组。分组尺寸差的大小以径向游隙公差的大小为依据。一般,套圈的选择尺寸差以按小于径向游隙公差的三分之一进行分组为宜。从配套精度考虑,分组差越细越好,但由于工作场地的条件限制,分组差也不能太细小。在实际装配中,初选时多按 0.01mm 分组;配套选别时,多按 0.002mm 或 0.005mm 分组。

影响滚动轴承径向游隙或宽度的因素主要是内、外套圈滚道的直径偏差及滚动体的直径偏差等。由于滚动轴承工作的重要性,使得对其游隙值或宽度(高度)公差有严格要求。受加工因素等的影响,滚动轴承装配时,除个别具有可分离套圈的轴承(如单列圆锥滚子轴承的外

圈、圆柱滚子轴承的内圈)采用互换性的装配方法外,不能采用可互换的装配方法,而只能采用选配的方法。

选别时,轴承套圈在选别仪器上应旋转一圈以上,以便测出滚道的直径变动量,然后按平均直径分组。

轴承套圈内、外滚道表面及滚动体表面在终磨和最后超精研加工过程中,受机床精度、操作者的技术水平、零件的材质、工卡量具的质量、测量误差、切削规范的选用、生产的环境等多种因素影响,每批产品中各个零件之间的尺寸偏差互有差别。尺寸都在一定范围内波动,而尺寸集中在中间值较多、接近尺寸极限较少,这种尺寸偏差分布现象符合正态分布曲线,见图 1-3。正态分布的特点与摆在装配工作台上分选完的套圈相似,中间尺寸套圈较多,而两端尺寸数量极少,套圈摆放的高度中间高两端低。

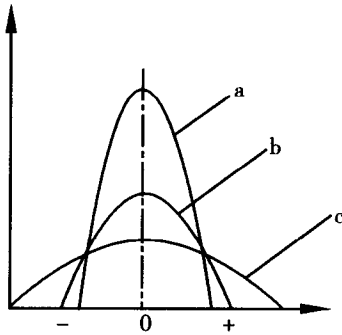


图 1-3 零件尺寸分布曲线

图 1-3 中的 a 线表示良好尺寸加工分布状态,中间尺寸集中,分散范围(带宽)小。曲线 b 表示较差的情况,而曲线 c 的分散更大,中间尺寸较少,这种状态的结果极差,会导致装配组合困难、效率很低。

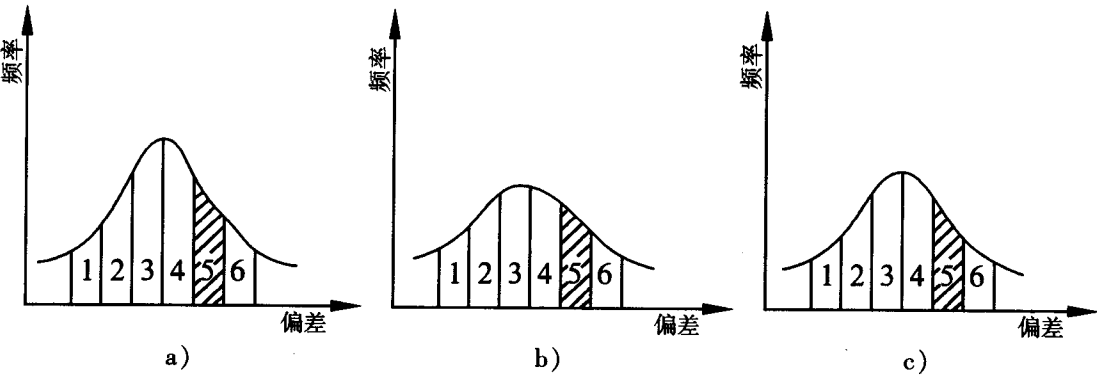


图 1-4 滚动轴承选配原理

a) 滚动体尺寸分布 b) 外滚道尺寸分布 c) 内滚道尺寸分布

在正常工艺条件下,内、外套圈滚道直径尺寸及滚动体直径尺寸的正态分布曲线,如图 1-4 所示。在满足一定条件下,把图 1-4 中的尺寸分布划分成 1、2、3、4、5、6……小区间,将小区间面积相等的区域分别对应起来进行配合,如用外圈滚道尺寸图中的 5 与内圈、滚动体尺寸图中的 5 相配合,达到最高的合套率,这就是轴承选配的基本原理。

§ 1-4 轴承装配的安全生产和文明生产

一、轴承装配的安全生产

在滚动轴承的装配操作过程中,安全生产是十分重要的。尤其是操作压力机的工作人员,必须按照安全操作规程操作,才能保证人身安全和设备完好。轴承装配中的压力机械,尤其是偏心压力机,旋转速度快,冲头滑块需通过下死点才能复位,其危险性很大。在轴承装配间出现的事故中,压力机的事故比例较高,应引起足够的重视。轴承装配间常有煤油或汽油,防火防燃也要时刻警惕。

轴承装配人员的安全操作规程包括以下几个方面:

(1) 装配工人应接受工厂的各级安全教育,认真执行国家有关安全生产及劳动保护的政
策、法令和规定,严格遵守安全操作规程和各项安全规章制度。

(2) 装配工人应有安全操作合格证方能上岗操作。凡是安全操作考核不及格者、学徒工
和实习人员,未经过许可不许上岗操作。

(3) 装配工人上岗时,必须将劳保用品穿戴整齐。非劳动保护品,例如围巾、高跟鞋等,严
禁穿戴,以防发生事故。

(4) 装配用的压力机械应有安全保护装置。对于偏心压力机的调整,应遵守安全调整规
程。调整时,应将压力机滑块停在下止点的位置上,然后推入装了轴承的装配模具,再下降滑
块至需要的行程。压力机工作时,双手应离开轴承装配模具,不允许压力机滑块连发运行和工
作。

(5) 装配用的电铆机应在安全电压下工作,并应有接地装置和电压限压保险装置。

(6) 装配人员中的无压力工或电铆工等特殊工种上岗证的操作人员,不允许操作压力机、
电铆机等设备。

(7) 分选配套过程中,轴承套圈或装入滚动体的半成品轴承,不宜摆放过高和拥挤,以免
造成事故。

(8) 轴承及其零件的搬运应轻拿轻放,这样一方面可以保证轴承表面不被磕碰伤,另一方
面也可以保证工作人员的人身安全。

(9) 轴承或其零件采用汽油或煤油清洗时,应按汽油或煤油的使用规定及安全规程进行,
以免造成火灾事故。

(10) 装配间空气较差,尤其是在相对封闭条件下操作,装配工人应有适当的休息时间或
工间活动时间。

(11) 装配间应有应急措施,当出现意外情况时,工人应有秩序地撤离工作地、清点人员,
并在统一指挥下参与抢救活动。

二、轴承装配的文明生产

文明生产也是工厂管理的一项重要内容,体现了一个现代企业的管理水平。它直
接影响工厂产品质量的好坏,影响机器设备的操作与运行,影响工、夹、量具的精度和寿命,也
影响工人操作技能的发挥。尤其对于轴承装配工序这种集体作业场合,工人在半手工、半机
械、半脑力、半体力的条件下操作,文明生产至关重要。

在正常生产条件下,文明生产应做到以下几个方面:

(1)装配车间班组与岗位设立应健全,上班时间恪守岗位。组织生产,任务下达,应做到各负其责,分工合作。

(2)操作工应分工明确,做到岗位不虚设,有岗有人,产品始终应处于有机、合理、受控的流动中。

(3)工人在接到工作任务单后,应首先查阅工艺指导等作业文件,记录有关数据,然后做好工作前的各项准备工作。

(4)装配操作应做到稳而准。尤其是分选、配套工作,不能只求快,应求准和稳。对于压力机械的操作,更要遵守规章制度,不可有半点盲目和抱有侥幸心理。

(5)装配工作地面要整洁。废旧包装物应及时清除,洒在地面上的清洗液等污物应及时擦除。

(6)装配过程中的轴承零件或轴承半成品,应摆放整齐。分选后的轴承套圈,要横、竖成行,分选偏差应明确,摆放高度应适中。

(7)装配过程中流动着的轴承零部件,应轻拿轻放,以免磕伤、划伤零件表面。做到物归其位,位位相同,不能乱摆乱放。

(8)调整分选及游隙测量等仪器时,应按照相应的操作规定进行。仪器附件及配件应齐全,调整工具应完好,不可用轴承套圈或标准件等代替手锤进行操作。

(9)配套工作台上只允许存放一组偏差的滚动体。当一组偏差的滚动体用完,应将工作地清理后再更换另一组偏差的滚动体,以免偏差混乱,影响轴承装配质量。

(10)下班或工作结束,应及时整理并清扫工作台及工作地面。剩余零件退库时,应保护好标识,工具、仪器应擦拭干净和保养归位,并做好交接班工作。

(11)做好现场的“5S”(整理、整顿、清扫、清洁、素养)管理。

小 结

本章首先介绍了轴承装配的意义和重要性,装配使轴承最后成形,体现出轴承制造工作者的辛勤劳动成果。有关轴承装配的概念和术语也是装配人员必备的知识,要牢牢掌握。轴承的选配是轴承装配的主要特点,零件经过选择后进行组装,以达到规定的游隙或公称宽度(高度)的要求。

轴承装配的质量指标主要有:通用要求、精度公差、游隙值、振动与噪声、注脂量等。其中外观质量和旋转灵活性是定性的指标,需要不断地积累经验才能达到较高的判断、分析水平,只有多看、多动手、勤动脑,才能区别对待发生的各种情况。外形尺寸和旋转精度的公差直接体现出成套轴承的品质,虽然它是定量的要求,但主要通过各零件的精度、粗糙度等来保证,与磨加工的水平相关。游隙的组配是轴承装配的关键环节,决定了轴承的使用性能并影响使用寿命。正游隙和负游隙(预加载荷)的数值都是针对不同的工况提出的要求,装配时要真实、可靠地给予保证。轴承振动与噪音的顾客期望越来越高,也是现代轴承的发展趋势,并且向大尺寸段的轴承延展。

操作人员除了理解和掌握轴承装配知识和作业文件的内容外,安全、文明地进行装配作业和生产,既是装配工的基本要求,也是企业管理的基本需要。

习 题

1. 滚动轴承装配的重要性的意义是什么？
2. 什么是轴承的径向游隙和轴向游隙？分别用什么代号表示？
3. α 、 F_w 、 E_w 是表示什么概念的符号？它们是如何定义的？
4. 圆锥滚子轴承的 T 、 T_1 和 T_2 分别指的是什么？
5. 成套轴承的旋转精度 K_{ia} 、 K_{ea} 、 S_{ia} 、 S_{ea} 分别指的是什么？
6. 你认为滚动轴承的组成部分有哪些？
7. 什么是轴承装配过程中的选配？为何要进行选配？
8. 无密封轴承装配的主要过程有哪些？
9. 轴承装配的主要质量指标是什么？基本要求是什么？
10. 轴承游隙与轴承寿命有什么关系？
11. 轴承规定的径向游隙有哪些组别？游隙数值从大到小各组别如何排列？
12. 轴承精度从高到低有哪些级别？
13. 查表说出深沟球轴承 6201、6204、6206 单套轴承振动值 Z3 组和 V3 组的限值分别是多少？包括限值的名称和单位。
14. 轴承装配过程中游隙组配要注意哪些问题？
15. 简述轴承装配作业安全生产、文明生产的要求有哪些？

第2章 轴承装配工艺规程和技术条件

轴承产品从原材料投入开始,到包装入库,经历了复杂的生产加工过程。有加工过程就要讲究加工方法,产品的加工制造方法称为工艺。轴承的工艺过程不仅包括从原材料到成品的整个生产过程,还包括工艺的策划、工艺试验和工艺的持续改进。因此,工艺过程是一个主动的过程,是理论和实践有机结合的过程,工艺也是一门学问。

完成某项加工任务的各个环节的先后顺序,称为工艺流程。工艺流程的合理与否,不仅影响加工的质量,也影响加工的效率。规范工艺过程的各种文件,称为工艺规程。工艺规程要科学,不是教条的,不是一成不变的,要因地制宜、因时制宜、因人制宜。所有的工艺及规程,都离不开一个前提,那就是要保证技术条件的实现,离开技术条件要求的工艺,将毫无意义。总之,工艺规程具有原则性,是有底线的,同时又具有灵活性,给工艺人员一个发挥聪明才智的广阔空间。

§ 2-1 轴承装配工艺流程

各种滚动轴承装配的工序,有许多相似之处,本节举例说明轴承装配的工艺流程。对装配过程中各种类型轴承不同的工序和要求,将在下篇各章中加以叙述。

一、轴承装配流程图

以 6000-2Z 系列深沟球轴承为例,装配流程图如图 2-1 所示。

磨加工的零件经检验合格后存入装配库。如果生产组织得当,零件也可直接进入装配间分选合套,不经库房保存,从而减少生产周期。装配库管员不仅要保管好轴承零件,还要掌握套圈滚道尺寸公差、滚动体尺寸公差状态,做好统计,发出零件公差订制单,组织补充零件,以便合套工序进行装配。

对于小批量生产,特别是在滚动体及滚道尺寸分散很大的情况下,在组织生产上往往是采取先磨加工一个套圈和分选该套圈尺寸公差,再以滚动体尺寸偏差状态,制定轴承另一套圈的滚道尺寸磨加工偏差范围,以获得较高的合套率。一般情况下,终磨外滚道接近外圈磨加工最后工序,订制公差放在外圈较好。

二、轴承的清洗

从装配零件库中取出经过防锈处理的零件,在装配之前,必须经过清洗、烘干处理方可进行分选、合套等工序。在装配之后,成品轴承也要成套清洗。