

6002 内圈分离式四点接触球轴承开发

慈兴集团有限公司 赵坤 沈光飞

摘要：轴承作为主机中重要的旋转部件之一，直接影响其使用寿命及性能。针对汽车转向系统要求，常规四点接触球轴承不能满足载荷要求，为满足汽车转向系统较高可靠性，采用内圈分离式四点接触球轴承，对其结构与工艺进行开发。新结构的内圈分离式四点接触球轴承具有较高的承载能力，并且通过工艺过程的开发以及试验验证，满足客户使用要求，并实现大批量自动化生产。

关键词：内圈分离式；四点接触球轴承；结构与工艺；承载能力

中图分类号： **文献标志码：** **文章编号：**

6002 Inner Ring separate four-point contact ball bearing development

Cixing Group Co., Ltd. Zhao Kun, Shen Guangfei

Abstract: Bearing, as one of the important rotating parts in the main engine, directly affects its service life and performance. According to the requirements of automobile steering system, the conventional four-point contact ball bearing cannot meet the performance requirements. In order to meet the high reliability of automobile steering system, the structure and process of four-point contact ball bearing with inner ring separation are developed. The new structure of the inner ring separated four-point contact ball bearing has a high loaded capacity, and through the development of the process and test verification, to meet customer requirements, and to achieve mass automated production.

Key words: Inner Ring separate; Four-Point Contact Ball Bearing; Structure and Process; Loaded Capacity

转向系统是汽车安全驾驶必不可少的系统之一，所使用的轴承是保证系统可靠运转的关键零部件，对轴承的承载能力要求较高。在较高承载力的工况下，轴承不但影响系统使用寿命所带来的安全驾驶问题，也会影响驾乘人员的直观舒适感。为提高轴承的承载能力，增加转向系统的可靠性与寿命，

常规四点接触球轴承由于结构上的限制,无法实现较高承载力的要求。因此,常规结构在此问题上已无法优化,但要确保轴承承载能力的提升,因此对轴承结构进行改进设计。

1 轴承设计要求及工艺开发难点

1.1 轴承设计要求

四点角接触球轴承应用工况要求具有较高的承载力,常规设计的 6002 四点接触球轴承,由于结构特点及加工工艺的限制,无法满足较高承载力的要求;而内圈分离式 6002 四点接触球轴承,由于结构改进、加工工艺优化,可以突破较高承载能力的限制,通过提高挡肩系数、增加钢球数量等,实现轴承具备更高的承载力,并突破装配瓶颈实现量产化要求。

结构差异对比(如图 1、图 2)常规 6002 四点角接触球轴承特点:一个内圈、保持架为常规设计、钢球数量少(填球角限制钢球数量);内圈分离式 6002 四点接触球轴承特点:双半内圈(可分离)、保持架为特殊设计、钢球数量多。

1.2 轴承设计计算

根据 ISO281《滚动轴承 额定动载荷和额定寿命》和 ISO76《滚动轴承 额定静载荷》中规定的计算公式及方法:两种 6002 四点接触球轴承基本额定载荷计算结果见表 1。

表 1 轴向额定载荷

Tab.1 Axial load rating

项目	额定载荷/N	
	常规四点	内圈分离式
径向额定静载荷	4500	5500
径向额定动载荷	7500	8600
轴向额定静载荷	6400	7900
轴向额定动载荷	5100	5900

结果表明：内圈分离式 6002 轴承静载荷中径向载荷提高约 22.2%，轴向载荷提高约 23.4%；内圈分离式 6002 轴承动载荷中径向载荷提高约 14.7%，轴向载荷提高约 15.7%。由此可知，采用内圈分离式轴承可以明显提升承载能力。

根据 ISO281《滚动轴承 额定动载荷和额定寿命》，在给定工况下，径向载荷 500N，轴向载荷 2000N，内圈旋转速度 1800rpm，要求寿命 180 小时。采用常规轴承和内圈分离式轴承进行寿命计算，常规轴承理论寿命为 170 小时，其寿命不满足使用要求；内圈分离式轴承寿命为 255 小时，理论寿命比常规四点轴承明显提高了 50%，并且可以满足使用要求。

同时，在此工况载荷下，常规四点接触球轴承最大接触应力为 2979MPa，轴承内圈滚道发生 2.5%的椭圆截断；内圈分离式四点接触球轴承最大接触应力为 2794MPa，轴承未发生的椭圆截断。按照 ISO76《滚动轴承 额定静载荷》中规定，轴承滚道产生的最大接触应力均小于轴承的许用接触应力 4200MPa，且内圈分离式四点接触球轴承接触应力呈减小趋势，对轴承寿命产生有利影响。

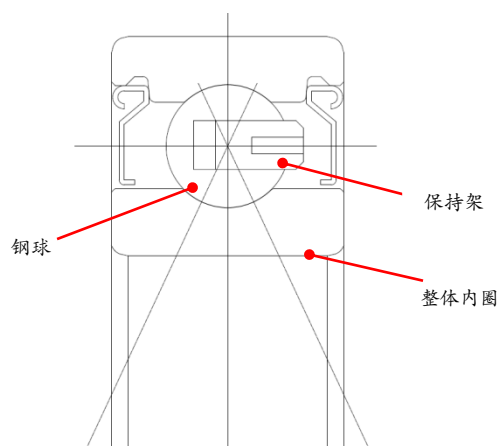


图 1 常规结构

Fig.1 Conventional structure

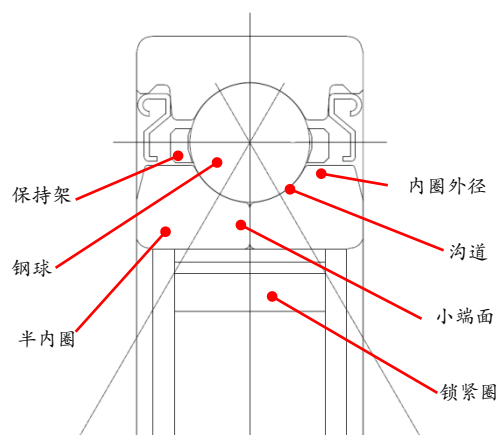


图 2 内圈分离式结构

Fig.2 Inner ring separation structure

2 工艺开发

由于是采用内圈分离式结构设计，外圈结构不做变化，仍为一体式结构，故外圈生产加工工艺流程与常规四点轴承相比基本一致。特殊之处为，内圈加工工艺开发、检测控制方案开发及装配工艺的开发。

2.1 内圈加工工艺开发

内圈分离式四点接触球轴承，由于单内圈结构特殊，单独的半圈相当于普通四点接触球轴承内圈的一半，单独半内圈无法直观识别并检测沟道底部，并且在装配时需要与小端面配合将两个半内圈安装后模拟成一个常规四点轴承的内圈，该结构与常规的角接触轴承结构不同。对滚道的加工以及检测方案均需要全新设计开发，首先对滚道的加工，需确保沟道以及配合小端面的一致性，以及沟道无法直接测量需要采用间接测量的方式来控制沟径，为确保年内圈外径，沟道，小端面同步进行磨削，以及确保批量生产的一致性，因此内圈外径、滚道、小端面需采用成型砂轮同时磨削加工（如图 3）。

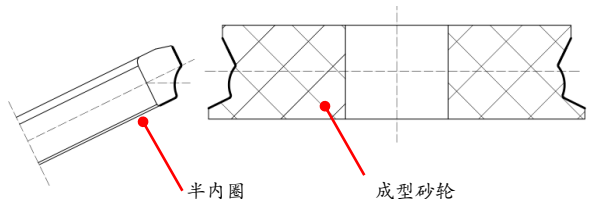


图 3 内圈磨削示意图

Fig.3 grinding diagram of inner ring

内圈磨削时倾斜一定角度，使用成型砂轮对内圈滚道区域进行磨削，内圈沟道直径、沟位等尺寸可以通过成型砂轮的尺寸及位置关系来保证，沟道直径通过间接测量方法来控制，内圈加工工艺流程如图 4 所示。

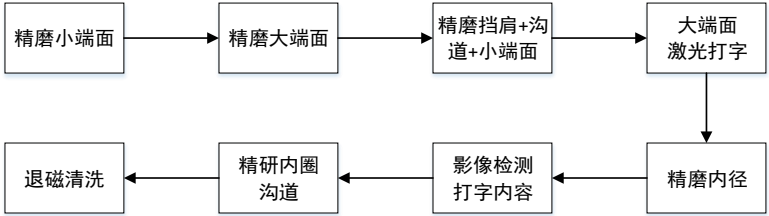


图 4 内圈加工工艺流程图

Fig.4 Inner ring Process Flow Diagram

在内圈滚道磨削加工过程中需严格控制磨削过程中角度的变化，即单一轴向剖面上，小端面与内圈内孔的垂直度，俗称坡度，轴承结构不允许单半内圈小端面存在坡度，会导致装配后接触角异常。因此在生产过程中可采用标准芯棒配合端面，采用刮色法判断是否产生偏差，并及时修正角度；如需定量检测，可采用轮廓仪测量角度偏差，指导现场调整磨削参数。

要严格控制内圈外径相对内孔的径向跳动在允许范围（确保随机匹配接触角偏差在允许范围内），以达到批量产品随机装配接触角的一致性。

2.2 装配工艺开发

轴承内圈和外圈合套前分选，外圈采用直接测量沟径并直接分选，内圈沟径采用测量外径的方法间接分选，常规内外圈钢球合套模式已经不适用于分离式内圈结构设计，需要对保持架结构进行优化设计，装配工艺难点在于如何装配保持架，如何装配钢球和加注油脂；本方案首先使用特殊工装先把保持架放入外圈沟道处并固定，然后把钢球装入保持架中，使外圈、保持架、钢球互为支撑（如图 5）；加油脂工序采用先去除一个半内圈然后加油脂，最后将去除的另一半内圈复位（如图 6）。



图 5 保持架、外圈、钢球自动装配

Fig.5 Automatic assembly of cage, outer ring and balls



图 6 加油脂

Fig.6 Grease Addition

解决以上两个关键步骤后，需安装轴承的两个半内圈。由于内圈是可分离结构，安装方便，但安装后同样容易分离，故采用增加锁紧圈结构固定两个可分离式的半内圈。

轴承组装完成后通过压力机压入一个锁紧圈至两个分离式半内圈中间部位，达到固定双半内圈的作用。轴承装配工艺流程（如图 7）。

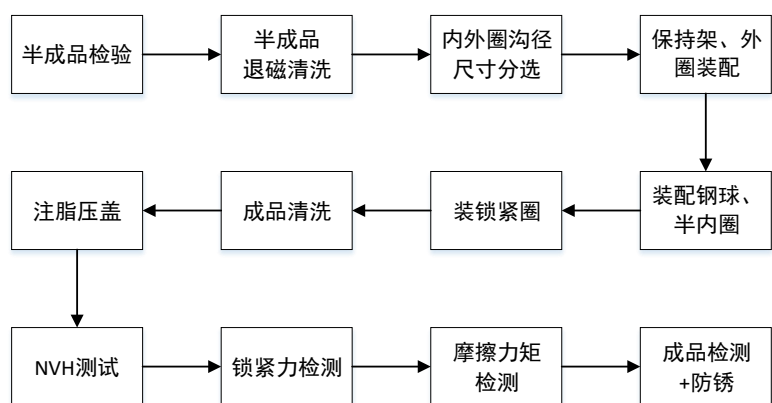


图 7 装配工艺流程图

Fig. 7 Assembly Process Flow Diagram

3 测量

3.1 内圈滚道直径偏差测量

磨削过程中，内圈沟道直径不能被测量，只能通过检测内圈外径尺寸，为了验证内圈外径尺寸与沟道尺寸的偏差，故使用标准件对产品进行实际测量，尺寸测量验证结果如下（见表 2）。

表 2 内圈滚道直径验证

Tab.2 Inner race diameter verification

序号	内圈沟道直径偏差/um	
	仪器测量	标准件对比
1	-1	-1
2	-1	-1
3	-3	-3
4	0	0
5	+1	+1

沟道直径直接测量方式如下：

通过非分离式内圈（常规四点沟道）制作沟道直径标准件，对仪器进行校对，两分离式内圈采用标准尺寸芯轴进行安装且端面并紧连接为一体，通过标准件对仪器进行示值校对后，直接对锁紧后的套圈测量沟道直径尺寸，沟道直径的测量方式同常规四点内圈。

内圈外径间接测量方式如下：

通过轮廓仪对内圈的沟道直径尺寸与内圈外径尺寸进行对比，确定内圈外径尺寸名义值，通过标准件对仪器进行校对后，用外径测量仪器，直接测量内圈外径偏差，来间接代表沟道直径偏差。

3.2 分离式内圈接触角测量

由于内圈为分离式半内圈结构，单独一个内圈不存在接触角，故无法对单独一个内圈进行检测，因此在检测时需把两半内圈合并在一起形成一个完整的接触沟道进行测量。测量过程中要将两个半内圈完全合并在一起，不能出现由于安装造成两个半内圈沟道的径向误差，导致接触点差异大。本方案采用标准内径锥度芯棒，将内圈完全压入芯轴并固定稳定可靠（见图 8），通过调整轮廓仪来测量沟道接触角。

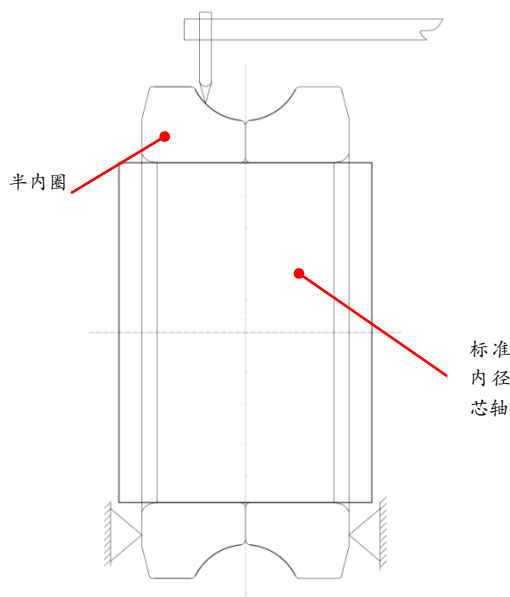


图 8 内圈接触角测量示意图

Fig. 8 Diagram of inner ring contact angle measurement

3.3 锁紧圈锁紧力测试

轴承在安装锁紧圈时需要一定的压入力，在客户端安装使用时需要移除锁紧圈，对锁紧圈锁紧力的稳定性有一定的要求，并且锁紧圈压出力最小不低于 100N，因此需要对锁紧圈的锁紧力进行测试，需要满足一定要求。锁紧

力的测量方法可以使用简易测量仪器（弹簧测力计，或者万能试验机），本工艺测试采用 AI-7000M 电子万能试验机做检测分析（如图 9、图 10），检测结果（见表 3）。



图 9 AI-7000M 电子万能试验机

Fig. 9 AI-7000m electronic universal testing machine

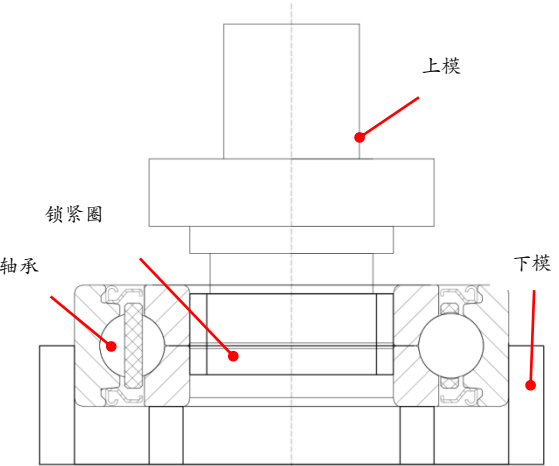


图 10 锁紧圈压入力工装示意图

Fig.10 Schematic diagram of locking ring press in tooling

表 3 锁紧圈锁紧力

Tab.3 Locking force of locking ring

序号	锁紧圈锁紧力/N	
	第一次	第二次
1	230	198

2	231	200
3	231	206
4	226	198
5	220	185

第一次检测属于模拟轴承出厂状态，第二次检测属于轴承放置 3 个月后，模拟轴承运输到客户后的状态，经过测量满足客户最小 100N 的要求。

4 结束语

通过对轴承结构的设计优化，产品达到客户要求；通过对工艺流程的开发，解决分离式内圈沟道磨削加工及过程关键项目参数控制难题，以及产品在装配过程中的难题；通过锁紧圈的开发解决了产品过程运输的难题；最终通过客户测试批准正式批量生产。