

成对大型偏心齿轮单件加工新工艺

■ 桂林橡胶机械有限公司（广西 541002） 李善球

摘要：结合生产实践，探索一种适合大型偏心齿轮的单件加工新工艺，实现单件加工达到成对和互换的精度，解决传统工艺中成对使用的两件大型偏心齿轮需要通过心轴紧固在一起加工的技术难题，提高了大型偏心齿轮的加工效率及质量。

随着社会的发展，对巨型工程轮胎的需求日趋旺盛，带动了巨型工程轮胎定型硫化机的迅速发展。巨型工程轮胎定型硫化机是制造巨型工程轮胎的最后一道工序所需关键设备之一，在一台硫化机上完成轮胎毛坯的装胎、定型、硫化 and 卸胎等制造过程。

根据主机结构的不同，主要分为机械式硫化机和液压式硫化机两大类。

1. 加工要求

机械式巨型工程轮胎定型硫化机有两个成对使用的偏心齿轮（见图1）。硫化机在工作时，通过偏心齿轮传递所需的巨大转

矩，产生轮胎硫化所需的巨大合模力。目前，偏心齿轮的外形尺寸越来越大，同时，加工精度特别是同步性的要求也越来越高。此处的同步性要求，是指同一台硫化机上所用两件偏心齿轮的同步性要求，即其圆心、齿面和偏心轴头三者同轴度的要求。大型偏心齿轮的同步性要求对其制造工艺设计工作提出了新的挑战。本文通过实践，尝试使用新的成对加工技术，保证偏心齿轮加工精度要求，同时同规格的偏心齿轮可以做到互换。

2. 零件结构分析

巨型工程轮胎定型硫化机的大型偏心齿轮具有如下特点：

（1）偏心齿轮的质量和外形尺寸较大。单件加工后的零件质量达8t，外径达3 500mm。

（2）同轴度要求。成对使用的两件偏心齿轮，有三处即中心孔、偏心轴和齿面有同轴度要求。若未能满足此要求，则会影响机器的正常运转，严重时将导致机台的损坏，造成机械事故。图1c所示为同批两件的同轴度要求。

（3）测量存在一定的困难。除尺寸较大造成测量困难以外，

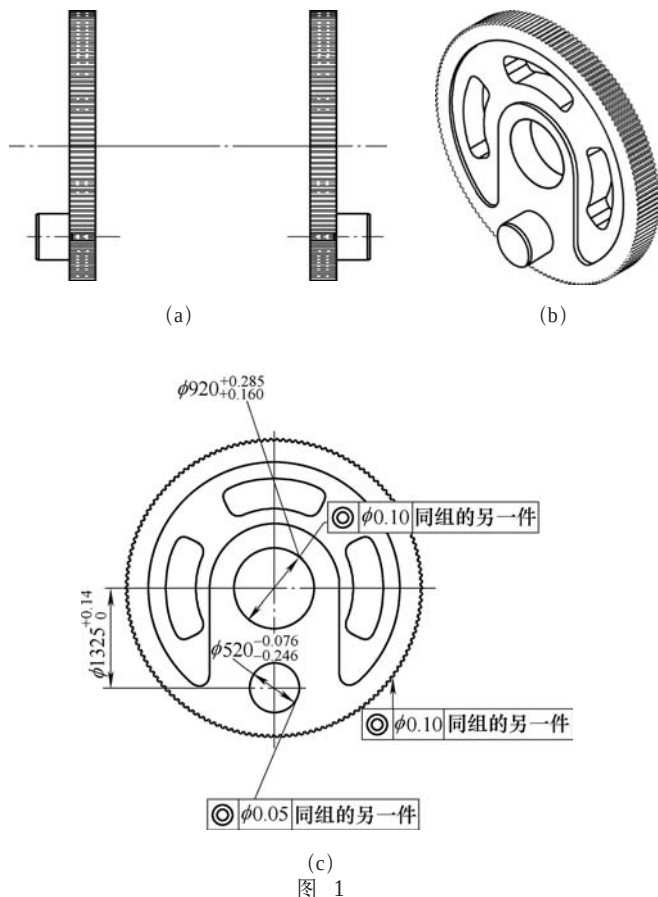


图 1

其独有的偏心结构也给测量带来了较大的困难。

以上3点是偏心齿轮加工设计工作中的重点和难点。实现互换的工艺方案设计也是从以上3点进行考虑，其中最重要的是同轴度要求，因为同轴度是实现偏心齿轮互换性的关键。

3. 偏心轴的加工

由于偏心轴的加工关联到中心孔、齿面等要素的同轴度，同时，偏心轴加工设备的选择也是关键因素之一。在此首先考虑偏心轴的加工方案设计，其加工是实现互换性的关键因素之一。

通常，偏心轴外圆表面的加工常规有车削、铣削等方法。若采用车削的加工方法，需要采用大立式车床。此时，偏心轴的中心为工件的旋转中心。当外圆直径达到3500mm、偏心距为1400mm时，由 $(1700+1325) \times 2=6050$ (mm)可知，需要加工外圆为6050mm以上的大立式车床，对加工设备规格需求较大，同时设备的承重能力应达到8t以上。作为一件重心非均布的工件，在车床上加工时，为了保证孔的圆度、平面的平面度，同时避免工件的重心过度偏离工作台的旋转中心对机床造成的不良影响，需要在工作台上配重，在实际生产中都会有一定的难度。

同样，若采用铣削的加工方法，至少应具备X、Y轴联动数控龙门铣床，龙门的跨度大于偏心齿轮的齿顶圆直径。同时，也可采用数控镗床棒铣刀加工偏心轴，其外圆的尺寸及表面粗糙度因振刀而不易达到图样要求。

由于公司没有符合要求的

设备，且准备采用镗削的方法完成偏心轴的加工，同时考虑到承载要求，决定采用普通大型镗床T200的平旋盘进行偏心轴的加工。

4. 互换性的实现

在确定采用大型镗床加工偏心轴后，需要考虑中心孔、偏心轴头和齿面等成组要素的加工，这是实现同规格零件互换性的关键。互换性要求的实质是保证圆心、齿面和偏心轴头中心三者同轴度，直观的理解是两件置于一起的重合性，理论状态是两件偏心齿完全重合。

大规格轮胎定型硫化机属低速重载装备，设计图样对偏心轴头的同轴度要求为 ≤ 0.05 mm。现以该数据为根本要求设计保证互换性的加工工艺。在工艺设计时，所有在工艺系统中的测量及定位等误差也需要考虑进去。

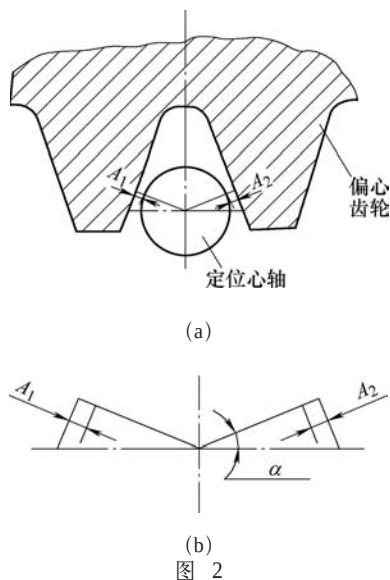
为了保证齿面的同轴度要求，直观的加工方法即是把两件工件通过螺栓联接等方式，将两件偏心齿轮叠加在一起进行加工。此种工艺最大的好处是外圆、内孔车削及滚齿时可以做一刀下，但是在调头加工找正时，又需要借助定制化的测量工具进行，由此带来操作上的工作量及装置上的工作量。同时，此工艺方案对于保证偏心轴头的同轴度存在较大困难，不方便零件的找正及测量。

为避免上述弊端，考虑采用一种新的工艺方案。该方案所有工序都是采用单件加工，先将中心孔、齿面等按图样要求加工到位，余下偏心轴头留待后续加工。此时，偏心轴头的加工须考

虑中心孔、齿面以及偏心轴头的同轴度。具体的新工艺方案思路是将中心孔和齿面在每一件偏心齿轮的加工过程都定位于同一位置，由此每一件偏心齿轮加工得到的中心孔、齿面和偏心轴头的同轴度，其中的偏差值亦是主要工艺系统的定位误差值。

新工艺方案的定位主要利用已经到位的加工面进行定位，主要是中心孔和齿面。其中中心孔利用定位套进行定位，齿面采用定位心轴进行定位。中心孔的定位套定位方式是一种常规的外圆与内孔的定位方式，在本工艺系统中，其定位误差可采用千斤顶调整外圆与内孔四周的缝隙，保证圆周方向的缝隙一致，此时其定位误差可不计。

下面重点计算齿面的定位误差。齿面的定位方法是将定位心轴置于分度圆的圆心处（见图2）。 A_1 、 A_2 是定位心轴与齿面的缝隙，在使用过程中需用千斤顶调整侧面的齿面（操作中，注意隔离，不得损坏齿面），利用塞尺检测，达到 A_1 和 A_2 尺寸基本相同为止。现通过理论计算来验证



该工艺方案对于实现同轴度要求的可行性。

图2b中的角度 α 与定位心轴的直径大小有关系,现假设 α 为 30° 。设定位心轴的中心偏移量为 L ,设 A_1 与 A_2 之间的误差为 0.02mm ,以 A_1 为例,心轴的中心左右偏移量 $L = A_1 / \cos \alpha = 0.023(\text{mm})$ 。该数据可以近似认为是新工艺系统中的同轴度数据。此时其与中心孔的中心位置距离为分度圆的半径,大于偏心轴头的偏心距,这时不考虑其他误差,偏心轴的偏移量应小于 0.023mm ,即可以认为偏心轴的同轴度小于 0.023mm ,同时小于前述的 0.05mm 的要求。说明从理论上新工艺方案是可行的。

新工艺方案采用的定位工装如图3所示,装上偏心齿轮后如图4所示。

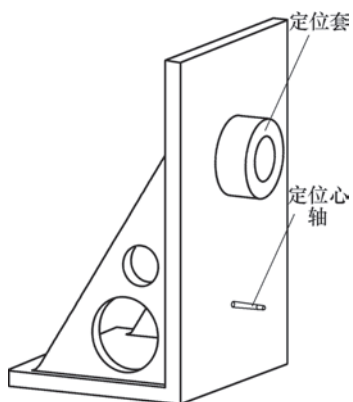


图 3

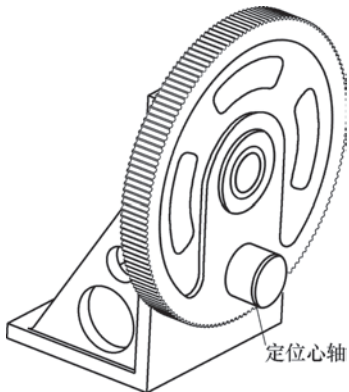


图 4

5. 其余各面的加工

其余各面的加工按照常规工艺要求执行。保证偏心轴的偏心距非常有必要,因为偏心距也是影响同轴度的主要因素之一。在加工时,打表找正中心孔的中心,跳动量 $\leq 0.02\text{mm}$ 。利用镗床显示的坐标移动镗杆,保证图样的偏心距尺寸。此时,新工艺方案中偏心距的测量可以制作专用的测量工具来完成,或是在镗床的移动精度保证的前提下,直接采用打表的方法进行测量,即完成加工后,利用定位套的中心与偏心轴的外圆的中心距离测量偏心量是否符合图样的设计要求。

6. 新工艺路线的确定

大型偏心齿轮的新工艺路线如下:铸造→热处理→粗车外圆、平面→精车外圆、平面及内孔→滚齿→粗镗偏心轴头→精镗轴头→钻攻其余各孔。

经生产实践,按此新工艺加工的偏心齿轮组装试车后达到整机的性能要求,实现了单件加工达到成对和互换的精度,提高了大型偏心齿轮的加工效率及质量。同规格的互换性为组装工作提供了便利,不再需要成对组装。

7. 结语

一个零件的加工工艺,应以保证图样的设计要求为前提。大型偏心齿轮的单件加工实现互换效果的实例,避免了传统工艺的短板,为大型零件的工艺开发提供了一种思路。在加工设计工作中,除了重视设备的更新换代之外,还需要结合现有的设备和条件开发出适用的加工工艺。由此,才得以解决工艺设计中的各

种难题,提升加工技术的水平和产品质量。

参考文献:

- [1] 杨叔子. 机械加工工艺师手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [2] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [3] 刘胜勇. 实用数控加工手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.

MW (收稿日期: 20170522)

专家点评



在传统工艺中,为保证成对使用的大型偏心齿轮的同轴度要求,需要通过心轴紧固在一起进行加工。作者结合生产实践,总结出一种新工艺,通过现有的普通镗床和定位工装,以单件加工的方法,实现了成对和互换的精度效果,提高了加工效率。作者就地取材,采用普通镗床的平旋盘完成齿轮的偏心轴加工,保证其圆度及尺寸公差,为类似零件提供了一种新的加工思路。