推土机用行星轮同轴度精度的提升

宋超，王丽媛，翟展新，穆玉芹，向俊兵
山推工程机械股份有限公司　山东济宁　272000

摘要：针对某机型推土机行星轮在内孔磨削时，造成两端轴承安装孔同轴度过大的原因进行磨削工艺分析，对工艺进行改进，解决了同轴度超差问题。

关键词：推土机；行星轮；内孔；磨削；同轴度；超差；以车代磨

1　序言

某机型推土机行星轮位于推土机终传动内部，每套终传动需要3件行星轮为推土机行走提供传动动力。行星轮通过行星架、销轴及轴承确定安装位置，并与内齿圈、太阳轮轴配合做齿面传动，是行星传动中的重要工件。同轴度精度直接影响齿轮传动精度，超差过大会造成打齿的严重后果。该工件要求同轴度为0.04mm，目前同轴度合格率为90.5%。

2　行星轮结构

行星轮结构如图1所示，外齿为齿面传动，内部含有两个等径轴承内孔，同轴度要求0.04mm。轴承内孔在内圆磨床上加工，工件进行整体渗碳淬火，表面硬度为60HRC。

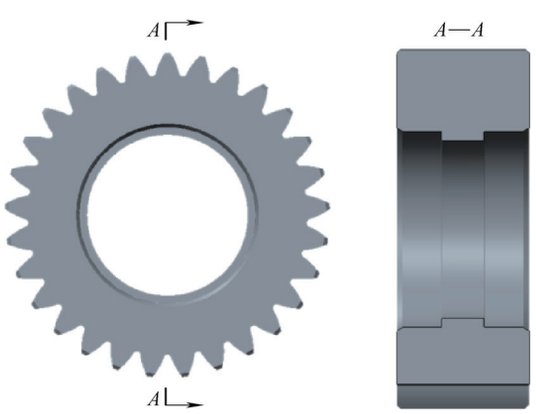


图1　行星轮结构

3　加工工艺

加工至成品共需要10道工序：粗车→开齿→渗碳淬火→磨一端平面→调头磨平面→磨一端轴承内孔→调头磨轴承内孔→精车内端面→调头精车内端面→磨齿。0.04mm同轴度由两次磨内孔工序保证，其中前置工序两次磨平面为磨内孔工序找平基准。

4　内孔磨削加工过程

目前，磨削内孔采用单动卡盘装夹，通过找正相应基准进行加工。磨削加工如图2所示，具体步骤为：①使用量棒及百分表找正工件齿面至公差0.05mm以内。②使用百分表找正磨制平面至公差0.03mm以内。③磨削轴承内孔。④磨削过渡内孔。⑤翻转工件，使用百分表找正工件过渡内孔及另一端磨制平面至公差0.03mm以内。⑥磨削另一端轴承内孔。

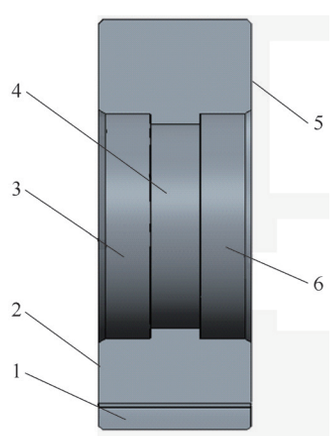


图2　磨削加工示意

1—齿部　2—磨制平面　3—轴承内孔　4—过渡内孔
5—另一端磨制平面　6—另一端轴承内孔

在整个磨削过程中，步骤⑤找正工件过渡内孔

及磨制平面0.03mm为保证两轴承内孔同轴度的关键过程。

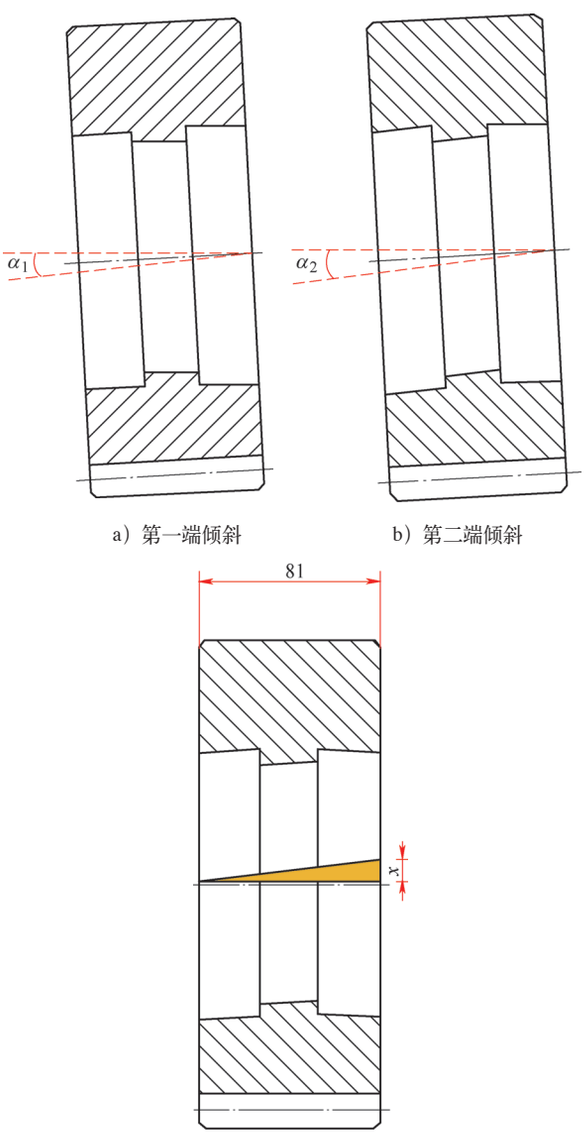
5　行星轮同轴度超差分析

从人、机、料、法、环5个方面对行星轮同轴度超差进行分析，逐一排除内孔磨床旋转间隙大造成工件椭圆、前置工序平面磨床加工造成两平面不平行两方面原因，并对存在隐患的要求找正端面及内孔0.03mm公差存在不可避免误差进行重点分析。

5.1　极限找正误差理论分析

对工艺要求的端面及内孔0.03mm找正公差进行理论极限验证。

内孔极限找正如图 3 所示。在工件磨制两平面绝对平行的前提下，第一端平面找正时，在工件中部位置ϕ155mm处按照最大公差0.03mm找正，磨削内孔后则第一侧内孔与平面垂线倾斜角度α_1=arctan（0.03÷155）=0.01109°。



a）第一端倾斜　b）第二端倾斜

c）计算同轴度

图3　内孔极限找正示意

翻转工件，按照与第一端平面相反位置找正第二端平面。磨削内孔后，则第二侧内孔与平面垂线倾斜角度α_2=arctan（0.03÷155）=0.01109°。因两孔倾斜方向相反，则两孔相对倾斜角度$\alpha=\alpha_1+\alpha_2$=0.02218°，此时计算两孔同轴度$x=81\times\tan\alpha$=0.03136（mm）。

如第二端内孔找正0.03mm，则此时理论最大同轴度为0.03136+0.03=0.06136（mm），远超图样要求的0.04mm。

5.2　极限找正误差实际验证

为验证按照工艺极限找正对工件使用存在影响，记录不同找正精度工件使用三坐标实际验证工件同轴度的情况，不同找正精度对应的同轴度见表1。

表1　不同找正精度对应的同轴度　（单位：mm）

序号	第一端平面	第二端平面（与第一端位置相反）	第二端内孔	实测同轴度
1	0.03	0.03	0.03	0.064
2	0.03	0.03	0.02	0.052
3	0.03	0.03	0.01	0.043
4	0.02	0.02	0.03	0.049
5	0.02	0.02	0.02	0.037
6	0.02	0.02	0.01	0.024
7	0.02	0.01	0.01	0.021

从实测同轴度可以看出，随着找正精度的提升，实测同轴度也随之提升，可以判定要求找正端面及内孔0.03mm公差存在不可避免的误差是造成同轴度超差的主要原因。

6　解决行星轮同轴度超差问题的对策

为保证同轴度0.04mm，最直接的措施是将工艺要求找正公差0.03mm提升为0.02mm，但目前工件使用单动卡盘装夹，内孔与平面各使用两块百分表找正（见图4），实际找正难度大，提升找正精度将大大降低加工效率。

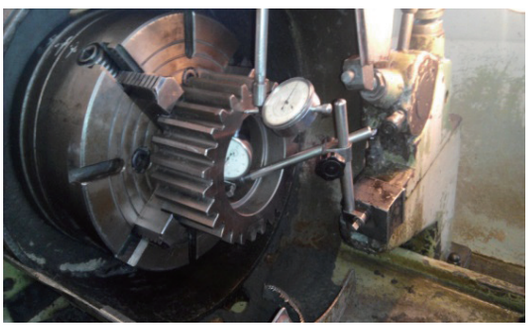


图4　找正

由于磨削内孔工艺效率低，且加工难度大，所以需要优化工艺，以车代磨，使用车床一次装夹加工，提升产品质量及加工效率，其优点为：①减少二次找正，消除找正误差。②可取消前置找正基准磨平面工序。③径向进给变为轴向进给，提高了加工效率。

6.1　车削方案

车削方案如图5所示，利用数控立式车床液压卡盘靠平工件端面并夹紧工件齿部，使用1号刀进行上部轴承内孔及端面的加工，使用2号刀进行下部轴承内孔及端面的加工，保证一次装夹实现各部位全部加工。

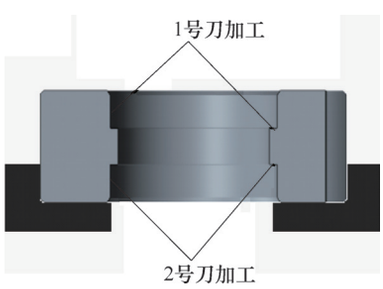


图5　车削方案示意

6.2　刀具

上部加工选用95°主偏角内孔车刀，下部加工自制95°主偏角内勾车刀（见图6）。为提升齿面硬度，工件采用整体渗碳淬火工艺，硬度达60HRC，故选用高强度的CBN刀片进行上下部加工。

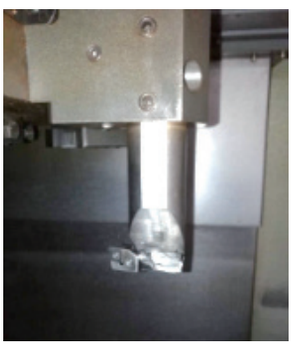


图6　95°主偏角内勾车刀

7　结束语

针对行星轮同轴度超差问题进行原因分析并采取相应的对策，通过批量加工验证对策的正确性和有效性，对后续加工的1260件工件的同轴度精度全部采用三坐标检测，结果如图7所示，可以看出合格率达100%。实际解决了两端轴承内孔的同轴度超差问题，达到了预期目标。同时将原工艺“磨一端平面→调头磨平面→磨一端轴承内孔→调头磨轴承内孔→精车内端面→调头精车内端面”的6道工序合并为1道精车工序，大幅减少了装夹和找正的辅助时间。工艺改进前后加工用时对比如图8所示，可见加工效率提升650%，取得了很好的经济效益。

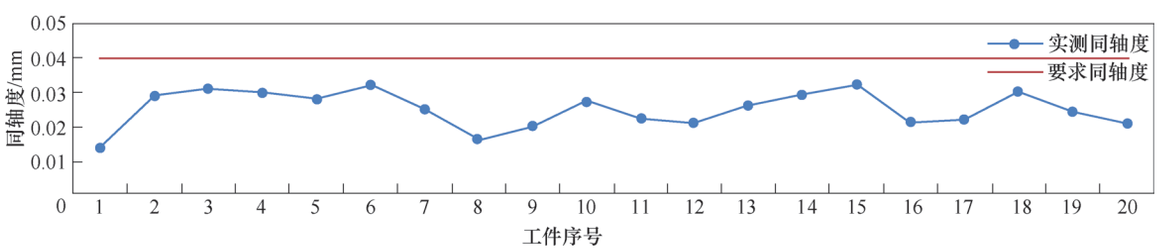


图7　行星轮同轴度检测结果

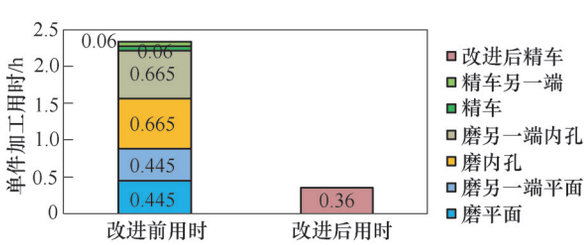


图8　工艺改进前后加工用时对比

参考文献：

[1] 全国产品几何技术规范标准化技术委员会. 产品几何技术规范（GPS）几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注：GB/T 1182—2018 [S]. 北京：中国标准出版社，2018.

[2] 张琳娜. 图解GPS几何公差规范及应用 [M]. 北京：机械工业出版社，2017.

MW 20210526