快速对比测量在转向器生产中的应用

□ 豫北转向系统股份有限公司/刘新保 陆玉玺

本文主要介绍了转向器生产过程中对比测量的应用情况，通过对比测量可以快速检测转向器的关键零件的关键尺寸。减少了因为等待检测结果造成生产线停线情况，提高了生产线的换型效率，同时也减少了计量室的工作量，提高了零件的检测频率，使零件质量处于受控状态。

汽车零部件产品换型时，需要对零件的全尺寸进行检查，确保该零件的每个尺寸都符合图样规范要求。通过检查发现超出规范的尺寸，及时对机床进行调整，保证生产的正常进行。齿轮齿条转向器零件在换型时有些特殊尺寸不能通过常规的量具进行检查，需要到计量室进行测量，计量室的工作量特别大，每个送取的零件都需要排队进行检测，等到该零件计量完成后，已经过去了2～3h，计量的等待严重影响生产线的换型效率。如果将齿轮齿条转向器的关键尺寸通过制作专用量具在线进行测量，可以大大降低计量等待时间，提高生产线换型效率。

传统测量存在的问题

1.齿轮需要测量的关键尺寸

齿轮测量的关键尺寸如图1所示，油封外圆 $\phi 20^{-0.088}_{-0.100}$mm，公差0.012mm；球轴承外圆 $\phi 20^{+0.015}_{+0.002}$mm，公差0.013mm；滚针轴承外圆 $\phi 12^{+0.02}_{+0.01}$mm，公差0.01mm；P点角度43° 29′ 6″ ±2°，公差4°。

以上前三个齿轮尺寸为普通外圆，用常用的千分尺、卡板都可以进行正常测量。普通千分尺的分辨率为0.01，由于MSA对量具精度要求为必须高于公差的1/10，所以普通千分尺不能满足测量要求，为了满足MSA对量具精度的要求就需要用数显千分尺或带表千分尺，使量具的分辨率达到0.001。但是由于工业生产现场对零件的测量频次要求为100%进行测量，用高精度千分尺测量不能满足生产节拍要求，现场的磨削液等污染物还容易造成千分尺的损害，量具寿命达不到保证。

为了实现在线快速检验的目

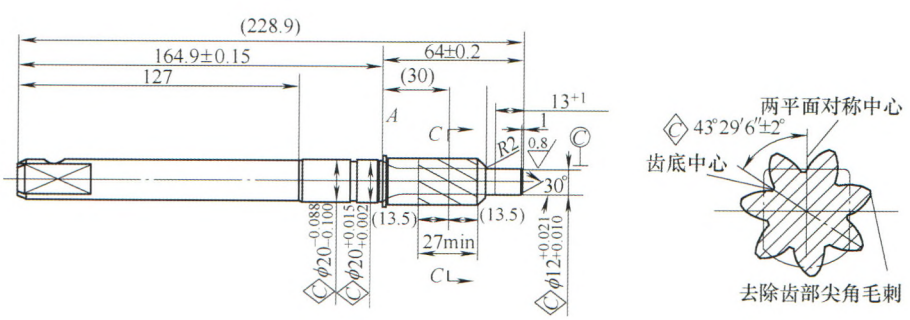


图1 齿轮测量关键尺寸

的，我们采用的传统方法是轴径用卡板检验，但是量规本身的制造公差一般是其测量产品零件制造公差的十分之一。在零件设计制造公差不小于0.05mm而且零件直径不大于80mm的条件下，批量产中使用量规检测是可行的，检具的制造成本不是很高，而且使用方便快捷。

但是，如果零件的制造公差0.01～0.05mm，量规检测时的缺点就显得很突出：量规的制造精度已经超过了很多工具分厂的能力极限，量规本身的设计精度无法达到保证；量规与零件被测要素之间的间隙变得很小，量规通过零件被测要素时变得很困难，无法准确判断零件是否合格；无法根据量规的检验结果对加工设备进行准确的调整。

例如轴承外圆：ϕ20+0.015 +0.002mm用卡板进行测量时，轴用量规公差如图2所示。

ϕ20+0.015 +0.002mm公差值为：0.015-0.002=0.013mm，该公差为IT6级。查“*T*和*Z*值表”得出：*T*=0.002mm，*Z*=0.0024mm。

卡板的通止端尺寸计算方法如下：

通规上偏差：T_s=es-*Z*+*T*/2=0.0136mm；

通规下偏差：T_i=es-Z-*T*/2=0.0116mm；

通规磨损极限：T_u=es=0.015mm；

止规上偏差：Z_s=ei+T=0.004mm；

止规下偏差：Z_i=ei=0.002mm。

通过以上计算得出该卡板的通端尺寸为：ϕ20+0.0136 +0.0116mm，磨损极限为

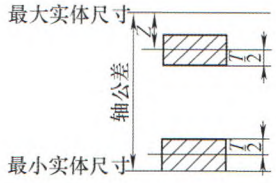


图2 轴用量规公差

20.015mm，磨损量为：0.0024～0.0034mm。该量规的制造公差只有2μm，磨损量也只有3μm左右。根据使用经验该量规在使用300次后就需要对该量规进行鉴定，确保该量规磨损处于受控状态，后面根据该通端尺寸的实际值还需要逐步减少鉴定间隔。

通过对量规的设计理论研究得知，为了保证量规在检验时的可靠度和使用寿命，在量规设计过程中对关键零件的制造公差进行了人为压缩，把一部分接近极限偏差的合格零件判定为不合格零件。在被测要素的制造公差相对较大时，量规的误判率低，生产线误判产品少，这种办法是可行的。但是，一旦被测要素的制造公差进入0.05mm以内后，误判率就会成倍增加，生产线废品的判定和处理的矛盾变得越来越突出。

以上齿轮测量尺寸公差都为0.01mm左右，根据以上理论，制做卡板进行测量是不能满足生产要求的，需要设计新的专用量具来满足生产的要求。

P点角度为齿轮的各齿角向位置尺寸，在生产的过程中需要提交到检测中心用万能工具显微镜进行检测。由于检测中心需要检测的零件比较多，送检的零件需要排队等待检测，该检测严重影响生产的正常进行，需要设计专用量具满足生产需要。

2.齿条需要测量的关键尺寸

齿条测量关键尺寸如图3所示，齿部起点28.6±0.2mm，公差0.42mm；齿倾角11° ±5′，公差10′。

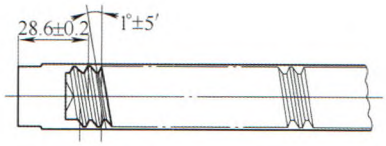


图3 齿条测量关键尺寸

齿条的2个关键尺寸齿部起点和齿倾角是为了保证转向器总成的P点和总成啮合的平稳性而必须保证的参数，该参数现在的测量方法也是在检测中心用万能工具显微镜进行检测的，每天换刀或换型时必须对该参数进行检测。

专用检具的设计方法及应用

1.对比测量基本原理

为了保证测量精度和测量的快速性，用对比测量的方法对上面的尺寸进行测量，对比测量的实质是借鉴计量室用标准量块对表的方法。对比测量的基本原理如下：首先用一个经过计量标定的标准件把用于量产的测量夹具（简称测具）校对和调整好；在生产线上使用时，通过对比被测零件与标准件之间的误差值来判断被测零件是否合格。在实际使用时，由于采用对比测量原理设计的测具都是通过指示表（百分表或千分表）来测量并显示对比误差数值的，所以对比测量又被俗称为“带表”测量。

对比测量是通过将被测件与标准件的对比来实现测量的。这种测量方法理论上不会将被测要素的制

造公差压缩，在被测要素的制造公差为0.01～0.05mm时，对比测量的优势明显地体现出来。对比测量是通过另一种方法来提升测量时的可靠度：在测量时，被测量零件表面的形状误差、定位基准本身的误差以及相互关联的位置误差都会对测量结果产生影响。为了提高测量的可靠度，对比测量把这些影响也累计入测量结果。虽然通过这种方式压缩了被测要素的制造公差，但提高了零件量产时各个加工要素的品质，与不断提高产品质量的宗旨是一致的。

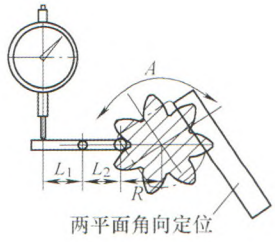
由于对比测具带有百分表等示值零件，可以直接显示被测要素与对表件的实际偏差方向及偏差数值，在生产线换型时为我们调整设备带来方便。

2.齿轮测具的测量原理

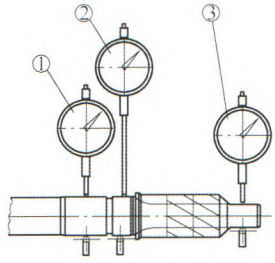
齿轮3个外圆尺寸的测量可以考虑用一个专用的测具，一次将3个尺寸同时测量完成；齿轮的P点角度测量可以设计成专用测具。

齿轮外圆测量时，将齿轮放置量具测量位置上，三个表可以分别显示出每个外圆尺寸与标准尺寸的差值，在表盘上画出各个尺寸的公差带，在测量时只要看表针落在公差带范围内就可以快速的判定该齿轮的3个外圆全部合格。

齿轮P点位置的测量：将齿轮输入端的一个平面进行定位，在齿轮啮合位置用一个头部带球形的杠杆对齿的角向位置进行测量，计算好杠杆L1和L2段的长度，使百分表每变化0.01表示角向位置变化“相应的角度”，方便现场测量时观察。考虑角度变动量不超过±5°的情况下，计算方法如下:H表



（a）齿轮外圆测量



（b）齿轮P点角度测量

图4 齿轮测量方案

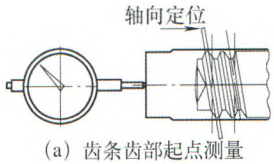
×L1=L2×(R×tanA)可以求出L1/L2。

3.齿条测量的测量原理

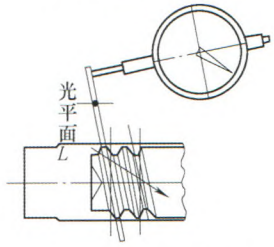
齿条测量方案如图5所示。齿条齿部起点测量方法：用量棒将齿条齿部进行固定，用百分表测量齿条端面位置，从而确保齿部起点。齿条齿倾角测量方法：将齿条外圆固定好，用带杠杆的量棒放入齿条齿沟内，用百分表测量杠杆测点的位置，从而确定齿倾角，设计时必须考虑杠杆各段的长度，确保百分表显示0.01表示齿倾角变化为1′，方便现场测量时观察。

3.专用对比测具现场应用

齿轮和齿条专用量具的现场的应用情况如图6所示。通过这些专用量具的应用，生产线的换型等待时间可以大大的减少，从原来的平均120min减少到现在的3min以内，测量频次从原来的1次/班提高到现在的3次/班，测量的准确度与计量结果对比没有大的差别，可以满足生产的要求。



（a）齿条齿部起点测量

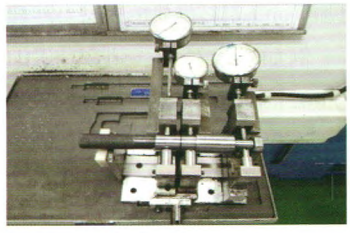


（b）齿条齿倾角测量

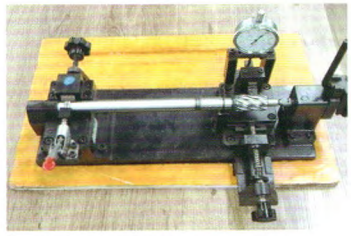
图5 齿条测量方案

4.专用对比测具的日常管理

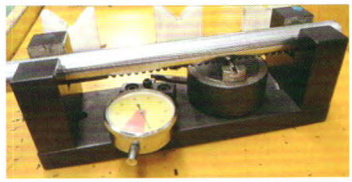
（1）专用对比量具由于比普通的快速测量用的卡板、塞规等量具要复杂的多，需要对其定期进行鉴定，查看各部件磨损后是否还符



（a）齿外圆测量状态



（b）齿轮P点测量状态



（c）齿条齿倾角测量过程

（d）齿条齿部钦点测量过程

图6 专用测具现场应用

合该量具的设计规范。

（2）专用对比测具显示用的百分表、千分百选用也有特殊的要求，必须用量程为单圈的表，不允许用量程为多圈的表，防止在测量的过程中由于零件的误差过大导致测量时表显错一圈的情况发生。

（3）每个对比测具都可以测量多种产品，但是每种产品都有其对应的标准件。对标准件的管理也非常严格，需要定期对标准件进行鉴定，查看其是否符合规范。每个标准件的型号、有效期等标识必须清晰，防止误用。

（4）对专用对比测具和标准件需要在每天使用前进行点检，防止由于对比测具的失效而导致测量精度不准确。

（5）每天下班前需要对专用对比测具进行清扫、注油保养，保证对比测具的使用寿命。

结语

对比测量在转向器生产中的应用，大大提高了生产线的设备能力和现场质量管控的能力，只要我们坚持持续品质改进的质量方针，更多更好用的专用测具可以在生产现场进行应用。减少各零件对计量的依赖，提高其在线测量的水平，不仅可以提高产品质量控制水平，更可以提高生产线换型、换刀的效率，提升生产线整体的可动率，提高设备的利用率，确保企业在行业中的竞争力。AUTO1950

刘新保
工程硕士
工程师
主要从事机械转向器齿轮、齿条加工及装配工艺研究

（上接第19页）

表3 直观分析表

试验号	充气	平衡	检出	标准差
1	1	1	1	1.061
2	1	2	2	0.935
3	1	3	3	0.852
4	2	1	2	1.302
5	2	2	3	0.645
6	2	3	1	1.127
7	3	1	3	0.977
8	3	2	1	0.750
9	3	3	2	1.159
均值1	0.949	1.113	0.979	–
均值2	1.025	0.777	1.132	–
均值3	0.962	1.046	0.825	–
极差	0.075	0.337	0.307	–

因气源压力、环境温度等影响，出现异常数据，在处理时要删除；各因子水平值应根据现场要求、工件变化等进行调整。

其他改进措施

在装配线进行试漏工艺验证的同时，对涉及密封部位零件的装配工艺、物流周转、现场使用等进行了逐步改进。

（1）拧紧工艺的改进。降低铰接螺栓拧紧力矩，调整拧紧电枪拧紧速度，减少了密封垫片变形的发生，提高了水路连接处密封性。

（2）完善零件现场管理。密封垫片分类、分开摆放，进行个数管理，定期清扫摆放盒，减少了密封垫片错、漏装的发生，减低了垫片密封面划伤的风险。

（3）零件物流包装改善。水管组件密封面增加保护罩，铰接螺栓孔中穿线周转，密封垫片类似钱币柱形包装运输等，减少了零件密封面磕碰、变形和划伤发生，有效提高零件装配后的密封性。

结语

通过对增压器水管组件试漏的理论推断，在验证过程中确定了试漏工艺参数，为增压机型水路试漏提供可靠的数据基础；在验证期间，进一步改善了装配工艺、密封件产品结构，完善了零件包装方式及物流周转；提高增压机型水路密封的可靠性，从而减少发动机水路泄漏现象发生，让客户感到满意，填补了公司发动机试漏技术研究和应用的空白。AUTO1950