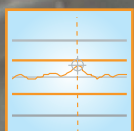


## 差速器壳：大批量车铣工件的自动化制程控制



关键特征在线控制



制程漂移补偿



生产灵活性提高



## 概述

差速器壳制造商利用数控加工与车削中心，通过多项操作程序为配套的齿轮组制造壳体。

通常，需要在机床上同时执行各种方式的测量来监控差速器壳质量并允许工程师修正制程。然而，生产商正在设法减少高昂的定期维护次数和大量的资金投入，同时努力缩短生产周期。

本案例简述分析了一个典型的差速器壳制造过程，说明雷尼绍技术给制造商带来的真正好处——提高产能和工件质量，实现零废品率。

### 差速器壳制造过程示例\* — 未使用Equator™ 比对仪



差速器壳加工



\*其他制造商的制造过程可能有所不同。

## 挑战

### 1 在一台设备上检测不同工件型号

当前检测方法所需量具的购置成本高，且只能用于检测一个工件。要检测所有工件型号，则需购买许多类似量具。由于对现有量具进行改造并重新利用很困难且成本高昂，因此要测量新工件通常需要购买新量具。

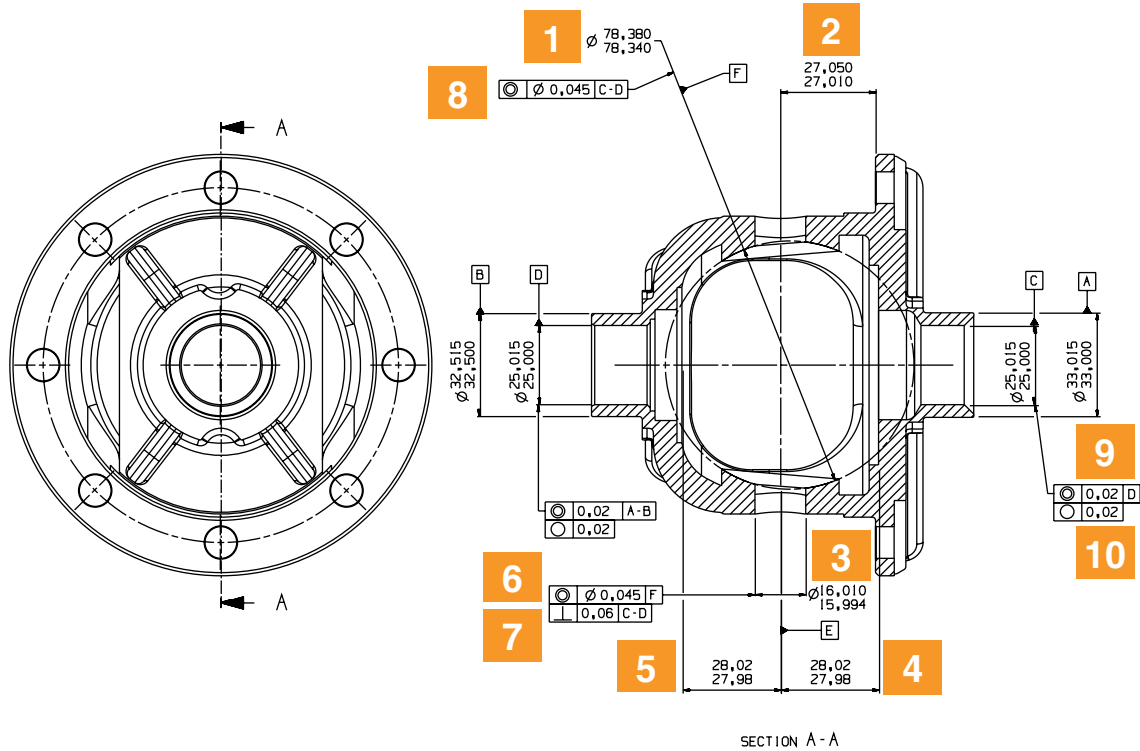
### 2 提高制程产能和质量

目前机床加工误差会导致废品产生。因此我们的目标是通过改进制程控制来实现零废品率。

### 3 在加工循环时间内检测关键特征

检测关键特征可确保平衡性以及球面中心与内孔对齐。由于存在多个检测阶段，检测会比较耗时，进而导致无法与生产周期同步。

## 差速器壳的检测要求



#	检测	公差	为什么此特征对工件功能至关重要?	激活刀具补偿操作
1	内球面直径	$\pm 20 \mu\text{m}$	特征与该中心球面对齐。这是用于定位齿轮组的关键特征。	
2	小齿轮孔轴与安装面的校直	$\pm 20 \mu\text{m}$	确保齿轮正确啮合。校直不准确会增加磨损。	
3	齿轮孔轴的内径	$+10/-6 \mu\text{m}$	拟合欠佳将导致难以将差速器与齿轮组和外壳组装在一起。	
4	内表面（右）与球面中心的距离	$\pm 20 \mu\text{m}$	将齿轮安装到轴上时校直不准确将增加磨损。	
5	内表面（左）与球面中心的距离	$\pm 20 \mu\text{m}$	将齿轮安装到轴上时校直不准确将增加磨损。	
6	小齿轮孔轴与球面轴的同心度	$45 \mu\text{m}$	确保齿轮正确啮合。	
7	小齿轮孔轴与轮轴轴线的垂直度	$60 \mu\text{m}$	确保齿轮正确啮合。	
8	球面相对于C、D线的同心度	$45 \mu\text{m}$	确保小齿轮和轮轴齿轮相互对准。如果未对准，将导致两套齿轮组磨损加剧及提前失效。	
9	基准C轮轴孔与轮轴轴线的同心度	$20 \mu\text{m}$	确保轮轴中心对准。校直不准确会增加磨损。	
10	基准C轮轴孔的圆度	$20 \mu\text{m}$	确保与轮轴良好拟合，防止拟合欠佳和潜在不均匀磨损。	

### 主要组件:



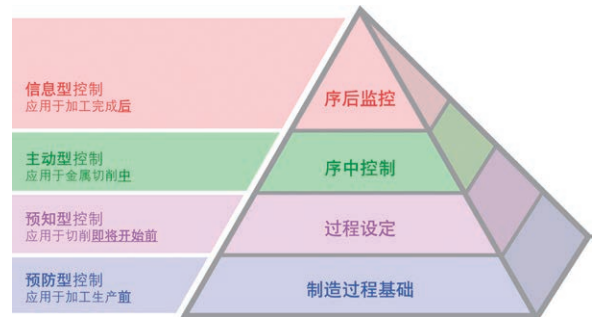
通过对指示特征的检测实现机床补偿的自动更新。

**请注意:** 除了反馈几何特征外，对外形的监控还可指示刀具的健康状态。

## 制程剖析

雷尼绍工程师使用雷尼绍的 **Productive Process Pyramid™**（高效制造过程金字塔解决方案）分析差速器壳制造过程的关键要素。该框架用于识别和控制加工过程的各个主要阶段可能发生的变化。

对于这一过程，控制变化的方法包括机床维护和校准、刀具破损检测以及用于检测和自动反馈的车间比对测量。



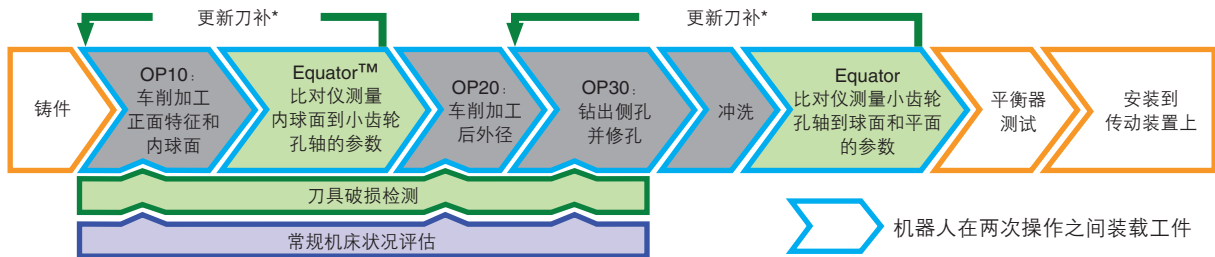
**Productive Process Pyramid**  
(高效制造过程金字塔解决方案)

## 制造过程 — 改进制程的机会

### 原始制程



### 改进的制程



\* 刀补更新可通过IPC（智能化制程控制）软件自动应用，该软件使用尺寸数据向CNC控制器提供刀补更新反馈。或者，根据“过程监控”上显示的检测数据手动应用更新。

## 结果

对于差速器壳制造商来说，一个重要决策将是安装 Equator™ 比对仪，将三个阶段的检测活动合并到一台设备上，从而降低资金投入和后续费用。由于现在可以在加工循环时间内检测关键特征，因此简化了检测过程。自动刀补反馈使得生产出的特征接近标称值，提高了产能和质量。



## 结果

### 1 一次操作即可检测所有工件型号

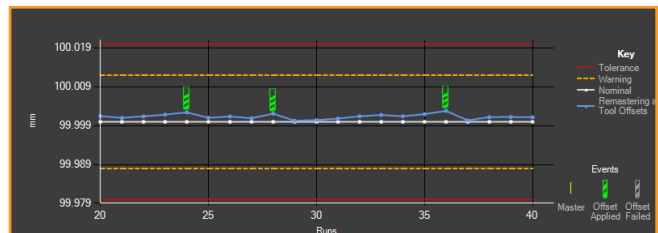
Equator™ 比对仪适用于检测位置和几何形状特征等所有所需尺寸，无需使用其他检测设备。Equator 比对仪可检测 10 种关键特征并发送 6 个刀补更新到机床控制器。

#	检测 总用时: 2分45秒	公差	公差的量具 重复性和 再现性%*	量具重复性和 再现性范围*
1	内球面直径	±20 μm	1.5%	0.5 μm
2	小齿轮孔轴与安装面的校直	± 20 μm	3.7%	1.1 μm
3	齿轮孔轴的内径	+10/-6 μm	6.0%	0.7 μm
4	内表面（右）与球面中心的 距离	±20 μm	4.5%	1.4 μm
5	内表面（左）与球面中心的 距离	±20 μm	5.0%	1.5 μm
6	小齿轮孔轴 与球面轴的位置度	45 μm	3.2%	2.7 μm
7	小齿轮孔轴与轴向轴线的 垂直度	60 μm	3.3%	2.1 μm
8	球面相对于C、D线的同心度	45 μm	1.3%	0.8 μm
9	基准C齿轮孔与轮轴轴线的 同心度	20 μm	6.9%	1.4 μm
10	基准C齿轮孔的圆度	20 μm	3.2%	1.0 μm

\* 类型1量具重复性和再现性 — 装载和卸载相同工件30次。

### 2 提高制程产能和质量

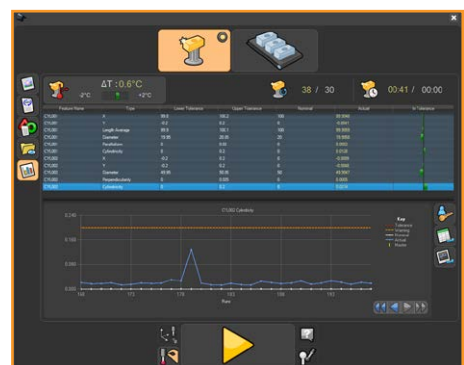
Equator 比对仪使用 IPC 软件提供全自动偏置补偿。该软件可持续监控关键特征的 Equator 比对测量数据。当需要进行刀补更新时，则将更新数据发送至 CNC 控制器，调整后续工件的加工，使特征恢复到标称值。持续控制制程漂移可将制程能力指数 (Cpk) 提高到 1.67 以上。



过程监控屏幕示例，显示由于刀具磨损引起的漂移（通过 IPC 修正）

### 3 在循环时间内检测关键特征

Equator 比对仪的高速扫描功能加上可测量每个特征的能力，使其能够满足循环时间的要求，并实现 100% 工件检测。Equator 比对仪程序已经过设定，适用于检测多种工件设计和型号。由于不再需要多个单独的量具，资本支出和后续费用得以缩减。Equator 比对仪可在几秒内完成工件选择，与之前的手动测量相比，缩短了工件切换时间。Equator 比对仪检测几何特征的能力将坐标测量机解放出来，专门用于承担 QA 工作。



## 关于雷尼绍

雷尼绍是世界工程技术领域公认的领导者，在产品开发 and 制造技术的创新方面享有盛誉。自1973年成立以来，雷尼绍便致力于为全球不同规模的企业提供创新产品，旨在帮助企业提高生产力、改善产品质量并提供性价比优异的自动化解决方案。

遍布世界各地的子公司及经销商为用户提供优质服务和技术支持。

### 产品包括：

- 用于设计、原型制作及产品制造的增材制造和真空铸造技术
- 口腔CAD/CAM扫描系统和口腔产品
- 用于高精度线性、角度和旋转位置反馈的编码器系统
- 坐标测量机 (CMM) 与比对仪专用夹具系统
- 用于加工作件比对的比对仪
- 用于恶劣环境的高速激光扫描系统
- 用于机器性能测量和校准的激光干涉仪与球杆仪
- 用于神经外科的医疗设备
- 用于数控机床工件找正、对刀及检测的测头系统和软件
- 用于材料无损分析的拉曼光谱仪
- 坐标测量机专用传感器系统和软件
- 坐标测量机和机床测头专用测针



扫描关注雷尼绍官方微信

如需查询全球联系方式，请访问 [www.renishaw.com.cn/contact](http://www.renishaw.com.cn/contact)



RENISHAW已尽力确保发布之日此文档的内容准确无误，但对其内容不做任何担保或陈述。RENISHAW不承担任何由本文档中的不准确之处以及无论什么原因所引发的问题的相关责任。

©2018-2020 Renishaw plc. 版权所有。  
Renishaw保留更改产品规格的权利，恕不另行通知。  
RENISHAW标识中使用的**RENISHAW**和测头图案为Renishaw plc在英国及其他国家或地区的注册商标。  
**apply innovation**及Renishaw其他产品和技术的名称与标识为Renishaw plc或其子公司的商标。  
本文中使用的任何其他品牌名称和产品名称均为其各自所有者的商品名、商标或注册商标。



H - 5504 - 8817 - 02

文档编号：H-5504-8817-02-A  
发布：2020.05