轴径测量系统分析研究

陕西汉德车桥有限公司 （西安 710201） 张 婕 窦 添

测量系统分析（MSA）已成为美国三大汽车公司质量体系 QS9000 的要素之一，也是 6S 质量计划的一项重要内容。正确理解和掌握测量系统分析的理论知识，并注意结合在企业实践过程中的实际应用，才能正确有效地实施 MSA，提高在实际工作中解决问题的能力，使 MSA 真正做到服务于过程。

通常，测量系统评估的 5 个项目分别是：稳定性、偏倚、线性、重复性和再现性，前3 种特性是对测量系统准确度的度量，用来描述测量结果的位置方面的状况。重复性和再现性构成了测量系统的精确度，反映的是测量系统的宽度变差。企业中应用较多的是测量系统的重复性和再现性。

1. 重复性和再现性

测量系统的重复性和再现性是测量系统分析的重要内容，其目的是定量地给出测量系统波动大小，以确认测量系统是否合格，当测量系统不合格时识别波动源并指出改进方向。

重复性是指在尽可能相同的测量条件下，对同一测量对象进行多次重复测量所产生的波动。重复性波动是由测量设备本身的固有波动引起的，因此又可称为设备波动，记为 EV。

再现性是指在各种可能变化的测量条件下，对同一个测量部件的同一特性进行多次测量，所得结果的一致性。再现性又被称为人员波动，记为 AV。

对于测量系统能力的判别准则如表 1 所示。

表 1 测量系统能力判别准则

测量系统能力	说明
（%*R&R* 且%*P/T*）≤10%，并有效分辨率 >5	测量系统能力很好
10% < （%*R&R* 或%*P/T*）≤30%	测量系统处于临界状态，勉强可接受
（%*R&R* 或%*P/T*）>30%	测量系统能力不足，须进行改进

2. 重复性和再现性实例分析

以差速器壳轴径的测量为例，获得重复性和再现性结果的操作方法是：选择 10 个差速器壳零件，3 个测量操作者，以每个操作者重复测量 3 次的方法评价测量系统的波动。其典型步骤是：①随机选取 10 个零件，将其编号，且编号不让操作者看到。②随机选 3 个操作者。③让每个操作者按随机顺序对 10 个零件盲测 3 遍。④将测量数据整理好，进行整个测量系统的分析。

在生产线终端有代表性地抽取 10 个零件，随机挑选 3 位检验人员用同一把量具测量轴径，每人共测量 3 次。

（1）改善前的测量系统分析。使用测量范围为 100 ~ 125 mm、分辨率为 0.001 mm 的外径千分尺测量差速器壳 $\phi120^{+0.045}_{+0.023}$ mm 轴径，进行重复性和再现性分析，数据如表 2 所示。

（2）测量系统不合格原因分析。使用分辨率为 0.001 mm 的外径千分尺测量 $\phi120^{+0.045}_{+0.023}$ mm 轴径的测量系统分析是不合格的，其%*R&R* = 59.0% >30%，测量系统能力不足，须进行改进。造成测量系统分析不合格的主要原因是：①重复性差。重复性也可称为设备固有波动，该测量系统的重复性%*EV* 为 57.9%，可见重复性差，也就是测量设备的波动过

大，说明使用该外径千分尺测量 $\phi120^{+0.045}_{+0.023}$ mm 轴径是不合适的。②再现性较差。该测量的再现性——评价人变差%*AV* 为 11.7%，可见再现性也比较差，测量人员需要就外径千分尺的使用方法进行培训。③有效分辨率差。有效分辨率 = 1.928，也就是说测量工具外径千分尺只能把过程分布（0.022 mm）分为不到 2 份。

表 2　改善前重复性和再现性数据

量具名称	外径千分尺	零件名称	差速器壳	测量日期	2011.02.11
—	100 ~ 125 mm（量程）/ 0.001（分辨率）	测量参数/mm	$\phi120^{+0.045}_{+0.023}$	测量人员	** ** **
评价人数：3　测量次数：3					单位：mm
零件编号	1	2	…	9	10
测量人 A：　1	0.041	0.043	…	0.037	0.040
2	0.037	0.035	…	0.033	0.031
3	0.029	0.028	…	0.030	0.035
均值	0.036	0.035	…	0.033	0.035
极差	0.012	0.015	…	0.007	0.009
测量人 B：　1	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…
测量人 C：　3	0.032	0.030	…	0.034	0.035
均值	0.036	0.036	…	0.032	0.037
极差	0.008	0.012	…	0.003	0.005
%*EV*		57.9%			
%*AV*		11.7%			
%*R&R*		59%			
有效分辨率		1.928			

（3）提高测量系统测量水平的改进措施。为了提高测量系统测量水平，我公司投资购买了一批专用量具，将差速器壳 $\phi120^{+0.045}_{+0.023}$ mm 轴径的测量量具由原来的精度为 0.001 mm 外径千分尺更换成精度为 0.001 mm 的带表卡规。带表卡规对测量人员的测量能力要求低于外径千分尺对测量人员的要求，其使用易于外径千分尺。并对操作人员和检验人员进行新量具使用细则培训，从而提高质量意识和测量技术。

（4）改善后的测量系统分析。使用了精度为 0.001 mm 的带表卡规，重新进行测量系统的重复性和再现性分析，结果如表 3 所示。

表 3　改善后重复性和再现性数据

量具名称	带表卡规	零件名称	差速器壳	测量日期	2012.11.30
—	119.5 ~ 120.5 mm（量程）/ 0.001（分辨率）	测量参数/mm	$\phi120^{+0.045}_{+0.023}$	测量人员	** ** **
评价人数：3　测量次数：3	单位：mm				
零件编号	1	2	…	9	10
测量人 A：　1	0.041	0.041	…	0.039	0.024
2	0.042	0.042	…	0.039	0.024
3	0.042	0.042	…	0.039	0.023
均值	0.042	0.042	…	0.039	0.024
极差	0.001	0.001	…	0.000	0.001

（续）

测量人 B： 1	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…
测量人 C：3	0.043	0.042	…	0.040	0.024
均值	0.042	0.042	…	0.040	0.024
极差	0.001	0.000	…	0.001	0.000
%EV		5.9%			
%AV		2.7%			
%R&R		6.5%			
有效分辨率		21.616			

3. 结语

由表3可知，带表卡规测量系统的%*R&R* = 6.5% < 10%，此测量系统是合格的、可以接受的，远远好于原外径千分尺测量系统。

（1）重复性：带表卡规测量系统的重复性——设备变差%*EV* = 5.9%，原外径千分尺测量系统的%*EV* = 59.0%。可见重复性大幅度提升。

（2）再现性：带表卡规测量的再现性——评价人变差%*AV* = 2.7%，原外径千分尺测量系统的%*AV* = 11.7%。可见，对测量人员进行培训之后，其测量技术有了提高。

（3）有效分辨率：带表卡规的有效分辨率 = 21.616，可把过程分布（0.021 mm）分为21.616份，远高于外径千分尺的有效分辨率 = 1.928。

通过改进差速器壳轴径测量系统，达到了提高测量准确度的目的，为控制企业产品质量提供了保证。**MW**

（收稿日期：20140410）

《金属加工（热加工）》2014年第18期要目

GAA100/580闪光对焊机的焊接动作及故障排除
扁钻高频感应钎焊工艺
SAW电弧熔池热在厚板焊缝预热中的试验与应用
厚板T型接头层状撕裂修补技术
等离子切割系统在螺旋焊管预精焊机组中的应用
3 mm厚Q235B板材的数控火焰切割
SJ101焊剂脱渣性能的分析
铸焊联合结构在转炉大齿轮制作中的应用
采用数控火焰切割驱动轮齿形
大直径法兰0拼焊平面度变形控制
高强薄板长臂管焊接变形的控制方法
低强焊丝定位焊接
焊接参数对高强钢焊接接头疲劳寿命的影响
段节梁共边切割的应用
压路机振动轮自动焊接系统设计
Q550+Q690高强度结构钢焊接性能研究
数控切割水床的设计制作
数控等离子切割下料改进方法
电子束焊接在发动机双联惰轮制造中的应用改善
E316L不锈钢管360°全位置自动焊接工艺研究
整板套料切割技术在切割下料中的应用

世界最长全冲程曲轴在大连重工成功下线

近日，我国首支世界上全冲程最长的曼恩系列6G80ME－C9.2曲轴在大连重工成功下线。这是大连重工继2013年成功自主研制11S90ME－C特大对接型曲轴之后，在大型船用曲轴研制中取得的又一重大突破，填补了国内空白。

这支大连重工研制的世界最长全冲程曲轴，总长11.175 m，重207 t，全冲程3.72 m，输出功率达24 806马力，是目前全球回转直径和全冲程最大的曲轴，用户是大连船用柴油机有限公司，将安装在新加坡环球船务有限公司一艘25万t大型矿砂运输船的低速柴油机中。该船使用的G系列柴油机是最新一代绿色超长冲程船用低速柴油机，该系列机型冲程加长，可以降低用于驱动螺旋桨的柴油机转速，以利于使用更大规格的螺旋桨。据悉，超长的冲程，带来超大的回转直径，增大了曲轴的加工难度，4.74 m的回转直径已经超过了国内所有曲轴车床的加工能力。为此，大连重工投入资金对设备进行了升级改造，并在加工工艺优化、刀具选用上进行了大量的工作，顺利完成了各项技术攻关工作，760个检测数据全部满足曼恩公司质量规范和图样要求。此前，只有日本神户制钢、韩国斗山重工、现代重工等三家公司具备该型号曲轴的加工能力，大连重工是全球第四家、国内第一家具备研制此型号曲轴能力的企业。