

机械加工中计量器具的选择

■ 山西江淮重工有限责任公司 (泽州 048008) 王丙文

摘要: 介绍根据国家标准选择计量器具的方法。用实例具体阐述了验收极限尺寸的确定和量具的选择方法。

2016年8月, 我公司进行了QEOMS外审工作, 其中有一项不符合项: XX.208.01某产品壳体工艺文件工序11规定, 需对某零件口部尺寸 $\phi 70^{+0.046}_{-0.010}$ mm进行测量, 但工艺文件规定对该尺寸测量所用的外径千分尺规格为50~75mm, 而精度却为0.01mm (精度达不到要求)。上述事实不符合GB/T 9001B-2009 7.6“监视和测量设备应与监视和测量的要求相适应”的要求, 也不符合工厂质量手册7.6的相关规定。

外审人员认为, 千分尺的精度为0.01mm, 达不到所测零件的上偏差0.046mm所应具有的分度值, 故认为此千分尺不能满足测量精度。笔者认为这种说法有待商榷。

其实, 机械制造中计量器具的选择是有国家标准明确规定的, 在综合考虑计量器具的技术指标和经济指标的情况下, 通常可根据GB/T 3177-2009产品几何技术规范 (GPS) 光滑工件尺寸的检验和GB/T 18779.2-2004产品几何量技术规范 (GPS) 工件与测量设备的测量检验第2部分: 测量设备校准和产品检验中

GPS测量的不确定度评定指南等相关标准来确定计量器具的精度。本文用具体实例来阐述机械加工中计量器具的选择方法和步骤。

1. 根据国家标准选择计量器具的方法

为了保证工件的制造误差和检验时的测量误差的总和不超过工件的公差带, GB/T 3177-2009将工件的验收极限, 分别从工件的最大实体尺寸和最小实体尺寸向公差带内缩一个安全裕度A。安全裕度A包括计量器具的不确定度 u_1 和由温度、形状误差及压陷效应等因素所引起的不确定度 u_2 。 $u_1=0.9A$, $u_2=0.45A$ 。选择计量器具时, 首先按照GB/T 3177-2009中的规定, 查找出零件公差相对应的计量器具的不确定度值 u_1 , 然后再根据拟选用的量具种类及规格, 确定拟选用量具的不确定度 (大多数量具的不确定度已经过验证计算, 本文根据附表选择)。如果拟选用量具的不确定度值小于或等于根据零件公差确定的不确定度值 u_1 , 表明该量具可以使用。否则, 应选用精度更高的量具。

2. 计量器具的选择实例一

以工厂常用的7级精度的轴径 $\phi 150f7^{+0.043}_{-0.083}$ mm为例确定量具。零件的公差为 $T=0.04$ mm, 查GB/T 3177-2009表1, 得零件的安全裕度 $A=0.004$ mm。对应计量器具的不确定度 u_1 分为I、II、III三个等级, 三挡值分别为工件公差的1/10、1/6、1/4。工厂一般对于低精度的工件采用1/10, 对于高精度的工件采用1/4甚至1/2。工件的精度愈高, 对计量器具的精度要求也愈高。高精度的计量器具因制造困难、成本高, 对使用的人员和环境要求苛刻, 所以使用误差占工件公差的比例增大是合理的。本工件选择II挡, $u_1=0.006$ mm。

由附表可查分度值为0.01mm的外径千分尺 (尺寸范围 $>100 \sim \leq 150$) 的不确定度为0.006mm, 等于根据工件精度所选的 u_1 值, 故分度值为0.01mm的千分尺可以满足零件测量要求。

根据公式 $u_1=0.9A$, 可用选出的计量器具不确定度值修正安全裕度A。修正后的零件安全裕度 $A=u_1/0.9=0.006/0.9=0.0067$ mm。

最后，确定零件的验收极限。由于零件是轴，则上验收极限=最大实体尺寸-A=150-0.043-0.006 7=149.950 3mm；下验收极限=最小实体尺寸+A=150-0.083+0.006 7=149.923 7mm。

计量器具不确定度值 (单位: mm)

尺寸范围	计量器具类型			
	分度值0.01的 外径千分尺	分度值0.01的 内径千分尺	分度值0.02的 游标卡尺	分度值0.05的 游标卡尺
	不确定度值			
>0~≤50	0.004	0.008	0.020	0.050
>50~≤100	0.005			
>100~≤150	0.006			
>150~≤200	0.007	0.013		0.100
>200~≤250	0.008			
>250~≤300	0.009			
>300~≤350	0.010	0.020		
>350~≤400	0.011			
>400~≤450	0.012			
>450~≤500	0.013	0.025		
>500~≤600	0.030			
>600~≤700				
>700~≤800				0.150

3. 计量器具的选择实例二

以外审时的尺寸 $\phi 70^{+0.046}_{-0.016}$ mm 为例，按照GB/T 3177-2009来确定计量器具。

零件的公差为 $T=0.036$ mm，查GB/T 3177-2009表1，得零件的安全裕度 $A=0.003$ mm。由于此零件公差不是标准公差，介于7级和8级之间，本例靠7级公差，按 $T=0.03$ mm 选择 u_1 。由于本工件的公差仅0.036mm，在生产车间应属较高精度，故选择Ⅲ挡， $u_1=0.005 8$ mm。

由附表可查分度值为0.01mm的外径千分尺（尺寸范围>50~≤100）的不确定度为0.005mm，小于0.005 8mm，故分度值为0.01mm的千分尺可以满足零件测量要求。

根据公式 $u_1=0.9A$ ，可用选出的计量器具不确定度值修正安全裕度A。修正后的零件安全裕度 $A=u_1/0.9=0.005 8/0.9=0.006 4$ mm。

最后，确定零件的验收极限。由于零件是轴，则上验收极限=最大实体尺寸-A=70.046-0.006 4=70.039 6mm；下验收极限=最小实体尺寸+A=70.010+0.006 4=70.016 4mm。

4. 结语

综上所述，虽然按照国家标准确定的计量器具选用原则，外审所提出的案例是可以选用精度为0.01mm的外径千分尺的，实际上精度为0.01mm的外径千分尺是机加车间所使用的通用量具中精度等级最高的量具，但是，由于计量器具和测量系统都存在误差，因此任何精度的计量都存在误判率。为了减小误判率，质量部门在产品检验时应首先判断

零件尺寸的验收极限方式，GB/T 3177-2009按零件的要求不同，规定了两种极限验收尺寸的计算方法：对于遵循包容要求的尺寸、公差等级高的尺寸，其验收按GB/T 3177-2009规定的5.1a确定；对于当过程能力指数 $C_p \geq 1$ 时，以及非配合和一般公差的尺寸，其验收极限可按5.1b确定（我公司目前绝大多数零件尺寸均可按GB/T 3177-2009规定的5.1b，即A=0进行验收）。

计量器具的选择涉及力学、材料学、数学和统计学等多学科知识，影响计量精度的因素比较复杂，大家有兴趣可阅读本文提到的相关标准，就此问题希望同行们能多加指教。

参考文献:

[1] 全国产品尺寸和几何技术规范标准化技术委员会. GB/T 3177-2009 产品几何技术规范 (GPS) 光滑工件尺寸的检验 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

[2] 全国产品尺寸和几何技术规范标准化技术委员会. GB/T 18779.2-2004 产品几何量技术规范 (GPS) 工件与测量设备的测量检验第2部分: 测量设备校准和产品检验中GPS测量的不确定度评定指南[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.

[3] 费业泰. 误差理论与数据处理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.

[4] 廖念钊, 古莹菴, 莫雨松, 等. 互换性与技术测量[M]. 北京: 中国计量出版社, 1991.

MW (收稿日期: 20170718)