

磁材自动光学检测设备的评价要素

凌云

北京领邦仪器技术有限公司

1 引言

适用于检测各种合金小零件、磁材工件/零件的视觉检测设备的技术测评,这类设备检测速度通常可达200~600片/分钟,快速分选零件是否合格。检测项目包括尺寸、外观、厚度、形位公差是否同时合格。我们又形象的称之为小零件检测机器人或磁材检测机器人,它们在技术上运用了多种技术的结合,包括:机器视觉、光学检测、机械自动化、电子技术、重力分选等综合技术。

检测AOI设备的评价标准,应该站在客户使用方的角度,预估设备在实际生产使用中要解决的产品品质问题、损耗件成本、人员管理效率等方面,综合制定。

2 尺寸

由于电子产品自动化组装的要求,对工件尺寸的测量要求日益提高。“人工千分尺测量”是最常用的手段,但是在实际生产中会存在如下难点:

1)会出现“千分尺测量合格,但是不能组装”的情况,必须采用通止规、二次元影像测量仪来解决;

2)对于<3 mm的小尺寸工件、细长条工件,人工测量效率低,重复精度差;

3)对于形位公差有要求的工件,

要求测量轮廓度、对称度、同轴度等(例如苹果、三星、西门子等厂家的磁材零件产品),无法用千分尺直接测量,必须采用通止规或二次元,效率低,全检困难;

问题1:“千分尺测量合格,但是不能组装”是由什么原因引起的?

产品在装配时要遵从“最大实体尺寸”,即尺寸公差+形位公差同时合格时,才能满足装配要求,下面用几个例子来说明。

实际生产中,会遇到“侧面垂直度不良”的产品,如图1所示的方片。用千分尺测量时,只能测量到尺寸,不能测量出形位公差。而该方片在装配时,由于侧面垂直度不合格,造成投影尺寸加大,不能装配。只有同时测量到“尺寸+垂直度”(通止规、二次元可以),才能够满足装配要求。

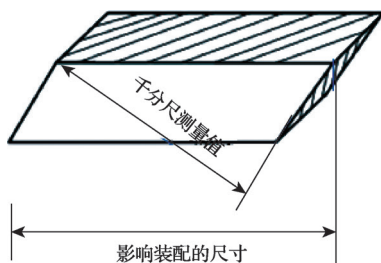


图1 侧面垂直不良的方片

在厚度方向上,实际生产中会有弯曲的产品(特别是长薄片),如图2所

示。用千分尺测量时,只能测量到局部厚度尺寸,不能测量出最大实体厚度。而该方片在装配时,由于产品弯曲,造成投影尺寸加大,不能装配。只有同时测量到“尺寸+形位公差”(通止规可以),才能够满足装配要求。

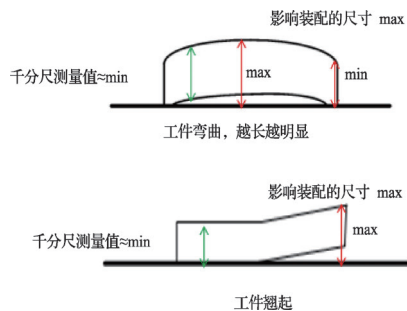


图2 弯曲的产品

再考虑一种实际情况,如图3所示方片的上轮廓存在一个凸点。当用千分尺测量时,一般先抽检几个位置的尺寸,然后取均值或最大值。



图3 上轮廓存在凸点的方片

1)如果取均值:由于凸点比较小,多点均值后不能体现出来,就会导致“尺寸均值合格,但是不能装配”。因此计算均值是有质量风险的,应该取最大值才合理。

2)由于凸点的位置是随机的,如果只抽检几个点,就有可能测量不到凸点的位置,造成漏检。

3)因此,要避免此类问题的最优方案是:测量所有位置的尺寸,然后选用最大值作为尺寸测量结果,才可满足装配要求。

4)实际中,外形尺寸应选用最大值,内孔尺寸应选用最小值,才可以满足装配要求。

问题2:为什么“轮廓度、垂直度”等形位公差越来越被重视?

苹果、三星等厂家的新产品,对于轮廓度、垂直度的检测要求越来越高。这类工件往往不是单件使用,而是多个工件紧密的排列在一起使用。已知苹果的iPad、iPhone的零部件就是多个串联使用的。

目前的新工件中,具有SPLINE曲线的产品逐渐增多,这种产品一般都需要检查轮廓度,可通过二次元来测量,如图4所示。轮廓度的检查功能对设备要求比较高,基恩士的相应产品要采购单独的检测组件。

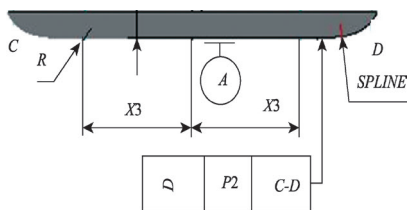


图4 实有SPLINE曲线的产品

问题3:评估设备时该关注哪些方面?

视觉设备对于尺寸测量比较成熟,无论精度还是效率。但是为了实

际生产使用需要,厂家应该重点评估设备是否具备解决以上难点的能力。对于设备的尺寸评价标准,要注意:

1)必须动态测试:动态测试是指玻璃盘在运动中,工件随机上片,在运动中测量工件的尺寸。

工件在运动过程中,由于电机稳定性、玻璃盘平整性、光源照明稳定性、软件稳定性等一系列因素的影响,会降低设备的测量精度。设备在生产使用时,工件是在运动中测量尺寸的,而且会随机落到玻璃盘的不同位置,玻璃盘上单个位置的静态测试不能反应生产中设备的实际检测能力,在动态下测试精度才有意义。

2)尺寸、厚度分开测试:由于视觉设备的视角限制,一般通过上方的CCD测量正面尺寸、侧方的CCD测量厚度。相比之下,厚度工位很容易受到玻璃盘平整性的影响,因此精度没有尺寸工位高,尺寸与厚度应该分开测试。

3)有明显倒圆产品的尺寸测量:倒圆容易影响视觉设备的测量精度,会导致设备的测量值<千分尺的测量值(二次元可能会存在这样的问题),要考察设备能否将这类工件的尺寸测准。

4)是否可测量图纸标注的全部尺寸:设备是否可以检出图纸中标注的所有尺寸,具备全尺寸的检测能力。

5)在批量检测产品时,导致尺寸误检、漏检的原因有两点:

①尺寸临界的工件;

②灰尘,根据实际生产经验,在洁净间内使用可以有效降低灰尘的影响。

问题4:如何评估设备的尺寸测量能力?

1)准备尺寸的测试样品:为了解决实际生产中会遇到的装配问题,应准备包括“有形位公差、无形位公差、有明显倒圆”这三类样品。

随机挑选一些方形工件,使用千分尺、二次元分别测量10次,然后分别计算测试结果的平均值。

①如果千分尺与二次元测量值很接近,说明工件形位公差很小,将均值记为“真值”即可。另外,如果有已知尺寸规格的量块,可以直接作为测试样品。

②如果有较大差异,而且二次元测量值>千分尺测量值,说明工件有形位公差,二次元的测量结果可以记为“真值”;

③如果有较大差异,而且二次元测量值<千分尺测量值,说明工件没有形位公差,但是有明显倒圆,千分尺的测量结果可以记为“真值”;

通过以上方法,可以筛选出三类样品工件:无形位公差、有形位公差、无形位公差但是有明显倒圆,作为测试设备的理性样品。

注意:二次元测量时容易受到灰尘的影响,导致测量结果偏大,可以通过观察工件图像的方法,剔除粘了灰尘的数据。

2)动态下的绝对测量精度、重复

测量精度的评估方法：选择上述样品各5片，随机多次上料（一般不小于10次），记录动态下的测量结果。然后统计最大值Max，最小值Min。按照如下公式求取重复精度+绝对精度，精度越小越好。

$$\text{重复测量精度} = \text{Max} - \text{Min}$$

$$\text{绝对测量精度} = \text{取} [(\text{Max} - \text{真值}), (\text{真值} - \text{Min})] \text{的最大值}$$

3)在测量过程中，粘在工件表面的灰尘会导致数据测量结果出现较大异常，应当剔除。如果不剔除，会严重影响绝对测量精度、重复测量精度，不能客观反应设备的能力。

一般的做法是在测评中，当设备给出测量结果后，立刻查看工件图像，如果可在图像中目视到灰尘，并且测量结果的确标注在灰尘处，那么去掉当前一条数据，重新补充

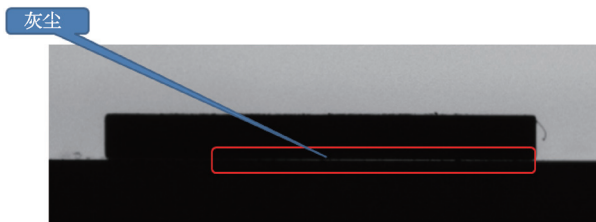


图5 粘有灰尘的工件

问题6：如何评估设备的“轮廓度”检测能力？

由设备使用方提供已知轮廓度的样品，用二次元检测结果作为真值。如果设备使用方没有相应样品，可由设备商自己提供测试样品、图纸，用二次元检测结果作为真值。

动态下的绝对测量精度、重复测量精度的评估方法：同尺寸

实验。

问题5：如何评估设备的厚度测量能力？

准备厚度的测试样品：为了解决实际生产中会遇到的装配问题，应准备“无形位公差、有形位公差”这两类样品，筛选方法类似于尺寸测试样品。

建议测试样品覆盖厚度的可测量范围（0.5~3 mm），可选择4个不同厚度的样品来测试：0.5 mm、1 mm、2 mm、3 mm。如果有标准量块，可以直接作为“无形位公差的样品”。

动态下的绝对测量精度、重复测量精度的评估方法：同尺寸。

在测量过程中，注意剔除灰尘导致的数据异常(如图5所示)，方法：同尺寸。

在测量过程中，注意剔除灰尘导致的数据异常，方法：同尺寸。

3 外观

对于磁材小零件外观检测能力的衡量，通常采用漏检率和误检率。

问题1：误检率、漏检率如何统计才合理？

考虑如下两种方法：

误检率1 = 设备检出NG品中合

格品数量/设备检出不合格品数量 × 100%

误检率2 = 设备检出NG品中的合格品/设备检测总数 × 100%

实际生产中，会出现如下的情况：

1)A设备检测1万片产品，实际检出10片NG品（其中真缺陷为5片，合格品为5片）；

2)B设备检测10万片产品，实际检出10片NG品（其中真缺陷为5片，合格品为5片）；

首先，计算A设备的误检率1 = 5/10 = 50%，B设备的误检率1 = 5/10 = 50%，由此可以得到两台设备误检率相同的结论。但是，A设备检测1万片就有5片误检，B设备检测10万片产品才有5片误检，应该是B设备误检低才合理，说明误检率1的计算方法不合理。

然后，计算A设备的误检率2 = 5/1万 = 5/万，B设备的误检率2 = 5/10万 = 0.5/万，由此可知B设备的误检率低，说明误检率2可以合理对比设备之间的误检能力。

同样的道理，对比如下两种统计方法，漏检率2才能够合理反应设备的漏检能力。

漏检率1 = 设备检出合格品中NG品数量/设备检出合格数量 × 100%

漏检率2 = 设备检出合格品中的NG品/检测总数 × 100%

问题2：漏检率可以做到0吗？

对于设备使用者来讲，一般会期

望设备：检出的合格品中不含NG品，检出的NG品的合格品尽量少。但是业内设备的检测能力，很难做到“合格品中不含NG品”。目前已知浅刀痕、隐裂、浅色斑这几种缺陷，是设备的检测弱点（对于隐裂，人工目测也是难点），而且在短期内难以在低成本前提下得以解决。

在现阶段下，由于设备对于小零件上浅刀痕、隐裂、浅色斑等缺陷很难检出，就意味着设备检出的合格品中很可能存在缺陷品。这就给厂家提出了一个难题：是否还需要人工再重新检查一遍这些产品，否则无法交货；如果还需要人工重新检查一遍，那么设备检测外观还有什么意义？

首先，如果已知产品中一定会存在浅刀痕、隐裂、浅色斑等缺陷，而且必须要求检出：那么就只能“人工再重新检查设备检出的合格品，至少是抽检”，这个结论在短期内无法改变。

然后，那么设备检测外观还有什么意义吗？有，意义在如下几个方面：

1)对于不会出现浅刀痕、隐裂、浅色斑缺陷的产品，设备检测外观的结果可以信任。

2)设备对于可检出缺陷的稳定性好，不会疲劳和怠工，能够保证检测质量的稳定。

3)设备对于某些缺陷的检出能力强于人眼，例如可以直接判别磕边缺陷的面积大小，不需要与缺陷标尺对比，速度快。

4)参考日本业界的经验，设备可以有效降低产品中的缺陷存在率，进而可以有效的提升人工检测缺陷的效率和质量的稳定性。

根据统计经验，需要人工同时检测的缺陷种类越多、缺陷出现率越高，人工检测的效率就越低、检测质量越容易波动。人工在流水线作业时效率最高，最不易产生疲劳。如果缺陷品很多，人工需要经常检出缺陷品，会影响作业的节拍。

问题3：漏检率如何计算才合理？

因为设备对于浅刀痕、隐裂、色斑等缺陷基本不能检出，因此“这些缺陷品的出现率”会直接影响设备的漏检率，导致漏检率2的公式不能合理的反应设备的漏检能力。例如：

1)A设备检测产品1万片，其中有浅刀痕100片，设备检出了全部非浅刀痕的缺陷，那么漏检率 $2 = 100 / 1万 = 1\%$ 。

2)B设备检测产品1万片，其中有浅刀痕10片，设备也检出了全部非浅刀痕的缺陷，那么漏检率 $2 = 10 / 1万$

$= 0.1\%$

从数据上看B设备要远远好于A设备，而实际上两台设备的漏检能力是相同的。因此，有意义的设备漏检率公式应该修正为：

$$\text{漏检率}3 = (\text{设备检出合格品中的NG品} - \text{不可检NG品}) / \text{检测总数} \times 100\%$$

这样，A设备的漏检率3 = B设备的漏检率3 = 0%，才能够合理的反应两台设备的漏检能力。

问题4：误检率对实际生产的影响
设备检出的NG品中还存在合格品，这时需要通过人工复检再挑出合格品来，以减少浪费。

对于实际生产来讲，误检率的高低只会影响人工复检的时间。需要分析可接受的误检率范围是多少，一般通过人工复检时间的标准定额来推算。

根据现场经验，一般“人工复检时间的标准定额为1万片/小时”。假设设备连续工作8小时，可检查192 000片产品（速度400片/分钟时，8小时 $\times 60\text{分钟} \times 400\text{片} = 192\ 000\text{片}$ ）

表1 误检率与复检时间的关系

项目	设备每8小时检测19.2万产品时			
误检率	5%	8%	10%	15%
待复检产品的数量	9 600片	15 360片	19 200片	28 800片
复检时间	1.0小时	1.5小时	1.9小时	2.9小时

从表1所示数据可以看出，误检率越低对人工复检的时间会越短，但是5%~10%的差异只是1个小时，并没有显著差异。人工复检不合格品所需的时间，远远小于人工复检合格品的时间。

因此，在实际生产中一般误检率低于10%都是可以接受的。可以适当加严检测标准，合理“减低漏检、放松误检”。

问题5：人工复检时要求“盲检”
人工检测外观缺陷时，复检人员

的操作经验、疲劳程度、主观性比较大,因此在对比多家设备的外观检测能力时,应该进行“盲检、或交叉互检”。

评测时,复检人员不知道正在复检哪一台设备的产品,有争议的样品通过多个人员来共同确认,这样的外观评估结果才客观、合理。

综上,对于设备外观可有如下的结论:

合理的漏检率和误检率计算公式如下:

漏检率 $3 = (\text{设备检出合格品中的NG品} - \text{不可检NG品}) / \text{检测总数} \times 100\%$

误检率 $2 = \text{设备检出NG品中的合格品} / \text{设备检测总数} \times 100\%$

设备无法保证检出的合格品中不含NG品;设备检出的合格品,一般需要人工再复检设备检出的合格品(抽检或全检);

设备检出的合格品已经剔除了磕边、裂纹、砂眼、麻点等大部分缺陷,可能还含有浅刀痕、隐裂、色斑等,不合格率此时一般低于2%,人工复检的速度、质量会高于检查同样数量的自然品;

设备的误检率不是最关键的因素,在10%之内不影响日常生产;

人工复检时,盲检可以确保评价结果的客观;

现阶段下,设备无法完全替代人工。但是通过“设备+人工”,可以有效提升品质的稳定性、检测效率。

4 其他影响设备使用的关键因素

设备在移交厂家后,使用方主要依靠自己独立使用和维护设备,因此要重点考虑如下因素:

1)更换玻璃盘:玻璃盘属于关键部件,使用过程中有划伤是难免的,即使是石英玻璃也会划伤,一般寿命为3~6个月不等,与使用方的维护情况关系很大。但是一旦出现问题,直接会导致尺寸、外观工作异常,必须停机维护。如果客户不能自行更换或更换的耗时很长,例如1~2天才能完成,就会严重冲击日常生产任务。

评测时,由测评小组观看设备更换玻璃盘、设备调整的全过程,评估更换玻璃盘的复杂度、统计总耗时。

2)LED光源:全套光源的价格较贵,特别是同轴光源,在设备的寿命周期内,必须关注更换成本。

LED光源寿命一般标称“累计点亮时间30 000~50 000小时”,实际上在10 000~20 000小时后亮度就会严重下降,必须更换。如果设备连续运行6天,每天24 h,光源在常亮模式下的实际使用时间为1.3~2.6年。

提高LED光源有效使用时间的办法是“频闪”使用,即光源只在检查产品时点亮,其他时间不点亮,这样可以有效延长光源的使用总时间。在频闪模式下,光源的实际点亮时间只是常亮模式的10%,意味着光源的实际使用时间可以延长10倍,达到13~26年,基本可做到终

生免更换。

测评时,具有频闪功能的设备,在后期的设备维护成本上会有优势。

3)新工件的调试难度:实际生产中,使用方要能够独立完成新工件的配置,包括上料、收料、尺寸、厚度、外观的调整,避免“一旦设备商停止服务,使用方就不能独立操作设备”。否则,在周末、夜间的生产时,设备商无法及时响应时,使用方与设备商发生纠纷时,使用方就只能被动停工。

评价方法:选择一种新工件,在没有设备商介入的情况下,考察使用方独立完成新工件配置工作。由测评小组直接观察调试的复杂度、耗时,给出评定意见。

4)无人值守:设备调试到正常状态后,能否连续长时间开机运行。

评价方法:一般连续测试72小时,过程中只允许上料、收料操作,观察有无卡料、死机、乱吹等异常现象。

5)操作复杂度:设备操作复杂,对人员的培训时间、人员的自身素质要求就会高。一旦发生人员离职等流动,使用方要承担更高的人员培训和停机成本。

6)其他因素:设备运行时的噪声大小、设备是否易清洁、是否具备测试数据保存为Excel文件功能等。

5 评价要素汇总

制定磁材设备的检测规范时,可参考表2,并根据技术成熟度、生产经验给出各项的推荐权重。

表2 制定磁材设备的检测规范参考

评估项目	子项	推荐权重
尺寸精度	1.无形位公差的样品: 动态绝对精度 + 重复精度 2.有形位公差的样品: 动态绝对精度 + 重复精度 3.有倒圆的样品: 动态绝对精度 + 重复精度 4.轮廓度的样品	20%
厚度精度	1.无形位公差的样品: 动态绝对精度 + 重复精度 建议0.5、1、2、3 mm厚度的标准片 2.有形位公差的样品: 动态绝对精度 + 重复精度	15%
外观检测	1.根据公式漏检率3, 统计漏检能力 2.根据公式误检率2, 统计误检能力	20%
检测效率	1.统计检测的平均速度	15%
设备其他	1.更换玻璃盘的复杂度和时间 2.LED光源频闪使用	15%
	1.新工件的调试难度 2.无人值守能力 3.操作复杂度 4.设备运行时噪音 5.设备易清洁性 6.尺寸数据保存为Excel文件等功能	15%

6 小结

磁材AOI设备属于新兴自动化设

备, 在磁材行业内刚刚开始普及, 各厂家对设备的认识程度参差不齐, 缺

(上接第12页)

对于欺骗式干扰的生成, SMW200A矢量信号源具有DRFM的方式产生欺骗干扰, 通过SMW200A的数字基带输入, 通过注入式的方式将信号加载到矢量信号源SMW200A, SMW200A的内置衰落模块可以对输入的数字基带信号进行二次改造, 如距离信息、多目标信息、速度信息等参数, 可以改变目标的参数然后转发出去, 形成欺骗式干扰的生成。产生的信号还可以叠加噪声和

其他的干扰。

6 小结

基于SMW200A矢量信号源配合K300软件构建复杂电磁环境雷达场景干扰模拟器解决了可视化地图场景构建, 同时实现了雷达的目标模拟和环境模拟, 实现了多目标多功能多种干扰源的模拟, 是当前一种通用化的雷达背景信号模拟器和干扰模拟器, 便于雷达系统抗干扰能力的效能评估。

少一套标准的检测规范。

本文弥补了这个空白, 分析了影响设备检测性能的多种因素, 包括尺寸精度、厚度精度、外观漏检和误检、设备可维护性、无人值守、易用性等, 并说明了每种因素在评估时的操作方法、注意事项, 最后给出评价项目表和推荐权重, 具有良好的适用性。磁材厂家可以依据此文, 制定出全面、科学、客观、可执行的磁材设备检测规范。

本文并未对各项的评估标准做细节说明, 磁材厂家可根据自身工艺特点情况制定, 具体的检测项目可酌情删减。例如有的厂家只关注尺寸测量, 不关注外观检查, 就可以去除外观方面的评测。

参考文献

- [1] [美]Merrill Skolnik 著.雷达系统导论[M].第三版.左群声 徐国良, 马林等译.北京:电子工业出版社, 2007.
- [2] 杨文隽.雷达干扰模拟器的设计与研究[J].国航技术基础, 2010(11):53-55.
- [3] 周万幸.雷达抗干扰性能评估模拟与指标体系研究[J].现代雷达, 2013, 35 (11) : 1-5.