

浅谈测量系统分析(MSA)在质量管控中的应用

杜 阳¹ 袁 畅² 冯重霖² 许 珂²

(1. 永济优耐特绝缘材料有限责任公司,山西 永济 044502

2. 中车永济电机有限公司,山西 永济 044502)

摘 要 用“数据说话”是质量管理的基本要求,要取得数据就必须进行测量。正确的测量永远是质量改进的基本前提。在影响产品质量的六个基本因素(人、机、料、法、环、测)中,测量是其中之一,与其它因素不同的是,测量对产品质量的影响独立于其他五种因素,这就使得单独对测量系统的研究成为可能。为此,运用科学的评价方法,进行测量系统分析,识别测量系统的能力,实现对测量系统的有效控制,就成了企业实现高质量发展的必经之路。

关键词 产品质量 测量系统分析 高质量发展

0 引言

本论文首先阐述了测量系统分析的理论概况、研究内容等,其次介绍了其具体的应用步骤,给出了实施测量系统分析的流程。在理论上,将测量系统分析的应用步骤与实际操作结合起来,对测量系统的重复性与再现性进行测量,验证测量系统的能力。

1 测量系统分析理论概况

测量系统分析(Measurement Systems Analysis, 缩写为MSA),它用于评估测量系统的质量,即通过建立数学模型,运用统计技术方法来分析和研究测量系统中的各个变差源以及它们对测量结果的影响,从而科学地评价整个测量系统的水平,并根据评判标准来判断测量系统的符合性,分析测量系统是否可以被接受。在整个测量过程中,测量人员、测量设备、测试流程、操作规范和测量环境构成一个测量系统,测量人员、测量设备、测试流程、操作规范和测量环境还成为影响测量结果的变差来源,它们中的某几个将成为影响测量设备质量水平的主要因素。

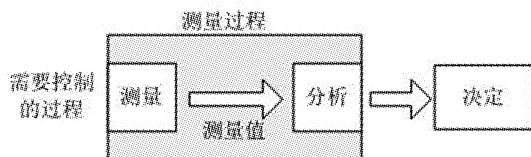


图1 测量系统分析示意图

2 测量系统分析的研究内容

测量系统的统计特性通常用偏倚、线性、稳定性、重复性和再现性5个指标来评价。前3个指标用于评价测量系统的准确性;后2个指标用于评价

测量系统的精确性。测量系统的准确性可通过对测量设备的校准/检定来得到保证;而测量系统的精确性(即重复性和再现性),构成测量系统偏差,随机误差的标准偏差反映量具的重复性;测量人员的标准偏差加上测量人员与样本交互作用的标准偏差反映量具的再现性。本次通过对样本数据进行采集,建立数学模型进行分析,对测量系统的重复性和再现性进行计算,验证测量系统的能力。

3 测量系统分析的数学模型

MSA用%GRR(Gauge Repeatability and Reproducibility,简称GRR)来研究和分析测量系统的重复性和再现性。其统计分析流程如下:

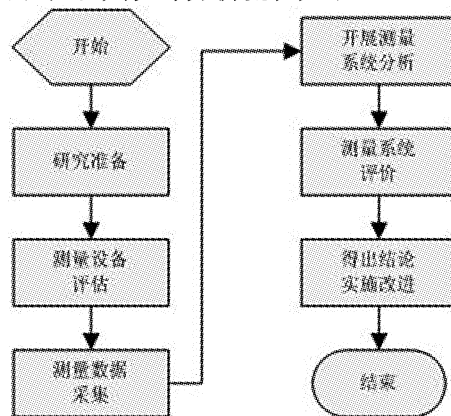


图2 测量系统分析流程图

(1) 研究准备

采集数据前,需对测量系统的(测量人员、测量设备、测试流程、操作规范和测量环境)各个因素进行确认,其中测量设备需采用经计量确认(测量设备经检定/校准,验证)合格后方可进行测量活动。

(2)数据收集

选用 n 个操作者,对 k 个被测对象进行测量,对每个被测对象都重复测量 m 次数,则可以得到 n × k × m 个数据。

(3)构建数学模型,开展测量系统分析

①重复性(EV)计算

由一个操作者采用同一种测量仪器,多次测量同一零件的同一特性时获得的测量值变差称为量具的重复性,简称重复性,记为 EV。

测量过程的重复性反映测量设备自身的变异。量具的重复性好说明重复测量值的变差小。

$$EV = \sigma_e;$$

$$\sigma_e = \bar{R}/d_2^*$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

R_i :表示每人每个零件重复测量 m 次极差的平均值;

n:操作人员数量。

d_2^* 取决于测量次数(m = 测量次数)及零件数量乘以操作人数(g = 零件数量 k × 操作人数 n)的一个参考值,可查表得出。

②再现性(AV)计算

由不同操作者采用相同测量仪器,测量同一零件的同一特性时获得的测量值的平均值的变差称为

量具的再现性,简称再现性,记为 AV。

一个测量系统的再现性,主要反映操作者的测量技术上的变差,就是操作者(人的因素)引起的测量误差。

$$AV = \sigma_A;$$

$$\sigma_A = \frac{R_A}{d_2^*};$$

R_A 是 \bar{x}_i 的极差。

d_2^* 取决于测量人数(m = 测量人数)及极差个数(g = 1)的一个参考值,可查表得出。

③被测对象间的变差(PV)计算

任意被测对象间总是有差别,这种差别反应在它们各自的测量值上。被测对象间的变差(PV)主要是考核被测对象在加工制造技术上的差异,也包括测量引起波动性。

$$PV = \sigma_P;$$

$$\sigma_P = \frac{R_P}{d_2^*};$$

R_P 是零件平均值(\bar{x}_i)的极差。

d_2^* 取决于零件总数(m = 零件总数)及极差个数(g = 1)的一个参考值,可查表得出。

(4) d_2^* 数值表(见下表 1)

表 1 数值表

g/m	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1.41	1.91	2.24	2.48	2.67	2.83	2.96	3.08	3.18	3.27	3.35	3.42	3.49
2	1.28	1.81	2.15	2.4	2.6	2.77	2.91	3.02	3.13	3.22	3.3	3.38	3.45
3	1.23	1.77	2.12	2.38	2.58	2.75	2.89	3.01	3.11	3.21	3.29	3.37	3.43
4	1.21	1.75	2.11	2.37	2.57	2.74	2.88	3	3.1	3.2	3.28	3.36	3.43
5	1.19	1.74	2.1	2.36	2.56	2.73	2.87	2.99	3.1	3.19	3.28	3.35	3.42
>15	1.128	1.693	2.059	2.326	2.534	2.704	2.847	2.907	3.078	3.173	3.258	3.336	3.4

(5)测量系统评价

$$TV^2 = PV^2 + AV^2 + EV^2$$

$$GRR = \sqrt{AV^2 + EV^2}$$

$$\%GRR = (GRR/TV) \%$$

4 测量系统分析的评判标准

$\%GRR$ 是测量系统的变差占总变差的比例,愈小愈好,可作为评价一个测量系统能否被接受的重要指

标。评价测量系统能否被接受的原则见表 2:

5 测量系统分析注意事项

结合在开展测量系统分析活动中出现的问题,对开展测量系统分析活动需注意的事项进行明确:

(1)针对重要特性,测量所使用量具的精度应是被测量产品公差的 1/10(即其最小刻度应能读到 1/过程变差或规格公差较小者),以避免量具的分辨率不足,针对一般特性测量所使用的量具的精度应是被测量产品公差的 1/5;

表2 测量系统分析的评判标准

%GRR	判定	评论
低于 10%	通常认为测量系统是可接受的	当排列或分类零件、需要加强过程控制时被推荐运用
10% 到 30%	在某些应用情况下被认为可接受	是否可接受误差应基于应用的重要性、测量装置的成本、维修的成本等方面的考虑,可能是可接受的,应得到顾客的认可允许。
超过 30%	认为是不可接受的	应该做出各种努力来改进测量系统。

利用校准合格的量具对随机抽取的 5 - 10 个样品进行盲测;

(3)每个操作员对统一样品的统一特性在盲测的情况下重复测量 2 - 3 次。

6 测量系统分析在质量控制过程中的应用

以电机某配件尺寸为例,对其测量系统的重复性和再现性进行分析,检验其测量系统的能力。测量系统的(测量人员、测量设备、测试流程、操作规范和测量环境)各个因素进行确认合格。

(1)数据收集选用 3 个操作者,对 10 个部件尺寸进行测量,对每个被测对象都重复测量 3 次,则可得 $3 \times 10 \times 3 = 90$ 个数据。见表 3

(2)选择 2 - 3 个操作员在全然不知情的状况下

表3 数值表

操作者 编号	次数	零件										总平均值
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	1	100.29	99.44	101.34	100.47	99.20	100.02	100.19	99.69	102.26	98.34	$\bar{x}_A = 100.117$
	2	100.41	99.32	101.17	100.50	99.08	99.89	100.25	99.80	101.99	98.35	
	3	100.64	99.42	101.27	100.64	99.16	99.99	100.16	99.83	102.01	98.39	
	均值	100.45	99.39	101.26	100.54	99.15	99.97	100.20	99.77	102.09	98.36	
	极差	0.35	0.12	0.17	0.17	0.12	0.13	0.09	0.14	0.27	0.05	
B	1	100.08	99.53	101.19	100.41	99.44	99.80	100.17	99.37	101.96	98.32	$\bar{x}_B = 100.018$
	2	100.25	98.78	100.94	100.40	98.80	100.22	100.15	100.08	102.02	98.38	
	3	100.07	99.32	101.34	100.52	98.72	100.06	100.23	99.66	102.09	98.25	
	均值	100.13	99.21	101.16	100.44	98.99	100.03	100.18	99.70	102.02	98.32	
	极差	0.18	0.75	0.40	0.12	0.72	0.42	0.08	0.71	0.13	0.13	
C	1	100.04	98.62	100.88	100.34	98.89	99.71	100.02	99.74	101.97	98.31	$\bar{x}_C = 99.884$
	2	100.11	98.87	101.09	100.42	98.93	99.33	100.01	99.86	101.95	98.23	
	3	100.10	99.34	100.97	100.31	98.95	99.51	100.21	99.91	101.97	97.94	
	均值	100.08	98.94	100.98	100.36	98.92	99.52	100.08	99.84	101.96	98.16	
	极差	0.07	0.72	0.21	0.11	0.06	0.38	0.20	0.17	0.02	0.37	
平均值	\bar{x}_i	100.22	99.18	101.13	100.45	99.02	99.84	100.15	99.77	102.02	98.28	

(2)EV 计算:

$$\bar{R} = (0.161 + 0.364 + 0.231) / 3 = 0.2519$$

$$m(\text{测量次数}) = 3$$

$$g = \text{零件数} \times \text{操作人数} = 10 \times 3 = 30$$

$$d_{2(3,30)}^* = 1.693$$

$$EV = \sigma_e = \bar{R} / d_2^* = 0.1488$$

(3)AV 计算:

$$R_A = 100.117 - 99.884 = 0.233$$

$$m(\text{测量次数}) = 3 \quad g = 1$$

$$d_{2(3,1)}^* = 1.91$$

$$AV = \sigma_e = R_A / d_{2(3,1)}^* = 0.122;$$

(4)PV 计算:

(下转第 37 页)