

统计质量管理方法在补偿量计算中的应用

田丰增, 刘玉君

(大连理工大学 船舶学院, 辽宁 大连 116023)

摘要 本文介绍了统计质量管理控制图在补偿量计算中的应用, 并且说明了质量控制图对船舶建造的质量分析和质量监控中的作用, 使船舶建造工艺过程处于稳定可控状态, 从而提高造船效率和船厂竞争力。

主题词 船体建造工艺 统计分析 质量控制 精度管理

1 前言

为适应竞争激烈的世界船舶市场, 必须在造船能力不扩大的情况下提高生产效率。日本的船厂通过消除无效的作业和实施有效的机械来研究这一问题, 得出的结论是, 提高船体结构在制造过程中的精度是取得成效的最有效途径。但在船体建造方面, 目前的精度水平不足以有效地实施机械化和自动化, 需要有新的标准和手段为基础的新系统^[1]。

20 世纪 50 年代后期, 统计质量管理被引入日本造船业, 由此提高了造船质量和生产效率。另外, 对船舶生产过程误差和方差的严密监控, 是用以评判所算补偿量是否适用的前提条件。有了稳定的生产过程, 基于以往统计方法所计算到的补偿量才有可信性。本文用统计质量管理的方法采用 VB6.0 编程对数据进行处理, 实现统计过程控制和补偿量计算。

2 统计质量管理

统计质量管理是指, 采用数理统计的方法以控制图理论为主对生产过程进行分析、控制, 从而达到保证产品质量的目的。主要分为三个发展阶段: 统计过程控制 (SPC), 从 1930 年开始发达国家无一不推行; 统计过程诊断 (SPD), 首先在中国普及; 统计过程调整 (SPA), 目前还没有实用, 处于发展中^[2]。

2.1 质量控制理论

作者简介: 田丰增 (1979—), 男, 硕士研究生。

控制图是对过程质量特征值进行测定、记录、评估, 从而监察过程是否处于稳定状态的一种用统计方法设计的图。图中有中心线 (CL), 上控制线 (UCL), 下控制线 (LCL), 并且有按时间顺序抽取的样本统计量数值的描点序列。如果控制图中的描点落在 UCL 和 LCL 之外, 或者点的排列不随机, 则表明有异常因素。

(1) 产品质量的统计观点。产品质量具有变异性, 这是工业革命后一百多年随着测量理论与测量工具的进步才认识到的。根据 ISO9000, 质量六大因素是: 人、机、料、法、测、环。简称 5M1E。

产品质量的变异具有随机现象的统计规律, 这种统计规律通常应用分布来描述, 可以给出变异幅度有多大, 出现这么大幅度的可能性有多少。对于计量性特征, 如长度、重量、成分等连续性数据, 通常是正态分布。对于记数性特征值, 如合格与不合格两种情形的离散数据, 通常是两项分布。对于计点性特征值, 如焊缝缺陷数、钢板的不合格数等离散数据, 最常见的是泊松分布。

(2) 控制图原理。处于控制状态下的质量特征通常是正态分布, 或者经过数学变换可近似正态分布, 它的两个特征参数平均值 μ 和标准差 σ 是相互独立的。不论这两个特征参数取何值, 产品特征值落在 $[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]$ 范围内的概率为 99.73% 这一精确值, 而在控制界限之外的概率为 0.27%, 所以将出界看成是小概率事件。一旦出界, 就可认为存在异常原因, 说明生产出现了异常情况, 需要检查。

实行统计质量管理要牢记口诀: “点出界就判异, 查出异因, 采取措施, 加以消除, 不再出现, 纳入标准”。每执行一次, 就可消除一个异因, 就使生产变得稳定、产品质量得到提高。

(3) 应用质量控制图。异常是指对生产过程中的偶然因素进行监控, 分为异常好和异常坏两种。异常判断准则有以下几点。

① 一点落在控制界限外。应用 3σ 为上下控制界限, 点出界概率为 0.27% 是小概率事件, 认为出现

异常,应该对生产过程进行分析。并且,在原来基础上所计算出的相应补偿量不能适用。

②连续 6 点递增或递减。出现这种控制图趋势,可能是生产工具的磨损,维护水平降低或者工人的技术水平变化引起的。

③连续 14 点中相邻上下交错。出现这种现象,是由于轮流使用两台设备,或者两人轮流操作引起的。从数据上分析,就是对收集数据的分层不够。这样,计算的相应补偿量必然不符合生产实际,而且误差很大。应该分层,各自计算各层的补偿量。

④连续 5 点中,4 点在中心线同一侧 1σ 外。这种趋势是由相应工序过程平均值变化引起的。就是工序补偿量发生了变化,要仔细分析出现这种趋势的原因,并修改补偿量。

⑤连续 15 点在 1σ 中心线以内。这种控制图趋势,是由于 σ 变小引起的。在排除数据虚假和数据分层不够这两种原因外,还要总结标准差减小的经验。这样加放的补偿量才更可靠。

⑥连续 8 点在中心线两侧,都落在 1σ 以外。这是由于对采集数据分层不够引起的,应仔细分析,计算补偿量。

(4) 船舶建造中的控制图。船舶建造过程的主要特征是多品种小批量生产,要应用统计技术,可以通过数学变换,把相似的样本并到一起,应用统计控制技术。在生产过程中,也有很多大样本的情况,如骨材形位尺寸的统计,就可以应用常用的控制图。

①大样本的统计控制。对于大样本数据,如骨材间距、肘板等大批量制作的零部件,可以用均值-标准差控制图。

\bar{X} 图:

上控制界限

$$UCL_{\bar{X}} = \mu_{\bar{X}} + 3\sigma,$$

控制中心线

$$CL_{\bar{X}} = \mu_{\bar{X}},$$

下控制界限

$$LCL_{\bar{X}} = \mu_{\bar{X}} - 3\sigma;$$

s 图:

上控制界限

$$UCL_s = \mu_s + 3\sigma_s,$$

控制中心线

$$CL_s = \mu_s,$$

下控制界限

$$LCL_s = \mu_s - 3\sigma_s.$$

作图时,应先作方差图,方差图稳定以后,再作均值图。并且,如果数据中心与公差中心对准,还会提高过程能力指数,减少不合格品。

加放的补偿量参考 \bar{X} 图中的控制中心线值,即 $\mu_{\bar{X}}$ 与理论值之差。

②小样本的统计控制。多批量、小样本生产具有六个方面特征:同一类型质量指标;同一台设备或者同型号设备;同一类型加工工件;同一组操作人员;同一类型的操作。根据这六个方面的相似性特征,将收集到的数据通过标准变换,就可以将多品种小批量统计数据转化为大样本来处理。

应用标准变换使 $N(\mu_i, \sigma_i)$ 所有 i 变换成 $N(0, 1)$,

$$y_{i,j} = \frac{x_{i,j} - \mu_i}{\sigma_i}$$

再对 $y_{i,j}$ 作均值控制图。其中以相似性工件的理论尺寸进行分组,以实际测量值与理论值之差为对应的控制因素,相应的 μ_i 就是要加放的补偿量。

在生产监控中,相应的变化可以作打点图 $d_n = \mu_i + k\sigma_i$,补偿量也跟据不同的理论尺寸来加放。

2.2 应用算例

2.2.1 大样本数据的 \bar{X} -s (均值-标准差)控制图

加工矩形板,检验一边长度并与理论值 50 比较,每天取 5 件,在 23 天内的 115 个数据:

51.6	50.8	49	48.6	53.4
52.2	53.8	49	53.6	50.8
49.9	51	50.2	53	47.2
50.4	54	51.4	50.6	52
52.8	51.2	51.6	48	51.8
51	49.6	52.8	51.8	50.4
48.8	49	50.8	46.6	50.2
49.6	49.2	52	51.6	52
49.4	52.6	52.2	49.4	54.8
53.6	48.6	49.8	52.2	51.8
50.2	51.4	50	48.4	49.8
50	51.2	48.6	54.2	49
50.4	50.2	50.6	56.6	50.6
50.2	45.8	48.9	51	49
50.6	50	49.6	49.8	54.4
50.2	45.8	49.4	50.2	50
51.8	56.4	46.4	46.4	51
52.8	50.8	53.4	48.8	49.6

53.6	50.3	51.8	52	51.7
51	50	54	50.4	50
53.4	52.2	54.2	51	54.6
51.1	49.3	50.2	52.8	49.2
51.6	55.6	53.2	52.5	52.8

计算结果如下(计算程序流程见图1,控制图如图2):

均值控制图		方差控制图	
UCL	54.26	UCL	8.14
CL	50.95	CL	2.10
LCL	47.64	LCL	-3.93

均值的上控制界限:54.26,均值:50.95,下控制界限:47.64。

补偿量为理论值-均值=50-50.95=-0.95。再要经尺寸链计算,验证尺寸和公差是否满足规范要求。

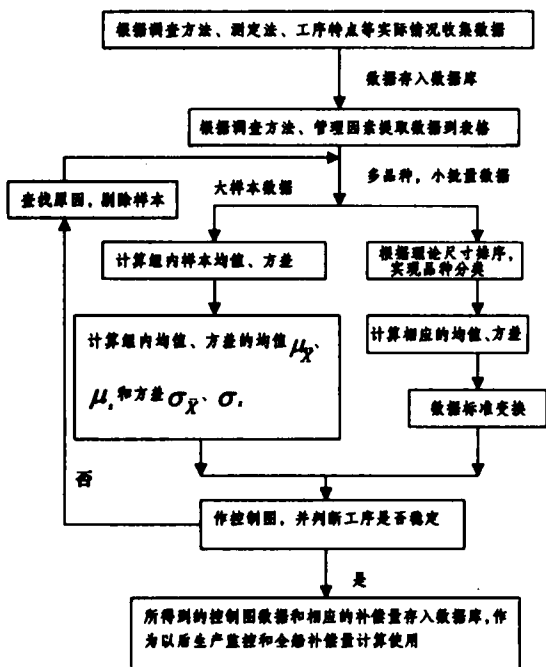


图1 计算程序流程图

2.2.2 小批量多品种控制图

取同一道工序加工的四种尺寸矩形板,数据如下(“理”——理论值,“测”——测量值):

理	测	理	测	理	测	理	测
50	50.8	100	100.8	70	68.6	40	41
50	53.58	100	101	70	73.6	40	38.8
50	49.6	100	99.2	70	70.6	40	39.6
50	51	100	100.2	70	68	40	43.6
50	50.2	100	98.6	70	70.4	40	40.4

计算结果如下(控制图如图3):

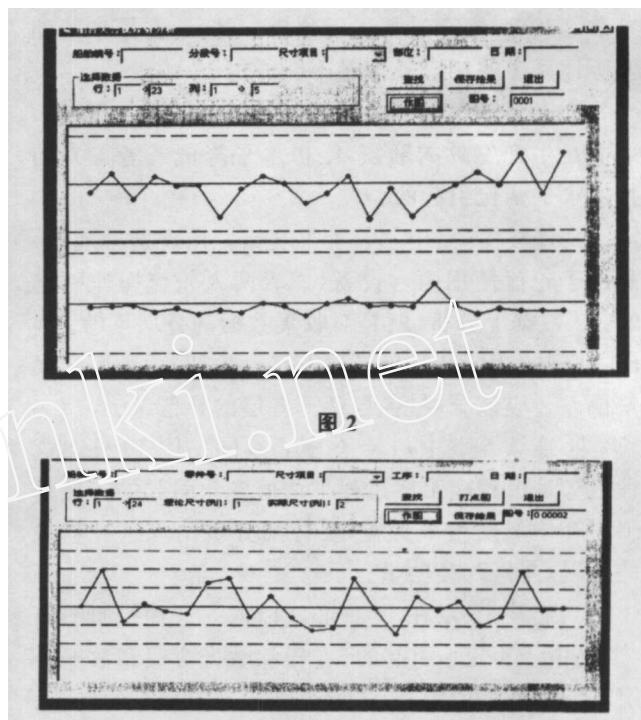


图2

打点图:

k	40	50	70	100
-3	35.046	45.68	64.389	97.4054
-2	36.697	47.12	66.259	98.2703
-1	38.349	48.56	68.13	99.1351
0	40	50	70	100
1	41.651	51.44	71.87	100.865
2	43.303	52.88	73.741	101.73
3	44.954	54.32	75.611	102.595

由分析可以看到,工序处于稳定状态,在以后生产监控中用来直接查询打点,免于复杂计算处理。

相应的补偿量和均方差为:

理论尺寸	补偿量	均方差
40	0.43	1.65
50	0.797	1.44
70	0.73	1.87
100	-0.3	0.86

2.3 统计质量诊断

通过回归分析,将受参数(或者是上道相应的流到本道工序的质量因素)控制的受控因素随参数变化规律找到,

即

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

从而使随机因素与受控因素分开,

即

$$y'' = y' - y.$$

沿海小型旅游观光船艤部结构振动与减振

林哲,赵德有

(大连理工大学,辽宁 大连 116023)

摘要 许多小型船舶使用中产生剧烈的振动现象。针对小型旅游观光船的艤部结构特点、布置方式以及艤部线型,本文举实船为例,根据艤部结构局部振动计算和局部振动测试结果,探讨了小型旅游船的艤部局部结构的振动特性和减振措施。

主题词 近海船 艤 振动 振动阻尼

1 引言

船舶在海上航行时,在船上激励作用下总会产生不同程度的振动。过度的振动会使船员和旅客极度不适,容易疲劳,甚至损害健康;会使高应力区的船体结构出现裂缝或疲劳破坏,尤其艤部结构、焊缝附近和应力集中部位更易损坏。随着游览观光业的发展,沿海地区出现了各式各样的近岸小型旅游船。由于小型船舶自身的因素和船舶设计者对振动问题注意不够,导致许多船舶在使用中产生剧烈的振动,从而影响正常的营运。

引起船舶振动的原因很多,船上最常见的激励源是螺旋桨。螺旋桨激振力的大小由艤部伴流分布、螺旋桨的主要参数(叶数等)和螺旋桨叶梢与船体的间隙等所决定。因此,船体艤部伴流场分布不仅对推进性能有影响,同时对船体振动也有很大影响。小型旅游船多数采用高速主机,高转速的螺旋桨对艤部

伴流场的均匀性要求也高。而一些小型船舶的设计者在确定船体型线特别是艤部型线时,对艤部伴流场的影响未给予足够的重视。另外,有些小型旅游船由于布置和使用等的限制,使其在型线设计时难以顾及振动方面的要求。这些都是小型旅游船在海上营运时容易出现振动问题的原因。

本文作者曾对若干艘小型船舶进行过振动测试,许多船舶的艤部区域存在剧烈的振动,而且有的船在桨上方的船底板还出现了裂缝。针对小型旅游船艤部线型、结构和艤部布置具有多种形式的特点,本文根据实船测试结果,以两艘艤部线型和布置形式较为典型的近海旅游船为例,探讨小型旅游船的振动特性和减振措施。表1和表2给出了这两艘船

表1 船舶主尺度

船型	总长 L (m)	船宽 B (m)	型深 D (m)	设计吃水 T (m)	排水量 ∇ (t)
1号旅游船	30.500	6.200	2.000	1.000	73.760
2号旅游船	23.140	4.925	1.920	1.300	78.410

表2 螺旋桨参数

船型	个数	叶数	直径(m)	盘面比	后倾角($^{\circ}$)	转速比
1号旅游船	1	5	0.830	0.600	5	2:1
2号旅游船	1	4	1.040	0.630	10	3:1

剩下的就是由于本道工序因素引起的波动。通常服从正态分布规律,可以用通常的控制图来分析、监控。通过对过程能力指数的分析,还可以确定对产品质量影响较大的关键工序,这种工序,就是船厂要改进的关键工序。

3 结论

应用上述统计质量控制方法,对造船工艺过程的每道关键工序进行控制图分析和诊断,不断地发现问题,解决问题,如此循环,建立生产规范,就可以

建立稳定的生产工序。并且分析误差及方差,就可以计算相应工序的补偿量。

同时,应用 SPC 和 SPD 就可以在早期发现生产异常情况,对生产过程进行彻底的事前探讨和评价,迅速处理精度不良状况,防止其再发生,有助于加速造船精度的提高。

4 参考文献

- 1 孙松年. 日本船厂船体建造精度控制与精确生产的近况. 造船技术, 1998, (10): 6
- 2 张公绪. 两种质量诊断理论及其应用. 北京: 科学出版社,