

测试·分析

动态计量型抽样检验在企业质量管理中的应用研究

邓梦君¹, 梁健瑶¹, 王喜利¹, 王倩²

(1. 株洲时代新材料科技股份有限公司, 湖南 株洲 412007; 2. 中车长春轨道客车股份有限公司, 吉林 长春 130062)

摘要:提出一种动态计量型抽样检验方法并应用于轨道机车产品检验。通过评估和筛选产品主要质量特性, 结合企业当前产品质量水平和检测资源, 针对产品主要质量特性制定一套基于抽样风险的动态计量型抽样检验方案, 动态调整产品的使用方和生产方风险来改变抽样检验的严格性。应用实例表明, 采用动态计量型抽样检验能有效指导质量检验人员对产品质量特性的监控, 在关注产品质量特性是否合格的基础上深入了解产品质量特性的稳定性水平, 从而推进产品生产过程质量改善。

关键词:计量型抽样; 动态; 质量特性; 抽样检验; 质量管理; 轨道机车产品

中图分类号:F273.3; U270.33

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2021)08-0615-06

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2021.08.0615



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

在企业质量管理中, 产品质量与企业管理和发展息息相关。产品制造过程中, 为了保证产品的各项性能满足质量要求, 防止不合格品流入下道工序或市场, 最保险的方式是全数检验^[1]。但由于工程应用中产品批量通常较大、检验时间有限、费用较高或存在破坏性试验, 只能采用抽样检验方法。抽样检验是以“用尽量少的样本量来尽量准确评判产品总体(批)的质量特性”为主线的科学检验方法^[2-3]。根据检验特性值的属性, 抽样检验分为计数型和计量型两类^[4-5]。计数型抽样检验以抽样个数中不合格监测项点个数作为依据判定产品是否被接收, 而计量型抽样检验需要基于实际测量值来计算均值、标准差等统计量来判定产品接收或拒收^[6]。

目前, 大多数工程检验采用百分比抽样检验和计数型抽样检验^[7-8], 百分比抽样检验的缺陷在于生产批质量相同时, 出现“小批宽, 大批严”的情况; 而计数型抽样检验仅关注产品质量特性是否

合格^[9], 未观测到具体检测项点的实际质量稳定性水平。同时, 随着企业生产加工能力和管理水平的提升, 检验方式需要根据产品的实际质量状态和抽样风险进行动态调整。

本工作以计量型抽样检验方案为基础, 针对轨道机车主型产品, 建立一套针对不同产品主要质量特性的动态抽样检验方法, 并给出具体的实施步骤及应用实例, 便于工程实际应用。

1 动态计量型抽样检验方案

通过对产品质量特性进行评估和筛选, 从而关注和控制产品主要质量特性, 并通过对主要质量特性进行过程能力分析, 关注产品质量特性的过程能力指数(CPK)水平, 督促产品生产过程质量稳定性提升。根据产品质量稳定性以及不同产品类别接收质量控制值(AQL), 动态调整使用方风险和生产方风险来改变抽样检验的样本量, 计算当前批样本量的标准正态分布对应位置(Z值),

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFB1201700)

作者简介:邓梦君(1992—), 女, 湖北宜昌人, 株洲时代新材料科技股份有限公司助理工程师, 硕士, 主要从事轨道线路橡胶弹性元件产品质量控制与过程分析工作。

E-mail:dengmengjunhit@163.com

引用本文:邓梦君, 梁健瑶, 王喜利, 等. 动态计量型抽样检验在企业质量管理中的应用研究[J]. 橡胶工业, 2021, 68(8): 615-620.

Citation:DENG Mengjun, LIANG Jianyao, WANG Xili, et al. Application of dynamic measurement sampling inspection in enterprise quality management[J]. China Rubber Industry, 2021, 68(8): 615-620.

并将Z值与抽检特性(OC)曲线^[10-13]分布位置参数(K值)进行比较,对产品质量特性是否接收进行判定,抽样检验方案体系见图1。

采用此种方案不仅能关注到产品质量特性是

否在技术要求的规格上下限内,同时能确定具体检测项点的实际质量稳定性水平。利用这些数据能更好地控制产品的生产过程。详细抽样检验方案实施流程见图2,其中USL为规格上限,LSL为规

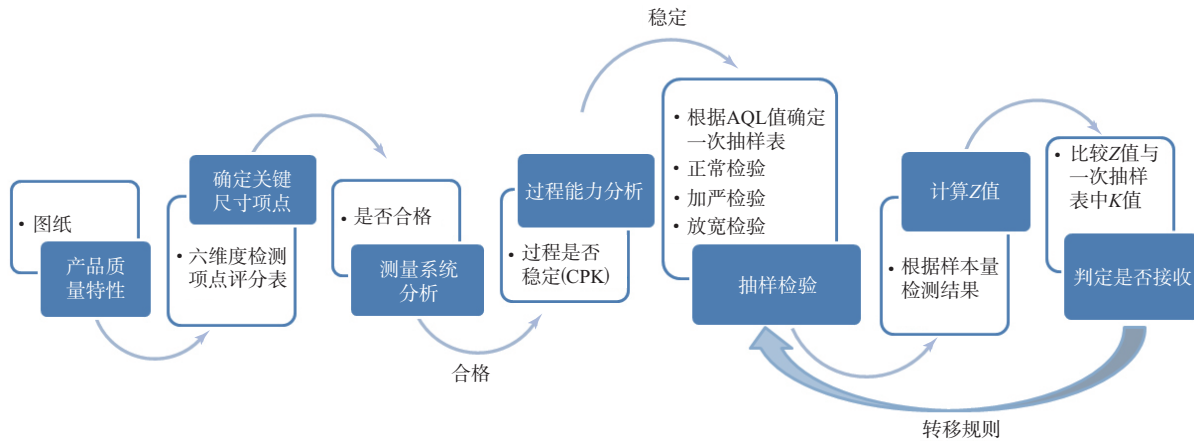


图1 动态计量型抽样检验体系

Fig. 1 Dynamic measurement sampling inspection system

难易度、单位项点检测时间)进行综合打分排序,筛选得分高的产品质量特性,重点关注并充分利用数据进行分析。

对产品主要质量特性进行历史数据测算及评估之后,需运用统计学方法对整个测量系统进行分析,了解影响测量结果的波动来源及分布,确保测量系统符合工程需求^[14]。同时要求对产品主要质量特性的生产过程进行统计过程控制,并分析CPK,随时掌握制造过程中各工序质量的保证能力,从而发现并处理异常因素,将其调整至稳定受控状态。

1.2 抽样检验方案及接收准则

1.2.1 一次抽样表

根据企业来料批量数、设定AQL及使用方风险等相关因素,计算不同抽样方案下的K值,从而拟定一次抽样表,如表2和3所示(N为批量数,n为样本数)。

通过设定批量数、AQL及抽样规则(正常、加严、放宽),确定单批产品单个质量特性抽样检验的适宜样本量。检验员可根据产品批量数和设定AQL,选择对应的样本量进行抽检。表4所示为不同AQL下不同抽样检验方案的使用方风险和接收概率对比情况。

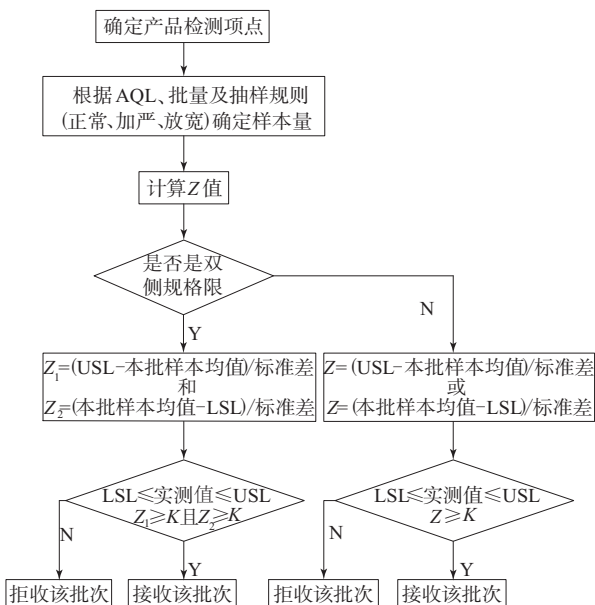


图2 动态计量型抽样检验流程

Fig. 2 Dynamic measurement sampling inspection process

格下限。

1.1 确定产品主要质量特性

根据产品安装和使用特性,项目技术、工艺、质量相关人员按六维度评价基准(见表1)对产品原有检测项点进行评价,对项点(内部组装重要性、外部组装重要性、安全性、问题发生频次、检测

表1 六维度检测项点评分原则
Tab. 1 Score principles of six-dimensional test items

得分	内部组装重要性 (10%)	外部组装重要性 (30%)	安全性(30%)	问题发生频次 (10%)	检测难易度(10%)	单位项点检测时间(10%)/min
1	基本无影响	基本无影响	基本不影响安全性	基本不发生	简单的量具完成,数据可直接读取	<2
3	轻微影响内部组装过程(现场调整后即可完成组装)	轻微影响外部组装过程(现场可处理完成)	存在轻微安全隐患,现场可通过调整参数值进行修正	内部发现,无客户抱怨	采用便携式测量设备,数据需要处理分析后获得	2~10
6	严重影响内部组装过程(必须经过返工才能完成组装)	严重影响外部组装过程(客户可让步接收)	日常维护时不易发现,存在一般安全隐患	内部发现多次,客户抱怨较少	非破坏测试,但需专用设备和专业人员完成	10~40
9	内部组装无法完成	外部组装无法完成(客户拒收)	日常维护时无法发现,存在重大安全隐患	已经存在较多客户抱怨	需要进行破坏性测试	>40

注:各检测项点括号内数据为各项点重要程度占比。

表2 一次抽样表(AQL为500×10⁻⁶)
Tab. 2 One-time sampling table(AQL=500×10⁻⁶)

N/件	正常检验		加严检验		放宽检验	
	n/件	K值	n/件	K值	n/件	K值
2~25	3	2.951	3	3.051	3	2.868
26~50	5	2.951	5	3.051	4	2.868
51~80	8	2.951	8	3.051	6	2.868
81~120	10	2.951	10	3.051	8	2.868
121~170	12	2.951	12	3.051	10	2.868
171~230	14	2.951	14	3.051	12	2.868
231~310	16	2.951	16	3.051	14	2.868
311~400	18	2.951	18	3.051	16	2.868
401~500	20	2.951	20	3.051	18	2.868
>500	22	2.951	22	3.051	20	2.868

表3 一次抽样表(AQL为1 000×10⁻⁶)
Tab. 3 One-time sampling table(AQL=1 000×10⁻⁶)

N/件	正常检验		加严检验		放宽检验	
	n/件	K值	n/件	K值	n/件	K值
2~25	3	2.735	3	2.788	3	2.708
26~50	5	2.735	5	2.788	4	2.708
51~80	8	2.735	8	2.788	6	2.708
81~120	10	2.735	10	2.788	8	2.708
121~170	12	2.735	12	2.788	10	2.708
171~230	14	2.735	14	2.788	12	2.708
231~310	16	2.735	16	2.788	14	2.708
311~400	18	2.735	18	2.788	16	2.708
401~500	20	2.735	20	2.788	18	2.708
>500	22	2.735	22	2.788	20	2.708

1.2.2 计算公式及接收准则

1.2.2.1 计算公式

CPK计算公式^[15-16]如下:

$$CPK = \text{Min}(\frac{U_{SL} - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - L_{SL}}{3\sigma})$$
$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

式中, U_{SL} 为USL, L_{SL} 为LSL, $\bar{X}$ 为样本均值, σ 为标

表4 不同抽样检验方案的使用方风险和接收概率
Tab. 4 User risks and acceptance probabilities of different sampling plans

AQL	抽样方案	使用方风险	接收概率
500×10 ⁻⁶	正常一次抽样	≤0.25	0.722~0.944
	加严一次抽样	≤0.20	0.661~0.869
	放宽一次抽样	≤0.30	0.768~0.971
1 000×10 ⁻⁶	正常一次抽样	≤0.25	0.731~0.952
	加严一次抽样	≤0.20	0.728~0.922
	放宽一次抽样	≤0.30	0.706~0.956

准差, $\bar{R}$ 为移动极差均值, d_2 为常数1.13。

$$Z_1 = \frac{U_{SL} - \mu}{\sigma}$$
$$Z_2 = \frac{\mu - L_{SL}}{\sigma}$$

式中, μ 为本批样本均值。

1.2.2.2 转移规则说明

正常检验即对来料或成品开始检验时,根据来料或成品质量要求,采用正常抽样检验方案。抽样检验方案根据产品的实物质量状态实施动态转移,转移规则如下。

(1)从正常检验到加严检验。根据一次抽样表判定该批产品(来料或成品)是否接收,一旦一次抽样中出现否,即记为有1批被拒收,则从该批开始计算,如果连续5批或不到5批,又有1批一次抽样结果判定否,则从下批开始实施加严检验。

(2)从正常检验到放宽检验。在实施正常检验时,如果连续10批被接收,并且符合如果按照加严检验,这些批还能被接收且生产过程处于统计受控状态,则可转为放宽检验。放宽检验不作强制要求。

(3)从加严检验到正常检验。在实施加严检

验时,如果连续5批被认为可接收,可恢复正常检验。

(4)从放宽检验到正常检验。在实施放宽检验时,如果发生有一批未被接收或生产过程未处于统计受控状态,则从下一批开始恢复正常检验。

1.2.2.3 判定准则

计算出的Z值与抽样表对应的K值比较。

(1)具有单侧上规格限:如果规格上限Z值≥K值,接收该批次;否则拒收。

(2)具有单侧下规格限:如果规格下限Z值≥K值,接收该批次;否则拒收。

(3)具有双侧规格限:如果规格上限Z值≥K值,且规格下限Z值≥K值,接收该批次;否则拒收。

2 应用实例

针对机车车辆转向架一系减震部件,以主型产品锥形簧(见图3)的主要产品质量特性为例,实施动态抽样检验方案实施。根据该产品的检测项目,采用六维度检测项点评分表进行打分排序(见表5),筛选出该锥形簧的排序靠前的两个重要产品

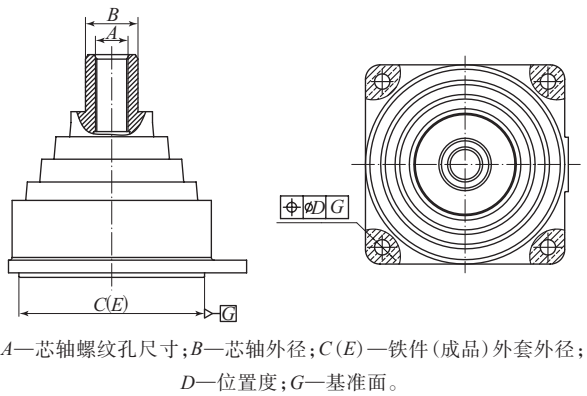


图3 锥形簧示意
Fig.3 Conical spring indication

表5 锥形簧检测项点评分表

Tab.5 Test item review score table of conical spring

检测项目	I	II	III	IV	V	VI	得分	排序
来料检验								
A	1	6	6	3	1	3	4.4	4
B	1	9	3	9	1	1	4.8	2
C	9	9	3	6	1	3	5.5	1
D	1	3	1	3	6	3	2.5	7
镀锌厚度	1	1	1	1	1	1	1.0	9
成品检验								
E	1	9	3	6	1	3	4.7	3
螺纹孔	1	3	3	6	1	3	2.9	5
油漆颜色	1	1	1	1	3	1	1.2	8
油漆厚度	3	3	3	1	3	1	2.6	6

注: I—内部组装重要性(10%), II—外部组装重要性(30%), III—安全性(30%), IV—问题发生频次(10%), V—检测难易度(10%), VI—项点检测时间(10%)。得分为各项点评分与其重要程度占比乘积的和。

质量特性,并根据单个检测项点的产品成型工艺确定AQL(原材料AQL为企业与供应商约定值,成品AQL为根据实物质量状态设定的目标值),见表6。

表6 锥形簧产品主要质量特性

Tab.6 Main quality characteristics of conical spring product

序号	来源	检测项点	类型	AQL
1	来料	C	铸件	1 000×10 ⁻⁶
2	来料	B	机加件	500×10 ⁻⁶

针对C,计算前先根据100个历史数据得到分析用控制图,并计算CPK,得到CPK=1.382[>1.33(基本稳定可控的CPK限值,后同)],表示生产过程稳定。第1批按正常检验,根据批量数98件,查询得到对应的样本量为10,按抽样检验10件并记录结果。对前面10批按其样本量结果计算CPK,Z₁和Z₂等,见表7。

结果表明连续10批的抽样检验结果均在合格范围内,同时计算出的Z值均大于K值,均判定为接收,且满足“生产过程处于统计受控状态”,则后面

表7 C的Z值计算结果及判定
Tab.7 Z value calculation results and judgments of C

批次	N/件	n/件	CPK	生产过程	Z值		K值	判定
					Z ₁	Z ₂		
0		100	1.38	稳定	基于历史数据判断生产过程是否稳定			
					先按正常检验开始			
1	98	10	1.39	稳定	5.39	4.83	2.735	LSL≤X≤USL,且Z ₁ >K,Z ₂ >K,判定为是
								
10	134	12	1.54	稳定	4.49	5.06	2.735	LSL≤X≤USL,且Z ₁ >K,Z ₂ >K,判定为是

注:连续10批被接收,且满足“生产过程处于统计受控状态”,后续产品可按照转移规则采用放宽检验,也可继续按照此方案进行抽样检验;为方便计算,CPK和σ都是100件产品的结果,当前样本不足100件时,需向前调用数据凑足100件;Z₁和Z₂与σ相关,因此与100件产品的结果有关。

可由正常检验跳至放宽检验(K 值不同),放宽检验不作强制要求。

对 B 进行验证时,根据表2及表6,选取样本量进行抽样检验。针对 B ,计算前先根据100个历史数据得到分析用控制图并计算CPK,得到CPK=

1.17(<1.33),表示生产过程不稳定,需要根据控制图排查异常原因,同时进行生产过程改善。第1批按正常检验开始,第2和第3批的计算结果 Z_2 值均小于 K 值,判定为拒收,见表8。连续两批被拒收后,产品由正常检验跳至加严检验。第4批时产品

表8 B的Z值计算结果及判定
Tab. 8 Z value calculation results and judgments of B

批次	N/件	n/件	CPK	生产过程	Z值		K值	判定
					Z_1	Z_2		
0		100	1.17	不稳定	按正常检验开始			基于历史数据判断过程是否稳定
1	98	10	1.36	稳定	3.54	5.56	2.951	$LSL \leq X \leq USL$, 且 $Z_1 > K, Z_2 > K$, 判定为是
2	75	8	1.34	稳定	6.90	1.92	2.951	$LSL \leq X \leq USL$, 且 $Z_1 > K, Z_2 < K$, 判定为否
3	45	5	1.38	稳定	7.25	1.64	2.951	$LSL \leq X \leq USL$, 且 $Z_1 > K, Z_2 < K$, 判定为否
				出现两批拒收,转移至加严检验				
4	153	12	1.34	稳定	7.56	1.24	3.051	$LSL \leq X \leq USL$, 且 $Z_1 > K, Z_2 < K$, 判定为否
5	47	8	1.37	稳定	5.16	3.70	3.051	$LSL \leq X \leq USL$, 且 $Z_1 > K, Z_2 > K$, 判定为是
								
8	169	12	1.44	稳定	4.65	5.21	3.051	$LSL \leq X \leq USL$, 且 $Z_1 > K, Z_2 > K$, 判定为是

注:加严检验后,第5批样起连续4批被接收,且满足“生产过程处于统计受控状态”,所以后续可继续维持该方案进行检验,若连续5批内继续出现两次拒收,将直接采用停产整改。

供应商未进行改善,导致加严后仍被拒收,后期通过相应整改,使得 Z 值增大。

3 结论

通过评估和筛选产品主要质量特性,结合企业当前产品质量水平和检测资源,针对产品主要质量特性制定一套基于抽样风险的动态计量型抽样检验方案,动态调整产品的使用方和生产方风险来改变抽样检验的严格性。应用实例表明,采用动态计量型抽样检验能有效指导质量检验人员对产品质量特性进行监控,在关注产品质量特性是否合格的基础上深入了解产品质量特性的稳定性水平,从而推进产品生产过程质量改善。

锥形簧采用动态抽样检验方案实施验证,根据 Z 值的计算结果判定抽样检验方案是否出现转移,真正实现了正常检验与加严检验之间的灵活切换。结合企业当前产品质量水平和检测资源,通过使用方风险和生产方风险来控制抽样样本量。采用此种动态抽样检验,能充分利用检测结果对产品实物质量水平提前进行预判,指导质量检验人员对产品特性质量进行监控,说明使用 Z 值来监控产品质量水平的方法是有效的。

企业后续将从该方向推广至其他项点的动态

抽样检验,加大该抽样检验方案的产品使用范围,并推行企业抽样检验标准,使得产品出厂抽样检验由企业根据产品质量水平和风险自由控制。同时结合动态抽样的落地方案持续推进来料及成品动态抽样检验规则的应用改进,结合执行层面不断优化升级。

参考文献:

[1] 袁建国. 抽样检验原理与应用[M]. 北京:中国计量出版社,2002.
YUAN J G. Principle and application of sampling inspection[M]. Beijing: China Metrology Press, 2002.

[2] 张公绪. 新编质量管理学[M]. 北京:高等教育出版社,2003:102-120.
ZHANG G X. New quality management[M]. Beijing: Higher Education Press, 2003:102-120.

[3] 杨乃军. 计量抽样检验应用研究[D]. 南京:南京理工大学,2008.
YANG N J. Application research on sampling inspection by measurement[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2008.

[4] 于振凡. 统计技术在质量管理中的应用(9)[J]. 世界标准化与质量管理, 2004(12):23-26.
YU Z F. The application of statistical technology in quality management(9)[J]. World Standardization & Quality Management, 2004(12):23-26.

[5] 王方星. 计量抽样标准在企业的应用现状分析[J]. 中国高新技术企业, 2015(7):42-43.

- WANG F X. Analysis on application status of measurement sampling standards in enterprise[J]. China High-tech Enterprises, 2015 (7): 42-43.
- [6] 李道忠. 抽样检验在质量检验中的应用[J]. 中国质量, 2004 (5): 73-76.
- LI D Z. Application of sampling inspection in quality inspection[J]. China Quality, 2004 (5): 73-76.
- [7] 许洪柱. 工程建设项目抽样检验技术应用的探讨[J]. 施工技术, 2017 (S2): 732-735.
- XU H Z. Discussion on application of sampling inspection technology in engineering construction projects[J]. Construction Technology, 2017 (S2): 732-735.
- [8] 孙道胜, 詹炳根. 建设工程质量检测中材料检验的取样问题[J]. 施工技术, 1999 (10): 24-25.
- SUN D S, ZHAN B G. Sampling problems in material measuring in construction quality control[J]. Construction Technology, 1999 (10): 24-25.
- [9] 蒋召瑞. 浅谈计量型抽样检验与计数型抽样检验[J]. 内蒙古煤炭经济, 2013 (8): 22-23.
- JIANG Z R. A discussion on sampling inspection by measurement and attribute sampling[J]. Inner Mongolia Coal Economy, 2013 (8): 22-23.
- [10] DUNBAR D W. Legal responsibilities for quality control in highway construction[J]. Western Builder, 1966 (26): 51-57.
- [11] 苏清抛, 杨亚林, 王金华, 等. 基于随机抽样模拟的工程质量计量型抽检方案研究[J]. 华北科技学院学报, 2018, 15 (6): 87-92.
- SU Q P, YANG Y L, WANG J H, et al. Study on sampling plan by variables for project quality inspection with standard deviation unknown based on random sampling simulation[J]. Journal of North China Institute of Science and Technology, 2018, 15 (6): 87-92.
- [12] 肖诗唐. 现场检验与计量抽样方案的应用[J]. 中国质量, 2011 (12): 84-87.
- XIAO S T. On-site inspection and application of sampling plan by measurement[J]. China Quality, 2011 (12): 84-87.
- [13] 马逢时. 六西格玛管理统计指南: MINITAB使用指导[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2013.
- MA F S. Six Sigma management statistics guide: Guidelines for using MINITAB[M]. Beijing: China Renmin University Press, 2013.
- [14] 何倩. 基于过程能力指数的计量抽样检验方案的研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2014.
- HE Q. Research on measurement sampling inspection plan based on process capability index[D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2014.
- [15] 贾俊平. 统计学: 基于R应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- JIA J P. Statistics: Based on R application[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2014.
- [16] 徐凌, 马逢时. 六西格玛设计中的标准差计算[J]. 统计与决策, 2014 (22): 86-89.
- XU L, MA F S. Calculation of standard deviation in six Sigma design[J]. Statistics and Decision, 2014 (22): 86-89.

收稿日期: 2021-02-19

Application of Dynamic Measurement Sampling Inspection in Enterprise Quality Management

DENG Mengjun¹, LIANG Jianyao¹, WANG Xili¹, WANG Qian²

(1. Zhuzhou Times New Materials Technology Co., Ltd, Zhuzhou 412007, China; 2. CRRC Changchun Railway Vehicle Co., Ltd, Changchun 130062, China)

Abstract: A dynamic measurement sampling inspection method was proposed and applied to rail locomotive product inspection. By evaluating and screening the main quality characteristics of the products, combining with the current product quality level of the enterprise and the testing resources, a set of dynamic measurement sampling inspection plans based on sampling risks was formulated for the main quality characteristics. In this method, the strictness of sampling inspection was monitored by dynamically adjusted the risks of the user and the manufacturer of the products. The application examples showed that the use of measurement sampling inspection could effectively guide quality inspectors to monitor the quality characteristics of the products, accurately determine whether the products were qualified, and deeply understand the stability level of the quality characteristics, thereby promoting the quality improvement of production process.

Key words: measurement sampling; dynamic; quality characteristics; sampling inspection; quality management; rail locomotive part