焊接钢轨质量控制过程能力指数的研究*

李中原

(包钢中铁轨道有限责任公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 利用GAAS80型焊机焊接钢轨时,二次预热电流是一项重要的质量指标。在焊接过程中,二次预热电流呈正态分布。采用过程能力指数的方法对二次预热电流进行分析,可有效的判断出焊接过程中的二次预热电流满足技术标准的能力是否充足,对提高焊机生产效率,保证质量稳定具有重大意义。

关键词: 焊接; 二次预热电流; 过程能力指数

中图分类号: U213.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)01-0095-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.01.029

Study on Process Capability Index for Quality Control of Welded Rails

Li Zhong-yuan

(*China Railway Track Co., Ltd. of Baotou Iron & Steel(Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The secondary preheating current is an important quality index for welding rails with GAAS80 type welding machine. In the welding process, it is with normal distribution. Whether the capability of secondary preheating current in welding process meeting the technical standards is sufficient or not can be effectively determined by analyzing the secondary preheating current with process capability index method, which is of great significance to improving the production efficiency of welding machine and ensuring stable quality.

Key words: weld; secondary preheating current; process capability index

采用GASS80焊机焊接钢轨时,无法直接检测钢轨焊接状态,只能通过焊接过程中二次预热电流和顶锻情况对焊接状态进行判断。焊机二次预热电流作为焊接质量的一个重要指标来判断焊头质量是否符合要求,二次电流低于要求时,焊头可能存在质量问题,为确保质量安全,将二次预热电流报警的焊头,采取锯切处理。锯切焊头重新焊接所需时间较长,并且造成长钢轨的不足尺,连续出现二次电流低于要求,就会造成生产效率降低,质量不稳定,需停止生产,查找影响因素,解决后再恢复生产。因此需要判断焊机是否有能力保证焊接质量,即需要一个指标来判断是否有能力保证二次预热电流不报警或者在可接受范围内。本文试图采用过程能力指数来解决这个问题。

1 过程能力指数计算和判断准则

1.1 过程能力

过程能力(Process Capability,PC)也称为工序能力,是指过程的加工质量满足技术标准的能力,它用来衡量过程加工内在的一致性[1-2],是稳态下的最小波动。过程能力指数(Process Capability Indices,PCIs)表示PC满足技术标准(产品规格、公差)

* 收稿日期: 2019-12-10

作者简介: 李中原(1977-),男,内蒙古包头市人,硕士,高级工程师,现从事钢轨焊接工作。

中国知网 https://www.cnki.net

的程度的无量纲数[2-3]，为量度过程的指标[4]。当过程处于受控状态时，通常也就只受到随机因素的影响。由于各个随机因素一般均是相互独立的，他们的合成又具有随机的性质，因而各因素综合影响的结果，质量特性值的波动也常常只有正态分布的形式。一般地，过程能力指数在以下三项假设成立的条件下定义[1]：

(1) 过程处于受控状态，即过程质量特性值的波动只受随机因素的影响。

(2) 过程质量特性值服从正态分布 $N(\mu,\sigma^2)$。

(3) 规范限能准确地表示质量的要求。

1.2 过程能力指数 Cp 的计算与判断准则

对于双侧公差情况，过程能力指数的计算公式为:

$$Cp = (USL - LSL)/6\sigma$$

对于单侧情况，若只有上限要求时，过程能力指数的计算公式为:

$$Cp = (USL - \mu)/3\sigma$$

对于单侧情况，若只有下限要求时，过程能力指数的计算公式为:

$$Cp = (\mu - LSL)/3\sigma$$

其中，Cp 为过程能力指数; μ 为总体均值; σ 为总体标准差; USL 为上规格限; LSL 为下规格限。

Cp 值的范围、级别、过程能力的评价参考见表1[5]。

表1 过程能力指数 Cp 与相应的过程能力

Cp 值的范围	级别	过程能力的评价参考
$Cp \geq 1.67$	Ⅰ	过程能力过高(应视具体情况而定)
$1.67 > Cp \geq 1.33$	Ⅱ	过程能力充分，表示技术管理能力已很好，应继续维持
$1.33 > Cp \geq 1.0$	Ⅲ	过程能力较差，表示技术管理能力勉强，应设法提高为Ⅱ级
$1.0 > Cp \geq 0.67$	Ⅳ	过程能力不足，表示技术管理能力已很差，应采取措施立即改善
$0.67 > Cp$	Ⅴ	过程能力严重不足，表示应采取紧急措施和全面检查，必要时停工整顿

1.3 二次预热电流影响因素

制造系统工序质量受到各种因素的影响，各种质量特征始终处于一种动态的质量波动状态，这些因素被归纳为“5M1E”，即操作者(Man)、机器(Machine)、材料(Material)、工艺方法(Method)、测试手段(Measure)和环境条件(Environlnent)。在不同生产环境，具体的每个加工场合，六因素对工序质量的影响权重不同。因而运用各种质量控制理论和方法，对它们进行有效的分析，识别判断，进而采取适当的措施减少甚至消除它们对生产制造过程的影响，保证各工序始终处于受控的稳定状态，此时质量特性符合正态分布，才能使生产过程能够持续稳定地生产出合格产品[5]。

焊接过程的质量主要影响因素: 钢轨材质、与电极接触部分除锈情况、操作人员、焊机工况、焊接工艺参数、周围环境温度、测量方法和工具。当由固定人员在较短时间内在同一台设备上采用同种焊接工艺焊接同一钢种的钢轨并且采用焊机自带的测量系统时，这些影响因素在焊接过程中都处于受控的稳定状态，焊机二次预热电流过程质量特性值也就服从正态分布。二次预热电流有明确质量要求的下限。从上述分析可以得出，钢轨焊接过程满足过程能力指数应用的三个条件。可以使用过程能力指数进行计算和判断过程能力是否满足生产需要。

2 在焊接过程中的实例分析

由于二次预热电流只有下限要求，对于单侧情况，若只有下限要求时，过程能力指数的计算公式为:

$$Cp = (\mu - LSL)/(3\sigma/c_4)$$

其中，μ 为总体均值，为充分利用子组数据信息，采用将平均子组均值代替总体均值; σ 为总体标准差，为充分利用子组数据信息，采用现将平均子组标准差代替总体标准差; LSL 为二次电流下限要求，二次电流设置为58.5，该数值为相对比值无单位; c_4 为中心线系数，由子组大小决定，当子组包含数据为4个时，$c_4 = 0.921$[6]（正常生产是将5支100 m钢轨焊接成为1支500 m钢轨，共需焊接4次，产生4个焊头，因此焊接一支500 m钢轨所包括四个焊头为1个自然子组）。

采用上述公式，根据二次预热电流影响因素的分析，随机选取了包钢中铁轨道有限责任公司某月

中国知网 https://www.cnki.net

二次电流数值，以一个工作日为一个总体进行过程能力指数的计算，得出该工作日的过程能力指数，该月每个工作日的过程能力指数计算结果见图 1。

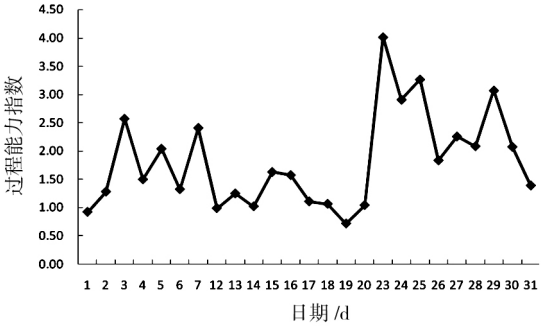


图 1　某月过程能力指数变化图

该月正常生产，其中 21、22 日进行了设备检修。从图 1 中可以看出，检修前后的过程能力指数的变化趋势均呈总体震荡下行趋势，符合过程能力指数随着产量的增加下降的趋势（随着产量的增加，设备磨损增加，工况水平降低，过程能力也相应降低；只有进行设备检修后，工况改善，过程能力也相应提高。）。同时可以看出，过程能力指数出现波峰的时间均在单号日期，出现的波峰的原因主要是该条生产线采用专责制维护即隔天维护，该月单号日期由于有专责班的电极清理和焊机维护，因此该天出现过程能力指数的上升，总体就会出现震荡的情况。

该月焊接钢轨的过程能力指数分布与二次预热电流的报警次数、比率的对应情况见表 2。二次预热电流的报警次数、比率随过程能力降低的变化趋势见图 2。

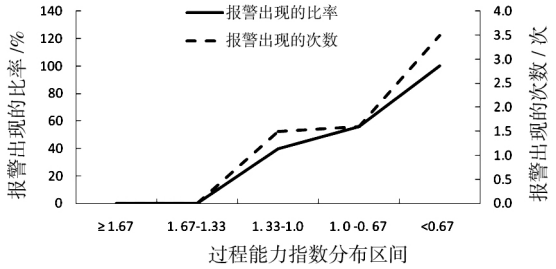


图2　报警次数和报警比率随过程能力变化趋势图

表 2　某月过程能力指数与二次电流报警统计表

Cp 值范围	出现天数	出现电流报警的天数	报警次数	报警出现的比率/%	每天报警次数
Cp≥ 1.67	10				
1.67 > Cp≥ 1.33	4				
1.33 > Cp≥1.0	5	2	3	40.0	1.5
1.0 > Cp≥0. 67	9	5	8	55.6	1.6
0.67 > Cp	2	2	7	100.0	3.5

从表 2 和图 2 中可以看出，过程能力指数大于 1.33 时，未出现二次电流报警；当过程能力指数低于 1.33 时，随着过程能力指数的下降，开始出现二次电流报警，并且随着过程能力指数的下降，二次电流报警出现的几率增加。过程能力指数分别由 1.0 ~ 1.33之间逐渐降低至 0.67 ~ 1.33 之间，后降低至 0.67 以下，出现二次电流报警的几率相应的由 40.0% 增加至 55.6%，后增加至 100%。报警次数也由 1.5 次/天上升至 1.6 次/天，后上升至 3.5 次/天。这说明当过程能力指数大于 1.33 时，过程能力充足，能够满足生产的要求，过程能力指数在 1 ~ 1.33 之间，过程能力较差，勉强能够生产，开始出现报警，需要改善；过程能力指数低于 1 时，过程能力不足，报警次数进一步增多，无法有效保证生产。当过程能力指数低于 0.67 时，过程能力严重不足，报警出现的几率为 100%，无法进行生产。这与表 1 中的情况相符，说明过程能力指数可作为二次电流报警的判断指标。

从实际生产情况看，从第 8 日开始焊接 U75V 钢轨时，出现焊机电极底座发热的现象，说明焊机电极底座和电极之间接触不好，电阻增加，导致二次电流降低，并且电极也到了使用周期末期，电极与钢轨接触面有较多电弧灼伤留下的伤损，也使得电极与钢轨接触不良，电阻上升，二次电流下降。在焊接 U75V 钢轨和焊接 U71Mn 钢轨相继出现过程能力较差的情况下，在 21、22 日进行了为期两天的停产检修，重点进行了电极底座的铣刨抛光，更换了新的电极。检修结束后该月后 9 天焊接的钢轨过程能力指

中国知网　https://www.cnki.net

数基本大于1.67，未再出现二次预热电流报警的现象。说明影响过程能力指数的问题已经解决，焊机过程能力充足。

3 结论

(1) 焊机二次预热电流在过程受控状态下，过程质量特性值服从正态分布，可作为焊机焊接钢轨的过程能力指数。

(2) 采用过程能力指数作为焊机工序的工序能力指数来判断焊接钢轨的二次预热电流的过程能力是否满足生产要求，经实践验证正确、有效。

参 考 文 献

[1] 张公绪，孙静. 新编质量管理学 [M]. 北京: 高等教育出版社，2003.

[2] 孙静. 接近零不合格过程的有效控制 [M]. 北京: 清华大学出版社，2005.

[3] Kotz S，Johnson N L. Process capability indices—Areview [J]. Journal of Quality Technology，2002，34(1)：2－19.

[4] Kane V E. Process capability indices [J]. Journal of Quality Technology，1986，18(1)：41－52.

[5] 李玉玲. 基于过程能力指数的工序质量控制研究 [D]. 重庆: 重庆大学，2008.

[6] 国家质量监督检疫总局质量管理司，全国质量专业技术人员职业资格考试办公室. 2010年质量专业理论与实务(中级) [M]. 北京: 中国人事出版社，2004.

关于《包钢科技》2018年增设“专家论坛”栏目的启示

《包钢科技》是经国家科技部和国家新闻出版广电总局批准，由包头钢铁(集团)有限责任公司主管，内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心主办的科技类综合性刊物。45年来，《包钢科技》刊物质量和学术影响力不断提高，已成为展示包钢科技进步、创新成果的重要窗口和交流平台。为加强办刊特色，丰富栏目内容，《包钢科技》2018年开始增设“专家论坛”栏目，邀请公司内外学术与管理方面的权威、专家学者在期刊上发表论文。一般为特约稿件，包括省内外各学科的院士、知名专家、各学会会长、各大专院校的校长或在某专业、学科方面有特殊贡献的专家、教授撰写的学术论文。《包钢科技》真诚期待您在百忙之中赐稿，为技术人员提供指导，不断提高期刊影响力，促进技术传承，使《包钢科技》期刊进入更好更健康的发展轨道。

感谢大家对《包钢科技》给予的大力支持!

联系地址: 内蒙古包头市昆区包钢技术中心信息研究所

邮政编码: 014010

联系人: 安琪

联系电话: 0472－2186065　0472－2183081

传真: 0472－2183081

投稿途径(任选其一)：

(1) 包钢协同平台: 技术中心——信息研究所——安琪;

(2) E－mail: bgkj2005@126.com

《包钢科技》编辑部

中国知网 https://www.cnki.net