

# 统计过程控制在粘土砂湿型铸造生产中的应用

## Application of Statistical Process Control in Green Sand Foundry

100084 清华大学机械工程系 李斌锋 吴浚郊

摘要: 统计过程控制是改善铸件质量的有效方法。本文结合粘土砂湿型铸造生产的特点和 QS9000 认证的要求, 提出了在铸造生产过程中开展统计过程控制的方案, 并在实际生产中得以应用。

关键词: 统计过程控制 QS9000 认证 铸造 质量控制

Abstract: Statistical process control (SPC) is an effective way for improving casting quality. A scheme to implement SPC in the production process has been laid out, and some cases from foundries have been presented.

Keywords: Statistical Process Control; QS9000 authentication; Foundry; Quality Control

统计过程控制 (Statistical Process Control, 简称 SPC) 是一种提高产品质量和生产效率的技术手段。由于产品质量在现代工业中的重要地位, 使 SPC 已经在机械、纺织、汽车、电子产品等制造业中得到了广泛应用。

就铸造业而言, 对生产优质铸件的每个工艺过程都提出了比以往更为苛刻的要求, 迫使企业不断采用先进的管理方法和生产技术, 加速企业生产过程管理的现代化。同时, 汽车工业是铸造业最重要的用户, 其发展对铸件生产提出了越来越高的要求, 同时也是铸造技术进步的最大推动力。为了满足汽车工业的生产需要和质量要求, 铸造企业必须首先通过 QS9000 认证。

鉴于产品质量和 QS9000 认证的要求, 越来越多的铸造企业开展了 SPC 工作。但是, 很多铸造企业缺乏开展 SPC 工作的知识和经验, 往往得不到应有的效果。本文介绍了在铸造生产过程中开展 SPC 工作的方案, 以及在实际生产中的应用, 给铸造企业开展 SPC 工作提供一定的借鉴。

### 1 SPC 的简介

SPC 以概率论和数理统计为基础, 以提高产品质量水平为目标, 采用统计控制图、统计描述、统计相关分析、实验设计、回归分析等方法, 分析处理与产品质量相关的生产过程数据。SPC 的主要工具是控制图。从控制图上能够直观的辨别出生产过程是否处于受控状态, 可以通过它监视生产运行参数和质量指标

收稿日期: 2003 - 07 - 23

和热流密度可变性就可迎刃而解, 将热管的蒸发段置于密闭电控柜内, 用柜内的风机引导气流循环; 而热

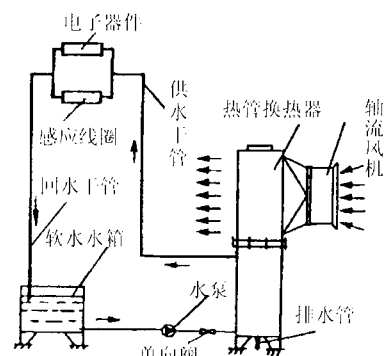


图 13 感应炉软水热管空气冷却器

管的冷却段在电控柜外, 由强迫通风进行散热。热管的热流密度可变性可以将集中的热流分散处理, 大功率电力电子器件的发热强度使热流密度高达  $500\text{W}/\text{cm}^2$

以上, 利用热管散热器可将热流分散, 以热流密度为  $5\text{W}/\text{cm}^2$  的低强度向空气中散失, 成功地解决了大功率晶闸管的风冷散热问题。

总之, 合理利用热管的特性, 遵循热管技术的原理和特点, 热管技术在铸造生产中的应用将会越来越广, 也会取得更多、更好的社会效益和经济效益。

### 参 考 文 献

- 1 马国泽, 侯增祺, 吴文锐. 热管. 北京: 科学出版社, 1983.
- 2 靳明聪, 陈远国. 热管及热管换热器. 重庆: 重庆大学出版社, 1986.
- 3 庄骏, 徐通明, 石寿椿. 热管与热管换热器. 上海: 上海交通大学出版社, 1989.
- 4 池田义雄, 伊藤淳司, 樋田昭. 实用热管技术. 北京: 化学工业出版社, 1988.
- 5 李学寒, 华诚生等. 热管设计与应用. 北京: 化学工业出版社, 1987.
- 6 黄向盈. 热管及热管换热器基础. 北京: 中国铁道出版社, 1995.
- 7 庄骏, 张红. 热管技术及其工程应用. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- 8 汤学忠. 热能转换与利用. 北京: 冶金工业出版社, 2002.
- 9 朱华东. 燃煤型高温热管热风炉. 非金属矿, 2001 (5).
- 10 张明, 张严波. 冲天炉热风换热器的设计. 中国铸造装备与技术, 2001 (1).

的变化,分析生产过程状态。控制图根据数据的特点,分为计量型数据控制图和计数型数据控制图。

SPC 是一个不断分析过程、维护过程、改进过程的循环。在分析过程中,确定要控制的产品性能指标或者过程变量是 SPC 最根本的基础。只有确定过程的主要变化因素,明确控制对象,才能选取合适的控制图,从而有效的反映出过程的变化。盲目选择控制对象,不但起不到改善铸件质量的作用,反而会影响对生产过程稳定性的正确判断。

## 2 粘土砂湿型铸造生产过程的分析

对于铸铁件生产而言,粘土砂湿型铸造工艺无疑是占主导地位的工艺。据统计,工业化国家中,铸件总产量的 65%~70% 是用粘土砂湿型工艺生产的。

粘土砂湿型铸造生产过程是一个复杂的物理化学过程,生产周期长、工序多、工序间相互制约大,工艺复杂、影响因素多(图 1)。铸造过程的各个工艺

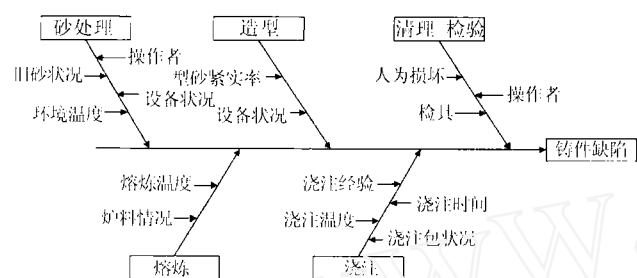


图1 铸件缺陷因果图

环节,例如零件结构设计、工艺设计、砂处理、造型、制芯、熔炼、浇注、凝固及冷却、清理等等都会影响到最后的铸件质量。因此可以说,铸件质量是多工艺流程配合的最终体现。但是,对于各个工艺环节本身来说,并不容易找到有效的、直接的质量评价准则。因为复杂系统的多部门之间往往不是线形配合,而是存在着相互耦合的现象。

## 3 SPC 的应用

铸造生产过程可以按照生产的流程和特点大致分成熔炼、砂处理、造型、制芯、浇注、清理和检验等工部。SPC 的工作是在分析每个工部的基础上开展的。

### 3.1 熔炼工部

熔炼铁液是生产铸铁件的重要环节。铸件质量包括内在质量、外观质量以及是否形成缺陷等,这些都与铁液方面因素有直接的关系。铁液的质量控制主要依靠碳当量测试仪、热电偶温度测量仪和光谱分析仪等检测设备。

影响铁液质量的基本要素是出炉温度、化学成分、有害成分和铁液的纯净度。出炉温度和化学成分可以作为一般铸件生产的 SPC 对象,一般采用单值 -

移动极差控制图(图 2)。

但是需要注意的是,如果生产的铸件批量小,生产中不断更换产品种类的话,不能简单的把所有产品的

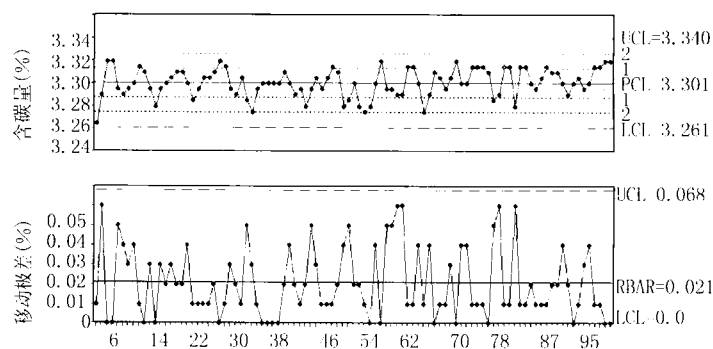


图2 某铸造厂铁液的含碳量：单值-移动极差图

的生产数据(例如,铁液的出炉温度)看成是同一个生产过程的数据进行分析。因为从 SPC 的角度来说,生产不同的产品对应的工艺规范不同,这些数据属于不同的生产过程,不加区分的分析会影响对生产过程变化的判断。

### 3.2 砂处理工部

型砂准备是粘土砂湿型生产中工艺过程复杂、影响因素众多、质量不易保证的环节。随着高生产率、高自动化程度造型线的普及,型砂质量对铸造生产的影响越来越突出,若失去控制会在短时间内造成大量废品。根据中国铸协统计,在我国一般铸造厂中铸件废品的 45%~55% 可归因为型砂成分和质量的波动。

除了型砂的主要性能指标,包括紧实率、湿压强度、含水量、透气性、粘土含量等需要实施 SPC 外,对于反映旧砂状况的数据,如旧砂温度、旧砂含水量、旧砂粒度分布、旧砂含泥量、有效煤粉含量、有效粘土含量都需要实施 SPC。通常根据变化因素的特点、数据量的多少来选择控制图。图 3 为某铸造厂型砂紧实率的单值 - 移动极差控制图。

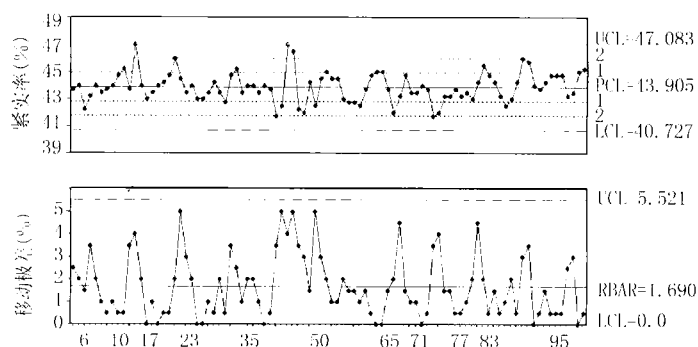


图3 某铸造厂型砂的紧实率：单值-移动极差控制图

砂处理工部的影响因素较多,在进行 SPC 的时候,需要对各个因素综合考虑进行分析,不能用一两个因素的变化来说明整个过程的变化。SPC 只是提供一种分

析过程的手段,解决生产中的实际问题还是要靠生产经验和技能。例如:某铸造厂对型砂的紧实率、湿压强度、透气性和有效粘土含量实施 SPC,紧实率和湿压强度的控制图均反映出砂处理过程稳定,但是铸件出现气孔缺陷。从工艺角度分析,增加含水量作为 SPC 的控制对象,发现含水量的控制图反映出过程失控(图 4)。该厂及时调整生产工艺,降低型砂有效粘土的

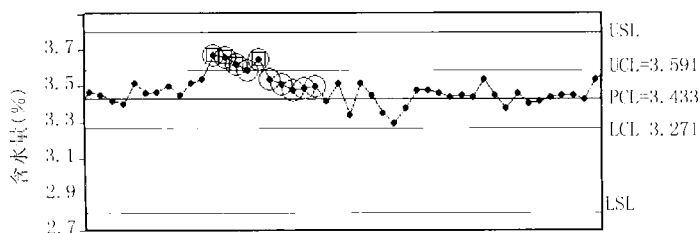


图4 某铸造厂型砂含水量的控制图

工艺规范,对砂型采取局部加强措施(刷砂型涂料),既保证了铸件表面质量,又解决了气孔缺陷问题。

### 3.3 造型工部

造型工部是铸造厂中实现铸件几何尺寸和力学性能等要求的关键环节之一。砂型的质量直接影响到生产的铸件质量。现代化的铸造厂均采用自动化程度高的铸造设备,砂型的质量一般都能达到较高的水平。

型砂的湿压强度和紧实率是影响造型质量的关键因素。在一些铸造厂,仅仅关心混砂机出口处的型砂性能,往往却忽视了更为关键的造型机处的型砂性能。为了保证砂型质量,应该对造型机处的型砂紧实率加以重视,应该对其实施 SPC。即使没有条件,也必须了解造型处与混砂机出口处型砂紧实率的对应关系,根据造型的要求调整型砂的紧实率。

此外,还需要注意的是砂型硬度。砂型硬度可以衡量砂型的紧实度,而砂型紧实度的高低对于铸件的尺寸精度和内部致密度有很大的影响。砂型硬度可以直接反映出造型过程是否满足生产的要求,也可以间接反映出铸件的质量情况。有条件的企业应该把砂型硬度也归入 SPC 的范围内。

### 3.4 制芯工部

砂芯质量直接影响到生产近终形铸件目标的实现。现代化的铸造企业也实现了制芯的机械化和自动化。优质的原材料和成熟的制芯工艺基本上可以保证砂芯的质量。但是我们还是要注意定期检测芯砂的性能和砂芯的尺寸和性能。例如,芯砂的发气量、抗拉强度,砂芯的关键尺寸和表面强度,这些关键因素都需要进行 SPC,有助于制芯过程的质量控制。

### 3.5 浇注工部

国内的铸造厂对于浇注的重视程度还远远不够,

很少有采用保温浇包浇注的。多数采取的是控制起始浇注温度和浇注时间来保证铸件质量的。但是实际上不同的浇注温度对于铸件最终的力学性能影响是很大的。经常可以看到,最终铸件的硬度和强度波动较大,其中有一个主要因素就是浇注温度的变化。

针对目前的浇注方式,在浇注工部开展 SPC 主要是浇注温度和浇注时间这两个变化较大、对铸件质量影响也较大的因素。同熔炼工部一样,需要注意的是不能把不同铸件的数据混在一起进行分析。

### 3.6 清理与检验工部

铸件流动到清理与检验工部的时候,其质量已经由前面的工序决定了。除了要注意规范清理和检验的操作,避免出现人为的因素影响铸件质量外,最关键的是要做好废品统计的工作。除对铸件的关键尺寸、力学性能开展 SPC 外,还要做好废品种类、数量的统计,为改善整个生产过程提供最有意义的参考。

铸件关键尺寸的控制图可以反映砂型尺寸、砂芯尺寸的变化,其力学性能可以间接反映出熔炼和浇注工序的影响。废品种类、数量的统计可以帮助技术人员找到质量问题的最重要的环节(图 5)。

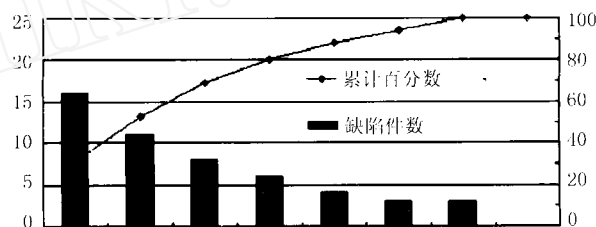


图5 某铸造厂废品排列图

## 4 结束语

(1) 铸造生产过程复杂,只有抓住主要因素,采用适当的控制方法和控制图才能发挥 SPC 的作用。

(2) 在分析铸造生产过程各工部的基础上,结合实际经验,提出了铸造生产过程中开展 SPC 的方案。

(3) SPC 的成功应用需要在实践中不断总结和提高,不同的铸造厂需要根据自己的特点制定适合自己的 SPC 方案。

## 参 考 文 献

- 张立光,熊守美,吴俊郊. QS 9000 与铸造生产. 铸造, 2000, 49 (12): 868~870
- 张杰, 阳宪惠. 多变量统计过程控制. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- 吴俊郊. 展望 21 世纪铸铁件的铸造技术. 中国铸造装备与技术, 1997 (5): 3~7
- 张立光. 铸铁件生产过程质量保证体系的研究. [博士学位论文]. 北京: 清华大学, 2001
- 李斌峰, 吴俊郊, 龚出群等. 砂处理中统计过程控制的应用. 铸造, 2003, 52 (6): 408~411