



SPC技术在建立制丝车间质量监控新模式中的探索与实践

卢游

[上海烟草(集团)公司上海卷烟厂]

【摘要】 统计过程控制(Statistical Process Control),简称SPC,是美国休哈特博士(Dr. Shewhart)在二十世纪二十年代所创造的理论。该理论把数理统计应用于工业生产中,由此把产品的质量控制从事后检验改变为事前预防,这对保证产品质量,降低生产成本,提高生产率开辟了广阔的前景。在统计过程控制中,控制图是核心工具,控制图是对过程控制中以测定、记录并进行极限管理的一种用统计方法设计的图。SPC主要是指应用控制图对生产过程进行实时监控,科学的区分出生产过程中产品质量的随机波动与异常波动,从而对生产过程的异常趋势提出预警,以便生产管理人员及时采取措施,消除异常趋势提出预警,以便生产管理人员及时采取措施,消除异常,恢复过程的稳定,从而达到提高和控制质量的目的。

在我国,统计过程控制(SPC)技术的应用仍处于起步阶段,特别是在国内烟草行业,应用统计过程控制(SPC)技术的企业非常之少。因此,推进统计过程控制(SPC)技术在上海烟草企业的应用,对促进上海烟草质量管理水平的提高和企业核心竞争力的提升具有非常现实的意义。

本文较为系统地介绍了车间应用SPC技术加强制丝生产过程控制和建立车间质量管理模式的一系列主要工作:它包括对制丝生产过程数据的采集;确定主要工艺技术参数、并使之标准化;控制图制作;过程稳态条件下CPK值的达标、建立评价模型;实现与参数化控制相对应的质量评价方法。

【关键词】 统计过程控制 车间质量管理模式 控制图 评价模型

引言

统计过程控制(SPC)技术是美国休哈特博士(Dr. Shewhart)在二十世纪二十年代所创造的理论。该理论把数理统计应用于工业生产中,制作出世界上第一张过程控制图,即不合格率(p)控制图,由此把产品的质量控制从事后检验改变为事前预防,这对保证产品质量,降低生产成本,提高生产率开辟了广阔的前景。在二战期间,SPC技术即在军事工业得到了有效的应用。但SPC技术真正大规模的使用是从二十世纪八十年代西方各主要工业国推行统计过程控制(SPC)技术开始,并取得了很大的成功。而在我国,统计过程控制(SPC)技术的应用仍处于起步阶段,特别是在国内烟草行业,应用统计过程控制(SPC)技术的企业非常之少。因此,推进统计过程控制(SPC)技术在上海烟草企业的应用,对促进上海烟草质量管理水平的提高和企业核心竞争力的提升具有非常现实的意义。

一、应用SPC技术的背景

作为比较早的推行信息化的部门之一,我厂制丝车间较早地建成了上位机数采系统,能够通过现场的PLC直接采集到实时的生产数据并发送到上位机上进行存储。但目前的实际情况是对于采集到的大量生产数据以及车间制丝的工艺参数并没有进行很好的研究、整理和应用,显得繁多而散乱,未物尽其用,也无法为车间的生产决策、考核提供有力依据,达不到稳定生产,提高产品质量的目的。与信息化的主旨:即对数据的研究、探讨,数据流向的把握、梳理并且依靠计算机等辅助设备的高

效、准确，最终达到减少人为因素，减少手工劳动，稳定生产，提高产品质量的目的不符。并且与车间提出的“创建国内最具竞争力的制丝车间”，与工厂“国内一流，国际先进”的目标都存在着相当大的距离。面对这种局面，车间管理层在经过认真的商讨和在公司、工厂各方面的大力支持下，决定通过信息化手段和SPC技术提升车间质量管理水平，实现车间质量监控模式的创新。

二 关于SPC技术的介绍

1. 基本概念

SPC即统计过程控制(Statistical Process Control)。在统计过程控制中，控制图是核心工具。控制图是对过程控制加以测定、记录并进行极限管理的一种用统计方法设计的图。SPC主要是指应用控制图对生产过程进行实时监控，科学的区分出生产过程中产品质量的随机波动与异常波动，从而对生产过程的异常趋势提出预警，以便生产管理人员及时采取措施，消除异常，恢复过程的稳定，从而达到提高和控制质量的目的。

在生产过程中，产品加工过程中的质量波动是不可避免的。它是由人、机器、材料、方法和环境等基本因素的波动影响所致。波动分为两种：正常波动和异常波动。正常波动是偶然性原因(不可避免因素)造成的。它对产品质量影响较小，在技术上难以消除，在经济上也不值得消除。异常波动是由系统原因(异常因素)造成的。它对产品质量影响很大，但能够采取措施避免和消除。过程控制的目的是消除、避免异常波动，使过程处于正常波动状态。

2. SPC技术原理

统计过程控制(SPC)是一种借助数理统计方法的过程控制工具。它对生产过程进行分析评价，根据反馈信息及时发现系统性因素出现的征兆，并采取措施消除其影响，使过程维持在仅受随机性因素影响的受控状态，以达到控制质量的目的。当过程仅受随机因素影响时，过程处于统计控制状态(简称受控状态)；当过程中存在系统因素的影响时，过程处于统计失控状态(简称失控状态)。由于过程波动具有统计规律性，当过程受控时，过程特性一般服从稳定的随机分布；而失控时，过程分布将发生改变。SPC正是利用过程波动的统计规律性对过程进行分析控制。因而，它强调过程在受控和有能力的状态下运行，从而使产品和服务稳定地满足顾客的要求。

3. 工序能力评价

在传统的工序能力等级评价中认定 $C_p = 1.33$ 时是最理想、最佳水平。认为 $C_p < 1$ 时为过程能力不足； $C_p \geq 1.67$ 时为过程能力富余。然而，在经济全球化时代，企业竞争已日趋激烈，科学技术和生产力的高速度发展对质量提出了高标准的要求：很多先进企业已经提出 $C_p \geq 1.67$ 的要求，甚至提出 6σ 管理或零缺陷管理的要求。日本质量管理学家田口玄一对质量的定义是：“对社会所造成的损失。损失函数是一个二次曲线，当分布曲线呈正态分布时，其质量损失最小”。也就是过程稳定呈正态分布时，对企业来说这是一种最经济的方式。

图1 不同正态分布的过程能力

图1给出不同正态分布的过程能力,说明当分布曲线呈正态分布时,其集中度越高,即 C_p 越大,过程越稳定,其质量损失最小。

4. 现代SPC的发展特点

经过近70年在全世界范围的实践,SPC理论已经发展得非常完善,其与计算机技术的结合日益紧密,特别是在企业内的应用范围、程度也已经非常广泛、深入。概括来讲,现代SPC的发展呈现如下特点:

(1) 分析功能强大,辅助决策作用明显

在众多企业的实践基础上发展出繁多的统计方法和分析工具,应用这些方法和工具可根据不同目的、从不同角度对数据进行深入的研究与分析,在这一过程中SPC的辅助决策功能越来越得到强化。

(2) 体现全面质量管理思想

随着全面质量管理思想的普及,SPC在企业产品质量管理上的应用也逐渐从生产制造过程质量控制扩展到产品设计、辅助生产过程、售后服务及产品使用等各个环节的质量控制,强调全过程的预防与控制。

(3) 与计算机网络技术紧密结合

现代企业质量管理要求将企业内外更多的因素纳入考察监控范围,企业内部不同部门的管理职能呈现出分工越来越细与合作越来越紧密两个特点,这都要求可快速处理不同来源的数据并做到最大程度的资源共享。适应这种需要,SPC与计算机技术尤其是网络技术的结合越来越紧密。

(4) 系统自动化程度不断加强

传统的SPC系统中,原始数据是手工抄录,然后人工计算、打点描图,或者采用人工输入计算机,然后再利用计算机进行统计分析。随着生产率的提高,在高速度、大规模、重复性生产的制造型企业里,SPC系统已更多采取利用数据采集设备自动进行数据采集,实时传输到质量控制中心进行分析的方式。

(5) 系统可扩展性和灵活性要求越来越高

企业外部和内部环境的发展变化速度呈现出加速度的趋势,成功运用的系统不仅要适合现时的需要,更要符合未来发展的要求,在系统平台的多样性、软件技术的先进性、功能适应性和灵活性以及系统开放性等方面提出越来越高的要求。

三、车间质量监控模式的建立

车间质量监控模式建立的主体工作是应用信息技术全面导入SPC技术:它包括对制丝生产过程数据的采集;确定主要工艺技术参数、并使之标准化;控制图制作;过程稳态条件下 CPK 值的达标、建立评价模型;实现与参数化控制相对应的质量评价方式。

1. 确定主要工艺、技术参数,实现参数化控制

实现生产参数标准化是车间质量管理的发展要求。随着卷烟制造技术的不断提升,对卷烟内在质量的稳定也提出了更高的要求。这就需要在制造加工过程中按照产品的设计参数进行生产,避免各工序点参数的随意变动而引起制丝加工内在品质的波动,为了达到标准化生产。2003年,车间在对以往生产过程中使用的工艺参数、技术条件详细调研的基础上,结合国家卷烟工艺规范的要求和车间挡车工普遍的操作习惯,实施对100种主要的工艺参数和技术条件进行标准化控制。为确保参数标

标准化工作正常开展，车间以每月下达参数表的形式，指导和规范生产班次的操作。实施对制叶丝工序、制梗丝工序和掺配与储丝工序的工艺参数和技术条件进行标准化控制。通过此项措施的落实，使车间生产参数标准化更趋合理和规范，同时车间加强对过程参数的考核和管理，明确三班标准参数设置的范围和修改权限，车间工质员每月对实际操作情况进行汇总、分析，落实考核。目前挡车工对 98 种参数基本不作调整性操作，遇特殊情况需作调整也留下记录。工艺参数和技术条件标准化的实施有效地确保了参数化控制在车间的执行，进一步提高了制丝生产的参数控制水平和质量稳定能力。

2. 探索控制图应用，实现质量的过程控制

(1) 关键质量特性值的确定

关键质量特性值是指影响产品的关键要因，同时也是推进车间 S P C 技术应用的关键所在。根据制丝生产流程的分析，车间确定以下 9 种质量特性值为关键质量特性值：烟叶加料比例、烘叶丝含水率、叶丝掺配比例、梗丝掺配比例、膨丝掺配比例、薄片丝掺配比例、烟丝加香比例、烟梗加料比例和烘梗丝含水比例。

(2) 控制图制作及使用

为深化 S P C 技术和提高数据分析能力，车间积极探索控制图在制丝生产中的应用，组织专门的力量，经多次调研、讨论，最终形成了控制图制作的需求，对车间 9 种关键质量特性值，共 28 张控制图的制作进行了确定，制丝控制图具体制作方法如下：

A：每个控制图分别制作偏差控制图、偏差的平均值控制图和偏差的标准偏差控制图。

B：偏差控制图的制作：每线号、每烟号、每项目、每批号 1 个图。中心线为 0，上下限为质量要求公差范围。每分钟采集 1 个数据，计算偏差（偏差=采集值-设定值），在偏差控制图上画点。

C：偏差的平均值控制图的制作：每线号、每烟号、每项目 1 个图。中心线为 0，上下限为质量要求公差范围除以 $\sqrt{50}$ 。计算批内偏差的平均值，在偏差的平均值控制图上画点。

D：偏差的标准偏差控制图的制作：每线号、每烟号、每项目 1 个图。底线为 0，上限为质量要求公差范围除以 6。计算批内偏差的标准偏差，在偏差的标准偏差控制图上画点。

在车间上位机上制作这些制丝控制图，由制丝数据采集和处理系统自动生成。即对烟叶加料比例、烘叶丝含水率、叶丝掺配比例、梗丝掺配比例、膨丝掺配比例、薄片丝掺配比例、烟丝加香比例、烟梗加料比例、烘梗丝含水率这些关键工序点的偏差做控制图。偏差是实际生产质量水平与工艺标准设定之间的差距，所以以偏差为统计量来做控制图就能清楚的看出偏离设定值的程度和多少。通过平均值控制图和标准偏差控制图还可以看出批与批之间的波动、是否稳定。同时针对上位机所做的制丝控制图，提出七种异常点的判断原则：

A：偏差控制图中连续 9 点 \geq 上限；

B：偏差控制图中连续 9 点 \leq 下限；

C：偏差的平均值控制图中有点 \geq 上限；

D：偏差的平均值控制图中有点 \leq 下限；

E：偏差的平均值控制图中连续 5 点在中心线和上限之间；

F：偏差的平均值控制图中连续 5 点在中心线和下限之间；

G：偏差的标准偏差控制图中有点 \geq 上限。

制丝控制图判断异常的输出链接相应控制图：异常描述（A 或 B）链接该项目、该批号偏差控制图；

异常描述（C 或 D 或 E 或 F 或 G）链接该线号、该烟号、该项目偏差的平均值控制图和偏差的标准偏差控制图（显示最近 10 个平均值和 10 个标准偏差）。

同时制作制丝控制图的异常报警表，包括：生产日期、生产班别、生产班次、生产批号、线号、

烟号、项目和异常描述，还可链接至相应的控制图，以便异常处理的追溯。

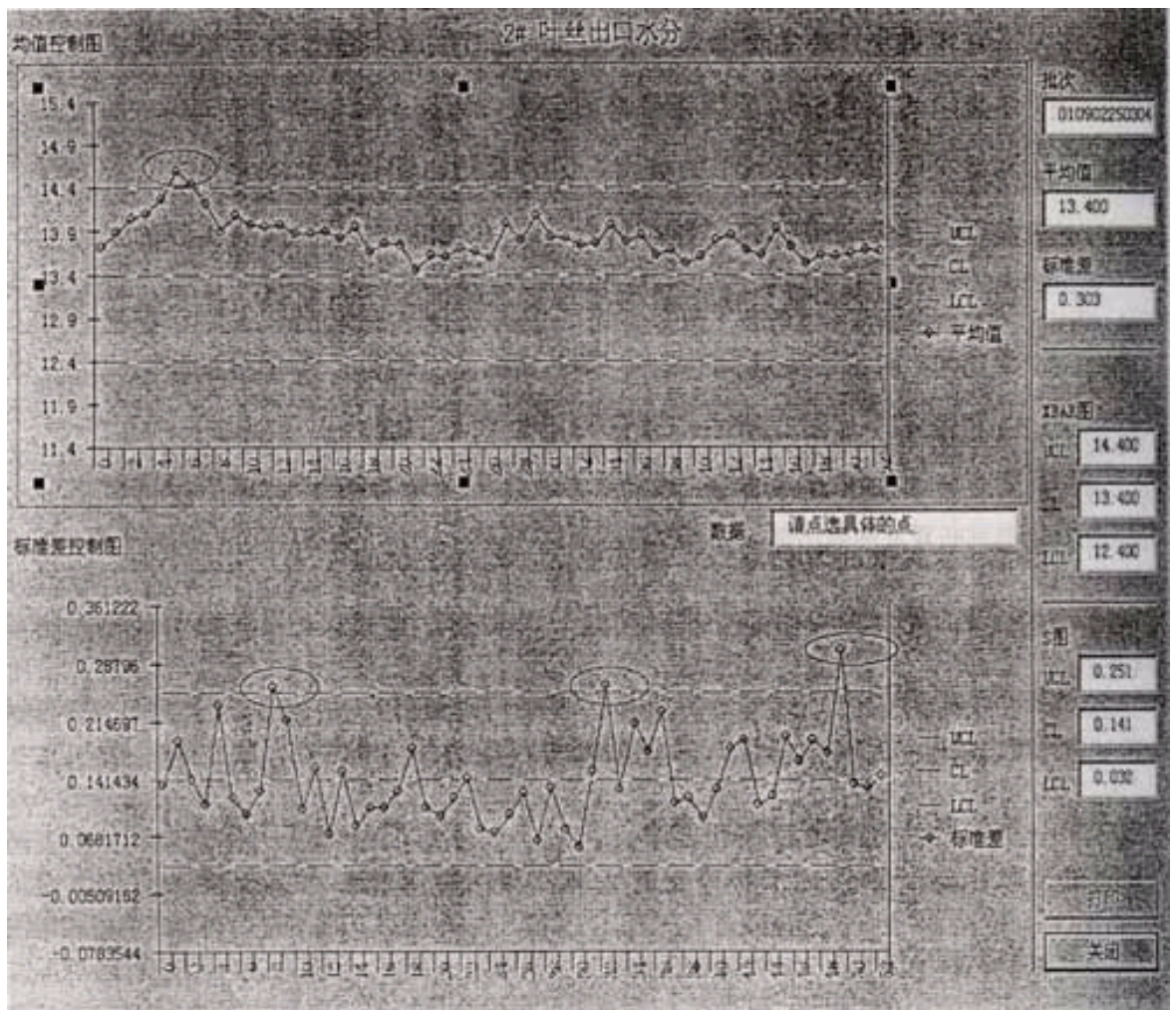


图2 车间2#线叶丝出口水分的偏差数均值—标准偏差控制图

如：图2是车间2#线叶丝出口水分的偏差的均值—标准偏差控制图。通过该图可以看出，第6点已超出了上界限（UCL），根据判异原则C判异，说明该点已超出了工艺规范允许的偏差范围，即该点是不符合工艺标准的，可能造成产品质量上的问题。以此作为问题点，组织设备管理员、工艺员从设备情况、来料情况、操作方法等方面进行调查，进行原因分析，提高产品质量。偏差的均值控制图反映的是偏离工艺标准的情况，如果点全部都在工艺范围之内，也不能说明生产情况是完好的，因为无法判断生产过程是否稳定，有无波动，而偏差的标准偏差控制图正是反映生产稳定情况的，从图2可见第9、33、50三点都超过了上界限，根据判异原则G判异，说明此三点的波动非常大，不稳定，但从均值图中则无法看出此三点的异常。所以应该同时结合这两张图来进行分析、控制，才能既保证产品符合工艺规范，又使生产过程受控，保证生产的顺利进行。

3. 建立车间质量监控评价新方法

随着SPC技术在车间的不断深入开展，无论是从推广应用角度还是从巩固成绩角度，都需要建立一个与之相匹配的管理制度。为了推进SPC技术在车间工作中的进一步应用。车间对经济责任制中主体内容（即质量考核）进行了一次较大幅度的改变，将原有的一些常规检测指标的考核比重进一步压缩，并以合格率为重；将近70%左右的内容转变为对各工序点的Cpk值的全新考核。并在日常生产管理中形成月度原因分析制度，制定原因分析人、原因分析方法、原因分析内容、判定标准和闭环措施的办法、形成日、月的Cpk值统计表，因为Cpk作为衡量实际生产过程能力指数，它直接反映了生产过程能够满足规格要求的能力，反映了合格品率的高低。Cp即过程能力指数，它是指

过程能力满足质量要求的程度，是一种理想状态，是当质量特性值的分布中心与目标值重合的时候产生的； $C_p k$ 则是因为实际情况下，两者是偏离并不重合，它作为衡量实际生产过程能力指数直接反映了生产过程能够满足规格要求的能力，反映了合格品率的高低。同时车间根据实际情况还引入了 $C_p k_1$ 的概念，因为探测、计量工具本身存在着仪器误差，造成仪器显示值与实际值不同，所以计算的 $C_p k$ 并不能说明实际的过程能力。引入 $C_p k_1$ 的概念，通过仪器显示值与实际值间的差值转换消除了仪器本身误差，计算 $C_p k_1$ 的值才是真正反映了实际过程能力指数，真正对实际的生产过程加以分析和控制。如图 3 所示，绿色的即为 $C_p k_1$ 值。

考核观念的创新和转变促进了挡车工实现“从关注结果向更关注过程”的转变，分析思考质量问题也溶入了新的观念，进入了新的境地。如对待生产断料问题，以往职工较为关心因为停机时间过长而影响产量完成，现在由于过程控制精度意识有了提高，职工更关心因停机而影响过程质量。这一可喜的转变，是车间管理和技术进步的具体体现，从近期来讲，是为了 $C_p k$ 指标的提高，而从长远来看，是质量评价观念的彻底改变，是对车间不断提升内涵的重要支撑。

通过以上这一系列方法和举措的实施，车间标准化生产监控模式已初步建成。

4. 效果与努力方向

通过一年的努力，车间标准化生产监控模式已初步形成，制丝生产的参数控制水平和质量保证能力有较大的提高。制丝生产线确立的 1 0 0 种工艺参数，技术条件标准化应用率已达到 9 8 %。

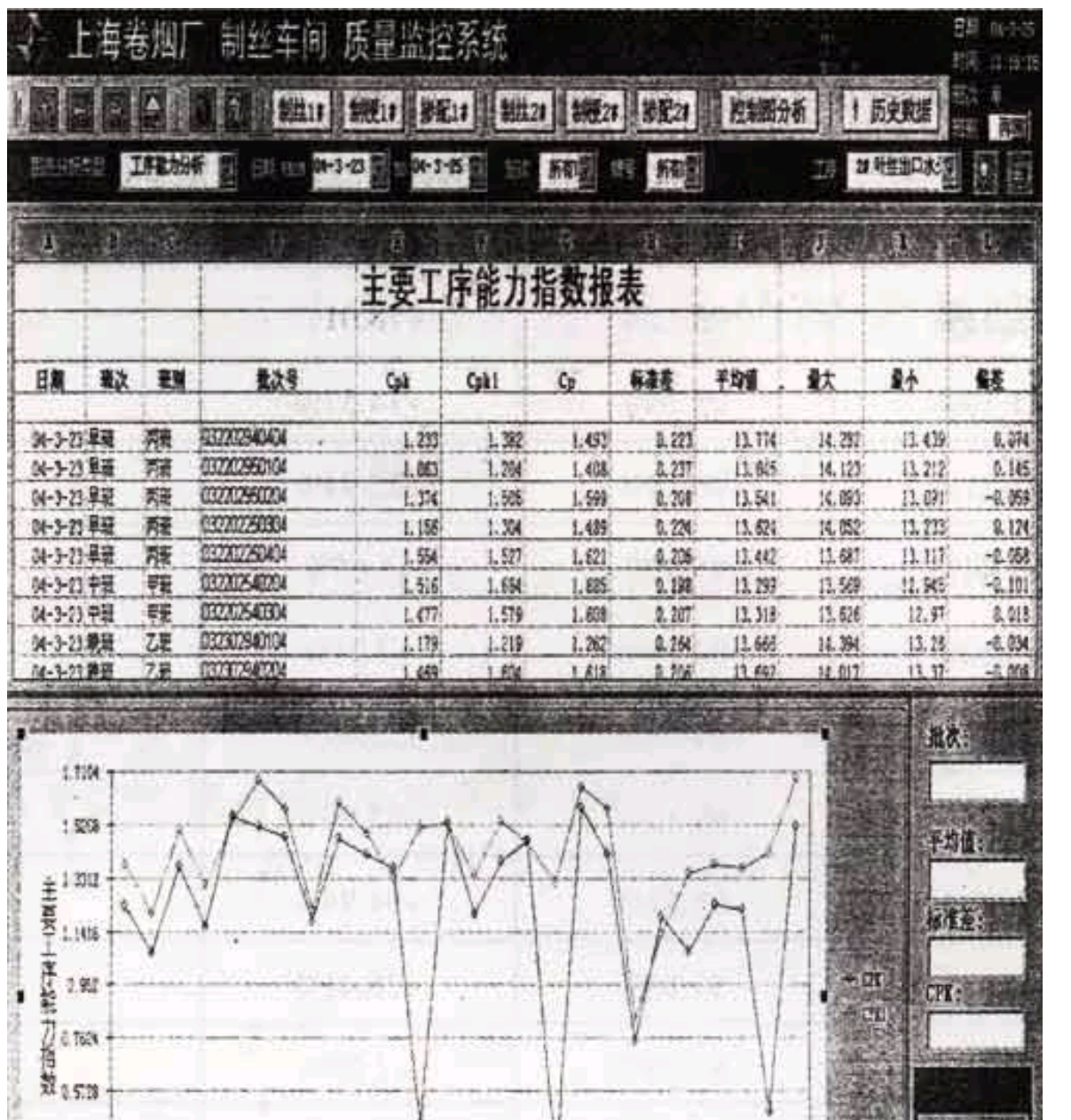




图3 车间生产过程控制图

以控制图为主的统计分析工具的设计应用，判异原则的探索及纠正措施的实施进一步提升了车间质量管理和设备管理水平。16个工序检测点中15个批合格率 $>88\%$ 。9个质量特性值也运用上述控制图加以分析、控制。具体各工序点在应用前后的数据分别见表1：

通过上述一系列数据的对比，确实说明SPC技术的推广应用给车间质量管理带来的成效。在看到成绩的同时，我们也应该看到存在的不足和改进的空间。

1. 从提升车间统计过程控制进一步发展的角度来看，目前车间所应用的控制图数量还不够，现有控制图主要还是对过程稳定起监视作用，对发生过程异常的多变量工艺控制参数输入的工序检测点和关键质量特性值还无法做到及时诊断和处理（总质量与分质量之间的合格判定），存在处理滞后现象。因此必须扩大控制图的使用范围，通过建立工序检测点和关键质量特性值与对应多变量工艺控制参数之间的数学预报模型，提高过程异常的预报水平。

2. 从实施SPC的两个阶段（分析阶段，监控阶段）来看，车间控制图的应用还处于分析用控制图阶段。其特征主要是：使过程处于统计稳态；使过程能力足够。而监控阶段的主要工作是使用控制用控制图进行监控。此时控制图的控制界限已经根据分析阶段的结果而确定，生产过程的数据及时绘制到控制图上，并密切观察控制图，根据判异准则，控制图中点的波动情况可以显示出过程受控或失控，如果发现失控，必须寻找原因并尽快消除其影响。监控控制图可以充分体现出SPC预防控制的作用。这是车间控制图应用下一步需要努力的方向。

工序点名称	SPC技术实施前后Cpk批合格率比较			SPC技术实施后 Cpk平均值
	实施前批合格率	实施后批合格率	实施前后比较	
松散回潮温度	2.05%	5.92%	+3.87%	-0.15
1#线二次回潮温度	18.31%	96.32%	+78.01%	1.31
回潮加料比例	81.19%	95.76%	+14.57%	3.12
叶丝膨胀温度	73.21%	96.15%	+22.94%	4.32
叶丝含水率	94.04%	95.69%	+1.65%	1.57
烟梗加料比例	87.50%	94.71%	+7.21%	1.38
一次润梗温度	42.24%	97.88%	+55.64%	2.64