

当代制造业 的挑战

制造科学

第 6 页

成功探索未知的领域

第 23 页

诺基亚与 ABB 的合作

第 39 页



当代制造业的挑战

制造 (Manufacturing) 这个词的直译是“手工制作”。但是,时间以及无数的发明和革新已经大大地改变了这个词的含义。发生在18世纪中叶的工业革命或许是这个变化中最著名的里程碑,在这场工业革命中,蒸汽机被用来给机器提供机械动力,如纺织机械,因此带来了重要的经济和社会效果。第二次工业革命从1850年开始,改变了化学工业、石油工业,特别是电力工业。1913年,福特公司引入了移动装配输送带,这不仅给T型轿车增加了竞争力,使其大获成功,而且提升了整个福特公司的竞争力,使其获得巨大成功。

早些时候,制造业还出现过一個里程碑,不过,这个里程碑并不为人所知。在中世纪的意大利,人们已经有了生产线和零件标准化的概念。Arsenale di Venezia造就了伟大的商人和军用船只,使威尼斯成为首批伟大的海上强国之一。在其黄金时代,16,000名工人采用了让人嫉妒的戒备森严的技术方法,其工作速度之快,令人叹为观止。在1570年当塞浦路斯受到土耳其的威胁时,工人们在两个月时间里就生产了100条船只(每天生产一条以上)。

虽然制造业依然是许多发达国家和发展中国家一个重要的成功因素,但它对一个公司的整体繁荣却起着决定性的作用。制造业对于ABB这样的公司的业绩具有性命交关的重要意义。同时,我们的产品、系统和服务广泛应用于世界上最具活力和最为成功的公司的生产设施中。

ABB公司的全球制造业包括260家工厂和140个工程中心,本期ABB评论详细介绍了这些单位的一些情况以及我们使用现代工具对生产率改进策略进行分析、衡量和执行的成果。介绍需求驱动制造的那些文章以公司自己的工厂作为例子,特别强调多样性因素;我们公司制造运作的特点是变化范围广泛,从每年生产不到1,000件产品的加工车间到每天生产100多万件产品的连续制造作业都有。产品范围包括样本标准产品,按库存量大

小进行大批量生产,也包括高度复杂,按客户定制进行生产的产品,这种产品中含有大量的软件设计内容。我们的供应链伸展到全球每个地方,独创性必须很好地与质量、交货速度 and 市场需求取得和谐统一。麻省理工学院的Jonathan Byrnes教授应邀撰写了全球供应链及其固有风险的文章。如何正确管理这种风险也是本期其他若干篇文章的主题。

为了给我们的客户提供优质产品,我们采用了新颖和创造性的方法执行了诸如约束理论、面向制造的设计和统计流程控制等成熟的理念。正是此种独创性成就了过去几年里交货时间的大幅度缩减。除了连续不断地努力改进以外,我们还始终致力于寻求机遇推行生产率的改进,这些改进以历史悠久的和现代化的制造单位使用的新技术和新原理为基础,涉及到广泛的文化背景和许多不同的国家,如德国、中国、美国、印度或拉丁美洲等。

需求驱动的制造是ABB公司的生产机构采用的最为重要的原则。ABB评论论述了公司是如何应用这些可靠工具提高工厂的业绩,多篇文章介绍了具体的执行情况和效果。ABB公司的多数客户都从事或依赖于制造业,不管是离散制造,还是连续制造,也不管是生产石油和天然气,还是生产电力。由于制造厂家所面对的挑战在整个行业里都有着相似的地方,所以,我希望通过与读者分享我们在制造科学方面的经验,我们能够向读者提供一种洞察力和价值观。

敬请阅读。

Peter Terwiesch
首席技术官
ABB有限公司

ABB 评论 1/2006

当代制造业的挑战

制造业的发展趋势

6

制造科学

除非管理人员知道并了解制约制造流程的各种关系，即制造科学，否则任何新的理念以及术语和套话都无济于事。

12

制造业的节拍

物料和部件以确定的“节拍”在工厂中流动。如果ABB有许多工厂和许多不同的节拍，那么它是如何进行管理和优化的？

16

请系好你的安全带

在乡间驾驶汽车与优化供应链之间有些什么共同之处？

19

无风险业务

驾驭风险是项目成败的关键，全球供应链具有相互依存的复杂关系，要求我们对所涉及的风险进行认真仔细的评估。

以需求为驱动力的制造业

23

成功探索未知的领域

移动瓶颈与变压器制造有何关系，解决方案是如何改变这种状况的。

28

通往中国的捷径

这是与速度有关的问题。ABB将德国与中国之间的供应时间缩短了 70%，这令人惊叹的结果是如何取得的？

30

驱动力

一方面需要ABB快速交付零部件，另外一方面则需要使物流和生产保持低成本，二者是如何协调统一的？

33

快捷生产

对制造流程的彻底重新构思是如何帮助 ABB 满足日益严格的交货要求的？

36

未来的断路器工厂

ABB位于美国宾夕法尼亚州Pleasant山的高压断路器工厂将断路器制造推进到一个新的水平。

39

智能化制造

ABB的全方位服务®合同帮助诺基亚将维修保养用作提高生产率的一种工具，而不仅仅是救火式和预防式修理的一种工具。

43

色彩更丰富，浪费更少

一种喷涂机器人减少了浪费，可以按照你要求的色彩喷涂你的汽车。

47

定位焊接

配合适当软件可让焊接机器人每次都能在准确焊点上进行焊接。

制造技术

52

运营卓越化

卓越运营的含义是什么？它是如何解决工作难题的？

55

简约产生经济效益

一种简约，但是有效的设计理念帮助ABB以合理的价格满足客户严格的要求。

59

创新企业制造执行调度信息系统

一种功能强大的数据采集和分析工具，给制造带来协调统一。

65

模拟仿真的成就

在许多业务中，过程模拟仿真是一种重要和不可或缺的工具，在整个ABB得到广泛运用，如本文所示，在提高精益制造方面，这是一种极其优秀的手段。

68

警觉的眼睛

新的ABB理念使有效利用诊断信息成为可能。对于客户而言，这意味着更佳的手段和更佳的工厂绩效。



6



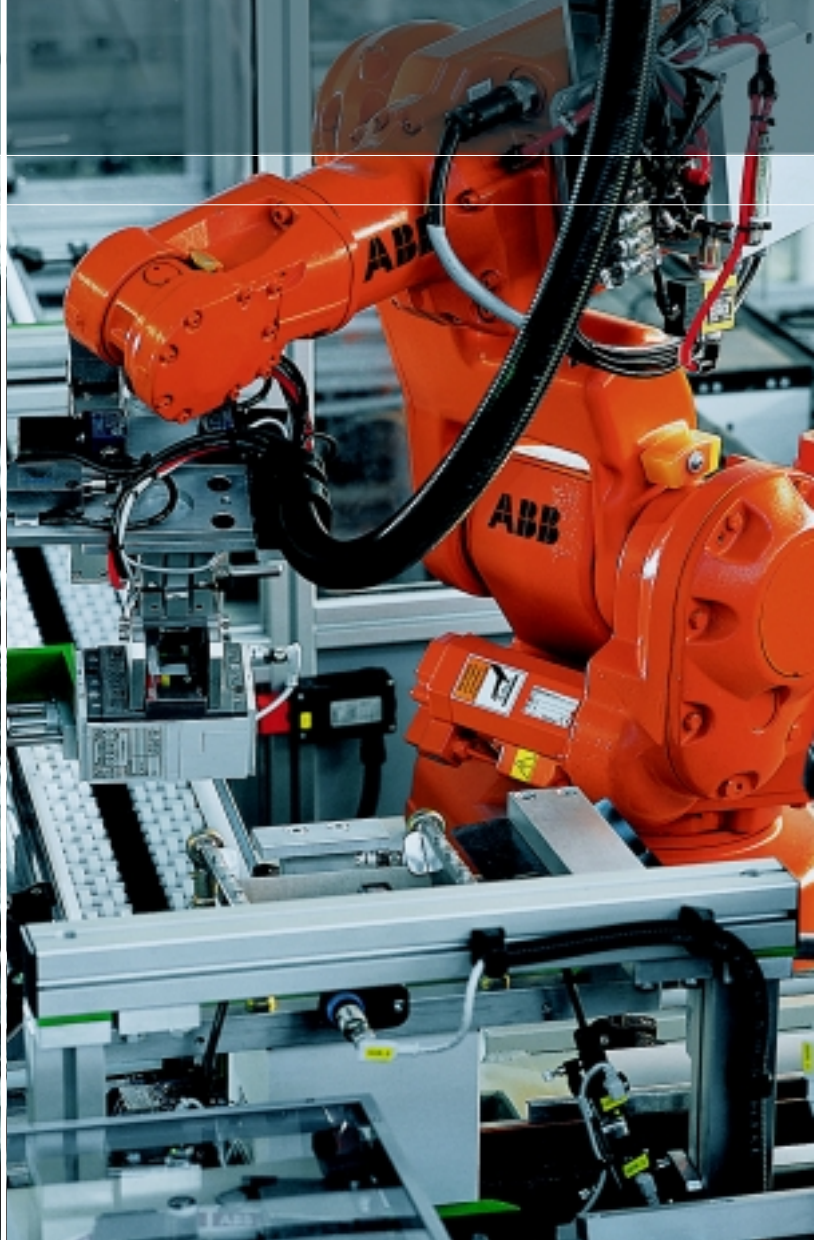
23



59



65



制造科学

高效制造流程是建立在工厂基本物理学定律基础之上

Fredrik Nordström, Piotr Gawad, Adam Nowarski

自从人类在地球上行走以来，人类一直在从事制造。当然，制造业已经发生了重大变化，而且发展和变化仍在进行。新的概念和术语经常出现，看起来它们似乎是每个制造管理人员所企求的答案，但是，很快就会被更好的概念和更时髦的术语所替代。

虽然这些概念和术语中确实体现了制造中的真实状况，但对管理人员而言，切实深入地掌握制造系统中的基本规律进行管理，从而有效合理地组织运用这些工具和概念则显得更为重要。换言之，应该透彻地理解什么是“制造科学”。

“制造科学”的含义是什么？一言以蔽之，它指的是一项具体制造流程的基本物理学原理，它不仅仅是细节问题，而且还涉及到生产线的各个部分如何共同发挥作用构成一个系统。例如，埃及人在建造金字塔时就非常了解如何应用这些物理原则。但是，规模化生产以及由此带来的速度问题，在那个时代，显然并不是问题的关键。埃及人没有碰到动态流程的问题，而在谈论产品规模化生产或连续流程时，这些要素却扮演着重要的角色。为此，我们需要快速地回顾一下第一次工业革命的情况。

直至18世纪中叶，产品多数都由熟练工匠一次生产一件，后来若干发明创造带来了我们称之为工业革命的时代，生产系统广泛实现了机械化，因而发生了从以家庭为基础的手工制造到大规模工厂生产的转变。这其中最为重要的发明创造就是蒸汽发动机（詹姆斯·瓦特）。蒸汽动力的使用不仅使得工业运作实现本地化，不受水力有无的限制，而且还提供了更加廉价的动力，从而降低了生产成本和价格。

另外一项发明出现于世纪交替的时候(1799-1801)，是制作枪支的工匠 Eli Whitney 发明的。他引入了互换零件的概念，使得产品可以快速装配和修理，而不必完全依靠个别熟练工匠的手艺。通过使用配备夹具的机器来生产枪支的各个部分，因而实现了一致性。显然，在19世纪早期，人们已经奠定了装配线的基础。

其他重要发明还包括在运输（铁路）和通信（电报）方面的发明，在给产品和信息提供必要的分发机制方面，这些发明起到促进的作用。

在所谓的第二次工业革命中，现代综合性的工业企业开始出现。此刻规模化生产和经销的所有要素都齐备了。

制造科学指的是一项具体制造流程的基本物理学原理，它不仅仅是细节问题，而且还涉及到生产线的各个部分如何共同发挥作用构成一个系统。

规模化生产的到来

有一个人将永远与使用专用机器和流水线大规模生产标准化产品联系在一起，他就是亨利·福特。流水装配线是在1913年被引入他的汽车厂的。传送带的使用消除了工位间额外的搬运等待。福特在其创造的连续流程概念中提出“将工作送给人，”而不是“将人送给工作”。这也为弗雷德里克·温斯洛·泰勒在1911年提出的“科学管理原则”的思想注入了生命。这基本上就是以消除浪费为核心的精益生产的起源。后来，这个概念被大野耐一和他的丰田公司团队借用，并得到了完善。

事后人们发现，传送带的使用似乎被福特对速度战略重要性的认识掩盖了，福特看到，快速工艺过程对产量和库存量都产生正面影响，因而，使他能够将成本保持在低于竞争对手的水平上。

发现变化的本质

当亨利·福特将产品可变性减少到绝对最小限度（仅只生产黑色汽车）以试图加快生产速度和降低总体成本时，另外一些人正在集中精力对流程进行“微调”，以此作为提高产品可靠性的方法。例如，西部电气公司贝尔实验室的工程师们对各种流程调整进行了试验，试图提高他们传输系统的质量，但成绩微乎其微，甚至毫无成果。统计学家 Walter A. Shewhart 最终得出结论：为了纠正随机变化范围内的波动，对流程进行的任何调整只会增加流程的可变性，从而降低过程绩效。换言之，依靠直觉和良好意愿或者说依靠经验办事，犹如在没有罗盘和地图的情况下探索未知地。他的发现导致统计过程控制方法的出现(SPC)¹⁾，后来，西部电气公司的两位员工 W. Edwards

1895年瑞士巴登的发电机装配车间



制造业的发展趋势

Deming 博士和 Joseph M. Juran 博士采用并进一步发展了这种方法。

Shewhart 题为“制造产品质量的经济控制”的著作发表于 1931 年, 这部著作对整个制造学科做出了重大的科学贡献。

在当今现代质量控制的工具中, 如六西格玛等(见 **方框 1**) 都是从这些发现中衍生出来的。

简约理念与系统方法

在其开发制造管理方法的努力中, 弗雷德里克·温斯洛·泰勒将生产系统分成若干更加简单的组成部分(简约理念), 期望对每个组成部分进行改进提高, 使其效率达到最大化。为此他开发各种夹具、模具和其他装置, 借以支持其使最佳方法标准化的目标, 他也因此而获得了“工业工程之父”的殊荣。

当对构成某个零件或组件的单个生产活动进行分析时, 这种简约主义的思路是优秀的。但是, 要提高整体效益, 不应该将重点放在改善流程的单个组成部分上, 而应该将重点放在各组成部分如何相互作用以及它们与其他子系统的相互作用方面, 从而构成完整的生产过程。然后, 以系统总体目标为基础, 实现绩效的最佳化。

方框 1 从质量角度看管理波动

现代化制造流程往往采用复杂技术监督和测控生产率和质量。生产率和质量是至关重要的, 尤其是在管理人员和操作人员都不断改善过程绩效的制造业内。

要获得一种高效流程, 使之可以生产质量极其优越的产品, 必须对许多参数进行控制。相应而言, 也就需要诸如六西格玛、试验性设计(DOE)和统计过程控制(SPC)¹⁾等一类的现代化方法和工具。

其中, 六西格玛已经赢得非常好的声誉。这是一种科学严谨、数据驱动的方法和理论, 用于消除任何过程中的缺陷。要达到六西格玛的水平, 一种过程生产出来的产品在百万个缺陷机会中不能产生多于 3—4 个缺陷。

为了能够全面了解过程, 进行连续不断的改进, 要执行六西格玛, 需要收集、显示和分析过程数据。

六西格玛的统计表达形式以量化方式说明过程如何执行。统计和解题工具类似于其他现代质量改进

策略。然而, 六西格玛强调采用以系统的方法论形式应用这些工具, 从而可获得突破性改进, 对最终结果会产生显著和可测量的影响。

六西格玛基于测量的策略将重点放在通过实施改进项目实现过程改善。这可以通过使用六西格玛的基本路线图、DMAIC 来完成的。DMAIC 是定义(Define)、测量(Measure)、分析(Analyze)、改进(Improve)和控制(Control)等英文字头的缩写, DMAIC 过程是一个针对现有未达标且需要进行增量改善的流程的改进系统。

为了实现上述目标, 六西格玛采用许多不同的统计工具。不过, SPC 技术方法及其相关控制图表的应用是实现流程变化所需的主要工具(见图 1)。

SPC 是一种通过对过程作图, 从而迅速确定过程是否出现“失控”的方法(如存在特殊原因造成的变化)。然后, 采用一种或多种过程改进工具[Pareto、DOE、因果图(C&ED)故障模式和效果分析(FMEA)]对过程进行研究, 确定此种“失控”状态的根

本原因。确定根本原因之后, 就可决定采用何种策略进行纠正。采用 SPC 可以验证任何改变的效力(见图 2)。

波动可以归结成两个部分: 过程的自然波动, 经常称为共因波动或系统波动(所有过程中都固有的自然发生的波动或变化)以及特殊原因引起的波动(一般系由某个特殊问题引起或在系统/过程中发生的特殊问题引起)。

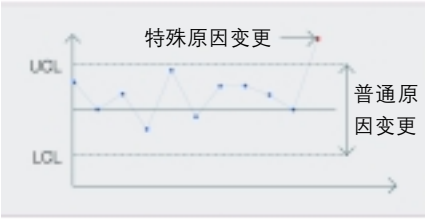
六西格玛方法广泛用于离散和连续制造过程中。在提高质量和利润方面, ABB 公司从六西格玛和 SPC 中获得不少效益。

在集团的研究中心, 开发了专门用于监测和分析离散制造过程的 SPC 系统。这种成熟的技术方法经过现代化改造后, 使用更加容易, 决策支撑更有效力。目前这套 SPC 系统正在与 ABB 的制造执行系统 MES 一同在公司内部部署。另外, 最近还在集团的运行卓越化课题计划范畴内采取一系列措施, 加强和促进了 SPC 系统在离散制造过程中的应用。

像多数现实生活中的系统一样，生产系统是由相互依存的事件和变化构成的。因为事物都不是孤立发生的，在决定如何以最好的方式影响绩效时，需要采用系统的方法。这就是 20 世纪的一些伟大思想家包括 W. Edwards Deming、Jay Forrester、Peter Senge 和 Eli Goldratt 所传达的最为重要的信息。

带有可变和相互依存事件的生产系统的最好例子是高峰时间的高速公路。每辆移动着的汽车就是一个与其他车辆的运动相互依存的事件。

■ 控制图表 — 普通和特殊原因造成的变化。



在这个例子中，不同的反应时间、司机的技术、各辆汽车的性能以及车胎和天气条件等都是变量。汽车数量的增加有时会造成拥堵，减慢车流速度。同时，还会造成所谓“橡皮圈效应”，这种效应会沿拥堵车流不断放大。司机被迫不断进行调整，适应车流的无序运动。

管理生产的关键是如何在整体上理解波动及其对生产和供应系统的总体影响。

在生产线上，我们也会看到同样的情况。车间的工单过多，过程会被中断，结果造成总的生产率不佳。这正好是简约理念方法与系统方法发生冲突的地方。当试图从每个子过程中获得局部高效率时，向车间投放的工单数量就会大于以过程高效为目标进行优化的工单数。结果会造成过多的在制品（WIP），漫长

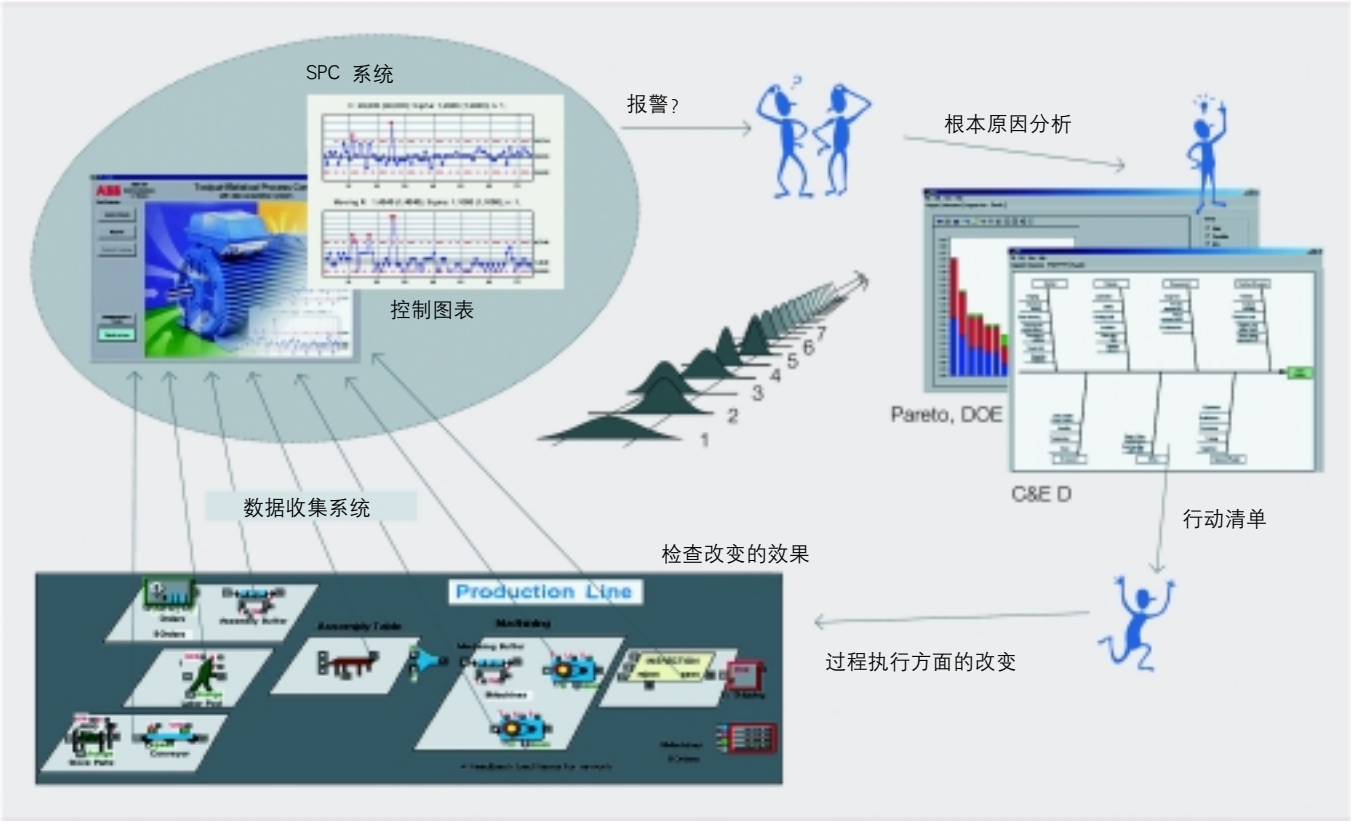
的生产周期以及较高的成本，更不要说总体效率将因此降低。这又是一个很好的例子，说明如果对基本关系没有深刻透彻了解，仅凭直觉和良好的意愿会带来不少问题。

人们通常会在漫长供应链中观察到最为严重的“橡皮圈效应”，这种效应更为普遍地被称作“牛鞭效应”。信息和材料传输延误的增加造成库存和可用率的波动。看来，管理生产的关键是如何在整体上理解波动及其对生产和供应系统的总体影响。

从流程角度看变化管理

制造业的最根本规律之一是：增加产品的多样性总会减少生产系统效能。这意味着：减少变化，制造流程会变得更加容易管理和改进。亨利·福特和著名的丰田生产系统肯定是沿着这样一个思路考虑问题的。不过，他们似乎没有考虑到的是：如果能够找到巧妙方法对此种变化进

■ 连续减少变化 — 统计工艺控制（SPC）基本路线图。



制造业的发展趋势

行管理的话，变化幅度大的系统确实具有改进的潜在可能性。

从概念角度看变化管理

直到 20 世纪末工业界才开始探索用一组标准化零件生产各种最终产品的潜在可能性。因此，存在两种制造途径：减少变化或者对变化加以管理（见图 3）。ABB 发展了普通拉式生产方法(CP3)¹⁾，同时解决这两方面的问题。CP3 将重点放在：在生产受控后，材料和信息是如何在工厂内流动以及供应商的那些流程被整合到这样的工厂中。精益制造²⁾和约束理论(TOC)¹⁾是支撑这些方法的重要理念。

在拉式生产中，客户定单触发

启动生产，它有别于按照预先确定的计划生产零件或产品的系统。这使得制造过程具有更好的连贯性。

CP3 概念的关键作用是引入了采用在制品控制的拉动效应，而这又是以制造中的另外一个基本关系——“利特尔定律”为基础的（见 方框 2）。

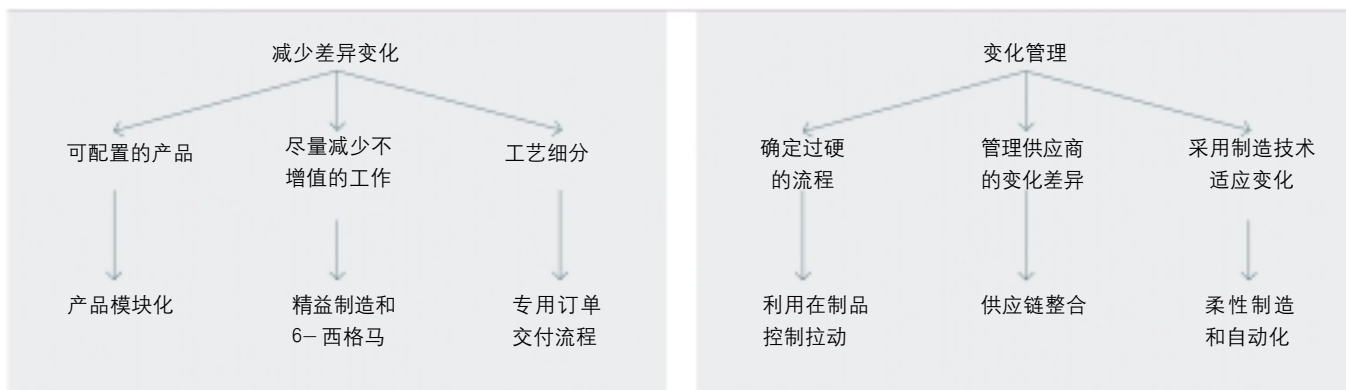
$WIP^{1)} = \text{生产速率 (PR)}^{1)} \times \text{生产时间 (TPT)}^{1)}$

支配制造活动的其他定律或关系还有不少，其中许多（见 表 1²⁾）都与上述定律或关系有关。要有效地管理制造作业，了解工厂物理学是必须要做的一件事情。

在 20 世纪初叶，电动机取代蒸汽发动机作为机械设备的主要动力源。在这个发展中，BBC 的 1、2 和 3 相交流电动机发挥了重要作用。



图 3 图中表列出一组方案，说明或者是设法减少变化，或者是对变化施行管理。



方框 2 利特尔定律

利特尔定律表明，在任何生产速率情况下，平均生产时间与在制品数量成正比。这个观点有几个重要分支，包括：

- 首先，如果通过时间增加，要达到同样产量，需要更多在制品。显然，为了补偿日常周期时间变化而在企业资源计划(ERP)上增加的排队时间是许多工厂出现多余在制品的根本原因。
- 其次，它表明，限制投入车间工单的数量，可以提高生产速度。只要“哄抬”在制品，就可大幅度增加流动速度。

利特尔定律可以看作制造业的“欧姆定律”：

- 如果 $R = \frac{V}{I}$ ，则 $TPT = \frac{WIP}{PR}$ 其中：需要—阻力—一个产品流动通过生产的过程。
- WIP（在制品）代表系统里等待完成的生产潜力。
- PR 代表生产流动速率。

注：

¹⁾ 见第 74 页词汇表。有关 TOC 的解释，请参阅第 25 页。

²⁾ 节录于“工厂物理学”，Hopp and Spearman 出版社出版，2000 年第 2 版。

了解制造环境

了解每个单独的制造环境是重要的。环境不同，制造活动间相互作用的波动和性质也各异。让我们先

研究一下过程结构（见图4）。

位于图中左上部分的环境比位于图中右下部分的环境具有更高程

度的波动。图中还显示出，初期生产量小的“新”产品，其位置往往位于图中的左上部分。在产品成功投产之后，初期系统生产缺陷得到克服纠正，这时产品就可能会向右下角移动。

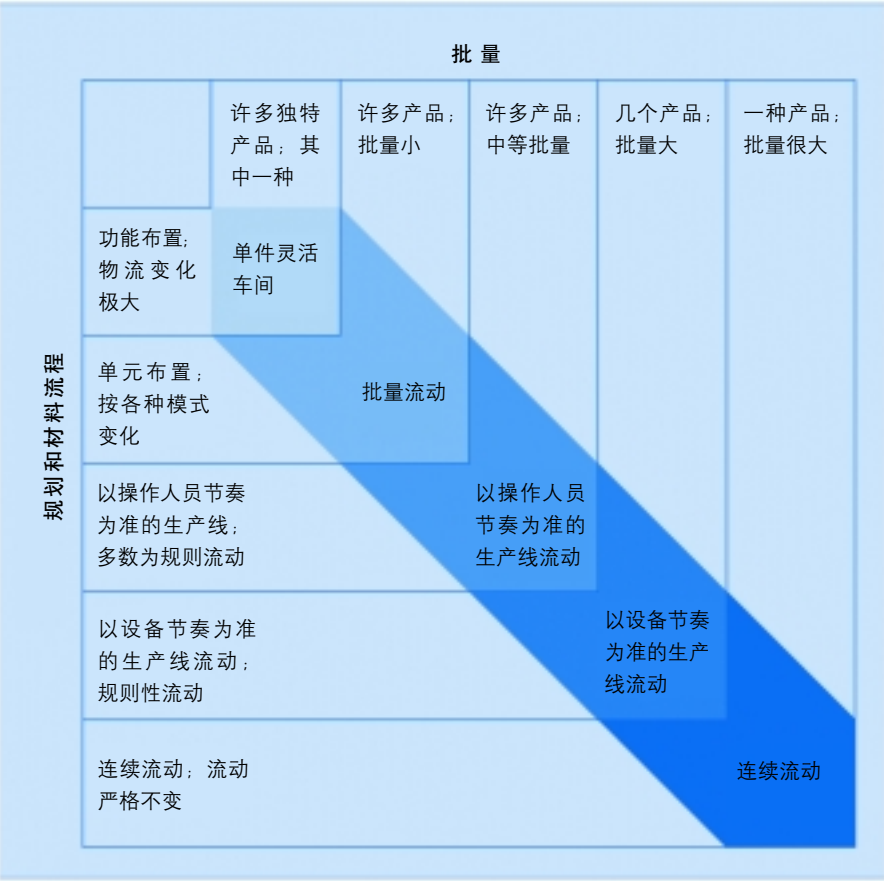
这张图表仅介绍了一种观点，此外还有其他几种观点。不过，最重要的是每个制造环境都是独特的。第一步是了解具体制造过程的基本规律，尤其是各个零件是如何作为一个系统在一起发挥作用的，以及此时出现的自然波动。不了解这一点，任何按直觉采取的措施可能会使得系统效能变得更糟。

如果采用正确工具解决了变化带来的挑战，过程效能会大幅度地得到改善。使用CP3，在6个月内就会获得显著的效果。掌握工厂物理学原理并将这方面的理解延伸至包函跨企业的合作方面，将会获得更加良好的效果。不过，那将是另外一个题目探讨的问题了。

表 1 工厂物理学定律和基本原理关系。

定律 (变化性): 增加变化总是会降低生产系统的效能。	定律 (能力): 在稳定状态下，所有工厂都会按低于平均能力的平均产率投入工作。
推论 (变化产生的位置): 在投入取决于竣工的生产线上，线路上早期出现的变异性比线路上较晚出现的相当变异性更加会增加周期时间。	定律 (利用率): 如果某个工位在不作出其他改变的情况下增加利用率，则平均在制品和生产时间将以高度非线性方式增加。
定律 (变化缓冲): 利用库存、能力和时间的组合将会使得生产系统的变化能得到缓冲。	定律(装配工序): 增加下述任何一项，装配工位效能都会降低： ■ 拟装配部件的数量 ■ 部件抵达的变化 ■ 在部件抵达之间缺乏协调
推论 (缓冲灵活性): 灵活性会降低生产系统所需的变化的缓冲量。	

4 产品工艺矩阵
(资料来源：J Miltenburg, 1995 “如何制订和实施一项成功计划”)



Fredrik Nordström
ABB Oy, ABB Corporate Research
Vaasa, Finland
fredrik.nordstrom@fi.abb.com

Piotr Gawad
ABB Sp. z o.o.
ABB Corporate Research
Krakow, Poland
piotr.gawad@pl.abb.com

Adam Nowarski
ABB (China) Limited
ABB Corporate Research
Beijing, China
adam.nowarski@cn.abb.com

制造业的节拍

ABB 内部的制造业

Steven Hegyi

许多年以来, ABB一直以工程公司而著称于世。它为客户的各种棘手的难题寻找解决方案的声誉是众所周知的。ABB同时也是一家制造公司, 这一点经常不被人们认识。ABB在世界各地拥有大约260多家工厂和生产中心, 这些工厂的规模有大有小, 产品范围也不尽相同, 从着重为当地市场服务的小型装配线和试验中心, 到着眼于全球可为世界各国生产产品的专业化管理工厂。本文简单介绍了ABB 部分类型工厂的情况。



ABB拥有许多工厂,生产各种不同的产品(见图1)。这些工厂的生产能力、生产方法和采用的业务系统也各不相同。对于我们的客户来说,将公司看成“一个ABB”是重要的,但是,这并不意味着公司下属的每一家工厂都是一样的。这是因为产品的复杂程度和生产批量大小各有不同。有的工厂的生产批量大、生产复杂程度低的产品,产品以一种基本设计或设计系列为主,而有的工厂生产的产品和解决方案,批量小,复杂程度极高,而且是按订单设计的。有的是装配生产线和试验工厂,对外部供应商的依赖性非常大,其他的一些工厂则拥有高度的垂直配套能力,生产许多自己需要的关键零部件。所以,挑战在于确定如何用最好的办法管理这些各不相同的生产系统。

制造流程好比河里的水,有时生产快一些,有时会慢一些。

制造流程好比河里的水,有时生产快一些,有时会慢一些。有时生产平稳流动,而有时会受到阻碍,甚至使整个过程缓慢下来。“库存”是衡量生产流动效率的一种方法。快速工艺流程的库存量所占收入的百分比低,而缓慢的工艺流程拥有高库存量。但是,如众人所知,库存在现金、仓库规模、品质低劣和管理所花的时间和精力方面都十分昂贵。所以,为了尽量减少库存量,生产流动和与之配套的供应商网络必须实现最佳化。在开始优化过程之前,必须透彻地了解生产的特点。

产品复杂程度与生产批量之间的关系可以划分成五种基本类型的生产流动(见图2,图3):

- 加工车间
- 批量流动
- 操作人员定节拍的生产线流动
- 设备定节拍的生产线流动

■ 连续流动

这些流动情况也代表了工厂布局和管理系统的类型,在制订和执行生产计划时所使用。包括:专门生产一种类型零部件或零件的工艺车间;根据产品要求,工人和产品按照预先确定的模式在工作站或机器之间进行移动的工作单元;根据工人或机器确定生产流动节拍的生产和装配线;以相互密切联系的设备为主的生产线。

但是,真正的挑战是要确定怎么样进行加工制造。每家工厂都有一个可以定义的“节拍”或者换句话说这个可以预先确定的节奏或步伐可以保证材料和工件以最快的速度(和效率)在整个制造过程中流动。许多情

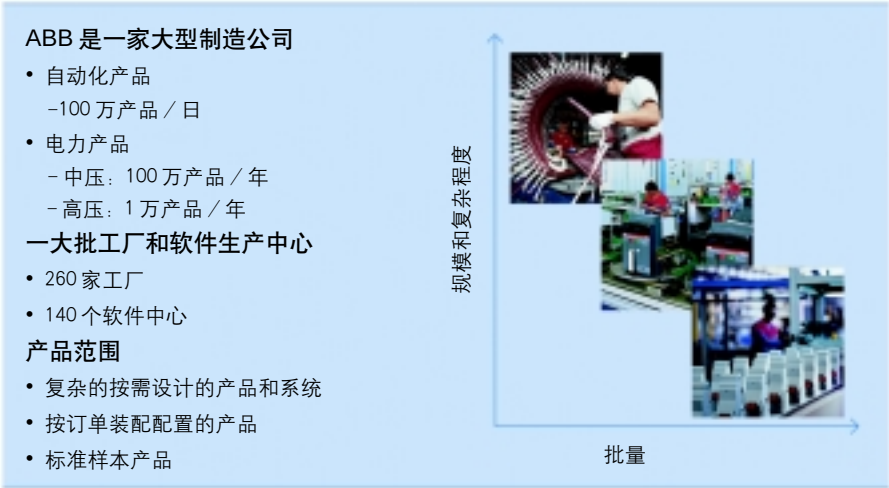
况下,这个节拍是实际上可以听到的。不同类型的工厂有不同的节拍,所以需要有不同的系统使工件流动实现最佳化。然而,工厂的运行方式通常是由企业资源计划(ERP)¹⁾和(或)“标准化”的系统决定的,而这些又是完全以财务报告的意愿或公共IT平台为依据的。这会产生问题。

加工车间工厂

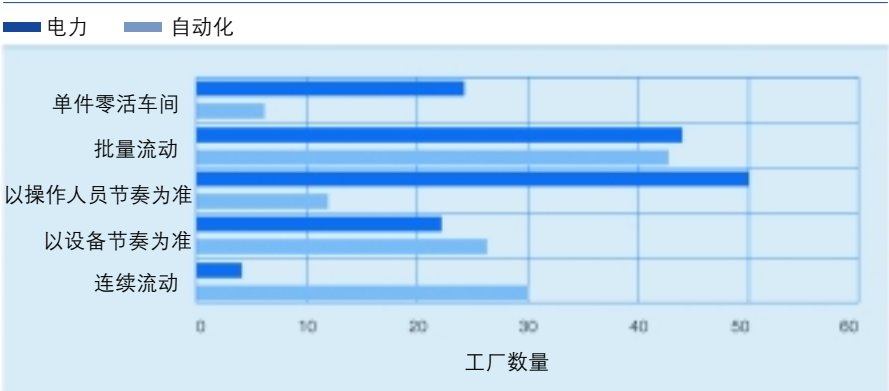
ABB曾经拥有数以百计的小型、产量低的加工车间,为当地市场生产产品。这些加工车间一般生产按订单设计的产品,客户定制程度和复杂程度非常高。每份客户定单就是一个项目,多数要求非标准化的功能或独特

注:
¹⁾ 见第74页词汇表。

■ ABB公司的制造规模和范围。



■ ABB公司属下的电力和自动化业务部门的生产流动工厂类型。



制造业的发展趋势

的零件和部件,给物料供应和生产控制提出了高要求。在加工型工厂里,每个零件和部件的加工制造都必须单个地安排计划、进度、定货、处理和跟踪。ABB公司位于德国巴德宏耐夫的大型电力变压器制造厂(属于公司的电力业务部门)就是一个非常好的例子。这家工厂每年只生产50至60台变压器,但是,每台变压器都是一个独特的项目,需要投入几百个小时进行工程设计,几千个小时进行加工制造。这非常类似ABB自动化业务部门属下的机器人系统集成工厂。采用物料资源计划(MRP)¹⁾II的ERP系统非常适合于这些工厂,虽然在较大工厂里,要有效地推行这些系统,通常需要大量的人力。

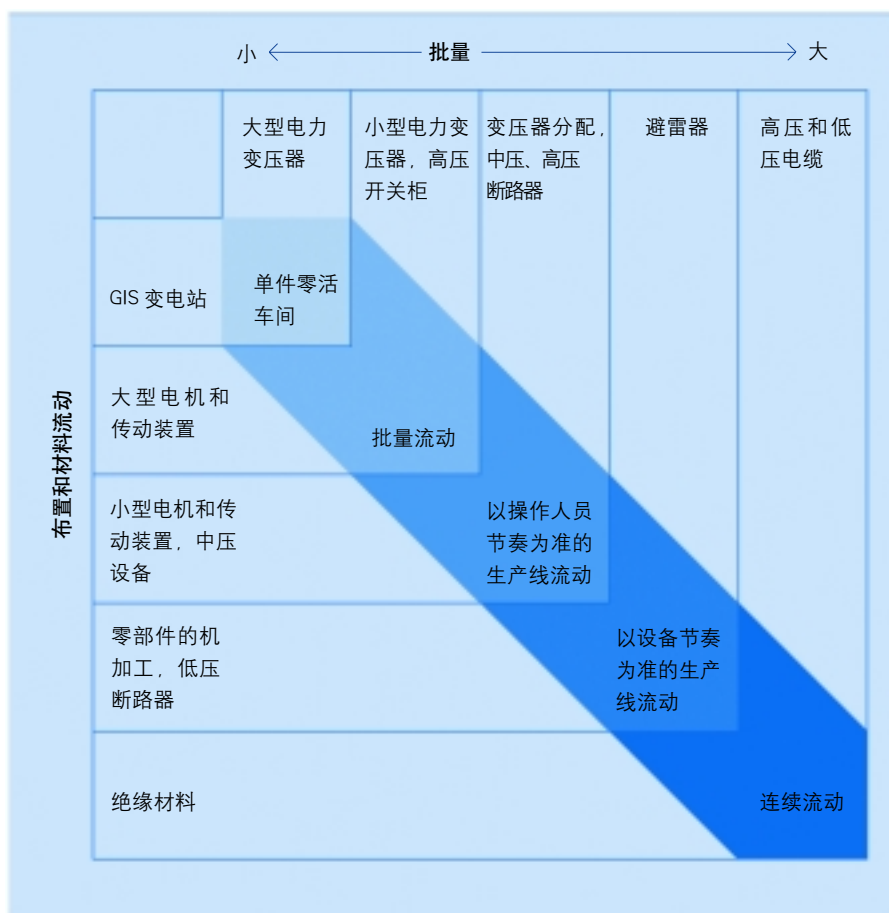
批量流动型工厂

ABB于上个世纪90年代中后期转移到专业化生产概念上来。这涉及到许多产品和产品系列的重新设计和简化以及不少工厂的改组和关停。通过让一些加工车间工厂实现专业化(专注于重点),只生产数量有限的复杂、按定单设计的产品类型,工厂的生产能力增加了,生产周期缩短了。设计要求相同或类似的客户定单可以在加工制造时按类别分组,“批量”的而不是一个个的进行加工处理。不少ABB工厂都属于该制造类型,包括:位于威斯康星州新柏林生产传动系统的工厂(归属于自动化业务部门)、美国佛罗里达州玛丽湖的中压开关厂以及波兰兹的绝缘工具中心等。在这些工厂里,尽管最终每批产品有上百个,但是每件产品都是按照客户定单定制的。

机器人和大型配电变压器生产也是很好的例子。产品组成批量生产是很重要的,因为它可以让工厂将不同类型的机器安排成“单元”或工作站,这样可以提高效率,减少在制品库存量。批量流动产品的生产从一个单元内开始,然后根据产品设计要求再流动到其他生产单元或生产区域。使用这种概念,可以对传统工厂计划和调度工具进行严格的试验,尽管在ABB一些经过修改和量身定制的系统被证明是行之有效的。以约束理论(TOC)²⁾为基础,使用瓶颈管理理论的计划和工厂管理系统也显示出巨大的潜力,但是,当单独使用时,产品复杂程度和工作内容的宽广变化肯定是一个需要面对的挑战。

产品组成批量生产是很重要的,因为它可以让工厂将不同类型的机器安排成“单元”或工作站,这样可以提高效率,减少在制品库存量。

■ 五种类型的生产流动(或制造流程)划分了产品复杂程度和生产批量之间的关系。



以操作人员速度定节拍的生产线流动

随着产品和生产的复杂程度的减少,零件和部件的标准化程度增加了,制造工作的内容变得更加一致。产品都在批量大的按定单装配的生产线上生产。这种类型的加工制造在ABB是非常普遍的,特别是在集团的电力业务部门更是如此。ABB公司的意大利达尔明中压电器装置的制造以及美国蒙大拿州杰佛逊城的配电变压器厂都是很好的例子。这两家工厂的生产批量都超过几千台。

自动化业务部门位于意大利贝加莫的低压开关厂是另外一个例子。生产节拍由单个工人或工作小组控

注:

¹⁾ 见第74页词汇表。

²⁾ 见第25页方框说明。

制。从生产的几个关键环节上出现的在制品(WIP)¹⁾ 库存积压情况很容易识别判断出生产瓶颈或约束点。以操作人员速度定节拍的加工制造的关键是让整个工厂的生产节拍或节奏保持一个恒定。这种恒定节拍不仅有利于工厂资源的优化和简化整个生产计划过程,而且也有利于通过使用看板和准时(JIT)供应等手段管理工厂的库存。事实上,采用“拉动”式生产系统(一进一出)和应用约束论理念已经使得一些ABB工厂基本上不再为生产制定详细的计划和进度安排了。

以操作人员速度定节拍的加工制造的关键是让整个工厂的生产节拍或节奏保持一个恒定。

以设备速度定节拍的工厂

以设备速度定节拍的生产系统与以工人速度定节拍的制造相类似,但是,速度更快,批量更大,产品设计的复杂程度和变化更小。多数零件和部件都已经标准化。自动化起着关键作用,工人的节拍由机器速度决定。产品设计比较一致,它们都需要相同数量的机器和(或)工时,多数



客户的特殊化要求在装配线的最后阶段解决。同样的,通过流程面对的在制品(WIP)库存量很容易判断出制造中的瓶颈或约束点。ABB公司这种类型的制造包括德国和瑞士高压电涌放电器工厂的低压断路器的制造,在这些工厂里,成千上万的产品和零部件被生产出来。纯粹拉动式生产体系在以机器速度定节拍的工厂方面优于其他体系,约束论生产计划是非常有效的。

连续流动型工厂

连续流动生产系统的特点是统一的设计和非常高的生产批量。ABB的普卡罗纸绝缘工厂是这方面的好例子。这些工厂基本上生产一种类型的产品或产品设计,每天运行24小时,每周开工6至7天。生产连续进行,产品不断流动通过工厂。工厂通过最大限度地利用机器来实现优化。通常很少有在制品的库存,准时供应原材料

是非常普遍的。对于这种类型的制造而言,机器的停顿是致命的,所以,在做生产计划时,预防性维修是主要考虑的因素。

ABB拥有许多工厂,生产各种不同的产品。管理这些工厂并使之实现最佳化的成功要素要求我们对制造系统内部的过程流动类型必须有一个清楚的了解。

一种药方肯定不能包医百病。



Steven Hegyi

ABB Power Technologies Management Ltd.
steven.hegyi@in.abb.com

请系好你的 安全带

全球供应链展望

Jonathan L.S. Byrnes

在当前的时代，设计和运行全球供应链就好象在弯曲的乡间小路上驾驶汽车一般，你开的越快，到达目的地的时间越快，当然，你不能在错误的地方开的太快。

这一期ABB评论选登了两篇文章，从正反（阴和阳）两个方面，探索全球化的益处和伴随的风险，见“无风险业务”（第19页）和“通往中国的捷径”（第28页）。在这里，底线是精益供应链的经济性使得益处和风险在所难免，但是，正好是如何对这些风险进行明智管理才将成功与失败区分开来。越来越多的好处以及伴随而至的风险管理的复杂性使供应链管理比以往任何时候都更加重要和更具挑战性。



我记得9年前造访了德国的梅塞德斯的一家大型工厂。工厂自动化程度非常高。我的导游自豪地给我解释机器人是如何工作的，多么快就可以生产一辆汽车。令人印象颇为深刻。

然后，我询问汽车生产的周期时间，即如果客户订购一辆汽车，他（她）什么时候可以看到这辆汽车。回答是生产这辆汽车只需要一天或两天时间，但是，安排这辆汽车的生产需要3个月。然后，再需要一个月的时间将汽车运交客户。

今天，生产和供应来源越来越多地在成本低廉的国家进行，经常会在亚洲。这种情况延长了供应线和周期时间，造成预测准确生产数量、对市场变化作出反应以及从供应被打乱的状态下恢复等各个方面的困难（见图1）。

同时，有限的运输能力和交通的拥挤，特别是在美国西海岸港口，正在给运输带来越来越多的不确定性，造成对市场反应能力的减弱。

精益化的全球供应链是值得为之奋斗的目标，但是，成功的关键是了解设计以及为了让供应链有效工作而须作出的妥协的本质。

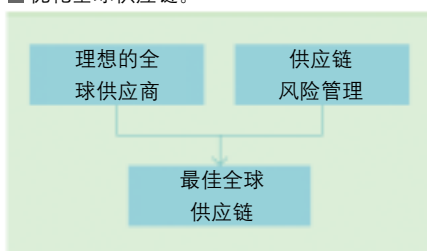
所有这些都应该在这样的背景下来认识：随着公司努力加快产品的流动速度，他们在推动他们的供应链¹⁾，直至供应链象输送管线一样，产品在其中不断地运动。快速、精益和坚挺，你怎么能够什么都得到呢？

问题的答案在本文开头所作的

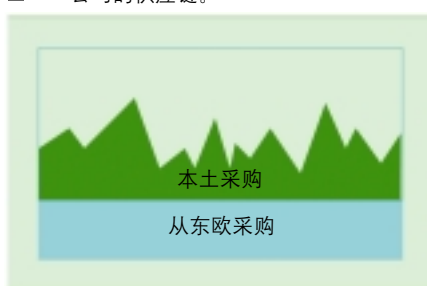
比喻。提出这样的问题：“你怎么能够什么都得到呢？”就象问你怎么样能够将汽车开得越来越快。秘诀是要知道什么时候、什么地方以及怎么样使用刹车。这就是供应链的差异化，在正确的时间对正确的产品做正确的事情。没有这一点，全球供应链将终归失败。

请考虑一下西班牙的时装零售商Zara公司。在库存单元（SKU）中，很多产品都是Zara公司从东欧采购的，东欧的成本低廉，但是，提前期长。同时，公司也从西班牙采购部分同样的产品，在西班牙成本高，但是，周期时间短。请让我们来看一下Zara公司的需求图表（见图2）：这看起来有点象海洋上的波浪。公司在当地

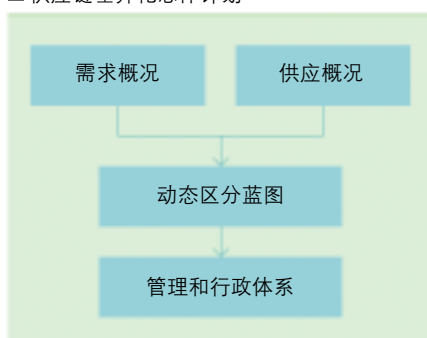
■ 优化全球供应链。



■ Zara公司的供应链。



■ 供应链差异化总体计划



采购波浪（需求中的波动部分），而从东欧采购波浪下的海洋部分（需求中的稳定部分）。这就是供应链差异化在行动中的体现，知道什么时候、在什么地方以及怎么样去采购生产中的不同要素。

供应链差异化可发生在几个层面上。例如，在寿命周期的早期，当需求不确定，库存成本高时，公司可能会在当地采购或生产它的产品，而后来，在寿命周期的晚期当已经了解需求情况，而且需求稳定时，可将生产转移到国外；而在接近寿命周期结束当需求再次变得不确定时，可将生产的大部分转移到距离市场更近的地方。

对于具备固定生产设施的公司而言，库存量可以起关键作用。在某个时候或对于需求的某些要素而言，库存量应该高一些，而在其他时候，供应线可能看起来更象流动的输送管线。加快能力，起到同样的作用。在此，全球供应链的配置是动态的，适应变化的形势。

精益化的全球供应链是值得为之奋斗的目标，但是，成功的关键是了解设计以及为了让供应链有效工作而须作出的妥协的本质。同样，管理一条全球供应链犹如高速驾驶一辆汽车：加快整个旅程的关键是要了解在什么时候、什么地方以及怎样使用刹车。

管理一条全球供应链犹如高速驾驶一辆汽车：加快整个旅程的关键是要了解在什么时候、什么地方以及怎样使用刹车。

戴尔公司以另外一种方式利用供应链的差异化，这是戴尔强大业务模型的核心。如多数人所了解的那样，戴尔采用按定单生产的系统，但

注：

¹⁾ 见第74页词汇表。

制造业的发展趋势



是对关键零部件,公司安排数月的提前期。戴尔是怎么做到这点的?

答案仍然是供应链差异化。Zara 公司将差异化重点放在供应方面,而戴尔则放在需求方面。戴尔把这称为“做什么,卖什么”或者称为需求管理。这种管理发生在两个层次水平上。

首先,在每周会议上,销售、制造和采购负责人聚集在一起平衡供求情况。如果某个产品的需求超过供应进厂零部件能够支持的程度,他们将会以相当的额外成本加快获得额外的零部件,或者他们会将需求转移到零部件供应充足的其他产品。

制定供应链总体计划,是发挥精益全球供应链潜力的关键。

其次,每个客户服务代表都了解每天产品生产的情况,会将客户的购买行动引导向这些产品,他们会因此而得到奖励。他们可以就这些产品提供优惠或说服客户,这些特殊的产品更适合他们购买需求。没有这种两个

步骤的程序,戴尔的超精益供应链简直就无法有效发挥作用。

一家公司怎样才能使用供应链差异化来设计和运作动态和精益化的全球供应链呢?最重要的第一步是制定一份供应链差异化的总体计划。这个计划应该有四个组成部分。(见图8)

- 需求概况:这是需求的分解分析,确定哪个部分是稳定的,哪个部分是波动的,这些情况如何随时间而发生变化以及满足这些波动需求的价值是什么等。
- 供应概况:这是供应的分解分析,确定哪些供应商、工厂和运输业者

能够做,他们的灵活程度怎么样以及批量变化的成本和可获得性情况如何等。

- 动态差异化蓝图:以需求概况和供应概况为基础,提前规定如何以动态和良好协调方式对供应和需求进行管理并在适当时间进行转移。
- 管理和行政系统:总体计划的这个组成部分规定计划、协调、信息环节、计量和补偿等如何构造,适应动态供应链差异化的要求(如加快成本上升时,预算需要作出调整)。

制定供应链总体计划,是发挥精益全球供应链潜力的关键。没有总体计划,即使设计最好的各种努力也不能收到预期的效果。

Jonathan L.S. Byrnes

Jonathan L.S. Byrnes 是麻省理工学院的高级讲师,他在这个学院教授供应链管理一体化帐户管理。他也是 Jonathan Byrnes & Co 专业咨询公司的总裁。

Jonathan L.S. Byrnes
MIT
jlbyrnes@mit.edu
<http://mit.edu/jlbyrnes>

无风险业务

全球供应链的风险管理

Bill Vick

过去数十年中，要求以最低价格供应最好产品的压力迫使制造厂家不断地分析、优化和重新改造他们的供应链。向全球采购和“无库存”物流的过渡，在给厂家带来成本和快捷方面好处的同时，也使得厂家暴露在额外风险之下。子供应商在制造或运输过程中发生的混乱经常会给厂家造成重大和长期的影响。

为了保护自己，企业必须就风险情况对其供应链进行评估，而且必须执行处理这些风险的策略。风险因素包括供应商和客户的问题、市场和币值汇率的变化、质量转移、内部的混乱和延误、事故和灾难等。



在当前和未来全球化通信发展的形势下，大公司竞争的基础是他们整个的价值链，生产周期(TPT)¹⁾和补货时间将成为竞争力的支柱。供应链全球化、供求情况的不确定性以及产品技术寿命周期的缩短等都增加了供应链承受的风险。对全球产品流通的干扰破坏，对于一家公司的生存和成功而言，其代价如果说不是灾难性的话，也可能是极其昂贵的。因此，是否有能力鉴别混乱，从混乱中恢复过来以及重新设计防止混乱再次发生，就成为未来业务成败的关键。按照ABB“全球重点集配工厂”(Global Focused Feeder Factories)策略并结合低价国家采购策略的观点，供应链的稳定性和安全性必须成为高度优先的业务目标。

是否有能力鉴别混乱，从混乱中恢复过来以及重新设计防止混乱再次发生，就成为未来业务成败的关键。

混乱会以许多不同形式出现，对业务有着广泛影响。精益化和无库存制造(JIT)、全球采购以及更快地响应客户需求的增加等已经减少了防止供应链混乱的传统缓冲。节省成本和生产效率已经将供应链置于重大商业和财务风险之下。无数研究人员已经对供应链混乱进行了探索，他们的研究成果给风险管理理念敲响了警钟。

注：

¹⁾ 见第74页词汇表。



Michelman [1] 发现经历供应链混乱的公司会产生下述影响：

- 遭受 10 天以上长期混乱的公司中，73% 关门或遭受长时间的影响。
- 43% 遭受灾难的公司未能从打击中恢复过来。
- 在重新开张的那些公司中，只有 29% 的公司两年以后仍在运营。

方框 1 风险类别

风险类别 – 汽车行业模型

- 财政金融
- 战略性
- 危险
- 运行

风险类别 – Chopra & Sodhi

- 混乱
- 延误
- 系统
- 预测
- 知识产权
- 采购
- 应收款
- 库存
- 容量

风险类别

几种文献都对不同风险下过定义，从比较简单的模型到比较复杂的模型都有，如 Deloach [2] 和 Juttner [3] 所建议的属于比较简单的模型，在那些模型里，风险被分成内部、外部和过程等，比较复杂的模型如 Chopra 和 Sodhi [4] 所定义的那样，风险被分成 9 个类别，(见 方框 1 中的说明)。

不管所用模型如何，当研究风险情况时，有几个关键问题是必须回答的。这些问题如下：

- 什么风险对公司是重要的以及如何鉴别？
- 这些风险的潜在可能性以及它们的预期影响是什么？

风险测评与措施

供应链风险管理不单纯是供应管理者的职责，重要的是必须建立一个多学科团队，组成人员包括各相关领域的专家，他们都与已经被查找出来的风险性质相关。在多数大型企业里，产品和风险的组合使得有必要将风险管理的重点放在较窄的一组风险上，这组风险对业务影响的潜在可能性最大。对风险性质和发生可能性进行的评估将决定风险管理团队所需资源的种类。风险分类是新组建的风险管理团队的首要任务之一。查找出供应链中的风险之后，现在应该在可能性二维坐标图(见图 1)上，将其如下图所示那样表示出来，精力应该重点放在位于图右上四分之一的风险上。

解决高概率和高影响风险的过

程涉及到三个阶段：

1.发现混乱

为了减轻或消除供应链混乱造成的负面影响，有效监测手段必须到位。早期识别混乱对风险的减轻是至关重要的。必须建立适当系统，扎实地和经常性地更新关键因素。

2.消除混乱

一旦发现了混乱，必须采取有效恢复手段。这可以涉及到各种积极主动的选择方案，如缓冲、预测性分析或预先规划好带有多种选择余地的方案。另外一种方法是采用较为消极的反应模式，选择方案包括加班、优惠运价和加急处理等。

3.重新设计供应链

为了使系统更具弹性和规避风险，从混乱的性质和使之恢复采用

■ 供应链风险图。



发了与供应链有关的风险。这些引发因素可叙述如下：

■ 供应链设计特点

供应链设计会影响供应链风险水平。因素包括：供应商的分布情况、所使用的运输模型和供应链的层级数量等。

■ 产品特点

产品本身可以引发风险，其中的因素包括：零件的复杂程度、包装要求、产品价值、零件的独特性和贮存要求等。

■ 市场特点

市场能够增加供应链的风险水平，因素包括：产品需求、季节性问题和竞争对手等。

■ 供应商特点

供应商的特点也能够对供应链

的手段，我们可以深入了解如何重新设计供应链。这项工作可能涉及到诸如灵活性、处于战略位置的超容量和透明度等特性。在每种情况下，为了能够作出客观决策，有必要全面掌握供应链成本以及平衡利弊关系。

引发风险的因素

每条供应链都可以用一系列关键特点予以确定，这些关键特点引



制造业的发展趋势

风险产生重大影响，因素包括：供应商的位置、供应商的关系、能力、灵活性和专有技术的使用等。

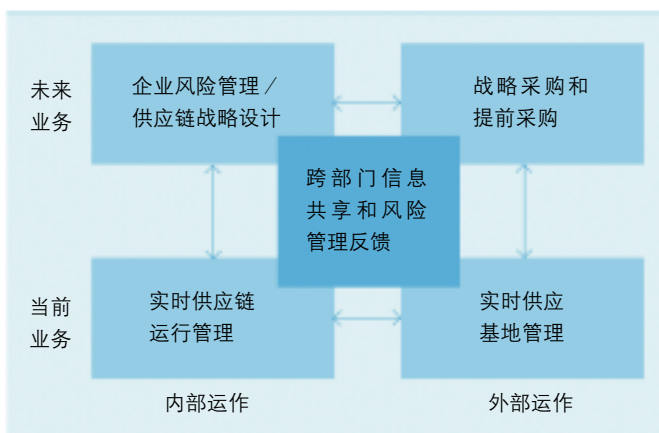
为了设计和管理具备风险弹性的供应链，需要全面了解这些特点引发风险的方式。

风险管理架构

对于供应链风险和混乱，管理人员能够做些什么？

我们采用的方法是在动态化的

■ 承担供应链管理职责的组织功能。



供应链和快速变化的环境里，在库存、能力和其他缓解策略之间取得巧妙平衡。风险管理是个复杂过程。

单个风险经常是相互联系的，采取措施缓解一种风险，可能对另外的风险产生负面影响。管理人员面临的挑战是精明地确定供应链的位置和规模，而不降低利润率。

供应链资源财团[5]最近开展的研究确定了4种风险管理功能（见图2）和18项最佳做法（见方框2），公司可以运用这些功能和

做法强化供应链的运行弹性和风险管理。

管理人员面临的挑战是精明地确定供应链的位置和规模，而不降低利润率。

在接受调查的公司中，没有一家完全执行了所有18条最佳做法，也没有一家公司建议为了发展有效的风险管理程序需要执行所有18条最佳做法。几条运用得当的最佳做法就能够大幅度地提高一个企业的意识、弹性和混乱管理能力。做总比什么也不做要好，成本、优越性和影响分析总会确定需要采取的措施和它们的相对优先顺序。

Bill Vick
ABB Inc.
Raleigh NC, USA
bill.vick@us.abb.com

参考文献：

- [1] Michelman, Paul. HBR 2005
- [2] Deloach, James
- [3] Juttner, U et al. Supply Chain Risk Management. International Journal of Logistics, 2003
- [4] Chopra, X and Sodhi Y Sloan Management Review, 2004
- [5] North Carolina State University Supply Chain Resource Consortium. Supply Chain Management Review January/February 2005

方框2 全球供应链风险管理的18种最好做法

战略性采购和先进采购

1. 筛选和经常性地监测当前和潜在供应商的潜在供应链风险。
2. 要求关键供应商制定详细的混乱知情计划。
3. 将预期混乱成本和解决运行问题的成本包括到采购总成本方程式中。
4. 要求供应商准备提供材料流动的及时信息和透明度，这些信息可与你的企业通过电子方式共同分享。

供应基地管理

5. 与关键供应商召开经常性的电话会议，找出可能打乱日常运行和策略的问题，以便减少之。
6. 寻求安全强化措施，措施应符合反恐特约贸易伙伴关系（C-TPAT）、集装箱安全倡议以及其他各种协议。
7. 测试并执行跟踪集装箱的技术，强化全球库存量的透明度。
8. 出现重大混乱以后，编制详细事变报告和分析。
9. 创建“例外”检测和早期报警系统，发现超过正常计划参数的关键物流事件。
10. 收集供应链情报，监测关键供应基地情况。

实时运行管理

11. 在零件层级上改进国内配送渠道库存缓冲量的透明度。
12. 按照关键性层级水平，划分缓冲材料的级别。
13. 为了改进实时决策能力，培训关键员工和小组。
14. 开发决策支持工具，使公司能够重新实时配置供应链。

企业风险管理和战略供应链设计

15. 开发预测性分析系统，它们将智能搜索代理和动态风险指数包括到系统里。
16. 为可能发生的混乱方案构建损害控制计划。
17. 了解不同风险缓解策略的成本利弊取舍情况。
18. 使用经过改进的近乎实时的数据库强化系统范围内的透明度和供应链情报。

成功探索 未知的领域

如何应对离散制造中的移动瓶颈

Antonio Gonzalez, Luis G. Nebra, David Sanz, Krzysztof Sowa-Piekło



人们常说时间就是金钱，对于供应链来说的确如此。快速通过不仅意味着快速交货，由于资源能够得到快速释放，因此也意味着高生产率。这犹如一个沙漏，限制沙子流动的是瓶颈，供应链中最缓慢的环节限制了整体的产量。就像没有沙子沙漏不起任何作用一样，当供应链中的瓶颈环节在能力以下运行时，供应链的运行速度就会无谓地缓慢下来。防止这种情况发生的策略办法是存在的，但是，多数情况下，瓶颈存在于单一生产环节中。如果由于产品的差异性，瓶颈在不同环节中发生变化，那又会出现什么情况呢？

为了改进ABB在西班牙的萨拉戈萨变压器厂的生产供应链的先进计划调度工作，开发出DIVINER 3.0这种计划工具，用于管理移动瓶颈。这种工具采用定单积压(backlog)情况预测生产供应链的未来变化，提前预见要发生的变化，而不是在其发生时才作出反应。

以需求为驱动力的制造业

当 生产线制造定制各种不同的特殊产品时，有效地处理供应链瓶颈的挑战也增加了，如果瓶颈并不总是出现在同一个流程上，它们会在不同环节上变换出现。相关联的控制问题会变得高度动态化，要对之进行有效解决就非常困难。在ABB位于西班牙的萨拉戈萨变压器厂里，我们将动态问题作为一系列的固定瓶颈解决方案进行处理，这样做，极大地改进了工厂的绩效。

准确调度的重要性

对整个制造供应链进行准确调度的策略方案必须与整个工作流程协调一致，从供应商到制造厂家一直延伸到批发商。最终用户可以获得准确和可靠的交货日期。

经过优化处理的调度计划不仅提供每个生产阶段的精确完工日期，而且还利用这些数据加紧对整个供应链的流动控制。

对整个制造供应链进行准确调度的策略方案必须与整个工作流程协调一致，从供应商到制造厂家一直延伸到批发商。

事情并非那么简单

离散制造涵盖广泛领域，面临的挑战也随行业不同而各异。规模化生产的消费性产品属于极端情况，大量完全一样的产品被生产出来；另一方面，如船舶制造业，很少会制造和调试两条完全一样的船舶。ABB的萨拉戈萨变压器厂是这两种理念的混合体，属于混合型环境。离散制造大约可以分成两种类型：

■ 大批量生产（按库存情况生产）：

高效率 and 低成本是必须的条件。按库存需要生产模式使生产节奏与市场波动分离开。消费品生产特别符合这种情况，客户期望提前期非常

短。通常，生产批量会非常大，同样产品会生产很长时间，生产周期时间非常短。生产的均匀性意味着瓶颈总是发生在同一个地方。这种高度可预测性反映在优化策略方面。对于这种类型的生产而言，精益供应链是关键的市场指标¹⁾（特别是对欧洲市场而言）。存在的主要变数是自然随机性（质量废次品、停机、故障、病假、延误等），这些是可以被相对较小的缓冲消化吸收的。

■ 定制专门生产（按照定单生产）：

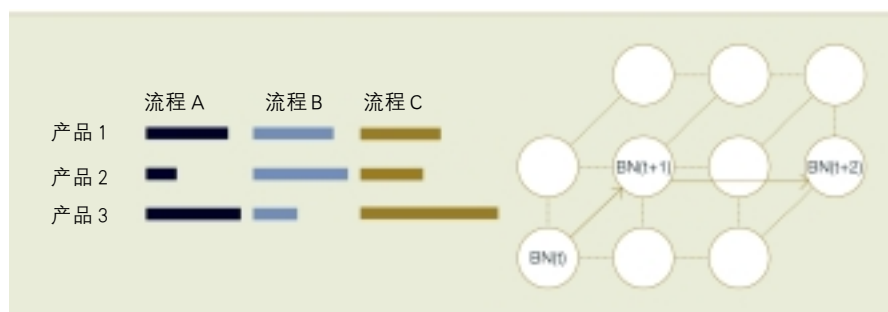
产品按照定单要求设计，这种专门定制的生产造成其固有的变数。除了影响规模化生产的那些无所不在的非确定变数以外，客户特有的各种技术要求还造成更多的变数。生产瓶颈和周期时间决定于定单，所以，是可变的。要在这种类型市场上获得成功，快捷供应链是关键要素。

这两种策略是否可以成功地结合，使得定制专门生产能够按照大批量生产的变数进行处理？一条生产线是否既是精益的，又是快捷的？

为了回答这个问题，人们应该考虑采用一种模型，这种模型用约束理论（TOC）（见下一页 **方框** 说明）对复杂、高度可变环境进行管理。人们观察到这样一种情况，在伴有相互依存事件的每个流程中，总会有一个点，其产量最低。这一瓶颈决定了整个过程的生产速率。如果该瓶颈点是固定的，可以将其作为控制点。在这种情况下，过程间的规则和环节并不随时间而发生变化。CONWIP²⁾和 CONLOAD³⁾是这种控制理念的范例。在此，拉动信号（pull signals⁴⁾）（一般使用卡片）在系统里控制流动。

这些方法的重点集中在带有固定瓶颈的系统上。从传统生产技术观点来看，可移动瓶颈问题是一片尚未探查清楚的领域，所以，要想找出解决方案，我们也必须另辟溪径，认真思考。按库存量进行生产的理念与按定单进行设计的理念，这二者之间存在重大差异，其差异是客户技术要求确定的变数，这是后面这种生产理念中的一个特点，正是这样一个特点导致了“非标准”的生产。此种专门定制的产品每次生产都会有不同的周期时间。

■ 多项目加工车间环境中，由产品和流程多样性产生的移动瓶颈现象。



注：

¹⁾ 关键市场指标是一种资源，在某一给定市场上，各家公司都必须对其进行竞争。

²⁾ CONWIP（恒定负荷在制品）是生产线调度策略方法，当较老的一项工作离开生产线时，容许一项新的工作进入，或者更加一般性地说，在生产线的工作数量始终低于一个确定的门槛值。

³⁾ CONLOAD（恒定负荷）是恒定在制品的精细化，额外地考虑到加工处理的时间。

⁴⁾ 拉动信号是要求更换一种枯竭资源的信号。

在这样一种多项目环境中，大量不同的产品被生产出来，如果产品变化数量足够地大，在一定时间内，瓶颈发生转移是非常可能的。萨拉戈萨的情况就是这样的。（见图■）

避免瓶颈转移的一个办法是加大流程的规模。这种超规模的做法称作保护性容量。这是将动态瓶颈转化为固定瓶颈的一种简单，但是代价高昂的机制，因此，可以容许使用一个控制点。不过，这种办法要求的投资比

需要大一些。此种保护性容量对于变化起着缓冲作用。就象库存一样，并非超容量的所有特性都是有好处的。保护性容量的最佳规模（和可承受度）必须予以确定。

保护性容量的规模取决于流程的多样性。多样性越大，需要更多的超容量。承担按订单设计但是希望采用按库存量进行生产的制造厂家可以使用这种方法。根据客户技术要求情况，有的过程可以超负荷安排一种产品，而其他过程则可在容量之下安排另外的产品。

如何应用约束理论控制供应链

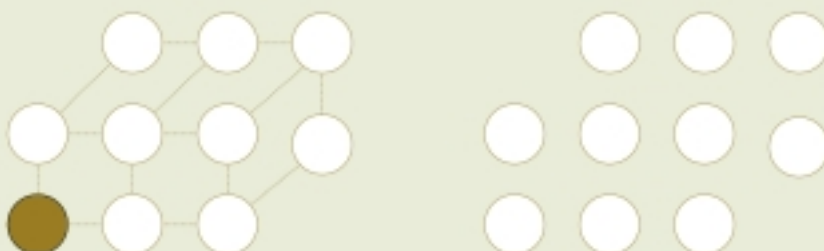
在由单个过程组成的系统里，总是有一个过程具有最小容量。换句话说，这个过程将是整个链条中速度最慢的环节，其周期时间最长。



整个系统的产量速度是由最慢的过程决定的 (Px)，标识出产量的圆滑周期。Px 称作瓶颈，对整个物流起到约束作用。

约束理论 (TOC，由Eliyahu Goldratt发现的) 将系统控制的重点放在瓶颈上。由于产量受到速度最慢工序的限制，为了在环节之间避免任何低效率存货的出现，其他流程都取决于瓶颈的情况。换言之，瓶颈是统治整个过程流动的主要工序。

利用Px与其他过程之间的这种依附关系，可以允许人们仅只控制Px，就可以对整个系统加以控制。在控制整个系统时，将重点集中在一个点上，要比应对具有许多自由度的较为复杂的点容易得多。



用一点控制整个系统

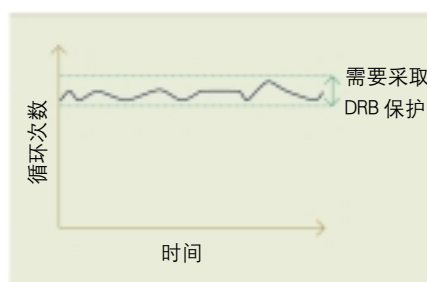
需要用一个以上的点控制系统

这样，为了获得最好运行状况，在说明应该如何控制供应链的约束论中，共有 5 个步骤：

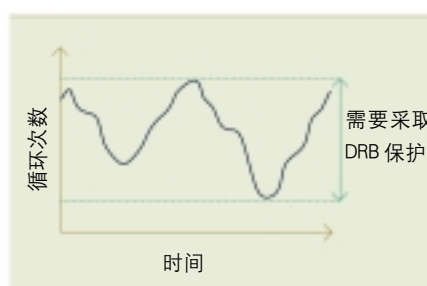
1. 找出系统中的瓶颈 (BN)。
2. 决定如何利用这个瓶颈。
3. 使其他过程隶属于这个瓶颈。
4. 设法去除这个瓶颈。
5. 如果瓶颈被去除了，返回第一步。

在刚刚进入Px之前，就用缓冲对其加以保护，尽力避免出现瓶颈饥饿现象。如果Px被停止，则产量将被直接减少。所有其他的缓冲都不再必要。同理，在保护性项目管理策略中，缓冲（时间）保护的是属于供应链中的关键环节。

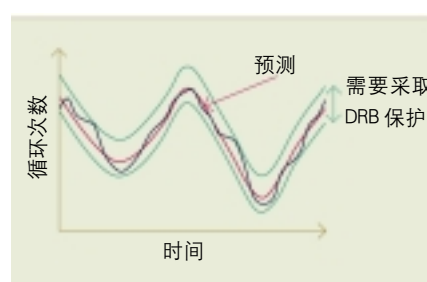
■ 具有自然波动的标准流程需要使用DBR进行保护。



■ 产品结构有波动的按订单进行设计的流程，需要采用DBR进行保护。



■ 产品结构有波动和具有自然波动的按进行设计的流程需要采用Diviner保护。



以需求为驱动力的制造业

基本上说,较大的缓冲可以减少子过程的相互依赖性。有的公司面对的过程周期时间平均值与他们的标准偏差类似。过程之间的相关系数在0.3-0.4范围内。这表明系统过程几乎是独立的。在此种情况下,为了将瓶颈保持在同一地点,大的保护容量是必要的(完全平衡容量的25%以上)。事实确实是苦涩的,不过,这不失为另外一种解决方案。

DIVINER 3.0 分析积压产品结构中产生的变异性并利用离散事件模拟仿真实现系统未来行为的优化。

这种解决方案的基础在于变异性不完全是随机的。按定单生产的工厂有定单积压,工厂可以将这些积压定单用作计划数据。这样,保护性容量可以分成两个组成部分:按库存量方式进行生产的基本容量(见图2)以及另外按定单生产方式的部分(见图3),这个部分产生于客户技术要求的多样性(见图4)。

在欧洲一个重要的市场限定词是价格。这意味着,降低保护性容量会有相当的回报。在这种类型的环境中,这种情况可以安全地实现吗?

DIVINER 3.0.中的先进控制

以固定瓶颈策略(如 CONWIP,

CONLOAD)为基础的拉动方法可以比喻为典型的控制系统图。由于拉动生产控制对各种离散事件(一个零件被生产出来、缓冲被建立起来或缓冲已经空了等)作出反应,系统反馈是从先前步骤的信号计算出来的。图5所示为得到的结果。

一旦获得客户技术要求,周期时间的多样性在某种程度上是可以提前研究的,这些数据可用于预测系统行为。此种策略是主动积极的,而不是消极的反应。再者,因为瓶颈取决于客户技术要求,积压定单的周期时间可以计算出来,瓶颈位置的预测是可能的。离散事件系统模拟仿真是用于预测系统行为工具的基础。以这样一些想法为依据,就可以画出图6所示的可能使用的控制图。

这种策略是在生产上实现预测性控制的基础。对于移动性瓶颈,要在事件发生之前就设法采取行动加以处理:假设瓶颈在过程A上,但是,知道它将移动到过程B上,则过程B可按较大批量继续生产,以便充分利用未来的瓶颈。这样一种缓冲管理理念不仅重视当前的瓶颈,而且也重视未来瓶颈。此种解决方案可以采用预测性控制获得,它类似于将前馈条件与反馈信息结合起来的先进自动化系统。

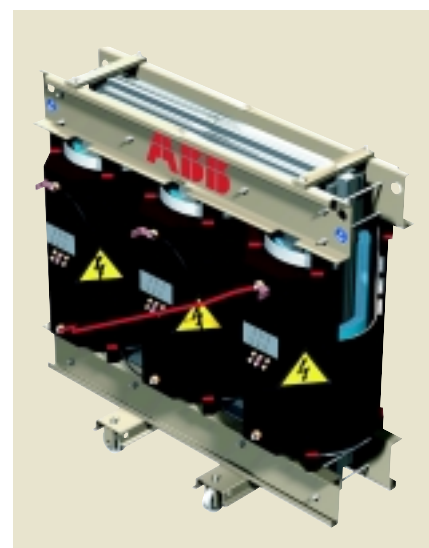
这种策略可以实现成本的最小化,因为:

- 控制系统是积极主动的,而不是消极反应性的(如其在DBR⁵⁾的情况):在问题出现前就采取纠正措施,使得干预行动成本代价更低一些。
- 保护性容量可以降低,容许瓶颈移动,因此,降低了多余支出的费用。

萨拉戈萨厂将其总生产周期(TTPT)降低了近乎一半。

DIVINER 3.0 分析积压产品结构中产生的变异性并利用离散事件模拟仿真实现系统未来行为的优化。虽然缓冲极限被降低到最小,但是仍然可以保护系统,(仅)不受标准批量生产自然波动的影响(见图4),由此产生的保护性容量将比采用 DBR 时所意料的要低。

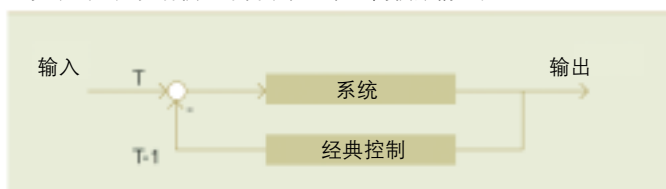
这个理论看来极具吸引力。实践中,因为不能应用于真实世界的生产环境中,所以,许多迷人的理论都不能提供实际有用的效果。但是,故事中最



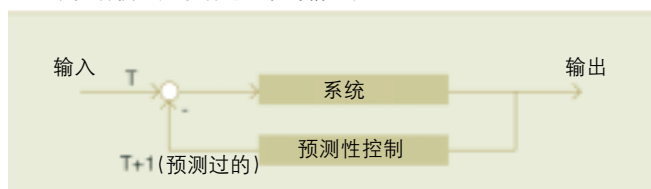
注:

⁵⁾ DBR: 是鼓、缓冲和绳的英文字头缩写,是将约束论应用到调度工作的一个术语。“鼓”(drum)表示瓶颈,该瓶颈能够用“绳”(rope)将工作拉入系统中,于是将库存保持至最小量。只有一个区域出现排队现象,就是在瓶颈之前的被监测的“缓冲”(buffer),它可以保护该区域不受负面情况的影响,如不可靠的供应商、员工缺勤以及最后一分钟客户提出的要求等。

■ 拉动式生产控制模型与自动化系统之间模拟情况。



■ 主动控制模型用于制造系统的情况。



以需求为驱动力的制造业

精彩的部分是，自项目于1999年开始以来，这种理念的运用一直得到来自萨拉戈萨工厂真实结果的完全支持。

取得的效果

评价这种策略运用效果最好的方法是看与绩效关联的最有代表性的关键绩效指标 KPIs：

萨拉戈萨厂将其总生产周期(TIPT)⁶⁾降低了近乎一半，今天与1999年相比，降低了48%（见图7）。

生产周期(TPT)⁶⁾已经降低到1999年水平的29%（见图8）。今天，变压器的按时交货率是96%，而1999年是70%（见图9）。自从1999年以来，工厂的产量增加了245%。

生产情况发生了改变

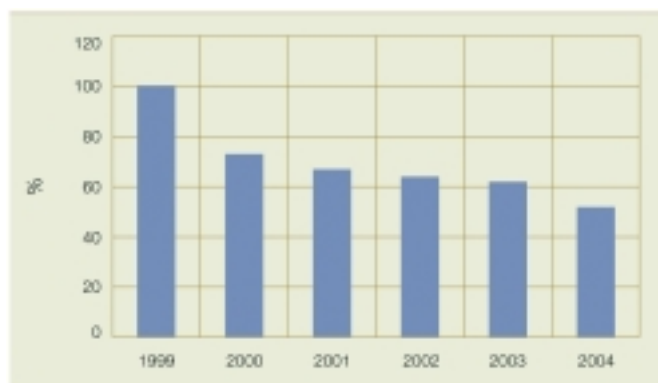
从萨拉戈萨变压器厂学到的最重要的经验是，如果一个企业感到某些事情必须改变，担忧恐惧不是最好的解决办法。探索未知的领域需要勇气和想象力。必须不惜一切代价地避免听取那些不愿意尝试新方法“说丧气话”的人的意见。

多问问题，甚至那些有悖常理的问题，勇敢地打破陈规陋习，有时甚至要逾越既定理论极限，这些都是获取改进的最佳工具。它们可以培育不断进取的精神，支持坚持不懈的努力，这样才能获得丰盛硕果，提出更好的解决方案，扩展我们的能力。

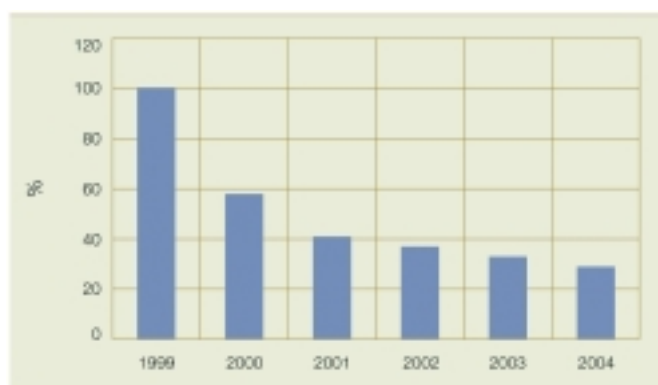
注：

⁶⁾ 见第74页词汇表。

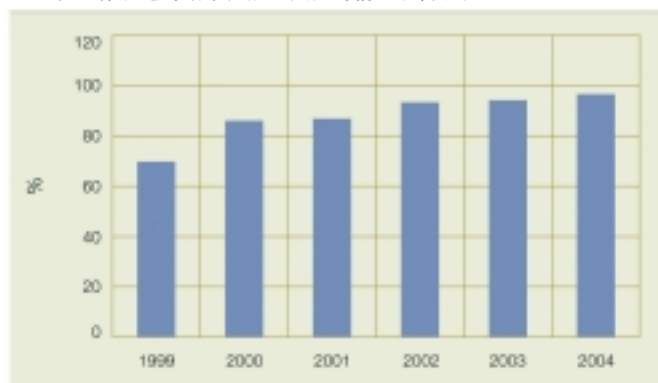
7 总的生产周期减少了几近一半。



8 与1999年的水平相比，生产周期减少了29%。



9 调度工作改进的结果，按时交货的情况改善了。



况下(快捷和精益),这是正确的方法。

这种努力得到了西班牙最具声望的两个物流革新创造奖的认可：获得了西班牙物流中心（欧洲物流协会成员）授予的先锋奖和CEL奖的荣誉。

ABB的萨拉戈萨变压器厂在用户中获得了非常高的声誉，只有将几方面的努力完美地结合起来，才能取得这些成绩，包括以客户为中心的方法以及在供应链计划和调度中采取连续不断改进的态度和应用革新创造的技术解决方案等。

在非常复杂的环境里，为了保持竞争力，萨拉戈萨厂的团队不得不面对严重的挑战。他们向人们显示，曾经被认为是绝对极限的事物是可以克服的。

这些结果表明，对活动瓶颈供应链加以控制是可能的，而且显示，通过避免保护性超容量来应对高变异性生产系统，同时让成本保持在低水平状

Antonio Gonzalez

Luis G. Nebra

David Sanz

ABB Power Technology, S.A.

Zaragoza, Spain

antonio.j.gonzalez@es.abb.com

luis.garcia@es.abb.com

david.sanz@es.abb.com

Krzysztof Sowa-Piekło

ABB Corporate Research

Kraków, Poland

krzysztof.sowa-pieklo@pl.abb.com

通往中国的 捷径

缩短德国工厂和中国工厂之间的供货时间

Jukka Konttas

面对快速增长的中国断路器市场及其对产品越来越多的需求，从德国 ABB AG Calor Emag 公司到厦门 ABB 开关有限公司的供应链没有满足 ABB 按时交货和交货时间的标准。为加快交货，该工厂增加了库存，但这种方式只解决了部分问题，因为库存需要占用大量额外的资金，因此，德、中两家公司和 ABB 研发中心的一个制造业团队携手寻找解决方案，在确保交货时间的同时释放更多的库存和资金。

运

用价值流动法分析技术 (VSM)¹⁾ 分析整个供应链，确定提前期和库存量，模拟目前的运营状态。分析显示，从定单下到德国到德方把所需的真空断路器和嵌入电极运到中国并在中国装配成断路器的过程至少需要四个月的时间。

由于中国市场要求中压断路器的交货时间是 1 至 2 个星期，为满足客户预期的交货时间表，中国的工厂不得不存放大量的真空断路器和嵌入电极。显然，必须采取措施来解决这一问题。

缩短补给时间，使之等于从德国到中国的运输时间，并在德国工厂建立了制成品的库存中心。

理论解决方案

解决方案在于缩短从德国到中国的补货时间，这将会提高供应商的服务水平提供更佳的服务，减少可能的库存量。

补给时间包括了德国工厂向位于拉廷根的德国工厂下定单的交易时间、然后向它的子供应商定购用于内部装配和测试组件的定单提前期、最后是运输时间。总之，以最经济的运输方法——海运方式运输，正常情况下它只需要 6 个星期，而过去则要花费 16 到 18 个星期。为了提高服务水平，在特殊情况下也采用了比航运更快的运输方式。

因此，总的目的是缩短补给时间，使之等于从德国到中国的运输时间，并在德国工厂建立了制成品

注：

¹⁾ 见第 74 页词汇表。

的库存中心。目标是尽可能地减少交易时间、运输时间和定单定货至交货时间。然后工程师再着手去寻找实现该目的的方法。

将理论转为实践

解决方案的第一步：必须在拉廷根工厂附近的地方有一个处于厂区中心的仓库。该仓库的目的是(根据业务计划和服务水平)尽可能从库存中直接获取所需物料。

建立这种向中国和其它全球市场供货的仓库有以下优势：

- 由于风险共担，与各地持有的存货量总和相比，将实际库存量保持在相当低的水平。
- 受约束的资金不会占用运输成本和海关费用。
- 以进来的定单(被称为“供应商吸引系统”)为基础的补给更加划算，风险更低。

中国和德国之间的定单处理过程得到了改进和简化，减少了需要的时间—从5天减少到1天—并且几乎杜绝了文书错误。这种解决方案使德国工厂从网上可获知中国的进货量和库存量的最新信息。甚至可以在签署大定单合同之前就沟通以下信息：提供关于可用库存的重要数据；并在需要补给的情况下预先通知德国工厂。

为了满足中国市场和其它市场的需求，库存设置软件被用来设定库存目标，并根据数据分析和生产预测信息，计算出合理的库存水平。软件使用了这种统计方法误差分析

中国厦门 ABB 开关有限公司



所需数量的统计计量法。

德国和中国之间的供应周期几乎减少了 70%，这使得整个业务有了显著的不同。

清楚的结果

18个月之后，结果令人兴奋。补货时间从 18 个星期减少到 5 个星期。提前期如下：

- 通过网上订货，厦门与拉廷根之间的定单处理过程已从 5 天减至 1 天。
- 德国工厂的定单提前期从 7 个星期减少到 2 个星期，大约减少了 80%，显著的进步来源于“拉式生产”，它的工作是以客户定单而不是预测可能的需求为依据的。以预测需求为基础的推式生产，将引发不必要的生产活动并延迟客户实际定单的交付。
- 在拉廷根的物料提前期从 4 个星期减少为 0 星期，因为工厂有未加工材料缓存。

■ 将仓门至仓门的运输时间从 6 个星期减少到 5 个星期。现在，由于使用了标准化物流管理方案确保物理存储空间。如正常情况下，每周预留一个标准集装箱并使用专用物料包装。

■ 尽管中国市场的需求增长强劲，但库存却下降了 40%。

德国和中国之间的供应周期几乎减少了 70%，这使得整个业务有了显著的不同。在此项工作中，参与各方的相互信赖和共同合作以实现优化整体业务而非单方面的利益目标。

这种合作带来了双赢的结果，不但稳步提高了ABB在中国市场的竞争力，也使双方工厂的生产力得到了显著提高。

Jukka Konttas
ABB Corporate Research
Oy, Finland
jukka.konttas@fi.abb.com

驱动力

全球大批量产品制造业的成功因素

Tero Manner

在设计阶段一定要考虑能将规模生产导向成功的必要因素。这些因素包括：一条随时都能确保各部件 100% 发挥效率的精益、高效的供应链，分布全球的多样化制造设施以及一支能支持多元文化生产环境的管理团队。

ABB 的交流部件传动业务就是一个典型范例。如何才能协调快速交货的需要与保持低成本的物流和生产需求之间的关系？按年单位量以几十万计——而且每年以 50% 的速度增长——做起来似乎不像看上去那么费劲。



类似线圈或电位计，小型传动装置在当今市场被看作是组件。客户比较关心这些传动装置有什么性能而不太关心他们如何去实现其性能，事实上它们也较以前更加便宜，小型传动装置正逐步进入多种及不同的应用中。

ABB 组件传动装置¹⁾ 是一种基本型和紧凑型传动装置——您看到的正是您所拿到的——用于简单的低能耗电器：如风扇、锻炼器械、通路障碍和洗衣机。这些如“拳头大小”的传动装置的出色之处在于选项与变量的数量实现了最小化，这使得组件传动装置的安装和操作变得非常简单。

目前，ABB 组件传动装置的业务构成由以下五个工厂（芬兰、美国、印度和中国的两家）组成，每个工厂都做最终组装和广泛的性能试验。ABB 向位于主要市场内的地方物流中心提供完整的组件（见图 ■）。

速度的要求

因为现在的客户需要提供迅捷的服务，所以在流程设计步骤时要谨记快速交货这一点。这种快速交货的关键在于有集中的存货，所有存放在这里的传动装置都已准备完毕并可随时发货。

由于半导体技术和软件功能的进

注：

¹⁾ Paakkonen, Mika: “ACS500 — 判断消费者产业”，ABB 评论 — 关于电动机和传动装置的专题报告，pp14–16

步，制造业加工技术的发展，用户专用化在速度方面已不再是一个问题。事实上，按照客户的特殊需求进行的变更是所提供服务的组成部份。

ABB 的五个物流中心确保了快速交货和交货灵活。在许多地区，组件在24小时内就能装船发货。当然，也能提供更加便宜的中低速运输供货，因此，快速供货是否重要可由用户自己来决定。

规模生产

成功的规模生产将高度依赖以下章节描述的因素。

首要因素在于快速装配。为实现快速装配，一种产品在设计时就应尽可能少地设计其使用的部件（理想情况是少于20个）。除此之外，装配必须简单无误，这就意味着装配过程在设计阶段就必须是“反复试验的”。在设计早期就应该注重质量。应该采用标准化设计，以实现转包和制造的最优化。因此，面向制造和装配的设计，亦即DFMA，是至关重要的。

这种快速交货的关键在于有集中的存货，所有存放在这里的传动装置都已准备完毕并可随时发货。

■ ABB AC 组件传动工厂和库存中心。

■ ABB 中央库存—成品

● 工厂



ABB 传动业务已经考虑了上述各点，结果是半小时以内就可以完成某些型号的组件传动装置的装配工作。

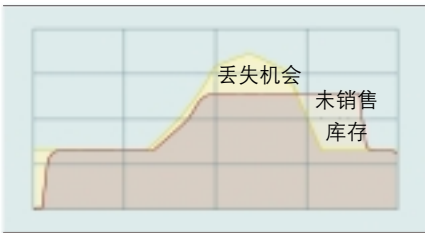
完善的物流也是需要考虑的一部份。先要有一个直接联入生产系统的电子定货系统。客户信息被电子化级联到供应商网络。组件的流动必须是稳定的，必须以尽可能低的费用和100%的可用性来支持三班生产。务必将便于使用的包装材料放在装配场地，在产品运输过程中保护产品。

大批量生产线必须与小批量生产线或需要特别注意的产品分开。这

■ 组件传动装置全球库存周转率。

■ 需求

■ 调度



能确保平稳的供应流动和“有节奏的”无中断持续的大批量输出。在允许产品上规模生产线之前，产品设计必须完善。

要想大批量生产取得成功，受过良好培训并有进取心的雇员是必不可少的。因此，一定要经常引入培训计划。出色的劳动能力必须能够与市场需求保持一致。

把工作任务分派给小的工作团体，这样不管是附近的ABB工厂还是外面，很快就能将工作能力带动起来。

大批量生产的费用敏感性要求密切地监测以下几个关键指标：

- 单位生产量 / 雇员工作每小时数。这可以测量生产效率。
- 第一次测试时通过最终试验的单位数量—测量了一次通过率（FPY）。
- 组件可用率必须是100%。

大量存货周转

大量的存货会危及产品质量，而且低成本国家和主要市场之间的距离要适合于运输和仓库中存货的通货膨胀程度。处理存货的办法是追踪定单，密切注意与销售相关的内容以及更为广阔的市场。通过跟踪销售和存货，可以监控需求的减少量和售货流动并做出合理的反应。充分利用ERP系统进行系统分析，并与最佳运输方式做出快速决策结合起来，是补救大量



以需求为驱动力的制造业

存货的最好办法。(见图2、图3)

劣质会在物流上造成数百万的费用

在全球业务上,维持较低的物流费用需要质量上乘的产品。航空货运的费用是海运的10倍以上。尽管有些公司也使用公路和铁路运输,但由于大容量和远距离,海运实际上是唯一的竞争选择。使用航空货运或其他快速模式来弥补劣质组件或劣质产品可能会很容易地抵消了利润。另外,还须负担存货废料和担保的费用。就任何大批量产品业务而言,良好的产品质量和良好的物流计划是成功的基本因素。

提供具有竞争力的定价的需求要求始终关注产品的质量,并不断寻找低成本供应商。

低成本国家生产—全球供应管理

提供具有竞争力的定价的需求要求始终关注产品的质量,并不断寻找低成本供应商。必须坚持不懈地确保产品的质量及性能。具有挑战性的是要结合低成本国家建厂或仓库的资源来计算产品的实际加工费。这些成本要素包括设计费、组件和成品材料的增长成本、质量问题、与长期供应链相随的风险和运货成本。经验与仔细分析结合起来会在具有良好理性依据的情况下作出是否外购组件的决定。

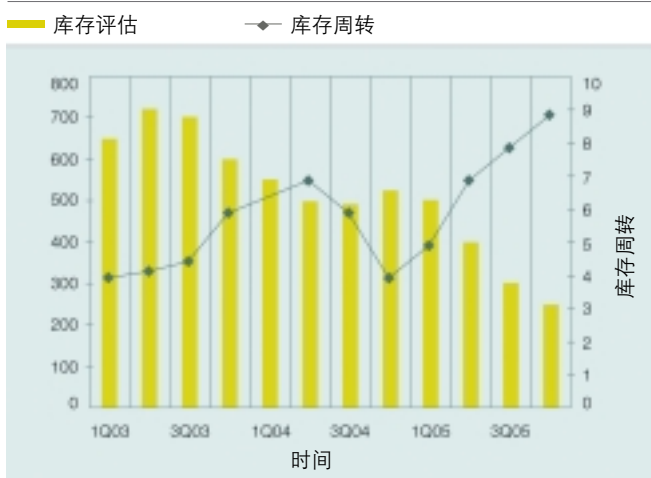
供应商网络管理

一个工厂和其供应商之间的关

注:

²⁾ 见第74页词汇表。

3 当费用减至最小时,为满足客户承诺而决定正确的存货量和存货场所。



系是确保一个世界级加工供应链的实质问题。通畅的交流、良好的交货表现和高质量的产品是非常重要的,其它还要考虑的方面包括:

- 在生产中设计一个新组件时,应该与合作的供应商一起决定时间和资源投入。共同建立供应过程能确保对质量的关注并避免交货上的问题。
- 质量控制流程和程序必须清晰。因为运输距离较长没有劣质产品的空间。这就要求良好的制造和对产品进行广泛的质量控制,这也是双方的职责。这就是为什么所有的部件在送给客户之前先由供应商来测试,然后在ABB的工厂再测试一次的原因。
- 改进的一个重要方法是通过工程设计变更通知(ECN)程序。为确保可以按预期计划执行所有的修改,该程序包括了所有的修订变化结果以及与相应的交流和跟踪有关的数据。

必须理解文化差异

全球制造业在业务上遇到了许多有趣的文化差异,处理得当这些差异能够转变成强大的优势。对于这些文化差异,只要管理手段灵敏并能适应差异,那么以全球为资源的制造业

和地方文化并无冲突。

因此,管理者一定要学会尊重这些差异、创造力和多样性给工作现场带来的丰富性。一旦劳动力发生变化时,管理策略也须改变。任何差异的创造性部分是一个公司恢复并保有多样化劳动力的能力。

所有的ABB传动工厂都采用了最好的实践原则,但在每一个工厂都有过文化曲解。国际工厂间的交流都是通过定期的信息分享会议安排的,目的就是便于发现相似的问题并能取得一致的意见。在理解他人方面所做的这些努力,给了每个人去创造工作文化的一次机会,这是一种既非整体亦非他人的工作文化。对于每个相关的人来说,既集合和他人的意见和努力,又利于创造有益的协同与合作。

Tero Manner
ABB Oy,
Helsinki, Finland
tero.manner@fi.abb.com

快捷生产

快车道上的变压器制造

Rikard Kallberg



ABB零部件公司为瑞典卢德威卡的变压器厂制造抽头变换装置和套管。市场发展趋势是越来越短的交货时间，而对许多变压器厂而言，零部件的交货时间是个关键。如果为这些变压器厂提供产品的供应商不能缩短他们的交货时间，机会将会丢失。

ABB正面迎接这种挑战，引入了快捷生产线。对供应链过程重新优化设计使变压器的交付比以往想象的要更加快。



以需求为驱动力的制造业

作为一家供应商,ABB零部件公司需要满足短的交货时间。为了满足这种需求,通过PICSEL项目创造了快捷生产(见35页方框中的说明)。项目的主要目标是:在4周时间内完成客户定制的抽头变换装置和套管的生产交付。

2003年12月,组成了CP3¹⁾(公共拉式生产方法)项目。CP3概念是ABB总公司芬兰研究中心的研发结果。作为一个CP3项目,其骨干是ABB的门控模型¹⁾。门控模型向参与项目的各方提供结构和支持。

在分析阶段,采用VSM(价值流动图)¹⁾对定单交付过程进行了分析,结果发现,即使一切都进展顺利,不发生任何干扰,ABB仍然无法实现4周交货时间的目标。定单交付过程实在是太长了。在PICSEL项目上,VSM分两步使用。首先,用它对现有流程进行详细规划,然后,创建出未来流程的情景。未来流程中会应用一些CP3工具,如连续流动、拉式生产、基于补货的供应等。

与传统的推式安排相比,拉式安排的在制品(WIP)较少,因此,改进了生产周期(TPT)。对快捷生产来说,短的生产周期是必须的。

快速生产线

流程分析中,ABB发现如果避免手工定单设计可以节省一周时间,通过一些精心设计的SCM(供应链管理)¹⁾,可能还可以再节省另外一周时间。要这样做,标准化是必须的。ABB零部件公司供货给世界各地的客户,因此公司必须能够广泛满足不同标准的要求。创建一条能够自动处理定单设计,满足很短的交货时间要求,而且

还要适合尽可能多的客户的快捷生产是个巨大的挑战。出自这家工厂的所有产品都是客户定制的,所以,肯定不可能有一个标准的“万能解决方案”。

通过对过去两年客户购买模式的分析,ABB创建了一个可以应用为合适平台的基础结构。目标是形成一套“基本生产单元”,让其适合尽可能多的项目要求。

供应链管理(SCM)

在创建快捷生产时,最大的挑战或许是SCM工作。任务是从定货之日算起的5天之内,保证快捷生产的材料的供应以满足生产需求并降低总库存量。

选中的用于大多数物料的管理方法是一种基于补货的双箱存货办法。这种系统的优势是对ABB和供应商二者有其简单性。由于这是一种“拉式”系统,有助于降低库存量,对需求变化不敏感,容易维护。

有些零件是定单特有的非通用件,而且5天之内需要,这就要求使用更加先进的SCM策略。其中一个例子是UZ型抽头变换装置用的油箱。在PICSEL之前,这个产品的供应商交货期是3周。就切割、焊接和喷涂成客户特别定制的颜色而言,供应厂家必须从零开始制造这些零件。为了将交货期减少到原来的三分之一,ABB与供应商作出了双箱安排,供应厂家现在贮存准备油漆的油箱的半成品。当ABB订购油箱时,供应商将正确类型的油箱直接发送到油漆车间,当需要时,ABB就可以在需要时收到加工好的成品油箱。这是一种双赢的局面:ABB缩短了交货期,提高了按时交货率,而供应商可以更好地计划他们的工作。

快捷生产可能是4周交货的前提条件,但是,如果不能兑现,承诺的快速交货时间将一文不值。这要求一个强有力的定单一交货过程。为了向



注:

¹⁾ 见第74页词汇表。



客户按时交货，ABB 必须按时收到所有内部和外部的定货。对于外部供应厂家而言，这些例行程序是清楚的，但是，内部的客户—供应商关系需要支持提高。PICSEL 门关控制点的发展构建了整个定单一交货过程的主架构。

变化过程的管理

由于缺乏变化过程管理，虽然做了许多正确的努力，结果都未能达到目的。当面对变化时，最难应对的问题是如何让变化保持持续状态。不幸的是，要做到这点，并没有什么万能药方。在 PICSEL，新制定了一套沟通计划。没有沟通，要实现变化，肯定更加困难。沟通必须是高质量的，不一定在于专门准备的 PPT 文件，而在于其实质方面。必须让尽量多的人感到变化对于公司和他们自己都是重要的。为了让大家对拉式生产方式的功能达成共识，这个项目的执行者与所有有关人员玩了一个拉式 (PULL) 游戏。这个游戏称作桑巴游戏 (Process Samba)，模拟一个工厂的运作。这个游戏取得了惊人的效果！

拉式生产

为了实现既定目标，生产也需要进行改进。CP3 的基础是拉动。与传统的推式安排相比，拉式安排的在制品¹⁾较少，因此，改进了生产周期 (TPT)¹⁾。对快捷生产来说，短的生产周期是必须的。

车间内的生产时间降低了 25-60%，在制品下降了 35-65%。

卢德威卡厂使用恒定在制品作为生产控制方法。恒定在制品是限制在制品的工具，生产线中有 4 条在使用这个方法。限制在制品有许多优越性：生产可以将重点放在更加重要的问题上，更加容易使工作场所保持整洁有序，可以保持低的库存量以及缩短生产周期时间等。

在这些生产线中的一条生产线上，人们发现恒定在制品方法不适用，因为几条生产线的流动都在这条生产线上汇合。但是，仍然需要对在制品保持限制，所选择的办法是通过时间受到约束的详细计划，以及清晰的生产规则。这个详细计划是根据（测试区域的）瓶颈情况制订的。制订出来的计划授权所有来自上游单元的工作并与流动实现同步化。

结果

快捷生产于 2005 年春开始用于 UBB 和 UZ 型抽头变换装置的生产，最新添加的 UCG 产品也开始使用这种方法。新型的 UBB、UC 和 UZ 的订单数据单已经为快捷生产准备好了。现在越来越多的客户都在利用快捷生产提供的优势。

除了有效工作的快捷生产以外，随着工厂的流程变得越来越精益化，工厂还享受到了其他改进的好处。车间内的生产时间降低了 25-60%，在制品下降了 35-65%。供应商的按时交货率从 88% 提高到 95%，同时，供应商前置时间平均减少了 50%。快捷生产使产品的总的生产周期 (TTPT) 降到 4 周，“按时确认订单率”和按时交货率都得到了大幅度的改进。

为了更好地满足客户需要，ABB 将继续改进这种流程，使得快捷生产更加宽广。

Rikard Kallberg
ABB Components
Ludvika, Sweden
rikard.kallberg@se.abb.com



未来的 断路器工厂

在宾夕法尼亚州设计一个世界级断路器工厂

Gerald Lee

世界级的 ABB 高压断路器工厂于 2003 年 4 月在美国宾夕法尼亚州 Pleasant 山开业，这家工厂将作为 ABB 高压电力技术产品的美国总部。这家新工厂被设计为能够生产范围从 38kV 到 800kV 的 SF₆ 罐式（dead-tank）断路器。但是，令人印象深刻的是生产周期时间、占地面积、能力和生产率都得到了极大的优化。如何实现这些将是本文的主要介绍内容。

ABB 的 SF₆ 罐式断路器（见图 1）原先是由 ABB 位于宾夕法尼亚格林斯堡的工厂生产。但是，随着高压断路器业务前所未有的需求增长，有的产品定单积压高达 80 周，显然，生产能力已经不能满足需要。另外，随着需求的增长，ABB 的竞争对手看到了理想的机遇，准备进入这个利润颇丰的市场。

背景

ABB 格林斯堡工厂坐落在住宅区中间，给运输和发货增加了复杂性。这家工厂分别在四栋大楼内进行生产，其中有的建筑物已经 100 多年了，人员和物料不得不从建筑物之间穿行。

断路器设计若干年来已经发生了不少变化，工厂大门的宽度和高度已经不能满足新产品的要求。工厂车间设在不同楼层，导致过多的物料搬运，有的材料不得不存放在工厂外面，距离用材料的地方有相当一段距离。这不可避免地增加了不必要的清理和搬运工作。

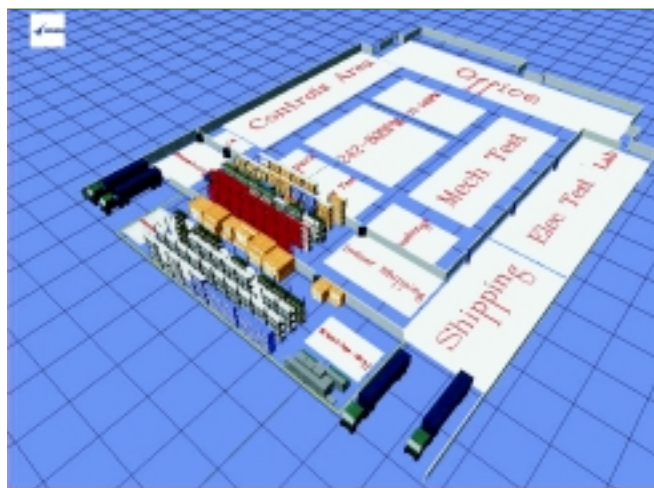
令人印象最为深刻的成绩并非任何新的技术，而是一种不断改进的文化氛围已经在新厂形成并保持下来。

为此进行了分析研究，目的是确定最好的办法，既能解决生产中的这些问题，同时又能够减少工厂定单的周转时间。最后找到的最佳选择方案是在 Pleasant 山附近的技术园中另建

■ 典型的 145kV 罐式断路器。



■ 仿真被用于生产过程的设计和测试，仿真结果在决定工厂布局、能力和物流方面起了很大作用。



新厂。导致作出这个决策的关键因素是在周围有其他几家断路器工厂，这意味着附近有大量的合格供应商和熟练工人，另外一个非常重要的因素是可以使用临近的主要高速公路。

世界级的设计

老的格林斯堡厂已经使用精益生产技术生产出顶尖质量的产品。尽管如此，管理层仍然把建设新工厂的举动看作改进提高各个业务层面的举世

无双的机遇，并且全力以赴地充分利用这次机遇。

管理团队识别出下面这样一些机遇：

- 减少提前期。
- 提高能力。
- 改善生产率。
- 提高按时交货的能力。
- 增加灵活性。
- 减少在制品(WIP)¹⁾和原材料库存。
- 减少占地面积。
- 坚持专业化工厂理念。

改进的首要目标是制造和信息流。为了提高产品和工艺的灵活性，缩短生产周期和快速交货，工厂使用了敏捷制造技术。为了验证工厂布局和工厂物流，采用了几种设计技术：

模拟仿真技术被用于设计工厂的布局，决定占地面积，最终设计几乎就是三维仿真模型的复制副本。另外，模型被证明在节约费用方面起了很大的作用。（见图 2）。

为了解决生产瓶颈方面的问题，还使用诸如约束理论(TOC)²⁾一类的技术。在瓶颈点上使用减少准备时间技术，约束点上的产量和能力提高改进了 33%。

在材料搬运方面做了许多改进：零件被运送到使用点、应用条形码提高库存量准确性和消除零件丢失，零件在装配之前进行配套以确保断路器更高效地完成。

注：

¹⁾ 见第 74 页词汇表。

²⁾ 见第 25 页方框说明。

以需求为驱动力的制造业

安装无线数据采集系统以消除纸标签的需要。以前各种报告长达 80 页，现在的新系统标识出所有错误，让操作人员用电子方法表示出生产中的某一关键步骤已经完成。最终的报告可以采用电子方法传送给客户并且存贮在 ABB 的网络上。

搬迁

很早就作出决定，在搬迁到现代化新厂时，客户服务不能受到影响。搬迁过程必须尽可能地以无缝方式进行。

关注重点是协调承包商和供应商之间的活动。之所以需要这样做是因为工厂增添了不少新系统，包括对泄

漏测试的改进、SF₆ 气体的搬运处理以及材料的储存和领用系统等。

另外，在搬迁之前，还特别注意到物质资源和人力资源的问题。这意味着搬迁过程按照逻辑顺序分阶段进行，这样不至于打乱服务。在短暂时间内，经理人员不得不同时分别照管两个不同的工厂。

要点

在新厂完全开工一周以后，第一批断路器于 2003 年 4 月 9 日被交付。（见图 3）。

客户认为 ABB 已经把断路器生

产提高到一个新水平。考虑到在新工厂 50 公里半径以内有另外 3 家主要断路器生产厂家，这一点是非常重要的。

在连续 3 年时间里，好几项改进得到连续不断地维持：

- 生产率提高 10%。
- 由于瓶颈的工作被消除，能力提高了 37%。
- 工厂占地面积减少了 15%。
- 存贮所需要的空间减少了 38%。
- 在制品库存减少了 15%。
- 返工率减少了 40%。
- 现在材料存贮在使用点附近，在工厂内或在仓库。
- 清洁的环境减少了飞弧现象。
- 车间物流得到改善，产品行走的路程短了，速度加快了。

客户认为 ABB 已经把断路器生产提高到一个新水平。考虑到在新工厂 50 公里半径以内有另外 3 家主要断路器生产厂家，这一点是非常重要的。

但是目前令人印象最为深刻的成绩并非任何新的技术，而是一种不断改进的文化氛围已经在新厂形成并保持下来。

搬迁到新厂允许工作组运行新的过程，大家都意识到再回头搞老一套是没有可能了。这不仅可以帮助工人认识到变化是不可避免的，而且可以让他们把进一步的变化看成是非常积极的事物。

Gerald Lee

ABB Corporate Research
Raleigh, NC, USA
gerald.lee@us.abb.com



图 3 正式生产后的第一周，第一批 5 套断路器于 2003 年 4 月 9 日从新厂出货。



智能化制造

诺基亚与 ABB 建立合作伙伴关系，共同成功地
提高生产率

Jarmo Heinonen



诺基亚在集中精力努力改进生产技术，强化其 9 个生产设施的灵活性和竞争力，智能化制造理念一直是这种努力的重点。公司已经成功地制订了与一流合作伙伴组成高效网络联系的战略。其中，最新建立的一个合作伙伴关系是在基于性能的维护保养方面扩大了与 ABB 的合作。

以需求为驱动力的制造业

在全球推广世界级概念始终是人们面临的一个挑战。特别是像诺基亚这样的通信公司(见**方框1**说明)需要将灵活性与系统化的方法结合起来面对维护保养方面的问题,需要采用卓越的变化管理程序,需要具备能力适应多元文化背景下不断出现的技术变化。

诺基亚位于匈牙利科马罗姆的生产厂(见**方框2**说明和扉页图片)就实现而且超过了这些要求。这个工厂不仅证明了诺基亚有能力在短时间内改造建设一个世界级的生产设施,而且科马罗姆厂已经成为一个产量巨大的手机生产厂。

这种成功背后的秘诀是什么?

方框1 诺基亚

诺基亚是一家主要的跨国通信公司,其业务重点增长领域是有线和无线通信。诺基亚是数字技术和无线数据通信的先驱者,连续不断地给高度竞争性和快速成长的通信市场带来革新创造。诺基亚也积极参与国际研发合作,包括开发第三代移动电话标准。

诺基亚是1865年由Fredrik Idestam创建的。通信业务的基础工作是上个世纪60年代奠定的,当时诺基亚正在其电子部门开展无线传输领域的研究。上个世纪70年代晚期,为国内和国际用户开发出了移动电话和通信基础设施产品。在上个世纪80年代和90年代,诺基亚成为数字通信技术的全球领导者。

性能服务

首先,通信行业的产品范围正在变得越来越宽广。市场的革新创造意味着新的型号要以前所未有的速度更快地投入生产。

性能服务最大限度地减少了在设备寿命周期上的总维修量。

科马罗姆厂厂长Timo Kahelin强调了这种看法,他说,为了满足不断增长的市场需求,2004年生产批量大幅度提高了,而且品种数量也大大地增加了。虽然这本身就给人留下非常深刻的印象,工厂管理层还想把工厂在生产率方面发展成世界级的工厂。Timo Kahelin说:“在2004年里,可以肯定的是我们在工厂性能方面还存

在大的改进机会。”

诺基亚懂得,要在全球保持竞争力,需要具备与生产策略深刻联系的维修策略。但是,根据制造解决方案组织的负责人Timo Kahelin的看法,“当前对维护的定义容易使人误解,我们应该将其称为性能服务”。

性能服务最大限度地减少了在设备寿命周期上的总维修量。对内部和第三方维修活动的系统化管理是这种优化程序的关键,其中一项关键技术是有效利用计算机化维修管理系统。将维修方法与生产效能的重点结合起来,如提高生产线的绩效,是提高生产率的关键。当然降低成本的压力始终都有。

方框2 诺基亚的科马罗姆工厂

诺基亚公司的科马罗姆工厂位于匈牙利。这家工厂的地理位置非常理想,坐落在欧洲心脏,靠近从布达佩斯通往维也纳的高速公路,距离斯洛伐克边界仅8公里,使工厂能够灵活利用劳动力满足连续不断增长的需要。

仅经过9个月的建设工作,科马罗姆工厂就于2001年为欧洲市场供应了第一部手机。

关键的分供应商都在科马罗姆工业园内,确保生产周期短和天衣无缝的合作。工业园区有一个专门的工业园区协会,负责开发工业园的工作,提供公共支持,与杰尔社区一起管理协调工业关系。协会管理委员会成员包括来自工业园区的工厂厂长。管理委员会定期开会,指导10,000多人的工人队伍持续协调发展。



据 Timo Kahelin 介绍,是 ABB 开阔了科马罗姆厂的眼界,让其将维修当成提高生产率的一种工具,而不仅仅是一种救火和预防性修理的手段。诺基亚将 ABB 看作维修管理方面的世界领军公司,2002 年 ABB 被选中成为芬兰萨罗工厂的维修服务提供商。2005 年 3 月与 ABB 签订了以性能为基础的服务协议,到 2005 年 5 月,科马罗姆厂踏上了开创服务文化的道路(以发展良好的核心工艺为基础),在 ABB 的管理下,158 名一线服务人员和数十位第三方供应商的人员开始了系统化的服务。Timo Kahelin 说:“不过,这是一项庞大的任务,随着我们从开始阶段向前迈进时,仍然有许多工作要做。要保持正常的发展轨道,ABB 需要努力工作。”

诺基亚科马罗姆厂发动机部门的负责人 Martti Salomaa 补充说:“ABB 的全面服务®理念(见 方框 3 说明)考虑到技术和文化两方面的问题,所以深受我们匈牙利工厂职工的欢迎。双方共同合作,我们获得了更多的知识,可以解决更多的问题,这

样做调动了人们的积极性,同时也提高了整体能力。”今天,性能服务被认为是提高发动机产品线和装配单元性能的一个关键因素。

在已经获得的经验基础上,诺基亚的维修策略得到了进一步的细化。ABB 不仅在为诺基亚制订其他工厂的基准维修方案方面扮演着重要角色,而且还受到邀请为公司制订维修策略提供咨询意见。

设备总体有效性(OEE)¹⁾(见 方框 4 说明)迅速成为推动维修获取更好性能的关键因素。诺基亚与 ABB 一起确定了最佳方法,不单从关键设备,而且着眼于整条生产线获得设备总体有效性。这一共同确定的定义给系统性分析提供了坚实的基础,而这些系统分析是以可分配给改进小组的工作为依据的。因为手机市场在连续不断地增长,只要设备总体有效性提高一个百分点,就会产生巨大的底线效应。

寿命周期能力的改进



增加生产设备役期寿命的方法应该成为通信行业制造流程的一个组成部分。这意味着要经常性地权衡引入新的生产技术和延长现有设备使用期限之间的利弊关系。在诺基亚的工厂里,在单条生产线的寿命期间,生产的零部件数量是以亿,而不是百万进行计算的。

为了解决这个问题,诺基亚与 ABB 共同开展生产设备寿命周期模型的研究,以便增加相关知识,作为技术决策的依据。流程工业领域是 ABB 的一个拿手领域,在该领域内公司获得的丰富经验具有宝贵价值。在

方框 3 ABB 的全面服务®

ABB 公司的全面服务®合同是以性能为基础而签定的长期协议,在全球范围内进行协调,根据合同 ABB 承诺保持和提高整个工厂的生产设备性能和可靠性。

为电子和通信行业量身定制的专业化服务

依靠对电子和通信行业特殊具体需要的了解,ABB 的研究中心和电子产品性能维修中心(位于芬兰)共同合作开发全面服务概念。结果产生了 ABB 全面服务®业务理

念,这个服务理念是专为行业具体情况量身定制的,可以在全球范围内展开,为知名品牌业主和他们的一级供应商服务。

多年以来,ABB 的全面服务®理念已经从传统的维修发展成客户的性能合作伙伴。这种服务理念集中反映在全球活动和地方活动的平衡方面,它规定了两个关键性能指标,通过执行寿命周期生产管理协议,这两个性能指标必须得到改进。

方框 4 OEE — 总体设备有效性

OEE 是为行业接受的衡量和监测生产性能的工具,可以在机器、制造单元或工厂工艺级别上应用。

它包括三个基本指标:

- 可用率或可用时间(计划内和计划外停机时间)
- 性能效率(实际效率与设计效率之比)
- 产品质量输出率(生产出来的良好产品的百分比)

$$OEE = \text{可用率} \times \text{性能效率} \times \text{产品质量输出率}$$

以需求为驱动力的制造业

流程行业内应用的生产方法与大批量离散制造是相通的,从而可以共同有效地借鉴。

为了利用 ABB 性能改进方面的整体能力,诺基亚和 ABB 在其生产率支持模型里,选择了尽可能宽的范围。

改进生产线的性能

联合寻求性能服务对于行业而言是一种革命性的办法,诺基亚和 ABB 已经着手在科马罗姆厂实施这种办法。分别进行的技术服务活动不再是孤立的,而是置于基于性能的一个服务协议管理之下。为了利用 ABB 性能改进方面的整体能力,诺基亚和 ABB 在其生产率支持模型里,选择了尽可能宽的范围。这个模型中所含要素包括:

- 利用具体策略程序,从生产策略中派生出来的生产率目标。这个程序确定 MMMP²⁾ 中的关键问题。然后,将提高生产率的11个具体程序步骤按照通信时钟速度进行进度安排,最后,通过清晰地显示使每个人都能看到这些步骤。

- 管理层将所有先前的分散功能置于严格控制之下,通过KPIs着重关注事实。对人员进行培训,激励他们迎接每个开发步骤带来的挑战难题。

- 提高设备总体有效性是关键。制定了世界级目标,采用维护技术推进连续改进。

- 大部分必须的工作由第三方供应商承担,他们的角色是开发性能更好和可靠性更高的设备技术。

- 一个关键的挑战是管理生产线上产品切换的调整时间。诸如SMED³⁾等若干技术被用来消除停工时间和生产率损失。

- 正如其他工厂那样,生命周期研究中的FTAs⁴⁾的寿命周期研究也被用来解决这个较新工厂中设备老化的问题。

- 协议中关键的要求是,虽然这个计划是专为匈牙利工厂量身定制的,但是,它必须容易被其主工厂拿来参考。

Bálint Ecker 是 ABB 科马罗姆工厂的资源经理,他说,虽然头6个月,对曾经被认为是传统的工作程序进行了大量的改变,但是,人们还是欢迎这种新的预防性维修文化。过一段时

间,还会补充一些其它的系统化工具,如 CI teams⁵⁾、MAXIMO⁶⁾ 和 RCA⁷⁾等。

科马罗姆厂的任务曾经是而且还将继续是一项挑战,变化的市场要求制造流程快速相应变化。然而在 ABB 和其他合作伙伴的支持下,诺基亚在销售季节达到顶峰时(碰巧是2005年秋季)设法稳定了生产。现在每日都在创造新的生产记录。

Jarmo Heinonen
ABB Performances Services
Helsinki, Finland
jarmo.heinonen@fi.abb.com



注:

¹⁾ OEE= 总体设备有效性。请与 ABB 性能服务部门联系,了解公司有关离散和流程工业的具体解决方案。

²⁾ MMMP= 维修管理主计划。是一种具体的方法,它将客户的行业具体目标与 ABB 的系统化的全面服务® 概念结合起来。

³⁾ SMED= 单位分钟模具更换。缩短加速和更换时间的一种具体方法,ABB 量身定制的关键工具中之一。

⁴⁾ FTA= 故障树分析。跟踪和了解可能故障及其机理的一种专用工具。

⁵⁾ CI Teams= 连续改进小组。请与 ABB 性能服务部门联系,了解作为服务合同中实施全面生产率维护的世界级方法。

⁶⁾ MAXIMO= 商业性维修管理软件。用此软件 ABB 可以迅速执行系统化的维修。

⁷⁾ RCA= 根本原因分析工具。ABB 用此工具分析生产和维修数据,并连续寻求改进的可能性。

色彩更丰富， 浪费更少

ABB 公司的快速更换涂料系统：
降低成本，减少环境影响
Osamu Yoshida

汽车制造厂家应该给客户提供多少种颜色？据说一位著名的先驱者这样说道：“只要是黑色，你想要什么颜色就可以有什么颜色。”不过今天，毫无疑问，汽车生产厂家都努力给客户提供尽量多的选择方案，借以改善他们的市场地位。

但是，可能有多少种选择方案？很大程度上，选择方案的多样性受限于生产线的后勤准备。直至目前为止，为了更换颜色，喷涂机器人需要彻底清理其喷涂装置。这会浪费涂料和溶剂，增加污染，花费时间和钱财。所以，我们有足够好的理由认为，非绝对需要，尽量少经常更换颜色。

但是，请想象一下，如果能够切换颜色，又不损失涂料或时间，而同时却可以将溶剂浪费减少十分之一，情况又会怎么样呢！采用 ABB 公司的革新性快速悬杯系统 (cartridge bell system)，这样一种设想成为了现实。

以需求为驱动力的制造业

当一辆现代汽车的保险杠发生问题时，当地车身修理行不可能再将其敲打修理恢复原样，生产厂家也不可能从库存中调出一个备品，而会具体制造一个全新的保险杠模块，满足单独需要。

这可节约库存费用，但是，汽车厂和其分支机构的喷涂工序却因此而变得复杂化，他们不仅要为现有型号汽车喷涂保险杠，而且还必须能够为较老型号的汽车生产小批量的备品配件。

在正常车型生产过程中，需要10种颜色，对于保险杠生产线而言，颜色数量可以高达50种或60种，结果每种颜色喷涂的数量是有限的。尽管这样，为了保证喷涂质量与原有产品一样，必须运行整条生产线。

不管是用手工喷枪还是喷涂机器人，在每次更换涂料时，冗长的涂料供应线都必须用溶剂进行清洗。涂料和溶剂都浪费掉了，而且还对环境产生负面影响（特别是溶剂中含有挥发性有机化合物或简称VOCs，是污染的主要来源）。要生产保险杠或者任何其他需要不同颜色涂料的产品。这不是一种最为有效的方法。

解决办法来自于一次内部的集思

广益的讨论。ABB认为，原来的涂料生产线配备有许多不同颜色的涂料罐以及管线和软管，但是这些装置却只能为少数保险杠进行喷涂，是严重的浪费，不仅浪费了涂料和溶剂，而且浪费了时间、劳动力和金钱。为什么不能把涂料罐移动到机器人手臂末端呢？所需涂料总量并不多，仅只是350至500毫升，如果能够想出一种办法，将一个小型涂料罐或涂料盒放在机器人里，那么就只需要用溶剂对雾化器进行清洗就可以了。每个涂料盒专门用于一种颜色，这样，清洗工作量被减少到最小。

汽车生产厂家都在努力寻找自己在竞争激烈的全球市场上的定位，给用户提供更的选择范围和更多的功能是在激烈竞争中取胜的一种方法。

与一家主要的日本汽车生产厂家合作，ABB开始探索“不仅将这种办法用于保险杠”的想法。汽车制造厂家都在努力寻找自己在竞争激烈的全球市场的定位，给用户提供更的选择范围和更多的功能，是在激烈竞争中取胜的一种办法。

同时，涂料盒概念有望降低VOC

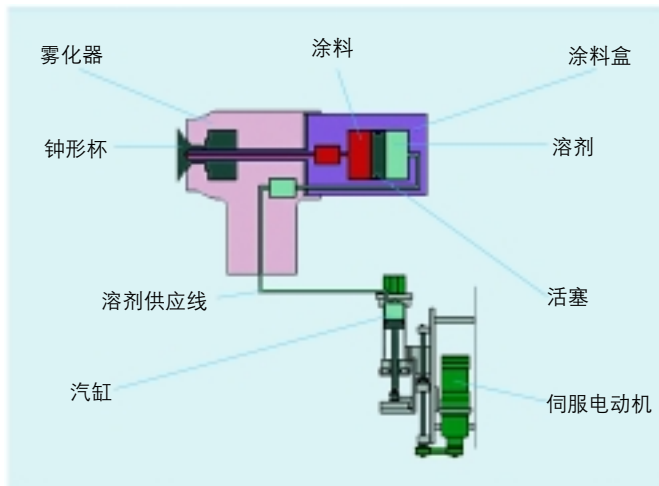
（挥发性有机化合物）的排放以及降低涂料的浪费，在人们环境保护意识日益强烈以及立法日益严格的时代里，这是一项重要的考虑。ABB认为，这种概念也可能会提高汽车涂料工序的总效率。他们为这个项目制定了一系列目标。其中一项是彻底消除因为更换涂料而产生的涂料和溶剂的损失。另外一项目标是将更换涂料而造成的材料损耗从大约120毫升溶剂和32毫升涂料减少到10毫升溶剂：是清洗钟罩杯所需的数量。

有几个技术难点需要予以解决。第一个是更换涂料盒的时间必须在10秒钟以下。如果做不到这一点，则涂料工序的速度必须放慢，这不是汽车生产厂家愿意选择的一种方案。

下一个问题是如何将涂料盒安放在机器人手臂上。真空压力是明显的答案，但是，必须对之仔细地进行控制。

为了提高涂敷效率，减少涂料损失，涂料机器人采用静电喷涂方法。在传统手工喷涂里，只有一小部分涂料实际上被黏结到车身上，经常低至20%。ABB公司是静电喷涂的发明者和领导者。这种工艺极大地增加了涂料工艺的传输效率。当涂料滴从雾化

■ ABB公司的涂料盒钟罩系统(CBS)，接近钟形杯的涂料能够在更换颜色时，尽量减少涂料和溶剂的损失。



■ 喷涂机器人更换操作机内的涂料盒，空涂料盒自动被充满。



器中出来时，涂料滴被施加负电荷，而汽车车身为正电荷。结果，涂料不是简单地喷涂到汽车车身上，而是实际上被电吸引到车身上。这种工艺方法的主要问题是火花。火花能够容易地点燃汽化的涂料、溶剂和空气的易燃混合物。开发人员必须寻找到将涂料盒保持在机器人手臂里的理想压力。真空过大，会导致产生火花。

克服了这些障碍以后，一种工作概念开始被开发出来。常规机器人涂料系统涉及到用于主要颜色的大涂料罐、特殊颜色的较小涂料罐、一个装溶剂的箱体与颜色更换阀门装置（CCV）连接的涂料供应管线以及一个安装在机器人上的冲洗齿轮泵（FGP），用于调节涂料流量。在新概念中（见图■）机器人将与涂料供应系统分开。仍然会有涂料和溶剂罐，但是会小得多，而且都是用于特殊颜色的。这些将向涂料盒处理装置输送涂料，通过该处理装置，涂料盒将被充满涂料。每个涂料盒有一活塞，由溶剂驱动，随着涂料工序的进行，涂料会被活塞顶出。装满的涂料盒只在活塞下面有涂料，没有溶剂；当溶剂被泵出进入涂料盒时，涂料就被推出，直至活塞完全伸出，只有溶剂在上面为止。机器人只需要一条溶剂供给管线，所有其他管线都是单一用途的，而且只通到涂料盒工作站。这是一个多么让人惊奇的简单而且直截了当的主意啊！至少，作为一个初步想法，情况就是这样的。

涂料盒更换时间方面的要求使得涂料盒内溶剂的供应和去除成为需要解决的一个重要问题。要求做到的是能够几乎是瞬时和经常性地向涂料盒

■ ABB 一位技工在检查 CBS 装置。



供应溶剂，这样才能响应地经常性地和平稳地供应涂料，在喷涂工序进行过程中，涂料和溶剂的变化幅度都要小于 ± 10 毫升。

解决方案是相当直截了当的，涉及到在溶剂控制装置上增加第三个阀门，并对涂料盒内的缸盖形状进行修改。改造结果，溶剂和涂料流量从停止状态到全流量的时间不到0.2秒，流量的变化幅度仅为 ± 3 毫升，远远低于目标数字。这个结果也比开发人员意料的要好得多，使得这种系统在市场具有非常大的吸引力。

这个系统首次是在上个世纪90年代后期实现的，现在称作盒式钟罩系统（CBS），不仅在日本用于汽车生产线上，而且在亚洲、美国和欧洲也普遍采用在汽车生产线上。如当初打

算的那样，这是一种简化的喷涂工艺方法。更换装置可以灵活地进行调整，需要多少颜色，就可以有多少颜色，（见图■）每种颜色有两个涂料盒（当一个在使用时，另外一个在重新装涂料）。当一个涂料盒用完时，机器人手臂旋转检拾另外一个新装满涂料的涂料盒，（见图■）这个新装满的涂料盒是涂料盒处理装置放到预定位置上，由机器人使用负空气压力保持入位。

与此同时，第一个涂料盒正在被装满涂料，活塞上面的溶剂被用来制备新的涂料。当更换颜色的时候到来时，只用溶剂清洗雾化器喇叭口，然后，机器人使用一对不同的涂料盒在此投入工作。

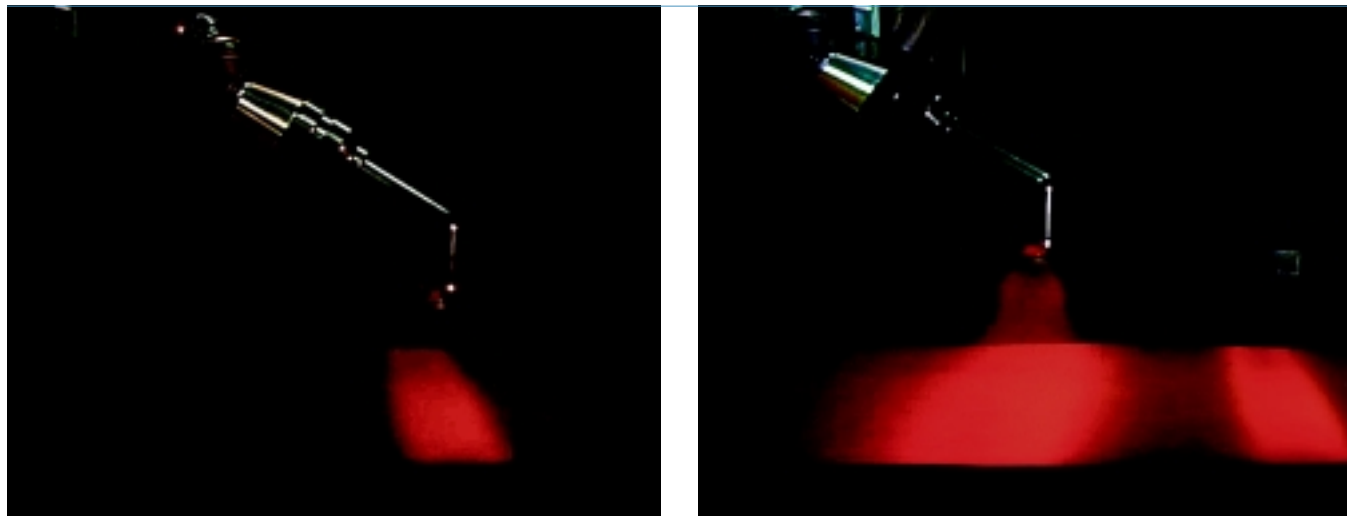
在很大程度上，这种方法可以使静电喷涂工艺更加安全，因为只有涂料盒本身需要施加电荷，而且它与地面是隔离开的，电荷电压只有90伏，没有多大的问题可担心的。高达90%的涂料都被输送到车身上，大大减少涂料的损耗。每次所用涂料批量小，更便于管理，效率更高，成本低，厂家能够负担得起。

一家主要日本汽车生产厂家的使用结果完全说明了这种方法的优越性：

- 生产成本降低27%，每年生产500万辆汽车可以节约30亿日圆（2600万美元）；
- 喷涂过程中挥发性有机化合物减少45%，每平方米从65克减少到35克；
- 生产率得到提高，批量变小了，颜色数量增加了，有可能实现按照订单进行喷涂。

以需求为驱动力的制造业

■ 模式控制 (PC)，小钟罩 (左图) 和大钟罩 (右图)。



最近几年，随着环境条例越来越严格，汽车生产厂家被迫更换使用水溶性涂料，而不使用溶剂溶解性涂料，水自然是理想的溶剂，不产生污染，运输也安全。使用水溶性涂料的主要问题来自于难于利用静电喷涂技术工艺。较之溶剂基涂料，水溶性涂料黏度更大，汽化也更加困难（同时，喷涂于汽车车身上以后，它们也更容易保持潮湿状态，更加容易流动，因为水不象溶剂那样容易挥发）。水也比溶剂的导电性能更好。施加电荷的涂料供应系统必须与大地隔离开来，结果使得系统难于维护，而且具有潜在危险。因此，许多年以来，采用静电喷涂工艺涂敷水溶性涂料是不可能的。

为了解决这个难题，ABB开发出了 COPES-IV 钟罩雾化器。钟罩形雾化器有一个杯形零件，这个杯形零件快速旋转将涂料抛射出来，形成具有优越涂敷性能细小的雾状体，压缩空气让杯形零件飞速旋转，使涂料雾状体形成一定形状。ABB公司的工程技术人员成功地在 COPES-IV 上安装了外接电极，间接地让涂料颗粒带上电荷，使得水溶性涂料的静电喷涂工艺成为可能。这种类型的雾化器现在已经在欧洲汽车制造厂里使用，欧盟更加严格的环境法规正在大幅度地日益

增加转换成水溶性涂料的比例。

ABB 公司的工程技术人员成功地在 COPES-IV 上安装了外接电极，间接地让涂料颗粒带上电荷，使得水溶性涂料的静电喷涂工艺成为可能。

ABB的机器人化的喷涂解决方案在连续不断发展，以便满足市场需求，做到投资、维护保养以及运行成本低廉，减少对环境造成的影响。CBS系统的一种变型是可冲洗的涂料盒钟罩系统 (FCBS)，这种系统可以降低维护费用。特别是当使用水溶性涂料时，与采用溶剂进行清洗相关连的问题得到了解决，这种系统容许在运行过程中对涂料盒进行清洗，减少了涂料盒的例行大修工作量。FCBS 得到了高度重视，而且还是在欧洲，在欧洲水溶性涂料的使用正迅速在汽车生产中成为行业标准。日本和亚洲的汽车生产还没有如此迅速地改成水溶性涂料，但是，已经有计划在未来几年里改变这种状况。模式控制 (PC) 钟罩是涂料传输技术上处于领先的技术工艺（见图■）。汽车和其他需要涂料的物体不仅由开放的、平直表面构成，它们还会有柱体和其他较小平面，与之交错的还会有较宽空间，如

机器盖和车门等。模式可控钟罩容许涂料喷涂宽度有过度性变化，例如柱体上窄，机器盖上宽，对正在涂敷的涂料提供卓越的控制。与ABB的机器人配套使用，这是机器人化喷涂的未来，可以保证最大的传输效率，最小的涂料消耗。

ABB的喷涂工艺技术使得保险杠生产厂家的工作变得更简单了，也使得汽车制造厂、白色家电生产厂或需要变换涂料颜色的任何其他厂家的工作变得更简单了，由于有了ABB的涂料技术，对具体个别需求的响应更加灵活了。

Osamu Yoshida
ABB Automation Manufacturing
Tokyo, Japan
Osamu.yoshida@jp.abb.com

定位焊接

装备调整软件的精确定位焊

Lennart Sundstedt, Christian Müller, Åke Olofsson

当一个定位焊焊枪深入对准它的目标时,精确控制它的位置和压力至关重要。这样的控制系统必须调整它在应用压力作用下焊枪臂的偏差。电极顶端(各极在任意大小钢板上)必须正好在相同的瞬间与钢板接触以避免钢板弯曲。一旦他们处于正确位置时就必须使用正确的压力进行焊接,而且不使钢板变形。另外,还须考虑电极的磨损。

过去经常使用的是以气体力学为基础的机械式调整系统。ABB的伺服—控制软件调整方式开创了新天地。它为提高焊接质量提供了极高的准确性和适应性,同时还减少了维护。

以需求为驱动力的制造业

ABB 的机器人技术为应用各种不同的定位焊提供了灵活的软件解决方法。同时备有用于气动焊和伺服焊枪的专用软件选项。RobotWare Spot Servo 是一个用于伺服焊枪焊接的软件包。为控制焊枪伺服电机和机械人六轴,它共用一个公有控制器和内在运动控制逻辑线路。因此,该软件无需外部驱动控制组件,伺服焊枪的控制与机械人的运动完全同步。

更进一步发展,ABB 机器人技术现在正被运用到软件调整技术—这是一个代替安装在定位焊枪上的传统机械式(气动或电控)调整设备运动的控制软件。软件调整系统减少了设备成本和维护费用,提供了高质量的焊接效果。

历史地位

工业机器人早在三十多年前就已进入了定位焊。那时,机械人、夹具、定位装置以及焊枪的精确性还比较落后。这些不足通过配置机械调整装置(见图 2a),当焊枪闭合、焊枪变得灵活时,积聚两端力量进行弥补。

这些年来,机器人装置在钢板上进行焊接的精确度和误差等方面都更加完善,定位装置在不断减少。伺服控制式定位焊枪正在取代气动式焊枪。现在钢板的定位准确性和机器人动作的重复性已经精确到他们在实际运动中的变化丝毫不能影响定位焊的结果。

然而,在定位焊的过程中仍然有一些误差和因素影响焊接质量。这些包括:

- 定位焊枪臂的偏差。
- 程序设定时的误差。
- 电极的磨损。

除非以上误差能得到充分调整,否则钢板就会弯曲、翘弯或在焊接时

被损坏。而且,不能在钢板上获得预期的挤压力会产生较差的焊接质量和钢板的剩余张力。因此仍然需要一个调整解决办法。

ABB 机器人技术现在正被运用到软件调整技术—这是一个代替安装在定位焊枪上的传统机械式(气动或电控)调整设备运动的控制软件。

软件调整

典型的定位焊周期如图 2 所描述。在图 2a 中,有一个带开启焊枪的 IRB6600 机器人接近焊接位置。该焊枪在焊接位置是关闭的(见图 2b 和 2c)。力量集结在焊枪上时,即发生了偏差(力量控制取代了位置控制)。当力量已集结起来时,焊枪被关闭,点焊发生,作用在枪臂上的力被释放,焊枪开启,机器人将焊枪移动到下一位置(见图 2d)(从力量控制转变回位置控制)。

ABB 的机器人技术软件调整系统使用简单易行的功能软件包取代了传统的机械式调整装置,减少了费用(简单的焊枪、较少的维护、焊枪无需压缩空气),使得程序和操作变得更

加容易和迅速。其性能特点有:

- 焊枪臂偏差调整。
- 教学支持。
- 电极磨损检测和调整。
- 自动释放固定的焊枪臂。

下面将讨论这些功能。

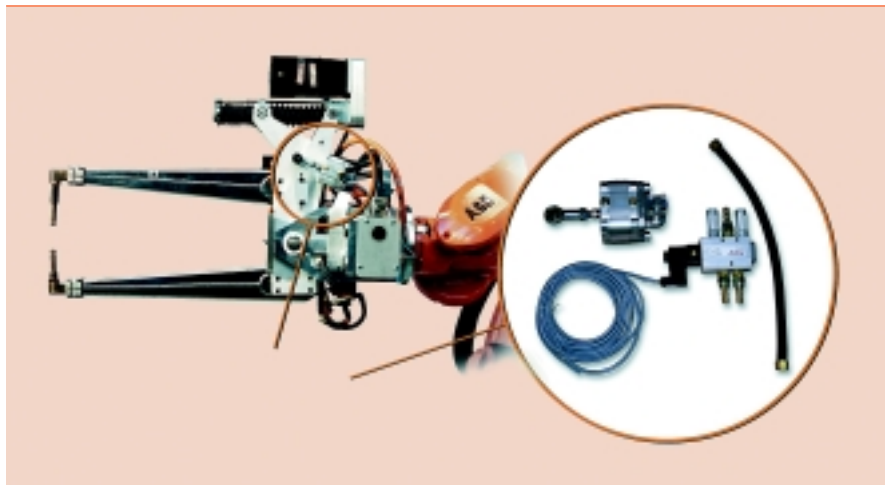
焊枪臂偏差调整

当定位焊焊枪关闭并开始进行焊接时,固定的焊枪臂将因为受力而不可避免地弯曲。结果,焊接处的位置是不准确的。为弥补焊枪臂弯曲并获得在钢板上的设定的挤压力,焊枪位置必须正确。这些动作以前是靠机械式调整实现的。

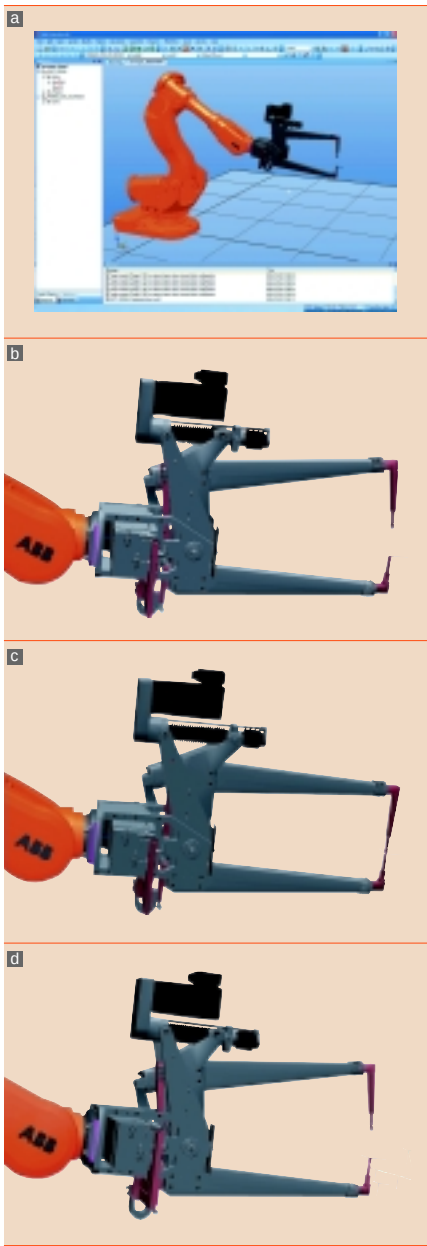
为了取代这种机械式调整功能,软件方法或通过需要一个额外焊枪轴的焊枪本身,或通过机器人的六轴而为固定枪臂加入额外动作。ABB 的方式是使用机器人现有的运动控制软件来完成上述动作。内在运动控制软件运用集结在焊枪上的力来协调调整动作。完成焊接后,当力减少时亦如此。

详细的研究和测试结果表明:使用软件调整时,钢板在焊接前或焊接过程中都没有弯曲。除了施加在枪端上的挤压力外,没有出现其他的

■ 带有机械式补偿器的伺服焊枪:在使用软件弥补系统前被广泛应用。



2 典型定位焊周期照片，由 ABB 的 RobotStudio 软件制作。



3 处于“修改焊接处”模式的 FlexPendant。



力。调整动作还可以随焊枪在力量控制期间的移动被彻底地同步控制。也就是说，在钢板焊接处实际上没有压力或张力，焊接处的质量也因此而得以改进。

由于 ABB 的解决方案使用了内在运动控制逻辑和软件来调整固定枪臂末端的位置，使其行动保持了同一性，这与焊枪的方位无关。作为比较，机械式调整器通常要对不同方位的焊枪提供不同的枪臂偏差调整。一支处于水平位置关闭时工作非常好的焊枪就可能无法在垂直位置上得到充分的调整。对于在所有方位有良好调整的焊枪，转动焊枪和清理焊缝可能是一件沉闷而耗时的工作。

使用了内在运动控制逻辑和软件来调整固定枪臂末端的位置，使其行动保持了同一性，这与焊枪的方位无关，这是允许的。

枪臂偏差调整功能可用于 X- 型和 C- 型¹⁾伺服焊枪，对于机器人携带的焊枪和固定焊枪均以同样的方式工作。必须额外提供的、唯一的焊枪特性信息是偏差特性(枪臂偏差是力和时间的函数)。这样的信息通常在焊枪数据表中可以得到。

教学支持

确切地设定定位焊位置是获得良好焊接质量的先决条件。使用软件调整技术增加了对精确设定位置的需要。现在，ABB 的机器人工程软件包括一个被称为“修改焊接处”的特性，它能容易地实现设定焊接位置的调整。

注：

¹⁾ 术语“X-型”用于剪刀型结构的焊枪(如图 2 所示，电极垂直于焊枪臂)，“C-型”用于直接作用结构(电极位于枪臂轴上，一极在枪臂直接延长位置，另一极附在 C 形支架上)。

“修改焊接处”是一个手工模式提供的功能(即在设定或更新设定期间)。在修改模式时(见图 3)，所有程序设定说明书(焊接除外)将被正常执行。机器人一旦到达设定的焊接位置时就将停在那里，一个修改对话框显示在 FlexPendant 可视方框说明上。见 4 方框中的说明。

固定式和可移动式焊枪臂末端的位置可以使用 FlexPendant 上的一个单一软按钮实现逐渐调整。固定式焊枪末端的位置按预先确定的(可调整的)增量被移向或移开钢板。

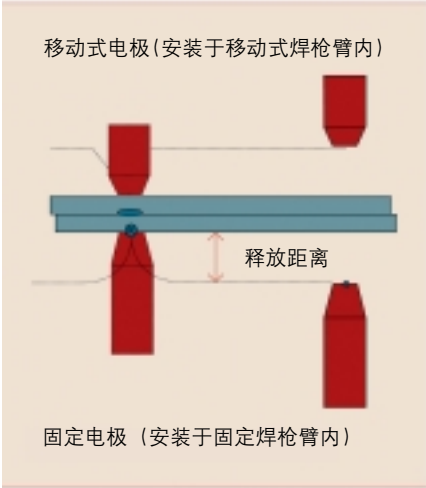
电极磨损检测和调整

定位焊末端(电极)在使用过程中不断地受到磨损。因此，在焊枪移向焊接位置之前，它的实际位置必须根据实际磨损量进行调整，软件

FlexPendant

FlexPendant (见图 3) 是 ABB 手持式机器人—用户界面装置，以重量不足 1.3kg 的 ABB IRC5 控制器所做的工效学设计装置便于使用，有一个彩色触摸屏显示和一个使用方便的界面。

4 为避免损伤移动中的钢板，电极末端被撤回至预先定义的释放距离。



以需求为驱动力的制造业

调整技术综合了方便使用者的末端磨损测量和调整功能。

两端的总磨损量由在一个预先确定的力下关闭焊枪的“不确定性”（无钢板）来决定，然后测量焊枪关闭位置的不同，该测量值被用来调整焊枪的行程。它保证了持续的焊枪关闭次数、持续的循环次数以及持续的焊接力。

为使用户能尽量地简化定位焊的程序，当开启焊枪时，机器人自动地在垂直方向按预先设定的距离从平板上移开固定的焊枪臂。

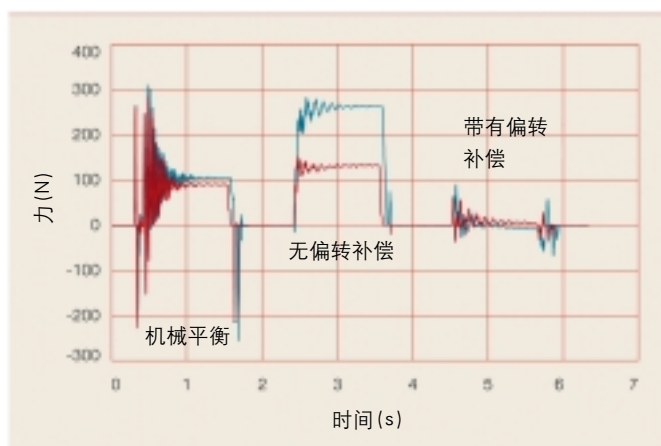
固定末端上的磨损可由以下两种方法计算：或通过它的磨损与整个末端磨损之间的预期关系决定，或借助于一个固定的参考平面及一个特定的“运动”指令进行测量决定。对于机器人携带的焊枪，参考平面被固定在机器人的工作区内。固定式焊枪臂末端的实际位置由搜寻函数确定：将末端移向参考平面，直到达到被定义的力为止。对于固定的伺服焊枪，参考平面则是堆积到机器人的夹子上，机器人将其向焊枪的固定末端推移。因为机器人本身就是测定装置，无需其他附加仪器。

以上功能不但提供了正确的末端磨损数据，而且还确保了自动磨损监测。可以设置报警器，在末端需要敷裹、置换或丧失功能时等紧急情况下使用。

其他方法，如利用光束，也可以用于测量焊枪的末端磨损。

■ 钢板上的焊接力为 $1.5+3.5\text{kN}$ 。

— 板材力（焊缝力 1.5kN ） — 板材力（焊缝力 3.5kN ）



自动释放固定的焊枪臂

当焊枪与机械式调整系统一起使用时，固定的焊枪臂末端自动从开启的焊枪钢板上释放。使用软件调整时，需要一个额外的机器人动作来释放固定在钢板上的焊枪臂末端，这是为了防止末端移到下一个焊接处时擦伤金属板。

为使用户能尽量地简化定位焊的程序，当开启焊枪时，机器人自动地在垂直方向按预先设定的距离从平板上移开固定的焊枪臂。释放的动作可以直接地遵从角落点和下一个“移动”指令移到另一个区域。释放距离（见图 4）由用户设定，每只焊枪都能单独定义。

软件调整的确证

对各种不同的焊枪以及所有类型的 ABB 定位焊接机器人的功能和性能都进行了压力和高速录像测量的彻底检验。测量结果如图 5 和图 6 所示，使用的是一只安装在 IRB6600/225 型机器人上的标准 ABB SRT-M-E 型 X-焊枪。这只焊枪的前探深度是 645mm，最大焊接力是 3.5kN。偏差是 4.7mm。

力的测量则由安装在一个标准力传感器上的非常坚硬的钢板来执

行。这一设置允许对只垂直作用于钢板表面的力进行测量。这种力弯曲甚至损坏钢板，应该用调解系统来予以弥补。

如（图 5）所示，机械式调整主要是在焊枪的关闭和开启期间产生作用在钢板上的力。当末端接触上钢板时，有来自焊枪惯性的反作用力。焊接期间残余的调整力是由焊枪在焊接位置的轻微不平衡

引起的。

当没有使用机械式调整 and 没有使用偏差调整时（固定末端的焊接处位置直接在钢板上），钢板上的剩余力取决于焊接力，也就是取决于固定焊枪臂的偏差。这表明对焊枪臂偏差进行良好的调整是如此的重要。

对各种不同的焊枪以及所有类型的 ABB 定位焊接机器人的功能和性能都进行了压力和高速录像测量的彻底检验。

由软件调整导致的结果表明：在焊接期间只有最小限度的垂直力作用在钢板上，而该力与焊枪的方位和焊接力无关。

软件调整的性能也可以通过高速照相机监测非常薄的钢板（几乎不需要力）的弯曲情况显示出来（见图 6）。测试结果表明：在力集结期间，可以将固定焊枪臂的偏差调整得非常精确。

图 6 显示了一系列图片，从焊枪运动到焊接位置、焊枪对钢板厚度的关闭以及用焊接力集结（3.5kN）来控制力。此时的钢板厚度大约

是 1.0mm。

图 6a 显示了焊枪到焊接位置的运动和焊枪的关闭。固定式(较低的)末端在移到它的焊接位置之前先接近钢板上被预先确定的释放距离(此时为 5mm)。运动期间,焊枪的关闭与机器人对钢板厚度的作用同步,这样就确保了焊枪的两个末端同时到达钢板,这与他们设定的速度无关。

图 6b 和 6c 显示了焊接力集结时,对力的控制状态。在这两种情况下,力的控制是同样的并使用了相同的焊枪力(3.5 kN)。

图 6b 显示了没有任何有效机械式调整时装备的性能。被使用的焊枪实际上有一个能起作用的机械调整器,但因为钢板不提供任何反作用力,故该机械调整器没有将焊枪臂的偏差调整过来。

图 6c 显示了活性软件调整的相同序列。与机械调整相比较,焊枪通过调整偏差来确定位置。在整个力集结阶段焊枪偏差的确被校正,实际上钢板也没有发生运动。通过消除钢板

弯曲或损坏钢板的风险,可以获得高质量的焊接结果。

ABB 机器人技术软件调整系统的性能表明:它可以取代在伺服焊枪上的机械式补偿器,可以提供精度相当高的偏差修整。

益处

ABB 机器人技术软件调整系统的性能表明:它可以取代在伺服焊枪上的机械式补偿器,可以提供精度相当高的偏差修整,调整功能可以修正在程序设定期间导致的错误,软件弥补了固定焊枪臂的偏差和电极的磨损。软件弥补系统利用了内在运动控制来调整在机器人的六个轴上的定位焊枪的位置。除了已提供的机器人控制器以外,这里不需要另外的驱动装置或其它机械设备。

使用软件的益处包括:

- 没有被磨损或挤压的机械零部件,依次消除了末端黏住的危险。
- 减少了调节和整理机械功能的时间。
- 减少了维护,提高了可用性。
- 更简单、更轻便的焊枪减少了成

本,比较便宜。

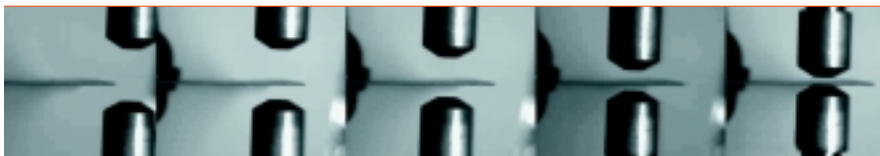
- 定位焊枪不再需要压缩空气,修整部件更简单,仪器更少。
- 没有重力的影响;独立的焊枪方位可以重复。
- 因为有程序设定的支持、固定枪臂的自动释放和末端磨损监测等功能,加强了用户的友善度。

该软件技术的功能性部分正在申请专利。

欲知用于白车身(BiW)的 ABB 软件的更多详情,敬请登陆网站 www.abb.com/robotics。

6 高速照相机拍摄的焊枪关闭照片。

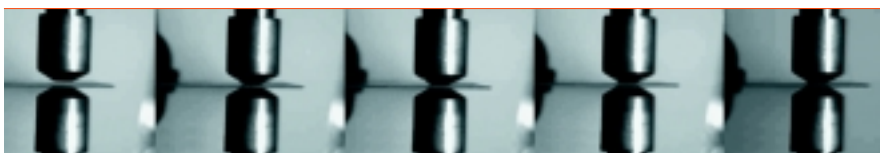
a 移动臂焊接位置。



b 没有机械补偿器的力量控制。



c 有软件弥补技术的力量控制。



Lennart Sundstedt

Åke Olofsson

ABB Robotics

Västerås, Sweden

lennart.sundstedt@se.abb.com

ake.olofsson@se.abb.com

Christian Müller

ABB Corporate Research

Ladenburg, Germany

christian.h.mueller@de.abb.com



运营卓越化

制造技术课题：通往卓越运营的道路

Karol Kaczmarek, Johanna Tidström

运营卓越化是保持和推进公司竞争力的关键，可以带来世界级的质量、生产率和客户服务。在当今的市场上，技术革新、外协外购、电子商务和全球性竞争无所不在，追求卓越对公司日益重要。要实现卓越运营，执行现代制造技术是至关重要的。

ABB公司的制造业业务部门充分利用运营方面的改进，拟定了一个制造技术课题计划。这个计划将作为运营卓越化和新领域的技术主架构。

卓越

运营的定义千差万别，但是，它们又都有共同之处，都在追求最好的质量、高生产率以及按时和以竞争性的价格向客户提供产品和服务。当今的世界是技术革新、外购外协、信息技术和全球性竞争的时代，在这样的世界里，追求卓越运营变得越来越重要了。

ABB集团研究中心有一个制造课题计划，重点是制造业务中的运营开发工作。

ABB公司使用的定义是：卓越运营是业务绩效的一个方面，使ABB能成为客户的自然选择。这个定义在生产中转化为始终如一地按时提供产品和服务、增加产品的价值、动态地加速业务过程等。

卓越运营已经成为公司文化的一个组成部分，并在ABB内部转化成各种制造业务的策略。ABB在世

界各地有 400 多家工厂和主要的工程软件中心，它们所采用的制造流程在复杂程度、范围和类型方面都各有不同，因此需要开展各种研发活动，寻找管理和优化制造过程的方法。请参阅本刊前面的文章¹⁾，一种尺寸肯定不适合所有的情况。

ABB 集团研究中心有一个制造课题计划，重点是制造业务中的运营开发工作。为了分析并填补卓越运营重点领域的空白，执行了一系列研究和开发项目。在此只简要介绍有关的项目，这些重点领域包括相互有联系的工厂价值链的优化、为了充分利用产品报价的优势对产品组合进行简化、始终如一地重新定义制造轨迹以及开发资源和管理技能等。

ABB 集团的研究制造技术课题计划建立在三个能力支柱上：可制造性、制造过程和信息技术（见图 1）。

可制造性

众所周知，ABB 的产品能够满足客户在功能、效能和可靠性方面的要求。但是，为了在市场上进行竞争，它们必须能够以经济的办法生产出来。这就转换成另外一组要求：便于制造、装配、包装、运输、维护，最后在达到产品寿命周期时，还要能够便于处置。

可制造性可以定义为处理制造环境中的这些要求的学科。在产品的设计阶段，它要同时考虑产品制造

的各个方面。在支持可制造性方面，有一系列的所谓 DFX 方法和工具：面向制造的产品设计（DFM）、面向装配的产品设计（DFA）、面向成本的产品设计（DFC）、面向品种的产品设计（DFV）等。

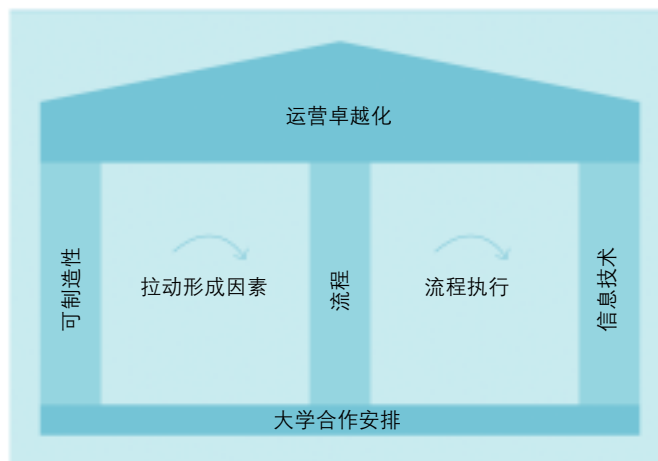
一般而言，可制造性概念的宗旨是产品简约化、标准化和模块化，反过来，又能够在前期对产品品种实行主动积极的管理，实现规模化的定制生产。同时，也容许在制造流程中使用拉式生产和库存补充方法。采用标准模块建造的产品可以采用许多方法进行配置，使之符合单个客户（在额定值、性能、特点和卡具等各个方面）的要求。制造方便并且由标准模块组成的产品可以在工序下游按客户需要进行定制生产，使其在生产过程中更多地采用有利的方法。

可制造性概念在本期 ABB 评论的第 55 页上的题为“简约产生经济效益”的文章中进一步深入讨论。

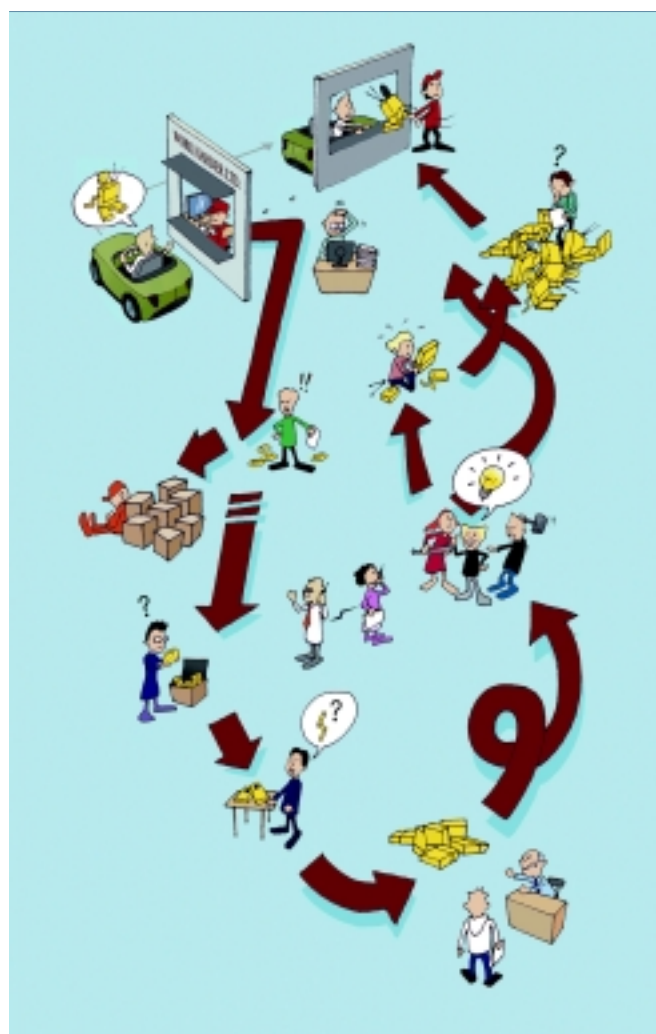
流程

为了具有竞争力，工厂管理层需要全面、准确、及时第和完整的信息。相关信息流动触发通过每个生产流程的物料流动——这是生产流程的关键部分。

■ ABB 制造技术课题计划的三大支柱。



■ 这些人可能是在努力地工作，但是，总体过程是浪费和效率低下的。客户没有获得高质量的产品就不足为奇了！



注：

¹⁾ 第 12 页的“加工制造的节拍”。

制造技术

除了信息流以外，还对物料流动进行分析，以便减少差异性（延误、返工、质量问题等）。差异性会危及信息和物料运动的连续性和速度。这会降低整个系统的效能，如降低产量。所以，流程中的重点是减少和控制整个定单交付过程中的差异性，包括办公室、生产和供应商的整合。

设计制造流程的目的是确保物料和半成品能够在整个制造和装配过程的各个阶段连续流动。产品流动必须连续和快速。从广义上说，开发工作的目的是优化全球范围内的内部价值链，强化制造灵活性和流动性。

有关制造流程的概念在本期ABB评论的第6页“制造科学”的文章中会作进一步探讨。

信息技术

一旦车间生产流程平稳高速运行之后，就是通过自动化确保获得高性能的时候了。这项优化步骤的先决条件是信息的有效流动。

IT工具在车间里的主要作用是加强执行过程，使之将物料在工作站之间、从供应商至制造厂家到最终用户以连续和快速方式移动。ABB为实现这些目的在其制造工厂里推行IT解决方案。

为了实现卓越运营，ABB在一个课题上进行了投资，着力在其许多工厂中推行现代制造技术和做

法，在本期ABB评论中的第59页题为“创新企业制造执行调度信息系统”的文章中对制造业的IT原则进行了讨论。

IT工具在车间里的主要作用是加强执行过程，使之将物料在工作站之间、从供应商至制造厂家到最终用户以连续和快速方式移动。

制造技术课题计划中描述的由三个部分组成的方法已经在许多ABB工厂中得到实施，并取得了良

好的效果。由于控制住运营工作，人们可以集中精力解决供应链以及如何将成品交付给客户的问题。一个完整的制造解决方案会全面考虑所有这三个过程，确保它们和谐共处。因此，在苦干之前应该先考虑如何能够巧干。图■中的情况就并非如此。在简约化的单位里，每个部门都到位，每个人都在正确时间承担正确的工作，这样的

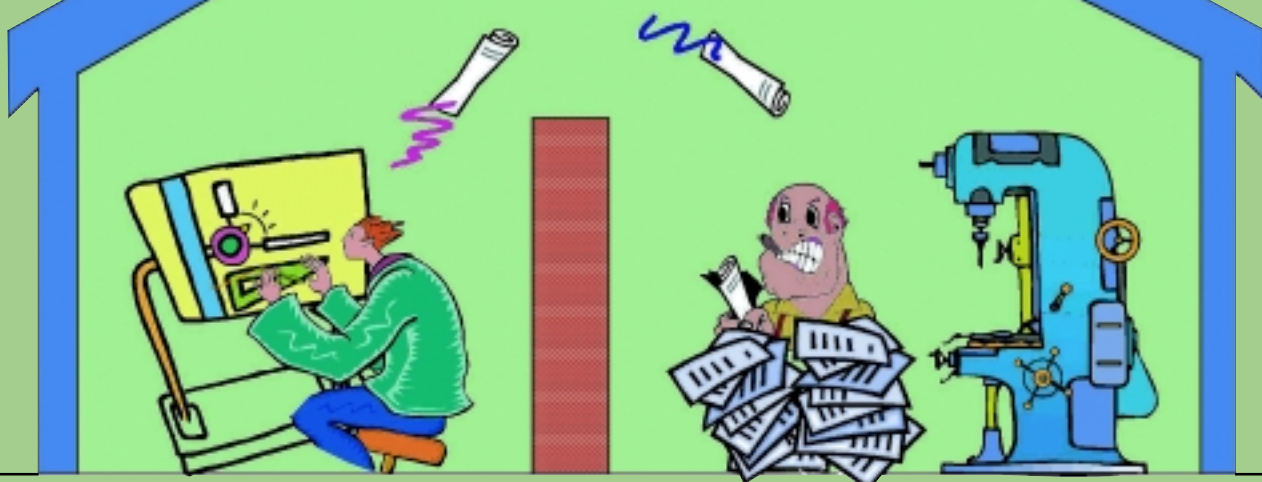
一个单位可能需要花些精力去创建，但是，结果是非常值得的（见图■）。减少了浪费和低效率，质量和客户满意度得到了提高。信息流动更加清晰，使得人们更加容易在出现问题之前就认识到问题的存在，并采取积极主动的应对措施。在本期ABB评论中，好几篇文章介绍了有关的陷阱、风险和这些问题的解决方案，而这些都与采用现代技术支持卓越运营，提高公司竞争力息息相关。

■ 引入卓越运营将苦干转变为巧干。企业和客户都能从中受益。



Karol Kaczmarek
ABB Power Technologies
Zurich, Switzerland
karol.kaczmarek@ch.abb.com

Johanna Tidström
ABB Corporate Research
Vaasa, Finland
johanna.tidstrom@fi.abb.com



简约产生经济效益

面向制造和装配的设计(DFMA)在 ABB 的应用

Tomasz Nowak, Marcin Chromniak, Robert Sekula, 高陆

竞争不断加剧是当今经营领域必须接受的一个现实。正如所知,人们一直惊叹当今市场充满了激烈的竞争。毫无疑问,在不久的将来以及以后的时日里,人们还会发出同样的感叹。

企业如果想持续保持其利润率和全球竞争力,那基本的一条就是能否以优质的质量,合理的价格开发和生产满足客户预期的产品。

但是,企业实现上述目标所采用的方法是与时俱进的。昨天行之有效的方法,不一定适合今天和明天的市场。在这种背景下,面向制造和装配的产品设计起着重要的作用。

ABB认识到这个简单的设计理念,并正在应用“面向制造和装配的产品设计”(DFMA)方法,取得了巨大的经济效益。

回顾早期产品的设计和生产,串行工程曾经发挥过骄人的作用,其在具备专业分工特点的同时,也存在开发过程中各阶段相互孤立的问题(即“我设计,你生产”的理念)。诸如设计、工艺、检验和维护等开发活动都隶属于不同部门。在20世纪初,当福特生产其T型汽车时,这种方法曾经在福特的第一条生产线上有效地工作过。弗雷德里克·泰勒的理念(任何复杂工作都可以转换为直截了当的步骤)也曾经被应用于产品开发过

程。当前,这些方法仍在应用于简单标准化的产品生产过程。

但是,串行工程也存在着明显的不足:企业成长并扩展到世界其他洲;技术发展;问题变得更加复杂。这些变化对于企业组织结构来说意味着许多部门不再集中在一个国家,更不用说在同一个办公大楼内了。从最好情况说,关键性的通信和合作被减少到绝对最小程度。

这给越来越复杂的技术问题增加了难度,还不要说产品上市时间要求越来越短,结果,简单地说,经常使得设计根本无法制造出来!

所以,为了正确地确定产品设计,需要采用一种同时并行工程方法,这种方法将重点放在团队合作和各部门之间的信息交换上。近年来,人们推荐了几种方法,包括质量功能应用、鲁棒设计、协同制造、快速原型制造、面向制造和装配的设计

制造技术

(DFMA)。在所有这些方法中,DFMA可能是表现最为突出,功能最强大的方法了。

用通俗的话来说,DFMA是一整套方法和原则,主动地指导产品的设计过程,以优化产品生命周期内的各项功能实现寿命周期所有功能(制造、装配、试验、采购、交货和维护等)的优化。

DFMA 初学者入门

降低成本和上市时间或许成为公司成败的两个最为重要的因素,要实现这一点的关键是如何减少生产原型的数量。针对这种情况,采用分析的方法显得理所当然。

DFMA

ABB 公司最近与弗吉尼亚理工学院的 Robert Sturges 教授合作,对 ABB 现在和未来的管理人员进行 DFMA 方面的培训。Robert Sturges 教授就 DFMA 发表过下述观点:

“在生产领域中看来存在着不少虚构的神话,让我们不能认真地对我们的业务进行本质性的理解:

- 只要设计了它,你就能够制造它。
- 只要你能够将其画出来,你就能够将其制造出来。

- DFMA 是个不成问题的问题,因为制造是在结构化的环境中进行的。

让我们将这些观点与现代制造的现实做个比较:

- 零件是机器制造的,但是,(大部分)需要人进行送料。
- 如果我们能够做到让机器容易进行送料,那么,人可以做得更好。
- 如果人不能容易地进行送料,那么将产品和工艺放在一起进行设计。

DFMA 给我们提供了工具和技术方法,从定量观点、分析观点和经济观点出发对产品设计和工艺设计进行管理”。

在新产品开发阶段,必须认真考虑成本和成本驱动因素。但是,它们往往被人忽视,原因仅仅是因为设计人员缺乏可靠的方法,把握和了解这些因素。DFMA 有助于项目小组在产品开发周期的任何时间分析和了解他们设计决策的成本效果。它提供一个尽早确定成本驱动因素的方法,制定相应策略,以降低其对整个制造过程的影响。

DFMA 由两个相辅相成的方法组成:面向装配的产品设计(DFA)和面向制造的产品设计(DFM)。

面向装配的产品设计(DFA)

在设计的早期阶段,控制零件数量对实现成本目标是至关重要的活动。DFA 是这样一种技术方法,它将设计小组的注意力集中在零件数量 and 如何减少零件数量方面,借此对产品进行简化。它让工程师们识别在满足产品要实现其功能的前提下,设计里必须需要的理论最小零件数目。当分析出不必要的零件并将其去除时,不必要的制造和装配成本也就去除了。换言之,所需的制造和装配步骤减少

了,制造工艺可以进行整合,甚至予以取消。随着零件数量的减少,与采购、贮存和服务相关的成本也降低了。另外,零件少了,库存量和在制品数量也将减少。

DFA 有两个基本原则:

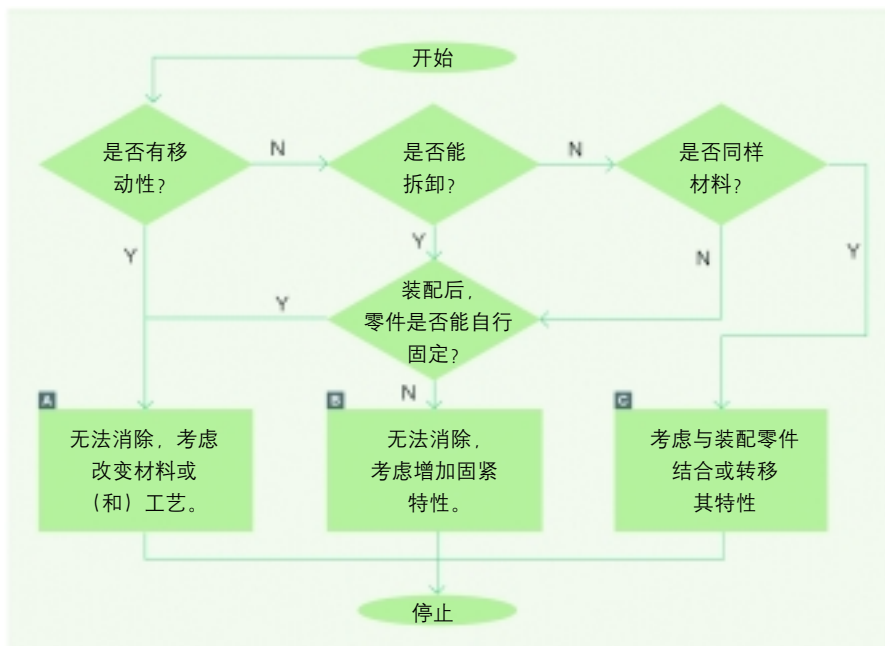
- 最好的零件设计就是根本就不存在零件
- 如果某个零件无法取消,尽量减少获取、对中和装配这个零件所需的时间。

减少零件的策略涉及到在可能的情况下将多种功能集中到单一零件中(见图1)。特别是指对产品工作不是绝对需要的零部件,或者是非标准(规范)或客户不需要的零部件。

DFA 认识到在设计过程的初期就需要既分析零件设计,也需要分析整个产品的任何装配问题,DFA 分析查找三个方面的问题:

- 相对运动: 如果在能动零部件之间存在明显的相对运动,那么可能需要不同的零件(或零件数不能减少)。但是,同时也必须考虑零部

图1 面向装配的产品设计(DFA) - 对不必要的零件进行分析。



件材料和制造工艺的某些变化。小的运动或许也可以使用其他方法实现,例如通过塑料折叶、柔性或其他连接方法。

- 需要拆卸(维护): 一个零部件在运行过程中,虽然没有相对运动,但是,可能需要调整或更换。
- 不同材料: 如果没有重要理由说明相临零部件需要使用不同材料性质,如电气或机械需要,则可以适用零件减少策略。

最后,有必要查看一下,零件装配后是否自行紧固,如果是这样的话,则有必要分析取消紧固件和连接件的问题。

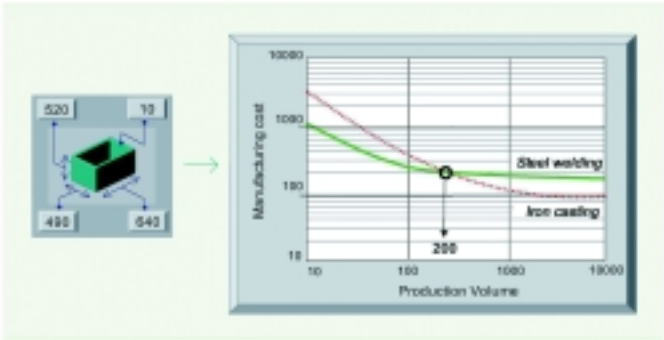
当减少零件的问题得到充分解决之后,DFA就将把注意力转向简化装配工艺的问题上。装配工艺如何实现很大程度上取决于零部件的设计以及零件之间的接口情况。因此,必须分析具体零部件的几何特性,如形状、公差、重量和尺寸等。另外,同时也必须考虑装配方面的问题,如紧固、装配动作、插入和对中方法等。

装配工艺分析概念取决于所谓的“惩罚时间”,一种人为的评估潜在装配困难加权方法,对装配工作的每个方面都进行评判,并给出一个时间评分。装配工艺中的紧固方面的惩罚时间范例(见■表1■)。

表1 手动紧固工序的惩罚时间。

紧固方法	惩罚时间
没有紧固操作或仅为卡扣连接(将零件放置入位或在已装配零件上)	0s
螺钉紧固或压紧操作	3s
粘结紧固方法,焊接,铆接,钎焊	8s

图2 面向制造的产品设计(DFM) - 平衡点计算。



彻底的DFA分析应该得出一个明晰的装配过程,其零部件数量更少,并且从功能上讲,效率很高,易于进行装配。

DFA是一种系统化的方法,它可以在设计过程的早期阶段,甚至当只有产品的粗略几何形状时,让设计人员估算制造成本。

面向制造的产品设计(DFM)

DFM是一种系统化的方法,它可以在设计过程的早期阶段,甚至当只有产品的粗略几何形状时,让设计人员估算制造成本。

设计人员倾向于采用他们所熟悉的制造工艺。但是,DFM则鼓励开发小组向前迈进一步,调查所有主成型工艺和不同材料,以便零部件或产品可以更经济地生产出来。例如,请考虑一下制造某个产品外壳的简单问题,DFM分析显示,当生产批量少于200件时,采用钢铁焊接工艺更为经济。大于这个批量时,铸造工艺则更为经济(见图■)。

DFM也为不同制造工艺提供设计准则,图■中所示简单例子说明了这些设计准则。对于机加工工艺而言,建议遵循下列指导原则:

- 为了减少批量大的零件所需的机加工工作量,请考虑铸造或冲压工艺;

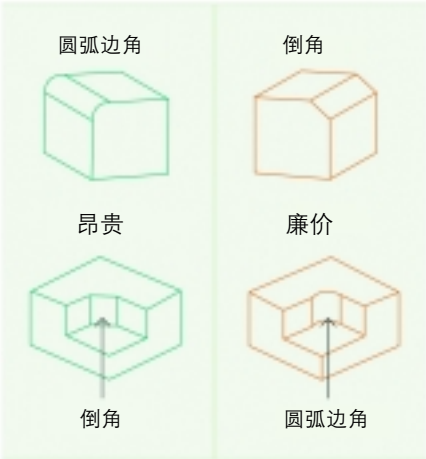
- 为尽量减少机加工工作量,建议采用接近零件净形状的模铸件或锻压件;
- 为了结合方便,设计时考虑提供大的实心安装面和平行紧固面;
- 避免设计尖锐边角或点,因为这些结构会给切削刀具增加应力;
- 避免薄壁、薄拉筋、深槽或孔,因为在夹紧或机加工过程中易发生变形风险;
- 如可能,使用矩形,而不要使用锥形和多边形;
- 除非绝对必要,否则应该避免硬化或难于加工的材料;
- 为了尽量减少工序,将加工面放在一个平面上或放在同一直径的平面上;
- 设计工件使用标准刀具、标准钻头尺寸或其他标准工具。

DFA和DFM都使用日常单位和容易阅读的公制单位(如秒,美元等),让设计人员更加容易评价不同设计和装配方案,迅速判断生产成本和时间。

DFMA如何为ABB发挥作用

公司生产的产品,有时会发生这种情况:功能很好,但是太复杂;可

图3 面向制造的产品设计(DFM) - 机加工工艺的建议。



靠性强,但是尺寸过大了;质量优越,但是太昂贵了;而且极其经常发生的是超过了正在发展的市场要求(所以会被较为便宜的竞争对手打败)。这个问题的答案是简化产品设计,因为通俗地说:“简约产生效益”。

ABB公司内部有不少例子,说明以制造和装配导向的设计不仅带来质量的大幅度提高,而且还降低了成本。其中一个例子是ABB公司的“被动式电压指示计”(PVI)。在项目非常早的阶段(即在确定新产品初步设计时),DMFA方法就被成功地应用。最终结果是大幅度减少了所需零件的数量(从11个零件减少到7个零件),同时,也减少了制造成本和装配的时间(见图4)。

另外一个例子是关于ABB公司

的TPU中压电流互感器,为了降低制造成本,这种产品需要进行简化。DFMA应用加之某些革新性的设计,给这种著名的ABB标准产品开拓了新的设计和制造的可能性(见图5)。

其他DFMA范例包括为全球市场服务的产品重新设计,例如,为中国市场服务的NXC敞开式熔断器、为美国和意大利市场服务的火焰探测器的新设计概念以及为日本市场服务的雾化器的重新设计。

关于NXC敞开式熔断器,为了生产低成本竞争性产品,DFMA确立了项目的三个领域:减少零件数量、使用更加经济的材料以及改进零件的可制造性等。通过开展重新设计活动以后,提出了13个建议,两种重新设计方案,节省了10-15%的成本。

DFMA 十诫

- 用最少的零件数目实现设计
- 设计多功能的零件
- 使用标准零部件、材料和工艺
- 开发模块化设计方法
- 尽量减少零件的定向
- 运用可叠加的单方向的装配
- 方便所有零件的插入和对中
- 避免使用螺纹紧固件
- 消除调整
- 作为一个团队工作

小结

当谈到新产品时,客户要求好的功能、高的质量以及合理的价格。能否有能力以低廉的成本满足这些愿望,是公司能否连续获利以及全球性竞争力的关键。在这种背景下,面向制造和装配导向的设计起着非常重要的作用。ABB认识到这个简约化的设计理念,并从中连续不断地获得收益。DFMA方法已经成功地应用于好几个项目,证明协同设计和设计部门与制造部门之间更好的互动沟通可以在不需要任何大的投资情况下将生产成本降低可观的10-15%。“团队精神和简约可以产生经济效益!”

图4 被动式电压指示计(PVI) — 应用在概念设计阶段的DMFA方法。

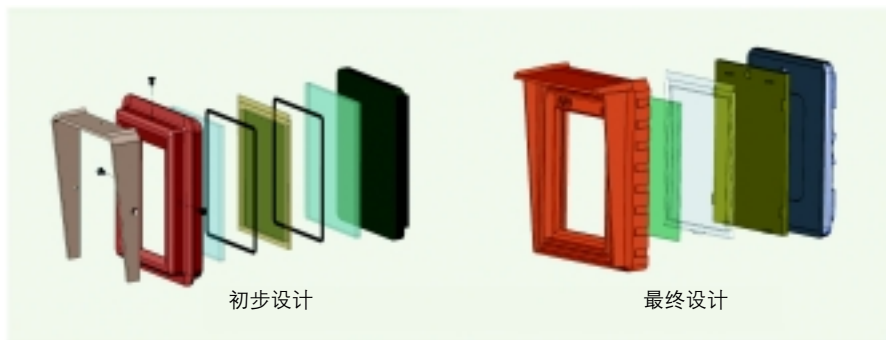
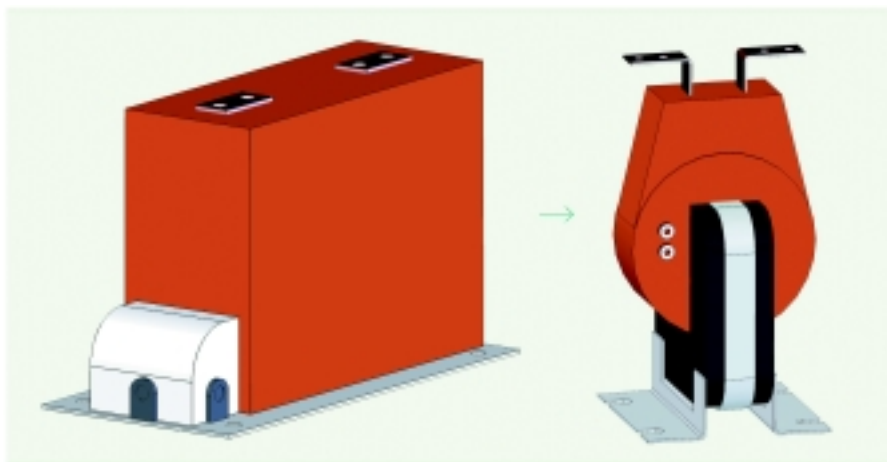


图5 TPU 电流互感器 — 标准设计(左)与为全球市场服务的低成本可行设计(右)之间的比较。



Tomasz Nowak
Marcin Chromniak
Robert Sekula

ABB Corporate Research
Krakow, Poland
tomasz.nowak@pl.abb.com
marcin.chromniak@pl.abb.com
robert.sekula@pl.abb.com

高陆
ABB Corporate Research
Beijing, China
lucas-lu.gao@cn.abb.com

创新企业制造执行调度 信息系统

工厂卓越化解决方案

Mirosław Bistrón, Łukasz Krupa, Krzysztof Sowa-Piekło, Bartłomiej Wyrwa, Tomasz Nowogorski

正如一句古老的格言所说“知识就是力量”。要在资源效率、反应时间和产品质量方面从工厂中获得最佳效果，准确了解有关问题以及问题产生的根源并获取最新知识是唯一的解决办法。理论就是如此！在实践中，此种信息分散在不同地方的几个相互不兼容的IT系统中，而且其表现形式也不利于得出正确结论。由于缺少不能正确综合分析的观点，潜在问题经常让人们痛苦不已，当人们认识到需要防止问题的时候，已经为时已晚。

ABB公司的NEMESIS（创新企业制造执行调度信息系统）信息系统可以让我们改变这一切。这是一种功能强大的数据收集和分析工具，支持协助生产经理们发现和解决其生产流程中的薄弱环节。它可以容许现有工厂生产更多产品、提高质量、降低成本，以更加灵活的方法响应客户需求。



制造技术

在制造方面,时间、资源、物料和能力之间始终有一个微妙平衡,即使稍作改变都会影响生产率。要成功驾驭这种平衡,制造厂家需要适当信息和远见卓识。但是,长久以来,为了履行对客户的承诺,制造厂家被迫对各种事件作出反应,而不是事先预见问题。

根据定义,IT系统提供数据,但是拥有信息不足。掌握如何解释和使用数据的方法,与拥有适当数据同等重要。IT系统的目的是让管理层能够从数据中得出正确结论,借以支持正确的方法和实践。在ABB许多制造厂中推行的约束理论(TOC)¹⁾理念可以解决这些问题。为了支持这种方法,需要一种适当的IT解决方案。

目前已经推行的NEMESIS方法(见图1)涵盖了工厂的调度、执行、质量管理和报告等。定单被自动地从工厂的企业资源规划(ERP)²⁾系统中传送到调度系统中,根据工厂当前负荷情况安排进度,将预定的工作传送到制造执行系统(MES)²⁾。在控制工厂工作流程方面,该系统帮助管理人员收集流程和质量数据,供其进一步分析。在生产定单的执行过程中,生产和质量管理人员,工厂管理层以及销售人员可以跟踪生产情况,对报告进行分析,适当安排生产重点的优先顺序。

有了这种调度和执行系统的支持,工厂具备更加迅速的反应能力,充分

挖掘工厂的潜能。除此以外,系统增加了工厂的透明度和灵活性,可以更加明智和安全地降低库存水平。

在制品(WIP)²⁾数量的减少缩短了周期时间,因此,可以更加迅速地对客户的特别需求作出反应。当与调度系统相连接时,来自MES系统中的在线反馈强化了客户服务部门的能力,使他们能够准确地给客户报出交货日期以及给客户id提供产品的最新信息。

整合解决方案的组成部分

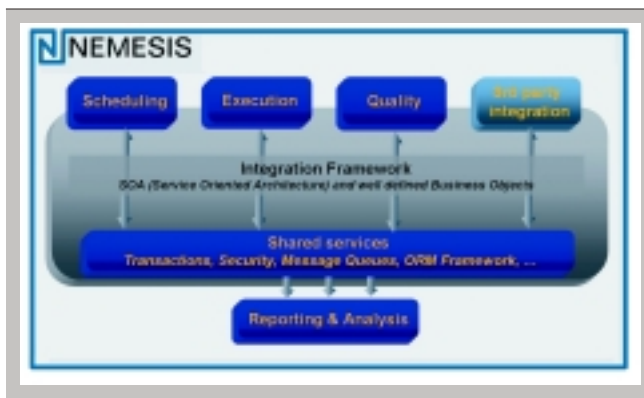
生产规划和调度

当管理每天都要调度许多不同产品的工厂时,没有计算机化的支持,要实现优化管理几乎是不可能。对于今天的计划人员和生产管理人员而言,正确的调度工具是最重要和必不可少的助手。但是,什么是好的调度工具呢?在调度工作研讨会期间,人们向ABB的工厂代表、业务部门的管理人员以及研发部门的专家提出了这样的问题。从他们的回答中推论出所需功能的一张详细图表。其中,最重要因素是:对调度原则的支持—约束理论(TOC)和有限容量调度(FCS),对负荷与容量和在制品的控制缓冲管理的支持,以及不同ERP和MES系统之间的互联性等(见图2)。

在离散制造中,可以区分两种主要生产类型:项目环境和生产环境。两种生产类型之间的关键区分点是它们的不确定度。项目环境的不确定度高,TOC提供多重项目关键链(MPCC)方法。对于生产环境而言,未知风险相对低,推荐使用鼓缓冲器绳(DBR)³⁾方法。

按定单设计的产品(ETO)难于采用材料要求规划(MRP)系统进行调度,因为它们先是作为设计项目执行,然后再作为某种制造业务工作中的一个执行。因为它们是某种制造业务中的一个,而且有时是某种中的

■ NEMESIS—集成企业系统,组成包括用于调度、执行、质量分析和报告的IT工具。



■ 调度系统对TOC和有限容量提供支持。



注:

¹⁾ 见第25页方框说明。

²⁾ 见第74页词汇表。

³⁾ 见第26页注5。

第一个,所以,在设计阶段、采购阶段和制造阶段都有很高的不确定性。按时交货(OTD)情况不好、费用超标以及技术规范减缩(范围改变)等是ETO产品的普遍问题。

诸如变压器、气体绝缘开关和大型电气机械等ETO产品基本上都是一些独特的项目,会受上述差异性的影响。在这种级别的项目管理中,能够让项目在预算内,按规定范围以及按时交付所使用的最好办法是关键链(CC)⁴⁾方法。当许多项目都在同时进行,有一种经过修正的关键链方法,称为多重项目关键链(MPCC)方法。

MES 将重点放在增值工艺上,有助于减少制造周期时间、提高产品质量、减少在制品或取消日常文书工作、降低生产准备时间以及提高工厂管理人员的能力。

关键链方法已经在ABB和其他地方的设计项目和ETO产品上成功地进行了运用。关键链已经提高了按时交付率(OTD)、降低了生产周期(TPT)和总的生产周期(TTPT),同时还增加了工厂的能力。采用关键链方法,在多重项目环境中,高度训练有素的工程师和设计师的生产率已经提高了40%。

TOC方法也能成功应用于生产环境中。周期时

间短的产品通常都是批量生产,工厂管理层面对的最大挑战难题之一是如何识别生产瓶颈(满足需求所需的资源能力刚好足够或不足),这个资源必须充分加以利用。下一个步骤是将车间所有的活动都置于这个资源的支配下,让工厂的产量保持在不低于瓶颈节奏的速率状态下。DBR是执行这些措施的有限调度机制。

TOC方法是新的ABB计划与调度系统的主要驱动力。NEMESIS的宗旨是通过执行MPCC和DBR方法,对两种类型的制造环境提供支持。为了让整个解决方案简单易行,让终端用户将精力集中在他们的核心活动方面,系统开发时注意到让调度算法的实现、配置和参数构成浅显易懂。

为了解决这些问题而开发出来的调度系统的主要特点是:

- 充分支持对瓶颈的探索利用
- 将瓶颈前后的工序置于从属地位
- 在关键地方使用综合缓冲器,而不

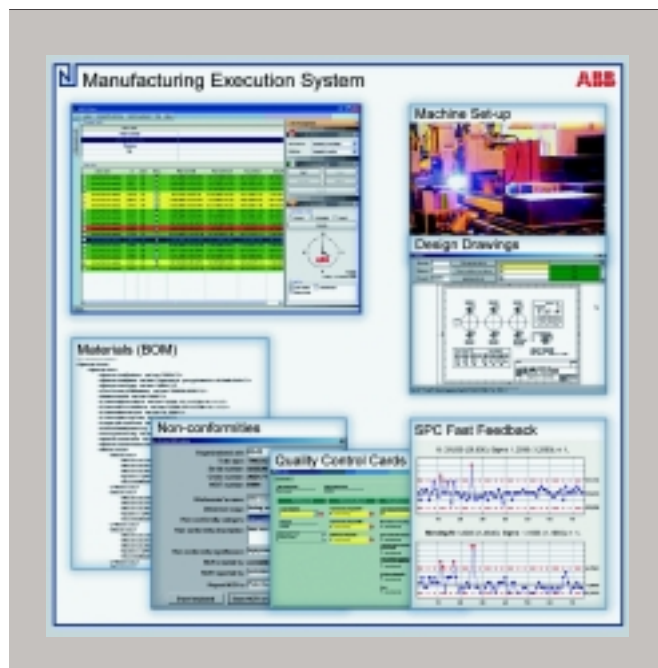
是到处使用隐蔽安全缓冲器

- 用于实行监控和工作重点的缓冲器管理
- 采取纠正措施时,使用来自执行系统的反馈
- 实现负荷与容量能力分析

为了在不同工厂里容许实现点击鼠标进行系统布置的目的,调度系统是完全可以进行配置的。资源组合几乎可瞬时进行安装,日历进行配置,网络图表进行规定,从而构建工厂模型。调度结果以多种类型报告表示。用户可选择不同视图,如“负荷与能力”、Gantt视图或缓冲器管理等。另外,系统还可以生成材料报告的清单以及车间需要这些材料的日期等。

调度系统的一项优越性更大的优点是它可对真实和最新执行数据进行分析,它依靠来自车间的实时反馈与执行系统连接,可以提供中期和长期透明度,将计划的和预期情况与实时情况进行比较。

图 车间信息和执行控制的制造执行系统功能。



制造执行系统 (MES)

制造执行系统(MES)(见图1)是当今竞争业务环境运行过程中的重要组成部分。它将重点放在增值工艺上,有助于减少制造周期时间、提高产品质量、减少在制品或取消日常文书工作、降低生产准备时间以及提高工厂管理人员的能力。

制造企业解决方案协会(MESA)给MES可以进行改进的几个领域作了定义。MES提供信息,使从下定单到成品的生产活动实现优化。采用当前的和准确的数据,MES可以对工厂

注:

⁴⁾ 如果希望了解更多的有关TOC和CC信息,读者可以登录 www.toc.co.uk 网站查阅有关资料。

制造技术

活动提供指导、进行启动、作出反应和提供报告。对变化中的条件作出反应，加之将重点放在减少不增值的活动上，可以给有效的工厂运行和工艺提供驱动力。

MES功能包括资源分配和状态、生产设备调度、数据采集、质量管理、业绩分析、运行调度、文件控制、劳动力管理、流程管理以及产品跟踪和产品谱系等。作为制造系统的骨干，MES填补了业务控制（ERP和供应链）与流程控制（自动化运行和手工运行）之间的空白，实现了制造利润率的优化。MES对生产信息进行调度、监测、跟踪和控制，以便提供实时反馈，使得管理人员能够就制造运行作出更好的决策。MES功能涵盖制造链的几个部分，在离散制造中，最重要的挑战是如何整合并利用来自多种来源的实时信息，将产品送出工厂大门。它需要整合来自工艺各个部分的数据，从产品技术规范和零部件库存到装配、各种说明、质量保证、试验、收货和发货等。这样一种系统的主要优点，是它能够通过整合来自不同来源的信息，有效地处理生产数据。MES应用软件可以组织和编排大量数据，让用户能够在正确时间接近正确的信息。因此，MES可以给用户带来下述优越性：

- 由于多种系统的整合，信息流动改进了。作为进入这些系统的窗口，MES使得人们可以实现“无纸化”制造环境，取消诸如例行文字工作这样一些不创造价值的重复性活动，使得信息实现实时流动。
- 以工厂内部生产定单为基

础的定单跟踪功能可以给销售人员提供帮助，提高了他们向客户提供信息的准确度。

- 由于关键质量要素的跟踪和报告得到改进，提高了过程统计控制和根源分析，质量提高了，浪费和废品减少了。
- 由于可以给操作人员提供他们所需的信息，操作人员效率提高了。这可以包括材料单、产品图纸和产品技术条件等。可以对文件进行审定，以电子方式将最新版本送到车间，而不打乱车间的生产。

在若干个ABB工厂中，与MES整合到一起的有计划和调度系统、质量管理体系（QMS）、设计资料档案库、车间机器设备和报告系统等。

制造智能

非常容易发生原始数据过载，而仍然没有关键决策所需的信息的情况。除了收集和研究历史信息以外，现代制造业需要从工厂内部的许多来源收集实时数据，

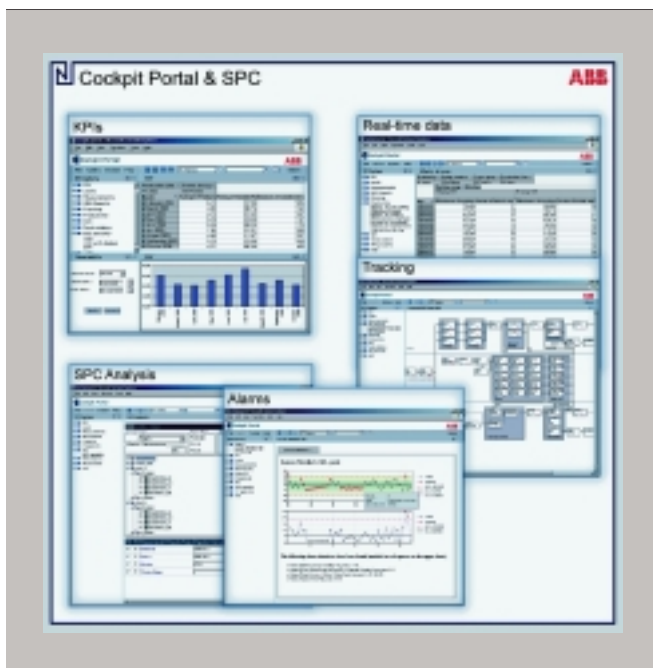
对之进行分析，将其变成有用信息。这样一种过程加之与制造和业务逻辑相结合，就可以提供构建运行卓越化的基础，这种卓越化是以实时管理、战略决策支持和战术决策（见图4）为依据的。

作为制造系统的骨干，MES填补了业务控制（ERP和供应链）与流程控制（自动化运行和手工运行）之间的空白，实现了制造利润率的优化。

驾驶仓系统（Cockpit system）可提供制造工艺问题的报告和分析功能。它综合和传播来自根本不同的多重后端来源数据，通过浏览器或互联网化的装置给授权用户提供个性化视图，借此支持制造卓越化。当累计生产数量的总和能够满足总公司管理层的要求，而要求使用现有资源，不留情面地降低成本，提高质量以及增加生产装置数量的要求则必须依靠从工厂流程中获得智能化的信息才能够满足。必须识别各种隐蔽约束状态，这些是造成质量问题的根本原因，它们常常被工艺差异、大的缓冲器和过多的库存水平所掩饰。同时还需要一个工厂的高层视图，显示出在整个工厂中各种流程是如何一起发挥作用的。只有这样，才能实现正确的改变。

将来自工厂分离视图中不同来源的数据连接起来，驾驶仓系统提供这些功能。它将工厂车间产生的数据与用于驱动工厂的其他系统产生的数据之间的回路连接起来。驾驶仓从遍布整个工厂的IT系统

图4 制造智能门户，提供工厂的及时监测和业务过程分析的整合信息。



中调出数据, 将其存储于单一数据库内, 将它们转换成一个具有内聚力的各种运行工序的整合视图。支持这个目标的关键技术是数据的仓储化以及应用网络存取和门户功能的在线分析处理。由于能够接近 KPIs 报告、机器利用率、质量和工厂运行的其他关键要素的报告, 管理人员的能力加强了。结果, 生产率提高了, 质量改进了, 成本降低了。

驾驶仓系统不仅实时跟踪生产信息, 而且还及时提醒工作人员处理车间发生的问题。系统给管理人员提供分析问题的机会, 详细到单一产品的问题, 甚至详细到产品零部件上的问题, 从中找出原因。他们可以决定关于这个问题需要做些什么, 并采取及时措施。查看相关的实时图解数据, 人们有能力作出迅速、积极主动和明智的决策。这些优越性对制造业有着关键性的正面影响。

制造过程总在处理一系列相互关联的事件, 每个事件都有自己的变化。变化可能是自然的, 工艺固有的, 也可能是某些非同寻常的因素造成的。需要系统性地识别查找此种差异

性的来源, 正是这种差异性使系统产生问题。统计过程控制 (SPC) 是一种重要的方法, 用于分析过程的波动, 精确地查找出造成过程超出控制极限的状态。这是一种过程制图技术方法, 可以迅速确定造成差异性的原因。依据对根本原因的分析, 可以确定预防性行动计划。使用 SPC 方法, 调查问题的过程以及随后的纠正计划的确定都涉及到制造业不同领域的人员。所以, 被认为是全面质量管理策略中重要工具之一。

制造过程总在处理一系列相互关联的事件, 每个事件都有自己的变化。变化可能是自然的, 工艺固有的, 也可能是某些非同寻常的因素造成的。

SPC 是一种基于网络的服务系统, 它提供一种工具, 用于测量、理解和控制制造过程中的变化, 借此完善驾驶仓的分析功能。它的目标定向于专家系统, 这些专家系统配备了广泛功能, 用于观察精选参数及其变化的统计控制图表 (显示与控制极限相对照的测量值)。用户可以应用几个过滤器规定分析中应该使用哪些零部件、测量值和特性。由于分析工作相当烦琐, SPC 系统提供有助于有效跟踪可疑参数的功能, 如果必要, 可以报警。

在作为制造执行系统的一个组成部分方面, 在车间里, SPC 系统也起着重要作用。它提供称为“快速反馈”的信息, 给操作人员提供有关收集到的测量值的简化 SPC 分析。这种快速反馈的主要目的是, 当工艺参数超过某一给定极限时, 容许操作人员立即作出反应。当获得一个新测量值时, 它自动地检查其正确与否, 即同时比照边界状态和统计变化状态。系统

给车间操作人员及时提供所产生的图表视图, 特别是发现报警状态时, 更是如此。由于有了这种功能, 车间操作人员可连续不断地被告知有关异常参数变化的情况, 并可以立即采取措施。

执行 SPC 系统的结果, 由于提供了车间报警和工艺调查的分析功能, 不良质量 (COPQ) 带来的成本降低了。它使得我们能够足够早地检测到问题, 防止当前和将来问题的出现。

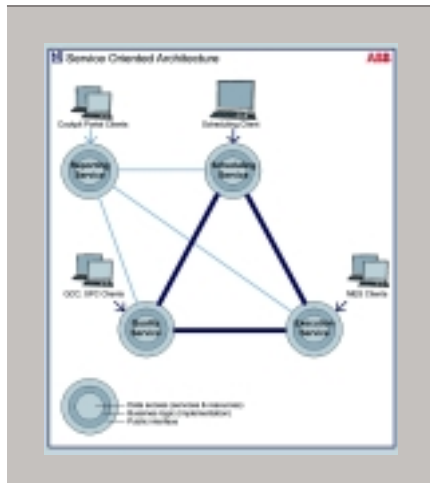
解决方案结构体系

用于离散制造工厂的集成 NEMESIS 解决方案是以面向服务结构体系 (SOA) 思想为基础的。将服务看成是独立、自主和自给自足的一种功能的概念是 SOA 的关键。基于 SOA 的服务可被认为是业务过程逻辑中的一个元素, 可以在结构体系内被任何需要的人员和地方进行混合、匹配和调用。一个基于 SOA 的系统是一套此种松散连接, 但却相互合作的服务。“服务”思想的成功在于认识到, 因为系统会随时间发生变化, 所以它们必须足够地灵活, 以便接受额外的或不断变化的要求。不管各自平台情况如何, 应用应该交换数据, 提供服务。当今的 IT 世界是一个由不同成分组成的、分散的, 但却深深相互关联的世界。涵盖有三种服务的产品显示于图 1 中。

所有参与合作的服务都有他们自己的数据存储。这种数据被送入数据仓库进行加工处理, 使其能够通过驾驶仓门户被工厂不同层次的管理部門接近使用。

由于有了 SOA, 不同的重点技术, 甚至各种不同的操作系统都可以进行合作, 提高总体性能业绩。以这种方法处理 IT 系统, 有利于它们的发

■ 面向服务的结构体系, 可以实现跨越技术障碍的整合、解决方案的缩放性、系统管理的高度灵活性。



制造技术

展、构建和使用。SOA服务可以换进或换出,或者完全置换掉,而不会对用户或环境造成影响。任何个别的部件都可以使用新的、更好的或经过扩展的部件进行置换。对诸如Microsoft.Net或J2EE等现代化技术的选择也可以支持ABB客户的未来成长,因为它有利于可缩放系统的提供,在负荷增加时,能够支持所需的性能。它确立了系统的高度可用率,这点是非常重要的,因为在许多情况下,系统必须每天工作24小时,每周工作7天,正常运行时间接近100%。

这种选择也加快了发展速度,方便了保安和交易管理,大幅度地提高了可靠性。

在当今快速发展的经济环境中,如果一家公司不使用IT系统优化生产过程、缩短生产准备时间、增加产量和改善按时交货率,那么它败给竞争对手的风险将会增加。提高产量、改善按时交货率、尽量减少在制品和降低库存是ABB的战略决策。要构建运行卓越化,IT解决方案是极其关键的要求。它们通过满足新的业务需求,对业务执行的所有功能都产生影响,从销售到设

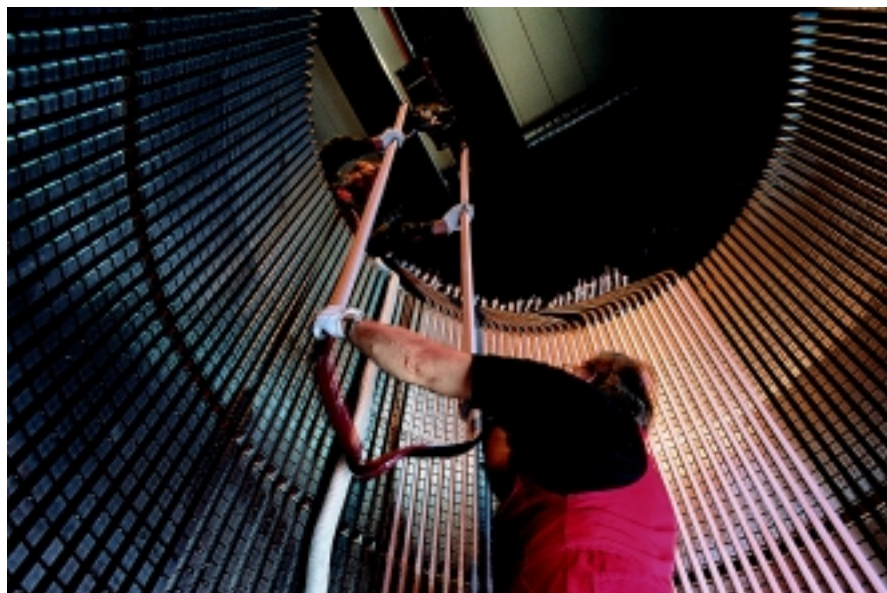
计和制造等:

- 高度灵活性,对不断变化的业务要求作出迅速和有效的反应。
- 依据实时状态,正确进行调度。
- 采用记分卡和其他业绩监测手段,将公司战略直接与每位员工挂钩,在整个组织机构内深入了解和沟通业绩考核的办法。
- 能够了解和评估在工艺过程中的每个步骤中,什么是推动业绩的力量。

NEMESIS 提供了高度灵活的IT环境。系统还提供了建造实时企业的坚实基础,通过系统的无缝重新配置和迅速适应业务变化,实现了详细调度和业务过程的管理。

ABB公司的变压器工厂实施了集成IT解决方案概念,是ABB朝这个方向前进的巨大里程碑标志。这个概念的目的是整合并优化整个过程—包括内部工厂生产过程—从前期销售工具到企业资源计划(ERP)系统以及制造执行系统(MES),还有车间机器和工厂质量管理体系等。这种概念的执行给工厂提供了横跨全厂的实时信息,整个过程得到了业务智能系

统,驾驶仓软件(Cockpit)的支持,因此能够使用分析和报告功能提供工厂业绩的统一视图。所有这些集成系统加在一起大大地提高了工厂的透明度和制造的有效性。要执行NEMESIS需要建立企业结构体系平台,支持整合各种现有的IT系统,发展新的业务部件,如MES,提供车间控制功能,实现定单跟踪和里程碑监测等。这种解决方案可提供企业系统结构体系模型以及很好地确定发展过程,让人们有效地管理系统,增加子系统之间的重复使用性、一致性和整合性。在这种模型中,其根本性部件是面向服务的结构体系(SOA),它使用网络服务,使得跨越技术障碍的整合以及系统管理在更高层次上的灵活性成为可能。在开始时,仅有NEMESIS能够充分利用新兴技术和IT发展趋势。这些发展趋势包括网络服务、来自公开来源以及商业来源的现成部件。结果,开发时间缩短了,成本降低了,而且为了满足新的业务要求,提供了高度灵活的IT环境。系统还提供了建造实时企业的坚实基础,通过系统的无缝重新配置和迅速适应业务变化,实现了详细调度和业务过程的管理。



Miroslaw Bistron
Lukasz Krupa
Krzysztof Sowa-Pieklo
Bartlomiej Wyrwa
Tomasz Nowogorski
 ABB Corporate Research
 Krakow, Poland
 miroslaw.bistron@pl.abb.com
 lukasz.krupa@pl.abb.com
 krzysztof.sowa-pieklo@pl.abb.com
 bartlomiej.wyrwa@pl.abb.com
 tomasz.nowogorski@pl.abb.com

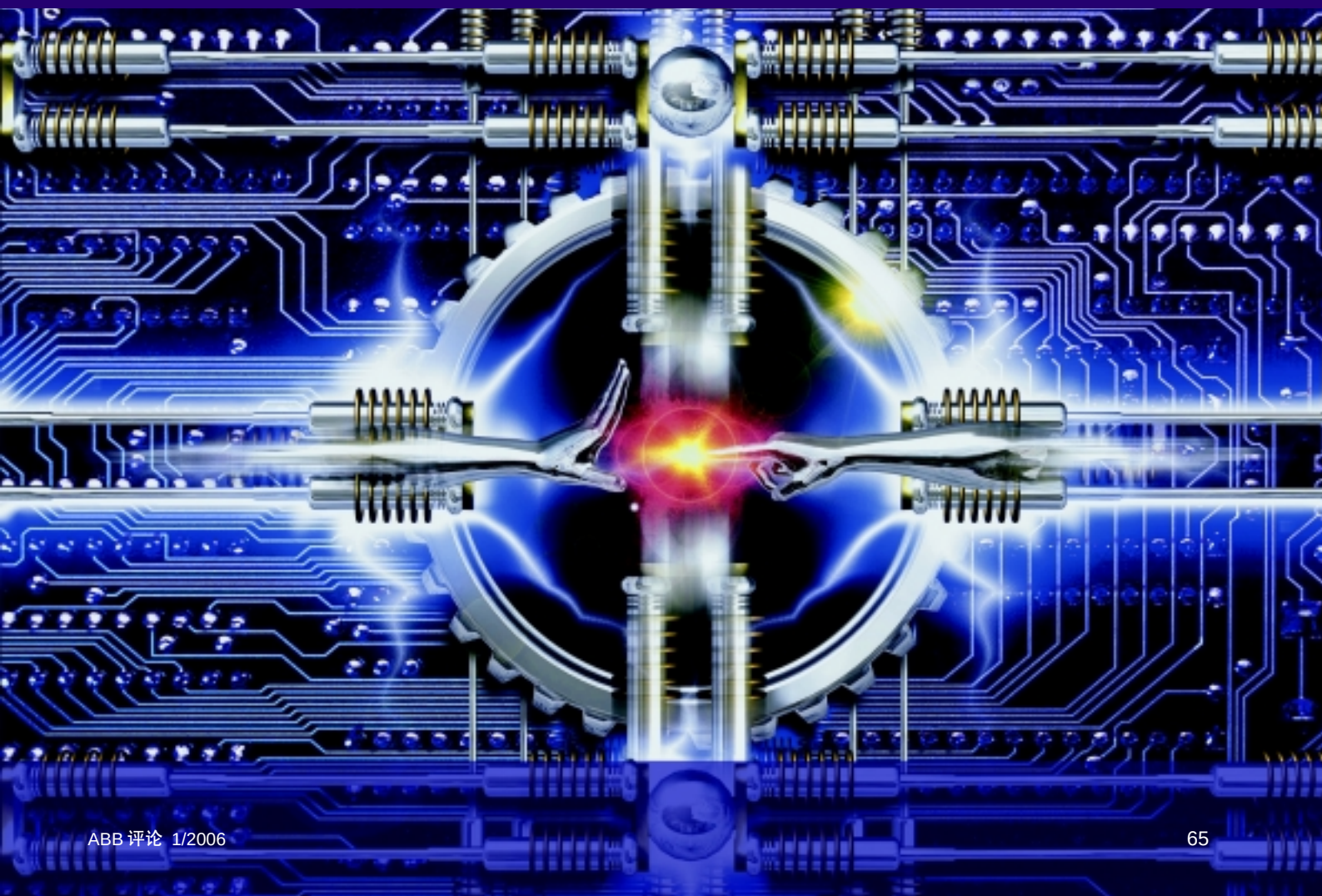
模拟仿真的成就

制造流程模拟仿真在 ABB 的应用

Jukka Torvinen, Gerald Lee

请想一想决定建造一个新工厂或购买资本设备所涉及到的风险。在作出最终决定之前，需要回答许多问题。工厂是否太大了？能满足客户的供应需求吗？能否满足成本目标？设备能在现有工厂内工作吗？这些问题的答案是参与项目的每个 ABB 工程师都应该尽早了解的，在合同签订之前就应该了解，而且要有高的成功概率。

由于公司都在寻求各种方法，剔除工艺中不增加价值的步骤，最大限度地发挥人员和设备效率，工艺模拟仿真变成日益重要和不可缺少的一种工具。模拟仿真容许用户为各种方案建造和试验各种模型，从中吸取经验。ABB 集团研究中心已经成功使用了模拟仿真这种工具回答了上述问题。本文介绍模拟仿真程序、模拟仿真软件包以及 ABB 工厂使用模拟仿真的范例。



公司都在寻求更加有效的方法经营自己的业务,改进工作流程和增加利润。为了实现这些目标,他们日益转向于精益制造这样一些做法。可以说精益制造和工艺模拟仿真是齐头并进的,精益制造是一种高度有效的制造方法,工艺模拟仿真容许对各种方法进行尝试和试验,而不必进行任何资本投资。

工艺模拟仿真涉及到建立实际工艺模型,目的是研究这些工艺的性能。计算机软件模型擅长于检查系统间的互动关系,而此种关系过于复杂,人们无法理解或预测,除非动用耗时而且代价昂贵的真实试验(见图1)。在制造和日常生活中,存在着许多过程模拟仿真的范例。例如,天气预报被用来了解气候系统之间的互动关系,在产品役期寿命期间,经常建造产品模型,预测热循环和负荷循环对产品的影响等等。

人们对制造工艺进行模拟仿真,以期了解它们对正在生产的产品组成、形状应力和材料性质会有什么影响。模拟仿真的结果经常被用来减少制造工艺的差异性,帮助提高工艺质量。

ABB 在其工厂设施里率先实施先进生产系统,在这方面,ABB 处于

领先地位。这些系统要求不断地改进交货时间、运营成本、能力、材料利用率以及信息的流动。模拟仿真是公司普遍使用的一种工具,因为具备非凡的能力,可以准确地预测任何一种方案的这些性能指标。象 ABB 这样的一些公司将模拟仿真运用于下列各种领域:投资规划、新工厂的规划、概念设计、工厂布置、工艺分析和优化(见图2)、三维可视化、人机工程学、试验新型生产管理方法和原则、教育和培训以及市场营销等。

能否建立可靠模型的风险在很大程度上取决于能否获得验证模型所需的数据。许多情况下,输入数据可从客户生产系统中获得,或者通过进行时间研究而收集到。

模拟仿真过程

基于模拟仿真的典型分析涉及到的步骤是:

- 确定目标
- 数据收集
- 建造(现有)工艺的模型
- 用现有数据核对和验证模型
- 进行模拟仿真
- 分析模拟仿真的结果
- 互动(建立模型—模拟仿真—结果)

■ 选择最适合的解决方案

■ 实施

■ 跟踪

典型模拟仿真分析需要的数据包括:产品结构、进度安排、变化、工艺图谱采集、工时分配、零件抵达间隔、装配时间、周期时间、计划和非计划停机时间、布置和批量等。能否建立可靠模型的风险在很大程度上取决于能否获得验证模型所需的数据。许多情况下,输入数据可从客户生产系统中获得,或者通过进行时间研究而收集到。

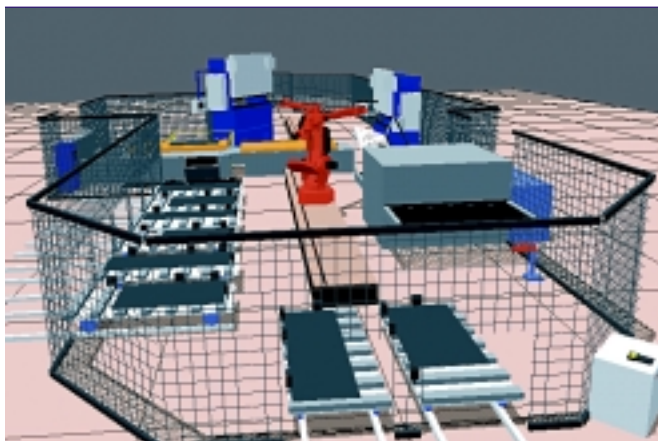
从模拟仿真运行中获得的一些关键结论是能力、资源利用率以及通过时间。对这些参数进行优化处理,可以提高生产率、降低生产周期和交货时间。

ABB 公司使用的两个模拟仿真软件包是“寻求”(Quest)和“扩展”(Extend),将在下列段落中简要叙述。

Quest 是一种灵活的以对象为基础的离散事件模拟仿真工具,可以有效地建立工厂设施布置和工艺流程的模型,并对其进行试验和分析。通过按钮接口、对话框和内容广泛的程序库迅速创建二维和三维实际模型。在

图1 模拟仿真一种制造工艺:

从概念



到执行过程



运行过程中,因为可以进行实时互动,所以,可以对模型变量进行修改和查看各种参数。

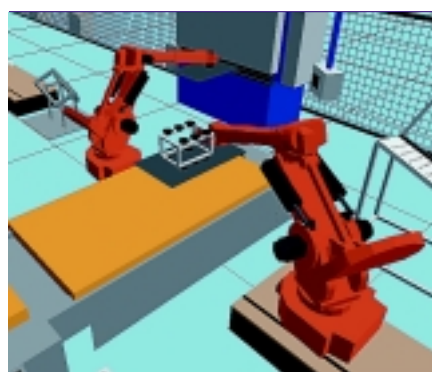
对于制造业而言,计算效率和建立模型时间是非常关键的问题,因为它们决定了可以实现的设计互动和试验可能性的次数。

Extend是二维模拟仿真工具,可以象创建电子表格一样容易地迅速地创建模拟仿真模型。Extend使用典型用户功能和报告程序库,如果需要,很容易进行修改。可以进行离散和连续模拟仿真。这个软件还有不少功能模型,他们与许多功能极其接近,所以可在几分钟内进行多个方案的模拟仿真。

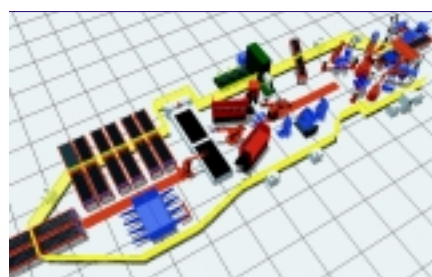
模拟仿真实践

实际应用的第一个模拟仿真示例是世界级的断路器项目,这个项目于2001年到2002年之间在位于瑞典卢德威卡的ABB断路器工厂进行实施。

■ 自动化和柔性工艺



■ “轻装”制造



项目涉及到用于断路器制造的新型生产系统的设计和验证,其中,模拟仿真起着重大作用。

在下列领域实施了模拟仿真:

- 试验各种生产管理原则并对选种的原则进行验证;
- 使用具体恒定在制品库存(CONWIP)法,验证了有限在制品库存的影响;
- 确定相关布置的变化并使之可视化;
- 验证经过修改的生产线能力;
- 确定和验证零部件生产的调度原则;
- 验证生产周期(TPT)降低的情况;
- 对已经执行过、可用于进一步发展的工艺进行了透彻的分析;
- 使用真实调度文件对生产工艺进行了验证。

获得了非常好的技术和业务效果,包括:

- 生产周期降低了60%;
- 在制品库存减少了50%。

恒定在制品库存确保更加恒定的通过时间,这将使得规划更加准确。

第二个例子是在生产配电变压器的ABB“重点工厂”中使用模拟仿真。这家工厂是高度自动化的“未来化工厂”,为北美市场生产配电变压器。

项目是在美国佐治亚洲的雅典市执行的,包括一个互联网化的报价和定单录入系统、一个全自动化的箱体制造单元、新的自动化线圈缠绕设备以及一条快速装配线,使之能够大幅度降低材料和人工费用以及周期时间。模拟仿真被广泛地应用于:

- 确定新生产工艺;
- 生产线布置设计(分析了30多种互动关系);
- 建立新生产线和工艺的模型;

■ 生产线平衡,以便最大限度地提高生产能力;

这个项目的重大成就是:

- 用优化布置和优化生产工艺,制造工作实现轻装化(Lights out)(见图3);
- 灵活和具有强大能力的一种类型的制造;
- 不同产品配置之间,无须装卡;
- 由于取消了单元缓冲,在制品库存最大限度地减少了;
- 快速执行和快速上升(ramp up);

这些成就使得劳动力节省了50%,周期时间减少了90%,占地面积减少了60%。最后,这个项目有助于展示重点工厂概念,这种概念正在许多ABB工厂中推行。

模拟仿真的价值再怎么强调也不为过分。对于制造业而言,计算效率和建立模型时间是非常关键的问题,因为它们决定了可以实现的设计互动和试验可能性的次数。正在进行的硬件和软件开发工作将继续加速这些活动进行的速度。这些改进将继续使模拟仿真软件成为强化精益制造的优秀工具。

Jukka Torvinen

ABB Corporate Research
Vaasa, Finland
jukka.torvinen@fi.abb.com

Gerald Lee

ABB Corporate Research
Raleigh, NC, USA
gerald.lee@us.abb.com

警觉的眼睛

现场仪表诊断及其在流程化工厂中的有效应用

Jörg Gebhardt, Peter O.Müller

现代化的现场仪表提供大量的诊断功能。所以，本文探讨的是用户应该如何处理大量附加信息的问题。就这方面而言，本文所代表的是连续进行的标准化活动，叙述ABB的新概念，这些新概念让我们能够清晰有效地利用诊断信息。对于客户而言，这意味着更好的仪表和更好的工厂绩效。



避免停工和增加可用率是流程化工厂当前面临的最大挑战。在某些年份里，主要化工公司所拥有的某些工业装备的维修保养费用超过其年利润的50%！在这样一种背景下，人们试图用事件驱动的“预测性”方法取代代价昂贵的“预防性”维护。

在这个方面，现场仪表起着关键的重要作用。但是，“诊断”会带来些什么呢？仪表本身可能产生错误（如没有外部影响的电子器件误差）或者流程中不正确的使用也会产生误差（如某些流量仪表，输入长度过短）。每个诊断都以现场仪表中某种现象的检测开始，如测量值出现不典型的波动。毫无疑问，仅将此种信息显示给用户是不够的。

诊断应该是指导如何采取行动的详细说明，这些说明可以先在单个仪表层面上确定（与具体仪表有关的措施说明）。另外，还应该将这种信息放在整个工厂层面上，给用户（各个操作人员）提供相应的与工厂有关的说明。当前，许多自动化产品制造厂家都对这个题目有兴趣，这种兴趣是开发先进的全球性诊断技术方法的动力。

自检检测指导原则

德国工程师学会（VDI/VDE）测量与自动控制学会（GMA）的专家委员会(6.21)目前正在与化学和医药行业的过程控制技术协会以及国际仪表用户协会（WIB）合作，制订现场仪表使用 HART 或现场总线通信的新指导原则(VDI/VDE 2650)，该指导原则将于2006年春季作为 NAMUR 的推荐意见 NE 107 的新版本发表。

该项工作的目的是在仪表用户

与制造厂家之间就各种类型的现场仪表经常发生的错误和适当类型的诊断达成一种共识。

避免停工和增加可用率是流程化工厂当前面临的最大挑战。

状态信号

除此之外，正在制定作为现场仪表标准状态信号的新说明。迄今，NAMUR 已经确定了三项说明：

- “功能检查”（符号“C”）：目前正在现场仪表上开展工作，因此，输出信号暂时是无效的。
- “所需维护保养”（符号“M”）：虽然输出信号仍然是有效的，储备将很快耗尽，或者是由于服务条件造成的结果，功能将在不久的将来受到限制。
- “故障”（符号“F”）：由于现场仪表或其外围设备发生故障，输出信号无效。

将来，现场仪表也将可以报告“超出技术规范”（符号“S”）的状态。换言之，仪表当前在规定范围之外运行，或者偏差已经被检测出来，可能是外部问题造成的，或者也可能是流程特性造成的。

在某一给定时间，现场仪表应该始终只显示一种信号。尽管“功能检查”是显而易见的，但是，状态信号“M”、“F”和“S”的情况就不一定如此，根本区别在于用户希望对测量信号所作的评价：

- 在“所需维护保养”方面，用户可以假设测量值的规定精度仍然是可用的。
- 如果显示“超出技术规范”则测量值可能仍然是可以使用的，但是，测量精度可能受到不利影响。
- “故障”信号表示，测量应该被认为是无效的。

因此，仪表内部的诊断按照制造厂家的知识被分配给这些状态，并且汇集到“M”，“S”或“F”信号中。为了说明这种情况，假设根据制造厂家的技术要求，某种仪表适合于某一规定的温度范围。因此，在发生微小超限情况时，不必立即显示“故障”信号。这肯定会改进现有形势，目前操作人员必须将这种情况作为整个仪表故障进行评估并开始更换仪表，而从技术上看这是不必要的。

新状态信号可以更大灵活性兼容客户要求。上面叙述的例子更加符合“超出技术规范”信号情况，它表示因为仪表内部错误或流程引发的错误，在这个测量点上有的情况不大正常。

只有在仪表或应用参数大幅度超出容许范围时，显示才应该切换到“故障”信号。

将行动措施说明作为目标

除此之外，新指导原则实现了一个根本性要求：最重要的诊断功能和信息是操作人员可以从中推演出毫不含糊的个人行动措施。这意味着操作人员或维护保养人员都必须尽早收到进行安全操作所需要的所有信息。如果操作人员只能看到状态信号并能将其分配给与系统有关的精确行动措施说明，那也是可以的。另外一方面，维修保养人员应该容易接近所有可用的详细信息，同时还应该接收到与系统和仪表有关的精确行动措施说明。

没有诊断比错误诊断更好

用户强烈地表示，他们宁可不要诊断，也不愿意应对大量令人生疑的错误信息。所以，设备制造厂家创建了需要进行诊断的仪表故障以及应与

用有关的错误清单,借此将用户经验和要求包括到指导原则中。

设备制造厂家创建了需要进行诊断的仪表故障以及与应用有关的错误清单,借此将用户经验和要求包括到指导原则中。

现在,大家都了解的许多诊断功能,其工作原理是非常简单和可靠的。但是,即使先进的诊断功能也难免会出错误。下列例子可以说明这点:

某些应用场合的现场仪表可能会受到某种错误“F”的影响。这些仪表配置有自检测功能,它肯定能确定某些征兆“S”,从中可以得出有关错误“F”的结论。使用征兆S对错误F进行试验的结果将归属于下述四种类型中的一种:真实正值(发现错误)、真实负值(无错误,无征兆)、虚假正值(无错误,尽管有这个可能是虚假的报警,征兆是存在的)和虚假负值(没有检测到错误)。

图1中显示了对征兆S进行100万次检查的分布结果。在错误F状况下,征兆S被激活的条件概率被

称为灵敏度。如果灵敏度高,则错误被检测出来的概率就高。在目前这种特殊情况下,灵敏度为83%。在无错运行状况下,没有错误显示的条件概率称为特异性(specificity)。在上述案例中,计算值为99.99%。高特异性意味着虚假报警是不可能的。

虽然这个例子中的数值能够激发出人们的信心,但是,仍然需要对自检测结果进行评估,因为当出现S信号时,在10种情况下,有5种情况实际上是存在错误的。所以,所谓的错误试验的“正向预测性功能”仅为50%。尽管如此,监测征兆S还是有其目的的。如果不存在征兆S,则在999,990的情况下,有999,989种情况没有受到错误F的影响。这个高达99.99%的“负值预测功能”可以帮助用户将错误排除,因此,避免对仪表进行不必要的拆卸。然后,用户可以集中精力查找问题的真正原因。实际上,将错误征兆S归结到“超出规范要求”信号中并开始对测量点进行检查,可能更加合适一些。

典型应用实例

在过程工业中,差动压力计是最经常使用的仪表之一。当流经孔板时,为了确定流量,它们被用于过

程线上测量各个点上的压力降。在石油工业中使用的仪表经常发生一个问题,这个问题应该对这类仪表发生的维护保养费用中的大部分负责。孔板上游和下游的压力测量点与测量仪表之间经常使用差动压力线(所谓“脉冲线”)连接,这种差动压力线常常由于过程流体的凝聚作用发生堵塞现象。在这种情况下发生的问题是,测量值不回零,而出现“冻结”,而且经常很长一段时间不被操作人员检测出来。为了防止出现“堵塞脉冲线”漏检的情况,

诊断方法

诊断方法经常一方面按照使用的物理模型进行分类,另外一方面按照历史数据进行分类。以非常详细的装置或工艺知识为基础的分析模型在这种谱型范围的一端。其他极端方法则纯粹以对历史数据的处理为依据。特别是,如果考虑工业传感器和执行器时,可以进行更加详细的分类,即与下述各种情况有关时:

- 对信号处理和电子器件进行试验
- 切换到基准状态
- 试验信号
- 现场仪表中的冗余传感器元件
- 现场仪表中的附加非冗余辅助传感器
- 内部信号数据分析
- 有关测量信号的原有知识和经验(神经网络、模型识别)。

总体而言,在诊断方面未来发展潜力应该通过试验信号、内部冗余传感器和数据分析等组成。

1 在一台现场仪表上进行的100万次错误测试的分布情况。

	存在错误 F	不存在错误 F	
现象 S 存在	正确 +5	不正确 +5	现象的存在 次数 10
现象 S 不存在	不正确 -1	正确 -999989	现象的不存在 次数 999990
	存在错误的 次数 6	不存在错误的 次数 999994	考虑过的现象 S 的检查次数 1000000

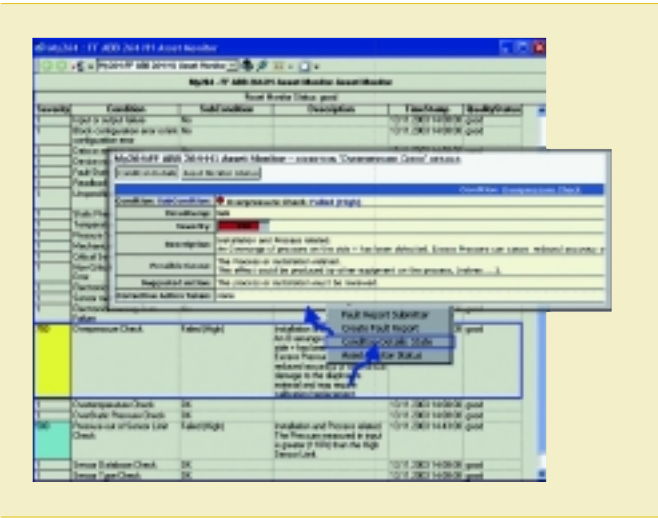
即防止两条差动压力线中一条发生堵塞的情况，当前必须进行相当数量的投资，对这些线路进行经常性的试验。

开发一种革新性的诊断功能将是一种适当的解决方案。ABB生产的新型差动压力计配备有所谓“堵塞脉冲线检测”功能。这种极其现代化的压力计可以独立确定两条脉冲线中哪一条线发生堵塞，相关仪表在其显示屏幕上显示这种状况。

资产监测器可以用于工厂结构体系中的任何层次上，所以，智能化现场仪表以及成组现场仪表都可以连续进行监测，同时进行监测的还有控制回路、工厂零部件、工厂装置或整个工厂。

将配备这种诊断功能的仪表整合到ABB公司的800xA自动化装置中产生的附加值是相当可观的。为了检测脉冲线是否堵塞，不再需要对仪表进行定期局部检查，因为所有仪表信号不仅可以在一个地方集中进行监测，而且系统也会直接启动下一个步骤。例如，通过现场总线，一条脉冲线的堵塞情况将立即和自动地再传输给“维修车间”，通过短信，维修车间通知负责维修的工程师，同时，负责维修的工程师还将收到从资产监测器发送出来的有关问题的详细信息以及精确的故障排除建议（见下文）。

■ 用于压力传感器的资产监测器，图中所示为“状态细节”页的显示状况。



例如，对 ABB 在石油工业的一家客户的调查表明，排除差动压力线的堵塞问题，占压力计总体维修费用相当大的百分比。ABB 的资产优化软件将识别问题所需的时间减少到最低限度，而且只在需要的情况下，才启动维修。为了尽早识别此种脉冲线的堵塞情况，目前需要投入相当费用进行例行试验。采用现代化的压力计并与系统 800xA 配套，可将这种费用降低到几分之一。

采用系统 800xA，还可以在各种领域内进一步获得许多节省。

诊断数据的解释

如果在单个仪表层次上解决了

某些任务，工厂主将面临新的组织和 IT 方面的挑战难题。最终，管理人员必须从现场仪表的诊断中推断出有效的维修保养策略，如：谁将接收相应的信息；收到信息的这个人应该做些什么；要启动正确措施，是否已经掌握了所有信息和工具等？

为了回答这些问题，ABB 开发出专门概念：系统 800xA 将控制系统和资产管理整合到统一的数据结构中，通过各种工作站接口提供服务。这些所谓“资产监测器”从智能现场仪表中以可配置的间隔（通常在几分钟范围内）对数据进行扫描，如果需要，提交一份详细的资产状况文件（ACD），并伴随有行动措施说明。用户可以立即用电子方法对此进行处理，无缝连接到其使用的计算机化维修管理系统（CMMS）上。

ABB 资产监测器具有下列典型的工作原理：

- 对系统里所有类型的现场仪表进行连续状态监测。
- 配备有故障排除工具。
- 标准化的用户接口。

在系统 800xA 中，每个现场仪表表示为一个“特征对象”，这是一种高度灵活的数据结构，只需要点击鼠标按钮，即可对现代化现场仪表的广泛数据进行存取，如说明书、操作数据历史档案、数据单或驱动软件等。图 2 所示为用于压力变送器的资产监测器，该项仪表被置于不能接受的高压状态下。资产监测器已经检测到“过压”状态。点击鼠标按钮，用户

制造技术

就能立即调出有关这个状态的详细信息，如：

- 时间标记
- 错误严重程度
- 错误描述
- 有关造成错误的可能原因的信息
- 建议采取的行动措施

用于工厂所有层次的资产监测器

资产监测器可以用于工厂结构体系中的任何层次上，所以，智能化现场仪表以及成组现场仪表都可以连续进行监测，同时进行监测的还有控制回路、工厂零部件、工厂装置或整个工厂。串联性（Cascadability）是一项极其重要的技术和实践特性。就ABB的概念而言，串联性意味着可以为资产（母公司）创建资产监测器，而（母公司）资产监测器又由子资产（子公司）组成，配备有其自己的资产监测器。预先配置好的监测器已经在许多应用中存在，如：

■ 基础资产监测器：

在工厂系统信息基础上进行各种试验，例如质量、布尔数值、差动流量、偏差极限等。

■ 现场仪表资产监测器：

为一般使用的现场总线协议（HART, Foundation Fieldbus, Profibus）配置的现场仪表资产监

测器，在供应时都配备有相关装置成套软件包（DIPS）。每个协议都配备有通用资产监测器，可以存取相关标准错误信号。另外，还提供

专用资产监测器，这些监测器利用相关制造厂家的整个诊断专有技术。

■ 电机和传动装置：

低压开关的诊断

仪表诊断可进行扩展，使之远远超出现场仪表的经典领域：

“通用电机控制器UMC22-FBP”是被完全整合到800xA资产管理系统中的第一个装置，它将电机高级保护和复杂电机控制功能综合到一台仪表中。它可用于0.24到63A的环境中，而不需要额外使用外部电流互感器。数字输入和继电器输出使我们能够执行范围宽广的预先定义的控制功能和应用，如直接启动、星形-三角启动以及伺服传动，包括局部控制到数字输入等。

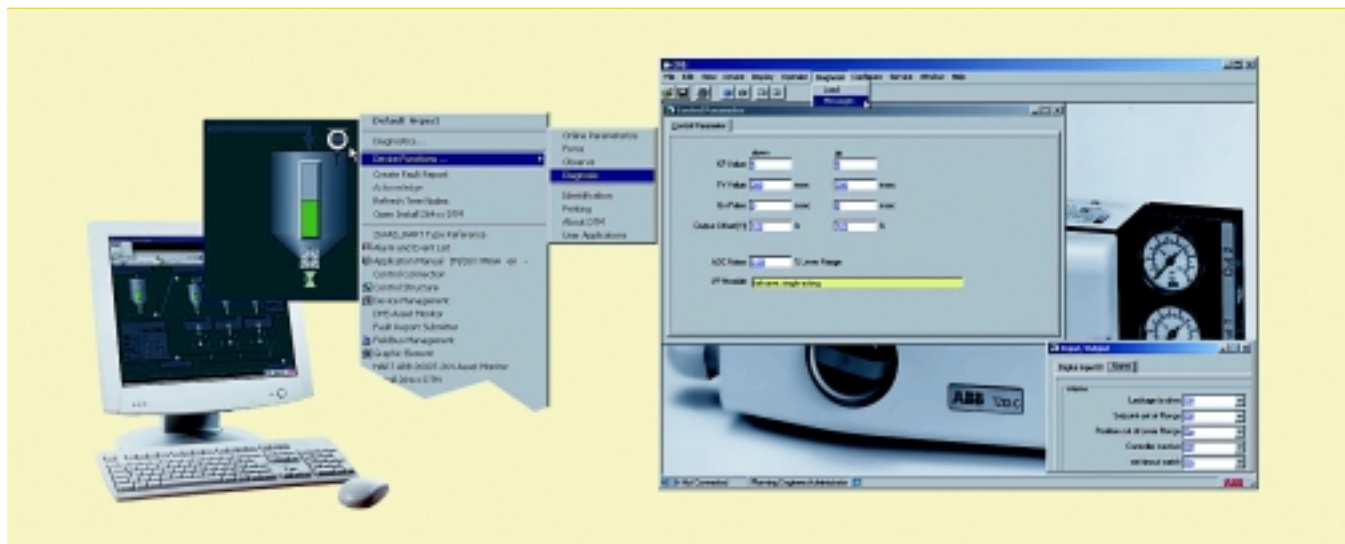
UMC 配备有所谓神经现场总线接口，通过简单附加一个总线连接器，可把UMC 变成PROFIBUS，DeviceNet 或 Modbus 仪表。通过各种现场总线，可以存取输入输出、详

细诊断信息、电机电流、仪表参数和服务数据等各种状态情况。

这样一来，如果情况适合，维护和（或）修理说明所需的所有必要信息都可以提供给资产监测器。依靠资产监测器，维护人员可以更加迅速地知道是否应该在仪表本身、外部接线或相连接的工艺流程中查找错误。



装置类型管理者(DTM)¹⁾诊断显示。



¹⁾DTM 将现场装置的信息镜像反射到应用软件中。

也可以提供电机及其相关配套装置（如泵、压缩机和风机等）使用的资产监测器，检测异常或非稳定工艺和设备状态，这些异常或非稳定状态会导致电气设备过载和在一

最新的自动诊断

用于检测集成空管的磁力感应流量计（ABB制造的FSM 4000）是通过内部测试信号进行现代自检的一个典型例子，自动检测功能由数个与应用有关的错误启动执行：

对现场仪表中的电极阻抗进行监测可以提供运行过程中有关测量系统（沉积物或类似物质）或流体（成分、导电率减弱等）是否发生变化的可靠信息。空管检测器的主要任务是监测管线是否有部分充满的情况，因为这种情况会造成大量的测量错误。

由操作人员或维修人员采取的（与工厂设备有关）的适当措施，可以在系统层级上进行配置，因为通过标准协议（HART, Profibus PA, Foundation Fieldbus）并配合以所需要的过滤功能，仪表可传输详细信息。仪表配置有“资产监测器”，通过资产监测器，诊断信息可以用实时方式向用户显示出来。



定时间内造成磨损和故障。这里使用的资产监测器监测各种复杂程度的状态，从诸如监测运行小时数和电机启动次数等基本功能，到诸如监测智能“电机控制中心”等的特殊功能。按照闭环控制传动装置要求专门配置的资产监测器可以确定可能出现的过载状况。

■ 个人计算机、网络和软件：

可以为计算机、打印机、开关或软件程序提供预先定义好的资产监测器，也可以覆盖从简单试验（打印机的供纸）到复杂试验（工作存储状况的利用）各种复杂程度的状态。

资产监测器及状态信号可以提供上述广泛用途，同样也可以用于现场仪表，即配备符合仪器仪表诊断标准的用户接口、报警“程度”等级和逻辑内容（措施说明）。

采用软件开发工具包（SDK），可以开发现有资产监测器软件库以外，与项目、工厂和特殊“宏观”资产有关的资产监测器，可以充分进入现有资产监测器系统。如果能够整合到控制系统和资产管理系统的仪表的数据，则对于有效数据传输是相当有利的。为了说明这点，假设某个操作人员确定某个设备（如锅炉或热交换器）的性能正在恶化，以前如果碰到这种情况，他会接收到工艺流程报警、检查工艺流程图表和报警状况，然后确定问题的原因是什么。然后，以工作记录形式、手写备忘录或电子邮件的形式，操作人员将立即发出维修工作请求，或者是煞费苦心地在不同地方的各种系统上查找各种关于请求维修或计划维修措施的相关信息。

现在，在系统800xA上，通过资产监测器，维修工程师会自动接到关于维修事件的通知。在相关资产状况

文件里，会对问题及其原因进行描述。这样，在CMMS上，通过显示有效工作请求，用户能够迅速接近相关维修信息，确定是否需要发出新的工作请求。

预测性维修是合算的

通过状态监测的描述功能和所编制的报告，可以收集、综合和分析信息，并将其与工厂历史数据进行比较。借此能够及时检测到设备、零部件和工艺报警情况以及可能即将出现的故障，将情况发送给维修人员并以容易理解的方式进行处理。这样，可以更好地制订维修工作计划，尽量减少停机时间。换言之，从经济方面看，预测性维修现在可以为许多应用所接受，而直到在最近以前，这种维修方法还仅只与费用昂贵的特殊措施相联系，只能用于关键性的、昂贵工艺设备上。

Jörg Gebhardt

ABB Research Center, Germany,
joerg.gebhardt@de.abb.com

Peter O. Müller

ABB Stotz-Kontakt GmbH
peter.o.mueller@de.abb.com

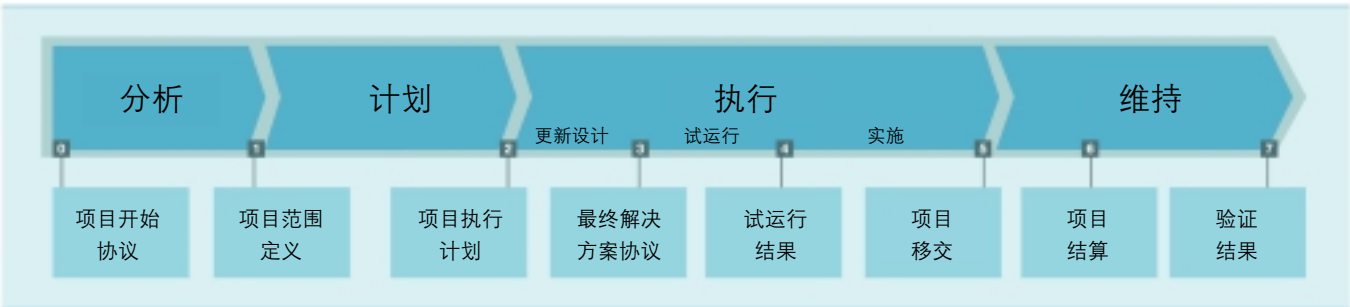
参考资料：

- 1) Johannes Prock et al.: VDI/VDE Richtlinie 2650 "Anforderungen an Selbstüberwachung und Diagnose in der Feldinstrumentierung", (2005) [VDI/VDE guideline 2650 "Requirements of self-monitoring and diagnosis in field instrumentation"]
- 2) Jörg Gebhardt, Peter Müller, Eberhard Horlebein, Horst Schwanzer, Ralf Huck, Wolfgang Scholz, Thomas Kleegrewe: "Diagnostics and Self-Monitoring of Field Instruments", 12th GMA / ITG -Fachtagung Sensoren und Meßsysteme [Sensors and measuring systems symposium], Ludwigsburg (2004)

词汇表

ABB Gate 模型 (Gate Model)	采用 gate 控制的一种项目决策支持模型（见图■）。	总体设备有效性 (OEE)	用于测量和监测生产性能为行业普遍接受的一种工具，可以用于机器、制造单元或工厂流程层级。参见第41页方框文字说明。
固定数量的在制品 (CONWIP)	一种拉式系统，其中在制品数量保持在确定 gate 值之下。	生产速率（PR）	生产流动的速率。
普通拉式生产方法 (CP3)	ABB Gate 模型的一种执行方式，使用 8 个 gate 和 4 个重要阶段（见图■）	项目网络 (Project network)	流程图表，描述项目工作包完成的顺序。
关键链 (Critical Chain)	关键路径的一种强化方式，另外增加了对资源相互依存问题的考虑。	拉式 (Pull)	在拉式系统中，当材料被从库存中拉动时，发出补充货物的请求。
关键路径 (Critical Path)	项目网络中总体时间最长的工作包顺序。	再订货点方法 (Re-order point method)	一种库存管理方法，当库存量降低到某一确定水平时，开始重新订货
面向制造和装配的设计 (DFMA)	优化所有寿命周期功能的一组产品设计和原则，由两种相互补充的方法组成：面向装配的设计（DFA）和面向制造的设计（DFM）。	统计过程控制 (SPC)	一种统计方法，确定某一被观察之流程是否处于控制状态之下。
企业资源计划 (ERP)	EPR 是整合和实现业务活动自动化的管理信息系统，用于生产或其他运行活动。	供应链 (Supply Chain)	协调单位、活动、信息和资源等几者关系的一种系统，涉及到将产品或服务从供应商移送到客户的整个过程。供应链中的单位通常构成有制造厂家、服务提供商、经销商和零售点等。供应链活动将原材料和零部件转化成成品。
门 (Gate)	标记重要项目里程碑计划完工日期的时间标签。	供应链管理 (SCM)	供应链的计划、执行和控制作业过程，目的在于以尽量有效的方法满足客户的要求。
门户 (Gateways)	ABB 公司零部件定单交付程序的骨干。这种方法主要有两个部分：门户说明 (Gateways instruction)：内部交付的“装箱单”，说明交付应该包括什么内容。门户可视化 (Gateways visualized)：使用 gate 的所有内部供应商必须遵从的一份计划。	生产周期 (TPT)	从“订单下达制造”到“准备发货”之间所花费的时间。
精益制造 (Lean Manufacturing)	用比传统方法更少的人力、更少的库存、更少的空间和更少的时间进行生产的制造业务，同时，这种制造业务还能对客户请求作出快速响应，实现高的质量标准。	总的生产周期（TTPT）	从确定订单到发货所花费的时间。
利特尔定律 (Little's Law)	利特尔定律规定，在任何给定生产速率下，平均生产通过时间 TPT 与在制品 WIP 数量成正比。请参阅第 10 页方框文字说明。	双箱系统 (Two-bin system)	再订货点方法的一种应用，存货保存在两个箱中，当一箱空闲时，要求补充订货。另外一箱存有足够材料，使生产维持到新存货到达。
制造执行系统 (MES)	MES 是一种自动化系统，有助于对制造单元平稳运行所需的流程、材料、人力和所有其他投入进行控制，使制造活动能够对市场需求和库存水平作出快速响应。	价值流映射 (VSM)	支持精益制造的一种工具，对工厂的订单交付过程进行映射，以便显示过程的物料和信息流动，同时识别工厂中所进行的增值活动和不增值的活动。
材料资源计划 (MRP)	MRP 是一种生产计划和库存管理工具，用于管理制造过程。	在制品 (WIP)	生产中加工工作已经开始，但尚未完成的产品平均数量。

■ ABB 的 Gate 模型



编辑部

Peter Terwiesch
Group R&D and Technology

Adam Roscoe
Corporate Communications

Ron Popper
Group Editorial Services
Corporate Communications

Friedrich Pinnekamp
Group R&D and Technology

Bernhard Eschermann
Group R&D

Nils Leffler
Chief Editor
nils.leffler@ch.abb.com

出版办公室

ABB Schweiz AG
Corporate Research
ABB Review / REV
CH-5405 Baden-Dättwil
Switzerland

ABB 评论每年出版 4 期，用英文、法文、
德文、西班牙文、中文和俄文出版。

部分印刷或复印需经认可。
全部印刷需经出版者书面同意。

ABB 评论免费提供给对 ABB 技术及其目标感
兴趣的人士。欲免费订阅 ABB 评论者请与你最
近的 ABB 代表处联系，或者直接与出版办公室
联系。

出版者和版权 ©2006
ABB Ltd. 苏黎世 / 瑞士

印刷

Vorarlberger Verlagsanstalt AG
AT-6850 Dornbirn / Austria

版面设计

DAVILLA Werbeagentur GmbH
AT-6900 Bregenz / Austria

声明

在评论中所包含的各种信息反映了作者的看法，
主要是以提供信息为目的，读者不应当在没有
获得专业咨询的情况下根据这些信息采取行动。
对于现有的出版物，读者应该了解，作者不会
对一些具体的事实或事情提供任何技术上或专
业上的咨询或者意见，并且不承担与应用有
关的任何责任。ABB 集团中的各个公司也不会
对评论中所述看法的内容或正确性作出任何明
确的或暗示的保证、担保或承诺。

ISSN: 1013-3119

www.abb.com/abbreview

预告 2/2006



不断提高的生产率支撑着现代社会及其经济和竞争力，人们广泛认为生产率的这种增长取决于革新和技术进步，而最近几年，革新和技术进步又主要是靠信息和通信技术 (ICT) 的发展驱动的。在采用信息和通信技术方面的落伍会迅速地反映在增长速率的缓慢和生产率提高的迟缓方面。较低功率的计算功能以及无所不在的网络相互结合正在给企业和政府部门借以处理日常事务的方法带来重大的变化。内置智能化装置将使新的应用和服务成为可能。内置器件无所不在，正在改变着世界通信联络和相互反应的方式方

法。据估算，在 2003 年全世界平均有 80 亿内置微型零部件。保守的估计认为，到 2010 年这个数字将会翻一番，达到 160 亿，或者说相当于地球上人均将会有 3 个内置器件。

下一期 ABB 评论将介绍这种无所不在的技术是如何激励 ABB 内部的科学家们革新和创造新的产品和服务。内置技术以硬件和软件的方式出现，构成新的应用，解决客户面临的各种问题。我们将给读者介绍这些技术是如何应用到电力和自动化领域的。



We help
customers use
less energy to be
more productive.

© 2005 ABB

Automation and control systems that boost productivity
and reduce energy costs .Visit us www.abb.com

Power and productivity
for a better world™

