



# ABB 评论

ABB 集团技术刊物

[www.abb.com/abbrevreview](http://www.abb.com/abbrevreview)

1 / 2009

## 生产率要素

智能化设备构建社交网络  
第 26 页

正确理解可靠性  
第 34 页

电力推动天然气运输船  
第 74 页



人们常形象地把齿轮比喻为生产率，各种齿轮相互啮合、相互作用，把动力传递出去。

在ABB，生产率源自员工共同努力所开发的众多创新成果，先进的产品组合为客户提供了各种高效解决方案。本期《ABB 评论》向大家详细介绍影响生产率的一些重要因素。



## 寻求最优化

工业历史表明，生产率是影响工业发展的最重要因素。自从泵发明以来，一直到先进的计算机优化方法，以少胜多、事半功倍是实现新设想的关键。长期实践证明，客户希望以较少的费用取得较大的收益。大约二三十年前，只有少数人才能享用奢侈品，现今走入了发达国家的寻常百姓家。很多发展中国家正迎头赶上。

对于行业和客户来说，生产率增长趋势希望得以持续，许多工程公司因此都面临寻求进一步优化方案的挑战。解决方案就在于要懂得“退一步海阔天空”。现在，许多现代化的优化技术从关注每一个单一的步骤转到优化整个流程，有时甚至是更广阔的范围。例如考虑到燃料质量的挥发性、价格、维护性能、服务方式，甚至提高数据跟踪与处理能力等各种因素。如果缺乏具有先进处理能力的现代化计算机和控制系统，处理大范围的多变量问题，解决各种优化问题是不可能的。

本期《ABB评论》让你近距离接触到现实世界中计算机优化所面临的挑战以及所取得的成功，不管是通过优化提高冷轧板质量，还是有关优化算法进展方面的评论，你都可以感受到优化的魅力。但这不仅仅是优化的问题，信息技术在解决优化问题方面发挥着重要作用。十年前，谁能想到今天的技术人员能够不去现场就能进行设备诊断并提出维修建议呢？ABB的远程服务现在就能做到这一点。本期《ABB评论》有一篇文章谈到如何利用计算机跟踪生产过程。这不仅减少了书面文件而且

还提高了质量控制能力。如果你认为所谓的“互联网社区”只是一种娱乐，那么你会惊奇地发现这已经成为企业提高生产率的实际操作手段。各种设备组成一个“社会网络”，对开展维修保养工作非常有利。

通过服务咨询业务的成功经验，本期《ABB评论》还展示了ABB专业技术如何帮助客户提高生产率。对可靠性实质所提出的发人深省的问题，重新定义了可靠性的基本概念，这对提高整体生产效益具有重大意义。

机器人通常被视为“人类手臂的延伸”，通过满足日益严格的精度和效益要求，从而不断提高生产率。本期《ABB评论》献上两篇有关机器人的文章。

本期《ABB评论》还探讨了一些技术方面的突破，展现了ABB如何保持水的洁净，或者如何确保更加有效的天然气运输。

本期《ABB评论》正好配合了ABB 2009年“自动化和电力世界”的召开。这是ABB开展的最重要客户活动之一。参与这次会议的读者无疑将得到许多技术和产品信息，本期和最近几期杂志已经对这些技术和产品进行了介绍。在这次会议上，ABB将宣布推出纸张厚度测量仪，这款新产品采用光学的方法测量纸张平直度。能在此款产品推向市场之际刊登这篇文章，我们深感自豪。

希望大家喜欢这份刊物！

唐维诗  
首席技术官  
ABB集团

# ABB 评论 1/2009

## 生产率要素

### 合作伙伴与生产率

6

#### 远程服务

SOS！多亏了 ABB 远程服务，出现故障的机器人现在可以自行报警寻求救援。

9

#### 技术合作伙伴

合作和团队精神可以帮助公司更快实现目标。

15

#### 用数据代替纸张

从纸张工作转向实际生产率：  
企业连通软件改变了车间沟通方式。

20

#### 高效维护

应用于低压集成电机控制系统 (IMCS) 的 ABB 资产监测有效监督公司维护作业。

26

#### 社交互动平台

以设备为中心的服务模式：最近与你的设备进行过交流吗？

34

#### 什么是可靠性？

避免可靠性成为一种真正的负担。

38

#### 性能卓越

Solvay Indupa 项目服务卓越。

43

#### 轧制模型

ABB 推出一种金属板材优化新模型。

49

#### 少花钱 多办事

在试用过程中，要求所提供的技术和服务可以利用更少的资源，更快地解决问题。

54

#### 真正的最好

数学优化为流程工业增光添彩。

### 提高生产率的解决方案

60

#### 精密接触

一种新型非激光纸张测量仪可以定量测量纸张平直度。

### 做好维护保养 提高生产率

30

#### 成功的阶梯

本文介绍了如何利用 ABB 风险检查流程减少维护费用。



63

### 绿色机器人

以机器人为基础的自动化帮助塑料工业实现增效节能。

68

### 为油气生产配备野外作业机器人

ABB 为油气工业提供成熟的先进解决方案。

74

### 液化天然气运输船推进系统

电力推进系统为 LNG 运输船带来重大变化。

80

### 继续运行

ABB 多功能现场仪器仪表无需定期停产维修。

86

### 提高洁净度

工厂不产生废物胜于丢弃废物。

## 永远的开拓先锋

92

### 结构紧凑 性能可靠

开关设备历史：回顾 ABB GIS 的发展历史。

6



34



68



92



# 远程服务

ABB 远程服务理念正在彻底改变机器人工业

Dominique Blanc



ABB 机器人在工业应用领域中随处可见——搬运、包装、研磨抛光和焊接等等。它们精力充沛，不知疲倦，可以昼夜连续工作，对提升公司生产率起到了关键作用。因此，保持机器人最佳状态显得非常重要——任何故障都会导致严重的后果。可是，当机器人出现故障时会发生什么呢？

ABB 新的“远程服务”（Remote Service）理念为此提供了答案：出现故障的机器人可以为自己报警。ABB 的服务工程师通过无线技术在网站上接收所有的故障诊断信息，并对数据进行分析，并在几分钟之内做出回复，提供支持。这种独特的服务使客户和 ABB 自己得到了相应的回报，同时这也是服务思维的一次革命性的改变。



对于一个企业来说，每一分钟的停产都会给企业造成重大的经济损失。由于工程师赶赴现场需要大量的时间和费用，传统的响应式服务已远不能满足现在的要求。因此，企业不仅要求服务团队响应需求更快，还希望尽量避免干扰正常生产。

2006年，ABB开创了一种可以更好满足客户期望的新方法：ABB采用最新技术，可以连接分布在全球各地客户现场的机器人，并可在短短几分钟内为他们提供远程支持，从而减少了到达现场的必要性。于是，新的“远程服务”理念迅速收到效果，并于2007年中期正式推出。统计数据表明，采用该系统后避免了大部分的生产停工。

### 响应式维护

一个带有通信单元的硬件使ABB远程服务成为可能，该硬件功能类似于飞机上的“黑匣子”（见图1）。这种“服务盒”与机器人的控制系统相连，可以读取并传输诊断信息。它不仅能读取重要诊断信息，在发生故障时即时提供支持，而且还可以监控分析机器人状态，从而主动探测到机器人的维修需求。

一旦机器人出现故障，“服务盒”立即将机器人的状态、历史数据（如日志文件）以及如温度和供电单元等诊断参数储存起来。该“服务盒”配有内置式调制解调器，通过GSM网络，将数据传输到中央服务器进行分析，并在专门网站进行显示。它还自动将警报发送至ABB，ABB 1200名机器人服务工程师中最靠近那台机器人的工程师可获取详细的数据和故障日志，从而对该问题进行分析。

ABB远程工程师可快速确定故障，迅速提供客户支持。对那些不能

远程解决的问题，服务工程师可以快速安排运送备件，并赶赴现场修复机器人。即使工程师必须到达现场，与其它方式相比，他们提供的服务速度更快、更有效率且服务标准更高。

远程服务可使工程师与机器人进行远距离“对话”，并利用工具进行智能、快速和自动的分析。该系统基于机器对机器（M2M）概念的自动工作，只在分析和满足个性化客户建议时才需要人力参与。ABB这一创新解决方案在2008年芝加哥举行的M2M联合会议中得到了认可（见资料库）。

### 主动式维护

远程服务还使ABB工程师能够监控和发现机器人系统中存在的潜在问题，并开辟了主动式维护的可能性。

### 远程服务可使工程师与机器人进行远程“对话”，并利用工具进行智能、快速和自动的分析。

“服务盒”定期进行状态测量。通过监控关键参数随时间的变化，“远程服务”可以发现潜在的故障，并在必要时通知最终用户和ABB工程师。系统备份的管理和存储是一项功能强大的服务，它有助于处理由于操作失误等因素所造成的紧急状况。

第一个“远程服务”安装在美国的汽车行业，并很快证明了它的价值。由于机器人控制器的主板过热，温度的升高触发了“远程服务”启动了报警装置。工程师在接到警报后，及时更换了故障风扇，避免了费用高昂的停产事故。

### MyRobot: 24小时远程访问

定期获取机器人状态数据也是实现精益生产的必要条件。在任何时间、地点，用户只需登录到ABB“MyRobot”网站就可以检查他们机器人的状态，并获取维护信息和性能报告。该服务使客户能够轻松地比较性能，发现瓶颈和潜在问题，并恰当和及时的启动修复工作。

### 资料库 获奖的解决方案

2008年6月，创新的“远程服务”解决方案在芝加哥举行的M2M联合会议中荣获金牌价值链奖（Gold Value Chain）。价值链奖是授予那些成功采纳M2M（机器对机器）技术的企业，突出表彰他们结合多种技术，为客户提供高质量服务的业绩。ABB在智能服务领域获此殊荣。



1 远程服务的“服务盒”、天线和 GSM 卡



## 合作伙伴与生产率

MyRobot 有助于减少浪费和提高产量。

### 案例研究：Tetley

Tetley GB 公司是世界上第二大茶叶制造商和分销商。该公司的生产和销售业务遍布 40 个国家，销售 60 多个知名品牌的袋茶。位于英国达拉谟郡 (County Durham) Eaglescliffe 的茶叶生产厂是唯一生产 Tetley 袋茶的厂家 (见图 2)。

2 Tetley 设在英国达拉谟郡 (County Durham) Eaglescliffe 的工厂



**ABB 可为新的和现有机器人提供一个可灵活选择的服务协议，这有助于延长故障之间的平均间隔时间，缩短维修时间，降低自动化生产成本。**

车间生产线的机器人一旦发出警报就会延误整个生产周期。虚假警报会造成不必要的较长停机时间。为避免出现其它故障，需要对机器人重新设置，每次出现报警，就会损失几小时的生产时间。工厂维修经理 Colin Trevor 指出：“正是出于这个原因，我们非常希望尝试使用 ABB 的‘远程服务’协议”。

为避免今后由于意外停机造成生产中断，Tetley 与 ABB 签署了“响应服务”协议，包括在机器人控制系统中安装“服务盒”及系统基础设施。采用“远程服务”解决方案，ABB 可以远程监控和收集关于机器人工作站“磨损”和生产率等数据，然后与客户分享这些数据，帮助客户顺利完成生产过程。

### 提高生产正常运行时间

自从实施“远程服务”之后，Tetley 大大降低了机器人的停产时间，再没有出现由于意外故障造成的生产中断。Trevor 指出：“远程服务

大大改变了工厂运营。我们在轮班过程中再没有出现停机问题，帮助我们实现了机器人更长的运行时间。我们的经验表明，世界一流的生产厂家需要世界一流的支持服务。对我们的机器人的远程监控，有助于我们维护机器的正常运行时间，避免费用高昂的停机事件，保证了我们员工参与更有价值的任务。”

### 获得服务

“远程服务”在全世界均可实现，它连接了全世界 700 多台机器人。

“远程服务”特别适合于那些拥有机器人少于 30 台的公司，因为他们通常既没有工程师，也不具备必要的技能自行处理机器人故障。大型公司也热衷于“远程服务”，因为主动服务会延长他们的设备使用

时间，提高整体生产的正常运行时间。

如今，市场竞争日趋激烈，企业的盈利能力往往依赖于生产计划的紧凑性，而这往往导致没有时间对设备进行彻底或反复的设备完好状况检查。ABB 的“远程服务”协议，在设计上旨在监控客户的机器人，发现潜在的问题，确保在问题发生之前提供援助。在 ABB 服务

咨询电话中，60% 的客户机器人可以通过网上远程解决，无需进一步的干预。

ABB 可为新安装和现有的机器人提供一个可灵活选择的服务协议，这有助于延长故障之间的平均间隔时间，缩短维修时间，降低工厂的总成本。ABB 现推出 4 套新服务包——支持、响应、维护和保修，每套服务都由 ABB “远程服务”技术支持，使企业最大限度地减少意外停机的影响，提高生产线效率。

“远程服务”的优点很清晰：提高可获得性、减少现场服务、降低维护费用以及最大限度地利用所有设备。这种独特的服务使 ABB 区别于竞争对手，开创了一次服务上的思想革命。客户不仅可以获得更多接触 ABB 专业知识的机会，也为 ABB 在全球开发更先进服务提供了极佳的机会。



**Dominique Blanc**

ABB 机器人业务  
瑞典维斯特拉斯  
dominique.x.blanc@se.abb.com



# 技术合作伙伴

## 客户合作史上的新挑战

George A. Fodor, Sten Linder, Jan-Erik Ibstedt, Lennart Thegel, Fredrik Norlund, Håkan Wintzell, Jarl Sobel

ABB 的前身，阿西亚（ASEA）和 BBC 约建于120年前，当时电磁学和 Maxwell 方程式曾被认为是“火箭科学”。从那时起，技术不断向前发展，ABB 成功地经受住了这些技术发展带来的挑战。与此同时，许多公司却在这一进程中销声匿迹了。ABB 善于总结历史经验和不断创新，了解产品、技术和工业经济之间

的历史联系，对于规划未来技术进步与创新极为重要。

这些关联依赖于企业的信息渠道，对于企业的生存至关重要，因此不可低估。一个团体能够比个人获得更多的信息，而信息的最佳利用取决于企业员工和外界相关人员的沟通渠道及方式。

ABB 的力测量部门具有创新的历史传统。与客户、供应商、研究单位和大学的密切联系使力测量部门为众多应用领域提供了精确、可靠的测量技术及控制设备。同时，诸如 Maxwell 方程式的基本原理不断通过新型、出人意料的方式被应用于产品的生产过程，促进了公司的持续发展，增强了竞争力。





## 合作伙伴与生产率

**创**新是企业及其客户得以生存，并真正经得起时间考验的关键。创新的目的在于发现和实施新的观念，以重塑产业、拓展市场和重新设计价值链，而许多创新观念都源自于客户。

创新成功的关键取决于公司所使用的信息渠道或沟通方式[1, 2]。作为一家全球公司，ABB 的办事处和工厂遍及世界 100 个国家和地区，因此在维护信息渠道方面面临许多挑战。这些挑战首先来自于公司内部。新观念需要从多角度进行评估，以确定其对整体市场的影响。选择最有效的新观念需要专家与来自各个业务、市场和技术部门人员的共同合作。而在 ABB 与用户以及供应商之间建立信息沟通渠道同样十分重要。

**创新的目标在于发现和实施新的观念，以重塑产业、拓展市场和重新设计价值链。**

ABB 的许多客户来自科学技术文化不断发展强大的国家，他们投巨资

于一个非常雄心勃勃的科研计划，例如中国和印度。事实上，中国科学院在所有先进技术领域里都开展了研究项目。而非洲和东欧的一些国家则把资金集中于人才的培养，以培养科技发展的文化氛围。新兴市场崛起的同时，也意味着更加激烈的竞争，这也促进了 ABB 等大公司更高的创新水平。

### 许多客户拥有同样的经历

凭借 120 年来的技术发展和丰富经验，ABB 在自动化、发电和机器人领域不断地提供产品和服务，下面列举了 ABB 在上述领域里广泛的用户群。

### 威尼斯——高精密度

十三世纪以来，用以铸造硬币和建筑用材的铜和青铜贸易在威尼斯十分兴旺。成立于 1961 年的家族企业 ILNOR SpA 公司如今还在为不同工业提供传统的金属加工业务。其生产的高质量黄铜、青铜制品和铜片广泛应用于汽车、电力和电子工业产品中。

威尼斯数百年来一直崇尚美观和高质量的产品，ILNOR 至今仍继续捍卫这一传统，在技术上不断投资以提高产品质量（见图 1）。因此他们选择了 ABB 的 FSA 7.0 应力计。ABB 注重细节，精益求精，为应力计系统提供了先进的自动化控制产品，充分满足了制造商生产高质铜条的要求，得到这一古老工业的高度认同。

### 构建用户和内部知识网络有助于提高企业和人员素质。

#### 来自瑞典的威尼斯式百叶窗！

瑞典南部小镇 Alingsås 的历史可以追溯到 1382 年，因其每年的灯艺节而闻名于光线艺术家中间。Alingsås 也是人所共知的高质量威尼斯百叶窗的生产地。在 Turnils 厂，使用三种不同的合金和 1000 种颜色，生产出在 7 种宽度和 6 种厚度规格的各种百叶窗。用于轧制工艺中的微米级厚度测量系统 MTG 是一种独特的力测量产品，它以专有的新型专利技术平台——脉动涡电流（PEC）技术为基础。这种测量系统的开发源于用户对更可靠和更精确的厚度测量的需求。以电磁物理学基础，现有技术必须灵活运用，以便应用于工业设施之中。这套系统安装在工厂中，可在几毫秒内解决复杂的 Maxwell 方程问题！高精度电子测量标志着，在微微秒的时间稳态帧像内就能达到高度的准确性！经过广泛的实验室研究，加之对薄金属片感应电流效应的深入了解，确保系统取得了成功。

ABB 已创建了一种具有高精度和长期稳定的智能产品和平台。对于

1 威尼斯 ILNOR SPA 公司为提高质量不断投资

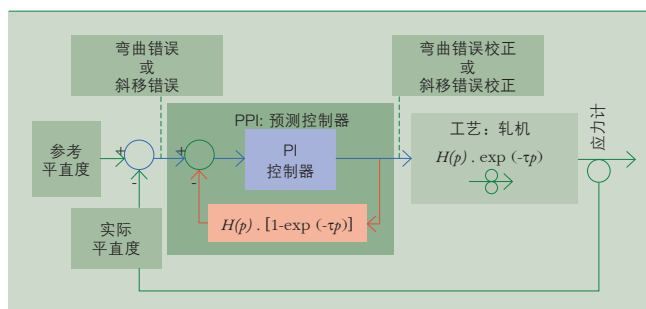


客户来说，这是一种具有经济效益的过程改进方式，一定经得起时间的考验。

### 精彩在中国

韩国联合钢铁工业株式会社骄傲地宣称自己是“一家高技术钢材厂商”<sup>1)</sup>，这与 ABB 的技术密不可分。ABB 为这家公司的中国子公司——无锡长江薄板有限公司提供了数代平直度应力计测量系统。无锡薄板公司<sup>2)</sup>技术经理沈中先生（音译）在描绘 ABB 系统在厂里运行情况时说，“早期 4.0 版有比较传统的工业界面，而新 6.0 版具备了现代人性化界面，其计算能力更高也更安全。所有版本都是非常优秀的产品。

2 传统的控制系统与预测性比例积分 (PPI) 控制系统之间的对比

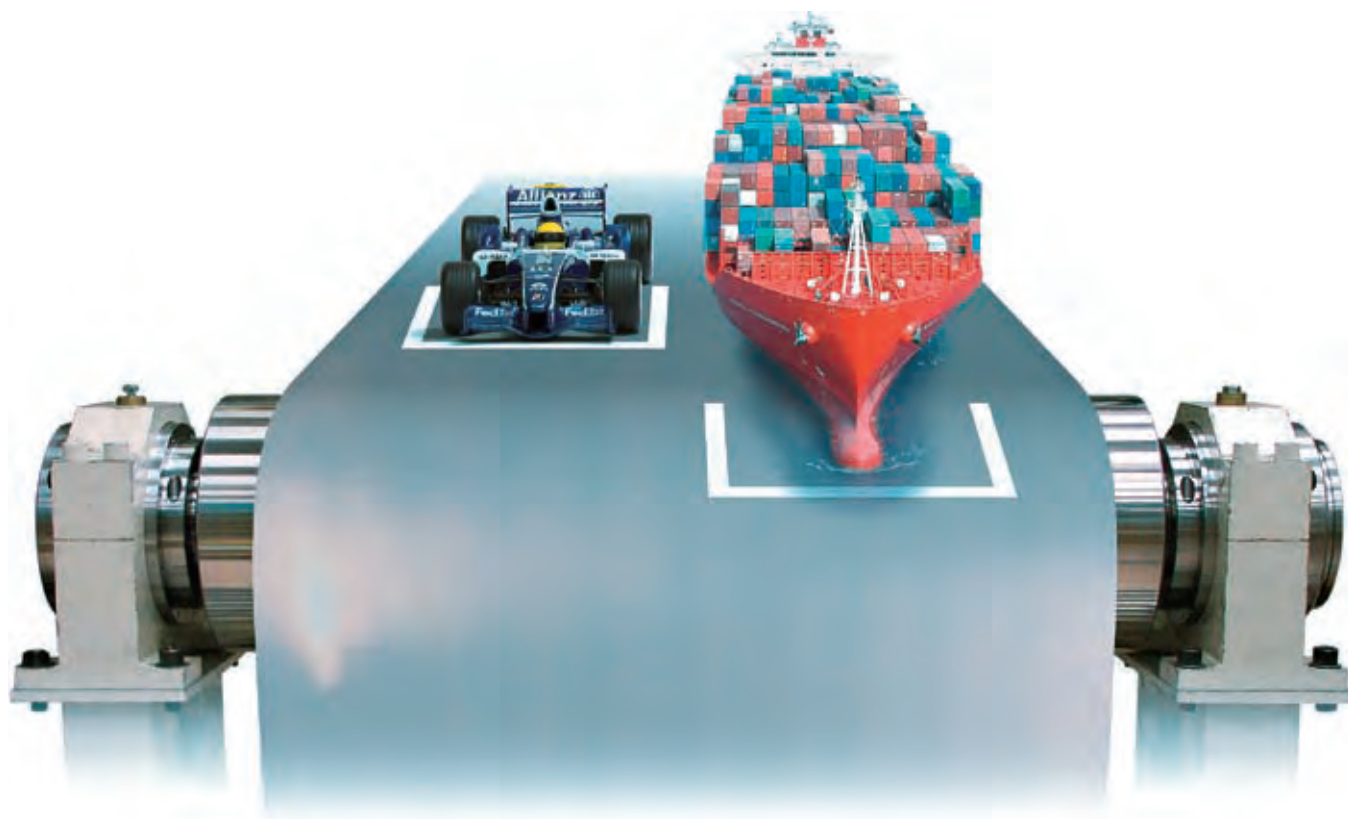


### 与客户共享知识

日益增强的全球化与竞争是当今企业面临的两个主要议题。企业与客户长期合作，彼此分享知识和经验，共同应对这些挑战。长期可靠的伙伴是建立团队的重要因素。然而，建立并维持相应的长期沟通渠道是这种合作方式面临的难题。而开发必要的翻译工具和其它手段尤其费时费钱。举例而言，通过普通

的 Matlab 或 Mathematica 语言转换专有技术知识；通过 IEC61131/IEC61499 语言转换加工知识；通过传统的数学公式进行规范；或者通过 UML（统一模拟语言）转换软件设计等，这些都需要培训和丰富的经验。

因此，问题的关键就在于建立客户与内部知识共享的网络，确保员工、合作伙伴和客户通过熟悉的工具来贡献和使用相关知识。这不但能融合更多的学科知识，而且可使信息的表达变得更加精炼和简洁。同时，由于公司拥有的技术和科学经验不断得到增强，因而可以进一步提高业务和人员的素质，以及增强竞争力<sup>3)</sup>。



### 脚注：

<sup>1)</sup> <http://www.unionsteel.co.kr/eng/about/intro.asp>, 2008 年 12 月检索。

<sup>2)</sup> 与母公司韩国联合钢铁工业株式会社一起，中国无锡长江薄板有限公司以“钢材为世界添彩”而自豪。钢材被认为是时尚的艺术材料，每年工厂都支持学生设计参与钢材创造艺术。埃菲尔铁塔和 Jack Howard-Poffer 就是钢制艺术的典范。

## 合作伙伴与生产率

### Torductor-S 传感器能保证连续的无接触高速转矩测量，满足大多数机械测量的要求。

ABB 与其客户专家之间的成功合作具有重要意义。例如当厂方专家认为有问题时或者认为需要改进工艺时，高端自动化设备中的模型、模拟和优化技术都可作为实时工具，因此可立即在现场对工艺进行改进。这在不久以前都是不可能的。在此情况下，现可采取下列典型步骤：

- 1) 确定问题，隔离问题。
  - 2) 专家建立一个描绘问题的模型。
  - 3) 用模型进行模拟以测定在模拟环境下问题的参数。
  - 4) 利用最优化寻找所谓的“中性曲线”，它可以提供解决问题的方法。参数空间（摘要）能给出解决问题的最佳方案，而解决方案就是该空间中的一个特殊点。
- 最常用的优化技术包括 Pareto、内点方法，或简单化方法等。

#### 脚注：

<sup>③</sup> 大多数情况下，公司和客户都能在中得到专业知识的补充，并为客户创造价值。

### 高端控制设备的重要性

控制设备专家和工厂工艺专家的合作能极大提高相关各方的竞争力。此外，加快建模周期和测试也是推出和验证新技术和新产品的方便途径。从技术观点看，这种建模和验证只能在设备完成某些设计特性时才能进行。这些特性包括[3]：

■ **组件设计。** 系统应具有易于设计、连接、修改的软件组件。这些组件的尺寸（间隔尺寸）对于达到灵活性（即能连接与观察到的组件数量）与易于管理的参数值（即计算每一组件需要的连接器数，在所有组件中加以平均的数值）之间的适当平衡至关重要。

■ **离散和连续的状态观测仪。** 连接在线新组件时，应注意灵敏组件的无缝连接工艺。在组件的变换之间有一个时间周期，此时观测仪可以鉴别离散组件现状，并使新组件实现通讯状态。

■ **数学、统计学和优化库。** 该系统需要一个具有关联、优化和分析功能的强大数学库。这不是一项轻松的任务，因为目前工业领域几乎很少有强大的数学库。

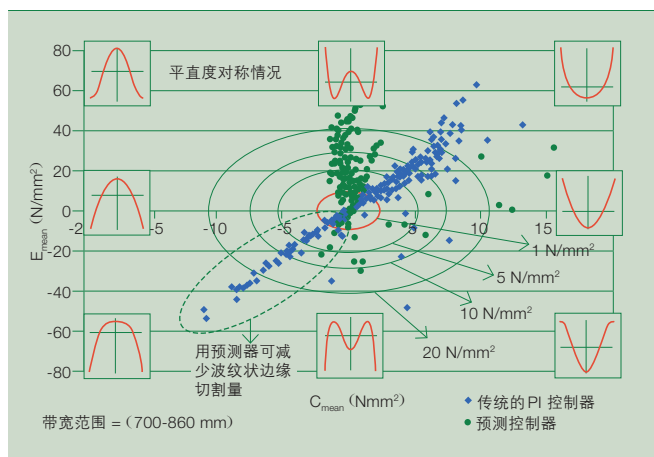
■ **透明的沟通。** 具有不同传感器系统和控制系统的工作应该是透明的。换言之，本地和远程的（即，互联网）系统同样可以互动。如果在当地找不到所需的专家时，远程工厂专家的快速访问显得尤其重要。这相当于一间钢材公司拥有一个能够调整设备参数的团队。这些专家也可能用同样方式去观测和调整遍布全球工厂的设备。

### 成功合作

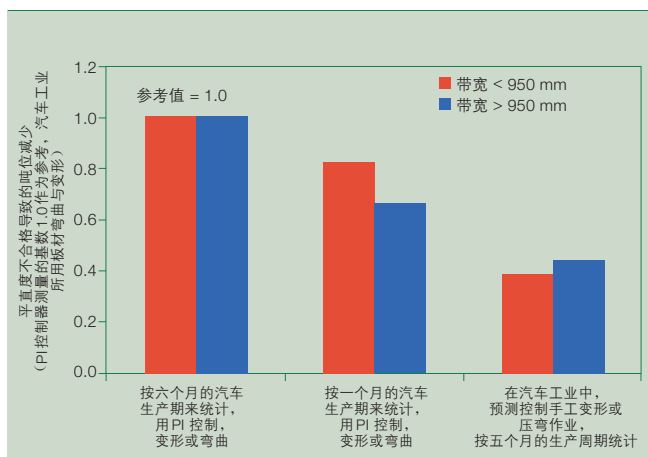
对于长期合作，ABB 并不陌生。ABB 与其他公司共享专业知识和经验已获得巨大成功。法国 Maizières 的 ArcelorMittal 研究中心便是这种合作的范例之一。

ABB 7.0 应力计基于组件架构的动力系统，经过以大量矩阵为导向的计算而设计，ArcelorMittal 研究中心计划试验一种新的适应性预测控制算法，ABB 专家也积极参与。双方的共同想法是把一个预测控制环路加到传统的比例积分（PI）控制系统中（见图 2）。

3 参照 PPI 平直度分布



4 经过一段时间后，使用 PPI 控制系统可减少材料衰变约 50 %





使用传统比例积分 (PI) 与预测比例积分 (PPI) 二种控制系统通过各个执行器所测得的平直度情况如图 3 所示, 除了薄板的边缘有波纹 (以点线表示) 之外, 整体差异不是很大。然而, 经过五个月的测试之后, 结果清楚表明, 使用 PPI 控制系统可减少材料衰变约 50% (见图 4)。

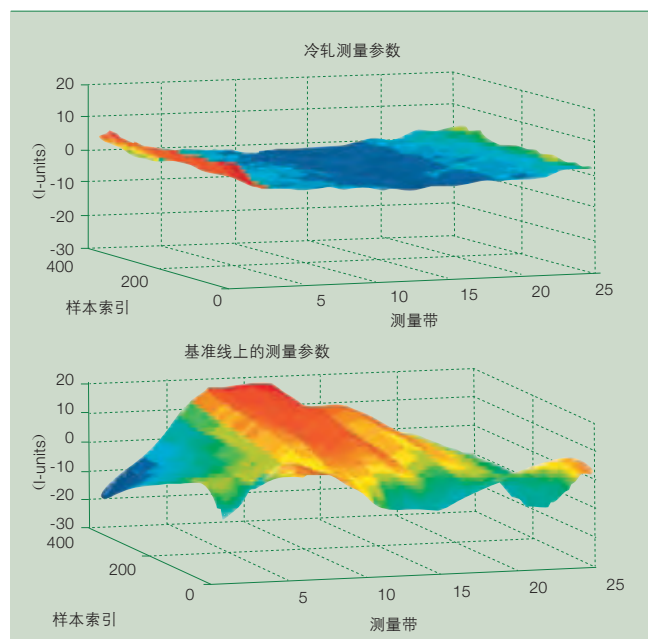
全面掌握滚压轧制知识的用户能够使用 ABB 的高端控制设备, 用他们自己的方法可对轧滚进行有效补偿, 随后将要详细说明。

## 控制设备专家和车间工艺专家的合作将取得更大竞争力。

金属片的平直度是使用这些材料的工厂所要求的最重要性能。例如, 在铝罐制作乃至飞机制造过程中, 如果没有最高质量的金属片是无法进行的。换言之, 保证平直度质量是 ABB 客户对其用户所作出的承诺。但是, 从使用铝条客户收集来的数据说明, 尽管冷轧后的金属片平直度接近于完美, 但受到运输过程中的受热和机械条件的影响, 也会对平直度产生影响。

2007 年, ABB 的专家与客户瑞典 Finspång 的 SAPA 换热器公司专家一起, 决定对客户在当地收到的产品的平直度, 和刚经过冷轧后合格的产品平直度之间的差异进行分析。基于 ABB 的专利技术, 专家们认为, 如果这些差异可以用数字进行

5 经轧辊轧制后的平直度效果



6 应用于汽车工业中的扭矩传感器



描述, 那就可使用 7.0 应力计平直度控制设备来对问题进行鉴定并加以解决。

SAPA 通过分批退火的办法对产品进行加热和机械整理, 从而使平直度尽可能得到恢复。他们发现平直度的确受到相当程度的影响 (见图 5)。借助于统计分析和人工神经网络工具, 可以确认其影响并加以记录 [5, 6]。现可以用获得专利的多维统计方法来弥补平直度的影响。

## F1 赛车上的扭矩传感器

一级方程式 (F1) 比赛中能使换挡要多快就能多快吗? 通过 ABB 用在大型比赛赛车上的扭矩传感器就可以得到解答。

Torductor-S 传感器的设计可以保证连续进行无接触高速扭矩测量, 并能满足最严苛的机械要求 (见图 6)。因此在典型的赛车上能够达到最高的耐温耐震水平。

与赛车工业技术专家一起工

作, 丰富了 ABB 公司力测量团队的经验。他们见证了一流的 F1 赛车工程师们的做法:

- 在动力传输中用扭矩测量仪调整赛车发动机使其达到最佳性能
- 监测比赛过程中发动机的磨损和性能降低
- 监测和调节由于车轮或路面打滑引起的瞬变和摆动
- 控制和负载监测, 熄火监测以及具体的燃烧感测

## Cylmate 传感器

常用于舰船的大功率、低速、双冲程柴油发动机正经历着静悄悄的革命。事实上各种级别的船舶中 50% 以上都安装有电子控制的发动机。这些发动机机械凸轮已经被电子装置替代, 而燃烧程序则可以用闭环控制功能进行自动调整。发动机每个汽缸的点火相角可以进行直接控制。最大点火电压 ( $P_{max}$ ) 和规定的油耗 (SFOC, g/kWh) 之间存在很大关联性。即便注油相角发生

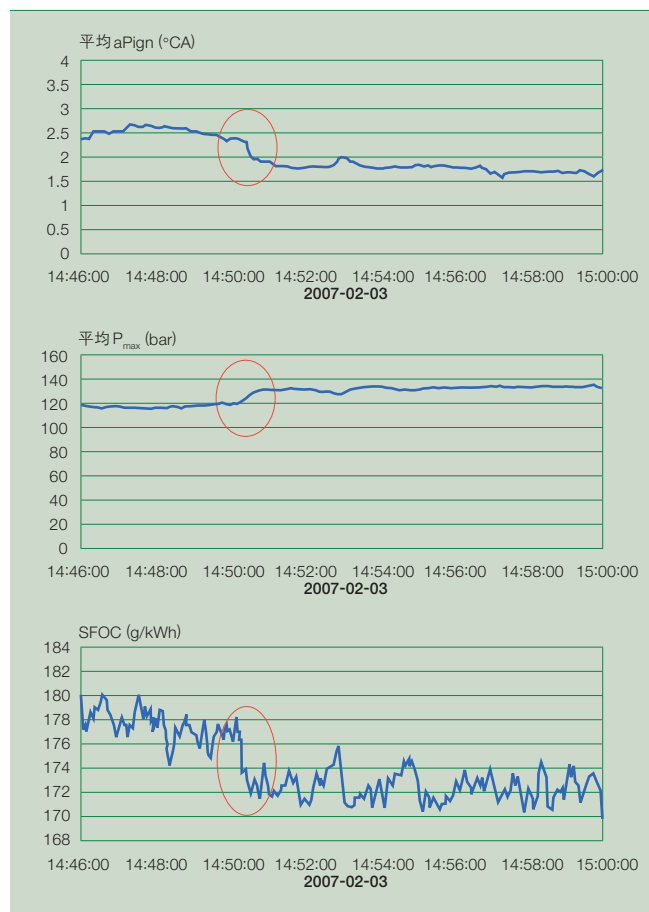
## 合作伙伴与生产率

细微的变化（如 0.5 度），就可以减少大量的燃料消耗 [7]。当喷油定时相角减少半度（即曲轴角度从 2.5 度减少到 2.0 度），汽缸最大点火电压（ $P_{max}$ ）和规定的油耗（SFOC, g/kWh）之间的相关变化如图 7 所示。 $P_{max}$  的平均值从 120 巴增至 130 巴。增加 10 巴可减少瞬态油耗 2.2%，即从 177 减少至 173 g/kWh。虽然这看起来似乎不多，但影响却很大。根据 2000 年提交给国际海事组织（IMO）的一份船只温室气体排放的研究报告显示，1996 年全球海运业消耗了 1.38 亿吨船用燃料。按此计算，2.2% 的节约相当于减少了三百万吨的船用燃油，或相当于 18 亿美元。普通的一艘 6700 TEU（吨位）船从鹿特丹航行到新加坡，减少温室气体排放的效应相当于节省大约 60,000 美元。

**ABB 的 Cylmate 传感器能够耐受高压、热冲击，其控制器可以分析和传送汽缸数据。**

汽缸上安装的压力传感器可测定  $P_{max}$  和曲轴相角之间的关系。

7 由瑞士 Winterthur Wärtsilä 发动机测试中心所测得的  $P_{max}$  与燃油消耗之间的关系



众所周知，ABB 的 Cylmate 传感器能够耐受高压、有毒气体环境和热冲击，并可在汽缸的两次点火之间分析和传送数据。2004 年 6 月，第 24 届世界内燃机技术大会在日本京都举行，如何使用 Cylmate 发动机压力传感器测量柴油发动机性能与分析的文章得到了 CIMAC<sup>4)</sup> 主席的亲自颁奖。

George A. Fodor  
Sten Linder  
Jan-Erik Ibstedt  
Lennart Thegel  
Fredrik Norlund  
Håkan Wintzell  
Jarl Sobel  
ABB AB  
瑞典维斯特拉斯  
george.a.fodor@se.abb.com

脚注：

<sup>4)</sup> CIMAC 是 Conseil International des-Machines à Combustion 的简写，其主席奖是发动机工业领域极富声誉的奖项。

### 参考文献：

- [1] Arrow, K. (1974). *The Limits of Organization*, W.W. Norton & Company.
- [2] Teigland, R., Fey, C. F. (2000). *Julian Birkinshaw Knowledge Dissemination in Global R&D Operations: An empirical Study of Multinationals in the High Technology Electronics Industry*. The Management International Review, Gabler Verlag.
- [3] Fodor, G. A. (2008). High Performance Flatness Control in Aluminium Processing. *Aluminium World*, Vol.2.
- [4] Nowicki, R., Vermot-des-Roches, L., Szczepanski, P., Mouchette, A., Legrand, N., Bergsten, P., Jonsson, L. (2007). Predictive Control for Cold Rolling Flatness, joint ArcelorMittali ABB report, ATS Conference, Paris.
- [5] Uppgård, T. (2008). *Estimation of Post-Rolling Effects in Cold Rolled Aluminium Strips*, Licentiate thesis, Örebro University.
- [6] Uppgård, T. (2007). *Predicting Post-Rolling Flatness by Statistical Analysis – Improved Quality at Our Customer's Customer*. ABB Value Paper Series.
- [7] ABB Pressure Sensor Fit for Loop Control, *Diesel & Gas Turbine Worldwide* (April 2008).

# 用数据代替纸张

改善车间沟通方式

Sascha Stoeter, Dejan Milenovic

我们现在生活在信息时代。对于制造业来说的确如此，就像生产一种产品，它要经过各个生产工序，从最初发出生产指令到最终交付产品，都伴随大量的动态文件资料。产业工人必须准确了解所要进行的作业以及所需的零部件或配方。每个人的操作结果，都要记录下来用于质量保证和跟踪。

大多数情况下，这一过程需要书面文件，指令以书面形式发布，作业也要记录在案。即使数据资料最终进行电子储存，还是手工将书面记录输入电脑。

这不仅费时、易错，更妨碍获取最新信息。

ABB 的 ComPlus 企业连通软件 (ECS) 改变了这一切，真正推出了无纸化生产。电子跟踪记录产品加工过程，并在每道工序，只显示与生产任务直接有关的资料。这大大提高了工效，减少了错误的发生。

这套软件已成功应用于 ABB 德国拉廷根的开关厂和 Wander 食品加工厂。





## 合作伙伴与生产率

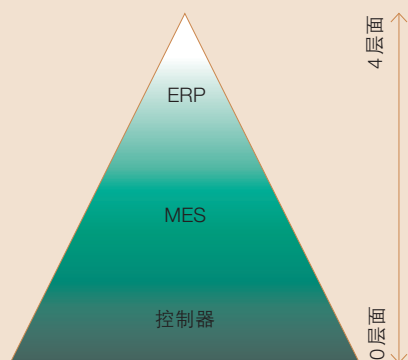
**连**通是制造实施系统(MES)的重要内容。根据ISA-95的规定[1](见资料库1)，它处于自动化结构的中间，连结企业资源计划(ERP)系统(第四层面)和控制系统(第二及更低的层面)。它因此提供了第三层面的功能。实施这项连接的重要挑战在于转换不同层面的信息单元：ERP系统关注以小时计或更长的时间间隔，而控制器的典型运行比分钟速率快得多。

ABB的cpmPlus企业连通系统(ECS)最初作为企业连通解决方案投入

### 资料库1 自动化金字塔

自动化结构把生产环境中的各种装置和系统分成若干层面。通过分类标准已经设计成许多不同的自动化结构，以便最好地适用于各自领域。ISA-95标准使用的模型与本企业工作关系最大。各层面都有通信界线，而且只能在一个层面内与其相邻的层面发生连接。金字塔形状表明下层比上层有更多的装置。一套典型的ERP系统在最上层，而大量的控制器则在最下层。系统和装置按等级安装，他们对生产的影响程度因此一目了然。

正像很多模型所经常出现的那样，实际情况与模型不符。综合系统可以为整个工厂(例如，资产目录)提供功能，同时还可与控制器互动，这样就能跨越多个层面。



ERP：企业资源计划  
MES：制造实施系统

市场[1]。现已成为企业配套产品协作生产管理(CPM)的核心系统。

### 手工记录已成历史，其缺点在于将数据录入ERP时会出现字迹模糊和错误的情况。

#### 走向无纸化

车间采用这种连通软件系统旨在实现无纸化生产，从而大幅提高运行效率并节约成本，主要包括：

- **可以获得实时生产数据资料：**管理人员可全面及时地了解车间和产品状态。
- **操作人员可得到相关帮助：**无需费力查找大量的参考手册、报告单，只需将与目前产品和生产工序相关的信息显示出来即可。这使工作环境变得清洁、安全、高效。管理部门更新文件既方便又省钱。
- **消除差错：**以电子格式保存的产品信息从订单开始一直到发货，都有跟踪记录。手写记录已成历史，其缺点在于将数据录入ERP时会出现字迹模糊和错误的情况。
- **新的信息财富：**自动化电子系统与传统的笔和纸相比，可记录更多的信息资料。这对工厂和客户都十分有利，工厂可以利用这些信息实现工艺最优化，而客户在采购产品时可以获得有关质量方面更多的信息和数据。保存这种记录对于满足法规要求也十分必要。
- **容易获取历史数据：**储存电子数据资料可以简化对材料的跟踪，帮助核实污染品和危险品，因而可以减少潜在的索赔。这不仅节省了公司的费用，也维护了公司的信誉。

鉴于这些优势，装备了ECS的无纸化车间将会怎样？现场的变化当然

最为明显。在传统制造过程中，作业指令写在工艺流程卡上，随着工件一起移动。而在无纸系统中，操作人员只要从用户图形界面上未加工作业工作顺序清单中挑选出下一项工作任务即可。另外可以通过扫描条形码进行选择。作为一种检查方法，它有助于确认该工件是否到了现加工作业阶段。到了组装车间，支持文件以及所需的测试数据或装配选用件均可在装配区间的屏幕上相继显示(见图1)。

经营管理层面也会发生变化：标准的电脑可放置在办公室，或者把客户软件安装在现有的计算机内，可用于管理系统发布指令和阅读报告。这种信息的存取性能提高以后增加了许多优点：销售人员可以更好地了解工厂现有的生产能力并依此进行合同谈判；管理层可在ERP系统的基础上对生产率和效益利润率进行实时分析评估；维修人员也可获取设备方面的详细历史资料，并以此制定相应的检查维修计划。

1 用户界面由触摸监视屏、键盘和无线条码扫描器组成。



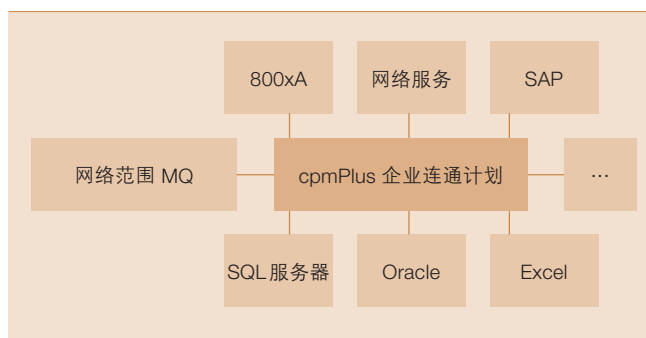
## ECS系统概况

ECS使用ISA-95标准建立了一种通用通讯术语，可以视为3、4层之间的界面描述，并为建立企业联系模块提供了良好的基础。此外，设备供应商和客户进行沟通时，ISA-95标准也极具价值。长期以来，工厂员工（及其顾问）在交流基础结构之上都会采用他们各自的术语。一种定义完善的国际标准可以简化各种名称之间的沟通。

## 编码可以使用传统文本编辑器或者图形化事件编辑器输入代码。

作为一种重点资源，ECS系统可用简便的方式指导相关人员，帮助他们了解各自的任务、设备和材料。系统内的每个建模元素都设置了不同类型的特性，制定了工艺运行时间。把这些资源结合起来生成不同的段，每个段代表一个生产工序。根据生产要求，按照工作流程图，从一个段精确地转换到另一个段，订单就变成产品。

2 具有中央连接服务功能的ECS系统架构：由于其开放性，ECS很容易与新的外部系统配合。



## ECS与集成

在结构上，ECS系统处于车间通讯系统的中心（见图2）。它把外部系统，如ERPs（企业资源计划），与设备和人员相互连接。从连接系统中获得的信息，按ISA-95要求绘制成图形并可在ABB工业自动化平台（即系统800xA）上使用。与800xA的紧密耦合意味着经过挑选的ERP信息可用于OPC系统。这使得层面2和4之间的信息无缝交换成为可能，并有能力通过800xA工艺图获得企业资料。

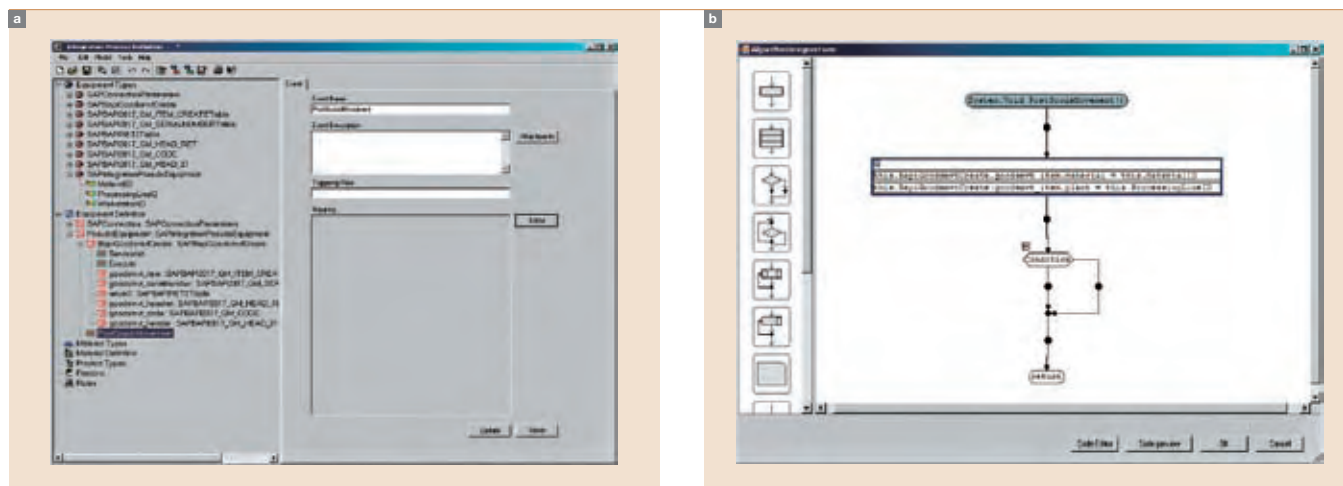
许多连通系统都宣称具有与第三方产品相互间的操作能力。其实，这只不过是便于连接的一个界面。开发这种连接功能往往需要客户自己去做，或者通过其它咨询公司提供。而ESC系统只需提供一个

适配器（作为功能框的一部分）就可以与常用的外部系统相连接，这样的适配器已有许多标准，可与SAP、WebSphere MQ，及各种数据库、网站服务器等相连接。适配器可以根据工程需要，利用一种插入式结构来接入。ECS可与这些系统实行无缝连接，如需要时可在不同的数据表达和速率之间进行转换。

信息交换一旦确立，下一步就是一个系统向另一个系统发出指令。销售人员因此不但可以向SAP输入一个新的订单，而且还可以假设直接启动某些生产程序。更有实际意义的是，设想车间（如器材）可能会出现的一些特殊情况，然后就会自动采取相应措施：

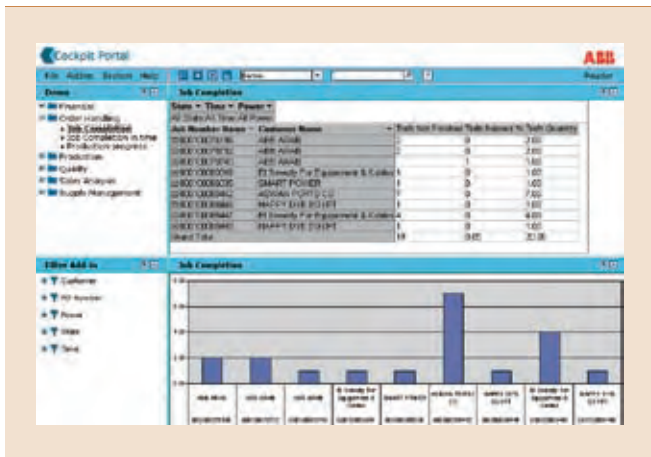
- 多种资源的融合会产生包含综合报警情况在内的各种信息，并通过SMS将其发送给操作人员，或者甚至直接执行紧急关闭程序。
- 完成一项生产工序后自动开始下一工序。
- 适当的时间从不同的筒仓中取出适量的配料，并自动地加载到搅拌机中。

3 过程定义工具是主要的建模工具，它支持基于ISA-95标准的资源，可采用图形和文本编辑器对规定事件建立模型。



## 合作伙伴与生产率

4 Cockpit 工具可提供简单的图形配置，以创建先进的生产报告功能。



5 ABB 布里隆工厂制造的 RESIBLOC 变压器。



“事件”这一概念是 ECS 系统为实施这种作业而提出。这种事件由规定的代码组成，可由操作人员手启动，或通过涵盖任何器材组合的布尔表达式实现启动。通过简练的事件记录，可以创建出一种智能化车间连接方案，它可以把操作人员从乏味的任务中解放出来，并提供实时监视。

### 工具

工程师要想从良好的发展环境中受益就必须将各种概念转变为工具。ECS 系统提供三种这样的工具。

#### 定义处理工具 (PDT)

PDT(定义处理工具)是创建模型的主要环境，代表给定车间连通条件下

的一种解决方案(见图 3)。PDT 用于创建这种解决方案，使之在运行中适应新的要求。应用窗口左边方格中的多种树状图显示了现有的各种资源。右边方格则显示出工程师使用的每一建模实体的详细情况。用这种工具可对基本资源进行模拟，从而确立它们的关联度。工程师还可将 C# 和 Visual Basic 编写的一些其它特性和惯用代码包括进去，对全世界 .NET 网络开放。代码可用文本编辑器(见图 3a)以传统方法或者使用图形事件编辑器(见图 3b)载入。后者允许使用算法制图，并可在“事件”工作流程中立即显示。事件代码容易建立简单的功能和连接图形。使用 DLLs 可以嵌入更多复杂的功能。

### ECS 系统通常可与外部系统相连接，作为功能框的一部分。

#### 管理工具

管理工具用于对已安装运行的 ECS 系统进行配置。它可以作为中央 SQL 服务器数据库的方便界面。管理人员可利用该工具来保持与用户的联系，享有监控系统、浏览原始报告的权限。

### Cockpit 工具

第三种工具是 Cockpit，它具有先进的报告功能(见图 4)。使 ECS 系统能够不断收集大量产品数据，而无需专门配置的系统。Cockpit 可利用该信息资源并可与其它资源(如历史数据)相互结合。还能以图形方式把数据显示出来，使之更容易确定其它的隐形关系。

根据其最新发布消息，3.5 ECS 系统增加了很多实用性，提高了工程性能，进一步加快了项目实施时间。它们中间可以重复使用单按钮模型，所用时间只需数秒，模型的故障排除可通过 Visual Studio 获得支持，改进运行记录，众多工程师通过不同的工作站可以同时合作创建模型。ECS 系统 4.0，将于 2009 年上半年推出，它不再需要系统 800xA 作为主机环境，但可以作为紧密的集成部分。绘图式工作流程引擎，可以更简便、更直观地配置生产过程。使用 ECS 模板库(用户可以上网获得)，可使新的工程在启动时就处于先进状态。它提供的集成模块随时能用，并可以用作新的开发工作起点，或者作为最佳建模学习实践的起点。

#### 资料库 缩写词

|     |                      |
|-----|----------------------|
| CPM | 协作生产管理               |
| DLL | 动态链接库                |
| ERP | 企业资源计划               |
| MES | 制造实施系统               |
| OPC | (工业自动化连通标准)          |
| SMS | 短信息服务                |
| SQL | 结构式询问语言<br>(一种数据库语言) |



### 分担责任

ECS 系统已应用于众多 ABB 工厂和外部公司。项目的复杂性各有不同，但却具有相同的成功实施途径。

### 操作人员喜爱新系统是因为他们能主动地介入项目的全过程。

经过最初的沟通，ECS 工程技术小组几天后访问现场，与工程项目中相关专家面谈。作为一项输入内容，所需文件输入到指定的完整系统中。除了一般说明之外，文件还要具体规定系统各个方面的细节。在项目实施阶段，应优先考虑使用各种案例指导项目工程师。而其它一些使用情况则被标注为可以持有或用于今后的扩展。要特别注意确定系统的界限，重要文件须经用户确认。

解决方案的设计和实施可以场外进行。解决方案的各个部分开始整合成一个整体时，特别要把用户界面

增加上去，并需要用户再次确认。在工程末期，随着服务器的安装以及进行现场测试，工作重点又回到了用户现场。

双方专家的介入是成功的先决条件，但肯定不能保证其一定成功。如果系统只为使用者所接受，只能说明其有价值而已。因为文件模块中代表现实情况与人员的小单元往往很容易被忽略。而没有他们的支持，执行很有可能要失败。在许多已经安装的 ECS 系统中，操作人员喜爱这种新系统是因为他们能够主动介入项目的全过程。例如许多工厂持有设计标书，向所有操作人员开放，以建立工作现场计算机站，如图 1 所示。

### 示范和应用

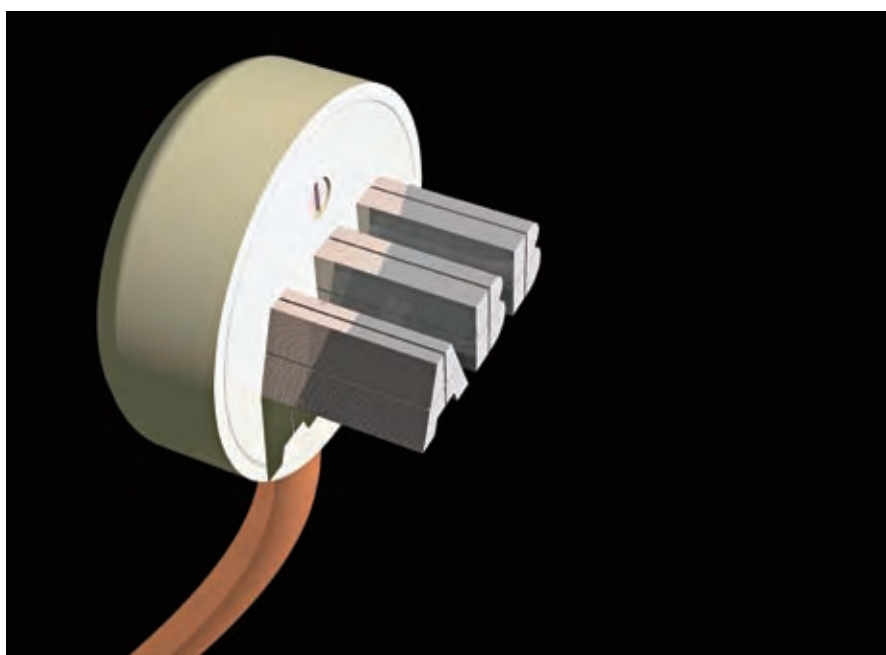
ABB 在德国布里隆的变压器厂中执行了一个示范项目（见图 5）。在妥善处理产品变形方面遇到了很多挑战，其中包括：与外来 ERP 系统的接口问题；在受到 ERP 相关限制的工艺流程中，如何安排使用灵活的生产加工路线问题；整合现有

文件库的问题；以及建立能服务于多种文化人群的多语言用户界面问题等。

世界知名 Ovomaltine (ovaltine) 制造商在瑞士 Wander 食品公司也成功实施了该项目。

### 许多工厂持有设计标书，向所有操作人员开放，以建立工作现场计算机站。

采用 ABB 灵活的 ComPlus 企业连通解决方案可为车间连通带来很多好处。加上简单的直接配置，客户就可以期望降低工程和维修费用，高度的灵活性允许系统未来的扩展，企业各级人员可以及时获得可靠的工艺状态信息。



#### Sascha Stoeter

ABB 研究中心，工业软件系统业务  
瑞士 Baden-Dättwil  
sascha.stoeter@ch.abb.com

#### Dejan Milenovic

ABB 流程工业产品业务  
瑞士 Baden-Dättwil  
dejan.milenovic@ch.abb.com

#### 参考文献：

- [1] ISA-95 Manufacturing Enterprise Systems Standards, <http://www.isa.org/> (Feb 2009)
- [2] Dondi, P., Berisa, D., Milenovic, D., Milenovic, T., Tellarini, M. Enterprise solutions for discrete manufacturing. *ABB Review* 2/2004, 34~38.

# 高效维护

## 案例分析：低压集成电机控制系统（IMCS）的资产监测

Rajesh Tiwari, Jouni Seppala

提及工厂运营，没有操作人员希望发生意外事件。然而，在如今快节奏、昼夜不停的全球生产模式下，怎样才能避免突发事件呢？

将工厂设备的使用状况置于连续的监测之下成为避免突发事件的关键，同时也是公司成功的秘诀。

采用预测性和前瞻性维护，或者是基于设备使用状况的维护，可以持续地节约成本和提高生产率。

包含资产监测技术的ABB MNS iS系统已在芬兰一家化学公司成功运行，帮助他们改善了维护，并且大大节约了成本。



芬兰OMG Kokkola公司是一家世界领先的以钴为基础的特种化学品生产厂商，产品主要用于电池和硬金属切割工具。由于这些产品的应用极为敏感，公司的钴粉必须满足非常高的质量标准。试想如果一台笔记本电脑的电池在飞机上发生爆炸，那么带来的灾难无法想象！

为了保持系统的先进水平，OMG公司2006年升级改造了钴化学制品生产线的自动化系统。这次升级改造的一个重要部分是使低压电机控制中心(MCC)现代化。为了尽可能改进维护探测手段，OMG公司选用了ABB的MNS iS，这是一种装备了智能传感器的集成电机控制系统，这种传感器能够测量电流、电压和温度，提供丰富的信息。最有意义的是，它使得基于设备使用状况的维护方式使用这些信息成为可能。

在OMG公司，采用先进技术的智能仪器和智能型MCCs系统十分平常。现有许多可用的信息，然而却没有如预期地改进维护工作中。主要区别在于：

■ **信息途径。**由智能设备取得的信息要经过分散控制系统(DCS)的控制器发送，而不考虑对系统产生的影响，因此降低了控制器的性能，而且对工厂控制的

关键应用会产生负面影响。因此，DCS控制器的任务必须着重于过程控制(而不是信息管理)。

■ **信息相关性。**与工艺操作过程不相关的信息发送给了不需要使用到这些信息的操作人员界面。

■ **信息使用。**现场操作人员缺乏确切的指示该采取何种行动，更不能独立地理解信息并转化为必要而正确的执行措施。

只有当信息传送到受到重视、理解并加以使用时，才有意义。一个统一的环境能够把正确的信息在正确的时间传送给合适的操作人员，这是现场能实际使用信息的根本条件。

装备了智能测量传感器的MNS iS能够测量电流、电压和温度，提供丰富的信息。

OMG公司的维护实践

OMG的维护广义上大致可分为两类：预防式维护和改进式维护。

预防式维护

预防式维护是指对所有设备定期进行全面维护检查，不论是否真正需要。这是对现场仪器、电机、阀门、泵等设备进行维护的最普遍做法，并且可以有效防止运行中出现潜在的费用高昂的停机事故。采用

这种低效维修方法的普遍原因是，缺乏实际的数据资料来确定车间机械、设备和系统是否确有维修的实际需要。OMG公司维修计划根据以往经验或设备发生实际故障而制定。令人烦恼的是：虽然定期进行维修，但仍不能保证设备在两次检查之间不出现停机故障。

改进式维护

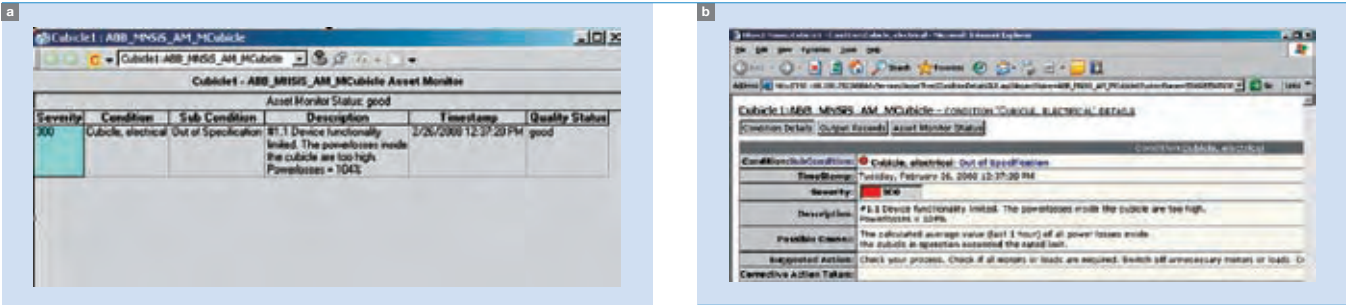
改进式维护(或响应式维护)是指在故障发生后进行的修复过程。在动态工艺流程下，出现保护脱扣或过载而影响生产是正常的，但这些故障可以得到解决。问题是当设备本身出现故障时，却不能立刻更换部件。

IMCS系统维护的资产监测

传统而言，低压定速电机不会对整个工厂的运行产生很大的影响，然而大多数工厂停工却和它们有关。MCC系统中任何一台电机出现跳闸或电机起动器的任何一次故障都足以中断生产流程。OMG使用ABB MNS iS的资产监测技术旨在探索低压集成电机控制系统(IMCS)领域内提高维修效率的可能性。

资产监测是一个软件组件，用于将各个渠道收集到的数据输入到资产文件并对信息进行评估(见图1)。对状态进行评估，预测可能出现的

1 资产监测界面 a 和对故障可能原因和建议措施进行评估 b





## 合作伙伴与生产率

设备性能降低，并提出补救方案。随后还将故障报告传送给信息负责人员。

资产监测器在已安装在工厂中的ABB系统800xA的DCS平台上直接运行。信息收集和显示如图2所示。

MNS iS系统提供一个现场总线接口，用于与工艺流程相关的数据交换和控制DCS控制器。其它电气信息和具体的维修详细信息直接通过OPC<sup>1)</sup>服务器传递，直接安装在DCS操作站的PC服务器。资产监测工作站提供一个专用于维护的单独工作区：维护人员可以根据自身工作性质（例如技术员）联机并浏览相关的信息。

工作区内有四个不同的树形结构，可用于浏览。每个树形结构都可以充当助手，而其用途取决于操作人员的需要。

- **控制结构**：所有子电气站的IMCS系统都按照其通信传递结构显示并浏览。
- **位置结构**：表示工厂中各IMCS系统所在位置。

■ **资产结构**：IMCS的结构按照IMCS名称分组，之后按照控制结构对电机起动器分组（如DOL, RDOL）。

■ **文件结构**：通过树形结构可以访问所有相关的IMCS文件。

在各个不同的浏览结构内，都有几个以维护为导向的操作面板，显示所有IMCS电机起动器的结构。从四个树形结构都可进入这些显示屏幕（见资料库1）。

### OMG使用ABB的MNS iS资产监测技术旨在探索低压集成电机控制系统领域有效维护的可能性。

#### IMCS电机起动器资产监测系统

这种电机起动器资产监测系统能收集电机、电流接触器和电机起动器触头的实际使用数据，用以监测设备状态，预测设备维修的必要性。资产监测系统可识别出不同的设备状况，如：

- 设备可以连续运行，无需切换开关

■ 设备在某段时间内很少操作或者不使用

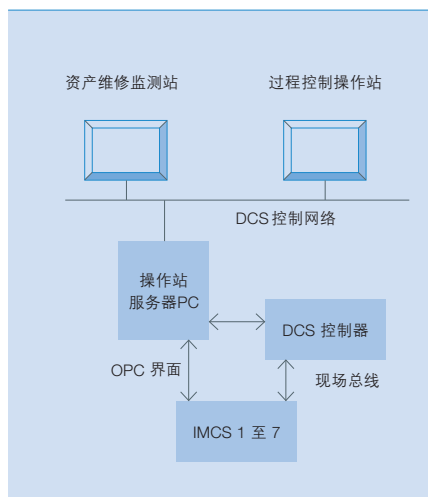
■ 设备容量设计过大或不够，可作相应的维修

资产监测系统还能连续记录和评估所有事件、警报和跳闸，以确定确切的维护行动指导。它把这些状况归纳为电气、机械、操作和工艺流程几类。这种分类使其有可能来鉴别并直接把信息传输给合适的操作或维修人员，由他们采取必要的行动。这些状况还可进一步分为严重程度不同的子状况，用来表示资产性能降低的程度，以便操作人员迅速做出决定，采取相应措施。这些状况、子状况以及严重程度的描述如图3所示。

右键单击资产监测系统状态图标可打开一个新的窗口，显示出经过分析的问题或状态，并回答了下列问题：

- 问题是什么，问题在那里？
- 问题的类型和严重程度？
- 问题是如何引起的？
- 最先采取行动的操作员是谁（例如：与操作还是与维修相关）？

2 资产监测系统对信息的收集和显示



资料库1 IMCS电机起动器维修导航面板和显示结构

- **事件和报警列表**：按报警和事件的时间顺序列出
- **运行趋势显示**：以趋势形式显示出各个有问题的触点所测得的三相电流电压和触点温度值
- **诊断趋势显示**：获得跳闸电流，热像追踪，电机过载运行所引起的“跳闸时间”，电机过载跳闸后所需的冷却时间，即“复位时间”的计算
- **历史记录**：各种记录值均作为储存数据；可日后作数据分析之用
- **电机起动器资产监测器**：对具体维修和基本工作问题相关的各种事件、警报和跳闸进行评估，这是监测系统最重要的功能
- **电机起动器维修面板**：在图中电机起动器用单线图表示；对起动器内故障提供动态视图；非常适合于电器工程技术人员使用
- **资产浏览**：以树状形式提供各起动器的瞬态状况

■需要采取什么具体行动解决问题？

如果有 E-mail 或 SMS 服务器，故障报告可以直接传输给相关的操作人员来着手解决问题。

电机起动器维护面板

为了支持电气操作员，电机起动器面板有一张电机起动器的单线图（见图 4）。面板包含有各种在线测量值和监测的状况信息。此外它还能复位与维修相关的故障状态。这些状态包括：

- 过多热过载 (TOL) 警报
- 过多热过载 (TOL) 跳闸
- 过多启动限制警报

■过多启动限制跳闸

■抽屉插拔次数

此外，资产监测系统也支持多国语言。资产监测系统软件包使用的是 NAMUR<sup>2)</sup> 指南中规定的颜色、符号、术语和布局。

基于资产监测系统的维护

MNS iS IMCS 系统提供大量的信息和维修数据。资产监测软件将这些数据输入维修操作器文本。例如：基于模块化抽出式电机起动器的技术的 IMCS 系统，起动器抽屉的插拔次数很重要。当某一抽屉的插拔次数达到设定的数值时，电气触头就

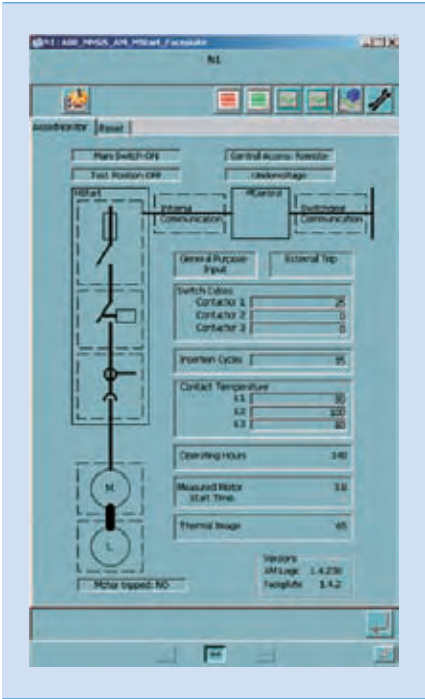
需要维修，这样可以保证最佳的电气触头连接和触头压力，从而也保证电机起动器在生命期内处于最佳运行状态。

另一相似的基于状况测量监测的例子，连续测量触头温度可以监测到电缆连结不良。资产监测装置也可进行运行监测，而且可以确定电机或设备在连续运行中是否需要特殊的维护，它也可以检查电机起动器抽屉在维修之后是否插入到原来的正确位置。此外，也可以对所有内部零件损耗情况和剩余使用寿命进行评估，并将其工作状况、维修或更换计划通知操作人员。所有这些状态都由资产监测系统连续监测并作出评估。维修问题被分类为与电气、机械、工艺过程和操作等，然后直接传送给相应的维修团队。

3 资产监测系统的状况和子状况

| 严重性<br>(状态)      | 子状况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 说明                                                       |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1 (正常)           | 正常<br>                                                                                                                                                                                                                                                             | 电机可运行，状态正常，设备功能良好，无需维修                                   |
| 2 (自定义)          | 故障<br>    | 通用目的输入：严重性和状况详情“说明”，“可能的原因”以及“建议措施”都是根据客户定义；图标取决于所选择的严重性 |
| 100 (低)          | 需要维修<br>(即将需要维修)<br>                                                                                                                                                                                                                                               | 电机可运行，状态显示需要维修（即将需要维修），设备的整体功能良好但需尽早维修以避免功能受到限制          |
| 250 (高)          | 需要维修<br>(马上维修)<br>                                                                                                                                                                                                                                                 | 电机良好，状态显示需要维修（马上维修），设备的整体功能良好但需立即维修以避免功能受到限制             |
| 400 (超出 IMCS)    | 超出使用规范<br>                                                                                                                                                                                                                                                         | 电机仍然良好，但状态超出使用规范；设备功能良好，但由于运行状况超过性能限值，功能减少               |
| 500 (符合 IMCS)    | 超出使用规范<br>                                                                                                                                                                                                                                                         | 电机仍然良好，但状态超出使用规范，设备功能良好，但由于内部问题功能性降低                     |
| 750 (高；超出 IMCS)  | 功能检查<br>                                                                                                                                                                                                                                                           | 电机已停止，不能运行，状态需功能检查。由于设备正在进行某些工作（例如，局部运行或者维修），设备功能可能临时受限  |
| 900 (高；超出 IMCS)  | 故障<br>                                                                                                                                                                                                                                                             | 电机已停止，故障状态，由于其外围设备故障或运行状态原因，设备功能丧失                       |
| 1000 (高；符合 IMCS) | 故障<br>                                                                                                                                                                                                                                                             | 电机已停止，故障状态，由于设备本身故障使其功能丧失                                |

4 资产监测系统的面板



脚注：

<sup>1)</sup> OPC：连接和嵌入流程控制 OLE

<sup>2)</sup> NAMUR：国际流程工业自动化技术用户协会。

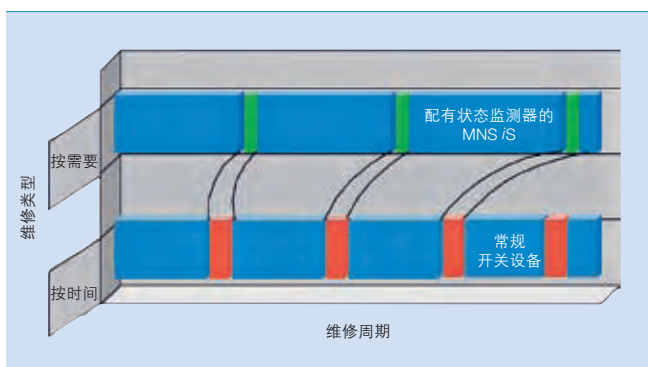
## 合作伙伴与生产率

**资产监测系统是一个软件组件，可收集来自不同渠道的数据资料，将其输入到资产文件中并对信息进行评估。**

正如操作人员在系统需要维护时收到通知一样，在系统状况需要更前瞻的响应时，操作人员也应收到警告。每一次故障、安全性或电机保护功能方面的报警，跳闸前的延时，以及跳闸的严重程度都可以事先配置。最重要的是，资产监测系统对所有电机的热容量都会连续跟踪。如果电机处于过载状态，系统就会动态地测算电机可能跳闸的准确时间，通知监测操作人员并采取校正行动。当故障即将发生时，所有的测定值（包括跳闸电流）都会被记录下来用于事后分析，并对故障生成详细报告，这些在线工作或维护问题都由 IMCS 系统根据所测得的电流、电压和温度值进行计算。

IMCS 系统也能跟踪用户定义的整体状况。例如，当监测与电机或流程控制连锁相关的外部状态时，都可

5 对资产监测系统能力的说明，它可补充但不能代替传统的维修方法



由用户确定状态细节、原因、严重程度以及应对措施等具体事项。

**电机起动器资产监测系统收集电机、接触器和触点上的实际使用数据，用以分析状态、监测事故，预测维修必要性。**

### OMG 公司的期望与评价

资产监测系统为改善 OMG 公司现行维护状态提供了一个机会。其实施的目标和结果如下。

### 添加、修改和使用

建立资产监测项目主要考虑维持现有的 DCS 结构和流程控制任务。

对 DCS 控制器不必另增加编程，流程控制操作不受干扰，即为了展开工作，系统不必更改。资产监测计划容易获得、易于操作、立时可用。

这一期望得到了满足。MNS iS 系统可实时收集信息，并将数据直接传送操作人员而无须经过 DCS 过程控制器。

### 用户友好系统

OMG 公司希望资产监测系统提供的维护信息清楚且友好，使用该系统无需特殊专门技能。

为了熟悉使用系统，需要对维修技术人员进行必要的培训。OMG 发现该系统的技术人员界面易于操作。

### 全厂范围的维修工作区

OMG 要求对连接开关装置的各种维修活动都能在同一平台上进行，不用转换开关。该平台往后也可扩展为一个统一的平台用于全厂范围的维修。

OMG 的现场 MNS iS 系统所有的开关装置都与资产监测平台相连接。以后，其它所有 ABB 提供的工厂设备，流程仪表都能连接到同一平台。ABB 提供的用于第三方设备的资产监测器，OMG 的操作人员必须能对其进行现场配置。

**建立资产监测项目主要考虑是维护现有 DCS 结构和过程控制任务。**

### 改进维护实践

资产监测项目的最主要目的是大大减少维修量，改善 IMCS 的性能。

实际使用中的 ABB 系统 800xA





资料库 资产监测系统的实施

OMG 在实施该项目时所获得的知识也可用来为其它旨在改善其维修系统的公司服务。项目的有效利用要求在其实施前应该制定一个详细的长远目标和执行计划。

1) 确定目标和执行计划。对资产监测项目要求达到什么效果？资产监测系统如何解决现有工厂维修问题？执行计划具体包括资源、人员以及工作模型。确定的团队应与规程相关，其培训需求必须明确规定，并要达到标准。

2) 管理层的关心和支持。为了成功启动资产监测项目必须保证初期的投资和资源。管理层还必须全面支持项目的实施，提供必要的资源、人员和培训。

3) 实施意愿和筹建团队。现有的例行维修和工作模式应进行调整以适应新的工作方式。团队应主动获取新的技能，以有效利用资产监测系统。

资产监测不应该仅仅简单替代传统的预防或响应式维修管理方法，而应当把它融入全厂维修项目中，使其更具价值。图 5 显示出资产监测如何完善充实传统的例行维护。

传统的预防式维修基于一定的时间表，按一定的时间间隔进行。而预测式维修也必须定期进行，但时间间隔根据需要而定，时间可能较长，也可能较短，维修时间也长短不一。预防式维修因为要对全部设备进行维修，因而时间相对长一些；而预测式维修只在需要时进行，因而维修时间可能较短。重要的是，预防式维修是预防性的定期进行，但在两次维修中间还是难以防止发生灾难性停机事故。而资产监测系统的在线状况监控正好避免了这一缺陷，主要设备信息和设备性能可以持续不断地处于维修人员的无线监督之下。

资产监测系统并不能排除响应式维修或故障维修。但是它可以有效地警示操作人员，根据状态发展情况，

在事故发生前就能及时采取补救行动。当发生跳闸或事故时，资产监测系统可以帮助快速鉴定问题，指导技术人员解决事故。虽然监测系统不能完全消除跳闸或事故，但可以大大地减少进行响应式维修的平均修理时间 (MTTR)。

良好的预测器

ABB 资产监测技术的前提是不间断地监测资产实际状况以保证准确预测维修间隔，从而减少了在维修间隔期间所发生的故障，改善了设备工况和提高其使用性，增加了设备的整体利用率，同时减少了维修费用。从某种意义上说，这使得取决于使用情况的预防式维修成为可能。

把资产监测系统融入全厂综合全面维修项目中具有重要价值。

资产监测系统可提供充分的时间去订购更换部件，因而有助于减少零备件库存。事故的预防，早期资产

问题的预测可以增加工厂设备的使用寿命。因为资产的消耗也可以得到监测，这也有助于决定资产设备的更换是否比修补更经济划算。

与工艺流程相关的数据和控制连锁提供给 DCS 控制器，使流程控制通信更为快速和准确。控制器可以利用这些数据使流程控制运行更加有效，更为精确。不同的操作人员都可以直接获取所需的信息并采取行动。这些设置也可减少流程和维修操作人员之间相互等待的时间。

一套得到很好执行的和基于状况监测的维护可以减少不必要的维修和停工时间，提高设备使用性能并降低维修成本，最重要的是它能使所有设备的性能达到最优化。

Rajesh Tiwari  
ABB 瑞士公司  
瑞士苏黎世  
rajesh.tiwari@ch.abb.com

Jouni Seppala  
ABB 低压系统业务  
芬兰 Vaasa  
jouni.seppala@fi.abb.com

致谢：  
作者谨向 OMG Kokkola 化学品公司的 Asko Wirkkala 先生和其他自动化和电力工程师表示感谢，感谢他们致力于采用并实施这项新技术。

# 社交互动平台

以设备为中心的服务模式：最近与你的设备进行过交流吗？

John DuBay

作为一种信息源，互联网帮助人们通过社交网络相互交流。社交网络环境具有强大的应用功能，可应用于工业设备。事实上，对 ABB 来说，它正是新一代智能化服务（Service intelligence）的管理手段。





许多网站可被视为一个“社区”，人们通过各种“空间”进行互动交流。这种环境下的互动交流可通过 Web 2.0 技术实现，涵盖所有最新的互联网应用，包括博客、RSS feeds、Wiki、即时信息、mashups 等。现在许多公司开始意识到 Web 2.0 技术的重要性，他们知道如何使用 Web 2.0 技术来提高资产的可靠性。ABB 坚信，社交网络环境中的各种应用功能也一定能用于智能化服务<sup>1)</sup>。

## 社交网络环境具有强大的应用功能，可应用于工业设备。

给设备提供一个它们自己的“声音”远程智能设备管理 (RIDM) 是指访问远程安装的设备或系统 (通过监视和诊断解决方案)，它使用安全连接把系统的健康状态提供给中央监视服务中心，从而便于排查故障，同时进行周期性和连续性维护。通过在线连接对现场人员进行培训，还可以通过现场设备进行远程访问来提供现场设备管理解决方案。尤其是 ABB 的远程能力能够得到以下方面的支持：

- 工艺优化专家
- 技术支持平台即专家中心
- 培训和咨询
- 地区性服务呼叫中心
- 项目工程支持

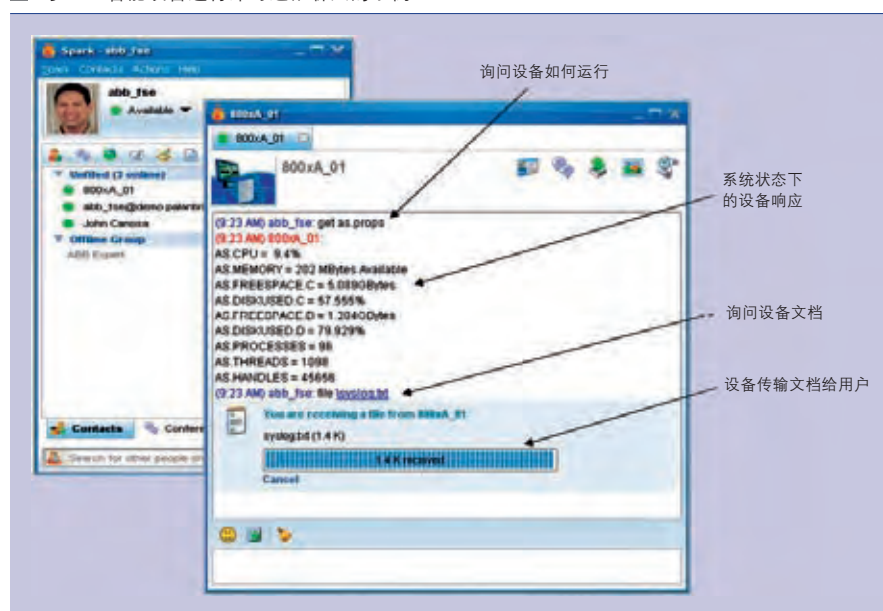
毫无疑问，远程智能设备管理 (RIDM) 提高了整体设备效率 (OEE)。但远程服务正迅速地发展，而且它遵循了最初社交网站的发展路径 (如 FaceBook 和 MySpace)。此外，现在

很多进入社会工作的年轻人通常都是“网络族”，他们大都出生于 20 世纪 80 年代和 90 年代，当时出现了大量的数字设备 (计算机、互联网、iPods)，因此这些人具备高水平的数字化素养。为了吸引年轻一代工程师进入该领域，需要数字化的环境。

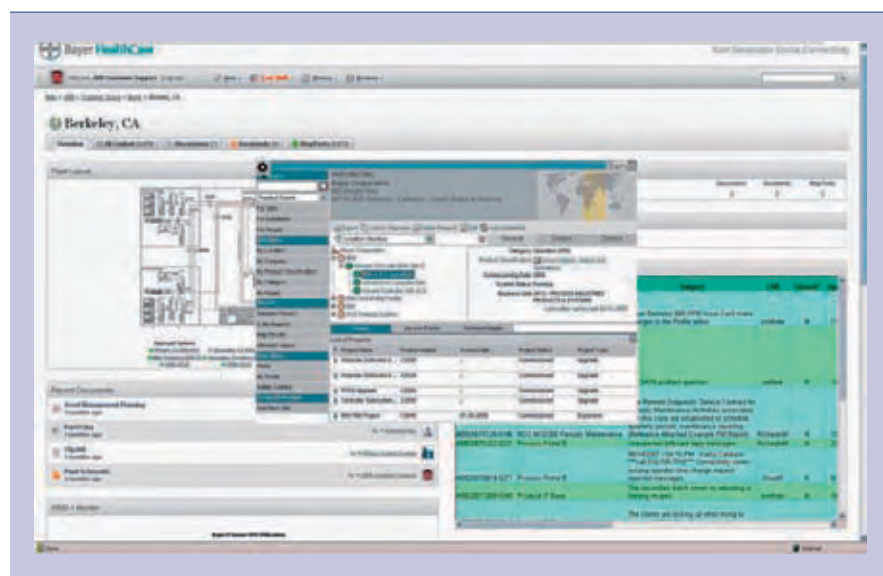
为此，ABB 曾探索创建一种“设备空间”，它可使用下一代互联网和

基于企业技术的信息平台。换言之，设备被视为一种用户，能够为一个社会提供有价值的内容。这一设想现在已逐渐变成了现实！ABB 通过使用已经建立的远程智能设备管理 (RIDM) 连接，正在开发能够使设备或系统拟人化的设备协作群体，由此能够使设备通过协作聊天空间与最终用户和技术专家进行交流。例如，设备通过使用即时信息的功能，对状态的请求提供实时

1 与 ABB 智能设备进行即时通讯聊天的示例



2 客户空间可提供客户信息和现场特定的信息



### 脚注：

<sup>1)</sup> 智能化服务是一种综合性术语，它包括支持 ABB 产品的各种信息、专家咨询、诊断工具、营销管理，以及交货机制。



## 合作伙伴与生产率

响应，按要求上传反映具体出错内容的日志文件，以及进行例行的诊断，所有这些都在同一个聊天空间内完成(见图1)。然后把所有的聊天内容公布到该设备空间的博文，这就成为智能化服务既可搜索又可重复使用的小型资料库。

ABB 服务社区有两个主要空间,即客户空间和技术空间。客户空间提供

客户信息和特定现场信息，这些信息由 ABB 管理的数据源提供(见图2)。该信息能够由最终用户安排至客户化视图。技术空间提供非客户环境或特定现场环境，可以组织和呈现所有特定技术的智能化服务平台(见图3 4)。每个空间和页面都具有标准的 WEB 2.0 技术。WEB 2.0 技术使用户和设备能够公布博客、移动标记块、订阅 RSS feeds、通过

mashups 导航，以及构建控制面板和装置的实时视图。该管理智能化服务方案优于传统方法的原因见资料库。

**许多公司开始意识到 Web 2.0 技术的重要性，使用该技术可提高资产可靠性。**

ABB 服务解决方案包括提供现场资源、专业知识数据库、服务合同、安装基础和软件维护。以设备为中心的社区含有空间和页面的功能，用户因此能够通过“客户评价时刻”<sup>2)</sup>的方式与 ABB 进行交流和协作，它凸显了 ABB 提供运行后的技术支持承诺。

**构建人机互动良好关系的时机现已成熟。**

传统的故障排查方法将技术支持和最终用户间的交流与服务工程师的诊断相互隔离。通过使设备进入协作聊天空间，问题能准确快速地得到解决。更重要的是，能够获得诊断方法并可随时再次使用这种方法。

**ABB 的协作设备群将能使设备或系统通过协作聊天空间与最终用户和技术专家进行交流。**

实践业已证明，支持这些交互式社区的互联网平台在全球范围内可随时访问且易于使用，是提供数据的标准媒介。由于可移动计算设备都能使用 Web——而且设备的可连接性日益提高、更加智能化——因此，构建设备与人类伙伴(如最终用户

3 技术空间提供现场特定环境，在该环境下显示了所有的特定技术智能化服务平台

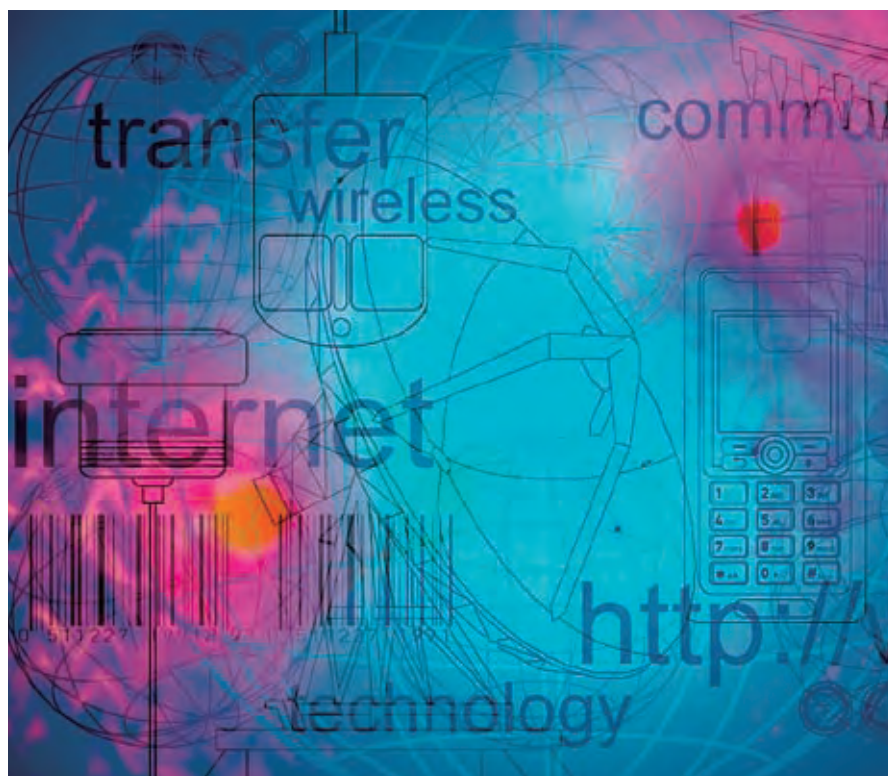


4 典型服务和支持人员页面



脚注：

<sup>2)</sup> 对 ABB 而言，客户评价时刻反映了客户的满意度。



和制造商)之间良好关系的时机现已成熟。

随着产品内嵌入服务战略的推出, ABB 专注于以优化可用性方式进行资产性能管理, 提供优质产品, 提高产品使用寿命。这有助于 ABB 的客户降低了他们的总体费用, 从而提高其综合竞争力。

#### 资料库 为什么 ABB 的协作设备群优于传统的智能化服务管理方法

- 关键在于从现有信息源获取信息, 而不是更换现有数据库或变更为另一个冗余的信息箱。这就可以更快地利用信息资源, 减少数据源冗余。
- 从即将退休的专家那里可以获得他们多年积累的专业知识和经验, 并以一种特定方式保存起来, 可使新一代服务工程师能很方便找到并可再次使用。
- Web 2.0 技术为年轻一代技术支持工程师提供了更为宽松的环境。这是一种他们更愿意进行交流的媒介, 也使他们愿意与富有经验的专家进行互动式交流。
- 设备可实时反馈其工作状况, 并可自行诊断。这使设备、客户和技术支持人员易于互动式协作交流, 而且, 所有参与者能有机会学习这些经验并编写会话文件。
- 客户可直接参与解决问题的过程。
- 该环境提供了一种允许客户与数据库, (例如 ServIS<sup>\*)</sup>, 一种已安装的基础管理系统) 进行互动式交流的渠道。这些客户接口极大提高了设备基本信息的精确性。
- 激励成员进行创新与合作, 由此可开发新的解决方案, 从而提供更好的方法和最佳实践, 同时在此情境下得以重复使用这些创新理念。
- 许多重要数据源(每一个数据源分别注册)可被同步引入一个只需单独进入系统的独立环境。此外, 与所有这些信息的接口被汇集到一个总图或控制面板上。
- 用户能够很方便地结合其工作性质和责任来量身定制自己的网页。
- 实践证明 Web 2.0 技术可适用于大型乃至跨越全球的系统, 它提供了和谐的解决方案使客户能够与设备和人员进行互动式交流。

<sup>\*)</sup> ServIS 是跟踪系统的组成部分, 可用于监视 Unigear 配电板和控制面板。

#### John DuBay

ABB 过程自动化, 资产管理服务  
美国俄亥俄州 Wickliffe  
john.dubay@us.abb.com



# 成功的阶梯

风险检查降低成本

Bernhard O. Herzog, Paul Jackson

当今，通信技术飞速发展，世界经济紧密相连，世界上一个地方发生的变化会迅速传播到另一个地方。无论在经济高速发展，还是经济衰退时，能够快速做出明智决策使之适应环境变化的公司都将获得成功，否则将面临失败。

做出合理决策，让公司从经济的快速增长中获取最大利益或抵御风暴，需要专有技术，而这种专有技术并非总能从公司内部获得。

ABB 在维护保养、可靠性、流程安全以及增效节能方面提供专业化的咨询服务。ABB 的咨询专家具备丰富经验和良好的从业纪录，可帮助工业界在赢利和生存方面做出极其重要的决策。





企业经常征询高水平咨询专家的专业建议和意见，这些咨询专家经验丰富，熟悉、了解公司常规业务之外的其他领域。例如，企业可邀请咨询专家确定应对经济低迷时期的最佳生存策略，或者企业如何以最佳方式更新工厂设备提高生产率，或者企业怎样做才能符合新规则的要求，公司需要做些什么等等。只有少数企业能够在企业内部持续获得这些专有技术，特别是相对而言这些专有技术并不经常能够用到。

**ABB在维护保养、可靠性、流程安全以及增效节能等关键服务领域提供专业咨询。**

ABB咨询服务旨在帮助客户难以决策时找出方向，以提高生产率，优化运行状态，并拥有充分的安全保证方式。ABB在增效节能、流程安全、可靠性和维护保养等关键服务领域提供专业咨询。虽然所有客户都有各自明确的目标，但其主要目标都是以最小成本使工厂和设备达到最佳性能。

技术转让是所有ABB咨询项目不可分割的组成部分。ABB利用自身专家及客户的内部资源，建立组合咨询团队使工作效率更高。车间人员完全了解他们期待的目标，与这些人直接联络，ABB可以省时并高效地进行评估所要做的工作。咨询专家们也可更好地了解客户的行业，提供长期解决方案，而不仅仅是快速解决方案。

同样，由于在一个组合团队中工作，共同开发解决方案，

因此当作出决策，执行新方案和工艺流程时，ABB的咨询专家也可以更加有效地向客户的工作团队转移专有技术。

组织这种团队的另一个优点在于可以为调查和评估提供一定人力，帮助客户降低工作成本。

经验表明，仅仅安装最好的产品和优良的系统，并不能保证成功。必须对每个部件和工艺流程进行细致调试，才能获得最佳的生产率、可靠性和经济效益。

为了获取最佳性能，不仅需要有关ABB产品和系统方面的专门知识，而且还需要其他厂家生产的设备以及相关应用方面的专门知识。ABB对产品和系统以及它们在各行业的应用拥有丰富的知识，与规模较小的独立咨询公司相比，具有明显的优势。

ABB可以给设备的操作和维修人员提供额外培训，这成为安装新设备，以及执行新工艺或改进维护保养的关键因素。

在成长期间和流动性充足的情况下，高级管理人员往往将注意力

集中在市场、收入和新产品开发方面，通常忽视员工培训，特别是设备维修方面人员的培训。

**通过建立组合团队一起工作，共同开发解决方案，ABB咨询专家可更有效地向客户方转移专有技术。**

当面临经济下滑时，管理层的注意力很快就转向尽可能地减少费用。新设备的投资计划往往成为首要的削减对象。这是可以理解的，因为一个领域内的资本支出必然会使其他领域的支出减少。不过，单纯减少资本支出并非答案所在。这种一刀切的办法会导致关键设备发生故障，导致生产遭受重大损失和支付高昂的修护费用，除非充分估计到使用老化设备的潜在风险，并在维护和诊断方面采取有效的措施。

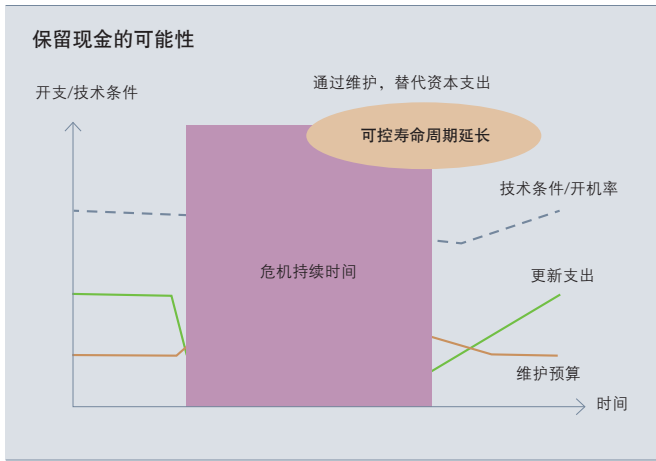
实现成本最小化和提高生产率的最有效方法如下：以生产率为目标，对新设备的费用支出、维修费用以及由此而达到的性能水准进行有效监测。

如果认为对新设备的投资不合适，为了避免设备故障，就需要调整维护计划以及设备监测方式。

这种通过改进维护方式，延长设备可用寿命方法称之为可控寿命周期延长法（见图1）。

既然没有投资，那么采取相关措施来避免设备故障，保障生产率安全就成为维护经理的重任。根据不同的行业情况，需要采用特殊的模拟、诊断和监测技术手段，

1 可控寿命周期延长



## 做好维护保养 提高生产率

所以工厂成败的关键取决于维护团队所采取的措施。

### ABB 可提供检查服务、安全评估以及可靠性和品质管理。

ABB 在广泛的行业领域内具有开展维护优化和战略规划丰富经验，可向用户提供设备审查服务、安全评估及可靠性和品质管理<sup>1)</sup>。这种评估可帮助确定设备的剩余寿命期及其未来的维护要求，可预测何时必须更换设备。除了让自己的工程技术人员提供这些服务以外，ABB 也可以帮助客户制订他们自己的可控寿命周期延长计划。

### 为英国石油公司提供基于风险的检查服务

过去 25 年来，ABB 一直在开展基于风险检查程序方面的工作，称之为 RBI+<sup>®</sup>（见图 2）。这种程序用于确定重要设备并建立适当的检查机制，包括与设备相关的风险以及风险对员工健康安全环境和业务运行等方面的影响。

ABB 的 RBI+<sup>®</sup> 方法符合美国石油行业推荐的基于风险检查 (RBI) 的做法。

这种方法适用于各种设备，包括压力系统、容器、管道、压力释放安全系统、土建工程结构以及旋转机械等。在风险分析基础上确定最佳检查计划。

英国石油公司下属的勘测和生产公司是 ABB 的长期客户，他们在英国经营不少海岸天然气集气站，包括位于英格兰东北部的 Dimlington 集气站。

这座集气站已经建成 20 年了，主要处理来自北海的天然气，然后再输送到英国的国家天然气输送系统。在为英国市场提供天然气方面，Dimlington 集气站扮演着重要角色。

2007 年，ABB 签约对集气站所有容器和管道进行基于风险的检查评估，确定在明年夏天计划停机期间内设备检查的优先次序。

该项目涉及英国石油公司和 ABB 两家公司广泛的专业人员，以 ABB 的 RBI+<sup>®</sup> 方法为基础，结合英国石油公司自己的 RBI 程序共同确定设备的故障概率及故障后果。

### ABB 的 RBI+<sup>®</sup> 方法符合美国石油行业推荐的基于风险检查 (RBI) 的做法。

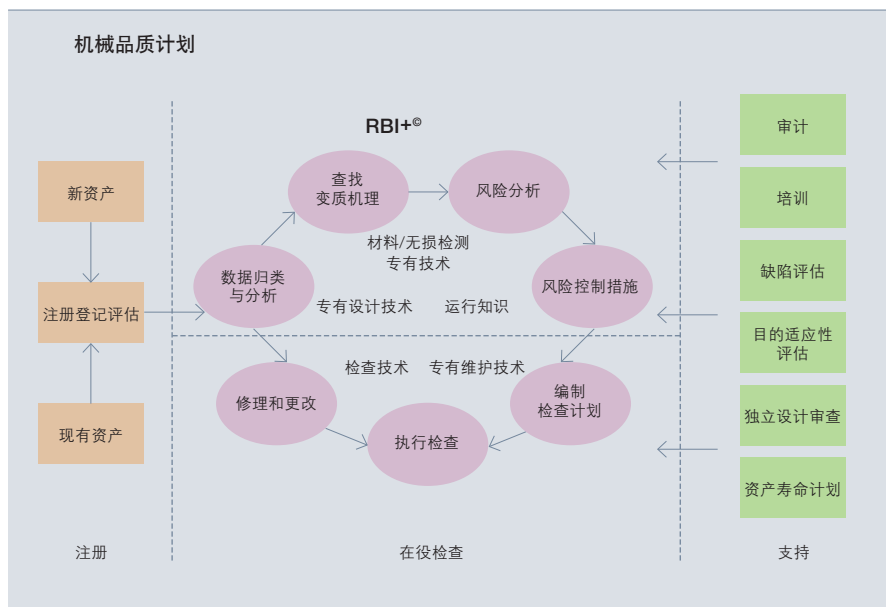
迄今为止，已对 70 多台设备，包括不少压力容器和数条管道系统进行了评估。RBI 评估结果确定 40 个压力容器不再需要进行内部检查，可采用非侵入式技术进行检查。评估另外发现，容器检查周期可从 7 年延长到 10 年。

据英国石油公司的保守估计，这些检查方式的改变，可使 2008 年的总费用减少 77 万美元，包括检查所需的准备费用（如脚手架、起重机、清理设备、配套用品、备用员工等）和检查费用，相当于节省开支 33%。

对某些项目改用非侵入式检查带来不少重大利益。工作人员不再需要进入压力容器的狭小空间，同时也减少了与清理污物相关的环境风险。非侵入式检查的另一优点在于停机检查的次数减少，使设备能运行更长时间。另外，由于可以进行在线检查，任何需要进行修理的项目可安排在下一个合适的停机时间里进行，因此可避免代价昂贵的意外停机。

简而言之，使用这种风险检查方法有很多好处，综合了英国石油公司

2 RBI+<sup>®</sup> 基于风险的检查程序



#### 脚注：

<sup>1)</sup> 品质管理用于确保设备适合使用目的的程序，可靠性确保设备在需要时可供使用。



和 ABB 专家的知识 and 专有技术。特别是减少了确保 Dimlington 集气站压力系统资产的结构品质所需的停机费用和时间。

**ABB 有 600 多位咨询服务人员，分别位于英国、美国、加拿大、墨西哥和德国，他们在 ABB 的主要市场上开展各种咨询服务。**

位于英国东北部 Seal Sands 的中部地区输送系统 (CATS) 陆上集气站以及位于 Shetland 群岛的 Sullom Voe 集气站目前正在使用类似的方法制订检查机制，这两座集气站都属于英国石油公司。位于 Sullom Voe 和 Dimlington 的新工厂装备也将利用 RBI+® 方法编制检查计划。

#### 加强与客户联系

通过服务和维护合同与客户合作，ABB 帮助企业应对经济风暴，提供

替代新设备的资本投资。这种紧密合作让 ABB 能够提出最适合企业需要的解决方案。

有时，工厂会与 ABB 签订全责绩效服务合同，让 ABB 全权负责整个维修服务。这样可以减轻管理人员在维修方面的重负，集中精力进行其核心业务。全责绩效服务合同不仅在费用方面，而且在服务的连续性方面，通常都是客户的最佳选择。使用不同公司监测一个流程工艺设备中的不同部分需要承担一定风险，例如某些设备有可能被遗漏，或者当某套设备还是更大型工艺流程不可分割的组成部分时，这套设备就需要进行单独处理而无法监测。

ABB 与其服务客户保持经常性沟通，即使这些客户只是每隔几年才有服务项目，ABB 也与其保持经常性对话。这样可掌握不断变化的需要，按需对相关计划进行调整。

ABB 有 600 多位咨询服务人员，分别位于英国、美国、加拿大、墨西哥和德国，他们在 ABB 的主要市场上开展各种咨询服务，主要涵盖维护保养和可靠性、增效节能和功能安全性。ABB 的咨询服务涉足所有流程工艺行业，不仅限于 ABB 的系统和设备，同时也对不同厂家生产的几乎所有技术设施和系统提供有关设计优化、配置、运行和维护方面的咨询服务。

#### Bernhard O. Herzog

ABB 全球咨询业务  
瑞士巴登  
bernhard.herzog@ch.abb.com

#### Paul Jackson

ABB 过程自动化业务  
英国沃灵顿  
paul.jackson@gb.abb.com



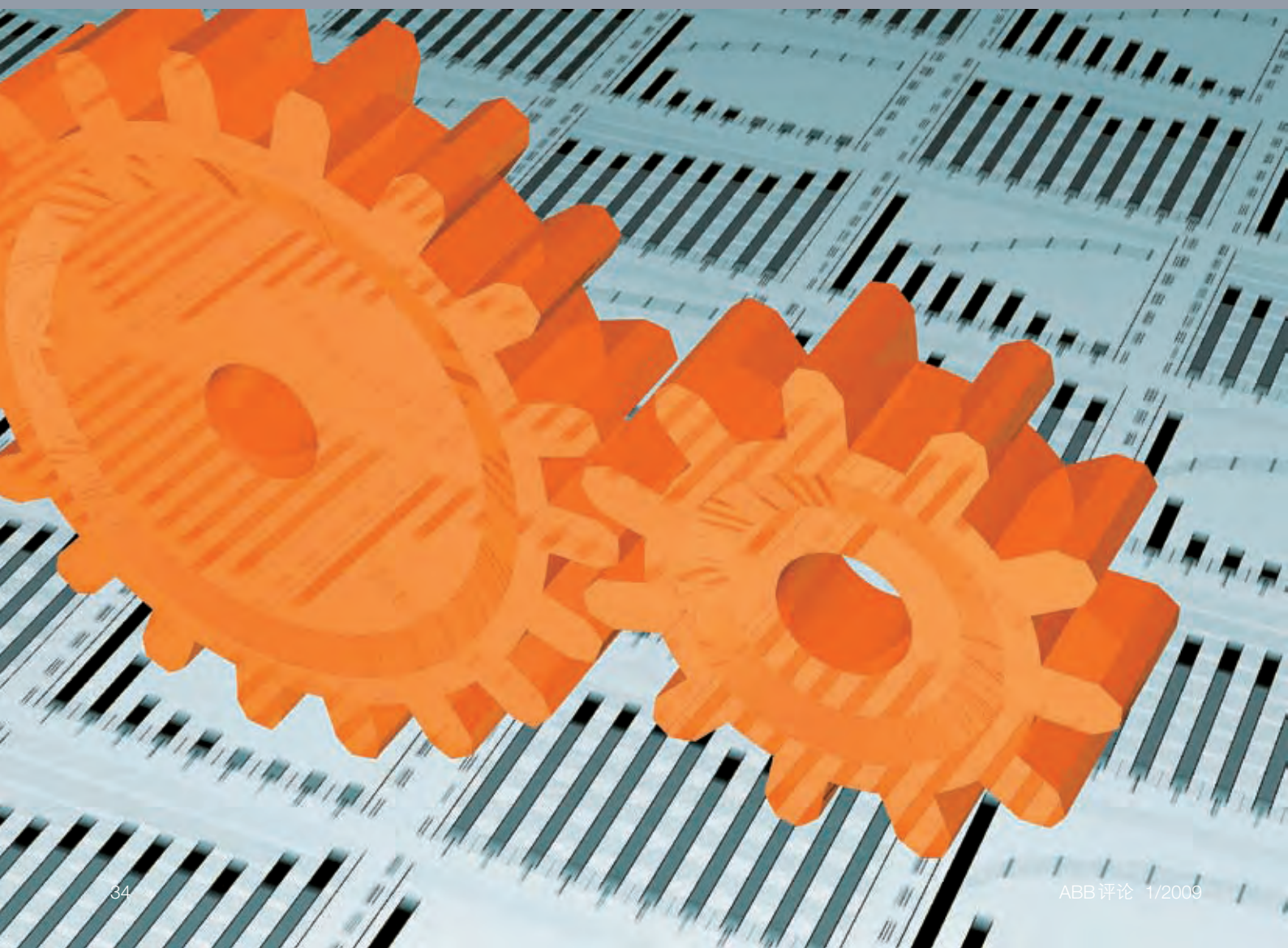
# 什么是可靠性？

不断更新的可靠性维护理念

Barry Kleine

在全世界，“可靠性”常常用来描述提高生产能力。但是，“可靠性”的真正含义是什么呢？工厂员工从事的任务中，哪些被视为“可靠性”？这些任务如何真正提高企业利润率？哪些人（如果有的话）能参与可靠性项目？

如果企业决定引入可靠性计划，经过协商一致所采取的实际步骤都会受到所用定义的影响。一种定义给企业指引的方向与另外一种会全然不同。所以，对所用定义进行商讨并达成一致意见十分重要。缺乏这一过程的商讨，很可能使改进工作的潜力受到限制。



**遍**布世界各地的 ABB 制造业客户都面临着此类挑战。其实，ABB 自己也是制造商，因此经常也会面对与客户类似的挑战和决策。ABB 对这些挑战进行了反复推敲和细化，结果完全改变了企业采取措施的方向，这不仅反映在确定行动的优先级别上，而且也反映到所采用的可靠性的通用定义，以便对各家企业进行统筹协调，更好地提供相互支持。在这两个原则的综合作用下，ABB 过去五年连续取得两位数的业绩增长。本期《ABB 评论》将与大家一起分享在此变革中的一些经验教训。

#### 理念 1：可靠性意味着减少故障

可靠性的一种通用性定义是较少的设备故障。提高可靠性是指在任何错误发生之前，运行部门所具备的确定问题并对设备进行修理的能力。生产部门当然愿意将计划外停机转变成计划内停机，但要恢复设备功能，仍需采取维护措施。维护本身也会产生零部件和劳动力的成本费用。所以，就全厂而言，总体效益并不大。这样的定义使状态监测成为中心问题。尽管计划外停机次数减少，但维护保养费用和劳动力需求几乎没有变化。

对这种情况进一步分析表明，设备仍需以同样的频率进行更换或修理，所以，尽管生产可靠性得到提高，设备可靠性并未得到实质性改变。修理设备所需的劳动力和材料基本上没有受到影响，故障相应减少，费用由此降低，但通常仍会被额外所需的检查所抵消。这表明，我们需要一种更加细化的可靠性定义，这种定义不仅包括两次停机之间的生产可靠性，而且还要包括设备的可靠性，即减少修理设备的停机需要。让设备寿命实现最大化不仅意味着故障减少，而且还意味着所需停机时间更短、维护保养费用更低、劳动力需用量降低、需要库存的备品备件也随之更少。

根据此定义，可靠性概念应包括为增加设备现有寿命所采取的各种措施（如润滑、清洁、校正、平衡等），于是延长了故障之间的平均时间（MTBF）。按定义，状态监测等各种措施显然与可靠性无关，但是，却与减少平均修理时间有关（MTTR）。

#### 新定义 1：可靠性意味着减少干预

#### 理念 2：可靠性用来考量设备性能

企业管理层非常清楚，设备不是维修保养的惟一考虑对象。健康和安全管理、环境因素、信息管理以及规划和调度等也是正常业务必须考虑的问题。在制定维护保养计划时，如果把需要管理的所有因素都纳入考虑范围，情况就变得非常清楚，可靠性不仅是维护设备的功能，同时还要求所有维修保养程序都能发挥正常功能。

**诸如状态监测等各种措施似乎与可靠性没有关系，但却与减少平均故障时间有关。**

每启动一次干预都需要员工的介入，费用因此也随之产生。劳动力成本高昂，所以人们希望这些工艺流程对劳动力的需求越低越好，使流程更加可靠就可满足这种要求。可靠性概念由此向前得以延伸，从单纯与设备相关，发展到与整个业务有关。

人们意识到，一项任务如果每天花费 10 分钟，一年累计就要占用一周的工作时间，那么，对于干预的衡量就不仅限于量化生产损失，而且包括劳动力损耗。每天如果可以避免浪费 10 分钟时间，一年就可以





## 做好维护保养 提高生产率

少损失一个星期的时间，利用这部分时间，工作人员可解决其它问题。

举例来说，位于新西兰 Kinleith 的一家 ABB 工厂认识到，一个部门的两位工程师不必同时参加半小时的生产晨会。于是决定两人轮流出席这个会议，这样每天可节省工程师半个小时的时间，一年就可以节省3周时间。五分钟就解决了一个与设备无关的问题，为工程师创造了不少时间，利用这个时间他们可以进行其他业务活动。

**新定义2：可靠性可用来衡量所有活动的绩效。**

**理念3：可靠性保护活动在车间进行**

传统而言，人们认为，可靠性是工程师和维修人员的责任。当可靠性仅与设备相关时，这或许是正确的，这时的任务只包括诸如校正、润滑、精密维护保养等。工厂管理人员会觉得那些任务与他们的职责无关。

在分析措施得不到贯彻的原因时，人们恰恰发现正是措施的管理引发了这些问题。由于对工程师们在做什么以及他们为什么要这样做，缺乏沟通和理解，这就降低了其他员工的参与热情。没有给予足够时间或没有检查任务质量也会影响完成任务的速度。这些措施都必须由企业管理人员加以推动，才能保证团队成员获得他们所需的支持，确保任务得以正确执行。没有管理层的支持和参与，可靠性措施将难以贯彻执行。

**新定义3：董事会应对可靠性工作负责**

在一个企业中开展可靠性维护会影响到几乎所有的人员，同时工作的展开又涉及到包括产量、费用和员工满意度等商业目标的实现。我们需要对影响这些商业目标的问题进行了解，并分清轻重缓急。

ABB 的损失原因分析程序表明，

在一个一般性的企业里存在1500个可能造成利润损失的问题。在这些可能性中，哪些对利润率的提高影响最大？

假设昨晚一个齿轮箱发生故障，造成10个小时的停工，直觉反应当然是对之进行调查，但是，如何将这种每六年发生一次的故障与同一工厂中最经常发生的设备故障（如电动机）进行比较呢？旋转机械发生故障的最普遍原因是轴承，那么，对某一设备类型来说，多少损失由轴承造成？编制企业计划过程中存在某个遗漏，这可能会使每项工作所花费的时间比要求的时间长10分钟，因此这种损失（结果是少做了工作）与轴承给生产和成本造成的损失比较，结果又是如何？沟通交流方面造成的损失与计划造成的损失比较，又会怎样？如果这确实是一个问题，目前正在采取什么措施予以解决？

如果无法比较上述例子中的各项损失，或者企业没有试图对其进行比较，混乱和意见分歧就会发生。不同的人会有不同看法，结果是多种措施争夺有限的资源和资金。出现这种情况时，所有措施的进展都将放慢。

**旋转机械故障最普遍的原因是轴承，那么多少损失由轴承造成？**

一旦可靠性被采纳作为衡量总体业务损失的一种手段，获得管理层对可靠性措施的支持就会比较容易。这种支持对项目的成败至关重要。解决可靠性的定义问题，就会容易发现设备或工艺流程缺乏可靠性会如何影响不同主要关键性





指标 (KPI)，如总体设备效率 (OEE) 或成本。

关键问题之一是如何明确定义可靠性问题。一般而言，人们提出的第一个问题是，“什么原因使总体设备效率和成本出现问题？”对此的直接回答通常显而易见，例如可能认为开机率是总体设备效率降低的原因。由于缺乏数据，要求下一级人员对问题做出响应，要求问题越详细，响应难度就越大。企业最可能描述最明显的可用性损失。但是，人们是否了解哪些是最常发生的设备类故障？人们一般都将注意力集中于自身了解的事情方面，如设备故障，与此同时，却忽略了造成损失的另外一些重大因素，如颇为头疼的沟通联络问题。在不必要或不充分的通信联络上每天花费 10 分钟，一年下来，就会损失一个星期的时间。这对一个企业的发展会产生多大的阻碍呢？

在企业解决任何问题之前，经常发现有关损失的档案资料本身就不可靠。因此，改进故障代码，努力设法弄清减缓速度的原因，将会使人们更好地了解应把注意力投向何方。

### 成功企业的案例

最成功的企业通常采用系统化方法加以改进：

### 提高可靠性既可节省修理时间，又可降低修理费用。

#### 从业务需要开始

应该找出影响企业利润的关键财务指标，这些指标对利润影响最大。重要的是，必须清楚了解比如维修保养费用是否需要减少，或者单位维修保养费用是否快速减少。降低费用支出会导致可靠性降低，由此

造成的损失会成倍增加，这种例子比比皆是。企业制定策略时需要强调那些应该特别注意的指标。

#### 启动之前，先争取管理层的支持

企业通常需要贯彻执行许多程序，原因无非是其他企业也正在这么做，或有人认为这些程序可以创造价值。除非高级管理人员认为这些程序对于实现目标至关重要，否则不会对其给予多少关注，而且贯彻执行起来也会花费更长的时间。

这无疑是一种损失，因为这意味着相关人员不能再从事其他工作。正是出于这样的原因，因此不应在同一时间执行多项措施，选择执行的措施应首先由管理层产生兴趣，才能予以推动。

#### 确定可靠性如何满足业务需要

如前所述，可靠性（减少干预）与最小化不良影响（更快修好）之间存在着明显差别。许多人非常重视修理，于是，注意力容易转到这方面，从而忽略了可靠性。因此必须了解提高可靠性既可减少修理时间，又可降低修理费用。其他一些措施也只能解决其中一个问题，不能同时解决另外一个问题。

### 一般认为，如果三个月内看不到改进效果，人们的兴趣就会减半。

根据能否产生可量化的业务增长，选择可靠性的改进方面

人们选择了许多很好的可靠性题目，但是，在选择某项具体任务时，经常很少提供或根本就提供不出与业务情况相关的数据，或者与预测投资回报相关的数据。最好利用可靠性措施解决最经常发生的问题，因为这些问题的解决答案会

很快提供改进的证据。解决那些五年才发生一次的问题，需要等待五年的时间才能看到效益。

#### 公布改进情况，保持改进趋势

一般认为，如果三个月内看不到改进效果，人们对于改进措施的兴趣将会减半。一旦出现效果，应在整个企业内公布，不仅团队成员，而且高级管理人员也能继续兑现承诺，继续改进。如果缺乏证据，人们便会在现有措施发挥效力之前，转而寻求其它替代方案。

#### 保持质量

如果就某个程序达成一致意见，那就应该遵守程序，这点很重要。事情一多，人们就容易走捷径，试图简化程序，从而降低了效果。改进的效果降低，人们的兴趣随之下降。在这方面，关键是管理层的兴趣与支持。

人们对可靠性的课题产生犹豫，主要是因为时间不够。当前的任务没有因可靠性措施而取得成绩，主要是由于应用措施解决问题的响应时间较长。因此按照业务需要，重新安排工作重点，才能获得更快的收益，并能争取到时间。

#### Barry Kleine

南亚服务业务单元，ABB 过程自动化业务  
新西兰罗托鲁阿  
barry.kleine@nz.abb.com

#### 延伸阅读：

Cinder A. (2008). Making reliability sustainable.

(《让可靠性工作长久坚持下去》)

《ABB评论》特刊“过程自动化—服务与能力”54~57。

# 性能卓越

为石油和天然气企业开展全责绩效服务，  
既提高客户满意度又降低成本

Richard M. Rockwood

少花钱多办事的愿望无所不在，但却难以捉摸。不过，是否有能力实现恰恰成为成功与失败的分水岭。所有业务都旨在寻求解决难题的秘诀：合理化步骤的优越性可以抵消成本的代价。现实中，这种措施很难找到，各种业务也只能进行一些微调，而且也很难保持微调带来的好处。

在流程工业中，由于全球竞争加剧，企业直接或间接地面临巨大压力，降低成本成为企业普遍实施的战略。降低成本本身没有错。但如果需要长期保持下去，必须与其它旨在达到“卓越制造”的战略措施相结合。历史上不乏单纯依赖降低成本而最终失败的案例，这说明，这种决择对于改进知识基础，或改善工艺流程作用不大。改善工厂运行、设备和流程可靠性并达到卓越运行仍是个难题。

要突破这个怪圈，需要极大的勇气和努力。本期《ABB评论》将介绍一家客户持续改进的案例。

除了成本管理压力之外，企业还日益面临提高业绩的挑战。此外，全世界所有企业都面临着提高产量、更高安全水准和环保要求等方面前所未有的挑战。

除上述压力外，企业还面临提高客户服务满意度和其他方面等问题，事实上，许多企业必须应对所谓“三明治效应”的艰难局面，即以更少资源完成更多任务。在一家阿根廷的石油天然气和石化企业，ABB的全责绩效服务恰好就遇到了这样的挑战。

从2006年11月以来，ABB一直负责位于阿根廷Bahia Blanca外的Solvay Indupa现场的电气、仪表和电机的管理。

客户满意度：KPI

在提供高水平客户服务方面，ABB有着悠久的历史，其中通过服务加强合作伙伴关系的全责绩效服务(Full Service)<sup>①</sup>在其中扮演了重要角色。ABB在Solvay Indupa项目上所

面临着挑战是：不仅要提供很高的客户满意度，同时要为客户尽量维持或减少人员配备、预算和其他支持性资源。重要的是既要提高客户满意度，同时降低维护费用。

ABB的全责绩效服务使用了ABB开发的一种架构，可为客户提供可重复使用的标准运行模式，改善运行状况。这种方法适用于所有客户的现场运行，他们都可获得共同流程、企业评估和知识共享等各个方面的支持，其中客户满意度管理和人员满意度是成功的关键要素(见图1)。

许多企业都面临“三明治效应”的艰难局面，即以更少资源完成更多任务。

这种现场评估不仅可以有效确定当前业绩，在制定前瞻性战略方面也十分有效。

将数据变成行动

ABB在Solvay项目现场遵循并执行

客户满意程序。Solvay参与了ABB现场满意度调查过程(见资料库1)。ABB在Solvay的团队分析了调查结果，将其作为未来改进措施路线图的基础。

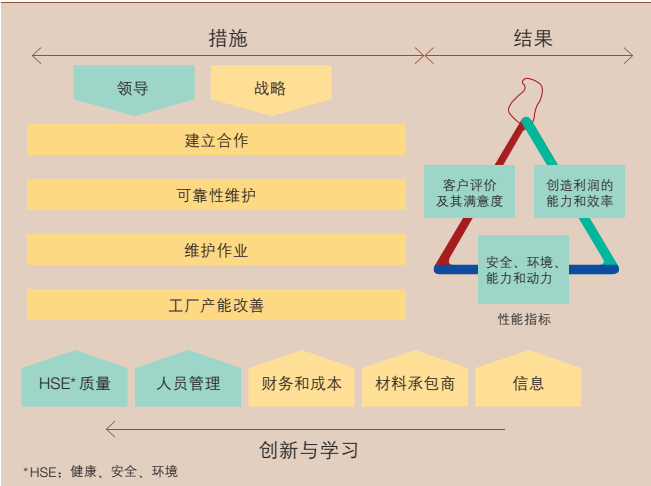
尽管调查得分很高，但也找出了需要ABB帮助解决的三个方向：

- 1) 与产品供应单元组成伙伴关系
- 2) 降低维修保养费用

资料库1 客户满意度

客户对现场服务满意度的最终衡量取决于客户对ABB现场团队所提供的服务效果的感觉。为了客观地进行衡量，ABB开发出全球客户满意度调查评估方法，可为现场和ABB管理团队提供有价值的反馈。在改进提高的过程中，将该工具用于识别、测量和执行措施等方面，非常具有价值。它可确定趋势，显示出与客户期望值对照的性能业绩水平，跟踪客户的忠诚度。其调查结果可帮助ABB现场团队拟定目标、采取措施、减少差距，然后再将改进成果与客户进行沟通。

1 现场评估程序是用于确定当前性能的有效工具，同时在制定前瞻性战略时也非常有效



2 Solvay Indupa工厂位于阿根廷Bahia Blanca外，图中所示为工厂中不同的功能区域



脚注：

<sup>①</sup> 有关ABB全责绩效服务的详细情况，请参阅《ABB评论》过程自动化服务和能力 2008年专刊79-83页的“外包维护”。



## 做好维护保养 提高生产率

### 3) 继续提供相当或更高水平的服务

同时满足上述三个方面的需要使许多单位产生犹豫。但是，ABB 团队敢于面对这一挑战。ABB 仔细评估了 Solvay 提出的要求，分析了如何满足这些需要，然后制订了行动计划，最终，不仅满足甚至超过了这些要求。

#### 建立伙伴关系

借助内部人员拥有的广泛知识，ABB 了解如何以最好方式满足

第一需求——与生产单位建立伙伴关系。

虽然采取这个步骤似乎没有什么创新可言，但说起来容易做起来难。为了更加接近生产区域，建立和加强伙伴关系，ABB 重新组织自己在项目现场的力量，为企业的主要生产领域指派监管。在 Solvay 现场，这三个领域分别是 Cloro、PVC 和 CVM (见图 2)。

**维修保养预算减少了 19.9%，且这种调整并没有给服务造成任何负面或不利的影响。**

#### 组织结构图之外

作为一种战略方法，重组并不是什么新概念。但是，ABB 又向前迈进了一步，安排 ABB 的监督人员参加客户的交接班会议。这种伙伴关系成为监管岗位职责的组成部分，确定和协商未来维修保养工作重点于是成为每周的例行做法，并列入每周工作调度计划得以加强。

没人能够预见，但对进一步推进 ABB 与 Solvay 的关系将产生深远的正面影响。

#### 改进运行方式

通过这种紧密合作，ABB 监督人员深切体会到 Solvay 的同行所面临的挑战。即在反馈阶段，Solvay 希望帮助他们解决降低成本的问题。

#### 准备启动

面对挑战，有些企业在分析阶段就停滞不前。过多的分析和讨论导致无法进入下一阶段的工作，这种情况非常普遍。但是，ABB 研究了维修保养预算，很快发现备品备件费用占总预算的 35~40%。ABB 根据广泛的全球网络现场管理经验，通过与其他地方情况进行对比，清晰地表明了改进的余地。

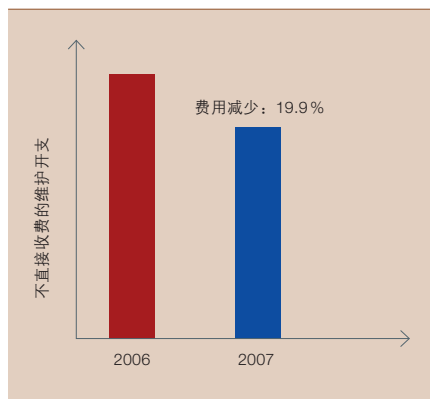
#### 标准程序取得效果

ABB 团队采用标准程序模型（见资料库 2），有效组织了这项措施，使用了合乎逻辑的渐进式程序改进方法。

#### 使用工具提高绩效

为了提高效果的传递，ABB 现场团队

3 设备维护预算降低近 20%



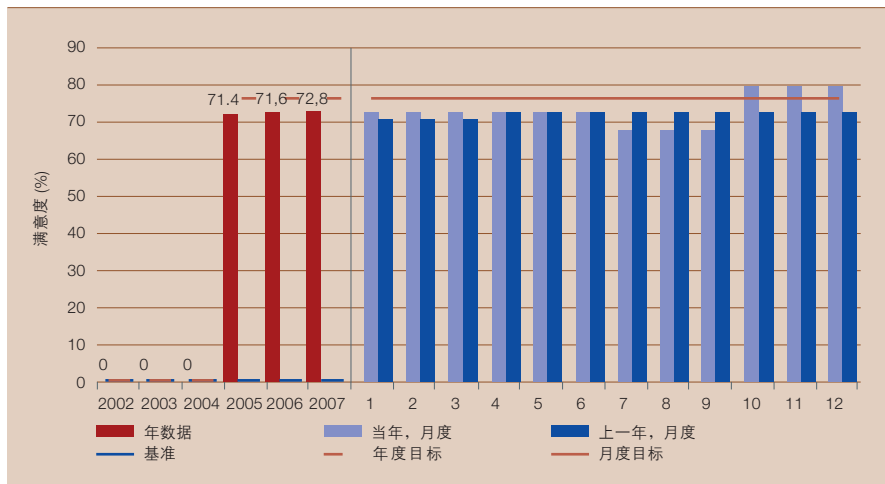
资料库 2 改进的方法

- 1) 审查预算数据，进行标准对比分析
- 2) 将零部件按 A、B、C 等级进行分类：
  - “A” 最昂贵的
  - “B” 比较昂贵的
  - “C” 最普通和最便宜的
- 3) 制定短期和长期目标
- 4) 短期
  - 清理仓库...5S<sup>\*)</sup>
  - 零部件标号及精确定位审查
  - 清理 SAP 上的零部件说明
- 5) 长期
  - 根据成本、流程、安全和环境危害之间的平衡情况选择零部件
  - 继续推动设备标准化

<sup>\*)</sup> 5S 的概念在 资料库 3 中讨论

ABB 积极主动投身于建立伙伴关系的实践取得了成效。尽管当时

4 对客户满意度每月进行跟踪，结果显示客户满意度不仅达到，实际上已经超过了双方商定的目标



充分利用了计算机化的维修保养管理系统 (CMMS) SAP-PM。SAP 可以“钻进现场”，同时生成报告，提供有关备品备件、库存周转、存货出库以及使用频率等方面的数据。另外，库存参照报告可用于搜索共同设备上的零部件，以及在 SAP 系统中原本没有安装的零部件，因此具有重大价值。

有些企业在分析阶段停滞不前，过多的分析和讨论导致无法进入下一阶段的工作。

ABB 使用过程映象技术分析外部修理和重新组装时间，从而找出流程瓶颈。因此，通过精益维护技术的应用，ABB 在现场能够量化准备时间和修理时间。因此可以深入观察可恢复良好功能的外部修理和重装过程，同时也可发现那些脱节的或功能不健全的程序。

在此我们再回顾一下，ABB 通过与 Solvay 的生产监督部门建立伙伴关系，奠定了坚实的合作基础；ABB 的监督人员每月召开进度会议和数据评审会议，就哪些零部件应该

保留和哪些零部件应该进一步审核展开讨论，进行澄清并获得支持和理解。这个关键步骤确保 Solvay 的监督人员支持调查工作及其结论，因为他们积极参与了库存分类的过程。

ABB 团队将这个方法分解成若干更加便于管理的“子任务”，并提供了经过改进的项目和进度跟踪方案。这样，那些真正重要的零部件便显现出来了，从而得到更多关注。特别是，ABB 团队使用巴列特图<sup>2)</sup>确定受 20% 因素<sup>3)</sup>影响的 80% 的问题零部件。于是，一张简单的巴列特直方图就显示出每个零部件对全部问题的影响程度。团队获得这一宝贵工具，因此可将注意力集中在关键的少数零部件上，对之进行重点处理，从而将更多的精力放到影响最大的领域内。并使用与零部件相关的 KPI 进行跟踪。

取得积极效果

推行库存改进项目的结果，维护保养预算减少了 19.9% (见图 3)。而且，这种调整对于所提供的维护服务没有产生负面的或不利的

客户满意度超过预定目标

在成功地将维修保养预算降低近 20% 以后，每月的客户满意度跟踪调查显示，客户满意度不仅达到了目标值，而且还超过了双方商定的目标水平 (见图 4)。

每月维修保养费用的趋势表明，不仅实现了对这些费用的逐月稳定管理，而且每个月的目标没有发生多少变化 (见图 5)。

持续的改进是场马拉松，而不是短跑比赛。

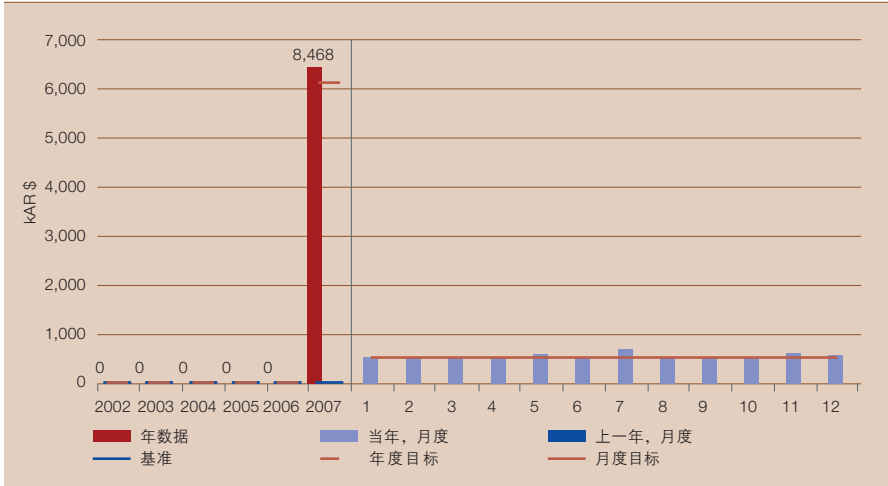
前面的道路

Solvay 并没有因为目前的成功而停滞不前，他们现在准备将注意力转向设备可靠性方面，将业绩提到更高的水平。人们常说：“设备不会出故障，是零部件出故障”。ABB 谨记这一说法，以客户满意度为驱动，

脚注：

<sup>2)</sup> 巴列特图是直方图，坐标值按递减顺序排列，表示累加值的下降曲线。巴列特图用于质量保证中，经常表示 80-20 规则。  
<sup>3)</sup> 80-20 规则说明，在许多情况下，百分之八十的结果由百分之二十的原因造成。

5 每月维护费用可持续下降，与月度目标相比，变化不大



资料库3 5S 概念

5S 是包含于持续改进方法中的一种工具 (Kaizen)。Kaizen 是日语的罗马拼音，意思是改进。5S 由下列要素组成：

- 1) 筛选 (Seiketsu).....剔除不需要的项目
- 2) 整理 (Seiri).....组织
- 3) 清洗 (Seiso).....清理
- 4) 规范化 (Seiton)....制定标准规程
- 5) 推广 (Shitsuke)...继续 5S 措施并推广到其他领域

## 做好维护保养 提高生产率

ABB 的项目经理 Duilio Magi



“要年复一年地取得成果，就要求一支具有良好沟通、合作和训练有素的专业团队。在 ABB 的 Solvay 项目现场，我们拥有所有这些关键要素。”



对 SAP 进行配置，提供具体报告，深挖具体数据，获取更多不断改进机会。客户满意度调查为 ABB 显示出另外一些需要主动提高现场满意度的重点领域。

在设备维护和修理过程中，要找出“麻烦或故障”设备（见图 6）。这些设备既过度消耗工时，又浪费备品备件。通常而言，比分配或预算多消耗工时和备品备件的设备，极有可能是可靠性低或故障率高的设备。这个程序为进入设备生命周期费用管理实践，提供了一个很好

的切入点。预计，这将给 Solvay 提供另外一项增值服务。

### 领导潮流

Solvay 工厂最近完成了现场评估程序，取得了许多瞩目的成就，这家工厂的现场改进方法也获得了认可，并被编入了改进资料库中。由于 ABB 的现场管理为客户提供了增值服务的范例，因此增加了客户的效益。

**Solvay 并没有因为目前的成功而停滞不前，他们现在准备将注意力转向设备可靠性方面，将业绩提到更高的水平。**

分析，与客户形成紧密合作伙伴关系，然后制定出行动计划，充分利用调查显示出来的机遇，从而给客户带来效益。

然后，通过有效利用关键性能指标，监控性能增益情况，就可以把这些做法长期坚持下去。同时分析显示，为客户提供价值的热切愿望也促使了其他方面的进一步改进，以寻求运行的卓越化。持续不断向客户提供价值也是 ABB 与企业之间建立长久合作伙伴关系的重要原因。

6 ABB 工程师们将从库存改进措施中学到的经验教训应用于具体确定费用过高的设备



ABB 的 Solvay 现场小组将每项改进措施以文件形式保留在图书馆资料库中，不仅给将来进一步改进提供参考，而且也是 ABB 为 Solvay 创造效益的实证。

### 成绩斐然

持续改进是场马拉松，而不是短跑比赛。ABB 的 Solvay 项目是一个范例，表明通过对客户满意度调查的

### Richard M. Rockwood

ABB 过程自动化业务，  
石油、天然气和石油化工业务单元  
美国休斯顿  
richard.m.rockwood@us.abb.com



# 轧制模型

用于冷轧机的自适应调整模型

Frank Feldmann, Mark Gerdau, Andreas Vollmer

冷轧机是金属板材生产的重要组成部分。在冷轧设备里，金属材料经过一系列轧制工序，使其逐步发生变形，获得所需的表面质量、材质和厚度。

为了保持竞争力，薄板轧制产品厂商不断努力维持和提高产品质量、轧机灵活性及生产率等。要实现这些目标，必须更加深刻地了解和加强控制工艺过程中发生的一切。

ABB 开发出各种模型组合，可帮助用户优化他们的轧机。本期《ABB 评论》向读者介绍公司开发的自适应调整模型解决方案。



## 做好维护保养 提高生产率

**提**高产品质量主要集中于寻找一些方法，来降低厚度和平直度公差，提高表面的质量。另外，必须增加轧机灵活性，满足对产品品种日益增长的需求，同时，高生产率（产量和生产能力）是在全球经济中保持竞争力的一个先决条件。

从自动化角度来看，这些需求可通过下列具体要求实现：

- 可靠和现代化的自动控制系统
- 可靠的传感器和执行机构
- 自适应调整模型用于编制轧制表<sup>1)</sup>和预设计算

## 资料库1 ABB与轧机

ABB 轧机应用包括：

- 单机座和多机座轧机
- 六辊式和森吉米尔式<sup>\*)</sup>轧机
- 直列式和连续式轧机
- 可逆式和不可逆式轧机
- 开坯机、平整机、二次冷轧机（DCR）和箔材轧机
- 钢、不锈钢、铝、铜和黄铜等广泛的成品

轧制模型的任务是给第一级层次的开式控制系统（OCS）提供适当的调整值。预设模型最重要目标包括：

- 优化有关规格外长度、表面和平直度等板材质量
- 通过更加快速的喂料、加速和最高速度优化产量
- 确保预设值保持在材料和轧机限制范围内
- 避免带材断裂、轧辊印痕和喂料停止
- 提供稳定的轧制条件
- 尽量减少操作人员干预

脚注：

<sup>\*)</sup> 森吉米尔轧机是一种配备小直径工作辊的轧机，每个工作辊配备两个较大直径的轧辊，两个大直径轧辊配备一组三个轧辊。这种轧机配置经常用于轧制高强度钢材和不锈钢材。

## ■ 先进的技术控制解决方案

## ■ 直观可视化、运行与诊断系统和概念

**资料库1** 所列的是 ABB 提供的设计模型可以应用的一些领域。

为实现上述目标，使用了数学模型来计算轧制表和轧机的预设计算（见图 1）。根据卷材和轧辊数据，轧制表使用压下量和张力表预测工艺过程，压下量和张力表来自经验和数学分模型。模型主要由四部分组成：材料的加工硬化曲线（流动应力模型）、辊缝摩擦模型、辊缝模型（提供轧制载荷、驱动扭矩、前滑和卷材温度）以及轧机模型（提供卷材平直度执行机构和辊隙位置参照数据）。

在每个轧制道次过程中，收集并筛选测量值，与相应的预测值进行对比。然后计算出自适应参数，使预测值与测量值一致。

轧制模型由一套分模型组成，分模型紧密相连，主要以物理原理为根据。

主要分模型如下：

- 轧制表安排（计算道次数以及相关卷材厚度分配）
- 预设计算（计算所有必须的预设值）
- 自适应模型（通过测量改变模型）

每个卷材都会生成调整 and 适应报告，并报告储存于数据库内，用于进一步分析和离线微调模型。

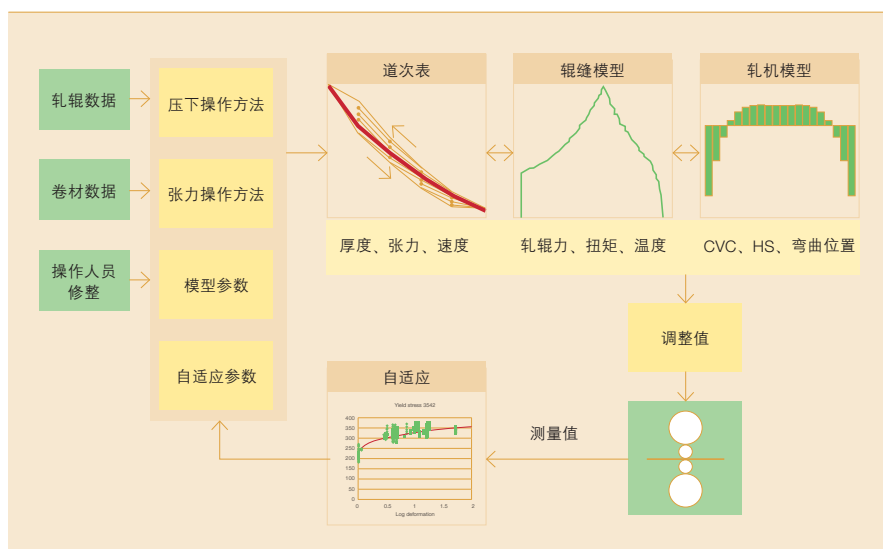
## 轧制表计算

轧制表计算的任务根据给定的卷材数据（材料等级、带材宽度、起始和最终厚度）确定各个道次合适的压下量。首先，从初始厚度开始正向计算每个道次的最大压下量，然后，再从最终厚度反向计算每个道次的最大压下量，确定最佳道次所在的边界条件（见图 2）。然后，考虑到轧机和常规操作极限所决定情况的边界条件，努力找出接近所选标准的压下路径，这是实现轧制时间最小化的简单办法；或者让所有道次都承受同样的轧机载荷，每个道次的轧制时间可以简单地达到最小化。

脚注：

<sup>1)</sup> 一个道次是一个变形的步骤，包括轧机不同阶段的匀速喂料和轧制、减速和切尾等。轧制表是有关道次、厚度、速度和预调力等一系列数值。

1 轧机工艺中，数据与功能的相互作用



上述标准操作极限系指根据产品分组在表中确定的工艺过程边界条件，它规定诸如第一道次和最后一个道次的最大压下量、卷取张力等参数。

每个道次的压下量可根据几项标准优化处理。与通过量或带材质量（如平直度和板材表面）相关的标准有时相互矛盾。轧制表的编制可以满足压下量和压力限制的要求，也可满足压下量和力量趋势（如每道次恒定压下量或每个道次减少轧辊压力等）的要求。可以优化轧制表，平衡所有道次或机架所需的电机功率以获得最大轧制速度。改变压下量或张力分配，就可达到这样的目的。

为了满足运行要求，如从轧机某侧装料和卸料，可执行奇数或偶数轧制道次数。也可在最终轧制道次配置固定压下量。在一个道次轧制过程中，比如中间厚度没有达到要求或材料硬度比预计高时，可以重新进行计算，修正后续道次的参数。

轧制表计算中的关键要素是以物理定律为基础的辊缝模型。除了进口

和出口厚度以及张力外，此模型还要求将材料的变形抗力以及轧辊和卷材之间的摩擦特性作为进口数据。变形抗力以流动应力曲线的形式描述，以每个轧制阶段对材料试样进行的拉伸试验作为根据。轧辊粗糙度和轧制速度是影响轧辊咬入摩擦状况的重大因素。摩擦变化对轧制载荷的影响可从低碳钢和轻型钢材上比较清楚地看到（见图3）。

预设模型

在一个轧制表确定之后，预设工序将计算出剩余的调整数值。有时，工序数据（如厚度、张力）从轧制表中查找或由外部系统提供（PPS, ERP, Level 3）。

用于预设计算与卷材相关的必须包括的输入数据是：

- 进口厚度、宽度、进口温度
- 热轧厚度或上次退火厚度
- 材料等级、退火类型
- 卷材侧面，卷材外径
- 出口目标厚度（开坯机）或出口目标延伸量（平整轧机）

轧辊直径、凸度、锥度、长度和材质等轧辊实际数据对于精确计算也十分重要。

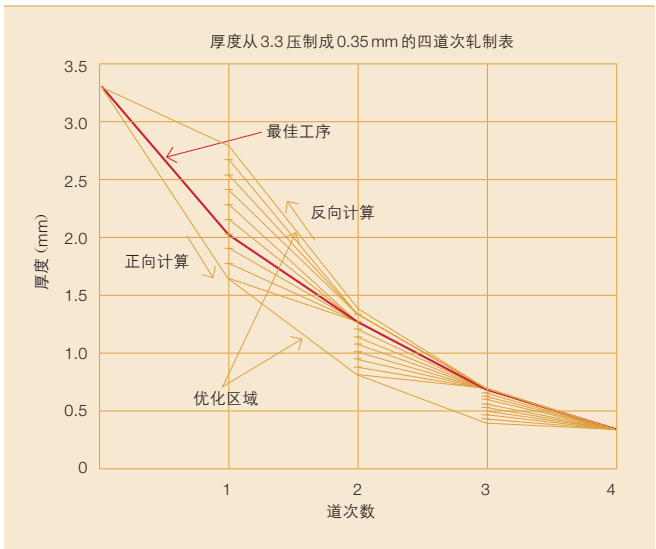
轧机和传动限制、标准操作规程、适应系数、屈服应力和摩擦力等一般性参数存储于当地的2级MES系统内。不同分模型之间密切相连（见图4），一种模型的输出可作为其他模型的输入。

预设计算功能产生喂料、轧制和卸料状态等所有道次必须的调整值。计算数值反馈给1级层次上的不同控制功能。传输的主要预设数值列于资料库2中。

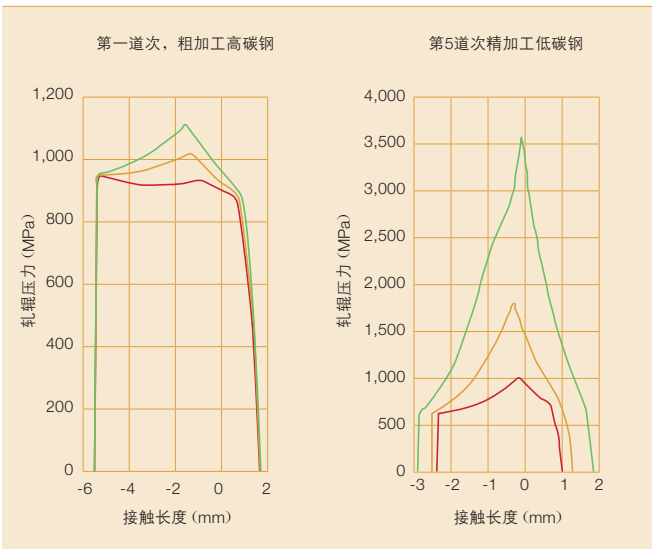
资料库2 从预设计算传递给开式控制系统第一级层次的主要数值

- 进口、中间和出口厚度
- 轧制速度
- 进口、中间和出口张力
- 轧制力
- 辊缝位置
- 轧制扭矩
- 平直度执行机构（弯曲和移动）
- 冷却量

2 用于计算轧制表的规程



3 不同摩擦系数（ $\mu=0.03, 0.05, 0.07$ ）对轧制负荷的影响



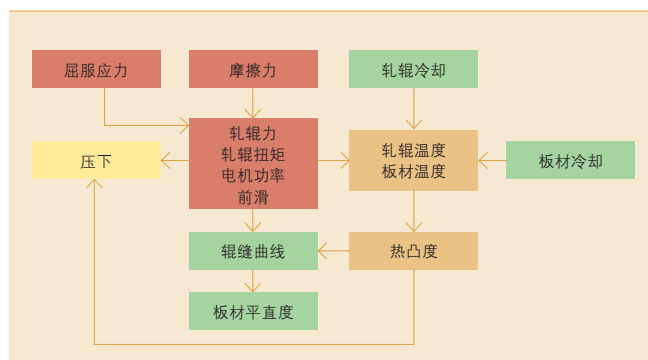


## 做好维护保养 提高生产率

当满足下列条件时，轧制表和预设计算自动被激活：

- 首次获得卷材数据（可信性检查）
- 卷材进入“下一卷”状态或当下一卷安装于开卷机上
- 前一卷的自适应过程已经完成
- 操作工人手动请求

4 分模型在轧机模型中相互作用



会造成卷材滑移、不稳定轧制和退火过程中发生黏结等现象。

当张力可能超过卷取机和开卷机最大数值时，必须进行限制。使用辊式张紧装置时，开卷机与进口张力以及出口与卷取机张力之间的比例也会受到限制。

操作人员可以看到计算获得的预设值，当操作人员对修正值进行必要修改并进行最终检查后，即可将预设值传送到第一级层次，卷材喂料随即开始。卷材状态从“下一卷”

变成“当前卷”。只有当轧机停止时，用于那卷的预设值才能改变。操作人员可看到当前卷材的整定值，并准备下一卷的设定值。

不同分模型密切相连，一种模型的输出可作为其他模型的输入。

### 主要预设模型的组成部分

轧制模型使用几个分模型作为组成部分：

#### 张力模型

张力模型根据具体张力而确定，这些张力根据卷材厚度和材料屈服应力以及张力操作规程计算出来。特别是，第一个开卷机和最后卷的取张力取决于冷轧卷材的预处理和后处理。采用不适当张力进行轧制

#### 速度模型

最大轧制速度受下列因素制约：

- 传动最大功率（轧机传动、开卷机或卷取机传动）
- 齿轮箱速比容许的最大传动速度
- 轧材最高出口温度
- 与质量相关的速度限制

速度模型降低速度直至满足这些制约值的要求。

#### 辊缝模型

辊缝模型又细分成开坯机和整平机模型，回火轧机和箔材轧机模型等。

当压下量超过百分之五以及平均厚度和接触长度比例较大时，辊缝以福特、埃利斯和布兰德的经典圆弧形理论为根据，这种方法考虑了辊缝



中卷材的塑性和弹性变形。变形轧辊半径根据希契科克方程式计算。

对于整平和箔材轧制配置(压下量以及平均厚度和接触长度比都较小),采用根据弗莱克和约翰森的理论建立的非圆弧模型进行在线调整,模型计算轧辊力量和扭矩、前滑、变形和摩擦能量等。它使用屈服应力和摩擦模型,工艺扰动用自适应系数进行补偿。

给定产品的屈服应力根据变形、变形率和卷材温度进行计算。产品可用诸如材料分组、材料等级或预处理(如退火类型)等多种性能进行确定。与材料等级相关的参数需要与用户密切合作确定。

## 采用不适当张力进行轧制会造成卷材滑移、不稳定轧制和退火过程中发生黏结等现象。

摩擦系数根据工作辊的粗糙度、材质、速度和道次数量进行计算。

### 带材温度模型

带材温度模型旨在预测带材在轧制过程中所有阶段的温度状况。带材温度用于屈服应力模型和轧制表的计算。影响带材温度的因素包括

带材的进口温度、空气冷却、冷却池的吸热、辊缝中的热量产生以及与工作辊的热交换等。

如果有单独的带材冷却方式,则需要计算带材冷却液流量,使出口带材温度保持在确定的最高温度之下,以免由于冷却过程中带材温度过高,在带材表面出现纸印缺陷(不锈钢)或点火痕迹(铝材)。如果一个道次上的计算冷却温度,在最大容许冷却油流量的状态下超过安全极限,则所有道次的轧制速度分配均应相应降低。

### 轧辊温度和热膨胀模型

连续运行的二维瞬态模型可以计算轧制过程中和轧制之后的工件热态。使用有限差分技术方法计算工作辊中的温度分布,平衡进出轧辊的热流量。从带材进入轧辊以及轧辊到冷却液的外部热流量、备用轧辊和空气等都采用适当的热传递系数表示。然后,根据所产生的温度分配计算轧辊的立体热膨胀情况。热输入速率和轧辊上的冷却效应分布从带材温度和轧辊冷却模型获得。

### 平直度模型

平直度模型计算平直度执行机构的预设值,以便获得理想辊缝轮廓和

平直度。有限差分模型考虑进口带材轮廓、轧辊力、带材宽度、轧辊直径、磨擦、轧辊的挠度校平和热膨胀等。

大直径工作辊和小型的冷却效率,再加上来自辊缝的高热量输入(如铝材轧机),有关热量的问题因此尤其重要。根据轧机类型不同,轮廓模型可以计算有关工作辊及中间辊的弯曲力以及轧辊轴向移动定位的预设值。

## 连续运行的二维瞬态模型可以计算轧制过程中和轧制过程后的工件热态。

### 辊缝位置模型

要让轧机以稳定状态喂料,必须知道给定带材厚度的受力辊缝位置。这个模型计算辊缝位置时将机架模数看作轧辊力、带材宽度和备用辊直径等的非线性函数。工件和备用轧辊的热膨胀以及适应系数也影响辊缝位置。

### 敏感度模型

敏感度模型计算工艺过程输入与输出之间的有限差分。然后,这些参数可用于计算厚度、张力和平直度控制的前馈和反馈控制器参数。





## 做好维护保养 提高生产率

这可确保不同产品在所有轧制阶段都能获得均一质量。

速度前馈参数描述速度和力之间的相互依赖关系。弯曲前馈参数描述力与弯曲之间的依赖关系。两种前馈控制都可以使加速和减速过程中的扰动减少，是厚度和平直度反馈控制的重要支撑。

### ABB的预设模型对提高产品质量和生产率起着重要作用。

#### 自适应模型

建立数学模型时碰到的问题是，虽然知道工艺过程内的相互关系，但参数经常未知，甚至会发生变化。冷轧工艺参数，如屈服应力、摩擦、热传递系数等都是未知的，而且还随时间发生变化。这常常导致预测不精确。

为了改进预设模型的预测能力，使用了在线自适应模型，按照材料和轧机性能的变化，更新系数和参数。

轧制过程中，如果安装有传感器，可按时间周期中的“输入变量”采集测量数据（如进出口带材厚度、进出口带材张力、进出口速度、轧制速度、轧制力、弯曲力、移动和辊缝位置等）（见图 5）。在进行可信性检查以及对未测量数值进行筛选和估计之后，开始重新计算当前卷材（图 5 中的“轧制模型”）和开展不同轧制阶段的自适应，以便提供自适应系数和参数，这样，下一卷的调整计算可用经过改进的准确度来进行。

自适应工序从计算和测量变量差中获得。获取速度可以采用获得增益进行配置。

#### 资料库3 用户获益

- 利用自动化设定参考数值支持操作人员和生产计划人员
- 在轧机和工艺限制方面稳定轧制条件
- 减少喂料、甩尾和逆转时间
- 减少板材头尾的超厚长度（最近改造的串联冷轧机上，在整个产品系列上平均减少60%）
- 减少板材断裂、停机时间和轧辊损坏
- 间接改进板材表面质量
- 优化生产速率（根据轧机之不同和优化水平，可提高4-6%）

图5 一个轧制模型的自适应（以串联式冷轧机为例）

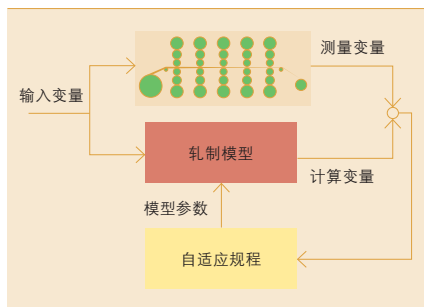
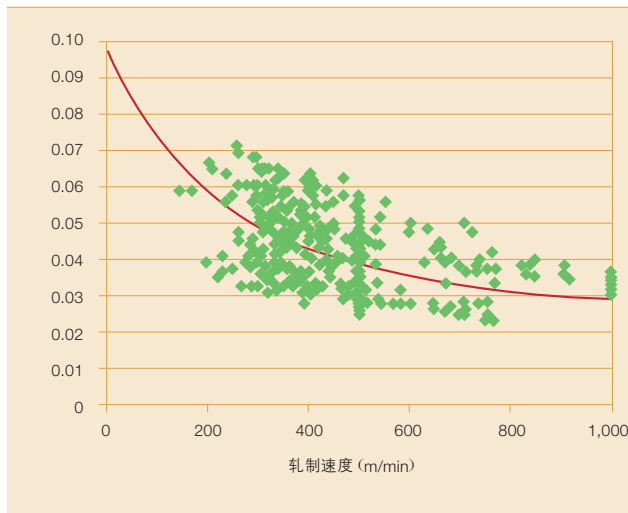


图6 多道次的摩擦自适应



短期自适应（快速获取）按逐个道次进行，而长期自适应（慢速获取）在逐个卷材中和一系列类似的卷材中进行。产品分类的变化（材料等级、宽度、厚度等）、轧辊的变化以及长期停机等因素都要考虑（见图 6）。

#### 轧机的先进轧辊模型

ABB的预设模型解决方案对提高产品质量和生产率起着重要作用。

主要用户优势总结于资料库3中。

Frank Feldmann

Mark Gerdau

Andreas Vollmer

ABB 自动化

德国曼海姆

frank.feldmann@de.abb.com

mark.gerdau@de.abb.com

andreas.vollmer@de.abb.com

#### 参考文献：

- [1] Kroll, A., Vollmer, A., Industrial IT for Cold Rolling Mills, ABB Review 4/2004, 44-49
- [2] Feldmann, F., Kerkmann, M., Process optimising for a CVC-6-HS-Reversing mill, MEFORM 2000
- [3] Feldmann, F., Adaptation of Rolling Models, Aluminium, Issue 3/4 1994.



# 少花钱 多办事

努力提高生产率

Trond Haugen, Edgar Jellum, Michal Orkisz

全世界石油和天然气资源宝贵而有限，而需求却不断增长。石油和天然气储量下降意味着轻松获取碳氢化合物的时代即将过去。由于全球经济低迷，许多公司致力于节约成本，改善工作效率，更加注重环保，进而提高生产率。在当前越来越不稳定的市场状态下，提高生产率和生态效率是惟一途径。获得成功部分取决于重新界定以技术推动的合作与伙伴关系。

在资本、碳氢化合物储备、人力资源和能源受到很大限制的形势下，ABB 与用户密切合作，开发和提供各种技术与服务，以支持一体化运行 (IO, Integrated Operation) 构想。IO 将问题从运行中心提交给专家，以有效支持多种资产正常运转。



## 做好维护保养 提高生产率

面对日益老化、贮量不足、偏远地区的油田，如北极和深海区域，更不要说政局不稳定地区，加之全球变暖及人才短缺，开采石油满足这个缺油世界日益增长的需求变得越发困难。当前，由于企业都在节省开支，“少花钱，多办事”并非陈词滥调，如果企业要想度过当前的金融风暴，就必须聪明地遵循这条规则。

### 在资源有限的世界里，ABB 提供技术和服 务，帮助提高生产率，提供有效的运行和维护保养。

在资源和现金流量有限的世界里，ABB 提供技术和服 务，有助于提高生产率，提供有效的运行和维护保养。这些解决方案支持一体化运行 (IO)<sup>1)</sup> 构想，在石油产量减少，需求高涨的情况下，一体化运行的解决方案可以增加效率、提高采收率和降低运营成本。

#### 远程接入与合作

IO 的重要组成部分是信息和通信技术 (ICT) 的基础设施和应用软件，确保多学科团队能够通过运行中心对各种设备运行进行有效的远程支持。

远程接入与合作的概念现已基本成为办公室环境、电网管理、家庭计算和娱乐等方面的主流技术，但在与石油天然气设施相关联的应用方面，人们或多或少还心存疑虑。事故能造成严重的人员伤亡，石油天然气外溢或排放到环境中，必然会造成相当大的经济损失。要使企业提高生产率，改善健康、安全 和环境 (HSE) 绩效，必须通过大量的研发工作、中间试验，并对逐步展开的工作进行验证核实，建立信任和效益评估机制。连续不断的研发工作，确保新 IO 技术的不断涌现；其中，很多工作是 与 Statoil-Hydro 和其他一些大学合作展开。

通过运行中心对各种运行业务提供支持，让人们能够明确新的工作流程，提高采收率和日产量，降低成本，改善健康、安全 和环境绩效。为了实现这些目标，技术起着至关重要的支持作用。作为执行 IO 的关键服务和技术供应商，ABB 采用同样的技术来提高自己企业的业绩。

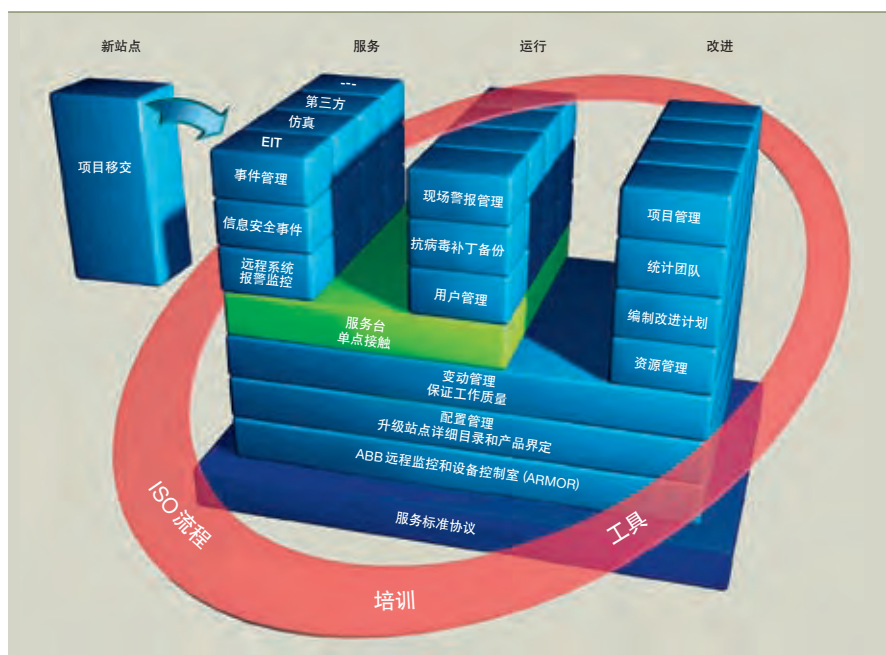
近几年，石油天然气行业的自动化和信息技术取得了长足进步。这反过来又从根本上改变了 ABB 与石油天然气客户的互动方式，以及为他们的资产提供的服务方式。正如客户有效安全地组织他们的工作，ABB 开发了“服务环境”软件 (Service Environment™)，使客户能有效利用专有技能和各种 ABB 产品和服务团队，以及客户资源和第三方支持伙伴。

#### ABB “服务环境” 软件

当你需要专家帮助时，到哪里去寻找呢？通常可通过组织内部或系统供应商以及第三方供应商获得支持。

传统而言，为了解决问题，专家必须到现场。如果能够远程访问，情况将会怎样呢！这种方法不仅可以大幅削减旅行方面的时间和费用，更不用说可避免旅行时产生的排放。一旦问题发生，身处世界任何地方的专家可在几分钟（而不是几天）内“到达现场”。先进而复杂的状态监测和诊断工具，加上安全的远程访问解决了身处遥远地方专家实际访问的后勤支援问题。而及时、安全和持续一贯的响应服务需求需要合理的组织人员、工作方法和规程。

■ ABB 的“服务环境”软件来自于石油天然气行业的需求，可提供全方位的服务，支持一体化运行 (IO) 构想的要求。

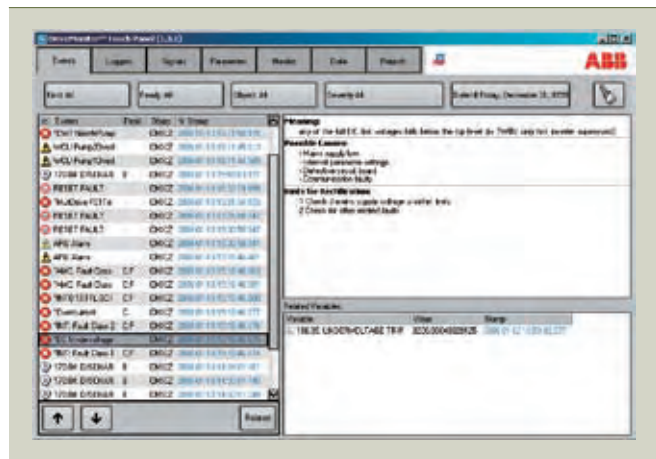


#### 脚注：

<sup>1)</sup> Statoil 公司将一体化运行 (IO) 定义为跨学科、跨公司、跨单位及跨地域的合作。它可以提供实时数据和新的工作流程，所以能快速做出更安全、更好的决策。请参阅 [www.isa.org/intech/20080401](http://www.isa.org/intech/20080401) 的相关资料 (2008 年 12 月检索)



- 2 DriveMonitor™ 触摸显示屏。能显示事件清单，包括报警、灵敏参数变化通知和具体诊断信息的应用。



- 3 选择“记录器”标签，显示选中事件发生后由高频抽样所采集的有关信号。

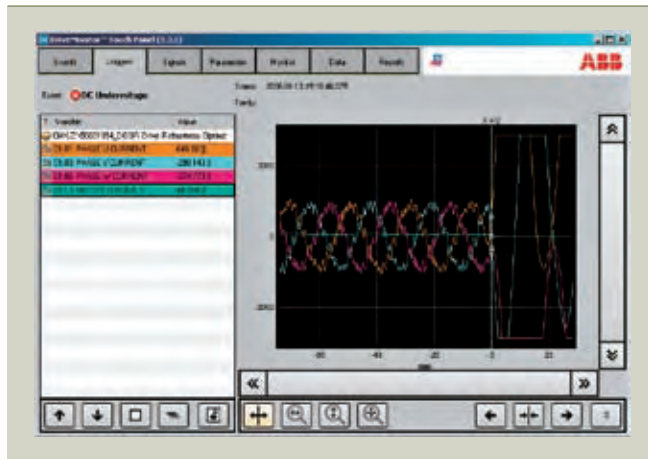


ABB 的“服务环境”软件就可提供这样的解决方案。这种解决方案是为了支持石油天然气行业的 IO 构想而开发（见图 1）。这个体系以信息通信技术（ICT）基础设施和规程为基础，它们可提供：

- 数据安全和集成
- 用户授权（物理访问和登录）
- 在客户工厂能远程访问 ABB 和第三方系统
- 连接客户、ABB 和第三方专家的合作工具

在客户系统上远程开展的所有工作都在一个 ARMOR™（ABB 远程监测和运行室）的专用环境内进行，这是信息通信技术基础设施的基石。

- 客户手启动
- 根据时间计划进行启动
- 由 ABB 或第三方供应商提供的状态监测系统产生的报警信号自动启动

构成 ABB “服务环境”一部分的“服务台”是所有服务请求的单一联系点。各项服务请求都会从这里分配给适合的专家团队，专家团队要在规定时间内集合起来。符合石油天然气行业的健康、安全 and 环境（HSE）

规章的“服务环境”工作规程可以确保每个服务团队的工作安全和质量。对所维护的系统所作的所有更改都被登录和保存在服务环境配置管理和更改管理系统中。

## ABB 的“服务环境”软件是为支持石油天然气行业的一体化运行（IO）构想而开发。

流程和代码在“服务环境”和 ARMOR 软件的日常运行中起着根本性的作用，特别是远程运行与真实设备的运行情况不能有脱离。虽然 ARMOR 由 ABB 主持，但一旦有人进入，公司和现场的规则和条例就开始发挥作用，在这方面 ARMOR 有点类似于大使馆。

用于状态和性能监测、问题分析和诊断的资产管理应用软件可以极大地提高公司本地运行生产率。不论把这些应用软件嵌入到“服务环境”软件里还是单独使用，只要将这些应用软件向远程访问和合作伙伴开放，就可进一步提升它们的价值。

作为电力和自动化领域的领导厂商，ABB 的资产管理工具是在公司核心技术领域的经验基础上开发而来。DriveMonitor™ 就是这样的一个例子，它是针对中压传动的一种智能化监测和诊断系统，可让人们在世界任何地方安全访问传动产品。

## 变频器 and DriveMonitor™

变频器系统（VSDs）正迅速成为石油天然气行业的主导力传动。与燃气轮机相比，它们的主要优点在于其日益提高的实用性、更高的能源效率、运行灵活，良好的健康、安全 and 环境（HSE）绩效。变频器系统可连续运转五年而无需进行计划性维护保养。尽管变频器对于系统运行非常重要，但却无需予以关注。不过，如果旋转机械发生故障，会给生产造成巨大损失，同时由于突然起火，还给对环境造成影响。另外，由于对这种系统的关注较少，因而也就缺乏经验，合格的专家也少。

ABB 的获奖软件工具 DriveMonitor 能够捕获和存储 VSDs 上的全面信息并使之可视化。它可给状态监测、故障分析与纠正提供结构化的工作



## 做好维护保养 提高生产率

流程。从ABB变频器获得的大量信息，加之 DriveMonitor 软件的诊断功能以及合格专家的知识能力，这就意味着维修所需时间大大缩短。一般情况下，技术和能力可以利用，但通常不在现场，尤其在半夜更加难以获得。将 DriveMonitor 与一组 VSDs 相连接，可作为独立系统，也可作为“服务环境”软件的一个部分，专家援助可立即通过网络联接获取，这种专家援助可来自公司内部的任何单元或者作为与 ABB 签订的服务协议的一部分。与重型旋转机械相比，只要找到问题所在，VSDS 的修理一般都能快速得到解决。

## 资料库 改进方法

“TAIL 一体化运行”项目开始于 2006 年 1 月。项目原定的目标包括：

- 通过减少运行故障、维修停机和设备性能不当所造成的残次品，将日产量至少提高 5%。
- 将运行、施工和维修等费用降低 30%。
- 将与健康、安全和环境有关的，不希望发生的事故次数减少 50%。
- 延长 Statoil 油气田的寿命。

资料来源：www.isa.org/intech/20080401  
(2008 年 12 月检索)

## 作为一种获奖工具软件，DriveMonitor™ 是可捕获和存储 VSDS 上的全面信息并使之可视化。

作为与 Statoil Hydro 开展的 TAIL IO 研发合作项目的组成部分（见资料库），DriveMonitor 安装在经过 Kollsnes 的天然气处理和管道加压站的压缩机上。更确切地讲，这套装置被集成在 Statoil-Hydro 的信息通信技术 (ICT) 基础结构上，并通过多次远程访问的试验。DriveMonitor 和由其产生的工作流程可捕获一体化运行 (IO) 概念所包括的信息，可有效使用稀缺资源，无论这些资源是在公司内部，还是来自技术供应商或第三方供应商。更具体地说，它所捕获和组织的信息基本可从任何地方以安全可控方式获取。身处遥远地方的专家可给现场人员提供支持并与之合作。

DriveMonitor 可满足下列关键要求：

- 1) 跟踪和存储 VSDS 历史资料，以此为基础，可快速排除故障、改进诊断与开展合作、专家远程访问和提供支持、收集及存储报警和各种事件、运行数据以及参数和配置的更改。

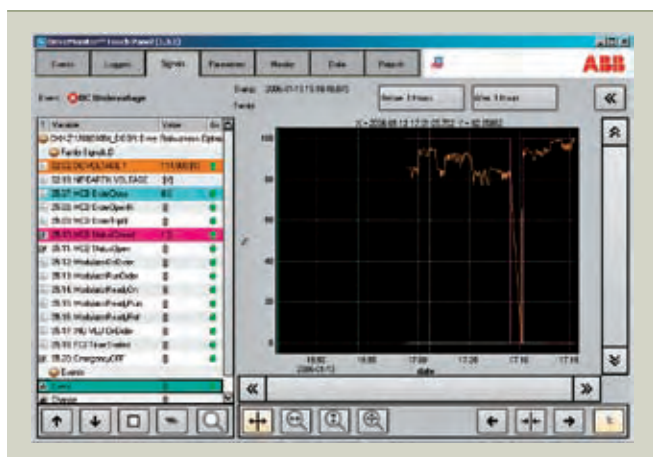
2) 组织、对比和显示信息，以便识别和查找发生变化的原因和问题所在。

3) 指导和支持各类的技术人员：现场维护保养人员、ABB 当地支持人员以及 ABB 传动工厂的专家等。

所有事件与测量值纪录以及与事件相关的 VSDS 数据都存储在一起。然后，在 VSD 整个生命周期内都会保留这些数据。对高效分析和故障诊断而言，访问 VSDS 的历史档案就能获得宝贵的信息来源。

配置好用户界面便于不同视图之间的导航，可给状态监测、诊断和报告提供结构化的支持。DriveMonitor 配备有预先确定的调整值和信息，可与 ABB 不同的 VSD 模型相匹配，可确保专家对不同事件类型、触发器的敏感性标准和检索数据选择以及传动参数的正确分组和说明等，提出针对性咨询意见。除了默认调整值以外，在触发标准和数据选择方面，数据的收集和分析可自由定制。DriveMonitor 可收集与存储从 VSD 控制系统、分立事件和模拟数据中所获得的任何信息。此外，当某个参数变化时，所有 VSD 参数与相关信息细节均可一起查看。

4 “信号”标签将显示故障排除复位时起的一组相关信号。



5 “参数”标签显示与选中事件有关的各组参数。

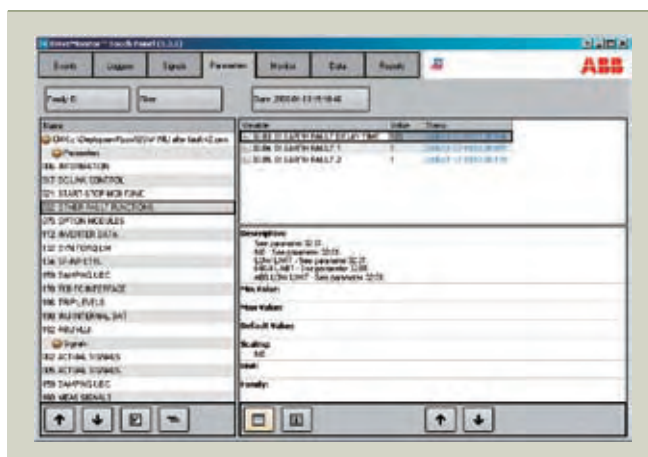


图 2 显示屏幕截图中的标签表示事件清单，其中包括传动故障及报警、改变传感器参数通知和诊断信息的应用。如果在清单中选中的一个报警或故障，就会向用户显示出有关该问题的说明，可能原因清单以及解决这个问题的提示等情况。

在连续三个标签中显示的信息按照选中的事件进行过滤。第二个标签（记录）显示选中事件前后由高频抽样采集的相关信号（见图 3）。信号标签显示从故障排除时起的一组信号（见图 4），可用于检验故障排除是否达到预想效果。

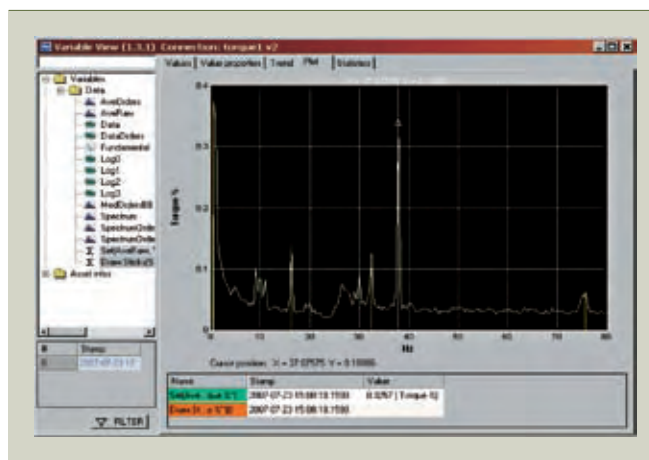
第四个标签（参数）显示可能与选中事件相关的各参数（见图 5）。每个参数都有一个时间标注，标出何时接收到当时的数值。标签查看监测器允许特定数据的获取和存储。用户可从 VSD 控制系统上已有信号中自由选择。

### 访问 DriveMonitor

VSD 是关键设备，必须拒绝恶意的和错误的访问。DriveMonitor 可对 VSD 控制系统信息的访问者进行控制。获准的远程访问只能查看已有的数据，如果远程人员想更改 VSD 参数或修改 DriveMonitor 配置，必须从客户安全访问区授权人员那里明确获得某个具体会话的访问权。

各个石油天然气公司进行合作时一般都配备了不同的结构体系和工具，ABB 则为工具增加了灵活性，使其能与多数普通的解决方案对接。DriveMonitor 已经与不同客户的系统进行过现场测试，这些客户也使用了其它合作工具，

6 DriveMonitor™ 还有一整套先进的数学和统计学工具。



如 Citrix、Microsoft Live-Meeting、VNC 和 IBM Lotus Sametime。

## ABB 的“服务环境”软件和 DriveMonitor™ 容许以更快速度和更少资源解决问题。

### 可作仪表的 VSD

除了可为重要的 VSD 定制监测和诊断功能以外，DriveMonitor 还有一整套先进的数学和统计学工具（见图 6）。在与 VSD 提供的宝贵而详细信息配合使用时，可对电机、设备，甚至流程的状态和性能进行监测，不必再使用另外的仪器。这意味着，ABB 的 VSD 控制系统可以即时访问并快速提取数据。此外，配备传动的电机，其精确动态模型还可提供另外一些计算数据，如电机扭矩。

DriveMonitor 还具备阅读非 VSD 来源数据，如来自于流程控制系统，因此，可对不同子系统的（如 VSDs 和流程）互动进行全面分析。

### 更好的访问可提高生产率

ABB 的“服务环境”软件和 DriveMonitor 有助于将问题提交给专家，

而不是将专家交给问题，这样可以更快地解决问题，且少占用资源。在某些情况下，甚至可以避免出现问题，同时也降低了聘请专家的费用。对很少接触某项工作的现场人员来说，花费三十分钟请求专家支持或提供质量保证方面的咨询，可以防止错误发生。这不仅吸引了现场人员的参与，而且在专家的指导下，现场人员的素质也得到了提高。同样通过不断的积极努力，可以提

供很多其他服务项目，例如只需花费少许精力，就可定期监测控制回路性能和设备状态。

Trond Haugen  
Edgar Jellum

ABB AS, 石油、天然气和石油化工战略研发业务  
挪威奥斯陆  
trond.haugen@no.abb.com  
edgar.jellum@no.abb.com

Michal Orkisz

ABB 波兰  
波兰克拉科夫  
michal.orkisz@pl.abb.com



# 真正的最好

生产率最佳优化的新趋势

Margret Bauer, Guido Sand, Iiro Harjankoski, Alexander Horch



图片来源: ThyssenKrupp

2008年4月,来自工业界和学术界的近50位顶级专家齐聚一堂,探讨生产管理和制造执行系统(MES)实施优化的未来趋势。16位演讲人重点介绍了流程工业的MES优化。论题涵盖数学优化在工业中的应用,以及建模工具和优化软件方面的经验和评估。

# 德

国运筹学研究学会 (GOR) 每年都会与产业界联合召开研讨会。2008 年 4 月, ABB 主办了主题为“制造执行系统优化”<sup>1)</sup> 的第 80 届研讨会。研讨会传达的主要信息显示, 优化是流程工业内一个正在快速增长的领域, 应用范围正在与日俱增。生产企业和自动化系统供应商同样面临日益增加的压力, 必须提高产量并使设备以最高生产率运行。

## “优化”是什么?

一位正在出差的销售人员计划拜访 20 家客户, 他们分别位于 20 个不同地点, 如何安排旅行线路, 是优化问题的经典案例。计划安排旅行线路非常简单, 但计划安排最好的旅行线路, 则另当别论。当然可以咨询优化专家, 但首先必须弄清楚“最好”的定义。“最好”的线路是最快的线路, 还是最短的线路? 抑或是能够让这位销售人员入住他最喜欢的酒店的线路?

决策因此取决于销售人员对“最好”的定义<sup>2)</sup>, 以及他想优化旅行路线的哪个方面。我们日常生活中充满了这种优化的难题。哪条是法兰克福与柏林之间最快的旅行线路? 在某个特定时间段, 哪种方法最有效?

销售人员如何才能与家人共渡更多时间? 连续不断的改进是一种解决方案, 同时需要经过一系列的细化之后, 才能达到更好。这种方法常被用于细化生产流程, 以提高生产率。

相比于连续不断的改进, 优化则是一种更好的解决办法。因为优化可以找到最好的解决方案。就其数学意义而言, “优化”是在所有可能的解决方案中寻找最好。所以, 可用一个正规模型来代表一组所有可能的解决方案, 该模型涉及目标 (实物)、决策变量以及制约因素等。

近几十年来, 随着计算机功能越来越强, 不断开发出许多先进的新算法, 业内对数学优化的兴趣不断增强。

数学优化意味着在满足制约因素的同时, 通过为一组决策变量选择数值, 寻找目标函数的最小值或最大值。对任何具体目标, 都可能分别存在本土和全球两种不同的最佳状态 (见图 1)。在数学优化中, 正如过程改进那样, 仅仅接近最佳点是不够的。数学优化目的是找到全球的最佳解决方案。

## 优化世界

数学优化是一种定义清楚明确的技术, 它以优化问题的规范表达为依据。为了采用数学优化解决真实世界中的问题, 必须遵循下列三个关键步骤 (见图 2):

- 1) 问题的识别
- 2) 建立模型, 即用数学术语表示问题
- 3) 开发解决问题的合适算法

就工业应用而言, 问题解决方案一旦确立, 将在生产环境中执行。优化解决方案是 MES 层面的一个组成部分 (详情请参阅本期杂志第 16 页的资料库“自动化金字塔”), 位于自动化系统的顶层, 可与企业资源计划系统进行通讯。优化的成功实施需要具备实时功能、在线配置能力、连通性和可靠性等 (见图 3a)。

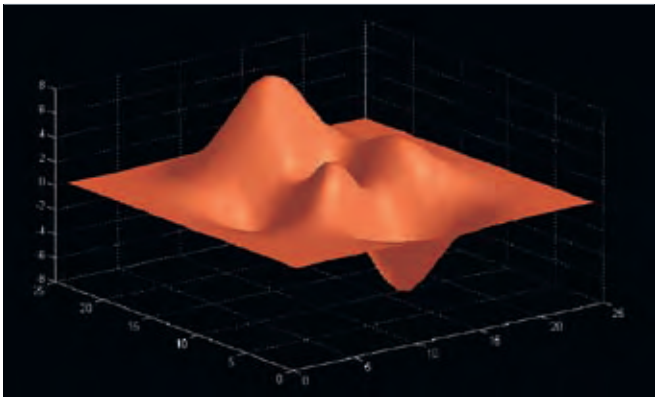
## 优化问题

在生产计划和调度领域中有许多优化的应用实例 (见图 3b)。计划与调度

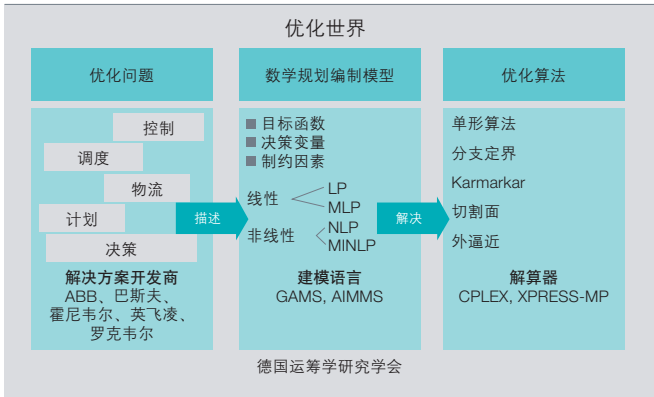
### 脚注:

- <sup>1)</sup> 研讨会由 ABB 研究中心科学家 Guido Sand 博士和 GOR 工作小组组长 Josef Kallrath 教授联合组织和主办。有关讲演幻灯片, 请致函: guido.sand@de.abb.com 索取。
- <sup>2)</sup> “销售人员出差旅行的问题”是数学优化的经典问题。
- <sup>3)</sup> 本文提到的解决方案开发者、模型建立语言以及求解器均在研讨会上介绍过。其他还有一些未在本文提到。

1 作为两个变量函数的优化目标



2 数学优化<sup>3)</sup>的关键要素





## 做好维护保养 提高生产率

的任务是在给定的时段内，将稀缺资源分配给多项任务。在生产环境中，资源包括能源、原材料、工艺设备和人力。在给定生产条件下，数学优化可使这些资源得到最好的利用。例如，通过优化设备的能源效率，将耗能多的工序转移到电价便宜的时段，可以降低能源消耗及费用（见图 3c）。

虽然已经分析了许多产业问题，并开发出改进方案，但在许多领域，仍然没有找到最佳解决方案，优化潜力仍有待发掘。下面的一些问题还经常采用手工方式解决：

■ 生产调度（在产量和品种两方面）

■ 每批产品的机器调整

■ 生产能力调配（人力和资源计划）

近几十年来，随着计算机功能越来越强，不断地开发出许多先进的新算法，对数学优化的兴趣不断增强。

### 建立问题优化的模型

在用数学术语表达一个优化问题时，第一步是清楚地定义问题。目的是实现产量最大，还是能源消耗最少？或者两者一样重要？目标一旦明确（不是件容易的事），下一步就是确定决策变量，以及各种选择。例如，能源密集型生产工艺能否调换在电价较为便宜的时段，

从而提高效益？什么设备以及哪种机器最适合正在进行的任务？能否从不同供应商采购原材料？回答完这些问题，就可以确定问题的制约因素。

每个需要解决的问题都有不同的考虑方案。一个工艺流程可能会取决于有限资源的使用，如原材料、加工处理能力，甚至成品的储存能力等。所有流程工艺都受到瓶颈的限制，但要确定这些瓶颈往往并不容易。

### 在用数学术语表达一个优化问题时，第一步是清楚地定义问题。

目标函数以及它们与决策变量和制约因素之间的关系可用数学等式和不等式<sup>4)</sup>来表示。这个完整表达式被称为“数学规制”，其中，规制这个术语与普通概念<sup>5)</sup>不同。按照表达式的不同性质，数学规则有不同的类型。如果所有等式（即目标和所有制约因素）可以用具有连续变量的线性术语进行表达，则优化被称作线性规则（LP），其表达式如下：

$$\begin{array}{ll} \text{maximize} & c^T x \\ \text{subject to} & Ax \leq b \end{array}$$

其中， $x$  是可变矢量， $c$  和  $b$  是已知矢量参数， $A$  是已知参数的矩阵。 $c^T x$  是目标函数， $Ax \leq b$  代表制约因素<sup>6)</sup>。

#### 脚注：

<sup>4)</sup> 等式是一种说明两项术语相等的命题。不等式用于说明相关尺寸、顺序或两个对象之间的差异，即大于(>)，小于(<)或不等于(≠)。

<sup>5)</sup> “数学规则”这个术语并非指计算机程序，而仅是形式优化模型的一个同义词。同理，“数学规则编制”这个术语也是解决数学规则，即数学优化的一个同义词。

3 与会讲演者列表

|   | 题目                                     | 演讲人               | 单位             |
|---|----------------------------------------|-------------------|----------------|
| a | 流程工业中对于可持续 MES 解决方案的要求和技术              | Ansgar Münnemann  | 德国巴斯夫          |
| b | 企业范围内的计划和调度优化                          | Ignacio Grossmann | 美国卡内基梅隆大学      |
| c | 有关能源效率日益增长要求的优化及案例研究                   | Bazmi Husain      | 瑞典 ABB         |
| d | 制造业——代数模型系统是否可以发挥作用？                   | Jan-Henrik Jagla  | 德国 GAMS        |
| e | 采用 AIMMS 优化制造工艺和计划                     | Frans de Rooij    | 荷兰 AIMMS       |
| f | 采用 ILOG plant PowerOps 软件的集成制造计划、批次和调度 | Julien Briton     | 法国 ILOG        |
| g | 采用 Xpress-MP 解决生产计划和调度的疑难问题            | Oliver Bastert    | 德国 Fair Isaac  |
| h | 生产优化——可持续成功的要求                         | Alexander Horch   | 德国 ABB         |
| i | 石油天然气供应链的优化                            | Marco Fahl        | 德国霍尼韦尔         |
| j | 现代工业中的先进工艺控制和优化                        | Eduardo Gallestey | 瑞士 ABB         |
| k | 无人值守的供水运行以及水泵调度的优化                     | Jan Poland        | 瑞士 ABB         |
| l | 用于建筑物能源管理的机会约束模型预测控制                   | Manfred Morari    | 瑞士 ETH Zurich  |
| m | 涉及调整的半导体制造业的非预见性调度                     | Hermann Gold      | 德国英飞凌技术        |
| n | 生产优化中日益增加的复杂性带来的挑战                     | Iiro Harjankoski  | 德国 ABB         |
| o | 按照 ISA-95 要求的制造优化整合                    | Thomas Schulz     | 德国罗克韦尔自动化      |
| p | 生产调度中的不确定因素                            | Sebastian Engell  | 德国 TU Dortmund |

如果任何等式都是非线性的，例如一个产品有两个决策变量 ( $x_1 \cdot x_2$ )，那就称之为一个非线性规则 (NLP)。

许多情况下，做决策的过程类似于二进制形式，答案为“是”或“否”。“今天，我要拜访客户  $x$ ，是或否？”而且许多变量是整数。一

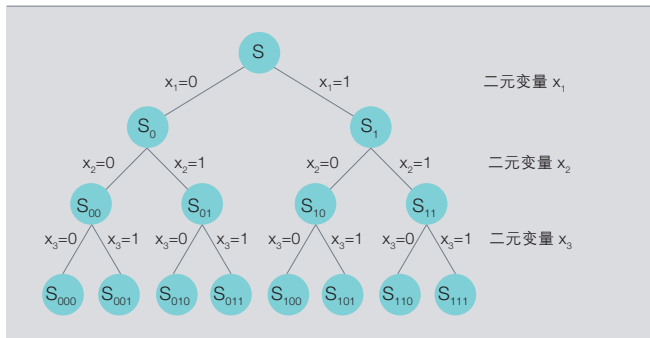
个木匠只能制作整数张桌子，从来不可能制作几分之几张桌子。在这种情况下，问题将是混合整数线性规则 (MILP) 或混合整数非线性规则 (MINLP)。

用于数学规则的多数建模语言都为运筹学而开发，但在工程设计方面的应用与日俱增。用于优化问题的两种专用建模语言是 GAMS 和 AIMMS，这些建模工具植根于优化经济学 (见图 3d)，但在工程设计应用方面的影响不断增加。当前的软件包括调试、造型以及数据分析等功能 (见图 3e)。建模系统提供了一系列标准解算器的接口，用于不同类型的数学规则。

### 寻找最佳解决方案

寻找一个问题的最佳解决方案可能会非常困难，尤其是如果需要考虑

5 解决混合整数线性规则的二元搜索树



大量变量，以及问题极其复杂时，情况更是如此。一般而言，即使大的线性规则问题 (LPs) 也可在相对较短的时间内解决，因为最佳解决方案都在制约因素里，或者就在制约因素的交叉点。例如，一个流程的产量可能受到输出流速的限制。也就是说，最大产量正好等于受限制的输出流速。然而，寻找非线性规则问题 (NLPs) 的解决方案可能更具挑战性，特别是如果问题是非凸曲线时<sup>7)</sup> (见图 4)。在这些情况下，必须用更复杂的算法或者将问题分解成凸面曲线的子问题。

由于可解方案的数量随着选择数量的增加呈几何级数增长，因此离散决策还可能使优化问题复杂化。由同一台机器制造的 A、B 和 C 三种产品的生产顺序可由  $3!$  (阶乘) =  $1 \times 2 \times 3 = 6$  种不同顺序 (ABC、ACB、

BAC、BCA、CAB 和 CBA) 生产出来。正常情况下，制造 100 种不同产品将需要若干台机器。在一台机器上只制造 20 种产品，就会有  $20!$  (一个 18 位的数字) 种不同的顺序。显然，即使一台超级计算机也无法在合理时间内试验所有组合。如果一台计算机能在每秒试验一

百万种组合，要试验  $20!$  种组合并找到最佳答案，将需要花费 77,000 年的时间。顺序问题非常类似于上面提到销售人员出差旅行问题：可能的旅行线路数也是  $20!$ 。

### 解决混合整数问题 (MILPs 或 MINLPs) 的标准办法是运用分支定界算法。

解决混合整数问题 (MILPs or MINLPs) 的标准方法是运用分支定界算法。这种算法可用于解决一系列 LPs 或 NLPs 问题，可以仅审查可能解决方案中的一小部分，而不是搜索树的全部分支，便可找到最佳解决方案 (见图 5)。

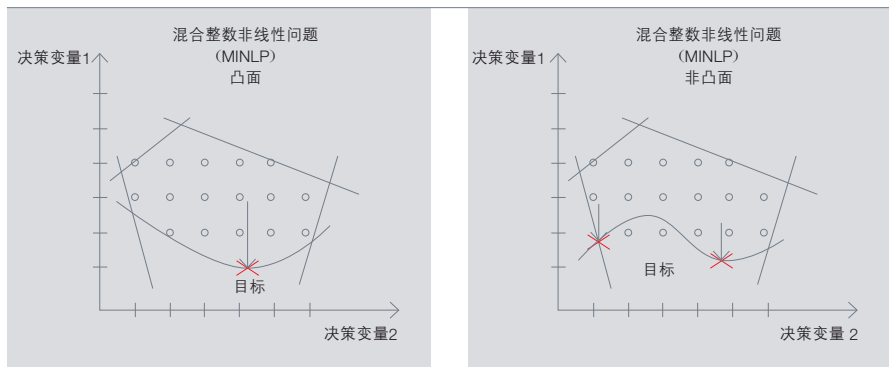
现在有许多解算器 (如 ILOG CPLEX) 可以使用多个 CPU 并行进程，处理解决非常庞大的优化问题 (见图 3f)。Xpress-MP 优化器以解决数字难题或不稳定问题的能力而著称，经常用于流程工业 (见图 3g)。因为这些复杂而先进的算法都十分昂贵，每个价值达几千美元，因此把

#### 脚注：

<sup>6)</sup> 由于每个等式约束均可用两个不等式约束等价表示，所以，表达式既涵盖等式约束，也涵盖不等式约束。

<sup>7)</sup> 当问题可以用函数描述时，它在图表上形成一条非凸曲线。

4 优化问题种类——凸面和非凸非线性规划问题





## 做好维护保养 提高生产率

优化作为一种按需购买的服务或许可以成为一种颇受欢迎的选择（见图 3h）。美国政府已经提供了一个网站（NEOS），人们可将有关 GAMS 或 AMPL 的优化问题上传到这个网站上，实时检索解决方案。这或许并不适用于所有情况，但不失为一个好办法，在投资购买昂贵的解算器之前，先对问题进行一下测试和验证<sup>8)</sup>。

## 应用

现实世界中的优化问题通常非常难以解决。问题类型经常是非线性的和（或）含有二进制变量。标准工具的性能常常不够充分，需要开发精心设计的工程解决方案。工程设计的数学规则使用精心设计的优化模型和智能解决方案策略，常以问题分解为基础。在设计这样一个解决方案时，优化工作的核心，即问题的提出和执行，经常仅占设计工作量的 10% 至 15%，其余的工作主要是为了解问题、形成想法、与客户讨论、测试、文献、市场营销等。在 GOR 研讨会期间，这个观点获得了优化应用解决方案发言人的认同，这包括 ABB 内部人士和外部

嘉宾。研讨会介绍的应用包括液化天然气工厂供应链管理（见图 3i）、经济流程优化以及矿产品的调度（见图 3j）、泵站泵浦计划的优化（见图 3k）、在线优化建筑物能源管理（见图 3l）和半导体工厂的批次调度（见图 3m）。

下面将以数学优化为背景，介绍先前已经出版并在 GOR 研讨会上讨论过的三个非常成功的 ABB 解决方案。

## 美国政府已经提供了一个网站（NEOS），人们可将有关 GAMS 或 AMPL 的优化问题上传到这个网站，实时检索解决方案。

### 铜厂的调度计划与优化

在铜的生产中，铜矿石要经过连续几个阶段的纯化。在这个过程的不同阶段，起重机将铜矿石通过料斗传送。大型铜矿石处理厂对不同阶段都有平行的处理线，否则容易造成瓶颈。为了防止过载，这些生产线必须同步，这是个复杂问题，

根据矿石的不同质量，纯化阶段生产线的的时间各有不同。

铜厂的生产率主要决定于铜厂的矿石批次调度。ABB 开发出一个优化解决方案，用于确定这个过程的最佳调度方案 [1]（见图 6）。通过确定每个批次铜生产所需的最佳材料数量及详细的生产时间，制定出生产调度计划，从而保证实现工厂产量的最大化。总调度计划的制约因素主要是每个纯化阶段设备的可用率以及加工处理和运输所需的时间。问题被确立为 MILP，解决方案则是使用 ILOG CPLEX 生成调度计划和确定每个批次的最佳配方，从而减少所有机器  $m$  上所有产品  $p$  的完工时间 (makespan)<sup>9)</sup>  $tm$ ：

$$\begin{aligned} \min \quad & tm \\ \text{subject to} \quad & tm \geq tf_{pm} \quad \forall p, m \end{aligned}$$

其中： $tf$  是机器  $m$  上产品  $p$  的加工时间。优化解决方案显示，工厂具备将其年产量增加到 20,000 吨铜精矿的潜力。

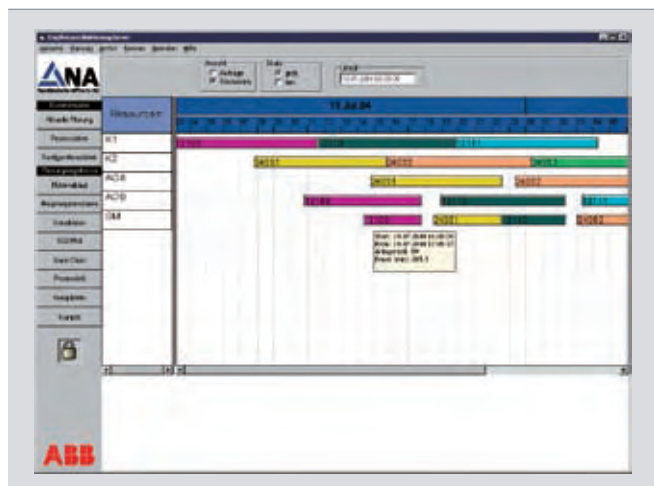
#### 脚注：

<sup>8)</sup> 若需更加详尽的信息，请访问 NEOS 网站：

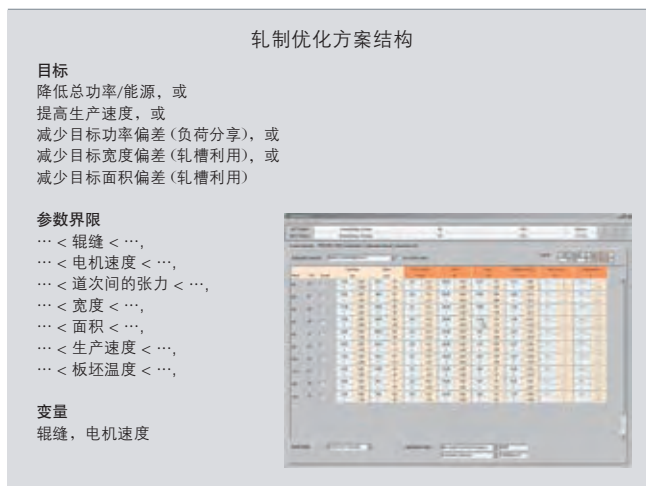
<http://www-neos.mcs.anl.gov/>（2008 年 12 月）。

<sup>9)</sup> Makespan（完工时间）是生产所需的总时间，即一直到最后一件产品在最后一台机器上加工完成。

6 铜生产和最佳调度线条图



7 热轧机优化解决方案面板 [2]



热轧的能源效率

在热轧机上，把初轧钢坯加热到摄氏几百度并被轧制成薄钢板。一个重要的决策变量是每件钢坯的轧制速度。

降低能源消耗是操作人员追求的一个优化目标，同时还

要满足板坯宽度、面积、速度、道次间的张力、辊缝和电动机速度以及速度的上下限制。简而言之，问题是：如果系统受到电机功率和扭矩限制，一套热轧机的最佳生产速度是多少？

ADM™（自适应尺寸模型）是ABB的一个软件工具，将优化问题解决方案确立为非线性规则<sup>10)</sup>[2]。除了降低能源消耗外，用户界面容许操作人员在诸如最大产量、降低目标功率、宽度或面积偏差等各种优化目标之间进行选择（见图7）。

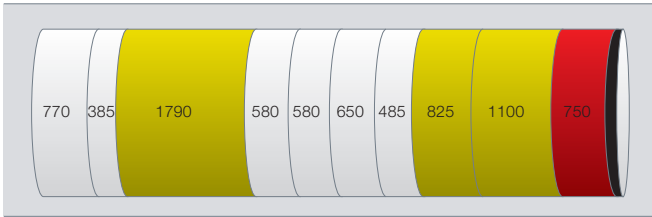
ABB的ADMTM软件工具将优化问题解决方案确立为非线性规则。

降低切纸中的边缘损失

造纸厂生产10米宽的所谓大直径纸卷，生产后这些纸卷被切小，满足客户的规格要求。Qtrim<sup>11)</sup>是+ABB开发的一种解决方案，将现有大直径纸卷切割方案按照要求重新制定[3]。基于质量要求的切边损失问题如下：在满足客户质量要求的同时，将纸卷切割成客户规定尺寸，什么是最佳方法？目标可用数学术语表示如下：

$$\max \sum_{r,j} c_{rj} \cdot x_{d_{rj}}$$

8 大直径纸卷的优化切边（质量 A = 白色，B = 黄色，C = 红色）[3]



其中， $r$ 表示纸卷，指数 $j$ 表示离散区段，相对应于大直径纸卷上的一个位置。成本系数 $c_{rj}$ 是纸卷 $r$ 在给定位置 $j$ 上的数值。二元变量 $x_{d_{rj}}$ 表示纸卷 $r$ 是位于离散区段 $j$ 上的（ $x_{d_{rj}}=1$ ），或不是（ $x_{d_{rj}}=0$ ）。

优化输出是降低质量损失的剪切方案。在剪切工艺中，如能执行最好的质量方案，可提高利润最多达15%（见图7）。

复杂性和不确定性

流程行业里已经有许多提高生产率的优化解决方案。但仍有一些尚未解决的问题留待研讨会讨论。其一是问题的复杂性日益增加（见图3n）。原因是多方面的，过去手工解决的许多问题，现在应采用数学方法进行优化。另外，同一生产过程中相关的不同问题可以合并。例如，一个生产工艺可以进行产量和能源消耗的优化。越来越多的信息可以进行测量和存储并用于优化工作，这就增加了决策变量和制约因素的数量。随着复杂程度的增加，实施的问题也就产生了。问题的解决方案应在几秒钟或几分钟之内获得。

另外一个尚未解决的问题，是优化软件解决方案必须整合到现有IT系统的大背景中，因为它们不能独立使用（见图3o），它们需要其他系统，

以及控制、业务计划和物流系统等提供信息。因此有一系列有用的工业整合标准，比如ISA-95标准，它是这些系统间的接口标准。

最后，多数优化解决方案都假设输入参数是正确的。必须

根据优化算法运行之前的信息做出决策。在现实生产环境中，常常并不知道正确参数值。一个批次的生产可能平均需要10分钟，但在某些情况下，可能8分钟就完成了，而在其他情况下，又可能需要12分钟。应对这些不确定因素，是现实世界应用这些解决方案的主要挑战（见图3p）。结合了传统解决方案算法的进化算法具有处理这类问题的潜力。

Margret Bauer  
Guido Sand  
Iiro Harjunkoski  
Alexander Horch  
ABB 研究中心  
德国拉登堡  
margret.bauer@de.abb.com  
guido.sand@de.abb.com  
iio.harjunkoski@de.abb.com  
alexander.horch@de.abb.com

脚注：  
<sup>10)</sup><http://www.abb.com/metals> → 型材轧机 → 型材轧机产品 → ADM  
<sup>11)</sup><http://www.abb.com/cpm> → 用于纸浆和造纸工业的CPM → 基于裁边的质量优化。

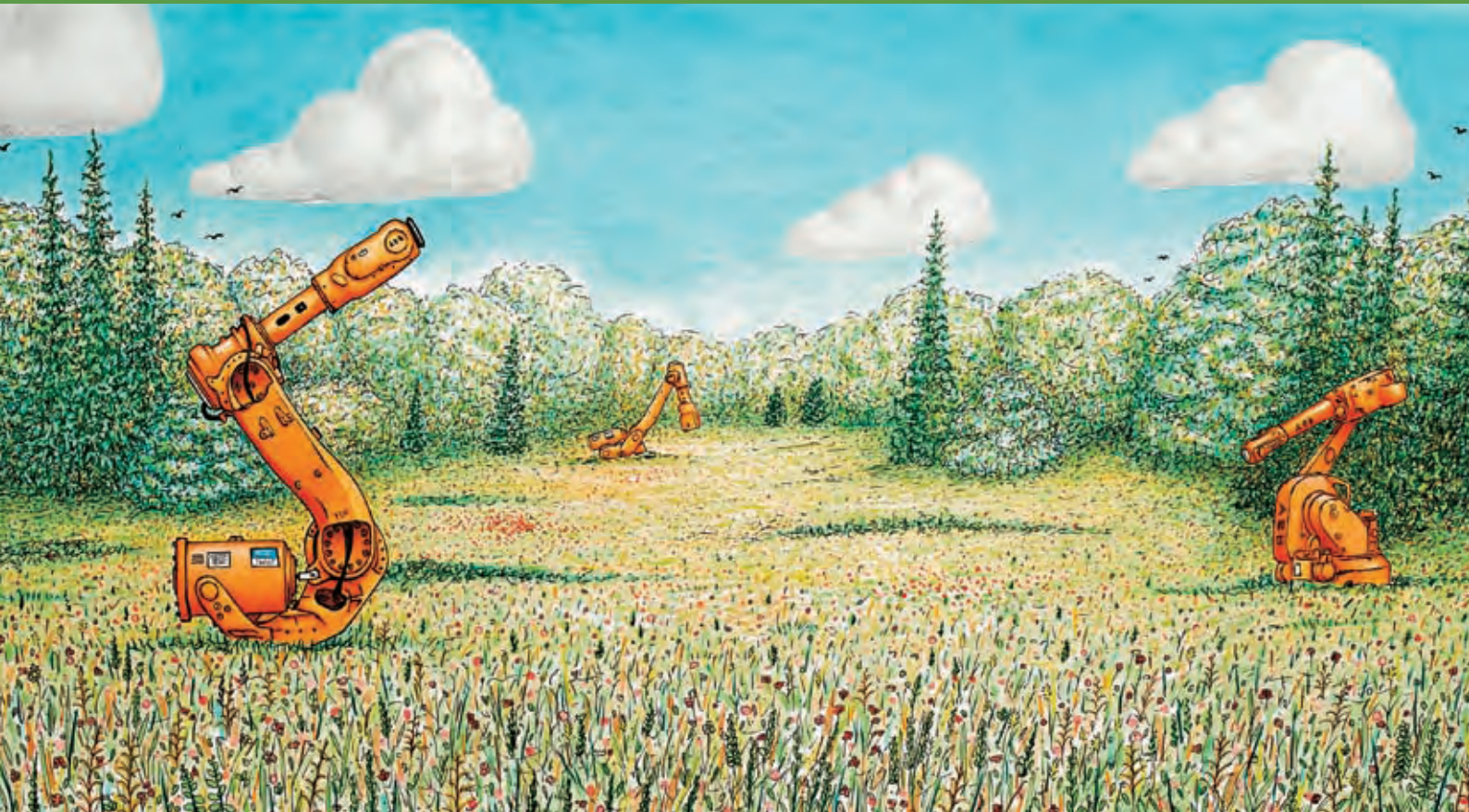
参考文献：  
[1]Harjunkoski, I., Beykirch, G., Zuber, M., Weidemann, H. J. The process "copper": copper plant scheduling and optimization. *ABB Review* 4/2005, 51-54.  
[2]Daneryd, A., Olsson, M.G., Lindkvist, R. Energy efficient rolling: on-line minimization of energy consumption in the hot rolling of long products. *ABB Review* 2/2007, 49-52.  
[3]Harjunkoski, I., Säynevirta, S. The cutting edge: cutting the inefficiency out of paper re-trimming. *ABB Review* 4/2006, 53-58.



# 绿色机器人

以机器人为基础的自动化帮助塑料工业实现增效节能

Anna Liberg, Malin Rosqvist, Alexander Farnsworth



绿色思想是精简的思想，至少政府、工商界和消费者都一致同意。对环境的担忧也不再是少数人关心的次要问题，产业界（包括塑料行业）已经关注这种形势。减少对环境的影响常常导致成本降低，特别是在改善环境的节能方面。增效节能是目前工商界中最为引人注目的趋势。在塑料工业，机器人可使工艺流程更加精确和效率更高，同时机器人本身也变得更加准确和有效，这些都有利于企业实现增效节能。



## 提高生产率的解决方案

**增**效节能是提高工厂总体效率的重要因素。有效管理能源，需要所有人员和部门的参与。同时也意味企业必须树立目标和明确方向，能源消耗必须进行计量，以求得不断改进。为了实现增效节能，工厂必须将注意力集中在生命周期成本，而不是前端的成本费用。

**Cantex 公司通过改用 75 kW、90kW 和 110kW 的 ABB 传动增强了三台螺杆挤塑机的混料螺杆，从而使产量提高了 30%。**

“多数塑料加工厂可通过采取无成本、低成本以及投资等综合措施，将能源费用降低 10% 至 30%。”加拿大 Husky 注塑系统公司工厂计划小组经理 Santiago Archila 说。这个小组专门负责工厂效率的改进工作，同时还研究机器的有效使用，而这也是节能潜力巨大的一个重要领域。精简可行的计划，可以减少机器数量，节约更多能源。

注塑机生产厂正对整个注塑工艺进行研究，以期提高能源效率。正确协调使用注塑机、模具和外围设备，正确选择和安装工艺流程都会降低能源与材料消耗（如残次品数量）。对工艺进行优化处理，可减少停机时间以及减少安装调试、加热和启动阶段，缩短高耗能的非生产时间。在此，不仅模具和机器的维护起着重要作用，而且功能性能良好的自动化解方案也会产生重大影响。

### 减少单位产品能耗

塑料行业的一个重要趋势是注塑机从液压传动转向电传动。瑞典塑料材料和设备供应商 Materialdepån 开展了一项研究，比较了每年运行相同时间的 160 公吨的液压和电动注塑机。采用电传动的，运行成本可以节省 7,000 美元。在总运行时间相同的情况下，液压传动注塑机耗电 16 kWh，而电传动注塑机仅耗电 7 kWh。

**生产工艺方面的另外一大趋势是减少浪费，这正好是采用机器人单元的主要优点。**

一家日本注塑机生产厂商 TOYO 声称，采用电传动注塑机，用户有望节省 30% 至 70% 的能源。通过比较每年运行时间一样的 80 吨液压和电传动注塑机，发现每年可节约的费用（包括液压油和润滑油脂成本）高达 4,600 美元，液压注塑机耗电 5.65 kWh，而电传动注塑机只耗电 1.85 kWh。如果推广到多台注塑机，则节约力度会非常大。

与这个结论相关联的是，人们增加了对电机在工业领域扮演角色的认识。例如，Cantex 公司是美国聚氯乙烯（PVC）管的主要生产厂商，Cantex 采用 ABB 的工业传动产品对工厂 18 条挤塑生产线中的 3 条进行了升级改造，挤塑生产线原先采用非 ABB 产的 DC 传动。由于采用了 75 kW、90 kW 和 110 kW 的 AB

■ 在瑞典的 Axjo 工厂，IRB 4400 正从注塑机上提取零件，并装配塑料卷盘。（照片由 Alexander Farnsworth 提供）



B 传动对三条生产线混料螺杆的电机进行了改造，公司产量提高了 30%。

**ABB 的 Machine Sync 是一个节能节时的系统，由于机器人与注塑机的工作流程部分并行运行，因此提高了机器人的产量。**

### 减少废品

生产工艺方面的另外一大趋势是减少废品，这也正好是采用机器人工作单元的主要优点。国际汽车零部件公司 (IAC) 是汽车行业一级供应商<sup>1)</sup>，该公司通过使用机器人成功减少了废品。在安装最新的自动化工作单元之前，其瑞典 Skara 的工厂发运给客户的产品缺陷率为百万分之一百五十。安装机器人后，这个数字下降到百万分之五十，因此成为竞争高度激烈的汽车行业的一大优势。质量改进意味着废品减少，材料浪费减少。

**2** 在瑞典 Tidaholm 的 IAC，两台 IRB 2400 机器人用于水射流切割汽车内饰件。  
(照片由 Pontus Johansson 提供)



“像瑞典这样一个高成本国家，要在世界市场上进行竞争，我们不得不尽量提高效率。机器人恰好改善了效率、质量，并增强了对产品的信心。在我们这个行业，机器人是必备的。” IAC Skara 工厂经理 Steve Hammond 如是说。

**在机器人动作之前，采用 ABB 的 RobotStudio 软件来模拟机器人的实际运行动作，成为精益制造的范例。**

在新加坡第一工程公司，可以找到机器人提高生产率的另一个范例。这家公司生产超高精度模具和塑料零件，用于诸如硬盘驱动器和 PC 外设装置等高技术产品。自从公司在生产中引进了 6 自由度的 ABB 机器人，产量增加了 75%，从每月 170,000 件增加到 300,000 件。零件质量提高了，劳动力成本降低了，公司能够更加有效地利用能源。

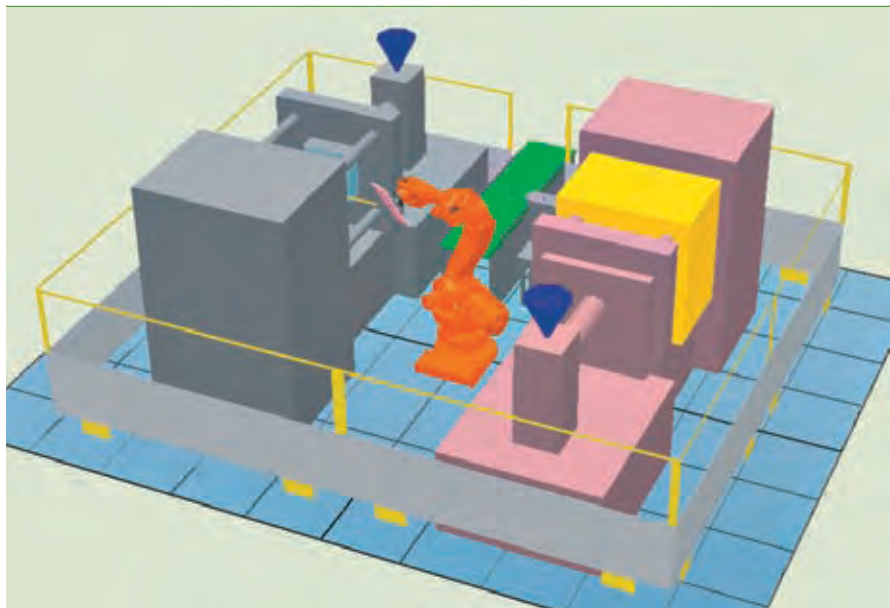
### 优化周期时间

在生产过程中，还有其他节能方法。例如，ABB 的 Machine Sync 是一个节能节时的系统。由于机器人与注塑机的工作流程部分并行运行，增加了机器人工作单元的生产产量。当塑料零件从模具中取出时，协调好注塑机的开启和闭合时间，就可缩短生产周期，生产更多零件。这种同步还可减少机器人磨损，有助于避免碰撞。一个典型的例子涉及 IRB 6650 机器人和 3000 吨注塑机，生产一个典型的汽车零件，采用同步早进早闭合功能时，零件提取时间可节省 10%。如果推广到一台长年连续运转的机器，这台机器的零件提取节约时间将达 10 秒，完整周期时间为 30 秒，因此每年可多生产 35,000 个零件。

### 减轻负荷

影响塑料行业的另一个重大趋势是汽车行业都在努力生产重量更轻、

**3** ABB 的 RobotStudio 软件可让应用工程师在计算机上的虚拟三维世界里编制机器人动作程序。



脚注：

<sup>1)</sup> 一级供应商指的是向原始设备制造商直接出售产品的公司，在此所指为汽车制造商。



## 提高生产率的解决方案

### 资料库 生命周期分析法

在塑料行业，“增效节能”可说明多个问题，包括减少废次品（减少废品，因而减少能源用量）、节省喷漆、涂敷和密封零部件等的用料，减少周期，提高生产率等。它涉及生命周期分析法，统筹考虑从获取原材料到塑料零件回收等各个步骤。

#### 智能喷漆

在澳大利亚，喷漆专业公司D&M专门从事喷涂小型汽车零件的工作。三台IRB 5400机器人轮次工作，每次工作12小时，采用了专门为减少浪费而开发的ABB专利的模拟控制锥口（Robobel 951），不仅将生产率提高80%，还将油漆消耗降低35%。

芬兰的Fiskars公司是另外一家已经看到自动化喷涂巨大优越性的公司。除了生产其他产品以外，Fiskars公司生产特形轴具，叶片有聚四氟乙烯涂层，使其重量更轻，更便于使用。用于喷涂叶片的IRB 540机器人极其准确，因此，可比先前的解决方案节省30%的聚四氟乙烯。所以，这个工艺不仅对员工更加安全，而且还更加环境友善。

#### 高效包装解决方案

ABB提供几种专门为拾取、包装和装载托盘而设计的机器人，这些工序是食品饮料行业的基础工序。令人特别感兴趣的是FlexPicker机器人，它可帮助食品生产厂减少废品，提高生产率。废品是资源和能源的主要浪费因素。

糕点生产厂商Roland Murten AG见证了废品率的大幅下降，公司易碎品的坏损率从15%降低到2.3%，主要生产线的耗电率因此降低了12%（每年节省17,000美元）。Roland Murten公司生产负责人Walter Fuchs说：“你必须考虑的不单是采购成本，运行成本的节约也是一个考虑因素。就我们的情况而论，我们在人员、能源和废品方面都大幅降低了成本。”

机器人是提高效率的工具，这是生态友好生产和持续发展的核心问题。Ben Miyares是包装机械制造商协会（PMMI）负责行业公关的副理事长，同时也是2007年ABB环球包装论坛的主题演讲人，他说：“我们不应只从机器人成本方面考虑定价问题，而应该考虑运行总成本。”

耗能更少的汽车。这给汽车行业及其零部件供应商带来了巨大的挑战，他们需要从以钢铁和铝材为主的材料转向重量更轻的镁和塑料复合材料。

人们正在探索新技术，将复合材料与玻璃纤维、布和金属等结合起来，获得刚性、冲击强度和抗老化性能都类似于金属的材料。为了生产这样的零件，要求使用纤维、金属和埋入纺织品进行加工，还要求具备可控手段使塑料零件在若干个工序之间移动，这些工序涉及到冲压、成型机及二次成型等。

由于整个过程中零件必须精确定位，所以只有使用6自由度的机器人才能满足这些要求。因此，在开发设计精简和环境友好型产品领域，6自由度机器人扮演着关键角色。

**新产品和新方法帮助客户在超越目标的同时，减少对环境的影响。**

### 精益制造

激光、水射流或机械切割用于为模型、热成型或泡沫零件进行清理、除毛刺<sup>2)</sup>和钻孔。这些切割技术经常用于修整汽车内饰和外部零件，如地毯、保险杠和安全气囊的刻划工艺以及白色家电<sup>3)</sup>和大型零件，如椅子、桶等。做好这些工作仍需大量的反复试验，既浪费能源又报废了大量塑料零件。通过对工艺流程进行模拟仿真，所有类似问题都可避免。

机器人开始运行之前，模拟仿真机器人动作，是精益制造的一个范例。ABB的RobotStudio软件可让

在澳大利亚墨尔本的D&M公司，ABB机器人在给汽车零件喷漆





应用工程师在计算机虚拟三维世界中，先编制机器人的动作程序，并对所有步骤进行微小修改，然后再把信息直接传送到机器人。因此不需要进行反复试验，避免由此造成的浪费，节约了材料和能源。

瑞典公司 ABB Kabeldon 安装了一条装配生产线，制造不同规格的熔断器开关隔离装置。系统成套商 AVT-Specma 使用 RobotStudio 软件模拟仿真复杂工艺过程，不仅节省了大量能源和材料，而且还为系统成套商及用户节约了大量时间。在将程序装载到机器人控制器之前，所有试验都在虚拟环境中进行。

### 节省原材料

各种形状和尺寸的塑料零件在涂装车间完成最终修饰，因此肯定存在节省能源和减少浪费的潜力。喷漆是一道困难的工艺流程，但在这个领域内，ABB 有着丰富经验。采用机器人可以优化整个喷漆工艺，减少油漆用量。ABB 已经开发出喷漆车间使用的空气再循环系统和最先进的能源节约工艺，完全符合环保

要求。这种解决方案将空气再循环、溶剂处理与能源节约相结合，可把新鲜空气用量减少至十分之一，因而减少了能源消耗。与人工喷漆相比，自动化系统可节省的油漆高达 30% [1]。

新型非静电雾化器 Robobel021-MINI 可将油漆消耗降低 30%。它体积小，重量轻，适合小型喷漆机器人喷涂小型塑料零件。新的喷漆工艺使每个雾化器的流量增加一倍，因此，可将油漆雾化器和喷漆机器人的数量减少一半。喷漆车间占地面积因此可减少 50%，喷漆工艺所需时间也减少了一半，因而可以节省能源，降低油漆消耗和二氧化碳排放。这些新产品和新方法帮助客户在超越目标的同时，同时减少对环境的不良影响。

### 涉及每个工艺过程

生产过程的任何一个方面，无论是注塑成型、吹塑成型、挤压成型或是在切割和喷漆等下游工艺的应用上，机器人自动化在提高能源效率方面都能够发挥它们的作用。

因此，无论是优化周期、节省原材料、减少废次品，还是生产重量更轻的产品等方面，生产塑料制品的每个工艺步骤都可以节省能源，堪称真正的绿色思想。

**Anna Liberg**

**Malin Rosqvist**

ABB 机器人业务

瑞典维斯特拉

anna.liberg@se.abb.com

malin.rosqvist@se.abb.com

**Alexander Farnsworth**

自由撰稿人

瑞典斯德哥尔摩

### 脚注：

<sup>2)</sup> 去除毛刺是指从铸造或机加工零件上去除毛边（即凸起边缘）。

<sup>3)</sup> “白色家电”：家用电器产品的统称。

### 参考文献：

[1] Mills, P. (July 1996). Applying robotics to your paint line. Product Finishing Magazine.

### 延伸阅读：

Bredin, C. (2005). Plastics made perfect. ABB Review Special Report Robotics, 46-49.

Qi, L., Yin, X., Wang, H., Tao, L. 《虚拟工程（一）》《ABB 评论·中国特刊 与龙共舞》86-89.

Zhang, D., Qi, L. 《虚拟工程（二）》《ABB 评论·中国特刊 与龙共舞》90-92.

在比利时的 deSter，IRB 6650 机器人正从注塑机上取出汤匙



# 为油气生产配备 野外作业机器人

设计确保更高的安全性和生产率

Charlotte Skourup, John Pretlove

为了提高生产率和效率，几乎所有行业都希望拥有高度自动化的水平。工业机器人一直是实现这个目标的重要技术之一，适用于执行重复、繁重、肮脏和危险的任务。在石油天然气行业，机器人一直用于特殊的专用领域，主要为了确保安全，但目前这个趋势也在发生变化。石油天然气企业已经开始探索如何扩大机器人的应用范围，机器人有利于改善生产率和效率。例如，在石油和天然气田的远程作业方面，特别是在危险环境中应用机器人。ABB 是机器人的主要生产厂商，正致力于开发适用于石油天然气行业的“野外作业机器人”。





一个橘红色的机器人活动在作业现场，执行例行检查任务，并更换安全阀门。这个机器人与其他两个机器人配合工作，三个机器人均由位于数百公里之外的控制中心操作人员监控。监控人员根据自动化系统生成的状态监测(CBM, condition-based monitoring)报告，制定并启动维修任务。操作人员全面承担安全职责，指令自动化系统重新安排子任务计划。操作人员借助安装在机器人上的三维摄像机，对设备进行检查，并确定需要拆除和更换的零部件。

## 机器人经常用于执行繁重、肮脏、远距、危险的重复性任务以及其它不适于人工的一些工作任务。

虽然这样的场景在将来某个时候才会发生，但是距离现实并不太遥远。其中有些方面应用已经出现在太空和深海中，而这些任务并不太适于人工。这个场景表明，机器人技术可以进一步进入到石油天然气生产领域，以改善健康、安全 and 环境(HSE)，提高生产率。

### 石油天然气行业的发展趋势

石油天然气行业面临不少挑战难题，需要新颖的技术解决方案和业务模式。世界能源消耗正在增长，虽然目前替代能源的规模正在扩大，但对石油天然气的需要仍然十分旺盛。从现有和新开发的油气田中开采石油和天然气的工作变得更加困难，利润率正在不断下降。许多易于开采的石油天然气田已经

枯竭，有待进一步开采的油气田位置储量都更加偏远，并且开采技术难度更大。此外，有经验的职工也接近快到退休年龄，这就是说，富有经验的开采工人将更加缺乏。根据对市场需求将持续增长的预期判断，大力降低开采成本和提高能源效率将是今后的发展趋势。这一趋势表明产业投资将向增加新型解决方案和业务模式倾斜，用以加强现有基础设施的建设，开发新的石油天然气田。为了成功实现这些目标，石油天然气行业已经准备好改变他们以往的工作方式和做法，改造不适应未来发展的基础设施。

石油天然气行业认识到，为了让其工业流程实现安全高效运行，协同作业是关键因素。但在许多情况下，这种合作要跨区域进行，例如要在控制室和位于遥远地点的专家或现场操作人员之间进行合作（见图1）。一体化运行(IO, Integrated Operations)<sup>1)</sup>（同时也称作eField、

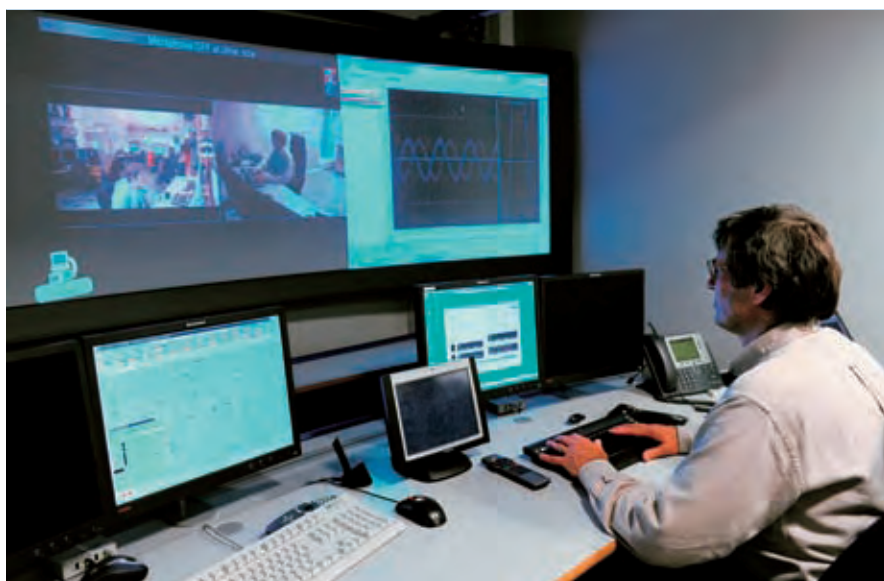
iField、SmartField等）是解决行业所面临巨大挑战的一种广义理念。IO构想试图通过整合最新的技术和工作流程以期实现期望目标。

### 机器人业务和市场

机器人技术的应用已经对许多工业领域，特别是制造领域产生了重大影响。工业部门利用机器人实现加工制造过程的自动化，主要是为了提高效率和生产率。特别是在加工制造工厂，机器人经常用于执行繁重、肮脏、远距、危险的重复性工作，以及其它不适合人工的工作。这些工作对可靠性和精度的要求都很高，所以工业机器人的设计也同样如此。

汽车工业对工业机器人的发展有着重大影响。汽车制造业以低成本提高生产率、可靠性和产品质量和生产柔性为主要目标。为了实现这些业务目标，需要在生产线上用机器人代替人力。机器人生产设施基本上

1 ABB与壳牌公司合作办公室，一体化运行中心的范例



#### 脚注：

<sup>1)</sup> 一体化运行(IO)：StatoilHydro将IO定义为“基于实时数据交换和新工作流程的跨越学科、企业、组织和地域的协同工作，以便更快更好更安全地作出决策。”为了寻找整合其运行所需的方法、技术和工作流程，StatoilHydro指定了一个由ABB、IBM、SKF和Aker Solutions等公司组成的研发财团。七个子项目之一是机器人技术，用于完善在海上和陆上设施的操作人员检查和作业能力。目的是开发解决方案，将远程机器人与先进的直观显示结合起来，实现远程操作检查和维护运行作业，寻找和缩小技术差距。

## 提高生产率的解决方案

完全自动化，每天工作二十四小时，每周工作七天。机器人可以从事金属板材切割、装配和焊接到喷漆、涂镀和一般性的物料搬运等工作（见图2）。机器人系统专为处理某些类型任务而开发，有时甚至是专为某一项用途而开发，如开车门和关车门等。

利用机器人技术对加工制造厂进行自动化改造时，如果能够依据自动化生产特性对工艺流程进行全局改造，其收益远远大于仅针对个别工艺的局部自动化改进。

程度更高的自动化自然意味着技术、员工工作模式和组织机构都必须进行改革。虽然机器人系统可执行重复性繁重和肮脏的工作任务，但是，它们不能完全脱离人的干预。机器人需要操作人员监控它们的运行，于是操作人员就成为生产控制中不可分割的一个环节，同时也产生了人机交互的需求。很自然，自动化程度增加会带来岗位职责的改变，所以，需要如计划、程序设计和维修保养人员等具有不同技能的人员来保证生产率。在加工

制造企业内，要成功地执行自动化工艺流程，关键是要准备好并计划执行组织机构的变化，例如重新制定岗位职责，以期适应重组需要。

### 更高的自动化意味着技术、工作模式和组织架构都必须进行改革。

#### 机器人在石油天然气行业的应用

在石油天然气行业里，机器人的应用一直很有限。一般只在人工难以胜任的或者可以极大改善健康、安全和环境的应用中使用。这些应用包括深海设施和管线的检查、钻井作业的自动化和遥控井内自走载具（well tractor）、特殊的检查项目等。但与自动化的一般目标相反，石油天然气行业曾经出现采用自动化反而给生产率带来不利影响的情况。不过，这种情况正在改变。今天，石油天然气行业把机器人技术看作提高效率和生产率以及改善健康、安全和环境的一种手段。石油天然气的开采过程一般都充满危险和风险，海上油气设施都在各种恶劣的海上气候条件下工作。另外，还会碰到一些危险环境，如具有高浓度

危险气体（如硫化氢）的环境。在这种环境中使用机器人，可减少人员的危险。机器人的设计和制造要求就是要达到能够夜以继日地可靠运行，并能灵活地从事各种作业。能源需求的增加，加之石油天然气开采成本所带来的问题，石油天然气行业所面临的困难日益增加，显然，石油天然气行业必须改变策略，更新思路以应对将来的需要，特别是如何成功开采后期的或者经济效益不高的较小油气田。

石油天然气行业的机器人应用可分为两类情况：一类情况是要设计全新的机器人以满足石油天然气行业的特殊需求，另一类情况是可以利用现有的通用型工业机器人。深海水下油气生产的进一步发展很大程度上依靠水下遥控作业艇（ROVs, Remotely Operated Vehicles）。这些遥控作业艇用于勘探、检查以及相应的设备维护。这些应用是石油天然气行业独有的，需要全新的机器人设计。

2 在汽车生产中的ABB喷涂机器人



3 ABB机器人正在对生产设备进行例行检查





## 石油天然气行业期望机器人能执行检查和作业任务，用以维护生产设施。

其他方面的应用与在加工制造中应用机器人的情况类似，主要是执行重复性工作。在这些领域里，提高自动化程度可以产生效益。但是，石油天然气行业的任务特点与常规制造业有所不同。石油天然气行业期望机器人能执行检查和作业任务，用以维护生产设施（见图 3）。也就是说，机器人将承担一个以上的工作，而且并非所有的工作任务都可以事先规划。另外，由于海上油气平台的上部空间<sup>2)</sup>有限，因此必须对上部设施重新设计，以便能让机器人接近这些设备并在设备周围移动。该自动化上部平台设施的设计重点在于如何使用现有机器人，当然机器人也要做适当改动以便适应海上的恶劣环境。这种应用被称为石油天然气产业的“游戏规则改变者”。

**机器人在石油天然气行业面临的挑战**

油气设施实现机器人化面临许多不同挑战。这些挑战不仅在技术方面，同时还会对整个组织机构产生影响，包括企业所有人员。虽然机器人技术在其他行业已较为成熟，但要使其适应石油天然气行业的特殊环境，必须进行改造。他们一般都会处在极端恶劣环境中，距离常常十分遥远，需要进行远程操作（见图 4）。同时还面临系统集成问题，其先决条件之一是要保证全部数据的访问和获取。

因此，机器人的作用将发生变化，从生产线上经常执行比较常规的

单一重复而连续的工作任务，变成执行一系列不同工作任务，每项任务都需要根据要求准确无误地执行。机器人必须按不同的自动化水平方式运行，从不需要人为干预的完全自动化水平这个极端，到完全手工作业的另一个极端。在这两个极端之间，将是带有半自动化功能的各种工作任务，这些任务将需要不同程度的人员参与。这又与传统的工业机器人的应用不一致，在传统工业机器人应用中，人员决策必须整合到生产控制中，与机器人及其控制系统进行合作成为不可分割的一个环节。如同所有人机系统（HMS, Human-Machine System）一样，石油天然气行业能否成功实现自动化，取决于人、技术和组织机构（MTO, Man, Technology and Organization）之间的紧密协同。

油气作业对机器人的设计和要求除了能够抗拒恶劣天气条件之外，还必须获得防爆证书，海上机器人必须经受住极端温度、极端风力、盐水、冰雪的考验。而陆上机器人必须经受沙尘暴、阳光直射、风雨和潮湿、极端温度以及如硫化氢（H<sub>2</sub>S）等有毒气体的侵害。在常规制造工艺工厂，为保证机器人可靠运行，通常并不需要那么严格的技术规范要求。

自动化项目的成功与否，主要受到相关设施的设计影响。在现有设施基础上中实现自动化，当然比在新建专门设施上实现自动化困难得多。现有设施的布局并不是为标准机器人而设计，特别是海上平台的上部设施更是如此，这些设施一般结构紧凑，甚至连人工在上面执行

4 StatoilHydro 位于北海的海上天然气平台 Troll A



脚注：

<sup>2)</sup> 上部空间系指海上石油天然气平台（或者是在船体或浮体上）露出海平面以上的设施。

## 提高生产率的解决方案

任务都很困难。改变现有设施受到很大限制，且费用成本也很高。由于了解自动化工艺流程，因此设计新设施或对现有设施进行重大改变，其效率会更高。许多工作可放在一个设施中完成，如果考虑扩展需要，可在设计中预留以后需要添加的设备空间。此种灵活的设施设计将使生产流程更加灵活，提高生产率和降低成本费用。

### 网真(Telepresence)将远程操作人员保留在生产控制环节中，使其能够控制机器人完成复杂任务。

虽然机器人化的工作任务、应用或设施具有许多安全和生产率方面的优势，但在维修保养和运行方面，它们也带来了额外的挑战。工业机器人一般用来替代现场操作人员，但这些机器人毕竟是工具，必须受到监督和控制。在远程遥控自动化生产系统中，远程决策人员的任务不是控制机器人自身的运行和如何执行具体任务，而应当是按照监控、检查和维护石油天然气设备的

需要，通过自动化系统安排机器人完成指定的工作。在远程遥控自动化生产系统中，有关生产设备运行状态的数据必须（通过各种传感器）定时或按需收集。传感器与人类感知不同，因此传感数据对生产运行状态的表达也与人类直接观察所得的感受不同。不过，机器人可使用人类感官不具备的各种传感器，比如X光和计算机色谱分析等来弥补远程操作人员不能获得直观感受的不足。这种方式即称为网真，它为生产流程提供了先进的远程再现方式，所以，操作人员得以保留在生产控制环节中，使其能够控制机器人完成复杂任务。机器人作为操作人员的延伸工具，被完全整合到自动化系统中，构成IO概念的一个自然组成部分。各种IO团队将根据网真所提供的远程再现来了解生产情况并作出相应的决策。

自动化系统接收和处理机器人采集的数据，然后将这些数据保存以供日后使用，或者以报表形式将这些数据直接呈给操作人员。运行团队可利用这种信息做出决策。

团队成员也可以主动地检索和调阅信息，最终目的是使用所有信息以监控当前生产情况，并作出决策，优化生产运行。

在石油天然气行业内实施远程操控的一个重大难题是海上平台设施的远程操作。这些设施离陆地数百公里，在恶劣环境中作业。如果出现运行故障，可给环境和工艺流程设备造成严重后果。对这种无人值守的设施而言，安全和高效地远程操控非常重要，唯此才能确保设施增值和最佳生产率。

### 运行团队的最终目的是使用所有信息监控当前生产情况，并作出决策，优化生产运行。

依据石油天然气行业的现状，对现有生产过程的自动化改造的合理和有利的方式是从单个独立的作业自动化开始，如钻探管道的搬运和装配以及管道清理等工作<sup>3)</sup>。这些作业的人工操作具有高风险，因此自动化改造提供了改善健康、安全和环境的机会。未来的重要措施是让更多或全部设施实现自动化。这将对设施的灵活性和生产率产生巨大影响。

5 挪威奥斯陆的ABB机器人测试实验室



### ABB石油天然气机器人试验设施

目前，在位于挪威奥斯陆的ABB实验室里，三台ABB机器人通过通信联络保持协同工作，在模拟工况中执行检查任务（见图5）。由控制系统或操作人员启动机器人的工作任务。远程控制专家使用三维工艺流程模型与机器人进行交互，确定和启动工作任务并接收反馈。机器人起着延伸操作人员“眼睛、耳朵和手”的作用，使其能保持“亲临”生产现场并了解其状态。这一实验



的目的是为了搭建一个先进的用于远程检查的验证设施。其中机器人系统可以进一步配置，使之承担维护工作任务，如开启和关闭阀门、更换无线传感器或更换零部件以及搬运材料等。

**ABB 与 StatoilHydro 一起开展雄心勃勃的合作研究项目，既解决技术难题，也解决与人员相关的挑战，目的是使石油天然气行业实现自动化。**

这个实验室提供独特的机器人试验设施，对未来机器人在石油天然气领域中应用进行探索、展示和试验。该实验室是一个更大研究项目的一部分，是与 StatoilHydro 合作开展的，目的是整合远程自动化运行。实验主要由三个机器人和一个

6 安装在联动龙门机架上的ABB视觉检测机器人



模拟工况模块构成。一般情况下，一个机器人用于检查，另外两个机器人一起合作进行维修保养。检查机器人安装在联动的龙门机架上，而两个维护机器人则安装在轨道上（见图 6）。另外，作为研究开发能经受极端恶劣环境的机器人的第一步，在位于 Kårstø 的 StatoilHydro 露天场地（位于挪威西海岸），安装了一个防水 ABB 机器人。在六个月的试验阶段，将对机器人在恶劣天气条件下的情况进行分析。

ABB 两个设施良好的机器人实验室，展示了先期试运行的石油天然气行业的各项自动化任务。

#### 未来的机器人化操作者

在将来实现以机器人为基础的自动化方面，石油天然气设施具有提高生产率的巨大潜力。除在提高生产率和效率方面获得收益之外，执行高风险任务的机器人还将带来健康、安全和环境方面的改善。此项任务并不总是可预见的，远程决策人员需要通过远程再现方式了解情况。因此，在现场执行检查和维修作业时，机器人还需要起到延伸远程决策人员“眼睛、耳朵和手”的作用。石油天然气设施操作人员面临的新任务是监督和指挥机器人并做出运行决策。装备机器人的自动化设施将使开采偏远油气田更具经济效益。

将来当机器人系统按照 IO 理念的指导原则与自动化系统完全整合后，将会成为决策人员的有力工具并带来极大的效益。IO 的目标是给（虚拟）团队决策者提供实时数据，以便做出更快更好的决策。在完整的 IO 环境中，现场机器人是采集和测试数据的手段之一。机器人采集数据

的一个主要优点是可在人类无法工作的环境中进行数据采集，如在高浓度硫化氢（H<sub>2</sub>S）的环境中，或使用有害人体健康的方法（如 X 射线）进行采集。

**ABB 两个设施良好的机器人实验室，展示了先期试运行的石油天然气行业的各项自动化任务。**

未来石油天然气行业从应用机器人技术当中所获取效益的多寡，将取决于这个行业在改变其组织机构和 workflows，以适应技术整合的要求和克服实施 IO 所面临的技术难题的意愿。

ABB 与 StatoilHydro 一起开展雄心勃勃的合作研究项目，既解决技术难题，也解决与人员相关的挑战，目的是使石油天然气行业实现自动化。ABB 对产业运营的全面理解，加上在机器人、石油天然气和系统集成方面的技术优势，使 ABB 完全有能力开发机器人与自动化的集成系统，用以适应环境恶劣和要求苛刻的石油天然气行业。

Charlotte Skourup

John Pretlove

ABB 过程自动化业务

挪威奥斯陆

charlotte.skourup@no.abb.com

john.pretlove@no.abb.com

#### 脚注：

<sup>3)</sup> 这是指在不停止油气流动的状态下，在管线内进行的检查和清理等作业。Pig operations（猪作业）的名字来源于其在通过管线时发出的尖叫声。



# 液化天然气运输船 推进系统

采用电力推进系统提升LNG运输船的燃料效率和货舱容量

Jan Fredrik Hansen, Alf Kåre Ådnanes

随着世界对能源需求的增长，对大型液化天然气（LNG）转运站和浮动液化天然气生产设施的需求也在增长。因此未来数年内，LNG的运输也将会迅速增长，LNG运输船的数量和吨位也会相应增加。

传统LNG运输船的推进系统（汽轮机）的燃料效率不到30%，而今天的电推进系统的燃料效率达40%以上。对于LNG运输船而言，这相当于燃料消耗降低30%。另外，因为电推进系统更加灵活，货舱空间可扩展至机舱，对容积达145,000 m<sup>3</sup>

的运输船而言，一般可额外增加10,000 m<sup>3</sup>的货舱容积。

从2003年签订第一艘LNG运输船合同以来，ABB一直是LNG运输船队电力推进系统首选供应商。





## 提高生产率的解决方案

世界能源需求的稳定增长迫使我们寻找新能源。30多年来，天然气部分地满足了这种需求。世界上大量天然气都是通过管道从天然气田输送到用户（穿越陆地和短距离穿越海底，例如从北海到欧洲）。从上世纪六十年代到七十年代，天然气田的开发向海上、深水域延伸，距离用户更加遥远，这推动了LNG生产以及其运输船的发展。天然气运输船的建造配备了特殊绝热储罐，LNG可在 $-162^{\circ}\text{C}$ 温度下进行运输。

从2003年签订第一艘运输船合同以来，ABB一直是LNG运输船队电推进系统首选供应商。

随着亚洲，特别是日本，对能源需求的增加，LNG的进口也稳步增长，需要投入更多容量更大的LNG运输船。上世纪七、八十年代，LNG运输船主要在日本建造；但到了九十年代，韩国成为运输船的主要生产国。上世纪九十年代末和本世纪初，绝大多数LNG运输船都在韩国制造。运输船规模逐渐增加，标准货舱容量也从138,000增至145,000  $\text{m}^3$ 。建造所有这些LNG运输船旨在长期租赁，期限可长达30年。当输气管线成本高或技术不可行时，这些船只成为运送LNG的专用运输船。建造运输船时，LNG生产和接收终端，包括周围基础设施，都按照天然气连续供应的要求建造。也就是说，如果某一艘LNG运输船在装船中错过装载周期，将造成严重的能源供应中断。

由于对运输船的可靠性要求非常高，同时要求配备耐用的机械设备

和推进系统，因此对效率和燃料消耗则相对重视不够。汽轮机推进系统使用率最高，因为它们可提供优良的可靠性，而且还可使用船上运载的天然气作为燃料。LNG可在 $-162^{\circ}\text{C}$ 的状态下运输，但根据隔热效率和航程中的海面状况，小部分天然气会在运输中损失。这部分“蒸发”的天然气，辅之以重油，可用来加热锅炉，产生驱动船舶汽轮机所需的蒸汽。

#### 从汽轮机到燃气轮机电力推进

虽然汽轮机可靠性很高，而且几乎无需维护，但汽轮机赖以运转的锅炉则要求定期维护。为了确保可靠性，一般都安装有两台锅炉，但这类系统的效率不到30%。如代之以燃气轮机，其系统效率则达45%至50%，所以，改变推进系统节省燃料的潜力巨大。尽管有此差距，由于可靠性高，汽轮机推进系统仍然是人们偏好的解决方案；LNG运输船是最后一批仍然使用这种形式推进系统的主要运输船队。

随着运输船吨位的增加，对于电力装机容量的需要也在增加，主要为了保障运行大型货舱泵。这些电动机下潜到LNG储罐内，在终端转运站把天然气泵送出船舱。容积为140,000  $\text{m}^3$ 运输船的发电功率已要求增加到10 MW以上，在船只上需要使用高压电力设备。第一艘装备3.3 kV和6.6 kV高压发电厂设备的LNG运输船于2000年订货。作为市场上船用电力系统的主要供应商，ABB从2000年到2006年共设计和提供了40多艘LNG运输船所使用的高压空气绝缘组合电器。

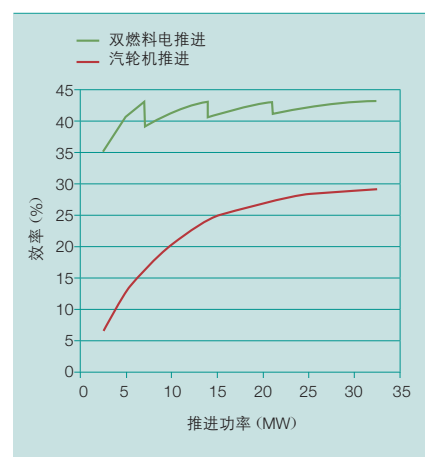
尽管建造LNG运输船仍然采用汽轮机推进系统，但人们对替代系统的

兴趣却日益增长。2000年，发动机生产企业Wartsila在市场上推出的双燃料燃气轮机可以使用天然气和柴油作为燃料。这种四冲程发动机以匀速运行，主要为生产电力而设计，同时需要电力分配和推进系统来驱动推进器。这种双燃料系统称之为DFEP（双燃料电力推进），即使将电力输送损失考虑在内，其效率也大约在42%左右，大大高于汽轮机30%的效率（见图1）。目前，市场上有Wartsila和MAN两家双燃料发动机供应厂商。

作为市场上船用电力系统的主要供应商，ABB从2000年到2006年共设计和提供了40多艘LNG运输船所使用的高压空气绝缘组合电器。

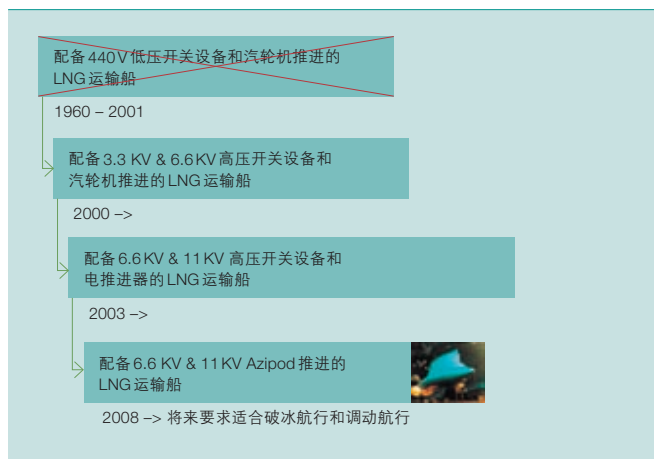
2003年，法国天然气公司（现在为GDF Suez）从Chantiers de l'Atlantique公司（现为STX欧洲公司）订购了第一艘装备有新型DFEP系统的LNG运输船。其他造船厂和船东纷纷跟进。到2005年底，几乎所有容积为145,000至170,000  $\text{m}^3$ 的LNG运输船新订单都订购了DFEP系统

■ 双燃料电推进与汽轮机推进时的推进器负荷燃料效率曲线



## 提高生产率的解决方案

### 2 开发新一代 LNG 运输船的基本步骤



(见图 2)。法国天然气公司发布的信息显示，由于使用清洁天然气作为燃料，他们可以提供更多的天然气，达到更高的使用效率。

并非所有 LNG 运输船都选择电力推进解决方案。卡塔尔天然气项目选择了在容积高达 260,000 m<sup>3</sup> 的 LNG 运输船上使用传统两冲程发动机推进系统，以及一个船载辅助装置重新液化已气化的天然气并将其送回储罐中。但是，这种系统仍需要一个相当大的高压发电设备为货舱泵和重新液化装置供应电力，其耗电

高达 6 MW。这种额外电力消耗远远高于电力推进设备所需要的电力。例如，对于推进功率为 30 MW 的电力推进设备而言，其推进电站的电力损失最高只有 2.5 MW (见图 3)。

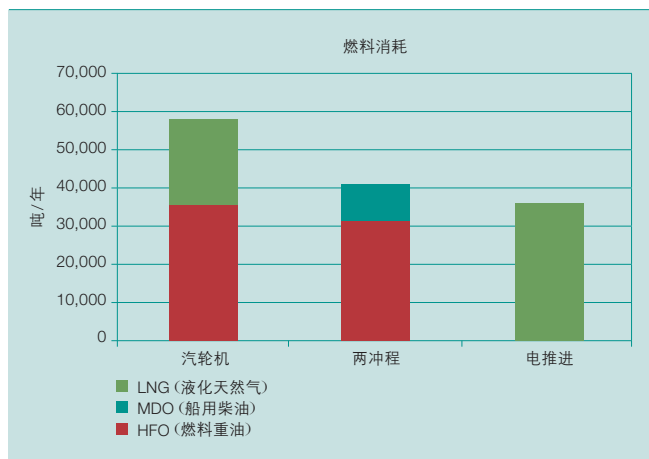
DFEP 双燃料电力推进系统不仅提高了能源效率，而且还增加了货舱容量。电力设备和推进设备的布置均比机械推进系统要灵活。即使安装了额外电器设备，DFEP 系统的灵活性意味着它仍然可以容纳更多货物。发动机可安装在高层甲板上，减少了安装排气管道所占用的

容积，当发动机安装在下层甲板上时，通常都需要安装排气管道。设备（如发电机、变频器、变压器和推进电机）之间没有机械连接，只有电缆，所以优化设备布置可节省空间。也就是说，容积为 150,000 m<sup>3</sup> 左右的标准 LNG 运输船，在不改变运输船外部尺寸的条件下，仍可扩大 6% 以上。

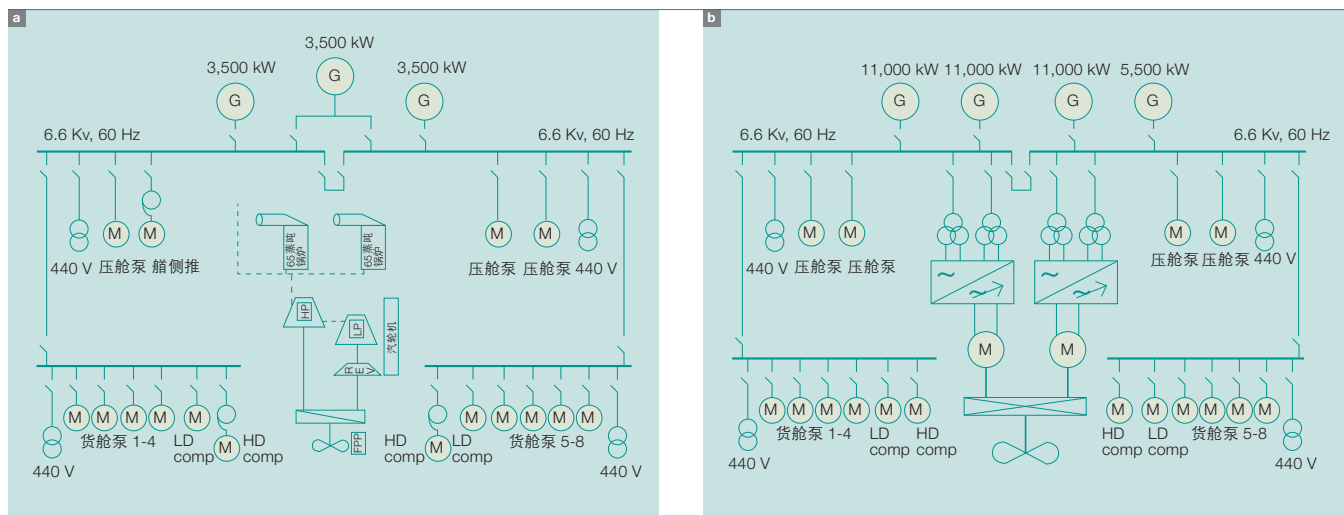
### 船上配置与 ABB 的供货范围

DFEP 有两项主要核心技术：双燃料四冲程发动机（一般市场上，特别在船舶市场上相当新颖）以及电力

### 3 以效率和每年航行 7500 小时为基础进行计算所获得的各种方案的年燃料消耗量



### 4 LNG 运输船上的电力设备配置：配置常规汽轮机推进的 LNG 运输船 a 与配置电推进系统 b 的比较。





## 提高生产率的解决方案

推进（在 LNG 运输市场上属于新技术，但该技术自上世纪八十年代以来一直在使用，特别是在游轮上）。但是，一般船运市场和 LNG 运输市场相当保守。从成熟可靠的推进系统改变成新颖推进系统需要一些时间。在第一位船东订购之前，需要一个产品成熟和能力验证阶段。当其他船东和造船厂一旦了解到新系统在节省空间和燃料方面的巨大优势后，便会满怀信心地跟进购买。由于运行成本节约潜力非常大，人们无法对其视而不见。但是，只有当这种新技术的可靠性与常规汽轮机推进系统相媲美，该技术才会被采用。

开发初期就发动机数量、推进器数量、冗余等方面的问题，曾讨论过许多不同的配置方案。在这些方案中，有两三种方案特别受到青睐，其中一种最受欢迎的配置方案，已被广泛采用（见图 4）。

在最通常的设备布置中，电站的构成包括四台中速双燃料发动机，每台发动机带动一台发电机。发电机额定功率根据各个项目的要求稍有不同，但是，通常都经过优化处理，使之适合最为普通的运行作业，如 LNG 的装船卸船和转运等，每种作业所需功率要求不一。高压发电设备被分割成四个不同部分：两个主配电板和两个货物配电板。分成两个类型的配电板的原因主要是为了优化设施的空间布局。推进系统也被分成两个单独的传动系统，每个系统都配备有相应的变压器、变频器和推进电机。最后，两台电机通过一个公用齿轮箱相互连接，用一根输出轴与推进器相连接。这样的系统既简单又可靠。它提供了足够的冗余，即使由于维护

或修理需要关闭其中一台发动机或一个电气网络，也一样能让推进器保持运转。在机械方面，推进系统几乎与传统汽轮机系统完全一样，配备一个齿轮箱和一根输出轴（连接到推进器）。有的方案配备了两个推进器，为推进轴的运行提供 50% 的冗余。在电气方面，除了控制系统（位于桥楼上）以外，双推进器系统与单推进器系统完全一样，因为控制系统可单独控制每个推进器的速度。

**电力推进器方面，特别是用于游轮的电力推进，ABB 拥有悠久的供货记录，已交付或手持订单共 33 艘 LNG 运输船的电力系统或推进系统。**

LNG 运输船的推进功率要求在 25 至 30 MW 之间，也就是说，每台推进电机的额定功率通常在 12.5 和 15MW 之间。根据运输船的速度和船体设计不同，额定功率各有不同。

ABB 通常供应船舶上的所有高压电器设备（从发电机到推进电机）以及所有相关推进控制系统。ABB 在电力推进方面供货记录悠久，特别是用于游轮的推进系统需求和用于 LNG 运输船很相似。事实上，截至 2008 年 11 月，ABB 已交付或手持订单共 33 艘 LNG 运输船的电力和推进系统。

ABB 生产的电力推进产品专注于船舶应用。为了满足 LNG 运输船对高可靠性的要求，ABB 吸收了游轮业务及其成熟产品的丰富经验。ABB 的同步 AMG 发电机和 AMZ 电机（见图 5）是市场上效率最高的产品之一。在有的项目上，经过工厂测试<sup>1)</sup>，

这些电机和发电机的效率分别达到 97.9% 和 98.4%。

高压配电网使用了 ABB 坚固耐用的中压开关柜（UniGear）和空气绝缘电机控制开关柜（UniMotor），包括 HD4（SF<sub>6</sub> 型）和 VD4（真空型）断路器。金属铠装的防电弧开关柜外壳为工作人员（即使在同一房间）提供了高水平保护。柜体门具有互锁系统和电气小室分隔，设备运行时，可防止人员接近带电零部件。

推进系统的传动使用独特的 ABB 树脂封装变压器 RESIBLOC<sup>®</sup> 和中压变频器 ACS6000（见图 6）。RESIBLOC 变压器具有很高的机械强度，非常

5 AMZ 推进电机



6 ABB 的 RESIBLOC 变压器



脚注：

<sup>1)</sup> 效率测量是在工厂验收试验 [FAT] 时进行的，使用正弦电源，附加谐波和辅助损失。

## 提高生产率的解决方案

适合船用环境中的强烈振动和海上激烈颠簸。RESIBLOC 变压器另外一个设计特点是变压器绕组之间的线性脉冲电压分布。这一设计特点对于船舶应用特别重要，因为船上开关电压瞬变比标准变压器设计中的通常脉冲电压瞬变更为陡峭。

**ABB 的 RESIBLOC 变压器具有很高的机械强度，非常适合船用环境中的强烈振动和海上激烈颠簸。**

ACS6000 是电压源变流器 (VSD) 型变频器，ABB 于 2000 年将其推向市场 (见图 7)。采用 ABB 专利算法“直接转矩控制 (DTC®)”进行控制，可与非常成熟的同步 AMZ 电机配套使用，这种电机满足了 LNG 运输船的功率要求。

7 配备 ACS6000 变频器中的换流器组



### 海上试航经验

从 2003 年第一艘电推进 LNG 运输船订货以来，已有 6 艘配备 ABB 推进系统的运输船交付使用。所有这些运输船仍在使用中，其控制性能和能源效率都达到或超过了设计期望值。选用 DFEP 系统的一个关键考虑因素是在运输船采用天然气模式运行时，比采用标准柴油模式运行对负荷变化更加敏感。因此，推进传动系统 (船上的用电大户) 尽量保持开关柜负荷的恒定极其重要，即使在激烈颠簸的海上也应如此。由此，控制系统配置为两种运行模式：

■ 速度模式，即控制器维持接近于恒定的转速。

■ 功率模式，即控制器维持接近于恒定功率。

运输船在机动工况下，为了对船长的指令作出迅速响应，能自动选择速度模式。在公海航行中，如果达到一定功率水平之上 (>50%)，便可选择功率模式，这样，推进器上的转速和扭矩可随海况波动，而动力消耗仍保持恒定 (见图 8)。在 6 小时耐久性航行试验中，船舶以满功率 (即在功率模式下) 连续航行。采集的数据表明，推进系统消耗的功率确实保持恒定。获得这种独特性能

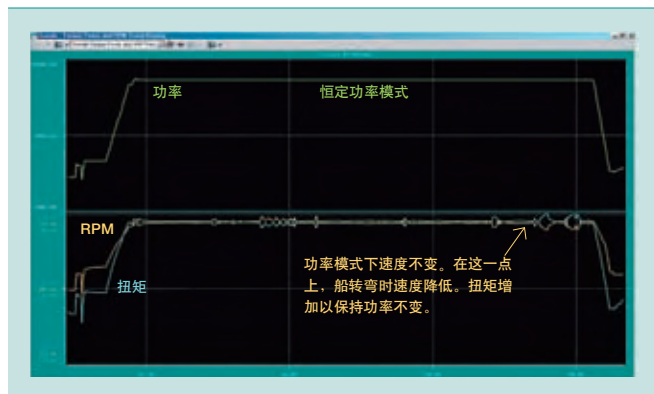
的原因之一，是 ACS6000 变频器中使用的 DTC 算法能够在几毫秒内调整电机扭矩，立即补偿由于波浪引起的推进器扭矩变化。

**向 ABB 的电力推进传动施加最大 (100%) 负荷时，包括齿轮箱在内的系统效率达 94.3%。**

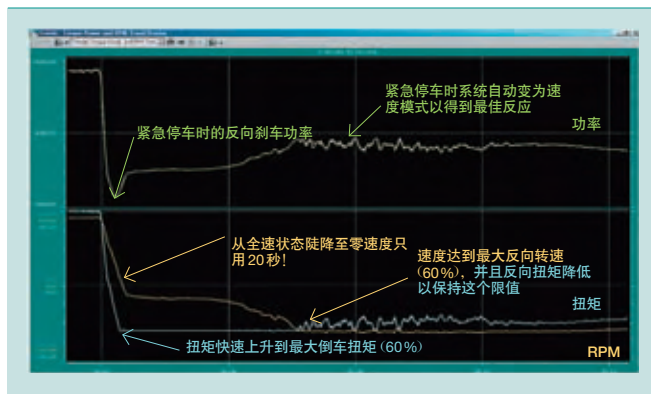
同时，还进行了紧急停车试验。结果显示，该传动可使推进器反转产生推力，迅速制动船舶将其停住 (见图 9)。在这种情况下，由于电机可在任何转速状态下，给主轴提供稳定的反向扭矩，因此电机比机械推进更优越。在这种状态下，电机实际上作为发电机运行，随着推进器速度降低至零，将来自推进器的能源反馈回传动系统。为了避免对主发动机产生任何反向功率干扰，采用单独制动电阻消耗逆向能量。试验表明，船舶可在 7 分钟之内停住，比使用传统汽轮机要迅速。据报道，后者停车时间在 20 至 30 分钟。

电力推进的另一个重要特点是失电预防功能，即使在故障模式过程中，也能保持船舶继续航行。最坏情况是一套发电机—发动机

8 海上试航进行耐久试验时获得的功率、扭矩和转速纪录——恒定功率模式



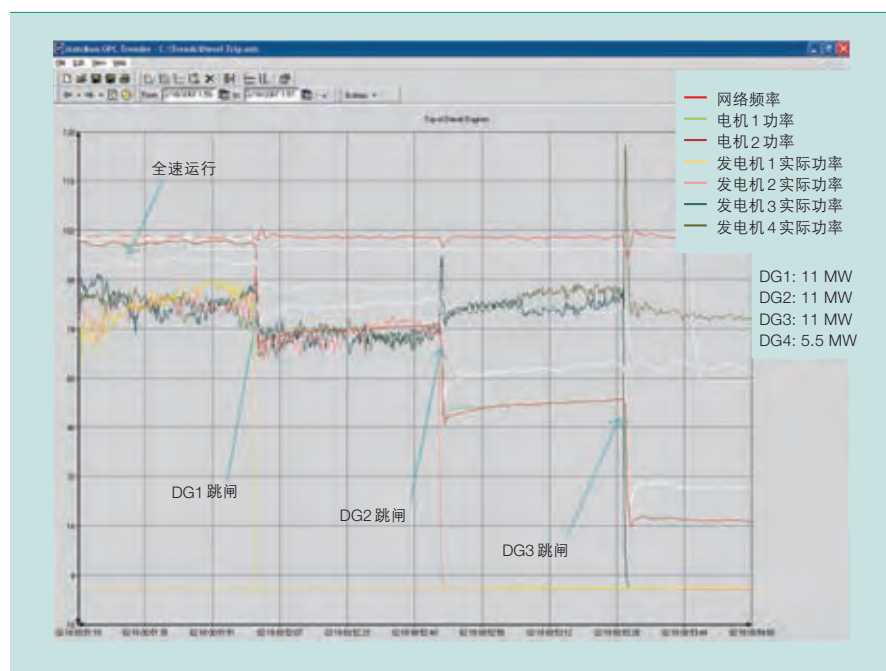
9 紧急停车试验获得的推进器电机功率、扭矩和转速纪录





## 提高生产率的解决方案

10 在100%满负荷状态下，有意切断发电机而进行的停电预防试验。



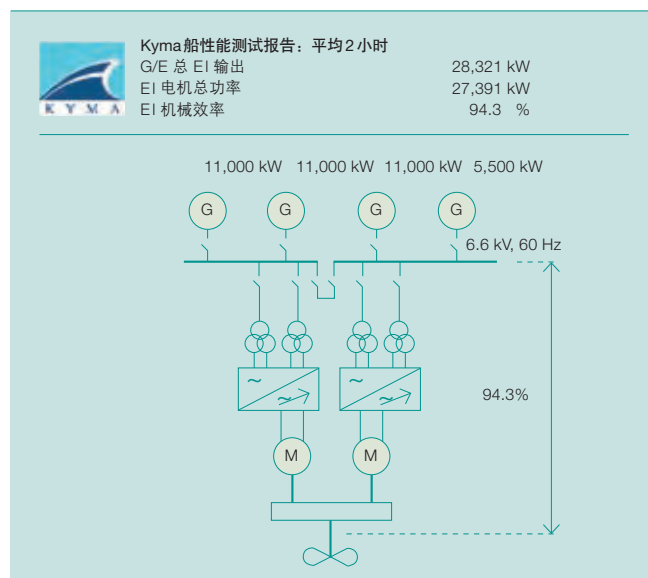
跳闸，由此产生的干扰导致另一套发电机—发动机也跳闸，导致完全停电。推进功率负荷的迅速减少可保护其它发电机。只要检测到发电机跳闸，推进控制系统瞬时降低推进功率，避免其它发电机负荷过载。在海上，采用  $3 \times 11 \text{ MW}$  和  $1 \times 5.5 \text{ MW}$  的发电机配置，对这项功能进行了测试。在测试中，3台  $11 \text{ MW}$  发电机被逐台有意跳闸，只有  $5.5 \text{ MW}$  小型发电机继续保持运行。结果，发电机得到了保护，设备通过了试验，没有发生停电事故（见图10）。

为了测量效率，船东安装了 KYMA<sup>2)</sup> 系统，这个系统使用应力计测量驱动推进器主轴的机械功率。通过比较推进器主轴上通过开关设备供给推进传动的电力负荷值，可以获得包括齿轮箱在内的推进传动系统的效率。

向推进传动施加最大（100%）负荷时，系统效率测量值是  $94.3\%$ （见图11）。相关设备预期效率的计算值为  $93.6\%$ （包括齿轮箱内的估计损失  $1.5\%$ ）。这些测量值证明，系统效率比理论计算的预测效率要高。

LNG 市场正在发生变化，预计未来数年内，船的载货量会比以往更快地

11 从推进器主轴至开关设备所测得的效率



Jan Fredrik Hansen

Alf Kåre Adnanes

ABB 过程自动化业务

挪威奥斯陆

jan-fredrik.hansen@no.abb.com

alf-kare.adnanes@no.abb.com

脚注:

<sup>2)</sup> 提供各种性能监测仪器的公司，这里指的是主轴功率测量仪器。这不是 ABB 和造船厂定购的，是船东直接定购的，用于验证性能。请参阅：  
<http://www.kyma.no/>

# 继续运行

现场设备诊断确保可靠运行

Andrea Andenna, Daniel Schrag, Armin Gasch, Paul Szász



过去十年技术不断发展，工业现场测量设备用户的期望值也随之提高。例如，数字信号处理（DSP）以及尖端先进的通信技术提高了现场测量设备与分散控制系统（DCS）之间的信息交换水平，除了提供高精度测量值外，人们期盼设备能够提供全面的诊断信息。

近几年，ABB 研究中心孜孜不倦地努力取得了一系列研发成果，创新开发出多功能现场仪器仪表，满足了客户的各种需求。一体化安装的新型 TTH300 温度变送器配备了自动冗余切换和传感器漂移监测功能，便是增强型诊断信息的例证，也是在市场上区别于其他产品的重要功能。新款的电磁流量计具有气泡和电极结垢检测以及电导率测量功能，未来新款的涡街和旋进流量计将会具备自动抑振算法功能。



测量设备仅用于测量的时代一去不复返了。通过减少停机时间来减轻成本压力并提高效率，意味着过程工业用户希望使用“智能化”现场设备。事实上，许多用户希望以效率更高的，重点更突出的预测性维护和固定资产管理策略替代普通的预防性维护[1]（见资料库）。

ABB 及其竞争对手都敏锐地认识到这种趋势，“诊断”一词现已基本成为新一代仪器仪表市场的标准技术要求。

最近，在题为“过程传感器技术路线图”的一份倡议中，德国的 NAMUR（测量与控制标准委员会）和 VDI/VDE（工程师协会/电气工程师协会）重点强调了有关过程传感器需求发展趋势[2]。从最终用户的角度来看，其中一种趋势是要求测量精度比目前要更高。对过程传感器的要求也从测量单纯的工艺过程参数延伸到有关产品性能的间接信息和变化趋势信息，目的是加强对工艺过程的控制（例如：产量和产量变化趋势、副产品、气体中带有污染物的固体颗粒、质量等）。

由于数字信号处理（DSP）及成熟的通信技术的发展，人们也希望测量装置能够提供更全面的诊断信息。

### 多功能现场测量设备中的信号处理

过去，传感器的电信号被用作读出装置的输入信号。但是，由于近几年数字电子

技术的迅速发展，现在，可以从传感器的原始信号中提取不少重要而有意义的信息。微处理器和数字信号处理器的应用，使得传感器的信号质量更高，噪音更小且测量精度更高。另外，还可实现各种诊断

#### 资料库 使用在恶劣环境中的工业传感器

诸如压力和流量传感器一类的工业传感器经常使用在极端工艺过程和环境状态中。侵蚀性介质会造成腐蚀和磨损，而另外一些物质容易结垢（见下图）。测量设备最终将不能发挥正常功能，需要进行修理。

具有“自诊断”功能的测量设备能够识别和报告出错和故障的程度，这是有效维护策略的关键要素。新一代仪器仪表不仅可以发现内部故障，如漂移或老化，还可以识别处于变化中的过程状态，像脉动流和流量中的气泡以及与其相联接的其他零部件的状态。通过正确的信号处理算法，可以对多种类似效果进行检测，甚至补偿。



1 温度传感器和 TTH300 变送器



功能，如测量设备的自监测功能（如检查电子器件缺陷）、工艺过程数据监测（如检查变送器到过程连接的导压管是否开启）以及其他各种先进功能。在这一层次上，还可实现多种安全功能。

直到最近，才能在工厂控制系统层次上提供其它功能，因为这一层次具备较强的计算功能。但是，由于电子硬件和嵌入软件平台的发展，这些功能现在均可集成到现场测量设备这一层次中。无论怎样，只有一些先进功能才可以集成到现场测量设备中，因为它们的取样速率比通常现场总线通信速率要高很多。

ABB 一直都在孜孜不倦地努力工作，创新开发出多功能现场仪器仪表，满足了客户不断增长的需求。

在测量设备上实现先进功能，有两种途径：

■ 采用单纯信号处理的方法。传感器基本上变“软”，因为附加功能是通过植入变送器处理器上的应用数学例程序和算法实现的。传感器的感应部分或机械部分保持不变。

■ 将一个附加传感器（可从商业途径获得）集成到变送器。例如，ABB 的多参数变送器 267/269 可测量差压和绝压以及过程温度。然后，用这些量计算质量流量。

信号处理技术一般用于从原始信号中提取相关信息。这可以直接通过精确的数据分析实现，也可以通过建立

## 提高生产率的解决方案

比较复杂的物理模型来实现。如果采用前面一种方法，在对原始信号进行时间序列分析时，可进行相关性、光谱或噪音等项分析，找出功能失灵的特点并进行显示。扩大应用范围和功能的另外一个因素是出现了新颖的和效率更高的信号处理算法和技术，如统计信号分析、非线性数据分析、自适应滤波器、神经网络和微笑波等。在后一种方法里，可采用一组描述相关传感器科学原理的方程式或者通过模拟仿真，建立传感器系统的物理模型。至于是采用先进的数据分析还是更详细的物理模型，很大程度上取决于测量数据的完整性和可用的计算能力 [3]。

**测量设备使用“自诊断”的识别以及报告出错或故障的功能，是有效维护策略的关键要素。**

### 增加功能的局限性

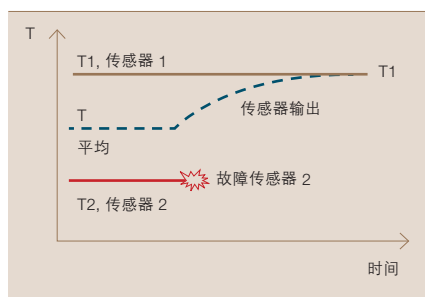
保持或增加工业仪器仪表市场份额，价格起着重要作用。增加某项功能究竟能起多大作用，看法不尽相同。拥有许多昂贵资产（像阀门）的大型过程工业运行商，愿意为先进功能多花一些钱。测量设备和工艺过程诊断功能特别受到青睐，因其可以降低维护费用，提高设备运行的可靠性。而那些仅使用其基本功能的用户却不愿接受较高的价格。因此，在功能开发阶段，需要很好地权衡费用成本与技术实施可行性之间的利弊。

ABB 研究中心始终不渝地在先进的诊断和信号处理领域进行投资，下面将介绍一些“努力成果”。

### 可靠的温度测量

以热电阻温度检测器 (RTD) 或热电偶为基础的温度传感器极其精确，

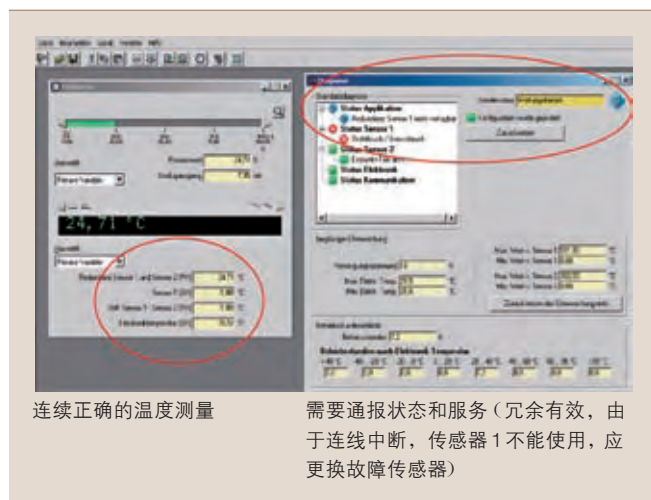
2 配备有效备份传感器的传感器输出：如果一个传感器发生故障，其输出就能“软”性转换到另一个传感器信号。



测量原理直观，技术简单。所以，人们会认为信号处理技术在提高这些温度传感器性能方面所起作用不大。但是，从通常过程工业应用中获得的经验表明，由于环境老化等原因，常规温度传感器也会发生漂移，甚至出现故障。尽管故障检测很容易，但是，传感器的漂移会导致过程状态出错带来不易觉察的质量损失。在许多工艺过程应用中，传统的预防性维护就是每年重新校验的温度传感器，但费用很高。

随着预测性维护需求的增加，用户也在寻求新的解决方案。在温度控制非常关键的工艺过程里，采用可靠温度测量方法，生产率便会大幅提高。反过来又提高了人们对温度变送器的开发热情。

3 具有主动备份传感器功能的设备型式管理器 (DTM) 输出。

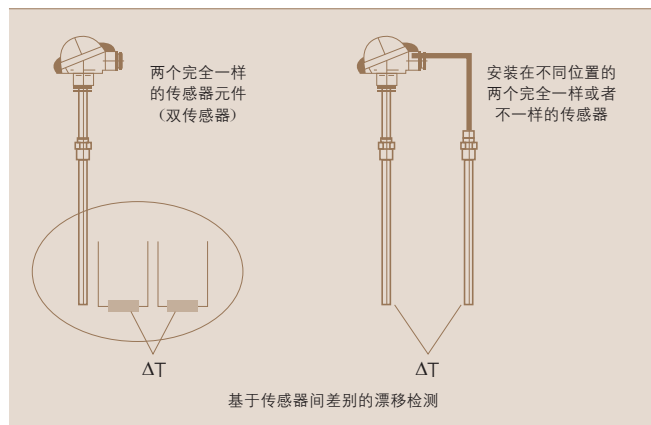


连续正确的温度测量

需要通报状态和服务（冗余有效，由于连线中断，传感器 1 不能使用，应更换故障传感器）

ABB 的 TTH300 HART 温度变送器<sup>1)</sup>安装在 44 毫米直径的紧凑外壳中，具备多种自诊断功能，测量精度高达 0.1°C，同时提高了可靠性和实用性（见图 1）。为了充分发挥高精度的优势，变送器还具备两项新诊断功能：传感器备份和漂移检测。由于变送器计算能力的增加，使算法在测量设备中得以执行，而无需增加通信系统的数据负荷。

4 适合于漂移检测功能的传感器配置



基于传感器间差别的漂移检测

脚注：

<sup>1)</sup> TTH300 HART 温度传感器已于 2006 年 4 月上市。



以前，如果一个温度传感器出现故障，必须用人工将一个新传感器连接到变送器上，造成重大过程停机和费用。现在，一旦内置诊断功能发现了故障，变送器自动切换到第二个传感器上，确保了温度的连续测量（见图 2）。同时，也会给设备类型管理器（DTM）（见图 3）生成一条信息。传感器更换可安排在下一次例行维护时进行，不会再造成计划外停机，将成本费用控制在最低限度。

**安装在 44 毫米直径的外壳中的 ABB TTH300 HART 温度变送器准确可靠，具备多种自诊断功能。**

由于长期机械原因或热效应，如振动或过热，所有传感器都会产生漂移。尽管在多数情况下，漂移非常缓慢，而且常常觉察不到，但漂移不仅对过程，而且对产品质量会产生非常大的影响。迄今为止，解决这一问题一直采用常规的，但是代价昂贵（因为要停机）的传感器校验方法。可是，如果没有受到严重的环境负荷，传感器也会保持稳定，因此，常规校验往往不必要。

自 2007 年初以来，新型的 TTH300 解决了这个问题，采取预防性维护策略，即监测传感器漂移，只在需要校验时才对传感器进行校验。采取这种解决办法时，TTH300 连续监测两个传感器，并对其数据进行比较。如果传感器运行在规定公差范围内（即没有发生漂移），它们之间数据差别是非常小的。但是，如果其中一个传感器产生漂移，数据差别则会超过规定界限值，就会启动

变送器通知操作人员在下一次例行工作时安排重新校验或进行更换。由于只在发生漂移时，才需采取行动，因而传感器维护作业的次数和费用大幅降低。

标准的使用状况是对双传感器进行漂移检测（见图 4）。尽管漂移是不可预测的随机现象，但是，经过实验性研究确认，即使处于同样环境老化条件下，两个传感器发生的漂移也不会完全相同。另外，也可对一个流程中放置在不同位置的传感器进行漂移检测，例如，检测过程总流量的变化。反过来，这对诸如由于结垢造成热传递性能差等局部问题也可以进行确认。

用户可根据流程对漂移的敏感度确定阈值。两个传感器之间的装配精度决定最小报警阈值。装配在一个点上上和两个点上时，检测阈值在 0.5~1°C 之间，因为任何两个传感器的特性总会相差这个数值。如果使用精确度更高的传感器，检测阈值可以进一步降低。但是，0.5~1°C 的漂移报警阈值可满足 90% 以上的应用要求。

**在水、废水、食品和饮料、纸浆和造纸以及化工行业中，电磁流量计使用普遍，性能可靠。**

**单纯的 MAGIC**

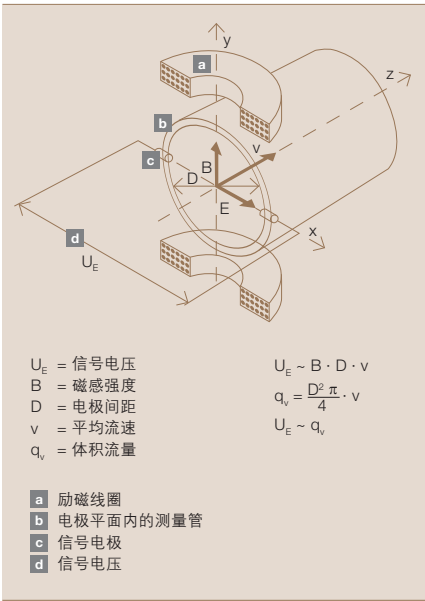
全球电磁流量计市场容量大约为 7 亿美元，电磁流量计是 Bonaventura Thürlmann 于 1941 年发明的，作为一种可靠而通用的测量装置，广泛应用于水和废水、食品和饮料、纸浆和造纸以及化工行业。

电磁流量计的工作原理以法拉第的电磁感应原理为基础（见图 5）。当导体通过磁场时，两个电极之间产生感应电压  $U_E$ ，与体积流量  $q_v$  成正比。粘度、密度、温度和压力并不影响电磁流量计的流速读数。

**开发电磁流量计结垢诊断功能是跨学科的问题，问题的解决取决于对工艺过程的透彻了解。**

MAGIC 项目的重点是实现电磁流量计的多元测量功能以及仪器设备和过程的诊断功能，主要用于诊断

5 电磁流量计的原理

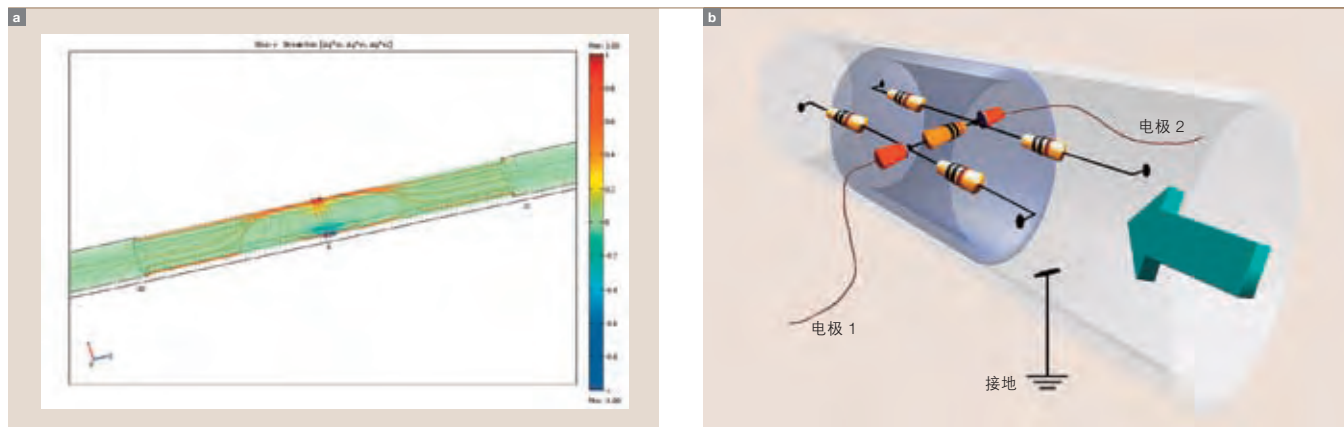


6 应用在纸浆和造纸工业中结垢的电磁流量计



## 提高生产率的解决方案

7 现场模拟和具有电阻抗的流量计模型



介质中的气泡和生产系统的结垢以及检查液体的电导率等。

如果生产系统中结垢层不断累积之后，不仅影响泵和管线，也影响电磁流量计的正常工作（见图6）。有两种结垢层，即绝缘的和导电的，它们均影响流量计电极测量。绝缘层增多会减少电极面积，最终造成整个流量计发生故障，而导电层增加电极面积，直至发生短路。所以，为了能够及时采取故障防止措施，监测系统的结垢层就非常重要。

### 算法设计

开发电磁流量计结垢层诊断功能属于跨学科问题，问题的解决取决于

对工艺过程的透彻了解。所以，首先是有关电极与电解质界面的理论问题。在流量实验室中把仪器设备置于不同状态下进行测量并且跟踪ABB客户在不同工艺过程中现场测量，然后再对具体工艺过程中的结垢层进行分析。

利用现场测量值和模拟仿真值分析不同液体性质和结垢成分的影响。然后，使用测量值和模拟仿真结果开发仪器设备的物理模型装置，再将模型进行外推，有助于设计更大口径的流量计。

**涡街流量计成功应用于各种工业流量的测量已有近三十年，今天，它的应用范围仍在继续扩大。**

结垢层对电磁流量计影响的模型（见图7），经常取决于电极和流量计接地之间的阻抗。恒相元素准确地逼近电极与电解液间的界面特性，这反过来也就可提供电磁流量计结垢层实际状态（即清洁、导电或绝缘等）的重要信息，以及有关工艺过程系统的重要信息。在较高频率状态下，电极之间的电阻值在很大程度

上与流量计中液体电导率成正比。

在实验室里，对具有不同结垢层液体的情况进行测量。电导率在200至2,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  之间的介质（水）对电极—电解质间界面几乎没有什么影响（见图8）。导电的乳脂结垢层或绝缘的油或  $\text{MoS}_2$  结垢层使恒相元素发生变化。这种效应容许对结垢层进行独立测量而与介质的导电性能无关。

除了对结垢层检测之外，ABB与德国和瑞典用户合作，成功增强了用于测量电导率和检测气泡的流量计平台功能。

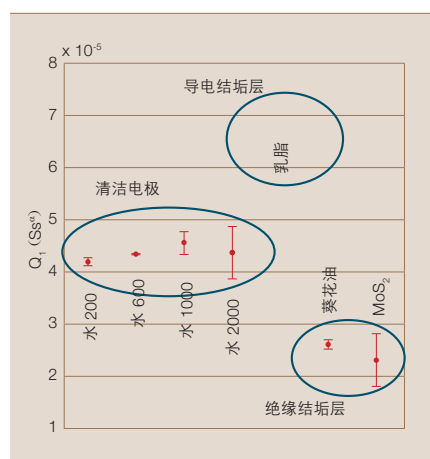
### 不受振动影响的涡街流量计

涡街流量计成功应用于工业流量的测量已有近30年，直到今天，它的应用范围仍在继续扩大。

**ABB的流量计平台成功地增强了测量电导率和检测气泡的功能。**

这种类型流量计的工作原理如图9所示。当流体经流管道，在通过阻流体时，产生的漩涡直接碰到安装

8 基于物理模型装置的结垢层检测





在阻流体后面的桨形检测元件。该元件中安装的压电传感器检测漩涡引起的振动。其振荡频率与流速成正比。

## 为了确保增强抗噪音干扰功能，ABB的涡街流量计配置了第二个压电传感器。

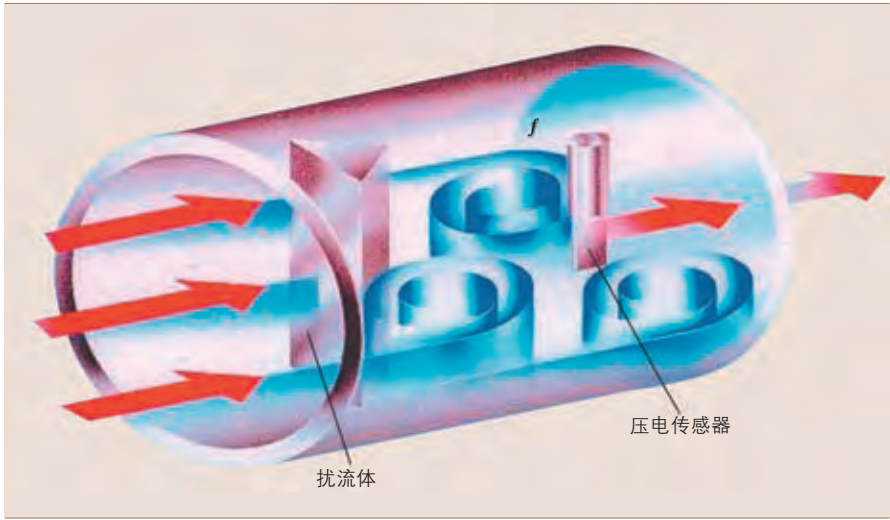
由于传感器以频率测量为基础，诸如脉动和振动等干扰因素（来自工作于涡街流量计周围的旋转机械）会对仪器性能产生重大影响。为了解决这一问题，ABB评估了涡街和旋进流量计的计算方法和信号处理概念。

在正常情况下或在没有重大噪音时，压电传感器的频谱输出包含一个对应于涡街频率的峰值。在振动状态下，频谱会显现出大振幅的其他峰值（见图10）。在左侧图表中，压电信号表示出由流动引起的11 Hz的一个峰值。频率为30 Hz的扰动峰值由振动造成，几乎相当于流动频率三倍。这些类型的效应在流量速率低的情况下特别重要，因为这时由涡流引起的桨形检测元件的振荡振幅很小。仅采用“噪音”过滤，不可能解决这个问题。

为了确保增强抗噪音干扰能力，ABB的涡街流量计在流量管外面安装了

第二压电传感器，这个传感器只对干扰敏感。当振动处于相同频率时，选用的振动补偿算法能够去除振动峰值，而不会抑制流量峰值。请参阅图10，在没有振动补偿算法的状态下，算法对30 Hz的输出将是错误的。右侧图表表示经过振动补偿之后的信号，振动峰值完全被去除，而主要峰值被完整保留。

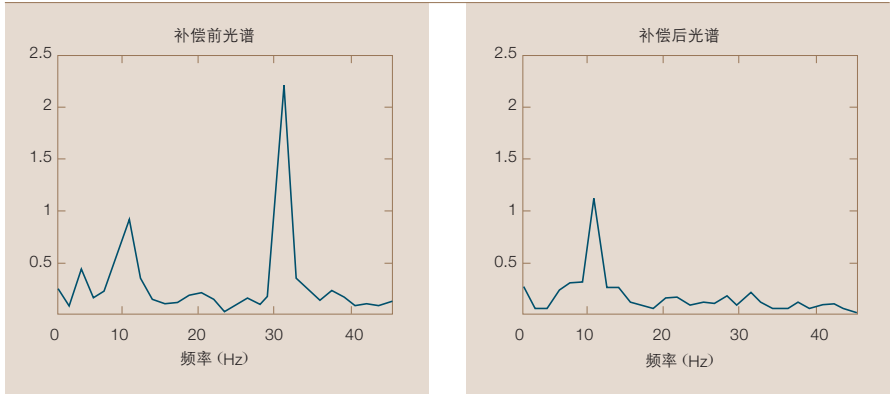
9 涡街测量原理



**Andrea Andenna**  
**Daniel Schrag**  
 ABB 研究中心  
 瑞士 Baden-Dättwil  
 andrea.andenna@ch.abb.com  
 daniel.schrag@ch.abb.com

**Armin Gasch**  
**Paul Szász**  
 ABB 研究中心  
 德国拉登堡  
 armin.gasch@de.abb.com  
 paul.szasz@de.abb.com

10 振动补偿算法的效果



**参考文献:**

- [1] Gebhardt, J., Müller, P. O. 《ABB 评论》1/2006, “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” 68~73。
- [2] NAMUR, VDI/VDE (GMA) (2006). Final Report Technology-Roadmap Process-Sensors 2005~2015。
- [3] Riegler, P. (2002). Pitfalls of Advanced Data Analysis for Soft Sensors. 11. ITG/GMA-Fachtagung Sensoren und Mess-Systeme, Ludwigsburg, 63~66。

**延伸阅读:**  
 Keeping, S., Volonterio, E., Keech, R., Johnston, G., Andenna, A. 《ABB 评论》4/2007, “信号的强化” 12~17。

# 提高洁净度

通过对副产品和排污物的处理和回收利用，减少各种浪费

Jean-Marie Hermant



工厂老板总想寻找一种优化生产的方法，以保证生产工艺的可靠性并减少成本。从供应商的角度来看，所谓好的工程技术，既能预见客户对设备和解决方案未来的发展要求，又能满足未来经济和法规的发展要求。

Cellier Activity是为造纸、润滑剂、油漆和专用化学品工业提供成套自动化装置的一家公司。然而多年来，这些工业所造成的污染引起了人们特别的关注。现在的环保问题意味着必须采用新技术，以便大幅降低排放物中有害物质的浓度。Cellier提供的许多工艺解决方案旨在帮助解决这些问题。



Cellier Activity 公司位于法国阿尔卑斯山脉富有田园风光的 Aix-Les-Bains。从 2000 年起，它成为 ABB 法国公司的一部分。Cellier 公司在世界造纸工业的表面涂料制备行业中已有 50 多年的经验（见资料库<sup>1</sup>）。除了提供交钥匙工程的成套生产设备之外，公司还以单机或配套工艺设备的形式为化学品管理、原材料储存、粉料输送、分配、热炼、混合、过滤、管道清洗系统和成套工艺监控系统，提供创新的解决方案。此外，公司还为纸张、纸板和印相纸生产线及脱墨生产线、润滑油混合设备、油脂生产设备、装饰品和工业油漆及其它树脂和粘结剂等一类的专用化学品生产设备提供设计、工程建设、采购和调试服务。

## 据估计，由于缺水将影响全世界约四成的人口，因此需要更加有效地保存、循环使用和保护水资源。

Cellier 还提供就地清洗（CIP）技术、过滤和清管系统等创新型解决方案，用于帮助客户减少并回收利用各种副产品与排污物，进而减少废物排放。

### 营造更清洁的环境

企业必须降低工艺流程中产生排污物的原因有很多，但其中最重要的只有两个：即珍贵资源的日趋减少和必须符合强制性的法规要求。

据估计，缺水已影响到全世界约四成的人口<sup>1)</sup>，由于人口的不断增加、城市化程度的不断提高，以及民用和工业用水量大幅走高，人类生存环境日趋恶化。因此，每一个人，

特别是生产企业，都必须承担起更加有效地保存、循环利用和保护水资源的责任。

首先，生产企业从减少“基本用水”做起（例如减少自来水消耗），可以重复使用再生水代替常用的自来水。此外，还可以对回收的原材料或副产品进行再生处理。

## 越来越严峻的环境挑战和未来的法规要求促使越来越多消费者关心生态环境。

REACH（化学品的注册、评估和授权）和 IPPC（综合污染防治制度）这两项欧盟法规包含了保护环境和人类健康所应采取的措施。当然经济因素也非常重要，工厂可利用处理装置以减少水和化学品的消耗量。

越来越严峻的环境挑战和未来的法规要求<sup>2)</sup>促使越来越多消费者关心生态环境。凡是预见未来发生变化的公司从长期来看一定能够节约时间和资金，并提高他们的整体利润率。改进操作性能与提高环境性能保持一致，这有利于提升企业形象，扩大竞争优势和提高风险管理能力。

为了帮助企业实现改进操作性能和环境性能的目标，Cellier 公司提供的创新工艺增值解决方案，可达到以下目的：

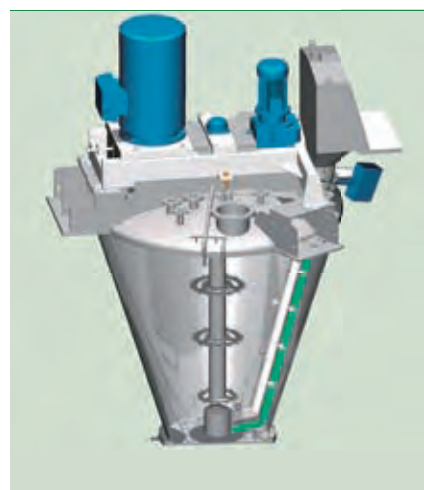
■ 减少消耗，优化资源

■ 优化工艺和生产能力：采用封闭式操作方法；提高利用率；减少维护

工作量——尽可能减少操作人员的干预；减少循环作业时间<sup>3)</sup>。

■ 提高设备的清洁度（通过合理调度同类产品批量生产，采用高压清洗作业，以及废水的循环利用等措施），采用 CIP 就地清洗技术，

1 (CIP) Delicel 就地清洗设备



资料库<sup>1</sup> Cellier Activity 公司简介

Cellier 公司创建于 1950 年，最初从事不锈钢容器的制造。后来，该公司逐渐地将其专业有技术应用于造纸工业，为 Grenoble 地区的造纸厂提供搅拌机、槽罐和管道。上世纪 70 年代，该公司在英国、德国、美国和巴西开设了子公司。80 年代末，Cellier 公司已被公认为世界造纸工业的领先企业，为市场可提供化工备料设备以及所谓的“涂料套”，市场占有率达 65 %。现在，该公司的专有利技术应用已扩展至其它各个行业，例如润滑剂和添加剂的混合配比、涂料、清漆、树脂及其它专用化工品的生产。

如果某一公司需要提高生产能力、改变生产工艺、提高产品质量或减少产品损耗和降低排污废弃物，Cellier 公司可以向他们提供最佳的解决方案。不仅如此，公司还可以为希望改造他们工厂的企业，提供适合他们需要的并具有最新技术的装置。

#### 脚注：

<sup>1)</sup> www.who.int (摘自 2008 年 12 月份检索)

<sup>2)</sup> 提高安全性、改善工作条件以及提高对环境保护的责任感。

<sup>3)</sup> 通过提高高效反应器的产量，降低清洗管道时间，达到减少生产周期的目的。

## 提高生产率的解决方案

实现自动化操作。

- 对所使用和生产的成分、需求和数量进行记录、测量和管理，就能够很容易地控制生产过程。此外，Cellier的解决方案通过确保安全操作（即减少手工作业）和系统的连贯性（即可追溯性）保证了配方的精度和工艺的重复精度。
- 利用浓缩或分离固体物质的方法来减少和回收污水，并可将处理后的清洁污水再用于工艺过程并用作冲洗介质，或者作为公益用水甚至“配方”成份。

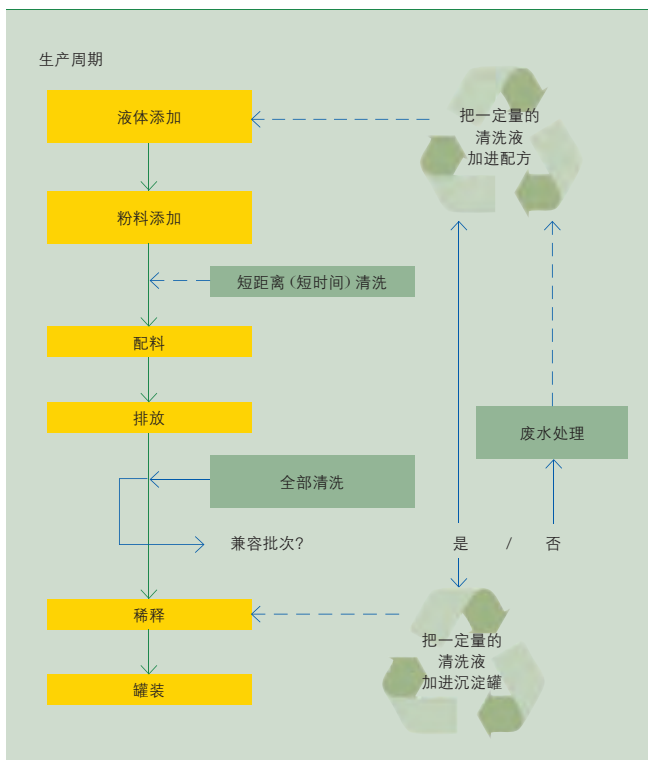
### CIP 技术

CIP 是用于减少污水和控制污水产生最好的现成技术。

### CIP 技术适合于清洗工艺槽罐、管道和相关设备的内表面，清洗时无需拆解这些装置

CIP 技术主要用于清洗工艺槽罐、管道和相关设备的内表面，清洗时不需要拆解这些装置。清洗作业可以重复进行，其清洗的速度很快，只需要少量的工作人员。这些技术可应用于多品种多批量的生产设备，以及要求频繁清洗的生产设备。

2 CIP Delicel 就地清洗设备的生产周期



由于 CIP 是一种自动化操作技术，因此可以优化清洗剂的使用量。最重要的是可使生产设备更加清洁。在现有的不同 CIP 解决方案中，Cellier 公司建议采用新型混合和输送清洗系统。

### 混合配比解决方案：

#### 采用 CIP Delicel 装置

CIP Delicel (见图 1) 装置是一个分散效率高的自动化清洗系统，使清洗液能够迅速扩散至整个槽罐的高度上，并进行快速循环，适合于清洗经常变化的批量生产设备。通过

分布在周边搅拌臂上的高压喷嘴来保证其清洗的质量。自动清洗的顺序与工艺过程相适应，清洗水的用量可以自动控制。

涂料生产设备的典型清洗工艺如下：

- 首先通过清洗喷嘴向涂料罐壁上喷水，把残留在罐壁上的粉末清除掉，并随着 CIP Delicel 内的液体回流到沉淀罐中。
- 接着（通过一个自清洗过程）清洗 CIP Delicel 装置，清洗液回流到沉淀罐中。
- 再把清洗液进行稀释（或作最后处理<sup>4)</sup>），将其储存在沉淀罐内。

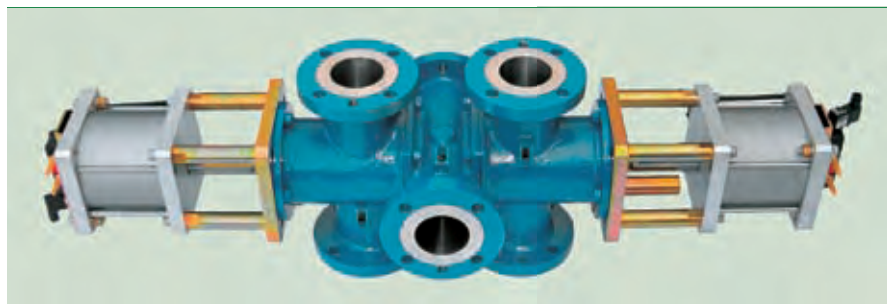
采用 CIP Delicel 装置的好处很多。首先，可使排污量减少 90%，其中部分或全部清洗水可再次利用。清洗操作可自动执行，清洗液用量可以自动控制，无需操作人员干预。此外，采用此技术可使清洗时间减少 50%。CIP Delicel 装置中的清洗液会很快排空，并进行自清洗，以便再一次用于清洗作业。稀释作业不单独占用时间，而在回流沉淀罐内同时进行。

根据批量的相容性来组织生产，再加上对清洗介质的用量、清洗时间和清洗质量的控制，可以进一步优化清洗效率（见图 2）。

### 管道清理解决方案

转运作业也会产生排污物。在所有

3 H 型阀



脚注：

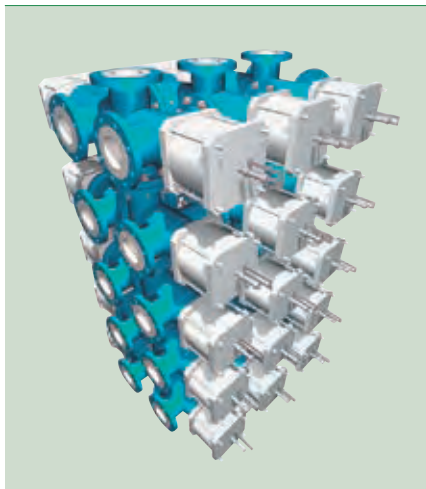
<sup>4)</sup> 完成阶段获得的产品最终浓度水平低于最初水平。



## 提高生产率的解决方案

工业中，大量的不同产品必须通过管道运送，不管这些产品是否彼此相容。但在管道转运另一种产品之前，都必须要把管道全面清空并进行清洗，这就需要管道清理技术。该技术由管道内可移动的塞子（通常被称为“清管塞”）组成。清管塞可以隔离和清空管道。正常情况下，被转运产品的材料回收率为100%，而且，管道中两个清管塞之间有一个较小的空间容积置换，可以使清洗液用于清洗管道，而清洗液的用量也可尽量减少。

4 由15个H型阀门组成的一个模块



清管技术符合安全和环保的要求。例如，转运回路是封闭的，可减少和回收废弃物，这一技术的另一优点在于可在同一管路中连续运送不同的产品。事实上，生铁管道可成为一种真正的处理工具，它可改变运送产品和计量产品，而不会产生交叉污染，并可利用隐性时间，而不占用随配料或转运操作的时间。这反过来又会进一步提高工作车间的灵活性，拥有更高的模块化特性，这既可以简化管道的网络，又便于管道的延长，因而会进一步提高工作车间的灵活性与调节性，还有利于进一步优化槽罐、灌装机设备的配置。

Cellier公司已经开发了一系列的清管元件，其中包括清管器发送和接收站、分配阀、十字阀和所谓的H型阀门（见图3）。一般来说，这些元件安装在三条管道的交汇点上，形成一个互相交连的网络（见图4），管道的直径可以各不相同。它们按照矩阵的原理组装，从而可以使几个进、出口点相互连接。由于它们都采用自动化控制，因此管道清理系统

比较安全，并大大增强了它们的反应能力和可靠性（见图5 6）。

### 倾注桶（DDU）

手工倾注操作不仅会增加液体外溢和发生事故的风险，更主要的缺点是缺乏操作精度和产品配方的可追溯性。

Cellier公司的倾注桶（DDU）主要用于运送装在桶内的液体添加剂，但不会引起外溢（见图7）。它可计量倾注于桶中的产品，冲洗清空后的桶和转运管道，以及回收冲洗产品，并将其作为一种配方元素列入配方之中。除此之外，DDU设备还可与工厂的控制系统连接，用于配方管理和制订生产操作计划。

**CIP Delicel 设备可使排污量减少 90 %，其中部分或全部清洗用水还可再次回收利用。**

DDU设备可实现：

- 如果由配方经理控制，其配比精度很高，可靠性也很好

5 安装在中国石化工厂中的可清理歧管



6 安装在哥伦比亚 Pintuco 涂料生产厂中可清理的管道



## 提高生产率的解决方案

7 倾注桶设备 (DDU)



在法国 Albi 的一套 Dyrup 生产设备，可用于生产木材加工处理产品，自 1990 年以来，已经使溶剂耗量降低了 60 %



- 操作追溯性好。操作员可从与工厂控制系统连接的终端界面上接收特定的指令，帮助他登记注册所倾注的产品。因此可以更加容易进行存量 (容积) 管理和库存控制
- 安全、清洁和舒适的操作
- 高价值产品的回收和清洗后倾注桶的再利用

- 将清洗产品再次引入到配方中使用
- 易于维修。

### 过滤桶装置——过滤解决方案

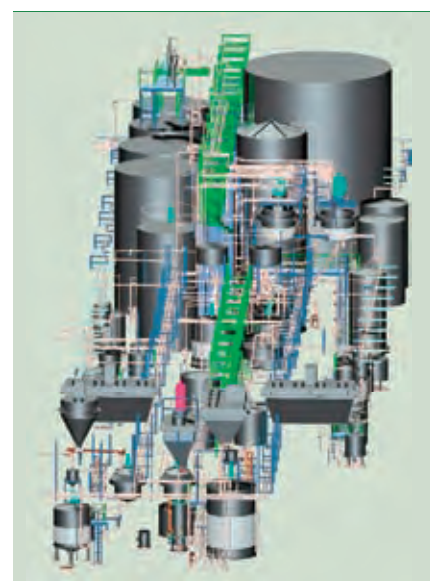
过滤桶装置是一种管道中使用的压力式过滤器，其滤网的网目尺寸为  $50\mu\text{m}$  至  $500\mu\text{m}$  (见图 8)。它可自动地分离、浓缩和清除污染杂质，因此可保证获得优质的最终产品。过滤桶装置是一种自清洗设施，在过滤桶上有个旋转式坡道，通过刮板可以结合高压清洗技术进行连续清淤。它既可以安装在一个过滤点上，也可以安装在循环线路上。过滤装置可应用于高粘度产品或含有固体的产品，也可以使用在造纸工业中的颜料过滤以及油漆、树脂和胶水生产中 (见图 9)。

**倾注桶 (DDU) 在转运储存桶和槽罐中的液态添加剂时，不会外溢。**

采用过滤桶装置具有以下优点：

- 清洗液的消耗量减少了 50%，主要有以下两个原因：采用刮板可以

Cellier 公司为造纸工业提供的典型化学配方设备三维视图



安装在 Blanchon Syntilor 工厂 (法国) 的配送装置



8 过滤桶装置





# 提高生产率的解决方案

进行连续清洗和对过滤桶进行高压清洗，从而提高清洗效率

- 在短期排放中，由于对污染物采取了浓缩和自动排放措施，使排污量和产品损失降至最低
- 像清洗和排放等所有的功能都可以按照工艺需要实现自动不间断运转
- 减少了维护工作量。由于清洗是自动的，因此金属过滤桶无需拆解。

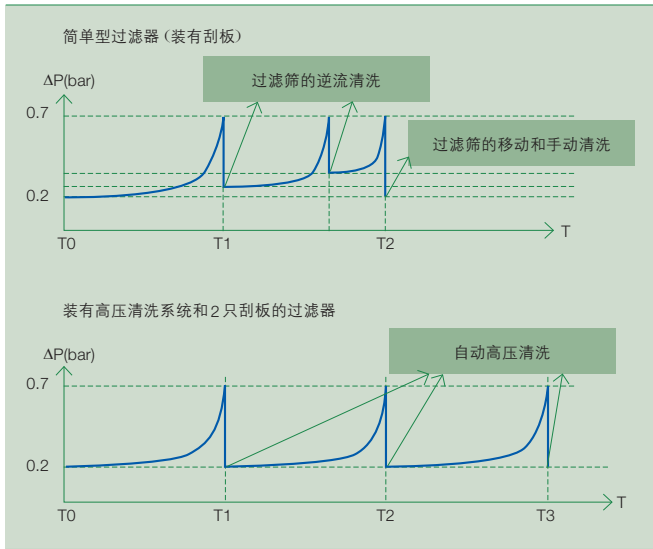
采用过滤装置降低了下游过滤器的堵塞次数，并减少了由于下游设备污染所造成的损坏。

**过滤桶装置是用于管道中的一种压力过滤器，它可以自动地分离、浓缩和清除污染杂质。**

## 成套自动化装置

在减少废物的过程中，应把自动化装置中可能发生的故障考虑在内，例如像槽罐溢流、软管连接不良、

图 9 过滤桶装置的性能曲线：经过一批又一批的过滤，其过滤效率始终保持不变



泵泄漏等，这些事故将会导致环境污染。一般而言，自动化是降低或甚至消除人为错误或工艺故障风险的最有效方法。它能提供稳定的工艺管理和监控、应急状态的模式、组织化的措施、操作人员的安全知识、安全装置和安全连锁机构。

减少废物主要依赖于简单和重复的工艺以及严格的相应措施。自动化

系统规定的键环境性能指标 (KPI) 具有很大的好处 (见 资料库2)。

Cellier Activity 公司不断开发出创新型工艺解决方案。泰国的一家涂料生产厂决定改善他们的操作和环境性能，最近安装了 11 套 CIP Delicels 设备。法国一家涂料工厂将 CIP Delicels 清洗工艺列入他们的质量标准。这些成功的应用实例表明，工厂的老板们对采用环境友好型技术越来越感兴趣，他们正在执行一项真正的用水

管理计划，以降低水和溶剂的消耗并减少废物，同时通过降低生产成本，进一步提高经济效益。

**资料库2** 执行简单的重复工艺和环境关键性能指标 (KPI) 所规定的降低废物措施具有以下优点

- 可以控制材料的流动，因为产品及它们所使用的容器都经过确认、注册和本地化处理。
- 可以控制批次、数量和运行状态（即某一个批次中的某种成份及批次应有的状态）。
- 把清洗作业融入到生产工序中。
- 控制或限制（管道）清洗作业次数。
- 废物的浓缩处理（经过预稀释、高压清洗和过滤等）。
- 正确周密地安排生产，降低清洗作业的次数。
- 根据产品的兼容性对产品进行分类。
- 跟踪设备状态（根据其清洁度以及产品的最后名称）。
- 对验证过的重复程序实行标准化，可尽量降低事故风险和减少操作人员的错误。
- 记录人工或半人工处理过程。
- 计量和管理废物。系统可评估任何提高性能的可能性，减少废物总量，并再次利用。
- 利用 ABB 的分析解决方案进行废物分析。
- 具有较高的可追溯性，其中包括所有相关的信息、对总量和成份的计量以及相关的历史信息。

**Jean-Marie Hermant**  
ABB 过程自动化业务  
法国 Aix-les-Bains, Savoie  
jean-marie.hermant@fr.abb.com

# 结构紧凑 性能可靠

几十年的受益：52 kV 至 1,100 kV 的气体绝缘组合电器（GIS）

Lothar Heinemann, Franz Besold

开发复杂的技术需要几十年经验的积累。多年来，ABB 开发了一系列 52 kV 至 1100 kV 电压等级的气体绝缘组合电器。以市场为导向，持续不断的开发创新，使 ABB 成为 GIS 领域的领导厂商。由于不断采用先进的创新技术，ABB 已能提供结构紧凑、形式多样、安全可靠、性能良好的气体绝缘组合电器，从而满足了市场和客户的要求。





**安**全、可靠的供电依赖于断路器保护，当电网发生短路时，断路器可以保护我们电网的安全，使其安全、可靠地供电。安装在电厂和变电站的断路器，传统上都采用空气绝缘。根据不同的额定值，空气绝缘组合电器(AIS)的各个带电功能部件和接地之间至少须保持几十米的距离，因此，安装这类设施时，需要较大的占地面积。GIS则可以替代AIS，从而保证断路器在有限空间内安全运行。使用GIS的变电站面积，一般只有普通AIS变电站面积的十分之一[1]。

**以市场为导向的产品开发，加之强大的竞争优势和创新能力，使ABB GIS产品和服务获得了世界公认。**

全球很多著名的制造商都在生产GIS产品，其中不乏拥有几十年生产技术的公司。另外，还有一些新近才开始生产GIS产品的企业，现在也成为开关市场，特别是低压开关设备市场上的竞争者。

初看起来，参与竞争的GIS产品在外形上差别不大。但通过深入比较就可发现，由于经过多年的技术改进和产品开发创新，专业GIS制造商生产的产品具有明显优势(见 **资料库 D**)。

建立和保持GIS技术强大的竞争优势，需要一批高素质的研发队伍，能够针对技术、工艺和工程设计领域出现的各种难题，进行持续不断的研发。以市场为导向的产品开发，加之强大的竞争优势和创新能力，使ABB GIS产品和服务获得了世界公认。

**多年的技术改造和产品开发及创新使ABB在GIS领域保持优势。**

为了攻克GIS产品开发中遇到的技术难题，必须投入巨大的研发资金，以保证新材料、新系统及其相关的工程技术应用在新产品中。唯有这样的创新才能开发出可靠的新技术，并成为技术创新领域中新的里程碑[4、5、6]。

GIS技术起源于1936年，当时在美国展出了一套额定值为33 kV的氟利昂GIS产品。上世纪50年代中期，发现了六氟化硫(SF<sub>6</sub>)气体具有很好的绝缘性能和灭弧特性。60年代中期，经过充分开发的GIS技术具备商业价值，开始进入市场，并很快显示出巨大的市场前景。

通过多年来不断地创新和发展，ABB已开发出额定值从52 kV至

1,100 kV的一系列GIS产品。在此期间，ABB取得了多项技术突破，并获得了专利，有效保护了ABB的知识产权[7、8、9]。

**ABB提供了一系列结构紧凑、形式多样和安全可靠的高性能GIS产品，从而满足了市场和客户的要求。**

ABB近期提供的GIS产品主要分为两大类型：额定值170 kV以下的GIS产品(见图1)，几乎全部采用三相共箱设计；而额定值170 kV以上的GIS产品(见图2)，大部分采用单相分箱设计。

**二次输电变电站使用的GIS设备(<170kV)**

起初，密封式组合电器配备少油断路器的密封式组合开关，到上世纪60年代末，则被使用SF<sub>6</sub>绝缘气体

#### 资料库 下列技术要求对GIS的发展起着重要作用

- 模块部件的实用性设计，可以通过对模块进行不同的方式组装，以满足客户因安装空间和费用受到限制而提出的一些要求
- 提供一种安全灵活的系统：设备的所有功能部件在高压条件下(例如包括灭弧室、隔离开关、接地开关以及快速接地开关等)都必须能够随着操作机构有效互动
- 各种零部件应具有可追溯性和一致性，应提供全套的型式测试证书，按照国际标准，这些证书最好由独立的电力实验室提供[2,3]
- 设备(其中包括客户选用的特定电缆连接和数字控制技术)都应满足变电站自动化要求；在控制技术方面，每一台GIS应能够与客户的变电站和控制中心实现远距离连接
- 制造商在客户的订货处理、项目管理、工程设计、质量控制、材料采购、实地生产以及在工厂和现场的组装方面应具有有良好的能力，其中包括提供全套的技术资料 and 文件
- 制造商应具有全球化的技术服务体系，有一支快速反应和培训有素的专业队伍；能够对设备提供维修保养服务，更换各个变电站的单个元件或模块，并能用新的技术来更新老的变电站
- 制造商应保留一支高水平的技术开发队伍，既有富于创新精神的年轻力量，又有经验丰富的技术骨干

永远的开拓先锋

的设备所代替。这种类型的第一套 GIS 是 EBK-01 型，其额定电压为 123 kV，额定短路电流为 31.5 kA，运行额定电流为 2,000 A，并配有一套易于操作的卧式双压式断路器。1969 年投放市场时，这款 GIS 就已装有三相共箱母线模块组件。ABB 提供的第一批系列单元（间隔），至今几乎全部运行良好。1973 年，EBK-01 型断路器被 EBK-02 型所替代，其额定电压提高到 145 kV、额定短路电流为 31.5 kA，运行额定电流为 2,500 A。

1978 年 ELK-01 型 GIS 的推出，是一个新的重要的里程碑。这便是世界上首款完全三相共箱设计的开关设备（145 kV，31.5 kA，2,500 A），配备易于维护的立式单压式，采用气吹灭弧技术的断路器。1980 年，其替代产品 ELK-02 型投放市场。与

上一代产品明显地不同的，这款产品采用了改进后的模块式设计。

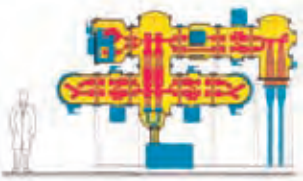
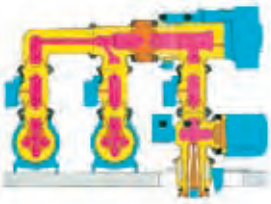
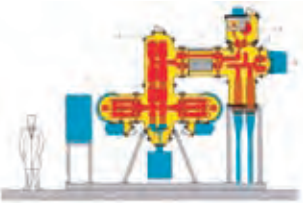
ABB 的 ELK-03 型 GIS 提高了额定值，隔离开关与接地开关共用一个气室，采用液压弹簧机构运行断路器。

到目前为止，所有各种型号的开关设备都把隔离开关和接地开关安装在单独的隔离室内，断路器上配有液压操作机构。1986 年推出的 ELK-03 型 GIS 产品（170 kV，40 kA，3,150 A），不仅提高了其额定值，而且隔离开关和接地开关共用一个气室，并采用液压弹簧机构运行断路器。两年后，ELK-03 型又做了进一步改进，采用了自能式灭弧技术，从而减少操作时所需的能量。这一创新使额定值低于 170 kV 的 GIS 产品都配置有自能式断路器。

1992 年，公司又推出了 ELK-04 型 GIS（额定值分别为：70 kV，40 kA 和 3,150 A）。特点是体积更小，由于全新设计了母线与馈线模块之间的连接方式，产品的结构尺寸空前缩小，整套设备可以安装在一个标准的工业用集装箱内。尽管该产品已进入市场多年，但即使到了今天 ELK-04 型产品仍属于 170 kV 类型系列产品中结构最为小巧的设备。

现在这类 GIS 的额定功率又有了进一步的提高，但仍然保持了结构小巧的设计特点。1997 年，该产品的额定值达到了 170 kV，50 kA 和 3,150 A。2002 年，其额定值又提高到了 145 kV，63 kA 和 4,000 A。该类产品中的断路器也都采用了自能式技术和液压弹簧操作机构（见图 3）。

1 电压低于 170 kV 变电站 GIS 的发展历史（回顾）

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ELK-01/02                                                                           |                                                                                     | EXK-0（目前组合方式）                                                                                    |
|  |                                                                                     |             |
| 1978 – ELK-01，全面三相共箱<br>1980 – ELK-02，模块设计                                          |                                                                                     | 1996 – 额定值为 123 kV，2,500 A，40 kA<br>2003 – 额定值提高到 145 kV，2,500 A<br>2005 – 额定值提高到 145 kV，3,150 A |
| EBK-0                                                                               | ELK-03                                                                              | ELK-04（目前组合方式）                                                                                   |
|  |  |             |
| 1969 – 母线，三相共箱<br>1973 – 额定值提高到 145 kV，2,500 A                                      | 1986 – 额定值为 170 kV，40 kA<br>1988 – 配置自能式断流器                                         | 1992 – 额定值为 170 kV，3,150 A，40 kA<br>1997 – 额定值提高到 50 kA，3,150 A<br>2002 – 额定值提高到 63 kA，4,000 A   |



1996年，为了满足较低额定值（123 kV，40 kV和2,500 A）的要求，开发了另外一种EXK-0型GIS。2003年，额定值提高到了145 kV，40 kA和2,500 A；2005年，其额定值再一次提高到了145 kV，40 kA和3,150 A。

### ELK-04型GIS进入市场15年以来，始终是170kV等级中结构最为紧凑的产品之一。

由于GIS类型和产品的不断开发，要求各个产品能独立满足不同客户的需要，这就促使这些产品进一步发展，成为一个高度标准化的模块化结构系统。这些模块不但包括像断路器、隔离开关和接地开关这样的主要部件，也包括各种操作机构。由于两款产品极为相似，由此加快了一款新产品投放市场，即现在广为熟知的品牌ELK-04型GIS。

### 输电变电站中使用的GIS设备(>170kV)

1967年，设计开发了单相单母线ELK-1型GIS，其额定电压为245 kV，40kA和1,600A（见图2a）。同时开发的还有适用于较高电压等级的

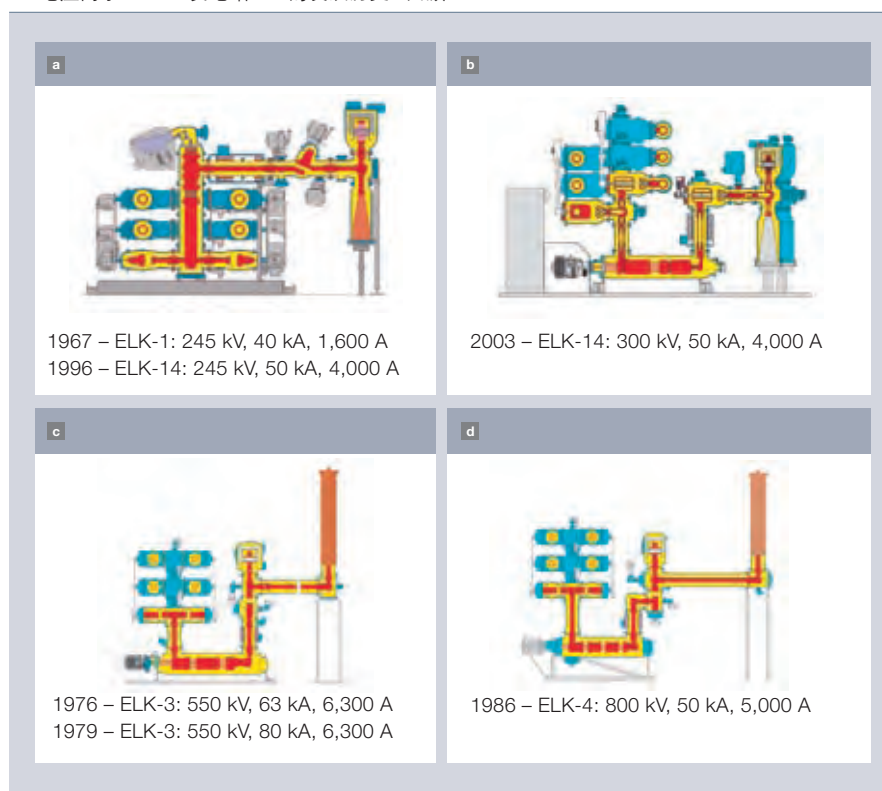
EBK型GIS。在各个断路器中都装有气吹式灭弧室，并采用独立的液压机构操作。

1976年，第一套550 kV的ELK-3型GIS进入市场。每一个断路器都带有3个灭弧断口，其额定短路电流第一次达到80 kA，运行电流达到6,300 A（见图2c）。这类断路器采用

立式安装，配有液压操作机构和合闸电阻。

1979年，ELK-3型GIS第一次应用于加拿大的变电站。这也是在恶劣气候条件下工作的第一套GIS。由于这套产品是为了满足客户的特殊需求，因此在开发过程中给予了特别的关注，不但要保证它能够在较高

2 电压高于170 kV变电站GIS的发展历史（回顾）



3 在西班牙（马略卡岛）装有ELK-04型GIS的典型变电站 a 及在美国（加利福尼亚州）的AIS被更换成ELK-04型GIS设备 b



## 永远的开拓先锋

的额定负荷条件下工作，还要满足零度以下正常工作的要求。

### ABB 的 ELK-3 型 GIS 已安装在巴西的依泰普 (Itaipu) 水电站，运行 20 多年后，仍在继续工作，保证电能输送的畅通。

1981 年，ABB 在巴西的依泰普 (Itaipu) 水电站建成了世界上最大的一个 GIS 变电站，其中安装了含有 51 个间隔的 ELK-3 型 GIS，额定电压为 550 kV，63 kA 和 4000 A。每个断路器采用立式安装，并配备有独立液压操作机构的双断口灭弧室。这套 GIS 在运行 20 多年后仍在继续工作，保证了巴西和巴拉圭电网的畅通供电。在这里，人们所面临的挑战是如何设计和安装性能可靠，并能与 50 Hz 和 60 Hz 的频率互相兼容的复杂变电站。对各种元件的设计要求如下：如有需要，这些元件能很容易地进行互换。

由于提高了更高的输电电压要求，因而进一步开发出 ELK-4 型 GIS，额定值达到 800 kV，50 kA 和 5,000 A (见图 2d)。这一型号的产品仍保留

了结构小巧的设计特点，不仅使变电站的安装面积减少，而且使工作电压进一步提高。每个断路器采用立式安装，并配有 4 个断口及合闸电阻的灭弧室。这一新产品于 1986 年推向市场，首先安装于海拔 1,000 多米高的南非变电站。

1996 年，以 ELK-1 型 GIS 作为蓝图，开发了 ELK-14 型 GIS (见图 2a)。其额定值为 245 kV，50 kA 和 4,000 A。灭弧室为自能式结构，由液压机构操作。由于这是第一次将自能式原理应用于 170 kV 以上的电压领域，因而意义非凡。几年后，ELK-14 型 GIS 的技术改进获得成功，其额定值提高到 300 kV，50 kA 和 4,000 A (见图 2b)。值得一提的是，此款 GIS 的隔离开关和接地开关模块安装在同一气室内。

2003 年初，ABB 在中国三峡水电站安装了一套 550 kV 的变电站 (额定值为 550 kV，63 kA 和 4,000 A) (见图 4)，这是目前世界上最大的输电用 GIS 变电站。这个共有 73 个间隔的 GIS 变电站在 2008 年秋投入运行前，必须解决技术和物流方面所

面临的挑战 (见图 5)。在这套变电站中，断路器采用水平式安装，配置 HMB 型液压弹簧操作机构 (见图 6)。其结构十分紧凑，因而使整个变电站能够安装在混凝土大坝的顶部。

### 应用于超高压领域的 ABB ELK-5 型 GIS，额定值达到了 1,100 kV，63 kA 和 6,000 A，是目前使用电压等级最高、结构最紧凑的 GIS。

ABB 所面临的最新挑战是应用于超高压领域的 ELK-5 型 GIS，其额定值达到 1,100 kV，63 kA 和 6,000 A。这是目前使用电压等级最高、结构最紧凑的 GIS [8]。其设计采用了 4 断口串联方式连接的灭弧室，水平安装，并配有并联合闸电阻 (见图 7)。

#### 模块化特性和供货范围

今天，不管涉及什么电压等级，所有类型的开关设备都采用了高度标准化的模块化设计方法。只需少量模块就能满足众多的技术要求。这种设计方法不但适用于像断路器、

4 中国的三峡水电站



5 安装在中国三峡水电站大坝上，配有 GIS 设备的一个 550 kV 变电站 (额定值为 550 kV，63 kA，4,000 A)





隔离开关和接地开关那样的主要部件，也适用于它们的操作机构。

现有的 GIS 类设备都配有液压弹簧断路器操作机构，并采用模块式设计，可适应不同的灭弧室的速度曲线，特别是可降低开关运动到末端的速度。因此，开关操作对灭弧室的机械冲击力很小。在碟形弹簧中所储存的能量不会受到由相关标准规定的 O-0.3s-CO（分-0.3秒-合分操作）开关操作顺序的限制，实际上它所提供的能量甚至能适应更复杂的操作，例如 O-0.3s-CO-0.3s-CO 的开关操作顺序，而且不需要再次补充能量。这种特点往往是阿拉伯和美洲市场所需要的。况且，采用各种类型的操作机构，可以实现及时的、精确的、可调整的、机械独立的单极操作，另外，还具备对开关操作进行控制的优点。

除了主要技术，以及模块式设计和协调的操作机构之外，目前市场上

还出现了最新一代数字式控制装置[10]，它能满足 IEC-61850 通讯协议的要求，为客户提供了对整套开关设备的全面诊断和监控系统。该系统可应用于不同类型的开关设备，还可附加到传统开关设备上。具有开放式结构的特点，因此也有利于设备今后的更新改造。

**尽管新型 GIS 具有较高的额定电压，但多年来，ABB 已大幅降低了 GIS 中的 SF<sub>6</sub> 气体使用量。**

#### 环保问题

GIS 开关技术的设计变化和改革创新旨在满足市场的要求，同时应对其不断变化的标准，以及减少该技术对环境所造成的不利影响。在生产过程中尽量减少使用具有潜在危害的零部件，否则产品报废时很难处理。此外，生产过程中还要考虑产品设计，使用更少的原材料，

消耗更少的能源。为了达到京都议定书（1997）所制订的目标，减少温室气体排放量，努力降低每一 GIS 组件的 SF<sub>6</sub> 气体用量，从而降低全套设备的 SF<sub>6</sub> 的使用总量。

自 GIS 开发以来，降低 SF<sub>6</sub> 用量一直是开发每种新型设备的首要目标（见图 8）。与前几代产品相比，最新型的 GIS 使用的 SF<sub>6</sub> 已经降低了 40%。值得注意的是，尽管新型设备的额定电压达到了更高的水平，但 SF<sub>6</sub> 气体的使用量却大幅降低。如果额定电压保持不变的话，SF<sub>6</sub> 用量的降低幅度就更大。

#### 市场发展趋势

从一级技术和二级技术来看，所有 GIS 产品都具有高度标准化和功能集成化的特点。实现模块化的设计便可根据市场对额定值的要求范围，保证各种产品都能满足客户要求。

6 HMB 型液压—机械式操作机构



7 安装在中国荆门 1,100 kV 的 GIS 变电站



## 永远的开拓先锋

目前 GIS 全球市场，可分为三大主要应用领域和三种客户类型。

### 变电站开关设备的扩展或更换

在人口密集的传统工业市区中心，以及在百万人口以上的世界大都市中，往往需要在当地建设变电站以满足大用电量的需求。在这些地区地产价格很高，采用 AIS 开关设备需要占用大量相当昂贵的土地面积。因此设计小巧紧凑的 GIS 就具有更大的吸引力。

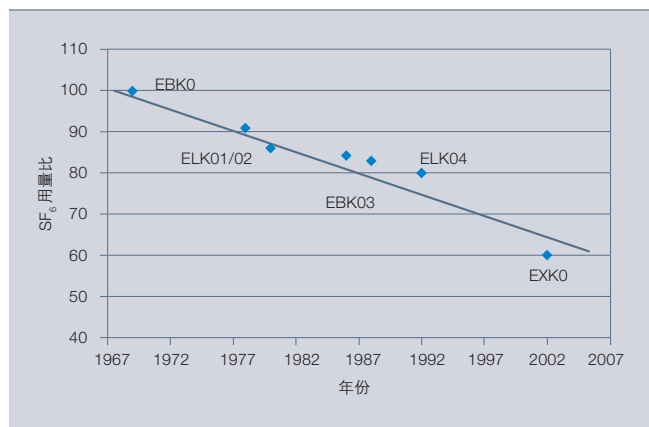
人口密集地区，用电需求不断上升对于世界上人口密集的地区而言，往往要求采用较高的额定电压和短路电流，以及较高的运行电流 [11, 12]。市中心人口越多，用电消耗就越大。这就需要采用有效的输电方法以减少损耗、增加隐蔽性和提高安全性。通过电缆线高压送电，当然能够提高送电效率。但高压 (HV) 电在终端用户附近还必须用变压器来降低电压。因而在人口密集的市中心地区，会要求电网不断增加送电能力，并要求电网输送更大的电流和具有更高的短路容量。

### 改善能源技术基础设施

在新兴工业化国家以及在主要的能源大国中，例如中东和俄罗斯，要求建设一批新的变电站，从而打造一个新的或改善现有的能源基础设施。

新开发项目的重点是进一步减少 SF<sub>6</sub> 气体的用量，并提高整个生产过程中的能效。目前全套 GIS 产品体系

■ 如图 1 中所示，在额定参数为 145 kV 和 2,500 A 的开关设备中，SF<sub>6</sub> 气体的使用量在不断降低（其中的数字按照 100 kPa 和 20°C 处理）



已经确立，因此能够全面采用现代化的生产技术（各个元件的机械加工工艺）、简化组装过程（包括在工厂和现场）以及使用标准集装箱运输。

为了满足未来市场的变化和挑战，研究以下的课题意义重大：

■ 部件模块的标准化系统有利于方便扩大现场 GIS 的容量，提高经济效益，也有利于用 GIS 模块简便替换 AIS 产品。

■ 进一步开发 GIS 技术，例如对降低高压开关灭弧室的能耗作深入的研究。

■ 将各种主要功能集成到一个模块中，以减少法兰连接的数量。

必须记住的是，几十年来的开发经验有力地推动了产品的技术进步。每当产品开发改进一次，可靠性就会提高一步，因此不论这些开关设备安装在什么地方，采用什么操作方法，其利用率都将得到大幅度提高。对于客户而言，ABB 的经验主要体现

在降低运行成本和提高产品的可靠性。

#### Lothar Heinemann

ABB 电力产品业务  
德国曼海姆  
lothar.heinemann@de.abb.com

#### Franz Besold

ABB 电力产品业务  
瑞士苏黎世  
franz.besold@ch.abb.com

#### 参考文献：

- [1] Zimmermann W., Osterholt A., Backes J. (2003). Comparison of GIS and AIS systems for urban supply networks, ABB brochure.
- [2] IEC 62271-203, Gas-insulated switchgear for rated voltages above 52 kV.
- [3] IEEE Std. C37 122-1993, Standard for gas-insulated substations.
- [4] Rees V., Zahn B. (1994). Characteristics and advantages of gas insulated high-voltage switchgear. ETZ, Volume 115, 22-23.
- [5] Betz T., Braun T., Peters H., Heinemann L., Rees V. (2003). Highly integrated and compact gas-insulated switchgear (GIS) for 4,000 A and 63 kA. IEEE T&D Show and Conference, Dallas, USA.
- [6] Holaus W., Stucki F. (2008). Breaking news: high-voltage switchgear to power China. ABB Review Special Report Dancing with the Dragon, 33-37.
- [7] Neumaier H., Peitz T., Probst H. EP 0 563 803. High voltage switch-board.
- [8] Neumaier H., Thomas V. EP 0 824 264. Isolating earthing switch with metal encapsulated gas isolated high voltage contacts - has a movable contact that is shifted linearly between isolating and earthing contacts.
- [9] Holaus W., Sologuren-Sanchez D., Müller L., Bruckert M. EP 1 719 225. Encapsulated, gas insulated switching installation.
- [10] Heinemann L., Glock, J. (2007). Online condition monitoring system for three phase encapsulated gas-insulated switchgears. Power Grid, Madrid.
- [11] IEEE Spectrum, Special Report Magacities, June 2008.
- [12] Nayak R.N., Sehgal Y.K., Sen S. (2007). Development of transmission system in India, impact on short circuit level. International Conference on Emerging Trends in EHV Switchgear, New Delhi, India.



## 编委会

唐维诗  
ABB 集团首席技术官

Clarissa Haller  
ABB 集团企业传播负责人

Ron Popper  
ABB 集团可持续发展事务负责人

Axel Kuhr  
ABB 集团战略客户负责人

Friedrich Pinnekamp  
《ABB 评论》主编  
friedrich.pinnekamp@ch.abb.com

Andreas Moglestue  
《ABB 评论》副主编  
andreas.moglestue@ch.abb.com

## 出版人

《ABB 评论》由 ABB 集团 R&D 和 Technology 出版。

ABB Asea Brown Boveri Ltd.  
ABB Review/REV  
瑞士苏黎世 CH-8050

《ABB 评论》每年出版四期，以英文、法文、德文、西班牙文、中文和俄文出版。

《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》，请与您最近的 ABB 办事处联系，或者上网订阅：

[www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview)。

部分印刷或复印需经认可。  
再版需经出版人书面同意。

出版人和版权 ©2008  
ABB Asea Brown Boveri Ltd.  
瑞士苏黎世

## 印刷

Vorarlberger Verlagsanstalt GmbH  
AT-6850 Dornbirn/奥地利

## 排版

DAVILLA Werbeagentur GmbH  
AT-6900 Bregenz/奥地利

## 声明

所载资料只反映了作者的看法，仅供参考。读者不应该在未征得专业意见的前提下照搬行事。在此我们声明，作者不提供任何技术方面的咨询和建议，也不就具体的事实或问题承担任何责任。对文中有关内容的准确性以及所表达的观点，ABB 公司不做任何担保、保证以及承诺。

本刊已翻译成中文，所有文档应以英文版本为准。

ISSN: 1013-3119

[www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview)

## 2009 年第二期预览



## ABB 与可持续发展

可持续发展是目前人们非常关心的一个课题。世界人口不断增加，人们的生活水平也在不断提高，然而地球资源却十分有限，这种矛盾因此日益尖锐。过去多年来，技术和工艺优化旨在进一步提高生产率，优化工艺如今也更多考虑到了环境影响和有限的资源。可再生能源的利用也有助于可持续发展，ABB 通过许多技术支持可再生能源发展，例如开发太阳能和风能。另外，通过提高能源利用效率也可以减少对传统能源的依赖。通过改进控制系统可以实现更加智能化地利用能源。例如优化电力传输和改造电网，

以适应绿色能源发电和用电方式。在各地，也可以利用更好的技术实现可持续发展，例如使用传动或涡轮增压器，或采取措施减少制造过程中产生的废物。

除了严格的环境法规之外，可持续发展还包括人身安全和工作环境等问题，涉及避免危险工作环境，以及工作区域的工效学。

下期《ABB 评论》将重点介绍与可持续发展有关的一些产品及相关活动。





## 将能源效率提高 25 % ？

ABB 的电力与自动化解方案成功帮助欧洲最大的电解铝厂将能源使用效率提高了 25 %，同时大幅提升了生产率。我们的研发紧紧围绕着改善业绩和节能，以持续地帮助客户节省资源和费用。欲了解更多，请登录 [www.abb.com/energyefficiency](http://www.abb.com/energyefficiency)

当然能实现。

用电力与效率  
创造美好世界™

