

采用 EtherCAT 和高速自动化系统实现高精度套色控制

## 高精度及高灵活性的完美结合

如何对一台使用了近 20 年且在性能上设定了标杆的卷筒印刷机套色控制系统进行现代化改造？这正是 Itromat GmbH 公司 — 针对联机印刷工艺的高品质光学质量检测 and 监控系统市场的领导者 — 所面临的一大难题。印刷行业生产和自动化环境的不断变化给印刷市场提出了越来越多的新要求。只有将专有解决方案转换为由 Beckhoff 采用 PC 控制技术、EtherCAT 和 XFC 技术实现的开放式解决方案才能取得所需的精度、灵活性和通讯能力。

套色控制系统是卷筒印刷机的重要组成部分，负责恒定地以程控方式监控套色情况。这是为了同步印刷机的底色并精确套印各个印刷单元的颜色。经过多年发展和集中优化后，根据印刷机最新需求开发的 eltromat 套色控制系统系列也因此应运而生。这些控制系统随着卷筒印刷领域 — 针对联机或脱机印刷工艺的凹版印刷机、柔版印刷机、胶印印刷机和丝网印刷机 — 中最广泛的应用中不断变化的需求而持续发展。

系统配备了最新一代套色控制器 regi\_star 20，以便通过光纤传感器头或 CCD 矩阵摄像头检测印标。它们可确保整个高复杂性印标的检测和测量过程能够在高达 1000 m/min 的速度下进行。标准印标或分别创建的印标检测能够精确、自动地通过定位测量窗口实现，独立于其参数，如排列、几何形状、对比度或印刷纸幅边缘、指定区域内或者印刷图文中可自由选择位置的印刷顺序。整个操作都通过菜单引导，所有状态信息都以纯文本格式显示。如果纸幅张力产生了波动并导致出现套色偏差，使用获得专利的加速器即可确保控制器的性能一直保持最佳状态。即使出现套色错误（比如由于换辊造成的）、拼接或印刷出来的套色标记不完整等情况，系统会自动进行套准并考虑到控制器的行为中。

### 精度极高，故障率极低...

从上述任务的复杂性来看，我们已经能够想象得出套色控制系统所需满足的要求是多么的高了。由 eltromat 产品开发项目经理 Volker Reinholdt 硕士所解释的下列性能特点可以很好地说明这一点：“分散采集测量值以小于 5  $\mu\text{m}$  的精度进行，这对分布式时钟的精度以及同步性方面提出了极高的要求。分布式时钟的精度必须在 100 ns 左右，这也是个很难达到的范围。周期时间约为 1 ms，而 TwinCAT PLC 的性能还没有被完全利用。”约有 150 到 200 个 EtherCAT I/O 端子模块以及最多 40 个光纤传感器（套色标记传感器由 eltromat 开发）与系统相连。

替换原有的专用解决方案和完全自主地开发新一代套色控制系统与提高效率或测量精度的关系很小，因为以前的解决方案就已经达到了这一点，虽然以前使用的是单独接线的设备而不是总线通讯。只有先前的控制系统的周期时间（约为 8 ms）比现在的新系统慢。此外，先前的系统是上世纪 90 年代初开发的，已久经市场考验，因此，发生故障的几率极低。eltromat 总经理 Johann-Carsten Kipp 博士也认为这一可靠性是取得成功的重要因素，这也是其换代型号 regi\_star 20 是否能够取得成功的关键：“先前系统的可靠性是非常非常高的，这体现在两个方面：即随机故障率以及使用寿命。我们的套色控制系统从来都没有辜负过客户对我们的期望。”那么究竟为什么还要开发这一系统并转向使用开放式控制技术？Volker

Reinholdt 说道：“以前的控制系统结构是根据具体的任务量身定制的，且已经使用了 20 年了，这也就是说，它不再符合现代自动化环境的要求。我们是印刷机制造商的供应商，他们也越来越多地使用总线系统。他们需要为集成支付高额的开发费用。”

Johann-Carsten Kipp 博士补充道：“除了通讯速度大大提升之外，灵活性也有了显著提高；也就是说，现在，应用的改变速度比以前要快很多，且成本更低。除此之外，越来越多旧的组件已不再使用，技术支持成本因此而大幅上升。但是，我们的客户希望从我们这得到长期的保证，就像以前我们所提供给他们的那样。

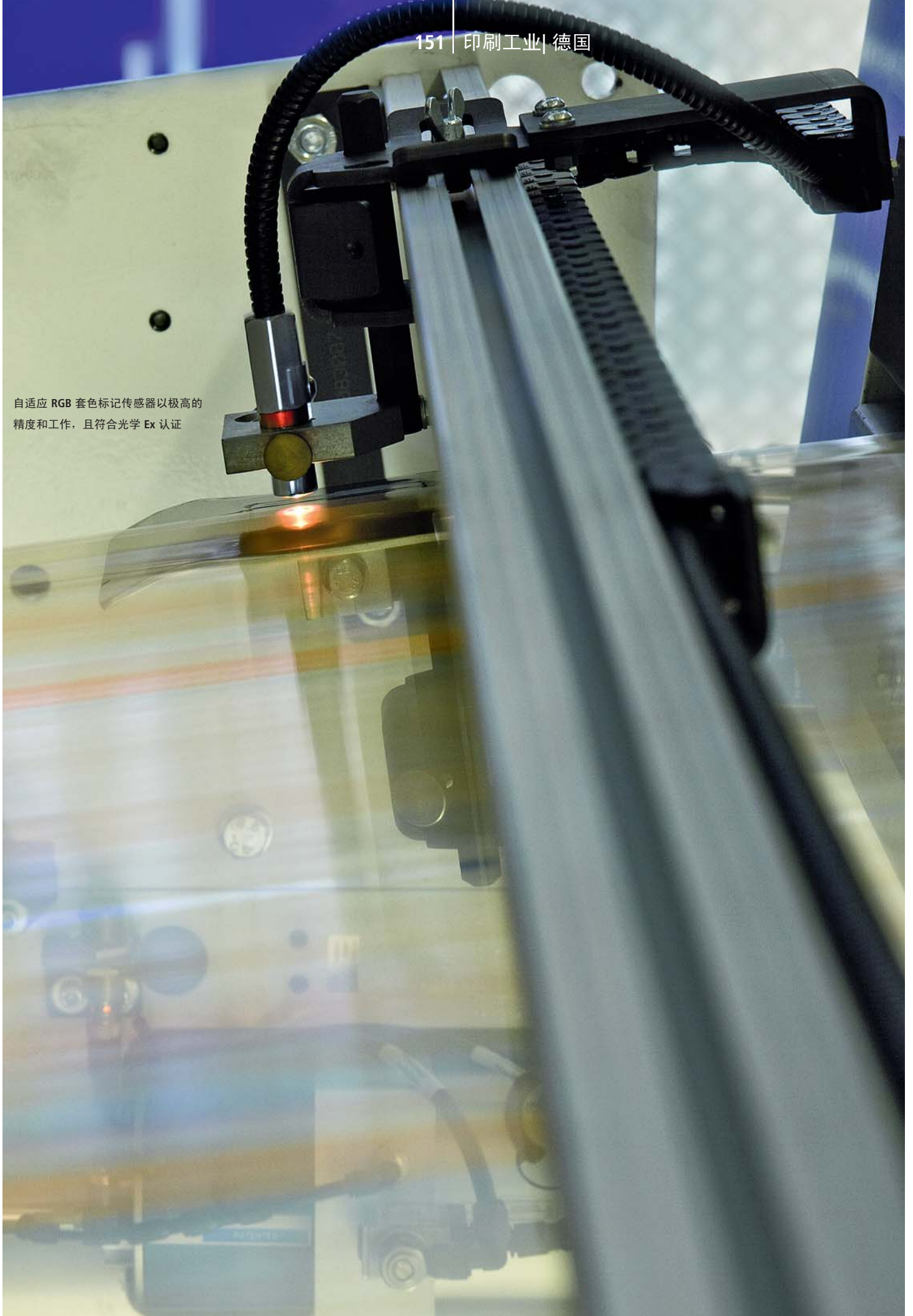
### ...而且现在还是开放的...

随着市场需求的不断变化，eltromat 公司必须决定是否完全自主地开发一套专有的解决方案，还是采用开放式标准。据 Volker Reinholdt 所述，这个决定很快就清楚了：“我们不再想自己开发所有的电脑卡，而是集中精力提高我们的核心竞争力；也就是实际的‘套色控制’应用。而 PC 技术正持续、快速地发展。专有解决方案的开发会因此变得过于复杂且对小批量生产来说也不划算。”eltromat 更加难以决定在工业 PC 上使用何种操作系统 — 是使用通过实时扩展生成的 Linux 系统，还是使用由合适的软件自动化组件构成的 Windows 平台。

最终，对更换技术后产生的成本所进行的预估对决定起了关键性作用。使用 Linux 将必须开发一套专有的完整架构。而 eltromat 公司的目标是以一个稳定的开放式平台作为基础进行开发，这样，不需要花费大量成本即可轻松集成任意的 I/O 硬件或现场总线，无需附加的驱动器，在集成新功能方面有极大的灵活性。Johann-Carsten Kipp 博士看到了基于 Windows 的软 PLC 的另一个巨大优势。“另外一个原因就是能够更快地推向市场。如果使用 Linux 系统，则时不时就需要开发一个针对具体硬件的驱动器。而使用 Windows 操作系统就不会有这种困扰。”Volker Reinholdt 也再次证实当时的决定是非常正确的：“迄今为止，我们在使用 Windows 和 TwinCAT 软 PLC 的过程中还没有发现有什么不好的地方。甚至我们原先的希望是：除了传统的 IEC 61131-3 PLC 编程语言之外，还能够使用 C/C++ 语言，根据完全面向对象的原理进行编程，而使用了 Beckhoff 的 TwinCAT 3 自动化软件之后很快就实现了这一点 — 如果我们的开发人员仍想要像当时希望的那样的话，那么他们也可以在获得很多 PLC 编程经验后再去做。”

另一方面，eltromat 专家们也都倾向于采用 EtherCAT 作为总线系统：2006 年底/2007 年底，eltromat 专家们对一些基于以太网的总线系统进行了评估，只有 EtherCAT 能够能够提供他们需要的性

自适应 RGB 套色标记传感器以极高的精度和工作，且符合光学 Ex 认证





Johann-Carsten Kipp 博士，  
eltromat 公司总经理



Volker Reinholdt 硕士，  
eltromat 公司产品开发项目经理



由于使用了 Beckhoff 的 XFC 技术，能够快速、精确地检测印标

能，Johann-Carsten Kipp 博士总结道：“当时，很多人都只是在谈论‘实时’以太网，但只有 Beckhoff 能够在实际上提供我们想要的一切。也即在 100 ns 范围内对分布式时钟进行同步。在谈及‘分布式时钟’—XFC 极速控制技术（eXtreme Fast Control）的一个组件—的运行模式时，Beckhoff 销售人员 Stefan Sieber 如此描述道：“如果是一个标准的离散控制回路，则会定期测量实际值，将结果传输到控制器中，对响应进行计算并将其结果传送到设定值输出单元并输出到过程中。对于多个控制过程来说，严格确定这一顺序就已经足够了。控制系统确定控制过程所需的速度。通常，在设计控制系统时会将控制器、控制系统、执行和测量单元中出现的死区相应地考虑进去，或者，可能进行死区补偿。这些程序是控制技术的基本原理，当然，也是多年的 TwinCAT 标准。对于套色控制来说，使用印标传感器检测过的印标必须与高精度印刷单元角度位置相匹配，从而才能够确定印标位置之间的差值。印标所需的时间精确度和印刷单元位置的检测由 I/O 组件中的高精度时钟实现。每个 EtherCAT 设备都有自己的本地时钟，它们通过 EtherCAT 相互之间不断进行同步。EtherCAT 设备相关的绝对时间差值得到了补偿，使得系统中的所有分布式时钟的最大偏差总是不超过 100 ns。”

在决定使用基于 Windows 的开放式解决方案之后，就必须在 eltromat 公司开始具体执行了。而这特别给公司的开发人员带来了许多挑战，他们一直都工作在嵌入式控制器领域，PLC 对他们来说是完全陌生的，他们对这一解决方案或多或少都抱有一些偏见。

但是，由于这种开放式解决方案在使用不久就表现出了明显的优势：可靠的环境和架构、可轻松集成的外围硬件和丰富的诊断工具，最初的一些怀疑的声音也很快就消失了。在项目运行期间内，必须很快地建立相应的专有技术，而这也是 eltromat 寻求这一双向策略的原因：首先，我们在公司内部举行了一周的培训，随后，Beckhoff 的技术人员与我们的开发团队并肩作战了四周—非常短的时间，但这一方面很好地说明了 Beckhoff 的自动化技术掌握起来非常简单，另一方面也说明了 Beckhoff 给我们提供了很有效的支持。通过这种方式，在对生产设备上运行的第一套系统进行初步研究仅一年后就能够开发出新的套色控制系统。Johann-Carsten Kipp 博士在评价这一成就时说道：“由于进入市场的时间缩短了将近一半，因此也可以说，开发成本降低了约 50%。而如果是一个专用的系统，我们则需要花费双倍的开发时间，投入更多的人力物力。此外，他还描述了这样做的另外一个重要优点，也即开发过程是可控的：“只有开放式系统才有可能做到这一点。

如果开发一个专用的系统，则意味着，必须分别开发硬件和软件，最后，再将硬件和软件放在一起进行测试。这几乎就相当于重新设计和/或更改代码。而在 PC 基础上，软件代码总是能够使用现有的硬件进行验证。这也是确保开发安全一个至关重要的部分。”

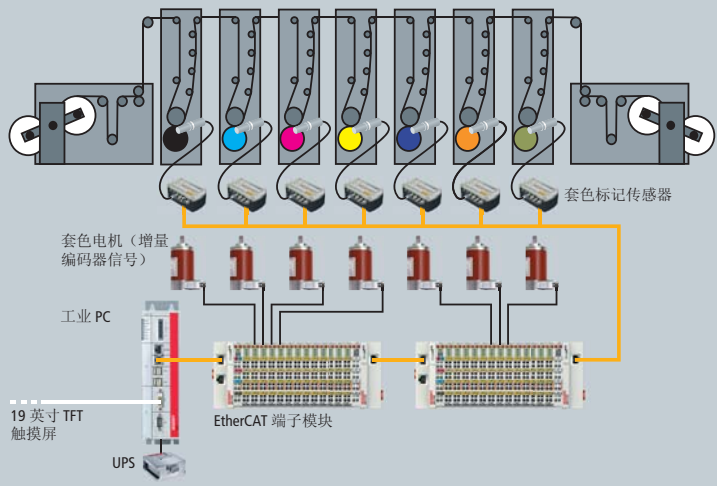


Stefan Sieber，德国倍福行业销售经理

## 采用 XFC 实现超高速控制

XFC 极速控制技术（eXtreme Fast Control）基于优化的控制和通讯架构，由高性能工业 PC、带有实时特性的超高速 I/O 端子模块、EtherCAT 高速工业以太网和 TwinCAT 自动化软件组成。采用 XFC 技术后，I/O 的响应时间可 < 100 μs，这项技术为用户开辟了新的过程优化可能。EtherCAT 分布式时钟是 XFC 技术的核心组成部分。

[www.beckhoff.com.cn/XFC](http://www.beckhoff.com.cn/XFC)



套色控制系统结构原理图

### ...高度灵活性和易于集成性

下列 Beckhoff 组件都采用了标准技术，是实现高度灵活性和能够与自动化环境进行通讯的基础：

- | C69xx 工业 PC，装有 TwinCAT 软件，用于套色控制或印标控制，
- | C62xx 工业 PC，用于 eltromat 映像处理，
- | IEC 61131-3-compatible TwinCAT PLC（软 PLC），
- | EtherCAT 端子模块，采用标准技术和 XFC 技术，以及
- | CU20xx Ethernet 交换机。

这项项目成功的决定性因素是 EtherCAT 接口被快速集成到由 eltromat 公司开发的光纤传感器解决方案中。Stefan Sieber 解释道：“eltromat 的传感器通过一个 EtherCAT 通讯 ASIC 芯片控制，采用的是分布式时钟功能。我们提供了 EL5101 增量编码器端子模块作为补充，我们已将 eltromat 的特殊要求都包含在该模块的标准功能中。”

由于采用了这种强大的标准技术，eltromat 开发人员们才能够将更多的精力都集中在提升其核心竞争力上，如实施光纤、自适应套色标记传感器。它是将光学技术集成到 EtherCAT 芯片上开发而成的，负责检测横向和纵向套色偏差，其中，它还能够识别极低对比度的颜色和金属效果颜色以及透明亮漆。传感器 — 符合光学 Ex 认证 — 分析纸幅反射的光的可见光谱，以便能够可靠地自动检测所有套色标记。由于光纤的焦深较大，用户即无需改变信号放大强度，也无需改变扫描角度 — 因此，可靠的印标检测是一个绝对无干扰的步骤。专为 regi\_star 设计的传感器具有全自动采样技术，支持获得 eltromat 专利的单头测量过程。采用此项技术后，既可以实现顺序控制，以快速开始生产，也可以实现标准的颜色控制，以获得最佳的生产质量。通过根据具体工艺自动进行的顺序和标准颜色控制之间的转换，或者通过任意组合各个测量和控制程序，可最大限度地减少浪费并降低成本。

据 Volker Reinholdt 先生所说，除了颜色传感器在技术上的优势之外，更大的系统灵活性也是个重要的影响因素：“我们要非常感谢 Beckhoff 的一点就是，我们只需要使用一个网关端子模块，就可以

选用市面上常见的现场总线。这对我们来说是个巨大的优势，因为我们的客户使用的自动化技术是最具多样化的，因此，总是要求我们提供专用的接口。系统在硬件结构方面也有很大的灵活性，换言之，客户既可以要将 I/O 端子模块直接用在相关的印刷单元中，也可以将所有的端子模块都放在一个单独的控制柜内。这在以前我们是没办法做到的。”Johann-Carsten Kipp 博士补充说道：“此外，由于我们使用了可满足各种需求的自动化系统，现在我们能够根据具体的 OEM 应用更好地调整套色控制系统，也就是说，客户只需要购买自己真正需要的东西，除此之外，他们在印刷机的自动化改造和标准化方面有更多、更好的选择。”

在此期间，eltromat 已经售出了 100 套 regi\_star 20 单元，大部分都已经在运行中。从样机到各种规格样式的系统运行都很稳定。特别是它能够很好地集成入自动化环境中并具有灵活的模块化性，从而帮助 eltromat 显著降低了生产成本，并让其客户也能够从该优点中获益。这当然不仅仅是一时的成功，由于 regi\_star 20 硬件结构非常的灵活，因此它能够在任何时候集成更多的功能，并在套色控制系统和纸幅监控系统之间创建了一个唯一的智能链接。