

该作品由两个相邻的区域组成，共 75 平方米，每个区域有 608 个“雨滴”造型，这些“雨滴”在 7.3 米高的空中可以自如升降。



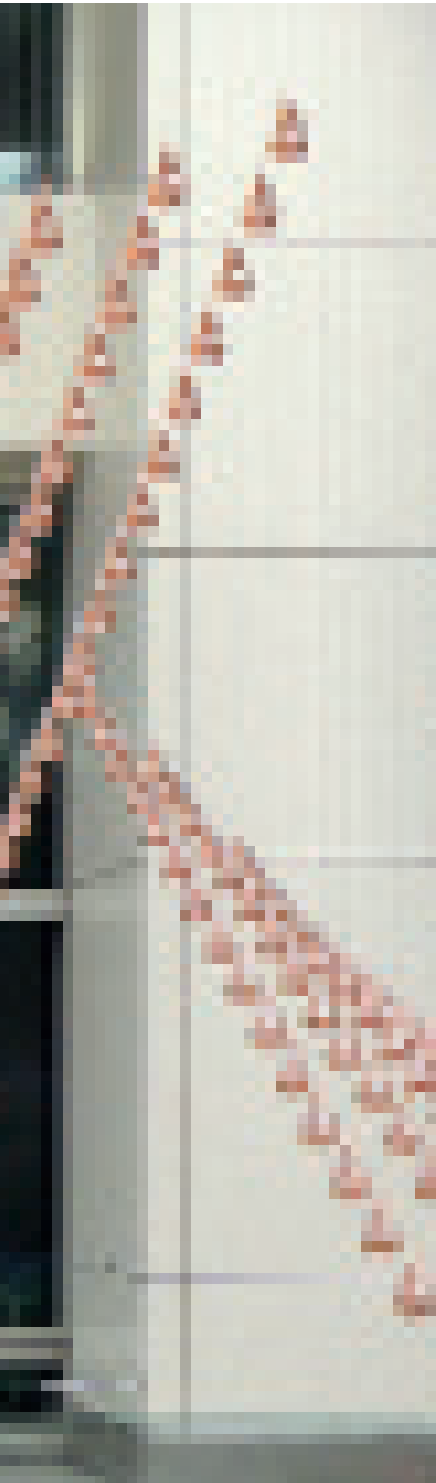
新加坡樟宜机场：EtherCAT 实现 1,216 根伺服轴的同时运动

“雨之舞”

科技与艺术的完美结合

新加坡樟宜机场的“雨之舞”可能是世界上最大的动态雕塑。该作品的艺术理念和编舞的算法设计由柏林的 Art+Com AG 公司创作。为了达到热带雨的效果，该作品使用了 1,216 滴闪闪发亮的镀铜铝制雨滴造型。这些“雨滴”通过细钢丝从天花板上悬垂下来，每滴“雨滴”都由一台小型伺服电机驱动。在这个时长为 15 分钟的表演秀中，“雨滴”形成与飞舞主题相关的不同场景。动力装置专家 MKTAG 公司负责整个“雨之舞”的技术实现，包括软件。基于 EtherCAT 技术，Beckhoff 公司的 TwinCAT 软件控制平台和模块化紧凑型伺服驱动器的方案，完美解决了 1,216 根伺服轴实时同步带来的挑战。

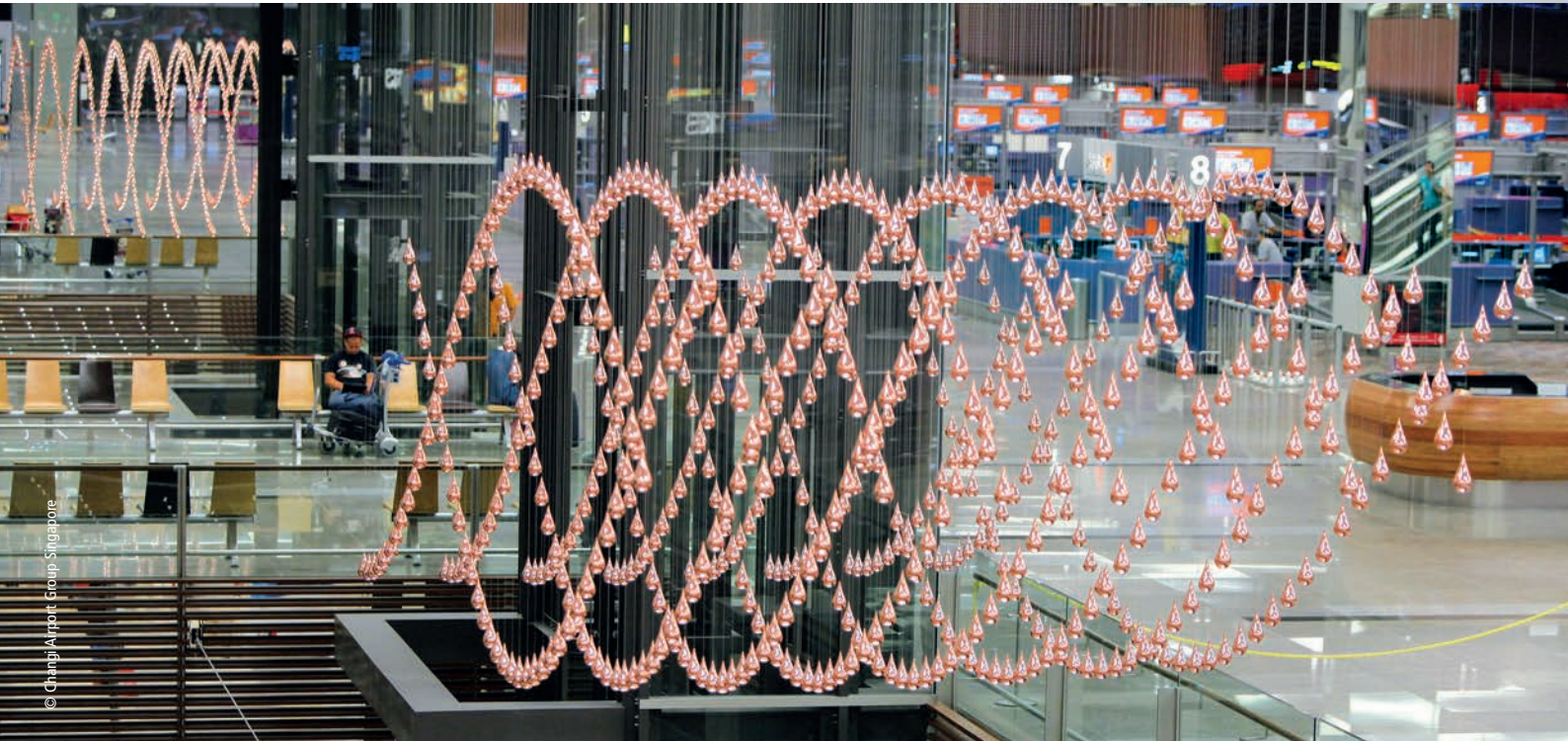
（基于高性能，高实时性，拓扑结构的灵活性等特点，EtherCAT 技术完美解决了来自 1216 根伺服轴实时同步带来的挑战。）



新加坡樟宜机场集团

新加坡樟宜机场集团（CAG）成立于 2009 年 6 月 16 日。作为樟宜机场的行政管理公司，新加坡樟宜机场集团主要负责机场的运营和管理、空中交通枢纽功能的不断完善、商业活动和提供紧急服务。2011 年，机场的客流量达 4,600 万人次。作为登机大厅现代化的一部分，CAG 投资了一副动态雕塑：表现了热带雨效果的作品“雨之舞”是向新加坡这个热带城市的致敬。

在这个时长为 15 分钟的表演秀中，1,216 滴“雨滴”形成与飞舞主题相关的十六种不同场景。



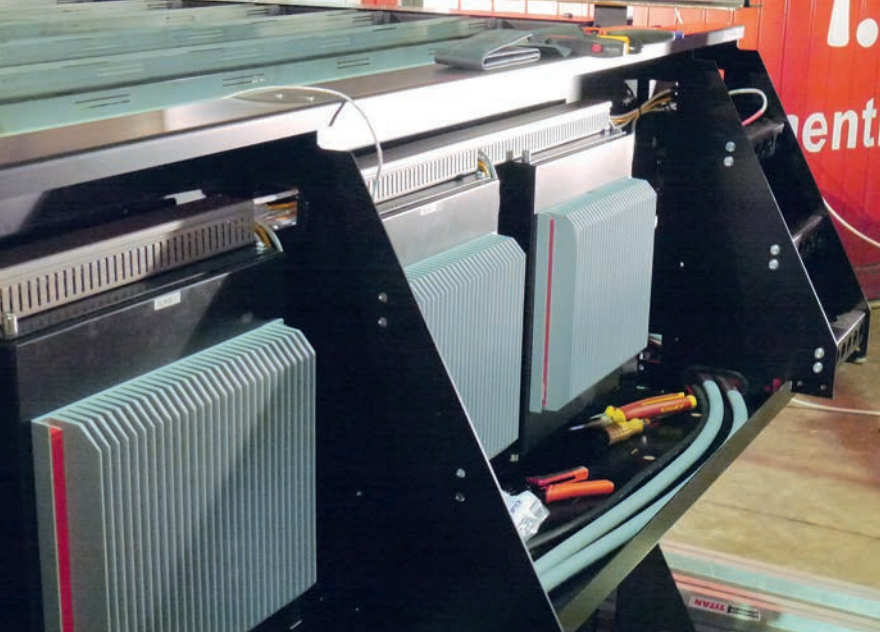
新加坡樟宜机场第一航站楼旅客和机场访客进入这个现代化的登机大厅时，他们都会因这个动态雕塑“雨之舞”而驻足。“一千多滴‘雨滴’的和谐互动也象征着机场的工作人员，他们日复一日地确保来到樟宜机场的旅客和访客能感到惊喜并对机场留下美好回忆，”樟宜机场集团的机场运营副主任 Yeo Kia Thye 说。

该作品由两个相邻的区域组成，共 75 平方米，每个区域有 608 个“雨滴”造型，这些“雨滴”在 7.3 米高的空中可以自如升降。这个与众不同的空间布置艺术理念来自柏林的 Art+Com 公司。德国奥而兴（靠近慕尼黑）的 MKT AG 公司负责整个项目和编程的技术实施。专营动力装置的 MKT AG 公司在控制系统的编程和实施期间得到了 Beckhoff 公司（德国倍福）的支持。“在‘雨之舞’中，我们实现了迄今为止该类艺术作品中最尖端的项目。”MKT AG 总监 Axel Haschkamp 说：“本项目花费了 2,000 多工程小时。最具有挑战性的是将重达 30 吨的完全预装设备运输到新加坡。”

由于需要精确驱动 1,216 根轴，所以“雨之舞”对控制的要求非常高。除此之外，项目还要求高度的可用性、组件的紧凑型设计以及组件无需编址即可被轻松更换。“我们的客户，樟宜机场，提出的最重要的要求之一就是系统必须全天候 24 小时运行。即使个别轴出现故障，‘雨之舞’必须继续进行，”同样是 MKT 总监的 Peter Haschkamp 补充说。

如何同步控制 1,216 根轴？

“1,216 根轴的同步驱动是本项目的绝对亮点之一，”Beckhoff 慕尼黑办事处的销售人员 Raphik Shahriryan 强调说。Raphik Shahriryan 与 MKT 公司密切合作，参与了“雨之舞”的技术实现。除此之外，还必须满足“雨滴”在顺序运动中的动力学、精确度和速度方面的高要求。“雨滴”以 1.5 m/s 的速度和 1.4 m/s² 的加速度运动。运动必须是充满动态的，但是同时又必须平滑、没有震动。MKT 在带紧凑型伺服驱动技术的基于 PC 和 EtherCAT 的 Beckhoff 控制平台中找到了



Beckhoff 的工业 PC C6525 非常适合安装在狭小的空间内，因此完全满足该项目非常扁平的设计要求。由于选用了可选的 SSD 存储介质和被动的散热技术，C6525 不包含任何旋转组件。

在 Beckhoff 的产品中，MKT 公司找到了与机场航站楼天花板狭小安装空间完美匹配的紧凑型驱动解决方案：EtherCAT 端子模块，与其无缝集成安装的伺服端子模块和 AM3121 紧凑型伺服电机。

适合本任务的解决方案。

C6525 工业 PC 作为中央 PC 负责控制。其通过 TwinCAT ADS 与 MKT 的专用 GUI 计算机通信。同时，PC 作为 EtherCAT 主站，并通过 TwinCAT NC PTP 集中控制 1,216 根轴。通过 TwinCAT 凸轮表函数，主 PC 将位置数据分配给六台从 PC，每台从 PC 分配有 192 或 208 根轴，并参考主动轴确保所有轴的同步性（见第 20 页的图表）。EtherCAT 实时通信直达每一个轴。

MKT 的 GUI 计算机用于可视化，用表格的形式以 200 ms 的间隔显示每滴雨滴的位置数据。这相当于每秒五幅图片。可能只有通过 TwinCAT NC PTP 中的插补法才能实现肉眼看到的这种流畅感。这里，使用 2 ms NC 任务中的样条算法计算每滴“雨滴”的 100 个中间位置。这些计算在每台分配有本地轴的从 PC 上进行。

只有通过使用 EtherCAT 和 TwinCAT NC PTP 才能实现像 3-D 电影般的雨滴同步运动的艺术效果。主站保持所有轴相互同步；从 PC 每 2 ms 计算一次轴的位置并通过 EtherCAT 将轴的位置与伺服驱动器实时通信。

宽度仅为 12 mm 的模块化紧凑型伺服驱动单元

每根轴的运动精度在 ± 1 mm，运动路径总长 7.6 m。两滴“雨滴”间的最大偏差为 0.25 mm。每滴雨滴通过 EtherCAT 伺服电机端子模块 EL7201 和 AM3121 型伺服电机进行控制。“在与 EtherCAT 端子模块无缝集成的伺服端子模块中，我们找到了与机场航站楼天花板有限安装空间完美匹配的超紧凑型解决方案，” Peter Haschkamp 强调说。此外，伺服驱动技术也提供了动态优势并实现了流型转变。

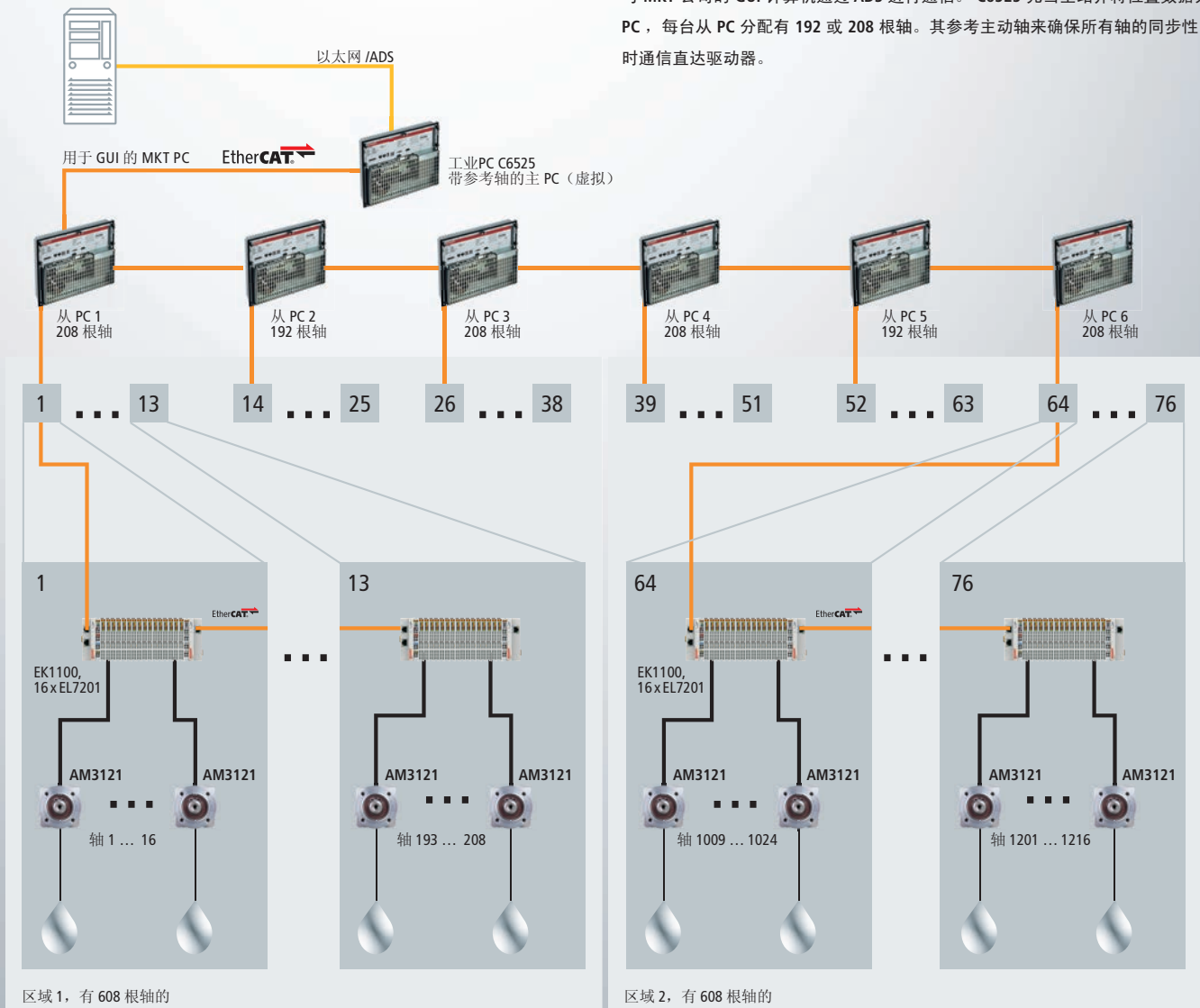
模块化控制器简化了调试工作

“模块化的控制解决方案和单独轴的简易更换对我们来说很重要。例如，这使得部分调试成为了可能：比如，我们能够在软件、硬件和机械装置上并行工作，这使得我们能在短暂的时间段内完成本项目，” Peter Haschkamp 强调说。有了 TwinCAT NC PTP，就有可能“调试”整个表演秀，例如，可像电影一样快进和倒带。这大大地简化了 MKT 的调试工作。如果单独的序列段未能 100% 令人满意，那么 MKT 的工程师可以不断地重复这个过程。正如 Peter Haschkamp 所强调的一个巨大的优势：“使用其它的解决方案是不可能完成这项任务的，因为你每次必须从一开始便不断地启动表演秀直到达到你想要的位置，这非常耗时。”





运行 TwinCAT NC PTP 自动化软件的 Beckhoff C6525 工业 PC 负责 1,216 根轴的中央控制。与 MKT 公司的 GUI 计算机通过 ADS 进行通信。C6525 充当主站并将位置数据分配给六台从 PC，每台从 PC 分配有 192 或 208 根轴。其参考主动轴来确保所有轴的同步性。EtherCAT 实时通信直达驱动器。



最具挑战性的是将重达 30 吨的完全预装设备运输到现有建筑中。

与过去 MKT 通过分散式硬件控制器实现的类似动态雕塑相比，“雨之舞”则是通过中央 PC 和软件采用 EtherCAT 通信实现控制的。在早前的控制解决方案中，MKT 将凸轮表函数本地存储在驱动器中，而现在凸轮表函数则由软件执行。这样，中央 PC 管理位置数据，并通过 EtherCAT 将其实时发送到轴。

MKT 选择 Beckhoff 作为合作伙伴的另一个重要原因是因为 Beckhoff 在全球的地位。Beckhoff 不仅能够让来自德国威尔公司总部的专家陪同和支持项目。终端客户还能得到新加坡 Beckhoff 子公司的现场支持和服务。

MKT AG

位于德国奥尔兴的 MKT AG 公司从事贸易展览、活动、博物馆和展示厅的独特展品和动态作品的设计、开发和实施，已有 30 多年的经验。其客户不仅包括艺术和文化事业单位，而且还包括知名的工业公司和服务供应商。MKT 致力于最先进的技术、互动和严谨的设计。

MKT AG Fine Exhibition Engineering 管理委员会成员 Peter Haschkamp 和 Axel Haschkamp (右)



ART+COM

位于德国柏林的 ART+COM AG 在空间设计方面选择了新的道路。与媒体设计师、媒体艺术家、IT 开发人员、技术人员、编程人员、通信和产品设计师、科学家、工程师和项目经理合作，公司研究了计算机媒体的创造和技术可能性并将其投入到艺术设施的实践中。在翻新新加坡机场第 1 航站楼期间，新加坡樟宜机场集团委托 ART+COM 设计一套奢华的设施。目标是登机大厅营造出凸显个性、让人沉思的时刻，与忙碌的旅行气氛形成对比。

更多详细信息:

www.changiairportgroup.com

www.mkt-ag.de

www.artcom.de