



该木结构建筑物屋顶的每根梁都是独一无二的：Erne 木结构股份公司应用 Guedel 股份公司研制的门架式机器人直接通过 CAD（计算机辅助设计）实现了高度个性化生产

解决方案

# 应用于建筑行业的门架式机器人

一建筑物屋顶结构在业内引起了轰动效应，在其 2308 m<sup>2</sup> 的面积内，总计由 48 624 根木板条和 815 919 颗钉子有机地组成了该屋顶结构的整体造型。值得注意的是：该屋顶结构的桁梁全部是由一台门架式机器人数字化建造的。

文 | Marcel Nagel



更多精彩内容请扫描二维码

迄今为止的技术极限突然出乎人们的意料时，便被许多人称作是一个新时代的开始，这当然不是偶然的。站在这项有潜力持续改变木结构生产自动化程度的项目后面的是瑞士 ETH 苏黎世建筑技术研究院（ITA）和建筑学教授以及数字化生产方案（Gramazio Kohler Research）。这座名为 Arch Tec Lab 的建筑物屋顶由最大长度为 3m 的 48 624 根长短各异的木板条和 64 944 个不同样式

的桁架节点组成，是一个现代建筑的杰作，与此同时，还成了数字化木结构制造的里程碑。由机器人进行辅助装配的 168 根桁梁组成了类型各异、外形尺寸复杂的建筑物屋顶结构。

## 从设计直至钉钉机全部使用通用的数字链

迄今为止，过去几乎无法实现的更谈不上可付费使用的数字化生产如今

已经能够精准而又经济地实施。在此，Guedel 股份公司研发的 Woodflex56 型多功能门架式机器人则是实现该数字化生产的关键。在此，Erne 木结构股份公司草拟出了数字化生产方案（Gramazio Kohler Research）。当 Arch Tec Lab 股份公司设计出“排列顺序屋顶”后，便可直接由 CAD（计算机辅助设计）数据来实现数字化生产。Erne 木结构股份公司的副总经理 Thomas Wehrle 表示：“我们

草拟的方案只是指明，Arch Tec Lab 建筑物屋顶的哪些部分可以采用木结构。”该试验的首要目的是要实现数字化生产。通常要使传统方式的桁梁生产实现数字化生产，那么口头以及书面上草拟设计的工作需耗时约 150 个小时。其中只有 50 个小时是用于数字化生产的准备工作。而应用 Guedel 股份公司研发的门架式机器人却不同，仅需极小的一部分时间用于数字化生产的准备工作：准备时间仅需要 12 个小时，之后，所有桁梁便可直接通过 CAD 数据进行数字化生产，生产过程中仅需一名工人进行设备操控，每层桁梁钉钉子的图形、以及调整钉钉和补充耗材均可采用平板电脑进行光学控制。

## 7 轴门架式机器人是欧洲当前最大型的门架式机器人

Guedel 股份公司研发的可灵活进行作业的 Woodflex 56 型 7 轴门架式机器人由一个标准门架、一个 3 轴线性模块以及一个结构设计得坚实耐用的 3 轴手动铰链组成。该标准门架可运行的长度超过 53 m。Woodflex 56 型 7 轴门架式机器人的重要控制技术是由 ROB 技术股份公司 (ROB-Technologies AG) 研发的，



图 2 现在，数字化、机器人生产开拓出木结构生产领域无法想象的可能性。如果不是使用机器人进行生产，ETH 苏黎世建筑技术研究院 (ITA) 便不可能经济地实现 Arch Tec Lab 建筑物木结构屋顶的生产

其作用范围长为 48 m、宽为 5.6 m、高为 1.4 m。Woodflex 56 型 7 轴门架式机器人是欧洲当前最大型的门架式机器人，其设计装车能力为 8 t，这是根据 Erne 木结构股份公司堆垛机的最大承载能力进行设计的。

根据生产作业的需要，Woodflex 56 型 7 轴门架式机器人可在长度为 100 m 的厂房内延伸，全自动化实施锯、镗

孔、桁梁设置、钉钉、夹紧等作业。该 Woodflex 56 型 7 轴门架式机器人装有一个 Schunk 公司研制的大功率的刀具快速更换装置、一个夹具系统控制装置和一个张紧技术装置，借助于该张紧技术装置可在最短的时间内全自动化地更换各个刀具。

Erne 木结构股份公司的副总经理 Thomas Wehrle 认为，该刀具快速更换装置确实是实现其所要求的灵活作业的关键。迄今为止，在木结构的设备大多装备有四个安装位置固定的随行机组的情况下，他强调说：“而装有 Schunk 公司研发的离合器的门架式机器人的机组可不受限地由尾座顶住、且具有使用全套刀具的可能性。”这样，门架式机器人即可完成例如可通过一个模块用自身的控制装置来设置木板条夹具这样一类的工作。该模块在一个线性轴上运行，并能够通过一台钉钉机接收 Z 方向上的两个作业站点，即在木板条被夹紧时将其定位，以便进行钉钉作业。全部所需控制信号以及能源仅通过快速转换离合器进行传送。而一台机动式圆锯、水冷却机器人主轴或用于控制木板的真空夹具所需控制信号以及能源也同样仅通过快速



图 1 木板条一旦定位，便全自动化地被钉子钉牢

转换离合器进行传送。“实现这样的转换我们既不需要使用一名工作人员也不需要使用一台起重机。” Thomas Wehrle 如是说。必要时，由一台 XXL 机器人全自动的转换固定存放在所定义站点上的刀具。

用于稳定连接的快速转换模块

来自世界范围内最大的 Schunk 公司的机器人附件程序的快速更换模块将非生产辅助时间缩短为最短，以能够全自动化地实现行动件的转换。该快速转换模块由两部分组成：一部分是安装在机器人臂上的快速转换头，另一部分是一个与当时所使用刀具相连接快速转换适配装置。在进行刀具转换时，这两个部分自动相互耦合连接，以秒为单位快速地确保实现这样的稳定连接。与此同时，可靠接通机动系统、供电系统以及电信号系统。

Schunk 公司研发的快速转换模块采用专利产品 “No Touch Locking System” (“非接触式锁定系统”)，可确保在快速转换头与适配器之间的最大距离为 2.5 mm 时可靠地进行刀具转换。此外，锁止系统装备有一个自动制动装

置，该自动制动装置也是 Schunk 公司的专利产品，其可确保快速转换头与快速转换适配器之间按生产流程稳定地连接，其转换精度为 0.015 mm 这是该模块与当今市场上其它模块的一个显著区别。该快速转换模块的驱动系统和通风系统则可直接集成进快速转换模块的外壳内。

可根据作业应用的具体需要连接集成电路组件和变形装置

快速转换模块适配器的信号传输以及快速转换头的控制可使用各种不同的信号和母线模块。此外，Schunk 公司为客户提供用于 Profibus、Profinet、CAN、RS232 和 Ethernet TCP/IP 的集成电路组件，以便与客户作业应用的具体

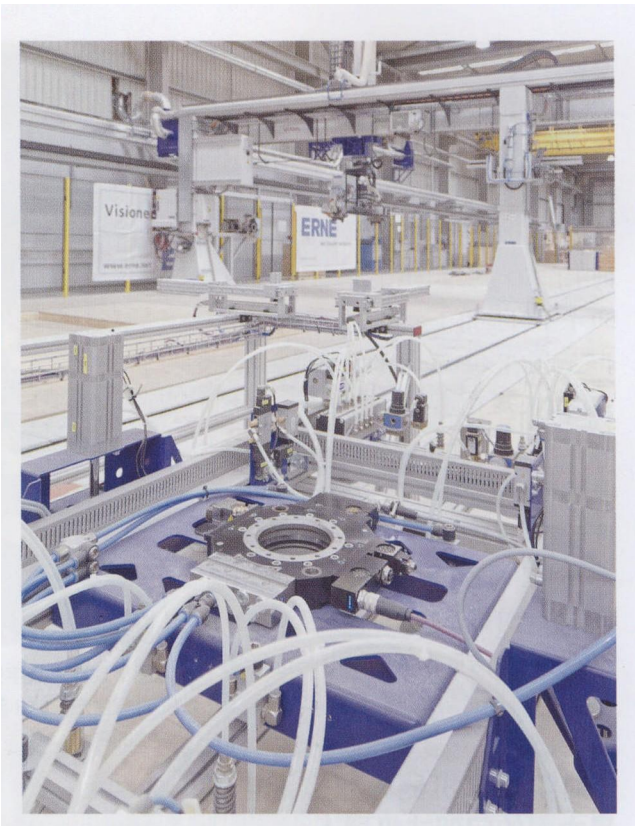


图 4 为了加工木结构的边，机器人卸下了钉钉夹紧装置，并换上了一个圆锯。借助于 Schunk 公司研发的快速更换系统，在短短几秒钟内便流程可靠地实现换装，并由一个自动化吸取装置将刨屑和粉尘吸入到一个事先设置的容器内



图 3 为了进行墙模块生产，该真空木板夹具能以秒计算地快速进行更换，该真空木板夹具装备有 Schunk 公司研发的快速更换系统

需要相匹配。根据具体的结构形式可通过 DIP 开关最多可实现 99 999 种各种不同刀具的编码。而信号集成电路组件则是一个例外，快速转换装置通过该集成电路组件可自动进行连接或脱开连接，这样，该系统继续保持原来状态的 3 个侧面便可进行配件装配。此外，在进行焊接作业时，带有 3 个 200 A/800 V 触点的高动力集成电路组件 (High Power Module) 还用于自主密封的射流技术集成电子组件 8X3/8G 的如冷却水接通以及用于伺服模块的焊接钳定位。可根据具体应用来进行选择具体单个集成电路组件和变形装置，并进行连接。如果是在条件严苛的环境中作业，快速转换装置必须设置得坚实耐用且可耐受不洁和高达 60℃ 的高温。Schunk 公司研发的快速转换装置总共有 22 种结构大小不同的产品，有效载荷从 1.4 ~ 4080 t，其变形产品多达 2000 种，其多样性在世界上独树一帜。Schunk 公司研发的标

准化快速转换装置可满足世界范围内的无数应用的需求。

XXL 门架式机器人的特殊挑战

迄今为止，Guedel 股份公司在研制快速转换离合器方面的经验均是成功的。模块毫无疑问也能够经受得住门架式机器人相当坚实的手动铰链在推进时自身冲撞所达到的电流极限值。Guedel 股份公司研发的快速转换离合器能够出色战胜 XXL 门架式机器人所面对的如刀具尺寸大、媒介和信号数量多、机器人水心的冷却以及布满灰尘的严苛使用条件的特殊挑战。同样，Schunk 公司研制的用于控制所使用木板条的模块化 PGL 大行程夹具也能够出色战胜上述特殊挑战。Schunk 公司研制的 PHL 大行程夹具的多齿状导向装置也是该公司的专利产品，适合在布满粉尘的作业条件及严苛的木结构作业环境中使用。

与普通带有 T 沟槽或是圆导轨的大行程夹具相比，Schunk 公司研制的 PHL 模块在相同的空间所取得的作业效率明显更高。首先，其行程大，这样便有利于控制大小不同的刀具。有着 90 个标准化变形的独一无二的程序能够确保在夹紧刀具时避免夹具超出所夹刀具的外形

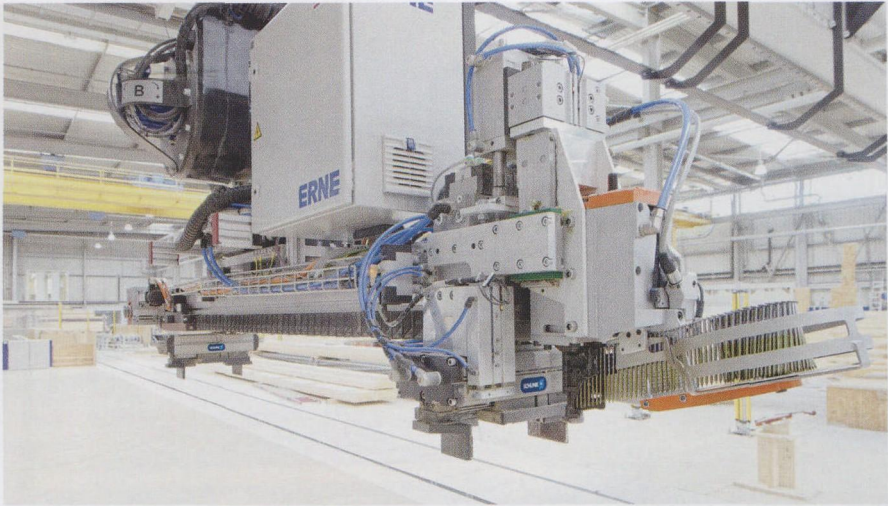


图 6 Schunk 公司研发的 PHL 大行程夹具适合在 Erne 木结构股份公司有粉尘的木结构生产环境中使用

尺寸，并且确保将所需高压空气和能源的消耗量降至最低，还能够确保降低作业对空间的需求。除此之外，客户可以个性化地自行定义夹具的长度和行程。

门架式机器人可灵活与作业空间进行组合

为了尽可能经济地设置生产流程，门架式机器人的作业空间分成 3 个能够灵活组合的区。这样，工作人员便可与机器人平行在一个区或是两个区里进行手工作业，如可在墙单元里布设管子。

这样，可将自动化完成的工作任务与手工完成的工作任务进行有效组合，免去了费力地来回运输各个模块。各单个作业区段借助于光箱进行监控，这样，门架式机器人便能够与工作人员进行顺利合作。当门架式机器人更换作业区段时，则降低运行的速度。不管是造型自由的木桁架结构还是高功效的模块结构：Erne 木结构股份公司均可使用 Guedel 股份公司研发的门架式机器人经济、高几何尺寸精准度地完成各项工作作业任务。自 Guedel 股份公司研制的门架式机器人投入使用以来，Erne 木结构股份公司以高独创性潜质所完成的项目数量在快速增多，这种完成项目的速度超过了过去靠工作经验完成项目的速度。Erne 木结构股份公司的副总经理 Thomas Wehrle 给出的数据表明，该公司作业自动化程度的提升导致企业的扩大和工作人员数量的增加。Thomas Wehrle 说：“对我们来说，新设备为我们提供的可能性是，以人们现在的观点无法想象的种类多样性生产项目将均可实现。”他确信，“尤其是在模块结构的基础上，我们随时可以改装或是扩展机器人。”恰巧那些已经放出大话的建筑师事务所也开始对木材使用的潜力进行新定义。人们有理由期待，Erne 木结构股份公司将会用天然材料制造出怎样美观的杰作。MM

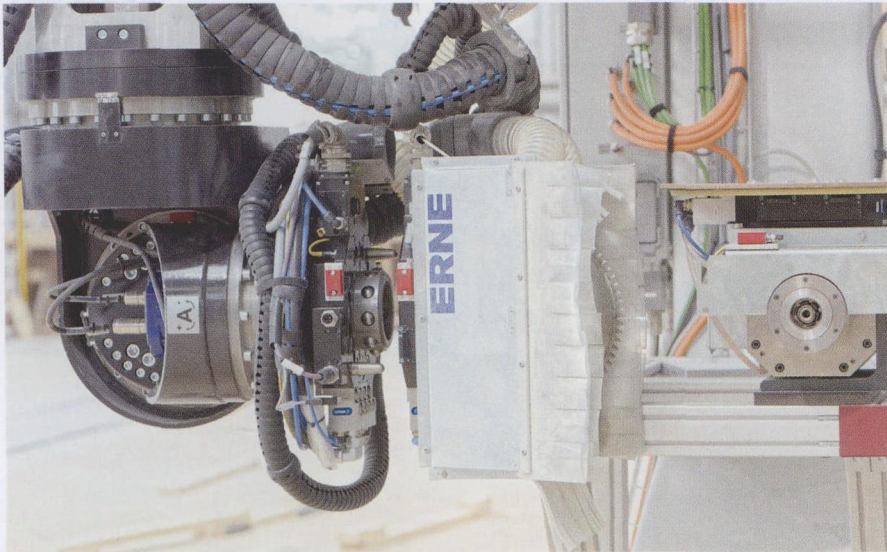


图 5 在更换夹具时，通过 Schunk 公司研发的快速更换系统自动将电流、压缩空气以及其他全部信号连通