

图1 在装配长达3 m的 Sulzer 工业泵时，可以使用 Desoutter 公司改进的操作灵活的四轴拧紧机



泵

快速装配叶片泵

利用多轴拧紧机能明显加快工业叶片泵的装配速度：通过视觉操作支持，符合人体工程学的拧紧机可以设置各种装配操作过程，每一台工业泵的装配可以节约数小时的装配时间。

文 | Stefanie Hess

无论是 50 kW 的叶片泵还是 25 000 kW 的叶片泵，都需要利用高强度螺栓把泵体和泵壳紧紧地连接在一起。MD 系列工业泵或者 GSG 系列工业泵 4 ~ 16 级的压力等级对高强度螺栓的拧紧力矩提出了很高的要求：最大拧紧力矩高达 40 MPa。因此，这些连接螺栓对叶片泵的性能有着

决定性的重要意义。

人工拧紧问题重重

直到 3 年前，Sulzer 工业生产厂的装配工们都还是靠双手来拧紧高强度钢材制造的六角螺栓。要拧紧公称尺寸为 M80 的高强度材料螺母，螺栓的拧紧力矩高达 7000 ~ 9000 N·m；并且要

达到规定的安全系数。但在对人工拧紧螺栓的检查中发现：各个螺母和螺栓拧紧力矩的差异高达 35%。为了达到规定的安全系数和严格遵守企业内部制定的偏差为 $\pm 15\%$ 的拧紧力矩技术规范，在使用机械拧紧机之前螺纹规格型号的设计都留有很大余量，加大了 25% 左右。

Sulzer 公司敏锐的发现了其中的改进潜力，因此在 MD 系列和 GSG 系列工业泵生产制造过程中引进了机械拧紧机。该产品在 Sulzer 公司类似的产品生产中已被证明是非常可靠的装配工具。

均分负载的四轴拧紧机

被 Sulzer 公司称之为 Superbolt 的四轴拧紧机把拧紧时的负载均匀的分为 8 ~ 12 个拧紧过程；这样在每一个拧紧过程中的拧紧力矩就只有 310 N·m，能够非常简单地达到技术规范的要求。但整个装配过程所需的螺纹拧紧时间却相应增加了，因为在螺栓预紧之后每一个螺栓要交叉拧紧 8 ~ 12 次。这样，就要求有更多的装配工人加入到工业泵的装配中。也就是说，分级交叉拧紧带来的好处是以更多的装配工作量为代价的。因此，Sulzer 泵业公司尝试着对 Superbolt 进行改进，把每台泵近 4000 次的拧紧工序减至最少，同时降低装配工人的体力劳动强度。

装配解决方案减小螺纹连接工作量

然而没有一家拧紧机生产厂能够立即提供现成的解决方案，因为这还是一个全新的技术应用。基于用户提出的技术要求，总部位于 Maintal 市的 Desoutter 公司最终为 Bruchsal 市的工业泵专业生产厂提供了相应的解决方案。他们的思路是：可以在生产车间里自由移动、符合人体工程学、配备视觉操作支持、可存储和纪录复杂装配工艺过程和数据的四轴拧紧机（图 1）。此四轴拧紧机的独特之处在于：基于标准零部件的模块化系统。它可以在很短

时间内利用现有的零部件组装起来，并且为日后的性能改进留有很大空间和余地。

这种移动式拧紧机工作站的核心部件是 4 个 EME44-350-OF 拧紧机轴。它们由侧置的有着很小轴间距尺寸的多级行星驱动机构提供 80 ~ 350 N·m 的拧紧力矩。尽管使用的是侧置驱动机构，但在动力输出侧使用的检测值传感器仍是内置式传感器。这样，此螺栓拧紧机在机床能力指数 $C_m > 2$ 时的重复精度就可高达 $\pm 5\%$ ，保证了工业泵生产厂家提出的扭矩公差要求（图 2）。在快速卡紧连接导向装置的帮助下，EME 拧紧机能够全面完成 Superbolt 拧紧机在 M52 ~ M80 螺纹之间的螺栓

拧紧任务（图 3）。

结构紧凑的四轴拧紧机最小的轴间距只有 82 mm。据 Desoutter 公司介绍，如此高的拧紧力矩和如此小的轴间距是该拧紧机的绝对优势。在精确控制 4 根拧紧机轴时只需两个 Twin-CVI 控制器就足够了。每一个 Twin-CVI 控制器可以控制两个拧紧轴，能够为每一个拧紧轴存储 250 个拧紧操作程序。而在完成这些任务时其只需一根导线即可，从而大大减少了接口数量。对于 Sulzer 公司来讲此拧紧机的另一个重要优点是：节约占地面积。安装在装配车底部的 Twin 控制器取代了传统多轴拧紧机固定的粗大而笨拙的电气柜。

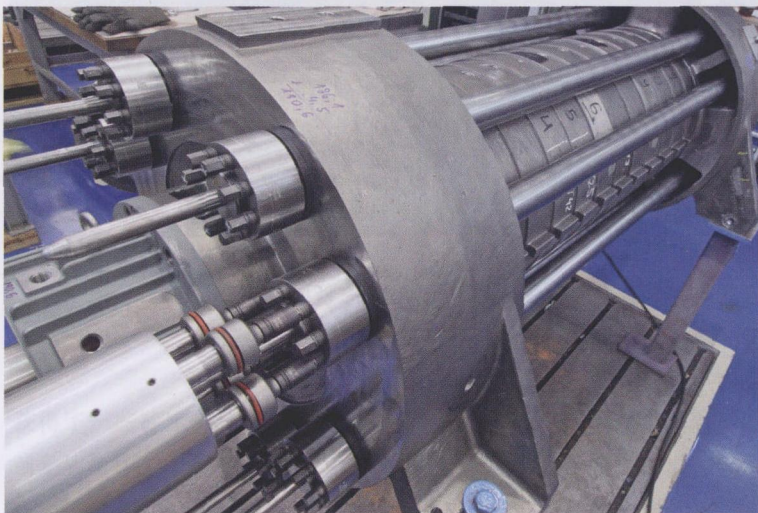


图 2 很高的重复精度保证了严格的企业装配技术标准

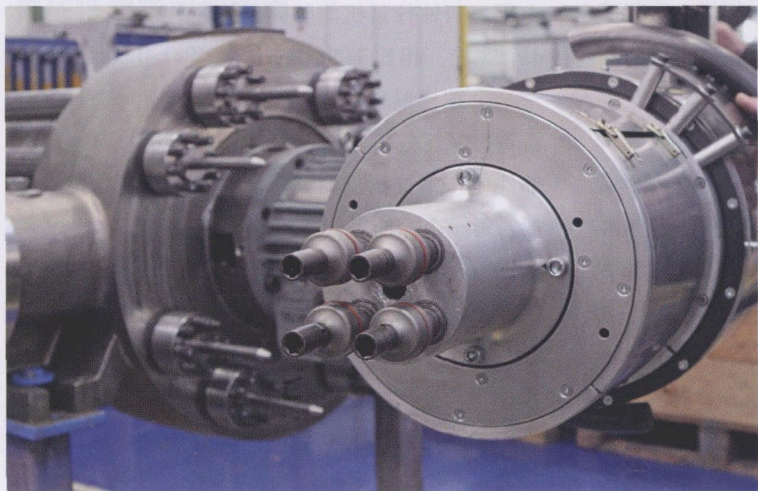


图 3 在快速卡紧连接导向装置的帮助下，四轴拧紧机能够全面完成 Sulzer 工业泵螺纹规格从 M52 ~ M80 螺纹之间的螺栓拧紧任务



图4 电子控制的四轴拧紧机利用8个环形配置的Superbolt拧紧机头拧紧工业泵端面的螺栓

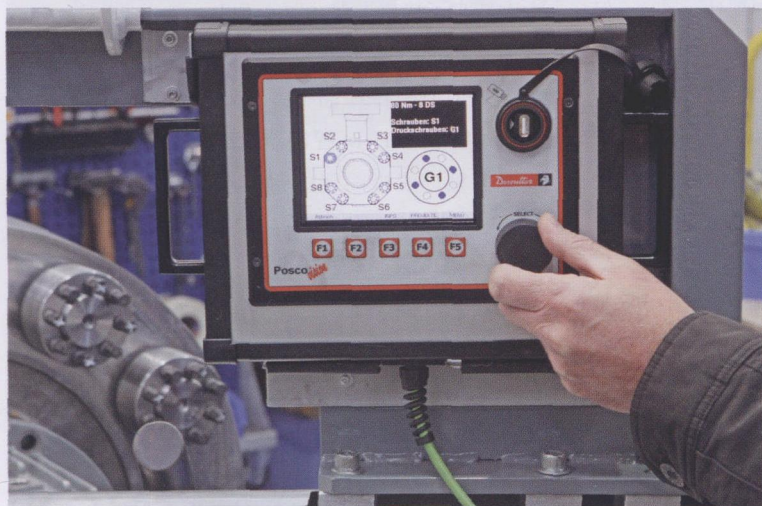


图5 Posco-Vision显示器能清清楚楚的告诉装配工人已经完成的装配工步。图示画面为高强度螺栓的拧紧顺序

整个设备都可安装在普遍应用的手推车上，可以在很短时间内推到其他装配或使用地点。只需一个简单的平衡器就可以把四轴拧紧机吊挂在车间的起重设备上使用。可以从4个方向操作的特点使 Sulzer 公司的装配工人非常满意，对这一装配工具给予了很高的评价。

在装配 MD 工业泵时，8 个重载螺栓为一组。每一个螺栓都有一个原 Superbolt 拧紧机使用的屈服极限为 700 ~ 1100 MPa 的 SW 14 拧紧扳手负责。而四轴拧紧机的端面则安装有 4 根拧紧轴，能够实现同步驱动 8 个拧紧扳手进行拧紧工作，并同时实现扭矩控制和扭转角监控（图 4）。拧紧

一组螺栓后四轴拧紧机移到下一组螺栓处，开始拧紧下一组螺栓。

Desoutter 拧紧机从有着 8 个螺栓的螺栓系处换到另一个螺栓系处，直到完成 8 组即 64 个螺栓的连接拧紧，并达到规定的拧紧力矩。四轴拧紧机能够同时拧紧 4 个螺栓，相比于 Sulzer 工业泵一个个螺栓单独拧紧可以节约几百道拧紧工序：过去为了避免在部件中产生拧紧应力和预紧应力要对每一个螺栓交替进行 15 次交叉拧紧，而现在借助于精确的螺栓拧紧技术每组螺栓只需交替进行 5 次交叉拧紧就可以了。该拧紧机明显提高了生产力，在减少了拧紧机转换移动次数的同时能拧紧 4 个螺栓，可以把装配时间

缩短 80% 以上。

可视化监测系统可监控整个装配过程

除了减少装配时间和更好的人体工程学效果之外，此多轴拧紧机还大大提高了螺栓拧紧工作过程的可靠性。拧紧机上的显示屏可以清清楚楚的告诉装配工人拧紧螺栓时的操作步骤，并指导装配工一步步地完成装配任务。

它所使用的 Desoutter 可视化系统 Posco-Vision（图 5）可以存储 1000 道单一的操作步骤；可以自由编写拧紧机工作程序，减轻了从规定的拧紧点到整个特殊拧紧操作程序的编制工作任务。借助于 3 个易于理解的拧紧操作指导菜单，操作者可以对拧紧机进行更多的参数设置。就是在拧紧过程中装配工稍事休息之后，他也能清楚的知道下一步工序是什么，或者是否要结束装配。倍受欢迎的可视化指导避免了装配过程中可能出现的偏差和错误。

把装配数据保存在数据库或者网络中

这一拧紧机具有经 WLAN 把装配数据传送给企业网络和存储到数据库中的能力。Sulzer 公司可以根据需要事后调用和读取这些装配数据和纪录，发送给用户或者技术服务人员，以便简化工业泵的维护和保养。

四轴拧紧机的投资回收速度非常快。从叶片泵性能测试结束到最后出厂，通常要进行 5 次拆卸和重新组装。产品质量典型的密封性检测、功能检测和功率检测都要求多次拆卸和重新装配叶片泵。而过去一次装配就需要 5 个半小时，现在只需 40 min。MM