



图1 TPM plus power 系列伺服驱动装置不仅在功率数据和安装空间上具有优势，其铝合金外壳也开创了机械设计的新天地

机电一体化

高效率实现节能性驱动

伺服驱动装置已经能够实现最高要求的高效驱动解决方案。灵活的智能化设计方案使伺服驱动系统获得了极高的效率和功率密度，满足了最佳的驱动技术要求，同时也明显降低了能源费用，减少了 CO₂ 的排放。

文 | Siegfried Wallauer

伺服驱动装置是一种电动机和变速器相互配合进而有效完成特殊驱动任务的装置。Wittenstein 公司研发生产的 TPM plus 系列伺服驱动装置能够根据实际生产任务的需要提供所需功率。该系列产品包括灵巧的 TPM plus dynamic、输出扭矩强劲的 TPM plus power 以及

抗扭转刚性极高的 TPM plus high torque。多型号的伺服驱动装置满足了用户的使用要求：时间优化的定位过程由于减轻了重量和减小了外形尺寸，因而拥有了更高的功率密度和简单的机电接口。此外，该设备具有极高的能源利用率，因此是挖掘设备节能潜力的有力助手，而

这也正是该伺服驱动装置未来发展的方向和重要目标。

电气驱动的节能应用重点

以电动机和变速装置为主的电气驱动技术解决方案的能源效率在今后几年乃至几十年中都有着极大的节能潜力可供挖掘。目前，在德国每年都有 151 TW/h 以上的电能由电气驱动装置所消耗，而在整个欧洲每年被其消耗的电能甚至超过 656 TW/h。但是仅仅从单个零部件的角度出发以及没有太大的节能潜力可以挖掘，因为现在零部件都已经实现了很高的效率。在减速机中，行星齿轮变速器的每一个变速级效率都已达到 97%；密封件、轴承的预紧力和齿面的啮合才是其产生能源损耗的重要因素。在现代化的同步伺服驱动电动机中，其效率约为 92%；产生功率损失的主要原因是欧姆损耗、磁场转换和涡流电流。在今天的功率部件中，功率损耗主要产生在开关过程的转换之中，约占 5%。而最大的节能潜力在有着较小转动惯量的小型电动机中。

Wittenstein 公司在研发生产 TPM plus 系列伺服驱动装置时高度重视其在节能和效率方面的表现。因此如何降低驱动装置的转动惯量，成为其首要解决的问题。经研究发现：电动机零部件加速时的转动惯量越小，整个驱动装置的能源利用率就越高。较低的转动惯量一方面表示需要驱动的总质量较低，另一方面表示有着较高的耦合系数 λ （外部转动惯量和电动机转子的自有转动惯量之比）。

理论上，最大效率可以通过修正耦合系数来实现，尽管曲线是非线性的。

在迄今为止的驱动系统设计中，

一般来讲耦合系数都选在 1~3 之间（效率 η 为 0.5~0.75，电动机的无功功率在 25%~50% 之间）；因为这样可以非常简单的得到一个性能稳定的调节系统。而采用该设计方案的原因却并不是受耦合系数的影响，相反是受机械弹性的性能影响。在传统的设计方案中，电动机和变速器都是通过联轴器来连接的。这种连接方法增加了转动惯量，同时减少了机械刚性。

在 TPM plus 系列伺服驱动装置中有意识地避免了这种连接方式，它使行星齿轮变速器的太阳轮与电动机轴直接连接。这一设计措施允许使用的耦合系数范围为 $\lambda > 10$ 。另外，在 Wittenstein 行星齿轮变速器很小的齿侧间隙的帮助和支持下，该系统也得到了高抗扭刚性。

扭矩强劲的伺服驱动装置

Wittenstein 公司研发生产的 TPM plus Dynamic 伺服驱动装置是该系列的第一种产品，迄今为止已经生产和销售了 4 万多台套。其中部分产品就应用于高新技术领域中的机器人设备中，或者旋转运动的包装设备中。TPM plus power 系列伺

服驱动器采用了特殊连接结构设计，把电动机和行星齿轮变速器集成为一个结构非常紧凑的整体；因此它所需要的安装空间非常狭小；纵向长度尺寸比传统的电动机 - 变速器组合的伺服驱动装置减少了约 50%。

作为有着最高集成度和功率密度的 TPM plus power 伺服驱动装置，它可以提供很高的输出扭矩。这种伺服驱动机构既可制成单级的，在线性驱动中倍受欢迎的配置方式也可以配置成对旋转运动大有裨益的两级变速装置。各级之间的传动比非常精细，使得 TPM plus power 有着很高的能源利用率和很好的动态性能。在行星齿轮机构中采用斜齿轮保证了理想的运行平稳性。齿轮啮合频率变化的影响也将至最低，而且大大减少了变速器运行时的噪声。TPM plus power 伺服驱动装置的永磁电动机具有很高的功率密度。除使用稀土磁性材料外，电动机的高线圈匝数、电极极数和线槽中的高充填率都起到了很好的助力作用。同时，纤薄的铁芯也减少了涡流电流，有利于提高有功功率和能源利用率。而所谓的 Cogging 接头则采取了特殊的技术措施，使用户几乎感觉不到它的存在。

在自动化和切削加工领域，TPM plus power 系列伺服驱动装置

的主要应用于高动态性能的应用场合，例如齿轮 - 齿条传动机构或者主轴以及高质量和有干扰力的旋转运动等应用场合；要求高扭矩和高调控精度的应用场合。

抗扭转刚性提高 180%

TPM plus high torque 系列伺服驱动装置有 4 种规格，传动比在 22~220 之间，其最大的特点是具有很高的抗扭刚性，是标准型伺服驱动装置的 1.8 倍。与 TPM dynamic 系列装置相比，其还有一大亮点，即加速力矩增大了 90%；而且所需要的安装空间非常小，只有 183 mm 和 415 mm。之所以提高有如此大的功率，主要是因为 4 种行星齿轮变速器动力输出级的性能改进：采用了斜齿轮，同时增加了啮合齿数，因此所能传递的动力也相应增大。

由于具备了很高的功率密度，因此该伺服驱动装置能够更好的承担动态运动传递的任务，同时也拓宽了该设备的应用领域，如其可应用于重量较大的原材料上下料系统或自动加工中心。

选型软件助力节能减排

伺服驱动装置选型软件 Cymex3 中集成的“节能辅助选型”功能使用户能够充分挖掘出伺服驱动装置的节能潜力或者确定电气设备参数，根据特定的使用情况给出高效、节能的驱动链解决方案。利用这一节能辅助工具，可以动态分析计算不同替代方案的能源消耗，设计出最节能的驱动链，并帮助设备完成最后的经济性评审。

TPM plus high torque 系列伺服驱动装置具有极高的能源密度和工作效率，最佳的结构设计以及符合功率性能要求的尺寸规格设计，因此为电气驱动系统提供了大量的节能可能性。[MM]



图 2 此伺服驱动装置把有着很高功率密度的永磁同步电动机与有着很小齿侧间隙和高抗扭刚性的精密斜齿行星齿轮变速器集成在一起