

减速机

精确性和经济性永无止境

对于减速机来说，精确性和经济性都是必不可少的特性：在这一基础之上，减速机生产厂家研发出了低成本的新型行星齿轮减速机，这样就可以满足用户低成本、高精度的使用要求了。

文 | Sebastian Müller

近几年来，精密减速机越来越多的出现在原来使用有间隙的、生产制造成本较低的减速机应用场合中了。新的生产制造方式和用户对精确性提出的新要求，导致了减速机生产厂家开发出了新的替代解决方案。对精密减速机提出的要求不外乎无间隙、传动准确，大多数情况下还都结合有很高的承载性能要求。

因此，Harmonic Drive 公司研发生产了新的 HPG 和 HPGP 系列行星齿轮减速机。这些新型减速机是专门针对减速比 $i < 50$ 的减速机市场而研发的无间隙传动的行星齿轮减速机。市场中的 HPG 行星齿轮减速机

已经实现了在整个使用寿命周期内的精度误差始终小于 $1'$ 。迄今为止，HPGP 是唯一能达到这一精度的减速机，这一特性被 Harmonic Drive 公司称之为“稳定的精度”。也正是由于这样的精度，使得这种行星齿轮减速机成为市场中的佼佼者。

具有高承载能力的高精度行星齿轮减速机

新的高精密行星齿轮减速机 (HPGP) 是一种高承载能力的精密行星齿轮减速机变型产品。在这两种系列的行星齿轮减速机中，柔性的、薄壁空心轴的行星齿轮结合 Harmonic Drive 公司 40 多年行星齿

轮减速机技术和经验，保证了很小的旋转间隙。除此以外，HPGP 系列行星齿轮减速机的最后一级采用了四个行星齿轮，而原来只有三个。这样，与传统的三行星齿轮减速机相比较，就能够把传递的力矩提高大约 33%。

HPF 系列行星齿轮减速机是另一种传递间隙等级 $\leq 3'$ 的空心轴行星齿轮减速机。在这一系列的减速机研发目标中，最大的空心轴直径是研发的主要目标。

在 HPN 系列行星齿轮减速机的研发中，考虑了开拓新的市场、满足用户新的要求。在确立研发目标时，工程师们必须清楚从“行

新的行星齿轮减速机是按照“如何才能更加经济的扩展精密行星齿轮减速机”这一目标设计的



星齿轮减速机的最高精度要求是什么？”到“如何才能更加经济的扩展精密行星齿轮减速机？”等一系列问题。采用传统的伺服电动机之后，使得这一最新系列的减速机成为高精度减速机市场中的一员；不仅满足用户的低成本要求，而且也满足了用户的高精度要求。

最后一个是：过去几年里某些领域中也越来越多的使用了精密传动技术；例如包装工业领域中的包装设备。这也是 HPN 系列行星齿轮减速机所关注的一个市场和领域。在这些领域中，精密传动技术的应用很少要求绝对的无间隙传动。在这一领域中，伺服驱动技术替代气动系统的趋势使得人们需要从系统的精度进行成本费用的分析。因此，用高质量、高品质伺服驱动的行星齿轮减速机替代原来的系统，是对研发人员所设计的新系列提出的鞭策和衡量尺度，包括了从成本控制角度来设计新型减速机。

高性能替代解决方案的缺乏导致“过度设计”

包装机械设备工业领域对减速设备提出的主要要求是：高循环速度时的高重复精度。由于这一领域中的工作节拍非常快，因此一般来讲使用的行星齿轮减速机的减速比都较小。市场中的低成本行星齿轮减速机满足不了这一精度要求，常常要把高精密程度的无间隙行星齿轮减速机用于低精度要求的场合，或者是成对使用。之所以出现这样的过度设计，是因为市场上缺少近似于无间隙传动的高性能减速机替代解决方案。

这一领域的另一个特点就是：为数不多的包装设备生产厂家采用了标准的伺服电动机技术。而 Harmonic Drive 公司则考虑的是使用电动机 - 减速机相结合的设计方案。

最小传动间隙减速机应用的增长

由 Harmonic Drive 公司研发的在整个使用寿命周期里都保证了无间隙传动的谐波传动减速机，在驱动技术领域树立了一个高精密度的里程碑。仔细考察这类产品的市场就可以发现：除了越来越多的无间隙传动应用之外，传动间隙 $< 10'$ 的应用领域也在不断的增加和扩大。针对这一保证传动间隙的应用领域，Harmonic Drive 公司在产品的规划、设计和生产中可以通过先进的生产制造技术，经济的生产出所需的产品。

作为一家有着多年行星齿轮减速机生产历史、能够生产出传动间隙在 $\leq 1'$ 及 $\leq 3'$ 之间的资深企业，Harmonic Drive 公司的工程师们利用自己丰富的专业知识和经验，设计出了传动间隙在 $\leq 5'$ 及 $\leq 7'$ 之间的新型、经济型减速机替代解决方案。间隙等级的多少与传动等级的多少有关；在减速比 $i \leq 10$ 的范围内，最大的传动间隙为 $5'$ 。

HPN 系列行星齿轮减速机的设计是基于斜齿轮传动基础之上的，这就保证了传动的平稳性和低噪声（图 1）。与现有的解决方案相比较，Harmonic Drive 公司的另一个新发明是：使用了承载能力很高的交叉滚子轴承，也就是径向 - 轴向推力滚柱轴承；用这种高承载能力的轴承代替了行星齿轮减速机动力输出端常规的球轴承。

用户能够直接感觉到这两种轴承的价格差，从而也提高了这一减速机产品在其目标市场中的竞争力。在常规的应用场合中，常常用不到高精度的交叉滚子轴承和它能够承担的高载荷。这时，具有前瞻性的减速机市场分析对避免或者减少潜在的过度设计是很有帮助的。

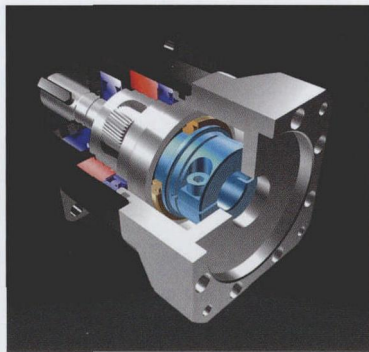


图 1 HPN 系列行星齿轮减速机的核心是斜齿轮传动机构



图 2 HPN 系列行星齿轮减速机有五种规格型号可供用户选用

优化的齿形啮合提高传动比

除了高精密度以外，对于许多用户来讲，设备的紧凑性也是选择减速系统时一个非常重要的评判标准。通过对啮合齿轮几何形状的优化和严格的加工公差控制，可以实现传动扭矩 - 减速机体积之间性能比的提高。新系列体积最小的（HPN-11）行星齿轮减速机能够传递很大的扭矩；根据具体减速比可以传递 $9 \sim 26 \text{ N} \cdot \text{m}$ 的力矩，且能够承受最大的重复峰值扭矩载荷（图 2）。

技术装备应用的经济性与使用情况有着密切的关系，而使用轻型装备或者其他装备常常会对经济性带来不利的影响。而经济性正是 Harmonic Drive 公司这四大新系列行星齿轮减速机带给用户的额外优点。在减速机的整个使用寿命周期内，传动间隙几乎可以保持稳定，这就保证了设备在稳定的、高质量减速传动中实现很长的使用寿命。[MM]