

NSK 是一个零部件制造商，总部位于日本东京，主要生产轴承和车辆部件。2016 年末，公司推出了新型轮毂电机，其中采用了十分高效的传动机构（图 1）。尽管这种电机的尺寸相对较小，但是具有很高的驱动性能。NSK 的目标不是批量生产整台电机，而是在市场上推出其单个部件。NSK 主要生产带有一体式减速器、单向离合器、小型滚子轴承和耐腐蚀轴承的车轮轴承。

#### 更加安全舒适，健康环保

由于轮毂电机直接安装在车轮上，省去了采用中央发动机的传统车辆中所需的某些传动系统组件。这样减轻了车辆重量，进而降低了能耗，并更加环保。与此同时，后轮驱动不再需要传动轴通道等部件，这增大了车内空间，提高了乘客舒适度。车辆安全性也有所提高，因为与使用传统传动系统组件的中央内燃机相比，可以更为直接和独立地控制车轮驱动。

#### 高性能小型电机

在开发阶段，NSK 面临一系列挑战。最困难的任务之一是在满足高性能需求的同时，尽可能降低电动机的尺寸。为了应对各种日常情况，电动机必须在加速和上坡时以相对较低的转速提供高扭矩。相反，在公路上行驶时则需要输出最大转速和较低的扭矩。由于这一系列要求都需要电动机尺寸尽可能小，因此 NSK 的开发重点在于减小轮毂电机及其组件的尺寸。

#### 解决方案：带有传动机构的轮毂电机

NSK 开发出带有一体式传动机构的轮毂电机，其结构紧凑，是理想的解决方案。这种创新型驱动装置由两台电动机、两个行星齿轮系统和一个单向离合器组成（图 1）。这种配置可以达到所需的高扭矩和最大转速。与内燃机相比，电机还可以反向旋转。该团队将这种电机作为开发工作的基础。在高速档位时，两台电动机旋转方向相同；在低速档位时，其旋转方

&gt;&gt;



“Tandem- AutoBox 能够同时执行控制任务和测量，因此给我们带来了极大的便利。故障分析和修正的过程中利用了 dSPACE 系统，因此也非常快速、简单，并且非常可靠。”

Yasuyuki Matsuda, NSK



# 高效 轮毂 电机

NSK 利用一体式传动机构  
开发紧凑型轮毂电机

图片来源：NSK Ltd

日益严格的车辆环境法规加速了汽车工程中电驱动的发展。因此，日本 NSK 开发了一种带有集成式传动机构的新型轮毂电机，其使用 dSPACE 的 Tandem-AutoBox 进行评估。

## 技术数据

### 轮毂电机

最大功率 (每个车轮)	■ 25 kW
最大驱动扭矩	■ 850 Nm
最高转速	■ 135 km/h
重量	■ 32 kg

### 测试车辆

轴距	■ 2550 mm
轮距	■ 1484 mm
重量 (不含乘客)	■ 1013 kg
电池电压和容量	■ 400 V 10.2 kWh

向相反。两台轮毂驱动电动机均通过齿轮组与车轮相连。该齿轮组由两个行星齿轮组和一个单向离合器组成。由于能够双向变换驱动电动机，因此具有两种不同的传动比。如果电动机旋转方向相反，可在有限的转速下向驱动轴施加高扭矩。此外，两台电动机可以同向旋转，以获得最高转速，从而达到更高的车速。带有一体式减速器的车轮轴承最终将扭矩传递给车轮。有了这种特殊的电动机-变速箱配置，便不再需要专门的换档执行器。NSK 认为，与中央车辆电动机解决方案相比，配备两个这样的驱动装置（每个前轮一个）不仅可以使重量减轻 30%，还能保持相同的性能。此外，由于可以控制两台电动机的扭矩和转速，传动机构能够在加速和制动期间平稳地换挡。

**用于车载实验的 Tandem-AutoBox**  
为了评估电动机原型，开发团队建造了一台测试车辆，在前轮上安装了轮毂电机。当 NSK 生产复杂的评估设备时，特别是在建造这款测试车辆时，与众多的公司和大学开展了密切合作。自规划阶段以来，dSPACE 一直在支持这个项目。为了在实际运行中测试车轮电动机，他们在车辆后部安装了 Tandem-AutoBox。Tandem-AutoBox 提供了测试车辆所需的主要接口。除了控制轮毂驱动装置中的电机之外，dSPACE 系统还负责电动助力转向的控制。测试车辆的配置不仅可以用于测试轮毂电机，还适用于其它的应用案例。为了应对未来的挑战，NSK 使用了 Tandem-AutoBox，其可在 12V 汽车电池下工作。

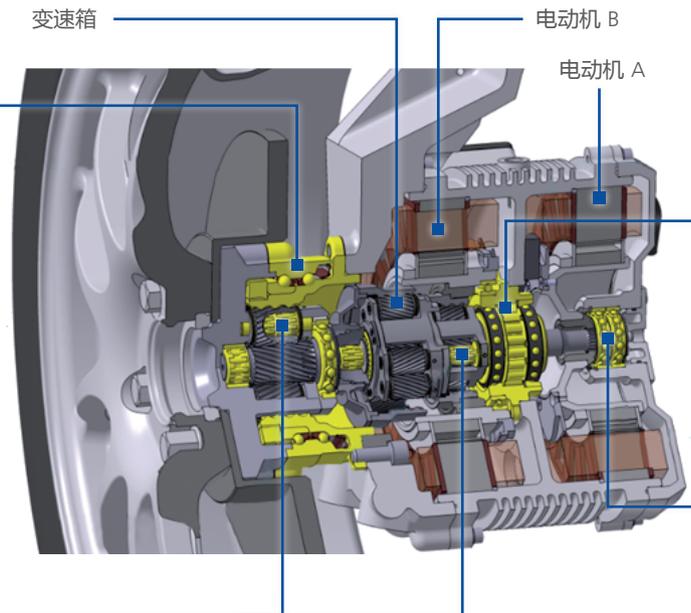
图 1：带有一体式传动机构的轮毂电机配置。NSK 想要在市场上推出其单独的电动机组件。



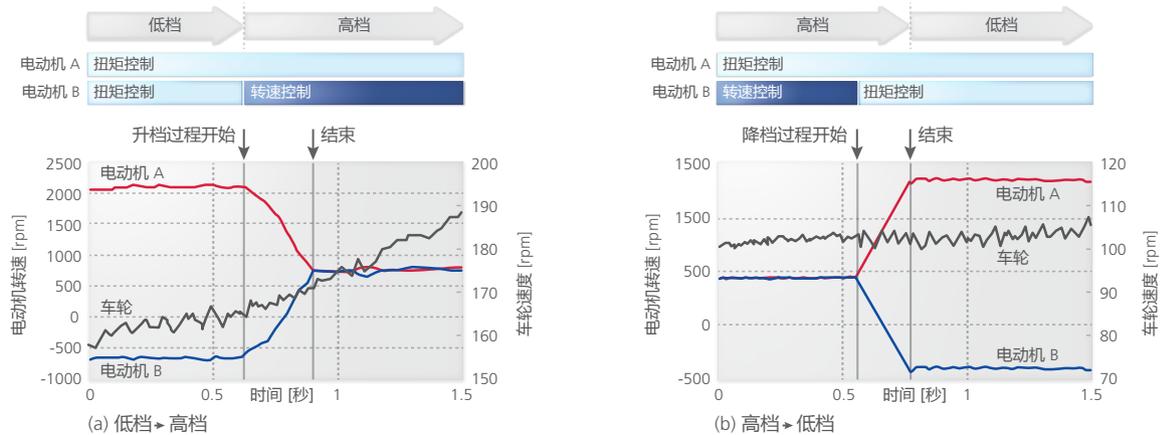
带有一体式减速器的车轮轴承



小型滚子轴承



图片来源：© NSK Ltd.



图片来源：© NSK Ltd.

图 2：升档或降档过程：

a) 两台电动机最初旋转方向相反。当电动机 B 改变转向时，单向离合器启动行星齿轮架。电动机此时旋转方向相同（高转速，低扭矩）。  
b) 两台电动机最初旋转方向相同。当电动机 B 改变转向时，单向离合器使行星齿轮架停止。电动机此时旋转方向相反（低转速，高扭矩）。

## 与 dSPACE 密切合作

建造测试车辆时，NSK 获得了 dSPACE Engineering Services 的专业支持，后者在整个开发过程中为开发团队提供支持。在双方合作下，开发团队最终快

速、轻松地调整和增强了设备配置，并更新了控制策略。dSPACE 的实验软件 ControlDesk 和 Tandem-AutoBox 在结果分析的过程中发挥了重大作用。Tandem-AutoBox 能够同时执行控制任务和测量，带来了极大的便利。这样能够更快速、更容易和更可靠地分析和纠正故障。

代码，他们可根据不同的工作状态调整这些代码。这使得团队能在整个开发过程中高效地工作。■

Yasuyuki Matsuda, 日本精工株式会社

请通过此视频了解有关  
轮毂电机运行的更多信息：  
[www.dspace.com/go/  
dMag\\_20172\\_NSK](http://www.dspace.com/go/dMag_20172_NSK)



单向离合器

耐腐蚀轴承



## 结论

测试车辆属于电动车辆，因而需要连接到充电站以用于测试（驱动）或者进行维护以更新控制软件。因此，控制软件开发的关键在于能够在这些状态之间切换。工程师还获得了易读的

Yasuyuki Matsuda

Yasuyuki Matsuda 就职于 NSK Ltd. 公司  
(日本藤泽市) 未来技术开发中心的汽车  
系统开发部门。

