

增程式传输装置——低成本、上市时间短

## 价格合理的混合动力，供货运卡车和城市公交车使用。

介绍客车混合动力概念以及在货运卡车及城市公交车中的应用，突出灵活性和价格合理。

高级技术专家：电气工程理学硕士Pär Freudenthaler，电器工程理学硕士Mikael Mohlin  
Vicura AB, Trollhättan, 瑞典

### 增程式传动系统的扩展运用

Vicura正在开发设计涵盖了各类扭矩传输的动力传动系统部件，其中包括已经启动的增程式电动车

(EREV)动力传动系统设计。在这一设计中，低附加成本（相比传统车辆）和每公里低于50克二氧化碳的排放量是两项最重要的标准。Vicura对于客车至商用车等应用也较为感兴趣，因此公共汽车、货运卡车和其他应用在也其考虑范围之内。

本文主要描述了安装在货运卡车上的增程式变速箱的基本原理、设计、功能和性能。系统的主要部分来自Vicura客车项目，并对基本原理、齿轮箱结构和实用原则进行了修改。其必备条件有性能相似、高效、低附加成本。

### 用于客车的增程式传输装置

客车EREV解决方案的主要目标是设计成本效益较高的动力传动系统以满足法律规定的排放量并减少燃油消耗。这一设计以业已获得低排放认证的客车为基础，因此设计主要针对低油耗引擎，这样，车辆设计和制造的部件和流程就能得以延续。除了标准电动马达和易于使用的齿轮箱设计，系统也采用低附加成本战略。

对于EREV车辆，电机、动力电子设备、换挡/离合致动系统和蓄能装置必须计入车辆总成本。原有的齿轮箱不包括在内，取而代之的是EREV齿轮箱。相比基准车辆，齿轮箱结构更为更为简化，齿轮数量更少，因此成本更低。大型和小型车辆之间的成本差异，并不比电气设备和动力电子设备之间的差异更大。对于成本有明确决定作用的因素是蓄能装置大小。



性能方面的目标是车辆性能相同而燃油消耗大大降低。电动马达的性能必须达到原有水平，在0 - 130 kph的速度范围内无需调档。如果车速超出130 kph，车辆必须由内燃引擎驱动。这可以接受的，因为这意味着所有耗油周期都能以全电气方式完成，同时也意味着绝大部分的实际驾驶情况已包括在内。

### 如何在商用车上运用

对于商用车，EREV型车辆必须以现有基准车辆为基础，以使保留部件在最大程度上得以延续。这一点也非常重要。相比客车设计而言，城市货运卡车的行驶距离较短，起步和刹车频繁，其实际行驶工况更能触发增程式结构在混合动力状态下发挥作用。车辆设计应结合电动驱动和内燃驱动，这样在车速已经较低的情况下无需等待蓄能装置进入低充电状态。

因此，客车的设计和货运卡车动力传动系统的重要差别就在于按照混合模式配置卡车动力传动系统，并减少蓄能装置体积。

### 传输装置和动力传动系统布局

最显著的设计特点是一个电动驱动前进、一个电动驱动反向档，和四个内燃驱动前进档。此外，换档由换档/离合触发系统自动执行，在内燃驱动换档时，电动马达会提供扭矩。这进一步简化了机械变速箱，同时不会影响换档性能。

变速箱有两根输入轴，其中一根为电动马达专用，另一根为内燃引擎专用。电动马达通过前进档或反向档齿速比级以及最终传动驱动输出轴。内燃引擎通过四齿速比级传输装置以及最终传动驱动输出轴。

引擎扭矩传动路径可由输入轴上的干式离合系统以及用作齿轮联轴器的爪形离合器断开。电动扭矩传动路径可由爪形离合器断开。请参见图1。

因此可供使用的扭矩传动路径有：

- 电动马达驱动输出轴。
- 内燃引擎驱动输出轴。
- 电动马达驱动内燃引擎。
- 内燃引擎驱动电动马达。
- 电动马达和内燃引擎驱动输出轴。

配备EREV的货运卡车动力传动系统使用现有的内嵌式四缸柴油引擎，且原有的变速箱为EREV变速箱和部件所取代。

为确保货运卡车的牵引力和性能保持不变，电动马达的功率应与柴油引擎相当。选择齿速比时，电动一级齿速比应以原有的一档齿速比匹配。内燃四档扭矩传动路径与原有的二至五档齿速比相匹配。因此这一设计能在混合模式中发挥带有电动和内燃混合驱动的组合五速变速箱的作用。请参见图2。

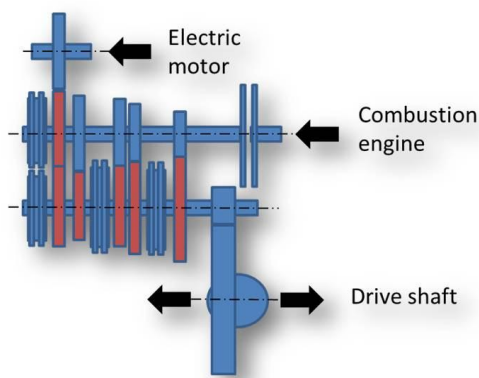


图1 EREV变速箱布局

货运卡车的设计针对有刹车/起步功能的混合模式，因此相比增程式客车，蓄能装置的体积应缩小。增程式车辆的功率大于10 kWh，电动车辆更高，而采用这一结构，2-3 kWh的功率就足够了。这些功率水平

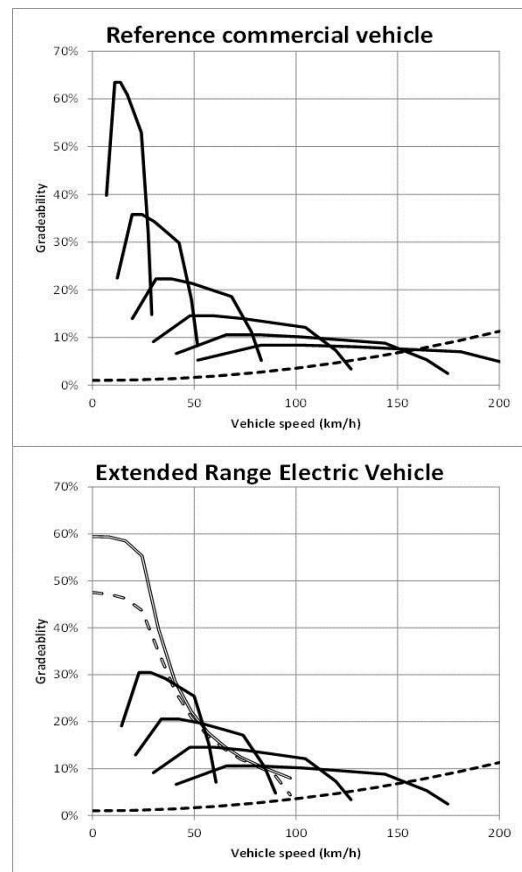


图2原有卡车和EREV卡车牵引力示意图

组合时，应考虑使用超级电容。相比客车设计，体积缩小的蓄能装置能节约开支和空间，重量也会更轻。

### 电力驱动

所有一档范围内的低速行驶完全由电力驱动，无需内燃引擎的帮助。在电动模式下，能量能够在滑行和制动过程中再生。制动系统能够激活电动马达（作为发电机）和传统制动装置混合。

电动一档的齿速比应提供静止状态牵引力以及适宜最高速度之间的最佳组合，这样就能在电动最高速度和使用内燃引擎驱动两者之间达成妥协。电动马达将脱离动力传动系统，使得车辆速度超出电动最高速。

这时齿轮箱为电动马达提供无需移动车辆即可由内燃引擎驱动的机会，以确保电池在任何时候都能充电。货运卡车设计时将使用电力驱动，以模仿传统动力传动装置的一档，并配备自动换档功能。

### 混合模式

蓄能装置的充电状态通常情况下可用以决定进入/离开混合模式。但对于货运卡车，变速箱的设计应模仿配备低油耗自动换档功能的组合式五速传输装置。充电状态依然是监控和运行的一个重要参数。

换档时的速度匹配由内燃引擎和电动马达施行。换档期间，电动马达提供扭矩以确保持续牵引力。换档完全自动，也可以使用方向盘换档拨片。

使用电动力传动装置行驶，以及在任何一档滑行或制动时，内燃引擎应停止运行并关闭。车辆再次启动加速时，首先由电力驱动，随后通过变速箱的干式离合器启动。所有传动变速箱都可以配备再生制动器。

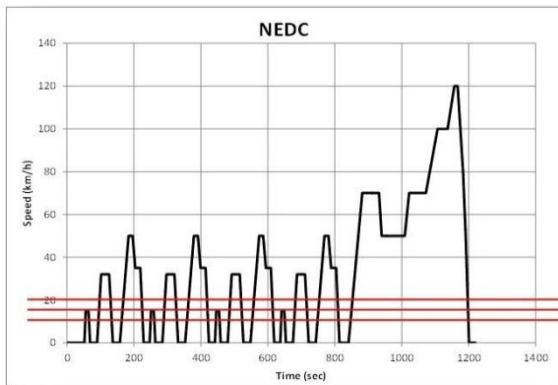


图3 NEDC三条不同的1-2升档线

### 性能和燃油效率

采用Vicura经验证的型号模拟性能和燃油效率值。货运卡车柴油引擎是内嵌式四缸引擎，功率为120 kW，来自参考商用车。电动马达功率建议为120 kW，以达到参考车辆的相似性能。

齿速比应按照参考卡车的齿轮箱系统选择，但是可以改进以适应不同车辆重量及性能需求。

采用上述动力传动系统结构，就可以获得相似的牵引力和性能。

油耗的改善非常明显。直接采用电动一档实施起步/刹车以及自动换档，在油耗方面取得了巨大进步。如果齿轮选择取决于充电状态，则有可能进一步提高。参考货运车的燃油消耗为7.33l/100 km,获得新欧洲行驶循环工况(NEDC)认证。请参见图3。

如果在参考车辆上使用增程式设计——电动一档11 kph、内燃引擎的动态起步/刹车，以及优化的自动换档，耗油量将达到为5.1l/100 km。动力换档能力和与之相配的扭矩源使得从电动一档到下一档的转换可以自由选择。如果升档速度增至15 kph，耗油量将达到5.0l/100 km，如增至20 kph，则耗油量为4.7l/100 km。请参见图4。

升档速度的变化可以通过蓄能装置的充电状态进行控制。

如果车辆配备了电动车辆可能有的相似的制动系统，在制动器踏板行程中有专门用于再生制动的死区，耗油量可以进一步改善。再生制动可以控制整个NEDC循环。整合增程式设计的一个好处是马达作用于车辆的前轴，而这是激发全部再生能力而不会影响车辆稳定性的前提条件。

### 结论

采用增程式概念将客车转换为货运卡车获得成功。

配备增程式装置的车辆性能与参考车辆相似，燃油消

Technology	Fuel consumption [l/100km]	Improvement [%]
Reference vehicle	7.3	0
Start Stop	6.6	9.5
Automated shifting	5.8	20
Electrical first gear (11kph)	5.1	30
1 - 2 gear shift at 15kph	5.0	31
1 - 2 gear shift at 20kph	4.7	35

图4采用EREV设计以减少卡车油耗

耗却显著降低。独特的电动一档和动态起步/刹车设计在大多数情况下能提高燃油效率。充电状态取决于换档速度和能量再生，进一步节约了燃料。通过加装成品马达，简单的低成本动力换档增程式传输装置和体积合理的蓄能装置可以在车辆平台中将EREV设计与已有的高效内燃引擎整合在一起，从而确保这一解决方案可行且价格合理，开发时间和上市时间也较短。