

德国伦克公司的新型混联式电驱动系统

王桂芝(2006.11.24)

过去几年中，履带式装甲战车的电驱动技术发展迅速。例如双电机驱动设计简单，但在操纵性能特别是在转向性能方面存在不足。尽管到目前为止，装备纯电驱动的希望增加，但其体积仍然较大，重量较重，成本和风险都比较高。

然而，车辆的电能需求却在不断增加，现代车辆的推进系统必须能够满足不断增加的动力需求。因此，有必要把机械和电动组件组合为一个动力组件，在最小体积、重量、成本和风险下，为车辆和辅助单元提供所需的动力。目前，已经把电动系统集成到动力系统中，电动系统可用于驱动车辆或者仅用于节省燃油。

德国伦克公司基于综合电驱动和机械传动优点的理念，设计了功率分配式混合电驱动系统，该系统的功率分配效率较高，属于混联式混合电驱动类型。“适者生存”不仅是自然法则，而且也适用于动力驱动系统。从最先进的机械传动升级到混联式电驱动系统是未来发展的需要。

动力驱动系统布置方案的研究

履带式车辆的动力驱动系统共有三种布置方案，一是纯电驱动，二是混合电驱动，三是机械驱动，其中混合电驱动又分为串联式混合电驱动、并联式混合电驱动和混联式混合电驱动。

为得到与标准伦克HSWL机械驱动系统相同的转向和操纵性能，纯电驱动的双电机驱动功率必须是原动力（一般指发动机）功率的3倍至4倍。由于重量、体积和成本限制，该方案不适合现代履带式车辆。

伦克HSWL技术被认为是最先进的技术，可提供与车辆的最高机动性相结合的最佳重量、体积和成本的方案。混合电驱动系统能够提供各种车载设备需要的大量电能，如雷达系统、电装甲、电磁炮或电热化学炮等。通过与能量存储系统如牵引用的蓄电池相结合，履带式车辆可以安装串联、并联和混联式混合电驱动系统。伦克公司以每个系统及其变型满足不同的规则为标准，如低重量、高性能、高效率、小体积、低成本和低风险等。

如果车辆布置需要把发动机与变速箱分开安装，伦克串联式混合电驱动系统可提供在重量、体积、成本和风险方面匹配的最佳方案。然而，当需要把发动机功率完全转换为电能时，发动机、发电机、功率电子器件和电动机、车辆总线与电缆和纯机械驱动元件的总体积实际上要比伦克HSWL技术的动力组件布置需要的体积要大。即使考虑到制动能量回收和改进发动机工作点，能量的多种转换方式（机械能-电能-机械能）和交流/直流（AC/DC）与直流/交流（DC/AC）的转换仍然使得能量损失要比纯机械传动大。

在并联混合电驱动布置中，伦克HSWL电驱动系统增加了大容量电动机/发电机。这个电动机/发电机与发动机飞轮或者变速箱的输入轴连结。对于中度混合布置，系统的电功率及其功率电子器件相对较小，电动机/发电机直接与发动机相连，其转速相等。仅当发动机在高速运转时，发电机能够产生最大电功率。当驱动车辆行驶时，不仅驱动车辆的电功率而且传输给冷却系统风扇、车辆电源和动力输出的电功率都是通过牵引用的蓄电池传递。所以需要重型、大型电池和功率元件。在这种布置方案中，规定大型和重型电池强制性使用。

从重量、体积、成本和风险来看，串联式混合电驱动和并联式混合电驱动都不是最佳方案，而伦克新型混联式混合电驱动系统采用功率分配方案，可综合机械和电驱动系统二者的优点。

伦克混联式混合电驱动系统

功率分配全混合电驱动技术是伦克公司正在申请的专利。发动机和两个小型电动机通过行星齿轮装置耦合，取代液力变矩器。该系统综合了电驱动和机械传动的优点，并提供了混联式混合电驱动模式。发动机的转速与第二个电动机的转速以及车速没有直接关系。由于一个电动机输出的功率可由另一个电动机消耗，不需强制安装电池。

目前，该公司已为一辆30t车辆开发了混联式混合电驱动系统，该系统安装所占空间与HSWL变速箱/电动组件所占空间相同。伦克混联式混合电驱动系统具有如下很多优点：

第一：传统车辆液力变矩器消耗的能量可用于使混合动力车加速，因为混合动力模块取代了液力变矩器。

特别是在车辆由静止开始加速期间，电驱动系统的效率比液力变矩器高。

第二：系统包括两个电机，其中一个可能总是用作发电机。一个电机生成的电能可用于驱动另一个电机，反之亦然。车辆不必安装能量存储系统，以减小重量和体积。是否需要安装蓄电池，取决于车辆需要执行的任务。

第三：通过采用电机，可优化功率分配齿轮装置的工作时间。发动机转速在换档过程中可保持稳定，这是因为发动机转速并非直接驱动车辆。

第四：在不使用蓄电池的情况下，也可进行静默观察，这是因为发动机可在额定转速持续工作。发动机舱封装在车体内，以屏蔽该频谱的噪声。通过采用混合动力组件实现无级变速传动，车辆能够在静默观察模式下由静止加速至最大车速。与由蓄电池驱动的静默观察相比，伦克混合电驱动的重量和体积更小，且可提供更远的行驶里程，行驶里程仅取决于油箱燃油的供给量。由于发动机舱的封装措施，该混合电驱动系统的噪声水平可与履带式纯电驱动相媲美。用于封装发动机的材料的重量和体积到目前为止要小于蓄电池的重量和体积，这是因为该发动机封装所用的材料仅针对于额定转速时噪声的屏蔽。

第五：利用存储在蓄电池中的能量也可进行纯电动静默观察。

第六：驾驶员在发动机怠速运转时停止发动机运转，可降低燃油消耗。履带式车辆工作时间的55%~85%是发动机怠速运转时间。伦克混合电驱动采用动力强大的辅助动力系统（APS），以便为车辆提供能量。对于车辆的突然起动，该系统允许车辆采用APS提供的能量起动车辆，并在某一车速起动发动机。因此，装备伦克混合电驱动系统的车辆在怠速时可保持与传统车辆一样的加速能力。第七：如果安装能量存储系统，则可回收制动能量，并利用该能量来驱动车辆，可进一步降低燃油消耗。

第八：柴油机可在最佳燃油消耗点连续工作。通过降低燃油消耗，可增加车辆的最大行驶里程。如果需要降低发动机排放，则可采用非完整特性图。

第九：发动机的所有能量能够用于向车辆或者其他耗能设备提供电能，车辆在战场上也能用作供电站。

在混合电驱动模式中，安装了一个闭锁离合器。如果该离合器闭锁，则两个电机与发动机以相同转速运转。当车辆行进间不需要混合功能时，该离合器就像自动驱动系统中的闭锁离合器一样闭锁，以进一步提高效率。

伦克混合转向系统与经过验证的HSWL变速系统的设计原理相同，是可再生的转向系统，具有横轴和转向差变速器。当需求高转向功率时，转向电动机成为由液力偶合器辅助的电机。电动机和其驱动电子设备非常紧凑、体积小和重量轻。与最新型HSWL机械传动相比，伦克混合电驱动的换档齿轮较少，这是因为混合单元支持无级变速。节省的空间用于在驱动系统安装空间内集成驱动电子装置。通常认为最新型功率电子器件对温度敏感。在伦克混合动力单元中，安装了专门的冷却系统，以提供合适的温度，同时降低功率电子器件的体积。动力单元的冷却系统不必为电子器件提供特殊冷却液。

伦克混合电驱动系统的安装取决于车辆类型和车辆需要执行的任务。对于后勤和统一后勤支援而言，该系统的其中一个优点就是由于采用模块化设计，使得该系统易于根据车辆任务进行车辆装备。蓄电池的重量和体积是未来需要解决的大任务。在系统采用超级电容器之后，超级电容器是否与锂离子或者Ni-MH电池结合不再重要。对于其他车辆，也不必安装蓄电池。伦克混合电驱动系统有U、L或者T布置方案，可安装于车辆的前部或者后部，其中最佳组件集成和系统安装的位置取决于特定车型。

目前，伦克混合电驱动系统的样机正在伦克试验工作台上运转，是在HSWL106传动的基礎上改装而成。该系统计划稍后安装于30t级履带式车辆。考虑到系统组件传输能量的效率，由制动能量传输给电池和用于驱动车辆，仅有约50%的制动能量能用于驱动车辆。除此之外，在特殊地形上，可通过减小气门，来降低车速。这样，尤其是对于履带式车辆而言，能够用于回收能量的制动时间也就非常有限。