

新能源汽车电驱系统两种润滑方式 润滑效果分析与试验

刘平, 黎超, 蔡央

株洲齿轮有限责任公司 湖南株洲 421000

摘要: 以新能源汽车集成式电驱系统为研究对象, 通过分析减速器润滑的机理, 对比主动润滑和飞溅润滑两种方式的理论的润滑效果; 基于搭载在某新能源汽车动力总成上的减速器设计了两种润滑方式的结构; 通过测试动力总成系统的空载电流, 对比分析两种润滑方式在减速器上的实际润滑效果。

关键词: 集成式电驱系统; 减速器; 飞溅润滑; 主动润滑; 空载电流

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.06.005

随着新能源汽车电驱系统趋向高度集成化, 其减速器内部结构愈加紧凑且复杂, 提高了减速器润滑难度。为了优化集成式电驱系统减速器的润滑效果, 行业提出了主动润滑方式, 即在飞溅润滑的基础上, 构建了专门的油路, 主动将润滑介质送到减速器的关键润滑部位的一种润滑方式^[1]。

新能源汽车减速器有飞溅润滑和主动润滑两种润滑方式^[2]。本文对比分析两种润滑方式在新能源汽车电驱系统减速器上的润滑机理, 基于理论分析, 在同一款电驱减速器上分别设计了飞溅润滑和主动润滑两种润滑系统。通过试验来进一步测试两种润滑方式在集成式电驱系统减速器上的润滑效果, 为电驱系统减速器的润滑系统设计提供参考。

新能源汽车电驱系统减速器的润滑方式理论分析

关于新能源汽车电驱系统减速器的润滑, 主要就是针对齿轮和轴承等机械结构的润滑^[3]。齿轮传动的润滑机理是润滑介质形成润滑膜, 隔离啮合齿面, 减少摩擦和磨损, 延长寿命^[4]。当齿面负荷过大时, 润滑膜无法完全隔离齿面, 可能导致齿轮失效。

本文中减速器的轴承是指滚动轴承, 滚动轴承运转时, 滑动摩擦和滚动摩擦同时存在。滑动摩擦发生在滚动体与保持架之间, 需一层较好的润滑膜。滚动摩擦发生在滚动体与内外圈之间, 需要足够强度的润滑油膜来保持轴承良好的润滑状态。过大的载荷可能破坏油膜, 导致轴承损伤, 影响寿命。

总的来说，无论是齿轮润滑还是轴承润滑，其关键在于受载面之间需形成一层油膜。为了让轴承和齿轮处于良好的润滑状态，由于载荷是客观存在的，只能通过选择合适的润滑方式来保证机械结构的受载面能够形成一层油膜。

1. 飞溅润滑

当采用飞溅润滑的减速器处于低速工况时，单位时间内齿轮搅起的润滑介质的体积受限，在重力作用下箱体的顶部和上部两侧的空间很难存留润滑介质，这些位置的零部件难以得到有效润滑。当电驱系统减速器齿轮处于高速运转状态时，单位时间内齿轮搅起的润滑介质体积较大，即使处在箱体上部分的齿轴零部件，也能够保存一定量的润滑介质用于产生油膜，机械零件有机会得到更充分润滑^[6]。

2. 主动润滑

在新能源电驱系减速器中，相对于飞溅润滑完全被动地依赖齿轮转动来搅起润滑油以达到润滑目的，主动润滑方式能够最大程度地保证轴承和齿轮啮合区域在工作状态有足够的润滑介质。但主动润滑方式的结构相对复杂，油耗量大，成本较高^[7]。

从作用机理分析，飞溅润滑具有较大的随机性，主动润滑能够稳定的保证轴承和齿轮啮合区域时刻有润滑介质的存在，主动润滑的润滑效果会优于飞溅润滑。

集成式电驱系统减速器润滑试验

1. 润滑系统的结构设计

根据整车的动力需求，本文设计了两款集成式电驱系统。这两款电驱系统的减速器区别在于设计的润滑系统不同，分别采用飞溅润滑和主动润滑。

采用主动润滑的电驱系统减速器（见图1）的润滑系统包括电子油泵、外接油管等零件，润滑油路如图2所示。

电子油泵从减速器底部吸油，通过外接管将油路分开，第一路将润滑油输送到减速器前壳体的一轴轴承座底孔、二轴轴承座底孔及差速器轴承座底孔，以润滑一轴前轴承、二轴前轴承、差速器前轴承；第

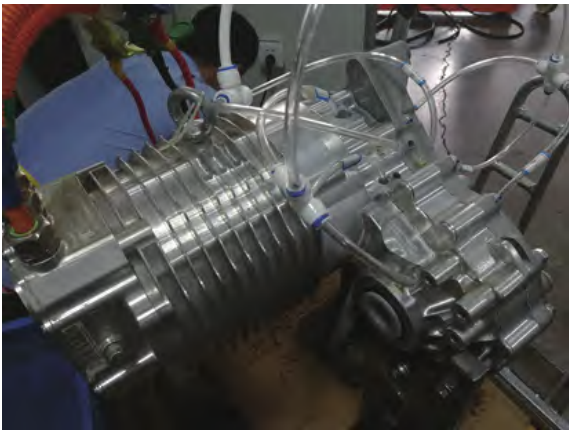


图1 采用主动润滑的减速器

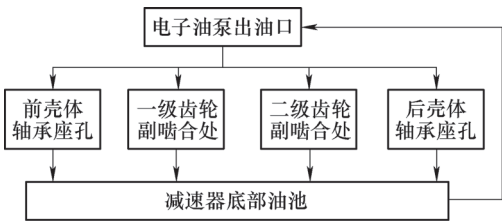


图2 主动润滑油路导图

二路将润滑油输送到后壳体的一轴轴承座底孔、二轴轴承座底孔及差速器轴承座底孔处，用于润滑一轴后轴承、二轴后轴承、差速器后轴承；第三路和第四路分别将润滑油输送到一级齿轮副啮合处的上方和二级齿轮副啮合处的上方，润滑油由于自重落到齿轮啮合处，然后受离心力的作用，均匀覆在齿轮表面形成一层油膜，承受载荷。未附着在零件表面的润滑油自由落体回到减速器底部油池中，一次油路循环结束。

采用飞溅润滑的减速器（见图3），在外力作用下，齿轮转动啮合，靠近减速器底部油池的部分齿搅起润滑油，润滑油沿着齿轮飞溅到减速器腔体内部，一部分覆盖在齿轮表面，另一部分沿着减速器壳体内部设计的筋和油槽，进入到轴承孔内部润滑轴承，润滑油在轴承和齿轮的受载面形成一层油膜，其润滑轴承的油路如图4所示。由于重力作用，未参与油膜形成的润滑油回到减速器底部油池中，以备下一轮润滑循环。

2. 润滑性能对比试验

电驱系统减速器润滑主要是针对减速器的齿轮和轴承的润滑，齿轮和轴承的润滑效果会影响减速器



图3 采用飞溅润滑的减速器样机

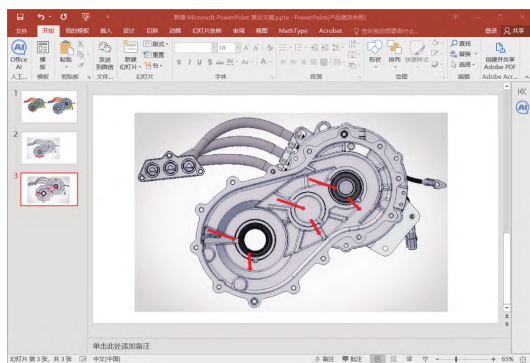


图4 采用飞溅润滑的减速器轴承润滑油路

的系统效率，故本文以系统效率作为减速器润滑效果的判定指标。通过测试动力总成的空载电流来反映减速器运行时的系统效率，将实时测得的空载电流作为判断系统润滑效果的依据，相同转速下，可以近似认为：空载电流越低，系统效率越高，则润滑效果越好。

本文进行了两轮试验，第一轮是按照设计的润滑系统及相关参数进行润滑试验；第二轮是根据第一轮的试验数据，通过调整相关参数以达到优化润滑系统的目的。

第一轮试验是按照原设计的注油量和流量，基于润滑试验常用的工况，测试在不同的工况下总成系统的空载电流值。具体的测试结果如图5所示。在前进试验工况下，采用飞溅润滑方式的空载电流值比采用主动润滑方式的减速器测得的空载电流值要低，即在前进试验工况下，采用飞溅润滑方式的减速器的效率损伤更少，润滑性能表现较好。

在倒车工况下，4000r/min之前，采用主动润滑的减速器的润滑性能表现更好，随着转速的升高，采用

飞溅润滑的减速器的润滑性能表现超过了采用主动润滑的减速器，最后在6000r/min时，主动润滑的优势又凸显出来，如图6所示。

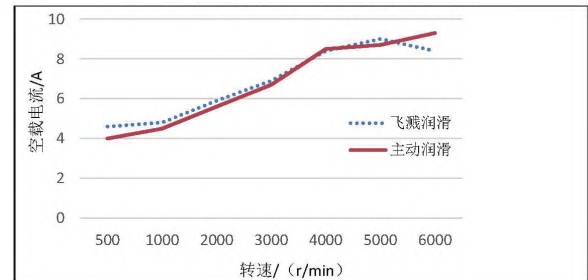


图5 第一轮试验整车前进工况-空载电流测试结果对比

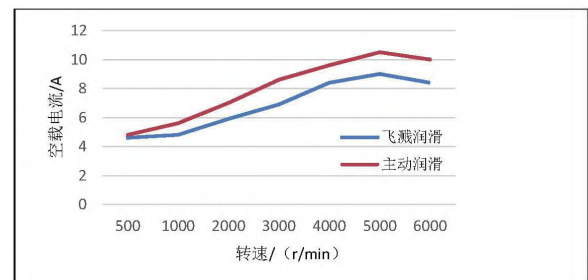


图6 第一轮试验整车倒车工况-空载电流测试结果对比

第二轮试验，针对主动润滑的减速器，调整润滑系统的润滑介质的流量，测试不同转速下的空载电流，与第一轮试验的两组数据进行对比，具体结果如图7和图8所示。本试验是通过调整油泵的输入电压来调整润滑系统的输入流量，故不同电压值即表示不同的流量值。

从图7可以看到，随着油泵电压的增加，在低速段，主动润滑的润滑效果逐渐优于飞溅润滑，采用主

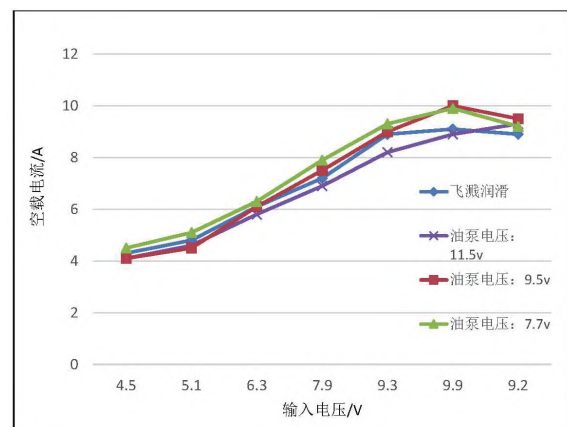


图7 不同流量时整车前进工况-空载电流测试结果对比

动润滑的减速器的润滑效果得到改善。从图8可以观察到，在倒车工况下，随着油泵电压的增加，在4775r/min时，主动润滑的润滑效果得到改善，但是在6000r/min时，主动润滑的润滑效果变差。

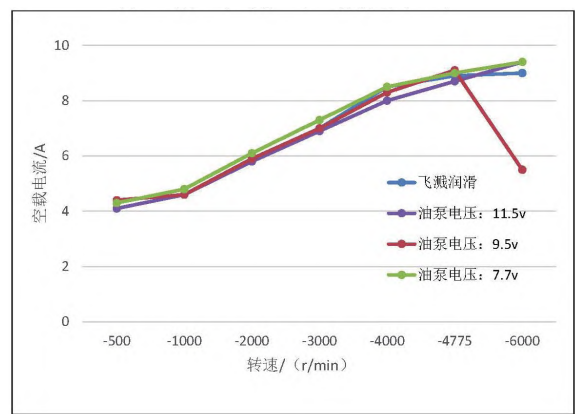


图8 不同流量时整车倒车工况-空载电流测试结果对比

结语

基于本文的试验背景，新能源汽车电驱系统减速器通过系统结构优化、润滑系统油量的调整，采用主动润滑和飞溅润滑方式都可以取得较好的润滑效果。减速器润滑性能是由多种因素共同作用的结果，在实

际的产品设计过程中要综合全面的考虑各种因素的影响力。

参考文献:

[1] 乐智.纯电动汽车电机驱动系的冷却系统设计与研究[D].天津:河北工业大学,2011.

[2] 张忍.地铁齿轮箱轴承飞溅润滑数值仿真分析研究[D].郑州:中原工学院,2022.

[3] 王楠.机车齿轮润滑油流场仿真分析[D].大连:大连交通大学,2019.

[4] 张佩.电动汽车减速器搅油损失的理论、仿真及实验研究[D].镇江:江苏大学,2017.

[5] 刘桓龙,谢迟新,李大法,等.齿轮箱飞溅润滑流场分布和搅油力矩损失[J].浙江大学学报(工学版),2021,55(5):875-886.

[6] 傅志红,郭鹏程,刘祥环.电动汽车高速减速器润滑仿真分析与试验[J].重庆理工大学学报(自然科学),2021,35(1):1-7.

[7] 葛海龙,刘敏,乔良,等.润滑油量对某油冷电驱动系统散热性能的影响[J].上海汽车,2019(12):35-40,45. **AUTO1950**

(上接第53页)

结语

本文通过对动力电池产线数字化规划技术的深入实践研究,探讨了如何利用先进的数字化手段提升产线效率、降低成本并增强生产灵活性。通过采用Unity 3D引擎进行三维可视化建模,实现了对电池工厂生产环境的直观展示与实时监控,为优化决策提供了有力支持。

同时,还引入了虚实互联技术和Plant Simulation软件,对电池产线进行了详尽的工艺仿真与物流仿真。这些技术不仅帮助我们提前发现并解决了潜在的生产瓶颈,还显著提升了整体生产效率和物流响应速度。

动力电池作为新能源汽车的核心部件,其性能与生产效率对新能源汽车的发展至关重要。本研究通过数字化规划技术的实践应用,为动力电池产线的智能化、自动化转型提供了有力技术支撑,推动了新能源汽车产业的创新发展。

展望未来,将继续深化数字化规划技术的研究与

应用,不断优化动力电池产线,为新能源汽车产业的持续健康发展贡献更多力量。

参考文献:

[1] 聂卫东.企业信息化数字化系统建设的战略规划与实践路径探讨[J].产品可靠性报告,2024(11):37-38.

[2] 王涛.中国信息通信研究院产业与规划所城市数字化部副主任刘小林:以城市数字化转型助力城市高质量发展[N].贵阳日报,2024-11-01(2).

[3] 张志亮,张九丽,杨自诚,等.企业数字化转型规划模型研究[J].互联网周刊,2024(4):34-36.

[4] 李亚东,赵利.浅谈工厂车间智能制造发展趋势[J].现代制造,2024(11):48-50.

[5] 张善翔,胡力宏,周巍,等.5G+数字孪生在数字化工厂中的应用[J].通信与信息技术,2023(4):24-26,117. **AUTO1950**