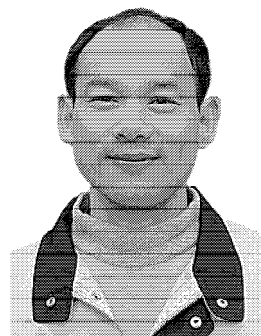


直驱转向架结构特点与应用展望

黄志辉¹, 许峻峰²

(1. 西南交通大学 牵引动力国家重点实验室, 四川 成都 610031;
2. 南车电气技术与材料工程研究院, 湖南 株洲 412001)



作者简介: 黄志辉(1966-), 男, 博士, 研究员, 一直从事机车车辆的动力学和转向架结构及理论研究。

摘 要: 分析了直驱转向架宜采用永磁同步电机的原因, 阐述了直驱转向架的结构特点, 对直驱转向架的动力学性能分析表明, 与传统转向架相比, 直驱转向架在结构简化、可靠性及电机效率等方面有显著优势, 很适合在城轨车上应用。

关键词: 直驱转向架; 永磁同步电机; 齿轮传动; 簧下质量; 城轨车辆

中图分类号: U260.331 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2013)04-0067-03

Structure Feature and Forecast of Bogie Driven Directly

HUANG Zhi-hui¹, XU Jun-feng²

(1. Traction Power State Key Laboratory, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China;

2. CSR Research of Electrical Technology & Materials Engineering, Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: Reasons of bogie driven directly adopting PMSM (permanent magnet synchronous motor) were analyzed, and structure features of bogie driven directly were expounded. With dynamic performance analysis, bogie driven directly was shown have outstanding advantages in terms of structure simplified, reliability and motor's efficiency compared with traditional bogie, which was very suitable for applied in urban rail transport field.

Key words: bogie driven directly; PMSM; gear drive; unsprung mass; urban rail vehicle

0 引言

随着交流永磁同步电机技术的不断进步和完善, 相对交流异步电机而言, 交流永磁同步电机优点突出, 且可靠性也得到了验证, 已达到了直接应用于轨道交通领域的水平, 为直驱转向架的研发提供了坚实基础^[1-7]。直驱转向架就是电机直接驱动轮对而无齿轮传动的转向架。由于直驱转向架没有齿轮传动系统, 有着传统齿轮传动的转向架所不可比拟的优越性, 因此, 在今后的轨道交通领域中一定会得到应用。

1 直驱转向架宜采用永磁同步电机

传统转向架之所以采用齿轮传动有2个目的: 一是降低牵引电机传给轮对的转速; 二是增加牵引电机传给轮对的扭矩, 以发挥更大的牵引力。要取消齿轮传动, 就必须要求直接驱动的牵引电机具有足够

的扭矩, 同时要降低转速。有2种方法可以在不改变电机功率的前提下增加电机的输出扭矩: 一种方法是提高电机额定电流, 但是这种方法会大大增加电机的体积和重量, 显然不符合直驱转向架对结构紧凑的要求, 尤其直驱转向架电机质量是簧下质量就更不合适; 另一种方法是增加电机的极数, 高级数既可以减小定子磁轭厚度, 又可以缩短绕组的端部尺寸, 这样就能加大电机内腔容积, 减轻电机重量。但是高级数异步电机的效率和功率因数都很低, 而永磁同步电机(以下简称PMSM)不需要无功励磁电流, 因此较异步电机有更高的功率因数, 并且永磁转子在稳态时几乎无损耗, 其效率比同规格的异步电机要高出2%~8%, 见图1。

由图1可知, PMSM的效率明显高于交流异步电机, 而交流异步电机效率又高于交流异步电机驱动齿轮传动结构, 原因是齿轮传动本身也有功率损耗。因此, 采用PMSM是非常节能的, 估算比传统齿轮传动系统节能5.5%~5.8%。

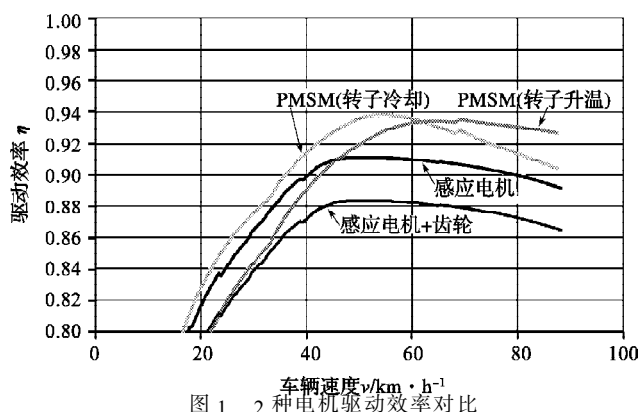


图1 2种电机驱动效率对比

由于永磁同步电机发热量小，可以取消体积庞大、噪声高的电机通风机，而采用循环水冷却方式，只需要在电机定子内部做出一定的冷却水道即可，还可以与变流器共用一套循环水系统，减少独立系统数量。这就可以进一步节能，预计比传统齿轮传动系统节能6%以上。

永磁同步电机短路转矩比异步电机小，所以按强度设计的构架尺寸可以比较小，有利于减重；转向架重量轻，转动惯量小，所以其运行稳定性提高；纵向尺寸的缩短则可以改善整车的曲线通过性能，减少轮轨间的磨损和噪声。因此，采用永磁同步电机可以实现转向架的直接驱动结构。

2 直驱转向架结构特点

直驱转向架是PMSM直接驱动轮对，PMSM属簧下质量，为了保证动力学性能和减少维护成本，需尽量减轻簧下质量并简化结构。

2.1 采用整体式电机轮对单元，牵引电机与轮对轴箱轴承共用

直驱转向架采用了整体式电机轮对单元，牵引电机与轮对轴箱轴承共用，最大程度减少了磨损部件的数量，降低了转向架簧下质量，同时减少了转向架横向尺寸，由此，一系悬挂采用轮对内侧支撑，见图2。

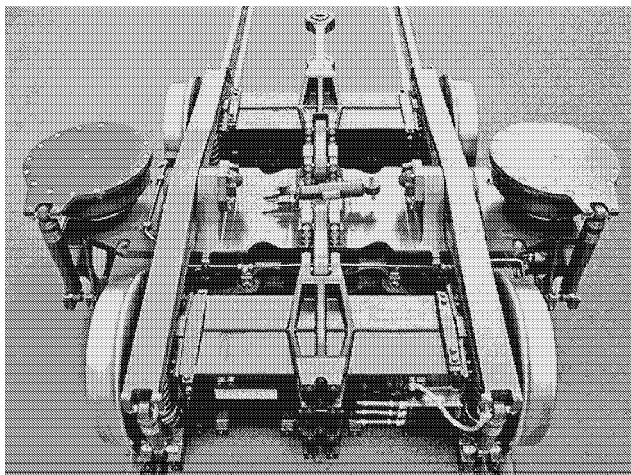


图2 直驱转向架总图

由于一系悬挂采用了轮对内侧支撑，所以一系悬挂要安装在电机和车轮之间，其横向尺寸受到了严格的限制，当轴重较大时，为了使弹簧的尺寸不至于过大，故一系弹簧应设计成左右对称的两组结构。具有双组弹簧的一系悬挂有多种结构形式，大概可以分为2类：一类借助构架侧梁来传递水平力，例如橡胶导柱式、钢弹簧导柱式和“人”字形橡胶堆式等；另一类是借助拉杆（板）来传递水平力，例如单（双）拉杆式、三角拉杆式和拉板式等结构。

2.2 采用组合式铰接构架等特殊结构

直驱转向架采用铰接构架，所有水平力由中央横梁来承受，侧梁只承受垂向力，这样的设计可以降低侧梁载荷，减小构架尺寸。所以直驱转向架一系悬挂应采用双弹簧+单侧拉杆的轴箱定位方式。

2.3 未设置抗蛇形减振器和抗侧滚扭杆

未设置抗蛇形减振器和抗侧滚扭杆，其结构非常简单、紧凑，见图2。从整车动力学仿真计算结果看，完全能满足车辆轮重减载率和车辆抗倾覆的要求。

2.4 车轴单独驱动而不是成组驱动

车轴单独驱动而不是成组驱动，有3个显著的优点：一是车轮镟修时，对轮径大小没有严格限制；二是驱动装置的主动调节，能够充分利用轮轨的粘着；三是当车轮空转或打滑，控制装置对单独驱动的轮对产生作用时，所造成的振动也较小。

2.5 制动系统大大简化

传统动车通常采用2套独立的制动系统：电力制动和电空摩擦制动。Syntegra转向架只需1套制动力明显减小的机械制动，作为停车制动和在紧急制动时使用的辅助制动，因此，采用尺寸小、重量轻、经济、成熟的闸瓦、踏面制动就能满足使用要求。

永磁同步电机内部电力制动(IED)只需把电机切换到与一个电阻串联，就能使列车一直减速直至停止，而不需增加另外的控制部件。从制动机开始动作到产生最大制动力的反应时间，IED制动机一般小于150 ms，远小于空气制动机的反应时间1.5 s。

电阻制动力的最大值只与最大电枢电流有关，在电阻制动工况下，最大电枢电流只与电机的结构参数有关，具体来说只与电枢绕组的同步阻抗有关，而与制动电阻无关。当在制动电阻上并联一个电容量为 C_k 的电容器时，可以补偿同步电机同步阻抗中的感性阻抗，来提高最大电枢电流，从而提高最大制动转矩。从图3中可见当制动电阻 R_b 上并联了电容 C_k 时，最大制动力矩有了一定的提高。经过以上分析，可以得出永磁同步电机内置式电阻制动的制动转矩曲线如图3所示，其中 $P_{Braking}$ 为制动功率曲线，电阻制动功率与牵引功率的变化趋势相似，均为一定范围内的恒功率特性，这样做有利于最大程度地利用电机制动能力。

