

交通领域的高效电机系统 发展与技术前沿

黄晓艳2017年5月24日



汇报内容

- 研究进展
- 技术前沿
- 高铁永磁同步牵引电机

交通领域高效率电机系统

- 交通领域载运工具：飞机、舰船、轨道车辆、汽车
- 驱动系统是载运工具的动力来源。近年来随着先进电机系统的技术发展，电力驱动正在逐步取代传统驱动方式。

研究进展—航空

多电化是目前国际航空工业发展的重要趋势。

□ 空客A380

主电源采用4台150kVA变频交流起动/发电系统；电力作动系统采用电液作动系统作为备份。

□ 波音B787

主电源采用4台250kVA变频交流起动/发电系统；采用了电力驱动压缩机。



B787起发电机

研究进展—航空

□ 美国空军和GE

开关磁阻起动发电机，功率 250kW，功率密度 5.3kW/kg

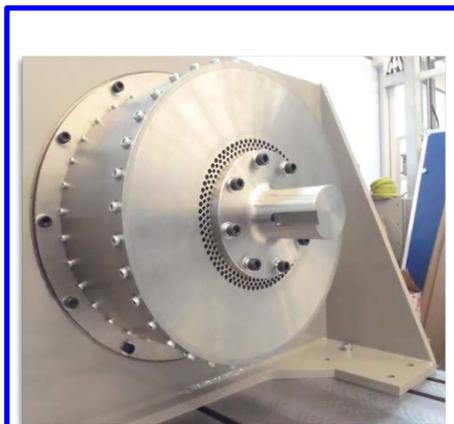
□ 英国诺丁汉大学

永磁起动发电机，功率 150kW，功率密度 16kW/kg

全电起落架推进电机，功率密度最高可达 11.4kW/kg

□ 美国 GE

5MW 高温超导单极性感应发电机，功率密度 8kW/kg



全电起落架推进电机

研究进展—航空

- 国内航空主发电机功率密度为 2.6kW/kg ，与国外相比尚有差距。
- 国内研制的电力作动器电机与国外产品相比，转速较低，功率密度较小。
- 混合电推进超导电机等特种电机及其系统的研究，国内尚未开展。

研究进展—舰船

- 美国海军 DDG1000 驱逐舰
20MW 新型感应电动机 (Alstom) ,
转矩密度可达 100kN/m^2 ,
较普通工业级异步电机提高了近8倍。
- 美国超导公司
36.5MW 舰船推进电机已完成试验。
- 英国45型驱逐舰
20MW 推进电机 (Converteam)
- 英国 “伊丽莎白女王号” 航母
20MW 新型感应电机推进 (Converteam)



(a)



36.5MW 超导电机系统



21MW 变速同步电机



20MW 级新型感应电动机

研究进展—轨道交通

□ 我国首列 30t 轴重万吨重载列车

1225kW 异步牵引电机，效率 95%，重量2595kg

□ 我国500公里试验列车

600kW 异步牵引电机，效率94%，重量800kg



1225kW 异步牵引电机



600kW 异步牵引电机

研究进展—轨道交通

□ 高速列车永磁牵引电机

参数	Alstom	西门子	东芝	中国中车
牵引功率(kW)	720	500	355	635
重量 (kg)	730	400	440	631
功率密度 (kW/kg)	0.99	1.25	0.81	1.01
效率	97%	96.5%	96.8%	97.8%
冷却方式	自通风	水冷	自通风	外表面强迫通风



Alstom 电机



中车电机

研究进展—轨道交通

□ 德国 Transrapid 列车

有铁芯结构的长定子同步直线电机，30MVA 变频驱动，列车运行速度 430km/h。

□ 日本超导磁悬浮列车

无铁芯结构的长定子同步直线电机，40MVA 变频驱动，列车运行速度 505km/h。

□ 日本HSST列车和中国中车追风者

短定子异步直线电机，最大输出功率是 1000kW，列车运行速度 100km/h。



长定子同步直线电机



中国中车追风者

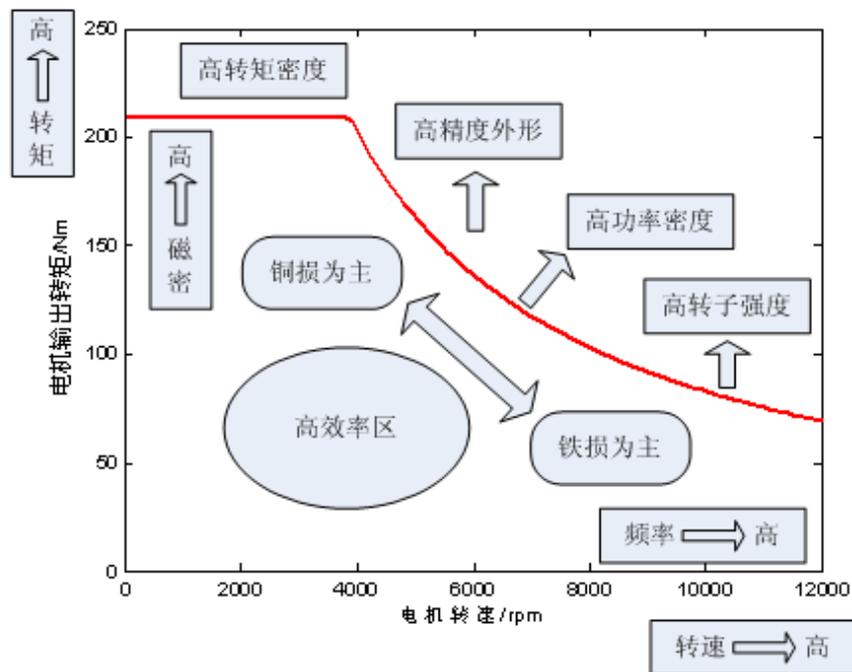
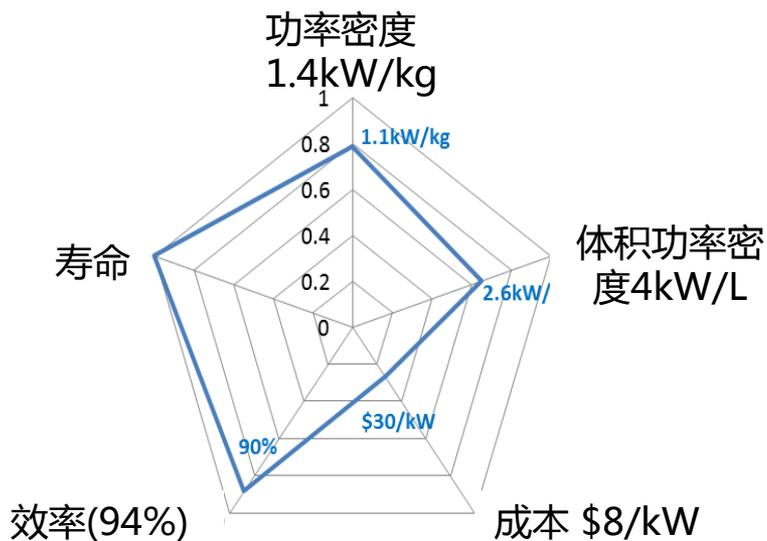


短定子异步直线电机

研究进展—汽车

电动汽车：

额定转速以下恒转矩特性，一定过载能力（加速、爬坡）；额定转速以上恒功率（车速，超车）；宽范围内高效率（续驶里程）



汇报内容

- 研究进展
- 技术前沿
- 高铁永磁同步牵引电机

技术前沿—航空

- 多电化向全电化演进
- 全电作动器将替代原有的液动和气动执行机构
- 使用电力的分布式混合推进系统逐渐投入使用
- 航空电机的容量和功率密度将进一步提升
- 超导电机等新概念电机的研发进一步深化

技术前沿—舰船

□ 吊舱直驱推进电机

永磁电机是主流，热管理和噪声振动控制是研究的重点。

□ 大吨位全电力舰船推进系统

更高转矩密度的低速大扭矩推进电机。

□ 新概念推进电机

在目前主流的先进感应电机基础上重点实现永磁推进电机的规模应用，并对超导推进电机等新概念电机进行深入研究，以实现工程化。

技术前沿—轨道交通与汽车

□ 轮轨车辆

逐渐用永磁电机替代异步牵引电机，以提高运行效率。

□ 磁浮车辆

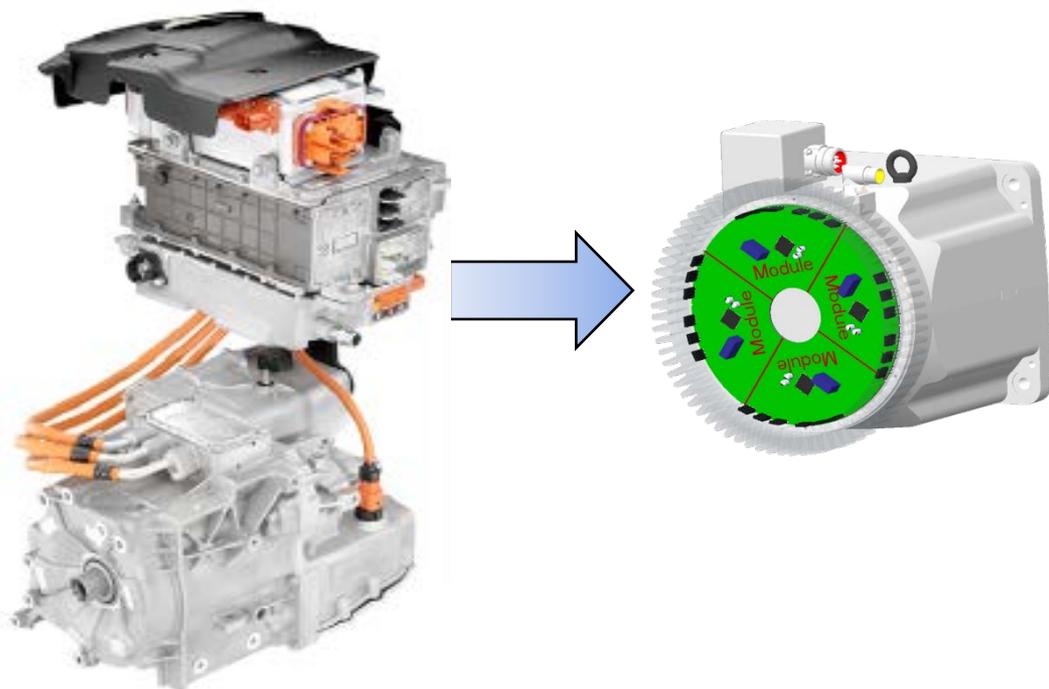
提高直线电机的效率与功率因素，提高关键部件的可靠性和使用寿命。

□ 混合动力车辆与电动汽车

研究新概念电机和电机新结构，提高效率、功率密度和直驱电机的转矩密度，以满足整车设计的系统要求。

研究进展—汽车

- 新能源汽车对电机驱动系统的要求
体积减小35%，重量减轻40%，损耗减轻40%



额定功率	30kW
峰值功率	55kW for 10sec.
峰值扭矩	200Nm for 10sec
额定转速	2800rpm
最高转速	14000rpm
电机体积	<9.7L
最低峰值效率	>95%
成本目标 (成本/峰值功率)	<4.7\$/kW

US DoE 2022电机目标

研究方向

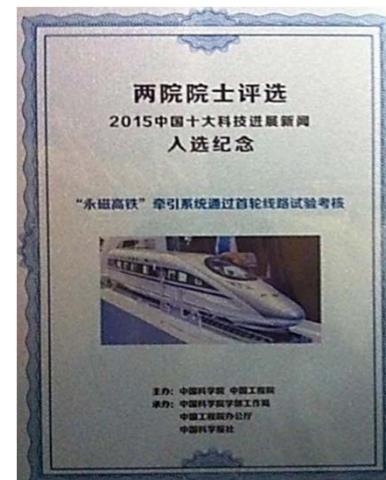
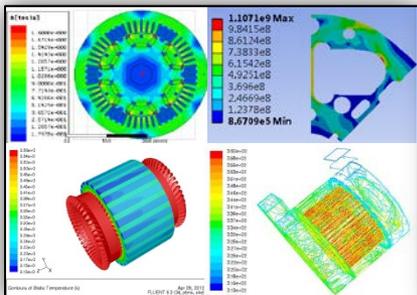
- 高功率/转矩密度电机
- 高效率电机

汇报内容

- 研究进展
- 技术前沿
- **高铁永磁同步牵引电机**

永磁同步电机-高铁牵引电机

- “863计划” 子课题 “高速列车永磁牵引电机关键技术与装备研制”
- 搭建完成了集数值模拟、半实物仿真、样机型式试验一体化的永磁牵引电机研究平台
- 研发成功时速350公里高速列车永磁牵引电机



- 电机实现装车、并已在西大线投入实际线路运行。运行结果表明永磁电机各项指标国际领先。获中国十大科技进展新闻。
- 线路试验表明与现有电机相比，采用永磁电机后每辆车年节电160万度，据中车保守估计，如采用永磁电机对现役高速列车进行替代，年节电超过60亿度。

参数	阿尔斯通	西门子	东芝	浙江大学 中车株洲电机
牵引功率 (kW)	720	500	355	635
重量 (kg)	730	400	440	631
功率密度 (kW/kg)	0.99	1.25	0.81	1.01
效率	97%	96.5%	96.8%	97.8%
冷却方式	风冷	水冷	风冷	风冷

欢迎各位专家批评指正！