

永磁同步电动机转子总成装配线 技术探究

刘洪波

河南通宇新源动力有限公司技术中心 河南南阳 474550

摘要：永磁同步电动机的主要零部件通常包括转子总成、定子总成、线束、壳体、端盖、轴承和传感器等。根据永磁同步电动机的结构和性能特点，对电动机装配生产线整体布局和设计思路进行阐述。根据产品的月度和年度生产量，设计出节拍速度快、装配过程稳定及满足电动机装配要求的自动化生产线。新能源驱动电动机转子生产线采用MES制造执行系统，为企业提供包括制造数据管理、生产过程控制、底层数据集成分析和上层数据机车分解数字化界面展示等管理模块，为企业打造一个可靠、全面、可执行的制造协同管理平台。

关键词：永磁同步电动机；装配；生产流水线

在《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》等政策指导下，新能源汽车产销规模不断扩大。作为核心零部件和关键上游产业，电动机产品实现了突破性增长。我国自主开发的永磁同步电动机已经实现了产业化配套，系列化产品的功率范围满足了350kW以下新能源汽车用电动机动力需求，系列化和市场应用程度走在世界前列。

新能源汽车驱动电动机要求具有电动、发电两项功能，按类型可分为直流无刷电动机、交流异步电动机、永磁同步电动机与开关磁阻电动机等四类。新能源汽车驱动电动机主要由定子、转子、电动机壳、连接器、旋转变压器和轴承等零部件装配组成，是新能源汽车的动力来源，其性能决定了爬坡能力、加速能

力及最高车速等汽车行驶的主要性能指标。

永磁同步电动机的优缺点

永磁同步电动机是一种新型电动机，永磁同步电动机具有结构简单、体积小、高效节能、绿色环保、功率因数高及故障率低等优点^[1]。

永磁同步电动机与直流电动机相比，它没有直流电动机的换向器和电刷等缺点；与异步电动机相比，它由于不需要无功励磁电流，因而效率高，功率因数高，力矩惯量比大，定子电流和定子电阻损耗减小，且转子参数可测、控制性能好；与普通同步电动机相比，它省去了励磁装置，简化了结构，提高了效率。

永磁同步电动机矢量控制系统能够实现高精度、

高动态性能和大范围的调速或定位控制，因此永磁同步电动机非常符合新能源汽车动力系统的要求。与异步电动机相比，成本会相对高一些，且控制器复杂。

永磁同步电动机的整体结构示意图如图1所示。

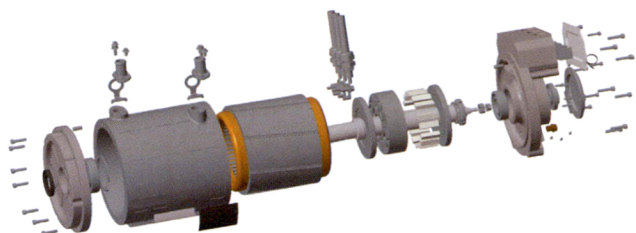


图1 永磁同步电动机的结构爆炸示意

永磁同步电动机的工艺流程及其原则

永磁同步电动机生产主要有以下工序：漆包线绕制、嵌线、端子焊接、定子线圈浸漆、定子热套、转子冲片叠压、磁钢装配、压装转子铁芯段、转子动平衡、定转子合装、旋变及编码器安装、三相接线和测试等。生产节拍可根据产品年度生产目标来考量，可对生产时间做弹性安排，以满足设备最大利用率。

根据工艺流程及厂房整体规划，产线主要有铁芯上料（磁钢上料）→机械手涂胶→机器人插磁钢→电动机轴压装→装止动垫圈→装锁紧螺母→压装止动垫圈→装旋变转子→锁螺母→激光打码等工序。采用自动化生产线可以实现产品的在线装配、自动翻转、转运输送、助力搬运及在线测试等工序。

生产线具有自动化程度高、结构合理、坚固耐用和易维护保养等特点。可以减少操作工人、降低工人工作强度，从而降低公司的运营成本和生产成本，提高生产效率和产品质量。

电动机生产线布局的参考原则如下：

- (1) 流畅 各生产环节的有机结合，环环相扣，采用步骤集中化放置和流水线布局原则。
- (2) 平衡 每个工位间资源分配合理，速率配置满足平衡原则。
- (3) 经济产量 适用小批量和大批量生产的情况，充分利用各工位区域，尽量减少地面空间原则。
- (4) 短距 尽量避免移动，流程不要交叉，能直线运行。
- (5) 固定循环 尽量避免例如搬运、传送等输送

时间。

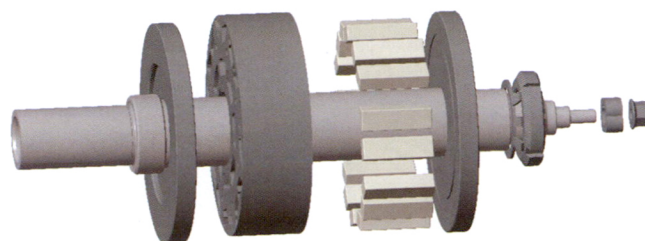
(6) 防错 在硬件及设计布局上预防错误，降低生产带来的损失。

(7) 柔韧性 对未来产品及发展变化具备充分的应变能力，采用弹性方案，可以增加或者减少工序。如果是小量多种类的产品，优先选择考虑“U”形线布局、环形布局等。

以上是电动机生产线布局的一些基本原则，只有充分了解运行机制，通过设计和各环节的连接，才能让电动机生产线更合理，运行更流畅。

转子总成装配机器的设计及其注意事项

永磁同步电动机的转子总成结构如图2所示。



转子总成组装的工艺流程如图3所示。

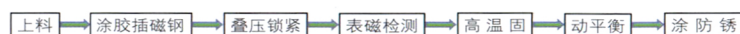


图3 转子总成组装工艺流程

1. 涂胶插磁钢

涂胶插磁钢工艺步骤如下：

- 1) 利用铁芯定位键槽，将铁芯段放入导向工装上，在铁芯的每个磁钢槽内均匀的涂抹一段磁钢胶水，保证长度一致，涂抹量一致。
- 2) 利用机器人的机械手自动抓取每段磁钢，按照要求的N、S极性，分别插入，保证插入深度的一致性。
- 3) 插完磁钢的铁芯段，利用机器人的机械手进行抓取，放置到下一工序的放置工位。
- 4) 此步骤利用机械手抓取，节拍时间短，装配精度高。
- 5) 此工序按照双工位双设备来规划，圆周运动，

起到转运距离少，旋转位移一致等特点。

涂胶插磁钢机器整体设计如图4所示，图5所示为涂胶插磁钢机器铁芯放置设计。

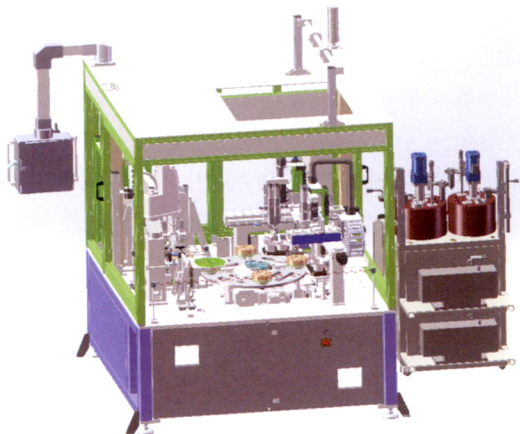


图4 涂胶插磁钢机器整体设计

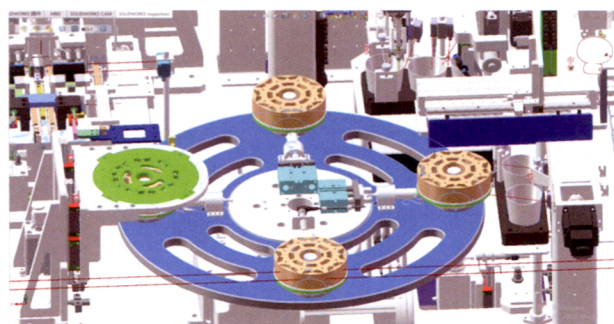


图5 涂胶插磁钢机器铁芯放置设计

2. 转子铁芯叠压锁紧

转子铁芯叠压锁紧工艺步骤如下：

- 1) 机械轴抓取轴放置入定位工装上，装入前隔磁板，依次压入各段转子铁芯，再压入后隔磁板。
- 2) 通过吸附工装吸附止动垫圈的端面位置，转运到轴端位置，放入止动槽内。
- 3) 机械手抓取锁紧螺母放入螺纹上，通过拧紧枪进行拧紧。
- 4) 全过程也分为多个工位，来保证每个工序可以同时工作，调高效率。
- 5) 在压装过程中，设备利用压力和位移传感器对过程进行监控，进行制造数据的分析和管理的。

转子铁芯叠压锁紧机器整体设计如图6所示，图7所示为转子铁芯叠压锁紧机器叠压放置设计。装配生产线的平面布局如图8所示。

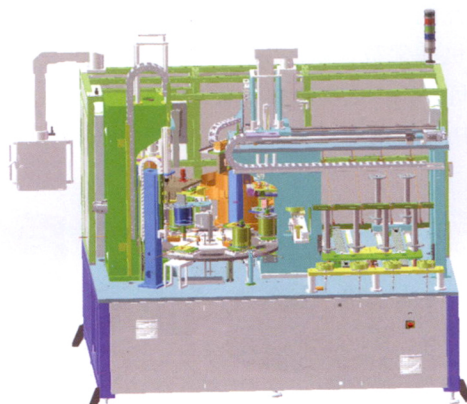


图6 转子铁芯叠压锁紧机器整体设计

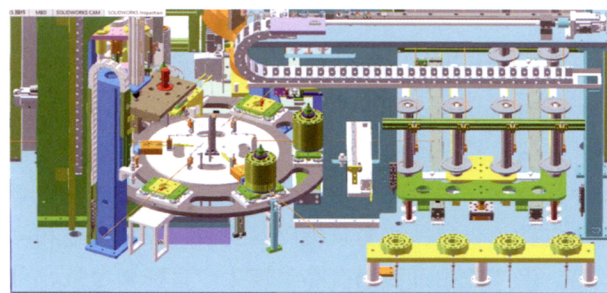


图7 转子铁芯叠压锁紧机器叠压放置设计

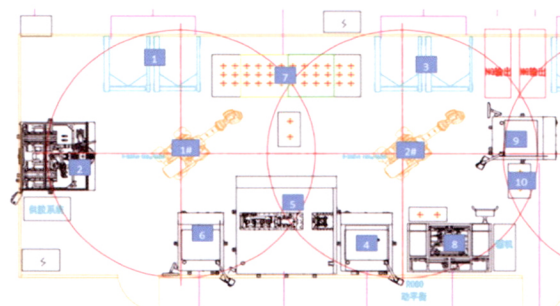


图8 装配生产线的平面布局

结语

从目前新能源汽车驱动电动机技术发展趋势来看，随着电力电子技术、大规模集成电路和计算机技术的快速发展，永磁同步驱动电动机将迎来一个更为快速发展的时期，朝着高功率密度、高转矩密度、高可控性、高效率、高性能及高性价比等方向发展，以满足新能源汽车不同应用场合的实际需求。采用新型的材料、先进的制造工艺、冷却散热技术已成为提升功率和转矩密度以及效率的主要手段。此外，不断提高材料利用率、驱动电动机的设计精度、工艺制造水

多挡电驱动系统换挡台架试验概述

罗瑞雪¹, 辛元强¹, 郭剑², 李尚林¹

1. 中国汽车工程研究院股份有限公司 重庆

2. 三一重工股份有限公司 湖南长沙

摘要: 结合近些年驱动系统电动化发展的趋势, 介绍了驱动系统电动化及多挡化的发展。对多挡位电驱动系统的换挡结构和原理进行阐述与分析, 并介绍了电驱动系统换挡相关台架试验的流程, 为优化设计提供支持。

关键词: 多挡; 电驱动系统; 台架试验

新能源汽车的发展已经成为目前全球最关注的热门话题。随着现代人环保意识的加强, 以及化石燃料的日益枯竭, 新能源的研发和应用在全球范围内获得了前所未有的重视。因此新能源汽车的发展成为了至关重要的一个环节, 其中电动汽车的发展更是备受瞩目。

电动汽车作为新能源汽车的代表, 其核心技术在于驱动系统。电驱动系统以电动机为动力源, 不仅可

以有效减少排放, 降低环境污染, 同时也可以提供更加平稳和高效的驾驶体验。而多挡电驱动系统可以更好地适应汽车在不同车速下的驾驶需求, 提高电动机工作效率, 降低能耗, 增强电动汽车的普及和推广。

电动汽车的普及, 使得电驱动系统的多挡化成为了一种必然趋势。而电驱动系统换挡台架试验, 不仅可以推动电驱动技术的发展, 也有助于更好地理解利用新能源, 为建设更加环保、高效的未来出行方式

平、产品质量和降低成本, 成为新能源汽车用永磁驱动电动机主要的发展方向。

未来, 通过提高材料利用率、驱动电动机的设计精度、装备工艺制造水平以及降低成本, 不断优化生产制造工艺, 合理安排生产线布局, 提升自动化程度, 降低生产制造成本, 提高企业的资源利用率, 以此推动永磁同步驱动电动机产业不断升级, 提升供应

链与产品集成水平, 新能源汽车永磁同步驱动电动机将会百尺竿头、更进一步。

参考文献:

- [1] 王秀和. 永磁电机[M]. 北京: 中国电力出版社, 2011.
- [2] 张亚涛, 刘庆. 永磁电动机制造关键工艺浅议[J]. 黑龙江科学, 2014, 5 (4): 153. **AUTO1950**