

变频驱动永磁同步电机在塑料挤出机上的应用

许志胜

(大连三垒科技有限公司, 辽宁 大连 116024)

摘要: 本文主要针对塑料挤出机的传动系统, 应用变频器驱动永磁同步电机。详细说明了永磁同步电机和常规的三相异步电机相比, 具有高效率、高功率因数、起动转矩大、高精度、宽范围、结构简洁、尺寸小等优点。同时通过应用东芝变频器 VF-AS3 参数优化和调节, 提升永磁同步电机的工作效率, 可以使客户降低成本、节约能源、保证挤出机运行良好。

关键词: 挤出机; 永磁同步电机; 变频器; 节能

中图分类号: TQ320.663

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2026)01-0048-04

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2026.01.010

0 引言

在塑料挤出成型设备中, 塑料挤出机通常称之为主机, 而与其配套的后续设备塑料挤出成型机则称为辅机。塑料挤出机的驱动部分通常由电动机、减速器和轴承等组成(见图1)。过去的电动机以直流调试为主, 随着交流技术不断发展, 交流变频器已经取代了直流调试, 为国家节约大量的能源。但这远远不够, 随着国家新标准的提出, 2025年实现碳达峰, 2050年完成碳中和, 因此降低电能的消耗成为重要指标, 统计表明65%的电能实际应用在电机上, 而塑料挤出机电机功率较大, 客户对电机能效要求较高, 这就要求我们对挤出机电机有更好的选择。

1 塑料挤出机的驱动系统

1.1 塑料挤出机对驱动电机的要求

如图1所示, 塑料挤出机是依靠螺杆旋转产生的压力及剪切力, 使得物料可以充分进行塑化以及均匀混合, 并通过机头模具挤出的材料加工设备。挤出机基本可分为单螺杆挤出机和双螺杆挤出机两类, 这两类挤出机对驱动电机要求基本是一致的, 一般要求如下:

(1) 起动力矩大。挤出机的工作特性决定了电机必须能够重载启动, 变频器的低频输出转矩要有力, 并具有高过载能力。

(2) 调试性能好。挤出机要出料均匀, 适应不同

规格的产品, 这要求调速精度高, 范围大, 满足各种工况下的调速要求。

(3) 特性曲线要硬。要保证负载变化时, 挤出机转速基本不受影响, 不会影响效率。

(4) 安装和操作方便。从设计考虑, 挤出机电机功率较大, 电机尺寸越小越好, 这就要考虑安装方便、操作简单和控制灵活。

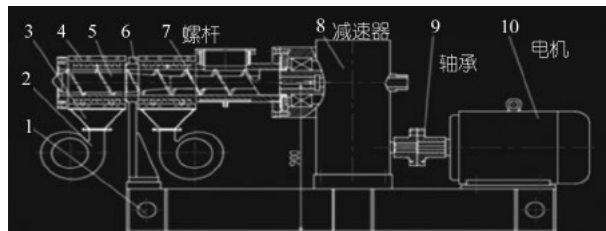


图1 挤出机组装图

1.2 驱动系统组成

针对挤出机对驱动性能的要求和降低能耗的国家新标准, 如图2所示, 我们提出了使用变频器+永磁同步电机代替目前的三相异步电机变频调速方案, 这不但提高了挤出机性能, 同时永磁同步电机比目前普遍使用的三相异步电机更加节能, 客户可以节约大量用电成本。

作者简介: 许志胜(1975-), 男, 本科, 高级电气工程师, 主要从事工业自动化研究工作。

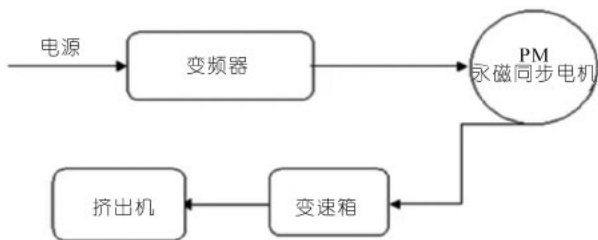


图2 变频驱动永磁同步电机框图

2 永磁同步电机介绍和电机选择

2.1 永磁同步电机的结构

永磁同步电机基本结构组成，如图3所示。



图3 永磁同步电机构成

2.2 永磁同步电机的优点

2.2.1 高效率 高功率因数

永磁同步电机在转子上嵌入了永磁体后，由永磁体来建立转子磁场，在正常工作时转子和定子磁场同步运行，转子中无感应电流，不存在转子电阻损耗，只此一项可提高电机效率5%~10%。由于在永磁电机转子中无感应电流励磁，定子绕组几乎呈纯阻性负载，使电机功率因数几乎为1。见图4，右边为永磁同步电机，明显二次铜损耗为0，因此功率损耗明显降低，大概为普通电机的60%。



图4 永磁同步电机和异步电机损耗比较

2.2.2 高起动力矩 高过载能力

永磁同步电机起动力矩和过载能力均比普通电动机高一个功率等级，最大起动力矩与额定起动力矩之

从图3可知，永磁同步电机的定子、轴承，机座等部分和变频电机基本一致，但它的转子是由磁钢组成，代替普通电机的硅钢片。

磁钢的材料是永磁材料（磁石），现主要采用烧结钕铁硼永磁材料，它具有以下特点：

- (1) 具有非常高的磁性能，号称“磁王”；
- (2) 具有非常高的抗退磁能力；
- (3) 可以加工成各种形状；
- (4) 是一种各向异性的材料；
- (5) 使用钕铁硼的器件具有很好的节能效果；
- (6) 使用钕铁硼的器件可以做到小型化。

比可达3.6倍，而一般普通电动机仅有1.6倍。这是挤出机传动非常重要的特点，启动转矩要求较大。

2.2.3 高精度 宽范围

永磁同步电动机的变频控制体系无需采用闭环控制，就可以保证电机的转速精度达到0.1%~0.01%。本文采用高精度变频器，在开环控制的情况下，就能达到0.01%的调速精度，且调速范围可达到100%。这对挤出机非常重要，精度高，控制简单。

2.2.4 更小体积 更轻量化

从永磁同步电机和普通变频电机选型，可以发现相同功率的电机，永磁同步电机的机座号更小。分析表明如下：

- (1) 永磁同步电机功率因数高低不受电机级数的限制，在电机配套系统允许的情况下，可以将电机的级数设计的更高，相应电机的体积可以做得更小。
- (2) 电机效率的增高，相应地损耗降低，电机温升减小，则在采用相同绝缘等级的情况下，电机的体积可以设计的更小。

(3) 电机结构的灵活性，可以省去电机内许多无效部分，如绕组端部，转子端环等，相应体积可以更小。

这种相同功率体积更小和重量更轻非常适合挤出机设计和安装，同时对减速机的选择具有更大的性价

比, 节约大量成本。

2.3 电机的选择

目前能够生产永磁同步电机的厂家越来越多, 本文通过对不同厂家的比较, 发现霍尼韦尔永磁同步电机性价比高, 这里简单从以下三个方面说明霍尼韦尔永磁同步电机的优势:

(1) 转子设计上: 霍尼韦尔永磁同步电机, 采用内嵌式高耐温等级稀土永磁体, 经过稳磁处理和表面化学处理, 磁极优化设计和仿真校核, 极大程度降低退磁风险。

(2) 轴承系统: 霍尼韦尔永磁同步电机全系标配进口品牌轴承。80~160 机座标配密封式深沟球轴承; 180~355 机座标配可润滑深沟球轴承或角接触球轴承, 也可选装密封式轴承。如需增强驱动端悬臂力, 160~355 机座轴伸端可配圆柱轴承。

(3) 电机尺寸规格选择: 可以缩小机座 (不同规格可缩小 1~3 个机座号), 在提高效率的同时满足客户在电机体积重量上的要求。标准机座 (与异步机尺寸一致) 在几乎不用改动其他配套设备的前提下为客户进行设备升级和能效升级。

因此本文采用的是霍尼韦尔永磁同步电机。

3 变频器选择和主要参数

3.1 变频器的选择

通过引言中介绍, 目前交流变频器在挤出机上应用成为主流, 变频器控制原理本文不再论述。但在挤出机上应用的变频器, 国内国外的品牌众多, 要选择一款适合永磁同步电机的变频器, 我们主要有三点考虑: ①性价比高; ②高性能, 参数丰富; ③调试简单, 操作方便。通过不同品牌的比较实验, 东芝变频有绝对的优势。因此本文采用东芝变频器 VF-AS3 系列。

VF-AS3 东芝变频器具有优良的 PM (permanent magnet 永磁) 同步电机控制功能, 内置直流电抗器和滤波器。同时具有可通过嵌入式以太网实现高速 / 实时网路通信, 无需任何选配设备, 即可满足现代物联网和工业 4.0 的自动化要求。这对以后的远程和网络化管理提供了方便。本文主要讨论东芝变频对永磁同步电机调整和参数设定。

3.2 变频器的主要参数

除了电机铭牌的参数外, 下面介绍的是东芝变频对永磁同步电机控制几个重要参数:

(1) 开环控制选择 V/F 模式: 6, PM 电机的控制。

(2) 自动调谐选择: 2, 启动指令时的自动调谐 (执行后为 0)。

(3) 电流响应: 25, 为了不让电流波动, 电流响应设定在 25 以下。

(4) 速度控制响应: 2, PM 电机的场合, 和感应电机比较容易震动, 设置值要小。

(5) PM 失步检测频率: 20%, 反转的判定, 超过基本频率的 20% 停止运行。

(6) PM 失步检测电流电平: 75%, 以变频额定电流比率 % 来设定, 75% 为临界值。

(7) PM 失步检测时间: 0.07 s, 失步反转判定条件, 7 ms 跳闸运行停止。

(8) PM 控制模式选择: 3, 为了良好的递减转矩控制应用。IPM 和没有凸极性的 SPM 电机都能适用情况, 有时有反向转动。

4 永磁同步电机标准和节能

4.1 永磁同步电机标准

我国在 2020 提高了电机能效标准, 现在的国家标准和国际标准完全一致, 国家标准的最高等级能效一级相当于国际标准的 IE5, 以此类推, 如图 5 所示。本文选用的霍尼韦尔永磁同步电机为 IE5 标准, 能效一级, 是目前的最高等级。

IEC60034-01 国际标准	GB18613-2020 2020版标准	GB18613-2012 2012版标准
IE5	能效一级	
IE4	能效二级	能效一级
IE3	能效三级	能效二级
IE2		能效三级
IE1		

图 5 电机能效国际和国内标准

4.2 节能

大连三垒科技有限公司在 SJ-120×38/SJ-90×38 单螺杆挤出机上已经开始使用东芝变频 + 霍尼韦尔永磁同步电机的驱动方案, 通过测试相同功率 315 kW 霍尼韦尔永磁同步电机 (IE5) 和三相异步变频电机 (IE3), 绘制出永磁同步电机和异步电机效率、功率因数和负载的曲线图 (见图 6), 具体分析的数据见表 1。

从表 1 我们能够看出, 在实际经济运行区永磁同步电机效率和功率因数有很大的优势, 无论效率和功率因数基本可以在 90% 以上。

同时我们监控能耗, 节能效果非常明显, 见表 2。

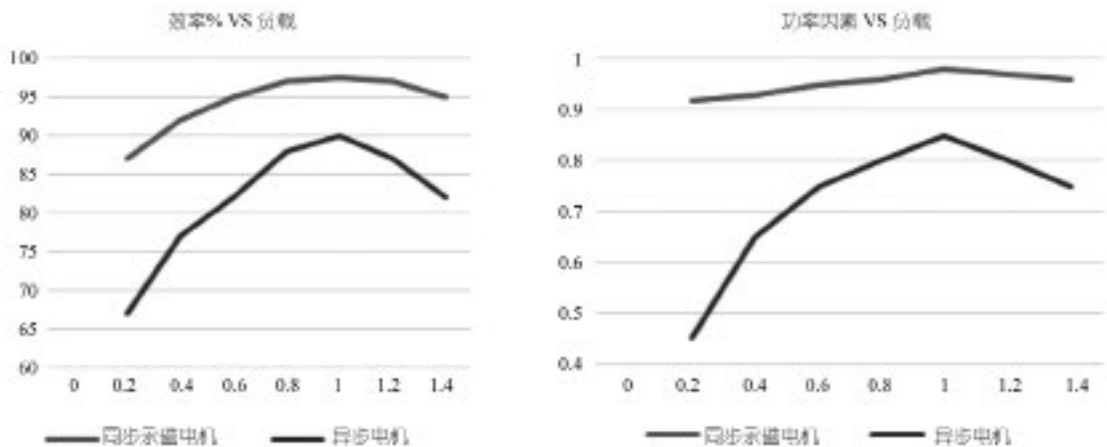


图6 永磁同步电机和异步电机曲线图

表1 永磁同步电机和异步电机比较表1

电动机类别	经济运行区	效率下降点	25% 负载时功率因数
异步电机	60%~100%	35%	由 0.85 下降到 0.5 左右
永磁同步电机	25%~120%	15%	在 0.9 以上

表2 永磁同步电机和异步电机比较表2

设备功率	IE5 能效	IE3 能效	数量	负载 50%~80% 每小时节能 /kW
315 kW	97.2%	94.6%	1	18

从表2所示，在运行负载实际扭矩是额定扭矩50%~80%（一般挤出机运行的扭矩）的条件下，按一年计算，大概为 $18 \times 8760 = 157680$ kW·h，实际节约

费用预估可达15万元/年，大概连续运行半年左右可收回电机的成本。

5 结论

变频驱动永磁同步电机在挤出机的应用，从目前的挤出机传动方案来说，对提高挤出机性能有很大的优势。尤其在国家提出碳达峰和碳中和目标以后，永磁同步电机在塑料挤出机上使用是非常必要的。目前从客户现场使用情况看，客户非常满意，设备运行良好。

Application of variable frequency drive permanent magnet synchronous motor in plastic extruder

Xu Zhisheng

(Dalian Sunlight Technology Co. LTD., Dalian 116024, Liaoning, China)

Abstract: This article primarily focuses on the transmission system of plastic extruders, utilizing frequency converters to drive permanent magnet synchronous motors. It elaborates on the advantages of permanent magnet synchronous motors over conventional three-phase asynchronous motors, including high efficiency, high power factor, large starting torque, high precision, wide speed range, simple structure, and small size. Additionally, through parameter optimization and adjustment of the Toshiba frequency converter VF-AS3, the operational efficiency of the permanent magnet synchronous motor is enhanced, thereby assisting customers in reducing costs, conserving energy, and ensuring smooth operation of the extruder.

Key words: extruder; permanent magnet synchronous motor; frequency converter; energy saving

(R-03)