

全电动注塑机差动式合模机构的设计与分析

胡 静 张有忱

(北京化工大学机电工程学院,北京 100029)

摘要 对全电动注塑机差动式合模机构进行结构设计,并对差动式齿轮机构的功率流向进行分析。差动式合模机构将异步电动机和步进电机生成的输入运动通过两个自由度的ZUWGW型2K-H差动轮系合成后,产生可编程的输出运动。同时异步电动机和步进电机混合驱动,其中异步电动机提供较大的功率,步进电机起调节的作用,二者的组合有效地代替了大功率步进电机,从而能实现高锁模力、高效率、运行速度快、低能耗、低成本。

关键词 全电动注塑机 差动式齿轮 合模机构

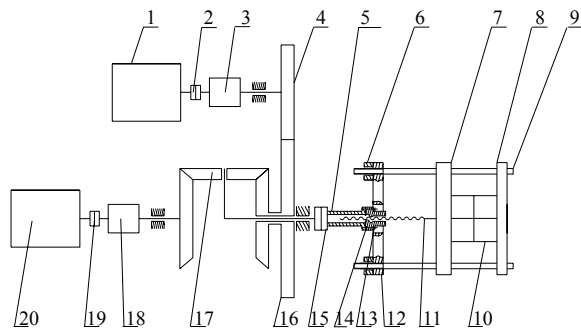
全电动注塑机是20世纪80年后发展起来的新生事物,虽然它的发展历程不长,但是随着新型合成材料的涌现和要求使用高精度注塑件范围的扩大,以及人们绿色环保意识的日渐增强,对注塑机的要求越来越高^[1],同时也对注塑机的合模装置提出越来越高的要求。合模系统的结构和性能直接影响到制品的尺寸精度、质量及注塑机整机的工作性能、生产能力,它在合模速度、合模精度、锁模力上达到相关的要求才能满足制品的生产。目前,全电动注塑机的合模机构应用最多的是全电动曲肘连杆式合模机构,虽然近年来全电动肘杆式合模机构得到了快速发展,但还存在加工精度要求高、易磨损、调模困难的问题,同时伺服电机受输出功率的限制,无法提供较大的锁模力,且制造成本较高^[2,3]。

全电动注塑机差动式合模机构通过步进电机和异步电动机同时驱动两个自由度的差动齿轮机构,最后两个输入构件通过系杆H输出的转矩直接驱动滚珠丝杠副等完成移模及锁模。由于没有肘杆机构,有效地避免了肘杆机构带来的问题。另外差动齿轮传动系统通过双路径传动减小了其各构件上的负载,因而在传递相同载荷条件下,其结构更加紧凑。笔者现将全电动注塑机差动式合模机构的结构设计作一介绍。

1 全电动注塑机差动式合模机构的结构设计

全电动注塑机差动式合模机构的结构如图1所示。其中ZUWGW型2K-H差动机构17具有两个自由度,其中的一个原动件用异步电动机20驱动,另一个原动件通过步进电机1驱动一对斜齿圆柱齿轮控制,使其做补偿运动,最后两个输入运动通过系杆H输出,然后驱动滚珠螺母转动,以推动滚珠丝杠前后运动,从而带动动模板进行往复运动,其中拉杆9呈中心对称分布,后模板12安装于拉杆9

上,拉杆固定于前模板8上,动模板7套设于拉杆上,调模螺母6根据模具10的厚度调节后模板在拉杆上的位置。空心轴5通过联轴器15与差动齿轮机构的输出轴相连。由滚珠螺母14带动滚珠丝杠11运动,即滚珠螺母转动,滚珠丝杠只作直线运动。滚珠螺母通过螺钉13装配于后模板中心,滚珠丝杠直接固定于动模板中心,并通过平键防止滚珠丝杠转动。



1—步进电机; 2、15、19—联轴器; 3、18—减速器;

4—斜齿圆柱小齿轮; 5—空心轴; 6—调模螺母; 7—动模板;

8—前模板; 9—拉杆; 10—模具; 11—滚珠丝杠; 12—后模板;

13—螺钉; 14—滚珠螺母; 16—斜齿圆柱大齿轮;

17—ZUWGW型2K-H差动轮系; 20—异步电动机

图1 全电动注塑机差动式合模机构结构图

这种差动式合模机构将异步电动机和步进电机生成的输入运动合成后,产生可编程的输出运动,从而能实现高锁模力、高效率、低能耗;异步电动机、步进电机混合驱动,其中异步电动机提供较大的功率,步进电机起调节的作用,二者的组合有效地代替了大功率步进电机,从而极大地节省了成本。

2 差动齿轮机构

2.1 2K-H差动轮系理论基础

图2为常用来构成封闭式差动轮系的2K-H

型负号差动轮系,因效率较正号机构高,常用来构成封闭式行星轮系^[4]。

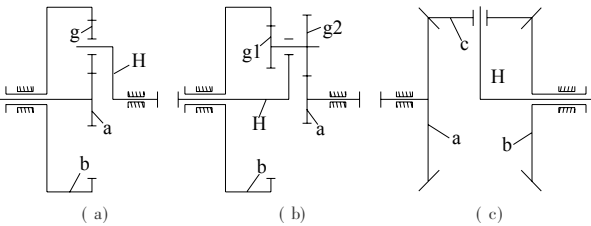


图 2 2K-H 型差动轮系

差动式合模机构采用图 2c 的这种形式,它的两中心锥齿轮 a、c 均与行星锥齿轮 b 啮合,系杆 H 支承行星锥齿轮 b。设齿轮 a、c 与系杆 H 的转速分别为 n_a 、 n_c 、 n_H ; 锥齿轮的齿数分别为 Z_a 、 Z_b 、 Z_c , 且 $Z_a = Z_c$; 则锥齿轮 a、c 相对系杆 H 的传动比为:

$$i_{ac}^H = \frac{n_a - n_H}{n_c - n_H} = - \frac{Z_c Z_b}{Z_a Z_b} = -1$$

即
$$n_H = \frac{n_a + n_c}{2} \tag{1}$$

2K-H 型差动轮系中心轮 a、c 和转臂 H 输入与输出的 6 种组合关系见表 1。本差动式合模机构主要是采用 a、c 作为输入件, H 作为输出件。

表 1 中心轮 a、c 和转臂 H 的输入输出关系

组合方案编号	输入件	输出件
1	a、c	H
2	H	a、c
3	a	c、H
4	c、H	a
5	c	a、H
6	a、H	c

2.2 对差动式齿轮机构的分析^[5]

(1) 当 n_a 与 n_c 的转动方向相同时

在差动式齿轮机构中,中心轮 a 的转速为 n_a , 中心轮 c 通过定轴轮系传动,然后变速为 n_c 。且中心轮 a 与中心轮 c 的转动方向相同,如图 3 所示。则输出构件 H 的输出转速为 $n_H = (n_a + n_c) / 2$ 。

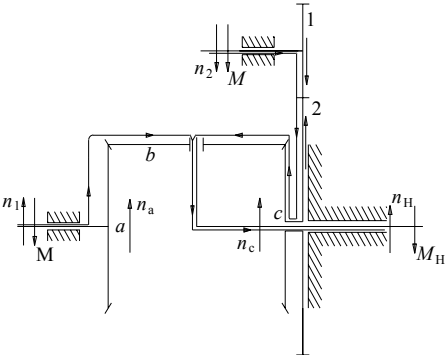


图 3 差动齿轮机构功率流分析图 I

中心轮 a 与中心轮 c 均为主动时,以行星轮 b 为分离体,并对其进行受力分析,如图 4 所示。作用在行星轮 b 上的力有 F_{ab} 、 F_{cb} 、 F_{Hb} 。行星轮 b 受力平衡,由平衡方程得 $F_{ab} = F_{cb} = 1/2 F_{Hb}$ 。此差动轮系中锥齿轮 a 与锥齿轮 c 的结构相同,即锥齿轮 a 与锥齿轮 c 的直径相同。从而可以得到作用在齿轮 a 与齿轮 c 上的扭矩 M_a 、 M_c 与负载扭矩 M_H 的关系,即 $M_a = M_c = 1/2 M_H$ 。

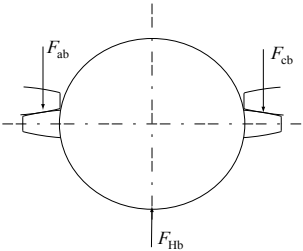


图 4 行星轮 b 受力图 I

功率是由主动向被动传递的,所以功率流的方向如图 3 中箭头所示。第一股功率由异步电动机输入较大的功率然后沿着锥齿轮 a、b、H 传递,另一股功率由步进电机输入较小的功率然后沿着齿轮 1、2、c、b、H 传递,最后两股功率流在系杆 H 上汇流并以 N_H 输出。差动式合模机构在快速合模时,可以通过这种转速方向相同的方法来实现动模板的快速移动以及达到动模板快速合模时的驱动力矩。

(2) 当 n_a 与 n_c 的转动方向相反时

调整差动轮系中心轮 a、c 的转动相反,使系杆的输出转速减小,如图 5 所示。则输出构件 H 的输出转速为 $n_H = (n_a + n_c) / 2$ 。

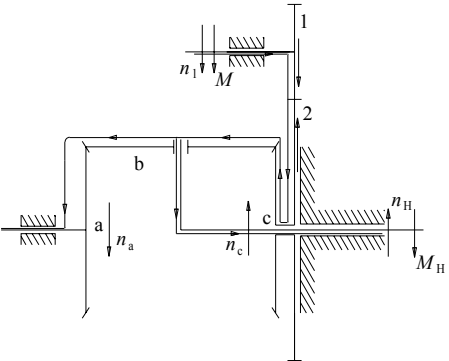


图 5 差动齿轮机构功率流分析图 II

如果中心轮 a、c 均为主动时,以行星轮 b 为分离体,对其进行受力分析,受力如图 6a 所示。作用在行星轮 b 上的力有 F_{ab} 、 F_{cb} 、 F_{Hb} 。可以看出行星轮 b 受力不平衡,只有当中心轮 a 转到如图 6b 所示时才能达到受力平衡。由平衡方程得 $F'_{ab} = F_{cb} = 1/2 F_{Hb}$ 。当 n_a 与 n_c 的转动方向相反时,导致 n_H 减

速, 而它的负载扭矩 M_H 增加即 F_{Hb} 增加, 行星轮 b 和中心轮 a、c 齿间作用力 F'_{ab} 、 F_{cb} 也应增加, 同时 M_a 、 M_b 也相应增加。此差动轮系中采用锥齿轮 a 与锥齿轮 c 的结构相同, 即锥齿轮 a 与锥齿轮 c 的直径相同。可以得到作用在齿轮 a 与齿轮 c 上的扭矩 M_a 、 M_b 与负载扭矩 M_H 的关系为 $M_a = M_b = 1/2 M_H$ 。

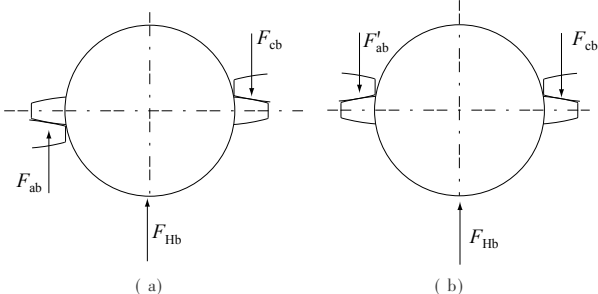


图6 行星轮 b 受力图 II

功率是由主动向被动传递的, 所以功率流的方向如图 5 中箭头所示。功率由步进电机输入然后沿着齿轮 1、2、c、b 传递, 最后功率流在行星轮 b 处分流, 一部分由系杆 H 输出, 把力矩提供给滚珠丝杠。另一部分沿着齿轮 b、a 提供给异步电动机。差动式合模机构在慢速运动到合模机构锁模时, 可以通过这种转速方向相反的方法来实现动模板的慢速移动及达到动模板锁模时所需的力矩。

3 滚珠丝杠副驱动动模板完成移模及锁模的结构

全电动注塑机差动式合模机构中, 滚珠丝杠副可以采用两种传动方式, 第一种方式为滚珠螺母旋转, 滚珠丝杠不旋转并把旋转运动转化为直线运动, 另一种方式则是使滚珠丝杠旋转, 滚珠螺母不旋转, 但滚珠螺母把旋转运动转化为直线运动。

全电动注塑机差动式合模机构中的滚珠丝杠副驱动动模板完成移模及锁模采用第二种方式, 由滚珠丝杠带动滚珠螺母运动, 即滚珠丝杠转动, 滚珠螺母只作直线运动, 如图 7 所示。拉杆 5 呈中心对

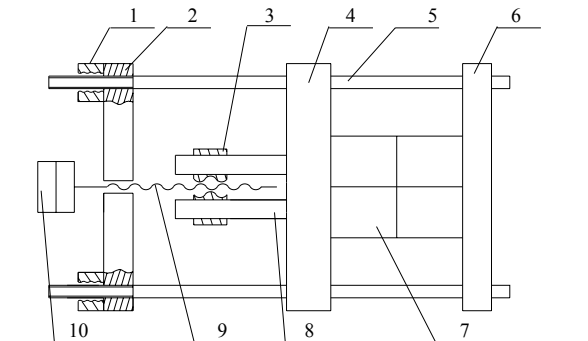


图7 滚珠丝杠副驱动动模板完成移模及锁模装置图 I

称分布, 后模板 2 安装于拉杆 5 上, 拉杆固定于前模板 6 上, 动模板 4 套设于拉杆上, 调模螺母 1 根据模具 7 的厚度调节后模板 2 在拉杆上的位置^[5]。滚珠丝杠装配于后模板中心, 根据模板的行程设计拉杆 8 的长度, 并在拉杆上开槽, 使滚珠螺母沿着拉杆 8 的槽进行移动从而带动动模板 4 进行往复运动。滚珠丝杠通过联轴器与差动齿轮机构的输出轴相连, 使输出的力矩来驱动滚珠丝杠转动, 以推动滚珠螺母前后运动, 从而带动整个机构运动。

全电动注塑机差动式合模机构中的滚珠丝杠副驱动动模板完成移模及锁模的另一种装置如图 8 所示。拉杆 3 呈中心对称分布, 后模板 2 安装于拉杆 3 上, 拉杆固定于前模板 6 上, 动模板 5 套设于拉杆上, 调模螺母 1 根据模具 7 的厚度调节后模板 2 在拉杆上的位置^[6]。根据动模板的行程来设计拉杆 8 的长度, 滚珠丝杠装配于后模板中心, 滚珠螺母通过螺钉 9 直接固定于动模板外部的模板上。滚珠丝杠通过联轴器与封闭差动齿轮机构的输出轴相连, 使输出的力矩来驱动滚珠丝杠转动, 以推动滚珠螺母前后运动, 从而带动动模板 5 进行往复运动。

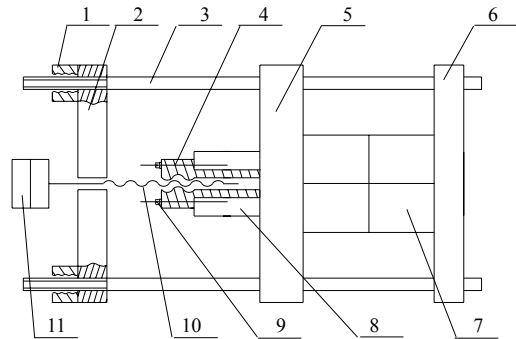


图8 滚珠丝杠副驱动动模板完成移模及锁模装置图 II

4 结论

全电动注塑机的合模机构从早期的全机械式合模机构, 以及到 20 世纪 80 年代以后的伺服电机的全电动曲肘连杆式、全电动液压复合式等结构, 到现在应用最多的全电动肘杆式。差动式合模机构的改进之处在于采用两个自由度的差动齿轮机构将异步电动机和步进电机生成的输入运动合成后, 产生可编程的输出运动, 可以通过步进电机调节输出的扭矩及转速, 同时异步电动机和步进电机混合驱动代替了大功率的步进电机, 从而能实现高锁模力、高效率、运行速度快、低能耗、低成本。差动式合模机构也为以后全电动注塑机合模机构的优化设计奠定了

新的基础和新的思路。

参考文献

- [1] 林宏权,蒋卫东,林达.全电驱动式注塑机的发展现状及展望[J].塑料工业,2005,33(4):1-3.
- [2] 杨卫民,丁玉梅,谢鹏程.注射成型新技术[M].北京:化学工业出版社,2008:85-88.
- [3] Stefan Engleder. Time-optimal motion planning and control of an

electrohydraulically actuated toggle mechanism[J]. Mechatronics, 2007, 17(8):448-456.

- [4] 岳党林,段钦华.封闭式差动轮系的传动比计算[J].机械工程与自动化,2004(1):29-30.
- [5] 史娱慈,郑友益,李新.封闭式差动轮系的功率分流和力分流[J].焦作工学院学报,1996,15(3):8-13.
- [6] 杨卫民,邵珠娜,谢鹏程.全电驱动注塑机混合驱动式合模机构:中国,ZL2008201241274[P].2009-12-02.

DESIGN AND ANALYSIS OF DIFFERENTIAL GEAR TRAINS CLAMPING SYSTEM FOR FULLY ELECTRIC INJECTION MOLDING MACHINE

Hu Jing, Zhang Youchen

(School of Mechatronic Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

ABSTRACT Based on design the 2K-H differential gear trains clamping systems of fully electric injection molding machine and analysis power flow of differential gears, 2K-H differential gear trains clamping systems make asynchronous motors and step-motor generated through two degrees of freedom ZUWGW 2K-H differential gear trains, this finally produce programmable output motion. While asynchronous motors and stepping motor hybrid drive, which effectively instead of high-power stepping motor, thus can achieve high clamping force, high efficiency, high speed, low energy consumption.

KEYWORDS fully electric injection molding machine, differential gear trains, clamping systems

欢迎订阅 2011 年《现代塑料加工应用》杂志

全国各地邮局均可订阅 邮发代号 28-209

《现代塑料加工应用》是经国家科委批准,由中国石化集团公司塑料加工应用情报中心站和中国石化扬子石油化工有限公司南京研究院出版、中国石化扬子石油化工有限公司和中国石化集团资产管理有限公司扬子石化分公司主办,在国内外公开发行的专业技术性期刊。《现代塑料加工应用》是全国中文核心期刊、中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)、美国化学文摘(CA)收录期刊、江苏省双十佳期刊。本刊重点报道塑料行业的新工艺、新技术、新设备、新产品和市场发展新动向,是全国塑料加工行业中具有影响力的杂志之一,多年来深受广大读者的欢迎!

●主要栏目:论坛、试验研究、工业技术、助剂、机械与模具、分析测试、综述、市场分析、国内外信息、最新专利等。

●读者对象:从事塑料加工行业的领导、专家、科技人员、营销人员、生产管理人员及高等院校的师生。

●《现代塑料加工应用》杂志为双月刊,双月 20 日出版,全年 6 期(10 元/期),全年总定价 60 元。

●电话:025-57783344 传真:025-57784305

●地址:江苏省南京市沿江工业开发区新华东路 中国石化扬子石油化工有限公司南京研究院内 邮编 210048

●E-mail: slbj. yzsh@ sinopec. com http://www. plastappl. com

●广告经营许可证号:3201004970084

国内统一连续出版物号:CN 32-1326/TQ 邮发代号:28-209

国际标准连续出版物号:ISSN 1004-3055 国外发行代号:

4716BM

《塑料助剂》征订启事

《塑料助剂》杂志是由南京市化学工业研究设计院有限公司主办的全国公开发行的科技刊物,是全国唯一报道塑料助剂从研制、生产到加工应用全过程的专业科技期刊。《塑料助剂》为:《美国化学文摘(CA)》收录期刊、中国期刊全文数据库全文收录期刊、中国核心期刊(遴选)数据库、中国石油化工文献数据库收录期刊、中文科技期刊数据库收录期刊。

《塑料助剂》主要报导国内外塑料助剂的发展现状、最新动向、市场趋势以及与该领域有关的新产品、新技术、研究成果等,适用于从事塑料加工及塑料助剂研究、生产、应用、销售等部门及相关领域的科技人员及高等院校的师生阅读。《塑料助剂》为双月刊。

《塑料助剂》现开始办理 2011 年订阅手续,欢迎单位和个人订阅。从邮局订阅或直接向编辑部订阅均可。

邮发代号:28-309

国内刊号:CN32-1717/TQ

国际刊号:ISSN 1672-6294

国内定价:10 元/期,60 元/年。

地址:南京市中山南路 866 号 邮编:210006

电话:025-52262906 86626096 传真:025-86620386

网址: http://www. cepaia. cn

E-mail: paianj@ sina. com

开户行:工行雨花支行

户名:南京市化学工业研究设计院有限公司

帐号:4301013719002086968