

双螺杆挤出机传动系统的研究与进展

王 力¹ 刘小平² 王 平² 陈奇栓¹

(1 承德石油高等专科学校电气与电子系, 河北 承德 067000)

(2 天津科技大学, 天津 30222)

摘要 介绍了双螺杆挤出机传动系统的发展情况, 对其传动系统进行了归类与分析, 并着重阐述了高转矩型双螺杆挤出机三轴传动系统的技术关键。本文的工作对于双螺杆挤出机传动系统的研究、设计和应用具有积极作用。

关键词 双螺杆挤出机 传动系统 研究 进展

引言

啮合同向双螺杆挤出机由于具有优异的混合性能、挤出物质量好和产量高等优点, 得到了广泛的重视和迅速的发展。随之也对双螺杆挤出机本身的结构、质量提出了更高的要求。传动系统是双螺杆挤出机的关键之一。要求输出大的转矩, 具有高产量。由于几何尺寸的限制, 转矩越高, 传动系统中齿轮、输出轴、轴承等部件的设计制造就越困难。

双螺杆传动系统按其转矩分配部分可分为分离式传动系统和三轴式传动系统。典型的三轴式传动系统如图 1 所示。三轴式传动系统改善了某些轴、齿轮、推力轴承的受力状态, 特别是传递总功率的主轴 1、2, 它以与螺杆同样的速度运转, 与分离式传动系统相比, 在同样的传递功率下, 实际承受的转矩较低。另外, 主轴 1 与辅助轴 3 的距离增大, 可以选用承载能力高、外径大的径向和推力轴承, 从而提高了传动系统的工作能力和寿命。由于以上原因, 本文主要讨论三轴式传动系统的主要特点及其分析^[1-2]。

1 三轴式传动系统的特点^[3-13]

1.1 减速器的结构布局分析

同向双螺杆挤出机传动系统由减速部分、转矩分配部分组成, 这两部分的功能虽有不同, 但它们紧密联系, 有时还相互制约。双螺杆减速箱的传动结构布局目前大致可分为两种传动形式。

1.1.1 两箱传动型 形成减速箱与转矩分配箱(见图 1)。其特点为: 设计结构简单, 对于同样的承载能力, 减速部分可适当加大, 承载能力也相应增加。但双螺杆减速器需要承受由机头传来的轴向力, 由于输出轴中心距的限制, 承受轴向力的两个止推轴承在减速

部分的前后分置, 势必造成传动部分输出轴一长一短, 由于同时承受转矩和轴向力, 使两轴所受扭转、挠度变形有一定差别。

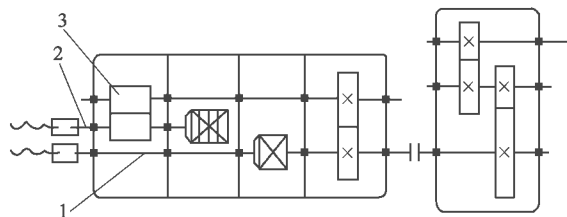


图 1 两箱式三轴式传动系统

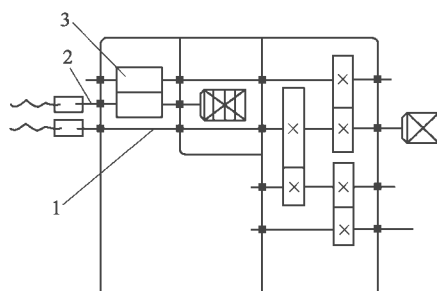


图 2 单箱式三轴式传动系统

这种布置有可能采用标准减速器, 因而简化了转矩分配部分的设计制造工作量, 但占用空间体积较大。适用于大功率且双螺杆中心距较大的机组。

1.1.2 单箱传动减速器 减速部分与转矩分配部分合一(见图 2)。其优点是: 结构紧凑, 占地面积小, 齿轮受力小; 可提高齿轮的承载能力, 齿轮接触强度及弯曲强度的安全系数增大; 保证双螺杆受力均匀; 采用两箱合一立体对称结构, 虽然由于结构限制而增加了设计与加工的难度, 但是由于采用整箱设计, 可以将两止推轴承尽量靠近, 使两轴所受扭转、挠度变形基本一致。

将减速部分和转矩分配部分合一的结构用得较普

遍。

1.2 三轴式传动系统的基本类型

1.2.1 三轴式单驱动传动系统 在三轴式传动系统中,总转矩的一半直接作用在一根螺杆驱动轴上,另一半由齿轮通过辅助轴间接传递到另一根螺杆驱动轴上,如图1、图2所示。

该系统改善了某些轴、齿轮、推力轴承的受力状态,特别是传递总功率的主轴1,它以与螺杆同样的速度运转,与分离式传动系统相比,在同样的传递功率下,实际承受的转矩较低。另外,主轴1与辅助轴3的距离增大,可以选用承载能力高、外径大的径向和推力轴承,从而提高了传动系统的工作能力和寿命。

另外,2轴上齿轮与轴一般做成一体,三轴单传动系统中2、3轴的配对齿轮多采用斜齿轮,可在同等齿顶圆情况下得到更强的传递能力。同时,适当加大齿宽系数有利于齿轮强度的提高。

1.2.2 以三轴式传动为基础的多驱动传动系统(图3) 该系统中,一半转矩通过齿轮传递给输出轴a上的齿轮,前后空间大,故可安装标准的径向轴承;另一半转矩由于中间齿轮传递给输出轴b,由于中间齿轮对轴相对而设,在轴上产生的力相互抵消,输出轴b上的作用力较小,故可不必采用特殊轴承。

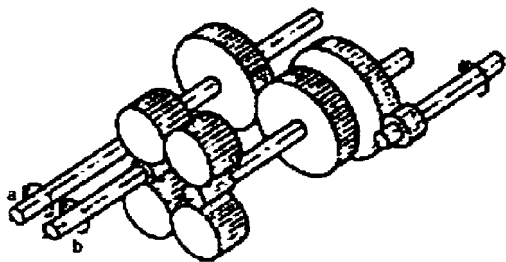


图3 三轴式多驱动传动系统

因此,这种结构使得齿轮、轴、轴承的寿命大大提高,可以看出,采用多驱动传动系统的效果要比加大齿宽系数好得多。自然,该齿轮传动比较复杂,齿轮个数显著增加,辅助轴增多,给设计和制造增加了难度。但其带来的效果却是明显的。

1.2.3 行星轮式三轴式多驱动传动系统(图4)

这种形式的特点是由一根主轴同时驱动两个齿轮,其中一个齿轮直接与一根螺杆驱动轴相连,另一个齿轮驱动多个行星轮,从而驱动另一根螺杆驱动轴。该系统的优点是大大降低了两根螺杆驱动轴所受径向力,与行星轮相啮合的螺杆驱动轴齿轮由于同时与多个行星轮相啮合,大大降低了齿面的接触应力和齿根的弯曲应力,也提高了径向轴承的使用寿命。当然,这种多传动系统要求各传动系统之间应严格同步。

1.3 止推轴承的组合设计

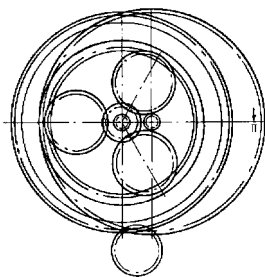


图4 行星轮式三轴式多驱动系统

同向双螺杆挤出机工作时,由于存在螺杆静压力和沿螺杆轴向的附加负载,螺杆受到很大的轴向推力。该轴向推力最终由传动箱中的止推轴承承受。一般止推轴承的承载能力与其直径有关,但在双螺杆挤出机中止推轴承及其直径受两螺杆中心距的限制,目前一般采用将几个小直径的止推轴承串联使用,一起承受大的轴向力。

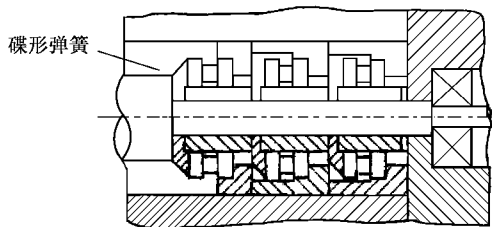


图5 径向滚动组合推力轴承组

常用的止推轴承组有油膜止推轴承、以碟簧作为弹性元件的滚子止推轴承组(如图5)、以圆柱套筒作为弹性元件的止推轴承组和径向滚动组合推力轴承(如图6)。

推力轴承作为决定双螺杆挤出机整机性能及技术水平的关键部件,提高其寿命及可靠性的主要途径就是合理的推力轴承系统的结构设计。但由于对形状复杂的弹性元件目前尚无准确合理的公式计算,给精确设计带来了困难。为了保证高可靠性,对轴承组件进行精密加工、制造、组装、严格调试和测试很重要。

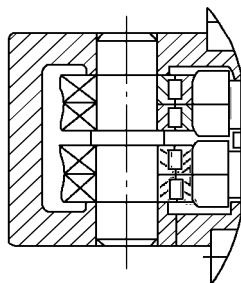


图6 径向滚动组合推力轴承

润滑油的流动方向应与作用在止推轴承组上的轴向力方向相反。

两止推轴承组的布置有表1所示的3种可能布置方案。可以看出,止推轴承的布置及轴承组的选择,对于双螺杆挤出机传动系统可靠性和使用寿命是至关重要的。

表 1 两止推轴承组在传动箱中的布置方案

布置形式	结构简图	结构特点	备注
相邻排列 A		所选轴承外径将最小, 故承载能力有限; 但结构很紧凑。	适用于传递功率不大, 转矩较小的情况下。
相错排列 B		止推轴承外径可适当增大。如果轴承外径尺寸相同, 则变形、刚度相同; 可承受较大的轴向载荷。	适用于传递功率、转矩较大的场合。 使用较多。
组合错列 C		止推轴承 2 尺寸不受限制, 可以很大。故两止推轴承刚度、变形不同; 当变形相差太大时, 可能使螺杆螺棱侧面磨坏或造成轴承过载而损坏	两轴承的压力和变形差异很大, 而且一根轴长, 另一根轴短, 必须在齿轮设计时设法弥补上述差异。

2.4 传动系统的设计原则

除了结构的设计重点外, 同时必须从以下几个关键点出发:

(1) 尽可能减少传动链。传动链增多, 意味着传动机构增多, 整个传动系统外形几何尺寸增大, 带来的其他问题也随之增加。

(2) 考虑到强度和系列的连续性, 在同一中心距中齿数和改变模数应由大到小顺序递减, 不应跳跃减少。螺旋角应使高速级取大值低速级取小值, 使高速级轴向重合度增大, 达到运转平稳, 使低速级轴向力减少, 提高了轴承的使用寿命。速比分配应为非整数, 这是考虑到若加工后的齿轮有缺陷时, 工作时不在配对齿轮的相同部位出现。

(3) 变位系数的选取应根据具体的设计要求将变位系数取为最佳值。因为不同的变位系数对齿轮的接触强度和弯曲强度的影响是不同的, 可将齿轮的变位系数全部取成一致, 在系列设计时计算容易, 且不易发生差错; 最好全部采用角变位, 并且使变位系数总和大于 0, 这样可以提高齿根弯曲强度。

(4) 尽可能减少传动箱箱体的分箱面, 同时要注意箱体水平面两个方向的几何尺寸不要太大。

(5) 转矩的均匀分配及多驱动的等效驱动。转矩的均匀分配和多路的等效驱动与具体的传动形式有关, 也与齿轮齿数的选配、齿形参数的选取有关, 同时要达到转矩的绝对均匀传递。

(6) 设计时尽量增加公用齿数, 对设计和批量生产均好处。

2 三轴式传动系统的计算研究

2.1 三轴式传动系统传动能力的计算

同向双螺杆挤出机的传动能力等级用转矩等级参数 M/A^3 来表示, 其中 M 为单根螺杆驱动轴的转矩 ($N\cdot m$), A 为两根螺杆的中心距 (m)。引入这个参数,

就使各种机型具有可比性。显然, M/A^3 比值大, 螺杆所能传递的转矩越大、挤出机的产量越高。而螺杆所能传递的转矩是由减速箱所决定的。统计表明, 对于同一厂家同系列产品, M/A^3 大致在同一水平范围内, 纵观双螺杆挤出机更新换代历程, M/A^3 有不断提高的趋势。

根据齿轮传动的设计计算及系统方案的具体设计, 对轴系进行受力分析。计算出螺杆驱动轴的最小直径, 选取轴承型号, 确定出最小中心距, 最后与两根螺杆中心距对比、优选。由转矩系数计算每根挤出螺杆所能达到的输出转矩, 其大小与螺杆的轴线距离有关。

2.2 三轴式传动系统分配齿轮的优化设计

传动箱两输出轴中心距受两螺杆中心距的限制。为合理利用箱内有限空间, 保证齿轮强度要求, 解决分配齿轮设计中载荷大、空间小的矛盾, 需对分配齿轮进行优化设计。

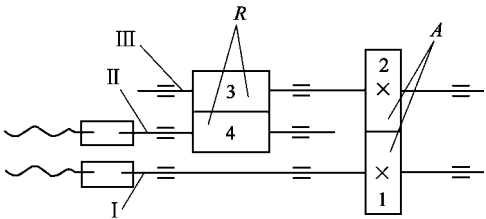


图 7 转矩分配齿轮传动系统简图

转矩分配齿轮传动系统简图如图 7 所示。在分配齿轮传动中设计变量很多, 主要有三根轴的功率 P_I 、 P_{II} 、 P_{III} 和转速 n_I 、 n_{II} 、 n_{III} 、 A 、 B 两对啮合齿轮的模数 m_{nA} 、 m_{nB} , 螺旋角 β_A 、 β_B , 齿宽 b_A 、 b_B , 齿数 z_1 、 z_2 、 z_3 、 z_4 , 齿轮所用材料许用应力 $[\sigma]_H$ 、 $[\sigma]_F$ 等等。在优化设计变量的选择时, 可根据实际情况对一些参数进行简化, 变量 X 的一般表达形式为

$$X=[z_1, z_2, z_3, z_4, m_{nA}, m_{nB}, \beta_A, \beta_B, b_A, b_B]^T \quad (1)$$

目标函数可以根据具体需要建立,可要求两对齿轮的体积最小、中心距之和最小和传递转矩最大为目标。在此以中心矩和最小建立目标函数

$$\frac{m_{nA}(z_1+z_2)}{\cos\beta_A} + \frac{m_{nB}(z_3+z_4)}{\cos\beta_B} = 0 \quad (2)$$

建立不等式约束条件,保证齿轮接触强度达到要求条件;保证齿轮疲劳强度达到要求条件;满足需要安全系数;重要参数的取值范围等。

建立等式约束条件,两对传动齿轮中心距受到双螺杆中心距之差 C_L 的限制,即

$$\frac{m_{nA}(z_1+z_2)}{\cos\beta_A} - \frac{m_{nB}(z_3+z_4)}{\cos\beta_B} - C_L = 0 \quad (3)$$

优化设计中既有不等式约束又有等式约束,所以采用混合惩罚函数法来进行优化设计。以罚函数法构筑优化判断值,以坐标轮换法进行优化点选取,以黄金分割法确定搜索步长即可进行计算^[14]。

3 双螺杆挤出机传动系统的研究展望

当今在同向双螺杆挤出机传动系统领域里的研究与开发工作,主要是使其已有的功能优化。

(1) 双螺杆挤出机传动系统结构和参数的优化设计。主要是降低机械传动机构的成本,提高承载能力、寿命和传动效率,降低噪声、重量、故障率和运行成本。

齿轮传动的改进主要围绕着减小齿轮的尺寸和重量,提高齿轮传递转矩的能力。这个目标可通过设计、制造、材料、热处理和装配等环节来实现。在轴承方面主要从轴承的润滑、轴承的材料、采用新的结构形式以及全新的支承原理等方面加以改进。此外,现已研制出的含有特殊添加剂的润滑材料,使齿面损伤在很大程度上得以避免。这些都对传动系统具有很大的影响。

(2) 双螺杆挤出机传动系统的工程分析(CAE)和虚拟设计。采用先进的 CAD 技术,进行双螺杆挤出机传动系统的三维实体设计,生成装配图,然后附加材料

特性和工况,可进行实体模型的运动分析、干涉检查、应力和变形分析。这样不仅能够缩短设计周期,而且可以提高产品的可靠性和使用寿命。

(3) 其它简化或替代机械传动系统的装置的研究。如可采用变频调速装置、数控系统等补充或取代机械装置,以简化或替代机械传动装置。

参 考 文 献

- 1 北京化工大学, 华南理工大学. 塑料机械设计. 北京: 中国轻工业出版社, 1995
- 2 耿孝正. 双螺杆挤出机及其应用. 北京: 中国轻工业出版社, 2003
- 3 邓聪, 刘廷华. 挤出机传动系统的技术水平及其进展. 挤出设备, 2004(1): 4~11
- 4 丁国强, 童立平. 双螺杆挤出机传动齿轮布置的两种方案. 北京化工大学学报, 1998(1): 46~47
- 5 王效兵, 江世成, 袁清河等. 双向双螺杆挤出机的研究. 机械科学与技术, 1997(3): 497~498
- 6 李世通. 双螺杆挤出机传动系统分析及高转矩设计探讨. 化工机械, 1999(6)
- 7 姜晓鸣. 双螺杆挤出机传动系统及系列化探讨. 中国塑料, 1998(4): 30
- 8 谭玉冰. 多功能双螺杆挤出机的研究. 吉林林业科技, 2001(1): 12~14
- 9 邓淮铃, 陈松星. 螺杆挤出机传动系统的技术改造. 广东化纤, 1999(4): 45~47
- 10 王效岳, 华玉培, 华珍. 一种新型双螺杆挤出机传动箱. 塑料工业, 1996(1): 88~89
- 11 曹堪洲, 秦家须. 平行双螺杆挤出机推力轴承及其设置. 中国塑料, 1993(7): 54~60
- 12 华玉培, 王效岳, 袁光明. 一种用于双螺杆挤出机的新型止推装置. 山东工程学院学报, 1996(2): 32~34
- 13 曹堪洲. 平行双螺杆挤出机推力轴承及其设置. 中国塑料, 1993(1): 55~60
- 14 王丽. 小型同向双螺杆挤出机转矩分配齿轮优化设计. 北京石油化工学院学报, 2003(2): 33~38

收稿日期: 20050830

收修改稿日期: 20050929

作者简介: 王力(1976—), 男, 河北省承德人, 讲师, 硕士研究生

(上接第 101 页)

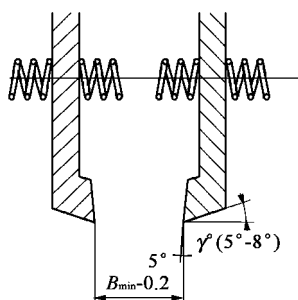


图 14

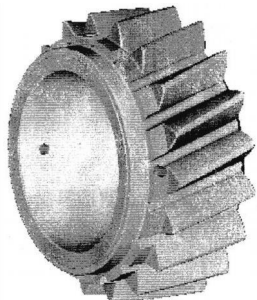


图 15

单片齿轮外,我们对双联和轴齿轮(多联)的两个齿圈可在一道工序中同时倒棱。

综上所述,齿轮齿廓倒棱、减少磕碰,是改善齿轮传动噪声的重要措施。齿廓挤棱工艺是一种效率高、质量好、适用范围广的工艺方法,随着汽车工业的发展和对汽车性能要求的不断提高,挤棱工艺必将得到越来越广泛的应用。

收稿日期: 20060401

作者简介: 刘晓莉(1971—), 女, 河北省石家庄人, 工程师, 硕士研究生

图 15 为我厂采用挤棱工艺对齿轮倒棱的实例,除

Abstract The precise model of a pair of meshing gears was obtained in Solid Works. Then by the excellent data exchange interface between SolidWorks and ANSYS, the model could be imported into ANSYS and was transferred into finite element model composed of nodes and elements. Gear's contact stress and contact fatigue life was calculated by finite element method (FEM). It was showed that gear's contact stress was influenced by friction to some extent. Thus the integration of CAD/CAE was obtained.

Key words: Finite element Contact stress Precise model Gear
Studies on the Simulation and Fault Discovery of one Displacement—limited Mechanism based on ADAMS The 713th Research Institute, CSIC Qiu Qunxian, Zhao Wenshu(83)

Abstract This article builds up the simulation model of one displacement—limited mechanism based on ADAMS. By the detailed studies on some parameters affecting the character of pushing on—and—off on it, some useful results are concluded. Followed by the study of fault discovery, this article has got some important measures for the mechanism and applied during the test effectively. As a result, that the mechanism can't be pushed off reliable is solved.

Key words: Mechanism Simulation Fault ADAMS

Research on How to Achieve the High Efficiency and Heavy Load Sliding Screw Pair Zhou Xianhui, Sun Yousong, Wei Liangmo(88)

Abstract Increasing transmission efficiency and load capacity are of great significance on spiral transmission. The spiral transmission's operation principle and the factors which affect the sliding screw pair's transmission efficiency were analyzed in detail. Approaches on how to improve the spiral transmission efficiency and load capacity were suggested; selecting proper lead angle, innovating screw pair material and their manufacturing processes as well as the lubricating condition, improving on nut's structure designing, uniforming the stress of every circle thread.

Key words: Sliding screw pair Transmission efficiency Heavy load Mechanical transmission

Simulation Experiment of Small Module Gear under Impact Load

for Impact Drill Mo Haijun, Hu Qingchun, Duan Fuhai(91)

Abstract The dynamic stress response of the small module gear is analyzed under impact load by means of Finite Element Method. Analyzing the tooth root stress of small module gear under different impact load and impact time, the curve of dynamic stress in different time is obtained. In order to compare, the static stress of tooth root under stable load is also analyzed.

Key words: Impact drill Small module gear Impact load Simulation

A Method of Calculating Change Gears for Hobbing Machine based on Microsoft Visual C++ 6.0 Sun Jie, Wang Jinkai(97)

Abstract A selective program of change gears for various hobbling machines is proposed based on the mathematic theory of the differential change gears. By the program all compositions can be selected quickly when accuracy are given. Because the program has many features such as good transferability and exchangeable parameters easily, using the program, it is very easy to select various change gears.

Key words: Helical Gear Change Gear Program Unitary Principle of Fraction

Chamfering Process of Gear Tooth Profile Liu Xiaoli(100)

Abstract Chamfering process of gear tooth profile and its function are introduced. By tooth profile chamfer, noise of gear transmission can be reduced.

Key words: Tooth profile chamfering Reducing noise

Study and Development of Transmission System in Twin Screw Extruder ... Wang Li, Liu Xiaoping, Wang Ping, Chen Qishuan(102)

Abstract Based on the development of transmission system of twin screw extruder, the sort and design are introduced. Furthermore, the design and key technique of triple axes transmission system in twin screw extruder are primarily described. And the works of the paper will play a positive role for designs, studies and applications of transmission system of twin screw extruder.

Key words: Twin screw extruder Transmission system Study Development