

# 大间隙抱合螺纹金属挤压成形机调模锁模机构设计

李树高<sup>1</sup>, 张树国<sup>2,3</sup>, 杨湘杰<sup>2,3</sup>, 汪丽君<sup>2,3</sup>

(1. 广东科达机电股份有限公司, 佛山 528313; 2. 南昌大学 机电工程学院, 南昌 330031;

3. 江西省高性能精确成型重点实验室, 南昌 330031)

**摘要:** **目的** 广东科达机电股份有限公司与南昌大学共同研制的金属内腔挤压成形机通过前期的装配、空载运行, 现已经进入工业热试验阶段, 该金属内腔挤压成形机的锁模调模比较困难。 **方法** 设计改进了一种二板机的调模锁模装置, 通过不断改进调模锁模程序, 使该金属内腔挤压成形机成功实现在工作温度下锁模调模, 保证了模具从常温到工作温度下的动态平衡过程中, 抱合螺母抱合拉杆。 **结果** 在整个在工作过程中, 调模锁模器、定位器、拉杆、抱合螺母装置之间成功实现自动调模、锁模、启模等动作。 **结论** 验证了该金属挤压成形机的可行性, 为下一步的自动化生产试验创造了条件。

**关键词:** 金属挤压成形机; 抱合螺母; 锁模调模

**DOI:** 10.3969/j.issn.1674-6457.2014.01.007

**中图分类号:** TG375

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-6457(2014)01-0038-05

## Designing of the Die Adjusting and Locking Device of the Big Gap Close Thread Metal Extrusion Shaper Machine

LI Shu-gao<sup>1</sup>, ZHANG Shu-guo<sup>2,3</sup>, YANG Xiang-jie<sup>2,3</sup>, WANG Li-jun<sup>2,3</sup>

(1. Keda Industrial Co., Ltd., Foshan 528313, China;

2. School of Mechatronics Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China;

3. Key Lab of Near Net Forming in Jiangxi Province, Nanchang 330031, China)

**ABSTRACT: Objective** The metal extrusion shaper machine jointly developed by Keda Industrial Co. Ltd of Guangdong and Nanchang University has now entered the industrial thermal test phase after assembly and no-load operation. **Methods** To settle the problem in die adjusting of the lock die in the metal cavity extrusion shaper machine, a lock die adjusting device of two-plate machine type was designed. **Results** Through constantly improving the lock die adjusting program, the metal cavity extrusion shaper machine successfully achieved lock die adjustment at working temperature, which guarantees the mold in the close nut holds closely the pull rod during the dynamic equilibrium process changing from room temperature to working temperature. **Conclusion** Throughout the process, automatic height adjustment, lock mode, operating mode, and other actions were successfully achieved between the die adjusting and locking unit, positioner, pull rod and the close nut device close nut device, validating the feasibility of the metal extrusion machine, and creating conditions for the next step of au-

收稿日期: 2013-08-09

基金项目: 2012年广东省战略性新兴产业核心技术攻关项目(新能源汽车类)(2011A010802005)

作者简介: 李树高(1981—),男,广西桂林人,工程师,主要研究方向为挤压成形。

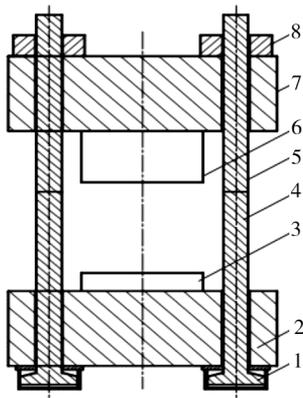
通讯作者: 张树国(1970—),男,江西人,博士研究生,主要研究方向为轻合金材料的加工。

tomated production test.

**KEY WORDS:** metal extrusion machine; close nut; die adjusting and locking

## 1 一种金属挤压成形机的结构及锁模调模工作原理

目前应用最广的金属挤压、压铸机是三板式挤压成形机(简称三板机),有3块模板,中间一块模板移动,结构复杂,更换模具困难,对模具厚度有一定的限制,在大型机的制造和使用上会受到限制。随着技术的发展,出现了二板式挤压成形机(简称二板机),二板机减少了一块固定模板,结构简化了许多,提高了合模精度,但调模锁模比较关键。为此,设计改进了一种二板机的调模锁模装置,进行了试产并申请了国家专利<sup>[1-3]</sup>。广东科达机电股份有限公司与南昌大学共同研制的金属内腔挤压成形机<sup>[4]</sup>,通过前期的装配、空载运行,现已经进入工业热试验阶段。该金属内腔挤压成形机主机结构如图1所示。



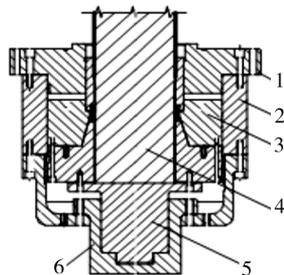
1. 调模锁模器 2. 定架 3. 下模 4. 拉杆  
5. 拉杆抱合螺柱 6. 上模 7. 动梁 8. 拉杆抱合螺母

图1 主机结构简图

Fig. 1 Diagram of the host structure

其中主要零部件包括:定梁、动梁、拉杆、提升油缸、调模锁模器、定位器、抱合螺母装置、压射系统、导轨架、安全杆装置、底座等,试验所用的模具为18"汽车轮毂模具。其中上模安装在动梁上,下模安装在定梁上;提升油缸用于升、降动梁及上模;拉杆与锁模油缸的活塞杆连接在一起并固定在定梁上,用于传递锁模力;调模锁模器由锁模油缸、启模油缸

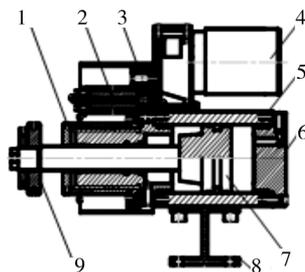
等组合而成,其结构如图2所示<sup>[5]</sup>。主油缸起锁模作用,通过启模油缸在拉杆抱合前,根据拉杆与抱合螺母螺纹之间相对位置,调整拉杆高度;定位器安装在调模锁模器旁边,其结构如图3所示,主要含定位齿轮、过渡齿轮、小齿轮、定位电机、定位油缸、定位螺母、支架等<sup>[2]</sup>。定位器的其中一个油腔与调模锁模器的启模油缸进油口相连,在调模时,控制程序自动控制定位电机使定位齿轮进行旋转移动,以此来调整定位齿轮与定位螺母之间的距离,以限制定位油缸活塞的移动距离。通过推动定位器油缸的活塞,从而将定位器油缸内的液压油按需要定量打压到调模锁模器的启模油缸内,从而精确调整拉杆的抱合高度,调整精度可达0.01 mm。



1. 锁模油缸端盖 2. 锁模油缸缸筒 3. 锁模油缸活塞  
4. 拉杆 5. 启模油缸活塞 6. 启模油缸缸筒

图2 调模锁模器

Fig. 2 Diagram of the die adjusting and locking device



1. 定位齿轮 2. 过度齿轮 3. 小齿轮 4. 定位电机 5. 定位油缸筒  
6. 油缸端盖 7. 定位油缸活塞 8. 支架 9. 定位螺母传感器

图3 定位器

Fig. 3 Diagram of the positioner

抱合螺母装置安装在动梁上,随动于动梁,抱合螺母装置采用的是对开螺母,能够打开和闭合,分别

对应分布在4根拉杆处,分别用于抱合对应的拉杆。抱合螺母装置与拉杆之间的抱合采用锯齿形螺纹。其中抱合螺纹的设计间隙为0.4 mm,实际加工的间隙,试验时测量为0.6~0.8 mm。

当抱合螺母打开时动梁可以沿导轨和拉杆上下自由移动。当完成合模时,调模锁模器与定位器在一个抱合螺纹齿距范围内对拉杆进行上下调整,使抱合螺母与拉杆上抱合螺纹准确啮合,然后抱合螺母闭合,4个抱合螺母分别将拉杆抱合住,动梁不能后退,将上、下模锁住。在抱合螺母将拉杆抱合住之后,锁模油缸充入高压油,由于拉杆与锁模油缸相连,拉杆受到拉伸将模具锁紧。该新型金属挤压成形机设计的锁模力为33 000 kN。由于锁紧系统采用的是4个独立的锁模油缸对4根拉杆分别进行锁紧,这样,即使在模具上下安装面以及模具分型面存在一定的平行度误差的情况下,也可以保证每根拉杆的锁紧力完全相同,将锁模力均匀分布在动梁上。并且由于抱合螺母是安装在动梁上的,与动梁是随动的,只要抱合位置在拉杆的抱合螺纹范围内,再通过调模锁模器与定位器对拉杆进行调整,抱合螺母对拉杆都可以找准抱合螺纹进行抱合,只要液压锁紧油缸压力到达规定值,就可以将模具锁紧到需要的合模力。另外,由于每根拉杆在加工抱合螺纹时齿距的误差很小,误差范围在 $\pm 0.01$  mm,相对抱合螺母与拉杆之间设计的抱合间隙0.4 mm,该误差基本可以忽略不计,那么根据前后更换的模具厚度差和拉杆的抱合螺纹的齿距这2个已知条件,只要在控制程序上设定好换算参数,就可以将抱合螺母与拉杆的抱合位置重新自动找准,即可再次实现自动调模抱合。这样,在生产过程中更换模具后的调模就极其简便。

## 2 锁模机构调试验证

作为金属内腔挤压成形机,特别是二板机,锁模是关键<sup>[6]</sup>。该新型金属内腔挤压成形机的难点之一,也在于如何使抱合螺母在模具合模后能准确地将拉杆抱合住,以便于后面的锁模油缸对模具进行锁模加力,并保证准确抱合锁模的重复性、可靠性。

### 2.1 冷机调试

在装配初步完成后,为了测试主机所有的油缸、

液压系统以及主机的抱合装置抱合、高压锁模、启模等系列动作的可靠性及重复性,先对主机动作进行了调试。由于该次调试只测试主机,暂未进行浇铝挤压作业,称之为冷机调试。在冷机调试过程中,需要确保拉杆抱合装置每次对拉杆抱合的位置均准确无误,不能切牙,否则将对拉杆的抱合螺牙造成不可修复性的损坏。为此,首先对拉杆及抱合装置的牙与牙之间的相对位置进行人工测量,以确保第一次抱合时,能准确进行抱合。在测量好拉杆与拉杆抱合装置的螺牙之间的间隙,并确认可以抱合后,开始对抱合螺母进行抱合,并且在抱合时,将抱合油缸的压力从0逐步增加,成功地将拉杆抱合住。然后根据安装在动梁上的位移传感器(如图4所示)所测量的动梁相对于定梁的位置值,并记下该抱合位置下动梁的位置值 $S_0$ ,记下该抱合位置时拉杆相对定梁的位移传感器示值 $L_0$ 。由于在冷态条件下,每次合模时模具温度不变,合模位置基本保持不变,即每次合模时动梁的位移传感器、拉杆位移传感器的示值均应对应 $S_0, L_0$ ,如图5所示。因此只要控制程

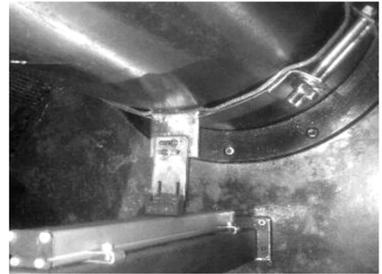
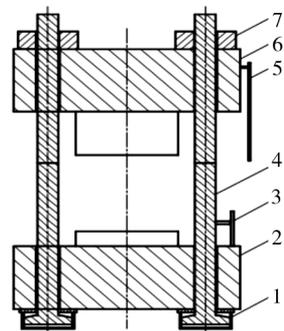


图4 传感器布置图

Fig. 4 Diagram of the Sensor



1. 调模锁模器 2. 定梁 3. 拉杆位移传感器 S(固定于定梁) 4. 拉杆  
5. 动梁位移传感器 L(固定于机架) 6. 动梁 7. 抱合螺母装置

图5 冷机试验调模锁模模式

Fig. 5 Diagram of cold test die locking and adjusting mode

序里的2个位移传感器读出的数值与初始记录值相同,就可以认为模具合模到位,满足抱合条件,拉杆抱合装置可以对拉杆进行抱合。

冷机试验结果表明:空载运行的特定条件下,在此次冷机调试的过程中,顺利地实现了对主机的拉杆抱合装置抱合拉杆、高压锁模、启模等动作的10000次重复性测试,锁模力实现设计目标的33 000 kN。期间并行测试了设备的相关系统,完成了验证主机第1步。

## 2.2 热机调试

在主机设备冷试完成后,并且在大部分辅机逐步完成到位后,对该新型金属内腔挤压成形机开始浇铝挤压作业试验,称之为热试验。随着试验的进行,模具的温度开始从常温状态下预热到250℃左右,并随着挤压模次的增加,模具温度继续升高,并且在试验过程中,经常伴随着有开模取件、检查模具、对模具喷脱模剂等作业,使得模具温度经常变化不定,而且由于每个动作的时间不是每次都相同,模具的温度变化范围较大并且无规律,从而导致模具的膨胀量比较大,并且膨胀收缩无规律。如果按照冷机调试时的抱合判断方式,理论上需要根据模具的膨胀量 $\Delta S$ :

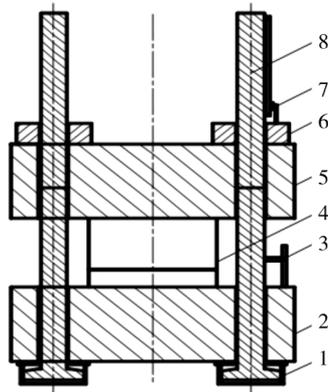
$$\Delta S = S_1 - S_0 \quad (1)$$

然后对拉杆位移量进行补偿:

$$L_1 = L_0 + \Delta S \quad (2)$$

即需要对拉杆的抱合高度进行调整 $\Delta L$ ,这样拉杆抱合装置才能对拉杆进行抱合。但是这样间接判断计算误差因素较多。另外,当模具温度变化时,需要经常调模,以使抱合螺母装置准确抱合拉杆。然而,控制程序只能根据最新一次合模时动梁、拉杆的合模位置值 $L, S$ ,分别与冷态时合模的初始值 $L_0, S_0$ 相对比,来判定是否需要调模,根据该数据的差值调整拉杆的抱合高度。由于调模装置的调模速度比较慢,当调好模再次合模时,模具温度可能已经发生了变化,从而又导致合模位置变化,这样还是不能进行抱合。另外,由于抱合螺母装置是安装在动梁上的,而动梁的位置测量值是相对定梁的。由于动梁的装配存在一定的误差,例如,动梁在不同高度下与定梁的平行度存在一定的误差,动梁的4个角高度也不严格相同,并且还存在一定的重复性误差,而模具膨胀量测量只是测量动梁上的一个角,当动梁运动过

程中平行度误差比较大时,其余3个角可能变化比较大,这样抱合螺母的抱合位置就不是很准确,很有可能将拉杆的抱合螺纹损坏。经过分析,在冷机调试时那种间接测量抱合螺母装置抱合位置的方式在这样的工况下不适用。为了解决这一个难题,最好的办法是对拉杆与抱合螺母之间的相对位置分别进行直接测量,然后再直接调整拉杆的抱合位置,加快调整拉杆高度的速度,减少温度变化等引起的误差因素,从而提高抱合的准确性。对此,在抱合螺母装置的抱合螺母及拉杆上安装传感器,用来测量拉杆相对于抱合螺母装置抱合螺母的位置,如图6所示。



1. 调模锁模器 2. 定梁 3. 拉杆位移传感器 S(固定于定梁)  
4. 上下模具(合模状态) 5. 动梁 6. 拉杆抱合螺母  
7. 拉杆相对抱合装置位移传感器 H 8. 拉杆

图6 工作温度下调模锁模模式

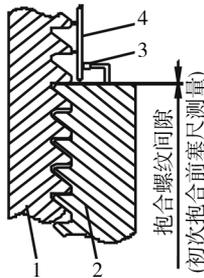
Fig. 6 Diagram of working test die locking and adjusting mode

将模具合模后,采用塞尺人工测量拉杆与抱合螺母之间的抱合间隙,如果间隙在0.15~0.25 mm范围内,则可以对拉杆进行抱合,记下这时抱合螺母装置的抱合螺母相对拉杆的位置值 $H$ (控制程序上可显示)。然后,抱合螺母将拉杆抱合住,对锁模油缸小压力加压,将拉杆往下拉,记下拉杆相对抱合装置的位置值 $H_1$ ;再小压力将拉杆往上升,记下拉杆相对抱合装置的位置值 $H_2$ ,两值相减,得出拉杆与抱合装置的实际间隙(设定 $H_0$ 为抱合装置与拉杆抱合的中间位置值)为:

$$H_0 = \frac{H_1 + H_2}{2} \quad (3)$$

设定 $H_0$ 为抱合基准,并且根据拉杆与抱合装置的实际间隙,设定一个允许抱合的公差,该公差要求在 $[H_1, H_2]$ 范围内。根据试验中所测量的数据,4

个拉杆与对应拉杆的抱合螺母之间的抱合间隙分别为:0.65,0.7,0.7,0.8 mm。取相对比较保守的值,取上下抱合公差0.3 mm。即在动梁下降模具合模后,若拉杆与抱合螺母装置之间的位移传感器示值 $H$ 在 $H_0 \pm 0.3$  mm范围内,则允许抱合,进行下一步的动作,如果传感器示值不在该范围内,那就需要通过调模锁模器与定位器对拉杆的高度调整,使 $H$ 值在 $H_0 \pm 0.3$  mm范围内,然后再实现抱合<sup>[7-8]</sup>,如图7所示。



1. 拉杆 2. 抱合螺母 3. 磁头(读数H) 4. 光栅尺

图7 抱合螺母抱合拉杆结构

Fig. 7 Structure of close nut with a pull rod

热试验结果表明:据此对调模装置进行的改进,使得调模速度比冷调时快了3倍,在开展多次热试验过程中,均顺利实现了合模后的抱合动作,并且抱合稳定可靠,使得挤压作业顺畅进行。

### 3 结语

通过多次挤压成形热试验,验证了该金属挤压成形机可随着模具温度的从常温到工作温度进行顺畅作业,在整个在工作过程中,调模锁模器、定位器、拉杆、抱合螺母装置之间成功实现了自动调模、锁模、启模等动作,验证了该金属挤压成形机的可行性,尤其是调模锁模动作的成功实现,为下一步的自动化生产试验创造了条件。

#### 参考文献:

[1] 陈伟俊,何浩波,胡红太,等.改进结构的锁模调模装置:中国,201010537757.6[P].2010-11-10.  
CHEN Wei-jun, HE Hao-bo, HU Hong-tai, et al. Improvement Structure of the Clamping Height Adjustment Device: China, 201010537757.6[P]. 2010-11-10.

[2] 张小萍.二板式锁模装置的结构改进[J].机械工程师,2002(2):65—66.  
ZHANG Xiao-ping. Improvement on Structure of Two-platen Clamping Device [J]. Mechanical Engineering, 2002(2):65—66.

[3] 何浩波,张昭政,陈伟俊,等.精确定位的液压装置:中国,CN201110422671.3[P].2011-12-15.  
HE Hao-bo, ZHANG Zhao-zheng, CHEN Wei-jun, et al. Hydraulic Devices with Accurate Positioning: China, CN201110422671.3[P]. 2011-12-15.

[4] 洪慎章.特种成形实用技术[M].北京:机械工业出版社,2008.  
HONG Shen-zhang. Specialty Forming Practical Technology[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2008.

[5] 赵立津,门海豹,赵高瞻,等.半固态压铸技术的现状与前景[J].精密成形工程,2012,4(7):31—38.  
ZHAO Li-jin, MEN Hai-bao, ZHAO Gao-zhan, et al. The Status and Prospects of Semi-solid Die Casting Technology [J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012,4(7):31—38.

[6] 沈世德,洪小南,吴努,等.实用机构学[M].北京:纺织工业出版社,1997.  
SHEN Shi-de, HONG Xiao-nan, WU Nu, et al. Practical Mechanism[M]. Beijing: Textile Industry Press, 1997.

[7] 罗守靖,陈柄光,齐丕骧.液态模锻与挤压铸造技术[M].北京:化学工业出版社,2007.  
LUO Shou-jing, CHEN Bing-guang, QI Pi-xiang. Liquid Die Forging and Extrusion Casting Technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.

[8] 洪慎章.铝合金液态模锻的应用及发展[J].精密成形工程,2012,4(5):64—66.  
HONG Shen-zhang. Applying and Development of Liquid Die Forging for the Aluminum Alloy [J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012,4(5):64—66.

[9] GAVRUS A, FRANCILLETTE H, PHAMA D T. An Optimal Forward Extrusion Device Proposed for Numerical and Experimental Analysis of Materials Tribological Properties Corresponding to Bulk Forming Processes [J]. Tribology International, 2012,47:105—121.

[10] 王长林,陈俊之,赵志翔,等.深锥形壳体温挤压成形工艺与模具[J].精密成形工程,2010,2(9):57—60.  
WANG Chang-lin, CHEN Jun-zhi, ZHAO Zhi-xiang, et al. Warm Extrusion Technology and Die of Deep Tapered Shell [J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2010,2(9):57—60.

- ZHANG Zhi-ming, HUANG Shao-dong, LIU Chuan-lin, et al. The Forming Process of Projectile Development and Practice of Digital Design System[J]. Journal of Netshape Forming Practice of Digital Design System[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2010, 2(6): 55—59.
- [5] 王彬良. 弹体热冲压技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1987: 60—110.
- WANG Bin-liang. Elastic Body Heat Stamping Technology[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1987: 60—110.
- [6] 苏嘉玲. 机械加工影响表面粗糙度的因素及改善措施[J]. 新技术新工艺, 2010, 11(11): 10—11.
- SU Jia-ling. Mechanical Processing Factors that Affect the Surface Roughness and Improve Measures[J]. New Technology and New Technology, 2010, 11(11): 10—11.
- [7] 王浩, 胡治, 姚照云. 特种机械中杆类零件的局部成形工艺及模具设计[J]. 精密成形工程, 2012, 4(5): 15—18.
- WANG Hao, HU Zhi, YAO Zhao-yun. In the Special Mechanical Lever Parts Local Forming Technology and Die Design[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012, 4(5): 15—18.
- [8] 邓文英. 金属工艺学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 230—280.
- DENG Wen-ying. Metallurgical Technology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000: 230—280.
- [9] 范崇洛. 机械加工工艺学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2000: 192—225.
- FAN Chong-luo. Mechanical Processing Technology[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2000: 192—225.
- [10] 陈家芳. 典型零件机械加工工艺与实例[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2010: 135—185.
- CHEN Jia-fang. Typical Parts Machining Process with Examples[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2010: 135—185.
- [11] 邢鸿雁. 制造难加工技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009: 90—115.
- XING Hong-yan. Machinery Manufacturing Processing Technology[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2009: 90—115.
- [12] 吴桓文. 工程材料及机械制造基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 205—224.
- WU Huan-wen. Basic of Engineering Materials and Machinery Manufacture[M]. Beijing: Higher Education Press, 2002: 205—224.
- [13] 王先逵. 机械装配工艺[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 40—45.
- WANG Xian-kui. Mechanical Assembly Process[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2007: 40—45.
- [14] 陈旭东. 机床夹具设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007: 35—50.
- CHEN Xu-dong. Machine Tool Fixture Design[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2007: 35—50.
- [15] 张秀珍. 机械加工质量控制与检测[M]. 北京: 北京大学出版社, 2008: 85—105.
- ZHANG Xiu-zhen. Mechanical Processing Quality Control and Testing[M]. Beijing: Beijing University Press, 2008: 85—105.

(上接第 42 页)

- [11] 肖文荣, 廖湘辉. 对压铸机合模机构的结构分析[J]. 四川理工学院学报(自然科学版), 2006(6): 59—63.
- XIAO Wen-rong, LIAO Xiang-hui. The Structural Analysis of Die Casting Machine Clamping Structure[J]. Journal of Sichuan Institute of Technology(Natural Science Edition), 2006(6): 59—63.
- [12] MAKIYAMA T, MURATA M. A Technical Note on the Development of Prototype CNC Variable Vertical Section Extrusion Machine[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2005, 159: 139—144.
- [13] 许善新. 一种新型液压——螺旋式合模机构的压铸机[J]. 中国制造业信息化, 2012(7): 88—91.
- XU Shan-xin. A New Hydraulic—spiral Clamping Mechanism of the Die-casting Machine[J]. Chinese Manufacturing Informatization, 2012(7): 88—91.