

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2024.04.018

医用无影灯架注射模设计

徐文庆¹,熊建武^{2,3},陈黎明¹,胡智清¹,苏家狮²,王端阳⁴

(1.湖南财经工业职业技术学院,湖南衡阳 421002; 2.湘潭科技职业学院,湖南湘潭 411199;

3.邵阳通航职业技术学院,湖南邵阳 422999; 4.祁东县职业中等专业学校,湖南祁东 421699)

摘要:结合某医用无影灯架塑件注射成型的要求,选用30%玻纤增强聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)/丙烯腈-丙烯酸酯-苯乙烯(ASA)材料用于成型。由于塑件为圆盘+双侧圆柱筒结构,针对其浇口难以开设的难题,设计了2个热浇口用于塑件模腔的浇注,保证了模腔充填的可靠性。针对塑件两侧都设置有深壁圆柱筒难以自动脱模的难题,采用分步脱模的办法,先用弹簧推动的定模顶杆在模具第一次打开时辅助推动塑件从型腔镶件中脱模,而后通过模具的第二次打开驱动动模侧的圆柱形芯从塑件中抽出,最后由注塑机顶杆推动顶针将塑件顶出而实现完全自动脱模。模具模腔布局为1模1腔,开模有两次。模具的开模顺序由设计的弹夹顺序控制器进行控制。复位弹簧也做了应用改进,除了用于推板的复位外,还用于模具模板的顺序打开控制。复位杆顶端加装耐磨垫块和底端加装橡胶垫等措施都有利于提高模具寿命。在此设计方案下制造出的模具保证了塑件的成型精度为MT3级,良品率达95.6%以上。

关键词:医用无影灯架;定模脱模;热流道;模具结构;动模抽芯;注射成型

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2024)04-0116-06

Design of injection mould for medical shadowless lamp holder

XU Wenqing¹, XIONG Jianwu^{2,3}, CHEN Liming¹, HU Zhiqing¹, SU Jiashi², WANG Duanyang⁴

(1. Hunan Financial Industrial Vocational-technical College, Hengyang 421002, China; 2. Xiangtan Vocational College of Science and Technology,

Xiangtan 411199, China; 3. Shaoyang General Aviation Vocational College, Shaoyang 422999, China;

4. Qidong Occupation Technical Secondary School, Qidong 421699, China)

Abstract : Based on the injection molding requirements of a medical shadowless lamp holder, 30% glass fiber reinforced polybutylene terephthalate (PBT) acrylonitrile acrylate styrene (ASA) material was selected for its molding. In response to the difficulty of opening gates due to the disc+double cylindrical structure of the plastic part, two hot gates were designed for the pouring of the plastic part mould cavity, ensuring the reliability of mould cavity filling. In response to the difficulty of automatic demolding of plastic parts with deep walled cylindrical cylinders on both sides, a step-by-step demolding method was adopted. Firstly, a fixed mold top rod pushed by a spring was used to assist in demolding the plastic part from the cavity insert when the mould was first opened. Then, the second opening of the mould drove and pulled the cylindrical core on the mould side to extract it from the plastic part. Finally, the top rod of the injection molding machine was used to push the top needle to eject the plastic part, achieving complete automatic demolding. The mould cavity layout was the first mock examination and one cavity, and the mould was opened twice. A clip sequence controller was designed to control the opening sequence of the mould. The reset spring had also been applied and improved, in addition to being used for resetting the push plate, it was also used for controlling the sequential opening of the mould template. The installation of wear-resistant pads at the top of the reset rod and rubber pads at the bottom are beneficial for improving the mould life. The mould manufactured under this design scheme ensures that the molding accuracy of the plastic parts is MT3 level, and the yield rate is above 95.6%.

Keywords : medical shadowless lamp holder ; fixed mould demolding ; hot runner ; mould structure ; moving mould core pulling ; injection molding

通信作者:熊建武,硕士,教授、高级工程师,从事模具设计与制造、职业教育研究

收稿日期:2024-03-05

引用格式:徐文庆,熊建武,陈黎明,等.医用无影灯架注射模设计[J].工程塑料应用,2024,52(4):116-121.

XU Wenqing, XIONG Jianwu, CHEN Liming, et al. Design of injection mould for medical shadowless lamp holder[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(4): 116-121.

医用手术灯的使用要求包括五点要求:照明亮度要求、安全照明、无阴影、冷光、可拆卸消毒^[1-4]。此类灯有两种基本系列,分别为整体反射式和孔式。其中的孔式灯也有字母灯和单灯两种规格。单灯设计中单灯的最低照度要求为10万照度,且亮度均可进行无级调节,使用中故障换灯时间为0.3 s^[5-8]。单灯的另一特点是冷灯照射,99.5%的红外光成分须滤过,以保证到达术区的光是冷光。单灯外形设计及安装位置和高标准密封手柄,能够有效控制病原体数量,可以拆卸消毒,因此,单灯的灯架部分多使用医用级塑料制成以便拆卸更换^[9-12]。对于此类塑件的成型,材料一般选用进口高抗紫外线丙烯腈-丙烯酸酯-苯乙烯塑料(ASA)材质,能进行抗菌塑粉喷涂,性能质保三年以上。笔者结合某医用单灯无影灯架塑件的注射成型,基于ASA材料设计了一副热流道两板模具,模具模腔布局1模1腔,模腔使用两个热嘴直接浇注,塑件的脱模须进行前、后模脱模,因而设计了几个特殊的机构以实现塑件的自动化生产,模具工作可靠,实用性好,有较好的模具设计参考意义。

1 医用无影灯架

塑件形状如图1所示,塑件的结构构成情况为:在圆盘形基台上设置有8个灯孔 f_1 ,基台 f_4 壁厚为2 mm,基台一侧的面上设置2个螺丝柱 f_3 ,2个定位筒 f_7 ,4个线孔 f_5 ,1个指向标志 f_6 。基台外沿设置有锥形唇边 f_2 。基台的另一侧面中心部位设置有1个圆筒形固定座 f_9 。固定座直径为40 mm,高度为50 mm。基台最大外径为90 mm。塑件成型精度为MT2~MT3级,局部表面要求光亮。

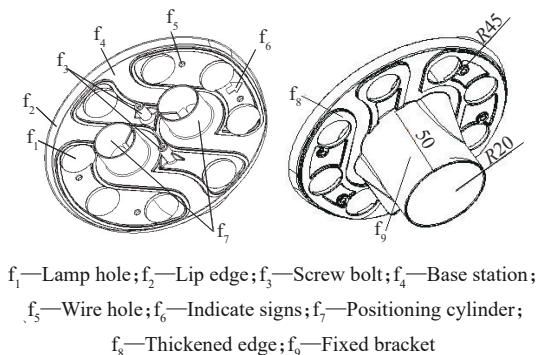


图1 医用无影灯架

Fig. 1 Medical shadowless lamp holder

2 塑件材料及注射工艺设置

材料选用聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)改性的ASA,牌号为Ultradur S4090 G6,材料中添加了质量

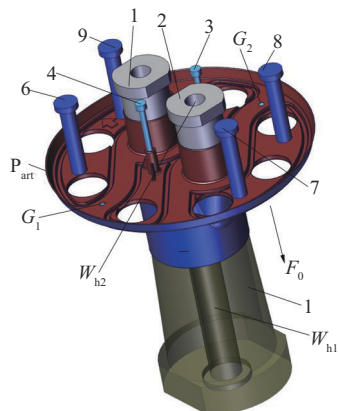
分数30%的玻璃纤维进行填充,材料符合REACH标准并通过了ROHS认证。密度为 1.48 g/cm^3 ,收缩率横向为0.80%,纵向为0.27%,23℃下吸水率为0.2%。表面电阻率为 $1.0 \times 10^{14} \Omega$,体积电阻率为 $1.0 \times 10^{16} \Omega$ 。其具有低收缩性、高抗环境应力断裂能力(ESCR)、低翘曲性以及良好的表面粗糙度、耐化学药品性等特性,适用于简单的流动性注射成型。该材料使用30%玻璃纤维增强时,材料的刚性,坚韧性和尺寸稳定性都比较好,适用于电气外壳、汽车零部件、医疗用品及家用用品领域的应用。

塑件注塑时拟使用的工艺参数为:模具表面温度80℃,熔体温度260℃,模具温度80℃,炮筒出口温度270℃,炮筒最大温度280℃,可顶出温度160℃,剪切应力不超过0.4 MPa,剪切速率不超过 $50\,000 \text{ s}^{-1}$ 。注射压力为120 MPa,保压采用一段式,保压压力为90 MPa,保压时间15 s,螺杆背压为4 MPa,冷却使用常温水冷23℃,冷却时间30 s。

3 塑件注射成型难点及解决办法

塑件的成型精度要求较高,解决的办法是采用1模1腔布局进行注射成型,以确保塑件的成型精度^[13-16]。塑件外表要求一定的光洁度,因此使用抛光性能较好的模具钢来制作成型零部件。塑件模腔浇注和脱模是塑件模具设计的关键^[17-20]。浇注方面难点在于浇口位置和数量难以选择,如图2所示,因塑件为“圆盘+圆筒”组合型塑件,且材料充填成型存在各向异性,因此通常使用在基台圆盘中心部位开设浇口的方式平衡充填本塑件模腔的方法是行不通的,原因在于基台圆盘的两侧中,一侧的中心部位设置了2个螺柱和2个定位筒,另一侧中心部位设置了与圆盘同心的圆筒形固定座,这使得在塑件中心部位开设浇口难以实现。因而较好的办法是在定位筒所在一侧的基台圆盘面上开设2个浇口G1和G2,以使模腔获得均衡充填。脱模方面的难点在于基台两侧都有圆筒形特征,且都为深壁型圆筒,若以塑件的最大外沿轮廓分型获得型腔成型件和型芯成型件,脱模时塑件在型腔成型件和型芯成型件上的包紧力都比较大,难以脱离,不利于塑件的自动化脱模。解决的办法是塑件在开模后(F_0 向开模)确保留在筒形固定座的内壁成型件圆柱镶件5上,因此将2个螺柱分别使用圆杆镶件3,4成型,2个定位筒圆筒使用圆柱镶件1,2成型,最后合理地使用4个定模辅助顶杆6~顶杆9,将塑件从型

腔镶件一侧顶出,使塑件留在圆柱镶件5和型芯镶件上,然后圆柱镶件5从塑件上分离,最终由顶针将塑件从型芯镶件上顶出而实现完全脱模。



1, 2, 5—Cylindrical insert; 3, 4—Round rod insert;
6, 7, 8, 9—Fixed mold auxiliary top rod; G_1 , G_2 —Gate;
 F_0 —Mould opening direction; W_{h1} , W_{h2} —Waterway; P_{art} —Plastic part

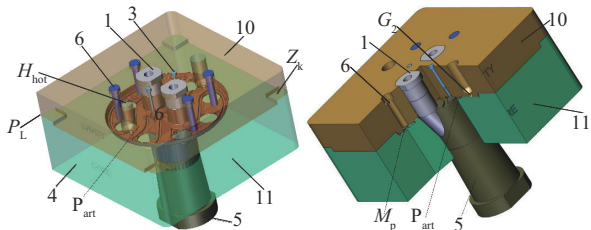
图2 塑件成型难点及脱模方案

Fig. 2 Difficulties in plastic part forming and demoulding project

4 模具设计

4.1 模腔分型

图3为模腔分型设计。由图3a可见,模腔采用镶件镶拼形式安装在模具内,可节省模腔成型件材料。以塑件最大外沿轮廓制作分型面 P_L 后,获得型腔镶件10和型芯镶件11,两者之间设置4个虎口以保证闭合时二者准确复位闭合。型腔镶件10中再分别设置圆柱镶件1,2和圆杆镶件3,4,定模辅助顶杆6~9。型芯镶件11中设置圆柱镶件5。为保证定模辅助顶杆6~9能实现从型腔镶件10中将塑件顶出,如图3b所示,以定模辅助顶杆6为例,其底部中心部位成型塑件的线孔特征,与型芯镶件11碰穿,但其圆柱外径大于塑件线孔直径,因而模腔闭合时,在碰穿面位置,型芯镶件11能将定模辅助顶杆6



(a) Parting and molded part design (b) Fixed mould ejection analysis

b—Fixed mould ejection analysis 1~9, G_2 —the same as fig. 2;

P_L —Parting surface; 10—Cavity insert; 11—Core insert;

M_p —Collision surface; P_{art} —Plastic part

图3 模腔分型设计

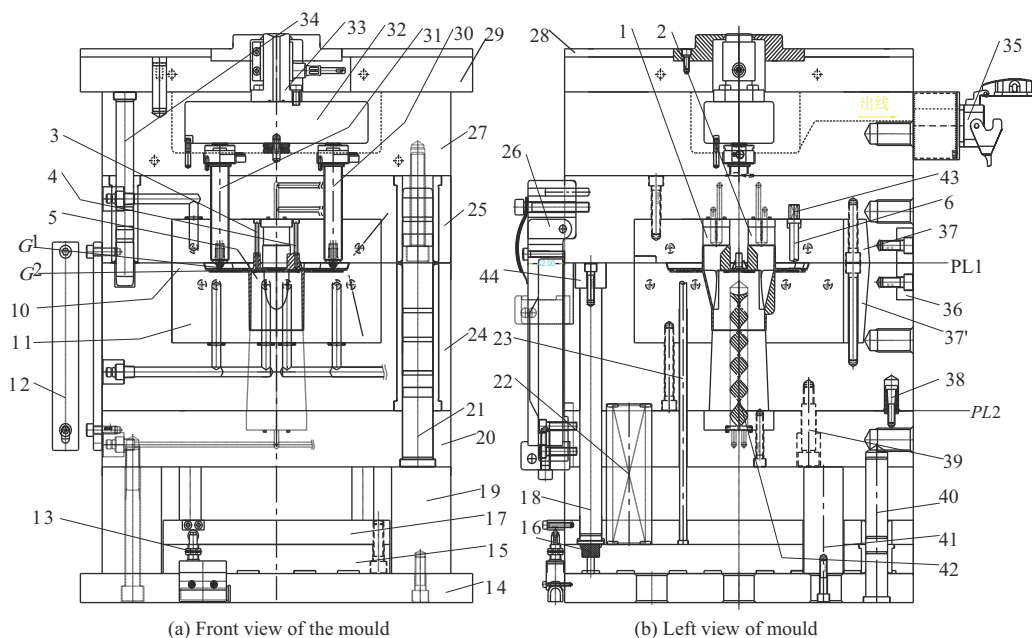
Fig. 3 Mould cavity parting design

顶回复位,模腔打开时,定模辅助顶杆6顶端设置的弹簧能将塑件从型腔镶件10中顶出。成型件材料使用S-STAR (A)塑胶模具钢,该钢材具有高硬度、高韧性、优异的耐磨性能和高精度等特点。

4.2 模具结构设计

功能件安装结合上述模腔的分型设计,模具结构设计如图4所示。模腔布局为1模1腔。模具中,结合模腔使用2点热浇口直接浇注的需要,对应设置了热嘴30,31。为热嘴30,31供料的热流道板32和主浇口套33都采用加热方式,保证熔融料流动的充分性。热流道垫板27与定模板25之间使用4副导柱34进行定位,以保证热嘴30,31安装和工作时的尺寸准确性。为便于圆柱镶件5先抽芯脱模,模具中增设了动模垫板20,且增加动模垫板20与动模板24之间的一次开模打开($PL1$ 面),为此还增设了弹簧22、定距拉杆39和树脂扣机38。塑件的最终顶出由推板15推动多根顶针23顶出。为确保推板15和盖板17先复位,顶针板复位顶杆18下端设置了橡胶垫16,既起到该先复位作用,又能减少复位顶杆18的顶端磨损,延长模具使用寿命。模具的打开分两次打开,分别为 $PL1$ 面打开和 $PL2$ 面打开。两者按序打开的控制由弹夹顺序控制器26完成。模具动模板24为活动模板,因而导柱21装在动模垫板20上以保证动模板闭合复位的准确性。挤紧块37,37'的作用是让型腔镶件10和型芯镶件11靠一边安装定位,保证二者在模具中闭合时的闭合复位准确性。为保证圆柱镶件5获得充分冷却,其内设置有冷却水井,水井内设置螺旋水片42。为实现定模辅助顶杆6~9的顶出,每个顶杆上端都设置了1个弹簧43用于推动该顶杆顶出。模具中,相比常用模具结构件,为保证模具的开模顺序,自主开发设计了一种弹夹顺序控制器6进行控制。复位弹簧22也做了应用改进,除了用于推板15的复位外,还用于模具模板的 $PL1$ - $PL2$ 的顺序打开控制。复位顶杆18端加装耐磨垫块,底端加装了橡胶垫16,这些措施的采用都有利于提高模具寿命。

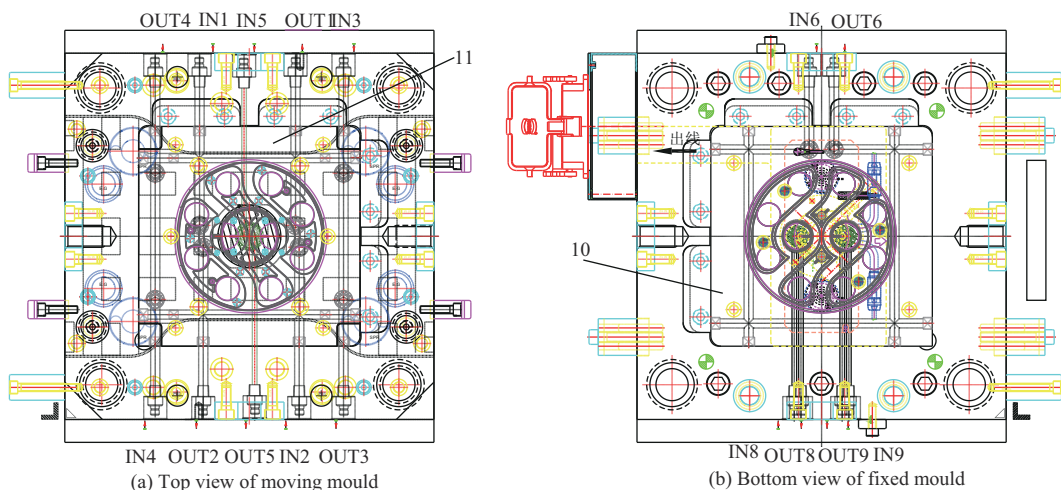
动模、定模结构零件的模具整体结构平面布置图如图5所示。动模一侧布置了IN1-OUT1~IN6-OUT6,共6条水路进行冷却,定模一侧布置了IN7-OUT7~IN9-OUT9,共3条水路进行冷却。



1~11, G_1, G_2 —Same as fig.1 and fig.2; 12—Locking block; 13—Travel switch; 14—Moving clamp plate; 15—Ejector plate; 16—Rubber pad; 17—Ejector retainer plate; 18—Ejector plate return pin; 19—Spacer parallel; 20—Moving backing plate; 21—Guide pillar; 22, 43—Spring; 23—Ejector pin; 24—Moving mould plate; 25—Fixed mould plate; 26—Magazine sequence controller; 27, 33—Hot runner plate; 28—Insulation plate; 29—moving clamp plate; 30, 31—Hot nozzle; 32—Hot runner plate; 34—Positioning guide pillar; 35—Wiring strip plug; 36—Precision positioning block; 37, 37'—Squeeze block; 38—Resin locking; 39—Controlled interval pull rod; 40—Ejector guide pillar; 41—Support Pillar; 42—Spiral water sheet; 44—Wear resistant block; PL1, PL2—Mold opening surface

图4 模腔分型设计

Fig. 4 Mould cavity parting design



IN1~IN9—Water inlet number; OUT1~OUT9—Water outlet number

图5 模具整体结构平面结构布置

Fig. 5 Overall structure of mould plane structure layout

4.3 模具工作原理

结合图4和图5,模具安装在注塑机上,经调试后,塑件的成型按以下过程实现。

(1)模具闭合。模具的PL1, PL2面闭合,模具完成充填过程、保压过程、冷却过程后,准备开模。

(2) PL1面打开注塑机动模板,拉动PL2面以下

的模具动模下行,模具在弹夹顺序控制器26的控制下,首先在PL1面处打开,该面打开时,在型芯镶件11、圆柱型芯5包紧力和4个弹簧43推动各自的定模辅助顶杆6~9的顶出力共同作用下,将塑件从型腔镶件10中拔出,留于型芯镶件11、圆柱型芯5上。

(3) PL2面打开随着动模的继续下行,弹夹顺序

控制器26打开对动模垫板20和动模板24的锁紧,在弹簧22的撑开下PL2面打开,同时,圆柱型芯5从塑件中抽出。PL2面打开一定距离后,动模板24被动模垫板20通过定距拉杆39拉住,PL2面停止打开,动模板24继续跟随动模垫板20下行。

(4)顶出随着动模继续下行,注塑机顶杆顶住推板15,从而动模继续下行的情况下,顶针23等顶住塑件,型芯镶件11与塑件分离,塑件留于顶针23上而自动脱落。

(5)复位。复位时,推板15先复位,而后模具按PL1-PL2顺序闭合,开启下一注塑循环。

5 结论

针对某医用单灯无影灯架塑件的注射成型设计了一副两板热流道模具用于该塑件的成型。模具模腔布局1模1腔,两点热嘴进行浇注。模具分两次开模用于塑件的自动脱模。塑件材料使用PBT改性ASA塑料。针对塑件两侧都有较大包紧力难以脱模的难题,在定模一侧巧妙利用塑件线孔特征的成型特点,设计了定模辅助顶杆用于塑件的型腔侧顶出脱模。在动模一侧,通过模具的开闭机械动力驱动包紧力大的圆柱镶件先抽芯,然后依靠注塑机顶杆和顶针将塑件顶出而实现塑件的自动化完全脱模,较好地解决了塑件成型的实际生产难题。

参考文献

- [1] 潘业成,谭润美,曾宇宏. MAQUET X10AXL DF型手术无影灯的维修与维护[J]. 医疗装备, 2022, 35(11):131-132.
PAN Yecheng, TAN Runmei, ZENG Yuhong. Repair and maintenance of MAQUET X10AXL DF surgical shadowless lamp[J]. Medical Equipment, 2022, 35(11):131-132.
- [2] 齐树波,喻锡成,骆星九,等. 基于平面LED阵列的舰用手术无影灯光学设计研究[J]. 医疗卫生装备, 2021, 42(1):14-19.
QI Shubo, YU Xicheng, LUO Xingjiu, et al. Research on optical design of marine operating shadowless lamp based on plane LED array[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2021, 42(1):14-19.
- [3] 马宝荣,程晓冬,李桂阳,等. HyLED 9700型无影灯故障分析与改进[J]. 中国医学装备, 2021, 18(7):196-198.
MA Baorong, CHENG Xiaodong, LI Guiyang, et al. Failure analysis and improvement of Hyled 9700 shadowless lamp[J]. China Medical Equipment, 2021, 18(7):196-198.
- [4] 徐雪萍,李濛扬,卢东生,等. 拉普拉斯趋势检验在手术无影灯灯座维修中的研究[J]. 中国医学装备, 2021, 18(10):184-186.
XU Xueping, LI Mengyang, LU Dongsheng, et al. Research of Laplace trend test in the maintenance of lamp-holder of surgical shadowless lamp[J]. China Medical Equipment, 2021, 18(10):184-186.
- [5] 辛玲,宋庆军,张玉华,等. 浅谈LED手术无影灯术者头部温升和术野区域温升[J]. 中国照明电器, 2021(6):35-37.
XIN Ling, SONG Qingjun, ZHANG Yuhua, et al. The temperature rise of the surgeon's head and the area of the surgical field of LED surgical luminaire[J]. China Lighting Appliances, 2021(6):35-37.
- [6] 王守文,殷志东,张晓絮. 高压氧舱用光纤直射式手术无影灯研制[J]. 中国医学装备, 2020, 17(5):42-46.
WANG Shouwen, YIN Zhidong, ZHANG Xiaoxu. Development of surgical shadowless lamp with fiber-optic direct-emitting in hyperbaric oxygen chamber[J]. China Medical Equipment, 2020, 17(5):42-46.
- [7] 周士康,韩红梅,许礼,等. 改型高斯函数用于变光斑无影灯的照度模拟[J]. 照明工程学报, 2015(2):89-93.
ZHOU Shikang, HAN Hongmei, XU Li, et al. Illuminance simulation of surgical luminaires aided by modified gauss function[J]. China Illuminating Engineering Journal, 2015(2):89-93.
- [8] 苏本华,苏春英,杨海燕,等. LED光源手术无影灯的研制[J]. 中国医学装备, 2017, 14(11):1-5.
SU Benhua, SU Chunying, YANG Haiyan, et al. A development of operating astral lamp by using LED[J]. China Medical Equipment, 2017, 14(11):1-5.
- [9] 陈思,孟传良. 基于LM3404的LED手术无影灯亮度控制器研究[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2015, 32(2):72-75.
CHEN Si, MENG Chuanliang. Study on LED operation shadowless lamp brightness controller based on LM3404[J]. Journal of Guizhou University (Natural Science Edition), 2015, 32(2):72-75.
- [10] 陈玲娣,田明祥,鞠泽生,等. 整体反射光二极管手术无影灯光源系统[J]. 中国医学装备, 2013(11):42-44.
CHEN Lingdi, TIAN Mingxiang, JU Zesheng, et al. Light source system of LED shadowless lamp with general reflexion in the operating theater[J]. China Medical Equipment, 2013(11):42-44.
- [11] 卓龙彩,王春飞,周文光,等. 新型LED野战手术无影灯的临床应用[J]. 医疗卫生装备, 2012, 33(12):74, 109.
ZHUO Longcai, WANG Chunfei, ZHOU Wenguang, et al. Clinical application of novel LED field operation shadowless lamp[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2012, 33(12):74, 109.
- [12] 周文光,魏培德,沙益夫,等. 一种基于LED的野战手术无影灯的设计[J]. 医疗卫生装备, 2011, 32(11):36-38.
ZHOU Wenguang, WEI Peide, SHA Yifu, et al. Research of solar power supply system on LED shadowless lamp in field operation[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2011, 32(11):36-38.
- [13] 张雯娟,陈庆祥,高浩,等. Moldflow医疗无影灯外壳注射模具的注塑成型分析[J]. 三明学院学报, 2021, 38(3):53-60.
ZHANG Wenjuan, CHEN Qingxiang, GAO Hao, et al. Based on

- CAE analysis for the automotive brake oil box family injection mold design[J]. Journal of Sanming University, 2021, 38(3): 53–60.
- [14] 狄金叶, 黄海龙, 宋杰, 等. 基于CAE技术的后壳体点浇口热流道模具设计[J]. 塑料工业, 2017, 58(4):67–60.
DI Jinye, HUANG Hailong, SONG Jie, et al. Design of hot runner mould for post shell point gate based on cae technology[J]. China Plastics Industry, 2017, 58(4):67–60.
- [15] 江昌勇, 沈洪雷. 塑料成型模具设计[M]. 北京: 北京大学出版社, 2012.
JIANG Changyong, SHEN Honglei. Design of plastic molding mold[M]. Beijing: Peking University Press, 2012.
- [16] 刘红燕. 助力筒带2种多次抽芯机构热流道注射模设计[J]. 中国塑料, 2021, 35(1):103–109.
LIU Hongyan. Design of hot runner injection mold with two types of multiple core-pulling mechanisms for booster cylinder[J]. China Plastics, 2021, 35(1):103–109.
- [17] 王怀奥, 肖国华. 电饭煲注塑模具自动脱模机构及控制机构设计[J]. 中国塑料, 2017, 31(9):137–144.
WANG Huaiao, XIAO Guohua. Design of automatic demoulding mechanisms and control mechanism for injection molds of rice cookers[J]. China Plastics, 2017, 31(9):137–144.
- [18] 姜韬远. 动模板驱动式T型槽斜向抽芯脱模结构设计[J]. 江苏科技信息, 2015(14):53–55.
JIANG Taoyuan. A kind of dynamic template-driven t-slot diagonal pulling ejection structure design[J]. Jiangsu Science & Technology Information, 2015(14):53–55.
- [19] 陈兵, 林祝花. 汽车尾灯支架注射模设计[J]. 模具工业, 2021, 47(5):52–55.
CHEN Bing, LIN Zhuhua. Design of injection mould for automobile taillight support[J]. Die & Mould Industry, 2021, 47(5):52–55.
- [20] 梁士红. 顺序分型点浇口自动脱料塑封定子注塑模设计[J]. 塑料, 2015, 44(3):92–94.
LIANG Shihong. Designing of sequence parting point-gating automatic stripping injection molding for plastics packed stator[J]. Plastics, 2015, 44(3):92–94.