

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2024.10.016

基于 Moldflow 塑料检查井的大型倒装注塑模具设计

冯济斌¹, 罗勇波², 冯金茂¹, 黄宝元¹, 傅莹龙²

(1. 临海伟星新型建材有限公司, 浙江临海 317000; 2. 台州科技职业学院, 浙江台州 318020)

摘要: 针对某款材料为高密度聚乙烯(PE-HD)的塑料检查井的结构特点, 对产品采用一模一腔布局, 模具采用针阀式热流道系统, 通过 Moldflow 软件对产品的成型过程进行 CAE 分析。根据 CAE 分析结果及产品的整体结构特征, 模具整体设计成倒装模, 将顶出系统设计在定模; 在定模侧设计了 6 组“埋入式方形油缸+大滑块”的脱模结构, 减小了模具的整体尺寸; 针对产品局部的全周倒扣特征, 在 4 个大滑块的内部巧妙地设计了“八瓣式”的内缩机构, 主要由一个大的活动镶块驱动 8 个小镶块运动; 在动模侧采用了 8 组“斜导柱+弹簧+弹块+T 形导向块”的抽芯脱模结构; 在冷却系统的设计上, 各个大镶块及滑块上都布置了直径 14 mm 的独立循环水路, 在内缩机构的小镶块上设计了直径 6 mm 的独立循环水路, 所有水路几乎沿着产品的形状分布, 形成良好的冷却效果; 模具实际生产后, 各机构运行平稳, 产品成型周期及尺寸精度均符合要求, 证明该模具的成型及脱模机构设计合理。

关键词: 塑料检查井; 倒装模; 内缩机构; 全周倒扣; 循环水路

中图分类号: TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2024)10-0109-07

Design of large inverted injection mould for plastic inspection well based on Moldflow

FENG Jibin¹, LUO Yongbo², FENG Jinmao¹, HUANG Baoyuan¹, FU Yinglong²

(1. Linhai Weixing New Building Materials Co., Ltd., Linhai 317000, China;

2. Taizhou Vocational College of Science and Technology, Taizhou 318000, China)

Abstract : In view of the structural characteristics of a plastic manhole made of high density polyethylene, the mould adopted one mold one cavity layout, and a needle valve hot runner system. The molding process of the product was analyzed by CAE through Moldflow. Based on the CAE analysis results and the overall structural characteristics of the product, the mould was designed as an inverted mould, and the ejection system was designed in the fixed mould. Six sets of "embedded square oil cylinders+large slider" demolding structures were designed on the fixed mold side, reducing the overall size of the mould. In response to the full circumference retraction feature of the product, an "eight petal" inward retraction mechanism was cleverly designed inside the four large sliding blocks, mainly were driven by a large movable insert to move eight small inserts. A core pulling and demolding structure consisting of 8 sets of "inclined guide columns+springs+spring blocks+T-shaped guide blocks" was adopted on the dynamic mould side; In the design of the cooling system, independent circulating water channels with a diameter of 14 mm were arranged on each large insert and slider, and independent circulating water channels with a diameter of 6 mm were designed on the small insert of the internal contraction mechanism. All water channels were almost distributed along the shape of the product, forming a good cooling effect; After the actual production with the mould, all mechanisms operate smoothly, and the product molding cycle and dimensional accuracy all meet the requirements, proving that the molding and demolding mechanism design of the mold is reasonable.

Keywords : plastic inspection well ; inverted mould ; retraction mechanism ; full circle reverse buckle ; circulating water-way

基金项目: 2023 年台州市科技计划项目(23gyb29), 浙江省高职教育“十四五”第二批教学改革项目(jg20240401)

通信作者: 傅莹龙, 研究生, 讲师, 研究方向为注塑模具 CAD/CAM/CAE

收稿日期: 2024-07-14

引用格式: 冯济斌, 罗勇波, 冯金茂, 等. 基于 Moldflow 塑料检查井的大型倒装注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(10): 109-115.

FENG Jibin, LUO Yongbo, FENG Jinmao, et al. Design of large inverted injection mould for plastic inspection well based on Moldflow[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(10): 109-115.

塑料检查井是用于连接排污水或排雨水的功能性零件,是排水系统中的重要组成部分。在中国塑料检查井的应用和生产较晚,最早引入国内的注塑塑料检查井的是福建亚通公司,从2000年开始与荷兰瓦云公司合作,主要进口其产品,但由于进口及运输成本太高,还有国外生产的检查井结构也不符合中国的国情,限制了其在国内的推广应用,因此亚通公司于2003年开始开发组合式塑料检查井,并配套焊制成型的大口径塑料检查井进行市场推广^[1-2]。经过二十多年的发展,中国塑料检查井行业已经从刚开始的探索引进,到如今的初具规模,其加工工艺主要有注塑成型工艺、滚塑成型工艺、预制拼装工艺等。目前有企业引进的大型注塑机,可注塑直径超过2 m的塑料检查井^[3-4]。

笔者以一款大型的塑料检查井为研究对象,该产品结构复杂,采用了多种组合的抽芯脱模结构,并利用CAE分析结果,对模具的结构进行了优化,为模具的成功开发提供有效的保障。

1 塑料检查井的结构分析

图1为某款塑料检查井的结构图,产品整体形状为圆柱体结构,尺寸为792 mm×790 mm×649 mm,产品侧面平均壁厚为7 mm,底部厚度达8 mm,为厚壁零件,产品重量达17 kg,所用原材料为台湾台塑集团生产的牌号为7070的高密度聚乙烯(PE-HD),收缩率为1.55%。PE-HD是一种不透明白色颗粒状材料,化学稳定性好,具有良好的耐寒性和耐热性,耐环境应力开裂性较好,力学强度高。由于塑料检查井作为小区排水管网与市政管网系统的重要组成部分,其所处的环境相对复杂,会受到各种因素的干扰(如地面的交通载荷、回填土的压力等),这些外在因素都会使其发生变形而影响使用寿命,因此在产品的外侧设计了多组厚度为5 mm的

加强筋,如图1中的C处所示;同时在产品的底部的流槽上设计了3条长度为622 mm,厚度为5 mm的横向加强筋,4条纵向长度为147 mm,厚度为4.5 mm的加强筋,还有一处直径为268 mm,厚度为5 mm的圆柱加强筋,如图1中的D处所示,这些加强筋的设计能够使得检查井更好的承受来自地下水位和地质沉降产生的外部压力。图1中的B处由放大图可以看到为一整圈的内凹特征深度达到2.7 mm,四个连接口都有此特征,主要用于放置胶圈,与管道连接时起到密封的作用。同时检查井的内表面要求高光,减少排污水在里面的流动阻力,防止管道堵塞。以上这些特征及要求给模具设计与制造都带来了较大的困难^[5-6]。

2 塑料检查井成型的CAE分析

塑料检查井的质量既与本身所用的材料有关,也与该产品的浇口形式、数量、位置等相关。一般产品在模具设计之前,可以使用CAE仿真分析来判断浇注系统对产品质量的影响情况,然后再进行模具的设计^[7-8]。

根据该塑料检查井的形状特点,考虑到产品的壁厚较厚,侧面有较多的加强筋结构,在产品的底部设计了针阀式的热流道结构,产品采用一模一腔的设计。图2为产品的CAE有限元模型,采用双层面的三角形网格单元,网格数量为95 056个,网格匹配百分比达到90.8%,通过Moldflow软件的“填充+保压+翘曲”的分析类型,得到的部分分析结果如图3所示,由于产品的体积重量大,图3a表示填充充满产品所需的时间为10.3 s;图3b表示产品在填充过程中所需的最高压力达到35.3 MPa;图3c为产品冻结层因子的分析结果,产品加强筋处壁厚较薄,当冷却时间达到38.5 s时,基本已冻结,但是侧壁较厚,大部分还未冻结,说明在模具设计时需加强冷

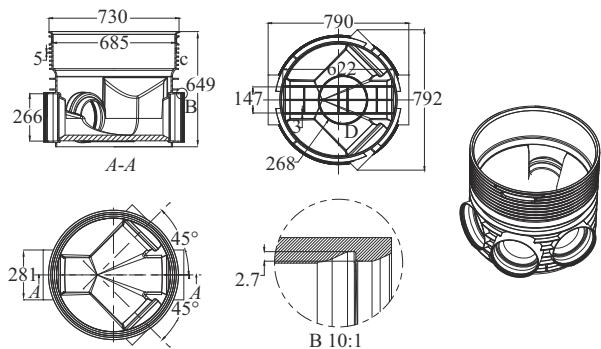


图1 塑料检查井结构图

Fig. 1 Structural diagram of plastic inspection well

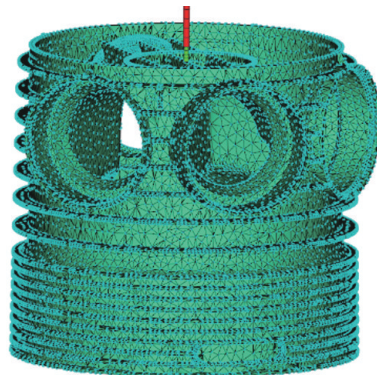


图2 CAE有限元模型

Fig. 2 CAE finite element model

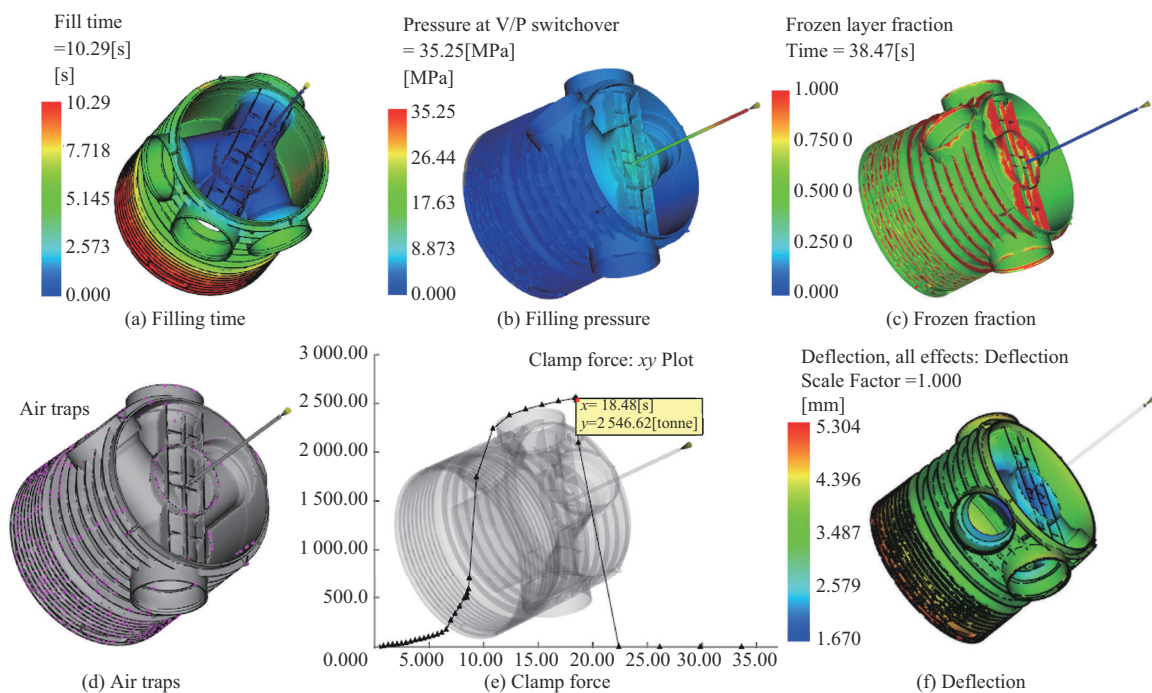


图3 CAE分析结果

Fig. 3 CAE analysis results

却系统的优化;图3d为气穴分析结果,表示产品在成型时,在侧面的加强筋位置有较多的气泡,需加强排气设计;图3e为锁模力分析结果,表明产品成型时所需的最大锁模力达到2 547 t,图3f为产品的翘曲分析结果,可以发现塑料检查井的最大变形位置位于产品的沿口处,达到5.3 mm,变形量为0.68%。

3 产品成型零件的设计

3.1 模具动定模的设计

产品型腔的布局与模具结构的复杂程度关联较大,由于该产品的整体尺寸大且结构较为复杂,为了保证塑件能够正常成型并满足精度要求,将分型面设计在产品的最大轮廓处;为了保证塑件能够顺利脱模,简化抽芯机构,模具整体采用了倒装的结构,将顶出系统设计在了定模^[9-11],模具的动定模整体结构设计如图4所示,模具采用倒装的结构,所以开模后产品留在定模一侧。

动定模的成型零件采用镶块拼接而成,定模侧由于产品的加强筋既多又深,壁厚较厚,为了能够使产品的冷却达到更好的效果,定模侧的主镶块材料采用具有很高的硬度、良好的导热性、耐蚀性与耐磨性铍青铜;动模侧镶块材料采用上海宝钢的718H塑胶模具钢,硬度可达35~40 HRC,淬透性较好,综合性能优越,可以制作大尺寸、高档次的塑料

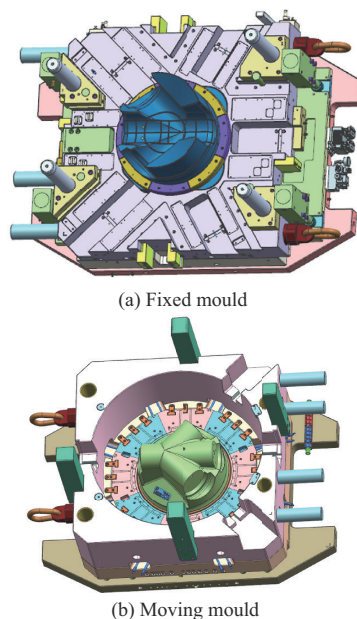


图4 动模与定模的整体结构

Fig. 4 Overall structure of moving and fixed mould

模具成形零件,可使模具的寿命不低于50万次;动定模AB板的材料采用普通塑胶模具钢S50C,定模尺寸为1 500 mm×1 500 mm×600 mm,动模尺寸达到1 500 mm×1 500 mm×780 mm;动定模的导向系统除了采用了4根直径100 mm的导柱导套配合导向外,还在模具的四个侧面设计了导板导向机构,导板导向的设计能够有效地控制模具的移位和晃

动,降低模具的受力程度,从而减少模具的磨损和损坏率,延长模具的使用寿命^[12-13]。

3.2 动模全周弹块的结构设计

该管件产品上半部分的周围布满了密集的加强筋结构,下半部分有多处较大的侧孔;由于产品上半部分的整圈脱模距离为16 mm,距离较短,其整体脱模结构如图5a所示。整个机构位于动模侧,在产品的四周设计了8个弹块,每个弹块的背面设计了两个与动模运动方向成65°的T形导向块;为了使产品加强筋成型时排气更加顺利,在每个弹块边缘的凹槽处设计了多级排气槽结构,如图5b所示,一级排气槽深0.02 mm、长1 mm,二级排气槽深0.5 mm,与外界连通,使塑料熔体流动时型腔中的气体能够顺利排出,降低产品短射或烧焦的风险。

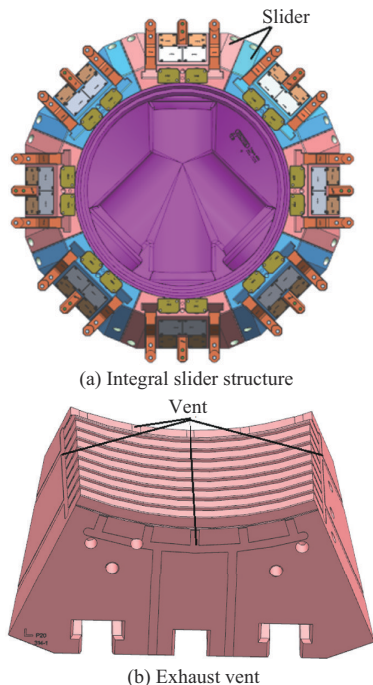


图5 整体弹块结构及其排气槽的设计

Fig. 5 Design of integral bullet block structure and its exhaust vent

弹块的内部结构如图6所示,每个弹块的内部设计有两根直径为20 mm的斜导柱,斜导柱通过压块固定在动模的底板上,斜导柱的工作角度与T形块一样为65°,弹簧套在斜导柱上,弹块的工作过程为:模具开模时,弹块在弹簧的作用力下,沿着固定在动模板上的T形块作侧向运动,直到开模行程达到56 mm后弹块碰到动模板上的挡块时,停止侧向运动,此时弹块与产品的加强筋完全分离,随后与动模一起开模。

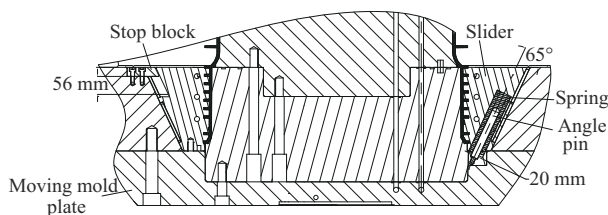


图6 弹块的内部结构设计

Fig. 6 Internal structure design of bullet block

3.3 定模全周滑块及内缩结构的设计

该检查井的下半部分不仅全周设计了加强筋的结构,而且有四个集流或分流作用的通孔结构,通孔沿口位置的内部设有内凹深度为2.7 mm整圈倒扣特征;定模侧整体抽芯机构采用了“埋入式方形油缸+大滑块”的结构,如图7所示,将方形油缸设计在滑块下面,固定在定模板上,这样有利于减小模具的整体尺寸,在产品的整个外圈设计了6个大滑块的成型结构;其中在4个通孔的整圈倒扣特征处还设计了一套内缩结构,如图8a所示的八瓣内缩机构,中间一个大的活动镶块通过拉杆与图8b中的抽芯油缸相连,其工作原理为抽芯油缸拉动活动镶块移动33 mm后,碰到八瓣结构中的4个小镶块,使小镶块沿底部的旋转轴产生内缩运动,随着活动镶块的继续运动,八瓣结构中的另外4个镶块也发生内缩运动,完成整圈倒扣的脱模运动。

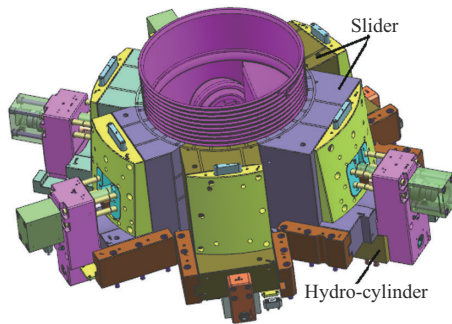


图7 定模滑块抽芯结构

Fig. 7 Fixed mould slider core pulling structure

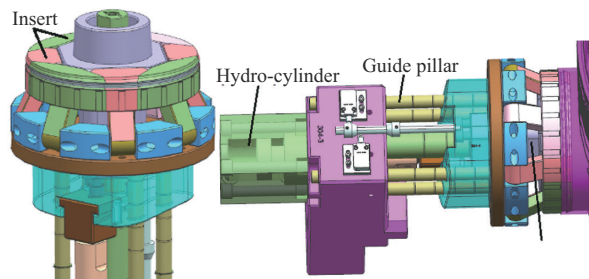


图8 整圈倒扣脱模结构

Fig. 8 Full circle reverse buckle demoulding structure

3.4 倒装模推出系统的设计

由于该模具采用倒装结构,产品成型后留在定模,且产品的整体结构为圆柱状,会对型芯产生很大的包紧力,产品能被顺利推出是保证其生产的重要步骤,要求被顶出的产品不能出现划痕,结构不能被破坏^[14]。为使产品顺利脱模,此模具的推出机构设计如图9所示,采用了“整圈直顶块+直顶杆+顶针”的方式,整圈的直顶块分成8个顶块,每个直顶块由2根直径为25 mm顶杆推出;推出系统的动力源自固定在定模A板上的四个推出油缸,为了保证推出时的平衡性,在顶板上设计了6根直径为50 mm导柱导向,同时为了顶板能够精确复位,在顶板上设计了4根直径为50 mm的复位杆,在合模时确保顶板能够复位到底。

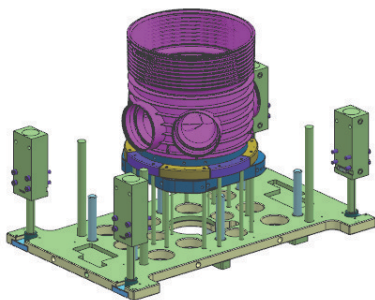


图9 推出系统的设计

Fig. 9 Design of push out system

3.5 冷却系统的设计

由于该塑料检查井壁厚较厚,体积较大,成型时塑料熔体需释放大量的热能,为防止产品在实际的生产过程中冷却时间过长,翘曲变形过大,影响其与管道的连接装配,除了模具的型腔与型芯需设计足够大的水路外,各个弹块及滑块也必须具备良好的均匀冷却效果;同时在热流道的浇口处还需设计冷却水套,防止浇口处温度过高冷却困难;由于定模侧有深腔结构,采用了“直通式+隔水片式”的循环结构冷却系统,直通式的水路直径为14 mm,隔水片式水路直径为30 mm;动模侧设计了12组直径为14 mm的“直通式”循环水路;将所有水路添加到产品的Moldflow有限元文件中,设置好每组回路的进水口,进行冷却分析,得到回路冷却液温度分析结果如图10所示,可以观察到进口冷却液温度与出口冷却液温度的温度差在5℃以内,符合行业规定要求^[15]。

4 模具的总装图及工作过程

该大型塑料检查井的模具总装配如图11所示,

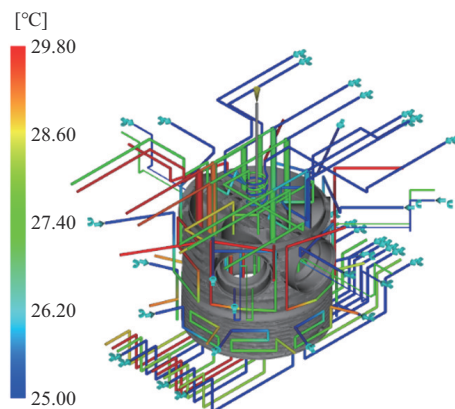
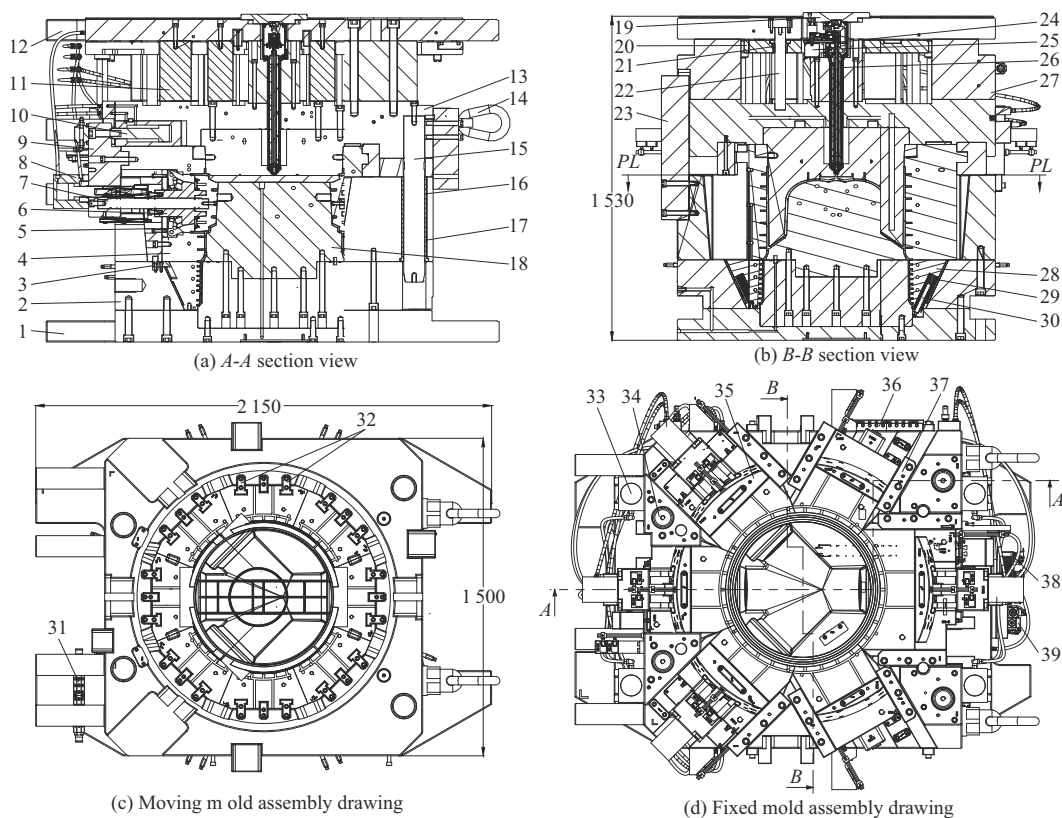


图10 回路冷却液温度分析结果

Fig. 10 Analysis results of circuit coolant temperature

模具采用一模一腔布局。由于产品壁厚较厚,为防止保压后浇口未凝固,造成熔体倒流,浇注系统采用针阀式热流道,阀针直径为10 mm,模具的总体尺寸为2 150 mm×1 500 mm×1 530 mm,属于大型精密倒装结构注塑模。

该倒装模具的工作原理如下:把该大型模具安装在大型注塑机上并固定,将热流道接线口38与温度控制箱连接,并设定好温度,将模具上的快速液压接头与注塑机的液压控制阀相连;动定模上的所有水路接口连接到各自的集水块上,通过集水块与外界循环水路相连,最后确保所有的水路与油路流动方向正确;在注塑机上的控制器中设定好分段注射的参数后,模具合模,此时热流道26中的阀针24在油缸25的控制下打开,大型注塑机的螺杆迅速将塑料熔体推进模具的型腔,由于产品壁厚大,需通过螺杆进行保压一段时间后,再将阀针24关闭,接着螺杆进入储料工作阶段;待冷却时间到后,动模缓慢开模,与此同时动模中的8个弹块28在弹簧29的作用下沿着T形导向块运动,直到碰到限位块3时弹块与产品完全分离,之后与动模一起完成开模运动;接着小抽芯油缸8通入液压油,通过连杆使活动镶块6沿着导柱7运动,活动镶块6使得8个小镶块5产生内缩运动,完成产品4个通孔处全周倒扣的脱模;然后6个大滑块的顶出油缸10通入液压油将所有滑块推出与产品分离;最后4个顶出油缸33带动顶出板20沿着导柱22作顶出运动,固定在顶出板20上的直顶杆推动全周顶块将产品推出,通过大型机械手将产品取走,接着所有运动机构复位,重新合模,开启下一次的注塑循环。



1—Bottom plate; 2—Moving mould B plate; 3—Stop block; 4—Large slider; 5—Small insert; 6—Moving insert; 7—Guide pillar; 8—Small cylinder; 9—Connection Block; 10—Slider ejection cylinder; 11—Column; 12—Upper clad plate; 13—Fixed mould A plate; 14—Hand ring; 15—Guide pillar; 16—Guide sleeve; 17—Moving mould B plate; 18—Core block; 19—Locating ring; 20—Ejector plate; 21—Guide sleeve; 22—Guide pillar; 23—Guide plate; 24—Valve needle; 25—Cylinder; 26—Hot runner; 27—Mould foot; 28—Slider block; 29—Spring; 30—Angle pin; 31—Catchment block; 32—T-shaped guide strip; 33—Ejector cylinder; 34—Return pin; 35—Wear plate; 36—Catchment block; 37—batten; 38—Hot runner wiring port; 39—Hydraulic reversing valve

图11 模具装配图

Fig. 11 Mould assembly drawing

5 结论

(1)该大型塑料检查井的模具采用了针阀式热流道系统的结构,由于产品的尺寸大结构复杂,前期通过CAE分析产品的成型过程,发现产品周围加强筋位置存在较严重的困气问题,为了保证产品的成型品质,在与产品加强筋直接接触的成型零件上设计了多处的排气槽结构,使得产品成型时,模具型腔中的气体能够顺利排出。

(2)模具将顶出系统放在了定模,设计成倒装的结构,采用4个顶出油缸同步顶出方便产品脱模;在定模侧设计了6个大滑块,在其中4个大滑块内部还设计了一种由8个小镶块组成的内缩结构,巧妙解决了产品沿口全周倒扣的脱模问题。

(3)在模具的动模侧设计了8组全周弹块机构,解决了产品四周密集为加强筋特征的脱模问题;该大型塑料检查井模具投产后,各个脱模与顶出机构

运行平稳,产品成型周期与尺寸精度都符合要求,证明该倒装模具结构设计合理,具有良好的参考价值。

参考文献

- [1] 陆威臣.排水用塑料检查井的设计应用探讨[J].给水排水,2008,34(z1):158-161.
LU Weichen. Discussion on the design and application of plastic inspection wells for drainage[J]. Water & Wastewater Engineering, 2008,34(z1):158-161.
- [2] 张伟,魏若奇,者东梅,等.塑料检查井结构完整性分析研究[J].塑料工业,2015,43(7):117-120,124.
ZHANG Wei, WEI Ruoqi, ZHE Dongmei, et al. Study on structural integrity of plastic inspection chambers[J]. China Plastics Industry, 2015,43(7):117-120,124.
- [3] 纪海宾,孟宪凯.不同填埋深度下大型塑料检查井刚度研究[J].机械设计与自动化,2023(5):73-74,77.
JI Haibin, MENG Xiankai. Study on stiffness and strength of large plastic manhole under different landfill depths[J]. Mechanical Engi-

- neering & Automation, 2023(5):73–74, 77.
- [4] 孙洪英, 高长星. 大口径电熔式管件模具设计[J]. 现代塑料加工应用, 2002, 14(6):23–25.
- SUN Hongying, GAO Changxing. Design of the mould for large caliber electric melt pipe fittings[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2002, 14(6):23–25.
- [5] 师彩云, 谭文胜, 孟宪凯, 等. 大型塑料检查井多目标参数优化研究[J]. 机械工程与自动化, 2022(3):16–19.
- SHI Caiyun, TAN Wensheng, MENG Xiankai, et al. Study on multi-objective parameter optimization for large plastic check wells[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2022(3):16–19.
- [6] 崔季, 吴张永, 杨文勇, 等. 大直径塑料检查井支撑结构设计与力学性能分析[J]. 建筑技术, 2023, 54(6):715–719.
- CUI Ji, WU Zhangyong, YANG Wenyong, et al. Support structure design and mechanical property analysis of large diameter plastic inspection well[J]. Architecture Technology, 2023, 54(6):715–719.
- [7] 谭文胜, 周建忠. 基于Moldflow的大型检查井注塑流动分析[J]. 电加工与模具, 2016(1):51–54.
- TAN Wensheng, ZHOU Jianzhong. Flow analysis of injection molding process based on Moldflow for large manhole[J]. Electro-machining & Mould, 2016(1):51–54.
- [8] 彭贤峰, 翁礼杰, 邵俊, 等. 新能源汽车PC灯罩的注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(4):101–107.
- PENG Xianfeng, WENG Lijie, SHAO Jun, et al. Design of injection mould for PC lampshade of new energy vehicles[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(4):101–107.
- [9] 傅莹龙, 张留伟, 叶星辉, 等. 基于SVG与CAE技术的汽车副仪表板倒装模具设计[J]. 塑料工业, 2023, 51(2):55–61.
- FU Yinglong, ZHANG Liuwei, YE Xinghui, et al. Auxiliary instrument panel based on SVG and CAE technology[J]. China Plastics Industry, 2023, 51(2):55–61.
- [10] 傅莹龙, 符立华, 叶星辉, 等. 汽车副仪表骨架大型精密倒装注塑模具设计[J]. 塑料科技, 2023, 51(2):79–83.
- FU Yinglong, FU Lihua, YE Xinghui, et al. Design of large precision inverted injection mold for automobile auxiliary instrument frame[J]. Plastics Science and Technology, 2023, 51(2):79–83.
- [11] 陈黎明, 熊建武, 胡幼华, 等. 除尘器吸尘罩热流道注射模设计[J]. 工程塑料应用, 2023, 51(11):102–107.
- CHEN Liming, XIONG Jianwu, HU Youhua, et al. Design of the injection mold for the hot runner of the dust collector cover[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(11):102–107.
- [12] 傅莹龙, 邵明朝. 儿童安全座椅头枕的双滑块二次抽芯注塑模具设计[J]. 中国塑料, 2020, 34(7):92–96.
- FU Yinglong, SHAO Mingchao. Injection mold design for child safety seat headrest with double slider secondary core-pulling mechanism[J]. China Plastics, 2020, 34(7):92–96.
- [13] 傅莹龙, 褚建忠, 邵明朝. 高光后盖热流道注塑模具结构设计[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(3):104–108.
- FU Yinglong, CHU Jianzhong, SHAO Mingchao. Design of hot runner injection mold structure for high gloss back cover[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(3):104–108.
- [14] 洪维, 傅莹龙. 汽车仪表板下本体大型注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2022, 50(5):107–112.
- HONG Wei, FU Yinglong. Design of large injection mould for automobile instrument panel lower body[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(5):107–112.
- [15] 傅莹龙, 褚建忠, 邵明朝. 高光后盖热流道注塑模具结构设计[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(3):104–108.
- FU Yinglong, CHU Jianzhong, SHAO Mingchao. Design of hot runner injection mold structure for high gloss back cover[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(3):104–108.