 DOI: https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v5i3.6529

Design of Injection Mould for Automobile Loudspeaker Basin Frame

Zhongyi Lai　Chengfeng Li　Yuhong Wu

Ningbo Shuanglin Mould Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315000, China

Abstract

Mould is an important process equipment of modern industry, is an indispensable part in the production of many industrial products, and is also a kind of production tool that can mass produce industrial product parts with certain shape and size requirements. All industrial products, such as airplanes, automobiles and so on, have to rely on moulds for forming. The high precision, high consistency and high productivity of using moulds to produce products are incomparable to any other processing methods. Mould to a large e×tent determines the quality of products, efficiency and new product development capabilities, so mould and "Mother of Industry" honorary title. With the development of science and technology, the mould industry has become an important part of the national industry, and its technical level is an important symbol to measure the level of a country's manufacturing industry and product development ability. Aiming at the design of the injection mould for the automobile loudspeaker basin frame, this paper describes the various steps and systems of the plastic mould design, such as cavity layout, lateral parting and core pulling mechanism, demoulding mechanism, gating system, cooling system, e×haust system, etc.

Keywords

automobile loudspeaker basin frame; automobile parts; injection mould

汽车扬声器盆架注塑模具设计

赖忠义　李诚枫　邬瑜鸿

宁波双林模具有限公司，中国·浙江 宁波 315000

摘　要

模具是现代工业的重要工艺装备，是许多工业产品生产中不可缺少的组成部分，同时也是能成批生产出具有一定形状和尺寸要求的工业产品零部件的一种生产工具。大到飞机、汽车，小到乎所有的工业产品都必须依靠模具成型，用模具生产制件所具备的高精度、高一致性、高生产率是任何其他加工方法所不能比拟的。模具在很大程度上决定着产品的质量、效益和新产品开发能力，所以模具又有“工业之母”的荣誉称号。随着科学技术的发展，模具行业已经成为国家工业的重要组成部分，其技术水平的高低是衡量一个国家制造业水平及产品开发能力高低的重要标志。论文针对汽车扬声器盆架注塑模具的设计，完整阐述了塑料模具设计的各个步骤和系统，如型腔布局、侧向分型和抽芯机构、脱模机构、浇注系统、冷却系统、排气系统等。

关键词

汽车扬声器盆架；汽车零部件；注塑模具

1 引言

模具是以特定的结构形式通过一定方式使材料成型的一种工业产品，近些年来随着汽车工业中新车型的不断开发和批量生产，而汽车内外饰件、部分结构件已基本实现塑料化。其中，新的塑胶模具技术为新车型的推出起到了重要的推动作用，特别是汽车塑料件模具的发展是息息相关。近年来，CAD/CAM/CAE 的不断成熟，使许多精密复杂的产品可以设计并生产出来，在模具设计时，可依托强大的加工能力设计出更好的机构，提高生产效率，保证产品质量，降低成本，减轻劳动强度，减短模具生产周期。

汽车扬声器盆架在防止共振方面的现实意义实际上比稳固支撑更加重要，因为盆架是无法与悬置系统完全分离隔开的，悬置系统的振动可以通过质点运动的方式轻松的传播到盆架上，从而引起盆架的共振。除了加强定心支片和折环对悬置系统的振动进行阻隔外，降低盆架本身的共振问题也是必须充分且积极的。一般汽车扬声器盆架材料很多采用聚苯

【作者简介】赖忠义（1982-），男，本科学历，工程师／一级技师，任职于宁波双林模具有限公司，从事机械设计与制造研究。

 DOI: https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v5i3.6529

希 PP 材料。公司承接的深圳 PSS 公司的 GM9BU× 项目中的一套汽车扬声器盆架注塑模具，该套注塑模具有一定的复杂性，研究该注塑模具的设计有一定的现实意义和经验价值 [1]。

2 模具的可行性分析

2.1 产品分析

本次设计的为汽车扬声器盆架注塑模具设计，材料为 PP 36360 BK009，模具寿命约为 100 万件，采用普通注射模注塑成型，该汽车扬声器盆架的形状如图 1 所示。

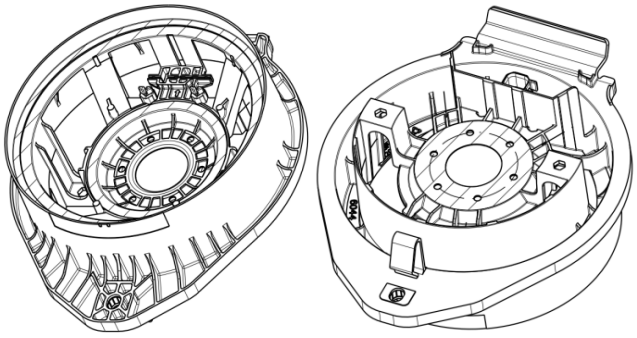


图 1 汽车扬声器盆架

汽车扬声器盆架用于支撑时的刚度需求和安装时的尺寸需求外，能降低产品的质量及成本，并能有效地降低扬声器盆架可能产生的各种共振，提高扬声器的音效质量。

作为汽车零部件，其有以下特点：

（1）作为汽车零部件动功能件，其工作环境极其恶劣，长时间置于室内，需承受高温高湿及低温干燥的环境，长时间承受一定的压力载荷，面临酸、碱、盐性的腐蚀等。

（2）作为汽车零部件，其产品产量大。

（3）作为汽车零部件，其属于汽车零部件中的内饰件并且有皮纹面，对产品外观有较高的要求。

（4）此产品结构复杂成型困难。

根据设计任务书要求得知产品外观面有皮纹要求，需特别注意：

（1）皮纹面不能有分型线、镶拼线、浇口痕迹、熔接痕等一切影响外观的痕迹。

（2）皮纹面对出模角度有要求。例如，本案例的汽车扬声器盆架局部皮纹面分别为 VDI3400−36 皮纹，深度 115μm，取拔模角度为 5º。

2.2 汽车扬声器盆架材料分析

本案汽车扬声器盘架选用 PP 作为注塑生产材料。PP（聚丙烯）的成型性能是结晶性塑料，吸湿性小；流动性好，溢边值 0.02；冷却速度快；成型收缩范围大，收缩厉害，故易出现缩孔、缩痕、变形；需注意控制成型温度，料温低时取向性明显，尤其低温高压时，当模具温度低于 50℃时塑件无光泽，易产生熔接痕、流痕，90℃以上易发生翘曲变形；塑件应壁厚均匀，以免出现缩痕和应力集中。本案列产品材料 PP36360BK009，为变性 PP，可以提高材料的硬度、撕裂强度，并能改善其耐介质性能，同时具有良好的工艺性能，常用于汽车零部件的生产 [2]。

PP36360BK009 的材料收缩率为 0.3~1%，根据设计经验及实际情况此套模具选用 0.5% 的收缩率，并结合模流分析报告实际对产品局部尺寸调整、留修模余量以及反变形余量。

3 注塑成型机的选择和模穴排布

3.1 注塑成型机的选择

注塑成型机的选择应根据成型塑件所需的最大注塑容量或质量（含塑件与浇注系统凝料的用量）、锁模力、模具的闭合厚度及所需的开模距离等来确定。此外，还应考虑喷嘴孔直径与模具主流道始端直径、定位孔与模具上的定位圈直径、模具外形尺寸与注塑机拉杆空间等关系的校核等 [3]。

本案例的汽车扬声器盘架客户要求出模数为 1/2，经计算单个产品质量为 180g，锁模力为 176.22T（锁模力 T= 锁模力常数 Kp* 产品投影面积 S，PP 锁模力常数为 0.32，产品投影面积为 801cm^2），模具外形为 600cm×1050cm×660cm。适用海天 HTF380T 注塑成型机（注射重量 1850g，合模力 1100KN，移模行程 700cm，拉模内距 710cm×710cm，适用模厚 250cm~710cm）。

3.2 模穴排布

模穴排布需要遵循以下基本原则：

（1）首先从流道平衡考虑。使各腔注射压力和填充时间基本一致。

（2）排位尽量合理紧凑，使镶件和模架尽量小。

本案例的汽车扬声器盘架客户要求出模数为 1 出 2，根据型腔布局的基本原则采用了一模两穴旋转排布，如图 2 所示。

 DOI: https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v5i3.6529

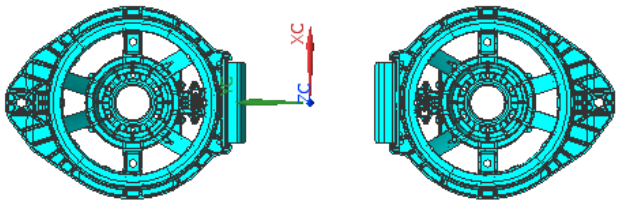


图 2 型腔布局

3.3 分型线的确认

由于此产品的尺寸要求较高，为了后期修模及加工方便，把大圆窗口单独做大的圆型镶件。这样既有利于产品的排气，又利于加工，而且方便与后期修模调整产品每个窗口的位置度及其他相关尺寸。对于几个比较深的筋也要单独镶出来，便于调整它的平面度和相关位置尺寸，如图 3 所示。

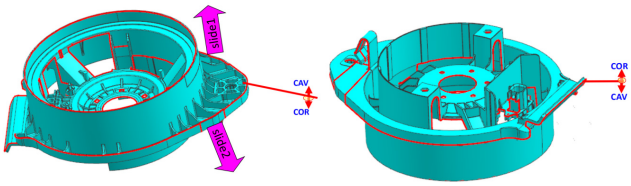


图 3 汽车扬声器盆架分型线设计

这样的分型线设计分型在产品脱模最大外形处，塑件大部分留在动模一侧，且产品的皮纹面全在型腔侧，满足产品表面及外观要求，滑块留在动模侧，并且水平分型面方便模具的加工制造及排气。

3.4 模具的镶拼设计

依照客户的要求，产品上利于模具的排气，还有利于产品变形维修方便，减少模具成本，降低模具维修率。并且提高模具试模合格率。因此，模具的型腔型芯采用全镶拼式结构，如图 4、图 5 所示。

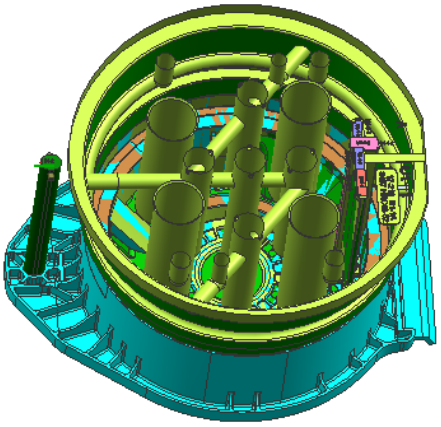


图 4 型腔镶件

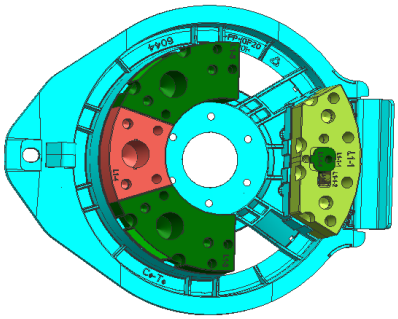
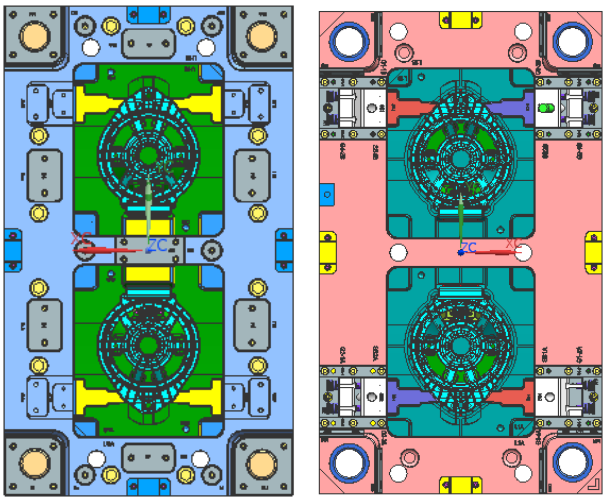


图 5 型芯镶件

3.5 型芯、型腔的设计

型腔是成型塑件外表面的成型零件。型芯是用来成型塑件内表面的成型零件。型腔、型芯的基本结构可以分为整体式、整体嵌入式和组合式。采用镶拼结构的型腔、型芯，对于改善模具加工工艺性有明显的好处。整体嵌入式的型芯型腔结构加工效率高、拆装方便，能节省贵重的模具材料，适用于小型塑件的模具 [4]。本案例汽车扬声器盘架注塑模具采用整体嵌入式型腔如图 6a 所示，型芯如图 6b 所示。在满足模具刚度、强度的基础上，结合水路、固定螺丝位置、四壁扣等各种因素，型腔大小设计为 300cm × 260cm × 135cm，2 件钢料选用 8407，型芯大小是 300cm × 260cm × 120cm。



（a）型腔设计　　（b）型芯设计

图 6 型芯、型腔设计

3.6 抽芯机构的设计

滑块是在模具的开模动作中能按垂直于开合模方向或与开合模方向成一定角度滑动的模具组件。斜顶是在模具的开模动作中能按垂直于开合模方向或与开合模方向成一定角度滑动并随产品一并动作的模具组件。

 DOI: https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v5i3.6529

塑件卡扣部分可以利用斜顶和抽芯滑块来实现抽芯。本案例汽车扬声器盘架注塑模具里如果全部使用滑块抽芯，滑块抽芯机构含滑块成型零件、滑块座、斜导柱、压条、耐磨片、斜锲等零件组成，是最常用的侧向抽芯机构，具有结构紧凑、动作可靠、加工制造方便的特点。在本案例汽车行李箱锁扣盖板注塑模具中用来侧向抽芯外侧的两个卡扣，如图 7 所示。

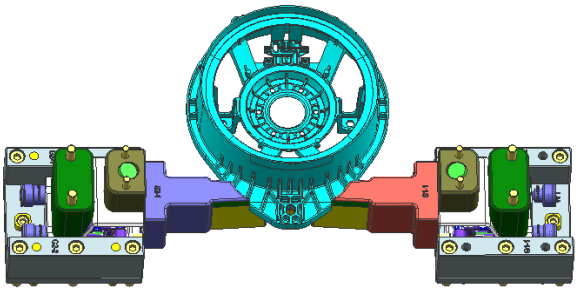


图 7 滑块和斜顶设计

4 浇注系统设计

主流道一般可分了冷流道和热流道，通常位于模具中心塑料熔体的入口处，它将注射机喷嘴注射出的熔体导入分流道或型腔中。本案例汽车扬声器盘架模具，根据产品形状和注塑工艺，根据模流分析确认本产品采用热流道为 4 点针阀直接进产品上，其好处为减少材料在注塑生产中产生的流道料浪费，一模多腔模具的注塑工艺的稳定型，如图 8 所示。

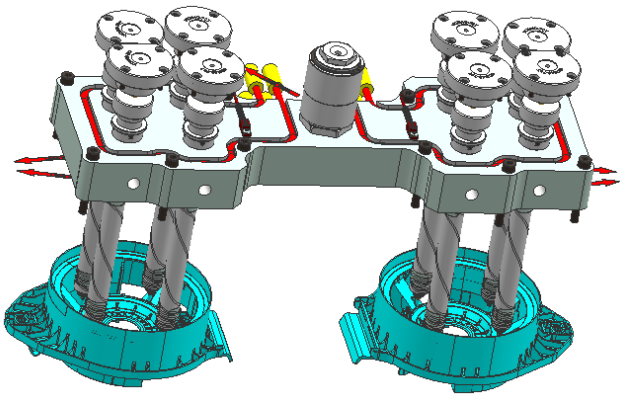


图 8 产品进胶方案

主流道入口的凹坑球面半径 R2 通常为 R2=R1+(1~2)mm，本模具由于塑件尺寸要求极高，浇口位置是处在塑件变形量最小的位置不得改动，不得不远离中心。一般情况下，要求主流道进口处的位置应尽量与模具中心重合。这种设计如果是一模一腔会导致注塑机合模力向模具的一边集中。为防止这种现象发生，一般会在另一侧加承压块来平衡模具所受的压力，如图 9 所示。本模具为一模 2 腔，所以两边的注塑压力相对平衡，只要在模具四周均衡的加上承压块就可。由于四面滑块，型腔与滑块配合面必须加上反锁面来防止注塑压力导致滑块错位而导致塑件跑飞边及断差等问题。

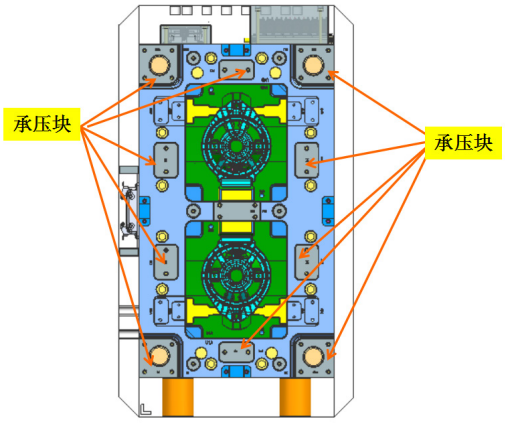


图 9 模具承压块示意图

5 脱模机构设计

脱模机构的设计应根据以下几个原则：

（1）要求在开模过程中塑件尽量留在动模一侧，以便推出机构尽量设在动模一侧，从而简化模具结构。

（2）正确分析塑件对模具包紧力与粘附力的大小与分布，有针对性地选择合理的推出装置和推出位置，使脱模力的大小与分布与脱模阻力一致。

（3）推出力作用点应尽可能靠近塑件对凸模包紧力最大的位置，同时也应是塑件刚度与强度最大的位置；力的作用面尽可能大一些，以防止塑件在被推出过程中变形或损坏。

（4）推出位置应尽可能设在塑件内部或对塑件外观影响不大的位置，以保证良好的塑件外观。

（5）推出机构应结构简单、动作可靠、运动灵活、制造及维修方便等。

（6）顶出行程一般要比产品高度大 10MM 以上，对于较高较大的产品，无法实现全自动化生产的其顶出行程根据产品形状来确定。

脱模阻力的大小及其分布情况是脱模机构设计的主要依据。由于塑件的结构形状往往比较复杂，影响脱模阻力的因素很多，导致脱模所需脱模力很难计算。因此，在实际设计中，通常依据经验估算或类比设计的方法来确定脱模阻力的大小及分布，并以此确定脱模力的大小及推杆位置。

 DOI: https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v5i3.6529

顶出方式：直顶杆，台阶顶杆，顶管，扁顶针；非标准顶出方式：顶块，顶环，成型顶和推板等。考虑到要尽可能使塑件滞留在动模一侧，以便借助开模力驱动脱模装置，并且要防止塑件变形后损坏，尽可能选用大面积顶出方式，顶杆尽量选用直顶杆，顶出系统需保证产品质量，顶出不变形，无拉伤，无顶痕，不影响产品外观和尺寸等要素，顶杆设计如图 10 所示。

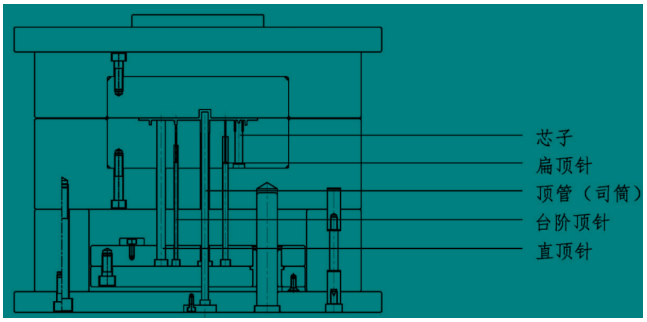


图 10 顶出方式展示图

本案例汽车扬声器盘架注塑模具的推杆位置遵循的脱模机构的设计原则。根据塑件结构、各处脱模阻力情况且斜顶既能侧抽芯又能推出脱模的特性，在塑件内侧均匀布置了 40 根圆杆和 8 根扁顶针，如图 11 所示。

推出导向机构包含推板导柱、推板导套、复位杆等，作用是确保脱模机构运动的灵活性和可靠性。复位机构包含复位杆、弹簧、强制拉回镶件、限位钉（垃圾钉）等。其中推板导柱、推板导套、复位杆为模架标准件，设计时一般不做考虑。复位弹簧根据复位杆大小及推出行程（推出行程 55MM）选取轻载荷的 φ60×175 弹簧（蓝弹簧，50 万模压缩量为 60MM，预压 10MM）。限位钉（垃圾钉）在动模底板上均匀布置。

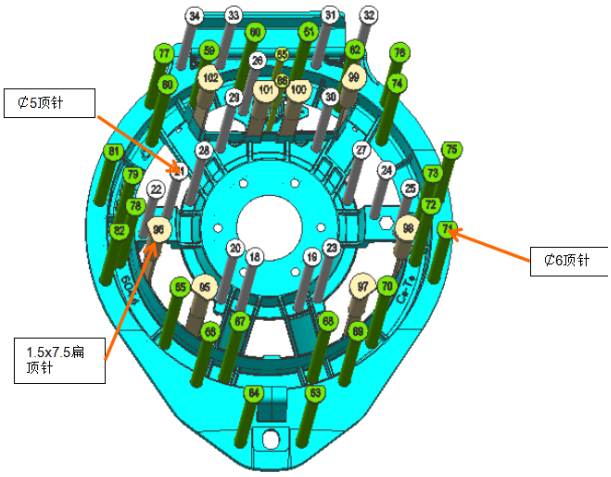
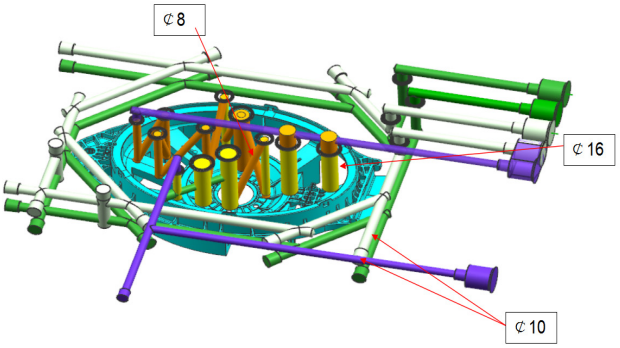


图 11 顶杆排布设计

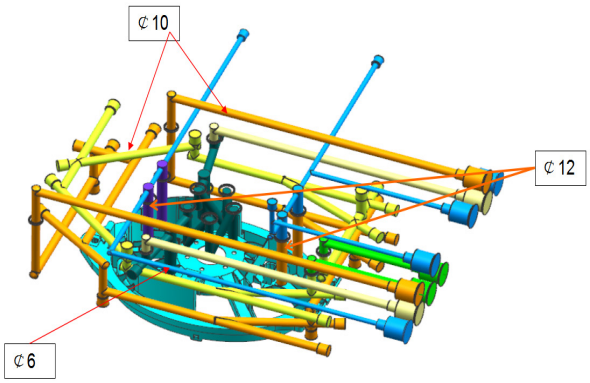
5.1 冷却系统设计

模具冷却系统是用来调节和控制模具温度的，可以控制塑件冷却时间提高生产效率，控制产品变形提高产品尺寸精度和产品表面质量。

本案例汽车扬声器盘架注塑模具的冷却水路如图 12 所示。



(a) 定模水路设计



(b) 动模水路设计

图 12 水路设计

模具工作时的温度是周期性变化的。注射熔体时，模具温度升高，开模、脱模时模具温度降低。模具可看成一个热交换器。其热量的传输主要靠对流、辐射和传导等方式完成。塑料熔体以较高的温度注入模具型腔内，冷却到制品顶出脱模时的温度。在这一过程中，塑料制品所释放的热量约有 5% 左右以辐射、对流的方式散发到大气中，其余 95% 左右将由冷却介质带走。模具的生产效率主要取决于冷却介质的热交换效率。

冷却系统的优劣是影响注塑生产效率与制品质量的关键因素之一。近年来，注塑行业间的竞争越来越激烈，如何最大限度地挖掘生产潜力，降低注塑生产成本显得非常重要。进一步提高注射成型是降低生产成本的最有效途径，论文尽

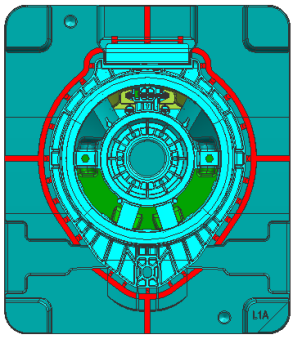
 DOI: https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v5i3.6529

量避免烦琐的理论计算，从模具设计与注塑生产两个方面，分析了影响冷却的常见因素。一般来说，模温过低，会降低塑胶熔体的流动性，容易出现充填不足、夹水纹、喷射纹等缺陷。模温过高，会使塑胶熔体发生热降解，制品收缩率增大，影响制品尺寸精度。另外，模温过高还会使塑料制品出现缩凹、毛刺、粘模、翘曲变形等缺陷。对精密注射模具来说，只有使模具温度控制在一个合适的范围内（一般波动不能超过 2℃），才能生产尺寸精度高，质量稳定的合格制品 [5]。因此，此模具更改后动冷却水设计不但提高模具生产周期，比之前类似模具提高一倍，产品的合格率为百分之九十八以上，产品报废率几乎为零。在 2019 年此模具的注塑工厂还被评为优秀供货商。

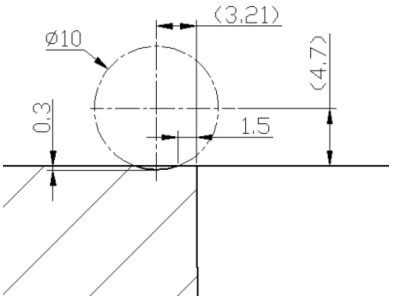
5.2 排气系统设计

注塑过程中，熔融状态的塑料进入型腔的时候需要一瞬间排净型腔内的气体，其中包括型腔和浇注系统中存在的空气、塑料原料含有的水分在高温下蒸发而产生的水蒸气、高温下塑料分解产生的气体、塑料中某些添加剂挥发或发生化学反应所产生的气体等 [6]。合理的开设排气槽，可以大大降低注射压力、注射时间、保压时间和锁模压力等参数，从而提高生产效率，降低生产成本，降低机器的能量消耗。

本案例汽车扬声器盘架注塑模具的排气如图 13 所示，排气槽深 0.02mm，宽 5mm，主排气槽深 0.3mm，宽 5mm。



(a) 排气槽的排布



(b) 排气槽设计

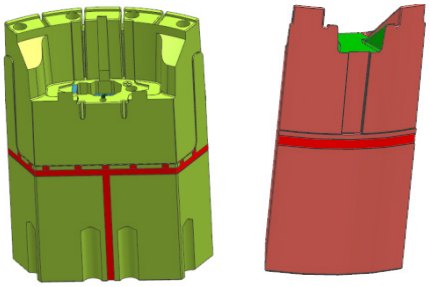


图 13 排气系统设计

6 模架的选择

模架是由模板、导柱、导套等零件组成，但型腔未加工的组合体。模架的主要零件有定模座板、定模板（A 板）、动模板（B 板）、垫脚（C 板）、动模座板、顶针面板、顶针底板、导柱、导套、复位杆（回针）、螺丝等 [7]。由于模架及标准件的组合方法基本相同，故为了了降低模具成本，缩短制造周期，提高生产质量，在实际生产中 们常选用标准模架来设计生产。图 14 为 LKM 单分型面模架的 BI 系列模架示意图。

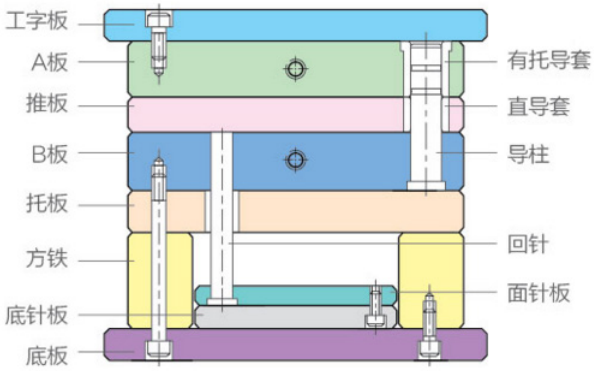


图 14 LKM BI 结构图

6.1 标准模架的选用方法和步骤

（1）模架型号的选择：按照型腔型芯的结构形式、脱模动作、浇注形式确定模架的结构型号。

（2）模架系列的选择：根据型腔型芯的最大外形尺寸、侧分型侧抽芯机构的动作结构范围、附加动作件的布局、冷却系统等，选择组成模架的模板板面尺寸（尺寸应符合所选注塑机对模具的安装要求），以确定模架的系列。

（3）模架规格的选择：分析模板受力部位，进行强（刚）度的计算，在规定模板厚度范围内确定个模板厚度和导柱长度，以确定模架的规格。

 DOI: https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v5i3.6529

（4）模架选择的其他注意事项：①模架板面尺寸确定后，导柱、导套、推杆、紧固螺丝的孔径尺寸，组配的推板，垫块尺寸均可从标准中找出。②考虑塑件的推出距离和调节模具厚度，确定方铁厚度和推杆长度。③核实模架的总厚度是否符合所选注塑机要求，不符合时对某些模板或垫块进行适当的增减，使其满足要求 [8]。

本案本案例汽车扬声器盘架注塑模具的模架选用 LKM 模架标准，根据型芯型腔大小、推出距离等因素选取 CI5085−A120、B200、C120（增加一块 98.85 热流道板）非标模架，并对其变更型使用，如图 15 所示。

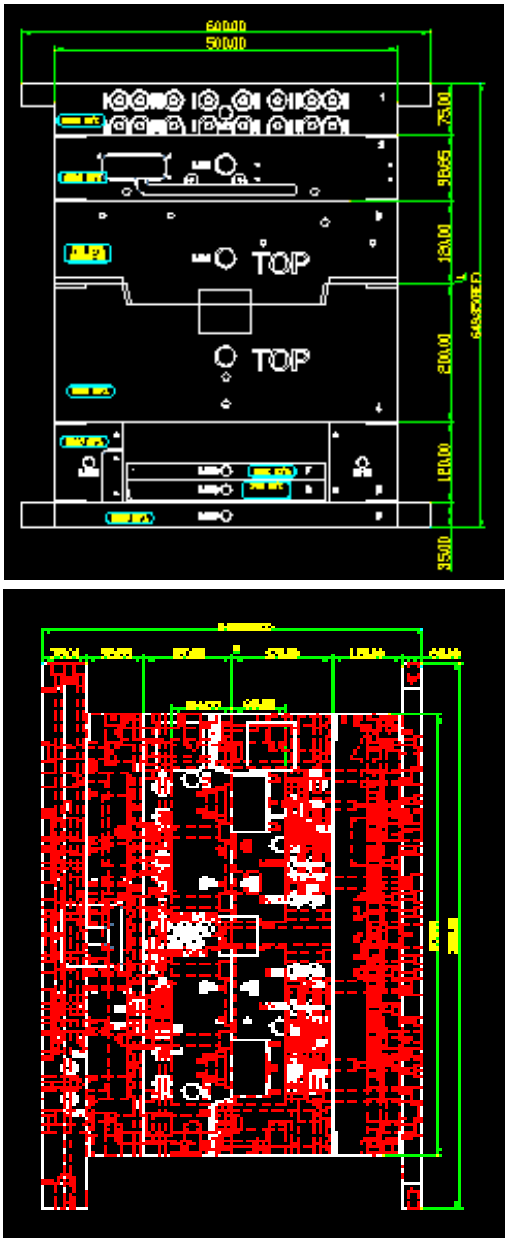


图 15 模架订购图

（1）模架大小合理设置如图 15 所示，采用方导柱导向，动定模用镶拼式结构，模架材料为 S50C 和 P20，动定模所有镶件材料为 SKD61，以模具拆装方便，变形维修方便，通模温控制收缩方便为目标。

（2）充分考虑冷却，水路尽可能安排多，直径大，中间环形水路冷却均匀。

（3）顶出安全、合理，均匀。

（4）分型面设置合理，方便加工和配模，R 角分型面加工成顺断差

6.2 模具基本外观构造的确定

模具基本外观构造：热流道保护块、定位圈、锁模块、撬模坑、吊环螺孔、水路、防尘板。

（1）保护块比热流道高出 10mm 以上，在生产，运输中起保护作用。

（2）每二块板间撬模坑尺寸设置为 50×50，深 8mm。

（3）模具地侧设置模脚。

（4）A、B 板各 6 点起吊，吊环位置尽量设置在模具两侧。

定模座板 600×1050×75，热流道板 500×850×99，定模板 500×850×150，动模板 500×850×200，模脚 100×850×130，顶针面板 290×850×30，顶针底板 290×850×35，动模底板 600×1050×35。如图 16 所示，模架根据需要变更范围动定模底板长度上下各加长 50mm，动定模开精框、增加推杆弹簧孔、顶针板加顶针板导柱、模具刻字等，全交由模架厂定制加工。

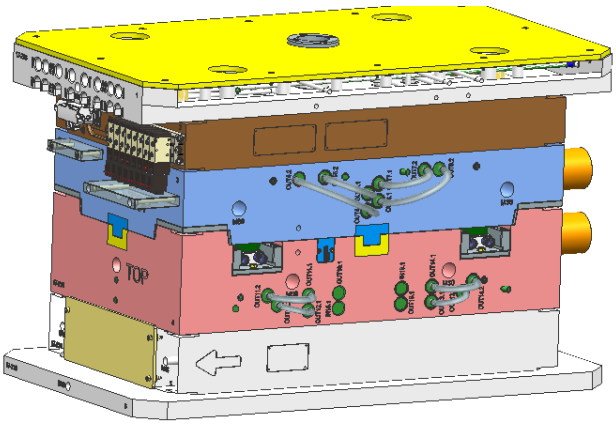


图 16 模架外形图

7 结语

在汽车扬声器盆架注塑模具的实际生产中，产品在顶出时，可以很好地预防产品的变形；无顶白，可以减少和控制

熔结线位置。通过对之前类似汽车内饰件模具经验不断积累，设计、加工、装配及模架厂间协调有条不紊，在模具周期上得以保证，处理模具问题具有针对性和专业化，各个步骤实际是交叉进行的。在型腔布局时需考虑模具的冷却、推出结构等，在计算型腔型芯大小时除了考虑刚度、强度还需考虑水路、锁紧螺丝的放置等，甚至还需考虑加工的难易、钳工配模的情况、注塑生产的保压和冷却时间等，这些总结对于今后制作类似模具具有参考性、指导性 [9]。

随着近年来注塑行业间的竞争越来越激烈，如何最大限度地挖掘生产潜力，降低注塑生产成本显得非常重要。进一步提高注射成型的生产效率，是降低生产成本的有效途径。

参考文献

[1] 屈华昌 . 塑料成型工艺与模具设计 [M]. 北京 : 高等教育出版社 ,2007.

[2] 梅伶 . 模具课程设计指导 [M]. 北京 : 机械工业出版社 ,2006.

[3] 孙玲 . 塑料成型工艺与模具设计 [M]. 北京 : 清华大学出版社 ,2008.

[4] 陈万林 . 实用塑料注射模设计与制造 [M]. 北京 : 机械工业出版社 ,2002.

[5] 申开智 . 塑料成型模具 [M]. 北京 : 中国轻工业出版社 ,2003.

[6] 陈志刚 . 塑料模具设计 [M]. 北京 : 机械工业出版社 ,2003.

[7] 齐晓杰 . 塑料成型工艺与模具设计 [M]. 北京 : 机械工业出版社 ,2006.

[8] (加)H. 瑞斯 . 模具工程 [M]. 朱元吉 , 译 . 北京 : 化学工业出版社 ,2004.

[9] 马文琦 , 孙红镱 . 塑料成型模拟软件技术基础与应用 [M]. 北京 : 中国铁道出版社 ,2006.