

湖 南 科 技 大 学

毕 业 设 计（ 论 文 ）

题 目	电器罩壳注塑模具设计
-----	------------

作 者	杨磊
-----	----

学 院	材料科学与工程学院
-----	-----------

专 业	材料成型及控制工程
-----	-----------

学 号	1820010308
-----	------------

指导教师	胡海蓉、唐焰龙
------	---------

二〇二二年六月一十二日

## 摘    要

此次毕业设计的主要任务是对电器罩壳进行注塑模具设计。要求大批量生产且注重经济效益和绿色环保。为较好的完成设计任务，本次设计采用 Pro/E 软件进行建模和相关数据分析，使用 AUTOCAD 完成零件图与装配图的绘制。经分析采用一模两腔可满足大批量生产的需要，同时采用梯形分流道和侧浇口的形式进行浇注，并且布置拉料杆来拉断浇口。设计侧向抽芯机构完成侧向抽芯，脱模机构设计为推杆直接推出。模具整体的设计方案基本符合生产需求。

**关键词：**电器罩壳；注塑模具；侧浇口；ABS

# ABSTRACT

The main task of this graduation design is to design the injection mold for the electrical appliance housing. It is required to produce large quantity and pay attention to economic efficiency and green environment. In order to complete the design task well, this design uses Pro/E software for modeling and related data analysis, and AUTOCAD to complete the drawing of parts and assembly drawings. The analysis of one mold with two cavities can meet the needs of mass production, while the trapezoidal manifold and side gate are used for pouring, and the pulling bar is arranged to pull off the gate. The lateral core extraction mechanism is designed to complete the lateral core extraction, and the demoulding mechanism is designed to be pushed out directly by the push rod. The overall design of the mold basically meets the production requirements.

**Key Words:** Electric appliance housing; injection mold; side sprue; ABS

## 目 录

<b>第一章 前言 .....</b>	<b>1</b>
1.1 模具行业发展状况 .....	1
1.2 选题的目的与意义 .....	1
<b>第二章 塑件成型工艺性分析 .....</b>	<b>2</b>
2.1 产品基本要求 .....	2
2.2 塑件结构分析 .....	2
2.3 塑件材料的成型工艺分析 .....	3
2.3.1 成型工艺性分析 .....	3
2.3.2 ABS 的注射成型过程 .....	3
2.3.3 ABS 的注射成形工艺参数 .....	4
<b>第三章 模具基本布局及注塑机选取 .....</b>	<b>5</b>
3.1 分型面的确定 .....	5
3.1.1 分型面的选择原则 .....	5
3.1.2 分型面的选择 .....	5
3.2 模仁型腔数量及布置 .....	5
3.3 注射机型号的确定 .....	6
3.3.1 注射量的计算 .....	6
3.3.2 选取注射机 .....	7
3.3.3 型腔数量的校核 .....	7
3.3.4 注射机工艺参数的校核 .....	8
<b>第四章 浇注系统的设计 .....</b>	<b>10</b>
4.1 主流道的设计 .....	10
4.1.1 主流道的尺寸 .....	10
4.1.2 浇口套结构设计及其固定 .....	10
4.2 分流道的设计 .....	11

4.2.1 分流道的布置形式 .....	11
4.2.2 分流道长度的确定 .....	12
4.2.3 分流道的形状及其尺寸 .....	12
4.2.4 分流道表面粗糙度 .....	13
4.3 冷料穴的设计 .....	13
4.3.1 主流道冷料穴的设计 .....	13
4.3.2 分流道冷料穴的设计 .....	14
4.4 浇口的设计 .....	14
4.5 浇注系统的平衡 .....	14
4.6 浇注系统凝料体积计算 .....	15
4.6.1 主流道 .....	15
4.6.2 分流道 .....	15
4.6.3 浇注系统总凝料体积 .....	15
4.7 流过熔体的体积计算 .....	15
4.8 浇注系统截面计算与校核 .....	16
4.8.1 确定适当的剪切速率 .....	16
4.8.2 确定体积流率 .....	16
4.8.3 注射时间的计算 .....	16
4.8.4 校核各处剪切速率 .....	17
<b>第五章 成型零件的设计 .....</b>	<b>18</b>
5.1 成型零件的结构设计 .....	18
5.2 成型零件钢材的选用 .....	19
5.3 成型零件工作尺寸的计算 .....	19
5.3.1 型腔长度尺寸的计算 .....	19
5.3.2 型腔宽度尺寸的计算 .....	20
5.3.3 型腔深度尺寸的计算 .....	20
5.3.4 型芯长度尺寸的计算 .....	20
5.3.5 型芯宽度尺寸的计算 .....	21
5.3.6 型芯高度尺寸的计算 .....	21

5.4 成型零件尺寸的校核 .....	22
5.4.1 型腔长度尺寸的校核 .....	22
5.4.2 型芯长度尺寸的校核 .....	22
5.4.3 型腔宽度尺寸的校核 .....	22
5.4.4 型芯宽度尺寸的校核 .....	22
5.4.5 型腔深度尺寸的校核 .....	23
5.4.6 型芯高度尺寸的校核 .....	23
5.5 模具型腔与底板厚度的计算 .....	23
5.5.1 整体凹模长边强度的计算 .....	23
5.5.2 整体凹模长边刚度的校核 .....	24
5.5.3 动模板厚度的计算 .....	25
<b>第六章 侧向抽芯机构的设计 .....</b>	<b>27</b>
6.1 抽芯距的计算 .....	27
6.2 斜导柱的设计 .....	27
6.2.1 抽芯力计算 .....	27
6.2.2 斜导柱弯曲力计算 .....	27
6.2.3 斜导柱截面尺寸的设计 .....	28
6.2.4 斜导柱长度及开模长度的确定 .....	28
6.3 滑块的设计 .....	29
6.3.1 活动型芯与滑块的连接形式 .....	29
6.3.2 滑块的导滑形式 .....	29
6.3.3 滑块的定位装置 .....	30
6.3.4 滑块的紧锁装置 .....	30
<b>第七章 脱模推出机构的设计 .....</b>	<b>31</b>
7.1 塑件推出机构的设计 .....	31
7.2 脱模力的计算 .....	31
7.3 推出面积和接触应力计算 .....	32
<b>第八章 模架的确定 .....</b>	<b>33</b>

8.1	模架规格的确定 .....	33
8.2	模架各尺寸的校核 .....	34
8.2.1	模具平面与高度尺寸的校核 .....	34
8.2.2	开模行程的校核 .....	34
<b>第九章</b>	<b>温度调节系统的设计 .....</b>	<b>35</b>
9.1	冷却系统的设计 .....	35
9.2	冷却系统的计算 .....	35
<b>第十章</b>	<b>排气系统的设计 .....</b>	<b>37</b>
<b>第十一章</b>	<b>导向与定位结构的设计 .....</b>	<b>38</b>
11.1	导柱导套的选型和布置 .....	38
11.2	推板导柱导套的选型和布置 .....	38
<b>第十二章</b>	<b>其他零件的选用 .....</b>	<b>40</b>
12.1	紧固件 .....	40
12.2	限位钉 .....	40
12.3	拉料杆 .....	41
<b>第十三章</b>	<b>成型零件的制造工艺 .....</b>	<b>42</b>
13.1	型腔的加工工艺 .....	42
13.2	型芯的加工工艺 .....	43
<b>第十四章</b>	<b>模具材料的选用 .....</b>	<b>45</b>
<b>第十五章</b>	<b>模具工作过程 .....</b>	<b>46</b>
<b>第十六章</b>	<b>经济效益与环保性分析 .....</b>	<b>47</b>
16.1	影响模具价格的因素 .....	47
16.2	模具成本的粗略计算 .....	47
16.3	模具设计环保性分析 .....	48

参 考 文 献.....	49
致    谢.....	50



# 第一章 前言

## 1.1 模具行业发展状况

注塑成型,就是将熔融塑料注入由模具构成的型腔之中冷凝成型以得到工业生产所需产品的过程,一般热塑性塑料均可采用这种方式进行成型。由于基础工业中很多必备器械的生产依托于模具注塑成型工艺,况且塑料的生产与应用十分广泛,故注塑模具设计与制造水平对于一个国家的工业生产的重要性不言而喻。经过几十年的长足发展,我国现已成为世界模具制造大国,特别是生产制造的能力,已经跃升至世界第一。与美、日、德等国外企业相比,在一些高精尖领域的模具设计与制造中,我国的相关模具技术发展较为乏力。目前,国内模具行业竞争相对较大,但大多集中于中低档领域且同质化十分严重,高端领域发展滞后,反映出模具行业的发展潜力不可限量。

我国模具工业今后发展要朝着大型、高质量制品发展,不断提高制件的精度、质量。此外,我们还要大力发展新型技术,比如微型注塑成型、热流道成型技术等,开发出新的成型方法满足生产。同时制定统一标准规范模具行业的发展,提高企业管理水平,推动模具行业向前发展。

## 1.2 选题的目的与意义

塑料的出现给人类带来了极大地便利,而塑料的成型加工是实现其使用价值的重要一环,利用因此掌握注塑模具设计技能对我们将来从事相关行业极其重要。通过本次毕业设计,我们可以较好地掌握注塑模具设计的基本思路和设计要点,以及各种手册、文献资料在模具设计中的使用方法。在设计过程中,通过绘制零件图与装配图,提高了我们使用 AUTOCAD、Pro/E 等绘图软件的能力。通过文献检索,深化了我们对注塑模具行业发展状况的了解,训练了我们查阅资料的能力,为适应未来工作奠定坚实的基础。

本次设计主要任务是对电器罩壳塑件进行工艺分析与模具设计。对产品的使用环境以及生产要求进行分析,了解相关技术要求,结合生产实际进行模具设计等。设计重点是针对电器罩壳双侧大量的矩形散热孔设计侧向抽芯机构,实现在脱模前完成侧向抽芯,合理设计脱模机构使产品能够顺利脱模,合理设计浇注系统减少熔接痕等缺陷,合理布局冷却系统以完成快速冷凝塑料等。

## 第二章 塑件成型工艺性分析

### 2.1 产品基本要求

- (1) 最大几何尺寸：145mm×80mm×30.5mm。塑件模型如图 2.1 所示
- (2) 精度等级：一般精度（MT3）。
- (3) 使用环境：室内，-15~65℃。
- (4) 外观要求：外表银灰色且光泽度良好，无成型缺陷。
- (5) 批量要求：大批量。
- (6) 体积质量：41.493cm<sup>3</sup>、43.567g

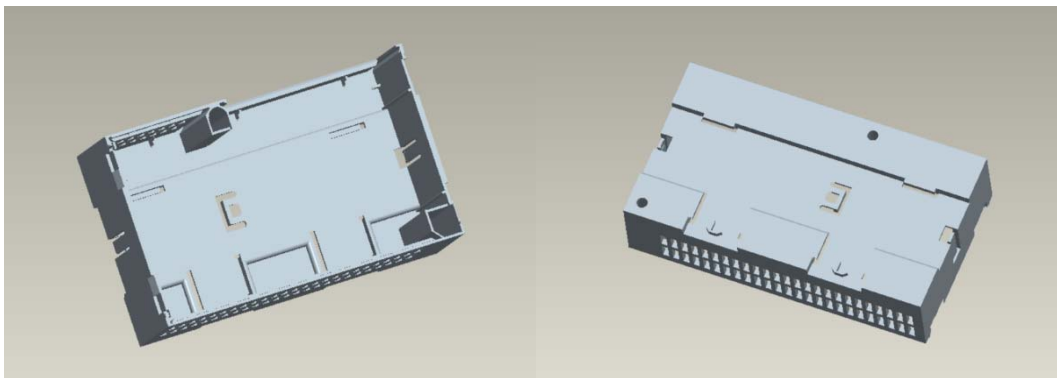


图 2.1 塑件三维图

### 2.2 塑件结构分析

该塑件属于中等壁厚壳体类塑件，平均厚度约 2.5mm，外观为规则的长方体，两侧有大量矩形散热孔，模具设计为直接推出，便于模具制造。其塑件基本外形尺寸如图 2.2 所示。

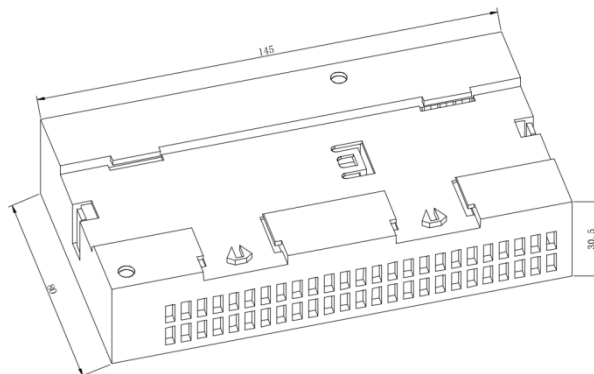


图 2.2 塑件基本尺寸

## 2.3 塑件材料的成型工艺分析

本次设计采用工业生产中广泛应用的材料——ABS 工程塑料，其综合性能良好，流动性与成形收缩率小，对产品的精度影响较小，比热容较低，因而可以实现快速冷却，有利于制件的稳定，可获得表面光泽度良好的产品。ABS 的性能指标见表 2.3。

表 2.3 ABS 的性能指标

名称	数值	名称	数值
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.9~0.91	屈服强度/MPa	37
比体积/ $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$	0.86~0.98	拉伸强度/MPa	38
吸水率(%)	0.2~0.4	拉伸弹性模/MPa	$1.4 \times 10^3$
熔点/ $^{\circ}\text{C}$	130~160	抗弯强度/MPa	80
计算收缩率 (%)	0.4~0.7	抗压强度/MPa	53
冲击韧度 (缺口) $\alpha_k/(\text{kJ/m}^2)$	11	冲击韧度 (无缺口) $\alpha_k/(\text{kJ/m}^2)$	261
硬度/HBW	9.7、R121	体积电阻系数 ( $\rho_v/\Omega \text{ cm}$ )	$6.9 \times 10^{16}$

### 2.3.1 成型工艺性分析

分析产品外观特征和使用场景，初步选择最常规的成型方式——注塑成型。

(1) 外观要求。测量塑件的壁厚并取平均值可得 2.5mm，塑件外形规则，呈长方体形状，生产要求避免裂纹等缺陷。

(2) 脱模斜度。查表取脱模斜度为  $1^{\circ}$ 。

(3) 精度等级。本次设计的塑料产品对精度等级要求不高，采用一般精度 3 级。

### 2.3.2 ABS 的注射成型过程

(1) 成型前的准备：检验所选塑料 (ABS) 的相关性能是否符合标准，例如均匀度和粒度等。其次进行干燥和预热，使用鼓风机完成该操作。在  $80^{\circ}\text{C}$  的温度下完成且干燥两小时。

(2) 注射过程：将所选塑料 (ABS) 加热使其达到融化状态，经过浇注系统进入

型腔，通过保压、冷却和脱模等过程完成一个成型周期。

(3) 塑件的后处理：使用红外线灯、鼓风机烘箱进行后处理步骤，在 70℃ 的空气中处理两个小时即可。

### 2.3.3 ABS 的注射成形工艺参数

(1) 成型温度。在 80℃ 的温度下完成预热且干燥两小时。注射机喷嘴的温度为 170~180℃，注射机料筒前、中、后段的温度分别为 180~200℃、165~180℃、150~170℃。

(2) 模具温度。ABS 比聚苯乙烯加工困难，料温对物性影响较大。本次设计选用 60~80℃ 比较合适。本次设计的电器罩壳属于中小型制件，其外形相对比较规则，不需要对模具进行加热。

(3) 注射压力。由于本次设计的产品是属于薄壳类，故注射压力损失较大，需要采取较大的压力进行注塑，一般取 70~100MPa。

(4) 成型时间。初步选取注射 25s，冷却 25s，高压 3s，成型总周期（成型时间）合计约为 60s。

## 第三章 模具基本布局及注塑机选取

### 3.1 分型面的确定

#### 3.1.1 分型面的选择原则

- (1) 有利于满足塑件的外观要求以及表面粗糙度要求。
- (2) 应选在塑件最大轮廓处且有利于各系统的布局。
- (3) 有利于模具加工，且便于嵌件的安装。
- (4) 减小塑件在竖直方向上的投影面积。
- (5) 长型芯应置于开模方向。
- (6) 便于塑件的脱模。

#### 3.1.2 分型面的选择

根据上述原则，在电器罩壳底部设置分型面，注塑完成后采用多推杆直接推出的方式脱模较为方便，位置如图 3.1 所示。

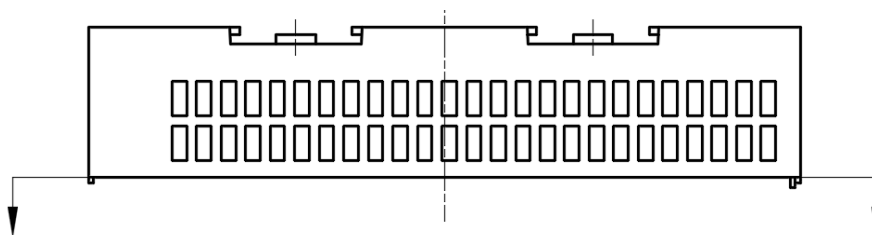


图 3.1 分型面示意图

### 3.2 模仁型腔数量及布置

(1) 对电器罩壳产品进行分析，若采用一模一腔的结构，一副模具单位时间生产的产品有限，不符合经济效益最大化以及绿色环保理念，故本设计采用一模两腔对称式布局，能够较好的满足生产要求。

(2) 对型腔排列形式进行考量：型腔排布不仅需要整体进料平衡，同时也需要结构设计合理，亦需结合浇口以及相关机构的设计，尤其应避免各个系统之间的干涉。设计如图 3.2 所示。

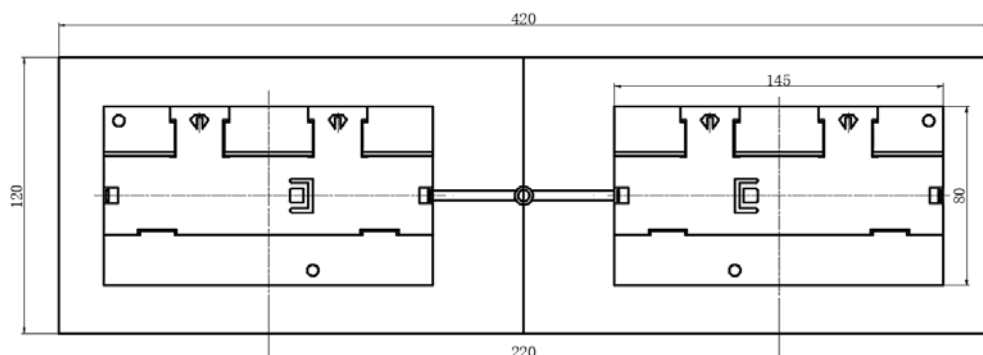


图 3.2 型腔的排列布置

### 3.3 注射机型号的确定

#### 3.3.1 注射量的计算

(1) 由 PROE 分析 (如图 3.3 所示) 得电器罩壳体积、质量等信息。

$$\text{塑件体积 } V_1 = 41.4925 \text{ cm}^3 \approx 41.5 \text{ cm}^3$$

$$\text{塑件质量 } m_1 = \rho V_1 = 41.5 \times 1.05 \approx 43.6 \text{ g} \quad (3.1)$$

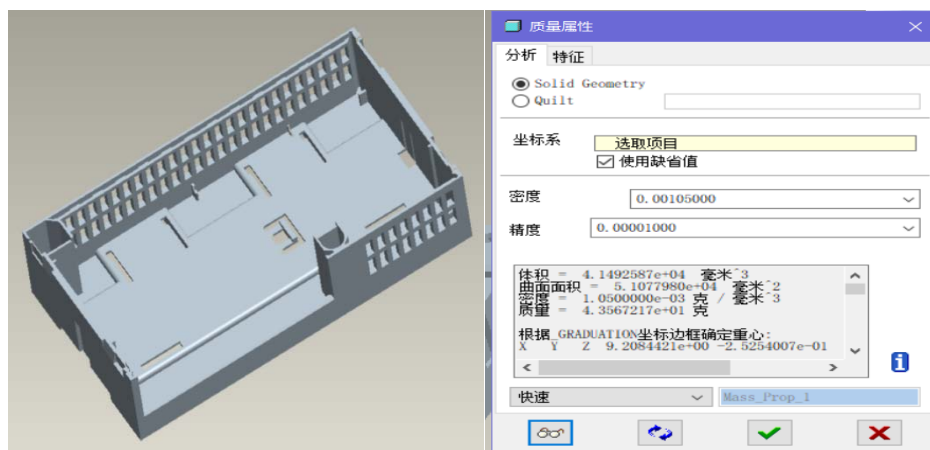


图 3.3 PROE 质量属性分析图

从上述分析中确定为一模两腔，流道凝料按塑件质量的 0.2 倍估算，则可以得到注入电器罩壳模具型腔的塑料熔体总体积为

$$V_{\text{总}} = 1.2nV_1 = 1.2 \times 2 \times 41.5 = 99.6 \text{ cm}^3 \quad (3.2)$$

$$V_{\text{公}} = V_{\text{总}} \div 0.8 = 99.6 \div 0.8 = 124.5 \text{ cm}^3 \quad (3.3)$$

### 3.3.2 选取注射机

在保证注塑量足够的条件下初步选择公称注射量为  $200 \text{ cm}^3$ ，注射机型号为 SZ—200/120 的螺杆式注射机，其具体参数见表 3.1。

表 3.1 SZ—200/120 注射机技术参数

项目	参数	项目	参数
理论注射容量/ $\text{cm}^3$	200	开模行程	350
螺杆柱塞直径/mm	42	最大模具厚度/mm	400
注射压力/MPa	150	最小模具厚度/mm	350
螺杆转速/ $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	0~220	喷嘴球半径/mm	15
锁模力/kN	1200	喷嘴孔直径/mm	4
拉杆内间距/mm	355×585	顶出行程/mm	90
锁模形式	双曲肘	推出形式	中心及两侧推出
电动机功率/kW	20	注射方式	螺杆式

### 3.3.3 型腔数量的校核

(1) 由 SZ—200/120 的料筒塑化速率，校核电器罩壳型腔数  $n$

$$n \leq \frac{KMt/3600 - m_2}{m_1} \quad (3.4)$$

式中

$K$ ——注射量利用系数。查手册得，取 0.8；

$M$ ——注射机注额定塑化量 ( $\text{g/h}$ )，数据经查询手册得到，为 70000  $\text{g/h}$ ；

$t$ ——成型周期，因塑件较小，取 60 s；

$m_1$ ——电器罩壳的质量， $m_1=43.6 \text{ g}$ ；

$m_2$ ——电器罩壳浇注系统质量，取  $m_2=0.2nm_1=17.44 \text{ g}$ 。

所以  $n \leq 21.0072$ ，而  $n=2$ ，故型腔数校验合格。

(2) 按注射机的最大注射量校核型腔数量

$$n \leq \frac{Km_N - m_2}{m_1} \quad (3.5)$$

式中

$m_N$ ——最大注射量（g 或  $\text{cm}^3$ ），取  $200 \text{ cm}^3$ ；

于是  $n \leq 3.4553$ ，故型腔数取  $n=2$  合理。

（3）按注射机的额定锁模力校核型腔数量

$$n \leq \frac{F - p_{\text{型}} A_2}{p_{\text{型}} A_1} \quad (3.6)$$

式中

$F$ ——SZ—200/120 额定锁模力（N），查模具手册取  $F=1.2 \times 10^6 \text{ N}$ ；

$A_1$ ——电器罩壳投影面积（分型面上）（ $\text{mm}^2$ ），这里

$$A_1=145 \times 80=11600 \text{ mm}^2 \quad (3.7)$$

$A_2$ ——电器罩壳浇注系统的投影面积（ $\text{mm}^2$ ）， $A_2=0.2nA_1=4640 \text{ mm}^2$ ；

$P_{\text{型}}$ ——塑料熔体对型腔的成型压力（MPa），取  $P_{\text{型}} = 35 \text{ MPa}$ 。

可以得到  $n \leq 2.2556$ ，故该注射机符合设计要求。

### 3.3.4 注射机工艺参数的校核

（1）注射压力校核。查表 4-1 知，中等壁厚件 ABS 所需注射压力可取  $P_0=110 \text{ MPa}$ ，本次所选 SZ—200/120 公称压力  $P_{\text{公}}=150 \text{ MPa}$ ，注射压力安全系数可以取  $K=1.35$ ，于是

$$k_1 P_0 = 1.3 \times 110 = 148.5 \text{ MPa} \leq P_{\text{公}} \quad (3.8)$$

所以注射机注射压力合格。

（2）锁模力的校核。

浇注系统的投影面积为  $A_2$ ， $A_2$  取  $0.2nA_1$ ，则

$$A=nA_1+A_2=1.2nA_1=27840 \text{ mm}^2 \quad (3.9)$$

模具型腔内的胀型力  $F_m$  为

$$F_m=Ap_{\text{型}}=27840 \times 35=974400 \text{ N} \quad (3.10)$$

式中，根据参考文献<sup>[1]</sup>表 4-2 型腔压力  $P_{\text{型}}$  取  $35 \text{ MPa}$ 。

根据表 3.1，注射机的锁模力  $F_{\text{锁}}$  为  $2.54 \times 10^6 \text{ N}$ 。SZ—200/120 锁模力安全系数取  $K'=1.2$ ，则

$$K'F_m=1.2F_m=1.2 \times 974400=1169280 \text{ N} \quad (3.11)$$

所以注射机的锁模力合格。



(3) 注射量的校核。SZ—200/120 最大注射容积为

$$V_{max}=\alpha V=0.8\times 200=160\text{ cm}^3 \quad (3.12)$$

式中

$V_{max}$ ——注射总体积 ( $\text{cm}^3$ ) ;

$V$  ——注塑机公称注射容积 ( $\text{cm}^3$ ) , 取  $200\text{ cm}^3$ ;

$\alpha$  ——注射系数取 0.8。

每次注射量的容积  $V$  应满足

$$V < V_{max} \quad (3.13)$$

而  $V=1.2nV_1=1.2\times 2\times 41.5=99.6\text{ cm}^3$ , 故符合要求。

## 第四章 浇注系统的设计

### 4.1 主流道的设计

本次设计喷嘴与浇口套尺寸关系如图 4.1 所示。

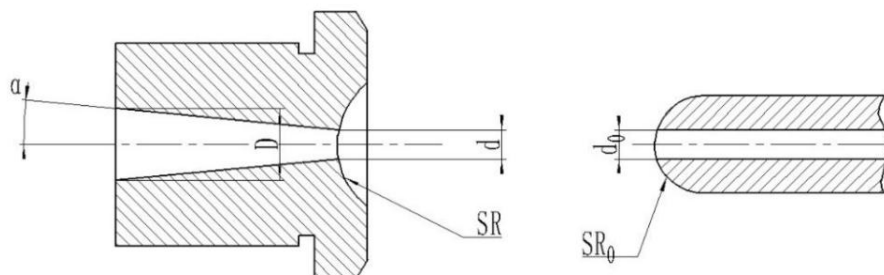


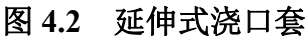
图 4.1 喷嘴与浇口套尺寸关系

#### 4.1.1 主流道的尺寸

- (1) 主流道衬套小端直径  $d_0 = \text{注塑机喷嘴直径} + 0.5\text{mm} = 4.5\text{ mm}$ 。
- (2) 弧形凹球面半径  $SR = SR_0 + (1 \sim 2) = 16\text{ mm}$ 。
- (3) 球面的配合高度  $h = 3 \sim 5\text{ mm}$ ，取  $h = 5\text{mm}$ 。
- (4) 主流道长度 由于本次设计需要一定的空间用以侧向抽芯机构的布局，要求主流道的长度大于或等于  $60\text{mm}$ ，暂取  $L_0 = 100\text{ mm}$ 。
- (5) 浇口套总长  $L = L_0 + h = 105\text{ mm}$ 。
- (6) 主流道大端直径  $D_0 = d_0 + L_0 \tan \alpha \approx 8\text{mm}$ ，其中  $\alpha$  查表得为  $2^\circ \sim 4^\circ$ ，本次设计取  $\alpha = 3^\circ$ 。

#### 4.1.2 浇口套结构设计及其固定

本设计采用衬套和定位圈一体化的浇口套，其外轮廓大端直径尺寸暂定为  $\phi 120_{-0.2}^{0.1}\text{ mm}$ ，浇口套的定位采用过渡配合，选用直接浇口模架 ZC 型，规格大致为  $350 \times 550$ ，其结构如图 4.2 所示。



分流道用以连接主流道和浇口，其设计关乎塑料熔体能否顺利充型。

本次设计选用梯形截面流道，其排布方式采取完全对称的方式，有利于注塑稳定均衡。其形式如图 4.3 所示。



### 4.2.2 分流道长度的确定

该模具分流道的长度计算如下。

(1) 梯形分流道单向长度。由初步拟定的型腔布局，可计算单支分流道的长度  $L_1=35\text{mm}$ 。

### 4.2.3 分流道的形状及其尺寸

为方便模仁的加工制造，本次设计的分型面设置为最大截面处，且为单分型面，浇口采用生产制造最常用的侧浇口，梯形分流道设置在定模仁上。

(1) 梯形分流道直径  $D_1$ 。本塑件平均壁厚为  $2.5\text{mm}$ ，质量为  $41.5\text{g}$ ，其相关计算如下

$$D_1 = 0.2654\sqrt[4]{m/L} = 4.262 \text{ mm} \quad (4.1)$$

式中， $L=35\text{mm}$ ， $m=41.5\text{g}$ 。

如图所示 4.4，可计算梯形面积为：

$$A_{\text{梯}} = \frac{(x + x + 2 \times H \tan 10^\circ)H}{2} = 5x + 2.187 \text{ mm} \quad (4.2)$$

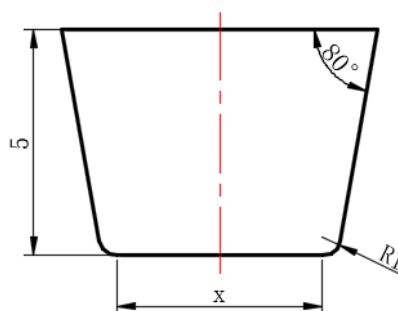


图 4.4 梯形分流道的计算

又由于  $A_{\text{梯}}$  与直径为  $5\text{mm}$  的圆的面积相等：

$$5x + 2.187 = \frac{\pi \times 5^2}{4} \text{ mm} \quad (4.3)$$

由上式可以求得：下底宽度  $x=3.5 \text{ mm}$ ，上底宽度  $B=3.5+0.9=4.4 \text{ mm}$ 。为了便于加工制造，取梯形高度  $H=5 \text{ mm}$ ，上底宽度  $B=5 \text{ mm}$ ，角度取  $5^\circ$ ，经计算可得梯形截面分流道下底宽度为  $3.5 \text{ mm}$ ，见图 4.5 所示。可计算其当量半径：

$$R_n = \sqrt[3]{\frac{2A^2}{\pi L_{\text{梯}}}} \approx 0.24 \text{ cm} \quad (4.4)$$

式中

$A$ ——梯形的面积，由图 4.4 计算得 $A = 0.1975 \text{ cm}^2$ ；

$L_{\text{梯}}$ ——梯形截面的周长，由图 4.4 计算得 $L_{\text{梯}}=1.79\text{cm}$ 。

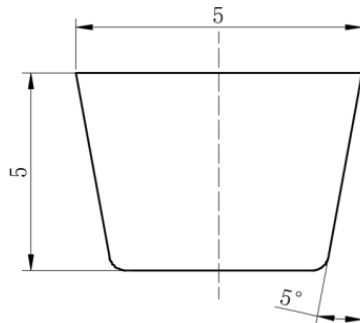


图 4.5 梯形分流道的尺寸

#### 4.2.4 分流道表面粗糙度

分流道表面粗糙度可按照经验确定。其表面粗糙度一般取  $6.3 \mu\text{m} \sim 1.6 \mu\text{m}$ 。此处取  $Ra=0.8 \mu\text{m}$ 。

### 4.3 冷料穴的设计

#### 4.3.1 主流道冷料穴的设计

为减少成型缺陷需要设置主流道冷料穴。本次设计选取一个 Z 字型拉料杆从主流道下方的冷料穴中拉出凝料，此外，主流道冷料穴的相关设计及尺寸如图 4.6 所示。

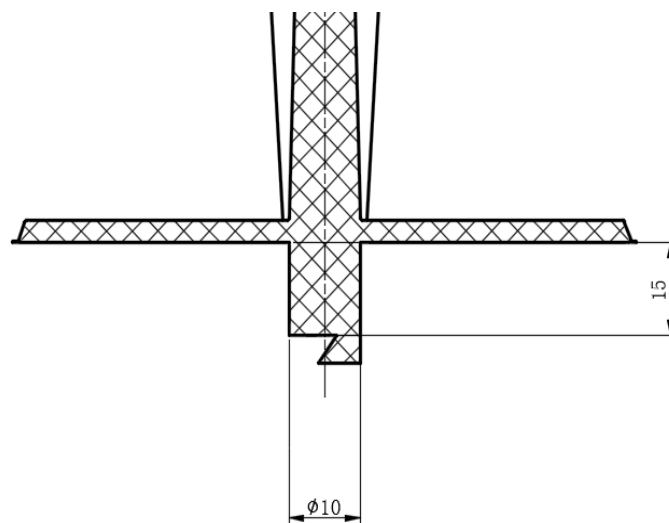


图 4.6 冷料穴

### 4.3.2 分流道冷料穴的设计

此次设计的单侧分流道长度  $L_1=35\text{mm}$ ，相对而言较短，主流道冷料穴足够满足冷料的需要，故无需设置分流道冷料穴。

## 4.4 浇口的设计

本次设计采用侧浇口，位置在电器罩壳底部分型面左侧壁的中心处（壁厚最大处）可以较好的满足顺利充模的需要。侧浇口具体尺寸由经验公式计算

$$b = \frac{n\sqrt{A}}{30} = \frac{0.7 \times \sqrt{51077.9}}{30} = 5.27\text{mm} \quad (4.5)$$

式中

$b$ ——侧浇口宽度（mm）；

$n$ ——塑料成型系数，取 0.7；

$A$ ——型腔表面积，为  $51077.9\text{mm}^2$ （由 PROE 建模分析得，如图 3.3 所示）。

上式计算结果为  $5.27\text{mm}$ ，根据经验公式计算所得结果与侧浇口推荐尺寸相比，计算值偏大。若按照  $(0.07\sim 0.09)A=0.0138\sim 0.01778\text{cm}^2$ ，浇口宽度取  $2\text{mm}$  左右，浇口深度取  $1\text{mm}$  左右，其具体尺寸可以后续根据试模的情况进行调整。流道尺寸如图 4.7 所示。

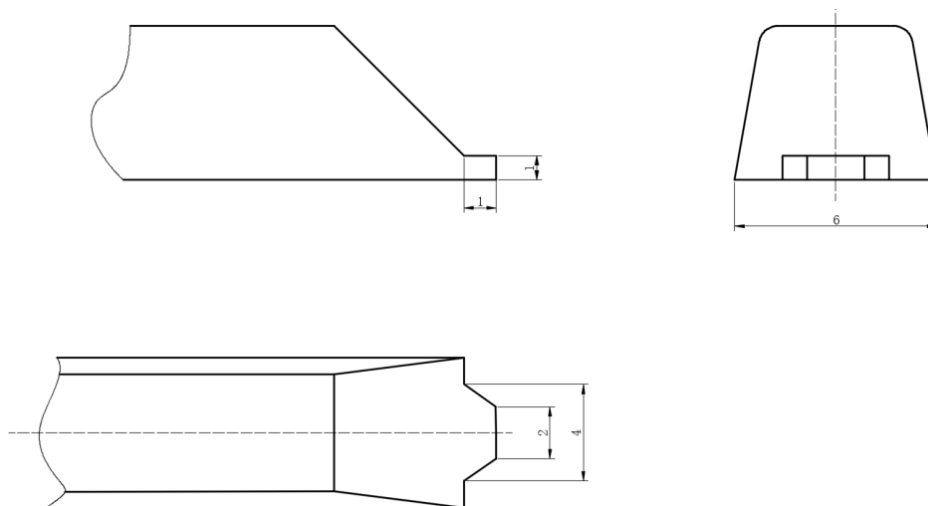


图 4.7 流道尺寸

## 4.5 浇注系统的平衡

本次设计的型腔采用一模两腔完全对称式布局，由于塑件较为规则平整，故各个系

统的布置亦完全对称，浇注系统已达到平衡。

## 4.6 浇注系统凝料体积计算

### 4.6.1 主流道

$$V_{\text{主}} = V_{\text{锥}} + V_{\text{冷}} = \frac{\pi L}{12} (D_0^2 + D_0 d_0 + d_0^2) + \frac{\pi d^2}{4} \times 1.5d \quad (4.6)$$

$$V_{\text{主}} = V_{\text{锥}} + V_{\text{冷}} = 3039.5 + 1177.5 = 4217 \text{ mm}^3$$

### 4.6.2 分流道

(1) 梯形分流道凝料体积

$$V_{\text{梯}} = 2 \times \left[ \frac{(5+3.5)}{2} \times 5 \times 35 \right] = 1487.5 \text{ mm}^3 \quad (4.7)$$

(2) 浇口道凝料体积

本次设计的浇口凝料很少，此处计为零。

### 4.6.3 浇注系统总凝料体积

故浇注系统总凝料体积

$$V_{\text{总}} = V_{\text{主}} + V_{\text{梯}} + V_{\text{浇}} \approx 5.6 \text{ cm}^3 < 16.6 \text{ cm}^3 \quad (4.8)$$

本次计算所得值小于前面对浇注系统凝料的估算（约  $16.6 \text{ cm}^3$ ），故之前的各项计算与校核均符合要求，无需更改。

## 4.7 流过熔体的体积计算

(1) 流过浇口的体积

$$V_G = V_{\text{塑}} = 41.5 \text{ cm}^3 \quad (4.9)$$

(2) 流过分流道的体积

$$V_R = V_{\text{塑}} + \frac{V_{\text{梯}}}{2} = 41.5 + 0.6912 \approx 42.2 \text{ cm}^3 \quad (4.10)$$

(3) 流过主流道的体积

$$V_S = 2V_R + V_{\text{主}} = 84.4 + 4.217 \approx 88.6 \text{ cm}^3 \quad (4.11)$$

## 4.8 浇注系统截面计算与校核

### 4.8.1 确定适当的剪切速率

较为恰当的剪切速率 $\dot{\gamma}$ :

- (1) 主流道、分流道:  $\dot{\gamma}_S = 5 \times 10^2 \text{ s}^{-1} \sim 5 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$
- (2) 侧浇口最大剪切速率: 由参考文献<sup>[3]</sup>表 2-8 取  $\dot{\gamma}_G \leq 5 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$

### 4.8.2 确定体积流率

- (1) 主流道体积流率 $q_S$

主流道体积流量取 $\dot{\gamma}_S = 3 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ ，代入得

$$q_S = \frac{\pi}{4} R_S^3 \dot{\gamma}_S = \frac{\pi}{4} \times 0.325^3 \times 3 \times 10^3 = 53.92 \text{ cm}^3/\text{s} \quad (4.12)$$

式中,  $R_S$ 为主流道平均半径 (cm)。

$$R_S = \frac{(5 + 8)/2}{2} \times 10^{-1} = 0.325 \text{ cm} \quad (4.13)$$

- (2) 浇口体积流率 $q_G$

侧浇口用适当剪切速度 $\dot{\gamma}_G = 5 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ 代入得

$$q_G = \frac{\pi}{4} \frac{R_G^3 \dot{\gamma}_G}{3.3} = \frac{\pi}{4} \times 0.059^3 \times 5 \times 10^4 / 3.3 \quad (4.14)$$

$$\approx 9.776 \text{ cm}^3/\text{s}$$

式中,  $R_n$ 为侧浇口的当量半径 (cm),

$$R_n = \sqrt[3]{\frac{2A^2}{\pi L}} \approx 0.059 \text{ mm}。$$

### 4.8.3 注射时间的计算

- (1) 模具充模时间 $t_S$

$$t_S = \frac{V_S}{q_S} = \frac{88.6}{53.9} \approx 1.64 \text{ s} \quad (4.15)$$

式中

$q_S$ ——主流道体积流率;

$V_S$ ——塑料熔体的体积 ( $\text{cm}^3$ )，由式 4.14 得  $88.6 \text{ cm}^3$ 。

- (2) 单个型腔充模时间 $t_G$

$$t_G = \frac{V_G}{q_G} = \frac{41.5}{9.776} = 4.245 \text{ s} \quad (4.16)$$



式中

$q_s$ ——主流道体积流率；

$V_G$ ——塑料熔体的体积 ( $\text{cm}^3$ )，由式 4.12 得  $41.5 \text{ cm}^3$ 。

(3) 注射时间

$$t = \frac{t_s}{3} + \frac{2t_G}{3} = \frac{1.64}{3} + \frac{8.49}{3} \approx 3.38 \text{ s} \quad (4.17)$$

由表 3.1 可知，本注射机的最大注射速率为  $120 \text{ g/s}$ ，而现在  $3.38 \text{ s}$  内仅注射  $88.6 \text{ g}$ ，故注射时间符合要求。

#### 4.8.4 校核各处剪切速率

(1) 侧浇口剪切速率

$$\dot{\gamma}_G = \frac{3.3q_G}{\pi R_n^3} = \frac{3.3 \times 9.776}{3.14 \times 0.059^3} = 4.9999 \times 10^4 \text{ s}^{-1} \quad (4.18)$$

$\dot{\gamma}_G < 5 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ ，校核合格。

(2) 分流道剪切速率

$$q_R = \frac{V_R}{t} = \frac{42.2}{3.38} \approx 12.49 \text{ cm}^3/\text{s} \quad (4.19)$$

$$\dot{\gamma}_{\text{分}} = \frac{3.3q_R}{\pi R_n^3} = \frac{3.3 \times 12.49}{\pi \times 0.24^3} = 9.49 \times 10^2 \text{ s}^{-1} \quad (4.20)$$

式中

$q_R$ ——分流道体积流量 ( $\text{cm}^3/\text{s}$ )；

$R_n$ ——分流道截面的当量半径，由式 4.4 得  $R_n=0.24 \text{ cm}$ 。

$5 \times 10^2 \text{ s}^{-1} < \dot{\gamma}_{\text{分}} < 5 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ ，校核合格。

(3) 主流道剪切速率

$$q_s = \frac{V_s}{t} = \frac{88.6}{3.38} \approx 26.23 \text{ cm}^3/\text{s} \quad (4.21)$$

$$\dot{\gamma}_{\text{分}} = \frac{3.3q_s}{\pi R_s^3} = \frac{3.3 \times 26.23}{\pi \times 0.325^3} \approx 8.03 \times 10^2 \text{ s}^{-1} \quad (4.22)$$

式中

$q_s$ ——实际主流道体积流量 ( $\text{cm}^3/\text{s}$ )；

$R_s$ ——取自主流道的平均半径。

$5 \times 10^2 \text{ s}^{-1} < \dot{\gamma}_{\text{主}} < 5 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ ，校核合格。

综上所述，浇口处剪切速率基本达到极限值，在试模时如存在成型问题，可适当加宽浇口尺寸来满足要求。

## 第五章 成型零件的设计

### 5.1 成型零件的结构设计

成型零件直接与所需成型的塑料产品相接触，要求具备良好的机加工性能、使用性能和相对较高的精度，故其较标准模架的材质而言有更高的要求。除此之外，要根据零件的特征，设计满足生产需求的安装和固定方式。因此选择整体式嵌入的方式进行成型零件的安装。

本次设计的电器罩壳，模具的动模仁部分采用内六角沉头螺钉固定，定模部分设计成外缘凸台直接整体嵌入的结构形式固定，其结构分别如图 5.1 和图 5.2 所示。电器罩壳通孔由小型芯（如图 5.3 所示）与型腔部分碰穿而成型。

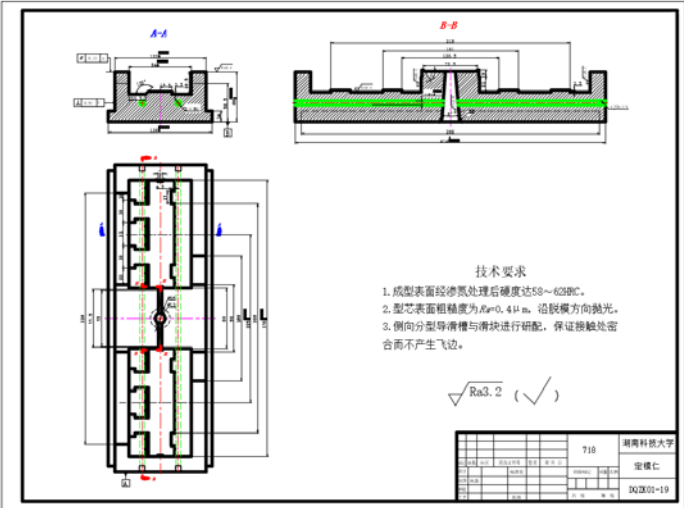


图 5.1 整体嵌入式定模仁

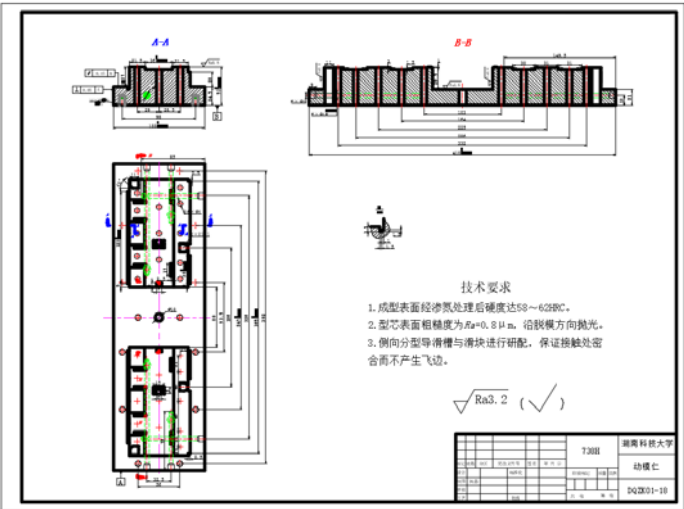


图 5.2 整体嵌入式动模仁

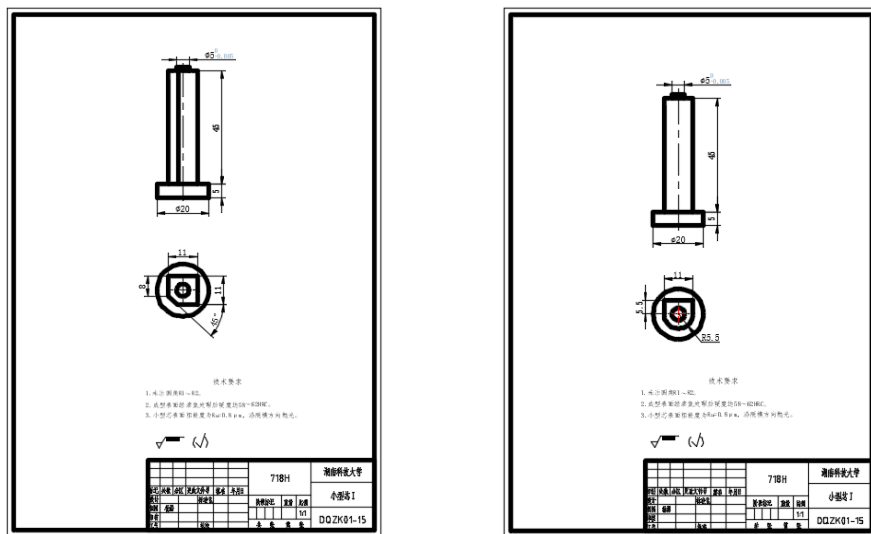


图 5.3 小型芯

## 5.2 成型零件钢材的选用

本产品要求大批量生产，成型零件包括动、定模仁（嵌件）、以及成型内部通孔的小型芯以及两侧用于侧向抽芯的侧型芯，由于成型零件与塑件直接接触，长期多次接触会对表面产生磨损，故其材质的选用要求较高，综合考虑后，对定模嵌件选用 718 模具钢，对动模嵌件选用 738H 模具钢，对小型芯选用 3Cr2W8V 压铸模具钢。

## 5.3 成型零件工作尺寸的计算

成型零件的尺寸直接关系到成型产品的精度（外表光洁度等），尤其是对塑件具有装配需求的尺寸，需要进行计算以确保生产的塑件制品能够较好的满足要求。

### 5.3.1 型腔长度尺寸的计算

$$L_{M1} = [(1 + S_{cp})l_{s1} - x_1\Delta_1]_0^{+\delta_{z1}} \quad (5.1)$$

$$= [(1 + 0.0055) \times 145 - 0.58 \times 0.70]_0^{+0.100} = 145.392_0^{+0.100} \text{ mm}$$

式中

$S_{cp}$  ——塑件平均收缩率，查参考文献<sup>[2]</sup>表 9.3 得  $S_{cp} = \frac{0.004+0.007}{2} = 0.0055$ （下同）；

$l_{s1}$  ——塑件外表面最大长度（为 145 mm）；

$\Delta$ ——塑件公差，查表取 $\Delta_1 = 0.70$ ；

$x$ ——修正系数，查参考文献<sup>[3]</sup>表 2-10 取 $x_1 = 0.58$ ；

$\delta_Z$ ——制造公差，查参考文献<sup>[3]</sup>表 2-11 取 $\delta_{z1} = 0.100$ 。

### 5.3.2 型腔宽度尺寸的计算

$$\begin{aligned} L_{M2} &= [(1 + S_{cp})l_{s2} - x_2\Delta_2]_0^{+\delta_{z2}} \\ &= [(1 + 0.0055) \times 80 - 0.60 \times 0.46]_0^{+0.074} = 80.164_0^{+0.074} \text{ mm} \end{aligned} \quad (5.2)$$

式中

$l_{s2}$ ——塑件外表面最大宽度（为 80 mm）；

$\Delta$ ——塑件公差，查表取 $\Delta_2 = 0.46$ ；

$x$ ——修正系数，查参考文献<sup>[3]</sup>表 2-10 取 $x_2 = 0.60$ ；

$\delta_Z$ ——制造公差，查参考文献<sup>[3]</sup>表 2-11 取 $\delta_{z2} = 0.074$ 。

### 5.3.3 型腔深度尺寸的计算

$$\begin{aligned} H_{M1} &= [(1 + S_{cp})H_{s1} - x_3\Delta_3]_0^{+\delta_{z3}} \\ &= [(1 + 0.0055) \times 30.5 - 0.58 \times 0.32]_0^{+0.062} = 30.482_0^{+0.062} \text{ mm} \end{aligned} \quad (5.3)$$

式中

$H_{s1}$ ——塑件外表面最大高度（为 30.5 mm）；

$\Delta$ ——塑件公差，查表取 $\Delta_3 = 0.32$ ；

$x$ ——修正系数，查参考文献<sup>[3]</sup>表 2-10 取 $x_3 = 0.58$ ；

$\delta_Z$ ——制造公差，查参考文献<sup>[3]</sup>表 2-11 取 $\delta_{z3} = 0.062$ 。

### 5.3.4 型芯长度尺寸的计算

$$\begin{aligned} L_{M3} &= [(1 + S_{cp})l_{s3} + x_4\Delta_4]_{-\delta_{z4}}^0 \\ &= [(1 + 0.0055) \times 140 + 0.58 \times 0.70]_{-0.100}^0 = 141.176_{-0.100}^0 \text{ mm} \end{aligned} \quad (5.4)$$

式中

$l_{s3}$ ——塑件内表面最大长度（为 140 mm）；

$\Delta$ ——塑件公差，查表取 $\Delta_4 = 0.70$ ；

$x$ ——修正系数，查参考文献<sup>[3]</sup>表 2-10 取 $x_4 = 0.58$ ；

$\delta_Z$ ——制造公差，查参考文献<sup>[3]</sup>表 2-11 取 $\delta_{z4} = 0.100$ 。

### 5.3.5 型芯宽度尺寸的计算

$$L_{M4} = [(1 + S_{cp})l_{s4} + x_5\Delta_5]_{-\delta_{z5}}^0 \quad (5.5)$$

$$= [(1 + 0.0055) \times 75 + 0.60 \times 0.46]_{-0.074}^0 = 75.689_{-0.074}^0 \text{ mm}$$

式中

$l_{s4}$ ——塑件内表面最大宽度（为 75 mm）；

$\Delta$ ——塑件公差，查表取 $\Delta_5 = 0.46$ ；

$x$ ——修正系数，查参考文献<sup>[3]</sup>表 2-10 取 $x_5 = 0.60$ ；

$\delta_z$ ——制造公差，查参考文献<sup>[3]</sup>表 2-11 取 $\delta_{z5} = 0.074$ 。

### 5.3.6 型芯高度尺寸的计算

$$H_{M2} = [(1 + S_{cp})H_{s2} + x_6\Delta_6]_{-\delta_{z6}}^0 \quad (5.6)$$

$$= [(1 + 0.0055) \times 28.5 + 0.56 \times 0.48]_{-0.052}^0 = 28.926_{-0.052}^0 \text{ mm}$$

式中

$H_{s2}$ ——塑件内表面最大高度（为 28.5 mm）；

$\Delta$ ——塑件公差，查表取 $\Delta_6 = 0.48$ ；

$x$ ——修正系数，查参考文献<sup>[3]</sup>表 2-10 取 $x_6 = 0.56$ ；

$\delta_z$ ——制造公差，查参考文献<sup>[3]</sup>表 2-11 取 $\delta_{z6} = 0.052$ 。

电器罩壳成型零件尺寸计算汇总如表 5.1 所示：

表 5.1 成型零件尺寸计算结果汇总 （单位：mm）

模具尺寸名称	塑件尺寸	塑件尺寸公差 $\Delta$	模具尺寸公差 $\delta$	修正系数 x	模具尺寸计算结果
型腔长度	145	0.70	0.100	0.58	$145.392_{-0}^{+0.100}$
型腔宽度	80	0.46	0.074	0.60	$80.164_{-0}^{+0.074}$
型腔深度	30.5	0.32	0.062	0.58	$30.482_{-0}^{+0.062}$
型芯长度	140	0.70	0.100	0.58	$141.176_{-0.100}^0$
型芯宽度	75	0.46	0.074	0.60	$75.689_{-0.074}^0$

型芯高度	28.5	0.48	0.052	0.56	$28.926_{-0.052}^0$
------	------	------	-------	------	---------------------

## 5.4 成型零件尺寸的校核

由于采用平均值法计算成型零件的尺寸会产生较大误差，（公式系数大多来源于经验）。需要对成型尺寸进行校核以此来保证塑件实际尺寸在规定的公差范围内。即由成型收缩率波动、成型零件制造公差、成型零件磨损量应小于塑件的尺寸公差。

### 5.4.1 型腔长度尺寸的校核

$$(S_{\max} - S_{\min}) L_{s1} + \delta_{Z1} + \delta_{c1} = (0.7\% - 0.4\%) \times 145 + 0.100 + \frac{0.7}{6} \quad (5.7)$$

$$(S_{\max} - S_{\min}) L_{s1} + \delta_{Z1} + \delta_{c1} = 0.652 < \Delta = 0.7 \quad \text{校验合格}$$

### 5.4.2 型芯长度尺寸的校核

$$(S_{\max} - S_{\min}) l_{s2} + \delta_{Z2} + \delta_{c2} = (0.7\% - 0.4\%) \times 140 + 0.100 + \frac{0.7}{6} \quad (5.8)$$

$$(S_{\max} - S_{\min}) l_{s2} + \delta_{Z2} + \delta_{c2} = 0.636 < \Delta = 0.7 \quad \text{校验合格}$$

### 5.4.3 型腔宽度尺寸的校核

$$(S_{\max} - S_{\min}) L_{s2} + \delta_{Z3} + \delta_{c3} = (0.7\% - 0.4\%) \times 80 + 0.074 + \frac{0.74}{6} \quad (5.9)$$

$$(S_{\max} - S_{\min}) L_{s2} + \delta_{Z3} + \delta_{c3} = 0.437 < \Delta = 0.74 \quad \text{校验合格}$$

### 5.4.4 型芯宽度尺寸的校核

$$(S_{\max} - S_{\min}) l_{s2} + \delta_{Z4} + \delta_{c4} = (0.7\% - 0.4\%) \times 75 + 0.052 + \frac{0.46}{6} \quad (5.10)$$

$$(S_{\max} - S_{\min}) l_{s2} + \delta_{Z4} + \delta_{c4} = 0.422 < \Delta = 0.74 \quad \text{校验合格}$$

### 5.4.5 型腔深度尺寸的校核

$$(S_{\max} - S_{\min}) H_{s3} + \delta_{Z5} + \delta_{c5} = (0.7\% - 0.4\%) \times 30.5 + 0.062 + \frac{0.32}{6} \quad (5.11)$$

$$(S_{\max} - S_{\min}) H_{s3} + \delta_{Z5} + \delta_{c5} = 0.207 < \Delta = 0.32 \quad \text{校验合格}$$

### 5.4.6 型芯高度尺寸的校核

$$(S_{\max} - S_{\min}) h_{s3} + \delta_{Z6} + \delta_{c6} = (0.7\% - 0.4\%) \times 28.5 + 0.052 + \frac{0.48}{6} \quad (5.12)$$

$$(S_{\max} - S_{\min}) h_{s3} + \delta_{Z6} + \delta_{c6} = 0.218 < \Delta = 0.48 \quad \text{校验合格}$$

上述式中

$\delta_c$ ——成型零件的磨损量，对于中小型塑件  $\delta_c = \frac{\Delta}{6}$ ；

其余参数见上一小节。

## 5.5 模具型腔与底板厚度的计算

模具型腔与底板厚度需要进行计算并校核才能进行安装使用。

### 5.5.1 整体凹模长边强度的计算

模具型腔应具有良好的强度和刚度才足以承受塑料熔体的压力，否则注塑过程将会出现或多或少的问题，轻则如飞边和溢出等成型缺陷，重则模具和注塑机损坏等。本次设计采用整体嵌入式模仁，其力学计算采用方块凹模模型来估算。除此之外，该模具属于中小型模具，故按照强度条件来校核，其相关的力学模型如图 5.4 所示。

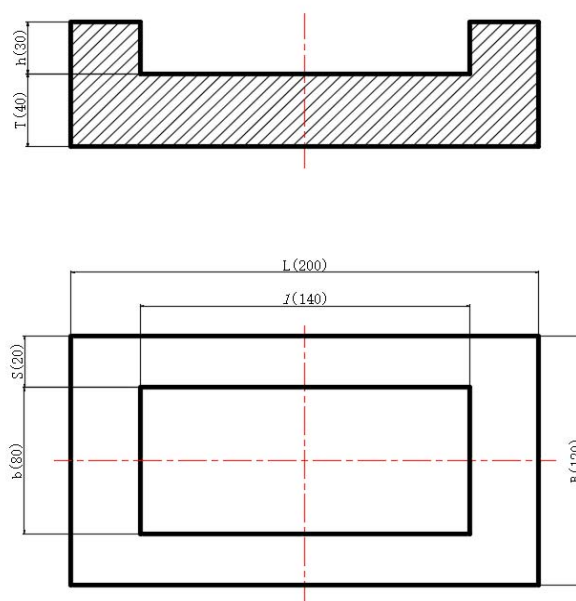


图 5.4 型腔结构力学模型

由于

$$\frac{h}{l} = \frac{30}{140} = 0.21 < 0.41$$

所以

$$S_1 = \left( \frac{3ph_1^2}{\sigma_p} \right)^{\frac{1}{2}} = \left( \frac{3 \times 35 \times 30^2}{300} \right)^{\frac{1}{2}} \approx 17.75 \text{ mm} \quad (5.13)$$

$$S_1 < 20 \text{ mm} \quad \text{强度满足要求}$$

式中

$h_1$ ——定模塑件深度尺寸 ( $h_1=30\text{mm}$ )；

$p$  ——型腔压力，查参考文献<sup>[1]</sup>表 4-2 取  $p = 35 \text{ MPa}$ （下同）；

$\sigma_p$ ——模具材料得许用应力（MPa），数据来源于手册查询，因为电器罩壳定模仁采用预硬化钢 P20，所以  $[\sigma_p] = 300 \text{ MPa}$ 。

$l$ ——嵌件长边长度 ( $l=140\text{mm}$ )；

### 5.5.2 整体凹模长边刚度的校核



$$\begin{aligned}
S_1 &= h \left( \frac{Cph}{\phi_1 E \delta_p} \right)^{\frac{1}{3}} \\
&= 30 \times \left( \frac{1.36 \times 35 \times 30^2}{0.06314 \times 0.68 \times 2.1 \times 10^5} \right)^{\frac{1}{2}} = 11.93 \text{ mm}
\end{aligned} \tag{5.14}$$

$$S_1 < 20\text{mm} \quad \text{刚度满足要求}$$

式中

$\delta_p$ ——塑件为三级精度,  $\delta_p = 15i_2 = 15(0.45l^{0.2} + 0.001l) = 63.14\mu\text{m}$ ;

$E$ ——模具钢弹性模量,  $E = 2.1 \times 10^5 \text{Pa}$ ;

$$\text{其中 } \phi_1 = 0.68; C = \frac{3\left(\frac{l^4}{h^4}\right)}{2\left(\frac{l^4}{h^4}\right) + 96} = \frac{3\left(\frac{140^4}{20^4}\right)}{2\left(\frac{140^4}{20^4}\right) + 96} = 1.36。$$

### 5.5.3 动模板厚度的计算

$$T = 0.54l_0 \left( \frac{pA}{EL\delta_p} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.54 \times 224 \times \left( \frac{35 \times 2 \times 11600}{2.1 \times 10^5 \times 550 \times 0.018} \right)^{\frac{1}{3}} \tag{5.15}$$

$$= 47.24 \text{ mm} < 50\text{mm} \quad \text{动模板厚度满足要求}$$

式中

$l_0$ ——两垫块之间的距离,  $l_0 = W - 2W_2 = 224 \text{ mm}$ ;

$L$ ——模具长度,  $L = 550 \text{ mm}$ ;

$\delta_p$ ——模具刚度计算许用变形量, 由参考文献<sup>[1]</sup>表 4-18 得:

$$\delta_p = 15i_2 = 15 \times 0.00119 = 0.018 \text{ mm}$$

$$i_1 = 0.45W^{\frac{1}{5}} + 0.001W = 0.45 \times 224^{\frac{1}{5}} + 0.001 \times 224 = 1.552 \mu\text{m}$$

$E$ ——模具钢弹性模量, 对预硬化钢  $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$ ;

$A$ ——电器罩壳总投影面积。

在动模板与动模座板之间增加四个直径为 450mm 的标准 A 型支承柱可以较好的弥补动模板的刚度不足 (如图 5.5 所示), 故可以近似得到底板厚度:

$$T_n = \left( \frac{1}{n+1} \right)^{\frac{4}{3}} T = \left( \frac{1}{1+1} \right)^{\frac{4}{3}} \times 47.24 = 18.75 \text{ mm} \tag{5.16}$$

式中

$n$ ——此处四根支承柱等效于一个支承块，即  $n=1$ ；

$T$ ——计算所需板的厚度， $T = 47.24 \text{ mm}$ 。

动模板厚度根据结构设计取  $50 \text{ mm}$ ，由计算得  $18.75 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$ ，故动模板刚度能够满足要求。

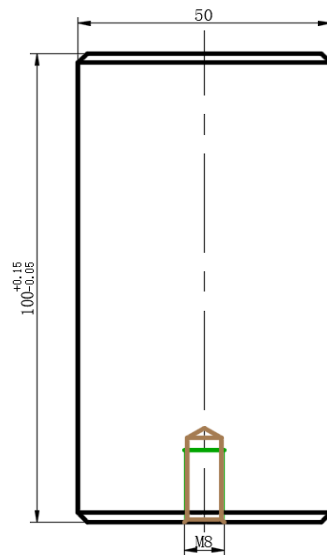


图 5.5 支承柱

## 第六章 侧向抽芯机构的设计

由于本次模具设计的电器罩壳双侧有大量矩形散热孔,故需要进行侧向抽芯后才能顺利脱模。本次设计侧向抽芯传动机构将侧型芯抽出后完成脱模。

### 6.1 抽芯距的计算

由于双侧矩形散热孔厚度一致,抽芯距只需计算其一即可

$$S_{抽} = h + K = (2.5 + 2) \text{ mm} = 4.5 \text{ mm} \quad (6.1)$$

$h$ ——塑件侧孔深度, 约为 2.5mm;

$K$ ——安全距离, 此处取 2mm;

### 6.2 斜导柱的设计

#### 6.2.1 抽芯力计算

其计算过程见脱模力的计算, 抽芯力  $Q' = F_1 = 1301.79 \text{ N}$

#### 6.2.2 斜导柱弯曲力计算

对于斜导柱 I,

$$N_1 = \frac{Q' \cos^2 \phi}{\cos(\alpha + 2\phi)} = \frac{1301.79 \times \cos^2 26.57^\circ}{\cos(10^\circ + 2 \times 25.67^\circ)} \approx 2171.22 \text{ N} \quad (6.2)$$

式中:

$N_1$ ——斜导柱弯曲力;

$Q'$  ——抽拔阻力 (N), 值与  $F_1$  相等, 即 1301.79N;

$\phi$ ——摩擦角,  $\phi = \arctan f = \arctan 0.50 = 26.57^\circ$ 。其中  $f$  为钢材摩擦因数。

对于斜导柱 II:

$$N_2 = \frac{Q' \cos^2 \phi}{\cos(\alpha + 2\phi)} = \frac{1952.68 \times \cos^2 26.57^\circ}{\cos(10^\circ + 2 \times 25.67^\circ)} \approx 3256.83 \text{ N} \quad (6.3)$$

式中:

$N_2$ ——斜导柱弯曲力;

$Q'$  ——抽拔阻力 (N), 此处估算为  $1.5F_1$ , 即 1952.68N;

$\phi$ ——摩擦角,  $\phi = \arctan f = \arctan 0.50 = 26.57^\circ$ 。其中  $f$  为钢材摩擦因数。

### 6.2.3 斜导柱截面尺寸的设计

对于斜导柱 I：

$$d = \sqrt[3]{\frac{N_1 L_4}{0.1[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{2171.22 \times 25.91}{0.1 \times 300}} = 12.33\text{mm} \quad (6.4)$$

式中：

$L_4$ ——斜导柱有效长度（mm）， $L_4 = \frac{S_{\text{抽}1}}{\sin \alpha} = \frac{4.5}{\sin 10^\circ} = 25.91\text{mm}$ ；

$[\sigma]$ ——许用弯曲应力（MPa），对于 GCr15 钢材， $[\sigma]=300\text{MPa}$ 。

对于斜导柱 II：

$$d = \sqrt[3]{\frac{N_2 L_4}{0.2[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{3256.83 \times 25.91}{0.2 \times 300}} = 11.20\text{mm} \quad (6.5)$$

式中：

$L_4$ ——斜导柱有效长度（mm）， $L_4 = \frac{S_{\text{抽}1}}{\sin \alpha} = \frac{4.5}{\sin 10^\circ} = 25.91\text{mm}$ ；

$[\sigma]$ ——许用弯曲应力（MPa），对于 GCr15 钢材， $[\sigma]=300\text{MPa}$ 。

此处采用双斜导柱驱动，分母系数  $0.1 \times 2 = 0.2$ 。

由计算知，斜导柱均采用标准斜导柱直径  $d=16\text{mm}$ ，斜导柱台阶孔  $D=20\text{mm}$  可以较好的满足设计要求，侧向抽芯机构一个采取单斜导柱驱动，一个使用双斜导柱驱动可满足抽芯要求。

### 6.2.4 斜导柱长度及开模长度的确定

由于采取的斜导柱尺寸一致，此处斜导柱的开模长度计算只需计算其一。

对于斜导柱 I：

$$\begin{aligned} L_1 &= \frac{h_1}{\cos \alpha_1} + \frac{D_1}{2} \tan \alpha_1 + \frac{d_1}{2} \tan \alpha_1 + \frac{S_{\text{抽}1}}{\sin \alpha_1} + (8 \sim 15) \\ &= \frac{58}{\cos 10^\circ} + \frac{20}{2} \tan 10^\circ + \frac{16}{2} \tan 10^\circ + \frac{4.5}{\sin 10^\circ} + (8 \sim 15)\text{mm} \\ &= 95.98 \sim 102.98\text{mm} \end{aligned} \quad (6.6)$$

式中：

$h_1$ ——斜导柱在固定板中的厚度（mm），为 58mm；

$D_1$ ——斜导柱沉头直径（mm），为 20mm；

$d_1$ ——斜导柱直径（mm），为 16mm；

$S_{\text{抽}1}$ ——抽芯距（mm），为 4.5mm；

$\alpha_1$ ——斜导柱倾斜角，为  $10^\circ$ 。

根据 GB/T 4169.4-2006 查表 7-10<sup>[2]</sup>， $L_1$  范围为 50~160mm，取  $L_1=100\text{mm}$ 。

开模行程极小值为：

$$H_1 = S_{\text{抽}1} \cdot \cot \alpha_1 = 4.5 \times \cot 10^\circ = 25.52\text{mm} \quad (6.7)$$

## 6.3 滑块的设计

### 6.3.1 活动型芯与滑块的连接形式

由于本次设计的电器罩壳两侧的矩形的散热孔数量较多，抽芯距小且侧型芯的尺寸较大，故采用侧型芯与滑块分别加工再以销钉固定的方式（如图 6.1 所示）进行连接较为合适。

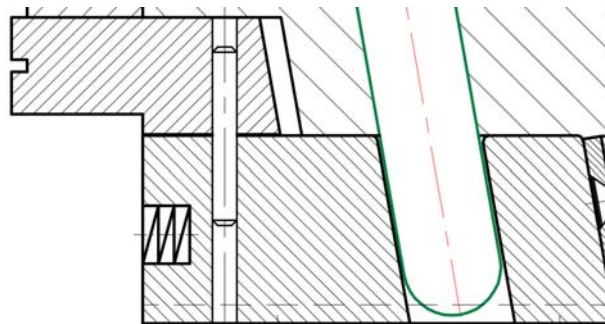


图 6.1 活动型芯与滑块的连接形式

### 6.3.2 滑块的导滑形式

如图 6.2 所示为滑块的导滑形式。

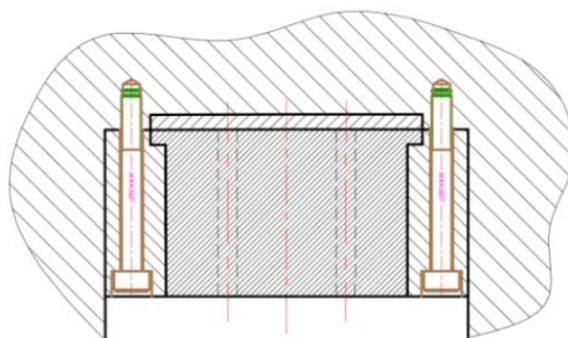


图 6.2 滑块的导滑形式

### 6.3.3 滑块的定位装置

为使侧向抽芯完成后滑块停留在固定的位置,本次设计采取弹簧辅助限位钉限位的方式进行滑块的定位。如图 6.3 所示

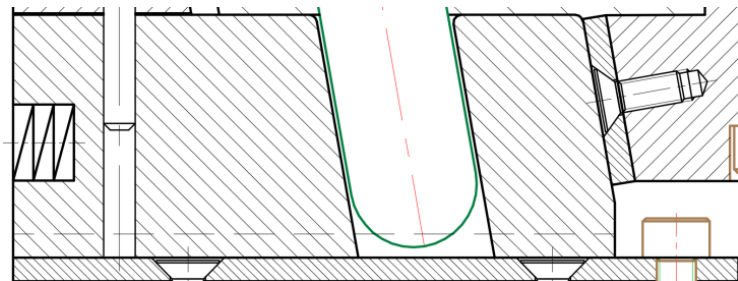


图 6.3 滑块的定位装置

### 6.3.4 滑块的紧锁装置

滑块的紧锁装置主要是为保证侧型芯的复位和承压稳定,本次设计采用嵌入式楔紧块进行锁紧,整体效果良好;此外,楔紧块的楔角应大于斜导柱的楔角,斜导柱才可以带动滑块完成侧向抽芯操作,此处 $\alpha_1 = \alpha + 2^\circ$  取 $\alpha_1 = 22^\circ$  其结构如图 6.4 所示。

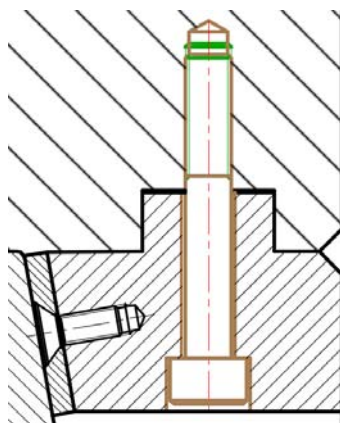


图 6.4 滑块的紧锁装置

## 第七章 脱模推出机构的设计

### 7.1 塑件推出机构的设计

分析电器罩壳的尺寸结构并考虑加工的方便和整体布局,本次设计采用多推杆直接脱模较为简单方便,共设置 26 根推杆,其中选用 20 根直径为 8 毫米,长度为 150 毫米的带肩圆形推杆,选用 6 根直径为 8 毫米,长度为 147 毫米的带肩圆形推杆,材质选取 3Cr2W8V 并要求硬度达到 45~50HRC。

### 7.2 脱模力的计算

根据参考文献<sup>[1]</sup>4.9.2 节的内容,因为

$$\lambda = \frac{(a+b)}{\pi t} = \frac{(140+80)}{\pi \times 2.5} \approx 28 > 10 \quad (7.1)$$

因此电器罩壳属于薄壁矩形类塑件,根据设计手册

$$F = \frac{8tES_{cp}L \cos \varphi (f - \tan \varphi)}{(1 - \mu)K_2} + 0.1A \quad (7.2)$$

式中

$F$ ——脱模力 (N) ;

$E$ ——ABS 弹性模量,取 2900 MPa;

$S_{cp}$ ——ABS 平均收缩率,取 0.55%;

$t$ ——塑件厚度,这里 2.5 mm;

$L$ ——被包型芯的长度 140mm;

$\mu$ ——塑料的泊松比,查参考文献<sup>[3]</sup>表 2-12 取 0.35;

$\varphi$ ——脱模斜度,查参考文献<sup>[1]</sup>表 2-6 取 35' ;

$A$  ——塑件竖直投影面积,已计算得 11600mm<sup>2</sup>

$f$ ——ABS 与定模仁的摩擦因数,取 0.3;

$K_2$ ——无因次数 (其计算公式如下) :

$$K_2 = 1 + f \sin \varphi \cos \varphi \quad (7.3)$$

可以算得

$$F_1 = 1301.79 \text{ N}$$

### 7.3 推出面积和接触应力计算

$$A_{\text{推杆}} = 26 \times \frac{\pi}{4} d^2 = 26 \times \frac{\pi}{4} \times 8^2 = 1306.90 \text{mm}^2 \quad (7.4)$$

查表取许用应力 $[\sigma]=16.7 \text{ MPa}$ ，于是

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{1.2F}{A} = \frac{1.2 \times 1301.79}{1306.9} \\ &= 1.19 \text{ MPa} < 16.7 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (7.5)$$

由此可得，本次设计采用多推杆直接推出的脱模方式是合理的。



## 第八章 模架的确定

### 8.1 模架规格的确定

通过前面一系列计算，模仁尺寸选择  $120 \times 420 \text{ mm}$ ，同时在完成动、定模板的强度刚度校核，侧向抽芯机构和导向定位机构的布置等工作后，选用的模架为直接浇口 ZC 型（动模三板模，定模两板模）且代号为 3555 号（ $W \times L = 350 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$ ）的标准模架（如图 8.1 所示）

（1）定模座板尺寸（ $H_4$ ）尺寸： $W_1 \times L = 550 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ ，厚度  $H_4 = 30 \text{ mm}$ ，采用 45 钢并进行调质处理。

（2）定模板（A 板）尺寸： $W \times L = 550 \text{ mm} \times 350 \text{ mm}$ ，厚度  $A = 70 \text{ mm}$ 。采用 45 钢并进行调质处理，硬度要求达到 230~270HBW。

（3）动模板（B 板）尺寸： $W \times L = 550 \text{ mm} \times 350 \text{ mm}$ ，厚度  $B = 50 \text{ mm}$ 。采用 45 钢并进行调质处理，硬度要求达到 230~270HBW。

（4）垫块尺寸： $W_2 \times L = 63 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$ ，高度  $C = 100 \text{ mm}$ 。

①垫块的作用：调节模具的总高度且形成推出机构的运动空间。

②结构形式：平行垫块。

③垫块材料：45 号钢。

④垫块高度  $h$  的校核

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + s + \delta = 5 + 20 + 25 + 40 + 3 = 93 \text{ mm}$$

即  $h < 100 \text{ mm}$ ，符合要求。

式中

$h_1$ ——顶出推板垃圾钉的厚度，取 5mm；

$h_2$ ——推板的厚度，为 20 mm；

$h_3$ ——推杆固定板厚度，为 25 mm；

$s$  ——推出行程，为 40 mm

$\delta$  ——推出富余行程，一般为 3 mm~6 mm，取 3 mm

（5）推杆固定板（ $H_5$ ）尺寸： $W_3 \times L = 220 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$ ， $H_5 = 25 \text{ mm}$ ，采用 45 钢。

（6）推板（ $H_6$ ）尺寸： $W_3 \times L = 220 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$ ， $H_6 = 20 \text{ mm}$ ，采用 45 钢。

（7）动模座板（ $H_1$ ）尺寸： $W_1 \times L = 400 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$ ， $H_1 = 30 \text{ mm}$ ，采用 45 钢。

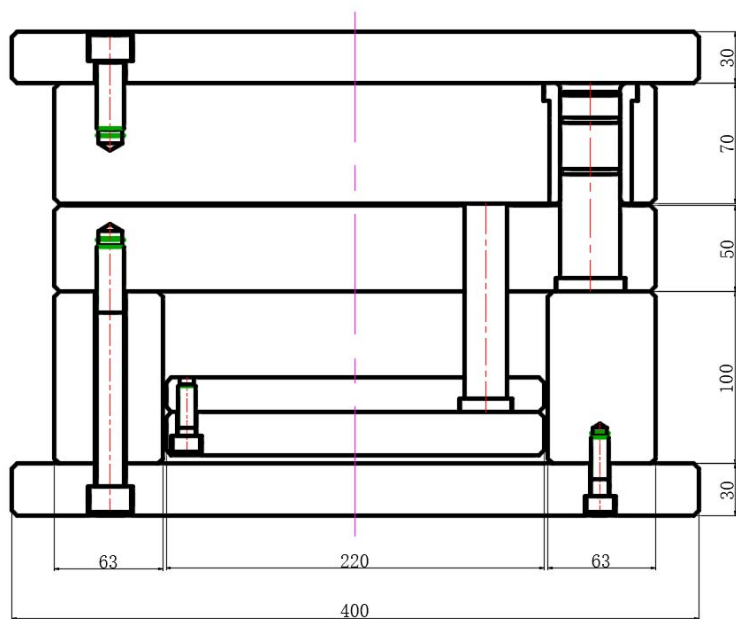


图 8.1 ZC 型直接浇口模架

## 8.2 模架各尺寸的校核

### 8.2.1 模具平面与高度尺寸的校核

- (1) 平面尺寸  $350\text{ mm} \times 550\text{ mm} < 355\text{ mm} \times 585\text{ mm}$ ，校验合格。
- (2) 厚度尺寸  $180\text{ mm} < 280\text{ mm} < 350\text{ mm} < 400\text{ mm}$ ，校验合格。

### 8.2.2 开模行程的校核

本设计所选的注射机为 SZ—200/120，对单分型面注塑模的开模行程  $H$  为

$$H = H_1 + H_2 + (5 \sim 10)\text{ mm} \leq S_{\max}$$

式中

$S_{\max}$ ——注射机移动模板的最大行程 (mm)，为 350 mm (见表 3.1)；

$H_1$ ——塑件推出距离 (脱模距离) (mm)，为 90mm；

$H_2$ ——塑件的高度 (mm)，为 30 mm；

于是  $H = H_1 + H_2 + (5 \sim 10\text{ mm}) = 90 + 30 + (5 \sim 10)\text{ mm} = 125 \sim 130\text{ mm} < 350\text{ mm}$ ，故开模行程符合要求。

## 第九章 温度调节系统的设计

注射成型的温度调节系统主要包含加热系统和冷却系统，用于加热和冷却，合理的温度调控能够使注塑成型的产品质量和生产率得到较好的保障。

### 9.1 冷却系统的设计

本次设计的电器罩壳属于中小型塑件产品，而且模具的模温要求在 75℃ 以下，故无需布置加热装置，只需要设计冷却系统即可。对注射进模具型腔的塑料熔体进行及时有效的冷却是保证成型质量的关键，型腔内的熔体冷却定型后才能迅速脱模，否则会发生成型不完全等缺陷。本次设计采用的冷却介质为常温水，其比热容大，传热性能好且成本低廉，冷却效果良好。

### 9.2 冷却系统的计算

(1) 注射总塑料熔体质量（单位时间）

1) 塑料制品的体积

$$V = V_{\text{主}} + V_{\text{分}} + nV_{\text{塑}} = 4.217 + (0 + 1.382) + 2 \times 41.5 \\ = 88.599 \text{ cm}^3 \quad (9.1)$$

2) 塑料制品的质量

$$m = V\rho = 88.599 \times 1.05 = 93.03 \text{ g} = 0.09303 \text{ kg} \quad (9.2)$$

3) 产品平均壁厚为 2.5 mm，根据参考文献<sup>[2]</sup>表 9.9 取  $t_{\text{热}} = 40 \text{ s}$ 。由式 4.19 注射时

间  $t_{\text{注}} = 3.38 \text{ s}$ ，取脱模时间  $t_{\text{脱}} = 10 \text{ s}$ 。则注射周期

$$t = t_{\text{注}} + t_{\text{热}} + t_{\text{脱}} = 3.38 + 40 + 10 = 53.38 \text{ s} \quad (9.3)$$

故每小时注射次数为  $N = (3600/53.38) \approx 67$  次。

4) 注射总塑料熔体质量（单位时间）

$$W = 67Nm = 67 \times 2 \times 0.09303 = 12.466 \text{ kg/h} \quad (9.4)$$

(2) 塑件凝固放热（单位质量）

查设计手册可知 ABS 工程塑料单位热流量  $Q_s$  的值为 310~400 kJ/kg，此处取 380 kJ/kg。

(3) 计算水道体积流量

设入水口和出水口温差为 5℃，取水的密度、比热容分别为  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,

$c=4187\text{J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。则根据公式得水道体积流量

$$q_V = \frac{WQ_s}{60\rho c(\theta_1 - \theta_2)} = \frac{12.466 \times 380}{60 \times 1000 \times 4.187 \times (25 - 20)} \approx 3.77 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min} \quad (9.5)$$

(4) 确定水路的直径

当 $q_V = 3.77 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$ ，查参考文献<sup>[1]</sup>表 4-27，取  $d=8 \text{ mm}=0.008 \text{ m}$ 。

(5) 确定水在管道内的流速

$$v = \frac{4q_V}{60\pi d^2} = \frac{4 \times 3.77 \times 10^{-3}}{60 \times 3.14 \times 0.008^2} \approx 1.25 \text{ m/s} \quad (9.6)$$

又由参考文献<sup>[1]</sup>表 4-27 取最低流速 $v = 1.66 \text{ m/s}$ 。

(6) 求传热膜系数

因为平均水温为  $22.5^{\circ}\text{C}$ ，查参考文献<sup>[1]</sup>表 4-28 可得 $f = 6.5$ ，则

$$h = \frac{4.187f(\rho v)^{0.8}}{d^{0.2}} = \frac{4.187 \times 6.5 \times (1000 \times 1.66)^{0.8}}{0.008^{0.2}} = 2.69 \times 10^4 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}) \quad (9.7)$$

(7) 计算水道的导热总面积

$$A = \frac{WQ_s}{h\Delta\theta} = \frac{12.466 \times 380}{2.69 \times 10^4 \times (75 - 22.5)} \approx 0.009 \text{ m}^2 \quad (9.8)$$

(8) 计算模具所需水道的总长度

$$L = \frac{A}{\pi d} = \frac{0.009}{3.14 \times 0.008} = 0.358 \text{ m} = 358 \text{ mm} \quad (9.9)$$

(9) 水路的根数  $x$ ，设每条水路长度 $l=250\text{mm}$ ，条数

$$x = \frac{L}{l} = \frac{358}{250} \approx 1.432 \text{ (根)} \quad (9.10)$$

根据冷却系统的简略计算和模具结构和推出机构的布置，初步确定动、定模部分均采用两条水道，其分布如图 9.1 所示。

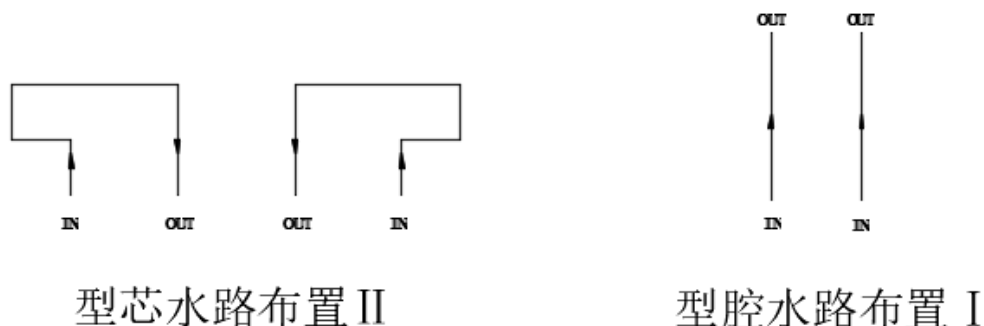


图 9.1 水路布置

## 第十章 排气系统的设计

本次设计的电器罩壳注塑模具，浇注系统采用最常规的侧浇口进行浇注，该壳体共计两个异形小型芯，主要嵌入动模仁中，可与定模产生配合间隙；除此之外，动模仁上还布置了 26 根直径为 8 毫米的带肩推杆，每根推杆与主型芯之间存在配合间隙，由注塑过程中塑料熔体冷却时产生的气体可以从这些间隙中排出；本次设计采用单分型面，分型面之间的配合间隙能够很好的使注塑过程产生的气体释放，因此并不会产生憋气的现象，故无需单独布置排气槽。

## 第十一章 导向与定位结构的设计

本此设计的电器罩壳注塑模结构简单，模具定位要求一般，经分析采用模架自带的导柱导套能够较好的实现定位和导向。

### 11.1 导柱导套的选型和布置

导套和导柱主要起导向作用（其配合如图 11.1 所示），根据参考文献<sup>[3]</sup>表 7-10 选取直径  $D=35\text{ mm}$ ，长度  $L=108\text{ mm}$  的标准带头导柱，呈对称分置。

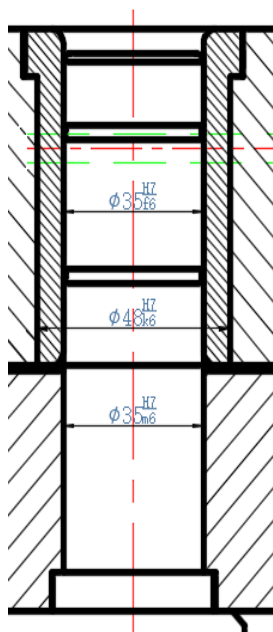


图 11.1 导柱导套配合

### 11.2 推板导柱导套的选型和布置

推板导柱导套即中托司，本次设计选取直径为 20 毫米，长度为 135 毫米的标准带头导柱，直径  $D=20\text{ mm}$  的标准推板导套导套，其之间的配合详见图 11.2。

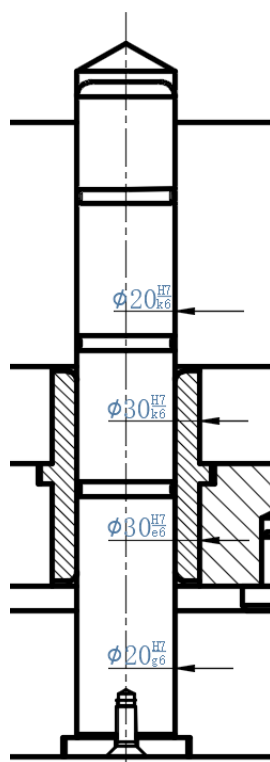


图 11.2 推板导柱导套配合

## 第十二章 其他零件的选用

### 12.1 紧固件

本次设计的紧固件主要采用内六角圆柱头螺钉（见图 12.1）和内六角沉头螺钉（见图 12.2），紧固强度高，预紧力较大，可靠性好，安装方便。

定模座板与浇口套之间的连接选用 M6×20；

各螺钉安装和联接尺寸分别由参考文献<sup>[3]</sup>表 10-5 和表 10-6 确定。

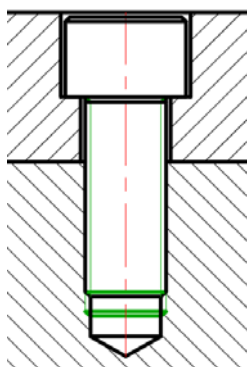


图 12.1 内六角圆柱头螺钉

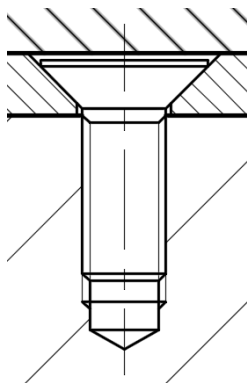


图 12.2 内六角沉头螺钉

### 12.2 限位钉

限位钉即垃圾钉（如图 12.3 所示），主要作用是让推杆固定板板退回后与底板保持一定距离，防止异物掉到里面造成推杆凸起，本设计选用直径为 20 毫米的垃圾钉，选用 45 号钢且其硬度为 40~45HRC。



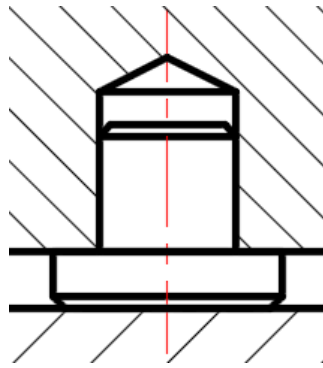


图 12.3 限位钉

### 12.3 拉料杆

本设计为一模两腔侧浇口模具，根据模具结构和分流道布置，参考文献<sup>[3]</sup>表 7-43 选取 1 根  $D=10\text{mm}$ ， $L=100\text{mm}$  的 Z 字型拉料杆，布置于主流道下方，其末端固定在推杆固定板上，其结构如图 12.4 所示。



图 12.4 拉料杆

## 第十三章 成型零件的制造工艺

### 13.1 型腔的加工工艺

型腔制造工艺如下表 13.1 所示。

表 13.1 型腔制造工艺过程

序号	工序	加工工艺过程	设备
01	备料	718H 锻钢件 $>450\text{mm} \times 150\text{mm} \times 70\text{mm}$ , 钢材 热处理预硬化 36~38HRC	
02	铣削	粗铣削坯料至 $422\text{mm} \times 122\text{mm} \times 52\text{mm}$ , 留加工余量 2mm。保证基准面互相垂直。	加工中心
03	磨削	磨削上下平面至 50.5mm	平面磨床
04	钻孔, 攻螺纹	钻冷却水孔 $5 \times \phi 8$ 以及钻主流道成型孔, 攻锥 螺纹 $10 \times \text{Rc}1/4$	加工中心
05	钳工	底平面四角倒棱去毛刺	钳工工作台
06	铣削	按基准定位, 通过 3D 模型自动生成的程序铣削分型面, 按照 3D 程序铣削型腔成型面, 铣削抽 芯滑块导滑槽, 各尺寸均留 0.5mm。	加工中心
07	热处理	热处理退火, 消除切削应力	热处理炉
08	铣削	按第一基准定位, 通过 3D 模型自动生产的程序 精铣削分型面, 侧抽芯导滑槽, 各尺寸全部加工到图样尺寸	加工中心
09	钳工	周边各棱角去除毛刺, 型腔抛光到 $\text{Ra}0.8\mu\text{m}$	钳工工作台
10	热处理	渗氮处理, 硬度达 58~65HRC	渗氮炉
11	抛光	钳工对型腔按脱模方向抛光至 $\text{Ra}0.4\mu\text{m}$	钳工工作台

12	模具总装	各模具零件清洗后按技术要求进行组装	装配工作台
13	侧型芯与导滑孔槽研配	在总装之前应该对侧型芯与导滑槽孔进行配合检验，用红丹进行着色检查接触情况，否则应进行研合整修	装配工作台
14	试模检验	检验成型产品各项参数是否达到要求	检验工作台及其仪器

## 13.2 型芯的加工工艺

型芯制造工艺如下表 13.2 所示。

**表 13.2 型芯制造工艺过程**

序号	工序	加工工艺过程	设备
01	备料	738H 锻钢件 $>450\text{mm} \times 150\text{mm} \times 50\text{mm}$ ，钢材热处理预硬化 36~38HRC	
02	铣削	粗铣削坯料至 $422\text{mm} \times 122\text{mm} \times 32\text{mm}$ ，留加工余量 2mm。保证基准面互相垂直。	加工中心
03	磨削	磨削上下平面至 31.5mm	平面磨床
04	钻孔，攻螺纹	按图纸钻全部 $\phi 8\text{mm}$ 的冷却水孔洞，攻全部锥螺纹 Rc1/4	加工中心
05	钳工	底平面四周倒棱去毛刺	钳工工作台
06	铣削	按基准定位，通过 3D 模型自动生成的程序铣削分型面，粗铣型芯成型面。钻、扩、铰推杆孔和拉料孔	加工中心
07	退火	去应力退火，消除铣削时的内应力	热处理炉

---

08	铣削	按第一基准定位，精铣削型芯成型面，各尺寸全部加工到图样尺寸	加工中心
09	钳工	扩钻推杆孔，周边各棱角倒钝去毛刺	加工中心
10	热处理	渗氮处理，硬度达 58~65HRC	渗氮炉
11	抛光	型腔按脱模方向抛光至 Ra0.4um	钳工工作台
12	模具总装	各模具零件清洗后按技术要求进行组装	装配工作台
13	侧型芯与导滑孔槽研配	在总装之前应该对侧型芯与导滑槽孔进行配合检验，用红丹进行着色检查接触情况，否则应进行研合整修	装配工作台
14	试模检验	检验成型产品各项参数是否达到要求	检验工作台及其仪器

---

## 第十四章 模具材料的选用

主要零件的材料、相关热处理、硬度要求如下表 14.1 所示。

表 14.1 模具选材

零件名称	材料牌号	热处理	硬度
小型芯，动模仁、定模仁	718H	渗氮	58~62HRC
动、定模板、动、定模座板	45	调质	230~270HB
延伸式浇口套	45	淬火	50~55HRC
带肩推杆	3Cr2W8V	淬火	52~56HRC
复位杆	45	淬火	43~48HRC
推板	45	淬火+低温回火	43~48HRC
推杆固定板	45		
楔紧块	T8A	淬火	54~58HRC
推板导柱	GCr15	淬火	50~55HRC
导柱、导套	ZSn、GCr15	淬火	50~55HRC
垫块	Q235A		
支承柱	45	淬火	43~48HRC

## 第十五章 模具工作过程

本次设计的电器罩壳注塑模具整体而言相对较简单，其大致的工作流程如下所示：

- (1) 对 ABS 原料进行干燥处理后装入料斗。
- (2) 清理模具，进行适当的预热。
- (3) 合模、锁紧模具。
- (4) 对塑料进行预塑化，注射装置准备注射。
- (5) 合模、注射、保压、冷却（即完整的注射成型过程）。

(6) 脱模过程：当注射机进行开模运动时，固定于定模的斜导柱在垂直方向进行抽拔将把置于动模上的滑块沿水平向外推开，将垂直的运动转为水平的运动，连接于滑块的侧型芯同步进行侧向抽芯，抽芯过程完成后，滑块恰好抵达限位螺钉处；与此同时，动模在开模力的作用下完成分型操作，塑件包着主型芯和主流道凝料在 Z 字型拉料杆的作用下从主流道衬套中拉出，最后在注塑机推动力的作用下，推杆将塑件推出，至此整个脱模过程结束。

- (7) 塑件后处理。

## 第十六章 经济效益与环保性分析

### 16.1 影响模具价格的因素

(1) 原材料：本次设计所选取的模架主要采用 45 号钢，其成本相对低廉，成型零件的设计采取分体嵌入式，生产要求高的部分即型芯型腔采用 718 号钢材料分开加工再固定的形式，此种模式可节约大量生产成本，经济效益显著。

(2) 供货周期：模具的固定连接和定位导向零件选取标准件，其余零部件除部分外购定制之外，采取自制和改制，生产周期较短。

(3) 市场状况：随着模具技术的更新迭代，模具的生产多元化趋势明显，本次设计选材成本低廉，结构设计紧凑合理，模具拆装维修方便，使用寿命长，经济效益预计良好。

### 16.2 模具成本的粗略计算

(1) 模具材料价格的计算：模架体积按长方体模型进行计算，取最大尺寸  $300\text{mm} \times 350\text{mm} \times 550\text{mm}$ 。

$$V = 300 \times 350 \times 550 = 57750\text{cm}^3 \quad (16.1)$$

查表可知 45 号钢的密度为  $\rho = 7.8/\text{cm}^3$ ,

$$m = v\rho = 7.8 \times 57750 = 450450\text{g} = 450.45\text{kg} \quad (16.2)$$

45 号钢的市场价格  $T=5000$  元/吨，则模架成本  $S$  预计为

$$S = mT = 450.45 \times 5000 \times 10^{-3} = 2252.25 \text{ 元} \quad (16.3)$$

(2) 型芯与型腔价格的计算：体积按照长方体模型进行计算，将其合并取最大尺寸  $120\text{mm} \times 420\text{mm} \times 100\text{mm}$ 。

$$V' = 120 \times 420 \times 100 = 5040\text{cm}^3 \quad (16.4)$$

查表可知 718 号钢的密度同样为  $\rho = 7.8/\text{cm}^3$ ,

$$m' = v'\rho = 7.8 \times 5040 = 39312\text{g} = 39.312\text{kg} \quad (16.5)$$

718 钢的市场价格  $T'$  为 10 元/千克，则型芯与型腔的成本  $S'$  预计为

$$S' = m'T' = 39.312 \times 10 = 393.12 \text{ 元} \quad (16.6)$$

(2) 其余非标零件的费用预估 500 元，标准件费用折合为 400 元，则可以估计总成本约为  $2252.25 + 393.12 + 500 + 400 = 3545.37$  元，模具加工约为材料成本价的 3~5 倍，故模具最高总成本可计算得  $3545.37 \times 5 = 1.772685$  万元。

### 16.3 模具设计环保性分析

社会在发展经济的同时也需注重环境保护,企业的长久发展依托于高效环保的生产模式,因此必须树立绿制造理念,优化注塑模具设计以及制造工艺,制造高质量的绿色注塑模具。

传统模具设计与制造中环境要素常被忽视,回收利用率较低,资源能源浪费严重,污染周围生态环境,不符合新时代下经济可持续发展要求,本设计全方位深入把握绿色制造理念以及绿色设计要求、原则、要点,根据注塑模其性质、特征等,科学开展绿色注塑模具设计工作,在绿色制造理念下。把握注塑模其“标准化”,“模块化”两大设计理念。在信息化时代背景下,计算已成为注塑模具设计过程中不可或缺的关键性元素。本次注塑模具的设计过程中,利用 AUTOCAD 和 PROE 等二维三位软件进行模具的设计,借助 CAD 三维数据,建立 CAD 塑件模型,可以较好的提高经济效益并减小原料浪费和环境污染,符合绿色环保的制造理念。

总而言之,在今后的设计过程中,要以绿色制造理念为导向,多层面探索注塑模具设计与制造工艺思路以及优化路径,高效利用资源,能源的同时发挥注塑模其多样化功能,达到绿色生产的目的,增强自身市场核心竞争力,确保“经济,环保”相互协调,促进社会经济可持续发展。



## 参 考 文 献

- [1] 王群,叶久新.塑料成型工艺及模具设计[M].2 版.北京:机械工业出版社,2018.
- [2] 韩飞,崔令江.冲压及塑料注射模具课程设计指导与实例[M].3 版.哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2018.
- [3] 伍先明,潘平盛.塑料模具设计指导[M].北京:机械工业出版社,2020.
- [4] 中国模具设计大典编委会.中国模具设计大典[M].南昌:江西科学技术出版社,2003.
- [5] 徐学林.互换性与测量技术基础 [M].2 版.长沙:中南大学出版社,2009.
- [6] 大连理工大学工程图学教研室.机械制图[M].7 版.北京:高等教育出版社,2013.

## 致 谢

六月，归期已至，四年光阴已在我指尖滑落。回首四年，科大的每个角落都充满着求学时的纯真回忆，借此机会由衷感谢在四年里照亮我的人。

真诚的感谢胡海蓉老师和唐焰龙企业导师，从毕业设计的选题，开题，设计，以及学习与生活的方方面面都给予我细心的帮助和指导。

学友情深，情同兄妹。我们来自于五湖四海，相识于湖科大，然后在这里，留下了毕生难忘的回忆，我一直坚信，遇见，就是生命中最珍贵的礼物。感谢四年同窗好友们，对我的关爱和照顾。虽然我们即将在人生的岔路口各奔东西，但我相信我们在各自的征程里都将迎来曙光。

感谢父母对我的支持和鼓励，为我创造良好的学习条件，我才能顺利完成完成学业，感激他们一向以来对我的抚养与培育。

最后，再次感谢对我给予指导和帮助的人，感谢遇见，感谢你们！