

1 绪论

1.1 塑料成型模具在加工工业中的地位

模具是利用其特定形状成型具有一定形状和尺寸的制造工具。成型塑料制品的模具叫做塑料模具。

全面要求是：能生产出在尺寸精度、外观、物理性能等方面均能满足使用要求的优质制品。从模具使用角度，要求高效率、自动化、操作简便；从模具制造角度，要求结构合理、制造容易、成本低廉。

塑料模具影响着塑料制品的质量。首先，模具型腔的形状、尺寸、表面光洁度、分型面、进浇口和排气槽位置以及脱模方式等对制件的尺寸和形状精度以及制件的物理性能、机械性能、电性能、内应力大小、各向同性、外观质量、表面光洁度、气泡、凹痕、烧焦、银纹等都有十分重要的影响。其次，在塑料加工过程中，模具结构对操作难易程度影响很大。在大批量生产塑料制品时，应尽量减少分模。合模和取制件过程中的手工劳动，为此常采用自动开合模和自动顶出机构。在全自动生产时还要保证制品能自动从模具上脱落。另外，模具对塑料制品的成本也有相当的影响。除简易模具外，一般来说制模费是十分昂贵的，一副优良的注射模具可生产制品百万件以上，压制模约能生产二十五万件。当批量不大的时候，模具费用在制件成本中所占比例将会很大，这时应尽可能地采用结构合理而简单的模具，以降低成本。

现代塑料制品中合理的加工工艺、高效的设备、先进的模具是必不可少的三项重要因素，尤其是塑料模具对实现塑料加工工艺要求，塑料制件使用要求和造型设计起着重要作用。高效的全自动的设备也只有装上能自动化生产的模具才能发挥其效能，产品的生产和更新都是以模具的制造和更新为前提。由于工业塑件和日用塑料制品的品种和产量需求量很大，对塑料模具生产不断向前发展。

1.2 塑料成型模具发展趋势

随着塑料成型加工机械和成型模具的迅速增长，高效率、自动化、大型、微型、精密、高寿命的模具在整个模具产量中所占比例越来越大。从模具设计和制造技术角度来看，模具的发展趋势可归纳为以下几个方面：

1.2.1 加深理论研究

在模具设计中，对工艺原理的研究越来越深入，模具设计已经由经验设计阶段逐渐向理论计算方面以发展。

1.2.2 高效率、自动化

大量采用各种高效率、自动化的模具结构，如高效冷却以缩短成型周期；各种能可靠地自动脱出产品和流道凝料的脱模机构；热流道浇注系统注射出模具等。高速自动化的塑料成型机械配合以先进的模具，对提高生产效率，降低成本起了很大作用。

1.2.3 大型、超小型及高精度

由于模料应用的扩大，塑料制件已应用到建筑、机械、电子、仪器、仪表等各个工业领域，于是出现了各种大型、精密和高寿命的成型模具，为了满足这些要求，研制了高强度、高硬度、高耐磨性能且易加工，热处理变小、导热性能优异的制模材料。

1.2.4 革命模具制造工艺

为了更新产品花式和适应小批量产品的生产要求，除大力发展高强度、高耐磨性的材料外，同时又重视简易制模工艺研究。

1.2.5 标准化

开展模具标准化工作，使模板，导柱等通用零件标准化、商品化，以适应大规模地成批生产塑料成型模具。

1.2.6 开发计算机辅助设计与辅助制造（CAD/CAM）

随着计算机技术的发展，计算机已广泛应用于模具工业，在注射成型系统中，针对每一个环节都可将计算机作为辅助工具而加入。构成该环节的 CAD 或 CAM 或 CAE。

1、塑件设计

塑件的设计包括塑件结构、尺寸、精度、表面、性能等方面的设计。塑件设计方面的计算机辅助技术有：塑件 CAD、塑料、辅料、辅件选择的专家系统。

2、注射机的使用

常见注射机的使用方面的计算机辅助技术有：注射机选择专家系统；注射机故障诊断系统。

- (1) 注射模使用状况的好坏直接影响到注射质量，在对于高技术注射模来说，都要对注射模在使用过程中进行监控或对注射模的服役模拟仿真，由此知注射模的工作状况。
- (2) 注射工艺 注射工艺方面的计算机辅助技术有：注射工艺制定的专家系统；塑件质量故障诊断。
- (3) 注射模设计 注射模设计主要完成注射模的结构尺寸、精度、表面性能等方面的设计，并选择模具的材料等。计算机在注射模设计方面的工作有：注射划 CAD；注射模材料、辅料、辅件选择专家系统；工装选择专家系统；注射模 CAPP；

1.3 软件简介

本设计中主要为模具的设计与计算，为后面完成装配图作好资料准备。装配图用 AutoCAD 来完成其三个视图的显示。零件为本人设计的触屏手机的上壳和下壳的上盖，整体由曲面构成。零件图的绘制在 AutoCAD 中也较难画出。在此，采用 UG 绘图软件来形成三维图，最后将得到的三维图转换成二维文件，在 AutoCAD 中生成其三视图，再作修改。

1.3.1 总装配图的建立

计算机辅助设计（Computer Aided Design，简称为 CAD），是指利用计算机的计算功能和高效的图形处理能力，对产品进行辅助设计分析、修改和优化。它综合计算机知识和工程设计知识的成果，并随计算机软硬件的不断提高而逐渐完善。AutoCAD 的最大特点是让设计者更为轻松，设计者或绘图者几乎可不必离开屏幕就能连续地完成工作。AutoCAD 适合于工程制造、建筑设计、装潢设计等各行业技术人员作为设计依据，完成图纸上的工作。

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司开发的一种通用 CAD 软件。1982 年首次推出了 AutoCAD R1.0 版本，经过十余次的版本更新，AutoCAD 已从一个简单的绘图软件发展成为包括三维建模在内的功能十分强大的 CAD 系统，是世界上最流行的 CAD 软件，现

已广泛应用于机械、电子、建筑、化工、汽车、造船、轻工及航空航天等领域。

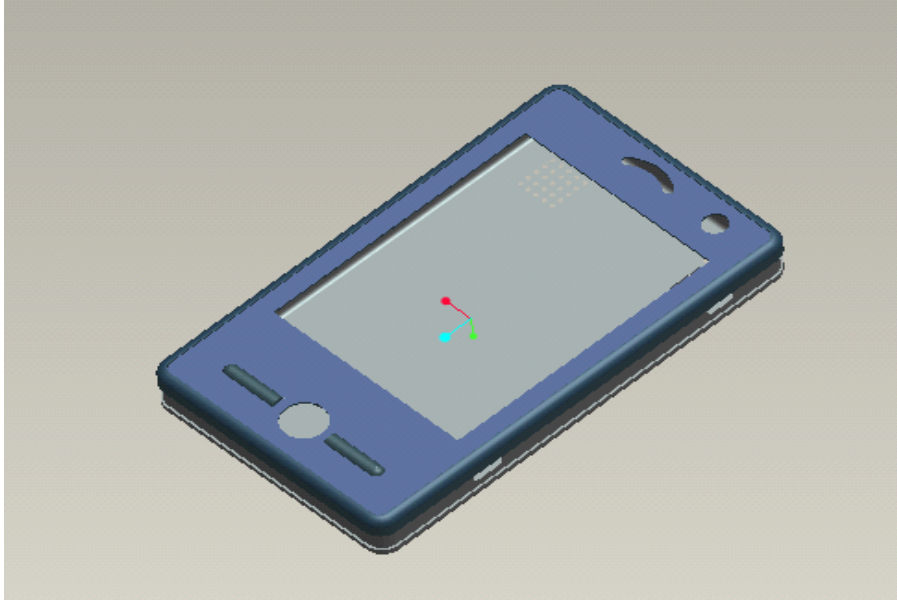
1.3.2 零件模型设计与加工

UGEngineer 是美国 PTC 参数技术公司推出,是国际上最先进也是最成熟使用参数化特征造型技术的大型 CAD/CAM/CAEA 集成软件。这是我们零件模型设计与加工过程中的主要工具。下面是一些简单的介绍:

UGEngineer 包括三维实体造型,装配模拟,加工仿真 NC 自动编程,钣金设计,电路布线,装配管路设计等专有模块, ID 反求工程, CE 并行工程等先进的设计方法和模式。其主要特点是参数化的性造型;统一的能使各模块集成起来的数据库;设计修改的关联性,即一处修改,别的模块中的相应图形和数据也会自动更新。它的性能优良,功能强大,是一套可以应用于工业设计,机械设计,功能仿真,制造和管理等众多领域的工程自动化软件包。UGEngineer 自动化自 1988 年问世以来,10 多年来已成为全世界最普及的 3DCAD/CAM 系统的标准软件,UGEngineer 在今日俨然已成为 3DCAD/CAM 系统的标准软件,广泛应用于电子,机械,模具,工业设计,汽车,自行车,航天,家电,玩具等各行各业。UGEngineer 是一套由设计至生产的机械自动化软件,是新一代产品造型系统,是一个参数化,基于特征的实体造型系统,并且具有单一的数据库功能。

2 制件分析

2.1 手机外壳分析

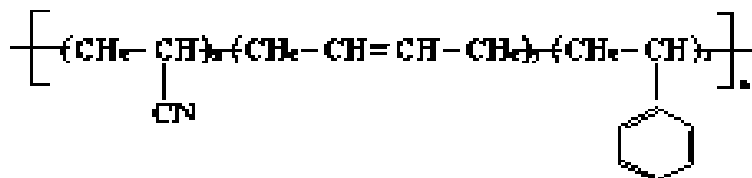


在进行手机外壳注塑模具设计之前，首先对制品图及形状结构分析，其内容主要包括以下几个方面：

1. 手机上壳（见制件图）。制品的几何形状：本次设计的制品为形状象诺基亚 8250 款式，平均壁厚为 1.0mm，属轻质薄壁制品。
2. 制品的尺寸精度和表面粗糙度：塑料的尺寸精度主要决定于塑料收缩率的波动和模具制造误差。本次塑料制品的尺寸按 4 级精度取值。塑件的表面粗糙度主要取决于模具粗糙度，一般情况下，塑件的表面粗糙度比模具成型部分的粗糙度高 1~2 级。
3. 制品的脱模斜度：脱模斜度的取向根据塑件的内外形尺寸而定，以塑件内孔型芯小端为准，尺寸符合图纸要求，斜度由扩大方向取得；塑件外形，以型腔大端为准，尺寸符合图纸要求，斜度由缩小方向取得。一般情况，脱模斜度不包括塑件的公差范围内。本设计采用 1° 脱模斜度。
4. 根据产品的形状和结构特点，本次设计中，流道形式采用非平衡式，上壳采用侧浇口进胶，下壳采用针点式浇口进胶。

2.2 零件材料选择及性能

ABS 是由丙烯腈(Acrylonitrile)、丁二烯(Butadiene)和苯乙烯(Styrene)三种化学单体合成。其中 A 代表丙烯腈, B 代表丁二烯, S 代表苯乙烯。其化学分子结构方式如下:



每种单体都具有不同特性: 丙烯腈有高强度、热稳定性及化学稳定性; 丁二烯具有坚韧性、抗冲击特性; 苯乙烯具有易加工、高光洁度及高强度。

从形态上看, ABS 是非结晶性材料。三中单体的聚合产生了具有两相的三元共聚物, 一个是苯乙烯-丙烯腈的连续相, 另一个是聚丁二烯橡胶分散相。

ABS 不透明, 外观除薄膜外都呈浅象牙色、无毒、无味、兼有韧、硬、刚特性, 燃烧缓慢, 离火后仍继续燃烧, 火焰呈黄色, 有黑烟, 燃烧后塑料软化、烧焦, 发出特殊的肉桂气味, 但无熔融滴落。

ABS 的特性主要取决于三种单体的比率以及两相中的分子结构。这就可以赋予用户在产品设计上有很大的灵活性, 并且由此产生了市场上数百种不同品质的 ABS 材料。ABS 具有优良的综合性能, 由于组分、牌号和生产厂家生产方法的不同, 使之在性能上存在较大差异, 因此以下的试验数据仅供参考。

(1) 物理力学性能

ABS 具有优良的物理力学性能, 如不透水, 但略透水蒸气, 冲击强度较高, 尺寸稳定性好等。ABS 有极好的冲击强度, 即使在低温也不迅速下降。但是它的冲击性能与树脂中所含橡胶的多少、粒子大小、接枝率和分散状成有关, 同时也与使用环境有关、如温度越高则冲击强度越大。当聚合物中丁二烯橡胶含量超过 30% 时, 不论冲击、拉伸、剪切还是其它力学性能都迅速下降 (见表 5-5 和 5-6)。

(2) 热性能。

ABS 制品的负荷变形温度约为 93℃, 若能对制品进行退火处理, 则还可增加 10℃ 左右。

(3) 电性能。

ABS 聚合物的电绝缘性受温度和湿度的影响很小,且在很大频率变化范围内保持恒定。

(4) 耐环境性

ABS 聚合物几乎不受水、无机盐、碱、酸类的影响,但在酮、醛、氯代烃中会溶解或形成乳浊液,它不溶于大部分醇类及烃类溶剂,但长期与烃接触会发生软化溶胀。ABS 聚合物表面受冰醋酸、植物油等化学药品的侵蚀会引起应力开裂。

(5) 耐候性

ABS 聚合物的最大不足之处是耐候性较差,这是由于分子中丁二烯所产生的双键在紫外线作用下易受氧化降解的缘故。经受 350nm 以下波长的紫外线照射,氧化作用更甚。氧化速度与光的强度及波长的对数成正比。

ABS 是一种成型加工性能优良的热塑性工程塑料,可用一般加工方法成型加工。

(6) ABS 的流变性

ABS 聚合物在熔融状态下流动特性属于假塑型液体。虽然 ABS 的熔体流动性与加工温度和剪切速率都有关系,但对剪切速率更为敏感。因此在成型过程中可以采用提高剪切速率来降低熔体粘度,改善熔体流动性。

ABS 属一无定形聚合物,无明显熔点,成型后无结晶,成型收缩率为 0.4%~0.5%。在成型过程中,ABS 的热稳定性较好,不易出现降解或分解,但温度过高时,聚合物中橡胶相有破坏的倾向。

(7) ABS 的吸水性

ABS 具有一定的吸水性,含水量在 0.3%~0.8%范围。成型时如果聚合物中含有水分,制品上就会出现斑痕、云纹、气泡等缺陷,因此在成型前,需将聚合物进行干燥处理,使其含水量降到 0.2%左右。

(8) ABS 制品的后处理

一般情况下很少出现应力开裂,所以除了使用要求较为苛刻的制品,通常不作制品的后处理。注射速度对 ABS 的熔体流动性有一定影响,注射速度快,制品表面光洁度不佳;注射速度慢,制品表面易出现波纹、熔接痕等现象,因而除了充模有困难的情况下,一般以中、低速为宜。在制品要求表面光泽较高时,模具温度可控制在 60—80℃对一般制品可控制在 50-60℃。

表 2.2 ABS 的主要性能指标

力学性能	屈服强度/Mpa		50	热性能及电性能	玻璃化温度/C		
	拉伸强度/Mpa		38		熔点（粘流温度）/C		130—160
	断裂伸长率/%		35		热变形温度/C	45 N/cm3	90—108
						180 N/cm3	83—103
	拉伸弹性模量/Gpa		1.8		线膨胀系数/（10-5/C）		7.0
	弯曲强度/Mpa		80		比热容/〈J/（kg*K）〉		1470
	弯曲弱性模理/Gpa		1.4		热导率/〈W/（m*K）〉		0.263
	件质量冲击强度/kJ/m2	无缺口	261		燃烧性/（cm/min）		慢
		缺口	11		体积电阻/Ω*cm		6.9*1016
	布氏硬度/HBS		9.7R121	击穿电压/（kV/mm）			
物理性能	密度/（g/cm3）		1.02—1.16		吸水性/%（24h）		0.2—0.4
	比体积/（cm2/g）		1.02—1.06		透明度或透光率		不透明

ABS 的成型工艺参数

温度	料筒一区/℃	150-170
	二区/℃	180-190
	三区/℃	200-210
	喷嘴/℃	180-190
	模具/℃	50-70
压力	注射/Mpa	60-100
	保压/Mpa	40-60
时间	注射/s	2-5
	保压/s	5-10
	冷却/s	5-15
	周期/s	15-30
后处理	方法	红外线烘箱
	温度/℃	70
	时间/h	0.3-1

3 模具制造

3.1 模具加工精度的确定

本次设计的手机是日常用品，其外壳要能承受磨损。对于制件的外观要求合表面精度等级要求比较高。现初定制品精度等级为 4 级。

经分析，现确认模具的制造加工精度为 IT7 级，而型芯和型腔的加工精度均为 IT6，型腔采用机械粗加工后电火花精加工，其它采用机械加工。

模具的尺寸公差按 GB-180079，IT7。

3.2 模具结构分析

3.2.1 标准模架的选择

上壳选用的模架尺寸：

表 3.2.1.1 上壳模架尺寸

单位：mm

模板宽度	300	模板长度	300	动模板厚度	40
座板宽度	350	座板厚度	25	定模板厚度	40
垫块宽度	58	垫块厚度	70	—	
推板厚度	20	推板宽度	180	推杆固定板厚度	25
导柱直径	30	导套直径	30	复位杆直径	8
沉头螺钉	8-M14	—	—	—	—

下壳所选用的模架尺寸：

表 3.2.1.2 上壳模架尺寸

单位: mm

模板宽度	300	模板长度	300	动模板厚度	35
座板宽度	350	座板厚度	25	定模板厚度	35
垫块宽度	58	垫块厚度	60	动模垫板	35
推板厚度	30	推板宽度	180	推杆固定板厚度	20
导柱直径	30	导套直径	30	复位杆直径	20
沉头螺钉	4-M14	拉杆直径	30	浇口板厚度	20

3.2.2 模具闭合高度校核

根据注射机的参数, $H_{\max} = 450\text{mm}$ $H_{\min} = 200\text{mm}$

而根据所选标准模架组合尺寸所得, 对于手机上壳而言:

$$H=25+70+40+40+25=200\text{mm}$$

$H_{\min} < H < H_{\max}$ 因此, 满足要求。

对于手机下壳:

$$H=25+60+35+35+35+20+25=235\text{mm}$$

$H_{\min} < H < H_{\max}$ 因此, 满足要求。

3.2.3 开模行程的校核

$$\text{开模行程} = H_1 + H_2 + 5 \sim 10$$

其中: H_1 ——脱模距离 (顶出距离);

H_2 ——制作高度包括浇注系统在内。

XS-Z-500 注射机的模板行程 700mm, 合格。

3.2.4 模板尺寸的校核

所选注射机的模板尺寸为 550mm*650mm, 而本次两个注射模采用的是

300mm*300mm。

合格。

3.2.5 喷嘴尺寸校核

本模具主流道始端的球面半径为 R20，略大于 XS-Z-500 注射机的喷嘴球半径 R18。

合格。

3.3 浇注系统设计

浇注系统是指模具中从注射机喷嘴开始到型腔为止的塑料流动通道。浇注系统设计好坏对制品性能、外观和成型难易程度影响颇大

3.3.1 浇注系统的设计原则：

1. 结合型腔的布置考虑，尽可能采用平衡式分流道布置。
2. 尽量缩短熔体的流程，以便降低压力损失，缩短充模时间。
3. 浇口尺寸位置和数量的选择十分关键，应有利于熔体的流动、避免产生湍流、涡流、喷射和蛇形流动，并有利于排气。
4. 避免高压熔体对模具型芯和嵌件产生冲击，防止变形和位移的产生。
5. 浇注系统凝料脱出应方便可靠，凝料应易于和制品分离或易于切除和修整。
6. 熔接痕部位与浇口尺寸、数量及位置有直接关系，设计浇注系统时要预先考虑到熔接痕的部位、形态以及对制品质量的影响。
7. 尽量减小因开设浇注系统而造成的塑料用量。
8. 浇注系统的模具工作表面应达到所需的硬度、精度和表面粗糙度，其中浇注口应有 IT8 以上的精度要求。
9. 设计浇注系统时应考虑储存冷料的措施。
10. 应尽可能使主流道中心与模板中心重合。若无法重合也应使两者的距离尽量缩小。

主流道衬套选择标准件：

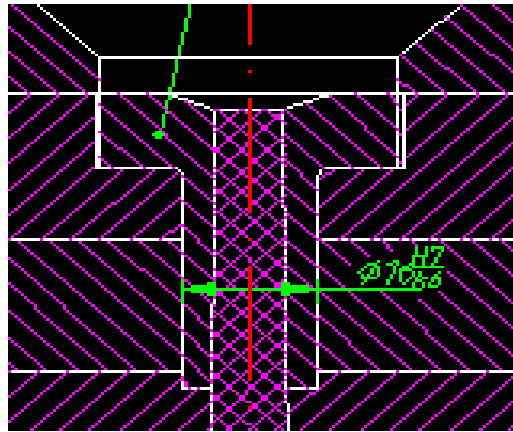


图 3.3.1(a) 上壳主流道套

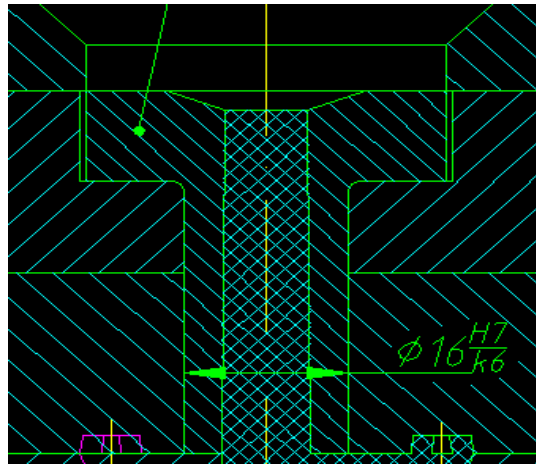


图 3.3.1(b) 下壳主流道衬套:

3.3.2 主流道的设计:

为了使凝料顺利拔出，主流道的小端直径 D 应大于注射机的喷嘴直径 d ，通常为：

$$D=d+(0.3-1)\text{mm}$$

$$D=7.5+0.5=8\text{mm}$$

主流道入口的凹坑球面半径 R_2 也应该大于注射机喷嘴球面头半径 R_1 ，通常为：

$$R_2=R_1+(1-2)\text{mm}$$

$$R_2=18+2=20\text{mm}$$

主流道半锥角通常为锥度 $2^\circ \sim 6^\circ$ ，过大会产生湍流或涡流产生空气，过小使凝料脱模困难，还会使充模时熔体的流动阻力过大。

主流道内壁表面粗糙度应在 $Ra0.8\mu\text{m}$ 以下，抛光时沿轴而进行。主流道的长度 L 一

般按模板厚度确定。为了减少熔体充模时的压力损失，应尽可能缩短主流道的长度，L 一般控制在 60mm 以内。

3.3.3 分流道的设计

分流道是指主流道与浇口之间的通道。其作用是使熔融塑料过渡和转向。由于圆截面加工困难。本次设计上壳采用半圆形断面分流道。根据以上原则和零件的实际情况，决定选用双点浇口形式，这种浇口适用于成型壳、盒、罩和容器等制品，是应用广泛的浇口形式。它的优点为：由于浇口小，熔体通过点浇口时流速增大，前后压差大，提高了充模的速度，从而可获得外表清晰，有光泽的制品；熔体流过点浇口时由于摩擦阻力使部分能量转变为热量，使熔体温度略升高，粘度下降，改善了流动性，这对薄壁制品是有利的；其缺点：浇口尺寸小，充模阻力大，对熔体粘度较高的塑料会产生充填不满的缺陷；为了取出点浇口式浇注系统凝料，要增加一个分型面，模具具有两个分型面的三板式结构，结构比较复杂。

3.3.4 浇口形式

选择浇口形式应该遵循以下原则：

1. 尽可能采用平衡式设置；
2. 型腔排列进料均衡；
3. 型腔布置和浇口开设部位力求对称，防止模具承受偏载而产生溢料现象；
4. 确保耗料量小；
5. 不影响塑件外观。

根据以上原则和零件的实际情况，为了使从主流道来的熔融塑料能均衡地以最短的流程到达各浇口并同时充满各型腔，本设计上壳采用非平衡式的分流道布置形式，下壳决定选用针点浇口进胶，这种浇口适用于成型壳、盒、罩和容器等制品，是应用广泛的手机成型的浇口形式。它的优点为：由于浇口小，熔体通过点浇口时流速增大，前后压差大，提高了充模的速度，从而可获得外表清晰，有光泽的制品；熔体流过点浇口时由于摩擦阻力使部分能量转变为热量，使熔体温度略升高，粘度下降，改善了流动性，这对薄壁制品是有利的；其缺点：浇口尺寸小，充模阻力大，对熔体粘度较高的塑料会产生充填不满的缺陷；为了取出点浇口式浇注系统凝料，要增加一个分型面，模具具有两

个分型面的三板式结构，结构比较复杂。

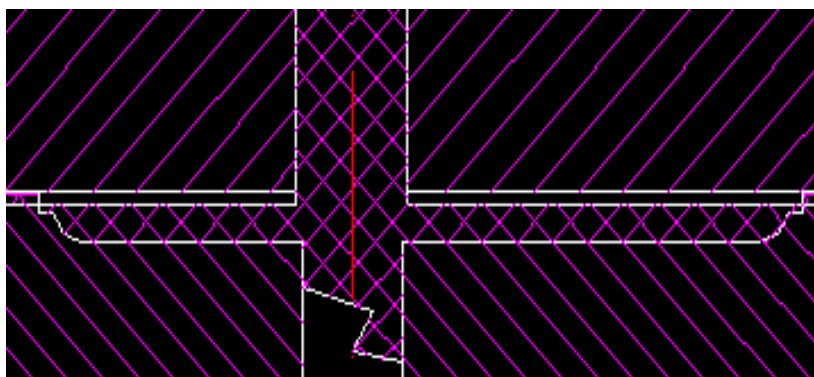


图 3.3.4.(a) 上壳主流道，分流道，及浇口的设计

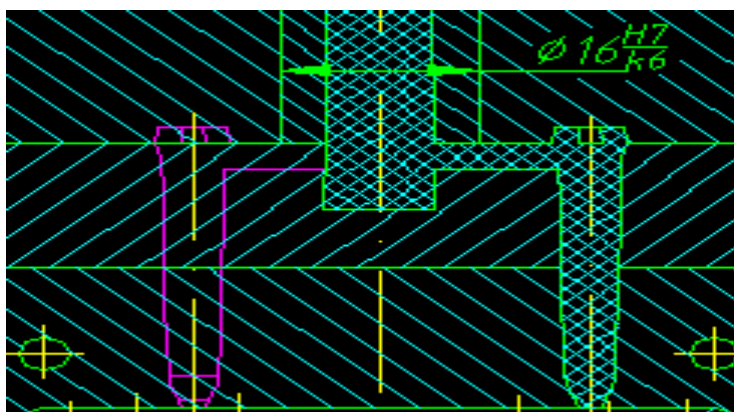


图 3.3.4(b) 下壳主流道，分流道，及浇口的设计

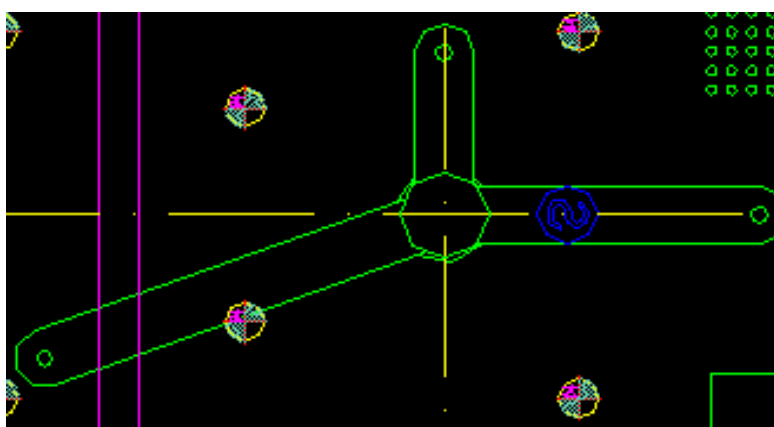


图 3.3.4(c) 下壳主流道，分流道，及浇口的设计

3.4 成型零部件设计

成型零件是与塑料接触的决定制品几何开关的模具零件。它包括凹模、凸模、型芯、成型镶块及壁厚等，是塑料模具的主要组成部分。

3.4.1 型腔分型面设计

合理选择分型面，有利于制品的质量提高，工艺操作和模具的制造。因此，在模具设计过程中是一个不容忽视的问题，选择分型面一般根据以下的原则：

1. 分型面应该选择在制品最大截面处，这是首要原则。
2. 尽可能使制品留在动模的一侧。
3. 尽可能满足制品的使用要求。
4. 尽可能减小制品在合模方向上的投影面积，以减小所需的锁模力。
5. 不应影响制品尺寸的精度和外观。
6. 尽量简单，避免采用复杂形状，使模具制造容易。
7. 不妨碍制品脱模和抽芯。
8. 有利于浇注系统的合理设置。
9. 尽可能与料流的末端重合，有利于排气

由于上壳采用侧浇口，因此手机上壳以内表面及其延伸界面为分型面。下壳采用针点式浇口，因此以手机外表面投影面积最大处为分型面。

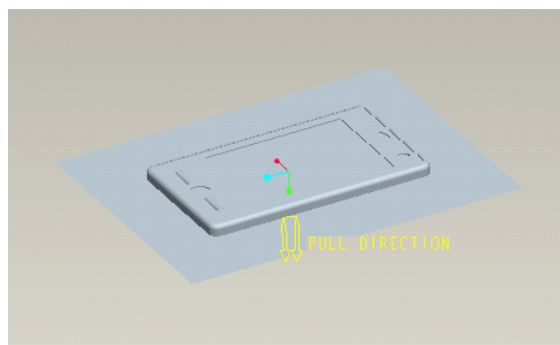


图 3.4.1 (a) 上壳分型面设计

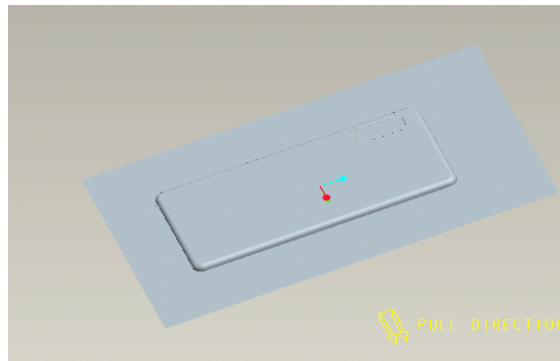


图 3.4.1 (b) 壳分型面设计

3.4.2 排气槽的设计

排气槽的作用是将型腔和型芯中周围空间内的气体及熔料所产生的气体排到模具之外。该注射模属于小型模具，在推杆的间隙和分型面上都有排气效果，无需另外开排气槽。

3.4.3 成型零件设计计算

该塑模的成型零件表面的工作尺寸用平均收缩率方法计算。

1. 型腔或型芯的径向尺寸计算

型腔的径向尺寸： $DM = [DS + DS \cdot SCP - 3/4\Delta] + \delta Z$

型芯的径向尺寸： $DM = [DS + DS \cdot SCP + 3/4\Delta] - \delta Z$

其中：DS — 塑件名义尺寸，型芯和型腔各自对应。

SCP — 塑件的平均收缩率

Δ — 塑件允许的公差值

δZ — 模具制造公差，本设计是按塑件公差的 1/3 — 1/6 来取的。

2. 型腔和型芯的高度尺寸计算

型腔深度尺寸： $HM = [HS + HS \cdot SCP - 2/3\Delta] + \delta Z$

型芯高度尺寸： $HM = [HS + HS \cdot SCP + 2/3\Delta] - \delta Z$

其中：HS — 塑件高度名义尺寸

SCP、 Δ 和 δZ 均与上述意义相同。

3. 型芯之间或成型孔之间中心距尺寸计算

$LM = [LS + LS \cdot SCP] \pm 1/2\delta Z$

其中：LM — 模具中心孔或型芯中心距尺寸

LS — 塑件中心距名义尺寸

此外，凸台高度、起伏凸边高度、起伏凸边位置、非配合圆弧等，一切距离位置尺寸都属于双向公差的计算。

ABS 的收缩率为 0.3%~0.8%，平均收缩率为：

$$\varepsilon_{scp} = (0.3\% + 0.8\%) / 2 = 0.55\% = 0.0055$$

表 2.5.3 成型零件表面工作尺寸的计算

类别	模具零件	塑料制品			计算公式	型腔或型芯	
		公差等级	公差种类	尺寸		工作尺寸	公差等级
型腔的计算	型腔内 形尺寸	MT2	A	$100 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.42 \end{smallmatrix}$	$L_m = [L_p(1 + \varepsilon_{SCP}) - (3/4) \Delta] \begin{smallmatrix} +\delta_m \\ 0 \end{smallmatrix}$	$\phi 100.185 \begin{smallmatrix} +0.087 \\ 0 \end{smallmatrix}$	IT7
				$58 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.30 \end{smallmatrix}$		$\phi 58.065 \begin{smallmatrix} +0.074 \\ 0 \end{smallmatrix}$	
		MT2		$3 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.1 \end{smallmatrix}$		$\phi 3.015 \begin{smallmatrix} +0.036 \\ 0 \end{smallmatrix}$	
	型腔深度 尺寸	MT2	B	$5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.22 \end{smallmatrix}$	$H_m = [H_p(1 + \varepsilon_{SCP}) - (2/3) \Delta] \begin{smallmatrix} +\delta_m \\ 0 \end{smallmatrix}$	$4.878 \begin{smallmatrix} +0.030 \\ 0 \end{smallmatrix}$	IT7
				$6 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.24 \end{smallmatrix}$		$5.870 \begin{smallmatrix} +0.030 \\ 0 \end{smallmatrix}$	
型芯的计算	型芯外形 尺寸	MT2	A	$96 \begin{smallmatrix} +0.38 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$l_m = [l_p(1 + \varepsilon_{SCP}) + (3/4) \Delta] \begin{smallmatrix} 0 \\ -\delta_m \end{smallmatrix}$	$96.765 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.087 \end{smallmatrix}$	IT7
				$46 \begin{smallmatrix} +0.26 \\ 0 \end{smallmatrix}$		$46.035 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.062 \end{smallmatrix}$	
				$54 \begin{smallmatrix} +0.30 \\ 0 \end{smallmatrix}$		$54.495 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.076 \end{smallmatrix}$	
				$\phi 5 \begin{smallmatrix} +0.12 \\ 0 \end{smallmatrix}$		$5.115 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.030 \end{smallmatrix}$	
				$\phi 9 \begin{smallmatrix} +0.14 \\ 0 \end{smallmatrix}$		$\phi 9.15 \begin{smallmatrix} +0.036 \\ 0 \end{smallmatrix}$	
	型芯高度 尺寸	MT2	B	$0.6 \begin{smallmatrix} +0.2 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$h_m = [h_p(1 + \varepsilon_{SCP}) + (2/3) \Delta] \begin{smallmatrix} 0 \\ -\delta_m \end{smallmatrix}$	$0.7363 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.025 \end{smallmatrix}$	IT7
				$3 \begin{smallmatrix} +0.2 \\ 0 \end{smallmatrix}$		$3.148 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.025 \end{smallmatrix}$	

3.5 脱模机构设计和脱模力的计算

由于该塑件的脱模阻力不大，而推杆又加工简单、更换方便、脱模效果好，因此采用圆形推杆脱模机构。推杆的设置位置采取以下原则：

1. 推杆设在脱模阻力大的地方。
2. 推杆位置均匀分布。
3. 推杆设在塑料制品强度刚度较大的地方。
4. 推杆直径应满足相应的强度、刚度条件。

脱模力计算

当开始脱模时，模具所受的阻力最大，推杆刚度及强度应按此时计算，亦即无视脱模斜度（ $\alpha=0$ ）

由于制品是薄壁矩形件

$$Q=8t \cdot E \cdot S \cdot l \cdot f / (1-m) (1+f) \quad (\text{kN})$$

式中 Q —脱模最大阻力（kN）

t —塑件的平均壁厚（cm）

E —塑料的弹性模量（ N/cm^2 ）

S —塑料毛坯成型收缩率（mm/mm）

l —包容凸模长度（cm）

f —塑料与钢之间的摩擦系数

m —泊松比，一般取 0.38~0.49

$$S=0.005, E=1.8 \times 10^5 \text{ N/cm}^2$$

已知， $t \approx 0.1 \text{ cm}$ ， $l=10 \text{ cm}$ ， $f=0.28$

$$Q=8 \times 0.1 \times 1.8 \times 10^5 \times 0.005 \times 10 \times 0.28 / (1-0.43) (1+0.28)$$

$$=3.31 \text{ kN}$$

3.6 侧壁厚度、底板厚度的计算

注射模的工作状态时长时间的承受交变负荷，同时也伴有冷热的交替。现代的注射模使用寿命至少几十万次，因此模具必须有足够的强度和刚度。

3.6.1 侧壁厚度的计算

注射成型模型腔壁厚的确定应满足模具刚度好、强度大和结构轻巧、操作简便等要求。在塑料注射充型过程中，塑料模具型腔受到熔体的高压作用，故应有足够的强度、刚度。否则可能会因为刚度不足而产生塑料制件变形损坏，也可能会弯曲变形而导致溢料和飞边，降低塑料制件的尺寸精度，并影响塑料制件的脱模。从刚度计算上一般要考虑下面几个因素：

1. 使型腔不发生溢料，ABS 不溢料的最大间隙为 0.05mm。
2. 保证制品的顺利脱模，为此同时要求型腔允许的弹性变形量小于制品冷却固化收缩量。
3. 保证制品达到精度要求，制品有尺寸要求，某些部位的尺寸常要求较高精度，这就要求模具型腔有很好的刚度。

根据公式
$$b = h \left(\frac{cph}{E\phi_1 y_1} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{mm})$$

式中 b —凹模侧壁理论厚度 (mm)

h —凹模型腔的深度 (mm)

p —凹模型腔内熔体压力 (Mpa)

y_1 —凹模长边侧壁的允许弹性变形量 (mm)，一般塑件 $y_1=0.005\text{mm}$

$c=1.08$

$\phi_1=0.8$

E — $E=2.1 \times 10^5 \text{Mpa}$

$$b = 8 \times \left(\frac{1.08 \times 30 \times 9}{2.1 \times 10^5 \times 0.8 \times 0.05} \right)^{\frac{1}{3}} = 2.60 \text{mm}$$

取壁厚大于 10mm 就能满足要求。

3.6.2 底板厚度的计算

根据公式

$$\delta = \left(\frac{c_1 p l^2}{E y_2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{mm})$$

由 $\frac{l_1}{l_2} = 2.3$, $c_1 = 2.8 \times 10^{-2}$, $y_2 = 0.005$, 则

$$\delta = \left(\frac{2.8 \times 10^{-2} \times 30 \times 45^4}{2.1 \times 10^5 \times 0.005} \right)^{\frac{1}{3}} = 6.90 \text{mm}$$

取实际底板厚度大于 10mm 就能满足要求。

3.6.3 制模特点

动定位置的保证

用两块定位器找正动定模套板上型芯和型腔的位置关系，然后镗导柱、导套孔。

3.7 复位机构与导向机构设计：

3.7.1 复位机构设计：

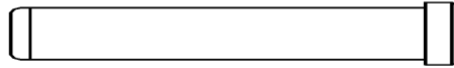
在顶杆的脱模机构中，顶出塑件后再次合模时（或闭模前），必须要求顶杆等元件回复或预先回复到原来的位置。通常采用弹簧推动板复位，但当推顶装置发生卡滞现象时，仅靠弹簧难以保证，须复位杆与弹簧并用。设计中具有活动型芯的脱模机构时，必须考虑到合模时互相干扰的情况，应在塑模闭合前使顶杆提前复位，以免活动型芯撞击顶杆，应设置先复位装置。复位杆由标准可查得。

本设计中的模具使用弹簧先复位装置，在顶杆固定板上装有弹簧，借弹簧力合复位杆作用，在合模时，使顶出杆先复位，这种方法的特点是结构简单，容易制造，但弹簧容易失效，故要经常更换弹簧。

3.7.2 导向机构设计：

导向机构的主要作用是为保证在模具闭合后，动、定模板相对位置准确；在模具装配过程中也起到了定位的作用，合模时，引导动、定模板准确闭合，能够承受一定的侧向压力，以保证模具的正常工作。

本设计中导向机构采用导柱导向，导柱采用带头导柱，其结构简单，加工方便，在导柱的末端以导向套给以配合，导柱倒装。结构形式如下图所示：



一般导柱应有以下几个重要的技术要求：

1. 导柱的长度应根据具体的情况而定，一般比凸模端面高出 8~12mm
2. 导柱的前端做成半球形状，以使导柱顺利进入导孔
3. 数量为 4，均匀分布在模具周围

3.8 塑模温控系统设计：

3.8.1 塑模温控制系统设计：

在注射过程中，模具的温度直接影响着制品质量和注射周期，各种塑料的性能不同，成型工艺要求的不同相应的模具对温度要求也不同，ABS 在注射成型时所需的模具对温度为 40—60 度之间。对任何塑料制品，模温波动较大都是不利的。过高的模温会使制品在脱模后发生变形，延长冷却时间，使生产率下降。过低的模温会使降低塑料的流动性，难于充满型腔，增加制品的内应力和明显的溶接痕等缺陷。由于模温不断地被注入熔融塑料加热，模温升高，单靠模具自身散热不能使其保持较低的温度，因此必须加冷却机构。

3.8.2 冷却装置系统的设计要点：

1. 实验表明表明冷却水孔的数量愈多，对制品的冷却也愈均匀。
2. 水孔与型腔表面各处最好有相同的距离，即孔的排列与型腔形状相吻合，水孔边距型腔的距离常用 1.2—1.5 mm。
3. 对热量聚积大温度上升高的部位应加强冷却。
4. 进水管直径的选择应使水流速度不超过冷却水道的水流速度，避免产生过大的压力降。冷却水道直径一般不小于 9mm,常用 9—12mm。
5. 凹模、凸模或成型型芯应分别冷却，并保证其冷却平衡。

6. 冷却水道不应穿过没有镶块或其接缝部位，水道连接必须密封以免漏水。
7. 复式冷却循环并联而不应串联。
8. 进、出口冷却水温差不应过大，以免造成模具表面冷却不均。

3.8.3 冷却系统的计算：

塑料传给模具的热量： $Q_1 = nmC(T_1 - T_2)$ (kJ/h)

式中 Q_1 —单位时间内塑料传给模具的热量 (kJ/h)

n —每小时的注射次数，取 $n=50$

m —每次注射的塑料量 (kg)

C —塑料的比热容 ($J/kg \cdot ^\circ C$)， $C=1047 J/kg \cdot ^\circ C$

T_1 —熔融塑料进入模腔的温度 ($^\circ C$)

T_2 —制品脱模温度 ($^\circ C$)

$$Q_1 = 50 \times 0.02 \times 1047 \times (180 - 60) = 1.27 \times 10^5 \text{ kJ/h}$$

冷却时所需要的冷却水量： $M_1 = Q_1 / \lambda (T_3 - T_4)$ (kg)

式中 M_1 —通过模具的冷却水质量 (kg)

λ —导热系数

$(T_3 - T_4)$ —进出水温度差 ($^\circ C$)，不应太大，取 $3^\circ C$

$$M_1 = 1.27 \times 10^5 / 1055 \times 3 = 39.7 \text{ kg}$$

根据冷却水处于湍流状态下的流速 v 与水管道直径 d 的关系，确定模具冷却水道的水道直径 d 为：

$$d = (4 \times 10^3 \times M_1 / \pi v \rho)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{mm})$$

式中 v —管道内冷却水的流速，一般取 $0.8 \sim 2.5 \text{ m/s}$ ，取 1.6 m/s

ρ —水的密度 (kg/m^3)

$$d = (4 \times 10^3 \times 39.7 / \pi \times 1.6 \times 1000)^{\frac{1}{2}} = 3.2 \text{ mm}$$

取冷却水道的直径 $d=4 \text{ mm}$

冷却管道总传热面积： $A = \frac{M_1}{R\Delta T}$

式中 R—冷却管道壁与冷却介质间的传热系数 ($J/m^2 \cdot ^\circ C$)

$$R = \frac{4187f(\rho v)^{0.8}}{d^{0.2}} \quad (J/m^2 \cdot ^\circ C)$$

f—与冷却介质有关的物理系数， $f=7.22$

ΔT —模温与冷却介质之间的平均温差， $\Delta T=30^\circ C$

$$R = \frac{4187 \times 6.45 \times (1000 \times 1.6)^{0.8}}{4^{0.2}} = 8.5 \times 10^5 \quad J/m^2 \cdot ^\circ C$$

$$A = \frac{39.7 \times 10^3}{8.5 \times 10^5 \times 30} = 0.15 \times 10^{-3} \quad m^2$$

冷却孔道的孔数： $n = \frac{A}{\pi dL}$

式中 A—冷却装置总的传热面积 (m^2)

d—冷却水道管道直径 (m)

L—冷却管道长度 (m)

$$A = 0.15 \times 10^{-3} \div \pi \times 4 \times 10^{-3} \times 180 \times 10^{-3} = 0.165$$

因此，冷却水道在动、定模板之中各取一个就可以达到冷却效果。由于塑件材料为 ABS，其注射成型模具并无加热要求。

4 注射机的选择

4.1 注射量确定

手机上壳塑体总体计算

1、运用 PRO/E 中的分析命令，可得出整个手机上壳的体积为。

$$V=3.09 \times 10^3 \text{mm}^3$$

2、手机外壳在分型面上投影面积

运用 PRO/E 中的分析命令，可以分析出整个手机上壳在分型面上的投影面积。

$$S=1110.35 \text{mm}^2$$

该塑件的注射容积较小，在此对上壳采用一模一腔，即

$$V_{\text{件}} \leq 80\% V_{\text{max}}$$

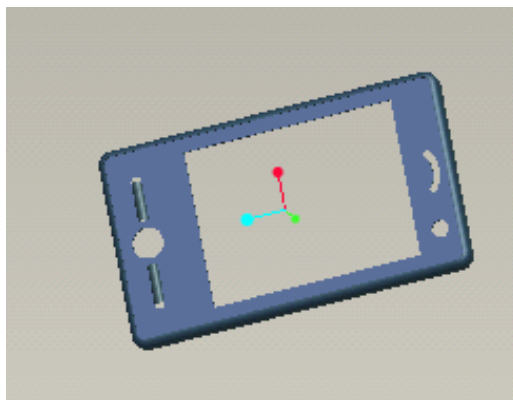


图 4.1 (a) 上壳

手机下壳塑体总体计算

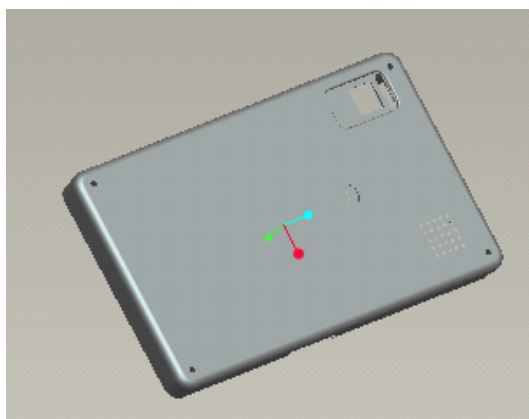


图 4.1 (b) 下壳

3、运用 PRO/E 中的分析命令，可得出整个手机下壳的体积为。

$$V=6.90 \times 10^3 \text{mm}^3$$

4、手机外壳在分型面上投影面积

运用 PRO/E 中的分析命令，可以分析出整个手机上壳在分型面上的投影面积。

$$S=1110.35 \text{mm}^2$$

该塑件的注射容积较小，在此对下壳采用一模一腔，即

$$V_{\text{件}} \leq 80\% V_{\text{max}}$$

4.1.1 锁模力确定

塑件的投影面积 $A \approx 1110 \text{mm}^2$

由式

$$F \geq \frac{nkp_c A}{1000}$$

式中 F-注射机的额定锁模力

n-型腔数，n=1；

k-安全系数，取 k=1.2；

p_c -融料在型腔中平均压力，ABS 为 30mpa；

A-塑件投影面积；

$$F \geq \frac{1 \times 1.2 \times 30 \times 1.11}{1000} = 39.96 \text{kN}$$

4.2.2 成型压力

ABS 的成型压力为 $p_c=30\text{mpa}$ ， p_{max} 取 70-150， $p_{\text{max}} > p_c$

根据节根据 V、S 及塑件的尺寸选择卧式注射机，其型号为 XS-Z-500，主要参数如下：

表 4.2.2 XS-Z-500 注射机参数

螺杆直径/mm		Φ 65
注射容量/cm ³		500
注射压力/MPa		104
锁模力/kN		3500
最大注射面积 cm ²		1000
模具 厚度 /mm	最大	450
	最小	200
模板行程/mm		700
喷嘴	球半径/mm	18
	孔直径/mm	Φ 7.5
定位孔直径/mm		$\phi 150_0^{+0.04}$
顶 出	孔径/mm	Φ 24.5
	孔距/mm	530

结论

70 多天的毕业设计就快要结束了，在这段时间里，我觉得我的专业知识、查找资料和独立思考的能力有了一定的提高，也从中学会了遇到困难时应当如何去解决，这对我走进社会从事工作有着重要的影响。现在就本次毕业设计谈谈我的体会：

首次，我学会拿到任务时应当如何去解决。当拿到自己毕业设计的题目时，心里一片茫然，不知如何入手。后来翻阅很多有关的专业书籍，如：《塑料模具设计手册》、《塑料成型工艺及模具简明手册》、《实用塑料注射模设计与制造》等等。也在这个的设计过程是学会了如何针对设计任务进行查找资料和独立思考。专业知识也有了一定的提高。在画图的和开模的过程中，一定程度上掌握了 PRO/E 和 Autocad 这两个软件的应用。

在设计过程中，也存在一些客观的不足，没有实践的条件，不能根据实际的情况来进行设计，只能对其结构进行想像，这样做出来的，难免存在缺点和不足，希望老师加以指点和批评。

参考文献

- [1] 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. 2000: 63-67.
- [2] 徐佩弦编著. 塑料制品与模具设计[M]. 北京: 中国轻工业出版社. 2001: 125-127.
- [3] 黄锐主编, 曾邦禄副主编. 塑料成型工艺学(第二版)[M]. 北京. 中国轻工业出版社. 2005:432-433.
- [4] 张克惠主编. 塑料材料学[M]. 西安. 西北工业大学出版社. 2006:29-40.
- [5] 洪慎章编著. 实用注塑成型及模具设计[M]. 北京. 机械工业出版社. 2006: 337.
- [6] 黄虹主编. 塑料成型加工与模具[M]. 北京: 化学工业出版社. 2003: 81.
- [7] 四川大学、北京化工大学、天津轻工业学院合编. 塑料成型模具[M]. 北京: 中国轻工业出版社. 2000:146-155.
- [8] 广东工业大学内部教材. 塑料模具设计手册[Z]. 2005: 53-58.
- [9] 冯开平, 左宗义主编. 画法几何与机械制图[M]. 广州. 华南理工大学出版社. 2003:4, 167.
- [10] 伍先明, 王群, 庞佑霞, 张厚安编. 塑料模具设计指导[Z]. 北京. 国防出版社 2006:67-71.
- [11] P. Lv, Z. Wang, K. Hu and W. Fan, Polym Degrad Stab 90 , pp. 2005: 523 - 534.
- [12] B. Schartel, U. Braun, V. Schwarz and S. Reinemann, Polymer 44, pp[M]. 2003: 6241 - 6250.

致谢

本设计是在我的指导教师赖旭东老师的悉心指导下完成的。他严肃的科学态度，严谨的治学精神，精益求精的工作作风，深深地感染和激励着我。从题目的选择到最终完成，赖老师都始终给予我细心的指导和不懈的支持。

由于对实践不足，缺乏经验，在做模具设计中遇到了不少困难，同时也存在许多客观上的难题。但赖老师认真负责，耐心地帮我解决困难，并引导我不断探索，最终顺利完成本次设计。在此对赖老师表示由衷的感谢！

同时，我要感谢我们学院给我授课的各位老师，正是由于他们的传道、授业、解惑，让我学到了专业知识，并从他们身上学到了如何求知治学、如何为人处事。我也要感谢我的母校广东工业大学，是她提供了良好的学习环境和生活环境，让我的大学生活丰富多姿，为我的人生留下精彩的一笔。

目录

1	绪论.....	1
1.1	塑料成型模具在加工工业中的地位.....	1
1.2	塑料成型模具发展趋势.....	1
1.2.1	加深理论研究.....	2
1.2.2	高效率、自动化.....	2
1.2.3	大型、超小型及高精度.....	2
1.2.4	革命模具制造工艺.....	2
1.2.5	标准化.....	2
1.2.6	开发计算机辅助设计与辅助制造（CAD/CAM）.....	2
1.3	软件简介.....	3
1.3.1	总装配图的建立.....	3
1.3.2	零件模型设计与加工.....	4
2	制件分析.....	5
2.1	手机外壳分析.....	5
2.2	零件材料选择及性能.....	6
3	模具制造.....	10
3.1	模具加工精度的确定.....	10
3.2	模具结构分析.....	10
3.2.1	标准模架的选择.....	10
3.2.2	模具闭合高度校核.....	11
3.2.3	开模行程的校核.....	11
3.2.4	模板尺寸的校核.....	11
3.2.5	喷嘴尺寸校核.....	12
3.3	浇注系统设计.....	12
3.3.1	浇注系统的设计原则：.....	12
3.3.2	主流道的设计：.....	13
3.3.3	分流道的设计.....	14
3.3.4	浇口形式.....	14

3.4	成型零部件设计.....	16
3.4.1	型腔分型面设计.....	16
3.4.2	排气槽的设计.....	17
3.4.3	成型零件设计计算.....	17
3.5	脱模机构设计和脱模力的计算.....	20
3.6	侧壁厚度、底板厚度的计算.....	20
3.6.1	侧壁厚度的计算.....	21
3.6.2	底板厚度的计算.....	21
3.6.3	制模特点.....	22
3.7	复位机构与导向机构设计:.....	22
3.7.1	复位机构设计:.....	22
3.7.2	导向机构设计:.....	22
3.8	塑模温控系统设计:.....	23
3.8.1	塑模温控制系统设计:	23
3.8.2	冷却装置系统的设计要点:	23
3.8.3	冷却系统的计算:	24
4	注射机的选择.....	26
4.1	注射量确定.....	26
4.1.1	锁模力确定.....	27
4.2.2	成型压力.....	27
	结论.....	29
	参考文献.....	30
	致谢.....	31