

# 冰箱内胆真空成型模具设计方法

李国锋 夏卿坤 郝诗明

(长沙大学工程系,长沙 410003)

黎恢山

(长沙中意电器集团公司,长沙 410008)

**摘要** 针对冰箱内胆体积大、壁薄、形状复杂的特点,根据塑料模具设计程序,围绕冰箱内胆真空成型工艺特点,介绍冰箱内胆真空成型模具设计所涉及的内容及设计方法,包括制品结构分析、设计资料的准备、成型体设计、抽芯机构设计、抽气孔设计、加热和冷却系统设计、密封结构设计和切边装置设计等。

**关键词** 冰箱内胆 真空成型 模具设计

冰箱业在国内快速发展已有近 20 年的历史,时至今日,竞争仍日益激烈。为了提高市场竞争力,冰箱功能趋于多样化,结构更具人性化,挖潜降耗、节约成本成为当今评价冰箱制造水平的一项重要技术经济指标。

冰箱内胆真空成型是冰箱生产制造的一个重要环节,内胆的成型质量、成品率、生产效率都直接影响冰箱的质量和成本。影响冰箱内胆成型的因素很多,但关键是真空成型模具,因此提高真空成型模具的设计制造水平一直都是冰箱生产厂家重点关注的课题。笔者现根据多年从事冰箱内胆真空成型模具设计工作的经验,对冰箱内胆真空成型模具设计所涉及的内容及设计方法进行较为系统的归纳,希望对提高有关人员的此类模具设计效率和设计质量有所帮助。

## 1 冰箱内胆真空成型工艺特点

真空成型的原理是将热塑性塑料板(片)材固定在模具上方,用辐射加热器加热至软化状态,再将模具移向塑料板材,在模具与板材之间形成空腔,用真空泵将空腔中的空气抽掉,借助大气压力使板材覆盖在模具上而成型,冷却定型后,再借助压缩空气将塑料件从模具上脱模。真空成型法可生产各种塑料容器及型材,工艺简单、效率高,被广泛用于各行各业。但对冰箱内胆来说,如图 1 所示,它的体积大、壁薄、形状复杂、表面质量要求高,制品结构的特殊性使得其真空成型工艺与其它产品相比有很大不同,主要表现出下列三个特点:

### (1) 冰箱内胆体积大、壁薄,易变形

成型过程中要求板材加热和定型冷却均匀,严格控制成型时间,模具材料导热性好,冷却系统设计合理。

### (2) 冰箱内胆形状复杂

如果成型工艺控制不严,或者模具结构不合理,

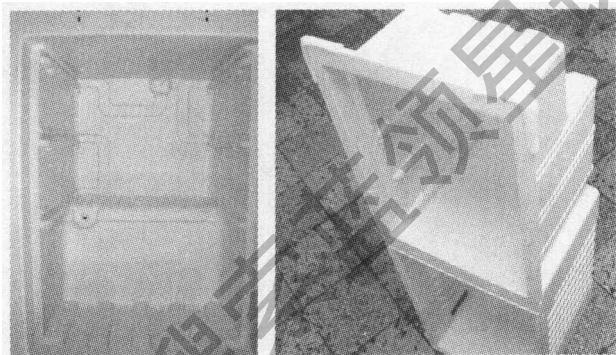


图 1 冰箱内胆实物照片

很容易造成制品轮廓不清晰。为了顺利脱模,往往需要设置抽芯机构,使模具设计制造复杂化。另外,为提高薄壁强度而设置的加强筋会使模具结构更复杂、成型更困难。

### (3) 箱体内胆深,成型拉伸比大

成型拉伸比大易造成制品壁厚不均匀、内应力大,制品的某些部位很容易被拉破。这就要求从塑料选材、成型工艺制定到模具设计都要充分考虑这一因素,并采取相应措施。比如,工艺上采取吹泡预拉伸,模具设计上采取加大圆角半径、合理设计抽气孔等。

## 2 冰箱内胆真空成型模具设计方法

模具是决定冰箱内胆真空成型质量和产量的关键。冰箱内胆真空成型模具的结构不同于其它塑料模具,不同的真空成型设备,其模具结构也有很大差别。由于成型工艺的特殊性,使得此类模具设计更具特点。当然,作为塑料模具的一种,它也存在塑料模具设计的一些共性,如成型体(型腔)设计、抽芯机构设计和冷却系统设计等。在设计程序上与其它塑料模具设计基本相同,一般按以下程序设计<sup>[1]</sup>。

### 2.1 搜集、分析和消化原始资料

接受模具设计任务书后,应做下列一些工作。

收稿日期:2003-11-05

### (1) 分析制品

从制品的几何形状、尺寸精度、拉伸比、圆角、脱模斜度、加强筋及材质等方面分析塑料件结构是否符合真空成型工艺要求。通常,因真空成型制品容易变形,其几何形状和尺寸精度要求不能太高;理论上以拉伸比为0.5左右较合适,但箱胆成型的拉伸比往往会大于此值,此时可以采取吹泡预拉伸成型,否则制品壁厚不均匀,容易被拉破,特别要注意某些局部凸起部分不能太高;拐角处不能有锐角,圆弧半径不能小于板材厚度;门胆的脱模斜度一般为 $0.5^{\circ} \sim 3^{\circ}$ ,但箱胆较深(达480 mm),为了与搁架配合良好,其脱模斜度宜小些,最小可达 $0.25^{\circ}$ ,因此必须采用压缩空气辅助脱模;为了提高制品的刚性,在适当部位应设置加强筋;塑料件结构是否合理还与所选成型材料的性能有关。如果制品结构不能满足这些要求,必要时还应与产品设计人员共同探讨修改制品结构或另选成型材料,以满足制品成型质量和成本的要求。

### (2) 分析工艺资料

分析工艺任务书提出的成型方法、成型设备、材料规格、生产率等要求是否合理,能否落实。即分析采用连体模成型(冷藏室和冷冻室内胆同时成型)还是单体模成型,用什么类型的设备成型等;所选材料规格能否满足成型需要;采用手工切边还是自动切边,能否满足生产率要求,模具设计是否要考虑切边装置等。

### (3) 熟悉有关参考资料和工厂实际情况

熟悉一些设计标准和同类模具图纸资料、成型设备说明书等;到车间走访有关技术人员和生产人员,了解设备实际使用情况、操作人员技术水平、最常出现的与模具有关的成型质量问题等,为模具设计准备更充分的第一手资料。

## 2.2 制定成型工艺

通常由成型工艺人员根据制品成型任务书制定成型工艺,并提出模具设计任务书,由模具设计人员进行模具设计,但有时工厂往往会将这两项工作合并起来做,也就是说,模具设计人员在进行模具设计之前,还应制定合理的成型工艺,为后面的模具设计打下基础。此时,应结合2.1节中提出的问题进行综合考虑。

## 2.3 熟悉成型设备技术规范

成型工艺中仅仅对成型设备的类型、型号做出粗略的选择,这种选择远远不能满足模具设计的需

要,还必须熟悉设备的有关技术规范。比如,模具安装方式、接口尺寸、切边装置安装尺寸、连体模中隔板位置与尺寸、真空室密封原理与结构、最大抽真空度、成型(合模、预拉伸、脱模)用压缩空气的工作压力、加热方式与加热温度调节、冷却方式,以及冷却系统布置等。

## 2.4 模具设计

### (1) 成型体设计

成型体设计是真空成型模具设计的重点。成型体设计主要考虑塑料件的收缩、表面粗糙度、脱模斜度、抽气孔的大小与布置、冷却系统布置、抽芯机构的安装与配合、成型体与模座之间的装配关系,以及模具材料等。①塑料件的收缩率计算方法与注射模的收缩率计算方法相同,但精确度可以适当降低,因为真空成型塑料件的收缩量有50%是在脱模后产生的<sup>[2]</sup>。不过对有公差要求的局部尺寸还是要想办法严格保证。为了提高内胆表面质量,国内大多数生产厂家都采用凸模成型,但也有少数厂家采用凹模成型,凹模成型的收缩量一般比凸模成型的收缩量大25%~50%<sup>[2]</sup>,设计时应充分注意这一点。冰箱内胆成型材料一般使用ABS或HIPS板材,ABS板材的收缩率一般为0.4%~0.8%;HIPS板材的收缩率一般为0.5%~0.7%。影响塑料件收缩率的因素很多,如板材加热温度、模具温度、模具结构、塑料材质等,可参考工厂的其它同类模具,采用类比法确定收缩率;如果要求较高,也可先通过简易模具试模,测定其收缩率。②成型体的表面粗糙度对塑料件质量和脱模有很大影响。因真空成型模具一般没有顶出装置,靠压缩空气辅助脱模,表面粗糙度要求太高,对脱模不利,且加工成本高;而表面粗糙度要求太低,不符合塑料件质量要求,因此,综合考虑,成型面的表面粗糙度一般取 $Ra 0.4 \sim 0.8 \mu m$ 。精加工后进行表面氧化处理。③脱模斜度应保持与塑料件设计的斜度一致。④为了便于模具制造、安装及维修,提高模具制造质量,一般将模具分为成型体和模座两部分分别进行设计、制造,这就要求考虑好它们间的装配关系。⑤冰箱内胆产量大、生产率高,对成型模具要求高。因此,成型体及模座材料一般采用ZL105,铸件不允许有砂眼、气孔、缩孔、缩松等缺陷。

### (2) 抽芯机构设计

冰箱内胆壁厚薄,强度低,容易被拉破,一般不宜采用强制脱模,而应采用抽芯脱模。抽芯的方式有

直抽芯和斜抽芯两种,设计时应注意以下几点:①根据抽芯部位结构特点,灵活设计抽芯机构。直抽芯必须依靠气缸来完成;斜抽芯既可用气缸也可不用气缸,还可利用脱模力来直接实现。在利用气缸合模与脱模的直抽芯机构设计中,必须根据合模力及抽芯距离选择气缸的缸径与行程;但在斜抽芯机构设计时,应设法将活动块受到的吸附力传递到模体上,以减小气缸的缸径,甚至省去气缸。辅助脱模所用气缸的缸径及行程应根据机构运动所需动力及斜滑块运动行程来选择。②活动块与模体之间分型面的选取应避免让分型面在塑料件上留下痕迹,因此分型面一般选取在活动块的拐角处,或者选取在易被其它结构件(搁架)遮住的部位。③活动块与模体间的配合间隙对活动块的运动及塑料件表面质量有很大影响。一般单边间隙控制在 $0.05 \sim 0.10$  mm,有时最大可达到 $0.20 \sim 0.25$  mm。活动块与模体的成型面高度差应控制在 $0 \sim 0.10$  mm范围内。④大型活动块上也应设置冷却水管,进出口采用软管连接。⑤为了保证活动块复位准确、运动顺畅,应设有导向装置和限位装置。⑥反复承受摩擦的小活动块应采用铜制件,大型活动块可采用摩擦面镶铜边,以避免发生“咬死”现象。

### (3) 抽气孔设计

为了顺利实现抽真空,成型体表面必须打抽气孔,且抽气孔应开设在最后贴合成型的部位。在不影响内胆表面质量的前提下,抽气孔的孔径应偏大,以提高抽真空速率,这对提高成型质量和生产率有利。

一般在大平面上,孔径为 $0.7$  mm,孔距为 $50 \sim 80$  mm;在不易抽真空的角隅处,孔径为 $1.0$  mm,孔距为 $20 \sim 40$  mm;在形状复杂的部位,应集中布置抽气孔。

模具毛坯一般采用铸造成型,壁厚较大,可以先在模具内侧用 $\varnothing 4$  mm或 $\varnothing 6$  mm的钻头钻成大孔,在距表面 $3 \sim 5$  mm处改用小钻头钻透至成型表面。

### (4) 模座设计

模座设计的关键是要注意模座与成型体之间的装配关系、模座在成型设备上的安装方式及其接口尺寸、水、气连接方式及接口尺寸。成型设备不同,模座结构设计有很大差别,要根据设备而定。对于箱胆连体模,两个内胆必须同时分别被吹泡预拉伸,两个成型体之间有中隔板。模座中隔板的位置必须与成型设备上方压边框的中间压板位置相对应。两

个成型体之间的距离应根据上下内胆中间边的大小来确定,一般两者相等,即从中间划开后不需要再切边。有些厂家已实现两胆联体装配生产,不需要从中间划开。

### (5) 加热和冷却系统设计

模具工作温度对成型质量和生产率有很大影响。模具温度通过埋设在其内的水道的循环水来调节,使用ABS板材的成型模具,其工作温度一般要控制在 $72 \sim 85^\circ\text{C}$  [3]。

成型体内壁上必须按一定要求布满水道。水道可以是管径 $\varnothing 12$  mm $\times 1$  mm或 $\varnothing 14$  mm $\times 1$  mm的无缝不锈钢管或紫铜管,两管之间的中心距离为 $80 \sim 100$  mm,水管距模具端面的距离一般为 $40 \sim 60$  mm,水管表面距成型面最近处距离不小于 $8$  mm,一般水管中心与成型面的距离为水管直径的 $1 \sim 2$ 倍,若距离太小,容易使塑料件产生冷斑;距离太大时,传热效果不好。拐角处不允许过分弯曲水管,要保证水流畅通;布置水管时要注意不影响抽气孔的开设。

对于模座,一般在模座与成型体接合处的下方沿周向布置1根水管即可。

水管的埋设方法有两种:一种是在铸造模体毛坯时预埋;另一种是在加工模体时镶嵌入内,并用锡铅合金密封。水管接好后,应进行 $0.6 \sim 0.8$  MPa压力试验,检查其气密性。

### (6) 密封结构设计

为了抽真空,在模具与板材之间必须形成封闭的空腔,为此模具上必须设有相应的密封结构。成型设备不同,密封结构有所不同,一般是在模具的适当部位开设矩形槽,在槽内嵌入圆截面的橡胶密封条;对于门胆模具,有时是利用上压框将塑料板材直接压紧在模具边沿上而形成密封。

### (7) 切边装置设计

无论是手动切边还是机器自动切边,在成型过程中,为了抽真空,设备上方都有一个压边框将板材紧紧地压在设备台面板的下压框或模具的边沿上。如果是手动切边,则在上压边框的下面装有切刀,成型时在板料周围压制出一条细槽,然后靠人工沿细槽将边角余料切下;如果是机器自动切边,则在上压边框的下面装有细锯齿形的矩形截面压边条,保证压紧,成型后将塑料件输送到专用切边机上切下边角余料。因此,要正确设计压边框与模具的相对位置,确保制品外形尺寸准确。

### 3 结语

冰箱内胆真空成型模具设计与其它塑料成型模具设计有相同的地方,但更有它的特点。为了提高其设计效率和设计质量,对此类模具设计所涉及的内容及设计方法进行较系统的归纳、总结是完全必

要的,对规范此类模具设计也大有好处。

#### 参考文献

- 1 陈志刚. 塑料模具设计. 北京:机械工业出版社,2002.
- 2 申开智,叶淑静. 塑料成型模具. 北京:中国轻工业出版社,1993.
- 3 曹宏深,赵仲治. 塑料成型工艺与模具设计. 北京:机械工业出版社,1992.

## DESIGN METHOD OF THE VACUUM THERMOFORMING MOULD FOR THE INNER LINER OF THE REFRIGERATOR

Li Guofeng, Xia Qingkun, Hao Shiming

(Department of Engineering, Changsha University, Changsha 410003, China)

Li Huishan

(Changsha Zhongyi Electric Appliances Group Corp., Changsha 410008, China)

**ABSTRACT** The inner liner of refrigerator is large and thin, and its shape is complicated. According to the design procedure of the plastics moulds and the characteristics of the vacuum thermoforming for the inner liner of the refrigerator, the contents and the design methods involved in the design of the vacuum thermoforming moulds for the inner liner of the refrigerator are introduced including the structure analysis of product, the preparation of data and the designs of moulding object, core-drawing mechanism, air-drawing holes, heating and cooling system, airproof structure and cutting-border device.

**KEYWORDS** inner liner of refrigerator, vacuum thermoforming, mould design

### 扬子石化推出聚丙烯给水管专用料

扬子石化研究院和塑料厂共同研制开发的给水管用聚丙烯(PP)管材专用料项目通过了江苏省科技厅组织的技术鉴定。专家评审委员会一致认为,该项目首次在聚丙烯 HY-POL 工艺装置上通过了共聚序列结构分布优化、低熔体流动速率的控制、牌号切换技术的开发和长期稳定性配方设计等环节,成功开发和生产出给水管用聚丙烯管材专用料,经有关部门检测其性能达到进口同类产品的性能指标。所生产的 PP-B/PP-R 产品的结构表征完全与国外产品一致,具有无毒无味、使用寿命长等特点。

该管材专用料不仅提高了国内聚丙烯产品专用料的比例和档次,增强了产品竞争力,而且还可替代进口产品,具有显著的社会效益和经济效益。目前,该技术已申请了国家专利。(耀富)

### 我国聚碳酸酯供需矛盾突出

目前我国聚碳酸酯的消费市场高速增长,而我国聚碳酸酯的生产尚处于试验阶段,没有形成规模化生产能力,需求基本上依赖进口,因而供需矛盾十分突出。

据不完全统计,目前我国有聚碳酸酯建材中空板生产线 20 余条,每年需用聚碳酸酯 7 万 t 左右,预计到 2005 年将达 14 万 t。特别是我国的光盘生产能力迅速增长,现有生产线 200 余条,年需用聚碳酸酯约 3 万 t,预计到 2005 年将达 5 万 t。而我国光盘用聚碳酸酯的生产仍属空白。此外,用聚碳酸酯制作的非一次性饮水桶、瓶等容器也增长很快,每年约耗用 3 万 t 聚碳酸酯,预计到 2005 年将达 6 万 t。

发达国家消耗聚碳酸酯的数据表明,聚碳酸酯在电子电气、汽车制造业中的使用比例为 40%~50%,而我国在该领域的使用比例仅为 10%,因此还有很大的增长潜力。而我

国的聚碳酸酯生产没有形成产业化规模,主要依靠进口,2002 年进口量达到了 40 万 t 以上,比 2001 年增加了 15 万 t。由于供需矛盾突出,国际跨国公司纷纷在我国投资建设聚碳酸酯产业。目前,在华投资聚碳酸酯生产的跨国公司主要有拜耳、帝人、通用 3 家。

拜耳公司在上海漕泾化工区投资 18 亿美元的第一期工程包括 20 万 t/a 聚碳酸酯及配套的 20 万 t/a 双酚 A 项目,将于 2005 年建成。为加快建设步伐,拜耳公司正在与全球最大的聚碳酸酯制造企业通用电气塑料公司就合资建设该项目进行商洽。日本帝人公司宣布,其制造和销售树脂的子公司帝人化成公司将从 2005 年 4 月开始在浙江省生产聚碳酸酯树脂,计划到 2007 年形成 10 万 t/a 聚碳酸酯生产规模。这是该公司在与嘉兴市乍浦石化工业园区签订投资 5 亿美元建设聚碳酸酯生产企业的备忘录后宣布的。(中华)

### 塑料中空板邮政标准箱上市

日前,黑龙江省汤原希思达塑料厂新开发的塑料中空板系列邮政标准箱已获准由黑龙江省邮电局实行监制生产。由于塑料中空板具有无毒无味、耐腐蚀、强度高,以及便于封口和外观华丽等特点而被确定为我国目前邮寄包裹包装实现标准化、系列化的最佳包装材料。现部分产品已销往黑龙江、辽宁、吉林和河北等地。(中塑)

### 德国推出新型塑料自行车

据悉,德国一家公司目前制造了一种主要使用塑料为材料的新型自行车。

这种新颖的自行车除了车把、齿轮和车座是用金属制作外,其余部分全部用玻璃纤维增强塑料浇铸成型而制得。该车非常轻,这使其在骑行时十分轻便,而且塑料部件不会生锈,加之价格便宜,因此一经推出,便大受欢迎。(璜信)