1.1 前期设计定位

1.1.1 设计的起点

首先要确定的是产品设计的起点和方向，设计者在设计初期必须非常明确：需要解决的是什么问题？可以获得的资源有哪些？

必须考虑以下几点：

（1）在电脑摄像头设计中，首先必须确定的是不可更变的内核件尺寸。如 PCB 面积，可供选择的镜头系列，配件等已经定型的部件。

（2）了解需更改的内核件的更改范围。如限定的尺寸要求、可供选用的配件的规格书（由设计师根据需要选用，在既定尺寸范围内给出 PCB 图纸）。

（3）产品 LOGO（标记）、公司 LOGO、公司名称标准字的矢量稿等需要印制在成品表面的、已有规定的图文内容（如没有矢量文件可提供清晰图片，由设计师制作）。

（4）客户持有的同类产品资料（如有可提供）。

1.1.2 共同的目标

在笔者所面对的设计客户中，几乎一半以上的客户很难具体描述出他们需要的设计。设计师需要实现客户理想中的作品以获得应有的设计回报；客户希望得到好的设计而带来好的生意；使用者希望买到物美价廉的产品。这里我们需要将以上三种目标统一到一条起跑线上来指导设计，如图 1-1 所示。

大部分企业不了解设计师在设计中需要哪些帮助。企业对设计有比较明确的期望，但设计是创新性的活动，客户不一定能把他们对产品的期望转化为有效的设计要求。因为客户很难用设计语言来描述对产品的要求，所以设计师需要通过具体的偏好选择，让客户做选择性的问答而非填空性的描述，以便在设计前期就能了解客户真正的设计要求，再融入市场用户的意见和期待，在企业、设计师、用户之间建立起统一的设计评价标准。可以采用适当的方式对市场现有的产品进行评分，必要时可以设定几个权重值。

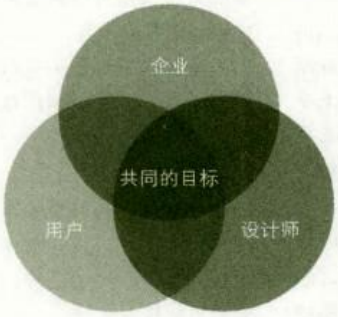


图1-1

在本案例中，我们的目标是设计出易于使用、具有悦目外观、成本合理、制造可行性高的电脑摄像头。

1.1.3 设计调研

（一）调查销售终端

直面用户的销售人员知道哪些品牌最受欢迎以及所集中的价位、哪些设计元素能够吸引消费者的眼球，这些人员是我们设计调研的重点。通过对销售人员的调研可以最及时地了解当前市场的热点和市场中存在的问题。

（二）调查产品最终使用者

产品最终还是需要交付给人来使用，这也是设计创作和艺术创作的根本区别。艺术创作的目的在于表达作者的主观情感去感动读者，而我们做设计的目的是交付使用者使用，让用户在使用中感受产品的美。设计师在设计产品时，不应过多地夹杂自己主观的风格偏好，要以一种客观的心态去探求用户的需求。通过严谨的调研，发现用户在使用中尚未被解决的问题和潜在的新需求，再通过精心巧妙的构思将这些新发现的问题和需求融入到设计中，充分体现设计以人为本的本质。这里的调研包括：目标人群的产品使用过程分析，目标人群的生活方式分析、审美偏好分析、收入与支出分析等。

1.1.4 市场同类产品现状

当前的电脑摄像头市场的现状如下：

（1）外观设计风格：商务型、造型新颖型、可爱宠物型。

（2）使用方式：台式放置型、液晶屏夹持型。

（3）材料选择：工程塑料、金属薄片、金属铸件、PMMA（亚克力）。

（4）制造工艺：注塑、喷油、金属拉丝、抛光、氧化、冲压、电镀。

（5）色彩：黑色、灰色、银色居多。

（6）人机工程学：拍摄距离、高度、角度以及焦距调节。

（7）产品主要使用人群：15～35岁的年轻人。

（8）销售市场分析：网吧业主（批量采购）、个人（单件购买或与电脑整机、笔记本电脑同时购买）、作为赠品（这也是低价产品的一个重要的销售渠道，有时会成为产品设计中的特殊定位）。

1.1.5 市场上现有的产品分析

市场上现有的电脑摄像头产品类型如图1-2所示：

（一）按外观分类

卡通型——造型采用卡通形象，以可爱的玩偶形象出现，一般品质不高，工艺一般，价格较便宜。消费群体主要以低年龄的女性为主，一般用于家庭或学生宿舍。

新奇型——造型前卫具有个性但易被淘汰，功能与品质良莠不齐。消费群体多为个性鲜明、喜欢自我表现的年轻人。一般用于家庭、学生宿舍或网吧，价位中等。

商务型——造型相对严谨、低调，工艺较好，功能性属中上，具品质感。可以用于办公环境，价位稍高。

另有许多产品的外观兼具以上3种特性，处于分类边缘。

（二）按使用方式分类

台式：放置于桌面，为最常见的使用方式，如图1-3所示。

CRT显示器顶端放置：放置于CRT显示器顶端。由于CRT显示器用户的逐渐减少，这部分产品也渐渐减少，多为旧款。

液晶屏夹持：随着液晶显示器和笔记本电脑成为市场消费主流，小巧的夹持型电脑摄像头越来越多。

（三）按可调节性的不同分类

可分为如下两种类型，如图1-4所示：

（1）易于调节：带有支架与转轴结构。

（2）不易于调节：不带支架与转轴结构。造型紧凑，具有整体感。

图1-2 外观整体造型风格

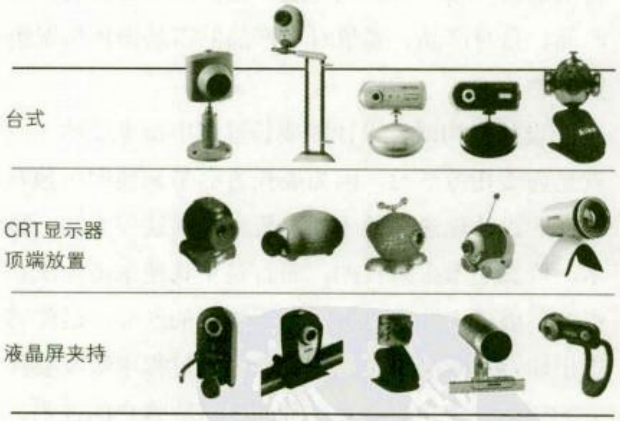


图1-3 使用时的放置类型

图1-4 使用时的高度和角度调节

1.1.6 设计定位讨论与沟通

（一）设计师之间的讨论

设计师根据客户的最初要求跟之前的调查与分析，再结合经验做出判断，提出产品设计的总体定位：

（1）为谁而设计？客户喜欢什么样的产品？

（2）摄像头的支撑高度为多少才最为理想？

（3）未来单件生产成本预计多少？

（4）需要在哪些方面与市场现有产品产生差异化？

（5）设计的摄像头总体尺寸多大较为适宜？

（6）安放于桌面的哪个位置？

（7）电路板是采购已有的兼容件还是重新开发？

（8）目前哪些同类产品比较热卖，为什么？

（9）目前市场上的产品主要存在哪些不足？

（二）与委托方的沟通

委托方是产品的生产者以及销售者，基于以往的产品开发所累积的经验，他们常常会更深入了解产品研发、制造、销售的全过程，以及配件成本、终端销售价格、市场关注度。他们对本行业的同类产品、自身产品、竞争对手产品的市场销售情况也较熟悉。

设计机构或者设计师成长过程中很重要的一点就是向委托方学习，因为委托方会带来他们所独有的专业设计理念与技术信息资源，而这些方法、技术、信息是紧跟时代的，而且是从其他渠道无法获得的。委托方非常了解他们要推出的产品，最能够提出切合实际的设计要求。在设计过程中吸收委托方的建议非常重要，设计师应多听取客户的评判，不要陷入旧思路而不能自拔。

在本设计案例中，委托方提供了在以往产品制造中已经合作过的部分供应商的产品部件样本、铝装饰件、锌合金供应商、激光刻字工艺以及其他相关的工艺，这些资料对设计的展开非常重要。设计最终都需变成实际的产品，设计师在设计之初就必须充分了解客户的制造能力和开发预算，以保证产品能够以委托方可接受的成本而得以制造出来。

1.1.7 设计定位

对一个产品的定位是客户与设计师综合多种因素，经多次讨论而确定的结果。本案例中得出的结论如下（其他产品也可以按照近似的步骤得出相应定位）：

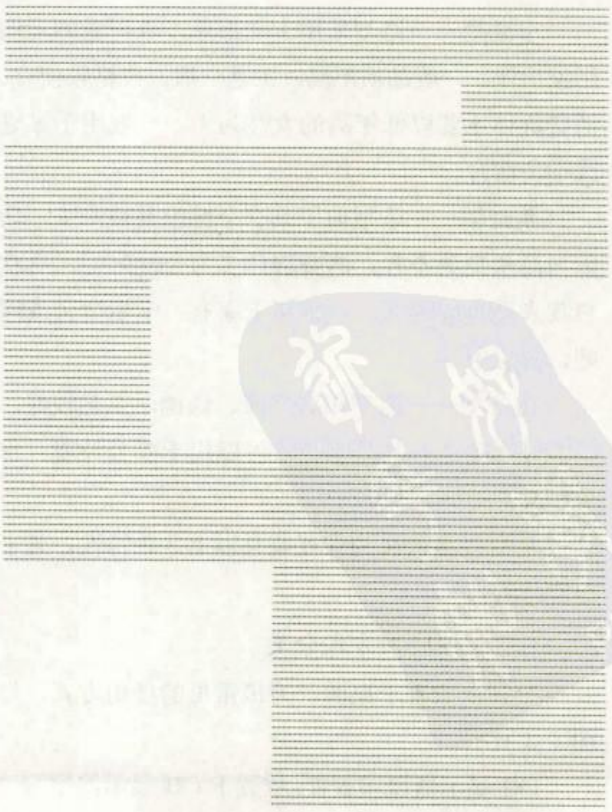
（1）根据客户方的要求，产品终端零售价略高于市场常见的国产电脑摄像头（当时多为 80 ～ 100 元），远低于知名品牌的电脑摄像头（如罗技等，当时多为 200 ～ 500 元）。

（2）在合理的成本下，成品具有一定质感，强调简洁和情趣化，适用于清爽、简洁、时尚的环境。

（3）区别于黑色或灰色系的以强调性能为主要考量的常见产品。

（4）区别于卡通类型的产品。

（5）镜头中心距离底座有合理的高度，这一高度应略低于视平线，完全达到视平线从成像上来说虽是最理想的，但考虑到这一高度如过高可能使产品变得较为笨重，故高度可以适当降低，应选用桌面台式型而非夹持型。



1.2 设计创作

1.2.1 面对面的讨论

明确了产品定位后就可以进行设计创作。首先是进行头脑风暴会议（Brain-storming），大家畅所欲言，共同来探讨当下所面临的概念创意问题，阐述各种奇思妙想式的解决方法。

在这一阶段，设计师可以以小组形式进行讨论，因为同伴的创意可能随时激发设计师的灵感，这一阶段应在思维紧张、思路自由的氛围下进行。手绘图尺寸可以较小，也可以是不完整的部分，对形式上想不清楚的地方可以暂时搁下，便于节约时间，从而集中精神探讨解决问题的方法。

头脑风暴法：头脑风暴法出自“头脑风暴”一词。所谓头脑风暴（Brain-storming）是指无限制的自由联想和讨论，其目的在于产生新观念或激发创新设想。

1.2.2 概念草图设计

经过面对面的思路碰撞后，设计师开始进入独立思考设计阶段，此时需搜集大量相关资料，并大量通览现有产品、周边产品、已有的优秀设计等，凭借个人积累的审美观与形式感，粗略而大量地绘制多种形态，以探索产品的布局、体态、尺度。这些造型无需谨慎的思考与定位，一有想法和形式便可以立刻以简略的线条绘制下来。某些草图将成为后续深入设计的基础，如图 1-5、图 1-6 所示。

图1-5

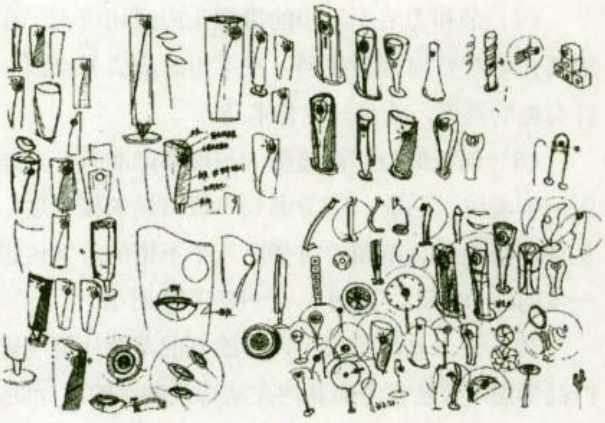


图1-6

这一阶段在纸上所留下的是不充分的构思与不完整的设计草案，即使只是一个大的形态，或者只是一个产品局部也无妨，目的只是为了记录创意。这是设计创作中最为原始但最有价值的环节。

1.2.3 草图的深入构思

从大量的概念草图中综合评价设计的创新点与不足，筛选出需要的方案以做进一步的深入构思，从而绘制出较为完整的、可实现功能的草图。在设计中不但要有创新的概念与精致的细节，而且还要保证产品能够以合理的成本生产出来。

概念草图的基本选择原则如下：

（1）可行性：这里的可行性既指制造可行性，又包含商业可行性。制造可行性要求设计中的产品易于生产、易于装配、易于运输；商业可行性要求未来的生产成本适当。本案中的摄像头成本定位将略高于市售的大部分全塑料外壳摄像头，但要控制在合理的范围内。

（2）易用性：摄像角度合理，调节角度方便，安放平稳，耐用，不易磨损，从桌面高度跌落而不损坏。尽量少占用桌面空间，能够与现代家居环境很好地协调在一起。

（3）具有美感：本案中的摄像头要求适用于 15～35 岁的年轻一代，这个年龄段的用户比较能够接受新的事物，偏爱新颖悦目的外观设计。摄像头尺度宜人，具有悦目的外观，让消费者愿意仔细端详，继而激发其购买意愿。

（4）亲和力：本案中的摄像头应亲切可人，在需要使用时要很容易找到，在不用时应成为桌面一件有趣的摆设，或是一件艺术品。

（5）创新但能够被接受：与现有产品有一定差距但不能过于超前，应考虑到一般市场的接受度。从待选择的概念草图中选择出几个不错的方案做进一步的细节设计，如图 1-7 ～图 1-10 所示。

进入深入构思阶段后，所绘制的草图应能明确产品形态，要初步考虑其内在结构及制造的可行性，以及材质与表面处理、初步的尺寸、装饰件、组装方式等。在整体图上表达不清楚的细节可以采用局部细节放大的方式，设计方案将随绘制的深入在细节上越来越完善。

1.2.4 制作研究性模型

在完成草图设计后，为了更直观地检验设计，我们会根据需要制作 1∶1 尺度的研究性模型，以感受产品的空间体积与质量。

研究性模型一般为石膏模型、发泡材料模型（多用于制作电动工具等尺度稍大、曲面复杂的产品）、油泥模型（多用于制作汽车模型）等。选择这类材料是因为其具有容易进行手工制作，易于购买，成本低廉，无毒的特性。在这个案例中，我们制作的是石膏模型，材料为模型石膏粉与水。工具采用石刻刀、锯子、砂纸。

制作石膏模型这一步骤重在检验产品的尺度感与手感，直观地展现与推敲产品的形态，但不侧重产品材质。并不是所有的产品都适用此方法，必须是尺度合适且没有过多纤细易断部位的类型。

石膏块用石膏粉与水混合后待其干燥即可，石膏湿润时较软，可以方便地做出产品的大体形状；干燥后硬而略脆，可以较精细地雕琢产品细部。

制作前应当按设计稿绘制好 1∶1 尺寸的三视图，尽可能精确制作模型，切忌草率了事。模型制

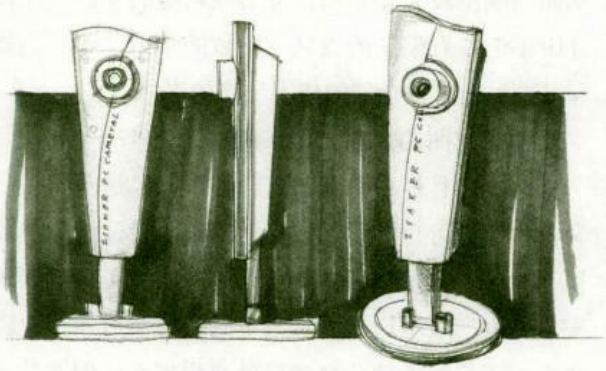


图1-7 深入设计草图一

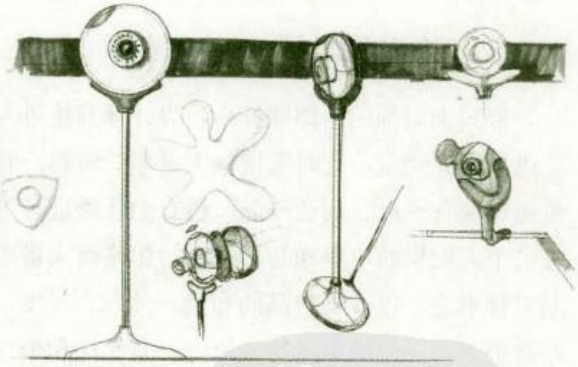


图1-8 深入设计草图二

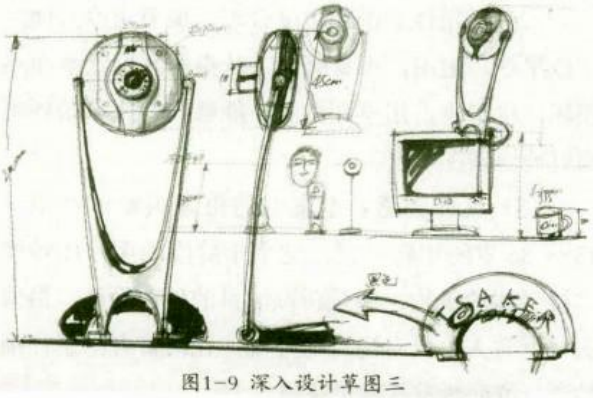


图1-9 深入设计草图三

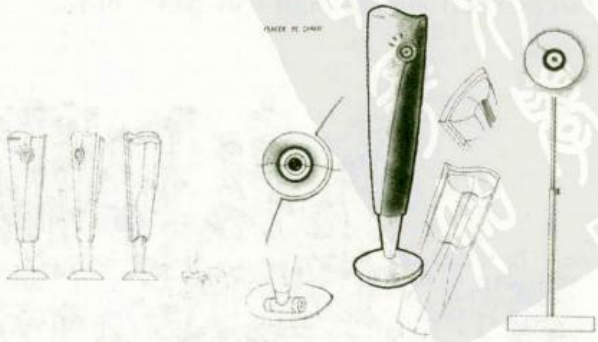


图1-10 混合草图

作以接近设计本意为主，在设计或尺度不合理的地方可以进行小的修改。

图 1-11 所示，为绘制的 1∶1 图纸以及制作好的 1∶1 研究性模型。

根据制作好的 1∶1 研究性模型进一步推敲设计方案的空间体积与质感，手持和操作的舒适程度，再继续完善草图，深化设计细节，如图 1-12 所示。

1.2.5 初期设计定案（第一次提交）

绘制草图和制作研究性模型之后，产品创意阶段基本完成。这时由设计师挑选出自己筛选后满意的方案，经设计公司内部讨论通过后施行精细绘图交客户选择。一般可以根据产品实际情况与客户的接受方式来选择提交方案的表达方式，这里初步提交 3 个创意方案。

图1-12

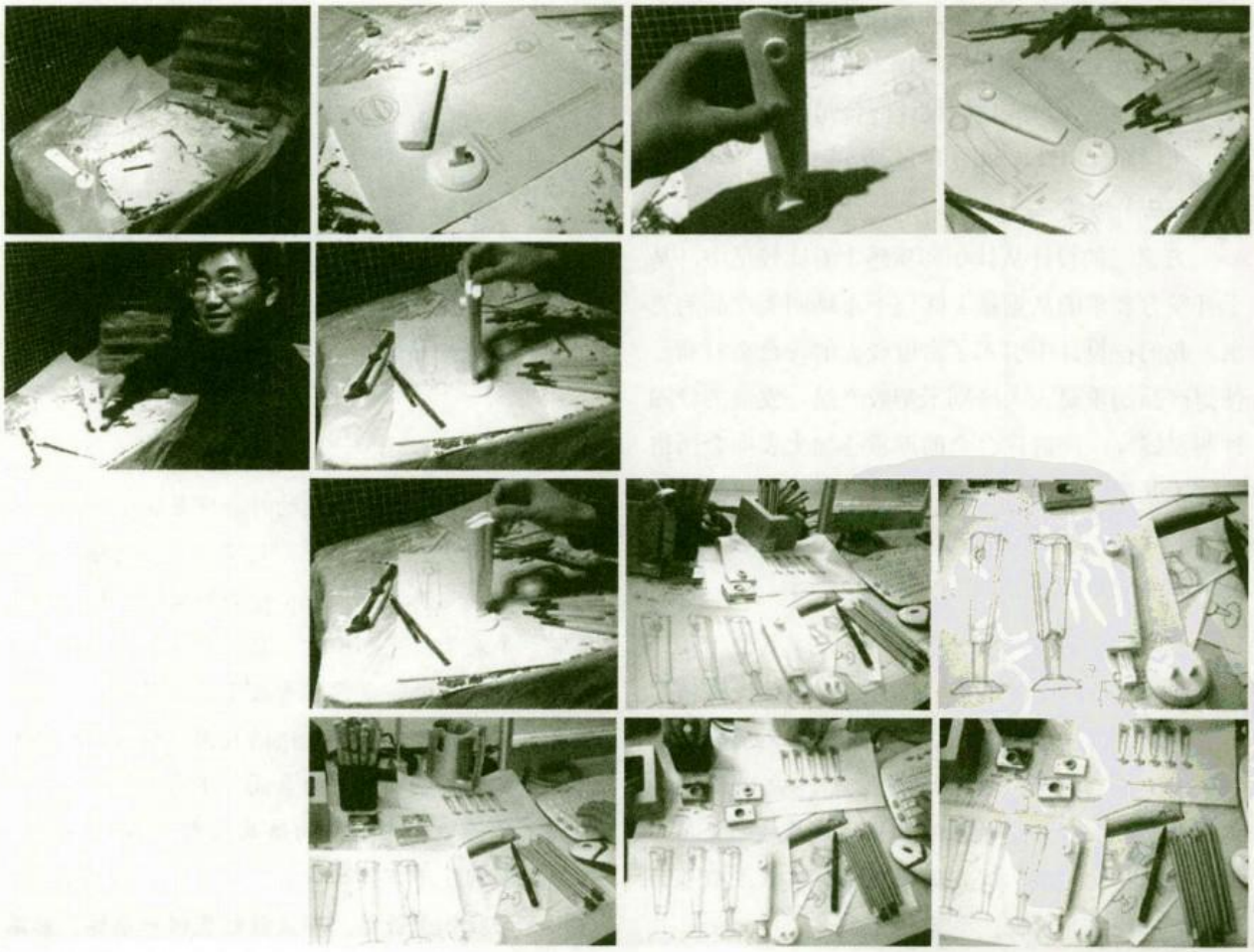
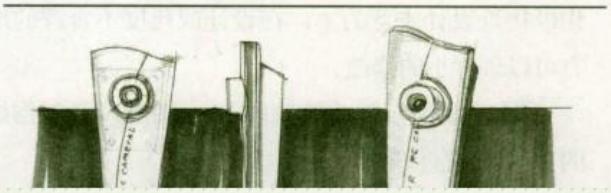


图1-11

（一）方案一

方案一的设计高度为 15 cm，相对比较小巧，表面使用金属铝片和 ABS 工程塑料结合，摄像头仰俯角度的调节依靠底部转轴实现，同时底座有金属配重以保证产品安放于桌面后的稳固性



步骤5 使用“转换锚点工具”，调整线段中间锚点的曲率以符合所需造型，如图1-27所示。

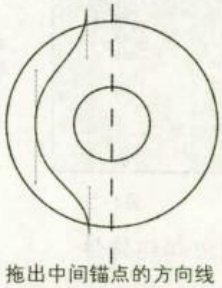
步骤6 选中刚才调整好的边界弧线，按Ctrl+C键（复制），再按Ctrl+F键（原地粘贴）。点击“镜像工具”，如图1-28（a）所示。确保“视图”下拉菜单中的“智能参考线”菜单处于勾选状态，然后点击通过圆心的对称轴上任意两点即生成镜像，如图1-28（b）所示。

步骤7 置入PCB及镜头标准件等内核器件并比对尺寸，确保可以放入，如图1-29所示。检查后可以将内核隐藏，以免干扰绘图。

步骤8 使用“钢笔工具”连接两条造型边界线的上下边，如图1-30所示。

步骤9 交集布尔运算。选中大圆和刚刚连接好的造型线，将它们复制一份以做单独编辑。选中复制后的大圆和刚刚连接好的造型线，勾选窗口下拉菜单中的“路径查找器”菜单，在弹出的“路径查找器”窗口中的“形状模式”下，点击第三个按钮“与现有形状相交”，再点击“扩展”按钮，完成图形交集的布尔运算，如图1-31所示。

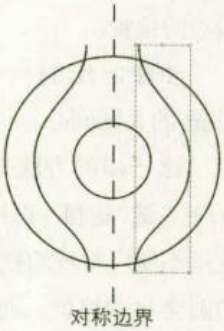
步骤10 渐变填充。选中图形，点击工具箱上的“渐变工具”按钮，在“主菜单”的窗口下拉菜



拖出中间锚点的方向线

图1-27

（a）



对称边界

（b）

图1-28

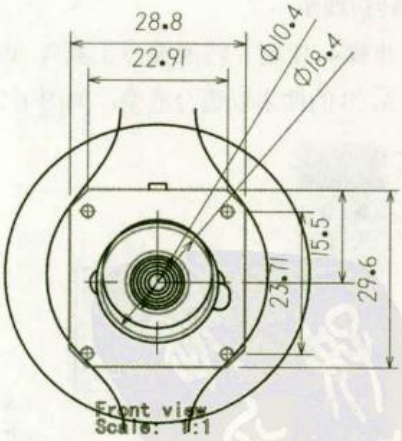
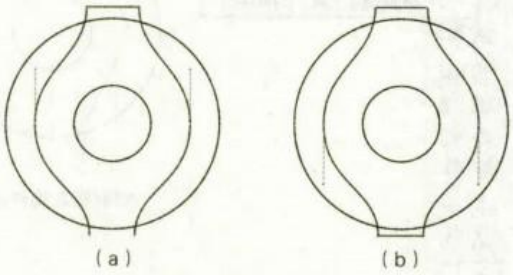
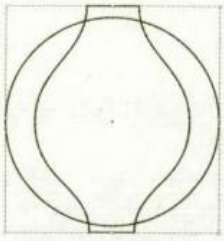


图1-29 检查尺寸

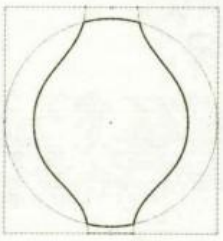


（a）　（b）

图1-30



（a）图形叠加



（b）与现有形状相交

（c）相交后的图形

图1-31

（d）

单中勾选“颜色”和“渐变”菜单，在出现的窗口里调节颜色、渐变类型、角度、位置，编辑到如图 1-32 所示的效果。

（三）绘制头部塑胶件

步骤1 绘制一个直径为 50mm 的圆，如图 1-33 所示。

步骤2 将圆填充灰色，如图 1-34 所示。

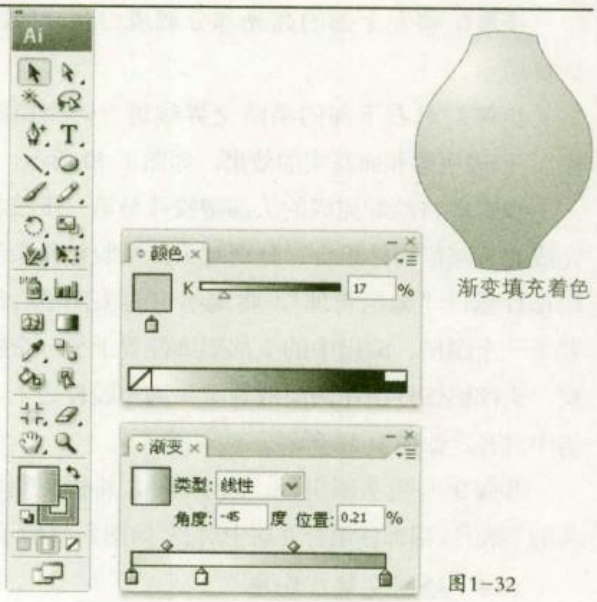
步骤3 使用网格工具，在圆的左上部创建一个点 A，选中这个点，将其颜色调亮，形成高光效果，如图 1-35 所示。

步骤4 再使用网格工具，在圆的右下部创建一个点 B，选中这个点，将其颜色调暗，形成背光效果，如图 1-36 所示。这样就形成了弧面立体效果。

步骤5 绘制高光和明暗交界线。绘制 2 个大小接近的圆，以不同颜色区分开。将它们略微移开一点位置并叠加在一起，如图 1-37 所示。

选中两圆，勾选窗口下拉菜单中的“路径查找器”菜单。在出现的“路径查找器”窗口中的“形状模式”下，点击第二个按钮“与所选区域相减”，再点击“扩展”按钮，完成图形的相减运算。

再用类似方法绘出右下部的明暗交界线。调整月牙形的大小与位置、颜色与明暗度，如图 1-38 所示。



渐变填充着色

图1-32

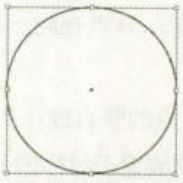

绘制圆

图1-33

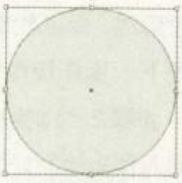
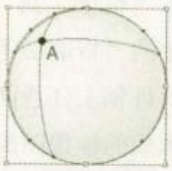
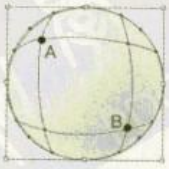

填充灰色

图1-34

图1-35



网格加点绘制受光

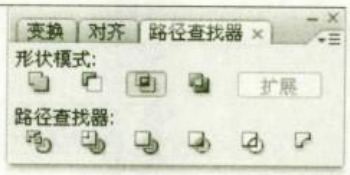


绘制背光

图1-36

底部圆　上部圆　叠加在一起

图1-37



用深色减去浅色　扩展图形　明暗交界线　绘制高光和明暗交界线

图1-38

步骤6 将左上部的高光部分调成白色，如图1-39所示。

步骤7 对右下部的明暗交界线进行“高斯模糊”，形成更柔和而真实的效果，如图1-40所示。

步骤8 将绘制完成的头部塑胶件与第二步绘制完成的头部铝饰件组合。分别对头部塑胶件和头部铝饰件施以“编组管理”，将编组中的头部塑胶件置于一个图层，编组中的头部铝饰件置于另一个图层。头部铝饰件所在图层放置于头部塑胶件之上，居中对齐，如图1-41所示。

步骤9 与镜头圈组合。同步骤8，将镜头圈与头部塑胶件、铝饰件组合并居中对齐，如图1-42所示。

（四）绘制支架及底座

步骤1 使用“钢笔工具”，绘制如图1-43所示的轮廓线，保证轮廓线端点A、B点在同一垂直线上，以便下一步作镜像使用。

步骤2 绘制经过A、B点的竖直线作为对称轴。先调入预先绘制好的头部图放置于对称轴上，参照并调整轮廓线A-B，确保支架尺寸合适，如图1-44所示。

步骤3 选中上一步绘制的轮廓线A-B，按Ctrl+C键（复制），再按Ctrl+F键（原地粘贴）。点击“镜像工具”，确保主菜单的“视图”下拉菜单中的“智能参考线”菜单处于勾选状态，然后点击对称轴上任意两点，即生成右边的镜像图形，此时形成的镜像图形的端点A2、B2刚好与原端点A、B重合，如图1-45所示。

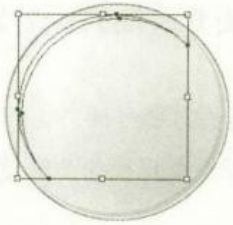


图1-39 将高光设置为白色

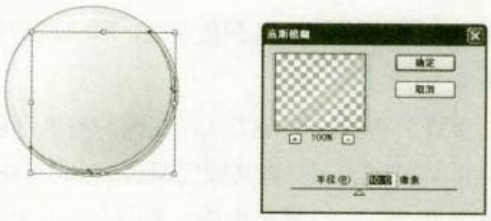


图1-40 对明暗交界线进行模糊处理

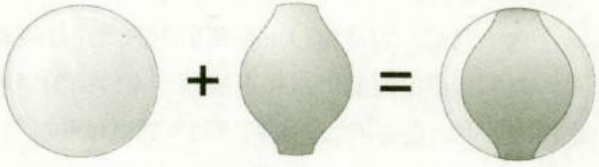


图1-41

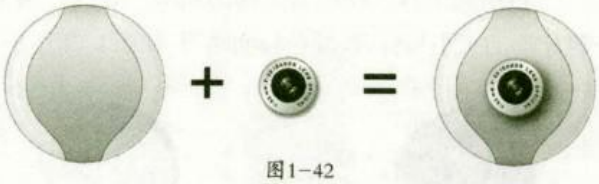


图1-42

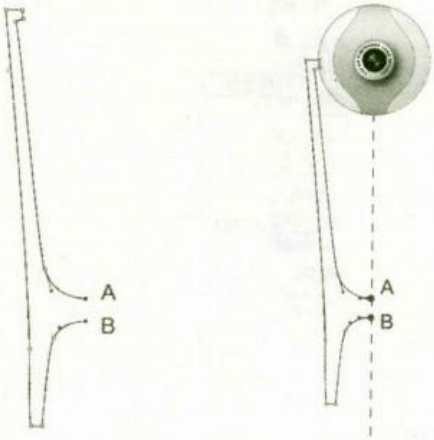


图1-43 勾画图形　　图1-44 勾画对称轴

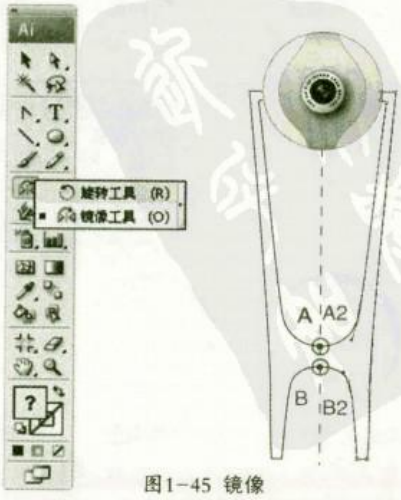


图1-45 镜像

步骤4 依次连接 A、A2 点，B、B2 点，如图 1-46 所示（圆圈标注），分别框选 A、A2 与 B、B2，按鼠标右键，选择“连接”，在弹出的对话框中选择“平滑”，按“确定”按钮。至此，支架正面造型轮廓线绘制完成。

步骤5 下面来绘制位于支架正面且上下可见的造型面。原地复制上一步连接好的封闭轮廓线，并将原图隐藏。对新复制的图形删除部分线段，如图1-47所示。

步骤6 对新复制的轮廓线继续删除其部分线段，如图 1-48 所示，对新复制的轮廓线做缩小调整。

步骤7 调整新复制的轮廓线 C、D 两点至如图 1-49 所示的效果。然后框选两个端点，按鼠标右键，选择“连接”，在弹出的对话框中选择“尖角”，按“确定”按钮，对下半部分也按此法进行绘制。

步骤8 对封闭区域做横向的渐变填充，选择“线性渐变”，角度设置为 0，如图 1-50 所示。

步骤9 如图 1-51 所示，与支架正面图形组合。

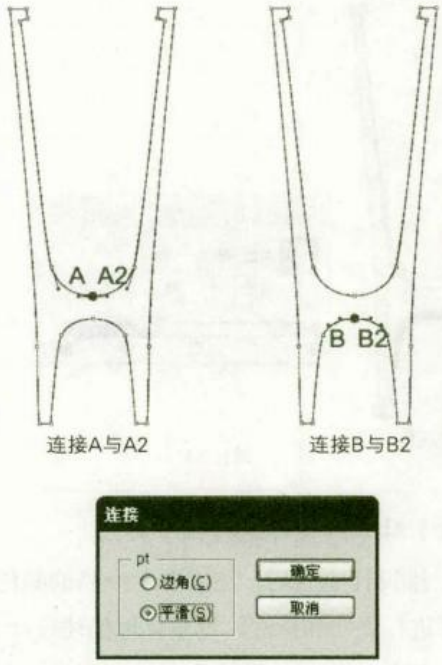


图1-46

图1-47 制作轮廓线

图1-48 复制轮廓线并缩小

图1-49 编辑与连接

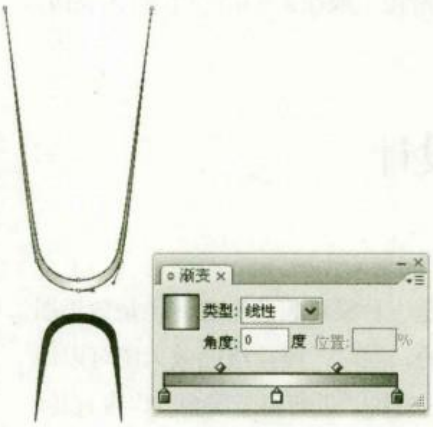


图1-50 渐变填充

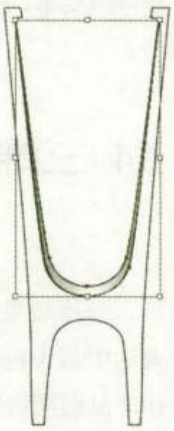


图1-51 组合

步骤10 对支架正面和下面做纵向渐变填充，如图 1-52 所示。

步骤11 绘制底脚，底座，如图 1-53 所示。

步骤12 调出头部图片施行组合以完成绘制，并补充绘制侧视图，如图 1-54 所示。

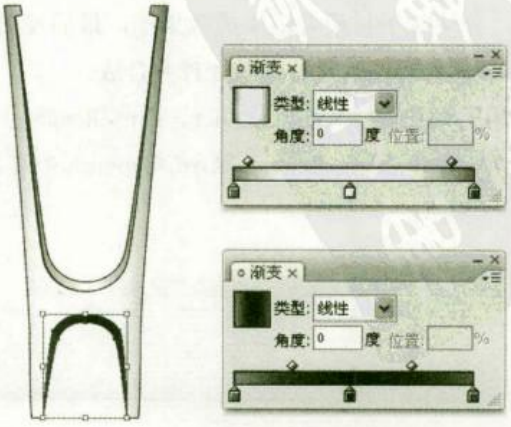
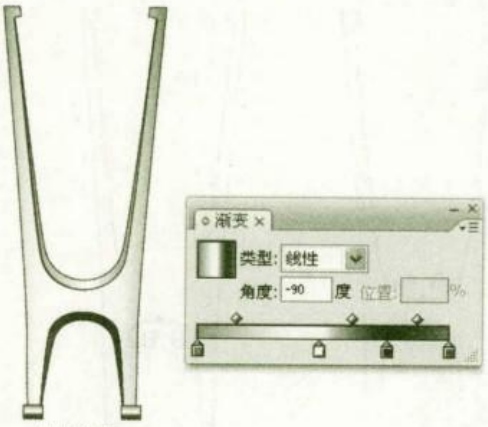
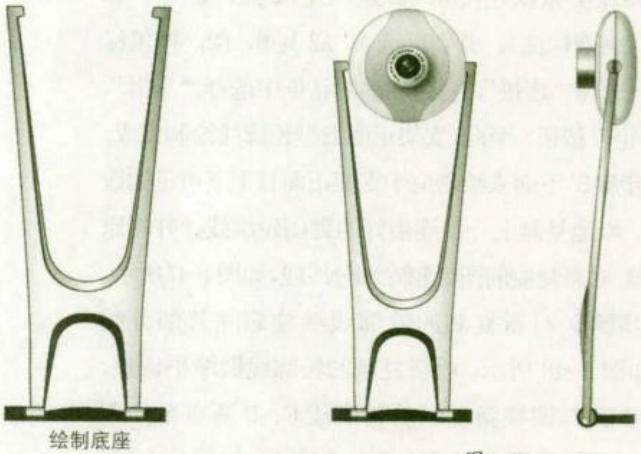


图1-52



绘制底脚

图1-53



绘制底座

图1-54

（五）对二维设计进行细节标注

在二维设计完成后，还需要对产品的颜色、材质、尺寸进行说明和标注，定量化地描述设计方案。

设计机构先将二维设计方案提交客户，再由客户经过内部讨论选出最终方案，同时也可能提出一些修改要求。这一阶段一般在2～6个工作日内完成。

1.4 三维设计

三维效果图是一种设计表达方式，也是效果图表达中最为直观的。同时，照片级的效果图可以用作产品前期销售的资料，进而用于展会、广告宣传、销售前的市场调查、包装印刷等，如图1-55所示。

一般将设计好的三维外观模型文件导入到渲染软件中，分块赋予材质并渲染成效果图，最后使用Photoshop软件对图片进行细节处理并合成。

常用的渲染器有Vray Render，FinalRender，Cinema 4D，MentalRay，Brazil，Maya，Hypershot等。

1.5 工程设计

工程设计在产品设计中主要指的是产品的结构设计，它所涉及的最终模型与图纸可以用来指导生产加工。

产品设计在造型方案得以确定之后，将根据元器件大小和前期绘制的平面效果图进入三维造型阶段，即通常所说的几何建模。建模的目的不仅仅是为了做一张三维效果图，因为对于加工制造的产品而言，三维数据是产品制造的基础（后续的结构设计、加工图都以之为基础），所以对于产品设计的三维数据有严格的要求，这些都是初学者在学习建模时通常所忽视的。另外几何建模软件的种类有很多种，可以根据实际情况选择合适的软件，我们的建议是：

图1-55

尽量在同一软件中完成产品内核排布、外观曲面造型和产品结构设计这几个环节。产品设计过程往往都是不断优化的过程，产品数据建立的过程中有很多细节是需要不断修改和优化的，如果这几个环节没有在同一个平台上实施，那么后期进行修改与优化的工作就很麻烦。另外，在三维数据的建立过程中，要尽可能地保留每一步的历史记录，这样在后期对产品数据进行调整时会感受到由历史记录和智能修改所带来的便利，可以说是一劳永逸。

工程设计软件主要有PRO-E，UG，CATIA等，本书中我们使用CATIA软件进行建模。

1.5.1 CATIA软件简介

CATIA（Computer Aided Two & Three-dimensional Interactive Application）是法国达索公司（Dassault System）开发的产品旗舰解决方案。作为PLM协同解决方案的一个重要组成部分，它可以帮助制造厂商设计他们未来的产品，并支持从项目准备阶段、具体的设计、分析、模拟、组装到维护在内的全部工业设计流程。由于这个软件的功能模块非常庞大，涉及到产品数字化设计的各个方面，如果需要详细了解，可以通过其官方网站（www.3ds.com）了解详细的信息，本书不做一一介绍。

本书所涉及的内容主要是在CATIA Version5中完成，V5版本有别于早期的V4版本，它除了可在UNIX平台上继续得以使用之外，也支持我们平时所使用的Windows平台。本书内容涉及到的模块如下：

造型设计的Sketch Tracer草图描绘器、Generative Shape Design创成式外形设计模块，如图1-56所示。

机械设计的Part Design零件设计模块、Assembly Design产品装配设计模块、Drafting工程图模块、Generative Sheetmetal Design钣金零件设计模块，如图1-57所示。

在产品设计过程中，所使用的这些模块是交互式的，对同样的数据要根据所涉及的内容来进入与之对应的模块，本书对所涉及的操作步骤会详细说明对于相应的模块应如何运用。

提示：CATIA是一个易于学习、使用的软件，有些用户觉得它上手难主要是由于不了解其操作过程中所特有的方式造成的。关于软件的基本操作，如文件的打开、保存、视图的平移缩放和旋转、结构树的各个零件或组件命名，还有一些使用的技巧在下面的详细步骤中会以提示的形式说明。

要用好CATIA并不易，软件只是工具，而且其所涉及的领域十分庞杂，例如航空航天、汽车和船舶等相关行业的数字样机都是由CATIA所架构设计，这就需要庞大的设计团队能够在同一平台上展开设计工作。

初学者首先要熟悉Windows环境下软件菜单的使用，从最简单的模块入手，然后再学习相应的模块。基于工程软件的严谨性，学习人员必须了解最基本的工程图学知识、与曲线曲面及实体相关的图形学知识、不同材料的加工工艺等。

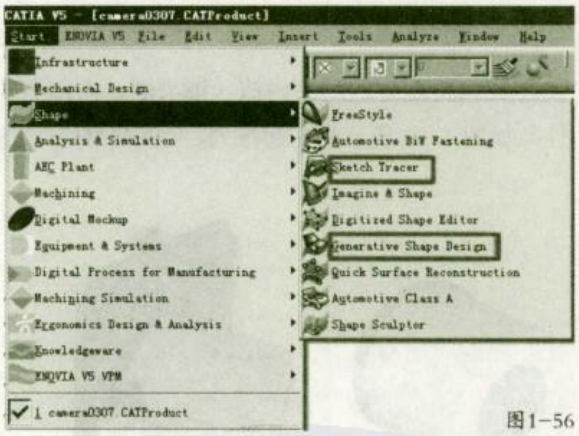


图1-56

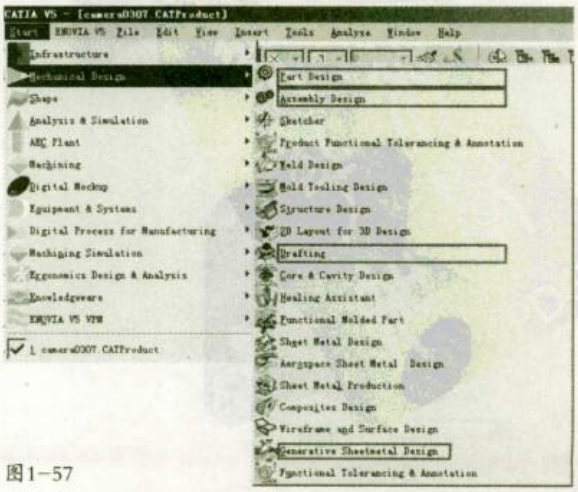
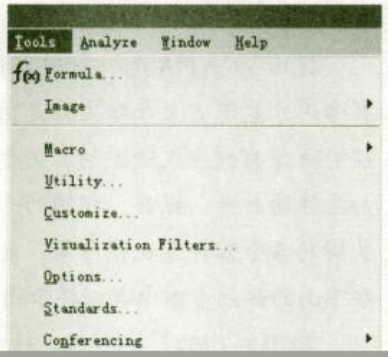


图1-57



计模块中按实际尺寸分别建立三维模型，然后在装配体模块中建立装配体，也就是产品内核器件的排布，这是建立产品数据的第一步，这关系到整个产品设计的后续过程。

为便于初学者了解产品设计过程，我们所列举的产品属于单一的内核配简单外壳类型，但设计过程中也有很多共通的思考推敲环节。在确定好内核以后，我们要在装配体

步骤3 选择曲面分割命令，用前后壳分型面将曲面分割成前后两半，保留前半部分，作为前壳造型面，如图1-64所示。

步骤4 点击结构树中的前壳文件，进入零件设计模块。选择“曲面增厚”命令，曲面沿内、外法向各增厚1 mm，如图1-65所示。

步骤5 进入曲面设计模块，通过曲面偏移和草图拉伸命令分别建立三个新的曲面，将三个曲面相互裁剪，形成一个组合面，如图1-66所示。

步骤6 进入零件设计模块，用“曲面裁切实体”

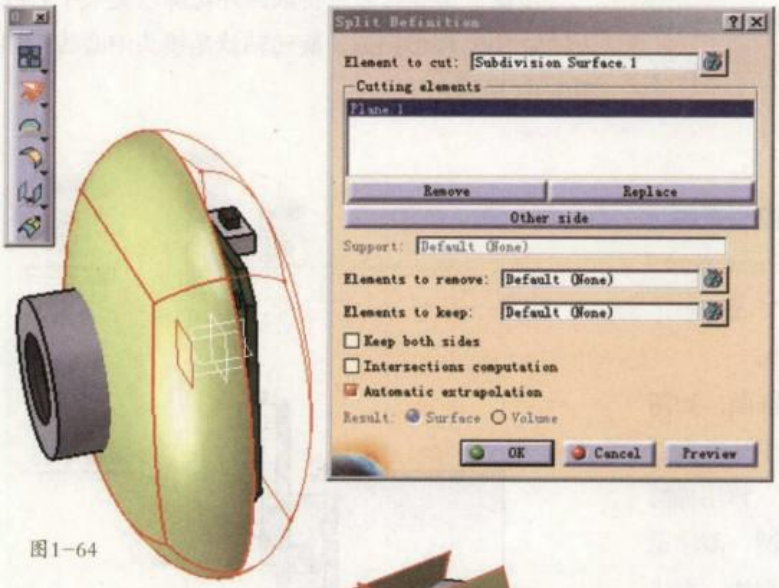


图1-64

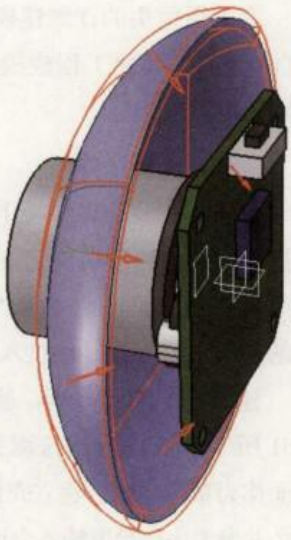


图1-65

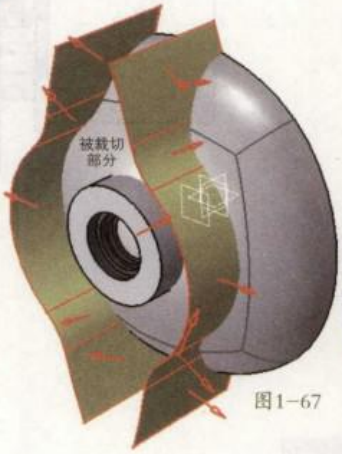
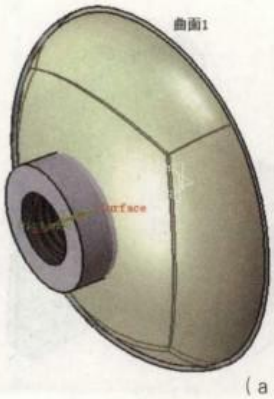


图1-67



(a)

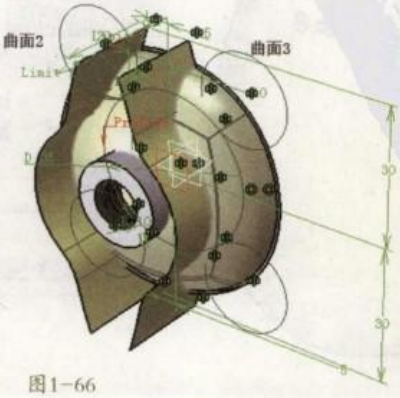


图1-66

(b)

的命令将前壳切除一部分，如图 1-67 所示。

此处造型设计为粘接装饰件，材料为氧化铝片，考虑到铝片厚度是 0.8 mm，加上粘胶的厚度为 0.15 mm，故外壳裁切部分的厚度约为 1 mm，这个厚度也决定了上一步中的前壳整体厚度不能小于 1.8 mm（产品设计的壁厚主要取决于产品的强度要求、材料特性以及具体的结构形式）。前壳裁切后的最终效果如图 1-68 所示。

步骤7 在前壳镜头处开孔，注意开孔直径，通常孔的直径需要与镜头标准件之间留 0.1 ～ 0.15 mm 的间隙，如图 1-69 所示。

步骤8 在初步建立前壳模型之后，将前壳的造型面以前后壳分型面为基准，镜像成后壳造型面，如图 1-70 所示。

步骤9 同前壳步骤 4 相似，为后壳造型面做壁厚，厚度为 2 mm，如图 1-71 所示。

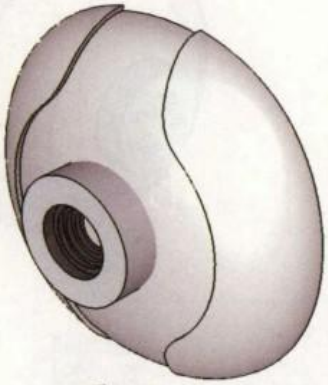
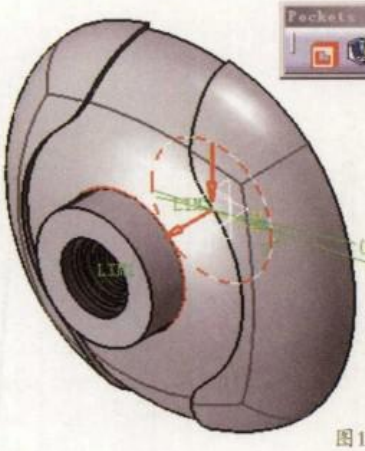


图1-68



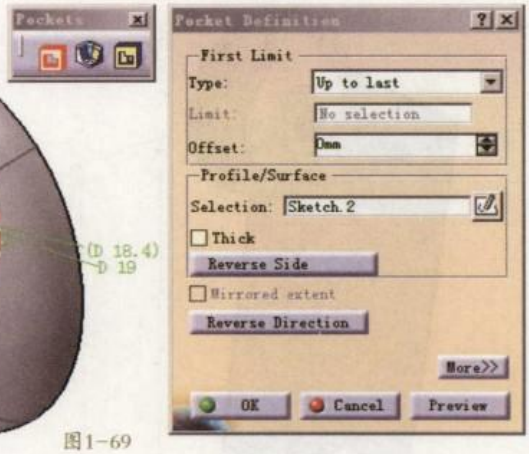


图1-69

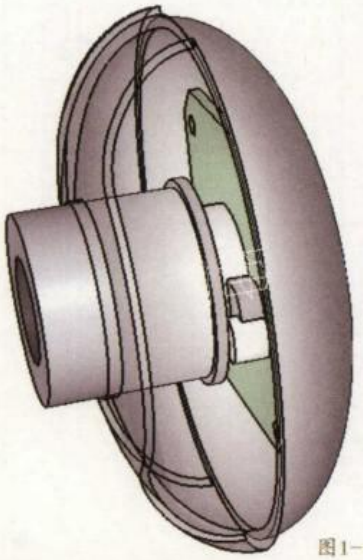
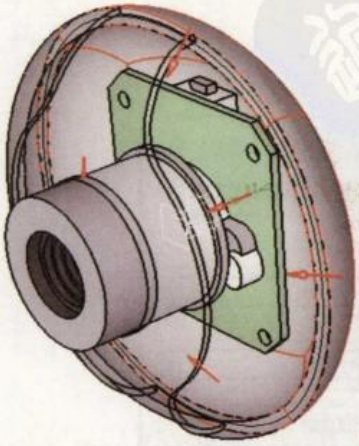


图1-70



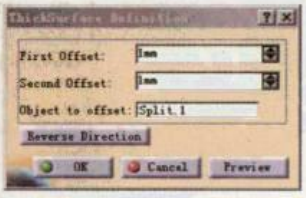


图1-71

步骤10 按步骤6所述的操作方式裁切前壳装饰件，“裁切保留”选择与步骤6相反的方向以生成装饰铝片，如图1-72所示。

至此，我们完成了摄像头头部的外观模型建立过程，初步效果如图1-73所示。

（二）支架建模

步骤1 在装配体环境下开始构建支架。选择结构树中的产品装配体，用“Inset new part”命令插入新零件，命名为“支架”，在结构树中双击该零件进入造型设计模块。选择前后壳体分界平面作为草图平面，绘制草图，用样条曲线描绘所需轮廓并加以约束，如图1-74所示。

退出草图，使用拉伸命令将曲线双向拉伸至一定宽度，形成一个直纹面，如图1-75所示。

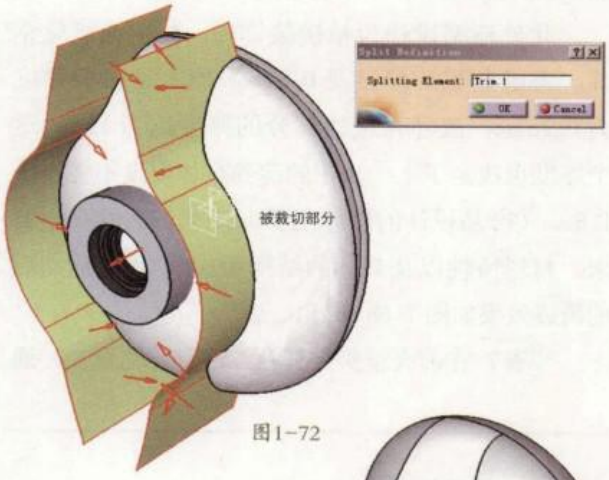


图1-72

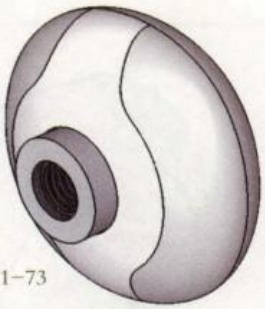


图1-73

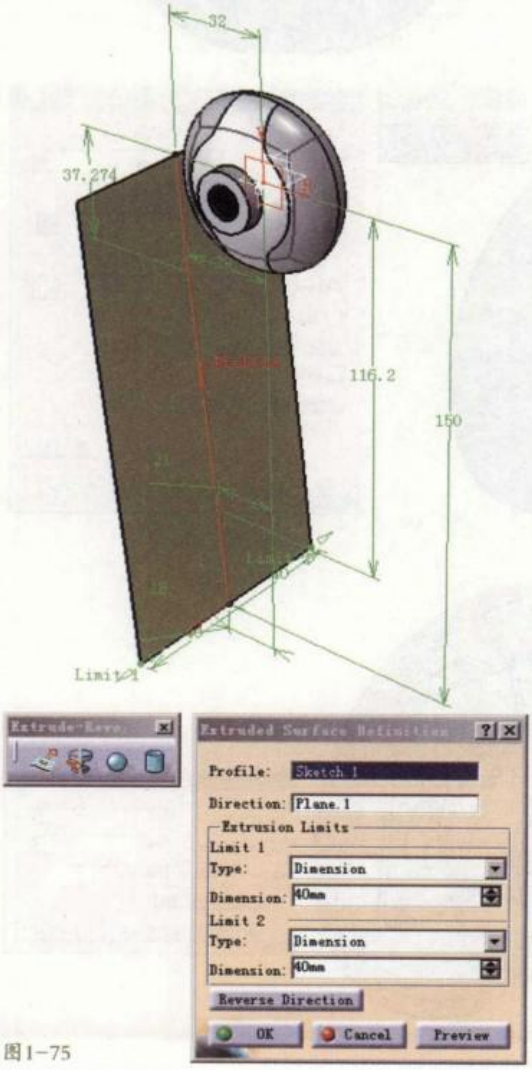


图1-75

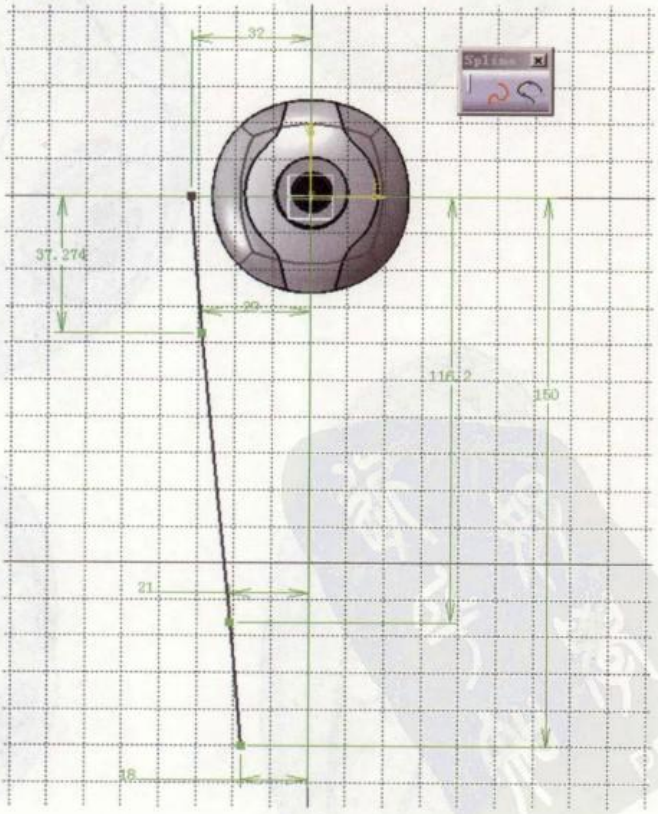


图1-74

步骤2 与步骤1类似，选择另一视角的平面作为基准面，建立草图，如图1-76所示。

退出草图，将草图中的曲线拉伸为一个曲面，如图1-77所示。

步骤3 使用交集命令，选择前两个步骤画好的曲面，相交生成一个形态更为复杂的空间曲线。如图1-78所示。

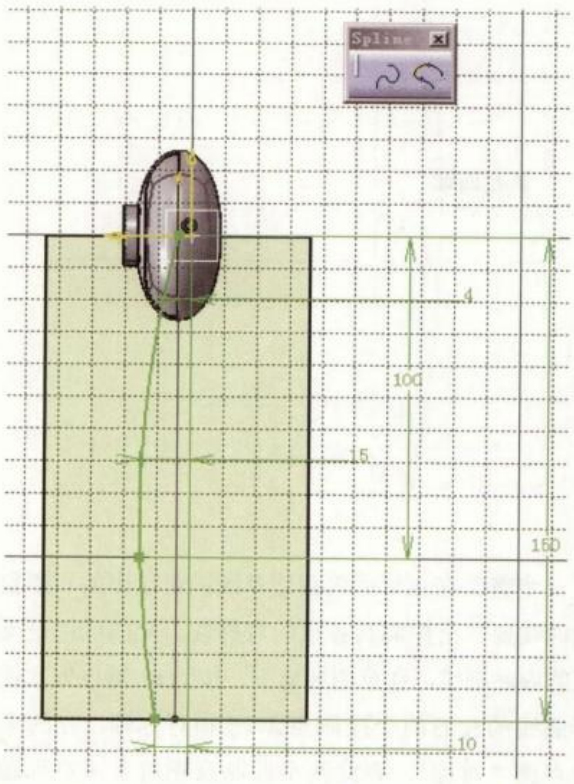


图1-76

提示1：构建产品的数字模型时，撇开前期的形态构思和后期的功能与结构设计，关键在于处理好点、线、面、体四者之间的几何关系，最终构建出理想的几何模型。结合二维和三维的特点可看出，复杂形态的物体都有复杂的曲面，复杂的曲面又有其特定的构造线，曲线又是通过一系列的点来控制。所以在构建数模的过程中习惯性地思考一下这些基本原理，对操作很有帮助。

提示2：支架建模的步骤3是生成空间曲线的基本方法，任何一根复杂的空间曲线都可以用两个简单的直纹曲面相贯后的交线而得到。

使用镜像命令，将空间曲线沿产品主对称平面对称复制，如图1-79所示。

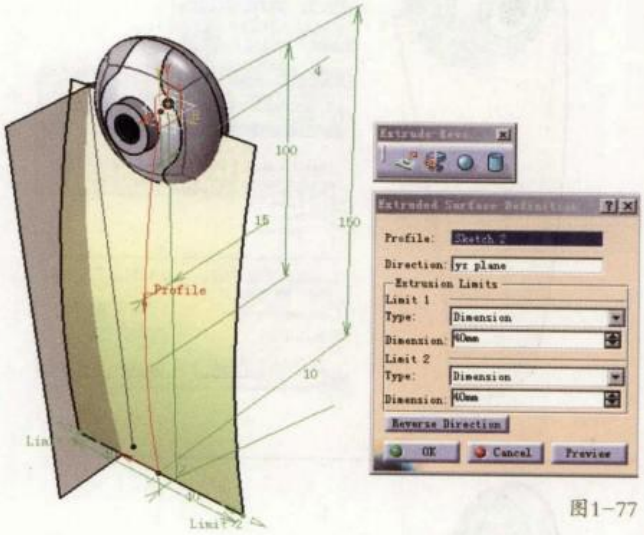


图1-77

图1-78

图1-79

步骤4 在产品主对称平面内建立草图，将空间曲线投影到草图，作为参考线并建立新曲线，如图1-80所示。

退出草图，利用放样命令，依次选择3根曲面构造线（guide 1～3），注意每根曲线的起始方向，按“预览”查看所生成曲面是否符合形态需要，如图1-81所示。

步骤5 在主造型面生成后，使用“偏移”命令，将曲面向前偏移2mm。重复此步骤，再向后偏移2mm。此操作所形成的是支架的前后主形体面，支架的材料厚度为4mm，如图1-82所示。

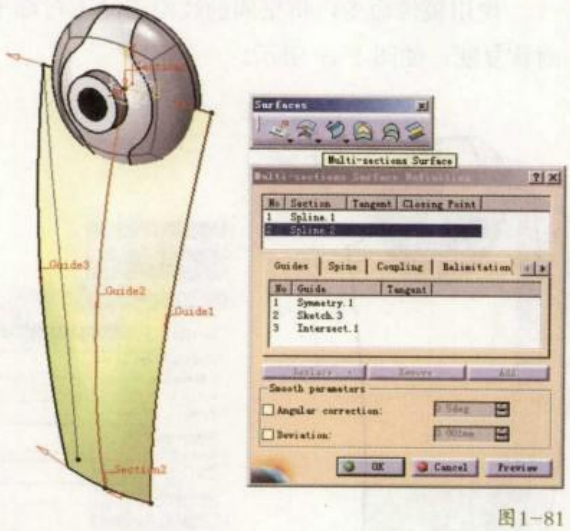


图1-81

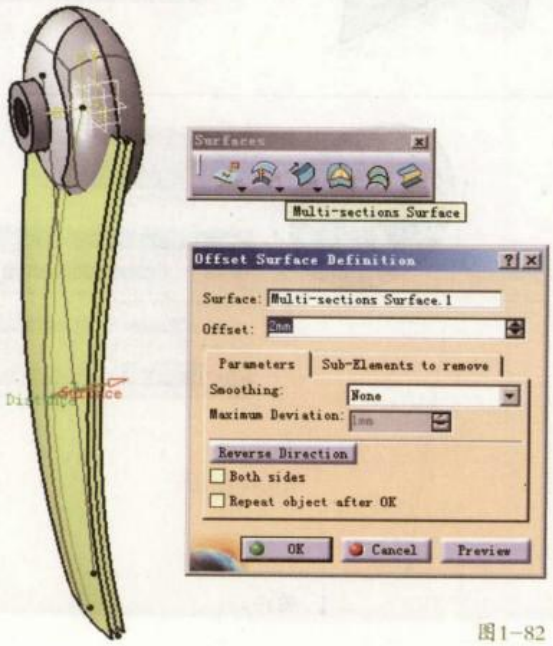


图1-82

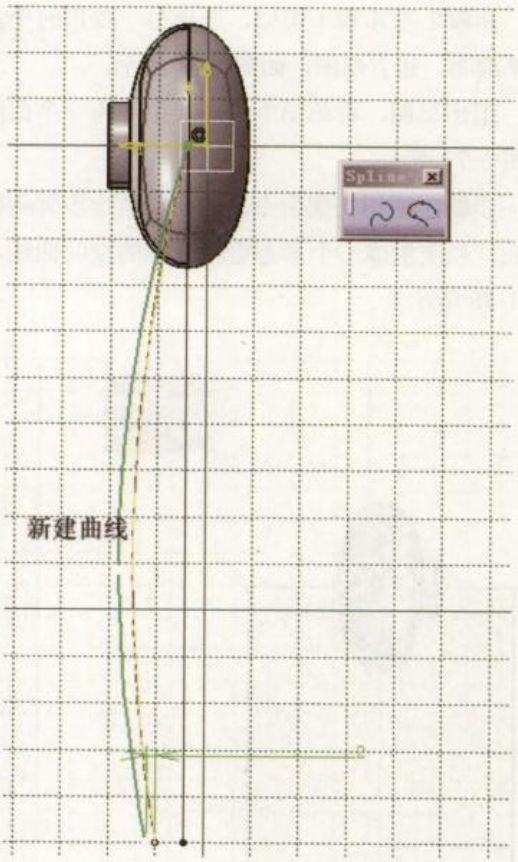


图1-80

步骤6 在主平面内新建草图，对绘出的U型自由曲线要严格控制其各点的对称性。此曲线也是支架的内轮廓线，在草图环境下，按Ctrl键再依次选择曲线的左右两个控制点A、B和对称轴，在约束中点选“对称”，则此两个控制点相对于该对称轴始终严格对称，如图1-83所示。

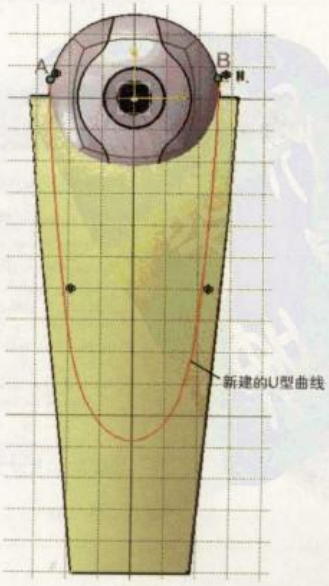


图1-83

步骤7 退出草图，使用投影命令将造型线分别投影至前后两个曲面，如图 1-84 所示。

使用“曲面分割”命令将造型面用投影线分割成两个部分，保留需要的部分，如图 1-85、图 1-86 所示。

步骤8 使用放样命令，依次将前后两个曲面的各个边界补成片体，如图 1-87 所示。

全部边界补齐后形成的类似实体的效果如图 1-88 所示。

步骤9 所有造型面生成后，点选“曲面组合”命令，将所有曲面组合成一个封闭的曲面，如图 1-89 所示。在组合曲面时，可以设置曲面间的缝合精度，通常使用软件自身所默认的精度。

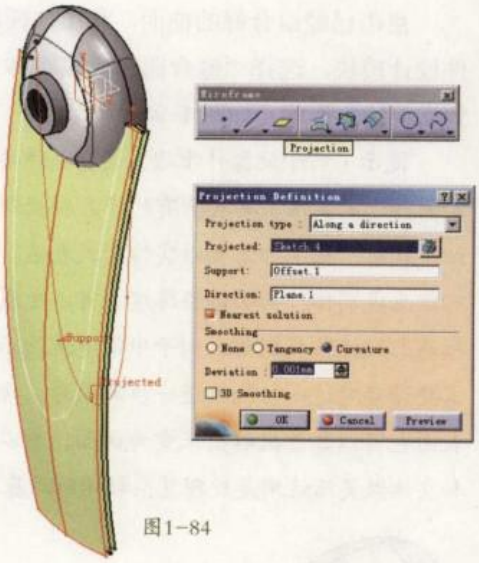


图1-84

图1-85

图1-86

图1-88

图1-87

图1-89

点击已经组合好的曲面，将工作模块切换至零件设计模块，选择“缝合曲面生成实体”命令，得到支架的主形体，如图 1-90 所示。

提示：对于此操作步骤，读者也许要问为何要将曲面转化成实体。其实所有的产品数据到了后期做详细结构时，基本都需要以实体形式表达。闭合的曲面可以生成实体，曲面偏移厚度也可以生成实体，这两项基本的操作我们都在例子中简单地演示了，但是仍需要读者对这一功能做进一步的思考，比如对实体的表面也可以任意提取出来变为曲面，所以能够对曲面和实体做灵活运用是处理复杂数模时的基本要求。

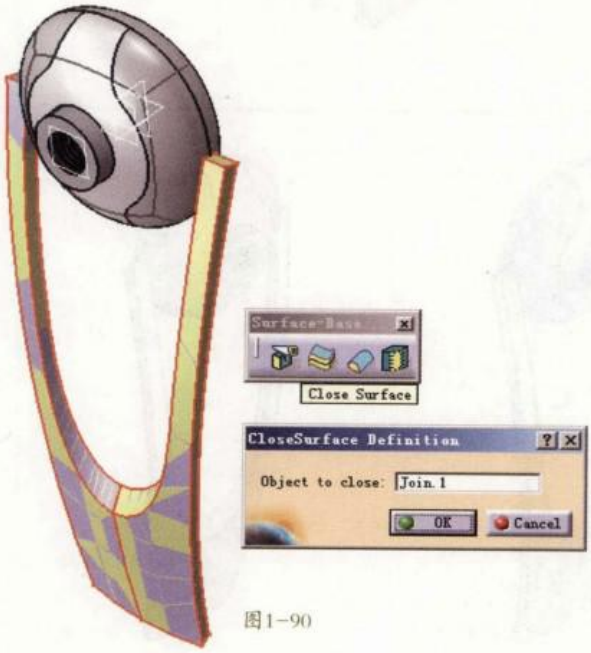


图1-90

步骤10 在主对称面建立草图，以设定的转轴为中心画圆，直径 5 mm，如图 1-91 所示。

退出草图，使用实体拉伸命令将草图拉伸得到所需的形态，注意控制框中的两个约束条件，即起始面“33 mm”与终止面“-20 mm”这两项重要的参数，如图 1-92 所示。

使用实体镜像命令，将刚生成的实体镜像复制过去，如图 1-93 所示。

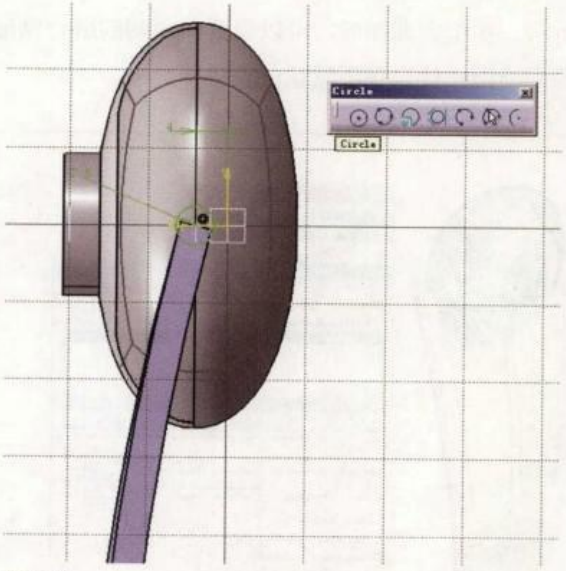


图1-91

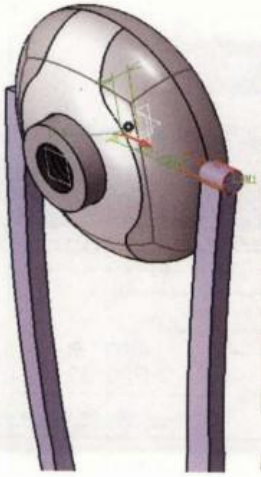


图1-92

图1-93

步骤11 在主平面上建立外轮廓控制线，使用镜像命令控制其左右的对称性，如图 1-94 所示。

退出草图，使用“实体挖空”命令，切除支架的多余部分，如图 1-95 所示。

使用“倒圆角”命令将支架转轴连接处做简单光顺，如图 1-96 所示。

步骤12 与步骤 10 相似，建立支架底部转轴，注意其基准面和参数设置，如图 1-97 所示。

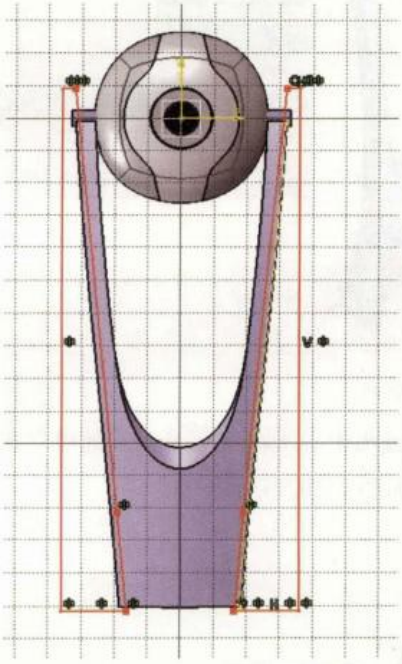


图1-94

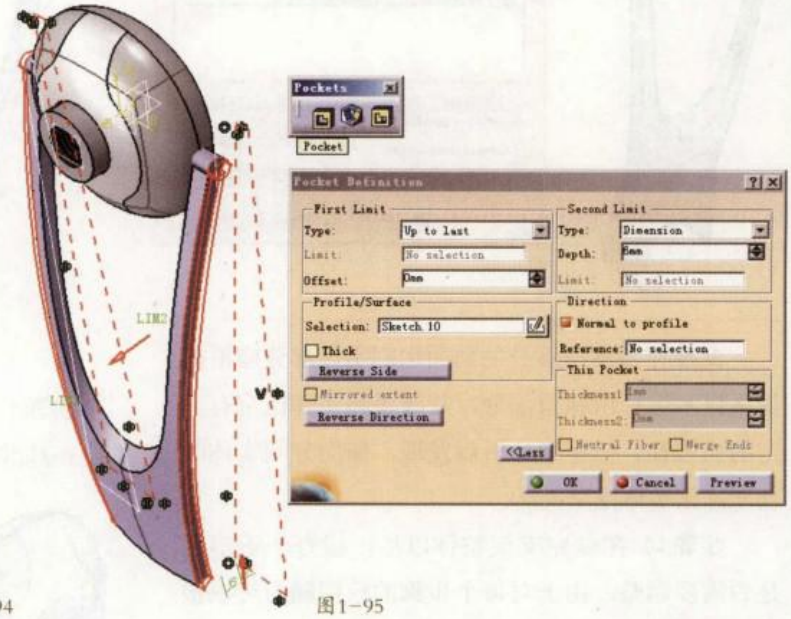


图1-95

图1-96

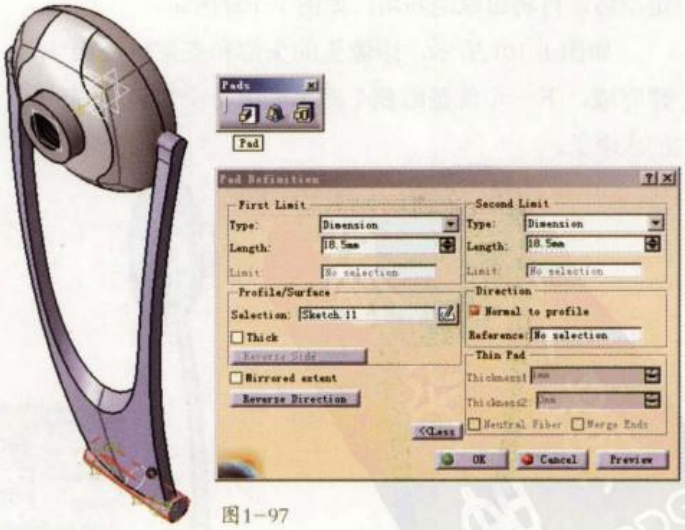


图1-97

步骤13 在主平面上建立轮廓草图，在其中构建曲线曲面，于模块中拉伸成曲面，再切换至实体模块，用造型线的拉伸面切割底部轮廓生成新支架，如图 1-98、图 1-99 所示。

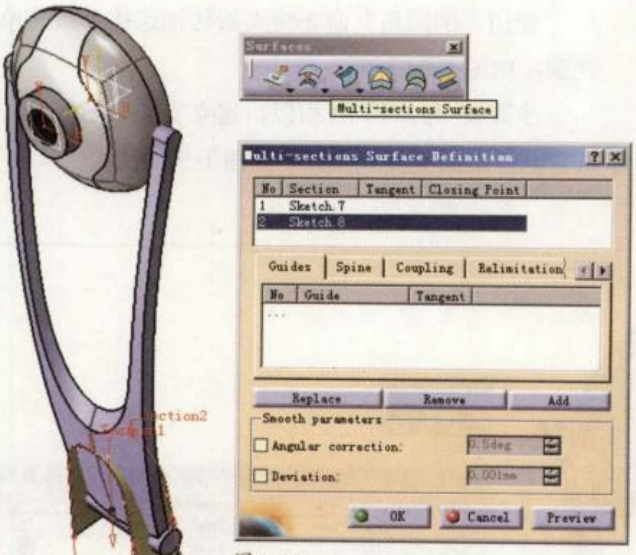


图1-98

图1-99

此操作步骤所涉及的曲面切割实体部分应根据箭头提示选择所保留部分，其效果和实体挖空有一定的相似性。但仔细分析后发现，曲面分割实体的功能远比实体挖空灵活。

步骤14 在做完支架整体以后，检查一下形态是否需要调整，由于对每个步骤的草图随时可以根据需要来做修改和调整，所以设计师要仔细推敲每根曲线的形态以及局部与整体的关系，在最后形态定型后，再将边缘倒圆角，如图1-100所示。

如图1-101所示，摄像头的头部和支架已经构建完成，下一步就是给整个产品配上一个协调美观的底座了。

图1-101

图1-102

（三）底座建模

步骤1 在离镜头中心所在平面150 mm处建立新的底座基准面，如图1-102所示。

图1-100

在中心基准面建立草图，以支架底部转轴中心为圆心画圆，直径为 9 mm，如图 1-103 所示。

退出草图，拉伸实体，参数设置见对话框，得到支架转轴与底座的连接部，如图 1-104 所示。

将所建立的实体镜像到另一侧，如图 1-105 所示。

步骤2 以刚刚建立的底座基准面为草图平面，画出底座的外部轮廓，如图 1-106 所示。

拉伸此轮廓草图，如图 1-107 所示。

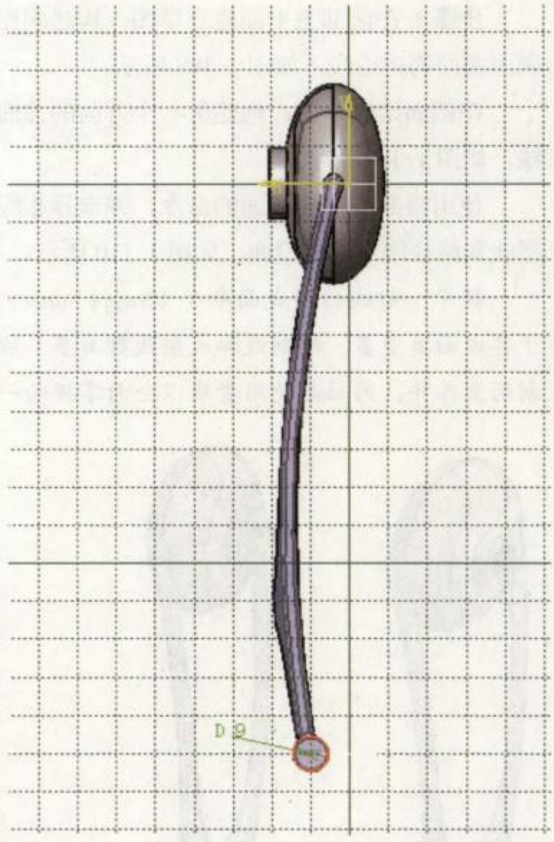


图1-103

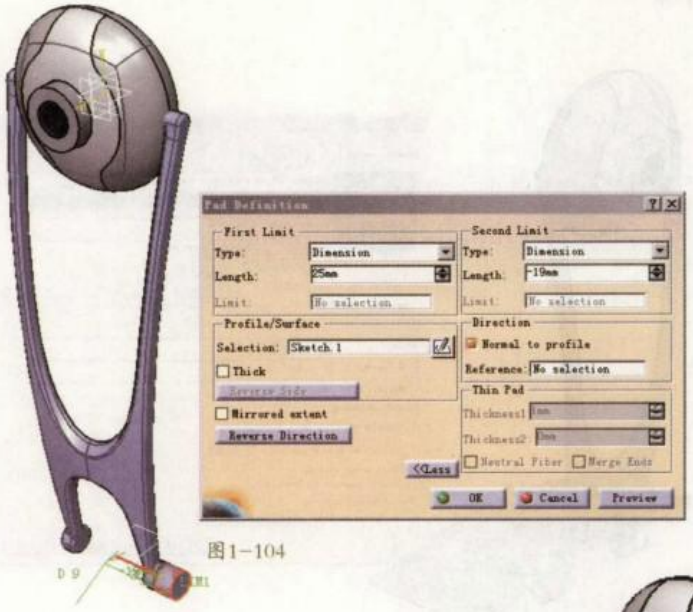


图1-104

图1-105

图1-106

图1-107

步骤3 在前部主平面建立草图，构建底座的上表面曲面的构造线，如图 1-108 所示。

在侧面绘制草图，构建另一个方向的曲面构造线，如图 1-109 所示。

使用将曲线扫描成面的命令，并选择相应的成型线和路径线生成造型面，如图 1-110 所示。

提示：曲线扫描成面命令（Swept Surface），由于其成面类型多、控制线和成型线种类多、边界控制约束各异，因而是使用者难以全面掌握的一个命令。每次使用该命令时要特别注意对其对话框的详细设定，这样才能较好地实现所需要构建的扫描面。

步骤4 使用先前的轮廓拉伸面切割上表面，选择所要保留的部分形成底座的上表面，如图 1-111 所示。

选择步骤 2 中的底部轮廓草图，使用“边界缝合成面”命令形成缝合面，并且将其向下偏移 5 mm，形成底座的底平面，如图 1-112 所示。

图1-108

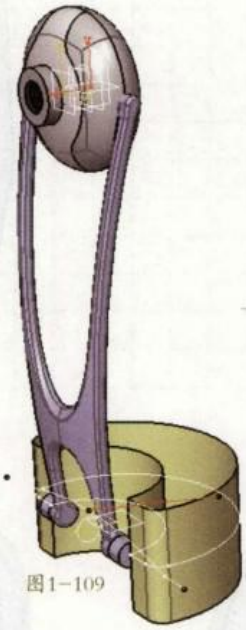


图1-109

profile（扫描轮廓线）

图1-110

图1-111

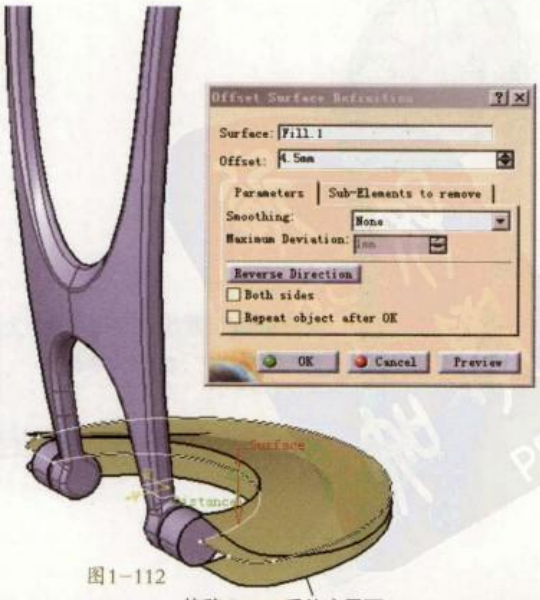


图1-112

偏移 5 mm 后的底平面

步骤5 对底座上下表面的边界使用缝合命令，依次进行缝合，边界连续性控制为点连续或者不选择连接面边界约束项，如图 1-113 所示。

底座周边缝合后的效果如图 1-114 所示。

步骤6 将底座所有的表面缝合成整面，切换至实体模块，将闭合曲面转化为底座的实体造型，如图 1-115 所示。

再次修整底座的外轮廓，如图 1-116 所示。

在所有大的特征建构完成以后，对底座的各个尖锐的边缘进行圆角处理，如图 1-117 所示。

底座建立完成以后，摄像头各部分的建模工作基本完成，其整体效果如图 1-118 所示。

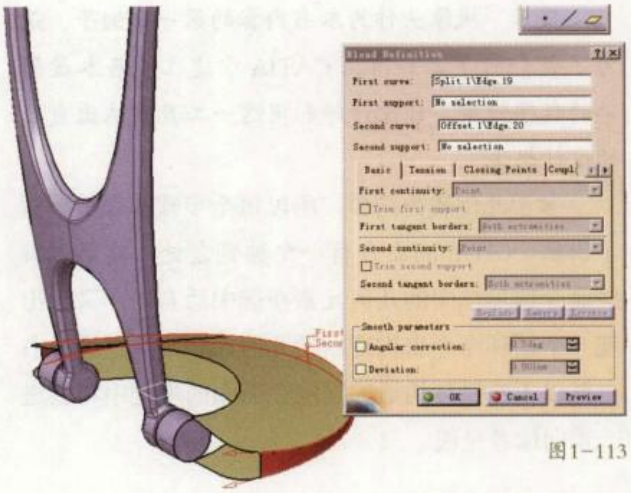


图1-113

图1-114

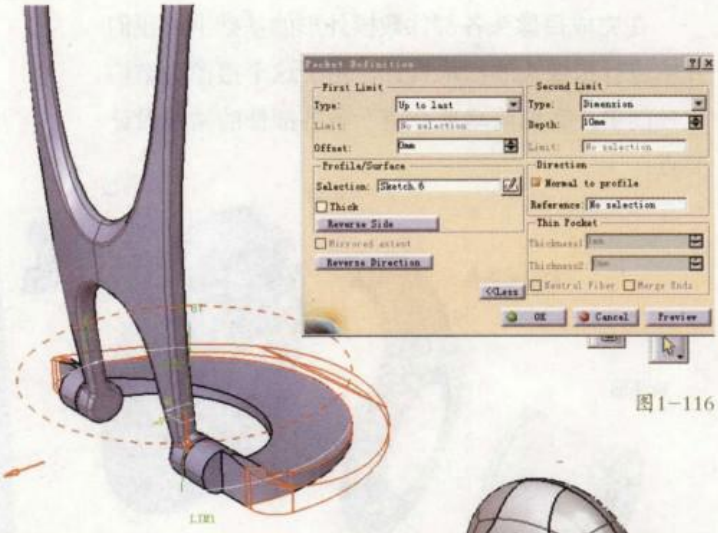


图1-116

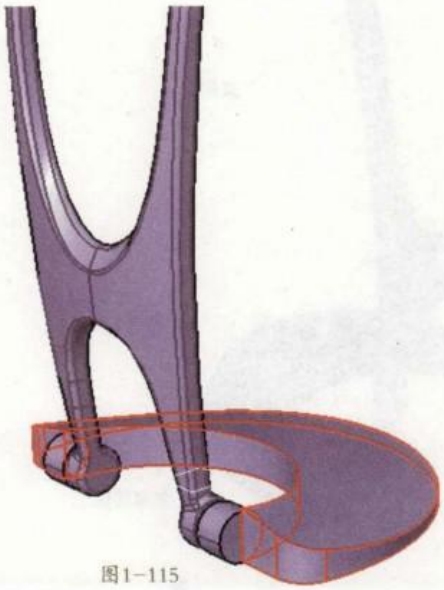


图1-115

图1-117

图1-118

提示：摄像头作为本书内容的第一个例子，是为了教会初学者如何在CATIA中建立最基本最简单的数字模型，让设计师利用这一工具表达出自己的设计想法。

鉴于此例较为简单，所以每个步骤都详细地做了讲解。CATIA的命令有一个独到之处，就是对有些命令选项框中的几何元素在选中后右击，又会出现一个循环命令来构造新的几何元素，这种通过右击施以不断循环构造的功能在后面的举例中将会进一步向读者呈现。

1.5.4 结构设计

在完成摄像头各部件数模外形的基础上，我们开始进行摄像头的结构设计，由于这个摄像头结构比较简单，我们简略地介绍一下各部件的结构设计要点。

（1）内部PCB通过4个M2螺钉固定在前盖上，注意螺丝柱的内外径工艺尺寸。

（2）支架通过金属压片压紧后盖，壳体既可旋转又可以在某个角度定位，支架与底座通过装饰帽压紧。前后盖紧合成为整体。

（3）摄像头前端的铝片通过粘胶直接粘接到前壳上。

（4）底座与支架的活动关节以销子作为活动转轴，由于摄像头重量较轻，只需要简单的销子即可以实现合适的阻尼。

图1-119为整个产品的爆炸结构图，亦详细说明了各主要部件的连接关系。

图1-119

1.6 色彩和表面图文设计

色彩具有低成本与高附加值的特点。产品——特别是消费型电子产品，向着市场细分的方向发展是个趋势。当产品进入细分市场时，产品在色彩选择上也会迎合目标消费者。在色彩和材质的选择上，不同的消费者必然有不同的喜好，通过色彩手段刺激消费者的购买欲，产品就会有更好的市场业绩。

据国际流行色协会调查数据表明：在不增加成本的基础上，通过改变颜色的设计，可以给产品带来10%～25%的附加值。

工业设计中，我们一般采用PANTONE色彩标准来对颜色进行描述。

注：PANTONE色卡配色系统的中文官方名称为“彩通”，是享誉世界的涵盖印刷、纺织、塑料、绘图、数码科技等领域的色彩沟通系统，已经成为一种国际色彩标准语言。世界任何地方的客户只要指定一个PANTONE颜色编号，我们就可找到他所需颜色的色样，无需臆测，更可以避免由于电脑屏幕颜色及打印颜色与客户实际要求的颜色不一致所引起的纠纷。

根据产品的特点与对生产工艺的考虑，为适应消费者的个性化需求，产品可以考虑不同的色彩方案，主要通过改变前盖塑料件的注塑色彩或喷涂色彩处理来实现。

注塑：直接将色料加入塑料粒子中，改变注塑件的颜色。

喷涂：在注塑件表面喷涂有色涂料。构成涂料的四大要素包括：

（1）树脂（Resin）。

（2）颜料（Pigment）。

（3）溶剂（Solvent）。

（4）其他添加剂（Additive）。

这一步要求设计师对应效果图和PANTONE色卡进行选色，把相应的PANTONE色号标注在产品上。表面图文一般采用矢量平面软件，如Illustrator，Coreldraw等进行制作。

本案例的图片如图1-120所示。这里用的是同属于Adobe公司的Illustrator软件，它和前文中绘制二维效果图使用的是同一种软件。

图1-120

产品上的图文印刷必须有严格的尺寸，最终完成的图稿应全部“轮廓化”，即能够转成曲线，特别是对含有文字的图稿必须将所有文字转成曲线，以免厂商因计算机所含字库中缺少相应字体而呈现乱码无法印刷，如图1-121所示。

图1-121

1.7 手板制作

手板（也称首板）是在没有开模具的前提下，根据产品外观图纸或结构图纸先做出的若干个用来检查外观或结构合理性的功能样板。它在过去一般是采用手工制作，伴随着科技的进步及CAD和CAM技术的快速发展，为制作手板提供了更好的技术支持，使得手板制作更加精确。随着社会竞争的日益激烈，产品的开发速度快慢与否日益成为竞争力强弱的主要标志，而手板制作恰恰能有效地加快产品开发的速度。

1.7.1 必要性

（一）检验外观设计

手板不仅是可视的，而且是可触摸的，可以很直观地以实物的形式把设计师的创意反映出来，避免了“画出来好看而做出来不好看”的弊端，因此手板制作在新品开发与产品外形推敲的过程中是必不可少的。

（二）检验结构设计

手板是可装配的，所以它能直观地反映出结构设计的合理与否以及安装的难易程度，便于及早发现问题，解决问题。

（三）避免直接开模具的风险性

模具制造的费用一般较高，比较贵的模具价值可达数百万元人民币，如果在开模具的过程中才发现结构的不合理等设计缺陷，其损失可想而知。而手板制作则能以少量制作费避免损失，减少开模风险。

（四）使产品面世时间大为提前

由于手板制作的超前性，企业可以在模具开发出来之前利用手板做产品的宣传甚至前期的销售、生产准备工作，及早占领市场。

1.7.2 手板制作与检验

制作手板这一步骤一般交由专业模型厂商进行，一般采用CNC加工、激光成型、硅胶模倒模等快速方式，再配合后续的电镀、喷涂、丝网印刷等表面处理，在几个工作日内就能完成一套产品的模型。手板加工工艺会根据产品材质而有所不同，如塑料一般采用机加工方式。选用的塑料与批量生产的最终产品除了因在材料性能上不相符而不能进行强度上的测试以外，外观设计与结构设计都可以用此进行检验。

最为常见的手板是采用特殊ABS、PMMA（亚克力）等材料，通过CNC机床做铣加工成型。后续加工多为手工抛光、喷漆丝印。这类手板厂商在江浙沪与珠三角一带已成规模。

金属部件一般也采用CNC机床施以铣加工成型，常采用铝或不锈钢等易于铣加工的材料。

手板制作完成后，工业设计师与结构工程师应对照手板，检验外观设计与结构设计，包括外观设计检验；尺度、造型的检验；产品细节上的修正；手感是否合适；表面处理与颜色的校准……以检验是否达到设计本意。

由于加工方法不同，手板毕竟与注塑件有着一定区别，如手板上没有分模线、浇注口、缩水引起的工艺缺陷等。这部分的问题在手板阶段是无法检验的。

检验结构设计时应将元器件与手板外壳进行组装。检查有无干涉，有无过紧过松以及与各个运动件相互的配合情况等。如发现有问题，可以有针对性地修改三维结构文件。本案例中最终制作完工的手板如图1-122所示。

图1-122

1.8 设计项目提交

一个完整的设计项目提交包括以下内容：

（一）设计方案的效果图

一般做法是将效果图配合简单文字说明制成Powerpoint放映文件（.pps），便于客户在会议中放映演示。

（二）三维数字加工文件

一般采用最为通用的stp，step格式，它们可以在多种工程软件中打开（Pro-E, UG, CATIA等）。

STEP是国际标准化组织（ISO）所制订的国际统一的CAD数据交换标准。所谓产品模型数据是指为覆盖产品整个生命周期中的应用而全面定义的所有产品数据元素，它包括为进行设计、分析、制造、测试、检验和产品支持而全面定义的零部件或构件所需的拓朴、公差、属性和性能等数据。STEP标准在下述几个方面有着明显的优越性：①经济效益显著。②数据范围广、精度高，通过应用协议消除了产品数据的二义性。③易于集成，便于扩充。④技术先进、层次清楚，分为通用资源、应用资源和应用协议三部分。根据客户需要，我们会在stp数据的基础上生成详细的零件加工图、装配图以及工艺控制文件。

（三）产品零件清单

一般采用Excel表格形式提交。

图1-123为某工业设计公司所提交的零件清单爆炸图，主要是为了清晰列出产品所有的生产加工及采购部件。Excel表格一般包含该产品中每个零件的编号、数字文件名称、材料、加工工艺、表面处理方式、PANTONE色号、数量、采购供应商等信息。

这些信息常常成为客户企业制作BOM表，即物料清单的重要组成部分。良好的信息管理对于客户企业针对这个产品进行物料采购、供应商管理、成本控制能起到一定的提前规划作用。

BOM的英文全称为Bill of Material，中文为“物料清单”，英文缩写为“BOM”。BOM是计算机可

图1-123

以识别的产品结构数据文件，也是 ERP（Enterprise Resources Planning 企业资源计划）的主导文件。BOM 使系统能够识别产品结构，也是联系与沟通企业各项业务的纽带。

（四）产品表面图文印刷稿

一般已经包含矢量格式（ai，cdr 等），并应当转成曲线。文件中应详细标明印刷位置及 PANTONE 色号。

（五）手板模型

除了手板模型以实物形式交付以外，其他设计成果都以电子文件形式交付。

1.9 产品辅助平面设计

在产品设计完成后，进行产品包装、说明书等配套平面设计，这些设计应与产品的设计风格与行业特色相一致，如图 1-124 所示。

包装盒三维效果图

包装盒平面展开图

图1-124

1.10 生产阶段

1.10.1 塑料件

对于塑料件的批量生产而言，塑料模具的设计制造（即开模）是第一步，由专业模具厂家进行。

设计师与结构工程师虽不是这个过程的主体，但设计修改工作会在这个阶段继续。在这个阶段，设计公司的主要职责是沟通与监理，确保设计在生产过程中不会走样，并针对生产要求对设计当中不合理或不利于生产的缺陷进行必要修改。监督确保模具设计机构不妄改设计方案。

模具设计由于其技术人员的水平参差不齐，以及常见的对缩水缺陷的处理，对分模线的设计是否得当等因素的处理方法不同，有可能使产品与设计本意产生偏差。另外，为了适应生产工艺等因素，模具厂商可能会对产品外观和细节进行必要的修改和删减，而不恰当且欠考虑的修改和删减可能会对产品的外观与结构造成破坏。

模具设计完成后，模具加工的精细程度也需要关注。当然，这些和模具价格、模具厂的规模、模具师傅的技术水平是有很大关系的。

另外，要关注注塑成品的颜色与表面处理是否符合原设计意图，是否偏色，表面的亚光或高光的效果如何……如有问题要及时修正。

所以，对产品外观和细节应进行严格把关，在生产环节尽可能还原设计意图对成品的品质是至关重要的。

除非客户拥有自己的注塑生产线，否则模具制

造和注塑一般在同一家厂家进行。

下面是简略的塑料模具厂家的开模过程：

（1）模具厂家收到设计公司提交并经由客户确认的三维实体文件及技术要求等。

（2）经由报价等商务谈判后，客户与模具厂家商定产量、交货时间、签订合约、确定合作关系。

（3）模具厂家依据三维实体文件、技术要求等进行模具设计。

（4）模具厂家根据合同要求和产品需要选择模具钢材，开始制造模具。

（5）选择所要求的塑料材料，调配原料，装机注塑，试制第一批注塑件。

（6）检查注塑件，如发现缺陷则分析原因，继而修正模具并再次试制。

（7）成品经确认无问题后，则正式开始塑料件的批量生产。

越是优秀的结构设计与模具设计，越是精细的模具加工，越能提高成品的品质。同时，所选的注塑原料、设备与技术也与产品的质量密切相关。

开模即模具设计与制造的时间：简单产品一般为 15 ～ 30 日，较复杂产品一般为 30 ～ 60 日。根据各个供应商的效率而有所不同，其中包括较小的模具的修整时间。

本案中，开模的部件为摄像头圆盖前后两片，都是相对简单的部件，表面处理为细咬花。

模具咬花（mold texture），也叫模具蚀纹，是用化学药水如浓硫酸等与钢材表面进行腐蚀反应处理以形成纹路，常见的有幼纹、细纹、粗纹、皮纹等种类，亚光面、皮革纹、橘皮纹、木纹、雨花纹等称呼是对它的形象叫法。其作用一是掩饰成形品上的缺陷；二是作为表面装饰，提高商品价值；三是克服了产品因表面印字、喷漆引起的易磨现象；四是颗粒较粗的咬花可以起到防滑作用。

1.10.2 金属件

本案中的金属件包括：前面板铝饰件，锌合金支架，锌合金后壳体，锌合金底座。金属件采用压力注射成型，后续抛光打磨，再加以电镀形成光洁表面。这样既具有良好的美学鉴赏性，又区别于市场常见的塑料材质摄像头。

1.10.3 外购件

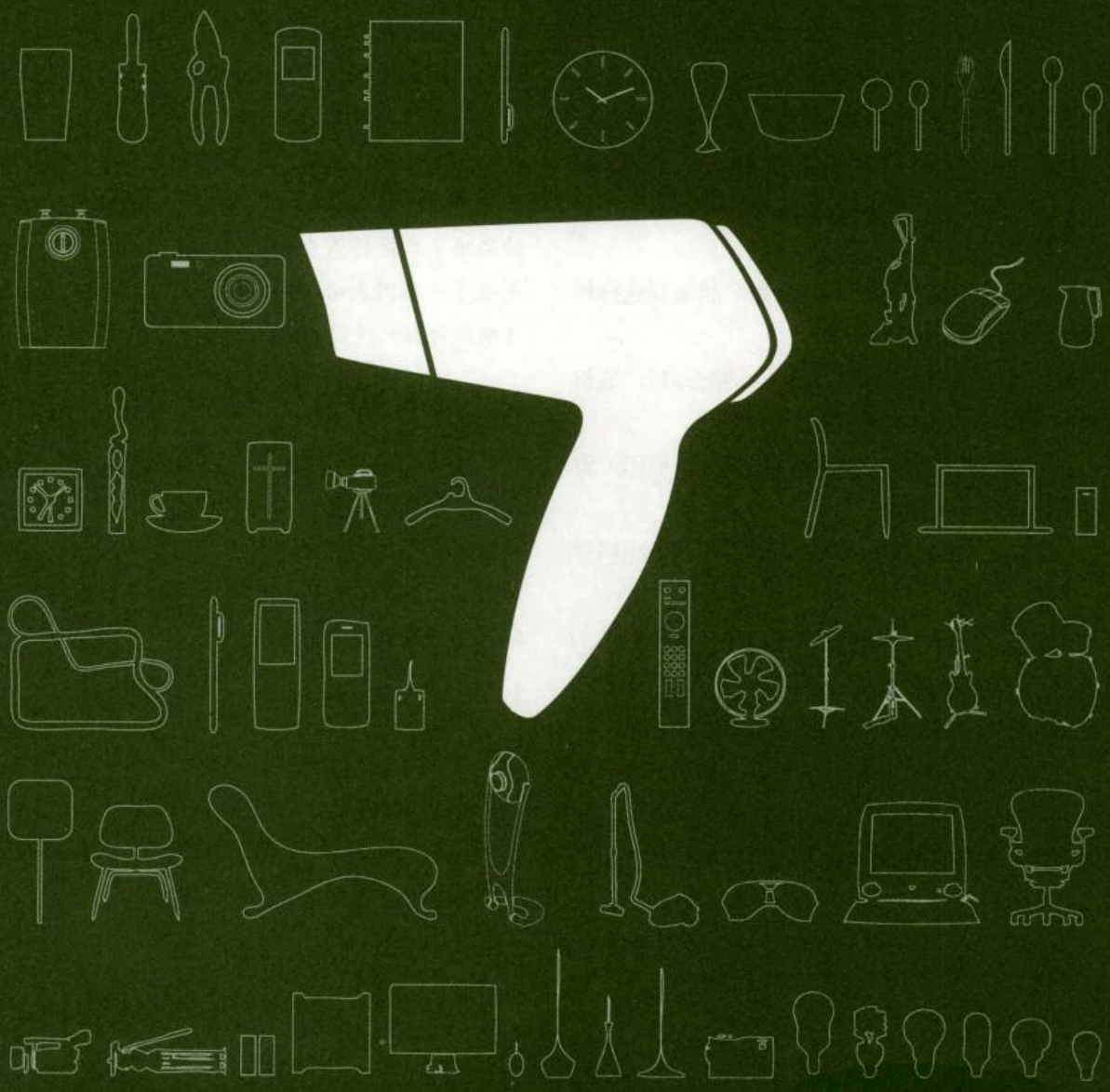
镜头、USB 连接线、USB 接口这些部件都有统一的标准和规范，一般由独立第三方厂家生产仅需对其进行采购。这样既保证了生产选配模块的灵活性与快捷性，同时又可节约产品开发的成本。

1.11 总结

摄像头设计案例采用了正向设计流程：设计人员首先要构思产品的外形、性能和大致的技术参数等，然后利用 CAD 技术来建立产品的三维数字化模型，最终将这个模型转入制造流程，完成产品的整个设计制造。这样的产品设计过程我们称之为“正向设计”。

除了“正向设计”外还有“逆向设计”，它是一个“从有到无”的过程。简单地说，逆向设计就是根据已经存在的产品模型反向推出产品的设计数据（包括设计图纸和数字模型）过程。一般需要预先通过模型测绘的方式，设计出 1∶1 的产品数字模型，该方法在交通车辆、电动工具类等曲面较为复杂，与人体接触密切的产品设计中应用得较为广泛。

产品设计是融合科技、艺术、经济性于一体的活动。从前期的市场调研、产品定位到构思方案、深入细化，再到与之相对应的模具开发、表面处理工艺，直至最后的量产、装配、销售、售后服务，每一个环节都关系到产品的成败。希望通过对本案的学习能够对读者了解产品开发的过程起到帮助。



Hair Drier Design

Two

第2章 电吹风工业设计流程

确切地说，电吹风是一个理发工具，主要用于头发的干燥和塑型。但是基于能够吹送热风这一功能，电吹风也在家庭、实验室、理疗室及工业生产、美工等方面作局部干燥、加热和理疗之用。

电吹风的工作原理很简单，它通过内部电热元件将吸入的空气加热，然后形成热风从前端出风口送出。如今，电吹风作为一个吹干头发、塑造发型时必不可少的小家电，早已经深入千家万户，并且随着人们对时尚的追求日益增进，对电吹风的性能要求也逐步提高。

本案以电吹风为例，介绍这一常见小家电的工业设计流程。首先应做的是通过前期详尽的市场调研，了解现有的电吹风的品牌及造型特点，分析目前市场的供销状况和消费需求，为企业提出恰当、准确的“电吹风设计定位”而提供充分的资料依据。

2.1 前期设计定位

2.1.1 怎样的电吹风设计才是优良的产品设计

在本案例中，我们的目标是设计一款好用的电吹风，那么怎样的电吹风才能够称为好用的电吹风呢？概括而言，它应具备以下特征：

（1）安全性：电吹风多使用交流电，优良的设计首先必须是安全的。

（2）可靠性：不容易出现故障，坚固且耐用。

（3）功能性：能够在最短的时间内吹干头发，同时对头发和头皮的伤害程度降至最低。

（4）易读性：综合考虑产品的形态和色彩特征，使电吹风本身成为一种自我表达的语言，在产品和用户之间建立起沟通桥梁，使得用户在拿到产品后无需阅读说明书也能够学会使用产品。

（5）易用性：工具是人体的延伸，是为便利人类而制造的。优良的电吹风应具有适度的形态、体积、质量以及舒适的手感。应尊重人机关系，让操作简单，使用便利，即使长时间使用也不至于感到疲惫。

（6）家庭性：产品应尽可能与居家环境协调，使人倍感亲近。

（7）精练性：每个产品都有自己固有的形式，尽力发掘电吹风的天赋特征，赋予产品自然的形态，而非主观的人为附加样式。

2.1.2 设计前的结构部件排布

通过对电吹风进行分类，有助于从整体上了解与掌握电吹风的功能特色。了解内部构件的设置是探讨电吹风安全性、易用性等性能是否合理的前提之一。

根据使用环境的不同，电吹风分为家用型与专业型两大类。家用型电吹风功率相对较低，附件少，功能简单；专业型通常为专业的理发机构所服务，功能齐全。

在设计电吹风前，应对该产品的结构特点进行概括。虽然不同产品在外观造型、体积和功率等参数上有很大差别，但其内置元件的结构基本相同：由前至后依次是电热丝、风扇、电机和控制开关。工作原理可以抽象为电机带动风扇，风扇吹出的风被发热元件加热后吹出，图 2-1 为电吹风内部结构示意图。

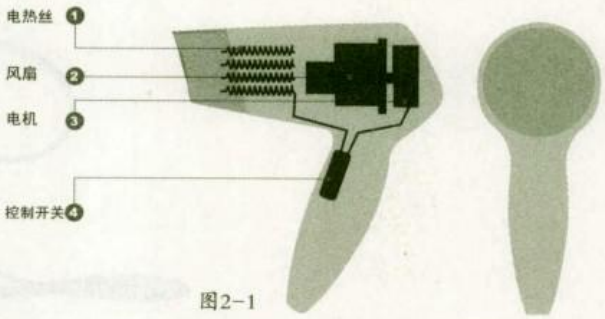


图2-1

2.1.3 对电吹风功能的定位

本案例的目标在于设计出一款优良的家用型电吹风，我们在功能定义中关注了以下几大功能。

（1）养护效果：人们对于电吹风的护理效果尤为重视，具体来说是电吹风的负离子养护——滋润吹干功能。

（2）使用舒适：该设计不面向于出差或旅行的人士，因而电吹风的便于携带性不是本次设计的重点，我们更关注于家庭环境中的易用性，包括自用和对他人使用，因此要求体态轻巧、具有良好的手感，在对自己和对他人头部的使用中都很便利。

（3）噪音最低：降低噪音是每位用户都期望的，有婴儿的家庭对电吹风的静音性能的要求最为迫切，我们力求通过科学的风道设计尽量减少气流的啸叫，为家人创造一个安静舒适的环境。

（4）效率最高：即吹干头发与塑型的速度最快，用时最少。这是针对电吹风的功率、风速和出风口造型等细节设计所提出的要求。

2.1.4 电吹风设计调研

产品设计同时也是商业设计，因为商业成功

与设计的革新价值常常是并重的。设计调研是产品设计取得商业成功的必要手段。设计、售价、市场竞争激烈程度对电吹风未来的销量将产生实质性影响，全面调查并了解来自企业生产方、消费者以及市场三方面的信息，有助于我们寻求合适的电吹风设计定位，从而最终得到理想的设计方案。

（一）热销产品

根据2009年1月某地的电吹风市场销量调研数据，最受用户关注的十款电吹风产品被飞利浦和松下包揽。其中飞利浦占据六个席位，松下获四席，如图2-2所示。

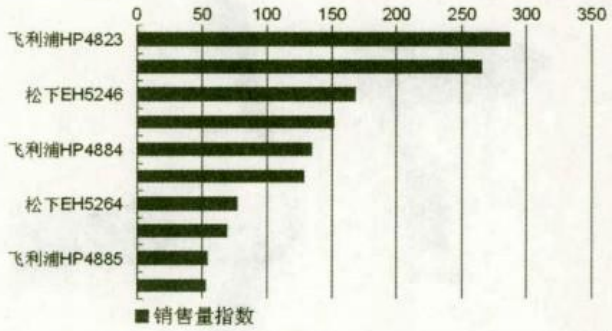
从价格上看，处于100～200元价位段的入围产品数量最多，占据五个席位。100元价位段以下产品占据四个席位，200～300元价位段产品仅分得一席。由此可看出100～200元的中档价位段产品最受欢迎，因此我们将此次电吹风设计定位于终端售价为100元左右的产品。

（二）现有竞争产品描述

目前的电吹风消费市场中，主流产品位于家用型电吹风类，如图2-3所示。

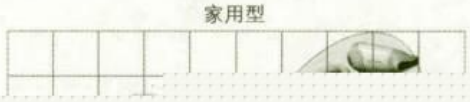
通过对各大商场的实地考察以及网络信息搜索的调研方式，我们发现目前国内一、二线城市的电吹风消费市场主要为飞利浦、松下、沙宣等知名品牌所占领，各家产品风格独特，个性鲜明，如图2-4所示。

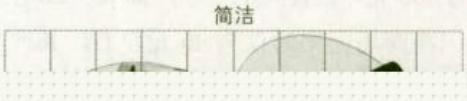
经过详细的设计调研发现，在2009年1月最受用户关注的电吹风品牌中，飞利浦以58.2%的受关



排名	TOP10电吹风产品	市场售价
1	飞利浦 HP4823	¥58
2	飞利浦 HP4886	¥171
3	松　下 EH5246	¥51
4	飞利浦 HP4887	¥220
5	飞利浦 HP4884	¥122
6	飞利浦 HP4824	¥61
7	松　下 EH5264	¥198
8	松　下 EH5263	¥163
9	飞利浦 HP4885	¥151
10	松　下 EH5161	¥99

图2-2





本次设计的目标主要是自用，也可兼顾他用，在设计构思中我们选择手柄和机身呈 75° 的角度，这个角度的设计让使用者对于自身使用角度感到最为舒适，同时在帮助他人吹头发时虽不是最为理想，但也不至于过于难受，仍属可接受范畴。

如图 2-12 所示，开始做深入的形态构思后，从草图方案挑选出了几个比较满意的电吹风形态，再一次展开草图设计并仔细推敲电吹风细节的形态，包括外壳分模线型、进风口与出风口形态、开关、LOGO 等。

在形态推敲中，图 2-13 所示的方案 A、E、H 相对较优，经比较后选择方案 E 进行深入设计，如图 2-14 所示。

做设计首先不要好高骛远，很多初学者在学习设计之初就希望做出一个惊世骇俗的设计作品。抱着这种一朝成名的功利思想做设计是不可取的。灵感在设计中只是很少的一部分调味剂，更多的是辛勤的汗水和经验的积累。设计如同练习书法一般，初学者在基础还没有牢固掌握前，不要片面追求行书的意境和草书的气势，应该先认真写好楷书。首先追求的应该是笔画排布的平衡、端正，在练习了一段时日之后，再追求更高的意境和气势。

笔者认为，在电吹风设计中，首先应该追求产品的舒适度和合理性，将产品手柄的尺寸形态及按键的位置仔细推敲，设计成最为合理好用的样式，而后再追求形式感。

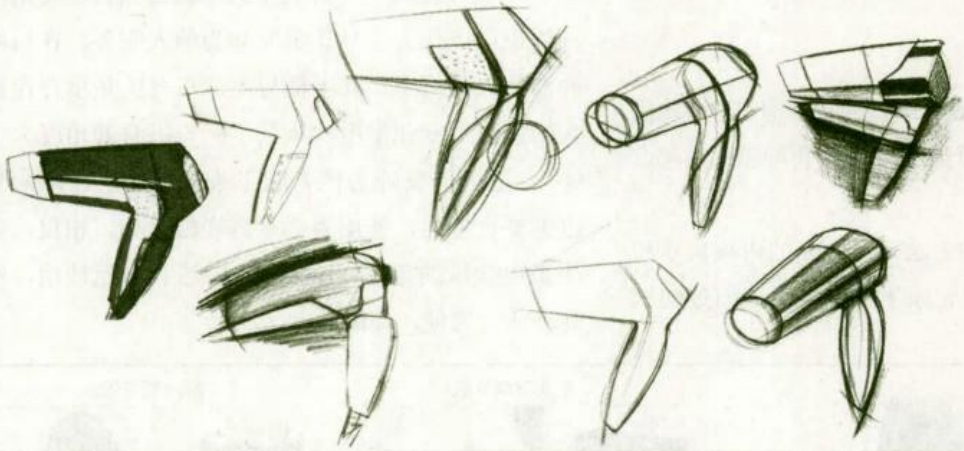
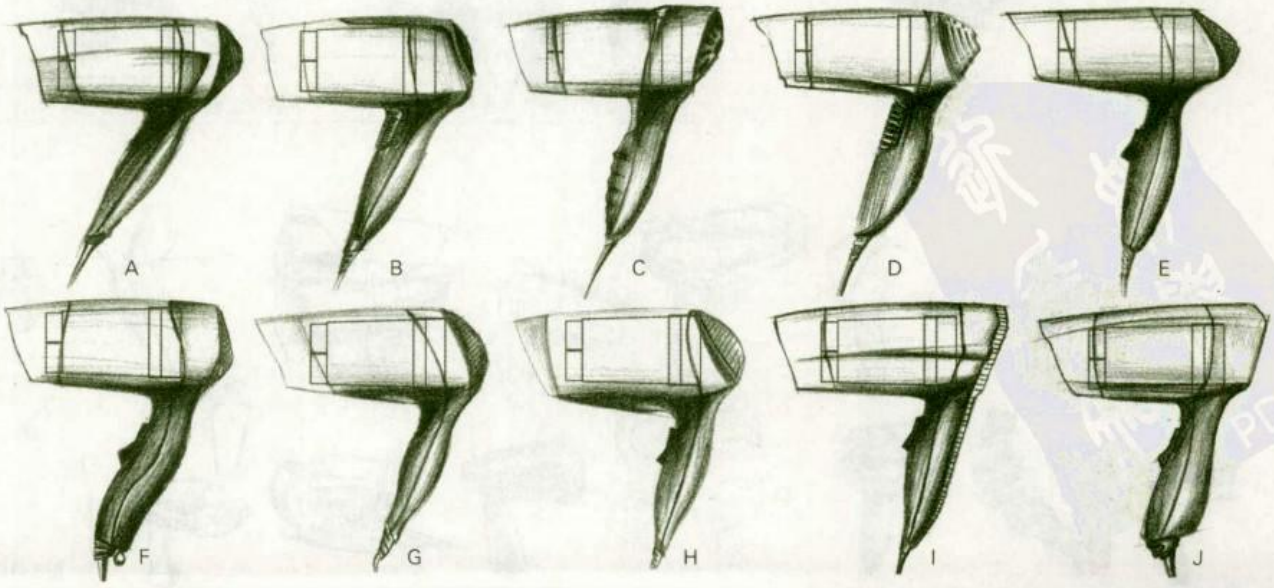


图2-12

图2-13



下面我们来分析手柄的设计思路和方法，如图2-15所示。

在初次接触设计的人看来，手柄只要能够握住，大小合适就可以称得上优良的设计，其实好的电吹风手柄所蕴藏的内涵远不止于此。

我们把使用者的“食指长度＋拇指长度＋食指与拇指根部间距离”定义为d。当d/2＜手柄横截面的周长＜d时，即手握手柄时拇指指心刚好能搭在食指的指甲盖上最为合理。如果手柄横截面太大，则容易滑脱且长时间握持较为费力；太小则容易在手心中打转，不容易定位。

横截面的形状也并非我们想象中的以圆形最好，仔细观察拇指和食指所围合的形状，应该是一个端部稍小，根部略宽的圆润梯形。圆形截面的手柄在手心中是很难定位的，容易转动，一般工具或者小家电的手柄都不设计为圆形就是这个道理。同时，手柄截面不可有明显的突出角，这样会因手的局部受力过大而感到疼痛，极大地影响使用舒适度。

在图2-15中，B、E两点微凸，在使用中会使手柄不易滑脱，A、C之间的距离应与G、I的距离相当，实现“满手抓握”的效果。

图2-14

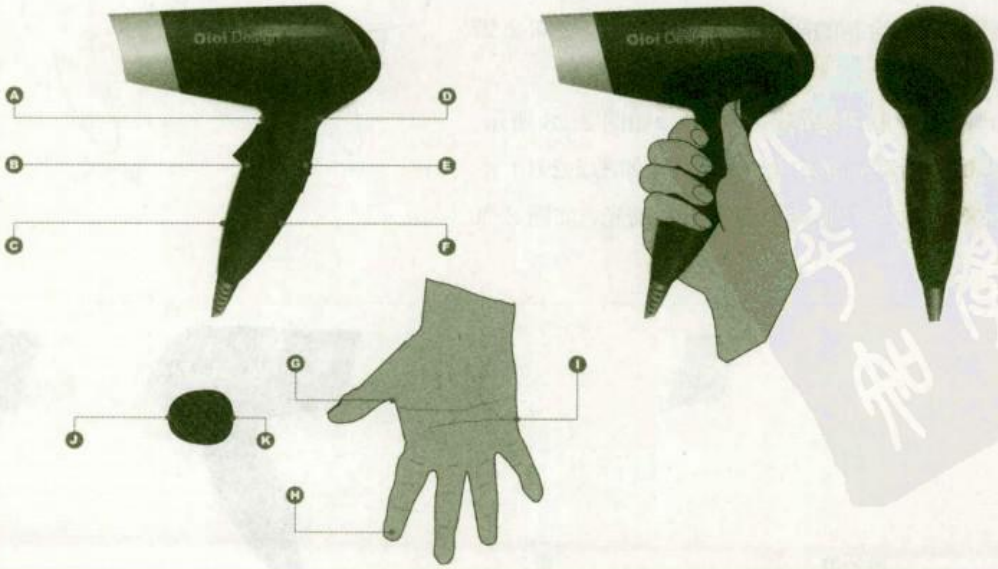


图2-15

2.3 二维设计

2.3.1 绘制电吹风主视图

步骤1 使用 Illustrator 软件中的钢笔工具依据草图绘制出电吹风主壳体轮廓，如图 2-16 所示。

步骤2 使用钢笔工具依据草图绘制出电吹风口部线条，如图 2-17 所示。

步骤3 使用钢笔工具绘制出电吹风前后壳分界线，如图 2-18 所示。

步骤4 使用钢笔工具绘制后壳进风口，如图 2-19 所示。

步骤5 对出风口和主要壳体运用“相交”命令绘成封闭路径，如图 2-20 所示。

步骤6 组合后绘制进风口右侧凸起圆弧，如图 2-21 所示。

步骤7 对出风口和进风口使用线性填充工具，如图 2-22 所示。

步骤8 对主壳体使用线性填充工具，如图 2-23 所示。

步骤9 对进风口凸起圆弧使用线性填充工具，如图 2-24 所示。

步骤10 绘制开关和壳体分块线，如图2-25所示。

步骤11 绘制主壳体阴影，如图 2-26 所示。

步骤12 将绘制的阴影和主壳体组合，如图 2-27 所示。

步骤13 绘制手柄阴影和高光，如图 2-28 所示。

步骤14 手柄高光和主壳体组合，如图2-29所示。

步骤15 加入主壳体上的文字和高光，如图 2-30 所示。

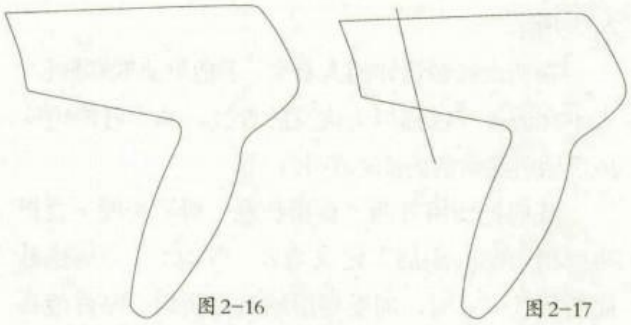


图 2-16　图 2-17

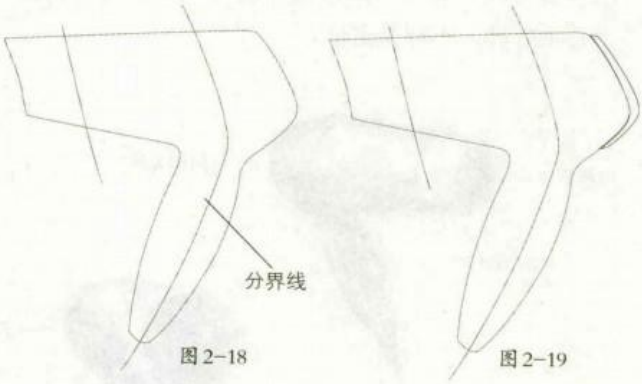


图 2-18　图 2-19

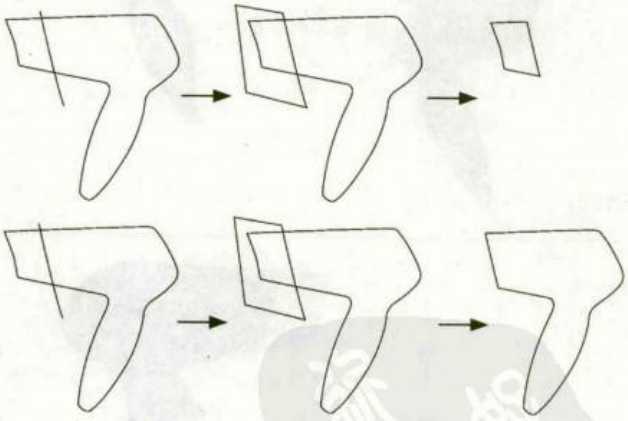


图 2-20

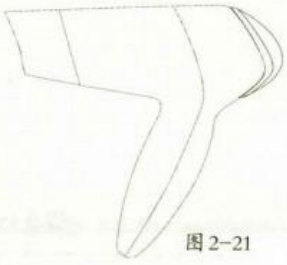


图 2-21

图 2-22

图 2-23

图 2-24

图 2-25

图 2-26

图 2-27

图 2-28

图 2-29

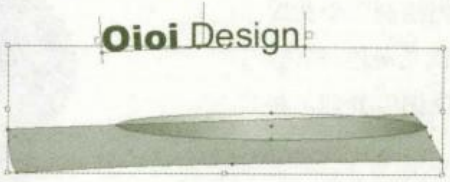


图 2-30

图 2-31

步骤16 组合设计完成，如图 2-31 所示。

2.3.2 绘制电吹风侧视图

有了此电吹风主视图的基础，我们现在来绘制侧视图，方法基本一致，读者在阅读过程中对部分步骤亦可以用其他方法自行发挥，总体过程如图 2-32 所示。

步骤1 绘制侧面视图，具体细节如下：

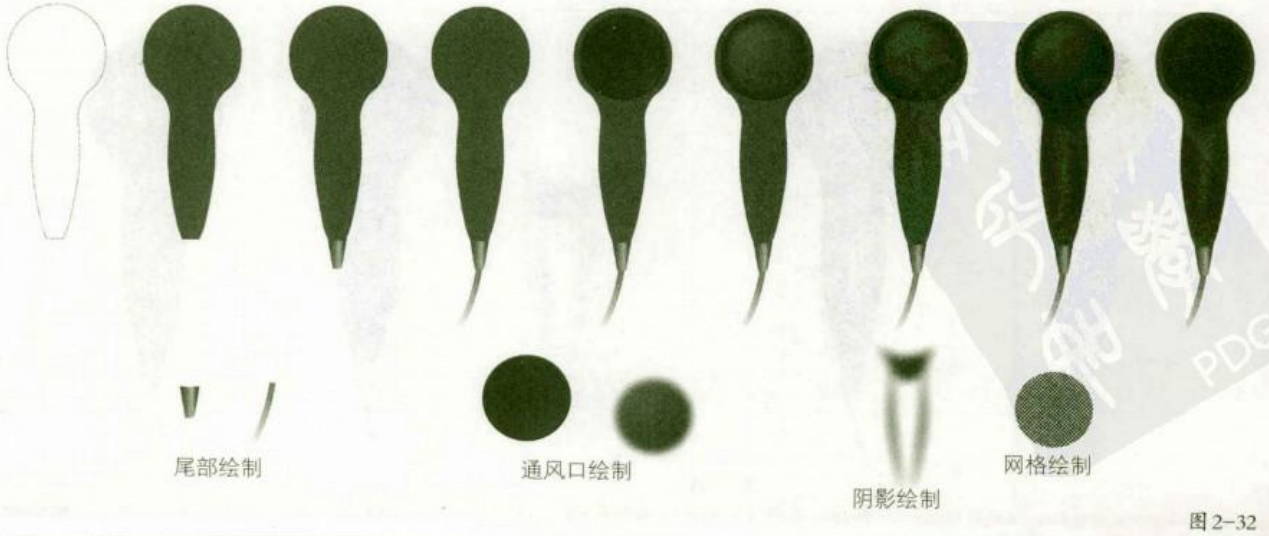


图 2-32

先描绘侧视图基本轮廓路径并且设置路径填充颜色为红色，如图 2-33 所示，注意勾画路径时要保持图形的对称性，对称的具体方法可以参考第一章二维设计部分里绘制摄像头支架和底座的步骤3所述。

绘制倒梯形表现电吹风尾部，如图 2-34(a) 所示，再如图 2-34(b) 绘制两条描边路径，较细的线条颜色要淡一些，用来作为电线的高光。对右边较细的那条描边路径采用高斯模糊特效（主菜单→效果→模糊→高斯模糊），然后将模糊后的电线以高光叠加在描边较粗的线条上，这样电吹风的电线绘制就完成了。

接着绘制电吹风的进风口，首先绘制三个灰黑色的圆，如图 2-35 所示，从左至右依次是灰色、黑色、渐变色，并且对第 3 个圆做“高斯模糊”处理，将三个圆叠放在一起来表现进风口。

绘制手柄高光亮部，用白色填充如图 2-36（a）所示的闭合路径，再对其使用“高斯模糊”效果，然后叠加到图 2-36（b）所示的手柄上，效果如图 2-36（c）所示。

绘制暗部时先勾画出如图 2-37（a）所示左图的路径图形，对其填充为深灰色，再对其使用“高斯模糊”效果（注意控制好“高斯模糊”的数值，并在透明控制面板中选择“正片叠底”选项），然后叠加到刚刚绘制好高光的手柄即图 2-37（b）上，得到图 2-37（c）所示的效果。

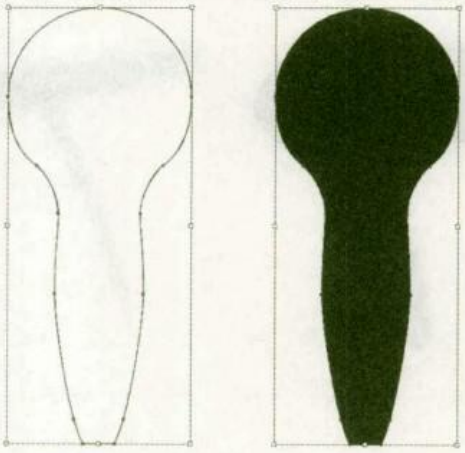


图 2-33

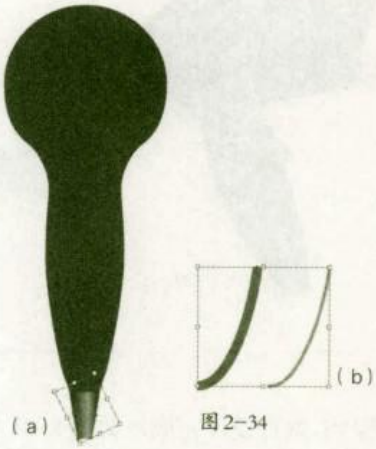


图 2-34

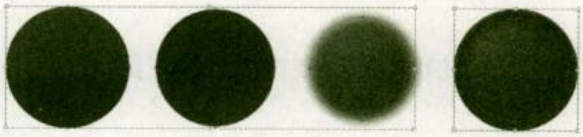


图 2-35

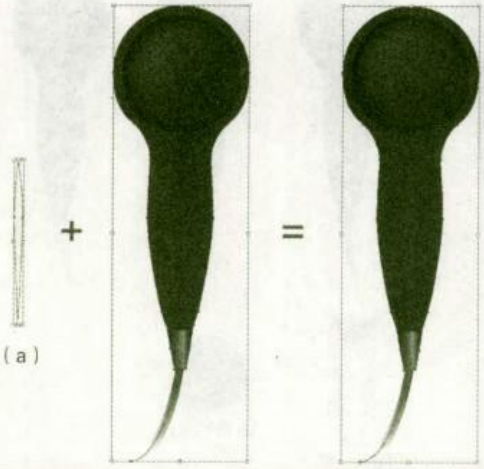


图 2-36

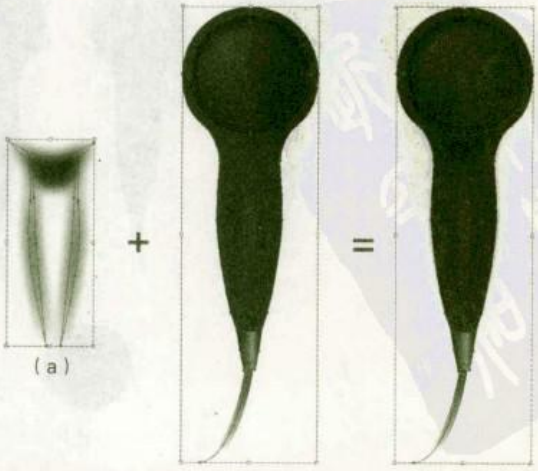


图 2-37

如图 2-38 所示，绘制一个黑色圆，再绘制一个辅助正方形，正方形边长大约为圆半径的 3 倍。接着要对黑色的圆进行阵列：首先选中正方形，按键盘“Ctrl+2”将正方形锁定（解除锁定的快捷键为“Ctrl+Alt+2”），然后用移动工具选择圆，注意要打开智能参考线，确保鼠标可以捕捉到圆的圆心，然后点击鼠标左键选中圆心，按下鼠标左键同时按下“Alt+Shift”键将黑色的圆向右拖动，待拖至正方形右上角顶点处释放鼠标左键，即可复制出一个圆，然后多次重复按键盘“Ctrl+d”键即可复制多个间距相等的圆。

将第一排的圆全部选中，再将鼠标移动至第一个圆的圆心处，点击鼠标左键选中圆心，按下鼠标左键的同时按下“Alt+Shift”键将黑色的圆向右下拖动，待拖至正方形中心点处释放鼠标左键，复制出第二排圆点，即如图 2-39 所示的图形。

接着将第一排和第二排的圆全部选中，将鼠标移动至第一个圆的圆心处，然后点击鼠标左键选中圆心，在按下鼠标左键同时按下“Alt+Shift”键将黑色的圆向下拖动，待拖至正方形左下角顶点处释放鼠标左键，复制出如图 2-40 所示的图形。

用以上方法画出如图 2-41 所示的图形，然后将它们全部选中，按“Ctrl+g”键对这些点施以“编组管理”。接着画一个红色的大圆，如图 2-42 所示，确保红色大圆在点阵列的上方（即盖住点阵列）。

以之前绘制的圆圈阵列为背景，在中间绘制一与通风口直径大小相同的圆，与背景取交集得到通风口网格，如图 2-43 所示。做交集的方法如下：同时按下键盘上的“Shift+Ctrl+F9”三个按键，打开“路径查找器”控制面板，如图 2-44 所示，同时选中所做的阵列和大圆，然后点击“路径查找器”中的交集按键，最后点击扩展按钮，完成交集运算，形成如图 2-45 所示的通风网孔。

将如图 2-45 所示的通风网孔叠放到原先绘制好的电吹风侧视图中，完成侧视图的绘制，如图 2-46 所示。

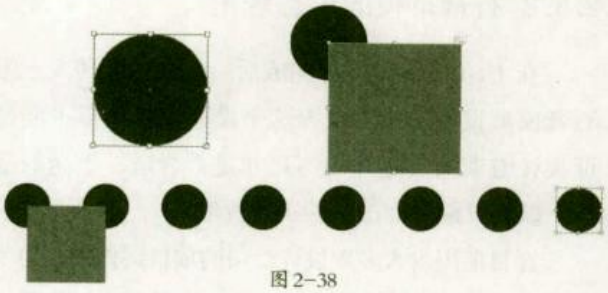


图 2-38

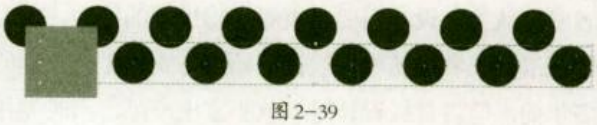


图 2-39

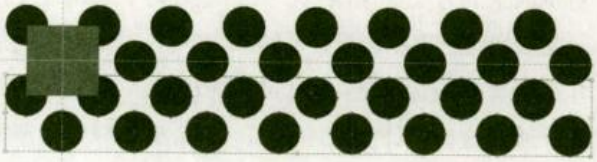


图 2-40

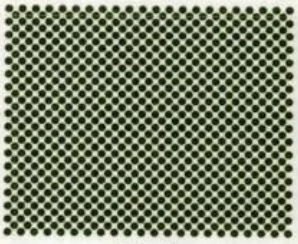


图 2-41

图 2-42

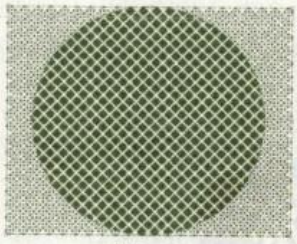


图 2-43

图 2-44

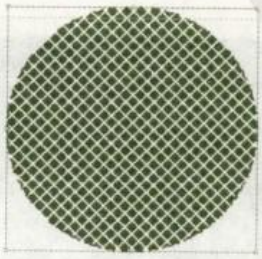


图 2-45

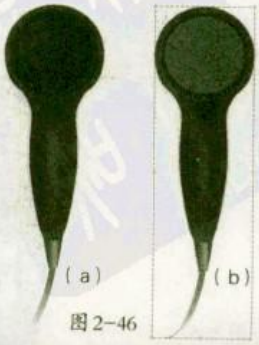


图 2-46

2.3.3 石膏草模的形态修正

在1∶1的二维设计完成后，设计方案转入三维的石膏模型设计阶段。设置这个设计流程环节主要是验证设计方案的实际体积与尺寸是否合适、手柄舒适与否，以及三维空间形态的美观程度。

在目前国内大多数设计公司的项目运作中，为了节省设计时间与降低设计成本，这一环节通常被省略。笔者坚持认为，设计需要注重对实物模型的推敲，因为停留在纸面上和电脑中的设计图始终与实物是有差别的。多年前，笔者曾经设计过一款小家电产品，当时委托方对纸面上的方案非常满意，其后笔者为了追求速度，对产品很快进行了结构设计并转入生产。在产品问世之后，几乎所有的顾客都觉得产品的体积偏大，但此时为时已晚。通过这次设计失败的教训，笔者更加坚定了草模制作在产品设计中的重要性。

本案中石膏草模的具体制作步骤如下：

（1）将二维设计线条稿以1∶1比例打印出来，如图2-47所示。

（2）用刻刀将打印出的线条稿刻划下来，如图2-48所示。

（3）以刻划下的线条稿为参照，在石膏块表面画线，描绘石膏模型轮廓，如图2-49所示。

（4）用锯子将多余的石膏部分锯除，如图2-50所示。

（5）用石刻刀刻画出石膏模型的大轮廓，如图2-51所示。

（6）将1∶1的线稿与石膏模型不断比对，确保模型尺寸的准确性，如图2-52所示。

（7）对石膏模型细节进行精细刻划，如图2-53所示。

（8）多角度对石膏模型舒适度进行测试，并进一步完善模型，如图2-54所示。

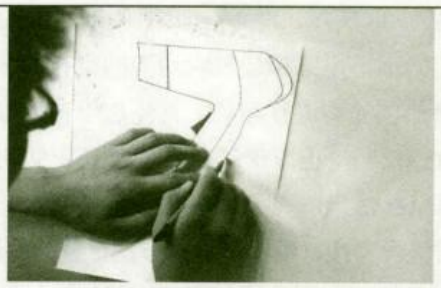


图2-47

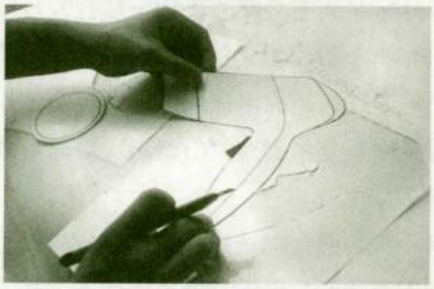


图2-48

图2-49

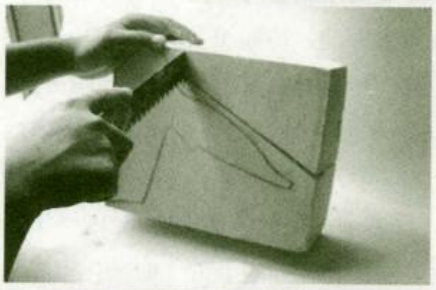


图2-50

图2-51

图2-53

图2-52

图2-54

2.4 三维设计

2.4.1 概述

产品设计在完成二维表达和石膏草模之后，就进入三维设计表达阶段，这一过程有两种情况：

（1）对刚刚接触产品设计的学生而言，这个过程就简化为构建产品的三维数模，为后期制作三维效果图和简易模型做准备。只要形态和尺寸基本符合原始的二维设计，所制作的数模能基本实现渲染和模型制作就行。所使用的工具软件通常为上手比较容易的Rhino（犀牛），学生学习这个软件基本没有难度，可以灵活地表达自己的设计创意。

（2）专业的产品设计环节，其三维设计表达应根据产品的外观类型和复杂程度而有所区分。对于简单的产品，设计师通常将产品的内部元器件和原始设计二维图导入设计环境中，在产品整体布局做完后开始构建高精度数据模型；对于形态复杂的产品，仅用三视图对于构建高精度三维数模是远远不够的。在这种情况下，设计师首先要用发泡材料或者油泥制作实物模型，在实物模型上细细推敲每个细节，不断调整和优化产品的形态，既能表达出原始的设计精髓，又可以修改二维形态和三维形态之间的矛盾，提高产品后期的制造可行性。在实物模型制作完成后，运用三坐标或者激光扫描仪，生成三维原始数据（这类数据通常是点云或者三角网格），在这基础上去构建高精度的专业数字模型。构建专业数模主要看设计者的专业水平，所需使用的软件范围很广，造型类的主要有Rhino和Alias，逆向类主要有Alias、CATIA和ICEM，工程类的主要有CATIA、UG、Pro-E、VISI等。

软件仅仅是工具，设计师除了要通过不断的训练和积累从而了解产品形态的表达方法，掌握处理曲面的精湛技术以外，更要在产品设计的实践中体会到形态和功能、形态和材料、形态与工艺、形态与色彩这一系列紧密相联的产品要素，从而真正成为一名优秀的产品设计师。其中，三维设计是整个产品设计过程中的一环，这个过程的衔接好坏直接关系到能否实现出色的产品。

针对吹风机，由于其内部器件和结构比较简单，外观形态却有一定的曲面需加以构造，因而我们可选用根据三视图生成数模的方法，就是通常所说的正向建模。

2.4.2 操作步骤

首先在CATIA软件的装配模块中建立新的装配体，系统默认的命名为“Product 1”，在结构树中点击该处，右击后在弹出的菜单中点击“Properties”，然后在弹出的“Properties”菜单中自定义文件的“Instance name”（案例名）和“Part Number”（零件号），文件名的这两项基本属性对于以后的文件存储和管理非常重要。

在产品结构树中点击“Product”，然后在系统菜单“Inset”中选择“Inset new part”，即建立新的零件。新建的零件通常为“Part 1”，也可以自定义该文件为“Shape”，作为产品外观的整体数模文件。有的设计师会将其称为“Master”，也就是主形体。

在装配体的产品结构树中继续点击“Product”，在“Inset”中选择“Inset Existing Component”，在弹出菜单中选择预先建立的内核模型，并调整装配体中内核文件的位置。

在装配体产品结构树中继续点击“Product”，点击“Start”菜单中“Shape”里的“Sketch Tracer”，然后将视图调整为平行视图并切换到前视图，插入三视图图片，调整其所处的位置和大小。视图的大小应根据内核文件来定，位置根据产品数模的原始坐标系来定。在这些前期设定完成之后，我们双击“Shape”这个零件，切换至造型模块，开始三维模型的建立，如图2-55所示。

图2-55

图2-56

步骤1 在主视图中点击草图平面，建立草图。使用曲线工具将该视角的形体外轮廓描绘下来，包括产品的分型线，如图2-56所示。

简单地说，产品的分型线就是各个零件之间的接缝，但从产品的整体形态来推敲，我们不难发现它和产品功能结构、制造工艺、材料层次区分、形态转折有直接关联。

建立产品三维数模时，对分型线的考虑是最基本的。建立模型的第一步，就是要了解模型以后应怎样进行拆分，以及各个零件的材料和制造工艺。通常铸件的模型都有脱模角度要求，零件的外壳厚度和产品的功能要求与制造材料有直接联系。简而言之，就是对产品的整体谋略与布置若能在前面想好了，后面就越做越轻松。前面没想好，后面肯定寸步难行，事倍功半。

图2-57

步骤2 在右视图完成与步骤1相似的内容，如图2-57所示。

步骤3 在主视图中建立草图，将步骤1中的分型线投影至草图，系统默认该投影曲线为黄色。退出草图，将曲线拉伸为分型面，如图2-58所示。

提示：如修改步骤1中的草图分型线，该草图的投影线会自动更改，这就是第一步先描绘外轮廓的原因，后面的步骤都是用同样的方法。在产品模型完成之后，形态的调整通过最初始的草图就可以实现。

步骤4 投影顶部的主轮廓线，并在另一个视角建立轮廓线，通过“Sweep”命令构建顶部曲面，如图2-59（b）所示。

步骤5 与步骤4相似，构建下侧面曲面，如图2-60（b）所示。

步骤6 投影把手的左侧轮廓线，继而构建把手左侧面，如图2-61（b）所示。

步骤7 投影把手的右视图轮廓线至主平面并投影至分型面，将两者的相贯线拉伸成构造面，如图2-62（b）所示。

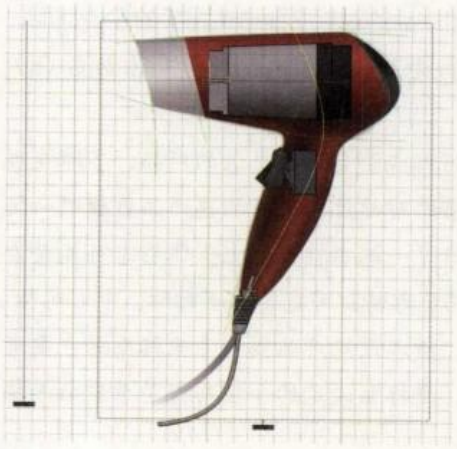
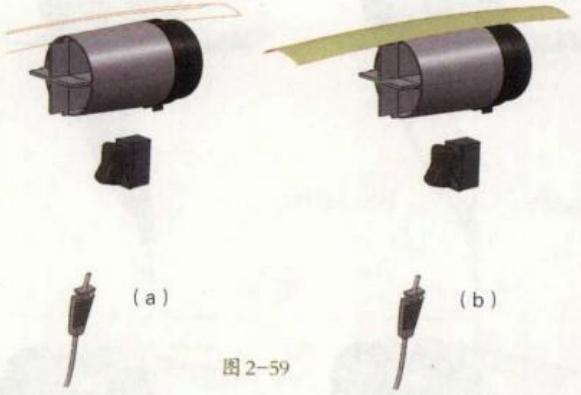
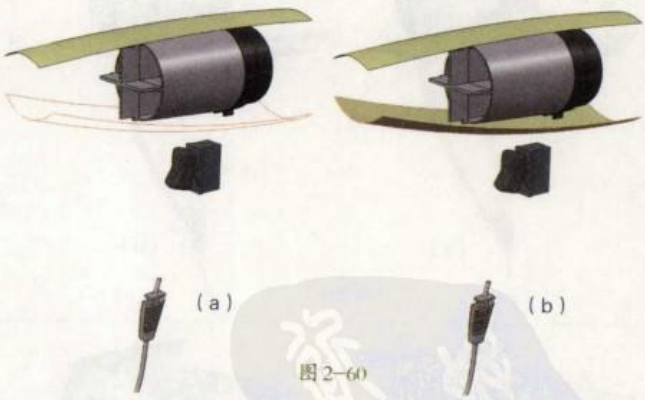


图2-58



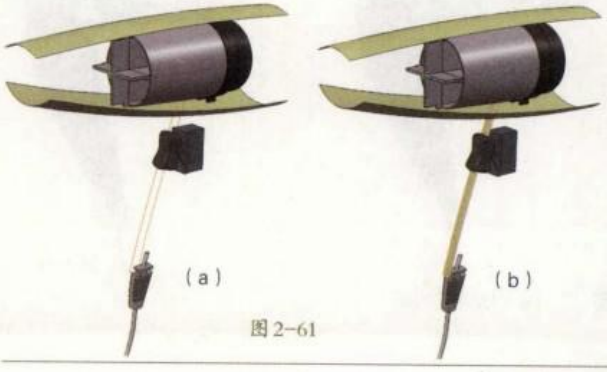
（a）　（b）

图2-59



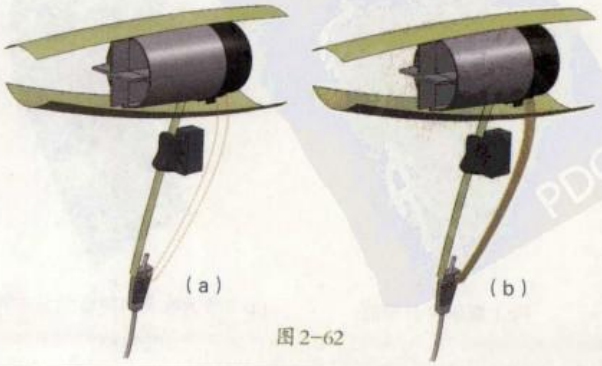
（a）　（b）

图2-60



（a）　（b）

图2-61



（a）　（b）

图2-62

步骤8 用产品的对称平面修剪把手的左侧曲面，保留前半部分，为下一步操作做准备，如图 2-63（b）所示。

提示：仔细观察自己所见过的产品，不难发现其大都有严格的对称性，所以构建产品数模时一定要严格处理好这一基本特征。主形体形态可能是左右对称，形态局部特征可能是上下对称、中心对称、阵列或渐变。所以设定产品模型主坐标系时也要考虑到这一点，坐标系设定的合理与否关系到后面操作的简便性。

通常构建对称面时，扫描线位于对称平面中，造型线关于对称平面严格对称。这样使用对称平面切割该平面的任意一侧镜像后，既能保证对称性，又能实现原始造型线的高度连续。

步骤9 将裁切好的左侧曲面和由分型线生成的构造面显示出来，选择两者的边界线，用“curve”命令生成把手曲面的形体构造线。此时不仅要注意构造线与相接曲面边界两端的连续性，更要保证所生成的曲面的分模线和原始设定的分模线一致，此过程往往需要调整曲线的权重值。画完上下两端曲线以后，使用“Fill”命令，依次选择各个边界和相应的约束连续性的曲面，生成把手的主形体曲面，如图 2-64（b）所示。

步骤10 将主分型面显示出来，依次用该曲面修剪吹风机筒体的上下两个曲面，为建立筒体的主侧面做准备，依次如图 2-65（a）、（b）、（c）所示。

步骤11 依据右视图的轮廓，大致建立筒体的初步曲面，如图 2-66 所示。

步骤12 将上一步骤做出的初步曲面向内偏移 7～8 mm（这一尺寸应根据实际的曲面形态做进一步调整）。用偏移曲面裁剪筒体的上侧面，为生成筒体的主侧面做准备，具体过程如图 2-67（a）、（b）、（c）所示。

步骤13 使用“trim”命令，用对称平面（即设计师构建原始数模时设定的产品对称面，很明显，吹风机的对称面在建模时按视图习惯可以设定为系

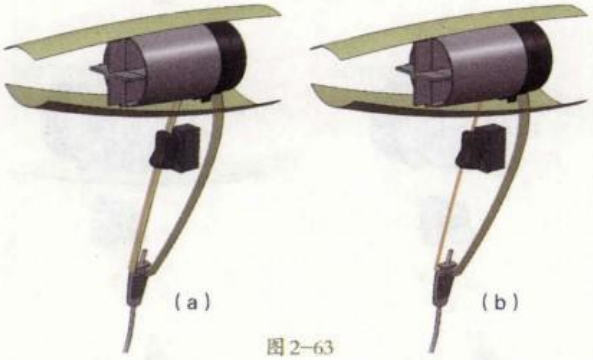


图 2-63

图 2-64

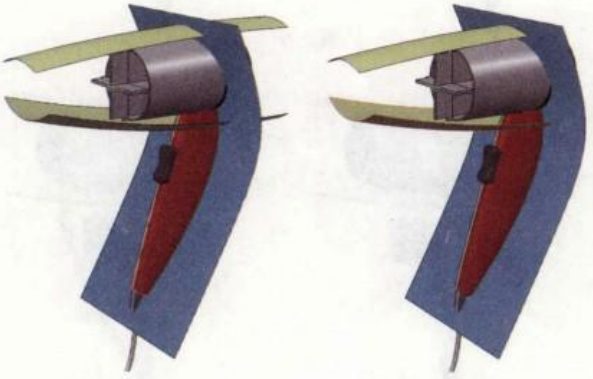

（a）显示主分型面　（b）修剪吹风机筒体的上下两个曲面

图 2-65

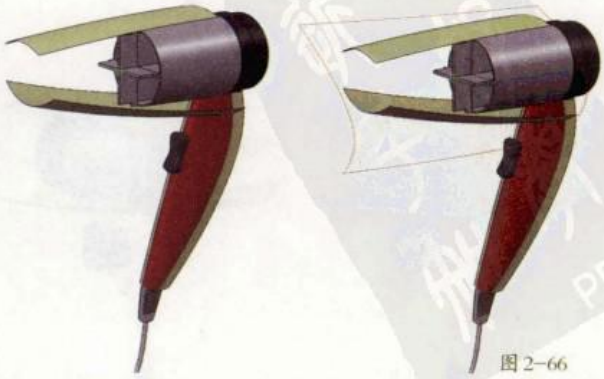

（c）修剪后的面

图 2-66

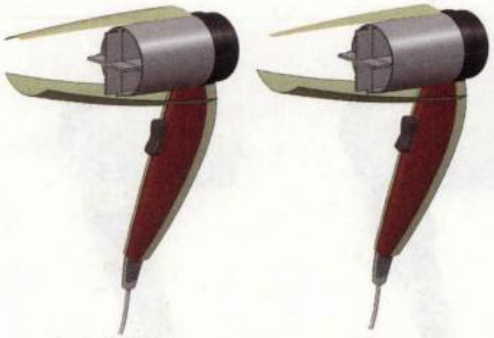
统默认的 xz 平面或者 yz 平面）将筒体上多余出的侧面裁剪，保留所需要的那一半，如图 2-68 所示。

步骤14 与步骤 12 相似，用偏移曲面裁剪筒体曲面的下侧面，依次如图 2-69（a）、（b）、（c）所示。

步骤15 与步骤 13 相似，使用“trim”命令，用对称平面裁剪筒体下侧面多余部分，保留所需要的一个侧面，如图 2-70 所示。

步骤16 建立草图，投影筒体最前端的轮廓线并拉伸成形体的边界曲面，用该曲面裁剪筒体的上下两个曲面，依次如图 2-71（a）、（b）、（c）、（d）所示。

图 2-67　（a）上一步骤所做的初步曲面　（b）将上一步骤所做的初步曲面向内偏移　（c）裁剪后的面

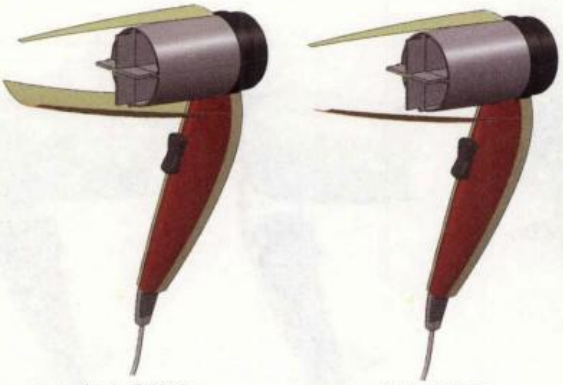


（a）裁剪前　（b）裁剪后

图 2-68

（a）上一步骤所做的初步曲面　（b）将上一步骤所做的初步曲面向内偏移　（c）裁剪后的面

图 2-69



（a）裁剪前　（b）裁剪后

图 2-70

图 2-71

步骤17 在上述步骤的基础上，开始构建筒体的主侧面，选择上下两个曲面的边界，依次选择与边界线对应的约束连续性的曲面，调整连续性和权重值，如图 2-72 所示。

步骤18 用原始的主分型面修剪该曲面，由于该曲面是吹风机筒体的主侧面，在保证连续性、曲面形态和能包裹内核器件的前提下，还要保证曲面的拔模斜度是否符合后期生产的要求，所以对该曲面的生成需要做很细微的调整（调整曲面的权重值），如图 2-73 所示。

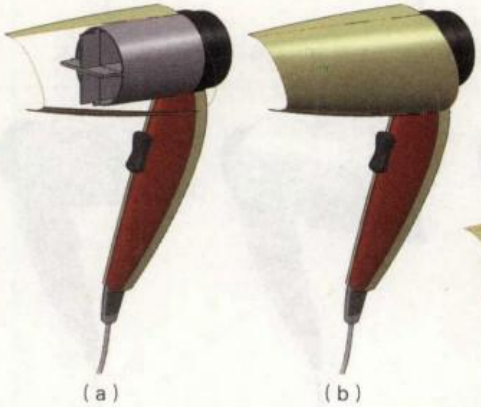
步骤19 在筒体主侧面定型后，依次建立两个裁切面，如图 2-74、图 2-75 所示。

步骤20 建立把手底部的裁切面，此面的构建也要考虑到拆件后的脱模斜度，如图 2-76 所示。

步骤21 使用裁剪面将曲面裁剪后，使用“Blend”命令，将筒体曲面缝合，如图 2-77 所示。

步骤22 使用分型面将缝合面裁剪，如果缝合面没有和分型面相交，可以适当地延伸该缝合面，如图 2-78 所示。

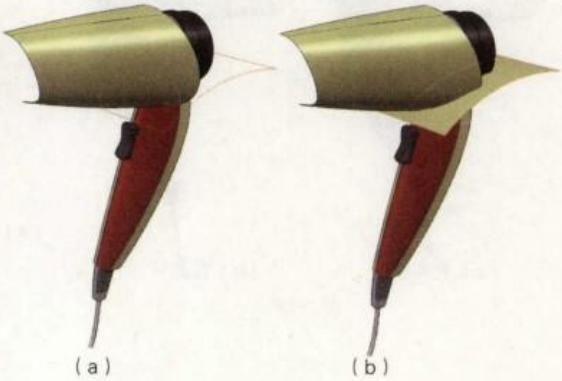
步骤23 使用分型面将缝合面和原先生成的曲面组合成一个新曲面，检查其连续性，观察其形态



（a）　（b）

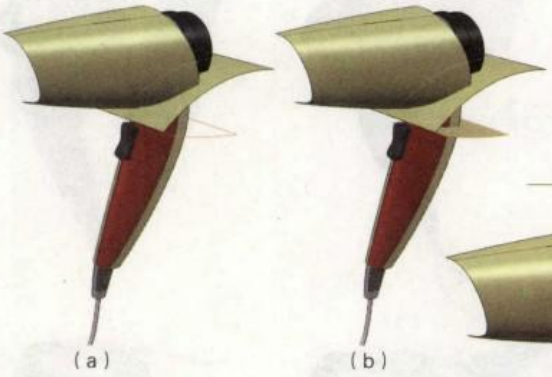
图 2-72

图 2-73



（a）　（b）

图 2-74



（a）　（b）

图 2-75

图 2-76

图 2-77

图 2-78

是否符合原始的设计思路，如图2-79与图2-80所示。

步骤24 将组合后的曲面以对称平面镜像，观察其对称交界处的连续性，如图2-81所示。

步骤25 仔细检查组合后的曲面，保证其形态、连续性、结构可行性等一系列要素的质量，不断地调整和优化整个产品的曲面形态，微调各个参数，继而达到最佳效果，如图2-82所示。

步骤26 将把手底部的曲面和主体曲面相互裁切，形成完整数模的前半部分，在能保证模型质量的前提下，再次检查相应的拔模斜度是否符合要求，如图2-83所示。

步骤27 开始建立产品分型面右半部分的曲面。在这一步骤之前，我们需要思考这样一个问题：通常我们所说的连续性是针对两个曲面而言，由于我们现在要建立的后半部分曲面是产品的后半部分壳体，从理论上而言，可相互分离的零件是没有连续性的定义的，但从产品形态的完整性和统一性而言，后半部分的曲面和前半部分的曲面之间同样有连续性的要求，至少是G1连续。

G0、G1、G2、G3是用来描述曲线、曲面的连续平滑程度的，一般常用于修补曲面时判断曲面质量，如图2-84所示。

G0——点连续：是指曲面或曲线点点连续。曲线无断点，曲面相接处无裂缝。判定方法：曲线不断，但是有角；曲面没有窟窿或裂缝，但是有棱。

G1——相切连续：是指曲面或曲线点点连续，并且所有连接的线段、曲面之间都是相切关系。判定方法：曲线不断，平滑无尖角；曲面连续，没有棱角。

G2——曲率连续：是指曲面或曲线点点连续，并且其曲率分析结果为连续变化。判定方法：对曲线做曲率分析时曲率曲线连续无断点；对平面做斑马线分析时所有斑马线平滑，没有尖角。

G3——曲率相切连续：是指曲面或曲线点点连续，并且其曲率曲线或曲率曲面分析结果为相切连续。判定方法：对曲线做曲率分析，曲率曲线连续，且平滑无尖角。

曲线的连续情况G0、G1、G2、G3分析图示从上到下如图2-84所示。

图2-79

图2-80

(a)

(b)

图2-81

图2-82

图2-83

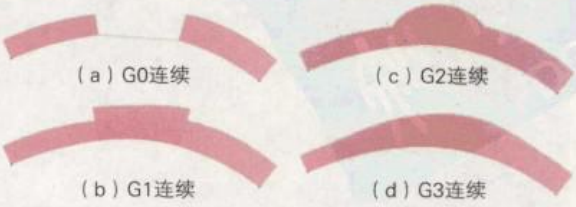


图2-84

对于G0、G1、G2、G3的连续性，通常都是初学者乐此不疲的话题。对于曲线和曲面的连续性检测而言，曲率梳是一种直观的方式，但曲面的连续性是有具体的衡量参数的。

G0连续的衡量参数是几何元素间的间隙误差，达到0.001 mm是高质量，如图2-85所示。

G1连续的衡量参数是切线连续角度误差，达到0.5 deg是高质量，如图2-86所示。

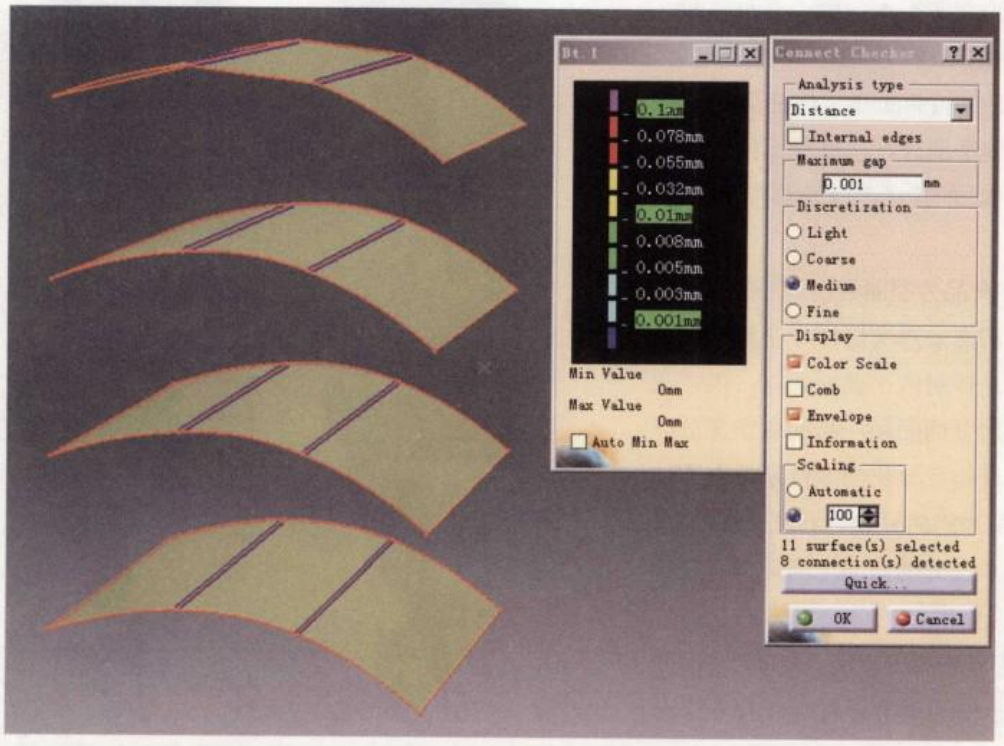


图2-85

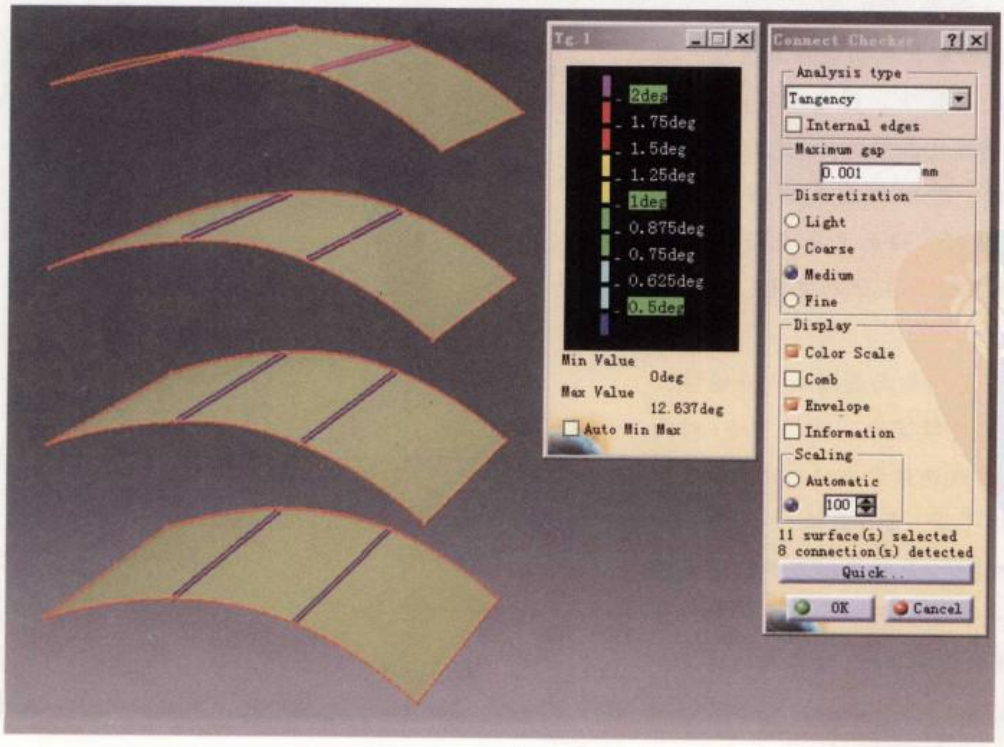


图2-86

G2 连续的衡量参数是曲率连续角度误差，达到 0.5 deg 是高质量，如图 2-87 所示。

G3连续从某种意义上说是更高质量的G2连续，通过曲率梳分析，发现 G3 连续的曲率梳就已经呈 G2 连续状态，如图 2-88 所示。

对高质量产品的表面形态而言，连续性虽是要求之一，但更关键的是整体形态的优美程度和连续性的合理性，所以我们必须把更多的精力放在形态构思上，而不是花在补面上。

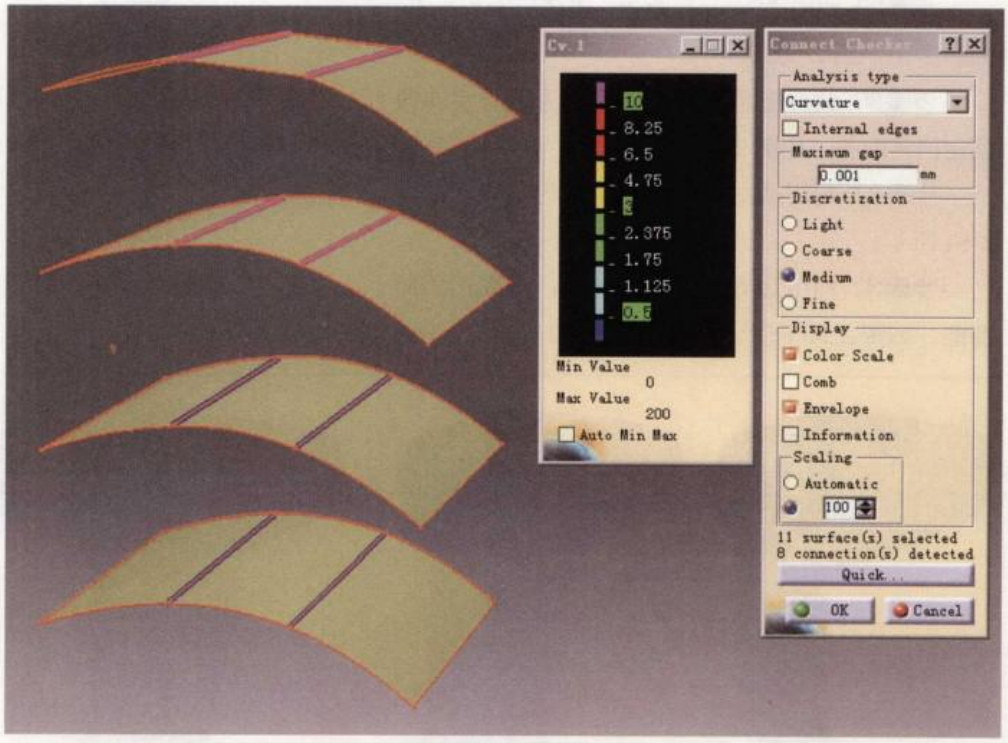


图 2-87

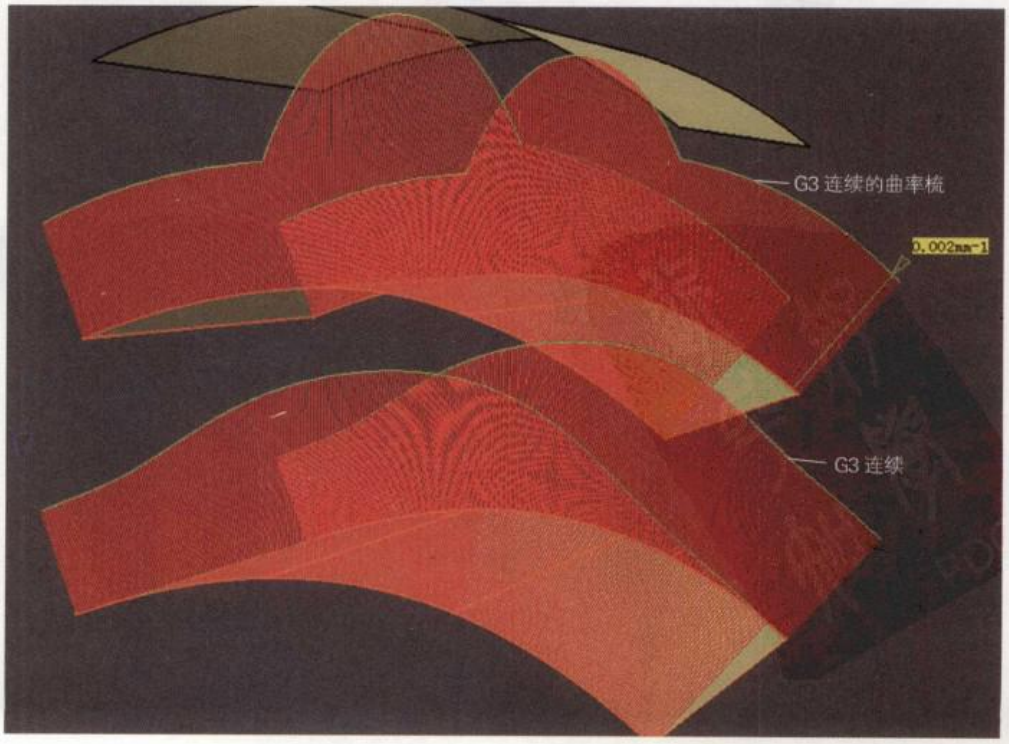


图 2-88

继续进行绘图操作：建立草图，投影把手后半部分的主轮廓线。

步骤28 如图 2-89，在曲线端部建立草图平面，绘制成型线，再用扫描命令建立如图 2-90 所示的曲面。

步骤29 使用“Sweep”命令，建立初步裁剪面，如图 2-91、图 2-92 所示。

步骤30 裁剪把手右侧的曲面，为下一步的曲面建构做准备，如图 2-93 所示。

步骤31 利用两曲面的边界形成构造线，如图 2-94 所示。

步骤32 利用边界线和既有曲面，形成把手的

图 2-89

图 2-90

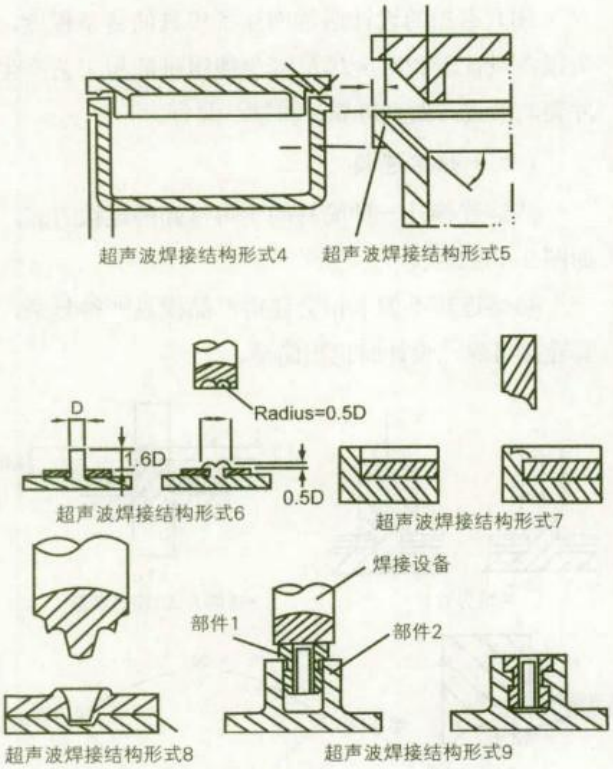


图 2-133

2.5.4 电吹风结构设计

了解了塑料件结构设计的基本要素之后，我们再回到电吹风的实际案例中，来熟悉一下这些基本参数在结构设计中应如何运用，如图 2-134 所示。

图 2-134

首先是壳体的壁厚和唇边，吹风机如果用塑料做壳体的话，内核器件的隔热是最重要的。在这样的前提下，材料厚度在 1.6 ～ 2 mm 之间都是可取范围。壁厚太薄的话，唇边的配合很难实现；壁厚过厚，又会浪费材料。把手等需要受力的部位应考虑在局部加强其强度。

前端饰件是半透明的 PC 注塑件，其与壳体的连接是唇边咬合加卡扣连接。由于筒体的截面比较不规则，故沿周布置了 4 个卡扣，其设计参数按中等分离等级、中等连接强度的卡扣连接设计标准进行配置，如图 2-135 所示。

前后壳体的组合是以上部用卡扣连接和下部两个螺钉连接的形式实现。壳体厚度是 2 mm。螺钉连接时应注意螺钉形式以及它和螺柱之间的配合关系，如图 2-136 所示。

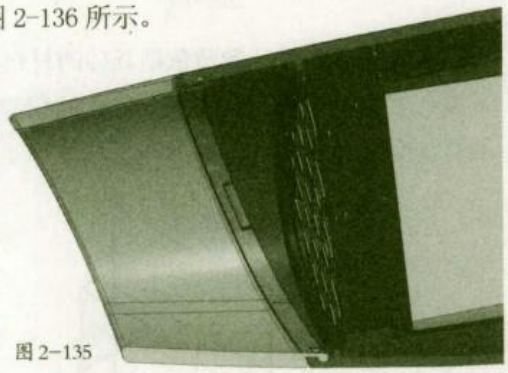


图 2-135

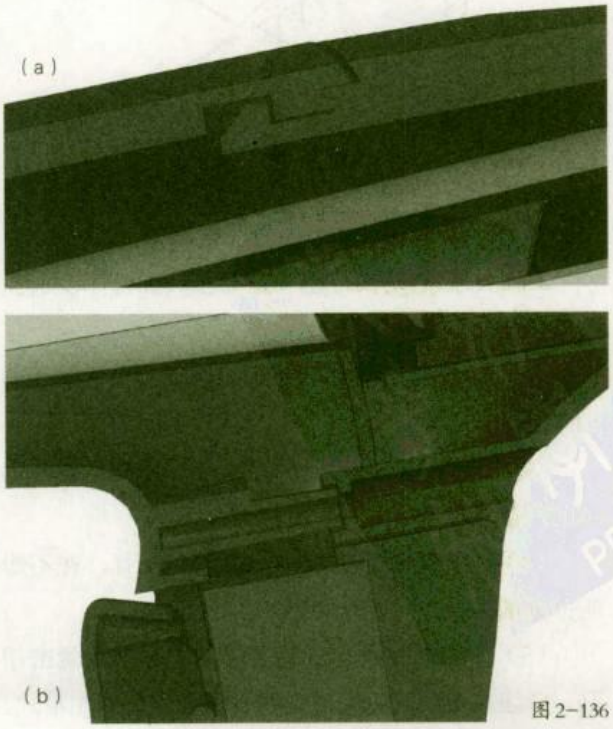


图 2-136

后部进风口单独拆件和壳体的连接也是采取卡扣的方式，可分析比较一下这种卡扣和前两种卡扣的异同，如图 2-137 所示。

图 2-137

2.5.5 结构设计优化

图 2-138 所示是电吹风的结构图，我们仔细分析一下该产品结构设计的要点，看看产品的哪些细节需要完善和优化。

图 2-138

整个产品主要由内部器件和 5 个外观件组成，前部的透明件和主壳体是采用卡扣的连接方式，透明件的卡扣尽量不要影响到产品的外观，产品的基本连接亦需要唇边和美观线配合。所需优化的部分是如何使得零件在长时间的高温状态下仍能保持连接的可靠性，以及如何在最大程度上保持产品结构和功能的统一。

主壳体分前后两部分，通过卡扣和螺钉连接，螺钉采用 2 个 ST3.5 自攻螺钉。两个壳体的分型面比较复杂，唇边配合的可靠性亦值得推敲，应考虑是否增加适量的止口对位筋，开关的压合是否可靠，螺钉柱的连接强度和工艺可行性及电源线防拉设置是否合理。

壳体尾部的进风口零件和壳体的连接方式也是卡扣形式。不难发现，加强筋的作用有很多种，有的是起加强作用，有的起止位作用，有的起导向作用。

另外，在结构设计完成后，我们通常还应在装配体环境下检查产品零件是否干涉，包括静态干涉和动态干涉；检查产品某些尖锐的边缘是否应增加倒角，某些螺柱和筋的根部是否要倒圆角或斜角；某些部位是否应增加火山口或者优化工艺性；检查零件的最薄处和最厚处是否会引起缺陷等。

优良的产品设计是一个不断优化的过程，我们在做结构设计的同时，还应运用实践经验和科学的检测方法来不断丰富产品的细节，改进产品的不足，这样通过结构设计环节来对产品施行创新的效应才会显现出来。

Electric Water Heater Design

Three

第3章 电热水器工业设计流程

以电作为能源进行加热的热水器通常称为电热水器，它是与燃气热水器、太阳能热水器相并列的三大热水器之一。

本案以电热水器为例，介绍这一常见家用电器的工业设计流程。通过前期详尽的市场调研，并对市场现有产品从设计的角度进行分析，归纳出市场上现有电热水器的品牌定位及造型特点。此外，还通过采访和问卷调查形式分析了目前市场的销售和消费者需求状况，力求为企业进行正确的“电热水器设计定位”提供充分的资料依据。

3.1 前期设计定位

3.1.1 电热水器的特点概述

（一）电热水器的特点

电热水器的主要作用是为家庭卫浴设施持续性地提供热水，本案旨在介绍如何设计一款优良的电热水器。经过总结，优良的电热水器特点如下：

（1）安全性：作为大功率电器的电热水器，不漏电这一基本要求应排在安全指标中的第一位。

（2）可靠性：由于电热水器价格不菲，安装也较为复杂，所以电热水器被期待的寿命往往超过5年。如何恰当地选择材料，合理地设计结构，保证电热水器的低故障甚至零故障率成为设计的重点。

（3）功能性：能够在尽可能短的时间里提供充足、持续、温度恒定的热水，并尽可能地节省用电。

（4）易读性（操作界面）：综合考虑产品形态和色彩方面，力求使电热水器的操作界面简单易懂，让产品使用者感到亲切、友好，从而在产品和用户之间建立起无形的交互沟通，使得用户在拿到产品后无需阅读说明书也能够使用产品。

（5）协调性：电热水器是家用电器的一种，其形态色彩应与整个家庭环境尤其是卫浴环境相协调，不令人感到突兀。

（6）悦目性：在实现热水器功能的前提下，产品造型尽可能地给人以美感，力求美观、大方。

（二）电热水器的分类

电热水器按储水方式可分为容积式（又称储水式或储热式）和即热式两种。

容积式是电热水器的主要形式，按安装方式的不同，可进一步区分为立式、横式及落地式三种，如图3-1所示。

即热式电热水器一般需20甚至30安培以上的电流。相比储热式电热水器，即热式电热水器有着诸多优势：即开即热，水温恒定，制热效率高，安装空间小。但由于使用时的电流过高，需要有专用电缆，而专用电缆的成本与安全要求较高，因此在现阶段很难投入到家庭中使用，如图3-2所示。

按容量分类：市场上所销售热水器的常见容量有10L、15L、40L、50L、60L、80L、100L等。

（三）电热水器的关键部件

（1）内胆：内胆是电热水器的核心部件，直接影响电热水器的安全性能、使用性能和工作寿命。

（2）电加热管：电加热管的质量直接关系到电热水器的使用安全。

（3）镁阳极棒（镁棒）：镁阳极棒具有中和与消

立式　落地式

横式

图3-1

图3-2

除水中化学物质及防止形成水垢的作用，能够提高热水器的耐腐蚀能力，延长热水器的无故障寿命。在热水器的设计中，应根据热水器所在的地理区域 有针对性地分析使用区域的水源，合理地选择内核配件。

（4）保温层的选择：热水器保温层的好坏直接影响到热水器的保温性能。决定保温性能的主要因素是保温层材料和保温层厚度。目前常用的保温材料有石棉、海绵、泡沫塑料、聚氨酯发泡等。在这几种保温材料中，聚氨酯发泡的保温性能最好，泡沫塑料保温性能次之但成本很低，石棉和海绵因其难以与热水器紧密贴合，一般只作为热水器的辅助保温材料。

（四）电热水器的目标用户群

家用型热水器的目标用户群就是一般家庭，按照不同的使用需求我们可以将其分为如下三种：

（1）厨卫用水：如洗碗、洗菜或洗脸、刷牙用，因此人们形象地将其称之为厨房宝或小厨宝。

（2）家庭洗浴（淋浴）使用：按照家庭人口数量不同，其容量可相应变化，如为 1 人则适宜选用 40 ～ 50 L 容量的热水器；3 口之家适宜选用 80 ～ 100 L 容量的热水器；3 人以上的家庭适宜选用 120 L 以上容量的热水器，见图 3-3 ～图 3-5 所示。

（3）家庭洗浴（浴缸）使用，由于浴缸要使用大量热水，设计该类电热水器时容量应高于 150 L。

3.1.2 电热水器的设计调研

（一）调查销售终端

如图 3-6，设计调研的目的就是找出最受欢迎的热水器产品，分析它们集中的价位区间，从而找出最具影响力的品牌以及成功产品的设计元素。

此部分调研我们主要采用访谈的形式：通过对各大卖场的销售人员进行访谈，了解到购买热水器时消费者非常在意对品牌的选择。如果消费者在购买前已经听说或心里认可了某品牌，那么他们往往会在这一品牌内挑选产品进行购买。其次，在关注质量和功能的前提下，消费者对电热水器所占空间的大小也十分关注。因此，在造型设计上如何让消费者从视觉上感觉节省空间也是一个十分重要的环节。

图 3-3

图 3-4

图 3-5

（二）调查产品的最终使用者

为了真实了解客户的期望，我们还应通过问卷形式对产品的最终使用者进行调查。问卷如图 3-6 所示：

调查表

您好，这里是XXXX热水器设计项目，希望通过本项问卷了解你对热水器的使用偏好，感谢您的支持与合作。您最青睐以下热水器产品的哪些特点？请在相应表格中打"✓"。

热水器	造型创新性	外观亲和度	主体实用性	评论
	✓			
		✓		
		✓		
			✓	
	✓			
			✓	
		✓		
	✓			
	✓			

1. 您知道目前的热水器分为几类吗？（　　）
A 2类　B 3类　C 4类　D 5类
请列举你知道的热水器种类

2. 您使用过以下哪些品牌的热水器产品？（　　）
A 海尔Haier　B A.O.史密斯　C 阿里斯顿
D 美的Midea　E 帅康　F 万家乐
G 其他

3. 如果现在您需要购置一台热水器，你会选择什么价位的产品？（　　）
A 1000元以内　B 1000-2000元　C 2000-4000元　D 4000元以上

图 3-6

3.1.3 市场同类产品现状

（一）按照造型特点

市场上现有的电热水器产品如图 3-7 所示，从图中我们可以看出市场产品主要集中在三个区域。

时尚型：造型时尚，其消费群体个性鲜明，一般多为年轻人。此类产品容量较小，主要面对单身或者年轻的两口之家，但其中有一些造型简约、时尚、大容量的产品仍会面向高消费群体。

中庸友好型：产品造型中有较多的曲线和曲面元素，让人感觉上较为亲切自然，一般多面向三口或五口之家使用，体积容量也较大。

保守冰冷型：此类产品造型较为保守，多为方形，并有较多直线元素，容量也较大。一般多用于宿舍或公寓。

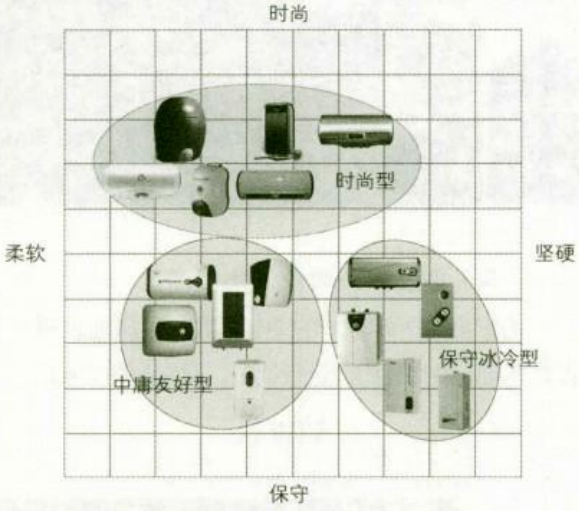


图 3-7

（二）按照安装方式

可以将热水器分为横式、立式和落地式三种，如图 3-8 所示。

横式安装时为水平挂置在墙体上，适合于容量不大于 100 L 的热水器，对墙体有一定的强度要求。此种造型的电热水器多为圆筒，其外壳能够均匀地分担水产生的压力，因此此类电热水器的结构设计最为合理。

立式热水器安装时为垂直地挂置在墙体上，适合于容量不大于 100 L 的热水器，对墙体有一定的强度要求。

落地式热水器安装时可垂直放置在坚固的地面上，适合于 100 L 以上的大容量热水器。

3.1.4 SWOT分析

如何贴切地满足客户需求是开发新产品时必须首要考虑的因素，任何一种存在的产品都不可能尽善尽美，其自身往往优劣并存，亦受到各种内外环境因素的影响，如图 3-9 所示的为设计热水器这一产品时应提前考虑的因素。

	积极因素	消极因素
内部因素	优势（Strengths） 1. 使用方便、清洁 2. 环保无噪音 3. 高效节能 4. 寿命较长	劣势（Weaknesses） 1. 使用前需预热 2. 热水量有限 3. 水温不恒定 4. 即热式对供电线路要求较高
外部因素	机会（Opportunities） 1. 即热式热水器可提供恒定足量热水 2. 消费者趋向购买环保类产品	威胁（Threats） 1. 部分住宅小区采用燃料集中供应热水 2. 部分地区电价过高

图3-9

3.1.5 设计定位讨论与沟通

通过拍摄用户实际使用电热水器的过程，从中发现了若干值得关注和研究的问题，如图 3-10 所示：

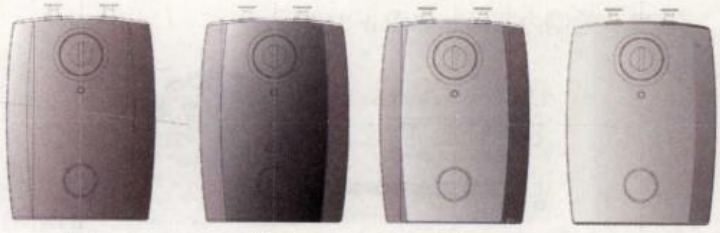
3.3.3 绘制出产品主体的光影关系

步骤1 图3-26所示的光影关系贴近现实中的明暗对比，是我们所期望得到的渲染状态。为了做到此效果，应点击工具箱上的“渐变工具”按钮，在“主菜单”的窗口下拉菜单中勾选“颜色”和“渐变”菜单，在出现的“颜色”和“渐变”窗口里调节角度和位置参数，编辑到如图3-27（d）的效果。

步骤2 为了增加光影细节，选择之前绘制的线框图形，如图3-28（a），按住Alt拖动并复制出来，同时再重复操作一次形成图3-28（b），利用“选择”工具对图3-28（b）做适当拉伸变形。当看到两者的相交部分所占比例比较合适的时候，用布尔运算得出相交部分如图3-28（c），同时填充出相应的色彩，如图3-28（d）显示。对右侧部分用同样的方式进行绘制。接着再调整透明度：左侧的图形为产品的受光面，如图3-28（e）；右侧的图形为产品的反光面，如图3-28（g）。这里面涉及到一个基本的素描关系，即“高光—亮面—灰面—明暗交界线—反光—投影”。

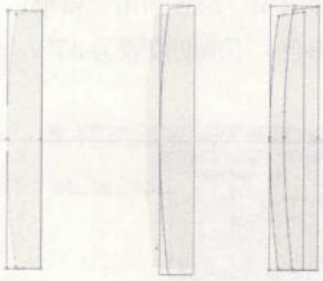
步骤3 图3-29（a）所示的光影关系符合透视原理，为达到此效果应增加形体线，通过布尔运算绘制出如图3-29（b）即电热水器主视图中间的面。按照上述的方法调整色彩，这样产品主体的光影关系已经大致显现出来，如图3-29（c）。后面我们会用高斯模糊的方式去调整产品光影的柔和性，高斯模糊会占用大量的内存，所以我们为了机器更好地运行暂时不去采用这种方式。

图3-26

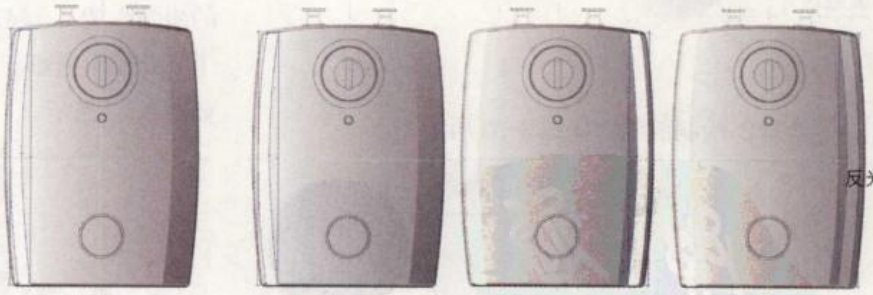


（a）　（b）　（c）　（d）

图3-27



（a）　（b）　（c）



（d）　（e）　（f）　（g）

图3-28

（a）　（b）　（c）

图3-29

3.3.4 绘制出产品旋钮

根据之前设定的光源位置添加最大凹面的光影，如图 3-30 所示。大体的关系就是按照光源设定方向，设定其凹面从暗到亮为逆方向，弧面从暗到亮为顺方向。中间为镀铬金属圈，这一部分没有太多的难点，基本上就是一个调整渐变的过程，具体过程如下：

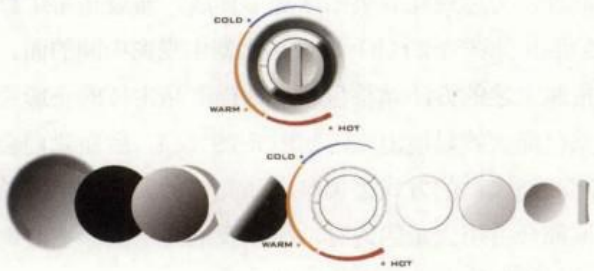


图3-30

步骤1 绘制内凹面，如图 3-31 所示。

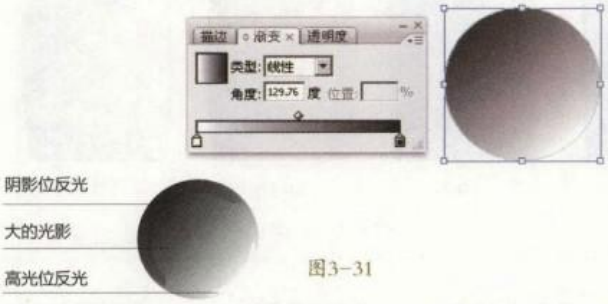


图3-31

步骤2 绘制缝隙，如图 3-32 所示。

图3-32

步骤3 绘制旋钮部分，如图 3-33 所示。

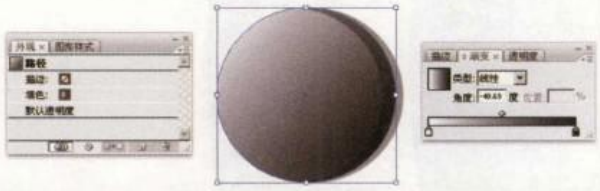


图3-33

步骤4 绘制镀铬金属效果，如图 3-34 所示。

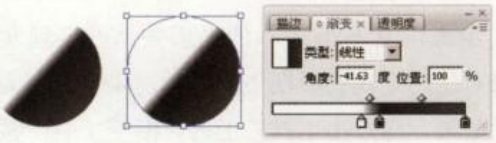


图3-34

步骤5 导入原有丝印文件，如图 3-35 所示。

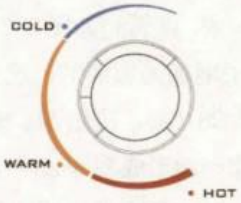


图3-35

步骤6 绘制转动部分（包含缝隙、倒角、弧面、凹面），如图 3-36 所示。

图3-36

步骤7 绘制把手部分，先绘制 9 cm×45.5 cm 的矩形框，再填充渐变、倒圆角，施行“Ctrl+c，Ctrl+f”原地复制粘贴，向内偏移 1.2 mm 的路径，对偏移的矩形填充颜色。设定混合选项中的“指定的步数”为 8，建立混合选项。最后利用“钢笔”工具绘制出阴影，填充黑色，不透明度设为 35%，如图 3-37 所示。

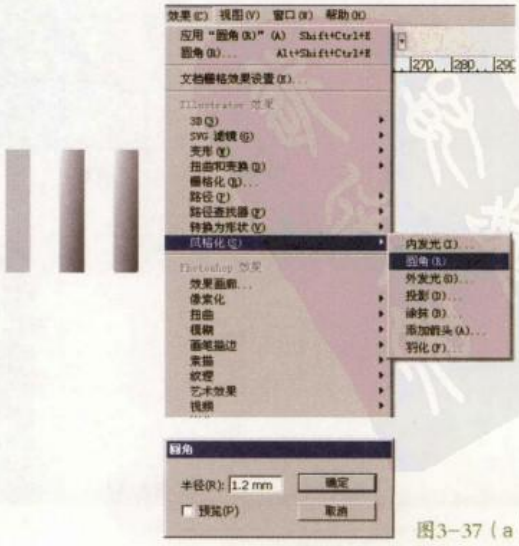


图3-37（a）

图3-37（b）

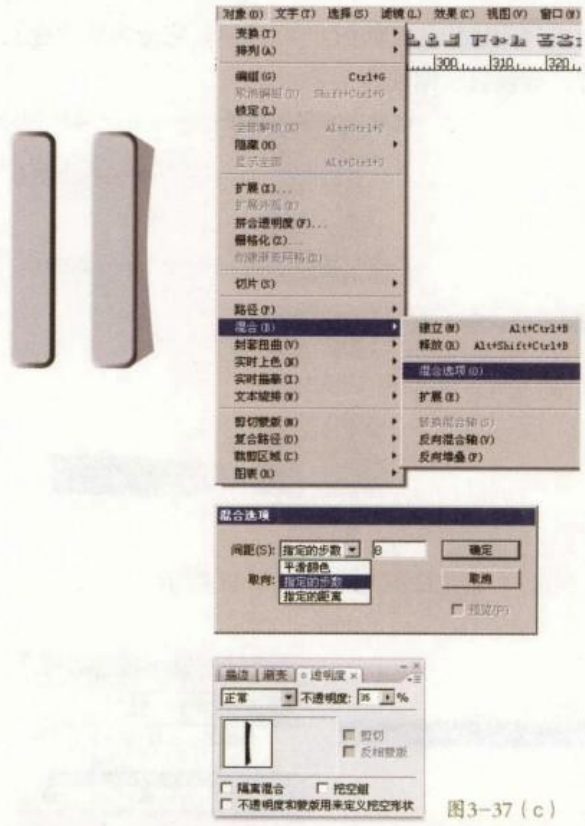


图3-37（c）

3.3.5 绘制出产品按钮

按钮部分和旋钮部分的做法基本类似。它由四个部分所合成：第一部分为大的光影，按照之前设定的光源即可；第二部分为产品的缝隙；第三部分为凸起的按钮；第四部分为反光，如图 3-38 所示。

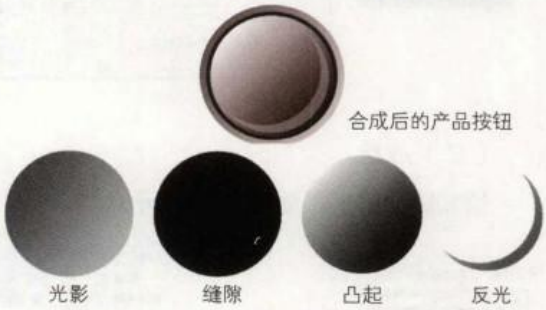


图3-38

3.3.6 绘制出产品液晶显示区域

在设计的初期，要么根据客户原有的一些设定要求去考虑有关显示的方式和材料，要么就根据自身的设计构思去设定，然后再和客户去沟通。在设计 LCD（液晶显示器 Liquid Crystal Display 的简称）的时候主要有两种形态可供考虑，一种为数字显示方式，一种为图形显示方式。显然我们在这里只能采用数字显示方式，如图 3-39 所示。

图3-39

（一）黑色丝印部分

用鼠标绘出一个圆，底色使用黑色，如图 3-40 所示。

图3-40

（二）显示屏

绘制一个矩形，底色为蓝色，使用“内发光”命令，如图 3-41 所示。

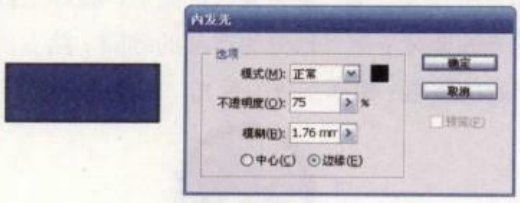


图3-41

（三）边框

绘制矩形边框，如图 3-42 所示。

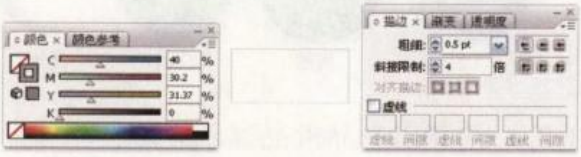


图3-42

（四）LOGO 部分

依据如图 3-43 所示的图形，进行相关 LOGO 文字的设计。

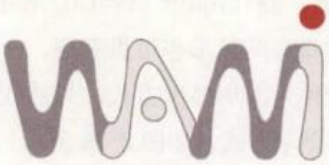


图3-43

（五）显示字体

依据如图 3-44 所示的图形，进行相关设计。

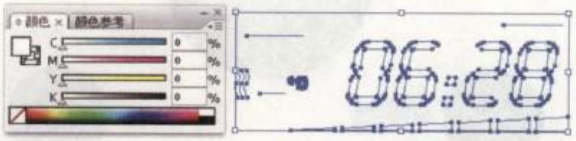


图3-44

（六）液晶显示以及反光

用布尔运算去掉中间图形的周围部分，做成反光效果，制作反光图形的目的是增加液晶区域的层次感和空间感，如图 3-45 所示。

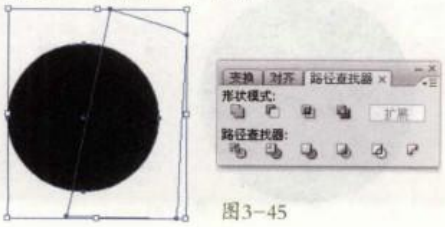


图3-45

反光的做法如图 3-46 所示，打开透明度显示面板，双击显示图形框右侧的空白框，确保“剪切”和“反相蒙版”不在勾选状态。这时候能看到显示图形框右侧的空白框边缘有一圈黑色的粗线框，即代表目前已经选中。在此状态下，在原始图形上面利用矩形工具画一个框，盖住原始图形，这时候我们可以采用渐变来控制黑色的投影让其产生一个从黑色到透明的变化。完成后点击“原始显示”图形框，回到正常的编辑状态。

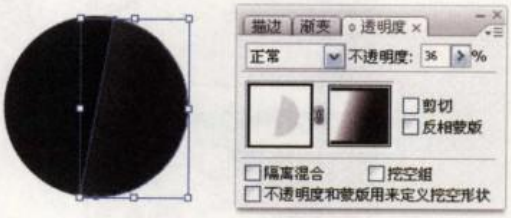


图3-46

3.3.7 绘制出产品的接口

金属管接口是热水器产品的基本管件，作为进出水口的接头件。如图 3-47 所示，它分为蓝色橡胶片、金属管、镶嵌件三个部分。

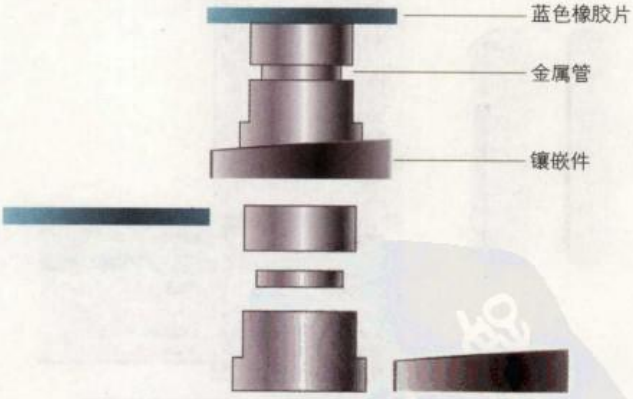


图3-47

（1）蓝色橡胶片，如图 3-48 所示。

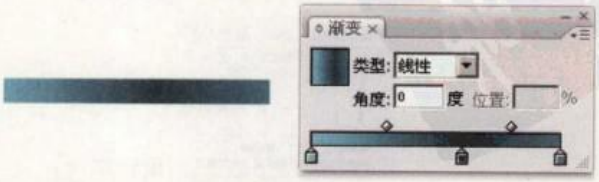


图3-48

（2）金属管

从色板模块的右上角下拉箭头中打开“色板库—渐变—金属”，从中选择适合的金属渐变，之后我们可适当地调整其中的明暗关系，金属的表达主要遵循金属的各项物理特性去表现。

接着做金属管中间段的阴影部分，先原地复制中间一段，填充黑色并适当地缩短高度，再利用蒙板做透明渐变即可，如图 3-49 所示。

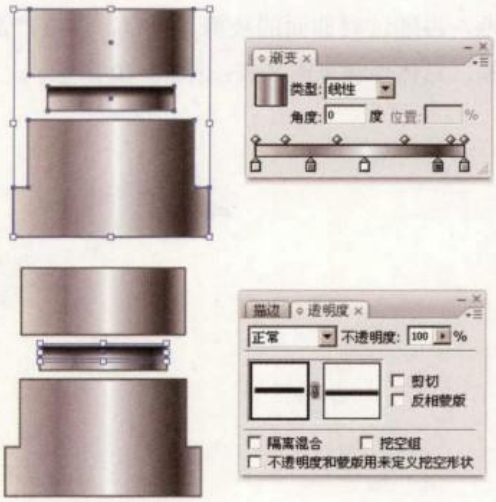


图3-49

（3）和主体连接的镶嵌件，如图 3-50 所示。

图3-50

3.3.8 绘制出产品上的小细节

此刻，对产品的二维绘制已经大致完成，但是离最终完成仍有些距离，我们还需要对一些小细节做些处理。

（一）添加 LOGO

调入客户提供的 LOGO 矢量文件，适当地做渐变，并原地复制与调整层的关系，用复制出来的那一层作为阴影部分。阴影是透明的，所以可以给阴影直接填充黑色，如图 3-51 所示。我们可以看图中参数相同的两个矢量图形（HENRI），不同点在于，上面的 LOGO 是一个整体图形，下面的一个 LOGO 中每个

图3-51

文字都是一个图形。我们可以在对整个 LOGO 不施以编组的状态下，用形状相加模式并施以扩展去实现添加这一步骤。

（二）主体高光

主体上的高光绘制和前面讲到的两点注意事项是一致的：第一点是利用“钢笔”工具画出高光图形和原地复制的主体框相交，得出我们需要的精确的高光区域；第二点为填充白色并利用蒙板工具去做透明的渐变，整个过程需要耐心地调整并不断地去修正。设定完成后再调整各层之间的上下关系即可，如图 3-52 所示。

图3-52

最后我们可以适当地调整产品的一些面的光影、线条等，使整个产品的风格更趋向完整及统一，如图 3-53 所示。

图3-53

3.3.9 补充产品其他视图

补充绘制产品其他视图的时候，我们应首先设定参考线，根据参考线的位置去画出其他的视图，如图3-54所示。

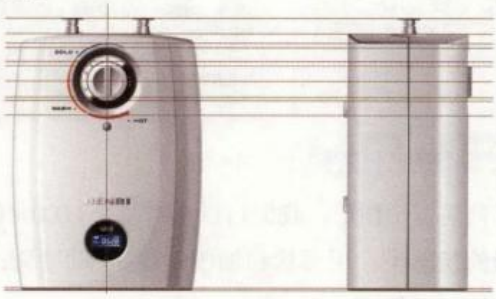


图3-54

3.3.10 出图

选择“文件-导出”，依据需要的格式打印，可以用TIFF也可采用JPG格式。在AI里面有72DPI、150DPI、300DPI以及自定义四种选择方式，可根据不同的需要去设定适合的分辨率进行出图。色彩模式也有CMYK以及RGB两种可供选择，如图3-55所示。

图3-55

3.4 三维设计

在完成平面表达之后，我们在由AI绘制的平面效果图基础上可直接构建产品的外观曲面。

在建立数字模型之前，应首先考虑好整体的布置，然后确定坐标系并放置好背景图，再在相应平面上构建草图，绘制轮廓线，进而生成曲面。进一步地，再通过对曲面的裁剪、缝合，建立产品外观数模，具体步骤见图3-56～图3-70所示。

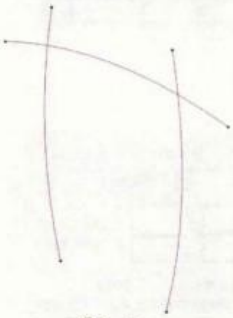


图3-56

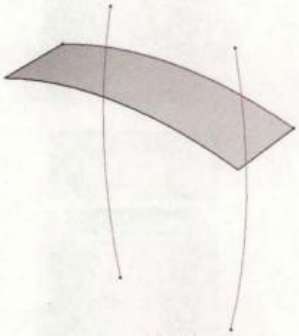


图3-57

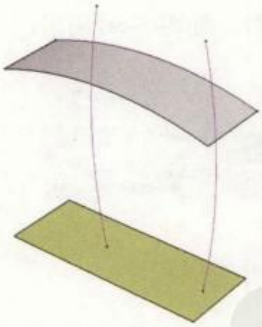


图3-58

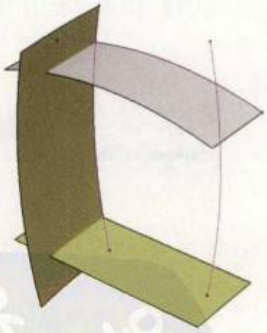


图3-59

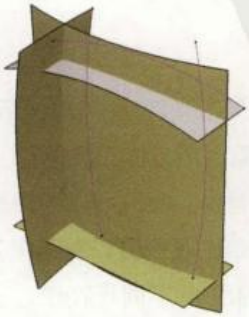


图3-60

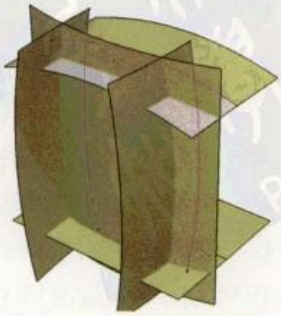


图3-61

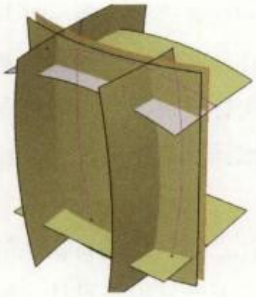


图3-62

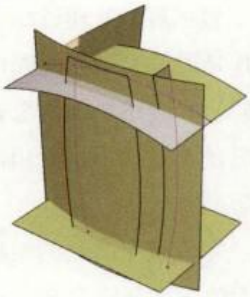


图3-63

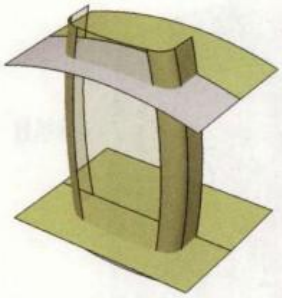


图3-64

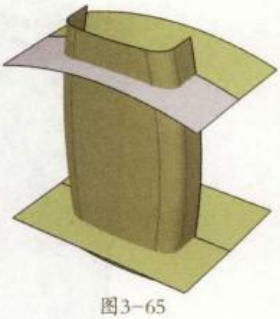
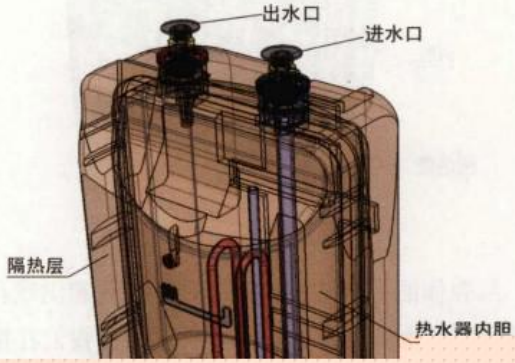


图3-65

3.5 产品结构设计

在绘制产品外观数模的基础上，根据产品的内核和整体排布状况，开始设计单个零件，然后再分别设计各个零件的结构。产品的主要部件是进出水口、热水器内胆、内部加热管、底部接线柱、显示屏和隔热层，如图 3-71 所示。



然后导入旋钮按键，将材质库中的“Hard Plastic”标签下的“Sliver moon”材质赋予旋钮，具体细节这里不再重复叙述，如图 3-89 所示。

然后依次导入旋钮圈、旋钮下部的指示灯、屏幕镜片、进水口和出水口。对旋钮圈和进、出水口都赋予材质库“Mentals”标签下的“Light Aluminum”材质，对进、出水口标签分别赋予“Paint”标签下的“红色”和“绿色”材质，对指示灯赋予“Paint”标签下的“红色”材质，如图 3-90 所示。镜片暂时不赋予材质属性，我们将在后期使用 Photoshop 对其进行合成。

下面我们开始设定渲染参数对话框。在主菜单中点击选择 Render 标签，如图 3-91 所示。我们可以在此调整 HyperShot 的渲染参数，保持左半部的参数不变，将“Output”中的参数如图进行设置，在“Save As”中设置渲染后的图片所需的存储目录，接着点击“Render Image”按钮，渲染器便开始进行渲染，如图 3-92 所示。渲染完成后，渲染所得图片会自动保存到刚才设置的存储路径下。

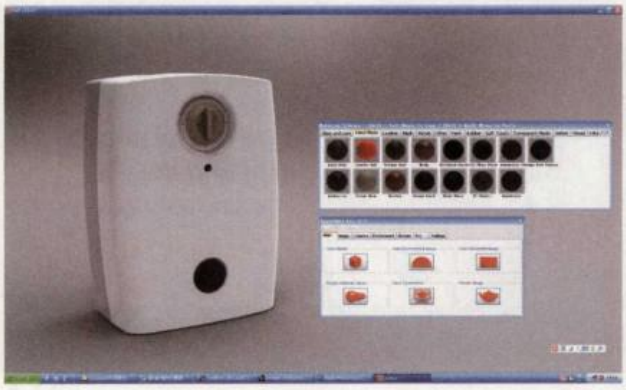


图3-89

图3-90

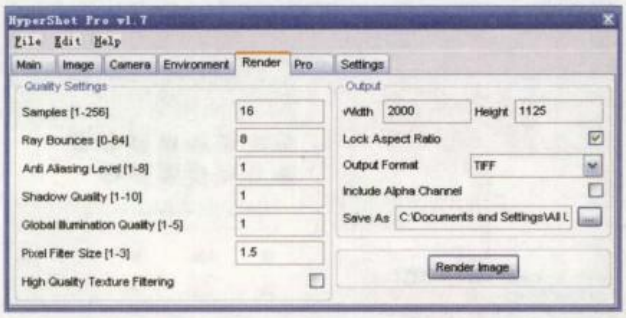


图3-91

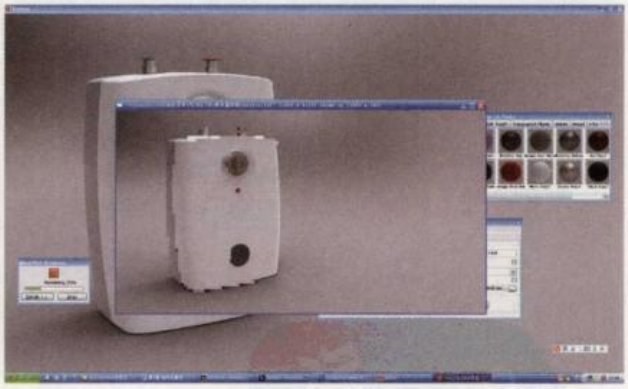


图3-92

3.7 后期合成

在渲染完成后，我们还必须对渲染所得的图片进行后期的合成，并将热水器的屏幕和表面印刷的图形和文字合成到效果图中。

首先用矢量软件绘制一下图形（推荐使用 Adobe 公司的 Illustrator），如图 3-93 所示。

在“Illustrator”中选择旋钮边缘的图形，再按住“Ctrl+c”切换到 Photoshop 中。按住键盘“Ctrl+v”，弹出相应的对话框，选择对话框中的像素（X），然后点击“确定”按键，将矢量图形以位图形式拷贝到 Photoshop 软件中，如图 3-94 所示。

在 Photoshop 中按住“Ctrl+t”，对刚刚输入的图片进行透视变形，使图形与效果图旋钮凹坑的边缘一致，然后敲击 Enter 键，完成图片变形，如图 3-95 所示。

用同样的方法将镜片合成到场景中，如图 3-96 所示。

最终渲染效果如图 3-97 所示。

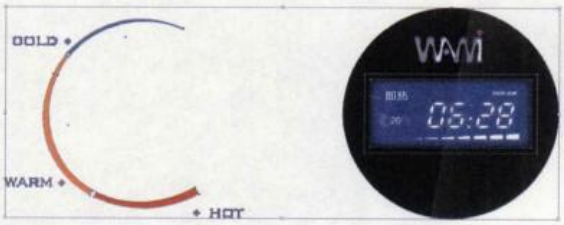


图3-93

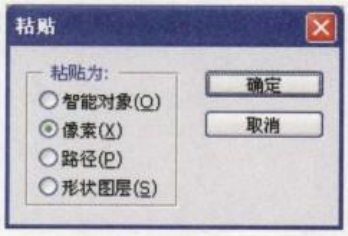


图3-94

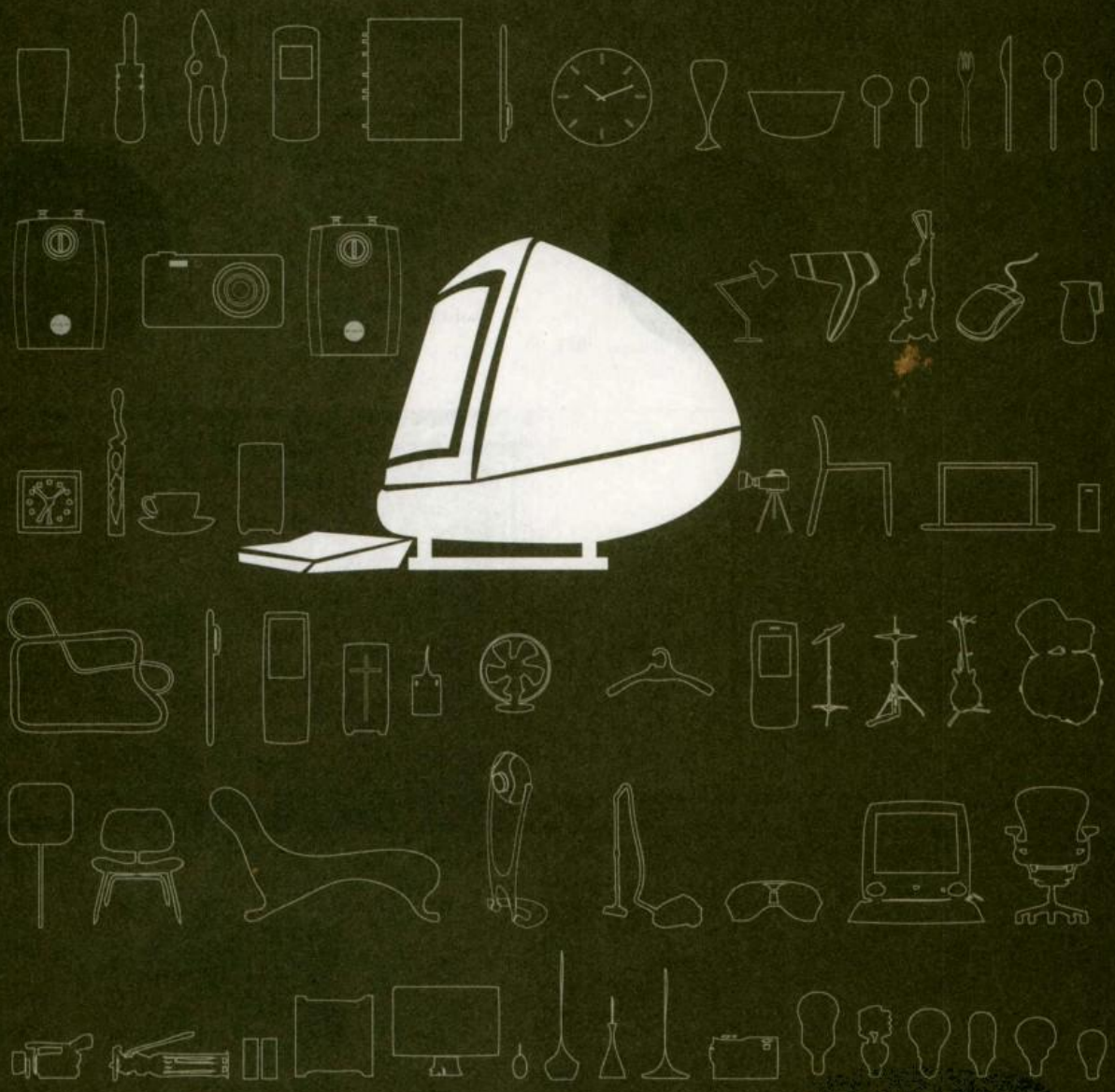
图3-95

图3-96

图3-97

3.8 总结

本章主要讲述了家用热水器的设计调研方法，以及二维和三维绘图的表现形式，对于结构设计的介绍较为简略。设计是一门经验积累型的学科，任何一个案例都无法涵盖所有的设计思路和方法。本书借三个案例让读者初步了解了产品设计的全过程，但要想真正做好设计仅仅依靠书本的知识是远远不够的，必须通过大量的设计实践来感悟设计的真谛。



Modern products technics

Four

第4章 现代产品工艺

为产品选用合适的材料是设计中不可缺少的一步，它直接影响着产品的质量与经济成本。工业生产中所使用的材料多种多样，它们都依托于自身的物理与化学特性来有效地满足产品在不同工作条件下的使用需求。伴随着科技的进步，各类具有新型特质的材料亦不断涌现，层出不穷。本章就当前工业生产中出现的部分具有代表性的新型实用材料及其生产工艺做了一个简略的介绍，以便读者在今后的实际工作中能够加以参考和借鉴。

4.1.1 表面立体印刷（水转印）

如图 4-1 所示，水转印——利用水的压力和活化剂使水转印载体薄膜上的剥离层溶解转移，其涉及的基本流程为：

（1）膜的印刷：在高分子薄膜上印上各种需要的图案。

（2）喷底漆：许多材质必须涂上一层附着剂后才能进行水转印工艺，如金属、陶瓷等。若要转印不同的图案，必须使用不同的底色，如木纹基本使用棕色、咖啡色、土黄色等，石纹基本使用白色等。

（3）膜的延展：让膜在水面上平放，并待膜伸展平整。

（4）活化：以特殊溶剂（活化剂）使转印膜的图案活化成油墨状态。

（5）转印：利用水压将经活化后的图案印于被印物上。

（6）水洗：将被印工件上残留的杂质用水洗净。

（7）烘干：将被印工件烘干，温度要视材料的属性与熔点而定。

（8）喷面漆：喷上透明保护漆以保护被印物体表面。

（9）烘干:将喷完面漆的物体表面进行干燥处理。

水转印技术有两类：一种是水标转印技术，另一种是水披覆转印技术。前者主要完成文字和写真图案的转印，后者则倾向于在整个产品表面进行完整转印。披覆转印技术（Cubic Transfer）使用一种容易溶解于水中的水性薄膜来承载图文。由于水披覆薄膜张力极佳，很容易缠绕于产品表面形成图文层，产品表面就像喷漆一样能够得到截然不同的外观。披覆转印技术可将彩色图纹披覆在任何形状的工件上，为生产商解决在立体产品上进行印刷的问题。曲面披覆亦能在产品表面加上不同纹路，如皮纹、木纹、翡翠纹及云石纹等，同时亦可避免一般板面印花中常出现的虚位症状。在印刷流程中，由于产品表面不需与印刷膜直接接触，可避免损害产品表面及其完整性。

图4-1

4.1.2 金属拉丝

拉丝可根据装饰需要，制成直纹、乱纹、波纹、旋纹和螺纹等几种形式。

如图 4-2 所示，直纹拉丝是指在铝板表面用机

图4-2

械摩擦的方法加工出直线纹路。它具有刷除铝板表面划痕和装饰铝板表面的双重作用。直纹拉丝有连续丝纹和断续丝纹两种。连续丝纹可用百洁布或不锈钢刷通过对铝板表面进行连续水平直线摩擦（如在有装置的条件下，可用刨床夹住钢丝刷在铝板上磨刷）获取。通过改变不锈钢刷的钢丝直径，可获得不同粗细的纹路。断续丝纹一般在刷光机或擦纹机上加工制得。其制取原理为采用两组同向旋转的差动轮，上组为快速旋转的磨辊，下组为慢速转动的胶辊，铝或铝合金板从两组辊轮中经过，从而刷出细腻的断续直纹。

乱纹拉丝是在高速运转的铜丝刷下，使铝板沿前后左右移动摩擦而获得的一种无规则、无明显纹路的亚光丝纹。这种加工对铝或铝合金板的表面质量要求较高。

波纹一般在刷光机或擦纹机上制取。利用磨辊的轴向运动，在铝或铝合金板表面磨刷得出波浪式纹路。

旋纹也称旋光，是采用圆柱状毛毡或研石尼龙轮装在钻床上，用煤油调和抛光油膏对铝或铝合金板表面进行旋转抛磨所获取的一种丝纹。它多用于圆形标牌和小型装饰性表盘的装饰性加工。

螺纹是将一台在轴上装有圆形毛毡的小电机固定在桌面上，与桌子边沿成60°左右的角度，再另外做一个装有固定铝板的拖板，在拖板上贴一条边沿齐直的聚酯薄膜用来限制螺纹精度。利用毛毡的旋转与拖板的直线移动，在铝板表面旋擦出宽度一致的螺纹纹路。

4.1.3 铝板钻石雕刻

如图4-3所示，铝板钻石雕刻是一种低成本的生产方式，具有良好的抗化学腐蚀性以及表面硬度高、结构稳定性好、高抗压性的物理特性。

图4-3

4.1.4 电镀工艺

电镀是指在含有欲镀金属的盐类溶液中，以被镀基体金属为阴极，通过电解作用使镀液中欲镀金属的阳离子在基体金属表面沉积出来形成镀层的一种表面加工方法。根据镀层的功能可分为防护性镀层，装饰性镀层及其他功能性镀层。

电镀工艺过程一般包括电镀前预处理、电镀及镀后处理三个阶段。

对电镀层的要求有以下几点：

（1）镀层与基体金属、镀层与镀层之间应有良好的结合力。

（2）镀层应结晶细致、平整、厚度均匀。

（3）镀层应具有规定的厚度和尽可能少的孔隙。

（4）镀层应具有规定的各项指标，如光洁度、硬度、导电性等，如图4-4所示。

图4-4

依据镀层材料的不同，可分为以下几种形式：

（一）镀镍

镍是银白色微黄的金属，具有铁磁性，密度为8.9 g/cm^3，熔点为1 453 ℃。金属镍易溶于稀硝酸，难溶于盐酸和硫酸，在浓硝酸中处于钝化状态。在空气中镍会与氧作用，在表面迅速生成一层极薄的钝化膜。镍与强碱不发生作用。

镍的标准电极电位为-0.25 V，镀镍的应用很广，可分为防护装饰性和功能性两方面。

（二）镀铬

铬是一种微带天蓝色的银白色金属。铬层在大气中很稳定，能长期保持其光泽，在碱、硝酸、硫化物、碳酸盐以及有机酸等腐蚀介质中非常稳定，但可溶于盐酸等氢卤酸和热的浓硫酸中。

铬层硬度高，耐磨性好，反光能力强，有较好的耐热性。

由于镀铬层的优良性能，因而被广泛用作产品的外表层和机能镀层。

（三）镀镉

镉是银白色有光泽的软质金属，其硬度比锡硬，

比锌软，可塑性好，易于锻造和碾压。镉的化学性质与锌相似，但不溶解于碱液中，可溶于硝酸和硝酸铵中，在稀硫酸和稀盐酸中溶解很慢。镉的蒸汽和可溶性镉盐都有毒，必须严格防止镉所造成的污染。目前国内应用较多的镀镉溶液类型有：氨羧络合物镀镉、酸性硫酸盐镀镉和氰化物镀镉。此外还有焦磷酸盐镀镉、碱性三乙醇胺镀镉和 HEDP 镀镉等。

（四）镀锡

锡具有银白色的外观，有抗腐蚀、无毒、易焊、柔软和延展性好等优点。可获得有光泽的花纹锡层，可作日用品的装饰镀层。

（五）其他电镀

镀铜：镀铜层呈粉红色，质地柔软，具有良好的延展性、导电性和导热性。易于抛光，经适当的化学处理可得古铜色、铜绿色、黑色和本色等装饰色彩。镀铜易在空气中与二氧化碳或氯化物作用，在表面生成一层碱式碳酸铜或氯化铜膜层；受到硫化物的作用会生成棕色或黑色硫化铜。因此，作为装饰性的镀铜层需在表面涂覆有机覆盖层。

4.1.5 表面喷涂（塑料件）

如图 4-5 所示，塑料制件喷涂后可获得如下效果：① 可遮盖成型后的表面缺陷。② 因塑料本身着色比较困难，可利用喷涂获得多种色彩。③ 使塑料的静电性能得到改善，减少灰尘吸附。④ 增强了塑料的硬度和耐擦伤性。⑤ 提高了塑料的耐热性。⑥ 使塑料件表面的光泽得以任意调整。⑦ 类似砂纹漆、绒毛漆等一些特殊漆可使产品获得较好的外观及手感。

图4-5

4.1.6 移印

移印工艺是 20 世纪 80 年代传入中国的特种印刷技术，由于其在小面积、凹凸面的产品上面进行印刷具有非常明显的优势，弥补了网版印刷工艺的不足，因而受到广泛关注。

如图 4-6 所示，移印所面对的承印物多为不规则的异形表面（如仪器、电气零件、玩具等），使用铜或钢凹版，经由硅橡胶铸成半球面形的移印头，以此压向版面将油墨转印至承印物上完成转移印刷。

移印机适用行业：塑料业、玩具业、玻璃业、金属业、电子业、体育用品、文具业、光学业、IC 封装业等。

移印机适用范围：尺、笔、球形物、洋娃娃眼睛、手表、照相机、吹风机外壳、陶瓷、医疗器械、球拍、录音带、电子零件、IC 卡、CPU、DRAM、显示器外壳、按键、装饰标志、手机外壳等。

图4-6

4.1.7 热转印

热转印是将花纹或图案印刷到耐热性胶纸上，通过加热、加压，将油墨层的花纹图案印到成品材料上的一种技术。即使是多种颜色的图案，由于转印作业只需一个流程，故客户可缩短印刷图案的作业时间，减少由于印刷错误造成的材料（成品）损失。利用热转印膜印刷可将多色图案一次成图，无需套色。

热转印技术广泛应用于电器、建材、装饰等领域。由于具有抗腐蚀、抗冲击、耐老化、耐磨、防

火、在户外使用可持续15年不变色等性能，几乎所有商品都不同程度地使用以该方式制作出来的标签。例如，打开手机壳即可看到密密麻麻带有条码的标签，而对这些标签要求其能经得起时间考验（长期不变形，不褪色，不能因接触溶剂就磨损，不能因为温度较高就变形变色），故有必要采用热转印工艺来保证这些特性，如图4-7所示。

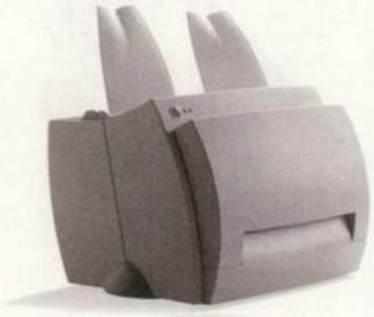


图4-7

4.1.8 喷砂

如图4-8所示，喷砂处理在金属表面的应用是非常普遍的，其原理是将加速的磨料颗粒向金属表面撞击，而达到除锈、去毛刺、去氧化层或做表面预处理的目的，它能改变金属表面的光洁度和应力状态。而一些影响喷砂技术的参数是需要留意的，如磨料种类、磨料粒度、喷射距离、喷射角度和速度等。除了喷砂处理外，抛丸处理亦是很好的选择。

图4-8

4.1.9 丝网印刷

丝网印刷是把带有图像或图案的模版附着在丝网上进行印刷，通常丝网由尼龙、聚酯、丝绸或金属网制作而成。当承印物直接放在带有模版的丝网下面时，丝网印刷油墨或涂料在刮墨刀的挤压下穿过丝网中间的网孔印刷到承印物上（刮墨刀有手动和自动两种）。丝网上的模版把一部分丝网小孔封住使得颜料不能穿过丝网，而只有图像部分能穿过，因此在承印物上只有图像部位有印迹。

换言之，丝网印刷实际上是利用油墨渗透过印版进行印刷的，这就是称它为丝网印刷而不叫蚕丝网印刷或绢印的原因，如图4-9所示。

图4-9

4.1.10 超声波焊接

超声波焊接是熔接熟塑性塑料制品的高科技技术，各种熟塑性塑料制品均可使用超声波做熔接处理，而不需加溶剂、粘接剂或其他辅助品。其优点是可提高生产率、降低成本，继而提高产品质量。

超声波塑胶焊接原理是由发生器产生20 kHz（或15 kHz）的高压、高频信号，再把信号转换为高频机械振动加于塑料工件上，通过工件表面及内在分子间的摩擦而使传到接口的温度升高，当温度达到此工件本身的熔点时使工作接口迅速溶化，继而填充于接口间的空隙。当震动停止后，工件在一定的压力下冷却并形成完美的焊接，如图4-10所示。

图4-10

4.1.11 压力注塑

注射成型是一种注射兼模塑的成型方法，其优点是生产速度快、效率高，操作可实现自动化，能制作形状复杂的制件；不利的一面是模具成本高且清理困难，所以小批量制品不宜采用此法成型。

目前，注射成型适用于全部热塑性塑料和部分金属，其成型周期短，花色品种多，形状可以由简到繁，尺寸可以由大到小，而且制品尺寸精确，产品易更新换代，如图 4-11 所示。

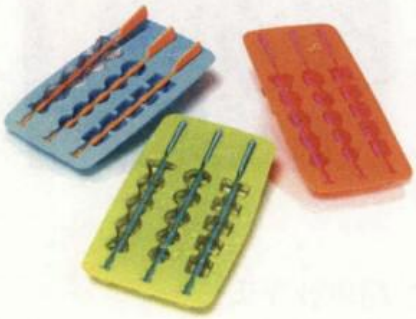


图4-11

常用于注射用的塑料有：工程塑料（ABS）、聚丙烯（PP）、有机玻璃（PMMA）、乙酸酯纤维素（CA）、聚碳酸酯（PC）、聚氯乙烯（PVC）、聚氨酯（PU）等。

工程塑料（ABS）：在低温下也能保持很好的抗压强度，硬度高，机械强度高，抗磨损性好，比重轻，在高温下也能保持很好的尺寸稳定性。工艺简单，光泽度好，易于上色，相对其他热塑性塑料来说成本较低，如图 4-12 所示。

图4-12

聚丙烯（PP）：它广泛应用于产品设计的方方面面，从外壳包装、照明设备到室内用品都有涉及。图 4-13 所示的这个餐盒是用 1.2 mm 厚的可盛放食物的热成型聚丙烯片制作的。这种材料十分理想，因为它可以被回收利用。材料的可加热成型性也意味着人们可以通过批量生产来降低生产成本。

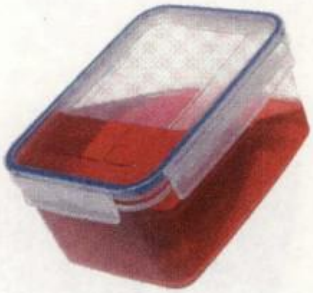


图4-13

有机玻璃（PMMA）：丙烯酸于 20 世纪 30 年代开始得到发展，当时它主要用于安全玻璃的顶部转动装置。丙烯酸材料在 1934 年首次被注册为众所周知的有机玻璃，由于能够将透明和轻便完美地结

图4-14

合在一起，它开始成为一种有趣的新型塑料。到 20 世纪 60 年代，这种材料被前卫的家具设计师发现并应用在现代家具等室内环境中。由于丙烯酸可提供多种色彩选择，它的功能就自然而然地从照明设备扩展到公司标志的制作上，现在几乎所有国际性品牌都用这种材料做标牌。丙烯酸表面坚硬，从较远的角度看容易被认作为玻璃。它可以通过铸造和挤压成型制造成薄片，从而满足不同的应用要求。铸造而成的丙烯酸薄片可以作为高质量的玻璃，并

适于批量生产。它十分坚固、有弹性并且容易制造，对于生产大型产品和小批量上色尤为理想。挤压成型的薄片有较轻的分子重量，所以容易抽吸成型，对大批量生产而言也十分廉价，如图 4-14 所示。

乙酸酯纤维素（CA）：如图 4-15 所示，乙酸酯纤维素是拥有明亮色彩和糖浆般透明感的一种传统聚合物，它从 20 世纪初开始得以发展。由于乙酸酯纤维素有大理石般的效果，人们经常将之应用于工具手柄、眼镜框和发夹等产品，乙酸酯纤维素材

图4-15

料中的自体光亮成分来自于它的柔软性，其表面的轻微划伤仍可以被磨掉而看不出一丝痕迹。它含有棉花和木材（纤维素）成分，可以通过注射、转铸和挤压成型获取。

聚碳酸酯（PC）：作为一种现代材料，聚碳酸酯和其他聚合物一样坚硬，同时重量又轻，并可以提供多种颜色和后处理效果。作为相对年轻的热塑家族中的一员，聚碳酸酯和许多其他塑料材料一样，是在 20 世纪 50 年代初被美国通用电器公司（GE）意外发现的。此材料以超清晰性和超结实性而闻名，并常常在透明、光滑等应用方面作为玻璃的替代品。著名的苹果电脑 Imac-G3 就是使用这种材料代替传统的 ABS 的电脑机箱。聚碳酸酯表现出很好的透明度与着色性，如图 4-16 所示。

图4-16

聚氯乙烯（PVC）：是应用最为广泛的塑料材料之一，从日常生活的塑料门窗到水管、檐槽、鞋、电缆、玩具、信用卡等，几乎到处都有它的踪影，同时 PVC 材料也是比较廉价的塑料材料之一，如图 4-17 所示。

图4-17

聚氨酯（PU）：它可以塑造成各种厚度，最初应用于医药和整形外科行业，后来开始应用到自行车座垫中。相对于水或硅树脂类的凝胶体而言，其优点是不含可塑剂，也就是说材料经过较长的时间也不易失去基本特性。它是唯一一种不会破裂、硬化或老化的凝胶体，如图 4-18 所示。

图4-18

4.1.12 双射注塑

如图 4-19 所示，双射注塑主要以双射成型机中的两只料管配合两套模具，按先后次序经两次成型制成双射产品。

比起传统的射出成型，双射成型有如下优点：

（1）可以使用低黏度的材料来降低射出压力。

（2）从环保的角度考虑，核心料可以使用回收的二次料。

（3）根据不同的使用特性，如对厚件成品皮层料使用软质料，核心料使用硬质料或者核心料使用发泡塑料来减轻重量。

（4）可以利用较低质量的核心料以降低成本。

（5）皮层料或核心料可使用价格昂贵且具特殊表面性质的材料，如防电磁波干扰、高电导性等材料以提升产品性能。

（6）适当的皮层料和核心料配合可以减少成型品残余应力、增加机械强度或产品表面性质。

（7）产生如大理石纹路的产品。

图4-19

4.1.13 吹塑成型

如图 4-20 所示，吹塑成型——借气体压力使闭合在模具中的热型坯吹胀成为中空制品，将管型坯无模吹胀成管膜。该方法主要用于各种包装容器和管式膜的制造。

（1）注射吹塑成型：用注射成型法先将塑料制成有底型坯，接着再将型坯移到吹塑模中吹制成中空制品。

图4-20

（2）挤出吹塑成型：用挤出法先将塑料制成有底型坯，接着再将型坯移到吹塑模中吹制成中空制品。

（3）拉伸吹塑成型：拉伸吹塑成型是双轴定向拉伸的一种吹塑成型，其方法是先将型坯进行纵向拉伸，然后压缩空气进行吹胀达到横向拉伸。拉伸吹塑成型可使制品的透明度、冲击强度、表面硬度和刚性有很大的提高，适用于聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PETP）的吹塑成型。

（4）吹塑薄膜法：用挤出法先将塑料挤成管状，而后借助向管内吹入的空气使其连续膨胀到一定尺寸，冷却后折叠卷绕成双层平膜。

4.1.14 冲压

如图 4-21 所示，冲压是利用安装在压力机上的模具对材料施加压力使其产生分离或塑性变形，从而获得所需零件的一种压力加工方法。

冲压用的材料有各种规格的板料、条料、带料和块料。板料的尺寸较大，一般用于大型零件的冲压；对于中小型零件而言，多数是将板料剪裁成条料后使用；带料（又称卷料）有各种规格的宽度，展开长度最长可达数千米，适用于大批量生产的自动送料；块料只用于特殊钢号和价格昂贵的有色金属的冲压。

图4-21

冲压加工因制件的形状、尺寸和精度的不同，所采用的工序也不同。根据材料的变形特点可将冷冲压工序分为分离工序和成形工序两类。

分离工序是指坯料在冲压力作用下，变形部分

的应力达到强度极限σ_b以后，使坯料发生断裂而产生分离。分离工序主要有剪裁和冲裁等。

成形工序是指坯料在冲压力作用下，变形部分的应力达到屈服极限σ_s，但未达到强度极限σ_b，从而使坯料产生塑性变形，成为具有一定形状、尺寸与精度的加工工序。成形工序主要有弯曲、拉深、翻边等。

4.1.15 手板制作

如图 4-22 所示，手板——是在没有开模具的前提下，根据产品外观文件或三维结构文件先做出的一个或几个用来检查外观或结构合理性的功能样板。可按照制作手段与所用的材料分为两大类。

（1）按照制作的手段可分为手工手板和数控手板。

① 手工手板。主要工作是用手工完成的。

② 数控手板。主要工作是用数控机床完成的，根据所用设备的不同，又可分为激光快速成形（RP）手板和加工中心（CNC）手板。RP 手板的优点主要表现在它的快速性上，但是它主要是通过堆积技术成型，因而 RP 手板一般相对粗糙，而且它对产品的壁厚有一定要求，如壁厚太薄便不能生产。CNC 手板的优点体现在它能非常精确地反映图纸所需表达的信息，而且 CNC 手板的表面质量较高，尤其在其完成表面喷涂和丝印后，甚至比开模具后生产出来的产品还要光彩照人。

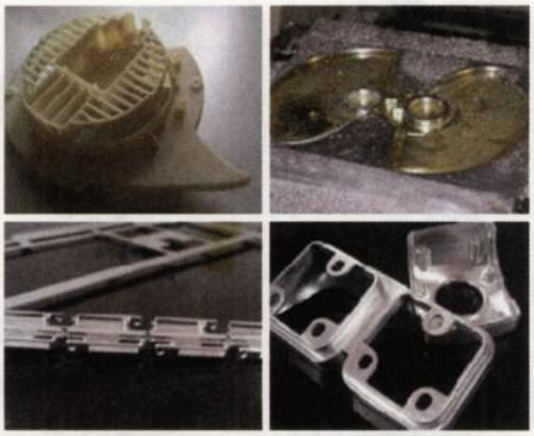


图4-22

（2）按照制作所用的材料可分为塑料手板和金属手板。

① 塑料手板。其原材料为塑料，如电视机、显示器、电话机等。

② 金属手板。其原材料为铝镁合金等金属材料，如笔记本电脑、高级单放机、MP3 播放机、CD 机等。

4.1.16 元件采购

产品开发过程中，某些企业自行研制开发的产品元件成本较高且质量不够可靠，而市场上又存在着专业生产此类元件的供应商。此时通过采购这些元件来代替自行生产，既可以降低成本，又能够提高产品质量。尤其对于规模不大、研发生产能力尚不强的中小企业来说，采购的成功与否甚至关系着产品能否顺利产出，如图 4-23 所示的电子控制面板就多为外购件而非厂家自行研发。

图4-23

现代工业发展日新月异，很多在过去难以置信的科技设想在今天都已成为现实并为人们所广泛运用。要成为一名优秀的产品设计师，保持对新型材料、工艺的密切关注是平时生活中不可缺少的重要一环，唯有于此，我们才能不断拓宽自己的视野，用更经济、更实用的方法提高自己的设计水平，向世界呈现出更为精巧的作品。

附录：小家电产品设计赏析

电脑摄像头设计

具有灵动之感的爱沙电脑摄像头。针对目前年轻消费群体所做的设计，整体造型简洁大方，圆和方的形态组合使产品看起来层次感强，错落有致，同时也带来了微妙的光影效果。色彩采用白色和灰色，配上两根黑色装饰线，显得亲近而不张扬。主体与底座的连接部分是球形，使整体更有动感。

全新的爱沙摄像头，给人以眼前一亮的感觉。这也是一款针对年轻人的设计：简约的色彩、新颖的外形，令人爱不释手。优秀的工业设计使摄像头也成为了家居生活的亮点，给人们带来全新的生活体验。活泼明晰的 LOGO 造型和色彩，沿袭爱沙一贯的产品风格。简洁明晰的用户界面，不仅预先提供了亲切直观的使用感受，同时也成为设计元素中的一个精致的细节。

本图片由欧爱设计（www.oioidesign.com）提供

电熨斗设计

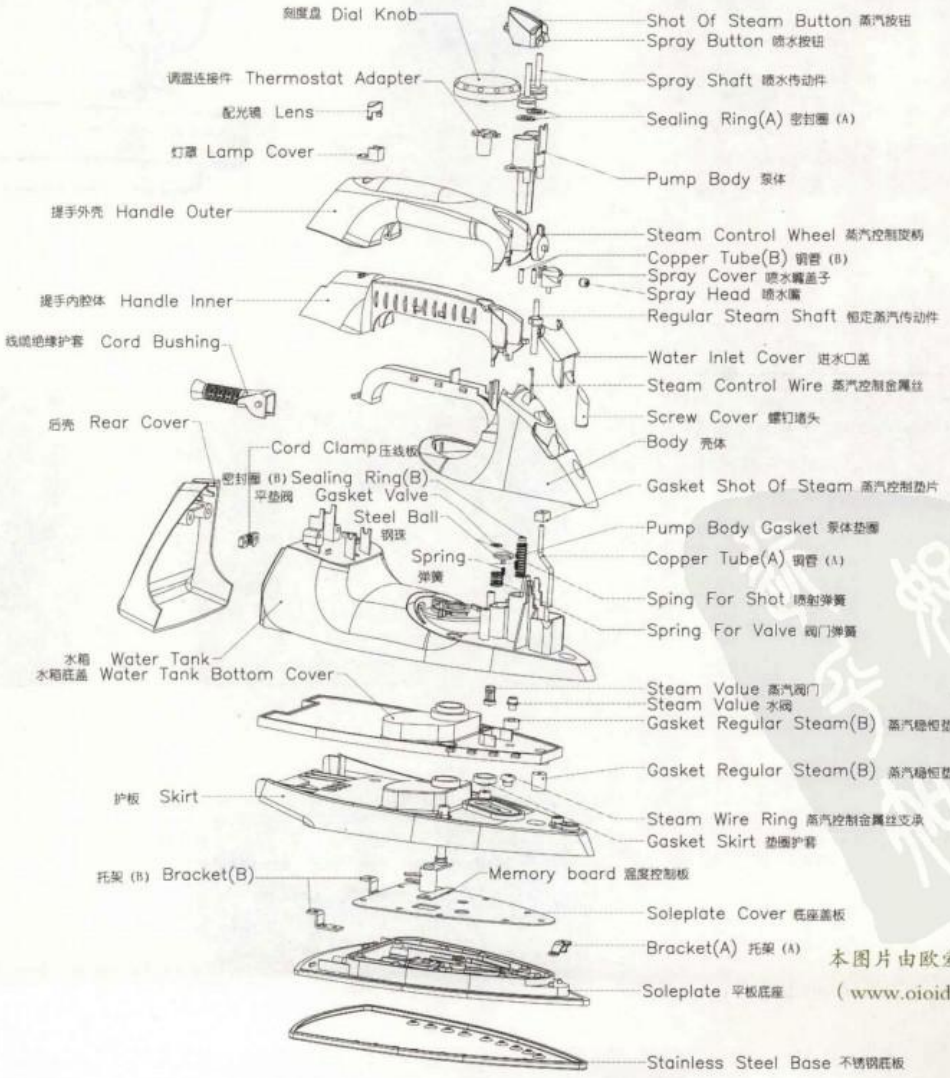
蒸汽式电熨斗的设计往往强调良好的抓握感受以及便捷的使用方式。纯白的机体润滑光亮，磨砂的半透明水箱与机体形成了一种鲜明的材质对比，大而平的把手便于使用者移动机体与进行操作。

组装示意——成功的产品设计除了在后期会提供产品使用者以方便之外，早在生产过程中设计便已开始发挥它应有的作用：如何合理选用可通用的产品部件去降低产品单个成本；如何降低组装难度与提高组装速度……在结构设计过程中工程师就已经为它做了细致的考虑。

合理的拆件可以保证在对复杂产品的设计过程中能够有效控制模具成本，在后续的结构设计中要深入研究各部件的使用环境，经过多重测试以保证各部件的合理性与可靠性。

渲染成白色模型

全面渲染后的效果图

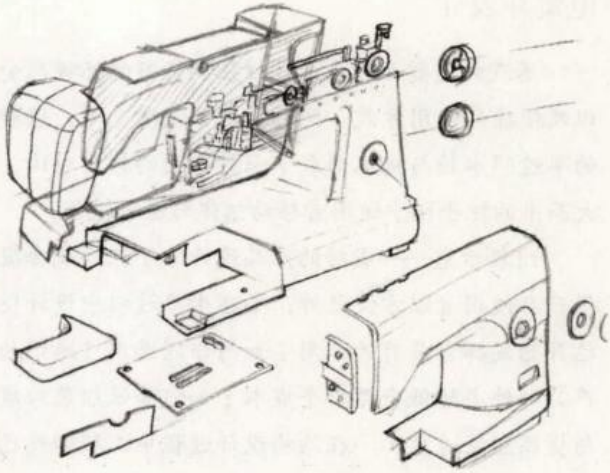


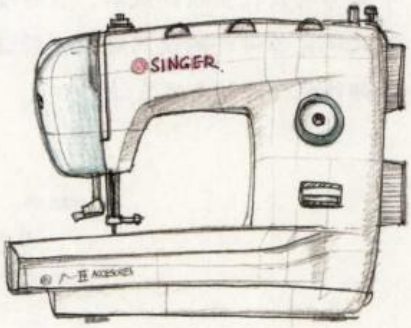
本图片由欧爱设计（www.oioidesign.com）提供

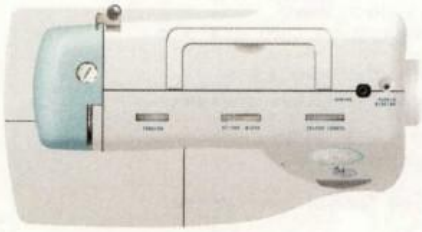
缝纫机设计

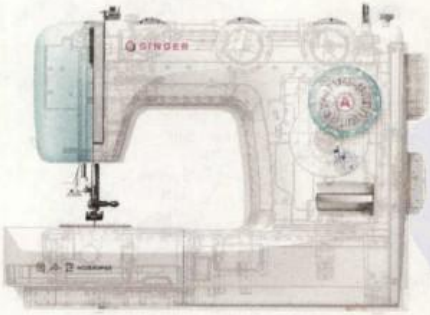
150 多年来，无论是在繁华的大都市，还是在偏远的小山村，只要说起缝纫机，人们常常会提起美国胜家这一品牌，它的缝纫机可以说是全世界最受欢迎的小家电产品之一。

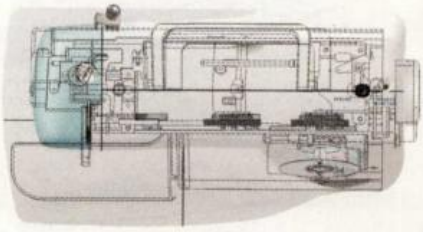
2006 年，欧爱设计为胜家开发了一款供家庭使用的缝纫机，受到了客户的好评。针对家庭市场的电脑缝纫机具有如下的特点：无论是产品的形体、配色还是几何化的装饰，都显示出家庭消费者倾向于选择“简洁而具有亲和力，能够将功能使用与舒适感受相结合”的产品风格。











本图片由欧爱设计（www.oioidesign.com）提供

啤酒机设计

简洁的造型且不乏生动的细节，使得整个产品更具科技感和现代感。鲜明的色彩与人性化的操作界面，使得该产品在使用的同时还能给人带来愉悦的精神享受。

考虑到使用者在使用过程中存在需观察酿酒时间这一重要环节，为精确控制酿酒的时间和温度，在设计中增加了液晶显示屏幕。该产品的简洁外观使它能够适应各种不同的工作场合和操作需要。

本图片由欧爱设计（www.oioidesign.com）提供

参考文献

[1]（英）莱夫特瑞．欧美工业设计 5 大材料顶尖创意丛书［M］．上海：上海人民美术出版社，2007：25-28.

[2] 姜霖．本土工业设计公司的设计管理 [D]．上海：上海交通大学图书馆，2005：45-47.

“210分钟视频详解+2D/3D数据文件”

一线设计全流程演练

姜 霖

任教于南京理工大学工业设计系，长期从事新产品开发方面的设计和教研工作

顾秋健

毕业于南京理工大学工业设计系，任职于南京欧爱工业设计公司，资深产品设计师

责任编辑/林茂　装帧设计/张怡

ISBN 978-7-5345-6995-1

9 787534 569951 >

定价：30.00元（附赠光盘）