

塑料成型加工实用技术讲座(第十一讲)

注塑中的 CAE 技术(Ⅱ):应用方法*

李海梅 高峰 申长雨

(郑州大学橡塑模具国家工程研究中心,郑州 450002)

摘要 为使注塑 CAE 技术这一塑料制品及模具设计的有效工具得以广泛应用,介绍了 CAE 技术的应用方法,

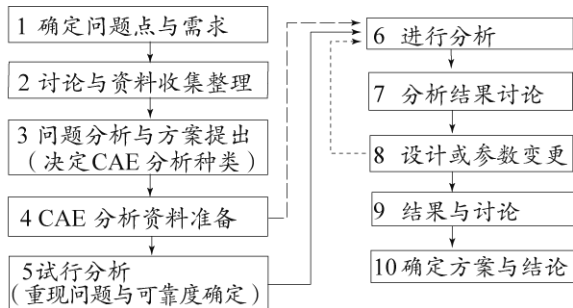
从常用的规范步骤对流动、保压、冷却、翘曲等分析模块的使用方法给予了详细介绍。

关键词 注塑 CAE 应用

在市场经济条件下,产品的质量与成本已成为企业生存发展的生命线。实践证明,注塑 CAE 技术对加快新产品开发、提高产品质量、降低成本起着关键作用,是支持企业确立竞争优势的强有力手段。由于 CAE 技术的特点,多种知识需求的工程背景,使得 CAE 技术的普及推广有一定难度,进而难以发挥 CAE 技术应用的作用。笔者从 CAE 分析的基本流程开始,对 CAE 的应用方法建立了准“程序化”的应用步骤,并对数据准备、流动、保压、冷却、翘曲分析模块的使用要点作了说明,以便对 CAE 软件的应用方法有个全面的了解。

1 CAE 分析的流程

CAE 技术可以通过改变几何模型数据*.msh 文档、材料物性参数*.mat 文档及成型条件*.pro 文档,产生不同的方案组别,仿真不同的设计方案或参数变更,找出影响制品质量的主要变量或参数。CAE 分析的基本流程见图 1。



*虚线表示其它可能的步骤

图 1 CAE 分析的基本流程图

从图 1 可以看出,步骤 1~3 主要用来明确研究对象,如应用流动分析解决塑料件欠充填问题,用保压分析解决薄板密度不均匀问题,用冷却分析解决内应力过大问题,用流动、保压、翘曲分析解决成型尺寸不良问题等;步骤 4~7 主要用来完成 CAE 技术的模拟,使之成为辅助设计的工具;步骤 8~10 表明采用的 CAE 技术对所研究问题的解决方法。下面将从资料收集、功能模块应用、CAE 结果分析三方面给予详细介绍。

2 CAE 资料准备与收集

当发现一个工程问题需要用 CAE 技术解决时,首先提

出分析方案初稿,并对 CAE 分析的可靠程度向用户作一个合理解释,完成 CAE 分析前的准备工作。准备工作完成后,先对注塑制品的特点、设备条件等提出可行分析方案,然后针对要进行的分析输入搜集的资料数据。

2.1 CAE 分析前的资料准备

进行问题分析通常需要一定的实践经验和背景知识来明确要分析的问题点(确定研究对象)。方案制定时,应以 CAE 分析所能预测的内容为根据,尝试将问题简化,因为有时许多问题是由同一个原因所致,所以系统、条理的分析能力是成功解决问题的关键。

(1) 可行方案的提出

可行方案能否提出与目标明确与否有关,拟解决的问题越明确,对可行方案的提出越有利。除经验与知识外,与委托客户的访谈沟通也是提出可行方案的重要途径。

提出的方案应具备可能性与可行性。可能性是针对问题而提出的;可行性则是用经验与知识删除不可行方案后,基于成本与效率的观点所提出的可能对策,从而确定可行的 CAE 解决方案。但最终的方案确定应取决于委托客户的需求与选择。例如,若制品缺陷是气穴,想判断问题症结是产品设计或是模具设计的毛病,需运行几组 CAE 分析来验证并提出可行的设计变更方案。有时在解决方案未知时,可以先试行以 CAE 分析重现问题,再由结果分析可能原因,提出可行方案。

(2) 分析可靠度的确认

CAE 分析的可靠度往往是委托客户最关心的问题之一,因此在进行分析时,需先对分析的可靠度进行验证,在确认输入数据无误后,“可靠度确认”的目的就是检验几何模型的正确性。

对于尚未生产的产品,由于流动分析是所有注塑 CAE 分析的根本,因此往往先以流动分析结果来检验几何模型的正确性。通过人工经验、专业知识判断流动的合理性。并以网格疏密(多少)的敏感度分析来检查分析网格是否够细。

* 国家“十五”重点科技攻关项目(2001BA203 B16 - 02)、河南省自然科学基金项目(004060400)

对于已生产的制品,应根据该制品欠料注射(短射实验)或其它可观察或测量的数据来验证 CAE 分析结果。

“可靠度确认”的重点在于几何模型能具体反映真实制品的加工特性,重现所发生的问题,其后的设计变更即可根据这个较可靠的几何模型来完成工作。

2.2 CAE 分析所用数据的收集

数据收集的目的在于保证输入数据的准确性。CAE 分析软件是个典型的 GIGO 产品,即喂入垃圾、吐出垃圾,因此确认输入数据的准确性是进行 CAE 分析的重要工作。通常包含三类基本资料:几何模型、材料特性、成型工艺条件。

(1) 制品/模具的几何模型

几何建模的图形是否能具体反映出该制品/模具特征及问题所在,这是很关键的。为减少分析时间与内存需求,可以在 CAE 分析建模时忽略许多不影响分析结果的细节。

制品壁厚是影响流动及冷却的重要参数,因此要确认设计图与制品一致。对于新产品,可依据制品/模具设计图平面资料给定壁厚;但对于现成制品(需进行修模者),因塑料制品的实际厚度通常会与图纸的标注有差异,应先检查设计图与现成制品厚度尺寸是否相符,不符则以现成制品为主。制品厚度是将制品纵向切开后测量的厚度(误差值 ± 0.1 mm 以下)。

有限元网格数目要适当,保证网格足够细并充分反映程序动态特性及问题的真正解析解。但过细过密的元素会造成分析时间过长及内存需求过高。可利用网格敏感度分析来决定适当的元素尺寸和网格密度。由于软件开发商的习惯不同,应注意缺省值(默认值)的单位是 mm、cm 还是 in., 并确定网格录入时的单位。

(2) 材料物性资料

主要检查要进行分析所用的塑料、模具、冷却液等材料的资料是否足够。若数据库有此材料,需核对生产商与型号等级。若数据库欠缺此材料,或此材料为共混料或混有玻纤的非标准料,则需委托相关单位进行物性测量,取得相关数据,并配合数据拟和取得 CAE 材料模型参数值。应用缺省值或相近材料值也是可行的办法,但对分析结果会有影响。

进行流动分析需要塑料的粘度数据(粘度与温度及剪切速率的关系)、热物理性能数据(导热系数、比热容等),以及密度(或比容)等。热物理性能数据与密度通常可从供货商或产品说明书中获得,但多以固态材料为主,如果可以获得熔融态的数据最好。粘度资料通常较少,即使同一生产商供应的塑料(如燕山系列),不同等级塑料的粘度与流动特性可能差异极大。一些较大的物性数据库如 CAMPUS 近来已开始提供可作 CAE 分析的粘度曲线数据。若已知材料的熔体流动速率(MFR),也可用内插方法获得粘度的参数。如果仅进行流动分析,塑料密度可取定值,但对于压力曲线预测的正确性有一定程度的影响。

保压分析需要塑料的压力-比容-温度(PVT)关系系数数据资料。若选取固定密度,塑料通常被视为不可压缩而无法

进行保压计算及后续的收缩率的预测。其余数据与流动分析类似。

冷却分析需要塑料及模具、冷却液的热物理性能数据。各类材料的热物理性能数据通常以固态为主,可从工具书、材料库查找或现场测得。

翘曲分析需要固态塑料的拉伸弹性模量、泊松比及线胀系数。对于添加玻纤的复合材料的线胀系数可能有垂直、平行流动方向两个值,可采取平均值或套用考虑材料方向性的翘曲分析模型。通常可由实验或其它数据库取得这些数据。若能取得收缩率值则可作为将来验证翘曲分析结果之用。

要注意单位换算,尤其对由其它系统提供的物性资料来源,应注意计量单位是否与 CAE 内设计量单位相同。各材料参数计量单位可参考 CAE 分析软件内设的数据库。

(3) 成型参数或加工条件

成型参数又称加工条件,就是为成型加工合格的制品设定的与模具、注塑机控制相关的温度、压力、时间等参数,其中熔体温度、模具温度、顶出温度、注塑压力、保压时间、充填时间、冷却时间等是注塑 CAE 分析常用的数据。

要注意 CAE 分析输入条件参数与现场实际成型参数的差异性。有些注塑机、模具等的条件与 CAE 分析所要的数据有些出入,应用“折算”的方法换算成 CAE 要求的数据。

完成上面三类数据的准备后,基本可以按图 1 的步骤着手进行 CAE 分析。

另外需要说明的是,CAE 分析的结果可以用来改善 CAE 输入,指导设计与生产。如塑料材料特性与加工条件对于注塑的好坏影响很大,可利用 CAE 软件提供的材料库,从 MFR 与粘度曲线判断材料加工的难易度,选择适合加工的材料。

3 CAE 功能模块应用

注塑 CAE 软件的功能模块主要有流动、保压、冷却、翘曲等部分^[1],各个功能模块有一定的关联性。通常翘曲要用到流动、保压、冷却(如果有冷却管道的问题)的计算结果。总体说来,CAE 功能模块的应用,可协助相关工程设计人员迅速积累相关设计、成型经验,避免经验盲点,建立设计与成型准则,有利于人力资源培养训练。并且以最少成本、最短时间、最实际可行的方案优化目标。但是,由于所用的原理有差异,如流动与保压主要是流体力学的知识、冷却是传热学的知识、翘曲主要是计算力学的知识,因此各个模块的使用有一定区别。

3.1 流动

流动过程指的是塑料充填模具的过程。在注塑机的动作上,注塑机喷嘴开启,处于松退状态的螺杆向前推进,将储料区已塑化好的熔融塑料射入模具型腔中。通常螺杆根据设定的行程曲线、注塑压力(喷嘴处压力)曲线前进。由于塑料粘度高,加工温度需高于塑料熔点(一般在 180℃ 以上);注塑压力 150 ~250 MPa;模温一般采用冷模,如 60℃;充填时间视模具型腔数目及模具大小而定,短则 0.5 ~1 s,

长则 5 ~10 s。

在充填过程中,由于模具型腔尚未填满,塑料熔体前沿为大气压状态(或是抽真空)。在正常充填过程中,若注塑压力足够高,塑料熔体将以设定的流量曲线(或是螺杆行程曲线)顺利充模,该阶段称为流率控制阶段。但随着充填量增加,塑料熔体填模的流动阻力将逐渐增加,反映出来的就是型腔压力的增加。型腔压力是一种背压,是塑料熔体流动阻力的表征,即型腔压力上升越快,代表流动阻力越大。塑料熔体在充填过程中需要克服流动阻力而迅速填满型腔,若注塑压力不足、注射速率不够,流动就会停止,造成短射。在型腔将填满时,型腔压力会发生上升的现象,此时已经难用流率控制螺杆前进。一般会将操作切换至压力控制阶段,而操作过程也切换至保压阶段。

充填过程是塑料熔体在型腔中成型的起始步骤,是十分重要的过程,同时也是十分复杂的过程。充填过程的复杂性除了塑料性质随成型的变化、模具本身几何形状复杂,以及流动前沿自由面流动的解析困难外,最主要的复杂性来自流动-传热-物性三者之间的相互耦合,如图 2 所示。

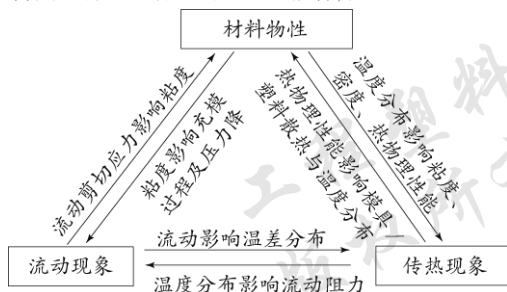


图 2 充填过程中流动-传热-物性间的耦合情形

由于该过程复杂,凭借传统解析方法无法分析;而过度简化后的理论模型又无法准确描述此程序的动态过程。利用实验方式获知充填动态,一方面是高温高压的密封环境不易进行实验,另一方面用实际模具或试验模进行试模,较为耗费时间及金钱。同时有的变量测量困难,而且实验可能有误差,因此用 CAE 流动功能模块求解充填过程是较为完备的理论模型,以评估不同参数设定的影响,是一个准确而有效的工具。

在理论模型方面,假设塑料熔体是非弹性非牛顿流体,其粘度可用幂律模型及其修正式描述,粘度为温度及剪切速率的函数。塑料比容为温度与压力的函数;热物理性能仅为温度的函数;塑料件为薄壁件(厚度与长或宽度比超过 1:10),用 Generalized Hele-Shaw 流动模式来描述塑料流动。数值解采用混合有限元/有限差分法(FEM/FDM)分别求解流动平面方向与厚度方向变量。

流动分析模块运行后,能解决的问题有:

(1) 在设计阶段,评估不同设计方案的可行性与成型性,作为修改设计与产品壁厚分布的参考,避免潜在成型问题,如短射(欠充填)及气穴等。

(2) 协助产品设计人员评估不同设计参数变更对产品

成型的影响,以进行必要的设计变更甚至优化设计。

(3) 协助模具设计人员评估所需锁模力大小,以修改模具设计,决定模具型腔数目或成型机械的选择。

(4) 协助模具设计人员进行流道设计,决定流道与浇口尺寸以避免压力损耗过大及喷流发生,同时平衡流动使锁模力降低,制品质量得以控制。

(5) 协助模具设计人员决定浇口数目、种类与浇口位置,避免气穴、熔接痕与流痕、焦痕,确保制品表面质量。

(6) 协助成型人员找出造成成型问题的可能原因与可能的解决方法,避免成型困难。

(7) 协助成型人员确定充填过程的加工窗口,找出稳定的、可行的充填成型参数范围,避免短射、飞边、烧焦等问题,甚至可协助进行加工条件优化。

3.2 保压

保压分析主要可用来仿真分析成型中的保压过程。

理论模型同流动分析模型。保压过程依赖于塑料熔体在高压下的压缩性,因此在这个阶段最重要的物性是塑料的 PVT 性质。塑料比容设为温度与压力的函数,热物理性能仅为温度的函数。假设塑料件为薄壁件,用可压缩的 GHS 流动模式来描述塑料熔体保压过程。数值解采用 FEM/FDM,分别求解流动平面方向与厚度方向变量。

保压分析的功能可列举如下:

(1) 协助产品设计人员评估不同设计参数变更(如壁厚)对制品保压效果与收缩翘曲行为的影响,以进行必要的设计变更及优化设计。

(2) 协助模具设计人员评估所需锁模力大小,以修改模具设计,决定型腔数目、成型设备,并优化保压压力以缩小所需锁模力。

(3) 协助模具设计人员进行流道设计,决定流道与浇口尺寸以有效进行保压,减少成型塑料件收缩翘曲现象。

(4) 协助模具设计人员决定浇口数目、种类与浇口位置,以确保制品表面性质与粗糙度,并增加制品密实度。

(5) 协助成型人员排除成型过程的故障,找出造成翘曲或胀模的可能原因与可能的解决方法,避免成型困难。

(6) 协助成型人员确定适当的保压压力、保压时间及保压切换点,避免过保压所造成的飞边、粘模问题,减小塑料件翘曲变形。

3.3 冷却

冷却分析模块用来仿真塑料件在注塑中的冷却过程。利用冷却分析可以确定冷却水管(冷却回路)分布与冷却液的设计与成型参数,以期能在最短的冷却时间内达到均匀的冷却效果。

在理论模型方面,假设塑料成型周期由充填时间、保压时间、冷却时间及开模时间组成。在成型过程中塑料、冷却介质及模座的热物理性能仅为温度的函数。分析时假设冷却过程中塑料熔体已经停止流动,同时忽略塑料件收缩后与模具间隙所产生的接触热阻。塑料件-模座-水管间的三

维传热现象可用 Poisson 热传导方程描述。数值解采用快速有限元法或混合有限差分/边界元素法求得。

冷却分析的功能可列举如下:

(1) 协助产品设计人员评估不同设计参数变更(如壁厚)对产品冷却与收缩翘曲行为的影响,以进行必要的设计变更及优化设计。

(2) 协助模具设计人员评估所需冷却介质的数量及冷却液流速大小,以便有效进行散热。

(3) 协助模具设计人员进行冷却系统设计,决定水管数目、尺寸、距离及配置,以进行有效冷却,缩短成型周期并减少成型塑料件收缩翘曲现象。

(4) 协助成型人员排除注塑过程的故障,找出热斑,缩短成型时间并避免冷却不均造成的翘曲问题。

(5) 协助成型人员寻找适当的冷却参数,包括冷却时间、冷却介质温度与流量,甚至可协助进行加工条件优化。

(6) 协助成型人员缩短冷却周期,提高生产率。

3.4 翘曲

翘曲变形分析模块用来仿真分析塑料件脱模后的收缩翘曲行为。

在理论模型方面,假设塑料件是各向同性或正交各项异性的弹性材料,翘曲变形主要由塑料 PVT 变化及冷却不均所造成的热应力所引起。目前流行的商品化软件都忽略塑料熔体在流动过程所造成的流动残余应力。同时翘曲计算自塑料件脱模后算起,忽略模座及其它机构对塑料件收缩的限制与干涉。塑料件性能如拉伸弹性模量、线胀系数为温度的函数或是常数。数值解采用有限元法求解塑料件由于 PVT 与模温差异所造成的位移。有冷却管道的情况下,翘曲分析用到流动、保压、冷却的分析结果;而对应没有冷却管道的模具,翘曲分析用到流动、保压的分析结果。

翘曲分析的功能可列举如下:

(1) 协助产品设计人员评估不同设计参数变更(如壁厚、加强筋)对制品收缩与翘曲变形行为的影响,以进行必要的设计变更及优化设计。

(2) 协助模具设计人员进行流道设计,决定流道与浇口尺寸,以进行有效保压,减少塑料件收缩翘曲。

(3) 协助模具设计人员优化冷却水管设计,避免冷却不均所造成的翘曲问题。

(4) 协助模具设计人员估算塑料件收缩量,预留模具公差以补偿收缩。

(5) 协助产品设计与成型人员进行成型过程的故障排除,找出造成翘曲问题的可能原因与可能的解决方法,提高制品质量。

(6) 协助成型人员确定料温、模温、保压压力、保压时间及保压切换点等工艺参数,以减小翘曲变形。

4 CAE 结果分析

CAE 技术的应用准备及各个功能分析模块的应用完成后,CAE 工程应用人员常常忽略步骤 8~10 的内容,即 CAE

的结果分析,这里将做重点讨论。

4.1 设计变更或参数变更

根据分析结果进行判断或设计变更,对于较为复杂难解的现象及问题,可先于可靠度验证阶段重现问题,再根据分析结果判断可行的设计变更或参数修改。对应变更的数据,设定不同的组别,重新进行分析,直到达到优良设计方案、成型条件。优化目标是:成本最少、时间最短、方案最切实可行。通常,设计变更或参数变更的要点如下:

(1) 变更加工条件。流动的问题以调整熔体温度与充填速率(充填时间)最为有效,其次为模温与压力。冷却的问题以调整冷却时间最有效,其次为冷却介质温度及流量。对于短射问题可通过调整加工条件解决。

(2) 变更使用塑料。若委托客户允许对于流动困难(短射、气穴)及翘曲问题严重的塑料可以变更塑料时,这不失为一种有效的方法。但加工条件应随之调整,同时应该考虑成本及产品效益等问题。

(3) 更改模具结构。通常是变更浇口位置及浇口数目、流道与浇口尺寸等。对于许多流动问题,如熔接痕、气穴、流动平衡等,仅仅变更加工条件并不能得到明显改善,而变更浇口数目与尺寸为一个好方法。对于翘曲问题,有时重新设计浇注系统可得到改善。

(4) 修改制品壁厚。对于气穴、熔接痕问题这往往是最有效(且唯一)的方法。

需要注意的是,对 CAE 结果的分析可协助工程人员提出有效的解决方案,但对提出的设计变更或参数变更,甚至换料应取得委托客户同意,以确保方案的可行性。

4.2 结果的分析讨论

根据设计变更结果进行判断,评估各设计变更或参数变更方案的优缺点,提出比较和相关的说明。若无明显改善,需与委托客户加强联系,再次构思其它可行方案,重新以 CAE 分析验证。

利用不同参数组合设计不同组别,进行分析后根据各组别定义的目的(如壁厚的影响,料温的影响等)讨论 CAE 分析结果。如通过改变壁厚对流动的过程施加影响,是否会造造成新的问题,原来问题是否已经克服等。将分析结果按重点以图表方式写在报告中。对于图表的说明文字应清楚了,明确分析结果与相关的分析,其内容应具内涵,有信息性和建设性,而不只是看图说故事,仅是图表的文字描述。

建议方案与结论,应根据结果与讨论比较各方案优缺点后,提出具体可行的建议方案与结论,提供委托客户作参考。

后续追踪与验证,交出报告后应进行案例追踪,若能参与制品测试或试模,可验证分析结果是否正确可行。若发生不相符情形,应检查原因所在并将追踪结果记录存盘,以增强 CAE 能力并作为将来改进的参考。

4.3 正确理解注塑 CAE 软件

由于目前 CAE 软件多是采用基于中面模型的有限元/有限差分/控制体积法来分析。所谓中面是假想的位于模具

型腔和型芯中间的一个层面。基于这种型腔模型的 CAE 软件在应用中有很大的局限性,主要表现在,CAE 软件的使用人员必须理解中面的概念,用户直接由制品模型构造中面比较困难,独立开发的 CAE 系统造型功能往往很难依据型腔的 CAD 模型自动生成中面模型,这极大地阻碍了 CAE 软件的推广和普及。由于 CAD/CAE 软件的模型不统一,二次建模不可避免,设计效率因此大打折扣。与 CAD 无缝接口的 CAE 软件,目前距实用化还有一段距离,所以要用好注塑 CAE 软件,应注意学习与积累两个方面的知识。

(1) 学习、充实基本专业知识,如产品/模具设计、塑料物性、塑料加工原理、有关的数值方法概论及 CAE 知识。阅读相关期刊杂志及相关网站。

(2) 多方面、多角度积累注塑 CAE 分析经验。多参加相关学习班与研讨会,增加与同行交流经验的机会。多参与实际试模及实验,验证仿真与实际的差异,逐渐积累分析经验与设计准则,并时常整理相关心得,以知识整合经验,由知其然走向知其所以然,增强解决问题的能力。

5 结论

针对注塑 CAE 分析的基本流程,从资料准备、CAE 功能模块分析、CAE 结果分析三部分说明了使用的要点及其相关的注意事项。

参考文献

1 李海梅,申长雨.注塑成型及模具实用技术.北京:化学工业出版社,2002.

COMPUTER AIDED ENGINEERING TECHNOLOGY IN THE INJECTION MOLDING (Ⅱ): USAGE

Li Haimei, Gao Feng, Shen Changyu
(APPT - NERC, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

ABSTRACT The technology of CAE is now a helpful tool for the plastics product design and its mold design. How to use CAE software efficiently is discussed. Accordingly to the regular program, the usage of the flowing, packing pressure, cooling and warpage module has been explained step by step in detail.

KEYWORDS injection molding, computer aided engineering, usage

欢迎订阅《工程塑料应用》和《化学分析计量》

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

欢迎读者直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社办理《工程塑料应用》和《化学分析计量》的订阅手续,请注明订阅期刊名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》,国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物,月刊,大16开本,每月10日出版。本刊为中文核心期刊,是中国工程塑料工业协会会刊,荣获首届、第二届国家期刊奖等19项国家、省部委级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2004年定价7元/期,全年84元。1986年以来的期刊价目见表1。欢迎读者来函(附名片)免费索取样刊。

表1 《工程塑料应用》单册期刊、合订本价格表

年份	期数	每册单价/元	全年定价/元	合订本/元
1986~1989	16	0.825	13.2	23
1990~1992	12	1.4	16.8	27
1993、1994	10	2.4	24	34
1995	6	2.8	16.8	27
1996	6	4	24	34
1997	6	5	30	40
1998	12	3.5	42	52
1999	12	4	48	58
2000	12	5	60	70
2001	12	5.5	66	82
2002	12	6	72	88
2003	12	6.5	78	94
2004	12	7	84	100
合计	140		574.8	729

邮局汇款:

收款单位:山东省济南市108信箱杂志社
邮编:250031 传真:(0531) 5816706-808 5947355
电话:(0531) 5816706-805, 802, 801 5947355

银行汇款:

户名:中国兵器工业第五三研究所
开户银行:济南市工商银行八一分理处
帐号:1602001209014424079

《化学分析计量》,国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物,双月刊,大16开本,单月20日出版。本刊荣获多項部委级优秀期刊奖,被美国化学文摘(CA)收录。2004年定价7元/期,全年42元。创刊号以来的期刊价目见表2。欢迎读者来函(附名片)免费索取样刊。

表2 《化学分析计量》单册期刊、合订本价格表

年份	期数	每册单价/元	全年定价/元	合订本/元
创刊号~1998	9	4	36	46
1999	4	3.5	14	68
2000	4	5	20	
2001	6	4	24	
2002	6	5	30	76
2003	6	6	36	
2004	6	7	42	
合计	41		202	190