

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.04.016

满足脱模需要的笔尖产品结构设计模型

彭力明¹, 陈罡¹, 郑立忠²

(1. 宁波职业技术学院, 浙江宁波 315800; 2. 贝发集团股份有限公司, 浙江宁波 315800)

摘要: 笔尖模具脱螺纹动作会对产品内螺纹和定位筋结构造成损坏。基于定位筋和内螺纹的模具关系分析, 通过作图法找到重叠区域, 建立了定位筋与内螺纹的高度模型。进一步基于脱螺纹扭矩的计算, 建立了定位筋的止转强度计算模型。两者构成笔尖产品内部定位筋和内螺纹结构设计模型。生产实践证明, 按此模型对笔尖定位筋和内螺纹结构进行校核, 能有效避免模具脱螺纹动作带来的产品质量问题。

关键词: 注塑模具; 笔尖零件; 脱螺纹结构; 计算模型

中图分类号: TQ320.66+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)04-0080-05

Pen Tip Inner Rib and Thread Structure Design to Meet the Needs of Demolding

Peng Liming¹, Chen Gang¹, Zheng Lizhong²

(1. Ningbo Polytechnic, Ningbo 315800, China; 2. Ningbo Beifa Group Co. Ltd., Ningbo 315800, China)

Abstract: The demolding action of the pen tip injection mold would cause damage to the internal thread and RIB structure of the part. Based on the analysis of the mold relationship between the internal thread and RIB, the overlapping area was found by drawing method, and the height model between the RIB and the inner thread was established. Furthermore, dethread torque and the RIB shear strength models were built. The RIB height model and shear strength model constitute the pen tip structure design. The product quality problems caused by the demolding action could be effectively avoid after checking the pen tip structure by using the proposed method.

Keywords: injection mold; pen tip part; thread demolding; calculation model

塑料件若要获得完整的内螺纹结构, 模具难度会迅速提高, 主要体现在自动脱螺纹机构复杂和脱螺纹过程中容易引起内螺纹破坏^[1-2]。针对不同的产品结构特点, 需要设计各种巧妙的内螺纹自动脱模机构^[3-5]。脱螺纹机构一般采用油马达或油缸作为动力源, 传动链机构则多为链条或齿轮, 传动不精引起的机构复位偏差是其最大问题^[6-7], 也是导致内螺纹脱模破坏的主要原因之一。其次内螺纹产品脱模时, 螺纹型芯能否可靠定位止转, 也是脱螺纹机构设计的重点, 甚至影响到产品的质量^[8-9]。

笔者针对图1所示的笔尖产品, 采用“内螺纹型芯旋转+塑料件止转+塑料件轴向移动”的脱螺纹机构动作和“四列多行”式多型腔布局方式, 完成了一副24腔的笔尖注塑模具结构设计^[10]。试模结

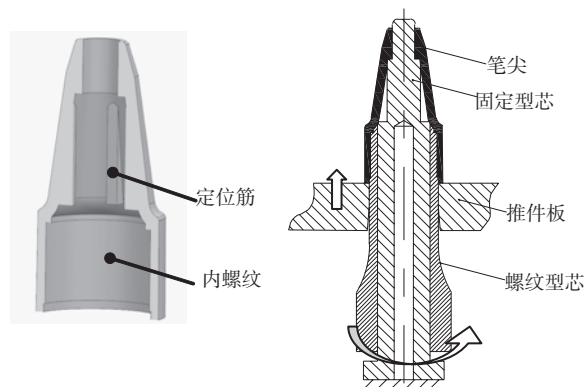


图1 笔尖产品与脱模运动示意图

果表明, 在注塑生产过程中还是会有部分产品出现内螺纹旋入段滑扣和定位筋定位面破损两种破坏情况。螺纹旋入段滑扣会引起笔尖与笔杆之间的旋入导引不良和卡滞现象, 定位筋定位面破损则会影响

通讯作者: 彭力明, 副教授, 主要研究方向为塑料模具设计与制造, 爬缆机器人 E-mail: 429161309@qq.com

收稿日期: 2019-01-11

引用格式: 彭力明, 陈罡, 郑立忠. 满足脱模需要的笔尖产品结构设计模型 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(4): 80-84.

Peng Liming, Chen Gang, Zheng Lizhong. Pen tip inner rib and thread structure design to meet the needs of demolding[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(4): 80-84.

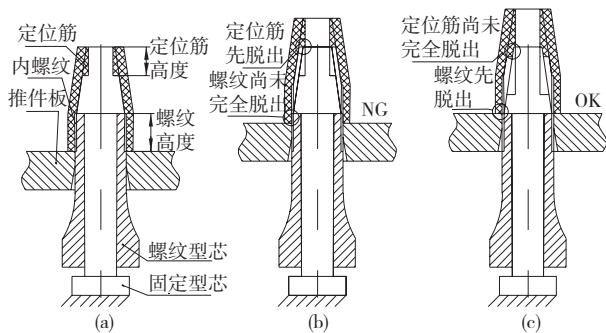
笔芯与笔尖的装配定位关系,均有产品质量问题。

模具行业早已认识到要想获得品质优良的注塑零件,先决条件是有好的塑料件结构设计,其次才是可靠精密的模具结构,最后还要保证稳定科学的成型工艺^[11]。如果通过经验设计获得的模具结构不存在大的问题,而注塑生产却会出现质量不稳定现象,说明在产品与模具相互关联的某些关键问题并不能依靠经验设计予以解决^[12-13]。此时就必须借助数学、力学、机械设计等知识,通过建立设计模型来分析和解决问题。这对于设计一些复杂、精密的模具结构尤为重要,如彭国荣通过构建模具机构的运动数学模型,确保了六滑块差速侧抽芯机构的复杂机构运动关系^[14]。

笔者针对文献[10]介绍的笔尖模具出现的生产质量问题,从定位筋和内螺纹的模具关系出发,建立笔尖定位筋和内螺纹的高度计算模型和定位筋的止转强度计算模型。据此为模具设计人员修改笔尖产品结构提供计算依据。实践证明,笔尖模具脱螺纹动作带来的质量问题得到了圆满解决。

1 笔尖定位筋高度模型

图2为笔尖定位筋和螺纹的模具关系。图2a为脱螺纹动作前笔尖在模具中状态示意图。定位筋在固定型芯上成型,内螺纹在螺纹型芯上成型。脱模时螺纹型芯空套在固定型芯上旋转实现脱螺纹动作,而定位筋则嵌在固定型芯上防止笔尖跟随螺纹型芯转动。



a—脱螺纹动作前笔尖在模具中状态; b—定位筋高度小于螺纹高度;
c—定位筋高度大于螺纹高度

图2 笔尖定位筋和螺纹的模具关系

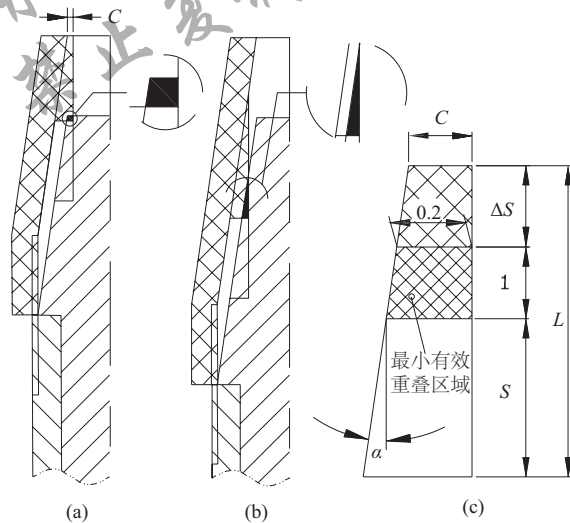
利用CAD作出脱螺纹动作最后时刻的模具零件位置关系图。图2b是定位筋高度小于螺纹高度情况,图2c是定位筋高度大于螺纹高度情况。

从图2b可以明显看到,螺纹型芯此刻尚未完全从内螺纹中脱出,但定位筋则已经从固定型芯中脱出。一旦定位筋脱出固定型芯失去止转效果,那么

螺纹型芯继续旋转,就会带着笔尖塑料件也随螺纹型芯旋转,造成螺纹型芯与产品在螺纹的旋入段发生勾连。此刻若推件板强行推出,则会导致笔尖塑料件内螺纹的旋入段出现滑扣现象。图2c则表达了产品的定位筋与螺纹高度的正确模具设计关系是“定位筋高度大于螺纹高度”。

“定位筋高度大于螺纹高度”只是笔尖产品正确模具设计的定性关系,产品与模具设计实践中还需要明确两者之间的定量关系。

图3为笔尖定位筋高度设计模型。笔尖产品的定位筋一般设计成如图3所示的两种形式。利用CAD软件,可以画出笔尖内螺纹从螺纹型芯脱出瞬间,固定型芯与产品定位筋的重叠区域(图3a、图3b中的阴影所示)。考虑到制造精度,规定从重叠区域中取一个短边长0.2 mm,高1 mm的重叠梯形作为能可靠止转的最小有效重叠区域,如图3c所示。重叠区域面积比最小有效重叠区域面积越大,止转效果越好。



a—A型定位筋; b—B型定位筋; c—有效重叠区域

图3 笔尖定位筋高度设计模型

图3c中的S为内螺纹高度、L为定位筋高度、C为A型定位筋上边长、α为定位筋斜边角度。根据止转需要的最小有效重叠区域要求,可以得到笔尖A型定位筋高度与内螺纹高度的定量关系模型:

当 $C > 0.2$ 时, $L = S + 1$;

当 $C \leq 0.2$ 时, $L = S + 1 + \Delta S = S + 1 + (0.2 - C) / \tan \alpha$

图3b的B型定位筋高度与内螺纹高度的定量关系模型,按 $C=0$ 代入A型模型计算即可。

2 笔尖定位筋止转强度模型

笔尖模具螺纹型芯转动时,产品定位筋受到剪切作用。限于笔尖内部空间狭小,产品设计人员常

常会把定位筋截面尺寸设计得比较小,这时就极易发生定位筋止转剪切强度不够的现象。

螺纹型芯的转动启动瞬间扭矩最大,若此时刻的定位筋能满足止转剪切强度要求,后续一般不会再发生剪切破坏现象。

2.1 螺纹型芯脱螺纹启动扭矩计算模型

螺纹型芯脱螺纹阻力矩的计算是后续定位筋剪切强度校核和齿轮传动计算的基础。文献[15]将塑料件成型收缩包住型芯的状态简化成圆柱体过盈装配结构模型,并利用材料力学厚壁圆筒理论,建立了适合圆珠笔压配结构的脱出力计算模型。笔者在此基础上,继续推导建立螺纹型芯的脱螺纹启动扭矩计算模型。

同理,把笔尖塑料件冷却收缩包紧螺纹型芯,假设为直径等于螺纹型芯大径(D_s)的光杆,以冷却收缩量 Δ 为过盈量,与螺纹型芯过盈装配在一起,笔尖结构图如图4所示。

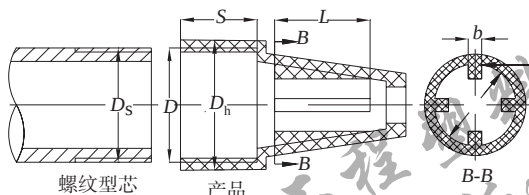


图4 某中性笔笔尖结构图

(1) 过盈量(Δ)。

$$\Delta = \frac{(D + D_h)}{2} q = \frac{(D_s + D_h)}{2} q \quad (1)$$

式中: D ——螺纹型芯公称直径;

D_s ——螺纹型芯大径;

D_h ——螺纹部位的塑料外径;

q ——塑料收缩率。

(2) 塑料件对螺纹型芯的包芯压强(P_m)。

$$P_m = \frac{\Delta}{D_s} \times \frac{E_h}{W_h + \mu_h} \quad (2)$$

$$W_h = \frac{D_h^2 + D_s^2}{D_h^2 - D_s^2} \quad (3)$$

式中: W_h ——笔尖形状系数;

μ_h ——笔尖塑料泊松比;

E_h ——笔尖塑料弹性模量。

(3) 缩水包芯的轴向脱出力(F)。

$$F = \mu \cdot P_m \cdot \pi \cdot D_s \cdot S \quad (4)$$

式中: μ ——摩擦系数;

S ——螺纹高度。

(4) 脱螺纹型芯的转动阻力 F_t 。

$$F_t = K \cdot F \quad (5)$$

式中: K ——缩水包芯的轴向脱出力与脱螺纹型芯的转动阻力的换算系数,一般取2。

(5) 脱螺纹型芯的启动扭矩 T 。

$$T = F_t \cdot \frac{D_s}{2} \quad (6)$$

2.2 定位筋止转强度计算模型

在脱螺纹型芯启动转动的瞬间,将定位筋在固定型芯上的剪切状态,视为截面尺寸为 $b \times L$ 的矩形键受剪状态。同时受剪的矩形键个数等于定位筋的数量 n ,B-B剖面直径为 d ,见图4。

(1) 单个定位筋受到的剪切力 W 。

$$W = \frac{T}{d/2} \times \frac{1}{n} \quad (7)$$

式中: T ——脱螺纹型芯的启动扭矩;

n ——定位筋数量;

d ——定位筋的最大截面位置直径。

(2) 定位筋的止转强度计算模型。

$$\tau = \frac{W}{b \times L} \leq [\tau] \quad (8)$$

式中: τ ——定位筋承受的剪应力;

$[\tau]$ ——塑料材料的剪切强度。

3 设计计算实例

某中性笔笔尖结构如图4所示。材料为ABS,材料收缩率 q 取0.005。内螺纹尺寸为M7×0.75,螺纹高 $S=4.8$ mm,螺纹部位塑料外径 $D_h=8.2$ mm。采用B型定位筋结构,定位筋高度 $L=5.7$ mm,宽度 $b=0.7$ mm,倾斜角 $\alpha=8.5^\circ$,定位筋最大截面直径 $d=5.3$ mm,评估该笔尖的定位筋与螺纹高度关系合理性及校核定位筋剪切强度。

(1) 定位筋高度合理性分析。

B型定位筋的 $C=0$,由定位筋高度与内螺纹高度的定量关系计算模型: $L=S+1+(0.2-C)/\tan\alpha$,可以计算得到能确保可靠止转的定位筋高度需要7.1 mm。

实际产品限于结构空间限制,定位筋高度只能设计到5.7 mm,比螺纹高度4.8 mm高约0.9 mm,比可靠止转需要的定位筋高度7.1 mm少1.4 mm。能满足“定位筋高度大于内螺纹高度”的基本要求,但不满足定位筋可靠止转需要的最小有效重叠区域要求,在脱螺纹最后瞬间存在一定的定位筋止转失效风险。

(2) 脱螺纹型芯启动扭矩。

取 ABS 塑料的弹性模量 E_h 为 2 200 MPa,泊松比 μ_h 为 0.32,摩擦系数 μ 为 0.5,根据公式 (1)~(6) 可分别计算得到过盈量 $\Delta=0.038$ mm,塑料件对螺纹型芯的包芯压强 $P_m=1.8$ MPa,缩水包芯的轴向脱出力 $F=95$ N,脱螺纹型芯的转动阻力 $F_t=190$ N,脱螺纹型芯的启动扭矩 $T=665$ N·m。

(3) 定位筋止转剪切强度分析。

笔尖定位筋数量 n 为 4,取 ABS 塑料的剪切强度 $[\tau]$ 为 38 MPa,根据公式 (7)~(8),计算得到单个定位筋受到的剪切力 $W=63$ N,定位筋的剪应力 $\tau=15.8$ MPa。计算表明,定位筋承受的剪切力远远小于材料允许的剪切强度。

(4) 设计改进措施。

与产品工程师的沟通结论是该型笔尖的定位筋和内螺纹的高度均是涉及与其它零件的关键装配尺寸,不能调整。但内螺纹的其它结构尺寸允许适当调整,保证锁紧功能即可。

为此,模具设计人员在征得产品工程师同意后,把笔尖的圆柱内螺纹修改成锥度内螺纹结构,这样可以减小内螺纹脱出需要的模具顶出行程。实践证明,该方法很好地解决了因定位筋止转失效而导致内螺纹旋入段顶出滑扣的问题。同时考虑到定位筋的剪切强度比较富余,把宽度 b 从 0.7 mm 缩小到 0.5 mm,也减小了笔尖外观面在定位筋位置引起的缩瘪不良现象。

4 结论

(1) 基于笔尖定位筋和内螺纹的模具关系,应用作图法找到定位筋的止转重叠区域,提出有效止转重叠区域,建立了笔尖加强筋高度与内螺纹高度的定量关系模型,实践证明可用于评估内螺纹被顶出滑扣的模具设计风险。

(2) 基于后壁圆筒过盈配合脱出力计算模型,推导建立了螺纹型芯启动扭矩计算公式,并按矩形键的剪切强度校核公式,建立了笔尖定位筋的止转强度计算模型。可用于定位筋设计尺寸评估和后续脱螺纹传动链的相关计算。

(3) 将笔尖圆柱内螺纹修改设计成锥度内螺纹,能有效地减少塑料件从螺纹型芯脱出需要的模具顶出行程,是一种切实可行的避免内螺纹被顶出滑扣的实用方法。

参考文献

[1] 沈忠良,高云霄,尤建国,等. 基于哈弗滑块与齿轮脱螺纹的叉形体注塑模具设计[J]. 工程塑料应用,2018,46(4):70-74,79.

- Shen Zhongliang, Gao Yunxiao, You Jianguo, et al. Design of fork trestle injection mould based on half slider and gear thread demoulding mechanism[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(4):70-74, 79.
- [2] 贺柳操,卞平,肖国华. 双头螺纹花洒旋转式抽芯脱模机构及其注塑模具设计[J]. 塑料工业,2016,44(10):42-45.
- He Liucuo, Bian Ping, Xiao Guohua. Design of injection mold and core demoulding mechanism for double thread rotary sprinkler pump[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(10):42-45.
- [3] 张维合. 香水瓶盖内螺纹自动脱模注塑模设计[J]. 工程塑料应用,2014,42(6):57-60.
- Zhang Weihe. Design of injection mold with internal thread automatic demoulding for perfume bottle cap[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(6):57-60.
- [4] 王成. 螺纹旋转脱模内螺纹塑件注塑模设计[J]. 工程塑料应用,2013,41(2):52-54.
- Wang Cheng. Injection mold design with thread rotating demoulding mechanism of plastic part with internal thread[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(2):52-54.
- [5] 李展前,肖德强. 采用弧形抽芯和全自动卸螺纹机构精密注塑模设计[J]. 模具技术,2015(2):29-34.
- Li Zhanqian, Xiao Deqiang. Design of precision injection mould with arc core-pulling and automatic thread demoulding mechanism[J]. Die and Mould Technology, 2015(2):29-34.
- [6] 贾林玲. 一种内外螺纹同步脱模的抽芯机构及模具设计[J]. 塑料科技,2016,44(8):75-79.
- Jia Linling. Core pulling mechanism and die design of internal and external thread synchronization stripping[J]. Plastics Science and Technology, 2016, 44(8):75-79.
- [7] 赵利平,胡邓平,伍先明,等. 基于相交滑块螺纹抽芯机构的军用望远镜壳体注塑模具创新设计[J]. 中国塑料,2017,31(4):97-101.
- Zhao Liping, Hu Dengping, Wu Xianming, et al. Innovation design of injection molds for military telescope shells based on intersectional slider threaded core-pulling mechanism[J]. China Plastics, 2017, 31(4):97-101.
- [8] 张维合. 手机后盖内螺纹自动脱模注射模设计[J]. 模具工业,2010,36(8):59-61,65.
- Zhang Weihe. Development of injection mould with automatic demoulding by internal thread for mobile phone back cover[J]. Die & Mould Industry, 2010, 36(8):59-61, 65.
- [9] 池寅生,陈建锋,孙庆东,等. 自动脱螺纹的水杯盖三板注塑模具设计[J]. 塑料科技,2015,43(5):77-80.
- Chi Yinsheng, Chen Jianfeng, Sun Qingdong, et al. A three-plate injection mold design for the lid of cup with the thread automatically demoulding mechanism[J]. Plastics Science and Technology, 2015, 43(5):77-80.
- [10] 彭力明,姚幼培. 自动脱螺纹的笔尖多型腔注塑模具设计[J]. 中国塑料,2017,31(3):100-103.
- Peng Liming, Yao Youpei. Multi-cavity injection mold design used for pen tip part with automatic thread demoulding by gear

- transmission[J]. China Plastics, 2017, 31(3):100-103.
- [11] 田书竹. 模具与塑件设计和注塑成型工艺之间的关系[J]. 模具制造, 2017, 17(10):42-45.
- Tian Shuzhu. The relationship between mold & plastics design and injection molding technology[J]. Die & Mould Manufacture, 2017, 17(10):42-45.
- [12] 何佳林, 郝云刚. 加强筋在塑胶件中的应用设计[J]. 四川兵工学报, 2014, 35(2):86-87.
- He Jialin, Hao Yungang. Rib in the application of plastic design[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2014, 35(2):86-87.
- [13] 徐佩弦. 塑料制品设计指南[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- Xu Peixian. Guidelines for the design of plastic products[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [14] 彭国荣, 张权. 基于数学建模的内圆环槽注塑模设计[J]. 塑料科技, 2017, 45(8):75-80.
- Peng Guorong, Zhang Quan. Design of injection mould for inner ring groove based on mathematical modeling[J]. Plastics Science and Technology, 2017, 45(8):75-80.
- [15] 彭力明, 龙水云. 基于安规要求的圆珠笔压配结构设计研究[J]. 机械科学与技术, 2010, 29(10):1426-1428.
- Peng Liming, Long Shuiyun. Interference fit design of a ball pen based on safety requirements[J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 2010, 29(10):1426-1428.

关于召开“2019年中国工程塑料复合材料技术研讨会”并征集论文的通知

各会员及相关单位:

为进一步搭建行业技术交流合作平台,推动行业转型创新持续发展,中国合成树脂供销协会加工与应用分会、《工程塑料应用》杂志社决定于2019年8月12-15日在辽宁省大连市举办“2019年中国工程塑料复合材料技术研讨会”。

本次大会是加工与应用分会承办的第20届会议,将主要专注于改性塑料产业,邀请国内外塑料行业的著名专家学者出席,探讨塑料产业的发展趋势、前沿技术,对塑料材料在实际加工制造过程中的核心技术和遇到的问题进行专业解答。大会同期进行新技术、产品发布。大会组委会热诚邀请各位学者、同仁、科研院所和上下游企业参加会议,进行技术交流。具体会议安排见第二轮会议通知、微信公众号(epa1973)或登陆杂志社网站(www.epa1973.net)关注会议动态。

主办单位: 中国合成树脂供销协会

中国兵器工业集团第五三研究所

承办单位: 中国合成树脂供销协会加工与应用分会

《工程塑料应用》杂志社

协办单位: 大连环球矿产股份有限公司……………

(邀请中)

一、会议主题及内容

会议主题: 改性塑料产业技术发展。

技术交流及讲座内容:

(1) 改性塑料产业现状及发展趋势;(2) 汽车、家电等行业对改性塑料的需求与机遇;(3) 非金属矿物在改性塑料中的应用;(4) 纤维增强塑料改性技术;(5) 塑料合金化与复合改性技术;(6) 塑料阻燃、相容改性技术;(7) 先进成型技术及装备;(8) 行业热点难点问题,新技术、新产品发布。

二、参会对象

国内外塑料原材料、改性、助剂、制品、设备及其他相关厂家的高管和工程师;汽车及配件、家电、轨道交通等行业用户企业的高管和工程师;大专院校及科研院所的专家、技术人员与在校学生。

三、会议论文征集

会议将出版一本行业技术信息的《论文集》,特向国内外从事塑料改性的专家和技术人员征集论文,征集科研成果。论文征集截止日期:2019年7月15日。

投稿要求: 论文只接受电子版投稿,请登陆www.epa1973.net在线投稿(投稿方向请注明“年会会议”),论文格式请参照《工程塑料应用》杂志要求。应作者要求,将选

出本次会议优秀论文以中文核心期刊《工程塑料应用》2019年增刊形式发表。

四、会议安排

1. 会议地点: 中安金元大酒店(四星级)

地址: 大连市金州区经济技术开发区金马路143号

电话: 0411-87618888。

2. 接站服务: 8月12日13:00-19:00在大连周水子机场和大连北站安排接站,需要接站的代表务必在回执中填写详细到达信息。

五、收费标准

会务费为人民币2700元/人(食宿自理)。7月31日前报名,会员单位2300元/人,非会员单位2500元/人。

会议优惠房价: 标间、大床房均368元/间/天,费用自理,可刷卡。

会务费: 可现场缴纳(现金、微信或支付宝方式),也可提前汇至指定帐号,不可刷卡。

六、宣传方案

大会提供报告、新技术产品发布、展台展示、广告等多种宣传及赞助方案。

七、联系方式

联系单位:《工程塑料应用》杂志社

电话: 0531-85878223, 85878057, 85878278

传真: 0531-85947355

E-mail: epa@epa1973.com

网址: www.epa1973.net