

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.06.012

气体辅助注射成型技术的研究

邓丽霞

(浙江工业职业技术学院,浙江绍兴 312000)

摘要:首先概述了气体辅助注射成型的基本原理及其主要特点,并重点阐述了气体辅助注射成型技术的研究情况,最后预测了其应用前景。

关键词:气体辅助;注射成型;研究概况;前景

中图分类号: TQ320.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2013)06-0054-05

The Research Overview of Gas-Assisted Injection Molding

Deng Lixia

(Zhejiang Industry Polytechnic College, ShaoXing 312000, China)

Abstract : Basic principle and main characteristics of gas-assisted injection molding were first summarized, and research overview of gas-assisted injection molding was mainly expanded, finally its application prospect was forecasted.

Keywords : gas-assisted ; injection molding ; research overview ; prospect

随着社会的发展,人们生活节奏的加快,塑料件在人们生活中越来越重要,人们对塑料件的要求也愈来愈高。高品质、高质量、低污染、低成本成为未来注塑制品的发展方向,因此,这就要求在生产开发新的注塑制品时,不断研发和优化新的注塑工艺,促进现代制造业的发展。气体辅助注射成型(GAIM)就是为了适应时代的发展而产生的一种新的塑料加工技术,代表着注塑行业的二次革命。它通过在熔体中注入高压气体,使塑料件达到中空状态。

GAIM技术克服了传统注射成型的很多缺点,具有传统注射成型所不具备的降低锁模力、消除塑料件缩痕、提高表面质量、减轻塑料件质量、增加塑料件的强度和刚度等优点。由于这些优势,GAIM已被广泛应用于汽车、家电、办公用品等领域,成为生产中空塑料件的一项主要技术。但是,气体辅助注射成型技术在我国的发展还不成熟,很多设备与技术还需进口。笔者对GAIM技术进行系统的研究,介绍了最新发展动向,研究其概况及发展前景。

1 GAIM的基本原理

GAIM也可以简称为气辅成型^[1],它克服了传统注射成型的很多缺陷,是注射成型技术发展的主要成果之一。GAIM产生于20世纪80年代初期,它利用在熔体中注入高压气体,通过气体保压,在塑

料件的内部产生截面,降低锁模力,从而使塑料件达到中空状态。

一般GAIM的工艺过程可以分为以下几个阶段^[2-4]:

(1) 熔体注射。在这个过程中,将一定量的塑料熔体注入模具型腔内,一般熔体占型腔的60%~95%,但是,在实际的生产过程中,要根据塑料件的具体情况而定。

(2) 气体注射。向熔体的型腔内部注入一定体积和压力的惰性压缩气体,受压气体将在预先注入的熔体中沿阻力最小的方向继续扩散前进,一直到推动熔体完全地充满型腔,并形成中空。

(3) 气体保压。在这个阶段,要使熔体内的气体压力保持不变,使塑料件逐渐地冷却。通过气体的保压,可以减小变形,有效地消除塑料件的缩痕。

(4) 气体回收。经过保压冷却,将模内气体降至大气压,将塑料件冷却至一定温度后,再排出气体,其中很大一部分气体可以回收再利用。

(5) 塑料件脱模。塑料件由模腔顶出。

2 GAIM的主要特点

2.1 GAIM技术的优点

GAIM技术为注塑制品的创新与发展提供了新

的技术手段,有效地克服了传统注射成型的缺点,具有传统注射成型所不具备的优点。既可以降低锁模力,又可以提高表面质量,还可以降低生产成本、提高生产效率等。其具体优点表现在以下几个方面:

(1) 降低锁模力,提高生产效率。

在注塑的过程中,熔体的流动速度不变时,为了保持一定的压力梯度,熔体的流动长度与入口压力成正比,因此,传统的注射成型的入口压力很大。而 GAIM 向熔体的型腔内部注入一定体积和压力的惰性压缩气体,受压气体推动熔体完全充满型腔,并形成中空,可以缩短气体前沿到熔体前沿的距离,因此,在一定的压力梯度下,气体压力大大减小。由于注塑压力减小,模具的体积也可以适度地减小,因此注射所需的锁模力可大大降低,与传统注射成型相比, GAIM 的锁模力可以减少 40%~60%。这样对模具壁厚和注塑机吨位的要求就可以大幅度的降低。因此, GAIM 可以减少设备的费用,降低成本,提高生产效率^[5-6]。

(2) 消除塑料件缩痕,提高表面质量。

传统的注射成型中,由于冷却时塑料件体积收缩,塑料件表面有缩痕、凹坑等缺陷。GAIM 向熔体的型腔内部注入压缩气体,受压气体推动熔体充满型腔,在塑料件厚壁的内部形成中空,并通过气体保压,可以有效地消除塑料件缩痕。同时,在 GAIM 保压过程中,气体的二次穿透可以补偿由于塑料冷却而产生的塑料件由内表面的后缩,使塑料件表面不出现凹陷。因此, GAIM 可以改善塑料件表面的质量,提高其光洁度,减少传统注射成型因二次加工而需要的用料,同时也减少了污染。

(3) 降低内应力,减少翘曲变形。

在传统的注射成型过程中,入口压力很大,熔体的内应力很高,塑料件冷却凝固后,内应力冻结。因此,塑料件常常脱模后产生翘曲变形。而 GAIM 中,由于气体压力小,并且分布均匀,在保压冷却过程中塑料件残余的应力较小,因此, GAIM 可以降低内应力,有效地减少翘曲变形^[7]。

(4) 减轻塑料件质量,增加塑料件的强度和刚度。

由于 GAIM 技术向熔体的型腔内部注入惰性压缩气体,并在其中形成中空截面,因此,可以减少塑料件的整体平均壁厚,减轻塑料件质量,节省用料量,有利于更大、更复杂的塑料件的生产。同传统注射成型相比, GAIM 生产的塑料件的质量可以减轻

40%~60% 左右。同时, GAIM 通过将塑料件内部分掏空形成气道,并设置加强肋,以此可以增强塑料件结构特性,提高塑料件结构刚度和强度。

同时,作为一项新型的且具发展潜力的注射成型技术, GAIM 还具有可以将厚壁与薄壁塑料件结合在一起成型,制作厚壁、壁厚不均匀的塑料件,通过气体中空,缩短成型周期,以及通过免除外流道,减少模具费用等优点。

2.2 GAIM 技术的缺点^[8-9]

尽管同传统的注射成型相比, GAIM 技术具有很多明显的技术优势,是一项极具发展潜力的新型注射成型技术。但是,在实际的生产过程中,由于技术、工具、方法等具体条件的限制,其还存在很多的局限性,具体表现以下几个方面:

(1) 由于 GAIM 通过利用在熔体中注入高压气体而成型,故为了实现精度控制,需要专门的供气装置、模具和进气喷嘴。因此,同传统的注射成型相比, GAIM 的设备投资增加,前期投入的成本比较高。

(2) 在 GAIM 过程中的各个阶段,对压力、温度等都有很高的要求,压力、温度的变化直接决定着塑料件的质量。因此, GAIM 对技术的要求较高,同时也要求操作人员的素质较高。

3 GAIM 技术的研究进展

近年来,由于注塑行业新发展的需要和 GAIM 技术的巨大优势, GAIM 技术作为一项新的注射成型技术发展迅速,吸引了国内外许多专家的研究与开发,取得了一系列的成果。1994 年中国科学院化学研究所工程塑料国家工程研究中心率先开展了 GAIM 技术的研究与开发。

陈金伟等^[10]详细介绍并分析了目前最新的几种 GAIM 方法,如:向熔腔内部注入冷却气体的冷却 GAIM;将气体注入模腔表面的外部 GAIM;通过使用振动波向熔体的型腔内部引入振动的振动的 GAIM;将共注成型与气体辅助成型结合起来的气辅共注成型等。这对实现其它技术与 GAIM 技术的结合以及 GAIM 技术的新发展具有重要的意义。

屈小中等^[11]把 GAIM 技术应用于塑料家具的生产,解决了传统注射中存在的缩痕、翘曲变形等缺陷。通过具体实验,将 GAIM 技术与传统注射成型技术比较,研究得出 GAIM 技术在塑料家具的生产中具有明显的优势。并对 GAIM 的加工条件和模具进行了完善与修改,这对 GAIM 技术在实际生产

中的应用具有重要的指导作用。

陈榕等^[12]开展对 GAIM 技术的数值模拟的研究,利用由英国气辅公司生产的全套气体辅助成型装置,以塑料衣架作为研究对象,以 C-MOLD 为模拟分析软件,将传统注射成型工艺与 GAIM 的模拟结果分析比较。并通过气辅试验与仿真设计,探讨各种不同的材料对塑料件质量的影响。该项研究对于复杂塑料件的注射成型具有重要的意义。

孙燕萍等^[13-14]对 GAIM 技术的成型过程及设计原则进行了研究,分析了注塑过程中易产生的问题,并通过数值模拟提出解决问题的方法。同时分析了熔体流动速率、预注射量、气泡压力、延迟时间、注射温度等参数对注塑工艺的影响。最后,根据目前的具体情况,指出我国气辅模拟的概括以及在气辅模拟过程中存在的问题,对 GAIM 技术的模拟具有重要的意义。

吴海列^[15]对 GAIM 的气体压力控制方法进行了详细的研究。在分析 GAIM 原理、特点及注气方式的基础上,重点分析了 GAIM 的压力系统。并建立了气体压力控制系统物理和数学模型,在此基础上对气体辅助注塑压力控制系统的稳定性及可控性进行了分析,提出了模糊神经网络的控制方法。为 GAIM 的气体压力的精确控制提供了理论借鉴。

李义等^[16]针对闭环控制系统在 GAIM 中的重要性,对气体压力闭环控制系统进行了综合分析。通过把气体压力控制曲线分为不同的阶段,对其实行精确的分段控制,并利用 PID 控制算法对气体压力闭环控制算法进行优化设计,通过实际生产过程,得出在 Labview 开发环境中的气体压力的控件设计,取得了很好的效果。

徐燕君等^[17]对 GAIM 在结晶型塑料件中的应用进行了研究。通过理论假设对冷却过程进行模型简化,并通过具体的数字分析对模型进行求解,得出在气道部分和非气道部分的冷却时间和温度场分布等。该研究对于 GAIM 在结晶型塑料件中的应用具有一定的参考意义,但是也有待于进一步的研究和完善。

丁宏^[18]介绍了 GAIM 的基本过程,在与传统注射成型分析比较的基础上,综述了 GAIM 的特点。运用 CEA 模拟技术,分析了 GAIM 的熔体注射量、温度、压力等工艺参数。并分析了塑料件类型、材料特性、工艺参数等气道设计关键技术对气腔形成的影响。通过实例分析,研究 GAIM 在各种塑料件中

的应用,对于 GAIM 的改进与发展具有重要的意义。

许一德^[19]根据 GAIM 在实际生产过程中的应用情况,分析了各工艺参数在 GAIM 中的应用。以 55 英寸背投电视机的前面框作为分析对象,通过实验和实践,研究了工艺参数对注射成型的影响,得出对 GAIM 产品质量有直接影响的因素是欠料和延时,在实际的生产过程中,要对产品的不同类型进行气压和延时的调整,才能更好地注射塑料件。

欧长劲^[20]针对 GAIM 塑料件的质量与注气压力的精确控制的关系,对 GAIM 的注气压力进行了研究,控制系统建模,在此基础上对控制系统的性能进行分析与改进,并提出了模糊神经网络控制方法。最后进行系统仿真,采用 5 层的神经网络控制器,利用神经网络实现对注气压力精确控制。

熊爱华等^[21]开发了 GAIM 技术,建立了三维薄壁塑料件的数学模型,通过理论和实验研究,得出工艺参数、模具结构等对塑料件的影响,并在研制气体注塑装置及相应控制系统的基础上,提出了多模态智能 PID 跟踪控制算法。同传统的注射成型工艺比较,该 GAIM 技术具有明显的技术优势,该技术已经被应用于多家塑料制品企业,并取得了明显的使用效果,对于推动我国注塑行业的发展具有重大意义。

综上所述,我国已经在 GAIM 技术的研究与应用方法上取得了重要的进展,已成功开发出很多新型的 GAIM 技术和产品。但是, GAIM 技术的研究和应用在我国仍不成熟,在实际生产中还有许多具体问题需要分析与解决。

4 GAIM 的应用前景

GAIM 技术产生于 20 世纪 80 年代末,是由制作中空鞋跟、结构发泡成型等技术转化而来^[22],20 世纪 90 年代作为一项成功技术开始进入商品化的生产阶段,并得到了不断的完善和发展。到目前为止,美国、英国、德国、荷兰、意大利等发达国家的十余家公司拥有 GAIM 技术方面的专利^[23]。近年来, GAIM 技术已经取得了一系列成果并具有广泛的发展前景。通过上述 GAIM 技术特点的分析可以看出,与传统的注射成型相比, GAIM 技术有很多的优点,具有广阔的应用前景,而且为注射成型行业的发展开辟了全新的应用领域,主要表现在:

(1) 管道状制品。由于在 GAIM 过程中会向熔体的型腔内部注入一定体积和压力的惰性压缩气体,并在其中形成中空,利用这一优势, GAIM 技术

可以应用于管道状制品(扶手、挂钩、衣架、吊环等等)的生产。这样不仅可以节省材料,而且能够加强制品的刚度和强度。

(2) 大型有扁平结构零件。GAIM 技术可以减小注塑压力,降低注射所需的锁模力,这样对模具壁厚和注塑机吨位的要求就可以大幅度地降低,可以在较小的注塑机上生产出较大的塑料件。同时,GAIM 在内部设置加强肋,提高了塑料件结构刚度和强度。因此,GAIM 技术比较适合应用于车门板、仪表盘、格栅等大型有扁平结构零件,可以被应用于汽车、飞机、船舶等生产领域。

(3) 不同厚度截面组成的塑料件。GAIM 技术向熔腔内部注入压缩气体,形成中空截面,可以巧妙布置气道。因此,GAIM 技术更有利于生产形状复杂、薄厚不均、无法一次注射成型的塑料件。

综上所述,由于 GAIM 技术的优点,国内外很多行业采用 GAIM 技术替代传统的注射成型技术,其已经被广泛应用于家电、家具、建筑、汽车、军事等领域,为管道状制品、大型有扁平结构零件、不同厚度截面组成的塑料件等开辟了新领域^[24]。在电视机外壳的生产中,我国的长虹、海信、熊猫、康佳等厂家都相继引进了 GAIM 技术来提高产品的质量。随着新时期的发展,人们需求的提高以及市场竞争的加剧,GAIM 技术将会被越来越广泛的应用。

通过综述 GAIM 技术的研究进展及应用,可以看出我国已在 GAIM 技术的研究与应用方面取得了重要进展,但是,GAIM 技术作为一项新技术,目前在欧洲等发达国家的使用比较多,迄今为止,该技术在我国的发展还不成熟,仍有许多问题有待人们不断探索和研究,我国很多设备与技术还需大量进口,GAIM 技术的研究也大多是对国外研究成果的一些重复,创新点很少。因此,急需发展我国的 GAIM 技术,实现国产化,加强对 GAIM 原理、模具设计、工艺参数等技术的开发,同时,将其它的注射成型方法的优点引入 GAIM 技术,以促进 GAIM 技术的进一步创新。

参考文献

- [1] Li C T, Isayev A. IPrimary and secondary gas penetration during gas-assisted injection molding.part1:simulation and experiment[J]. Polymer Engineering and Science,2004,44(5):983-991.
- [2] 王旭东. 气辅成型技术及其应用[J]. 现代塑料加工应用,2002,14(3):5-18.
Wang Xudong. Gas-assisted injection molding technology and its application[J]. Modern Plastics Processing and Application,2002,14(3):5-18.
- [3] 赖家美,柳和生,罗章,等. 复杂壳体类塑料件气体辅助注射成型工艺参数优化研究[J]. 工程塑料应用,2012,40(7):36-40.
Lai Jiamei, Liu Hesheng, Luo Zhang, et al. Process parameters optimization of gas-assisted injection molding of complex shell parts[J]. Engineering Plastics Application,2012,40(7):36-40.
- [4] Han S Y, Kwag J K. A new process of gas-assisted injection molding for faster cooling[J]. J Mater Process Techno,2004,155:1201-1206.
- [5] 张波. 气体辅助注射成型模拟及工艺优化[D]. 武汉: 武汉理工大学,2004.
Zhang Bo. Gas assisted injection molding simulation and optimizing process[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology,2004.
- [6] 吕孟春, 马国亭. 气体辅助注射成型设计[J]. 模具制造,2010(4):48-53.
Lyu Mengchun, Ma Guoting. Design of gas-assisted injection molding[J]. Mould manufacturing,2010(4):48-53.
- [7] 路春玲. 气体辅助成型技术在实际生产中的应用[J]. 模具制造,2011(2):50-52.
Lu Chunling. Application of the gas-assisted injection molding in the actual production[J]. Mould Manufacturing,2011(2):50-52.
- [8] 贾姣莉. 气体辅助注塑成型工艺中气体穿透的应用[D]. 吉林: 吉林大学,2008.
Jia Lianli. Study on gas penetration during gas-assisted injection molding[D]. Jilin: Jilin University,2008.
- [9] 罗章. 复杂壳体类塑件气辅注射成型工艺优化研究[D]. 南昌: 南昌大学,2011.
Luo Zhang. Study on process parameters optimization of gas-assisted injection molding for complex shell parts[D]. Nanchang: Nanchang University,2011.
- [10] 陈金伟,彭响方,刘婷,等. 新型气辅注塑成型方法及发展趋势[J]. 轻工机械,2004(1):6-9.
Chen Jinwei, Peng Xiangfang, Liu Ting, et al. New methods and development tendency of the gas-assisted injection molding technology[J]. Light Industry Machinery,2004(1):6-9.
- [11] 屈小中,梁瑞凤,陈榕,等. 气体辅助注塑成型制件开发工艺研究[J]. 高分子材料科学与工程,2000,16(2):168-171.
Qu Xiaozhong, Liang Ruifeng, Chen Rong, et al. Application of the gas-assisted injection molding for plastic furniture parts[J]. Polymer Materials Science and Engineering,2000,16(2):168-171.
- [12] 陈榕,梁瑞凤. 气体辅助注塑成型实验与仿真研究[J]. 高分子材料科学与工程,1999,15(3):1-4.
Chen Rong, Liang Ruifeng. Experiment and simulation of gas-assisted injection molding[J]. Polymer Materials Science and Engineering,1999,15(3):1-4.
- [13] 孙燕萍,柳和生,辛勇,等. 气体辅助注射充填流动模拟研究概述[J]. 南昌大学学报,2000,22(3):5-8.
Sun Yanping, Liu Hesheng, Xin Yong, et al. Review of numerical

- simulation of gas-assisted injection molding process[J]. The Master's Degree Paper of Nanchang University, 2000, 22(3):5-8.
- [14] 赖家美, 罗章, 柳和生, 等. 基于正交试验的气体辅助注射成型工艺参数优化[J]. 工程塑料应用, 2011, 39(11):44-47.
- Lai Jiamei, Luo Zhang, Liu Hesheng, et al. Process parameters optimization of gas-assisted injection molding based on the orthogonal experimental design[J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(11):44-47.
- [15] 吴海列. 气辅注塑的气体压力控制方法研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2006.
- Wu Hailie. Study of gas pressure control for gas-assisted injection molding process[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2006.
- [16] 李义, 梁继才, 高桂天, 等. 气辅注塑装置闭环控制系统[J]. 吉林大学学报, 2006, 36(1):52-56.
- Li Yi, Liang Jicai, Gao Guitian, et al. Closed loop control system for gas assisted injection molding equipment[J]. Journal of Jilin University, 2006, 36(1):52-56.
- [17] 徐燕君, 刘廷华, 黄锐. 气辅注塑结晶型塑料制品冷却时间的确定[J]. 塑料工业, 2004, 16(1):23-25.
- Xu Yanjun, Liu Tinghua, Huang Rui. Determination of cooling time of GAIM products of crystalline plastics[J]. The Plastics Industry, 2004, 16(1):23-25.
- [18] 丁宏. 气辅注塑成型工艺的研究与应用[D]. 厦门: 厦门大学, 2009.
- Ding Hong. The research and application of gas-assisted injection molding process[D]. Xiamen: Xiamen University, 2006.
- [19] 许一德. 工艺参数在气辅注塑成型中的活用[J]. 模具技术, 2004(5):43-46.
- Xu Yide. The flexible application of processing parameters on gas-assisted injection molding[J]. Mould Technology, 2004(5):43-46.
- [20] 欧长劲. 气辅注塑成型注气压力的模糊神经网络控制研究[J]. 中国工程科学, 2007, 9(5):27-32.
- Ou Changjin. The fuzzy neural network control research of Gas-assisted injection molding gas injection pressure[J]. China Engineering Science, 2007, 9(5):27-32.
- [21] 熊爱华, 柳和生, 黄兴元, 等. 短玻纤增强聚丙烯复合材料气体辅助注塑成型真三维模拟[J]. 高分子材料科学与工程, 2012, 28(9):182-186.
- Xiong Aihua, Liu Hesheng, Huang Xingyuan, et al. Short glass fiber reinforced polypropylene composite three-dimensional simulation of gas-assisted injection molding[J]. Polymeric Materials Science and Engineering, 2012, 28(9):182-186.
- [22] Avery Jack. 气体辅助注射成型原理及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- Avery Jack. Principle and application of gas-assisted injection molding[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003.
- [23] 张晓黎, 吴崇峰, 屈春起. 气辅注射成型技术进展[J]. 中国塑料, 2002(8):14-18.
- Zhang Xiaoli, Wu Chongfeng, Qu Chunqi. Gas-assisted injection molding technology progress[J]. China Plastics, 2002(8):14-18.
- [24] 张艳云, 耿铁, 任青海. 气体辅助注射成型技术研究综述[J]. 机械设计与制造, 2011(2):246-248.
- Zhang Yanyun, Geng Tie, Ren Qinghai. On the research of a gas-assisted injection molding[J]. Journal of Mechanical Design and Manufacturing, 2011(2):246-248.

吉林石化批量生产高端 ABS 通用料

5月3日, 吉林石化公司 20 万 t/a 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)专用料装置成功进行新牌号切换。新产品——H816 ABS 开始批量生产。这标志吉林石化实现了由低端 ABS 通用料向高端 ABS 通用料的过渡。

H816 ABS 产品是吉林石化科研人员在韩国三星 ABS 工艺技术基础上, 自主开发的一种新型高端 ABS 通用料。这种产品的熔体流动速率、冲击强度、拉伸强度、弯曲弹性模量等性能指标全面优于原有牌号, 黄色指数和产品白度明显改善, 适用于机械、汽车、电子电器、仪器仪表、纺织和建筑等工业领域, 市场覆盖面较大。

据估算, 和原有 ABS 产品相比, 新开发的 H816 ABS 产品每年可增加效益上千万元。(中国色母粒网)

阿科玛公司推出生物基尼龙 1010

阿科玛公司近日宣布, 该公司位于法国的生产装置以蓖麻油为原料生产出尼龙(PA)1010 新产品。

该产品 100% 采用可再生原料, 具有很好的刚性、热稳定性、对汽油和气体的渗透性以及可加工性, 有望用于替代高性能聚酰胺。阿科玛公司此前收购了蓖麻油衍生物癸二

酸生产商卡斯特(衡水)公司、用蓖麻油生产尼龙产品的翰普高分子材料(张家港)公司, 以及一家从事蓖麻油生产的印度公司。这一系列从原材料到聚合物的全面整合, 有助于阿科玛公司生物基 PA1010 的研发和生产。(中国聚合物网)

第一届高分子成型加工及产业发展研讨会在成都圆满召开

第一届全国高分子成型加工及产业发展研讨会于 2013 年 5 月 10 日至 12 日在成都圆满召开, 本次会议 by 四川大学主办, 国家基金委等单位支持。

大会由中国科学院长春应用化学研究所殷敬华研究员、天津大学盛京教授、北京化工大学张立群教授和四川大学傅强教授等人发起, 来自全国 45 所高校、6 个科研院所和 18 家企业的 160 余人参加了本次会议。

本次大会主题为“高分子加工、产业、美丽生活”。四川大学常务副校长李光宪教授、国家自然科学基金委员会化学科学部董建华处长、国家自然科学基金委工程与材料学部马劲处长、中国合成树脂协会副会长兼秘书长郑垲、中国塑料加工工业协会秘书长马占峰等领导和专家出席了本次会议。

(中国聚合物网)