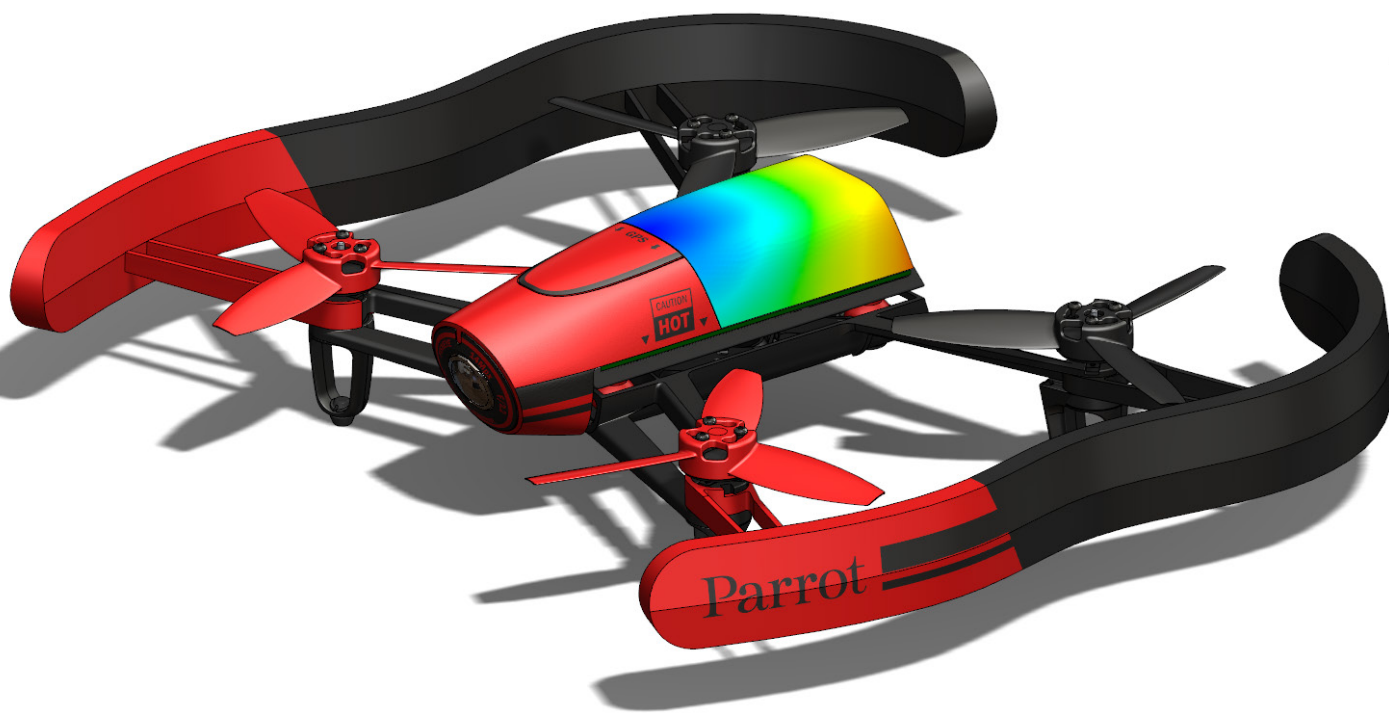


借助精确的模具填充仿真

应对注塑成型设计和生产挑战

白皮书



摘要

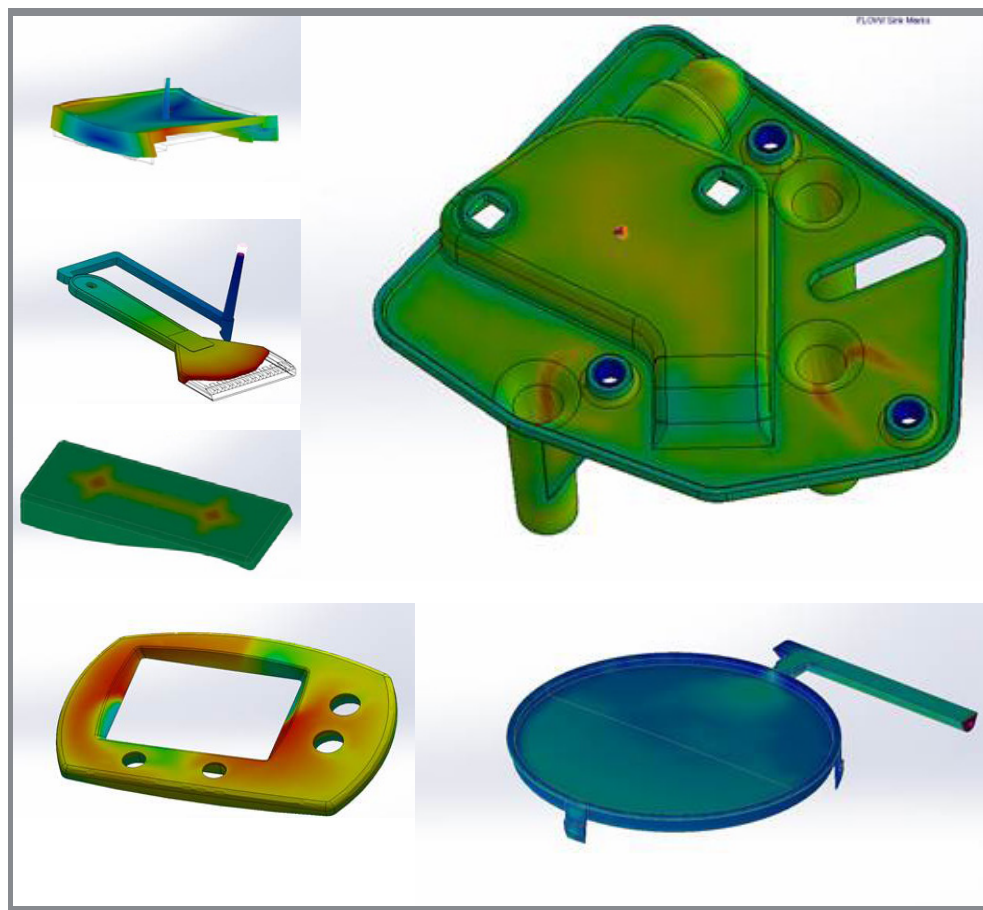
产品中含有注塑零件的制造商可使用 SOLIDWORKS® Plastics 软件精确地执行模具填充仿真，应对设计和模具制作挑战。选择使用该解决方案后，专业注塑企业无需再依赖耗时而又成本高昂的原型制作和模具制作迭代流程，就可以缩减该流程所需的时间和成本，同时提高产品质量。为了证实 SOLIDWORKS Plastics 仿真的精确度，以及验证该应用程序在加快注塑零件设计和生产速度方面的可行性，达索系统联手全球最领先的塑料工程研究中心——马萨诸塞大学卢维尔分校，启动了一项研究项目，旨在对比模具填充仿真预测结果与实际物理试验结果是否吻合。本文探讨了该项目的发现结果，这些结果证实精确的 SOLIDWORKS Plastics 模具填充仿真能够简化注塑零件和模具的开发流程。

运用精确的模具填充仿真，确保注塑成型过程及时又经济高效

零件更轻巧。废品率更低。原料更经济。设计更灵活。以上就是最近半个世纪以来，制造商越来越多地开始选用塑料材料开发新产品，以及注塑成型工艺的应用领域日益广泛的原因所在。注塑成型已经从一种仅用于生产钮扣和梳子等简单产品的狭窄应用，发展成为一种复杂且富有战略性的制造工艺。从汽车、医疗和航空航天，到消费产品、玩具和包装，注塑成型工艺被用于制造越来越复杂的各种零部件和产品。

随着越来越多的制造商想要使用塑料材料来加工品质更好的零件来替代传统的机加工金属零件，注塑成型工艺的效率和质量开始变得至关重要，因为超过 80% 的塑料零件都是采用注塑成型工艺加工而成。随着选用注塑技术的制造商日益增多，企业只有不断提升优质注塑零件的加工速度、不断降低成本，才能占据明显的竞争优势。

直到最近，人们在为注塑成型工艺开发和设计零件和模具时，还都需要经历一个繁琐、反复的原型制作过程，以通过试错法来消除潜在的制造缺陷。尽管使用这种方法，制造商可以解决会导致缺陷（例如气泡、空隙、分型线位置不当、收缩、翘曲、表面瑕疵、结构薄弱点以及大尺寸部件变形）发生的可制造性和模具问题，但这种方法增加生产流程所需的时间和成本。要简化注塑零件和模具的开发流程，真正需要的是能够在一种精确的虚拟环境中，执行由试错法推动的原型制作流程。



SOLIDWORKS Plastics 中所发现的塑料零件设计缺陷的示例。按顺时针方向：缩痕、剪切应力、冷却不均匀、缩痕、短射和翘曲。

要制作能够加工出高品质注塑零件的模具，需要考虑到多个变量。注射到模具中的融化塑料的最佳温度是多高，模具本身的最佳温度又是多高？冷却通道是否足以支持这种温度？如果不能，应该如何配置？对于特定的设计，选用哪种热塑性材料最合适？为了促进填充和保压，塑料材料应以多高的压力和流速注射到模具之中？零件应在模具中固化多长时间后进行脱模？为了缩短循环时间或是消除缺陷，是否需要使用专用的模具设计，比如镶块、侧抽芯、额外的浇注口、辅助操作或是新型的冷却通道布局？

为了能够加工出合理的模具进而最大限度地减少质量问题，塑料零件设计师、模具师和注塑专业人员都要正确地回答以上问题，而这也正是需要执行原型模具迭代流程的原因所在。如果注塑专业人员有准确的方法来预测生产中诸多影响变量对特定零件的注射、冷却和脱模流程的影响情况，那么，他们就不会被迫投入大量时间和成本来执行原型迭代流程。而这正是精确的模具填充仿真存在的价值：该技术能够通过计算机软件支持同样的试错流程，帮助您发现合理的变量组合，确保加工出优质的注塑零件。

借助精确的模具填充仿真功能，产品设计师可在设计美观性和可制造性之间找到平衡点；模具师无需制作原型模具就可以优化模具设计；制造专业人员可以缩短生产周期，所有这一切都意味着缩减成本、降低成本和大幅提升质量。要避免传统的模具原型制作流程，关键因素就在于模具填充仿真的精确度。

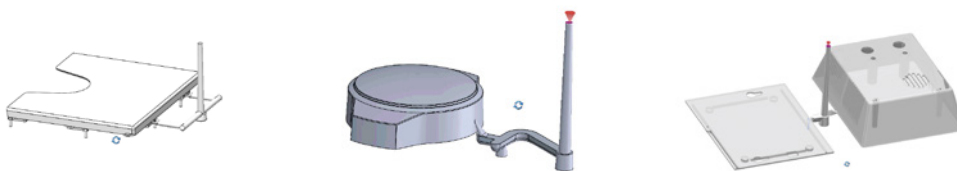


SOLIDWORKS Plastics 模具填充仿真精确度研究由马萨诸塞大学卢维尔分校声望卓越的塑料工程系执行，研究人员对生产以下三种零件时所使用的模具进行了研究：一款典型电子产品的外壳、一款医用产品的扣盖以及一款氢探测器的外壳。

图片由 Routsis Training (<http://www.traininteractive.com>) 提供。

对多种塑料零件的模具填充仿真精确度的研究

为了证实使用 SOLIDWORKS Plastics 软件执行模具填充仿真时所能达到的高精确度，达索系统请求马萨诸塞大学卢维尔分校 (UMass Lowell) 声望卓越的塑料工程系，对三种特定的零件及其模具设计（一款典型电子产品的外壳、一款医疗产品的扣盖以及一款氢探测器的外壳）执行了一系列实际试验。所选模具具备多样性和独特的特征，有助于扩大本研究的覆盖范围以及提高研究结果的重要性。



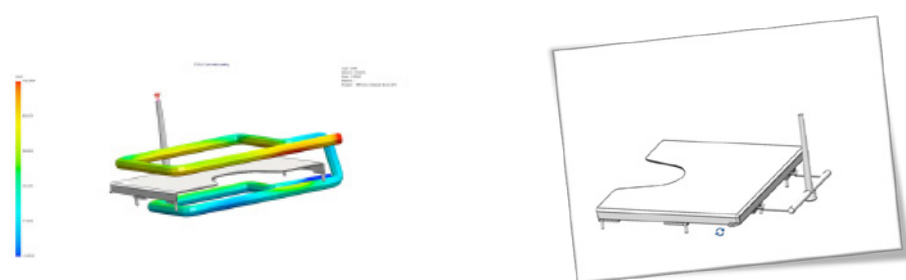
注塑系统尽管变化万千，但都包含注射/加热装置、锁模装置、模具和控制系统。

本项目包含了这三种模具的注射部分，并使用了激光仪器、精密计时工具和机器读数来记录与填充、保压、冷却和翘曲有关的关键变量，其中包括温度、时间、锁模力、压力和流速等。此外，还执行了与短射、浇口不平衡、浇口固结、熔合线、结构薄弱点、充填演化和剥离脱模问题有关的试验。这些试验工作均由马萨诸塞大学卢维尔分校的 Stephen Johnston 教授采用 Arburg 和 Sumitomo 注塑机完成。

然后，将这些实际试验所得到的结果与 SOLIDWORKS Plastics 塑料填充仿真的预测结果进行了对比。仿真中所使用的参数均经过设置，以与所使用的特定注塑机匹配。对比结果表明二者高度吻合，仿真与实际结果之间的偏差保持在 $\pm 10\%$ 以内。这些结果证实了 SOLIDWORKS Plastics 模具填充仿真软件能够有效地简化并加快注塑零件和模具的开发流程。

电子产品的外壳

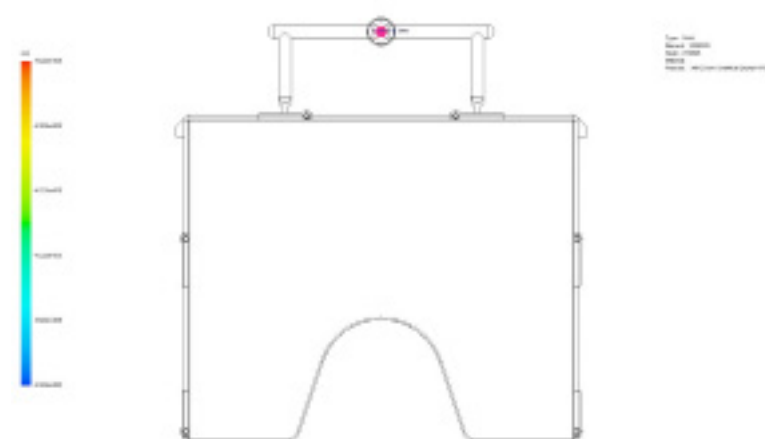
该电子产品外壳是采用双浇口模具和聚丙烯塑料注塑而成。除了记录冷却、填充、保压和翘曲过程中的关键变量之外，该试验还对比了使用双浇口方法时会出现的熔合线的位置及其对结构完整性的影响，同时还执行了一系列短射试验，以验证模具是如何填充的。



生产电子产品的外壳时所使用的模具带有冷却通道，以控制温度均匀性。

冷却系统将 240.6°C 的浇道入口温度分别降低至 32°C 和 34°C （位于模腔内的两个不同位置）。使用 SOLIDWORKS Plastics 软件执行的仿真计算预测到这两个位置的温度分别会降低至 34°C 和 32°C 度。

随后，UMass Lowell 通过改变所用原料的数量，执行了一系列短射试验，以确定塑料是如何流到模具中的。如图 1 所示，采用这些短射时，仿真结果与实际的短射零件几乎完全吻合。



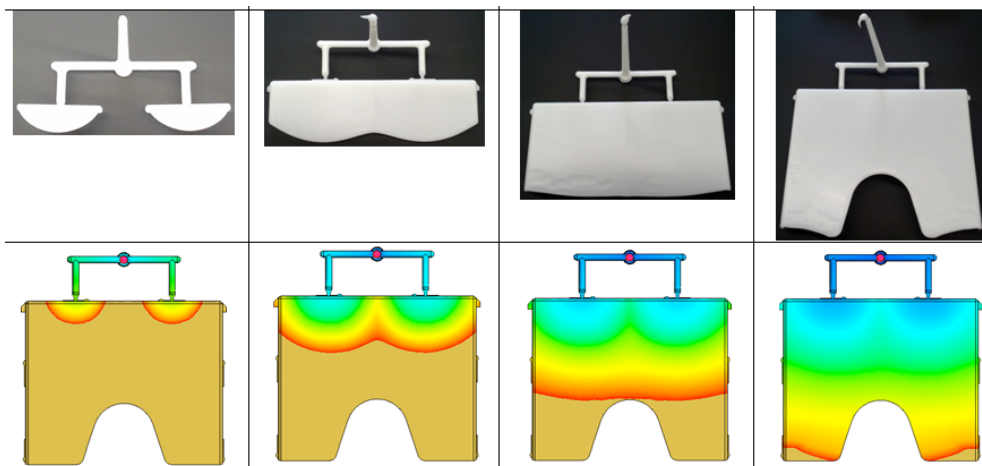


图 1.

SOLIDWORKS Plastics 软件仿真预测出的熔合线在脱模零件上的位置，这表明该位置可能为结构薄弱点。事实上，实际零件确实在该熔合线处易于发生断裂（见图 2）。

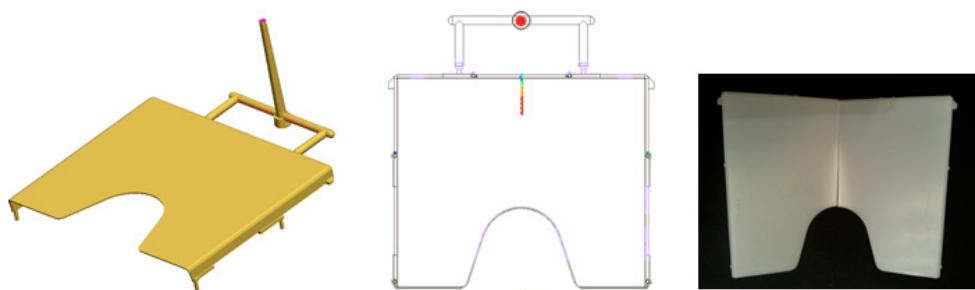


图 2.

在保压过程中，浇口固结 —— 这时原料开始固化，并防止继续向模具注入原料。在实际试验中，这个过程发生在 1 到 2 秒之间。SOLIDWORKS Plastics 仿真结果表明，填充结束 1.7 秒后，浇口会发生固结（见图 3）。



图 3.

为了研究翘曲现象，本研究对两个不同的尺寸进行了观察（见图 4），以对比零件脱模后的收缩情况。SOLIDWORKS Plastics 模具填充仿真工具的预测结果再一次与实际结果高度吻合。

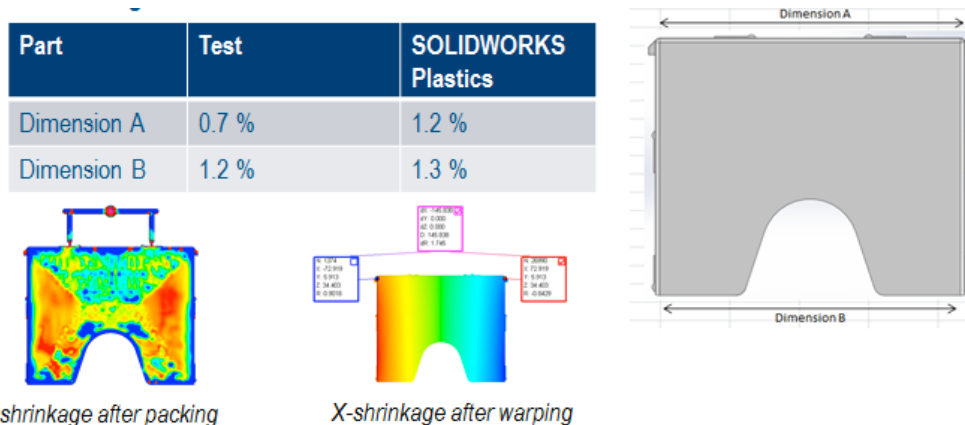


图 4.

医用扣盖

这款医用扣盖的模具有几个特有的特征，其中包括它采用了铍铜合金 (Be-Cu) 模芯镶块，有助于消除剥离脱模问题。该零件带有底切的螺纹，必须在零件还柔软时将其从模具中剥出，因此务必要确保温度的均匀性。如图 5 所示，SOLIDWORKS Plastics 仿真结果显示，使用不带铍铜合金镶块的钢模具会导致温度分布不均匀，继而造成螺纹在零件脱模时开裂。添加铍铜合金镶块正是在 SOLIDWORKS Plastics 软件的帮助下提出的模具调整方式。

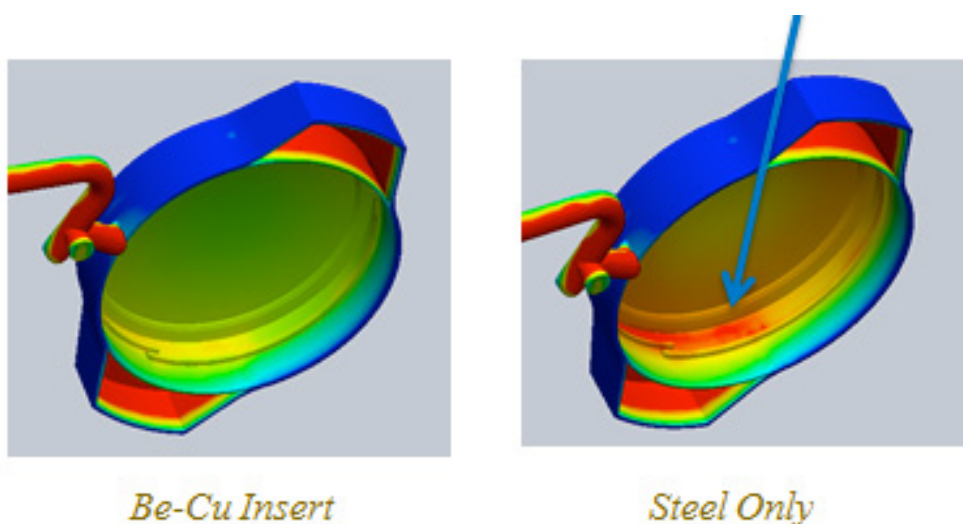


图 5.

该医用扣盖采用带有铍铜合金镶块的点浇口模具和聚丙烯塑料注塑而成（见图 6）。在本试验中，研究了冷却过程中的温度、保压过程中的浇口固结时间以及一系列短射情形，以验证模具的填充方式。

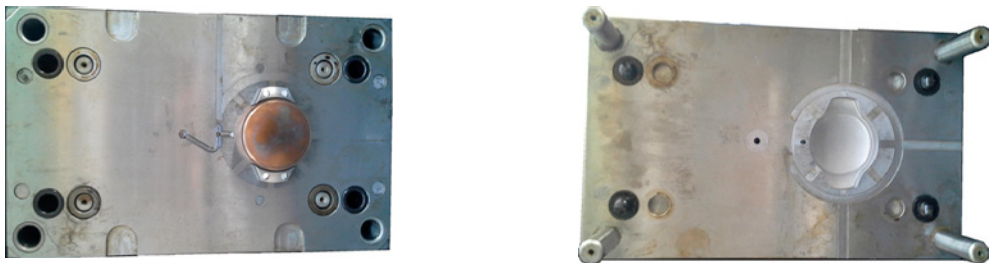


图 6.

在冷却过程中，实际试验发现铍铜合金镶块周围不同位置的温度分别在 28°C 至 32°C 之间。SOLIDWORKS Plastics 仿真预测到该设计相同位置的温度会在 28°C 至 35°C 之间。这些仿真结果的精确度证实了需要添加铍铜合金镶块，以及要在零件仍柔软时将零件拉出模具，需要保证温度均匀分布。

为了研究模具的填充效果与 SOLIDWORKS Plastics 仿真所预测的情形是否吻合，UMass Lowell 再次通过改变所用原料的数量，执行了一系列短射试验。如图 7 所示，SOLIDWORKS Plastics 仿真结果与实际的模具填充情形高度吻合。

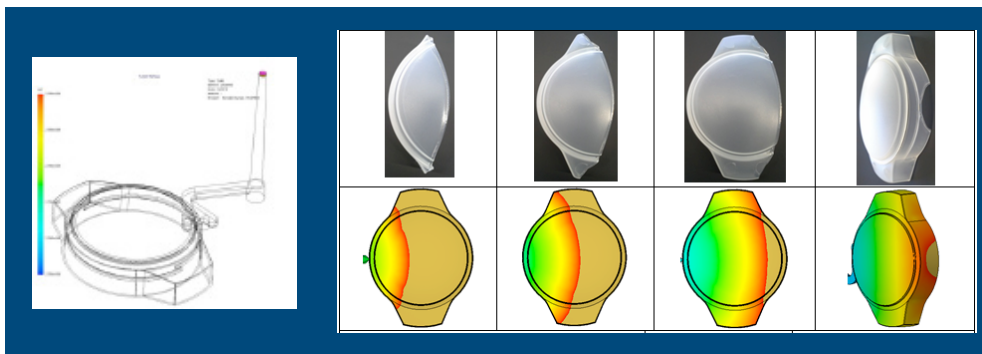


图 7.

该试验还研究了填充结束后多久浇口会发生固结，或是保压结束。实际试验显示浇口会在五到六秒内固结。SOLIDWORKS Plastics 仿真预测到浇口会在充填结束 6.5 秒后固结（见图 8）。

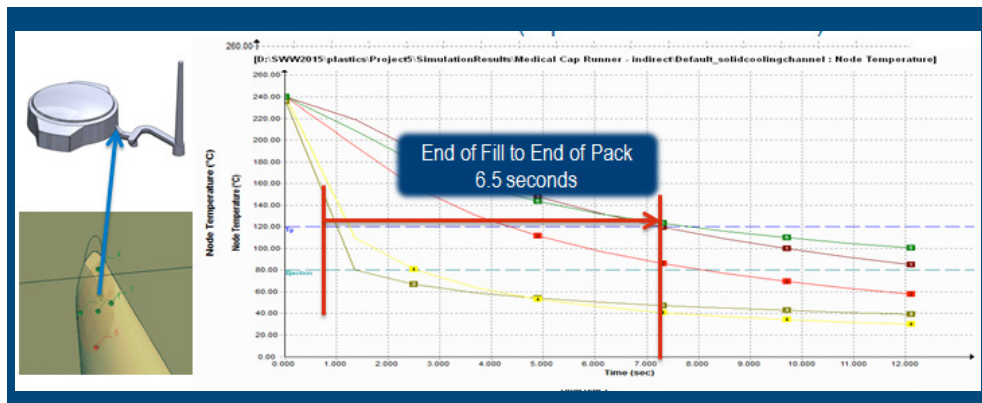


图 8.

氢探测器

该氢探测器外壳采用了一种不平衡的集成模具，内部的冷却通道布置复杂（见图 9）。由于该集成模具内两个部分的几何形状不同，模腔内的温度范围不均匀，因此必须采用这种冷却布置。了解温度在模具内的变化情况对于消除零件内的热点至关重要，这种热点会导致零件缺陷、脱模延迟或是延长生产循环时间。SOLIDWORKS Plastics 仿真可让您深入洞察此类注塑难题，进而开发出类似这种的创新冷却系统。

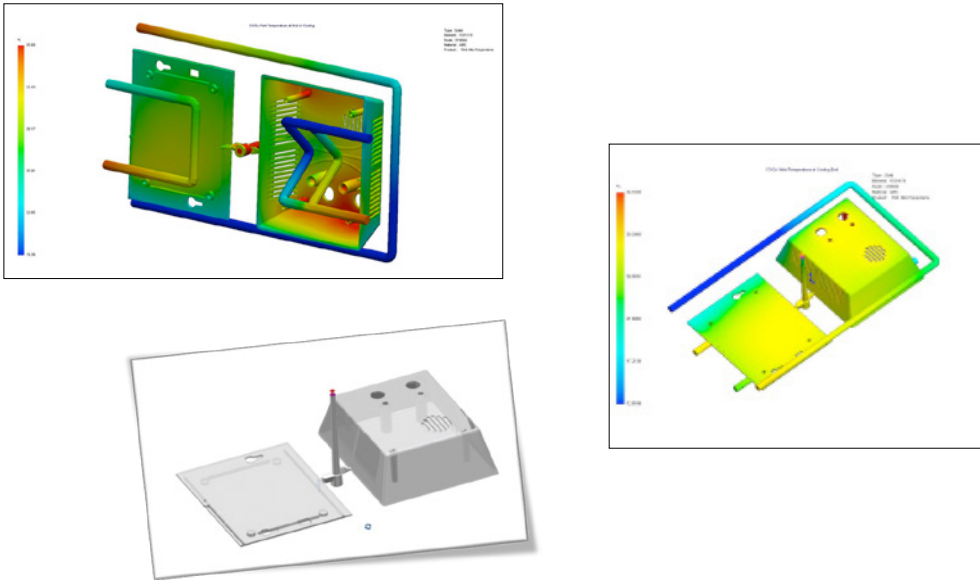


图 9.

该氢探测器是采用不平衡的多腔模具和聚丙烯塑料注塑而成。除了记录冷却、填充、保压和翘曲过程中的关键变量之外，该试验还研究了浇口不平衡可能导致的滞流痕缺陷（当多腔模具内一部分的填充速度超出其他部分时，就会出现该缺陷），同时还执行了一系列短射试验，以验证模具是如何填充的。

该模具所采用的独特冷却系统将 207°C 的浇道入口温度降低至 25.2°C 至 30.6°C 之间（分布在模具腔内的不同位置）。使用 SOLIDWORKS Plastics 软件执行的仿真计算预测到相同位置的温度会在 26.4°C 至 30.4°C 之间。

和本研究中的另外两个零件一样，UMass Lowell 通过使用不同的原料数量，执行了一系列短射试验，以验证 SOLIDWORKS Plastics 仿真所预测的流动模式与材料流入模具时的实际流动模式之间的吻合情况。如图 10 所示，这些仿真结果再一次与实际试验结果高度吻合。

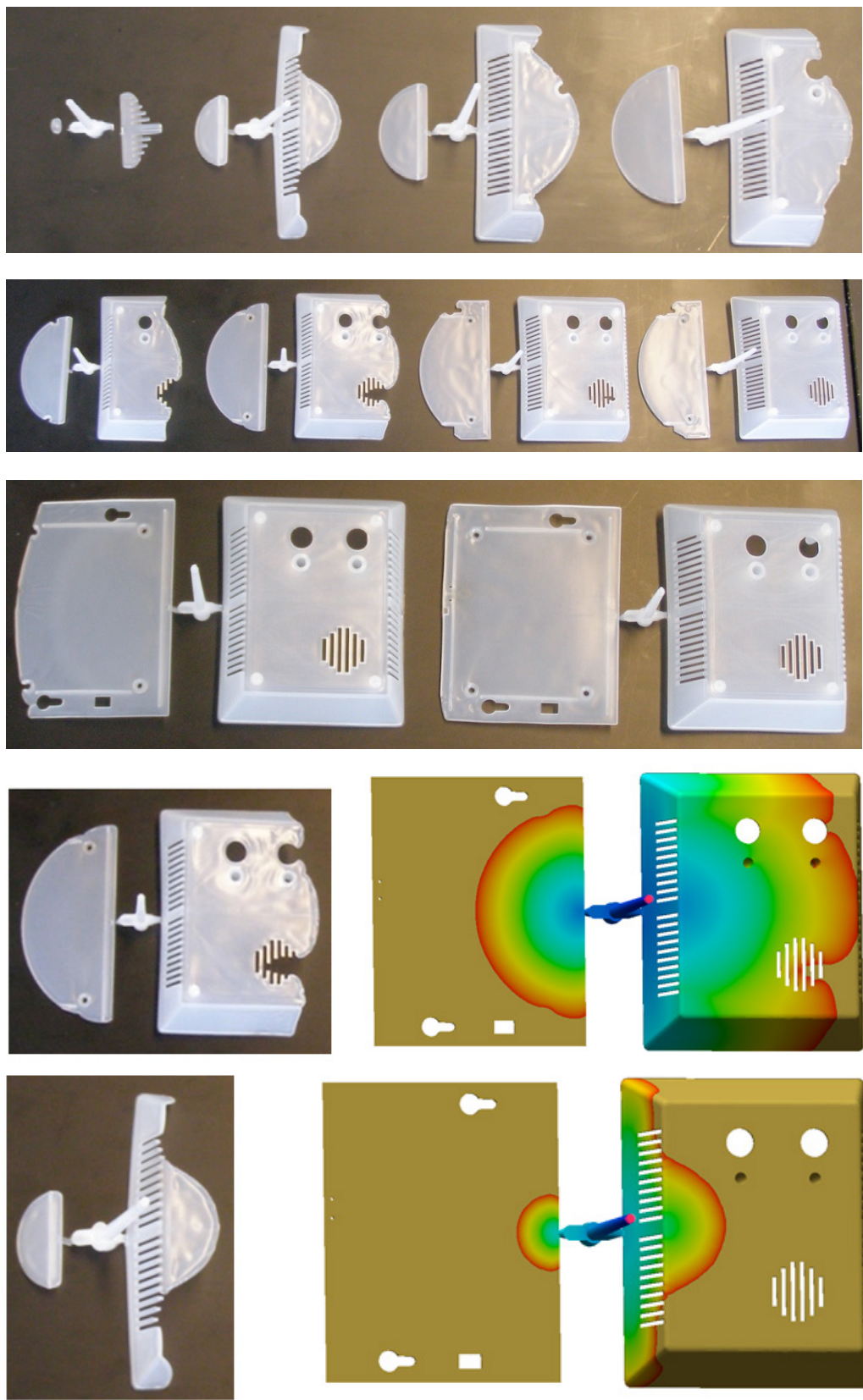


图 10.

SOLIDWORKS Plastics 仿真还预测到了在氢探测器外壳的两个组成部分中，较小的部分会出现滞流痕缺陷（见图 11）以及出现该缺陷的原因。由于会首先填充较大的模腔，在填充较小模腔时，就会出现流动前沿滞流现象。待填充结束时，充填不均匀带来的温度差异就会导致该缺陷（见图 12）。

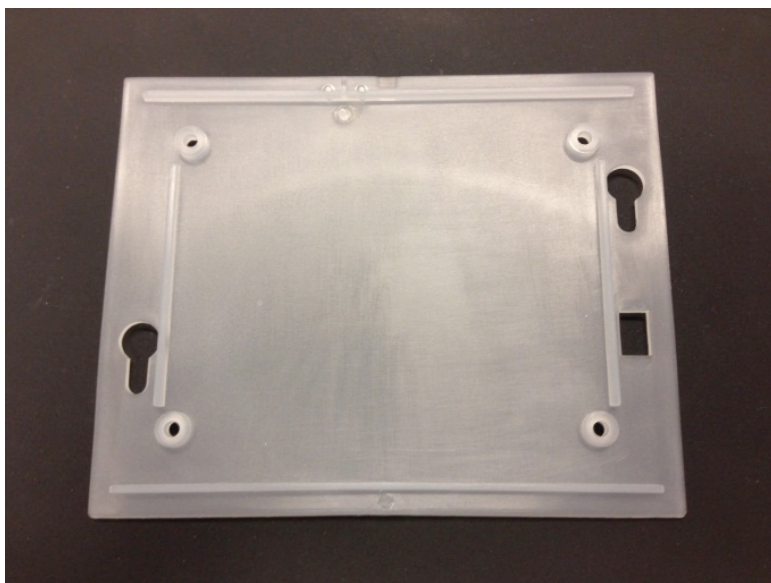


图 11.

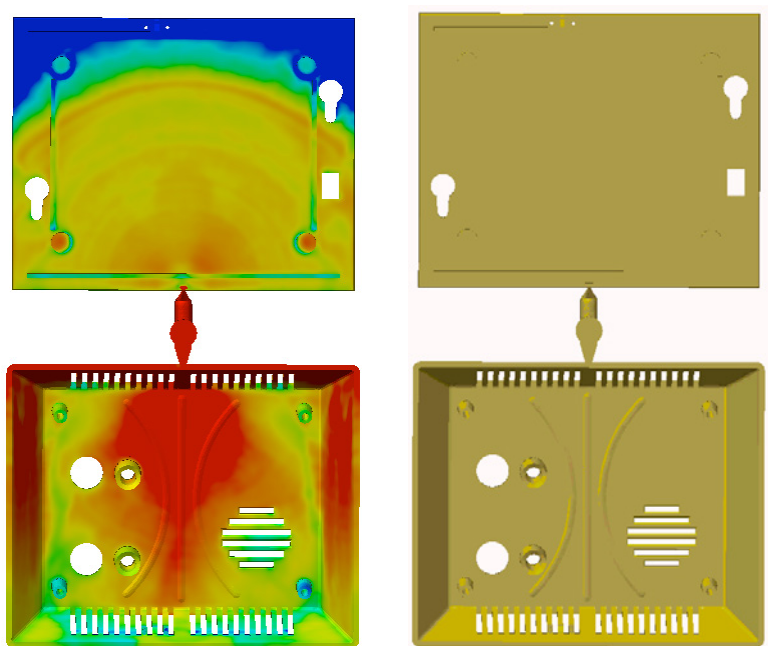


图 12.

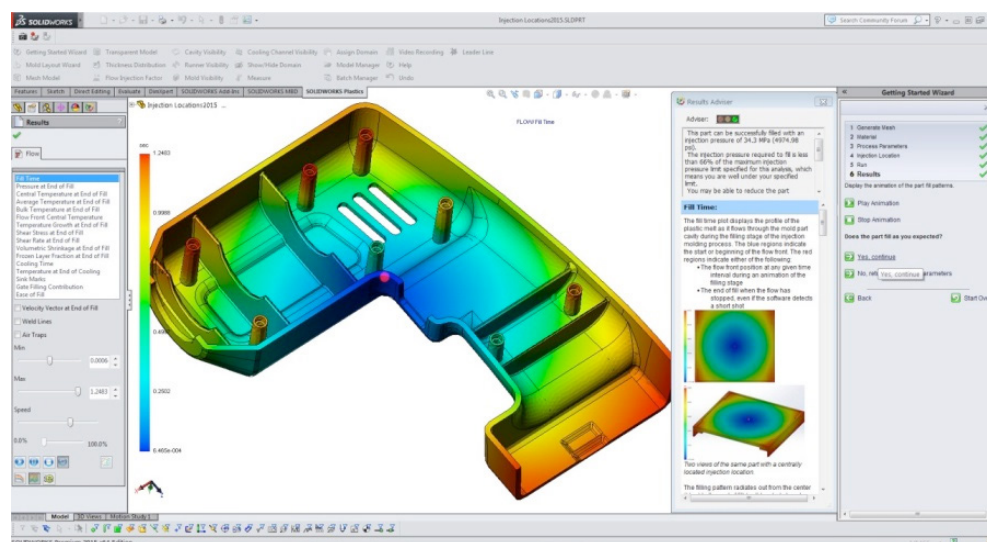
该研究还对入口压力、浇口固结时间以及零件收缩/翘曲进行了对比。实际试验表明最高入口压力为 50.9 MPa，SOLIDWORKS Plastics 仿真的预测结果为 48.3 MPa；浇口固结时间为四到六秒，SOLIDWORKS Plastics 仿真的预测结果为六秒；零件收缩/翘曲量为 1 mm，SOLIDWORKS Plastics 仿真的预测结果为 0.9345 mm。

精确的 SOLIDWORKS PLASTICS 模具填充仿真是产品设计师、模具加工者和制造商的福音

通过为产品设计师、模具加工者和制造专业人员提供精确模拟模具填充过程的能力，SOLIDWORKS Plastics 模具填充仿真软件能够更快速、更经济高效地为他们提供优化设计和模具时所需的洞察力。这款解决方案可以替代或大大缩减模具原型制作需求，当注塑零件和模具开发与生产流程的所有参与人员均能够运用 SOLIDWORKS Plastics 仿真环境时效果会尤其突出。无论是您关注可制造性的产品设计师，还是专注于模具设计的模具加工者，或者是对缩短生产周期时间充满兴趣的制造专业人员，SOLIDWORKS Plastics 产品系列总有一款解决方案能够帮助您更智能、更快速、更好地开展工作。

用于评估可制造性的 SOLIDWORKS Plastics

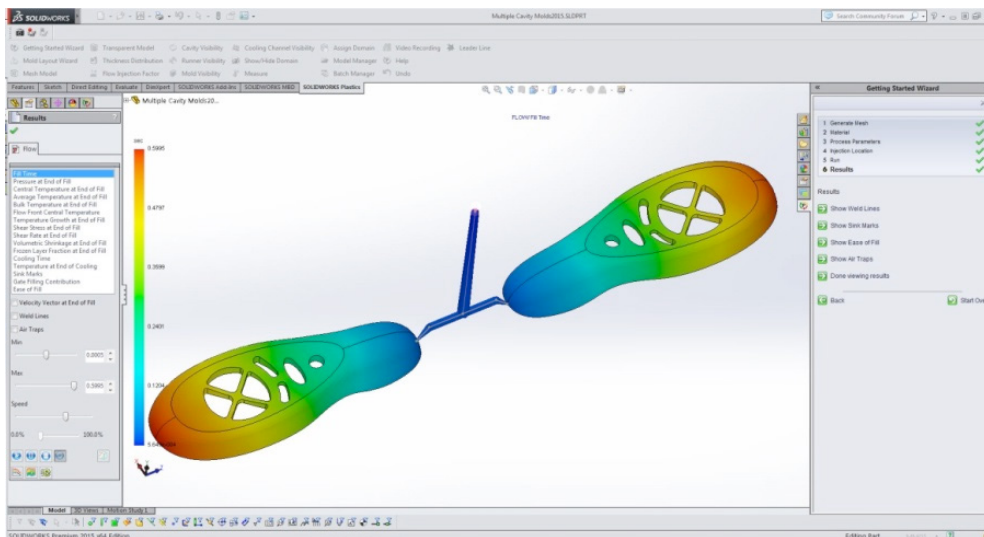
通过在初始设计阶段评估零件可制造性，可让设计师有机会帮助公司避免设计变更以及后面加工过程中出现生产问题。SOLIDWORKS Plastics 软件让设计师能够快速、准确地解答多个重要问题，例如我设计的零件填充效果如何；在何处会出现分型线/熔合线；是否会出现任何空隙或气泡；以及浇口最好应设在何处？借助这款软件，设计师可以模拟模具填充阶段，这并非仅仅为了开发实际的模具，还可让设计师了解在模具开发之前对设计进行调整能否加快模具设计、提高生产速度以及缩短上市时间。



借助 SOLIDWORKS Plastics 软件，产品设计师可以判断自己的设计是否存在可制造性问题。

用于优化模具设计的 SOLIDWORKS Plastics Professional

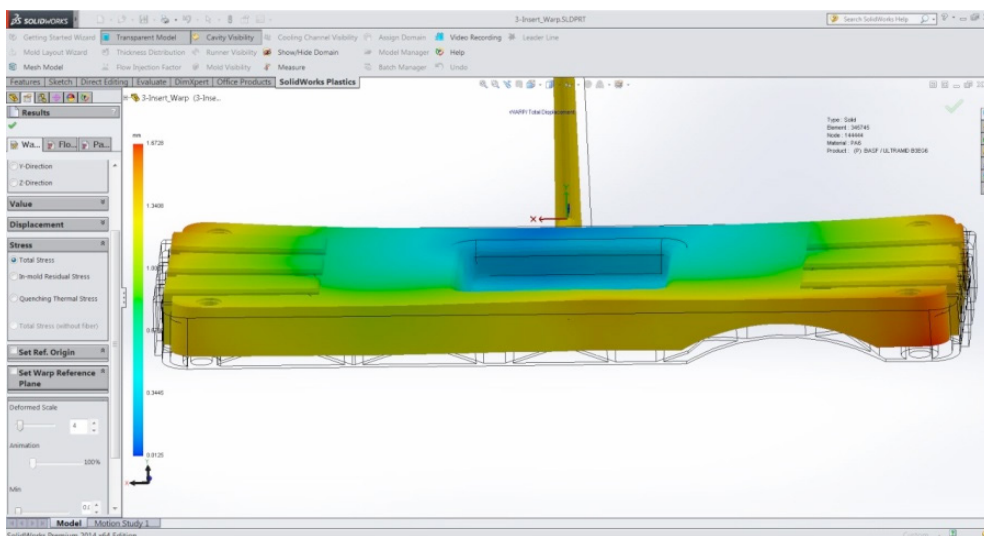
所开发出的注塑模具能够以最可能快的速度、最经济的成本稳定地加工出高品质零件，这是所有模具加工者的终极目标。SOLIDWORKS Plastics Professional 软件额外提供了用于优化注塑模具设计的仿真工具，可应对各种复杂程度的模具。借助该软件，模具加工者可以精确地模拟填充和保压阶段，进而能够确定最高注射压力和机器尺寸要求；平衡浇道系统以达到均匀的充填效果并避免缺陷；以及估算生产周期时间、锁模力和注射量进而优化进料系统。精确地模拟各种模具选择所具有的性能，可让模具加工者创造出生产速度更快、更经济的最佳模具，此类选择包括是选择单腔、多腔还是集成布局的模具；尝试不同的注口、浇道和浇口位置；或是对镶块、阀式浇口或两次注射或空气辅助注塑等先进方法进行评估等等。



借助 SOLIDWORKS Plastics Professional 软件，模具加工者可优化模具设计，而无需再依赖原型模具。

用于改进生产周期时间的 SOLIDWORKS Plastics Premium

对于当今的专业制造企业而言，通过选用开口式模具或在保证质量的同时让零件尽快脱模来缩短注塑加工的生产周期时间是其取得成功的关键法宝。凭借最先进的功能组合，SOLIDWORKS Plastics Premium 软件可帮助注塑专家在快速的生产周期和出色的生产质量之间找到最佳平衡点。这款软件可在注塑冷却线路布局的设计和仿真、随形冷却通道系统的开发、不同材料类型的探索以及加工参数优化工作中提供支持，从而帮助您减少和根除注塑零件翘曲问题。通过充分运用这些额外的仿真工具，注塑专家可以克服会造成生产周期时间加长的多种难题，并将生产性能整体提升至全新高度。



SOLIDWORKS Plastics Premium 软件帮助注塑制造专业人员找到改进生产周期时间的途径。

运用精确的模具填充仿真大大提高生产率

对于当今制造商而言，更多地使用注塑零件来替代传统的机加工金属零件可带来多重优势，这涉及到从成本、重量、废品率到更大的设计灵活性以及可以加工更多复杂的形状和设计几何体等多个方面。而且，让这些优势发挥出最大潜力以提高注塑设计和模具生产率以及实现稳定、出色的生产质量，对于企业成功经营而言已经变得至关重要。制造商使用 SOLIDWORKS Plastics 模具填充仿真解决方案来替代传统的试错式原型模具迭代流程或是作为该流程的补充，可以提高注塑业务的效率和性能。

就像 UMass Lowell 的验证研究所示，SOLIDWORKS Plastics 的仿真结果与模具内实际发生的情形具有高度的吻合性。这些仿真的精确度足以加快由试错法推动的原型制作流程的速度，能够有效优化设计、模具和生产周期时间，同时节约该流程所需的时间和开支。通过使用精确的 SOLIDWORKS Plastics 模具填充仿真工具在软件中改善产品和模具设计，制造商可以简化并改进注塑零部件的设计、模具开发和生产流程。

如需详细了解 SOLIDWORKS Plastics 软件精确的模具填充仿真功能可如何改进您的注塑开发和生产流程，请访问 www.solidworks.com.cn，或者致电 1 800 693 9000 或 1 781 810 5011。

我们的 **3DEXPERIENCE** 平台为我们服务于 12 个行业领域的品牌应用程序提供了技术驱动，同时提供了一系列丰富的行业解决方案经验。

3DEXPERIENCE® 公司达索系统为企业和用户提供一个可持续构想创新产品的虚拟空间。本公司全球领先的解决方案转变了产品的设计、生产和支持方式。达索系统协作解决方案促进社会创新，实现了更多通过虚拟世界改善现实世界的可能性。本集团为 140 多个国家/地区、各行各业、不同规模的 220000 多家客户带来价值。更多信息，请访问 www.3ds.com/zh。



3DEXPERIENCE®