

将塑料注塑成型仿真结果与实际注射成型零件进行比较

白皮书



执行摘要

用于预测注塑成型过程中的熔化塑料流动的基本解算器、网格化和材料数据技术（也称为注塑成型仿真技术）已存在大约 40 年。然而，尽管注塑成型仿真在数十年来已得到了广泛理解和接受，但软件技术提供商仍有义务确保仿真结果的准确性，其方式就是将分析预测与实际注塑结果进行比较。因此，本白皮书的具体重点是介绍达索系统 SOLIDWORKS Plastics 注塑成型仿真软件工具的验证功能。

目录

第 1 页

前言

第 1 页

验证 SOLIDWORKS PLASTICS 模具填充仿真的准确性

第 3 页

填充阵列验证

第 4 页

型腔压力验证

第 5 页

模具冷却验证

第 7 页

翘曲分析验证

第 8 页

SOLIDWORKS PLASTICS 验证调查结果

前言

为了验证 SOLIDWORKS Plastics 仿真结果的准确性，达索系统与中国台湾的中原大学（简称 CYCU，全球领先的塑料工程研究中心之一）共同启动了一个项目，将 SOLIDWORKS Plastics 分析预测与实验性的（实际的）成型结果进行比较。本报告深入介绍了研究范围、零件和模具几何图形、注塑成型工艺参数、材料数据和所生成的实验证据，主要调查结果如下：

- SOLIDWORKS Plastics 填充阵列预测展现出了与实验证据之间的密切相关性。
- SOLIDWORKS Plastics 2019 解算器的改进增强了其与预测压力分布的相关性。
- SOLIDWORKS Plastics 2019 中引入的新湍流模型提高了冷却回路压降和冷却液温度预测的准确性。
- 改进的压力分布与冷却分析预测相结合，改善了翘曲分析结果以及与实验证据的相关性。

因此，从设计到制造的注塑成型专业人员可以确信，只要使用了适当的分析几何图形网格模型和准确的聚合物材料数据，SOLIDWORKS Plastics 解算器技术就能生成与实际成型结果有着出色相关性的仿真结果。

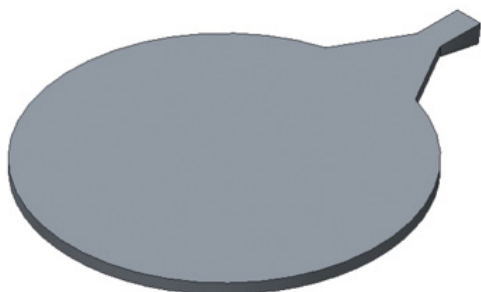
验证 SOLIDWORKS PLASTICS 模具填充仿真的准确性

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，达索系统委托中国台湾中原大学 (CYCU) 声望卓著的机械工程系，对三种各不相同的零件及其模具设计执行了一系列实际试验，然后将这些试验的结果与 SOLIDWORKS Plastics 仿真结果进行了比较。达索系统之所以选择与 CYCU 合作，是因为该大学的塑料专业极负盛名，他们拥有最先进的注塑成型系统和设备，并为尖端注塑成型技术的开发做出了卓越贡献，例如对人工智能驱动的知识型智能注塑和工业 4.0 智能制造服务系统的研究。



中国台湾的中原大学

CYCU 工程系主任 Shia Chung Shelley Chen 博士负责监督了该项目，该项目涉及使用五种不同材料对三种不同的测试零件几何图形进行注塑，并使用压力和温度传感器对模具进行检测，同时测量大量关键的可变工艺参数，包括熔体温度、模具温度、填充速率、型腔压力、冷却液流速、冷却液温度和冷却液压力。随后，CYCU 验证项目团队将其实际实验结果与 SOLIDWORKS Plastics 仿真结果进行了比较。这些实验涉及的 125 种独特组合基于以下三种模型的不同几何图形、材料和工艺参数：



圆盘模型



装配体模型

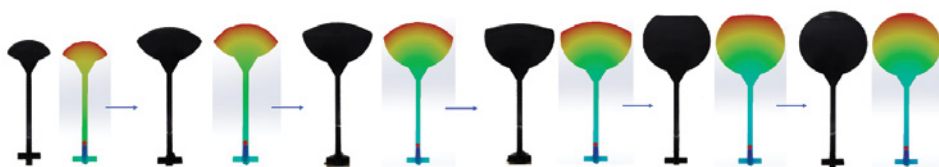


弓模型

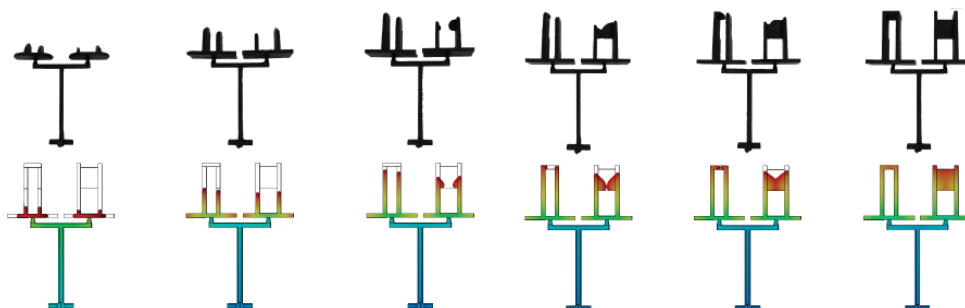
选择用于该项目的圆盘、装配体和弓模型仅代表了塑料零件可以达到怎样的不同程度，并包括一个具有曲率的圆角零件、一个作为装配体一部分的零件，以及一个具有可轻松弯曲薄壁特征的零件。该项目团队使用这三个零件的 125 种独特组合，在注塑成型工艺的每个阶段（填充、压缩、冷却和翘曲）测量实验证据与 SOLIDWORKS Plastics 仿真结果之间的相关性。在以上每个阶段评估仿真结果的准确性至关重要，因为每个阶段的结果准确性都会影响后续阶段调查结果的准确性。

填充阵列验证

注塑成型仿真的最基本结果是填充阵列预测，因为如果填充阵列不准确，则通过型腔的相关结果（例如压降）也会不准确。在此阶段，CYCU 验证项目团队将使用 SOLIDWORKS Plastics 仿真为所有三个模型预测的填充阵列与相同模型的实际短射系列填充阵列结果进行了比较。在实际环境与仿真环境中，零件的模具按不同的百分比填充，例如 20% 填充、30% 填充、40% 填充等等。可以看到，虚拟和实体之间的填充阵列相关性非常接近，证实了 SOLIDWORKS Plastics 模具填充仿真技术的准确性，从而能够进一步预测后续压缩、冷却和翘曲分析阶段中的模具和零件行为。



圆盘模型 - 短射系列填充阵列比较



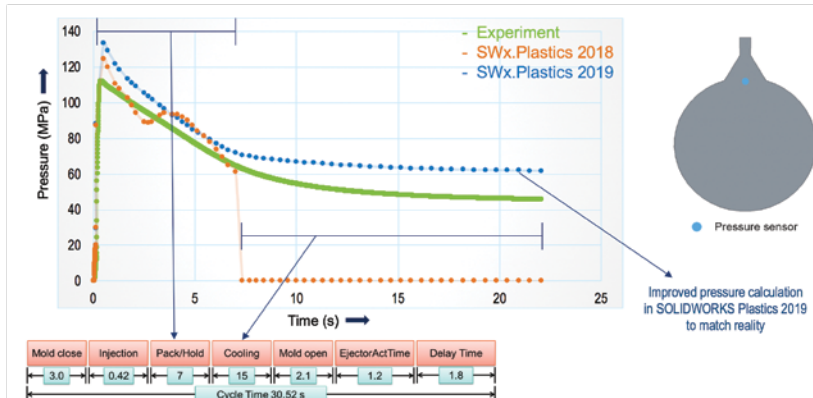
装配体模型 - 短射系列填充阵列比较



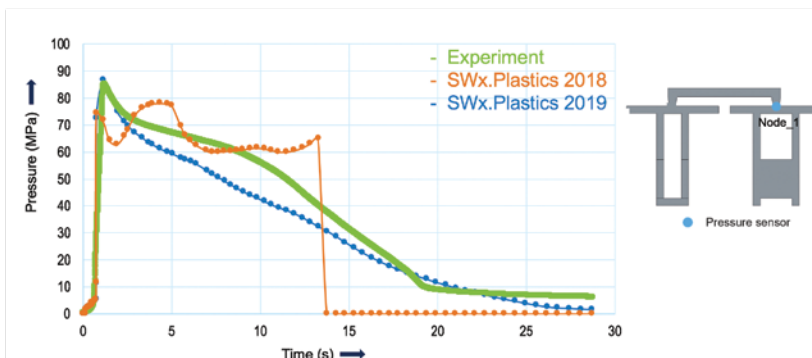
弓模型 - 短射系列填充阵列比较

型腔压力验证

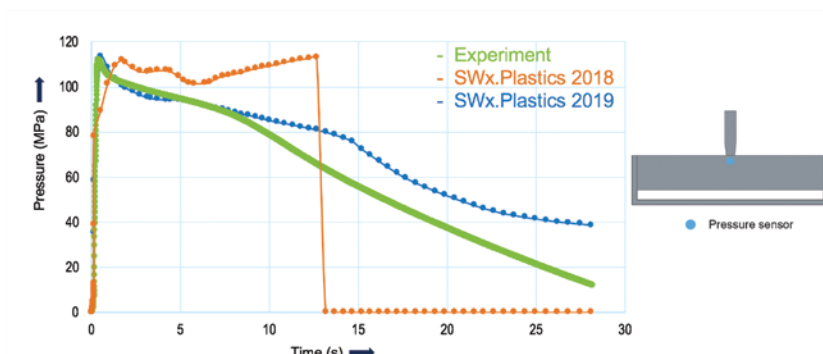
在 CYCU 验证项目团队确认填充阵列的预测结果之后，他们对将材料注射到模具时的压力与模具内一段时间后的实际压力和压力分布预测进行了比较。通过在型腔内放置一个压力传感器，测量得出实际压力。显示实际压力分布的曲线与 SOLIDWORKS Plastics 预测的压力分布的相关性同样验证了仿真结果的准确性。但在得出这些调查结果之后，SOLIDWORKS Plastics 研发团队对 SOLIDWORKS Plastics 2019 中的解算器实施了改进，以更准确地预测压力衰减并实现与现实更好的相关性，从而使 SOLIDWORKS Plastics 2019 版本比以前的版本更为准确。



圆盘模型 - 压力分布



装配体模型 - 压力分布

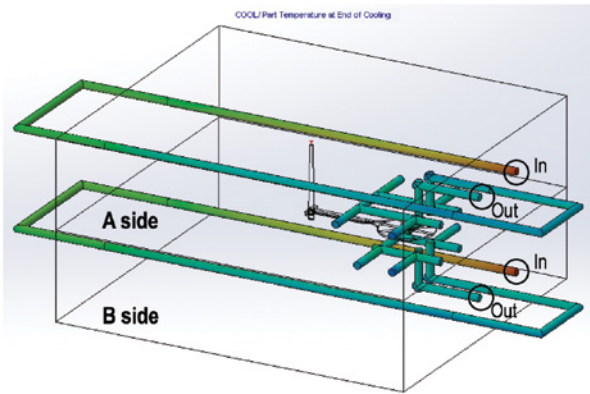


弓模型 - 压力分布

模具冷却验证

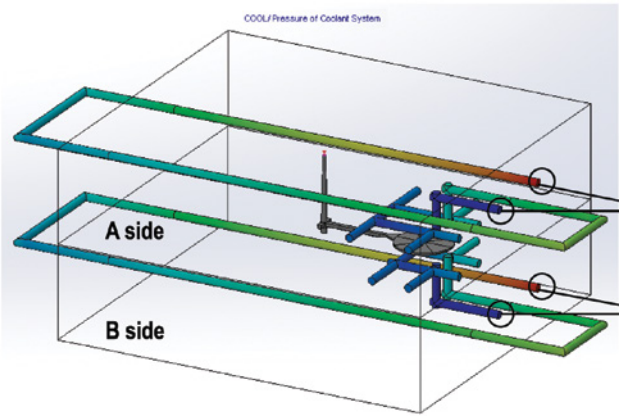
在完成注塑成型工艺的填充和压缩阶段之后，CYCU 验证团队运行了与冷却阶段相关的实验和仿真。在模具冷却期间，冷却道入口和出口温度以及冷却道压降是验证冷却道布局是否最为合理的重要变量。同样，该团队发现仿真结果与实验结果之间存在良好的相关性。SOLIDWORKS Plastics 2019 中的新湍流模型使得该解决方案的冷却结果甚至更为准确，因为它考虑到了通过模具冷却系统泵送的冷却液通常会达到湍流状态这一事实。事实上，要确保高效的模具排热，在这一方面的要求就极高。

圆盘模型 - 冷却回路温度



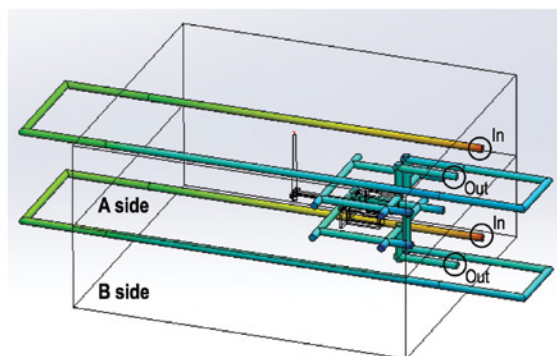
		A side	B side
INLET	Experiment (IN)		
	SWx.Plastics 2018	64.6 °C	64.6 °C
	SWx.Plastics 2019		
OUTLET	Experiment (OUT)	61.7 °C	61.7 °C
	SWx.Plastics 2018	64.7 °C	64.7 °C
	SWx.Plastics 2019	60.4 °C	60.2 °C

圆盘模型 - 压降



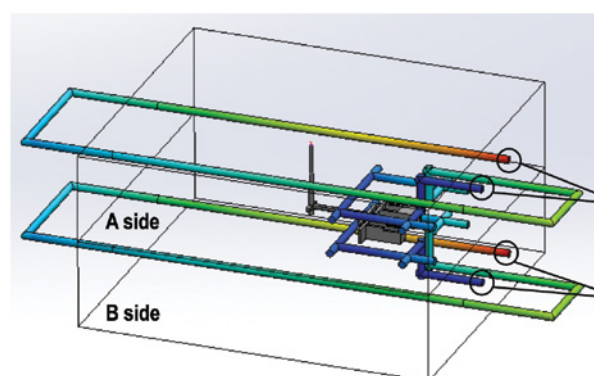
Experiment :	
A side	B side
0.14 MPa	0.14 MPa
Simulation (A side)	
• SWx.Plastics 2018 = 0.091 MPa	
• SWx.Plastics 2019 = 0.106 MPa	
Simulation (B side)	
• SWx.Plastics 2018 = 0.089 MPa	
• SWx.Plastics 2019 = 0.104 MPa	

装配体模型 - 冷却回路温度



		A side	B side
INLET	Experiment (IN)		
	SWx.Plastics 2018	65.6 °C	65.6 °C
	SWx.Plastics 2019		
OUTLET	Experiment (OUT)	62.2 °C	62.2 °C
	SWx.Plastics 2018	65.6 °C	65.7 °C
	SWx.Plastics 2019	61.1 °C	61.3 °C

装配体模型 - 压降



Experiment :

A side	B side
0.14 MPa	0.14 MPa

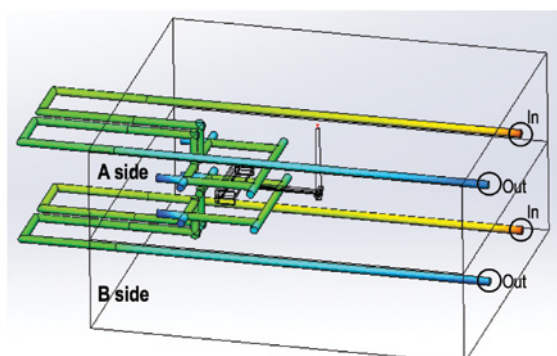
Simulation (A side)

- SWx.Plastics 2018 = 0.086 MPa
- SWx.Plastics 2019 = 0.101 MPa

Simulation (B side)

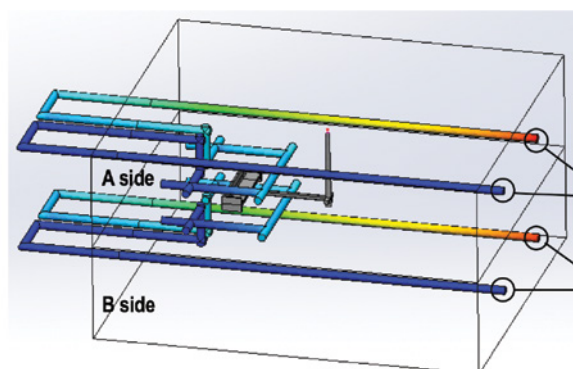
- SWx.Plastics 2018 = 0.086 MPa
- SWx.Plastics 2019 = 0.101 MPa

弓模型 - 冷却回路温度



		A side	B side
INLET	Experiment (IN)		
	SWx.Plastics 2018	66.4 °C	66.4 °C
	SWx.Plastics 2019		
OUTLET	Experiment (OUT)	63.0 °C	63.0 °C
	SWx.Plastics 2018	66.4 °C	66.5 °C
	SWx.Plastics 2019	62.0 °C	62.0 °C

弓模型 - 压降



Experiment :

A side	B side
0.14 MPa	0.14 MPa

Simulation (A side)

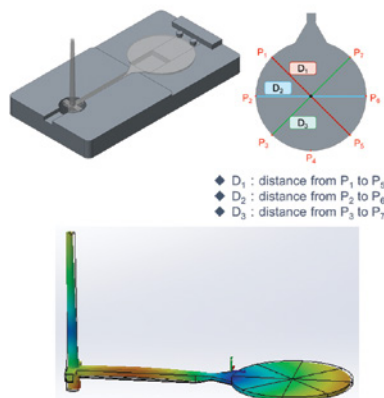
- SWx.Plastics 2018 = 0.083 MPa
- SWx.Plastics 2019 = 0.095 MPa

Simulation (B side)

- SWx.Plastics 2018 = 0.082 MPa
- SWx.Plastics 2019 = 0.094 MPa

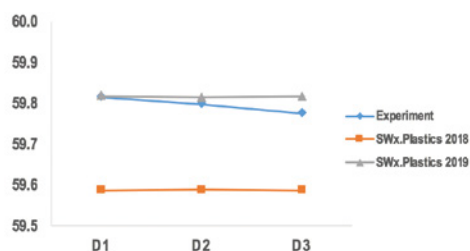
翘曲分析验证

在完成填充、压缩和冷却之后，注塑成型工艺的最后一个阶段就是检查零件翘曲方面的缺陷。翘曲是一种制造缺陷，注塑应力、纤维取向和差异冷却的影响都有可能造成这一缺陷。SOLIDWORKS Plastics 2019 中对解算器的改进有助于获得更准确的翘曲分析结果，从而使分析预测更接近于实际的实验结果。通过测量注射成型零件的尺寸，包括因翘曲而导致的零件变形，CYCU 验证项目团队发现，SOLIDWORKS Plastics 分析预测与实际结果之间存在非常密切的相关性。

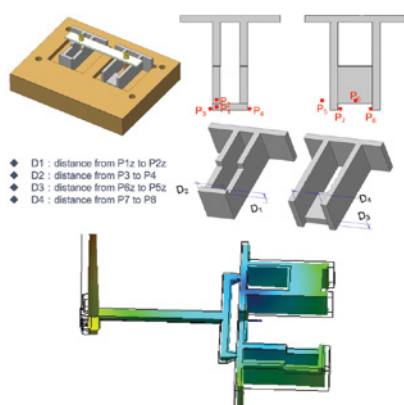


	D1	D2	D3
Experiment	59.815	59.798	59.775
SWx.Plastics 2018	59.587	59.588	59.587
SWx.Plastics 2019	59.818	59.814	59.817

All dimensions in mm

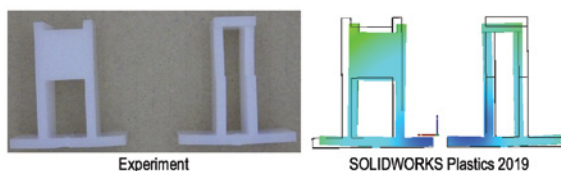


圆盘模型 - 翘曲分析

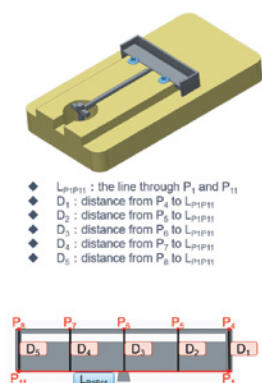


	D1	D2	D3	D4
Experiment	2.946	13.851	2.984	12.556
SWx.Plastics 2018	2.971	13.856	2.979	13.620
SWx.Plastics 2019	2.972	13.861	2.980	13.619

All dimensions in mm

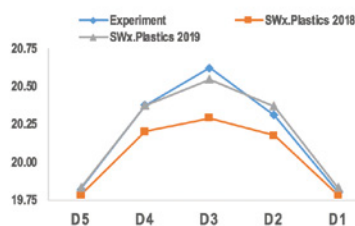


装配体模型 - 翘曲分析



	D5	D4	D3	D2	D1
Experiment	19.824	20.376	20.825	20.313	19.803
SWx.Plastics 2018	19.784	20.203	20.293	20.176	19.784
SWx.Plastics 2019	19.835	20.379	20.549	20.372	19.835

All dimensions in mm



弓模型 - 翘曲分析

SOLIDWORKS PLASTICS 验证调查结果

CYCU/SOLIDWORKS Plastics 验证项目的总体调查结果显示，在注塑成型工艺的每个阶段，分析预测与实验中的实际成型结果之间有着极其出色的相关性。从填充阵列开始，到后续的模具压力分布、冷却回路压降、冷却液温度和翘曲分析，该项目都验证了解算器的基本准确性，以及 SOLIDWORKS Plastics 2019 的改进所带来的准确性提升。主要调查结果概述如下：

- **SOLIDWORKS Plastics 填充阵列预测展现出了与实验证据之间的密切相关性。**
- **SOLIDWORKS Plastics 2019 解算器的改进增强了其与预测压力分布的相关性。**
- **SOLIDWORKS Plastics 2019 中引入的新湍流模型提高了冷却回路压降和冷却液温度预测的准确性。**
- **改进的压力分布与冷却分析预测相结合，改善了翘曲分析结果以及与实验证据的相关性。**

因此，从设计到制造的注塑成型专业人员可以确信，只要使用了适当的分析几何图形网格模型和准确的聚合物材料数据，SOLIDWORKS Plastics 解算器技术就能生成与实际成型结果有着出色相关性的仿真结果。

要了解 SOLIDWORKS Plastics 软件的准确性如何帮助您优化注塑成型从设计到制造流程的每个阶段，同时消除或尽量减少制造缺陷以节省能源、自然资源、时间和成本，请访问 www.solidworks.com/zh-hans 或致电 1 800 693 9000 或 1 781 810 5011。

我们的 **3DEXPERIENCE®** 平台为我们服务于 11 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 公司达索系统是人类进步的催化剂。我们为企业和用户可提供可持续构想创新产品的虚拟协作环境。借助我们的 **3DEXPERIENCE** 平台和应用程序，我们的客户能够打造真实世界的“孪生虚拟体验”，从而拓展了创新、学习和生产的边界。

达索系统的 20,000 名员工为 140 多个国家/地区、各行各业、不同规模的 270,000 多家客户带来价值。更多信息，请访问 www.3ds.com/zh。

