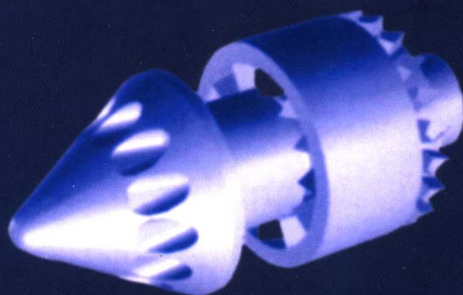


[美] M. del pilar Noriega E. 编著
Chris Rauwendaal

挤出过程的问题分析 及解决方案



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

挤出过程的问题分析及解决方案

[美] M. del pilar Noriega E. 编著

Chris Rauwendaal

任冬云 吴大鸣 刘继红 等译



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

挤出过程的问题分析及解决方案/[美] 纳瑞嘉(Noriega, M. P.); 拉布文达尔(Rauwendaal, E. C.) 编著; 任冬云, 吴大鸣, 刘继红等译. —北京: 化学工业出版社, 2003. 8

书名原文: Troubleshooting the Extrusion Process a Systematic Approach to Solving Plastic Extrusion Problems
ISBN 7-5025-4599-9

I. 挤… II. ①纳…②拉…③任…④吴…⑤刘…
III. 挤出成型 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 051187 号
Troubleshooting the Extrusion Process by M. del pilar Noriega E. and Chris Rauwendaal

ISBN 3-446-21766-5

Copyright©Carl Hanser Verlag, Munich 2001. All Rights Reserved.

本书中文简体翻译版由 Hanser 出版公司授权化学工业出版社独家出版发行。

未经出版者许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2003-0206

挤出过程的问题分析及解决方案

[美] M. del pilar Noriega E. 编著
Chris Rauwendaal

任冬云 吴大鸣 刘继红 等译

责任编辑: 白艳云

责任校对: 吴桂萍

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×960 毫米 1/16 印张 10½ 字数 176 千字

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4599-9/TQ·1753

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

参加本书翻译工作的人员

任冬云	吴大鸣	刘继红
陈卫红	张 静	王银霞
王根永		



在实际挤出操作中，最多的要求是有效快速地解决问题。挤出问题常常导致停工和（或）出现不合格的制品，这将增加成本。然而，由于挤出过程的性质，特别对于必须快速处理问题的情况，确定问题的原因和寻求合适的解决方法往往是相当困难的。尽管挤出问题的解决方法具有工业价值，但目前还没有专门讨论这一主题的书籍，这本书试图填补这一空白。

该书的两位作者在挤出领域已经工作多年，并且已经参与了许多这类问题的研究项目。尽管不可能讨论所有可能出现的挤出问题，但可以讨论主要的问题种类和给出解决挤出问题的系统方法。在这本书中，作者经常使用流程图和框架图来描述系统的解决问题的方法。书中的内容也可以作为计算机辅助解决问题的编程基础。由 Rauwendaal 挤出工程公司开发的 CATX™ 程序将可用于这一领域。

作者希望能够从读者得到关于其他挤出解决问题的反馈建议，这将使更多的信息出现在这本书的新版本中。作者计划在新版本中增加特殊工艺章节，其中包括片材挤出、吹膜、管材、涂敷电缆等。

本书专门叙述了塑料挤出加工过程中主要出现的问题，分析了可能产生的原因以及解决的方法。

译者序

螺杆挤出机是塑料成型加工的主要设备之一。塑料挤出制品的质量及产量不仅取决于挤出设备的制造技术,更主要地是受到被加工材料的性能、挤出操作条件、挤出过程故障和制品缺陷的在线监测水平、挤出控制系统控制方式和控制精度、设备的保养水平等因素的影响。通过大量的实践发现,在塑料挤出过程中出现的许多问题并不完全是由于设备的制造质量出现的问题,而主要在于塑料加工企业的管理人员或现场操作人员对设备性能及其操作保养规范、材料加工性能和工艺条件,以及周围环境条件对加工过程的影响等方面缺乏基本的、全面的、正确的认识。

目前我国塑料工业发展速度远高于国民经济平均发展水平,塑料制品的年产量已经达到 21000kt,仅次于美国,位居世界第二。同时,我国目前人均年消耗塑料制品的量仅 14kg,低于 17kg 的世界平均水平,排名在 70 位以后。我国在塑料加工领域与世界的差距更主要地体现在技术水平上。挤出成型是最主要的塑料成型方法,有 60% 以上的制品是通过挤出成型方法生产出来的。当前,挤出成型技术正朝着高速、高效挤出和精密成型的方向发展,这就对挤出装备及其操作提出了越来越高的要求。

由于熟练掌握塑料加工原理及设备的专业人员的培养远滞后于塑料加工企业数量的增加和生产规模的扩大,在系统地培训现有的技术人员和操作人员的同时,各塑料加工企业亟需浅而易懂、针对性较强的事故分析处理的技术指导书籍,能帮助他们快速分析处理现场出现的问题,最大限度地减少因发生事故而造成的经济损失。

《挤出过程的问题分析及解决方案》一书的出版可以满足塑料加工企业的上述需求。本书的两位作者总结了他们在塑料挤出成型领域的多年工作经验和科研成果,将塑料挤出过程中经常发生的主要问题归纳分类,从检测手段、问题发生的机理和可能的原因以及排除问题的途径等方面,由浅入深地进行了详细的论述。在第 4 章的实例分析中,采用了图片、问题分析流程图、处理问题的过程叙述等对具体事例进行了图文并茂的分析,并对挤出过程问题的预防性措施进行了归纳和总结。

初涉塑料加工业的新人或这一领域的专业技术人员和大专院校相关专业的学生都能在阅读本书中得到很大的帮助。塑料加工企业可利用本书的相关内容解决具体发生的问题；工程技术人员将从本书各种问题的处理过程中得到启发；大专院校的学生可对本书的具体实例进行理论分析，强化对聚合物加工原理的实际应用能力。这也将是这本书深受广大读者欢迎的主要原因。

任冬云

2003 年 5 月

内 容 提 要

本书将塑料挤出过程中经常发生的主要问题归纳分类，其中包括了挤出设备的主要零部件、挤出过程的化学和物理问题、挤出过程的稳定性、挤出制品的表观性能等主要方面。主要内容为：有效分析处理问题的条件；各种分析检测工具或手段；几种主要类型的问题发生的机理和可能的原因，排除这些问题的方法；几种通用塑料挤出制品中常见问题的实例分析；分析处理问题的步骤及挤出设备的预防性维护与常规检查。本书读者的主要范围为塑料加工企业的管理人员和现场技术人员、工程设计人员和大专院校的师生。



第 1 章 有效检测和解决问题的条件	1
1.1 检测仪表	1
1.2 认识挤出过程	2
1.3 收集和分析历史数据 (时间信息)	2
1.4 小组建设	4
1.5 设备情况	4
1.6 有关原料的信息	4
第 2 章 检测处理问题的工具	6
2.1 温度测量设备	6
2.2 数据采集系统	7
2.2.1 便携式数据采集器/机器分析仪	7
2.2.2 固定工作站数据采集系统	8
2.3 光学显微镜	10
2.4 热变色材料	12
2.5 热分析	13
2.5.1 差热分析和差式扫描量热测定	13
2.5.2 热失重分析	14
2.5.3 傅里叶变换红外光谱	15
2.5.4 热力学分析	17
2.5.5 转矩流变仪	17
2.5.6 其他热特征分析技术	18
2.6 其他检测工具	18
第 3 章 系统检测分析	20
3.1 故障与发生问题	20
3.2 与机器相关的问题	20

3.2.1	驱动系统	20
3.2.2	进料系统	21
3.2.3	加热冷却系统	22
3.2.4	磨损问题	23
3.2.4.1	磨损机理	24
3.2.4.2	磨损的测试方法	25
3.2.4.3	磨损的原因	30
3.2.4.4	磨损问题的解决方案	35
3.2.4.5	修复磨损螺杆和机筒	41
3.2.5	螺杆抱死问题	45
3.2.5.1	简介	45
3.2.5.2	螺杆抱死的机理	46
3.2.5.3	由于温度的差异而产生的间隙变化	46
3.2.5.4	挤出机螺杆内温度分布的分析	48
3.2.5.5	由于压力载荷引起的间隙变化	49
3.2.5.6	分析结果	49
3.3	聚合物降解	50
3.3.1	降解类型	51
3.3.1.1	热降解	51
3.3.1.2	力学降解	51
3.3.1.3	化学降解	53
3.3.2	挤出中的降解	54
3.3.2.1	停留时间分布	54
3.3.2.2	温度分布的简单计算	58
3.3.2.3	温度分布的数值计算	63
3.3.2.4	减少降解	69
3.4	挤出过程的不稳定性	70
3.4.1	不稳定性的频率	71
3.4.1.1	高频不稳定性	72
3.4.1.2	螺杆频率不稳定性	75
3.4.1.3	低频不稳定性	77

3.4.1.4	超低波动	78
3.4.1.5	随机波动	78
3.4.2	功能的不稳定性	79
3.4.2.1	固体输送不稳定性	79
3.4.2.2	塑化不稳定性	80
3.4.2.3	熔体输送不稳定性	81
3.4.2.4	排气不稳定性	81
3.4.2.5	与混炼相关的不稳定性	82
3.4.2.6	分布混炼段	82
3.4.2.7	分散混炼段	87
3.4.2.8	处理混炼问题	93
3.4.3	处理挤出不稳定性问题	94
3.5	空气滞留问题	96
3.6	凝胶问题	98
3.6.1	凝胶粒检测	99
3.6.2	在挤出过程中产生的凝胶粒	100
3.6.3	排除在聚合过程中生成的凝胶粒	100
3.7	口模流动问题	101
3.7.1	熔体破裂	102
3.7.2	模唇挂料(“口模滴料”)	104
3.7.3	V-形状或 W-形状	105
3.7.4	斑点和变色	105
3.7.5	挤出制品中的线痕	106
3.7.6	光学性质和外观	108
第 4 章	实例研究	109
4.1	共挤出薄膜——在中层中的降解问题	109
4.1.1	描述问题	109
4.1.2	分析问题	109
4.1.3	解决方案	111
4.2	共挤出薄膜中的界面问题	112
4.2.1	描述问题	112

4.2.2	分析问题	112
4.2.3	解决方案	113
4.3	挤出薄膜中的线痕	113
4.3.1	描述问题	113
4.3.2	分析问题	113
4.3.3	解决方案	114
4.4	聚丙烯地毯纤维中的变色	115
4.4.1	描述问题	115
4.4.2	分析问题	115
4.4.3	解决方案	115
4.5	透明度差的塑料薄膜	117
4.5.1	描述问题	117
4.5.2	分析问题	118
4.5.3	解决方案	119
4.6	薄膜挤出中的磨损问题	119
4.6.1	描述问题	119
4.6.2	解决方案	120
4.7	多层薄膜的几个外观问题	120
4.7.1	描述问题	120
4.7.2	分析问题	121
4.7.3	解决方案	121
4.8	高密度聚乙烯瓶的分散问题	122
4.8.1	描述问题	122
4.8.2	分析问题	123
4.8.3	解决方案	123
4.9	聚合物降解	125
4.9.1	描述问题	125
4.9.2	分析问题	125
4.9.3	解决方案	126
4.10	共挤出薄膜中的热密封问题	127
4.10.1	描述问题	127

4.10.2	分析问题	127
4.10.3	解决方案	129
4.11	吹膜生产线中的产率问题	130
4.11.1	描述问题	130
4.11.2	分析问题	130
4.11.3	解决方案	131
4.12	色母粒的选择	133
4.12.1	描述问题	133
4.12.2	分析问题	134
4.12.3	解决方案	135
4.13	挤管问题	136
4.13.1	描述问题	136
4.13.2	分析问题	136
4.13.3	解决方案	137
参考文献		139
附录1 系统解决问题		143
附录2 机器的事故分析与维护		145
2.1	检查润滑油	145
2.2	非正常噪音	145
2.3	振动监测	146
2.4	驱动电机和传动带	147
2.5	备件	148
2.6	螺杆和机筒	148
2.7	挤出机保养检查表	148

第 1 章 有效检测 and 解决问题的条件

在解决一种特殊挤出问题之前，处理事故的技术人员应该着手解决确定的问题，快速地和准确地诊断某个发展中的挤出机问题，以减少停工期或废品数量是很重要的。合适的检测仪表和对挤出过程深刻的认识是有效检测和解决问题的重要条件。检测仪表在过程控制中是非常重要的，在检查和处理问题中也是绝对必要的。如果没有合适的检测仪表，甚至当处理事故人员完全了解整个过程时，检测和处理问题最多也只能是猜测。因此，当缺少检测仪表而使得一个特殊问题无法在非常有限的时间内得到解决时，这将付出非常高的代价。

对于一个有效的问题处理过程，重要的前提条件是以下几点：

- 合适的检测仪表
- 对挤出过程的完整认识
- 收集和分析历史记录数据
- 小组建设
- 有关设备情况的完整信息
- 有关原料的完整信息

1.1 检测仪表

在很大程度上，挤出过程是一种黑箱过程，不可能可视获得挤出机内部正在发生着什么，我们只能够观察到材料进入挤出机和材料从挤出口模中出来。然而，对于普通挤出机，在进料口和挤出口模之间发生了事件是不能被观察到的，因为这一过程被挤出机机筒遮掩了。因此，我们主要依赖于检测仪表确定挤出机内部发生的事情。我们可以把检测仪表看做是我们观察这一过程的窗口。如果没有合适的检测仪表，确定挤出机内部发生的问题是非常困难的，因此，成功地解决问题必需合适的检测仪表。

在挤出机上有足够的检测仪表是不够的，确认传感器和读取数字仪表

均工作正常也是非常重要的。例如，如果在挤出机上的一段温度区显示了一个过低或过高的温度，我们就应该检查温度读取的是否正确。测量仪器必须被正确校准，我们应该确定仪器能够测量重要参数的变换。统计过程控制（SPC）专用程序已经被开发用于确认测量仪器的能力^[1]。

1.2 认识挤出过程

对挤出过程的完整认识对于有效地解决挤出问题是很有必要的。建议初涉挤出的读者应该听取相关课程，其内容为：塑料的材料特性、挤出机器的典型特点、检测仪表和操作控制、挤出机内部工作原理、螺杆和挤出机头等。并可在许多院校和机构听取关于挤出的课程和短期培训教程，也有某些电视培训节目^[2]、互动式计算机指导教程和网络教程。

在许多挤出操作中，培训的初级模式是岗上培训。然而，岗上培训往往是效率最低和费用最多的培训方法。挤出机是非常昂贵的机器，必须正确地操作以便生产出良好的制品。如果一台挤出机被错误地操作，可能会生产出不合格的产品或挤出机被损坏。认识到挤出机是潜在的危险设备也是很重要的，许多事故均发生在没有正确操作挤出机时。因此，操作挤出设备的人员接受过系统的安全培训是必需的。

1.3 收集和分析历史数据（时间信息）

为了明白一个过程不能正确进行的原因，我们必须将当前的工况条件与以前正常工作时的条件进行比较，这种方法被认为是一种时间信息方法。所收集的这些数据不仅包括了挤出机的工况信息，如温度、压力、电机载荷、线速度、机筒尺寸、螺杆尺寸等，而且还包括了有关材料的信息以及可能影响这一过程的其他参数。过程中可能发生的变化不仅可能是机器参数偏离的结果，而且也可能是材料变化的结果。例如，塑料稳定剂等级的变化可能会在机器条件和设定绝对正常的条件下发生降解问题（1.6节）。

时间信息的构成是基于过程正常运行一定的时间基础上。因此，必须存在有一个或几个促成挤出过程混乱的可以确认的变化。这里的任务就是

要鉴别出这些变化，改正这些变化，并使挤出过程回到正常状态。时间信息产生过程开始于挤出过程稳定期的某一时刻，结束于挤出过程出现问题的某一时间，甚至与挤出过程间接关联的事件也被列于这种时间信息中。一旦时间信息完成，它将成为鉴别产生问题原因的有效工具。

应该指出的是，不是所有的因素都能导致一个当前的问题。在某些情况下，在一种变化的一些影响因素变为明显之前，可能存在着一个相当长的孕育期。当然，这样使检测和处理问题的过程变得复杂了，牢记这一点并不要轻率地下结论是很重要的。作者（CR）经历了这样一件事情，一个灾难性的磨损问题是发生在四个月以前的一件事故的结果。这种不明显的磨损一直持续了约四个月，直到安装了一台新的喂料装置。然而，一旦快速磨损开始，螺杆在 48h 内就被损坏。

图 1-1 展示了一个导致凝胶问题的时间信息。在构成这一时间信息中，事故分析人员应该确信列出了所有可能潜在影响挤出过程的事件。诸

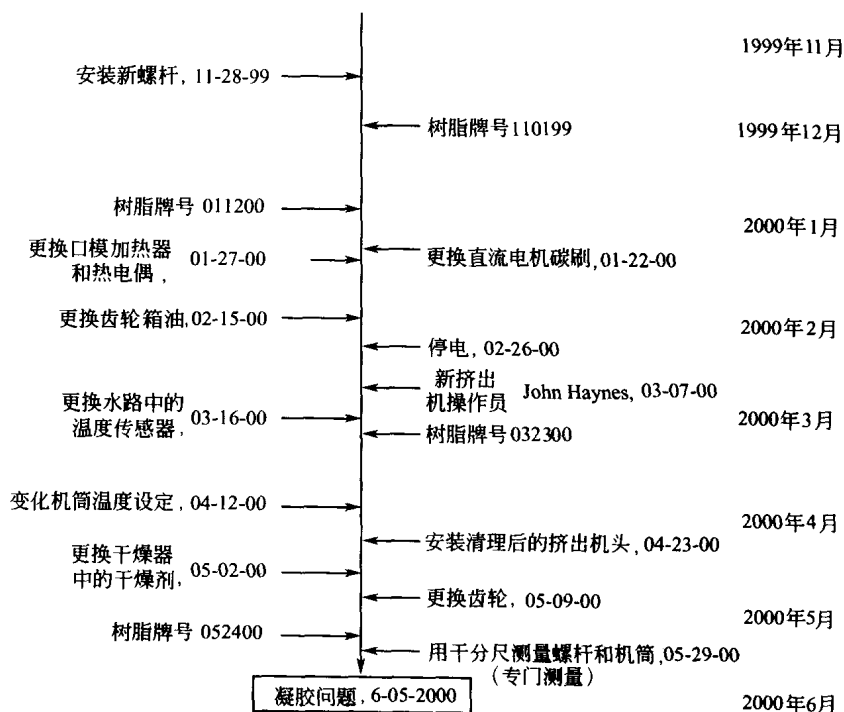


图 1-1 导致凝胶问题的时间信息实例

挤出过程的问题分析及解决方案

如输出功率、一根新的或重新清理的挤出机螺杆的安装或新树脂型号等事件都应该明确地包括其中。某些事件（如厂区的构成、原料处理的变化、工厂水系统的维护、操作人员的培训，或电力高峰）是不明显的，但也许一直影响着挤出过程。

1.4 小组建设

如果一个问题的规模较小，一个人就可执行问题的处理过程，没有必要组织一个小组。然而，在许多情况下，问题涉及了几个不同的部门和功能，需要较宽地解决问题的技能。在这样的情况下，就需要小组的共同努力。挤出问题常常需要来自材料质量控制（QC）、采购、维护、工程和可能来自其他部门的信息。

1.5 设备情况

当一台挤出机上开始出现问题时，掌握有关这台设备的完整情况是很重要的。挤出机应该很好地维护保养，完整的保养记录应该可用于对这台设备各种零部件情况的评估。应该遵守挤出机制造商制定的保养建议，以确保良好的操作状态。

挤出机螺杆和机筒将随着时间而磨损，磨损速度依赖于许多因素。螺杆可能会正常工作几年，也可能只有几个星期。定期地测量机筒内径（ID）和螺杆外径（OD）是很重要的，至少一年一次，因此可以预测螺杆和机筒的使用寿命。这样可以在预定的周期内及时更换螺杆和机筒，防止意外发生。

1.6 有关原料的信息

一台挤出机的性能同时受原料的特性和机器的特性所决定。影响挤出过程的原料性能包括宏观流动性能、熔体流动性能和热性能。重要的宏观流动性能是体积密度、可压缩性、粒子尺寸、粒子形状、外摩擦系数和内摩擦系数，以及凝聚倾向等。重要的熔体流动性能是剪切黏度和