

智慧工厂

大规模定制带给制造者的机遇、方法和挑战

(瑞士) 汉斯·库尔 (Hans Kull) / 著

潘苏悦 / 译

借力智慧工厂新模式推动工业企业转型升级, 打开未来工业成长空间

探索智慧工厂的支撑技术和发展路径

洞悉大规模定制的目标和方法

MASS CUSTOMIZATION *Opportunities, Methods, and Challenges for* MANUFACTURERS



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



智慧工厂

大规模定制带给制造者的机遇、方法和挑战

〔瑞士〕汉斯·库尔 (Hans Kull) / 著

潘苏悦 / 译

MASS CUSTOMIZATION Opportunities, Methods, and Challenges for MANUFACTURERS

大规模定制是智慧工厂实现的基础,如何运用物联网、云计算等先进制造技术,对制造工厂进行改造和升级,使其成为符合制造业发展方向,已显得尤为迫切。本书基于经济的视角,分析了大规模定制带给制造业从业者的机遇、挑战和相关方法,以帮助从业者提高生产率、减少浪费,助力智慧工厂的实现,促进制造业的转型升级。

Mass Customization: Opportunities, Methods, and Challenges for Manufacturers By Hans Kull
ISBN: 978-1-4842-1008-6

Original English language edition published by Apress Media. Simplified Chinese-language edition copyright © 2015.

本书的中文简体字版由机械工业出版社出版,未经出版者书面允许,本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有,翻印必究。

北京市版权局著作权合同登记图字:01-2015-4151号。

图书在版编目(CIP)数据

智慧工厂:大规模定制带给制造者的机遇、方法和挑战 / (瑞士) 库尔(Kull, H.) 著; 潘苏悦译. —北京:机械工业出版社, 2015.8

书名原文: Mass Customization: Opportunities, Methods, and Challenges for Manufacturers
ISBN 978-7-111-51294-3

I. ①智… II. ①库… ②潘… III. ①制造业-工业发展-研究 IV. ①F407.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 196041 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 坚喜斌 责任编辑: 席建英 杨冰 刘林澍

责任校对: 赵蕊 版式设计: 张文贵

责任印制: 康朝琦

涿州市京南印刷厂印刷

2015 年 9 月第 1 版 · 第 1 次印刷

145mm × 210mm · 6.75 印张 · 1 插页 · 114 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-51294-3

定价: 35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: (010) 88361066

读者购书热线: (010) 68326294

(010) 88379203

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

作者简介

汉斯·库尔 (Hans Kull) 是澳大利亚 inmatic 公司的常务董事，该公司致力于为制造商特别是大规模定制项目的制造商开发软件。他曾是 Kull Informatic 的拥有者，此前曾任瑞士 Kaba AGgon 公司的系统部门主管。在整个职业生涯中，他都致力于制造业的软件项目，其中大多数涉及组合优化和流程自动化。他也是较早采取面对对象编程以及敏捷软件开发的人。他曾在苏黎世瑞士联邦理工学院 (ETH) 攻读数学专业，获得硕士学位和博士学位。此前他曾在苏黎世应用科学学院 (ZHAW) 攻读电气工程专业，还在该校担任过三年数学讲师。他是美国计算机协会 (ACM)、电气和电子工程师协会 (IEEE) 和 IEEE 计算机学会 (IEEE Computer Society) 的成员。

致 谢

非常感谢 Glen Carlson 和澳大利亚 KPI 的整个团队，在他们的帮助下，我开始了这本书的写作。非常感谢我的家人和所有员工对我写作过程中情绪起伏的包容。

另外，我想特别感谢 Morgan Beale，他阅读了本书的初稿，提出的评价和修改建议让我受益匪浅。

最后，我还要感谢 Apress 的整个团队，在本书的写作过程中，他们对我照顾有加。特别感谢 Robert Hutchinson 帮我完善本书的结构，接收我的书稿并呈递给董事会；特别感谢 Rita Fernando 在本书的编辑过程中为我答疑解惑；特别感谢 Douglas Pundick 帮我检查所有技术方面的细节；特别感谢 Kim Wimpsett 为我的书稿进行校订。

前 言

大规模定制并不是什么新鲜事了。关于大规模定制曾经有过诸多热议，但在过去的 10 ~ 15 年里议论渐息，我倒认为现在该是重新谈论大规模定制的时候了。

因为这些年来制造技术和信息通信技术（ICT）领域发生了诸多变化。我的公司 inmatic 所进行的项目已由智慧工厂项目日趋转向大规模定制项目。其中一些是全新的项目，其他则是通过更新机器和软件对现有工厂实现升级，以充分实现大规模定制。

除了这些变化，随着增材制造和智能机器人等新制造技术的出现，以及云计算和物联网（IoT）等的开发，不仅加工制造变得智能化，产品和部件本身也日渐智能化。通过将大规模定制推广至更多的行业，以及加深自动化的程度，在现有工厂中更深入地推进大规模定制的前景十分乐观。

以上都是本书要探讨的内容。制造主管想要了解大规模定

制中的机遇和挑战，可以参考本书。当然，如果你想知道大规模定制中会遇到什么问题、如何解决这些问题，会遇到什么风险、如何降低这些风险，也可以参考本书。我很幸运，inmatic使我在有可能实现大规模定制的行业工作了很长一段时间。在过去的十年中，我管理了十余个此类项目，为此开发了部分软件，我很乐意与你们分享我的经验。

目 录

作者简介

致 谢

前 言

第 1 部分



绪 论 /001

第 1 章 大规模定制中的横向集成 /011

第 2 章 智能制造技术 /014

第 3 章 智慧工厂项目的问题 /033

第 4 章 未来的挑战 /055

第 2 部分



新兴技术 /065

第 5 章 新的信息通信技术 /068

第 6 章 可选择的工厂车间接口装置 /083

第 7 章 新兴制造技术 /088

第3部分



大规模定制中的纵向集成 /109

第8章 软件集成 /112

第9章 向云端发展 /118

第4部分



实现大规模定制 /143

第10章 优化系统性能 /146

第11章 调试 /175

第12章 实施过程 /188

参考文献 /200

第1部分

绪 论

“悲观者在机遇中看见的是问题；乐观者在问题中看见的是机遇。”

——温斯顿·丘吉尔

在制造界，大规模定制意味着自动化生产定制商品，例如，一台机器可以大量生产不同尺寸、不同形状的窗户。大规模定制可以理解为直接数字制造（DDM）与智慧工厂概念的结合。

直接数字制造出现在纵向集成的过程中，产品的设计（可能是整体产品也可能是零部件）以数字化的形式传递给供应商，每个供应商加上生产它那部分零部件所需的特定数据。最后，这些数据传输到生产机器上，直接生产出零部件。

智慧工厂自动化生产大量产品往往出现在横向集成的过程中，机器生产并传递零部件，最终将它们汇聚到装配线上。机器知道所生产的零部件是什么、在哪里。在更智能的生产环境中，各零部件可以自我定位并将必要的信息都传输给装配线。

德国政府在 2012 年推出的工业 4.0 战略计划中就谈到了上述问题。我在下一章会更具体地讨论这一战略计划。在阅读有关工业 4.0 的报告时，我注意到，从很大程度上来讲，其中

谈及的内容 inmatic 已经实践很长一段时间了。当然，工业 4.0 涉及的远不止我们所实践的，它涉及的新兴技术可以使大规模定制在更多行业得以实现，而我们公司（以及其他一些公司）所做的到目前为止仅限于一些特定的行业。

以上这些是本书所要探讨的。必须承认，工业 4.0 还包含更多内容，我后面也会提到，但不是本书的中心内容。

inmatic 十多年前就开始大规模定制项目了，这些项目大多由我负责。事实上，三十多年前我负责的第一个大项目即包含大规模定制的核心内容。我之后会谈到我负责的这些项目。它们并未使订购和生产加工的各个方面都自动化，但较长一段时间以来，其中一些方面在不断发展，生产率的提高快得惊人。虽然对许多行业来说大规模定制是个全新的概念，但我会 在书中传授一些从这些项目中获得的经验。

作为在信息通信技术领域工作了 35 年的工程师和数学家，我写这本书并不是为了分享经验，而是想探讨新技术所带来的机遇，以及如何在项目中运用这些新技术。我谈过去的经验是想告诉你们可以怎么做以及还有哪些地方需要改进。我谈过去遇到的挫折是想告诉你们当时我之所以那么做的原因。

为了阐明本书提及的大规模定制，先设想一下：在为房屋生产定制的楼梯时，如何能在设计、建造和管理方面完全实现

自动化？

这个例子中，楼梯制造商有一套建造和生产楼梯的标准流程。他们的网页上有各种楼梯型号，供客户选择。

假设你给房子加盖了二楼，不想用梯子，而想用更好的楼梯来上楼。你知道要从哪里上楼，也量好了所有的尺寸。然后你可以到楼梯制造商的网站上挑选你需要的楼梯型号，向上 1350 毫米（4.43'）到达楼梯平台，向左转，再向上 2687 毫米（8.82'），到达二楼。

输入基础尺寸后，你可以根据需要做出调整。比如，墙的转角不一定是直角，你可以指明楼梯是否需要角柱，或者是否需要挨着墙壁，还可以选择扶手的型号，确定扶手从哪里安装到哪里。当然你也可以选择扶手的材料，如果是家木制楼梯制造商，你可以选择想要的木材型号以及制造方法。

现在，服务器端的软件能计算出制造你的楼梯所需要的所有零部件、各零部件的确切尺寸以及加工处理方法。软件系统可以先做出草图供你确认，还可以计算制作成本，因此可以立刻给你报价。如果你想要送货上门并提供了地址，它也可以计算运输距离及成本。如果你要求厂商来组装，系统也可以为此提供报价。

这就意味着你现在就可以订购了。你也许还要与其他的厂

商进行比较，一旦你决定好了，就可以回到原来的网页，登录，到报价页面，订购，然后支付定金。

你的订购触发了背后一系列数据处理。你的订单会列入计划表，生成机器代码，准备好自动化生产。一旦你的订单准备就绪，机器代码就会加载至机器，所有的零部件就被生产出来并自动运送至装配线，你的楼梯应该就在那里预装成几个可组装部分，比如先是角柱，然后是楼梯平台，最后是两段楼梯。

我希望这个流程解释清楚了大规模定制的运作过程。事实上，所有的技术都是现成可用的，我们已经在橱柜领域做过相似的试验。

令人激动的新进展是：制造和信息通信方面的关键技术已经现成可用。在当前和不久的将来，它们将极大地扩展适用大规模定制的产品范围和种类。后面我会更深入地讨论这些技术。

其实信息技术并不仅仅是计算机、网络 and 软件技术，也和人有关。汲取经验教训非常重要，这也是为什么我在这分享我的经验教训。人的改变速度并不像技术那样瞬息万变，因此我会讨论在技术革新环境之下的人，会讨论人对信息通信技术的影响，会讨论首席信息官（CIOs）、项目经理、建筑师和程序设计员，会讨论公司董事长和首席执行官（CEOs），还会

讨论办公室的员工和工厂的工人。所有的人都必须应对改变。

新的投资意味着新的风险。世界日新月异，智慧工厂、先进制造业、定制产品、弹性制、数字制造、敏捷制造、下一次工业革命、工业 4.0、物联网等流行词汇在工业领域层出不穷，却没有谁能真正预知未来。工业生产的形式千变万化、各不相同，但有一点是共通的，即新的信息通信技术将带来生产的全面变革。

在瞬息万变的环境下，风险越来越难以捉摸，如何降低风险更是难上加难。自动化程度越高意味着越复杂，随之而来的便是新机器需要更长的启动时间，出现更多的问题，可能更难满足客户的需求。如果机器一时跟不上进度，怎么办？如果机器不像设定的那样运作，怎么办？如果机器生产出来的不是你需要的，怎么办？如果对机器下错了指令，怎么办？如果市场在一两年内有所变化而新机器无法改变生产来适应市场，怎么办？

最后一点需要特别注意。问题的实质已经不是“如果市场改变怎么办”而是“市场会怎么改变”。越来越多的业务在线完成，这很可能也会影响到你。如果你的情况是必须投资也有能力投资，那么在线业务的增多不仅仅是威胁，也是机会，让你有机会看清楚所处行业的市场将如何变化。如果你发现并

理解了新技术，你就可以找到使你的事业蒸蒸日上的办法。本书将帮助你获得这种洞察力。

本书将探讨信息通信技术在制造业中的精妙运用，特别在订购流程、自动化、业务流程和生产流程的整合以及对所有流程的优化方面。简而言之，就是关于如何利用信息通信技术，用最少的资源进行最高效的生产。本书还将探讨如何将你的订货单处理系统和生产规划、机器管控、调度系统连接起来，如何将你的工厂整合成一个单一的智慧整合感控生产系统（CPPS）。

这只是智能生产的一部分，另一部分是智能产品和智能零部件。如果你的机器和制造执行系统（MES）能访问各部件的信息，这就为智能生产提供了全方位的可能性。然而，这并不是总能做到的，也并不总是有必要去做的，比如，只要确保库存的每个螺丝都是一样的，就没有必要让它们能够自我识别并给出规格。

智慧工厂将影响生产的各个方面。图 1-1 展示了大规模定制的主要含义。它是根据我们的目的，基于工业 4.0 下的德国标准化之路的某一观点修改而成的。

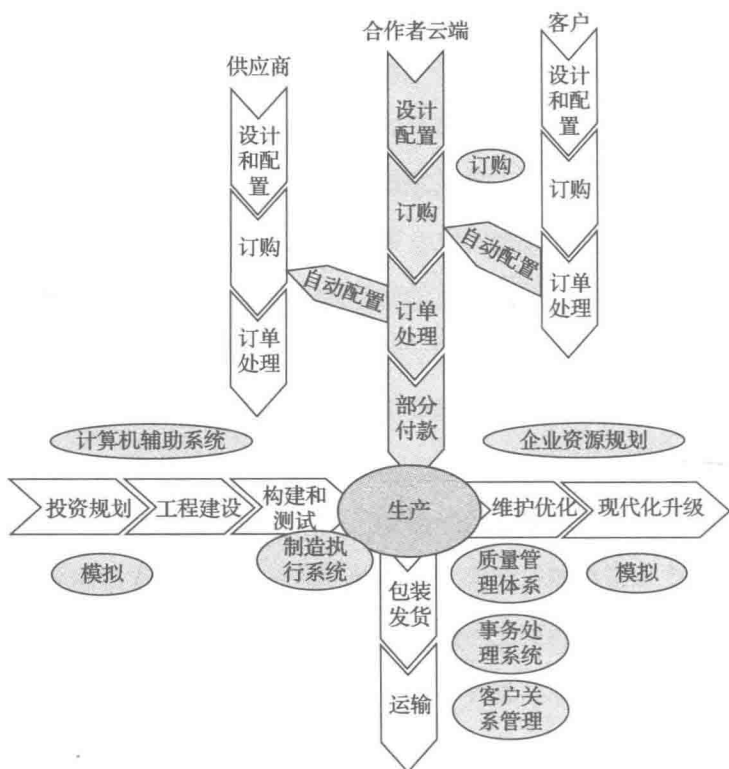


图 1-1 大规模定制中的横向集成和纵向集成

图 1-1 显示，未来的大规模定制将从云端开始。你不可能自己完成所有的定制，因此，如果你向消费者提供部分信息，那么存放在云端的这部分信息是公开的。消费者在云端进行设计，使产品符合他们的需要并订购这些产品。