

ROUXING
ZHUANGPEI
XITONG

柔性装配系统

〔英〕 A. E. 欧文 著

机械工业出版社

347313

柔性装配系统

〔英〕 A. E. 欧文 著
章慈定 译 顾瑞龙 校



机械工业出版社

DV05/13
内 容 简 介

本书以清晰的思路、通俗易懂的笔法，系统地介绍了柔性装配系统。讨论定义在FAS中要执行的任务，计算机控制的物料搬运，零件的提供设备、固定和成形技术及工位设计，介绍了适于自动装配的产品设计，论述了人力、机器人及他们各自的利益和问题，论述了机器人感觉和人工智能，用定量方法进行失效分析，并对FAS的经济性进行了分析。

本书供机械行业的工程技术人员和管理干部使用，也可供中、高等学校有关专业师生参考。

Flexible Assembly Systems
Assembly by Robots and
computerized Integrated Systems

A. E. (Tony) Owen

Plenum Press

New York 1984

• • •
柔性装配系统

〔英〕A. E. 欧文 著
章楚定 译 机械工业出版社

责任编辑：李书全 责任校对：丁丽丽
封面设计：李书全 版式设计：李永明
责任印制：张俊超

机械工业出版社出版（北京单威路六百万庄南街一号）
（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

机械工业出版社京丰印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·新华书店经售

•
开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张9·字数195千字
1991年2月北京第一版·1991年2月北京第一次印刷
印数0,001-1,190·定价：9.40元

•
ISBN 7-111-01430-8/TG·353

译 序

制造工业经历了三个发展时期。18世纪末，由于蒸汽机的发明进入了“动力工程”时代；19世纪末，由于电力的应用而进入了“机械化”时代；20世纪的今天，由于微电子技术而进入了“自动化”时代。CIMS是利用计算机和信息技术把全部生产过程从经营决策、生产管理到设计、工艺、计划、制造、装配、检验、发货等过程综合和协调为一体的闭环系统，目的是充分、有效地利用企业的全部资源，对市场需求作出迅速反应，使生产经营过程具有优化、柔性化和适时化的特征。

我国高技术研究发展计划纲要提出，从1987年开始以生物、航天、自动化技术等七个领域十几个项目作为研究发展目标。在自动化技术中，计算机综合自动化制造系统和智能机器人为高技术发展的两个前沿项目。美国把CIMS看作今后六大科技方向之一，是下一个十年的一个战略目标。苏联政府把研究和开发CIMS与开发宇宙相提并论。世界上的一些著名公司，如美国通用汽车公司和日本发那科公司均投入大量资金，研究并采用CIMS。

柔性装配系统(FAS)是CIMS的一个重要环节。本书为英国政府拨款30万美元集中了一批科技人员，用了8年时间研究一个先进的FAS的所得。本书所述的FAS包括：原材料购入、零部件购入、装配、库存、发货。在一个FAS内，应该能装配一定几何形状，一定功率和功能的产品，根据需

要，可以加进或删减一些具体装配环节。本书所设计的FAS，有工作人员250人，占地约5600m²，能制造重量小于15kg、体积小于0.03m³的电气—电子—机械部件，年产量为20~30万套。象本书这样对柔性装配系统进行详尽的分析和计算的书籍至今尚未见到。本书内容新颖，资料丰富，数据具体，对我国制造工业的科研人员、高等院校师生、工厂技术人员及经济管理部门来说，是一本难得的参考书。希望本书的翻译出版，能给我国的现代化建设增砖添瓦。

译者于北京密云

1987年6月

序

最近几年来，从各种有关柔性制造系统（FMS）的国际会议论题可清楚地看出，计算机控制和综合的“未来工厂”被看作商业上可行、技术上做得成的目标。

至今，人们的主要注意力一直集中在柔性加工系统的设计、开发和评价上。现在，在越来越多的工业实例的支持下，反应灵敏的计算机综合柔性加工系统的一般原理、技术要求和成本效益等正在迅速地变为成熟的知识。

当然，在开发模块化计算机硬件和软件方面，以及在编程系统的成本效益发展领域内，在工件搬运和质量控制等方面，还有许多工作要做。可以确信，在未来的十年内，还会继续发展。

无论如何，现在，国际上的注意力正在日益转向装配过程的柔性计算机控制，它是逐渐发展的工厂自动化的下一个必然步骤。正是在这里，在非常早的阶段，欧文已经非常勇敢地开始以他独特的广泛风格去占领未来的柔性装配系统领域。

本书的结构大量依靠英国机器人系统公司进行的广泛的FAS研究，这些研究提供了有用的情况调研报告。本书无疑是此领域、此类书的第一本。它在鉴别、定义和定量说明未来FAS的各方面、各组成部分和作出各种推断、结论等方面，作了有益的尝试。

本书是颇有启发性的，而且写得明白，能使非技术人员

看懂作者的观点。我相信，FAS的发展迅速，过不了几年关于这个重要课题的文章会有很多，然而，作者现在在FAS出现的初期就将这个重要领域写出来，其创造力和勇敢值得称赞。

英国克朗菲尔德 (Cranfield) 技术研究
所机器人和自动化组
开斯·拉斯米尔 (Keith Rathmill)

前 言

本书的主题是柔性装配系统。在这里，FAS是作为制造业内自动化系统中的一个完整的和独立于其它自动化形式的实体来讨论和评价的。为了保持继承性，本书根据英国政府资助的一项关于先进的柔性装配系统实现的可行性研究报告编写而成，但又限于这项研究的内容。

本书的目的在于把可行性研究发现的成果用大众化的形式来传播，这样，这些成果就可以应用到许多与装配有关的生产活动中去。本书还以现实世界的研究为背景，提出现代化的论据，根据实践并以明确无误的术语定义柔性装配系统和柔性制造系统。此外，本书还提出了一定数量的基本原理，它们是柔性装配系统的基础。

本书以合乎逻辑的和系统的方法，引导读者了解本书主题。因此，第1章和第2章讨论定义在FAS中要执行的任务，并建立它们要在其中运行的结构，还考虑对于商业部门的关系。第3章考察了作为全自动化系统中先决条件的计算机控制的物料传送。第4章讨论零件的提供设备、固定和成形技术以及工位设计。第5章的内容为适于自动装配的产品设计，第6章和第7章论述人力、机器人及它们各自的利益和问题。第8章讨论机器人感觉和人工智能。第9章用定量方法进行失效分析，包括如何确定人员配备以及人力对于FAS运行效率的关系。最后一章深入分析FAS的经济学，解剖一个麻雀，预测FAS为未来工厂的先驱。

目 录

译序

序

前言

第1章 导论 1

第2章 系统的特性 7

2.1 任务的确定 7

2.2 结构 10

2.3 商务部门 19

第3章 物料管理 24

3.1 预测 24

3.2 货物内部质量检测 25

3.3 库存管理 29

3.4 Pareto分析 34

3.5 消耗性材料 35

3.6 存货管理 37

3.7 计算机管理仓库 38

第4章 工作中心 53

4.1 零件的提供和定向 56

4.2 装配工作 62

4.3 零件的变更性 64

4.4 固定和组成技术 66

4.5 工位定义 71

4.6 工位设计 77

4.7 工位结构 98

4.8	工区结构设计	101
4.9	工区的计算机控制	104
4.10	工区和工位的成本费	109
第5章	产品	111
5.1	缠结和其它问题	114
5.2	产品分析	119
第6章	人	128
6.1	人和机器人	132
6.2	失业, 调换工作和就业	138
第7章	机器人	141
7.1	机器人统计数	147
7.2	机器人法则和制度	154
7.3	手爪	158
7.4	机器人和手爪的经济分析	163
7.5	机器人安全性	179
第8章	机器感觉	190
8.1	触觉	190
8.2	嗅觉	197
8.3	视觉	198
8.4	声觉	209
8.5	人工智能	214
第9章	失效分析	217
9.1	定义	217
9.2	数学原理	220
9.3	多余度	222
9.4	维修问题	223
9.5	失效类型	224
9.6	人员配备	227
9.7	一个FAS系统的分析	229

9.8 Weibull或然率绘图纸的应用	239
第10章 FAS的经济分析	241
10.1 生产力指数	246
10.2 替换系统的经济分析	249
10.3 推荐的FAS的经济估算方法	258
第11章 未来的FAS	263
第12章 结论	273
参考文献	277

第1章 导 论

1980年，英国政府拨款进行柔性装配系统（FAS）的可行性研究。此研究工作由伦敦的ERSL（英国机器人系统公司）承担，经过8年，完成了此项任务，并出版了一部15卷的内部发行研究报告。

该可行性研究的目的是分析一个先进的柔性装配系统的参数和生存性，此柔性装配系统应该可以装配由大致的功能描述所规定的产品，它还必须采用最新的装配技术和设计思想。

按上述建议设计的装置的生产率应该比同样规模的普通设备高3倍以上。遗憾的是，花了30万美元进行可行性研究后，尚未直接产生一个新工厂。主要原因是近来通货膨胀、市场萧条以及英国的社会—经济状态不景气。

有一件事情很重要，那就是把FAS和柔性制造系统（FMS）区别开来。关于后者，制造业已出版了不少书，发表了许多文章、报告和预测。FMS是1960年由梯奥·威廉森（Theo Williamson）以24系统首创的。由于种种原因，特别是由于缺少价格合理、兼容的计算机系统，当时FMS夭折了。今日，FMS已成为活生生的现实，它代表一种必然的进步，从过去的传统车间，经过数字控制（NC）和直接数字控制（DNC）加工中心，必然发展为FMS。现在，全世界已有大约100至125个FMS，它们有的已在正常运行，有的即将交付使用⁽¹⁾。

在适当条件下，FMS可用于加工车间中，也可用于成批

生产中,它们可以加工单件,也可加工批量为几千个的零件,在两种情况下,都可获得相同的比传统加工方法高的效率。图1表示用传统的加工系统时能获得的生产率是很低的,因为非生产性活动浪费了大量时间,例如工序间的存放、刀具调整等等。而且,这类老方法所需要的生产准备时间是很长的。

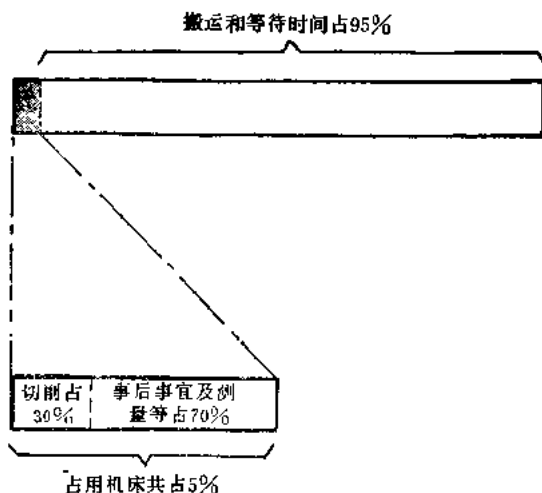


图1 产品的生产通过时间主要消耗在搬运和等待工作的非生产时间。在普通机械加工行业内,这是非常普遍的。如图1所示,生产通过时间内仅1.5%的时间用于增加产品价值。

FMS最主要的用途是切除金属使零件成型。因此,它在加工进给速度和切削速度、刀具寿命和自动监控、切屑去除和切屑分离、贵金属和油的回收等方面的特性具有显著的重要性。

而FAS的功能则是把零件和材料处理成产品。这里,重点在于为了获得高装配速度而要求零件有一致性,要求对零件功能作自动检测以及对消费材料进行回收。除非在有些装

配过程中,材料的成形加工是整个装配过程中必不可少的一部分,在一般情况下,装配过程不包括材料的成形。

实际上,FMS和FAS这两类系统互相交叉并采用相同的设计思想和技术。两者都是预期的90年代计算机自动化工厂(CAF)的组成部分和先驱。在这种自动化工厂里,原材料进入设备,该设备把材料变成特定产品中的零件,这些产品就是CAF按定货单制造的产品。FAS和FMS都采用系统组成部件以数量表示的设计思想,从而获得稳定的质量、可预测的产量以及系统最大的工作能力。此外,两者都应用机器人、遥控传送系统和计算机管理仓库系统。

FMS和FAS两者之间的根本区别在于:

(i) FMS是一种计算机控制的自动加工系统,它把原材料转变成具有所要求的几何形状的零件。

(ii) FAS是一种计算机控制的自动装配系统,它把原材料和购入的零件转变成具有所需功能的产品。

20世纪末期的制造业必须具有动态特性才能适应市场对产品需求的变化。制造业的主要活动是装配。一个典型产品,其装配作业时间占生产时间的53%,而装配劳动力占总劳动力的22%。

除非是垄断企业,一家工厂对于产品的需求总随着用户的多变性、竞争者(不一定是质量上的竞争者)数量的变化、代用品的供应情况以及特殊物品的质量起落情况而变化。假如企业要求得以生存,就必须使它的生产过程能变化以适应一系列产品的生产,这样,制造出来的具体产品就能符合所要产品的具体要求。

因此,一个生产系统是柔性的话,一般说来应能全面控制制造过程,特别是其中的装配工序。这样才能在提高生产

率方面挖掘更大的潜力，从而给公司带来财政上的收益。

传统的装配思想总是着眼于由工艺需要而组合在一起的各个加工过程和机床（不要和成组技术混淆）上，而不切实考虑产品通过的快速性。把加工过程和机床重新组织成生产单元，意味着可辨识的加工和通信的逻辑设计是明显的和明确的。

假如一个加工过程是已知的和确定的，管理部门就可定量地计算其效率、判断出故障存在的区域，并解决或尽量减小问题的影响。这与通常的制造区和装配区有极大的区别，通常在制造区和装配区内能处理来到这里的“一切”问题。这就使系统不能获得其平衡节奏，也不能准确地安排计划和预测其生产率。

本书提倡的原理是FAS原理，由于它有柔性，所以能在该装配系统允许的功能、功率和几何形状许可的范围内处理任何产品。由于“产品”是确定的，所以可把系统设计得使工件在车间内通过时不浪费“工序间”的停留时间，而有效地加速生产过程。因为我们讨论的是一个确定的封闭系统，所以该系统应是在这种程度上可控制的，即其内部部件和边界范围为已知和明确的。

FAS超过硬性自动化的主要优点在于，它的构成可以根据需要而改变，可以加入或去掉一些具体装配环节，从而其流通量可达到最大。FAS的规模是产品参量的函数。若将现有的不固定产品按族分类，则可以计算出满足具体产品组需要的FAS的子系统或主系统的复杂性或可能的相互间联系。

任何自动化系统，其获得成功最重要的因素是正确的部件应在适当的时候出现在适当的地方。产品的多变性意味着库存系统必须能根据需求的变化作出迅速的反应。而且，因

为库存的成本很高，所以尽量增大库存密度以尽量降低库存成本，这一点是十分重要的。高密度库存和快速递送所要求的零件，这两点需要，导致了计算机自动化仓库的出现，这里计算机只是用来识别、储存和回收全部物料。在这种系统里，人的参与会引起混乱，所以人只限于进行监督。

用户购货时总是根据价格和质量来作出决策。不管价格如何，产品质量必须始终如一，因为质量不稳定会造成废品、产品成本昂贵以及一连串的用户问题。这里讨论的不是质量的高或低（因为质量的高低受主观影响很大，而且决定于成本），而是制造的方法。采用此方法获得的产品能达到一定的质量水平，此质量水平与产品的生产过程和预算的生产成本相适应。

质量取决于购入材料的质量和零件的质量，并取决于装配过程。对上述两者都可用标准检查技术来检查。外购材料和零件进货时即应该用适当的质量管理技术来进行检查。务必记住，物品的“真实价值”对公司来说可能与其价格大不一样。与质量管理直接有关的是库存管理。应该有各种贵重零件的正确进库顺序过程的准则和出库顺序的准则。

如果要使产品的装配效率高，就必须把产品安排在一个能获得高生产率的条件下。这就是说，各种零件和部件必须能在正确的位置、正确的时刻、按正确的空间姿态和正确的取向送到装配工位上。所以必须妥善设计装配工位，使工件能容易并正确地进入装配工具的操作范围内。假如有人参与装配，则工作区域应以人伸手能达到为界限，并需考虑到人手的灵活性。采用机器人或装配机就意味着工位的安排是固定的和定型的。有些模块化设计使工位既适用于机器人，又适用于人，则显然此设计须使此种工位更倾向于满足人的工

作要求和能力。

影响自动装配系统效率的主要因素是产品本身的设计。自动装配的设计意味着产品的安排须使其在装配时不会碰撞部件或装配工具。必须不惜工本地避免装配的不定性。这一点通常是通过采用几何多余度来达到的，这样不管零件如何递送，零件或者具有装配的唯一方式，或者可以无损伤地进行装配。

应该避免用人作为生产元素，因为这样将把可变性、不一致性和不定量因素引入一切生产过程。用到人的地方，必须是要求人类自然智能的地方，也就是说，在管理、检查和设计环节要用人力。

从法律和社会道德的观点出发，都要求把人从令人厌烦的、退化的或不利于人的福利的工作中解放出来。任何人在专为人力操作设计的工位上工作，都会比在代替人工作的工位上工作效率高。其明显的结果是该公司的人均产值增加。某些人员配置在自动系统中，特别是配置在综合的机器人系统中，能导致产生心理—社会学问题，这些问题是人类和机器一起工作的伦理学上的差别的直接产物。

不管发展的装配系统的形式如何，它必须与数量估算相适应。数量估算的内容有技术产量、工作时间、停机时间、故障原因以及一些经济指标，如盈亏平衡点、回收周期、不变成本及可变成本等。在估算运行效率时，必须从总系统的角度来考虑系统内的每一个部件，这就是说，应该确切知道薄弱环节和不完善区域，以便研究解决。