



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLISHING FUND PROJECT

“十三五”国家重点图书出版规划项目

排序与调度丛书

工艺规划与 车间调度的智能算法

高亮 李新宇 文龙 著
张洁 潘全科 审



清华大学出版社



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十三五”国家重点图书出版规划项目

排序与调度丛书

工艺规划与 车间调度的智能算法

高亮 李新宇 文龙 著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

工艺规划与车间调度是排序与调度领域的关键问题之一,有着广泛的工程应用背景。然而,该问题为典型的 NP-难问题,求解难度大。智能算法以其高效的优化性能,是近年发展起来的前沿研究热点,在工艺规划与车间调度等问题上有着广泛的应用。本书主要讨论了遗传算法、遗传规划、蜜蜂交配优化算法、Memetic 算法、和声搜索算法、布谷鸟算法、类电磁机制算法、人工蜂群算法、入侵性杂草优化算法、粒子群优化算法、基因表达式编程算法、遗传变邻域搜索算法等智能算法在工艺规划、装配序列规划、车间调度、集成式工艺规划与车间调度等问题上的应用研究成果。

本书理论联系实际,案例丰富,为广大研究人员采用智能算法解决工艺规划与车间调度问题提供了有效的技术手段。本书可供机械工程、管理科学与工程、工业工程、控制理论与控制工程等相关学科的教师、学生或研究人员参考使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

工艺规划与车间调度的智能算法/高亮,李新宇,文龙著. —北京:清华大学出版社,2019
(排序与调度丛书)
ISBN 978-7-302-51964-5

I. ①工… II. ①高… ②李… ③文… III. ①机械制造工艺—算法理论 ②车间调度—算法理论 IV. ①TH16 ②F406.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 300382 号

责任编辑:汪 操
封面设计:常雪影
责任校对:刘玉霞
责任印制:丛怀宇

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>
地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084
社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544
投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市龙大印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:170mm×240mm 印 张:19.5

字 数:350千字

版 次:2019年7月第1版

印 次:2019年7月第1次印刷

定 价:99.00元

产品编号:077747-01

《排序与调度丛书》编辑委员会

(2019年5月)

主 编

唐国春(上海第二工业大学)

副 主 编

万国华(上海交通大学)

沈吟东(华中科技大学)

吴贤毅(华东师范大学)

顾 问(按姓氏拼音排序,中英文分开排序)

韩继业(中国科学院数学与系统科学研究院)

林诒勳(郑州大学)

秦裕瑗(武汉科技大学)

涂莽生(南开大学)

越民义(中国科学院数学与系统科学研究院)

T. C. Edwin Cheng(郑大昭)(香港理工大学)

Nicholas G. Hall(俄亥俄州立大学)

Chung-Yee Lee(李忠义)(香港科技大学)

Michael Pinedo(纽约大学)

编 委(按姓氏拼音排序)

车阿大(西北工业大学)

陈志龙(马里兰大学)

高亮(华中科技大学)

黄四民(清华大学)

李荣珩(湖南师范大学)

刘朝晖(华东理工大学)

谈之奕(浙江大学)

唐立新(东北大学)

王冰(上海大学)

王军强(西北工业大学)

张峰(上海第二工业大学)

张玉忠(曲阜师范大学)

周支立(西安交通大学)

丛书序言

我知道排序问题是从 20 世纪 50 年代出版的一本书名为 *Operations Research* (可能是 1957 年出版) 的书开始的。书中讲到了 Johnson 的同顺序两台机器的排序问题并给出了解法。Johnson 的这一结果给了我深刻的印象。第一, 这个问题是从实际生活中来的。第二, 这个问题有一定的难度, Johnson 给出了完整的解答。第三, 这个问题显然包含着许多可能的推广, 因此蕴含了广阔的前景。在 1960 年左右, 我在《英国运筹学(季刊)》(当时这是一份带有科普性质的刊物) 上看到一篇文章, 内容谈到三台机器的排序问题, 但只涉及四个工件如何排序。这篇文章虽然很简单, 但从中我也受到一些启发。我写了一篇讲稿, 在中国科学院数学与系统科学研究所里做了一次通俗报告。之后我就到安徽参加“四清”工作。不意所里将这份报告打印出来并寄了几份给我。我寄了一份给华罗庚教授。他对这方面的研究表现出很大的支持。这是 20 世纪 60 年代前期的事, 接下来便开始了文化大革命, 倏忽十年。20 世纪 70 年代初我从“五七”干校回京, 发现国外在排序问题方面已做了不少工作, 并曾在 1966 年开了一次国际排序问题会议, 出版了一本论文集 *Theory of Scheduling*。我与韩继业教授一道共同做了一些工作, 也算得上是排序问题在我国的一个开始。想不到在秦裕瑗、林诒勋、唐国春以及许多教授的努力下, 随着国际的潮流, 排序问题的理论和应用在我国得到了如此蓬勃的发展, 真是可喜可贺!

众所周知, 在计算机如此普及的今天, 一门数学分支的发展必须与生产实际相结合, 才称得上走上健康的道路。一种复杂的工具从设计到生产, 一项巨大复杂的工程从开始施工到完工后的处理, 无不牵扯到排序问题。因此, 我认为排序理论的发展是没有止境的。我很少看小说, 但近来我对一本名叫《约翰·克里斯托夫》的作品很感兴趣。这是罗曼·罗兰写的一本名著, 实际上它是以贝多芬为背景的一本传记体小说。这里面提到贝多芬的祖父和父亲都是宫廷乐队指挥, 当他的父亲发现他在音乐方面是个天才的时候, 便想将他培养成一个优秀的钢琴师, 让他到各处去表演, 可以名利双收, 所以强迫他勤学苦练。但贝多芬非常反感, 他认为这样的作品显示不出人的气质。由于贝多芬的如此感受, 他才能谱出如《英雄交响乐》《第九交响乐》等深具人性的伟大诗篇(乐章)。

我想数学也是一样。只有在人类生产中体现它的威力的时候,才能显示出数学这门学科的光辉,也才能显示出我们作为一个数学家的骄傲。

任何一门学科,尤其是一门与生产实际有密切联系的学科,在其发展初期,那些引发它成长的问题必然是相互分离的,甚至是互不相干的。但只要它继续向前发展,一些问题便会综合趋于统一,处理问题的方法也会发展壮大、深入细致,所谓根深叶茂、蔚然成林。我们的这套丛书现在有数册正在撰写之中,主题纷呈,蔚为壮观。相信在不久以后会有不少新的著作出现,使我们的学科呈现一片欣欣向荣、繁花似锦的局面,则是鄙人所厚望于诸君者矣。

越民义

中国科学院数学与系统科学研究院

2019年4月

前 言

2015年,国家开始实施《中国制造2025》以全面提升中国制造业的发展水平。智能制造是主攻方向,而制造过程的智能化是实现智能制造的核心技术之一。制造过程的智能工艺规划与车间调度技术对于优化企业生产流程、提高效率、降低成本等具有重要意义,是实现制造过程智能化的关键。在实际生产中,工艺规划与车间调度问题呈现出规模大、目标多、约束复杂、不可导及解空间复杂等特性,导致数学精确方法难以求解。近年来,智能算法在上述问题中表现出了高效的求解性能,是智能制造领域学术界和工业界备受关注的前沿研究热点。

本书在作者团队多年研究、教学和工程实践的基础上,结合生产实际需求,首先对柔性工艺规划、装配序列规划、车间调度等问题进行了系统阐述和分类,在已有智能算法研究成果的基础上,总结了面向工艺规划与车间调度问题的遗传算法、遗传规划、蜜蜂交配优化算法、Memetic算法、和声搜索算法、布谷鸟算法、类电磁机制算法、人工蜂群算法、入侵性杂草优化算法、粒子群优化算法、基因表达式编程算法与遗传变邻域搜索算法等智能算法。以作者近年来在上述问题及方法的研究成果为主,系统地阐述了工艺规划与车间调度问题的智能算法的设计思路与过程,为广大研究人员采用智能算法解决实际工程问题提供了有效的技术手段与参考。

全书共包含13章:第1章绪论;第2章遗传算法及其在柔性工艺规划中的应用;第3章遗传规划及其在柔性工艺规划中的应用;第4章蜜蜂交配优化算法及其在柔性工艺规划中的应用;第5章Memetic算法及其在装配序列规划中的应用;第6章和声搜索算法及其在装配序列规划中的应用;第7章布谷鸟算法及其在流水车间调度中的应用;第8章类电磁机制算法及其在流水车间调度中的应用;第9章人工蜂群算法及其在批量流流水车间调度中的应用;第10章入侵性杂草算法及其在批量流流水车间调度中的应用;第11章粒子群优化算法及其在柔性作业车间调度中的应用;第12章基因表达式编程及其在车间动态调度中的应用和第13章遗传变邻域搜索算法及其在IPPS中的应用。

本书所涉及的研究成果得到了作者主持或参与的国家杰出青年科学基金

项目(51825502)、国家自然科学基金重点项目(51435009)、国家自然科学基金项目(51375004、51421062、60973086、51005088、50305008、51775216)、国家科技支撑计划(2015BAF01B04)、新世纪优秀人才支持计划(NCET-08-0232)和国家“863”计划(2006AA04Z131)等项目的资助。本书部分内容引用了国内外同行专家的研究成果,在此表示诚挚的谢意。感谢《排序与调度丛书》编委会专家在本书撰写中所提出的宝贵意见,感谢张洁、潘全科在本书审稿中所做出的细致严谨的工作,感谢清华大学出版社编辑汪操在本书出版中所付出的辛勤劳动,感谢华中科技大学机械科学与工程学院、数字制造装备与技术国家重点实验室各位同仁的大力支持。此外,华中科技大学机械科学与工程学院的聂黎、桑红燕、文笑雨、张春江、卢超、曾冰、石杨、黄继达、万亮、钱卫荣等研究生也参与了相关研究工作,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,加之时间仓促,本书难免存在疏漏甚至错误之处,许多内容有待完善和深入研究,敬请广大读者批评指正。

作者

华中科技大学

2018年11月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 工艺规划与车间调度问题	1
1.1.1 工艺规划	1
1.1.2 装配序列规划	2
1.1.3 车间调度	3
1.2 优化算法	5
1.2.1 精确方法	5
1.2.2 近似方法	6
1.3 本书主要内容	11
参考文献	13

第一部分 工艺规划的智能算法

第 2 章 遗传算法及其在柔性工艺规划中的应用	17
2.1 遗传算法基本原理	17
2.1.1 遗传算法	17
2.1.2 遗传算法基本框架	17
2.2 基于遗传算法的柔性工艺规划方法	18
2.2.1 柔性工艺规划问题描述	19
2.2.2 遗传算法求解柔性工艺规划问题	23
2.2.3 实验结果与分析	34
2.3 本章小结	38
参考文献	39
第 3 章 遗传规划及其在柔性工艺规划中的应用	40
3.1 遗传规划的基本原理	40
3.1.1 遗传规划	40
3.1.2 遗传规划符号及算子	42
3.1.3 遗传规划基本框架	43

3.2	基于遗传规划的柔性工艺规划方法	44
3.2.1	基于遗传规划的柔性工艺规划算法	44
3.2.2	实验结果与分析	48
3.3	本章小结	54
	参考文献	54
第4章	蜜蜂交配优化算法及其在柔性工艺规划中的应用	57
4.1	蜜蜂交配优化算法基本原理	57
4.2	基于HBMO算法的柔性工艺规划方法	58
4.2.1	柔性工艺规划问题	58
4.2.2	编码和解码	61
4.2.3	蜂群初始化	63
4.2.4	幼蜂生成阶段	63
4.2.5	工蜂培育幼蜂阶段	65
4.2.6	HBMO算法求解柔性工艺规划问题的流程	66
4.2.7	算例分析	68
4.3	本章小结	74
	参考文献	75
第5章	Memetic算法及其在装配序列规划中的应用	77
5.1	Memetic算法的基本原理	77
5.1.1	Memetic算法的提出	77
5.1.2	Memetic算法的基本概念	77
5.2	基于Memetic算法的装配序列规划方法	79
5.2.1	装配序列规划	79
5.2.2	基于Memetic算法的装配序列规划算法设计	80
5.2.3	实例计算与分析	86
5.3	本章小结	89
	参考文献	90
第6章	和声搜索算法及其在装配序列规划中的应用	91
6.1	和声搜索算法的基本原理	91
6.1.1	和声搜索算法的提出	91
6.1.2	和声搜索算法的应用	94
6.1.3	和声搜索算法的改进	95
6.2	基于和声搜索算法的线性加权装配序列规划方法	97
6.2.1	和声的编码	97

6.2.2	基于 LPV 规则的装配序列转化	98
6.2.3	算法的改进	99
6.2.4	算法的求解步骤	100
6.2.5	实例验证和分析	102
6.3	基于和声搜索算法的多目标装配序列规划方法	110
6.3.1	IMOHS 算法求解步骤	110
6.3.2	实例验证和分析	110
6.4	本章小结	115
	参考文献	116
第二部分 车间调度的智能算法		
第 7 章	布谷鸟算法及其在流水车间调度中的应用	121
7.1	布谷鸟算法的基本原理	121
7.1.1	布谷鸟算法	121
7.1.2	Lévy 飞行	122
7.1.3	布谷鸟算法的基本理论框架	124
7.2	改进的布谷鸟算法	125
7.2.1	教学优化算法	125
7.2.2	基于教学优化机制的改进布谷鸟算法	126
7.3	基于 TLCS 的流水车间调度方法	127
7.3.1	置换流水车间调度问题	127
7.3.2	随机键的引入	128
7.3.3	求解 PFSP 的 TLCS 算法流程	129
7.3.4	算例分析	130
7.4	本章小结	133
	参考文献	133
第 8 章	类电磁机制算法及其在流水车间调度中的应用	136
8.1	类电磁机制算法的基本原理	136
8.1.1	类电磁机制算法	136
8.1.2	类电磁机制算法的步骤	137
8.2	基于离散 EM 算法的分布式置换流水车间调度方法	139
8.2.1	分布式置换流水车间调度问题	139
8.2.2	基于 path-relinking 的离散 EM 算法	140
8.2.3	实例验证	146

8.3	本章小结	151
	参考文献	151
第9章	人工蜂群算法及其在批量流流水车间调度中的应用	153
9.1	人工蜂群算法的基本原理	153
9.1.1	人工蜂群算法的基本理论	153
9.1.2	离散人工蜂群算法	154
9.1.3	DABC 算法流程	161
9.2	基于 ABC 的零空闲等量分批批量流流水车间调度方法	163
9.2.1	基于 ABC 的批次内零空闲等量分批批量流流水 车间调度方法	163
9.2.2	基于 ABC 的机器零空闲等量分批批量流流水车间 调度方法	168
9.3	基于 ABC 的零等待等量分批批量流流水车间调度方法	172
9.3.1	零等待 ELFSP 问题描述与数学模型	172
9.3.2	离散人工蜂群算法求解 $m/N/E/NI/DV/TF/$ $no-wait$	174
9.3.3	试验设计与分析	175
9.4	基于 ABC 的序列相关准备时间的等量分批批量流流水 车间调度方法	176
9.4.1	序列相关准备时间的 ELFSP 描述与数学模型	176
9.4.2	离散人工蜂群算法求解 $m/N/E/II/DV/TF/SDST$	179
9.5	本章小结	184
	参考文献	185
第10章	入侵性杂草算法及其在批量流流水车间调度中的应用	188
10.1	入侵性杂草算法的基本原理	188
10.1.1	入侵性杂草算法的基本理论	188
10.1.2	离散入侵性杂草优化算法设计	190
10.2	基于 IWO 的零空闲等量分批批量流流水车间调度方法	201
10.2.1	基于 IWO 的批次内零空闲等量分批批量流流水 车间调度方法	201
10.2.2	基于 IWO 的机器零空闲等量分批批量流流水车间 调度方法	205
10.3	基于 IWO 的零等待等量分批批量流流水车间调度方法	207
10.3.1	DIWO 的设计	207

10.3.2	试验设计与分析	210
10.4	基于 IWO 的序列相关准备时间的等量分批批量流流水车间调度方法	211
10.4.1	DIWO 的设计	211
10.4.2	试验设计与分析	212
10.5	基于 IWO 的批量流流水车间集成调度方法	213
10.5.1	问题描述	213
10.5.2	数学模型	216
10.5.3	改进 DIWO 求解批量流流水车间集成调度问题	218
10.6	本章小结	227
	参考文献	227
第 11 章	粒子群优化算法及其在柔性作业车间调度中的应用	230
11.1	广义粒子群优化算法与元胞粒子群优化算法	230
11.1.1	广义粒子群优化算法	230
11.1.2	元胞粒子群优化算法	233
11.2	基于 CPSO 的柔性作业车间调度方法	241
11.2.1	粒子的编码	241
11.2.2	粒子速度和位置的更新操作	241
11.2.3	粒子的邻域结构与局部搜索	242
11.2.4	CPSO 算法求解 FJSP 的流程	243
11.2.5	实验结果分析	243
11.3	本章小结	244
	参考文献	245
第 12 章	基因表达式编程及其在车间动态调度中的应用	247
12.1	基因表达式编程的基本原理	247
12.1.1	基因表达式编程	247
12.1.2	GEP 与 GA, GP 的关系	248
12.1.3	GEP 的基本流程	249
12.1.4	GEP 环境	250
12.1.5	染色体的结构	250
12.1.6	遗传操作	254
12.2	基于 GEP 的车间动态调度框架	254
12.2.1	编码方式	255

12.2.2 适应度函数	257
12.3 基于 GEP 的柔性作业车间动态调度方法研究	258
12.3.1 柔性作业车间动态调度问题描述	258
12.3.2 编码与解码方式	259
12.3.3 遗传操作	261
12.3.4 实验结果与分析	266
12.3 本章小结	272
参考文献	272
第三部分 集成式工艺规划与车间调度的智能算法	
第 13 章 遗传变邻域搜索算法及其在 IPPS 中的应用	277
13.1 变邻域搜索算法的基本原理	277
13.2 基于 GAVNS 的 IPPS 方法	280
13.2.1 混合 GAVNS 算法流程设计	280
13.2.2 混合 GAVNS 算法求解 IPPS 问题	282
13.2.3 实验结果与分析	285
13.3 本章小结	288
参考文献	288
索引	289
附录 A 英汉排序与调度词汇	291

第1章 绪 论

数字化制造是制造技术、计算机技术、网络技术与管理科学的交叉、融合、发展和应用的结果。数字化快速工艺准备是数字化制造的关键技术之一。工艺规划是数字化快速工艺准备的核心内容之一,为迅速组织产品的生产和提高制造业的快速响应能力提供了相应的理论与技术基础。同时,在制造成本中,装配成本占很大的比重。据不完全统计,装配成本占产品制造总成本的40%,装配所用时间占产品制造总时间的20%~70%。

随着全球市场竞争的日益激烈,客户需求也越来越多样化,“多品种小批量”的生产方式已成为大量制造企业的主要生产模式。在该模式下,必须同步提升制造车间的生产管理水平。车间调度是生产管理的一个重要环节,高效的车间调度优化技术对提高生产效率、缩短生产周期、提高市场响应速度、降低生产成本具有重要的意义。

可见,对工艺规划、装配序列规划以及车间调度的优化技术进行研究是十分必要的。

1.1 工艺规划与车间调度问题

1.1.1 工艺规划

工艺规划是优化配置工艺资源、合理编排工艺流程的一门技术。它是生产准备工作的第一步,也是连接产品设计与产品制造的桥梁(许焕敏等,2008)。以文件形式确定下来的工艺规程是工装制造和零件加工的主要依据。工艺规划是数字化快速工艺准备的关键性工作,对组织生产、保证产品质量、提高生产率、降低成本、缩短生产周期及改善劳动条件等都有直接的影响。工艺规划决定了产品的加工方法,是生产准备中最重要的任务之一,也是一切生产活动的基础。工业界和学术界都对工艺规划做了许多研究工作。

工艺规划的定义有很多种,总结如下(许焕敏等,2008):

(1) 工艺规划是产品设计与制造的桥梁,将产品设计数据转化为制造信息(Mahmood,1998)。换言之,工艺规划是连接设计功能与制造功能的一个重要

活动,其指定产品零部件的加工策略与步骤。

(2) 工艺规划是一个包含许多任务的复杂过程,这个过程要求工艺设计人员具有较深厚的产品设计与制造的知识(Ramesh,2002)。这些任务包括零件编码、特征识别、加工方法与特征之间的映射、内外排序、装夹规划、中间件建模、加工设备工具及相应参数选择、过程优化、成本评估、公差分析、检测计划、路径规划、数控程序等。

(3) 工艺规划是制定将原材料转化成最终零件的详细操作的活动,或为零件加工与装配的过程准备详细文档的活动(Chang et al.,1985)。

(4) 工艺规划系统地确定了详细的制造过程,在可用资源及其能力范围内满足设计规格的要求(Deb et al.,2006)。

上述定义从不同的工程技术角度,对工艺规划进行了描述。这些定义可以总结为:工艺规划是连接产品设计与制造的桥梁,是在车间或工厂制造资源的限制下,将制造工艺知识与具体设计相结合准备其具体操作说明的活动。传统上,工艺规划由人工基于经验来完成,导致了如下问题:①经验丰富人员的短缺;②指定工艺路线的低效率;③工艺人员经验与判断的差异而造成的工艺路线的不一致性;④对实际制造环境的动态变化反应不及时等。

工艺路线的优化是工艺规划的核心问题。经过证明,该问题是 NP-难问题,仅仅利用传统的梯度下降法、图论法和仿真方法等很难实现工艺路线的优化。为了更好地解决该问题,国内外大量学者采用智能算法来研究和求解该问题,主要包括遗传算法、禁忌搜索、模拟退火等方法。

1.1.2 装配序列规划

装配是产品全生命周期的重要组成部分,是实现产品功能的最后一个操作。通常,产品功能无法通过单独的零件来实现,而是需要通过将一些零件按照一定的关系组合在一起,成为一个统一的整体来实现产品的功能,且产品的性能很大程度上取决于产品的装配质量。产品装配序列是影响产品装配成本和装配质量的关键因素之一。一旦产品的装配序列确定下来,产品的装配线布置完毕后,如果产品的装配序列需要改变,那么产品的装配线也需要进行相应的调整,这会导致成本的大大增加;并且,当产品比较复杂时,产品可行装配序列的数量与产品零部件的数量呈指数增长关系,所以复杂产品的装配序列规划存在组合爆炸问题(Wang et al.,2009)。

传统上,工程师需要花大量的时间来确定产品的最终装配序列,但所得的最终装配序列不一定是可行的或最优的。因此,装配序列规划在产品制造过程中占有很重要的地位。装配序列规划是基于装配体中各个零部件之间的几何

和工程约束信息,求得一个满足这些约束要求的最优装配序列。装配序列规划是一个典型的组合优化问题,其实质是在多种几何约束条件和工艺约束条件的制约下求得性能优良的装配序列的过程。

一般优化方法难以求解复杂产品的最优装配序列。20世纪末以来,计算机技术的快速发展为软计算方法奠定了坚实的硬件基础,广大研究者开始将智能算法应用到装配序列规划领域,如遗传算法(Lizzerini et al., 2000)、文化基因算法(Gao et al., 2010)、蚁群算法(Su et al., 2013)等,并取得了很多的研究成果。

1.1.3 车间调度

车间调度问题通常定义如下:在一定的约束条件下,把有限的资源在时间上按照一定的顺序分配给若干个任务,以满足或优化一个或多个性能指标(高亮等, 2012)。由此可见,车间调度的目的不仅是要对任务排序,还要获得各个任务的开始和结束时间。通常假设每个任务都按照其最早开工时间开始加工,那么任务的一个排序就可以确定一个调度方案。

经典的车间调度问题可表示为: n 个工件在 m 台机器上加工,一个工件可以有多个加工工序,每道工序可在一台或若干台机器上加工,但须按照可行的工艺路线进行加工。车间调度问题的基本要素主要有3种:

(1) 工件和机器信息。调度所涉及的工件和机器的基本信息,如工件的数量、工件的释放时间、工件中各种工序的加工时间、机器的数量、机器和工件的交货期等。

(2) 约束条件。在各类调度中应满足的限制,如加工不可中断约束、机器适配约束、工件加工路径约束等工艺约束以及原料和机器约束等资源约束。

(3) 调度性能指标。调度问题中的优化目标,如最小化最大完工时间、最小化总延误、最小化能源消耗和最大化瓶颈机器利用率等。

车间调度问题的分类方法有很多。根据工件和机器构成不同,车间调度问题可分为:

(1) 单机调度问题。该问题中加工系统只有一台机床,待加工的工件有且仅有一道工序,所有工件都在该台机床上进行加工。该问题是最简单的车间调度问题,当生产车间出现瓶颈机床时的调度可以视为该调度问题。

(2) 并行机调度问题。该问题中加工系统中有多台同类型的机床,每个工件只有一道工序,工件可在任意一台机床上进行加工。

(3) 开放车间调度问题。该问题中每个工件的工序之间没有先后次序约束(如产品检测车间等),工件的加工可以从任何一道工序开始,在任何一道工序结束。