

OpenAPS Document

乔宇轩

November 28, 2024

Contents

I	OpenAPS	7
1	OpenAPS 的目标	8
2	APS 系统面临的痛点	9
3	运算内核 OCK	10
II	场景与业务	11
4	计划体系	12
4.1	建立计划体系的意义	12
4.2	计划体系结构	13
4.3	解决方案	14
4.3.1	供应链优化	14
4.3.2	库存规划	14
5	生产日历	15
5.1	生产班制	15
5.2	设备维护计划	16
5.3	产能扣除	16
5.4	生产日历的时间特性	16

5.4.1	离散时间表示	16
5.4.2	时间的表示精度	16
5.4.3	规划的时间精度	16
5.4.4	规划的时间跨度	16
6	生产计划 (Planning)	17
6.1	问题描述	17
6.2	输入	19
6.2.1	生产日历	19
6.2.2	产能信息	19
6.2.3	需求信息	19
6.2.4	约束条件	19
6.2.5	优化目标	19
6.2.6	当前计划 [可选]	19
6.2.7	出库计划 [可选]	19
6.2.8	来料计划 [可选]	19
6.3	输出	20
6.4	支持的约束类型	20
7	排班计划 (Scheduling)	21
7.1	问题描述	21
7.2	支持的约束类型	21
7.3	小批量多品种对序列的要求	22
7.3.1	多品种单序列	22
7.3.2	缓存区关联的多序列	22
7.3.3	循环序列	22
8	齐套分析	23
8.1	问题描述	23

8.1.1	输入	23
8.1.2	输出	24
8.2	齐套检查	24
8.3	前提条件	24
9	产能规划	25
9.1	产能与产量	25
9.2	产能规划的意义	26
9.2.1	提高企业竞争力	26
9.2.2	优化资源配置	26
9.2.3	指导生产和经营	26
10	采购计划	27
11	滚动策略	28
11.1	锁定	29
11.2	继承	29
11.3	更新	29
12	Examples	30
12.1	加工车间生产计划	30
12.2	代工模式生产计划	30
12.3	加工车间循环序列	30
12.4	由缓存连接的多个加工序列	30
III	配置信息	31
13	系统配置	32

14 数据配置	33
15 数据接口	35
15.1 离散时间	35
15.2 产品信息	37
15.3 需求信息	37
15.4 物料信息	38
15.5 产能信息	39
15.6 工艺信息	40
15.7 约束条件	41
15.7.1 硬约束	41
15.7.2 软约束	41
IV 决策流程	42
16 计划的生成	44
17 生产计划与产能规划的协同	46
18 生产计划与采购计划的协同	48
18.1 面向痛点	48
19 生产计划与排班计划的协同	50
V 基础模式	51
20 默认模式	52
21 微调模式	53

22 连续解算模式	54
23 优先筛选模式	55
24 优先级模式	56
25 滑动模式	57
VI 基本概念	58
26 最优规划	59
26.1 绝对最优与决策最优	59
26.2 决策最优	59
26.3 交互决策	60
27 面向决策	61
27.1 生产决策	61
28 加工序列	62
28.1 序列的局部性	62
28.2 序列与缓存的关系	62
29 剩余产能与剩余需求	63
30 需求计划	64
31 并行加工与出件率	65
31.1 加工次数与产出量的关系	65
32 产能共用	67

VII 场景示例	68
----------	----

VIII Appendix	69
---------------	----

Part I

OpenAPS

Chapter 1

OpenAPS 的目标

1. 提供构建计划体系所需的基础能力¹
2. 打造制造企业做科学决策的必要工具
3. 协助制造企业实现协同规划²

¹适合数科公司、制造企业 IT 部门、信息化系统供应商使用

²即实现具有高度相容性的全局 (供应链) 均衡与局部 (计划) 优化

Chapter 2

APS 系统面临的痛点

1. APS 项目落地难¹
2. APS 高定制，难以产品化²
3. 抽象程度不足以及流程定制程度过高³，难以应对变化，易失效
4. 模型缺失，能够支持的条件有限，难以满足实际应用

¹常常退化为重复建设的信息化系统，失去做优化的本质，使得企业失去应用 APS 的热情

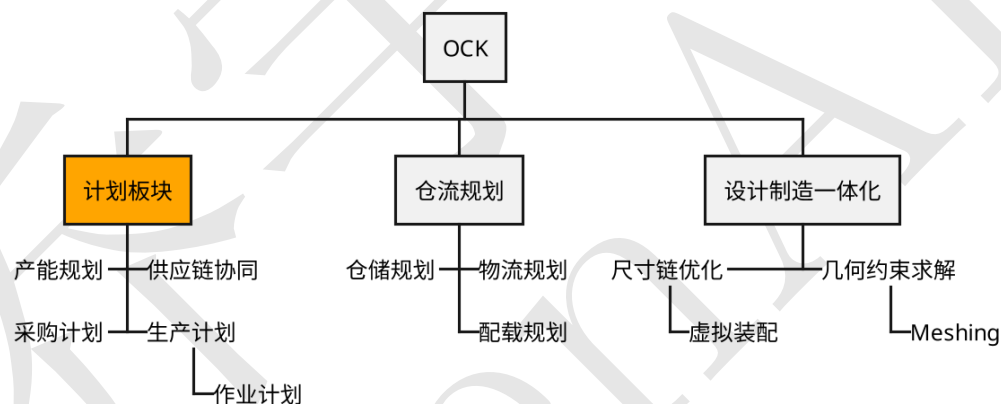
²APS 产品化的过程中，极其容易陷入管理模式搬运，忽略了客户企业本身的运作模式，难以真正解决客户企业的实际问题——每家企业都有自己的管理模式与决策流程，通过搬运管理模式的方式必然会水土不服

³寄希望于通过定制流程来解决优化问题

Chapter 3

运算内核 OCK

由模型与算法构成，为 OpenAPS 提供模型抽象与解算能力



Part II

场景与业务

Chapter 4

计划体系

4.1 建立计划体系的意义

由于局部最优与全局均衡间存在巨大差异，脱离计划体系，单一的计划很难体现出真正的价值。生成高可行的计划¹需要在整体计划体系的框架下进行²。计划体系体现的是协同规划³，**达成局部优化与全局均衡的相容**。

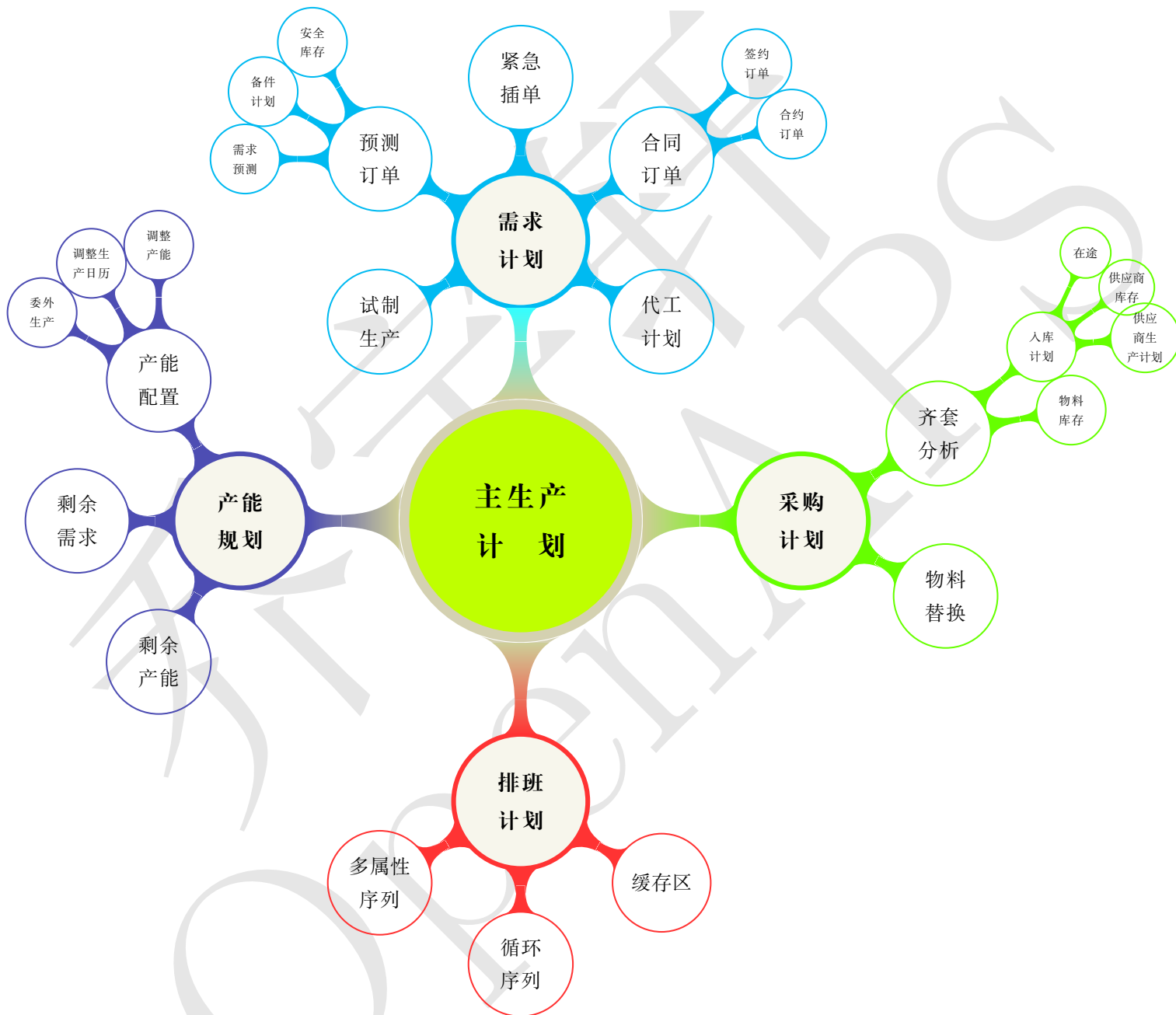
如当前典型痛点：1. 多个相关的局部计划间相容性差，导致计划的可行性差；2. 为达到局部计划的可行，从而考虑太多的因素导致计划的效果差；3. 波动导致相关局部计划（如生产计划与采购计划）间频繁变更、调整，费时费力，效率低。

¹生产计划如果做不好，仓库再大也不够用，排班计划做不好，设备自动化程高也发挥不了它的真正作用

²不确定性导致多个计划，而多个计划又会导致更多的不确定性。计划即变化，我们必须从需求到供应的多频率迭代与持续的连贯性，并且基于协调、规则、反馈的计划来适应随机变化的不确定

³APS 是导航系统，可以推动管理的变革与升级，通过 APS 有助于实时发现和高效分析管理问题，推动企业实现数字化智能制造。

4.2 计划体系结构



4.3 解决方案

OpenAPS 以 (主) 生产计划为中心构建计划体系, 适合需求驱动的生产方式⁴, 即采用以销定产的制造企业。OpenAPS 不追求系统替代人, 而是做为辅助决策的工具, 提供必要的优化能力, 使人能够专注于企业 KPI 的达成, 实现降本增效。

4.3.1 供应链优化

OpenAPS 的目标是助力企业提升供应链的效率⁵。区别于概念性描述供应链规划的方案, OpenAPS 给出一种具体的、切实可行的实施路径来解决供应链的关键问题——即通过管控波动的方式实现供应链优化, 其中库存周转率优化⁶是最为关键的环节。

波动的含义 计划与实际的偏差

波动的主要来源 需求波动与生产波动

OpenAPS 管控波动的策略 协同与敏捷, 简言之就是改善 (跨部门、跨组织) 协同的效率, 对波动快速作出响应

4.3.2 库存规划

库存规划是供应链规划的核心板块

- 保持服务水平的前提下提升库存周转率, 能够显著降低成本
- 高库存的产生源于供应链波动

⁴需快速响应需求波动, 通常为小批量、多品种的生产方式

⁵效率包含效果与敏捷两个层面

⁶波动是导致高库存最关键的因素, 供应链平衡及敏捷响应则是应对波动的有效方法

Chapter 5

生产日历

生产日历主要用于生产计划，可方便的完成以下设定

5.1 生产班制

生产班制是一种统一规则，在较长的时间内具有稳定性

1. 不同的工厂或车间都有各自的生产班制，常见的生产班制有
 - 单班制
 - 双班制
 - 长短双班制
 - 三班制
2. 工厂或车间周期性调整生产班制
3. 甚至有些工厂或车间需要根据需求以及供应链情况动态调整生产班制

5.2 设备维护计划

相较于生产班制，设备维护计划更为局部、更加不确定

5.3 产能扣除

扣除前面的生产计划占用的产能

5.4 生产日历的时间特性

5.4.1 离散时间表示

5.4.2 时间的表示精度

所有时间单位统一转换为秒

5.4.3 规划的时间精度

与表示精度不同，支持小时、天、周、月级的规划

5.4.4 规划的时间跨度

表示计划跨越的时间长度，如一天的排班计划、周生产计划、月生产计划等。通过设定时间跨度，可支持长、中、短周期规划。

Chapter 6

生产计划 (Planning)

生产计划又称为主计划或主生产计划，在计划体系中占据中心位置。生产计划面向需求与资源平衡，主要进行资源保障，关注物料与采购。

通过综合考虑工厂的产能情况、订单情况、物料计划、生产日历、库存情况、供需均衡等因素，生产计划能够全面提升工厂的产能利用率，降低工厂的生产成本，同时支持制定”时、日、周、月、旬、年”多重时间维度的生产计划，以满足不同的需求场景。

6.1 问题描述

生产计划用于确定工厂在可用生产资源的情况下：

{在什么时间段，在哪个工作中心，加工什么，加工数量}

其中工作中心表示一个加工单元¹，可以是设备、产线、车间、工厂、人。

¹一个加工单元如果是多个资源组成，那么这些资源的运作高度一致，他们间的衔接可以认为是 JIT 的，比如一条自动化产线。

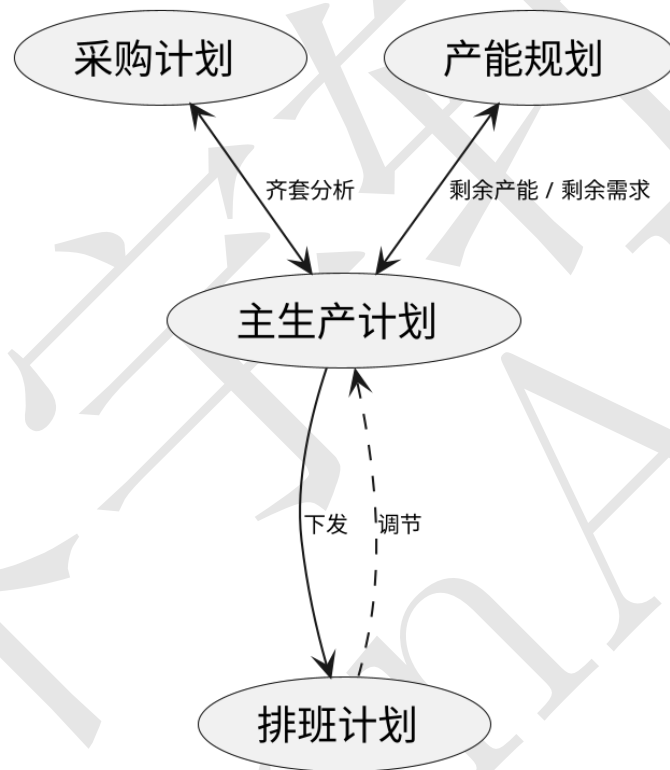


Figure 6.1 主生产计划与其他计划间的关系

6.2 输入

6.2.1 生产日历

各工作中心的可用加工时间

6.2.2 产能信息

工作中心与制品间的对应关系，以及制品在对应工作中心上的加工时长/生产节拍

6.2.3 需求信息

主要包括：产品类型，数量，完工时间

6.2.4 约束条件

6.2.5 优化目标

6.2.6 当前计划 [可选]

滚动计划时，需要根据当前计划的执行情况进行产能分配

6.2.7 出库计划 [可选]

面向库存的生产计划，需要考虑库存容量是否足够

6.2.8 来料计划 [可选]

来料计划与物料库存用于齐套分析

6.3 输出

一系列: {时间区间, 工作中心, 加工什么, 加工数量}

6.4 支持的约束类型

1. 并行加工
2. 出件率
3. 多品种
4. 批量倍数
5. 产能共用
6. 工装夹具
7. 交付计划
8. OEE 设定
9. 齐套条件
10. 多产线/多工作中心

Chapter 7

排班计划 (Scheduling)

又称为作业计划，用于组织执行，资源拉动，负载均衡。排班计划将生产任务分配至生产资源，在考虑能力和设备的前提下，在物料数量一定的情况下，安排各生产任务的生产顺序，优化生产顺序，优化选择生产设备，使得减少等待时间，平衡各机器和工人的生产负荷，从而优化产能，提高生产效率。

7.1 问题描述

产线或设备上的加工序列

7.2 支持的约束类型

1. 多品种
2. 并行加工
3. 出件率
4. 不相邻条件

5. 最优批量
 - (a) 批量上限
 - (b) 批量下限
6. 批量倍数
7. 产能共用
8. 缓存区
9. 循环序列产能切换

7.3 小批量多品种对序列的要求

7.3.1 多品种单序列

多品种加工场景中，制品具有多种属性特征。而每个工序针对特定的属性特征具有不同的加工要求，如经济批次、工艺切换等。

7.3.2 缓存区关联的多序列

7.3.3 循环序列

对应循环产线

Chapter 8

齐套分析

{OpenAPS 中，齐套分析是生产计划与采购计划协同的纽带}

8.1 问题描述

在一个由客户需求驱动的世界中，效率至关重要。齐套分析可以为公司节省大量金钱、时间和精力。它替代了从库存中挑选和包装单个物品的传统方式，同时保持高效的履约流程。齐套分析 (Kitting) 是一种将来料计划组织成套件以供生产使用的方法。

8.1.1 输入

库存 + 来料计划

{时间、物料类型、入库数量}

8.1.2 输出

最优物料齐套方案

{时间、制品类型, 齐套数量}

8.2 齐套检查

齐套检查是静态的, 用于判定物料是否能够满足制品的生产所需。齐套分析是动态的, 能够全面考虑生产计划与物料情况, 给出最优的物料齐套方案

8.3 前提条件

需要有完善的

1. 完善的 BOM
2. 物料库存清单
3. (供应链) 来料计划包括在途、供应商库存以及供应商生产计划
4. 明确的物料替换策略

Chapter 9

产能规划

创建产能计划意味着根据客户订单和预期需求分析生产率，并制定计划以最大化实际产出。这种方法也可以称为“有限产能规划”，因为它可以帮助制造商在制定生产计划和排班计划时考虑现有生产资源的限制。产能规划的一个原因是确保生产计划和排班计划切合实际，并且不会超过可行产能或违反任何生产规则或约束。在最大产能限制内工作，制造商可以避免加速调度、在制品库存过剩、错过交货日期和客户不满意的情况。产能规划的另一个目的是最大限度地提高生产效率。正如产能分析和规划有助于企业避免产能过剩问题一样，它们也有助于最大限度地减少产能不足的情况。也就是说，产能规划可用于优化生产计划和排班计划，以最大限度地减少产能浪费。

9.1 产能与产量

产能是指在计划期内，企业参与生产的全部固定资产，在既定的组织技术条件下所能生产的产品数量或者能够处理的原材料数量。生产能力是反映企业所拥有的加工能力的一个技术参数，它可以反映企业的生产规模。企业管理者需要随时知道企业的生产能力能否与市场需求相适应。简言之：

产能 单位工作时间内的良品产出数

工作时间 出勤时间减去相关活动产生的等待时间

产能与产量的关系

- 产能是指生产能力，产量是指生产数量
- 产能是理论值，产量是实际值
- 产能是产量的前提
- 一般情况下: $\text{产量} = \text{产能} \times \text{负荷率}$

Production Capacity is the temporal ability of production to fulfill orders. Production planning and control activities are those that reconcile supply and demand, in effect they coordinate and match production capability to customer requests for product and service.

9.2 产能规划的意义

9.2.1 提高企业竞争力

合理的产能规划能够使企业更好地应对市场变化，提高生产效率和产品质量，降低生产成本，从而增强企业竞争力。

9.2.2 优化资源配置

产能规划通过对生产资源的合理配置和优化，能够实现资源的最大化利用，避免资源浪费和闲置，提高企业的经济效益。

9.2.3 指导生产和经营

产能规划是企业生产和经营的重要指导，能够为企业明确的生产计划和生产目标，帮助企业实现可持续发展。

Chapter 10

采购计划

采购计划的制定需要考虑供应链因素，通过有效的供应链管理可以确保原材料的及时供应和质量稳定。采购计划 and 生产计划是供应链中密切相关的两个关键环节，它们需要进行有效的协调和配合。生产计划的制定需要考虑采购计划的供货时间和数量，以确保生产所需的原材料能够及时到位。采购计划的制定则需要根据生产计划，以确保采购的原材料能够得到充分利用和合理分配。采购部门需要及时了解到生产计划的需求，包括物料的种类、数量和交付时间等信息，以便及时采购所需物料，避免库存积压或者供应不足的问题。

Chapter 11

滚动策略

滚动策略¹用于滚动式生成各种计划，是一种动态编制计划的方法。它不像静态分析那样，等一项计划全部执行完了之后再重新编制下一时期的计划，而是在每次编制或调整计划时，均将计划按时间顺序向前推进一个计划期，即向前滚动一次，按照制订的项目计划进行施工，对保证项目的顺利完成具有十分重要的意义。

同时，滚动模式也是衔接长期、中期、短期计划的方法，其按照“近细远粗”的原则制定一定时期内的计划，然后按照计划的执行情况和环境变化，调整和修订未来的计划并逐期向后移动，把长、中、短期计划结合起来的一种计划方法。

滚动模式的基本形式

“原计划 + 波动 \Rightarrow 新计划”

滚动策略主要包括锁定、继承、更新三个要素，用于高效响应变更并消减波动带来的影响。滚动策略²是构建快速响应的关键能力。

¹基于已有计划及波动（计划变更、加工扰动等因素）生成新计划

²滚动形式具有极高的解算效率

11.1 锁定

对现有生产计划已执行的部分、未执行但已上线的部分、未上线但来不及调整的部分进行锁定。锁定的部分在现有计划与新计划中保持一致

11.2 继承

保持锁定的部分与未锁定部分间的关联关系

11.3 更新

解算生成新的计划，且尽可能降低变化对于物料拉动、人员排班等安排的影响

Chapter 12

Examples

- | | | |
|------|--------------|------------|
| 12.1 | 加工车间生产计划 | Planning |
| 12.2 | 代工模式生产计划 | Planning |
| 12.3 | 加工车间循环序列 | Scheduling |
| 12.4 | 由缓存连接的多个加工序列 | Scheduling |

Part III

配置信息

Chapter 13

系统配置

Table 13.1 运行环境与工具

language environment	python3 \geq v3.10
python packages	numpy, pandas, ortools, sqlalchemy
cpu	intel i9 gen10+
memory capacity	$\geq 64G$
memory frequency	$\geq 2993MHz$

- 运筹学方法对 CPU 频率的要求高，不依赖 GPU ¹
- 线程数建议设置为 CPU 支持的并行线程数

¹注: 对 CPU 的 AI 能力没有要求

Chapter 14

数据配置

基于运筹学实现的运算引擎，以数学模型表示业务问题，因此可以通过数据配置实现业务到模型的映射——数据即业务。

1. 模型层 (Model Layer) 具有两个核心功能:

模型表示 以数学语言来表示业务场景 (业务场景是通过数据来描述的)，并将业务问题映射为优化问题，映射后的优化问题可以通过 Solver 进行解算

模型压缩 通过数学手段降低解空间，可大幅度的提高解算效率

2. 模式层¹ (Mode Layer) 针对不同的决策流程，提供多种可供选择的解算模式
3. 操作流层 (Workflow Layer) 定义一个规划决策过程所需的操作流程

¹模式是指完成某个任务可供选择的 (多种) 方法

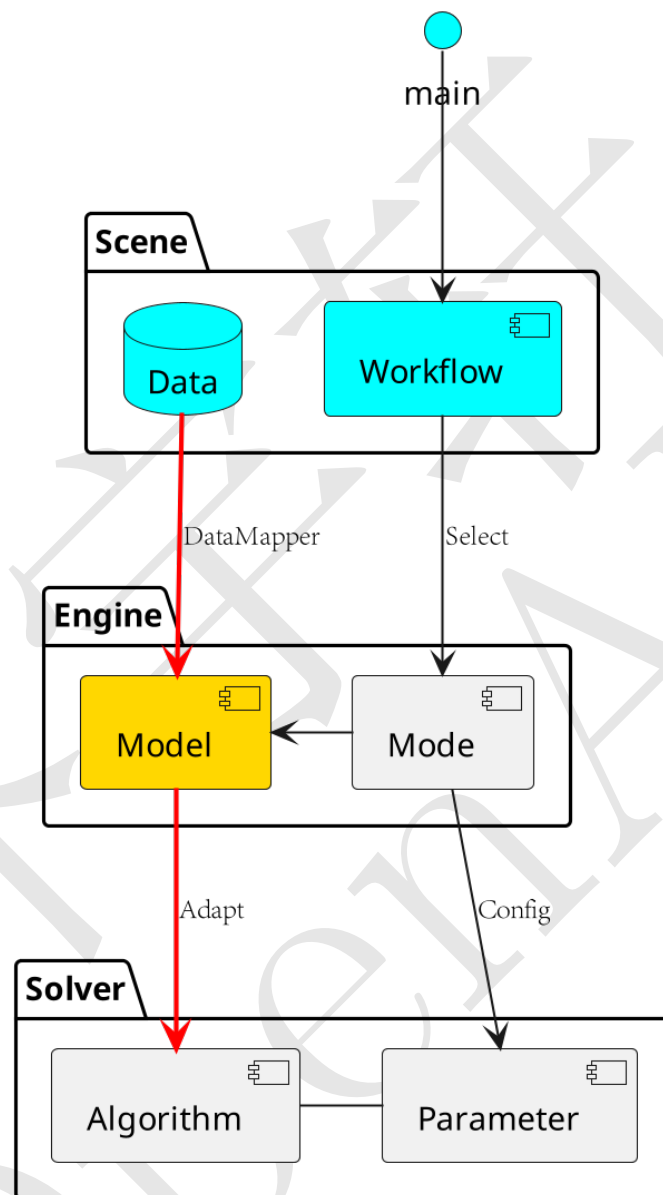


Figure 14.1 结构示意图

Chapter 15

数据接口

15.1 离散时间

time_unit	
id	PK
scale	
status	
used	
date_time	

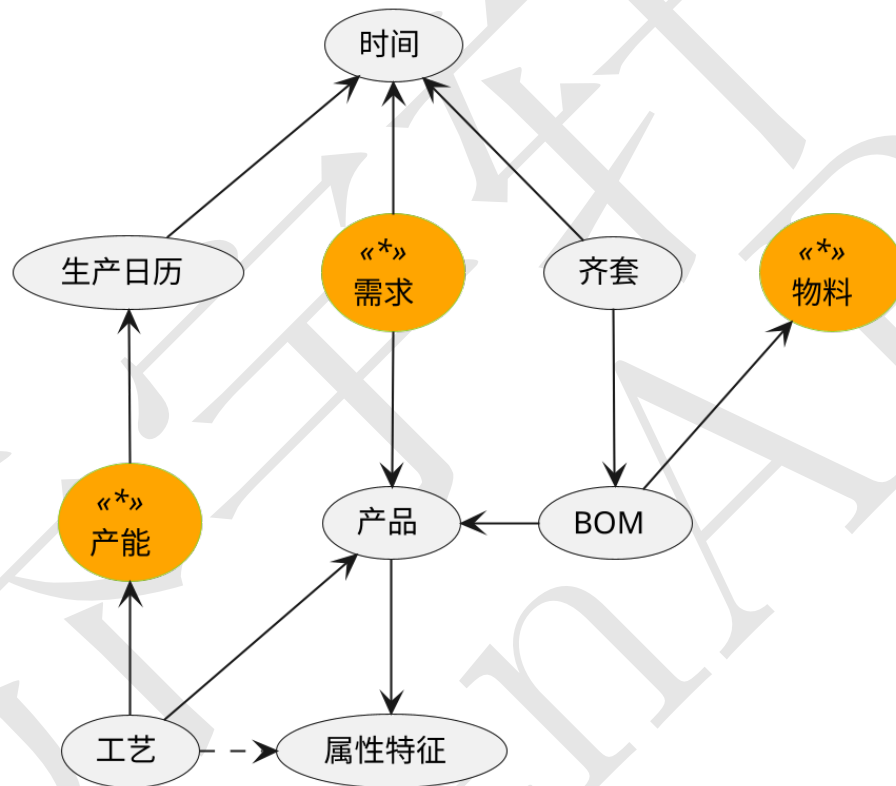
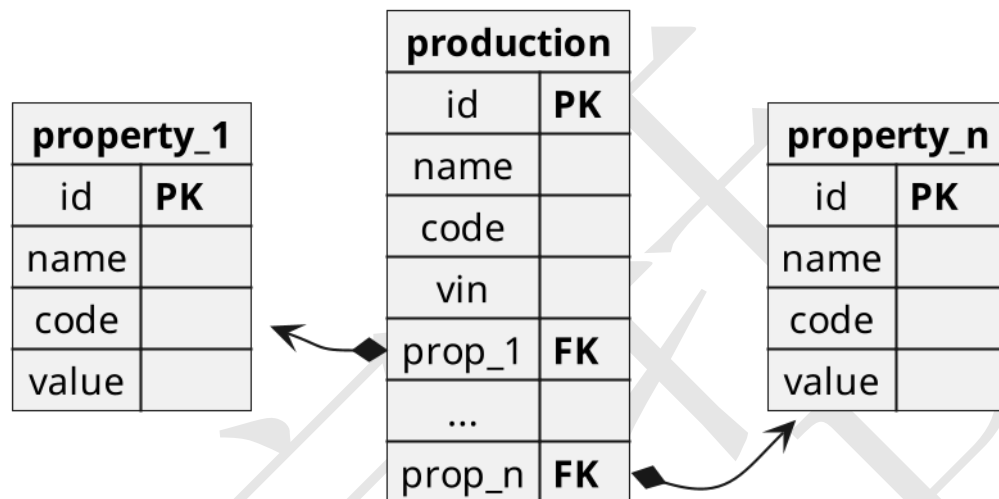
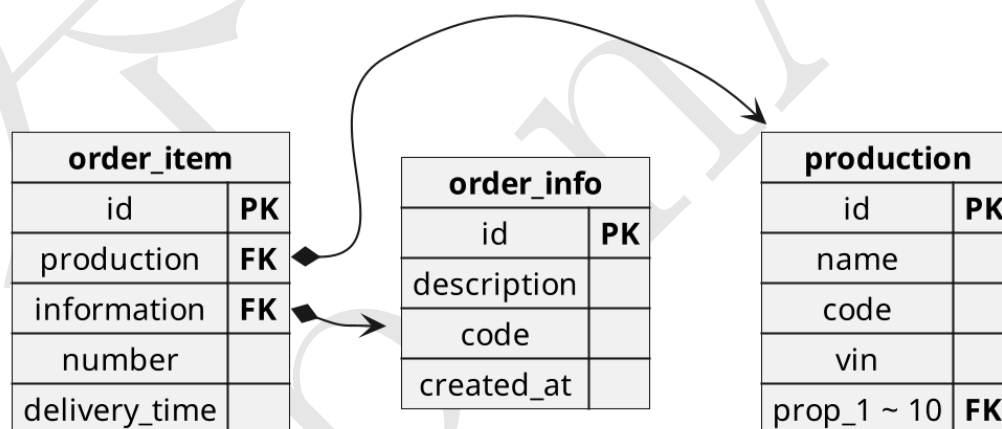


Figure 15.1 业务数据关系图

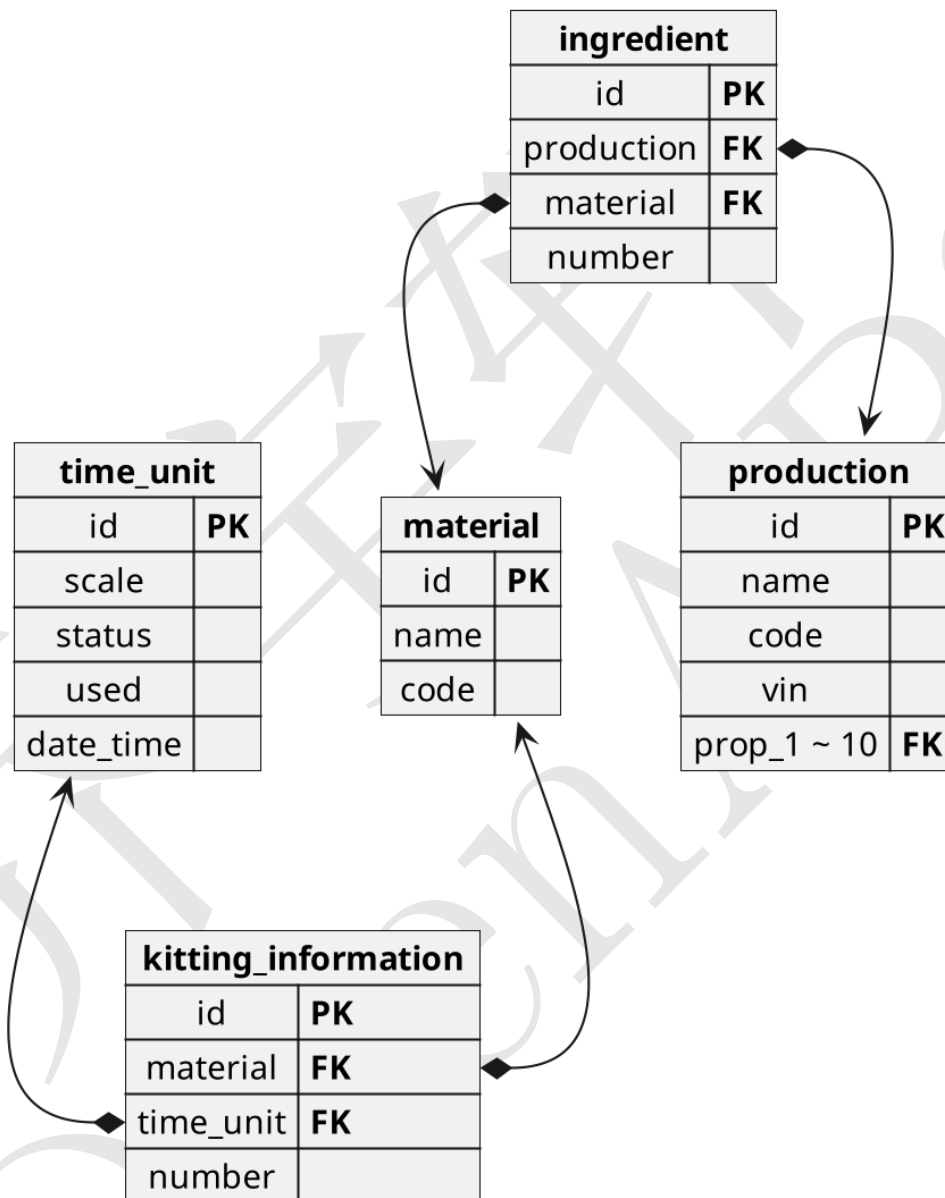
15.2 产品信息



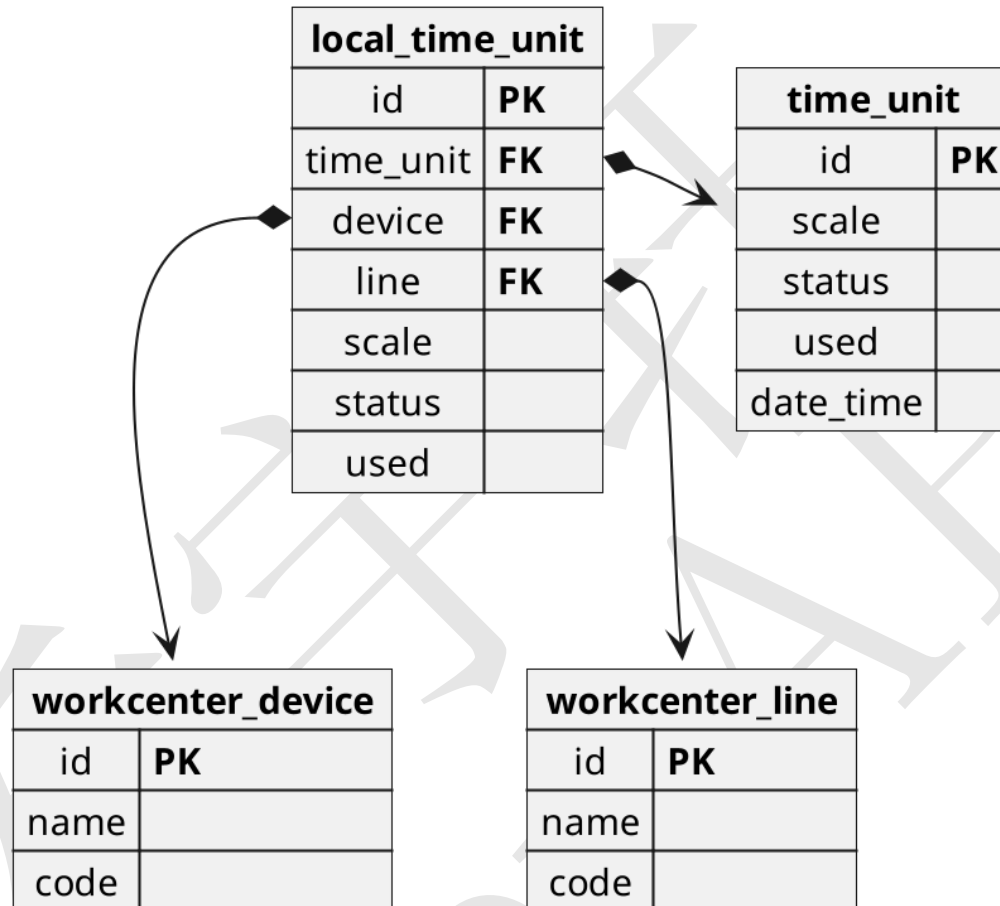
15.3 需求信息



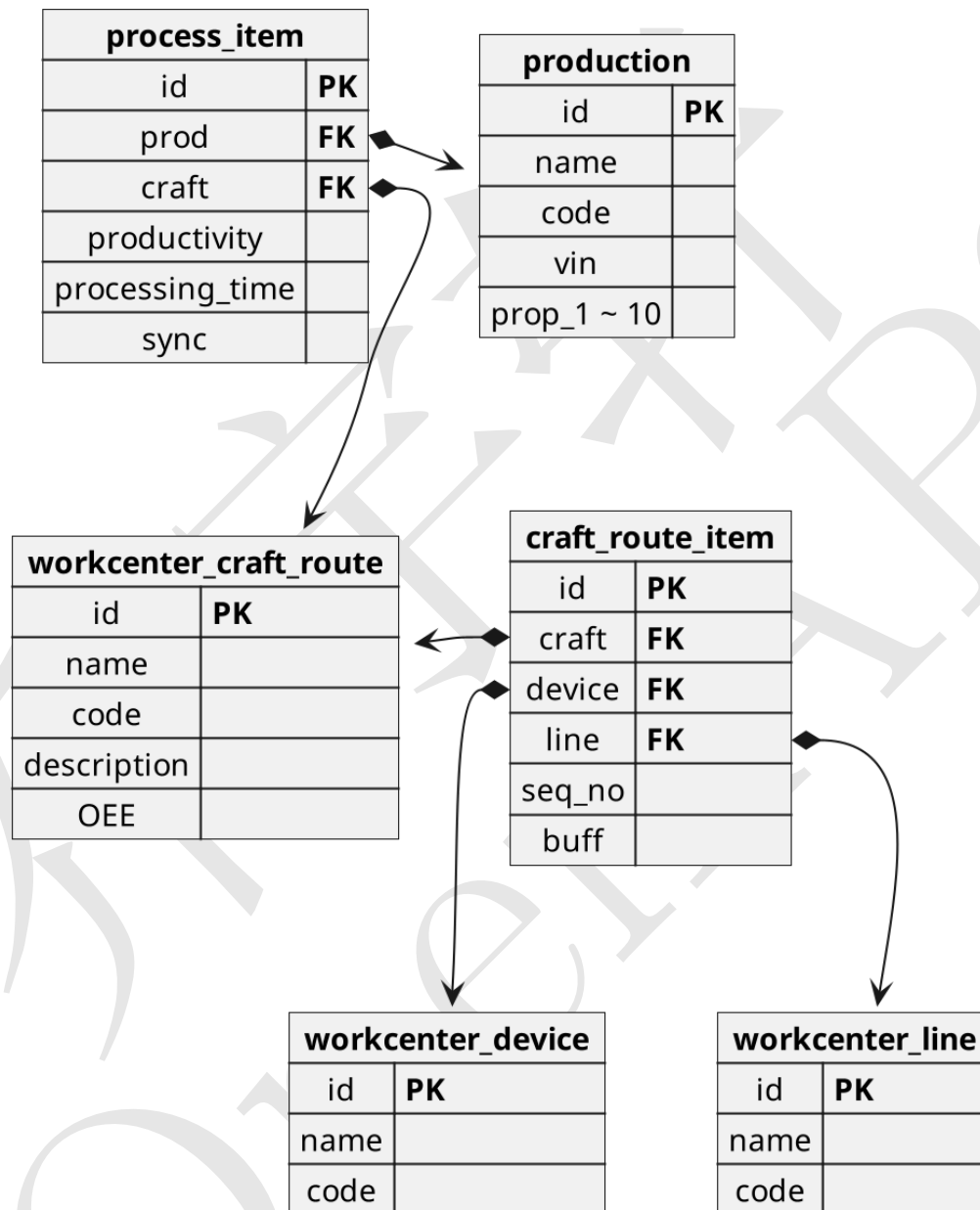
15.4 物料信息



15.5 产能信息



15.6 工艺信息



15.7 约束条件

15.7.1 硬约束

不可突破，必须完全满足的约束

15.7.2 软约束

期望能够满足的约束，可以突破

Part IV

决策流程

基于 OpenAPS 的决策过程¹，将计划的生成过程从原来的思考题模式简化为选择题模式。

决策的定义

狭义的决策是一种行为 在几种行动方案中做出选择

广义的决策是一个过程 包括在做出最后选择之前必须进行的一切活动

完整的定义 决策是人们为了实现某一特定的目标，在具有一定的信息和经验（知识）基础上，根据主客观条件的可能性，提出各种可行方案，采用一定的科学方法和手段，对解决问题的方案进行比较、分析和评价，并最终进行方案选择的全过程

¹决策是管理工作的本质

Chapter 16

计划的生成

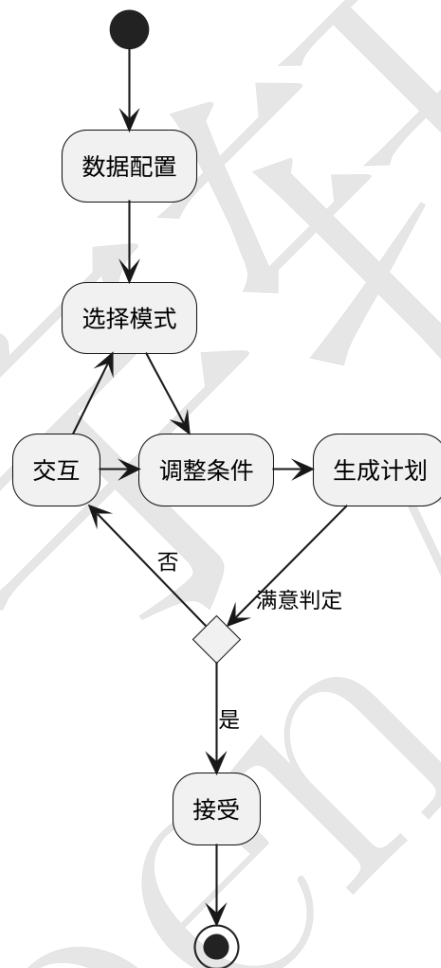


Figure 16.1 单一计划的生成过程

Chapter 17

生产计划与产能规划的协同

通过生产计划与产能规划的协同达成生产任务与产能间的平衡，从而高效应对市场变化、满足市场需求、实现生产目标。

“剩余产能/剩余生产任务是连接生产计划与产能规划的纽带”

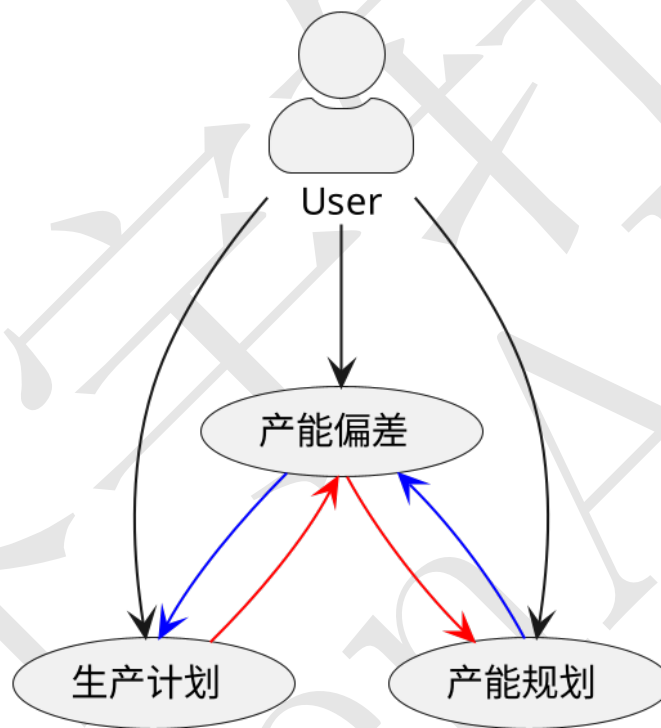


Figure 17.1 生产计划与产能规划的协同

Chapter 18

生产计划与采购计划的协同

通过齐套分析连接两个独立的过程。生产计划与采购计划的协同的意义在于平衡供需关系，提升供应链效率

18.1 面向痛点

1. 由于供应波动导致频繁的重排计划/频繁调整，费时费力，过程繁杂，停工待料
2. 似乎所有物料都是急料，采购部门无从下手，频繁催单，效率低下，采购成本居高不下
3. 计划部门与采购部门陷入问题循环，导致供应链效率低下，高库存，订单交付率下降

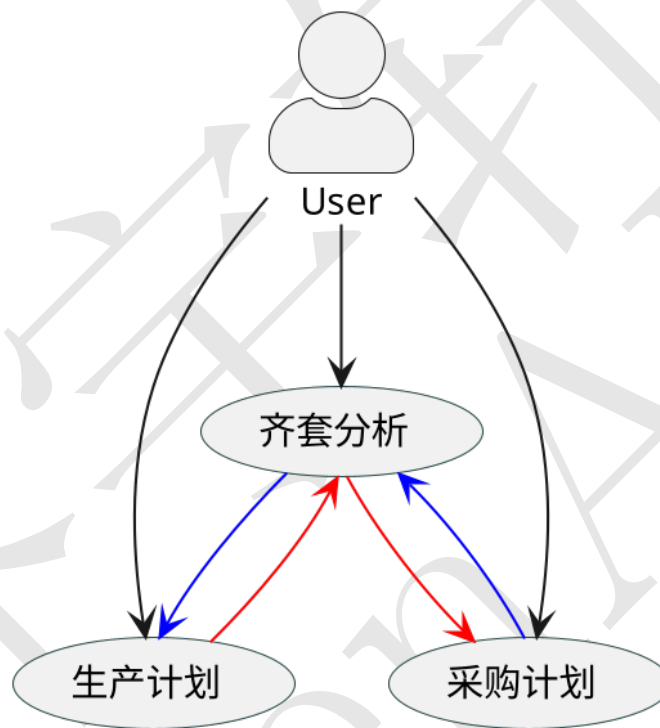


Figure 18.1 生产计划与采购计划的协同

Chapter 19

生产计划与排班计划的协同

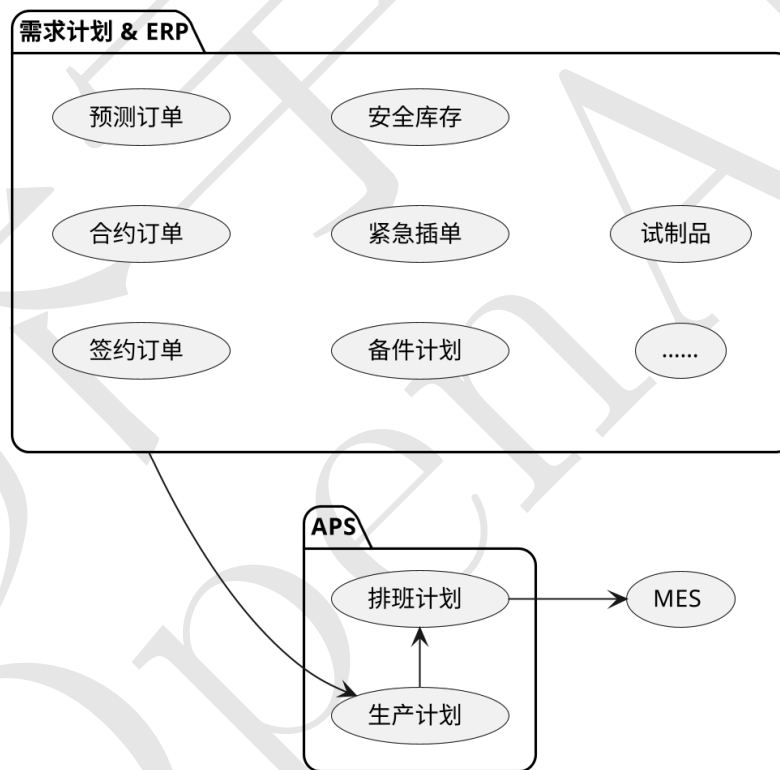


Figure 19.1 生产计划与采购计划的协同

Part V

基础模式

Chapter 20

默认模式

默认采用的模式，是最为完整的解算方式（也就是平庸决策或一步到位模式），适合为后续决策提供所需的基础参考。这种模式通常因决策空间过大导致效率较低、决策效果平庸

Chapter 21

微调模式

适合在当前结果的基础上小范围提升，快速在小范围得到更优解的方法，对比于一般模式具有明显的效率提升，通过多次小范围解算，可得决策最优结果

Chapter 22

连续解算模式

热启动，连续解算，适合高效的交互式决策以及多种模式间的切换

Chapter 23

优先筛选模式

不是一次性生成计划，而是逐时段生成子计划。每个子计划基于前一计划的剩余需求排产。越临近的子计划越优，非常符合实际情况：越临近越确定，变动的可能性随时间增加，而后面的子计划通常会因滚动规划被覆盖。这种策略是一种优先筛选策略

该模式同样适用于跳过生产计划，直接生成排班计划

Chapter 24

优先级模式

就是配型法或推理模型，优先 A，再 B, ...

Chapter 25

滑动模式

1. 第一阶段先使得约束满足率最优，但需求数量可能会突破
2. 第二阶段再通过微调模式将需求数量的偏差降为 0, 同时使得约束满足率突破最小

Part VI

基本概念

Chapter 26

最优规划

26.1 绝对最优与决策最优

绝对最优¹是学术概念，在理论中定义，现实中通常难以达成²。现实中主要追求决策最优³。OpenAPS 中，决策最优是指在有限的时间内尽可能获得最优解，通过交互决策的方式快速得出满意的结果。

26.2 决策最优

OpenAPS 中，决策最优特点：

1. 全局均衡与局部优化相容
2. 重点突出⁴。运筹规划也是一样，重点不够突出的规划过程，很难在有限的时间内得到满意的结果。

¹一味的追求供应链全局最优是一种误区，追求全局均衡更具实际意义

²优化是最终的科学，满意是可行的艺术——SAMUEL EILON

³满意 (SATISFICING) 比最优化在现实应用中更切合实际——HERBERT SIMON

⁴追求面面俱到，缺乏重点只能做出平庸的决策。

26.3 交互决策

OpenAPS 中，交互式决策是达成决策最优的途径

Chapter 27

面向决策

27.1 生产决策

1. 生产决策是指企业根据市场需求、资源状况和战略目标，对生产什么、生产多少以及如何生产等重大问题做出的选择和决定
2. 生产决策是企业管理者为了实现企业目标，对生产过程中各项具体活动所做出的安排和调整
3. 生产决策涉及到企业生产计划、组织、控制等各个方面，是企业管理体系中的重要组成部分

Chapter 28

加工序列

28.1 序列的局部性

28.2 序列与缓存的关系

序列与缓存总是伴生的，除了独立产线情形外，脱离缓存的序列通常不具备可行性

Chapter 29

剩余产能与剩余需求

剩余产能是指企业在特定时间段内实际生产能力超过当前生产需求或计划目标的差额部分。换句话说，它是企业现有资源未被充分利用的潜力。当市场需求增长或企业扩大生产规模时，剩余产能可以迅速转化为实际生产力，满足增长需求。

剩余产能在企业管理中具有重要意义。它反映了企业的生产效率、资源配置和市场需求之间的关系。当企业面临市场波动时，剩余产能能够帮助企业快速调整生产策略，满足市场变化的需求。此外，合理控制剩余产能也有助于企业降低成本、提高效率并增强竞争力。因此，企业需要通过合理的规划和调度来充分利用剩余产能，从而实现更高的经济效益和市场表现。总之，剩余产能是企业在生产过程中未被充分利用的生产能力，反映了企业的生产效率和市场适应能力。企业应该根据自身情况合理规划和利用剩余产能，以提高生产效率和市场竞争力。

剩余需求则是在当前产能条件下无法满足的那一部分需求

Chapter 30

需求计划

需求计划是对已产生订单、需求预测等因素进行评估、分析，并给予答复和承诺形成生产任务的管理过程。通常需求计划包括合约需求、签约需求、预测需求、备件计划、紧急插单、安全库存、试制生产等来源。

需求计划是生产计划的关键输入，包含如下重要属性

{需求分级、制品类型、需求数量、完工时间}

Chapter 31

并行加工与出件率

两者都用于描述一个工作中心的一次加工对应的产出情况, 以热处理工艺为例

1. 并行加工表示可同时进行热处理的几种不同的工件 $\{A, B, C, \dots\}$
2. 出件率则表示一次热处理过程, 可同时处理的每种工件的数量

一个并行加工过程可以描述为: $wc_i: \{A: n_1, B: n_2, C: n_3, \dots\}$, 其中

1. wc_i 表示第 i 个工作中心
2. $\{A, B, C, \dots\}$ 表示在 wc_i 上可并行加工的所有工件
3. $\{n_1, n_2, n_3, \dots\}$ 表示各工件的出件率

31.1 加工次数与产出量的关系

如在工作中心 wc_i 上的并行加工为 $\{A: 2, B: 2, C: 1\}$, 那么在工作中心 wc_i 上执行 100 次加工的产出量如下表

工件名称	产出数量 (件)
A	200
B	200
C	100

Chapter 32

产能共用

制品与产能间非一一对应关系，常见的如下

1. 一类制品可以在多个设备上加工
2. 一类制品可以在多条产线上加工
3. 一类制品可以在多个车间或者工厂进行生产

Part VII

场景示例

Part VIII

Appendix

Glossary

latex Is a markup language specially suited for scientific documents. 46

mathematics Mathematics is what mathematicians do. 46

Acronyms

JIT Just-in-Time, 准时. 46

PPC Production Planning and Control. 46

List of Tables

13.1 运行环境与工具	32
--------------------	----

List of Figures

6.1 主生产计划与其他计划间的关系	18
14.1 结构示意图	34
15.1 业务数据关系图	36
16.1 单一计划的生成过程	45
17.1 生产计划与产能规划的协同	47
18.1 生产计划与采购计划的协同	49
19.1 生产计划与采购计划的协同	50