



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 34044.2—2017/ISO 22400-2:2014

---

## 自动化系统与集成 制造运行管理的关键性能指标 第2部分：定义和描述

Automation systems and integration—  
Key performance indicators(KPIs) for manufacturing operations management—  
Part 2: Definitions and descriptions

(ISO 22400-2:2014, IDT)

2017-07-31 发布

2018-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会



## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 术语和定义 .....	1
3 缩略语和符号 .....	1
4 KPI 描述结构 .....	3
5 用于 KPI 描述的元素 .....	4
5.1 时间元素 .....	4
5.2 工作单元时间模型 .....	6
5.3 生产订单的时间模型 .....	7
5.4 人员时间模型 .....	8
5.5 物流元素 .....	8
5.6 质量元素 .....	9
5.7 质量元素 .....	10
6 KPIs 描述 .....	10
7 一致性 .....	31
附录 A (规范性附录) 效能模型 .....	32
附录 B (资料性附录) 基于损失时间模型的替代性 OEE 计算 .....	51
参考文献 .....	54



## 前 言

GB/T 34044《自动化系统与集成 制造运行管理的关键性能指标》拟分为以下几部分：

——第1部分：综述、概念和术语；

——第2部分：定义和描述；

——第3部分：交互和使用；

——第4部分：联系和从属。

本部分为 GB/T 34044 的第2部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 ISO 22400-2:2014《自动化系统与集成 制造运行管理的关键性能指标 第2部分：定义和描述》。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国自动化系统与集成标准化技术委员会(SAC/TC 159)归口。

本部分起草单位：浙江大学智能系统与控制研究所、浙江中控软件技术有限公司、北京机械工业自动化研究所、浙江大学宁波理工学院。

本部分主要起草人：苏宏业、黎晓东、卢山、邵寒山、王海丹、王越、金晓明、周德营、张泉灵、马龙华。

## 引 言

GB/T 34044 的本部分关注制造运行管理的关键性能指标。

关键性能指标关注组织的重要成功因素,是可量化的战略目标测量手段。无论从消除浪费的精益制造角度,还是从完成战略目标的企业角度,关键性能指标都对分析和改善制造性能有重要意义。

IEC 62264 中定义了制造运行管理的概念,给出了制造企业的功能层次模型,如图 1 所示。图中描述了功能层次模型的不同层次:业务计划和物流管理(第 4 层),制造运行管理(第 3 层),批过程控制、连续过程控制或离散过程控制(第 1~2 层)。这些层次给出了不同时间段内的功能和任务。

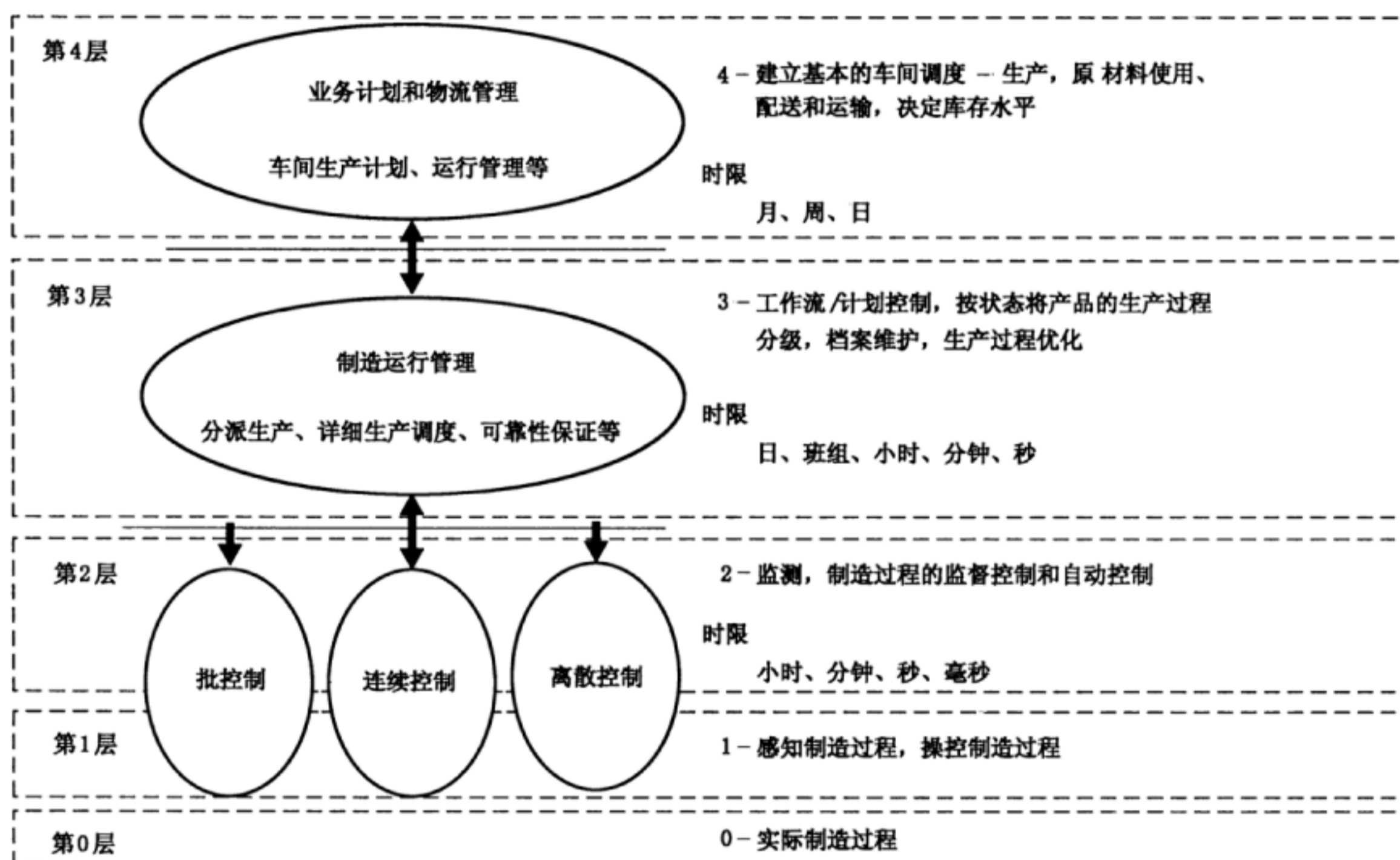


图 1 功能层次模型

IEC 62264 也定义了物理设备的层次模型,如图 2 所示。企业、工场和区域属于通用术语,但根据批制造过程、连续制造过程、离散或重复制造过程,以及储运过程的特点,工作中心和工作单元采用不同的术语。

本部分定义的关键性能指标属于第 3 层,即与制造运行管理相关的关键性能指标。这些指标在第 3 层内产生和计算,其中部分指标会涉及第 4 层。为了定义这些关键性能指标,需要采用第 1 层和第 2 层的参数。

本部分定义的关键性能指标采用制造企业使用的通用术语代替特定术语,如工作中心和工作单元。

制造运行管理,有时也被称为制造执行系统,主要包括:生产运行管理、维护运行管理、质量运行管理和库存运行管理。四类运行模块由对应的活动模型展开。每个活动模型包括八种活动:详细计划、调度、执行管理、资源管理、定义管理、跟踪、数据采集和分析。这些活动应用于生产运行、质量运行、库存运行和维护运行。

用标准化模式表示这些关键性能指标旨在:

- a) 促进集成系统的规范和采购,尤其是对于制造执行系统间的互操作需求;
- b) 提供一种对产能工具进行分类的方法,并应用于多个领域。

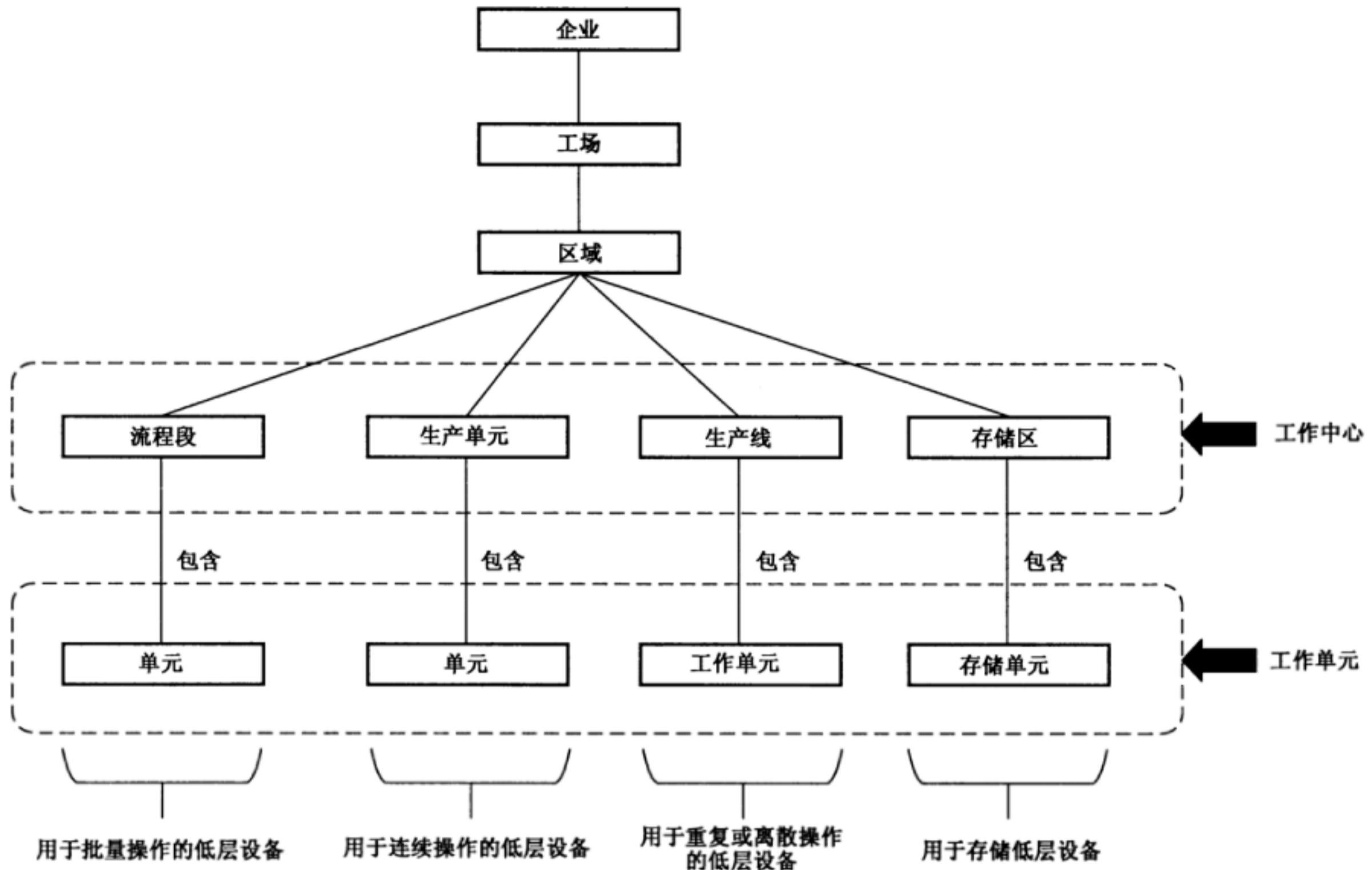


图2 设备层次

GB/T 34044 给出了管理制造与运行过程所使用的关键性能指标的概念、术语和方法。用户包括负责生产性能的工厂管理者、开发工厂管理关键性能指标的软件提供商、生产计划工程师、制造系统的设计者以及设备供应商。

关键性能指标也涉及第4层,如与业务计划和物流管理相关的关键性能指标,但这些指标不在本标准的范围内。第4层的关键性能指标通常关联着经济、业务、物流和财务因素。这些关键性能指标用于评估企业的重要目标或关键成功因素的进展状况或符合程度。经济关键性能指标为企业决策(问题识别、描述和信息提取)、经济控制(目标/实际对比)、财务文件、重要因素和关系协调(行为管理)提供基础。





# 自动化系统与集成

## 制造运行管理的关键性能指标

### 第2部分:定义和描述

#### 1 范围

GB/T 34044 定义了制造运行管理(MOM)中使用的关键性能指标(KPIS)。

GB/T 34044 的本部分详细说明了实际应用中使用的系列关键性能指标。这些指标通过公式和相关元素、时间行为、单位和比率等表示。本部分也指出了关键性能指标的使用对象以及适用的生产方式。

本部分中,关于设备的关键性能指标与 IEC 62264 中规定的工作单元有关。

#### 2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

##### 2.1

**参考时间 reference time**

时间模型的基准时间线,对应于生产和维护任务的计划最大时间间隔。

示例:自然日有 24 小时;1 周。

##### 2.2

**计划时间 planned time**

一段特定时间周期的计划持续时间。

示例:根据计划,运行或资源状态的期望持续时间。

##### 2.3

**实际时间 actual time**

一段特定时间周期的实际持续时间。

示例:运行或资源状态的实际持续时间。

注:实际时间周期可能小于、等于或大于对应的计划时间周期。

##### 2.4

**时间模型 time model**

参考时间的划分。

#### 3 缩略语和符号

下列缩略语和符号适用于本文件。

ADET:实际单元的滞后时间(actual unit delay time)

ADOT:实际单元停工时间(actual unit downtime)

AOET:实际订单执行时间(actual order execution time)

APAT:实际人员出勤时间(actual personnel attendance time)

APT:实际生产时间(actual production time)

## GB/T 34044.2—2017/ISO 22400-2:2014

APWT:实际人员工作时间(actual personnel work time)  
AQT:实际排队时间(actual queueing time)  
AUST:实际单元准备时间(actual unit setup time)  
ATT:实际运输时间(actual transport time)  
AUBT:实际单元占用时间(actual unit busy time)  
AUPT:实际单元处理时间(actual unit processing time)  
CI:消耗品库存(consumable inventory)  
 $C_m$ :设备能力指数(machine capability index)  
CM:消耗物料(consumed material)  
 $C_{mk}$ :关键设备能力指数(critical machine capability index)  
CMT:修复时间(corrective maintenance time)  
 $C_p$ :工序能力指数(process capability index)  
 $C_{pk}$ :关键工序能力指数(critical process capability index)  
EPC:设备生产能力(equipment production capacity)  
FE:故障事件(failure event)  
FGI:制成品库存(finished goods inventory)  
GP:合格品部件(good part)  
GQ:合格品数量(good quantity)  
IGQ:综合成品数量(integrated goods quantity)  
IP:已检查部件(inspected part)  
LSL:规格下限(lower specification limit)  
LT:装载时间(loading time)  
MOM:制造运行管理(manufacturing operation management)  
NEE:设备综合净效率指标(net overall equipment effectiveness index)  
NOT:净运行时间(net operating time)  
OC:运行群(operation cluster)  
OEE:设备综合效率指标(overall equipment effectiveness index)  
OL:其他损失(other loss)  
OPT:运行时间(operating time)  
PBT:计划占用时间(planned busy time)  
PL:生产损失(production loss)  
PMT:预防性维护时间(preventive maintenance time)  
PO:生产订单(production order)  
POET:计划订单执行时间(planned order execution time)  
POQ:计划订单量(planned order quantity)  
POS:生产订单顺序(production order sequence)  
POT:计划运行时间(planned operation time)  
PQ:已生产量(produced quantity)  
PRI:每个对象的计划运行时间(planned run time per item)  
PSQ:计划废弃量(planned scrap quantity)  
PUST:计划单元准备时间(planned unit setup time)  
RMI:原材料库存(raw material inventory)  
RQ:返工数量(rework quantity)

$\sigma$ :标准偏移(standard deviation)  
 SQ:废品数量(scrap quantity)  
 STL:储运损失(storage and transportation loss)  
 TBF:故障间隔运行时间(operating time between failure)  
 TTF:从现在到故障的时间(time to failure)  
 TTR:从现在到修复的时间(time to repair)  
 USL:规格上限(upper specification limit)  
 WG:工作组(working group)  
 WIP:在制品库存(work in process inventory)  
 WOP:工作进程(work process)  
 WP:工作地点(work place)  
 $\bar{x}$ :算术平均(arithmetic average)  
 $\bar{\bar{x}}$ :平均值的平均(average of average values)  
 $\hat{\sigma}$ :估计误差(estimated deviation)  
 $\sigma^2$ :方差(variance)

#### 4 KPI 描述结构

KPI 的定义采用表 1 给出的结构表示,并与 GB/T 34044.1 保持一致。表 1 中,左边一栏表示 KPI 元素,右边一栏表示每个元素的描述。

表 1 关键性能指标定义的结构

KPI 定义	
内容	
名称	KPI 名称
ID	用户定义 KPI 的唯一标识
描述	KPI 的简要描述
范围	与 KPI 相关元素的标识,如工作单元、工作中心、生产订单、产品或人员
公式	KPI 定义的数学公式
计量单位	描述 KPI 的基本单位或尺寸
值域	KPI 定义的逻辑上下限
趋势	KPI 的改进方向,越高越好或越低越好
环境	
时间设置	KPI 的计算时间: <ul style="list-style-type: none"> <li>● 实时——在获取事件的每个数据之后每次新数据获取之后</li> <li>● 按需——根据需求选取特定数据之后特定数据选择需求之后</li> <li>● 定期——在某个间隔内完成一次,如每天一次</li> </ul>
用户	用户是使用 KPI 的典型用户群。使用本标准的用户群是: <ul style="list-style-type: none"> <li>● 操作员——负责设备直接运行的人员</li> <li>● 监察员——负责指导操作者活动的人员</li> <li>● 管理员——负责综合生产执行的人员</li> </ul>

表 1 (续)

生产方式	定义 KPI 通常适用的生产方式： <ul style="list-style-type: none"> <li>● 离散生产</li> <li>● 批量生产</li> <li>● 连续生产</li> </ul>
效能模型图	效能模型图是 KPI 元素相关性的图示,这些元素可用于深入研究和了解元素值的来源。 注:这是一种快速分析方法,通过矫正措施降低误差,以快速提高效率。
备注	可能包含与 KPI 相关的额外信息,典型的例子有： <ul style="list-style-type: none"> <li>● 约束</li> <li>● 用法</li> <li>● 其他信息</li> </ul>

## 5 用于 KPI 描述的元素

### 5.1 时间元素

#### 5.1.1 符号

在本部分这个时间模型中,当一项或多项任务由多种生产资源执行时,如生产人员、设备和物料等则生产订单正在进行处理或已完成。

注 1: 因为许多连续操作(例如,炼油厂和其他石化设施)使用一个任意时间段定义吞吐量(如一天或一班),而不是一个基于生产指令的时间间隔。针对这些行业,通过这种生产指令时间模型衍生的 KPIs 应调整。

注 2: 第 6 章 KPI 计算中使用本章括号内识别元素名称的缩略语。

注 3: 维护元素的定义源自 IEC 60050-191。

注 4: 术语“时间”在元素定义中指持续时间。

#### 5.1.2 计划时间

##### 5.1.2.1 计划订单执行时间(POET)

计划订单执行时间是执行一个订单的计划时间。

注: 它通常根据每个任务计划运行时间乘以订单数量,再加上计划准备时间计算得到。

##### 5.1.2.2 计划运行时间(POT)

计划运行时间是工作单元可以使用的计划时间。运行时间是一种调度时间。

##### 5.1.2.3 计划单元准备时间(PUST)

计划单元准备时间是工作单元生产准备的计划时间。

##### 5.1.2.4 计划占用时间(PBT)

计划占用时间是计划运行时间减去计划停工时间。

注: 计划停工时间可能用于计划维护工作。计划占用周期适用于完成期望生产订单的工作单元的详细计划。

#### 5.1.2.5 每个任务的计划运行时间(PRI)

每个任务的计划运行时间是生产单位数量产品的计划时间。

### 5.1.3 实际时间

#### 5.1.3.1 实际人员工作时间(APWT)

实际人员工作时间是一个员工执行生产订单所需的时间。

#### 5.1.3.2 实际单元处理时间(AUPT)

实际单元处理时间是生产准备和生产过程所需的时间。

#### 5.1.3.3 实际单元占用时间(AUBT)

实际单元占用时间是工作单元用于执行生产订单的实际时间。

#### 5.1.3.4 实际订单执行时间(AOET)

实际订单执行时间是生产订单结束和开始的时间差。它包括实际占用时间、实际运输和排队时间。

#### 5.1.3.5 实际人员出勤时间(APAT)

实际人员出勤时间是一个员工可用于生产订单的实际时间。它不包括企业允许的中断时间(如午饭时间)。它是除中断时间外开始工作与结束工作的时间差。

#### 5.1.3.6 实际生产时间(APT)

实际生产时间是一个工作单元正在生产的实际时间。它只包括增值的功能。

#### 5.1.3.7 实际排队时间(AQT)

实际排队时间是制造生产过程中物料运输或者处理的实际时间,如物料等待开始处理的时间。

#### 5.1.3.8 实际单元停工时间(ADOT)

实际单元停工时间是工作单元本可以执行但未执行生产订单的实际时间。

#### 5.1.3.9 实际单元滞后时间(ADET)

实际单元滞后时间是任务执行过程中由于故障中断、较小停顿和其他计划外时间段造成的订单处理滞后的时间。

#### 5.1.3.10 实际单元准备时间(AUST)

实际单元准备时间是工作单元准备时所需的时间。

#### 5.1.3.11 实际运输时间(ATT)

实际运输时间是工作单元之间运输所需的实际时间。

#### 5.1.3.12 实际单元处理时间(AUPT)

实际单元处理时间是实际生产时间加上实际单元生产准备时间。

#### 5.1.3.13 实际单元占用时间(AUBT)

实际单元占用时间是实际单元处理时间加上单元滞后时间。

#### 5.1.3.14 实际订单执行时间(AOET)

实际订单执行时间是订单开始执行到完成所需的时间。

### 5.1.4 维护时间

#### 5.1.4.1 故障间隔时间(TBF)

故障间隔时间是相邻两个故障之间的实际单元占用时间,包括准备时间、生产时间和修复时间,但不包括之后时间

#### 5.1.4.2 修复时间(TTR)

修复时间是工作单元由于故障而不可使用的实际时间。

#### 5.1.4.3 故障时间(TTF)

故障时间是故障间隔时间减去修复时间。

#### 5.1.4.4 故障事件计数(FE)

故障事件计数是特定时间区间内,为完成所需运行时工作单元能力终止的计数。

#### 5.1.4.5 检修时间(CMT)

检修时间是工作单元维护时间的一部分,包括检修内在的技术滞后和物流滞后(IEC 60050-191)。

#### 5.1.4.6 预防性维护时间(PMT)

预防性维护时间是工作单元维护时间的一部分,包括预防性维护内在的技术滞后和物流滞后(IEC 60050-191)。

## 5.2 工作单元时间模型

此模型描述了与工作单元相关的时间因素。图 3 给出了所定义周期的关系,图中时间元素的差构成了特定的损失。

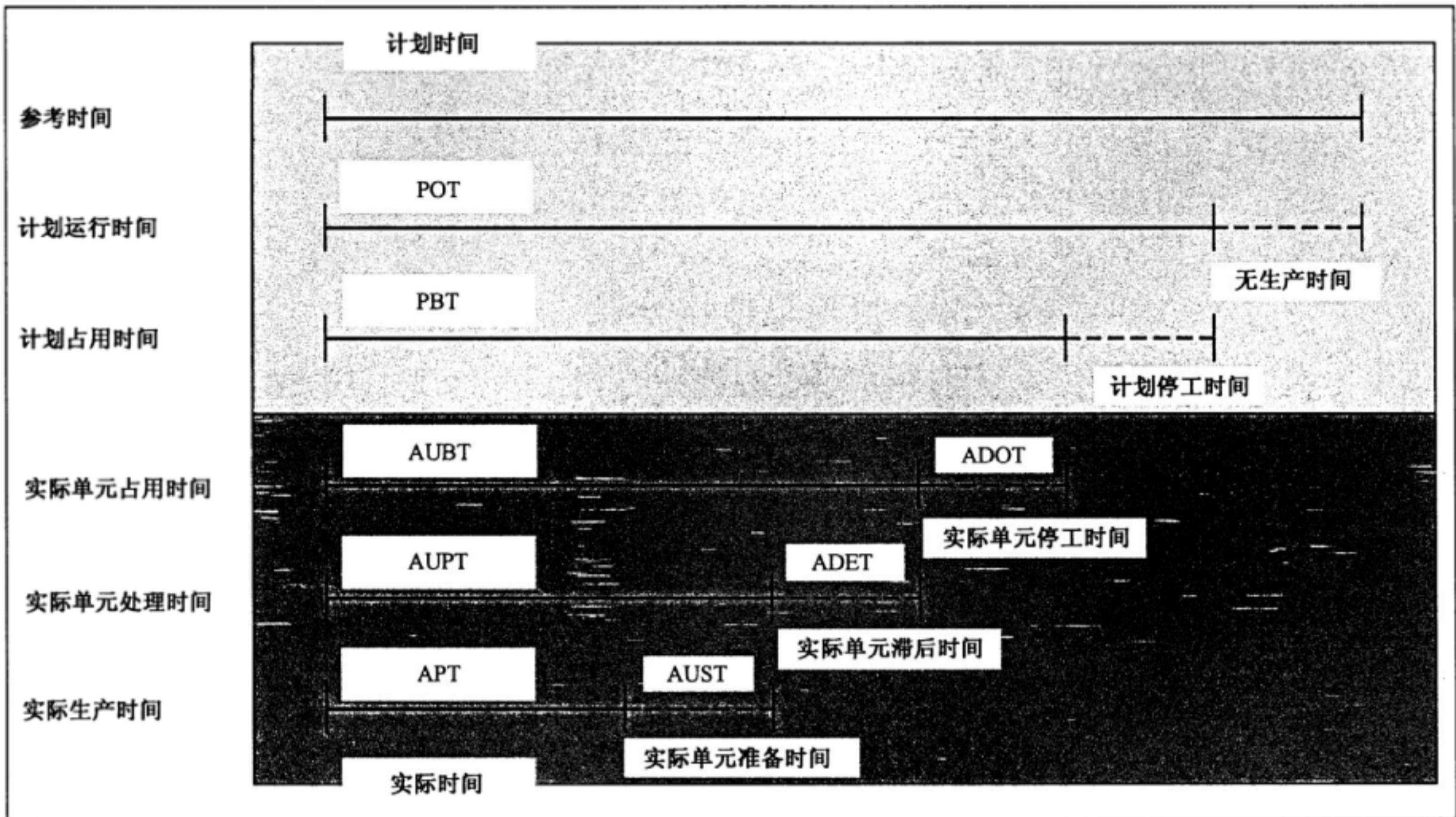


图3 工作单元的时间线

注：附录 B 提供了不同时间元素划分的工作单元时间模型，根据模型得到的 KPI(如 OEE)与第 6 章定义的不同。

### 5.3 生产订单的时间模型

此时间模型可用于执行生产订单。图 4 给出了生产订单处理的时间线，它由多种运行设备的时间线(如图 3)组成。生产订单的工作单元时间线可能在一些工作单元中根据运行方式分别给出。

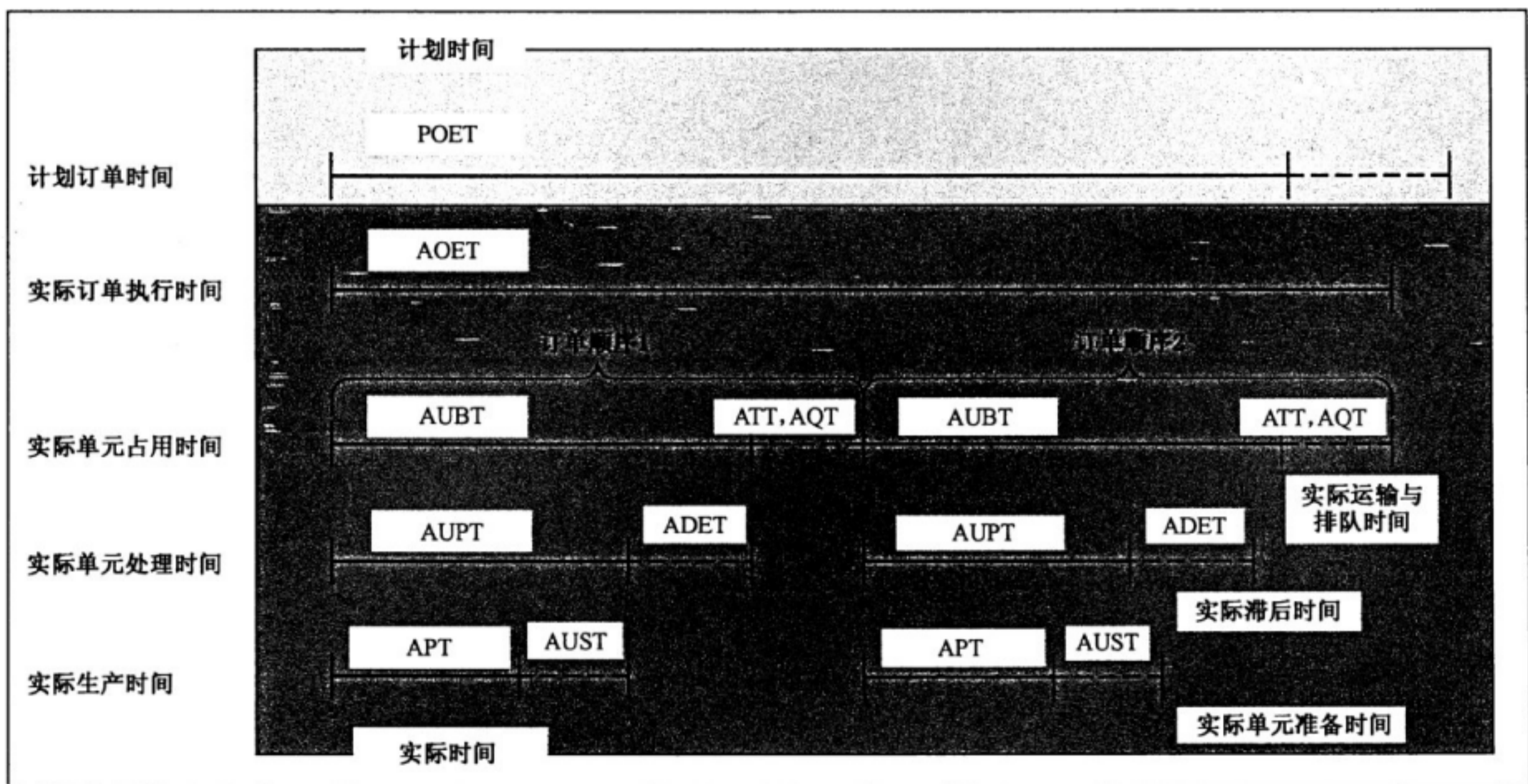


图4 生产订单处理的时间线

#### 5.4 人员时间模型

图 5 的模型适用于考虑人员的时间因素。

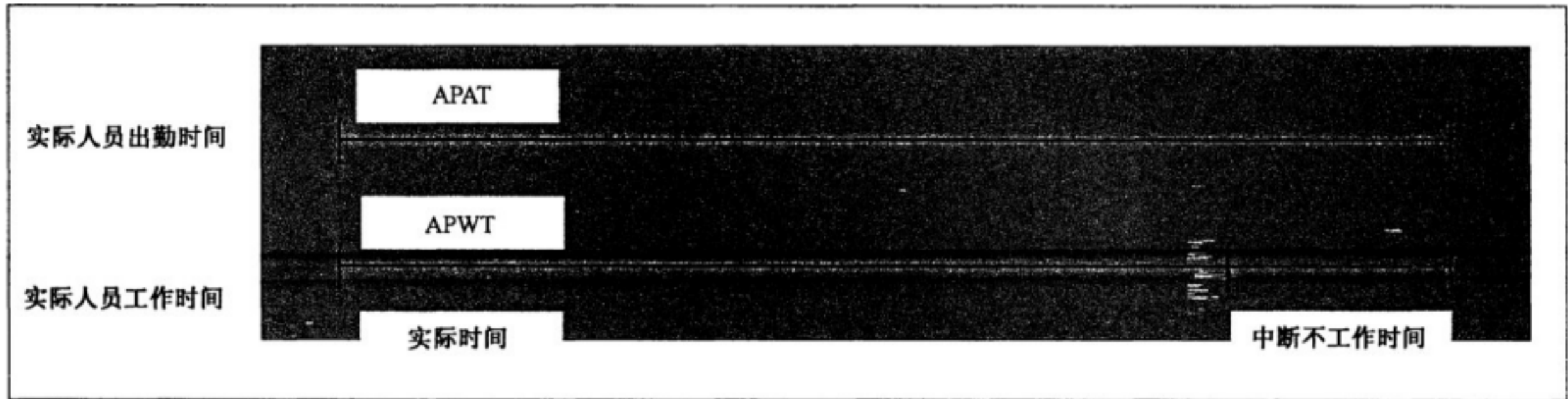


图 5 人员的时间线

#### 5.5 物流元素

##### 5.5.1 计划订单量(POQ)

计划订单量是生产订单的计划产品数量(批量、生产订单量)。

##### 5.5.2 废品数量(SQ)

废品数量是没有达到质量需求而不得不废弃或循环使用的生产数量。

##### 5.5.3 计划废品数量(PSQ)

计划废品数量是制造产品时,预期与处理相关的废品数量(如制造系统的开始或上升阶段)。

##### 5.5.4 合格品数量(GQ)

合格品数量是满足质量要求的生产数量。

##### 5.5.5 返工数量(RQ)

返工数量是未能满足质量要求但可通过后续加工达到质量要求的生产数量。

##### 5.5.6 已生产数量(PQ)

已生产数量是工作单元已生产的与生产订单相关的数量。

##### 5.5.7 原材料(RM)

原材料是通过生产转变为制成品的物料。

##### 5.5.8 原材料库存(RMI)

原材料库存是通过生产转变为中间产品或制成品的物料库存。

##### 5.5.9 制成品库存(FGI)

制成品库存是可用于交付的可接受数量。



### 5.5.10 消耗品库存(CI)

消耗品库存是生产过程中发生数量或质量转变,在生产运行中并不再使用的物料,如燃料。

注:消耗品已在 GB/T 20720.1 中详细定义。

### 5.5.11 已消耗物料(CM)

已消耗物料是某一个过程已消耗的材料量总和。

注:在流程工业中(如炼油和化工)中,已消耗物料通常作为分母来计算相关的 KPI 值。在某些工业过程中,输入可能少于输出。在生产中会发生许多化学和物理变化,产品产量也存在波动和不确定性。因此,难以计算和测量其输出。

### 5.5.12 综合成品数量(IGQ)

综合成品量是多产品生产过程中,产品计数或数量的总和,KPI 计算中使用 IGQ 代替 GQ。

示例:如果一种产品的质量没有达到较高等级“A”,则它可以当作较低等级“B”产品出售。于是,等级“B”产品的比例因为等级“A”产品的比例下降而上升。因此,综合成品数量 KPI 从所有相关产品的角度来计算,如等级“A”产品加上等级“B”产品。

注:由于 IGQ 表示生产期间所有产品的数量,因此所有产品都需要使用相同单位进行计量,或转换为相同的计量单位。一系列的转换系数可用于统一不同产品的计量方式。

### 5.5.13 生产损失(PL)

生产损失是生产期间的数量损失,由输入减去输出得到。

注:适用于批处理制造过程和连续制造过程。

### 5.5.14 储运损失(STL)

储运损失是贮存和运输过程中的数量损失,如库存计算中的库存损失或从一个地方转移至另一个地方时导致的物料损失。

注:适用于批过程和连续过程制造。

### 5.5.15 其他损失(OL)

其他损失是特别事件导致的损失量,如自然灾害。

注:适用于批过程和连续过程制造。

### 5.5.16 设备生产能力(EPC)

设备生产能力是生产设备的最大生产数量。

注:适用于批过程和连续过程制造。

## 5.6 质量元素

### 5.6.1 合格品部件(GP)

合格品部件是独立可识别部件的计数,通过序列化,满足质量要求。

注:在离散制造中,部件一般是单一的生产项。在批制造中,部件是已定义的物料批量。

### 5.6.2 已检查部件(IP)

已检查部件是独立可识别部件的计数,通过序列化,被检验不满足质量要求。

注:在离散制造中,部件一般是单一的生产项。在批制造中,部件是已定义的物料批量。

5.6.3 规格上限(USL)

规格上限是指低于该值时产品或过程是可以接受的,它表示变量可接受的最大值。

5.6.4 规格下限(LSL)

规格下限是指高于该值时产品或过程可接受的,它表示变量可接受的最小值。

5.7 质量元素

5.7.1 算术平均( $\bar{x}$ )

如果  $n$  次计量中,每次计量值  $x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$  都根据重复条件独立计量得到,则  $\bar{x}$  表示  $n$  个个体值的算术平均值。

5.7.2 平均值的平均( $\bar{\bar{x}}$ )

$\bar{\bar{x}}$ 由简单采样平均值  $\bar{x}$  的平均值计算得到。

5.7.3 估计方差( $\hat{\sigma}^2$ )

估计方差由标准方差的平均值乘以置信因子计算得到;其中,标准差平均值由一系列随机抽样检查规模不变的样本得到,置信因子则取决于标准差的随机抽样检查。

5.7.4 标准差( $\sigma$ )

标准差是测量值与平均值的偏差,它由变量的平方根决定。

5.7.5 方差( $\sigma^2$ )

方差是描述被测值散布程度的一种计量。它等于各被测值与平均值距离的平方和除以被测值的个数。

6 KPIs 描述

表 2~表 35 描述了 MOM 的 KPIs。附录 A 定义了 KPI 元素间的逻辑关系。虽然不是所有的实现都要包括附录 A 中的全部元素,但是对于本部分的任何实现,附录 A 都是必要的。

表 2 员工工作效率

KPI 定义	
内容	
名称	员工工作效率
ID	
描述	员工工作效率是表示生产订单的实际人员工作时间(APWT)与实际人员出勤时间(APAT)之间的关系
范围	员工、工作组、工作单元

表 2 (续)

公式	员工工作效率 = APWT/APAT
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	定期
用户	监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.1
备注	计算员工工作效率时,如果员工同时参与多个工作单元或生产订单的工作,要注意可能的重复计算。

表 3 分配率

KPI 定义	
内容	
名称	分配率
ID	
描述	分配率是表示完成生产订单的所有工作单元的实际占用时间(AUBT)与生产订单的实际执行时间(AOET)之间的关系
范围	产品、生产订单、计划
公式	分配率 = $\sum AUBT / AOET$ $\sum AUBT$ = 完成生产订单所需的所有工作单元的实际占用时间之和
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100% 在生产运行重叠的情况下,分配率可能大于 100%。
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	定期
用户	监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.2
备注	分配率是关于等待时间和延迟时间的指标,其表示实际处理生产订单所用的生产时间。长期的等待和停机延长生产时间。

表 4 生产率

KPI 定义	
内容	
名称	生产率
ID	
描述	生产率表示订单生产数量和订单实际执行时间的过程性能
范围	产品、生产订单和车间
公式	生产率 = PQ/AOET
计量单位	数量单位/时间单位
值域	Min:0 数量单位/时间单位 Max:依具体产品而定
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产
效能模型图	见图 A.3
备注	生产率是一种过程性能的指标。该性能指标是表示生产效率的一项重要指标。在完成每个订单之后,进行此绩效指标的计算。小时或天是生产率的典型时间单位,具体可根据产品来决定。

表 5 分配效率

KPI 定义	
内容	
名称	分配效率
ID	
描述	分配效率是工作单元的实际分配时间(即实际单元占用时间 AUBT)与工作单元的计划占用时间(即计划占用时间 PBT)之间的比率
范围	产品、生产订单和工作单元
公式	分配效率 = AUBT/PBT
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.4
备注	分配效率表示工作单元的计划能力被占用的强度和可使用的剩余计划能力。分配效率只受单元的实际空闲时间影响,而可用率 KPI 考虑了单元的实际延迟时间。

表 6 使用效率

KPI 定义	
内容	
名称	使用效率
ID	
描述	使用效率是实际生产时间(APT)与实际单元占用时间(AUBT)的比率
范围	工作单元
公式	使用效率 = APT/AUBT
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.5
备注	该指标明确了工作单元的生产力。因为只有生产时间能够影响由市场接受的附加值,所以目标是获取更高的指标值。

表 7 设备综合效率指标

KPI 定义	
内容	
名称	设备综合效率指标(OEE)
ID	
描述	OEE 是由工作单元可用率(见表 9),设备性能效率(见表 10)和质量指数(见表 11)组成的单一指标
范围	工作单元、产品、时间周期、缺陷类型
公式	$OEE = \text{可用率} \times \text{设备性能效率} \times \text{质量指数}$
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.6
备注	设备综合效率指标是工作单元、工作中心、含有多个工作单元的区域或整个工作中心的效率指标。OEE 为生产信息、生产损失辨识、通过优化生产过程来改善产品质量提供基础。基于层次结构的 OEE 计算,只在工作单元过程的特征是相似的情况下可用(见图 2)。在使用基于 OEE 的基准之前,应该先核对相似性的评判标准。

表 8 设备净效率指标

KPI 定义	
内容	
名称	设备净效率指标(NEE)
ID	
描述	设备净效率指标(NEE)是由实际单元处理时间与计划繁忙时间的比率、有效性 KPI 和质量比率 KPI 组成的单一指标
范围	工作单元、产品、时间周期、缺陷类型
公式	NEE 指标 = AUPT/PBT × 有效性 × 质量比率
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见 A.7
备注	设备净效率指标 NEE 与 OEE 相似,但 NEE 包含了生产准备时间,该准备时间包含在变形的可用率 KPI 中,即实际单元处理时间与计划占用时间的比率。 NEE 指标表示由于工作单元滞后、周期时间和返工造成的损失。

表 9 可用率

KPI 定义	
内容	
名称	可用率
ID	
描述	可用率是工作单元的实际生产时间(APT)与计划占用时间(PBT)之间的比率
范围	工作单元、产品、时间周期
公式	可用率 = APT/PBT
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见 A.8
备注	对于可用的能力,可用率显示了工作单元的生产能力大小。 可用率也可称作使用程度或能力因素

表 10 设备性能效率

KPI 定义	
内容	
名称	设备性能效率
ID	
描述	设备性能效率表示计划目标周期和实际周期之间的关系,具体表示为:每个设备的计划运行时间(PRI)乘以生产数量(PQ)再除以实际生产时间(APT)
范围	工作单元、工作中心、区域、产品、时间周期
公式	设备性能效率 = $PRI \times PQ / APT$
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.9
备注	<p>设备性能效率可以在短周期内计算,其显示了生产时间内工作单元的效率。</p> <p>设备性能效率的定义使用了作为周期时间的计划运行时间(PRI)。其定义了使用固定数量的物料进行生产所用的时间。批量生产和连续生产典型地表达了单位时间内的期望输出和确定时间周期内的生产数量(例如:HL 每小时)。</p> <p>这个值与 PRI 元素相关,并可以通过确定生产物料的固定数量来转换成 PRI。</p>

表 11 质量指数

KPI 定义	
内容	
名称	质量指数
ID	
描述	质量指数或合格品数量(GQ)和生产数量(PQ)之间的比率
范围	工作单元、工作中心、区域、产品、时间周期、缺陷类型
公式	质量比率 = $GQ / PQ$
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.10
备注	该指标为操作员层面的实时指标。

表 12 生产准备率

KPI 定义	
内容	
名称	生产准备率
ID	
描述	生产准备率是实际单元生产准备时间(AUST)与实际单元处理时间(AUPT)之间的比率,其定义了生产准备时间占实际处理时间的百分比
范围	工作单元、产品、生产订单
公式	生产准备率 = AUST/AUPT
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越低越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.11
备注	生产准备率显示了工作单元增值机会的相对损失。该指标值越高说明与生产订单的处理时间相关的生产准备时间越长,该生产订单给产品带来增值。对于企业来说,高的生产准备率表明潜在的增值时间消耗。 当订单批量降低时,需要特别考虑生产准备率。该情况一般发生在对柔性供应链需求作出响应时。

表 13 技术效率

KPI 定义	
内容	
名称	技术效率
ID	
描述	工作单元的技术效率表示实际生产时间(APT)与实际生产时间(APT)和实际单元滞后时间(ADET)总和之间的关系。实际单元滞后时间包括滞后和故障造成的中断
范围	工作单元、产品、生产订单
公式	技术效率 = APT/(APT+ADET)
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.12
备注	与使用效率相比,技术效率不包括生产准备时间。 在没有故障造成中断的情况下,可获得最大的技术效率。



表 14 生产过程率

KPI 定义	
内容	
名称	生产过程率
ID	
描述	生产过程率定义了所有参与订单生产的工作单元和工作中心的实际生产时间(APT)与生产订单的整个生产时间,即实际订单执行时间(AOET)之间的关系
范围	产品、生产订单、车间
公式	生产过程率 = $\sum APT / AOET$ $\sum APT$ = 参与订单生产的所有工作单元和工作中心的 APT 的总和
计量单位	%
值域	Min: 0% Max: 100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.13
备注	生产过程率是一种生产效率指标。 生产过程率低,表示生产订单包含大量的等待时间或空闲时间,而不是生产时间。

表 15 实际与计划废品比率

KPI 定义	
内容	
名称	实际与计划废品比率
ID	
描述	实际与计划废品比率通过废品数量(SQ)除以计划废品数量(PSQ)来计算,表示与期望值(计划值)相比,实际产生的废品数量
范围	工作单元、产品、缺陷类型
公式	实际与计划废品比率 = $SQ / PSQ$
计量单位	%
值域	Min: 0% Max: 无限制
趋势	数值越低越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.14
备注	该指标用于改善生产的短期指标,也是控制第 4 层应用(ERP)中计划值的一种工具。 该指标值低,表示生产了少于预期的废品。作为短期目标这样是有利的。 另一方面,指标值经常过低,表示由第 4 层系统(ERP)定义的计划废品率过高。可能导致不必要的物料分配。 为了保证必要的物料分配,ERP 系统已经定义了计划废品数量(可以被预期)。

表 16 一次性通过成品率

KPI 定义	
内容	
名称	一次性通过成品率(FPY)
ID	
描述	FPY 指产品在第一次生产过程中,达到质量需求且不返工(合格产品)的百分比。该指标表示了合格品部件(GP)和已检查部件(IP)之间的比率。
范围	工作单元、产品、生产订单、缺陷类型
公式	$FPY = GP/IP$
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产
效能模型图	见图 A.15
备注	为了确认产品是第一次通过,有必要为每个部件标注一个标识号(序列号)。5.7.1 解释了离散生产和批量生产中,“部件”这个概念的使用。 FPY 与缺陷成本是互反的关系。

表 17 废品率

KPI 定义	
内容	
名称	废品率
ID	
描述	废品率是废品数量(SQ)和生产数量(PQ)之间的比率
范围	工作单元、产品、生产订单、缺陷类型
公式	废品率 = $SQ/PQ$
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越低越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.16
备注	废品率也应用于商业的等级评定。

表 18 返工率

KPI 定义	
内容	
名称	返工率
ID	
描述	返工率是返工数量(RQ)和生产数量(PQ)之间的比率
范围	工作单元、产品、生产订单、缺陷类型
公式	返工率 = RQ/PQ
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越低越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.17
备注	返工率也应用于商业的等级评定。

表 19 下降率

KPI 定义	
内容	
名称	下降率
ID	
描述	下降率表示指定的生产运行的下降数量与第一次运行时的生产数量(PQ)之间的关系。下降量的计算方法是第一次生产订单序列的生产数量(PQ)减去当前生产订单序列的成品数量(GQ)
范围	生产订单序列、产品
公式	当前生产订单序列的下降率 = $(PQ_{\text{第一次生产订单序列}} - GQ_{\text{当前生产订单序列}}) / PQ_{\text{第一次生产订单序列}}$
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越低越好
环境	
时间设置	按需
用户	操作员、监察员、管理员

表 19 (续)

生产方式	离散生产、批量生产
效能模型图	见图 A.18
备注	<p>该 KPI 常应用于串联过程,一个产品(例如:主机板)在第一道制造工序中生产,但是可能在之后的运行中成为废品。</p> <p>下降率是一种在订单序列完成后使用的指标。</p> <p>初始产品可在第一道制造工序中被序列化。</p> <p>该指标影响计划质量(计划废品)和每个制造工序的生产质量,并产生物料损失。</p> <p>在流程工业中,如:石化企业,经常将“消耗物料”当作分母来计算相应的 KPI 指标。“制成品率”(见表 26)也可以计算该质量。</p>

表 20 设备能力指标

KPI 定义	
内容	
名称	设备能力指标 $C_m$
ID	
描述	设备能力指标 $C_m$ 表示过程的偏差和规格界限之间的关系。该方法对规格界限(USL、LSL)的范围和特定特征测量值的 $6\sigma$ 偏差进行了对比
范围	产品、工作单元、特征值、一系列测量值
公式	$C_m = (USL - LSL) / (6 \times \sigma)$
计量单位	N/A
值域	Min: $>0$ , 如果 $\sigma$ 趋势无穷大, $C_m$ 趋势 0 Max: 无穷大
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.19
备注	<p>设备能力指标 <math>C_m</math> 表示了机器或设备生产某特定特征下满足规定质量的产品的能力。如果可能,该指标的评估应该在排除其他过程干扰的情况下执行。该方法主要结合产品来验收设备。</p> <p><math>C_m</math> 是一个短期能力调研的特征值。通常正态分布是统计 <math>C_m</math> 的方法。</p> <p>设备能力指标 <math>C_m</math> 通常根据客户的需求来定义。通常 <math>C_m &gt; 1.66</math>。</p> <p><math>C_m</math> 值只用于带有规格上下限的特征值。</p>

表 21 关键设备能力指标

KPI 定义	
内容	
名称	关键设备能力指标 $C_{mk}$
ID	
描述	关键设备能力指标 $C_{mk}$ 表示过程偏差、规格上限 (USL) 或下限 (LSL), 及其均值 ( $\bar{x}$ ) 之间的关系。该方法对规格上下限的范围及其均值和特定特征测量值的 $3\sigma$ 偏差进行了对比
范围	产品、工作单元、特征值、一系列测量值
公式	$C_{mku} = (USL - \bar{x}) / (3 \times \sigma)$ ; $C_{mkl} = (\bar{x} - LSL) / (3 \times \sigma)$ $C_{mk} = \min(C_{mku}, C_{mkl})$
计量单位	N/A
值域	Min: $>0$ , 如果 $\sigma$ 趋势无穷大, $C_{mk}$ 趋势 0 Max: 无穷大
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.19
备注	关键设备能力指标 $C_{mk}$ 表示了一个机器或工作设备, 在指定指标下, 生产合格产品的能力。如果可能, 该指标的评估应该在排除其他过程干扰的情况下执行。该方法主要结合产品来验收设备。 $C_{mk}$ 是一个短期能力调研的特征值。通常正态分布是统计 $C_{mk}$ 的方法。 关键设备能力的目标值通常根据客户的需求来定义。通常 $C_{mk} > 1.66$ 。

表 22 过程能力指标

KPI 定义	
内容	
名称	过程能力指标 $C_p$
ID	
描述	过程能力指标 $C_p$ 表示过程偏差和规格界限之间的关系。该方法对规格界限 (USL, LSL) 的范围和特定特征的过程 $6\sigma$ 偏差进行了对比
范围	产品、工作单元、特征值、一系列测量值
公式	$C_p = (USL - LSL) / (6 \times \hat{\sigma})$
计量单位	N/A
值域	Min: $>0$ , 如果 $\hat{\sigma}$ 趋势无穷大, $C_p$ 趋势 0 Max: 无穷大
趋势	数值越高越好

表 22 (续)

环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.20
备注	<p>过程能力指标应该尽早通过统计手段被检测出,这样才能确保生产的产品达到质量要求。</p> <p>测量应该在固定的时间段或确定数量间隔之后进行小样本采样(1~25)。</p> <p>如果过程能力指标大于 1.33,则该过程是有能力的。</p> <p><math>\hat{\sigma}</math> 可以根据检验样本的大小,通过标准差的置信因子来计算。</p>

表 23 关键过程能力指标

KPI 定义	
内容	
名称	关键过程能力指标 $C_{pk}$
ID	
描述	关键过程能力指标 $C_{pk}$ 表示过程偏差、规格上限(USL)和下限(LSL),及其平均值的平均( $\bar{x}$ )之间的关系。该方法对规格界限(USL、LSL)的范围及其均值和过程 $3\sigma$ 偏差进行了对比
范围	产品、工作单元、特征值、一系列测量值
公式	$C_{pku} = (USL - \bar{x}) / (3 \times \hat{\sigma})$ ; $C_{pkl} = (\bar{x} - LSL) / (3 \times \hat{\sigma})$ $C_{pk} = \text{Min}(C_{pku}, C_{pkl})$
计量单位	N/A
值域	<p>Min: &gt;0, 如果 <math>\hat{\sigma}</math> 趋势无穷大, <math>C_p</math> 趋势 0</p> <p>Max: 无穷大</p>
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.20
备注	<p>关键过程能力指标应该尽早通过统计手段被检测出,这样才能确保生产的产品达到质量要求。</p> <p>测量应该在固定的时间段或确定数量间隔之后进行小样本采样(1~25)。</p> <p>如果过程能力指标大于 1.33,则该过程是有能力的。</p> <p><math>\hat{\sigma}</math> 可以根据检验样本的大小,通过标准差的置信因子来计算。</p>

表 24 综合能耗

KPI 定义	
内容	
名称	综合能耗
ID	
描述	综合能耗是在生产周期中消耗的能源量和生产数量之间(PQ)的比率
范围	产品、设备
公式	$e = E/PQ = (\sum Mi \times Ri + Q)/PQ$ 式中： e: 设备的单位能耗； E: 综合能耗； Mi: 某能源的实际能耗量(千瓦时)； Ri: 某能源的转换系数； Q: 与环境交换的有效能源代数。
计量单位	焦耳/数量单位
值域	Min: 0 焦耳/个数或量 Max: 根据产品而定
趋势	数值越低越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.21
备注	<p>该指标用于测量能源的消耗,为企业节省能源、环境保护和降低成本提供依据。虽然能源可以看作一种原材料,但使用特定的指标有助于评估能源消耗。</p> <p>能源消耗是影响生产成本和企业效益的重要因素。</p> <p>对于能源消耗,需要考虑国家法律、法规,并需要额外的 KPI 计算。</p> <p>转换系数 Ri 通过将能源转换成标准量,来统一不同类型能源的度量模式,例如:水的 Ri 单位是标准量/吨,电的 Ri 单位是标准量/千瓦时,综合能耗指标计算时需使用配套的针对不同行业的标准量转换表。</p>

表 25 库存周转

KPI 定义	
内容	
名称	库存周转
ID	
描述	库存周转是生产量和平均库存的比率,一般用于衡量库存利用效率,表示补充或周转存货的平均次数

表 25 (续)

范围	库存
公式	库存周转 = TH/平均库存
计量单位	时间单位
值域	Min:0 时间单位 Max:由产品而定
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	连续生产 (库存周转在离散生产和批量生产的第 4 层 KPI 中经常使用)
效能模型图	见图 A.22
备注	<p>该指标的定义对于面向库存来组织生产的流程工业十分重要。产品在库存的放置时间影响产品质量和成本。</p> <p>四种典型的库存,描述如下:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 原材料(RM):原材料通过生产被转化成制成品。</li> <li>2) 消耗品(CI):生产过程中,物料的数量或质量被改变,例如:催化剂(消耗品在 GB/T 20720-1 中有详细定义)。</li> <li>3) 中间品和制成品库存(FGI):工序后的存储地点是中间品库存或制成品库存。中间品库存用于存储车间内不同的产品,以备进一步的加工或装配。例如:生产减速器工艺过程可能需要几个中间品库存,包括齿轮、外壳和机轴等。制成品库存用于存储运送给客户前的最终产品。</li> <li>4) 在制品库存(WIP):在产品生产工艺的开始和结束之间的库存称为在制品库存(WIP)。生产工艺开始并结束于存储点,WIP 包括生产工艺开始到结束存储点(但不包括结束存储点)之间的所有产品。通常使用的 WIP 包括中间品库存,但两者存在差别。</li> </ol> <p>根据 VDMA 66412-1 中描述,WIP 库存是被分配到生产订单的物料,而不是库存,其一般用于生产区域。</p>

表 26 制成品率

KPI 定义	
内容	
名称	制成品率
ID	
描述	制成品率是生产的成品数量(GQ)和消耗物料(CM)之间的比率
范围	工作单元、产品、缺陷类型
公式	制成品率 = GQ/CM
计量单位	%



表 26 (续)

值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.23
备注	流程行业中,如石化企业,“消耗物料”常用作分母来计算相关的 KPI。在一些工业过程中,输入可能少于输出。在生产中发生很多化学和物理变化,并且产量波动不稳定。因此,根据质量指数的需求计算和测量输出量是困难的。

表 27 综合成品率

KPI 定义	
内容	
名称	综合成品率
ID	
描述	综合成品率是综合成品数量(IGQ)与消耗物料(CM)的比率
范围	工作单元、缺陷类型
公式	综合成品率 = IGQ/CM
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.24
备注	<p>流程工业中的产品之间关系密切,因为某等级或质量的制成品的指定量的一部分可以向其他不同等级或质量的产品转换。例如:如果某产品的质量没有达到“A”级,可以将其作为低质量的“B”级产品出售。这样,“B”级产品率增加,而“A”级产品率下降。因此,KPI 指标要从所有相关的产品角度来计算,例如:上面提到的“A”级和“B”级。在这种情况下,KPI“综合成品率”可以用来代替“制成品率”。</p> <p>由于“综合成品”代表生产中所有产品的数量,所以确保所有产品使用相同的测量单位或可以转化为相同的单位是很重要的。转换系数表可用于统一不同产品的度量模式。</p>

表 28 生产损失率

KPI 定义	
内容	
名称	生产损失率
ID	
描述	生产损失率是生产中损失量(PL)和消耗物料(CM)之间的比率
范围	工作单元、缺陷类型
公式	生产损失率 = PL/CM
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越低越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	监察员、管理员
生产方式	批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.25
备注	<p>在流程工业,一般不测量废品和返工量,而是关注损失,其中:</p> <p>综合成品率 + 损失率 = 1</p> <p>损失率 = 生产损失率 + 储运损失率 + 其他损失率</p> <p>对于以上的计算提供如下计算方法:</p> <p>生产损失:生产中的损失量,用输出减输入计算。</p> <p>储运损失:存储和运输中的损失量,例如:库存计算中的库存损失或从一个地方到另一个地方运输中的物料损失。</p> <p>其他损失:除生产和储运以外的因素造成的损失量,例如:自然灾害。</p>

表 29 储运损失率

KPI 定义	
内容	
名称	储运损失率
ID	
描述	储运损失率是存储和运输中的损失量(STL)与消耗物料(CM)之间的比率
范围	工作单元、缺陷类型
公式	储运损失率 = STL/CM
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%

表 29 (续)

趋势	数值越低越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.26
备注	见生产损失率(见表 28)。

表 30 其他损失率

KPI 定义	
内容	
名称	其他损失率
ID	
描述	其他损失率是与生产、储运无关的损失(OL)与消耗物料(CM)的比率
范围	工作单元、缺陷类型
公式	其他损失率 = OL/CM
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越低越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.27
备注	其他损失率评估不包括在生产、存储或运输中产生的损失。见生产损失率(见表 28)。

表 31 设备负荷率

KPI 定义	
内容	
名称	设备负荷率
ID	
描述	设备负荷率表示生产数量(PQ)与设备生产能力(EPC)之间的关系。 设备生产能力是“额定值”或“最大值”； 最大设备生产能力：设备交付前，生产标定的最大限值； 额定设备生产能力：设备稳态运行时所允许的生产最大限值。

表 31 (续)

范围	工作单元
公式	设备负荷率 = PQ/EPC
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%,如果生产了多于额定设备生产能力的产品,该值将大于 100%
趋势	数值越高越好 大于 100%表明质量问题(见注解)
环境	
时间设置	按需、定期
用户	监察员、管理员
生产方式	批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.28
备注	<p>生产能力和设备负荷率是制造企业重要的评价指标。</p> <p>设备负荷率是反映设备生产状态和生产效率的指标,通过研究设备的使用来分析技术性能和设备利用情况。设备负荷率影响生产成本和最终的效益水平。</p> <p>当生产数量大于额定设备生产能力时,设备负荷率大于 100%,这表明存在影响设备安全和可靠性的问题。对于一些设备,存在设备负荷率的下限,低于此下限将不能生产产品。</p>

表 32 平均故障间运行时间

KPI 定义	
内容	
名称	平均故障间运行时间(MTBF)
ID	
描述	平均故障间运行时间是工作单元中所有故障事件(FE)的故障间运行时间(TBF)的平均值。
范围	工作单元
公式	$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^{i=FE} TBF_i}{FE + 1}$
计量单位	时间单位
值域	Min:0 Max:无穷大
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	监察员、管理员

表 32 (续)

生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.29
备注	<p>平均故障间运行时间(MTBF)是预期的系统可靠性指标,通过基于已知的工作单元各种元件的故障率来进行统计计算。</p> <p>该指标表示故障之间期望的运行时间(参见 IEC 60050-191),它是工作单元在发生故障前持续运行时间长度的统计近似值。</p> <p>MTBF 的单位通常为小时。</p> <p>需要对每个工作单元计算该指标。每发生一次故障,将会得到用于 MTBF 计算的新 TBF 值。MTBF 是 MTTR 和 MTTF 的总和。</p>

表 33 平均失效前时间

KPI 定义	
内容	
名称	平均失效前时间(MTTF)
ID	
描述	平均失效前时间是工作单元所有故障事件(FE)的故障时间(TTF)的平均值
范围	工作单元
公式	$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^{i=FE} TTF_i}{FE + 1}$
计量单位	时间单位
值域	Min:0 Max:无穷大
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.30
备注	<p>平均失效前时间(MTTF)是预期的系统可靠性指标,通过基于已知的工作单元各种元件的故障率来进行统计计算。</p> <p>该指标表示故障时间的期望(参见 IEC 60050-191)。</p> <p>MTTF 用于不可修复设备和可修复设备。</p> <p>对于不可修理工作单元,MTTF 等同于 MTBF。</p> <p>MTTF 的单位通常为小时。</p> <p>需要对每个工作单元计算该指标。每发生一次故障,将会得到用于 MTTF 计算的新 TTF 值。</p>

表 34 平均修复前时间

KPI 定义	
内容	
名称	平均修复前时间(MTTR)
ID	
描述	平均修复前时间(MTTR)是在工作单元中恢复故障元件的平均时间。 平均修复前时间由工作单元所有故障事件(FE)和所有修复时间(TTR)的平均值来计算。
范围	工作单元
公式	$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^{i=FE} TTR_i}{FE + 1}$
计量单位	时间单位
值域	Min:0 Max:无穷大
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.31
备注	平均修复前时间(MTTR)是在工作单元中恢复故障元件的平均时间。它表示修复时间的期望值(见 IEC 60050-191)。 MTTF 的单位通常为小时。 需要对每个工作单元计算该指标。每恢复一次故障,将会得到用于 MTTR 计算的新 TTR 值。

表 35 故障检修率

KPI 定义	
内容	
名称	故障检修率
ID	
描述	故障检修率是检修时间(CMT)与维护总时间的比率,维护总时间是检修时间(CMT)与计划维护时间(PMT)之和
范围	工作单元
公式	故障检修率=CMT/(CMT+PMT)
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越低越好

表 35 (续)

环境	
时间设置	按需、定期
用户	监察员、管理员
生产方式	离散生产、批量生产、连续生产
效能模型图	见图 A.32
备注	故障检修率表示在工作单元的所有维护活动中检修任务的量级,并表明系统可靠性的不足,应降低该值。 相对于总维护时间,该指标为确定工作单元检修任务花费的时间提供参考。 需要注意的是,过度的预防维护与增加总维护功能,对于该比率来说,具有同样的影响。

## 7 一致性

为了符合本部分的要求,KPI 的 KPI 元素应与第 5 章中的相关规定一致,KPI 应与第 6 章中的描述一致。

附录 A  
(规范性附录)  
效能模型

A.1 参数-指标矩阵

表 A.1 给出了参数-指标矩阵。

表 A.1 参数-指标矩阵

		关键性能指标																										
		员工工作效率	分配率	生产率	分配效率	使用效率	设备综合效率	设备净效率	可用率	设备性能效率	质量指数	生产准备率	技术效率	生产过程率	实际/计划废品率	一次性通过成品率	废品率	返工率	下降率	设备能力指标	关键设备能力指标	过程能力指标	关键过程能力指标	平均故障间隔运行时间	平均失效前时间	平均修复前时间	故障检修率	
计划时间	计划占用时间(PBT)				•			•	•																			
	计划单元运行时间(PRTU)									•																		
实际时间	实际人员工作时间(APWT)	•																										
	实际单元处理时间(AUPT)							•			•																	
	实际单元占用时间(AUBT)		•		•	•																						
	实际订单执行时间(AOET)		•	•										•														
	实际人员出勤时间(APAT)	•																										
	实际生产时间(APT)				•			•	•				•	•														
	实际单元滞后时间(DET)													•														
	实际单元准备时间(AUST)												•															
物流量	废品数量(SQ)													•		•												
	计划废品数量(PSQ)													•														
	成品数量(GQ)									•										•								
	返工数量(RQ)																			•								
	已生产数量(PQ)			•					•	•							•	•										



表 A.1 (续)

		关键性能指标																										
		员工工作效率	分配率	生产率	分配效率	使用效率	设备综合效率	设备净效率	可用率	设备性能效率	质量指数	生产准备率	技术效率	生产过程率	实际/计划废品率	一次性通过成品率	废品率	返工率	下降率	设备能力指标	关键设备能力指标	过程能力指标	关键过程能力指标	平均故障间隔运行时间	平均失效前时间	平均修复前时间	故障检修率	
质量数	首个运行过程已生产数量(PQ)																		●									
	合格品部件(GP)														●													
	已检查部件(IP)														●													
	平均值的平均																							●				
	规格上限(USL)																				●	●	●	●				
	标准差( $\sigma$ )																				●	●						
	规格下限(LSL)																				●	●	●	●				
	估计方差																						●	●				
性能指标	可用率					●																						
	设备性能效率					●	●																					
	质量指数					●	●																					
维护项	故障时间																									●		
	故障间运行时间																							●				
	修复时间																										●	
	故障事件																							●	●	●		
	故障检修时间																											●
	预防性维护时间																											●

A.2 组织术语

A.2.1 生产订单顺序(POS)

生产订单顺序(生产订单位置)定义了生产订单的连续制造步骤。

注：这些通常按顺序编号(通常以十为周期)。

A.2.2 工作过程(WOP)

工作过程定义了制造方法(如：钻孔、车、硬化)。每个生产订单顺序分配给一个工作过程。

**A.2.3 工作组(WG)**

工作组用于组织生产区域的职责和管辖。每个生产员工可能被分配到其中一个工作组。

**A.2.4 车间(WP)**

车间是生产的逻辑单位,包括手工的、半自动化的或者全自动化的。

**A.2.5 生产订单(PO)**

生产订单包括必需的生产订单顺序和产品制造的订单数量。

**A.2.6 运行群(OC)**

运行群是一个工作单元、工作站或群、工作中心或工场。根据层次定义,运行群位于多层次中,是一个或多个工作中心,甚至工场的配置。

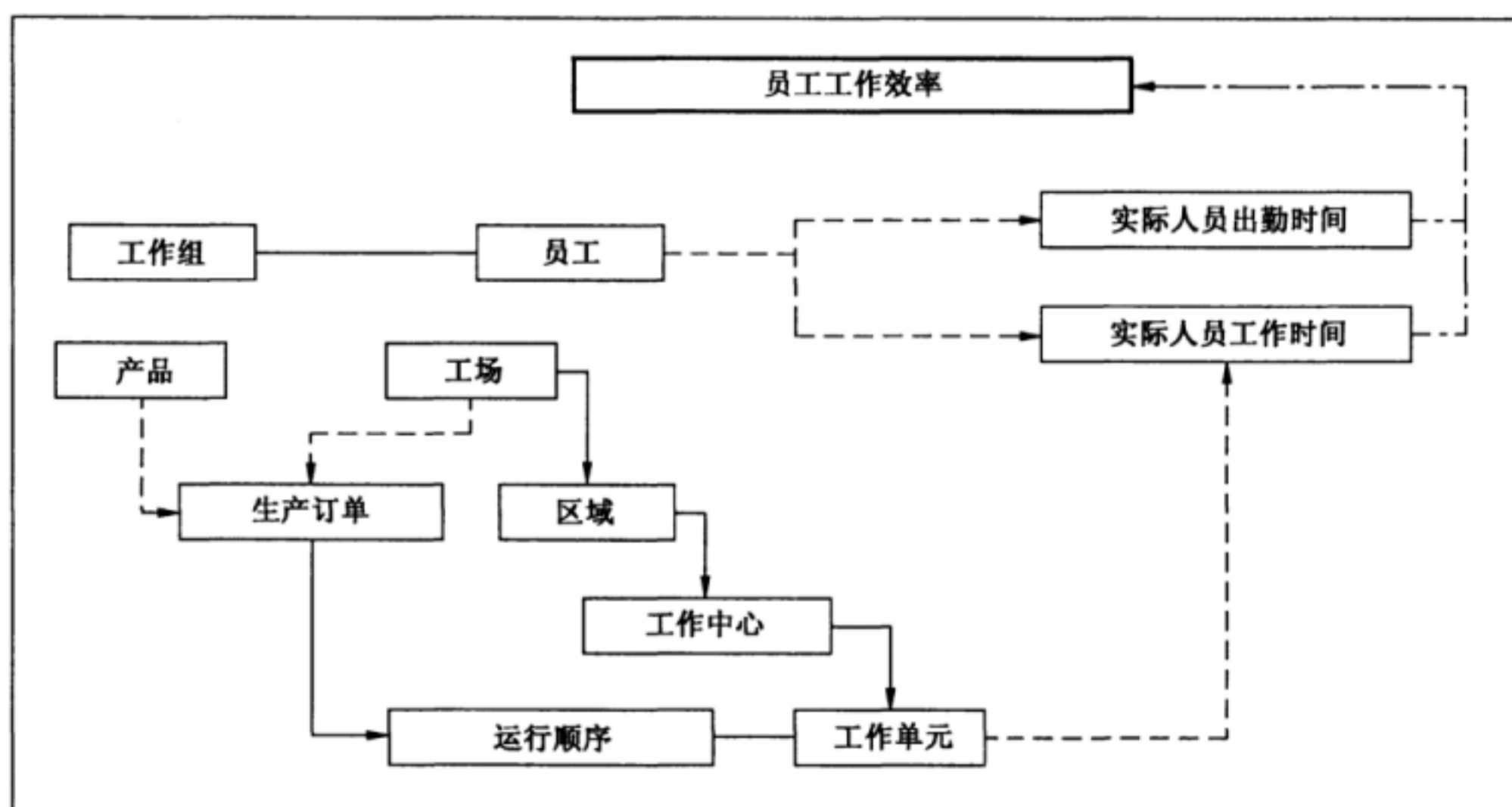
**A.3 效能模型图**

图 A.1~图 A.32 给出了效能模型图。

表 A.2 中定义的箭头适用于附录中的所有图。

**表 A.2 效能模型图符号**

箭头	定义
----->	KPI 中,通过公式得到的结果
—————	包含(1:1 关系)
----->	有(如被预定或进入)
—————>	组成(1:n 关系)



**图 A.1 员工工作效率**

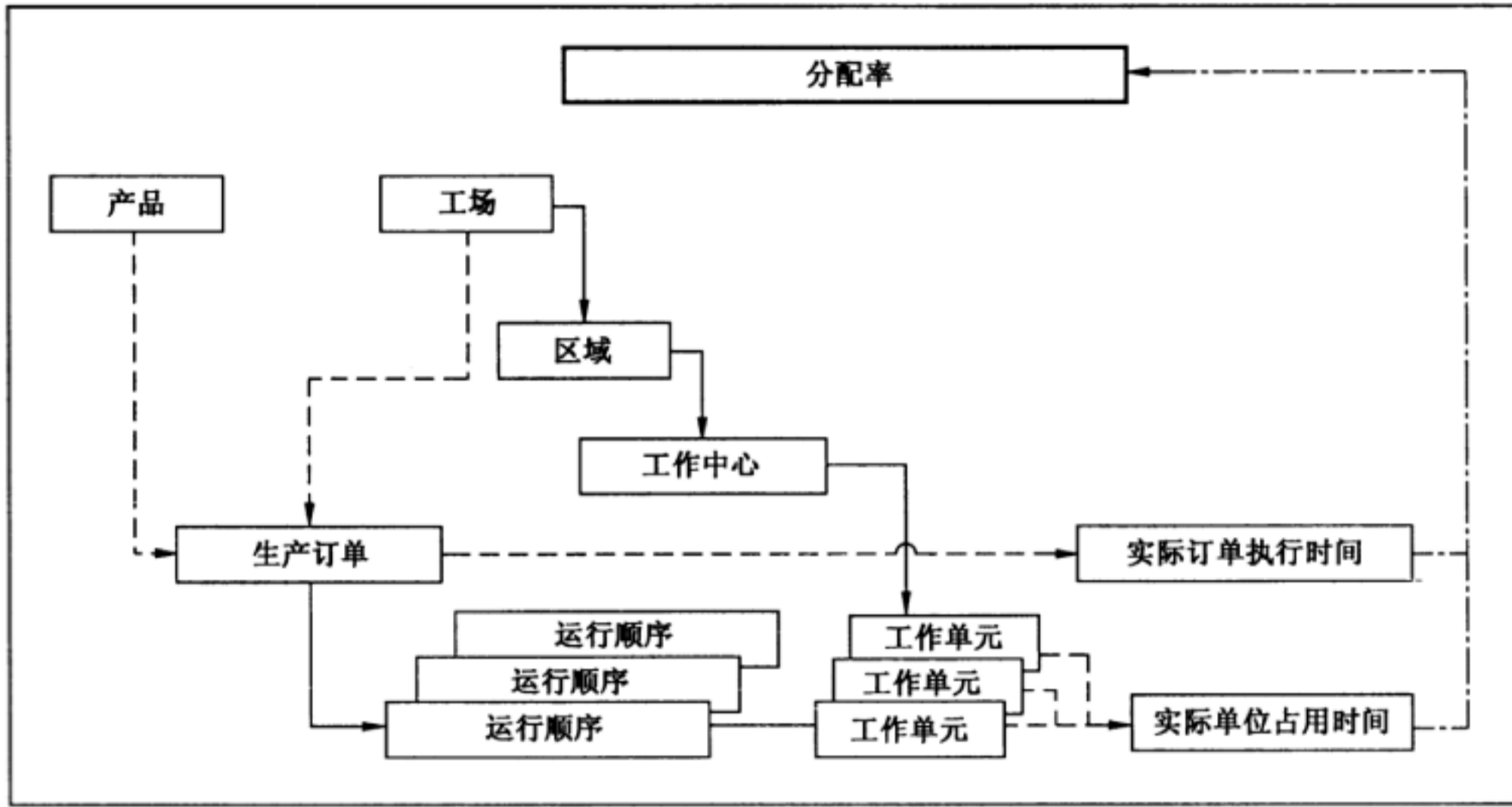


图 A.2 分配率

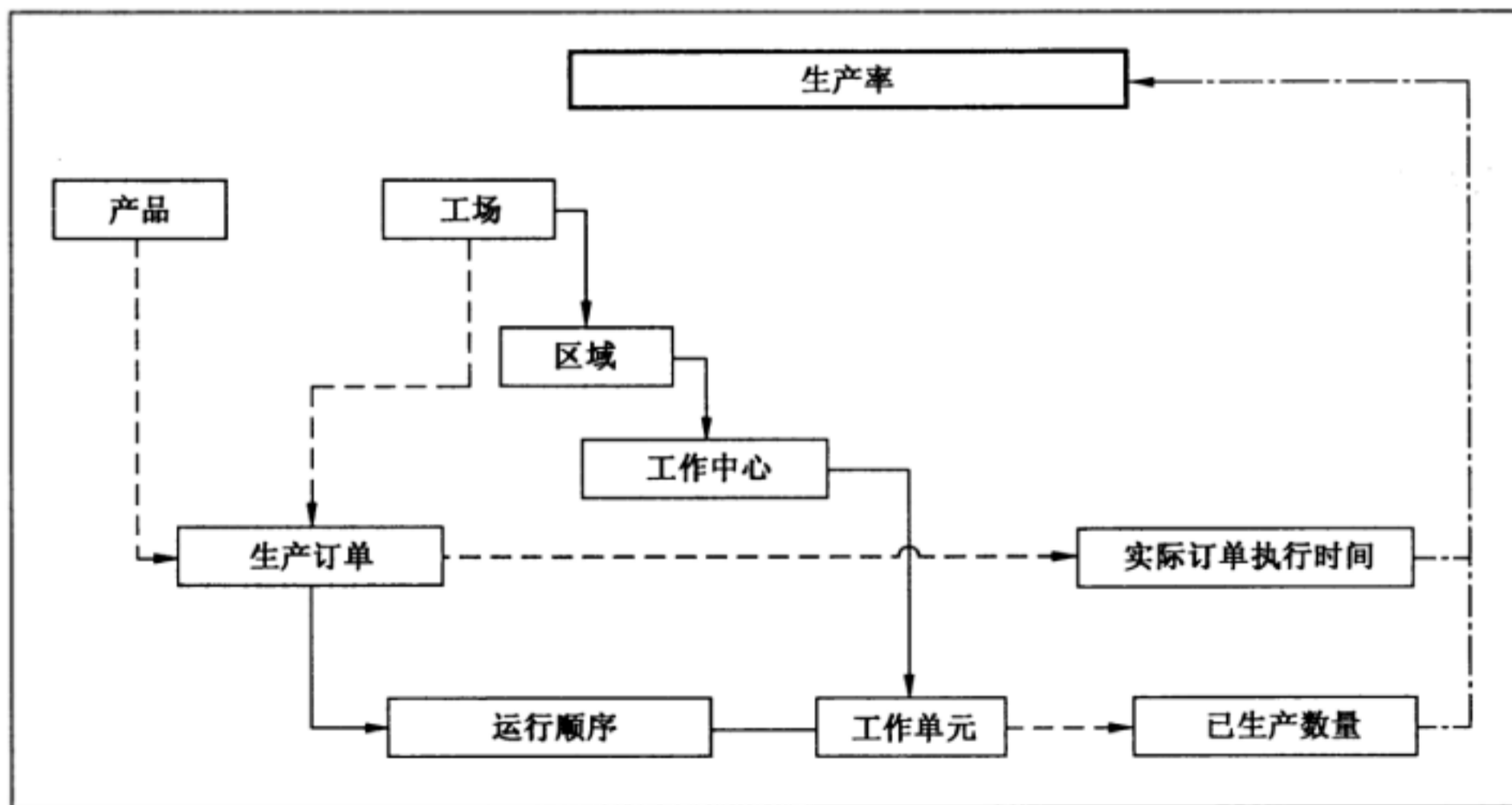


图 A.3 生产率

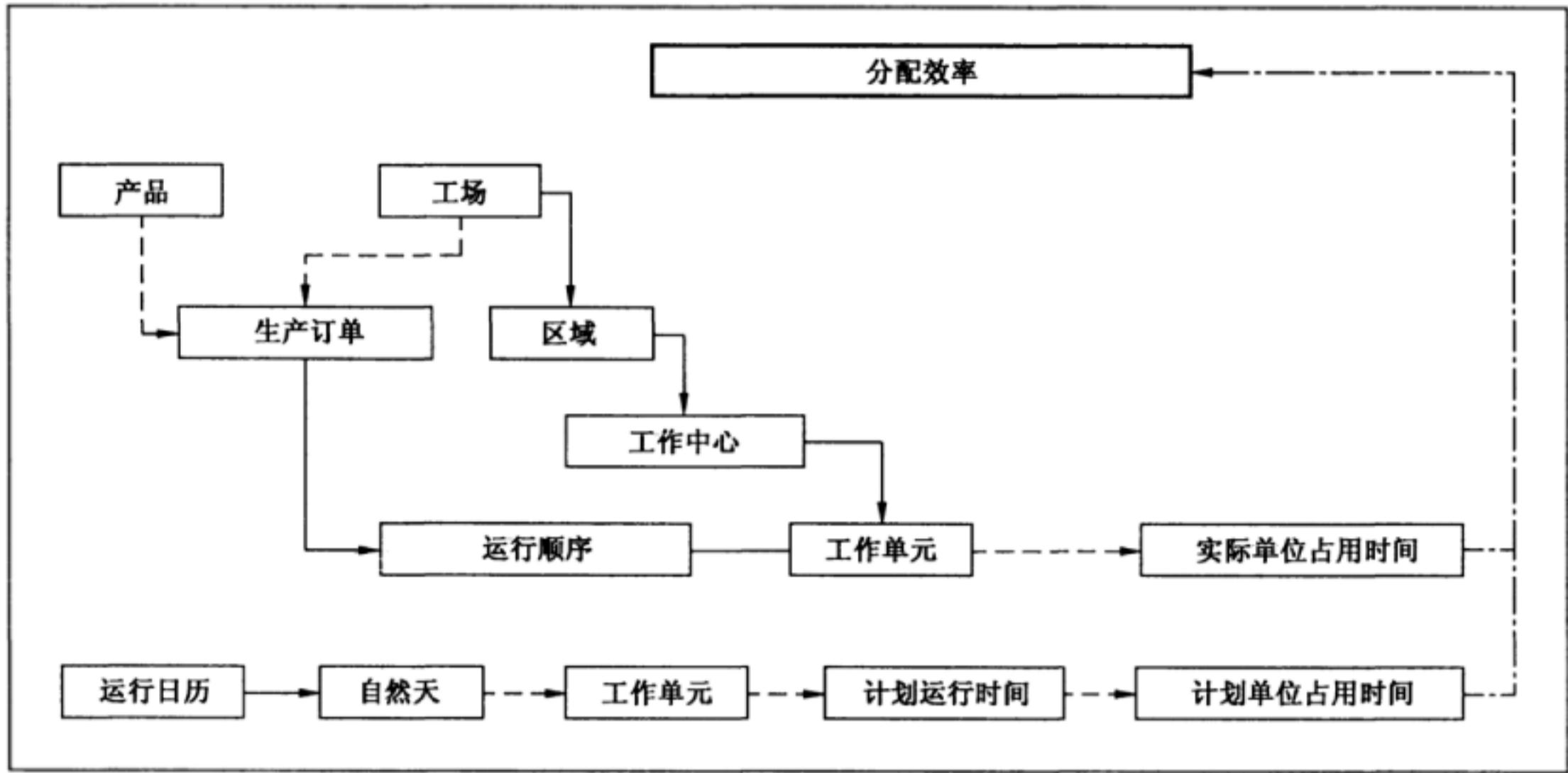


图 A.4 分配效率

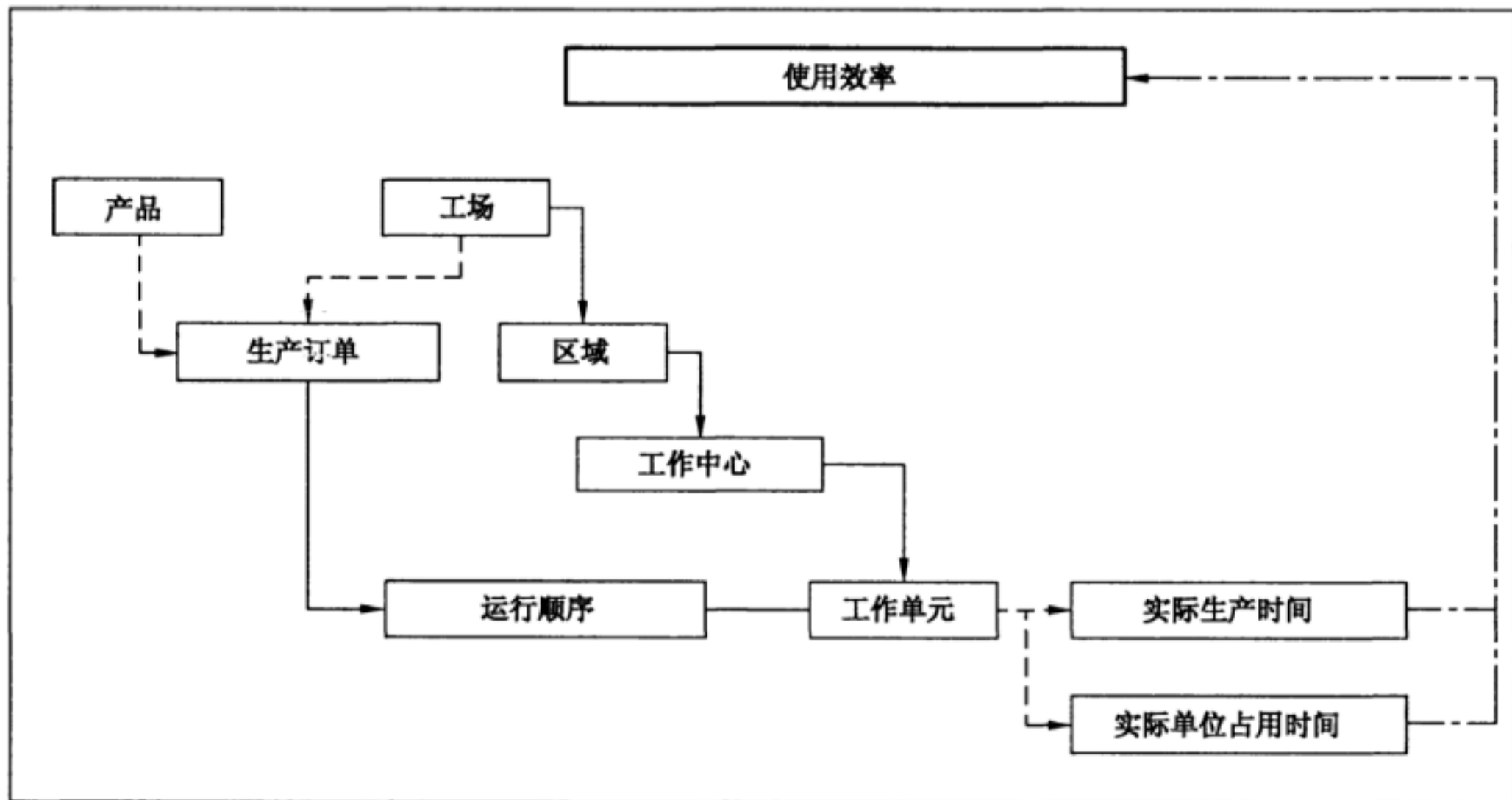


图 A.5 使用效率

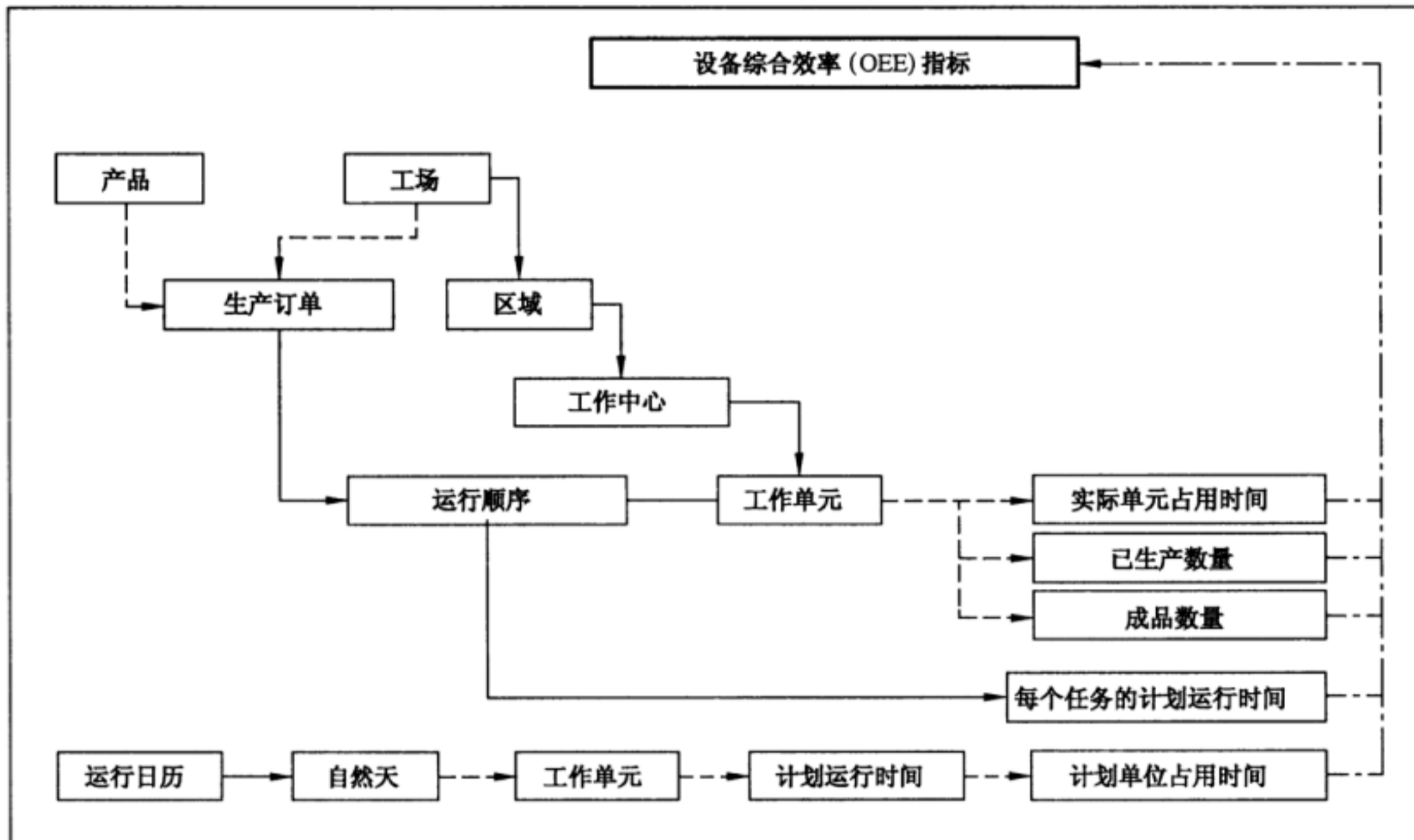


图 A.6 设备综合效率指标

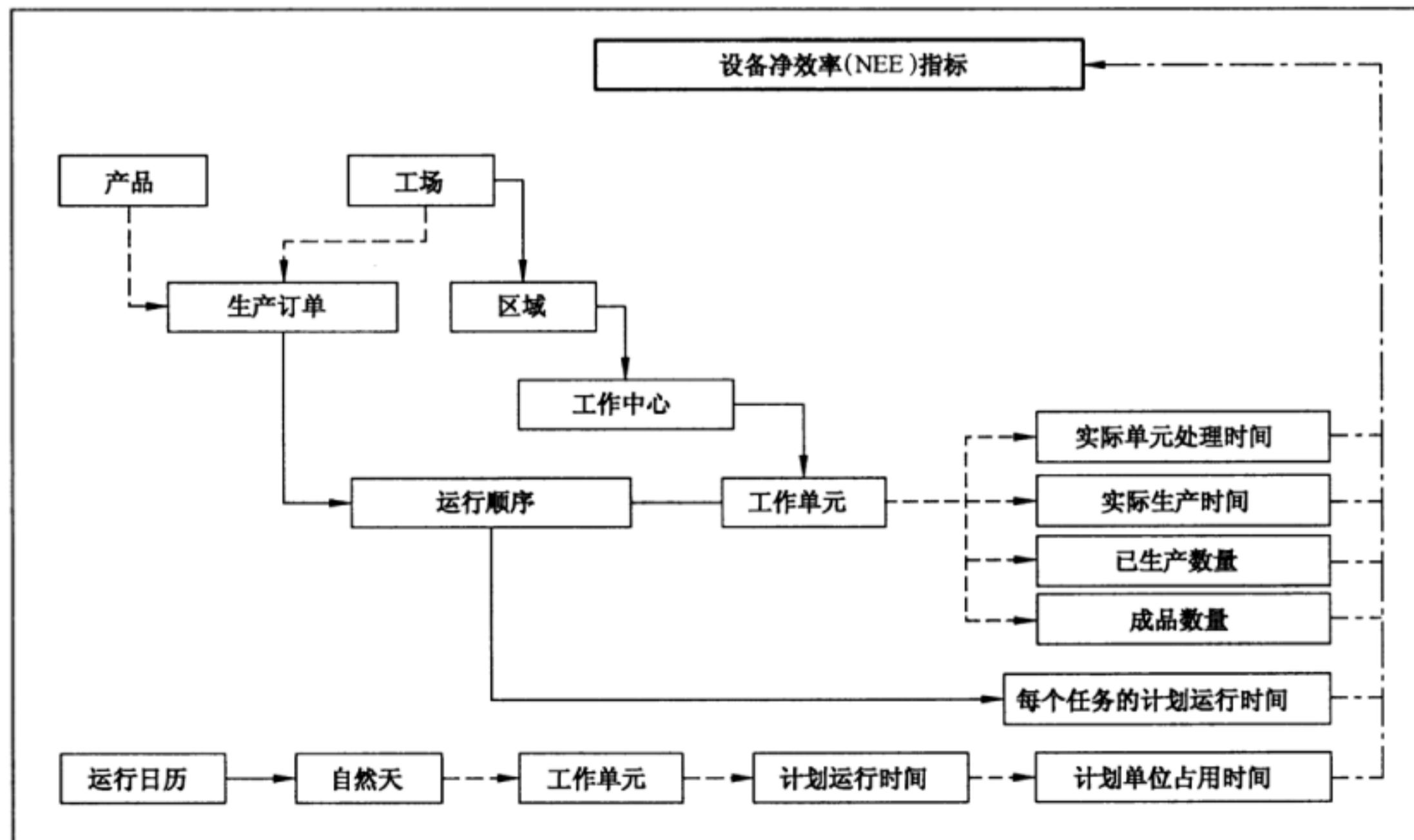


图 A.7 设备净效率指标

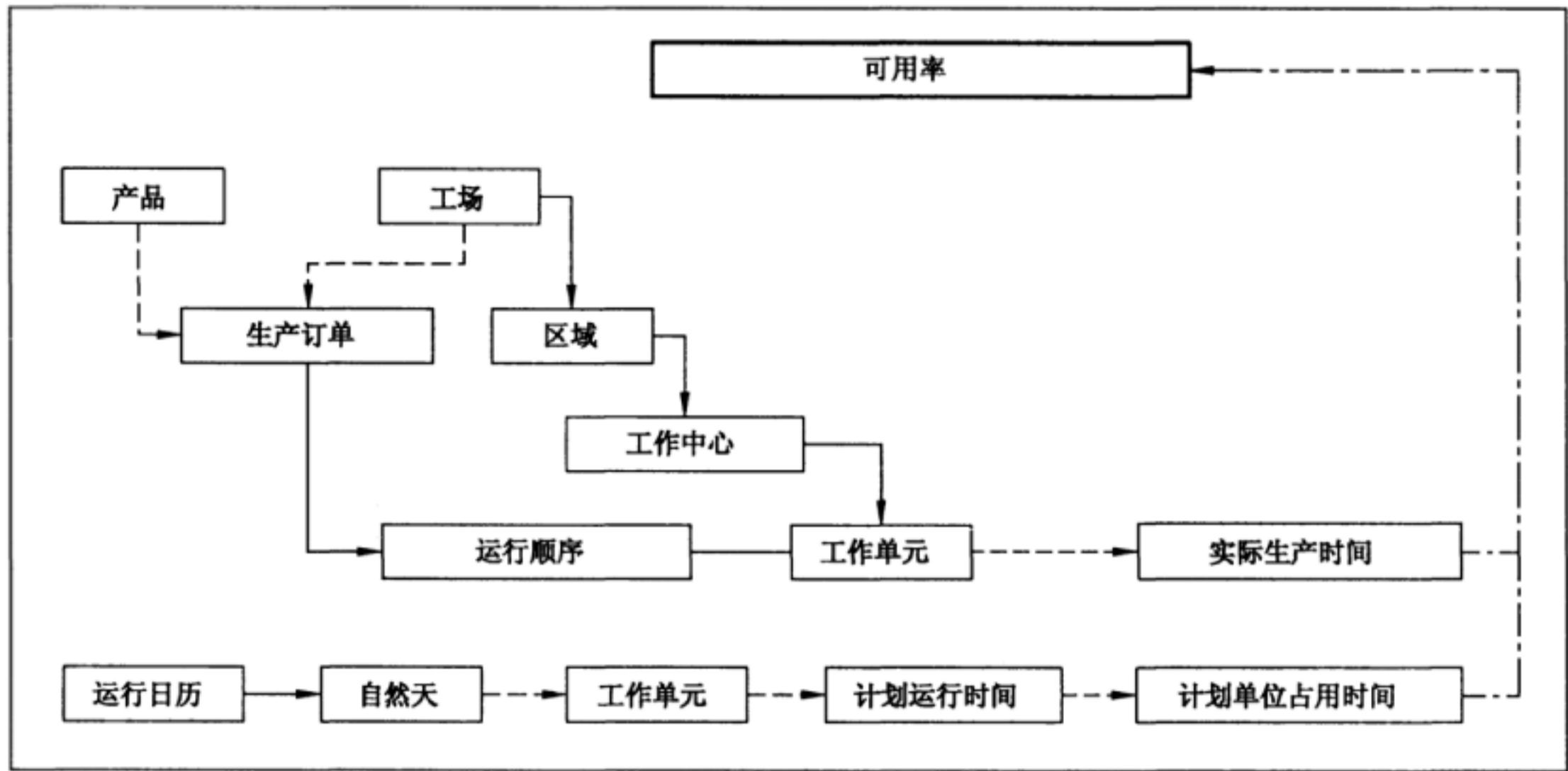


图 A.8 可用率

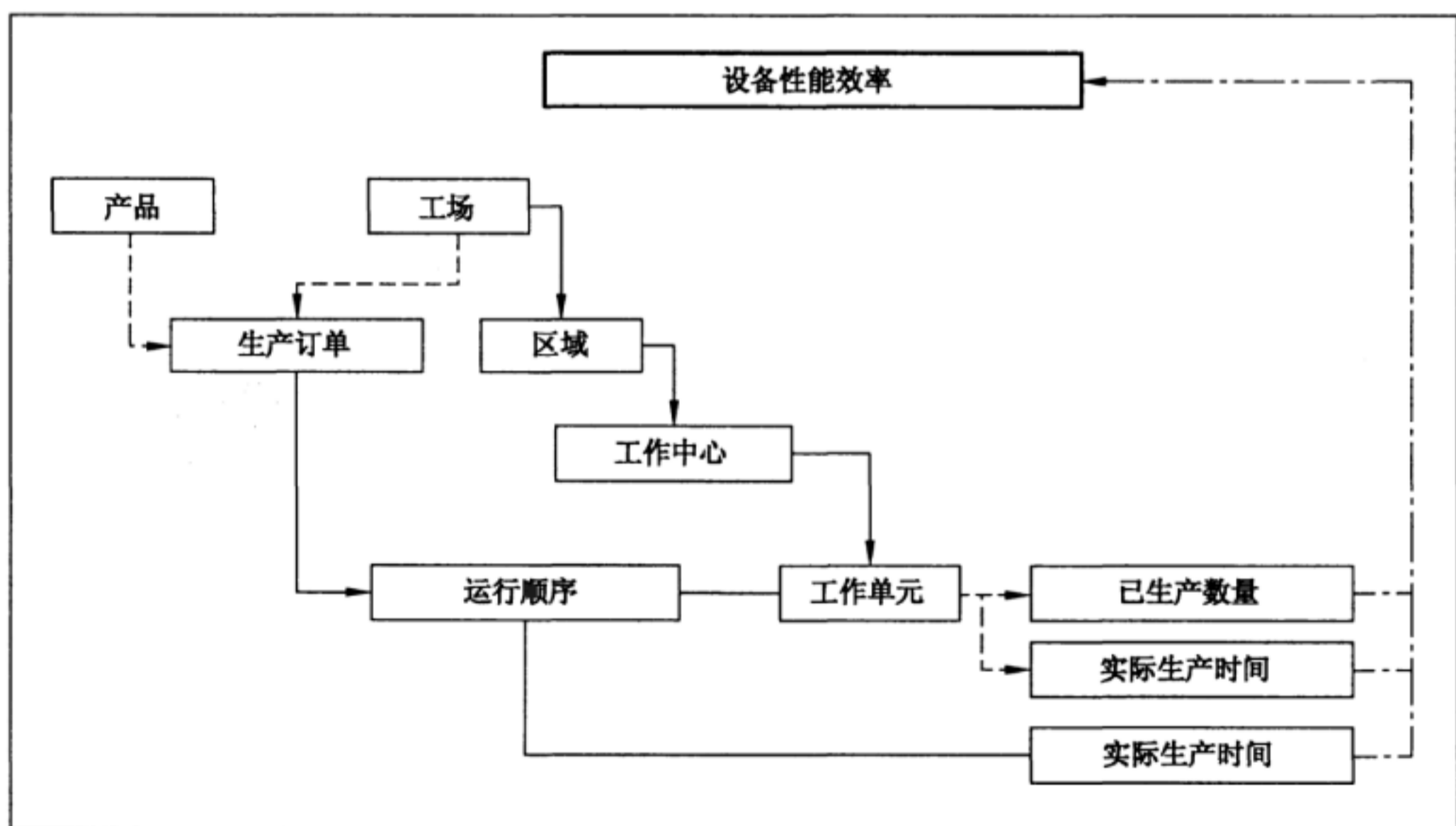


图 A.9 设备性能效率

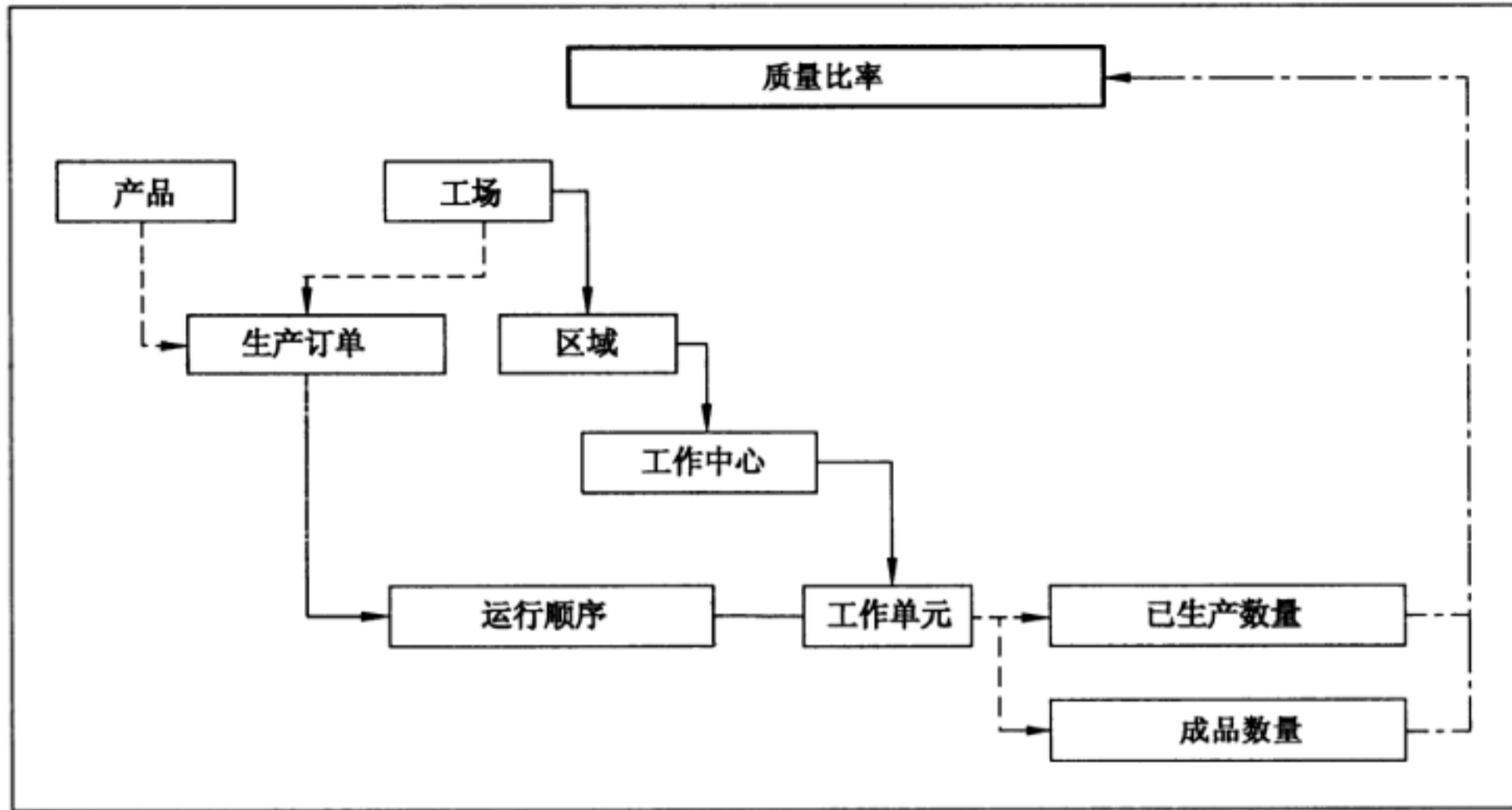


图 A.10 质量比率

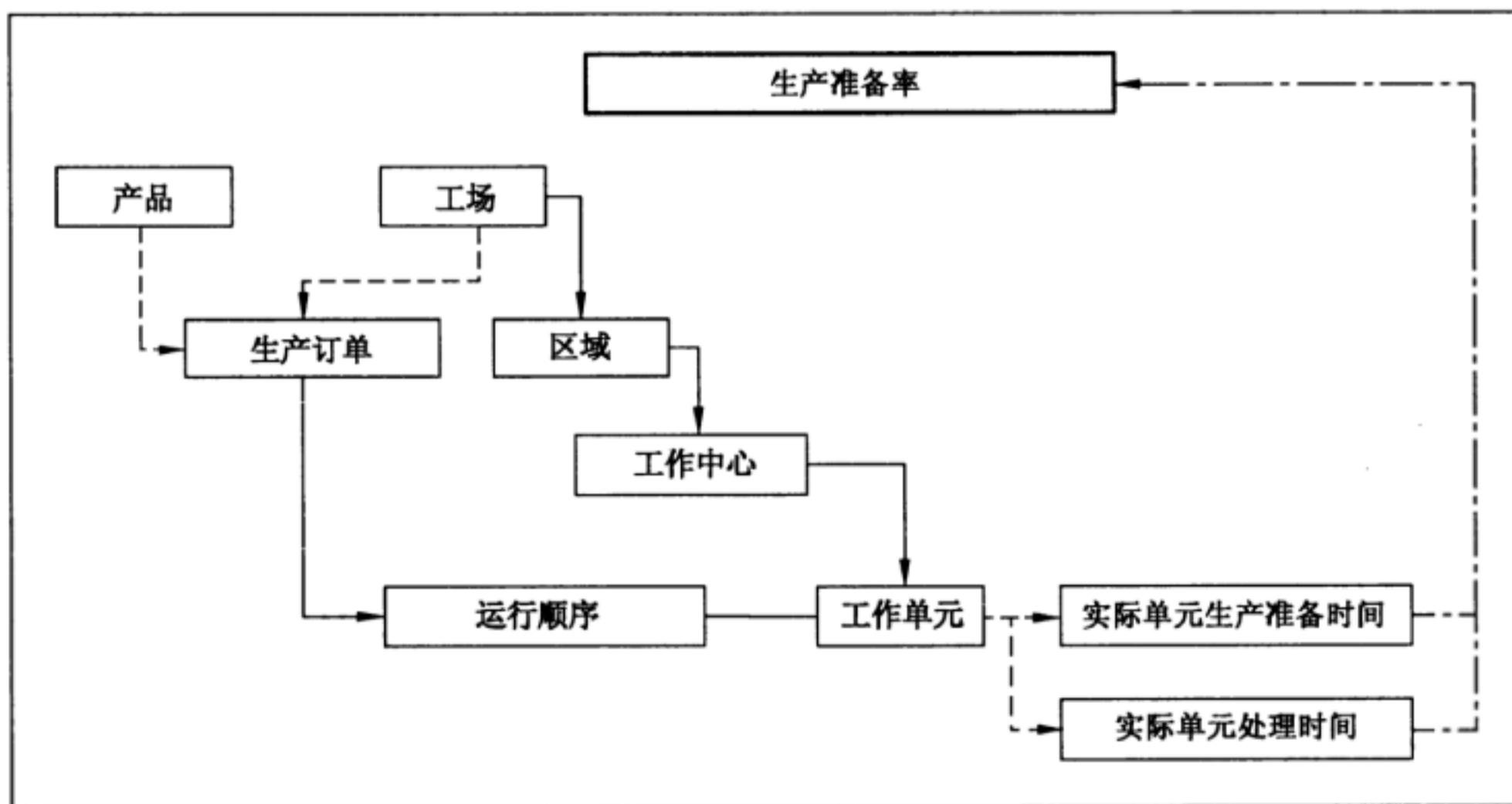


图 A.11 生产准备率

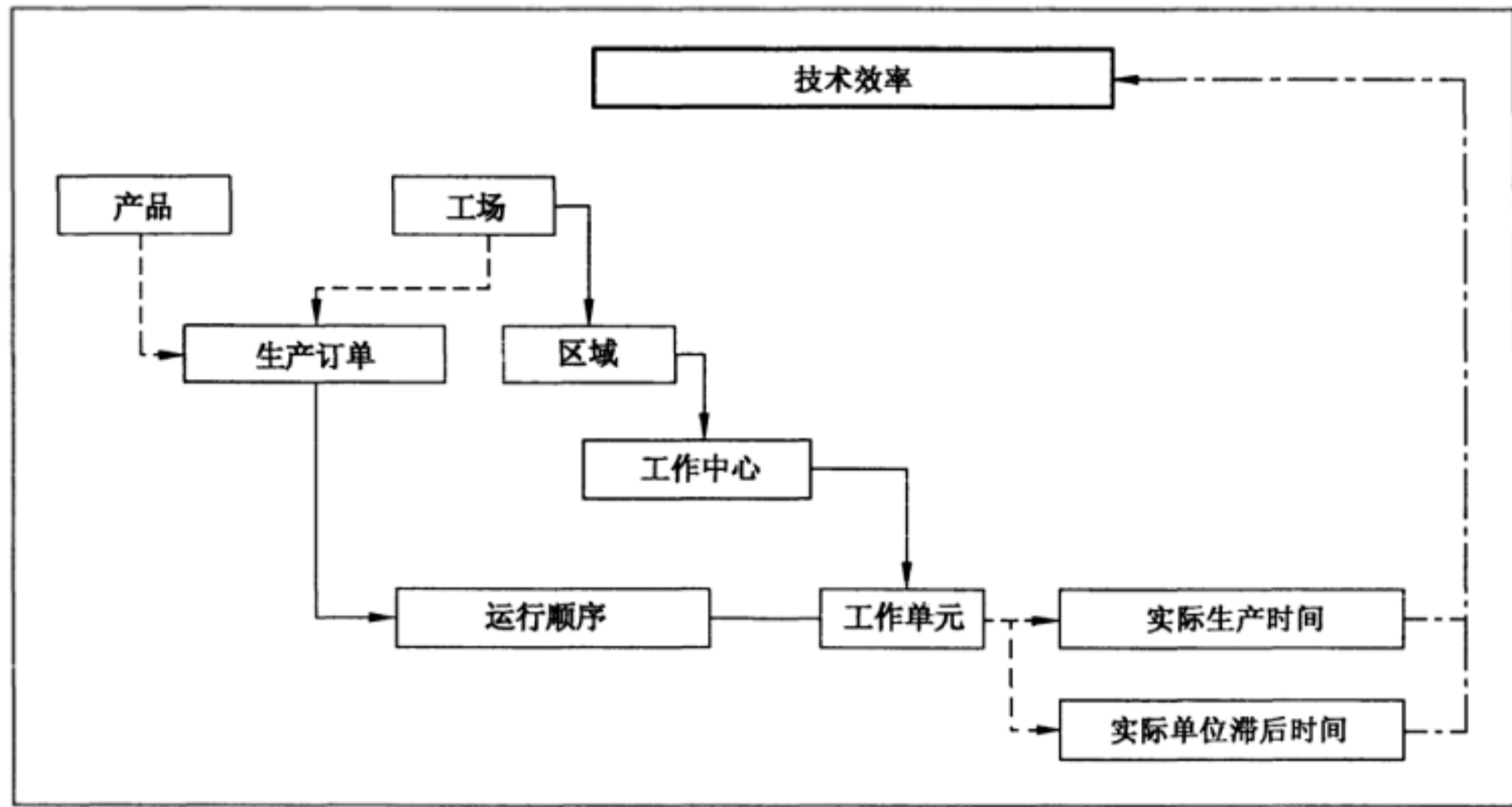


图 A.12 技术效率

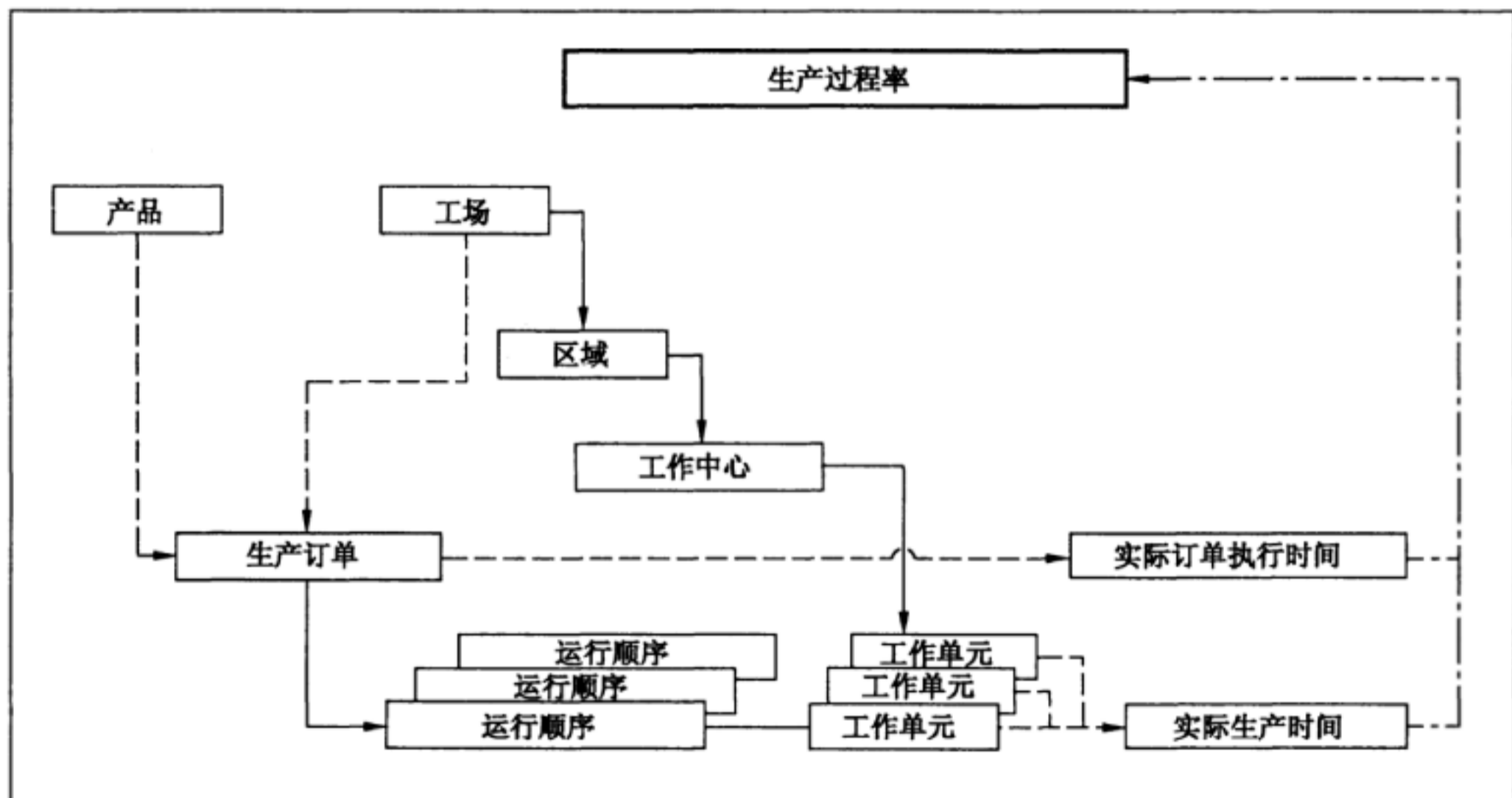


图 A.13 生产过程率



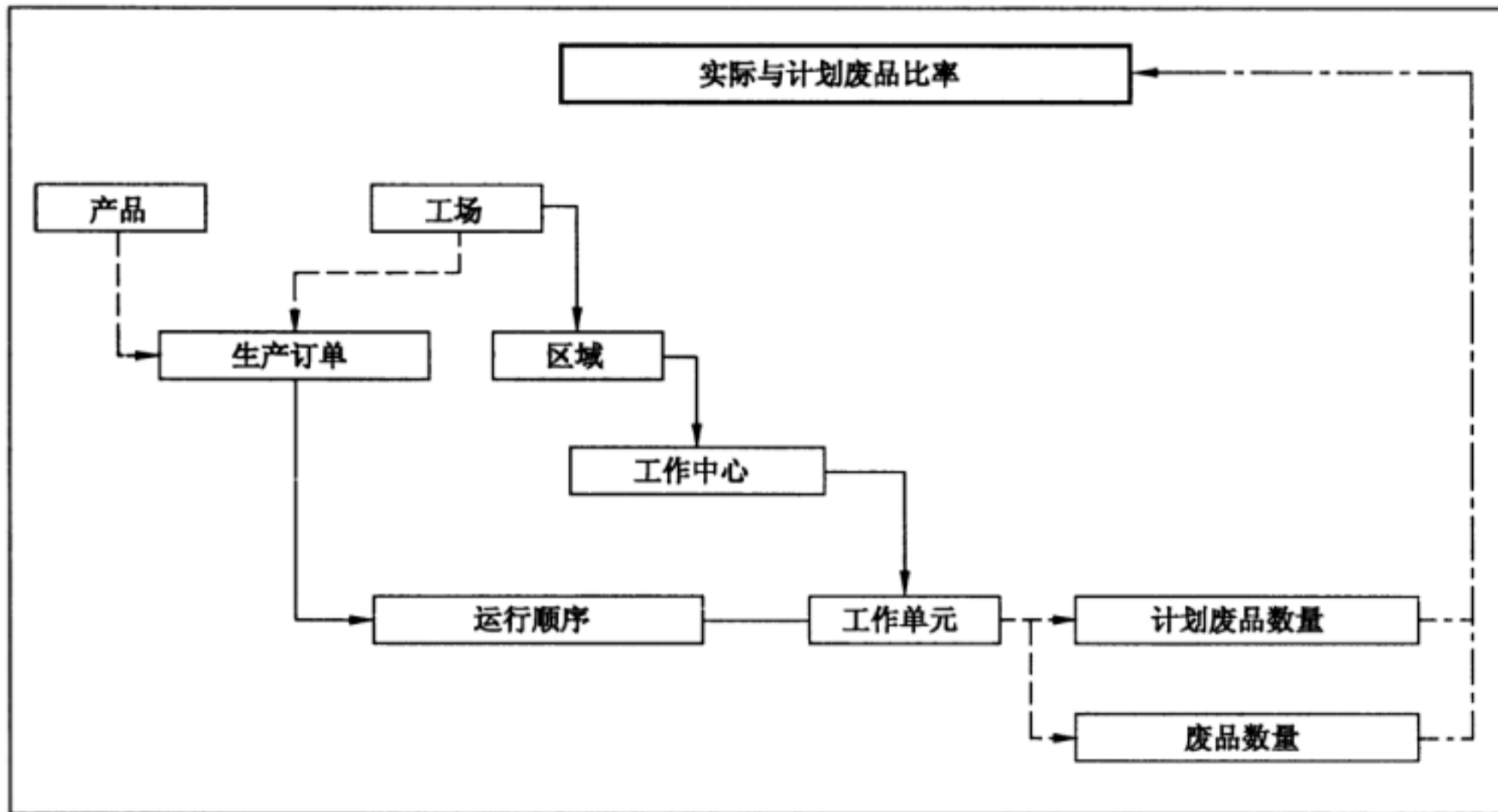


图 A.14 实际与计划废品比率

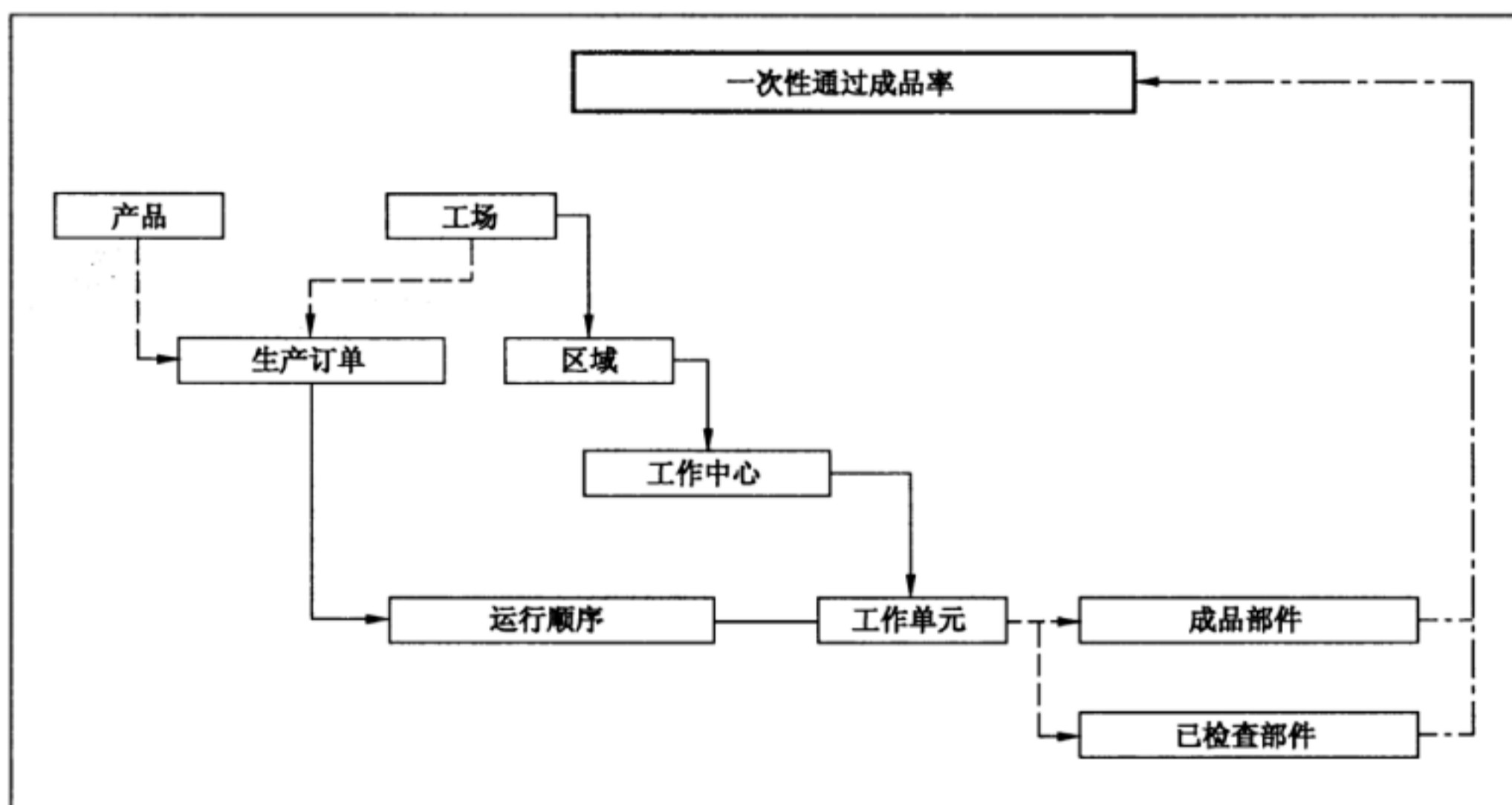


图 A.15 一次性通过成品率

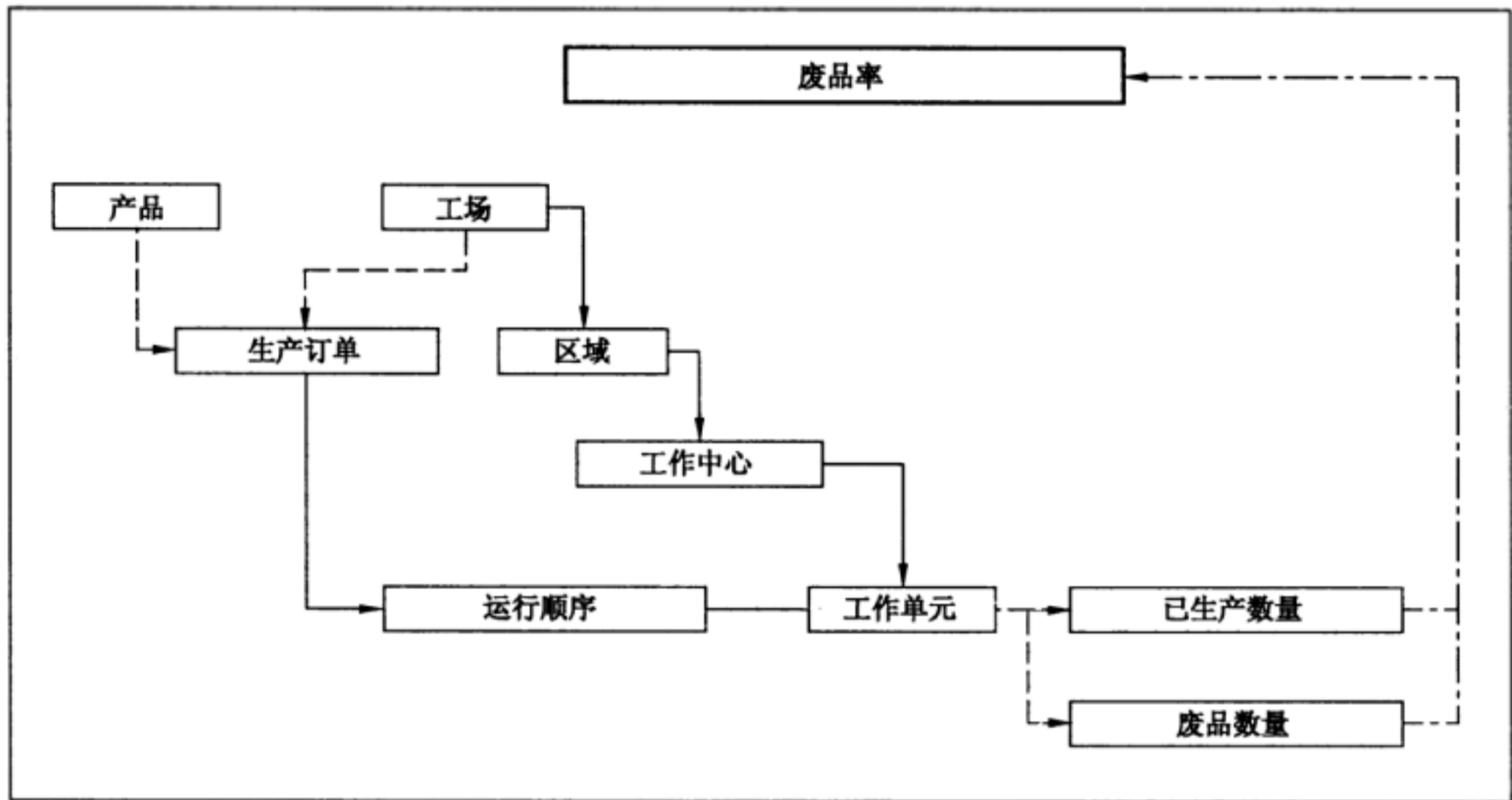


图 A.16 废品率

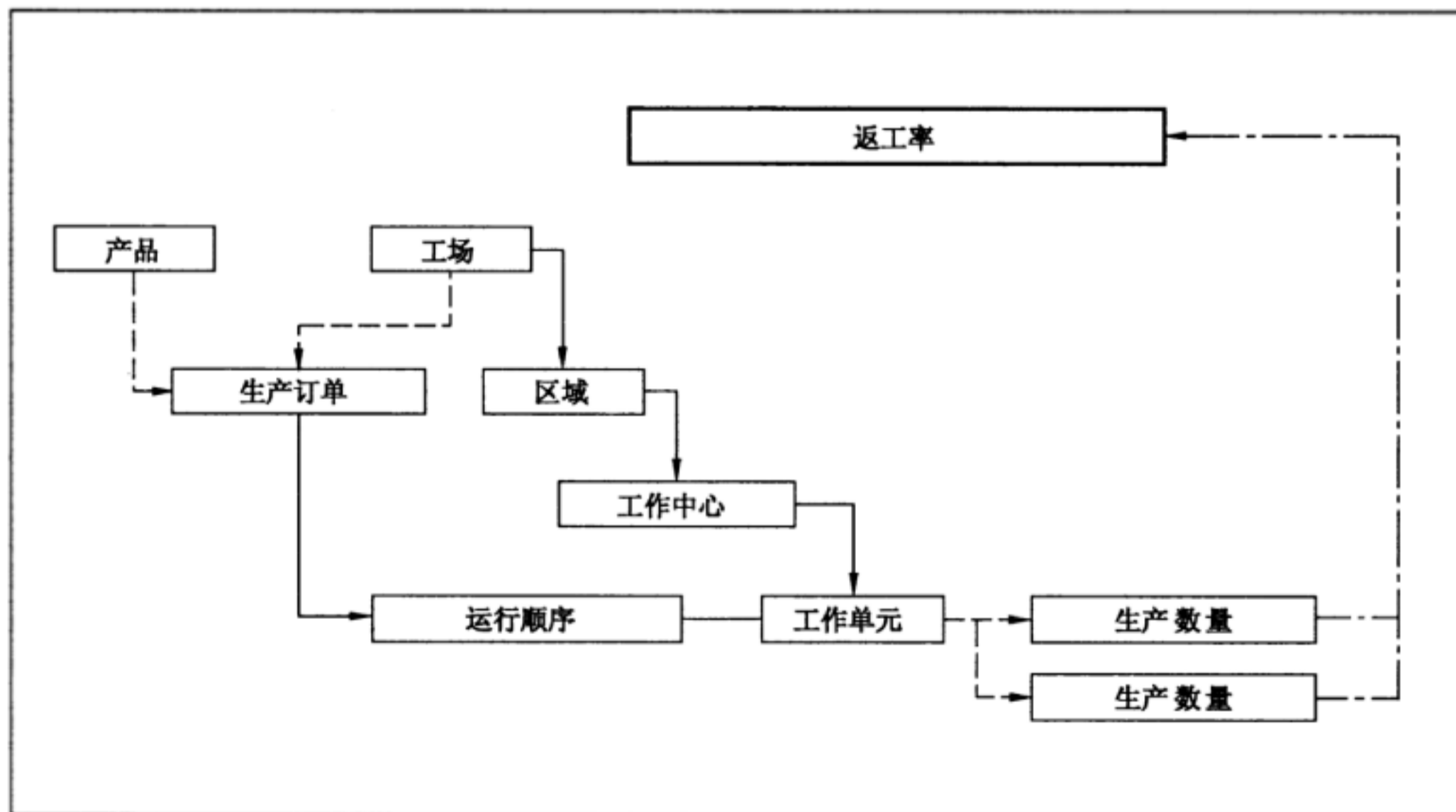


图 A.17 返工率

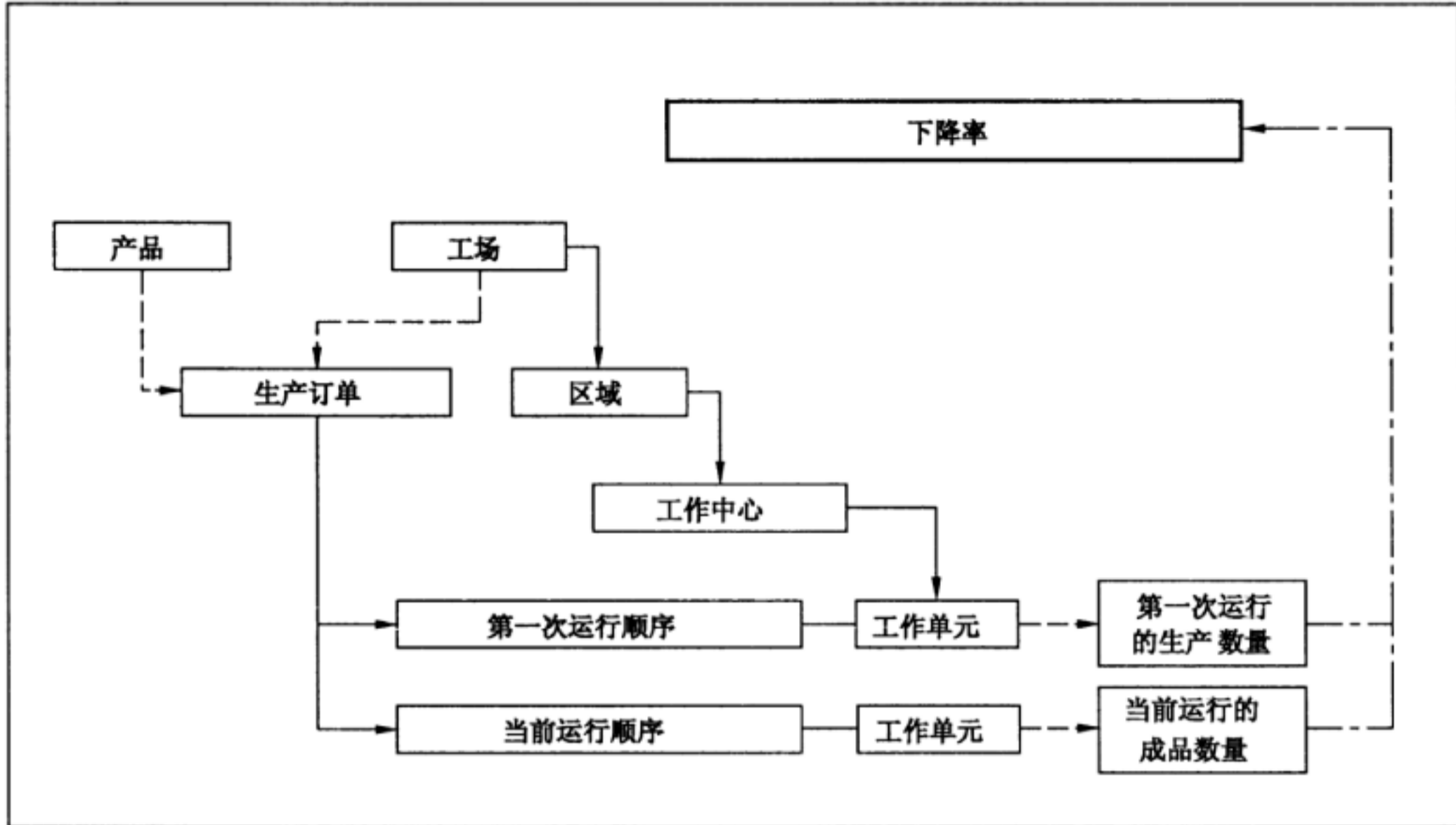


图 A.18 下降率

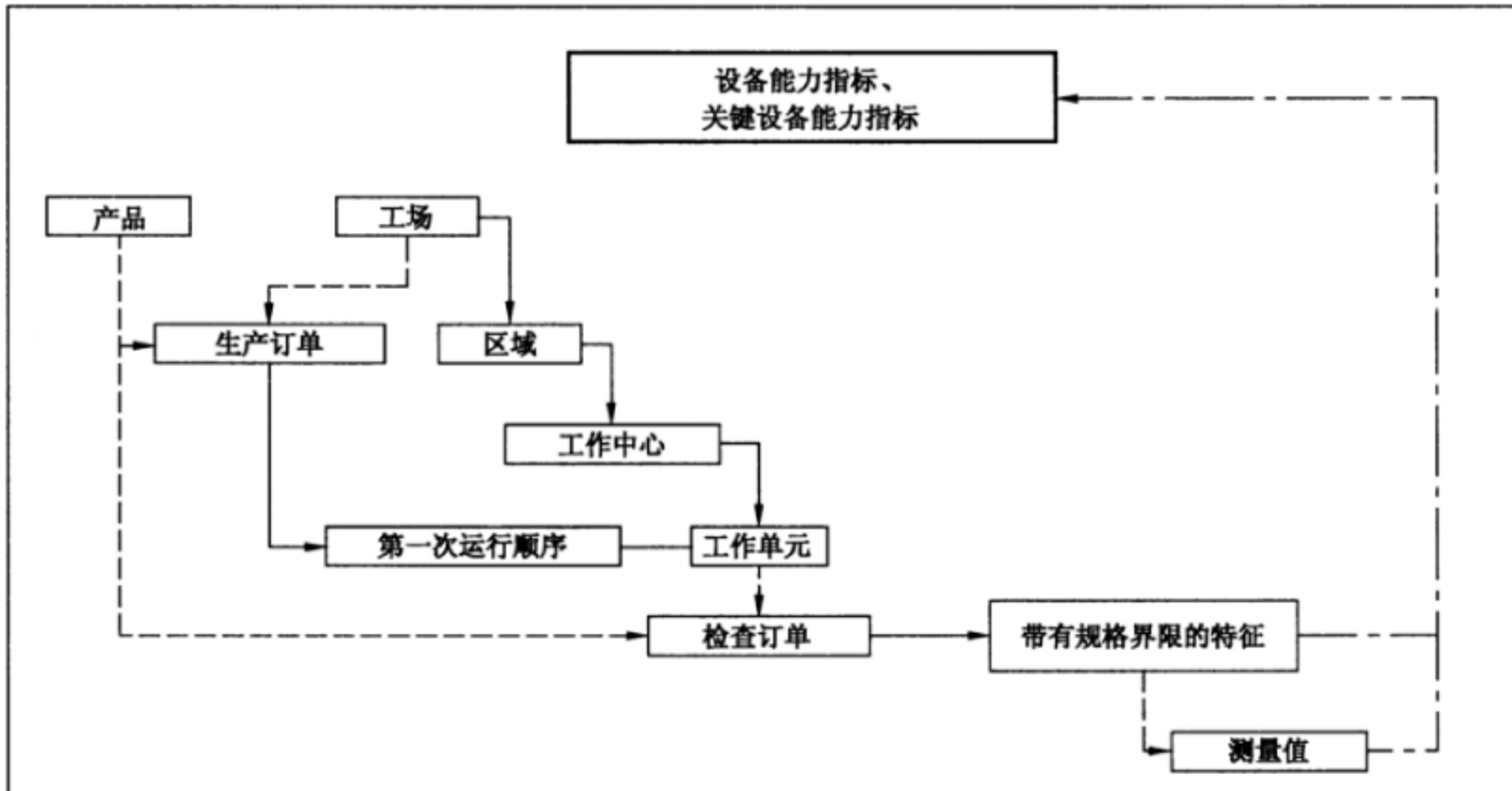


图 A.19 设备能力指标和关键设备能力指标

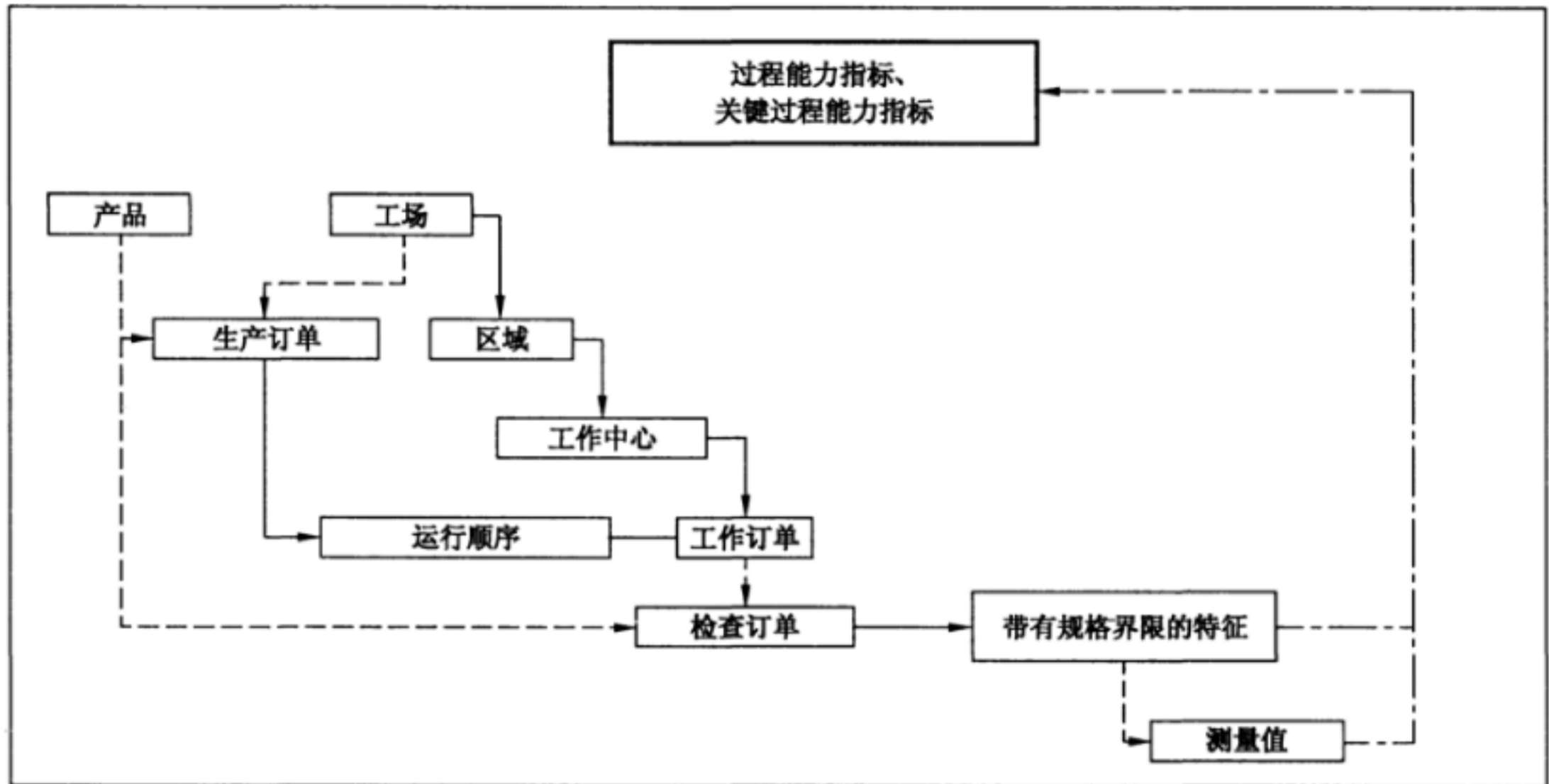


图 A.20 过程能力指标和关键过程能力指标

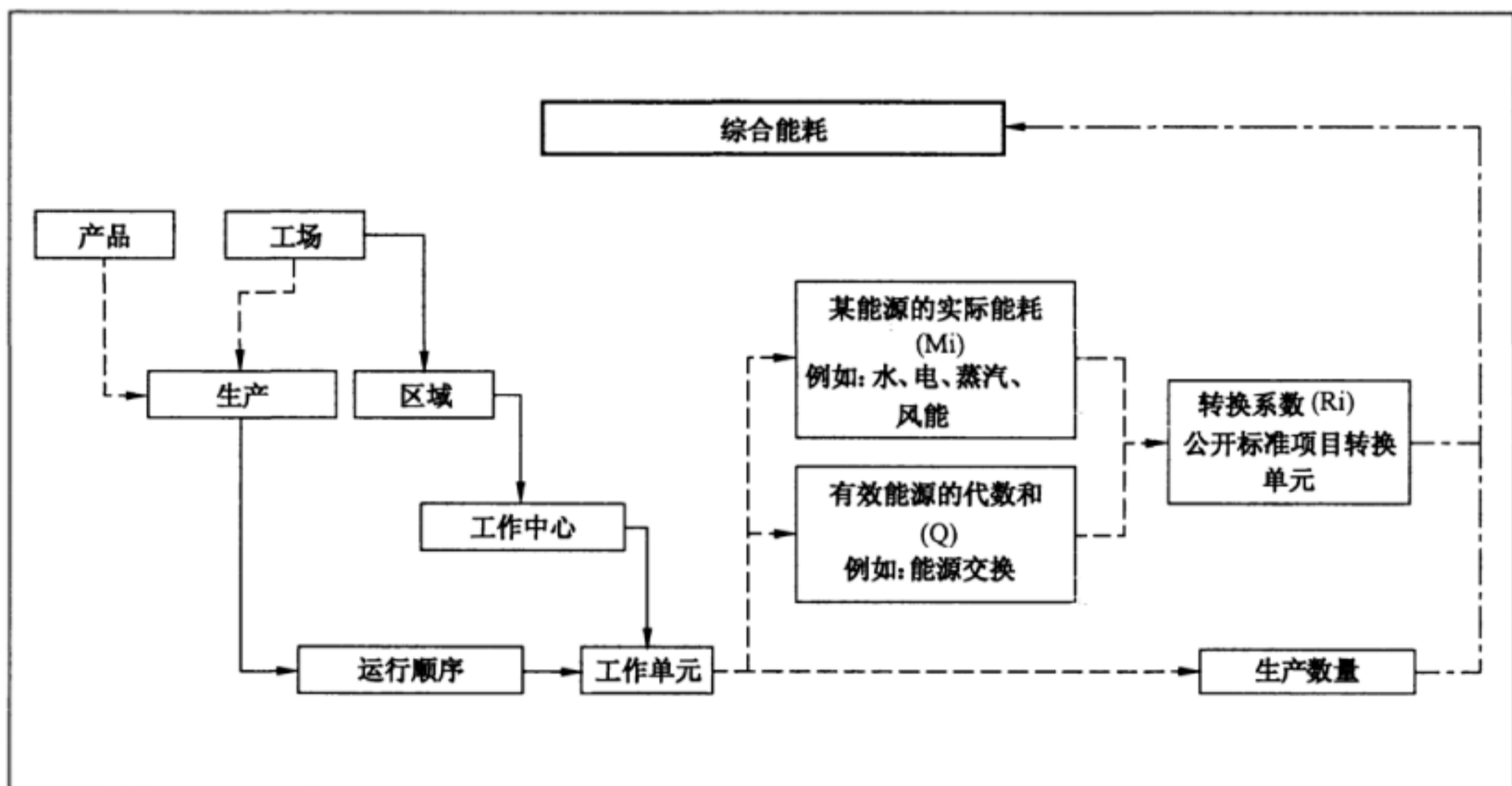


图 A.21 综合能耗

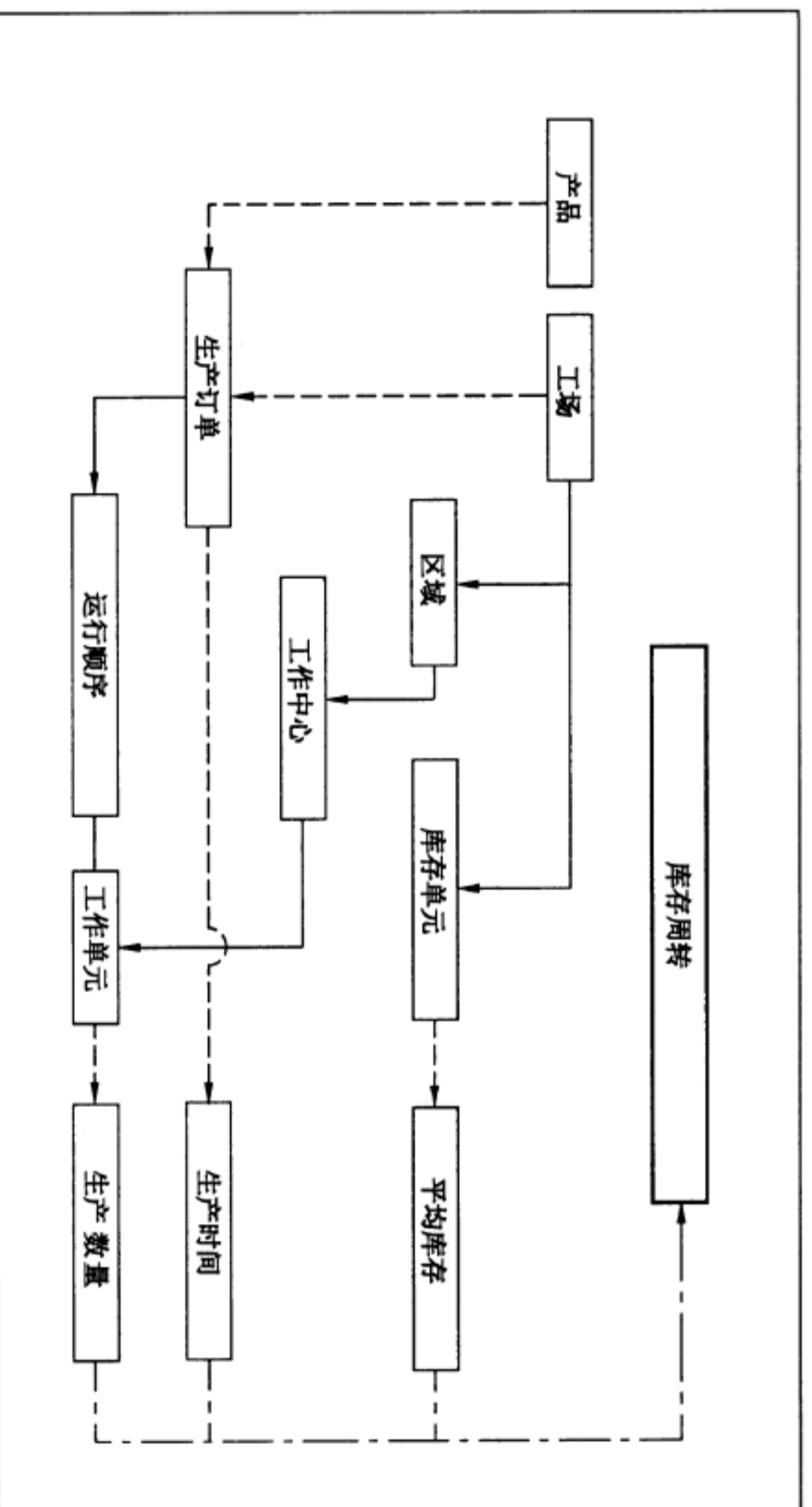


图 A.22 库存周转

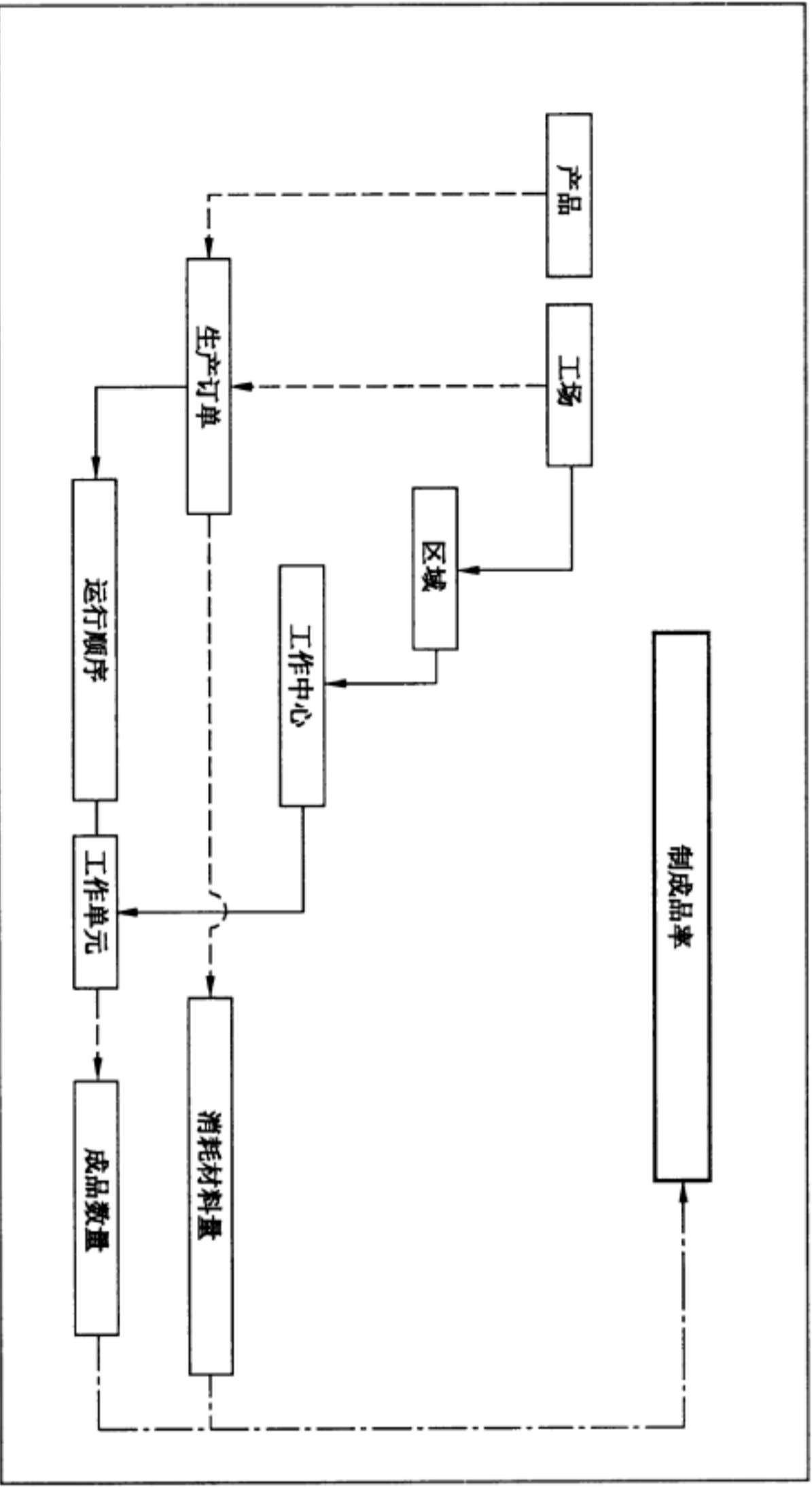


图 A.23 制成品率

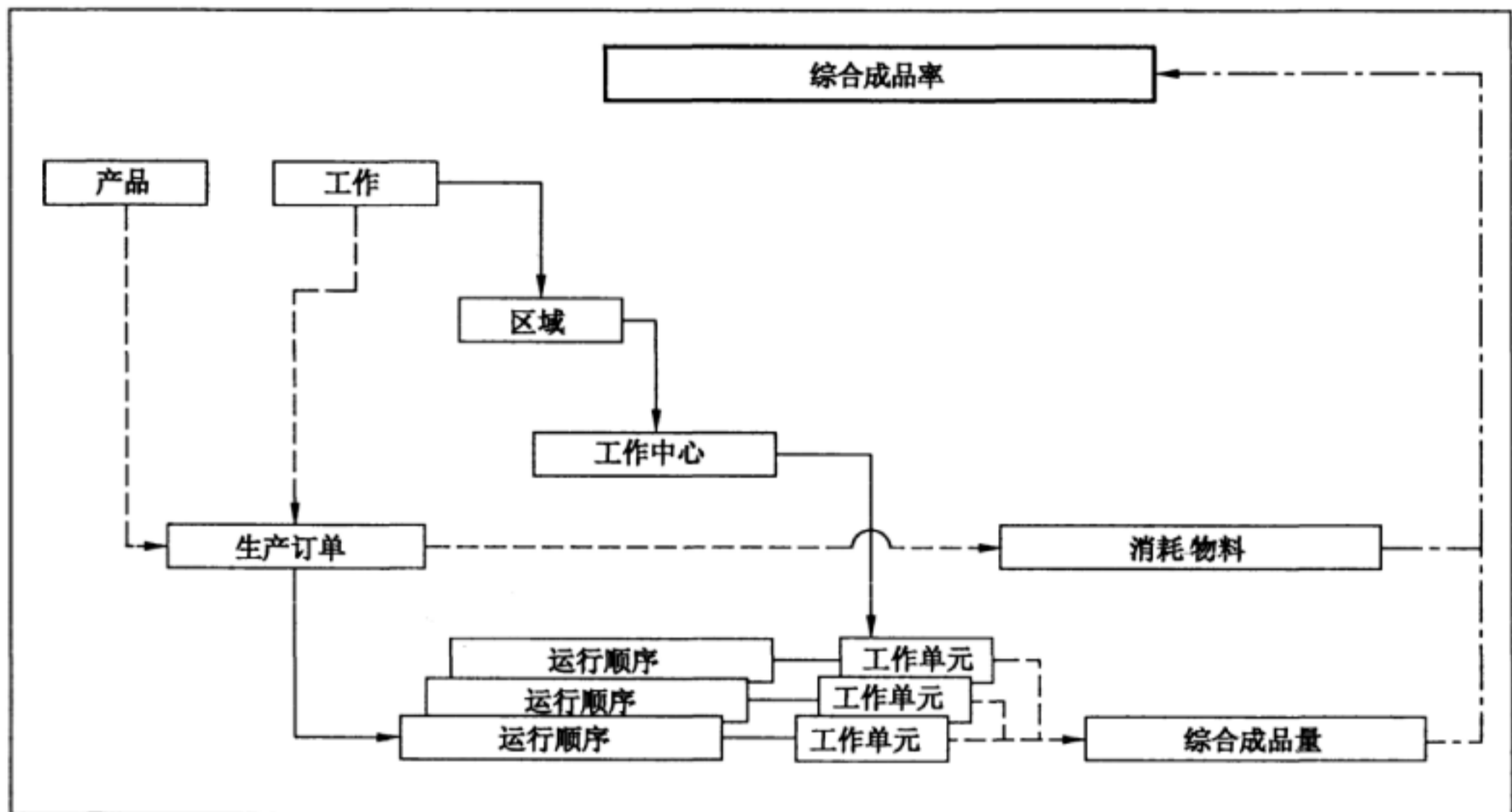


图 A.24 综合商品率

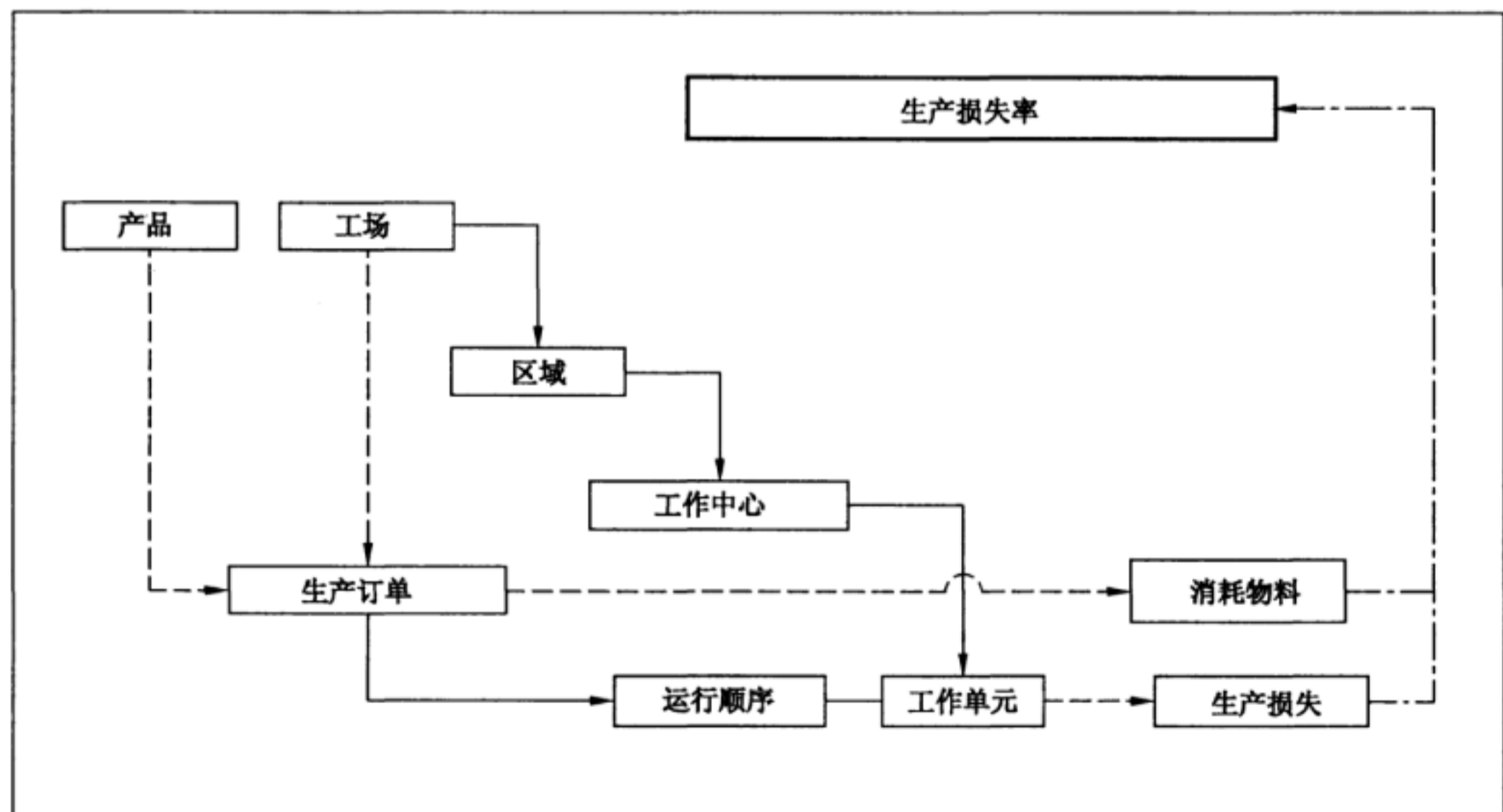


图 A.25 生产损失率

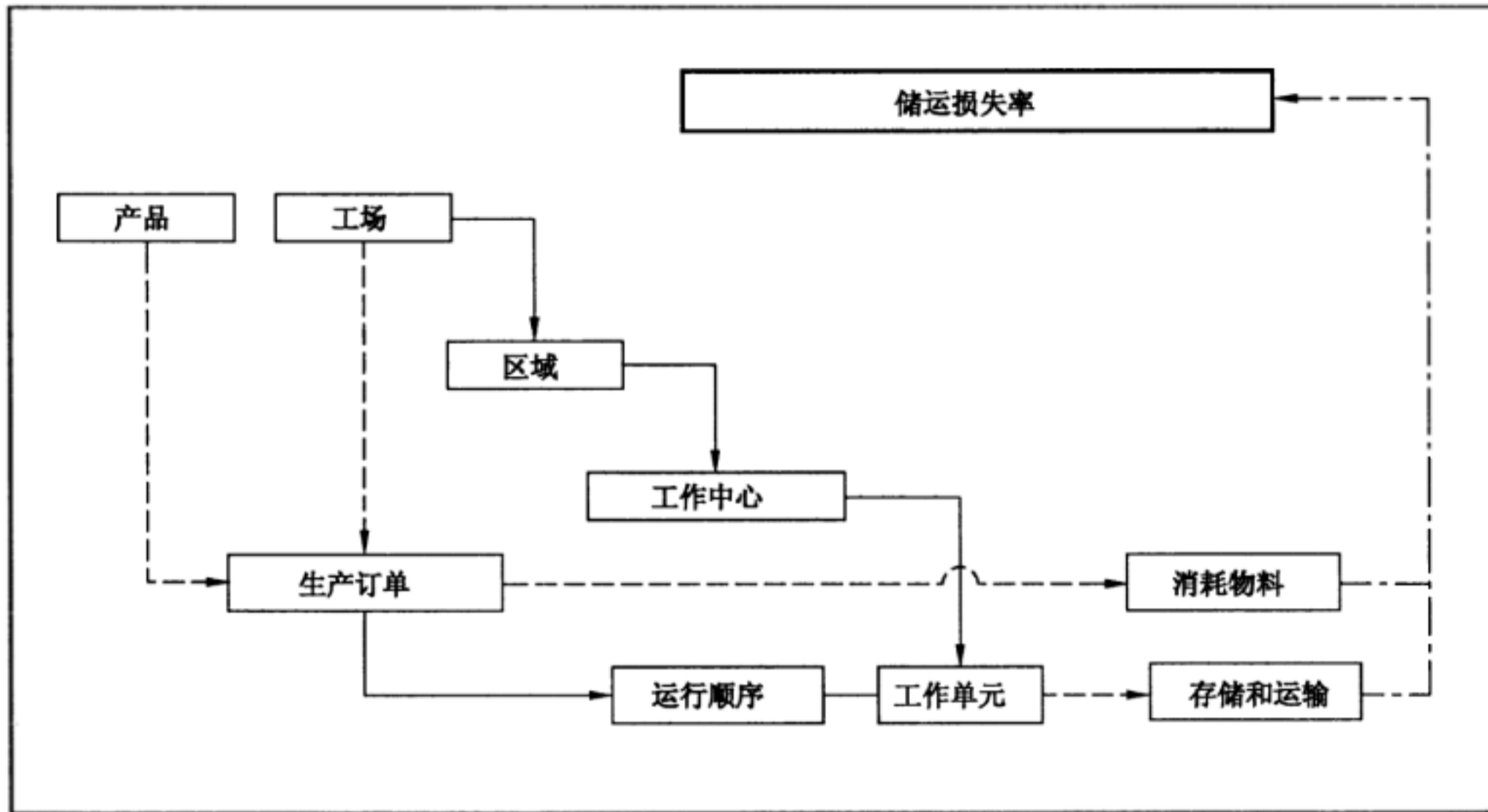


图 A.26 储运损失率

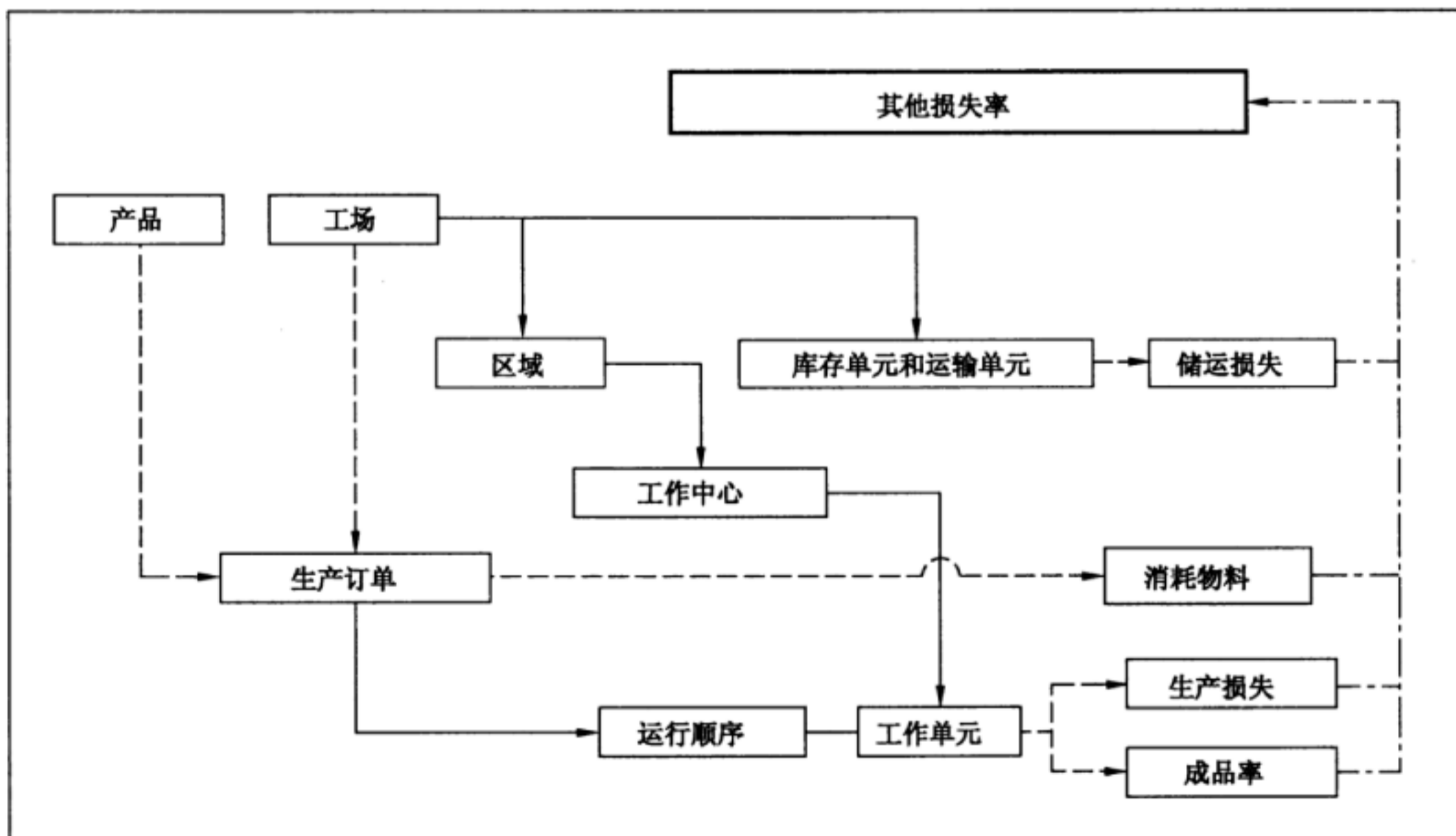


图 A.27 其他损失率



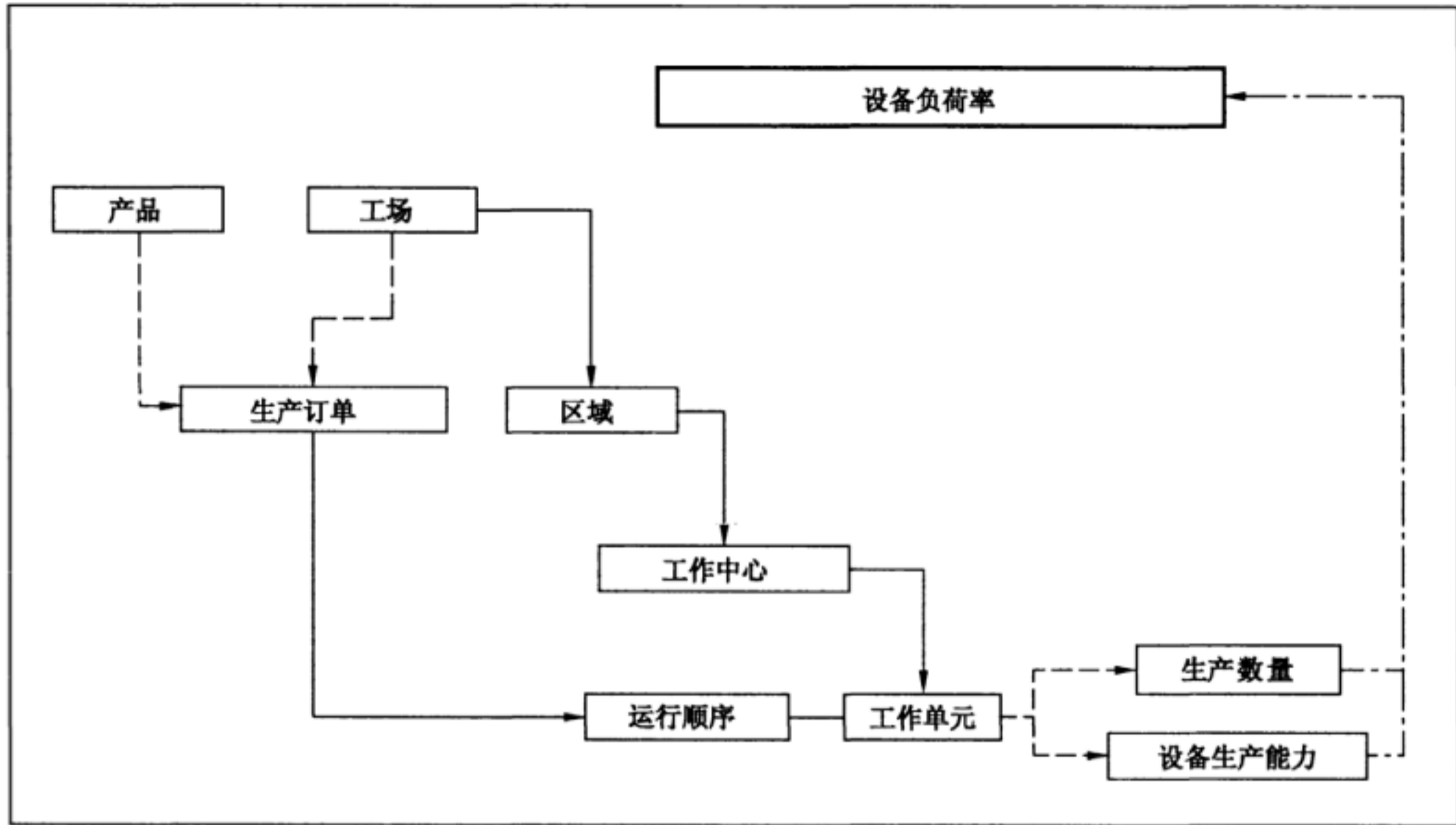


图 A.28 设备负荷率

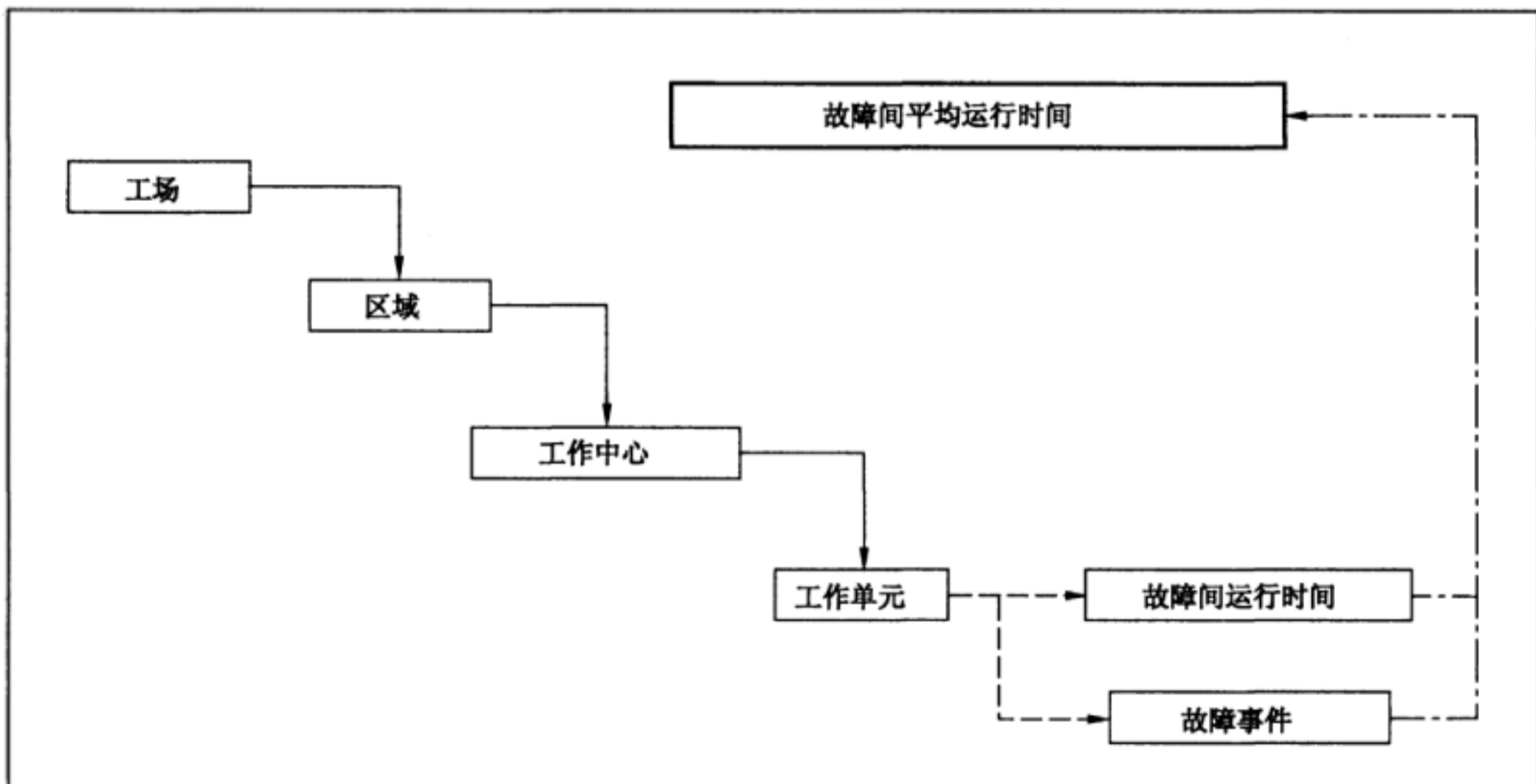


图 A.29 故障间平均运行时间

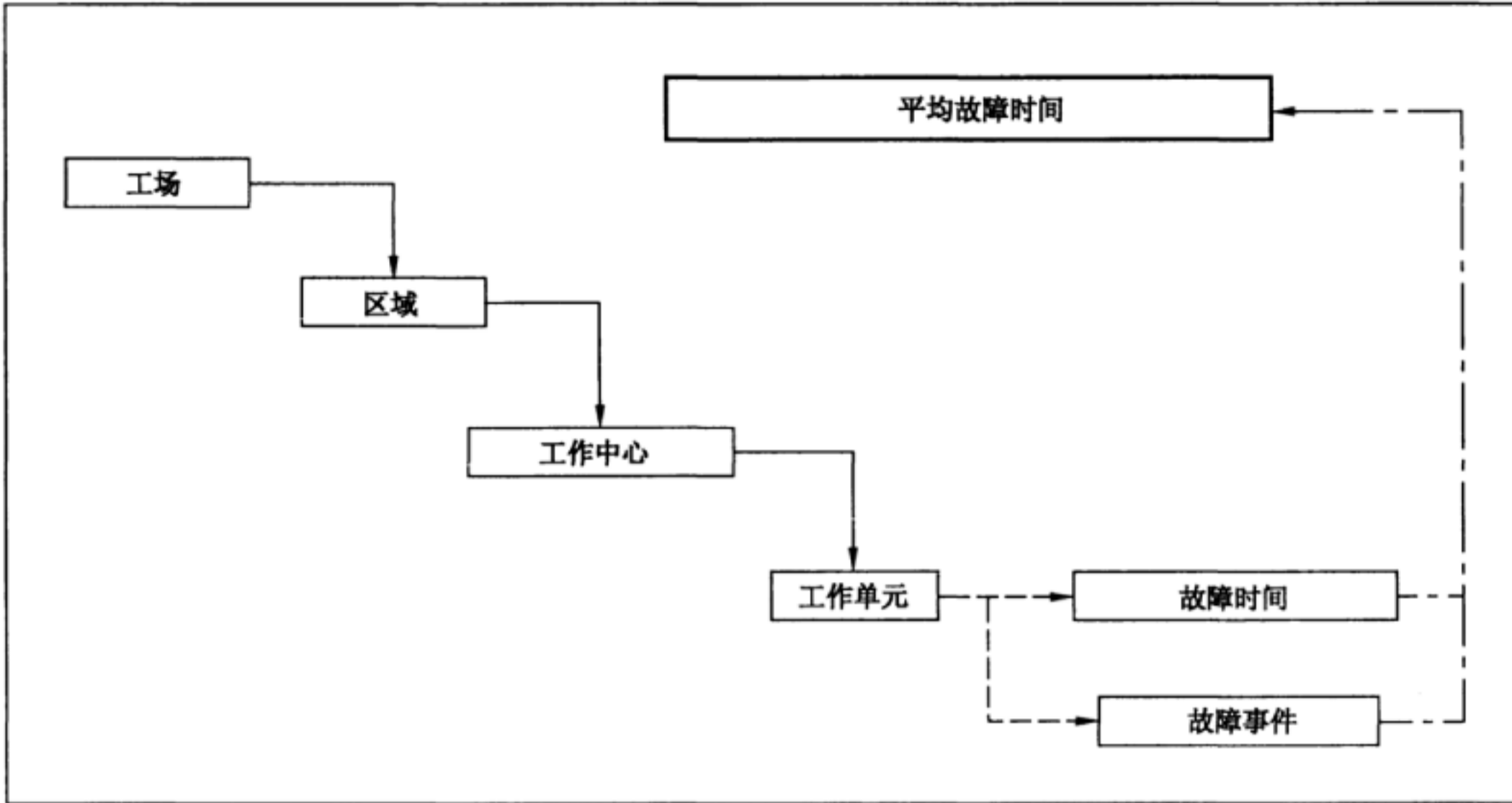


图 A.30 平均故障时间

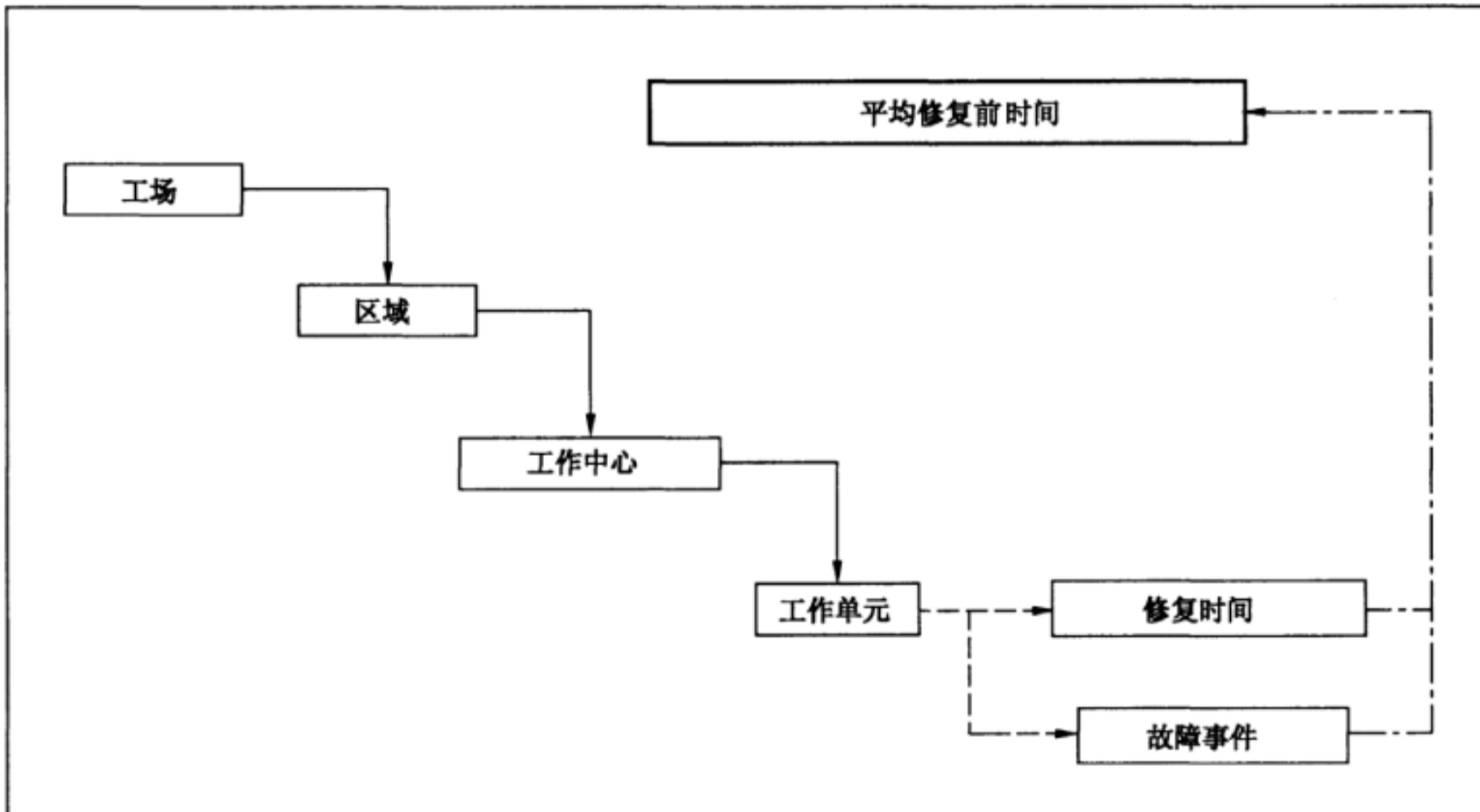


图 A.31 平均修复前时间

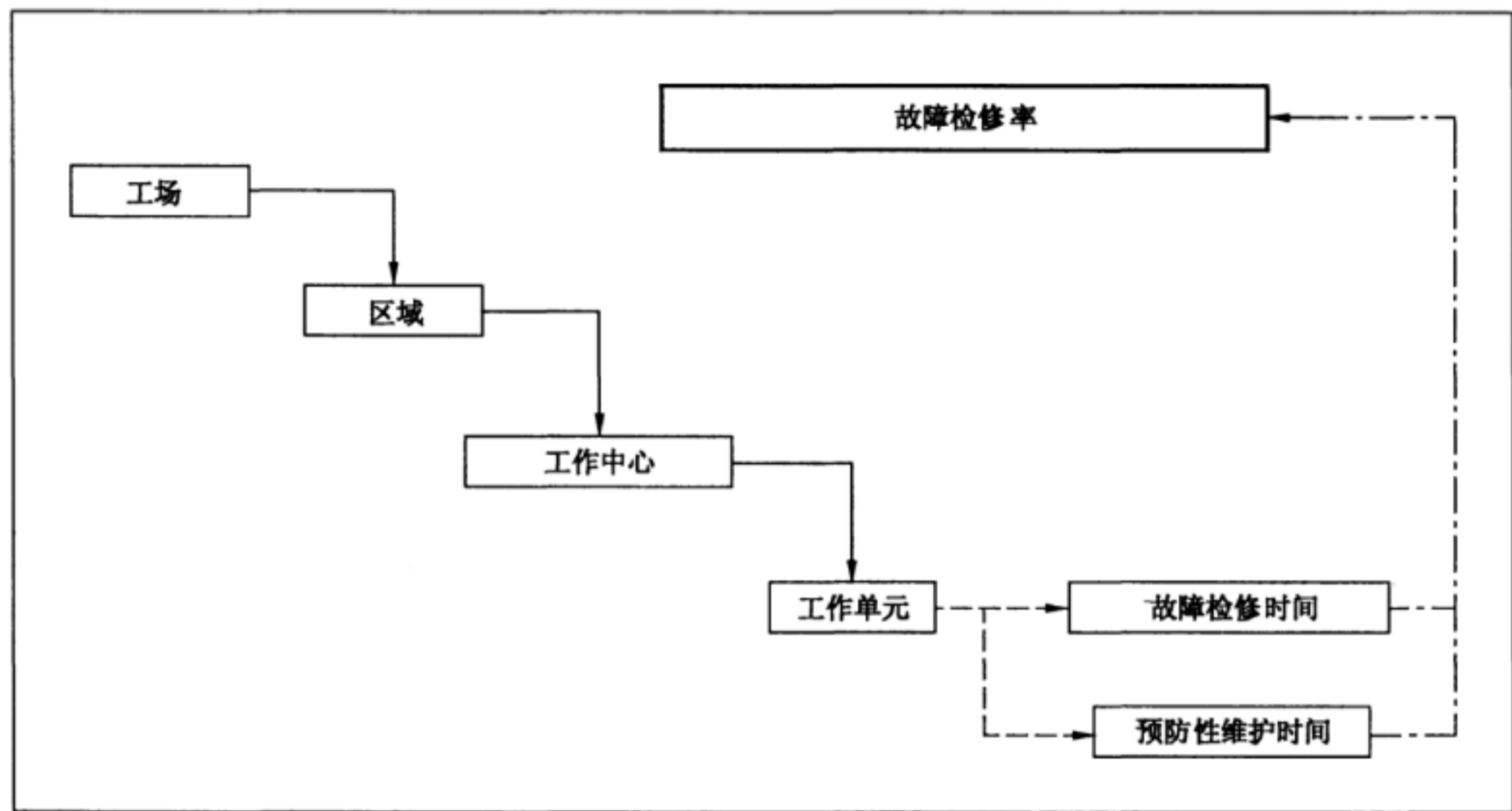


图 A.32 故障检修率

**附录 B**  
(资料性附录)  
**基于损失时间模型的替代性 OEE 计算**

**B.1 概述**

本附录用于计算基于分割总时间法的 OEE,例如:运行的损失时间量。

注:附录 B 为带有不同时间元素划分的工作单元提供了时间模型,使用此模型产生的 KPI 指标(例如 OEE)与第 6 章中描述的不同。

**B.2 工作单元的时间模型**

图 B.1 是用于计算 OEE 的时间模型。

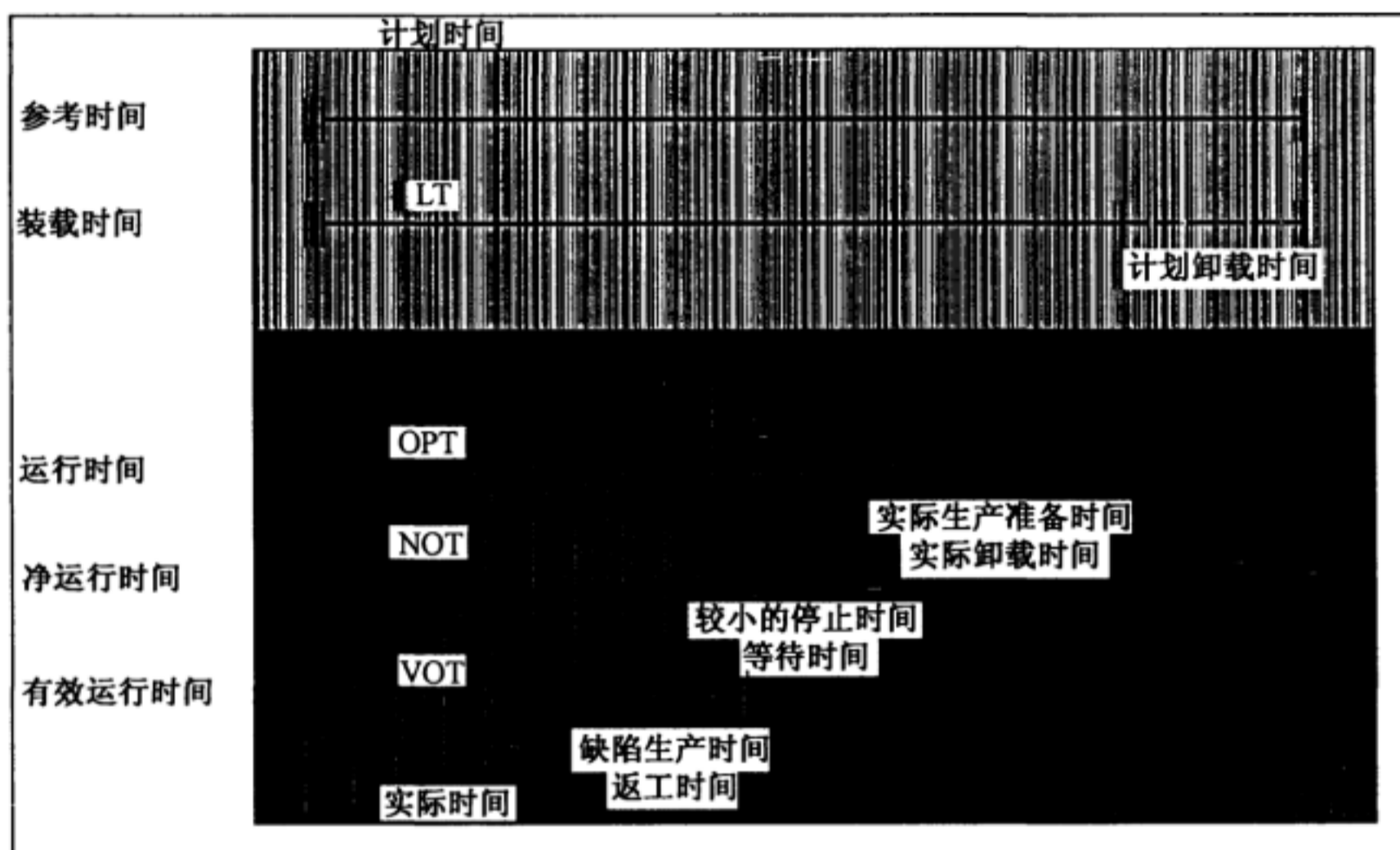


图 B.1 OEE 计算时间模型

**B.3 KPI 指标**

表 B.1~表 B.3 给出了 KPI 指标。

表 B.1 设备综合效率指标

KPI 定义	
内容	
名称	设备综合效率指标(OEE)
ID	
描述	OEE 是由工作单元可用性、工作单元有效性和制成品率集成的单一指标
范围	工作单元、产品、缺陷类型
公式	$OEE = \text{可用率} \times \text{绩效率} \times \text{制成品率}$
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	监察员、管理员
生产方式	批量生产、连续生产
效能模型图	
备注	<p>设备综合效率(OEE)是设备或工厂、带有多个设备的制造工段或整个装配线的效率的测量。OEE 为生产信息、生产损失辨识、通过优化生产过程来改善产品质量提供基础。</p> <p>OEE 代表可用性、工作单元的效率和在特征数中统计的制成品率。</p> <p>带有制造过程的基准点,应之前借助 OEE 检查相似性的标准。</p> <p>制成品率指标在表 26 中定义。</p>

表 B.2 可用率

KPI 定义	
内容	
名称	可用率
ID	
描述	可用率指设备实际使用时间和装载时间之间的比率。可用率代表了设备停机损失的等级
范围	工作单元
公式	$\text{可用率} = \text{OPT} / \text{LT}$
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100%
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期
用户	监察员、管理员
生产方式	批量生产、连续生产
效能模型图	
备注	可用率也称作使用等级。

表 B.3 绩效率

KPI 定义	
内容	
名称	绩效率
ID	
描述	绩效率指净运行时间(NOT)和运行时间(OPT)之间的比率
范围	工作单元、产品、生产订单
公式	绩效率=NOT/OPT
计量单位	%
值域	Min:0% Max:100% 如果每个工作单元的计划生产时间大于实际生产时间,该指标会超过 100%。
趋势	数值越高越好
环境	
时间设置	按需、定期、实时
用户	操作员、监察员、管理员
生产方式	批量生产、连续生产
效能模型图	
备注	绩效率是过程绩效的测量,它代表了目标周期时间和实际周期时间的差距,该差距是速度的损失。绩效率是一个特征数,在设备运行时间的短期固定间隔内可以被计算和显示。 绩效率也称作绩效的效率因子。

参 考 文 献

- [1] ISO 13053-1 Quantitative methods in process improvement—Six Sigma—Part 1: DMAIC methodology
  - [2] ISO 13053-2 Quantitative methods in process improvement—Six Sigma—Part 2: Tools and techniques
  - [3] ISO 22400-1 Automation system and integration—Key performance indicators (KPI) for manufacturing operations management—Part 1: Overview, concepts and terminology
  - [4] IEC 60050-191 International Electrotechnical Vocabulary—Chapter 191: Dependability and quality of service
  - [5] IEC 62264-1 Enterprise-control system integration—Part 1: Models and terminology
  - [6] IEC 62264-3 Enterprise-control system integration—Part 3: Activity models of manufacturing operations
  - [7] ISO 80000(all parts) Quantities and units
  - [8] IEC 80000(all parts) Quantities and units
  - [9] VDMA, Association of German Machinery and equipment Manufacturers, KPI standards sheets
  - [10] DIN NA 060-30-05-03 Definition of MES and Quality Management Requirements on MES
-





中华人民共和国  
国家标准  
自动化系统与集成  
制造运行管理的关键性能指标  
第2部分:定义和描述

GB/T 34044.2—2017/ISO 22400-2:2014

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 4 字数 112 千字  
2017年8月第一版 2017年8月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-57463 定价 54.00 元



GB/T 34044.2-2017

# GB/T 34044.2—2017《自动化系统与集成 制造运行管理的 关键性能指标 第2部分:定义和描述》 国家标准第1号修改单

## 能源管理的关键性能指标

### 一、引言

在引言末尾增加以下段落和新的图3。将原图3~图5重新编号为图4~图6。

MOM中用于能源管理的KPIs符合ISO 50001和ISO 20140,并且它们是有关MOM能耗指标的补充。能源管理的KPIs支持评估每个工作单元或每个订单以及每个制造产品的直接能耗。图3说明了确定能耗的方法和重点。

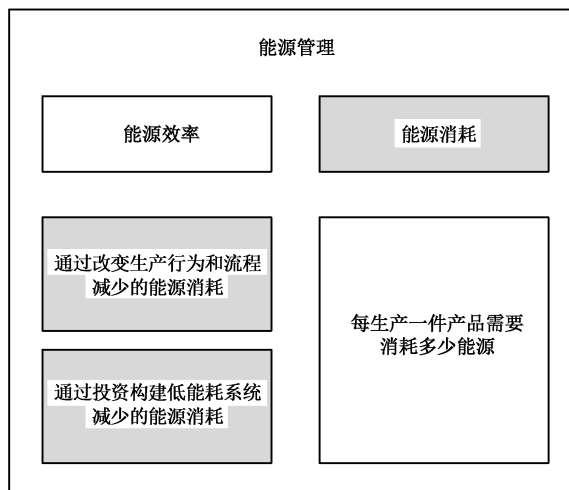


图3 确定能耗的方法和重点

### 二、第2章 术语和定义

增加以下术语和定义：

#### 2.5

#### 直接能耗 **direct energy consumption**

实际单元占用时间内工作单元消耗的能量。

注1：ISO 20140-1中的“直接能耗”概念代表工作单元直接运行(定义见GB/T 35132.1—2017, 3.1.5)所消耗的能量。ISO 20140启用了由KPI量化的能效评估,其粒度逐项列出了工作单元每个设备部分的能耗。而ISO 22400此部分的粒度未逐项列出工作单元每个设备部分的工作单元能耗。ISO 22400和ISO 20140之间的KPI粒度和范围的差异导致两个标准中“直接能耗”一词的定义尽管并不矛盾,但是不同。

注2：如果工作中心满足与工作单元相同的要求,则可以将其视为工作单元。

注3：属性“直接”被用于与“直接成本”的概念保持一致。

### 三、第3章 符号和缩略语

增加以下缩略语：

ADEC:实际直接能耗(actual direct energy consumption)

PDEI:每个对象计划直接能耗(planned direct energy consumption per item)

### 四、第5章

在 5.7.5 之后增加以下条款,包括图 7:

## 5.8 能源要素

### 5.8.1 实际直接能耗(ADEC)

实际直接能耗是在实际单元占用时间内每个工作单元测量的直接能耗。

### 5.8.2 每个对象计划直接能耗(PDEI)

计划直接能耗应为生产一个产品对象的平均计划能耗。

注：该系数类似于每个对象的计划运行时间。

### 5.8.3 时间周期

时间周期是工作单元处于特定状态的时间。随着状态的每次更改,新的时间周期总是不断开启。

### 5.8.4 能源类型基础

#### 5.8.4.1 转化为统一的能源单位

能源测量值通常以各种能量单位标定,应转换为工业标准单位,即  $\text{kW} \cdot \text{h}$ ,如图 7 所示。这种单位转换对于计算直接能耗的不同表达式的求和运算是必需的。为此,需要确定基于能源类型的换算系数。

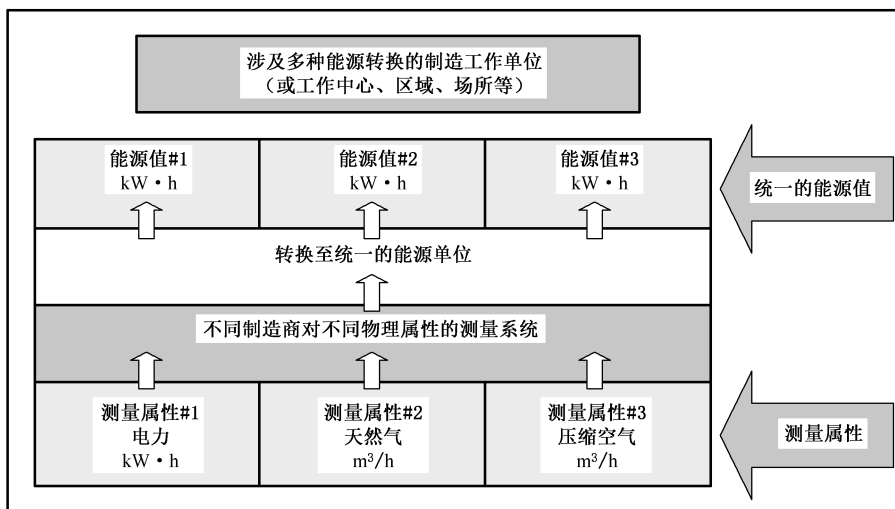


图 7 从测量属性到能源计量单位的转换

#### 5.8.4.2 换算系数

##### 5.8.4.2.1 能源供应商提供的换算系数

能源类型的换算系数通常直接从能源供应商处获得。这些转换引入了许多不同来源的测量不确定性,应该理解这些不确定性并将其包含在计算中。

示例：

天然气	10 kW·h/m <sup>3</sup>	12.66 kW·h/kg
柴油	9.93 kW·h/L	11.68 kW·h/kg
燃油	10.27 kW·h/L	11.17 kW·h/kg
硬煤		近似 8.14 kW·h/kg
褐煤		近似 5.35 kW·h/kg

#### 5.8.4.2.2 需要计算的换算系数

某些换算系数可能不是属性表中的常数,可能需要单独计算。例如,需要分别计算压缩空气、蒸汽和水的换算系数。

示例 1:

需要将所测量的压缩空气产生的能耗分配给相关工作单元的实际测量的压缩空气消耗。计算出的换算系数用于将各个工作单元上测得的能源类型转换为统一的能源单位 kW·h。

转换系数通过以下关系式计算:

$$\Sigma(\text{压缩空气产生所消耗的能量}[\text{kW}\cdot\text{h}])/\Sigma(\text{产生的压缩空气}[\text{m}^3])$$

在这种情况下,换算系数的单位是“kW·h/m<sup>3</sup>”。

示例 2:

计算:

功率为 37 kW 的压缩机以 600 kPa 的压力产生高达 7 m<sup>3</sup>/min 的压缩空气。工作单元的直接空气消耗为 6 m<sup>3</sup>/min。

总消耗量为 6 m<sup>3</sup>/min、功率为 37 kW 的换算系数如下所示:

$$\text{换算系数} = 37 \text{ kW} / (360 \text{ m}^3/\text{h}) = 0.1028 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$$

## 五、第 6 章

将第一句替换为以下语句:表 2~表 39 描述了制造运行管理的关键性能指标。

在表 35 后增加下面的表格:

表 36 直接能耗效率

KPI 定义	
内容	
名称	直接能耗效率
ID	
描述	直接能耗效率代表了每个对象的计划直接能耗(PDEI)与已生产数量(PQ)的乘积和实际直接能耗(ADEC)之间的关系。该 KPI 旨在测量期间关注订单的已生产数量。 这个比值给出了已生产数量(PQ)计划能源消耗的效率信息
范围	工作单元、产品、生产订单
公式	直接能耗效率 = PDEI × PQ / ADEC × 100
计量单位	%
值域	最小值:0% 最大值:100% 若计划能源消耗比实际能源消耗更高,则可能超过 100%
趋势	在不超过 100%的情况下越高越好

表 36 (续)

语义环境	
时间设置	被动激活、周期激活、在线实时
用户	监督者与管理层
生产方式	离散、批量或连续
效能模型图	见图 A.33
备注	这个指标显示计划直接能耗和实际测量值是否一致。 有了这个指标,一些未知的能源损失能在制造单元端被识别出来(如压缩空气泄露等)。 每个生产单元的计能源消耗需要在生产开始前就被计划好。

表 37 直接净能耗效率

KPI 定义	
内容	
名称	直接净能耗效率
ID	
描述	直接净能耗效率代表了每个对象的计划直接能耗(PDEI)与合格品数量(GQ)的乘积和实际直接能耗(ADEC)之间的关系。 该 KPI 在测量期间仅关注订单的合格品数量
范围	产品、生产订单、工作单元
公式	直接净能耗效率 = $PDEI \times GQ / ADEC \times 100$
计量单位	%
值域	最小值:0% 最大值:100% 若计划能耗比实际能耗更高,则可能超过 100%
趋势	越高越好
语义环境	
时间设置	被动激活、周期激活、在线实时
用户	监督者与管理层
生产方式	离散、批量或连续
效能模型图	见图 A.34
备注	这个指标和质量指标有紧密的联系。废品与返工将降低这个指标的测量值。质量提高会导致这一指标的提升。 PDEI 需要在生产计划前确定。 该 KPI 与直接能耗效率乘以产出率和优品率的比值一致。

表 38 直接能源效率

KPI 定义	
内容	
名称	直接能源效率
ID	
描述	直接能源效率表示了一定已生产数量 (PQ) 中, 每个产品对象的直接能耗 (ADEC)。该 KPI 旨在测量期间关注生产产出量
范围	产品、生产订单、工作单元
公式	直接能源效率 = ADEC/PQ
计量单位	kW · h/单元
值域	最小值: 0 最大值: 取决于产品流程
趋势	越低代表能源消耗效率越高
语义环境	
时间设置	被动激活、周期激活、在线实时
用户	监督者与管理层
生产方式	离散、批量或连续
效能模型图	见图 A.35
备注	该 KPI 提供了有关每个单元所生产的产品所消耗能源的信息。 该 KPI 可以直接应用于生产单元中并用于控制能源效率。 该 KPI 能在计算每个对象的直接计划能耗 (PDEI) 中作为基础值使用。

表 39 直接净能源效率

KPI 定义	
内容	
名称	直接净能源效率
ID	
描述	直接净能源效率这一 KPI 表示了一定合格品数量 (GQ) 中, 每个对象的直接能耗 (ADEC)。该 KPI 旨在测量期间仅关注订单的合格品数量。 该 KPI 能用于所有使用能源进行制造の場合
范围	产品、生产订单、工作单元
公式	直接净能源效率 = ADEC/GQ
计量单位	kW · h/单元

表 39 (续)

值域	最小值:0 最大值:取决于产品流程
趋势	越低越好
语义环境	
时间设置	被动激活、周期激活、在线实时
用户	监督者与管理层
生产方式	离散、批量或连续
效能模型图	见图 A.36
备注	与直接能源效率相反的是,这个指标显示废品对实际能源效率具有负作用。 该 KPI 等于直接能源效率乘以已生产数量和合格品数量的比值。

## 六、A.3

将第一句替换成以下语句:图 A.1~图 A.36 描述了制造运行管理的关键性能指标。

在图 A.32 后增加下面的图:

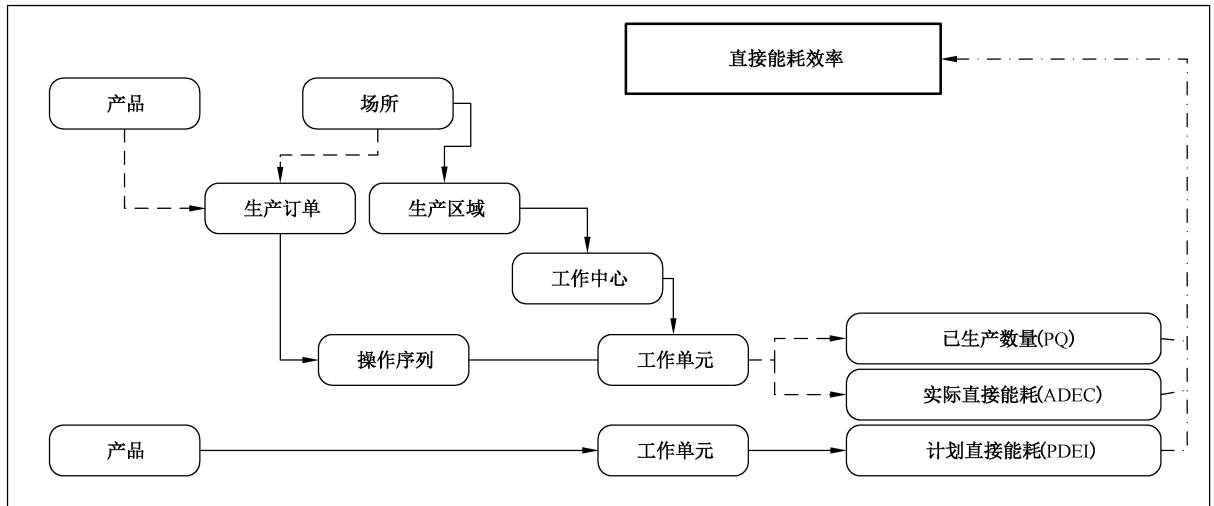


图 A.33 直接能耗效率

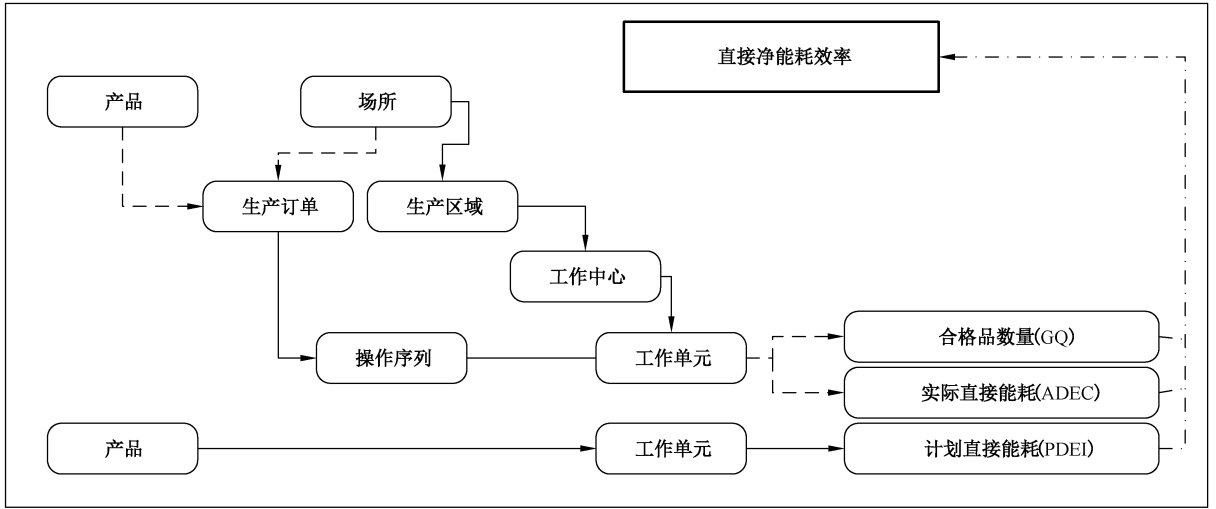


图 A.34 直接净能耗效率

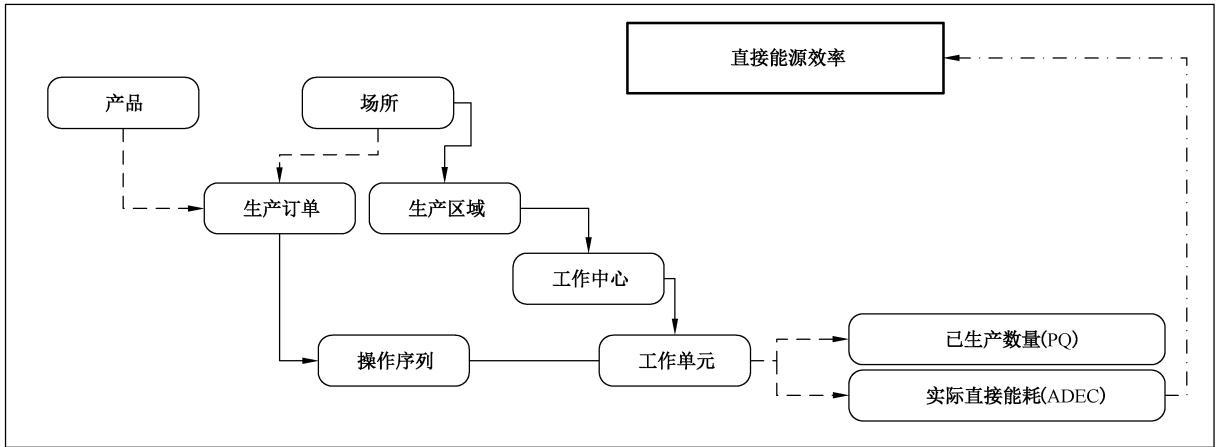


图 A.35 直接能源效率

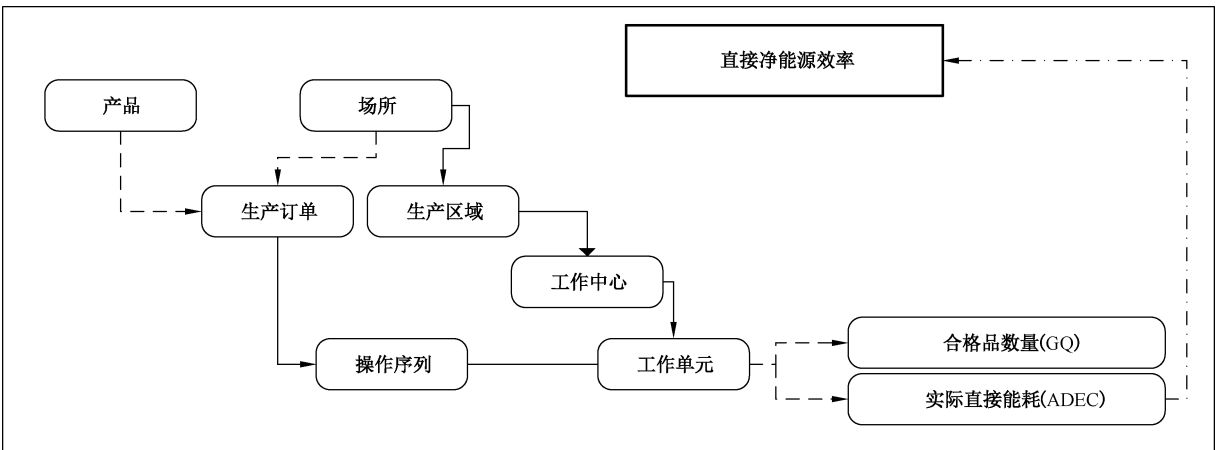


图 A.36 直接净能源效率



## 七、参考文献

在参考文献中增加以下文件：

- [11] GB/T 35132.1—2017 自动化系统与集成 制造系统能源效率以及其他环境影响因素的评估 第1部分：概述和总则
  - [12] ISO 50001 Energy management systems—Requirements with guidance for use
-