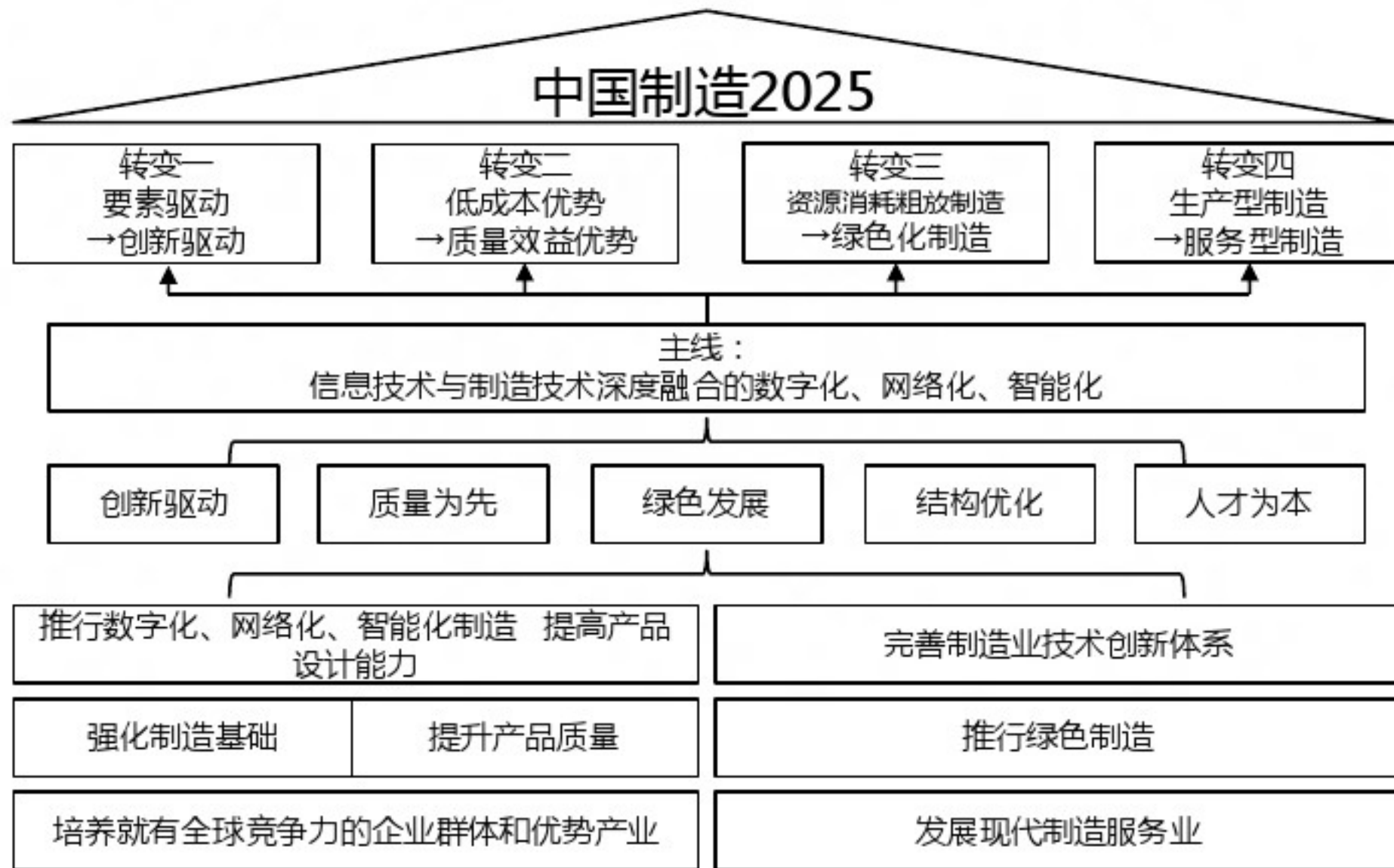


第一章 智能制造是强国必由之路

中国制造2025的主要内涵



第一章 智能制造是强国必由之路

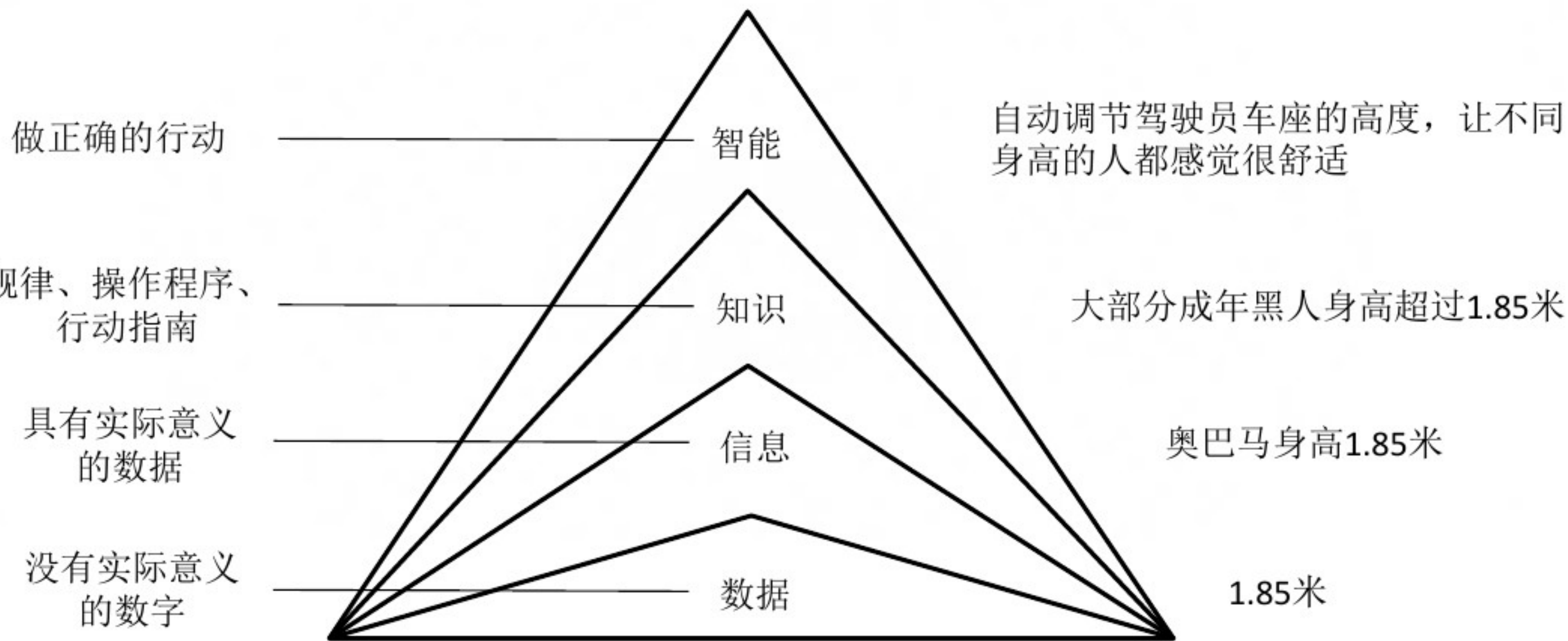
《中国制造2025》十大重点领域

| 重点领域 | 重点发展方向 |
|--------------|---|
| 新一代信息技术产业 | 集成电路及专用设备、信息通信设备、操作系统与工业软件、智能制造核心技术信息设备 |
| 高档数控机床和机器人 | 高档数控机床与基础制造装备、机器人 |
| 航空航天装备 | 飞机、航空发动机、航空机载设备与系统、航天装备 |
| 海洋工程装备及高技术船舶 | 海洋工程装备及高技术船舶 |
| 先进轨道交通装备 | 先进轨道交通装备 |
| 节能与新能源汽车 | 节能汽车、新能源汽车、智能网联汽车 |
| 电力装备 | 发电装备、输变电装备 |
| 农业装备 | 农业装备 |
| 新材料 | 先进基础材料、关键战略材料、前沿新材料 |
| 生物医药及高性能医疗器械 | 生物医药、高性能医疗器械 |

路线图对每个重点发展方向，按照需求、目标、发展重点、应用示范重点、战略支撑与保障五个维度，给出了指导性的分析和描绘，分别形成了从2015年到2025年，展望2030年的详细技术路线图，今后每两年滚动修订和发布新版路线图。

第二章 i时代的到来—智能制造产生的技术基础

数据、信息、知识和智能的关系和区别



第二章 i时代的到来—智能制造产生的技术基础

智能的5种能力

| | |
|----------|--|
| 环境感知能力 | 具有对环境的基本模型建立功能，并能感知到环境中的变化。 例如：智能汽车感知障碍物、交通灯。 |
| 逻辑推理能力 | 运用所拥有的知识，对感知到的环境变化进行逻辑推理和判断，识别出对系统运行带来的影响，以决定是否需要采取必要行动。 例如：智能汽车识别红灯就停车，识别绿灯就启动。 |
| 策略规划能力 | 在逻辑推理得出需要采取行动的情况下，策略规划功能负责制定一个最佳的行动策略。 |
| 行动能力 | 按照策略规划功能给出的决策，执行系统进行行动操作。 |
| 学习（进化）能力 | 每次执行行动完成后，对执行的结果进行评估，并总结经验，将成功的结果作为知识进行积累，对失败的结果作为反面案例知识也进行积累。通过学习和知识积累，系统不断进化，对环境变化的响应速度和准确度越来越高。 |

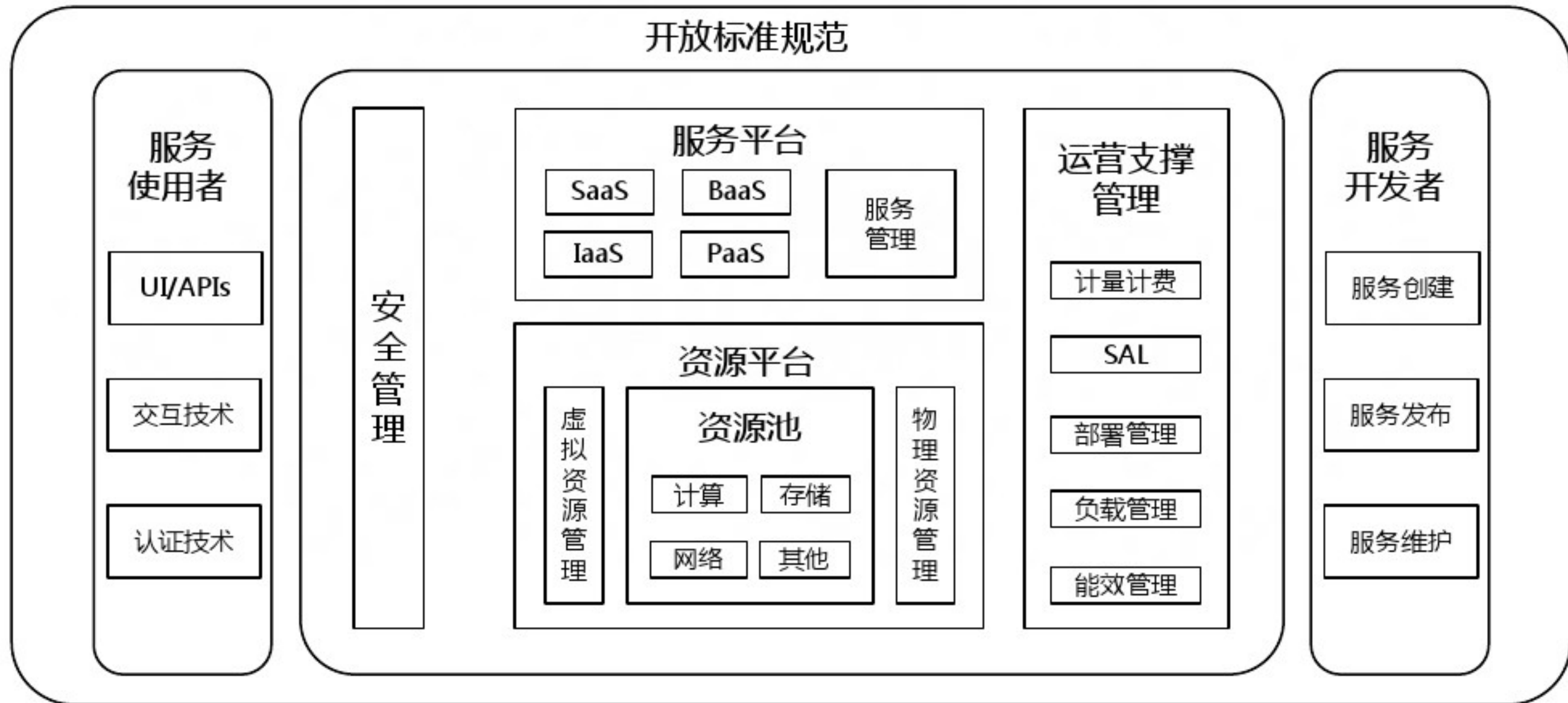
第二章 i时代的到来—智能制造产生的技术基础

信息应用不同发展阶段的特性对比

| 对比项 \ 发展阶段 | 初级 | 通信 | 自动化 | 网络化 | 智能化 |
|----------------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| 发展年代 | 19世纪60年代以前 | 19世纪60年代— 20世纪40年代 | 20世纪40年代— 20世纪80年代 | 20世纪80年代— 21世纪10年代 | 21世纪10年代以后 |
| 标志性技术 | 印刷术 | 电报、电话、广播、电视 | 电子计算机 | 个人计算机、网络 | 超强计算机、人工智能、大数据、超高速网络、4G移动通信技术、无线传感技术 |
| 信息传递介质 | 石刻、纸张 | 纸张、声音、图像 | 磁带、磁盘 | 光盘、芯片、移动硬盘 | 海量存储光盘、芯片、云存储 |
| 传递的模式 | 模拟信号 | 模拟信号 | 数字信号 | 数字信号 | 数字信号 |
| 传递方式 | 口传、邮递 | 电话、电报、广播、电视 | 计算机磁带、磁盘 | 网络 | 网络、移动设备、无线传感 |
| 传递范围 | 本地 | 区域性 | 区域性 | 全球范围 | 全球范围 |
| 传递速度 | 低 | 高 | 高 | 高 | 高 |
| 传递量 | 小 | 小 | 较大 | 大 | 很大 |
| 获取成本 | 高 | 高 | 较高 | 较低 | 非常低 |
| 信息传递的安全性 | 差 | 差 | 中等 | 中等→较高 | 高 |
| 用户获得感兴趣信息的方便性 | 不方便 | 不方便 | 较方便 | 较方便 | 很方便 |
| 对用户问题决策的针对性 | 低 | 低 | 中等 | 较高 | 很高 |
| 对生产生活方式的影响程度 | 小 | 小 | 中等 | 大 | 非常大 |
| 对制造业组织和管理模式的影响 | 小 | 小 | 中等 | 较大→大 | 非常大 |

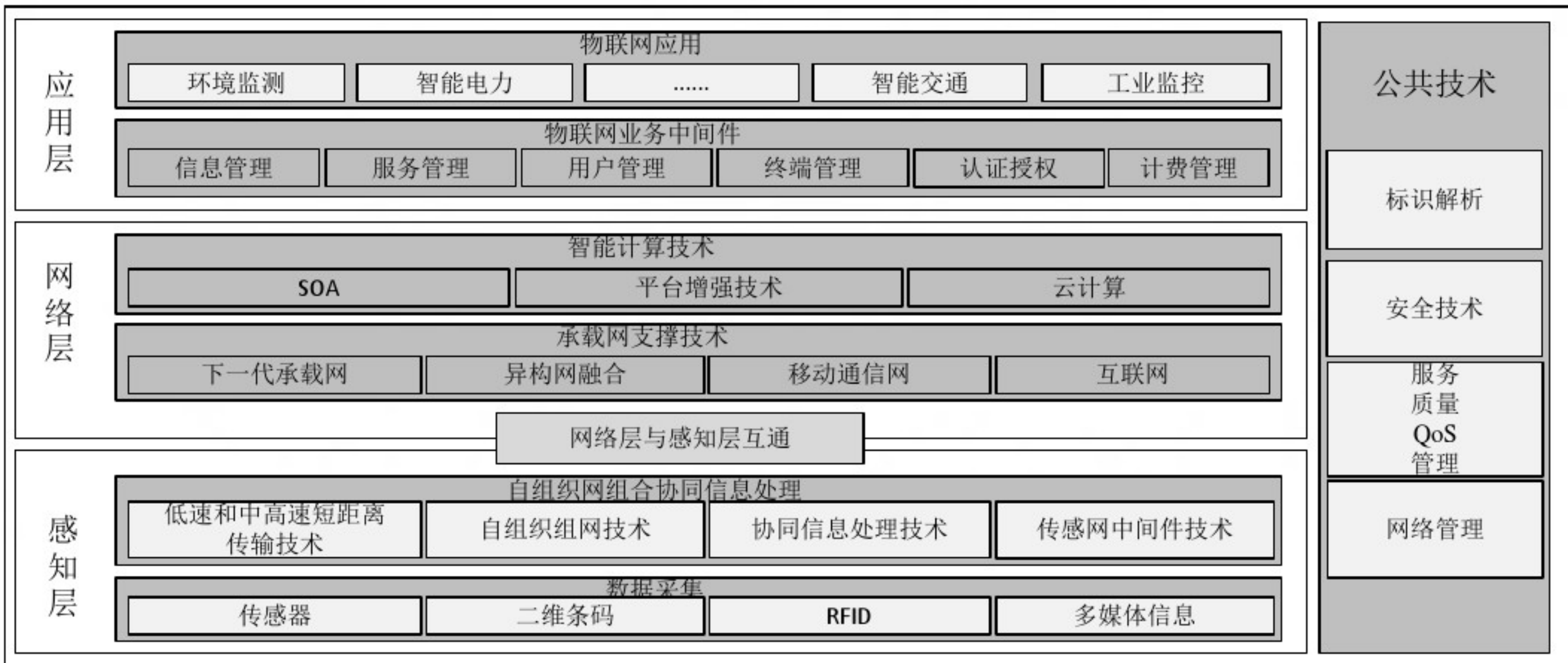
第二章 i时代的到来—智能制造产生的技术基础

云计算的概念模型



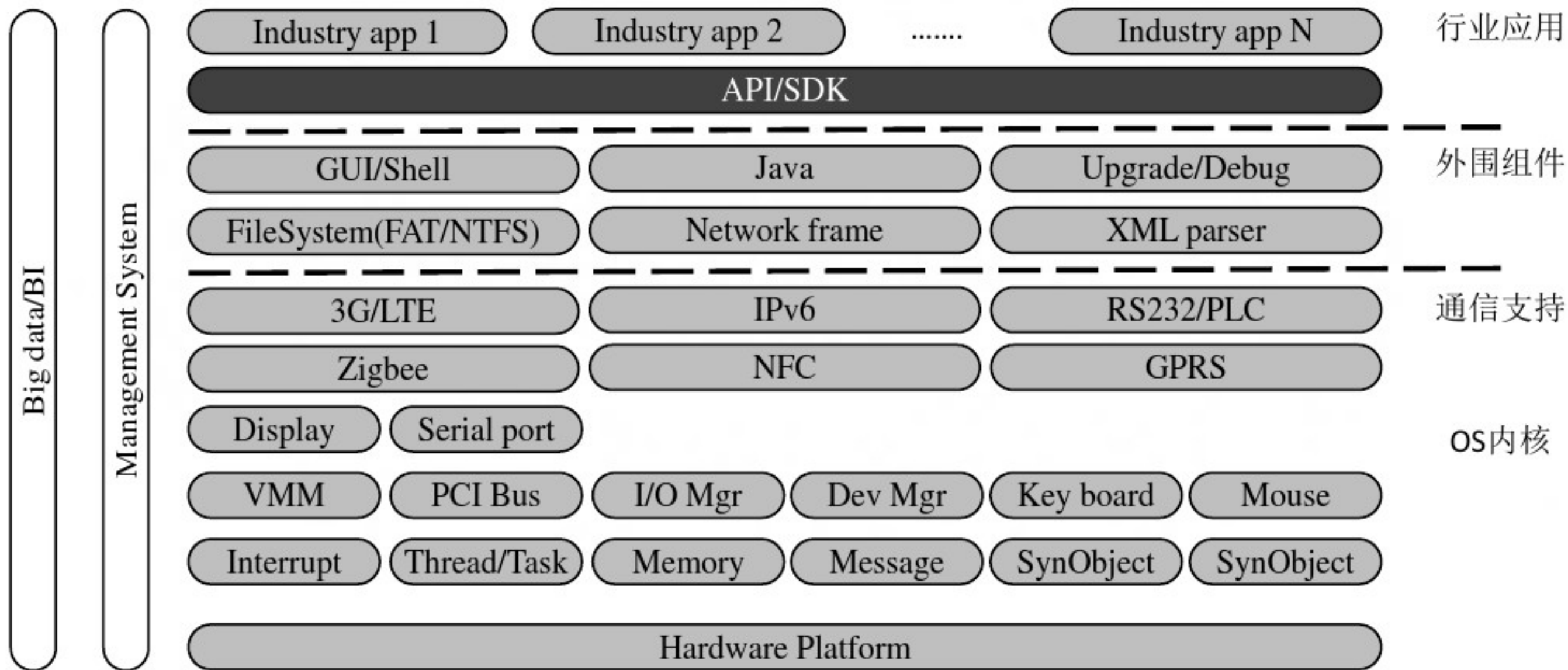
第三章 物联网

物联网的三层技术架构



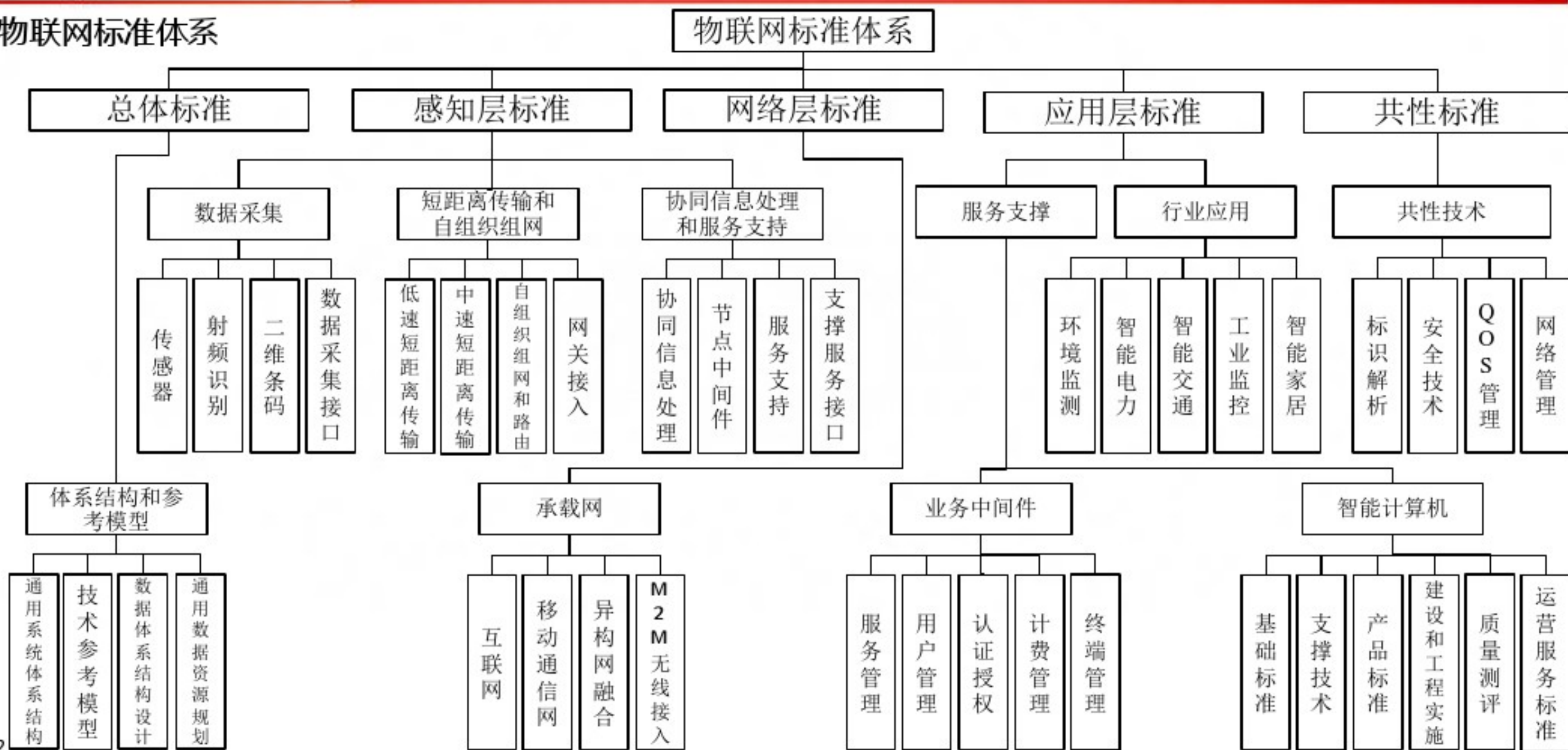
第三章 物联网

物联网操作系统架构



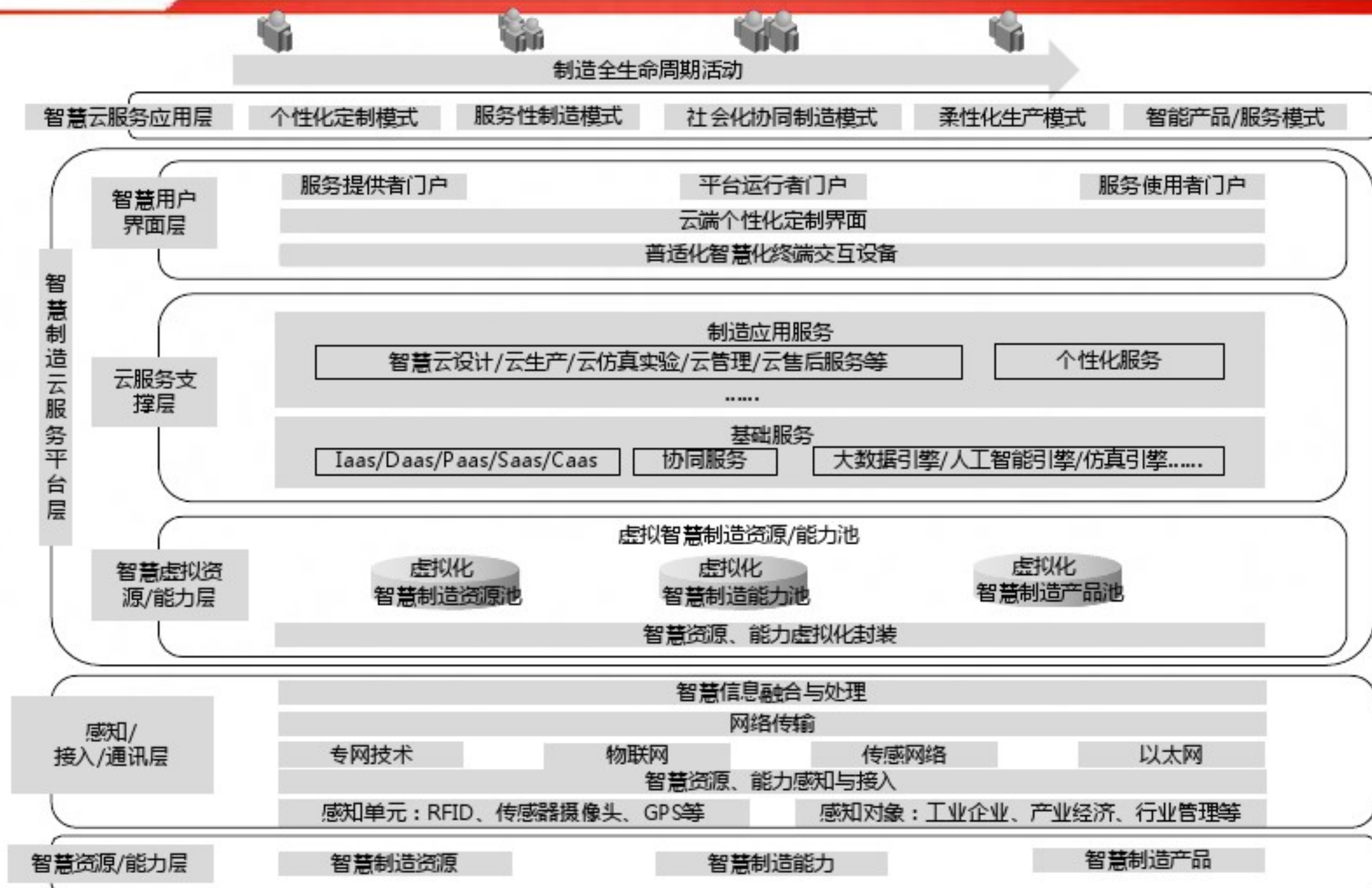
第三章 物联网

物联网标准体系



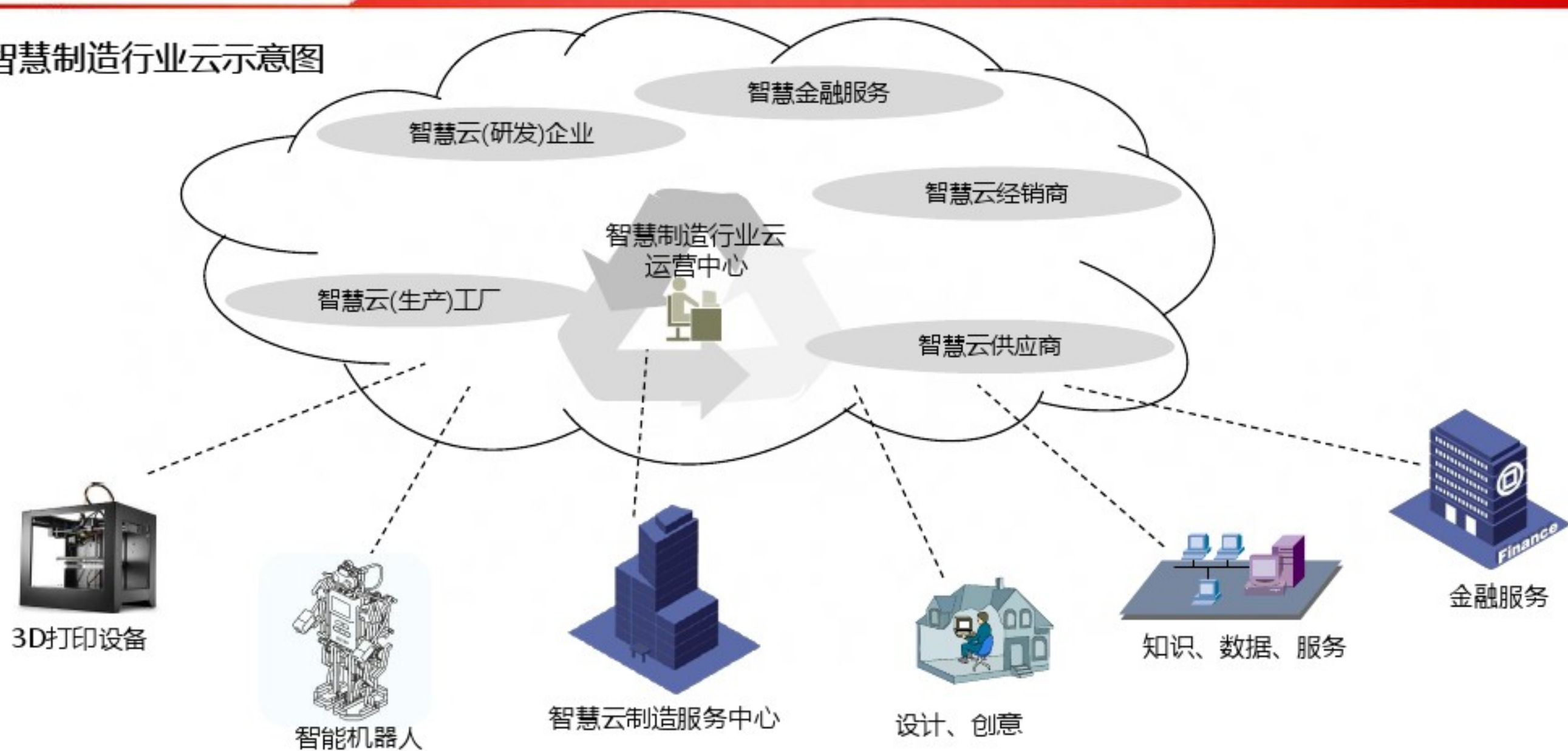
第四章 智慧云制造—云智造2.0

智慧云制造系统（智慧制造云）体系结构



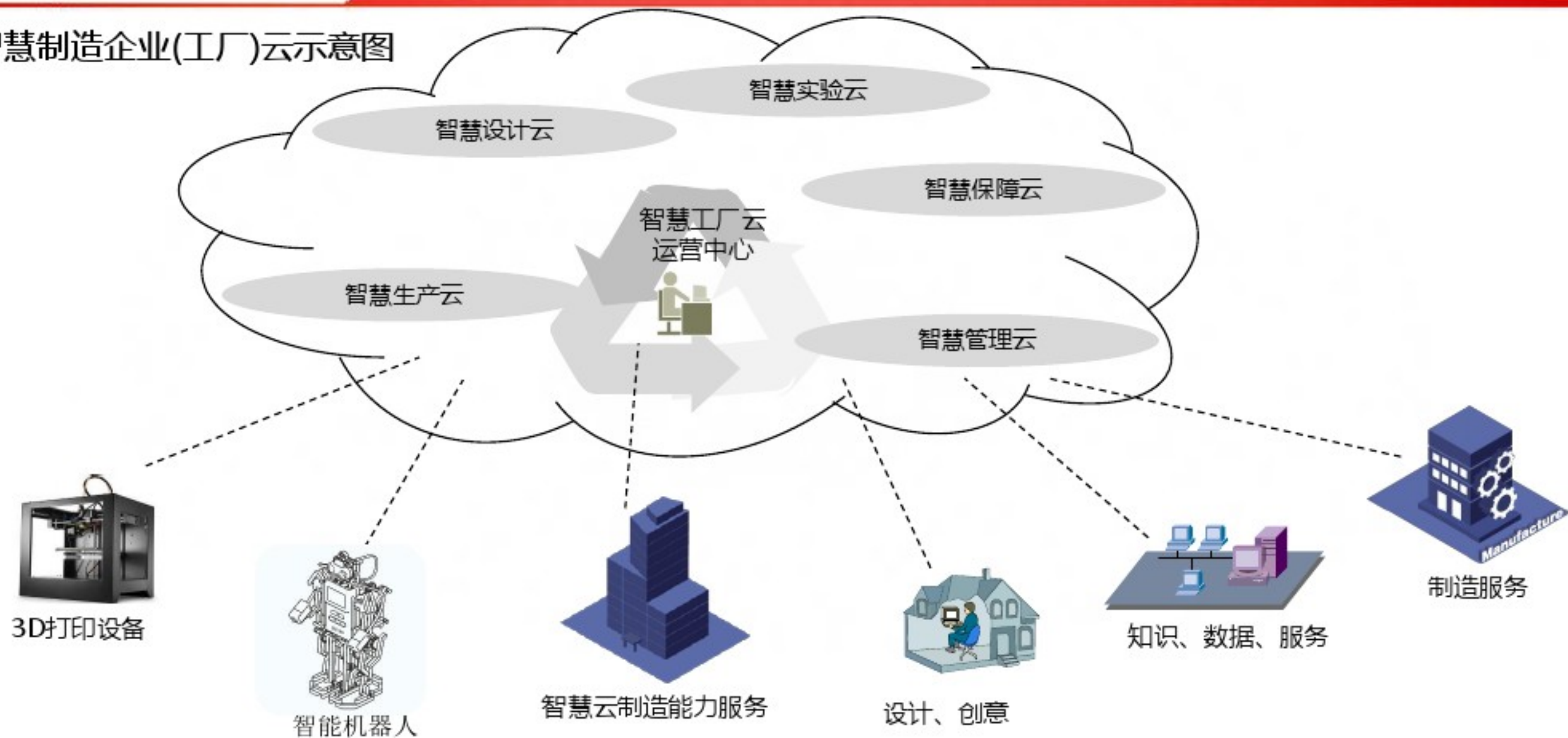
第四章 智慧云制造—云智造2.0

智慧制造行业云示意图



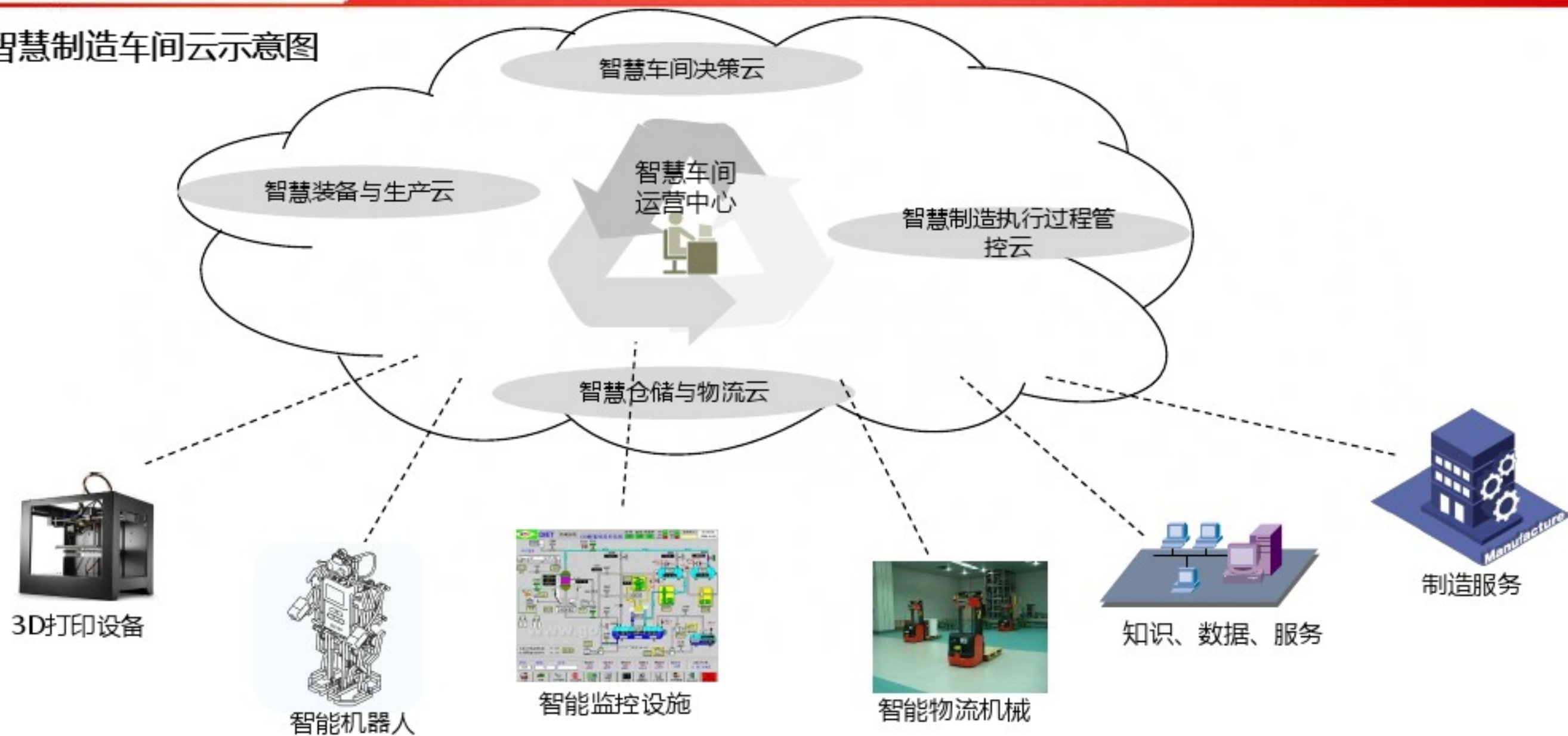
第四章 智慧云制造—云智造2.0

智慧制造企业(工厂)云示意图



第四章 智慧云制造—云智造2.0

智慧制造车间云示意图



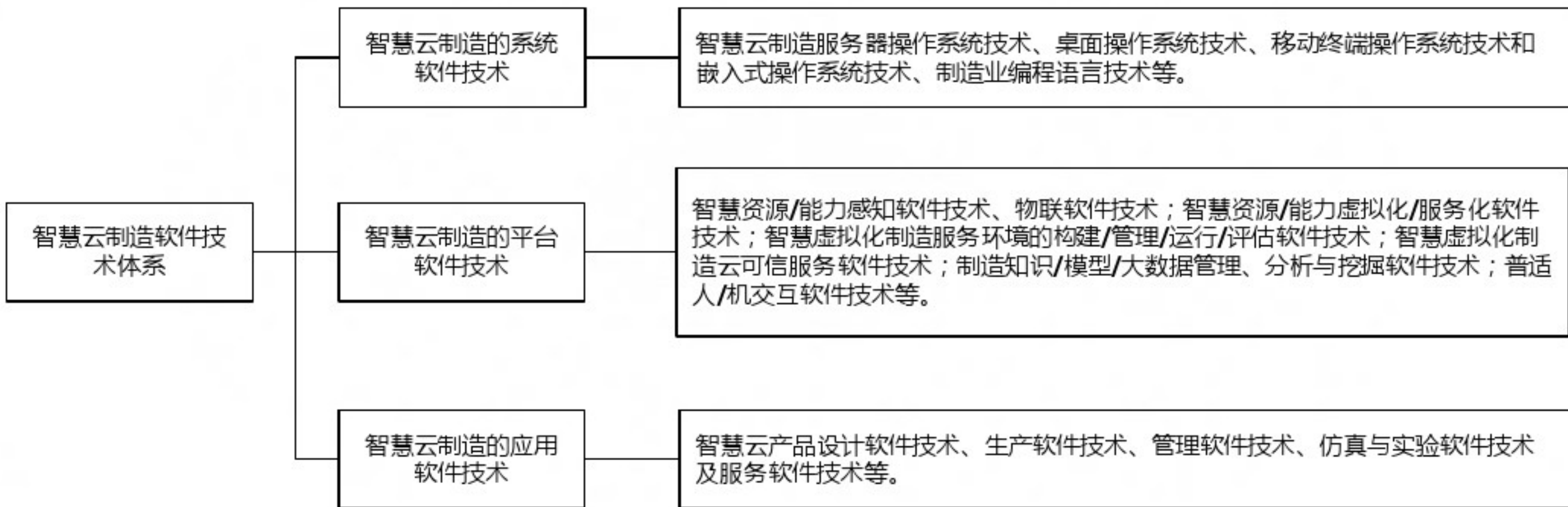
第四章 智慧云制造—云智造2.0

智慧云制造系统技术体系



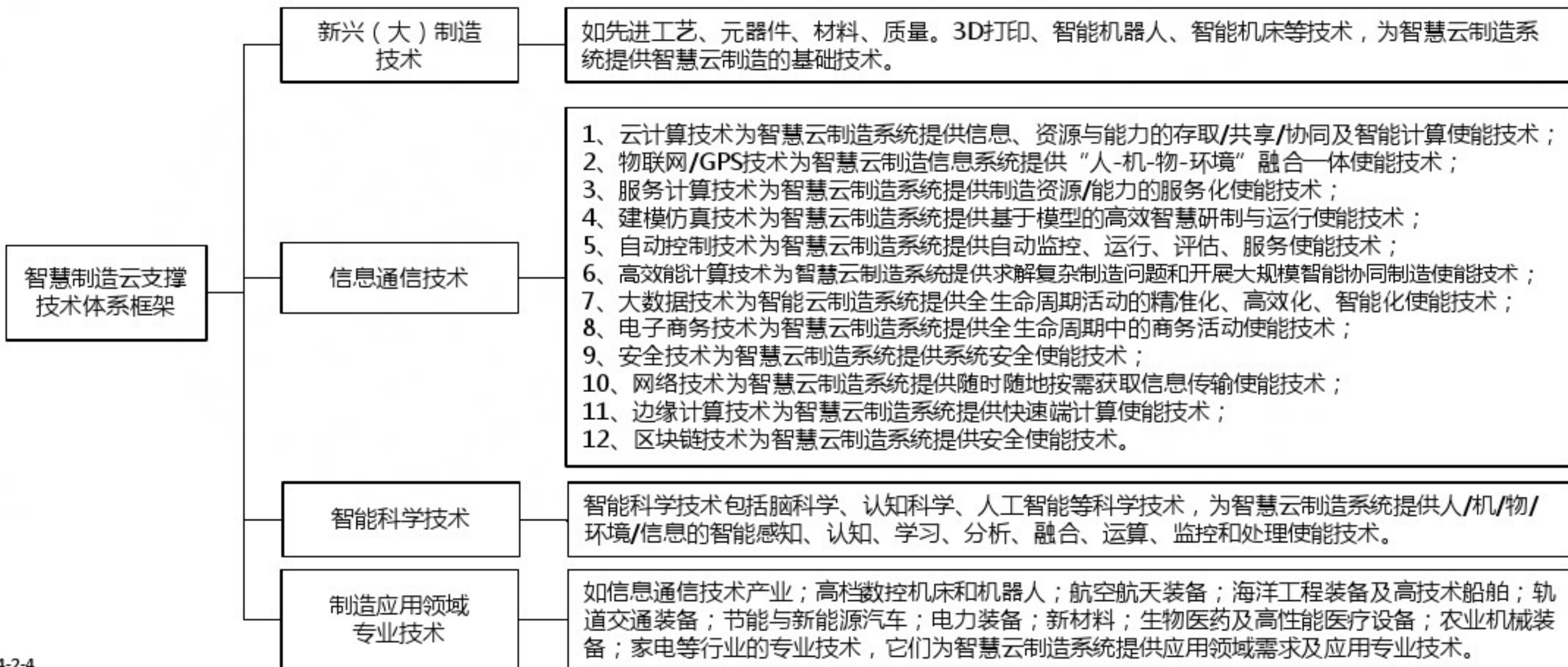
第四章 智慧云制造—云智造2.0

智慧云制造软件技术体系



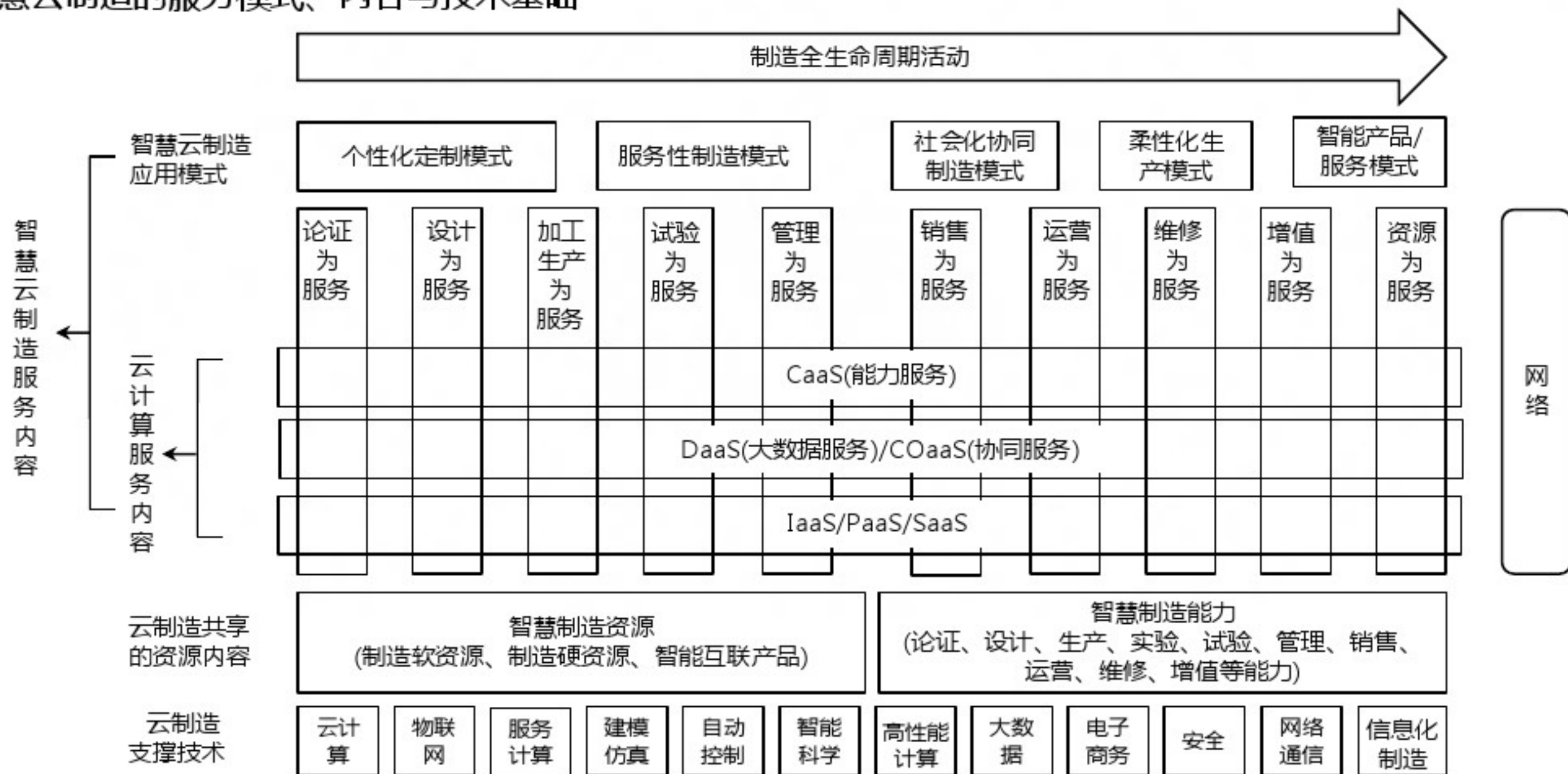
第四章 智慧云制造—云智造2.0

智慧云制造支撑技术体系架构



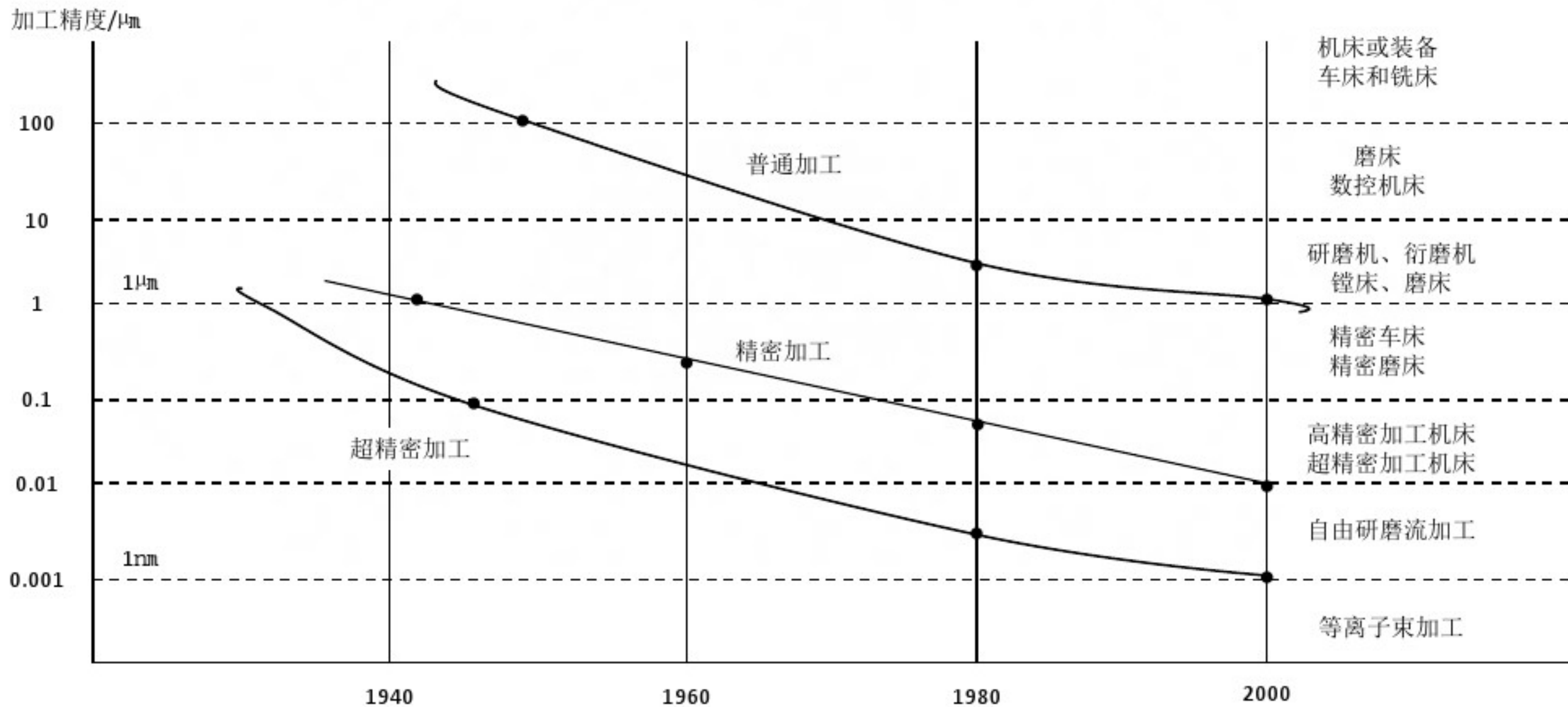
第四章 智慧云制造—云智造2.0

智慧云制造的服务模式、内容与技术基础



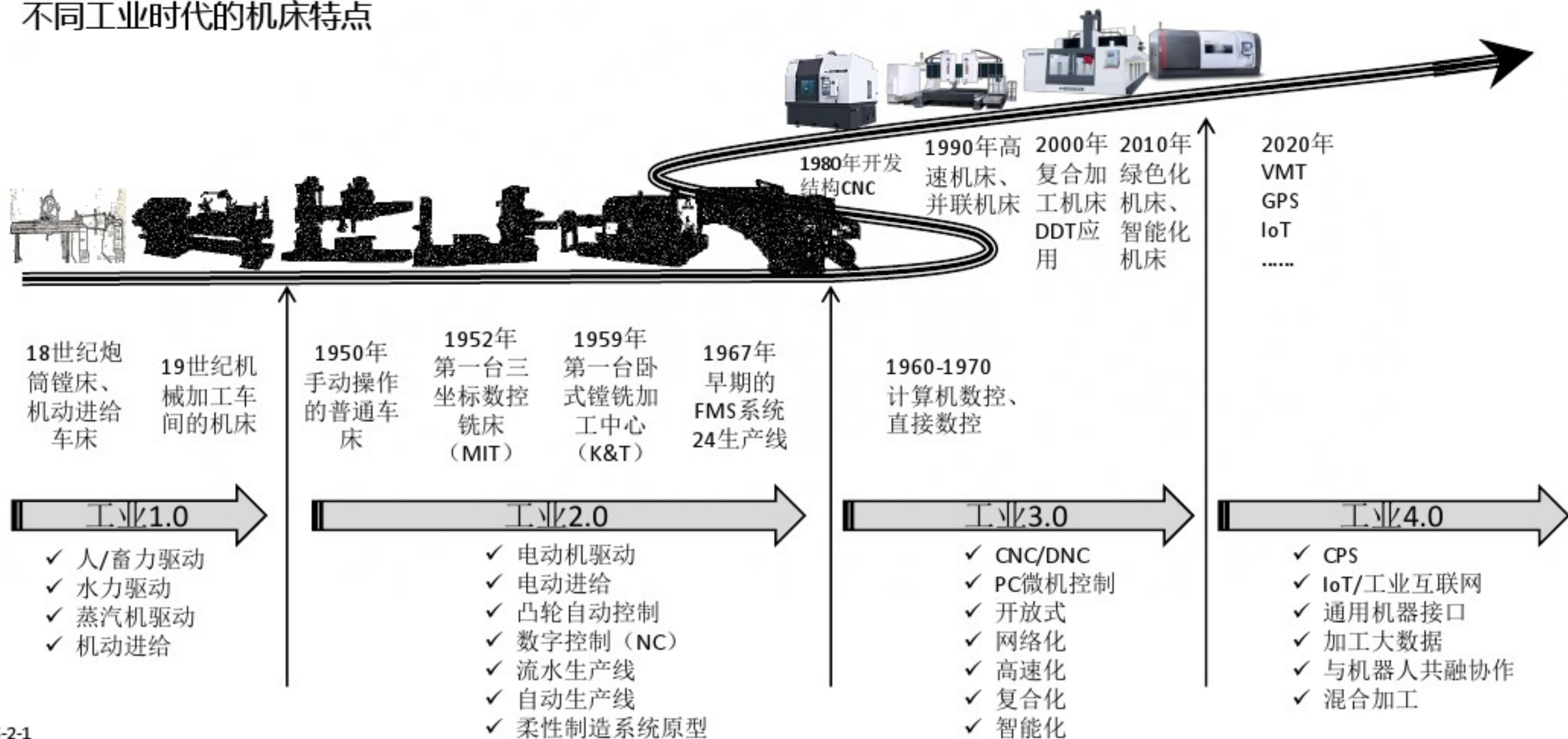
第五章 智能化的现代制造工艺及装备

各种加工方法的精工精度



第五章 智能化的现代制造工艺及装备

















不同工业时代的机床特点



第五章 智能化的现代制造工艺及装备

DMG Mori CELOS上的智能应用

CELOS上的App

| | | | | | |
|---|---|---|---|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
| JOB MANAGER 任务管理器 | JOB SCHEDULER 任务规划 | JOB ASSISTANT 任务助手 | TOOL HANDLING 刀具处理 | PSLLET CHANGER 托盘交换 | CONTROL 数控系统 |
|  |  |  |  |  |  |
| CAD-CAM VIWE CAD-CAM视图 | TECH CALACULATOR 切削计算器 | DOCUMENTS 文档管理 | ORGANIZER 效率工具 | NETSERVICE 网络服务 | SERVICE AGENT 服务代理 |
|  |  |  |  | | |
| ENERGY SAVING 节能 | SETTINGS 设置 | STATUS MONITOR 状态监测 | MESSENGER 短信服务 | | |

第七章 大数据

企业大数据建设路径图

初级阶段
建立扎实的大数据
基础

- 多维数据采集
- 大数据平台建设
- 大数据与数据仓库整合
- 建立大数据挖掘能力

中级阶段
打造与运营大数据
应用产品

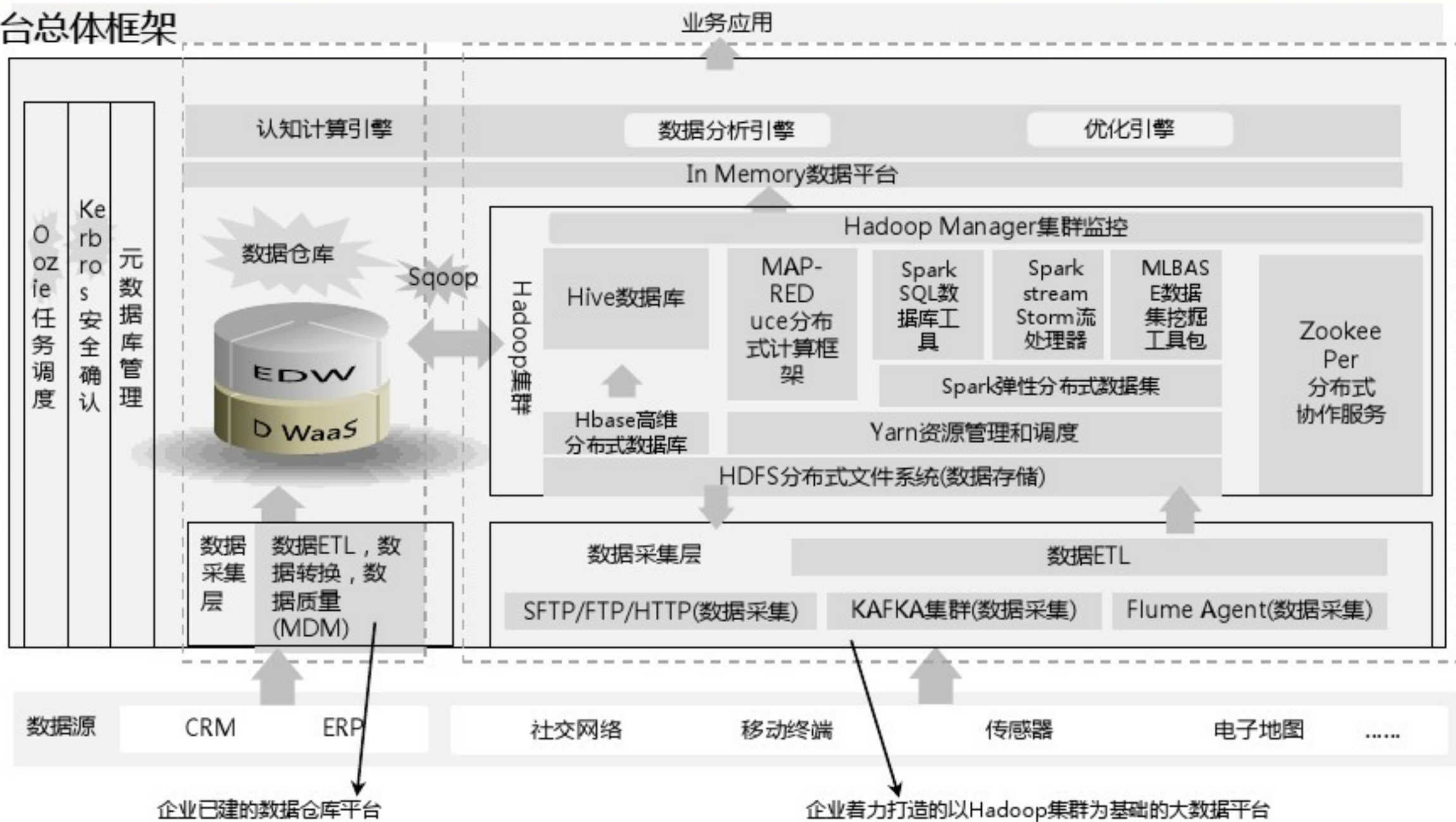
- 建立大数据产品开发平台
- 应对业务需求 开发大数据产品
- 优化运营大数据产品

成熟阶段
营建大数据生态圈

- 力争生态群的领头羊
- 招揽与吸引大数据人才
- 采集更广的跨行业大数据
-

第七章 大数据

企业大数据平台总体框架



企业已建的数据仓库平台

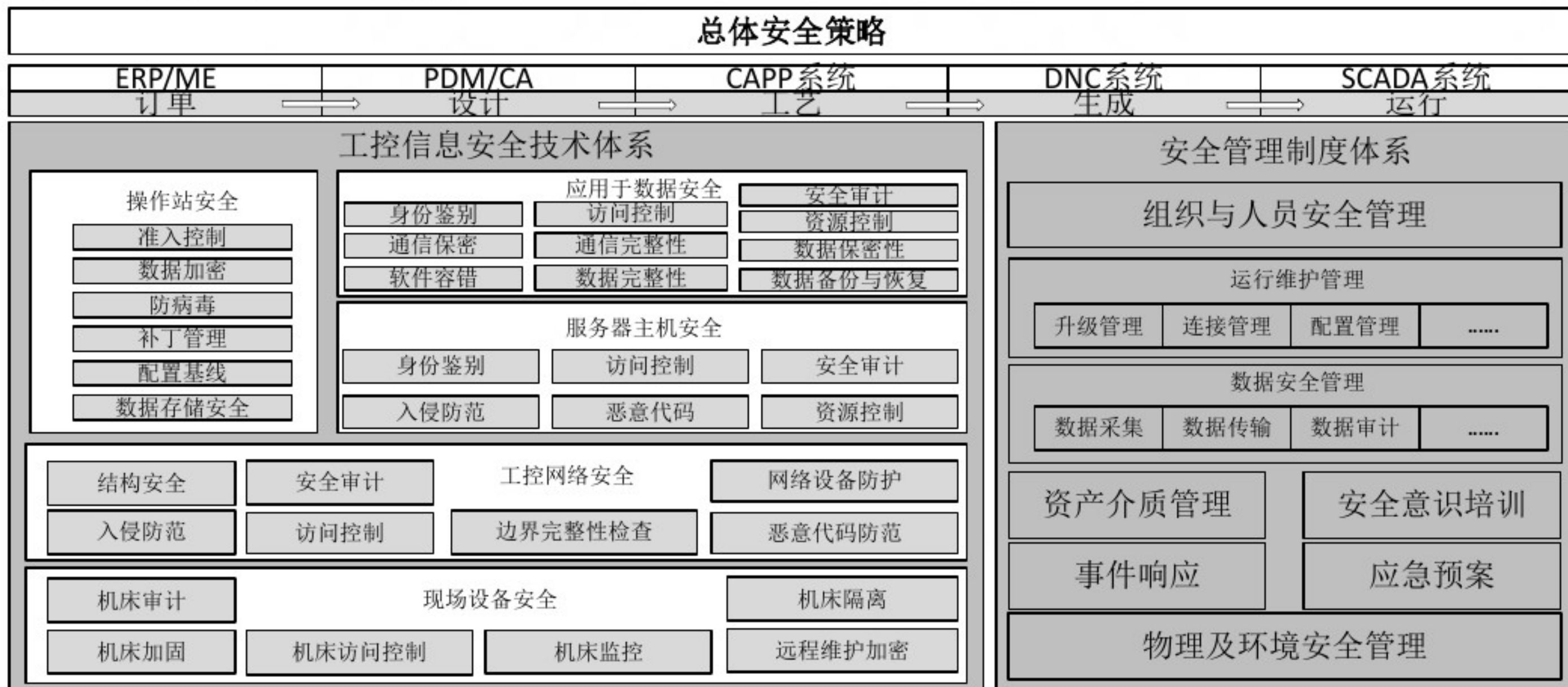
企业着力打造的以Hadoop集群为基础的大数据平台

第八章 工业控制系统网络信息安全

| | |
|------------|-------------------------------|
| 工业控制 系统 | SCADA系统，即数据采集与监视控制系统 |
| | DCS，即分布式控制系统，国内又称集散控制系统 |
| | PCS，即过程控制系统 |
| | PLC，即可编程序逻辑控制器 |
| | RTU，远程终端单元。负责对现场信号、工业设备的监测和控制 |
| | DNC，即直接数字控制或分布数字控制 |

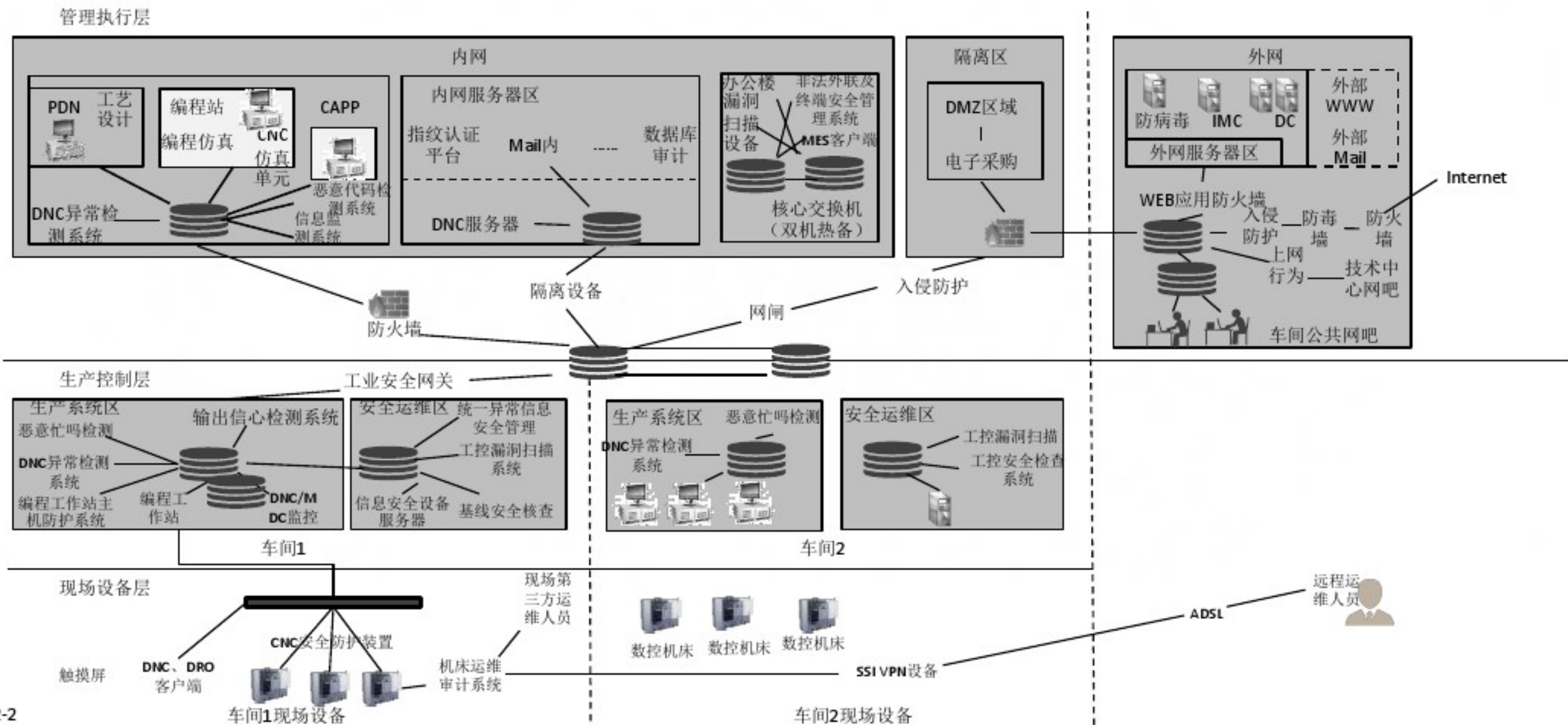
第八章 工业控制系统网络信息安全

工业控制系统信息安全的总体设计框架



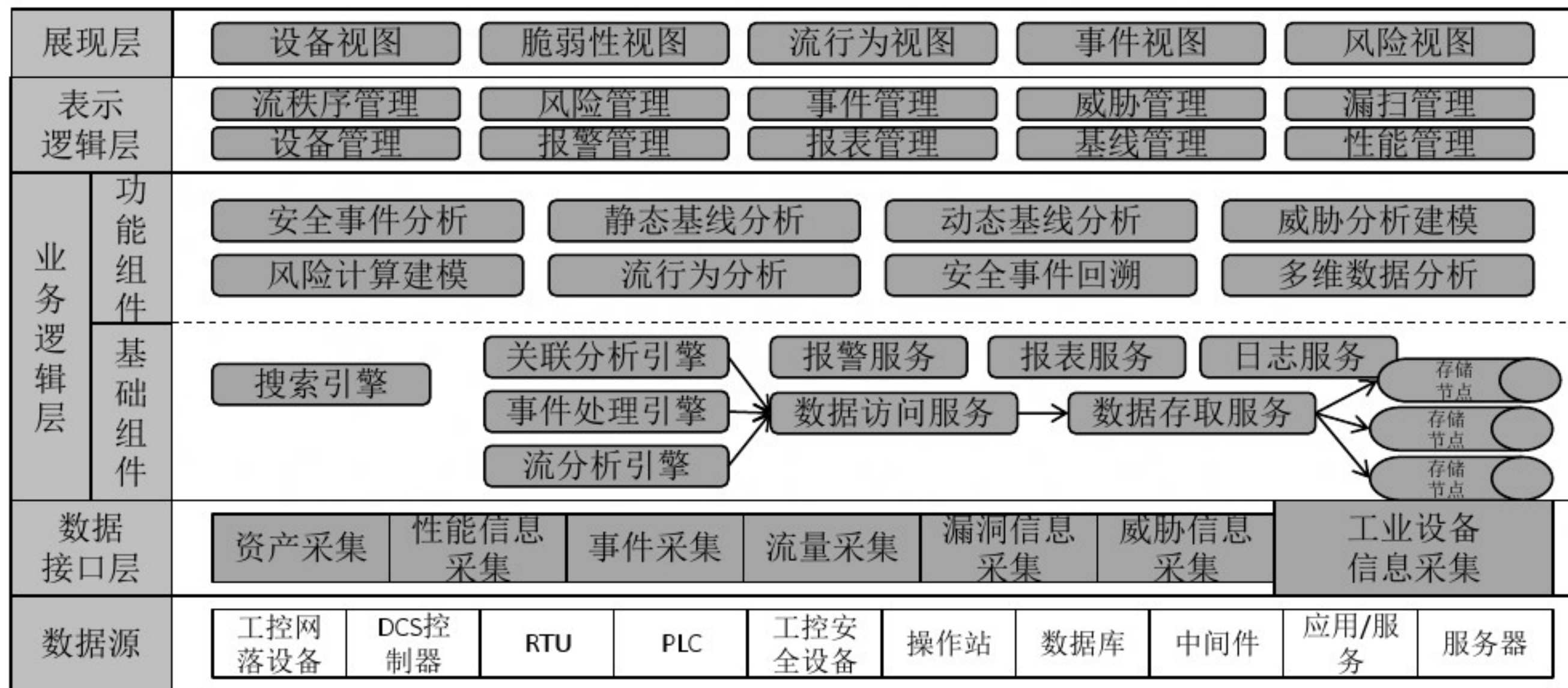
第八章 工业控制系统网络信息安全

工业控制网络系统安全区域划分



第八章 工业控制系统网络信息安全

工业控制系统的逻辑架构



第九章 决策支持中的商业智能系统

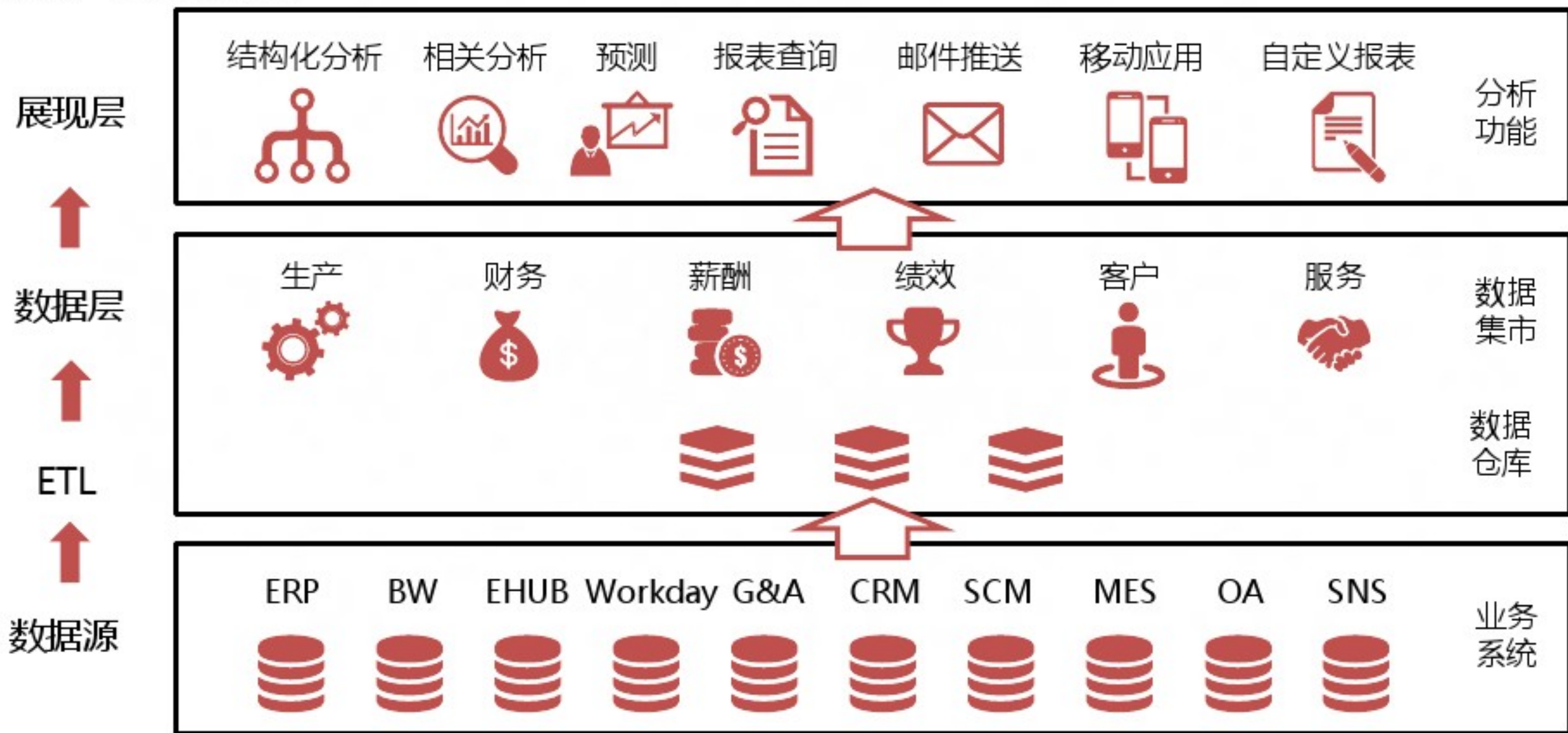
决策支持系统在IT系统的中地位

某企业IT系统蓝图示例



第九章 决策支持中的商业智能系统

双创模式—BI系统构成



第九章 决策支持中的商业智能系统

双创模式—IBI系统的分析功能模块

IBI系统分析功能

```
graph TD; A[IBI系统分析功能] --- B[经营状况]; A --- C[战略管理]; A --- D[业务进展]; A --- E[财务管理]; A --- F[人力资源管理]; A --- G[风险管理]; A --- H[策划与研发]; A --- I[营销与销售]; A --- J[生产管理]; A --- K[服务管理]; A --- L[供应链管理]; A --- M[项目管理]; A --- N[客户管理]; A --- O[供应商管理]; A --- P[产品管理]; A --- Q[资产管理]; A --- R[质量管理]; A --- S[信息系统管理]; A --- T[协同绩效管理];
```

经营状况

战略管理

业务进展

财务管理

人力资源管理

风险管理

策划与研发

营销与销售

生产管理

服务管理

供应链管理

项目管理

客户管理

供应商管理

产品管理

资产管理

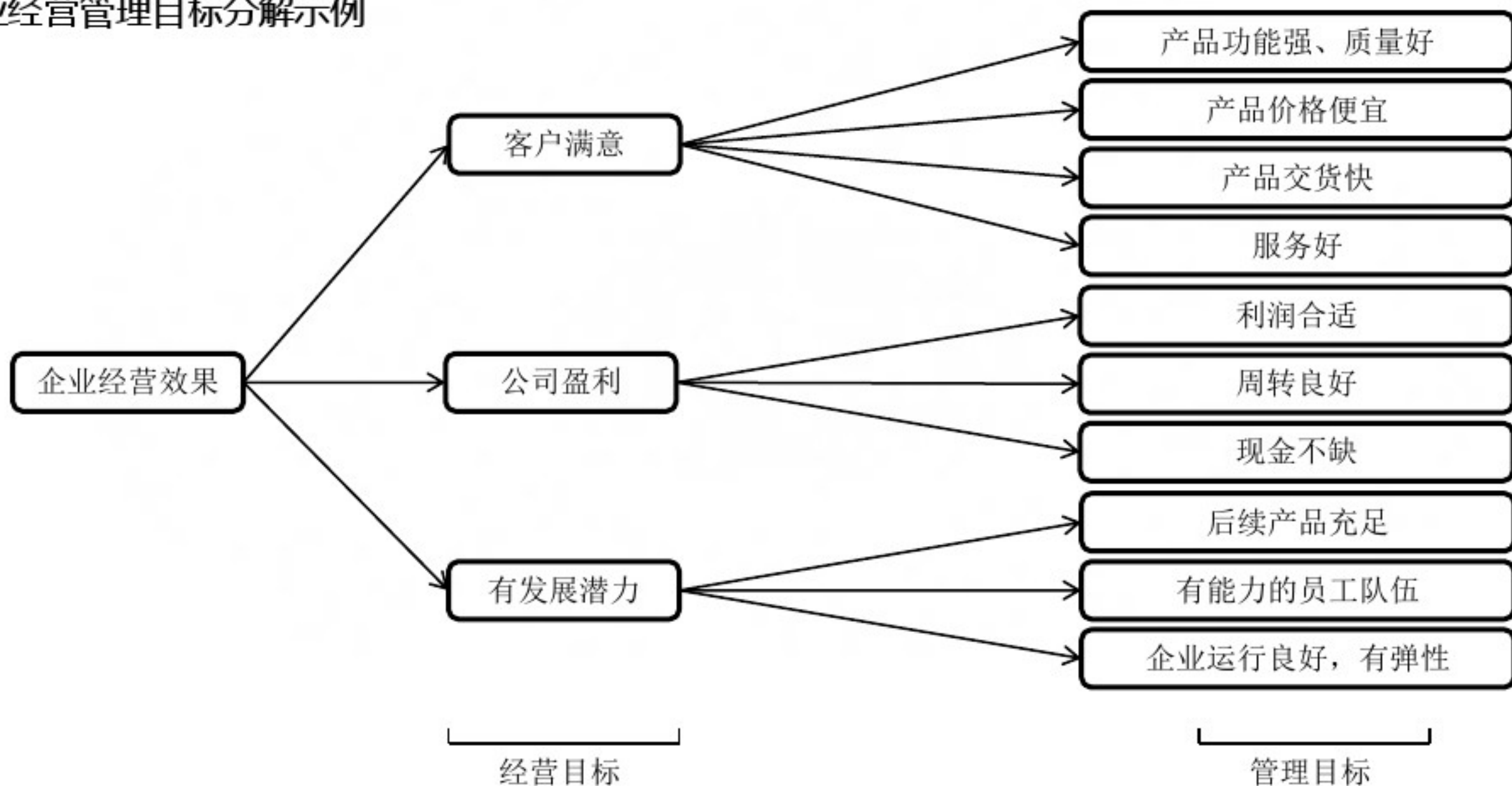
质量管理

信息系统管理

协同绩效管理

第九章 决策支持中的商业智能系统

企业经营管理目标分解示例



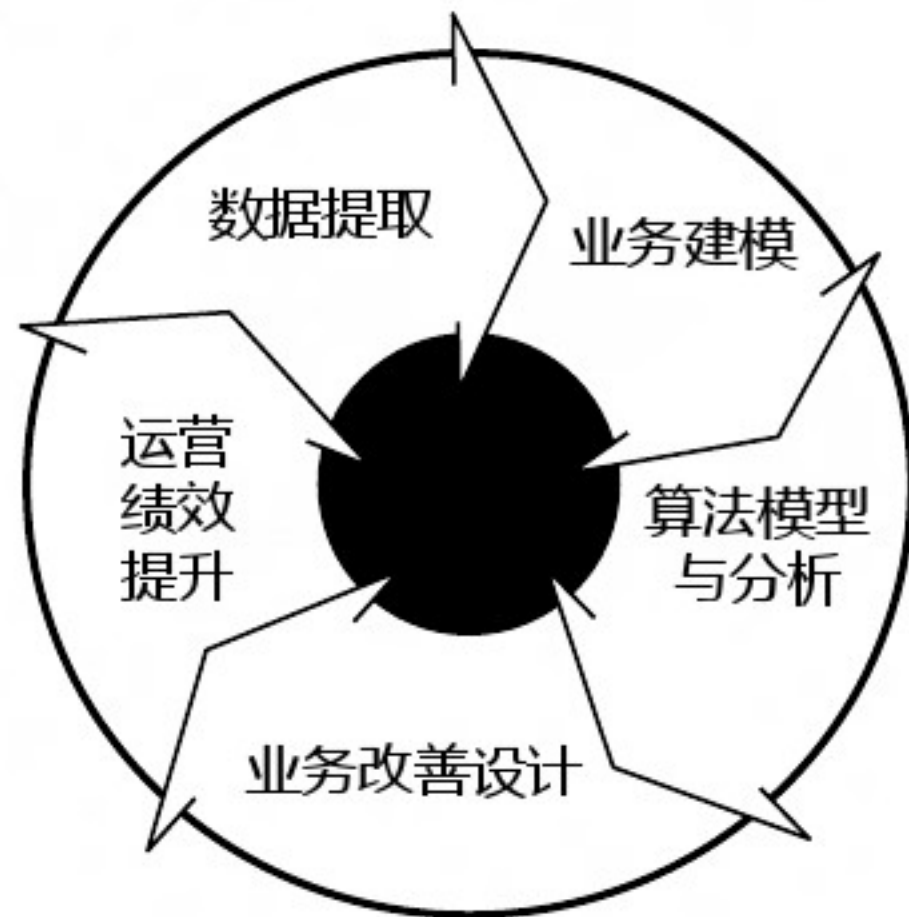
第九章 决策支持中的商业智能系统

企业经营管理分析体系



第九章 决策支持中的商业智能系统

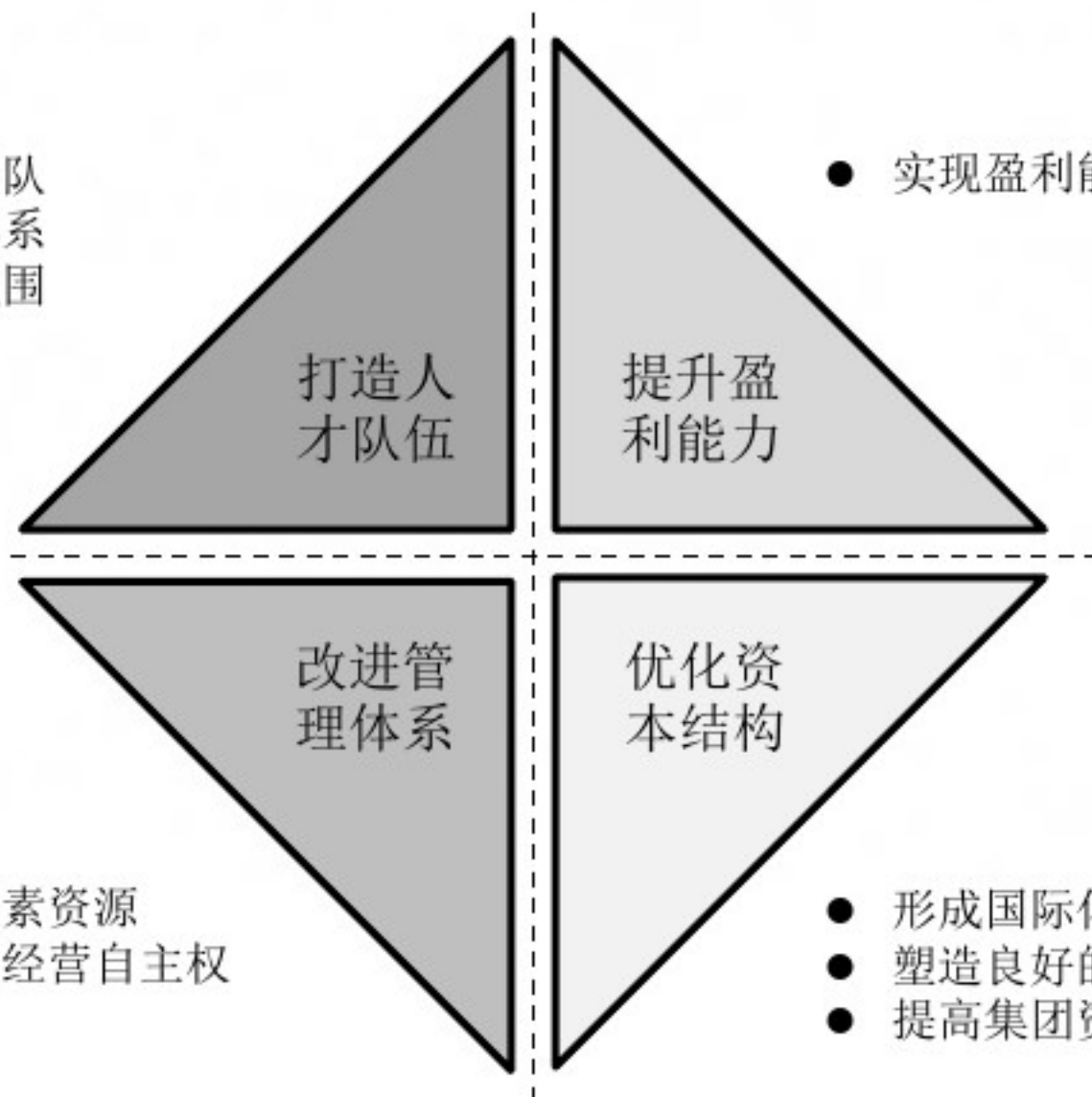
数据应用与管理流程



第九章 决策支持中的商业智能系统

企业运行状态

- 构建多元的人才梯队
- 建立合适的激励体系
- 形成积极的工作氛围



- 实现盈利能力的持续增长

- 进一步有效管控要素资源
- 逐步提高产业集团经营自主权

- 形成国际化背景多元股权结构
- 塑造良好的资本市场形象
- 提高集团资产证券化比例

第九章 决策支持中的商业智能系统

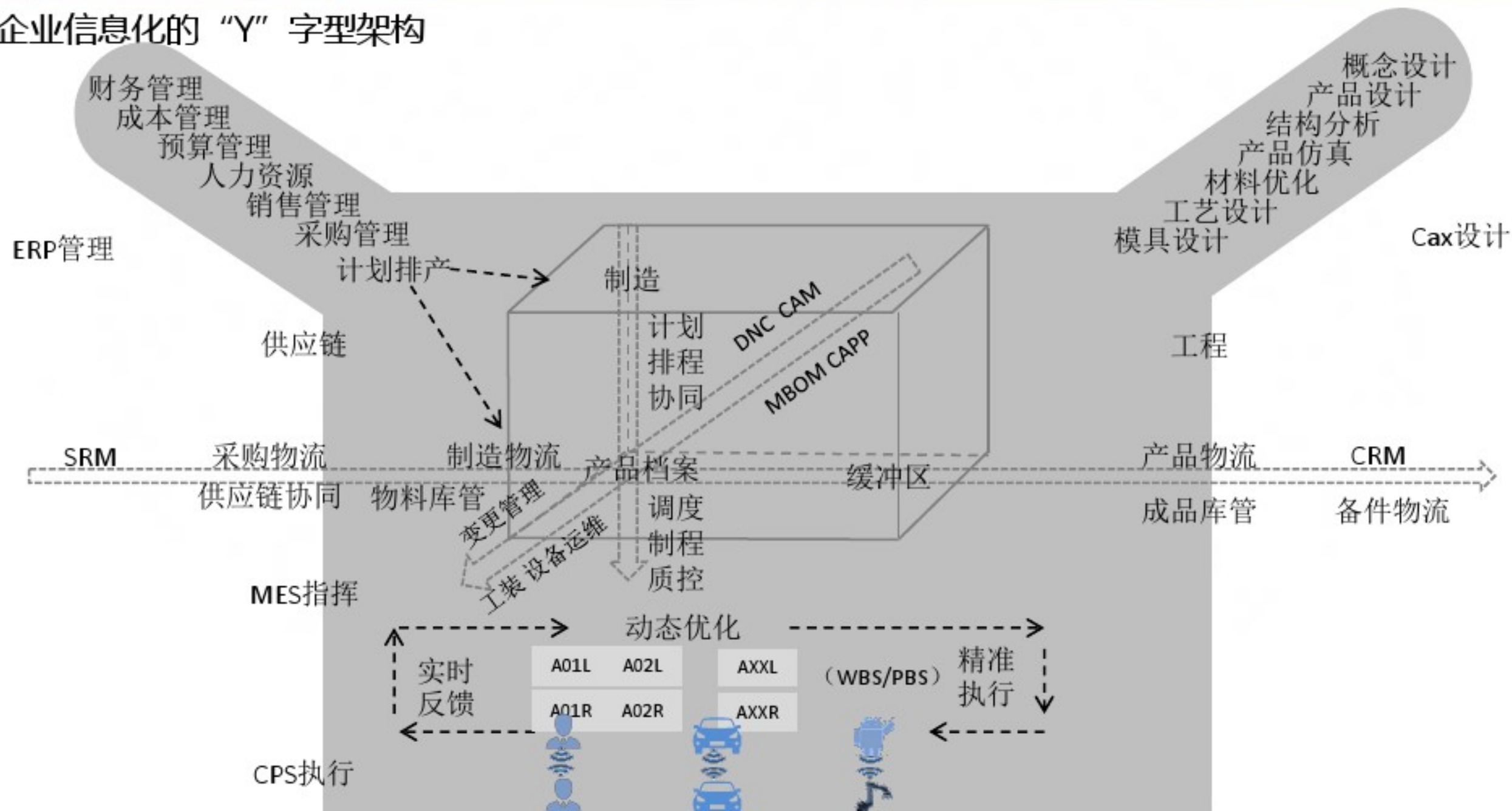
双创模式—企业管控部署

| | | 经营战略 | 计划预算 | 业务分析 | 财务管理 | 风险管理 | 人力资源 | 策划研发 | 营销销售 | 运营绩效 | 业务基础 | 项目管理 | IT系统 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 财务管控 | 企业1 | ○ | ○ | ○ | ● | ○ | | | | | | | ○ |
| | 企业2 | ○ | ○ | ○ | ● | ○ | | | | | | | ○ |
| | 企业3 | ○ | ○ | ○ | ● | ○ | | | | | | | ○ |
| | 企业4 | ○ | ○ | ○ | ● | ○ | | | | | | | ○ |
| 战略管控 | 企业5 | ● | ● | ○ | ● | ● | ○ | | | | ○ | ○ | ● |
| | 企业6 | ● | ● | ○ | ● | ● | ○ | | | | ○ | ○ | ● |
| | 企业7 | ● | ● | ○ | ● | ● | ○ | | | | ○ | ○ | ● |
| | 企业8 | ● | ● | ○ | ● | ● | ○ | | | | ○ | ○ | ● |
| 业务管控 | 企业9 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | 企业10 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | 企业11 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | 企业12 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

注：●表示全部管控，○表示部分管控

第十章 智慧工厂

制造企业信息化的“Y”字型架构



第十章 智慧工厂

智慧工厂规划内容纲要

| | |
|--------|---|
| 制造执行维度 | 生产计划管理：计划MRP，排产/APS，定制支持（选配定制和设计定制） |
| | 流水线制造排序/排程/APS：滚动排程、动态排程。 纯离散制造排程/APS:滚动排程、动态排程。 项目制造排程/APS:关键路径分析。 |
| | 管理仿真：用于生产规划、管理改进和制造执行的模拟分析。 |
| | 制程管理：驱动PLC/DCS、数控（CNC）、机器人、仪表/传感器和工控机/IT系统等，委外管理，实时实绩采集。 |
| | 质量控制：进货检、制程检、自制检、计量检测管理、在线检测、SPC/SPD、关键件采集、QRQC、APQP等。 |
| | 实况/组态监控/三维实况，协同制造监控/告警/预警，生产调度，CCR（中央控制室） |
| | 人工绩效，作业成本分析法。 |
| | KPI、BI、可视化、决策支持。 |

第十章 智慧工厂

智慧工厂规划内容纲要

| | |
|------|--|
| 工程维度 | CAD、CAPP、CAE和CAM贯通，以PLM为平台，以数字孪生体为核心，实现Cax统一数据源。 |
| | CAPP：工艺管理，无纸化看图（含装配模拟/爆炸图），工艺卡/作业指导书，防呆。 |
| | DNC：数控程序编程、模拟、管理和使用。 |
| | 以数字孪生体为核心，实现D2M（设计到制造的快捷应用，直至设备可直接读取数字孪生体的工艺信息）和M2D（制造到测量信息直接进入数字孪生体，比对分析并形成产品档案）。 |
| | 变更管理：生产设备，技术变更通知及执行跟踪，转产管理，BOM差错反馈，工艺差错反馈等。 |
| | 工装设计、管理，生产/复制，周期维护，刀具立库，刀具配送，物联检测工具，防错装备。 |
| | 设备运维：档案，点检，易损件、保养/周期维护，预防/紧急维护，设备提升，OEE。 |
| | 实现产品档案。 |
| | 以数字孪生体为核心，实现跨价值链的整合，重点是与供应商和外协商的工程协同。 |
| | 制造企业除提供更加智能的实体产品外，还要提供客户可用于各种仿真的虚拟产品。 |

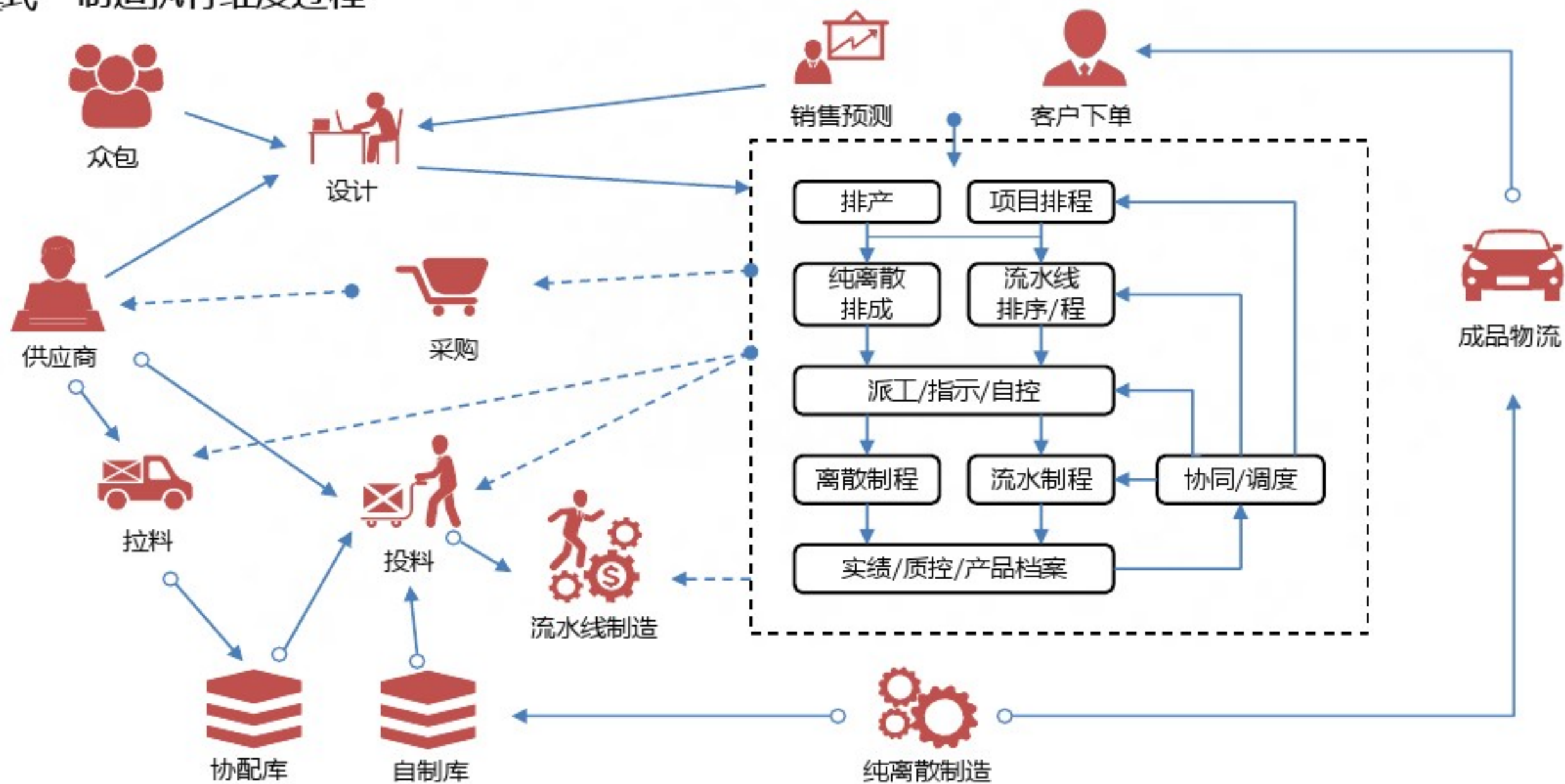
第十章 智慧工厂

智慧工厂规划内容纲要

| | |
|-------|--|
| 供应链维度 | 供应商关系管理：供应商管理，采购配额（比例），协同采购，供应商发展/考核，供应商库存管理，成本外化。 |
| | 对供应商的要货预告/要货计划，从供应商到外购库的精益拉料。 |
| | 制造物流：外购库投料、供应商直送、自制件投料、转序、批量/单件管理，在线库/线旁库管理。 |
| | 物流自动化/智能化：自动立库、AGV、智能料架、电子标签拣料系统，叉车呼叫/调度等，条码/RFID/GPS/室内定位等物流跟踪技术应用。 |
| | 物流路线规划，物流班车，循环取货，物流调达监控。 |
| | 供应链协同：核缺/缺占，缺料预警和动态协同，供应商生产、采购、工艺和质量协同。 |
| | 客户关系管理：市场、产品销售、备件销售、售后服务、增值服务。 |
| | 物料库存管理：分库位管理、分供应商管理、分批次管理、预/实库存管理；外购库、自制件库、在线库、线旁库、半成品、缓冲区、产品库管理。 |
| | 产品物流和备件物流。 |
| | 把物流追溯信息归并到产品档案。 |

第十章 智慧工厂

双创模式—制造执行维度过程



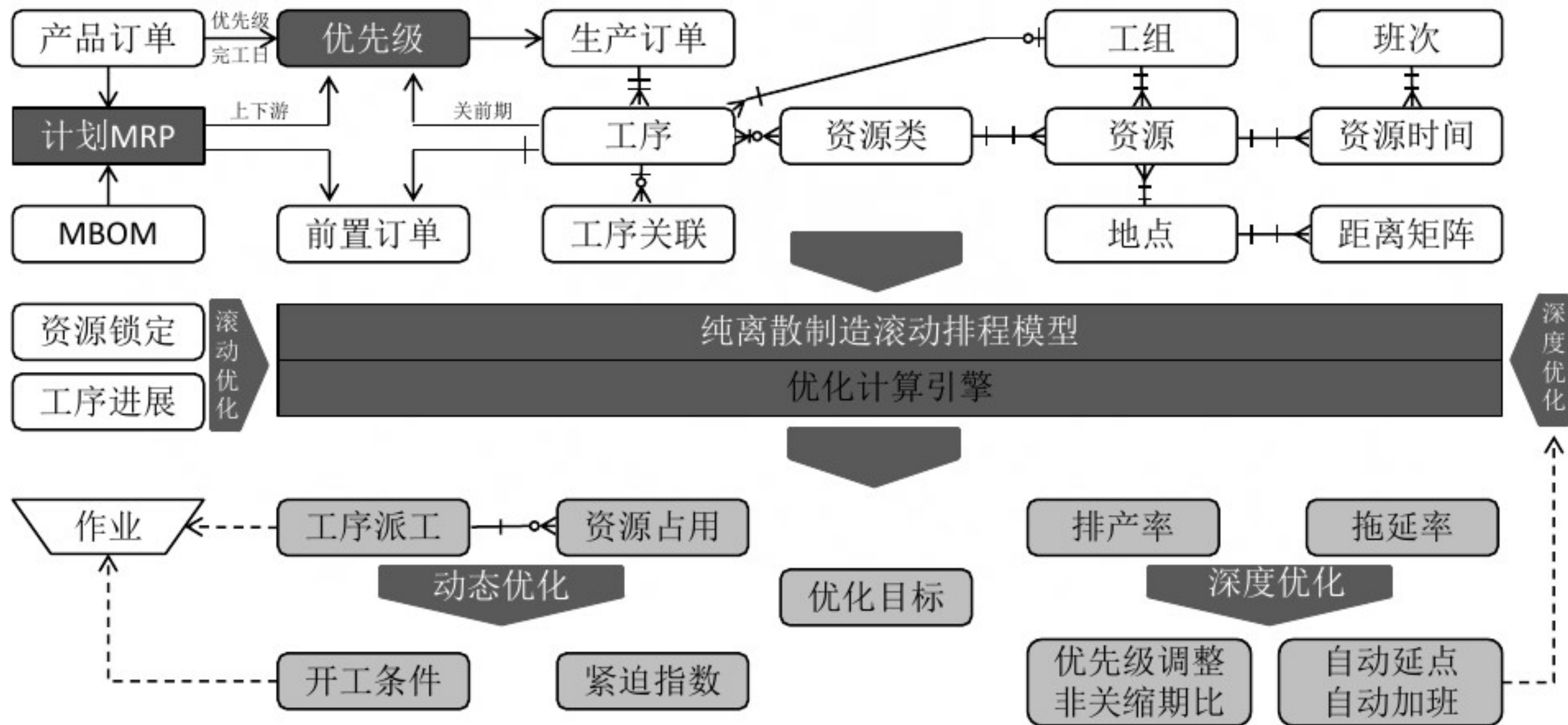
第十章 智慧工厂

高级排产排程APS

| | |
|-------|--|
| 项目型制造 | 要考虑有限能力的项目排程，从整体上去管理生产的进度。 |
| 量产产品 | 无论大批量还是小批量，首先要进行排产，一般分日别或班别确定生产的品种和数量，要考虑产能约束和供给约束等。 |
| 流水线制造 | 排序确定生产顺序，排程是确定时间的进度，排序可能很复杂，排程相对简单。 |
| 纯离散制造 | 需要进行有限能力排程。 |

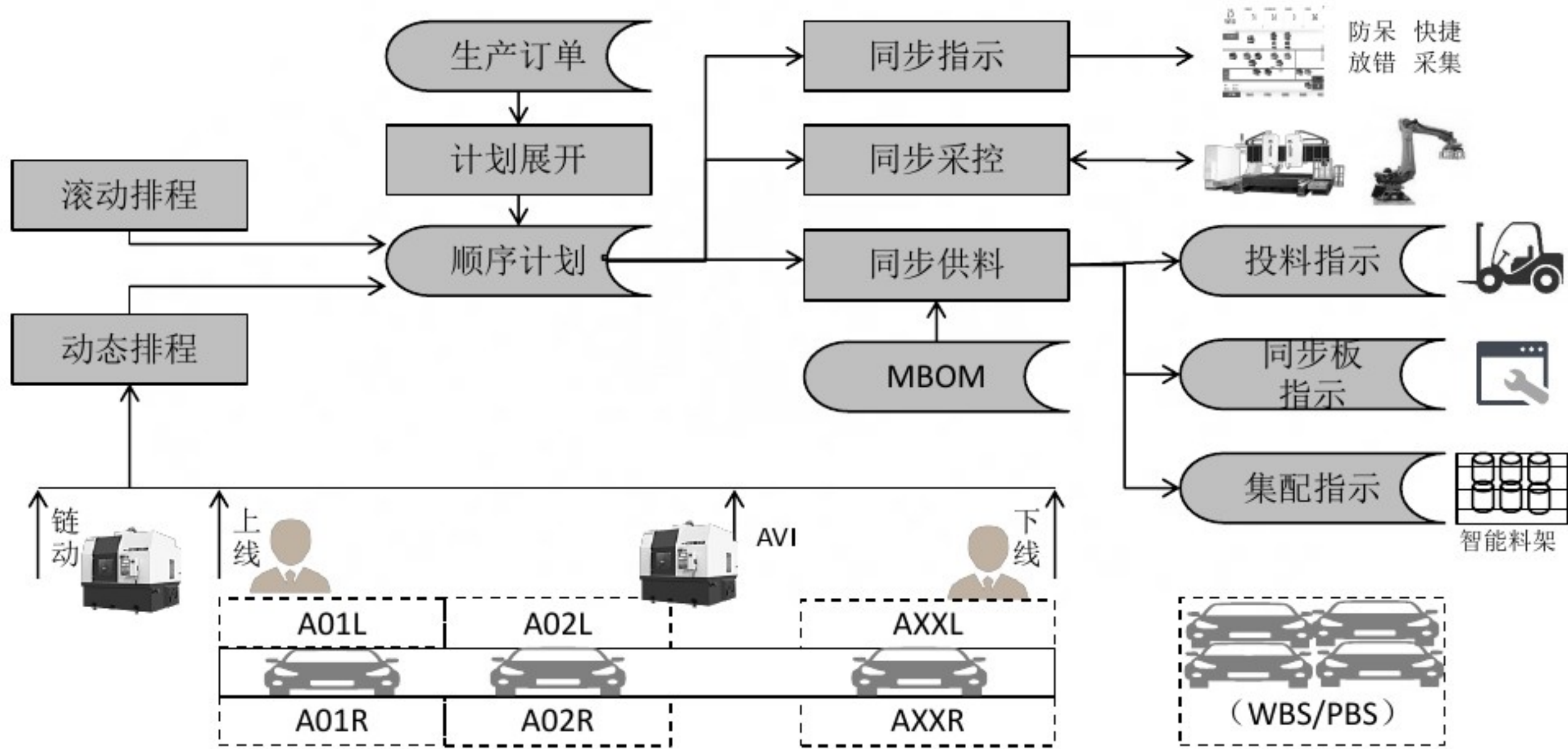
第十章 智慧工厂

纯离散制造滚动排程模型



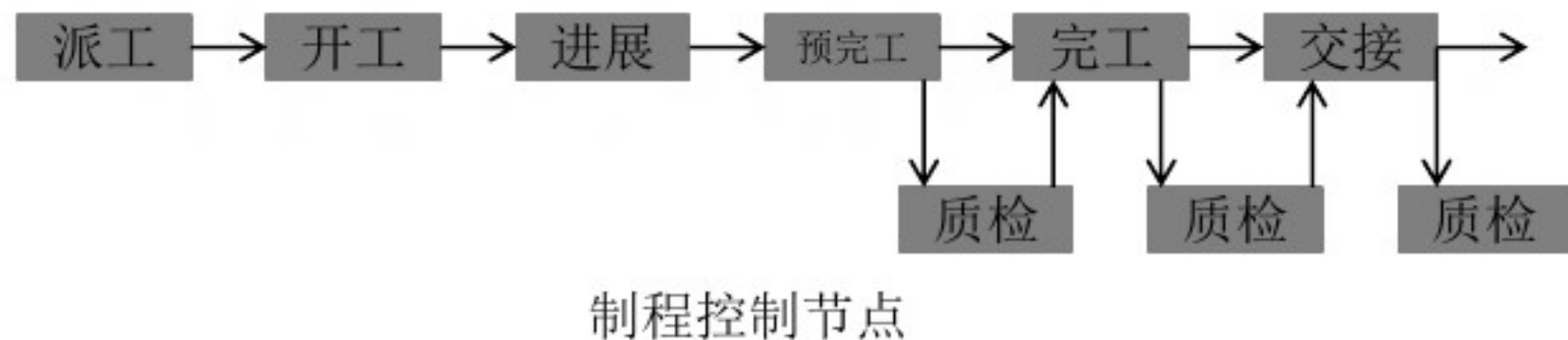
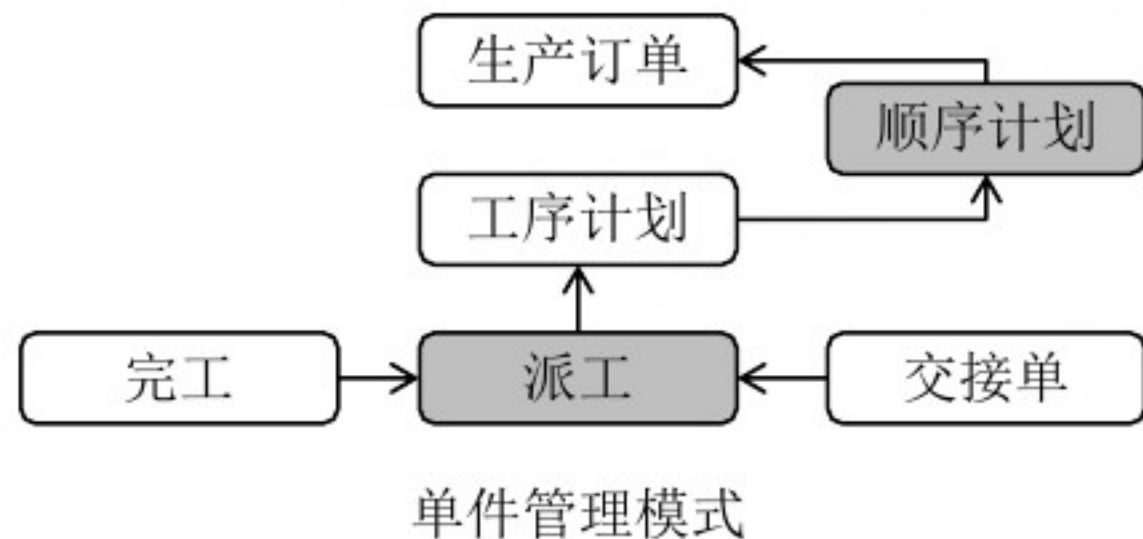
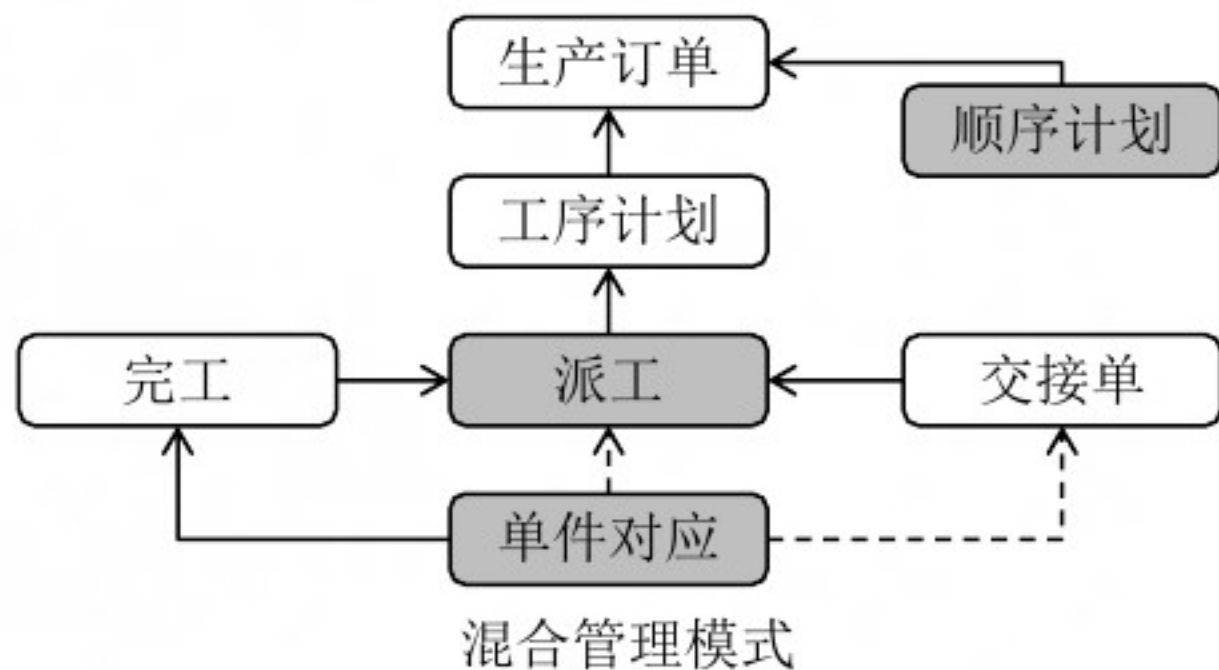
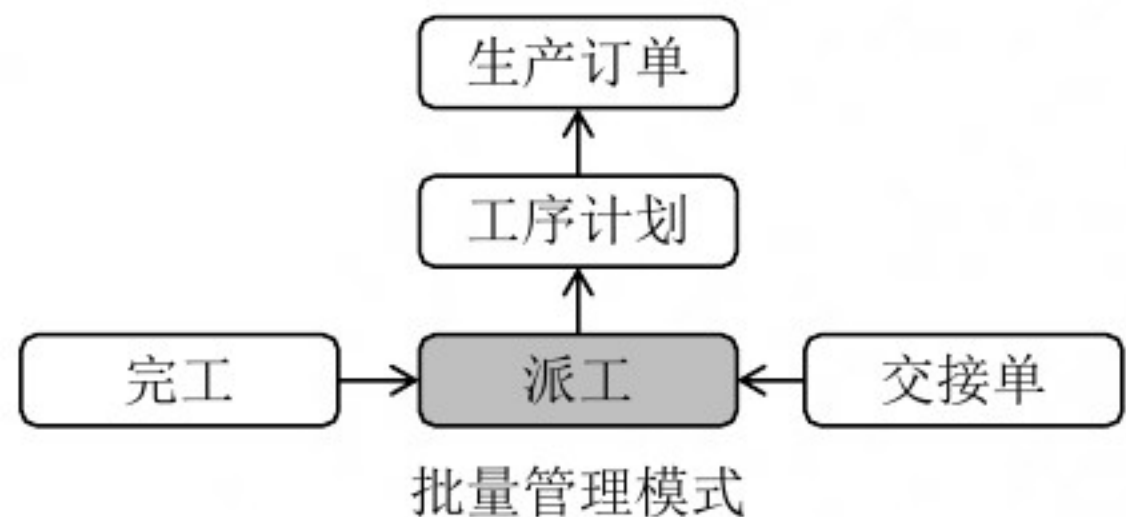
第十章 智慧工厂

流水线制造的同步模式



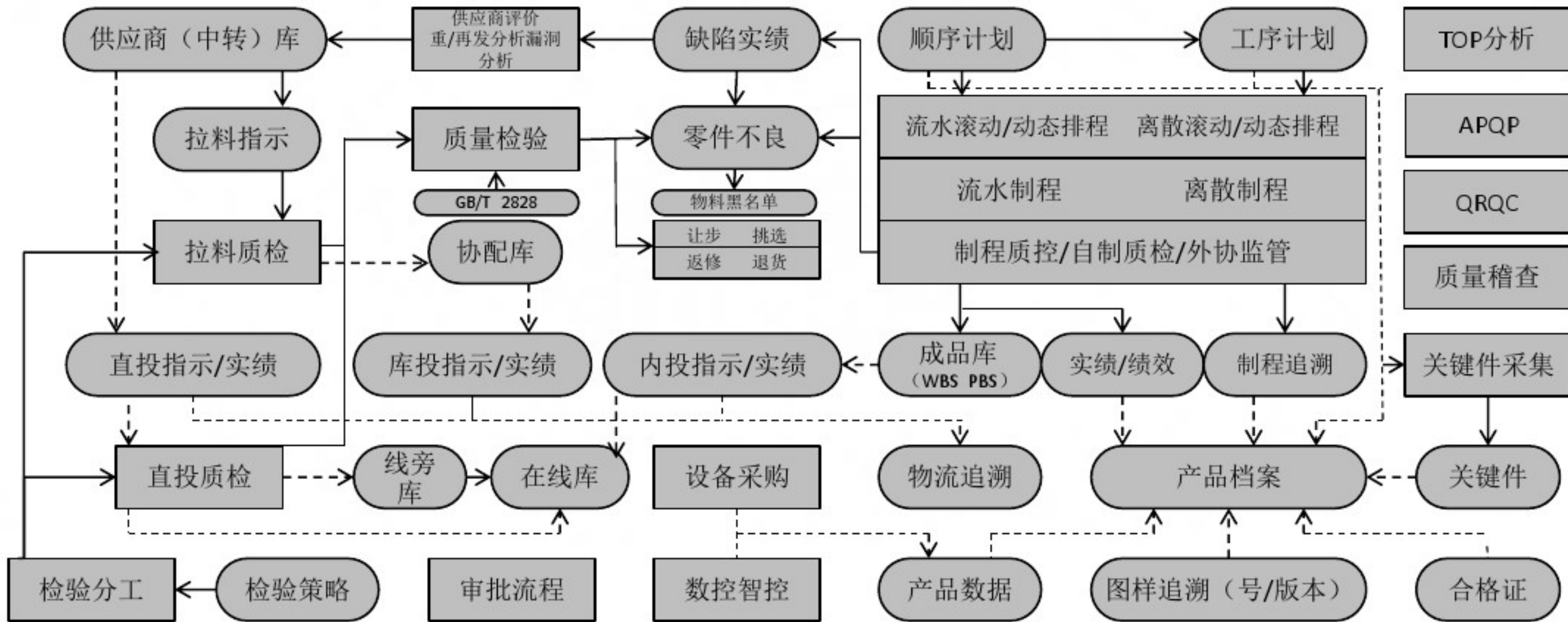
第十章 智慧工厂

纯离散制造的制程管理



第十章 智慧工厂

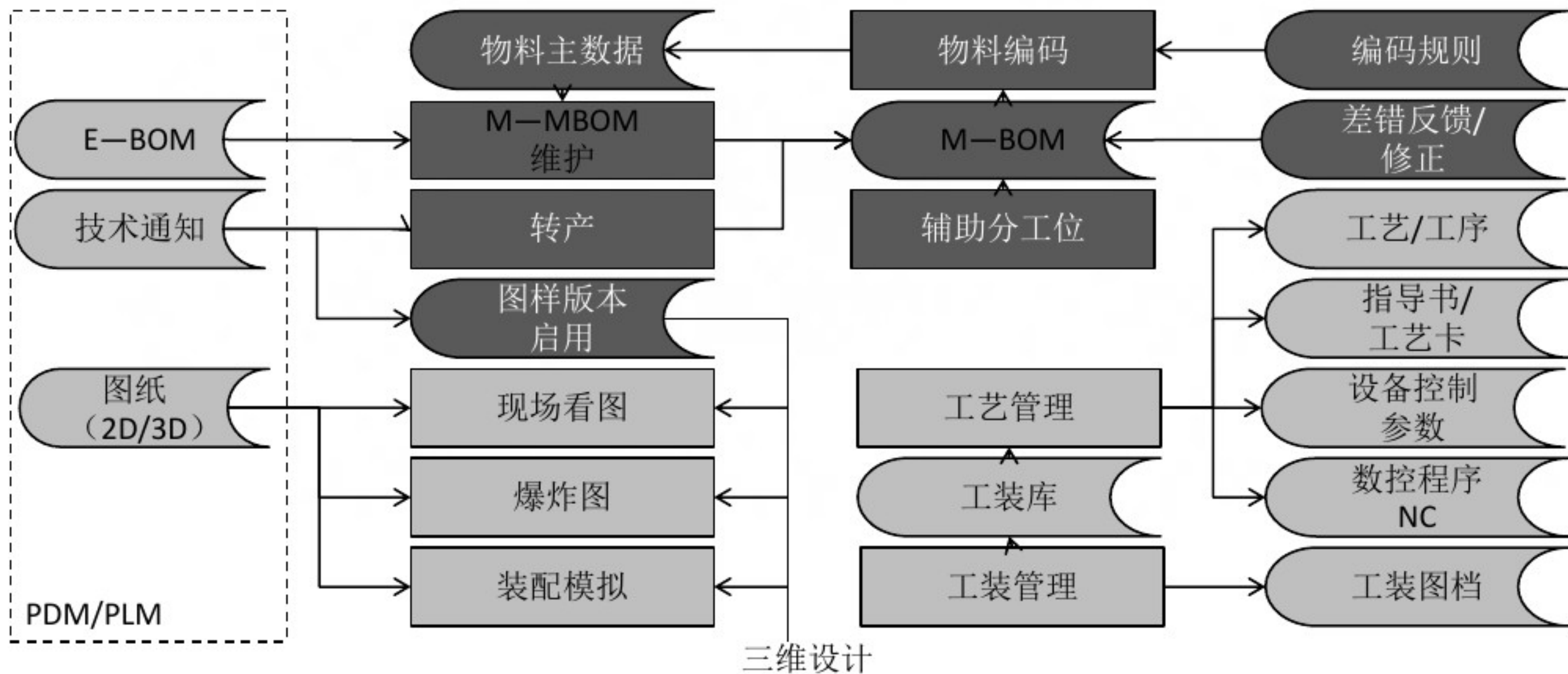
质量检验与控制流程



第十章 智慧工厂

CAX贯通

CAD、CAPP、CAE和CAM，简称Cax或4C。三维设计正向着贯通方向发展，从概念设计、产品设计、结构设计、电路设计.....一直到模具设计、数控程序设计，能够连贯顺畅的走下来，对于缩短D2M（设计到制造）周期至关重要。

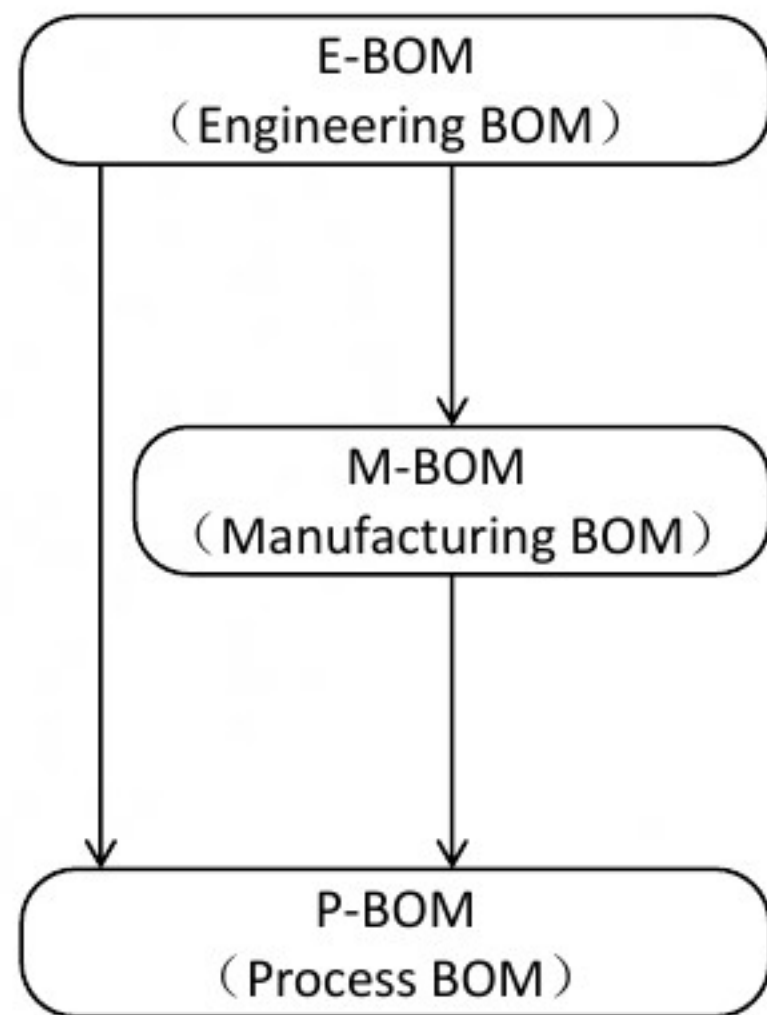
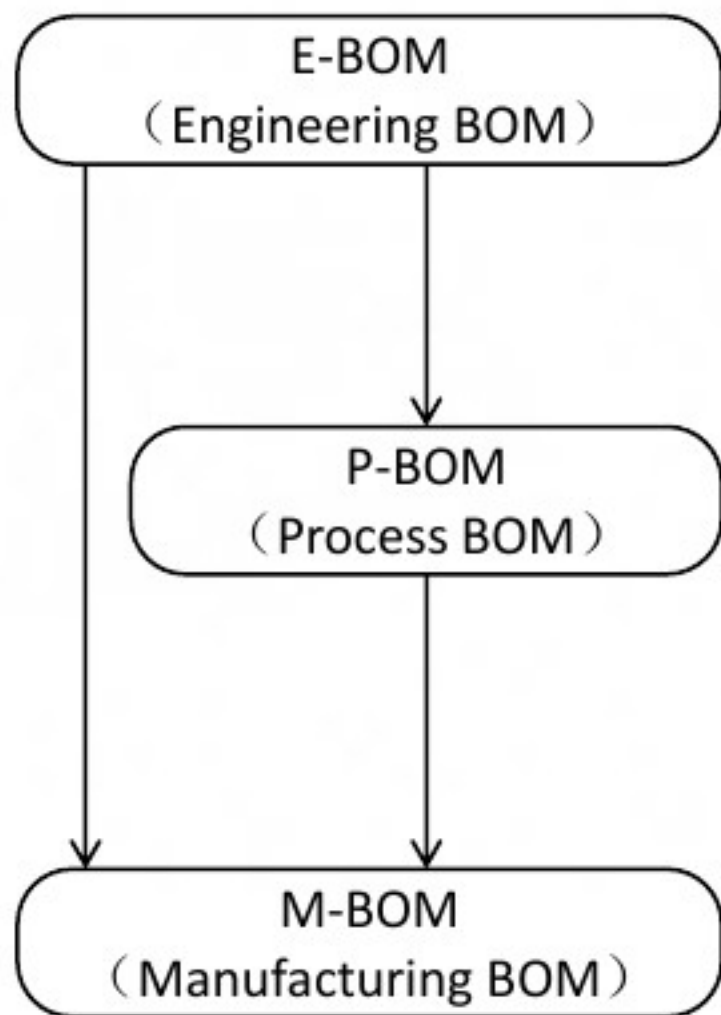


第十章 智慧工厂

BOM体系

产品要经过工程设计、工艺设计、生产制造三个阶段才能制造出来，因此就有了三种主要的BOM。

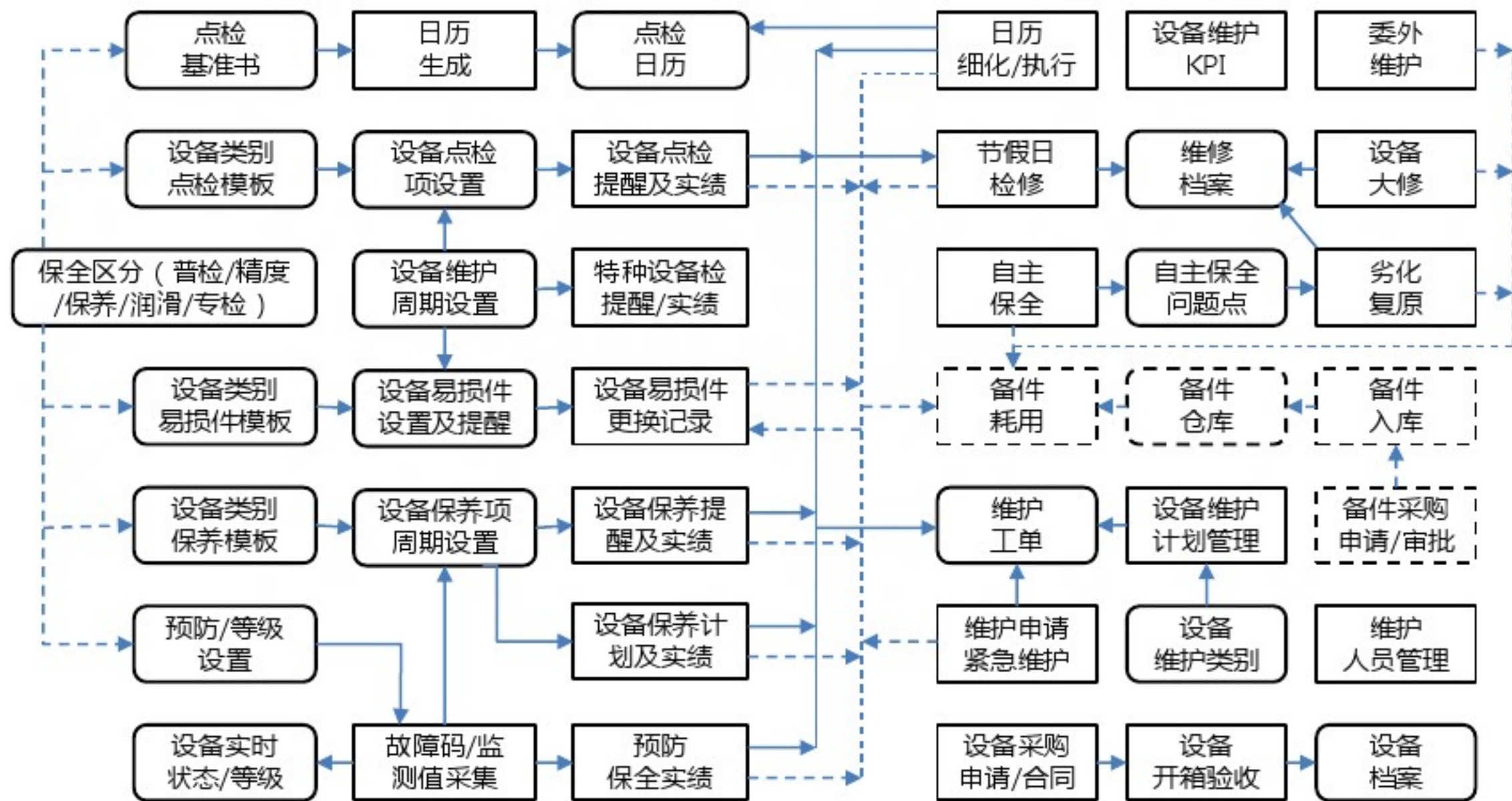
| | | |
|-----|-------|---|
| BOM | E-BOM | 产品设计管理中使用的数据结构，通常精确地描述了产品的设计指标、零件与零件间的设计关系和零件与图样的关系。 |
| | P-BOM | 在E-BOM基础上增加了制造路线，解决由谁制造的问题，主要包括：外购与自制，外购厂商，自制路线，主要工艺。 |
| | M-BOM | 在P-BOM基础上，主要负责厂内的制造工艺，包括：流水线制造分工位，离散制造分工序，配套工作等。 |



三级BOM体系

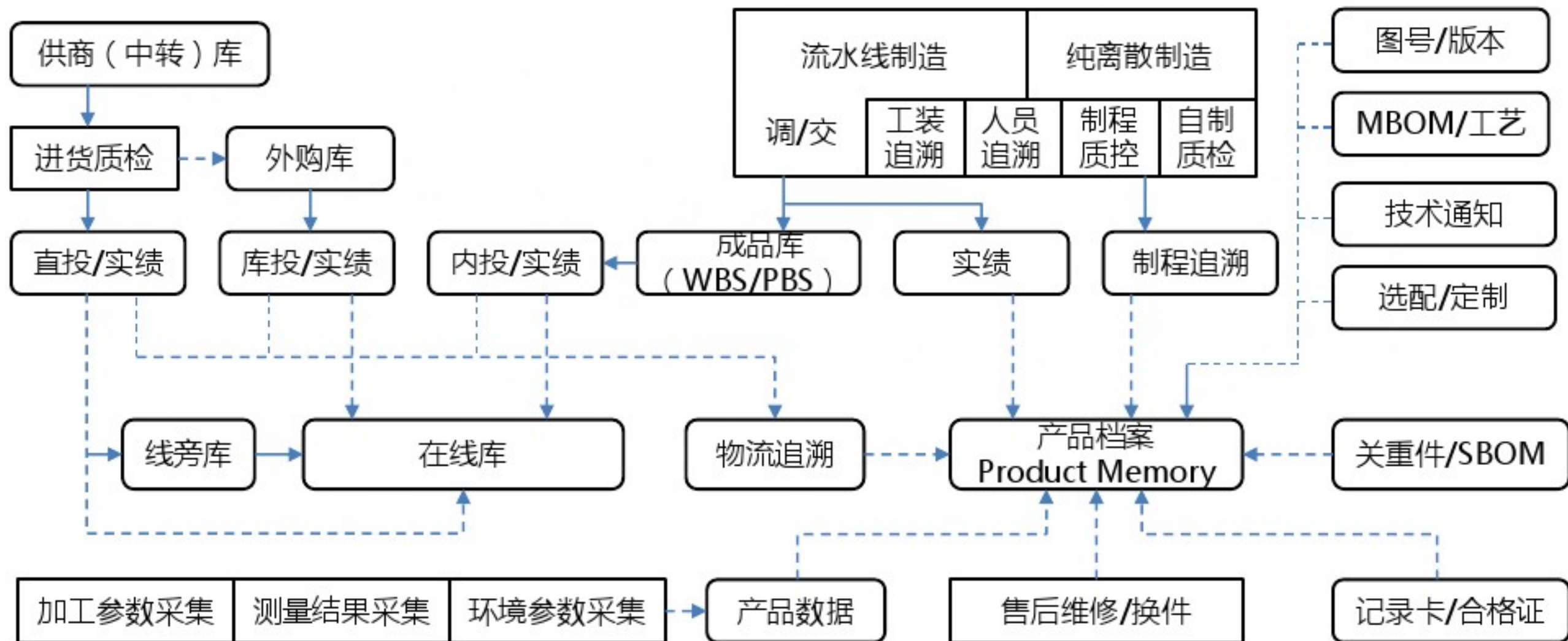
第十章 智慧工厂

双创模式—设备运维



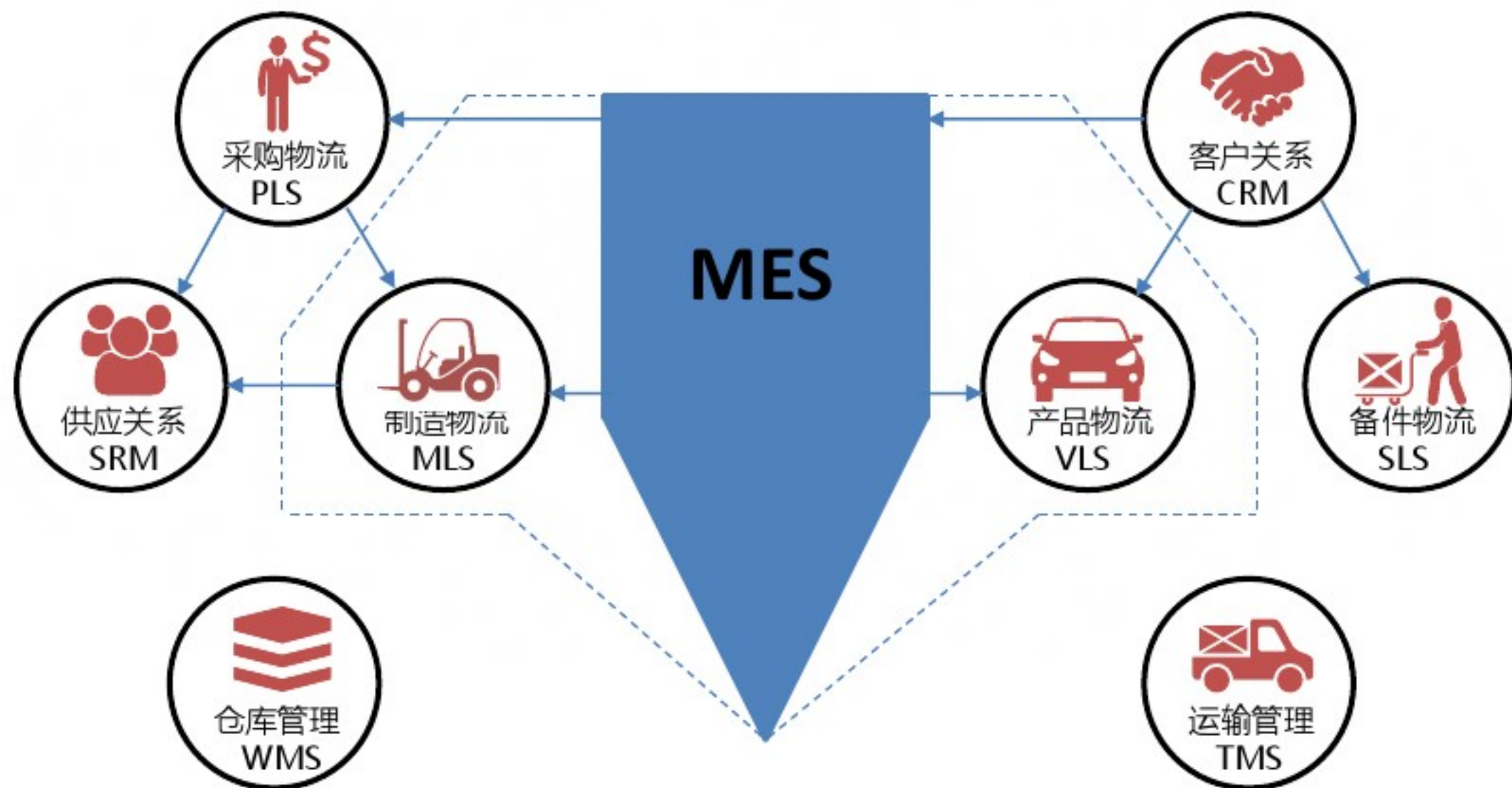
第十章 智慧工厂

双创模式—产品档案



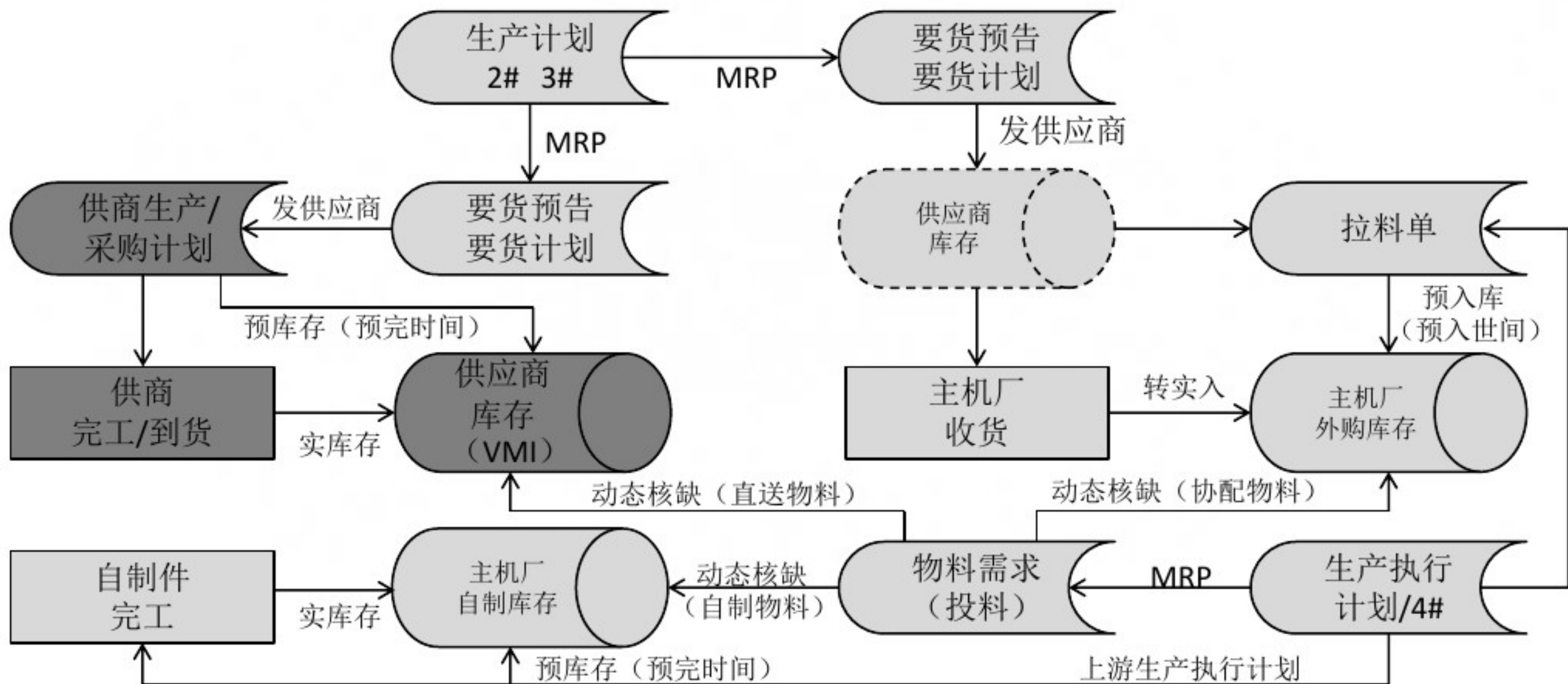
第十章 智慧工厂

双创模式—供应链构成



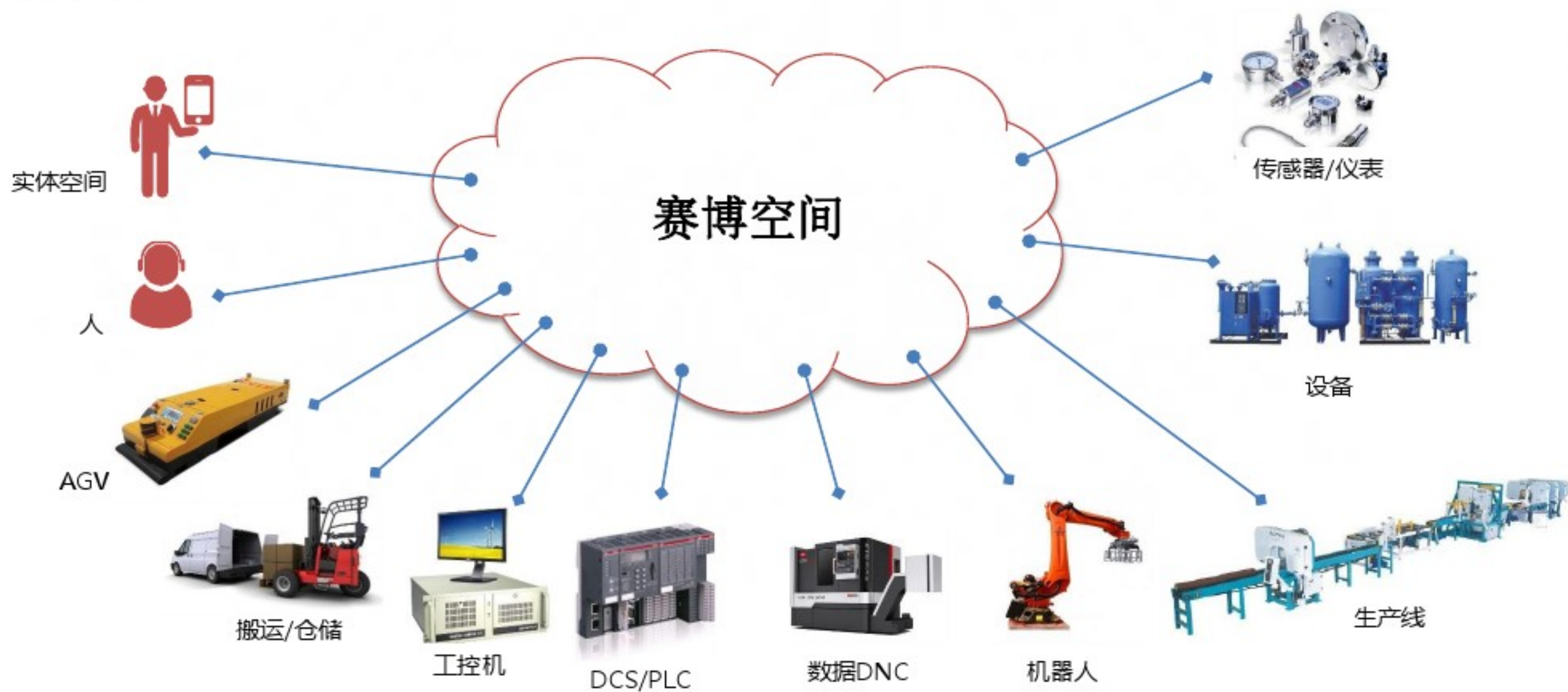
第十章 智慧工厂

供应链协同



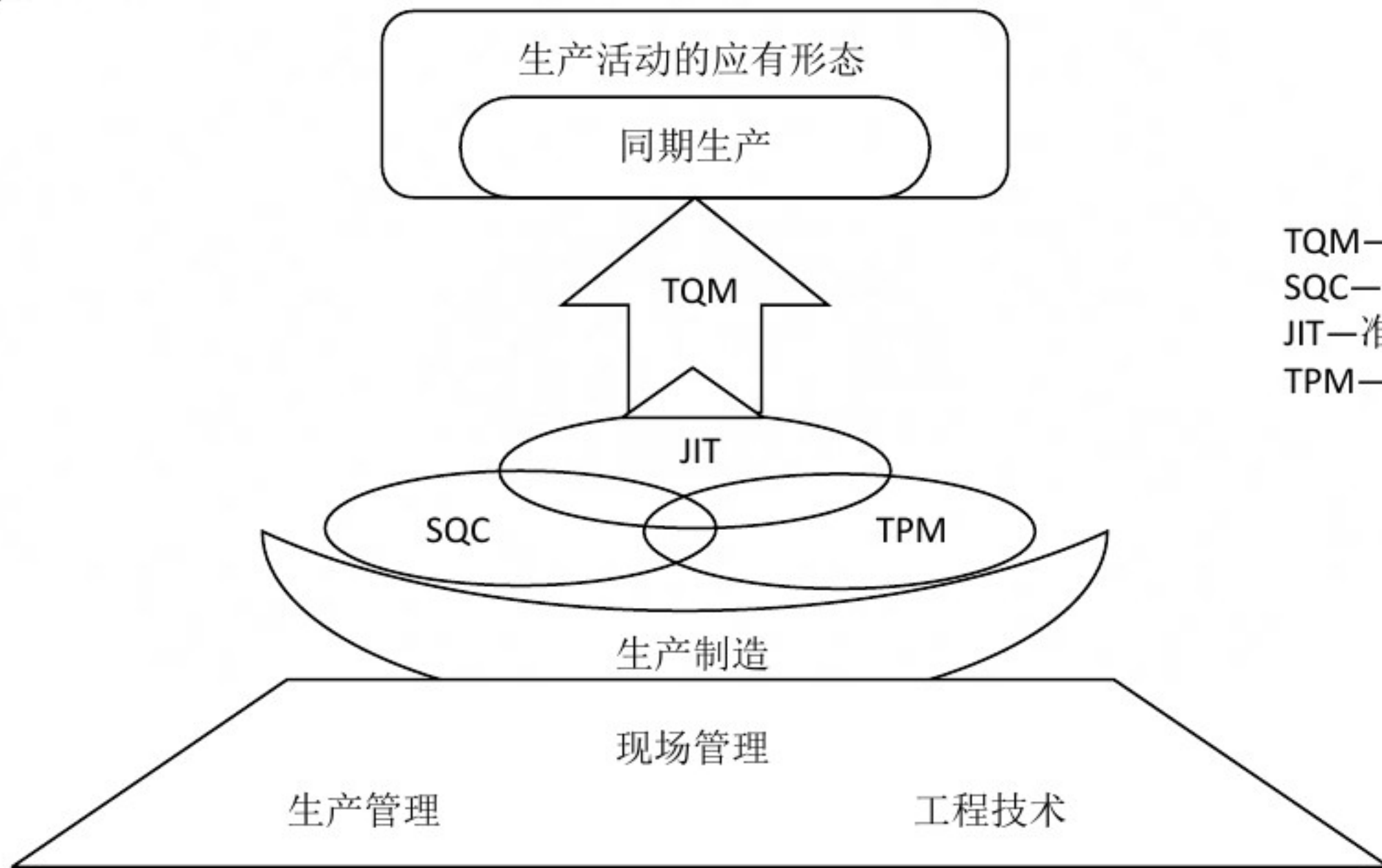
第十章 智慧工厂

双创模式—赛博空间



第十一章 先进生产方式——以同期生产为例

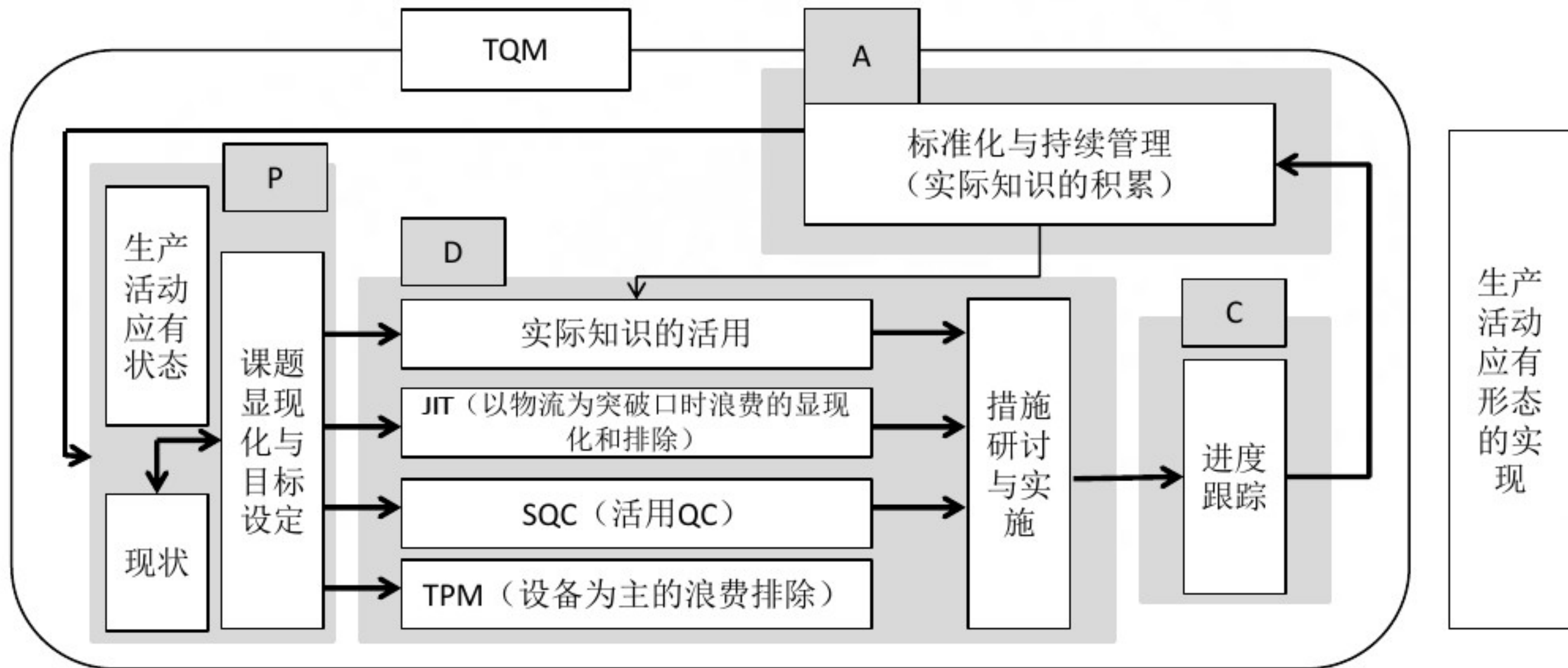
先进生产方式的活动体系



TQM—全面质量管理
SQC—统计质量管理
JIT—准时制生产
TPM—全员设备管理

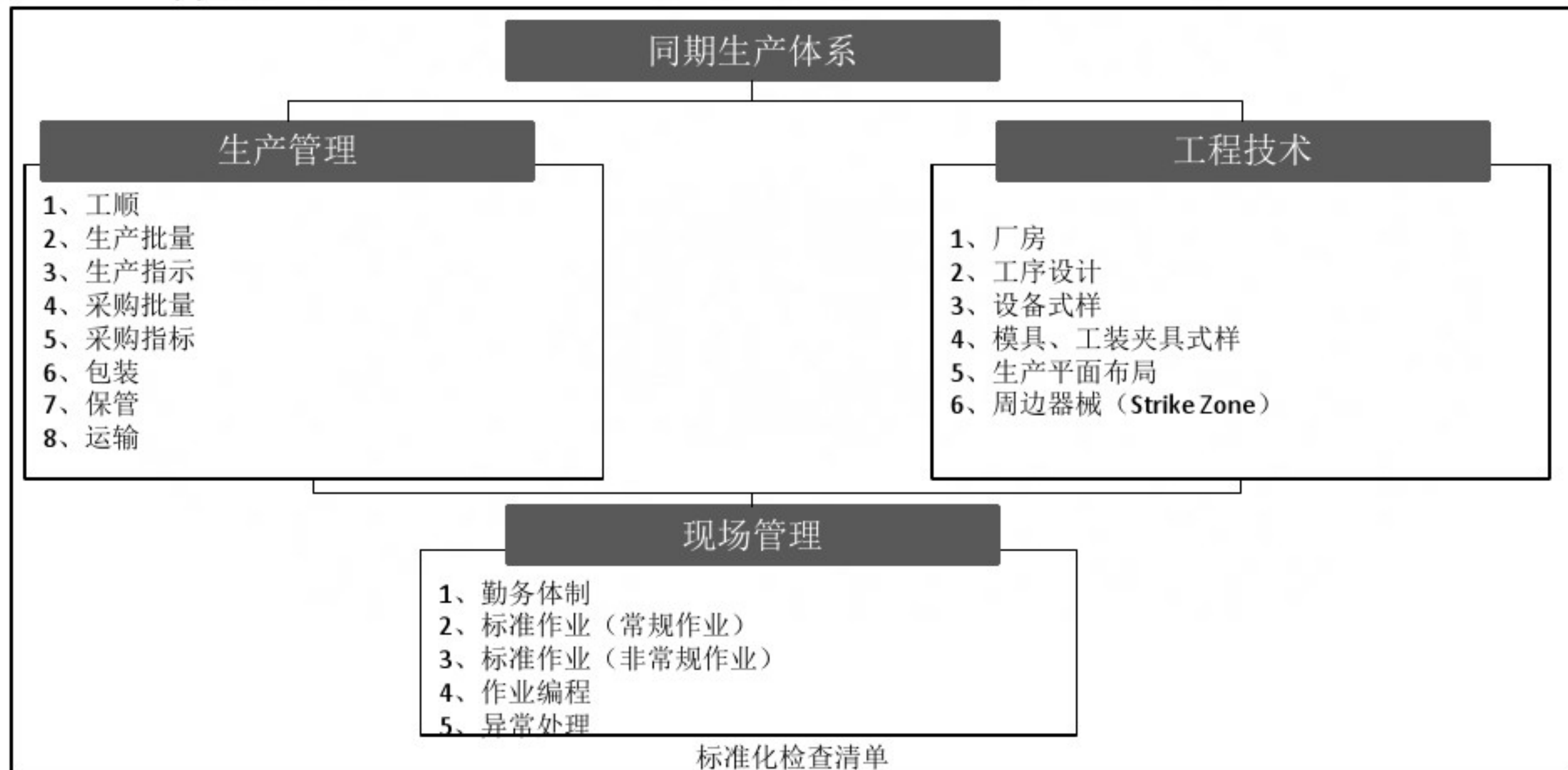
第十一章 先进生产方式——以同期生产为例

先进生产方式的PDCA循环



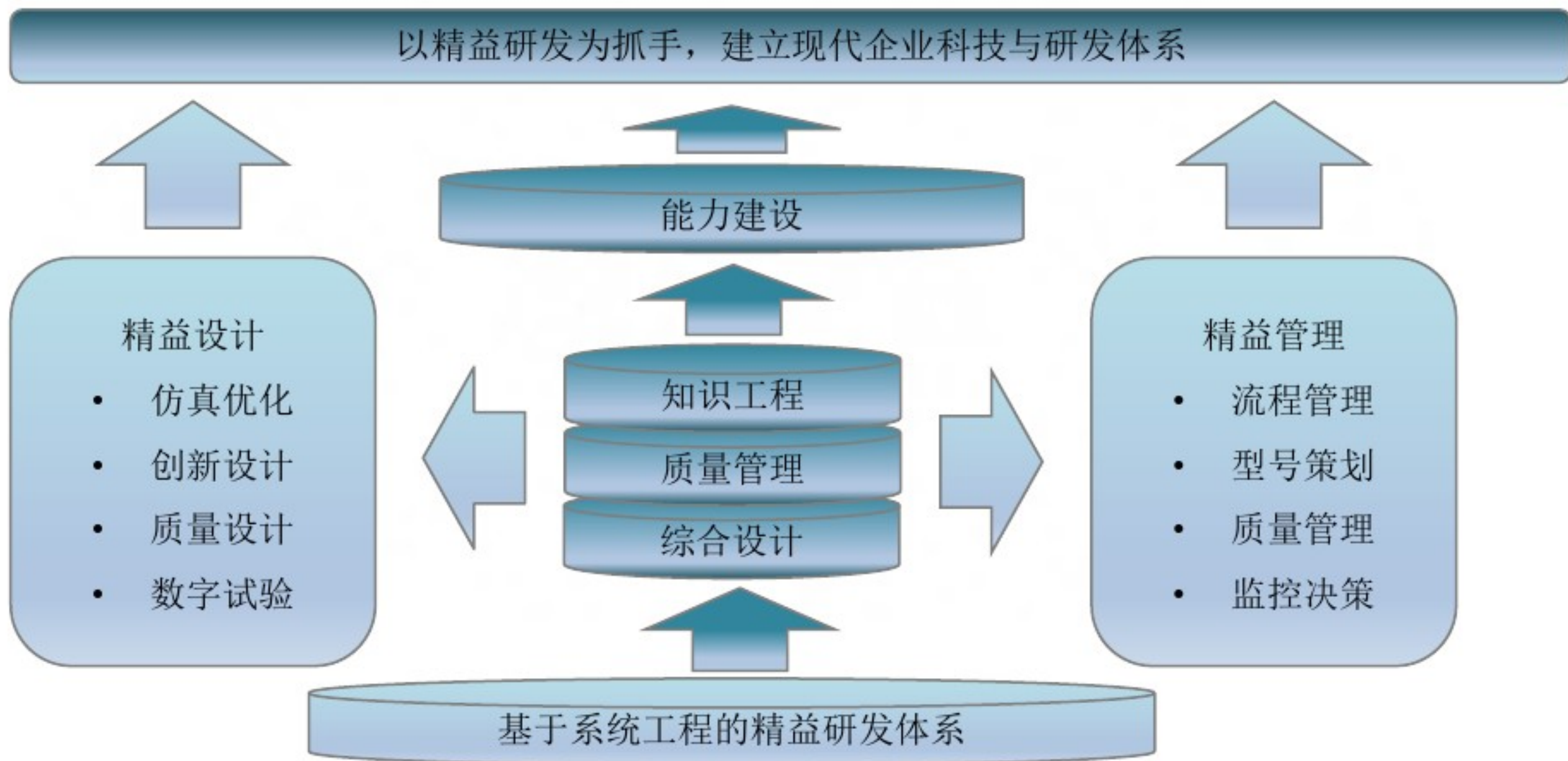
第十一章 先进生产方式——以同期生产为例

以同期生产为目标的改善



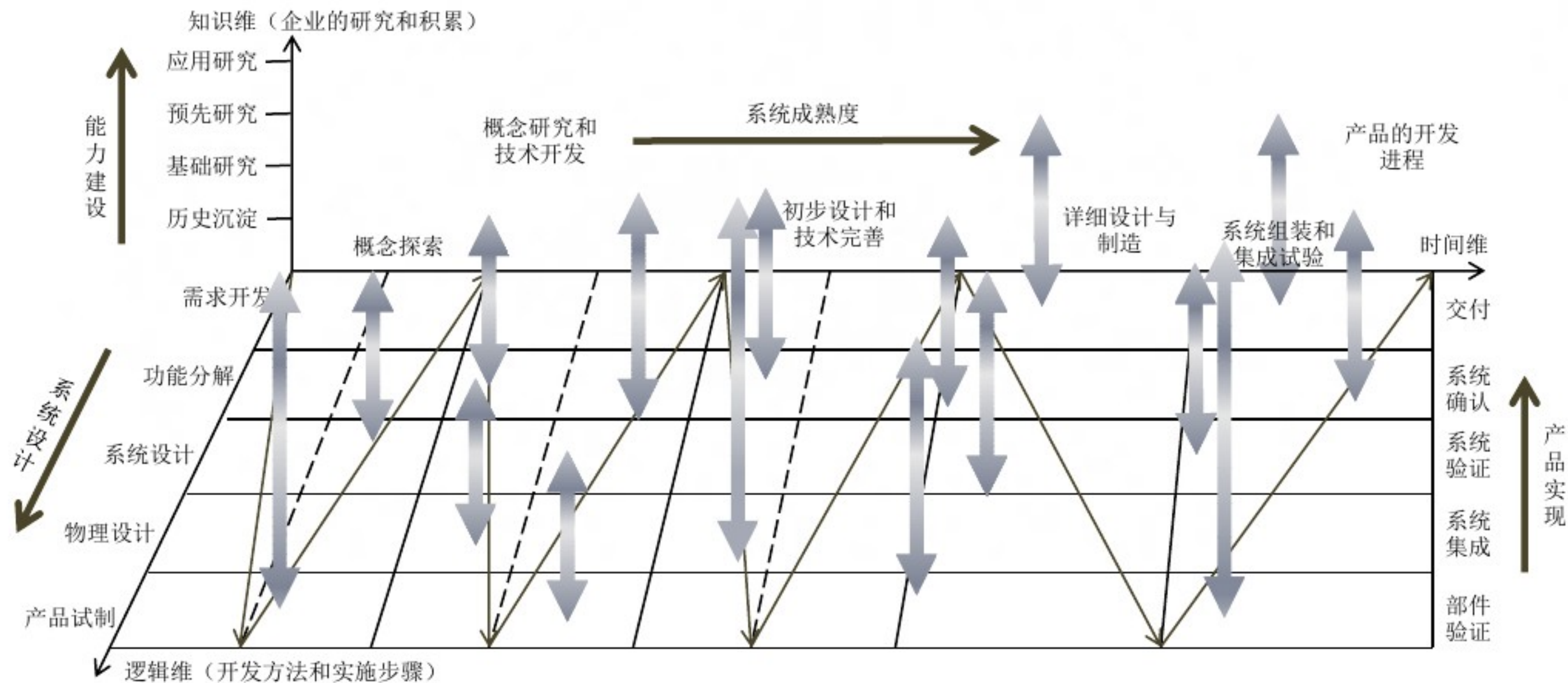
第十二章 精益研发

精益研发体系



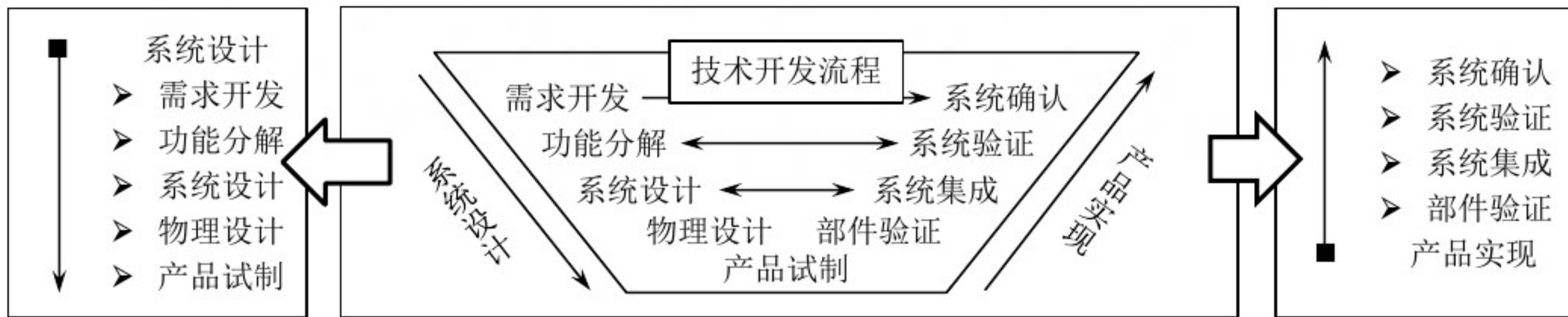
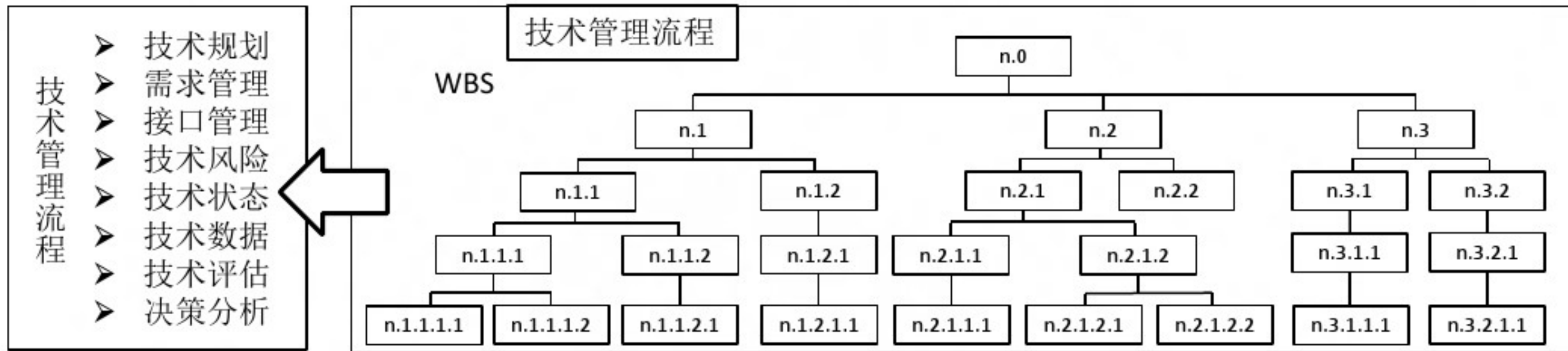
第十二章 精益研发

精益研发三维框架



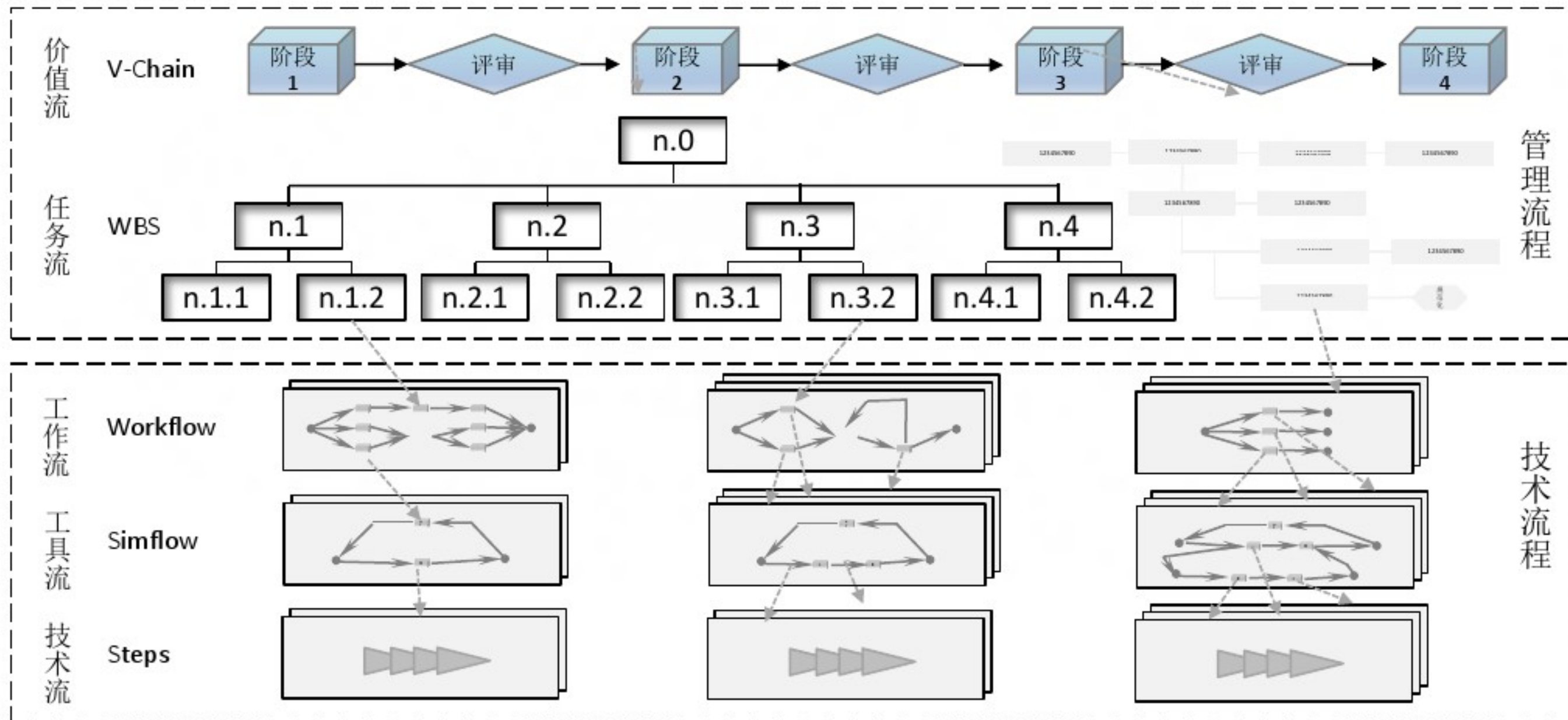
第十二章 精益研发

精益研发的流程管理



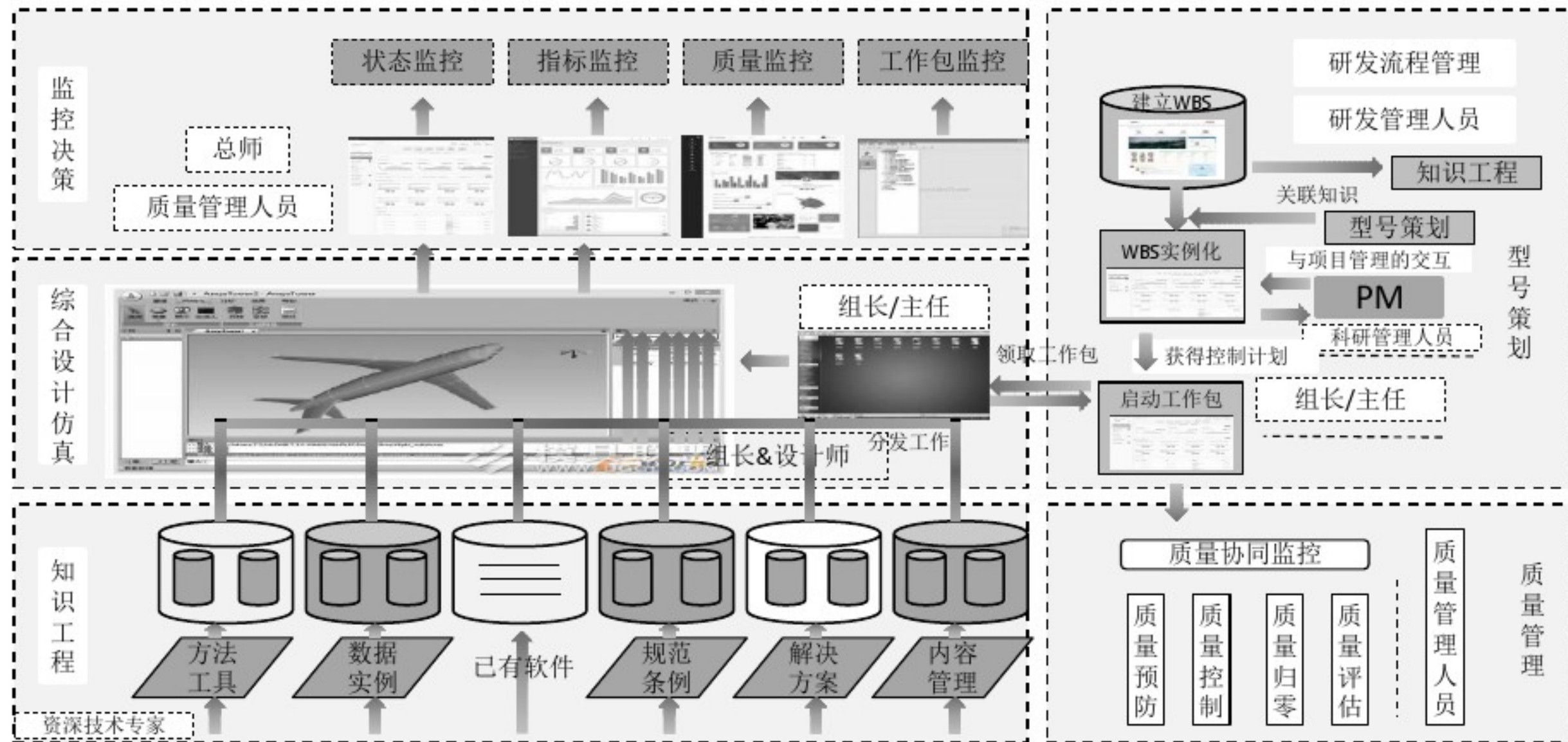
第十二章 精益研发

五层精益流程模型



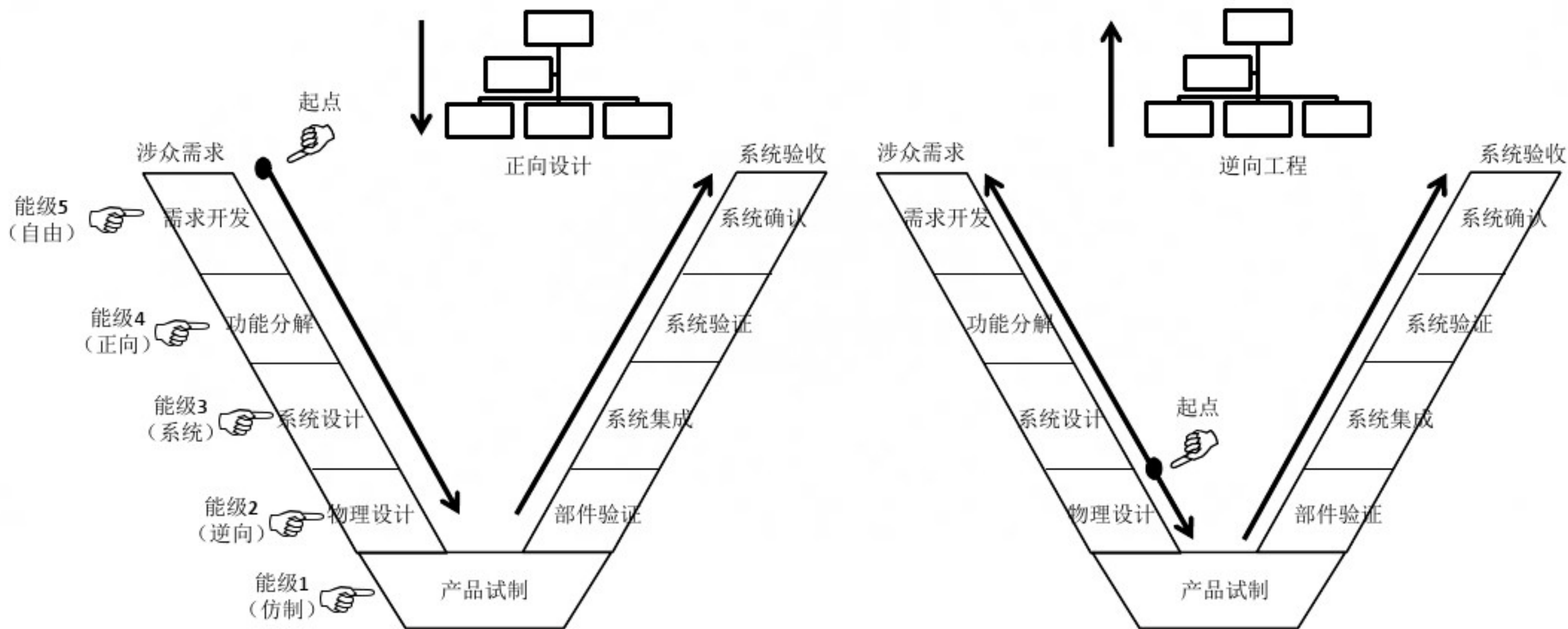
第十二章 精益研发

精益研发体系工作逻辑



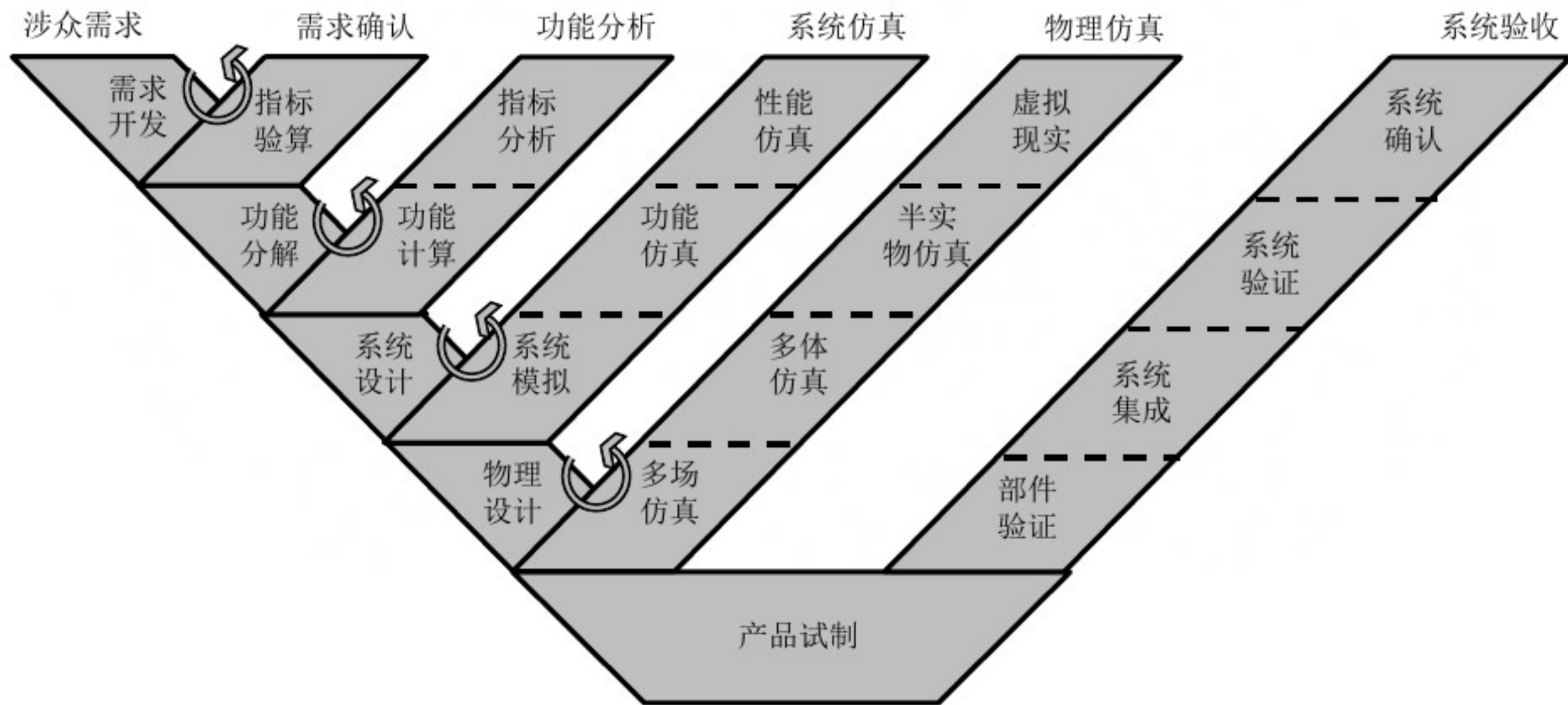
第十二章 精益研发

基于V模型的设计过程流程（正向设计和逆向工程）



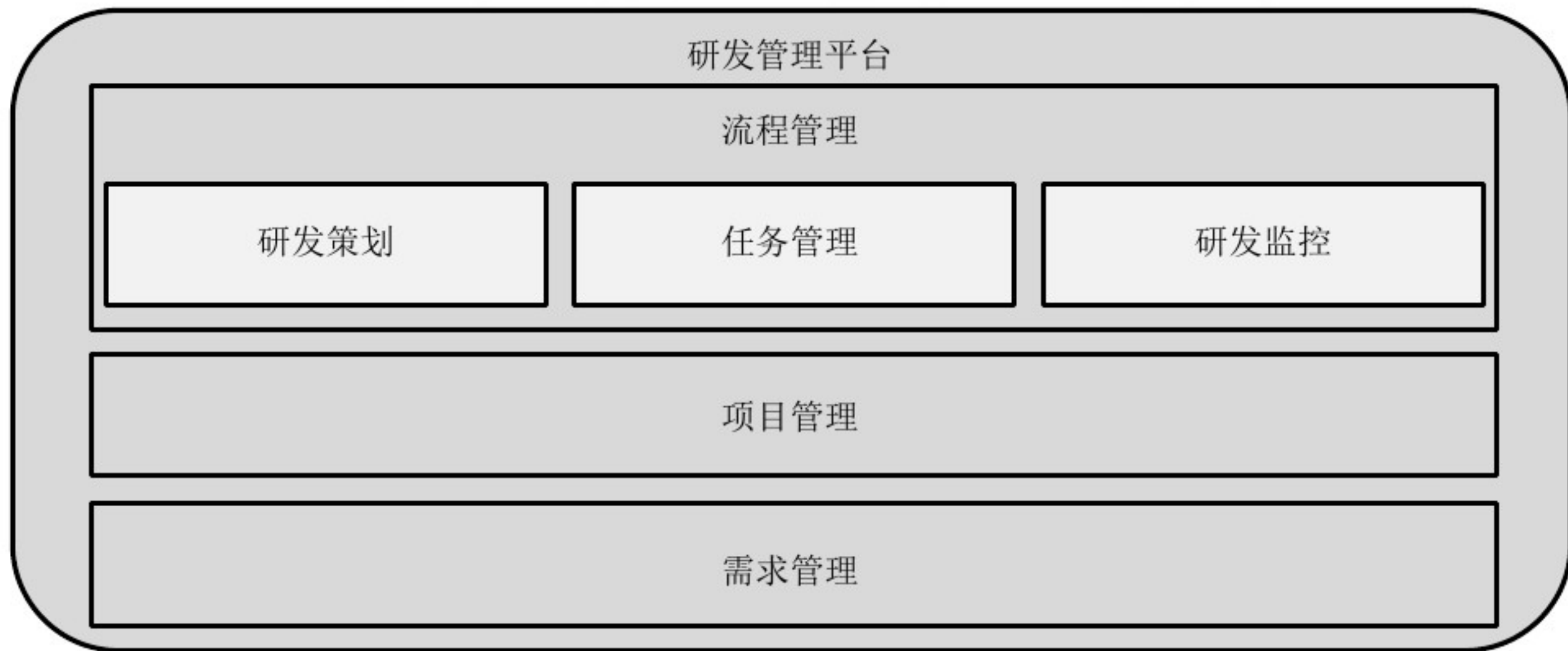
第十二章 精益研发

产品研发的完整过程



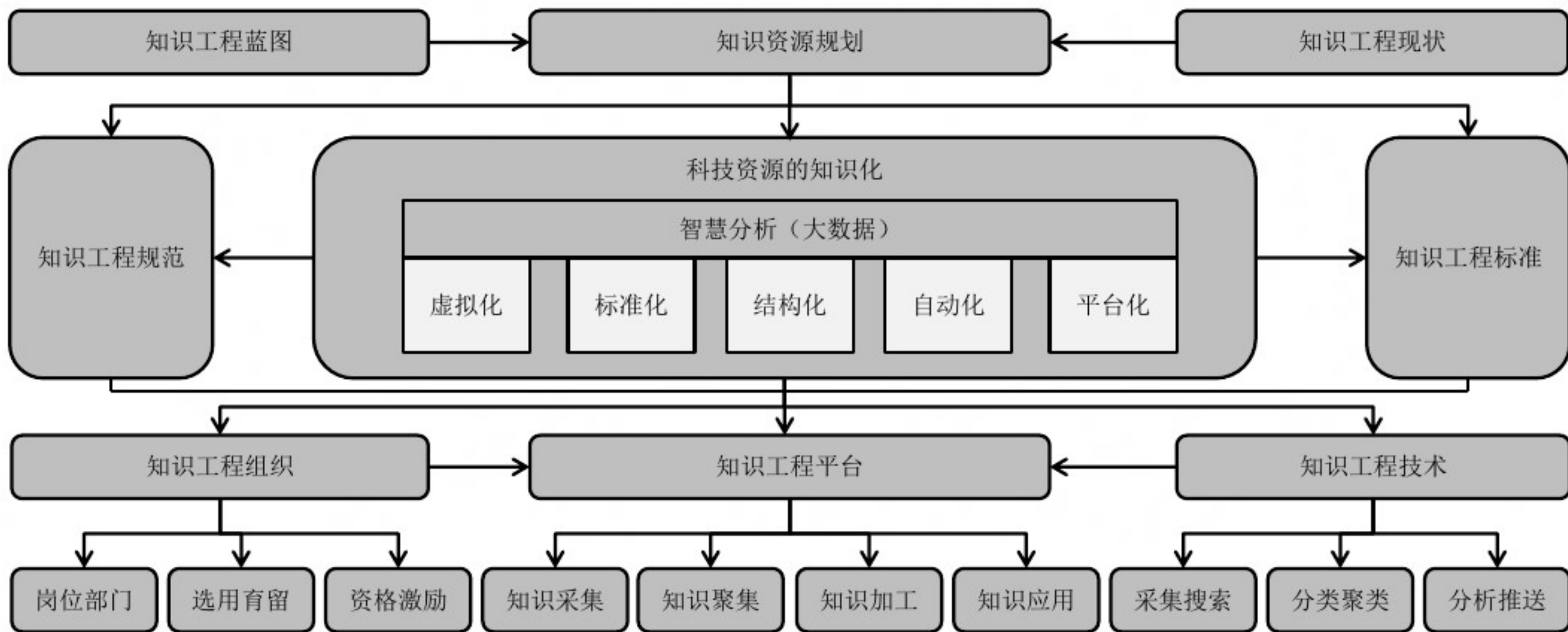
第十二章 精益研发

研发管理系统架构



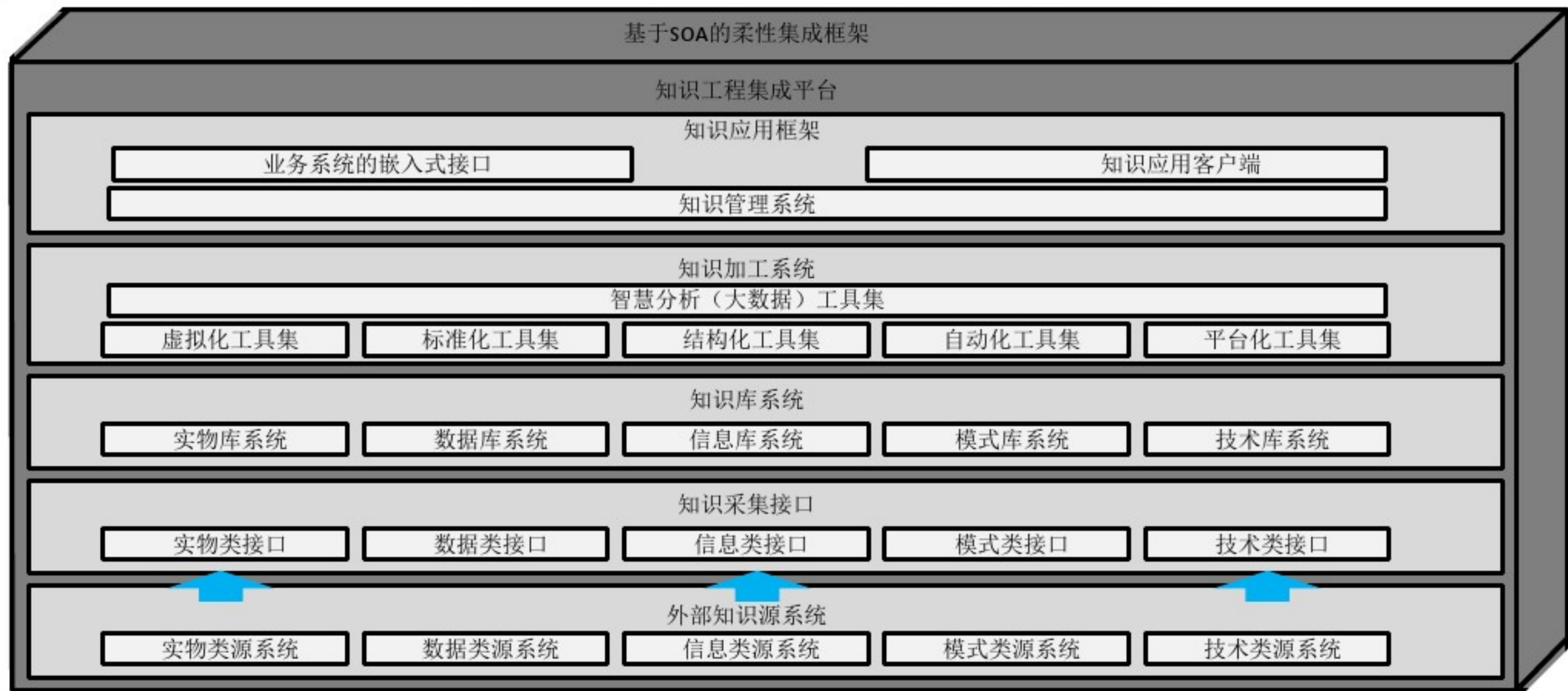
第十二章 精益研发

知识工程体系框架



第十二章 精益研发

知识工程体系框架



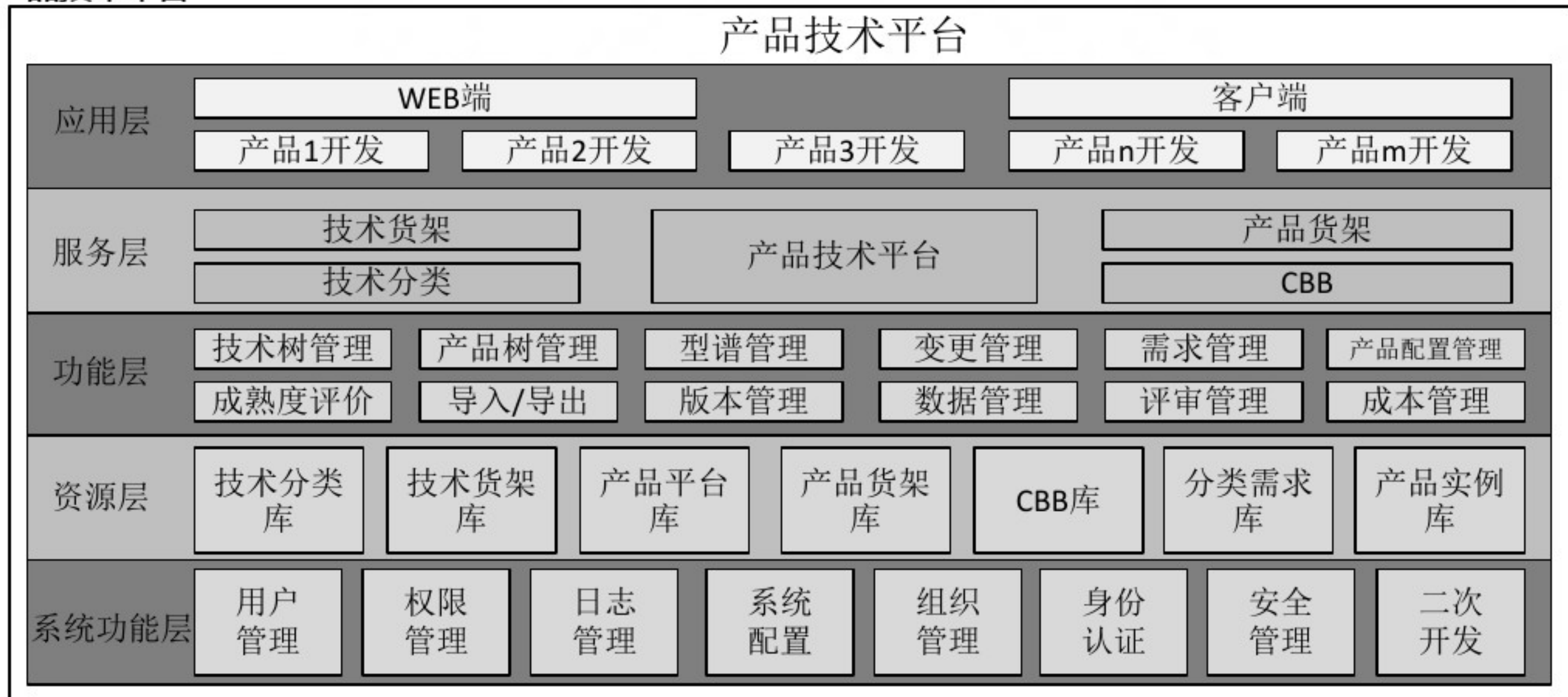
第十二章 精益研发

研发过程质量平台



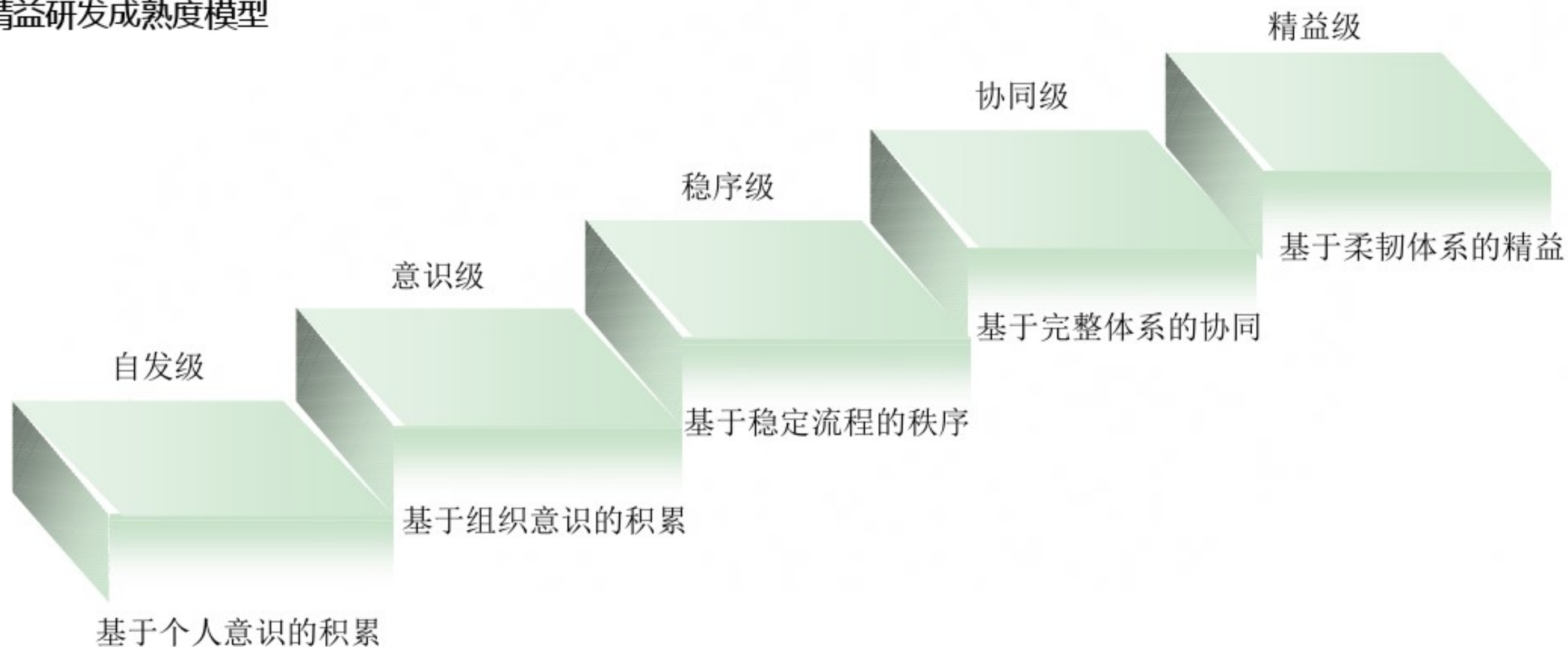
第十二章 精益研发

产品技术平台



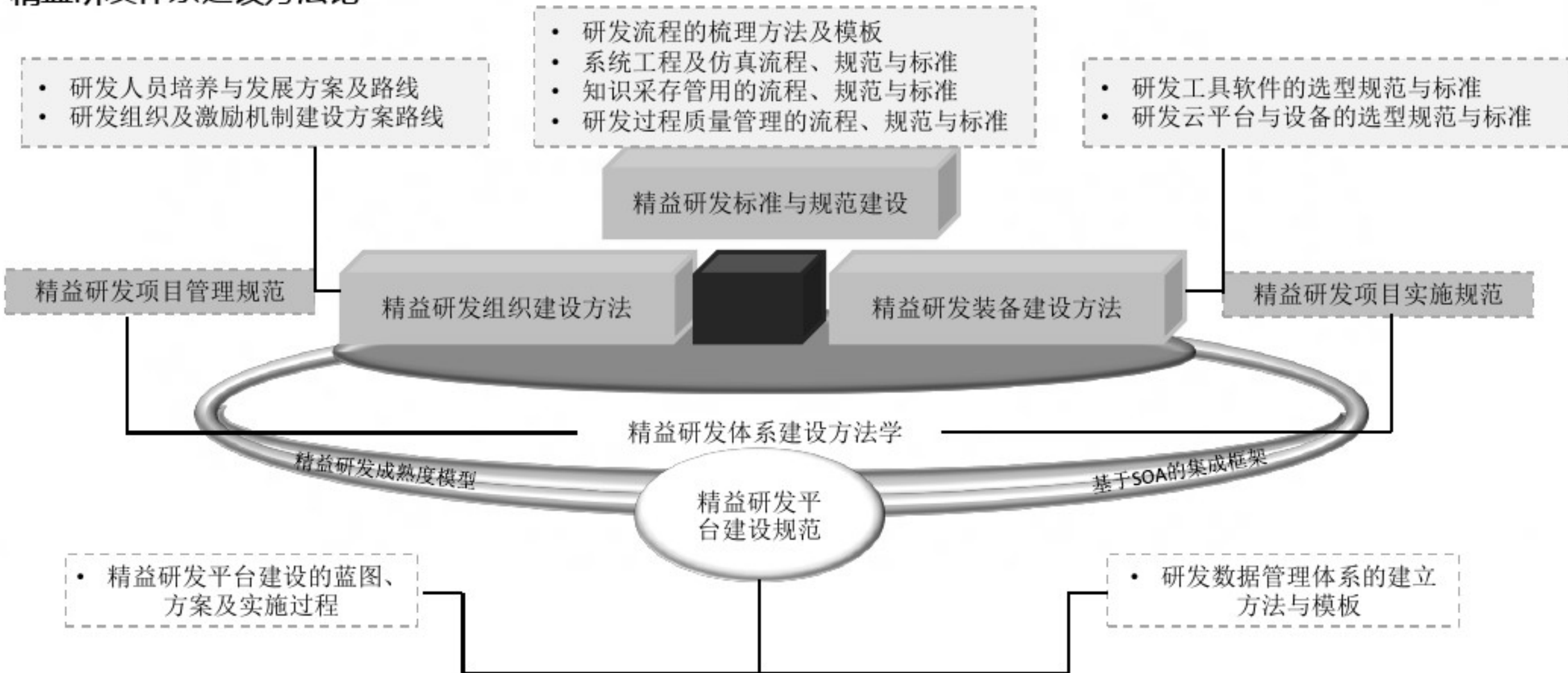
第十二章 精益研发

精益研发成熟度模型



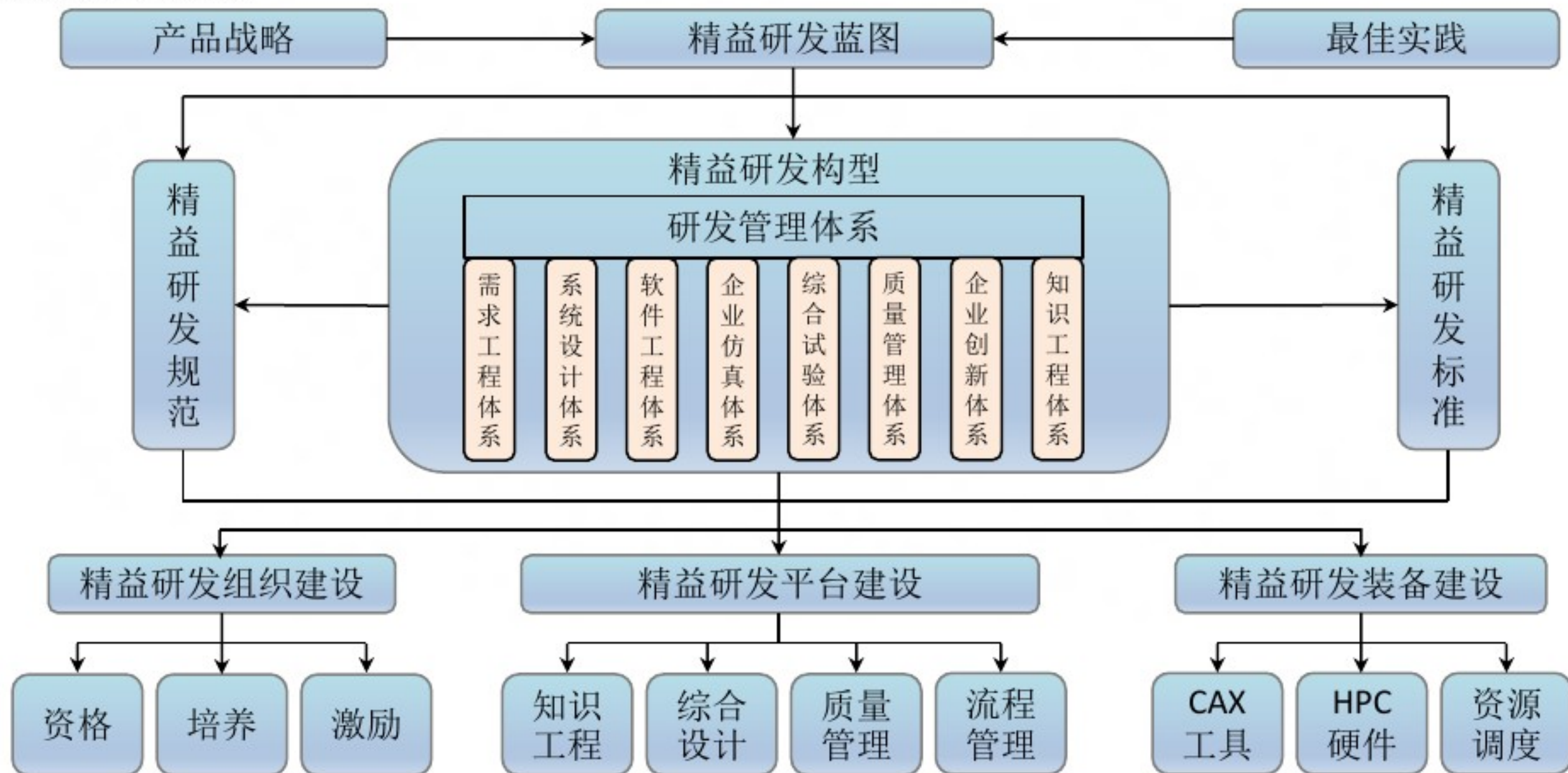
第十二章 精益研发

精益研发体系建设方法论



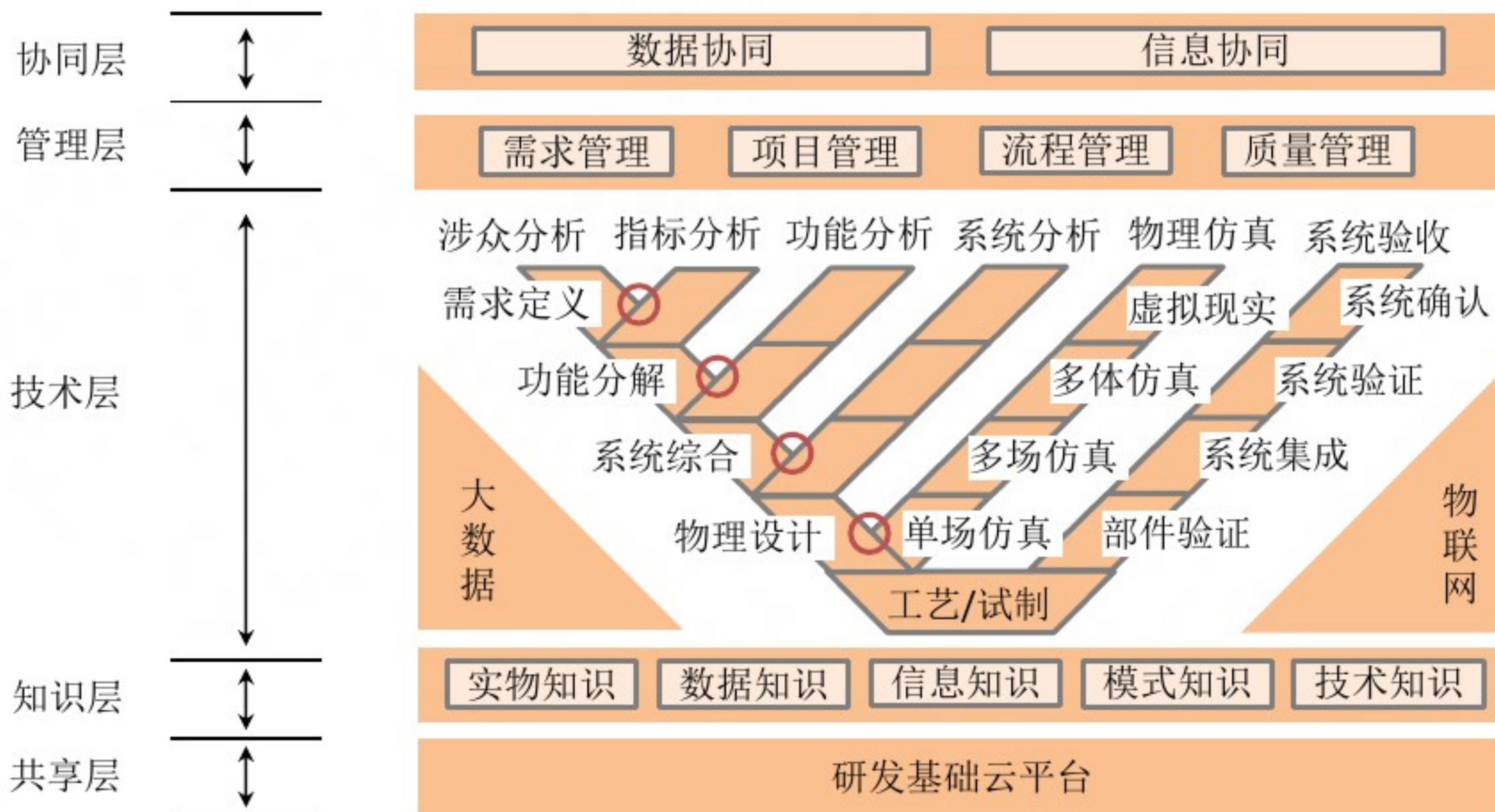
第十二章 精益研发

精益研发体系建设路线



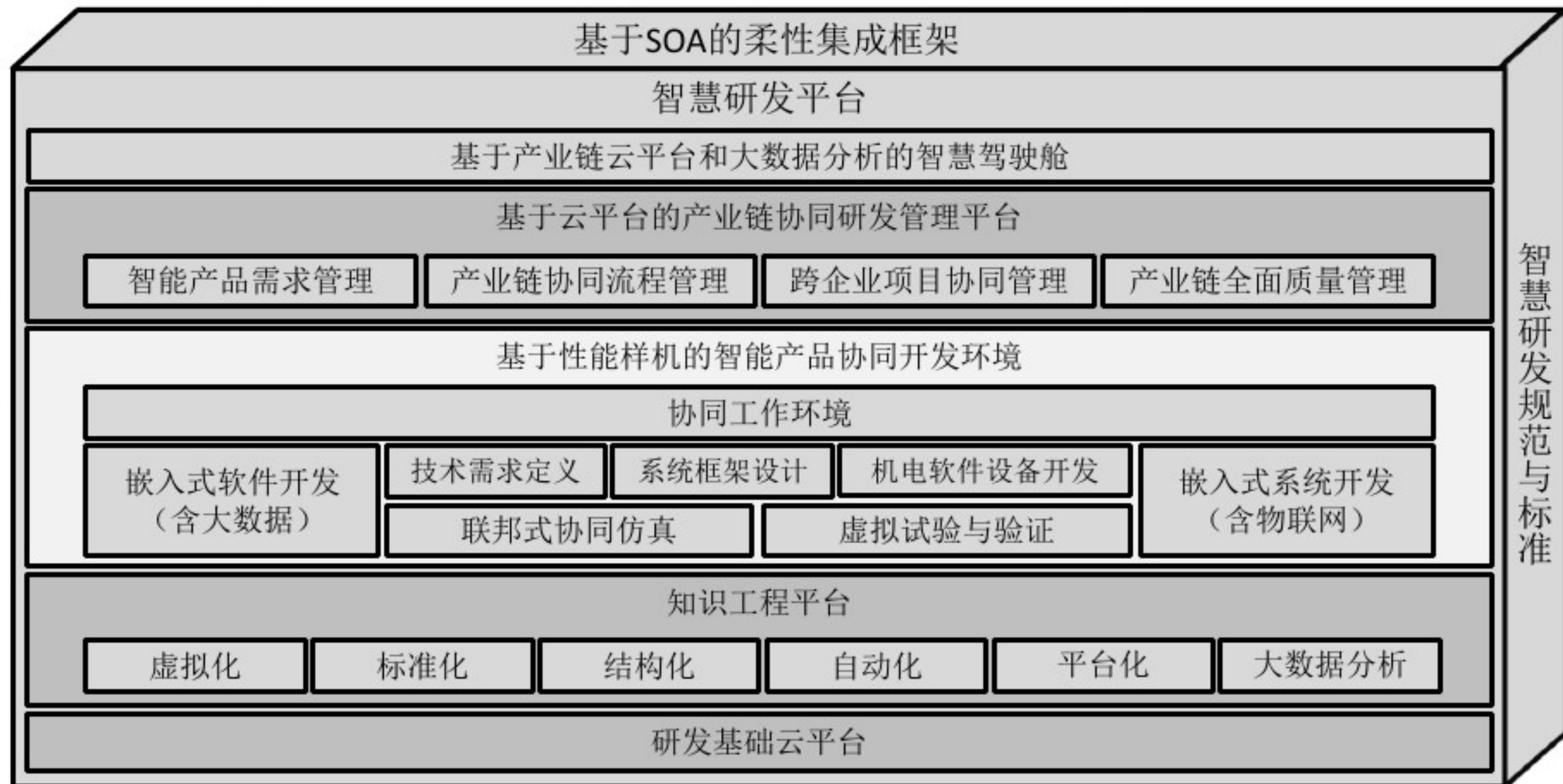
第十二章 精益研发

智慧研发模型



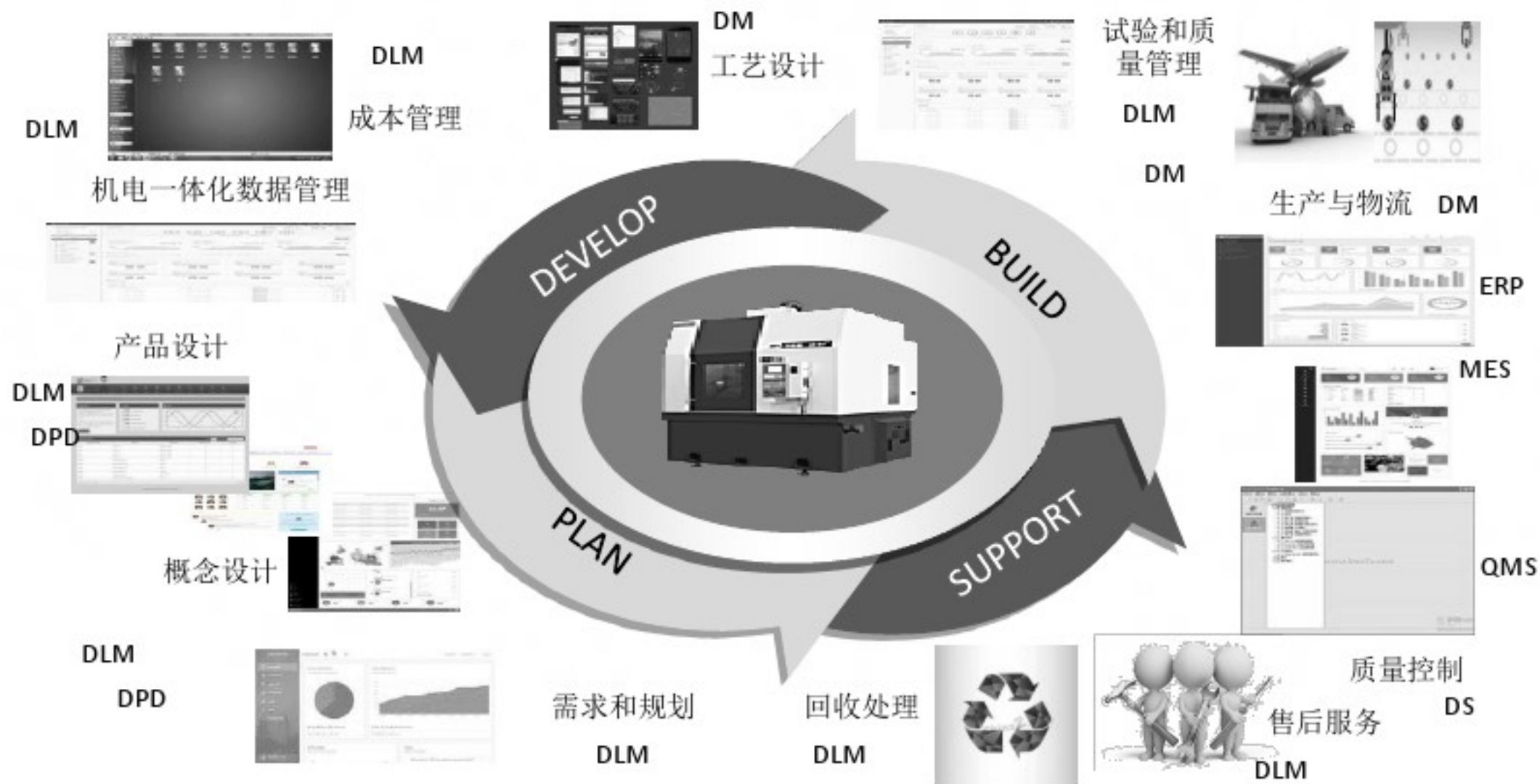
第十二章 精益研发

智慧研发体系框架



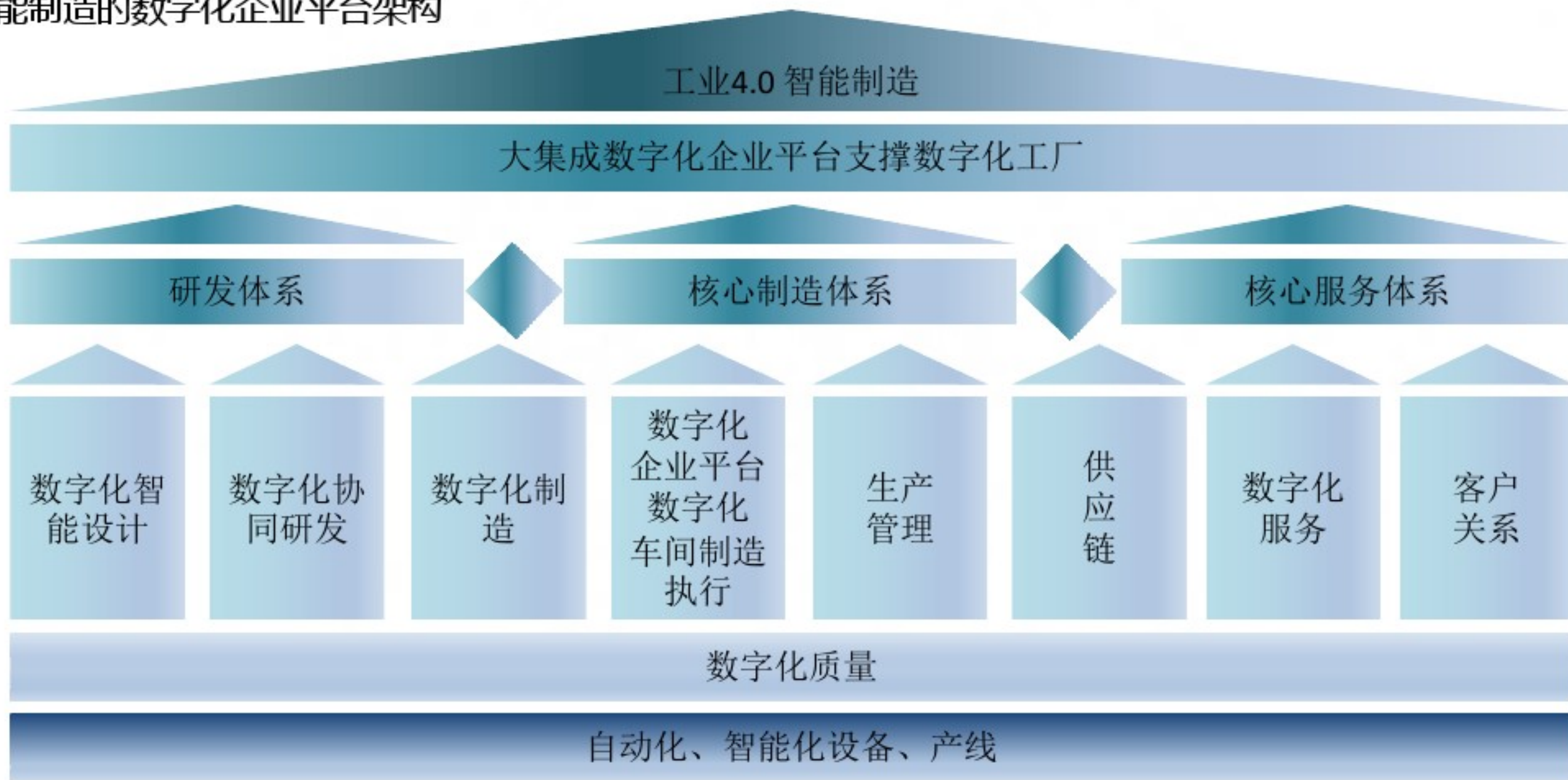
第十三章 数字化实现

贯穿全业务链的数字化全生命周期管理



第十三章 数字化实现

智能制造的数字化企业平台架构

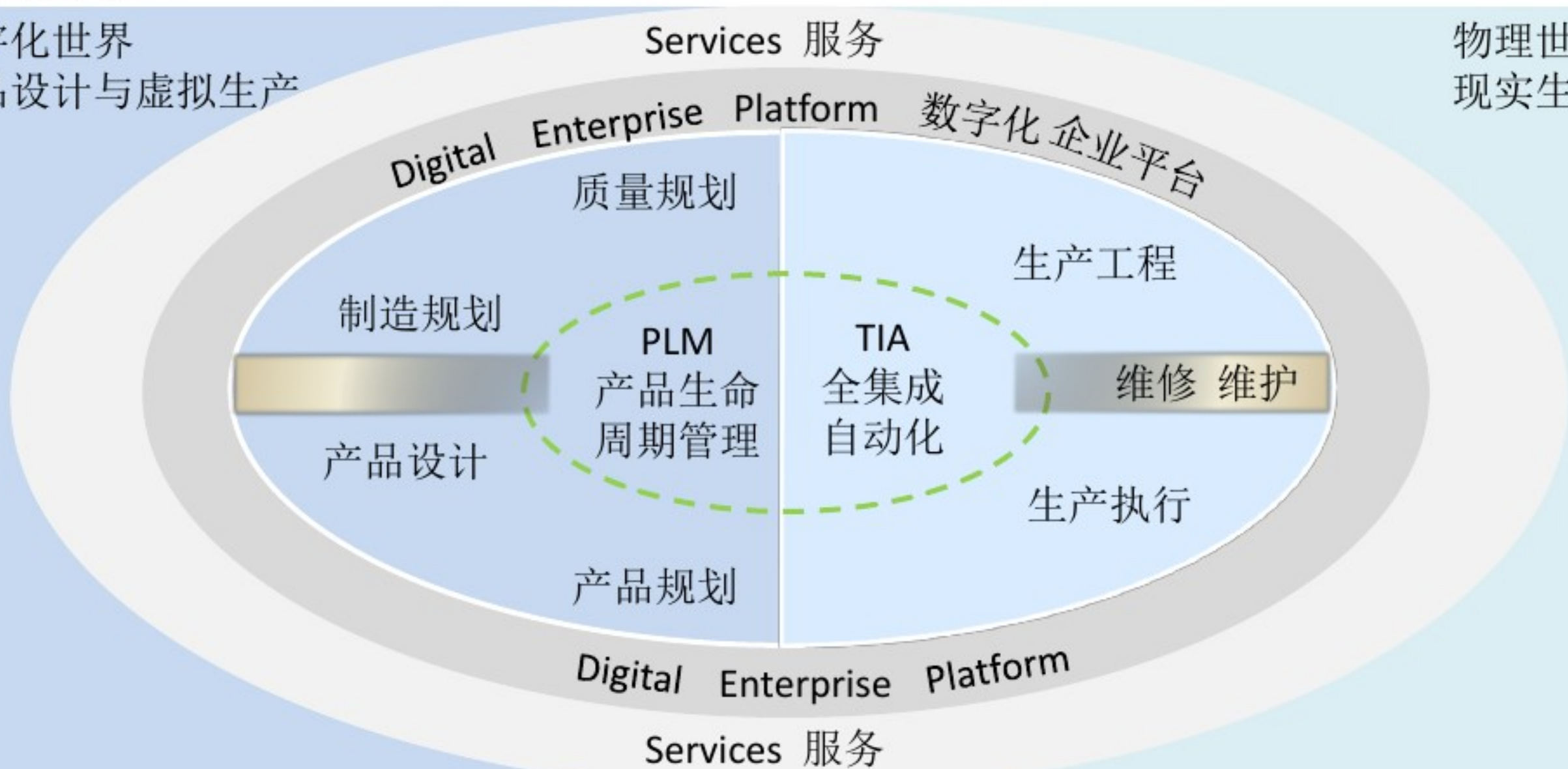


第十三章 数字化实现

虚拟和现实融合

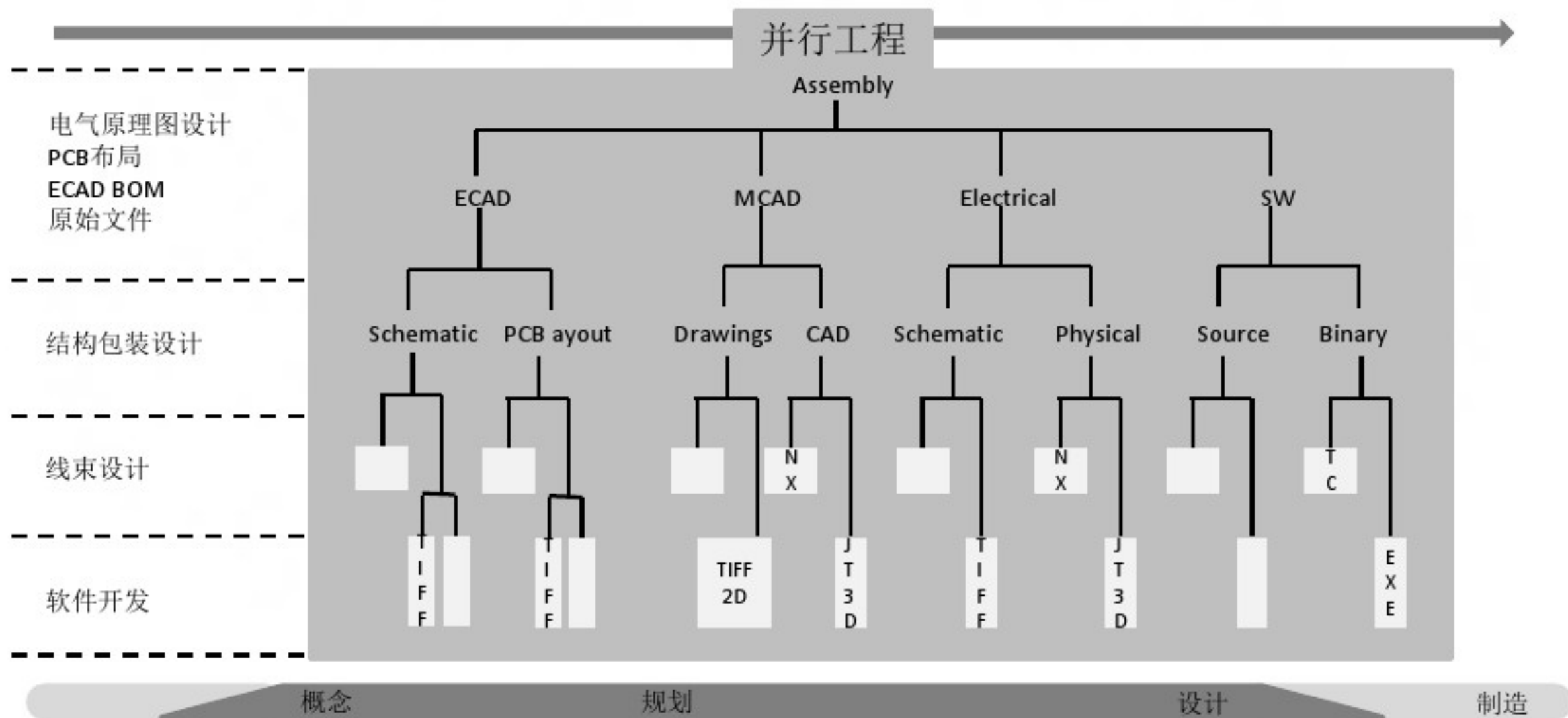
数字化世界
产品设计与虚拟生产

物理世界
现实生产



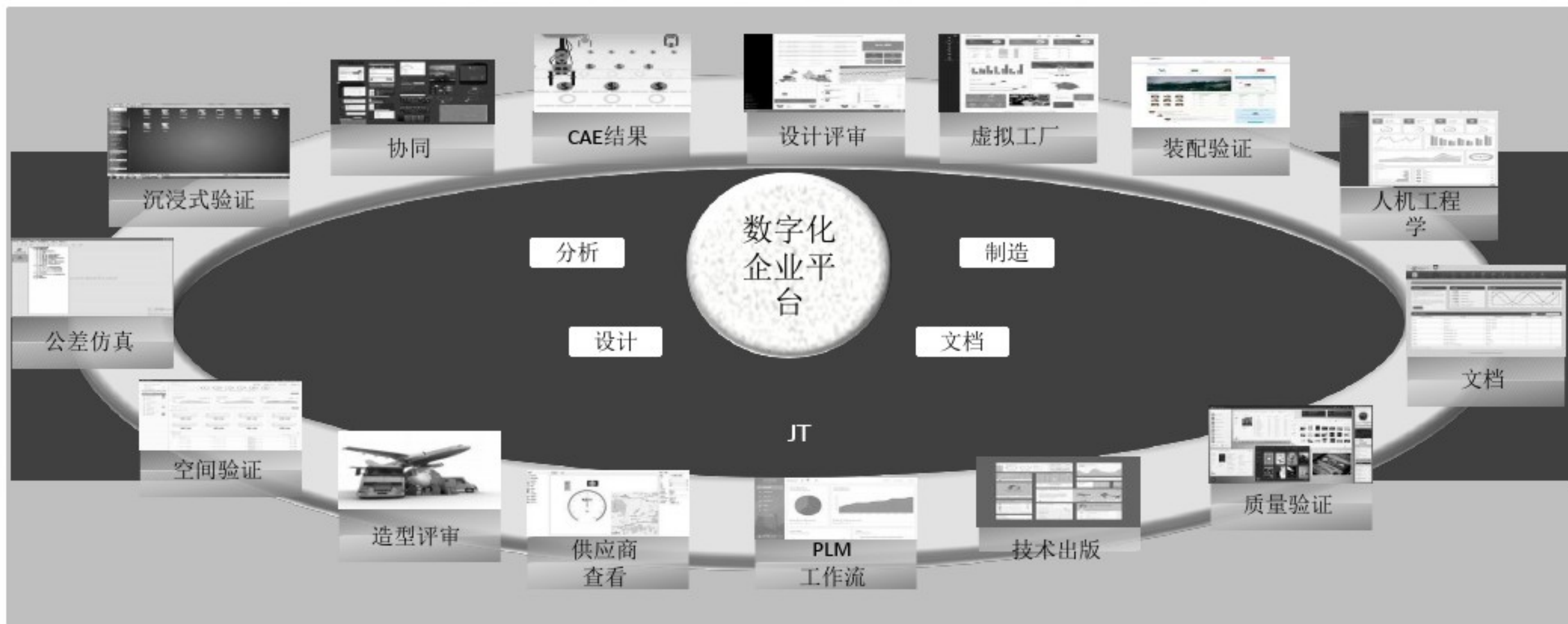
第十三章 数字化实现

机电一体化设计过程管理



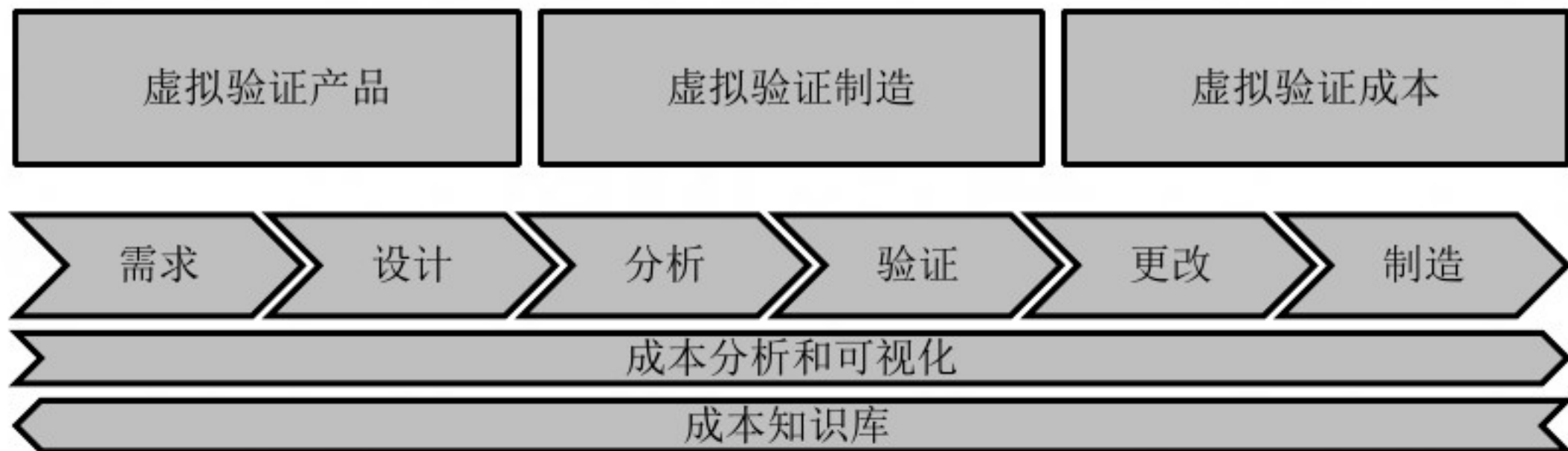
第十三章 数字化实现

基于同一平台的数字化样机应用



第十三章 数字化实现

基于产品设计、制造一体化的成本管理



第十三章 数字化实现

装配工艺解决方案



第十四章 制造执行系统

双创模式—管理创新

网络化企业协同
网络信息资源

CAX:
CAD CAE
CAM CAPP

ERP

半透

企业经营
管理过程

财物管理
成本管理
预算管理
销售管理
售后管理
人力管理
计划排产

概念设计
产品设计
结构分析
产品仿真
材料优化
工艺设计

CAX

BOM 工艺

企业产品
设计过程

MES

排程调度
现场工艺
采集自控
人工绩效
物流组织
质量控制
设备维护

供应链物流

生产设备自动化

成品物流

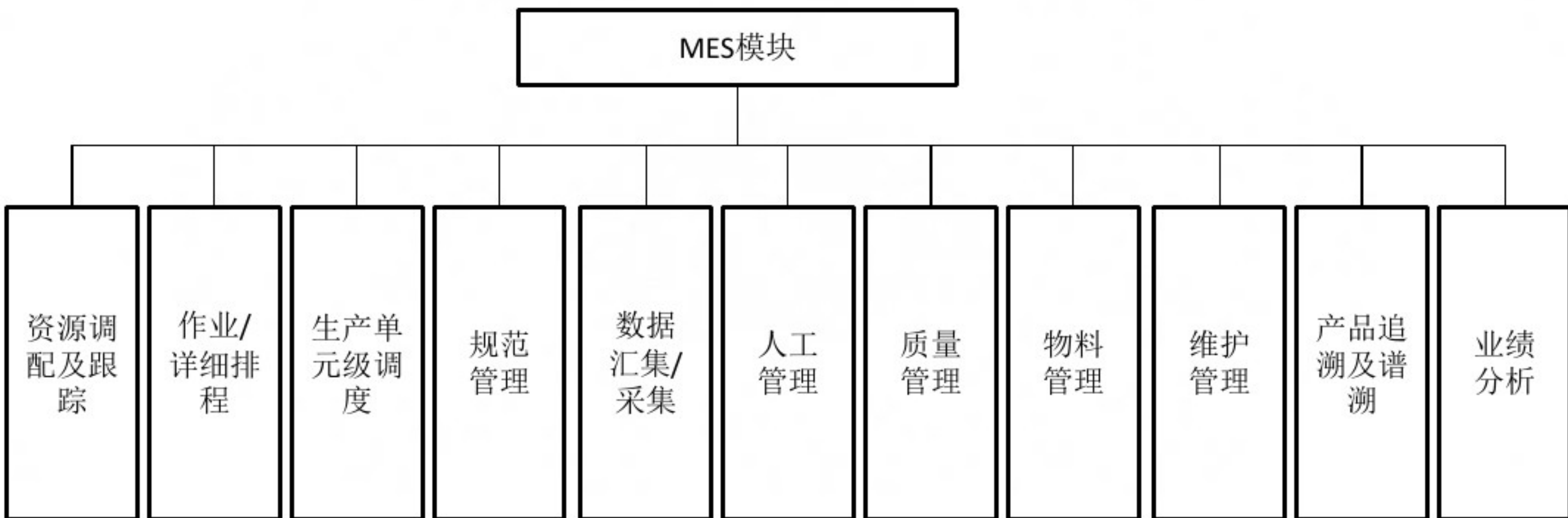
SRM

CPS

CRM

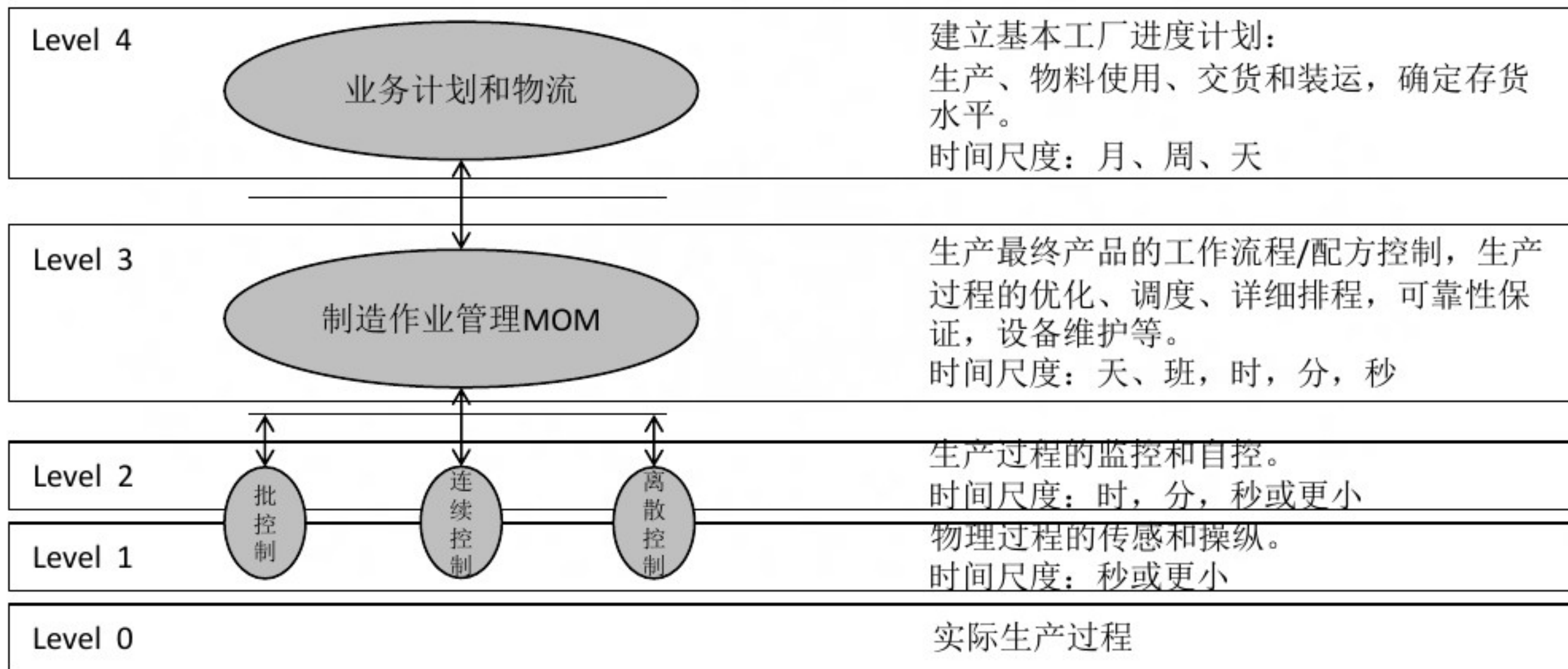
第十四章 制造执行系统

NIST的MES模块划分



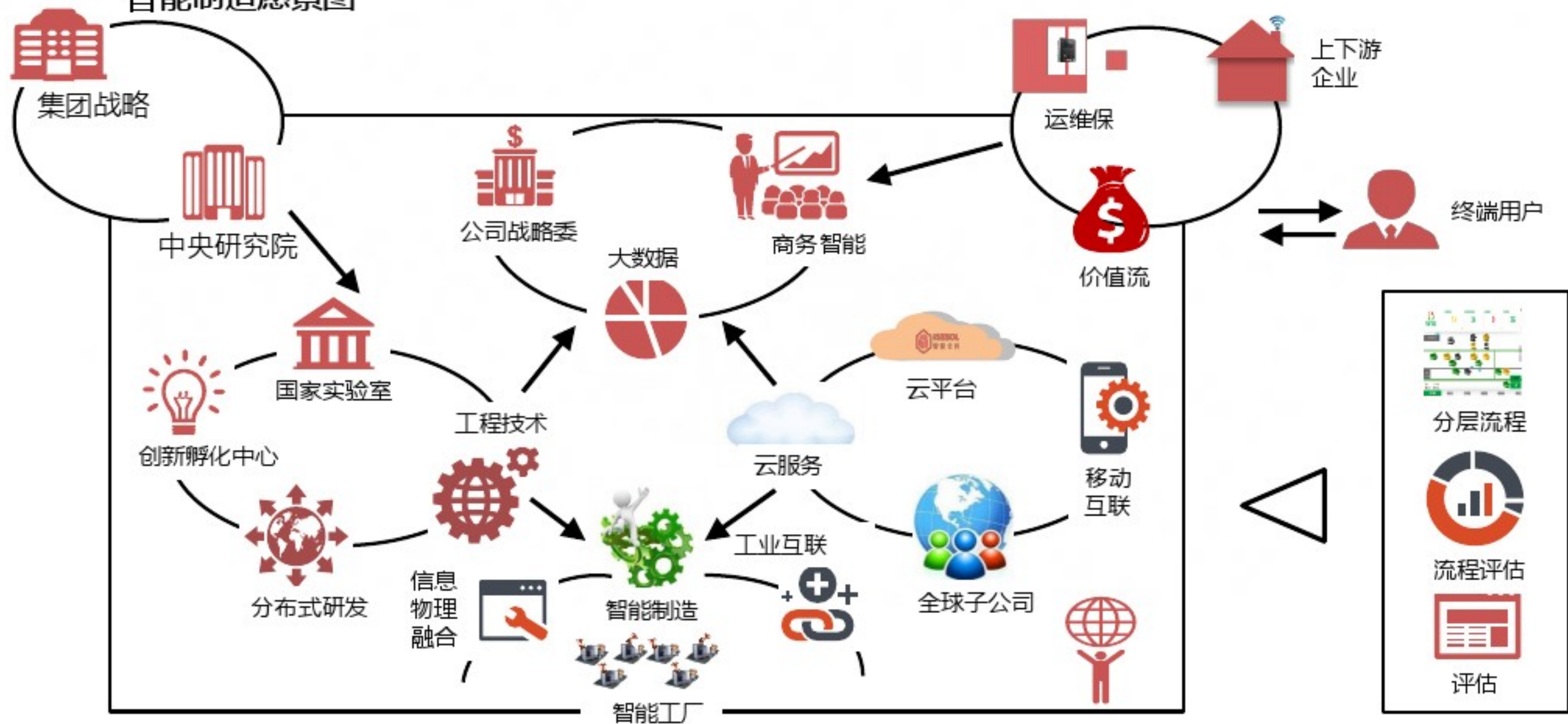
第十四章 制造执行系统

ISA-SP95的功能层次



第十五章 高铁领域智能制造建设—中车集团青岛四方股份公司典型案例

智能制造愿景图



绿色 节能 互联互通 协同创新

第十五章 高铁领域智能制造建设—中车集团青岛四方股份公司典型案例

智能工厂建设方案

一个网络

(面向智能工厂的工业互联网)

两类融合

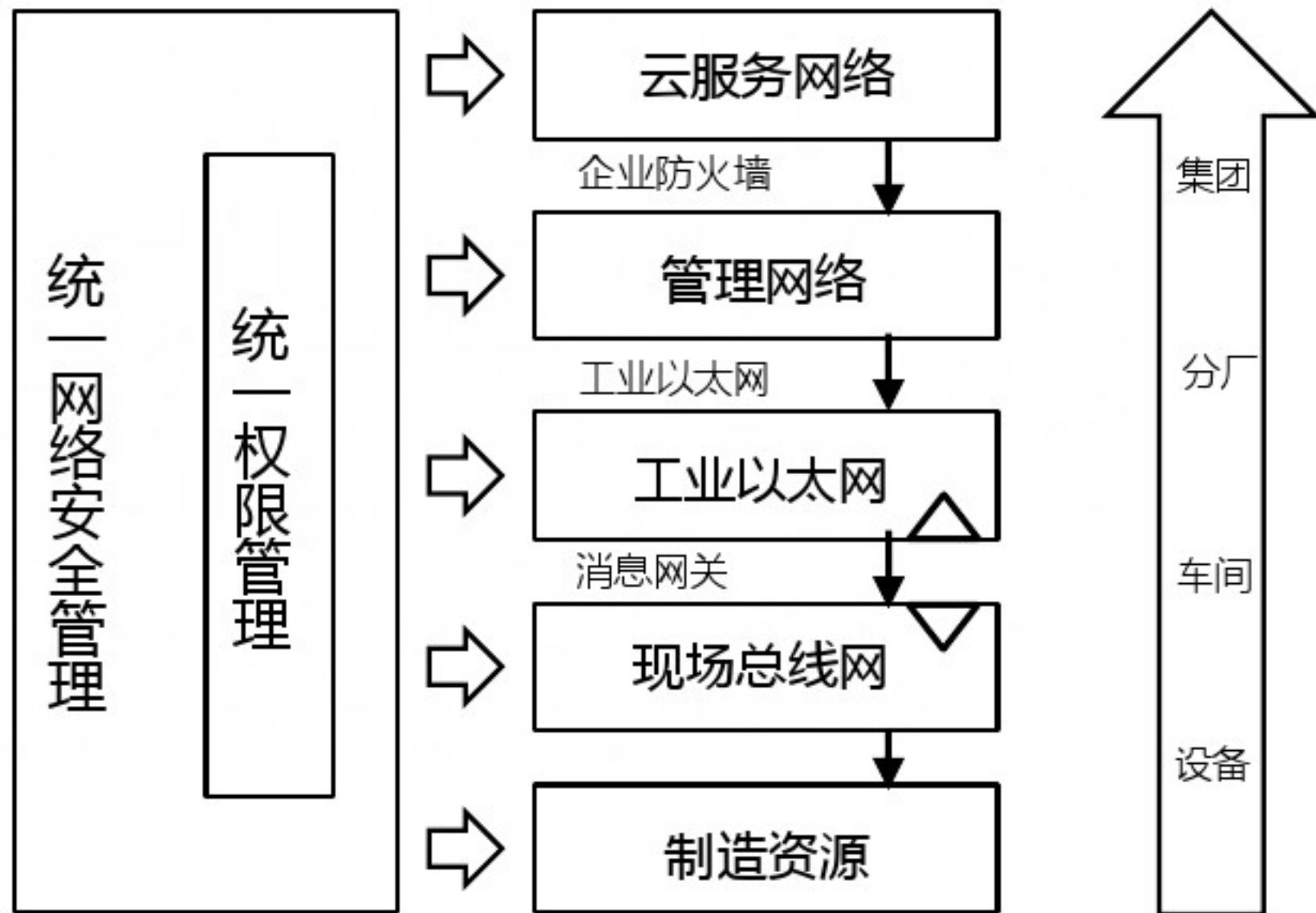
(信息系统与智能装备的深度融合及虚拟制造与现实制造的融合)

三种集成

(数字化工厂垂直集成、产品全生命周期的集成及供应链网络集成)

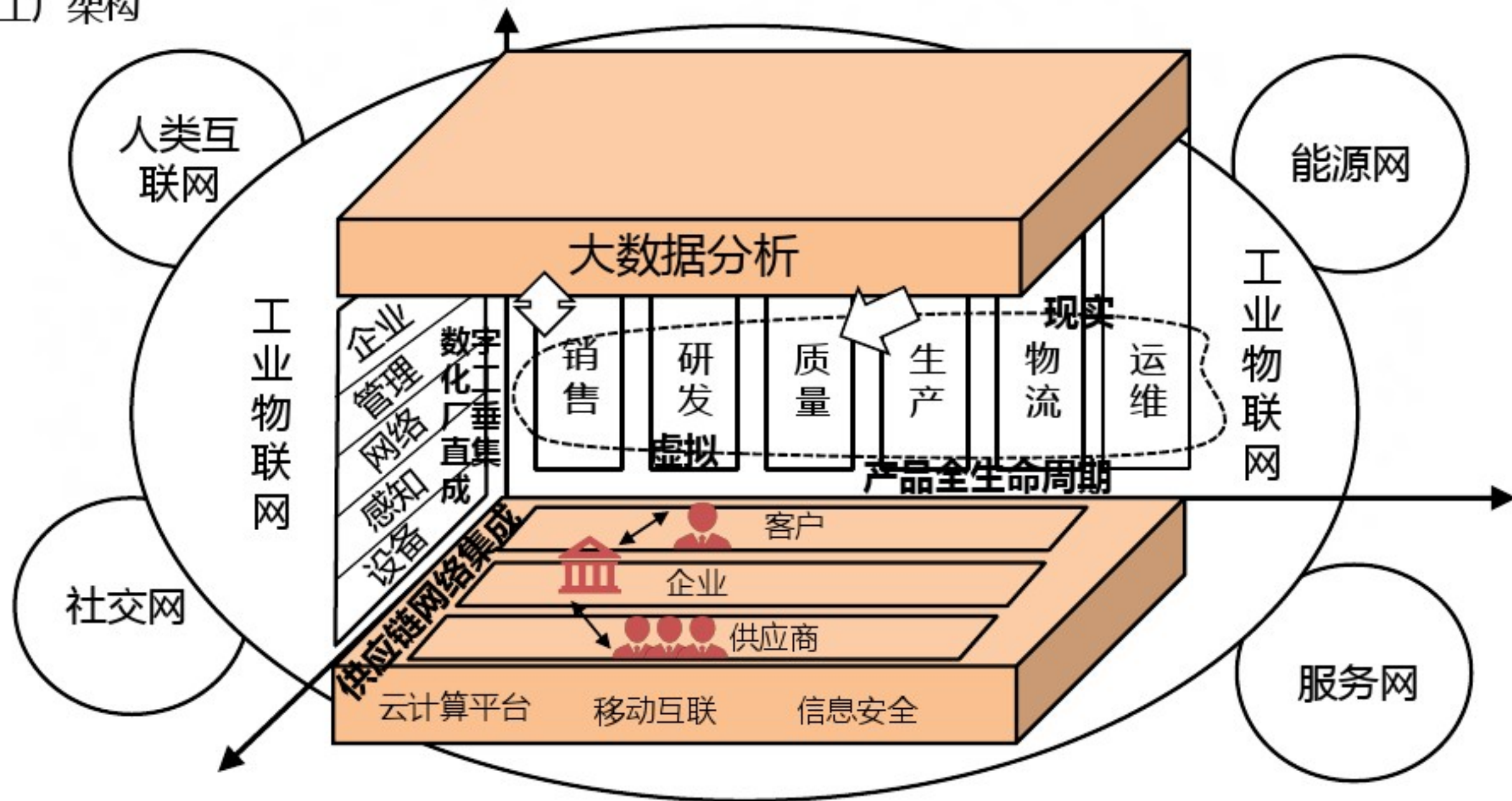
四项支撑

(云计算平台、大数据平台、移动互联应



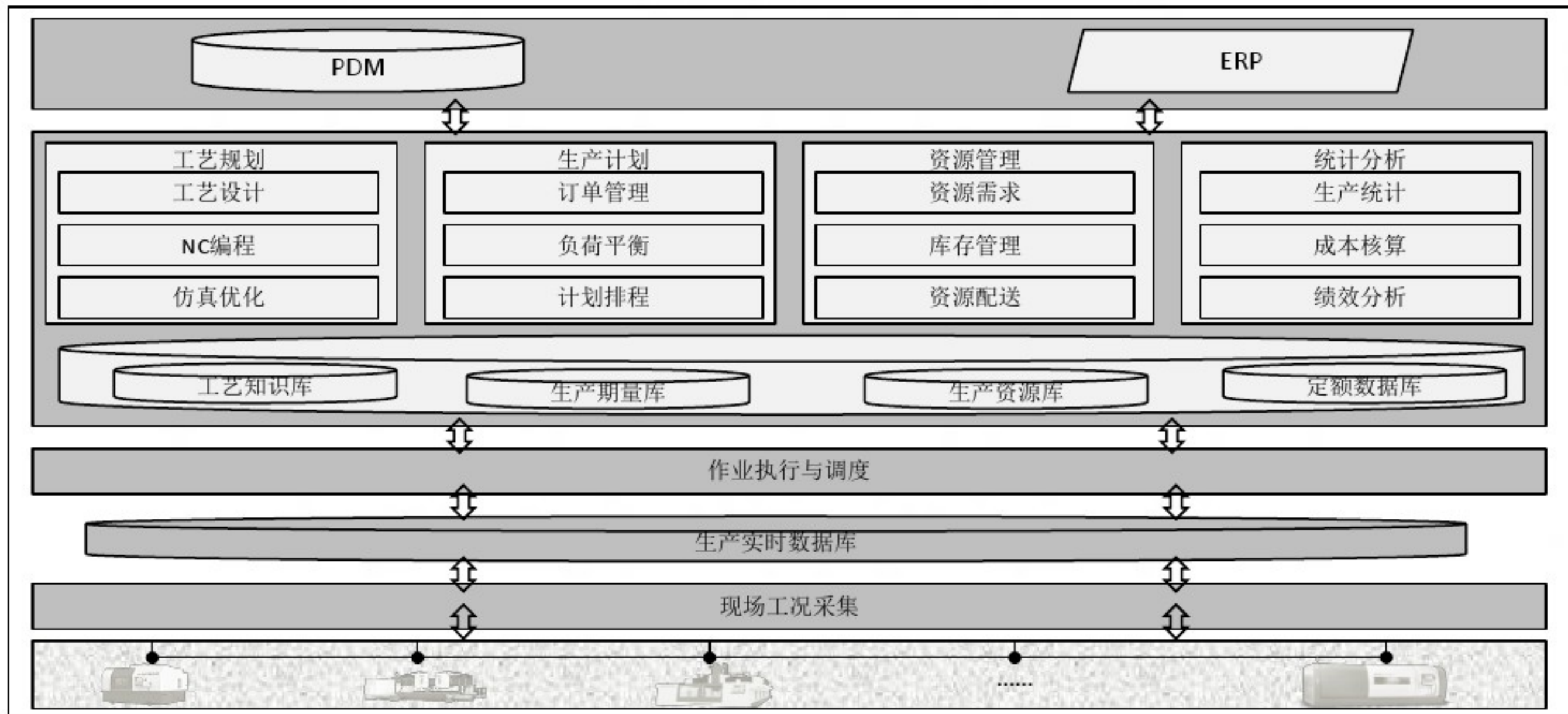
第十五章 高铁领域智能制造建设—中车集团青岛四方股份公司典型案例

四方智能工厂架构



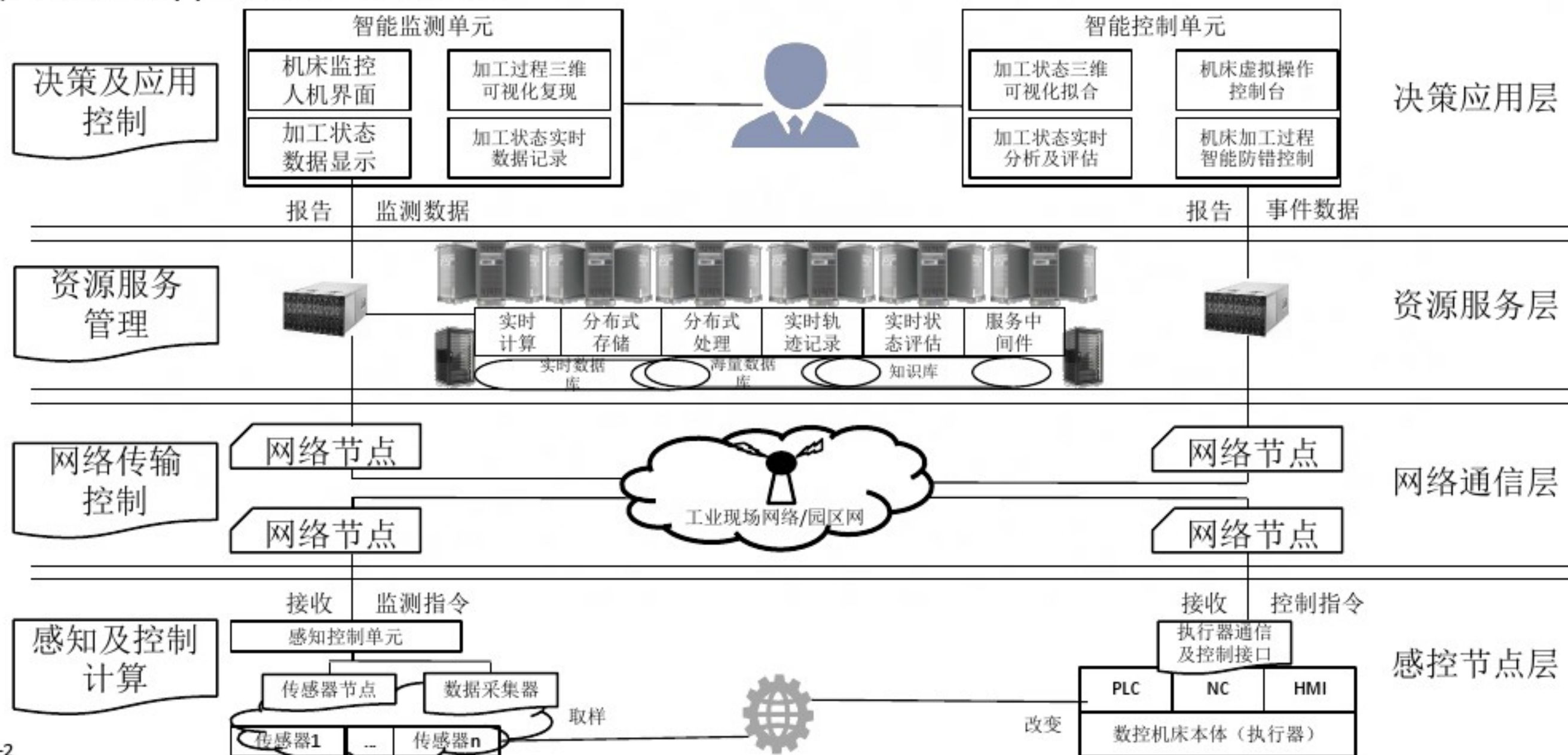
第二十一章 探索复杂结构件数字化车间实践—成飞数控典型案例

航空结构件数字化车间



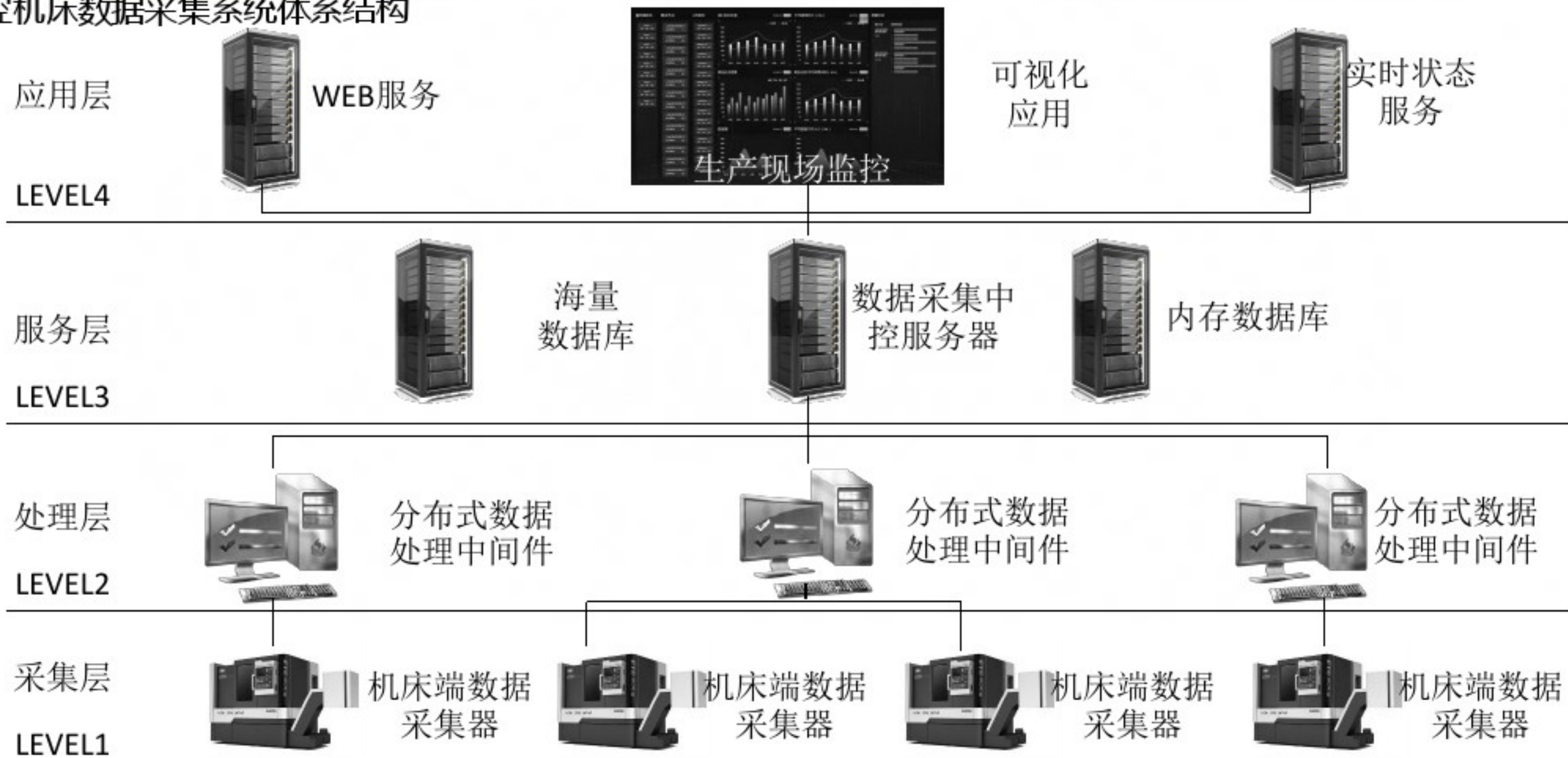
第二十一章 探索复杂结构件数字化车间实践—成飞数控典型案例

数控加工过程智能监控平台体系结构



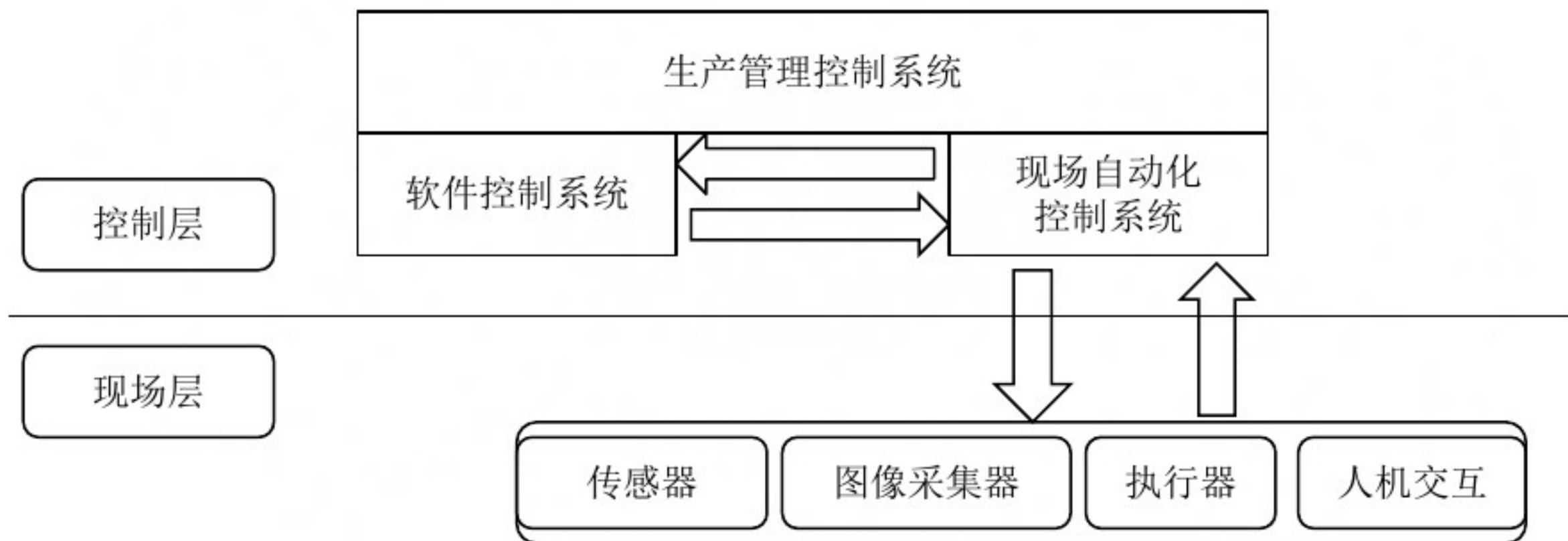
第二十一章 探索复杂结构件数字化车间实践—成飞数控典型案例

数控机床数据采集系统体系结构



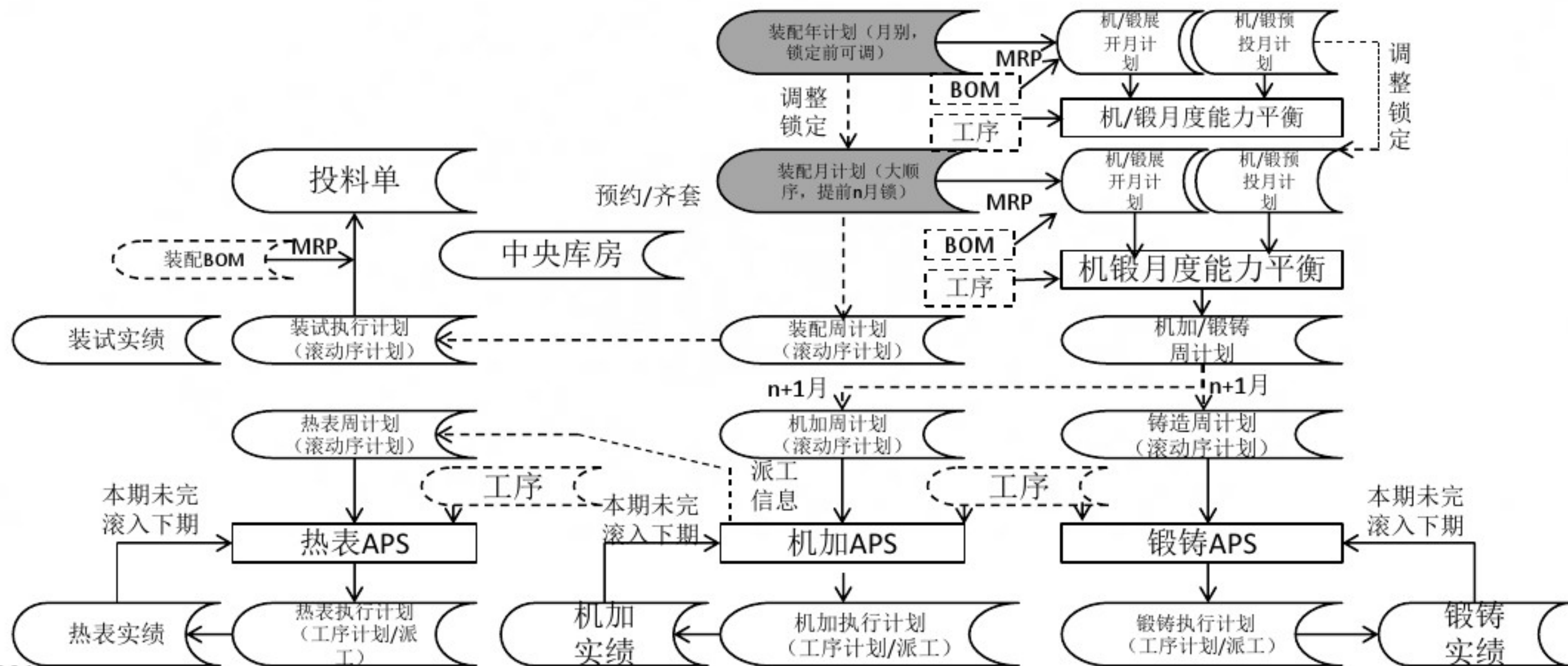
第二十二章 促进企业转型升级的智慧工厂建设—中航力源 典型案例

智能制造生产线控制系统



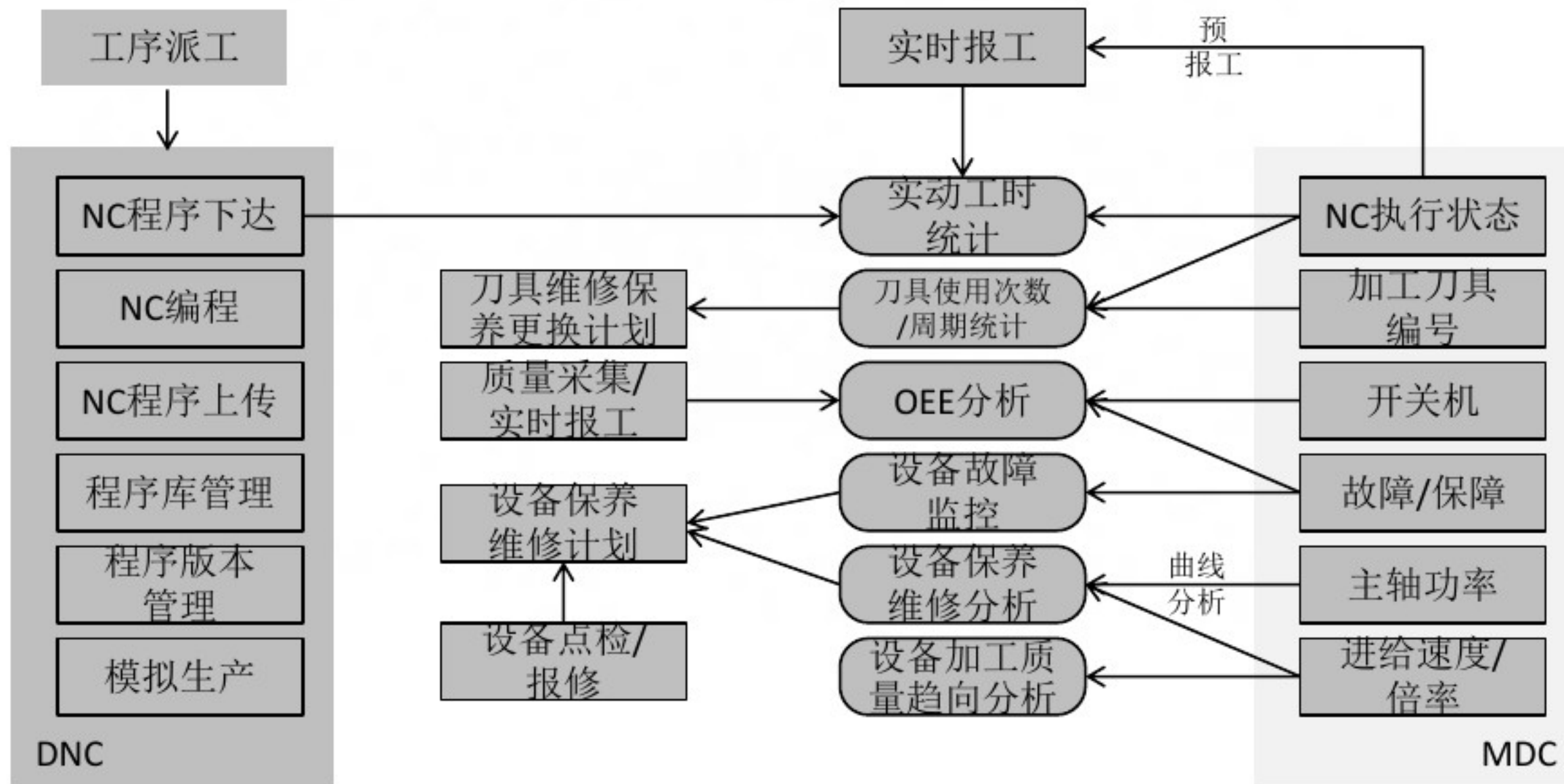
第二十二章 促进企业转型升级的智慧工厂建设—中航力源 典型案例

MES系统与APS高级计划与排程系统的集成



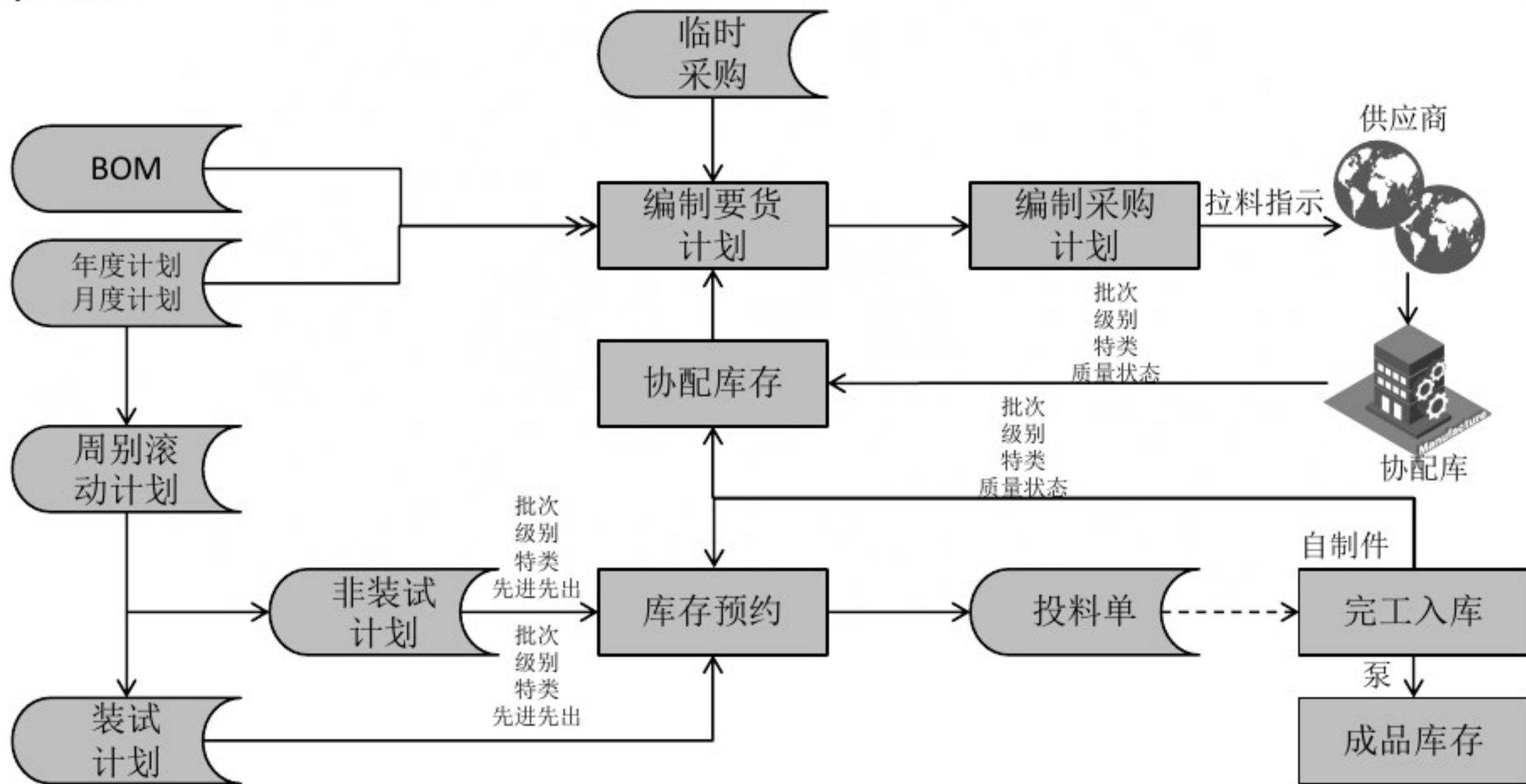
第二十二章 促进企业转型升级的智慧工厂建设—中航力源 典型案例

DNC与MDC系统的使用



第二十二章 促进企业转型升级的智慧工厂建设—中航力源 典型案例

精益物流管理流程



第二十二章 促进企业转型升级的智慧工厂建设—中航力源 典型案例

设备管理功能

