



中华人民共和国国家标准

GB/T 40814—2021

智能制造 个性化定制 能力成熟度模型

Intelligent manufacturing—Customization—Capability maturity model

2021-10-11 发布

2022-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 能力成熟度模型	2
5.1 概述	2
5.2 能力成熟度等级	2
5.3 PA	3
5.4 PA 中 BP 的要求	3
5.5 PA 中 GP 的要求	6

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由全国信息技术标准化技术委员会(SAC/TC 28)提出并归口。

本文件起草单位：中国电子技术标准化研究院、青岛酷特智能股份有限公司、广东三维家信息科技有限公司、歌尔股份有限公司、上海航天壹亘智能科技有限公司、北京航空航天大学、西北工业大学、北京神舟航天软件技术有限公司、北京中发飞询网络科技发展有限公司、广州千誉智能科技有限公司、广东伽懋智能织造有限公司、宁夏塞尚乳业有限公司、意尔康股份有限公司、烟台京城服装有限公司、广东瑞洲科技有限公司、北京工业大学、珠海伊斯佳科技股份有限公司、上海指象智能科技有限公司、北京南丁格尔科技发展有限公司、武汉纺织大学、重庆长安汽车股份有限公司。

本文件主要起草人：吴东亚、李崇、张兰兰、蔡志森、尹春雷、周竞涛、刘继红、王明微、李建峰、韦莎、李瑞琪、桑国彪、刘俊、王百灵、李海滨、龚美芳、黄佩芸、闫建国、金立军、尹东范、郭华忠、樊德龙、王德友、周立武、何海鸥、李柏华、彭涛、时桂刚、付春晖、袁小丰。

智能制造 个性化定制 能力成熟度模型

1 范围

本文件规定了个性化定制的能力成熟度模型。

本文件适用于对制造企业个性化定制能力的成熟度进行评价。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

个性化定制 customization

组织源于客户的个性化需求,对产品生存周期、系统层级中一个或多个环节进行重构,在成本、质量、交付周期、生产效率、法律法规等约束下,通过规模化生产方式满足客户个性化需求的一种生产服务模式。

3.2

能力成熟度模型 capability maturity model

对一个组织的能力成熟度进行度量的模型,包括一系列代表能力和进展的特征、属性、指示或者模式。

注:能力成熟度模型为组织衡量其当前的实践、流程、方法的能力水平提供参考基准,并设置明确的提升目标。

[来源:GB/T 37988—2019,3.7,有修改]

3.3

过程域 process area

利用输入实现预期结果的相互关联或相互影响的一组活动。

注:此定义与质量管理体系术语过程的定义相同。本文件使用过程域称呼作为能力成熟度模型组成部分的过程。

3.4

实践 practice

能力成熟度模型中的一种组成部分,泛指过程域中的活动、作业或子过程等。

注:在描述能力成熟度模型时,本文件可能使用术语“活动”和“实践”表述某种行为。

3.5

基本实践 basic practice

为保证企业生产经营活动正常进行,从企业基本能力的角度开展个性化定制评价的实践。

注:主要包括企业的组织管理、资源管理和生产保障。

3.6

通用实践 general practice

企业在满足客户个性化定制需求的过程中,贯穿于产品全生存周期的各类实践。

注:这些实践的水平直接影响个性化定制的能力成熟度。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

- BP 基本实践(basic practice)
- GP 通用实践(general practice)
- PA 过程域(process area)
- RFID 射频识别(radio frequency identification)

5 能力成熟度模型

5.1 概述

对于个性化定制能力成熟度,本文件用个性化定制能力成熟度模型(简称“能力成熟度模型”)予以描述。该能力成熟度模型由能力成熟度等级、PA、BP 和 GP 组成。

5.2 能力成熟度等级

能力成熟度等级定义了逐步提升的五个等级,分别为已规划级、规范级、集成级、优化级、引领级,见图 1。个性化定制能力水平的提升通过渐进方式实现,较高的等级涵盖低等级的全部要求,等级不可跨级,即较高的等级必然以低等级为基础。只有企业的各过程域基本实践和通用实践的能力成熟度都达到同一个能力成熟度等级,才表明企业的个性化定制能力成熟度达到这个能力成熟度等级。

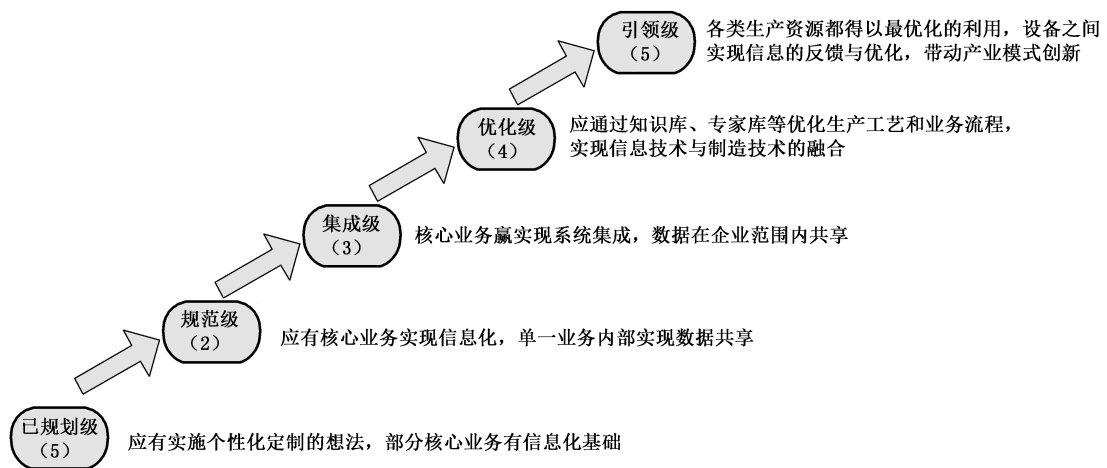


图 1 能力成熟度等级

个性化定制能力成熟度等级的具体要求如下:

a) 已规划级

在此级别,企业应有实施个性化定制的想法,并开始进行规划和投资。部分核心的制造环节应实现业务流程信息化,具备部分满足未来通信和集成需求的基础设施,企业应开始基于信息技术进行制造活动。

b) 规范级

在此级别,企业应形成个性化定制的规划,对支撑核心业务的设备和系统进行投资,应通过技术改

造,使主要设备具备数据采集和通信能力,实现覆盖核心业务环节的信息化升级。通过制度标准化接口和数据格式,部分支撑生产作业的信息系统应能实现内部集成,数据和信息在单一业务内部实现共享。

c) 集成级

在此级别,企业对个性化定制的投资重点应从对基础设施、生产设备和信息系统等的单项投入,向集成实施转变,重要的制造业务、生产设备、生产单元应完成数字化、网络化改造,应实现需求交互、设计研发、采购管理、生产管理、物流管理、售后服务等核心业务间的信息系统集成,应聚焦企业范围内的信息共享。

d) 优化级

在此级别,企业内生产系统、管理系统以及其他支撑系统应完成全面集成,实现企业级的数字建模,并将采集到的人员、装备、产品、环境数据以及生产过程中形成的数据进行分析,应通过知识库、专家库等优化生产工艺和业务流程,实现信息技术与制造技术的融合。

e) 引领级

在此级别,数据的分析与使用应贯穿企业的各方面,各类生产资源都得以最优化的利用,设备之间实现信息的反馈与优化。通过个性化定制,带动产业模式创新。

5.3 PA

能力成熟度模型中的 PA 包括 BP 和 GP 活动,见表 1。

表 1 PA 包含的 BP 和 GP

PA															
BP						GP									
PA01 组织管理		PA02 资源管理		PA03 生产保障		PA04 需求交互	PA05 设计研发			PA06 采购管理	PA07 生产管理		PA08 物流管理		PA09 售后服务
BP01 组织战略	BP02 人力资源 管理	BP03 设备管理	BP04 能源管理	BP05 质量控制	BP06 安全与环保	GP01 销售管理	GP02 产品设计	GP03 工艺设计	GP04 工艺优化	GP05 物料采购	GP06 计划与调度	GP07 生产作业	GP08 仓储配送	GP09 运输管理	GP10 产品服务

5.4 PA 中 BP 的要求

5.4.1 PA01 组织管理

5.4.1.1 BP01 组织战略

组织战略是企业决策层对实现个性化定制目标而进行的方案策划、组织优化和管理制度的建立等。通过战略制定、方案策划和实施、资金投入和使用、组织优化和调整使企业个性化定制的发展始终保持与企业发展战略匹配。

a) 已规划级

组织有发展个性化定制的愿景,并做出了包括资金投入的承诺;

b) 规范级

组织已经形成发展个性化定制的战略规划,已有资金投入计划并建立了资金管理制度;

c) 集成级

组织已经按照发展规划实施个性化定制,已有资金投入,个性化定制的发展战略正在推动组织发生变革,组织结构得到优化;

d) 优化级

个性化定制已成为组织的核心竞争力,组织的战略调整是基于个性化定制的发展;

e) 引领级

组织的个性化定制发展战略为组织创造了更高的经济效益,创新管理战略为组织带来了新的业务机会,产生了新的商业模式。

5.4.1.2 BP02 人力资源管理

人力资源管理是实现个性化定制的关键因素。通过人员的培养、技能获取方式的实现、技能水平的提升,使人员具备与组织个性化定制水平相匹配的能力。

a) 已规划级

能够确定构建个性化定制环境所需要的人员能力;

b) 规范级

能够提供人员获取相应能力的途径;

c) 集成级

能够基于个性化定制发展需要,对人员进行持续的教育或培训;

d) 优化级

能够通过信息化系统分析现有人员的能力水平,使人员技能水平与个性化定制发展水平保持同步提升;

e) 引领级

建立激励机制,使现有人员在更多领域获取个性化定制所需的技能,持续提升自身能力。

5.4.2 PA02 资源管理

5.4.2.1 BP03 设备管理

设备数字化是个性化定制的基础,设备管理是通过对设备的数字化改造以及全生存周期管理,并能够达到对设备远程在线管理与预警等。

a) 已规划级

能够采用信息化手段实现部分设备的日常管理,开始考虑设备的数字化改造;

b) 规范级

持续进行设备数字化改造,能够采用信息化手段实现设备的状态管理;

c) 集成级

能够采用设备管理系统实现设备的全生存周期管理,能够远程实时监控关键设备;

d) 优化级

设备数字化改造基本完成,能够实现专家远程对设备进行在线诊断,已建立关键设备运行模型;

e) 引领级

能够基于知识库,大数据分析对设备开展预知维修。

5.4.2.2 BP04 能源管理

能源管理是通过对能源计划、能源运行调度、能源统计以及碳资产管理等能源管理因素,利用信息化手段规范组织的能源管理,优化能源和资源的使用,旨在降低组织能源消耗、提高能源利用率。

a) 已规划级

开始能源管理的信息化,实现部分能源数据的采集与监控;

b) 规范级

能够通过信息化管理系统对主要能源数据进行采集、统计；

c) 集成级

能够对能源消耗进行监控,能够将能源计划与生产计划进行融合；

d) 优化级

能够实现能源动态监控和精细化管理,分析能源消耗的薄弱环节；

e) 引领级

能够基于能源数据信息的采集和存储,对耗能和产能调度提供优化策略和优化方案,优化能源运行方式。

5.4.3 PA03 生产保障

5.4.3.1 BP05 质量控制

质量控制是生产过程中稳定提高产品质量的关键环节,是生产过程中为确保产品质量而进行的各种活动。通过信息技术手段实现工序状态的在线检测,借助于数理统计方法的过程控制系统,把产品的质量控制从“事后检验”转化为“事前控制”,做到预防为主,防控结合,以达到全面质量管理的目的。

a) 已规划级

建立质量检验所需的设备设施,并符合计量法规要求。根据客户个性化定制产品的不同质量要求,通过人工通知检验,编制、维护检验记录,形成检验数据。

b) 规范级

建立质量控制系统,针对客户个性化定制的需求,采用信息技术手段辅助质量检验,通过对检验数据的分析和统计,实现满足客户个性化需求的质量控制图。

c) 集成级

针对客户个性化定制产品的不同质量要求,判断出关键工序和工序的关键性能指标。实现关键工序在线检测,通过检验规程与数字化检验设备/系统的集成,自动对检验结果判断和预警。

d) 优化级

针对历史上客户个性化定制产品发生的质量问题,建立产品质量问题处置的知识库,依据产品质量在线检测结果预测质量趋势,基于知识库自动给出生产过程的纠正措施。

e) 引领级

基于人工智能和大数据等先进信息技术手段,对历史上客户个性化定制产品发生的质量问题进行分析,预测质量趋势,自动修复和调校相关生产参数,保证产品质量持续稳定。

5.4.3.2 BP06 安全与环保

安全与环保是通过建立有效的管理平台,对安全、环保管理过程信息化,对数据进行收集、监控以及分析利用,最终能建立知识库对安全作业和环境治理进行优化。

a) 已规划级

已采用信息化手段进行风险、隐患、应急等安全管理以及环保数据监测统计等；

b) 规范级

能够实现从清洁生产到末端治理的全过程信息化管理；

c) 集成级

通过建立安全培训、典型隐患管理、应急管理 etc 知识库辅助安全管理；对所有环境污染点进行实时在线监控,监控数据与生产、设备数据集成,对污染源超标及时预警；

d) 优化级

支持多源的信息融合,建立应急指挥中心,通过专家库开展应急处置；建立环保治理模型并实时优

化,在线生成环保优化方案;

e) 引领级

基于知识库,支持安全作业分析与决策,实现安全作业与风险管控一体化管理;利用大数据自动预测所有污染源的整体环境情况,根据实时的生产设备、污染防治设备等数据,自动制定治理方案并执行。

5.5 PA 中 GP 的要求

5.5.1 PA04 需求交互

销售管理是通过信息化手段建立供需双方交互的平台,使制造企业能够及时、准确地了解到客户的需求,为个性化定制提供依据,最终通过大数据分析等技术实现准确地需求预测,指导企业针对用户的不同需求实现个性化生产。

a) 已规划级

应通过信息系统对销售业务进行管理。

b) 规范级

通过信息系统实现销售全过程管理,强化客户关系管理。

c) 集成级

销售和生产、仓储等业务进行集成,实现客户的个性化需求拉动生产、采购和物流计划。

d) 优化级

应用知识模型优化客户需求预测,制定更为准确的销售计划。通过电子商务平台整合所有销售方式,实现根据客户的个性化需求自动调整采购、生产和物流计划。应通过移动客户端,提供产品全生命周期管理,实现产品全程可追溯。

e) 引领级

应采用大数据和机器学习等技术,对电子商务平台销售数据、消费行为数据进行分析,不断优化销售预测模型。应用电子商务平台,实现对个性化的销售到回款的全过程管理。应通过智能客户服务系统,实现自然语言交互、智能客户管理、多维度数据挖掘,提供基于客户的个性化服务。

5.5.2 PA05 设计研发

5.5.2.1 GP02 产品设计

产品设计的目的是解决企业如何基于客户需求,利用计算机辅助工具,根据经验、知识等快速开展外观、结构、功能等设计和优化,并与工艺设计有效衔接。

a) 已规划级

基于设计经验开展计算机辅助二维设计,并制定产品设计相关标准规范。

b) 规范级

实现计算机辅助三维设计及产品设计内部的协同。

c) 集成级

应建立典型产品组件的标准库及典型产品设计知识库,在产品设计时进行匹配、引用。应构建集成产品设计信息的三维模型,进行关键环节的设计仿真优化,实现产品设计与工艺设计的并行协同。

d) 优化级

应基于产品组件的标准库、产品设计知识库的集成和应用,实现产品参数化、模块化设计。应将产品的设计信息、制造信息、检验信息、运维信息、销售信息、服务信息等集成于产品的三维数字化模型中,实现基于模型的产品数据归档和管理。应构建完整的设计仿真分析平台,实现产品外观、结构、性能、工艺等全维度仿真分析与优化。通过对设计、制造、检验等业务的高度集成,实现各业务之间的协同。

e) 引领级

基于参数化、模块化设计,建立个性化定制服务平台,具备个性化定制的接口与能力。应基于客户历史的个性化定制数据,建立产品全生存周期的业务模型,满足设计、制造、检验、运维、销售、服务等应用需求。基于大数据、人工智能技术的产品设计服务,实现产品个性化设计、协同化设计。

5.5.2.2 GP03 工艺设计

采用工艺知识积累、挖掘、推理的方法进行工艺设计,利用先进技术工具,使生产工艺适用于离散型制造业。

a) 已规划级

根据设计经验,进行计算机辅助工艺规划及工艺设计,建立产品设计与工艺设计数据之间的关联性。

b) 规范级

实现工艺设计关键环节的仿真及工艺设计的内部协同。

c) 集成级

实现计算机辅助三维工艺设计及仿真优化,实现工艺设计与产品设计的信息交互、并行协同。

d) 优化级

应基于产品设计模型建立包含工装模型、工具模型和设备模型等信息的工艺模型,将完整的工艺信息集成于三维数字化模型中。应建立完整的工艺设计与管理系统,实现三维工艺设计的流程、结构的统一管理,具备版本管理、权限控制、电子审批等功能。实现基于工艺知识库的工艺设计与仿真,并实现工艺设计与制造间的协同。

e) 引领级

应基于知识库实现辅助工艺创新推理及在线自主优化。应基于大数据,实现设计、工艺、制造、检验、运维等信息动态协同。应基于知识库,依托大数据、人工智能等先进技术建立设计服务平台,围绕产业链实现多领域、多区域、跨平台的全面协同,提供即时工艺设计服务。

5.5.2.3 GP04 工艺优化

工艺优化同样是采用工艺知识积累、挖掘、推理的方法,利用优化平台等技术实现对工艺路线、参数等与产量、能耗、物料、设备等的最优化匹配,以低消耗、高效益满足客户个性化定制的需求。工艺优化适用于流程型制造业。

a) 已规划级

具备符合国家/行业标准的工艺流程模型及参数。

b) 规范级

生产工艺应稳定运行,并满足场地、安全、环境、质量要求。

c) 集成级

应建立单元级工艺优化模型,针对现场异常数据信息,提供对应的优化方案。应基于现有工艺参数,综合考虑产量、质量、能源消耗、环保、运行工况、物料平衡等方面,实现工艺优化。

d) 优化级

应建立全过程的工艺优化模型。应形成全过程的工艺优化知识库。基于工艺优化模型和知识库实现全流程工艺优化。

e) 引领级

建立完整的三维数字化仿真模型,完成生产全过程的数字化模拟。基于大数据分析、人工智能等先进的信息技术,针对不同客户的个性化需求,实现工艺的实时在线优化。

5.5.3 PA06 采购管理

物料采购是通过对库存、客户需求、生产计划等的自动感知、预测以及合理控制,使企业达到经济合

理的库存量,满足柔性生产的要求。

a) 已规划级

具备一定的信息化基础辅助物料采购业务。

b) 规范级

能够实现企业级的采购信息化管理,包括供应商管理、比价采购、合同管理等,实现数据共享。

c) 集成级

实现采购管理系统与生产、仓储管理系统的集成,实现计划、流水、库存、单据的同步。

d) 优化级

实现采购与供应、销售等过程联合。实现与重要供应商实现部分数据共享,根据客户的历史定制化需求,能够预测补货信息。

e) 引领级

实现库存量实时感知,基于大数据技术,对销售预测和库存量进行分析和决策,形成实时采购计划。与供应链合作企业实现数据共享,整合供应链上所有企业,实现自动采购。通过大数据、人工智能等先进的信息技术,根据不同供应商对客户定制化需求的满足程度,实现对供应商的评价和选择。

5.5.4 PA07 生产管理

5.5.4.1 GP06 计划与调度

计划与调度是实现所有生产活动的核心。通过信息技术进行准确的数据处理,对下达的生产任务进行一定程度上的优化调度,最大程度减少生产过程中的非增值时间,提高生产设备利用率,从而提高生产效率。

a) 已规划级

实现主生产计划的管理,根据客户的个性化需求、销售订单等信息生成主生产计划及调度方案。

b) 规范级

应建立信息系统,系统基于生产数量、交货期等约束条件自动生成主生产计划。应基于企业的安全库存,采购提前期、生产提前期等制约要素来实现物料需求计划的运算。

c) 集成级

应基于约束理论的有限产能算法开展排产调度,并自动生成详细生产作业计划。根据客户的定制化需求,尽可能将相同或相似的零件进行分组(成组技术)集中生产。系统应自动预警和分析调度排产后的异常情况(如生产延时、产能不足等),并支持人工方法对异常进行调整。

d) 优化级

应建立数学模型,基于客户个性化需求的历史数据,对未来的产能负荷进行分析预测。根据企业真实的客户需求和生产数据,进行详细能力计划的平衡,自动生成满足多种约束条件的排产方案。

e) 引领级

基于大数据分析技术和各类智能优化算法,基于多种约束条件建立的标准工时数据库等,建立高级计划与调度系统。高级计划与调度系统的排程计算应通过不断“试算”的方式为企业提供逐步优化的生产决策依据。

5.5.4.2 GP07 生产作业

生产作业是以最佳方式将生产物料、机器等生产要素以及生产过程等有效结合起来,形成联动作业和连续生产,取得最大的生产成果和经济效益。

a) 已规划级

具备自动化和数字化的设备及生产线,具备现场控制系统。

b) 规范级

能够采用信息化手段将各类工艺、作业指导书等电子文件下发到生产单元,实现对人员、机器、物料等多项资源的数据采集。

c) 集成级

能够实现资源管理、工艺路线、生产作业、仓储配送等业务集成,采集生产过程实时数据信息并存储,能够提供实时更新的制造过程分析结果。

d) 优化级

应通过信息系统集成实现生产过程三维电子作业指导、运行参数和生产指令自动下发到数字化设备。企业应实现生产作业数据的自动采集与在线优化,并根据优化结果调整生产工艺、工位和生产线布局。针对客户不同的个性化定制需求,企业应建立信息系统,优化现场管理决策。

e) 引领级

应基于大数据技术实现生产作业全过程仿真,优化生产作业模型,满足个性化、柔性化的生产需求。应建立生产指挥中心,实现生产现场可视化监控,指导生产作业。应用智能设备、物联网和大数据技术,实现生产作业过程的无人化或少人化。

5.5.5 PA08 物流管理

5.5.5.1 GP08 仓储配送

仓储配送是指厂内物料存储和物流、利用标识和识别技术、自动化的传输线、信息化管理手段等,实现对原材料、半成品等的标识与分类、数据采集、运输以及库位管理,自动完成零部件的取送任务。

a) 已规划级

能够实现基于信息管理系统对原材料、中间件、成品等的库存、盘点管理。

b) 规范级

能够利用条形码、二维码、RFID 等实现对原材料、中间件、成品等的数字化标识,并基于识别技术实现自动化或半自动化出入库管理。

c) 集成级

能够实现仓储配送与生产计划、制造执行以及企业资源管理等业务的集成。

d) 优化级

基于仓储配送系统与企业资源管理系统、供应链管理系统、制造执行系统的集成,针对不同客户的个性化定制需求,对仓储模型和配送模型进行优化,实现最小库存和方便快捷配送。实现仓储和配送的智能化管理,实现实时物料配送。根据实时数据进行趋势预测,自动给出纠正和预防措施。

e) 引领级

基于客户的个性化定制需求,实现全流程自主实时分拣和配送。运用大数据、人工智能等技术,实现仓储配送与计划排产、生产作业的集成优化,实现最优库存或即时供货。基于核心分拣算法和智能配送算法的优化,满足个性化、柔性化生产的实时配送需求。

5.5.5.2 GP09 运输管理

运输管理是将产品运送到下游企业或用户的过程,利用条形码、二维码、RFID、传感器以及实时定位系统等物联网技术,通过信息处理和网络通信技术平台实现运输过程的自动化运作、视频监控和对车辆、路径的优化管理等,以提高运输效率、减少能源消耗。运输能力成熟度的提升是从订单、计划调度、信息跟踪的信息化管理开始,到通过多种策略进行管理,最终实现精益化管理和智能化运输。

a) 已规划级

通过信息化手段管理运输过程,对信息进行简单跟踪反馈。

b) 规范级

通过信息系统实现订单管理、计划调度、信息跟踪和运力资源管理。

c) 集成级

实现出库和运输过程整合,实现多式联运,物流信息能够推送给客户。

d) 优化级

应通过每一环节的精益管理,实现对于最终订单执行结果的保障,系统应具有异常处理功能。应根据模型优化引擎提供最佳配送路线。应通过实时定位技术、传感器、网络和移动通信网络等技术,实现全程货物跟踪,随时随地掌握货物信息。

e) 引领级

应通过 RFID、物联网等技术实现物流信息链畅通。应通过视频监控和通信网络等技术实现全程监控物流过程,企业和客户可随时随地查看物品的位置和状态。

5.5.6 PA09 售后服务

产品服务是借助数据挖掘和智能分析等技术,捕捉、分析用户的个性化需求,更加主动、精准、高效地给用户提供服务,向按需和主动服务的方向发展。

a) 已规划级

设立产品服务部门,通过信息化手段管理客户对产品的需求信息。

b) 规范级

具有规范的产品服务管理制度,通过信息系统进行产品服务管理,并把产品服务信息反馈给相关部门,指导产品过程提升。

c) 集成级

可通过网络和远程工具提供产品服务,并把产品故障分析结果反馈给相关部门,有利于持续改进产品的设计生产。

d) 优化级

通过远程运维服务平台,提供在线检测、故障预警、预测性维护、运行优化、远程升级等服务,通过与其他系统的集成,把信息反馈给相关部门,有利于持续改进产品的设计生产。

e) 引领级

通过物联网技术、增强现实/虚拟现实技术和大数据分析技术,实现运行状态、使用效率和故障处理的深度挖掘与跟踪分析,实现智能化服务和创新性应用服务。