



# 工业互联网应用 成熟度评估白皮书

(讨论稿)

工业互联网产业联盟 (AII)

2019 年 2 月

---

## 版权声明

---

本白皮书版权属于工业互联网产业联盟，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：工业互联网产业联盟”。违反上述声明者，本联盟将追究其相关法律责任。

## 前言

随着新一代信息技术与实体经济的不断融合，工业互联网在全球迅速兴起，已经成为我国经济转型升级的新引擎，为制造强国和网络强国的建设提供了重要支撑。自 2017 年 11 月国务院发布《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》以来，企业在工业互联网领域逐步加速，制造业数字化转型的动力不断加强，不少地区和企业转型升级进展迅速，特别是一些制造业发达的地区，出现了非常多的应用成果。

为了帮助企业发现工业互联网建设中存在的问题，助力政府和产业界了解工业互联网应用的水平，工业互联网产业联盟(AII)联合华为、PTC 和 IDC，共同开展了关于工业互联网建设水平的评估体系研究，基于我国制造业的产业现状，经过半年多的努力，形成了《工业互联网应用成熟度评估白皮书》(征求意见稿)。

本白皮书是在《工业互联网成熟度评估白皮书(1.0)》基础上的进一步细化研究，并结合工业互联网体系架构研究的最新成果，形成了一套评估企业工业互联网应用水平的方法，聚焦企业在供应、采购、设计、生产、经营、决策、服务等环节的业务流程，对每个环节进行量化指标制定和成熟度评估分级，最后综合各个环节的影响，评估企业工业互联

网整体应用水平。本白皮书更加聚焦工业企业的应用本身，通过各业务流程的应用成效评估帮助企业发现问题，为政府了解工业互联网实践情况搭建透明信息窗口。

本白皮书由工业互联网产业联盟（AII）、华为、PTC 和 IDC 联合发布。同时，撰写过程中得到了业界不少专家的指导与宝贵意见，在此一并致谢！

此外，本稿属于征求意见稿，文中若有不足之处，真诚欢迎各位专家学者提出意见，共同促进本评估方法的进一步完善。同时，也欢迎业界各方应用和反馈，不断促进本评估方法的改进和优化，为工业互联网产业的发展提供更加科学有效的参考。

# 目 录

前 言 .....	3
目 录 .....	5
一、工业互联网应用成熟度评估的研究目的 .....	7
(一) 工业互联网是实现制造业转型升级的新思路 .....	7
(二) 建立基于业务与应用的工业互联网成熟度评估模型 .....	7
(三) 帮助企业确定现阶段水平和未来发展路线 .....	8
(四) 评估我国工业企业整体成熟度现状，助力政策制定与推进 .....	9
二、工业互联网应用成熟度评估模型 .....	10
(一) 五大评估模块 .....	10
(二) 核心评估要素 .....	11
(三) 五大发展阶段 .....	12
三、工业互联网应用成熟度评估指标和等级 .....	14
(一) 指标体系的建立 .....	14
(二) 成熟度评估等级 .....	16
1、智能工业设备 .....	16
2、高效工业软件 .....	18
3、集成分析平台 .....	19
4、互联互通网络 .....	20
5、安全保障体系 .....	21
6、战略规划转型 .....	23
7、组织结构变革 .....	24
8、企业文化重塑 .....	25
9、网络化的设计创新资源 .....	26
10、数据驱动的产品研发策划 .....	28
11、数字化的产品研发设计 .....	29
12、智能化的产品及服务 .....	30
13、生产系统全生命周期优化 .....	33

14、数字化技术驱动的先导制造.....	35
15、智能化生产管控.....	37
16、智能化运营管理.....	41
17、柔性化供应.....	44
18、数据驱动的智能营销.....	46
19、个性化定制.....	47
20、网络化协同.....	48
21、分享制造.....	49
22、供应链金融.....	50
(三) 后期研究计划和安排.....	50
1、评估权重设置.....	50
2、企业试评估.....	51
3、推进建设在线评估平台.....	51
四、国内外相关成熟度评估模型的理论研究.....	52
(一) 软件能力成熟度评估模型.....	52
(二) 工业 4.0 就绪度模型.....	53
(三) 工业 4.0 成熟度指数模型.....	54
(四) 工业互联网成熟度评估模型 1.0 版本.....	56
参考文献.....	58

## 一、工业互联网应用成熟度评估的研究目的

### （一）工业互联网是实现制造业转型升级的新思路

工业互联网从概念到实践、从星星之火到燎原之势，行业共识持续扩大、产业资源不断积聚、技术创新日益活跃、应用普及加快深化，已成为世界各主要经济体推动制造业转型与升级的新思路。IDC预测到2019年全球产业物联网支出将达7450亿美元，比2018年增长15.4%。德国投入实际应用的“工业4.0”案例已超过300个，美国工业互联网联盟（IIC）应用案例覆盖能源、医疗器械、汽车制造等多个行业，聚焦生产管理优化、物流仓储优化、质量管理优化、产线柔性部署、大规模定制等多个领域。与此同时，我国产业界也加快了面向各类场景的工业互联网应用探索。2018年，工信部共遴选确定了72个工业互联网试点示范项目，拟支持93个工业互联网创新发展项目，我国工业互联网产业联盟（AII）也评选出了27个工业互联网优秀案例。

### （二）建立基于业务与应用的工业互联网成熟度评估模型

国内外已有的成熟度模型来看，美国标准技术研究所（NIST）发布了智能制造系统就绪度模型，德国构建了工业4.0成熟度评级模型，但因我国工业基础与欧美有一定差距，建设水平、方向也略有不同，并不能直接用于我国工业互联网成熟度评估。

我国工业互联网产业联盟(AII)于2017年发布了《工业互联网成熟度白皮书(1.0)》，为指导工业互联网评估提供了有力参考，但是该评估侧重于工业互联网的功能体系架构，和企业的具体业务流程联系不够紧密。为更好的评估我国企业工业互联网应用水平，帮助企业发展问题，需要从我国企业现状出发，建立基于业务与应用成熟度评估模型。为此，中国信息通信研究院从企业的业务流程与应用水平着手，结合我国工业企业发展现状，对工业互联网应用成熟度评估方法展开了研究，为我国工业互联网的发展提供更加科学准确的指导。

### **(三) 帮助企业确定现阶段水平和未来发展路线**

工业互联网作为新一代信息技术与制造业融合的载体，通过发展工业互联网助力企业转型升级日益成为全球共识。但目前我国工业互联网的发展还处于初级阶段，工业企业对工业互联网这一新生事物缺乏足够了解，对自身工业互联网建设水平和发展路径尚不明确。中国信息通信研究院此次推出工业互联网应用成熟度评估体系，希望能为企业提供一套便利的自我评价工具，助力企业了解自身工业互联网建设发展水平，指导企业开展工业互联网发展路径规划。



#### （四）评估我国工业企业整体成熟度现状，助力政策制定与推进

本白皮书提出的工业互联网成熟度评估体系，是结合工业互联网目前的发展特点、趋势和我国现阶段工业基础而建立的，将来还将充分结合产业界各类主体意见以及企业对模型应用的反馈，不断更新、修正、完善模型评估指标和权重等。未来，将基于本模型建立工业互联网应用成熟度在线评估平台，并在全国各地区逐步推广，推动区域企业完成在线自评估，帮助政府了解工业互联网整体发展水平及建设需求，为相关政策的制定与推进提供实践依据。

## 二、工业互联网应用成熟度评估模型

### （一）五大评估模块

本评估模型结合了工业互联网体系架构研究的最新成果，将工业企业的业务流程分为制造域、产品域、资产域和价值链等四个部分，其中制造域重点关注产品生产制造环节，产品域关注产品整个生命周期的相关环节，资产域关注生产系统的设计、构建、运维报废等，价值链关注产品供应链的各个环节。评估从设备、产线/车间、企业、产业链/价值链等环节业务流程出发，分析企业工业互联网的应用现状和水平，更加突出数据的驱动作用。

模型设立了工业互联网驱动的**基础支撑升级、战略组织重塑、产品服务创新、生产运营优化、商业模式变革**五大评估模块。在评估过程中，主要从数据的采集、分析、建模、决策智能等角度出发，对工业互联网的应用情况进行分析和评估，同时也兼顾了企业已具备的数字化能力。

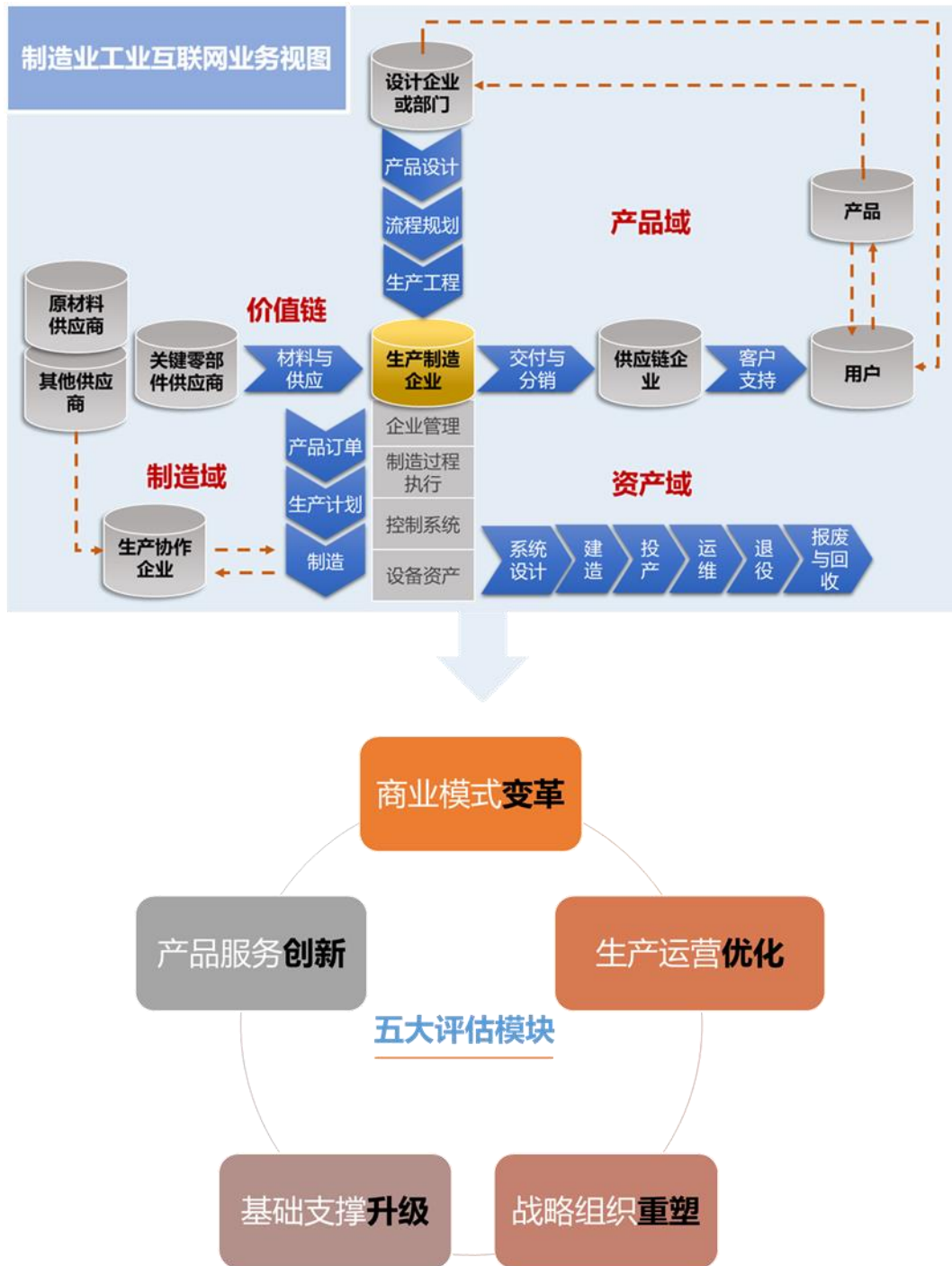


图 1 工业互联网应用成熟度五大评估模块

## (二) 核心评估要素

基于五大评估模块，立足工业企业的业务流程和能力基础，评估模型共设定了 22 个核心评估要素，如下图所示。



图 2 工业互联网应用成熟度评估要素

**基础支撑升级**包括了智能工业设备、智能工业设备、高效工业软件、集成分析平台、互联互通网络和安全保障体系 5 个评估要素。**战略组织重塑**包括了战略规划转型、组织结构变革、企业文化重塑 3 个评估要素。**产品服务创新**包括了网络化的设计创新资源、数据驱动的产品研发策划、数字化的产品研发设计、智能化的产品服务 4 个评估要素。**生产运营优化**包括了生产系统全生命周期优化、数字化技术驱动的先进制造、智能化生产管控、智能化运营管理、柔性化供应、数据驱动的智能营销等 6 个评估要素。**商业模式变革**包括了个性化定制、网络化协同、分享制造、供应链金融 4 个要素。

### （三）五大发展阶段

基于工业互联网在企业的应用现状和趋势，本评估模型定义了工业互联网应用成熟度的五个发展阶段，明确了一个企业工业互联网应用不断进阶的过程，不仅代表了企业现阶

段实施建设工业互联网的程度水平，而且规划了企业迈向工业互联网建设高级阶段的发展路径。

对于企业工业互联网应用成熟度，具体分为以下五个发展阶段，如下图所示。



图 3 工业互联网应用成熟度评估五大发展阶段

### 三、工业互联网应用成熟度评估指标和等级

根据工业互联网应用成熟度评估模型，本白皮书建立了相应的评估指标体系。

工业互联网驱动的基础支撑升级、工业互联网驱动的战略组织重塑、工业互联网驱动的产品服务创新、工业互联网驱动的生产运营优化、工业互联网驱动的商业模式变革为**一级指标**。智能工业设备、高效工业软件、集成分析平台、互联互通网络和安全保障体系、战略规划转型、组织结构变革、企业文化重塑、网络化的设计创新资源、数据驱动的产品研发策划、数字化的产品研发设计、智能化的产品服务、生产系统全生命周期优化、数字化技术驱动的先进制造、智能化生产管控、智能化运营管理、柔性化供应、数据驱动的智能营销、个性化定制、网络化协同、分享制造、供应链金融等22个要素为**二级指标**。二级指标下设了65个**三级指标**，每个指标对应不同成熟度等级。

#### （一）指标体系的建立

本白皮书所提出的工业互联网应用成熟度评估模型的评估指标共有三级。一级指标有5个，二级指标有22个，三级指标有65个，如下图表所示。

一级指标	二级指标	三级指标
工业互联网的基础支撑升级	智能工业设备	智能化产线与设备
		智能传感与控制设备
		智能物流与仓储设备

	<b>高效工业软件</b>	智能检测设备
		研发设计软件部署
		生产管控软件部署
		经营管理软件部署
	<b>集成分析平台</b>	泛在连接
		数据管理
		分析建模
		应用开发
	<b>互联互通网络</b>	IT 网络覆盖
		OT 网络覆盖
	<b>安全保障体系</b>	网络信息安全
		设备设施安全
安全管理机制		
<b>工业互联网驱动的战略组织重塑</b>	<b>战略规划转型</b>	数字化愿景
		商业敏捷性
		投资战略模型
	<b>组织结构变革</b>	组织在线化
		敏捷团队
	<b>企业文化重塑</b>	企业文化建设
人才培育创新		
<b>工业互联网驱动的产品服务创新</b>	<b>网络化的设计创新资源</b>	分布式研发设计体系
		在线协作的研发设计过程
		平台化的研发设计管理
	<b>数据驱动的产品研发策划</b>	产品需求精准洞察
		基于数据分析的产品规划
	<b>数字化的产品研发设计</b>	产品数字化设计
		产品模型仿真验证
	<b>智能化的产品及服务</b>	数字化产品服务体验
		预测性维护
		远程服务
产品追溯		
<b>工业互联网驱动的生产运营优化</b>	<b>生产系统全生命周期优化</b>	生产系统设计与仿真
		生产系统构建与调试
		生产系统维护
		生产系统管理
	<b>数字化技术驱动的先进制造</b>	工艺数字化设计
		基于智能技术的辅助制造
	<b>智能化生产管控</b>	计划排程数字化
		生产调度动态化
		生产监控可视化
		物料信息可追踪
		质量控制实时化

		设备运维智能化
		能耗排放高效化
	<b>智能化运营管理</b>	知识管理集成化
		财务管理精准化
		项目管理动态化
		人力资源管理
		数字办公
	<b>柔性化供应</b>	快速物流
		智能仓储
		精准库存
		供应链及时响应
	<b>数据驱动的智能营销</b>	市场精准分析预测
		基于数据驱动的营销决策
	<b>工业互联网驱动的商业模式变革</b>	<b>个性化定制</b>
<b>网络化协同</b>		协同设计
		协同制造
<b>分享制造</b>		制造能力交易
		设备租赁共享
<b>供应链金融</b>		融资贷款
		设备保险

一级指标确定评估的类别，二级指标确定评估的维度，三级指标则是企业的各个业务环节。通过评估企业在各个三级指标上工业互联网应用水平，分析企业二级指标和一级指标的成熟度等级，最后综合分析得到企业工业互联网应用成熟度等级。

## （二）成熟度评估等级

基于工业互联网的应用情况，对每个评估指标成熟度进行了等级划分。

### 1、智能工业设备

#### （1）智能化产线与设备

智能化产线与设备是指企业内部实现了智能化改造升



级的产线与设备的比例。能力等级如下：

1 级	企业仅有不到 20%的产线与设备实现了智能化
2 级	企业 20%-40%的产线与设备实现了智能化
3 级	企业 40%-60%的产线与设备实现了智能化
4 级	企业大部分的产线与设备实现了智能化
5 级	企业产线与设备已经基本全部实现了智能化

## (2) 智能传感与控制设备

智能传感与控制设备是指其在企业全部业务流程中的覆盖率。能力等级如下：

1 级	智能传感与控制设备在全部业务流程的覆盖率不到 20%
2 级	智能传感与控制设备在全部业务流程的覆盖率为 20%-40%
3 级	智能传感与控制设备在全部业务流程的覆盖率为 40%-60%
4 级	智能传感与控制设备在全部业务流程的覆盖率为 60%-80%
5 级	智能传感与控制设备在全部业务流程的覆盖率达到 80%以上

## (3) 智能物流与仓储设备

智能物流与仓储设备是指其在企业内部的覆盖率。能力等级如下：

1 级	智能物流与仓储设备在企业内部的覆盖率不到 20%
2 级	智能物流与仓储设备在企业内部的覆盖率为 21%-40%
3 级	智能物流与仓储设备在企业内部的覆盖率为 41%-60%
4 级	智能物流与仓储设备在企业内部的覆盖率为 61%-80%
5 级	智能物流与仓储设备在企业内部的覆盖率达到 80%以上

## (4) 智能检测设备

智能检测设备是指其在企业内部检测环节的覆盖率。能力等级如下：

1 级	智能检测设备在企业内部检测环节的覆盖率不到 20%
2 级	智能检测设备在企业内部检测环节的覆盖率为 20%–40%
3 级	智能检测设备在企业内部检测环节的覆盖率为 40%–60%
4 级	智能检测设备在企业内部检测环节的覆盖率为 60%–80%
5 级	智能检测设备在企业内部检测环节的覆盖率达到 80%以上

## 2、高效工业软件

### (5) 研发设计软件部署

研发设计软件部署是指在研发设计环节，高效工业软件的应用覆盖率。能力等级如下：

1 级	在研发设计环节，高效工业软件的应用覆盖率不到 20%
2 级	在研发设计环节，高效工业软件的应用覆盖率为 20%–40%
3 级	在研发设计环节，高效工业软件的应用覆盖率为 40%–60%
4 级	在研发设计环节，高效工业软件的应用覆盖率为 60%–80%
5 级	在研发设计环节，高效工业软件的应用覆盖率达到 80%以上

### (6) 生产管控软件部署

生产管控软件部署是指在生产管控环节，高效工业软件的应用覆盖率。能力等级如下：

1 级	在生产管控环节，高效工业软件的应用覆盖率不到 20%
2 级	在生产管控环节，高效工业软件的应用覆盖率为 20%–40%
3 级	在生产管控环节，高效工业软件的应用覆盖率为 40%–60%
4 级	在生产管控环节，高效工业软件的应用覆盖率为 60%–80%
5 级	在生产管控环节，高效工业软件的应用覆盖率达到 80%以上

### (7) 经营管理软件部署

经营管理软件部署是指在经营管理环节，高效工业软件的应用覆盖率。能力等级如下：

1 级	在经营管理环节，高效工业软件的应用覆盖率不到 20%
2 级	在经营管理环节，高效工业软件的应用覆盖率为 20%-40%
3 级	在经营管理环节，高效工业软件的应用覆盖率为 40%-60%
4 级	在经营管理环节，高效工业软件的应用覆盖率为 60%-80%
5 级	在经营管理环节，高效工业软件的应用覆盖率达到 80%以上

### 3、集成分析平台

#### (8) 泛在连接

泛在连接是指平台对设备、软件、人员等各类生产要素数据的全面采集能力。能力等级如下：

1 级	能够连接企业不到 20%的各类生产要素
2 级	能够连接企业 20%-40%的各类生产要素
3 级	能够连接企业 40%-60%的各类生产要素
4 级	能够连接企业 60%-80%的各类生产要素
5 级	能够连接企业 80%以上的各类生产要素

#### (9) 数据管理

数据管理是指平台对企业经营与管理过程中的海量数据所具备的传输、存储、清洗、集成应用等能力水平。能力等级如下：

2 级	能够对生产经营和运营管理过程中产生的海量数据进行传输与存储
3 级	能够对海量数据进行清洗、集成、可视化等处理工作
4 级	能实现基于云计算架构的数据库集成应用
5 级	基于云平台和边缘数据处理系统，实现了数据分析管理的边云协同

#### (10) 分析建模

分析建模是指平台基于工业机理对数据进行分析、建模、学习训练、最终形成知识的过程。能力等级如下：

2 级	具备基于工业机理的数据分析能力
3 级	能够基于业务流程建立分析模型，基于数据学习与训练，诊断目前存在的问题
4 级	能够基于模型的优化和大数据分析等技术，总结企业生产经营、运营管理 etc 经验，形成知识
5 级	能够实现知识的固化、积累和复用，指导后续业务流程的进行

### (11) 应用开发

应用开发是指平台充分调动自身的功能模块及资源，提供开放的开发环境最终形成工业微服务组件库的过程。能力等级如下：

3 级	平台能够为企业内部的研发设计、生产运营等环节提供开放的应用开发环境
4 级	平台能够集成供应链上各企业的业务环节，为多个企业提供应用开发框架和开发工具
5 级	平台能够将相关的知识、经验等固化为可移植、可复用的工业微服务组件库，供开发者调用

## 4、互联互通网络

### (12) IT 网络覆盖

IT 网络覆盖是指企业用于连接信息系统与终端的数据通信网络的覆盖率情况。能力等级如下：

1 级	企业 IT 网络的覆盖率不到 20%
2 级	企业 IT 网络的覆盖率为 20%-40%
3 级	企业 IT 网络的覆盖率为 40%-60%
4 级	企业 IT 网络的覆盖率为 60%-80%
5 级	企业 IT 网络的覆盖率达到 80%以上

### (13) OT 网络覆盖

OT 网络覆盖是指企业用于连接生产现场设备与系统、实现自动控制的工业通讯网络的覆盖率情况。能力等级如下：

1 级	企业 OT 网络的覆盖率不到 20%
2 级	企业 OT 网络的覆盖率为 20%-40%
3 级	企业 OT 网络的覆盖率为 40%-60%
4 级	企业 OT 网络的覆盖率为 60%-80%
5 级	企业 OT 网络的覆盖率达到 80%以上

## 5、安全保障体系

### (14) 网络信息安全

网络信息安全是指企业针对网络设施和信息数据采取分区保护、加密、备份等技术手段，保护网络系统不受偶然或者恶意的原因而遭到破坏、更改、泄露，重点在于实现网络信息安全防护的自适应和自优化。能力等级如下：

1 级	企业意识到网络信息安全防护的重要性，有采取相应的安全技术措施进行防护的强烈意愿
2 级	企业通过信息化手段对网络信息进行监控，可以实时了解网络信息的运行状态
3 级	企业针对网络信息安全采取分区保护、加密、备份等技术措施，能够抵御相关的恶意攻击
4 级	企业通过网络信息安全认证，通过构建相关模型和数据分析，实现对潜在的不安全因素的自动识别和预警
5 级	能够基于大数据和人工智能等技术，实现网络信息安全防护的自适应和自优化，对潜在安全隐患自动解决

### (15) 设备设施安全

设备设施安全是指企业针对生产经营过程中的各种设

备设施制定安全防护措施、采取安全技术手段以保证设备设施的安全运行，重点在于与运维管理等系统集成，实现对潜在安全隐患的识别和预警。能力等级如下：

1 级	企业意识到设备设施安全防护的重要性，有采取相应的安全技术措施进行防护的强烈意愿，但尚未采取行动
2 级	企业针对关键的、核心业务流程的设备设施制定了安全措施，实施了电源保护、关键数据备份等安全技术手段
3 级	大部分的设备设施在安装、调试和使用，由相关技术部门协同生产部门制定安全操作流程，配套安全防护措施，采取防泄漏、电源保护以及冗余备份等安全技术手段
4 级	与设备设施运维管理等系统集成，通过设备设施运行数据的分析，监控运行状态，判断当前是否存在安全问题
5 级	基于大数据和人工智能等技术，实现对潜在安全隐患的识别和预警，保障安全生产的进行

## （16）安全管理机制

安全管理机制是指企业为保证生产经营活动的安全进行所做的关于设立安全管理岗位、建设安全管理制度以及安全应急响应机制等工作。能力等级如下：

1 级	企业意识到工业互联网安全保障体系的重要性，开始着手制定相应的规划方案，但尚未形成成果
2 级	企业开展了网络、信息、设备等方面的安全教育活动，提高员工的安全意识
3 级	企业设立了网络、设备、控制、数据等相关的安全管理岗位，定期开展安全检查
4 级	企业成立了专门负责安全管理的部门，建设安全管理制度，构建安全策略
5 级	企业建设了完善的网络、数据、控制、设备、应用等方面的安全应急

	响应机制，并应用于所有业务流程，通过预演练等方式验证安全机制可靠性
--	-----------------------------------

## 6、战略规划转型

### (17) 数字化愿景

数字化愿景是指企业为实现数字化转型所进行的路径规划、制度建设以及战略规划等工作情况。能力等级如下：

1 级	企业有强烈的数字化转型的意愿，并开始进行相应的准备活动
2 级	企业对于数字化转型有清晰的目标，并形成初步的发展路径和规划
3 级	企业针对数字化转型开展相关的建设活动，并建立和调整相关管理制度
4 级	企业针对自身的数字化转型需要制定数字化转型战略，指导企业日常业务环节的进行
5 级	数字化转型战略驱动企业取得更高的经济效益，成为企业发展的重要驱动力

### (18) 商业敏捷性

商业敏捷性是指企业在处理数字化转型项目时，对市场和客户的需求变化做出快速响应的能力水平。能力等级如下：

1 级	企业设置了处理数字化转型项目的专职岗位
2 级	企业成立了数字化转型专职部门，并由管理层人员分管
3 级	企业建立数字化转型项目集成处理分析平台，实时监控企业相关商业活动情况
4 级	企业在设计数字化转型项目时，具备充分的协调分析能力，能清晰了解项目的商业价值和依赖条件
5 级	企业进行数字化转型项目时，能快速对市场和客户的需求变化做出相应，并不断优化改善项目的进行过程

### (19) 投资战略模型



投资战略模型是指企业为保证数字化转型过程的顺利开展，所进行的有关资金调配、投资方案调整等工作，目的在于保证有充足的资金支撑数字化转型过程。能力等级如下：

1 级	企业认识到数字化转型需要充足资金支持，有改善资金投入的规划
2 级	企业制定数字化转型投资方案，支持数字化转型项目的进行
3 级	企业建立统一的数字化转型投资方案模型，统筹资金分配和流向
4 级	企业建立快速试错机制，利用风险投资模式开发新型的数字化转型项目
5 级	企业总结数字化转型项目的历史经验，建立数字化转型的投资战略模型，指导项目进行

## 7、组织结构变革

### (20) 组织在线化

组织在线化是指企业利用信息化手段实现组织关系、行为与业务的网络在线化，最终集成实现组织生态的在线化。能力等级如下：

1 级	企业意识到组织在线化的重要性，开始布置相关的在线化准备活动
2 级	企业利用信息化网络设施实现组织关系的在线化，可以迅速准确查找相关资源信息
3 级	通过专业级的企业邮箱、论坛等方式实现组织行为的在线化，帮助员工在线化进行相关活动
4 级	通过建立企业日志等方式实现组织业务的在线化，助力员工透明化的处理相关业务流程
5 级	企业整合组织关系、行为和业务等方面，统一集成实现组织生态的在线化，实现全新的工作方式

### (21) 敏捷团队



敏捷团队是指企业研发团队的员工可以基于市场与客户需求的导向，在各项目和部门间实现快速流动，以达到快速响应外界环境变化的目的。能力等级如下：

3级	企业员工在关键项目和核心部门之间进行流动，在多个研发队伍中承担任务
4级	企业员工能根据研发任务的需要，在所有的业务项目和业务部门之间均能实现快速的流转和任职
5级	企业研发团队能够以市场和客户需求为导向，快速响应外界环境条件的变化，作出快速决策

## 8、企业文化重塑

### (22) 企业文化建设

企业文化建设是指指企业文化相关的理念的形成、塑造、传播等过程，重点在于良好文化氛围的形成、支持重点业务工作的进行。能力等级如下：

1级	借助电子看板、网站社区等信息化途径进行企业文化的基本普及和推广工作，实现所有员工和管理层对企业文化的基本了解
2级	定期开展企业文化宣传讲座，能够帮助员工了解企业文化形成的过程和深刻含义
3级	建立了企业文化培训体系，能够帮助员工认同企业文化
4级	能够通过制定年度的企业文化建设计划，营造良好的企业文化氛围，支持重点业务工作的进行
5级	能够根据自身发展需求和员工需求指出未来文化建设方向，并通过各种渠道向社会传播

### (23) 人才培育创新

人才培育创新是指企业为培养人才所进行的设置激励

机制、开展技能培训、建立培养规划等工作情况。能力等级如下：

1 级	企业设置相应的激励机制，使员工能够充分投入工作，增强专业技能
2 级	企业定期开展数字化转型方面的技能培训和知识宣贯，提高员工工作能力
3 级	企业搭建员工能力评估分析的信息化系统，让员工了解自身的数字化工作能力水平
4 级	企业建立专门的人才梯度培养规划，根据员工能力阶段的不同提供不同的能力升级途径
5 级	企业能够激励员工自我提升，与企业的培养规划相结合，鼓励员工在更多领域提升工作能力

## 9、网络化的设计创新资源

### (24) 分布式研发设计体系

分布式研发设计体系是指企业可以根据研发需要，对所有的产品及服务进行异地协同研发，以充分调动各地的研发资源，提高研发设计效率。能力等级如下：

1 级	企业尚未建立分布式研发设计体系，所有产品及服务均在本地进行研发设计
2 级	企业开始着手进行分布式研发设计体系建立的准备工作，例如异地配备设施和相应研发团队等
3 级	企业的分布式研发设计体系处于初级建设阶段，部分核心产品及服务、业务流程实现了异地分布式研发
4 级	企业的分布式研发设计体系基本建成，可以覆盖绝大部分产品及服务、业务流程的设计过程
5 级	企业的分布式研发设计体系形成完善的管理机制，例如及时的沟通机制、问题反馈机制等，大大提高研发设计效率

## （25）在线协作的研发设计过程

在线协作的研发设计过程是指企业基于在线化的网络软件或平台、利用多种在线协作方式进行产品和服务的协作研发，以便充分调动研发资源。能力等级如下：

1 级	企业大部分产品及服务采用线下协作模式,较少涉及到在线化的协作方式
2 级	企业开始着手进行建立在线协作模式的准备工作,如设备上云、扩大网络设施覆盖率等
3 级	企业通过使用在线协助软件等方式实现部分产品及服务的协作式研发
4 级	企业建设有集成的在线协作平台,提供论坛、社区等多种在线协作方式,可以实现绝大部分产品及服务的协作式研发设计
5 级	企业能够实现在线协作平台不断更新优化,充分调动设计创新资源,使产品研发过程更加高效、可靠

## （26）平台化的研发设计管理

平台化的研发设计管理是指企业建立统一的管理体系和平台对研发项目进行集成管理，重点在于与产品运维等系统集成，实现项目的全生命周期管理。能力等级如下：

1 级	企业的研发设计过程尚未形成统一的管理体系,或管理手段比较落后,无法清晰的展现研发设计过程
2 级	企业研发项目可以进行单独的研发设计管理,彼此之间无法进行集成处理
3 级	企业建设或购买简单的研发设计管理软件,可以针对较为简单的研发项目进行集成管理
4 级	企业建设有集成的研发设计管理平台,可以实现所有研发项目的集成处理

5 级	与产品运维等系统集成,企业的研发设计管理平台可以实现项目的全生命周期管理
-----	--------------------------------------

## 10、数据驱动的产品研发策划

### (27) 产品需求精准洞察

产品需求精准洞察是指企业在产品全生命周期过程中准备把握客户的服务、使用、营销和购买等多方的需求,从而更好的进行产品设计,提高企业产品和服务的竞争力。能力等级如下:

1 级	在产品处在前期设计和策划阶段时,能够准确把握客户关于产品和服务本身特征和卖点的需求,如设计、包装、流程、功能等,并将需求转化到产品设计过程中
2 级	对于已经上市的产品,通过分析产品目前特性与满足客户需求之间的差距,实现对产品和服务的调整和优化
3 级	根据客户在产品使用或体验过程中的反馈数据,建立产品需求分析模型,根据历史数据发现产品使用中存在的问题
4 级	基于产品的属性、销售和使用等数据,建立产品需求的预测模型,对其进行分群刻画和数据挖掘,正确预测客户潜在的产品需求
5 级	结合易用性需求、友好性需求、流程性需求、售后服务响应需求、售后服务便利性等产品需求预测模型,实时优化产品创新方案

### (28) 基于数据分析的产品规划

基于数据分析的产品规划是指企业通过外部市场和技术洞察,制定出可以把握市场机会、满足客户需求的产品创新目标以及实现该目标的产品组合、产品与技术路线、具体产品定义、业务策略与资源计划。能力等级如下:

1 级	企业缺乏体系化的产品规划过程,无法较好的把握市场机会与风险、
-----	--------------------------------

	竞争对手等情况
2级	企业设立兼职人员，能够对与产品相关的竞争对手、相关技术趋势等信息进行初步调研和分析记录
3级	企业成立专门的产品规划团队，基于产品需求的把握，进一步的对产品市场细分、市场机会与风险等进行分析，判断产品规划过程中存在的问题
4级	企业能够基于自身技术实力和发展方向等条件，制定出能把握市场机会、满足客户需求的产品创新目标
5级	企业能够基于产品创新目标，制定相对应的产品组合、产品技术路线、具体产品定义以及业务策略与资源计划，促进产品规划向产品创新目标进行

## 11、数字化的产品研发设计

### (29) 产品数字化设计

产品数字化设计是指企业基于设计要求，利用数字化设计工具，完成产品结构与功能的概念设计和模型设计，重点在于实现基于数据驱动型的产品设计，辅助设计人员制定最佳的设计方案。能力等级如下：

1级	采用了数字化产品设计工具，实现了产品设计参数的可视化；
2级	将产品的工艺描述信息、制造属性信息和管理属性信息等集成到统一的实体模型上，实现产品定义数据信息的集成；
3级	基于设计数据，建立了设计审核模型，能够对设计方案的质量进行识别和判断；
4级	能够对当前设计状态与设计目标进行实时对比分析，动态监测产品设计过程，对设计可能出现的错误进行预警；
5级	根据产品的设计经验数据建立设计知识库，对于后续类似产品的设计过程提供参考，辅助形成最优的设计方案。

### (30) 产品模型仿真验证

产品模型仿真验证是指企业针对产品设计结果，利用数字化模拟仿真工具，对产品的性能指标进行多维度的分析仿真，验证设计结果的可靠性。仿真验证环节与产品设计环节高度融合，利用人工智能、大数据等技术可以辅助完成产品最佳设计方案的制定。能力等级如下：

1 级	采用了数字化模拟仿真工具,实现对产品的属性和功能等方面的分析仿真;
2 级	建立较完善的单元库和材料库,实现对产品多维度以及动态的分析仿真;
3 级	与设计系统实现良好集成,建立有先进的解法库,能高效、精确的模拟计算出产品设计中潜在的问题;
4 级	通过不断完善单元库、产品库、算法库等,能更加全面、更加精确的模拟产品的功能、性能及可靠性进行仿真,指导改进和优化设计方案
5 级	与设计系统高度融合,通过运用人工智能、大数据等技术,优化算法模块,实现智能仿真、实时仿真,指导找出产品设计的最佳方案;

## 12、智能化的产品及服务

### (31) 数字化产品服务体验

数字化产品服务体验是指企业基于数字化技术和平台提供产品和服务的虚拟体验，重点在于实现基于客户分群刻画的个性化服务体验和基于体验的反馈数据实时优化产品设计过程。能力等级如下：

1 级	企业缺乏相关的数字化体验技术与平台,只能在真实环境下通过预生产等方式实现产品和服务的体验过程
2 级	企业开始为构建数字化的产品服务体验做准备工作,可以利用数字化



	技术实现部分产品和服务的虚拟体验
3 级	企业建立了数字化体验平台,基于数字孪生等技术实现对所有产品和服务的功能性体验,实时感受产品和服务是否满足自身的需求
4 级	企业能够基于客户性格、地理位置、产品服务类型等数据,对客户进行群体细分与刻画,提供个性化的产品服务体验
5 级	企业能够集成产品研发设计环节与数字化体验环节,基于产品服务体验的反馈数据,实时优化设计过程

### (32) 预测性维护

预测性维护是指企业对产品运行状态、使用故障、售出位置等数据进行传输和分析,能够对产品进行远程诊断和维护等。重点在于集成远程的运维服务平台,建立产品专家库和专家咨询系统,基于历史数据的深度挖掘实现产品的智能运维。能力等级如下:

1 级	建立了规范、完善的产品服务制度,以信息系统管理产品运维信息,相关信息反馈给相应部门,指导其过程提升;
2 级	产品具备数据采集、通信等功能,能采集并传输产品使用状态、运行数据、产品故障、地理位置等信息;
3 级	产品具备数据采集、通信和远程控制等功能,能通过网络或平台发送远程指令灵活调整设备运行参数,建立有产品故障诊断知识库,能对产品进行日常运行维护、在线检测、远程诊断;
4 级	通过远程运维服务平台,对产品上传的数据进行有效筛选、梳理、存储与管理,并通过数据挖掘、分析,向用户提供日常运行维护、预测性维护、故障预警、运行优化、远程升级等服务。
5 级	基于智远程运维服务平台建有专家库和专家咨询系统,利用人工智能、大数据分析等技术,为产品的远程诊断提供智能决策支持,实现智能运维。

### (33) 远程服务

远程服务是指企业在产品售出后对客户所进行的一系列如送货上门、安装、调试、维修保证、技术培训等服务，具体涉及到实时显示产品售后信息、实时响应客户售后服务请求和集成产品远程运维平台，做到预测性维修，提前备好备品备件上门维修等。能力等级如下：

1 级	收集客户提出售后维修服务请求的时间节点、售后服务项目等数据信息，并采用报表、文档、日志等方式进行记录和存储
2 级	采集客户在使用产品过程中的反馈信息和售后维修服务请求信息，并对产品的质量信息和客户的个人信息进行集成处理，并通过信息化手段进行可视化展示
3 级	建立在线的信息化售后服务平台，监控并规范售后服务流程，基于地域和产品建立不同的售后服务体系，能够实现及时响应客户的售后服务请求
4 级	基于维修时间节点、维修项目、产品质量周期等历史维修信息建立产品使用状态预测模型，通过对历史数据的分析，可以预测用户产品使用状态、用户使用习惯等信息
5 级	基于大数据和人工智能等技术，结合客户信息数据和产品质量数据对模型进行深度挖掘训练，提前为客户进行备品备件，实现售后服务的精准化和智能化

### (34) 产品追溯

产品追溯是指对产品的生产、仓储、分销、物流运输、销售终端等各个环节的数据进行采集存储，实现来源可查、去向可追，责任可究，构成产品的生产、仓储、销售、流通和服务的一个全生命周期管理过程。能力等级如下：

1 级	通过数字编码、一维条码、二维码、RFID 标签等方式对产品进行标识，实现产品原料、生产、包装、仓储等环节流通信息的采集，并以
-----	--



	数字报表等方式呈现
2 级	对产品各个环节的流通数据进行集成和存储,并建立产品信息追溯可视化平台,实时监控产品行为或历史、使用或位置等数据
3 级	根据产品在销售、流通等环节的数据,分析查找出现质量、窜货、服务质量等问题的原因,
4 级	基于产品追溯数据,建立产品销售、流通、服务等环节的分析预测算法,预测产品流通中可能出现质量、窜货、伪造等问题
5 级	对产品追溯分析算法进行优化,提前预判可能出现的问题并给出解决方案

### 13、生产系统全生命周期优化

#### (35) 生产系统设计与仿真

生产系统设计与仿真是指对生产系统的各种生产设施以及劳动的状态与过程进行合理的配置分析与模拟仿真,使之形成一个协调、高效和经济的生产运作系统,具体包括生产过程的组织原则、设施布置、时间组织、组织形式和工作系统设计等内容。能力等级如下:

1 级	以设备作为规划的中心,利用设计软件,对生产系统平面布局进行规划;
2 级	综合考虑设备空间布置和生产过程的时间分配情况,利用三维设计软件,对生产系统进行建模,呈现生产系统三维参数信息;
3 级	全面植入精益的理念,利用软件进行工艺、产线和物流的仿真,以发现问题和验证 KPI;
4 级	应用专业的仿真系统进行布局规划和设计,并通过物理检测与试验进行验证,对可能出现的问题进行有效规避,实现设计优化;
5 级	充分考虑数据采集和传输的需要,通过产品仿真和生产仿真系统,实现研发、制造、客户体验等的虚实结合,获得最佳设计方案。

### (36) 生产系统构建与调试

生产系统构建与调试是指基于设计要求，对生产系统全流程进行构建、仿真、模拟与调试，验证设计的可行性，重点在于集成生产过程和运营维护的各种数据，对生产系统进行连续调试与重新配置。能力等级如下：

1 级	按照设计进行生产系统构建、调试，主要以建设和调试过程中出现的问题以及经验为导向；
2 级	在设计的基础上，对局部或关键环节进行仿真，进行功能验证、合理性验证；
3 级	对生产系统全流程进行仿真，验证可行性，降低设计错误带来的风险，缩短构建、调试周期；
4 级	运用虚拟现实技术对生产系统进行虚拟调试，模拟整个生产过程，进行提前编程和产品测试，对问题进行及时规避，优化生产过程参数；
5 级	集成应用运营维护数据，运用大数据分析，对生产系统进行重新调试、连续调试及重新配置，持续提升生产系统效率及敏捷性，以适应市场和供应链的变化。

### (37) 生产系统维护

生产系统维护是指通过信息化管理设备，对生产系统的运行状态实现全面监控，包括设备的运维管理环节。具体内容包括建立规范的生产系统维护制度、建立生产系统运行分析模型和基于大数据、人工智能等技术实现运行状态的自诊断、异常问题自预警和自调节等。能力等级如下：

1 级	建立规范的生产系统维护制度，配备生产系统异常看板，机修人员和领导可以直观及时了解生产系统状况；
2 级	通过信息化手段记录点检、保养、维修、备件等信息，制定科学的维

	护周期，实现预防性维护；
3级	实现重要关键环节的状态自感知，建立运行模型，并能进行诊断分析，及生产系统状态的预判，减少非计划停产；
4级	建立故障模型，通过随机算法将数据与机器出现问题时的数据模式进行比对，实现异常状态预警及自诊断，指导开展生产系统预测性维护；
5级	运用大数据及人工智能技术，实现生产系统的自学习、自调整、自适应。

### (38) 生产系统管理

生产系统管理是指通过采集生产系统运行和管理数据，实时监测生产系统运行状态和综合效率变化情况，与采购、销售等其他环节协同，基于运行模型的数据分析，能够对生产系统进行优化并使其作出相应的调整。能力等级如下：

1级	借助数据采集系统，采集生产系统运行和管理数据，并以图表等方式呈现；
2级	建立全生产系统的可视化监控系统，实现全生产系统运行状态的可视，并精准计算并显示全生产系统综合效率；
3级	建立数据分析模型，通过相关算法，对生产系统综合效率进行分析，实现生产系统运行优化，提升生产系统综合效率；
4级	建立全生产系统运行模型，并与采购、销售环节实现协同，对产量、产能进行预测，并对生产系统运行作出相应调整；
5级	通过对模型不断优化，结合人工智能技术，实现面对采购、生产、销售等各环节状况生产系统能作出自主决策。

## 14、数字化技术驱动的先进制造

### (39) 工艺数字化设计

工艺数字化设计是指采用数字化工艺设计工具，完成产品的工艺过程、加工方法、工装设备、材料定额、工时定额

等环节的确定和匹配。重点在于沉淀、积累和挖掘工艺设计知识，形成知识库，实现对工艺过程的持续优化。能力等级如下：

1 级	采用数字化工艺设计工具,实现了产品部分加工工艺路线与工序内容的可视化
2 级	建立企业级的工艺信息系统,实现产品工艺设计与管理的一体化,实现了产品全生命周期工艺可视的升级
3 级	与产品设计软件实现信息集成和过程集成,对工艺过程进行动态模拟,实现工艺过程异常问题的诊断
4 级	沉淀工艺设计经验和设计知识,建立完善的、标准统一的工艺知识库,实现基于工艺知识库的工艺设计与仿真,改进和优化工艺设计
5 级	通过与产品设计、制造等业务域协同,进行工艺过程持续改进,实现工艺设计的过程的动态优化,及时形成最佳工艺设计方案

#### (40) 基于智能技术的辅助制造

基于智能技术的辅助制造是指企业利用相应的计算机软件完成生产设备的管理、控制和操作,进而辅助完成产品的加工制造过程。辅助制造与工艺设计紧密结合,重点在于不断积累辅助制造过程中的工艺知识,自动生成最优的加工制造方案。能力等级如下：

1 级	通过信息化手段,模拟实时生产环境,对制造参数、制造流程等进行可视化
2 级	通过与工艺设计系统和制造系统的集成,实现了设计数据和模拟制造数据的交互
3 级	基于结构模型、产品生产流程和工艺流程,集成构建工艺库和知识库,通过模拟生产过程实现对制造过程问题进行识别和判断
4 级	通过实体模型与当前加工状态的对比分析与判断,智能预测工艺加工

	特征，优化加工参数
5级	通过对工艺库、知识库、材料库等动态更新，不断积累工艺知识，基于大数据、人工智能等自动生成制造方案

## 15、智能化生产管控

### (41) 计划排程数字化

计划排程数字化是指在企业生产能力的基础上，综合来自市场、物料、产能、工序流程、资金、管理体制、员工行为等多方面的因素，经过规划设计得出合理有效的生产计划。重点在于基于静态数据和动态数据的挖掘分析，实现自动化的智能排程，实现生产能力效率的最大化。能力等级如下：

1级	通过数字化报表、图像等方式展示排程计划数据，实现了生产排程的可视化
2级	对计划排程的实时数据进行梳理并可视化展示，各部门能及时直观的了解车间的作业计划、订单的生产计划、设备的产能负荷、库存的动态变化等信息
3级	对业务流程逻辑和排产经验进行集成，建立计划排程模型，根据生产需求，快速实现人员干预的半自动排程
4级	根据生产计划对排程流程进行模拟，预测排程完成的情况，对出现问题和不可行性进行预警
5级	基于产品、工艺、设备、生产日历等静态数据和库存、客户、订单等动态数据，结合排产结果的历史数据，优化排程算法，实现全自动智能排程，快速制定合理、优化的生产计划

### (42) 生产调度动态化

生产调度动态化是指企业组织生产计划的正常进行，具体包括全面监控生产进度、调配生产资源、解决生产过程问

题等，是完成产品加工制造的关键环节，可以与生产管理的其他环节进行协同控制，实现提高生产效率和管控产品质量等。能力等级如下：

1 级	采用报表、图表等方式对生产调度的计划进行展示
2 级	结合排班、零部件及在制品的进度数据，实现了对生产调度执行的全面可视化监控
3 级	建立了生产调度的分析模型，可以根据生产计划需求，进行生产资源的配置
4 级	根据给定的调度安排，能够对生产调度的结果进行模拟，预测可能出现的问题并预警
5 级	结合生产调度的历史经验数据优化调度分析算法，根据生产需求，调度系统能够实现生产调度的自决策

### （43）生产监控可视化

生产监控可视化是指企业可以利用信息化网络设施采集生产过程中的设备数据以及生产状态数据等，并可以通过数据的集成分析、深度挖掘和边缘计算等处理，动态监控生产运行过程，实现异常状态自预警和自调节。能力等级如下：

1 级	实现了设备全面联网，采集设备运行数据和生产状态数据，采用数据报表、图像等方式进行监控
2 级	对生产过程各环节的数据进行集成，采用组态软件或虚拟现实技术，实现了生产现场的可视化监控
3 级	能够对采集的数据进行分析，发现对生产运行中出现问题的关联原因
4 级	通过对加工状态、工艺参数、质量检测的历史经验数据进行分析，构建了生产监控数据模型，实现了对生产运行状态的智能感知，预测生产可能出现的问题
5 级	在数据采集的传感器、PLC、远程终端等设备进行边缘计算分析，通



过监控数据及时发现生产中可能出现的问题，并进行自调节

#### (44) 物料信息可追踪

物流信息可追踪是指在产品生产过程中对物料的存放、流动、状态以及工序方面的数据信息进行实时采集和分析，实现物料的位置识别、状态识别、自动输送、在线预警等，可以与生产过程协同，提高生产效率。能力等级如下：

1 级	实现了针对物料管理及追踪过程的空间位置、质量变化、状态变化等数据的采集和交换，并用图像或报表的方式进行数字化展示
2 级	针对物料管理及追踪过程中采集到的数据进行清洗、分类、存储与集成，能够实时确定所有物料位置变化和状态变化的情况，实现全面可视化
3 级	针对历史数据和实时采集到的数据建立分析模型，利用模型进行数据分析，能够实时判断物料管理及追踪过程中存在的问题
4 级	针对模型数据进行深度学习训练，并实时反馈数据分析结果，对管理过程中即将出现的问题实现自动预警
5 级	针对模型进行数据挖掘和算法优化，根据优化结果对物料管理及追踪过程进行调整，实现自动处理异常，提高管理效率

#### (45) 质量控制实时化

质量控制实时化是指通过监视产品质量形成过程，消除质量环上所有引起不合格或不满意效果的环节，以达到质量要求。具体是指通过对产品质量数据的采集和分析，建立质量预测分析模型，实时预测质量变化情况，并与生产过程协同，达到全面质量管理的目的。能力等级如下：

1 级	实现了生产过程部分环节的产品外观、尺寸、功能等质量数据的采集，并用质量报表等方式记录和展示
-----	---

2级	对产品在生产全过程中的质量数据进行采集和预处理,建立了质量监控系统或平台,实时监控产品质量的变化情况
3级	通过构建产品质量特征建立质量分析模型,对产品质量进行在线实时检测,识别产品质量问题
4级	基于抽查结果、工艺参数、不合格品数等历史质量数据,对分析模型进行学习训练,对可能出现的产品质量问题进行预警
5级	基于质量问题的预测结果和当前质量数据,实时分析评估产品质量变化情况,对可能出现的问题自动调整生产方案和工艺参数等

### (46) 设备运维智能化

设备运维智能化是指运用数字化和信息化管理手段,全面监测设备运行状态,在设备的全生命周期管理过程中,达到远程监控、异常状态自预警和预测性维护的目的,重点在于采集和分析设备运行数据,智能预测设备运行状态和集成设备运维与生产系统运维过程。能力等级如下:

1级	能够通过传感器等设备采集设备日常运行中的各种数据,建立了规范的设备管理制度
2级	对设备全面实现数字化改造,实现数据的可视化,通过信息化手段实现设备的日常管理和维护
3级	实现了使用设备管理系统对设备进行全生命周期管理,能够对设备进行远程的实时监控和故障诊断
4级	基于设备历史的运行数据建立设备运行分析模型,实现设备运行状态的自感知,对可能发生的异常进行预警
5级	基于历史数据和实时数据,建立知识库,对设备运行分析模型进行优化,实现对设备的预测性维修

### (47) 能耗排放高效化

能耗排放高效化是指通过采集能耗数据与排放量数据,



实时监测企业生产过程的能耗效率变化情况，基于大数据、人工智能等技术辅助制定节能方案，反馈优化生产过程，同时与设备运维系统集成，智能控制设备处于最佳运行状态。能力等级如下：

1 级	能够利用现场仪器仪表或传感器对部分能耗数据和排放数据进行采集，能够通过数字化报表的形式展示
2 级	能够采集绝大部分能耗数据和排放量数据，并进行初步存储与分析，形成数据变化曲线，实现了能耗和排放的可视化监控
3 级	针对历史数据和实时采集到的数据建立诊断模型，通过数据分析实时判断能耗排放异常，并进行数据追踪
4 级	针对模型进行学习训练，实现能耗数据和排放数据的预测分析，并对可能出现的问题进行预警
5 级	根据数据对模型进行优化，动态分析评估能耗效率变化情况，辅助制定节能方案，不断优化调整耗能设备的运行状态

## 16、智能化运营管理

### (48) 知识管理集成化

知识管理集成化是指企业针对内部生产管理经验、相关的知识产权等一系列的新知识和新经验进行的定义、创建、传播和采用等活动。具体是指构建企业知识系统，让组织中的信息与知识，通过获得、创造、分享、整合、记录和更新等过程，达到知识不断创新的目的。能力等级如下：

1 级	对企业工艺文档、设计文档、作业指导书等相关文档信息数据进行梳理，并通过报表、图像、多媒体等方式进行存储和数字化展现
2 级	搭建了知识门户系统，对不同文档、生产管理经验、知识产权等进行了分类，并实现了知识经验和文档的在线浏览

3 级	根据已有的文档和生产管理经验，构建了知识库和专家库，并对生产作业和经营管理提供支撑
4 级	基于企业知识管理流程和方法，建立了文档分类和知识经验的管理系统，对生产和管理过程中的经验进行识别归档
5 级	结合知识管理历史经验数据，优化知识管理系统，基于生产管理的实时数据，实现了模型对有效知识数据的自筛选

### （49）财务管理精准化

财务管理精准化是指企业在一定的整体目标下，关于资产的购置、融通和经营中的现金流量、利润分配的管理所进行的一系列的工作，重点在于全面监控企业各种财务管理环节、基于财务管理数据预防财务风险等。能力等级如下：

1 级	财务数据以报表、图像等数字化方式呈现
2 级	对会计核算、企业投融资、财务分析等财务数据进行集成，实现了财务管理各环节的可视化管理和监控
3 级	结合会计核算、单据审核、财务收支等流程，建立企业的财务管理分析模型，根据财务数据，发现影响财务运作中存在的问题，为提升财务管理能力提供参考
4 级	根据企业财务管理历史数据，对财务模型展开训练，根据实时数据，预测可能存在的财务问题或风险
5 级	根据财务数据，对财务分析的算法和模型进行优化，并对可能出现的财务风险提出建议和决策

### （50）项目管理动态化

项目管理动态化是指企业内部的管理人员，在有限的资源约束下，运用系统的观点、方法和理论，对项目涉及的全部工作进行有效地管理，即从项目的投资决策开始到项目结束的全过程进行计划、组织、指挥、协调、控制和评价。项

目管理涉及的环节众多，可以帮助企业处理需要跨领域解决的复杂问题，并实现更高的运营效率。能力等级如下：

1 级	采用数字化报表呈现项目管理各环节的进度，实现项目管理信息共享
2 级	对项目规划与立项、计划与预算、执行跟进、项目后评估等环节数据进行了集成分析，可以对项目管理全流程可视化监控和跟踪
3 级	建立了项目管理流程的分析模型，对相关管理的相关环节进行分析，发现项目管理中存在的潜在问题，为优化管理提供依据
4 级	基于项目管理历史数据，展开对项目管理模型的学习训练，实现了对项目管理可能问题和风险的预测报警
5 级	结合企业管理流程和数据，优化项目管理分析模型，不仅能预估项目管理风险，还能根据风险类型和特点给出智能决策建议

### （51）人力资源管理

人力资源管理是指企业的一系列人力资源政策以及相应的管理活动，具体包括企业人力资源战略制定、员工招聘、绩效管理、薪酬管理、员工流动管理、员工关系管理、员工健康与安全等方面。人力资源管理在以上环节进行的计划、组织、指挥、控制和协调等一系列活动，最终目的是实现企业的发展目标。能力等级如下：

1 级	收集梳理招聘、绩效考核、员工关系等人力资源相关信息，采用报表或图像的形势，实现了不同环节数据的可视化呈现，提高了人力资源专员的工作效率
2 级	对不同人力资源管理信息进行分析集成，实现了人力资源管理全流程数据的可视化，为人力资源工作提供帮助
3 级	结合企业人力资源管理环节和流程，建立人力资源管理模型，通过分析绩效考核、薪酬待遇、招聘等数据信息，发现人力资源管理中存在的问题

4 级	结合人力资源管理的历史数据，对人资管理模型进行训练，并根据实时数据，实现了对人力资源管理各个环节的预测，能提前发现问题
5 级	结合人力资源管理的历史经验数据和实时数据，对人力资源管理的算法模型进行优化，对预测发现的问题给出决策建议

## (52) 数字办公

数字办公是指企业内部包括会议管理、文书档案管理、信访管理和后勤管理在内的一系列公务管理活动，重点在于实现企业办公管理的透明化和可视化，构建协同办公系统，形成安全、可靠和易用的文档一体化办公环境，同时可以根据实时数据进行办公流程的动态优化，实现异常问题的自预警。能力等级如下：

1 级	对企业不同公文的信息数据采用了电子报表的方式进行管理和存储
2 级	对企业公文收发与流转、文件报告草拟、制定计划、会议纪要等环节数据实现了集成分析，能够对办公管理的流程和环节实现可视化监控
3 级	根据企业办公管理的流程和环节，进行数据建模，能够分析各办公环节的信息数据，发现办公管理存在不足
4 级	基于办公管理的历史信息数据，对办公管理分析模型进行训练，并根据实时办公数据对公文发布、办公用品订购、会议室布置、电话处理等环节进行预测，提前做好准备
5 级	结合办公相关的数据和事件结果，优化办公管理的分析模型，能根据办公流程的实时动态信息，对可能出现的问题和风险进行预估，并给出相应解决方案

## 17、柔性化供应

### (53) 快速物流

快速物流是指企业的物流体系广泛应用信息技术，协同其他环节对物流要求做出及时响应，并顺利完成物流任务。

能力等级如下：

3 级	借助信息化系统、自动化设备，实现物流信息的实时跟踪可视，并能及时响应物流调度安排
4 级	能基于物流历史数据，分析预测可能出现的物流需求，提前做好物流准备
5 级	能够基于人工智能等先进技术，自动进行物流安排调度，及时完成物流响应

#### （54）智能仓储

智能仓储是指采用智能化设备和信息化手段，实现仓储的运输自动化、监控可视化和信息化管理，并能根据实时突发状况，及时进行有效处理。能力等级如下：

1 级	对存品信息进行收集整理，利用信息化技术和自动化设备，实现了存品报表的数字化和智能化，帮助仓库管理人员对库存商品的全面、详细的控制和管理
2 级	结合存品的数据，对出入库、仓库管理人员绩效等相关数据进行集成分析，实现了存货的计划、组织、引导和控制等存货监控和管理全面可视
3 级	结合企业的特点和管理方式，建立了存品监控和管理的数据分析模型，通过模型分析，发现存品管理问题的制约因素，为优化仓储管理提供参考
4 级	基于存品在仓储中流动、进出数据，预测仓储管理中可能出现的问题并提前预警
5 级	基于算法优化、人工智能等技术，实现了仓库内作业的全面自动化，并能根据实时突发状况，进行全自动无人化及时处理

## (55) 精准库存

精准库存是指实时采集、记录和存储库存数据并分析其变化趋势，结合生产、销售等环节的变化情况，及时调整库存存量，同时借助人工智能、大数据分析的等技术，提前预测库存动态，为库存管理提供参考。能力等级如下：

1 级	结合信息化系统或软件，及时统计并记录库存数据并进行可视化呈现
2 级	对实时库存数据进行采集和可视化展示，并与供应商、生产、仓储、销售等供应链各环节进行库存信息共享，为库存管理提供支撑
3 级	结合库存变化数据，分析供应链各环节变化对库存的影响，通过数据分析，找出影响库存的关键因素
4 级	建立了库存预测模型，并根据供应链各环节数据，预测库存动态变化趋势，为库存管理提供参考
5 级	实现了全供应链协同和信息共享，能根据库存变化，及时对供应链各环节进行自动调控，将库存控制在期望范围

## (56) 供应链及时响应

供应链及时响应是指企业的供应链借助信息化手段，实现了与供应商、经销商、客户之间的数据流动和信息共享，并能及时响应市场及客户需求变化。能力等级如下：

4 级	通过信息化系统实现了企业与供应商、经销商、客户之间的数据共享，实现了供应链协同能力
5 级	对供应商、经销商、客户等外部数据进行分析挖掘，提升了企业对市场的响应能力，缩短交货周期、提高库存资金周转率，提高客户满意率

## 18、数据驱动的智能营销

### (57) 基于数据驱动营销决策



基于数据驱动的营销决策是指企业基于营销数据的分析挖掘客户的需求，不断改善营销策略、优化营销方案，重点在于基于客户分类的结果实现自动化推荐。能力等级如下：

1 级	对产品交易、客户行为、客户反馈等营销数据进行集成分析，为企业整体决策提供参考，通过仪表盘等可视方式输出给其他应用程序或业务流程，并实现了移动在线可视
2 级	结合历史营销数据，分析不同营销策略的效果，为改进优化营销策略提供参考
3 级	建立了营销分析模型，根据历史数据和实时营销数据，挖掘客户需求
4 级	通过营销模型和算法，根据实时营销数据，预测不同营销策略的效果，选择优化营销方案
5 级	建立了营销分析模型，基于人工智能技术，进行客户自动化分类并自动化推荐

### (58) 市场精准分析预测

市场精准分析预测是指企业基于市场数据建立决策分析模型，分析市场管理中的各种问题，实现对未来市场趋势的预测和市场风险的预警。能力等级如下：

3 级	对市场分布、产品需求量、产品价格等市场数据进行分析决策，并以数据统计表或统计图形式展示
4 级	结合决策分析流程和方法，建立整体决策分析模型，并根据提供的数据，分析企业市场开拓和管理中的问题，挖掘潜在关联因素
5 级	基于市场分析模型，根据企业市场客户管理的实时数据，能够进行趋势预测或风险预警

## 19、个性化定制

### (59) 按需定制

按需定制是指企业能够借助工业互联网平台，打通供给和需求两侧的数据，建立个性化产品数据库，以消费者需求驱动生产经营活动，提供个性化定制服务。能力等级如下：

3 级	建有基于互联网的个性化定制服务平台，建有个性化产品数据库，通过定制参数选择、三维数字建模、虚拟现实或增强现实等方式，实现与用户深度交互，快速生成产品定制方案
4 级	个性化定制平台与企业研发设计、计划排产、柔性制造、营销管理、供应链管理、物流配送和售后服务等数字化制造系统实现协同与集成，实现敏捷生产、敏捷供应链管理、敏捷配送
5 级	依托工业互联网平台打通消费与生产数据，以消费者需求驱动研发设计、物料采购、计划排产、生产制造与运营管理，开展云制造、智能排产、柔性制造、定制生产等应用，实现按需定制、体验式消费新模式，提升用户满意度、扩大产品种类

## 20、网络化协同

### (60) 协同设计

协同设计是指企业与企业之间，通过工业互联网平台实现研发设计环节的协同与集成，重点在于实现研发设计数据的统一集成，可以有效缩短产品设计周期，提升研发设计效率。能力等级如下：

3 级	通过协同设计软件或平台，实现跨企业的文件传输、图档存储、网络图库等数据共享协同及息互发，可视化等信息交流协同
4 级	通过标准的、开放的、可扩展的协同设计平台，支持图纸设计及项目流程管理，实现跨企业实时协同设计
5 级	依托工业互联网平台整合研发设计数据，实现企业间研发系统的协同与集成，利用云化研发设计软件和计算资源开展产品研发、工艺设计，实现研发设计数据的统一集成，提升研发设计效率



## (61) 协同制造

协同制造是指依托工业互联网平台，实现产业链上下游企业间生产经营数据和客户需求数据的互联互通，实现内部生产计划与外部供应计划衔接，形成网络化协同的生产组织模式。能力等级如下：

3 级	通过信息化手段对产业链上下游的物料、仓储、物流和客户需求等数据进行采集，实现供应链上下游供给、生产、需求等信息的跨企业可视
4 级	构建数据通道，实现企业内部生产、仓储等系统与供应商、客户系统实现集成，运用先进数据分析工具，及时调整排产、调整采购计划、优化生产等
5 级	依托工业互联网平台，开展质量优化、供应链优化、供应链早期介入、原材料价格实时反馈等建设，实现产业链上下游企业间的物料、仓储、物流和客户需求等数据的互联互通，实现产业链上下游企业信息自动共享和反馈，实现内部生产计划与外部供应计划衔接，提升生产效率，降低企业成本

## 21、分享制造

### (62) 制造能力交易

制造能力交易是指企业借助工业互联网平台将各种设备设施等闲置的生产能力对外开放和交易，提高生产制造能力的利用率。能力等级如下：

5 级	通过设备联网，智能产能分析，实时识别感知和预测生产系统的运行情况和利用率，通过工业互联网平台将企业包括设备、人才、新信息基础设施等在内的闲置生产能力对外发布、开放、交易
-----	--

### (63) 设备租赁共享

设备租赁共享是指企业借助工业互联网平台发布租赁需求或提供设备租赁给其他企业，降低设备闲置率。能力等级如下：

5 级	通过工业互联网平台发布设备需求、租赁使用设备，在联网开机加工时进行计时计费，实现按需付费、分时租赁共享
-----	---

## 22、供应链金融

### (64) 融资贷款

融资贷款是指通过工业互联网平台集成管理产业链上下游各企业间资金流动数据，基于企业的信用评估结果提供风险程度最低的融资贷款等金融服务。能力等级如下：

4 级	依托工业互联网平台，采集企业生产经营数据、设备运行等数据，运用大数据分析，为金融机构提供评估支撑，提高融资效率
5 级	通过装备互联、数据融合等手段集成管理产业链上下游各企业间的资金流动情况，将单个企业面临的金融风险转化到产业链整体可控的金融风险，建立基于大数据的企业信用评估，提供风险程度最低的融资贷款等金融服务

### (65) 设备保险

设备保险是指通过工业互联网平台对设备设施的运行数据进行分析，基于分析结果提供保险服务。能力等级如下：

5 级	依托工业互联网平台，将设备联网，采集设备运行工况等数据，运用大数据分析，为保险系统综合评估提供依据，进行设备保险
-----	--

## (三) 后期研究计划和安排

### 1、评估权重设置

本白皮书提出的工业互联网应用成熟度评估模型更加

侧重于评估企业各业务环节的应用水平，但不同指标在工业互联网应用中的重要程度不尽相同，因此需要根据各级指标在评估中的重要性设置权重，以体现评估体系的准确性和科学性。

后期评估研究团队也将采用专家法、问卷调查法和试评估结果反馈法相结合的方式，确定各级评估指标的权重值。

## **2、企业试评估**

根据评估模型和体系，研究编制评估问卷，邀请工业互联网产业联盟成员进行评估试用和意见反馈，同时在一些有需求地区的不同行业中进行评估，检验评估效果，并根据反馈结果优化评估体系。

## **3、推进建设在线评估平台**

研究团队将基于本评估体系，建设在线评估平台，为企业提供实时和在线的评估服务，并及时输出评估结果。通过评估结果可视化、行业发展现状、区域整体水平、发展建议等模块让企业了解自身发展水平，让业界了解工业互联网应用的整体现状。

## 四、国内外相关成熟度评估模型的理论研究

本白皮书提出的工业互联网成熟度评估模型研究充分借鉴了国内外相关的成熟度评估模型的研究理论，现将主要的四个成熟度评估模型进行简要介绍。

### （一）软件能力成熟度评估模型

1987年美国卡耐基·梅隆大学软件工程学院发布软件能力成熟度模型（Capability Maturity Model for Software），简称SW—CMM。该模型是对企业在定义、实施、度量、控制和改善其软件开发过程的实践中各个发展阶段的描述，侧重于软件开发过程中的管理能力和工程能力的提高与评估。SW—CMM把软件能力成熟度分为五个等级，分别为初始级、可重复级、已定义级、已管理级、优化级，通过出版基本成熟度问卷，协助企业判断自身软件工程的发展等级，确定提升改进的路径。SW—CMM各等级之间的进化关系如下图所示。

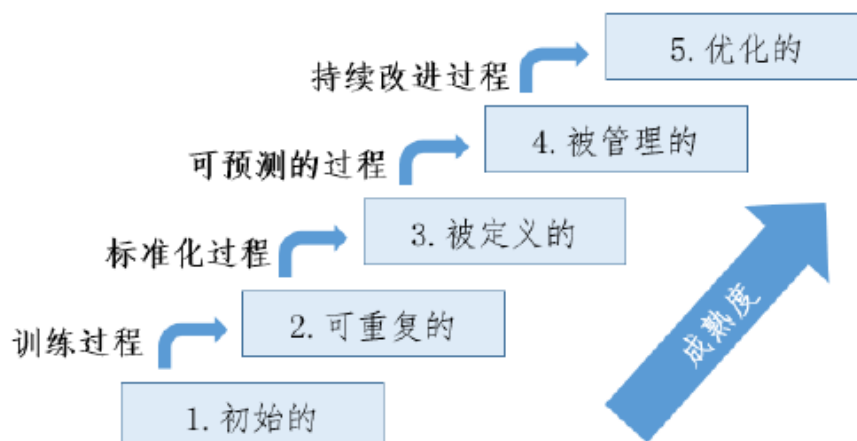


图 4 SW-CMM 模型成熟度等级

SW—CMM虽是用于评估软件开发过程能力成熟度的模型，

但其所提出的逐级发展的成熟度等级和阶梯式的发展框架得到了广泛应用，已经成为其他行业的能力成熟度模型的基本内容。

2000年，针对各种专业化的能力成熟度模型，卡耐基·梅隆大学软件工程学院进一步提出能力成熟度模型集成（Capability Maturity Model Integration）框架，简称CMMI。CMMI框架集成了包括软件工程（SW-CMM）、系统工程（SE-CMM）、集成产品与过程开发（IPPD-CMM）、采购（SS-CMM）等在内的多个模型，可用于指导企业内部跨项目、跨部门或者整个组织的过程改进。

## （二）工业 4.0 就绪度模型

2015年10月，为加快推进工业4.0的实施落地，以德国机械设备制造业联合会（VDMA）为主的德国工业4.0工作组发布《工业4.0就绪度》报告，提出工业4.0就绪度模型，该模型提出代表企业工业4.0发展阶段的六个等级，分别是未规划级、初始级、中间级、熟练级、专家级、行业顶尖级；同时确定评估的六个维度，分别为战略和组织、智能工厂、智能运营、智能产品、数据驱动型服务和员工等，可进一步分解为18个二级量化指标，模型具体结构如下图所示。



图 5 工业 4.0 就绪度模型

工业 4.0 就绪度模型因涉及维度较为全面，操作较为简单，已经开展在线自评测验验证，目前已经有几百家企业参与评测，并得到相应的评估和诊断报告。

### （三）工业 4.0 成熟度指数模型

2017年4月，在德国国家科学与工程院的推动下，亚琛工业大学、德国人工智能研究中心和弗朗恩霍夫研究院等合作联合推出《工业 4.0 成熟度指数》报告，提出工业 4.0 成熟度指数模型，将工业 4.0 的发展路径分为六个逐步递进的发展等级，分别为计算机化、连接性、可见性、透明度、预测能力和自适应。该模型根据“生产和管理框架”将企业分解为企业架构、企业流程和企业发展，同时进一步将企业架构解构为资源、信息系统、文化和组织架构等四个结构性领域，将企业流程解构为开发、生产、物流、服务和营销等五个功能性领域，将企业发展解构为战略和运营发展，该模型具体分析架构如下图所示。

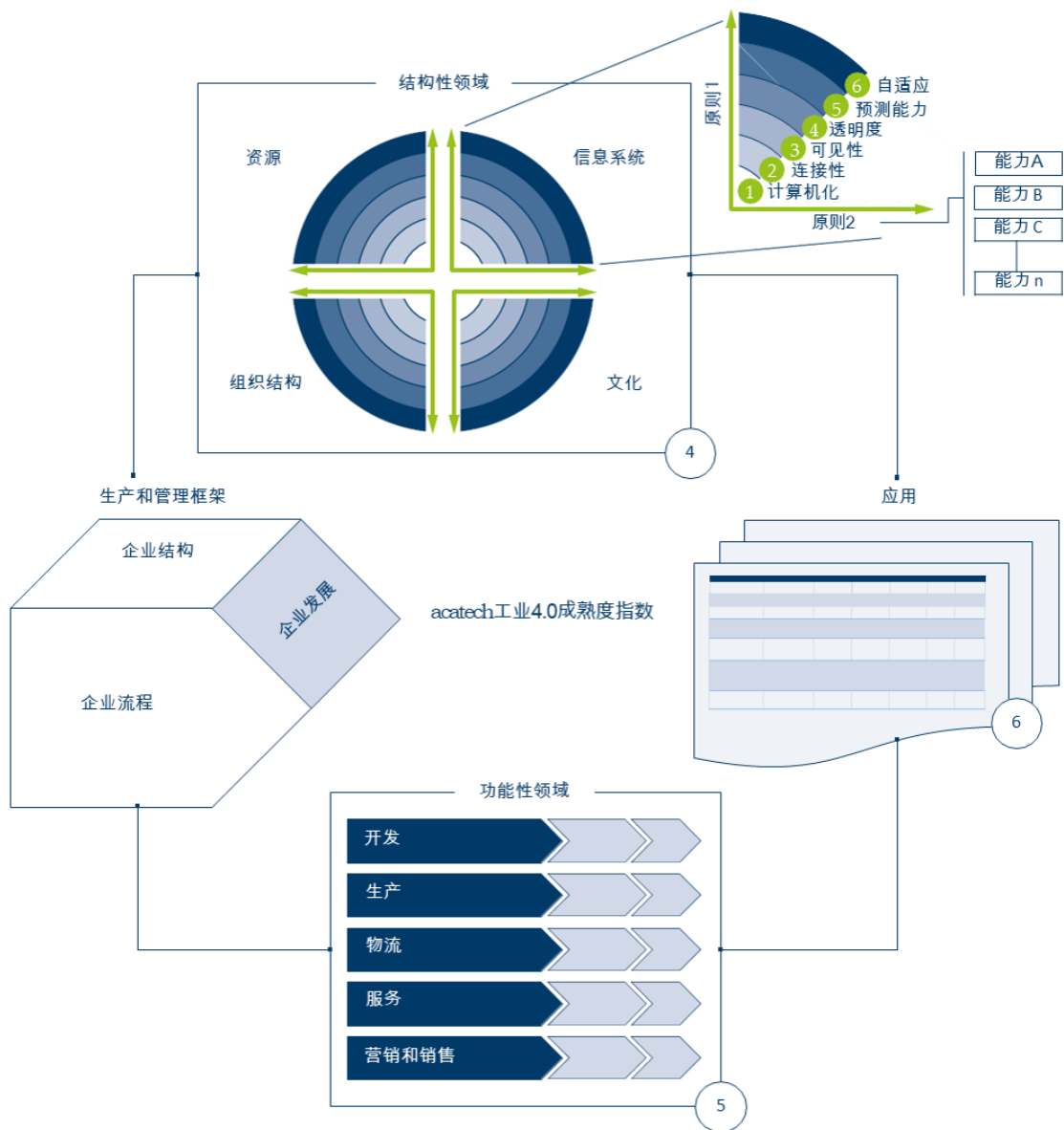


图 6 工业 4.0 成熟度指数模型

在具体应用工业 4.0 成熟度指数模型时，针对四个结构领域进行评估，同时每个结构领域包含若干个性能评估指标，每个评估指标从五个功能领域分别进行六个发展等级的考察评估，通过统计调查问卷和对企业流程运作的现场评估的方式统计企业得分情况，帮助企业判断当前的工业 4.0 成熟度阶段，识别现阶段最需要发展的能力，最后制定必要的行



动措施。工业4.0成熟度指数模型为企业向学习型、敏捷型企业转变提供了指导，可用于制定适应各家企业所需的数字化路线图。

#### （四）工业互联网成熟度评估模型 1.0 版本

我国工业互联网产业联盟于2017年2月发布《工业互联网成熟度评估白皮书1.0》，此白皮书基于工业互联网的体系架构，提出互联互通、综合集成和数据分析利用三大核心要素，针对离散型和流程型制造企业分别提炼总结出11个和10个关键能力，并针对性提出三级评估指标，形成评估的量化指标体系，形成一套相对完整的评估模型，该模型的核心要素和关键能力表示如下图所示。

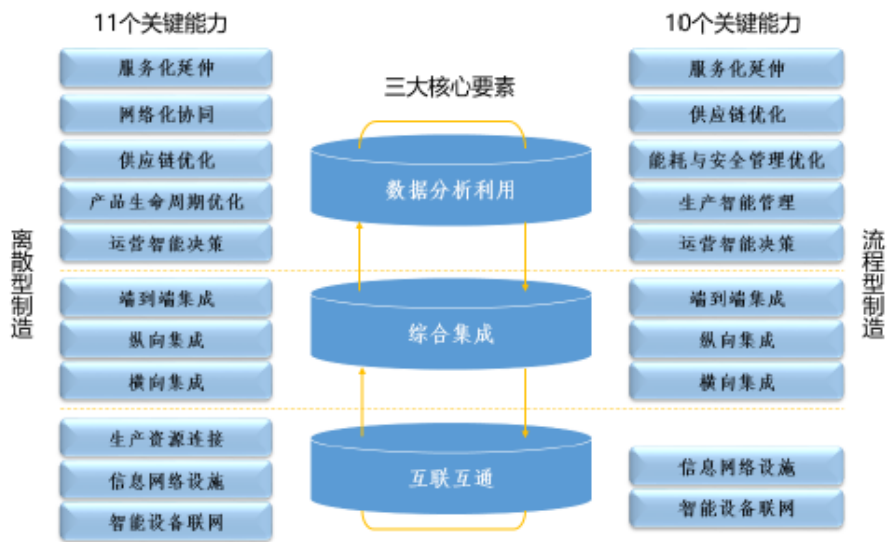


图 7 工业互联网成熟度评估模型 1.0 版本

目前基于该模型已经开展了在线评估验证，既可以评估企业工业互联网总体成熟度水平，也可以评估企业在三个核心要素上的单项能力水平，还可用于对比分析离散型和流程



型企业在工业互联网建设方面的发展水平差异。

1.0 版本的工业互联网成熟度评估模型更为侧重工业互联网的平台架构，且需要针对离散型和流程型企业设置不同的评估入口，本白皮书则更加聚焦工业企业应用本身，围绕企业的产品设计、生产、经营、资产管理、服务、协同等业务环节，综合评估企业工业互联网整体应用水平，而且将离散型和流程型企业的业务环节综合集成，形成一个统一通用的评估模型，具有更普遍的适用性。

## 参考文献

1. 《INDUSTRIE 4.0 READINESS》，德国机械设备制造业联合会 (VDMA)，2015
2. 《Industrie 4.0 Maturity Index》，德国国家科学与工程院，2017
3. 《工业互联网成熟度评估白皮书 (1.0 版)》，工业互联网产业联盟 (All)，2017
4. 《2018 年工业互联网试点示范项目要素条件》，工业和信息化部，2018
5. 《工业互联网网络连接白皮书 (1.0 版)》，工业互联网产业联盟，2018
6. Menon K, Kärkkäinen H, Lasrado L A. Towards a Maturity Modeling Approach for the Implementation of Industrial Internet[C]//PACIS. 2016: 38.
7. De Carolis A, Macchi M, Kulvatunyou B, et al. Maturity models and tools for enabling Smart Manufacturing Systems: comparison and reflections for future developments[C]//IFIP International Conference on Product Lifecycle Management. Springer, Cham, 2017: 23-35.
8. Lu Y, Morris K C, Frechette S. Current standards landscape for smart manufacturing systems[J]. National Institute of Standards and Technology, NISTIR, 2016, 8107: 39.
9. K. Lichtblau, V. Stich, R. Bertenrath, M. Blum, M. Bleider, A. Millack, K. Schmitt, E. Schmitz, and M. Schröter, “IMPULS - Industrie 4.0-

Readiness,” Impuls-Stiftung des VDMA, Aachen-Köln, 2015.

10. Schumacher A, Erol S, Sihn W. A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises[J]. Procedia CIRP, 2016, 52: 161-166.