

智能制造发展指数报告(2021)

基于《智能制造能力成熟度模型》国家标准的应用分析

编写单位：中国电子技术标准化研究院



前言..... 1



一、智能制造发展现状..... 2



二、智能制造发展态势..... 15



三、未来展望..... 29

前言

“十三五”期间，工业和信息化部会同相关部门，通过试点示范应用、系统解决方案供应商培育、标准体系建设等多措并举，形成了央地紧密配合、多方协同推进的工作格局，我国智能制造发展取得长足进步。2021 年 12 月，工业和信息化部等八部门联合印发《“十四五”智能制造发展规划》，明确提出了“到 2025 年，智能制造能力成熟度水平明显提升”的转型升级目标，并指出“建立长效评价机制，鼓励第三方机构开展智能制造能力成熟度评估，研究发布行业和区域智能制造发展指数。”《智能制造能力成熟度模型》（GB/T 39116-2020）是在工业和信息化部、国家市场监督管理总局的指导下于 2021 年 5 月正式发布实施的国家标准，目前在全国大部分区域开展标准应用推广工作，已在 31 个行业大类、31 个省市自治区中开展了智能制造能力成熟度自诊断工作，为制造企业提升智能制造能力、主管部门了解产业发展现状提供了重要参考。

《智能制造发展指数报告（2021）》基于两项国家标准，结合智能制造评估评价公共服务平台 20000 多家制造企业数据，综合分析目前我国智能制造发展现状和态势，仅供社会各界参考。

一、智能制造发展现状

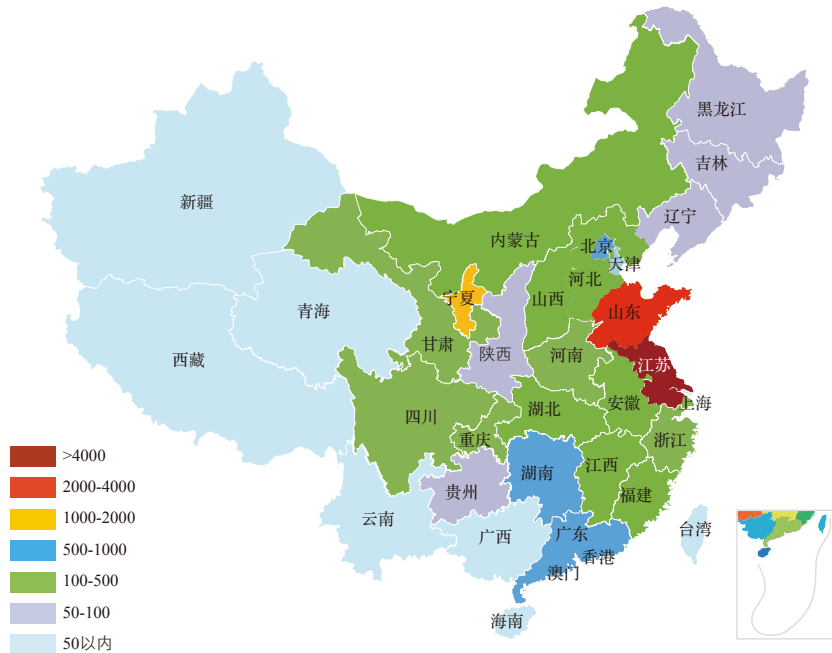


图 1 全国智能制造能力成熟度自诊断企业分布

截至 2021 年 12 月，全国 **20000** 多家企业通过平台开展智能制造能力成熟度自诊断，江苏、山东、北京、宁夏、陕西、江西等工业和信息化主管部门高度重视，有效推动标准应用。通过对自诊断数据进行分析，以期反映现阶段我国智能制造的发展情况。

从区域参与度来看，江苏、山东、宁夏、北京、广东等地区积极落地，其中江苏有 4654 家参加自诊断、山东有 2753 多企业参与，宁夏有 1108 家企业参与，北京市、广东省、湖南省自诊断企业数量超过 500 家，安徽、福建、江西自诊断企业数量超过 300 家。

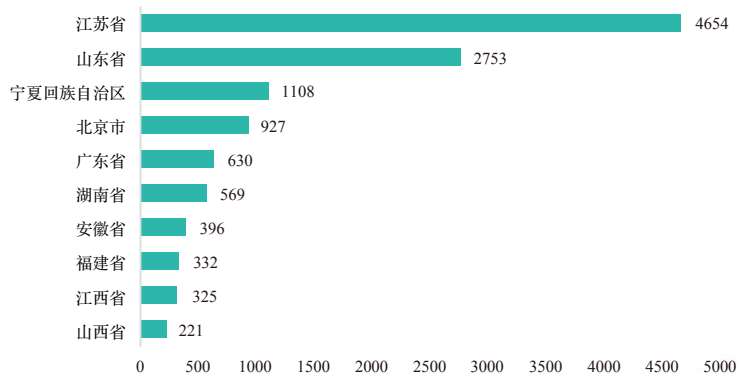


图 2 全国智能制造能力成熟度自诊断企业数量 TOP10 地区

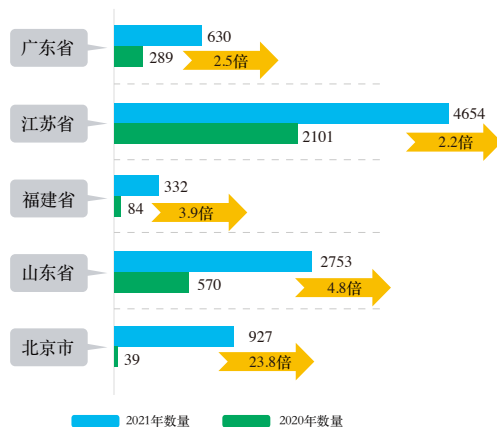


图 3 全国智能制造能力成熟度自诊断企业增量 TOP 5

从区域参与增长率来看，2021 年深圳、江苏、福建、山东以及北京市鼓励企业开展标准应用，辖区内完成智能制造能力成熟度自诊断企业数量较 2020 年度有显著提升，增速位居全国前列。

（一）全国整体情况

根据智能制造评估评价公共服务平台数据显示，目前我国 69% 的制造企业处于一级及以下水平，达到二级、三级的制造企业分别占比为 15% 以及 7%，四级及以上制造企业占比达 9%。多数企业仍处于智能化转型初期，龙头企业智能化成效显著，带动行业整体水平稳步提升。

整体来看，2021 年全国制造业智能制造能力成熟度较 2020 年有所提升，一级及以下的低成熟度企业占比减少 6 个百分点，三级以上的高成熟度企业数量增加了 5 个百分点。

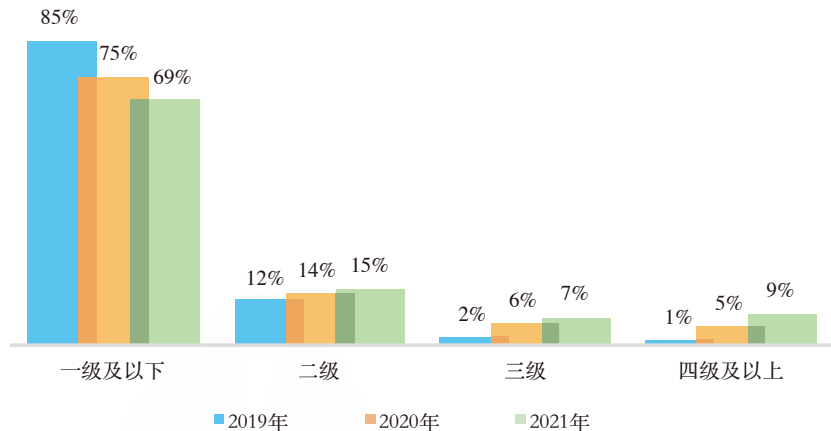


图 4 全国智能制造能力成熟度水平（2019–2021）

（二）区域发展情况

全国省级参与智能制造能力成熟度自评且达到成熟度二级及以上的企业数量排名（2021年），如下表所示：

序号	省份	区域内达到二级及以上企业数量
1	江苏省	1233
2	山东省	966
3	广东省	371
4	湖南省	313
5	安徽省	222
6	北京市	202
7	江西省	180
8	浙江省	135
9	湖北省	134
10	宁夏回族自治区	131
11	福建省	112
12	河北省	110
13	上海市	84
14	河南省	79
15	重庆市	77
16	陕西省	70

序号	省份	区域内达到二级及以上企业数量
17	山西省	69
18	四川省	63
19	辽宁省	56
20	内蒙古自治区	50
21	黑龙江省	47
22	吉林省	38
23	甘肃省	33
24	天津市	33
25	广西壮族自治区	32
26	新疆维吾尔自治区	26
27	云南省	11
28	贵州省	10
29	青海省	3
30	海南省	2
31	西藏自治区	1

全国城市级参与智能制造能力成熟度自评且达到成熟度二级及以上的企业数量排名（2021 年），TOP50 城市如下表所示：

序号	城市	区域内达到二级及以上企业数量
1	无锡	630
2	长沙	253
3	苏州	248
4	深圳	236
5	北京	202
6	东营	152
7	青岛	127
8	济宁	100
9	常州	87
10	上海	84
11	重庆	74
12	宿迁	69
13	潍坊	65
14	德州	64
14	泰州	64
16	淄博	62
17	临沂	58
17	威海	58
19	济南	57
20	滁州	56
21	杭州	52
22	厦门	49
22	泰安	49
24	芜湖	47
25	吴忠	44
26	烟台	40

序号	城市	区域内达到二级及以上企业数量
26	银川	40
28	马鞍山	38
29	武汉	35
29	枣庄	35
31	西安	34
32	天津	33
33	上饶	32
33	徐州	32
35	菏泽	31
36	惠州	31
36	石嘴山	31
38	株洲	29
39	滨州	28
39	合肥	28
41	成都	27
41	广州	27
41	宁波	27
44	九江	26
45	长春	25
46	南京	24
47	聊城	23
48	石家庄	22
48	镇江	22
50	大连	21
50	南昌	21

（三）不同行业智能制造发展水平不均衡

从行业来看，离散型制造业的成熟度水平整体高于流程型制造业。离散型制造企业一级及以下占比约为 67.1%，低于流程型制造企业的 72.2%，处于二级、三级的离散型制造企业占比较流程型制造企业高出 2.5 个百分点，处于四级及以上的离散型制造企业数量较流程型制造企业高出 2.7 个百分点。

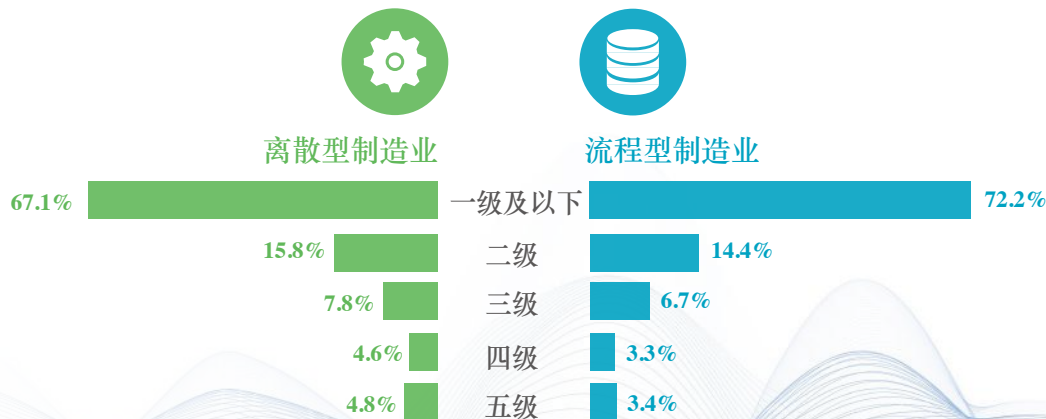


图 5 离散型制造业与流程型制造业智能制造成熟度等级对比图

离散型和流程型各能力子域得分对比

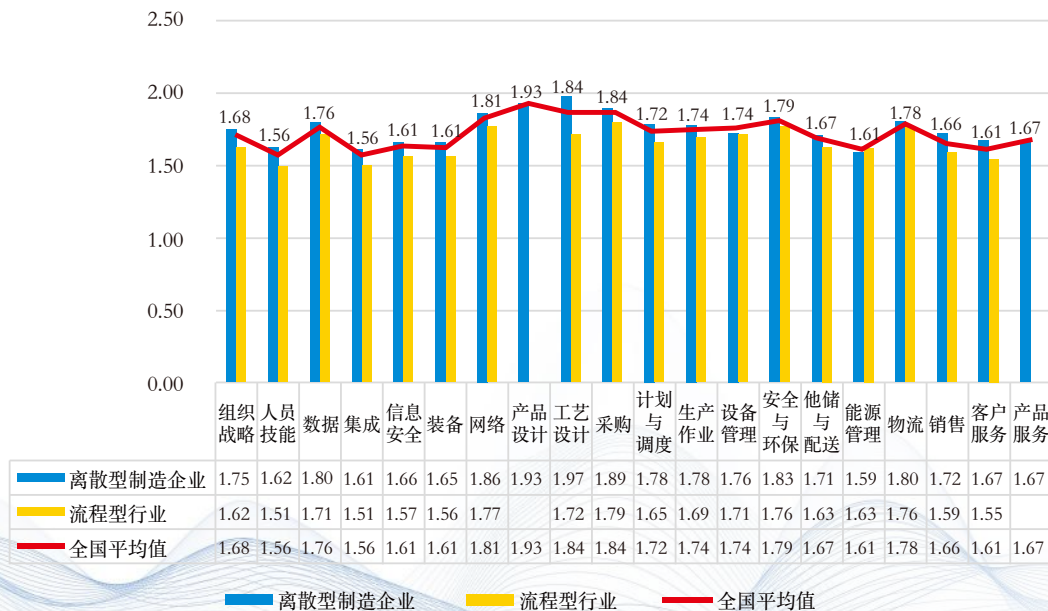


图 6 离散型与流程型各能力域得分对比图

为确保数据分析结果有效，本报告选取了自诊断数量 300 家以上行业，作为数据样本进行综合分析。结果显示计算机电子设备、汽车、电器、食品、医药、专用设备制造、化学原料及制品、有色金属冶炼等行业的智能制造能力成熟度水平位居国内前列。行业 TOP 10 智能制造能力成熟度等级分布如图 7 所示。

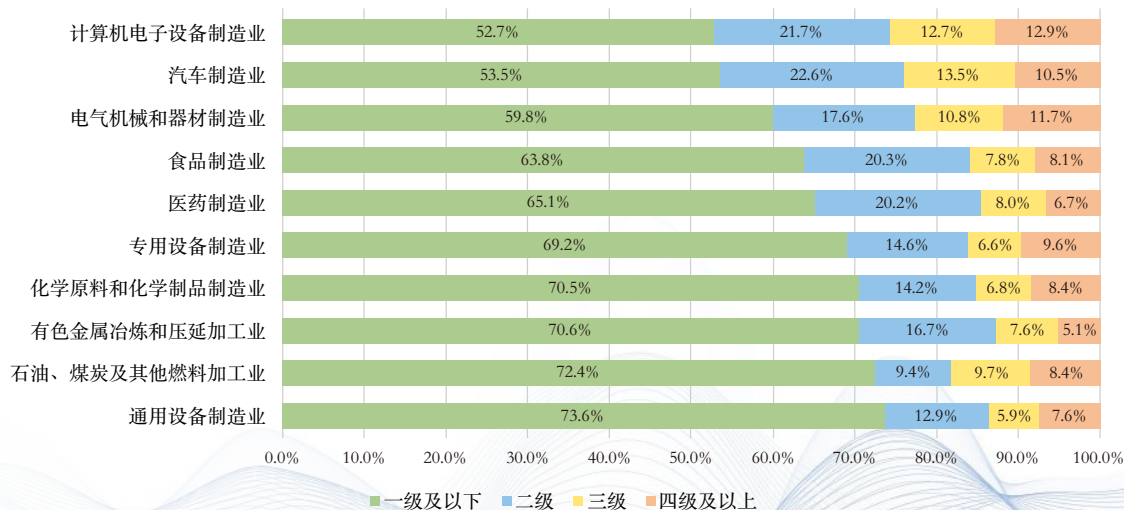


图 7 行业 TOP 10 智能制造能力成熟度等级分布

“十三五”期间，我国有序推进重点区域、重点行业实施智能化转型升级，从整体情况看，2021 年全国重点行业智能制造能力成熟度水平较 2020 年均有所提高，本报告选取《智能制造发展指数报告（2020）》中重点行业数据以及 2021 年重点行业数据进行对比分析。结果显示**通用设备制造业、电气机械和器材制造业、电子制造业、专用设备制造业**智能制造能力成熟度水平提高显著，一级及以下企业数量占比较 2020 年降低 7-9 个百分点；**纺织业、铁路船舶轨道交通业**（37- 铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业）一级及以下企业数量占比较 2020 年降低 2-3 个百分点；**汽车制造业**一级及以下企业数量占比较 2020 年降低 1.41 个百分点、**金属制品业**一级及以下企业数量占比较 2020 年降低 1.41 个百分点，整体提速较为缓慢。

行业分类	通用设备制造业		
	2021 年	2020 年	差值
一级及以下	73.65%	83.30%	▼ -9.65%
二级	12.85%	10.70%	▲ 2.15%
三级	5.90%	3.40%	▲ 2.50%
四级及以上	7.60%	2.60%	▲ 5.00%

行业分类	电气机械和器材制造业		
	2021 年	2020 年	差值
一级及以下	59.81%	67.00%	▼ -7.19%
二级	17.62%	14.80%	▲ 2.82%
三级	10.81%	9.60%	▲ 1.21%
四级及以上	11.75%	8.60%	▲ 3.15%

行业分类	计算机、通信和其他电子设备制造业		
	2021 年	2020 年	差值
一级及以下	52.70%	59.80%	▼ -7.10%
二级	21.67%	16.50%	▲ 5.17%
三级	12.73%	12.00%	▲ 0.73%
四级及以上	12.90%	11.70%	▲ 1.20%

行业分类	专用设备制造业		
	2021 年	2020 年	差值
一级及以下	69.18%	76.50%	▼ -7.32%
二级	14.58%	11.70%	▲ 2.88%
三级	6.62%	6.40%	▲ 0.22%
四级及以上	9.62%	5.40%	▲ 4.22%

行业分类	纺织业		
	2021 年	2020 年	差值
一级及以下	73.95%	77.92%	▼ -3.96%
二级	12.17%	10.42%	▲ 1.75%
三级	5.32%	4.58%	▲ 0.74%
四级及以上	8.56%	7.08%	▲ 1.47%

行业分类	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业		
	2021 年	2020 年	差值
一级及以下	58.80%	60.87%	▼ -2.07%
二级	20.60%	14.78%	▲ 5.82%
三级	10.73%	10.43%	▲ 0.29%
四级及以上	9.87%	13.91%	▼ -4.04%

行业分类	汽车制造业		
	2021 年	2020 年	差值
一级及以下	53.49%	54.90%	▼ -1.41%
二级	22.58%	21.70%	▲ 0.88%
三级	13.47%	13.10%	▲ 0.37%
四级及以上	10.47%	10.30%	▲ 0.17%

行业分类	金属制造业		
	2021 年	2020 年	差值
一级及以下	78.13%	78.48%	■ -0.35%
二级	11.73%	11.08%	▲ 0.65%
三级	5.14%	6.01%	▼ -0.87%
四级及以上	5.01%	4.43%	▲ 0.58%

（四）中小企业智能制造发展情况

中小企业是中国国民经济发展中不可或缺的组成部分，是推动国民经济发展，促进社会稳定的基础力量。中国中小企业数量大，发展速度快，但在发展过程中存在很多问题，尤其是中小微制造企业发展主要存在以下方面的情况：

一是整体处于智能化转型初级阶段

本次完成智能制造能力成熟度自诊断的企业中，中小微企业^①数量占比达 88.64%，全国一级及以下水平的企业中有 95.09% 是中小微企业，各能力域水平平均低于全国均值。中小企业数字化转型中的主要困境是大部分中小企业尚未建立智能制造人才培养体系，在生产、营销、运营、管理等环节都存在较大差距，制约企业智能化转型升级速度。

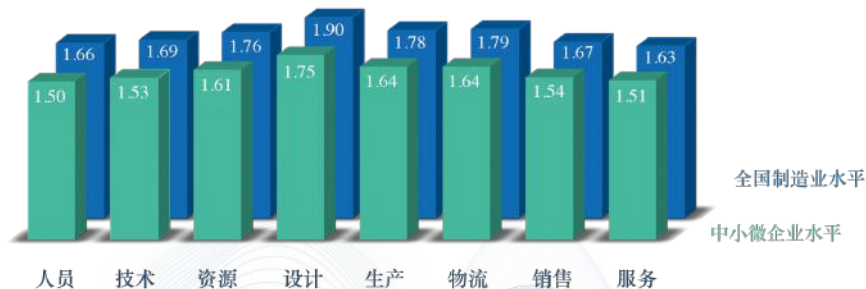


图 8 中小企业各能力域得分对比

①根据《中小企业划型标准规定》（工信部联企业〔2011〕300号），对于工业领域中小企业划行标准为：从业人员 1000 人以下或营业收入 40000 万元以下的为中小微型企业。

二是研发、营销与服务协作成为中小微企业新的发力点

基于数据统计分析显示，当前全国中小型制造企业设计、物流领域业务覆盖占比分别达到 68.37% 和 51.80%；销售、服务领域业务覆盖占比分别达到 81.08% 和 70.07%。随着国家出台促进中小企业高质量发展政策和扶持力度的加大，我国中小型制造企业除注重“生产制造”环节外，更加专注于产品（工艺）设计研发、营销以及服务能力提升，走“专精特新”和与大型企业协作配套发展的道路，以支撑产业链补链延链固链、提升产业链供应链稳定性和竞争力。

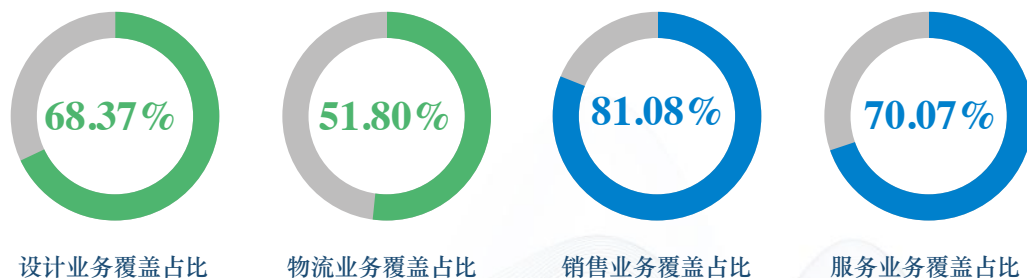


图 9 中小企业业务覆盖情况

三是中小型制造企业多处于产业链中下游，智能化升级面临诸多挑战

在中小企业中选取行业小类样本数量超过 100 家的行业进行统计分析，结果显示，大部分行业处于产业链中下游，议价能力不强，对原材料上涨成本压力的传导和消化能力比较弱。尤其是“后疫情时代”经济形势的转变，需求结构的变化、传统消费疲软、新经济业态的突现，增加了中小企业的挑战。参与自诊断的中小型制造企业中有 1240 家为“其他未列明制造业”，这部分企业若专注于细分赛道，以产品鲜明的行业特色换取细分领域中较高的市场份额不失为一种好的选择。

行业分类	企业数量
4190- 其他未列明制造业	1240
3670- 汽车零部件及配件制造	717
3499- 其他未列明通用设备制造业	222
3311- 金属结构制造	217
3990- 其他电子设备制造	176
1830- 服饰制造	138
2929- 塑料零件及其他塑料制品制造	137
3831- 电线、电缆制造	121
3484- 机械零部件加工	121
2319- 包装装潢及其他印刷	119
3130- 钢压延加工	119
2511- 原油加工及石油制品制造	118
1711- 棉纺纱加工	116
3511- 矿山机械制造	110
3591- 环境保护专用设备制造	106
2614- 有机化学原料制造	106

二、智能制造发展态势

(一) 四个重点领域

1. 装备制造领域

装备制造领域具有研发技术壁垒高、客户定制化需求多、售后运维成本高、上下游产业关联度高以及应用领域广泛等特点。根据平台数据分析结果显示，装备制造业 65% 的企业开展了基于三维模型的数字化设计，13% 的企业提供了产品的远程运维服务，10% 的企业建立了产品的个性化定制平台。

装备制造领域

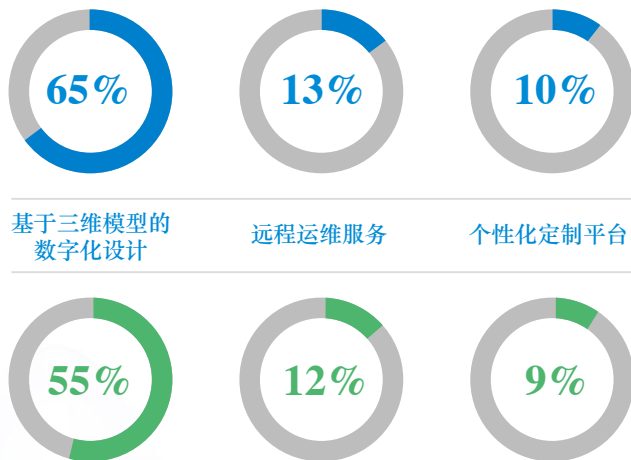


图 10 装备制造领域关键指标分析

提高装备制造业智能制造能力成熟度水平的实施路径：

使用 MBD 技术实现装备的参数化、模块化设计，推进装备的数字孪生建设与应用，持续提高产品全生命周期运行效率。鼓励企业建成产品远程运维平台，提升产品远程诊断、故障预警和预测性维护等服务能力。提高产品直通率，有效缩短产品研发周期、客户交期达成率，降低单台制造运营成本。

2. 电子信息领域

电子信息领域对装备自动化程度要求偏高，对质量过程管控严格，具有信息系统覆盖广泛、生产运营管理高效等特点。根据平台数据分析结果显示，电子信息产业中 18% 的企业搭建了专用网络环境，42% 的企业实现工业信息安全防护，35% 的企业在质量检测环节应用了在线检测平台，37% 的企业应用了自动化物流设备，7% 的企业实现了生产智能运营决策。

提高电子信息制造领域智能制造能力成熟度水平的实施路径：

电子信息制造业应以提高生产效率和产品良率、缩短研制周期为目标，建立复杂电磁环境下的企业通信网络和主动安全防护系统，实现企业内数据可靠传输；推进电子产品专用智能制造装备与自动化装配线的集成应用；开发智能检测设备与产品一体化测试平台；建设智能物流配送系统，优化生产经营决策系统。



图 11 电子信息制造领域关键指标

3. 原材料领域

原材料领域具有大型制造装备密集、能源消耗总量大、碳排放与污染物排放强度高、作业安全要求严格等特点。根据平台数据分析结果显示，原材料领域中企业能源管理平台应用率达 25%，碳排放统计率达 21%，11% 的企业针对大型制造设备进行预测性维护，11% 的企业实现供应链协同。

提高原材料领域智能制造能力成熟度水平的实施路径：

基于数字化模型实现制造工艺关键环节的仿真分析及迭代优化，建成全流程一体化管控平台开展工艺流程和参数的动态优化调整，实现工艺与制造全面协同。改善工艺和配方优化效率，提升生产效率，提高能源综合利用效率，降低设备运维成本、安全事故发生风险。

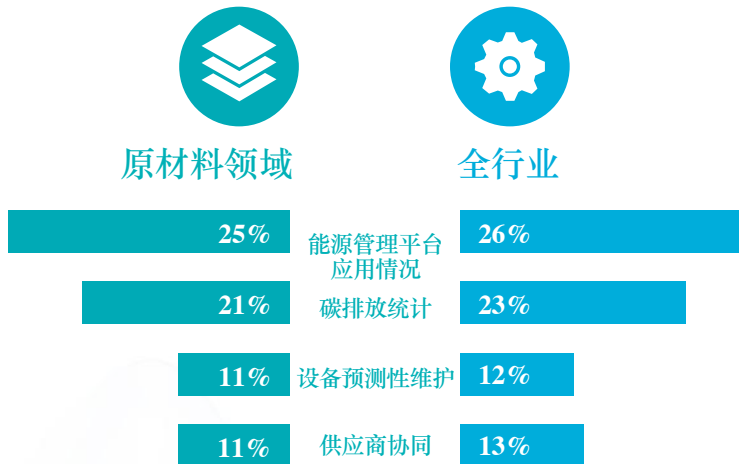


图 12 原材料领域关键指标

4. 消费品领域

消费品工业对质量控制要求严格、对供应链稳定需求迫切，具备丰富的市场营销渠道。根据平台数据分析结果显示，消费品工业中电子商务平台应用率为 11%，全流程质量追溯实现率达 14%，12% 的企业实现供应链协同。

提高消费品领域智能制造能力成熟度水平的实施路径：

建成产品设计云平台，提供满足个性化需求的产品定制设计，广泛开展大规模个性化定制模式。通过对消费品生产过程数据的实时监控，基于质量模型预测生产过程异常，实现消费品精细化质量管控，全面提升质量的可追溯性、提高产品一次性合格率。应用大数据、深度学习等技术进行销售预测，提高市场预测的精准性及客户满意度，降低营销成本。

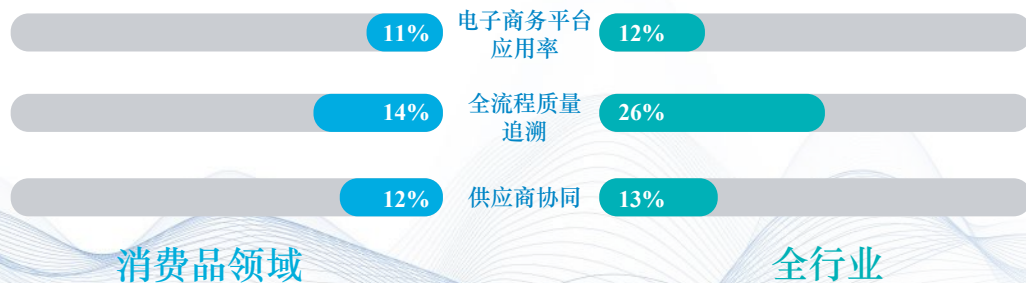


图 13 消费品领域关键指标

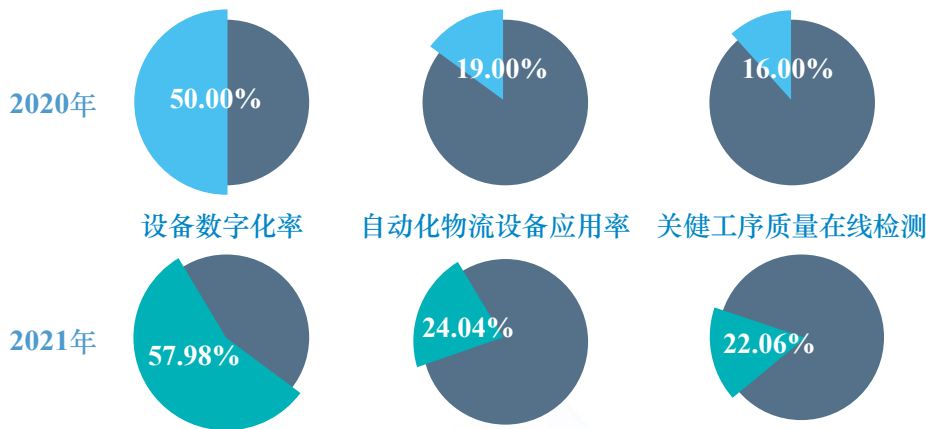


图 14 设备数字化

(二) 九大发展态势

1. 设备数字化率稳步提升

设备的自动化和数字化是企业实现智能制造的基础，根据平台数据分析结果显示，设备数字化率达 57.98%，较 2020 年提高近 8 个百分点；24.04% 的企业具备自动化物流设备，22.06% 的企业在关键工序实现质量在线检测。设备数字化率的提升，有利于企业提升生产制造效率。

2. 设备互联互通能力持续加强

车间是生产制造信息的重要载体，包含设备、工艺、质量、作业等相关基础资源，只有通过设备、质量、生产等环节信息采集与追溯，才能真正意义上实现车间各环节的数据互通。根据平台数据分析结果显示，企业实现设备联网和设备数据采集的达 28.78%，实现生产数据自动采集的达 40.18%，实现质量全流程追溯的仅有 16.97%。

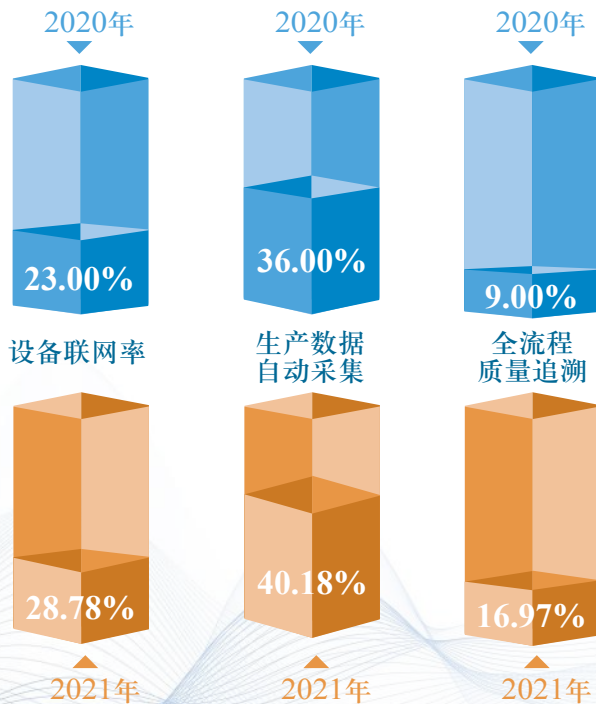


图 15 设备联网

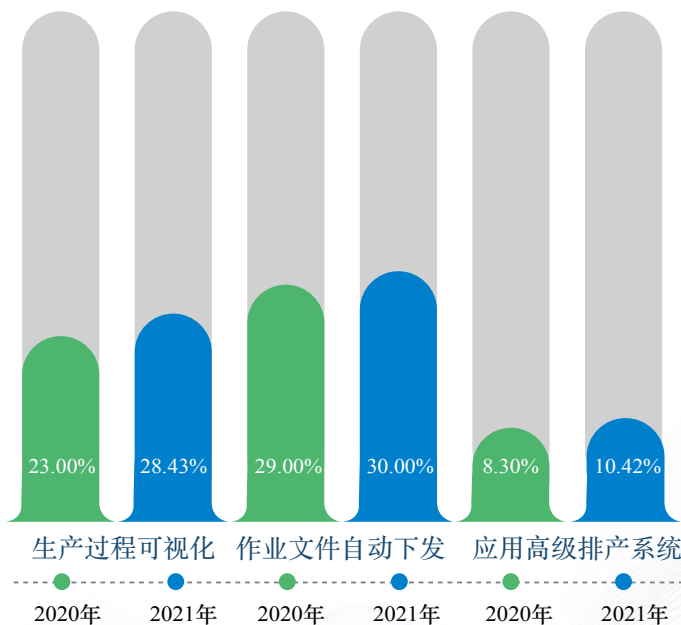


图 16 生产作业

3. 生产作业可视化程度有待进一步提高

生产过程的标准化、可视化和智能化是企业智能化改造和智能车间建设的重要目标，也是制约影响智能车间投资效果的关键内容。根据平台数据分析结果显示，28.43% 的企业实现了生产过程可视，30% 的企业实现标准化作业文件的自动下发，10.42% 的企业应用了高级排产系统。

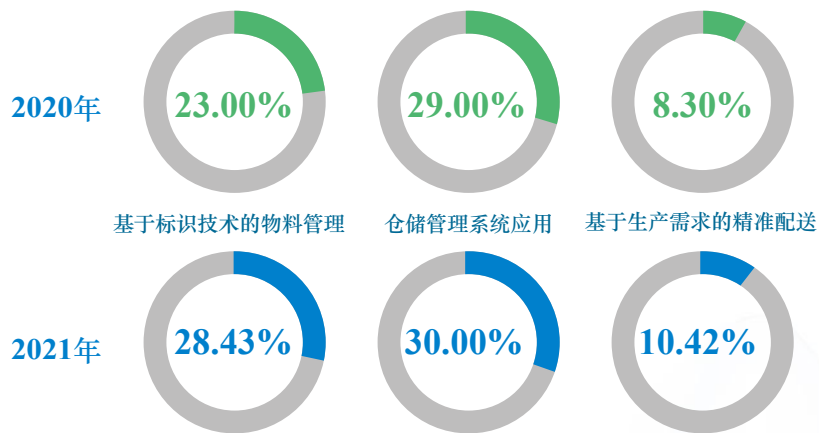


图 17 智能仓储

4. 智能仓储应用场景逐渐普及

面向原料、半成品、成品仓储管控环节，依托仓储物流管理系统或平台等解决方案，借助于条形码、二维码、无线射频等标识技术，能够实现自动出入库、自动运输、配送过程监控，可有效提高配送效率、降低库存量。根据平台数据分析结果显示，28.43% 的企业应用了基于标识技术的物料管理方式，仓储管理系统应用率达 30%，10.42% 的企业实现了基于生产需求的精准配送。

5. 数字化研发设计能力稳步提升

面向产品研发设计环节，依托计算机辅助设计、试验仿真系统、协同研发系统或平台，应用基于模型的定义、知识工程等技术，能够实现产品快速设计、缩短研发周期、降低研发成本，提高研发的效率和质量。根据平台数据分析结果显示，目前数字化研发工具已在企业得到了普遍应用，由 2020 年的 73% 提高至 89%，30% 的企业应用了数字化设计建模仿真技术，55% 的企业实现基于三维模型的设计，32% 的企业建立了典型组件和设计知识库并有效应用。

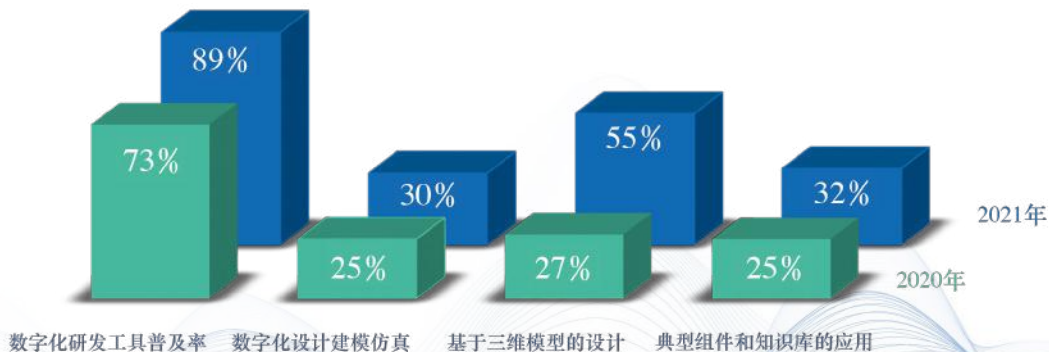


图 18 数字化设计

6. 系统集成与数据互联仍是高成熟度提升关键点

系统集成和数据互联是企业迈向成熟度三级的关键特征。根据平台数据分析结果显示，20.77% 的企业制定了完整的系统集成架构和规范，仅有 12.77% 的企业能够实现设计、生产、物流、销售和服务全业务的集成。企业集成需求旺盛，普遍存在技术水平低、人员能力弱、资金投入大等问题，难以实现互联互通，或制约企业向高成熟度阶段迈进。

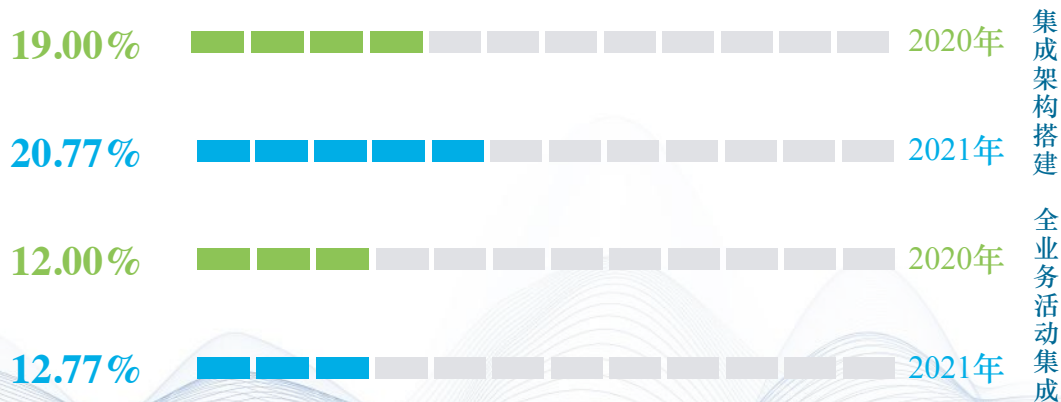


图 19 应用集成

目前已有 75% 的企业实现了部门内的数据共享，但在数据分析利用率方面仍处于起步阶段，14% 的企业采用了大数据平台，12% 的企业基于模型开展数据分析及应用，仅有 5% 的企业实现了智能决策。当前阶段，制造业实现基于数据驱动的精准决策仍面临巨大挑战。



图 20 数据应用

注：2021 年参与智能制造能力成熟度自诊断企业基数增加，但围绕大数据平台应用、基于模型开展数据分析及应用的企业增速较缓，导致全国整体实现比例有所下降。

7. 企业逐渐关注工业知识的积累和沉淀

构建企业知识库是经验萃取的过程，是对知识进行有效管理并合理利用的重要手段，通过知识的积累和增值，企业才能够不断进行企业管理、产品研发、市场拓展和客户服务的创新，持续提升企业核心竞争力。根据平台数据分析结果显示，31% 的企业注重智能制造领域的技术创新和管理创新，14% 的企业已经建立了企业知识库以及知识管理平台，对知识进行系统性管理；11% 的企业开始积累沉淀专家知识和经验并将其进行数字化和软件化，应用到业务活动中，以期减少经验流失和重复劳作，帮助企业解决经营管理中的复杂问题。

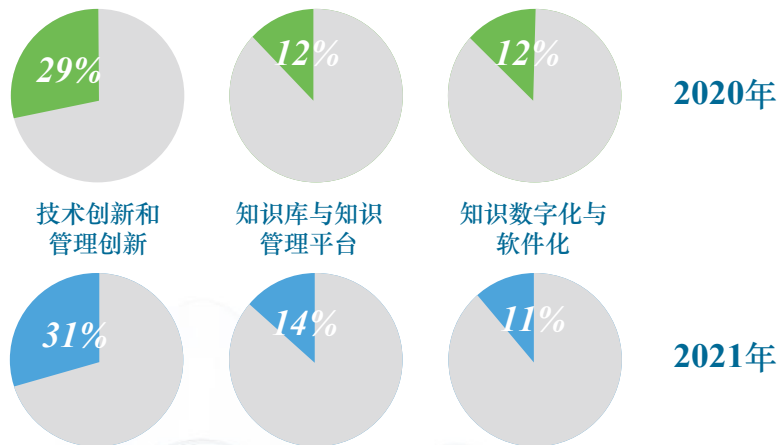


图 21 知识应用

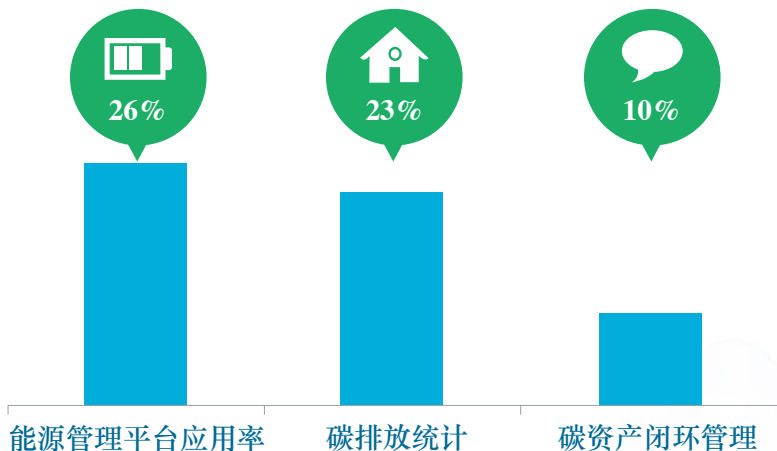


图 22 能源管理

8. 部分企业开始逐步实现绿色低碳制造

我国制造企业早期发展追求迅速扩张生产规模，管理模式较粗放，导致碳排放失控。一方面是企业生产环境复杂，能耗设备分散，对设备的过载、空载状况无法进行实时监控，由于设备管理不到位导致能源损耗大。另一方面是由于不合理的工艺流程会造成工序能耗高，从而导致产生不必要的碳排放。根据平台数据分析结果显示，26% 的企业已应用了能源管理平台，23% 的企业实现碳排放统计，10% 的企业实现了碳资产闭环管理。下一步企业将综合利用能效数据，优化设备运行参数、对传统工艺进行技术改造、优化生产管理过程，推动低碳生产工艺的创新与应用。

9. 产业链供应链数据的集成和管理

企业基于生产、库存、销售数据集成，可进行动态安全仓储分析，精准预测库存并实施采购决策以满足生产及销售的需要，同时降低库存成本，提高生产资源配置效率，缩短交付周期。根据平台数据分析结果显示，13% 的企业实现供应商信息协同，12% 的企业自建或使用了供应商协同平台，6% 的企业逐步打造智慧供应链。

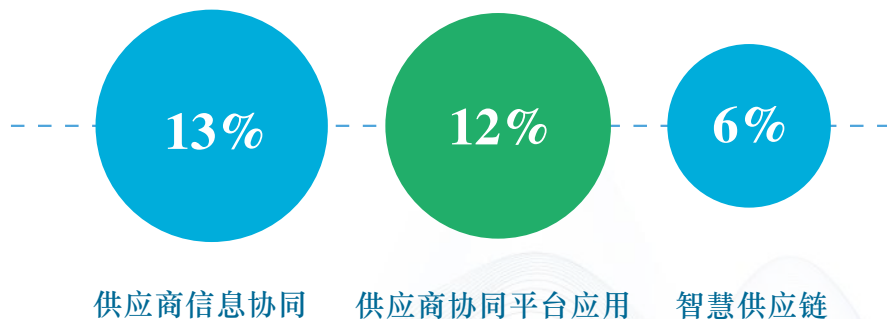


图 23 供应链协同

三、未来展望

智能制造是制造强国建设主攻方向，也是制造企业提升核心竞争力的主要路径，其发展水平直接关乎我国制造业高质量发展水平。为贯彻落实《“十四五”智能制造发展规划》中“提升制造业智能制造能力成熟度水平”的转型升级目标，电子标准院将联合产学研用各方力量，持续加强智能制造能力成熟度标准应用推广，充分发挥标准赋能作用，支撑我国智能制造水平再上新台阶。

一是持续优化完善标准。与时俱进吸收企业最佳实践，不断开展标准迭代优化和试验验证。

二是广泛开展智能制造水平摸底。以智能制造评估评价公共服务平台为载体，面向全产业、全行业进行智能制造水平自诊断。研究发布行业和区域智能制造发展指数，以数据支撑我国制造业智能制造能力提升情况。

三是深度推进标准符合性评估。建立智能制造能力成熟度评估工作组，广泛开展第三方评估，培育一批服务机构和评估师，以评促建，帮助制造企业识别短板、持续改进。

四是凝聚共识携手推进标准应用。广泛联合行业协会、研究机构、龙头企业以及系统解决方案供应商等，打造成熟度服务网络，在全国范围内开展标准宣贯活动，持续提升贯标广度和深度；不断总结提炼，打造符合我国智能制造发展的创新路径。