

中国智能制造系统解决方案 市场研究报告

*System Solution Market Research Report on
Smart Manufacturing Industries*



中国智能制造系统解决方案供应商联盟

2019年2月

中国智能制造系统解决方案供应商联盟

通信地址：北京市东城区安定门东大街1号

邮 编：100007

联系电话：010-64102823

邮 箱：cimsic@cesi.cn



中国智能制造系统解决方案供应商联盟
China Intelligent Manufacturing System Integrator Consortium

致 谢

本报告由工业和信息化部装备工业司指导，由中国智能制造系统解决方案供应商联盟秘书处单位中国电子技术标准化研究院牵头编写，得到了来自中国工控网、机械工业第六设计研究院有限公司、和利时科技集团有限公司、沈阳新松机器人自动化股份有限公司、石化盈科信息技术有限责任公司、浙江中控技术股份有限公司、金航数码科技有限责任公司、中国自控系统工程有限公司、北京联讯动力咨询有限公司、东风设计院有限公司、天津爱波瑞科技发展有限公司、建筑材料工业信息中心、中国纺织机械协会、鼎捷软件股份有限公司、株洲中车时代电气股份有限公司、沈阳机床(集团)有限责任公司、菲尼克斯电气(中国)有限公司、达索析统(上海)信息技术有限公司、机械工业北京电工技术经济研究所、深圳华制智能制造技术有限公司、国机智能技术研究院有限公司、中国第一汽车集团有限公司、联想集团和中船第九设计研究院工程有限公司等20余家单位的大力支持和帮助。

总序

为落实《智能制造发展规划（2016—2020）》要求，2016年11月，在工业和信息化部指导下，中国智能制造系统解决方案供应商联盟（以下简称“联盟”）正式成立。联盟以需求为牵引、产业链为纽带，旨在培育壮大智能制造系统解决方案供应商，搭建智能制造系统集成技术研发、行业应用和市场推广的一体化公共服务平台。

为了摸清行业发展现状及国内外企业竞争形势，分析技术发展趋势，梳理制约行业发展的问題，持续为市场参与者提供专业参考，2018年9月，联盟组织开展《中国智能制造系统解决方案市场研究报告》（2018版）的编制工作。

2018版是在2017版的基础上，全面剖析智能制造市场发展的新特点和新趋势，重点增加对符合《智能制造系统解决方案供应商规范条件》的105家代表性供应商的业务能力和发展状况进行深入分析，同时针对汽车、电力装备、制药、石油化工、建材、纺织等六大典型代表行业从智能制造的发展现状、面临问题、解决方案、效果及下一步发展方向等视角给出研究结果，并详细阐述智能制造系统解决方案业务服务过程中涉及的咨询规划、方案设计、项目实施、交付运维等环节的特点和方案，最终对智能制造系统解决方案供应商面临的挑战和机遇进行总结。

研究团队围绕智能制造产业深化的焦点，对市场各方重点关注的议题进行跟踪研究，并针对性地给出了定性和定量的研究结果，但由于专业性强，且其中部分领域属于全新的研究范畴，报告中难免有不够完善之处，欢迎读者批评指正。

目录 CONTENTS

一、智能制造系统解决方案市场发展现状及态势	1
(一) 市场概述	2
1. 整体市场	2
2. 细分市场	3
(二) 典型企业分析	5
1. 供应商发展背景	6
2. 供应商相关能力	9
3. 供应商业绩情况	11
(三) 市场现状	14
1. 市场发展空间广阔，潜力巨大	14
2. 用户内生需求增强，更趋理性	14
3. 整体规划逐步推进，有待加强	14
4. 产业生态初步形成，尚需深化	15
(四) 发展态势	16
1. 数字化方面供给侧进展	16
2. 网络化方面供给侧进展	17
3. 智能化方面供给侧进展	19
二、智能制造系统解决方案典型行业分析	21
(一) 汽车行业	23
1. 智能制造发展现状	23
2. 智能制造面临问题	23

目录 CONTENTS

3. 解决方案及效果 26

4. 下一步发展方向 31

(二) 电力装备行业 32

1. 智能制造发展现状 32

2. 智能制造面临问题 32

3. 解决方案及效果 35

4. 下一步发展方向 41

(三) 制药行业 42

1. 智能制造发展现状 42

2. 智能制造面临问题 43

3. 解决方案及效果 45

4. 下一步发展方向 48

(四) 石油化工行业 49

1. 智能制造发展现状 49

2. 智能制造面临问题 50

3. 解决方案及效果 51

4. 下一步发展方向 55

(五) 建材行业 57

1. 智能制造发展现状 57

2. 智能制造面临问题 58

3. 解决方案及效果 59

4. 下一步发展方向 64

目录 CONTENTS

(六) 纺织行业	65
1. 智能制造发展现状	65
2. 智能制造面临问题	66
3. 解决方案及效果	68
4. 下一步发展方向	73
三、当前智能制造系统解决方案各阶段特点	75
(一) 咨询规划环节	75
1. 整体概述	75
2. 主要特点	75
3. 方案呈现	77
(二) 方案设计环节	79
1. 整体概述	79
2. 主要特点	80
3. 方案呈现	82
(三) 项目实施环节	87
1. 整体概述	87
2. 主要特点	87
3. 方案呈现	88
(四) 交付运维环节	93
1. 整体概述	93
2. 主要特点	93

目录 CONTENTS

3. 方案呈现 95

四、智能制造系统解决方案供应商面临的挑战及未来展望..... 101

 (一) 相关挑战 101

 1. 复杂系统工程，非传统自动化简单升级 101

 2. 精益根基不牢，解决方案急需迭代优化 102

 3. 整体规划不足，用户需求待进一步对接 102

 4. 协同创新推进，场景应用尚未落地实践 103

 5. 复合人才缺乏，企业有待长期持续储备 104

 6. 资金瓶颈存在，金融/资本助力产业发展 104

 (二) 未来展望 105

 1. 逐步健全规范条件，引导市场良性发展 105

 2. 完善公共平台服务，精准实现供需对接 106

 3. 推动产业纵深发展，加速行业/专业研究 106

 4. 促进跨界融合服务，逐步完善产业生态 107

 5. 重视智造人才培养，探索人才实训基地 107

 6. 推进金融服务创新，赋能企业转型升级 108

附录1：术语表 109

附录2：参编单位及成员 110

一、智能制造系统解决方案市场发展 现状及态势

面对科技发展新趋势，在新一轮科技革命和产业变革的浪潮中，世界主要国家纷纷将数字化、网络化、智能化作为制造业变革的核心，加速推进生产要素、资源要素、技术要素与制造业的整合，催生出新产品、新技术、新模式、新业态。中国是制造大国，发展智能制造是制造强国建设确定的主攻方向，是供给侧结构性改革的主战场，是推动中国制造迈向高质量发展的必然要求，也是时代赋予我们的挑战。

智能制造系统解决方案供应商（以下简称“供应商”）在智能制造的推进过程中起到至关重要的作用，要牢牢把握难得的历史契机，坚定不移地以智能制造推动产业技术变革和优化升级，推动制造业产业模式和企业形态结构性转变，以“鼎新”带动“革故”，以增量带动存量，促进我国制造业迈向全球价值链中高端。

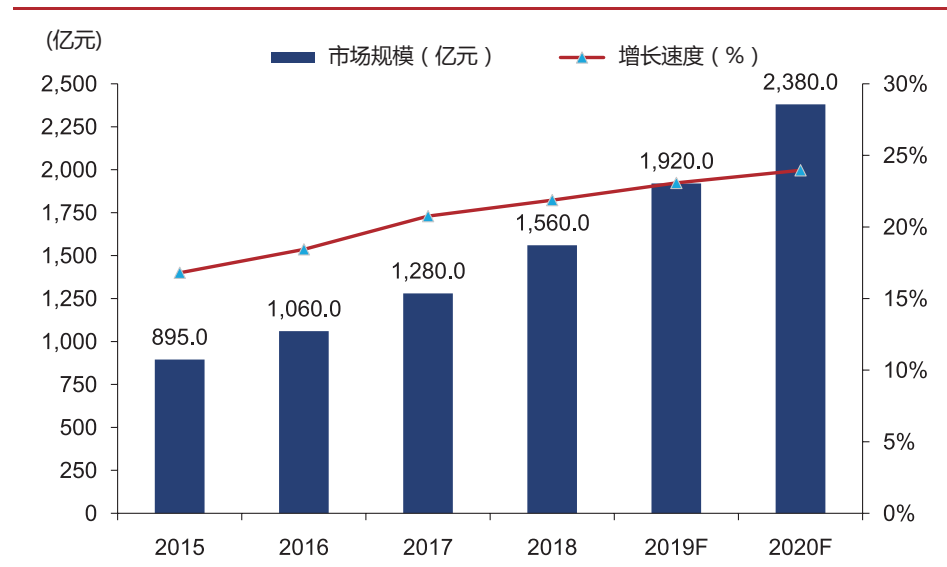
本篇集中梳理了智能制造系统解决方案市场概述、典型企业分析、市场现状及发展态势。

(一) 市场概述

1. 整体市场

智能制造工程实施三年以来，顶层规划、试点示范、标准体系建设有效推进，全社会发展智能制造的氛围逐步形成。2017年，智能制造系统解决方案市场规模达1,280亿元，同比增长20.8%，比2016年同期高2.4个百分点，智能制造进入实质落地期¹。

图表1-1：2015~2020年智能制造系统解决方案市场发展情况



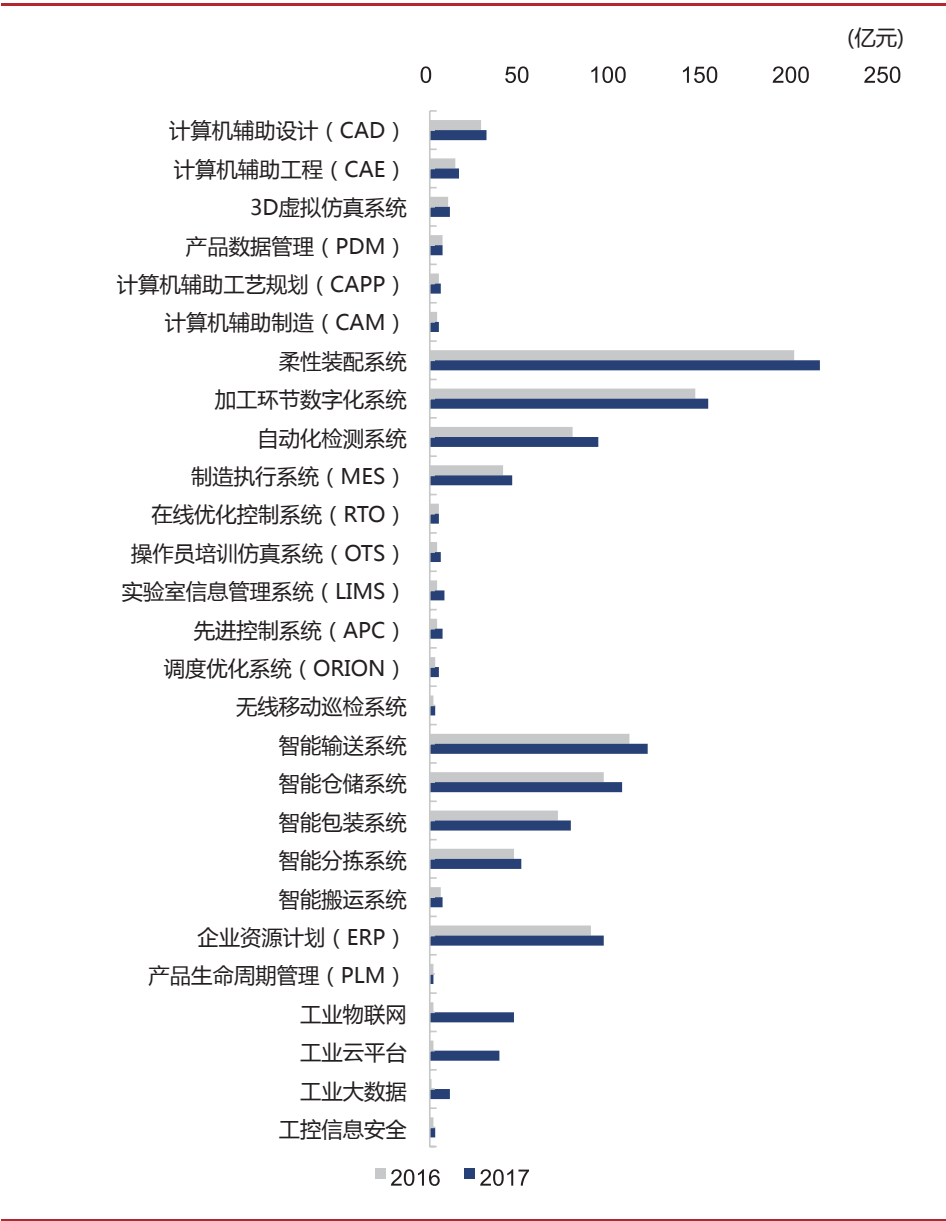
资料来源：gongkong

注：智能制造系统解决方案的市场规模，主要包括用于研发、制造、物流、企业管理等环节的各种控制、优化和管理系统，以及包括基于智能装备（工业机器人等）的系统集成业务的金额。传统的生产设备及生产线未纳入本次重点研究范围。

¹ 2018年市场报告选取2017年数据进行分析的原因，一方面可与2017版市场报告中的2016年数据做同比分析，保持数据的延续性；一方面联盟选取典型企业的数据采集范围也以2017年为主，这样整体数据与典型企业分析的数据范围保持一致。

2. 细分市场

图表1-2：2016~2017年智能制造系统解决方案细分市场情况



资料来源：gongkong

1) 从细分智能制造系统解决方案的市场规模看

2017年，排名前五位的智能制造系统解决方案主要有：柔性装配系统、加工环节数字化系统、智能输送系统、智能仓储系统和企业资源计划（ERP），所占市场份额分别为18%、13%、10%、9%和8%，这前五位系统解决方案的市场份额为58%，同比2016年市场份额下降7个百分点，其他类型的系统解决方案市场份额有所提升。

主要原因是：受益于用户数字化建设的持续推进，用于研发、物流、服务等环节的智能制造系统解决方案也在加强，相关环节智能制造系统解决方案的应用比例有所提升。

2) 从细分智能制造系统解决方案的市场增速看

2017年，市场增速较快的智能制造系统解决方案主要有：工业云平台、工业大数据、先进过程控制系统（APC）、调度优化系统等，市场增速同比2016年均达到50%以上。

主要原因是：一方面，伴随用户实施数字化改造的持续推进，系统解决方案从实现单项、局部的改善逐步演进到综合、集成的优化。在此过程中，用户对先进过程控制系统（APC）、调度优化系统、制造执行系统（MES）等生产过程控制系统的需求明显增加；另一方面，伴随用户互联互通的探索实践，带动工业物联网、工业云平台、工业大数据等智能制造系统解决方案市场实现较快发展。

(二) 典型企业分析

智能制造系统解决方案市场的稳步推进，带动了供应商的蓬勃发展，在工业自动化、工业软件、智能装备、整体解决方案等各个领域涌现出众多不同类型的供应商，据不完全统计，有超过12000家智能制造装备、工业自动化、工业软件供应商等参与了各类智能制造项目。

2017年工信部为加快培育供应商，经企业申报、专家评审、网上公示，发布了第一批智能制造系统解决方案供应商推荐目录，共计23家。2018年，为规范市场行为，加强质量管理，中国智能制造系统解决方案供应商联盟（以下简称“联盟”）依据《智能制造系统解决方案供应商规范条件》（智能供联函〔2018〕031号）和《关于组织开展符合<智能制造系统解决方案供应商规范条件>企业申报工作的通知》，按照企业自愿、公开公正、社会监督的原则开展了符合《规范条件》企业评审工作，经过企业申报、项目初审、正式评审，确定了关于符合《智能制造系统解决方案供应商规范条件》的82家企业名单。

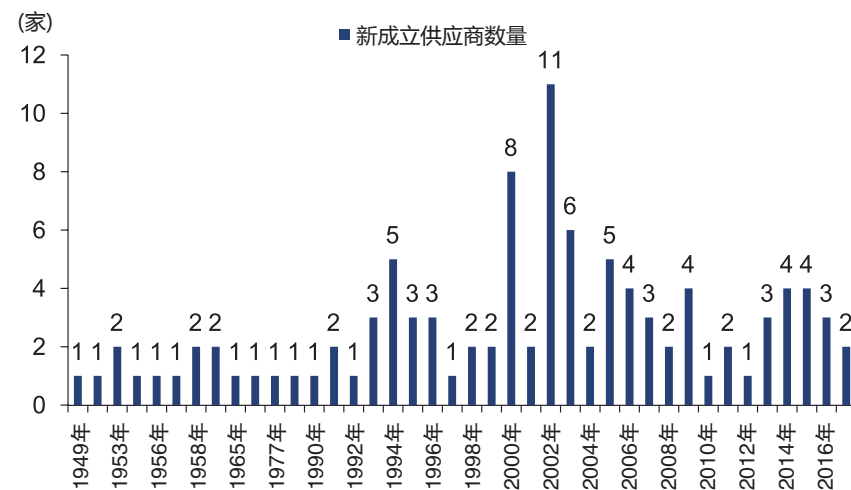
以上这105家遴选出的供应商极具代表性，服务的领域涉足汽车、航空航天、船舶、轨道交通、家用电器、电力装备、石油化工、制药、建材、纺织等30余个行业，这些典型企业的发展背景、相关能力和业绩情况也非常值得深入了解和分析。

1. 供应商发展背景

1) 供应商成立时间分布

典型企业中，80年代之前成立的供应商有14家；1980–2000年随着我国自主工业市场的稳步发展，在此期间成立了25家供应商；2000年，我国制造业占全球的比重上升到6.0%，位居世界第四，从2000–2012年，伴随着我国各类信息化项目的快速推进，共有51家供应商成立，占比近49%；国统局数据显示，我国工业增加值在2012年突破20万亿元大关，2012年后，随着产业升级的内生需求，智能制造相关政策的大力推动，共计15家供应商成立。

图表1-3：典型企业成立时间分布情况图

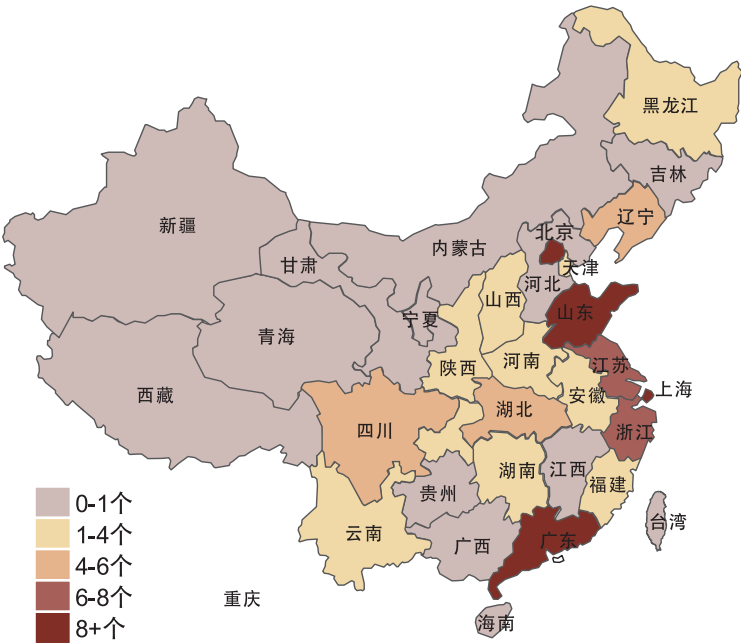


资料来源：联盟

2) 供应商地区分布

我国供应商主要分布在华东、华南、华北地区，此外中南和西南地区也有分布，与下游区域市场需求密切相关，本次遴选的105家企业主要分布在北京、上海、广东、山东四个省市，江苏、浙江等省紧随其后，其次是辽宁、四川和湖北。

图表1-4：典型企业地区分布情况

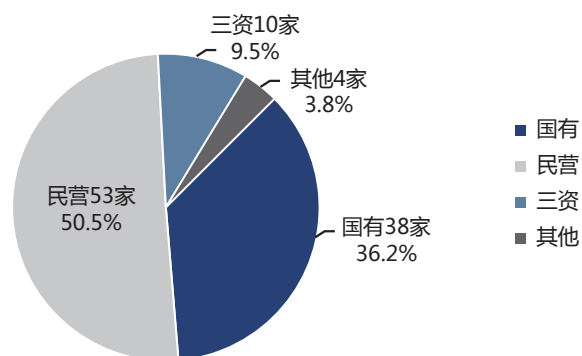


资料来源：联盟

3) 供应商企业性质分布

从企业性质分布上看，105家供应商中民营企业占比较高，为50.5%；国有企业其次，占比36.2%；三资企业占比相对较少。

图表1-5：典型供应商企业性质分布情况

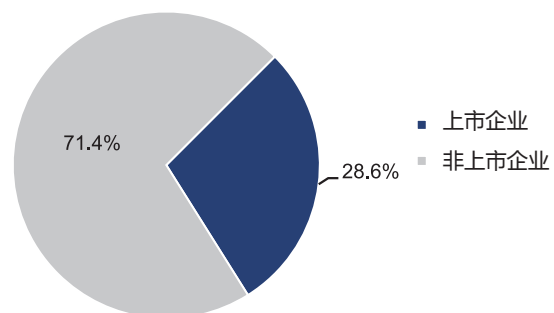


资料来源：联盟

4) 供应商上市情况

从联盟目前掌握的情况看，105家供应商中上市公司占比约为28.6%，其中上市的供应商中民营企业占比达43%，民营企业借力资本市场有效解决资金瓶颈等问题取得一定进展。

图表1-6：典型企业上市情况



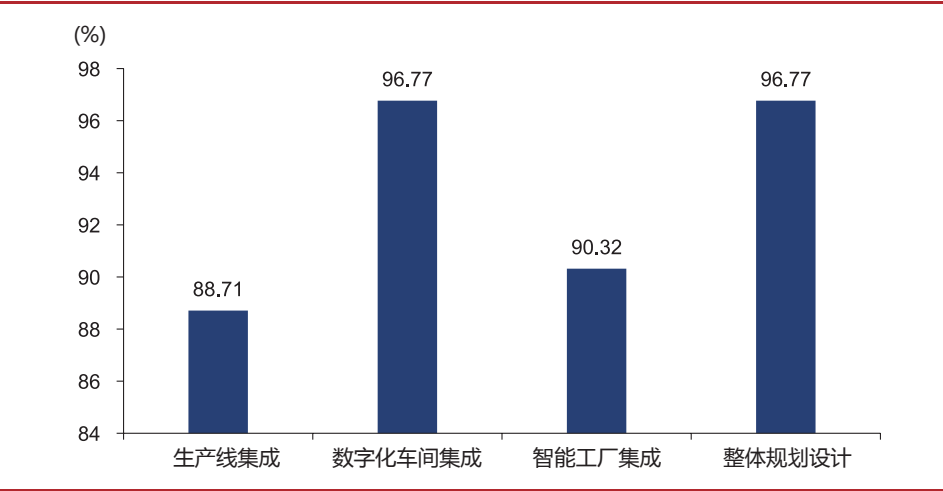
资料来源：联盟，公开资料整理

2. 供应商相关能力

1) 整体解决方案能力

近几年供应商的供给能力逐年增强，整体解决方案的能力稳步增长，105家典型企业对比分析后发现，能够提供整体规划设计、智能工厂集成、数字化车间集成的供应商占比已超过90%。

图表1-7：典型企业整体解决方案能力对比



资料来源：联盟

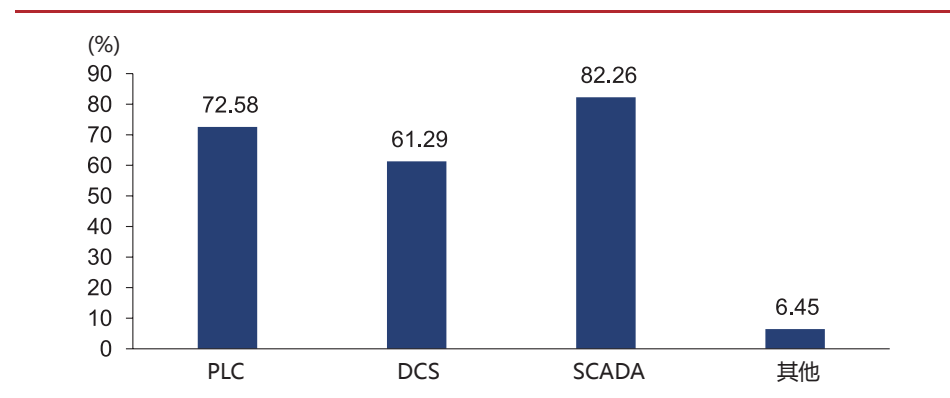
注：本图中数据表示相应具备“生产线集成”“数字化车间集成”等能力的供应商在统计样本中的比例。

2) 细分解决方案能力

智能制造系统细分解决方案的能力可初步从工业控制系统集成解决方案、工业软件集成解决方案、智能制造装备集成解决方案等三方面分析。

PLC、DCS、SCADA等工业控制系统集成能力是实施整体解决方案的基础。从105家典型企业进行分析后发现，超过80%的企业具备集成SCADA系统的安装调试能力，能够提供可编程逻辑控制器（PLC）和分布式控制系统（DCS）集成解决方案的企业占比分别为73%和61%。

图表1-8：典型企业工业控制系统集成能力对比

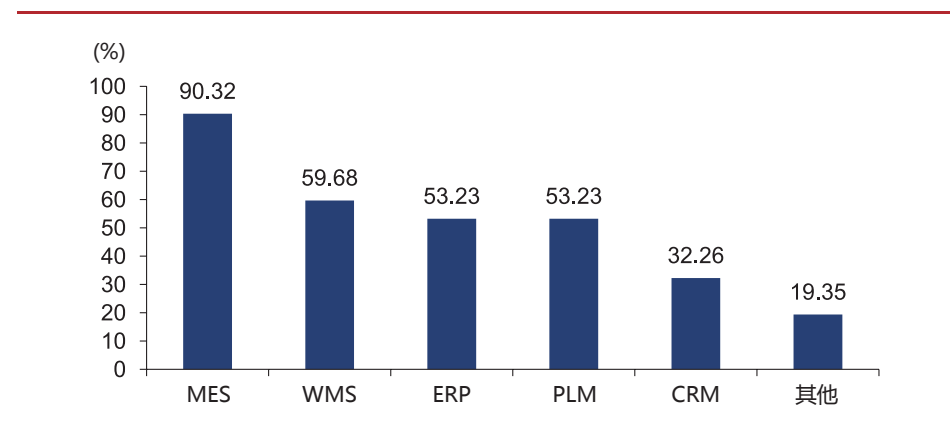


资料来源：联盟

注：本图中数据表示具备相应“PLC”“DCS”等能力的供应商在统计样本中的比例。

工业软件涉及MES、WMS、ERP、PLM、CRM等系统，其中制造执行系统（MES）是当前亟待进一步突破的核心和重点，典型企业中具备多种工业软件解决方案的企业越来越多，随着智能制造的深入实施，能够提供制造执行系统（MES）集成解决方案的企业占比超过90%。

图表1-9：典型企业工业软件集成能力对比

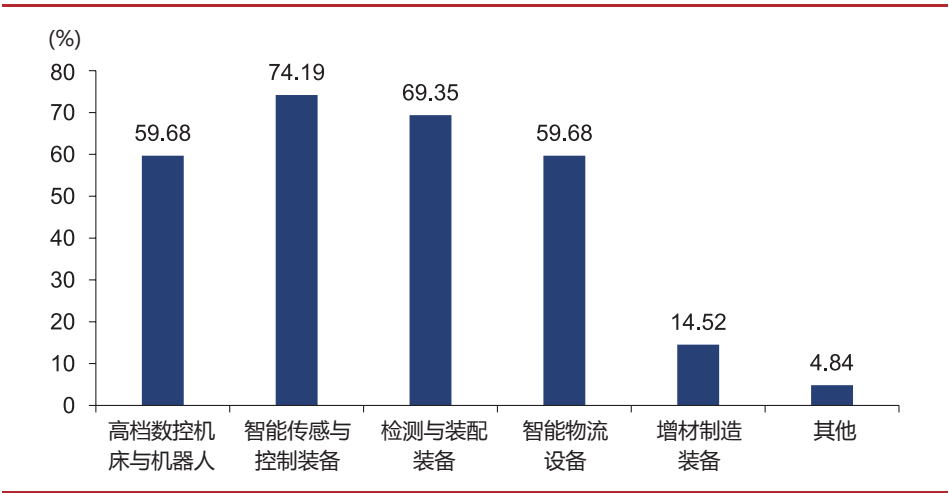


资料来源：联盟

注：本图中数据表示相应具备“MES”“WMS”等能力的供应商在统计样本中的比例。

《智能制造工程实施指南》中明确发展五大核心装备为高档数控机床与工业机器人、智能传感与控制装备、智能检测与装配装备、智能物流设备和增材制造装备。典型企业在智能制造装备能力方面，提供智能传感与控制装备解决方案的企业居多，提供增材制造装备解决方案的企业仍较少。

图表1-10：典型企业智能制造装备集成能力对比



资料来源：联盟

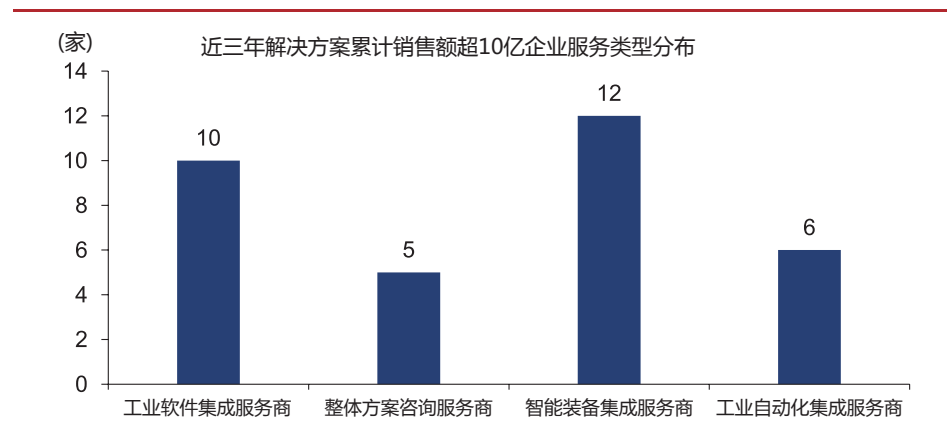
注：本图中数据表示提供相应服务的供应商在统计样本中的比例。

3. 供应商业绩情况

1) 供应商近三年解决方案销售额情况

根据《智能制造发展规划（2016-2020年）》目标，计划到2020年，培育形成40家以上主营业务收入超10亿元的智能制造系统解决方案供应商。据不完全统计，2015-2017年期间，智能制造系统解决方案累计销售额超十亿的供应商达33家，占比31%，这33家企业的服务类型分布图如下，其中智能装备集成服务的供应商占比相对较高：

图表1-11：典型企业近三年解决方案累计销售额超10亿企业服务类型分布

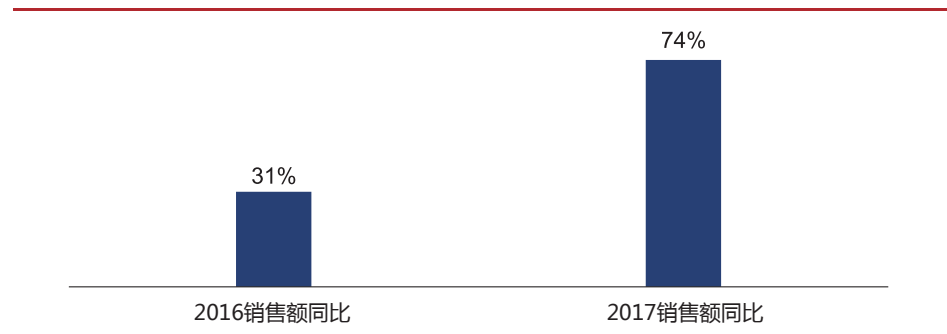


资料来源：联盟

2) 2016-2017年供应商解决方案销售额同比增幅

2016年105家典型企业的智能制造系统解决方案销售额同比增长近31%，其中同比增幅超过15%的企业有69家。2017年智能制造系统解决方案销售额同比增长近74%。此次遴选的供应商普遍具备较强的技术实力，对下游需求持续跟进，在很多重大项目上占得先机，一定程度上引领了智能制造系统解决方案的市场发展方向，因此其解决方案销售额的增速能够超出行业平均水平。

图表1-12：2016-2017年典型企业解决方案销售额同比增幅

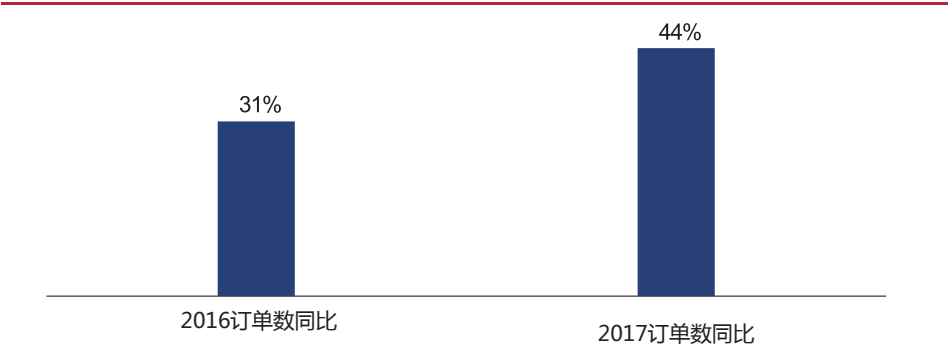


资料来源：联盟

3) 2016–2017年供应商解决方案销售订单同比增幅

2016年105家典型企业的智能制造系统解决方案销售订单数同比增长近31%，其中增幅超过15%的企业有67家；2017年智能制造系统解决方案销售订单数同比增长近44%。

图表1–13：2016–2017年典型企业解决方案订单数同比增幅

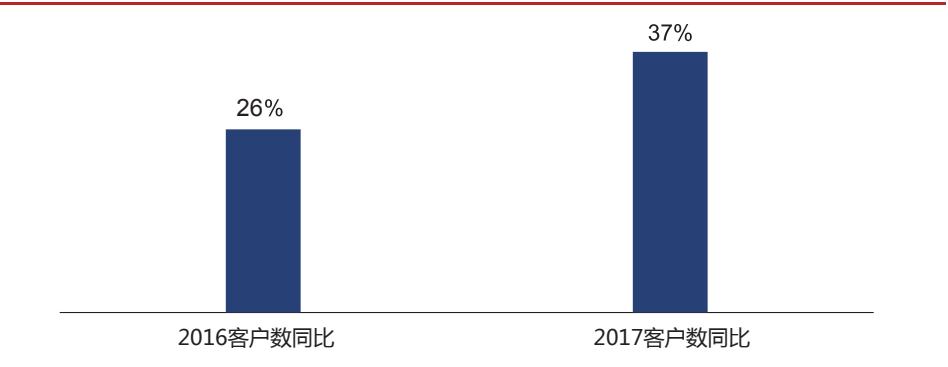


资料来源：联盟

4) 2016–2017年供应商解决方案业务客户数同比增幅

2016年105家典型企业的智能制造系统解决方案客户数同比增长近26%，其中增幅超过15%的企业有60家；2017年智能制造系统解决方案客户数同比增长近37%。

图表1–14：2016–2017年典型企业解决方案客户数同比增幅



资料来源：联盟

(三) 市场现状

1. 市场发展空间广阔，潜力巨大

智能制造实施以来，有效促进了企业转型升级，推进了305个智能制造试点示范项目；智能制造综合标准化与新模式应用项目428个，累计投资721.49亿元；关键技术装备和工业软件方面，已突破并应用4700多套关键技术装备，开发1700多套工业软件，申请专利1300多项。

智能制造的推进和实施，既是制造企业高质量发展的内在需要，也是我国供应商面临的难得机遇，近几年我国智能制造发展取得了显著成果，无论从整体市场，还是从上述遴选出的典型供应商发展情况来看，销售额、订单数都有较快增长，市场持续发展的动力表现强劲，潜力巨大。

2. 用户内生需求增强，更趋理性

近年来，用户对数字化、网络化和智能化的改造已从犹豫、观望，逐步转到主动参与，自主转型升级意识有所提升，内生需求增强，上述典型企业中系统解决方案的客户数、订单数与去年同期同比均有较大增幅也可见一斑。

与前几年部分企业将智能制造与机器人等同，或简单地将智能制造理解成信息化和无人化相比，当前用户整体对于智能制造的认知有所提升，更趋理性。大多数制造企业虽已较早实施了ERP等管理软件，但行业仍然存在信息孤岛、生产管理模式落后，未实现接单排产的精益生产模式等长期未能解决的痛点，面临向智能制造转型的极大挑战。因此，在谈到具体需求时用户也更趋实际，关注点聚焦在质量、成本、效率、交货期这些实质问题上。

3. 整体规划逐步推进，有待加强

随着智能制造的逐步推进，用户在实施大量相关项目之后，仍无法

达到真正意义上的互联互通，局部方案带来的“后遗症”逐步突显，以系统整体最优为原则的智能制造系统解决方案越来越成为业界的共识。在此需求下，市场对供应商整体解决方案能力的要求也更为深化。在遴选出的105家供应商中，也侧重了对该项能力的考察。经评测，这些典型供应商大多具备了整体规划设计、智能工厂、数字化车间、数字化产线集成的相关能力，但仍参差不齐，智能工厂内部的垂直集成有待进一步完善。

4. 产业生态初步形成，尚需深化

通过联盟2018年大量的调研情况看，目前供应商的建立的推广模式形式多样：既有集团内部分企业开展试点示范，然后将其成功经验在集团内复制推广的大集团整体规划模式；对各项工艺实现单元模块化操作，之后通过选用不同的工艺单元模块，组成柔性化生产线满足市场要求的工艺单元模块智能化模式；也有通过解决行业面临的1-2个痛点，进行颠覆性技术革新的传统行业局部突破模式等。此外，供应商还通过各类个性化的、有针对性的解决方案提升企业生产效能，再造企业业务流程和产线布局，一批新型技术装备得以应用，一定程度上解决了“卡脖子”难题。

发展智能制造，有利于构建产业生态，增强制造业发展动力，推动制造业变革。随着智能制造的深入推进，促进了装备、工业软件、网络、标准等要素的融合创新，促进了新技术、新产品、新业态的繁荣发展，初步形成了制造业的创新生态体系，为制造业发展提供新动力、新引擎。当然我们也应看到，以技术和资本为纽带，强化用户、系统集成商、工业软件开发商、装备供应商等的合作机制仍需深化，无论是平台型的集成创新还是跨界技术都有待进一步突破，“以用促新”的制造业创新生态系统有待构建和完善。

(四) 发展态势

1. 数字化方面供给侧进展

1) 流程工业

流程型制造的生产连续性强，工艺流程相对规范，工艺过程的连贯性要求较高，随着智能制造的推进，经过市场验证的流程工业数字化应用方案成熟度进一步提升。目前已初步形成智能执行机构、智能检测、智能控制、智能操作、智能运营、智能决策六大层次系列产品的整体解决方案。其中核心产品包括现场检测仪表、DCS控制系统、先进控制与优化软件（APC）、生产执行系统（MES）、能源管理系统（EMS）、移动智能APP、设备管理等子系统。

在实际经营和运维过程中，生产、管理、化验、安全监控、环保监测等数据如何有效地进行加工和应用仍是目前流程型企业面临的共性问题。

如浙江中控提供的数字化应用方案可实现化工行业工厂的“智能现场总线集成、智能操作与控制集成、智能运营”三个层次数据集成，将全厂信息有效整合，构建出高效节能的、绿色环保的、环境舒适的人性化工厂，实现用户企业的转型升级；石化盈科选择不同生产特点和管理模式的炼化企业为试点，面向“运营期”，聚焦企业各业务域，开展大型炼化企业数字化工厂建设，树立行业标杆，随后根据试点经验和实践，由“运营期”扩展并延伸至“工程期+运营期”，交付与企业新装置同步投用的新建（或改扩建）大型企业数字化工厂，为企业实现高质量发展，提供借鉴和样板。

2) 离散工业

对于离散制造业而言，产品往往由多个零部件经过一系列不连续的工序加工和装配而成，其过程包含很多不确定因素，在一定程度上增加了离

散型制造生产组织的难度和复杂性。当前如何实现制造物理世界与信息世界的交互与共融，成为当前国内外实践智能制造理念和目标所共同面临的核心瓶颈之一。作为实现物理工厂与虚拟工厂的交互融合的最佳途径，数字孪生技术近期得到了一些企业的关注和实践。

如机械工业第六设计院2018年9月为国内某企业开展的数字孪生系统实施服务，计划在该企业智能制造总体框架下，基于数字孪生重构车间管控体系，辅助整个车间的生产管控过程，增强车间智能制造元素的功能及展示效果；中车四方通过建立高铁转向架车间数字化模型，实现虚拟车间实时仿真并指导生产过程优化调整，利用“数字孪生”技术，产品不良率降低14%，生产效率提升20%，全面提升企业整体制造水平。

2. 网络化方面供给侧进展

1) 流程工业

在新一轮的数字化智能变革中，流程型企业需要实现 PT（工艺技术）、ET（设备技术）、OT（操作技术）、AT（自动化技术）与 IT（信息技术）的融合创新，需要以工业大数据分析为核心的全生命周期服务，需要以工业互联和智能为核心的产业协同模式。流程工业网络化方案的方向和趋势是集工厂模型平台、工业大数据平台、工业云平台、工业APP应用商店等于一体，通过“云（云互联网平台）、企（工厂互联网平台）、端（边缘计算节点）”的三层统一架构，可实现管控一体化交互。

与离散型企业相比，大多数流程型企业工业互联网建设基础较好，其数据主要存在于各种工业控制系统、智能设备和各类工业软件之中。工业互联网平台具有丰富的数据接口，是工厂通用连接器，可实现工业数据的全集成与标准化管理。工业互联网平台提供开放服务，发展生态合作伙伴，打造全产业链工业企业APP库，实现工业数据生态圈。未来用户可根据自身的基本情况和业务需要，动态DIY配置出个性化的工业应用场景。

同时，不断丰富的工业APP给用户越来越多的应用，这一解决方案使系统的弹性增长与变化的用户需求之间达成了一种动态的平衡，实现了多方共赢。

如上海宝信搭建的钢铁行业工业互联网平台，可根据钢铁制造数据特征和业务要求，实现数据存储、传输和获取的标准化，并通过现场设备数据的采集和协议转换，促进企业自身知识的累积和成本的持续控制，提升企业核心竞争能力；和利时打造的HiaCloud工业互联网平台，可实现工厂数据集成、生产可视化、工艺建模、产品数据管理、物流管理、设备远程管理、设备健康诊断、能效管理等应用；通过HiaCloud平台可为用户提供工业互联网节点的规划、建设和长期运维服务。

2) 离散工业

与大多数流程行业工业互联网基础水平相对较好不同，离散行业的水平参差不齐，一部分企业基础相对薄弱，但也有领先企业对工业互联网建设达到了不错的水平。在工业互联网集成方面，流程工业更注重能源管理、安全管理、工艺设计等方面，而离散行业对产品设计研发系统的要求相对较高。通过搭建全集成的工业大数据平台，提供大数据分析DIY、智能APP组态开发、智慧决策和分析服务，赋能用户，解决生产控制、生产管理和企业经营的综合问题，让企业能始终牢牢掌握自身发展工业大数据和人工智能的主动权。

如沈阳新松已经开始了工业互联网与机器人的深度融合。具体表现在，通过融合发展为客户建设智能化生产车间提供服务，从而带动生产工艺的机器人化发展。这种融合发展，会使得企业的生产制造系统更为智能，从而为行业提供智能化解决方案。另一个方面，有了这种智能化解决方案，可以为生产线提供实时状态参与、数据参数修改等功能，并在生产现场或者更多地方监控每一条生产线的状态，提供设备维护服务，从而提高生产线的灵活性和效率。三一集团的工程机械工业互联网平台是其在智

能制造领域的最新应用成果，基于海量数据采集、汇聚、分析的服务体系，支撑制造资源泛在连接、弹性供给、高效配置的工业云平台或工业操作系统，对推动制造业与互联网深度融合，促进实体经济和数字经济深度融合，带动上下游产业链及生态行业快速发展。

3. 智能化方面供给侧进展

1) 流程工业

随着大数据、人工智能等先进技术的快速发展和推广应用，流程工业领域内，部分行业龙头企业已实现了预测性维护、产品质量检测、能源管理优化等方面的典型智能化应用。

具体实现方案因行业需求、企业现状等方面的差异而各有不同，但核心是工厂模型。工厂模型从生产管控维度看，包括供应链模型、生产计划模型、生产调度模型、生产操作模型、装置优化控制模型、生产计量模型、物料移动模型、原料/产品调合模型、物料平衡模型、能源产耗模型、能源平衡模型、生产统计模型、转动设备失效模型和管道腐蚀泄漏模型等。工厂模型是一个非常庞大的体系，支撑工厂各层各类管理业务活动的协同与优化，也构成了工业企业智能化运作的核心。

如在建材领域的玻璃全面缺陷在线检测系统，应用人工智能技术识别缺陷种类，对玻璃进行气泡、结石、夹杂等变形缺陷，划伤、擦伤等外观缺陷，崩边、崩角、亮边、烧边等边角缺陷的全面检测。系统根据标准图库已知的缺陷种类的图像，训练系统学习，还可对未学习过的缺陷进行在线采集，通过神经网络模型训练、计算，完成多场图像分析，准确识别各类缺陷；此外，联想的AR眼镜，配合流程型企业的工作流程，将下一步操作或指引信息叠加到当前视图上，帮助工人快速准确操作，还能提供人机问答和远程协助，极大地改善生产线延迟和误操作率，有效提高企业的生产效率。

2) 离散工业

当前以智能制造为代表的新一轮产业变革迅猛发展，人工智能等新兴技术与工业不断融合，相比流程工业，离散制造业在客户需求的多样性、制造工艺的复杂性、生产现场的灵活性、产品质量可靠性等方面面临更深刻挑战，衍生出对智能化的更苛刻要求。

离散工业智能化涵盖了全过程各个环节的智能化，包括产品设计、工艺规划、生产制造、物流、销售、服务等各个环节，通过智能装备、智能工厂、智能物流、智能决策等智能化解决方案与应用，实现企业可持续发展，从产品质量、交付效率、成本控制、客户服务等方面提升制造企业综合竞争力。

当前，相关智能技术已在部分行业及细分领域实现了初步地应用及业务增值，但限于目前的发展水平和阶段都只能是一些探索性的尝试，如为了打破系统乃至企业间的既有接口界限，实现不同企业、不同系统之间的数据无缝互联，基于此华星光电实施了自动缺陷判别系统、自动画面检查设备方案，基于人工智能技术，通过对海量缺陷图片的建模分析总结，开发出具备自主学习能力的自主检测新模型，实现无间断、高精度的缺陷自主检查判定功能，突破产品缺陷必须由人员主管检查判定这一问题根源，通过人工智能代替人眼检查的新模式，彻底解决了人员检查低效、错漏不断的问题，达成了降低人力成本、提升产品品质、提高企业利润的目标。

未来通过集成各类新兴信息技术，来逐步提升自身性能与技术能力，实现自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能新型生产方式，实现智能化的道路上无论流程工业还是离散工业，我们都任重而道远。

二、智能制造系统解决方案 典型行业分析

本章聚焦汽车、电力装备、制药、石油化工、建材、纺织行业六大典型行业，重点分析了各行业智能制造当前存在的问题、系统解决方案的实施与成效以及下一步发展方向。

说明 1：智能制造【问题需求】一览表旨在将智能制造系统存在的问题、需求按方案类别整理出相应列表。

表2-1：智能制造【问题需求】一览表

分类	方案类别	问题和需求
整体方案	智能工厂	
	数字化车间	
	数字化产线	
局部方案	研发环节	
	设计环节	
	生产环节	
	物流环节	
	销售环节	
	服务环节	

说明 2：智能制造【问题需求－解决方案】对照一览表旨在将智能制造系统解决方案与行业存在的问题、需求相关联，将行业存在的问题、已实现的解决方案进行对照。

供应商提供的解决方案可分为整体方案（智能工厂、数字化车间、数字化产线）和局部方案（包含研发、设计、生产、物流、销售、服务）两大类。

表2-2：智能制造【问题需求-解决方案】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案
整体方案	智能工厂		
	数字化车间		
	数字化产线		
局部方案	研发环节		
	设计环节		
	生产环节		
	物流环节		
	销售环节		
	服务环节		

说明 3：智能制造【问题需求-解决方案-发展方向】对照一览表旨在呈现不同环节上未来智能制造的发展方向，并将行业存在的问题、已实现的解决方案和待解决的发展方向进行对照。

表2-3：智能制造【问题需求-解决方案-发展方向】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案	发展方向
整体方案	智能工厂			
	数字化车间			
	数字化产线			
局部方案	研发环节			
	设计环节			
	生产环节			
	物流环节			
	销售环节			
	服务环节			

(一) 汽车行业

1. 智能制造发展现状

2017年汽车工业实现平稳健康发展，产销量再创新高，连续九年蝉联全球第一，行业经济效益增速明显高于产销量增速，中国品牌市场份额继续提高，新能源汽车发展势头强劲。2017年，汽车产销分别同比分别增长3.2%和3%。2017年，新能源汽车市场占比2.7%，比上年提高了0.9个百分点。全年累计汽车出口89.1万辆，同比增长25.8%，呈较快增长态势，这也是连续四年下降后出现的增长²。

目前，中国汽车行业具有良好的制造基础，实施智能制造专项行动以来，截至2017年11月，累计支持了33项汽车行业智能制造试点示范项目，占支持项目的16%，涵盖了传统及新能源汽车乘用车、商用车、客车等以及智能网联汽车等领域，以及发动机、变速器、底盘系统、动力电池、汽车电子、轮毂、轮胎、汽车玻璃等关键零部件，项目成果显著，示范带动和集成应用辐射放大作用十分突出。总体上，中国汽车技术水平呈现稳步提升的态势，业已基本形成了自主研发能力，不断取得各领域的重点突破，如宁德时代突破了新能源汽车动力电池成套生产装备，青岛森麒麟攻克了轮胎智能密炼成套装备，宇通客车开发出宇通智能机器人管理系统等工业软件。

2. 智能制造面临的问题

经过多年发展，中国汽车产业的整体制造水平显著提升，自主研发能力不断提高，智能制造示范企业取得了较大的进步，但从整体行业来看，仍存在一些亟待解决的需求和问题，具体归纳如下：

² 2017年汽车工业经济运行情况 - 中汽协会行业信息部

表2-4：智能制造【问题需求】一览表

分类	方案类别	问题和需求
整体方案	智能工厂	运营管理智能化亟待改善
	供应链	采购全球化、供货系统化有待提高
局部方案	研发环节	满足需求个性化能力有待提升
	生产环节	制造过程信息化、透明化、柔性化有待深化 质量管理的全程化、标准化、体系化需进一步完善
	物流环节	实现物流配送的准确化、零库存化、看板化

1) 运营管理智能化亟待改善

汽车行业智能化运营思路有待坚持以客户为中心，以效率倍增为目标，充分应用物联网、云计算、大数据等信息技术，推进研、产、供、销的企业价值链智能化，赋能企业经营核心流程，助推把效率打造成为公司核心竞争力。即面向研产供销全线的智能化及产业链的延伸，不断加强与客户、供应商及其他合作伙伴合作，基于重要信息技术、先进制造技术及必要的智能化手段，推动合作伙伴、供应商、员工提高生产效率。

2) 采购全球化、供货系统化有待提高

欧美、日本等发达国家的劳动成本较高，导致其生产的汽车零部件产品缺乏成本优势。二十世纪九十年代以来，为有效降低生产成本，开拓新兴市场，发达国家汽车零部件企业积极向低成本国家大规模转移生产制造环节，并且逐渐延伸到研发、设计、采购、销售和售后服务环节。在这一全球背景下，以中国、巴西为代表的新兴国家汽车工业发展迅速，零部件及原材料采购逐步趋向全球化。

世界各大汽车厂商纷纷改革供应体制，由向多个汽车零部件供应商采购转变为向少数供应商采购；由单个零部件采购转变为模块采购。汽车厂商采购体制的变革，要求零部件供应商不断与之相适应，不但要求零部件供应商增强自身实力、提高产品开发能力，做到系统化开发和供应，同时还要求其缩短开发周期，提供质量出色的产品。模块化供应使零部件厂商

依附于单个汽车厂商的产业组织方式逐渐弱化，汽车零部件企业正走向独立化、规模化的发展道路。

3) 满足需求个性化能力有待提升

汽车大规模个性化定制的智能制造新模式颠覆了“从工厂到用户”的传统生产思维，转为“以用户需求为驱动”的个性化生产，通过产品模块化设计和个性化组合，满足用户的个性化需求。其中涉及汽车模块化设计和个性化组合技术、基于产品工艺优化与柔性装配约束的计划排产技术、基于大数据的产品全生命周期协同优化技术等核心技术，重点建设支持汽车整车大规模个性化定制的柔性高效生产线，建成汽车智能工厂，实现汽车的大规模个性化定制与智能生产。

4) 制造过程信息化、透明化、柔性化有待深化

汽车行业智能制造的差异在于对产品研发、生产制造、物流及企业管理、供应链管理、客户管理系统进行集成的差异，具体表现为对各种工业软件、各平台管理的了解和熟练组合应用，对各系统之间接口技术和工业软件平台的研发和应用。因此，继续推动制造过程的信息化、透明化，有利于智能制造系统的集成，提高数采率和信息的综合利用效率，帮助企业做出更有效的决策。

5) 质量管理的全程化、标准化、体系化

通过质量管理系统的开发与部署，实现生产全过程整车及零件质量进行采集、跟踪、预警、防错、分析、统计、追溯，并结合质量管理体系进行制造管理，为所有量产各阶段生产的车辆都建立一车一档式的完整质量档案，并通过对质量数据的分析提高整车制造一次合格率，也提高供应商零件配送合格率，同时为售后质量追溯提供精确数据。

6) 物流配送的准确化、零库存化、看板化

为应对混线生产、并线生产等多种生产模式的物流配送，通过整合物流配送系统，实现了多种配送模式协同与集成，采用多种拉动配送方式，

全物流配送过程通过系统指令进行调度，实现趋于零库存的管理，降低物流成本和库存成本。物流作为汽车制造中的核心一环也面临着诸多压力。传统模式下的物流效率提升已接近瓶颈，需要寻求突破；市场需求与产品供给需要更精准、更快速对接，对供应链及物流提出更高要求；劳动力成本上升、土地资源稀缺及价格不断提高等因素，导致物流成本大幅提高；新兴产业公司拥有得天独厚的互联网资源优势，汽车物流面临跨界竞争的威胁。

3. 解决方案及效果

针对上述问题和需求，供应商提供了不同模式的解决方案。

表2-5：智能制造【问题需求-解决方案】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案
整体方案	智能工厂	运营管理智能化亟待改善	方案①
	供应链	采购全球化、供货系统化有待提高	方案②
局部方案	研发环节	满足需求个性化能力有待提升	方案③④
	生产环节	<ul style="list-style-type: none"> • 制造过程信息化、透明化、柔性化有待深化 • 质量管理的全程化、标准化、体系化需进一步完善 	<ul style="list-style-type: none"> • 方案⑤⑥ • 方案⑦
	物流环节	实现物流配送的准确化、零库存化、看板化	方案⑧

问题需求：运营管理智能化亟待改善

解决方案①：智能工厂解决方案

● 预期目标：

建设多车型共线的随机混流生产的高自动化焊装线。

● 具体内容：

安徽巨一在汽车白车身智能机器人焊装生产线集成中建设了生产过程实时监控、车身质量追溯、机器人在线智能检测、设备故障自诊断、车间制造资源智能调配和车间精益生产管理等智能功能，主要应用于汽车车身

生产与质量检测。

- 实现效果:

该方案解决了汽车车身批量化生产和质量提升的难题，提升用户生产效率，降低成本，同时还可以为汽车整车制造企业实施智能制造提供借鉴作用。最终，该汽车整车厂实现四平台六种车型的任意混线生产，工位间传输时间为6秒；1.5吨以上载荷下输送速度为1.3m/s。

问题需求：采购全球化、供货系统化有待提高

解决方案②：供应链解决方案

- 预期目标:

解决供应链管理难题，帮助一汽红塔建立一个科学全面的供应商管理信息系统。

- 具体内容:

用友软件公司针对一汽红塔在供应链管理中存在的问题，开发并部署供应商管理系统。该系统包括供应商基本信息、供应商存货关系维护、供应商业务冻结、供应商交易历史查询、供应商评估等五部分。

- 实现效果:

为一汽红塔采购部门选择最佳供应商，为采购订单、采购业务提供供应商选择的决策支持。同时，一汽红塔借此提高企业对供应商的监控与合作能力，从而保持企业与供应商的最佳关系。

问题需求：满足需求个性化能力有待提升

解决方案③：个性化定制解决方案一

- 预期目标:

满足汽车厂拓展新产品和对现在产品持续改进的生产需求。

- 具体内容:

东风设计研究院为厂商围绕工艺设计和工程建设，以生产多品种个性化定制产品为目标之一，设计了相关智能工厂方案。

- 实现效果：

有效提高合资公司的市场竞争水平，增强企业的可持续发展能力，并按照绿色环保、高技术标准、高效率来整体设计和建设工程。

问题需求：满足需求个性化能力有待提升

解决方案④：个性化定制解决方案二

- 预期目标：

从设计生产的源头开始，从下单到提车只需要20天，为用户快速提供个性化定制产品。

- 具体内容：

长安汽车正在合肥以CS15车型为尝试，对研产供销以及在产业链整体进行了提升，通过将商城订单的搜集数据与DMS系统、ERP系统、MES系统、TMS等系统打通，将配置包和计划相匹配。柔性生产的冲压线采用自动化模机以适应定制化。

- 实现效果：

新的工艺与系统的整合有效降低了库存、缩减了加工时间且更加灵活地适应个性化定制。CS15个性化定制已在长安商城开单运营，首期推出6个定制服务包，组合方式多达1万多种。

问题需求：制造过程信息化、透明化、柔性化有待深化

解决方案⑤：生产过程优化解决方案

- 预期目标：

打破国外技术封锁，带动我国锂离子动力电池成套生产装备实现突破，进一步实现透明化、柔性化生产。

- 具体内容：

宁德时代与深圳市新嘉拓自动化技术有限公司、无锡先导智能装备股份有限公司等装备制造厂商，以及软件提供商、大学、科研院所组成智能制造联合体，开展联合创新，带动我国锂离子动力电池成套生产装备实现突

破。通过对涂布挤压头出口速度分布和涂层厚度精确模拟仿真，创新性地采用了衣架式变截面积流道设计，制定出设备的工业互联网接入规范，其生产制造过程全面实现信息化、透明化和柔性化，进一步提升生产效率。

- 实现效果：

涂布质量波动率小于0.5%，厚度误差小于1 μm，涂布速度达到80m/min，产品一致性和生产效率大幅提升；突破了高速卷绕前向反馈技术，大幅度提高了收放卷轴的同步性；制定出设备的工业互联网接入规范，实现了车间内设备间100%互联互通和产品全生命周期的闭环控制。项目建设前后对比，电池生产运营成本降低60%，不良率降低75%，生产效率提高2.4倍，资源综合利用率提高24%。

问题需求：制造过程信息化、透明化、柔性化有待深化

解决方案⑥：质量分析预警解决方案

- 预期目标：

提高售后服务质量，实现整车厂质量稳步提升。

- 具体内容：

建设覆盖产品全生命周期和全业务链的质量大数据分析系统，通过主机厂和供应商的数据共享，及时调整供应商过程参数，实现联动和预防。同时，拓展售后大数据研究范围至保修期外，同时兼顾互联网舆情分析，实现售后质量问题提前预警，提前解决。

- 实现效果：

汽车厂产品的售后服务水平显著提高，同时通过将制造过程和售后相关问题导入至产品开发阶段，反向推动产品设计质量的稳步提升。

问题需求：质量管理的全程化、标准化、体系化需进一步改善

解决方案⑦：工艺优化解决方案

- 预期目标：

在解决铝合金连接难题的基础上更大幅增加了车身强度。

- 具体内容：

奇瑞捷豹路虎引入的航空级铆接胶合技术，铆接技术无须预留孔，通过伺服电机提供动力将铆钉直接压入待铆接板材，压力高达60–80KN。同时，为更好监测车身品质，奇瑞捷豹路虎全铝车身车间采用的是过程质量保证体系。此外，运用激光定位设备和摄像技术构建了激光在线测量系统。

- 实现效果：

通过工艺的改进，车身连接处强度可增大至单纯铆接强度的2至3倍，在解决铝合金连接难题的基础上更大幅增加了车身强度。激光在线测量系统的使用可将误差控制在0.2毫米以内，实现对车身尺寸的精确控制。

问题需求：实现物流配送的准确化、零库存化、看板化

解决方案⑧：物流自动化解决方案

- 预期目标：

提高汽车行业的物流自动化水平。

- 具体内容：

上汽通用运用自动牵引设备、自动仓储设备以及自动分拣设备等物流自动化技术，在物流各环节尝试应用以持续推进自动化；通过智能穿戴、定位技术、模拟仿真、优化技术及调度系统等物联网新技术的试点应用，尝试在物流数字化及智能优化领域取得突破。

- 实现效果：

该项目的实施，提升了各物流环节的自动化水平，优化人员效率，有效提升物流区域的仓储面积利用率，结合四地推广共计可节省运作费用约3920万/年，并将通过效率提升与无灯化车间等，可以直接节约能源的使用，对环境保护起到重要作用。

4. 下一步发展方向

表2-6：智能制造【问题需求-解决方案-发展方向】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案	发展方向
整体方案	智能工厂	运营管理智能化亟待改善	方案①	• 培育发展大规模个性化定制 • 建成若干智能工厂
	供应链	采购全球化、供货系统化有待提高	方案②	推动供应链管理水平提升及质量追溯
局部方案	研发环节	满足需求个性化能力有待提升	方案③④	• 促进汽车行业智能制造共性技术研发及应用 • 建设客户需求交互平台，定制订单信息追溯及管理
	生产环节	• 制造过程信息化、透明化、柔性化有待深化 • 质量管理的全程化、标准化、体系化需进一步完善	• 方案⑤⑥ • 方案⑦	• 进一步推进企业关键系统集成与优化 • 推进企业迫切需求标准研制及应用，建立完善的标准体系
	物流环节	实现物流配送的准确化、零库存化、看板化	方案⑧	推动物流配送关键装备应用及系统集成

- 1) 智能工厂——培育发展大规模个性化定制，推动智能工厂集成关键技术指南及标准研制。
- 2) 供应链方面——推动供应链管理水平提升，并建设原材料质量追溯系统及关键参数追踪。
- 3) 研发环节——促进汽车行业智能制造共性技术研发及应用；建设客户需求交互平台，定制订单信息追溯及管理。
- 4) 生产环节——进一步推进企业关键系统集成与优化；推进企业迫切需求标准研制及应用，建立完善的标准体系，保障产品全生命周期各环节质量；推动大数据、云计算等技术在生产、物流环节的应用。
- 5) 物流环节——推动物流配送关键装备应用及系统集成。

(二) 电力装备行业

1. 智能制造发展现状

自2006年开始，中国发电设备年产量连续9年超过1亿千瓦，占全球发电设备产量的50%以上。2008年变压器年产量连续7年超过10亿千伏安，220千伏及以上输电线路长度为57.89万公里，位居世界第一，中国现已成为名副其实的电力装备制造大国。2017年，电力装备制造业实现的主营业务收入5.68万亿元，实现利润3440亿元。目前，电力装备技术水平不断提高，拥有自主知识产权的大型发电成套装备、特高压输变电成套装备、智能电网用成套装备等为代表的电力装备已达到国际领先水平。

电力装备是中国装备制造业的重要组成部分，目前已有10个项目列入了工信部智能制造试点示范，12个项目列入国家智能制造新模式和标准验证平台专项支持。近几年来，中国电力装备技术水平不断提高，以大型发电成套设备、特高压输变电成套装备和智能电网成套装备为代表的电力装备已经达到国际领先水平，智能化产品和装备如智能电表、智能开关不断问世；智能化生产线陆续进入投运，如已经建成的清洁高效锅炉智能制造数字化车间、高压开关和变压器数字化车间、低压电器数字化车间及中小型电机智能工厂等；一批智能化服务模式实现工程应用，比如大规模的流水生产线转向了规模定制化生产；产业形态从生产制造型向服务型转变，如大型水电设备远程运维服务模式已经成功应用于中国水电工程；此外，一批工业云、工业互联网项目成功商业化运行。

2. 智能制造面临的问题

电力装备领域智能制造系统解决方案市场整体呈现出较为广阔的发展前景，同时也面临诸多问题亟需解决。

表2-7：智能制造【问题需求】一览表

分类	方案类别	问题和需求
整体方案	数字化车间	设备与系统集成程度不足 生产设备自动控制程度有待提高
	数字化产线	管理成本高、生产方式落后
局部方案	研发环节	研发能力相对薄弱
	设计环节	现场运行各种工况和故障需全面的仿真和检测
	生产环节	设备老化，劳动强度大 设备信息实时监控，安全运行 突破信息孤岛，提高生产效率
	物流环节	提升材料储备管理工作效率
	服务环节	需实现远程运维

1) 设备与系统集成程度不足

同其他行业，当下我国大部分电力装备企业仍未能够实现真正意义上的生产运营智能化，目前企业主要面临着如何消除在企业生产车间中设备与设备的集成程度低，系统与系统的关联性、兼容性较差等问题，想要达到设备和系统高度集成并最终实现真正意义上的智能化仍任重道远。

2) 生产设备自动控制程度有待提高

在生产过程中，根据自动控制系统的规模和控制手段的复杂程度，可其自动化程度分为三级：工作循环的自动化、机器系统的自动化和生产过程的综合自动化。纵观我国电力装备行业现阶段改造路线，我国各电力装配企业自动化程度水平不一，行业龙头企业的自动化程度相较国外仍存在差距，自动化程度有待进一步提高。

3) 管理成本高、生产方式落后

作为我国传统支柱性产业和民生基础产业，电力装备行业的管理和运作方式与国外相比仍有一定差距，这些不仅从宏观上制约了行业转型发展的步伐，更从微观上造成了行业中部分企业管理成本高，生产方式落后等弊病。

4) 研发能力相对薄弱

中国电力装备制造整体技术水平有待提高，国产设备在精密度、耐久性等领域仍与进口装备存在较大差距。在前沿技术领域，关键设计软件、数字化设计与仿真分析软件以及工业控制软件等核心工业软件水平较弱，高档工业控制软件进口依赖度较高，部分关键设计、验证的程序尚需依赖国外。

5) 现场运行各种工况和故障需全面的仿真检测

大型电力运输设备出现故障会给社会生产、人民生活 and 电力装备带来负面影响，保障电力设备的正常运行显得尤为重要，对现场运行的各种工况和故障进行全面的仿真检测是亟需解决的问题。

6) 设备老化，劳动强度大

作为传统行业，电力装备产业中存在着许多典型“历史病”，诸如设备老化、自动化和数字化程度低从而及其耗费人力资源等问题。这些问题是许多传统行业在面临智能制造升级前本应解决的历史遗留问题，鉴于我国电力装备产业目前参差不齐的发展现状，有必要通过数字化、网络化、智能化的逐步改造，有效实现产业升级问题。

7) 设备信息实时监控，安全运行

电力装备行业对于安全的要求性极高，实现对设备信息的实时监控是实现这一要求的基础。如何实现对发电设备运行信息的资源共享，对设备信息的数据采集，并确保数据的及时性是一个急需解决的问题。

8) 突破信息孤岛，提高生产效率

行业中大型企业普遍普及了CAD、CAE等IT工具和PDM、ERP、MES等工业软件系统，实现了部分环节阶段上的数字化和信息化，但这些IT工具和工业软件系统可能分布来自不同的厂商，相互分割独立，研发制造过程产生数据散落，孤岛现象严重。

9) 提升材料储备管理工作效率

目前采用先进的技术进行仓库智能化调度、仓库配送远程监与调度调度，实现高精度定位识别和远程中央控制的自动化立体仓库智能配送及调度控制的智能物流系统与国外仍有差距，有待进一步完善。

10) 需进一步实现远程运维

想要实现施行调控一体化运行模式，逐步实现220kV及以下变电站无人值守，对于调度自动化信息的容量和正确性、稳定性等远程运维提出了相当高的要求。这就要求我们通过一些其他技术手段进行调控中心监视的补充手段，提高信息监视的全面性及正确性。从发展的眼光看，需要实现对监控计算机主机系统的集中控制管理，有待进一步发展远程运维。

3. 解决方案及效果

针对上述问题和需求，供应商提供了不同模式的解决方案。

表2-8：智能制造【问题需求-解决方案】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案
整体方案	数字化车间	• 设备与系统集成程度不足 • 生产设备自动控制程度有待提高	• 方案① • 方案②
	数字化产线	管理成本高、生产方式落后	方案③
局部方案	研发环节	研发能力相对薄弱	方案④
	设计环节	现场运行各种工况和故障需全面的仿真和检测	方案⑤
	生产环节	• 设备老化，劳动强度大 • 设备信息实时监控，安全运行 • 突破信息孤岛，提高生产效率	• 方案⑥ • 方案⑦ • 方案⑧
	物流环节	提升材料储备管理工作效率	方案⑨
	服务环节	需进一步实现远程运维	方案⑦

问题需求：设备与系统集成程度不足

解决方案①：数字化车间解决方案

- 预期目标：

实现高压开关产品车间中各类设备及系统的有效集成与协同。

- 具体内容：

上海工业自动化仪表研究院有限公司开发了110kv及以上高压开关自动化装配生产线、自动化立体仓库和物流系统、数控机床联网集成系统和在线刀具管理系统、数字化绝缘浇铸件自动装脱模生产线、精密铝合金铸件无模成型单元、基于机器人的壳体自动化焊接生产线、制造过程在线监测系统，构建制造执行系统（MES）、企业资源计划（ERP）、产品全生命周期管理（PLM）等深度融合的企业管控平台。

- 实现效果：

建立了“高压开关智能制造数字化车间”，全面实现高压开关产品从设计、加工（处理）、装配、检测、质控、物流、服务全数字化贯通。

问题需求：生产设备自动化控制

解决方案②：自动化成套控制系统解决方案

- 预期目标：

进一步提高火电行业的全系统事件顺序记录（SOE）分辨率、系统可用率和系统整体可靠性MTBF。

- 具体内容：

北京国电智深控制技术有限公司开发了一套适用于百万千瓦级超超临界火电机组的自动化成套控制系统，它以分散控制系统（DCS）为核心，包括厂级监控信息系统（SIS）、全激励仿真系统（SIM）、超超临界机组优化控制策略等在内的百万千瓦级超超临界火电机组整体自动化解决方案。

- 实现效果:

该项目所有指标达到或优于《DL/T659-2006火力发电厂分散控制系统验收测试规程》，SIS系统指标达到或优于《DL/T924-2005火力发电厂厂级监控信息系统技术条件》，仿真系统指标达到或优于《DL/T1022-2006火电机组仿真机技术规范》，稳态运行误差：关键参数不大于 $\pm 1\%$ ，主要参数不大于 $\pm 2\%$ ；一般参数不大于 $\pm 5\%$ 。暂态运行误差：关键参数不大于 $\pm 3\%$ ，主要参数不大于 $\pm 5\%$ 。

问题需求：管理成本高、生产方式落后

解决方案③：人机协同互联解决方案

- 预期目标:

降低断路器工厂的人力和管理成本，实现数字化运营。

- 具体内容:

在施耐德小型断路器生产厂建设人机协同互联解决方案，对生产方式实施了数字化改造，采用精益数字化系统，旨在实现精益生产下的数字化运营。

- 实现效果:

系统实现了效率从65%提升至80%，生产周期从78小时降低到原来的18小时，仓库效率提升了25%。不仅如此，透明化的改造为企业持续改善形成了良好的土壤和企业文化，突破了原有瓶颈的束缚，至今，该解决方案已经连续12年实现了每年超10%的生产率提升。

问题需求：研发能力相对薄弱

解决方案④：数字化研发设计解决方案。

- 预期目标:

实现超(特)高压变压器数字化研发设计。

- 具体内容:

西安西电电气研究院为西安西电变压器公司实施了超(特)高压变压器

智能制造数字化车间项目。该项目完善产品设计研发管理技术体系，建设模拟仿真系统来服务于设计、制造、装配、试验检测、服务运维等过程使产品具有状态监控、在线诊断等功能。

- 实现效果：

项目实施后，关键设备数控化率达76%，具有虚拟产品设计、工艺模拟与优化仿真功能，被制造的关键部件或产品质量100%可追溯，技术准备时间缩短31.3%，交货周期缩短36.42%。

问题需求：现场运行各种工况和故障需全面的仿真和检测

解决方案⑤：建模与仿真解决方案

- 预期目标：

实现电力企业的建模仿真试验验证。

- 具体内容：

某电力企业依托国家级重点实验室中建设特高压工程试验仿真服务平台、RTDS实时数字仿真系统、物理动态模拟系统、微电网仿真试验平台、基于IEC61850的智能变电站系统测试仿真平台等，自主研发了智能电网实时数字仿真系统、直流控制保护仿真装置、数字接口扩展装置等仿真实验设备。

- 实现效果：

通过该项目的实施，该电力企业为多个高压/特高压输电工程，例如贵广二回±500kV直流输电工程、云广±800kV特高压直流输电工程等重点示范工程提供了试验验证，对现场运行各种工况和故障形式进行了全面的仿真和检测，保障了电网的安全稳定运行。

问题需求：设备老化，劳动强度大

解决方案⑥：机电一体化改造解决方案

- 预期目标：

满足电站的“无人值守”要求。

- 具体内容:

菲尼克斯根据客户需求,对象鼻嘴电站及月儿山电站进行机电一体化改造。通过使用控制系统提高CPU模块和IO模块抗冲击性能,抗震动性能,抗电磁干扰性能;采用PLC控制器,保证整个下位控制系统快速的响应上位要求与快速采集现场信号给到上位。

- 实现效果:

项目实施后,满足自动发电控制和自动电压控制的要求,电站维护和调试工作简单易行,满足无人化、少人化值守。

问题需求: 设备信息实时监控, 安全运行

解决方案⑦: 远程运维解决方案

- 预期目标:

满足电站的快速、及时、准确的远程运维诊断需求。

- 具体内容:

哈尔滨电气集团有限公司研制的“基于物联网技术的发电设备全生命周期服务支持系统”,该系统以物联网为技术支撑,通过互联网将发电设备的制造企业和电厂集聚在这个平台上,实现了发电设备运行信息的资源共享,通过感知器件对发电机组的数据采集,随时可以检测到机组的运行情况。

- 实现效果:

系统实现了对三峡、向家坝及溪洛三个电站中哈电机生产的十八台巨型水轮发电机组的远程诊断工作,为用户提供及时准确的服务,保证机组的安全运行。

问题需求: 突破信息孤岛, 提高生产效率

解决方案⑧: 工业互联解决方案

- 预期目标:

打破“信息孤岛”,使核心业务管理数字化。

- 具体内容：

正泰集团有限公司着手打造了“一云两网”（即正泰云、正泰工业物联网以及能源物联网），利用云端的大数据分析能力，来实现预测、预警、自适应功能，同时与产业链上下游实现横向集成。

- 实现效果：

项目实施后，实现了智能产品100%数字化，提高数据采集能力，同时逐步打通水、电、燃气管理系统，实现自动抄表、线损分析、远程控制等领域的新突破。

问题需求：提升材料储备管理工作效率

解决方案⑨：专业信息系统解决方案

- 预期目标：

解决材料储备面临的容器和货位标识不规范、纸质为主的原始记录造成信息沟通困难、材料调配与储备管理效率低下等问题。

- 具体内容：

核工业计算机应用研究所基于国家核储备的需求以及管住、管好、管严、管细的管制要求自主研发了一套用于核材料储备信息化管理工作的专业化系统。系统通过对核材料信息无接触自动采集、自动编码及识别、综合数据管理、多视角展示于一体的智能化处理，应用信息自动识别、数字化建模、三维图形展示等多项技术，实现对核材料入库、位置移动、库间调拨、实物盘存、出库发运、巡检等全过程信息的安全监管。

- 实现效果：

该系统对所有入库容器均进行了条码规范标识和数据采集入系统工作，经实物盘存工作验证，有效提高核材料储备管理工作效率50%以上，实现了规范化、信息化管理的预期设计与建设目标。全面提升中国核材料供应链运转效率、核品的原料与产品的质量、核设施安全生产及运行水平提供支撑能力保障。

4. 下一步发展方向

表2-9：智能制造【问题需求-解决方案-发展方向】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案	发展方向
整体方案	数字化车间	• 设备与系统集成程度不足 • 生产设备自动控制程度有待提高	• 方案① • 方案②	建立精益生产仿真模拟系统，开展虚拟精益生产仿真分析
	数字化产线	管理成本高、生产方式落后	方案③	
局部方案	研发环节	研发能力相对薄弱	方案④	先进软硬件技术
	设计环节	现场运行各种工况和故障需全面的仿真和检测，电网安全稳定运行	方案⑤	提高零件精度
	生产环节	• 设备老化，劳动强度大 • 设备信息实时监控，安全运行 • 突破信息孤岛，提高生产效率	• 方案⑥ • 方案⑦ • 方案⑧	• 关键工艺过程利用机器人等智能制造装备,减少人工干预,提高产品质量 • 设计工艺仿真技术 • 建立基于工业互联网的大数据平台
	物流环节	提升材料储备管理工作效率	方案⑨	研发支持迅速响应和智能分配的仓储物流系统技术
	服务环节	进一步实现远程运维	方案⑦	

- 1) 数字化车间——深化信息化与工业化的融合，建立精益生产仿真模拟系统，开展虚拟精益生产仿真分析，依托信息管理平台，推进安全生产。形成ERP、PDM、CAE、MES、PLM、物流管理、产品检验检测等系统的高效协同与集成。
- 2) 研发环节——研发先进传感器等基础部件、精密测量技术、智能控制等先进技术，突破关键装备核心制造技术。
- 3) 设计环节——在保证产品的技术性能前提下,调整产品结构设计,缩小零部件尺寸公差,改变零部件制造和装配工艺,大幅度提高零件精度,特别是对产品零件跟自动化设备配合的部分关键特征进行改进和零件加工

工艺水平的提升,最终实现全自动生产线结构和性能与产品实现最佳的匹配度。

4) 生产环节——开展对先进制造工艺的研究与应用,在关键工艺过程利用机器人等智能制造装备,减少人工干预,提高产品质量一致性和成品率,开展下列技术的研究: 执行机构结构设计技术(工件自动传输、自动定位、柔性装夹、多工位伺服移栽、方向识别、防呆措施等); 精密运动控制技术; 冲、焊、铆一体化装配技术; 智能化自动焊接技术; 绿色环保的制造工艺。

5) 物流环节——开展支持迅速响应和智能分配的仓储物流系统技术研究,可实现从原材料入库零件拣选、零部件配送、成品输送、存储发货等全部物流自动化作业,并通过WMS系统与ERP、MES等系统的互联互通实现智能物流系统与数字化生产线的无缝对接。

(三) 制药行业

1. 智能制造发展现状

医药行业是关系国计民生的重要产业,被公认为永不衰落的朝阳行业。2017年我国医药业绩总体向好,2017年全国医药制造业实现主营业务收入28185.5亿元,同比增长12.50%。2018年以来,受控费/控药占比、创新药研发投入加大、部分增值税增加等影响,医药行业利润增速呈缓慢下降走势,且低于主营业务收入增速。展望2019年,在医保控费、带量采购、一致性评价等政策影响下,药品价格降价压力较大,且新药研发投入较大导致企业生产成本提高,医药行业利润增速或将继续下行⁴。

在全球产业结构都在调整的形势下,我国医药行业面临转型升级,医

⁴ 国家统计局数据

药生产由传统制造向智能制造转变，既是当今时代的发展，也是医药企业自身发展的需要。从目前情况看，经过几年的努力，有一部分企业入选工信部智能制造试点示范和国家智能制造新模式和标准验证平台专项：如楚天智能机器人的高端生物医药机器人及装备智能制造项目、悦康药业集团的无菌注射剂试点示范项目、华北制药股份有限公司的无菌粉针及口服制剂项目、湖南科伦制药有限公司的医药注射剂智能制造试点示范项目和昆药集团的天然植物药提取智能制造试点示范项目等。

2. 智能制造面临的问题

经过多年发展，中国医药产业整体生产水平明显提升，自动化水平不断提高，特别是部分制剂、中药生产企业的智能制造取得了较大的进步，但整体行业看，仍存在一些亟待解决的需求和问题，具体归纳如下：

表2-10：智能制造【问题需求】一览表

分类	方案类别	问题和需求
整体方案	智能工厂	制药行业整体设备技术水平低
	数字化车间	生产效率低，生产过程合规难保证
局部方案	生产环节	生产过程信息集成度不足，无法对质量和效率进行综合管控；药品检测不及时，检测数据滞后，影响药品质量
	物流环节	药品数据管理和追溯水平有待提高

1) 制药行业整体设备技术水平低

受产业特性的限制，制药企业研发周期长，生产过程工艺复杂。目前部分企业已通过自动化的生产车间建设。但如何实现从生产到包装入库的全自动化作业，避免人工作业带来的生产偏差和质量安全事故；如何将企业管理系统与制药过程控制系统有效整合，实现对药品生产中的数据采集、分析与监控，需要通过药品生产全过程的自动化、智能化，提高药品生产管理水平，从而更好地监控药品的生产过程。这需要生产装备的自动

化和智能化升级。我国医药行业核心设备对进口设备的依赖程度高，核心设备国产化率普遍较低。所以，提高制药设备的自动化、合规化、国产化，满足GMP合规和国际医药认证合规要求，同时加强国产设备在制药行业的应用和创新已迫在眉睫。这关系到我国医药产业的长远发展和药品的质量与安全。

2) 生产效率低，生产过程合规难保证

2015年食药总局（CFDA）将GMP认证的工作下放到省级单位，加强了政府部门对医药行业的监管；同时国外的药品管理局不断加强飞行检查的频率和检查内容的深度，飞行检查的主要内容是药品生产批记录和药品检验记录的数据完整性，采取零容忍态度。因此要从根本上解决数据合规和完整性的问题，就需要医药企业在生产线基础自动化改造的前提下，配合医药信息化MES等信息化系统的应用，从系统上确保医药生产合规，确保生产人员按照药品SOP操作规程和GMP法规要求进行合规化生产。因此医药企业的基础自动化改造和MES等信息化系统的需求将逐步成为医药企业的刚性需求，上述系统的建立也将助力企业实现对设备、生产过程的综合管理。

3) 生产过程信息集成度不足，无法对质量和效率综合管控

生产过程信息集成度不足，药品检测不及时，检测数据滞后，影响药品质量。医药制造业生产工艺和研发相对较传统。在现代化制药过程中，难找到一套成熟、稳定的企业信息化架构匹配企业的生产运营，导致大多医药企业在考虑企业信息化的过程中花费太多时间，难以快速决策。在传统制药业中，很难实现数据驱动生产管理水平提升，更难实现医药产品研发、生产、物流等环节的数据可视化、标准化。缺乏先进的生产制造系统、科学的信息化管理手段，传统制药业难以保证药品的高质量。

4) 药品数据管理和追溯水平有待提高

传统的制药业大部分是以纸质文档存储制药过程数据信息，即使有

用到系统来记录数据，大多也分布较散，不能集中管理、统一关联进行分析。这种方式，在传统制药业中是很难实现数据驱动生产管理水平提升，更难实现医药产品研发、生产、物流等环节的数据可视化、标准化，难以进行药品数据的有效管理和快速追溯。

3. 解决方案及效果

当前，提高医药行业信息化、智能化水平从而保证药品质量，推进药品的生产质量监管、生产自动化、生产执行等系统的普及，实现对药品质量全过程监控尤为重要。通过创新研发与生产方式改进促进制药装备智能化升级，提高制药的合规性，增强制药装备信息上传下控，从而形成真正的智能化制药装备，为实现药品生产自动化与合规化的管理，提供强有力的保证。通过对创新技术及新型技术的融合应用，让医药制造业向信息化、自动化、智能化转型，加强制药企业向创新和高质量、高合规的方向发展。针对上述问题和需求，各解决方案供应商提供了不同模式的解决方案。

表2-11：智能制造【问题需求-解决方案】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案
整体方案	智能工厂	制药行业整体设备技术水平低	方案①
	数字化车间	生产效率低，生产过程合规难保证	方案②
局部方案	生产环节	生产过程信息集成度不足，无法对质量和效率综合管控；药品检测不及时，检测数据滞后，影响药品质量	方案③
	物流环节	药品数据管理和追溯水平有待提高	方案②

问题需求：制药行业整体设备技术水平低

解决方案①：医药行业智能仪表与控制系统解决方案

- 预期目标：
提高整体工厂设备技术水平。

- 具体内容：

浙江中控医药行业智能制造解决方案分为智能控制层，运营层和决策层是由药机配套设备、在线监测（如视频监控浓缩终点）、智能仓储物流、基础自动化，可实现全流程高效自动化生产；智能运营层由生产运营管理系统、质量管理系统、实验室管理系统、电子批记录系统等组成，是面向医药企业的完整专业软件包，可有效管控产品质量，确保生产合规；智能决策层以ERP应用管理和调度指挥中心为核心，通过对生产数据和经营管理数据集中分析，有效实现提质、降本、环保、安全、增效的目的。

- 实现效果：

该解决方案使已减少人工数据录入工作57%，避免生产批记录页数丢失，基于偏差审核放行减少审核放行时间65%，减少称量操作时间35%。同时，提高成品生产的一次成功率26%，减少召回、返工和废品15%。

问题需求：生产效率低，生产过程合规难保证

解决方案②：制药过程和车间数字化解决方案

- 预期目标：

提高生产效率，实现生产过程的自动化、可视化、智能化，保证药品生产过程可视、可控、合规。

- 具体内容：

浙江中控、和利时、华制智能通过部署先进控制系统以及配套传感器，集中提高生产过程的自控与生产效率，同时实现生产过程的可视化。依托MES系统，对生产过程进行数字化、透明化管控，实时对制造过程进行监控和纠偏，并实现产品的数据动态管理。引入RFID、上下料机器人、AGV、自动识别、自动存取等技术，对生产现场物流进行自动化升级改造，提升物流输送的效率，减少人员对药品的干预，实现生产过程的自动化、智能化。

- 实现效果:

提高生产过程的自控与生产效率,实现生产过程自动投料、成品自动入库。

问题需求: 生产过程信息集成度不足,无法对质量和效率综合管控

解决方案③: 生产过程管理解决方案

- 预期目标:

实现生产设备运行状态的实时监控、故障报警和诊断分析,实现生产系统全过程智能化、数字化跟踪追溯。

- 具体内容:

和利时、华制智能、华龙迅达等企业搭建数字化工厂系统模型和企业核心数据库,搭建与生产过程控制、生产管理系统互通集成的实时通信与数据平台。通过装备自动化,使得PLC、DCS系统的生产装置的覆盖率提升到70%以上,APC先进过程控制的生产装置覆盖率提升到60%以上,便于生产管理人员实时获取设备状态、产量、物料消耗、工艺参数等信息,并及时发现生产过程中的问题,实现生产过程的精益管理。

- 实现效果:

生产过程的实时监控、异常预警、设备生命周期管理、维修换件辅助决策、设备3D 电子图册、智能排产、过程质量管控、及时物耗跟踪等管控功能的3D 可视化。

4. 下一步发展方向

表2-12：智能制造【问题需求-解决方案-发展方向】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案	发展方向
整体方案	智能工厂	制药行业整体设备技术水平低	方案①	打通研发、生产、产品质量、物流等环节的数据流，全面提升全厂数字化、智能化水平。
	数字化车间	生产效率低，生产过程合规难保证	方案②	建立药品数字化、智能化车间
局部方案	生产环节	生产过程信息集成度不足，无法对质量和效率综合管控；药品检测不及时，检测数据滞后，影响药品质量	方案③	建立相关设备的数据字典，有效提取设备工艺、状态信息；实现在线实时监测
	物流环节	药品数据管理水平有待提高	方案②	建立全过程物流管控和全过程药品质量追溯

1) 智能工厂——加快建立以智能化工厂和新型供应链为代表的现代生产制药体系，提升生产工艺、生产线的数字化控制水平，实现生产过程自动化、智能化、绿色化，促进生产管理过程中各环节的精细化管理；促进供应链信息共享和数据开放，强化行业质量监测网络。

2) 研发方面——重点突破工艺参数建模技术、优化控制技术，增加药品研发数字化水平，实现研发与生产过程数据的互联互通。

3) 生产方面——建立相关设备的数据字典，有效提取设备工艺、状态信息；围绕关键工艺环节的需求，推进自动化成套装备、工业机器人、智能传感器、自动控制系统，智能仪器仪表、在线检测设备等研发及示范应用，深化智能感知、知识挖掘、工艺分析、在线仿真、人工智能等技术集成。

4) 物流方面——逐步建立起与现代物流体系相适应和协调发展的物

流信息化体系，物流设施、设备的自动化、智能化和网络化水平大幅度提高，推动物流追踪与物资管理、智能调度与储运、无人搬运与智能码垛等新技术应用，发展仓储自动化。建立全过程物料流管控和全过程药品质量追溯体系。

(四) 石油化工行业

1. 智能制造发展现状

石化和化学工业是国民经济的重要支柱产业，经济总量大，产业关联度高，与经济发展、人民生活和国防军工密切相关，在我国工业经济体系中占有重要地位。2017年我国石油化工有限公司取得优异成绩，主要经济指标增长好于预期，行业正稳步迈向高质量发展阶段。截至2017年末，石油和化工行业规模以上企业29307家，石油和化工行业收入达到13.78万亿元，增长15.7%，为5年来最大增幅，高出同期全国规模工业增幅4.6个百分点。从增长走势看，全年起伏波动不大，缓中趋稳。其中，石油天然气开采增长17.6%，石油加工业增速相对较高，达21.5%，化学工业增长13.8%。其中农药制造主营收入达到3080亿元，较2016年同比增长11.8%；盈利259.6亿元，同比增长25%；固定资产投资443.5亿元，同比减少12.9%；存货资金344.5亿元，同比增长11%⁵。

当前石化行业正处在调结构、促转型和智能制造技术应用的关键交汇期，大力推动行业智能制造水平，全面提升行业发展质量和经济效益，是今后一段时期行业发展的重点工作和主要任务。2015年以来，工信部连续4年实施智能制造试点示范专项行动，共有36家石化企业入选，在石化、轮胎、化肥、煤化工、氯碱、氟化工等行业取得了良好的示范效应。从目

⁵ 中国石油和化学工业联合会

前情况看，在新建和改造升级中的大型石化企业已不再仅是基础自动化升级，更多的是管控一体化投入。如石化行业通过统一编制智能工厂的总体规划，统一组织系统开发和试点建设，借助先进的项目及技术管理经验，避免重复开发、资源浪费现象；煤化工行业通过对设备运行状态及生产全流程数据的自动采集，依托生产业务模型和专家经验建成生产执行平台，实现生产管理在线控制、生产工艺在线优化、产品质量在线控制、设备运行在线监控，安环管理在线可控的智能化管理；氟化工行业通过运用智能化、信息化手段及互联网思维，构建生产控制、制造管理、经营管理三位一体化的协同管控模式，实现整个生产运营过程的数字化管控与信息化系统集成，打造绿色、高效、安全和可持续发展的新型现代化的智能制造工厂。

2. 智能制造面临的问题

近年来，石油化工行业在结构调整、科技创新、节能减排、对外合作等方面取得了积极成效，但在推进智能制造发展中仍存在生产过程不确定性强、产业布局不合理等老顽疾和新问题，具体归纳如下：

表2-13：智能制造【问题需求】一览表

分类	方案类别	问题和需求
整体方案	智能工厂	产品结构复杂及产业衔接失衡，亟待先进产能注入
局部方案	生产环节	过程控制层发展水平薄弱，智能控制使能不足 生产管控一体化程度松散，亟待标准集成管控 工业互联网平台方兴未艾，基础条件不足

1) 产品结构复杂及产业衔接失衡，亟待先进产能注入

我国石油化工产业虽然规模大，但我国产品主要集中在中低端领域，处于功能性和价值链的低端，“大而不强”“快而不优”也是产业发展的现状。石化行业产业链复杂、业务分布广、产品多样，原油种类多、加工路线复杂，上下游关系密切，面临着市场与市场需求的匹配，只有加强创

新和产业结构升级，做好全局性的端到端供应链优化，调整转型，才能追求更有质量的发展，提高综合性竞争优势，才有助于企业利用有限的资源，获得更大的经济效益。

2) 过程控制层发展水平薄弱，智能控制使能不足

石化行业是典型的流程工业，工艺过程复杂、系统耦合性高、连续性强，因此对生产设备的稳定性、可靠性都有极高的要求。精准的自动控制，是石油化工有限公司平稳、高效、安全生产的前提。目前国内石油化工有限公司平均数据采集率80%左右，先进控制投用覆盖率不到40%，且大都采用人工经验调整控制器参数。

3) 生产管控一体化程度松散，亟待标准集成管控

目前大多数石油化工有限公司的生产计划、调度、排产、操作、设备管理、HSSE管理、质量管控、节能低碳、平衡分析、绩效考核等数据共享和系统集成尚未实现，缺乏统一的管理模式、业务流程、技术和数据等相关标准，“信息孤岛、数据成灾”的情况较为普遍，基于管控一体化的整体优化基本没有实现。

4) 工业互联网平台方兴未艾，基础条件不足

基于石油化工有限公司工业大数据分析和工业应用尚在起步阶段，研发能力不足，国产化替代难度大，像霍尼韦尔、艾斯本和英维斯等国外大型的石化行业传统的工业软件供应商，垄断着从生产底层控制到上层应用的各类工业软件，工业无线网尚在推广阶段，为实现行业大面积普及。因基础条件不足、现场复杂苛刻的环境、投资和认识的多种因素的叠加影响，基于石油化工有限公司工业大数据应用和工业应用尚在起步阶段。

3. 解决方案及效果

针对上述问题和需求，我国石油化工有限公司供应商提供了不同类型的解决方案。

表2-14：智能制造【问题需求-解决方案】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案
整体方案	智能工厂	产品结构复杂及产业衔接失衡，亟待先进产能注入	方案①
局部方案	生产环节	<ul style="list-style-type: none"> 过程控制层发展水平薄弱，智能控制使能不足 生产管控一体化程度松散，亟待标准集成管控 工业互联网平台方兴未艾，基础条件不足 	<ul style="list-style-type: none"> 方案②③ 方案④⑤ 方案⑥

问题需求：产品结构复杂及产业衔接失衡，亟待先进产能注入

解决方案①：中国石化智能工厂解决方案

- 预期目标：

推动企业生产方式、管控模式的变革。

- 具体内容：

中国石化设计炼化一体化全流程优化平台，实现了采购、计划、调度、操作的全过程优化；以“生产集成管控”为主线，设计了调度指挥、操作报警两大业务应用功能，支撑企业实现生产感知自动化、数据分析科学化等管理，支撑；设计了设备健康管理、设备三维应用两大业务应用功能，支撑企业实现设备管理的“三示”管理。

- 实现效果：

先进控制投用率、生产数据自动数采率分别提升了10%、20%，均达到了90%以上,劳动生产率提升10%以上。

问题需求：过程控制层发展水平薄弱，智能控制使能不足

解决方案②：全流程智能控制解决方案

- 预期目标：

实现数字化生产。

- 具体内容：

北京化工大学开发新一代Robust-IC全流程智能控制系统，将计算、

控制、通信和网络技术、专家经验与生产过程紧密结合。

- 实现效果:

累计采集了百亿级生产过程数据，建立了56.3万个对象模型，所有被控参数均方差降低60%。C2、C3加氢选择性分别提高22.2%和25.8%，
“双烯”（乙烯、丙烯）收率提高0.52%，乙烯能耗由620.18千克标油/吨降至580.06千克标油/吨。

问题需求：过程控制层发展水平薄弱，智能控制使能不足

解决方案③：设备管理解决方案

- 预期目标:

确保安全的基础上最大限度地发挥设备能力。

- 具体内容:

石化盈科联合设备生产厂商建设了基于石油与化工工业互联网平台ProMACE，系统通过搭建设备管理系统集成应用，建立诊断及机理分析模型，固化征兆算法173个、诊断规则1052条，支持对压缩机、汽轮机、机泵、电动机等17类设备运行状态进行监控与分析。

- 实现效果:

建立覆盖中国石化32家炼化企业的大机组管理系统，监测机组数量350台；振动测点指标约3212个；工艺测点指标约272个，形成了“现场+视频”的专家多级诊断模式。

问题需求：生产管控一体化程度松散，亟待标准集成管控

解决方案④：经营管理系统解决方案

- 预期目标:

提升生产管控一体化水平。

- 具体内容:

东岳集团搭建生产制造管理系统平台，建立了生产管控中心，通过ERP经营管理系统与多信息系统的融合及协同，自动分解生产计划并将数

据传递到MES系统及生产车间，调配生产资源，安排生产；建立了模拟仿真、MES、集团生产调度中心、安防管理系统以及工厂、预测、调度优化、物料平衡等关键模型算法。

- 实现效果：

对物料、能源、设备、人员等关键生产要素进行了全面数字化管理，对计划、调度、操作等生产过程环节进行了深入分析及优化。

问题需求：生产管控一体化程度松散，亟待标准集成管控

解决方案⑤：大数据优化解决方案。

- 预期目标：

构建“物联网+大数据+机理模型”三者相结合的数据智能解决方案。

- 具体内容：

中国石化致力于为炼化企业构建包括收率提升、寿命预测、质量管控、腐蚀预警、设备维护及安环节能等多个应用场景在内的联想大数据智能解决方案。

- 实现效果：

采集总量36亿条生产数据，建立抗体样本库对常减压245个重点工艺参数进行报警预测，预测准确率达到95%以上，提前预知运行风险，保障装置长周期安稳优运行。利用主成分聚类分析法，对连续重整装置超过11亿条生产数据进行分析，训练并建立装置操作样本库，指导工艺参数优化，提高汽油收率，累计增效1000万元。

问题需求：工业互联网平台方兴未艾，基础条件不足

解决方案⑥：工业云平台解决方案。

- 预期目标：

实现生产过程的物联网接入、实时计算、集中集成、可视化、智能分析功能。

● 具体内容：

石化盈科在多年MES建设和智能工厂的基础上，运用新理念新技术，把大数据、物联网、人工智能等新一代信息技术与石化工业知识和经验相结合，参考国家发布的工业互联网平台架构，打造了面向石化工业首个互联网平台ProMACE，实现了工业知识、模型和经验的承载和推广。

● 实现效果：

在物联接入方面，ProMACE已链接了常减压、催化等10大类600多套炼油装置、100多台大型机组、3.4万公里油气管线；在工业PaaS方面，采用微服务的架构，形成设备类、安全类、生产类等一批复用性广、稳定性好的核心业务组件50余个；在工业SaaS方面，研发了涵盖石化生产运营主要领域的工业套件和工业APP 300多个；在解决方案方面，形成了支撑智能油气田、智能工厂、智能物流、智能服务站、智能研究院、智能化工程服务等6大类解决方案。

4. 下一步发展方向

表2-15：智能制造【问题需求-解决方案-发展方向】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案	发展方向
整体方案	智能工厂	产品结构复杂及产业衔接失衡，亟待先进产能注入	方案①	强化示范引领效应
局部方案	生产环节	• 过程控制层发展水平薄弱，智能控制使能不足 • 生产管控一体化程度松散，亟待标准集成管控 • 工业互联网平台方兴未艾，基础条件不足	• 方案②③ • 方案④⑤ • 方案⑥	装备智能化、新一代信息采集、大数据挖掘与利用、安全管控

1) 智能工厂——强化示范效应，建立龙头企业引领带动中小企业推进自动化、信息化的工作机制，提升中小企业的智能化水平；提升石化工业供应链灵活性，实现实时、敏捷、柔性生产，形成以提供服务为主的新

的商业模式，最大限度实现能源有效利用并维持经济的高速可持续发展；通过提升石化工业供应链灵活性，实现实时、敏捷、柔性生产，形成以提供服务为主的新的商业模式，充分运用互联网新技术、新模式、新业态，全方位、全过程、全角度、全要素的推进产业转型升级，最大限度实现能源有效利用并维持经济的高速可持续发展，塑造智能化石化工业体系业态。

2) 生产环节

装备智能化：一方面促进石油化工智能装备控制应用的普及，另一方面提升石油化工装备的智能化水平，实现自诊断、自维护、自恢复，并具有参数调节的适应能力和自组织能力，使各种组成单元可以根据工作需要自行集结成一种超柔性最佳结构，并按照最优的方式运行。

信息采集方面：发展新一代执行器/传感器网络，基于IPv6的物联网广泛应用于石化现场，大规模无线传感器和RFID混合网络在工厂中普遍使用，工厂控制网络的无线化进行大范围推广，无线精确定位技术广泛标志各类生产要素和作业区域。

数据挖掘与分析：石化生产过程的海量异构感知信息备货区并与业务信息融合，实现各环节精确控制与决策，逐步建立云平台应用于各类计算资源的动态分配，进而通过建立符合石化生产特点的企业级知识库和知识管理的解决方案，固化规则和经验，实现知识共享，将数据和信息转换为指导生产和运营的辅助决策知识，指导优化运行。

安全管控：更加智能的异常工况识别和诊断以及重大事故的应急处置决策；建立石化安全运行案例库与知识库并实时优化更新；实现过程系统柔性设计和运行。

(五) 建材行业

1. 智能制造发展现状

建材工业是国民经济的重要基础原材料工业，建材制造业的发展水平高低已成为衡量中国建材工业在国际建材发展中的地位和竞争力的重要标志。2017年全年建材行业完成主营业务收入7.5万亿元，同比增长8%；实现利润5173亿元，同比增长17%。销售利润率6.9%，高于整个工业0.4个百分点。建材行业资产负债率50.6%，同比降低1.2个百分点；亏损企业亏损总额271亿元，同比减亏24%。水泥、平板玻璃行业利润增速超过80%；混凝土与水泥制品、卫生陶瓷制品、技术玻璃、玻璃纤维及制品、非金属矿制品等行业效益也表现良好⁶。

建材工业作为中国重要的基础原材料工业，也是传统的工业行业，近年来也在智能制造领域进行了尝试和探索。经过几年的建设，有6个项目列入了工信部智能制造试点示范；7个项目列入国家智能制造新模式和标准验证平台专项支持。其中，部分建材子行业如新型干法水泥生产线、玻璃生产线的自动化控制系统已达到国际先进水平；一些集团企业实现了对集团分布在全国各地的生产线的生产调度和现场监控；浮法玻璃生产技术和电气自动化水准已经有了较大的提高，国内浮法玻璃企业通过自动控制技术、信息技术、网络技术实现了原料配料控制系统、三大热工（熔窑、锡槽、退火窑）的分布式控制，提高了窑炉的熔化效率、玻璃质量，延长了窑龄、降低了能耗；已有建材企业应用了能源管理系统，建立能源管理中心，通过利用自动控制、计算机网络和数字化计量技术，加强对水、电、煤、气等主要能源的实时监测、精确控制和集约利用，进一步提高了能源设备、能源计划、能源平衡、能源预测等方面管理水平。

⁶ 《建材工业发展规划（2016—2020年）》、工信部原材料工业司

2. 智能制造面临的问题

我国建材制造业发展不平衡、不充分的矛盾也十分突出，除少数产业的技术装备与生产制造水平已进入世界前列外，大多数行业的一些核心技术装备还处于追赶或并行的阶段。改革开放以来，特别是进入21世纪以来，尽管我国建材工业取得了长远的发展和进步，但是长期以来积累的发展不平衡、不充分矛盾日益凸显，具体归纳如下：

表2-16：智能制造【问题需求】一览表

分类	方案类别	问题和需求
整体方案	智能工厂	资源、能源、环保与可持续发展约束不断加剧，需对其进行精准监控和管理
	数字化车间	信息感知与集成能力缺失，车间智能监控能力不足
	数字化产线	建材装备改造能力，数字化设备和互联互通设备的建设水平有待提升
局部方案	生产环节	生产过程复杂，可通过数据处理分析实现生产工艺落后，产品质量存在波动
	物流环节	仓储成本高，生产线运输成本高

1) 资源、能源、环保与可持续发展约束不断加剧

随着建材工业资源、能源、环保问题的日益凸显，如何加大主要耗能、耗材设备和工艺流程的信息化改造，建立健全资源能源综合利用效率监测和评价体系，提升资源能源供需双向调节水平，及健全主要污染物排放监测和固体废弃物综合利用信息管理系统，完善污染治理监督管理体系是现阶段的主要问题。

2) 信息感知与集成能力缺失，车间智能监控能力不足

建材工业主要产品生产具有连续、流程化和能源资源消耗性的特征，因其生产流程的复杂性和生产环境的危险性，如何通过信息数据采集实现原燃材料的成分分析和精准计量、设备和生产过程稳定性运行、各种原材料、能源、工艺参数等各类生产数据的集成应用的智能化生产，是目前亟

需解决的重要问题。

3) 建材装备互联互通能力较低

建材工业的生产过程具有连续性、流程性的特点，目前建材行业的设备使用和质量控制主要靠人工，装备之间互联互通能力较低，各环节之间容易形成信息孤岛。建设数字化设备，提升设备的互联互通能力可以提高生产效率。

4) 生产过程复杂，产品质量存在波动

建材行业的生产过程复杂导致加工精度难以把控，生产效率普遍较低。如何结合现有智能化生产手段，建立数字化、智能化的生产过程管理系统，根据数据的采集情况可在系统中增加数据分析系统，计算得到最优化的参数值，帮助提高加工精度和生产效率。

5) 生产工艺落后，产品质量存在波动

建材工业起步较早，是国民经济的重要基础产业，但发展比较缓慢，生产工艺比较落后，又因为受到原材料价格、质量波动等因素的影响，产品质量会存在波动。

6) 生产成本日益增加，企业运营压力增大

建材工业的生产要素价格上涨，外部约束日益趋紧。2017年以来，煤炭、天然气、纯碱等大宗燃原料价格上涨明显，环保督查力度加大，建材企业为还“欠账”实现达标排放，必须增加投入进行节能减排等专项技术改造，也增大了企业的运营压力。

3. 解决方案及效果

针对上述问题和需求，供应商提供了不同模式的解决方案。

表2-17：智能制造【问题需求-解决方案】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案
整体方案	智能工厂	资源、能源、环保与可持续发展约束不断加剧，需对其进行精准监控和管理	方案①②
	数字化车间	信息感知与集成能力缺失，车间智能监控能力不足	方案①③④
	数字化产线	建材装备互联互通能力缺乏或较为低下，数字化设备和互联互通设备的建设水平有待提升	方案⑤
局部方案	生产环节	<ul style="list-style-type: none"> 生产过程复杂，可通过数据处理分析实现 生产工艺落后，产品质量存在波动 	<ul style="list-style-type: none"> 方案①③④ 方案⑤
	物流环节	仓储成本高，生产线运输成本高	方案⑥

问题需求：资源、能源、环保约束不断加剧，需对其进行精准监控

解决方案①：水泥智能工厂解决方案

● 预期目标：

建设高效环保智能工厂。

● 具体内容：

南京凯盛在建成国内首条具有自主知识产权的万吨水泥生产线的基础上，为泰安中联水泥有限公司系统配套双系列六级旋风预热器、在线双喷腾式分解炉、两档短窑等一系列的新型干法水泥生产工艺，应用数字化矿山开采、自动配料、窑磨智能控制等信息技术，将矿山、生料、烧成、粉磨等多个子智能系统集成成为短流程全自动水泥智能制造系统，实现水泥工艺流程布局突破性变革。

● 实现效果：

确保全厂设备自动控制及监测，生产工艺数据自动数采率达100%；减少了生产线上人工的干预、即时正确地采集生产线数据，合理编排生产进度，构建出一个高效节能、绿色环保的水泥智能工厂。

问题需求：资源、能源、环保约束不断加剧，需对其进行精准监控

解决方案②：生产、运维、管理综合智能工厂解决方案

● 预期目标：

实现生产过程的流程性，运行维护的保障性和运营管理的关联性。

● 具体内容：

海螺公司坚持产学研相结合，建立了采用新型干法水泥工艺的水泥生产线，同时建立了包含数字化矿山智能管理系统、专家优化控制系统、智能质量控制系统和清洁包装发运四大系统的智能生产平台，包含设备管理及辅助巡检系统、能源管理和安全环保三大系统的运营维护平台，包含生产制造执行系统和营销物流管理系统的智能管理平台。

● 实现效果：

各类能耗和污染物排放指标显著下降，生产运营集约化、智能化水平实现大幅提升，提高了生产运营质量，降低了员工劳动强度，改善了工作环境，有效降低了安全风险，经济和社会效益有效提升。通过制造执行系统，实现了各大工业智能系统的全面融合。

问题需求：需提升车间智能监控能力

解决方案③：高性能混凝土大数据云平台

● 预期目标：

生产全过程包括采购信息、检测数据、配合比数据、设备运行数据、订单信息、统计数据全部实时上传云端数据库。

● 具体内容：

“粉尘大，环境差”是建材工业生产现场的传统印象，贵州兴达兴建材股份有限公司自主研发和建设了“砼智造——高性能混凝土信息化产业平台”。

● 实现效果：

实现了数字化管理和智能化生产，避免了人为干预，让生产更精准，

让管理更严谨。在生产环节建设制造执行系统，实时采集生产数据、监控生产过程，通过“砼智造智能监控中心”进行感知、分析、推理、决策与控制，实时分析生产状态、调整生产参数，提高产品质量。

问题需求：需提升车间智能监控能力

解决方案④：基于工业大数据的生产智能管控平台

- 预期目标：

全面实现数字化透明工厂与能源智能管控。

- 具体内容：

为实现ERP与DCS的互联互通与数据集成，建立了百万级的工业实时大数据中心，华润水泥的大数据智能管控平台采用了接点公司的三层技术架构搭建，建立了从DCS工控网到生产基地局域网，再到总部大数据中心互联网的三级防火隔离网络。

- 实现效果：

该平台保持了极好的扩展性，包括自定义能耗单元、计算公式、对标展示、管理看板等，可根据管理水平的提升随时自助增加数据采集、报表、公式及数据分析；基于实时数据的可视化监控、实时告警与实时数据查询与分析；多维度的报表体系，实现任一能耗单元、任一能源介质的任一时段报表查询，并可根据需要自定义数据报表。

问题需求：建材装备改造能力，数字化装备能力提升

解决方案⑤：冷却机技改工程解决方案

- 预期目标：

解决生产线原材料波动，出窑的飞沙料较多的问题。

- 具体内容：

南京凯盛在改造方案上首次采用一段篦床三代机+二段篦床四代机的改造思路，整体改造工期短，费用低。通过近8个月的运行，湖州槐坎南方公司也逐渐摸索出一套适合改造后冷却机运行的操作方法，目前各项考

核指标均符合合同要求，有效实现建材装备改造。

- 实现效果：

改造后的冷却机对物料的适应性强，不会影响原有的熟料热耗，通过一段篦床三代机的灰斗可以有效排除部分飞沙料，避免了单独替换成四代机回窑飞沙料大的问题。经过中段高温辊破破碎后的熟料再次经过二段篦床四代机的冷却，出冷却机熟料温度相比于改造前大幅度下降，同时余热发电蒸汽量也有所提升。

问题需求：仓储成本高，生产线运输成本高

解决方案⑥：玻璃纤维自动化生产线系统和自动化仓储中心解决方案

- 预期目标：

解决电子级玻璃纤维生产线生产环节多、工艺流程复杂、产品质量要求高、各个生产指标控制严格等问题。

- 具体内容：

北自所先后为巨石集团提供了数十条大型生产线的物流输送系统和二十几座大小功能不同的自动化立体仓库系统。自动化控制系统实现了条码的自动读取和识别功能，并与立体库管理系统和条码系统完美结合，实现了生产信息和物流信息的统一管理。这是目前为止全球最大的自动玻纤成品存储立体库，生产基地生产的所有成品货物实现自动化和信息化储存。

- 实现效果：

立体库管理系统通过与巨石集团ERP系统的对接，加大对库存的控制，实现了库存的随时可查，减少了库存积压，在调节产销平衡的同时，大大减少了土地占用，降低了人力成本，同时也保证了库存货物信息的准确率。据相关数据统计，该自动化仓储中心直接节约用地面积近5万平方米，相应可节约土地投资3000余万元；通过减少外租库的租金，外租库到车间的往来运输费用，节省工人工资，共计每年减少成本2000万元。

4. 下一步发展方向

表2-18：智能制造【问题需求-解决方案-发展方向】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案	发展方向
整体方案	智能工厂	资源、能源、环保与可持续发展约束不断加剧，需对其进行精准监控和管理	方案①②	<ul style="list-style-type: none"> 继续开展面向建材行业的智能工厂通用模型研究 促进数字化设备、传感器等在线监控检测设备的使用
	数字化车间	信息感知与集成能力缺失，车间智能监控能力不足	方案①③④	<ul style="list-style-type: none"> 继续推进建材工业企业生产过程监控和数据采集 建成若干数字化车间
	数字化产线	建材装备有待改造，数字化设备和互联互通设备的建设水平有待提升	方案⑤	推进建材装备能力建设
局部方案	研发环节	生产过程复杂导致加工精准度和生产效率低		促进建材工业工厂建造共性技术研发及应用
	生产环节	<ul style="list-style-type: none"> 生产过程复杂，可通过数据处理分析实现 生产工艺落后，产品质量存在波动 	<ul style="list-style-type: none"> 方案①③④ 方案⑤ 	<ul style="list-style-type: none"> 促进建材工业生产数据采集与分析能力建设 促进建材工业生产工艺提升的共性研究，避免产品质量波动
	物流环节	仓储成本高，生产线运输成本高	方案⑥	进一步实现数字化智能化仓储物流方案

1) 智能工厂——继续推进建材工业企业生产过程监控和数据采集，继续开展面向建材行业的智能工厂通用模型研究，促进数字化设备、传感器等在线监控检测设备的使用。

2) 数字化车间——建成若干数字化车间，继续推进建材工业企业生产过程监控和数据采集。

3) 数字化产线——推进对高危险化学品的信息集成和生产监控，建材设备的互联互通能力建设。

- 4) 研发方面——促进建材工业工厂建造共性技术研发及应用。
- 5) 生产方面——围绕关键环节的需求，推动开发一批新的智能制造装备或生产线提升国产装备与工业软件应用的普适性，促进建材工业生产数据采集与分析能力建设，提高生产效率和质量，降低生产成本。
- 6) 物流方面——进一步实现数字化智能化仓储物流方案，降低仓储物流，提高效率。

(六) 纺织行业

1. 智能制造发展现状

从全行业看，2017 年，规模以上纺织企业主营业务收入达到 68935.65 亿元，是1978 年的 145.67 倍，占全国规模以上工业的 5.9%；2017 年纺织品服装出口2745.1 亿美元，是 1978 年的 127.4 倍，占全国出口总额比重 12.13%，占全球纺织品服装贸易总额比重36.8%，全行业净创汇 2419 亿美元，占全国的57.3%。中国纺织工业的发展，发挥了作为国民经济传统支柱产业、重要的民生产业和国际竞争优势明显的产业的重要作用⁷。

作为传统制造业，我国纺织产业如何通过自动化、数字化实现升级发展一直是产业重点思考的问题。经过几年的建设，有19个项目列入了工信部智能制造试点示范，25 个项目列入国家智能制造新模式和标准验证平台专项支持。从目前情况看，行业中设备自动化、数字化改造力度较大，设备联网、生产实时监控成效明显；化纤长丝生产线的数字化和自动化水平在纺织行业最为领先，纺纱生产线在近两年内可实现夜间无人值守，纺

⁷ 《中国纺织工业智能制造大会材料汇编》

纱过程的无人化将可以实现；电脑横机和经编设备的数字化带动了针织生产的整体智能水平；印染行业生产工艺流程的自动化控制越来越广泛，代表性的数字化印染工厂初步形成；非织造布全流程自动化以及前端加料与后端分切、卷绕、包装自动化已有进展；服装缝制单元自动化水平明显提升，缝纫过程实现吊挂化，服装智能制造整体解决方案日趋成熟，服装大规模个性化定制与协同制造得到发展；家纺的毛巾、床品等品类的智能生产逐步兴起，智能输送、智能悬挂、智能仓储取得较大进步。

2. 智能制造面临的问题

我国纺织工业特别是排头兵企业的智能制造取得了较大的进步，但整体行业看，仍存在一些亟待解决的需求和问题，具体归纳如下：

表2-19：智能制造【问题需求】一览表

分类	方案类别	问题和需求
整体方案	智能工厂	企业智能运营程度低 染整等关键环节能源和水资源消耗大
	数字化产线	设备调试运行匹配、联动问题大
局部方案	研发环节	智能制造共性技术、装备技术研发落后
	生产环节	工人生产劳动强度大 加工精准度和生产效率低 纺织装备互联互通 生产工艺落后
	物流环节	人力成本居高

1) 企业智能运营水平较低

目前德国、美国和日本等国在纺织企业智能运营方面做了一定的研究与应用，国内纺织企业在智能运营方面仍处于初步运行阶段。纺织行业需在化纤纺丝、纺纱、织造、非织造、染整、服装和家纺等重点领域进一步开展智能化的技术研发与试点示范，加快建设和普及纺织智能工厂、数字化产线，整体提升纺织企业的智能化运营水平。

2) 部分关键环节能源和水资源消耗大

染整是纺织产业链中的关键环节，关系纺织品服装的色彩和功能，也是对节能减排影响较大的子行业。在生产过程中，产品的能耗、水耗及重点行业污染物排放较高，后续污染物的处理及回用也非常值得关注。

3) 设备调试运行匹配、联动问题大

与美国、欧盟、日本等发达国家和地区相比，我国纺织行业领域智能制造技术总体落后，主要表现在纺织制造的装备、传感器、专用控制器件、控制软件、工业软件等软硬件基础能力相对弱，核心技术缺失，共性技术不足，高端装备、关键部件和基础件大多依靠进口引进，或通过引进、消化和吸收进行二次开发，造成设备运行匹配、难以联动的问题。

4) 智能制造共性技术、智能装备技术研发落后

在纺织产业，涉及传感、控制、检测、数据、网络等智能制造的共性技术和相关工序连接机器人及专用机器人、纺织智能装备专用基础件、纺织装备制造等纺织智能装备技术的研发都需要进一步升级。

5) 工人生产劳动强度大，缺少智能化解决方案

近几年纺织行业生产过程中，改善工人劳动强度和工作环境的自动化设备不断推陈出新，但部分转运、搬运和检测环节工人的劳动时间和劳动强度依然很大，仍需付出较多的体力劳动。

6) 加工精准度和生产效率低

如在合成纤维子行业，设备集成度高、自动化程度高，但与此同时，高自动化水平和生产效率使得控制参数调整的风险高，一旦控制参数设置错误将造成难以估计的生产损失。所以，如果核心技术人员流失且工艺参数设置依据保存不当，将会形成信息断点，导致控制系统可调节的工艺参数越来越少，生产装置的可控性越来越差，最终影响加工精准度、生产效率和产品质量。

7) 纺织行业各装备缺少互联互通

目前国外新型智能纺织设备都自带有智能通信接口，且控制通信容量比较大，设备互联互通水平高，国内的纺织设备虽具备了一定的数字化、自动化水平，也具备了一些智能化功能，但国内纺织设备互联互通标准缺失，各装备的互联互通仍有较大的市场空间。

8) 生产工艺落后

部分纺织企业仍存在工艺落后的情况，相比国外能实现大多数纺织设备高精度运动控制和工艺仿真，我国的产品生产工艺和参数仿真水平有待进一步提升。未来在研发工艺技术和制定标准公共技术服务平台等方面也有待进一步完善。

9) 人力成本居高

纺织产业中人员流动性较强，企业综合管理成本较高。加之该产业多分布于经济发达地区，招工难招工贵等问题日趋严峻，使得纺织行业人力成本居高。

3. 解决方案及效果

针对上述问题和需求，供应商提供了不同模式的解决方案。

表2-20：智能制造【问题需求-解决方案】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案
整体方案	智能工厂	<ul style="list-style-type: none"> 企业智能运营程度低 染整等关键环节能源和水资源消耗大 	<ul style="list-style-type: none"> 方案①② 方案③
	数字化产线	设备调试运行匹配、联动问题大	方案④
局部方案	研发环节	智能制造共性技术、装备技术研发落后	
	生产环节	<ul style="list-style-type: none"> 工人生产劳动强度大 加工精准度和生产效率低 纺织装备互联互通 生产工艺落后 	<ul style="list-style-type: none"> 方案⑤ 方案⑥ 方案⑥⑦ 方案⑤
	物流环节	人力成本居高	方案⑧

问题需求：企业智能运营程度较低

解决方案①：服装个性化定制解决方案

● 预期目标：

打造柔性生产能力，在一条流水线上制造出灵活多变的个性化产品。

● 具体内容：

青岛红领将互联网、物联网等技术融入大批量定制，方案将设计、制造和销售整合在一起，以创新平台做“人人研发设计”，以电商做“渠道”，使制造环节不再受制于人。

● 实现目标：

定制西装从接单到出货最长只需用时7天，满足了市场的个性化需求和快速反应、迅速交货的要求；实现了个性化手工制作与现代化工业大生产协同的战略转变。

问题需求：企业智能运营程度较低

解决方案②：锦纶全流程智能工厂解决方案

● 预期目标：

提高生产的自动化、智能化水平，节能增效；研发生产控制和管理信息系统，对产品实行实时监控和质量追溯。

● 具体内容：

义乌华鼎股份会同北自所、杭州电子科技大学、浙江理工大学、山东万腾电子科技公司和义乌市五洲新材料等单位成立产学研用一体化联合体，共同打造全流程锦纶生产智能工厂。该项目主要包含智能切片配送技术、智能丝饼管理技术、生产数据分析技术、智能立体仓库技术和螺杆加热、环吹风及精密卷绕技术。

● 实现目标：

在线检测系统可对新产品进行快速、高效检测，可产品研制周期缩短30%以上。产品优品率得到提高，产品非AA优等品率降低44.4%，生产

效率提高 50%，单位产值能耗可降低 25%。

问题需求：染整等关键环节能源和水资源消耗大

解决方案③：全流程自动化染色解决方案

- 预期目标：

推动印染行业向集约化、规模化、绿色化发展。

- 具体内容：

研制并应用筒子纱数字化自动染色成套技术与装备，变“小零散”的传统印染为“绿巨人”的现代印染。

- 实现目标：

该装备使染色一次合格率达到95%以上，设备运行可靠率由原来57%提高到95%，吨纱节水27%、节电12.5%、污水排放减少26.7%。

问题需求：设备调试运行匹配联动问题

解决方案④：千吨级碳纤维智能制造解决方案

- 预期目标：

解决碳纤维生产过程中设备调试运行匹配联动问题，降低碳纤维的生产成本，提高碳纤维品质和生产效率。

- 具体内容：

中复神鹰千吨级碳纤维智能制造项目采用工业机器人、电子标签、条码、分布式控制系统（DCS）、可编程逻辑控制器（PLC）、数据采集系统（SCADA）、在线无损检测系统设备、智能物流与仓储等 16 种以上核心智能制造装备的创新应用，以期提高聚合单元智能化。

- 实现目标：

实现聚合单元智能化程度95%以上，纺丝单元智能化程度98%以上，碳化单元智能化程度95%以上，溶剂分离单元智能化程度98%以上，仓储系统智能化程度95%以上；采用千吨级碳纤维智能制造新模式应用技术后生产效率提高20%以上，运营成本降低20%以上，产品研制周

期缩短30%以上，产品不良品率降低20%以上，单位产值能耗降低10%以上。

问题需求：工人生产劳动强度大

解决方案⑤：涤纶长丝熔体直纺智能制造解决方案

- 预期目标：

优化工艺、降低成本、高企业整体效率。

- 具体内容：

福建百宏通过涤纶长丝纺丝工程模拟计算系统及工艺优化技术引进全自动落筒系统和全自动包装生产线，实现智能化生产，打造数字智能化企业，自主开发了熔体直纺涤纶长丝纺丝的工艺优化系统。

- 实现目标：

模拟计算系统及工艺优化技术提升了熔体直纺涤纶长丝产品品质，指导了细旦等新产品开发，产品开发周期从 180 天缩短到 150 天。生产制造与管理，减少工人 1000 人，产品双 A 率从 96%提高到 98%，加强了成本管理和综合调度，实现少人工厂的目标。

问题需求：加工精准度和生产效率低

解决方案⑥：化纤新材料大数据分析解决方案

- 预期目标：

提高合成纤维的质量，提升加工精度和生产效率。

- 具体内容：

联合北京三联虹普新合纤技术、电子四院、桐昆集团、义乌华鼎锦纶、长乐恒申合纤科技、杭州聚合顺新等公司共同搭建合成纤维工业大数据实时控制生产验证平台和合成纤维工业大数据管控验证平台。

- 实现目标：

该平台指导企业如何利用大数据技术分析产品质量、提升全要素生产率和加工精度的方法和路径，梳理出合成纤维行业生产组织方式的共性特

征和工艺控制相关的核心要素，帮助企业打好大数据质量分析基础框架，也推动企业选择差别化工艺发展方向，更寻求多元化品种组合，同时向客户需求导向的服务型企业转型。

问题需求：加工精准度和生产效率低

解决方案⑦：经编行业云平台解决方案

- 预期目标：

获取设备底层数据，实现信息互联互通。

- 具体内容：

经编行业云平台以中国电信天翼云为基础的，依托网络运营商云网融合优势，打造“一云，两网，三平台”为架构的新型数字化技术行业云，对经编行业的人，机，物，法进行管理，对企业的资产设备进行全联接，实现数据全融合，实现企业及行业的数据可视、业务可管、状态可控。根据经编行业的实际生产情况，梳理出来一整套符合行业操作流程的标准作业规范。

- 实现目标：

平台上线后，优化了经编企业的生产流程，省去了称重、产量统计、原材料匹配、绩效管理等人工操作环节，降低了企业的数据采集成本与采集难度，实现底层设备数据采集的通用性，提升了数据解析的效率和生产效率，节约了人力成本，有效改善生产效率低等问题。

问题需求：人力成本居高

解决方案⑧：化纤长丝生产智能物流解决方案

- 预期目标：

降低人力成本，提高产品质量。

- 具体内容：

江苏盛虹、福建百宏等十余家化纤龙头企业在智能化纺丝环节，急需全自动落丝系统和全自动包装系统的开发与实施，以替代人工操作。为

此，北自所研制了化纤长丝生产的智能物流系统。

● 实现目标：

该系统实现了涤纶长丝后纺环节的信息全跟踪，可追溯，实现连续生产，缓解了企业招工难的问题，为企业提升产品质量、实现信息追溯提供了技术支撑。

4. 下一步发展方向

表2-21：智能制造【问题需求-解决方案-发展方向】对照一览表

分类	方案类别	问题和需求	解决方案	发展方向
整体方案	智能工厂	• 企业智能运营程度低 • 染整等关键环节能源和水资源消耗大	• 方案①② • 方案③	• 培育发展大规模个性化定制 • 建成若干数字化工厂
	数字化产线	设备调试运行匹配、联动问题大	方案④	差别化涤纶长丝、锦纶、氨纶成套生产线等
局部方案	研发环节	智能制造共性技术、装备技术研发落后		促进纺织产业智能制造共性技术、装备技术，研发及应用
	生产环节	• 工人生产劳动强度大 • 加工精准度和生产效率低 • 纺织装备互联互通程度低，有待进一步提高 • 生产工艺落后，有待技术升级	• 方案⑤ • 方案⑥ • 方案⑥⑦ • 方案⑤	• 推动开发一批新的智能制造装备 • 提升国产装备与工业软件应用的普适性 • 产业链协同供应平台 • 工艺创新及优化
	物流环节	人力成本居高	方案⑧	进一步实现从纺丝、假捻变形到丝饼检验分级、包装、仓储全流程自动化

1) 智能工厂——培育发展大规模个性化定制。制定服装测量方法标准，推动人体数据库建设和服装号型标准制定，提高三维人体测量、服装3D可视化及模拟技术的精准性和实用化。鼓励建设消费者与生产企业信

息交互平台、产业链协同供应平台，在服装、家纺行业，推广个性化定制和批量定制，直接对接消费需求，用工业化手段生产个性化产品；

2) 数字化产线——突破一批关键技术，研发差别化涤纶长丝、锦纶、氨纶成套生产线，采用数控、智能技术，改变目前涤纶长丝、锦纶、氨纶生产品种单一，产品质量不能追溯的现状，提高产品质量和企业经济效益；

3) 研发方面——促进纺织产业智能制造共性技术及智能装备技术研发及应用；

4) 设计方面——形成服装版型数据库、智能化服装CAD技术平台、3D/4D打印等技术融合的服装设计新模式等；

5) 生产方面——围绕关键环节的需求，推动开发一批新的智能制造装备或生产线提升国产装备与工业软件应用的普适性，使成果应用推广能满足量大面广的企业智能化升级需求；

6) 物流方面——将化纤长丝和棉纺生产线中成熟物流系统解决方案向纺织其他领域推广。

三、当前智能制造系统解决方案 各阶段特点

本章对智能制造系统解决方案涉及的咨询规划、方案设计、项目实施、交付运维等各阶段进行重点分析，分别从整体概述、主要特点以及典型供应商的解决方案等三个方面进行描述。

(一) 咨询规划环节

1. 整体概述

如何正确地理解智能制造，并正确地规划和建设适合企业自身发展的智能制造体系，成为目前制造业企业面临的主要挑战。引入专业的咨询规划服务，是很多企业的选择。

咨询规划是供应商通过对企业的总体战略以及业务和管理现状的了解分析，结合先进的信息技术和制造技术，为企业规划和建设适合企业自身发展的智能制造体系的咨询服务过程。

咨询规划可以针对企业的智能制造目标进行整体的业务蓝图和建设路线进行规划，也可以针对智能制造某一个具体的业务领域进行全局或局部的解决方案和实施规划。

2. 主要特点

从供给侧看，随着智能制造的推进，系统解决方案市场规模的进一步增长，解决方案的成熟度在不断提升，无论是在绩效指标、解决问题的深度和广度上面，都与传统自动化系统解决方案相比呈现出不同的特点：

一是绩效指标不断扩展

智能制造除传统自动化系统解决方案关注到的成本、质量、交货期、可靠性外，智能制造系统解决方案也扩展到灵活性、效率、安全性、可持续性等其他关键绩效指标。这些绩效指标，也逐步演化为各类供应商在咨询规划环节关注的核心，以数字化价值呈现的KPI为导向、以终为始的咨询规划方法论越来越多地得到了业界的共识。

如在第二章面向各行业的解决方案中，我们也能够看到供应商以结果为导向，帮助用户企业解决质量、成本、效率，改善能源利用、环境影响及网络安全等问题，为企业提供的咨询规划取得了一定的成效。

二是咨询规划深度提升

与传统自动化系统解决方案中仅强调“人、机、料、法、环”几大要素的协调管理不同，智能制造系统解决方案更关注到信息空间、人因工程、物理空间的融合统一，咨询规划的深度也进一步提升。

在面向用户时，供应商也深耕细作在数字化建模、虚拟仿真等领域提供了咨询规划的解决方案，从第二章中的各解决方案也可见一斑：如在石油化工行业中东岳集团搭建的生产制造管理系统平台、建材行业中南京凯盛组织的水泥智能工厂项目，纺织行业的全流程智能工厂解决方案、电力装备行业搭建的建模与仿真服务平台等都有深度的应用。

三是咨询规划广度拓展

为了创造和提供可持续产品与服务系统，智能制造基于新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，贯穿于订单处理、设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节的新型生产方式。与传统自动化系统解决方案仅关注重点的一些环节不同，智能制造系统解决方案逐步拓展到跨环节整合及内外部协同等领域。

在供应商提供的诸多解决方案中，我们可以看到：达索在某大型飞机型号MBSE项目中面向全飞机研发生命周期，为构建下一代数字化协同

平台提供的系统咨询规划方案；鼎捷软件在智奇铁路实现了产品全生命周期质量可追溯、中石化的智能工厂建设形成了自上而下、由下到上的协同生产新模式；西安西电变压器实施了超(特)高压变压器智能制造数字化车间项目，全面实现高压开关产品从设计、加工（处理）、装配、检测、质控、物流、服务全数字化贯通等，咨询规划的广度都得到了进一步拓展。

3. 方案呈现

几大典型供应商在咨询规划环节提供的解决方案各具特色：

1) 整体方案咨询供应商

服务行业	航空行业
规划方案示例	如针对用户的相关需求，提出相应规划： 1) 明确需求：智能化物流配送中心，在物资配送效率、准确率、节拍化、无人化方面均明确了量化指标； 2) 覆盖全型号大批量生产加工需求； 3) 适合于航空制造特点
服务行业	船舶行业
规划方案示例	如针对用户的核心问题，提出相应规划： 1) 原有设计方式、设计手段已经无法满足新型号建造周期和建造质量要求，需及时更新设计与管理手段； 2) 通过构建用户与上游设计所、用户设计院各个专业间、生产设计-建造环节间的“全过程、全维度”协作渠道，协同管理； 3) 搭建一套完善的三维协同设计与工艺管理平台

2) 智能装备集成供应商

服务行业	农机行业
规划方案示例	<p>如针对用户的相关KPI，提出相应规划：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 针对用户KPI，解决生产效率低、研发周期长、产品一致性差、可靠性低等问题； 2) 将MES系统设计为躯干，建设打造智能工厂，涉及ERP、PLM、MES、MDC/DNC、EAM、刀具管理系统等多个信息系统的集成，实施覆盖9条柔性化生产线
服务行业	光电行业
规划方案示例	<p>如针对用户的相关需求，提出相应规划：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 面临扩大产能需求，并且新建的独栋厂房地有限，作业生产单元一方面占用面积大，另一方面需求的原材料和外协件量很大，并且新厂房还要求物流、人流、参观路线互不干扰，因而急建新基地厂房智能物流； 2) 经综合论证和分析，综合自动化可靠性、经济实用性、方案分步实施及拓展性等方面，将智能物流系统分为4部分：智能物流运输系统、跨楼层输送系统、智能立体仓库系统、定制化智能物流软件

3) 工业自动化集成供应商

服务行业	铸造行业
规划方案示例	<p>如针对用户系统集成问题，提出相应规划：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 通过大量的调研，发现用户系统缺乏集成，特别缺乏一个关键的桥梁——工艺，因为铸造工艺对铸件的成本和质量有着决定性的影响； 2) 明确项目以工艺业务为核心，引导业务部门改变传统的工艺模式，以工艺业务为桥梁构建一个能够将ERP、MES、DNC等系统连接在一起的全面数字化架构
服务行业	专用设备行业
规划方案示例	<p>如针对用户提高设备利用率、少人化等关键指标，提出相应规划：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 通过数控设备的网络化通信、远程实时状态采集、工业大数据分析可视化展现等功能； 2) 对计划、排产、派工、物料、夹具等相关人员进行数字化、网络化、智能化管理； 3) 设备、物料、质量等出现问题时，系统自动通知相关人员，消除各种等待时间； 4) 基于数据自动流动，构建一套实时分析、科学决策、精准执行的协同制造管理体系，保证一个“流”生产

4) 工业软件集成供应商

服务行业	电子行业
规划方案示例	针对用户的绩效考核目标，提出相应规划： 1) 提升用户硬盘组装生产能力，满足用户消耗xx pcs/天的产能需求，降低硬盘组装不良率10%； 2) 实现自动上下硬盘、硬盘架、螺丝、设备自动组装硬盘和硬盘架等； 3) 可行性分析：场地大小（含人员活动区域）；设备重量等，满足厂房楼体承重要求等
服务行业	日用消费品行业
规划方案示例	如针对用户能源管理大数据系统问题，提出相应规划： 1) 对用户能耗数据进行实时监测和可视化展示； 2) 对能源生产、转换和消耗进行在线平衡； 3) 以能源系统角度发现节能机会，挖掘节能潜力； 4) 实现企业能源使用效率的提升，促进节能减排

(二) 方案设计环节

1. 整体概述

方案设计是供应商依据企业智能制造咨询规划或关键能力建设需求，进行智能制造系统整体架构设计、软硬件技术规格和功能以及具体实施计划定义的过程，最终形成经过会签的功能和造价约束，为项目实施提供依据。

智能制造系统的解决方案是面向制造金字塔，打通研发、工艺、生产横向集成和企业、车间、设备纵向集成，引入模块化工艺及生产等先进方法，采用数字化、虚拟化、物联网、大数据等技术，构建工艺规划、工厂规划、生产运营的集成管控环境，支持卓越工厂规划及持续运营，实现高效快速生产，降低生产及运营成本。

方案设计可按照整体与局部、新建与改建、硬件与软件等不同视角进行划分，可以针对智能工厂建设进行整体方案设计，也可以针对产线自动化升级进行局部方案设计；可以针对新建工厂进行设计，也可以针对既有工厂智能化改造进行设计。

2. 主要特点

智能制造是一项复杂的系统工程，整体方案或局部方案设计都需要以系统整体最优为原则进行综合考虑，方案设计环节在绩效指标、设计深度和广度上，与传统自动化系统解决方案相比呈现出一定的不同：

一是逐级满足绩效指标要求

智能制造以KPI为导向、以终为始的原则越来越得到企业认同，随着咨询规划环节绩效指标的不断扩展，整体或局部方案设计的前置性输入约束条件在不断增加，设计过程中不同方案比选抉择的判断性依据也在扩展。

依据咨询规划顶层架构，整体方案通过可行性研究、初步设计、施工图设计以及专项深化设计等阶段，逐层分解并实现满足各类绩效指标的相关要求，形成项目不同阶段的实施依据。

从第二章各行业的解决方案中能够看出，解决方案供应商都是在整体方案目标和成本约束下，通过方案分阶段设计逐级满足绩效指标要求，保障项目的有效开展。

二是方案设计深度提升

智能制造应具有设备互联、广泛应用工业软件、充分结合精益生产理念、实现柔性自动化生产、可以实时洞察等特点。传统局部自动化系统解决方案设计多数只满足生产装备/产线等硬件系统与自身控制系统的功能实现要求。智能制造系统解决方案设计深度在满足自动化装备/产线、工业软件等自身功能要求基础上，还需满足生产装备/产线互联互通、应用系统信息集成以及物理工厂与虚拟工厂虚实集成迭代优化等要求。智能工厂总体方案设计主要采用工业互联网、机器学习、增强现实等技术，涉及数字化工厂、设备及产线运营监控、设备预防性维护等方面的应用方案。

在方案设计阶段，从供应商提供的整体解决方案看，是通过构建工厂三维信息模型并采用工厂仿真软件进行工厂的设计验证和优化，形成物理

工厂规划设计方案。在物理工厂建设及产线设备安装调试完成后，通过物联网平台实现产线设备的连接与信息采集，并通过设备与产线运营的实时信息及工厂的模型构建虚拟工厂模型，通过虚拟工厂真实反映物理工厂实际的运营，并通过大数据分析对设备状态及产线的KPI进行分析和给出优化决策指导，驱动生产过程不断迭代优化，提升生产效率；局部方案设计环节体现在，工厂设计过程中的工艺布局三维数字化建模与物流规划仿真优化；自动化装备/产线方案设计成果的三维数字化模型交付等。

从智能制造系统解决方案供给侧看，部分供应商已经开始按照新的智能工厂设计深度要求提供解决方案，从第二章中的行业解决方案中能够看出：如纺织行业中浙江飞戎机器人联合中国电信共同打造的经编云平台，在自动化基础上实现经编企业设备互联互通，在方案设计深度上都有新的提升。

三是方案设计广度拓展

作为工业技术与信息技术、运营技术的集成应用体系，智能制造系统方案要实现企业各种IT系统、硬件的连接集成。IT系统包括PLM、MES、ERP等业务应用系统；硬件则包括智能设备（数控机床、机器人等）、工控系统、物流配送设备、工装夹具/物料等。方案设计的范围不仅涉及企业内部的全价值链过程，甚至涉及与企业的外部物流过程。

咨询规划环节提到的智能制造系统解决方案逐步拓展到跨环节及内外部协同等领域这一特点，给智能制造系统解决方案设计带来了广度上的进一步拓展。例如传统工厂整体设计主要强调工艺布局、生产物流、设备选型、机房网络及土建公用等内容，作为智能制造载体的智能工厂整体方案设计除包括以上内容外，增加了工业物联网系统、信息化应用系统（工业软件及集成）、虚拟工厂系统、虚实集成系统等内容，在方案设计广度上得到进一步拓展。整体方案设计的主体存在由单一系统集成商、大型工业设计院单独完成、多系统解决方案供应商组成联合体共同完成的方式；

在局部方案设计内容上，也在广度上进行拓展，除满足子系统自身功能技术要求外，更加注重同其他系统间集成所需的接口、协议及数据规范等内容。

如在供应商提供的解决方案中，针对自动化产线方案设计，在原有考虑生产装备/产线生产自动化基础上，还充分考虑了装备/产线的数据采集接口、协议等以保证自动化产线间以及与工业软件之间的数据互通；部分技术咨询供应商开始下沉做整体方案的设计或信息化应用系统设计；部分自动化产线供应商开始提供以MES为代表的车间信息化系统方案设计和服务等；此外，青岛红领的个性化定制服装个性化定制解决方案，将设计、制造和销售整合在一起，使消费者与制造企业直接沟通；机械工业第六设计研究院在多氟多新能源汽车锂电池数字化车间项目中，方案设计在内容上涵盖车间工艺布局、物流、信息基础设施、车间工业物联网系统、数据采集系统、车间制造执行系统、虚拟工厂系统、虚实集成系统等内容，在设计广度上都进行了进一步拓展。

3. 方案呈现

几大典型供应商基于咨询规划，在方案设计环节提供的解决方案各具特色：

1) 整体方案咨询供应商

服务行业	家电行业
方案设计示例	<p>如针对用户的相关需求，提出相应设计：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 建立工厂多维度模型，利用Tecnomatix/ AutoMod等软件对工厂规划、建设到运行等不同环节进行模拟、分析、评估、验证和优化，指导工厂的规划和现场改善；2) 基于数字化布局技术，在三维虚拟环境中基于生产工艺、加工设备以及物流设施等进行工厂总体布局设计，为后续产品生产制造提供相关依据；3) 模拟设计工艺对工厂整体工艺流程进行布局建模，模拟实际各工序产能节拍、良率、物流当量等数据，建立多层数学模型并模拟运行，最终获得最优工艺布局方案，规避可能存在的潜在投资风险及失效因素
服务行业	新能源行业
方案设计示例	<p>针对用户数字化车间建设需求，进行整体方案设计：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 基于生产纲领、技术要求等设计输入条件，采用精益生产理念，按照工艺流程进行工艺布局设计、车间物流设计以及生产线工艺优化设计。为用户提供经过优化的工艺平面布置图及三维布置模型；2) 根据优化后的车间工艺布局和车间生产环境等要求，确定生产线所需的水、电、气等公用系统和车间环境设计。为企业提供车间公用系统设计图纸与模型；3) 基于数字化车间全生命周期应用理念，进行车间几何模型和车间信息模型建模。涵盖生产线设备模型、公用系统模型、建筑结构模型等内容，为工艺物流仿真与数字孪生应用提供基础；4) 结合工艺现有方案，应用工业仿真软件对车间工艺与物流方案进行仿真，涵盖工艺流程可行性验证、关键设备投入分析、瓶颈分析等，基于仿真结果对车间工艺与物流优化提出改进建议；5) 结合工艺梳理关键业务流程（计划、质量、成本、物流），进行信息化体系架构设计，规划MES(生产执行系统)等车间工业软件功能模块、并设计信息系统运行的有线、无线网络和软硬件环境；6) 针对生产特点、工艺及生产管理需求，结合数字化车间工业物联网系统建设要求，进行安灯系统、看板系统、防差错系统、生产控制系统等车间工业物联网系统设计。为用户企业提供车间工业物联网系统设计方案与图纸

2) 智能装备集成供应商

服务行业	家电行业
方案设计示例	<p>如针对用户的自动化装备导入需求，提出相应设计方案</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 分析影响企业生产质量、生产效率等关键工序的装备智能化需求，采用易架构、易重组、单工位模块化的设计理念； 2) 研究机器人柔性装配技术、基于机器视觉和力传感的智能检测技术、单元存储与物联网相结合的智能仓储技术以及异地智能设备之间的协同控制等关键技术； 3) 设计涵盖柔性装配、智能检测、智能仓储等关键工序的智能成套装备及系统解决方案，实现关键岗位和工序的自动化、生产过程少人化； 4) 关注设备与智能传感器的无缝集成，准确获取制造过程信息，通过系统集成将人、智能装备和智能产品连接在一起，实现智能感知、控制一体化
服务行业	食品行业
方案设计示例	<p>如针对用户的核心问题，提出相应设计方案：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 总体设计思路是以SAP系统为基础，集成能源管理系统、产品设计研发系统等应用系统； 2) 基于大数据的检测数据诊断与分析，建立乳业原料和成品检测数据库，对阶段或区域检测数据波动、偏差进行预警、诊断、管理； 3) 实现安全可追溯系统的互联互通

3) 工业自动化集成供应商

服务行业	仪器仪表行业
方案设计示例	<p>为用户提供设计方案，进一步明确了四大优化目标包括：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 生产过程管控优化。通过精益化理念融入系统帮助用户实现柔性化生产，实现小批量多品种高质量的生产模式；2) 生产工艺优化。实现对生产过程的人力、机器、物料、方法全面的数据采集，方案提供大数据BI SaaS 分析工具，获取最优的工艺参数分析和改善；3) 生产设备管理优化。方案提供设备维护管理（TPM ），定时将设备运行数据上传云平台，同时对海量设备运行数据的分析；4) 生产质量保障优化。通过开展数据安全评估和工业控制信息安全对网络部署和工业控制信息安全进行全面排查和评估，全面提升生产质量
服务行业	电力装备行业
方案设计示例	<p>该设计方案涉及到相关产品的设计、工艺、加工、装配、检测、质量控制、物流传送以及用户服务等全生命周期过程：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 通过异地协同数字化虚拟产品设计平台实现设计的异地协同，以及设计生产制造的并行协同；2) 通过基于优化和仿真的虚拟数字化车间技术进行工艺的优化与仿真，以及车间布局的优化仿真；3) 通过现有产线数字化改造，引进数字化制造装备，提升关键车间与工序的数字化制造能力；4) 通过三维可视化装配实现装配的可视化、以及装配干涉的检查，以及装配路径的优化，生成装配指导手册；5) 通过数字化检测实现变压器关键工序的检测与数据的传输与存储，方便进行质量分析和信息追溯；6) 通过物联网技术实现高效供应链管理，提高企业内部物流配送效率，打造供应商、用户协同工作平台；7) 通过远程在线监控与故障诊断实现变压器的远程诊断、故障检测与预警服务

4) 工业软件集成供应商

服务行业	石油化工行业
方案设计示例	<p>以用户需求为导向，提出相应设计方案：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 总体设想：构建一个集成统一的生产运行信息综合管理平台；建立统一的工艺技术资料管理平台；建立统一的生产绩效管理平台，设计与定义一套生产运行KPI体系； 2) 综合展示平台：提供各类综合信息的展示功能，包含相关模块； 3) 业务流程再造：对该公司的业务流程重新梳理和优化，并给出业务流程图； 4) 技术架构设计：项目总体按照四层架构体系规划设计；两种数据传输通道：管理数据传输、实时数据传输；五个应用：综合展示平台、生产业务管理、调度资料管理、生产绩效管理、实时动态跟踪； 5) 硬件部署架构：硬件配置包含服务器、光纤磁盘阵列、交换机等以及ORACLE RAC集群设计，SQL、IIS集群设计； 6) 数据集成与接口规范：包含提取数据、数据添加/删除/修改、保存数据/提交数据、数据导入/导出等相应规范
服务行业	轨道交通行业
方案设计示例	<p>如针对用户的相关需求，提出相应设计：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 精益物流MES：实现入库、出库、盘库、齐套管理的信息自动抓取、自动识别、自动预警及智能管理功能； 2) 精益制造MES：采用全数字化的手段开展产品设计和工艺设计，综合形成产品的完整数字化产品模型，并识别加工对象和生产要素（工位资源库）；具有智能性和自适应性，能够根据制造环境的变化进行智能排产、智能预测、智能调度、智能诊断和智能决策； 3) SLP智能物流平台：实现软硬件一体的通用性智能物流管控系统；主要产品有自动库（微库）、AGV、分拣线； 4) 智能质量管理：智能质量管理为生产制造企业提供了完善的质量管理一体化的综合解决方案； 5) 循环取料平台：核心算法以实时计算、优化目标、配送成本最小为目标，采用数量有限、体积优先、宽度优先、长度优先等策略，实现以尽可能少的投入，创造尽可能多的价值的配送方式； 6) 供应链协同平台 通过云服务实现主机厂、主机厂/供应商、供应商这三大供应链主要角色之间相互交错传输数据信息； 7) 智能工具箱：采用RFID射频技术将每个工具都嵌入电子标签，可与MES系统进行实时数据交互

(三) 项目实施环节

1. 整体概述

项目实施是在完成项目建设咨询规划和方案设计的基础上，依据设计规划方案拟定建设或改造范围、明确项目实施计划、严格把控项目实施节点和实施效果的过程。

项目实施环节供应商应提供软硬件、工业网络的详细设计方案、安装（装配）、部署、调试、检测和试运行；应能够建立包含工艺设计、工艺路线和工艺流程等内容核心工艺库；具备采购、外协或分包等控制管理体系，可有效管理各实施方的工程进度、质量和安全等，并建立质量追溯和责任追究体系等。

2. 主要特点

从项目实施环节看，在绩效指标、解决问题的深度和广度上面，与传统自动化系统解决方案相比也呈现出不同的特点：

一是逐级满足绩效指标要求

智能制造系统解决方案的项目实施关键在于分层次、分系统、分阶段地合理、稳步推进项目建设，逐级满足相应绩效指标的要求。通常可按设备层、单元层、车间层、企业层和协同层等不同层面分团队协同实施。

如在设备层，可根据项目KPI需求和特点，选择适用的智能装备/仪器仪表，并配套建设相应的控制系统，提升企业生产装置设备的自动化、智能化水平；在信息安全指标方面，可通过建设工业控制网、工业数据采集网、业务流程安全、园区管理网、工业私有云，并采用防火墙、网闸、数据单向传输、数据库冗余、网络风暴防范等一系列网络安全技术与策略，有效地保证企业信息安全。

二是项目实施深度提升

实施智能制造模式下的智能制造系统集成项目，需要对制造过程、工艺特点、设备状况等有着较深的理解。实施过程不仅仅是对设计方案的简单实践，更是结合工厂/企业现场的实际情况做的更人性化、更具体化的操作，通过对项目进行深度的实施和挖掘，支撑用户企业战略目标的实现。

如在智能操作层面，建设模拟仿真系统、MES（制造执行系统）、安防管理系统、LIMS（实验室信息管理系统）以及预测、调度优化、物料平衡等关键模型算法，对物料、能源、设备、人员等关键生产要素进行全面数字化管理，对计划、调度、操作等生产过程环节深入分析及优化，通过大量生产运营数据的大数据挖掘分析，为企业提供决策支持信息。

三是项目实施广度拓展

与传统工厂实施项目不同，智能制造系统解决方案涉及的产品、系统等软硬件众多，对产线、工厂的自动化、智能化集成和协同程度的要求都较高，项目实施的广度进一步拓展。

如在第二章面向行业的解决方案中，华为公司和中国石化合作共同研发出满足炼化生产现场安全要求的4G工业无线网、防爆智能终端设备等；和利时的电子制造车间智能制造解决方案；正泰集团有限公司作为中国工业电器与新能源领军企业，着手打造的“一云两网”等都在项目实施的广度上进一步延伸。

3. 方案呈现

几大典型供应商基于咨询规划和方案设计，在项目实施环节提供的解决方案各具特色：

1) 整体方案咨询供应商

服务行业	冶炼行业
项目实施示例	<p>如针对用户的相关需求，具体实施情况：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 任命项目经理，组建现场实施团队，实施团队根据工艺设计、工艺路线和工艺流程等内容核心工艺知识，与工艺设计专业进行对接，将工艺的逻辑关系、参数设定转换为系统语言；2) 根据用户采购、外协或分包等控制管理体系管理规定，参照系统配置进行采购和外协工作；并管理各实施方的工程进度、质量和安全等，并建立质量追溯和责任追究体系；3) 使项目控制系统涵盖磨矿、浸出、硫回收、中和、净化、锌电积、镉回收、工业锅炉房等部分，并开发了三维控制系统，提高了操作、管理的便捷性和直观性
服务行业	制药行业
项目实施示例	<p>某项目实施主要包含以下几个阶段：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 方案二次优化阶段，根据项目总体方案，结合用户实际情况，进行二次优化设计；2) 实施准备阶段，主要包含制定项目总体实施规划、风险管理机制、财务管理机制、外包与供应链管理机制等，为项目实施制定安全可控的标准流程；3) 产线制作与工业软件开发阶段，项目团队协调各相关资源，严格按照项目计划，展开产线制作、软件开发等相关工作；4) 现场工程与调试阶段，根据项目工艺要求，同步开展暖通、净化、给排水、产线安装、软硬件集成等相关工作；5) 实施内容：按照智能化车间的生产管理要求，以柔性生产、精益生产为指导，为用户车间开发机器人自动化产线及制造执行系统，支撑起车间的生产管理工作。系统围绕着生产计划的管理，实现对设备、物料、质量、人员等一系列的精细化控制管理，实现车间的智能化生产

2) 智能装备集成供应商

服务行业	服装行业
项目实施示例	<p>如针对用户的相关需求，具体实施情况：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 组建专业的实施团队，通过服装定制“数据化、部件化、智能化”来实现用户大规模的个性化定制需求，实现部件化生产和人机协同，成为数字化驱动工厂； 2) 将用户需求转换数据，通过无线射频扫描，在智能吊挂流水线上流转；将服装细分成若干部件，通过智能排版和智能吊挂个性化流水线以及手工制作；通过六大系统集合的生产过程智能控制系统，智能、自动、精确、简单地对396道工序进行管控，完成管理和制造的无缝对接； 3) 实施过程中，对传统工艺设计、工艺线路、工艺流程进行优化，实现同一生产线多款多色多码运作、智能抽检、智能运输等功能
服务行业	轨道交通行业
项目实施示例	<p>如针对用户的相关需求，具体实施：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 项目针对减用户的空气弹簧智能化组装生产线成立了现场实施团队，团队人员具有PLC、工控机的软硬件调试能力，工业网络装配、部署、调试、检测和试运行能力，项目团队曾多次参与架车机、装车机、转向架静载试验台等大型装备/系统的安装和调试； 2) 针对西门子 PLC、研华板卡等控制系统的调试并进行二次开发能力；通过中间表的形式和 ERP 的订单信息、PLM 的 BOM 信息和安灯系统的异常信息进行对接； 3) 此项目针对用户产品种类比较多的现象，针对工艺进行电子化作业标准设计，分解为最小工艺单元，形成标准化可配置的模块单元，形成工艺文件库供产线作业使用

3) 工业自动化集成供应商

服务行业	电气行业
项目实施示例	<p>如针对用户的相关需求，具体实施情况：</p> <p>1）智能装备应用情况：开发出针对多品种小批量生产的柔性自动化生产线，充分体现了设备的柔性化生产；</p> <p>2）工厂设备联网情况：智能工厂通信系统采用了最新的工业以太网、PROFINET技术等，与信息系统的数据库直接进行数据交互，可根据生产工艺的要求实现各单元之间协调控制，同时各单元系统还可独立运行并实施控制；</p> <p>3）生产过程实时调度情况：采用MPDV的MES制造执行系统助力智能制造，以实现从基本的订单数据管理，到设备绩效管理，为工厂提供了完整的解决方案；</p> <p>4）物料配送自动化情况：自动化生产线内产品数据跟踪以及实现车间物流；</p> <p>5）产品信息可追溯情况：智能生产线数据采集与控制系统对生产线中的产品进行质量监控，电子连接装置智能车间的所有自动化生产线均采用BDE系统记录生产线产品的信息档案，产品内部物流信息实现监控；</p> <p>6）车间环境智能管控情况：对各生产车间均配备了热感、烟感、温度等车间环境管理系统，以确保生产车间环境安全，同时为车间员工提供一个舒适、宜人的室内生产环境</p>
服务行业	航空航天行业
项目实施示例	<p>如针对用户的核心问题，提出相应实施方案：</p> <p>1）网络部分：对网络系统进行了改造。所有数字化柔性生产线现场各个系统均部署在非密网段，非密网和涉密网之间使用单向网闸连接，进行有限制的交互；</p> <p>2）信息化部分：对现有MES系统进行了功能改造，也对现有DNC系统进行了改造，建立DNC与SCADA系统的通信接口；通过二次开发，实现ERP、PLM、MES、WMS之间的数据交互。以实现任务流、数据流、信息流的互联互通，智能化分配和回馈；</p> <p>3）自动化部分：建设了一套立体库系统和AGV系统；桁架机械手系统实现机床自动上下料，可根据SCADA指令进行自动化上下料，使用硬接线和机床进行安全信号交互；对有机床进行了自动化改造，新增自动线模式配置，在自动线模式下可进行自动上下料；建设了零点定位系统实现工件快速换装；SCADA系统实现以MES工单驱动现场设备，实现柔性调度；同时可以采集机床和现场设备的运行参数，并统计实时生产数据，以报表形式查看</p>

4) 工业软件集成供应商

服务行业	新能源行业
项目实施示例	<p>如针对用户的核心问题，提出相应实施方案：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 实现总装车间生产线的管理以及与生产线关联的生产、作业等一系列内容的管理； 2) ANDON模块，根据生产业务需求以及上层企业管理系统要求，完成业务数据和生产控制信息的上传下达； 3) PMC生产过程监控模块，保证设备有效运行，对现场的停机时间进行记录，跟踪，最终分析原因找出影响生产的最大因素； 4) AVI车辆跟踪模块，实现对车间的生产情况进行实时监控，使管理者能及时掌握生产第一线的情况，以便尽快响应和决策； 5) 生产计划管理模块，支持实现按车型、颜色、电机型号等车辆特征的生产计划排序； 6) 生产质量管理模块，质量问题实时反馈和长期历史记录。在生产过程中发生质量问题准确传递和及时处理,减少解决问题的时间,从而最终实现生产过程质量问题的准确传递和及时处理； 7) 零部件库存管理模块，对零部件出入库、库存管理及盘点管理的功能实现，实现库存的移动化、透明化管理； 8) 整车成品库管理，结合先进先出理念及智能道闸，实现整车成品库现代化管理； 9) 移动终端应用：使用移动终端管理在制品和质量问题，信息及时准确录入，业务人员及客户可通过移动终端实时查看生产、质量信息
服务行业	轨道交通行业
项目实施示例	<p>如针对用户的核心问题，提出相应实施方案：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 网络部智能平台覆盖了PLM、ERP、MES、CPS、HCM、WMS、供应商门户等系统，通过ESB企业服务总线实现数据的传输和交互，实现了研产供销服全业务流程的智能化应用； 2) 实现设计与制造联动，设计图纸和变更等，在车间现场终端查看； 3) 实现工序级排程和智能变更调整； 4) 实现EAS与WMS集成，AGV实现工位制配送； 5) 实现EAS与供应商门户集成，结合条码技术，实现JIT配送和关键物料全程可追溯； 6) 实现CPS串联车间信息，生产、设备、质量、物流、能源、安防等工厂涉及的各类信息，使现场管理人员实时监控和及时协调生产过程； 7) 实现智能数据分析，为决策层提供决策依据的功能

(四) 交付运维环节

1. 整体概述

智能制造系统解决方案成功实施后，项目本身以及项目文档的交付，培训与知识转移对企业后期运维管理意义重大。随着智能制造系统解决方案的不断成熟、解决方案的交付方式与运维管理也在逐渐改变。

交付运维是项目实施完成后紧密相关的两个子环节。交付是智能制造解决方案供应商在项目或系统成功上线后，按照严格规范流程将项目交付物移交给客户的过程，也是打通项目实施阶段和运维阶段数据隔阂的关键环节；运维是企业维护团队或供应商对交付后的项目或系统开展运行维护的过程，也是保障系统正常有效运行的重要手段。

项目交付时供应商应提供完善的项目文档管理制度，文档应涵盖项目计划、设计文档、采购合同、实施方案、功能验证报告、用户手册、培训资料等项目各环节的过程文件，交付文档在项目实施过程中须由供应商专门的文档管理员或项目经理统筹管理，保证文档的完整性和可追溯性，同时也应制定完善的交付与验收计划，通过用户组织的验收，形成用户验收报告，并对项目文件进行正式移交。

2. 主要特点

从交付运维环节看，智能工厂整体解决方案的数字化交付与基于全生命周期理念的运维管理是今后发展的主要趋势。智能制造系统解决方案交付运维在绩效指标、解决问题的深度和广度上面，与传统自动化系统交付相比也呈现出不同的特点：

一是满足绩效指标要求

项目实施完成后，解决方案供应商对企业的项目交付、培训与知识传递是保证项目或系统稳定运行，达到绩效指标要求的基础。收集、管理好

项目方案设计、实施、调试过程中的各类工程数据，使数字化交付内容成为用户的数字资产，应用于用户工厂的后期运维管理和辅助科学决策，满足用户的绩效指标要求。

当前，交付运维的标准化和规范化仍在探索当中，国内供应商如机械工业第六设计研究院，已经着眼基于工厂全生命周期数字化理念开展智能工厂数字化交付与运维的相关研究与服务应用。

二是提升交付运维深度

从智能制造系统解决方案生命周期视角看，打通项目实施阶段与运营阶段数据割裂，开展基于统一数据源的全生命周期数据传递与应用价值显著。从交付子环节看，与传统自动化系统解决方案基于纸质或电子文件夹交付形式不同，部分智能制造系统解决整体方案开始基于三维信息模型与交付平台结合的方式进行数字化交付；从运维子环节看，传统自动化系统解决方案主要基于经验开展日常运维管理，供应商部分已开始进行设备或系统的预测性维护，部分整体方案供应商还开展了基于虚拟工厂与物理工厂虚实集成的智能工厂整体运维服务，在交付运维深度上都有一定提升。

从各行业解决方案看，部分供应商在数字化交付与预测性维护等方面都已开始提供服务。如西门子公司提供的数字化交付解决方案；东方国信的钢铁行业预测性维护解决方案等，在解决方案交付与运维方面都有深度应用。

三是拓展交付运维广度

智能制造系统解决方案在咨询规划、方案设计等前序环节的广度扩展，对方案交付运维环节带来了显著影响。智能制造系统解决方案交付基于信息模型，采用适当数据组织模型实现规划设计、采购、建造、调试等信息传递与交付，结合数据完整性、准确性、可追溯性保障措施，在交付内容广度上进一步拓展。通过以模型为载体，以平台为支撑的数字化交付形成智能工厂单一数据源，给开展基于三维信息模型的工厂运维管理，结

合AR、MR技术的运维培训、辅助科学、智能决策等应用带来极大拓展。

我们从供应商提供的诸多解决方案中可以看到：部分行业数字化车间/智能工厂项目交付内容上新增加车间三维信息模型、工艺仿真模型等；电力行业数字化工厂多数应用以平台为基础的数字化交付，实现整个生产制造及工程信息在平台上的三维展示、查询和数字化管理，极大提升工厂设备日常维修维护等运维工作。随着智能制造不断发展，解决方案供应商将进一步拓展数字化交付与运维管理应用广度。

3. 方案呈现

几大典型供应商在交付运维环节提供的解决方案各具特色：

1) 整体方案咨询供应商

服务行业	汽车行业
交付运维示例	<p>如针对某项目，交付运维情况：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 交付文档：硬件清单、备件清单、软件操作说明书、培训文档、施工图纸、系统架构图等； 2) 项目验收：含硬件接收确认单、文件接收确认单等； 3) 售后服务：系统终验收合格并终验收备忘录签订之日起免费质保期为xx个月；系统安装调试后，安排至少xx人的xx个月以上陪产；质保期内，系统发生故障，应在接收到最终用户方通知后xx小时做成维修信息反馈，24小时内抵达现场维修；当因产品状态改变需对系统进行调整时，提供技术支持；在系统保修期内，对系统出现的故障应及时免费维修服务，对各类元件损坏，应及时免费更换
服务行业	轨道交通行业
交付运维示例	<p>如针对某项目，交付运维情况：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 设备转运前通知联系用户到现场进行发货前的预验收；产品到达交货现场后，与用户对所有设备数量、外观情况进行确认无误后，接收产品；接收产品后，派专人进行现场安装、调整整条生产线上各台设备，使生产线能正常运行； 2) 自生产线验收投用后 xx 个月内，安排专用服务工程师全程跟踪生产线运行情况，及时处理各种突发性问题，并指导用户操作、运用、维护生产线。制定详细培训计划，准备培训所需电子及纸质资料，在用户现场对用户技术人员、操作人员、维修人员进行培训； 3) 产品交付时，为用户提供齐全有效的质量技术文件及有关资料。主要是产品执行的技术标准，出场合格证，质量检测报告和安装使用说明书等； 4) 产品到达交货现场，派出的售后服务人员即刻赶到现场与接收进行接洽，在现场指导或指挥现场进行安装、调试至设备正常运行，并随时处理解决相关质量、技术问题； 5) 对用户技术人员、操作人员、维修人员进行设备结构及工作原理说明、设备使用方法、机械电气维修技术、设备安全注意事项等内容的培训，使用户技术人员掌握设备的操作、维护、维修，使之达到独立操作、维修的水平； 6) 确保联系畅通，对用户提出的问题或要求保证在xx 小时内给予答复，并保证在xx小时内相关服务人员到达现场进行维修； 7) 在质量保证期到期前一个月内，将派有经验的技术人员到用户现场对整线及各台设备进行一次设备保养并进行精度校准，精度校准要求按设备终验收要求进行。对产品长期（定期或不定期）跟踪服务，主动向用户沟通情况，征询信息； 8) 应急预案：建立项目部，设立专人负责，根据项目进展情况及时调度，沟通满足用户需求；专项负责人随时与用户沟通，保持xx小时联系畅通，及时处理紧急情况；合理安排招标物资的生产周期，满足工期要求；对于产品在安装和使用中出现的问题，将按照技术、售后服务方案及时解决

2) 智能装备集成供应商

服务行业	汽车行业
交付运维示例	<p>如针对某项目，交付运维情况：</p> <p>1) 项目自启动以来，项目经理全程负责项目资料的收集整理工作，根据ISO 运行标准及时更新项目文件资料，待项目验收时，向用户提供的文件清单（略，共计58项）；</p> <p>2) 待完成设备调整，员工培训，陪产等工作后，用户根据技术协议开始进行项目验收，出具验收报告（略）；</p> <p>3) 后续承担的售后主要分为质保内和质保外：如质保期内，系统或设备出现故障时，要在收到用户请求的 xx小时内紧急响应，提出解决方案；要建有 xx小时内能到达维修现场的自有授权服务中心，附近保留有相应电气工程师以保证 1 天 xx 小时紧急服务；质保期满之后，用户可以提出维保服务需求，提供 xx 小时的远程技术支持服务。如遇系统问题，在接到系统问题通知后，xx 小时内赶到现场排查问题。质保期外设备发生问题的快速响应方案和技术支持，含服务清单及各项费用，并对价格有效期限做出承诺；投标时应详细说明针对本系统升级时第三方软件版本也需升级时，服务支持方案和费用</p>
服务行业	农机行业
交付运维示例	<p>依据相关要求，做好项目交付及售后服务工作：</p> <p>1) 设备到货：现场安装人员到达现场后，现场经理与用户沟通确认现场安装位置，组织卸货，依据发货计划及装箱清单在用户现场签收；</p> <p>2) 现场安装：现场位置经用户确认后，现场经理按照计划进行现场安装，如遇突发情况或计划外情况须及时向项目经理汇报；</p> <p>3) 现场调试：安装结束前一天，项目经理及时安排调试人员到场进行调试、培训，对发现的问题进行整改，试运行，小批试产；现场经理协调用户方安排人员参与现场调试，设备安装调试发现问题，由现场经理填写项目开口问题跟踪表，项目经理协调整改、监督执行；</p> <p>4) 现场设备调试完成后，现场经理安排相关人员对用户方人员进行培训。现场生产稳定后，项目经理与用户确认备品备件清单，机械负责人和电气负责人下发备品备件采购清单；</p> <p>5) 终验收由项目经理负责向用户方提出，提交使用说明书、合格证合备品备件后，组织用户实施终验收；</p> <p>6) 验收通过后，项目经理负责依据技术协议要求，用户签收验收资料清单，办理终验收手续，保证所移交项目资料的齐全性、规范性、有效性和及时性；</p> <p>7) 售后服务科负责售后质量问题的反馈和处理，负责用户投诉信息处理与服务实施全过程的管理，技术部负责售后服务技术及人员支持，采购部负责售后服务备品备件的支持。售后服务科根据项目部提供的终验收报告、设备信息、用户信息建立用户档案及售后服务回访计划；</p> <p>8) 售后服务人员根据售后服务回访计划及电话预约的时间对用户进行回访，根据各种渠道获取的用户反馈信息，确认处理方法的过程。技术部根据用户服务反馈单确认技术处理方案的过程。售后服务科根据用户订单需求，进行报价及合同签订工作，并负责安排配件采购订单的下发及配件产品交付与签收，每年年底应对质量信息进行汇总和分析，及时反馈至有关部门，为质量改进提供依据</p>

3) 工业自动化集成供应商

服务行业	通用设备制造行业
交付运维示例	<p>如针对某项目，交付运维情况：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 项目交付时提交所有产品技术文档以及研发过程的管理文档，为了有效地配合项目建设，提供相关的培训； 2) 售后情况：保证提供及时、迅速、优质的服务，软件系统出现故障后，承诺xx电话服务，xx小时内到现场服务,提供系统故障恢复服务，系统例行检查服务； 3) 随时接受用户对硬件操作的技术咨询和技术交流,及时解答用户遇到的技术问题，并且将定期寻访用户，协助用户对系统进行维护
服务行业	汽车行业
交付运维示例	<p>分为三步骤完成交付及售后：移交、验收、售后服务</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 移交: 设备移交意味着该设备已交给用户，但并未正式验收，应具备以下几个条件：设备安装调试完毕；设备经过实际运行能正常使用，设备没有功能性问题；设备资料齐全；培训完毕，并且培训效果获得肯定评价；设备保养计划已移交给车间，车间已同意开始进行设备保养； 2) 验收: 项目验收需要分为两个阶段完成：第一阶段的验收为控系统部分，第二阶段的验收为整个工厂目视化系统的验收；验收条件为：设备运行稳定，用户提出的问题项均已解决；所有培训均已完成，备件均已到货并交付给该用户，技术资料均已全面的移交给该用户；验收标准参考:参照设计任务书、德国大众标准、国家标准及设计图纸进行； 3) 售后服务： <ul style="list-style-type: none"> • 生产陪伴:在项目正式验收之前，安排现场服务解决现场出现的问题。项目验收之后，此项目需安排xx周的生产陪伴，陪伴项目、人员的技术要求和进度计划在完成设备验收之前最终敲定；质保期以正式验收之日起xx年为限； • 在验收时，应提供给用户维修部门，售后服务负责人联系电话或其他联系方式，并在质保期间如有变化需及时通知该维修部门； • 验收之日起，质保期一年内，由设计、安装等产生的质量问题，无条件的进行抢修，负责发生费用； • 质保期内所需的工具、自行筹措；在质保期内如需要到现场服务，在接到用户维修部门的通知后，服务人员应 xx小时内到达现场

4) 工业软件集成供应商

服务行业	汽车行业
交付运维示例	<p>如某项目建成后，实施团队根据交付协议完成了以下工作：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 开展有针对性的项目培训——包括系统架构、系统运行维护、二次开发和技术维护、用户操作等，人员包括领导、技术室主任和业务骨干、普通技术人员，分层次、分批、分阶段进行；2) 产品数据运营保障——对数据完整性和准确性（编码、产品结构、基础资源库等）提供持续保障，简化和规范变更流程，持续进行数据积累，逐步拓展功能和应用范围；3) 检查评估和改进——帮助用户制订系统运维制度和系统监控指标，阶段性进行系统规范性监控检查并评估整改，完善原解决方案，培育系统持续优化应用的内在动力；4) 项目交付后，所有项目文档、代码、环境虚拟机在内部全部移交给运维中心，进入售后服务阶段；5) 运维中心按照ITSS的规范，建立了项目运维文档库、运维计划，实行为期 xx年的免费售后服务
服务行业	橡胶轮胎行业
交付运维示例	<p>如针对某项目，交付运维情况：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 文档交付：提供4套完整的打印文件资料和1套信息管理光盘文件资料。所有文件语言均采用中文；2) 对合同项下整个系统提供xx年的质量保证，质保期自验收合格双方签字时起；3) 零部件更换：对由于零部件质量问题造成的损坏，将提供现场服务，免费维修、更换损坏的零部件。当设备故障停机时所需备品备件应在xx日内提供；当设备不停机但某些功能不能正常工作时所需备品备件应在xx日内提供；4) 故障响应：质保期内，常驻足够的技术、维修人员在用户工厂内，故障即时处理；常驻人员不能处理的，应在接到故障通知xx小时内给予解答，需补充人手的，应在接到故障通知后xx小时内派技术人员到达现场；5) 预防性维护：预防性维护是对提供的设备、系统硬件（包括电气控制）和相关工业软件，进行综合性现场维护和技术支持的一个服务项目。该项目是为用户覆盖全系统整体的技术支持服务（整包服务），为满足用户最大化地利用系统和提高系统利用效率的需求。预防性维护服务项目每年xx次；6) 修正性维护：预防性维护时，如果系统部件所需的维修或者置换超过了质保期的范围，或者所需要维修和更换的部件等已经损坏，可提供修正性的维护服务；7) 质量保证期后可继续对用户使用过程中的设备损坏进行售后服务（具体服务形式再定）。质量保证期后的服务可以是有偿服务，可以低于市场价的优惠价格收取相应费用

四、智能制造系统解决方案供应商面临的挑战及未来展望

本篇着重从智能制造的复杂性、迭代性、整体性、协同性和对人才、资金的需求来分析供应商当前应对的挑战；同时从政策引导、公共服务平台、产业研究、产业需求、产业生态以及人才、金融、资本等方面对未来进行展望。

(一) 相关挑战

1. 复杂系统工程，非传统自动化简单升级

智能制造是一项复杂的系统工程，帮助用户实现自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的生产方式才能称作真正意义上的智能制造。智能制造无论从内涵和外延上讲，方案构成层次、业务复杂程度以及对供应商的能力要求都远超过传统自动化。

当前阶段，智能制造市场仍处于补齐自动化、提升数字化、实践网络化、导入智能化等特征的初期阶段，对于大多数供应商而言，参与智能制造市场的方式，主要是围绕自身主营业务做外延式的拓展，来研发超出传统自动化范畴的数字化、网络化、智能化等方案，而这不仅需要实践和迭代，更需要时间和市场的验证，所以目前市场上，绝大多数供应商仍主要提供以局部性传统自动化为主的方案；与此同时，具备前瞻性的领先供应商围绕智能制造发展趋势，积极主动参与数字化和智能化业务转型，通过内部组织结构的优化，智能制造业务的战略布局，参与示范项目的建设以及制造业用户智造需求的业务对接，强化传统自动化业务的同时，在部分

领域推出了智能制造系统解决方案，但这些解决方案也有待用户的验证和优化。总体来讲，目前智能制造市场空间广阔，市场机会刚刚开启，供应商需要继续提升能力，推出更多符合市场实际的智能制造系统解决方案，而绝非仅仅针对传统自动化方案的优化。

2. 精益根基不牢，解决方案急需迭代优化

精益生产是智能制造的前提和基础，我国制造业大多数企业至今仍采用传统生产模式，其主要特点是：按预测和经验制定生产计划，生产过程与订单无直接关联；产品可靠性不高；生产不均衡，无节拍，生产过程不连续，以大量成品和中间库存应对交货期竞争，效益不高。制造企业要实现现代生产模式，按需求组织生产，对市场变化反应灵敏，生产直接按订单进行，依靠生产管理系统调度和管理生产，保证生产节拍和均衡性，实现零库存或极限库存。因此，供应商需从精益生产的基础上，进一步推进数字化、网络化，逐步实现智能制造，绝非一蹴而就。

但近几年，由于智能制造成为市场热点，智能制造系统解决方案领域出现了大量新进入供应商，为了能够搭上智能制造这班快车，在发展的过程中，单方面追求承接的项目数量和规模，通过低价或各种恶性竞争的商业模式，迅速获取了部分市场机会，并且在初期阶段获得了短暂的商业成功，但随着时间推移，项目质量不过关和交付能力跟不上等方面的问题不断积聚，最终导致众多项目以失败告终，项目坏账产生的后遗症给企业带来了很大的打击。有此前车之鉴，智能制造供应商逐渐意识到，需打牢基础、切忌跟风、深耕细作，基于用户的问题，不断深入实践，迭代优化解决方案，为客户提供有价值的服务，才是长久发展之道。

3. 整体规划不足，用户需求待进一步对接

当前，制造业企业转型升级的意识不断增强、需求得以充分释放，智能制造产业对接的需求快速增长。在自动化市场阶段，企业可以很明确

提出问题和需求，供需双方对接充分，企业可以很好找到供应商并解决问题。反观智能制造，由于属于新领域，企业和供应商均无成熟的经验可以借鉴，需要摸索前行，大多数情况下，企业提出的多是问题，而对于需求描述并不清晰，对于供应商而言，挖掘客户需求的能力就尤为重要，因此智能制造业务的第一环节从咨询诊断开始，而对于擅长项目实施为主的供应商而言，提升咨询诊断的能力是一种很大的挑战，再加上企业往往提出的问题牵涉到很多综合问题，对于供应商来讲，经常会遇到跨学科、跨专业、跨领域问题，在这种情况下，供应商往往束手无策，这两个双重因素是导致智能制造市场对接不畅的根本原因。与此同时，目前智能制造系统解决方案仍然集中在以解决局部问题为主的阶段，企业上马的项目，可以解决当前遇到的问题，但为了解决更高层次的问题，企业发现原有的系统之间融合度和信息孤岛情况严重，需要从全局上思考才能解决问题，因此数字化基础比较好的企业，进一步推进网络化，实施大数据的时候，提出了更高的要求，未来供应商整体性咨询规划的能力有待进一步提升。

4. 协同创新推进，场景应用尚未落地实践

协同创新是继续推进智能制造发展的关键，过去几年，供应商集团间战略合作的案例很多，主要集中在市场推广合作层面为主，少部分提出了生态解决方案概念，这些方案主要以提出技术架构为主，并且很多并未有真正意义上的市场验证和实践，用户称之为看上去很美，但很难落地。随着智能制造市场发展深化，真正围绕用户的需求场景进行落地应用方案的开发逐渐成为核心问题，供应商深知协同创新的意义和价值，目前，供应商正采取产学研结合、创新中心、孵化器、战略联合体等模式开展协同创新。

但当前对于供应商而言，面向用户场景开展创新应用仍面临一些难点，如创新点是否有市场前景；与公司现有战略是否匹配；投入产出如何

测算；与哪些互补的供应商开展协同创新合作等，种种问题有待进一步落地实践。

5. 复合人才缺乏，企业有待长期持续储备

智能制造市场在推进的同时，多数供应商都在扩大业务边界，人才储备已成为制约发展的主要问题之一。尤其是近两年，随着智能制造由趋势转入实质落地期，各供应商开始加大投入，不仅是技术和研发人才的争夺，对于战略市场、销售、管理等各个层面复合型人才的需求也渐行激烈，人才储备已成为决定供应商未来的竞争力，也是保障业务长效稳定发展的前提，尤其是对于外部业务成长过快，而内部管理能力滞后的供应商更为重要。近几年，供应商部分企业起伏波动较大，其根源之一是人才问题。总之，智能制造业务的开放性将导致企业合作的边界更加开放，企业协同更加频繁，企业推进业务需要更多优秀团队，人才成为不可避免和必须重视的问题。对于供应商而言，关乎到企业能否继续强化智能制造发展，需要长期不断持续积累。

6. 资金瓶颈存在，金融/资本助力产业发展

智能制造虽是大势所趋，但真正落地依旧困难，如何开展智能制造升级活动成为许多企业亟需解决的问题。在解决这个问题的过程中，制造企业作为需求方，在不同的阶段会考虑不同的问题：在选型阶段，对智能化改造真正效果有所顾虑；在实施阶段，一次性投入费用巨大，后续还要持续投入；在运维阶段，回收期长，现金流产生在未来，即期付款资金压力大，现金流不匹配，回款压力大。而供应商，作为智能制造升级服务的供给方，在此过程中也相应地面临着以下问题：对制造企业能否正常付款存在顾虑；垫资压力大，销售提高难；实施周期长，货款回笼慢，行业惯例压款，如何加快现金流回笼等问题与挑战。同时，随着订单量的增多，供应商资金持续加大，面临资金瓶颈，极大制约接单能力，且供应商大都为

轻资产公司，缺乏抵押物，传统银行授信模式下难以获得融资，资金压力较大。种种问题都是传统简单信贷投入无法解决的，因而有必要对金融服务模式进行创新。

在智能制造发展推进布局下，除自身资金外，也应积极思考外向型资金的引用，才能保证对智能制造的持续投入，加快迭代和发展。本报告遴选的105家供应商中，其中30余家上市企业都具备很好的融资通道，极大地保障了智能制造业务的资金来源。其他未上市的企业，相当比例的民营企业也都在积极开展资本运作，借力资本。当然，智能制造发展过程中，也看到一些资本层面的负面案例，比如对赌失败、股东层与资本决裂等，但这些都不是资本本身的问题，而是驾驭资本能力的问题，因此，对于供应商而言，有必要进一步提升认知水平和资本的驾驭能力。

(二) 未来展望

1. 逐步健全规范条件，引导市场良性发展

在智能制造的推进和实施的过程中，政府有支持，企业有需求，智能制造系统解决方案供应商大有可为。2018年为进一步加强供应商管理，规范供应商服务流程，联盟组织编制了《规范条件》，通过建立标准化的服务流程、规范化的市场行为，保障市场的良性竞争和持续健康发展。后续需进一步完善供应商的评审要求，建立健全符合《规范企业》企业名单动态更新机制，并依托解决方案分类代码、团体标准等工具，做好供应商后续的分类分级管理工作，力争打造一批兼顾不同企业规模、适应行业需求、赢得企业信任、自身能力过硬的供应商队伍，为用户推荐更加有实力、能力、规范的供应商群。

2. 完善公共平台服务，精准实现供需对接

智能制造的发展，第三方服务平台将发挥更大作用。当前，智能制造的需求与日俱增，但是还存在着“如何干”、“谁能干”的困惑，制造企业缺少了解从事本行业解决方案供应商的手段和渠道，解决方案供应商也需要及时、准确、动态的掌握行业发展的共性问题以及企业转型的实际需求。通过搭建对接供需双方的公共服务平台，有效解决信息不对称、需求差异化的问题。

在这个层面，公共平台的主要作用将凸显：一是提供对接平台，进一步整合资源，打通线上与线下需求，实现供需双方的对接，比如一方面通过组织有行业和专业特色的展会、推介会、对接会，推动供方与相关区域和行业用户企业进行对接；二是深化产业对接，主动对接用户需求，组建供应商诊断专家库，围绕用户在推进智能制造过程中的瓶颈和难点，分工协作为企业提供全方位的现场指导、量身定制的实施建议；三是推广智能制造技术与案例，编制智能制造系统解决方案案例集，向社会推广优秀解决方案；四是积极推广网络平台，围绕区域、行业形成智能制造装备、工业软件、网络、集成、咨询规划等解决方案和服务的产业地图，并为用户提供需求与服务发布、产品案例分享等多种服务，全方位、精准化地实现供需双方对接。

3. 推动产业纵深发展，加速行业/专业研究

未来解决方案向行业和专业领域纵深发展，需进一步加强产业研究。一方面智能制造系统解决方案越来越呈现行业的特点，如汽车、石化等领域，已形成具有行业特色的差异化解决方案；另一方面是专业模块的细分，这就包括研发模块、生产模块、物流模块，尤其是智能服务模块，将会大放异彩。随着企业对于智能产品的巨大需求，类似车联网、智能家居的蓬勃发展，大量基于场景应用的功能模块会越来越丰富。未来，这些基

于场景应用的模块都将大量解耦，以微服务的方式对外提供咨询。依据以上的需求属性和自身发展要求，供应商将进一步深耕市场，需要洞悉行业和专业领域特点，才能赢得市场认可。

可以预见，未来行业深度研究需要完成两个层面的研究，一方面来自行业应用场景需求的梳理；另一方面则是对于应用场景的技术创新研究，要完成以上两个层面的研究，需要用户、供应商、公共服务平台、第三方研究机构等共同努力。

4. 促进跨界融合服务，逐步完善产业生态

从生态建设上看，智能制造发展具有复杂性、系统性，涉及设计、生产、物流、销售、服务等全生命周期，需要实现横向集成、纵向集成和端到端集成。单个供应商很难充分满足细分行业的智能制造发展需要，未来，企业间、行业间将不断加强深度的协同合作：

一是业内有越来越多的企业在聚焦主业，以内生增长为基石的同时也通过资本并购等方式拓展业务范围，以强化智能制造系统解决方案的供给能力。

二是当前在机械、医药、电子等领域形成了多个稳定合作的联合体，智能制造的供给体系已初步形成，未来随着各类主体逐步形成长效的跨界合作机制，协同创新、协同应用，将进一步促进制造业企业的智能化改革。

三是“工业互联网平台+工业APP”正在成为一种全新的智能制造协同模式，构建基于平台化的解决方案服务体系，围绕场景应用，打造优势互补的共赢生态链。

5. 重视智造人才培养，探索人才实训基地

对智能制造发展而言，复合型人才的需求日益旺盛，人才培养有待进一步提升。能够胜任新一阶段企业发展目标的人才，需要对企业经营、生

产现场、基础管理、信息系统操作、智能装备等多方面有综合的认知和了解。由于智能制造还处于不断发展的过程，需要具有创新意识和持续学习能力的人员持续补充。目前美国设计制造与创新院，已经围绕着数字企业的构架，规划了100多种数字技能人才的岗位描述，这意味着全新的数字复合型人才结构正在呼之欲出，也是未来决定智能制造能走多远的一个重要保障。

各地开展人才培训和培养的参与机构逐年增多，其中包括大专院校，产业服务机构、供应商、联合体等，最新的方向就是围绕人才实训模式开展。因此，面对智能制造挑战的人才供给结构性矛盾，需要加快培养和选拔智能制造领域复合型高技术人才，探索设立智能制造人才实训基地，逐步建立高质量的智能制造优秀人才库。

6. 推进金融服务创新，赋能企业转型升级

为应对供应商的资金瓶颈，相关金融服务机构如浙商银行进一步创新服务模式，推出优质金融产品：一方面实现为交易双方特定义务/付款责任的履行提供见证，实现智能制造交易领域的“支付宝”；一方面推出专项授信模式，创新银行融资模式，支持优质系统集成商；一方面解决垫资烦恼，帮助企业获取大客户订单。未来我们也呼吁更多的金融机构推出更多适合供应商的优质金融产品，为供应商的培育贡献更多的金融智慧和力量。

此外，业内也有越来越多的供应商在聚焦主业，以内生增长为基石的同时也将目光放在外延式增长上，特别是业内上市企业的增多，明显改善企业技术投入、兼并重组和经营发展的能力，为行业和企业的外延拓展提供了条件。后续，未上市供应商也可以进一步借力资本，为产业创造更多的价值。

附录1：术语表

AGV	自动导引运输车	Automated Guided Vehicle
APC	先进过程控制	Advanced Process Control
AT	自动化技术	Automation Technology
CAD	计算机辅助设计	Computer Aided Design
CAE	计算机辅助工程	Computer Aided Engineering
CAM	计算机辅助制造	Computer Aided Manufacturing
CAPP	计算机辅助工艺规划或设计	Computer Aided Process Planning
CFDA	国家食品药品监督管理总局	China Food and Drug Administration
CRM	客户关系管理	Customer Relationship Management
DCS	分布式控制系统	Distributed Control System
DMS	配电管理系统	Distribution Management System
DNC	分布式数控	Distributed Numerical Control
EAM	企业资产管理	Enterprise Asset Management
EAS	电子商品防窃（盗）系统	Electronic Article Surveillance
EMS	能源管理系统	Energy Management System
ERP	企业资源计划	Enterprise Resource Planning
ET	设备技术	Equipment Technology
GMP	生产质量管理规范	Good Manufacturing Practices
HSSE	健康、安全、安保和环境	Health, Safe, Security, Environment
IT	信息技术	Information Technology
KPI	关键绩效指标	Key Performance Indicator
LIMS	实验室信息管理系统	Laboratory Information Management System
MES	制造企业生产过程执行系统	Manufacturing Execution System
MTBF	平均故障间隔时间	Mean Time Between Failure
OT	操作技术	Operational Technology
PDM	产品数据管理	Product Data Management
PLC	可编程逻辑控制器	Programmable Logic Controller
PLM	产品生命周期管理	Product Lifecycle Management
PT	工艺技术	Process Technology
RFID	无线射频识别	Radio Frequency Identification
SCADA	数据采集与监视控制系统	Supervisory Control and Data Acquisition
SIS	安全仪表系统	Safety Instrumented System
TMS	运输管理系统	Transportation Management System
TPM	全员生产维护	Total Productive Maintenance
WMS	仓库管理系统	Warehouse Management System

附录2：参编单位及成员

中国电子技术标准化研究院	郭楠	韦莎	许妍	夏娣娜
	张欣	纪婷钰	李瑞琪	周航
	程雨航	廖胜蓝	何宏宏	王伟忠
	王成然			
中国工控网	邸霖	邓宇	李红	
机械工业第六设计研究院有限公司	张保刚	孙朋		
和利时科技集团有限公司	王娇	黄振林		
沈阳新松机器人自动化股份有限公司	程虎丰			
浙江中控技术股份有限公司	俞文光	吴斌		
石化盈科信息技术有限责任公司	索寒生	贾贵金		
金航数码科技有限责任公司	谢向利	齐晓明		
北京联讯动力咨询有限公司	林雪萍			
沈阳机床（集团）有限责任公司	刘广杰			
天津爱波瑞科技发展有限公司	廖少华			
建筑材料工业信息中心	孙愚	丁磊		
机械工业北京电工技术经济研究所	王琨	戴铭		
中国纺织机械协会	侯曦	叶贺		
菲尼克斯电气（中国）有限公司	朱世明			
株洲中车时代电气股份有限公司	陈志漫			
达索析统（上海）信息技术有限公司	冯升华	贾爽	陈建	
深圳华制智能制造技术有限公司	吕青海	钱士明	李健	
国机智能技术研究院有限公司	吕海洋			
中国第一汽车集团公司	候若明			
鼎捷软件股份有限公司	刘奎琳			
东风设计院有限公司	周欢			
联想集团	杜扬州			
中船第九设计研究院工程有限公司	汪彦钧			

本报告还得到了联盟专家委员会主任张相木、中国自控系统工程有限公司副总经理朱学新、电子工业出版社工业分社社长徐静、中国纺织机械协会总工程师祝宪民以及北京科技大学研究员吕鹏等有关专家的大力支持和指导帮助，在此对所有参与报告编写的专家表示衷心的感谢！

中国智能制造系统解决方案 市场研究报告

*System Solution Market Research Report on
Smart Manufacturing Industries*



中国智能制造系统解决方案供应商联盟

2019年2月

中国智能制造系统解决方案供应商联盟

通信地址：北京市东城区安定门东大街1号

邮 编：100007

联系电话：010-64102823

邮 箱：cimsic@cesi.cn