



# 装备数字化 助推能源装备高质量发展

石镇山

机械工业仪器仪表综合技术经济研究所

2023-11-03 无锡

一 制造业、数字经济、装备数字化的概念

二 装备数字化是建设制造强国的必由之路

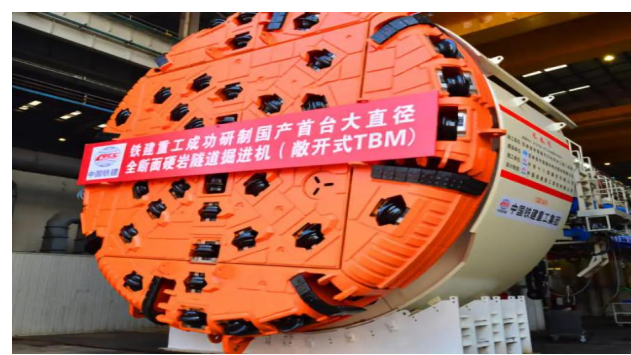
三 发展智能能源装备支撑现代能源体系建设



# 制造业、数字经济、 装备数字化的概念

## (一) 制造业及其范围

**制造业：**是指对原材料(采掘业的产品和农产品)进行加工或再加工，以及对零部件进行装配的工业的总称。



## (一) 制造业及其范围

GB/T4754-2017划分，制造业包括31个大类，179个中类，609个小类。

食品工业	农副食品加工业；饮料制造业；烟草制品业等
纺织服装工业	纺织服装、鞋、帽制造业；皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业等
造纸印刷业	造纸及纸制品业；印刷业和记录媒介的复制等
石油和化学工业	石油加工工业；化学原料及化学制品制造业；化学纤维、橡胶、塑料制品业等
冶金工业	黑色金属冶炼及压延加工业；有色金属冶炼及压延加工业
非金属制品业	水泥、玻璃制品、砖瓦石材、陶瓷制品等
金属制品业	集装箱、金属容器、金属工具制造；金属表面处理及热处理加工
机械制造业	通用设备制造业（锅炉、内燃机、机床等）；专用设备制造业（拖拉机、医疗设备等）
运输设备	交通运输设备制造业（汽车、摩托车、船舶、航空航天器、铁路机车等）
电气设备	电气机械及器材制造业（电动机、发动机、微电机、电线电缆、家用电器）
电子设备	通信设备、计算机及其他电子设备制造业
仪器仪表	仪器仪表及文化、办公用机械制造业
其他制造	家具制造业；木材加工及制品业；文教体育用品制造业；工艺品及其他制造业等

## (一) 制造业及其范围

新时代这十年，中国制造业的**高端化、智能化、绿色化**发展取得新成效。工业增加值从20.9万亿元增长到37.3万亿元，其中制造业增加值由16.98万亿元增长到31.4万亿元，占全球比重从22.5%提高到近30%，已经连续12年位居世界首位。

- **高端化**：高技术制造业和装备制造业占规模以上工业增加值比重分别从2012年的9.4%、28%提高到2021年的15.1%和32.4%
- **智能化**：培育较大型工业互联网平台超过150家、连接工业设备超过7900万台(套)，重点工业企业关键工序数控化率、数字化研发设计工具普及率2021年分别达到55.3%和74.7%，分别比2012年提高30.7和25.9个百分点，部分领域智能制造水平居于世界领先水平。
- **绿色化**：规上企业单位增加值能耗在“十二五”“十三五”时期分别下降28%和16%基础上，2021年进一步下降5.6%。万元工业增加值用水量在“十二五”“十三五”时期分别下降35%和39.6%基础上，2021年进一步下降7%。2020年一般工业固废综合利用率达到55.4%。

——工业和信息化部党组书记、部长金壮龙《学习时报》：  
新时代工业和信息化发展取得历史性成就



## (二) 数字经济及其核心产业

- 数字经济是以**数据资源**为关键要素，以**现代信息网络**为主要载体，以**信息通信技术融合应用**、**全要素数字化转型**为重要推动力，促进公平与效率更加统一的新经济形态。

数字经济是继农业经济、工业经济之后的主要经济形态。

——《“十四五”数字经济发展规划》



农业经济→土地资源



工业经济→资本资源



数字经济→数据资源

**不同的经济形态，不同的关键要素**

## (二) 数字经济及其核心产业

### ■ 数字经济产业范围：

01数字产品制造业、02数字产品服务业、03数字技术应用业、04数字要素驱动业、05数字化效率提升业

### ■ 数字经济核心产业（即数字产业化部分）：7.8% ↑10%

指为产业数字化发展提供**数字技术、产品、服务、基础设施和解决方案**，以及完全依赖于数字技术、数据要素的各类经济活动。数字经济核心产业对应上述产业范围中01-04大类，即数字经济**数字产业化部分**，主要包括计算机通信和其他电子设备制造业、电信广播电视和卫星传输服务、互联网和相关服务、软件和信息技术服务业等，是数字经济发展的基础。

### ■ 数字经济产业数字化部分：

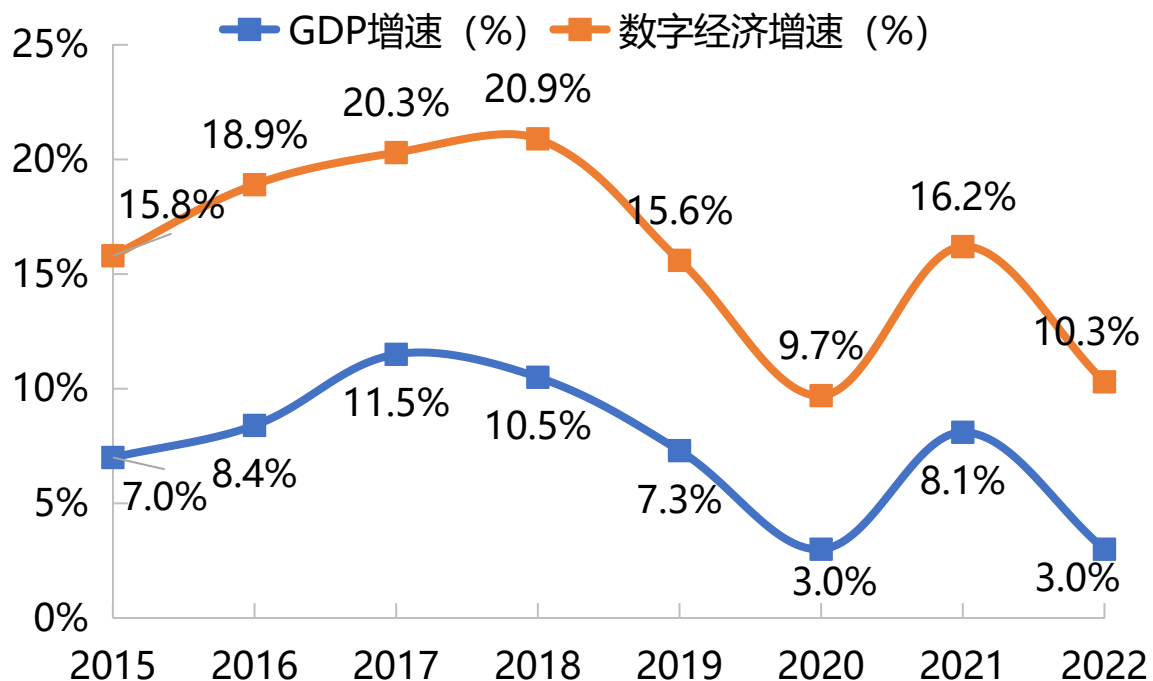
指应用数字技术和数据资源为传统产业带来的**产出增加和效率提升**，是**数字技术与实体经济的融合**。上述产业范围中05大类为产业数字化部分。

——《数字经济及其核心产业统计分类（2021）》

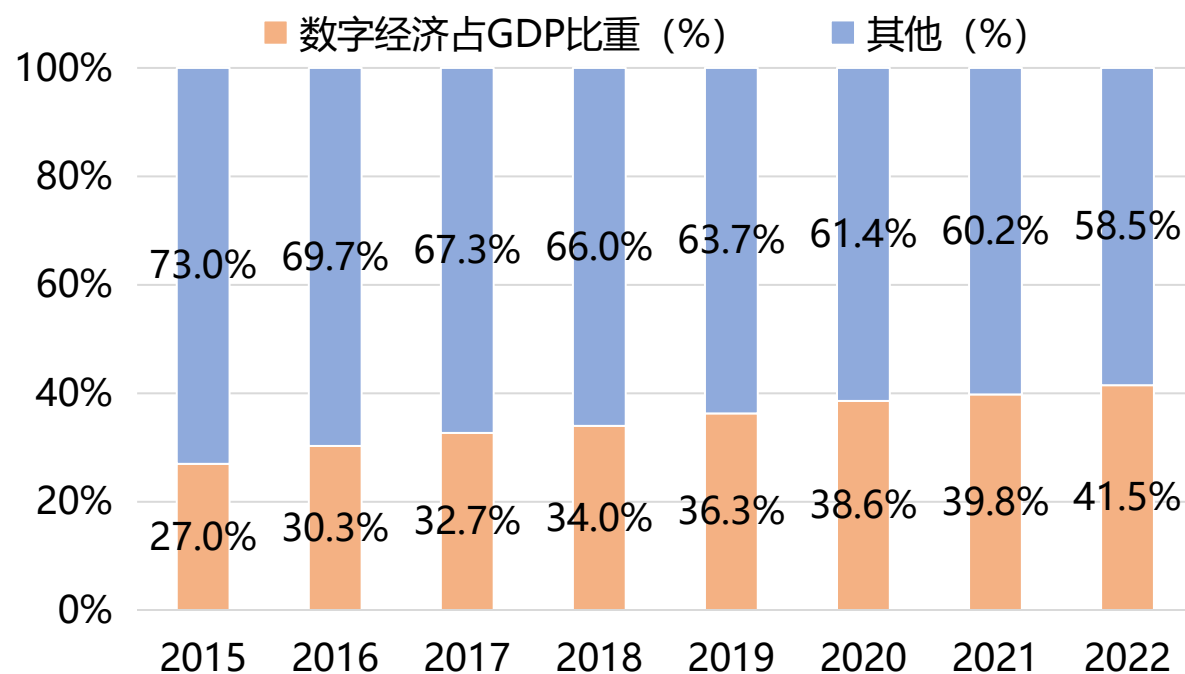


## (二) 数字经济及其核心产业

### ■ 数字经济快速发展



2015-2022年我国GDP 增速与数字经济增速变动

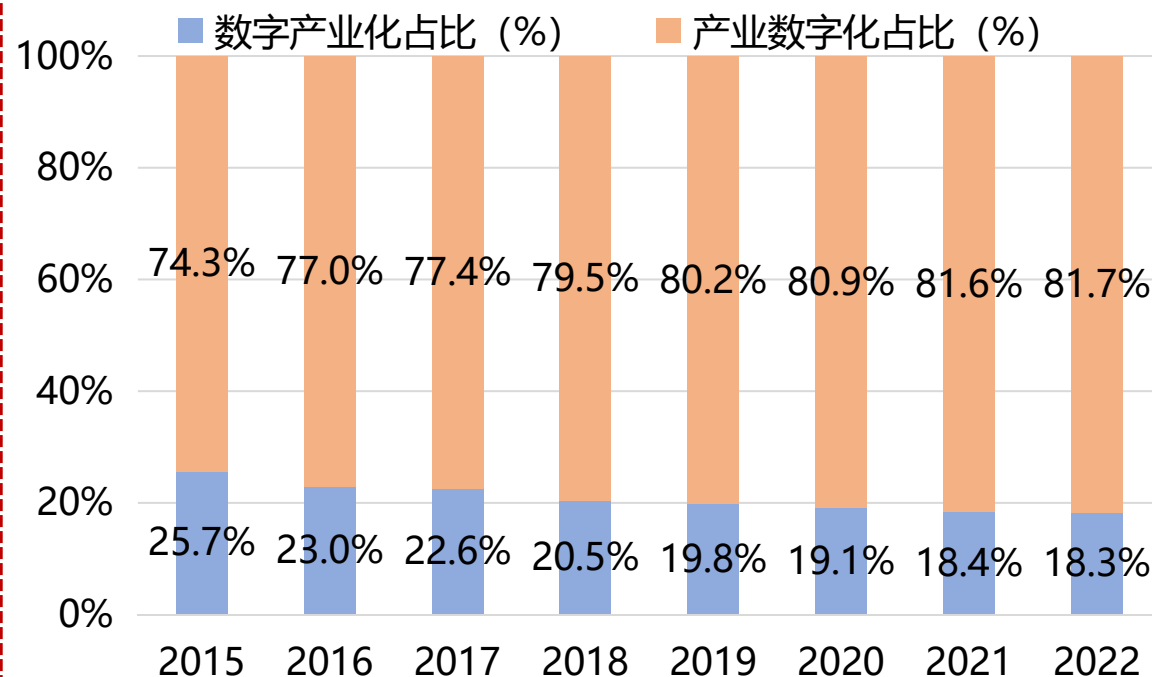


2015-2022年我国数字经济占 GDP 比重变动

## (二) 数字经济及其核心产业

### ■ 数字经济与实体经济融合

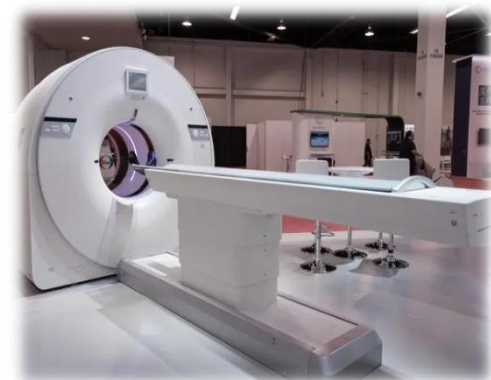
- 如果不与实体经济的融合，数字技术就成了“空架子”。数字技术只有与生产相结合才能充分发挥其**价值赋能**的作用。
- 随着数字技术的快速渗透，产业数字化已逐步成为数字经济发展的**主引擎**。
- 制造业是实体经济的核心领域，制造业数字化智能化是产业数字化的**主战场**。
- **智能制造、智慧能源**是数字中国建设的重要场景。



2015-2022年我国产业数字化与数字产业化结构变动

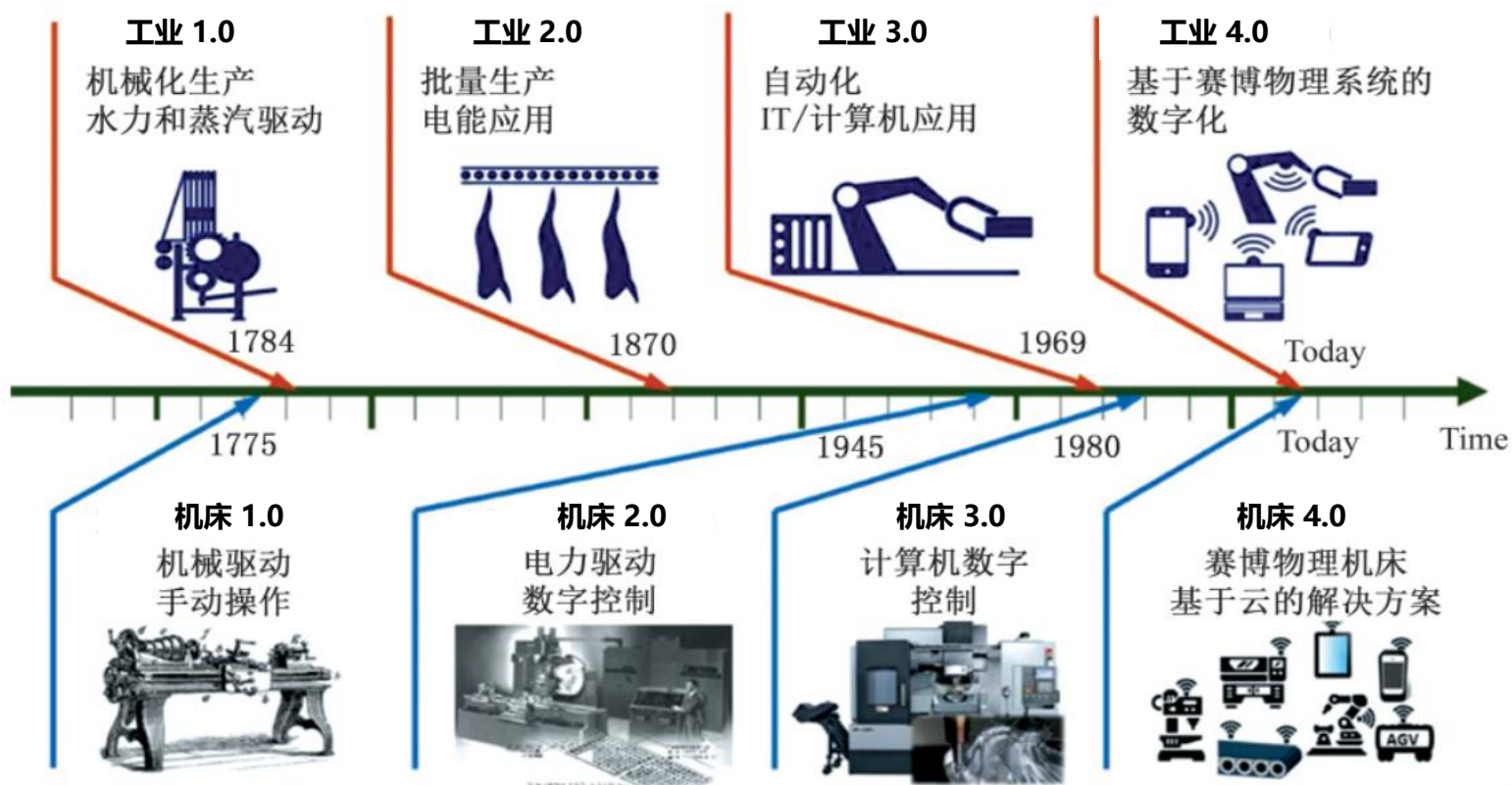
## (三) 装备制造业与装备数字化

**装备制造业**是为满足国民经济各部门发展和国家安全需要而制造各种技术装备的产业总称，是各行业产业升级、技术进步的重要保障，是国家综合实力和技術水平的集中体现，被誉为“**工业的脊梁**” “**大国重器**”。



## (三) 装备制造业与装备数字化

随着四次工业革命，从生产工具变革角度，装备历经了**机械化、机电化、数控化和现在的数字化智能化**发展阶段。

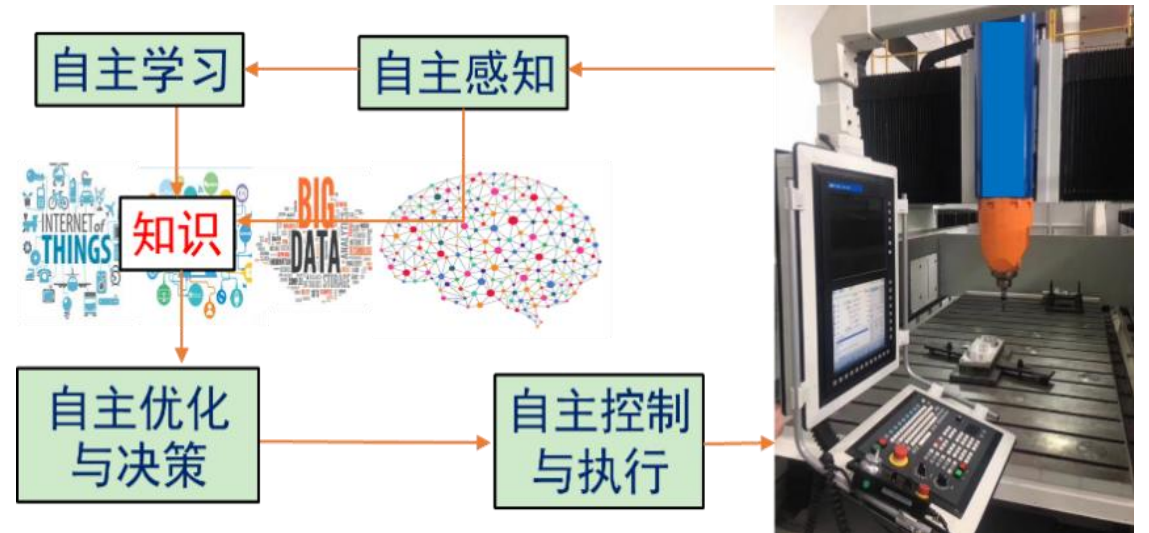


当前，装备数字化浪潮正在蓬勃兴起，“人机物”三元融合趋势已经不可逆转。作为新的生产工具，智能装备的出现和广泛应用将是必然的，人类未来的生产生活无不与智能装备密切相关。



## (三) 装备制造业与装备数字化

- 2021年国务院《“十四五”数字经济发展规划》明确提出“要大力推动装备数字化”。
- 工信部研究出台“加快推进装备数字化发展”政策文件，支撑数字中国建设，实现数字产业化和产业数字化。
- **装备数字化**使装备发展成为具备自主感知、自主学习、自主优化与决策、自主控制与执行等特征的智能装备，是数字经济时代的典型产品。



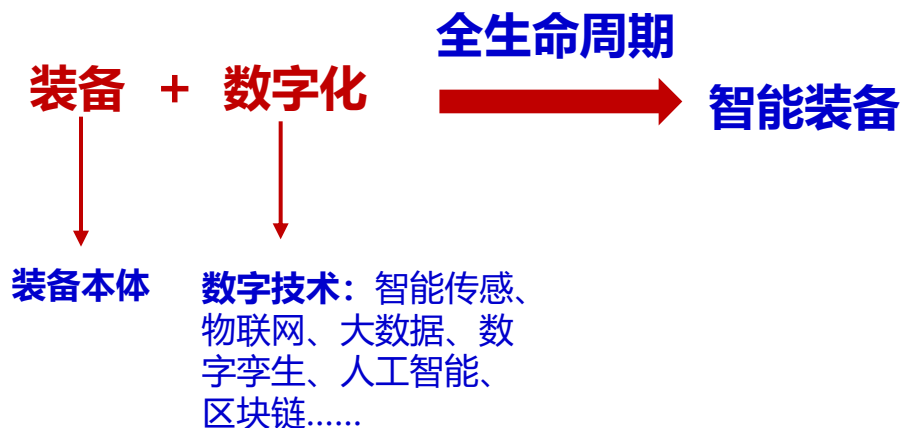




# 装备数字化是建设 制造强国的必由之路

### (一) 装备数字化概念

#### ■ 定义



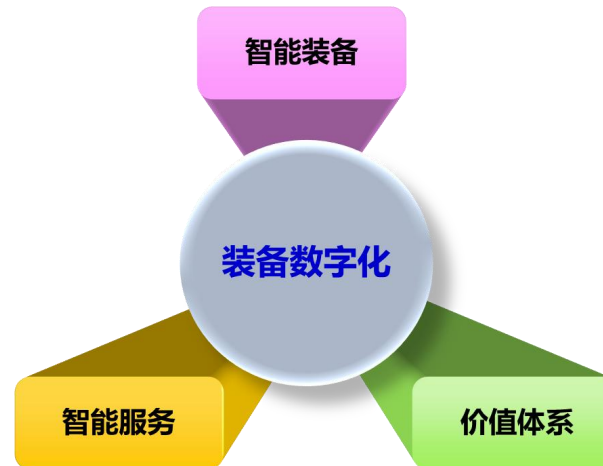
**新特征:** 状态感知、泛在互联、决策优化、自主执行、虚实融合

**新价值:** 物理装备价值 + 服务价值 + 数据价值

**装备数字化**是基于数字技术与装备全生命周期各环节的深度融合，实现**装备智能升级**和**价值重塑**的系统工程。



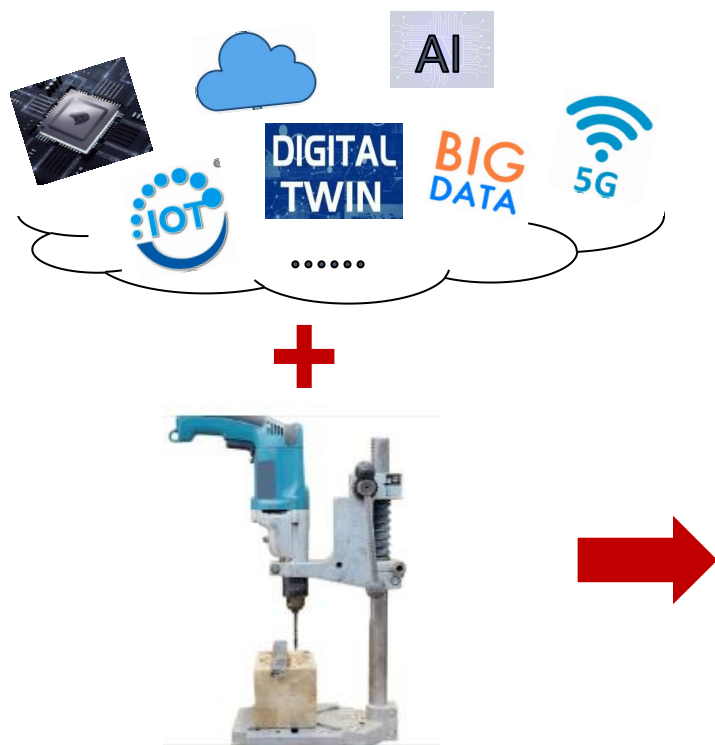
制造 **智能装备**  
 延伸 **智能服务**  
 创造 **新价值体系**



装备数字化三要素

### (二) 装备数字化内涵

#### ■ 装备数字化要素之一：智能装备

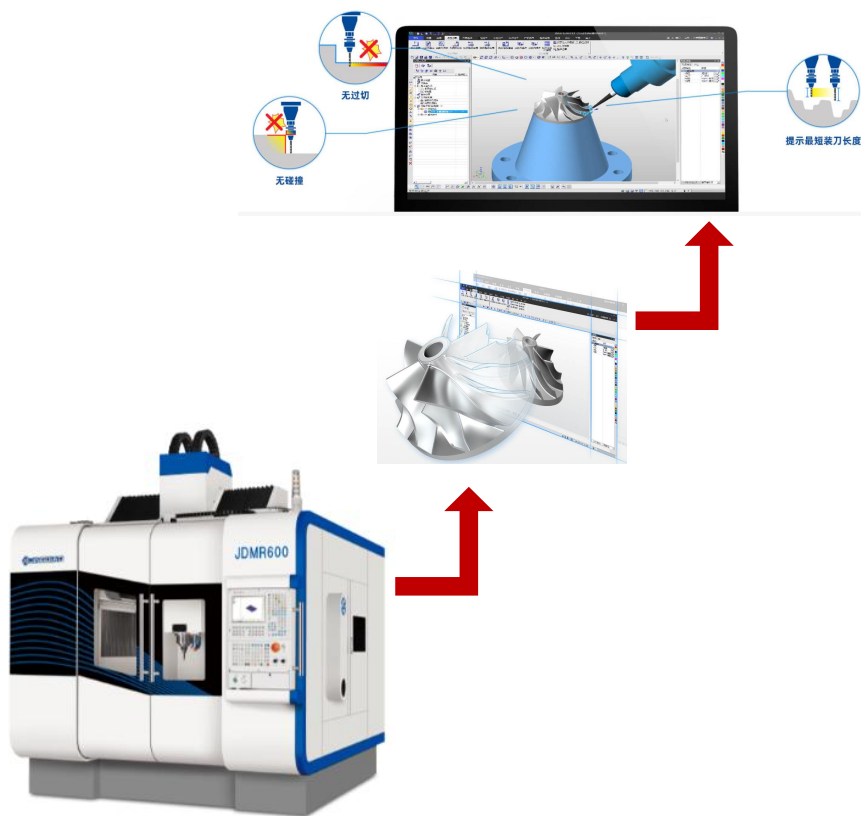


形象地说，**智能装备**就是在物理装备原有骨骼、肌肉和脉管基础上，加上眼睛、神经和大脑，具备了感知、分析、推理、决策、控制等功能。



### (二) 装备数字化内涵

#### ■ 装备数字化要素之一：智能装备



#### 案例1：北京精雕的精雕机知识软件化

- 精雕高速加工中心，配置了精雕在机检测系统，量化精密加工中机床、刀具和工件的状态，通过精度补偿算法，极大地提高加工精度。
- 研发了专用CAM（计算机辅助制造）软件，具备完善的五轴工艺开发、测量工艺设计、管控方案规划等特色功能模块。

### (二) 装备数字化内涵

#### ■ 装备数字化要素之一：智能装备



无人驾驶水稻收割机和无人驾驶运粮车协同作业

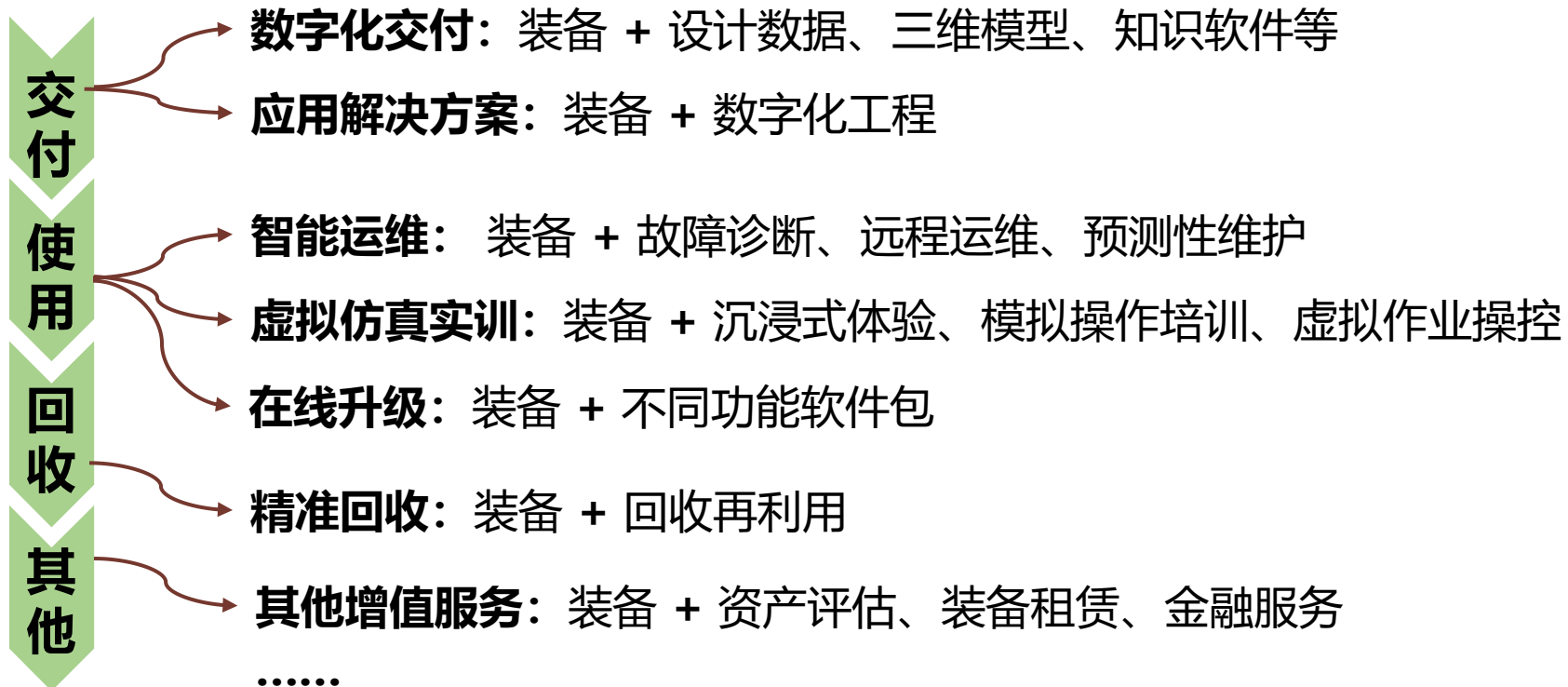
#### 案例2：智能农机多机协同作业

- 北大荒建三江碧桂园无人农场依托智能云管控平台，实现多机种协同作业，包括编队控制、进度协同、车辆调度、实时工艺调整、路径优化等。
- 通过5G网络，对农机设备运行状况、作业数据、卫星定位、作业轨迹等进行采集，综合田间土壤、农业气象、空气温度与湿度等信息，由中央调度系统给予作业指导。



### (二) 装备数字化内涵

#### ■ 装备数字化要素之二：智能服务



### (二) 装备数字化内涵

#### ■ 装备数字化要素之二：智能服务



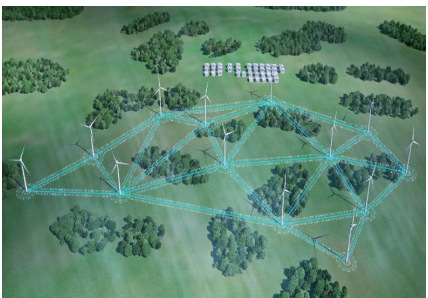
结合智能化趋势和数字化智能工厂要求，陕鼓可为客户提供一系列智能化服务

#### 案例1：“陕鼓模式”装备智能运维

■陕鼓通过全生命周期智能化远程故障服务监测系统和  
服务智能化平台，结合AR技术，为用户提供精准的全  
生命周期设备管理和远程监测诊断分析服务，及时解  
决用户机组运行问题。

### (二) 装备数字化内涵

#### ■ 装备数字化要素之二：智能服务



#### 案例2：金风科技综合数字化产品服务

■针对不同风资源区的不同环境，提供多款风机产品，搭载自主的智能控制、发电量提升技术和智能运维技术，不断挖掘机组发电潜力，最大化客户收益。

■利用物联网、大数据、云计算等技术，为客户提供定位风资源潜力区、精细化测风、智能风电场设计、风机提效增功等系列的数字化产品服务。

### (二) 装备数字化内涵

#### ■ 装备数字化要素之三：价值体系

提升“显形”价值



挖掘“隐形”价值

物理装备价值  
已有提升

- 在装备的**生产制造**过程中产生
- 装备功能扩展、性能效能提升极大增加了装备本体价值
- 主要由装备企业通过装备销售来获利

服务价值  
新拓展

- 在装备的**应用服务**过程中产生
- 通过数字化交付、预测性维护、虚拟培训、精确回收等智能服务产生的附加价值
- 可由装备企业、第三方机构通过提供服务来获利

数据价值  
新挖掘

- 在装备的**全生命周期**中产生
- 利用装备软件、模型、知识库、数据产生的价值
- 装备企业、用户、第三方机构和政府部门都可获利

### (二) 装备数字化内涵

#### ■ 装备数字化要素之三：价值体系



#### 案例1：挖掘机指数被称作“中国经济晴雨表”

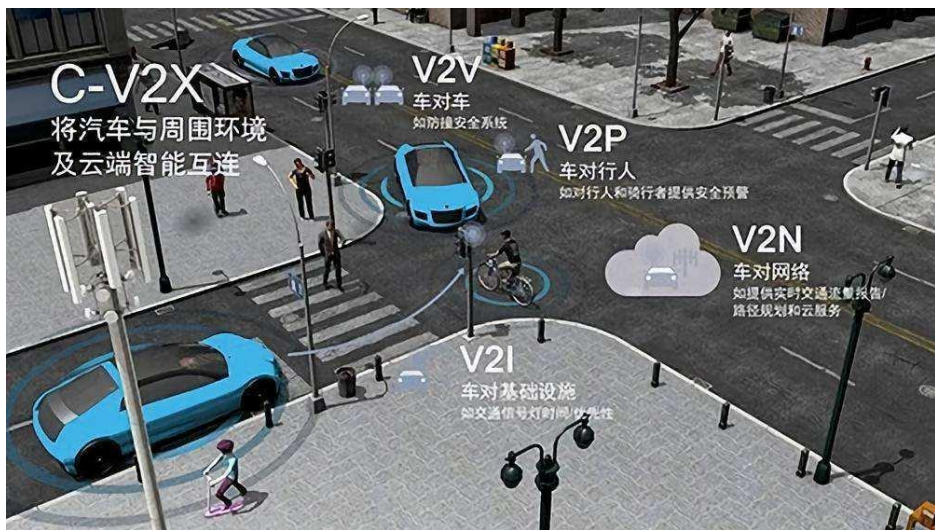
**央视财经挖掘机指数**是央视与三一重工、树根互联联合打造的基建观测数据，每月更新，为分析宏观经济形势提供了重要支持。

■通过大数据和物联网技术，每台设备的定位、型号、开机时长等数据一目了然，向上可以成为国务院制定经济政策的重要参考之一，向下可以观察中国在基础设施建设尤其PPP基建领域的冷与热。



### (二) 装备数字化内涵

#### ■ 装备数字化要素之三：价值体系



#### 案例2：智能网联车延伸产业链价值链

■ 商业模式变革，软件服务重塑行业价值链，将打破传统车企与客户一次性交易的历史。未来，**一辆智能网联汽车的价值构成，将变成40%的硬件、40%的软件以及20%的内容和服务**，车企有望从出售的汽车中获取持续性收入。

■ 跨汽车、交通、能源、信息等领域，**可带动整车制造、电子信息、软件及云服务等产业链并进。**

### (三) 装备数字化发展取得积极进展

- 我国“十二五”时期“数控一代”、“十三五”时期智能制造、数字化转型以来，装备数字化发展迈入快速发展期

#### 重点领域智能装备取得突破

- 我国在机器人、轨道交通、智能网联汽车、医疗装备、工程机械等领域开发了一批具有数字化特征的先进装备，少数领域已形成一批具有国际先进水平的智能化装备。

### (三) 装备数字化发展取得积极进展

- **智能制造装备：**是实现智能制造的技术载体，涉及工业母机、工业机器人等通用智能制造装备、行业专用智能制造装备和新型智能制造装备。
- 中高档机床水平得到持续提升，龙门五轴机床、8万吨模锻压力机等装备填补多项国内空白；机器人、增材制造装备、物流仓储装备市场规模持续扩大，智能制造装备产业规模持续增长。



科德数控龙门五轴加工中心



中国二重8万吨模锻压力机



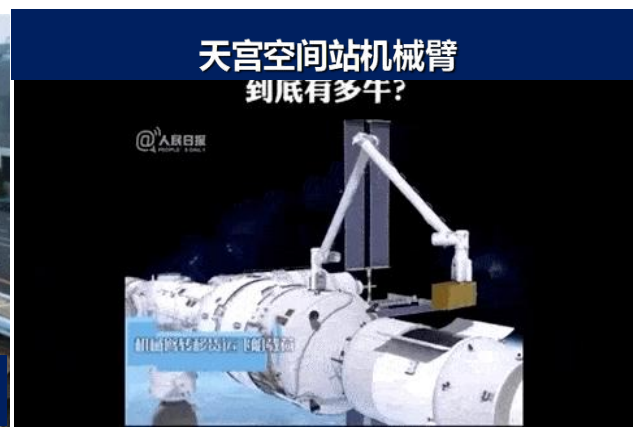
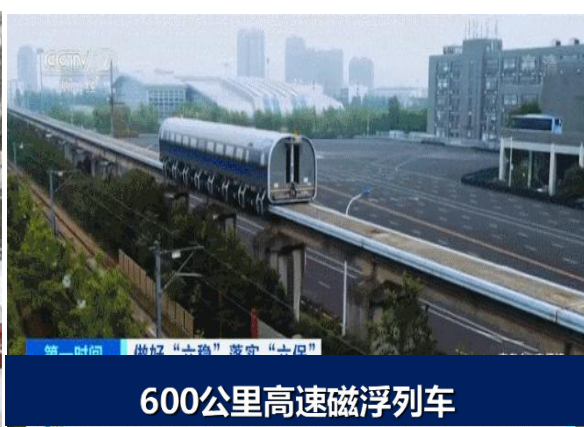
遨博i16协作机器人



极智嘉RS5货箱物流装备

### (三) 装备数字化发展取得积极进展

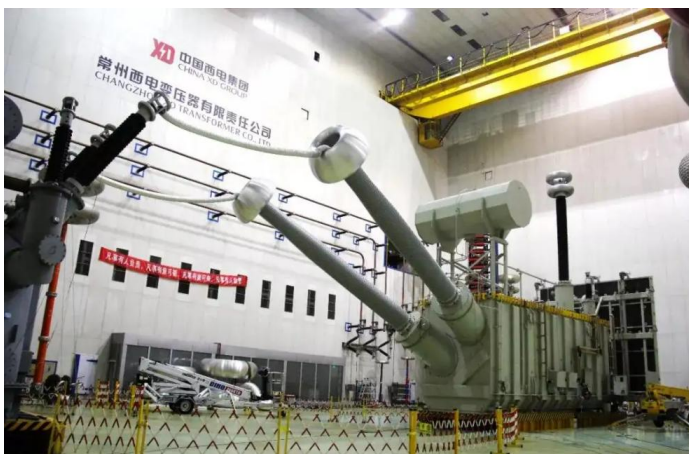
- **智能交通装备：**是实现智能交通的重要支撑，涉及智能网联汽车、智能轨道交通装备、智能航空航天装备、智能船舶等。
- 智能网联汽车、智能轨道交通装备领域在技术和规模方面均处于世界先进水平，智能航空航天装备、智能船舶涌现一批标志性创新成果，智能交通创新应用处于全球领先水平。





### (三) 装备数字化发展取得积极进展

- **智能能源装备：**是实现智慧能源的基础保障，涉及智能电工装备（智能发电、智能电网）装备、智能煤炭综采装备、智能油气钻采装备等。
- 我国在电力装备尤其是特高压输变电成套装备、风电等新能源装备领域具有较强国际竞争优势，涌现一批世界级企业和创新成果；煤炭综采装备、油气钻采装备数字化水平加快提升。



首台容量最大、网侧电压等级最高的特高压换流变压器



首套450米超长智能煤炭综采设备



2011—2020年中国风电新增装机容量及占全球比重



### (三) 装备数字化发展取得积极进展

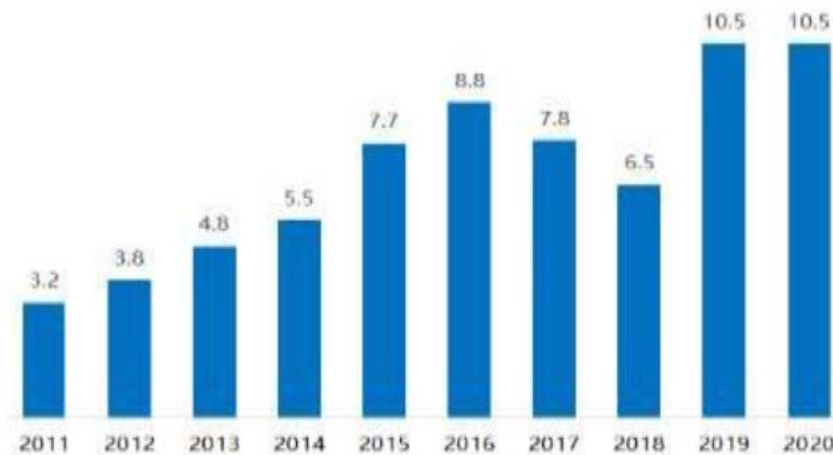
- **智能农业装备：**是现代农业和农业机械化的重要支撑，涉及智能种植装备、林草装备、畜牧养殖装备、渔业装备等。
- 我国农机装备创新发展加速，基于北斗、5G的无人驾驶农机、植保无人飞机等智能农机进军生产一线，带动全国农业机械化水平大幅提升，全国农作物耕种收综合机械化率达到71.25%。



碧桂园皓耘9700无人收获机



雷沃P7000大马力智能拖拉机



2011-2020年中国100马力以上拖拉机销量 (万辆)

### (三) 装备数字化发展取得积极进展

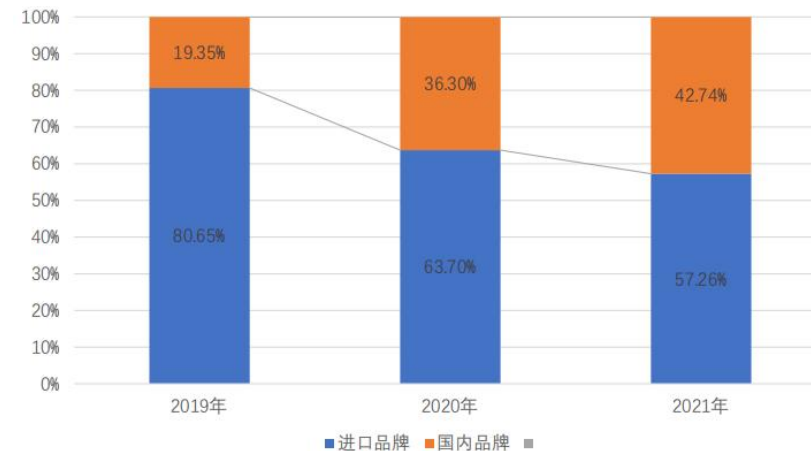
- **智能医疗装备：**是保障人民群众生命安全和身体健康、保障医疗卫生事业的技术保障，涉及智能诊断检验装备、治疗装备、中医诊疗装备等。
- 我国医疗装备技术水平加快提高，产品品类日益丰富，智能CT、医疗机器人等治疗装备新产品不断涌现，影像医疗装备等部分领域自主化供给能力显著提升，产业规模持续壮大，目前国内医疗装备市场规模超8000亿元。



上海联影超高端640层CT



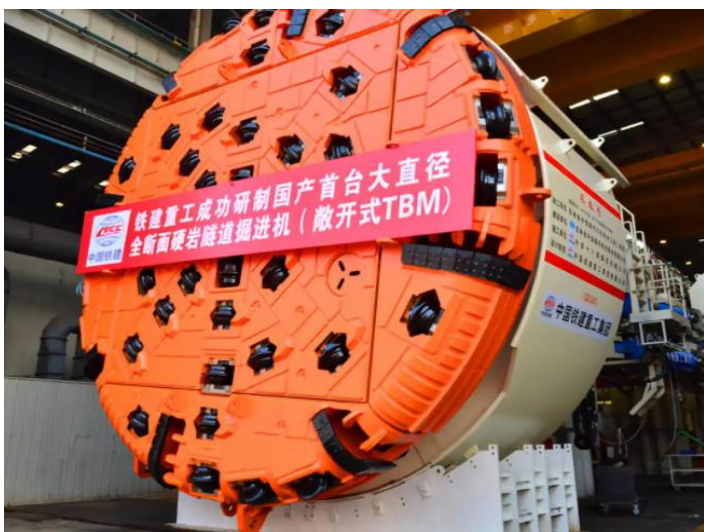
天智航第三代骨科手术机器人“天玑”



CT进口品牌和国内品牌政府采购销量新增市场占比

### (三) 装备数字化发展取得积极进展

- **智能工程装备：**是支撑基础设施等工程建设的技术装备，是支撑国民经济的基础性产业，涉及智能掘进机械、起重机械、桩工机械、施工机器人等。
- 我国工程机械行业已形成能生产18大类、4500多种规格型号的产品，基本能满足国内市场需求，涌现一批具有世界影响力工程装备企业和重大创新成果，2020年国内工程机械产业规模超过7000亿元。



铁建重工国产首台大直径全断面硬岩隧道掘进机（敞开式TBM）



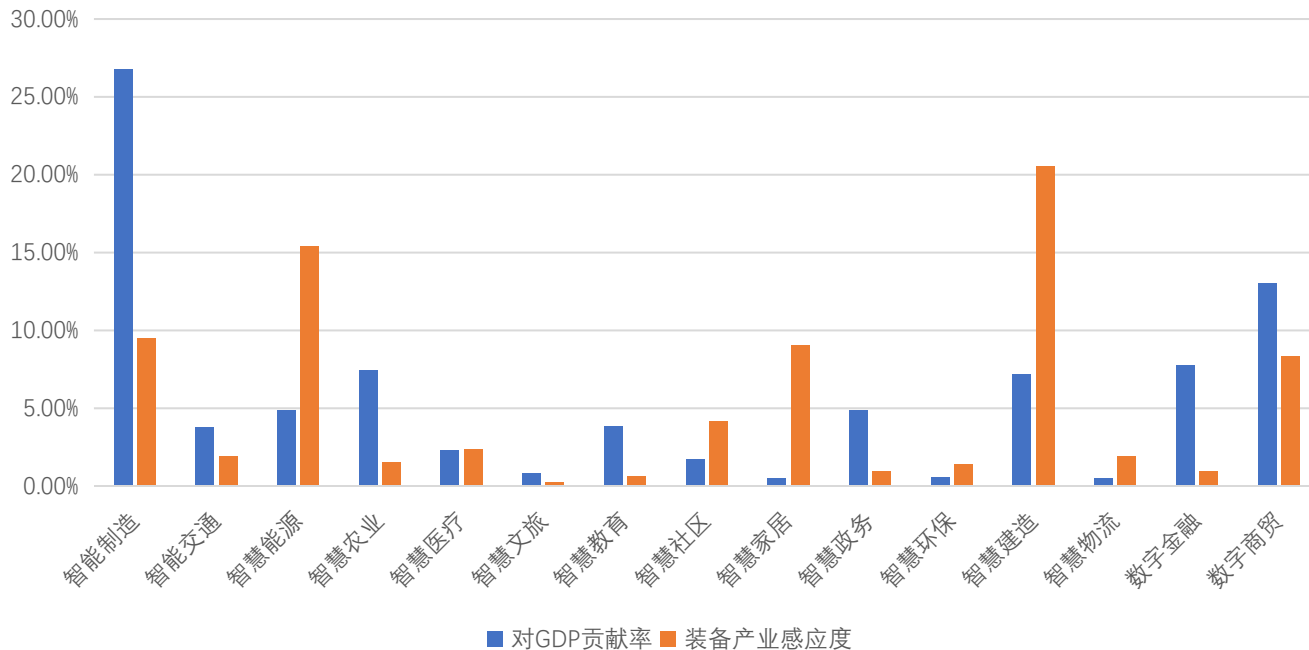
徐工集团国内首台套700t液压挖掘机

排名	变化	公司	总部所在地	销售收入	市场份额
1	-	卡特彼勒	美国	248.24	13.0%
2	-	小松	日本	199.95	10.4%
3	↑1	徐工	中国	151.59	7.9%
4	↑1	三一重工	中国	144.18	7.5%
5	↑5	中联重科	中国	94.49	4.9%
6	↓3	约翰迪尔	美国	89.47	4.7%
7	↓1	沃尔沃建筑设备	瑞典	88.46	4.6%
8	↓1	日立建机	日本	85.49	4.5%
9	↓1	利勃海尔	德国	78.08	4.1%
10	↓1	斗山工程机械	韩国	71.09	3.7%


2021年全球工程机械制造商10强榜单  
(亿美元)



### (四) 装备数字化赋能数字中国建设



装备数字化重点应用场景对GDP贡献率和对装备产业感应度


中华人民共和国中央人民政府  
www.gov.cn

[简](#) | [繁](#) | [EN](#) | [注册](#) | [登录](#)

国务院
总理
新闻
政策
互动
服务
数据
国情

中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要

专栏9 数字化应用场景

01	<p><b>智能交通</b></p> <p>发展自动驾驶和车路协同的出行服务。推广公路智能管理、交通信号联动、公交优先通行控制。建设智能铁路、智慧民航、智慧港口、数字航道、智慧停车场。</p>
02	<p><b>智慧能源</b></p> <p>推动煤矿、油气田、电厂等智能化升级，开展用能信息广泛采集、能效在线分析，实现源网荷储互动、多能协同互补、用能需求智能调控。</p>
03	<p><b>智能制造</b></p> <p>促进设备联网、生产环节数字化连接和供应链协同响应，推进生产数据贯通化、制造柔性化、产品个性化、管理智能化。</p>
04	<p><b>智慧农业及水利</b></p> <p>推广大田作物精准播种、精准施肥施药、精准收获，推动设施园艺、畜禽水产养殖智能化应用。构建智慧水利体系，以流域为单元提升水情测报和智能调度能力。</p>
05	<p><b>智慧教育</b></p> <p>推动社会化高质量在线课程资源纳入公共教学体系，推进优质教育资源在线辐射农村和边远地区薄弱学校，发展场景式、体验式学习和智能化教育管理评价。</p>
06	<p><b>智慧医疗</b></p>

### (四) 装备数字化赋能数字中国建设

#### ■ 基于装备的重大数字化应用场景



智能制造

- 港口自主作业
- 园区自动驾驶
- 机场车路协同
- 干线物准管控
- .....



智慧能源

- 精准播种
- 智能作物管理
- 气候信息预报
- .....



智慧医疗

- 远程操控
- 智慧施工
- 预测维护
- ....

- 人机交互协作
- 智能仓储物流
- 智能检测和追溯
- 远程运维
- .....



智能交通

- 智能风电
- 无人油田
- 智慧矿山
- .....



智慧农业

- 临床辅助诊断
- 远程会诊
- 智慧健康管理
- .....



智能建造





# 发展智能能源装备 支撑现代能源体系建设

## (一) 党和国家高度重视

**中国作为制造业大国，要发展实体经济，能源的饭碗必须端在自己手里。**

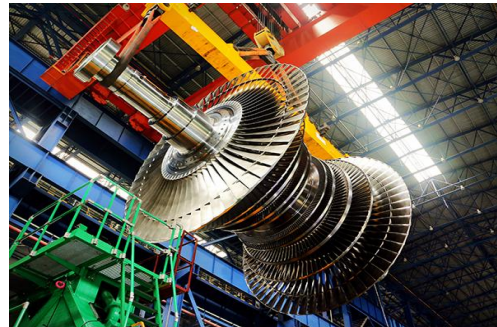
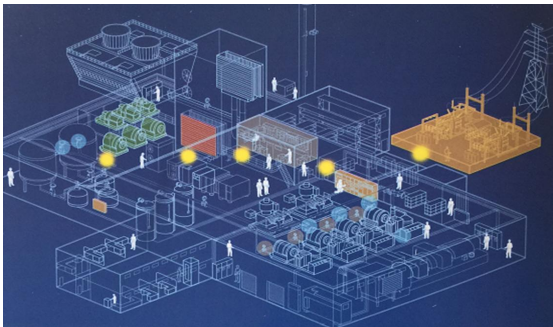
——习近平总书记讲话摘录

## 《“十四五”现代能源体系规划》

——国家发改委、国家能源局印发

### ■ 智慧能源数字化应用场景：

推动煤矿、油气田、电厂等智能升级，开展用能信息广泛采集、能效在线分析，实现源网荷储互动、多能协同互补、用能需求智能调控。



中华人民共和国中央人民政府  
www.gov.cn

国务院 总理 新闻 政策 互动 服务 数据 国情

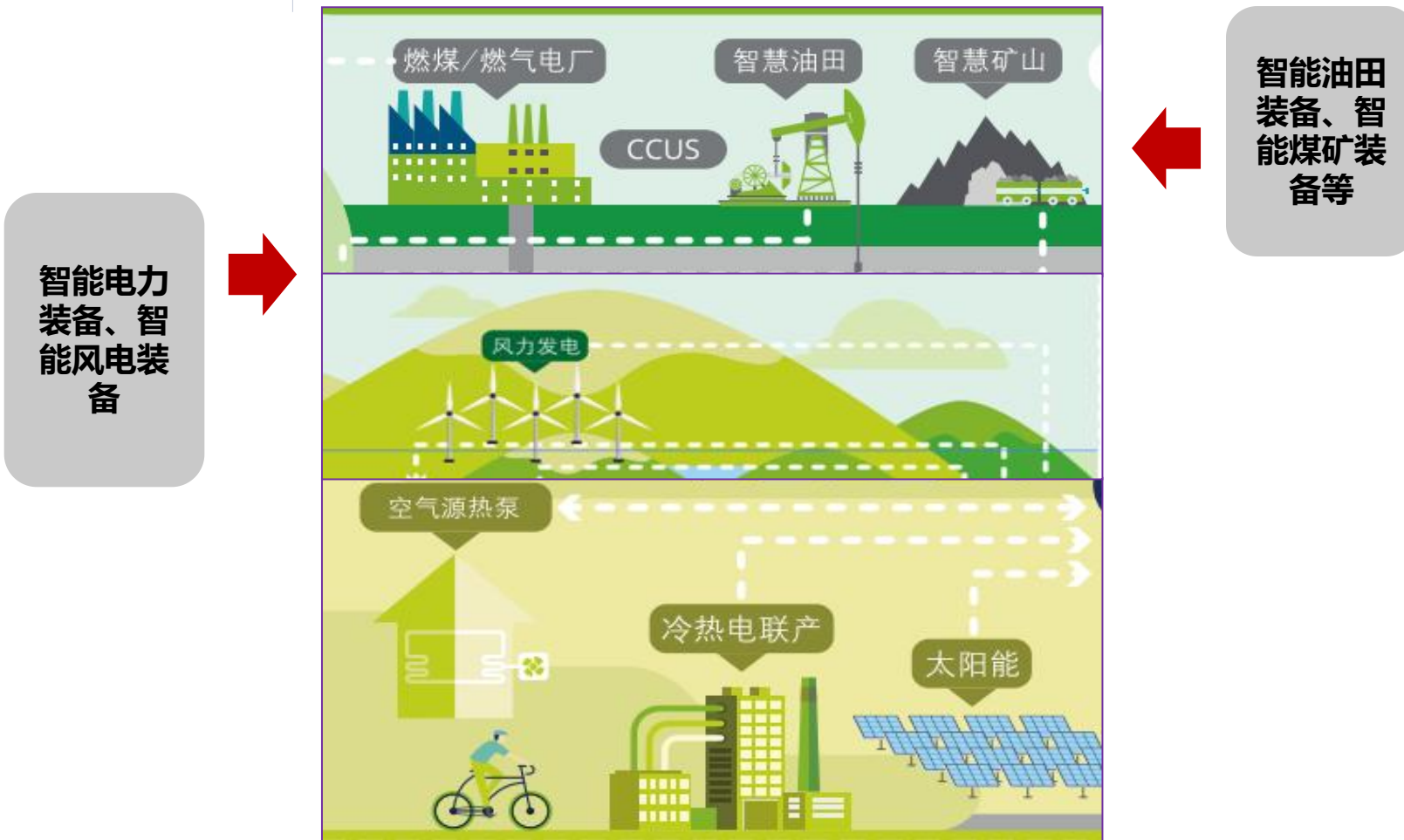
2021-03-13 07:16 来源：新华社

### 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要

专栏9 数字化应用场景

01 智能交通	发展自动驾驶和车路协同的出行服务。推广公路智能管理、交通信号联动、公交优先通行控制。建设智能铁路、智慧民航、智慧港口、数字航道、智慧停车场。
02 智慧能源	推动煤矿、油气田、电厂等智能化升级，开展用能信息广泛采集、能效在线分析，实现源网荷储互动、多能协同互补、用能需求智能调控。
03 智能制造	促进设备联网、生产环节数字化连接和供应链协同响应，推进生产数据贯通化、制造柔性化、产品个性化、管理智能化。
04 智慧农业及水利	推广大田作物精准播种、精准施肥施药、精准收获，推动设施园艺、畜禽水产养殖智能化应用。构建智慧水利体系，以流域为单元提升水情测报和智能调度能力。
05 智慧教育	推动社会化高质量在线课程资源纳入公共教学体系，推进优质教育资源在线辐射农村和边远地区薄弱学校，发展场景式、体验式学习和智能化教育管理评价。
06 智慧医疗	完善电子健康档案和病历、电子处方等数据库，加快医疗卫生机构数据共享。推广远程医疗，推进医学影像辅助判读、临床辅助诊断等应用。运用大数据提升对医疗机构和医疗行为的监管能力。

## (二) 智慧能源重大需求





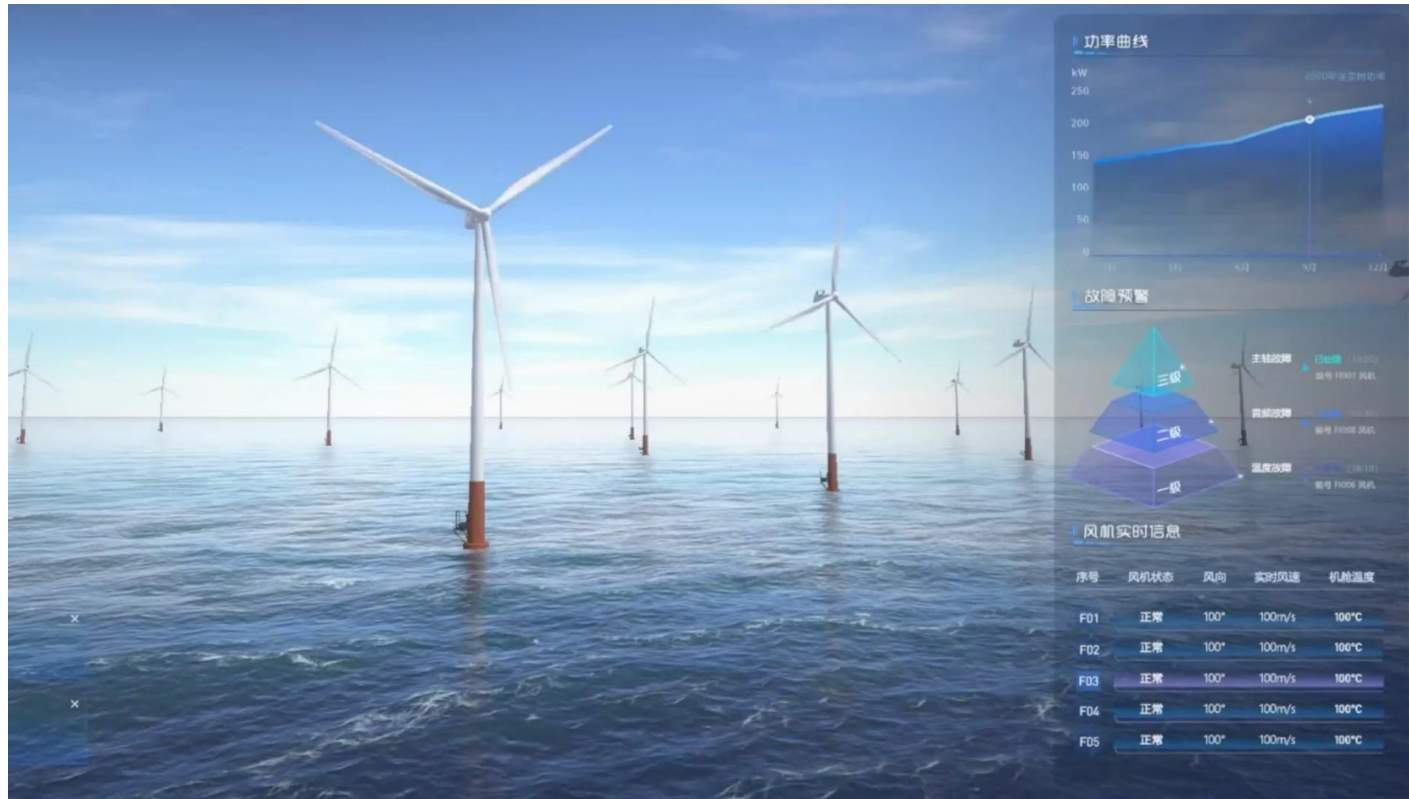


## (二) 智慧能源重大需求

### ■ 案例1：智能风电装备服务保障智能风电运营场景



智能风机



智能风电运营



## (二) 智慧能源重大需求

### ■ 案例2：智能煤矿装备服务保障智能煤矿场景



智能（无人）煤矿

### (三) 智能能源装备三大路径

#### ■ 改造一批在役装备

通过嵌入传感器、控制器、软件等，改造一批在役装备。推进煤炭开采和掘进设备、油气钻采装备等化石能源综合利用装备智能化绿色化高效化发展。





## (三) 智能能源装备三大路径

### ■ 突破一批新型装备

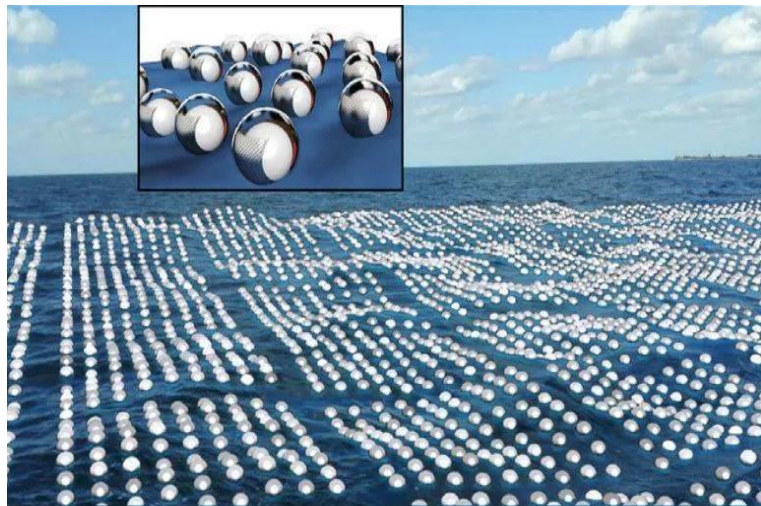
集成智能软硬件，融合新机理、新材料、新工艺，突破一批新型装备。大力发展先进核电、300兆瓦级以上重型燃气轮机、智能风机、智能光伏、新型柔性输配电等智能电力装备。



## (三) 智能能源装备三大路径

### ■ 布局一批前沿智能装备

加强原创性、颠覆性技术探索，布局一批前沿智能装备。研制氢能生产储运装备、先进安全储能装备。





## (四) 探索建立智能设备标识制度

自主研发 《制造装备智能化通用技术要求》 国家标准

### 工业4.0工具箱 Toolbox Industry 4.0

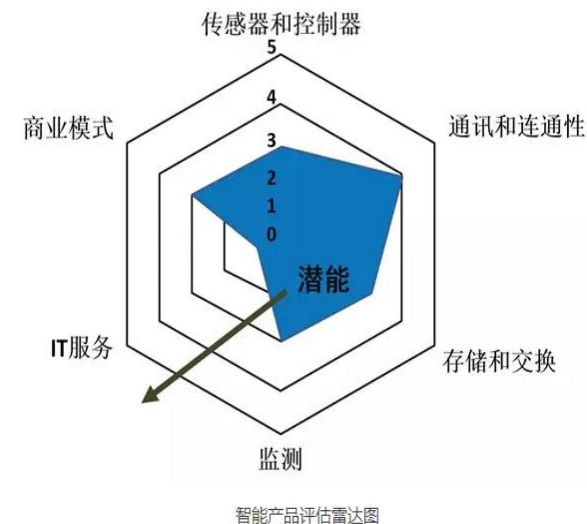


### 装备智能化水平



智能产品的智能功能特征

### 智能化水平评估结果



中共中央 国务院关于加快建设全国统一大市场的意见





# 谢谢!



## 机械工业仪器仪表综合技术经济研究所

地址：北京市西城区广安门外大街甲397号

电话：010-63490538

传真：010-63262677

邮箱：szs@instrnet.com

网址：<http://www.itei.cn>