

“数字化工程与管理”系列讲座之一

# 第一讲 数字化工程导论

毛光烈  
2019.1.6

## 序言：

当前，一场由信息革命引发的数字化跨界融合的浪潮正在席卷全球，改变着各行各业，成为主导今后三十五年产业变革的主要力量，成为重塑地区与国家经济、科技、军事、文化等综合实力格局的变革性的力量。

经研究，我们认为，**数字化工程是全面推进数字化变革的实现方式**。数字化变革的快慢、优劣是由数字化的工程决定的；**数字化工程是实现各行各业数字化的路径与载体，是建设数字中国、网络强国、智慧社会的有效抓手**。因此，研究并开展“数字化工程与管理”的培训与教育，意义极其重大，非常迫切，有必要汇聚、调动、依靠各方力量，凝成共识，一起努力。

据了解，我国还没有设立“**数字化工程与管理专业**”，亦还没有来得及开展这方面的职称评聘及培训工作。因此，我们应该静下心来，共同努力并抓紧补上这一课，迎头赶上时代的潮流。

我们希望通过开设“数字化工程与管理”系列讲座，并争取开展培训与职称评聘的试点，创设一个相互切磋与交流的平台，回应实践的紧迫需求，加快这方面的工作。



为此，今天我来抛砖引玉，先讲第一讲，**数字化工程导论**。

以后还要与有关同志一起，再讲“数字化工程的定义与价值”、“数字化工程管理”等系列。

## 序言：

根据我国院士评选制度，我国评选两类院士：中国科学院院士，中国工程院院士。

科学院院士侧重于研究新发现新理论，工程院院士侧重于新理论的应用转化，探索通过工程化的方法来改造客观世界。

从这个角度看，数字化工程是属于中国工程院系列的，是一门探索将数字化、网络化、智能化等技术转化为工程化方式来改造客观世界的实践性、应用型的科学。

### 那么，什么是数字化工程呢？

我想先作一些具体分析。





首先，  
从应用实践看，  
**数字化工程**  
是实现现实世界数字化变革的手段与抓手

# 1

## 通过数字化工程的开发，实现产品与装备的数字化



举例1

如**蕙勒公司五轴加工机床**：蕙勒机械公司是一家纯机械装备生产企业，他们的机械专业人才团队很强，开发的五轴加工机床水平很高，但他们缺少信息化人才团队。

所以他们就采用外购数控模块、传感模组及通信接口模组与自己生产的机械系统组装的办法来弥补，一年内就成功开发了五轴联动数控机床。

现在产品供不应求，企业发展快，效益好，成为一家后来居上的高新技术装备厂商。其通用的原理就是：

五轴机械工作装置  
+ 传动装置  
+ 动力系统



数控模块（嵌入式芯片 + 软件）  
+ 传感模块  
+ 通信接口模块



五轴数控装备  
等产品

## 1

## 通过数字化工程的开发，实现产品与装备的数字化



## 举例2

## 汽车电子水泵

是电动汽车主驱系统与电池冷却系统中的关键配件。

**江山科力车辆控制系统公司**开发了这一产品。

单个产品重量由15kg减至1.5kg，加装了电控板，成本约100多元钱，**实现电驱化、电控化、智能化**，为公司赢得了纯电动汽车市场拓展的先机，单个产品的价格从原来的400多元，现在上升到800多元，**效益成倍增长**。

## 关键配件数字化模型：

关键配件  
(如水泵)



嵌入式芯片  
+ 控制软件



数字化配件



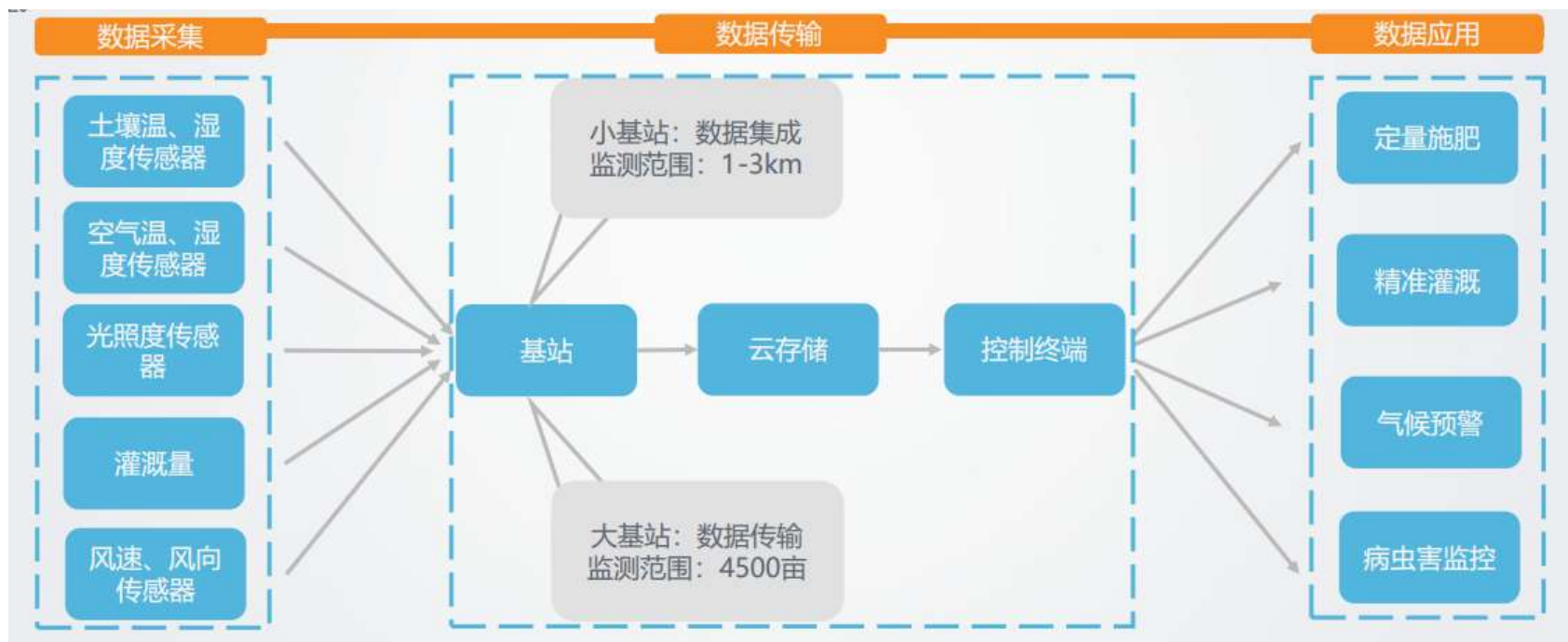
## 2

## 通过数字化工程的建设与改造，实现企业的生产与管理的数字化

如通过数字化工程，建设物联网农场、物联网工厂、物联网超市（无营业员超市），实现数字化的生产、作业与管理。



举例3 农场的物联网工程建设，使农场实现了数字化的生产作业。



图例引用自《亿欧智库2018物联网应用研究报告》

## 2

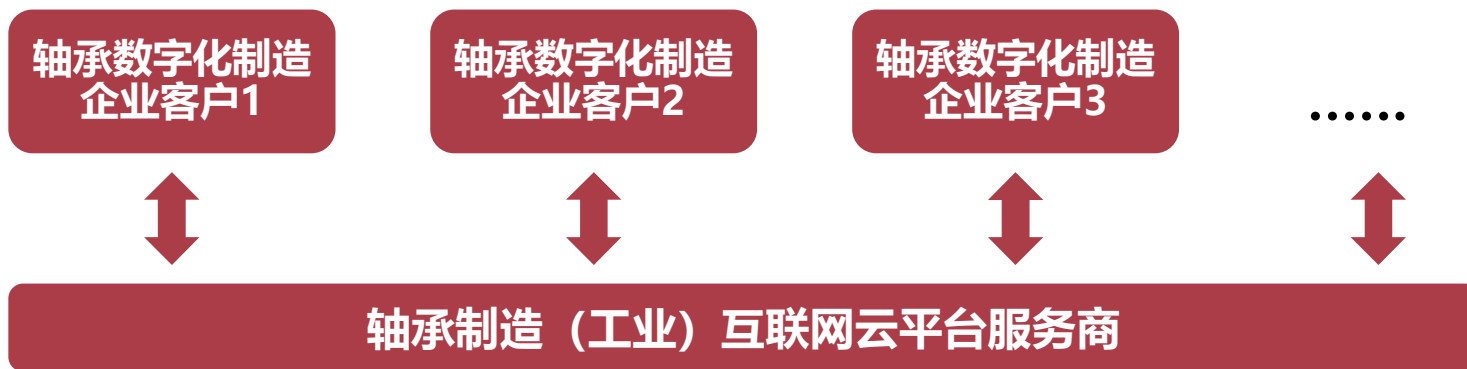
### 通过数字化工程的建设与改造，实现企业的生产与管理的数字化



举例4

新昌轴承中小企业通过“数字化制造的技改工程”，创造了  
**“企业数字化制造、行业平台化服务”新昌模式。**

新昌县有轴承制造企业**600**多家，其中**规上企业48家**，从2017年初开始到2018年9月底止，新昌轴承制造行业已有**120家企业**全面实现了数字化制造工程改造，其中有100家企业已接入到**轴承工业互联网平台**服务。



归结起来说，“企业数字化制造、行业平台化服务”是  
对“企业全面实现数字化制造、行业工业互联网平台为企业制造过程提供服务”的简称。



### 3

## 通过数控系统之间的互联工程，实现熨烫服务的数字化



举例5 慈溪卓立电气集团开发的悬挂式熨烫机

### 卓力SuperPro增压智能整烫系统：

它的智能化主要体现在以下几个方面：

**智能检测系统：**智能检测面料、厚度等自动匹配不同的熨烫工艺软件。

**智能熨烫系统：**智控汽，内置芯变压内腔驱动技术，通过智能控制温度、水温、压力等持续为熨烫输出5Bar蒸汽量，形成强劲而不失柔软的蒸汽旋流；**智清洁**，腔体、熨斗、手柄专利三区独立智能清洁技术，腔体采用超声波自洁模式，其他两区采用智能热压力式除垢。全程自动除垢，清洁彻底，更保障了机体的使用效果和使用寿命；

**智能监测防错系统（智能懒人模式）：**配备完善的安全监测系统，水箱缺水自动提醒。3分钟无操作整机自动休眠，10分钟无操作自动关机，同时智能电子温控、过压保护，确保安全无虞。这是全效合一的系统性熨烫解决方案，当然也囊括了智能熨烫平台，真空吸风和静音鼓风两种模式，适应更好的熨烫效果。

### 智能（数字化）系统互联（工程）的通用模式：

智能检测系统



智能熨烫系统



智能监测  
防错系统



数字化装备与产品  
组合型的使用模式



## 3

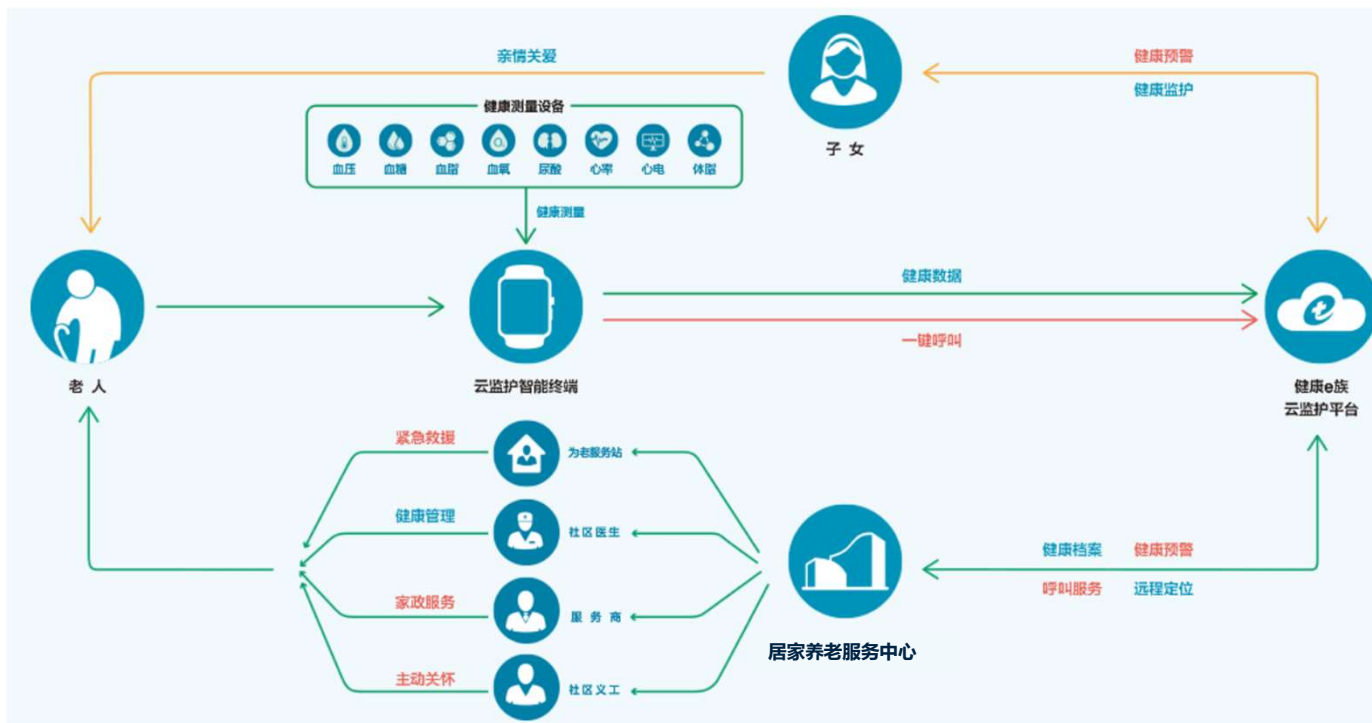
## 通过数控装备与产品之间的互联工程，实现健康监护服务的数字化



举例6

在国庆阅兵中老兵使用的好络维穿戴式健康监护系统，运用了无线技术远程对老兵们进行多参数心电及身体状况实时全程监测，被称为老兵们的“生命卫士”。

居家养老物联网



智慧医疗——「生命卫士」

## 3

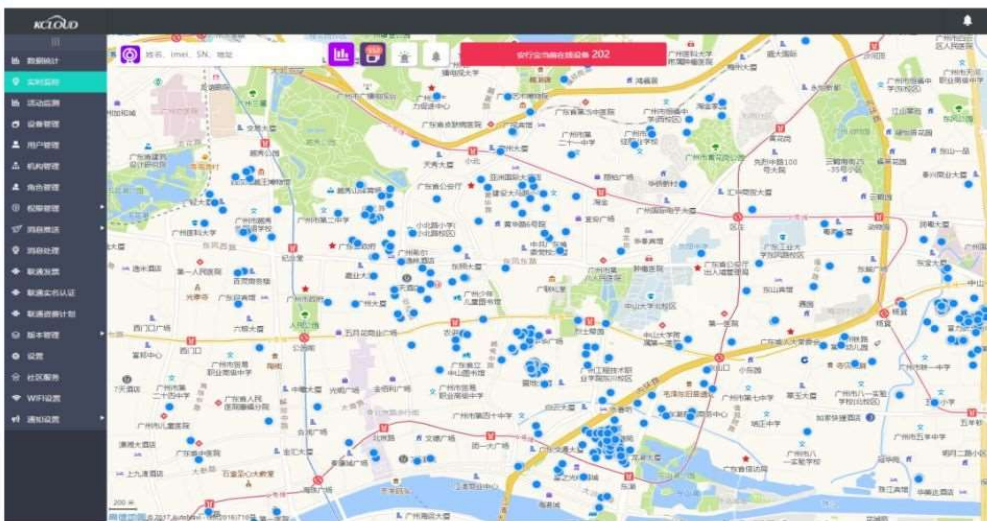
## 通过数控装备与产品之间的互联工程，实现防跌伤服务的数字化



## 举例7 养老基地的防跌伤亡报警网

据统计，我国每年约有4000万的老人跌倒，相当比例的老人跌倒后，会出现脑部受伤或行动能力丧失等情况，直接威胁着老人的健康甚至危及生命。防老人跌倒是家人照护和机构运营过程中的一个大难题。智能老人跌倒报警器互联的物联网工程，使防跌伤传感器可实时报警，这就大大缓解照护人员的压力，并为老人跌倒后获得有效救助争取了宝贵时间。

## 后台监控



## 监护功能 —— 精准定位、电子围栏、离家判定

01

## 四重定位

采用四重（GPS、AGPS、LBS、WIFI）组合定位方式，定位精确度最高可达10米

02

## 电子围栏

可自定义设置老人出行范围，走出预设范围亲属立刻获悉

03

## 离家判定

老人离开或回到家，子女手机马上通知



### 3

## 通过数控装备与产品之间的互联工程，实现对制造过程服务的数字化



### 举例8 陀曼集团的轴承行业互联网平台的制造服务

陀曼制造（工业）互联网平台，秉持“解决问题、创造价值”的理念，先后开发了陀曼1.0版、2.0版、3.0版的服务，将持续提高企业的生产与经营管理水平。

### 陀曼1.0

为制造服务的内容：

以解决一线生产效率关联大的问题为主：

诸如产量统计，设备利用率管理及设备远程预热控制，设备效率排名等

服务类产品的数量：

5种应用服务





### 3

## 通过数控装备与产品之间的互联工程，实现对制造过程服务的数字化



### 举例8 陀曼集团的轴承行业互联网平台的制造服务

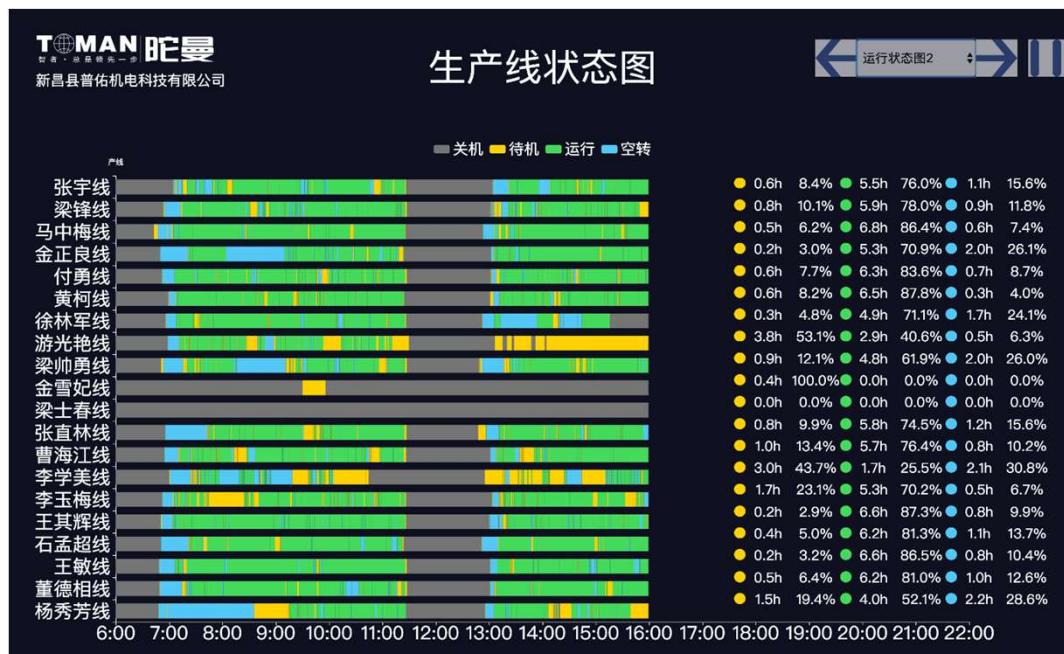
## 陀曼2.0

### 为制造服务的内容：

以**解决车间基础管理问题**入手，  
新增计划管理、设备状态监控、  
节能管控、大屏看板管理、  
APP和报表查询等功能模块

### 服务类产品的数量：

**11种**应用服务



### 3

## 通过数控装备与产品之间的互联工程，实现对制造过程服务的数字化



举例8 陀曼集团的轴承行业互联网平台的制造服务

### 陀曼3.0

为制造服务的内容：

以解决企业的生产管理问题、增产增收、降本增效为主。如工艺参数监控，满足更多类型的设备接入，完善设备管理模块，新增系统自动通知预警，派工报工管理、过程质量控制、品种更换调度等功能，为SPC质量报表管理、夜班管理、虚拟现场3D建模、知识库建设等增值服务提供基础数据积累。

服务类产品的数量：

20种及以上应用服务



4

通过多个系统的跨系统集成工程建设，实现了大型楼宇与商场、会展场馆的智能化服务

举例9 浙江中通服信息工程咨询公司集成改造的国家广电总局大楼



## 4

### 通过多个系统的跨系统集成工程建设，实现了智能化的治理服务



#### 举例10 衢州市的“万联网”模式

衢州市**2.5万个**“探头”统一接入一个视频物联网，提高了网络共享水平。

网络的共建共享，还促进了城市的视频物联网、公共基础设施的传感网、水系水质大数据监测网、城乡居民手机APP监管网的互联互通，形成了天下、地上、地下、水系等互联互通的**“万联网”**，既拓展了网络的使用效率，又把“钱花在刀口上”，加快网络强市、网络强国建设的进程。



#### “五网”集成的“万联网”服务与监管模式





第二，  
从与计算机工程、  
软件工程、网络工程比较的角度看，  
数字化工程的最大的不同点在于  
**数字化的跨界融合应用**

虽然数字化工程与计算机工程、软件工程、网络工程、自动化工程同属信息工程范畴，  
但是它们之间是有所不同、有所区别的。

# 1

## 目的不同

**计算机工程与软件工程**的目的是为了实现自身的信息化或某一具体单项应用的知识化；

**网络工程**建设的目的是为了建设通信网络基础设施；

**数字化工程**建设的目的是为了跨界融合应用的数字化，包括不同行业应用的全过程、全链条的数字化。

数字化工程中的“化”字，“化”的是**不同行业的生产、服务与工程（作业）**，  
而不在于信息工程的本身或某一个环节或链条的自动化应用。

**“跨行业（跨界）技术与知识的融合应用”**，

既是数字化工程区别于其它信息工程的特点，又是数字化工程实施的目的。

简言之，

**数字化工程建设的目的，是为了实现各行各业生产、服务以及建筑等各类工程作业运行的数字化。**

## 2

## 应用对象与目标的不同

**计算机工程**是以计算机为应用对象，以计算机的联网为使用条件的；

**软件工程**是以某一生产与服务环节的知识化应用为对象，是以某一个环节的流程、知识或工艺算法模式成功开发为对象与目标的；**网络工程**是以公共通信的实现为对象与目标的；

而**数字化工程**则是以计算工程、软件工程、网络工程等综合集成为一体的更复杂的系统工程，以行业知识、技术为支撑，以打通数据链的物联及互联网体系为载体，以实现大数据应用为目标，以物联网与互联网平台为应用条件，是可以基于人工智能实现超级应用的。

这里特别要讲一下，**自动化工程与数字化工程的区别**：

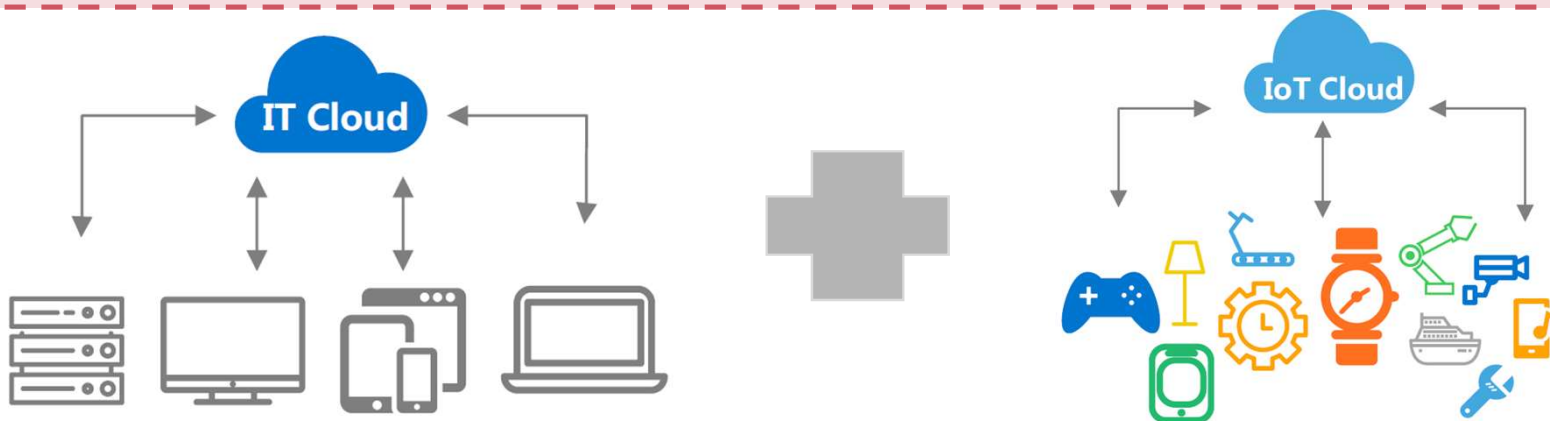
类别	应用对象	应用条件	工程建设实施要求
自动化工程	自动化设备、某一环节及生产线的自动化	允许数据孤岛与应用软件之间的不协同，可以不建数据库与云计算平台	允许不进行顶层设计，允许不同的公司分包，允许各种应用软件不集成开发
数字化工程	应用于物联网应用端与互联网平台端	不允许有数据孤岛、软件不协同等状况的存在，必须建设数据库与云计算平台，充分运用的是数据、各种算法与计算能力	必须进行全面、全过程的顶层设计、工程的总包、软件的集成开发

## 2

## 应用对象与目标的不同

我们应当看到，数字化工程源于自动化，又大大高于自动化，是自动化的升级版。  
数字化工程比自动化工程的投资成本并不一定要高多少（主要增加的是软件方面的投资），  
但其所产生的数字化生产、作业、服务与管理的价值与意义，是自动化工程远远不能比拟的。

需要特别指出的是，**数字化工程的应用端或客户端是物联网**，  
如无人超市、物联网农场、物联网工厂、智能家居、智能楼宇等。  
**产业互联网**进入了“**互联网平台**” + “**物联网应用端或客户端**”的时代，即toB（to物联网）的时代。



### 3 对工程建设与运营的评价考核不同

类别	工程建设的投资与质量	对工程的要求
信息工程	对工程技术要求相对简单， 允许工程存在有某些未自动化的环节	只要求能部分解决问题， 且有一定的实效
数字化工程	要求工程全面实现数字化生产、管理与服务，不允许工程存在任何环节的“短板”、孤岛或断层，必须实现大数据的精准预测预防管理与各项服务；  要求工程投资合理，有更好的性价比；  要求工程标准化，有规范的建设与施工操作规程，能复制。	要求系统解决问题， 创造更多更好的价值

## 4

### 对工程团队科技素养的要求不同

相对于自动化等信息工程，数字化工程的建设或改造，要求工程团队具有**整体或系统解决问题的顶层规划与设计能力、软硬件一体化的开发与整体的集成能力、跨界融合的创新能力、物联网应用端与云平台的设计与施工能力、多个应用系统与复杂智能体系的施工组织与工程协同能力。**



因此，**数字化工程一方面源于软件工程、自动化工程、网络工程**，但又比它们更具**综合性集成性与跨界跨行业融合**的特性。因此应该**独立出来，进行专题的研究**，成为一门单独的学科与专业，**专门探索其实现目的、路径、方法、规则与规律**，更好的服务于经济社会的数字化转型大业。



/03

第三，  
从与建筑工程、水利工程、交通工程、环保工程  
等各类工程的关系看，  
**数字化工程亦是不完全相同的**

虽然建筑、水利、交通、环保等传统硬化工程与数字化工程都是人类社会改造自然、改造客观世界的工程，但他们是既有联系、又有区别的工程科学范畴。  
建筑、水利、交通、环保等工程有传统硬化工程模式与新型软硬相结合工程模式的区别。

#### 传统的硬化工程模式：

建筑、水利、交通、环保等传统工程模式是哑、聋、傻工程模式。



#### 新型软硬相结合的工程模式：

新型的建筑、水利、交通、环保等工程模式是“**专项工程+数字化**”模式，它是一种**可感知、可表达、有智能**的工程模式。

比如，在高楼林立的城区地下开挖地铁隧道，在施工中通过传感网的监测，可以预防高楼倾塌与工程施工安全；  
在工程作业运行中能进行数字化智能管控，提高效率；  
可以实时全面监测工程的变化数据，开展工程的预测预防性维护，确保工程运行安全。

从传统硬化工程与数字化工程的共同之处看，它们都同样要求有工程与工程管理方法理论或科学来指导，指导其**工程的方法与理论**亦有**相通与可相互借鉴**的内容、规则与要求，比如它们都追求**工程方案的经济合理性、工程进度的协同性、工程质量的安全可靠性、工程组织管理的严密性与科学性**；  
但他们的**不同点**在于：



# 1

## 工程的目的要求并不完全相同

从总体上看，各项工程的目的都是改造世界为人类造福。但其具体的目的是不完全相同的。

**水利工程**的目的要求是防范水患、水灾、水难，化水患为水利，造福人民，工程文化的要求是“上善若水”；

**建筑工程**的目的要求是让城乡居住有其屋，生产有其房，使用有水、电、气的保障；

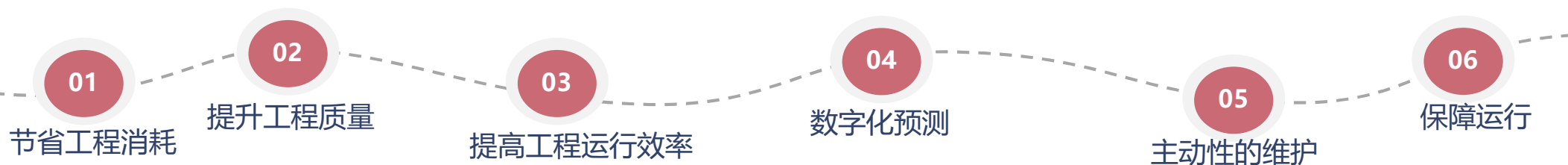
**交通工程**的目的是保证货畅其流、客行方便、出行安全；

**环保工程**的目的是保护、保持、修复生态，确保山清水秀、空气清新、人民有健康的生活、生产环境。

**数字化工程的目的之一**，是让上述传统硬化工程向数字化工程转型，成为“软硬相结合的工程”。

从而能节省工程消耗、提升工程质量、提高工程运行效率，

对工程运行进行数字化的预测与主动性的维护，保障工程更高效、更节约、更安全的运行。



# 1

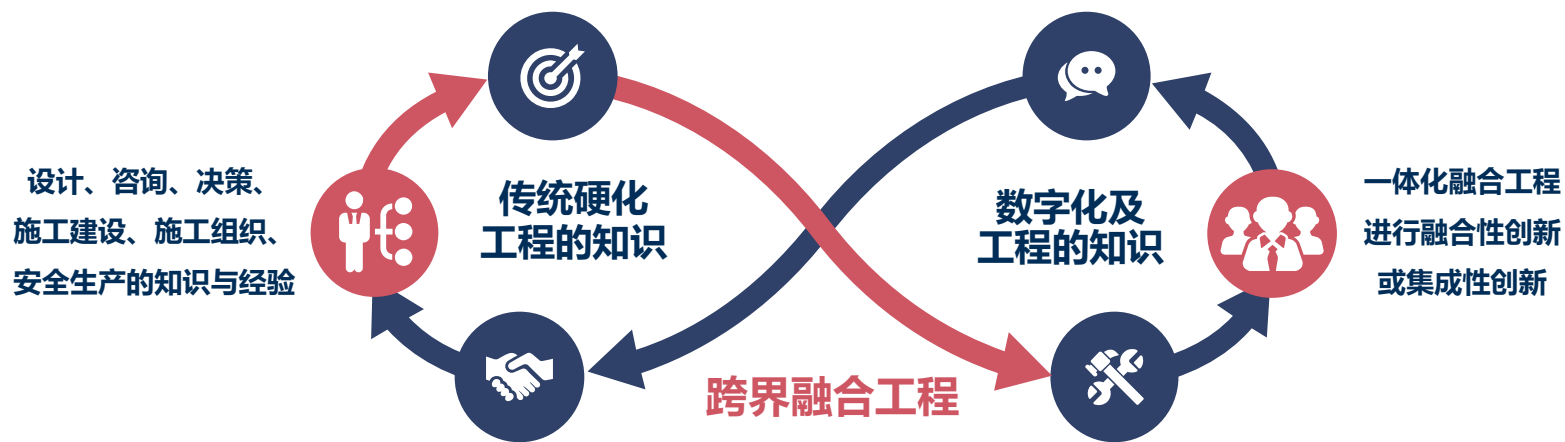
## 工程的目的要求并不完全相同

因此，数字化工程的更为宏大的目的，是更精准的开发、利用、保护资源与环境，实现各种自然资源、环境资源、科学技术与知识、经济要素、社会资源、人力资源的节约利用、精准利用、永续利用、更加平衡与充分的利用。在信息革命、产业变革、消费升级的共同驱动下，推动各行各业数字化的转型与变革，并使其走上高质量发展之路，更好地满足人民的各方面的需求。

相比较各项传统的硬化工程而言，  
**数字化工程**的目的更伟大、更综合、要求的水平更加高、大、尚、美。

## 2 工程的内容对象、技术标准、质量要求、验收评价的方法亦不完全相同

相对于各项传统硬化工程而言，数字化工程属于**跨界融合工程**，并把传统硬化工程作为数字化的对象，要求**既要懂得传统硬化工程的知识，还要懂得数字化及工程的知识**；**既要掌握传统硬化工程的设计、咨询、决策、施工建设、施工组织、安全生产的知识与经验，还要懂得数字化工程与传统硬化工程一体化融合设计、咨询、决策、施工建设、施工组织、安全生产的知识**，防止把它们搞成“两张皮”，其**一体化融合工程**的技术标准、施工安装的操作规程、工程质量验收评价体系、工程运行与绩效评价等方面都要求要进行**融合性创新**或**集成性创新**，不能再简单地沿用传统硬化工程的技术标准与技术规范。

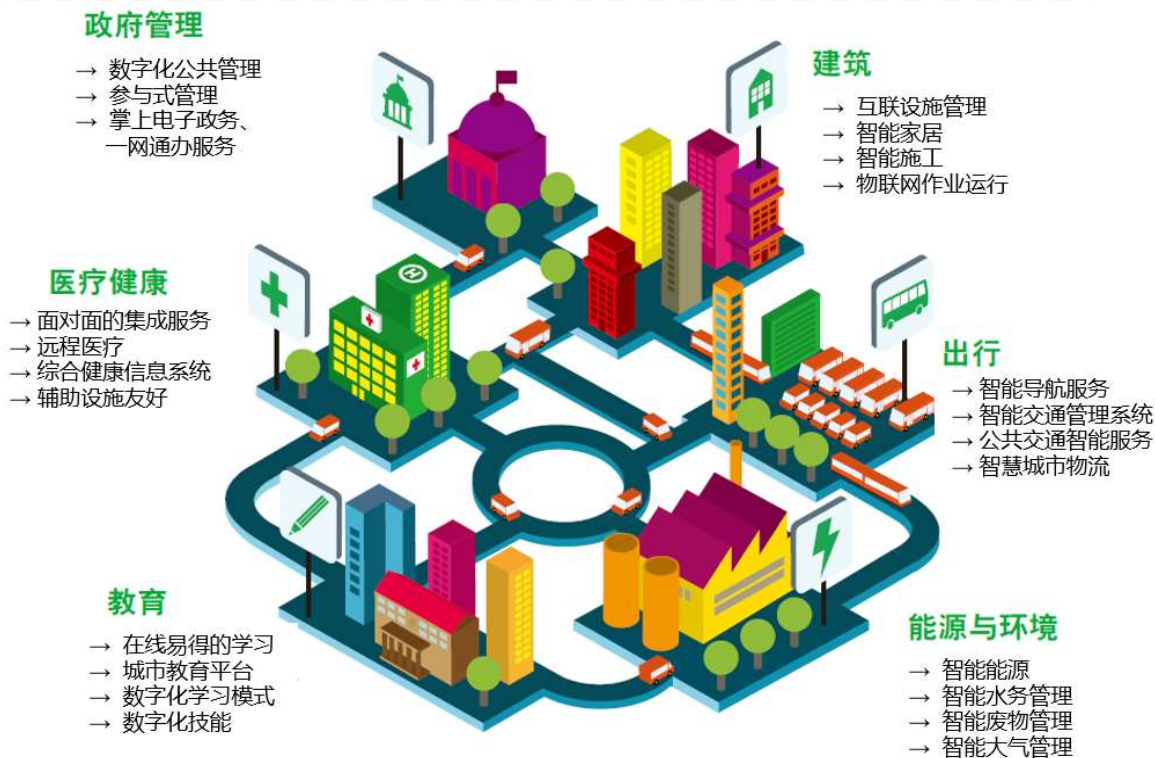


## 2

## 工程的内容对象、技术标准、质量要求、验收评价的方法亦不完全相同

从数字化工程的范围看，**数字化工程的应用范围**既包括所有传统硬化工程的领域，  
又开辟了**工程类生产与服务的新领域、新模式与新境界**。

如智能家居工程、智慧楼宇工程、电梯安防工程、智慧水务工程、智慧医疗与健康服务工程、智慧社会治理工程等等，  
覆盖了国民经济、公共服务、城乡管理、政府政务、司法执法、社会治理、军队建设、对外开放的各行各业各领域。从应用领域看  
这亦是传统硬化工程所不能比拟的。



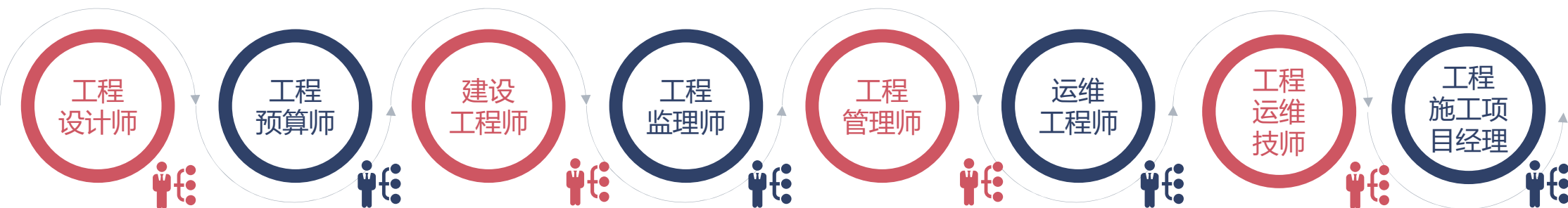
### 3 对工程的规划设计、施工组织管理、运行维护的能力与专业水平亦是不完全相同的

从一体化融合应用的要求看，数字化工程要求有别于传统硬化工程的专业知识与能力，迫切要求开展

“数字化工程设计师、数字化工程预算师、数字化工程建设工程师、数字化建设工程监理师、数字化工程  
管理师、数字化工程运维工程师、数字化工程运维技师、数字化工程施工项目经理”等

**专业技术人员与工程管理人员的培养、教材与教程的编写、职称评聘等工作。**

数字化工程技术人员的奇缺已经成为各行各业数字化转型的“短板”、“拖后腿”的关键。



数字化专业技术人员与工程管理人员的培养需求



/04

第四，  
从数字化工程  
与人工智能2.0的关系看，  
数字化工程的建设与改造相当紧迫

人工智能2.0已经成为驱动转型升级、高质量发展的核心动力。

人工智能2.0与数字化工程的关系，可以归结成三句话：

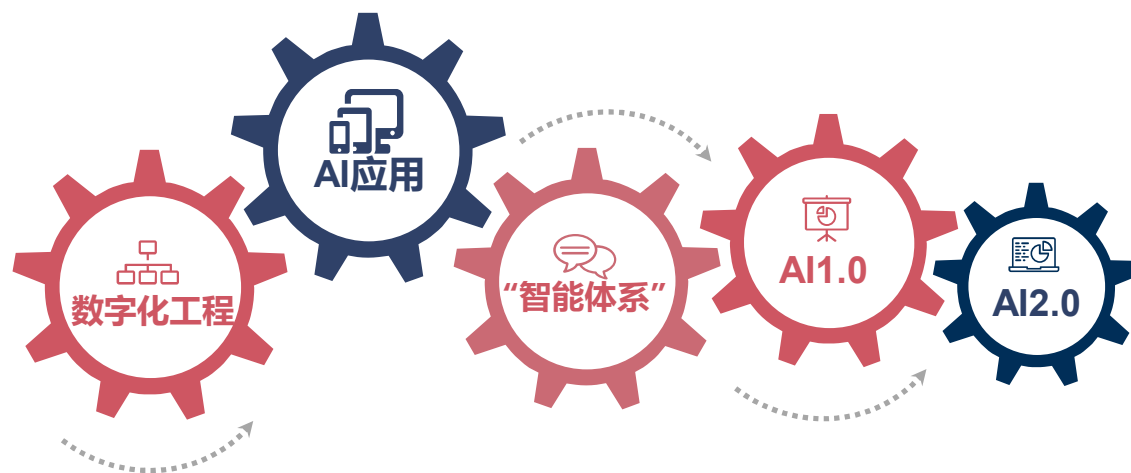
**1、数字化工程为人工智能2.0的发展奠定了坚实的基础。**大数据是人工智能发展的基础；数字化工程是推动大数据发展的重要力量。**人工智能的研发**必须借助大规模的文字数据、语音数据、视频图像数据。数字化工程是保障大数据的广领域、超大规模发展的力量。

**2、数字化工程为人工智能的应用创造了条件。**“物联网+互联网”的智能体系，是人工智能应用的必备条件。智能体系的建设，又依赖与数字化工程。从**人工智能的应用角度看**，人工智能的各项应用与服务，如刷脸支付、最多跑一次或一次不用跑的掌上办事服务、产品质量的智能在线检测与追溯系统等，又必须依靠“智能体系”的建设才能实现。

### 3、数字化工程体系运作水平的提高，依赖于人工智能的赋能。

通过人工智能应用向“智能体系”或“数字化工程体系”赋予智能，“智能体系”才会有各种人工智能1.0、人工智能2.0的应用。

所以，要利用好人工智能的发展机遇，首先要加强“数字化工程与管理”的学科建设与能力提升。







/05

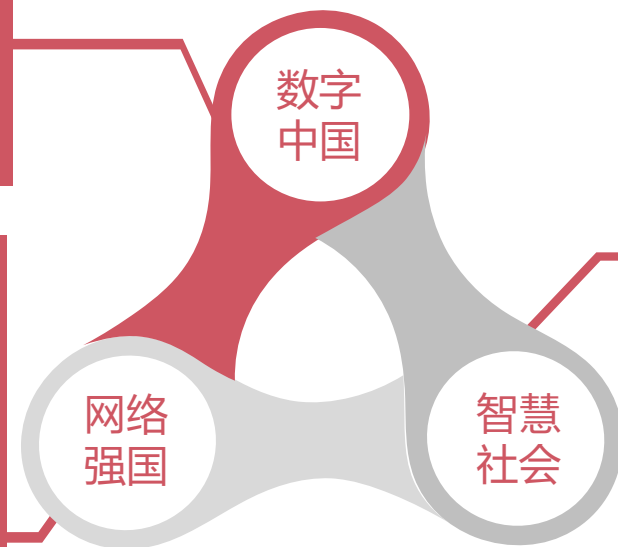
第五，  
从数字中国、网络强国、智慧社会  
与数字化工程的关系看，  
数字化工程是推动数字中国、  
网络强国、智慧社会发展的主要力量。

## 数字中国的建设目标

是要求各行各业、智慧城市的各个领域、中国的每一寸土地与山山水水都能实现数字化覆盖、数字化生产、数字化服务、数字化管理与治理；

## 网络强国建设的目标

是加强网络基础设施建设、促进信息通信业新的发展和保障网络信息安全，消除城区与乡村，城乡和区域之间“数字鸿沟”问题，追求技术先进、全面覆盖、高效协同，逐步满足更加平衡、充分发展、安全可信的各种数字化使用的条件。



## 智慧社会建设的目标

是让所有的社会成员都能有平等、公平、公正的使用数据信息、充分使用人工智能的权利与机会，有获得更好、更充分的利用数据、利用人工智能来过更好生活的机会，有更有效地表达自己想法、参与国家治理、社会治理的机会。使事事、处处都可集中人民的智慧、叠加历史上的智慧、人人都能分享智慧。

综上所述，数字化工程的科学技术，简称数字化工程技术，是一门**数字化综合性应用科学**。

它是以现代自然科学、大数据与计算科学的最新成果为基石，与各行各业的技术与科学跨界相融合为一体的，广泛吸收人类智慧与优秀文化艺术而形成的指导数字化工程建设与数字化工程改造的应用科学体系。

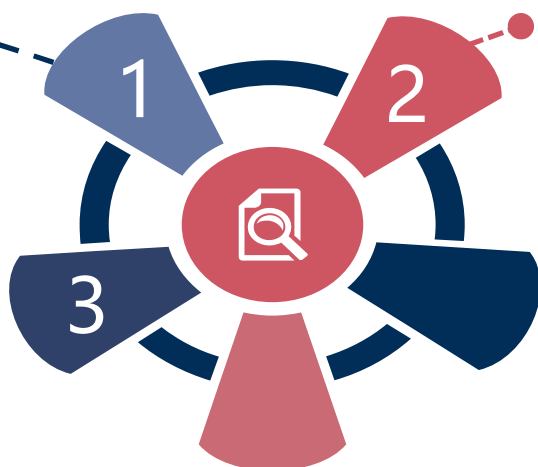
## 数字化工程技术具有自己的内在规律与特点:

### 1、有自身清晰的发展目标。

数字化工程技术以实现各行各业各领域的数字化的各项应用、不断满足人民群众的需要为目的;

### 3、以系统解决问题为基本要求。

“系统解决问题”是数字化工程最低的、最起码的要求。如果数据能打通、智能体系能建成,数字化的生产、作业与服务的目的就能实现;反之则数字化生产、作业与服务就实现不了,数字化工程的绩效就是“零”。



### 2、以跨界融合为标志。

强调大数据技术、计算技术与各行各业的知识与技术相互集成、跨界融合为一个整体来使用;

因此,要切实抓好数据库、云平台、智能应用体系(包括物联网应用端与互联网平台端)的整体建设,不能缺脑无心、缺胳膊少腿、缺神经传导网络系统。软硬一体、物联网应用端与互联网平台端为一体、数据传感储用为一体,才能构成一个可实现某种人类智能、生物智能的自我感知、自我表达、自我学习、自主决策、相互协同工作的完整的整体。

其数字化的装备工程体系与传统硬化工程的哑设备哑工程、聋设备聋工程、傻设备傻工程是不同的;

## 数字化工程技术具有自己的内在规律与特点：

### 4、具有自身独立的工程规划设计、工程质量要求。

因而有相对独立的知识体系、技术标准、施工安装规程的要求与评价考核体系，有相对独立的工程管理知识、经验与技术质量要求，需要通过实践创新、融合创新、集成创新来建立并完善；



### 5、具有相对独立的学科知识体系。

需要设立专门的学科或专业，进行学科与课程建设，加快科学人才与技能人才的培养。

现代社会是由大科学、大工程支撑的。衣食住行、生产消费、交通运输、医疗保健、文化教育、社会治理、政务服务等都要靠大工程来支持，才能使人人都能分享科技进步、现代化社会的恩惠。

故水、粮、医、学、电、路、通信、环境等称为现代社会的生命线。

数字化工程是一项涉及方方面面的超大型系统的工程，其工程覆盖领域之广、要求之高、应用之美是历史上任何工程都不能与之比较的。

在杭州G20峰会上，与会各方通过了《G20数字经济发展与合作倡议》，党中央、习近平总书记、国务院对发展数字经济提出了明确的要求、作了部署。浙江省委省政府更是把建设数字经济示范省作为重要目标，要求把发展数字经济作为“一号工程”来实施。所有的这些，都是既有战略远见，又是有十分重大现实意义的。

我们要自觉加强数字化工程及技术与数字化工程管理的研究，坚定走理论联系实际、理论指导实践、实践创造理论的发展之路，在实现中国梦的伟大进程中，在建设数字中国、网络强国、智慧社会的伟大实践中，共同努力，力求在理论与实践上都有所建树，为惠民足民、强国强军做出更大的贡献。

The background of the slide is a light gray field filled with a repeating pattern of various geometric shapes. These shapes include circles, squares, triangles, and wavy lines, some of which are outlined in a slightly darker gray, creating a subtle, modern aesthetic.

# Thanks. 谢谢聆听

“数字化工程与管理”系列讲座之一  
第一讲 数字化工程导论