

2022 年度省级数字经济卓越工程师高级研修项目



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

智能建造开创工程建设新范式



齐玉军

南京工业大学土木工程学院
江苏省智能建造重点产业学院

2022 年 12 月



工程建设行业现状



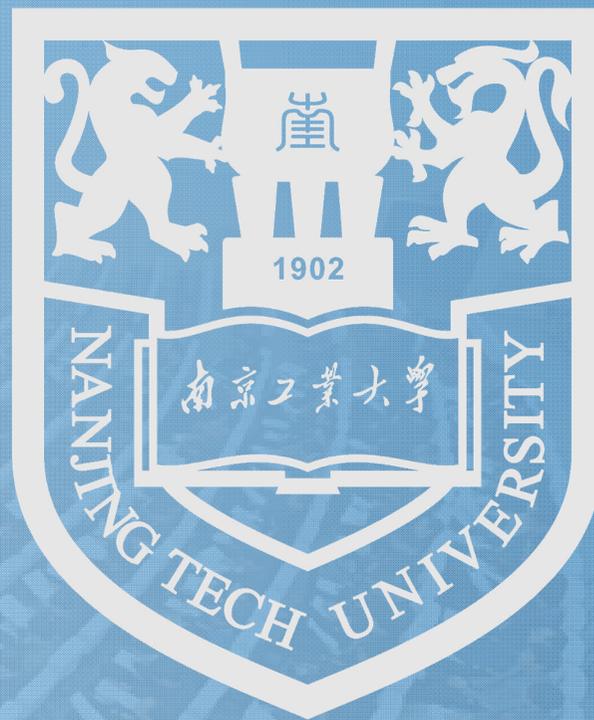
智能建造与BIM技术



工程建造新范式初探



小结



一、工程建造行业现状



南京工业大学
NANJING TECH UNIVERSITY

我国是工程建造大国

大兴机场



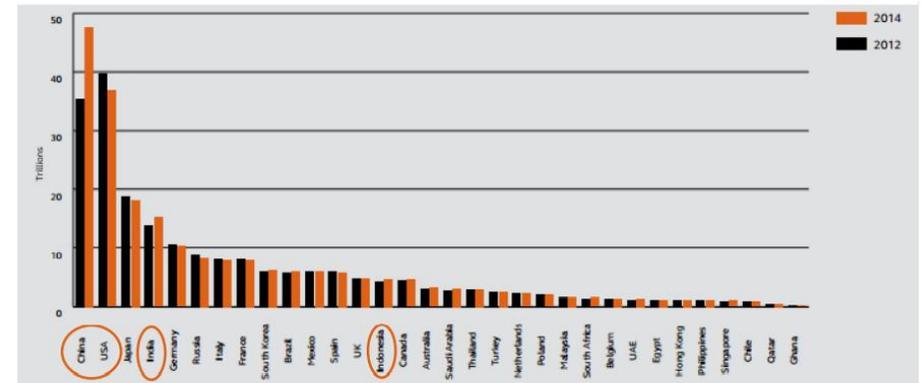
上海中心



China investing while the US depreciates

Though investment continues to rise, especially in emerging markets, advanced economies see de-investment on an unprecedented scale

Figure 1: Built Asset Wealth value (US\$) per country, 2012 vs 2014



港珠澳大桥



三峡大坝



A clear and transparent infrastructure investment plan would allow countries to be more strategic about their built assets

超高层 (6/10) 桥梁 (8/10) 港口 (14/20) 水电站 (11/20)

一、工程建造行业现状

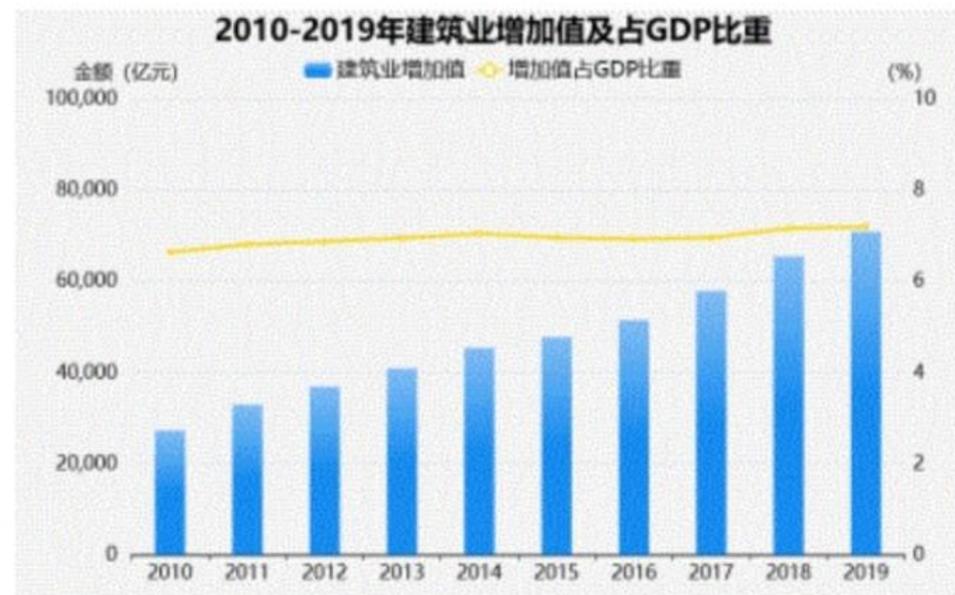


□ 建筑业是我国国民经济支柱产业

过去十余年，我国建筑业总产值迅速提升（数据来源：国家统计局）



- 建筑业总产值增长速率保持在**10%**左右，到2019年已达到**24.8**万亿元



- 建筑业增加值占国内生产总值比重稳定在**7%**左右,对GDP贡献率达到**8%**

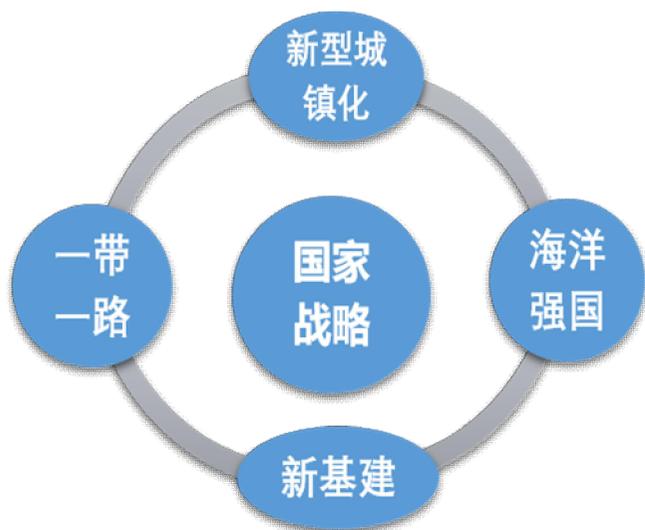
一、工程建造行业现状



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

□ 建筑业是我国国民经济支柱产业

随着一带一路、碳达峰、碳中和等国家重大战略实施，对国民经济发展的作用将越来越举足轻重



高层建筑



大型桥梁



高速公路



地下空间



跨江隧道



高速铁路

建筑业一直是江苏省支柱产业，2021年总产值4.16万亿元，连续15年全国第一

一、工程建造行业现状



□ 建筑行业面临巨大挑战

建筑寿命

- 建筑寿命中国**25~30**年，美国**70+**年，英国超过**100**年

资源消耗

- 与发达国家相比，每平米用钢量**高10%**以上，每立方米混凝土**多用水泥80kg**，新建筑能耗为**3**倍以上

施工安全

- 工地事故起数、死亡人数**连续攀升**；2021年，全国共发生房屋市政工程生产安全事故**734**起、死亡**840**人

环境污染

- 我国每年建筑垃圾的排放总量约为**15.5**亿吨-**24**亿吨之间，占城市垃圾的比例**约为40%**，建筑垃圾资源化程度**不足10%**

产品质量

- 2020年消协组织受理房屋建材类投诉**31,084**件，**同比增长10.78%**，占总体投诉事件**3.16%**

碳排放

- 建筑业碳排放量占全国**40%**，对实现**碳中和**至关重要

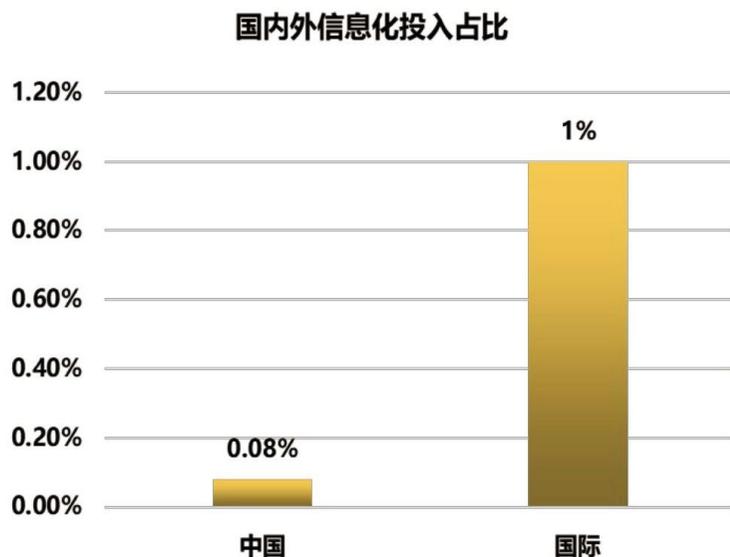
国际工程

- 发达国家地区工程建设少，欠发达国家地区多，**亚洲和非洲占83.38%**

一、工程建造行业现状

□ 建筑行业面临巨大挑战

- 建筑业GDP的体量虽然占国民经济总产值7%、建筑业从业人员数量占全员劳动力比重为12%
- 数字化水平在各行业的排名垫底



【数据来源：中国建筑行业协会】



【数据来源：麦肯锡全球研究院】

一、工程建造行业现状

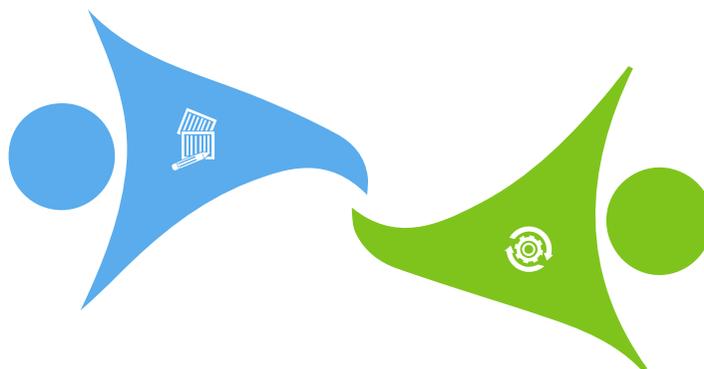


南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

□ 建筑行业面临巨大挑战

中等水平

数字化事务处理
数字信息交换



最低水平

数据资产消费
数据资产积累
数字化业务流程管理
员工数字化能力培育
数据资产挖掘
数字化人才

- “高能耗、高污染、低效率”、“大而不强”、质量安全事故频发、人均产值低下、劳动力老龄化、管理水平落后等矛盾也日益突出
- 工程建设企业规模大、行业门类多、管控模式复杂、项目管理模式多，建筑业面临产业转型与管理变革的时代

一、工程建造行业现状



□ 建筑行业转型升级趋势

智能建造已上升为国家战略

- ◆ 2016年，国务院《[关于大力发展装配式建筑的指导意见](#)》指出“以**新型建筑工业化**带动建筑业全面转型升级”
- ◆ 2017年，国务院《[国务院办公厅关于促进建筑业持续健康发展的意见](#)》指出“**加快推进建筑信息模型（BIM）技术**在规划、勘察、设计、施工和运营维护全过程的集成应用，实现工程建设项目全生命周期数据共享和信息化管理”
- ◆ 2019年，国务院《[国务院办公厅转发住房城乡建设部关于完善质量保障体系提升建筑工程品质指导意见的通知](#)》，指出“推进**建筑信息模型（BIM）、大数据、移动互联网、云计算、物联网、人工智能**等技术在设计、施工、运营维护全过程的集成应用，推广工程建设数字化成果交付与应用，提升建筑业信息化水平。”
- ◆ 2020年，[十三部委《推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》](#) 2035年我国**智能建造与建筑工业化**协同发展取得显著进展
- ◆ 2020年，[九部委《关于加快新型建筑工业化发展的若干意见》](#)明确了“大力推广**建筑信息模型（BIM）技术**”“加快应用**大数据技术**”“推广应用**物联网技术**”“推进发展**智能建造技术**”
- ◆ 2017年，江苏省《[江苏建造2025行动纲要](#)》提出了传统建筑产业转型升级，大力推进“**精益建造**”“**绿色建造**”“**数字建造**”“**装配式建造**”，全面推动经济高质量发展的纲领

一、工程建造行业现状



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

□ 建筑行业转型升级趋势

(一) 2035 年远景目标。

以建设世界建造强国为目标，着力构建市场机制有效、质量安全可控、标准支撑有力、市场主体有活力的现代化建筑业发展体系。到 2035 年，建筑业发展质量和效益大幅提升，建筑工业化全面实现，建筑品质显著提升，企业创新能力大幅提高，高素质人才队伍全面建立，产业整体优势明显增强，“中国建造”核心竞争力世界领先，迈入智能建造世界强国行列，全面服务社会主义现代化强国建设。

(二) “十四五”时期发展目标。

对标 2035 年远景目标，初步形成建筑业高质量发展体系框架，建筑市场运行机制更加完善，营商环境和产业结构不断优化，建筑市场秩序明显改善，工程质量安全保障体系基本健全，建筑工业化、数字化、智能化水平大幅提升，建造方式绿色转型成效显著，加速建筑业由大向强转变，为形成强大国内市场、构建新发展格局提供有力支撑。

住建部“十四五”建筑业发展规划

三、主要任务

(一) 加快智能建造与新型建筑工业化协同发展。

1. 完善智能建造政策和产业体系。

实施智能建造试点示范创建行动，发展一批试点城市，建设一批示范项目，总结推广可复制政策机制。加强基础共性和关键核心技术研发，构建先进适用的智能建造标准体系。发布智能建造新技术新产品创新服务典型案例，编制智能建造白皮书，推广数字设计、智能生产和智能施工。培育智能建造产业基地，加快人才队伍建设，形成涵盖科研、设计、生产加工、施工装配、运营等全产业链融合一体的智能建造产业体系。

一、工程建造行业现状



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

□ 建筑行业转型升级趋势

➤ **新兴需求**引领建筑业创新发展：新时代建设倒逼技术、工艺与环境的跨越式转变



南海种岛

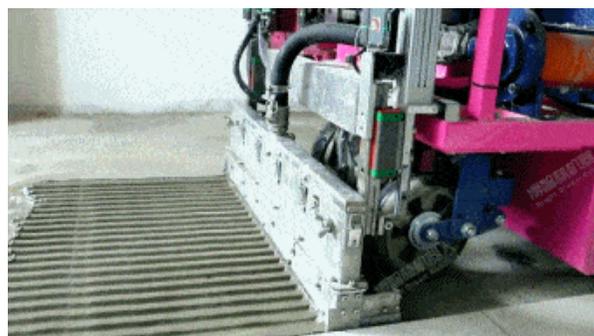


南极建房

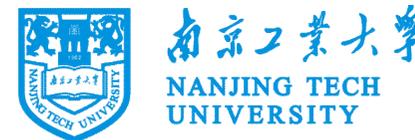


月球基地

➤ **科技进步**推动建筑业创新发展：劳动密集型向**装备与技术密集型**



一、工程建造行业现状



□ 建筑行业转型升级趋势

发展阶段	生产方式	生产场景	人才标准	组织模式
中国建造1.0	传统生产，以现场湿作业为主	现场施工、漫天灰尘	农民工，苦力活	层层分包，外包给工程队
中国建造2.0	建筑工业化，借鉴类似汽车等工艺的思路，配件厂进行构件制造，现场进行组装	工厂构件化，现场装配化	产业工人，专业细分	开始按照正规的公司运营，专门的建筑产业工人
中国建造3.0	智慧建造，在工业化基础上，引入了现在的数字制造、输在集成的理念	个性化定制、数字化创意、数字建筑与实体建筑全融合（设计、生产、运维）	数字化人才、产业工人、协同作业	需求者、决策者、设计者、项目经理、产业工人等基于信息化平台和互联网等技术协同生产

未来已来

英国最大设计、施工和资产管理集团巴尔弗·贝蒂（Balfour Beatty）公司发布报告《创新2050：基础设施行业的数字化未来》（2017），开宗明义的大胆预测：

“到2050年，建筑工地将不会再有人类工作”



工程建设行业现状



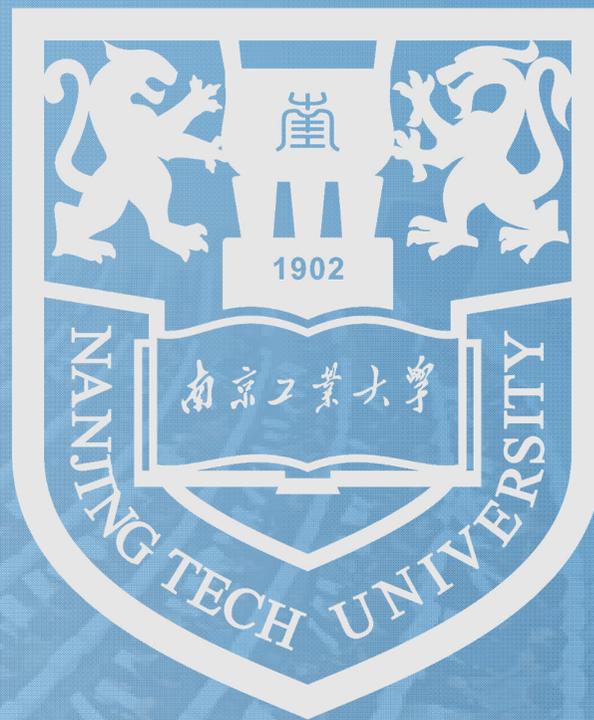
智能建造与BIM技术



工程建造新范式初探



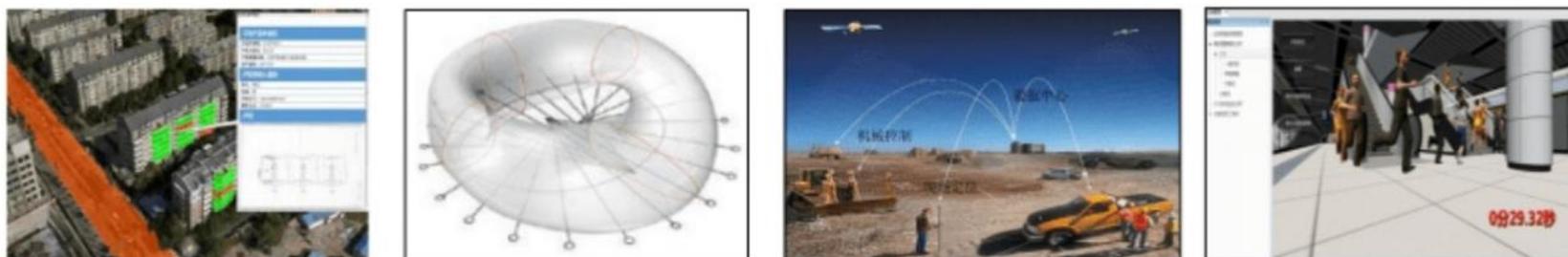
小结



二、智能建造与BIM技术



1. 智能建造内涵



智能规划

算法设计

虚拟/自动化施工

智慧运维

现代信息技术驱动下的工程项目全生命周期

(互联网、人工智能、物联网、云计算.....)

- **内涵:** 利用数字化、网络化、智能化技术, 对工程项目全过程信息进行规范化建模, 实现数字链驱动下的工程项目规划-设计-施工-运维一体化的建造与服务模式
- **目的:** 提高建造和资源利用效率、交付高性能工程产品、实现工程项目全生命周期增值和生态可持续建造

【来源: 湖北省数字建造与安全工程技术研究中心】

二、智能建造与BIM技术

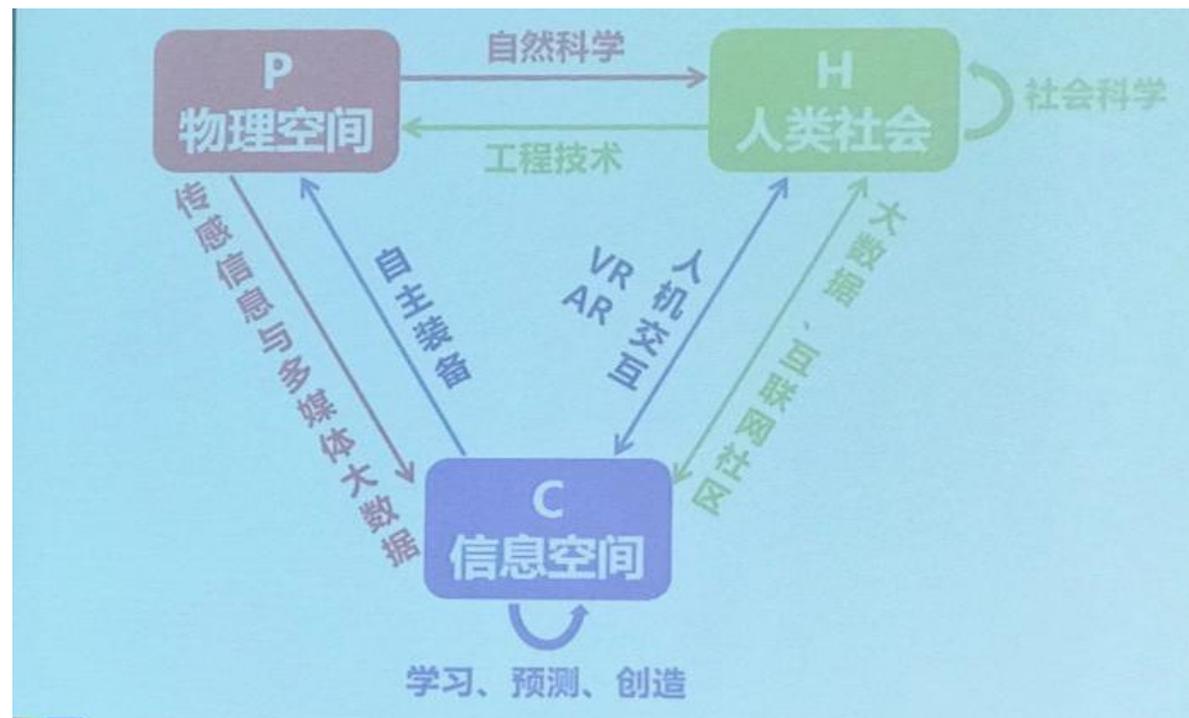


1. 智能建造内涵

智能建造作为新一代的工业化建造方式，具有**两个典型特征**

(1) 充分运用物联网、大数据、人工智能、云计算、互联网等**新一代信息技术**

(2) 与工程建造的全过程、全产业链**深度融合**，从**信息化1.0到信息化2.0**



【潘云鹤院士：人工智能走向2.0的本质原因——人类世界正由两元空间变成三元空间】

二、智能建造与BIM技术



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

2. BIM的概念和特点

建筑信息模型

(Building Information Model)

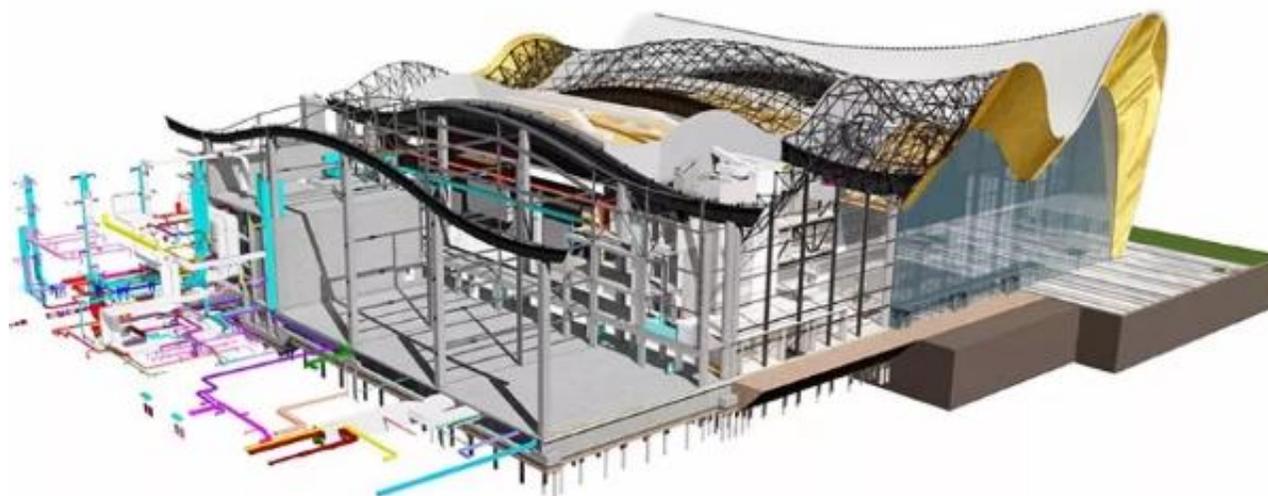
建筑信息模型化

(Building Information Modeling)

建筑信息管理

(Building Information Management)

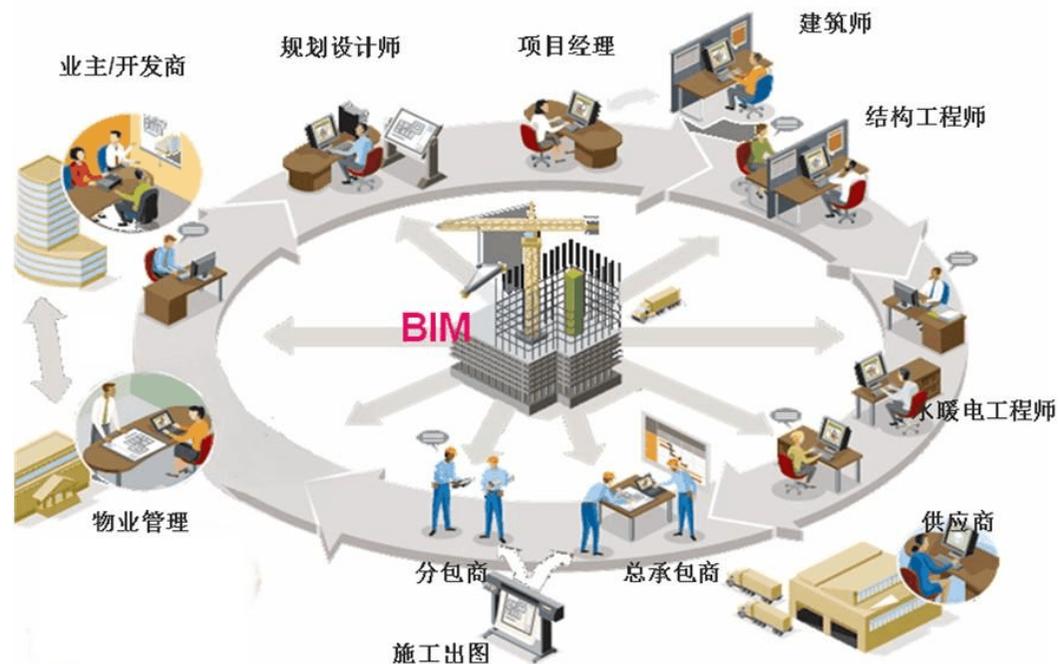
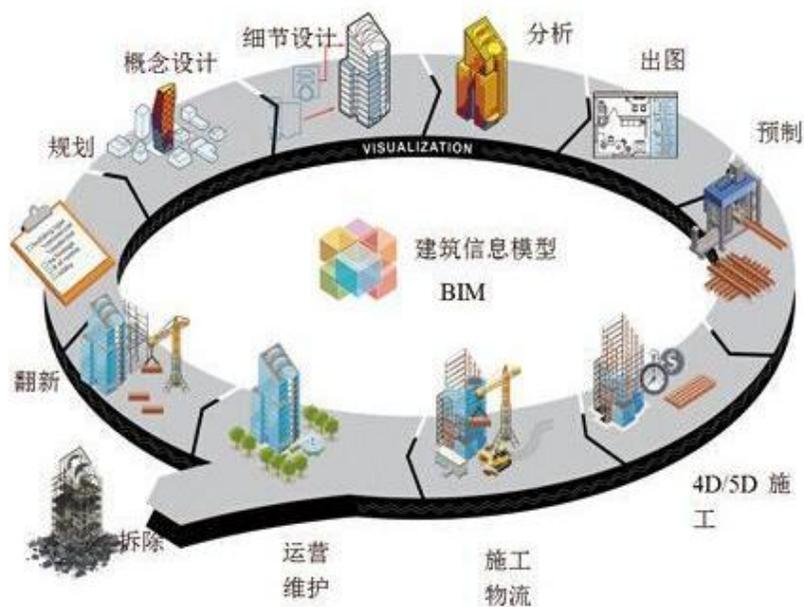
理解1: 信息是根本，数据是载体，模型只是数据库的一种输出形式



二、智能建造与BIM技术

2. BIM的概念和特点

理解2： 面向建筑全生命周期，全员参与



二、智能建造与BIM技术



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

2. BIM的概念和特点

理解3： 不产生新信息，优化信息传递和应用

- 流通的信息产生价值
- 信息流通需要付出代价



二、智能建造与BIM技术



2. BIM的概念和特点

对象信息数字化

过程信息数字化

信息完备性

参数化

一体化性

协调性

模拟性

优化性

可视化

可出图性

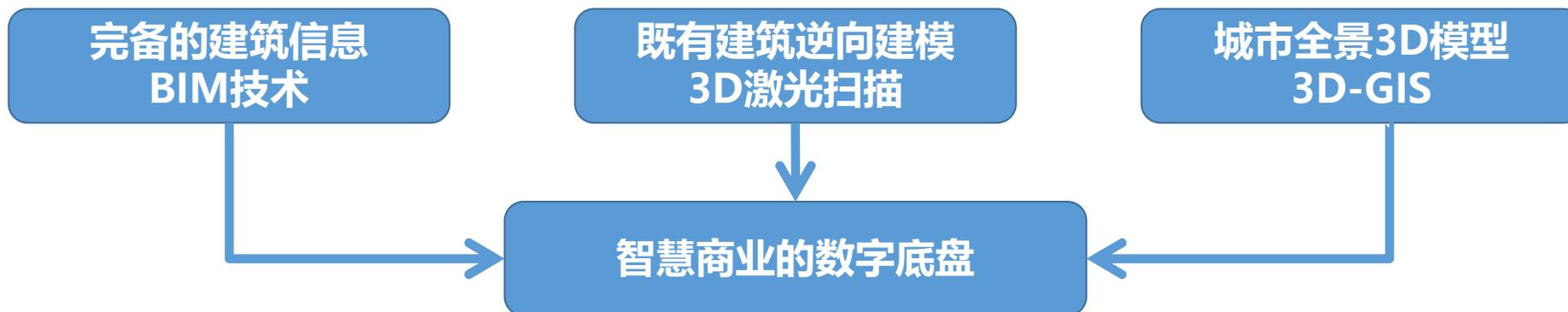
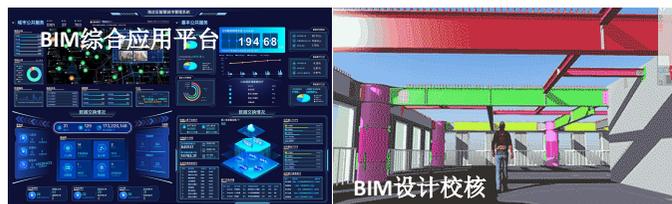
二、智能建造与BIM技术



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

3. BIM的价值体现

- 构建“数字底盘”，搭乘信息化技术快车
- 资产数字化，数字资产化



BIM最终将与CAD一样，以无所不在的方式被“消灭”

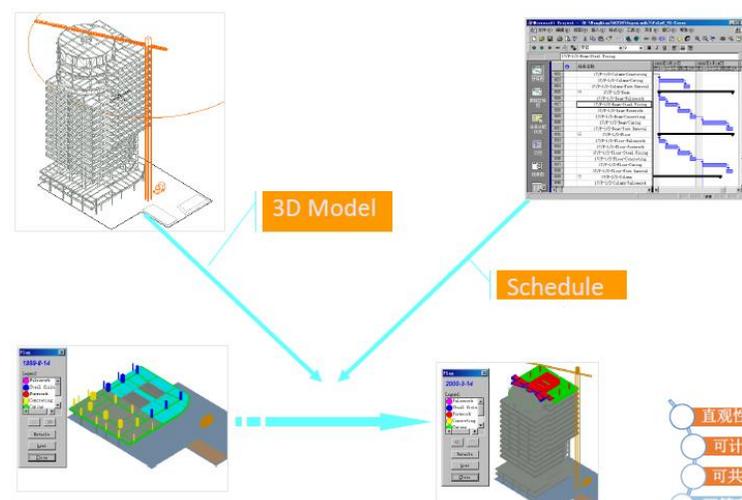
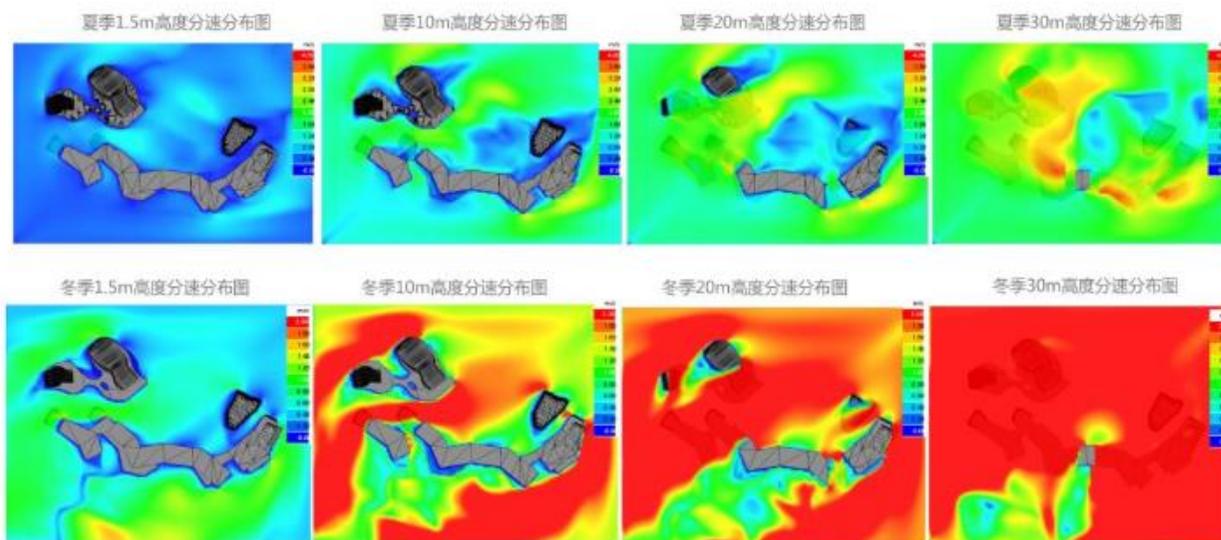
二、智能建造与BIM技术



BIM为设计、施工、运维提供完备的数据，提供可视化的载体

- 设计、施工、运维分离，信息严重割裂
- 将施工、运维中的需求，提前至设计阶段一体化考虑
- 典型案例：装配式建筑深化设计
- 将运营阶段的碳排放总量和强度在设计阶段进行分析模拟，助力碳排放双控实现

4D施工管理



Courtesy of Professor Zhang Jianping

二、智能建造与BIM技术



□ BIM技术提供翔实的室“室内地图”，为室内导航提供完整数据



可见的路线导航



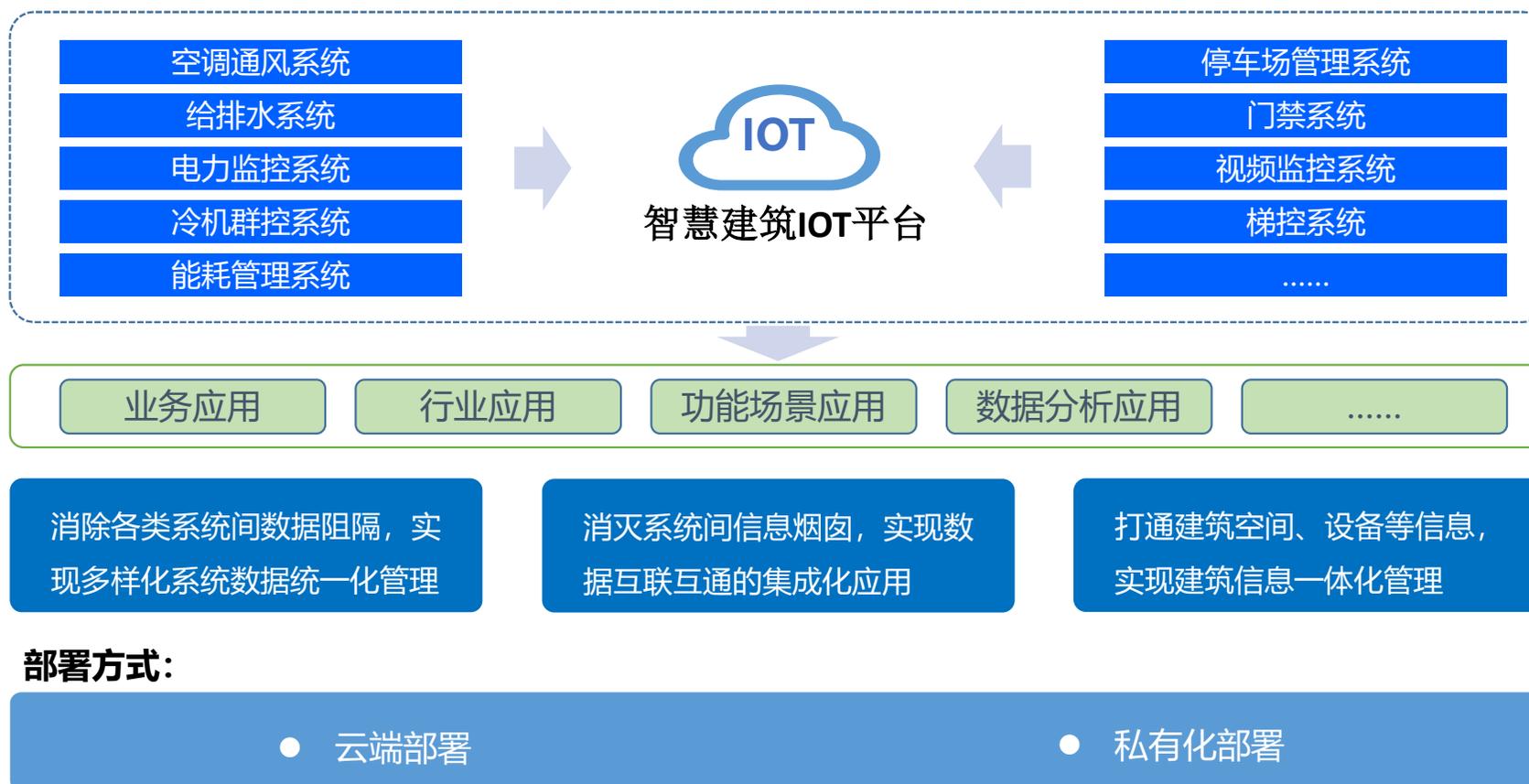
不可见的专业定位

□ BIM+FM，提供更高效的智慧化的设施管理：物业管理+资产管理
以最新的技术对人类有效的生活环境进行规划、整备和维护管理的工作。

二、智能建造与BIM技术



□ BIM+GIS+IOT, 实现全域运维



二、智能建造与BIM技术



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

□ BIM+GIS+IOT, 实现全域运维

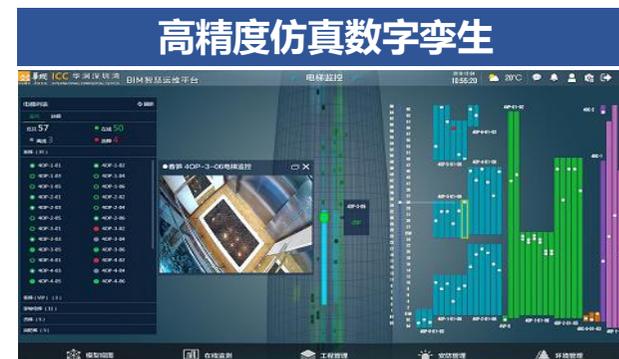
通过三维可视化界面对总体态势和各子系统进行管理, 包括整体状态、设备定位、信息查看、管线路由查询、报警信息提醒预处理等。



三维可视化监测



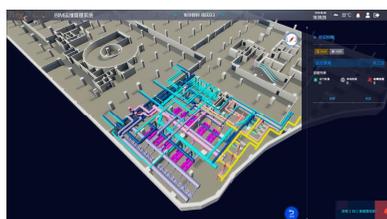
宏观大场景震撼场面



高精度仿真数字孪生



给排水系统监控



冷机群控系统监控



供配电系统监控



空调监控系统监控



智能照明监控



电梯状态实时监控

微观精细化信息管理



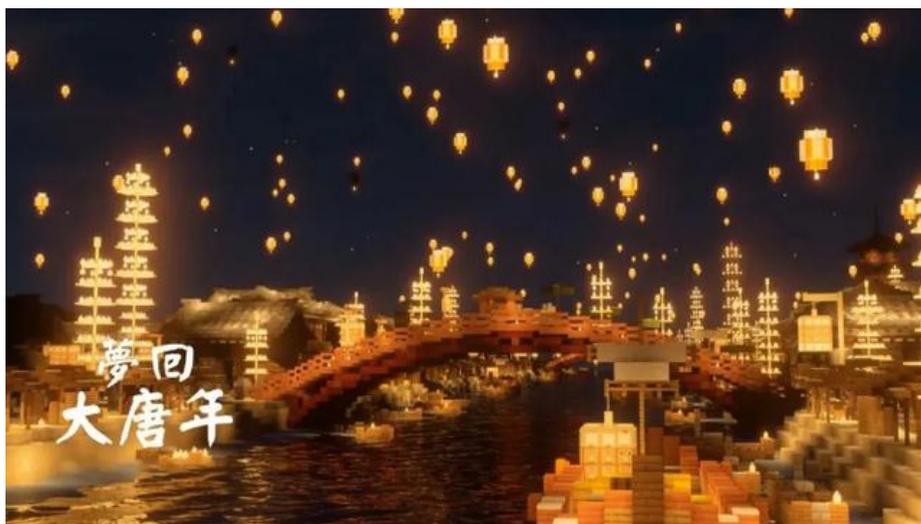
场景化漫游

二、智能建造与BIM技术



□ BIM助力元宇宙基础设施建设

- 元宇宙（Metaverse）是利用科技手段进行链接与创造的，与现实世界映射与交互的虚拟世界，具备新型社会体系的数字生活空间
- BIM模型可以无缝连接元宇宙，生成元宇宙的基础设施
- 现实世界的复刻，建设平行虚拟场景
- 现实世界的嫁接，建设若干虚拟空间





工程建设行业现状



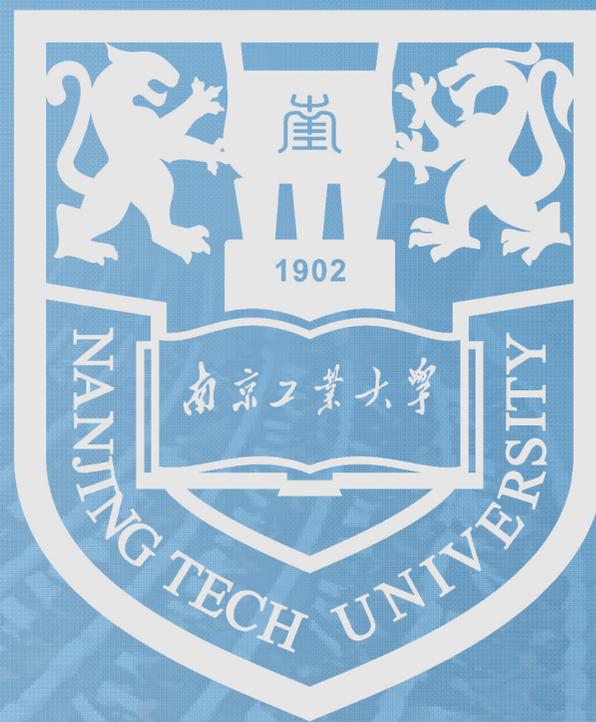
智能建造与BIM技术



工程建造新范式初探



小结



三、工程建造新范式初探



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

1. 智能设计

□ 建筑设计院现状

5大专业：建筑、结构、给排水、暖通空调、电气

3项工作内容：数据准备与建模、专业分析、绘制施工图（后处理）



劳动密集型

三、工程建造新范式初探



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

1. 智能设计

建筑师

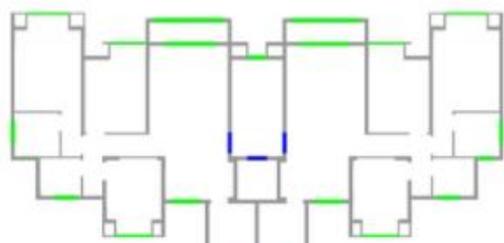
户型布置图
设计条件



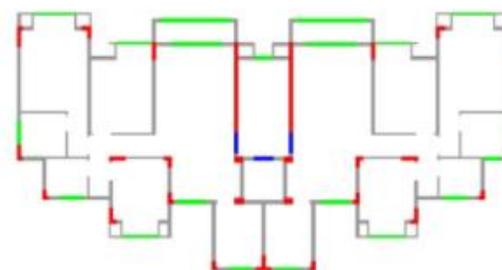
结构设计图

结构师

通过特征提取，学习设计经验，实现从无到有的生成式结构设计



Semantic architectural
drawings



The generated shear wall
layout design

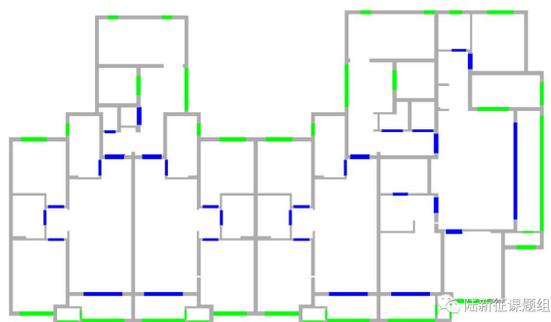
三、工程建造新范式初探



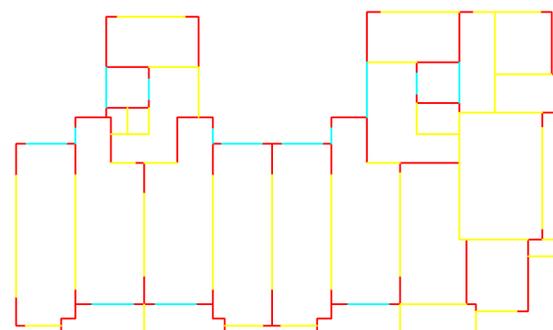
南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

1. 智能设计

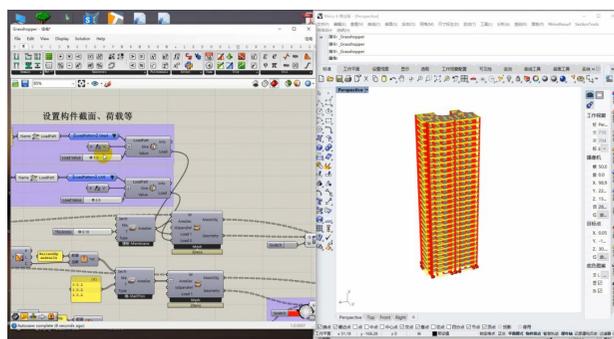
在建筑师确定建筑方案后，可以在5分钟之内得到结构的方案布置及主要结构经济性指标



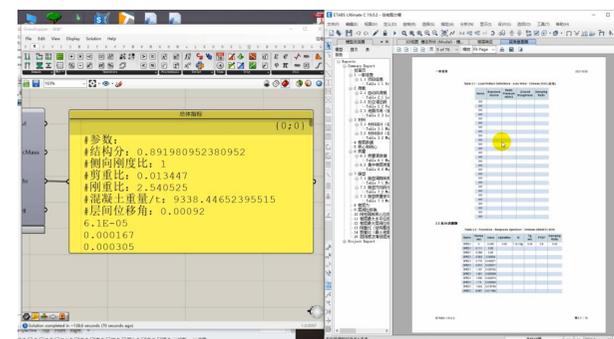
建筑师设计的30层剪力墙住宅平面户型图



人工智能结构方案设计工具StructGAN完成结构方案设计，1'



中南建筑设计院参数化建模工具Swallow，1'



调用ETABS软件计算，3'

<http://www.luxinzheng.net>

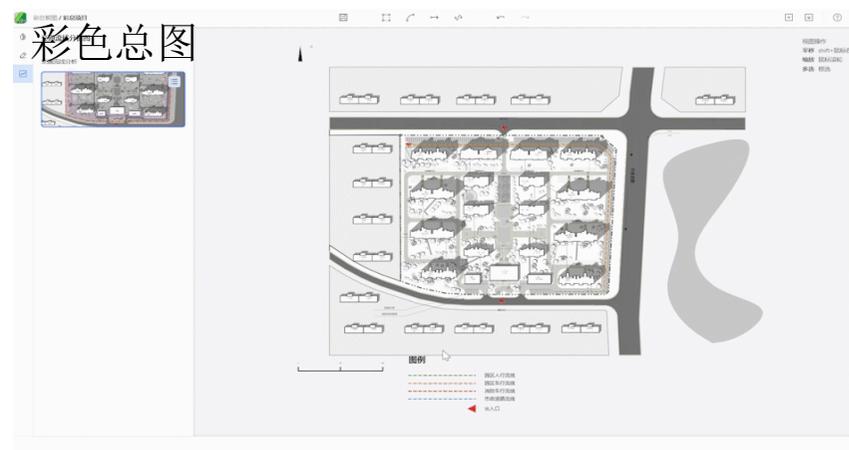
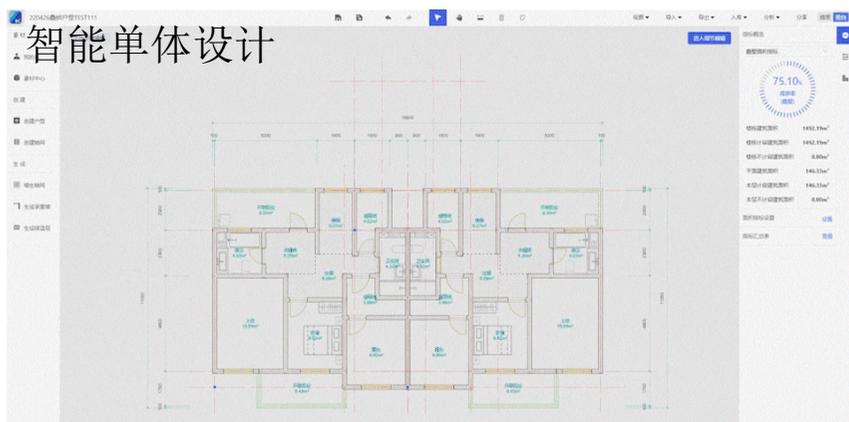
三、工程建造新范式初探



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

1. 智能设计

小库：面向建筑设计师的一体化智能云模设计平台

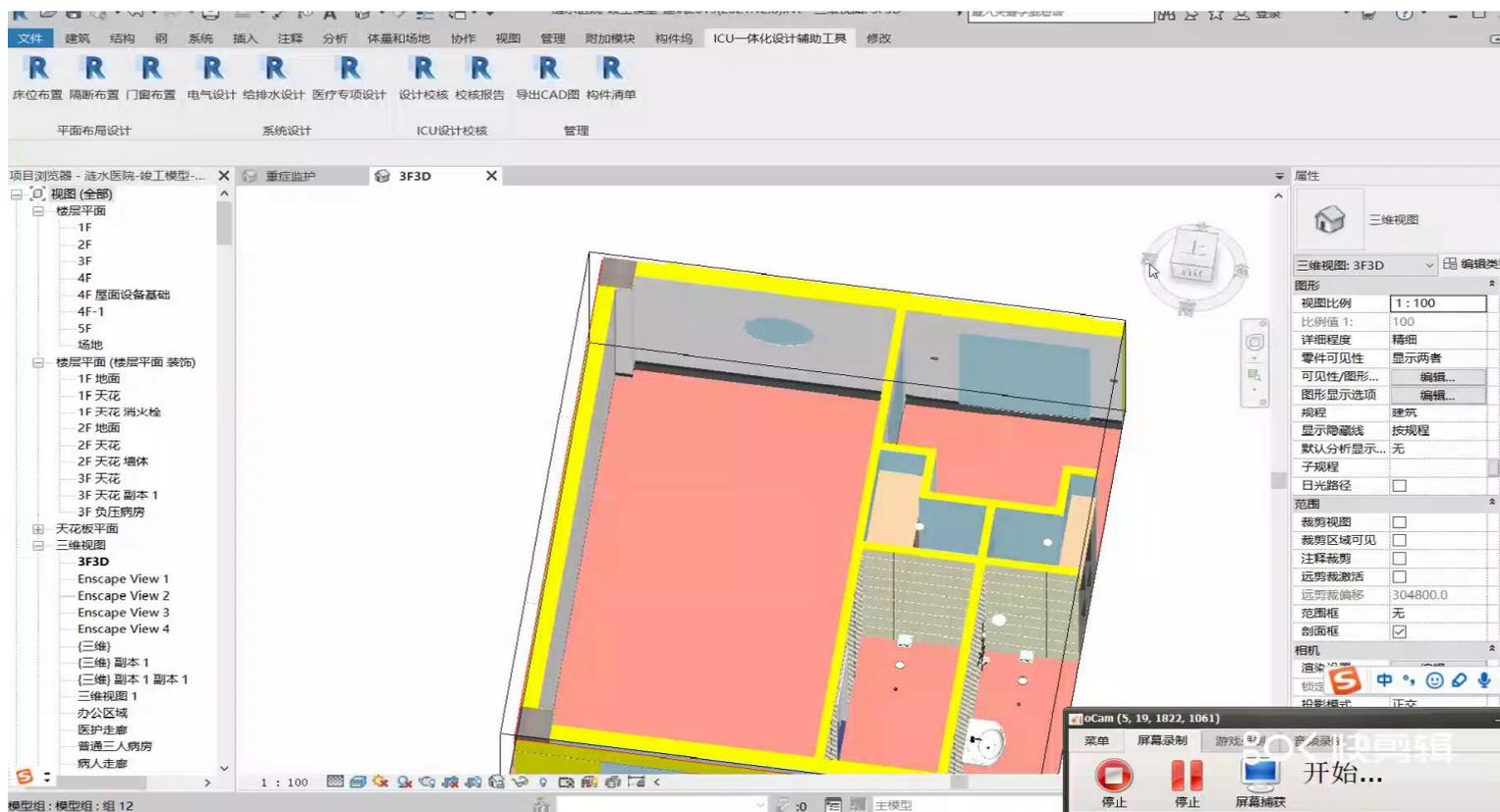


三、工程建造新范式初探



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

1. 智能设计



三、工程建造新范式初探

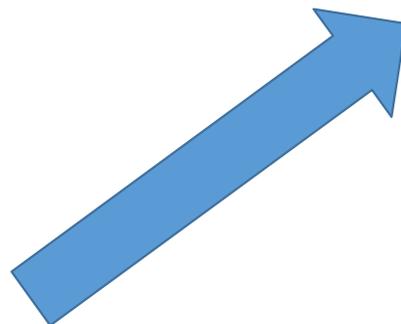


南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

1. 智能设计

云设计院模式

人的工作越来越少
电脑的工作越来越多



三、工程建造新范式初探



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

2. 智能施工



三、工程建造新范式初探



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

2. 智能施工



三、工程建造新范式初探



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

3. 智慧运维

数据采集：智能感知



无数据不管理

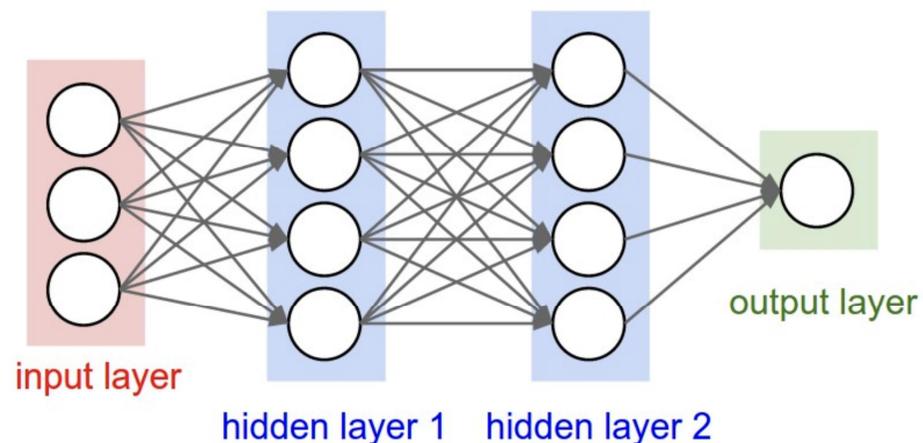
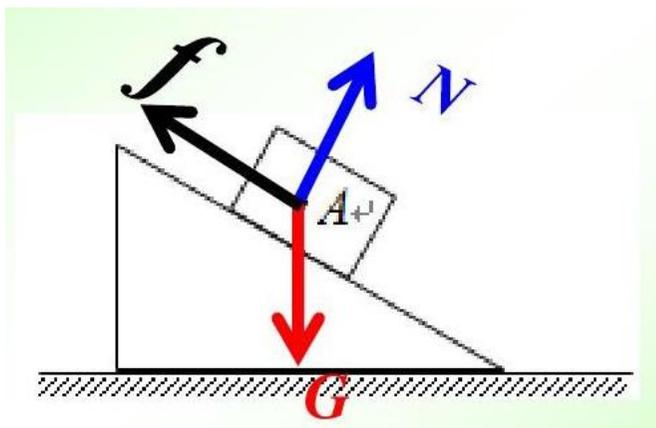


三、工程建造新范式初探



3. 智慧运维

- 数据处理：大数据，人工智能，云计算，边缘计算
- 演绎法 VS 归纳法
- 拓展了数据分析的广度和深度



四、小结



- 1. 智能建造是建筑业的信息化2.0时代**
- 2. BIM技术提供了基础的“数据”**
- 3. 智能建造是典型的解放“人力”的过程**
- 4. 先进技术的交叉融合，拓展更广泛的发展可能**



南京工业大学
NANJING TECH
UNIVERSITY

“智”不可当 预“建”未来



齐玉军

南京工业大学土木工程学院
江苏省智能建造重点产业学院

2022年12月