

文 | 信天创投 冯驿

中国是建筑业产值最大的国家，但是建筑业科技投入远低于发达国家。最近十年建筑行业增速明显放缓，对成本和质量的关注度逐渐提升，国内政策也不断把建筑科技提升到新的高度。

目前建筑行业面临的住房负担重、劳动力短缺、可持续性和环保等问题备受关注，而工业化、流程自动化、产业数字化、新材料等技术将重塑建筑产业链，使得行业逐渐向低成本、高效率、工业化、绿色可持续的方向演进。

作为一家研究驱动型、长期布局企业数字化/企业服务赛道的投资机构，最近半年一直在密切关注建筑行业，交流了上百家行业公司和专家。团队坚定看好未来20年内，建筑业的面貌将发生根本性的变化。

我们将陆续把关于建筑科技领域的一些观察和观点进行梳理和分享。本文15000字对建筑产业链演进以及重点关注的投资方向进行拆解和初步梳理，未来将持续关注装配式建筑、建筑机器人、绿色建筑、建筑产业互联网方向上的优秀创业公司，也期待和更多的行业专家共同探讨行业发展。

01 建筑业的定义和发展

维基百科

)。它通常从规划、融资和设计开始，一直持续到资产建成并可供使用；建筑还包括维修和保养工作，任何扩大、扩展和改进资产的工程，以及最终的拆除或退役。

狭义建筑业是指以房屋建筑和构筑物等建筑产品为生产对象的产业部门；广义建筑业包括房地产、基础设施和工业结构，其范围涉及建筑、土木、机械、设备、工程施工与安装、勘察设计、构配件生产、中介服务等领域。

从全球来看，建筑业在多个国家的国内生产总值 (GDP) 中占比较高。2017 年全球建筑业的产值估计为 10.8 万亿美元，预计到 2022 年将增至 12.9 万亿美元。如今，建筑业的支出每年超过 11 万亿美元，相当于全球 GDP 的 13% 左右。预计到 2030 年，这一支出将增至 14.8 万亿美元左右。

中国是建筑业

产值最大的国家，但是建筑业科技投入远低于发达国家

：根据维基百科数据，2018年中国建筑

业GVA贡献9000多亿美元，远高于第二名美国和第三名日本。现阶段我国建筑信息化占总产值的比例为0.1%，行业的信息化投入程度严重不足，远远落后于发达国家。

2018全球建筑业GVA情况 (来源维基百科)

中国建筑行

业近十年增速明显放缓

，对成本和质量的关注度逐渐提升：

建筑行业从2002-2012年基本稳步上升，每年的平均增速为18.7%，而根据中国建筑业协会，从2012至今，建筑行业增速下降到6.85%以上，增势明显放缓。因此行业开始寻求新的发展途径，比如BIM与装配式技术的关注度明显提高，业内以求通过技术进步促进建筑业从过去的“增加数量”向未来的“提高质量”转变，包括也开始注重从业人员素质与管理水平的提高，从提升产业效率层面寻求增量。

2012-2021年建筑业增加值占国内生产总值比重 (来源中国建筑业协会)

政策层面大力扶持建筑科技：

《“十四五”建筑业发展规划》提出大力发展装配式建筑、建筑机器人等，目标是到2025年建筑工业化全面实现，迈入智能建造世界强国行列，从政策层面鼓励建筑业进行科技转型。

02 建筑行业分类

建筑

行业可以

按照生命周期分成

建材、设计、造价、施工、装饰装修、物业和运维管理等各个阶段。

建筑行业分类 (来源产业链调研)

建材阶段

：分为材料研发 (墙板、混凝土、钢材)、产线数字化升级、供应链交易平台等。相关科技公司包括迈思科技、小胖熊、掌上辅材等。

设计阶段

：包括建筑设计、物理环境设计、结构设计、机电设计等，其中既有以华阳国际为代表的设计服务提供商，也有提供仿真模拟、结构设计、AI辅助设计等软件供应商。相关公司包括中望、盈建科、品览制造、小库科技等。

造价阶段

：造价软件头部优势显著，最有代表性的是上市公司广联达。2020年广联达造价软件收入接近28亿。市占率接近60%。

施工阶段

：CBinsight将施工阶段拆解成了数字报告与协作、进度监控和检查、空中监测、施工机器人、资源规划与调度、3D建模与设计、风险管理与安全、财务管理与招标、AR/VR训练与仿真九个部分 (如下图所示)。

在分类中的建筑机器人可以覆盖设计、施工、运维等多个阶段，其中施工场景的需求量最大。工程机械类、劳务管理类没有出现在该分类中，但也属于施工范畴。

1) 工程机械中涵盖了以三一重工为代表的工程制造企业，也包括租赁平台 (众能联合)、设备管理系统等数字化服务商 (智鹤科技)；2) 劳务管理、建筑招工也同属于这一范畴，相关公司包括吉工家、知和家、鱼泡网、墨斗科技等。

CBinsight对建筑数字化和自动化的分类 (来源CBinsight)

装饰装修阶段：包括室内设计、供应链平台、项目管理、装修交付等。

相关公司中既有传统的大型装修企业金螳螂、亚厦股份等，也包括酷家乐、领筑智造等科技类公司。

物业和运维管理

：物业管理包括住宅物业、商业物业、城市服务等，涉及不动产数字化、AI安防、设备管理FM、CRM、社区运营等多个方向。相关公司包括匠人科技、锋物科技、爱物管等。

此外，绿色建筑、装配式建筑、建筑机器人等覆盖了设计、施工、运维等多个环节，在政策和需求的双轮驱动下持续发展，是非常值得关注的方向。

03 建筑业现状：市场大+痛点多，转型迫在眉睫

建筑业是全球经济中最大的产业，占世界GDP的13%。

但是在过去的20年里，每年的生产力增长只有整个经济平均水平的三分之一。行业具有数字化程度、盈利能力低、客户满意度都处于低位的特征：

1.

建筑业是各行业中数字化程度最低的行业之一

：建筑信息模型(BIM)的采用率在35年内仅达到60%至70%。相比之下，许多技术（如云客户关系管理、磁共振成像、腹腔镜手术、锂离子电池和微波）在商业化后的8到28年内就可以达到90%的采用率。创新受阻的主要原因包括行业整体有限的利润率和风险规避。

2.

盈利能力很低，整体利润率约为5%：

低利润率导致建筑业经常在各地区的破产名单上名列前茅。根据Euler Hermes的全球分析，建筑业是2018年前三季度重大破产事件最多的行业，比第二差的行业高出约5%，比第三差的行业高出70%。

3.

客户满意度低，经常出现时间和预算超支

：麦肯锡2016年的一项分析发现，建筑项目的完成时间通常比预定时间长20%，并超出预算达80%，经常导致诉讼。这往往让客户不满意，导致复杂和耗时的索赔过程。

基于以上种种原因，行业人员已经广泛意识到建筑行业必须转型以应对未来的挑战。根据麦肯锡的行业调查发现：90%的高管强烈认为这个行业需要改变，而且这种情绪在过去十年里不断增长。

80%的人还认为，从现在起的20年内，建筑业的面貌将发生根本性的变化

。在转型过程中，面临诸多亟待解决的社会问题：

1. 公共预算紧张和住房负担：麦肯锡的分析发现，到2035年，全球需要69.4万亿美元的基础设施投资

来支持预期的GDP增长，而且全球每三个城市家庭中就有一个无法按市场价格买得起体面的住所。COVID-19危机进一步放大了成本和负担能力问题。

2. 熟练劳动力的持续匮乏

：熟练劳动力的短缺已经成为建筑市场的主要问题，退休将使人力进一步流失，目前美国建筑业约41%的劳动力预计将在2031年前退休。如下图展示，麦肯锡调查显示，87%的受访者认为技术工人的稀缺将对行业产生高度影响，近50%的受访者预计，在未来二十年内，技术工人的稀缺将成为更大规模的问题。

3. 安全和可持续性

法规越发严格，对建筑规范标准化的要求越来越高：

对可持续性和工作场所安全的要求正在增加。建筑的环保节能和安全重视程度逐渐增加。气候变化、减少碳排放，该行业带来了越来越大的压力。而绿色建筑可以减少20%至40%的能源消耗，减少淡水消耗和废水生产达65%，绿色理念也被政府大力倡导。

建筑产业面对的社会问题（来源Mckinsey）

04 建筑行业未来趋势

为了解决住房负担、劳动力匮乏、安全和环保性等社会问题，建筑行业正朝着降低成本、提升生产力、安全性、环保性等方向发展，呈现出了以下几种主要趋势：

建筑工业化

工业化指的是基于模块和产品实现异地生产自动化和现场装配自动化。区别于在工作现场建造独特设计的结构，而是在工厂中进行标准化的子元素和建筑模块的生产。工业化有助于实现标准化并大幅提高建筑业的生产力。

为什么建筑行业会逐渐走向标准化和产品化？商用飞机制造行业的发展有一定借鉴

意义，两个行业具有一定的相似性：

1. 在历史上行业高度分散，采用了定制和基于项目的方法：标准化和重复的过程有限，生产率低导致当需求回升时，公司很难增加产量。
2. 建筑业和飞机制造业都具有高复杂性和高失败成本。
3. 交货时间长，产品成本高，质量保障有限，客户满意度往往很低。

而商用飞机制造行业的产品化和标准化化经历了30年。最初行业格局是高度分散的，每架飞机都是在定制和基于项目的制造设置中从头开始制造。工业化引发了向流水线制造的转变，后来变得高度自动化。由于随后的标准化，该行业进入了一个整合阶段，导致了两个主要参与者的崛起——空中客车和波音。这一转变导致了客户价值的重大转移。

相比较而言，建筑行业的部分价值也将从建筑工作现场转移到场外预制设施，而总承包商和专业承包商的收入可能面临大幅下滑。根据 CapitalIQ & 麦肯锡的调研数据，未来建筑行业20-30%的价值将转移到场外预制环节。

建筑价值链的转移 (来源Mckinsey)

流程自动化

机器人是实现流程自动化的有效方式。机器人在建筑领域的潜在应用范围很广，涵盖了建筑的大部分阶段：从最初的施工到其操作和维护，再到最终的拆除和回收。一方面，它减少了工人的安全风险；另一方面，机器可以大幅提升工作效率，从而转化为更高的施工质量、更低的最终成本和更少的延误可能性。

以施工场景中可能用到的3D打印

为例，3D打印通过使用更省时、更省材料的机器，有助于降低整体施工成本，从而也减少了最终的建筑垃圾量。3D打印不仅可以替代传统的生产方式，还可以实现独特的设计和形状，而这些都是用传统方法难以达到的。

新材料和绿色建筑

存量建筑不断增长导致建筑能耗持续增加：清华大学

的研究表明，快速城镇化带动建筑业持续发展，中国建筑存量也不断高速增长。城市建筑面积的增長以及居民生活水平提高直接导致建筑行业的能耗增长。根据中国建筑节能协会，2019年全国建筑全过程能耗总量为22.33亿tce，占全国能源消费总量比重为45.8%。

2019年中国建筑全过程建筑能耗 (来源中国建筑节能协会)

绿色建筑和新材料可以明显降低建筑能耗。

绿色建筑不仅能够一定程度缓解住房紧缺提升入住率 (根据统计测算，绿色建筑出租时入住率可提升3%以上，租金收入最高可增加11%)，而且能够显著节省运营成本，环境友好 (经认证的可持续建筑可提供高达 30% 的能源成本降低)。

新材料则具有减少碳足迹和降低成本等优势：使用轻质材料

，如轻质钢架和交叉层压木材，可以降低成本，实现更长的物流运输距离和更集中的生产调度

；多功能、轻质和柔性混凝土具有自密实性和更高的粘度，可以消除振动并满足更复杂的模板；替代材料，包括结构性和非结构性材料也正在开发中：例如，乙烯-四氟乙烯 (ETFE) 比玻璃轻99%，更坚固，更环保，透光性更好，而且更灵活。

产业数字化

数字技术

有助于建筑产业链上下游实现更好的合作，并转向更多的基于数据驱动的决策。这些创新将改变公司的运营、设计和施工方式，以及与合作伙伴的接触方式。新的数字技术包括：物联网、BIM、数字孪生、AI、大数据等，赋能建筑全生命周期。

在设计阶段，通过使用BIM在项目早期创建一个完整的3D模型，可以将设计阶段与价值链的其他部分结合起来，明显提高效率。

在建造阶段，使用数字工具可以大大改善现场协作。高效的项目管理工具可以提升现场团队之间的沟通、有效控制工期，并与传感器、可穿戴设备等同步，以不断跟

踪进度和材料利用率，从未进一步提高施工效率。

在运维阶段，物联网传感器和通信技术使业主有能力跟踪和监测利用率、能源效率和维护设备。通过使用BIM创建的虚拟3D模型，对建筑中使用的所有部件进行精确的透明化，可以提高效率以及降低维护成本。

下图展示了建筑行业当下和未来的形态，图中的几个主要变量：

1. 当下施工过程高度定制化，重复度有限；未来施工过程趋于产品化和标准化
2. 当下行业参与者有一定的区域性，高度分散；未来参与者逐渐集中，国际化
3. 当下大部分劳动是手工进行；未来智能化设备、机器人的应用越来越广泛
4. 当下端到端数字化工具使用有限；未来会产生越来越多基于客户行为的数据和分析工具

现阶段建筑产业链（来源Mckinsey）

未来的建筑产业链（来源Mckinsey）

05 重点关注的方向

基于行业的发展趋势，在建筑全产业链，我们重点关注几个方向：基于BIM的智慧建筑、绿色建筑、建筑机器人、建筑3D打印、装配式建筑、建筑产业互联网等。

基于BIM的智慧建筑

BIM概念由Autodesk

率先提出，指的是以建筑工程项目的各项相关信息数据作为模型的基础，进行建筑模型的建立，覆盖建筑设计、施工、运营全生命周期内的设计协同与合作，其技术要点就是

数

字化

、三维化

以及各专业间（建

筑、水暖电、结构、施工、运维) 的协同化。BIM是实现前述建筑工业化的重要基础。

BIM核心建模软件如下图，涵盖设计、施工、运维等多个环节的软件。

BIM核心建模软件构成 (来源wind)

从全球来看

，BIM市场初具规模，

北美市场仍是全球BIM主要发展区域

：2020年全球BIM市场规模在54.0-57.7亿美元范围内，预测2026年行业市场规模在107-159亿美元之间，行业未来发展前景较好；纵观全球，北美在全球BIM市场中占比33%，是全球BIM行业发展的主要区域，亚太地区作为后起之秀，正在努力追赶北美市场。目前全球BIM行业市场份额主要被Autodesk和Bentley两大参与者占据，其他相关公司包括Trimble、Hexagon、Nemetschek等。

在全球范围内，COVID-19

导致远程工作的日益普及、全球城市化的迅速发展、建筑工程和施工 (AEC)

的需求不断增加，以及政府对 BIM

建模的有利支持，不断的促进了BIM

的发展。

未来我们持续看好BIM在可视化/空间管理、全生命周期、智慧管理等多个方面的落地。

相关的公司包括Openspace，通过现实捕捉技术构建建筑空间数据集，使项目利益相关方无需前往现场即可从任何地点轻松进行协调，降低沟通成本、提升施工交付确定性。客户已经在超过10,000个工地现场使用了OpenSpace，该平台已经捕获了面积超过6.5亿平米的工地现场图像。

国内市场短期来看，BIM在国内的应用不及预期，主要是施工方对软件投产比的担心和打通产业链带来的利益冲突问题

：调研数据显示，基于BIM的智慧建筑单价在30-50w，而经济效应只有3-5w，经济效益十分有限；加之中国传统建房子往往有图纸就能建，而BIM软件要求的前置精细化分析工作偏多，导致总工期并未缩短，因而在工期很紧的情况下往往不采用；且施工单位按照计算结果报价无法获得超额收益，BIM软件容易导致多方利益问题。

长期来看，BIM作为基础数据的支撑是一种不可逆的趋势：作为工程数据的承载体

，BIM不仅可以通过结合三维模型数据和工艺参数

进行三维空间报警预测，更可以通过平台沉淀的数据进行更多应用场景的探索。

绿色建筑

根据国家标准《中国绿色建筑评价标准》，中国绿色建筑指的是：在建筑的全寿命周期内，最大限度地节约资源（节能，节地，节水，节材），保护环境和减少污染，为人们提供健康，适用和高效的使用空间，与自然和谐共生的建筑。

政策大力驱动绿色建筑的发展：我国自2012年以来推广绿色建筑力度开始加大，出台系列鼓励推广政策。2021年10月中共中央、国务院印发《关于推动城乡建设绿色发展的意见》，从顶层规划角度推动建筑业低碳化发展，其中重点要求发展低碳建筑、装配式建筑、钢结构装配式住宅建设，以及降低建筑运行能耗。2022年3月11日住建部发布《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》，目标到2025年，城镇新建建筑全面执行绿色建筑标准，完成既有建筑节能改造面积3.5亿平方米以上，建设超低能耗、近零能耗建筑0.5亿平方米以上等。

绿色建筑标准制定时间（来源Paulson Institute）

绿色建筑涉及如下多种相关技术，也产生了一些为产业节能环保创造价值的公司：

1、碳捕获和利用技术

该技术通过将捕获的温室气体注入地下，捕获、运输和储存来自大型点源（如化工厂）的温室气体排放，并将捕获的碳进行利用重新发挥价值。

2021年全球对碳捕集和封存 (CCS) 的投资达到23亿美元，低于2020年的30亿美元，但比2019年报告的10亿美元有显著增长。碳捕获能去除多达90%的从化石燃料（煤、石油或天然气）发电站排放的二氧化碳（CO₂）气体，这些是人为CO₂排放的主要来源。

值得关注的企业包括Carbon Upcycling Technologies、Carbon Clean等，这些公司帮助重要行业实现脱碳。与传统技术相比，他们的创新解决方案显著降低了碳捕获的成本和环境影响，从而更容易实现“净零”。

2、循环经济模型

该技术在使用结束后将产品、材料与资源返回到产品循环中，尽可能长时间地保持

产品、材料和资源的价值，同时最大限度地减少废物的产生。在建筑组合中实施该技术可以将行业生产力提升多达10%。

循环经济预计到2025年全球市场增长将超过6600亿美元，年增长率为12%。欧洲将在采用循环经济模式方面发挥主导作用，市场份额为2640亿美元。

值得关注的公司包括Arqlite，开发出了100%由从环境中回收的塑料制成的高效材料，他们创新的回收系统可以处理其他不可回收的塑料并将其转化为轻质人造砾石，以具有竞争力的垃圾填埋费价格提供环保解决方案。

3、替代燃料

替代燃料主要是寻找有助于在建筑中使用的清洁能源替代传统能源。目前受关注的清洁能源有氢能和太阳能。

HiiROC作为氢能开发的杰出代表，通过热等离子电解技术从生物甲烷、火炬气和天然气中生产氢气，与替代品相比，它能够以具有竞争力的成本实现低成本、零排放的氢气生产，但没有排放，并且仅使用五分之一的氢气电解水所需的能量。而Synhelion和CEMEX开发的世界上第一个太阳能燃料，可以替代传统燃料方法运行不同的过程，且几乎没有碳足迹。

4、其他值得关注的方向：绿色建材、废物和资源管理等

绿色建材市场目前正在高速增长发展，根据研究，到2027年，绿色建筑材料市场预计将达到4254亿美元，在2020-2027年的分析期内以8.6%的复合年增长率增长。

废物和资源管理能大限度地减少在最终施工过程中进入垃圾填埋场的材料数量，是材料管理的重要组成部分。

建筑机器人

建筑机器人指的是自动或者半自动执行建筑工作的机器装置。通过预先编制的程序或者AI技术进行运动，协助建筑人员完成焊接、搬运、喷漆等建筑工作

现阶段建筑机器人主要包括主要在四个方面：设计、建造、破拆、运维。

建造是建筑机器人需求量最大的一部分，也是目前开展机器人应用较多的环节，机器人建造分为工厂和现场两个领域，现场建造仍是机器人应用的难点，包括砌砖机器人、3D打印机器人、地面铺设机器人、装修机器人等。

建筑机器人现阶段蓝海，渗透率

极低。Tractica的一份报告，2018年全球建筑机器人市场规模就达到了2.44亿美元。

专家预测，到2025年，全球建筑机器人市场规模有望突破3.8亿美元。由于场景非标准化、现场数字化覆盖率低、流程工序复杂等原因导致市场发展较慢。

2021年超过170亿美元的资金流入了 VC 支持的机器人初创公司，几乎是2020年投资的三倍。今年，融资金额最大的三家之一即是建筑机器人领域：位于德克萨斯州奥斯汀的建筑技术公司 Icon 在 2 月份完成了近 1.85 亿美元的B轮融资。

机器人行业融资情况 (来源crunchbase)

未来随着人力缺

失+工资越来越高，机器替代人

的趋势长期存在：

一方面目前建筑业从业人员普遍年龄较高（40-50岁），年轻人不愿意去工地干活，未来建筑业将面临招工困难的问题；另一方面建筑工人成本逐年上升，未来人工成本占比逐渐增加，会有更加清晰的需求替代和降低人力成本。

建筑业农民工月平均收入上升但人数下降 (来源wind)

建筑3D打印

目前建筑行业3D打印市场份额较小

但增速快。

2021年，全球建筑场景中的3D打印市场价值为1.9亿美元，预计到2028年将增加到10亿美元。根据Research and Markets的研究显示，3D打印在过去十年中迅猛发展，年复合增长率高达91.5%。

3D打印技术在降低成本

和减少废物排放方面优势十分显著。一是可以减少施工时间

。通常情况下，大型项目的时间比预期的要长 20%，而且成本超出初始预算高达

80%。然而，3D 打印可以减少多达 70% 的时间，并且一个项目可以在几小时或几天内完成；二是可以减少废物排放，使用3D打印机器人可以减少60%工地废物排放；三是降低劳动成本，通过 3D 打印机自动创建结构，公司可以降低 80% 的劳动成本；四是提供安全保障，3D 打印给建筑带来的最重要的好处之一是现场员工的健康和安全。目前 3D 打印机器人也面临一些严峻的挑战，包括成本高、操作门槛高、缺乏明确的行业标准等。

从分类上来看，3D打印的方法包括挤压、粉末粘合、喷涂等；可以使用的材料有砂浆、混凝土、石膏、符合材料等；3D打印机的类型包括机械臂类和龙门系统类：

- 机械臂类是自动控制的打印机，允许自由移动和灵活地安排多个任务。与其他 3D 打印方法相比，机械臂能够从多个角度进行打印，允许实现复杂的几何形状和曲线，并且可以打印更大的尺寸。

- 龙门系统类形成的3D模型主要用于创建表面光滑的大型结构。它需要和轨道一起工作，用轨道来引导机械臂逐层施加混凝土。

总览全球，目前迪拜的3D打印技术发展驱动力较为明显，到2030年，该国25%的建筑物必须使用 3D 打印技术制造；美国是第一个在建筑领域押注3D打印技术的国家，并且在北美完成的项目数量居于领先地位；亚洲和中东地区市场发展潜力巨大，2020年亚太地区对应38%的建筑3D打印市场份额；中国是亚太地区该技术的先驱，但近年来日本作为后起之秀，成为最有前途的技术开发和实施国家之一。

全球3D打印初创公司 (来源cemex ventures)

3D打印技术代表性公司有Diamond Age，目前开发出26种终端机器人，以该公司现有技术，可以将9个月才能建成的住宅工期缩短至1个月。2022年3月完成A轮5000w美金融资，发展潜力巨大。其他公司包括Aeditive、AICT、Icon、Mobot等等。

装配式建筑

装配式建筑是指

把传统建造方式中的大量现场作业工作转移到工厂进行

，在工厂加工完成建筑用构件和配件（如楼板、墙板、楼梯、阳台等），运输到建筑施工现场，通过可靠的连接方式在现场装配安装而成的建筑。

装配式建筑和传统建筑的流程说明（来源cemex ventures）

目前主要为预制装配式混凝土结构，占据总装配式建筑的65%，其他包括装配式钢结构与木结构等。由于采用标准化设计、工厂化生产、装配化施工、信息化管理、智能化应用，装配式建筑是现代工业化生产方式的代表。

从全球来看，欧美装配式建筑市场更加成熟，中国受短期政策驱动，装配式建筑市场迅速发展：据统计数据显示，到2030年，欧洲和美国的模块化建筑市场预计价值1300亿美元，并有望每年节省高达220亿美元；中国装配式建筑行业发展近70年，目前受“十四五”规划推动处于高速发展阶段，2020年已基本形成适应建筑产业现代化的市场机制和发展环境、建筑产业现代化技术体系基本成熟，预计到2025年，装配式建筑面积占比达到30%。

装配式建筑在减排减废和缩短工期方面的优势十分显著：

1. 减排减废方面：装配式可以降低建筑废物和温室气体的排放，较大程度的减少建筑垃圾（约占城市垃圾总量的30%-40%），如废钢筋、废铁丝、废竹木材、废弃混凝土等；另外装配式建筑可以减少碳排放超过20%，对于与建筑行业低碳化意义重大，是建筑工业实现“碳达峰”和“碳中和”的重要技术路径

2. 缩短工期方面：装配式可以解决项目延期和超支的问题，从而进一步减少住房短缺和劳动力短缺；由于主体结构均为预制件，多环节可以同时开工，极大提高了效率，从而有助于工期提前。数据显示，当装配率20%时，工期提前5%，当装配率40%时，工期提前可达15%。

海外装配式建筑代表公司包括Wallex和Modulous。Wallex业务包括建筑结构和立面的设计(DfMA)到工程、制造和现场安装，综合一站式工业化建筑解决方案的提供商，主要面向承包商；Modulous则主要赋能建筑工业化概念设计。

国内装配式建筑企业众多，其中上市公司包括远大住工、中国建筑、鸿路钢构、精工钢构等；

未来我们看好云工厂或者产业互联网模式的企业，包括墨点狗、大乐装等。

建筑产业互联网

产业互联网是指以生产者为主要用户，通过在生产、交易、融资和流通等各个环节的网络渗透从而达到提升效率、节约资源等行业

优化作用，通过生产、资源配置和交易效率的提升推进产业发展

，通过传统企业与互联网的融合，寻求全新的管理与服务模式，为消费者提供更好的服务体验，创造出不仅限于流量的更高价值的产业形态。（来源：MBA智库）

建筑产业的产业互联网是指建筑全产业链的要素（人、机、料）利用数字技术优势，改造建筑产业，实现整个产业链的数字化和智能化。

由于产业互联网的渗透率仍然较低、建筑行业人力缺乏、安全问题频发等社会现象，我们认为建筑产业的产业互联网平台在人、机、料多个方向都存在极具想象力的机会：

· 人：指面向建筑工人的数字化和智能化供应商。我国建筑工人数量5000万以上，面向建筑工人的招聘、管理、效率提升工具具有极大的想象空间。

例如面向建筑工人的数字化平台，涉及招工用工、劳务管理、薪酬发放、施工进度监测等多个环节。通过搭建招工平台，可以有效减低工人闲置率并提升项目的承接率；对工人细粒度的管理，可以缩短工程交付周期，降低交付时间不可控和质量不稳定等风险。另外，解决工人老龄化和劳动力短缺的机器人工具，也可以明显提升交付效率，降低施工现场安全风险。

相关公司包括吉工家、鱼泡网、鑫锐科技等。

· 机：主要指建筑机械设备，建筑机械设备按设备大小分类可分为大型设备（塔吊、升降机、挖掘机等）和小型设备（搅拌机、钢筋加工机械、电焊机等）。

机械设备智能化和无人化改造在提升工程效率和安全性方面有非常重要的价值，因此值得重点关注。

以塔机为例，塔机承担80%以上施工原材料的运输作业，是建筑施工过程的核心机械和现场的核心节点。根据2021年9月的新《安全生产法》，若塔机发生重大安全事故，企业区域内项目停工7天起、企业区域内禁止招投标30天起，项目相关人员刑事责任公司相关人员党政处罚或下马，其安全性不容忽视。智能化系统能结合塔

机运行数据，准确分析塔机性能，利用大数据实现对塔机状态的AI分析，有效防止群塔作业中塔机碰撞和超载等安全问题；在提升施工效率方面，塔机智能化厂商基于三维空间距离计算，结合塔机运行角速度、线速度、吊重重量、吊重力矩及塔机类型分析精准的控制距离，工作时间和工作效率可以提升15%-20%。

机械设备智能化和无人化领域的厂商包括萨达、智鹤、水狸智能、Build robotics等。

料：建筑材料可分为结构材料、装饰材料、专用材料。

结构材料包括木材、竹材、石材、水泥、混凝土等；装饰材料包括各种涂料、油漆、玻璃等；专用材料指用于防水、防潮、防腐等相关材料。

建筑材料成本占比高，政策鼓励建材的数字化和智能化

：建筑工程的材料费用占工程造价60%以上，成本占比不容忽视。2020年8月28日，十三部委联合发文制定建筑业顶层规划《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》，建筑业智能建造发展大势所趋，其中数字化是智能建造的手段。而智能化中则涉及加快打造建筑产业互联网平台，推广应用钢结构构件智能制造生产线和预制混凝土构件智能生产线。

建材数字化平台可以赋能加工环节，确保生产任务的可控性和可见性；通过对项目方的管理提升盈利水平，控制物料消耗情况；另外还可以实现产业链上下游的打通和原材料溯源等。相关公司包括迈思科技等。

建筑产业互联网各个环节（来源产业链调研）

06 海外典型公司的发展案例研究

Procore

Procore公司于2002年创立，直至2012年，随着WiFi、其他连接设备以及智能手机和平板电脑的激增，该公司的产品才开始变得有吸引力；Procore收购等方式显著地扩展了他们的产品套件；目前在全球有超过125个国家的8506名客户在使用该公司产品。

Procore四大产品线如下：对于5000万美元的项目体量来说，每年大约节省21.57

万美元。

· 项目管理系统：帮助用户在一个地方管理多个项目

· 工程质量与安全管理系统：每天收集大量工作数据，进行数据分析，规避常规风险

· 建筑行业财务管理系统

· 工地现场管控

Procore商

业模式为中端客户+

全球化布局，多元化产品组合促进增长：

目前客户数量1万家，主要以中端市场为主，92%的客户ACV金额在10万美元以下；客户遍布全球，目前有12.2%的收入来自美国以外的国际市场；多元产品组合是企业增长的又一重要元素，Procore 60%的客户购买的产品数量在3种以上；同时Procore也链接了外部多款应用，让客户和第三方系统供应商能将行业解决方案与他们的Procore帐户集成在一起。75%的客户至少安装一个第三方应用，40%以上的客户使用2个或更多第三方应用。

2020年营收4亿美金，营收增速38%；2021年营收5.15亿美金。其中近乎50%的收入都投入到销售和市场营销上。2022年Q1实现收入1.6亿美金，截止2022年6月，市值60亿美金。

Carbon Clean

Carbon Clean 成立于 2009 年。截至 2021 年 11 月，该公司已从全球 44 个设施中去除了超过 150 万公吨的碳。

Carbon Clean 目标客户涉及水泥、钢铁、废物能源和炼油厂等难以减排的重工业行业（

重工业占全球

碳排放量的30%），这些行

业存在强烈的碳捕获需求。就水泥行业而言，全球每年生产超过 40

亿吨水泥，水泥行业约占全球总产量的 8% CO₂

排放，但该过程是最容易促进碳捕获的过程之一。

就炼油厂而言，虽然炼油厂的加工仅占石油产品总排放量的 5% 至 10%，但由于所用工艺的性质，减少这些排放的机会很大。就钢行业而言，高度复杂的炼钢过程为碳捕获提供了多种机会，包括在高炉上使用 CCUS 来捕获和储存大部分碳排放。

Carbon Clean

主营业务涉及实现净零所需的所有服务，包括技术许可和溶剂供应、全流程设计包 (PDP)

和专有设备，以及端到端系统——包括设计、建造、融资和运营。产品包括：

- 技术集成设备CycloneCC：比传统的点源碳捕获设备小10倍，且将平均成本降低约一半。
- CO₂ 的工艺捕获技术：捕获来自发电厂、锅炉、窑炉和化学设施排放的工业烟气或废气。将含有 CO₂ 体积浓度在 3% 到 25% 之间转化成 CO₂ 纯度从 95% 到 99% 不等，然后可以出售、重复使用或隔离。显著降低资本和运营成本。
- 碳溶剂：用于提取来自大型工业工厂的 CO₂，既可以用作现有系统（如沼气分离）的替代品，也可以与集成的碳捕获系统一起使用，降低能源处置成本。
- 碳工程解决方案服务：专门在勘探、设计和工程过程的各个阶段提供量身定制的交付服务，帮助估算碳捕获解决方案的成本。

团队方面，公司CEO-Aniruddha Sharma 毕业于印度理工学院 (IIT) Kharagpur，曾被选为最杰出的青年气候领袖；负责所有日常运营、产品、客户开发战略。CTO Prateek 是从工业气体中捕获二氧化碳的新突破技术创新者，专长是从创意到商业阶段的二氧化碳捕集技术的创新和实施，曾在二氧化碳捕获过程和溶剂方面获得专利，并在多个国际会议和有关碳捕获和储存技术的期刊上发表了论文。

融资方面，Carbon Clean 经历11轮共筹集2.124亿美元。最新C轮融资获得1.21亿英镑，由石油公司雪佛龙领投，CEMEX Ventures、Marubeni Corporation和WAVE Equity Partners 以及新投资者AXA IM Alts、三星风险投资公司、沙特阿美能源风险投资公司和TC Energy等一众机构跟投。

Modulous

Modulous成立于2018年，产品主要用于设计和交付经济

适用且可持续的房屋。

将设计、成本计算、编程和采购数字化集成在同一平台，确保合作伙伴能够在实地到现场的施工过程中提供模块化住宅。作为一种轻资产方法，Modulous产品使房屋建筑成本更可控，打通端到端的产业方。

Modulous产品赋能装配式产业链 (来源Modulous官网)

团队情况方面，CEO Chris Bone 曾任Optimize 联合创始人、Bone Steel CEO；联合创始人CPO Christopher Mortensen 曾任海德克技术总监技术总监，毕业于美国宾夕法尼亚州立大学，有非常等度的工程师经验，专注于在建筑可持续性技术落地。

融资方面，该公司四轮融资共筹集了1020万美元。

Modulous融资情况 (来源crunchbase)

Built

Built Robotics 公司是一家美国建筑机器人研发商，核心产品 Exosystem是一种可以安装在挖掘机上的套件，用于将机器转变为完全自主的挖沟机器人。

Built Robotics机器人产品 (来源Built官网)

可以在不到一秒的时间内发现障碍物，将障碍物清除。与使用熟手操作常规挖掘机相比，使用改造的挖掘机器人的客户可以节省20%或更多的成本。此外产品的安全性较高，在运行13,000 多个小时之后，仍然没有安全事件发生。

Built Robotics机器人功能对比图 (来源Built官网)

Built Robotics

的目标客群涉及风力发电、石油天然气以及太阳能等行业。风力发电占世界电力的5% 以上，使用公司产品将挖沟转换为自动挖掘，有助于保持投标竞争力。在石油天然气行业中，建设石油天然气需要长距离传输管道，公司机器人能够自动挖掘数千英里的沟渠。

Built Robotics 的收费模式为软件系统费用+小时使用费。每月为每台机器收取3,000 美元的软件系统费用，外加每小时的使用费。

核心团队中，CEO Noah Ready-Campbell曾任谷歌产品经理、twice (服装转售网站，该公司从a16z和其他投资者处筹集了 2300 万美元。2015 年卖给 eBay) 创始人。毕业于宾夕法尼亚大学。联合创始人Andrew Liang曾任airware软件工程师，负责自主无人机的安全关键软件。毕业于加州理工学院电气工程专业。

融资方面，Built Robotics 已完成由Tiger Global领投的6400万美元C轮融资，总融资额达到1.12亿美元。

ICON

ICON成立于 2017 年底，是美国第一个获得建筑认证资质的3D打印房屋初创公司。目前其3D打印技术已经应用到大规模社区、多户住宅、军事基地等多个场所。

公司产品具有节能高效的特点，未来有望解决住房短缺问题：ICON 的 3D 打印技术比传统的建筑方法更快地生产出弹性、节能的房屋，同时减少浪费并确保建筑项目按时并按预算进行。目前可对高达 3,000 平方英尺的房屋和结构进行 3D 打印。未来有可能与房屋建筑商合作，大规模解决目前困扰多个国家的住房短缺问题。

ICON 3D打印产品 (来源ICON官网)

创始人兼CEO Jason Ballard 是美国首届《新闻周刊》最伟大的颠覆者名单中的 50 位杰出人物和领导者之一。在创立 ICON 之前，Ballard曾在以一家环保家居公司担任首席执行官 (该公司通过输出标准化的可持续和健康的家居装修方法赋能行业)。创始人过往曾在收容所工作，长期关注可持续建筑，并担任 ACRT 的环境顾问。

融资方面，2022年2月ICON获得Tiger领投的1.85亿美元，历史总融资额4.515亿美元，估值接近 20亿美元。

**

非常感谢信天创投@蒋宇捷@胡昊老师们对本文的指导和修改建议，以及实习生陈子扬的后期整合。

Reference :

· Boston : Shaping the Future of Construction Inspiring innovators redefine

the industry

· 麦肯锡 : The next normal in construction

· Francesco Legname : Engineering Construction 4.0 Revolution-How Digital Technology and Lean thinking can do it

.

数字时氦 : 每个细分方向都是万亿级市场 , 超6000家公司携资本入局建筑业数字化

· cemex ventures : How does Modular Construction work?

· AEC Business : Construction Robotics Companies 2022

· CBinsights : digitization and task automation in construction

本文来自知乎文章《建筑产业链的重塑和投资机会》

, 更多建筑科技信息 , 可关注 “信天创投” 公众号 (ID : avcapital)